THAILAND'S SECOND ASSESSMENT REPORT ON CLIMATE CHANGE 2016



THAILAND'S
SECOND ASSESSMENT REPORT ON CLIMATE CHANGE 2016

รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้
ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2

โดย

ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ

THAI-GLOB

สกว TRF

รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพ
องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย
ครั้งที่ 2 พ.ศ.2559

Thailand's Second Assessment Report on Climate Change 2016



ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ

รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย พ.ศ.2559
(THAILAND'S SECOND ASSESSMENT REPORT ON CLIMATE CHANGE 2016)

บรรณาธิการ	อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล
จำนวน	556 หน้า
พิมพ์ครั้งที่ 1	มกราคม 2560
จำนวน	1000 เล่ม
ประสานงาน	มัทนพรรณ จิ๋วเจียม
จัดทำโดย	ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Development and Co-ordination Center for Global Warming and Climate Change) บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทร 0-2470-8309 -10 ต่อ 4144/4119 โทรสาร 0-2872-9805 http://climatechange.jgsee.org

ได้รับทุนอุดหนุนจาก
ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ชั้น 14 อาคารเอสเอ็มทาวเวอร์
เลขที่ 979 ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนนอก
เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400

พิมพ์ที่	บริษัท ริงโก จำกัด 22/136, 22/137 ซอยประชาอุทิศ 33 แยก 10 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กทม.10140 โทรศัพท์ 0-2427-6841-2 โทรสาร 0-2427-6843
ISBN	978-974-456-779-6

สารจาก สกว.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในทั่วโลกปัจจุบันได้ส่งผลกระทบต่อชีวิต ทรัพย์สิน และการพัฒนา ในปี 2558 องค์การสหประชาชาติ (United Nations: UN) ได้กำหนดเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เป้าหมายที่ 13 ในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรวมเป็นหนึ่งในประเด็นสำคัญภายใต้การพัฒนาที่ยั่งยืน การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ถูกบรรจุอยู่ในเป้าหมายของการพัฒนาประเทศในส่วนระดับชาติ ในแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 รวมทั้งมีการร่างแผนแม่บทโดยเฉพาะ เช่น แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 เป็นต้น

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เป็นหน่วยงานสนับสนุนการศึกษาวิจัยเพื่อสร้างคนและองค์ความรู้ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาประเทศ ได้สนับสนุนการศึกษาวิจัยในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน ก่อให้เกิดองค์ความรู้ที่หลากหลาย อาทิ การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศ การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านกฎหมายหรือนโยบายที่เกี่ยวข้อง จากองค์ความรู้ที่เกิดขึ้นอย่างมากมายและหลากหลาย ในปี 2554 สกว. จึงได้ริเริ่มจัดทำรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 (1st-TARC) ซึ่งประกอบไปด้วยองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ องค์ความรู้ด้านผลกระทบ ความล่อแหลม และการปรับตัว และองค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก โดยความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญ นักวิชาการจากหลากหลายสาขาเพื่อรวบรวมและจัดการข้อมูลองค์ความรู้ในเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย ให้เป็นแหล่งอ้างอิงที่สำคัญของประเทศอันจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์ทั้งในทุกระดับ

นับเป็นเวลา 5 ปี ตั้งแต่ได้มีการจัดทำรายงาน TARC ฉบับแรก ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ประกอบการดำเนินงานในหลายภาคส่วน ซึ่งการขับเคลื่อนการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับโลกและในระดับประเทศได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาไปมาก ซึ่งการดำเนินการด้านนโยบายและการวิจัยจำเป็นต้องอาศัยข้อมูล องค์ความรู้ที่ถูกต้อง ทันสมัย และได้รับการพัฒนาปรับปรุงอยู่เสมอ ในปี 2558 สกว. ได้สนับสนุนให้ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (THAI-GLOB) บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นผู้ประสานงานในการจัดทำรายงานการประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ 2 (2nd-TARC) ซึ่งเป็นการปรับปรุงเพิ่มเติมองค์ความรู้และความก้าวหน้าที่เกิดขึ้นนับจากได้มีการดำเนินการ 1st TARC อันจะเป็นความรู้สำคัญในการเชื่อมโยงความเข้าใจในประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไปสู่ระดับผู้วางนโยบาย และสามารถนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคตได้

ในนาม สกว. ขอขอบคุณผู้เขียน นักวิจัย และคณะทำงาน รวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านเป็นอย่างสูงที่ทุ่มเททั้งความคิด กำลังกาย กำลังใจ ในการทำงานนี้ให้สำเร็จ รวมถึงขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยกลั่นกรอง ให้ข้อคิดเห็นและตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาทำให้การทำงานสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี เพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์แก่ภาคส่วนต่างๆ และผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป ในการนี้ สกว. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าองค์ความรู้ที่ได้มีการวิเคราะห์และรวบรวมขึ้นในฉบับนี้ จะก่อให้เกิดประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการพัฒนางานด้านต่างๆและก่อให้เกิดความก้าวหน้าต่อการดำเนินงานด้านการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยและของโลกต่อไป

ศาสตราจารย์นายแพทย์สุทธิพันธ์ จิตพิมลมาศ

ผู้อำนวยการสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาส่งผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สวัสดิภาพสังคมและความสมดุลระบบสิ่งแวดล้อมในระดับชาติและนานาชาติ ในการรับมือและการแก้ปัญหาในเรื่องนี้จำเป็นต้องอาศัยความรู้และความร่วมมือในระดับต่างๆอย่างบูรณาการ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้เห็นความสำคัญในปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยด้านนี้ในแง่มุมต่างๆ มาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ สกว. ได้ให้ความสำคัญในการมีส่วนร่วมในการขับเคลื่อนการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ที่สร้างขึ้นผ่านการทำวิจัยในบทบาทและวาระต่างๆ อาทิ คณะกรรมการต่างๆ คณะทำงานร่วมกับหน่วยงานที่มีความเชี่ยวชาญในเวทีการประชุมหารือต่างๆ เพื่อเชื่อมโยงความรู้จากภาควิชาการสู่ภาคนโยบายและภาคปฏิบัติให้เกิดขึ้นได้จริง และนำไปสู่การพัฒนาและขับเคลื่อนการแก้ไขปัญหาอย่างบูรณาการโดยมีองค์ความรู้เป็นพื้นฐาน

ฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ สกว. ตระหนักถึงความสำคัญของสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความรู้ความเข้าใจในระดับต่างๆ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีอยู่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อก่อให้เกิดการใช้ประโยชน์งานวิจัยนำไปสู่การพัฒนาและการเตรียมความพร้อมรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตอย่างเหมาะสม การจัดทำรายงานการสังเคราะห์และประมวลองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 (2^{nd}-TARC) ปี 2559 นี้เป็นฉบับปรับปรุงและเพิ่มเติม หลังจากที่ได้มีการจัดทำการประมวลองค์ความรู้จากครั้งที่ 1 (1^{st}-TARC) ในปี 2554 เพื่อให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงและการพัฒนาที่ก้าวหน้าขึ้นอย่างมาก ซึ่งองค์ความรู้ที่สำคัญๆ ประกอบด้วย (1) องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (2) องค์ความรู้ด้านผลกระทบ ความล่อแหลม และการปรับตัว นำเสนอแนวคิด และผลการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในด้านต่างๆ (3) องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงสถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ศักยภาพและแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคส่วนต่างๆ และมาตรการและกลไกในการส่งเสริมการลดก๊าซเรือน

การจัดทำรายงานการสังเคราะห์และประมวลองค์ความรู้ฯ ฉบับนี้ได้มีการทำงานอย่างละเอียดรอบคอบและเข้มข้น ผ่านกระบวนการรวบรวม เรียบเรียง ตรวจสอบความถูกต้อง พิจารณารับฟังข้อเสนอแนะและความคิดเห็นจากคณะกรรมการที่ปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงานต่างๆ และผู้ทรงคุณวุฒิด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องที่ทำให้รายงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สกว. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลและองค์ความรู้ในรายงานฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ของผู้กำหนดนโยบายในการช่วยให้เข้าใจถึงข้อมูลในปัจจุบันเพื่อนำไปใช้ในการวางรากฐานและกำหนดนโยบายในอนาคต ต่อระดับปฏิบัติการในการเป็นพื้นฐานองค์ความรู้ในการปฏิบัติหรือร่างแผนปฏิบัติการต่างๆเพื่อสอดรับกับยุทธศาสตร์ชาติ ต่อนักวิชาการในการเป็นพื้นฐานต่อยอดงานวิจัย และเป็นประโยชน์ในการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจต่อบุคคลที่มีความสนใจต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชนาธิป ผาริโน

ผู้อำนวยการฝ่ายสวัสดิภาพสาธารณะ

วิธีการอ้างอิงทั้งเล่ม

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย 2559, *รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 พ.ศ.2559*. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย: กรุงเทพมหานคร [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

สารบัญ

ส่วนที่ 1 องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย (Updated Climate Change Knowledge and Information of Thailand)

บทที่ 1	ข้อค้นพบสำคัญในรายงานประเมินฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	4
บทที่ 2	หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิว	18
บทที่ 3	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่ง	48
บทที่ 4	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย	68
บทที่ 5	ความแปรปรวนของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปลี่ยนแปลงในอนาคต	88

ส่วนที่ 2 องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Risk and Climate Change Adaptation)

บทที่ 6	แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย	112
บทที่ 7	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	210
บทที่ 8	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืน	264
บทที่ 9	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	306
บทที่ 10	การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย	340
บทที่ 11	บทส่งท้าย	386

ส่วนที่ 3 องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation of Climate Change)

บทที่ 12	สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย	394
บทที่ 13	แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย	412
บทที่ 14	ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย	456
บทที่ 15	มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก	498
อภิธานศัพท์		518
คณะทำงาน		524
คณะกรรมการที่ปรึกษา		528

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโลกรายปีและรายทศวรรษจากฐานข้อมูล 3 ชุดในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1880 - 2012 (พ.ศ.2393 - 2555) (ก)และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1901 - 2012 (พ.ศ.2444 - 2555) ซึ่งเป็นห้วงเวลาที่การบันทึกข้อมูลมีความสมบูรณ์และต่อเนื่องยาวนานที่สุด (ข)	7
รูปที่ 1.2	แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในศตวรรษที่ 20 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาปี ค.ศ.1900 - 1905 (พ.ศ.2443 - 2448)	9
รูปที่ 1.3	ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีและค่าความไม่แน่นอน (error bar) เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) กับปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) โดยค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งโลก และแบ่งสัดส่วนตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก ระดับความเชื่อมั่นต่อค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีประกอบด้วย VH=สูงมาก H=สูง M=ปานกลาง L=ต่ำ และ VL= ต่ำมาก)	10
รูปที่ 1.4	ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathways (RCPs) ในกรณีต่างๆ ซึ่งแสดงในรูปของค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีรวมใน 3 ห้วงเวลา คือ ในอดีตระหว่างปี ค.ศ.2000 - 2100 (พ.ศ.2543 – 2643) และในอนาคตระหว่างปี ค.ศ.2100 - 2500 (พ.ศ.2643–3043)	11
รูปที่ 1.5	อนุกรมแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกจากการคาดประมาณด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ระหว่างปี ค.ศ.1950-2100 (พ.ศ.2493-2643) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1986-2005 (พ.ศ.2529-2548)	12
รูปที่ 1.6	การคาดประมาณการเพิ่มขึ้นของระดับ น้ำทะเลเฉลี่ยของโลกภายในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ด้วยแบบจำลองภายใต้ภาพการณ์จำลองแบบ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาปีฐาน (ปี ค.ศ.1986-2005 หรือ ปี พ.ศ.2529-2548)	13
รูปที่ 2.1	จำนวนเอกสารงานวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาที่เนื้อหาและพื้นที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับประเทศไทยโดยตรงและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แหลมอินโดจีนและอินโด-แปซิฟิก ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของเนื้อหาจากคณะผู้เชี่ยวชาญ (peer-reviewed journal) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.2000 - 2015 (พ.ศ.2543 - 2558) โดยทำการสืบค้นจากฐานข้อมูลของวารสาร จำนวน 100 วารสาร	24
รูปที่ 2.2	แนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในประเทศไทย (^{o}C ในรอบ 40 ปี) ซึ่งวิเคราะห์จากอนุกรมข้อมูลรายวันในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 65 สถานี โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายภูมิภาคแสดงในรูปเล็ก	28
รูปที่ 2.3	เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของอนุกรมข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยที่เฉลี่ยทั้งประเทศไทยจากผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Liksakul (2012a) และในรายงาน TARC ฉบับที่ 1	28
รูปที่ 2.4	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนรายสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (มิลลิเมตรต่อทศวรรษ) และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 – 2557) โดยสามเหลี่ยมที่ระบายสีแดงและน้ำเงิน แสดงการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%	29

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 2.5	ความสัมพันธ์ในคาบเวลาระหว่างปีและระหว่างทศวรรษระหว่างอนุกรมของปริมาณฝนสะสมรายปีที่เฉลี่ยทุกสถานีในประเทศไทยและดัชนีที่แสดงถึงสถานะของปรากฏการณ์เอ็นโซ่ (Multi ENSO Index; MEI) โดยค่าลบและบวกของดัชนี MEI บ่งชี้ถึงแนวโน้มการเกิดเหตุการณ์ La Niña และเหตุการณ์ El Niño ตามลำดับ	29
รูปที่ 2.6	ปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ซึ่งแสดงในรูปของสัดส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1979 - 2000 (พ.ศ.2522 - 2543)	30
รูปที่ 2.7	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สถานี C.2 ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 -2000 (พ.ศ.2498 – 2543)	33
รูปที่ 2.8	ปริมาณน้ำระบายรวมของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมของห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1965-1999 (พ.ศ.2508 - 2542) และ ปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554)	33
รูปที่ 2.9	ปริมาณน้ำระบายรายวันของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม สำหรับเหตุการณ์ปริมาณน้ำระบายรวมสูงสุด 5 ลำดับแรก เส้นประเส้นล่างและเส้นบน แสดงศักยภาพความสามารถระบายน้ำที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาและความจุลำน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์	34
รูปที่ 2.10	ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1951-2014 (พ.ศ.2494 - 2557) ภาพเล็กแสดงจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่มีขนาดสูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อนทั้งหมดในคาบเวลาทุกๆ10 ปี (ค.ศ.1951-1960 1961-1970 1971-1980 1981-1990 1991-2000 และ 2001-2010)	35
รูปที่ 2.11	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (จำนวนวันต่อทศวรรษ) ของดัชนีจำนวนคืนที่หนาว (TN10p) ดัชนีจำนวนวันที่หนาว (TX10p) ดัชนีจำนวนคืนที่อบอุ่น (TN90p) และดัชนีจำนวนวันที่อบอุ่น (TX90p) ในห้วงเวลา ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552)	38
รูปที่ 2.12	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีจำนวนวันฝนตกรวมรายปี ดัชนีระยะเวลาที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (CWD) ดัชนีความแรงของฝนอย่างง่าย (SDII) และดัชนีปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก (R95p) ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557)	40
รูปที่ 3.1	อัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงของผิวหน้าน้ำทะเล (geocentric sea level) ที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993 - 2012 (พ.ศ.2536 - 2555) เส้นสีเทา คือระดับน้ำสัมพัทธ์จากสถานีวัดระดับน้ำระหว่างปี ค.ศ.1950 - 2012 (พ.ศ.2493 - 2555) เส้นสีแดง คือค่าระดับน้ำเฉลี่ยระดับโลก	53
รูปที่ 3.2	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลทั่วโลก ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) ถึงปัจจุบัน ซึ่งคำนวณจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ โดยไม่มีการแก้ค่าอิทธิพลของ GIA ความกดอากาศ น้ำขึ้นน้ำลง และปัจจัยอื่นๆ ในหน่วย มิลลิเมตรต่อปี	54
รูปที่ 3.3	การเปลี่ยนระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ. 2536) - ปัจจุบัน ซึ่งคำนวณจากข้อมูลดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ขององค์กรต่างๆ คือ AVISO+ CSIRO CU NASA GSFC และ NOAA ค่าที่คำนวณได้หักค่าความผันแปรรายปีและมีการแก้ค่า inverse barometer effect และ GIA เรียบร้อยแล้ว เส้นสีดำเป็นเส้นแนวโน้มที่คำนวณได้จากข้อมูล ตัวเลขขวามือล่างเป็นค่าเฉลี่ยจากเส้นแนวโน้ม ± ค่าความไม่แน่นอน	55

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 3.4	ภาพการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในอนาคต จากแบบจำลอง process-based เนื่องจากกระบวนการต่างๆ ภายใต้ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 แบบ ระหว่างปี ค.ศ.2081-2100 (พ.ศ.2624-2643) เมื่อเปรียบเทียบกับห้วงเวลาปีฐานในช่วงตั้งแต่ ปี ค.ศ.1986-2005 (พ.ศ.2529-2548)	58
รูปที่ 3.5	ภาพการณ์จำลองบริเวณที่ได้รับผลกระทบการจากเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ในกรณีที่ (1) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 50 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีแดง) (2) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 25 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีเขียว) (3) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 10 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีฟ้า) (4) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 5 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 14 เซนติเมตร (เส้นสีเหลือง) ตามลำดับ	60
รูปที่ 3.6	ความแตกต่างของจำนวนพายุเฉลี่ย ช่วงปี ค.ศ.2069-2089 (พ.ศ.2612-2632) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1961-1990 (พ.ศ.2504-2533) ของเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยาน (a-f) และเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม (g-l) จากแบบจำลอง PRECISQ0 (a และ g) แบบจำลอง PRECISQ3 (b และ h) PRECISQ10 (c และ i) PRECISQ11 (d และ j) PRECISQ13 (e และ k) และ ensemble mean (f และ l)	62
รูปที่ 3.7	ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย (หน่วย เคลวิน) ช่วงปี ค.ศ.2069 – 2089 (พ.ศ.2612 - 2632) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1961-1990 (พ.ศ.2504 - 2533) ของเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม จากแบบจำลอง PRECISQ0 (a) แบบจำลอง PRECISQ3 (b) PRECISQ10 (c) PRECISQ11 (d) PRECISQ13 (e)	63
รูปที่ 4.1	เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพการณ์จำลองแบบ RCPs และภาพการณ์จำลองแบบ SRES	72
รูปที่ 4.2	พัฒนาการของแบบจำลองภูมิอากาศโลก	74
รูปที่ 4.3	แบบจำลองภูมิอากาศโลกความละเอียดแนวราบ (ก) สูง (ข) สูงมาก	75
รูปที่ 4.4	โดเมนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ใช้ในการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกในประเทศไทยในปัจจุบัน และภายใต้โครงการ SEACLID/CORDEX Southeast Asia Project	77
รูปที่ 4.5	ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-GFDL-ESM2M	82
รูปที่ 4.6	ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-MPI-ESM-LR	83
รูปที่ 4.7	ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-HadGEM2-ES	84
รูปที่ 5.1	ภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงในอนาคต (ปี ค.ศ.2080-2099 หรือ พ.ศ.2623-2642) เทียบกับปัจจุบัน (ปี ค.ศ.1986-2005 หรือ พ.ศ.2529-2548) ของพื้นที่มรสุมโลก (global monsoon area; GMA) ความเข้มของฝนมรสุมโลก (global monsoon intensity; GMI) ปริมาณฝนมรสุมโลกรวม (global monsoon total precipitation; GMP) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนมรสุมเฉลี่ยรายฤดูกาล (standard deviation of interannual variability in seasonal average precipitation; Psd) ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน (simple daily precipitation intensity index; SDII) ดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน (seasonal maximum 5-day precipitation total; R5d) จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (seasonal maximum consecutive dry days; CDD) ช่วงเวลาฤดูมรสุม (monsoon season duration; DUR) ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 (สีน้ำเงิน) RCP4.5 (สีฟ้า) RCP6.0 (สีส้ม) และ RCP8.5 (สีแดง) ดัชนีทุกดัชนีคำนวณจากข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนสำหรับซีกโลกเหนือและในช่วงพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมสำหรับซีกโลกใต้	91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.2 โดเมนมรสุมบนแผ่นดินของภูมิภาคต่างๆ ในช่วงเวลาปัจจุบัน (ปี ค.ศ.1986-2005 หรือ พ.ศ. 2529-2548) ซึ่งแบ่งตามค่าฝนเฉลี่ยของแบบจำลอง จำนวน 26 แบบจำลองของ CMIP5 โดยใช้เส้นศูนย์สูตรแบ่งเขตมรสุม ดังนี้ ภูมิภาคเหนือเส้นศูนย์สูตร ได้แก่ ระบบมรสุมอเมริกาเหนือ (North America Monsoon System; NAMS) มรสุมแอฟริกาเหนือ (North Africa; NAF) มรสุมเอเชียใต้ (Southern Asia; SAS) และมรสุมฤดูร้อนเอเชียตะวันออก (East Asia Summer; EAS) และภูมิภาคใต้เส้นศูนย์สูตร ได้แก่ ระบบมรสุมอเมริกาใต้ (South America Monsoon System; SAMS) มรสุมแอฟริกาใต้ (South Africa; SAF) และมรสุมออสเตรเลีย-คาบสมุทร (Australian-Maritime Continent; AUSMC) ทั้งนี้ เส้นแวง 60° ตะวันออก เป็นเส้นแบ่ง NAF และ SAS ในขณะที่ เส้นรุ้ง 20° เหนือ และเส้นแวง 100° ตะวันออก เป็นเขตแบ่ง SAS และ EAS โดยโดเมนของภูมิภาคทั้งหมดอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 40° ใต้ และ 40° เหนือ 92

รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนในเขตมรสุมเอเชียใต้ที่ได้จากแบบจำลองของ CMIP5 (ซ้าย) การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของค่าความผิดปกติในรูป % ของฝนฤดูร้อนของข้อมูลตรวจวัดและผลจากแบบจำลองเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาปัจจุบัน โดยแสดงในรูปค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ทุก 20 ปี ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองแสดงด้วยเส้นทึบ ดังนี้ เส้นทึบสีเทาแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในช่วงเวลาที่ผ่านมาที่จำลองจากแบบจำลอง จำนวน 40 แบบจำลอง เส้นทึบสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 24 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 เส้นทึบสีฟ้าแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 34 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 เส้นทึบสีส้มแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 20 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP6.0 และเส้นทึบสีแดงแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 32 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ค่าช่วงเปอร์เซนต์ไทล์ 10 และ 90 นั้น แสดงในรูปแถบสีม่วงและแถบสีส้มสำหรับภาพการณ์จำลอง RPC2.6 และ RCP8.5 ตามลำดับ (ขวา) การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนในอนาคต (ช่วงปี ค.ศ.2080-2099 หรือ พ.ศ.2623-2642) เทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาปัจจุบันของค่าฝนเฉลี่ย (Pav) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนฤดูกาลเฉลี่ย (Psd) ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน (SDII) ดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน (R5d) จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (CDD) วันเริ่มฤดูมรสุม (ONS) วันสิ้นสุดฤดูมรสุม (RET) และช่วงเวลาฤดูมรสุม (DUR) ดัชนีทุกดัชนีคำนวณจากข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนสำหรับซีกโลกเหนือและในช่วงพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมสำหรับซีกโลกใต้ 93

รูปที่ 5.4 วงจรตามฤดูกาลของการเปลี่ยนแปลงของฝนเฉลี่ยตามแนวเส้นแวงในเขตร้อนชื้น (ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.2081–2100 (พ.ศ.2624–2643) เทียบกับห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1985-2005 (พ.ศ.2528–2548)) จากค่าเฉลี่ยของแบบจำลอง จำนวน 18 แบบจำลองของ CMIP5 โดยเส้นสีแดงแสดงถึงค่าสูงสุดตามแนวเส้นรุ้งของฝนเฉลี่ยในระยะยาว 94

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 5.5	รูปภาพเชิงอุดมคติแสดงสภาพบรรยากาศและมหาสมุทรของพื้นที่แปซิฟิกเขตร้อนชื้นและการปฏิสัมพันธ์ในช่วงสภาพปกติ ในสภาพที่เกิดเหตุการณ์ El Niño และในสภาพที่โลกร้อนขึ้น (ก) สภาพภูมิอากาศโดยปกติของพื้นที่แปซิฟิกเขตร้อนชื้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ลมพื้นผิวที่เกี่ยวโยงการหมุนเวียน Walker และตำแหน่งปกติของการนำพาความร้อนและน้ำผุดของชั้นน้ำ Thermocline (ข) ลักษณะทั่วไปในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ El Niño ซึ่งอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะอุ่นผิดปกติในฝั่งตะวันออก ตำแหน่งการนำพาความร้อนได้เคลื่อนตัวไปทางตอนกลางของแปซิฟิก ลมสินค้าทางทิศตะวันออกอ่อนกำลังลง การหมุนเวียน Walker ถูกรบกวน ชั้นน้ำ Thermocline แบบราบลงส่งผลให้น้ำผุดลดลง (ค) สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปที่อาจเป็นไปได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งประมวลจากข้อมูลตรวจวัด ทฤษฎีและแบบจำลองภูมิอากาศ โดยลมสินค้าจะอ่อนกำลังลง ชั้นน้ำ Thermocline แบบราบลงและตื้นขึ้นส่งผลให้น้ำผุดลดลง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลแถบเส้นศูนย์สูตรร้อนขึ้น รูปภาพด้านซ้ายแสดงด้วยค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ส่วนรูปภาพด้านขวาแสดงด้วยค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล	97
รูปที่ 5.6	การเปลี่ยนแปลงค่ามัธยฐานของปริมาณฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาวของซีกโลกเหนือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในอนาคตซึ่งแสดงในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ สำหรับภาพการจำลอง RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 โดยคอลัมน์ที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยตามแนวเส้นแวงของความแปรปรวนของปริมาณฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาว (มิลลิเมตรต่อเดือน)	99
รูปที่ 6.1	กรอบแนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	117
รูปที่ 6.2	กรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อภาวะอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้พลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคม	118
รูปที่ 6.3	กรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของระบบเศรษฐกิจสังคม	119
รูปที่ 6.4	การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวนาน้ำฝน/ข้าวนาปี ภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642	141
รูปที่ 6.5	การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวนาชลประทานฤดูแล้ง/ข้าวนาปรัง ภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642	142
รูปที่ 6.6	การเปลี่ยนแปลงผลผลิตอ้อยภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642	142
รูปที่ 6.7	การเปลี่ยนแปลงผลผลิตมันสำปะหลังภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่างๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642	143
รูปที่ 6.8	การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวโพดภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่างๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642	143
รูปที่ 6.9	ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงผลผลิตมันสำปะหลังในอนาคตตามรูปแบบการผลิตแบบที่เป็นอยู่ (BAU) ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ก) Baseline (ข) พ.ศ.2553-2573 (ค) พ.ศ.2583-2603 (ง) พ.ศ.2613-2633	145
รูปที่ 6.10	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกข้าวนาปีในเขตพื้นที่นาน้ำฝนในฤดูฝนตามแนวทางที่เน้นผลิตอาหาร (Food bowl scenario) และผลผลิตต่อไร่ (ก) Baseline (ข) พ.ศ.2553-2573 (ค) พ.ศ.2583-2603 (ง) พ.ศ.2613-2633	146

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 6.11	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกอ้อยตามแนวทางที่เน้นผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) และผลผลิตต่อไร่ (ก) Baseline (ข) พ.ศ.2553-2573 (ค) พ.ศ.2583-2603 (ง) พ.ศ.2613-2633	147
รูปที่ 6.12	พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังตามแนวทางที่เน้นการผลิตแบบผสมผสาน (Mixed farming scenario) และผลผลิตต่อไร่ (ก) Baseline (ข) พ.ศ.2553-2573 (ค) พ.ศ.2583-2603 (ง) พ.ศ.2613-2633	148
รูปที่ 6.13	พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวนาน้ำฝน/ข้าวนาปี จากผลกระทบของภูมิอากาศ (ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) (ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573) (ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)	150
รูปที่ 6.14	พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวชลประทาน /ข้าวนาปรัง จากผลกระทบของภูมิอากาศ (ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) (ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573) (ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)	151
รูปที่ 6.15	พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตอ้อยจากผลกระทบของภูมิอากาศ (ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) (ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573) (ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)	151
รูปที่ 6.16	พื้นที่เสี่ยงของการผลิตมันสำปะหลังจากผลกระทบของภูมิอากาศ (ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) (ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) (ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2090 (พ.ศ. 2633)	152
รูปที่ 6.17	พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวโพดจากผลกระทบของภูมิอากาศ (ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523) (ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) (ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2090 (พ.ศ. 2633)	152
รูปที่ 6.18	การแพร่กระจายความเค็มเฉลี่ยรายเดือนของทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ.2576 (ค.ศ.2033) กรณี F0 เป็น baseline ของการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ระหว่างวันที่ 1 ม.ค. 2572 – 31 ธ.ค.2594	159
รูปที่ 6.19	ผลจากแบบจำลองน้ำท่า (SWAT Model) ภายใต้สถานการณ์แบบ A2 (บน) และ B2 (ล่าง) (ก) ปริมาณน้ำท่ารายปี (ข) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน (ค) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง	167
รูปที่ 6.20	การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในแต่ละช่วงปี ค.ศ. (ก) 2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) (ข) 2050-1059 (พ.ศ.2593-2602) (ค) 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632)	172
รูปที่ 6.21	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบป่าในอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	173
รูปที่ 6.22	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า	173
รูปที่ 6.23	ระดับความเสี่ยงของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	174
รูปที่ 6.24	ตัวอย่างผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำทะเลต่อการเสียเสถียรภาพชายฝั่งบริเวณจังหวัดกระบี่	177
รูปที่ 6.25	ตัวอย่างผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลและการปนเปื้อนของน้ำเค็มต่อบ่อน้ำจืดบริเวณชายฝั่งจังหวัดกระบี่	177
รูปที่ 6.26	พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในกรณีต่างๆ	179
รูปที่ 6.27	ระดับความเสี่ยงชายฝั่งเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล	180
รูปที่ 6.28	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่น้ำท่วมต่อการตั้งถิ่นฐานชุมชนในลุ่มน้ำสงครามตอนล่าง	181

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 6.29	ระดับชั้นความสูงของพื้นที่นาในปัจจุบันที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำทะเลหนุนท่วม	182
รูปที่ 6.30	ความลึกระดับน้ำสูงสุดจากเหตุการณ์น้ำท่วมการคาดการณ์เปรียบเทียบ (ก) ช่วงระยะเวลาปัจจุบัน (C2008-T30) และ (ข) ช่วงอนาคต (C2050-LS-SR-A1FI-T30)	184
รูปที่ 6.31	ผลกระทบจากน้ำท่วมต่อโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งเปรียบเทียบกรณีศึกษา (ก) ช่วงระยะเวลาปัจจุบัน (C2008-T30) และ (ข) ช่วงอนาคต (C2050-LS-SR-SS-A1FI-T30)	185
รูปที่ 6.32	ประมาณการค่าใช้จ่ายสำหรับ 'รายจ่ายที่เป็นต้นทุน' สำหรับการปรับตัวต่อผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในช่วง 30 ปีข้างหน้ามีมูลค่าสะสมเท่ากับ 334,966 บาท	187
รูปที่ 6.33	ตัวอย่างรูปแบบที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมคือ “บ้านชั้นเดียว ใต้ถุนสูง” เพื่อปล่อยให้น้ำผ่านและสามารถใช้พื้นที่ใต้ถุนได้ในช่วงเวลาที่น้ำไม่ท่วม	189
รูปที่ 6.34	(ก) แนวคิดปรับผังเมือง และ (ข) รูปแบบการใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับภูมิอากาศอนาคต	190
รูปที่ 6.35	ตัวอย่างแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากข้อมูลคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนปีอนาคต (ก) SRES A2 และ (ข) B2	192
รูปที่ 6.36	ระดับความเสี่ยงต่อการเกิด (ก) โรคมาลาเรีย และ (ข) โรคไข้เลือดออกในอนาคตในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	194
รูปที่ 6.37	โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน	198
รูปที่ 6.38	โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต	199
รูปที่ 6.39	ระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้าน	200
รูปที่ 6.40	กรอบการมองภาพองค์รวมของความเสี่ยงในอนาคตของระบบสังคม	202
รูปที่ 6.41	การจัดการความเสี่ยงเชิงพื้นที่จังหวัดอุดรธานีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคต	203
รูปที่ 7.1	ภาวะภัยหลักที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นในเมืองขนาดใหญ่ทั่วโลก	217
รูปที่ 7.2	กรอบแสดงแนวคิดการสร้างเมืองให้มั่นคงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของเมืองในอนาคต กรณีศึกษาจากงานวิจัย Coastal Cities at Risk (CCaR)	223
รูปที่ 7.3	การเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์; %) ปริมาณฝนรวมรายปี (มม.) ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเปรียบเทียบ 2 ช่วงทศวรรษ (ก) ปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009) และ (ข) อนาคต (ค.ศ.2050-2069)	225
รูปที่ 7.4	การเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์; %) ปริมาณฝนรายเดือนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา	225
รูปที่ 7.5	แสดงการหนุนของน้ำทะเลในอนาคต 50 ปีข้างหน้า	226
รูปที่ 7.6	แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพฯ และพื้นที่โดยรอบ ระหว่างปี พ.ศ.2544-2553	227
รูปที่ 7.7	แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและพื้นที่เมืองที่ขยายในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554	227
รูปที่ 7.8	แสดงแผนที่ดัชนีความเปราะบางทางสังคม (SoVI Map)	228
รูปที่ 7.9	แสดงความสูงของคันกั้นน้ำเพื่อรับมือน้ำท่วมและการทรุดตัวของแผ่นดินในอีก 50 ปีข้างหน้า	230
รูปที่ 7.10	การยกคันกั้นน้ำโดยอาศัยแนวเส้นรอนสิทธิใต้แนวเสาไฟฟ้าแรงสูงของงานวิจัย Coastal Cities at Risk	231
รูปที่ 7.11	ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดินใต้แนวเสาไฟฟ้าแรงสูงเป็นสวนสาธารณะในต่างประเทศ	232

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 7.12	แสดงแนวคิดการโอนสิทธิการพัฒนาเพื่อหาพื้นที่รองรับน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้น	232
รูปที่ 7.13	แผนที่แสดงเขตผังเมืองรวมพุนพิน	236
รูปที่ 7.14	ผังเมืองรวมพุนพินประกาศบังคับใช้ปี 2545	237
รูปที่ 7.15	ระดับความสูงน้ำท่วมและอาคารในเขตผังเมืองรวมพุนพิน ปี 2554	238
รูปที่ 7.16	ผลกระทบระดับความสูงทางหลวงสาย 4153 ต่อทิศทางการไหล และการระบายน้ำ	239
รูปที่ 7.17	ผลกระทบน้ำท่วมต่อการใช้ที่ดินในเขตผังเมืองรวมพุนพิน ปี 2554	240
รูปที่ 7.18	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (มม.) ในลุ่มแม่น้ำตาปี เปรียบเทียบ 2 ช่วงทศวรรษ (ก) ปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009) และ (ข) อนาคต (ค.ศ.2050-2069)	241
รูปที่ 7.19	ที่ตั้ง เมืองใหม่-เมืองเก่า	242
รูปที่ 7.20	ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Zoning ordinances) ที่เอื้อให้เมืองพุนพินรับมือกับภาวะน้ำท่วม	243
รูปที่ 7.21	แนวทางการกำหนดพื้นที่ทางน้ำหลาก (Floodway)	243
รูปที่ 7.22	แนวทางการกำหนดมาตรการด้านการออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมสูง	244
รูปที่ 7.23	แสดงแนวฟลัดเวย์ในเขตผังเมืองรวมพุนพิน	245
รูปที่ 7.24	ถมดินเพื่อสร้างบ้าน	247
รูปที่ 7.25	การยกเสาสูง	247
รูปที่ 7.26	ชุมชนลอยน้ำ Floating 'condo community'	248
รูปที่ 7.27	บ้านลอยน้ำ แบบ “Lift floating”	248
รูปที่ 7.28	กำแพงกั้นน้ำจากแผ่นสมาร์ทบอร์ดขึ้นโครงด้วยเหล็กพับ	248
รูปที่ 7.29	การปล่อยน้ำผ่าน	249
รูปที่ 7.30	รูปแบบบ้านชั้นเดียวกับความสามารถในการดำรงชีวิต	251
รูปที่ 7.31	รูปแบบบ้านใต้ถุนสูงกับความสามารถในการดำรงชีวิต	251
รูปที่ 7.32	รูปแบบบ้านสองชั้นกับความสามารถในการดำรงชีวิต	251
รูปที่ 7.33	ตัวอย่างบ้านในชุมชนสามัคคีพัฒนาที่ยกใต้ถุนสูง โครงสร้างแข็งแรง	252
รูปที่ 7.34	ตัวอย่างบ้านในชุมชนบ้านสันกู่ ที่ถมพื้นสูงขึ้น	252
รูปที่ 7.35	ผนังไม้ไผ่สาน	254
รูปที่ 7.36	ผนังไม้อัด	254
รูปที่ 7.37	ประตู – หน้าต่าง สามารถถอดประกอบได้	255
รูปที่ 7.38	การจัดเรียงเฟอร์นิเจอร์เป็นพื้นที่กินอยู่หลับนอนช่วงน้ำท่วม	255
รูปที่ 7.39	การจัดเรียงเฟอร์นิเจอร์เป็นทางสัญจรในชุมชนขนาดเล็กช่วงน้ำท่วม	255
รูปที่ 7.40	การเตรียมชั้นลอยไว้และนำมาประกอบเป็นพื้นที่ใช้สอยเมื่อน้ำท่วม	256
รูปที่ 7.41	การเตรียมชั้นลอยไว้และนำมาประกอบเป็นทางสัญจรในชุมชนเมื่อน้ำท่วม	256

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 7.42	ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างคานพื้นแบบวางบนจุดรองรับบนเสาไม้	257
รูปที่ 7.43	ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างคานพื้นแบบแขวนกับคานหลังคา	257
รูปที่ 7.44	ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างทางสัญจรด้วยเสาคอนกรีต	258
รูปที่ 8.1	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2040 – 2059) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)	275
รูปที่ 8.2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอย 20 ปี (ค.ศ.2040 – 2059) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)	276
รูปที่ 8.3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2050 – 2069) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)	276
รูปที่ 8.4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอบ 20 ปี (ค.ศ.2050-2069) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)	276
รูปที่ 8.5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2060 – 2079) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)	277
รูปที่ 8.6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอบ 20 ปี (ค.ศ.2060-2079) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)	277
รูปที่ 8.7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยและปริมาณฝนสูงสุด-ต่ำสุดในรอบ 20 ปี ในอนาคตเมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)	277
รูปที่ 8.8	ผลการจำลองสถานการณ์อนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 A2 แสดงถึงการขยายตัวของพื้นที่น้ำบาดาลตื้นและการแพร่กระจายความเค็มในพื้นที่ห้วยขามเรียน จ.ขอนแก่น ในช่วงปี ค.ศ.2050 และ 2099	278
รูปที่ 8.9	การวางแผนพัฒนาน้ำที่ทนทานและยั่งยืน	284
รูปที่ 9.1	รูปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดย สีน้ำเงิน = IPCC AR5 สีแดง = IPCC AR4	309
รูปที่ 9.2	พื้นที่แล้งซ้ำซาก น้ำท่วมซ้ำซากของประเทศไทย	311
รูปที่ 9.3	ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากสำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Average maximun temperature) (ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	315
รูปที่ 9.4	ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมากสำหรับการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันที่มีอากาศร้อนในรอบปี (Number of hot days; T>= 35°C) (ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	316
รูปที่ 9.5	ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตในทิศทางที่ภูมิภาคจะมีฝนน้อยลง สำหรับปริมาณฝนรวมเฉลี่ยในแต่ละช่วงฤดูมรสุม (Average rainfall) (ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	317

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 9.6	การแพร่กระจายความเค็มเฉลี่ยรายเดือนของทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ.2593	318
รูปที่ 9.7	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกตามภาพฉายอนาคตตามแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร และแนวทางที่เน้นผลิตพลังงานทดแทน	323
รูปที่ 9.8	พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาน้ำฝนในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	323
รูปที่ 9.9	พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	324
รูปที่ 9.10	พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	324
รูปที่ 9.11	พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	325
รูปที่ 9.12	พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาน้ำฝนในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	326
รูปที่ 9.13	พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	326
รูปที่ 9.14	พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	327
รูปที่ 9.15	พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว	327
รูปที่ 9.16	พื้นที่ตำบลเหล่าอ้อย และ (ข) พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก (ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลเหล่าอ้อย) (ค) แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในบริเวณลำน้ำปาว	333
รูปที่ 9.17	(ก) และ (ข) สภาพน้ำท่วมในพื้นที่ตำบลเหล่าอ้อย และ (ค) ระดับความสูงของน้ำท่วม	333
รูปที่ 9.18	(ก) การทำนาปรังฤดูแล้ง (ข) สถานีสูบน้ำ (ค) คลองซอย และ (ง) ระบบส่งน้ำใต้ดินที่มีอยู่ในปัจจุบันในตำบลเหล่าอ้อยซึ่งอาจมีข้อจำกัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต	334
รูปที่ 9.18	ตัวอย่างผลการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่พื้นที่นี้จะมีปริมาณฝนมากขึ้น และมีอุณหภูมิสูงขึ้น อีกทั้งระยะเวลาที่มีอากาศร้อนยาวนานมากขึ้น	335
รูปที่ 9.20	พื้นที่หนองน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นเป็นแหล่งกักเก็บน้ำข้ามฤดูซึ่งจะเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต	336
รูปที่ 10.1	ความสัมพันธ์ระหว่างภาคส่วน	347
รูปที่ 10.2	ความเชื่อมโยงของหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผนของภาคส่วนต่างๆ	347
รูปที่ 10.3	กรอบการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจต่อสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน	377
รูปที่ 10.4	กระบวนการดำเนินการซ้ำของชุดคำสั่งภายใต้วิธีการ Robust Decision making (RDM)	379

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 10.5	ผลการดำเนินการทางด้านการบริหารจัดการน้ำในเมืองของ IEUA ภายใต้สถานการณ์ในอนาคต	380
รูปที่ 10.6	กรอบแนวคิดการตัดสินใจปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้ความไม่แน่นอน	381
รูปที่ 10.7	ผลการวิเคราะห์ผลได้และผลเสียของการปรับตัวภายใต้ภาวะความไม่แน่นอน	383
รูปที่ 12.1	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมซีเมนต์	397
รูปที่ 12.2	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกจำแนกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก	397
รูปที่ 12.3	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกจำแนกตามภาคส่วนต่างๆ	398
รูปที่ 12.4	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการผลิตปูนซิเมนต์ของ 6 ประเทศ	399
รูปที่ 12.5	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2533 – 2555 (ค.ศ.1990 – 2012)	401
รูปที่ 12.6	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปีต่างๆ	403
รูปที่ 12.7	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศในปี พ.ศ.2555	405
รูปที่ 12.8	ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2555	406
รูปที่ 12.9	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิของประเทศไทยจำแนกรายก๊าซ ปี พ.ศ.2533 – 2551	407
รูปที่ 12.10	ผลการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวมทั้ง 3 กรณี	409
รูปที่ 13.1	ภาพรวมเชิงสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย	414
รูปที่ 13.2	แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	425
รูปที่ 13.3	แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ	426
รูปที่ 13.4	แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	427
รูปที่ 13.5	ความเป็นมาและพัฒนาการของอนุสัญญา UNFCCC	438
รูปที่ 13.6	การดำเนินงานของประเทศไทยภายใต้อนุสัญญา UNFCCC	447
รูปที่ 13.7	เจตจำนงเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายใต้ NAMAs และ INDC	453
รูปที่ 14.1	การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ	459
รูปที่ 14.2	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2554	460
รูปที่ 14.3	(ซ้าย) กำลังการผลิตในระบบไฟฟ้าแยกตามผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้า (ขวา) การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง	461
รูปที่ 14.4	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน	461
รูปที่ 14.5	สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าตามแผน PDP2015	462
รูปที่ 14.6	การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าตามแผน PDP2015	463
รูปที่ 14.7	เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนตามแผน AEDP2015	464

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 14.8	แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติระยะยาว	465
รูปที่ 14.9	ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกเทียบกับกรณีฐาน	466
รูปที่ 14.10	การใช้พลังงานในสาขาขนส่งจำแนกตามวิธีการขนส่ง	467
รูปที่ 14.11	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง	468
รูปที่ 14.12	การพยากรณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสาขาขนส่งในกรณีปกติ	470
รูปที่ 14.13	การคาดการณ์การลดก๊าซเรือนกระจกและสัดส่วนที่ลดได้เทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ	472
รูปที่ 14.14	การใช้พลังงานในอาคาร/สำนักงาน/ที่พักอาศัย	473
รูปที่ 14.15	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารกลุ่ม F-Gas ในเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ	474
รูปที่ 14.16	การปล่อยสาร HFCs จากเครื่องปรับอากาศของประเทศไทย	475
รูปที่ 14.17	(บน) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2543 (ล่าง) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2543	477
รูปที่ 14.18	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2554 แยกตามประเภทอุตสาหกรรม	478
รูปที่ 14.19	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ในปี พ.ศ.2551-2593 จากแนวทางต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า	480
รูปที่ 14.20	(บน) ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมซีเมนต์ กรณีฐานปี พ.ศ.2548 (ล่าง) ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมซีเมนต์ กรณีฐานปี พ.ศ.2553	481
รูปที่ 14.21	ปริมาณการใช้พลังงาน และการปล่อย CO_2 จากการหลอมเหล็กในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง	482
รูปที่ 14.22	การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยระบบ EAF	483
รูปที่ 14.23	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ในปี พ.ศ.2548 – 2593 ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี	484
รูปที่ 14.24	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากอุตสาหกรรมการผลิตกรดไนตริก (บนซ้าย) High-temperature catalytic reduction (บนขวา) Low-temperature catalytic reduction และ (ล่าง) Nonselective Catalytic Reduction (NSCR)	485
รูปที่ 14.25	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายหลังดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก	486
รูปที่ 14.26	ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกภาค AFOLU ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 - 2555	488
รูปที่ 14.27	ปริมาณคาร์บอนกักเก็บในชีวมวลส่วนต่างๆ ของยางพาราในประเทศไทย	489
รูปที่ 14.28	การเปรียบเทียบอัตราการพัฒนาเข้าสู่สังคมเมืองของหัวเมืองต่างๆ ในประเทศไทย	492
รูปที่ 15.1	ผลกระทบของการซื้อขายใบอนุญาตฯ ต่อมูลค่าของสวัสดิการของครัวเรือนโดยรวม (Welfare) (เปรียบเทียบกับกรณีฐาน) ในช่วงปี ค.ศ.2020 – 2030 ณ ระดับราคาต่างๆ กันของใบอนุญาตฯ	507
รูปที่ 15.2	ผลกระทบต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริง (Real GDP) เปรียบเทียบค่ากรณีฐานในปี ค.ศ.2020 ณ ระดับราคาใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซฯ ต่างๆ	508
รูปที่ 15.3	คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจากโครงการต่างๆในปีงบประมาณ 2558	510

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ 15.4	ขั้นตอนการพิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของ อบก.	512
รูปที่ 15.5	ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก.	513
รูปที่ 15.6	ฉลากลดคาร์บอนของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย	513
รูปที่ 15.7	ขั้นตอนการพิจารณา Carbon Reduction Label ของ สสท.	514

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	เป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) และปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เพื่อควบคุมระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกให้อยู่ในระดับที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 ℃	14
ตารางที่ 2.1	ฐานข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทย ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.2013 - 2015 (พ.ศ.2556 - 2558)	25
ตารางที่ 2.2	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวรายปีในประเทศไทยที่รายงานใน TARC ฉบับที่ 1 และสรุปจากผลการศึกษาที่ได้ดำเนินการในช่วง ค.ศ.2011 - 2016 (พ.ศ.2554 - 2559)	27
ตารางที่ 2.3	พายุหมุนเขตร้อนที่มีระดับความเร็วลมสูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อน ที่เคลื่อนตัวผ่านและขึ้นฝั่งในประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1951 - 2010 (พ.ศ.2494 - 2553)	36
ตารางที่ 2.4	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (จำนวนวันต่อทศวรรษ) ของดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970 - 2009 (พ.ศ.2513 - 2552) ที่เฉลี่ยทุกสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 65 สถานี	39
ตารางที่ 2.5	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) เฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 41 สถานี	41
ตารางที่ 3.1	การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในระดับท้องถิ่นที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) - ปัจจุบัน ในบริเวณทะเลจีนใต้และใกล้เคียง	56
ตารางที่ 3.2	สรุปการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำสัมพัทธ์ (Relative sea level) บริเวณเกาะหลักจากงานวิจัยที่ผ่านมา	57
ตารางที่ 4.1	การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-ESM2M	79
ตารางที่ 4.2	การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก MPI-ESM-LR	80
ตารางที่ 4.3	การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก HadGEM2-ES	81
ตารางที่ 6.1	การศึกษาด้านผลกระทบ ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	121
ตารางที่ 6.2	การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความเปราะบางของคลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยว	196
ตารางที่ 7.1	ตัวอย่างของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งในปัจจุบันและอนาคตต่ออุตสาหกรรม การตั้งถิ่นฐานและสังคม และปฏิสัมพันธ์กับมิติอื่นๆ	215
ตารางที่ 7.2	แสดงกรณีศึกษาการรับมือของชุมชนเมืองในบริบทต่าง ๆ ต่อความเสี่ยงจากน้ำท่วม	220
ตารางที่ 7.3	แสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของกรุงเทพมหานคร	226

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 7.4	แสดงความมั่นคงทางสังคมของแต่ละโซนจากสถานการณ์ในอนาคตทั้ง 3 ในอีก 50 ปีข้างหน้า	229
ตารางที่ 7.5	ตารางแสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของลุ่มน้ำตาปี	241
ตารางที่ 7.6	ตารางแสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่	253
ตารางที่ 8.1	ผลการตรวจวัดของผลกระทบด้านทรัพยากรน้ำจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	267
ตารางที่ 8.2	สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อวัฏจักรของน้ำ	268
ตารางที่ 8.3	ศักยภาพทรัพยากรน้ำในประเทศไทย	269
ตารางที่ 8.4	ความต้องการใช้น้ำในประเทศไทย	270
ตารางที่ 8.5	สรุปสภาพปัญหาทรัพยากรน้ำ	271
ตารางที่ 8.6	ประเด็นสถานการณ์ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง และทิศทางการจัดการน้ำของประเทศไทย	279
ตารางที่ 8.7	ตัวอย่างเมทริกแสดงความกังวลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	283
ตารางที่ 8.8	ตัวอย่างการปรับตัวจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	285
ตารางที่ 8.9	ทางเลือกในการปรับตัว	285
ตารางที่ 8.10	ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (cc) ต่อกลยุทธ์และเป้าหมายในแต่ละยุทธศาสตร์	287
ตารางที่ 8.11	มาตรการด้านอุปทานและอุปสงค์ด้านทรัพยากรน้ำ	293
ตารางที่ 8.12	ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง	302
ตารางที่ 9.1	พื้นที่เพาะปลูกข้าวที่เสียหายอันเนื่องจากภัยธรรมชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2551	312
ตารางที่ 9.2	พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เสียหายอันเนื่องจากภัยธรรมชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2551	312
ตารางที่ 9.3	ปริมาณน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่างๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2556-2559 (ข้อมูล ณ วันที่ 24 มีนาคม 2559)	313
ตารางที่ 9.4	สรุปการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food Bowl scenario)	323
ตารางที่ 9.5	สรุปการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงานทดแทน (Green energy scenario)	325
ตารางที่ 9.6	สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามแนวทางที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน (Business as usual scenario)	328
ตารางที่ 9.7	สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario)	328
ตารางที่ 9.8	สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่ เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario)	329

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 10.1	สรุปงานเบื้องต้น ช่องว่าง และอุปสรรคต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ (a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.); CC หมายถึง climate change)	349
ตารางที่ 10.2	สรุปความเชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายการพัฒนาและความต้องการต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ (a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))	353
ตารางที่ 10.3	สรุปงานการประยุกต์ใช้แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ (a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))	356
ตารางที่ 10.4	สรุปงานการรายงาน การติดตาม และการทบทวนแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ (a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))	357
ตารางที่ 10.5	ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง	358
ตารางที่ 10.6	โครงการที่มีความสำคัญเร่งด่วนภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติภาคทรัพยากรน้ำ	359
ตารางที่ 10.7	ลำดับความสำคัญของโครงการภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติภาคเกษตร	360
ตารางที่ 12.1	ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของประเทศต่างๆ ในปี ค.ศ.1990 – 2014 (พ.ศ.2533 – 2557)	400
ตารางที่ 12.2	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปีต่างๆ	404
ตารางที่ 12.3	ผลการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม	408
ตารางที่ 13.1	ตัวชี้วัดเป้าหมายของแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	421
ตารางที่ 13.2	กรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036)	430
ตารางที่ 13.3	โครงการ CDM ของประเทศไทย	448
ตารางที่ 13.4	แนวทางการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อรองรับเป้าหมาย NAMAs	450
ตารางที่ 14.1	เป้าหมายและศักยภาพการลดการใช้พลังงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ.2558–2579	469
ตารางที่ 14.2	ปริมาณการใช้สารกลุ่มฟลูโอริเนตในเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (RAC Sector) จากทุกกิจกรรมของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2553 (ค.ศ.2000 – 2010)	473

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 14.3	การคาดการณ์ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2563 – 2593	489
ตารางที่ 14.4	ปริมาณการเก็บกักก๊าซเรือนกระจกในสาขาป่าไม้	491
ตารางที่ 14.5	การคาดการณ์ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสียในปี พ.ศ.2563 – 2593	494
ตารางที่ 15.1	แสดงอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ที่จะบังคับใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2559	501

บทนำ

รายงาน “การสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 พ.ศ.2559 (Thailand’s Second Assessment Report on Climate Change 2016 หรือ 2nd TARC) ฉบับนี้ เป็นการดำเนินการที่ต่อเนื่องจาก “การสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ.2554 (Thailand’s First Assessment Report on Climate Change 2011 หรือ 1st TARC) โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการรวบรวมองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยให้เป็นปัจจุบัน และสะท้อนการพัฒนาองค์ความรู้ แนวคิด และการดำเนินนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศในห้วงเวลาประมาณ 5 ปีที่ผ่านมา

การกำเนิดขึ้นมาของศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสมัยใหม่ และการดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน ได้ถูกขับเคลื่อนโดยวิทยาศาสตร์มาโดยตลอด ดังนั้น องค์ความรู้วิทยาศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จึงเป็นฐานที่สำคัญที่แต่ละประเทศควรจะต้องเร่งพัฒนาให้เพียงพอต่อการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหา แสวงหาโอกาส หรือวางแผนการรับมือกับผลกระทบในระดับต่างๆ ตั้งแต่ระดับนโยบายจนถึงระดับปฏิบัติการ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้น กลายเป็นตัวแปรสำคัญตัวหนึ่งในการกำหนดทิศและขับเคลื่อนทิศทางการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมในปัจจุบัน ถ้ามองภาพรวมเพื่อให้เข้าใจอย่างง่ายๆ ก็จะเห็นภาพว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นปรากฏการณ์ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งโลก เป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนานแล้วตั้งแต่โลกได้กำเนิดขึ้นมา แต่การเปลี่ยนแปลงที่เราเผชิญอยู่ในปัจจุบันนี้ ถูกกระตุ้นให้รุนแรงและมีอัตราเร่งที่เพิ่มขึ้น ด้วยกิจกรรมการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของมนุษย์ ผลกระทบที่ตามมา จึงเห็นค่อนข้างชัดเจน ร่นระยะเวลาของการเกิดเร็วขึ้น นั่นหมายความว่า การดำเนินการแก้ปัญหา ลดความสูญเสีย และการวางแผนเพื่อการพัฒนาในอนาคต ก็ต้องทำอย่างทันการและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อันที่จริง ในอดีต มนุษย์ไม่รู้ด้วยซ้ำว่า การพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของตนนั้น ได้มีส่วนอย่างมากในการผลักดันให้สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ความจริงข้อนี้เพิ่งเริ่มกระจ่างขึ้นในช่วงอายุของคนรุ่นปัจจุบันนี้เอง โดยในต้นทศวรรต 1990s IPCC ได้รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากทั่วโลก และผลจากการวิเคราะห์นั้นบ่งชี้ว่าอุณภูมิเฉลี่ยของโลกได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และข้อสรุปที่ว่านี้ก็ได้ถูกยืนยันครั้งแล้วครั้งเล่าจากผลการศึกษาวิจัยหลังจากนั้น นอกจากนี้ การวิเคราะห์ของ IPCC ยังได้ข้อสรุปที่สำคัญอีกข้อหนึ่งคือ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกดังกล่าวนี้ เป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของมนุษย์ ไม่ใช่เป็นการปล่อยออกมาจากกระบวนการทางธรรมชาติ ข้อสรุปอันนี้ ได้ส่งผลต่อการเปลี่ยนมุมมองและแนวคิดการพัฒนาของโลกอย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน ประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจึงได้กลายเป็นกระแสขับเคลื่อนหลักกระแสหนึ่งของโลกในปัจจุบัน

ในทางวิทยาศาสตร์ ระบบภูมิอากาศโลกประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนบรรยากาศ ส่วนมหาสมุทร ส่วนที่เป็นน้ำแข็งทั้งที่ขั้วโลกและภูเขา ส่วนที่เป็นพื้นดิน และส่วนของกิจกรรมสิ่งมีชีวิต การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกและการเกิดภาวะโลกร้อน ส่งผลให้องค์ประกอบเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป หรือที่เราเรียกกันว่า ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงนั่นเอง ระดับและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของแต่ละส่วนภูมิภาคโลก หรือของแต่ละประเทศก็แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับว่าพื้นที่นั้นๆ มีองค์ประกอบเหล่านี้มากน้อยเพียงใด นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงในพื้นที่หนึ่งๆ ที่อยู่ห่างไกล ก็อาจส่งผลต่อพื้นที่ส่วนที่เหลือของโลกอีกด้วย ใน 2nd TARC ฉบับนี้ ลักษณะของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยของแต่ละองค์ประกอบของระบบภูมิอากาศ ที่เกิดจากการตรวจวัด การวิเคราะห์ข้อมูลจากกระบวนการวิจัย ได้ถูกรวบรวมไว้ในส่วนที่ 1 ซึ่งรวมถึงข้อมูลการตรวจวัดที่สำคัญ เช่น ข้อมูลฝน อุณหภูมิ ระดับน้ำทะเล ตลอดจนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตโดยแบบจำลองที่ทันสมัย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ส่วนที่ 1 นี้ ถือเป็นการรวบรวมองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ที่อยู่บนพื้นฐานการตรวจวัดจริงภายในประเทศไทย ที่เป็นปัจจุบัน และสมบูรณ์ที่สุดแหล่งหนึ่งของประเทศไทยในปัจจุบัน

ในส่วนที่ 2 ของรายงาน เป็นการรวบรวมและประมวลผลการศึกษาในห้วงเวลาหลังการทำ 1st TARC ในส่วนที่เป็นการประเมินผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น และการแสวงหาแนวทางการปรับตัวที่เหมาะสมกับบริบทของไทยในระดับต่างๆ เช่น ระดับประเทศ ระดับเมืองขนาดใหญ่และเมืองขนาดเล็ก และระดับชุมชน ตลอดจนการประเมินแนวทางปรับตัวตามรายสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น การเกษตรและการบริหารจัดการน้ำ โดยเน้นให้เห็นถึงกรอบแนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและวิธีการนำมาประยุกต์ใช้ ซึ่งมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และต้องการความรู้ความเข้าใจหรือการปรับมุมมองของ

คนในสังคมพอสมควร เพื่อให้การขับเคลื่อนและดำเนินการด้านการปรับตัวสัมฤทธิ์ผล การวิจัยและตีความในส่วนที่ 2 นี้ ตั้งอยู่บนข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกประมวลไว้ในส่วนที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่า ผลกระทบและการปรับตัวภายในประเทศไทยนั้น ขั้นแรกถูกกำหนดโดยลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของภูมิอากาศ องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ประมวลได้ในส่วนที่ 1 จึงจำเป็น และในขั้นต่อมาเป็นการนำเอาข้อมูลองค์ความรู้นั้นมาบูรณาการกับศาสตร์ด้านสังคมและเศรษฐศาสตร์ ซึ่งผลจากการประมวลองค์ความรู้ในครั้งนี้ แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยจำเป็นต้องพัฒนาและสร้างองค์ความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเหล่านี้อีกมาก ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถสนับสนุนการดำเนินการในระดับต่างๆ ภายในประเทศ โดยเฉพาะการประเมินผลกระทบและการวางรากฐานการปรับตัว ให้มีเป้าหมายที่ชัดเจนหรือเพิ่มประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น

ส่วนที่ 3 ของรายงานก็ยังตั้งอยู่บนข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์จากส่วนที่ 1 เช่นกัน เพียงแต่ในส่วนนี้ เป็นการดำเนินการของประเทศไทย ที่อยู่ภายใต้หรือได้รับแรงขับเคลื่อนมาจากข้อตกลงระหว่างประเทศ เพื่อร่วมกันแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ สาระหลักเป็นการจัดกระบวนทัพ การดำเนินการทางนโยบาย และการดำเนินกิจกรรมภายในประเทศ ซึ่งการแก้ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศผ่านกลไกข้อตกลงเหล่านี้ ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่ชัดเจนในระยะสั้น มีผลต่อการดำเนินชีวิตทันทีต่อคนในรุ่นปัจจุบัน ความรู้ความเข้าใจในข้อตกลง การนำไปสู่การปฏิบัติและการสื่อสารให้สังคมในวงกว้างได้รับรู้ จึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าองค์ความรู้ในส่วนที่ 1 และ 2

ดังนั้นจะเห็นว่า แม้ในรายงาน “การสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2 พ.ศ.2559 (Thailand’s Second Assessment Report on Climate Change 2016 หรือ 2nd TARC) ฉบับนี้ จะถูกรายงานแยกออกเป็นส่วนๆ แต่ในความเป็นจริงทั้ง 3 ส่วนมีเนื้อหาเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกันอย่างแยกไม่ออก การประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผล จึงต้องใช้องค์ความรู้ทั้ง 3 ส่วนประกอบกัน

ส่วนที่ 1

องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

Updated Climate Change Knowledge and Information of Thailand

คณะทำงานกลุ่มที่ 1

ดร.อัศมน ลิ่มสกุล	กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
ดร.บุญลือ คะเชนทร์ชาติ	มหาวิทยาลัยมหิดล
ดร.ปัทมา สิงหรักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.สุริยัณห์ สาระมูล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ดร.สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์	กรมชลประทาน

บทที่ 1	ข้อค้นพบสำคัญในรายงานประเมินฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	4
บทที่ 2	หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิว	18
บทที่ 3	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่ง	48
บทที่ 4	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย	68
บทที่ 5	ความแปรปรวนของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปลี่ยนแปลงในอนาคต	88

บทที่ 1

ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

Key Findings in the Fifth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change

ดร.บุญลือ คะเชนทร์ชาติ

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

วิธีอ้างอิง

บุญลือ คะเชนทร์ชาติ, 2559: ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

1.1 บทนำ 6

1.2 ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC 6

1.3 สรุป ช่องว่างของความรู้และแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต 15

เอกสารอ้างอิง

1.1 บทนำ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของโลกและของแต่ละภูมิภาค มีความเชื่อมโยงกันในหลายมิติกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย ดังนั้น การประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย จึงเริ่มต้นด้วยการทบทวนข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC) ในประเด็นต่างๆ เช่น หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากข้อมูลตรวจวัด การศึกษาเชิงทฤษฎีแรงขับเคลื่อนและสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของระบบภูมิอากาศ ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงพิจารณาช่องว่างความรู้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อสร้างความเข้าใจในเบื้องต้นถึงสถานะและความก้าวหน้าขององค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในปัจจุบัน

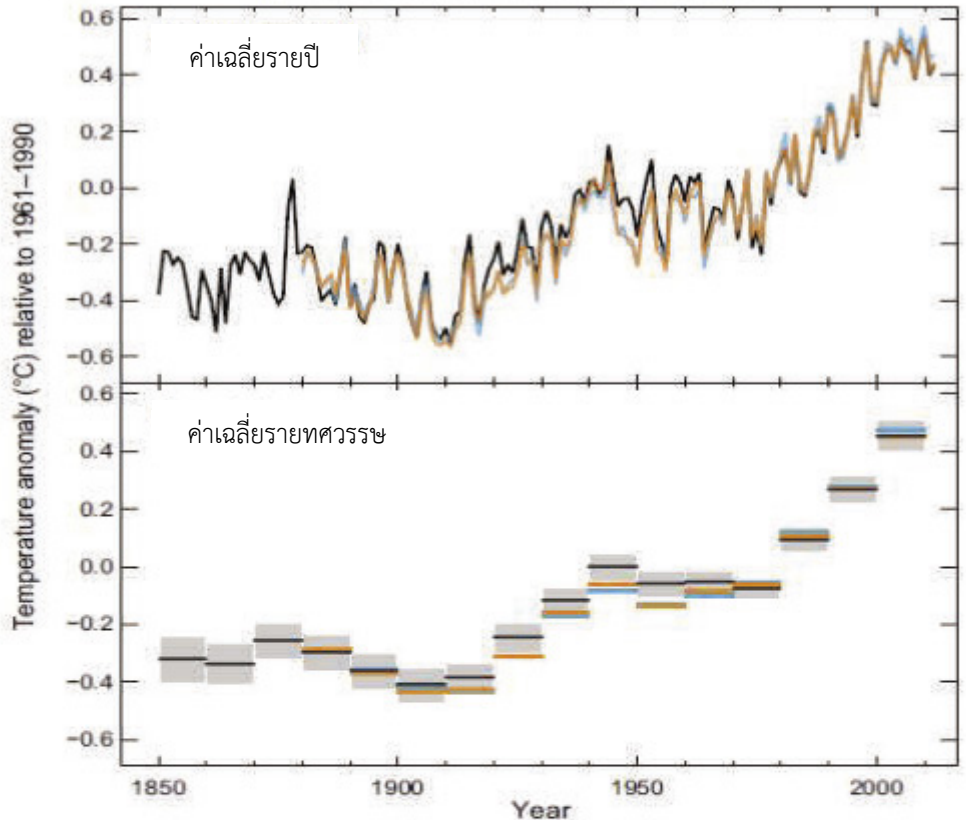
1.2 ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC

1.2.1 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากข้อมูลตรวจวัด

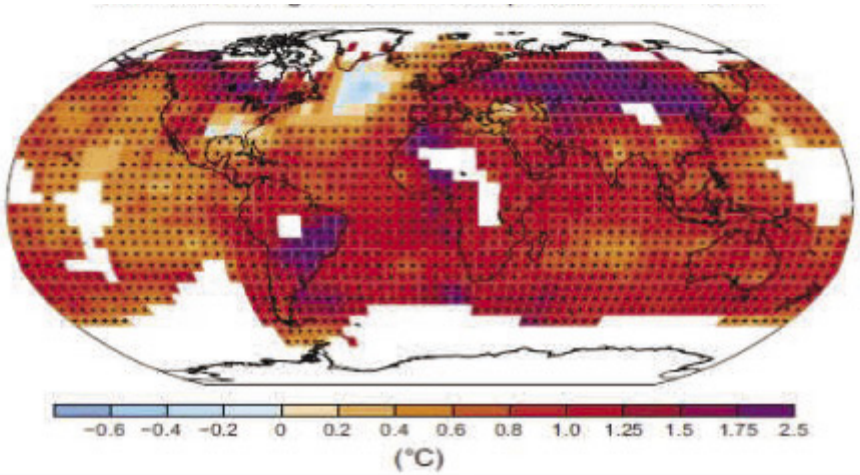
อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลก (global mean surface temperature) ได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมาและสูงกว่าทุกๆ ทศวรรษก่อนหน้านี้ตั้งแต่ ปี ค.ศ.1850 (พ.ศ.2393) เป็นต้นมา โดยข้อมูลจากการตรวจวัดในระหว่างปี ค.ศ.1983 - 2012 (พ.ศ.2526 - 2555) บ่งชี้ว่าซีกโลกเหนือมีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงกว่าเมื่อ 1,400 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ ในช่วงปี ค.ศ.1880 - 2012 (พ.ศ.2423 - 2555) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นแผ่นดินและมหาสมุทรโลก เพิ่มขึ้น 0.85 °C (ความไม่แน่นอนในระดับ 90% อยู่ในช่วง 0.65 - 1.06 °C) (รูปที่ 1.1ก) นอกจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวแล้ว อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลก ยังแสดงความแปรปรวนระหว่างปีและระหว่างทศวรรษอย่างเด่นชัด (รูปที่ 1.1ก) ซึ่งเกิดจากความแปรปรวนภายในของระบบโลก ทั้งนี้ จุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของห้วงเวลาที่พิจารณามีผลต่ออัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในช่วงเวลาสั้นๆ และไม่สะท้อนให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของภูมิอากาศอย่างแท้จริง ตัวอย่างเช่น อัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกในห้วงเวลา 15 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1998 - 2012 (พ.ศ.2541 - 2555) มีค่า 0.05 °C ต่อทศวรรษ เนื่องจากจุดเริ่มต้นของช่วงเวลาดังกล่าว เป็นห้วงเวลาที่เกิดเหตุการณ์เอลนีโญ (El Niño) ในระดับรุนแรง แต่เมื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงในห้วงเวลาที่ยาวนานขึ้น ตั้งแต่ปี ค.ศ.1951 - 2012 (พ.ศ.2494 - 2555) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลก กลับเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าซึ่งมีค่า 0.12 °C ต่อทศวรรษ เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นเพิ่มเติมในช่วง ค.ศ.1901 - 2012 (พ.ศ.2444 - 2555) ซึ่งเป็นห้วงเวลาที่การบันทึกข้อมูลมีความสมบูรณ์และต่อเนื่องยาวนานที่สุดแล้ว พบว่า อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย เพิ่มขึ้นทุกภูมิภาคของโลกยกเว้นพื้นที่ขนาดเล็กในบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกเหนือ โดยอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในบริเวณขั้วโลกของทวีปเอเชียและบางส่วนของทวีปแอฟริกา (รูปที่ 1.1ข)

ปริมาณความร้อนในระบบภูมิอากาศโลกมากกว่าร้อยละ 90 ถูกสะสมในมหาสมุทร ทำให้มหาสมุทรโดยรวมร้อนขึ้น และส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ตามมา โดยพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของมหาสมุทรบริเวณผิวน้ำจนถึงระดับความลึก 75 เมตร ระหว่างปี ค.ศ.1971 - 2010 (พ.ศ.2514 - 2553) เพิ่มขึ้น 0.11 °C ต่อทศวรรษ (ค่าความไม่แน่นอนในระดับ 90% อยู่ในช่วง 0.09 ถึง 0.13 °C ต่อทศวรรษ)

(ก) ค่าเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยระยะยาวของอุณหภูมิอากาศระหว่าง ปี ค.ศ. 1850 - 2012



(ข) การกระจายเชิงพื้นที่ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศของโลกระหว่างปี ค.ศ. 1901 - 2012



รูปที่ 1.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศโลกรายปีและรายทศวรรษจากฐานข้อมูล 3 ชุดในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1880 - 2012 (พ.ศ.2393 - 2555) (ก)และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1901 - 2012 (พ.ศ.2444 - 2555) ซึ่งเป็นห้วงเวลาที่การบันทึกข้อมูลมีความสมบูรณ์และต่อเนื่องยาวนานที่สุด (ข) (ที่มา: IPCC, 2013)

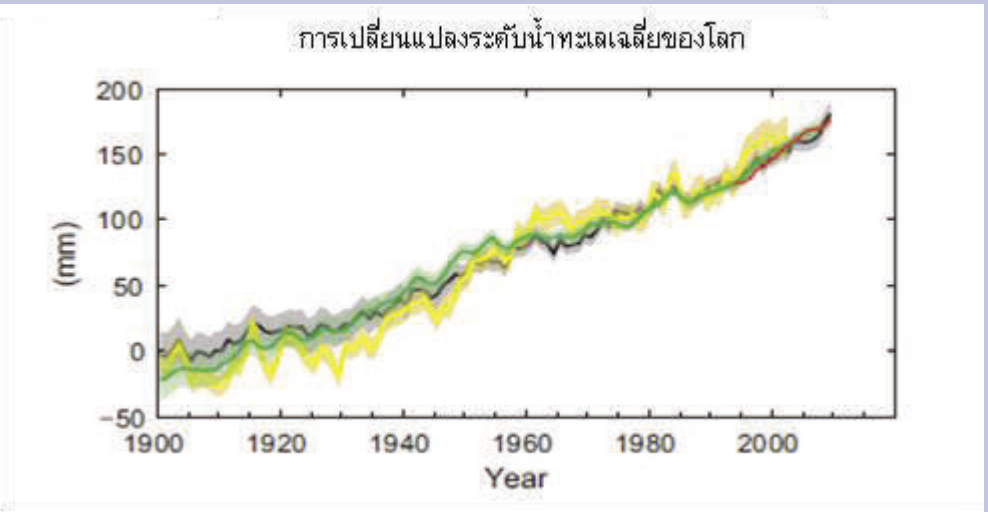
ปัจจุบัน ความเชื่อมั่นในข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณหยาดน้ำฟ้า (precipitation) เฉลี่ยของโลกนับตั้งแต่ปี ค.ศ.1901 (พ.ศ.2444) ยังอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยเฉพาะแถบละติจูดกลาง (mid-latitude) ของซีกโลกเหนือ พบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยในบริเวณแถบละติจูดอื่นๆ ยังมีความเชื่อมั่นในระดับต่ำ

นับตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 (พ.ศ.2493) พบว่า จำนวนวันและคืนที่หนาว ได้ลดลงและจำนวนวันและคืนที่ร้อนเพิ่มขึ้นในสเกลระดับโลก โดยความถี่ของคลื่นความร้อน ได้เพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของทวีปยุโรป ทวีปเอเชียและออสเตรเลีย ในขณะที่ พื้นที่ที่มีจำนวนเหตุการณ์ฝนตกหนักเพิ่มขึ้น มีสัดส่วนมากกว่าพื้นที่ที่มีเหตุการณ์ดังกล่าวลดลง ความถี่และความรุนแรงของเหตุการณ์ฝนตกหนัก ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในทวีปอเมริกาเหนือและยุโรป ส่วนการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ฝนตกหนักในทวีปอื่นๆ ส่วนใหญ่มีความเชื่อมั่นในระดับปานกลาง

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลตั้งแต่ทศวรรษที่ 1950 เป็นต้นมา นับเป็นหลักฐานทางอ้อมที่บ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรของน้ำในมหาสมุทร ซึ่งผลการศึกษาพบว่าภูมิภาคที่น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มเพิ่มมากขึ้น เป็นผลมาจากอัตราการระเหยน้ำสูงขึ้น ในขณะที่ภูมิภาคที่น้ำในมหาสมุทรมีความเค็มลดต่ำลง เป็นผลมาจากมีปริมาณหยาดน้ำฟ้าเพิ่มมากขึ้น ข้อค้นพบอีกประการหนึ่งในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ที่เกี่ยวกับมหาสมุทร คือ นับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา มหาสมุทรมีความเป็นกรด (acidification) เพิ่มมากขึ้น สืบเนื่องจากมหาสมุทรดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างต่อเนื่อง โดยค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของพื้นผิวน้ำมหาสมุทรลดลง 0.1 หน่วย ซึ่งสอดคล้องกับระดับความเป็นกรดในมหาสมุทรที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 26

ตลอดช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1992 - 2011 (พ.ศ.2535 - 2554) แผ่นน้ำแข็งบริเวณกรีนแลนด์และแอนตาร์กติกามีขนาดลดลง โดยการสูญเสียแผ่นน้ำแข็งเกิดขึ้นมากที่สุดในช่วงระหว่างปี ค.ศ.2002 - 2011 (พ.ศ.2545 - 2554) ในขณะที่ธารน้ำแข็งเกือบทั่วโลก ยังคงหดตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง เช่นเดียวกันกับทะเลน้ำแข็งอาร์กติกและพื้นที่หิมะปกคลุมในฤดูใบไม้ผลิในซีกโลกเหนือที่มีพื้นที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยค่าเฉลี่ยรายปีของขนาดพื้นที่ทะเลน้ำแข็งอาร์กติกลดลงในอัตราร้อยละ 3.5 - 4.1% ต่อทศวรรษ ตลอดช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1979 - 2012 (พ.ศ.2522 - 2555)

ห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1901 - 2010 (พ.ศ.2444 - 2553) ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น 0.19 เมตร (ค่าความไม่แน่นอนในระดับ 90% อยู่ในช่วง 0.17 - 0.21 เมตร) (รูปที่ 1.2) จากข้อมูลที่มีอยู่ นักวิทยาศาสตร์มีความเชื่อมั่นสูงว่าระดับน้ำทะเลตั้งแต่กลางศตวรรษที่ 19 มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าอัตราเฉลี่ยในช่วงสองพันปีก่อนหน้านี้ โดยในช่วง 129,000 ถึง 116,000 ปีที่ผ่านมา ระดับน้ำทะเลสูงสุดของโลก มีระดับสูงกว่าระดับปัจจุบันอย่างน้อย 5 เมตร ซึ่งระหว่างยุคดังกล่าวแผ่นน้ำแข็งบริเวณกรีนแลนด์ มีส่วนทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นระหว่าง 1.4 และ 4.3 เมตร ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในอดีต เกิดขึ้นภายใต้บริบทของแรงขับเคลื่อนจากวงโคจรโลกที่แตกต่างกันและการร้อนขึ้นอย่างน้อย 2°C จากระดับปัจจุบันของอุณหภูมิอากาศผิวพื้น



รูปที่ 1.2 แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในศตวรรษที่ 20 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาปี ค.ศ.1900 - 1905 (พ.ศ.2443 - 2448) (ที่มา: IPCC, 2014)

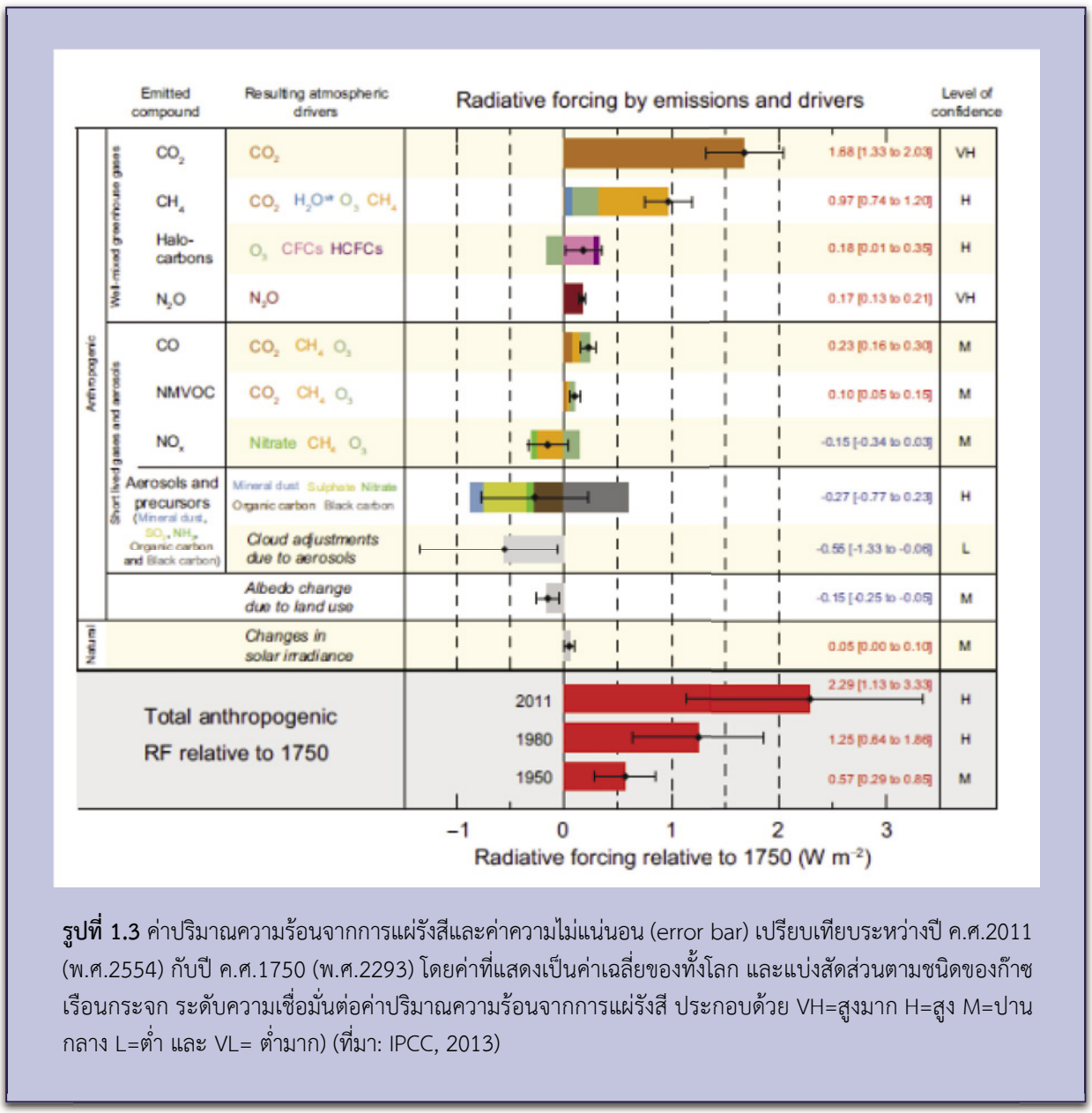
1.2.2 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสมดุลพลังงานในบรรยากาศ ในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ได้แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในบรรยากาศของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) เทียบกับยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม (ค.ศ.1750 หรือ พ.ศ.2293) ในรูปของปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสี (radiative forcing) ในบรรยากาศโลก ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงสมดุลระหว่างค่าพลังงานจากดวงอาทิตย์เข้ามาในบรรยากาศโลกและค่าพลังงานที่สะท้อนกลับออกไปจากบรรยากาศโลก (มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร) โดยความแรงของการแผ่รังสีที่มีค่าเป็นบวก หมายถึงมีการสะสมพลังงานเพิ่มขึ้นในบรรยากาศโลกและมีผลทำให้โลกร้อนขึ้น ในขณะที่ค่าที่เป็นลบ แสดงถึงการสะสมพลังงานลดลงและมีผลให้โลกเย็นลง ทั้งนี้ค่าสุทธิของสมดุลพลังงานนี้ เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ซึ่งปล่อยออกมาจากกิจกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของมนุษย์

รายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ได้สรุปว่า ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นในระดับที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อนอย่างน้อยในห้วง 800,000 ปีที่ผ่านมา ซึ่งการเพิ่มขึ้นหลังจากปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) เป็นผลมาจากกิจกรรมของมนุษย์ และในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ความเข้มข้นของ CO_2 CH_4 และ N_2O ในชั้นบรรยากาศ มีค่า 391 ส่วนในล้านส่วน 1,803 ส่วนในพันล้านส่วน และ 324 ส่วนในพันล้านส่วน ซึ่งมีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ร้อยละ 40 150 และ 20 ตามลำดับ

ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.2002 - 2011 (พ.ศ.2545 - 2554) อัตราการปล่อย CO_2 เฉลี่ยรายปีจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการผลิตซีเมนต์ มีค่า 8.3 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี และ 9.5 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี ซึ่งมีค่าสูงกว่าอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ร้อยละ 54 ในขณะที่ ค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาปี ค.ศ.2002 - 2011 (พ.ศ.2545 - 2554) ของอัตราการปล่อย CO_2 สุทธิจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกิจกรรมมนุษย์ มีค่า 0.9 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี ทั้งนี้ ในห้วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1750 - 2011 (พ.ศ.2293 - 2554) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสะสมจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการผลิตซีเมนต์ การตัดไม้ทำลายป่าและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินมีค่า 375 และ 180 พันล้านตันคาร์บอน ตามลำดับ รวมแล้วปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์เท่ากับ 555 พันล้านตันคาร์บอน (มีช่วงค่า 470 - 640 พันล้านตันคาร์บอน) ในจำนวนนี้ 240 พันล้านตันคาร์บอน ถูกสะสมในชั้นบรรยากาศ 155 พันล้านตันคาร์บอน ถูกดูดซับโดยมหาสมุทร และ 160 พันล้านตันคาร์บอน ถูกสะสมในระบบนิเวศบก

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) กับปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) แล้ว พบว่า มีค่า 2.29 วัตต์ต่อตารางเมตร (รูปที่ 1.3) โดยค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสี มีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากปี ค.ศ.1970 (พ.ศ.2513) ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีรวมของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ที่เป็นผลจากกิจกรรมของมนุษย์ มีมากกว่าค่ารวมของปี ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) ที่ได้รายงานในรายงานฉบับที่ 4 ของ IPCC ร้อยละ 43 ทั้งนี้ มีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการนำค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีละอองลอย (aerosol) มาพิจารณารวมด้วย โดย IPCC รายงานว่า ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีที่เป็นผลมาจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2, CH_4, N_2O, และ Halocarbons) ของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) เมื่อเปรียบเทียบกับปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) มีค่า 3.00 วัตต์ต่อตารางเมตร (รูปที่ 1.3) ในขณะที่ การปล่อย CO_2 หรือ CH_4 เพียงก๊าซเดียว ส่งผลให้ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีมีค่า 1.68 และ 0.97 วัตต์ต่อตารางเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 1.3)



รูปที่ 1.3 ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีและค่าความไม่แน่นอน (error bar) เปรียบเทียบระหว่างปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) กับปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) โดยค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งโลก และแบ่งสัดส่วนตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก ระดับความเชื่อมั่นต่อค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสี ประกอบด้วย VH=สูงมาก H=สูง M=ปานกลาง L=ต่ำ และ VL= ต่ำมาก) (ที่มา: IPCC, 2013)

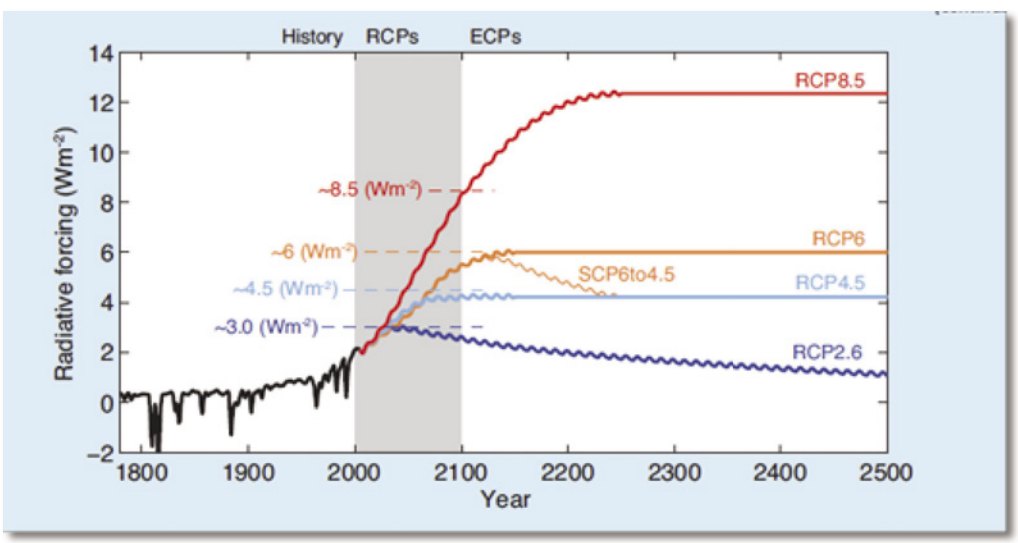
1.2.3 ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

รายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ใช้ภาพการณ์จำลอง (scenario) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ เรียกว่า Representative Concentration Pathways (RCPs) โดยภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่นี้ ใช้ชื่อว่า RCP แล้วตามด้วยค่าพลังงานความร้อนระดับต่างๆ ในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก เช่น RCP4.5 สื่อความหมายว่าค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีจะเพิ่มเป็น 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร เมื่อเทียบกับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม และก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ มีความเข้มข้นประมาณ 650 ส่วนในล้านส่วน หลังปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) กระบวนการจัดทำภาพการณ์จำลองแบบ RCP โดยย่อ เริ่มต้นจากการกำหนดความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจากกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของมนุษย์ จากนั้นประเมินผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากการเพิ่มระดับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจก โดยใช้แบบจำลองระบบโลก (Earth System Model) หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมและมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้แบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการ (Integrated Assessment Model) เพื่อคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสี ภายในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เปรียบเทียบกับปี ค.ศ.1750 (พ.ศ.2293) ใน 3 กรณี ต่อไปนี้

1) RCP2.6 กำหนดค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีต่ำมาก ที่ 3 วัตต์ต่อตารางเมตร (ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ประมาณ 490 พันส่วนในล้านส่วน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ทั้งนี้ ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายปีสูงสุด จะเกิดขึ้นระหว่างห้วงเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.2010 - 2020 (พ.ศ.2553 - 2563) จากนั้นลดลงภายในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เพื่อให้ค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีลดลงเท่ากับ 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตร (ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ ประมาณ 475 พันส่วนในล้านส่วน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า)

2) RCP4.5 และ RCP6.0 กำหนดค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีคงที่ ที่ 4.5 และ 6.0 วัตต์ต่อตารางเมตร (ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศประมาณ 650 และ 850 พันส่วนในล้านส่วนคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) โดยค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเริ่มจากปี ค.ศ.2040 (พ.ศ.2583) และ ค.ศ.2080 (พ.ศ.2623) และคงอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกนี้จนถึงปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643)

3) RCP8.5 กำหนดค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ที่ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร (ค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศประมาณ 1,370 พันส่วนในล้านส่วน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ดังรูปที่ 1.4

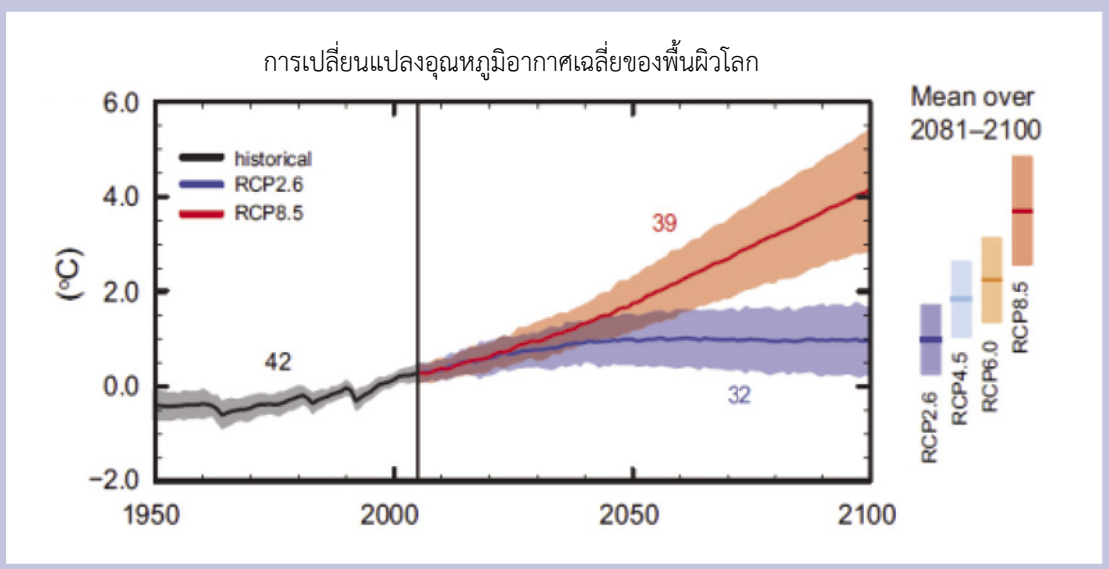


รูปที่ 1.4 ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathways (RCPs) ในกรณีต่างๆ ซึ่งแสดงในรูปของค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีรวมใน 3 ห้วงเวลา คือ ในอดีต ระหว่างปี ค.ศ.2000 - 2100 (พ.ศ.2543–2643) และในอนาคตระหว่างปี ค.ศ.2100-2500 (พ.ศ.2643–3043) (ที่มา: IPCC, 2013)

1.2.4 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

1.2.4.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ย

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกในอนาคตระยะใกล้ (ระหว่างปี ค.ศ.2016 - 2035 หรือปี พ.ศ.2559-2578) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในช่วงเวลาปีฐาน (ปี ค.ศ.1986 - 2005 หรือปี พ.ศ.2529 - 2548) ถูกคาดประมาณว่าจะสูงขึ้นในช่วง 0.3–0.7 °C ด้วยความเชื่อมั่นในระดับปานกลางและความเป็นไปได้ในระดับ 66–100% (รูปที่ 1.5) ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกในอนาคตระยะกลาง (ระหว่างปี ค.ศ.2081-2100 หรือปี พ.ศ.2624-2643) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในช่วงเวลาปีฐานเดียวกันข้างต้น จะมีค่าสูงขึ้นในช่วง 0.3-1.7 °C 1.1-2.6 °C 1.4-3.1 °C และ 2.6-4.8 °C เมื่อคาดประมาณภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ด้วยความเชื่อมั่นในระดับปานกลางและความเป็นไปได้ในระดับ 66–100% ตามลำดับ (รูปที่ 1.5) โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกในอนาคตเมื่อสิ้นสุดศตวรรษที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี ค.ศ.1850 (พ.ศ.2390) ถึง ค.ศ.1900 (พ.ศ.2443) จะมีค่าสูงกว่า 1.5 °C ด้วยการคาดประมาณภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ยกเว้น RCP2.6 ด้วยความเชื่อมั่นในระดับสูงและความเป็นไปได้ในระดับ 66–100%



รูปที่ 1.5 อนุกรมแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกจากการคาดประมาณด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ระหว่างปี ค.ศ.1950-2100 (พ.ศ.2493-2643) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1986-2005 (พ.ศ.2529-2548) (ที่มา: IPCC, 2013)

1.2.4.2 การเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำ

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกที่ร้อนขึ้นในช่วงศตวรรษที่ 21 จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำทั่วโลกในหลายรูปแบบ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงวัฏจักรน้ำในช่วง 2-3 ทศวรรษข้างหน้า จะเป็นผลมาจากอิทธิพลของความแปรปรวนภายในตามธรรมชาติของระบบภูมิอากาศ และการปล่อยละอองลอยของมนุษย์ จากภาพการณ์จำลองแบบ RCP8.5 คาดประมาณว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยรายปีเมื่อสิ้นสุดศตวรรษที่ 21 จะเพิ่มสูงขึ้นในบริเวณละติจูด 60 องศาเหนือและใต้ และเขตศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก ในขณะที่ปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ย จะลดลงในบริเวณละติจูดกลาง (ระหว่าง 50-60 องศาเหนือและใต้) ในหลายภูมิภาคที่มีภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง

เหตุการณ์สภาวะสุดขีดของหยาดน้ำฟ้าเมื่อสิ้นสุดศตวรรษนี้ จะมีความรุนแรงและความถี่ของการเกิดเพิ่มขึ้นด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 90–100% ในภูมิภาคเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้น ซึ่งสอดคล้องกับอุณหภูมิอากาศพื้นผิวโลกเฉลี่ยที่สูงขึ้น ในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากมรสุม ถูกคาดประมาณว่าลมมรสุมจะอ่อนกำลังลงแต่ความรุนแรง (intensity) ของฝนจะ

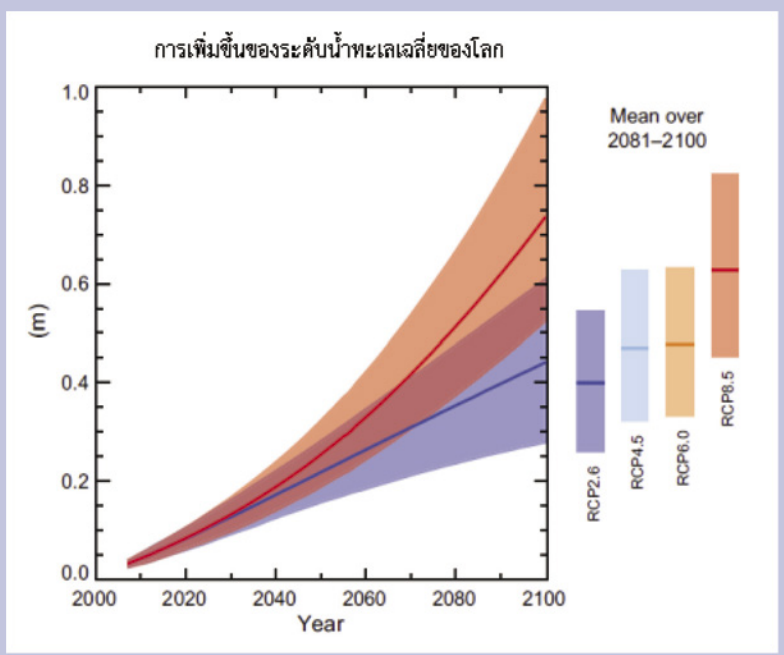
เพิ่มขึ้น เนื่องจากความชื้นในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น รวมทั้งวันเริ่มต้นของฤดูมรสุมจะเร็วขึ้น ในขณะที่ วันสิ้นสุดฤดูมรสุมจะล่าช้าออกไป ส่งผลให้ฤดูมรสุมยาวนานขึ้นในหลายๆ ภูมิภาค

1.2.4.3 การเปลี่ยนแปลงทะเลน้ำแข็งของโลก

ในช่วงศตวรรษที่ 21 เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ทะเลน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกเหนือ จะลดขนาดและบางลงอย่างต่อเนื่อง หิมะที่ปกคลุมในฤดูใบไม้ผลิทางซีกโลกเหนือ จะลดลงเช่นกัน โดยปริมาตรธารน้ำแข็งของโลกจะลดลงไปอีก ผลคาดประมาณโดยใช้ค่าเฉลี่ยจากหลายภาพการณ์จำลอง พบว่า การลดลงของขนาดทะเลน้ำแข็ง อยู่ในช่วงตั้งแต่ 43% สำหรับ RCP 2.6 ถึง 94% สำหรับ RCP 8.5 ในเดือนกันยายน และจาก 8% สำหรับ RCP 2.6 ถึง 34% สำหรับ RCP 8.5 ในเดือนกุมภาพันธ์ โดยภาพการณ์จำลอง RCP 8.5 คาดประมาณว่าทะเลน้ำแข็งขั้วโลก จะละลายหมดไปเดือนกันยายนก่อนกลางศตวรรษที่ 21 เมื่อสิ้นศตวรรษที่ 21 คาดประมาณว่าปริมาตรธารน้ำแข็งซึ่งไม่รวมถึงธารน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกใต้ จะลดลงตั้งแต่ 15 ถึง 55% สำหรับ RCP 2.6 และ ตั้งแต่ 35 ถึง 85% สำหรับ RCP8.5 ส่วนหิมะที่ปกคลุมในฤดูใบไม้ผลิทางซีกโลกเหนือ คาดประมาณว่าจะลดลงไป 7% สำหรับ RCP2.6 และ 25% สำหรับ RCP8.5 เมื่อสิ้นศตวรรษที่ 21

1.2.4.4 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก จะเพิ่มสูงขึ้นต่อไปในศตวรรษที่ 21 โดยทุกภาพการณ์จำลอง RCP คาดประมาณอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลมีค่ามากกว่าระดับที่บันทึกไว้ระหว่างปี ค.ศ.1971 - 2010 (พ.ศ.2514 - 2553) ด้วยความเชื่อมั่นในระดับสูงและความเป็นไปได้ในระดับ 90–100% สืบเนื่องจากอุณหภูมิน้ำทะเลในมหาสมุทรร้อนขึ้นและมีการสูญเสียของธารน้ำแข็งและแผ่นน้ำแข็งมากขึ้น ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในช่วงปี ค.ศ.2081 - 2100 (พ.ศ.2624 - 2643) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าในช่วงปี ค.ศ.1986 - 2005 (พ.ศ.2511 - 2548) จะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.26 - 0.55 0.32 - 0.63 0.33 - 0.63 และ 0.45 - 0.82 เมตร เมื่อคาดประมาณด้วยภาพการณ์จำลองแบบ RCP2.6 RCP4.5 RCP 6.0 และ RCP8.5 (รูปที่ 1.6) นอกจากนี้ภายในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ. 2643) ระดับน้ำทะเลภายใต้ภาพการณ์จำลองแบบ RCP8.5 ถูกคาดประมาณจะเพิ่มขึ้นระหว่าง 0.52 ถึง 0.98 เมตร ด้วยความเชื่อมั่นระดับปานกลางและความเป็นไปได้ในระดับ 66-100% (รูปที่ 1.6) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยโลกซึ่งถูกคาดประมาณภายใต้ทุกภาพการณ์จำลอง RCPs จะส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในศตวรรษที่ 21 สูงขึ้น 30-55% ทั้งนี้ การละลายของแผ่นน้ำแข็งกรีนแลนด์และขั้วโลกใต้รวมกัน จะส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นในช่วง 0.03-0.20 เมตร ในช่วงปี ค.ศ.2081 - 2100 (พ.ศ.2624 - 2643) ด้วยความเชื่อมั่นระดับปานกลางและความเป็นไปได้ในระดับ 66-100%



รูปที่ 1.6
การคาดประมาณการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกภายในปี ค.ศ. 2100 (พ.ศ.2643) ด้วยแบบจำลองภายใต้ภาพการณ์จำลองแบบ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาปีฐาน (ปี ค.ศ. 1986-2005 หรือ ปี พ.ศ.2529-2548)

ที่มา
(IPCC, 2013)

1.2.4.5 การรักษาสมดุลภูมิอากาศ

การรักษาสมดุลภูมิอากาศ ด้วยการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้มีความเข้มข้นอยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และระบบนิเวศ มีเป้าหมายที่จะควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของโลกให้อยู่ในระดับที่ไม่เกิน 2°C เมื่อเทียบกับอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ผลการศึกษาภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 บ่งชี้ว่าหากต้องการจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกให้อยู่ในช่วง 1.5-1.7 °C ประชาคมโลกจะต้องร่วมกันลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สะสมจากกิจกรรมมนุษย์ลงให้อยู่ในช่วง -72% ถึง -41% และ -118% ถึง -78% ภายในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ.2593) และปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ. 2553) (ตารางที่ 1.1) ส่วนภาพการณ์จำลองภายใต้ RCP อื่นๆ ซึ่งมีนโยบายและมาตรการรวมทั้งความร่วมมือในระดับต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของโลกจะสูงกว่า 2 °C ทั้งนี้ ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เมื่อสิ้นคริสต์ศตวรรษที่ 21 มีค่าอยู่ในช่วง 580–มากกว่า 1,000 ส่วนในล้านส่วน (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 เป้าหมายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ภายในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) และปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เพื่อควบคุมระดับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นผิวโลกให้อยู่ในระดับที่เพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 °C

CO_2eq Concentration in 2100 (ppm CO_2eq)	Relative Position of RCP	Cumulative CO_2 emission ($GtCO_2$)		Change in CO_2eq emission compared to 2010 in (%)		Temperature change (relative to 1850-1990)	
		2011-2050	2011-2100	2050	2100	2100 temperature change (°C)	Probability of staying below 2 °C over 21st century
450 (430-480)	RCP2.6	550-1,300	630-1,180	-72 to -41	-118 to -78	1.5-1.7 (1.0-2.8)	66-100%
580-650	RCP4.5	1,260-1,640	1,870-2,440	-38 to 24	-134 to -50	2.3-2.6 (1.5-4.2)	>50–100%
650-720		1,310-1,750	2,570-3,340	-11 to 17	-54 to -21	2.6-2.9 (1.8-4.5)	0–33%
700-1,000	RCP6.0	1,570-1,940	3,620-4,990	18 to 54	-7 to 72	3.1-3.7 (2.1-5.8)	0–33%
>1,000	RCP8.5	1,840-2,310	5,350-7,010	52 to 95	74 to 178	4.1-4.8 (2.8-7.8)	0–33%

ที่มา: Edenhofer และคณะ (2014)

1.3 สรุป ช่องว่างของความรู้และแนวทางการพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

ข้อค้นพบสำคัญในรายงานฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report; AR5) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) สรุปได้ดังนี้

1) อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลก (เหนือผิวดินและมหาสมุทร) เพิ่มขึ้น 0.85 °C ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1880-2012 (พ.ศ.2423-2555) ส่วนปริมาณหยาดน้ำฟ้าเฉลี่ยบริเวณพื้นดินแถบละติจูดกลางของซีกโลกเหนือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นนับตั้งแต่ปี ค.ศ.1901 (พ.ศ.2444) และตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 (พ.ศ.2493) เป็นต้นมา มีการเพิ่มขึ้นของสภาะสุดขีดของลมฟ้าอากาศและภูมิอากาศ (extreme weather / climate event) อย่างชัดเจน
2) นับตั้งแต่ยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมา มหาสมุทรมีความเป็นกรด (acidification) เพิ่มขึ้นร้อยละ 26 ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของผิวมหาสมุทรที่ลดลง 0.1 หน่วย
3) ในช่วง 2-3 ทศวรรษที่ผ่านมา แผ่นน้ำแข็งบริเวณกรีนแลนด์และแอนตาร์กติกามีขนาดลดลง ธารน้ำแข็งเกือบทั่วโลกและทะเลน้ำแข็งอาร์กติก รวมทั้งพื้นที่หิมะปกคลุมในฤดูใบไม้ผลิในซีกโลกเหนือ ก็หดตัวลดลงอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น 0.19 เมตร
4) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สังเกตพบดังกล่าว มีสาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศซึ่งเป็นผลพวงมาจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) และในตรัสออกไซด์ N_2O) ในชั้นบรรยากาศ มีค่าสูงกว่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกก่อนยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ร้อยละ 40 150 และ 20 ตามลำดับ
5) Representative Concentration Pathways (RCPs) เป็นภาพการณ์จำลอง (Scenario) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ที่ใช้ในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ซึ่ง RCPs สามารถแสดงค่าพลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกและสามารถเชื่อมโยงไปถึงนโยบายและมาตรการในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ดีกว่าภาพการณ์จำลองแบบเดิม
6) ผลจากภาพการณ์จำลองแบบต่างๆ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโลกเมื่อสิ้นสุดศตวรรษที่ 21 จะสูงขึ้น 0.3 – 4.8 °C โดยเมื่ออุณหภูมิโลกเฉลี่ยสูงขึ้น จะส่งผลให้ทะเลน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกเหนือและหิมะที่ปกคลุมในฤดูใบไม้ผลิทางซีกโลกเหนือลดขนาดและบางลงอย่างต่อเนื่องในศตวรรษที่ 21 ทำให้ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นอีก 0.26 – 0.82 เมตร ในศตวรรษที่ 21
7) เพื่อจำกัดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกให้อยู่ในระดับที่ไม่เกิน 2°C เมื่อเทียบกับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม ประชาคมโลกต้องร่วมมือกันลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลง -72% ถึง -41% และ -118% ถึง –78% ภายในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) และปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553)

ผลการสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์กายภาพพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในรายงานฉบับที่ 5 ของ IPCC ยังคงมีความไม่แน่นอนที่สำคัญ (key uncertainty) บางประเด็นซึ่งต้องพิจารณาดำเนินการสังเคราะห์ผลให้มีความชัดเจนมากขึ้นในรายงานฉบับต่อไปของ IPCC (Christ, 2014) ตัวอย่างของความไม่แน่นอนที่สำคัญ ได้แก่ ความถี่และระดับความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและทะเลน้ำแข็งในทวีปแอนตาร์กติกา การเปลี่ยนแปลงของหยาดน้ำฟ้า การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยและการเปลี่ยนแปลงของแผ่นน้ำแข็ง และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างละอองลอยและวัฏจักรคาร์บอน

ประเด็นท้าทายสำหรับการวิจัยและประเมินองค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่ควรดำเนินการ (Christ, 2014) ได้แก่

1) แบบจำลองระดับภูมิภาคโดยเฉพาะอย่างยิ่งแบบจำลองที่เกี่ยวกับวัฏจักรน้ำ
2) การวิเคราะห์ทางสถิติของเหตุการณ์สภาวะสุดขีดและการประมาณการณ์ (quantify) เหตุการณ์ดังกล่าว
3) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและแรงขับเคลื่อนระดับภูมิภาค
4) การบ่งชี้และสืบค้นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาคและท้องถิ่น
5) การปริมาณเชิงพื้นที่ของตัวแปรสำหรับความล่อแหลมและการสัมผัสกับภัยคุกคาม
6) การบำรุงรักษาและยกระดับเครือข่ายระบบการตรวจวัดข้อมูลภูมิอากาศที่มีคุณภาพและความหนาแน่นสูง
7) ระบบการจัดการและเข้าถึงการใช้ประโยชน์ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศ
8) การสร้างความเข้มแข็งด้านการวิจัยภูมิอากาศในระดับภูมิภาค

นอกจากนี้ IPCC ยังได้กำหนดประเด็นการวิจัยวิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่จะดำเนินการในรายงานฉบับที่ 6 ดังนี้

1) ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Shared Socioeconomic Pathways (SSPs) ผ่านโครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม ระยะที่ 6 โดยกำหนดระดับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ภายใต้แนวทางการลดการการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัวในสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 5 แบบ ได้แก่ SSP1 (low challenge) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ไม่ดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการปรับตัว SSP2 (intermediate challenge) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพร้อมกับการปรับตัวระดับปานกลาง SSP3 (high challenge) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกพร้อมกับการปรับตัวระดับสูง SSP4 (adaptation challenges dominate) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ดำเนินการการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับต่ำแต่ดำเนินการการปรับตัวระดับสูง และ SSP5 (mitigation challenges dominate) คือ การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับสูงแต่ดำเนินการการปรับตัวระดับต่ำ ซึ่งในแต่ละ SSP จะกำหนดค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีจากรูปแบบการพัฒนาดังกล่าว 7 ระดับ ได้แก่ RCP<2.6 RCP2.6 RCP3.7 RCP4.5 RCP6.0 RCP7.0 และ RCP8.5 ซึ่งภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ SSPs นี้ มีความยืดหยุ่นในการกำหนดนโยบายของแต่ละประเทศในการรักษาสมดุลภูมิอากาศภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (O'Neill et al., 2014)

2) การวิเคราะห์และสังเคราะห์องค์ความรู้วิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศใหม่ๆ อย่างต่อเนื่อง เช่น การคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงขนาดและมวลของแผ่นน้ำแข็งขั้วโลกและระดับน้ำทะเล ปริมาณหยาดน้ำฟ้า และเหตุการณ์สุดขั้วในภูมิภาคต่างๆ ของโลก เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นในระดับ 1.5 °C และ 2.0 °C

เอกสารอ้างอิง

1. Christ R. 2014. Knowledge gaps in AR5 report. SBSTA Research Dialogue, 8 June 2014 Bonn, Germany. IPCC.
2. Edenhofer O., R. Pichs-Madruga., Y. Sokona., S. Kadner., J. C. Minx., S. Brunner., S. Agrawala., G. Baiocchi., I. A. Bashmakov., G. Blanco., J. Broome., T. Bruckner., M. Bustamante., L. Clarke., M. Conte Grand., F. Creutzig., X. Cruz-Núñez., S. Dhakal., N. K. Dubash., P. Eickemeier., E. Farahani., M. Fischedick., M. Fleurbaey., R. Gerlagh., L. Gómez-Echeverri., S. Gupta., J. Harnisch., K. Jiang., F. Jotzo., S. Kartha., S. Klasen., C. Kolstad., V. Krey., H. Kunreuther., O. Lucon., O. Masera., Y. Mulugetta., R. B. Norgaard., A.Patt., N. H. Ravindranath., K. Riahi., J. Roy., A. Sagar., R. Schaeffer., S. Schlömer., K. C. Seto., K. Seyboth., R. Sims., P. Smith., E. Somanathan., R. Stavins., C. von Stechow., T. Sterner., T. Sugiyama., S. Suh., D. Ürge-Vorsatz., K. Urama., A. Venables., D. G. Victor., E. Weber., D. Zhou., J. Zou. and T. Zwickel. 2014. Technical Summary. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J. C. Minx (eds.)). Cambridge University Press,
3. IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
4. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). IPCC, Geneva, Switzerland.
5. O'Neill B.C., Kriegler E., Riahi K., Ebi., K.L., Hallegatte S., Carter T.R., Mathur R. and van Vuuren, D.P. 2014. A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. Climatic Change, 122 (3), pp.387-400.

บทที่ 2

หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิว

Surface Observation-based Evidence of Climate Change in Thailand

ดร.อัศมน ลิ่มสกุล

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

วิธีอ้างอิง

อัศมน ลิ่มสกุล, 2559: หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิว. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

หลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิว

2.1 การศึกษาด้านภูมิอากาศวิทยาและข้อมูลตรวจวัดในประเทศไทยหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 20
2.2 แนวทางการประเมินองค์ความรู้ 20
2.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวและฝน 21
2.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้น การระเหยและการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ 30
2.5 การเปลี่ยนแปลงน้ำท่า น้ำท่วม และความแห้งแล้ง 31
2.6 การเปลี่ยนแปลงพายุหมุนเขตร้อน 34
2.7 การเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ 36
2.8 สรุป และช่องว่างขององค์ความรู้ 41

เอกสารอ้างอิง

2.1 การศึกษาด้านภูมิอากาศวิทยาและข้อมูลตรวจวัดในประเทศไทยหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1

ในห้วงระยะเวลาสิบกว่าปีที่ผ่านมา การศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยา (climatological study) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรภูมิอากาศในประเทศไทยและภูมิภาคอินโด-แปซิฟิก รวมถึงการศึกษาความสัมพันธ์และกลไกความเชื่อมโยงระหว่างความแปรปรวนของตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอุทก (hydro-meteorological variable) กับความผันแปรและปรากฏการณ์ของระบบภูมิอากาศโลกในโหมดต่างๆ มีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามลำดับ การสืบค้นจากฐานข้อมูลของวารสารที่มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิด้านวิชาการ (peer-reviewed journal) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ จำนวน 100 วารสาร พบว่าผลการศึกษาวิจัยดังกล่าว ได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ไม่น้อยกว่า 174 เรื่อง ในช่วงระยะเวลาระหว่างปี ค.ศ.2000-2015 (พ.ศ.2543-2558) ทั้งนี้ ในห้วงระยะเวลา 5 ปี (ค.ศ.2011-2015 หรือ พ.ศ.2554-2558) หลังจากได้จัดทำและเผยแพร่รายงาน TARC ฉบับที่ 1 เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศวิทยาได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว โดยเอกสารงานวิจัยที่เนื้อหาหรือพื้นที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับประเทศไทยโดยตรง เพิ่มขึ้นอย่างมาก (รูปที่ 2.1)

ข้อมูลภูมิอากาศที่ตรวจวัดผ่านเครือข่ายสถานีตรวจอากาศพื้นผิวสำหรับติดตาม ตรวจสอบและพยากรณ์ลมฟ้าอากาศอุทกวิทยาและการเกษตรของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งปัจจุบันมีสถานีหลักอยู่ 122 สถานี ครอบคลุมทั่วทุกภาคของประเทศ รวมทั้งข้อมูลฝนและน้ำท่าของกรมชลประทานที่ตรวจวัดจากเครือข่ายสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกพื้นผิวของศูนย์อุทกวิทยาและบริหารน้ำทั้ง 8 ศูนย์ใน 25 ลุ่มน้ำทั่วประเทศ ยังคงเป็นฐานข้อมูลหลักที่ใช้ในการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทย (ตารางที่ 2.1) ทั้งนี้ คุณภาพ ความสมบูรณ์และความต่อเนื่องของข้อมูล รวมถึงห้วงระยะเวลาที่ข้อมูลได้ถูกเก็บรวบรวม ค่อนข้างแตกต่างกันระหว่างข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน ซึ่งโดยปกติแล้ว ข้อมูลของทั้งสองฐานข้อมูลดังกล่าวผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลในเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้น การตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลและทดสอบลักษณะเอกพันธ์ของข้อมูล (homogeneity test) เพิ่มเติมด้วยเทคนิคทางสถิติ ยังเป็นขั้นตอนสำคัญที่แนะนำให้ดำเนินการ ก่อนนำข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทานไปใช้ศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยา นอกจากนี้ ในห้วงระยะเวลาหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 เป็นต้นมา ฐานข้อมูลภูมิอากาศแบบกริดระดับโลกที่พัฒนาและจัดทำจากข้อมูลตรวจวัดจากสถานีพื้นผิวและข้อมูลดาวเทียม ซึ่งผ่านกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและลักษณะเอกพันธ์ของข้อมูลด้วยเทคนิคทางสถิติแล้ว เช่น Global Precipitation Climatology Center (GPCC) และ APHRODITE เป็นต้น ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ควบคู่กับฐานข้อมูลสถานีของกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน (ตารางที่ 2.1)

2.2 แนวทางการประเมินองค์ความรู้

การประเมินในบทที่ 2 ของรายงานนี้ เป็นการปรับปรุงเนื้อหาและเพิ่มเติมองค์ความรู้ของรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรภูมิอากาศในประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียงจากข้อมูลตรวจวัดที่พื้นผิวให้เป็นปัจจุบันและมีความชัดเจนมากขึ้น โดยทำการประมวลและสังเคราะห์จากเอกสารงานวิจัยที่ได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ ในช่วงหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 (ค.ศ.2011–2015 หรือ พ.ศ.2554–2558) เป็นหลัก อย่างไรก็ตามเอกสารงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ก่อนปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ถูกนำมาใช้สังเคราะห์องค์ความรู้ในบางประเด็นและหัวข้อย่อยที่ยังไม่ได้ดำเนินการในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 แนวทางการประเมิน ยังคงให้ความสำคัญต่อความเชื่อมั่นและความไม่แน่นอนของผลการสังเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากข้อมูลตรวจวัด โดยพิจารณาจากชนิด จำนวนและความสอดคล้องของหลักฐานจากเอกสารและผลการศึกษาต่างๆ ที่ได้ทำการทบทวน รวมทั้งระดับการยอมรับ ทั้งนี้ คำศัพท์สรุปเพื่ออธิบายและสื่อสารถึงจำนวนของหลักฐาน ประกอบด้วย จำกัด ปานกลางและเข้มแข็ง (robust) ส่วนคำศัพท์เพื่ออธิบายและสื่อสารความเชื่อมั่นของผลการสังเคราะห์และการยอมรับเชิงคุณภาพ ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง ระดับความเชื่อมั่นและความไม่แน่นอนของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและผลการประเมิน ได้ระบุและนำเสนออย่างสอดคล้องกันตลอดทั้งบทที่ 2 ซึ่งได้นิยาม ‘แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง’ หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในเชิงเส้นตรงที่ปรากฏในอนุกรมข้อมูล

ตรวจวัด และได้กำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ($p \leq 0.05$) เพื่อแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นต่อหน่วยเวลาที่มีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกันกับหลักเกณฑ์และนิยามที่ได้ระบุในรายงาน TARC ฉบับที่ 1

2.3 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวและฝน

หลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ได้มีความก้าวหน้าเพิ่มขึ้นมากในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวในประเทศไทยทั้งในระดับภาพรวมทั้งประเทศ (Limjirakan and Limsakul, 2012a,b; จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์และคณะ, 2559) และในระดับพื้นที่เฉพาะ เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Pornamnuaylap et al., 2014) ภาคเหนือ (Chotamonsak, 2015) พื้นที่ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย (Sharma and Babel, 2014) ลุ่มแม่น้ำปิง (Reda et al., 2013) จังหวัดอุดรธานี (Santiboon, 2011) จังหวัดพัทลุง (Apiratikorn et al., 2012) และจังหวัดสงขลา (Apiratikorn et al., 2014) ส่งผลให้หลักฐานที่แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวในประเทศไทย มีความชัดเจนและน่าเชื่อถือมากขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาเหล่านี้ส่วนใหญ่ใช้ฐานข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพียงแหล่งเดียวเท่านั้น ทำให้ขาดความหลากหลายของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ทำให้การเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวระหว่างฐานข้อมูลทำได้ยาก ยิ่งกว่านั้น ช่วงระยะเวลาและจำนวนสถานีที่ใช้วิเคราะห์ รวมทั้งพื้นที่และวิธีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันของแต่ละการศึกษา ทำให้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวที่ได้รายงาน มีอัตราที่แตกต่างกันแต่อยู่ในช่วงที่สามารถเปรียบเทียบผลกันได้ (ตารางที่ 2.2) อย่างไรก็ตาม คณะทำงานเห็นว่า ระดับความมั่นใจของผลการสังเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวในประเทศไทย อยู่ในระดับสูง

การศึกษาในช่วงหลังรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ต่างให้ผลการวิเคราะห์ที่สอดคล้องและไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งช่วยเพิ่มเติมหลักฐานที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการร้อนขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของประเทศไทย (ตารางที่ 2.2) สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวที่สังเกตพบในภูมิภาคอินโด-แปซิฟิกและภูมิภาคอื่นๆ ของโลก (Choi et al., 2009; IPCC, 2013; Jones et al., 2013) ในรอบ 40 ปีที่ผ่านมาหรือในระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.96 0.92 และ 1.04 $^{\circ}$C ตามลำดับ โดยอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งเป็นอัตราการเพิ่มขึ้นที่ใกล้เคียงและสามารถเปรียบเทียบกันได้กับผลการวิเคราะห์ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955-2009 (พ.ศ.2498-2552) ของรายงาน TRAC ฉบับที่ 1 (ตารางที่ 2.2) การวิเคราะห์ของ Pornamnuaylap et al. (2014) พบว่า อุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1983-2012 (พ.ศ.2526-2555) มีอัตราการเพิ่มขึ้นที่ต่ำกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยรายภูมิภาคในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) ของ Limjirakan and Limsakul (2012a) หรืออัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยในภาพรวมของประเทศไทย (ตารางที่ 2.2 และรูปที่ 2.2)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) จากผลการศึกษาของ Limjirakan and Limsakul (2012a) พบว่า 86% ของสถานีตรวจอากาศพื้นผิวของกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของอุณหภูมิเฉลี่ย โดยภาคตะวันออก มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ภาคกลางและภาคใต้ (รูปที่ 2.2) เป็นที่น่าสังเกตว่า อุณหภูมิเฉลี่ยที่สถานีกรุงเทพมหานคร มีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งการเพิ่มขึ้นที่สูงผิดปกติดังกล่าวนี้ น่าจะเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์โดมความร้อน (heat island effect) ที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการขยายตัวของเมืองและความเป็นมหานครขนาดใหญ่ (mega city) ของกรุงเทพมหานคร (Jongtanom et al., 2011; Srivanit et al., 2012; Srinanit and Hokao, 2012; Arifwidodo and Takahiro, 2015) ดังนั้นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิว โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิตอนกลางคืนหรืออุณหภูมิต่ำสุดที่วิเคราะห์จากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ควรแปลผลด้วยความระมัดระวัง ทั้งนี้ ปัจจัยระดับท้องถิ่นที่ไม่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ เช่น โดมความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เมือง ควรนำมาพิจารณาเป็นสาเหตุร่วมของการเพิ่มขึ้นดังกล่าวนอกเหนือจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก สืบเนื่องจากข้อเท็จจริงที่ว่า สถานีตรวจวัดอากาศพื้นผิวของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวนไม่น้อยตั้งอยู่ใกล้หรือภายในพื้นที่ที่กลายเป็นเมืองและมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสูงในช่วงไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมา (Limjirakan and Limsakul, 2012a) Ren et al. (2008) พบว่า การเพิ่มขึ้นโดยรวมของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในภาคเหนือของประเทศจีนในช่วงศตวรรษที่ 20 มีส่วนมาจากการขยายตัวของเมืองมากกว่า 30% เมื่อนำอนุกรมข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีที่เฉลี่ยทั้งประเทศไทยจากผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Liksakul (2012a) และในรายงาน TARC

ฉบับที่ 1 (รูปที่ 2.3) มาเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า อนุกรมข้อมูลดังกล่าว มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาที่ใกล้เคียงกันมาก ถึงแม้ว่าช่วงระยะเวลาและจำนวนสถานีที่ใช้ในการวิเคราะห์จะแตกต่างกันก็ตาม ข้อสังเกตประการหนึ่งที่พบในอนุกรมข้อมูล ก็คือว่า อุณหภูมิเฉลี่ยหลังจากปี ค.ศ.2004 - 2005 (พ.ศ.2547 - 2548) ถึงปัจจุบัน มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสาเหตุหลักน่าจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ย จากเดิมคำนวณจากอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดเพียงสองค่าเท่านั้น เป็นการคำนวณจากค่าตรวจวัดในรอบวัน มากกว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงของอุณหภูมิเฉลี่ยของประเทศไทย ดังนั้น ลักษณะไม่เป็นเอกพันธ์ของข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างห้วงเวลาก่อนและหลังปี ค.ศ.2004 - 2005 (พ.ศ.2547 - 2548) ควรตรวจสอบและปรับแก้ด้วยเทคนิคทางสถิติ ก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาเร็วๆ นี้

รายงาน TARC ฉบับที่ 1 และผลการศึกษาก่อนหน้านี้ ได้เพิ่มความเข้าใจพอสมควรต่อการเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทยซึ่งเป็นเขตร้อนชื้นที่มีลักษณะแปรปรวนสูงทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา ความแปรปรวนดังกล่าว มีสาเหตุพื้นฐานมาจากลักษณะและปัจจัยทางภูมิประเทศที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ประกอบกับแรงขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทยมาจากความผันแปรของภูมิอากาศในโหมดต่างๆ โดยเฉพาะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในภูมิภาคอินโด-แปซิฟิก ซึ่งมีพลวัตรและความเชื่อมโยงอย่างใกล้ชิดในสเกลเชิงเวลาในคาบต่างๆ กัน ทั้งนี้ ปริมาณฝนส่วนใหญ่ในประเทศไทยเกิดขึ้นในช่วงมรสุมฤดูร้อน โดยความแปรปรวนตั้งแต่ระหว่างปีถึงระหว่างทศวรรษ เป็นรูปแบบที่โดดเด่นที่พบในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของปริมาณฝนสะสมรายปีในภาพรวมของประเทศไทย ซึ่งความแปรปรวนของฝนในประเทศไทย มีความสัมพันธ์กับความผันแปรของระบบมรสุมและปรากฏการณ์เอ็นโซ่ (El Niño-Southern Oscillation; ENSO) รวมทั้งปรากฏการณ์ของระบบภูมิอากาศอื่นๆ ในภูมิภาคอินโด-แปซิฟิกและมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น Madden Julian Oscillation (MJO), Indian Ocean Dipole (IOD) และ Pacific Decadal Oscillation (PDO) เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในระยะแรกที่ใช้สำหรับประมวลและสังเคราะห์ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ยังขาดรายละเอียดและความชัดเจนในหลายประเด็น โดยเฉพาะกลไกการเชื่อมโยงระหว่างความแปรปรวนของฝนในประเทศไทยและปรากฏการณ์ของระบบภูมิอากาศในโหมดต่าง ๆ การศึกษาในระยะต่อมาหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ได้สร้างความเข้าใจเพิ่มเติมต่อลักษณะ กระบวนการและกลไกที่เกี่ยวข้องกับความแปรปรวนในคาบเวลาต่างๆ ของฝนในสเกลเชิงพื้นที่ตั้งแต่ภาพรวมของประเทศไทยไปจนพื้นที่ขนาดเล็กระดับลุ่มน้ำและจังหวัด รวมทั้งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (e.g., Bridhikitti, 2012; Kumphon et al., 2012; Singhrattna et al., 2012; van Oldenborgh et al., 2012; Artlert et al., 2013; Reda et al., 2013; Kirtphaiboon et al., 2014; Klongvessa and Chotpantarat, 2014; Sharma and Babel, 2014; Takahashi et al., 2015; Limsakul and Singhruck, 2016) การศึกษาในระยะล่าสุดนี้ ได้วิเคราะห์ฐานข้อมูลฝนจากหลายแหล่งทั้งข้อมูลสถานีตรวจวัดและข้อมูลแบบกริด พร้อมทั้งประยุกต์ใช้เทคนิคสถิติเชิงพหุหลายๆ เทคนิค เพื่อเพิ่มความมั่นใจต่อผลการศึกษาและช่วยอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของฝนที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคและในภาพรวมของประเทศไทย ตลอดจนแสดงความเชื่อมโยงเชิงซ้อนของฝนกับความผันแปรของระบบภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศให้มีความถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น

การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในภาพรวมของประทศไทย ทั้งจากฐานข้อมูลสถานีและข้อมูลแบบกริด ให้ผลการศึกษาที่สอดคล้องกันซึ่งสนับสนุนผลการศึกษาในระยะแรกที่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวอย่างมีนัยสำคัญ แต่ความแปรปรวนในระยะสั้นที่มีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอ็นโซ่ และ PDO ยังเป็นองค์ประกอบหลักของการเปลี่ยนแปลงของฝนสะสมรวมรายปีในประเทศไทย (Kirtphaiboon et al., 2014; Limsakul and Singhruck, 2016) บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดพื้นผิวของกรมอุตุนิยมวิทยาในห้วงระยะเวลาระหว่างปี ค.ศ. 1951–2011 (พ.ศ.2494–2554) จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์และคณะ (2559) พบว่าค่าเฉลี่ยรายปีของปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วง -65 ถึง 193 มิลลิเมตรด้วยระดับความเชื่อมั่น 90% โดยในช่วง 25 ปีย้อนหลัง มีเพียง 11 ปีเท่านั้นที่ปริมาณฝนรายปีในประเทศไทยสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว เมื่อแยกวิเคราะห์เพิ่มเติมในพื้นที่ขนาดเล็กลงตามรายภูมิภาคของประเทศไทยเพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของฝนตาม hydrological regime ด้วยเทคนิคการคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณสะสมรายภาคจากค่าผิดปกติ (anomaly) จากค่าเฉลี่ยระยะยาวที่นำระยะทางระหว่างสถานีตรวจวัดและความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดมาพิจารณาคิดเป็นค่าถ่วงน้ำหนัก Limsakul and Singhruck (2016) พบว่า ปริมาณฝนสะสมรายปีในภาคใต้ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ตรงกันข้าม กล่าวคือ ลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามลำดับ แต่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสำหรับภาคตะวันออก ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Limsakul and Singhruck, 2016) รวมทั้งบริเวณลุ่มแม่น้ำปิงและลุ่มน้ำแม่กลองในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของประเทศไทย (Reda et al., 2013; Sharma and Babel, 2014)

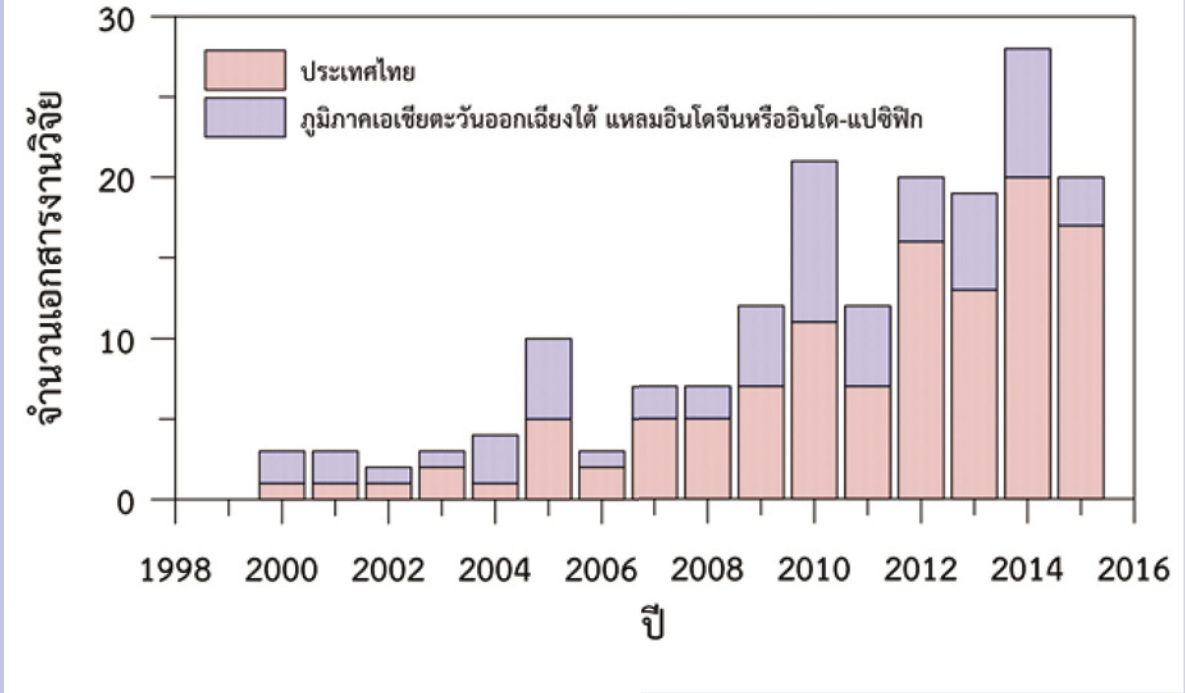
Klongvessa and Chotpantarat (2014) ได้วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในพื้นที่กรุงเทพมหานครในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1982-2010 (พ.ศ.2525-2553) และพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในพื้นที่ชานเมืองฝั่งตะวันตกของกรุงเทพมหานคร บนพื้นฐานการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดพื้นผิวและข้อมูลดาวเทียมในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1980 - 2011 (พ.ศ.2523 - 2554) Bridhikitti (2012) พบว่า ปรากฏการณ์เอ็นโซ่ซึ่งมีสัญญาณที่แรงในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมีนาคม อาจส่งผลกระทบต่อความผิดปกติของฝนในประเทศไทยในช่วงเดือนที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมฤดูร้อน ในขณะที่สัญญาณของปรากฏการณ์ IOD ในช่วงมรสุมฤดูร้อนปีก่อนหน้านี้ อาจมีอิทธิพลเพิ่มมากขึ้นต่อปริมาณฝนในช่วงมรสุมฤดูร้อนของปีปัจจุบัน ผลการศึกษาล่าสุดของ Limsakul and Singhruck (2016) พบความสัมพันธ์แบบไม่สมมาตร (asymmetric relationship) ระหว่างดัชนีเอ็นโซ่และความแปรปรวนในคาบเวลาระหว่างปีถึงระหว่างทศวรรษของฝนในประเทศไทย ซึ่งบ่งชี้ถึงเหตุการณ์ El Niño มีอิทธิพลต่อปริมาณฝนมากกว่าเหตุการณ์ La Niña (รูปที่ 2.4) อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพิ่มเติม ยังมีความจำเป็นเพื่ออธิบายกลไกทางกายภาพของความสัมพันธ์ดังกล่าว

เมื่อวิเคราะห์ลงในรายละเอียดถึงคาบเวลาฤดูกาลหรือบางห้วงเวลาของปี โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการคำนวณการเปลี่ยนแปลงปริมาณสะสมในภาพรวมจากค่าผิดปกติ (anomaly) จากค่าเฉลี่ยระยะยาวที่นำระยะทางระหว่างสถานีตรวจวัดและความหนาแน่นของสถานีตรวจวัดมาพิจารณาคิดเป็นค่าถ่วงน้ำหนัก เพื่อแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันของฝนตาม hydrological regime ในแต่ละภูมิภาค พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของปริมาณฝนสะสมรวมในประเทศไทยมีรูปแบบที่แตกต่างกันระหว่างช่วงมรสุมฤดูร้อนและช่วงเดือนอื่นๆ ของปี กล่าวคือ ปริมาณฝนสะสมในช่วงมรสุมฤดูร้อน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงโดยส่วนใหญ่คล้ายคลึงกับปริมาณฝนสะสมรวมรายปี โดยไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวที่ชัดเจน (Limsakul and Singhruck, 2016) การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม ในบริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนกลางและตอนบนจากฐานข้อมูลแบบกริด GPCC สำหรับห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1915 - 2011 (พ.ศ.2458 - 2554) ให้ผลที่สอดคล้องกันกับการเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมาข้างต้น (van Oldenborgh et al., 2012) ในทางตรงกันข้าม ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนในประเทศไทย แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในหลายสถานี โดยเฉพาะพื้นที่ภาคใต้ฝั่งอ่าวไทยซึ่งตรงกับช่วงฤดูฝนที่มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังแรง (Limsakul and Singhruck, 2016) เมื่อพิจารณาในภาพรวมของประเทศไทยแล้ว ปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในอัตรา 10.8 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ หรือ 64.8 มิลลิเมตรในรอบ 60 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ. 1955 - 2014 หรือ พ.ศ. 2498 - 2557) (รูปที่ 2.5) การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนสะสมรวมดังกล่าวในพื้นที่ภาคใต้นี้ ตรงกับห้วงเวลาที่มรสุมฤดูหนาวเอเชียตะวันออกมีการเปลี่ยนแปลงในรอบทศวรรษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการขยับเลื่อนในทิศทางเหนือ-ใต้ของร่องมรสุม (monsoon trough) และระลอกมวลอากาศเย็น (cold surge) ที่มีความถี่และความรุนแรงเพิ่มขึ้น (Wang et al., 2009) ความผันแปรของมรสุมฤดูหนาวเอเชีย มักก่อให้เกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักและภัยพิบัติทางภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Hong and Li, 2009; Tangang et al., 2008) ซึ่งน้ำท่วมที่รุนแรงซึ่งเกิดขึ้นในภาคใต้ของประเทศไทยและทางตอนใต้ของคาบสมุทรมาเลเซียในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ.2000 (พ.ศ.2543) ธันวาคม ค.ศ.2006 (พ.ศ.2549) - มกราคม ค.ศ.2007 (พ.ศ.2550) และมีนาคม ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) เป็นตัวอย่างในช่วงทศวรรษเร็วๆ นี้ ที่เป็นผลสืบเนื่องจากเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักที่ถูกเหนี่ยวนำโดยมรสุมฤดูหนาวเอเชียและระลอกมวลอากาศเย็นที่มีความแรงขึ้น (Peterson et al., 2012; Tangang et al., 2008; Wangwongchai et al., 2005)

การวิเคราะห์อนุกรมของปริมาณฝนในประเทศไทยทั้งจากข้อมูลสถานีและข้อมูลแบบกริดของการศึกษาส่วนใหญ่หลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ต่างแสดงผลที่สอดคล้องประการหนึ่ง คือ ปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) เมื่อเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นปีที่ปริมาณฝนมีค่าสูงสุดเท่าที่มีการบันทึกมาในรอบ 60 ปี (Komori et al., 2012; van Oldenborgh et al., 2012; Takahashi et al., 2015; Limsakul and Singhruck, 2016) โดยปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) สูงกว่าปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงฤดูฝนที่เฉลี่ยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1982 - 2002 (พ.ศ.2525 - 2545) ถึง 143% (Komori et al., 2012) Takahashi et al. (2015) พบว่าปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดียวกันของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาว (ค.ศ.1979-2000 หรือ พ.ศ.2522-2543) สังเกตพบได้เกือบทุกสถานี โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย (รูปที่ 2.6) ลักษณะการไหลเวียนของบรรยากาศที่อาจเป็นสาเหตุต่อปริมาณฝนที่สูงผิดปกติ และเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในประเทศไทยในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ได้ถูกตรวจสอบในรายละเอียดโดย Takahashi et al. (2015) ซึ่งผลการศึกษา พบว่า การไหลเวียนแบบทวนเข็มนาฬิกาของมวลอากาศที่ผิดปกติ และการเคลื่อนตัวของพายุโซนร้อนที่ขยับตัวไปทางทิศตะวันตกกว่าปกติ ตามร่อง

มรสุมทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย อ่าวเบงกอล แหลมอินโดจีนและมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตก มีส่วนอย่างมีนัยสำคัญต่อเหตุการณ์ดังกล่าว

โดยภาพรวมแล้ว หลักฐานและระดับความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทยบนพื้นฐานของการศึกษาเหล่านี้ ยังถูกประเมินว่าอยู่ในระดับปานกลาง



รูปที่ 2.1 จำนวนเอกสารงานวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาที่เนื้อหาและพื้นที่ศึกษาเกี่ยวข้องกับประเทศไทยโดยตรงและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แหลมอินโดจีนและอินโด-แปซิฟิก ซึ่งได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารที่มีกระบวนการตรวจสอบคุณภาพและความถูกต้องของเนื้อหาจากคณะผู้เชี่ยวชาญ (peer-reviewed journal) ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในช่วงระหว่างปี ค.ศ.2000 - 2015 (พ.ศ.2543 - 2558) โดยทำการสืบค้นจากฐานข้อมูลของวารสารจำนวน 100 วารสาร

ตารางที่ 2.1 ฐานข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทย ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ.2013 - 2015 (พ.ศ.2556 - 2558)

ฐานข้อมูล	รายละเอียดของฐานข้อมูลโดยย่อ	การศึกษาวิจัยที่ใช้ข้อมูล
1. กรมอุตุนิยมวิทยา[1]	ข้อมูลรายชั่วโมง/วัน/เดือนของตัวแปรภูมิอากาศต่าง ๆ ที่ตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาพื้นผิวทั่วประเทศไทย โดยข้อมูลได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในเบื้องต้น	Limsakul et al. (2011), Apiratikorn et al. (2012), Bridhikitti (2012), Komori et al. (2012), Limjirakan and Limsakul (2012a,b), Singhrattna et al. (2012), Tebakari et al. (2012), Torsri et al. (2012), Chelong and Sdoodee (2013), Kotsuki and Tanaka (2013a,b), Reda et al. (2013), Apiratikorn et al. (2014), Hanasaki et al. (2014), Kim et al. (2014), Klongvessa and Chotpantarat (2014), Kosa and Sukwimolseree (2014), Plangoen and Babel (2014), Pornamnuaylap et al. (2014), Sayama et al. (2014), Sharma and Babel (2014), Shrestha (2014), Veerache et al. (2014), Chuenchooklin et al. (2015), Ruangsri et al. (2015), Supharatid (2015), Takahashi et al. (2015), ปิยภัทร บุษบาบดินทร์ และคณะ (2558), Limsakul and Singhruck (2016)
2. กรมชลประทาน[2]	ข้อมูลรายชั่วโมง/วัน/เดือนของฝนและน้ำท่าที่ตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกผิวพื้นทั่วประเทศไทย โดยข้อมูลได้ผ่านการตรวจสอบคุณภาพในเบื้องต้น	Komori et al. (2012), Kure and Tebakari (2012), Singhrattna et al. (2012), Tebakari et al. (2012), Kotsuki and Tanaka (2013a,b), Ueangsawat and Jintrawet (2013), พัณณ์ภาริษา ของทิพย์ และคณะ (2556), Kosa and Sukwimolseree (2014), Sayama et al. (2014), Shrestha (2014)
3. Global Precipitation Climatology Center (GPCC)[3]	ข้อมูลฝนรายเดือนแบบกริดสำหรับผิวดินของโลกที่จัดทำและประมาณค่าจากข้อมูลตรวจวัดสถานีผิวพื้น	van Oldenborgh et al. (2012), Kotsuki and Tanaka (2013a,b), Kirtphaiboon et al. (2014)
4. Asian Precipitation—Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources (APHRODITE)[4]	ข้อมูลฝนรายวันแบบกริดขนาด 0.5° และ 0.25° สำหรับทวีปเอเชียที่จัดทำและประมาณค่าจากข้อมูลตรวจวัดสถานีผิวพื้นที่รวบรวมจากแหล่งต่างๆ	Kotsuki and Tanaka (2013a,b), Shrestha (2014)

ตารางที่ 2.1 ฐานข้อมูลภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทย ในช่วงระหว่าง ปี ค.ศ.2013 - 2015 (พ.ศ.2556 - 2558) (ต่อ)

ฐานข้อมูล	รายละเอียดของฐานข้อมูลโดยย่อ	การศึกษาวิจัยที่ใช้ข้อมูล
5. Global Precipitation Climatology Project (GPCP)[5]	ข้อมูลฝนรายวัน/สัปดาห์/เดือนแบบกริดขนาดละเอียดของโลกที่จัดทำและประมาณจากฐานข้อมูลตรวจวัดสถานีผิวพื้นและดาวเทียม	Takahashi et al. (2015)
6. Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)[6]	ข้อมูลตรวจวัดฝนแบบกริดขนาด 0.25° ราย 3 ชั่วโมงจากดาวเทียมในบริเวณเขตร้อนของโลก	Limsakul et al. (2014)

[1]http://www.tmd.go.th

[2]http://hydro-1.net/home.php, http://hydro-2.com/, http://hydro-3.com/, http://hydro-4.com/, http://hydro-5.com/index_.php?id=3, http://hydro-7.com/, http://hydro-6.com/, http://hydro-8.com/

[3]http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcc.html

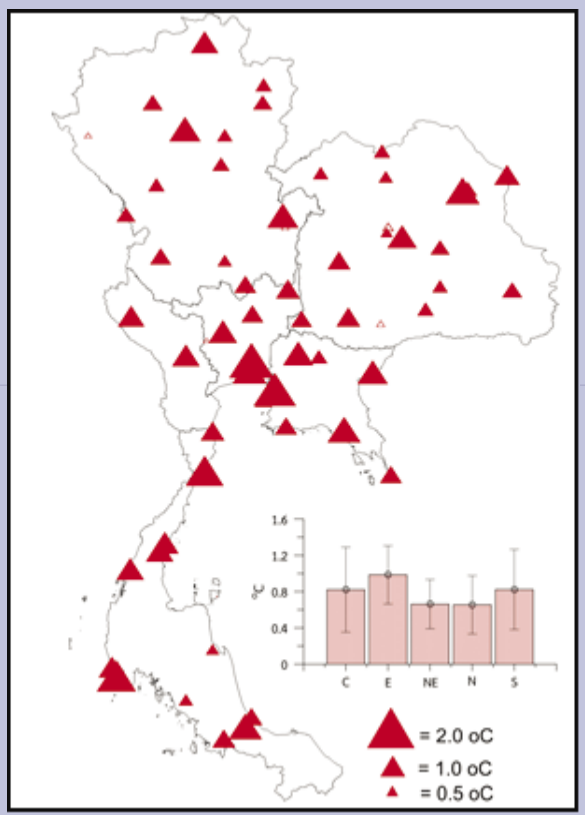
[4]http://www.chikyu.ac.jp/precip/

[5]http://precip.gsfc.nasa.gov/

[6]http://pmm.nasa.gov/trmm

ตารางที่ 2.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิวรายปีในประเทศไทยที่รายงานใน TARC ฉบับที่ 1 และสรุปจากผลการศึกษาที่ได้ดำเนินการในช่วง ค.ศ.2011 - 2016 (พ.ศ.2554 - 2559)

พื้นที่ศึกษา	ช่วงระยะเวลา (ค.ศ)	จำนวนสถานี	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (°C)			อ้างอิง
			อุณหภูมิต่ำสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	อุณหภูมิสูงสุด	
1. ประเทศไทย	1955 - 2009	24	1.43	0.94	0.88	TARC ฉบับที่ 1
2. ประเทศไทย	1970 - 2009	65	1.04	0.92	0.96	Limjirakan and Limsakul (2012a)
3. ประเทศไทย	1951 - 2011	-	1.22	0.68	0.55	จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์และคณะ (2559)
4. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	1983 - 2012	19	0.84	0.33	0.46	Pornamnuaylap et al. (2014)
5. อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา	1980 - 2012	1	1.16	-	1.09	Apiratikorn et al. (2014)

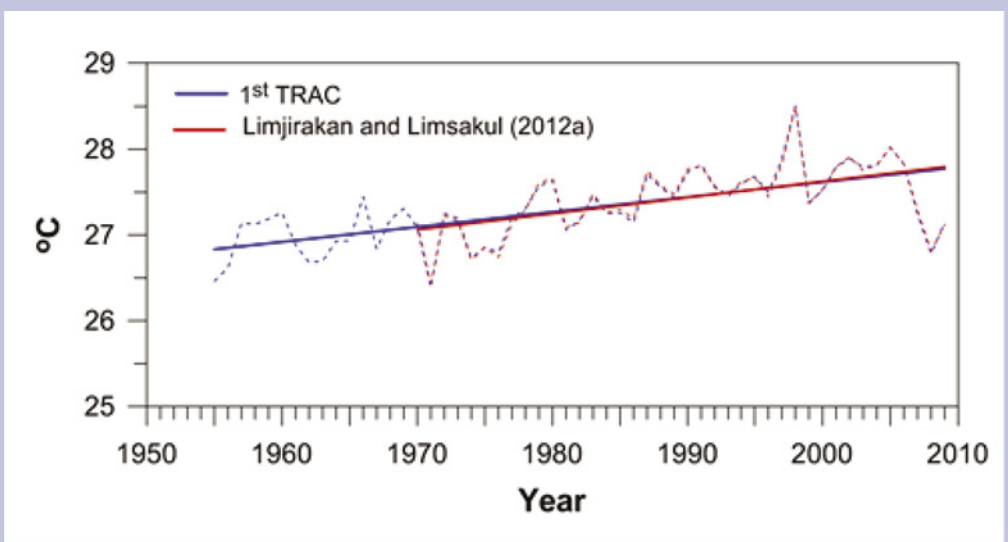


รูปที่ 2.2

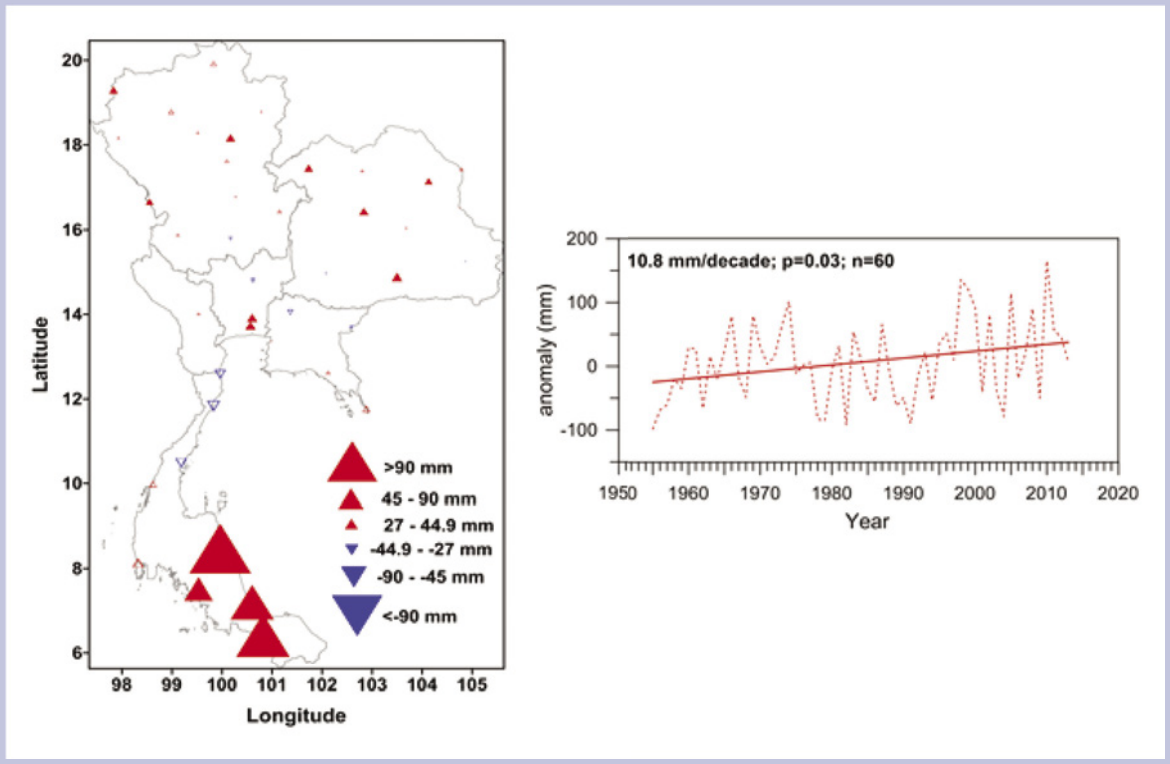
แนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีในประเทศไทย (°C ในรอบ 40 ปี) ซึ่งวิเคราะห์จากอนุกรมข้อมูลรายวันในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) จากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 65 สถานี โดยค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายภูมิภาคแสดงในรูปเล็ก

ที่มา

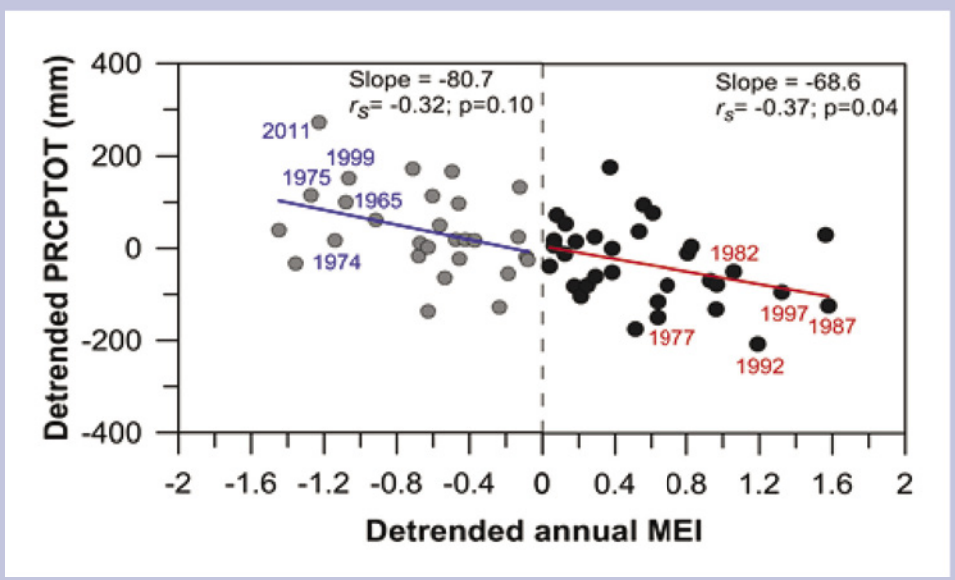
(Limjirakan and Limsakul, 2012a)



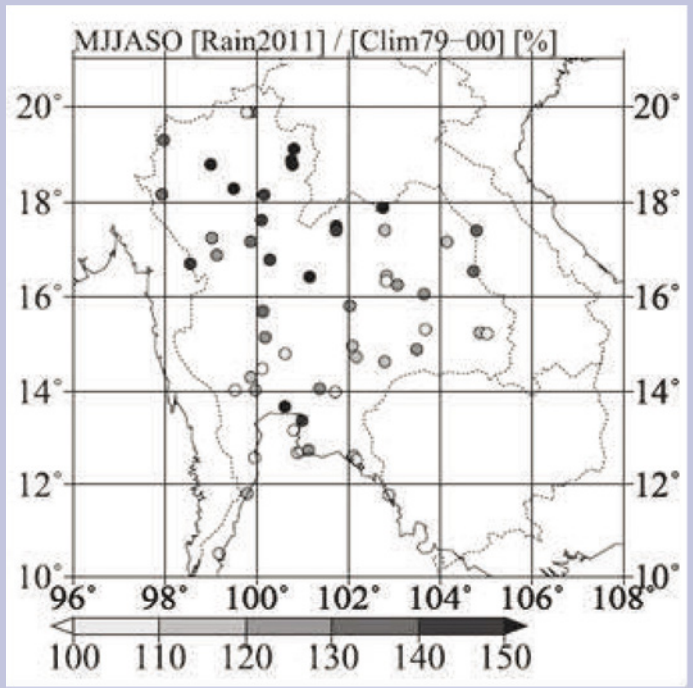
รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาของอนุกรมข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยที่เฉลี่ยทั้งประเทศไทยจากผลการวิเคราะห์ของ Limjirakan and Liksakul (2012a) และในรายงาน TARC ฉบับที่ 1



รูปที่ 2.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนรายสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา (มิลลิเมตรต่อทศวรรษ) และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในภาพรวมของประเทศไทยในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 – 2557) โดยสามเหลี่ยมที่ระบายสีแดงและน้ำเงิน แสดงการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ที่มา: Limsakul and Singhruck, 2016)



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ในคาบเวลาระหว่างปีและระหว่างทศวรรษระหว่างอนุกรมของปริมาณฝนสะสมรายปีที่เฉลี่ยทุกสถานีในประเทศไทยและดัชนีที่แสดงถึงสถานะของปรากฏการณ์เอ็นโซ่ (Multi ENSO Index; MEI) โดยค่าลบและบวกของดัชนี MEI บ่งชี้ถึงแนวโน้มการเกิดเหตุการณ์ La Niña และเหตุการณ์ El Niño ตามลำดับ (ที่มา: Limsakul and Singhruck, 2016)



รูปที่ 2.6 ปริมาณฝนสะสมรวมในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมของปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ซึ่งแสดงในรูปของสัดส่วนเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1979 - 2000 (พ.ศ.2522 - 2543)

ที่มา
(Takahashi et al., 2015)

2.4 การเปลี่ยนแปลงความชื้น การระเหยและการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์

จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยในวารสารต่างๆ ไม่พบการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเกี่ยวกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นในประเทศไทยจากข้อมูลตรวจวัดที่ได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่หลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 อาจเนื่องมาจากข้อจำกัดของฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งในปัจจุบัน ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา เป็นข้อมูลตรวจวัดจากสถานีพื้นผิวเพียงแหล่งเดียวที่มีจำนวนสถานีครอบคลุมทั่วทุกภาคของประเทศ และมีระยะเวลาที่มีข้อมูลตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง ละเอียดเพียงพอต่อการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาว อย่างไรก็ตาม ฐานข้อมูลดังกล่าวมีคุณภาพที่ด้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอุณหภูมิและฝน โดยข้อมูลที่ขาดหาย (missing value) มักพบในอนุกรมของข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งบางสถานีมีมากกว่า 5% (แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาลและคณะ, 2553; อัศมน ลิ่มสกุลและคณะ, 2558) ดังนั้น ฐานข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา ควรผ่านการตรวจสอบคุณภาพและลักษณะเอกพันธ์ของข้อมูลด้วยเทคนิคทางสถิติก่อนที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ ภายใต้โครงการพัฒนาดัชนีความร้อนและการประยุกต์ใช้ศึกษาคลื่นความร้อนในประเทศไทยของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม อัศมน ลิ่มสกุลและคณะ (2558) ได้วิเคราะห์ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์จากฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาเพิ่มเติมจากการศึกษาของแสงจันทร์ ลิ้มจิรกาลและคณะ (2553) ที่ใช้ประมวลในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 โดยได้นำข้อมูลที่ตรวจวัดหลังจากปี ค.ศ.2006 (พ.ศ.2549) มารวมเข้ากับอนุกรมข้อมูลเดิมเพื่อให้ครอบคลุมถึงการเปลี่ยนแปลงที่เป็นปัจจุบัน ผลการวิเคราะห์สอดคล้องกับผลการศึกษาของแสงจันทร์ ลิ้มจิรกาลและคณะ (2553) ที่ได้สรุปในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยรายปีของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์ มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในหลายสถานี โดยภาคเหนือและภาคกลาง มีการเพิ่มขึ้นที่โดดเด่นเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่นๆ กล่าวคือ มีสัดส่วน 43% ของสถานีทั้งหมด ที่ค่าเฉลี่ยรายปีของเปอร์เซ็นต์ความชื้นสัมพัทธ์มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แนวโน้มการเพิ่มขึ้นในภาพรวมของประเทศไทย มีสัดส่วนเพียง 1.0% ในรอบ 44 ปี (ค.ศ.1970-2013 หรือ พ.ศ.2513-2556) เมื่อเปรียบเทียบกับ 2.2% ในรอบ 42 ปี (ค.ศ.1965-2006 หรือ พ.ศ.2508-2549) ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์ในภาพรวมของประเทศไทยสำหรับห้วงระยะเวลาที่ยาวนานขึ้นซึ่ง

ตั้งแต่ปี ค.ศ.1951 ถึง 2011 (พ.ศ.2494-2554) ไม่พบแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์และคณะ, 2559)

เช่นเดียวกันกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตพบในหลาย ๆ ประเทศทั้งซีกโลกเหนือและซีกโลกใต้ ข้อมูลการระเหยของน้ำที่ตรวจวัดด้วย Pan evaporimeter ในประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) ซึ่งได้รายงานในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว รู้จักในนาม 'Pan evaporation paradox' ซึ่งการเปลี่ยนแปลงไม่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศและขัดแย้งกับหลักทฤษฎีที่ว่า ความชื้นของอากาศหรือไอน้ำ จะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ เนื่องจากมวลอากาศแห้งจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีจุดอิ่มตัวของความดันไอสูงขึ้น ซึ่งส่งผลให้ชั้นบรรยากาศมีความสามารถในการรองรับความชื้นและไอน้ำเพิ่มขึ้น Limjirakan and Limsakul (2012b) พบว่า การลดลงของความเร็วลมและช่วงระยะเวลาที่มีแสงแดด เป็นสาเหตุหลักและสาเหตุรองของตัวแปรภูมิอากาศระดับท้องถิ่น ที่ส่งผลต่อการลดลงของอัตราการระเหยของน้ำที่ตรวจวัดด้วย Pan evaporimeter ในประเทศไทย ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงของอัตราการระเหยของน้ำที่ตรวจวัดด้วย Pan evaporimeter อาจบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงขับเคลื่อนด้านรังสีและกลศาสตร์ของมวลอากาศในระดับท้องถิ่น ซึ่งอาจเกี่ยวโยงทางอ้อมกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ Kim et al. (2014) ได้คำนวณการคายระเหย (evapotranspiration) สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ กันในภาคเหนือของประเทศไทย ด้วยเทคนิค eddy covariance บนพื้นฐานข้อมูลฟลักซ์ตรวจวัดที่สถานีทดลองที่จังหวัดตากและข้อมูลภูมิอากาศอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ผลการศึกษา พบว่า ความแปรปรวนระหว่างปีของค่าการคายระเหยสะท้อนให้เห็นถึงการตอบสนองของพื้นผิวดินต่อเหตุการณ์ทางอุตุนิยมวิทยาและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ทั้งนี้ การคายระเหยที่ประมาณค่าสำหรับภาคเหนือของประเทศไทย ได้รับผลกระทบหลักจากเหตุการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนมากกว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ส่วนข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ยังมีจำนวนสถานีที่ตรวจวัดอยู่ค่อนข้างน้อย และข้อมูลตรวจวัดอย่างต่อเนื่องในระยะยาว ยังไม่มีการดำเนินการอย่างเป็นระบบ (Janjai et al., 2005; Watanabe et al., 2011; Janjai et al., 2013) ด้วยข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้หลักฐานที่แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของรังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย มีน้อยมาก จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์และคณะ (2559) พบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีของค่ารังสีแสงอาทิตย์รายวันในห้วงระยะเวลาระหว่างปี ค.ศ. 1951 – 2011 (พ.ศ.2494 -2554) มีค่าประมาณ 16.22 เมกะจูลต่อตารางเมตร ทั้งนี้ หลักฐานจากผลการวิเคราะห์ใหม่ ๆ ยังไม่มีเพิ่มเติมมากนักจากที่ได้รายงานในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ที่พบว่า ค่าเฉลี่ยรายปีของความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์ที่สถานีเชียงใหม่ สถานีอุบลราชธานี สถานีนครปฐม และสถานีสงขลา มีแนวโน้มลดลงทุกสถานีในห้วงเวลาอย่างน้อย 15 ปีในอดีต (ค.ศ.1995 - 2009 หรือ พ.ศ.2538 - 2552)

ผลการประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ พบว่า หลักฐานการเปลี่ยนแปลงความชื้น การระเหยและการแผ่รังสีของแสงอาทิตย์ในประเทศไทย ยังมีอย่างจำกัด ส่งผลให้ความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับต่ำ

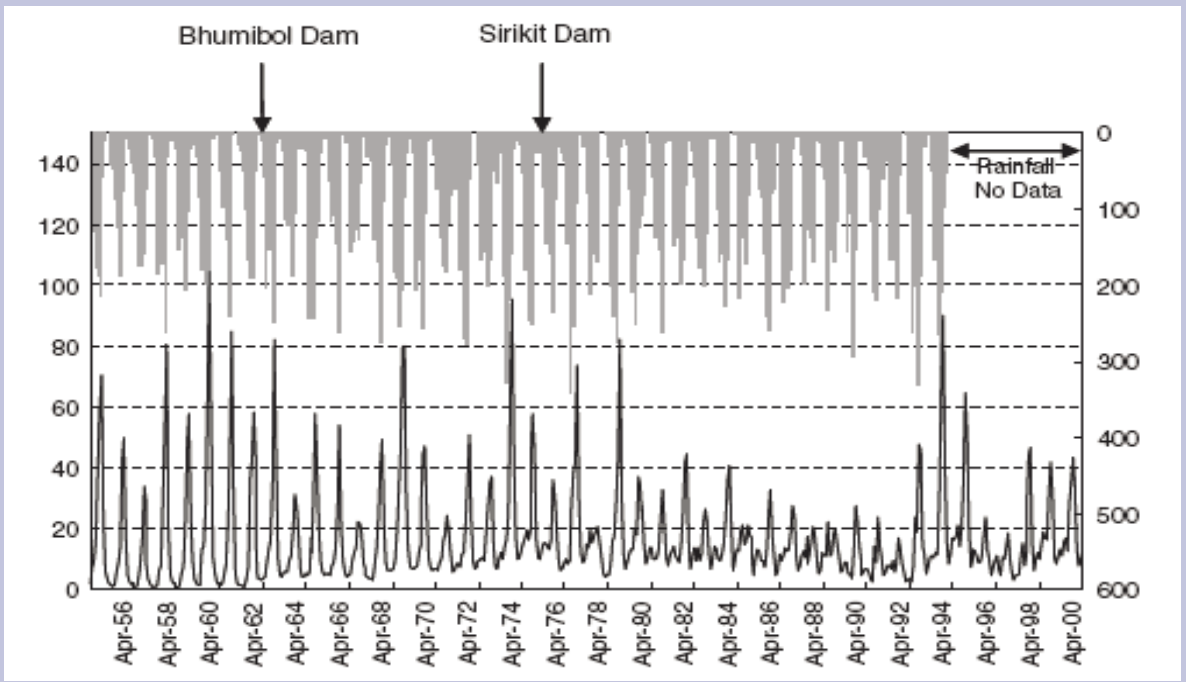
2.5 การเปลี่ยนแปลงน้ำท่า น้ำท่วมและความแห้งแล้ง

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าในประเทศไทยส่วนใหญ่ มักเน้นในแม่น้ำสายหลักของประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่ง แม่น้ำเจ้าพระยาและแม่น้ำสาขา รวมทั้งแม่น้ำสาขาของแม่น้ำโขงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การศึกษาดังกล่าว มักเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาสถานะและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์น้ำท่วม ข้อมูลจากเครือข่ายสถานีอุตุนิยมวิทยาอุทกพื้นผิวของกรมชลประทาน เป็นฐานข้อมูลตรวจวัดหลักที่ใช้สำหรับการศึกษา ซึ่งบางสถานีมีข้อมูลที่ได้ถูกเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องมากกว่า 50 ปี หลังจากเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ได้มีผลการศึกษาใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอย่างมาก (e.g., Komori et al., 2012; Tebakari et al., 2012; Kotsuki and Tanaka, 2013a,b; Räsänen and Kummu, 2013; Wongsa, 2013, 2014; Ueangsawat and Jintrawet, 2013; Kosa and Sukwimolseree, 2014; Sayama et al., 2014) เพื่อพยายามทำความเข้าใจในประเด็นต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำท่าและเหตุการณ์น้ำท่วม โดยเฉพาะผลการศึกษาภายใต้โครงการ Integrated Study on Hydro-meteorological Prediction and Adaptation to Climate Change in Thailand (IMPAC-T) (http://impact.eng.ku.ac.th/cc/) ส่งผลให้หลักฐานการเปลี่ยนแปลงน้ำท่าและน้ำท่วม อยู่ในระดับปานกลาง

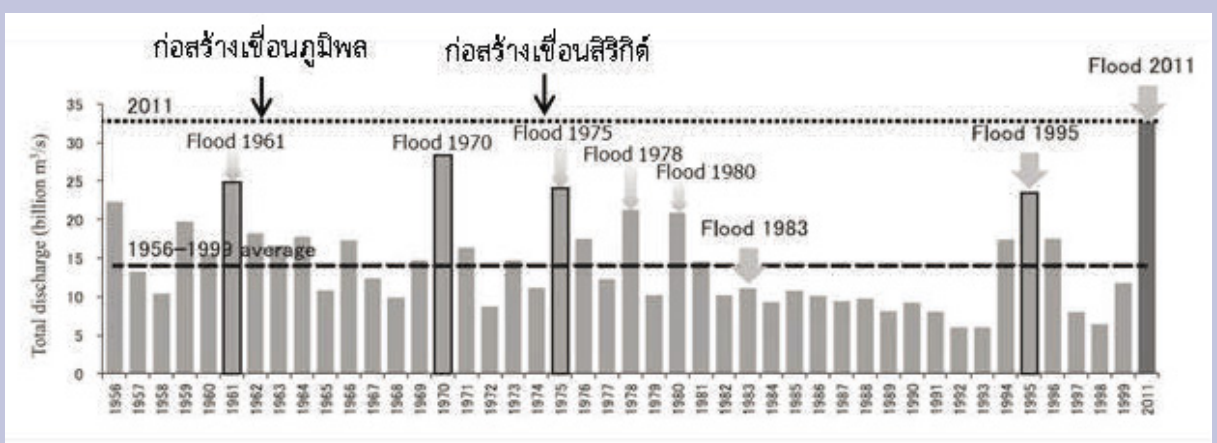
Tebakari et al. (2012) ได้ศึกษาผลกระทบของการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ต่ออุทกวิทยาและระบอบการไหลของแม่น้ำเจ้าพระยา ผลการศึกษา พบว่า ปริมาณน้ำท่าสูงสุดและต่ำสุดรายเดือน ณ สถานีตรวจวัดท้ายเขื่อนภูมิพล (P.12) และท้ายเขื่อนสิริกิต์ (N.12A) มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้น ตามลำดับ หลังจากสร้างเขื่อน สำหรับสถานี C.2 ในแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ พบปริมาณน้ำท่าต่ำสุดรายเดือนในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2000 (พ.ศ.2498 - 2543) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นหลังจากสร้างเขื่อนภูมิพล แต่ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายเดือน ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 2.7) โดยพบแนวโน้มลดลงในช่วงระหว่างทศวรรษที่ 1980 ถึงต้นทศวรรษที่ 1990 (Tebakari et al., 2012) ผลการวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่ารายวันที่สถานี C.2 ด้วยเทคนิค fast fourier transform พบว่า วงจรรอบปีซึ่งมีค่าสูงเกิดขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคมและเดือนกันยายน เป็นลักษณะคาบการเกิดซ้ำที่สำคัญของทั้ง 3 ห้วงเวลา คือ ก่อนปี ค.ศ.1962 (พ.ศ.2505) ก่อนที่จะสร้างเขื่อนสิริกิติ์ (ค.ศ.1965 - 1971 หรือ พ.ศ.2508 - 2514) และระหว่างปี ค.ศ.1978 - 2011 (พ.ศ.2521 - 2554) หลังที่การก่อสร้างทั้งสองเขื่อนเสร็จสมบูรณ์ (Tebakari et al., 2012) ลักษณะคาบการเกิดซ้ำดังกล่าว สอดคล้องกับความแปรปรวนรอบปีของฝนที่มีค่าสูงสุดในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำเจ้าพระยา ณ สถานี C.2 ขึ้นอยู่กับฝนเป็นอย่างมาก ผลการศึกษาล่าสุดบางส่วน ยังได้แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปรากฏการณ์เอ็นโซ่ต่อความแปรปรวนของปริมาณน้ำท่า Ueangsawat and Jintrawet (2013) พบว่าเหตุการณ์ El Niño และเหตุการณ์ La Niña ที่ระดับปานกลางและรุนแรง ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณน้ำท่าในลุ่มแม่น้ำปิงตอนบน โดยมักจะพบในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคมซึ่งเป็นช่วงแรกของมรสุมเอเชียตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ Räsänen and Kummu (2013) พบว่า ลักษณะอุทกวิทยาและปริมาณการไหลในแม่น้ำโขงสายประธาน ได้รับอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญจากปรากฏการณ์เอ็นโซ่ ซึ่งปริมาณการไหล จะเพิ่มขึ้นในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ La Niña แต่จะลดลงในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ El Niño

จากข้อมูลตรวจวัดที่จังหวัดนครสวรรค์ของกรมชลประทานในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1956 - 2011 (พ.ศ.2499 - 2554) พบว่า ปริมาณน้ำระบายรวมของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม สูงสุด 5 ลำดับแรกซึ่งตรงกับเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ที่เกิดขึ้นในปี ค.ศ.2011 1970 1961 1975 และ 1995 (พ.ศ.2554 2513 2504 2518 และ 2538 (รูปที่ 2.8) โดยปริมาณน้ำที่ระบายรวมของแม่น้ำเจ้าพระยาเมื่อเกิดน้ำท่วมในปี ค.ศ.1995 และ 2011 (พ.ศ.2518 และ 2554) สูงกว่าค่าเฉลี่ยในห้วงเวลา ค.ศ.1956 - 1999 (พ.ศ.2508 - 2542) ประมาณ 167% และ 232% ตามลำดับ (Komori et al., 2012) แม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์มีความจุลำน้ำประมาณ 3,590 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที แต่ปริมาณน้ำหลากจากภาคเหนือที่ไหลผ่านสถานีวัดน้ำท่า C.2 อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ในปีที่เกิดอุทกภัยดังเช่นปี ค.ศ.2011 และ 1995 (พ.ศ.2554 และ 2518) มีค่าค่อนข้างสูง กล่าวคือ 4,686 และ 5,451 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และเมื่อรวมกับน้ำหลากจากลุ่มน้ำสะแกกรังอีกประมาณ 500 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ดังนั้น จะมีน้ำหลากไหลเข้าเขื่อนเจ้าพระยาสูงเกือบ 6,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งมากกว่าศักยภาพของการระบายน้ำได้ในปัจจุบันที่สามารถระบายน้ำผ่านเขื่อนเจ้าพระยาและคลองชลประทานสายหลักทั้งทางฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกรวมกันได้เพียง 3,700 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับหลักเกณฑ์ของกรมชลประทานที่ใช้ปริมาณน้ำระบายรายวันที่ระดับ 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที เพื่อบ่งชี้ถึงศักยภาพความสามารถระบายน้ำที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาเพิ่มเติมแล้ว พบว่า จำนวนวันที่ปริมาณน้ำระบายรายวันของเหตุการณ์สูงสุด 5 ลำดับแรก เกินหลักเกณฑ์ดังกล่าว อยู่ในช่วง 64 - 96 วัน (รูปที่ 2.9) ทั้งนี้ ปริมาณน้ำระบายรายวันของเหตุการณ์น้ำท่วมในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ที่สูงกว่า 2,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีระยะเวลายาวนานกว่าเหตุการณ์อื่นประมาณ 1 เดือน ซึ่งมวลน้ำสะสมส่วนเกินที่คาดว่าก่อให้เกิดน้ำท่วมบริเวณท้ายน้ำ มีขนาดใหญ่มากถึง 12 พันล้านลูกบาศก์เมตร (Komori et al., 2012)

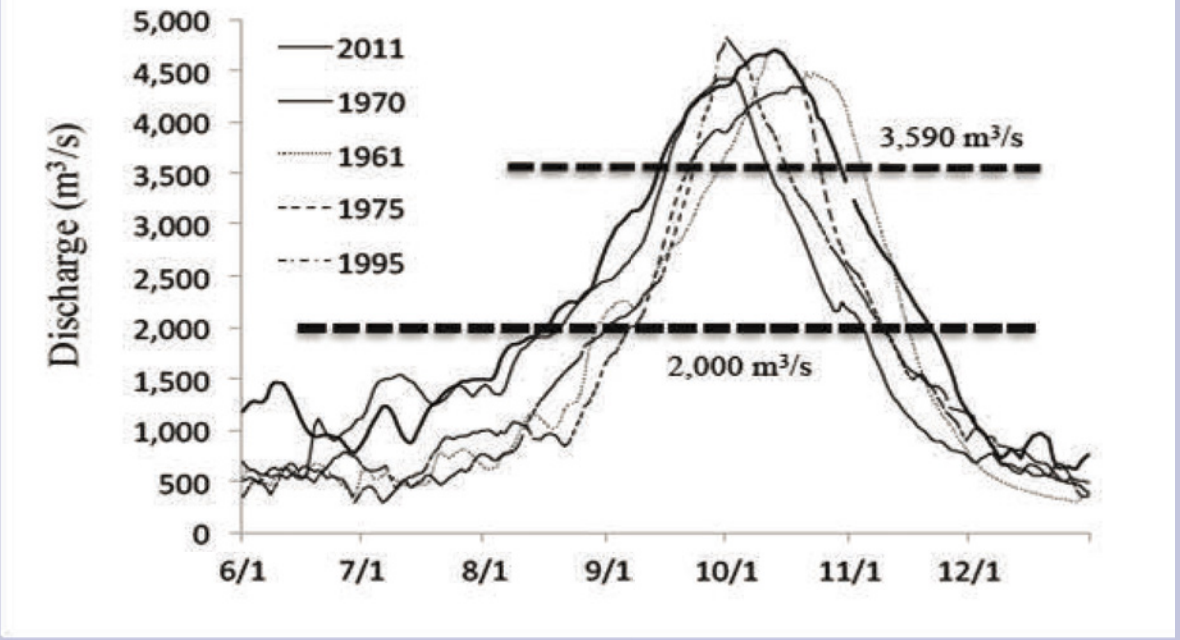
ความแห้งแล้ง เป็นตัวแปรที่ซับซ้อนและดัชนีความแห้งแล้ง เช่น Palmer Drought Severity Index (PDSI) Standardized Precipitation Index (SPI) และ Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) มักใช้เพื่อประเมินแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความแห้งแล้ง (Dai, 2011; van der Schrier et al., 2013) การทบทวนผลการศึกษาที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความแห้งแล้งในประเทศไทยหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 พบว่าองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ใหม่ๆ เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของความแห้งแล้งในภาพรวมของประเทศไทย ยังมีข้อจำกัดอยู่และความเชื่อมั่นต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของความแห้งแล้ง อยู่ในระดับต่ำ แต่จากข้อมูลสถิติของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พบว่าจำนวนหมู่บ้านที่ประสบภัยแล้งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1989 - 2012 (พ.ศ.2532 - 2555) อาจจะเป็นตัวชี้วัดหนึ่งที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงของความแห้งแล้งในประเทศไทยได้เพิ่มขึ้น ในรอบ 24 ปีที่ผ่านมา



รูปที่ 2.7 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและปริมาณน้ำท่ารายเดือนที่สถานี C.2 ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 -2000 (พ.ศ.2498 – 2543) (ที่มา: Tebakari et al., 2012)



รูปที่ 2.8 ปริมาณน้ำระบายรวมของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมของห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1965-1999 (พ.ศ.2508 - 2542) และ ปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) (ที่มา: Komori et al., 2012)



รูปที่ 2.9 ปริมาณน้ำระบายรายวันของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม สำหรับเหตุการณ์ปริมาณน้ำระบายรวมสูงสุด 5 ลำดับแรก เส้นประเส้นล่างและเส้นบน แสดงศักยภาพความสามารถระบายน้ำที่ก่อให้เกิดน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาและความจุลำน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดนครสวรรค์ (ที่มา: Komori et al.. 2012)

2.6 การเปลี่ยนแปลงพายุหมุนเขตร้อน

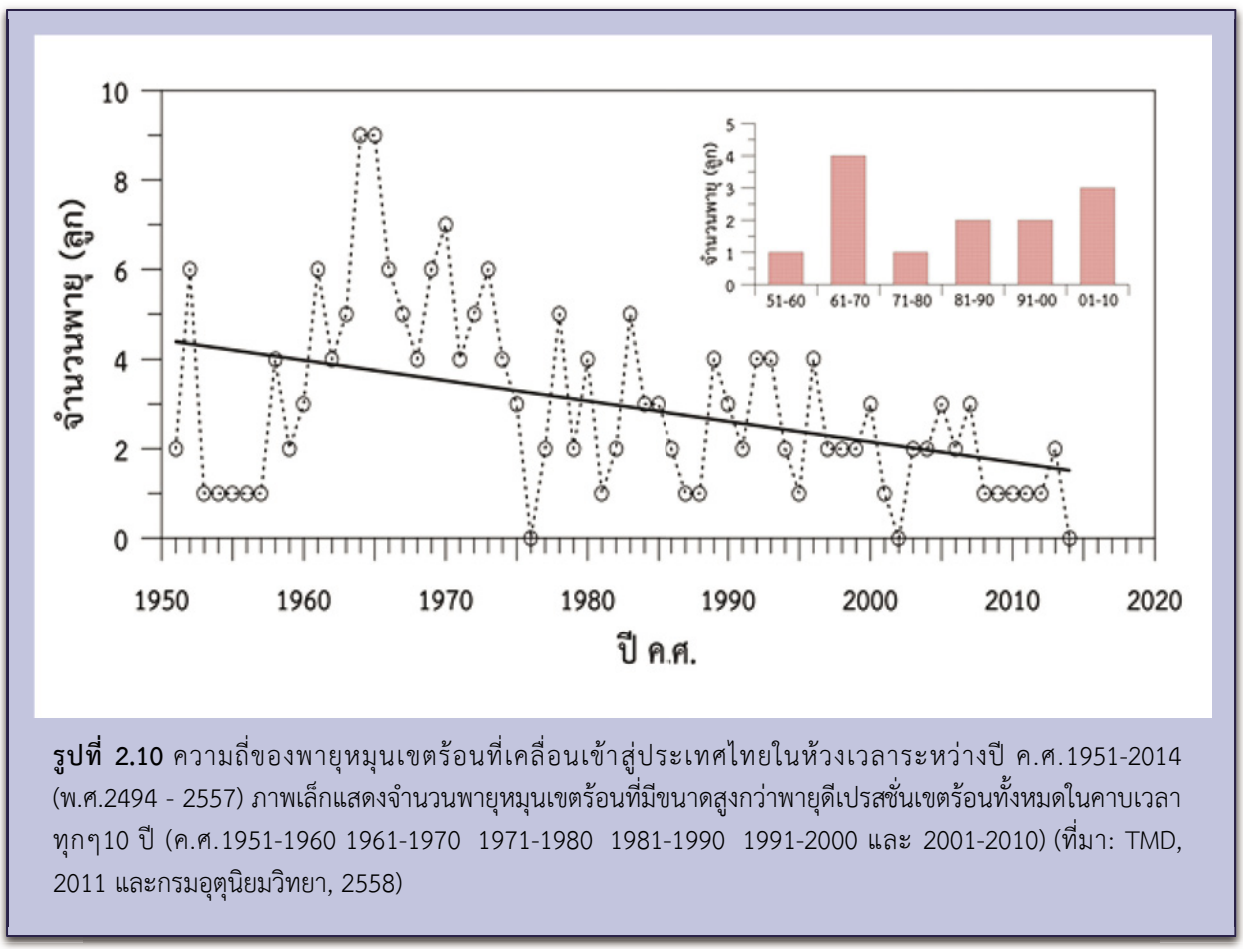
พายุหมุนเขตร้อน มีสาเหตุหลักเกิดจากการถ่ายเทความร้อนที่มีแหล่งกำเนิดจากมหาสมุทรในเขตร้อน และจัดเป็นภัยคุกคามสำคัญต่อหลายประเทศซึ่งนำไปสู่ภัยพิบัติทางภูมิอากาศ เช่น เหตุการณ์ฝนตกหนักและน้ำท่วม (Vongvisessomjai, 2009; Nguyen-Thi et al., 2012) ปริมาณฝนในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเอเชียใต้ ได้รับอิทธิพลอย่างสูงจากกิจกรรมของพายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรอินเดียทางตอนเหนือและมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตก (Takahashi, 2011) ซึ่งมีผลการศึกษาที่พบว่าปริมาณฝนรวมในบริเวณแหลมอินโดจีนที่เกิดจากกิจกรรมของพายุหมุนเขตร้อน มีสัดส่วนสูงถึง 70% (Takahashi and Yasunari, 2008) ผลการศึกษาของ Takahashi and Yasunari (2008) และ Takahashi et al. (2009) พบว่า การลดลงในระยะยาวของปริมาณฝนในเดือนกันยายนในบริเวณแหลมอินโดจีนในห้วงเวลาช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 สามารถอธิบายได้ด้วยการลดลงของกิจกรรมของพายุหมุนเขตร้อนในทะเลจีนใต้และทะเลแถบประเทศฟิลิปปินส์

องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก ได้แบ่งพายุหมุนเขตร้อนซึ่งพิจารณาจากขนาดความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางพายุ (Umax) ออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ พายุดีเปรสชั่นเขตร้อน (Tropical depression; Umax น้อยกว่า 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) พายุโซนร้อน (Tropical storm; 62 <Umax<117 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และพายุไต้ฝุ่น (Typhoon; Umax >118 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) (TMD, 2011)

ประเทศไทย ตั้งอยู่ระหว่างสองแหล่งกำเนิดที่สำคัญของพายุหมุนเขตร้อน คือ ทะเลจีนใต้และอ่าวเบงกอล แต่ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเส้นทางของพายุ พบว่า พายุหมุนเขตร้อนส่วนใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทย มีแหล่งกำเนิดมาจากมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตกและทะเลจีนใต้ (Vongvisessomjai, 2009; TMD, 2011) เส้นทางเฉลี่ยของพายุหมุนเขตร้อน

ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคม จะผ่านภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และขยับลงไปทางทิศใต้ผ่านทางด้านล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันออกและภาคกลางในช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม (Vongvisessomjai, 2009; TMD, 2011) ในขณะที่ พายุหมุนเขตร้อนในมหาสมุทรอินเดีย และ/หรือทะเลอันดามัน เคลื่อนผ่านอ่าวเบงกอลเข้าสู่ประเทศพม่าและประเทศไทย บนพื้นฐานของข้อมูลตรวจวัดที่ได้บันทึกโดยกรมอุตุนิยมวิทยา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) พบว่า มีพายุหมุนเขตร้อน จำนวน 189 ลูก เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทย ในช่วงเวลา 64 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ.1951 - 2014 หรือ พ.ศ.2494 - 2557) (รูปที่ 2.10) ประเทศไทย ได้รับผลกระทบจากพายุหมุนเขตร้อนโดยเฉลี่ยแล้ว 3 ลูกต่อปี ซึ่งเดือนตุลาคมเป็นเดือนที่มีความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนเกิดขึ้นสูงสุด (53 ครั้งจากทั้งหมด 189 ครั้ง) พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยส่วนใหญ่เกือบทั้งหมด 189 ลูก จัดอยู่ในกลุ่มพายุดีเปรสชั่นเขตร้อน มีเพียง 14 ลูกเท่านั้น ที่จัดอยู่ในระดับพายุโซนร้อน และ 1 ลูก จัดอยู่ในระดับพายุไต้ฝุ่น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) เมื่อพิจารณาในห้วงเวลาของครึ่งหลังของศตวรรษที่ 20 และทศวรรษแรกของศตวรรษที่ 21 แล้ว พบว่า ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทย มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (รูปที่ 2.10) โดยในห้วงเวลารอบ 6 ทศวรรษที่ได้ตรวจวัดและบันทึกข้อมูล พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทย มีจำนวนสูงสุดเกิดขึ้นในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1961 - 1970 (พ.ศ.2504 - 2513) ในขณะที่ห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.2001 - 2010 (พ.ศ.2544 - 2553) เป็นช่วงเวลาที่จำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยน้อยที่สุด (รูปที่ 2.10) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาพายุหมุนเขตร้อนในระดับที่สูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อน หรือพายุหมุนเขตร้อนที่มีความเร็วลมสูงสุดใกล้ศูนย์กลางพายุสูงกว่า 61 กิโลเมตรต่อชั่วโมงในคาบเวลาทุกๆ 10 ปีแล้ว พบว่า จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในระดับที่รุนแรงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในรอบทุก ๆ 10 ปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 (รูปที่ 2.10) โดยรายละเอียดของพายุหมุนเขตร้อนในระดับที่สูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อนที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1951 - 2014 (พ.ศ.2494 - 2557) สรุปในตารางที่ 2.3

ผลการประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงพายุหมุนเขตร้อน อาจสรุปได้ว่า หลักฐานและระดับความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง อยู่ในระดับปานกลาง



รูปที่ 2.10 ความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1951-2014 (พ.ศ.2494 - 2557) ภาพเล็กแสดงจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่มีขนาดสูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อนทั้งหมดในคาบเวลาทุกๆ10 ปี (ค.ศ.1951-1960 1961-1970 1971-1980 1981-1990 1991-2000 และ 2001-2010) (ที่มา: TMD, 2011 และกรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

ตารางที่ 2.3 พายุหมุนเขตร้อนที่มีระดับความเร็วลมสูงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อน ที่เคลื่อนตัวผ่านและขึ้นฝั่งในประเทศไทยในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1951 - 2010 (พ.ศ.2494 - 2553) (ที่มา: TMD, 2011)

ชื่อพายุโซนร้อนและพายุไต้ฝุ่น	วันที่เคลื่อนตัวเข้าประเทศไทย	เส้นทางพายุภายในประเทศไทย
1. VAE	22 ตุลาคม 1952	ตราด จันทบุรี ชลบุรี
2. HARRIET	29 ตุลาคม 1962	นครศรีธรรมราช
3. TILDA	23 กันยายน 1964	นครพนม
4. DORIS	3 กันยายน 1969	นครพนม
5. RUTH	30 พฤศจิกายน 1970	สุราษฎร์ธานี
6. SALLY	5 ธันวาคม 1972	ชุมพร สุราษฎร์ธานี ระนอง
7. GAY[1]	4 พฤศจิกายน 1989	ชุมพร
8. BECKY	30 สิงหาคม 1990	หนองคาย น่าน แพร่
9. FRED	17 สิงหาคม 1991	นครพนม สกลนคร อุดรธานี เลย
10. FORREST	15 พฤศจิกายน 1992	นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี พังงา
11. LINDA	4 พฤศจิกายน 1997	ประจวบคีรีขันธ์
12. CHANTHU	13 มิถุนายน 2004	อุบลราชธานี ยโสธร ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ อุดรธานี หนองคาย
13. XANGSANE	2 ตุลาคม 2006	อุบลราชธานี ยโสธร ร้อยเอ็ด สุรินทร์ นครราชสีมา
14. LEKIMA	4 ตุลาคม 2007	หนองคาย เลย

[1]ไต้ฝุ่น

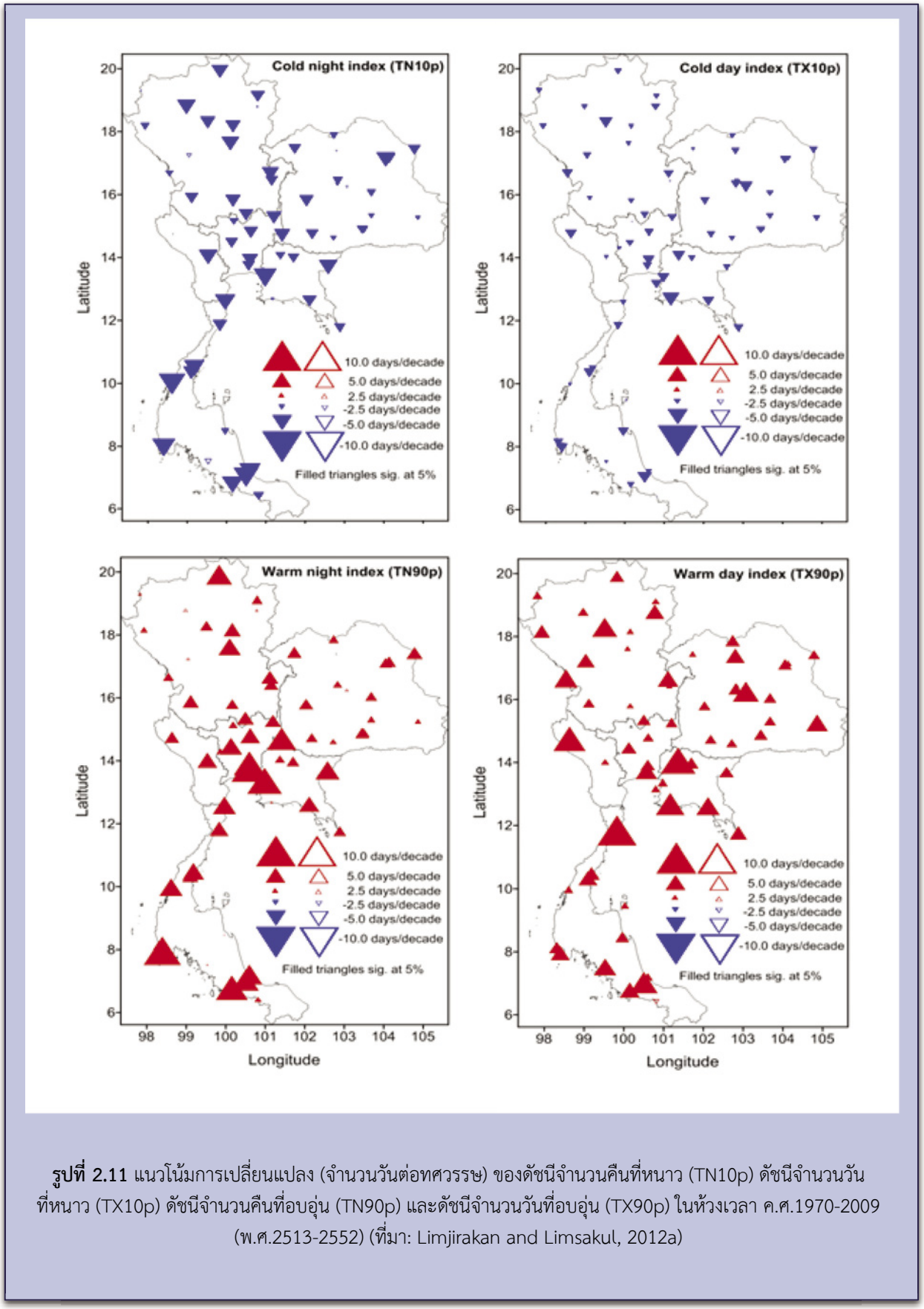
2.7 การเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศในประเทศไทย โดยเฉพาะอุณหภูมิและฝน ยังคงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ ซึ่งจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยพบว่า ผลการศึกษาดังกล่าวได้ถูกตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้นหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 (Limsakul et al., 2011; Limjirakan and Limsakul, 2012a; Artlert et al., 2013; Klongvessa and Chotpantarat, 2014; Pornamnuaylap et al., 2014; Sharma and Babel, 2014; Chotamonsak, 2015; พัณณิ์ภาริษา ของทิพย์และคณะ, 2556; ปิยภัทร บุษบาบดินทร์และคณะ, 2558; Limsakul and Singhruck, 2016) บนพื้นฐานจากการศึกษาต่างๆ ทั้งก่อนและหลังรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์และหลักฐานที่สอดคล้องกันก่อให้เกิดความมั่นใจในระดับสูงว่า สภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทย มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40 - 50 ปีที่ผ่านมา ซึ่งตอบสนองต่อการร้อนขึ้นของประเทศไทยและมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับหลักฐานการเปลี่ยนแปลงที่ตรวจพบในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิก (Choi et al., 2009; Endo et al., 2009; Caesar et al., 2011) และภูมิภาคอื่น ๆ ของโลก (e.g., Donat et al., 2013; IPCC, 2013; McGree et al., 2014; Stephenson et al., 2014) จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดรายวัน ด้วยดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (Klein Tank et al., 2009) พบว่า แนวโน้มการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทย ประกอบด้วย ดัชนีจำนวนวันและคืนที่อบอุ่น (รูปที่ 2.11) ดัชนีช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น ดัชนีจำนวนวันที่อุณหภูมิสูงสุดสูงกว่า 35 °C ดัชนีจำนวนคืนที่อุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า 25 °C ดัชนีค่าสูงสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวัน ดัชนีค่าต่ำสุดรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวัน (Limsakul et al., 2011; Limjirakan and Limsakul, 2012a; Pornamnuaylap et al., 2014; Sharma, and Babel, 2014) ในขณะที่ แนวโน้มการลดลงอย่างมีนัยสำคัญของสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทย ปรากฏในดัชนีจำนวนวันและคืนที่หนาว (รูปที่ 2.11) ดัชนีช่วงระยะเวลาที่หนาว และดัชนีช่วงอุณหภูมิในรอบวันและดัชนีช่วงของอุณหภูมิรอบปี (Limsakul et al., 2011; Limjirakan and Limsakul, 2012a; Sharma, and Babel, 2014) ทั้งนี้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ ที่เกิดขึ้นในลักษณะที่สอดคล้องและมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันในบริเวณกว้าง

ทั้งประเทศนี้ แสดงถึงการขยับตัวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุด ที่มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกเฉลี่ย (IPCC, 2013) ตารางที่ 2.4 สรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิสำหรับ 4 ดัชนีดังกล่าวในห้วงเวลา ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) ในภาพรวมของประเทศไทย

สภาวะสุดขีดของฝนในประเทศไทย มีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ค่อนข้างซับซ้อน โดยทั่วไปแล้ว แนวโน้มของดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนในประเทศไทยที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่คล้ายคลึงและสอดคล้องกันในพื้นที่บริเวณกว้างน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ (Limjirakan and Limsakul, 2012a; Artlert et al., 2013; Klongvessa and Chotpantarat, 2014; Sharma, and Babel, 2014; Chotamonsak, 2015; Limsakul and Singhruck, 2016) ผลการวิเคราะห์ดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนในประเทศไทยจากข้อมูลสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 41 สถานี ในห้วงเวลาระหว่าง ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) Limsakul and Singhruck (2016) พบว่า ความถี่ของเหตุการณ์ฝนและระยะเวลาที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยลดลง แต่ความแรงของฝนและความเข้มของฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนักกลับเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน โดยเหตุการณ์ฝนตกหนักมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของปริมาณฝนสะสมรวมรายปี (รูปที่ 2.12) กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองขนาดใหญ่ที่ตั้งอยู่บริเวณที่ราบลุ่มปากแม่น้ำเจ้าพระยา กำลังประสบกับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขีดของฝนดังกล่าว นอกจากนี้ ผลการศึกษา ยังระบุว่า ปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) เมื่อเกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นปีที่ประเทศไทยมีสภาวะสุดขีดของฝนสูงที่สุดในรอบ 60 ปี แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนสำหรับ 4 ดัชนีดังกล่าวในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) ในภาพรวมของประเทศไทย ดังสรุปในตารางที่ 2.5 Artlert et al. (2013) ได้วิเคราะห์ลักษณะสภาวะสุดขีดของฝนจากข้อมูลตรวจวัดในลุ่มแม่น้ำโขง แม่น้ำชีและแม่น้ำมูลในห้วงเวลา ค.ศ.1961 - 2007 (พ.ศ.2504 - 2550) ซึ่งผลการศึกษาพบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของดัชนีที่บ่งบอกถึงช่วงระยะที่ฝนไม่ตกอย่างเนื่องในลุ่มแม่น้ำชีฝั่งตะวันออกของแม่น้ำมูลและฝั่งตะวันตกของแม่น้ำโขง ในขณะที่ ดัชนีปริมาณฝนรายวันสูงสุดในรอบปี กลับลดลงเกือบทุกสถานีของพื้นที่ศึกษา Sharma and Babel (2014) พบดัชนีที่แสดงถึงช่วงระยะที่ฝนไม่ตกอย่างเนื่อง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในพื้นที่ฝั่งตะวันตกของประเทศไทยบริเวณลุ่มน้ำแม่กลองและลุ่มน้ำแม่ปิง สำหรับห้วงเวลา ค.ศ.1961 - 2002 (พ.ศ.2504 - 2545) ส่วนดัชนีบ่งชี้ถึงความถี่ของเหตุการณ์ที่มีปริมาณฝนมากกว่า 10 และ 20 มิลลิเมตร กลับลดลงทั้งสองลุ่มน้ำ

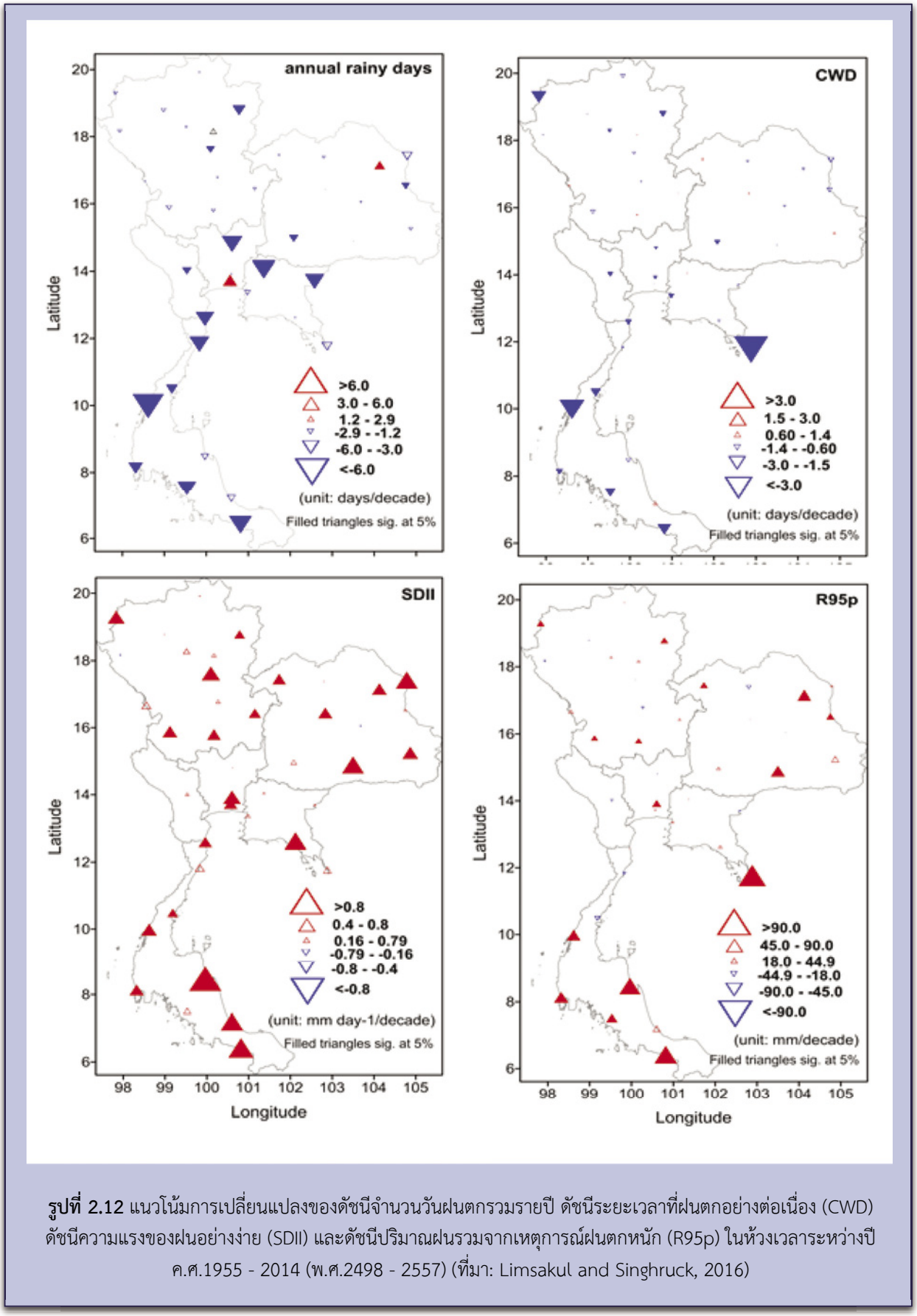
ผลการประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ พบว่า หลักฐานแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขีดของฝน ได้เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง ส่งผลให้ความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ได้เพิ่มขึ้นในระดับปานกลางเช่นกัน



รูปที่ 2.11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (จำนวนวันต่อทศวรรษ) ของดัชนีจำนวนคืนที่หนาว (TN10p) ดัชนีจำนวนวันที่หนาว (TX10p) ดัชนีจำนวนคืนที่อบอุ่น (TN90p) และดัชนีจำนวนวันที่อบอุ่น (TX90p) ในห้วงเวลา ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) (ที่มา: Limjirakan and Limsakul, 2012a)

ตารางที่ 2.4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง (จำนวนวันต่อทศวรรษ) ของดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1970 - 2009 (พ.ศ.2513 - 2552) ที่เฉลี่ยทุกสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 65 สถานี (ที่มา: Limjirakan and Limsakul, 2012a)

ดัชนีสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิ	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง
จำนวนคืนที่หนาว (TN10p)	-3.0
จำนวนวันที่หนาว (TX10p)	-2.0
ช่วงระยะเวลาที่หนาว (CSDI)	-1.7
จำนวนคืนที่อบอุ่น (TN90p)	3.6
จำนวนวันที่อบอุ่น (TX90p)	3.4
ช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น (WSDI)	4.9
จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงสุดสูงกว่า 35 °C (SU35)	5.4
จำนวนคืนที่อุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า 25 °C (TR25)	11.4



รูปที่ 2.12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีจำนวนวันฝนตกรวมรายปี ดัชนีระยะเวลาที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (CWD) ดัชนีความแรงของฝนอย่างง่าย (SDII) และดัชนีปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก (R95p) ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) (ที่มา: Limsakul and Singhruck, 2016)

ตารางที่ 2.5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955 - 2014 (พ.ศ.2498 - 2557) เฉลี่ยจากสถานีตรวจวัดอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 41 สถานี (ที่มา: Limsakul and Singhruck, 2016)

ดัชนีสภาวะสุดขีดของฝน	หน่วย	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง
ดัชนีจำนวนวันฝนตกรวมรายปี (annual rainy days)	จำนวนวันต่อทศวรรษ	-0.99
ดัชนีระยะเวลาที่ฝนตกอย่างต่อเนื่อง (CWD)	จำนวนวันต่อทศวรรษ	-0.27
ดัชนีความแรงของฝนอย่างง่าย (SDII)	มิลลิเมตรต่อวันต่อทศวรรษ	0.17
ดัชนีปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก (R95p)	มิลลิเมตรต่อวันต่อทศวรรษ	11.9

2.8 สรุปและช่องว่างขององค์ความรู้

การประมวลและสังเคราะห์ผลการศึกษาด้านภูมิอากาศวิทยาจากเอกสารงานวิจัยประมาณ 75 - 80 ฉบับ ซึ่งส่วนใหญ่ได้ถูกตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารต่างๆ ในห้วงเวลาหลังจากปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ถึงปัจจุบัน ได้ช่วยเพิ่มเติมองค์ความรู้ และเสริมรายละเอียดแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรภูมิอากาศในประเทศไทย ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ให้เป็นปัจจุบันและมีความชัดเจนมากขึ้น สรุปได้ดังนี้

1) การศึกษาในช่วงหลังรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ต่างแสดงผลที่สอดคล้องกัน ซึ่งช่วยเพิ่มเติมหลักฐานที่บ่งชี้ให้เห็นถึงการร้อนขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของประเทศไทยด้วยความมั่นใจในระดับสูง โดยในรอบ 40 ปีที่ผ่านมาในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1970-2009 (พ.ศ.2513-2552) อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.96 0.92 และ 1.04 °C ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิดังกล่าว มีสาเหตุมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศหรือปัจจัยระดับท้องถิ่นอื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวกับภูมิอากาศ เช่น โดมความร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่เมือง ในสัดส่วนเท่าไหร่ยังคงเป็นโจทย์ที่ต้องหาคำตอบเพิ่มเติม
2) การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนในระยะหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ไม่เพียงสนับสนุนผลการศึกษาในระยะแรกที่ว่าความแปรปรวนในระยะสั้น เป็นองค์ประกอบหลักของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในภาพรวมของประเทศไทยซึ่งมีความสัมพันธ์กับปรากฏการณ์เอ็นโซ่ และ PDO แต่ช่วยเพิ่มเติมหลักฐานแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อวิเคราะห์ในสเกลพื้นที่และเวลาที่มีความละเอียดขึ้น โดยพบว่าปริมาณฝนสะสมรวมรายปีในพื้นที่ภาคใต้ฝั่งอันดามันและฝั่งอ่าวไทยในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1955-2014 (พ.ศ.2498-2557) มีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ตามลำดับ ขณะที่ ปริมาณฝนสะสมรวมเฉพาะในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน ภาพรวมของประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 64.8 มิลิเมตรในรอบ 60 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ.1955-2014 หรือ พ.ศ.2498-2557) นอกจากนี้ ผลการศึกษาล่าสุดยังชี้ให้เห็นว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวของปริมาณฝนในเขตร้อนอย่างประเทศไทย ควรแยกวิเคราะห์ในแต่ละพื้นที่ให้สอดคล้องกับ hydrological regime และแต่ละห้วงเวลาของปี มากกว่าการวิเคราะห์ในภาพรวมของประเทศไทยอย่างเช่นอุณหภูมิอากาศใกล้พื้นผิว โดยการสร้างความรู้ความเข้าใจถึงสาเหตุและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของฝนในบริบทท้องถิ่น ซึ่งเป็นสเกลที่ประชาชนปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ยังมีความจำเป็นที่ต้องดำเนินการเพิ่มเติม
3) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศในประเทศไทยในระยะหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ยังคงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจเป็นพิเศษ บนพื้นฐานจากการศึกษาต่างๆ ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์และหลักฐานที่สอดคล้องกัน ก่อให้เกิดความมั่นใจในระดับสูงถึงข้อสรุปที่ว่า สภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในประเทศไทย มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในรอบ 40 - 50 ปีที่ผ่านมา ซึ่งตอบสนองต่อการร้อนขึ้นของประเทศไทย

องค์ความรู้ใหม่ๆ จากการศึกษาในช่วงล่าสุด ยังช่วยเพิ่มเติมความชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของฝนในประเทศไทย โดยผลการศึกษา บ่งชี้ให้เห็นถึงความถี่ของเหตุการณ์ฝนและระยะเวลาที่ฝนตกอย่างต่อเนื่องในพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง แต่ความแรงของฝนและความเข้มของฝนจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก รวมถึงปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนหนัก กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนแปลงสภาวะสุดขีดของฝนดังกล่าว มักนำไปสู่เหตุการณ์ภัยพิบัติทางภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบอย่างสูงต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ดังเช่น เหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ในลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ซึ่งเป็นปีที่ประเทศไทยมีสภาวะสุดขีดของฝนสูงที่สุดในรอบ 60 ปี ทั้งนี้ หลักฐานแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขีดของฝน ได้เพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง ส่งผลให้ความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในระดับปานกลางเช่นกัน

4) บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในรอบ 64 ปีที่ผ่านมา (ค.ศ.1951 - 2014 หรือ พ.ศ.2494 - 2557) พบว่าความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทย มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยการลดลงของกิจกรรมของพายุหมุนเขตร้อนในภาพรวมดังกล่าว ส่งผลโดยตรงต่อปริมาณฝนและภาวะแห้งแล้งในประเทศไทย แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดภายใต้การลดลงของความถี่ของพายุหมุนเขตร้อนนั้นแล้ว กลับพบว่า จำนวนพายุหมุนเขตร้อนในระดับที่รุนแรงกว่าพายุดีเปรสชั่นเขตร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมดในรอบทุก ๆ 10 ปี กลับมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ทศวรรษที่ 70 ซึ่งบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของประเทศไทยต่อเหตุการณ์สภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศทั้งจากเหตุการณ์ฝนตกหนักและน้ำท่วมที่เกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ สลับกับการเกิดภาวะความแห้งแล้งที่ยาวนานขึ้น ผลการประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้พบว่า หลักฐานและระดับความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย อยู่ในระดับปานกลาง

5) ฐานข้อมูลภูมิอากาศที่ตรวจวัดอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลาที่ยาวนานและมีคุณภาพสูง ยังเป็นสิ่งจำเป็นพื้นฐานสำหรับการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทย ซึ่งฐานข้อมูลที่ตรวจวัดจากสถานีและแบบกริดระดับโลกถูกนำมาใช้เพิ่มมากขึ้นในห้วงระยะเวลาหลังจากรายงาน TARC ฉบับที่ 1 อย่างไรก็ตาม การนำฐานข้อมูลตรวจวัดมาใช้ในการศึกษา ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษต่อคุณภาพของข้อมูลซึ่งมีระดับที่แตกต่างกันของแต่ละแหล่งข้อมูล จากการตรวจสอบในช่วงล่าสุดพบว่า ข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของกรมอุตุนิยมวิทยา มีลักษณะไม่เป็นเอกพันธ์ของข้อมูลเกิดขึ้นระหว่างห้วงเวลาก่อนและหลังปี ค.ศ. 2004 - 2005 (พ.ศ.2547 - 2548) ซึ่งมีสาเหตุหลักเกิดจากการเปลี่ยนแปลงวิธีการคำนวณอุณหภูมิเฉลี่ย ดังนั้น การตรวจสอบและปรับแก้ลักษณะไม่เป็นเอกพันธ์ของข้อมูลดังกล่าวและข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดอื่น ๆ ด้วยเทคนิคทางสถิติ ควรดำเนินการก่อนที่จะนำมาใช้สำหรับการศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยา นอกจากนี้ การตรวจสอบและประเมินคุณภาพของฐานข้อมูลฝนของกรมชลประทานซึ่งมีจำนวนสถานีและเครือข่ายที่ครอบคลุมมากกว่าฐานข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา ควรดำเนินการเพิ่มเติมเช่นกัน โดยฐานข้อมูลจากทั้งสองแหล่ง ควรถูกผนวกรวมกันให้เป็นฐานข้อมูลเดียวที่มีคุณภาพและมาตรฐานการดูแลในระดับเดียวกัน ทั้งนี้ การศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยาในประเทศไทยในอนาคต ควรนำฐานข้อมูลดาวเทียมที่มีความละเอียดสูง โดยเฉพาะฐานข้อมูลที่ดำเนินการโดย Global Climate Observing System (GCOS) มาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงในระดับท้องถิ่นของตัวแปรภูมิอากาศต่าง ๆ ซึ่งหัวข้องานวิจัย เช่น การพัฒนาดัชนีความแห้งแล้งและวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในประเทศไทย การเปลี่ยนแปลงของปริมาณไอน้ำและไอน้ำกลั่นตัวได้ในบรรยากาศ การเปลี่ยนแปลงของความชื้นของดินและน้ำท่า การเปลี่ยนแปลงของการคายระเหยของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของเมฆและรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งได้ระบุในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ยังคงเป็นประเด็นพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอุตุนิยมวิทยา 2558. พายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนเข้าสู่ประเทศไทยรายเดือน คาบ 64 ปี (พ.ศ.2494-2557). 22 หน้า
2. จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์, ชิษณุชา บุดดาบุญ, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรัญญู วงษ์เสรี, ยอด สุขะมงคล, เบญจมาส รสโสภา, ขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย, ประหยัด เลวัน, มนชัย ชอบธรรม และทรงศักดิ์ ช่วยบำรุง 2559. การลดขนาดแบบจำลองภูมิอากาศโลกเพื่อการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
3. ปิยภัทร บุษบาบดินทร์, มาลา ศิริบูรณ์ และอรุณ แก้วมั่น 2558. แบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณน้ำฝนสูงสุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 20(1), 106-117.
4. พัณณิ์ภาริษา ของทิพย์, มานัดถุ์ คำกอง และพุฒิพงษ์ พุกกะมาน 2556. การสร้างแบบจำลองค่าสุดขีดปริมาณฝนประจำปีในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 18(1), 95-104.
5. แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล, อัศมน ลิ่มสกุล และทวีวงศ์ ศรีบุรี 2553. การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤติ. รายงานฉบับสมบูรณ์ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.).
6. อัศมน ลิ่มสกุล, วุฒิชัย แพงแก้ว และอัศดร คำเมือง 2558. รายงานความก้าวหน้าโครงการพัฒนาดัชนีความร้อนและการประยุกต์ใช้ศึกษาคลื่นความร้อนในประเทศไทย. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม.
7. Apiratikorn S., Sdoodee S., Lerslerwong L. and Rongsawat S. 2012. The impact of climatic variability on phonological change, yield and fruit quality of Mangosteen in Phatthalung Province, Southern Thailand. Kasetsart Journal (Natural Science), 46, 1-9.
8. Apiratikorn S., Sdoodee S. and Limsakul A. 2014. Climate-related changes in tropical-fruit flowering phases in Songkhla Province, Southern Thailand. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7(15), 3150-3158.
9. Arifwidodo S.D. and Tanaka T. 2015. The characteristics of urban heat island in Bangkok, Thailand. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195, 423 – 428.
10. Artlert K., Chaleeraktrakoon C. and Ngyyen V.-T-V. 2013. Modeling and analysis of rainfall processes in the context of climate change for Mekong, Chi and Mun River Basin (Thailand). Journal of Hydro-environmental Research, 7, 2-17.
11. Bridhikitti A. 2012. Connections of ENSO/IOD and aerosols with Thai rainfall anomalies and associated implications for local rainfall forecasts. International Journal of Climatology. DOI: 10.1002/joc.3630.
12. Caesar J., Alexander L. V., Trewin B., Tse-ring K., Sorany L., Vuniyayawa V., Keosavang N., Shimana A., Htay M. M., Karmacharya J., Jayasinghearachchi D. A., Sakkamart J., Soares E., Hung L. T., Thuong L. T., Hue C. T., Dung N. T. T., Hung P. V., Cuong H. D., Cuong N. M. and Sirabaha S. 2011. Changes in temperature and precipitation extremes over the Indo-Pacific region from 1971 to 2005. International Journal of Climatology 31: 791-801. DOI: 10.1002/joc.2118.
13. Chelong I. and Sdoodee S. 2013. Effect of Climate Variability and Degree-Day on Development, Yield and Quality of Shogun (Citrus reticulata Blanco) in Southern Thailand. Kasetsart Journal (Natural Sciences), 47, 333 – 341.
14. Choi G., Collins D., Ren G., Trewin B., Baldi M., Fukuda Y., Afzaal M., Pianmana T., Gomboluudev P., Huong P.T.T., Lias N., Kwon W.-T., Boo K.-O., Cha Y.-M. and Zhou Y. 2009. Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. Internal Journal of Climatology, 29, 1906–1925, doi: 10.1002/joc.1979.
15. Chotamonsak C. 2015. Changes in temperature and precipitation extremes in Northern Thailand. Environmental and Ecological Engineering, 2, 9.
16. Chuenchooklin S., Taweepong S. and Pangnakorn U. 2015. Rainfall and flood forecast models for better flood relief plan of the Mae Sot Municipality. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. 9 (3), 214-219.
17. Dai A. 2011. Characteristics and trends in various forms of the Palmer Drought Severity Index during 1900–2008. Journal of Geophysical Research (Atmosphere), 116, D12115.
18. Donat M.G., et al. 2013. Updated analyses of temperature and precipitation extreme indices since the beginning of the twentieth century: The HadEX2 dataset. Journal of Geophysical Research–Atmosphere. 118, 1-16. doi:10.1002/ jgrd.50150, 2013.
19. Endo N., Matsumoto J. and Lwin T. 2009. Trends in precipitation extremes over Southeast Asia. Sola, 5, 168-171.

20. Hanasaki N., Saito Y., Chaiyasaen C., Champathong A., Ekkawatpanit C., Saphaokham S., Sukhapunnaphan T., Sumdin S. and Thongduang J. 2014. A quasi-real-time hydrological simulation of the Chao Phraya River using meteorological data from the Thai Meteorological Department Automatic Weather Stations. Hydrological Research Letters, 8(1), 9–14. DOI: 10.3178/hrl.8.9.

21. Hong C.-C. and Li T. 2009. The extreme cold anomaly over Southeast Asia in February 2008: Roles of ISO and ENSO. Journal of Climate, 22, 3786-3801. DOI:10.1175/2009JCLI2864.1.

22. IPCC. 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

23. Janjai S., Laksanaboonsong J., Nunez M. and Thongsathitya A. 2005. Development of a method for generating operational solar radiation maps from satellite data for a tropical environment. Solar Energy, 78, 739-751.

24. Janjai S., Masri I., Pattarapanitchai S. and Laksanaboonsong J. 2013. Mapping global solar radiation from long-term satellite data in the tropics using an improved model. International Journal of Photoenergy, Article ID 210159, 1-11.

25. Jones P.D., Parker D.E., Osborn T.J. and Briffa K.R. 2013. Global and hemispheric temperature anomalies—land and marine instrumental records. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/cli.002.

26. Jongtanom Y., Kositanont C. and Baulert S. 2011. Temporal variations of urban heat island intensity in three major cities, Thailand. Modern Applied Science, 5(5), 105-110.

27. Kim W., Komori D., Cho J., Kanae S. and Oki T. 2014. Long-term analysis of evapotranspiration over a diverse land use area in northern Thailand. Hydrological Research Letters, 8(1), 45–50. DOI: 10.3178/hrl.8.45.

28. Kirtphaiboon S., Wongwises P., Limsakul A., Sooktawee S. and Humphries U. 2014. Rainfall Variability over Thailand Related to the El Nino-Southern Oscillation (ENSO). Journal of Sustainable Energy & Environment, 5, 37-42.

29. Klein Tank A.M.G., Zwiers F.W. and Zhang Z. 2009. Guidelines on analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation. WMO-TD No. 1500, 56 pp. (WCDMP-72, WMO-TD/No. 1500).

30. Klongvessa P. and Chotpantarat S. 2014. Statistical analysis of rainfall variations in the Bangkok urban area, Thailand. Arab Journal of Geosciences. DOI: 10.1007/s12517-014-1438-3.

31. Komori D., Nakamura S., Kiguchi M., Nishijima A., Yamazaki D., Suzuki S., Kawasaki A., Oki K. and Oki T. 2012. Characteristics of the 2011 Chao Phraya River flood in Central Thailand. Hydrological Research Letters, 6, 41-46. DOI:10.3178/HRL.6.41.

32. Kosa P. and Sukwimolseree T. 2014. Effect of climate change on runoff in the upper Mun River Basin, Thailand. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering, 8 (6), 416-420.

33. Kotsuki S. and Tanaka K. 2013a. Uncertainties of precipitation products and their impacts on runoff estimates through hydrological land surface simulation in Southeast Asia. Hydrological Research Letters, 7(4), 79-84. doi: 10.3178/hrl.7.79.

34. Kotsuki S. and Tanaka K. 2013b. Impacts of mid-rainy season rainfall on runoff into the Chao Phraya River, Thailand. Journal of Disaster Research, 8 (3), 397-405.

35. Kumphon B., Kaew-Man A. and Seenoi P. 2012. A rainfall distribution for the Lampao site in the Chi river basin, Thailand. Journal of Water Resource and Protection, 4, 866-869.

36. Kure S. and Tebakari T. 2012. Hydrological impact of regional climate change in the Chao Phraya River Basin, Thailand. Hydrological Research Letters, 6, 53–58. DOI: 10.3178/ HRL.6.53.

37. Limjirakan S. and Limsakul A. 2012a. Observed trends in surface air temperature and their extremes in Thailand from 1970 to 2009. Journal of the Meteorological Society of Japan, 90, 647-662. doi: 10.2151/jmsj.2012-505.

38. Limjirakan S. and Limsakul A. 2012b. Trends in Thailand pan evaporation from 1970 to 2007. Journal of Atmospheric Research, 108, 122–127.

39. Limsakul A. and Singhruck P. 2016. Long-term trends and variability of total and extreme precipitation in Thailand. Journal of Atmospheric Research, 301-317. (Online).Available URL:http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.10.015

40. Limsakul A., Humphries U., Wangwongchai A., Chitsuphaphan T. and Wongwises P. 2014. Diurnal variations in summer monsoon precipitation over Thailand and its vicinity observed from ten years of TRMM data. Journal of Sustainable Energy & Environment, 5, 13-19.

41. Limsakul A., Limjirakan S., Sriburi T. and Suttamanuswong B. 2011. Trends in temperature and its extremes in Thailand. Thai Environmental Engineering Journal, 25(1), 9-16.

42. McGree S., et al. 2014. An updated assessment of trends and variability in total and extreme rainfall in the western Pacific. International Journal of Climatology, 34, 2775–2791. http://dx.doi.org/10.1002/ joc.3874.

43. Nguyen-Thi H.A., Matsumoto J., Ngo-Duc T. and Endo N. 2012. A climatological study of tropical cyclone rainfall in Vietnam. Sola, 8, 41-44, doi: 10.2151/sola.2012-011.

44. Peterson T.C., Stott P.A. and Herring S. 2012. Explaining extreme events of 2011 from climate perspective. Bulletin of the American Meteorological Society, 93, 1041–1067. DOI:10.1175/BAMS-D-12-00021.1.

45. Plangoen P. and Babel M.S. 2014. Projected rainfall erosivity changes under future climate in the upper Nan watershed, Thailand. Earth Science & Climatic Change, 5, 242. doi:10.4172/2157-7617.1000242.

46. Pornamnuaylap D., Limsakul A., Limtong P. and Chidthaisong A. 2014. Evaluating the potential impacts of high temperature on rice production in Northeast Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment, 5, 65-74.

47. Räsänen T.A. and Kummu M. 2013. Spatiotemporal influences of ENSO on precipitation and flood pulse in the Mekong River Basin. Journal of Hydrology, 467, 154-168.

48. Reda A.G., Tripathi N.K., Soni P., Tipdecho T. and Phalke A. 2013. Temporal climate trend of Ping basin of Thailand and implications for Mekong region. Earth Science & Climatic Change, 4, 146. doi:10.4172/2157-7617. 1000146.

49. Ren G., Zhou Y., Chu Z., Zhang A., Guo J. and Liu X. 2008. Urbanization effect on observed surface air temperature trend in North China. Journal of Climate, 21, 1333–1348.

50. Ruangsri K., Makkaew K. and Sdoodee S. 2015. The impact of rainfall fluctuation on days and rubber productivity in Songkhla Province. Journal of Agricultural Technology, 11 (1), 181-191.

51. Santiboon T. 2011. Effect of global warming on climate change in Udon thani Province in the period in 60 surrounding years (A.D. 1951-2010). World Academy of Science, Engineering and Technology, 59, 2297-2308.

52. Sayama T., Tatebe Y., Iwami Y. and Tanaka S. 2014. Hydrological sensitivity of flood runoff and inundation: 2011 Thailand floods in the Chao Phraya River basin. Natural Hazards Earth System Sciences Discussions, 2, 7027-7059. doi:10.5194/nhessd-2-7027-2014.

53. Sharma D. and Babel M.S. 2014. Trends in extreme rainfall and temperature indices in the Western Thailand. International Journal of Climatology, 34, 2393–2407. DOI: 10.1002/joc. 3846.

54. Shrestha S. 2014. Assessment of water availability under climate change scenarios in Thailand. Earth Science & Climatic Change, 5, 184. doi:10.4172/2157-7617.1000184.

55. Singhrattna N., Babel M.S. and Perret S.R. 2012. Hydroclimate variability and long-lead forecasting of rainfall over Thailand by large-scale atmospheric variables. Hydrological Sciences Journal, 57(1), 26-41, DOI:10.1080/02626667.2011.633916.

56. Srivanit M. and Hokao K. 2012. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: An application for city of Bangkok, Thailand. JARS, 9(1), 83-100.

57. Srivanit M., Hokao K. and Phonekeo V. 2012. Assessing the impact of urbanization or urban thermal environmental: A case study of Bangkok Metropolitan. International Journal of Applied Science and Technology, 2(7), 243-256.

58. Stephenson T.S. et al. 2014. Changes in extreme temperature and precipitation in the Caribbean region, 1961–2010. International Journal of Climatology. DOI: 10.1002/joc.3889.

59. Supharatid S. 2015. Assessment of CMIP3-CMIP5 climate models precipitation projection and implication of flood vulnerability of Bangkok. American Journal of Climate Change, 2015, 4, 140-162.

60. Takahashi H. and Yasunari T. 2008. Decreasing trend in rainfall over Indochina during the late summer monsoon: Impact of tropical cyclones. Journal of Meteorological Society of Japan, 86, 429–438.

61. Takahashi H., Fujinami H., Yasunari T., Matsumoto J. and Baimoung S. 2015. Role of tropical cyclones along the monsoon trough in the 2011 Thai flood and interannual variability. Journal of Climate, 28, 1465-1476. DOI: 10.1175/JCLI-D-14-00147.1.

62. Takahashi H., Yoshikane T., Hara M. and Yasunari T. 2009. High resolution regional climate simulations of the long-term decrease in September rainfall over Indochina, Atmospheric Science Letters, 10, 14–18, 2009.

63. Takahashi H.G. 2011. Long-term changes in rainfall and tropical cyclone activity over South and Southeast Asia. Advances in Geosciences, 30, 17–22. doi:10.5194/adgeo-30-17-2011.

64. Tangang F.T., et al. 2008. On the roles of the northeast cold surge, the Borneo vortex, the Madden-Julian Oscillation, and the Indian Ocean Dipole during the extreme 2006/2007 flood in southern Peninsular Malaysia. Geophysical Research Letters, 35, L14S07. DOI:10.1029/2008GL033429.

65. Tebakari T., Yoshitani J. and Suvanpimol P. 2012. Impact of large-scale reservoir operation on flow regime in the Chao Phraya River Basin, Thailand. Hydrological Processes, 26, 2411-2420. DOI: 10.1002/hyp.9345.

66. TMD. 2011. Tropical cyclones in Thailand historical data 1951-2010.Climatological Center, Meteorological Development Bureau, Thai Meteorological Department, 8 pp.

67. Torsri K., Octaviani M., Manomaiphiboon K. and Towprayoon S. 2012. Regional mean and variability characteristics of temperature and precipitation over Thailand in 1961-2000 by a regional climate model and their evaluation. Theoretical and Applied Climatology, DOI 10.1007/s00704-012-0782-z.

68. Ueangsawat K. and Jintrawet A. 2013. The Impacts of ENSO phases on the variation of rainfall and stream flow in the upper Ping River Basin, Northern Thailand. Environment and Natural Resources Journal, 11(2), 97-119.

69. Van der Schrier G., Barichivich J., Briffa K.R. and Jones P.D. 2013. A scPDSI-based global dataset of dry and wet spells for 1901–2009. Journal of Geophysical Research (Atmosphere), 118, 4025-4048.

70. Van Oldenborgh G.J., van Urk A. and Allen M. 2012.The absence of a role of climate change in the 2011 Thailand Floods. Bulletin of the American Meteorological Society, 93, 1047-1049. (Online). Available URL:http://dx.doi.org/10.1175/2008BAMS2501.1.

71. Veerakachen W., Raksapatcharawong M. and Seto S. 2014. Performance evaluation of Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) products over the Chao Phraya River Basin, Thailand. Hydrological Research Letters, 8(1), 39–44. DOI: 10.3178/hrl.8.39.

72. Vongvisessomjai S. 2009. Tropical cyclone disasters in the Gulf of Thailand. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 31, 213-227.

73. Wang L., Chen W., Zhou W. and Huang R. 2009. Interannual variations of East Asian Trough Axis at 500 hPa and its association with the East Asian Winter Monsoon pathway. Journal of Climate, 22, 600-614. DOI:10.1175/2008JCLI 2295.1.

74. Wangwongchai A., Sixiong Z. and Qingcun Z. 2005. A case study on a strong tropical disturbance and record heavy rainfall in Hat Yai, Thailand during the winter monsoon. Advance in Atmospheric Science, 22, 436-450.

75. Watanabe S., Komori D., Aoki M. and Kim W. Boonyawat, S., Tongdeenok, P., Prakarnrat, S. and Baimoung, S. 2011. Estimation of daily solar radiation from sunshine duration in Thailand. Journal of the Meteorological Society of Japan, 89, 355 - 364. doi:10.2151/jmsj.2011-A25.

76. Wongsa S. 2013. 2011 Thailand flood. Journal of Disaster Research, 8 (3), 380-385.

77. Wongsa S. 2014. Simulation of Thailand Flood 2011. IACSIT International Journal of Engineering and Technology, 6 (6), 452-458.

บทที่ 3

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่ง

Climate Change in the Coastal Zone

ดร.ปัทมา สิงหรักษ์
ดร.สุริยัณห์ สาระมูล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีอ้างอิง

ปัทมา สิงหรักษ์ และสุริยัณห์ สาระมูล, 2559: การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่ง. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่ง

3.1 บทนำ 50
3.2 ระดับน้ำทะเล 50
3.3 คลื่นพายุซัดฝั่ง 60
3.4 อุณหภูมิน้ำทะเล 62
3.5 สรุปและช่องว่างองค์ความรู้ 63

เอกสารอ้างอิง

3.1 บทนำ

รายงานบทนี้ เป็นการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับมหาสมุทรและทะเลชายฝั่ง ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะส่งผลกระทบในทางลบต่อมนุษย์และระบบนิเวศชายฝั่งทะเล การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยเหล่านี้ ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยระยะยาวซึ่งใช้เวลานานกว่าที่จะเห็นผลกระทบชัดเจน ได้แก่ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ย การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ย เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงระยะสั้นที่มักเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลที่เกิดจากพายุหมุนเขตร้อน หรือที่เรียกว่า คลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surge) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลเนื่องมาจากปรากฏการณ์เอลนีโญ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงระยะสั้นดังกล่าว มักทำให้เกิดภาวะสุดขีด (extreme) ซึ่งส่งผลกระทบรุนแรง ในบทนี้ จึงได้รวมการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับภาวะสุดขีดเหล่านี้ไว้ด้วย

นับตั้งแต่รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ฉบับที่ 1 (Thailand's First Assessment Report on Climate Change; TARC1) (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2554) ได้มีความก้าวหน้าของการศึกษาในประเด็นที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศไทยและในระดับภูมิภาค โดยในเรื่องการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล รายงาน TARC ฉบับที่ 1 ได้ประมวลไว้ว่า ระดับน้ำทะเลสุทธิในอ่าวไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 3 - 5 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งต่อมาภายหลังได้มีการศึกษาใหม่ๆ ที่ใช้เทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น นอกจากนี้ ยังมีการสร้างภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตในระดับภูมิภาค และการสร้างภาพการณ์จำลองพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลของประเทศไทย ส่วนในเรื่องคลื่นพายุซัดฝั่ง ได้มีการสร้างภาพการณ์จำลองภายใต้รูปแบบการเคลื่อนที่ของพายุหลากหลายรูปแบบ และมีการสร้างภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพายุในอนาคต ตลอดจนการศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยาที่บ่งชี้เหตุการณ์คลื่นพายุซัดฝั่งในอดีต สำหรับอุณหภูมิน้ำทะเล ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 ได้ประมวลไว้ว่าอุณหภูมิน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลอันดามัน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.1 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ในช่วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1967 - 2006 (พ.ศ.2510 - 2549) ภายหลังได้มีการศึกษาเรื่องการสร้างภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลในอนาคตเพิ่มเติม

3.2 ระดับน้ำทะเล

3.2.1 สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล

การเปลี่ยนแปลงในทะเลชายฝั่งและมหาสมุทร โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลและอุณหภูมิน้ำทะเล มีกระบวนการทางกายภาพเข้ามาเกี่ยวข้องมากมายทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของน้ำในมหาสมุทร อาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงมวลของน้ำในมหาสมุทร เนื่องจากมีปริมาณน้ำจากแผ่นดินไหลลงสู่มหาสมุทรมากกว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าที่เกิดจากการระเหยจากมหาสมุทรแล้วตกลงบนแผ่นดินหรืออาจเป็นผลมาจากการขยายตัวของน้ำทะเล (เนื่องจากอุณหภูมิน้ำทะเลสูงขึ้น) หรือการหดตัวของน้ำทะเล (เนื่องจากอุณหภูมิน้ำทะเลลดลง) การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาตรของน้ำในมหาสมุทร ไม่ได้หมายความว่าระดับน้ำทะเลในทุกพื้นที่ในมหาสมุทร จะมีการเพิ่มหรือลดในขนาดที่เท่ากัน ถึงแม้ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลก (global mean sea level; GMSL) จะมีค่าเพิ่มขึ้นก็ตาม บางพื้นที่ค่าแนวโน้มของระดับน้ำอาจต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลกแต่ครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง การจะทำให้ระดับน้ำในมหาสมุทรสมดุลได้ จำเป็นต้องมีบางพื้นที่ที่ระดับน้ำมีค่าแนวโน้มที่มากกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลก

กระบวนการที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำมีอยู่มากมาย เช่น การแลกเปลี่ยนของน้ำที่กักเก็บบนแผ่นดินในรูปของธารน้ำแข็งหรือในน้ำทะเลในรูปแผ่นน้ำแข็ง การขยายตัวของน้ำเนื่องจากอุณหภูมิน้ำสูงขึ้น การไหลเวียนของกระแสน้ำที่ผิวหรือในชั้นน้ำต่างๆ คลื่นพายุซัดฝั่ง การทรุดตัวของแผ่นดินบริเวณสันดอนปากแม่น้ำ การเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก การกักเก็บน้ำบนแผ่นดินด้วยการสร้างเขื่อน การดึงน้ำจากใต้ดินมาใช้ เป็นต้น

1) การเปลี่ยนแปลงของมวลหรือปริมาตรของน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นซึ่งเกิดขึ้นผ่านวัฏจักรน้ำ โดยน้ำจากทะเลหรือแหล่งน้ำต่างๆ บนบก ระเหยกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำในอากาศควบแน่นกลายเป็นหยาดน้ำฟ้าตกลงมาสู่แผ่นดินและลงสู่ทะเลโดยตรง เช่น ฝนและหิมะ หรือผ่านลงมาทางแผ่นดิน จากแม่น้ำ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงมีได้ทั้งในแบบรายปีและระยะเวลายาวนานกว่า 1 ปี

การเพิ่มขึ้นของมวลน้ำทะเล อาจเกิดเนื่องจากการดึงน้ำใต้ดินมาใช้ ส่วนการลดลงของมวลน้ำทะเลอาจเกิดจากการกักเก็บของน้ำในอ่างเก็บน้ำหรือเขื่อน เป็นต้น ทั้งนี้ การละลายของธารน้ำแข็งมีส่วนทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นประมาณ 1 มิลลิเมตรต่อปี

2) การขยายตัวของน้ำทะเล อันเนื่องมาจากอุณหภูมิน้ำทะเลมีค่าสูงขึ้น ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลทั่วโลกในช่วง 12-14 ปีที่ผ่านมา เพิ่มขึ้นประมาณ 1.6 มิลลิเมตรต่อปี

กระบวนการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่เกิดขึ้นในห้วงเวลาสั้น (short term variability) น้อยกว่า 1 เดือน ประกอบด้วย 1) น้ำขึ้นน้ำลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่มีคาบการเกิด 1 วัน (น้ำขึ้น-ลง 1 ครั้งต่อวัน) หรือครึ่งวัน (น้ำขึ้น-ลง 2 ครั้งต่อวัน) อย่างไรก็ตาม น้ำขึ้นน้ำลง ยังมีคาบการเกิดที่ยาวแบบ 1 เดือน ครึ่งปี และ 18.6 ปีด้วยเช่นกัน 2) คลื่นผิวน้ำ โดยการแตกตัวของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่เข้าหาชายฝั่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ เนื่องจากการยกตัวของคลื่นเมื่อเคลื่อนที่ถึงชายฝั่ง และ 3) คลื่นพายุซัดฝั่ง เป็นการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล เนื่องจากความกดอากาศบริเวณศูนย์กลางพายุมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับระดับปกติ

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในห้วงเวลานาน (long term variability) นับตั้งแต่ 1 เดือนเป็นต้นไป มีทั้งการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่เกิดขึ้นในรอบปี ซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงในรอบปีของอุณหภูมิน้ำทะเล (ฤดูกาลที่แตกต่างกันในทั้งสองซีกโลก) น้ำทะเลที่อุ่นขึ้นในช่วงหน้าร้อน ทำให้น้ำทะเลขยายตัว (ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น) และน้ำทะเลที่เย็นลงในช่วงฤดูหนาว ทำให้น้ำทะเลหดตัว (ระดับน้ำทะเลลดลง) ระดับน้ำที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงที่เกิดขึ้นในทั้งสองซีกโลกจะตรงกันข้ามกัน เช่น ระดับน้ำเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนในซีกโลกเหนือแต่ระดับน้ำลดลงในซีกโลกใต้ซึ่งเป็นฤดูหนาว เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่แตกต่างกันระหว่างปีจนถึงระหว่างทศวรรษ เกิดจากความแปรปรวนของระบบมหาสมุทรกับบรรยากาศ เช่น ปรากฏการณ์ ENSO ซึ่งมีคาบประมาณ 2-7 ปี อาจทำให้ระดับน้ำระหว่างมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันออกและมหาสมุทรอินเดีย มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 20-30 เซนติเมตร และปรากฏการณ์ PDO ซึ่งเป็นความผันผวนของภูมิอากาศในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกและชายฝั่งทวีปอเมริกาเหนือที่มีคาบประมาณทศวรรษ โดยแบ่งเป็น 2 สภาวะคล้ายกับปรากฏการณ์ ENSO คือ สภาวะอุ่น (warm) หรือเย็น (cold) ขึ้นอยู่กับความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิวหน้าน้ำทะเล ในบริเวณเขตร้อนและตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก (Zhang et al., 1997)

กระบวนการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของแผ่นดินซึ่งเกิดขึ้นทั้งช่วงเวลาสั้นและระยะเวลายาว ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเนื่องจากกระบวนการการเคลื่อนที่ของแผ่นดินที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้นๆ ได้แก่ แผ่นดินไหว การจมตัวของแผ่นดินเนื่องจากการกดทับและการสะสมตัวของตะกอนดินหรือการสูบน้ำใต้ดินไปใช้ในการอุปโภคบริโภค การเกษตร การอุตสาหกรรม และการจมตัวของแผ่นดินเนื่องจากการขุดเจาะน้ำมัน เป็นต้น ส่วนในระยะยาว การเคลื่อนที่ของแผ่นดินเกี่ยวข้องกับการออกจากยุคน้ำแข็งครั้งล่าสุด พื้นดินบริเวณที่ถูกน้ำแข็งกดทับจะจมตัวลง หินและวัตถุต่างๆ ถูกดันไปรวมตัวกันบริเวณขอบของธารน้ำแข็ง เมื่อน้ำแข็งเริ่มละลาย ส่วนที่เคยถูกน้ำแข็งกดทับจะค่อยๆ ยกตัวกลับขึ้นมาอยู่ในสภาพเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเรียกว่า Glacial Isostatic adjustment (GIA) หรือ Post-Glacial rebound (PGR) ซึ่งจะส่งผลต่อระดับน้ำทะเล โดยทำให้ 1) บริเวณที่เคยอยู่ใต้ธารน้ำแข็ง เช่น ตอนเหนือของทวีปเอเชียและยุโรป และทวีปอเมริกาเหนือแผ่นดินจะยกตัวสูงขึ้น บางพื้นที่อาจยกตัวด้วยอัตรา 7 มิลลิเมตรต่อปี 2) บริเวณขอบธารน้ำแข็ง เช่น ชายฝั่งตะวันออกประเทศสหรัฐอเมริกา จะมีการจมตัวประมาณ 1 มิลลิเมตรต่อปี หรือมากกว่า และ 3) บริเวณที่อยู่ห่างจากธารน้ำแข็งอาจมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดินบ้างแต่ด้วยอัตราที่ไม่มากนัก เป็นผลมาจากการปรับตัวของแผ่นดินที่อยู่ห่างจากบริเวณที่เคยถูกกดทับจากธารน้ำแข็งในยุคน้ำแข็ง เช่น ประเทศออสเตรเลีย แผ่นดินมีการยกตัวด้วยอัตรา 0.3-0.4 มิลลิเมตรต่อปี

การเปลี่ยนแปลงในทั้ง 3 ลักษณะ ส่งผลต่อการวัดระดับน้ำทะเลที่สถานีต่างๆ ที่มีการวัดระดับน้ำสัมพันธ์กับจุดอ้างอิงหนึ่งๆ Peltier et al. (2015) ได้ปรับปรุงพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ประมาณค่า GIA ระดับโลกจนได้เวอร์ชั่นล่าสุดที่เรียกว่า ICE-6G_C (VM5a) แบบจำลองล่าสุดนี้ ได้รวมค่า GPS ไว้ เพื่อแก้ค่าการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของแผ่นดิน ซึ่งการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งมีผลต่อค่าระดับน้ำที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำ โดยทำให้ระดับน้ำเฉลี่ยมีค่าสูงขึ้นหรือต่ำลง ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดิน ดังที่กล่าวไว้ใน Trisirisatayawong et al.(2011) ข้อมูล GIA จากแบบจำลอง ICE-6G_C (VM5a) ระดับโลก (Peltier et al.,2015) สามารถดาวน์โหลดข้อมูลได้ที่ http://www.atmosp.physics.utoronto.ca/~peltier/data.php

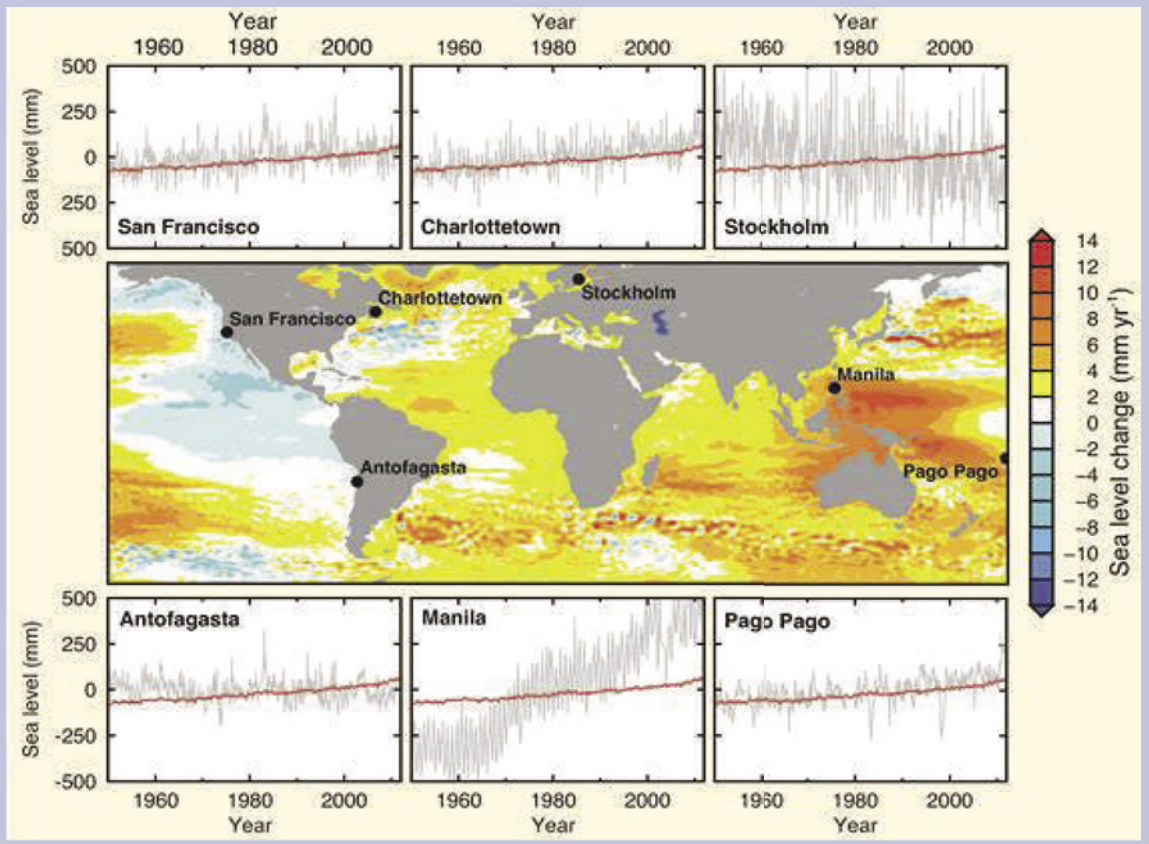
ส่วนสาเหตุหรือปัจจัยการเปลี่ยนแปลงในระดับท้องถิ่น ยังคงคล้ายคลึงกับในระดับโลก ในรายงานการประเมินครั้งที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC, 2013) การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดินหรือแผ่นน้ำในบริเวณชายฝั่ง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสัมพัทธ์กับแผ่นดิน (relative sea level) ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในระดับท้องถิ่น อาจเกิดเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลหรือการลดลงของ

ความสูงแผ่นดิน หากพิจารณาในช่วงเวลาสั้นๆ (1 ชั่วโมง-มากกว่า 1 ปี) การแปรผันของระดับน้ำทะเล จะเป็นผลมาจากอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง พายุ และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ เช่น ปรากฏการณ์เอลนิโญ ในส่วนของแผ่นดินไหว แผ่นดินถล่ม หรือสึนามิ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อความสูงของแผ่นดิน หากพิจารณาในช่วงเวลาที่นานขึ้น (10 ปี - มากกว่า 100 ปี) พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรมหาสมุทรและน้ำแข็งบนแผ่นดิน โดยทั้งสองปัจจัยเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในหลายๆ บริเวณ ซึ่งท้ายที่สุดก็จะมีผลโดยตรงต่อระดับน้ำสัมพัทธ์ที่วัดได้จากเครื่องวัดระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำทั่วโลก

เทคโนโลยีหนึ่งที่เริ่มนำมาใช้วัดระดับน้ำในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 คือ ดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ (Satellite altimetry) ค่าระดับน้ำที่วัดได้เรียกว่า ระดับน้ำจีโอเซนทริก (geocentric sea level) ซึ่งเป็นการวัดความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลสัมพัทธ์กับจุดศูนย์กลางโลก จากรูปที่ 3.1 ทำให้เห็นอัตราของระดับน้ำจีโอเซนทริกที่ต่างกันได้ทั่วโลก ความแตกต่างที่เห็นได้ชัดคือ ในช่วงปี ค.ศ.1993 - 2012 (พ.ศ.2536 - 2555) อัตราที่พบในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกฝั่งตะวันตกมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลกประมาณ 3 เท่า ส่วนในบริเวณฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรแปซิฟิกมีอัตราที่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลก ความแตกต่างที่พบในทั้งสองบริเวณนี้ เนื่องมาจากความแปรปรวนของภูมิอากาศในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก เช่น ENSO และ PDO ซึ่งมีคาบการเกิดประมาณ 1 ปี ถึงหลายสิบปี การแปรผันของภูมิอากาศทำให้กระแสลม กระแสน้ำ อุณหภูมิและความเค็มของน้ำทะเลมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งท้ายที่สุดจะส่งผลต่อระดับน้ำนั่นเอง ยกตัวอย่างเช่น อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำและจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์บริเวณชายฝั่งตะวันออกของสหรัฐอเมริกา มีค่าไม่เท่ากัน เป็นผลมาจากทิศทางและขนาดของกระแสน้ำกัลฟ์สตรีม (Gulf Stream) ที่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในบริเวณดังกล่าว (Ezer, 2013)

ค่าระดับน้ำสัมพัทธ์ที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำ ได้รวมอิทธิของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของทั้งผิวน้ำและแผ่นดินเอาไว้ด้วย โดยปกติค่าดังกล่าวจะมีค่าน้อยมาก ดังนั้น ค่าอัตราของการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่สถานีวัดน้ำต่างๆ ทั่วโลกจะคล้ายคลึงกับค่าเฉลี่ยระดับโลก เช่น ที่สถานี San Francisco ประเทศสหรัฐอเมริกาและสถานี Pago Pago ของอเมริกันซามัว (รูปที่ 3.1) แต่ในบางพื้นที่ อิทธิพลหลังจากการละลายของธารน้ำแข็งในช่วงยุคน้ำแข็งครั้งสุดท้าย ส่งผลให้มีการยกตัวของแผ่นดินทำให้ระดับน้ำสัมพัทธ์จากสถานีวัดระดับน้ำมีค่าลดลงเรื่อยๆ เช่น ที่สถานี Stockholm ประเทศสวีเดน ด้วยอิทธิพลดังกล่าวในบางพื้นที่อาจมีการจมตัวของแผ่นดินทำให้ระดับน้ำสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้น เช่น ที่สถานี Charlottetown ประเทศสหรัฐอเมริกา (รูปที่ 3.1) การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดินเนื่องจากกระบวนการเทคโทนิค เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระดับน้ำทะเลต่างจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลก เช่น ที่สถานี Antofagasta ประเทศชิลี ซึ่งอยู่บริเวณที่แผ่นมหาสมุทรจมตัวใต้แผ่นเปลือกโลกทำให้แผ่นดินยกตัว (รูปที่ 3.1) ดังนั้น ค่าระดับน้ำสัมพัทธ์จึงมีค่าลดลง การเปลี่ยนแปลงอาจเกิดจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว เช่น ก่อนเกิดและหลังเกิดแผ่นดินไหวสุมาตรา-อันดามัน การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดินในประเทศไทยมีค่าสวนทางกัน ส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำประเทศไทย มีค่าสวนทางกันตามไปด้วย (Trisirisatayawong et al., 2011) ที่สถานี Manila ประเทศฟิลิปปินส์ มีการเปลี่ยนแปลงต่างจากค่าเฉลี่ยระดับโลกมาก เนื่องจากการจมตัวของแผ่นดินอันเป็นผลมาจากการกระทำของมนุษย์ (การนำน้ำใต้ดินมาใช้) ซึ่งสอดคล้องกับสถานีวัดระดับน้ำบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยาที่ระดับน้ำสัมพัทธ์มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการดึงน้ำบาดาลมาใช้ (Phien-Wej et al., 2006; Aobpaet et al., 2009; Syvitski et al., 2009; Saramul and Ezer, 2014)

จะเห็นได้ว่ามีกระบวนการหลายประเภทที่ขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลหรือพื้นท้องทะเล ซึ่งจะส่งผลให้เกิดความแตกต่างของระดับน้ำของแต่ละบริเวณ (ระดับท้องถิ่น) เมื่อหลายกระบวนการรวมกันจึงทำให้เกิดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ซับซ้อน การเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นตลอดเวลา และค่าเฉลี่ยของระดับน้ำในระดับโลกจะสะท้อนภาพกว้างของทั้งโลก ซึ่งในระดับท้องถิ่นอาจจะมีค่าสอดคล้องกับค่าดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตาม ณ เวลาเดียวกัน ในบางพื้นที่ที่กระบวนการมีความแรงชัดเจนอาจทำให้การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในบริเวณดังกล่าวต่างไปจากค่าเฉลี่ยระดับโลกอย่างชัดเจน



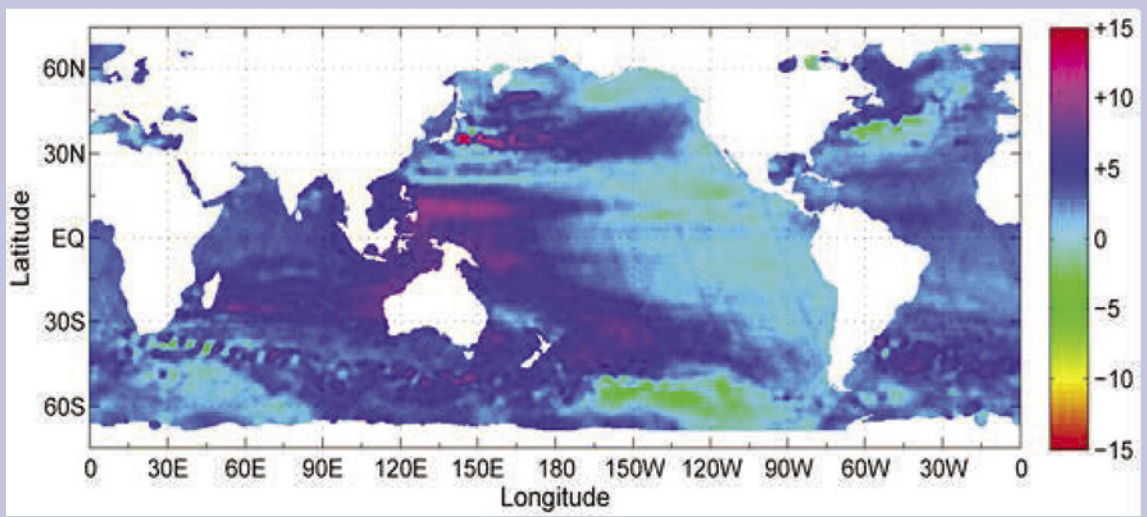
รูปที่ 3.1 อัตราการเปลี่ยนแปลงความสูงของผิวหน้าน้ำทะเล (geocentric sea level) ที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993 - 2012 (พ.ศ.2536 - 2555) เส้นสีเทา คือระดับน้ำสัมพัทธ์จากสถานีวัดระดับน้ำระหว่างปี ค.ศ.1950 - 2012 (พ.ศ.2493 - 2555) เส้นสีแดง คือค่าระดับน้ำเฉลี่ยระดับโลก (ที่มา: IPCC, 2013)

3.2.2 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจากข้อมูลตรวจวัด

แหล่งข้อมูลระดับน้ำทะเลจากการตรวจวัดที่นักวิทยาศาสตร์นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ได้มาจาก 1) สถานีวัดระดับน้ำ และ 2) ดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ ข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำมีลักษณะการกระจายเป็นจุดตามแนวชายฝั่งของแต่ละประเทศ ซึ่ง Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) เป็นองค์กรที่รวบรวมระดับน้ำตรวจวัดจากสถานีวัดระดับน้ำทั่วโลกที่แต่ละประเทศส่งมอบให้กับองค์กรและเผยแพร่ให้ประชาชนทั่วไปผ่านทางเว็บไซต์ (http://www.psmsl.org) ในรูปแบบค่าเฉลี่ยรายเดือนและค่าเฉลี่ยรายปี (Holgate et al., 2013) โดยข้อมูลที่ PSMSL เผยแพร่ ได้ทำการปรับข้อมูลระดับน้ำให้อยู่ในจุดอ้างอิงที่แก้ไขใหม่ของแต่ละพื้นที่หรือที่เรียกว่า Revised Local Reference (RLR) เนื่องจากข้อมูลเป็นรายเดือนและรายปี ซึ่งเป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่มีคาบการเกิดนาน หากสนใจการเปลี่ยนแปลงที่มีคาบการเกิดสั้นๆ ข้อมูลจาก PSMSL ไม่สามารถนำมาวิเคราะห์ได้ ทางศูนย์ระดับน้ำทะเลมหาวิทยาลัยฮาวาย (University of Hawaii Sea Level Center, UHSLC; http://uhslc.soest.hawaii.edu) จึงได้รวบรวมข้อมูลระดับน้ำรายชั่วโมงของสถานีวัดระดับน้ำทั่วโลกไว้ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่สามารถบอกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในห้วงเวลาสั้นๆ ได้ โดยข้อมูลระดับน้ำที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ในรูปความสูงของผิวหน้าน้ำทะเล เป็นข้อมูลที่ทำให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในภาพกว้างโดยครอบคลุมตั้งแต่ละติจูด 65 องศาใต้ ถึง 65 องศาเหนือ เท่านั้น เนื่องจากวงโคจรของดาวเทียมที่จำกัด ทั้งนี้ ข้อมูลความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลถูกเผยแพร่ในเว็บไซต์ต่างๆ เช่น กลุ่มวิจัยระดับน้ำทะเลมหาวิทยาลัยโคโลราโด (CU Sea Level Research Group; http://sealevel.colorado.edu) หรือ CSIRO Marine and Atmospheric Research (http://www.cmar.csiro.au/sea level) เป็นต้น เนื่องจากข้อมูลระดับน้ำที่ได้มีทั้งที่เป็นระดับท้องถิ่น (จากสถานีวัดระดับน้ำ) และระดับโลก (จากดาวเทียม)

ในการคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอาจต้องคำนึงถึงปัจจัย เช่น ความกดอากาศ การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของแผ่นเปลือกโลก GIA ฯลฯ เข้ามาพิจารณาร่วมด้วย โดยเฉพาะ GIA ซึ่งเป็นแบบจำลองที่บอกถึงอิทธิของการจมตัวหรือยกตัวของแผ่นดิน เนื่องจากการละลายของธารน้ำแข็งในยุคน้ำแข็งครั้งสุดท้าย โดยในปัจจุบัน GIA ได้รวมอิทธิพลจากการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของแผ่นเปลือกโลก ที่ไม่ได้เกิดจากธารน้ำแข็งเข้ามาพิจารณาร่วมด้วย (Peltier et al., 2015) ด้วยเหตุที่ความคลาดเคลื่อนการวัดระดับน้ำ มักเกิดจากจุดอ้างอิง (โดยปกติเป็นแผ่นดิน) มีการเคลื่อนที่ ดังนั้น จึงมีการนำเทคโนโลยี GPS มาช่วยในการปรับค่าจุดอ้างอิงที่ผิดไป (Santamaria-Gomez et al., 2012) โดยในประเทศไทยมีงานวิจัยที่กล่าวถึง GPS ในงานของ Trisirisatayawong et al., (2011) และ Saramul and Ezer (2014) เป็นต้น ประโยชน์ของการนำ GPS มาประกอบการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล คือ ทำให้ทราบอัตราการเปลี่ยนแปลงในแนวดิ่งของแผ่นดินไม่ว่าจะเกิดเนื่องจาก GIA หรือกระบวนการทางธรณีวิทยาต่างๆ เช่น เทคโทนิค การยกตัวของแผ่นเปลือกโลก เป็นต้น

ข้อมูลระดับน้ำจากสถานีวัดระดับน้ำมีระยะเวลาในการสำรวจยาวนานกว่าดาวเทียม บางสถานีอาจมีระยะเวลาสำรวจมากกว่า 200 ปี ข้อมูลจาก PSMSL แสดงให้เห็นว่า ประเทศไทยมี 4 สถานีที่มีข้อมูลมากกว่า 50 ปี คือ สถานป้อมพระจุลจอมเกล้า สถานีเกาะหลัก สถานีเกาะมัตโพน และสถานีเกาะตะเภาน้อย (Holgate et al., 2013) ส่วนจุดเริ่มต้นของข้อมูลจากดาวเทียม คือ ปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) นับถึงปัจจุบันความยาวของข้อมูลดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์มีเพียง 22 ปี เท่านั้น โดยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ของระดับน้ำทะเลของทั่วโลกที่คำนวณได้จากข้อมูลความสูงผิวหน้าน้ำทะเลจากดาวเทียมในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) ถึงปัจจุบัน โดยไม่มีการแก้ค่าเนื่องจาก GIA น้ำขึ้นน้ำลง หรือปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อระดับน้ำ ในหน่วยมิลลิเมตรต่อปี แสดงในรูปที่ 3.2 จากรูปจะเห็นความแตกต่างของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลระดับท้องถิ่นอย่างชัดเจน ในบางพื้นที่ค่าแนวโน้มของระดับน้ำมีค่าลดลง ในขณะที่บางพื้นที่มีค่าเพิ่มขึ้น เป็นต้น



รูปที่ 3.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลทั่วโลก ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) ถึงปัจจุบัน ซึ่งคำนวณจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ โดยไม่มีการแก้ค่าอิทธิพลของ GIA ความกดอากาศ น้ำขึ้นน้ำลง และปัจจัยอื่นๆ ในหน่วยมิลลิเมตรต่อปี (ที่มา: Nerem et al., 2010; http://sealevel.colorado.edu/content/map-sea-level-trends)

มีหลายงานวิจัยที่ทำการศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในระดับโลก โดยนำข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำและจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์มาใช้ในการวิเคราะห์ Church and White (2011) ได้ประเมินระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลกที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993-2009 (พ.ศ.2536-2552) และสถานีวัดระดับน้ำระหว่างปี ค.ศ.1880 - 2009 (พ.ศ.2423 - 2552) โดยพบว่า ระดับน้ำทะเลที่ได้จากดาวเทียมและจากสถานีวัดระดับน้ำหลังจากแก้ค่า GIA แล้ว มีค่าเท่ากับ 3.2 ± 0.4 และ 2.8 ± 0.8 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ หากพิจารณาเฉพาะค่าที่ได้จากสถานีวัดระดับน้ำ พบว่า ระดับน้ำมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 210 มิลลิเมตรในช่วง 130 ปี โดยในช่วงทศวรรษที่ 20 มีค่า 1.7 ± 0.2 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อคำนวณอัตรา

เร่งแล้ว พบว่าระดับน้ำในช่วง 130 ปีที่ผ่านมา มีค่าประมาณ 0.009 มิลลิเมตรต่อปียกกำลังสอง ด้วยข้อเท็จจริงที่ว่าค่าที่ประเมินได้จากสถานีวัดระดับน้ำถึงแม้จะเป็นค่าที่มีระยะเวลานาน แต่เป็นค่าเฉพาะจุดที่อยู่ตามชายฝั่งเท่านั้น ดังนั้น เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณได้จากดาวเทียมจึงมีความแตกต่างกัน เนื่องจากดาวเทียมคำนวณค่าความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลทั้งหมดไม่ว่าจะอยู่ใกล้หรือห่างฝั่ง รูปที่ 3.3 แสดงค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกที่ประเมินมาจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) - ปัจจุบัน ขององค์กรต่างๆ ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

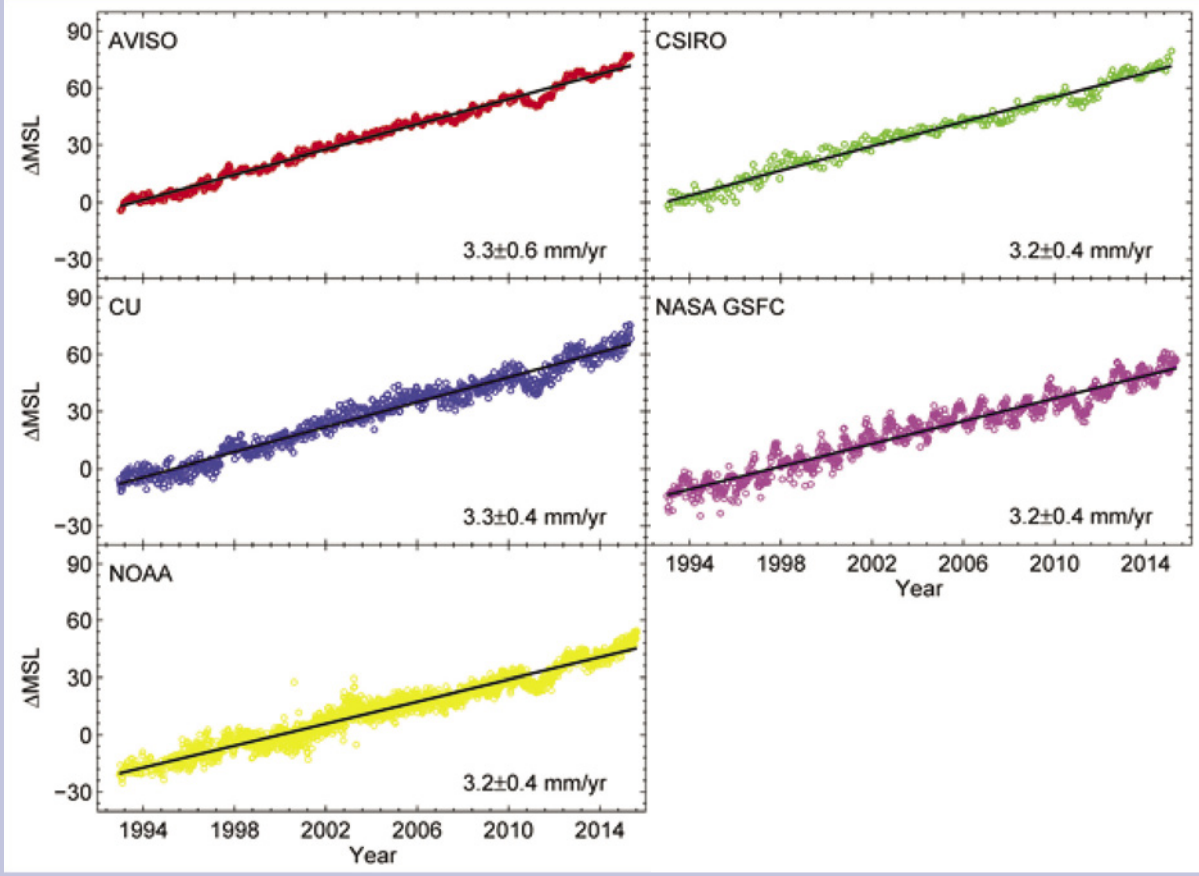
1) AVISO+ เว็บไซต์ที่รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ ได้ประมวลผลข้อมูลความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลและได้คำนวณค่าระดับน้ำทะเลเฉลี่ยราย 10 วันของข้อมูลทั่วโลก พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยหลังจากหักค่าความผันแปรรายปีออกแล้วมีค่าประมาณ 3.3 ± 0.6 มิลลิเมตรต่อปี (http://www.aviso.altimetry.fr/en/home.html)

2) CSIRO Marine and Atmospheric Research หน่วยงานด้านวิจัยและพัฒนาของประเทศออสเตรเลีย ได้ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงนี้ โดยมีการหักค่าความผันแปรต่างๆ ออกไปเช่นเดียวกันกับของ AVISO+ ประเมิน พบว่า ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยระดับโลกมีค่า 3.2 ± 0.4 มิลลิเมตรต่อปี (Church and White, 2011; Watson et al., 2015)

3) CU Sea Level Research Group ได้ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงนี้และหักค่าความผันแปรต่างๆ ออกไปเช่นเดียวกัน การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยระดับโลกที่ได้มีค่า 3.3 ± 0.4 มิลลิเมตรต่อปี (Nerem et al., 2010)

4) NASA GSFC องค์การบริหารการบินและอวกาศ ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้คำนวณและสรุปค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลกไว้ที่ 3.2 ± 0.4 มิลลิเมตรต่อปี (Beckley et al., 2010)

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลกจาก NOAA มีค่าประมาณ 3.2 ± 0.4 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งจะเห็นว่ามีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณโดย CSIRO และ NASA GSFC



รูปที่ 3.3 การเปลี่ยนระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลก ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ. 2536) - ปัจจุบัน ซึ่งคำนวณจากข้อมูลดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ขององค์กรต่างๆ คือ AVISO+ CSIRO CU NASA GSFC และ NOAA ค่าที่คำนวณได้หักค่าความผันแปรรายปีและมีการแก้ค่า inverse barometer effect และ GIA เรียบร้อยแล้ว เส้นสีดำเป็นเส้นแนวโน้มที่คำนวณได้จากข้อมูล ตัวเลขขวามือล่างเป็นค่าเฉลี่ยจากเส้นแนวโน้ม ± ค่าความไม่แน่นอน

จากข้อมูลที่กล่าวไว้ข้างต้น อัตราการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยของโลกจากสถานีตรวจวัดระดับน้ำ มีค่าประมาณ 1.7±0.2 มิลลิเมตรต่อปี ในขณะที่ ข้อมูลจากดาวเทียมมีค่าประมาณ 3.2 - 3.3 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งย่อมมีความแตกต่างจากค่าที่ประเมินได้ในระดับท้องถิ่น CU Sea Level Research Group (Nerem et al., 2010) และ NOAA Laboratory for Satellite Altimetry ได้แบ่งมหาสมุทรออกเป็นส่วนๆ 13 และ 19 ส่วน ตามลำดับ มหาสมุทรบริเวณใกล้เคียงประเทศไทยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ทะเลจีนใต้ ทะเลอันดามัน และทะเลในส่วนประเทศอินโดนิเซีย และได้ประเมินค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในระดับท้องถิ่นที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) ถึงปัจจุบัน โดยมีการหักค่าการผันแปรรายปีและอิทธิพลของความกดอากาศออกไปจากการคำนวณ ยกเว้นค่า GIA จากค่าที่คำนวณได้ซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.1 จะเห็นค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลระดับท้องถิ่นที่มีค่าต่างกันในทั้งสามบริเวณและต่างกันในแหล่งที่มา

ตารางที่ 3.1 การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในระดับท้องถิ่นที่ได้จากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993 (พ.ศ.2536) - ปัจจุบัน ในบริเวณทะเลจีนใต้และใกล้เคียง

บริเวณ	อัตราการเปลี่ยนแปลงจาก CU มิลลิเมตรต่อปี	อัตราการเปลี่ยนแปลงจาก NOAA มิลลิเมตรต่อปี
ทะเลอันดามัน	4.7 ± 0.4	3.9 ± 0.4
ทะเลประเทศอินโดนีเซีย	6.6 ± 0.4	4.9 ± 0.4
ทะเลจีนใต้	5.3 ± 0.4	3.6 ± 0.4

ดูพื้นที่ของแต่ละบริเวณเพิ่มเติมได้ในเว็บไซต์ดังต่อไปนี้

- CU: http://sealevel.colorado.edu/content/regional-sea-level-time-series
- NOAA:http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries_regional.php

Yanagi and Akaki (1994) ได้วิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำจำนวน 16 สถานี ที่ได้จาก PSMSL ระหว่างปี ค.ศ.1950 - 1991 (พ.ศ.2493 - 2534) ในบริเวณทะเลจีนใต้ และได้แสดงภาพรวมแนวโน้มของระดับน้ำทะเลบริเวณสถานีต่างๆ โดยมากแล้วมีค่าติดลบ ซึ่งต่างกับในปัจจุบันที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เหตุผลหนึ่งอาจเป็นที่ระยะเวลาของข้อมูลที่ใช้มีระยะเวลาสั้น ทำให้ยังเห็นภาพไม่ชัดเจน ทั้งนี้ ได้มีการวิเคราะห์ซ้ำโดย Doong et al. (2009) โดยใช้ข้อมูลที่ยาวนานขึ้นและมีจำนวนสถานีเพิ่มมากขึ้น (จำนวน 58 สถานี) และพบว่าแทบทุกบริเวณมีค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลเป็นบวก โดยเฉพาะบริเวณทะเลโบไฮ (เป็นทะเลที่อยู่ตอนในสุดของทะเลเหลือง ประเทศจีน) มีค่าถึง 6.2 มิลลิเมตรต่อปี แต่โดยเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงมีค่าประมาณ 2.77 มิลลิเมตรต่อปี จากข้อมูลจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ระหว่างปี ค.ศ.1993-2005 (พ.ศ.2536-2548) พบการเปลี่ยนแปลงมีค่า +11.3 มิลลิเมตรต่อปี และ -11.8 มิลลิเมตรต่อปี ในช่วงปี ค.ศ.1993-2000 (พ.ศ.2536–2543) และ ค.ศ.2001-2005 (พ.ศ.2544-2548) ตามลำดับ (Cheng and Qi, 2007) ซึ่งหากดูจากข้อมูลหลังจากปี ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) - ปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้น แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงนับตั้งแต่ปี ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) - ปัจจุบัน จึงมีค่าบวก (ตารางที่ 3.1)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในประเทศไทยใน 20 ปีที่ผ่านมา พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำสัมพัทธ์บางสถานีในประเทศไทยมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลง สมมาตร์ เนียมนิล (2549) คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ที่สถานีวัดระดับน้ำ 3 สถานี โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยรายปีระหว่างปี ค.ศ.1940–2003 (พ.ศ.2483-2546) และพบว่าสถานีเกาะหลักมีค่าการเปลี่ยนแปลงไปในทางลบคือ -0.52 มิลลิเมตรต่อปี ในขณะที่ สถานีอ่าวสัตหีบและเกาะมัตโพน มีค่าการเปลี่ยนแปลงเป็นบวก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางลบที่สถานีเกาะหลักดังกล่าว สอดคล้องกับการศึกษาของ Vongvisessomjai (2006) และ Trisirisatayawong et al. (2011) ที่พบการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์เท่ากับ -0.36 และ -0.6 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ ค่าการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่กล่าวถึงคำนวณมาจากค่าเฉลี่ยของระดับน้ำรายปี ซึ่งจะต่างจากงานของ Saramul and Ezer (2014) ที่มีการคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากค่าเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลระหว่างปี ค.ศ.1940-2011 (พ.ศ.2483-2554) โดยค่าที่คำนวณได้ที่สถานีเกาะหลักมีค่า +0.54 มิลลิเมตรต่อปี ข้อมูลจากสถานีใกล้เคียงกับสถานีเกาะหลัก คือ สถานีปราณบุรี ซึ่งมีข้อมูลระหว่างปี ค.ศ.1992-2006 (พ.ศ.2535-2549) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำเท่ากับ +5 มิลลิเมตรต่อปี (กิรพัฒน์ พชรพิชชากร และสมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง, 2555) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลกเกือบ 3 เท่า Aschariyaphotha et al. (2013) ใช้ข้อมูลเพียง 10 ปี ระหว่างปี ค.ศ.2001-2010 (พ.ศ.2544-2553) จากสถานีวัดระดับน้ำ 16 สถานีของกรมเจ้าท่า

และพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางบวกและทางลบ แต่โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าประมาณ 0.35 - 17.91 มิลลิเมตรต่อปี เป็นที่น่าสังเกตว่าที่สถานีเกาะหลักมีค่าถึง +17.91 มิลลิเมตรต่อปี (ประมาณ 10 เท่าของค่าเฉลี่ยระดับโลก) เนื่องจากค่าที่คำนวณจากทั้งสองการศึกษามีระยะเวลาสั้นเพียงแค่ 10 - 14 ปี เท่านั้น ดังนั้น เส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่ได้ อาจยังไม่ได้เป็นตัวแทนของบริเวณดังกล่าว ซึ่งจำเป็นต้องรอให้มีข้อมูลในการวิเคราะห์ที่มากพอเสียก่อน Sojisuporn et al. (2013) ได้สรุปถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในอ่าวไทย โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ บริเวณอ่าวไทยตอนบน อ่าวไทยฝั่งตะวันออก ภาคใต้ และอ่าวไทยฝั่งตะวันตก การคำนวณใช้ข้อมูลระหว่างปี ค.ศ.1982 - 2009 (พ.ศ.2525 - 2552) พบค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์เท่ากับ +12.7 +0.7 และ -0.8 (สถานีหลังสวน) มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ หากคิดเป็นค่าเฉลี่ยในอ่าวไทยจะมีค่าประมาณ +5 มิลลิเมตรต่อปี เมื่อคำนึงถึงอิทธิพล GIA หรือการเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของแผ่นดินต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ พบว่า การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยสุทธิที่เกาะหลัก มีค่า +3.0 มิลลิเมตรต่อปี ดังในรายงานของ Trisirisatayawong et al. (2011) หรือการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลสุทธิที่สถานีหลังสวนมีค่า +1.4 มิลลิเมตรต่อปี (Sojisuporn et al., 2013) หากพิจารณางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำที่สถานีเกาะหลักดังอธิบายข้างต้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.2 โดยเหตุผลของตัวเลขที่มีความต่างกันอาจขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น ระยะเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ วิธีการวิเคราะห์ (เชิงเส้นหรือไม่เชิงเส้น) เป็นต้น

ตารางที่ 3.2 สรุปการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำสัมพัทธ์ (Relative sea level) บริเวณเกาะหลักจากงานวิจัยที่ผ่านมา

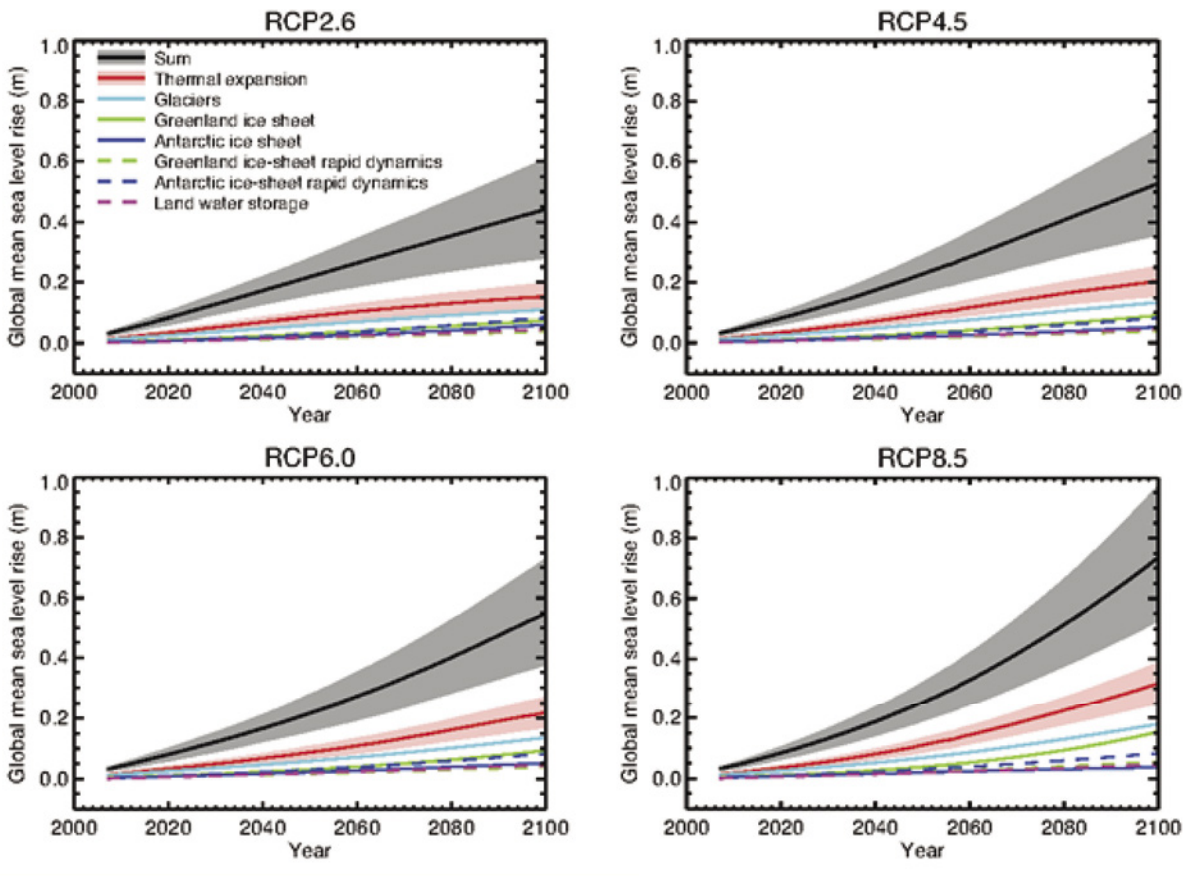
ช่วงเวลา ค.ศ. (พ.ศ.)	การเปลี่ยนแปลง (มิลลิเมตรต่อปี)	วิธีการ	แหล่งที่มา
1940 - 1996 (2483 - 2539)	-0.36	สมการการถดถอยเชิงเส้น	Vongvisessomjai (2006)
1940 - 2003 (2483 - 2546)	-0.52	สมการการถดถอยเชิงเส้น	สมมาตร์ เนียมนิล (2549)
1950 - 1991 (2493 - 2534)	-0.8	สมการการถดถอยเชิงเส้น	Yanagi and Akaki (1994)
1940 - 2004 (2483 - 2547)	-0.6 ± 0.1*	สมการการถดถอยเชิงเส้น แบบไม่คิด outlier	Trisirisatayawong et al. (2011)
2001 - 2010 (2544 - 2553)	+17.91	สมการการถดถอยเชิงเส้น	Aschariyaphotha et al. (2013)
1940 - 2014 (2483 - 2557)	+0.54 ± 0.52 (+0.38 ± 0.52)	สมการการถดถอยเชิงเส้น (การวิเคราะห์แบบไม่เชิงเส้น)	Saramul & Ezer (2014)

ค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากรายงานข้างต้น ได้จากการวิเคราะห์หาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้นทั้งหมด ทั้งที่การเปลี่ยนแปลงบางอย่างอาจไม่ใช่เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น Ezer and Corlett (2012) นำวิธีการที่เรียกว่า Empirical Mode Decomposition และ Hilbert-Huang Transformation (EMD-HHT) มาใช้ในการวิเคราะห์แนวโน้มข้อมูลระดับน้ำแบบไม่เป็นเชิงเส้นครั้งแรกในบริเวณอ่าว Chesapeake จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ เส้นแนวโน้มมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง ดังนั้น จะเห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงๆ รวมทั้งสามารถคำนวณหาอัตราเร่งของการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเป็นช่วงๆ ได้เช่นกัน Saramul and Ezer (2014) นำวิธีการวิเคราะห์ระดับน้ำแบบไม่เป็นเชิงเส้นมาใช้กับข้อมูลในประเทศไทย พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์มีค่าเป็นบวกในทุกสถานี (10 สถานี ในอ่าวไทย และ 2 สถานีในทะเลอันดามัน) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.18 - 18.32 มิลลิเมตรต่อปี

การวิเคราะห์เชิงสถิติด้วยเทคนิค Kalman smoothing ยังถูกนำมาประยุกต์ใช้กับข้อมูลระดับน้ำเฉลี่ยรายปีจาก PSMSL ทั้งหมด เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในระดับโลก (Hay et al., 2015) ซึ่งพบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยของโลกระหว่างปี ค.ศ.1901 - 1990 (พ.ศ.2444 - 2533) มีค่า 1.2 ± 0.21 มิลลิเมตรต่อปี ในขณะที่ หากคำนวณเฉพาะในช่วงปี ค.ศ. 1993 - 2010 (พ.ศ.2536 - 2553) จะมีค่า 3.0 ± 0.7 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ดังกล่าวอาจมีผลต่อภาพฉายการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในอนาคต

3.2.3 ภาพการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอนาคต

ในรายงานการประเมินครั้งที่ 5 ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (IPCC, 2013) ได้ประเมินการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอนาคต โดยใช้ process-based projection ซึ่งคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการต่างๆ ที่ส่งผลต่อระดับน้ำทะเลในอนาคต ได้แก่ การขยายตัวของน้ำทะเล การละลายของธารน้ำแข็ง แผ่นน้ำแข็งกรีนแลนด์ แผ่นน้ำแข็งแอนตาร์กติก การกักเก็บน้ำบนแผ่นดิน กระแสน้ำจากกรีนแลนด์และแอนตาร์กติก ภายใต้ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 4 แบบ คือ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ซึ่งผลการประเมิน พบว่า การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำในอนาคตเป็นผลมาจากการขยายตัวของน้ำทะเลคิดเป็น 30 - 35% การละลายของธารน้ำแข็งประมาณ 15 - 35% รูปที่ 3.4 แสดงภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำเฉลี่ยของโลกจากแบบจำลอง process-based ของภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 แบบ แถบสีเทาและสีแดงในรูป แสดงความเชื่อมั่นในช่วงระหว่าง 5 - 95% จากรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกมีมากขึ้น ระดับน้ำเฉลี่ยของโลกจะมีค่าเพิ่มขึ้นคล้ายรูปแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ส่วนภาพการณ์จำลองที่ก๊าซเรือนกระจกมีความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกน้อยลักษณะการเพิ่มขึ้นจะคล้ายกับเส้นตรง



รูปที่ 3.4 ภาพการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกในอนาคต จากแบบจำลอง process-based เนื่องจากกระบวนการต่างๆ ภายใต้ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้ง 4 แบบ ระหว่างปี ค.ศ.2081 - 2100 (พ.ศ.2624 - 2643) เมื่อเปรียบเทียบกับห้วงเวลาปีฐานในช่วงตั้งแต่ ปี ค.ศ.1986 - 2005 (พ.ศ.2529 - 2548) (ที่มา: IPCC, 2013)

งานวิจัยล่าสุดได้สร้างภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำบริเวณทะเลจีนใต้จากแบบจำลองภายใต้โครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม ระยะที่ 5 หรือรู้จักกันในคำย่อยว่า CMIP5 จำนวน 24 แบบจำลองจาก 15 สถาบันวิจัยทั่วโลก (Huang and Qiao, 2015) โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นการทำภาพการณ์จำลองระดับน้ำที่เกิดจากอิทธิพลจากการเคลื่อนตัวของแผ่นดินและปัจจัยอื่นๆ (Dynamic Sea Level; DSL) และระดับน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของการขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Steric Sea Level; SSL) ระหว่างปี ค.ศ.2005 - 2100 (พ.ศ.2548 - 2643) ภายใต้ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 แบบคือ RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 ผลการศึกษาพบว่า ภาพการณ์จำลองของ DSL ในปลายศตวรรษที่ 21 เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงระหว่างปี ค.ศ.1986 - 2005 (พ.ศ.2529 - 2548) มีค่าเพิ่มขึ้น 0.9 1.6 และ 1.1 เซนติเมตร สำหรับ RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 ซึ่งเป็นผลทำให้ระดับน้ำทะเลมีค่าเพิ่มขึ้น 40.9 48.6 และ 64.1 เซนติเมตร ตามลำดับ เป็นที่น่าสังเกตว่า ค่าดังกล่าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลระดับโลก ส่วนภาพการณ์จำลองของ SSL มีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 6.7 10.0 และ 15.3 เซนติเมตร สำหรับ RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 ตามลำดับ

จากรายงานของ Chinvanno (2010) ได้มีการพัฒนาการศึกษาภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยในอนาคต อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำและการเปลี่ยนแปลงผิวหน้าน้ำทะเลด้วยปัจจัยอื่นๆ การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำเฉลี่ยระดับโลกได้จาก Dynamic Interactive Vulnerability Assessment (DIVA) tool ส่วนการเปลี่ยนแปลงของผิวหน้าน้ำทะเลได้จากแบบจำลอง Princeton Ocean Model (POM) ซึ่งข้อมูลนำเข้าสำหรับแบบจำลอง POM เช่น ความเร็วและทิศทางลมได้จากแบบจำลอง PRECIS เป็นต้น ข้อมูลระดับน้ำจากแบบจำลอง POM รวมกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเนื่องจากการการขยายตัวของน้ำทะเล ซึ่งได้จาก DIVA นำมาวิเคราะห์ร่วมกันและสรุปภาพการณ์จำลองในระหว่างปี ค.ศ.2010 - 2029 (พ.ศ.2553 - 2572) โดยเทียบกับข้อมูลระดับน้ำตรวจวัดเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 - 2000 (พ.ศ.2528 - 2543) ได้ดังนี้ อ่าวไทยตอนบน ภาคใต้ฝั่งตะวันออกและภาคตะวันออก มีค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยประมาณ 9.41 5.98 และ 5.03 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนภาพการณ์จำลองในระหว่างปี ค.ศ.2030 - 2049 (พ.ศ.2573 - 2592) สำหรับอ่าวไทยตอนบน ภาคใต้ฝั่งตะวันออกและภาคตะวันออก มีค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำเฉลี่ยประมาณ 20.02 13.26 และ 10.89 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นชัดเจนว่าในอนาคตระดับน้ำในอ่าวไทยมีการเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในอ่าวไทยตอนบน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางไม่กี่เมตร ทั้งนี้ ในอนาคตอาจมีปัญหาการกัดเซาะที่เพิ่มความรุนแรงมากขึ้น ปัญหาน้ำท่วมขังในบางพื้นที่เนื่องจากการหนุนของน้ำทะเล เป็นต้น

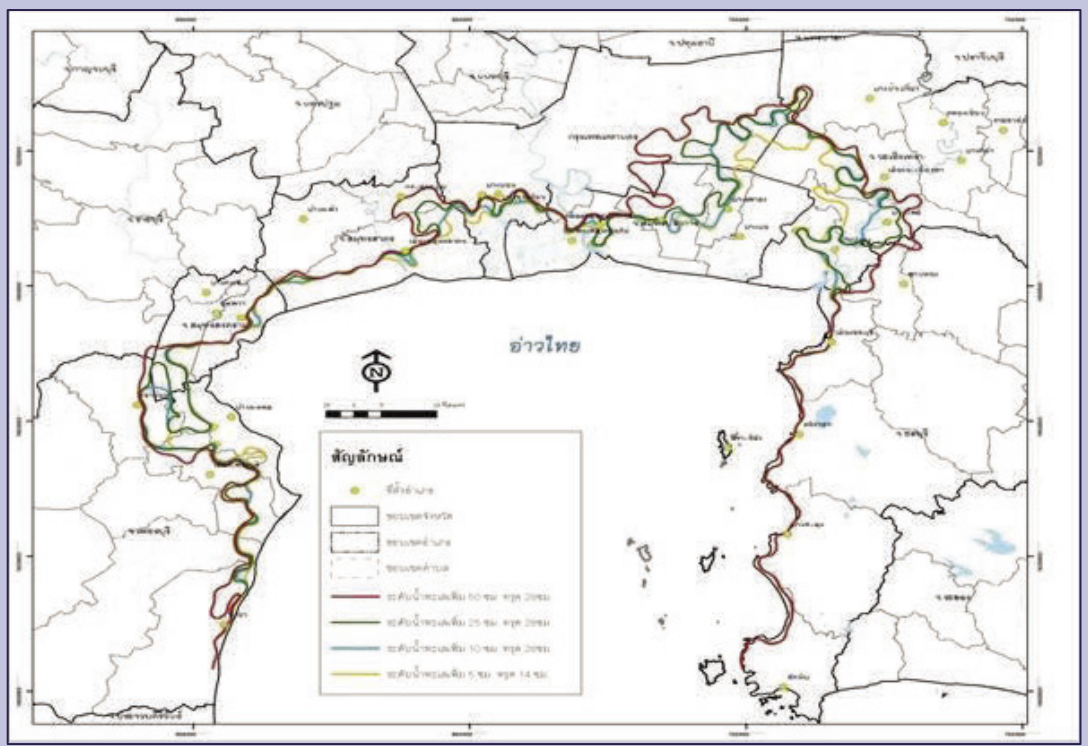
3.2.4 ภาพการณ์จำลองพื้นที่ที่ได้ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ในรายงานของกรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (2555) โดยบริษัท เทสโก้ จำกัด ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Finite Volume Community Ocean Model (FVCOM) ของ University of Massachusetts at Dartmouth ในการจำลองการท่วมของน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนบน ซึ่งใช้ข้อมูลความลึกที่ได้จาก GEBCO และแผนที่เดินเรือของกรมอุทกศาสตร์ และใช้ข้อมูลความสูงจากกรมพัฒนาที่ดินที่จัดเก็บในรูปแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model, DEM) โดยสร้างภาพการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลปานกลางและการทรุดตัวของแผ่นดินภายใต้กรณีศึกษาหลายรูปแบบ ดังนี้

1) ระดับน้ำทะเลปานกลางเพิ่มขึ้น 5 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุดตัว 14 เซนติเมตรในระยะเวลา 10 ปี
2) ระดับน้ำทะเลปานกลางเพิ่มขึ้น 10 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุดตัว 28 เซนติเมตรในระยะเวลา 20 ปี
3) ระดับน้ำปานกลางทะเลเพิ่มขึ้น 25 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุดตัว 28 เซนติเมตรในระยะเวลา 50 ปี
4) ระดับน้ำปานกลางทะเลเพิ่มขึ้น 50 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุดตัว 28 เซนติเมตรในระยะเวลา 100 ปี

รูปที่ 3.5 แสดงผลที่ได้จากแบบจำลองการท่วมของแผ่นดินของ FVCOM โดยแนวสีแต่ละเส้นแสดงภาพการณ์จำลองในอนาคตที่พื้นที่ในเขตอ่าวไทยตอนบนมีโอกาสน้ำท่วม เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ผลการศึกษา พบว่าพื้นที่ทางฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ โดยเฉพาะบริเวณสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการและพื้นที่ใกล้เคียง ได้รับผลกระทบมากกว่าบริเวณอื่น เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่ลุ่ม โดยรวมพื้นที่บริเวณชายฝั่งตอนบนของอ่าวไทยรูปตัวกอได้รับผลกระทบมากกว่าบริเวณอื่นๆ ทั้งนี้ บริเวณที่ได้รับผลกระทบน้อย คือ บริเวณทิศตะวันออกของอ่าวไทยรูปตัวกอ (จังหวัดชลบุรี) ส่วนบริเวณที่ได้รับผลกระทบอีกหนึ่งพื้นที่ คือ บริเวณฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยรูปตัวกอ (จังหวัดเพชรบุรี) อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลจากการศึกษานี้ ไปใช้ประโยชน์ต่อหรือเผยแพร่สู่สังคม ควรระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลและพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ อยู่ภายใต้ข้อจำกัดของโมเดลและข้อมูล

รวมทั้งสมมุติฐานที่ใช้ ดังนั้น การศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต ยังมีความจำเป็นเพื่อเพิ่มหลักฐานและความมั่นใจต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล



รูปที่ 3.5 ภาพการณ์จำลองบริเวณที่ได้รับผลกระทบการจากเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ ในกรณีที่ (1) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 50 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีแดง) (2) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 25 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีเขียว) (3) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 10 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 28 เซนติเมตร (เส้นสีฟ้า) (4) ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น 5 เซนติเมตรและแผ่นดินทรุด 14 เซนติเมตร (เส้นสีเหลือง) ตามลำดับ (ที่มา: กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2555)

3.3 คลื่นพายุซัดฝั่ง

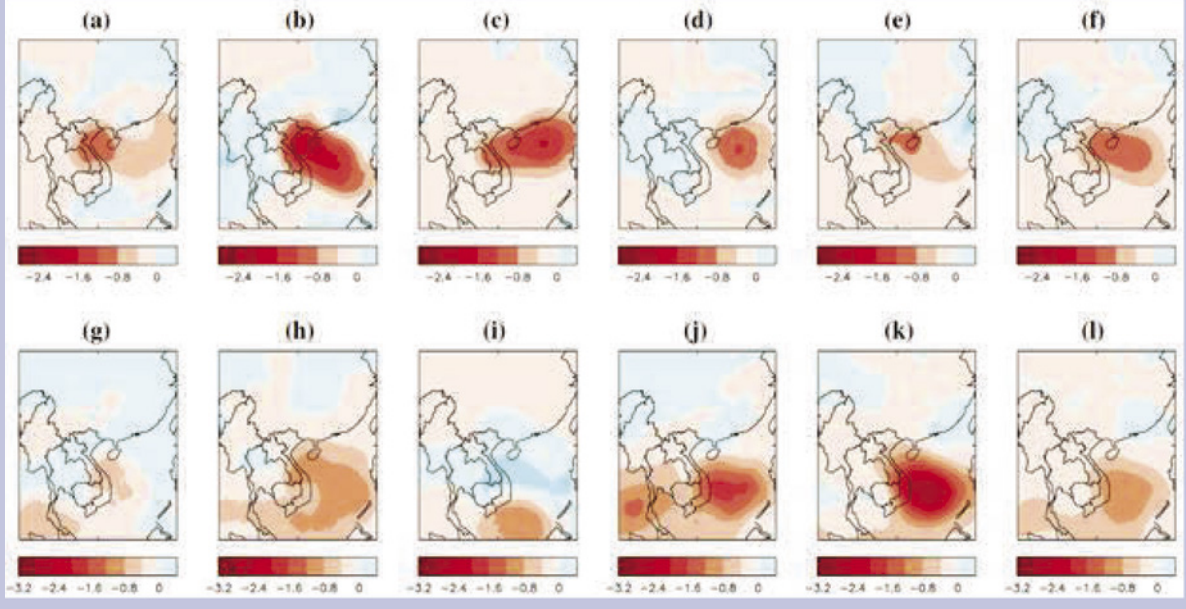
คลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surge) หมายถึง ระดับน้ำที่สูงขึ้นบริเวณชายฝั่งเนื่องจากอิทธิของพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่ขึ้นฝั่ง เนื่องจาก 1) ลมพายุที่พัดเข้าสู่ฝั่งอย่างรุนแรงและต่อเนื่อง พาเอามวลน้ำมาสะสมตัวบริเวณชายฝั่งจนระดับน้ำสูงขึ้น 2) ความกดอากาศที่ต่ำมากบริเวณศูนย์กลางพายุ ทำให้ระดับน้ำสูงขึ้น 1 เซนติเมตรทุกๆ ความกดอากาศที่ลดลง 1 เฮกโตพาสคาล (hPa) และ 3) คลื่นที่มีความสูงและชันมาก เมื่อแตกตัวบริเวณชายฝั่งจึงถ่ายเทมวลน้ำขึ้นสู่ฝั่ง ปัจจัยที่ส่งผลต่อความสูงของระดับน้ำจากคลื่นพายุซัดฝั่งประกอบด้วยปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น ความรุนแรงของพายุ ซึ่งบ่งชี้โดยความเร็วลมและความกดอากาศ เส้นทางและความเร็วในการเคลื่อนที่เข้าสู่ฝั่งของพายุ ขนาดของพายุ เป็นต้น และปัจจัยจากลักษณะของชายฝั่ง เช่น ความลาดชันของชายฝั่ง รูปร่างและความลึกของชายฝั่ง ซึ่งเป็นตัวกำหนดคาบการสั่นพ้องเฉพาะของแต่ละอ่าว (resonance หรือ seiche) เป็นต้น

ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2554) ได้กล่าวถึงการศึกษาคลื่นพายุซัดฝั่งในอ่าวไทย โดยการใช้แบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Princeton Ocean Model (POM) ศึกษาการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเนื่องจากอิทธิพลของพายุไต้ฝุ่นลินดาในปี ค.ศ.1997 (พ.ศ.2540) (ธวัช วิรัตติพงศ์ และคณะ, 2546; Phaksopa and Sojisuporn, 2006;

Wannawong et al., 2010) ต่อมา Tomkratoke et al. (2012) ได้ทำการประเมินพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อน้ำทะเลหนุนเนื่องจากคลื่นพายุซัดฝั่งด้วยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ FVCOM ภายใต้กรณีศึกษาพายุที่เกิดขึ้นในอดีต 4 เส้นทาง ในการศึกษาพบว่า พื้นที่ชายฝั่งที่มีธรณีสัณฐานในลักษณะปิดกั้นการไหลของน้ำ จะทำให้เกิดการสะสมตัวของน้ำได้ง่าย ส่งผลให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้นสูง ได้แก่ อ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี อ่าวปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช อ่าวแหลมงอบ จังหวัดตราด และพื้นที่ชายฝั่งทะเล จังหวัดชุมพร นอกจากนี้ Tomkratoke et al. (2012) ยังได้ทำการศึกษาคาบการสั่นพ้อง (resonance) ของอ่าวไทย ซึ่งมีลักษณะเป็นอ่าวที่เปิดด้านเดียวสู่ทะเลจีนใต้ ความยาวและความลึกของอ่าว เป็นปัจจัยกำหนดคาบการสั่นธรรมชาติของอ่าว (normal mode) หากพายุหมุนเคลื่อนที่เข้าสู่ฝั่งด้วยความเร็วที่ใกล้เคียงกับคาบการสั่นธรรมชาติของอ่าว จะทำให้เกิดการสั่นพ้องขึ้น เสริมให้ระดับน้ำทะเลยิ่งหนุนสูงขึ้นกว่าเดิม

ความเสี่ยงต่อการเกิดคลื่นพายุซัดฝั่งในอ่าวไทย ยังขึ้นอยู่กับความถี่ของการเกิดพายุหมุนอีกด้วย พายุหมุนที่ส่งผลต่ออ่าวไทย มักจะก่อตัวจากบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิก ทะเลจีนใต้ และในอ่าวไทยเอง ในช่วงประมาณเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม He et al. (2015) ศึกษาจำนวนพายุหมุนเขตร้อนที่เคลื่อนที่เข้าสู่ทะเลจีนใต้ พบว่าจำนวนพายุมีความผันแปรระหว่างทศวรรษ โดยภายหลังจากทศวรรษ 1990s จำนวนพายุหมุนที่เข้าสู่ทะเลจีนใต้ลดลง ขณะที่ จำนวนพายุหมุนในทางเหนือของทะเลจีนใต้มีจำนวนเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงเส้นทางเดินของพายุ มีความสัมพันธ์กับความผันแปรของระบบมหาสมุทรและบรรยากาศ เนื่องจากการที่อุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณมหาสมุทรอินเดียสูงขึ้นและอุณหภูมิน้ำทะเลบริเวณตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิกต่ำลง ส่งผลต่อสภาพการไหลเวียนอากาศ ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการก่อตัวของพายุหมุนบริเวณตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกเฉียงเหนือ

การศึกษาภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงของพายุหมุนเขตร้อนในอนาคต นับเป็นประเด็นที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในทุกภูมิภาค สำหรับในทะเลจีนใต้ Redmond et al. (2015) ได้ใช้วิธีการย่อส่วนแบบพลวัตร (dynamic downscaling) ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ซึ่งทำการย่อส่วนจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับโลก HadCM3 ภายใต้ภาพการณ์จำลองการพัฒนาแบบ A1B ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพายุหมุน ระหว่างปี ค.ศ.2069–2098 (พ.ศ.2612-2632) เทียบกับปี ค.ศ.1961–1990 (พ.ศ.2504-2533) ผลการศึกษา พบว่าความถี่ในการเกิดพายุลดลง 20 - 44% โดยสาเหตุของการลดลงนั้น ไม่สามารถระบุได้ชัดเจน แต่น่าจะเกิดจากหลายๆ สาเหตุประกอบกันได้แก่ static stability เพิ่มขึ้น vertical wind shear เพิ่มขึ้น และ upward motion ลดลง ข้อเด่นของงานนี้ คือ มีการใช้แบบจำลองที่มีการทำ model physics parameterization ต่างกัน5 แบบ (member) ทำให้สามารถประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดจากปัจจัยทางฟิสิกส์ของโมเดลได้ ผลการศึกษา พบความแตกต่างในเชิงพื้นที่ของการเปลี่ยนแปลงจำนวนพายุในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม (รูปที่ 3.6) โดยรวมแล้วทุกแบบจำลองสร้างภาพการณ์ว่าในช่วงสิ้นศตวรรษ จำนวนพายุหมุนที่มีโอกาสเคลื่อนที่เข้าสู่อ่าวไทยในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม จะมีจำนวนลดลง แต่จำนวนพายุที่มีความรุนแรงสูงจะเพิ่มขึ้น 3 - 9% ทั้งนี้ เนื่องจากการระเหยและปริมาณไอน้ำที่มีมากขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงจะมีนัยสำคัญในช่วงปลายศตวรรษ (ช่วงปี ค.ศ.2069–2089 (พ.ศ.2612-2632)) ขณะที่ ช่วงกลางศตวรรษจะยังไม่พบความเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Redmond et al. (2015) แม้จะสามารถประเมินความไม่แน่นอนที่เกิดเนื่องจากฟิสิกส์ของแบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 ได้ แต่ความไม่แน่นอนในการสร้างภาพการณ์จำลองในอนาคตยังเกิดได้จากความแตกต่างระหว่างแบบจำลองภูมิอากาศซึ่งมีการจำลองกระบวนการที่ซับซ้อนแตกต่างกันไป รวมถึงการสร้างภาพการณ์อนาคตที่แตกต่างกันด้วย

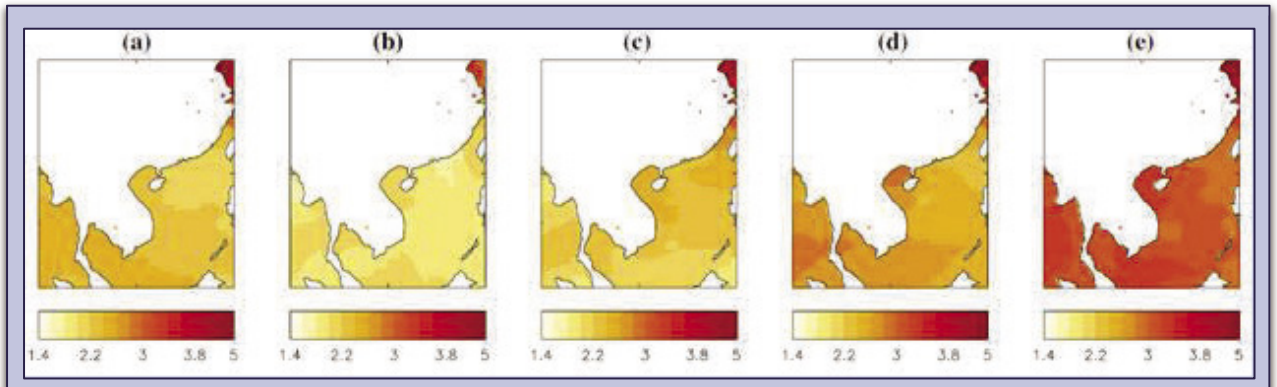


รูปที่ 3.6 ความแตกต่างของจำนวนพายุเฉลี่ย ช่วงปี ค.ศ.2069 - 2089 (พ.ศ.2612 - 2632) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1961 - 1990 (พ.ศ.2504 - 2533) ของเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน (a-f) และเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม (g-l) จากแบบจำลอง PRECISQ0 (a และ g) แบบจำลอง PRECISQ3 (b และ h) PRECISQ10 (c และ i) PRECISQ11 (d และ j) PRECISQ13 (e และ k) และ ensemble mean (f และ l) (ที่มา: Redmond et al., 2015)

3.4 อุณหภูมิน้ำทะเล

รายงาน TARC ฉบับที่ 1 (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2554) ได้กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ไว้ว่ามีอัตราการเพิ่มขึ้น 0.06 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ระหว่างปี ค.ศ.1982 - 2006 (พ.ศ.2525 - 2549) (Belkin, 2009) และความแปรปรวนระหว่างปีของอุณหภูมิน้ำทะเลมีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ ENSO โดยในปีเอลนิโญซึ่งมักพัฒนาสูงสุดในช่วงปลายปี อุณหภูมิน้ำทะเลในอ่าวไทยและทะเลจีนใต้ จะมีค่าสูงสุดประมาณเดือนกรกฎาคมของปีถัดไป (Fang et al., 2006) และเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดสภาวะสุดขีดของอุณหภูมิน้ำทะเล ดังเช่นในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) ที่อุณหภูมิน้ำทะเลในทะเลอันดามันมีค่าสูงจากปรากฏการณ์เอลนีโญ ส่งผลให้เกิดการฟอกขาวของปะการังเป็นบริเวณกว้าง (Yucharoen et al., 2015)

ภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำทะเลเฉลี่ยในอนาคตสำหรับในทะเลจีนใต้ มาจากการศึกษาของ Redmond et al. (2015) ซึ่งใช้แบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS ในการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก HadCM3 ภายใต้ภาพการณ์จำลองการพัฒนาแบบ A1B พบว่าในช่วงสิ้นศตวรรษ (ค.ศ.2069 - 2089 (พ.ศ.2612 - 2632)) อุณหภูมิน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1961 - 1990 (พ.ศ.2504 - 2533) ประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส (รูปที่ 3.7) ความแตกต่างของอุณหภูมิจากแบบจำลองสะท้อนถึงความไม่แน่นอนในการสร้างภาพการณ์อนาคตที่เกิดจากกระบวนการทางฟิสิกส์ของแบบจำลองภูมิอากาศระดับโลก



รูปที่ 3.7 ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลเฉลี่ย (หน่วย เคลวิน) ช่วงปี ค.ศ.2069 – 2089 (พ.ศ.2612 - 2632) เปรียบเทียบกับช่วงปี ค.ศ.1961-1990 (พ.ศ.2504 - 2533) ของเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม จากแบบจำลอง PRECISQ0 (a) แบบจำลอง PRECISQ3 (b) PRECISQ10 (c) PRECISQ11 (d) PRECISQ13 (e) (ที่มา: Redmond et al., 2015)

3.5 สรุปและช่องว่างองค์ความรู้

การประมวลและสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับทะเลชายฝั่งทั้งในระดับโลก ระดับภูมิภาค และในประเทศไทย สรุปได้ดังนี้

1) การเปลี่ยนแปลงสำคัญที่พบบริเวณชายฝั่ง คือ ระดับน้ำทะเล สาเหตุอาจเกิดจากการที่มวลหรือปริมาตรของน้ำทะเลมีการเพิ่มขึ้นโดยผ่านวัฏจักรน้ำ สาเหตุอีกประการหนึ่ง คือ เกิดจากการขยายตัวของน้ำทะเล อันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล ซึ่งกระบวนการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลมีได้ทั้งในห้วงเวลาสั้น เช่น น้ำขึ้นน้ำลง คลื่นผิวน้ำ และคลื่นพายุซัดฝั่ง เป็นต้น และในห้วงเวลาที่ยาวนาน เช่น ปรากฏการณ์ El Nino-Southern Oscillation (ENSO) และ Pacific Decadal Oscillation (PDO) เป็นต้น นอกจากนี้ การเคลื่อนตัวในแนวดิ่งของผิวโลก ยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลได้อีกด้วย เช่น ผลจากกระบวนการเทคโทนิก และ Post-Glacial rebound
2) การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล สามารถศึกษาข้อมูลได้จากสถานีวัดระดับน้ำซึ่งจะให้ข้อมูลเป็นแบบรายจุดบริเวณชายฝั่ง และจากดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์ซึ่งให้ข้อมูลครอบคลุมทั่วทั้งโลก การเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของระดับน้ำในระดับโลกมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2.8 มิลลิเมตร (สถานีตรวจวัด) - 3.2 มิลลิเมตร (ดาวเทียม) ต่อปี ซึ่งหากพิจารณาในเชิงพื้นที่ในสเกลระดับภูมิภาค พบว่า ในบางพื้นที่การเปลี่ยนแปลงอาจมีค่าลดลง ขณะที่บางพื้นที่อาจมีค่าเพิ่มขึ้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพหลายปัจจัยดังที่กล่าวไว้ข้างต้น การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่คำนวณจากดาวเทียมบริเวณทะเลอันดามัน ทะเลจีนใต้ และทะเลในประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นบริเวณที่อยู่ใกล้กับประเทศไทย พบว่า มีค่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลระหว่าง 3.6 - 6.6 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่มีการศึกษาในประเทศไทย พบว่า ข้อมูลที่นำมาศึกษาแทบทั้งหมดเป็นข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำ และการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณส่วนใหญ่จะเป็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสัมพัทธ์ ซึ่งค่าที่ได้ถึงแม้จะเป็นข้อมูล ณ สถานีเดียวกัน แต่มีความแตกต่าง โดยสาเหตุอาจมาจากระยะเวลาของข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ วิธีการที่ใช้ในการคำนวณ เป็นต้น ในบางพื้นที่โดยเฉพาะบริเวณอ่าวไทยตอนบน ค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำสัมพัทธ์จะมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ทั้งนี้เนื่องมาจากบริเวณอ่าวไทยตอนบนมีการสูบน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ ทำให้พื้นดินมีการจมตัว นอกจากนี้ภายหลังเหตุการณ์สึนามิ พบว่าแผ่นดินในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงมีการเคลื่อนตัวในแนวดิ่ง โดยในประเทศไทยพบว่า การยกตัวของแผ่นดินซึ่งส่งผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำสัมพัทธ์มีการเปลี่ยนแปลง

ตามไปด้วย โดยภาพรวม หลักฐานและระดับความมั่นใจต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งของประเทศไทยบนพื้นฐานของการศึกษาเหล่านี้ ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับปานกลาง

3) ส่วนของภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในพื้นที่อ่าวไทย พบว่า ในช่วง 30 ปีข้างหน้า การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเฉลี่ย มีค่าอยู่ระหว่าง 10 - 20 เซนติเมตร โดยพื้นที่ที่มีการศึกษาภาพการณ์ของการเปลี่ยนแปลง คือ บริเวณภาคกลางตอนล่าง และจากแบบจำลองการท่วมของแผ่นดินบริเวณภาคกลางตอนล่าง พบว่า พื้นที่กรุงเทพฝั่งตะวันออก สมุทรปราการ และฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด อย่างไรก็ตาม การนำข้อมูลจากการศึกษานี้ไปใช้ประโยชน์ต่อ ควรระมัดระวังเพื่อไม่ให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากผลการศึกษาอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของโมเดลและข้อมูล รวมทั้งสมมุติฐานที่ใช้
4) ภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงของพายุหมุนเขตร้อนที่อาจผ่านเข้าสู่อ่าวไทยและทำให้เกิดภัยจากคลื่นพายุซัดฝั่งได้นั้น พบว่าในช่วงสิ้นศตวรรษ จำนวนพายุหมุนที่มีโอกาสเคลื่อนที่เข้าสู่อ่าวไทยในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคมจะลดลง 20 – 44% แต่จำนวนพายุที่มีความรุนแรงจะเพิ่มขึ้น 3 – 9% ส่วนอุณหภูมิน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 - 4 องศาเซลเซียส

จากการประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกี่ยวข้องกับมหาสมุทรและทะเลชายฝั่ง โดยเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย ทั้งการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเล แสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าในการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับประเด็นทั้งสอง อย่างไรก็ตาม องค์ความรู้ที่ยังขาด คือ เรื่องของความเป็นกรดเพิ่มขึ้นของน้ำทะเล (ocean acidification) ซึ่งส่งผลกระทบอย่างมากต่อระบบนิเวศทางทะเล แต่ประเด็นดังกล่าวได้มีการให้รายละเอียดไว้อย่างชัดเจนแล้ว ในรายงาน TARC ฉบับที่ 1 (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2554) บทที่ 5 วัฏจักรคาร์บอน จึงไม่ขอกล่าวซ้ำอีกในที่นี้ แต่ในส่วนของการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำทะเล นับว่าเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาเพิ่มเติมนอกเหนือจากเรื่องความเป็นกรดเพิ่มขึ้นของน้ำทะเลซึ่งเกิดจากการละลายของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่เกี่ยวข้องกัน คือ ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำทะเล โดยการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิน้ำทะเลจะทำให้อัตราการละลายของออกซิเจนในน้ำทะเลลดลง เป็นการเพิ่มความรุนแรงของปัญหาภาวะพร่องออกซิเจน (hypoxia) ในทะเลชายฝั่งที่เกิดจากปัญหาสิ่งแวดล้อม และส่งผลต่อการประมงและการเพาะเลี้ยงชายฝั่ง จึงควรมีการศึกษาในเรื่องนี้เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

ข้อมูลในรูปที่ 3.3 บางส่วนได้จากเว็บไซต์ของ NOAA Laboratory for Satellite Altimetry และ จาก B. Beckley ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก NASA's MEaSUREs Program

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง 2555. โครงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. รายงานฉบับสมบูรณ์ จัดทำโดย บริษัท เทสโก้ จำกัด สิงหาคม
2. กิรพัฒน์ พชรพิชชากร และ สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง 2555. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในประเทศไทย. วิศวสารลาดกระบัง. 29(3): 55-60.
3. ธวัช วิรัตติพงศ์, สอง เอกมหาชัย, อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, ปัทมา สิงหรักษ์, บวร สิริอำไพรัตน์, ณัฏฐวุฒิ อภิวัฒนศร, วิริยะ เหลืองอร่าม, สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์, ปราโมทย์ โศจิศุภร, นริสรา นุธรรมโชติ, จิตราภรณ์ ฟักโสภา, กฤษณะเดช เจริญสุธาสินี, ชัยโรจน์ ใหญ่ประเสริฐ, สันติ ซัมดิน, บุณธรรม ตั้งล้ำเลิศ, May, P. และ Whittmann, P. 2546. โครงการวิจัยและพัฒนาทางด้านภัยพิบัติจากทะเล. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย: กรุงเทพฯ.
4. สมมาตร์ เนียมนิล 2549. แนวโน้มระดับน้ำในอ่าวไทยจากข้อมูลสถานีวัดระดับน้ำ. วารสารโรงเรียนนายเรือ. 6(4): 1-8.
5. อัศมน ลิ่มสกุล, อำนาจ ชิดไธสง และกัณฑรีย์ บุญประกอบ (บรรณาธิการ) 2554. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ฉบับที่ 1. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. กรุงเทพ. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี 2554. 240 หน้า.
6. Aobpaet A., Cuenca M.C., Hooper A. and Trisirisatayawong I. 2009. Land subsidence evaluation using InSAR time series analysis in Bangkok metropolitan area. In Lacoste-Francis, H. (Ed.), Proc. of 'Fringe 2009' ESRIN, Frascati, Italy (ESA SP-677, March 2010), ESA Communications, Noordwijk, TheNetherlands.
7. Aschariyaphotha N., Klanklaew S., Wichianchai B. and Wanchaijiraboon S. 2013. Statistical analysis of sea surface elevation in numerical ocean model for the Gulf of Thailand during Typhoon Muifa. Applied Mathematical Sciences, 7(16), 751-764.
8. Beckley B.D., Zelensky N.P., Holmes S.A., Lemoine F.G., Ray R.D., Mitchum G.T., Desai S.D. and Brown S.T. 2010. Assessment of the Jason-2 Extension to the TOPEX/Poseidon, Jason-1 Sea-Surface Height Time Series for Global Mean Sea Level Monitoring. Marine Geodesy, 33S1: 447-471. doi:10.1080/01490419.2010.491029.
9. Belkin I.M. 2009. Rapid warming of Large Marine Ecosystems. Progress in Oceanography, 81: 207-213.
10. Cheng X. and Qi Y. 2007. Trends of sea level variations in the South China Sea from merged altimetry data. Global and Planetary Change. 57: 371-382.
11. Chinvanno S. 2010. Preparation of climate change scenarios for climate change impact assessment in Thailand. Technical report. SEA START RC. 80.pp
12. Church J.A. and White N.J. 2011. Sea-level rise from the late 19th to the early 21st century. Surveys in Geophysics. 32:585-602. Doi:10.1007/s10712-011-9119-1.
13. Doong D.-J., Hsu T.-W., Wu L.-C. and Kao C.C. 2009. Sea level rise at East Asia Coasts based on tide gauge analysis. Proceeding of the Nineteen (2009) International Offshore and Polar Engineering Conference. Osaka, Japan, June 21-26, 2009. pp 513-517.
14. Ezer T. 2013. Sea level rise, spatially uneven and temporally unsteady: Why the U.S. East Coast, the global tide gauge record, and the global altimeter data show different trends. Geophysical Research Letter. 40: 5439-5444. doi:10.1002/2013GL057952.
15. Ezer T. and Corlett W.B. 2012. Is sea level rise accelerating in the Chesapeake Bay? A demonstration of a novel new approach for analysing sea level data. Geophysical Research Letters, 39, doi:10.1029/2012GL053435.
16. Fang G., Chen H., Wei Z., Wang Y. and Wang X. 2006. Trends and interannual variability of the South China Sea surface winds, surface height, and surface temperature in the recent decade. Journal of Geophysical Research, 111: C11S16.
17. Hay C.C., Morrow E., Kopp R.E., and Mitrovica J.X. 2015. Probabilistic reanalysis of twentieth-century sea-level rise. Nature. 517: 481-484. doi:10.1038/nature14093.
18. He H., Yang J., Gong D., Mao R., Wang Y. and Gao M. 2015. Decadal changes in tropical cyclone activity over the western North Pacific in the late 1990s. Climate Dynamics. doi: 10.1007/s00382-015-2541-1.
19. Holgate S.J., Matthews A., Woodworth P.L., Richards L.J., Tamisiea M.E., Bradshaw E., Foden P.R., Gordon K.M., Jevrejeva S. and Pugh J. 2013. New data system and products at the Permanent Service for Mean Sea Level. Journal of Coastal Research. 29(3): 493-504. doi:10.2112/JCOASTRES-D-12-00175.1.
20. Huang C. and Qiao F. 2015. Sea level rise projection in the South China Sea from CMIP5 models. Acta

Oceanologica Sinica. 34(3): 31-41. doi:10.1007/s13131-015-0631-x.

21. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Sciences Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds., Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley). Cambridge University Press, Cambridge, UK and USA, 1535 pp.
22. Nerem R.S., Chambers D., Choe C. and Mitchum G.T. 2010. Estimating mean sea level change from the TOPEX and Jason Altimeter Missions. Marine Geodesy. 33S1: 435-446. doi:10.1080/01490419.2010.491031.
23. Peltier W.R., Argus D.F. and Drummond R. 2015. Space geodesy constrains ice age terminal deglaciation: The global ICE-6G C (VM5a) model. J. Geophys. Res. Solid Earth. 120(1): 450-487. doi:10.1002/2014JB011176.
24. Phaksopa J. and Sojisuporn P. 2006. Storm surge in the Gulf of Thailand generated by Typhoon Linda in 1997 using Princeton Ocean Model (POM). Kasetsart Journal (Natural Sciences), 40: 260-268.
25. Phien-Wej N., Giao P.H. and Nutalaya P. 2006. Land subsidence in Bangkok, Thailand. Engineering Geology. 82: 187-201. doi:10.1016/ j.enggeo.2005. 10.004.
26. Redmond G., Hodges K., Mcsweeney C., Jones R. and Hein D. 2015. Projected changes in tropical cyclones over Vietnam and the South China Sea using a 25 km regional climate model perturbed physics ensemble. Climate Dynamics. doi:10.1007/s00382-014-2450-8.
27. Santamaria-Gomez A., Gravelle M., Collilieux X., Guichard M., Miguez B.M., Tiphaneau P. and Woeppelmann G. 2012. Mitigating the effects of vertical land motion in tide gauge records using state-of-the-art GPS velocity field. Global and Planetary Change. 98-99: 6-7 doi:10.1016/j.gloplacha. 2012. 07.007.
28. Saramul S. and Ezer T. 2014. Spatial variations of sea level along the coast of Thailand: Impacts of extreme land subsidence, earthquakes and the seasonal monsoon. Global and Planetary Change. 122: 70-81. doi:10.1016/ j.gloplacha.2014.08.012.
29. Sojisuporn P., Sangmanee C. and Wattayakorn G. 2013. Recent estimate of sea-level rise in the Gulf of Thailand. Maejo International Journal of Science and Technology. 7 (Special Issue): 106-113.
30. Syvitski J.P.M., Kettner A.J., Overeem I., Hutton E.W.H., Hannon M.T., Brakenridge G.R., Day J., Voeroesmarty C., Saito Y., Giosan L., and Nicholls R.J. 2009. Sinking deltas due to human activities. Nature Geoscience. 2: 681-686. doi:10.1038/ngeo629
31. Tomkratoke S., Sirisup S., Vannarat S. and Udomchoke, V. 2012. Effect of Resonance on Storm Surge in the Gulf of Thailand, Proceeding in APAM12, Chulalongkorn University, Thailand.
32. Trisirisatayawong I., Naeije M., Simons W. and Fenoglio-Marc, L. 2011. Sea level change in the Gulf of Thailand from GPS-corrected tide gauge data and multi-satellite altimetry. Global and Planetary Change. 76: 137-151. doi:10.1016/ j.gloplacha.2010. 12.010.
33. Vongvisessomjai S. 2010. Effect of global warming in Thailand. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 28(2): 227-248.
34. Wannawong W., Humphries U.W., Wongwises P., Vongvisessomjai S. and Lueangaram W. 2010. Numerical modeling and computation of storm surge for primitive equation by hydrodynamic model. Thai Journal of Mathematics, 8: 355-371.
35. Watson C.S., White N.J., Church J.A., King M.A., Burgette R.J. and Legresy B. 2015. Unabated global mean sea-level rise over the satellite altimeter era. Nature Climate Change. 5: 565-568. doi:10.1038/nclimate2635.
36. Yanagi T. and Akaki T. 1994. Sea level variation in the Eastern Asia. Journal of Oceanography. 50: 643-651.
37. Yucharoen M., Yeemin T., Casareto B.E., Suzuki Y., Samsuvan W., Sangmanee K., Klinthong W., Pengsakun S. and Sutthacheep M. 2015. Abundance, composition and growth rate of coral recruits on dead corals following the 2010 bleaching event at Mu Ko Surin, the Andaman Sea. Ocean Science Journal, 50(2): 307-315.
38. Zhang Y., Wallace J.M. and Battisti D.S. 1997. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. Journal of Climate. 10: 1004-1020.

บทที่ 4

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย

Future Climate Change in Thailand

ผศ.ดร.จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์

ผศ.ดร.จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์

ผศ.ดร.วรัญญู วงษ์เสรี

ดร.กัมพล พรหมจิระประวัติ

อ.ประหยัด เลวัน

ศูนย์วิจัยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับภูมิภาค

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

วิธีอ้างอิง

จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรัญญู วงษ์เสรี, กัมพล พรหมจิระประวัติ และประหยัด เลวัน, 2559: การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทย

4.1 แบบจำลองภูมิอากาศโลกและการพัฒนาขีดความสามารถแบบจำลอง 70
4.2 การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก 75
4.3 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต 77
4.4 สรุป 85

เอกสารอ้างอิง

4.1 แบบจำลองภูมิอากาศโลกและการพัฒนาขีดความสามารถของแบบจำลอง

4.1.1 แบบจำลองภูมิอากาศโลกในระยะต่างๆ

การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มต้นขึ้นในทศวรรษที่ 1980s โดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่ม ซึ่งได้ประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองของตนเองโดยมีความร่วมมือจากบุคคลนอกกลุ่มไม่มากนัก เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และความสามารถการถ่ายโอนข้อมูล รวมถึงภาระงานหนักในการรวบรวมและเก็บข้อมูลขนาดใหญ่ (Meehl, 1995) ในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) คณะทำงานด้านแบบจำลองร่วม (Working Group on Coupled Modelling; WGCM) ภายใต้โครงการวิจัยภูมิอากาศโลก (World Climate Research Programme; WCRP) ได้ก่อตั้งโครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม (Couple Model Intercomparison Project; CMIP) เพื่อเป็นระเบียบการมาตรฐานทดสอบสำหรับการศึกษาผลลัพธ์จากแบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปร่วมระหว่างบรรยากาศและมหาสมุทร (coupled atmosphere-ocean general circulation models; AOGCMs) แบบจำลอง AOGCMs เป็นการจำลองภูมิอากาศที่สามารถปรับเปลี่ยนแรงบังคับ (forcing) เช่น ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เป็นต้น CMIP จัดเตรียมโครงสร้างพื้นฐานสำหรับประชาคมเพื่อการสนับสนุน การวินิจฉัย การรับรอง การเปรียบเทียบ การให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการเข้าถึงข้อมูลของแบบจำลอง ขอบข่ายงานดังกล่าวช่วยให้ประชาคมนักวิทยาศาสตร์จากหลายกลุ่ม สามารถวิเคราะห์แบบจำลองภูมิอากาศภายใต้กรอบระบบเดียวกัน เพื่ออำนวยความสะดวกในการปรับปรุงแบบจำลอง ทั้งนี้ หน่วยงานผู้พัฒนาแบบจำลองในระดับนานาชาติได้เข้าร่วมโครงการดังกล่าวตั้งแต่เริ่มการก่อตั้ง (www.cmip-pcmdi.llnl.gov) วัตถุประสงค์ของ CMIP คือ การจัดหาฐานข้อมูลการจำลองภูมิอากาศจากแบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปร่วม (coupled general climate model) ภายใต้เงื่อนไขที่เป็นมาตรฐานเดียวกันให้แก่นักวิทยาศาสตร์

ในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) CMIP ระยะแรก หรือ CMIP1 เริ่มรวบรวมข้อมูลผลลัพธ์จากแบบจำลองหมุนเวียนทั่วไปร่วม ซึ่งควบคุมการประมวลผลโดยกำหนดให้ความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ความเข้มรังสีอาทิตย์และแรงบังคับภูมิอากาศภายนอกอื่น ๆ มีค่าคงที่ ทั้งนี้ การควบคุมการประมวลผลที่ต่างกันนั้น ใช้ค่าคงที่รังสีอาทิตย์ (solar constant) หรือพลังงานจากดวงอาทิตย์ต่อหน่วยเวลาที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยเหนือบรรยากาศโลกซึ่งตั้งฉากกับทิศทางรังสี ที่ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างโลกและดวงอาทิตย์ประมาณ 1.495×10^{11} เมตร และความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้ค่าคงที่รังสีอาทิตย์มีค่าในช่วง 1354 – 1370 วัตต์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศอยู่ในช่วง 290 – 345 ส่วนในล้านส่วน (Covey et al., 2003)

CMIP ในระยะต่อมา หรือ CMIP2 รวบรวมผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ควบคุมการประมวลผลที่กำหนดให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีค่าคงที่ และมีค่าเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 1 ต่อปี โดยไม่รวมถึงปัจจัยแรงบังคับภูมิอากาศอื่นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น ละอองลอยจากกิจกรรมของมนุษย์ (anthropogenic aerosol) เป็นต้น โดยทั้งสองกรณีไม่รวมแรงบังคับภูมิอากาศจากความผันแปรตามธรรมชาติ เช่น ภูเขาไฟระเบิดและความเข้มรังสีอาทิตย์ เป็นต้น ดังนั้น CMIP สนับสนุนการศึกษาแบบจำลองภาพการณ์จำลองโลกร้อนกรณีอุดมคติ (idealized scenario of global warming) ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละหนึ่งต่อปี จนกระทั่งมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าในประมาณปีที่ 70 (Meehl et al., 1997) โดยรวมก๊าซเรือนกระจกที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ (non-CO_2 greenhouse gases) ในรูปแบบแรงบังคับเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์ (equivalent CO_2 forcing) และไม่คำนึงถึงละอองลอยจากกิจกรรมของมนุษย์ (Hansen et al., 1997) ภาพการณ์จำลองความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสองเท่านี้ ไม่สามารถใช้เปรียบเทียบการคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตระหว่างแบบจำลอง และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในศตวรรษที่ผ่านมาได้ แบบจำลองนี้ ไม่สามารถคาดประมาณแรงบังคับภูมิอากาศจากกิจกรรมของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี แต่เป็นแบบจำลองที่แสดงให้เห็นกรณีสุดขั้วที่อาจเกิดขึ้นในกรณีที่มีการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มขึ้น และละอองลอยจากกิจกรรมของมนุษย์ลดลง แต่ภาพการณ์จำลองโลกร้อนกรณีอุดมคตินี้ สามารถใช้ในการเปรียบเทียบการตอบสนองที่ต่างกันของแบบจำลองซึ่งมีสมมติฐานการสร้างแบบจำลองที่แตกต่างกัน (Covey et al., 2003)

ในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) และปี ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) หน่วยงานระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) ได้พัฒนาภาพการณ์จำลอง (scenario) การปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกระยะยาว ภาพการณ์จำลองเหล่านี้ ได้รับการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงแนวทางการลดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ. 2538) ภาพการณ์จำลองของ IPCC 1992 ได้รับการประเมินและเสนอแนะว่าตั้งแต่ปี ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) เป็นต้นมานั้น ความเข้าใจที่มีต่อแรงบังคับที่เกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีเพิ่มมากขึ้น ซึ่งรวมถึง องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความเข้มของคาร์บอนในอุปทานพลังงาน (carbon intensity of energy supply) ช่องว่างรายได้ระหว่างประเทศพัฒนาแล้วและกำลังพัฒนา และการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ ส่งผลให้ในปี ค.ศ.1996 (พ.ศ.2539) การประชุมใหญ่ของ IPCC ตัดสินใจพัฒนาแบบสถานการณ์จำลองชุดใหม่ คือ ภาพการณ์จำลองภายใต้รูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การเติบโตของประชากรและเทคโนโลยีในอนาคต (Special Report Emission Scenario; SRES) ซึ่งเผยแพร่ในปี ค.ศ.2000 (พ.ศ.2543) ชุดของภาพการณ์จำลองได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นตัวแทนของแรงขับเคลื่อนและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เพื่อสะท้อนความเข้าใจและความรู้ที่เกี่ยวข้องกับความไม่แน่นอนต่าง ๆ SRES ประกอบด้วยภาพการณ์จำลองที่แตกต่างกัน 4 รูปแบบ ได้แก่ A1 A2 B1 และ B2 ซึ่งบรรยายความสัมพันธ์ระหว่างแรงบังคับจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการวิวัฒนาการของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการเพิ่มบริบทของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภาพการณ์จำลอง แต่ละภาพการณ์จำลองแสดงให้เห็นความแตกต่างของการเติบโตประชากร การพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม แต่ละภาพการณ์จำลองยังประกอบด้วยภาพการณ์ย่อย รวมทั้งสิ้น 40 รูปแบบ ภาพการณ์จำลองหลัก ได้แก่

- A1 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเศรษฐกิจ อนาคตการเติบโตทางเศรษฐกิจสูง มีความร่วมมือระหว่างนานาชาติ ประชากรโลกสูงสุดในกึ่งศตวรรษและลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น มีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง มีความแตกต่างระหว่างภูมิภาค นอกจากนี้ มีภาพการณ์จำลอง A1FI (fossil fuel intensive) แสดงถึงการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลอย่างเข้มข้น ในขณะที่ A1T มีเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุนเวียนทันสมัย และ A1B เป็นภาพการณ์จำลองการพัฒนาที่รักษาสิ่งแวดล้อมและมีความร่วมมือระหว่างโลกและภูมิภาคอย่างสมดุล
- A2 ให้ความสำคัญกับการพัฒนาเศรษฐกิจ อนาคตของโลกมีความหลากหลาย มีความร่วมมือระดับภูมิภาค พึ่งตัวเองมากขึ้นในภูมิภาค ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค โดยมีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีช้า
- B1 ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมพร้อมกับการพัฒนาเศรษฐกิจ อนาคตประชากรสูงในกึ่งศตวรรษเช่นเดียวกับ A1 แต่โครงสร้างเศรษฐกิจเปลี่ยนไปเป็นภาคบริการและสารสนเทศ ลดวัตถุ มีการใช้เทคโนโลยีที่สะอาด เน้นการแก้ปัญหาเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน
- B2 ให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมพร้อมกับการพัฒนาเศรษฐกิจ เน้นที่การแก้ปัญหาท้องถิ่น ด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน ประชากรเพิ่มต่อเนื่องแต่น้อยกว่า A2 โดยเน้นการรักษาสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นและภูมิภาค

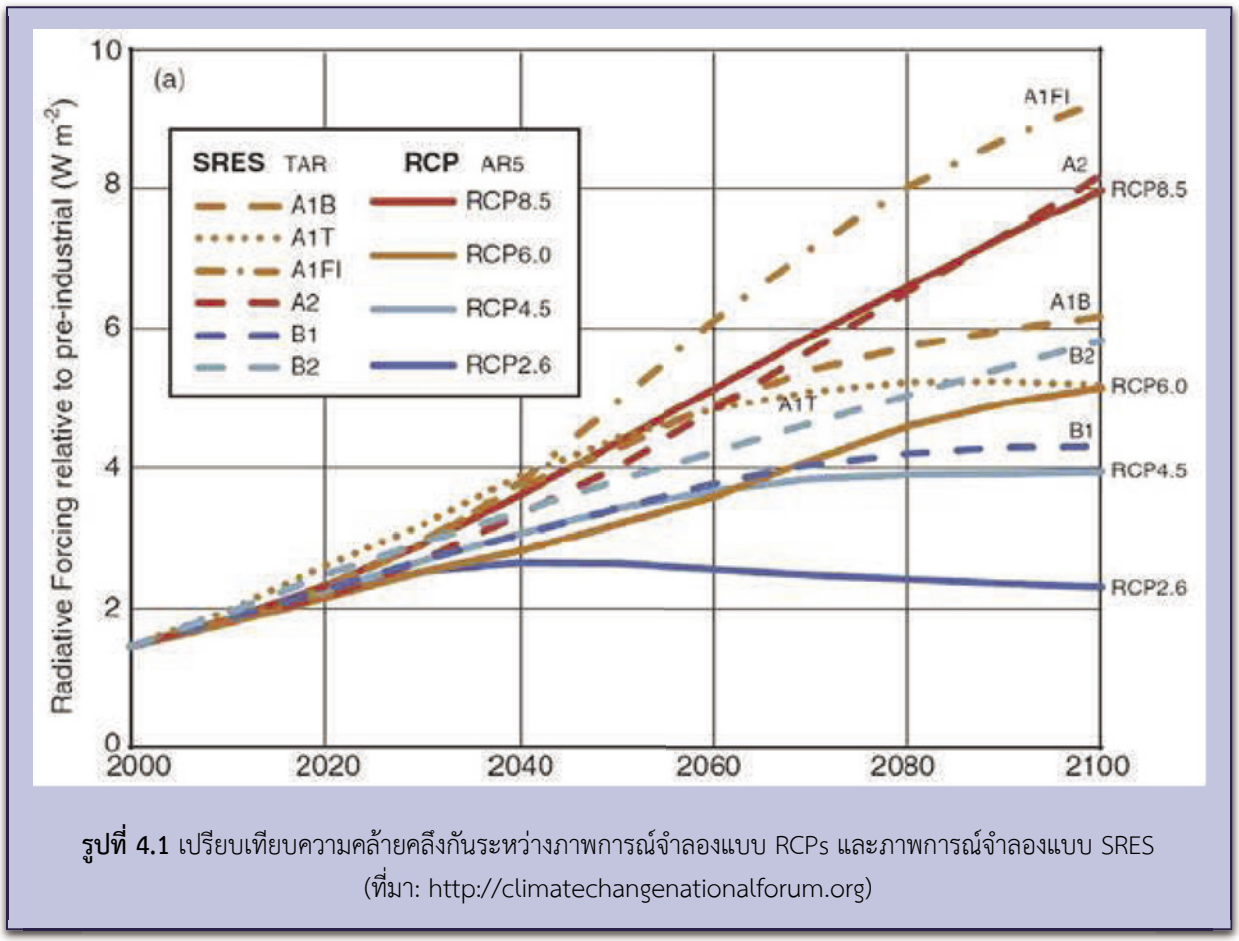
CMIP ระยะที่ 3 หรือ CMIP3 ซึ่งมีชื่ออย่างเป็นทางการ คือ WCRP CMPI3 multi-model dataset รวบรวมภาพการณ์จำลองแรงบังคับภูมิอากาศทั้งอดีตและปัจจุบัน WGCM ได้จัดตั้งกิจกรรมดังกล่าวขึ้นเพื่อให้เกิดการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับการจัดเตรียมรายงานการประเมินครั้งที่ 4 (Fourth Assessment Report; AR4) ของ IPCC โดย CMIP3 เป็นการรวบรวมผลลัพธ์จากแบบจำลองซึ่งประมวลผลโดยใช้แรงบังคับที่สัมพันธ์กับภาพการณ์จำลอง SRES

4.1.2 แบบจำลองภูมิอากาศโลกในระยะล่าสุด

ในเดือนกันยายน ปี ค.ศ.2008 (พ.ศ.2551) ได้มีการบรรลุข้อตกลงร่วมกันของกลุ่มผู้พัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศโลกอนาคตกว่า 20 หน่วยงานทั่วโลก ในการพัฒนาแบบทดลองแบบจำลองภูมิอากาศชุดใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการจัดทำรายงาน AR4 ของ IPCC 2) การปรับปรุงความเข้าใจที่มีต่อภูมิอากาศให้ดีขึ้น และ 3) การให้ข้อมูลเพื่อศึกษาผลที่เป็นไปได้จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคต

CMIP5 รวบรวมผลจากแบบจำลองการทดสอบชุดใหม่ดังกล่าว เพื่อจัดเตรียมรายงานการประเมินครั้งที่ 5 (Fifth Assessment Report; AR5) ของ IPCC ซึ่งภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของภูมิอากาศอนาคตภายใต้ CMIP5 ประกอบด้วย 4 ภาพการณ์หลัก ได้แก่ ภาพการณ์ซึ่งไม่พิจารณาการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และอีก 3 ภาพการณ์ซึ่ง

พิจารณาการลดก๊าซเรือนกระจกในระดับที่แตกต่างกัน ภาพการณ์จำลอง ดังกล่าวกำหนดให้เรียกว่า “Representative Concentration Pathways (RCPs)” หรือวิถีความเข้มข้นตัวอย่าง มีช่วงเวลาเริ่มต้นในปี ค.ศ.2006 (พ.ศ.2549) และสิ้นสุดในปี ค.ศ.2300 (พ.ศ.2843) ค่าที่กำหนดต่อท้าย RCPs แสดงถึงเป้าหมายโดยประมาณในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ของพลังงานความร้อนจากการแผ่รังสี (radiative forcing) เช่น RCP4.5 หมายถึง วิถีความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกซึ่งส่งผลโดยประมาณให้พลังงานความร้อนจากการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) เมื่อเทียบกับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม ทั้งนี้ ความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพการณ์จำลองแบบ RCPs และ SRES แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างภาพการณ์จำลองแบบ RCPs และภาพการณ์จำลองแบบ SRES (ที่มา: http://climatechangenationalforum.org)

ความรับอาบรังสี (irradiance) คือ อัตราซึ่งพลังงานรังสีตกกระทบต่อหน่วยพื้นที่ของผิวรับแสง มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร

แรงบังคับการแผ่รังสี (radiative forcing) หรือ ความร้อนจากการแผ่รังสี หมายถึง ความรับอาบรังสีในทิศทางขึ้น (upward) ที่บริเวณโตรโปพอส (tropopause) จากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบางค่า เช่น การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซดูดกลืนรังสี เป็นต้น ความรับอาบรังสีในทิศทางขึ้นที่บริเวณโตรโปพอส มีค่าเท่ากับผลต่างระหว่างความรับอาบรังสีที่ออกจากและความรับอาบรังสีอาทิตย์ที่เข้าสู่บริเวณนั้น ซึ่งในสภาวะสมดุลมีค่าเท่ากับศูนย์ ถ้าแรงบังคับการแผ่รังสีมีค่าเป็นบวก ความรับอาบรังสีที่เข้ามีค่าสูงกว่าที่ออก จึงมีฟลักซ์ความร้อนสุทธิซึ่งมีค่าเป็นบวกเข้าสู่ระบบบรรยากาศในระดับที่ต่ำกว่าโตรโปพอส ส่งผลให้ภูมิอากาศร้อนขึ้น แรงบังคับการแผ่รังสีที่มีค่าเป็นลบ ส่งผลให้ภูมิอากาศเย็นลง ตัวอย่างแรงบังคับการแผ่รังสีที่มีค่าเป็นบวกนั้น เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากการเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในโตรโปสเฟียร์ ซึ่งลดความรับอาบรังสีคลื่นยาวที่ออกจากบรรยากาศ

วิถีความเข้มข้นตัวอย่าง (Representative Concentration Pathways, RCPs) หมายถึง วิถีของแรงบังคับการแผ่รังสีหรือแรงบังคับการแผ่รังสีในแต่ละปี สัมพัทธ์กับยุคก่อนปฏิวัติอุตสาหกรรม มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามการคาดประมาณของแต่ละวิถี ค่าที่กำหนดต่อท้าย คือ ค่าแรงบังคับการแผ่รังสีที่จะเกิดขึ้นในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ. 2643)

RCP8.5 หมายถึง วิถีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และยังคงเพิ่มต่อไปหลังจากนั้น ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 1,370 ส่วนในล้านส่วน

RCP6.0 หมายถึง วิถีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 6.0 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และมีค่าคงที่หลังจากปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 850 ส่วนในล้านส่วน

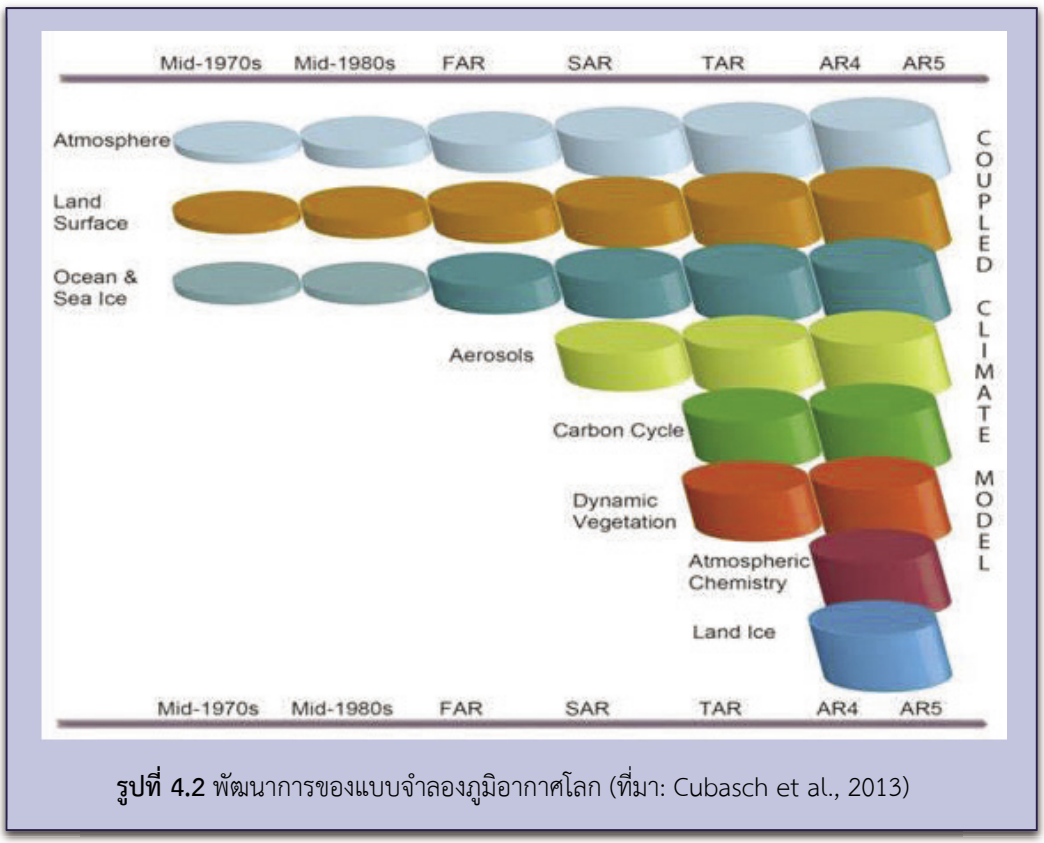
RCP4.5 หมายถึง วิถีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าเท่ากับ 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และมีค่าคงที่หลังจากปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 650 ส่วนในล้านส่วน

RCP2.6 หมายถึง วิถีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าสูงสุดประมาณ 3.0 วัตต์ต่อตารางเมตร ก่อนปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเทียบเท่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สัมพันธ์กันมีค่าประมาณ 490 ส่วนในล้านส่วน และลดลงหลังจากนั้นจนกระทั่งมีค่า 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100

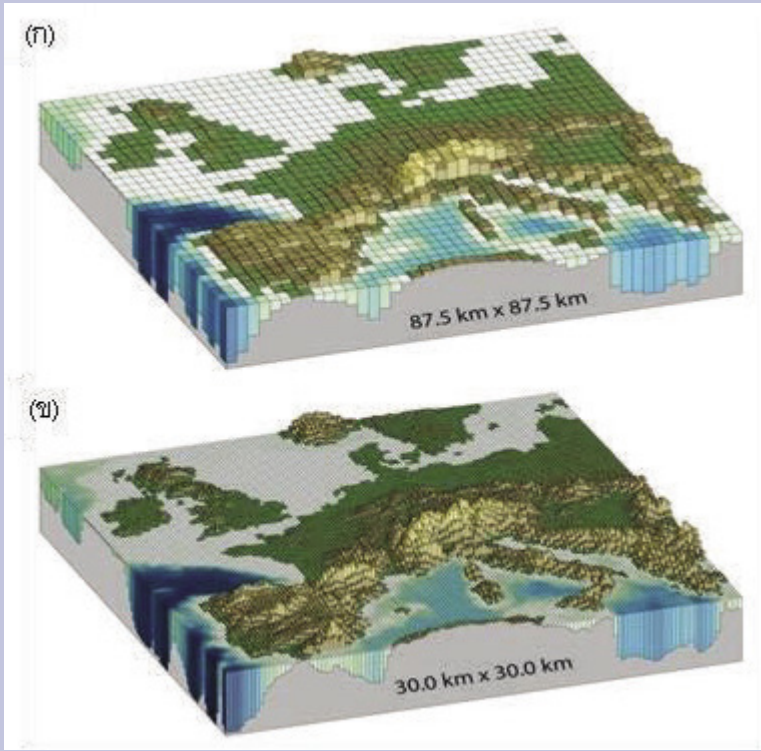
4.1.3 การปรับปรุงพัฒนาความสามารถของแบบจำลองภูมิอากาศโลก

แบบจำลองภูมิอากาศโลก ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วง 35 ปีที่ผ่านมา แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในแต่ละระยะนั้นได้มีการรวมองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องเพิ่มเข้าในแบบจำลอง โดยแต่ละองค์ประกอบ มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นในแต่ละระยะตามระดับความสูงของแผนภาพทรงกระบอกดังรูปที่ 4.2 การพัฒนาแบบจำลองในแต่ละระยะนั้น ยังมีการเพิ่มความละเอียดของภาพจำลองภูมิอากาศและมหาสมุทรทั้งในแนวราบและแนวระดับความสูง ในปัจจุบันได้มีการทดสอบแบบจำลองซึ่งความละเอียดในแนวราบสูงและสูงมาก ดังรูปที่ 4.3

แบบจำลองในปัจจุบัน มีความสามารถในการจำลองรูปแบบอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณพื้นผิวบนพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.99 แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงในระดับหลายองศาเซลเซียสโดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งภูมิประเทศเป็นที่สูง พื้นที่ขอบน้ำแข็งของแอตแลนติกเหนือและบริเวณน้ำผุดในมหาสมุทร (ocean upwelling) ใกล้ศูนย์สูตร (Cubasch et al., 2013) ทั้งนี้ มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองจาก CMIP5 มีความสามารถในการจำลองภูมิอากาศในอดีตได้ในระดับดี เช่น การประเมินความสามารถของแบบจำลองภายใต้ CMIP5 จำนวน 8 แบบจำลอง ในการจำลองอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดบริเวณประเทศจีน โดยพบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงกว่า 0.98 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าการตรวจวัดจาก NCEP reanalysis (Yao et al., 2012) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบนพื้นที่ประเทศจีนในช่วงระหว่างปี ค.ศ.1906 - 2005 (พ.ศ.2449 - 2548) จากการตรวจวัดพบว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวสูงขึ้น 0.84 °C ในช่วงเวลาเดียวกัน แบบจำลองรวมกลุ่ม 25 แบบจำลองจาก CMIP5 สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิได้ใกล้เคียง หรือมีค่าประมาณ 0.77 °C และให้ผลการจำลองที่ดีกว่า CMIP3 (Yan et al., 2013) การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยใช้ข้อมูล 42 การจำลอง จากแบบจำลอง Earth System จำนวน 8 แบบจำลองของ CMIP5 เปรียบเทียบกับข้อมูล reanalysis จากการตรวจวัด 2 ชุดข้อมูล พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยจากแบบจำลองมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.32 °C ต่อทศวรรษ ต่ำกว่าค่าจากการตรวจวัดเล็กน้อย ซึ่งมีค่าประมาณ 0.49 °C ต่อทศวรรษ (Zong-Ci et al., 2013) การทดสอบความสามารถของแบบจำลองภูมิอากาศโลก จำนวน 6 แบบจำลองจาก CMIP5 ในการจำลองปริมาณน้ำฝนและสนามการหมุนเวียน (circulation field) เปรียบเทียบกับค่าจากการตรวจวัดของอุตุนิยมวิทยาอินเดีย และค่าข้อมูล reanalysis จาก NCEP ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบจำลองจาก CMIP5 สามารถให้ผลการจำลองฝนจากมรสุมฤดูร้อนอินเดียที่ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัด โดยสนามการหมุนเวียนที่ 850 และ 200 hPa มีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าข้อมูล reanalysis จาก NCEP (Sarthi et al., 2015) เช่นกัน



รูปที่ 4.2 พัฒนาการของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (ที่มา: Cubasch et al., 2013)



รูปที่ 4.3
แบบจำลองภูมิอากาศโลกความละเอียดแนวราบ (ก) สูง (ข) สูงมาก

ที่มา
(Cubasch et al., 2013)

4.2 การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก

4.2.1 กรอบแนวคิดการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาค สามารถใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกได้โดยตรง แต่แบบจำลองภูมิอากาศโลกมีความละเอียดในแนวราบ (horizontal resolution) ต่ำเกินกว่าที่จะแสดงให้เห็นรายละเอียดที่สำคัญในระดับภูมิภาค ข้อมูลภูมิอากาศภูมิภาคสามารถใช้ข้อมูลจาก i) AOGCMs ii) Stand-alone Global Atmospheric Models (AGCMs) ประมวลผลด้วยความละเอียดสูงกว่า AOGCMs iii) GCM ที่ปรับเปลี่ยนค่าความละเอียดได้ (Variable-Resolution Global Climate Model; VRGCM) และ iv) แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค (Regional Climate Models; RCMs) ซึ่งแบ่งออกเป็นการย่อส่วนด้วยวิธีสถิติและวิธีพลวัตร (statistical และ dynamical downscaling)

รายงาน AR5 ของ IPCC รายงานว่า i) ค่ามัธยฐานของอุณหภูมิมีค่าความเบี่ยงเบนในช่วง -3 °C ถึง 1.5 °C จากการใช้ข้อมูลภูมิภาคของ AOGCMs จาก CMIP5 ในขณะที่ การประมาณหยาดน้ำฟ้า อาจมีค่าความเบี่ยงเบนถึง 100% แต่ทั้งนี้ CMIP5 ยังให้ค่าความเบี่ยงเบนต่ำกว่า CMIP3 ii) AGCMs หรืออาจเรียกว่า การย่อส่วนระดับโลก (global downscaling) นั้นมีความสามารถในการจำลองปริมาณหยาดน้ำฟ้าในภูมิภาคได้ดีขึ้น แต่ AGCMs นั้น ไม่มีการจำลองร่วมกับมหาสมุทร จึงมีข้อจำกัดในการจำลองปรากฏการณ์ซึ่งมีความละเอียดสูงบางลักษณะ เช่น ปรากฏการณ์ที่ผิวมหาสมุทรที่มีอุณหภูมิต่ำ (cold wake) หลังเกิดพายุโซนร้อน เป็นต้น iii) การใช้ VRGCM คือ การใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลกในการจำลองภูมิอากาศเฉพาะภูมิภาคที่พิจารณาโดยการปรับความละเอียดขนาดหน่วยแยกต่าง หรือ stretched grid วิธีการนี้ ไม่มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง แต่ให้ผลลัพธ์ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนใกล้เคียงกับการใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก ที่จำลองด้วยขนาดหน่วยแยกต่างที่เท่ากัน และ iv) แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค ได้รับการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในพื้นที่โดเมนที่กำหนดโดยใช้เงื่อนไขขอบเขตจากผลลัพธ์ของแบบจำลองภูมิอากาศโลกหรือข้อมูล global reanalyses RCMs วิธีการย่อส่วนแบบพลวัตร ได้รับการประยุกต์ใช้มากขึ้นภายหลังจากรายงาน AR4 โดยมีความละเอียดของหน่วยแยกต่างเพิ่มขึ้น รวมถึงการพัฒนากระบวนการและ

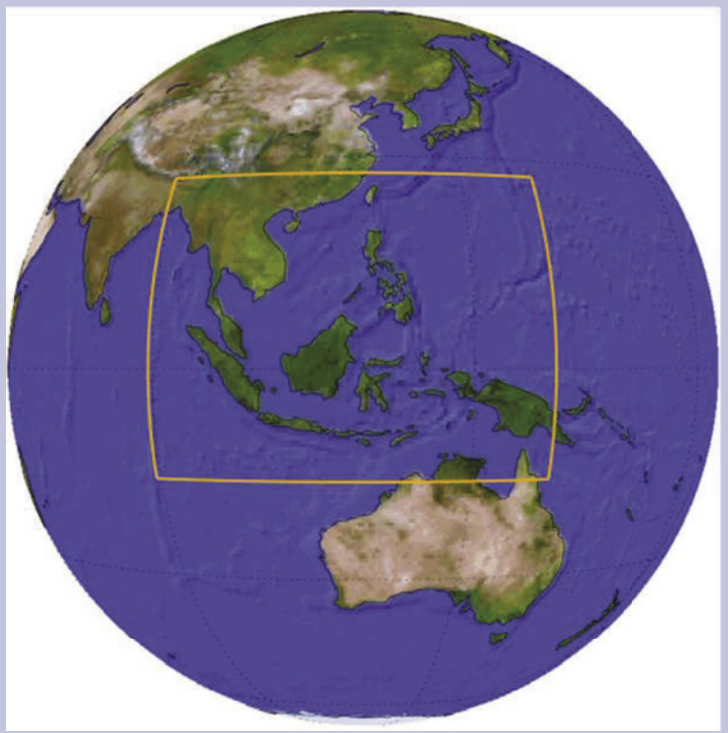
เพิ่มส่วนประกอบภายใน ส่วนวิธีการย่อส่วนแบบสถิติเป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์แบบเอมพิริคัลระหว่างตัวแปรภูมิอากาศซึ่งมีหน่วยแยกต่างขนาดใหญ่เป็นตัวทำนาย (predictor) และตัวแปรภูมิอากาศภูมิภาคหรือท้องถิ่นเป็นตัวถูกทำนาย (predictand) วิธีการนี้ประยุกต์ใช้โดยการกำหนดให้ผลลัพธ์จากแบบจำลองภูมิอากาศ หรือ RCM เป็นตัวทำนาย (Flato et al., 2013)

4.2.2 การพัฒนาการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกในประเทศไทย

ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา สถาบันการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ของประเทศไทย ได้มีโครงการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก เช่น การสร้างภาพจำลองภูมิอากาศในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค ซึ่งเป็นการย่อส่วนด้วยวิธีพลวัตร ครอบคลุมพื้นที่ในลุ่มน้ำโขงตอนล่างโดยเฉพาะพื้นที่ประเทศไทย ลาวและเวียดนาม (Chinvanno and Snidvongs, 2005) การศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS (Providing REgional Climate for Impact Studies) โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 ซึ่งเป็นแบบจำลองจาก CMIP3 และย่อส่วนเพื่อเพิ่มความละเอียดการแสดงผลเชิงพื้นที่ด้วยวิธีพลวัตร ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ SRES A2 และ B2 (ศุภกร ชินวรรโณและคณะ, 2552) การสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย โดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-R30 ซึ่งเป็นแบบจำลองจาก CMIP3 เป็นการย่อส่วนด้วยวิธีสถิติ ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ SRES A2 และ B2 (กัณฑรีย์ บุญประกอบ และคณะ, 2553) การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค MM5-Regional Climate Model (MM5 RCM) โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก Community Climate System Model version 3; CCSM3) เป็นแบบจำลองจาก CMIP3 และเป็นการย่อส่วนด้วยวิธีพลวัตร ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ SRES A2 และ A1B (เจียมใจ เครือสุวรรณ และคณะ, 2553) การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศ ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค RegCM3 โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 เป็นแบบจำลองจาก CMIP3 และเป็นการย่อส่วนด้วยวิธีพลวัตรครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ SRES A2 และ B2 (สิรินทรเทพ เต้าประยูร และคณะ, 2553) การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกจาก CMIP5 ด้วยวิธีสถิติครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทย จำนวน 3 แบบจำลอง ได้แก่ GFDL-ESM2M MPI-ESM-LR และ HadGEM2-ES ภาพการณ์จำลองที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 (จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และคณะ, 2559) เป็นต้น

กิจกรรมการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกในประเทศไทยที่อยู่ระหว่างการดำเนินการในปัจจุบัน คือ การย่อส่วนแบบจำลองจาก CMIP5 จำนวน 2 แบบจำลอง ได้แก่ MPI-ESM-MR และ EC-Earth ปีฐาน ค.ศ.1970–2005 (พ.ศ.2513-2548) ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 และ RCP8.5 ปีอนาคต ค.ศ.2005 – 2100 (พ.ศ.2549 – 2643) ดำเนินการย่อส่วนด้วยวิธีพลวัตร โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค RegCM4 ครอบคลุมพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นโดเมนของ Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX) ที่กำหนดขึ้นใหม่ มีพิกัด 27.26 °N 89.26°E – 14.81°S 146.96°E ดังรูปที่ 4.4 ผลการย่อส่วนมีขนาดกริดหรือหน่วยแยกต่าง 25 กิโลเมตร (จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และคณะ, 2558)

การย่อส่วนที่อยู่ระหว่างการดำเนินการในปัจจุบันดังกล่าวข้างต้นนั้น ดำเนินการภายใต้กรอบความความร่วมมือระหว่าง 5 ประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งได้แก่ มาเลเซีย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และประเทศไทย ภายใต้โครงการ The Southeast Asia Regional Climate Downscaling (SEACLID)/ CORDEX Southeast Asia Project โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก 8 แบบจำลอง แบบจำลองละ 2 ภาพการณ์จำลอง ได้แก่ ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 และ RCP8.5 ในโดเมนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (CORDEX-South East Asia; CORDEX-SEA) ผ่านการทำงานในลักษณะการแบ่งส่วนงานกันระหว่างประเทศในสมาชิก (http://www.ukm.edu.my/seaclid-cordex)



รูปที่ 4.4
โดเมนเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ใช้ในการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกในประเทศไทยในปัจจุบัน และภายใต้โครงการ SEACLID/CORDEX Southeast Asia Project

www.cordex.org

4.3 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต

การคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคต โดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกจาก CMIP5 ด้วยข่ายงานระบบประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งของการย่อส่วนด้วยสถิติ โดยกำหนดให้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นตัวทำนาย และข้อมูลจากการตรวจวัด ณ สถานีตรวจอากาศทั่วประเทศไทยเป็นตัวถูกทำนาย แบบจำลองภูมิอากาศโลกที่ดำเนินการย่อส่วน ได้แก่ GFDL-ESM2M MPI-ESM-LR และ HadGEM2-ES แต่ละแบบจำลองประกอบด้วยภาพการณ์จำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ยกเว้น MPI-ESM-MR ซึ่งไม่พบข้อมูลกรณี RCP6.0 (จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และคณะ, 2559) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาพรวมของประเทศในอนาคตถึงสิ้นศตวรรษ ในรูปแบบค่าเฉลี่ยทั่วประเทศรายสิบปีของค่ารายวัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 – 4.3

ผลการคาดประมาณการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในอนาคตจากแบบจำลองดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

- อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด โดยเฉลี่ยทั่วประเทศ มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลอง บนหลักฐานที่สอดคล้องกันนี้ ระดับความมั่นใจต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในอนาคต ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับปานกลาง
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในทศวรรษสุดท้ายของศตวรรษที่ 21 จากภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ของแบบจำลอง GFDL-ESM2M MPI-ESM-LR และ HadGEM2-ES เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1951–2011 (พ.ศ.2494– 2554) มีค่าสูงขึ้นประมาณ 1.43 °C 3.68 °C และ 4.77 °C ตามลำดับ
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลอง GFDL-ESM2M MPI-ESM-LR และ HadGEM2-ES ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากการตรวจวัดในช่วงปี ค.ศ.1951–2011 ประมาณ 1.67 °C 3.98 °C และ 4.82 °C ตามลำดับ (รูปที่ 4.5–รูปที่ 4.7)
- ภาพการณ์จำลอง RCP 8.5 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า RCP4.5 และ RCP6.0 จากสมมติฐานความเข้มข้นก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่สูงกว่าภาพจำลองอื่น

- ปริมาณน้ำฝน มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลอง บนหลักฐานที่สอดคล้องกันนี้ ระดับความมั่นใจต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในอนาคต ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับปานกลาง
- ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทยเมื่อสิ้นศตวรรษที่ 21 จากทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลอง มีค่าสูงเกินค่าเฉลี่ยระยะยาวในช่วงปี ค.ศ.1951 – 2011 (พ.ศ.2494 – 2554) กว่า 200 มิลลิเมตร
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั่วพื้นที่ของประเทศไทยจากแบบจำลอง GFDL-ESM2M MIP-ESM-LR และ HadGEM2-ES มีค่าประมาณ 1,837 2,107 และ 2,061 มิลลิเมตร ตามลำดับ
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ปริมาณน้ำฝนภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ของทั้งสามแบบจำลอง มีค่าเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ยระยะยาว ประมาณ 233 502 และ 456 มิลลิเมตร โดยปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว สอดคล้องกับรายงาน AR5 ของ IPCC ที่รายงานว่าปริมาณหยาดน้ำฟ้าจะเพิ่มขึ้นตามค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกที่เพิ่มขึ้น
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดรายวันจากแบบจำลอง ESM2M MPI-ESM-LR และ HadGEM2-ES ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยระยะยาวในช่วงปี ค.ศ.1951 – 2011 (พ.ศ.2494 – 2554) ประมาณ -0.80 °C 2.12 °C และ 2.30 °C ตามลำดับ
- ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีอาทิตย์และความเร็วลม มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่ำอย่างไม่มีนัยสำคัญทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลอง
- ความชื้นสัมพัทธ์มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงต่ำในทุกแบบจำลอง แต่ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันที่มีค่าสูงขึ้นนั้นอาจส่งผลให้ความชื้นสัมบูรณ์ในบรรยากาศมีค่าเพิ่มขึ้น
- ผลการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งสามแบบจำลองและทุกภาพการณ์จำลอง พบว่าพื้นที่ทั่วประเทศในอนาคตจะมีแนวโน้มจำนวนวันที่อากาศร้อนหรือวันที่มีอุณหภูมิระหว่าง 35 – 40 °C เพิ่มขึ้น
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) แบบจำลอง HadGEM2-ES ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีสัดส่วนพื้นที่กว่า 30% ที่มีจำนวนวันที่อากาศร้อน
- ผลการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งสามแบบจำลองและทุกภาพการณ์จำลอง พบว่า พื้นที่ทั่วประเทศในอนาคตจะมีแนวโน้มจำนวนวันที่อากาศหนาวหรือวันที่มีอุณหภูมิระหว่าง 8.0 – 15.9 °C ลดลง
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) แบบจำลอง GFDL-ESM2M ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีสัดส่วนพื้นที่ต่ำกว่า 1% ที่มีจำนวนวันที่อากาศหนาว
- ผลการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งสามแบบจำลองและทุกภาพการณ์จำลอง พบว่า พื้นที่ทั่วประเทศในอนาคต จะแนวโน้มมีจำนวนวันที่อากาศเย็นหรือวันที่มีอุณหภูมิระหว่าง 16.0–22.9 °C ลดลง
- ในช่วงทศวรรษสุดท้ายของศตวรรษที่ 21 แบบจำลอง HadGEM2-ES ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ให้ผลการคาดประมาณสัดส่วนพื้นที่ซึ่งมีจำนวนวันที่อากาศเย็นต่ำกว่า 3%
- ผลการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งสามแบบจำลองและทุกภาพการณ์จำลอง พบว่า พื้นที่ทั่วประเทศในอนาคต จะมีแนวโน้มจำนวนวันที่ไม่มีปริมาณน้ำฝน หรือฝนวัดจำนวนไม่ได้ หรือมีปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ยกเว้นแบบจำลอง GFDL-ESM2M ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 และแบบจำลอง HadGEM2-ES ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP6.0 ซึ่งมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย
- สัดส่วนพื้นที่และจำนวนวันที่ไม่มีปริมาณน้ำฝนของทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลองที่พิจารณา มีการกระจายข้อมูลรอบเส้นแนวโน้มค่อนข้างสูง แม้ว่าในภาพรวมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก็ตาม
- ผลการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้งสามแบบจำลองและทุกภาพการณ์จำลอง พบว่า พื้นที่ทั่วประเทศในอนาคต จะมีแนวโน้มจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนเล็กน้อยหรือฝนเล็กน้อย หรือ วันที่มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 0.1 – 10 มิลลิเมตร ลดลง ยกเว้นแบบจำลอง GFDL-ESM2M ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP6.0 ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย
- แบบจำลอง MPI-ESM-LR ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีแนวโน้มจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนเล็กน้อย ลดลงมากกว่าแบบจำลองและภาพการณ์จำลองอื่น ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) มีสัดส่วนพื้นที่ต่ำกว่า 51% ซึ่งต่ำกว่าแบบจำลองและภาพการณ์จำลองอื่น

- ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้พื้นที่ทั่วประเทศในอนาคตมีจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนปานกลางหรือวันที่มีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 10.1 – 35.0 มิลลิเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันมีจำนวนวันที่มีปริมาณน้ำฝนเล็กน้อยมีแนวโน้มลดลง
- ในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) แบบจำลอง MPI-ESM-LR ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 มีสัดส่วนพื้นที่สูงกว่า 25% ที่มีจำนวนวันที่ปริมาณน้ำฝนปานกลาง ซึ่งสูงกว่าแบบจำลองอื่น

ตารางที่ 4.1 การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GFDL-ESM2M

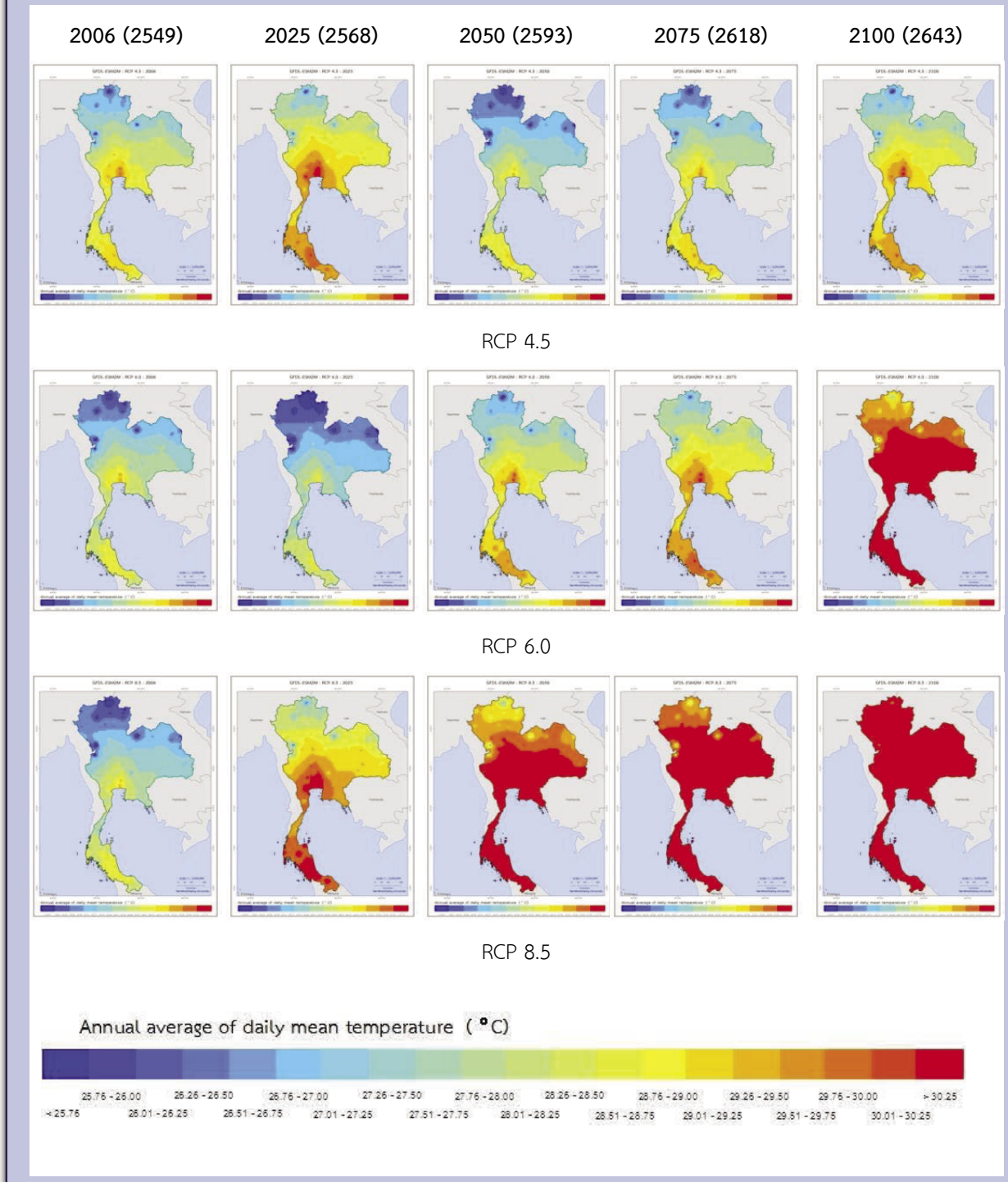
ช่วงปี	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุด	ความดันบรรยากาศ	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า	ความชื้นสัมพัทธ์	รังสีอาทิตย์	ความเร็วลม
	(°C)	(°C)	(°C)	(hPa)	(mm)	(%)	(MJ/m^2/d)	(m/s)
RCP4.5								
2011-2020	28.88	26.06	23.32	1,009.33	1,812.95	73.85	13.08	10.18
2021-2030	29.03	26.24	23.54	1,009.22	1,863.74	73.76	13.02	10.03
2031-2040	29.11	26.30	23.60	1,009.37	1,843.97	73.79	13.02	10.15
2041-2050	29.20	26.46	23.81	1,009.42	1,861.23	73.69	12.94	10.13
2051-2060	29.73	26.87	24.10	1,009.31	1,815.84	73.75	13.02	10.13
2061-2070	29.58	26.78	24.08	1,009.32	1,944.98	73.71	12.95	10.19
2071-2080	29.82	26.97	24.21	1,009.32	1,803.94	73.76	12.99	10.17
2081-2090	29.66	26.92	24.30	1,009.29	1,979.90	73.65	12.86	10.19
2091-2100	29.61	26.76	24.04	1,009.32	1,859.81	73.81	13.02	10.16
RCP6.0								
2011-2020	29.03	26.22	23.48	1,009.38	1,793.63	73.72	13.04	10.07
2021-2030	28.70	26.02	23.45	1,009.36	1,951.84	73.67	12.89	10.19
2031-2040	29.14	26.40	23.75	1,009.38	1,838.55	73.66	12.93	10.12
2041-2050	28.96	26.28	23.71	1,009.40	1,900.84	73.58	12.87	10.18
2051-2060	29.24	26.49	23.82	1,009.36	1,867.87	73.61	12.93	10.21
2061-2070	29.50	26.78	24.13	1,009.32	1,834.58	73.77	12.86	10.20
2071-2080	29.85	27.12	24.48	1,009.30	1,944.63	73.65	12.81	10.20
2081-2090	29.80	27.09	24.48	1,009.32	1,885.65	73.63	12.80	10.21
2091-2100	29.86	27.17	24.56	1,009.27	1,925.51	73.65	12.78	10.20
RCP8.5								
2011-2020	28.88	26.10	23.41	1,009.41	1,875.43	73.74	13.01	10.14
2021-2030	29.11	26.37	23.71	1,009.39	1,875.12	73.67	12.93	10.15
2031-2040	29.15	26.48	23.92	1,009.37	1,946.48	73.54	12.83	10.16
2041-2050	29.71	26.93	24.23	1,009.28	1,839.15	73.78	12.91	10.11
2051-2060	29.74	27.04	24.42	1,009.30	1,874.92	73.58	12.80	10.24
2061-2070	30.38	27.64	24.97	1,009.36	1,849.20	73.59	12.77	10.25
2071-2080	30.34	27.61	24.98	1,009.29	1,894.74	73.59	12.77	10.20
2081-2090	30.70	28.01	25.41	1,009.24	1,947.81	73.62	12.67	10.31
2091-2100	31.34	28.59	25.91	1,009.27	1,896.31	73.69	12.68	10.30

ตารางที่ 4.2 การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก MPI-ESM-LR

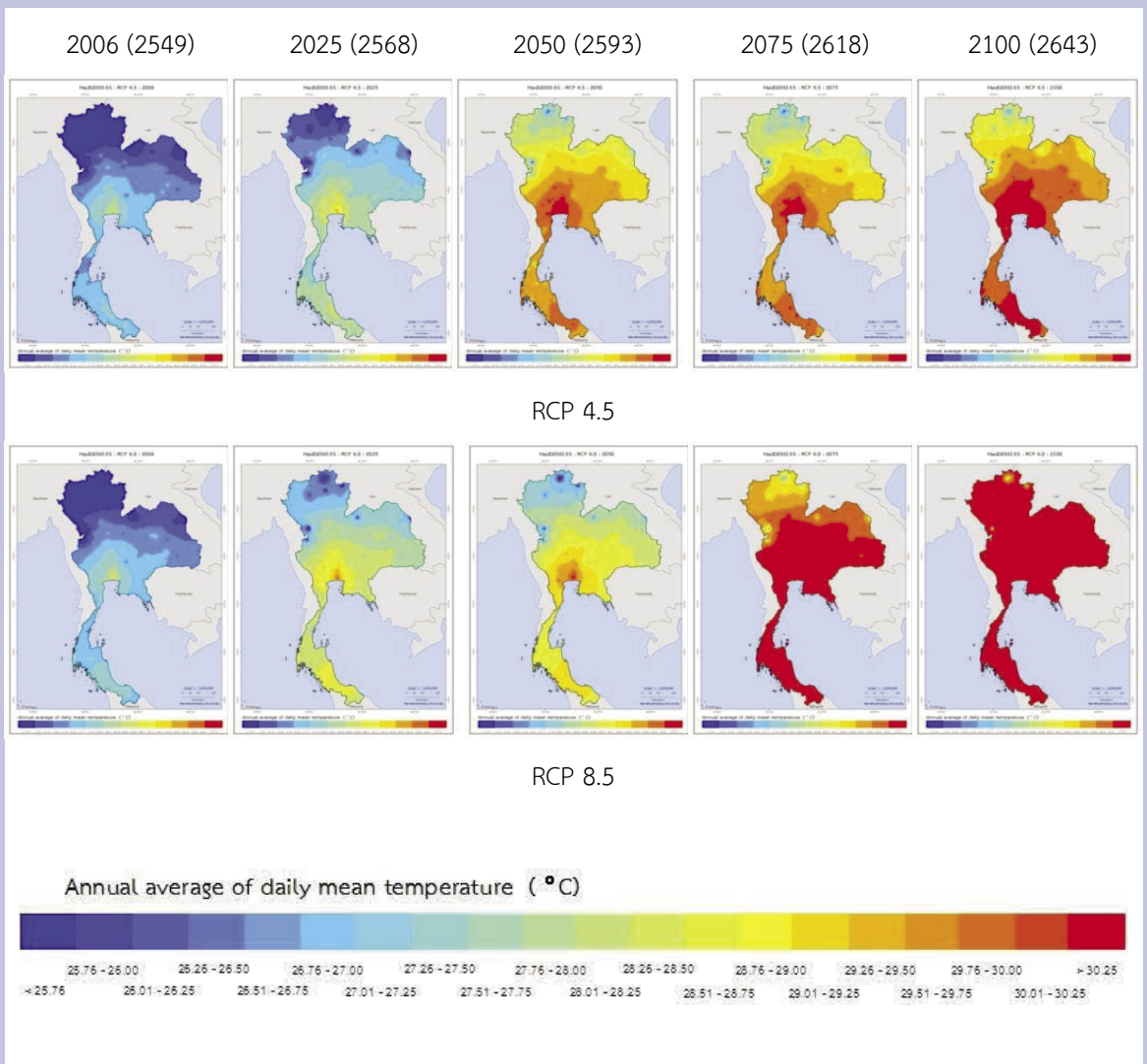
ช่วงปี	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุด	ความดันบรรยากาศ	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า	ความชื้นสัมพัทธ์	รังสีอาทิตย์	ความเร็วลม
	(°C)	(°C)	(°C)	(hPa)	(mm)	(%)	($MJ/m^2/d$)	(m/s)
RCP4.5								
2011-2020	30.77	27.28	24.65	1,009.77	1,947.57	73.94	13.76	10.43
2021-2030	30.77	27.34	24.78	1,009.66	2,028.12	73.99	13.69	10.39
2031-2040	31.14	27.73	25.18	1,009.65	2,024.52	73.90	13.62	10.49
2041-2050	31.29	27.84	25.25	1,009.68	1,955.74	74.02	13.65	10.39
2051-2060	31.77	28.26	25.65	1,009.58	1,980.66	73.90	13.64	10.40
2061-2070	31.80	28.31	25.68	1,009.73	1,931.30	73.89	13.61	10.43
2071-2080	31.50	28.12	25.61	1,009.57	2,144.89	74.11	13.52	10.46
2081-2090	31.78	28.33	25.76	1,009.64	2,051.58	73.96	13.57	10.46
2091-2100	31.60	28.21	25.69	1,009.65	2,070.64	74.01	13.53	10.50
RCP6.0								
2011-2020								
2021-2030								
2031-2040								
2041-2050								
2051-2060								
2061-2070								
2071-2080								
2081-2090								
2091-2100								
RCP8.5								
2011-2020	31.02	27.52	24.91	1,009.58	2,019.93	73.93	13.71	10.33
2021-2030	30.99	27.55	24.99	1,009.66	2,017.13	74.01	13.64	10.39
2031-2040	31.09	27.70	25.19	1,009.68	2,053.74	74.05	13.58	10.42
2041-2050	31.45	28.05	25.51	1,009.65	2,027.48	74.00	13.54	10.49
2051-2060	32.08	28.71	26.19	1,009.63	2,105.34	73.88	13.40	10.57
2061-2070	32.53	29.12	26.57	1,009.52	2,082.11	73.63	13.40	10.56
2071-2080	33.02	29.64	27.12	1,009.63	1,685.01	73.73	13.29	10.47
2081-2090	33.61	30.24	27.70	1,009.65	2,100.45	73.72	13.22	10.59
2091-2100	34.23	30.84	28.30	1,009.63	2,101.93	73.63	13.16	10.65

ตารางที่ 4.3 การคาดประมาณภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทยในช่วงเฉลี่ยรายสิบปีของค่ารายวันจากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก HadGEM2-ES

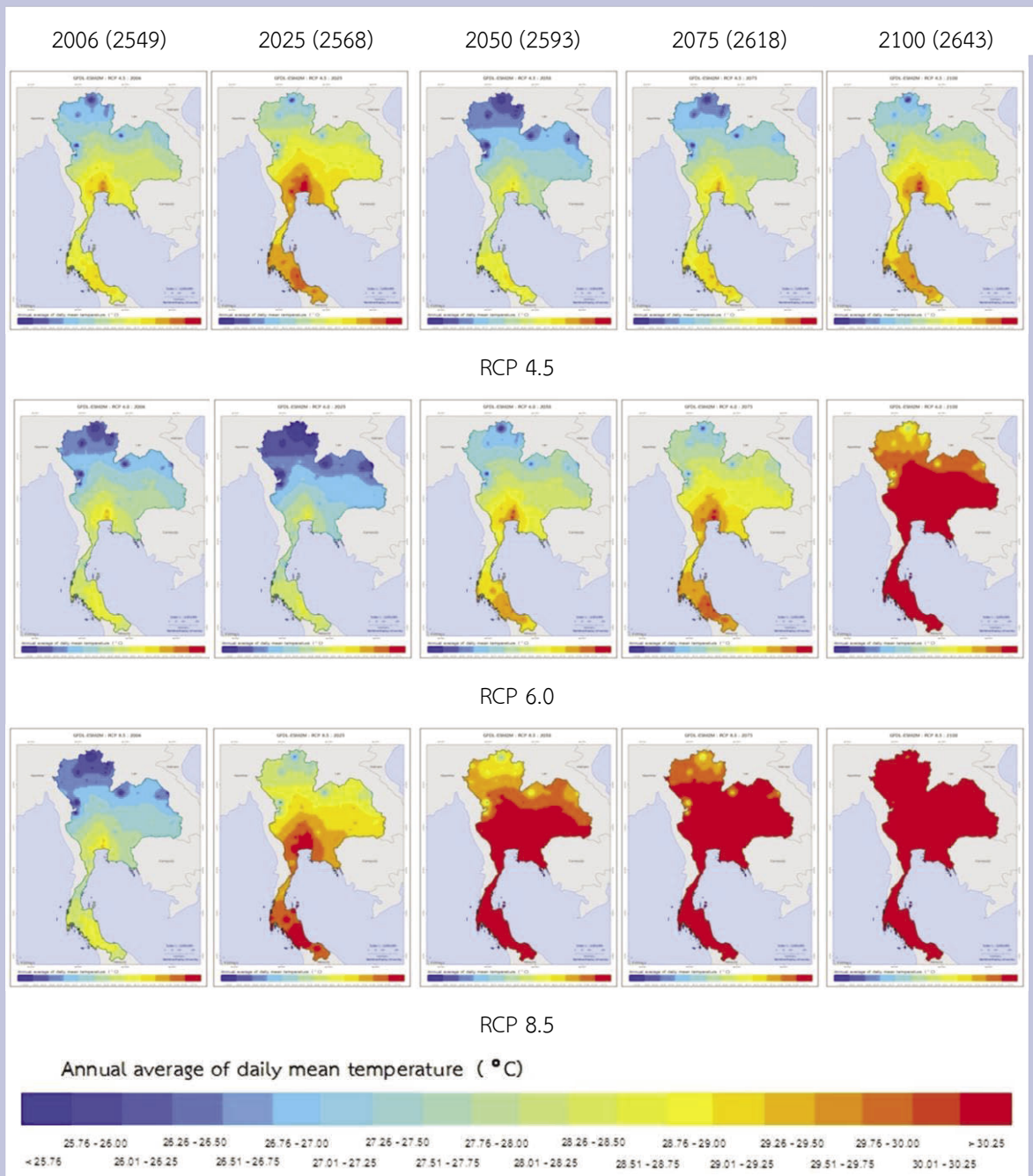
ช่วงปี	อุณหภูมิสูงสุด	อุณหภูมิเฉลี่ย	อุณหภูมิต่ำสุด	ความดันบรรยากาศ	ปริมาณหยาดน้ำฟ้า	ความชื้นสัมพัทธ์	รังสีอาทิตย์	ความเร็วลม
	(°C)	(°C)	(°C)	(hPa)	(mm)	(%)	(MJ/m^2/d)	(m/s)
RCP4.5								
2011-2020	30.65	27.72	24.95	1,009.15	2,007.63	73.41	12.94	10.10
2021-2030	30.74	27.90	25.19	1,009.10	2,046.83	73.45	12.83	10.11
2031-2040	31.13	28.28	25.57	1,009.08	2,083.29	73.36	12.80	10.12
2041-2050	31.49	28.65	25.96	1,009.05	2,087.08	73.43	12.73	10.12
2051-2060	31.67	28.90	26.30	1,009.05	2,179.94	73.47	12.61	10.18
2061-2070	31.94	29.15	26.49	1,009.18	2,125.27	73.40	12.63	10.19
2071-2080	32.01	29.21	26.53	1,009.11	2,140.73	73.38	12.63	10.18
2081-2090	32.22	29.43	26.77	1,009.06	2,101.42	73.40	12.60	10.18
2091-2100	32.37	29.57	26.90	1,008.98	2,161.39	73.29	12.60	10.16
RCP6.0								
2011-2020	30.43	27.59	24.88	1,009.30	2,027.43	73.33	12.87	10.11
2021-2030	30.64	27.81	25.11	1,009.08	2,119.45	73.46	12.83	10.10
2031-2040	30.82	28.02	25.36	1,009.21	2,133.81	73.40	12.77	10.10
2041-2050	31.03	28.19	25.49	1,009.17	2,084.83	73.46	12.78	10.14
2051-2060	31.82	28.92	26.18	1,009.12	1,954.11	73.34	12.78	10.10
2061-2070	32.07	29.22	26.53	1,009.20	1,987.98	73.37	12.68	10.14
2071-2080	32.31	29.50	26.83	1,009.06	2,065.55	73.32	12.62	10.10
2081-2090	32.67	29.85	27.21	1,009.12	2,114.16	73.24	12.58	10.22
2091-2100	33.15	30.31	27.62	1,009.20	2,097.10	73.20	12.56	10.19
RCP8.5								
2011-2020	30.60	27.71	24.95	1,009.19	2,005.60	73.35	12.91	10.09
2021-2030	30.93	28.04	25.31	1,009.18	2,007.07	73.42	12.87	10.15
2031-2040	31.37	28.51	25.79	1,009.12	2,070.21	73.29	12.78	10.16
2041-2050	31.98	29.11	26.42	1,009.03	2,101.30	73.34	12.71	10.16
2051-2060	32.68	29.80	27.08	1,009.06	2,042.67	73.34	12.65	10.14
2061-2070	32.87	30.08	27.44	1,009.07	2,135.94	73.24	12.52	10.24
2071-2080	33.62	30.81	28.17	1,008.92	2,164.01	73.17	12.47	10.25
2081-2090	34.14	31.36	28.75	1,008.86	2,158.19	73.14	12.39	10.31
2091-2100	34.74	31.93	29.32	1,008.96	2,119.61	73.05	12.36	10.38



รูปที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-GFDL-ESM2M



รูปที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-MPI-ESM-LR



รูปที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของประเทศไทยในอนาคต จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก GCM-HadGEM2-ES

4.4 สรุป

การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มต้นขึ้นในทศวรรษที่ 1980s โดยกลุ่มนักวิทยาศาสตร์หลายกลุ่มซึ่งมีความร่วมมือจากบุคคลนอกกลุ่มไม่มากนัก เนื่องจากข้อจำกัดด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์และความสามารถการถ่ายโอนข้อมูล ในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) คณะทำงานด้านแบบจำลองร่วม ภายใต้หน่วยงานวิจัยภูมิอากาศโลก ได้ก่อตั้งโครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม (Couple Model Intercomparison Project; CMIP) และได้พัฒนาต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันซึ่งเป็นโครงการในระยะที่ 5 หรือ CMIP5 ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตภายใต้ CMIP5 กำหนดให้เรียกว่า “Representative Concentration Pathways” (RCPs) หรือวิถีความเข้มข้นตัวอย่าง มีช่วงเวลาเริ่มต้นในปี ค.ศ.2006 (พ.ศ.2549) และสิ้นสุดในปี ค.ศ.2300 (พ.ศ.2843) ทั้งนี้ แบบจำลองภูมิอากาศโลกได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วง 35 ปีที่ผ่านมา และในปัจจุบันมีการเพิ่มความละเอียดของภาพจำลองภูมิอากาศและมหาสมุทรทั้งในแนวราบและแนวระดับความสูง โดยแบบจำลองในปัจจุบัน มีความสามารถในการจำลองรูปแบบอุณหภูมิเฉลี่ยบริเวณพื้นผิวบนพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงถึง 0.99 แต่ยังมีความคลาดเคลื่อนสูงในระดับหลายองศาเซสเซียส โดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งภูมิประเทศเป็นที่สูง พื้นที่ขอบน้ำแข็งของแอตแลนติกเหนือ และบริเวณน้ำผุดในมหาสมุทร (ocean upwelling) ใกล้ศูนย์สูตร ความสามารถในการจำลองปริมาณน้ำฝน เปรียบเทียบกับค่าจากการตรวจวัด พบว่า สามารถให้ผลการจำลองฝนจากมรสุมฤดูร้อนอินเดียที่ใกล้เคียงค่าจากการตรวจวัด

การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก เพื่อให้มีความละเอียดในแนวราบสูงขึ้นในระดับที่สามารถประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการศึกษาผลกระทบ การปรับตัวและความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดำเนินการได้โดยแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค ซึ่งประกอบด้วยวิธีการย่อส่วนแบบพลวัตรและวิธีการย่อส่วนแบบสถิติ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยได้ทำการวิจัยด้านการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลกอย่างต่อเนื่องโดยประยุกต์ใช้วิธีการทั้งแบบพลวัตรและสถิติ ในปัจจุบันได้มีการขยายกรอบความร่วมมือการย่อส่วนในระหว่างประเทศสมาชิกในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ภายใต้โครงการ SEACLID/CORDEX Southeast Asia Project

การย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก เพื่อให้ได้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตครอบคลุมพื้นที่ประเทศไทยล่าสุดนั้น ดำเนินการย่อส่วนด้วยข่ายงานระบบประสาทเทียมซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการย่อส่วนด้วยสถิติ โดยย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบจำลอง จาก CMIP5 ได้แก่ GCM-GFDL-ESM2M GCM-MPI-ESM-LR และ GCM-HadGEM2-ES ประกอบด้วยภาพการณ์จำลอง 3 รูปแบบ ได้แก่ RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 ในช่วงปี ค.ศ.2006–2100 (พ.ศ.2549–2643) มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 กิโลเมตร x 10 กิโลเมตร และความละเอียดเชิงเวลาเป็นค่ารายวัน โดยภูมิอากาศในอนาคตของประเทศไทยในปี ค.ศ.2100 จากการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก พบว่า ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยทั่วประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทุกแบบจำลองและภาพการณ์จำลอง บนหลักฐานที่สอดคล้องกันนี้ระดับความมั่นใจต่อการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในอนาคต ถูกประเมินว่าอยู่ในระดับปานกลาง โดยค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันภายใต้ RCP8.5 จาก GCM-GFDL-ESM2M GCM-MPI-ESM-LR และ GCM-HadGEM2-ES มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาวประมาณ 1.67 °C 3.98 °C และ 4.82 °C ตามลำดับ และในปีเดียวกัน ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันภายใต้ RCP4.5 ของทั้งสามแบบจำลองมีค่าเปลี่ยนแปลงจากค่าเฉลี่ยระยะยาว ประมาณ -0.63 °C 1.71 °C และ 2.07 °C ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

1. กัณฑรีย์ บุญประกอบ, จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรัญญู วงษ์เสรี, กัมพล พรหมจิระประวัติ, พัชมณ แก้วแพรก, สิริวรินทร์ เพชรรัตน์, ยอด สุขะมงคล, มนชัย ชอบธรรม, นิพัทธ์ ส้มกลีบ ปวันรัตน์ อักษรสิงห์ชัย, ขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย และทรงศักดิ์ ช่วยบำรุง 2553. การสร้างภาพจำลองของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยการย่อส่วนแบบจำลองภูมิอากาศโลก. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
2. จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, กัณฑรีย์ บุญประกอบ, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรัญญู วงษ์เสรี, ปัทมา สิงหรักษ์, กัมพล พรหมจิระประวัติ, ยอด สุขะมงคล, ประหยัด เลวัน, มนชัย ชอบธรรม, ทรงศักดิ์ ช่วยบำรุง, ขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย และอนุสรณ์ สาตยวงค์ 2558. การพัฒนาศักยภาพการวิจัยด้านแบบจำลองภูมิอากาศท้องถิ่นและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย. รายงานความก้าวหน้า เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
3. จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์, สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์, ชิษณุชา บุดดาบุญ, จารุทัศน์ สันติสิริสมบูรณ์, วรัญญู วงษ์เสรี, ยอด สุขะมงคล, เบญจมาส รสโสภา, ขวัญฤทัย ศรีแสงฉาย, ประหยัด เลวัน, มนชัย ชอบธรรม และทรงศักดิ์ ช่วยบำรุง 2559. การลดขนาดแบบจำลองภูมิอากาศโลกเพื่อการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
4. เจียมใจ เครือสุวรรณ, ชาคริต โชติอมรศักดิ์, อรวรรณ วิรัลห์เวชวันต์, ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล, ธีรชัย อำนวยล้อเจริญ และปิยะผ่านศึก 2553. การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทยด้วยแบบจำลองภูมิอากาศท้องถิ่น MM5. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
5. ศุภกร ชินวรรโณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และจุฑาทิพย์ ธนกิตติ์เมธาวุฒิ 2552. การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสาหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2552.
6. สิรินทรเทพ เต้าประยูร, เกษมสันต์ มโนมัยพิบูลย์, เมกา ออกทาเวียอานี และกฤตนัย ต่อศรี 2553. การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาค RegCM 3 สำหรับประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
7. Chinvanno S., and A. Snidvongs A. 2005. The study of future climate changes impact on water resources and rain-fed agriculture production. Proceeding of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Worksnop, Vientien, Lao PDR, 29 – 30 July 2004.SEA START RC. Technical Report No. 13: 113 pp.
8. Cubasch U., D. Wuebbles, D. Chen, M.C. Facchini, D. Frame, N. Mahowald, and J.-G. Winther. 2013: Introduction. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
9. Covey C., K.M. AchutaRao., U. Cubasch., P. Jones., S.J. Lambert., M.E., Mann, T.J. Phillips, and K. E. Taylor. 2003. An Overview of results from the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). Global and Planetary Change, 37, 103-133.
10. Flato G., J. Marotzke, B. Abiodun, P. Braconnot, S.C. Chou, W. Collins, P. Cox, F. Driouech, S. Emori, V. Eyring, C. Forest, P. Gleckler, E. Guilyardi, C. Jakob, V. Kattsov, C. Reason and M. Rummukainen. 2013: Evaluation of Climate Models. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
11. Yan G., D. Wen-Jie, R. Fu-Min, Z. Zong-Ci, and H. Jian-Bin. 2013. Surface air temperature simulations over China with CMIP5 and CMIP3. Advances in Climate Change Research, 4(3), 145-152.
12. Hansen J., M. Sato, A. Lacis, and R. Ruedy. 1997: The missing climate forcing. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B, 352, 231-240. http://cmip-pcmdi.llnl.gov/ http://www.ukm.edu.my/seaclid-cordex
13. Meehl G. A. 1995: Global coupled general circulation models. Bull. Amer. Meteor. Soc., 76, 951–957.
14. Meehl G. A., G. J. Boer, C. Covey, M. Latif, and R.J. Stouffer. 1997: Intercomparison makes for a better climate model. Eos, Trans. Amer. Geophys. Union, 78, 445–446, 451.
15. Sarthi P. P., S. Ghosh, and P. Kumar. 2015. Possible future projection of Indian Summer Monsoon Rainfall (ISMR) with the evaluation of model performance in Coupled Model Inter-comparison Project Phase 5 (CMIP5). Global and Planetary Change, 129, 92-106.
16. Yao Y., L. Yong, and H. Jian-Bin. 2012. Evaluation and projection of temperature extremes over China based on CMIP5 model. Advances in Climate Change Research, 3(4), 179-185.
17. Zong-Ci, Z., L. Yong, and H. Jian-Bin. 2013. A review on evaluation methods of climate modeling. Advances in Climate Change Research, 4 (3), 137-144.

บทที่ 5

ความแปรปรวนของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

Climate Variations in Southeast Asia and their Future Changes

ดร.สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์

สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน

วิธีอ้างอิง

สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์, 2559: ความแปรปรวนภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปลี่ยนแปลงในอนาคต. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้และข้อมูลข่าวสารปัจจุบันด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

ความแปรปรวนของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

5.1 บทนำ	90
5.2 มรสุมโลก	90
5.3 มรสุมเอเชีย-ออสเตรเลีย	91
5.4 แนวร่องความกดอากาศต่ำ	94
5.5 ปรากฏการณ์ Madden-Julian Oscillation (MJO)	95
5.6 โหมดความแปรปรวนในมหาสมุทรอินเดีย	95
5.7 ปรากฏการณ์ El Nino-Southern Oscillation (ENSO)	96
5.8 การเปลี่ยนแปลงในอนาคตของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	98
5.9 สรุป	100

เอกสารอ้างอิง

5.1 บทนำ

สภาพภูมิอากาศในระดับภูมิภาค เป็นผลลัพธ์จากปฏิสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่างๆ ของบรรยากาศซึ่งรวมถึงผลจากการตอบสนองต่อปรากฏการณ์หลักที่มีอิทธิพลสูง เช่น ENSO และโหมดบรรยากาศหลักที่มีผลต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทั้งนี้ พลศาสตร์ของบรรยากาศในภูมิภาค เกิดจากระบบภูมิอากาศในระดับท้องถิ่นซึ่งควบคุมการเคลื่อนตัวของความร้อน ความชื้นและโมเมนตัมในระดับภูมิภาค

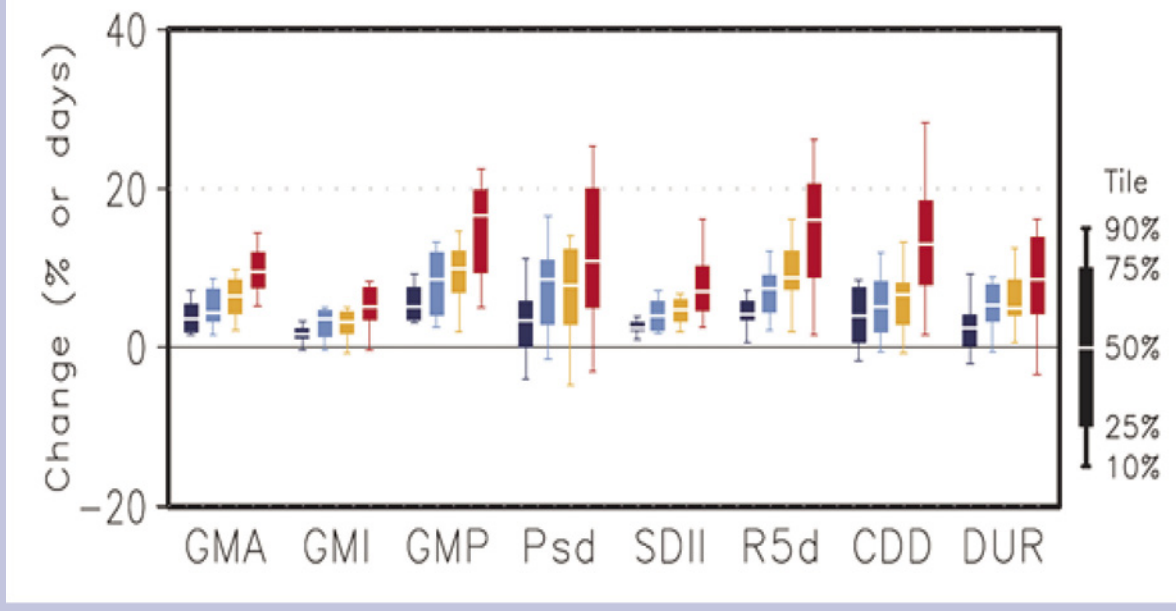
บทนี้ นำเสนอความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ทำการประมวลและสังเคราะห์ผลจากบทความวิชาการ ที่ได้ศึกษาถึงภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงของลักษณะและพฤติกรรมของตัวแปรบรรยากาศที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวแปรที่เชื่อมโยงกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และผูกโยงกับอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการประมวลและสังเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงในอนาคตของปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้ อาศัยผลการศึกษาจากภาพการณ์จำลองที่ได้จากแบบจำลองภายใต้ CMIP3 และ CMIP5 และความรู้ความเข้าใจต่อกระบวนการทางธรรมชาติของปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ที่ได้จากแบบจำลอง รวมทั้งนำเนื้อหาในรายงานประเมินฉบับที่ 5 ของ IPCC มาพิจารณาประกอบ

5.2 มรสุมโลก

มรสุม เป็นปรากฏการณ์ภูมิอากาศตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นตามฤดูกาลและมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเกิดฝนของแต่ละภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่งภูมิภาคในเขตร้อนชื้น อย่างไรก็ตาม คุณลักษณะของฝนที่ตกภายใต้อิทธิพลของมรสุมเอเชีย-ออสเตรเลีย มรสุมอเมริกา และมรสุมแอฟริกา เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วมักหมายถึง ระบบบูรณาการมรสุมโลก ซึ่งเชื่อมโยงและปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการหมุนเวียนของบรรยากาศโลก (Trenberth et al., 2000) ฝนมรสุมที่ตกลงบนแผ่นดินของโลกมีแนวโน้มลดลงในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษที่ผ่านมา อันเป็นผลมาจากการอ่อนกำลังลงของระบบมรสุมฤดูร้อนในซีกโลกเหนือ (Wang and Ding, 2006) แต่หากพิจารณาผลรวมของฝนมรสุมที่ตกลงทั้งบนแผ่นดินและในมหาสมุทรแล้ว พบว่า ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1979–2008 (พ.ศ.2522–2551) มีความแรงเพิ่มขึ้น เนื่องจากฝนมรสุมฤดูร้อนที่ตกในมหาสมุทรของซีกโลกเหนือมีปริมาณเพิ่มขึ้น (Zhou et al., 2008; Hsu et al., 2011; Wang et al., 2012) อัตราส่วนระหว่างปริมาณฝนรวมต่อพื้นที่ฝนตกซึ่งเป็นตัวชี้วัดแสดงถึงความเข้มของมรสุมโลก มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากพื้นที่ฝนตกมีสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนรวม (Hsu et al., 2011)

แบบจำลองของ CMIP5 ทุกภาพการณ์จำลอง RCP คาดการณ์ว่าพื้นที่มรสุมโลก (global monsoon area; GMA) ปริมาณฝนมรสุมโลกรวม (global monsoon total precipitation; GMP) และความเข้มของฝนมรสุมโลก (global monsoon precipitation intensity; GMI) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (ปี ค.ศ.2081-2100 หรือ พ.ศ.2642–2643) ด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 90–100% (รูปที่ 5.1) (Hsu et al., 2013; Kitoh et al., 2013) นอกจากนั้น ดัชนีสภาวะสุดขีดของฝนที่แสดงถึงความแรงของฝนซึ่งได้แก่ ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน (simple daily precipitation intensity index; SDII) ดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน (annual maximum 5-day precipitation total; R5d) และจำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (consecutive dry day; CDD) จะเพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าดัชนีที่แสดงถึงค่าเฉลี่ยของฝน สำหรับความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนฤดูกาลเฉลี่ย (standard deviation of interannual variability in seasonal average precipitation; Psd) แล้ว แบบจำลองส่วนใหญ่คาดการณ์ว่าจะเพิ่มขึ้น แต่แบบจำลองบางแบบจำลองคาดการณ์ว่าจะลดลง ทั้งนี้ สาเหตุหลักเกิดจากความไม่แน่นอนของภาพการณ์จำลองของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในเขตร้อน ผลการศึกษาจากแบบจำลองของ CMIP5 ยังแสดงให้เห็นว่าวันเริ่มต้นฤดูมรสุมจะเร็วขึ้นหรือไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ในขณะที่วันสิ้นสุดฤดูมรสุมจะล่าช้ากว่าเดิม ส่งผลให้ระยะเวลาของฤดูมรสุมยาวนานขึ้น เมื่อพิจารณาปริมาณฝนมรสุมโลกในภาพรวมแล้วพบว่า จะมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลซึ่งส่งผลสืบเนื่องต่อการเพิ่มขึ้นของความชื้นในบรรยากาศและการระเหยที่พื้นผิว นอกจากก๊าซเรือนกระจกแล้ว ระบบมรสุมยังได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของละอองลอย (aerosol) ในบรรยากาศอีกด้วย (Ramanathan et al., 2005) ละอองลอยที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ อาจเก็บกักความร้อนทำให้บรรยากาศร้อนขึ้นแต่พื้นผิวโลกเย็นลง ส่งผลให้ความเสถียรของบรรยากาศเกิดการเปลี่ยนแปลงและกระตุ้นให้เกิดความแตกต่างตามแนวดิ่ง

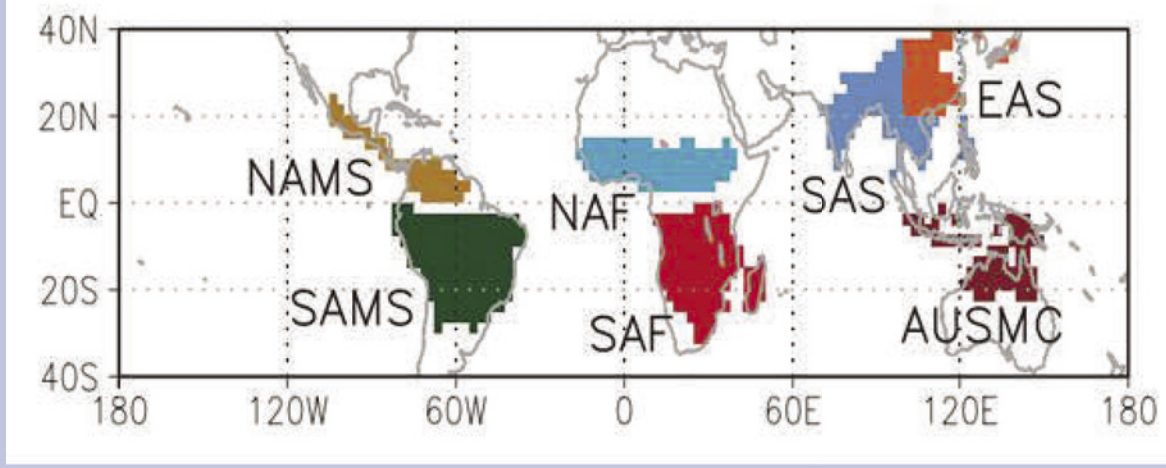
ของความดันในชั้นบรรยากาศ ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนให้เกิดการหมุนเวียนของบรรยากาศในบริเวณกว้างและการเกิดฝนมรสุม (Lau et al., 2008)



รูปที่ 5.1 ภาพการณ์จำลองการเปลี่ยนแปลงในอนาคต (ปี ค.ศ.2080 - 2099 หรือ พ.ศ.2623 - 2642) เทียบกับปัจจุบัน (ปี ค.ศ.1986 - 2005 หรือ พ.ศ.2529 - 2548) ของพื้นที่มรสุมโลก (global monsoon area; GMA) ความเข้มของฝนมรสุมโลก (global monsoon intensity; GMI) ปริมาณฝนมรสุมโลกรวม (global monsoon total precipitation; GMP) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนมรสุมเฉลี่ยรายฤดูกาล (standard deviation of interannual variability in seasonal average precipitation; Psd) ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน (simple daily precipitation intensity index; SDII) ดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน (seasonal maximum 5-day precipitation total; R5d) จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (seasonal maximum consecutive dry days; CDD) ช่วงเวลาฤดูมรสุม (monsoon season duration; DUR) ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 (สีน้ำเงิน) RCP4.5 (สีฟ้า) RCP6.0 (สีส้ม) และ RCP8.5 (สีแดง) ดัชนีทุกดัชนีคำนวณจากข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนสำหรับซีกโลกเหนือและในช่วงพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมสำหรับซีกโลกใต้ (ที่มา: IPCC, 2013)

5.3 มรสุมเอเชีย-ออสเตรเลีย

ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างแผ่นดินทวีปยุโรปและทวีปเอเชียและมหาสมุทรแปซิฟิกและอินเดียที่แปรผันไปตามฤดูกาลนั้น ส่งผลให้เกิดมรสุมเอเชีย-ออสเตรเลีย (Asian-Australian Monsoon; AAM) ซึ่งประกอบไปด้วยมรสุมย่อย 5 ระบบ ได้แก่ มรสุมเอเชียใต้หรือมรสุมอินเดีย (South Asian Monsoon or Indian Monsoon) มรสุมเอเชียตะวันออก (East Asian Monsoon) มรสุมคาบสมุทร (Maritime Continent Monsoon) มรสุมออสเตรเลีย (Australian Monsoon) และมรสุมแปซิฟิกเหนือฝั่งตะวันตก (Western North Pacific Monsoon) (รูปที่ 5.2) ในส่วนนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะมรสุมเอเชียใต้และมรสุมเอเชียตะวันออก เนื่องจากมีอิทธิพลอย่างมากต่อสภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมทั้งประเทศไทยด้วย



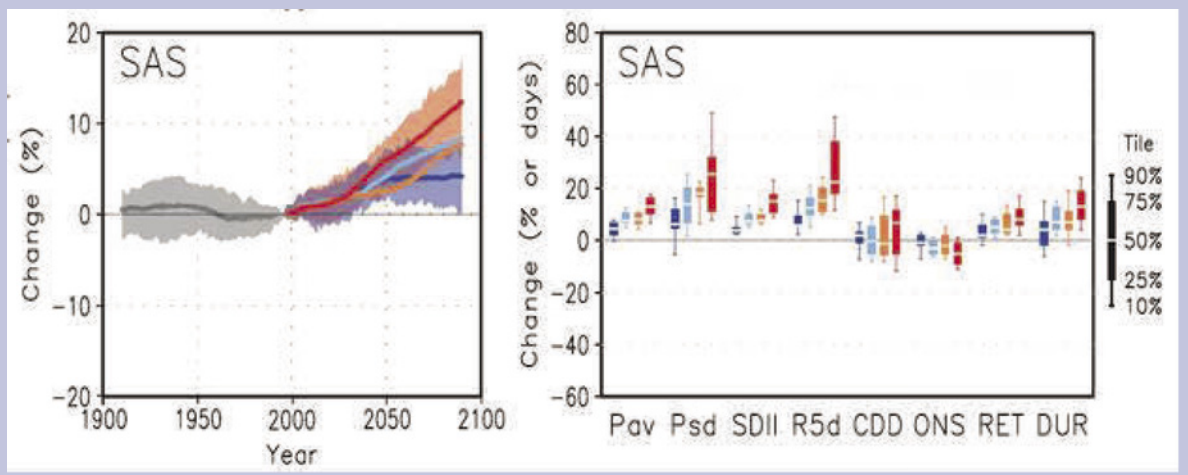
รูปที่ 5.2 โดเมนมรสุมบนแผ่นดินของภูมิภาคต่างๆ ในช่วงเวลาปัจจุบัน (ปี ค.ศ.1986-2005 หรือ พ.ศ.2529-2548) ซึ่งแบ่งตามค่าฝนเฉลี่ยของแบบจำลอง จำนวน 26 แบบจำลองของ CMIP5 โดยใช้เส้นศูนย์สูตรแบ่งเขตมรสุม ดังนี้ ภูมิภาคเหนือเส้นศูนย์สูตร ได้แก่ ระบบมรสุมอเมริกาเหนือ (North America Monsoon System; NAMS) มรสุมแอฟริกาเหนือ (North Africa; NAF) มรสุมเอเชียใต้ (Southern Asia; SAS) และมรสุมฤดูร้อนเอเชียตะวันออก (East Asia Summer; EAS) และภูมิภาคใต้เส้นศูนย์สูตร ได้แก่ ระบบมรสุมอเมริกาใต้ (South America Monsoon System; SAMS) มรสุมแอฟริกาใต้ (South Africa; SAF) และมรสุมออสเตรเลีย-คาบสมุทร (Australian-Maritime Continent; AUSMC) ทั้งนี้ เส้นแวง 60° ตะวันออก เป็นเส้นแบ่ง NAF และ SAS ในขณะที่ เส้นรุ้ง 20° เหนือ และเส้นแวง 100° ตะวันออก เป็นเขตแบ่ง SAS และ EAS โดยโดเมนของภูมิภาคทั้งหมดอยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 40° ใต้ และ 40° เหนือ (ที่มา: IPCC, 2013)

5.3.1 มรสุมเอเชียใต้

มรสุมเอเชียใต้หรือมรสุมฤดูร้อนอินเดีย ได้มีการเปลี่ยนแปลงแบบฉับพลันเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงหนึ่งพันปีที่ผ่านมา ส่งผลให้เกิดภาวะแล้งรุนแรงและยาวนาน (Meehl and Hu,2006; Sinha et al.,2011) ปริมาณฝนที่ลดลงและการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นที่ตกของฝนในช่วงเวลาปัจจุบันนี้ เป็นผลบางส่วนมาจากปัจจัยเสริมอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงของฝุ่นคาร์บอนดำ (blackcarbon) หรือละอองลอยซัลเฟต (Chung and Ramanathan, 2006; Lau et al., 2008; Bollasina et al., 2011) การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Niyogi et al., 2010) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Annamalai et al., 2013) การเพิ่มขึ้นของเหตุการณ์ฝนตกหนักในบริเวณตอนกลางของประเทศอินเดีย (Goswami et al., 2006) และพื้นที่อื่น ๆ อีกหลายพื้นที่ (Krishnamurthy et al., 2009) ได้เกิดขึ้นท่ามกลางเหตุการณ์ฝนที่อ่อนกำลังลง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของเหตุการณ์ฝนตกหนักดังกล่าว อาจมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความชื้นในบรรยากาศ (Goswani et al., 2006) และอุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดียบริเวณเส้นศูนย์สูตร (Rajeevan et al., 2008)

แบบจำลองของ CMIP3 คาดการณ์ว่าปริมาณฝนในมหาสมุทรอินเดียบริเวณเส้นศูนย์สูตร จะมีแนวโน้มลดลงในอนาคต (Cai et al., 2011; Turner and Annamalai, 2012) แต่ปริมาณฝนฤดูกาลเฉลี่ยกลับเพิ่มขึ้นบริเวณประเทศอินเดีย (Ueda et al., 2006; Annamalai et al., 2007; Turner et al., 2007; Kumar et al., 2011; Sabade et al., 2011) ผลการศึกษาข้างต้นได้รับการยืนยันจากแบบจำลองล่าสุดภายใต้โครงการ CMIP5 (Chaturvedi et al., 2012) โดยปริมาณฝนมรสุมอินเดียที่คาดการณ์ จะเพิ่มขึ้นตามแรงบังคับจากกิจกรรมของมนุษย์ของแต่ละภาพการณ์จำลอง RCP (May, 2011) (รูปที่ 5.3) ชุดแบบจำลองที่สามารถจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ ENSO และมรสุมเอเชียใต้ได้ดี ระบุว่า ปีมรสุมปกติในอนาคตจะเกิดได้น้อยลงด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 66 – 100% แต่ยังไม่มีข้อสรุปที่ชัดเจนต่อแนวโน้มการเกิดของมรสุมที่รุนแรง (Turner and Annamalai, 2012) แบบจำลองของ CMIP3 แสดงให้เห็นว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปรากฏการณ์ ENSO และมรสุม

เอเชียใต้ ยังดำเนินต่อไปในอนาคต (Kumar et al., 2011) โดยการคาดการณ์ความแปรปรวนของปรากฏการณ์ ENSO ยังมีความมั่นใจในระดับต่ำ นอกจากนี้ ความแปรปรวนในระยะสั้นกว่าฤดูกาลของมรสุม มีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ MJO แต่ความมั่นใจในการคาดการณ์ปรากฏการณ์ MJO ก็ยังอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน แบบจำลองของ CMIP5 ได้คาดการณ์ว่าปริมาณฝนเฉลี่ย ความแปรปรวนระหว่างปีและสภาวะสุดขีดของฝน จะเพิ่มขึ้น โดยที่ทุกแบบจำลองต่างแสดงถึงการเพิ่มขึ้นของเหตุการณ์ฝนตกหนักที่สอดคล้องกัน ในแง่ของฤดูกาลแล้ว แบบจำลองให้ผลที่สอดคล้องกันในระดับสูงต่อวันเริ่มต้นมรสุมเร็วขึ้นและวันสิ้นสุดล่าช้าออกไป ซึ่งส่งผลให้ฤดูมรสุมที่ยาวนานขึ้น ทั้งนี้ การหมุนเวียนของมรสุมจะมีกำลังอ่อนลงในอนาคต แต่ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของความชื้นที่เคลื่อนตัวจากมหาสมุทรสู่แผ่นดิน



รูปที่ 5.3 การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนในเขตมรสุมเอเชียใต้ที่ได้จากแบบจำลองของ CMIP5 (ซ้าย) การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของค่าความผิดปกติในรูป % ของฝนฤดูร้อนของข้อมูลตรวจวัดและผลจากแบบจำลองเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาปัจจุบัน โดยแสดงในรูปค่าเฉลี่ยแบบเคลื่อนที่ทุก 20 ปี ค่าเฉลี่ยที่ได้จากแบบจำลองแสดงด้วยเส้นทึบ ดังนี้ เส้นทึบสีเทาแสดงค่าเฉลี่ยของข้อมูลในช่วงเวลาที่ผ่านมาที่จำลองจากแบบจำลอง จำนวน 40 แบบจำลอง เส้นทึบสีน้ำเงินแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 24 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 เส้นทึบสีฟ้าแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 34 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP4.5 เส้นทึบสีส้มแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 20 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP6.0 และเส้นทึบสีแดงแสดงค่าเฉลี่ยที่จำลองจากแบบจำลองจำนวน 32 จำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ค่าช่วงเปอร์เซนต์ไทล์ 10 และ 90 นั้น แสดงในรูปแถบสีม่วงและแถบสีส้มสำหรับภาพการณ์จำลอง RPC2.6 และ RCP8.5 ตามลำดับ (ขวา) การเปลี่ยนแปลงของดัชนีฝนในอนาคต (ช่วงปี ค.ศ.2080-2099 หรือ พ.ศ.2623-2642) เทียบกับค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาปัจจุบันของค่าฝนเฉลี่ย (Pav) ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนฤดูกาลเฉลี่ย (Psd) ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน (SDII) ดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน (R5d) จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง (CDD) วันเริ่มฤดูมรสุม (ONS) วันสิ้นสุดฤดูมรสุม (RET) และช่วงเวลาฤดูมรสุม (DUR) ดัชนีทุกดัชนีคำนวณจากข้อมูลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายนสำหรับซีกโลกเหนือและในช่วงพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคมสำหรับซีกโลกใต้ (ที่มา: IPCC, 2013)

5.3.2 มรสุมเอเชียตะวันออก

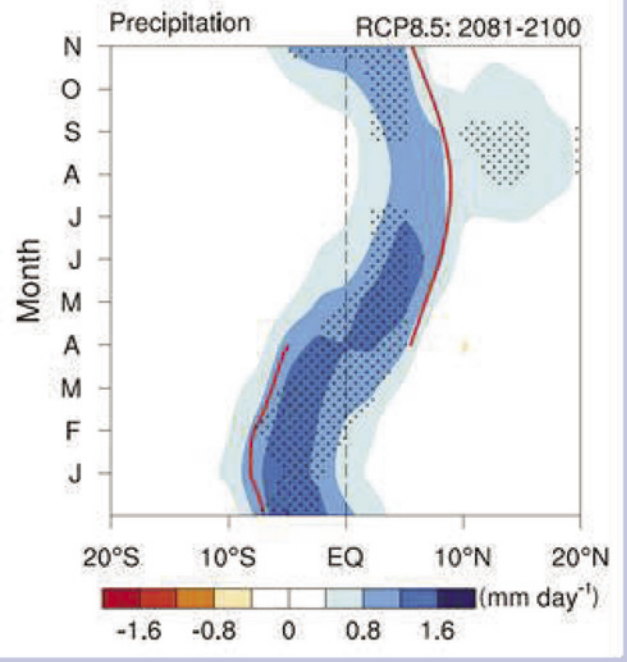
การหมุนเวียนของมรสุมเอเชียตะวันออก มีกำลังอ่อนลงในห้วงเวลาระหว่างทศวรรษตั้งแต่ 1960s ถึง 1980s (Hori et al., 2007; Li et al., 2010) ส่งผลให้ฝนลดลงบริเวณประเทศจีนทางตอนเหนือ แต่เพิ่มขึ้นบริเวณประเทศจีนทางตอนกลางด้านตะวันออก (Gong and Ho, 2002; Yu et al., 2004) การหมุนเวียนของมรสุมฤดูร้อนนี้ เริ่มฟื้นกำลังขึ้นในช่วงทศวรรษปัจจุบัน (Liu et al., 2012; Zhu et al., 2012) ส่วนการหมุนเวียนของมรสุมฤดูหนาวอ่อนกำลังลงหลังจากศตวรรษ 1980s (Wang et al., 2009; Wang and Chen, 2010) แบบจำลองของ CMIP3 สามารถจำลองพฤติกรรมการหมุนเวียนของมรสุมเอเชียตะวันออกได้ดี (Boo et al., 2011) อย่างไรก็ตาม สำหรับพื้นที่แถบฝนนั้นยังไม่แม่นยำนัก (Lin et al., 2008; Li and Zhou,

2011) ซึ่งจำเป็นต้องใช้แบบจำลองที่มีความละเอียดสูง เพื่อเพิ่มความแม่นยำของการจำลองพื้นที่แถบฝน (Kitoh and Kusunoki, 2008) แบบจำลองของ CMIP3 มีความไม่แน่นอนสูงในการสร้างภาพการณ์จำลองฝนและการหมุนเวียนของมรสุม (Ding et al., 2007; Kripalani et al., 2007) แต่การจำลองความแปรปรวนระหว่างปีของมรสุมเอเชียตะวันออก ได้พัฒนาดีขึ้นใน CMIP5 เมื่อเทียบกับ CMIP3 (Sperber et al., 2012) ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อาจส่งผลให้ตำแหน่งแถบฝนเปลี่ยนแปลงไปได้ (Li et al., 2010) การคาดการณ์ด้วยแบบจำลองของ CMIP5 แสดงถึงการเพิ่มขึ้นด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 66 – 100% ของฝนและการหมุนเวียนของมรสุมเอเชียตะวันออกตลอดศตวรรษที่ 21 นี้ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ แตกต่างจากระบบมรสุมเอเชีย-ออสเตรเลียที่การเพิ่มขึ้นของฝนเกี่ยวพันธ์กับการอ่อนกำลังของการหมุนเวียนของมรสุม ความแปรปรวนระหว่างปีของฝนฤดูกาลเฉลี่ย รวมทั้งเหตุการณ์ฝนตกหนัก จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 90 – 100% นอกจากนี้ แบบจำลองของ CMIP5 คาดการณ์ว่ามรสุมจะเกิดเร็วและยาวนานขึ้น แต่วันเริ่มต้นของฤดูมรสุมของแต่ละแบบจำลองยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก

5.4 แนวร่องความกดอากาศต่ำ

แนวร่องความกดอากาศต่ำ (Inter-Tropical Convergence Zone) คือ แนวที่ลมสินค้าตะวันออกเฉียงเหนือจากซีกโลกเหนือและลมสินค้าตะวันออกเฉียงใต้จากซีกโลกใต้มาบรรจบกัน ก่อให้เกิดการวางตัวของกลุ่มเมฆในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยมีความกว้างประมาณ 6-8 องศาละติจูด ในแนวร่องความกดอากาศต่ำนี้ อากาศไหลเวียนขึ้นลงสลับกันทำให้เป็นบริเวณที่มีเมฆปกคลุมหนาแน่นซึ่งพื้นที่ที่มีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านจะมีฝนตกชุก ทั้งนี้ แนวร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนขึ้นทางเหนือและเลื่อนลงทางใต้ผ่านเส้นศูนย์สูตรตามแนวโคจรของดวงอาทิตย์

การจำลองด้วยแบบจำลองของ CMIP5 พบว่า ฝนฤดูกาลเฉลี่ยคาดว่าจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรของร่องความกดอากาศต่ำ (รูปที่ 5.4) การเคลื่อนตัวของพื้นที่ที่ฝนเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับร่องความกดอากาศต่ำนี้ มีสาเหตุมาจากปรากฏการณ์ชื้นยิ่งชื้นขึ้น (wet-get-wetter) ในขณะที่การเลื่อนตัวเข้าสู่เส้นศูนย์สูตรของร่องความกดอากาศต่ำ ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (Huang et al., 2013)



รูปที่ 5.4
วงจรตามฤดูกาลของการเปลี่ยนแปลงของฝนเฉลี่ยตามแนวเส้นแวงในเขตร้อนชื้น (ภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.2081 – 2100 (พ.ศ.2624 – 2643) เทียบกับห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1985 -2005 (พ.ศ.2528 – 2548)) จากค่าเฉลี่ยของแบบจำลอง จำนวน 18 แบบจำลองของ CMIP5 โดยเส้นสีแดงแสดงถึงค่าสูงสุดตามแนวเส้นรุ้งของฝนเฉลี่ยในระยะยาว

ที่มา
(IPCC, 2013)

5.5 ปรากฏการณ์ MADDEN-JULIAN OSCILLATION (MJO)

ปรากฏการณ์ MJO เป็นกระบวนการสำคัญที่ก่อให้เกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศภายในฤดูกาลของเขตร้อนชื้น โดยมีคาบการเกิดระหว่าง 20 - 100 วัน ปรากฏการณ์ MJO มีอิทธิพลในปรับเปลี่ยน (modulate) ระดับความแรงและลักษณะการเคลื่อนตัวของพายุหมุนเขตร้อน (Frank and Roundy, 2006) และก่อให้เกิดความแปรปรวนภายในฤดูกาลของมรสุม (Maloney and Shaman, 2008) อีกทั้ง ยังกระตุ้นรูปแบบความเชื่อมโยงระยะไกลของบรรยากาศนอกเขตร้อนชื้นอีกด้วย (L'Heureux and Higginds, 2008; Lin et al., 2009) การจำลองปรากฏการณ์ MJO ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศโลก ยังเป็นสิ่งท้าทาย แม้ว่าในระยะหลังนี้แบบจำลองบางแบบจำลองได้ปรับปรุงให้ผลการจำลองดีขึ้นบ้างแล้วก็ตาม

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ MJO ที่เป็นไปได้ในอนาคตภายใต้สภาวะการร้อนขึ้นของโลก เพิ่งเริ่มศึกษาในช่วงไม่นานมานี้ผลการศึกษาจากแบบจำลอง Max Plank Institute Earth System พบว่า ความแปรปรวนของปรากฏการณ์ MJO จะเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มสูงขึ้นของอุณหภูมิโลก (Schubert et al., 2013) โดย MJO มีความอ่อนไหวต่อรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่หรือตำแหน่งของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่สูงขึ้น (Maloney and Xie, 2013) เนื่องจากการจำลองปรากฏการณ์ MJO ด้วยแบบจำลอง ยังมีทักษะอยู่ในระดับต่ำ ประกอบกับปรากฏการณ์ MJO มีความอ่อนไหวอย่างมากต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเล ทำให้การจำลองปรากฏการณ์ MJO มีความไม่แน่นอนสูง ส่งผลให้ในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่าปรากฏการณ์ MJO จะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรในอนาคตภายใต้สภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก

5.6 ความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศในมหาสมุทรอินเดีย

อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณเขตร้อนในมหาสมุทรอินเดีย แสดงความแปรปรวนระหว่างปีหลักๆ อยู่สองลักษณะ (โหมด) (Schott et al., 2009; Deser et al., 2010a) คือ Indian Ocean Basin (IOB) ซึ่งเป็นโหมดที่โครงสร้างความแปรปรวนเหมือนกันทั่วทั้งแอ่งมหาสมุทรอินเดียและ IOD ซึ่งเป็นโหมดที่เป็นความแปรปรวนขนาดใหญ่ปรากฏบริเวณฝั่งตะวันออกของมหาสมุทรอินเดียใกล้กับประเทศอินโดนีเซียและมีความผิดปกติที่ตรงข้ามและขนาดอ่อนกว่าในส่วนที่เหลือของแอ่งมหาสมุทรอินเดีย โดยทั้งสองโหมดนี้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยกับปรากฏการณ์ ENSO และแบบจำลองภายใต้โครงการ CMIP สามารถจำลองพฤติกรรมของทั้งสองโหมดได้ดี

การก่อตัวของ IOB มีความเชื่อมโยงกับปรากฏการณ์ ENSO ผ่านทางบรรยากาศและการปรับเปลี่ยนฟลักซ์ความร้อนระดับพื้นผิว (Klein et al., 1999; Alexander et al., 2002) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศในมหาสมุทรอินเดียมีความสำคัญต่อการดำรงอยู่ที่ยาวนานของ IOB (Izumo et al., 2008; Wu et al., 2008; Du et al., 2009) โหมด IOB นี้มีอิทธิพลต่อการสิ้นสุดของปรากฏการณ์ ENSO (Kug and Kang, 2006) โดยก่อให้เกิดความผิดปกติของบรรยากาศในฤดูร้อนที่ตามมาหลังจากเหตุการณ์ El Niño (Xie et al., 2009) และลดกิจกรรมของพายุโซนร้อน (Du et al., 2011) ในบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกและความผิดปกติของฝนเหนือบริเวณเอเชียตะวันออก (Huang et al., 2004)

โหมด IOD ก่อตัวในเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน และเกี่ยวข้องกับกระบวนย้อนกลับ Bjerknes ระหว่างความแตกต่างตามแนวเส้นรุ้งของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล กระแสลมตามแนวเส้นรุ้งและการเอียงตัวตามแนวเส้นศูนย์สูตรของชั้นน้ำ thermocline ซึ่งเป็นเขตที่อุณหภูมิของน้ำทะเลลดลงอย่างรวดเร็วตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (Saji et al., 1999; Webster et al., 1999) IOD ในช่วงที่มีค่าเป็นบวกซึ่งอุณหภูมิผิวน้ำทะเลใกล้เกาะสุมาตราต่ำกว่าปกติ ทำให้เกิดภัยแล้งในประเทศอินโดนีเซีย การลดลงของฝนเหนือประเทศออสเตรเลีย มรสุมอินเดียฤดูร้อนมีความแรงขึ้น การเพิ่มขึ้นของฝนในแอฟริกาตะวันออก (Yamagata et al., 2004) ทั้งนี้ แบบจำลองของ CMIP3 ส่วนใหญ่ สามารถจำลองลักษณะโดยทั่วไปของ IOD ได้

ผลจากแบบจำลองของ CMIP3 และ CMIP5 แสดงให้เห็นว่า ความแปรปรวนของ IOD ที่มีผลต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลจะยังคงไม่เปลี่ยนแปลงในอนาคต (Ihara et al., 2009) แม้ว่าการเปลี่ยนแปลงของลมตะวันออกจะช่วยยกชั้นน้ำ thermocline ให้ตื้นขึ้นและกระบวนการย้อนกลับต่ออุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรอินเดียตะวันออกบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะมีความแรงขึ้นก็ตาม การที่บรรยากาศของโลกแห้งและมีเสถียรภาพมากขึ้น ทำให้การตอบสนองของบรรยากาศต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่แตกต่างกันในแนวเส้นรุ้งลดลง ส่งผลให้ความแปรปรวนของ IOD ลดลงทั้งในเรื่องความแรงของลมตามแนวเส้นรุ้งและความลึกของ thermocline (Zheng et al., 2013)

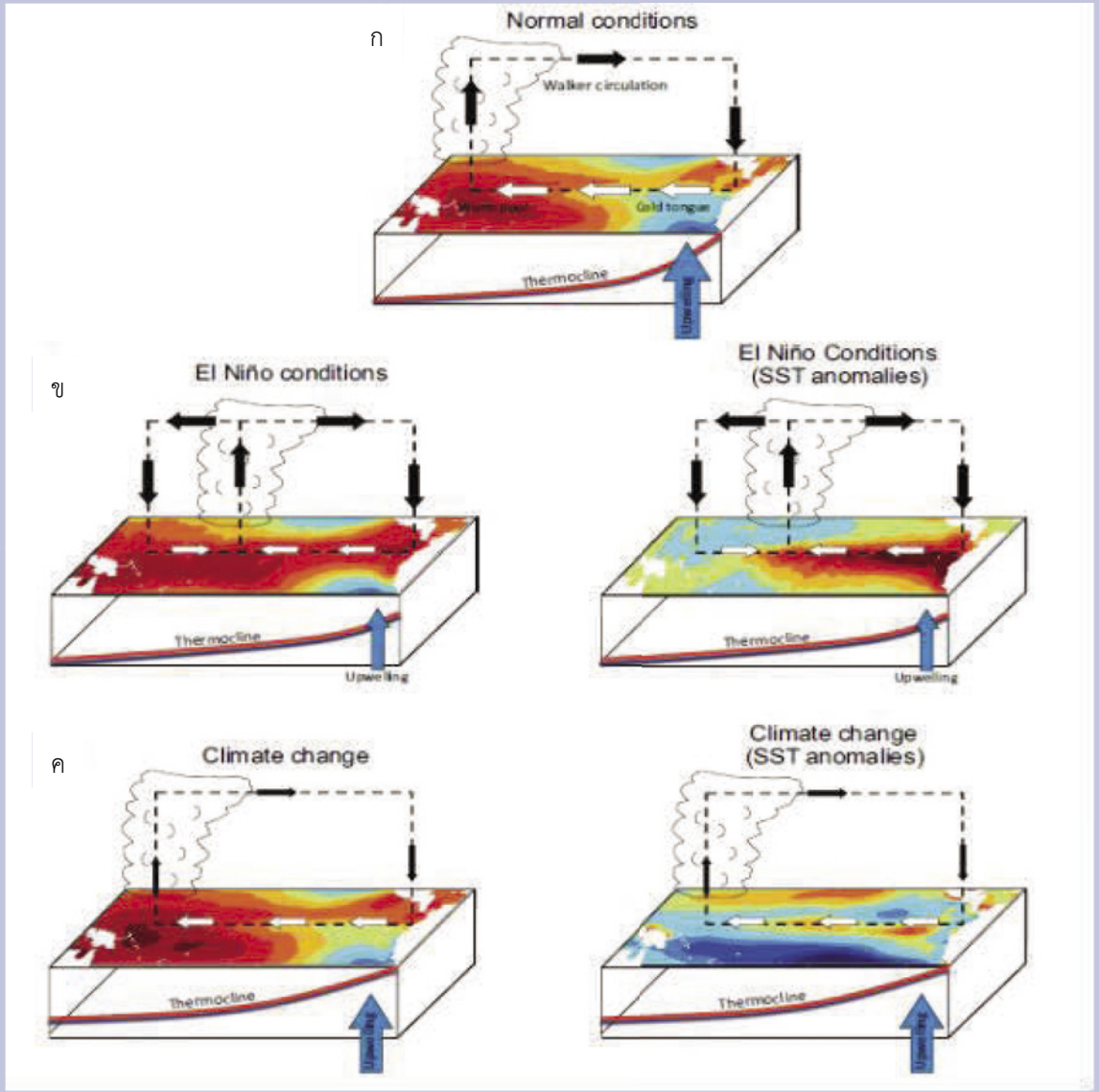
5.7 ปรากฏการณ์ EL NINO-SOUTHERN OSCILLATION (ENSO)

ENSO เป็นปรากฏการณ์ควบคู่ของมหาสมุทรและบรรยากาศที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติในคาบเวลาระหว่างปีเหนือบริเวณเขตร้อนของมหาสมุทรแปซิฟิก (รูปที่ 5.5) ผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิผิวน้ำทะเลในมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตกบริเวณเส้นศูนย์สูตรจะเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.5 °C ต่อศตวรรษ และมวลน้ำอุ่นยังแผ่ขยายพื้นที่ออกไปอีกด้วย (Liu and Huang, 2000; Huang and Liu, 2001; Cravatte et al., 2009) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิผิวน้ำทะเลด้านตะวันออกและอุณหภูมิผิวน้ำทะเลด้านตะวันตกของมหาสมุทรแปซิฟิกตามแนวเส้นศูนย์สูตรนั้นมีความไม่สอดคล้องกัน กล่าวคือ บางการศึกษาพบว่า อุณหภูมิมีความแตกต่างมากขึ้น (Karnauskas et al., 2009; An et al., 2011) ในทางตรงข้าม บางการศึกษากลับ พบว่า อุณหภูมิมีความแตกต่างลดลง (Deser et al., 2010b; Tokinaga et al., 2012) ทั้งนี้เนื่องจากความไม่แน่นอนของการตรวจวัดที่มีข้อมูลอยู่อย่างจำกัด การเปลี่ยนเทคนิคการตรวจวัดและกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูล นอกจากนั้น แบบจำลองของ CMIP3 และ CMIP5 ส่วนใหญ่ก็ให้ผลที่ไม่สอดคล้องกันในเรื่องความแตกต่างของอุณหภูมิผิวน้ำทะเลระหว่างพื้นที่เหนือและใต้แนวเส้นศูนย์สูตรของมหาสมุทรแปซิฟิก (Yeh et al., 2012)

ผลการจำลองจากแบบจำลองของ CMIP3 และ CMIP5 แสดงให้เห็นว่า มหาสมุทรแปซิฟิกบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตรจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าบริเวณอื่น (Gastineau and Soden, 2009; Widlansky et al., 2013) การเปลี่ยนแปลงของกระบวนการทางมหาสมุทรอื่นๆ ประกอบด้วย การตื้นขึ้นของชั้นน้ำ thermocline ทั้งแอ่งมหาสมุทรแปซิฟิก (DiNezio et al., 2009; Collins et al., 2010) การอ่อนกำลังลงของกระแสผิวน้ำและการเพิ่มกำลังขึ้นของกระแสใต้น้ำบริเวณเส้นศูนย์สูตร (Luo and Rothstein, 2011; Sen Gupta et al., 2012) การอ่อนกำลังลงของการหมุนเวียนบรรยากาศบริเวณเขตร้อนชื้นในศตวรรษที่ 20 ได้พบในข้อมูลตรวจวัดและข้อมูลที่วิเคราะห์ใหม่ รวมทั้งในแบบจำลองภายใต้โครงการ CMIP (Bunge and Clarke, 2009; Karnauskas et al., 2009; Yu and Zwiers, 2010; Tokinaga et al., 2012) อย่างไรก็ตาม การหมุนเวียน Walker เหนือมหาสมุทรแปรซิฟิก มีกำลังแรงขึ้นในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา บ่งชี้ถึงผลกระทบจากความแปรปรวนทางธรรมชาติ (Li and Ren, 2012; Zahn and Allan, 2011; Zhang et al., 2011)

การศึกษาขนาดการปรับเปลี่ยนของ ENSO ในระยะยาวบางการศึกษาระบุว่า การปรับเปลี่ยนของ ENSO เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกเขตร้อน (Wang and An, 2002; Li et al., 2011) โดยสามเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.2000 - 2010 (พ.ศ.2543 - 2553) ซึ่งมีความเข้มถึงระดับที่อุณหภูมิผิวน้ำทะเลบริเวณ Nino4 สูงกว่า Nino3 นอกจากนั้น ยังพบว่าเกิดขึ้นสองเหตุการณ์ในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1990 - 2000 (พ.ศ. 2533 - 2543) และเพียงสองเหตุการณ์ที่พบในห้วงเวลาระหว่างปี ค.ศ.1950-1990 (พ.ศ.2493 - 2533) ขณะเกิดเหตุการณ์ El Niño นั้น อุณหภูมิสูงสุดของผิวน้ำทะเลปรากฏบ่อยขึ้นที่บริเวณตอนกลางของมหาสมุทรแปซิฟิก (Kao and Yu, 2009; Kug et al., 2009) ซึ่งมีผลกระทบต่อโลกที่แตกต่างจากปรากฏการณ์ El Niño แบบเดิมที่อุณหภูมิสูงสุดปรากฏบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก ในห้วงศตวรรษที่ผ่านมา ได้สังเกตพบขนาดของ ENSO มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Li et al., 2011; Vance et al., 2012) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้น (Zhang et al., 2008; Kim and An, 2011)

แบบจำลองของ CMIP5 ได้มีการพัฒนาให้ดีขึ้นกว่าแบบจำลองของ CMIP3 ในการจำลองขนาดของ ENSO แบบจำลองบางแบบจำลองของ CMIP5 ที่จำลองเหตุการณ์ El Niño ในระดับรุนแรงได้ดี แสดงให้เห็นว่า El Niño จะรุนแรงขึ้นอย่างค่อยเป็นค่อยไปในบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิกตอนกลาง (Kim and Yu, 2012) การเปลี่ยนแปลงของความรุนแรงของ ENSO ในศตวรรษที่ 21 มีความไม่แน่นอน โดยการเปลี่ยนแปลงในอนาคตของ ENSO ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการย้อนกลับควบคู่ระหว่างมหาสมุทรและบรรยากาศ (Collins et al., 2010; Vecchi and Wittenberg, 2010) และระบอบ (regime) พลวัตรของแต่ละแบบจำลอง อย่างไรก็ตาม ยังคงมีความมั่นใจในระดับสูงที่ว่า ENSO จะคงเป็นโหมดหลักของความแปรปรวนตามธรรมชาติของบรรยากาศในศตวรรษที่ 21 (Collins et al., 2010; Guilyardi et al., 2012; Stevenson et al., 2012)



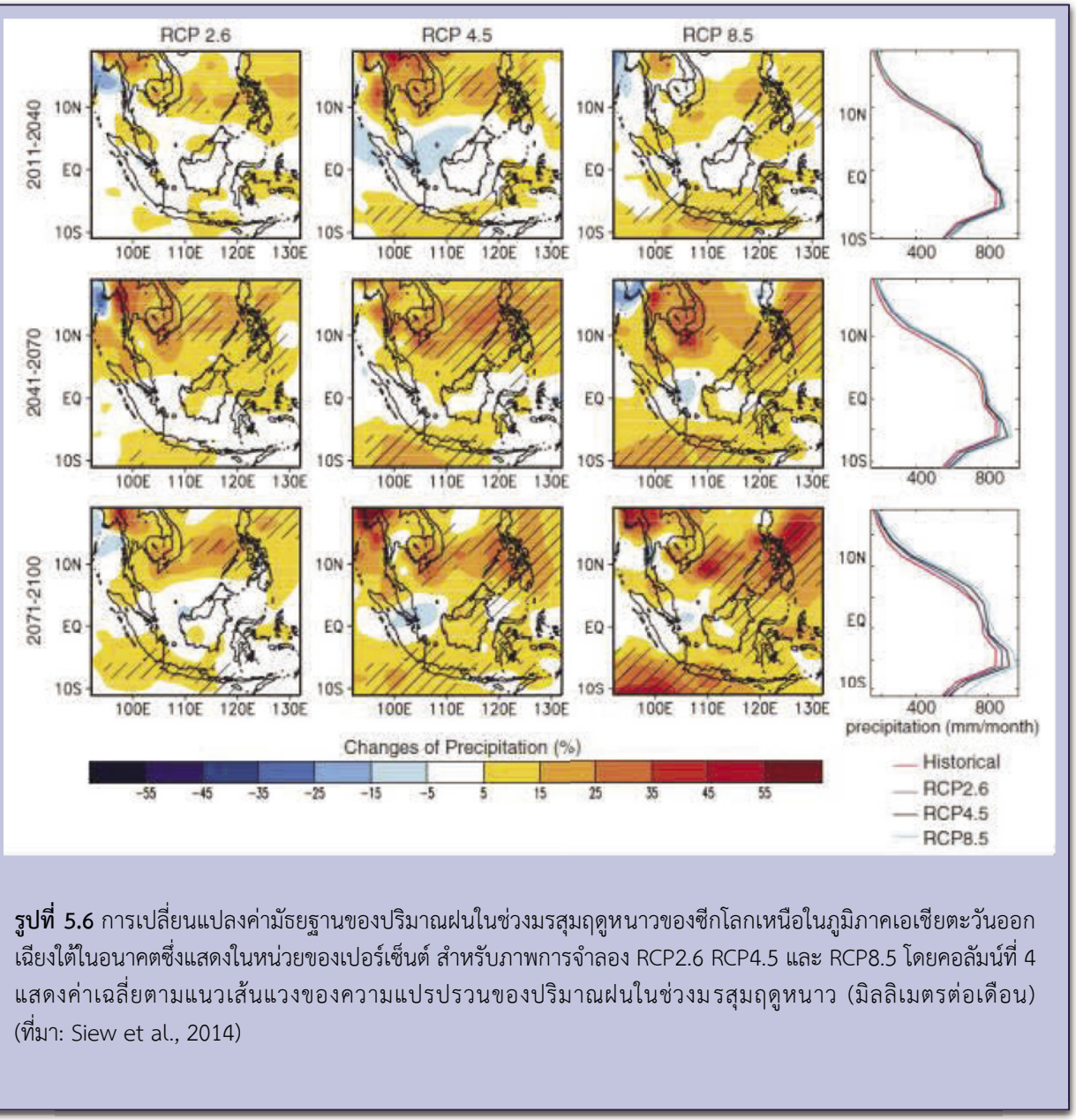
รูปที่ 5.5 รูปภาพเชิงอุดมคติแสดงสภาพบรรยากาศและมหาสมุทรของพื้นที่แปซิฟิกเขตร้อนชื้นและการปฏิสัมพันธ์ในช่วงสภาพปกติ ในสภาพที่เกิดเหตุการณ์ El Niño และในสภาพที่โลกร้อนขึ้น (ก) สภาพภูมิอากาศโดยปกติของพื้นที่แปซิฟิกเขตร้อนชื้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ลมพื้นผิวที่เกี่ยวโยงการหมุนเวียน Walker และตำแหน่งปกติของการนำพาความร้อนและน้ำผุดของชั้นน้ำ Thermocline (ข) ลักษณะทั่วไปในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ El Niño ซึ่งอุณหภูมิผิวน้ำทะเล จะอุ่นผิดปกติในฝั่งตะวันออก ตำแหน่งการนำพาความร้อนได้เคลื่อนตัวไปทางตอนกลางของแปซิฟิก ลมสินค้าทางทิศตะวันออกอ่อนกำลังลง การหมุนเวียน Walker ถูกรบกวน ชั้นน้ำ Thermocline แบบราบลง ส่งผลให้น้ำผุดลดลง (ค) สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปที่อาจเป็นไปได้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งประมวลจากข้อมูลตรวจวัด ทฤษฎีและแบบจำลองภูมิอากาศ โดยลมสินค้าจะอ่อนกำลังลง ชั้นน้ำ Thermocline แบบราบลงและตื้นขึ้นส่งผลให้น้ำผุดลดลง อุณหภูมิผิวน้ำทะเลแถบเส้นศูนย์สูตรร้อนขึ้น รูปภาพด้านซ้ายแสดงด้วยค่าอุณหภูมิผิวน้ำทะเล ส่วนรูปภาพด้านขวาแสดงด้วยค่าผิดปกติของอุณหภูมิผิวน้ำทะเล (ที่มา: IPCC, 2013)

5.8 การเปลี่ยนแปลงในอนาคตของภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ มีลักษณะภูมิประเทศที่ซับซ้อนแตกต่างกันมาก ตั้งแต่ที่ราบ ภูเขา แหลม และมหาสมุทร ตั้งแต่ทศวรรษที่ 1960s เป็นต้นมา อุณหภูมิในภูมิภาคนี้ มีอัตราการเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.14 °C จนถึง 0.20 °C ต่อทศวรรษ (Tangang et al., 2007) การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ส่งผลให้สภาวะสุดขีดของอุณหภูมิในรูปของจำนวนวันที่ร้อนและจำนวนคืนที่อุ่นในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ จำนวนวันและคืนที่หนาวเย็น กลับลดลงอย่างมีนัยเช่นกัน (Manton et al., 2001; Caesar et al., 2011) การศึกษาที่ผ่านมา พบว่า ทั้งเหตุการณ์ฝนตกหนักและเหตุการณ์ฝนเบาบางเพิ่มขึ้นแต่เหตุการณ์ฝนปานกลาง กลับลดลง (Lau and Wu, 2007) นอกจากนี้ ปริมาณฝนรวมรายปี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 22 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ ส่วนปริมาณฝนที่เกิดจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 10 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ (Alexander et al., 2006; Caesar et al., 2011)

สภาพภูมิอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์ขนาดใหญ่ ได้แก่ ENSO ซึ่งมีอิทธิพลสูงมากต่อบริเวณประเทศมาเลเซียตะวันออกและพื้นที่ใกล้เคียง โดย IOD มีอิทธิพลมากต่อประเทศอินโดนีเซียตะวันออก ซึ่งแสดงให้เห็นความแปรปรวนและแนวโน้มที่แตกต่างกันของแต่ละพื้นที่และแต่ละฤดูในภูมิภาคนี้ (IPCC, 2003) Aldrian and Djamil (2008) พบว่า อัตราส่วนของฝนในฤดูฝนต่อฝนในฤดูแล้งในระหว่างปี ค.ศ.1955-2005 (พ.ศ.2498 – 2548) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ IOD ในขณะที่ เหตุการณ์สภาวะสุดขีดของภูมิอากาศ เกิดบ่อยขึ้นในพื้นที่ตอนเหนือของภูมิภาค แต่เหตุการณ์สภาวะสุดขีดของภูมิอากาศ กลับเกิดน้อยลงในประเทศเมียนมาร์ (Chang, 2011)

แบบจำลองที่มีความละเอียดสูง จำเป็นสำหรับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากภูมิประเทศมีความสลับซับซ้อน (Nguyen et al., 2012) ในการศึกษาโดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคและย่อส่วนเพื่อเพิ่มรายละเอียดการแสดงผลเชิงพื้นที่ ภายใต้ภาพการณ์จำลอง A1B (Chotamonsak et al., 2011) พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในภูมิภาคนี้เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับปรากฏการณ์ที่ยิ่งอุ่นขึ้นยิ่งชื้นขึ้น (warmer getting wetter) การศึกษาล่าสุดด้วยแบบจำลองภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP (IPCC, 2013) พบว่า อุณหภูมิเหนือพื้นดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.8 °C สำหรับภาพการณ์จำลอง RCP2.6 ถึง 3.2 °C สำหรับภาพการณ์จำลอง RCP8.5 ในปลายศตวรรษที่ 21 (ค.ศ.2081 – 2100 หรือ พ.ศ.2624 - 2643) และภายในปี ค.ศ.2100 (พ.ศ.2643) ปริมาณฝนในภูมิภาคจะเพิ่มขึ้นตั้งแต่ร้อยละ 1 สำหรับภาพการณ์จำลอง RCP2.6 ถึงร้อยละ 8 สำหรับภาพการณ์จำลอง RCP8.5 Siew et al. (2014) ได้คาดการณ์ฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาวของซีกโลกเหนือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคของ CMIP5 จำนวน 3 แบบจำลอง ภายใต้ภาพการณ์จำลอง RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 ผลการคาดการณ์ พบว่า ฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาวของซีกโลกเหนือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นภายใต้ทุกภาพการณ์จำลอง RCP โดยการเปลี่ยนแปลงสูงสุดปรากฏในภาพการณ์จำลอง RCP8.5 (รูปที่ 5.6) การเพิ่มขึ้นของฝนดังกล่าว พบตามแนวเส้นรุ้ง 10° เหนือและ 5° ใต้ ซึ่งบ่งชี้ถึงการขยายตัวไปทางทิศเหนือและทิศใต้ของร่องความกดอากาศต่ำ



รูปที่ 5.6 การเปลี่ยนแปลงค่ามัธยฐานของปริมาณฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาวของซีกโลกเหนือในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในอนาคตซึ่งแสดงในหน่วยของเปอร์เซ็นต์ สำหรับภาพการจำลอง RCP2.6 RCP4.5 และ RCP8.5 โดยคอลัมน์ที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยตามแนวเส้นแวงของความแปรปรวนของปริมาณฝนในช่วงมรสุมฤดูหนาว (มิลลิเมตรต่อเดือน) (ที่มา: Siew et al., 2014)

5.9 สรุป

เนื้อหาในบทนี้ เป็นการนำเสนอผลการประเมินภาพการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่จะเปลี่ยนแปลงไป โดยเน้นการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์หลักๆ ของบรรยากาศและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ภายใต้เงื่อนไขการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องของอุณหภูมิโลก ซึ่งการประเมินนี้ ใช้ผลการศึกษาการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองภูมิอากาศโลกของโครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม (Couple Model Intercomparison Project; CMIP) ระยะที่ 3 (CMIP3) และระยะที่ 5 (CMIP5) รวมทั้งนำเนื้อหาในรายงานประเมินฉบับที่ 5 (Fifth Assessment Report; AR5) ของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC) มาพิจารณาประกอบ

สภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคของโลก เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ต่างๆ ในบรรยากาศที่มีกลไกที่สลับซับซ้อน สภาพภูมิอากาศในแต่ละภูมิภาคแตกต่างกันไป เนื่องจากแต่ละภูมิภาคมีสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันและการตอบสนองต่ออิทธิพลของสภาพภูมิอากาศโลกที่แตกต่างกัน โดยที่แบบจำลองภูมิอากาศโลกได้รับการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง จึงช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถจำลองพฤติกรรมทางธรรมชาติของสภาพอากาศต่าง ๆ ในบริเวณกว้างได้ดีขึ้น และช่วยให้สามารถเข้าใจปรากฏการณ์ที่สลับซับซ้อนได้ดีขึ้น ส่งผลให้การฉายภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับภูมิภาคมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ นักวิทยาศาสตร์ถือว่าปรากฏการณ์ด้านบรรยากาศใดจะมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็ต่อเมื่อปรากฏการณ์นั้นมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภูมิภาคนั้น เมื่อพิจารณาภายใต้ Representative Concentration Pathway 4.5 (RCP4.5) หรือที่สูงกว่า นักวิทยาศาสตร์ยิ่งเชื่อมั่นว่า ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องเหล่านั้นก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้วย

แบบจำลองภูมิอากาศโลกที่พัฒนาขึ้นโดยสถาบันวิจัยต่างๆ ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สามารถจำลองรูปแบบของปรากฏการณ์ต่างๆ ของบรรยากาศในระบบมรสุมของโลกได้ดีขึ้น และเมื่อพิจารณาผลที่ได้จากแบบจำลองเหล่านี้พบว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกส่วนใหญ่ให้ผลที่สอดคล้องกันว่า ระบบมรสุมของโลกในภาพรวมจะมีกำลังแรงขึ้นในศตวรรษที่ 21 ด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 66-100% โดยเพิ่มขึ้นทั้งเชิงพื้นที่และความเข้ม ในขณะที่การหมุนเวียนของมรสุมจะอ่อนตัวลงโดยในแต่ละปี มรสุมมีแนวโน้มที่จะเกิดเร็วขึ้นหรือไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่วันสิ้นสุดฤดูมรสุมจะล่าช้าออกไปกว่าเดิม ส่งผลให้ฤดูมรสุมมีระยะเวลายาวนานขึ้น ในขณะที่ มรสุมจะก่อให้เกิดฝนตกหนักในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 90-100% และแบบจำลองภูมิอากาศโลกจำนวนหนึ่งให้ผลสอดคล้องกันว่า ปริมาณฝนจากมรสุมจะมีความผันผวนมากขึ้นในอนาคต

ผลการจำลองมรสุมในระดับภูมิภาคที่ได้จากแบบจำลองภูมิภาค มีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าผลจากการจำลองมรสุมด้วยแบบจำลองภูมิอากาศโลก ซึ่งความน่าเชื่อถือนั้นจะผันแปรไปตามระบบมรสุมในแต่ละภูมิภาค โดยผลการจำลองพบว่า ฝนจากมรสุมอินเดียฤดูร้อนและเอเชียตะวันออกจะเพิ่มขึ้นโดยมีความมั่นใจในระดับปานกลาง การหมุนเวียนของมรสุมอินเดียฤดูร้อนจะอ่อนกำลังลง แต่จะมีการเพิ่มขึ้นของความชื้น ส่งผลให้มีฝนตกมากขึ้น เมื่อเทียบกับระบบมรสุมทั้งหมดแล้ว พบว่า ในช่วงศตวรรษที่ 21 ระบบมรสุมอินเดียฤดูร้อนจะมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนและความรุนแรงของฝนในเขตร้อนชื้นมากกว่ามรสุมอื่น

แบบจำลองภูมิอากาศของสถาบันวิจัยต่างๆ มีความสามารถของในการจำลองรูปแบบการเกิด Indian Ocean Dipole (IOD) และสร้างภาพการณ์จำลองในอนาคตที่ให้ผลสอดคล้องกัน ซึ่งพบว่า ในอนาคตจะเกิดรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในแนวตะวันออก-ตะวันตกในมหาสมุทรอินเดียด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 66-100% โดยพื้นที่ด้านตะวันตก จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นและมีฝนเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม พื้นที่ด้านตะวันออกจะมีอุณหภูมิต่ำลงและมีฝนตกน้อยลง ซึ่งส่งผลให้พื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีฝนตกน้อยลง นอกจากนั้น ผลการศึกษาล่าสุดยังยืนยันว่า ปริมาณฝนในเขตร้อนชื้นเหนือมหาสมุทร มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ “ยิ่งอุ่นยิ่งชื้น” (warmer get wetter)

ในขณะที่ผลการศึกษาจากแบบจำลองภูมิอากาศแสดงถึงความมั่นใจในระดับต่ำว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของ Madden-Julian Oscillation (MJO) โดยสาเหตุหลักมาจากการที่แบบจำลองภูมิอากาศมีความสามารถจำกัดในการจำลอง MJO และความอ่อนไหวของ MJO ต่ออุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทร ส่งผลให้มีความไม่แน่นอนสูงในการจำลองสภาพบรรยากาศรุนแรงที่เกี่ยวข้องกับ MJO ในพื้นที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ปัจจุบัน แบบจำลองภูมิอากาศโลกสามารถจำลอง El Nino-Southern Oscillation (ENSO) ได้ใกล้เคียงและสอดคล้องกับความจริงมากขึ้น และเมื่อใช้จำลองเหตุการณ์ ENSO ในอนาคต ได้ผลลัพธ์ที่มีความมั่นใจในระดับสูง ซึ่งบ่งชี้ว่า ENSO ยังคงเป็นปัจจัยหลักในอนาคตที่ก่อให้เกิดความผันผวนของสภาพอากาศในรอบปีด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 90-100% และด้วยความชื้นที่มีปริมาณมากขึ้นในอนาคต ส่งผลให้ความผันผวนของฝนในระดับภูมิภาคสูงขึ้นด้วยความเป็นไปได้ในระดับ 66-100%

เอกสารอ้างอิง

1. Aldrian E. and Y. S. Djamil. 2008. Spatio-temporal climatic change of rainfall in east Java Indonesia. Int. J. Climatol., 28, 435–448.
2. Alexander L. V., Zhang X, Peterson TC, Caesar J, Gleason B, Klein Tank AMG, Haylock M, Collins D, Trewin B, Rahimzadeh F, Tagipour A, Kumar Kolli R, Revadekar JV, Griffiths G, Vincent L, Stephenson DB, Burn J, Aguilar E, Brunet M, Taylor M, New M, Zhai P, Rusticucci M, Vazquez Aguirre JL. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J. Geophys. Res. Atmos., 111, D05109.
3. Alexander M., I. Blade., M. Newman., J. Lanzante., N. Lau. and J. Scott. 2002. The atmospheric bridge: The influence of ENSO teleconnections on air-sea interaction over the global oceans. J. Clim., 15, 2205–2231.
4. Annamalai H., J. Hafner., K. P. Sooraj. and P. Pillai. 2013. Global warming shifts monsoon circulation, drying South Asia. J. Clim., 26, 2701–2718.
5. Annamalai H., K. Hamilton. and K. R. Sperber. 2007. The South Asian summer monsoon and its relationship with ENSO in the IPCC AR4 simulations. J. Clim., 20, 1071–1092.
6. An S.-I., J.-W. Kim., S.-H. Im., B.-M. Kim. and J.-H. Park. 2011. Recent and future sea surface temperature trends in the tropical Pacific warm pool and cold tongue regions. Clim. Dyn., doi:10.1007/s00382-011-1129-7.
7. Bollasina M. A., Y. Ming. and V. Ramaswamy. 2011. Anthropogenic aerosols and the weakening of the south Asian summer monsoon. Science, 334,502–505.
8. Boo K. O., G. Martin., A. Sellar., C. Senior. and Y. H. Byun. 2011. Evaluating the East Asian monsoon simulation in climate models. J. Geophys. Res., 116, D01109.
9. Bunge L. and A. J. Clarke. 2009. A verified estimation of the El Nino index Nino-3.4 since 1877, J. Climate, 22, 3979-3992.
10. Caesar J., L. V. Alexander, B. Trewin, K. Tse-ring, L. Sorany, V. Vuniyayawa, N. Keosavang, A. Shimana, M. M. Htay, J. Karmacharya, D. A. Jayasinghearachchi, J. Sakkamart, E. Soares, L. T. Hung, L. T. Thuong, C. T. Hue, N. T. T. Dung, P. V. Hung, H. D. Cuong, N. M. Cuong, S. Sirabaha. 2011. Changes in temperature and precipitation extremes over the Indo-Pacific region from 1971 to 2005. Int. J. Climatol., 31, 791–801.
11. Cai W. J., A. Sullivan. and T. Cowan. 2011. Interactions of ENSO, the IOD, and the SAM in CMIP3 Models. J. Clim., 24, 1688–1704.
12. Chang C.-H. 2011. Preparedness and storm hazards in a global warming world: Lessons from Southeast Asia. Nat. Hazards, 56, 667–679.
13. Chaturvedi R. K., J. Joshi., M. Jayaraman., G. Bala. and N. H. Ravindranath. 2012. Multi-model climate change projections for India under Representative Concentration Pathways (RCPs): A preliminary analysis. Curr. Sci., 103, 791–802.
14. Chotamonsak C., E. P. Salathe., Jr., J. Kreasuwan., S. Chantara. and K. Siriwitayakorn. 2011. Projected climate change over Southeast Asia simulated using a WRF regional climate model. Atmos. Sci. Lett., 12, 213–219.
15. Chung C. E. and V. Ramanathan. 2006. Weakening of North Indian SST gradients and the monsoon rainfall in India and the Sahel. J. Clim., 19, 2036–2045.
16. Collins M., S. I. An, W. Cai, A. Ganachaud, E. Guilyardi, F. F. Jin, M. Jochum, M. Lengaigne, S. Power, A. Timmermann, G. Vecchi, and A. Wittenberg. 2010. The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. Nature Geosci., 3, 391–397.
17. Cravatte S., T. Delcroix., D. Zhang., M. McPhaden. and J. Leloup. 2009. Observed freshening and warming of the western Pacific Warm Pool. Clim. Dyn., 33, 565–589.
18. Deser C., M. A. Alexander., S.-P. Xie. and A. S. Phillips. 2010a. Sea surface temperature variability: Patterns and mechanisms. Annu. Rev. Mar. Sci., 2, 115–143.
19. Deser C., A. S. Phillips. and M. A. Alexander. 2010b. Twentieth century tropical sea surface temperature trends revisited. Geophys. Res. Lett., 37, doi: 10.1029/2010gl043321.
20. DiNezio P. N., A. C. Clement., G. A. Vecchi., B. J. Soden. and B. P. Kirtman. 2009. Climate response of the equatorial Pacific to global warming. J. Clim., 22, 4873–4892.
21. Ding Y., G. Ren., Z. Zhao., Y. Xu., Y. Luo., Q. Li. and J. Zhang. 2007. Detection, causes and projection of climate change over China: An overview of recent progress. Adv. Atmos. Sci., doi: DOI 10.1007/s00376-007-0954-4, 954–971.

22. Du Y., L. Yang. and S. Xie. 2011. Tropical Indian Ocean influence on Northwest Pacific tropical cyclones in summer following strong El Niño. J. Clim., 24, 315–322.
23. Du Y., S. P. Xie., G. Huang. and K. M. Hu. 2009. Role of air-sea interaction in the long persistence of El Niño-induced north Indian Ocean warming. J. Clim., 22, 2023–2038.
24. Frank W. and P. Roundy. 2006. The role of tropical waves in tropical cyclogenesis. Mon. Weather Rev., 134, 2397–2417.
25. Gastineau G. and B. J. Soden. 2009. Model projected changes of extreme wind events in response to global warming. Geophys. Res. Lett., 36, doi: 10.1029/2009gl037500.
26. Gong D. Y. and C. H. Ho. 2002. The Siberian High and climate change over middle to high latitude Asia. Theor. Appl. Climatol., 72, 1–9.
27. Goswami B. N., V. Venugopal., D. Sengupta., M. S. Madhusoodanan. and P. K. Xavier. 2006. Increasing trend of extreme rain events over India in a warming environment. Science, 314, 1442–1445.
28. Guilyardi E., H. Bellenger., M. Collins., S. Ferrett., W. Cai. and A. Wittenberg. 2012. A first look at ENSO in CMIP5. CLIVAR Exchanges, 58, 29-32.
29. Hsu P.-C., T. Li. and B. Wang. 2011. Trends in global monsoon area and precipitation in the past 30 years. Geophys. Res. Lett., 38, doi: 10.1029/2011GL046893.
30. Hsu P.-C., T. Li., H. Murakami. and A. Kitoh. 2013. Future change of the global monsoon revealed from 19 CMIP5 models. J. Geophys. Res. Atmos., 118, doi: 10.1002/jgrd.50145.
31. Hori M. E., D. Nohara. and H. L. Tanaka. 2007. Influence of Arctic Oscillation towards the Northern Hemisphere surface temperature variability under the global warming scenario. J. Meteorol. Soc. Jpn., 85, 847–859.
32. Huang P., S.-P. Xie., K. Hu., G. Huang. and R. Huang. 2013. Patterns of the seasonal response of tropical rainfall to global warming. Nature Geosci., 6, 357–361.
33. Huang R., W. Chen., B. Yang. and R. Zhang. 2004. Recent advances in studies of the interaction between the east Asian winter and summer monsoons and ENSO cycle. Adv. Atmos. Sci., 21, 407–424.
34. Huang B. and Z. Liu. 2001. Temperature trend of the last 40 yr in the upper Pacific Ocean. J. Clim., 14, 3738–3750.
35. Ihara C., Y. Kushnir., M. Cane. and V. de la Pena. 2009. Climate Change over the Equatorial Indo-Pacific in Global Warming. J. Clim., 22, 2678–2693.
36. IPCC. 2013. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
37. Izumo T., C. D. Montegut., J. J. Luo., S. K. Behera., S. Masson. and T. Yamagata. 2008. The role of the western Arabian Sea upwelling in Indian monsoon rainfall variability. J. Clim., 21, 5603–5623.
38. Kao H. Y. and J. Y. Yu. 2009. Contrasting Eastern-Pacific and Central-Pacific types of ENSO. J. Clim., 22, 615–632.
39. Karnauskas K. B., R. Seager., A. Kaplan., Y. Kushnir. and M. A. Cane. 2009. Observed strengthening of the zonal sea surface temperature gradient across the equatorial Pacific Ocean. J. Clim., 22, 4316–4321.
40. Kim B. M. and S. I. An. 2011. Understanding ENSO regime behavior upon an Increase in the warm-pool temperature using a simple ENSO model. J. Clim., 24, 1438–1450.
41. Kim S. T. and J.-Y. Yu. 2012. The two types of ENSO in CMIP5 models. Geophys. Res. Lett., doi:10.1029/2012GL052006.
42. Kitoh A. and S. Kusunoki. 2008. East Asian summer monsoon simulation by a 20-km mesh AGCM. Clim. Dyn., 31, 389–401.
43. Kitoh A., H. Endo., K. Krishna Kumar., I. F. A. Cavalcanti., P. Goswami. and T. Zhou. 2013 Monsoons in a changing world regional perspective in a global context. J. Geophys. Res. Atmos., 118, doi: 10.1002/jgrd.50258.
44. Klein S. A., B. J. Soden. and N.-C. Lau. 1999. Remote sea surface temperature variations during ENSO: Evidence for a tropical atmospheric bridge. J. Clim., 12, 917–932.
45. Kripalani R., J. Oh. and H. Chaudhari. 2007a. Response of the East Asian summer monsoon to doubled atmospheric CO2: Coupled climate model simulations and projections under IPCC AR4. Theor. Appl. Climatol., 87, 1–28
46. Krishnamurthy C. K. B., U. Lall. and H. H. Kwon. 2009. Changing frequency and intensity of rainfall extremes over India from 1951 to 2003. J. Clim., 22, 4737– 4746.
47. Kug J.-S. and I.-S. Kang. 2006. Interactive Feedback between ENSO and the Indian Ocean. J. Clim., 19, 1784–1801.

48. Kug J.-S., F.-F. Jin. and S.-I. An. 2009. Two types of El Nino events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño. J. Clim., 22, 1499–1515.

49. Kumar K., K.Kamala, B. Rajagopalan, M. P. Hoerling, J. K. Eischeid, S. K. Patwardhan, G. Srinivasan, B. N. Goswami, R. Nemani. 2011. The once and future pulse of Indian monsoonal climate. Clim. Dyn., 36, 2159–2170.

50. Lau K., S. C. Tsay, C. Hsu, M. Chin, V. Ramanathan, G-X. Wu, Z. Li, R. Sikka, B. Holben, D. Lu, H. Chen, G. Tartari, P. Koudelova, Y. Ma, J. Huang, K. Taniguchi, and R. Zhang. 2008. The Joint Aerosol-Monsoon Experiment—A new challenge for monsoon climate research. Bull. Am. Meteorol. Soc., doi:10.1175/BAMS-89-3- 369, 369–383.

51. Lau K. M. and H. T. Wu. 2007. Detecting trends in tropical rainfall characteristics, 1979–2003. Int. J. Climatol., 27, 979–988.

52. L'Heureux M. L. and R. W. Higgins. 2008. Boreal winter links between the Madden- Julian oscillation and the Arctic oscillation. J. Clim., 21, 3040–3050.

53. Li H., A. Dai., T. Zhou. and J. Lu. 2010. Responses of East Asian summer monsoon to historical SST and atmospheric forcing during 1950–2000. Clim. Dyn., 34, 501–514.

54. Li B. and T. J. Zhou. 2011. El Nino-Southern Oscillation-related principal interannual variability modes of early and late summer rainfall over East Asia in sea surface temperature-driven atmospheric general circulation model simulations. J. Geophys. Res. Atmos., 116, 15.

55. Li G. and B. Ren. 2012 Evidence for strengthening of the tropical Pacific Ocean surface wind speed during 1979–2001. Theor. Appl. Climatol., doi: 10.1007/s00704-0110-463-3.

56. Li J. B., S. P. Xie, E. R. Cook, G. Huang, R. D'Arrigo, F. Liu, J. Ma, X. T. Zheng. 2011. Interdecadal modulation of El Nino amplitude during the past millennium. Nature Clim. Change, 1, 114–118.

57. Lin H., G. Brunet. and J. Derome. 2009. An observed connection between the North Atlantic Oscillation and the Madden-Julian Oscillation. J. Clim., 22, 364–380.

58. Lin J. L., K. M. Weickman, G. N. Kiladis, B. E. Mapes, S. D. Schubert, M. J. Suarez, J. T. Bacmeister, and M. I. Lee. 2008. Subseasonal variability associated with Asian summer monsoon simulated by 14 IPCC AR4 coupled GCMs. J. Clim., 21, 4541–4567.

59. Liu H. W., T. J. Zhou., Y. X. Zhu. and Y. H. Lin. 2012. The strengthening East Asia summer monsoon since the early 1990s. Chinese Science Bulletin, 57, 1553– 1558.

60. Liu Z. and B. Huang. 2000 Cause of tropical Pacific warming trend. Geophys. Res. Lett., 27, 1935–1938.

61. Luo Y. and L. M. Rothstein. 2011. Response of the Pacific ocean circulation to climate change. Atmosphere-ocean, 49, 235–244.

62. Maloney E. D. and J. Shaman. 2008. Intraseasonal variability of the West African monsoon and Atlantic ITCZ. J. Clim., 21, 2898–2918.

63. Maloney E. D. and S.-P. Xie. 2013. Sensitivity of MJO activity to the pattern of climate warming. J. Adv. Model. Earth Syst., 5, 32–47.

64. Manton M. J., P. M. Della-Marta, M. R. Haylock, K. J. Hennessy, N. Nicholls, L. E. Chambers, D. A. Collins, G. Daw, A. Finet, D. Gunawan, K. Inape, H. Isobe, T. S. Kestin, P. Lefale, C. H. Leyu, T. Lwin, L. Maitrepierre, N. Ouprasitwong, C. M. Page, J. Pahalad, N. Plummer, M. J. Salinger, R. Suppiah, V. L. Tran, B. Trewin, I. Tibig, D. Yee. 2001. Trends in extreme daily rainfall and temperature in Southeast Asia and the South Pacific: 1961–1998. Int. J. Climatol., 21, 269–284.

65. May W. 2011. The sensitivity of the Indian summer monsoon to a global warming of 2 degrees C with respect to pre-industrial times. Clim. Dyn., 37, 1843 – 1868.

66. Meehl. G. A. and A. Hu. 2006. Megadroughts in the Indian monsoon region and southwest North America and a mechanism for associated multidecadal Pacific sea surface temperature anomalies. J. Clim., 19, 1605 – 1623.

67. Nguyen K., J. Katzfey. and J. McGregor. 2012. Global 60 km simulations with CCAM: Evaluation over the tropics. Clim. Dyn., 39, 637–654.

68. Niyogi D., C. Kishtawal., S. Tripathi. and R. S. Govindaraju. 2010. Observational evidence that agricultural intensification and land use change may be reducing the Indian summer monsoon rainfall. Water Resources Research, 46, W03533, doi: 03510.01029/02008wr007082.

69. Rajeevan M., J. Bhate. and A. K. Jaswal. 2008. Analysis of variability and trends of extreme rainfall events over India using 104 years of gridded daily rainfall data. Geophys. Res. Lett., 35, doi: 10.1029/2008gl035143.

70. Ramanathan V., C. Chung, D. Kim, T. Bettge, L. Buja, J. T. Kiehl, W. M. Washington, Q. Fu, D. R. Sikka, and M. Wild. 2005. Atmospheric brown clouds: Impacts on South Asian climate and hydrological cycle. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., doi: 10.1073/ pnas.0500656102, 5326 – 5333.

71. Sabade S., A. Kulkarni. and R. Kripalani. 2011. Projected changes in South Asian summer monsoon by multi-model global warming experiments. Theor. Appl. Climatol., 103, 543–565.

72. Saji N. H., B. N. Goswami., P. N. Vinayachandran. and T. Yamagata. 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. Nature, 401, 360–363.

73. Schott F. A., S.-P. Xie. and J. P. McCreary. 2009. Indian Ocean circulation and climate variability. Rev. Geophys., 47, RG1002.

74. Schubert J. J., B. Stevens. and T. Crueger. 2013. The Madden-Julian Oscillation as simulated by the MPI Earth System Model: Over the last and into the next millennium. J. Adv. Model. Earth Syst., 5, 71–84.

75. Sen Gupta A., A. Ganachaud., S. McGregor., J. N. Brown. and L. Muir. 2012. Drivers of the projected changes to the Pacific Ocean equatorial circulation. Geophys. Res. Lett., 39, L09605.

76. Siew, J.H., F.T. Tangang. and L. Juneng. 2014. Evaluation of CMIP5 coupled atmosphere–ocean general circulation models and projection of the Southeast Asian winter monsoon in the 21st century. International J. Clim., 34, 2872–2884.

77. Sinha A., L. Stott, M. Berkelhammer, H. Cheng, R. L. Edwards, B. Buckley, M. Aldenderfer, M. Mudelsee. 2011. A global context for megadroughts in monsoon Asia during the past millennium. Quat. Sci. Rev., 30, 47–62.

78. Sperber K. R., H. Annamalai, I. S. Kang, A. Kitoh, A. Moise, A. Turner, B. Wang, T. Zhou. 2012. The Asian summer monsoon: An intercomparison of CMIP5 vs. CMIP3 simulations of the late 20th century. Clim. Dyn., doi:10.1007/ s00382-012-1607-6, 1–34.

79. Stevenson S., B. Fox-Kemper., M. Jochum, R. Neale., C. Deser. and G. Meehl. 2012. Will there be a significant change to El Nino in the twenty-first century? J. Clim., 25, 2129–2145.

80. Tangang F. T., L. Juneng. and S. Ahmad. 2007. Trend and interannual variability of temperature in Malaysia: 1961–2002. Theor. Appl. Climatol., 89, 127–141.

81. Tokinaga H., S. Xie., A. Timmermann., S. McGregor., T. Ogata., H. Kubota. and Y. Okumura. 2012. Regional patterns of tropical Indo-Pacific climate change: Evidence of the Walker Circulation weakening. J. Clim., 25, 1689–1710.

82. Trenberth K. E., D. P. Stepaniak. and J. M. Caron. 2000. The global monsoon as seen through the divergent atmospheric circulation. J. Clim., 13, 3969–3993.

83. Turner A. G. and H. Annamalai. 2012. Climate change and the South Asian summer monsoon. Nature Clim. Change, 2, 587–595.

84. Turner A. G., P. M. Inness. and J. M. Slingo. 2007a. The effect of doubled CO2 and model basic state biases on the monsoon-ENSO system. I: Mean response and interannual variability. Q. J. R. Meteorol. Soc., 133, 1143–1157.

85. Ueda H., A. Iwai., K. Kuwako. and M. E. Hori. 2006. Impact of anthropogenic forcing on the Asian summer monsoon as simulated by eight GCMs. Geophys. Res. Lett., 33, doi: 10.1029/2005gl025336.

86. Vance T. R., T. D. van Ommen., M. A. J. Curran., C. T. Plummer. and A. D. Moy. 2012. A millennial proxy record of ENSO and eastern Australian rainfall from the Law Dome ice core, East Antarctica. J. Clim., 26, 710–725.

87. Vecchi G. and A. Wittenberg. 2010. El Nino and our future climate: Where do we stand? WIREs Clim Change, 1, 260–270.

88. Wang B. and Q. Ding. 2006. Changes in global monsoon precipitation over the past 56 years. Geophys. Res. Lett., 33, L06711.

89. Wang B. and S. I. An. 2002. A mechanism for decadal changes of ENSO behavior: Roles of background wind changes. Clim. Dyn., 18, 475–486.

90. Wang, L., R. Huang, L., Gu, W. Chen, and L. Kang, 2009. Interdecadal variations of the east Asian winter monsoon and their association with quasi-stationary planetary wave activity. J. Climate, 22, 4860-4872.

91. Wang B., J. Liu., H.-J. Kim., P. J. Webster. and S.-Y. Yim. 2012. Recent change of the global monsoon precipitation (1979–2008). Clim. Dyn., 39, 1123–1135.

92. Wang B., S. Xu and L. Wu. 2012. Intensified Arabian Sea tropical storms. Nature, 489, E1–E2.

93. Wang L. and W. Chen. 2010. How well do existing indices measure the strength of the East Asian winter monsoon? Adv. Atmos. Sci., 27, 855–870.

94. Webster P. J., A. M. Moore., J. P. Loschnigg. and R. R. Leben. 1999. Coupled ocean-atmosphere dynamics in the Indian Ocean during 1997–98. Nature, 401, 356– 360.

95. Widlansky M. J., A. Timmermann., K. Stein., S. McGregor., N. Schneider., M. H. England., M. Lengaigne. and W. Cai. 2013. Changes in South Pacific rainfall bands in a warming climate. Nature Clim. Change, 3, 417–423.

96. Wu R., B. P. Kirtman. and V. Krishnamurthy. 2008. An asymmetric mode of tropical Indian Ocean rainfall variability in boreal spring. J. Geophys. Res. Atmos., 113, D05104.

97. Xie S. P., K. Hu., J. Hafner., H. Tokinaga., Y. Du., G. Huang. and T. Sampe. 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. J. Clim., 22, 730–747.

98. Yamagata T., S. K. Behera., J.-J. Luo., S. Masson., M. Jury. and S. A. Rao. 2004. Coupled ocean-atmosphere variability in the tropical Indian Ocean. Earth Clim. Ocean- Atmos. Interact., American Geophysical Union, 189–212.

99. Yeh S.-W., Y.-G. Ham. and J.-Y. Lee. 2012. Changes in the tropical Pacific SST Trend from CMIP3 to CMIP5 and its implication of ENSO. J. Clim., 25, 7764–7771.

100. Yu, B, and F. W. Zwiers, 2010. Changes in equatorial atmospheric zonal circulation in recent decades. Geophy. Res. Sci. J., 3, 196-203.

101. Yu, R. C., B. Wang. and T. J. Zhou. 2004. Tropospheric cooling and summer monsoon weakening trend over East Asia. Geophys. Res. Lett., 31, L22212.

102. Zahn M. and R. Allan. 2011. Changes in water vapor transports of the ascending branch of the tropical circulation. J. Geophys. Res. Atmos., 116, doi: 10.1029/2011JD016206.

103. Zhang L., L. Wu. and L. Yu. 2011a. Oceanic origin of a recent La Nia-like trend in the tropical Pacific. Adv. Atmos. Sci., 28, 1109–1117.

104. Zhang Q., Y. Guan. and H. Yang. 2008. ENSO amplitude change in observation and coupled models. Adv. Atmos. Sci., 25, 361–366.

105. Zheng, X.-T., Y. Du, L. Liu, G. Haung, and Q. Liu. 2013. Indian Ocean Dipole response to global warming in the CMIP5 multi-model ensemble. J. Climate, 26, 6146-6164.

106. Zhou T. J., L. X. Zhang. and H. M. Li. 2008. Changes in global land monsoon area and total rainfall accumulation over the last half century. Geophys. Res. Lett., 35, L16707.

107. Zhu C., B. Wang., W. Qian. and B. Zhang. 2012. Recent weakening of northern East Asian summer monsoon: A possible response to global warming. Geophys. Res. Lett., 39, doi: 10.1029/2012GL051155.

ส่วนที่ 2

องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

Risk and Climate Change Adaptation

คณะทำงานกลุ่มที่ 2

นายศุภกร ชินวรรโณ	SEA START RC
	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผศ.ดร.วิจิตรบุษา มารมย์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.ณัชวิชญ์ ติกุล	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผศ.ดร.วนารัตน์ กรอิสรานุกูล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.โพยม สราภิรมย์	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ดร.พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ดร.กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์	สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย

บทที่ 6	แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย	112
บทที่ 7	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	210
บทที่ 8	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการที่ยั่งยืน	264
บทที่ 9	การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	306
บทที่ 10	การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย	340
บทที่ 11	บทส่งท้าย	386

บทที่ 6

แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

ศุภกร ชินวรรโณ

SEA START RC จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีอ้างอิง

ศุภกร ชินวรรโณ, 2559: แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

6.1 การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย 120
6.2 การศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาแบบกรอบแนวคิดและวิธีการศึกษาและประเมินความเสี่ยงของพื้นที่และภาคส่วนต่างๆ 198
6.3 การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเชิงพื้นที่แบบองค์รวม 200
6.4 การประเมินช่องว่างกลไกเชิงสถาบันเพื่อควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 203
6.5 สรุป 204

เอกสารอ้างอิง

แนวคิดในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นประเด็นที่ทั่วโลกให้ความสำคัญมากขึ้น เพราะสังคมโลกยังไม่สามารถหาทางที่จะหยุดยั้งภาวะเรือนกระจกที่ผิดปกติอันเป็นสาเหตุของภาวะโลกร้อนได้ เนื่องจากเรายังคงต้องพึ่งพาพลังงานจากน้ำมันและถ่านหิน (fossil fuel) เป็นแหล่งพลังงานหลักและปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศอย่างต่อเนื่อง ก๊าซเรือนกระจกที่สะสมเพิ่มมากขึ้นในชั้นบรรยากาศคือสาเหตุของภาวะโลกร้อน และอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นนี้เองที่นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต อันจะส่งผลให้สังคม ภาคส่วนในพื้นที่ต่าง ๆ ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงที่แตกต่างไปจากเดิม ตลอดจนแผนพัฒนาต่าง ๆ อาจจะไม่สามารถดำเนินการไปได้บรรลุเป้าหมายตามที่ได้ตั้งไว้

สถานการณ์ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้ภาวะโลกร้อนนี้เองที่ทำให้สังคมต้องเริ่มคิดถึงการปรับตัวเพื่อให้อยู่ได้กับสถานการณ์ในอนาคต การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้เริ่มถูกกล่าวถึงอย่างชัดเจนในช่วงปี ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) โดยการประชุม UNFCCC convention ที่กรุง Rio de Janeiro ได้กล่าวถึงการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 2 ประเด็น คือ Mitigation และ Adaptation โดยได้มีการนิยามถึง Mitigation ว่าเป็นการดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รักษาระดับความเข้มข้นหรือปริมาณของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบบรรยากาศโลก (UNFCCC Article 2) แต่อย่างไรก็ดี สำหรับ Adaptation นั้น ไม่ได้มีการกำหนดนิยามที่ชัดเจนขึ้น และในระยะเวลาต่อมาก็มีการใช้คำว่า Adaptation ในความหมายต่าง ๆ ที่หลากหลายภายใต้การตีความที่แตกต่างกันไป

Adaptation หรือการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเริ่มมีความชัดเจนมากขึ้นเมื่อทาง IPCC ให้ความสนใจ และได้จัดทำรายงาน Third Assessment Report (IPCC AR3) ในปี ค.ศ.2001 (พ.ศ.2544) ซึ่งประกอบด้วยรายงาน 3 ส่วน คือ Climate science / Mitigation / Impact, adaptation and vulnerability ซึ่งเป็นการรวบรวมสังเคราะห์การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ได้มีการศึกษากันมากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ 1990 ซึ่งการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าวนั้นเป็นการศึกษาที่เน้นการทำความเข้าใจถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการตอบสนองต่อผลสืบเนื่องของผลกระทบนั้น ๆ โดยได้มีการให้คำนิยามถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศว่า เป็นการปรับเปลี่ยนในระบบธรรมชาติหรือมนุษย์เพื่อตอบสนองต่อปัจจัยด้านภูมิอากาศหรือผลกระทบที่อาจส่งผลต่อระบบต่าง ๆ เพื่อลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นหรือเพื่อแสวงหาประโยชน์จากโอกาสที่อาจเกิดขึ้นใหม่

แม้ว่าการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะแรกนี้จะเป็นการวางรากฐานที่ดีสำหรับการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะต่อมาก็ตาม แต่ก็ยังมีจุดอ่อนบางประการซึ่งส่วนหนึ่งก็เป็นอุปสรรคในการจัดทำนโยบายด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Burton et al., 2002) กล่าวคือ

- ประเด็นเรื่องความไม่แน่นอนของอนาคตทำให้การวางแผนการปรับตัวเกิดขึ้นยาก เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการกำหนดทางเลือกการปรับตัวสำหรับอนาคตต่อสภาพภูมิอากาศที่ไม่แน่นอนในอนาคตภายใต้บริบทสังคมและเศรษฐกิจที่ไม่ทราบแน่ชัด ซึ่งผลจากการศึกษาในลักษณะนี้มักไม่สอดคล้องกับกระบวนการวางแผนและนโยบายในหลายระดับ ซึ่งมักจะต้องการข้อมูลที่ชัดเจนแน่นอนเป็นพื้นฐานในการวางแผน
- ประเด็นด้านความถูกต้องแม่นยำของภาพฉายภูมิอากาศอนาคตต่อการวิเคราะห์สถานการณ์ด้านผลกระทบและแนวทางการปรับตัวในพื้นที่ที่เจาะจง ทำให้ผลการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็กขาดความชัดเจน
- การประเมินผลกระทบนั้นไม่ได้ออกแบบมาเพื่อให้นำไปสู่การวางแผนการปรับตัวในบริบทที่หลากหลาย เช่น การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตของพืชเกษตรภายใต้ภูมิอากาศอนาคตนั้นมุ่งเน้นไปที่การวางแผนการปรับตัวที่เป็นการดำเนินการในไร่นาเป็นหลักมากกว่าที่จะเป็นการพิจารณาถึงการยกระดับความเป็นอยู่ของชาวนาหรือพิจารณาถึงกลไกอื่น ๆ เช่น นโยบายหรือกลไกเพื่อพยุงราคาสินค้าเกษตร การเข้าแทรกแซงตลาดสินค้าเกษตร หรือ การจัดการการถือครองที่ดิน เป็นต้น

- แนวทางนี้ไม่ได้ให้ความสำคัญต่อเงื่อนไขทางสังคมตลอดจนพฤติกรรมของผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการปรับตัวในการที่จะรับเอาแนวทางหรือวิธีการปรับตัวไปนำใช้ปฏิบัติ
- กรอบการดำเนินการศึกษาตามแนวทางนี้ถูกออกแบบขึ้นภายใต้วัตถุประสงค์ทางวิทยาศาสตร์ที่จะทำความเข้าใจต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยหวังว่าผลการศึกษาจะถูกนำไปใช้เป็นพื้นฐานหรือเป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ แต่กรอบการศึกษานั้นไม่ได้สนใจถึงกระบวนการในการกำหนดนโยบายมากนัก

การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะต่อมาในช่วงปลายทศวรรษที่ 1990 ถึงต้นทศวรรษที่ 2000 ได้พัฒนาไปสู่การทำความเข้าใจถึงภาวะความเปราะบางของสังคม (social vulnerability) มากขึ้นจากเดิมที่จับประเด็นเรื่องความเปราะบางในบริบทของระบบหรือภาคส่วนต่างๆ โดยพยายามทำความเข้าใจต่อความเปราะบางทางสังคมของกลุ่มสังคมต่างๆ ภายใต้ภาวะเสี่ยงที่อาจเปลี่ยนไปจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ด้วยเห็นว่าผู้ที่จะต้องดำเนินการปรับตัวนั้นก็คือกลุ่มสังคมต่าง ๆ นั่นเอง การศึกษาในช่วงเวลานี้ได้มีการเสนอแนวคิดด้านการศึกษาความเปราะบางขึ้นหลายแนวคิด (Kelly and Adger, 2000) ซึ่งอาจกล่าวถึงความเปราะบางหรือภาวะเปราะบาง (vulnerability) โดยสรุปได้ว่า ความเปราะบางในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้คือระดับที่ระบบ (ชีวกายภาพ/เศรษฐกิจ/สังคม) เกิดความเสี่ยงที่ไม่สามารถรับมือได้ต่อผลที่ไม่พึงประสงค์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งรวมถึงภาวะอากาศแปรปรวนและภาวะอากาศรุนแรง ภาวะเปราะบางนี้เป็นสิ่งที่จะต้องพิจารณาขึ้นจากรูปแบบและขนาดของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งจะส่งผลต่อระบบนั้น และพิจารณาถึงการเปิดรับในแง่โอกาสที่จะได้รับผลกระทบ ความไวที่จะเกิดผลสืบเนื่องตามมาจากการที่ได้รับผลกระทบนั้น และความสามารถที่ระบบจะสามารถรับมือต่อผลสืบเนื่องนั้น (Burton et al, 2002) อาจกล่าวได้ว่าการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะที่สองนี้ได้หันเป้าหมายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากความพยายามที่จะลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อภาคส่วนต่าง ๆ ในอนาคต โดยไปเน้นประเด็นการพยายามที่จะลดความเปราะบางของกลุ่มสังคมต่าง ๆ ลง ภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์อนาคต โดยเฉพาะผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งการศึกษาในระยะนี้ได้เริ่มมีการพิจารณาถึงความเปราะบาง (vulnerability) ของกลุ่มสังคมโดยเริ่มใช้กลุ่มสังคมต่างๆ เป็นหน่วยที่ใช้วิเคราะห์ในการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมากขึ้น นอกเหนือไปจากการวิเคราะห์ถึงผลกระทบในแง่มุมของภาคส่วนต่างๆ ตามการศึกษาในระยะแรก (Schipper, 2006)

อย่างไรก็ดี ประเด็นที่พึงพิจารณา คือ การศึกษาจำนวนหนึ่งในระยะนี้ไม่ได้กำหนดบริบทที่ชัดเจนของกลุ่มสังคมที่เป็นเป้าหมายในการศึกษา ทำให้ข้อสรุปในเรื่องของความเปราะบางเชิงสังคมมีลักษณะเป็นนามธรรมหรือขาดความชัดเจน ส่งผลให้การวางแผนด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับประเด็นความเปราะบางของสังคมได้ นอกจากนั้น การศึกษาในระยะนี้แม้จะมองว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นส่งผลกระทบต่อทั้งระบบชีวภาพกายภาพและระบบเศรษฐกิจสังคม แต่การศึกษาก็ยังจับประเด็นความเปราะบางของสังคมนี้ในลักษณะที่เป็นผลที่ได้รับตามมาจากการเปลี่ยนแปลงของระบบชีวภาพกายภาพภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยยังไม่ได้คำนึงถึงพลวัตของระบบเศรษฐกิจสังคมอันจะมีผลต่อสภาพและระดับของความเปราะบางที่สังคมนั้นๆ จะมีต่อผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมากนัก ส่งผลให้การวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้รับการสรุปออกมาในเชิงของการพยายามที่จะลดความเปราะบางในอนาคตลงโดยที่ยังยึดบริบทของระบบเศรษฐกิจสังคมในปัจจุบัน หรืออาจกล่าวในอีกทางหนึ่งได้ว่า เป็นการพยายามรักษาสถานภาพปัจจุบันของสังคมไว้ภายใต้เงื่อนไขที่ภูมิอากาศอาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยข้อสรุปด้านแผนการปรับตัวยังมักจะเป็นการมองประเด็นการจัดทำนโยบายเป็นนโยบายที่เป็นเอกเทศซึ่งในหลายกรณีก็ยังขับเคลื่อนให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรมได้ยาก

นอกจากนั้นจุดอ่อนหลายประการของแนวทางการศึกษาในระยะแรกก็ยังคงสืบเนื่องมาถึงแนวทางการศึกษาในระยะที่สองนี้ โดยเฉพาะเรื่องความไม่แน่นอนของอนาคตที่ให้การขับเคลื่อนแผนการปรับตัวดำเนินไปได้ยาก

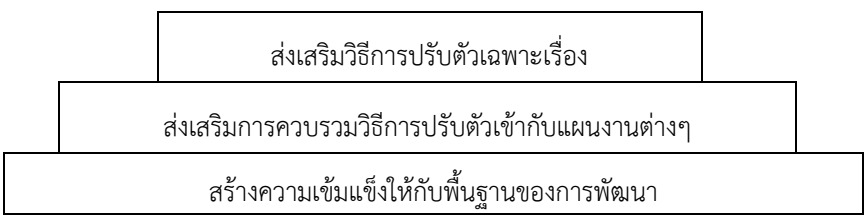
ในช่วงปลายทศวรรษที่ 2000 นี้เอง ก็ได้เกิดการปรับเปลี่ยนในแนวคิดด้านการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขึ้นอีกระลอกหนึ่ง โดยเริ่มปรับเปลี่ยนจากการเริ่มคิดถึงภูมิอากาศอนาคตตามที่สรุปได้จากภาพฉายอนาคตเป็นประเด็นตั้งต้น มาสู่การทำความเข้าใจกับประเด็นของความเปราะบางของกลุ่มสังคมต่อภาวะอากาศแปรปรวน (climate variability) ที่ภาคส่วนหรือกลุ่มสังคมต่างๆ เผชิญอยู่ในปัจจุบัน ตลอดจนพิจารณาถึงนโยบายหรือแผนการปรับตัวหรือการ

รับมือกับความเสี่ยงต่าง ๆ เหล่านั้นที่มีในปัจจุบันเป็นฐาน และนำมาพิจารณาภายใต้เงื่อนไขของอนาคตซึ่งภูมิอากาศอาจเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบัน และการขยายมุมมองต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้กว้างขึ้น โดยมองว่าการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการวางแผนการพัฒนา (Burton et al., 2002) ซึ่งการปรับเปลี่ยนแนวคิดต่าง ๆ ในด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจกล่าวโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้

- การปรับเปลี่ยนขอบเขตความหมายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Shifting in context of climate change adaptation)

  การปรับเปลี่ยนมุมมองที่มีต่อการปรับตัวต่อผลกระทบมาสู่การจัดการความเสี่ยงและพิจารณาถึงความมั่นคงของระบบเศรษฐกิจสังคมมากขึ้น (Handmer and Dovers, 1996) โดยพิจารณาถึงประเด็นเรื่องการลดความเสี่ยงและความสามารถในการฟื้นคืนของระบบเศรษฐกิจสังคมจากผลของภาวะอากาศรุนแรงซึ่งอาจทวีความรุนแรงหรือมีความถี่สูงขึ้นในอนาคต ซึ่งในแง่นี้การจัดการภัยพิบัติจะต้องก้าวไปให้ไกลกว่าการเตรียมการรับมือภัยพิบัติดังเช่นที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และพิจารณาถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มองไปไกลกว่าการออกแบบยุทธศาสตร์การรับมือที่อยู่บนสมมุติฐานของอนาคต โดยจะต้องมีการพิจารณาทั้งสองประเด็นควบรวมเข้าด้วยกัน กล่าวคือ พิจารณาทั้งประเด็นความแปรปรวนของสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (climate variability & climate change) นอกจากนั้นการศึกษายังควรที่จะต้องพิจารณาถึงแผนงานต่าง ๆ ที่มีอยู่ในปัจจุบันในการจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวนหรือ ภัยพิบัติเป็นฐานในการคำนึงถึงการปรับตัวในอนาคตด้วย (UNDP, 2002)

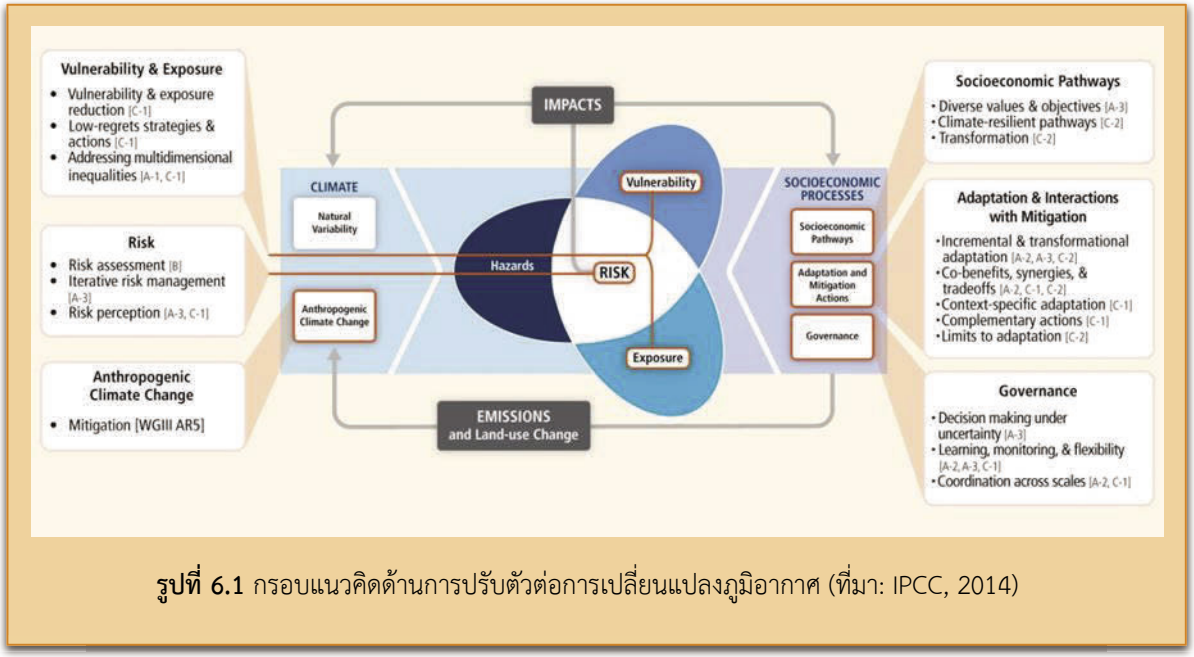
  การปรับเปลี่ยนขอบเขตความหมายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอีกประการหนึ่งเป็นเรื่องของการกำหนดโครงสร้างแผนการปรับตัว โดยได้เกิดแนวคิดว่าการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นควรที่จะได้รับการพิจารณาว่าเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการพัฒนา โดยมีเป้าหมายที่จะสร้างความมั่นคงของกลุ่มสังคมในแต่ละพื้นที่ต่อทั้งภาวะอากาศแปรปรวนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงในอนาคต และควบรวมเข้ากับกระบวนการวางแผนและนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน (Hug and Reid, 2004) ซึ่งในแง่นี้อาจต้องพิจารณาถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งในแง่ที่เป็นผลที่ได้จากการดำเนินการหรือตัวแผนการปรับตัวนั้นเอง และพิจารณาถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในฐานะที่เป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดการดำเนินการหรือเกิดแผนการปรับตัวด้วย (Schipper and Burton, 2009) นอกจากนั้นการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะต้องคำนึงถึงบริบทที่เจาะจงมากขึ้น ทั้งในเชิงพื้นที่และเวลา (Smit et al., 2000) เนื่องจากประเด็นเรื่องความเสี่ยงและภาวะเปราะบางเชิงสังคม ตลอดจนการปรับตัวนั้นเป็นเรื่องที่ขึ้นกับบริบทที่เฉพาะของกลุ่มสังคมในแต่ละพื้นที่ (Moench, 2007; Chinvanno et al., 2006 และ IPCC, 2014) และประเด็นที่ต้องพิจารณาคือ ความเสี่ยงและภาวะเปราะบางเชิงสังคมนี้แปรเปลี่ยนไปตามกาลเวลาขึ้นกับพลวัตทางสังคม (Chinvanno and Kerdsuk, 2013) การดำเนินการเพื่อควบรวม (mainstreaming) การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ากับยุทธศาสตร์และแผนงานที่มีอยู่นั้น อาจพิจารณาถึงการดำเนินการใน 3 ระดับ (UNDP-UNEP, 2011) คือ



  - ระดับที่ 1: เป็นการดำเนินการเพื่อให้เป้าหมายการพัฒนาเป็นไปเพื่อการลดความเปราะบาง ซึ่งไม่จำกัดแต่เพียงประเด็นด้านการเปลี่ยแปลงภูมิอากาศ และในขณะเดียวกันก็หลีกเลี่ยงการปรับตัวที่ไม่เหมาะสม (maladaptation) หรือการปรับตัวที่ก่อให้เกิดผลที่ไม่พึงประสงค์ตามมา ซึ่งอาจเป็นการเพิ่มความเข้มแข็งมั่นคง (resilience) ของประเทศหรือประชาชน

- ระดับที่ 2: เป็นการดำเนินการเพื่อให้ประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจวางแผนของหน่วยงานต่าง ๆ เพื่อพัฒนาแนวนโยบายที่คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นองค์ประกอบการดำเนินการในระดับนี้ไม่เพียงแต่จะมีเป้าหมายให้เกิดนโยบายที่สามารถรองรับสภาพอากาศและภูมิอากาศที่ไม่พึงประสงค์ (climate-proofing policy) เท่านั้น แต่ยังจับประเด็นความต้องการใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นต่อการปรับตัวในระดับภาคส่วน และ/หรือ พื้นที่ต่าง ๆ ด้วย
- ระดับที่ 3: เป็นการวางแผนการปรับตัวเฉพาะเรื่อง ซึ่งมุ่งเป้าไปที่เรื่องที่การดำเนินการในระดับที่ 1 และ 2 ไม่ครอบคลุมหรือไม่สามารถจัดการได้

การปรับเปลี่ยนแนวคิดในขอบเขตความหมายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉพาะในประเด็นที่ว่าด้วยการจัดการความเสี่ยงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นนี้ได้มีการสะท้อนให้เห็นชัดเจนมากขึ้นในรายงาน IPCC Fifth Assessment Report ซึ่งได้เสนอกรอบแนวคิดว่าด้วยการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มองประเด็นเรื่องความเสี่ยงซึ่งขับดันโดยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นแกนกลางในการคิดถึงการปรับตัว (รูปที่ 6.1) นอกจากนั้นทาง UNFCCC ก็ได้รับเอาแนวคิดด้านการควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ากับแผนงานที่มีอยู่ไปพัฒนาขึ้นเป็น National Adaptation Plan และได้กำหนดให้กลุ่มประเทศพัฒนาน้อย (least develop country) จัดทำรายงานว่าด้วยแผนการปรับตัวของประเทศที่เป็นการควบรวมเข้ากับแผนงานหรือนโยบายที่มีอยู่ในปัจจุบัน



รูปที่ 6.1 กรอบแนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ที่มา: IPCC, 2014)

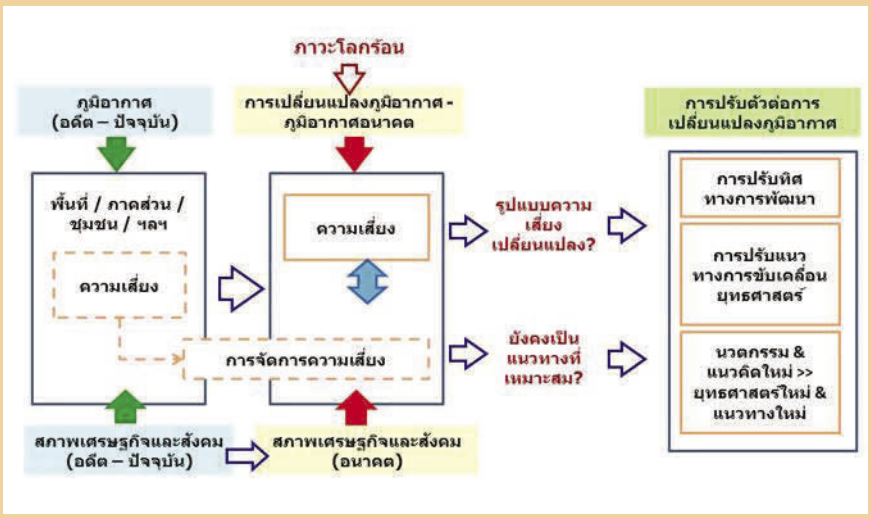
- การปรับเปลี่ยนในประเด็นเรื่องขอบเขตขนาดของการปรับตัว (Shifting in scale of adaptation)

พัฒนาการของการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะที่ผ่านมาก่อให้เกิดความหลากหลายในการกำหนดขนาดหรือขอบเขตของการปรับตัว โดยมีการกำหนดการปรับตัวทั้งในแง่ของภาคส่วนระดับประเทศลงไปจนถึงระดับชุมชน (community-based adaptation) และแม้กระทั่งระดับปัจเจกบุคคล ซึ่งในแง่นี้อาจกล่าวได้ว่า การปรับตัวนั้นเกิดได้ทุกที่ทุกระดับ โดยที่เราจำเป็นจะต้องทำความเข้าใจต่อบริบทเฉพาะของการปรับตัวในแต่ละระดับให้ดีเพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนในการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Schipper and Burton, 2009) ทั้งนี้การปรับเปลี่ยนในแนวคิดด้านขอบเขตของการปรับตัวที่สำคัญคือ การทำความเข้าใจถึงลักษณะของระบบเศรษฐกิจสังคม ซึ่งจะต้องพิจารณาร่วมกันเป็นระบบ มิเช่นนั้นอาจจะนำไปสู่การวางแผนการปรับตัวที่ไม่เหมาะสมได้ (maladaptation) (Smitters and Smit, 1997) เนื่องจากภาวะความเปราะบางของสังคมต่อผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้นไม่ได้ขึ้นกับสภาพการณ์ทางภูมิอากาศแต่เพียงอย่างเดียว หากยัง

ขึ้นกับความเชื่อมโยงของภาคส่วนต่าง ๆ ในระบบเศรษฐกิจสังคม ตลอดจนปัจจัยทางการเมือง วัฒนธรรม และปัจจัยอื่นๆ อีกมาก (Ribot et al., 1996) ดังนั้นการศึกษาจะต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมในฐานะที่เป็นตัวกำหนด (determinant) ความเสี่ยงและความเปราะบางเชิงสังคม ร่วมไปกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (Smit et al., 2000) และการพิจารณาถึงการปรับตัวนั้น จะต้องคำนึงด้วยว่าการปรับตัวของภาคส่วนหนึ่ง ๆ หรือในพื้นที่หนึ่ง ๆ อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อภาคส่วนอื่น ๆ หรือพื้นที่อื่น ๆ ได้ และอาจก่อให้เกิดการส่งผ่านความเสี่ยงจากภาคส่วนหนึ่งหรือพื้นที่หนึ่งไปยังอีกภาคส่วนหนึ่งหรืออีกพื้นที่หนึ่ง ทำให้การพิจารณาถึงการปรับตัวของระบบเศรษฐกิจสังคมในลักษณะที่เป็นองค์รวม (holistic approach) เป็นเรื่องที่จำเป็น (Chinvanno et al., 2006 และ Chinvanno, 2013)

การปรับเปลี่ยนในแนวคิดด้านขอบเขตของการปรับตัวโดยจับประเด็นความเชื่อมโยงของภาคส่วนนี้เป็นพื้นฐานของการจัดตั้งการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของพื้นที่ขนาดใหญ่ที่โครงสร้างเศรษฐกิจสังคมมีความหลากหลาย โดยศึกษาถึงความเสี่ยงของภาคส่วนต่างๆ ซึ่งอาจมีรูปแบบความเสี่ยงที่หลากหลายและเกิดขึ้นจากแรงขับดันจากปัจจัยทางด้านภูมิอากาศและปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมที่แตกต่างกัน และพยายามทำความเข้าใจถึงประเด็นที่เชื่อมโยงระหว่างภาคส่วนและพื้นที่ต่าง ๆ เพื่อกำหนดกรอบและบริบทของการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยมีเป้าหมายให้การวางแผนการปรับตัวเกิดขึ้นได้โดยไม่เกิดการปรับตัวที่ไม่เหมาะสม (maladaptation) ขึ้น (ศุภกร, 2557)

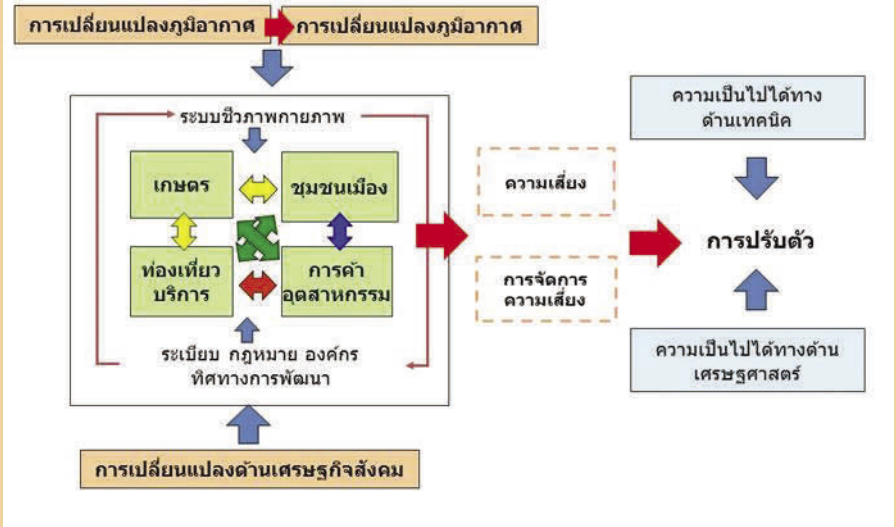
การปรับเปลี่ยนในแนวคิดพื้นฐานที่มีต่อการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงปลายทศวรรษที่ 2000 นี้นำไปสู่กรอบการศึกษาที่ขยายจากการประเมินผลกระทบ การประเมินความเสี่ยงและภาวะเปราะบางไปควบรวมประเด็นด้านกระบวนการวางนโยบายซึ่งจะต้องพิจารณาถึงช่องว่างในแผนงานต่าง ๆ เพื่อที่จะกำหนดความจำเป็นเร่งด่วนในการควบรวมประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้าไปในแผนงานต่าง ๆ ที่มีอยู่ เพื่อให้แผนงานเหล่านั้นยังคงดำเนินการไปได้และบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ภายใต้เงื่อนไขที่สถานการณ์ในอนาคตอาจเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายที่จะให้สังคมสามารถก้าวไปสู่อนาคตได้อย่างมั่นคงภายใต้สถานการณ์ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและพลวัตอื่น ๆ ของระบบเศรษฐกิจสังคม ดังตัวอย่างแผนผังกรอบการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (รูปที่ 6.2 และ 6.3)



รูปที่ 6.2
กรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อภาวะอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้พลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคม

ที่มา
SEA START RC, 2013[7]

[7] กรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อภาวะอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้พลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคม พัฒนาโดย SEA START RC (2013)



รูปที่ 6.3 กรอบแนวคิดด้านการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของระบบเศรษฐกิจสังคม (ที่มา: SEA START RC, 2013[1])

อาจกล่าวโดยสรุปถึงพัฒนาการของแนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยพิจารณาประเด็นที่เป็นพื้นฐานในการพิจารณาถึงการปรับตัวที่ได้มีการถกกันในวงวิชาการและกลุ่มผู้วางนโยบายต่าง ๆ ในห้วงเวลาที่ผ่านมาดังต่อไปนี้ (Schipper, 2006)

ห้วงเวลา	ประเด็น
ทศวรรษที่ 1970 ถึงต้นทศวรรษ 1980	● อะไรคือข้อจำกัดทางความสัมพันธ์ระหว่างคนกับสิ่งแวดล้อมที่มีต่อการพัฒนาและการเติบโตของระบบเศรษฐกิจสังคม? ● เราจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างไร? ● ผลกระทบอะไรบ้างที่ระบบต่าง ๆ สามารถทนรับได้? ● ระบบต่าง ๆ (ชีวกายภาพ) จะปรับตัวได้โดยอัตโนมัติหรือไม่?
ช่วงปลายทศวรรษที่ 1980	● อะไรคือผลกระทบ (ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ) ? ● สังคมและระบบนิเวศมีความสามารถในการปรับตัวเพียงไร? ● ความสามารถในการปรับตัวจะชดเชยความจำเป็นในการลดก๊าซเรือนกระจก (mitigation) ได้เพียงไร?
ช่วงต้นทศวรรษที่ 1990	● การลดก๊าซเรือนกระจก (mitigation) มีความสำคัญมากกว่าการปรับตัวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศหรือไม่? ● การลดก๊าซเรือนกระจก (mitigation) และการปรับตัวเป็นทางเลือกในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ช่วงปลายทศวรรษที่ 1990	● นโยบายต่าง ๆ จะสนับสนุนการปรับตัวได้อย่างไร? ● การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นสิ่งที่จะเกิดขึ้นในอนาคตและการปรับตัวเป็นเรื่องจำเป็น ● ความเชื่อมโยงที่แนบแน่นระหว่างการปรับตัวและการพัฒนา
ช่วงต้นทศวรรษที่ 2000	● อะไรเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความสามารถในการรับมือและปรับตัว (ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ)? ● การปรับตัวจะถูกควบรวมเข้ากับแผนพัฒนาที่ยั่งยืนที่มีอยู่ได้อย่างไร? ● นโยบายการปรับตัวจะถูกออกแบบขึ้นได้อย่างไร?

6.1 การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยได้เริ่มขึ้นในช่วงต้นทศวรรษที่ 2540 โดยการศึกษาในระยะแรกมักจะเน้นประเด็นด้านการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อภาคส่วนต่างๆ ซึ่งมักจะเน้นที่ผลกระทบต่อระบบชีวภาพกายภาพ และมีการเสนอแนวคิดว่าด้วยการปรับตัวในเชิงที่เป็นการตอบสนองต่อผลกระทบนั้นๆ และมีการศึกษาด้านความเสี่ยงของภาคส่วนต่างๆ และความเปราะบางของสังคมเกิดขึ้นในระยะต่อมา โดยมีการเสนอแนวทางการปรับตัวในเชิงที่เป็นการลดความเปราะบางในอนาคตลง ซึ่งมีจำนวนงานศึกษาไม่มากนัก

การทบทวนผลการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยพิจารณาครอบคลุมทั้งประเด็นด้านการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การศึกษาด้านความเปราะบางต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะที่ผ่านมา ซึ่งคัดเลือกเฉพาะการศึกษาที่จับประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตเท่านั้น โดยพบว่ามีงานศึกษาวิจัยดังต่อไปนี้

- ด้านเกษตรกรรม จำนวน 32 บทความ/งานวิจัย
- ด้านทรัพยากรน้ำ จำนวน 22 บทความ/งานวิจัย
- ด้านพื้นที่ชุมชน ผังเมือง และโครงสร้างพื้นฐาน จำนวน 10 บทความ/งานวิจัย
- ด้านระบบนิเวศวิทยาและชีวภายภาพ พื้นที่ชายฝั่ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล จำนวน 10 บทความ/งานวิจัย
- ด้านภัยพิบัติธรรมชาติ (ดินถล่ม) จำนวน 1 บทความ/งานวิจัย
- ด้านสุขภาพอนามัย จำนวน 4 บทความ/งานวิจัย
- ด้านการท่องเที่ยว จำนวน 1 บทความ/งานวิจัย
- ด้านภาคธุรกิจอุตสาหกรรม จำนวน 1 บทความ/งานวิจัย
- ด้านงานวิจัยที่มีการนำเสนอและพัฒนาแนวคิด ตลอดจนเครื่องสำหรับการศึกษาและประเมินผลกระทบความเสี่ยง ความเปราะบาง และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย มีอยู่จำนวน 7 บทความ/งานวิจัย

นอกจากนี้แล้ว พบว่ามีการศึกษาอีกจำนวนหนึ่งซึ่งพยายามศึกษาเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการปรับตัว แต่ก็ยังเป็นการศึกษาที่ยึดรูปแบบสภาพอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเป็นเงื่อนไขของการศึกษา โดยเป็นการจับประเด็นความแปรปรวนของสภาพอากาศในปัจจุบันบนเงื่อนไขของสภาพเศรษฐกิจสังคมปัจจุบัน และการศึกษาบางส่วนก็เป็นการจับประเด็นสภาพอากาศรุนแรงในปัจจุบันแต่ประการเดียวซึ่งจัดว่าเป็นการศึกษาด้านการลดทอนความเสี่ยงจากภัยพิบัติ ดังนั้นจึงไม่ได้นำมารวมไว้ในการทบทวนความรู้และความเข้าใจเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในครั้งนี้

การศึกษาทั้งหมดที่ผ่านมา อาจแบ่งออกได้เป็นงานศึกษาที่เกิดขึ้นในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาและงานศึกษาที่เกิดขึ้นก่อนหน้านั้น เพื่อให้เห็นถึงพัฒนาการในการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในห้วงเวลาที่ผ่านมา ดังที่แสดงในตารางที่ 6.1 ต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 การศึกษาด้านผลกระทบ ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง และการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
เกษตรกรรม			
ก่อนปี 2553 / 2010	*13 งาน*	*3 งาน*	*7 งาน*
	• Agarwal, A. 2008. Forecasting rice yield under climate scenarios and evaluation of agro-adaptation measures for Mekong basin region: a simulation study. Thesis of master degree of engineering in water engineering andmanagement. Asian Institute of Technology. • Buddhaboon, C., Kongton, S. and Jintrawet, A. 2005. Climate scenario verification and impact on rain-fed rice production. The study of future climate changes impact on water resource and rain-fed agriculture production. In Chinvanno, S. and A. Snidvongs, (eds.) The Study of Future Climate Changes Impact on Water Resource and Rain-fed Agriculture Production. Proceedings of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Workshop, Vientiane, Lao PDR, 29-30 July 2004. SEA START RC Technical Report No.13. • Chinvanno, S., Boulidam, S., Inthavong, T., Souvanalath, S. Lersupavithnapa, B.,Kerdsuk, V. and Thuan, N.T.H. Climate risk and rice farming in the lower Mekong River basin, 2008a. In N. Leary, C. Conde, J. Kulkarni, A. Nyong ad J. Pulhin (eds) Climate Change and Vulnerability, Earthscan, London	• Chinvanno, S., Boulidam, S., Inthavong, T., Souvanalath, S. Lersupavithnapa, B., Kerdsuk, V. and Thuan, N.T.H. Climate risk and rice farming in the lower Mekong River basin, 2008a. In N. Leary, C. Conde, J. Kulkarni, A. Nyong ad J. Pulhin (eds) Climate Change and Vulnerability, Earthscan, London • เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สหัสชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, อิสระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, ชิษณุชา บุดดาบุญ และ กิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. • วิเชียร เกิดสุข และวชิราพร เกิดสุข. 2549. การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.	• Agarwal, A. 2008. Forecasting rice yield under climate scenarios and evaluation of agro-adaptation measures for Mekong basin region: a simulation study. Thesis of master degree of engineering in water engineering and management. Asian Institute of Technology. • Chinvanno, S., Souvanalath, S., Lersupavithnapa, B., Kerdsuk, V. and Thuan, N.T.H., 2008b. Strategies for managing climate risks in the lower Mekong River basin: A place-based approach. In N. Leary, J. Adejuwon, V. Barros, I. Burton, J. Kulkarni and R. Lasco (eds) Climate Change and Adaptation, Earthscan, London. • Hellmuth, M., Osgood, D., Hess, U., Moorhead, A., and Bhojwani, H. 2009. Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management. International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York. • Linnerooth-Bayer J, Mechler R. 2005. Financial Strategies for Managing the Economic Impacts of Natural Disasters. Module of the on-line Natural Disaster Risk Management Program training course of the World Bank. • Matthews, R.B., Kropff, M.J., Horie, T. and

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	• Jintrawet, A. and Prammanee, P. 2005. Simulating the impact of climate change scenarios on sugarcane production systems in Thailand. ISSCT 25th, 31 January 2005 - 4 February 2005, Columbia, Guatema: 120-124. • Matthews, R.B., Kropff, M.J., Horie, T. and Bachelet, D. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluation option for adaptation. Agricultural Systems, 54(3) : 399-425. • Southeast Asia START Regional Center. 2006. Final technical report AIACC AS07: Southeast Asia Regional vulnerability to changing water resource and extreme hydrological events due to climate change. Southeast Asia START Regional Center Technical Report No.15, Bangkok, Thailand. • เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สหัสชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, อิสระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, ชิษณุชา บุดดาบุญ, และกิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. • คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย.		Bachelet, D. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluation option for adaptation. Agricultural Systems, 54(3):399-425. • เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สหัสชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, อิสระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, ชิษณุชา บุดดาบุญ, และกิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ “โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. • วิเชียร เกิดสุข และ วชิราพร เกิดสุข. 2549. การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ● วิเชียร เกิดสุข, สหัสไชย คงทน และอรรถชัย จินตะเวช. 2547. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในทุ่งกุลาร้องไห้. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์ แห่งประเทศไทย, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม–สิงหาคม 2547. ● สหัสไชย คงทน, วินัย ศรวัต และสุกิจ รัตนศรีวงษ์. 2547. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษาจังหวัดขอนแก่น. In Chinvanno, S. and A. Snidvongs, (eds.) The Study of Future Climate Changes Impact on Water Resource and Rain-fed Agriculture Production. Proceedings of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Workshop, Vientiane, Lao PDR, 29 - 30 July 2004. SEA START RC Technical Report No.13. ● สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, วินัย ศรวัต, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, อิสระ พุทธสิมมา และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตพืชไร่หลักสามชนิดประเทศไทย. วารสารวิจัย มข. 14(7): 626-649. ● สมพร อิศวิลานนท์, สุวรรณา ประณีตวตกุล และชนาพร คำวงษ์. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย		

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวในประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.), กรุงเทพฯ. ● ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาของโลกการผันผวนของราคาพลังงานและวิกฤตอาหารของโลก. เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011–2015)	*7 งาน*	*4 งาน*	*5 งาน*
	● Apiratikorn, S., Sdoodee, S., Lerslerwong, L. and Rongsawat, S. 2012. The Impact of Climatic Variability on Phenological Change, Yield and Fruit Quality of Mangosteen in Phatthalung Province, Southern Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 46:1 – 9. ● Apiratikorn, S., Sdoodee, S. and Limsakul, A. 2014. Climate-related Changes in Tropical-fruit Flowering Phases in Songkhla Province, Southern Thailand. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 7(15): 3150-3158. ● Babel, M.S., Agarwal, A., Swain, D.K., and Herath, S. 2011. Evaluation of climate change impacts and adaptation measures for rice cultivation in Northeast Thailand. Climate Research, 46: 137-146 pp.	● Chinvanno, S. and Kerdsuk, V. 2013. Mainstreaming Climate Change into Community Development Strategies and Plans: A Case Study in Thailand, Adaptation Knowledge Platform. Partner Report Series No.5. Stockholm Environmental Institute, Bangkok ● มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย. 2558. (ร่าง) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการปรับตัวองเกษตรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ. ● วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และ พรวิไล ไทรโพธิ์ทอง. 2554. รายงานผลการวิจัย โครงการ การประเมินผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลมเปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลง	● Babel, M.S., Agarwal, A., Swain, D.K., and Herath, S. 2011. Evaluation of climate change impacts and adaptation measures for rice cultivation in Northeast Thailand. Climate Research, 46: 137-146 pp. ● Chinvanno, S. and Kerdsuk, V. 2013. Mainstreaming Climate Change into Community Development Strategies and Plans: A Case Study in Thailand, Adaptation Knowledge Platform. Partner Report Series No.5. Stockholm Environmental Institute, Bangkok. ● ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์, โสมรัศมิ จันทรัตน์, ปรีสาร รักวาทิน และธนสิน ถนอมพงษ์พันธ์. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษากลไกการบริหารจัดการความเสี่ยงของภาคส่วนเกษตรต่อสภาวะรุนแรงโดยระบบประกันภัยพิชผล: กรณีศึกษาระบบเพาะปลูก

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	● ปรีชา กาเพ็ชร และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. 2555. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3: 83-91. ● วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และพรวิไล ไทรโพธิ์ทอง. 2554. รายงานผลการวิจัย โครงการ การประเมินผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลม เปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต: กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. ● สายัณห์ สดุดี, อัศมน ลิ่มสกุล และวุฒิชัย แพงแก้ว. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในภาคใต้ของประเทศไทยที่มีผลต่อการผลิตยางพารา. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนันสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. ● อัศมน ลิ่มสกุล, สายัณห์ สดุดีและวุฒิชัย แพงแก้ว. 2557. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศกับผลผลิตยางพาราในพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 28(2-3): 67-77.	สภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต: กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. ● วิเชียร เกิดสุข, พัชรินทร์ ฤชุวรารักษ์ และกฤติภาส วิชาโคตร. 2555. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.	ข้าว. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ. ● มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย. 2558. (ร่าง) รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการปรับตัวองเกษตรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ. ● วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และพรวิไล ไทรโพธิ์ทอง. 2554. รายงานผลการวิจัยโครงการการประเมินผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลม เปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต: กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. ● วิเชียร เกิดสุข, พัชรินทร์ ฤชุวรารักษ์ และนายกฤติภาส วิชาโคตร. 2555. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
ปศุสัตว์และการประมง			
ก่อนปี 2553 / 2010	*1 งาน*		
	• คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. • ศรีอาภา คงดี. 2553. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตกระบือในเขตพื้นที่จังหวัดชัยนาทและนครสวรรค์. ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร 12(1): 50-61.		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011–2015)	*งาน 1*	*งาน 1*	*งาน 1*
	• หลุยส์ เลอเบล, ชนกันต์ จิตมนัส (บรรณาธิการ). 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคเหนือของไทย: การประเมินความเสี่ยงและทางเลือกในการปรับตัว. โครงการอควาแดป. หน่วยวิจัยสังคมและสิ่งแวดล้อม, คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.	• หลุยส์ เลอเบล, ชนกันต์ จิตมนัส (บรรณาธิการ). 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคเหนือของไทย: การประเมินความเสี่ยงและทางเลือกในการปรับตัว. โครงการอควาแดป. หน่วยวิจัยสังคมและสิ่งแวดล้อม, คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.	• หลุยส์ เลอเบล, ชนกันต์ จิตมนัส (บรรณาธิการ). 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคเหนือของไทย: การประเมินความเสี่ยงและทางเลือกในการปรับตัว. โครงการอควาแดป. หน่วยวิจัยสังคมและสิ่งแวดล้อม, คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
การระบาดของโรคและแมลง			
ก่อนปี 2553 / 2010	*ไม่มี*	*ไม่มี*	*ไม่มี*
5 ปีล่าสุด (2554-2558) / (2011– 2015)	งาน 3	ไม่มี	ไม่มี
	• Karuppaiah, V. and Sujayanad, G.K. 2012. Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests. World Journal of Agricultural Sciences 8 (3): 240-246. • กรสิริ ศรีนิล, นุจรินทร์ จังขันธ์, ธราพร ยืนยงค์, กัลย์ธีรา คันธา, อัญธิกา ตนมิตร และเนตรนภา พุ่มห่าน. 2557. การเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในจังหวัดเชียงรายจากผลกระทบของสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ทแอนด์สปา จังหวัดนครสวรรค์, 25-26 มีนาคม 2557. หน้า 211-224. • นุจรินทร์ จังขันธ์, ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม, กรสิริ ศรีนิล, ธราพร ยืนยง และกัลย์ธีรา คันธา. 2557. ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าว จังหวัดเชียงรายและพะเยา. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ทแอนด์สปา จังหวัดนครสวรรค์, 25-26 มีนาคม 2557: 104-109.		

ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
ทรัพยากรน้ำ		
ก่อนปี 2553 / 2010	งาน 11	งาน 1	งาน 3
	• Chaowiwat, W. and Likitdecharote, K. 2009. Effect of climate change on potential evapotranspiration case study: lower Chaopraya basin. In proceeding of the 1 NPRU Academic Conference: 75-83. • Eastham, J., F. Mpelaskoka, M. Mainuddin, Ticehurst C, P. Dyce, G. Hodgson, R. Ali, and M. Kirby. 2008. Mekong River Basin Water Resources Assessment: Impacts of Climate Change. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship. • Noimunwai, W. 2008. Estimation of potential evapotranspiration under climate change using data mining: a case study of Thailand. Thesis of master degree of Science (Appropriate Technology for resources and environmental development), Faculty of Environment and resource studies, Mahidol University. • Rojrungtavee, C. 2009. Assessment of water supply and demand under future climate change conditions in the Maeklong river basin, Thailand. Thesis of master degree of engineering in water engineering and management, Asian Institute of Technology.	• สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานฉบับสุดท้าย Climate Change การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ภายใต้โครงการเตรียมการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. เสนอ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. • สุจริต คูณธนกุลวงศ์. 2553. สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงของไทยและผลกระทบต่อด้านน้ำ. หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.	• Koch, M. 2008. Challenges for future sustainable water resources management in the face of climate change. • สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานฉบับสุดท้าย Climate Change การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ภายใต้โครงการเตรียมการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. เสนอ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ. • สุจริต คูณธนกุลวงศ์. 2553. สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงของไทยและผลกระทบต่อด้านน้ำ. หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
• Southeast Asia START Regional Center. 2006. Final technical report AIACC AS07: Southeast Asia Regional vulnerability to changing water resource and extreme hydrological events due to climate change. Southeast Asia START Regional Center Technical Report No.15, Bangkok, Thailand. • Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand. • คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. • เฉลิมรัฐ แสงมณี. 2552. ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ในลุ่มน้ำชี. วารสารวิจัย มข. 14 (7): 601-610. • สนิท วงษา, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และเกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อพฤติกรรมทางชลศาสตร์และความเค็มของแม่น้ำท่าจีน. บทความวิชาการใน The 4th THAICID National SYMPOSIUM, 19 มิถุนายน 2552 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ กรุงเทพ • สิทธิพงษ์ ศุภผลา. 2553. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อสภาพทางชลศาสตร์และความเค็มบริเวณอ่าวไทย. วิทยาศาสตร์ครุศาสตร์อุตสาหกรรม		

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	มหาบัณฑิต, กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ● สุจริต คูณธนกุลวงศ์. 2553. สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงของไทยและผลกระทบต่อด้านน้ำ. หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 – 2015)	*งาน 9*	*งาน 1*	*งาน 1*
	● ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. ● Chulalongkorn. 2013. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Dam Operation Analysis). Research Report submitted to JIID, February. ● Kure, S. and Tebakari, T. 2012. Hydrological impact of regional climate change in the Chao Phraya River Basin, Thailand. Hydrological Research Letters 6(2012):53-58.	● Mott MacDonald. 2011. Hydro-Agronomic - Economic Model for Mekong River Basin and Local Adaptation in Thailand. National Final Report submitted to World Bank.	● Chulalongkorn. 2013. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Dam Operation Analysis). Research Report submitted to JIID, February.

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	• Mott MacDonald. 2011. Hydro-Agronomic-Economic Model for Mekong River Basin and Local Adaptation in Thailand. National Final Report submitted to World Bank. • Ogata T., Valeriano, O.C.S., Yoshimura C., Liengcharernsit, W. and Hirabayashi Y. 2012. Past and future hydrological simulations of Chao Phraya river basin. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.B1 (Hydraulic Engineering), Vol. 68, No.4: I_97 - I_102. • Tachikawa, Y., Wichakul, S. and Yorozu, K. 2012. Rainfall-Runoff Simulation for the 2011 Flood in Thailand and Water Resources Prediction Research under a Changing Climate. In 2012 AIT-NUS-ITB-KU Join Symposium on Human Security Engineering, Bangkok, Thailand, November 19-20, 2012. • Saraphirom, P., Wirojanagud, W. and Srisuk, K. 2013(a). Impact of climate change on waterlogging and salinity distributions in Huai Khamrian subwatershed, NE ThailandEnviron Earth Sci 70: 887–900. • Saraphirom, P., Wirojanagud W. and Srisuk K. 2013(b). Potential Impact of Climate Change on Area Affected by Waterlogging and Saline Groundwater and Ecohydrology Management in Northeast Thailand. Environment Asia 6(1) (2013) 19-28.		

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	• Pratoomchai, W., Kazama, S., Hanasaki, N. and Ekkawatpanit C. 2014. A projection of groundwater resources in the Upper Chao Phraya River basin in Thailand. Hydrological Research Letters 8(1), 20–26.		
ระบบนิเวศวิทยาและชีวภายภาพ			
ก่อนปี 2553 / 2010	งาน 5	งาน 2	1 งาน
	• Dutta, D. and Niu, S. 2005. Impacts of Sea Level Rising on Flooding in Coastal Cities: A Case Study in Bangkok, Thailand. SEISAN KENKYU, 57(4): 334-337. • Trisurat, Y., Alkemade, R. and Alets, E. 2009. Projecting forest tree distributions and adaptation to climate change in northern Thailand. Journal of Ecology and Natural Environment, 1(3): 55-63. • Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand. • คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. • สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานฉบับสุดท้าย Climate Change การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ภายใต้	• Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand • สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานฉบับสุดท้าย Climate Change การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ภายใต้โครงการเตรียมการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. เสนอ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.	• Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand.

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	โครงการเตรียมการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. เสนอ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 – 2015)	*งาน 5*	*งาน 3*	*2 งาน*
	• Sojisuporn, S., Sangmanee, C and Wattayakorn, G. 2013. Recent estimate of sea-level rise in the Gulf of Thailand. Maejo Int. J. Sci. Technol. 7 (Special Issue):106-113. • กิรพัฒน์ พชรพิชชากร และสมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง. 2555. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในประเทศไทย. วิศว-สารลาดกระบัง 56 29(3):55-60. • บริษัท เทสโก้ จำกัด. 2555. โครงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. เสนอต่อ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. • ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผน	• บริษัท เทสโก้ จำกัด. 2555. โครงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. เสนอต่อ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. • ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ • ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการอนุวัติสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง	• บริษัท เทสโก้ จำกัด. 2555. โครงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลอง ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. เสนอต่อ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. • ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการอนุวัติสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 410 หน้า

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. ● ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการอนุวัติสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 410 หน้า	ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 410 หน้า	
ภัยพิบัติธรรมชาติ (ดินถล่ม)			
ก่อนปี 2553 / 2010	*ไม่มี*	*ไม่มี*	*ไม่มี*
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2010 – 2015)	*งาน 1*	*งาน 1*	*ไม่มี*
	● ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์ ความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.	● ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก. 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์ ความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.	
การตั้งถิ่นฐาน ชุมชน ผังเมือง และโครงสร้างพื้นฐาน			
ก่อนปี 2553 / 2010	งาน 3	งาน 1	*งาน 1*
	● Parkpoom, S. and Harrison, G.P. 2008. Analyzing the impact of climate change on future electricity demand in Thailand. IEEE Transactions on Power Systems, 23(3): 1441-1448Panya Consultants. 2009. Final Report Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region. World Bank.	● Panya Consultants. 2009. Final Report Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region. World Bank.	● Panya Consultants. 2009. Final Report Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region. World Bank.

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	• Southeast Asia START Regional Center. 2006. Final technical report AIACC AS07: Southeast Asia Regional vulnerability to changing water resource and extreme hydrological events due to climate change. Southeast Asia START Regional Center Technical Report No.15, Bangkok, Thailand.		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 – 2015)	*งาน 2*	*งาน 6*	*งาน 5*
	• Raks Thai Foundation and CARE Deutschland-Luxemburg e.V. 2013. Climate Vulnerability and Capacity Analysis Report: The South of Thailand. Building Coastal Resilience to Reduce Climate Change Impact in Thailand and Indonesia Project (BCR CC). Bangkok, Thailand. • ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.	• Chinvanno, S. 2013. A holistic approach to climate change vulnerability and adaptation assessment: Pilot study in Thailand. Adaptation Knowledge Platform, Partner Report Series No. 4. Stockholm Environment Institute, Bangkok • Raks Thai Foundation and CARE Deutschland-Luxemburg e.V. 2013. Climate Vulnerability and Capacity Analysis Report: The South of Thailand. Building Coastal Resilience to Reduce Climate Change Impact in Thailand and Indonesia Project (BCR CC). Bangkok, Thailand. • ณัชวิชญ์ ติกุล และสืบพงศ์ ทองดี. 2558. (ร่าง) รายวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กรณีศึกษาน้ำท่วม. เสนอต่อสานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ	• Kulpraneet, A. 2013. Coastal household adaptation cost requirements to sea level rise impacts. Mitig Adapt Strateg Glob Change 18:285-302. • ธริณี รามสูต และประติมา นิ่มเสมอ. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการบ้านพักอาศัยพื้นถิ่นกับความสามารถในการรับมือต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณี ศึกษาชุมชนริมน้ำ อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. • ณัชวิชญ์ ติกุล และสืบพงศ์ ทองดี. 2558. (ร่าง) รายวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กรณีศึกษาน้ำท่วม. เสนอต่อสานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. • วนารัตน์ กรอิสรานุกูล. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ แนวทางการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ:

ผลกระทบ		ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
		• ธริณี รามสูต และประติมา นิ่มเสมอ. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการบ้านพักอาศัยพื้นถิ่นกับความสามารถในการรับมือต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณี ศึกษาชุมชนริมน้ำ อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. • วนารัตน์ กรอิสรานุกูล. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ แนวทางการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมและแนวทางการจัดการน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. • ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ	กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมและแนวทาง การจัดการน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ. • ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
สุขภาพอนามัย			
ก่อนปี 2553 / 2010	*งาน 2*	*ไม่มี*	*ไม่มี*
	• Jonathan, A.P., Willem, J.M., Martens, D.A. Focks and Theo, H. J. 1998. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation model of global climate change. Environmental Health Perspectives, 106 (3): 147-153. • คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.		
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 – 2015)	งาน 2	*ไม่มี*	*ไม่มี*
	• ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ.		

	ผลกระทบ	ความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง	การปรับตัว
	● Pinichka, C., Bhaktikul, K., Sucharitakul, S., and Bundhamcharoen, K. 2013. Malaria epidemics under climate change scenarios in Thailand. J. Environ. Res. 35(2): 1-11.		
การท่องเที่ยว			
ก่อนปี 2553 / 2010	งาน 1	*งาน 1*	*ไม่มี*
	● ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อคลัสเตอร์การท่องเที่ยวของไทย. เสนอต่อกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.	● ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อคลัสเตอร์การท่องเที่ยวของไทย. เสนอต่อกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา.	
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 –2015)	*ไม่มี*	*ไม่มี*	*ไม่มี*
ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม			
ก่อนปี 2553 / 2010	*ไม่มี*	*ไม่มี*	*ไม่มี*
5 ปีล่าสุด (2554 – 2558) / (2011 – 2015)	*งาน 1*	*งาน 1*	*ไม่มี*
	● สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศิลปินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคอุตสาหกรรมและมาตรการรองรับผลกระทบ. เสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.	● สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศิลปินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคอุตสาหกรรมและมาตรการรองรับผลกระทบ. เสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.	

6.1.1 การเกษตรกรรม

การศึกษาด้านผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรส่วนใหญ่แล้วจะเป็นการศึกษาถึงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเพาะปลูกพืช โดยเน้นศึกษาพืชไร่นาเป็นหลัก มีการศึกษาถึงไม้ยืนต้นบ้าง ได้แก่ ยางพารา และปาล์มน้ำมัน เป็นต้น และมีการศึกษาถึงเรื่องสัตว์เลี้ยงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

6.1.1.1 การเพาะปลูกพืช

<u>การศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

ภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกพืช โดยเฉพาะในประเทศไทยซึ่งพื้นที่การเกษตรส่วนใหญ่เป็นระบบเกษตรที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภูมิอากาศในลักษณะต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น หรือรูปแบบการกระจายตัวของฝนในช่วงฤดูฝนเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตทางการเกษตร การศึกษาในระยะที่ผ่านมามีการใช้เทคนิคต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้แบบจำลองผลผลิตการเกษตร และใช้ข้อมูลการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคตในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตร โดยใช้ข้อมูลในการประเมินผลผลิตในอนาคตภายใต้สถานการณ์ที่สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ คุณสมบัติของดิน ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (genetic coefficient) สำหรับพืชที่ศึกษา ตลอดจนวิธีการบริหารจัดการการเพาะปลูกพืชร่วมกับข้อมูลสภาพอากาศจากการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคต

- การศึกษาในระยะแรก ได้มีการจำลองผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว โดยแบบจำลอง ORYZA1 และ SIMRIW ภายใต้สถานการณ์จำลองสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นผลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบจำลอง คือ GFDL, GISS และ UKMO ภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์จำลองที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นสองเท่า ซึ่งโดยปกติแล้วการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่ม แต่หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตลดลง ผลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกทั้ง 3 แบบจำลองแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิในอนาคตจะสูงขึ้นประมาณ 4-5 °C และปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 8-15 เปอร์เซ็นต์ โดยผลจากแบบจำลอง ORYZA แสดงว่าผลผลิตข้าวของประเทศไทยในอนาคตภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองทั้ง 3 จะเปลี่ยนแปลงไป โดยอยู่ในช่วงระหว่าง +9.3 เปอร์เซ็นต์ ถึง -0.9 เปอร์เซ็นต์ และการคาดการณ์โดยแบบจำลอง SIMRIW พบว่าผลผลิตข้าวในอนาคตจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง +9.4 เปอร์เซ็นต์ ถึง -11.6 เปอร์เซ็นต์ (Matthews et al., 1977)

การกำหนดสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ตายตัวนั้นไม่ได้เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตที่เหมาะสมเนื่องจากรูปแบบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่ได้มีลักษณะเดียวกันตลอดทั้งปี หรือมีลักษณะเดียวกันทุกฤดูกาล สถานการณ์จำลองภูมิอากาศในอนาคตที่มีความละเอียดสูงจะเป็นการให้ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตโดยแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงรายวันซึ่งแสดงความแปรปรวนของสภาพอากาศตลอดฤดูกาลนั้นเป็นชุดข้อมูลที่ดีกว่าในการนำมาใช้วิเคราะห์ผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรในอนาคต

- การศึกษาอีกชิ้นหนึ่งในระยะต่อมาได้มีการวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าว 3 พื้นที่ในประเทศไทย คือ จังหวัดเชียงราย สกลนคร และสระแก้ว โดยแบบจำลองผลผลิตการเกษตร Decision Support System for Agro Technology Transfers (DSSAT version 4.0) และใช้ข้อมูลสภาพอากาศรายวันในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ปริมาณฝน รังสีจากดวงอาทิตย์ ประกอบกับรูปแบบการจัดการทางการเกษตรและคุณสมบัติของดิน โดยนำมาคำนวณผลผลิตข้าวในอนาคต ผลจากแบบจำลองแสดงถึงผลผลิตข้าวภายใต้สถานการณ์จำลองภูมิอากาศ 3 สถานการณ์ด้วยกัน ได้แก่ ช่วงปีฐานซึ่งเป็นการคำนวณผลผลิตภายใต้ภูมิอากาศจำลองโดยสถานการณ์ที่มีความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ 360 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) และเปรียบเทียบกับสถานการณ์ภายใต้ภูมิอากาศอนาคตเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน โดยการคำนวณในแต่ละเงื่อนไขนั้นครอบคลุมระยะเวลา 10 ปี (ทศวรรษที่ 1980s, 2040s และ 2070s) ผลจากแบบจำลองแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ดี ภายใต้สภาพภูมิอากาศอนาคตเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วนนั้น แม้ว่าผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

เพียงเล็กน้อย แต่ความแปรปรวนของผลผลิตรายปีในระยะเวลานั้นก็เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน โดยพื้นที่ทั้งสามจังหวัดมีผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยในช่วงปีฐาน 2,522 (+216) กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 หนึ่งส่วนในล้านส่วน ผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยจะเป็น 2,552 (+270) กิโลกรัมต่อเฮกตาร์และภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน จะมีผลผลิตข้าวโดยเฉลี่ยคือ 2,836 (+540) กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ นอกจากนั้น ยังพบว่าเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตข้าวในปีที่ฝนตกน้อย ฝนตกปานกลางและฝนตกมาก ภายใต้เงื่อนไขสภาพภูมิอากาศทั้ง 3 สถานการณ์จำลองแล้ว พบว่าผลผลิตข้าวไม่แตกต่างกันมากนัก (Buddhaboon et al., 2005)

- นอกจากนี้ ยังมีการจำลองผลผลิตข้าวบริเวณพื้นที่ศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี โดยข้อมูลจากแบบจำลองผลผลิตจาก DSSAT และข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง CCAM ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลดีต่อผลผลิตข้าวในพื้นที่ดังกล่าว สภาพอากาศในอนาคตทำให้ผลผลิตจากข้าวมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น โดยอยู่ในช่วง +1.48 เปอร์เซ็นต์ ถึง +15.29 เปอร์เซ็นต์ และในบางพื้นที่ผลผลิตจะสูงขึ้น 10-15 เปอร์เซ็นต์ (Southeast Asia START Regional Center 2006 และ Chinvanno et al., 2008a) และผลจากการวิเคราะห์ข้าวหอมพันธุ์ขาวดอกมะลิ KDML 105 บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ ก็ได้ผลดีขึ้นเช่นเดียวกัน (วิเชียร เกิดสุข และคณะ, 2547)

การใช้ข้อมูลจากสถานการณ์จำลองที่แตกต่างและการใช้เครื่องมือในการศึกษาต่างกัน ทำให้ได้ผลการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตรที่แตกต่างกัน (Agarwal, 2008)

- การวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อผลผลิตข้าวในช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2020, 2050 และ 2080 ในจังหวัดอุบลราชธานี ขอนแก่น และร้อยเอ็ด โดยใช้แบบจำลองการเจริญเติบโตของข้าว CRES และใช้ข้อมูลภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 GCM A2 ซึ่งได้ทำการคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS แสดงให้เห็นว่าผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลง 24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตในช่วงปีฐาน ในปี ค.ศ.1997-2006 (พ.ศ.2540-2549) โดยผลผลิตที่คาดการณ์ว่าจะลดลงได้แก่ ข้าวสายพันธุ์ KDML105 (ข้าวขาวดอกมะลิ 105) โดยลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ และข้าวสายพันธุ์ RD6 (กข 6) ลดลง 5.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งคาดว่าเกิดจากการที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ในทางตรงข้าม เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นทุก ๆ 100 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) ผลผลิตข้าวสายพันธุ์ KDML 105 จะเพิ่มขึ้น 8.7 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ RD6 จะเพิ่มขึ้น 17.5 เปอร์เซ็นต์ (Agarwal, 2008; และ Babel et al., 2011)

นอกจากการศึกษาเรื่องผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตข้าวแล้ว มีการศึกษาถึงผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรพืชไร่ที่เป็นพืชเศรษฐกิจหลักชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทย ได้แก่ ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ซึ่งได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่แตกต่างกัน

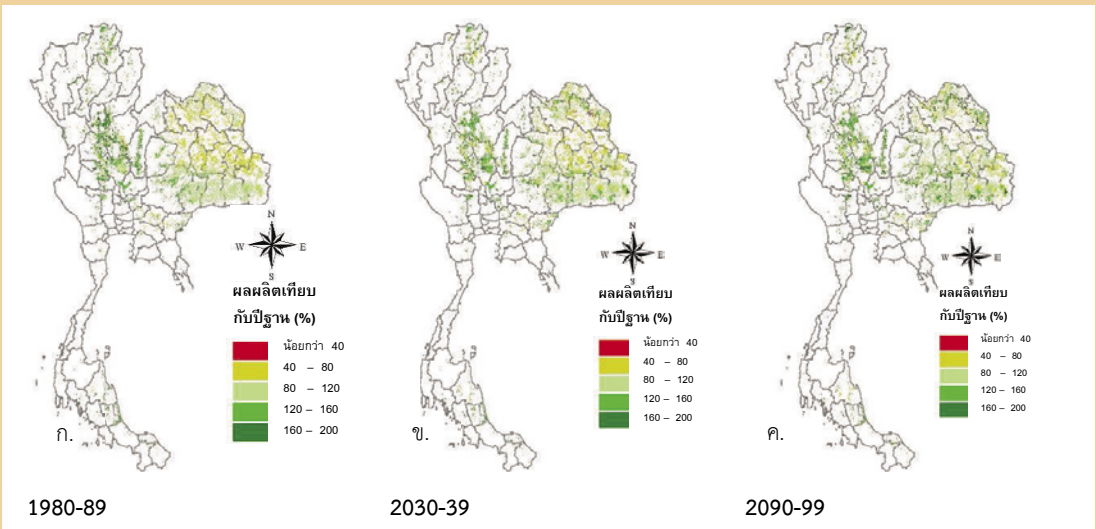
- การศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อพืชไร่ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น (สหัสชัย คงทนและคณะ, 2547) พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทำให้ผลผลิตข้าวโพดและอ้อยในจังหวัดขอนแก่นเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตจากมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลง
  - ในกรณีของการปลูกข้าวโพด การปรับเปลี่ยนการให้ปุ๋ยจะช่วยลดปัญหาจากความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และช่วยลดจำนวนวันออกดอก 2-4 วัน และวันสุกแก่ 3-10 วัน
  - ในกรณีของการปลูกอ้อย เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการเติบโตของอ้อยจะสั้นลง อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในปีที่มีฝนตกมากภายใต้สภาพอากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น มวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 จะลดลง แต่ในปีที่ฝนตกน้อยในอนาคตมวลชีวภาพของอ้อยที่ระยะใบที่ 14 จากน้ำตาลอ้อยและลำต้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด
  - ผลผลิตจากสำปะหลัง มีแนวโน้มลดลงในปีที่ฝนตกน้อยและฝนตกปานกลาง แต่จะเพิ่มขึ้นอย่างมากในปีที่มีฝนมากภายใต้สภาพอากาศอนาคตเมื่อความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังส่งผลให้วันแตกกิ่งของมันสำปะหลัง

เกิดเร็วขึ้นภายใต้สภาพอากาศที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน ส่วนค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวลดลงเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ค่าดัชนีของพื้นที่ผิวใบ (leaf area index) จะเพิ่มขึ้น ยกเว้นในช่วงปีที่มีฝนตกน้อย

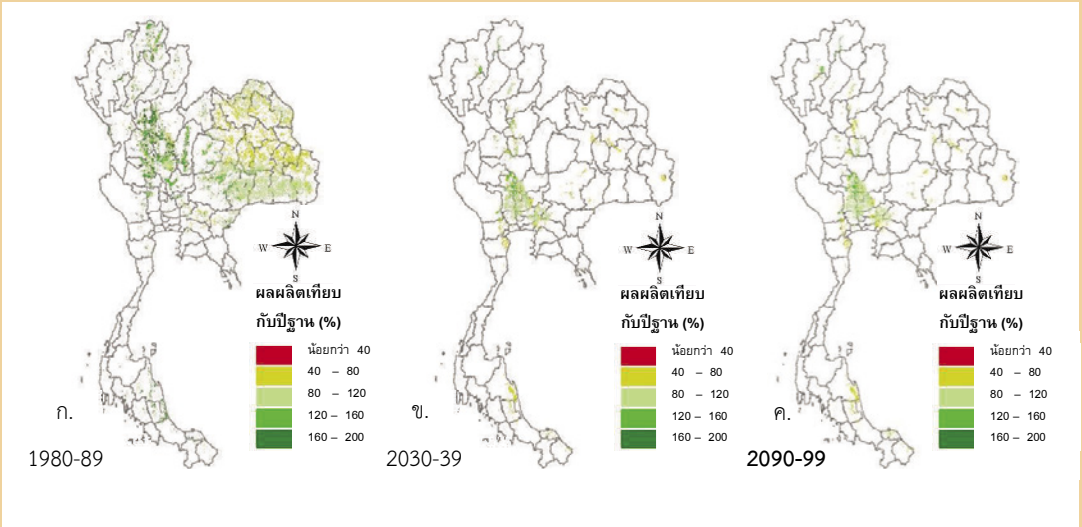
- นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาซึ่งพบผลกระทบในทางบวกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตอ้อยในจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้ใช้เครื่องมือและชุดข้อมูลเดียวกัน (Jintrawet and Prammanee, 2005)

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตทางการเกษตรที่ได้มีการศึกษาโดยละเอียดที่สุดในระยะที่ผ่านมาเป็นการศึกษาภายใต้โครงการ ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดของประเทศไทย ซึ่งเป็นโครงการวิจัยภายใต้การสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (เกริก ปั้นเหน่งเพชรและคณะ, 2552; สมชาย บุญประดับและคณะ, 2552)

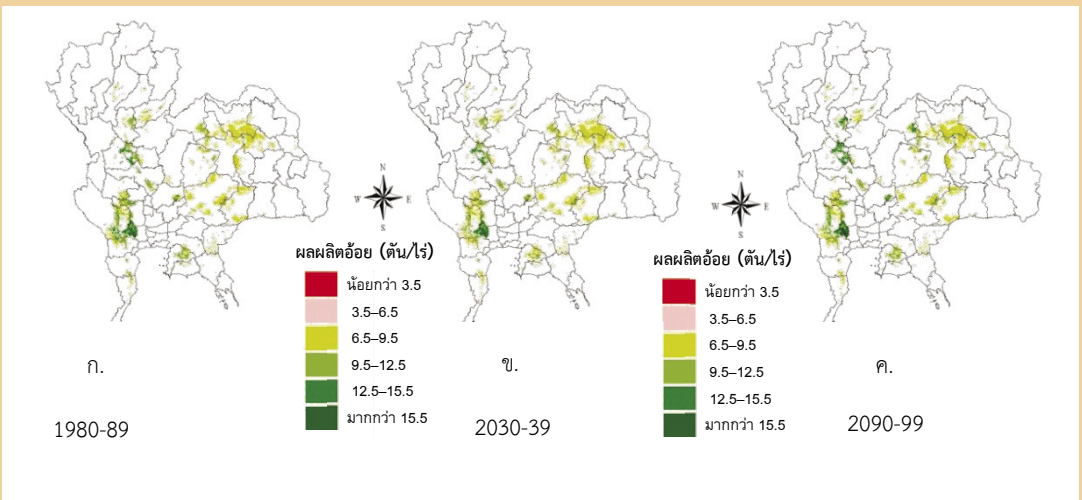
- การประเมินผลกระทบต่อพืชไร่นาเศรษฐกิจในโครงการวิจัย ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย (เกริก ปั้นเหน่งเพชรและคณะ, 2552) ได้ใช้แบบจำลองผลผลิตการเกษตร DSSAT4 โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 GCM A2 และ B2 ตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ซึ่งได้ทำการคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS และได้ผลสรุปว่า เมื่อพิจารณาถึงผลผลิตในอนาคตโดยมองภาพรวมที่เป็นค่าเฉลี่ยของห้วงเวลานั้น ผลผลิตทางการเกษตรในประเทศไทยโดยทั่วไปไม่ได้รับผลกระทบที่รุนแรงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ยกเว้น มันสำปะหลัง แต่รูปแบบความแปรปรวนของสภาพอากาศในอนาคตจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความแปรปรวนสูงขึ้นกว่าปัจจุบัน นอกจากนั้น ถึงแม้ว่าผลผลิตโดยรวมของประเทศจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงมากนัก แต่พบว่าบางพื้นที่จัดได้ว่าเป็นพื้นที่วิกฤตต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งผลผลิตในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก ทั้งนี้พื้นที่วิกฤตได้แก่ พื้นที่ทำนาน้ำฝนหรือข้าวนาปี ตลอดจนพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังทางภาคเหนือของประเทศ และในช่วงฤดูแล้ง พื้นทำนาข้าวและพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด ที่ได้รับผลกระทบจะขยายขอบเขตไปในหลายพื้นที่ (รูปที่ 6.4-6.8) ผลจากการประเมินพบว่า สาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงได้แก่ ธาตุอาหารในดิน และการกระจายตัวของฝน ส่วนสาเหตุที่ผลผลิต มันสำปะหลังลดลง เนื่องจากคุณสมบัติของดินและปริมาณน้ำฝนที่ไม่สัมพันธ์กันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นปัญหาหลักในบริเวณภาคเหนือตอนล่างและผลผลิตข้าวโพดที่ลดลงเนื่องจากการขาดน้ำในระยะออกดอก โดยเฉพาะในช่วงข้าวโพดออกไหมและช่วงที่ปรากฏช่อเกสรตัวผู้ (เกริก ปั้นเหน่งเพชรและคณะ, 2552)



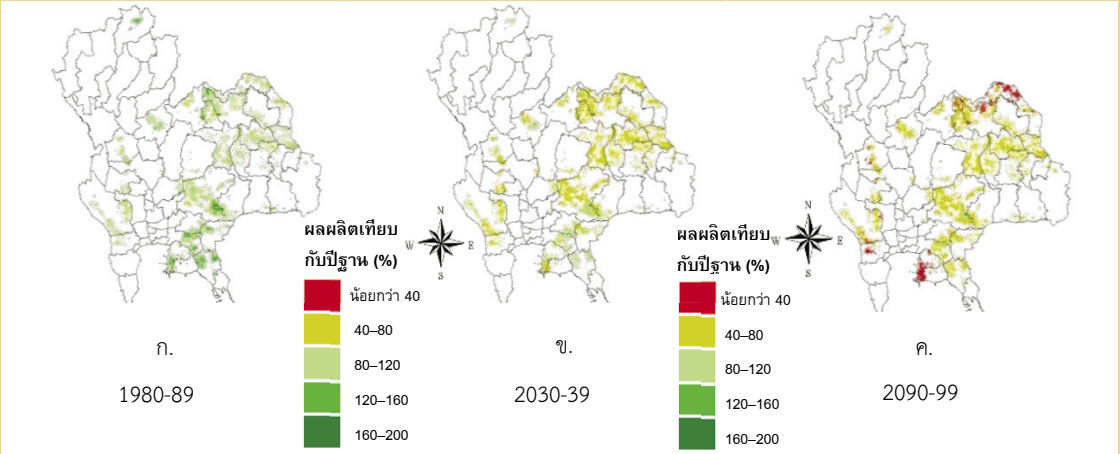
รูปที่ 6.4 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวนาน้ำฝน/ข้าวนาปี ภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642 (ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพชรและคณะ, 2552)



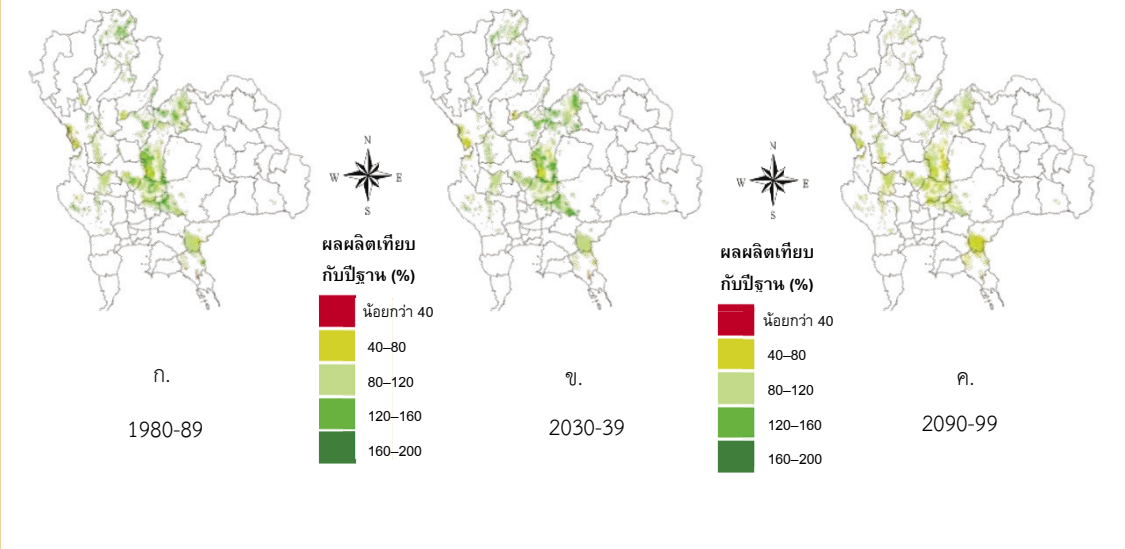
รูปที่ 6.5 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวนาชลประทานฤดูแล้ง/ข้าวนาปรัง ภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต (ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642
(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพชรและคณะ, 2552)



รูปที่ 6.6 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตอ้อยภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่าง ๆ ในอนาคต
(ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642
(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชรและคณะ, 2552)



รูปที่ 6.7 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตมันสำปะหลังภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่างๆ ในอนาคต
(ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642
(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพชร และคณะ, 2552)



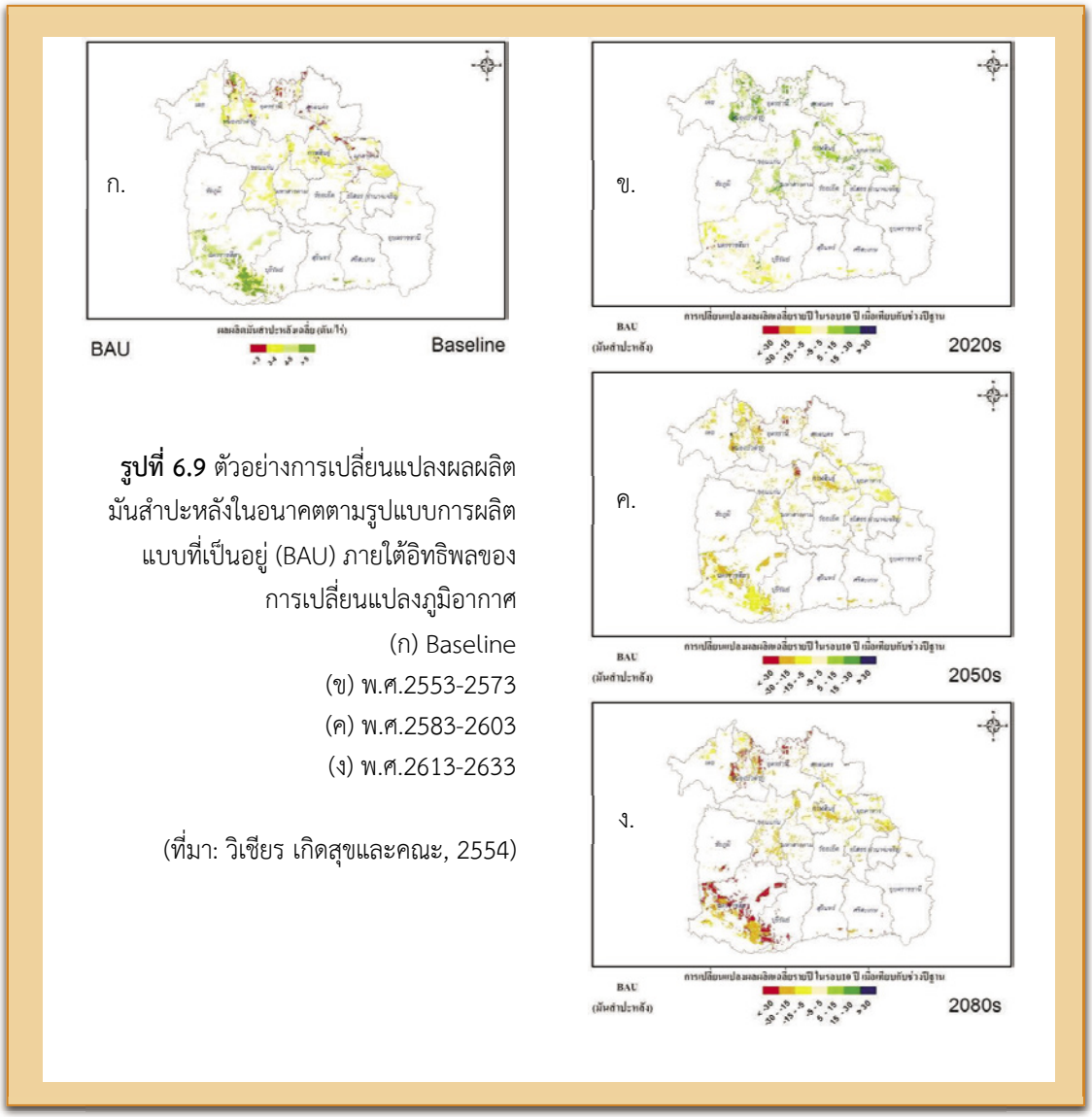
รูปที่ 6.8 การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวโพดภายใต้สภาพภูมิอากาศระยะต่างๆ ในอนาคต
(ก) พ.ศ.2523-2532 (ข) พ.ศ.2573-2582 (ค) พ.ศ.2633-2642
(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชรและคณะ, 2552)

เนื่องจากในปัจจุบัน พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น และผลการศึกษาของ เกริก และคณะ (2552) ระบุว่าพื้นที่ผลิตอ้อยที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในระดับที่วิกฤติบางส่วนอยู่ในจังหวัดกาฬสินธุ์ซึ่งเป็นพื้นที่มีชุดดินที่ใช้ปลูกอ้อยที่หลากหลาย ดังนั้น ปรีชา และคณะ (2555) จึงได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ศึกษาจังหวัดกาฬสินธุ์ ในช่วงเวลา พ.ศ.2553-2593 (ค.ศ.2010-2050) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 GCM A2 และประเมินภูมิอากาศในระดับภูมิภาคโดยแบบจำลอง PRECIS ผลจากแบบจำลองดังกล่าวจะเป็นข้อมูลนำเข้าในแบบจำลองอ้อยในโปรแกรม DSSAT ซึ่งผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการผลิตอ้อยในระยะยาวเล็กน้อย (ช่วง พ.ศ.2553-2593; ค.ศ.2010-2050) แต่ผลผลิตมีความแปรปรวนสูงทั้งเชิงพื้นที่และเวลา โดยพบว่ามีความแปรปรวนของผลผลิตในเชิงเวลามากกว่าความแปรปรวนเชิงพื้นที่ขึ้นอยู่กับความหลากหลายของชุดดิน และสภาพภูมิอากาศ ส่วนความแปรปรวนเชิงเวลาขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน

นอกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตแล้ว ประเด็นที่พึงพิจารณาในการพิจารณาถึงผลผลิตการเกษตรในระยะยาวนั้น จะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสัดส่วนพื้นที่และการกระจายตัวของพื้นที่เพาะปลูกประกอบด้วย เนื่องจากพืชไร่นานี้เป็นพืชระยะสั้น การปรับเปลี่ยนจากการปลูกพืชชนิดหนึ่งไปปลูกพืชชนิดอื่นจึงเกิดได้โดยง่าย โดยเฉพาะภายใต้แรงขับดันจากภาวะตลาดและนโยบายภาครัฐ

- งานศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตรในลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลได้ทำการประเมินผลกระทบผลผลิตพืชไร่นา ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตร่วมกับภาพฉายอนาคตของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพืชในแบบต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น โดยมีปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคมผลักดัน จำนวน 3 แนวทาง คือ แนวทางที่เน้นการผลิตพืชอาหาร (Food bowl; เน้นการผลิตข้าว) แนวทางที่เน้นการผลิตพืชไร่พลังงาน (Green Energy-Bio fuel; ให้ความสำคัญกับการผลิตอ้อยและมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบพลังงานทดแทน) และแนวทางการผลิตแบบผสมผสาน (Mixed Farming; ใช้พื้นที่ปลูกตามความเหมาะสมของดินและให้ความสำคัญกับระบบนิเวศน์) การศึกษานี้ใช้ชุดข้อมูลภูมิอากาศ PRECIS ECHAM4 A2 และ B2 เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองผลผลิตพืช DSSAT เพื่อทำการประเมินผลผลิตพืชในช่วงอนาคต 30 ปี (ช่วง 2010s-2030s, 2040s-2060s และ 2070s-2090s) (วิเชียร และคณะ, 2554)

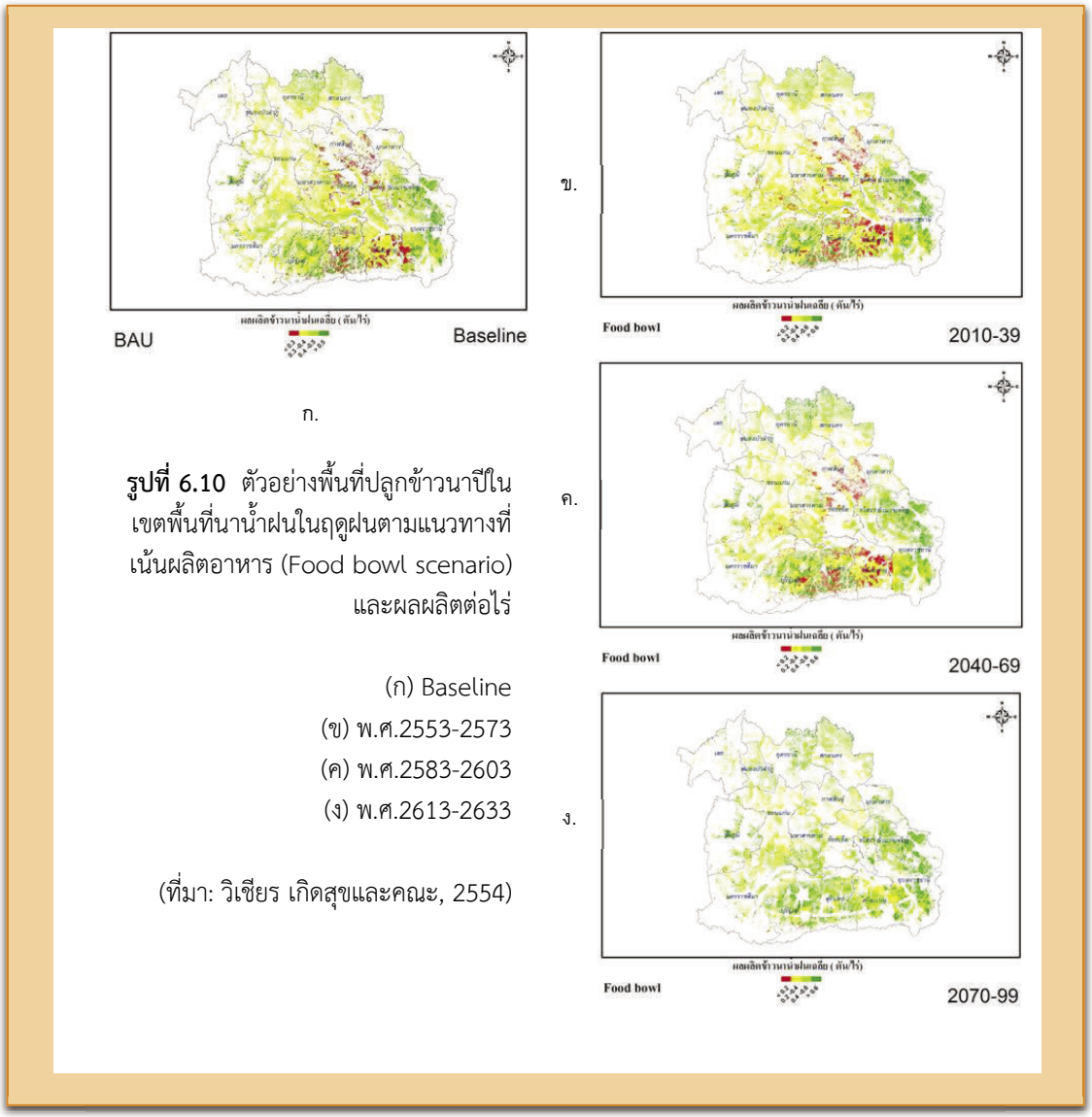
    - การเปลี่ยนแปลงผลผลิตภายใต้รูปแบบการเพาะปลูกที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Bussiness as usual – BAU) ผลการประเมินแสดงว่า ผลผลิตข้าวนาปีที่อาศัยน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่ผลผลิตข้าวนาปรังที่อาศัยน้ำจากชลประทานในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลง อย่างไรก็ดี เนื่องจากผลผลิตข้าวนาปรังมีเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด จึงทำให้ผลผลิตข้าวโดยรวมในพื้นที่ลุ่มน้ำชีลุ่มน้ำมูลมีแนวโน้มคงที่เมื่อเทียบกับปัจจุบัน ผลผลิตอ้อยก็มีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับมันสำปะหลังและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าผลผลิตพืชไร่ทั้งสองมีแนวโน้มลดลงต่ำอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะมันสำปะหลังที่ลดลงต่ำอย่างต่อเนื่องอาจจส่งผลต่อรายได้จากการส่งออก รวมถึงแผนการผลิตพลังงานทดแทนในอนาคตก็อาจจะได้รับผลกระทบเช่นกัน



รูปที่ 6.9 ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงผลผลิตมันสำปะหลังในอนาคตตามรูปแบบการผลิตแบบที่เป็นอยู่ (BAU) ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
(ก) Baseline
(ข) พ.ศ.2553-2573
(ค) พ.ศ.2583-2603
(ง) พ.ศ.2613-2633

(ที่มา: วิเชียร เกิดสุขและคณะ, 2554)

- การเปลี่ยนแปลงผลผลิตภายใต้รูปแบบการเพาะปลูกที่ปรับรูปแบบพื้นที่การผลิตตามแนวทางที่เน้นการผลิตพืชอาหาร (Food Bowl) พบว่าผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก จากผลผลิตประมาณ 12 ล้านตันต่อปี เป็นประมาณ 14 ล้านตันต่อปี และเพิ่มเป็น 20 ล้านตันต่อปี สำหรับอนาคตระยะใกล้ และระยะกลาง ตามลำดับ เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานเพิ่มสูงขึ้น ผลผลิตมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องไปจนถึงสิ้นศตวรรษ ทั้งในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูล โดยรวมผลผลิตลดลง 15 เปอร์เซ็นต์ ถึง 30เปอร์เซ็นต์ ในอนาคต ซึ่งลดลงจากผลผลิตเดิมที่อยู่ในระดับประมาณ 27 ล้านตันต่อปี เหลือเพียงประมาณ 18 ล้านตันต่อปี ผลผลิตอ้อย เพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน และมีผลผลิตที่ทรงตัวตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 ส่วนผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงบ้าง โดยลดลงเพียงเล็กน้อย



ก.

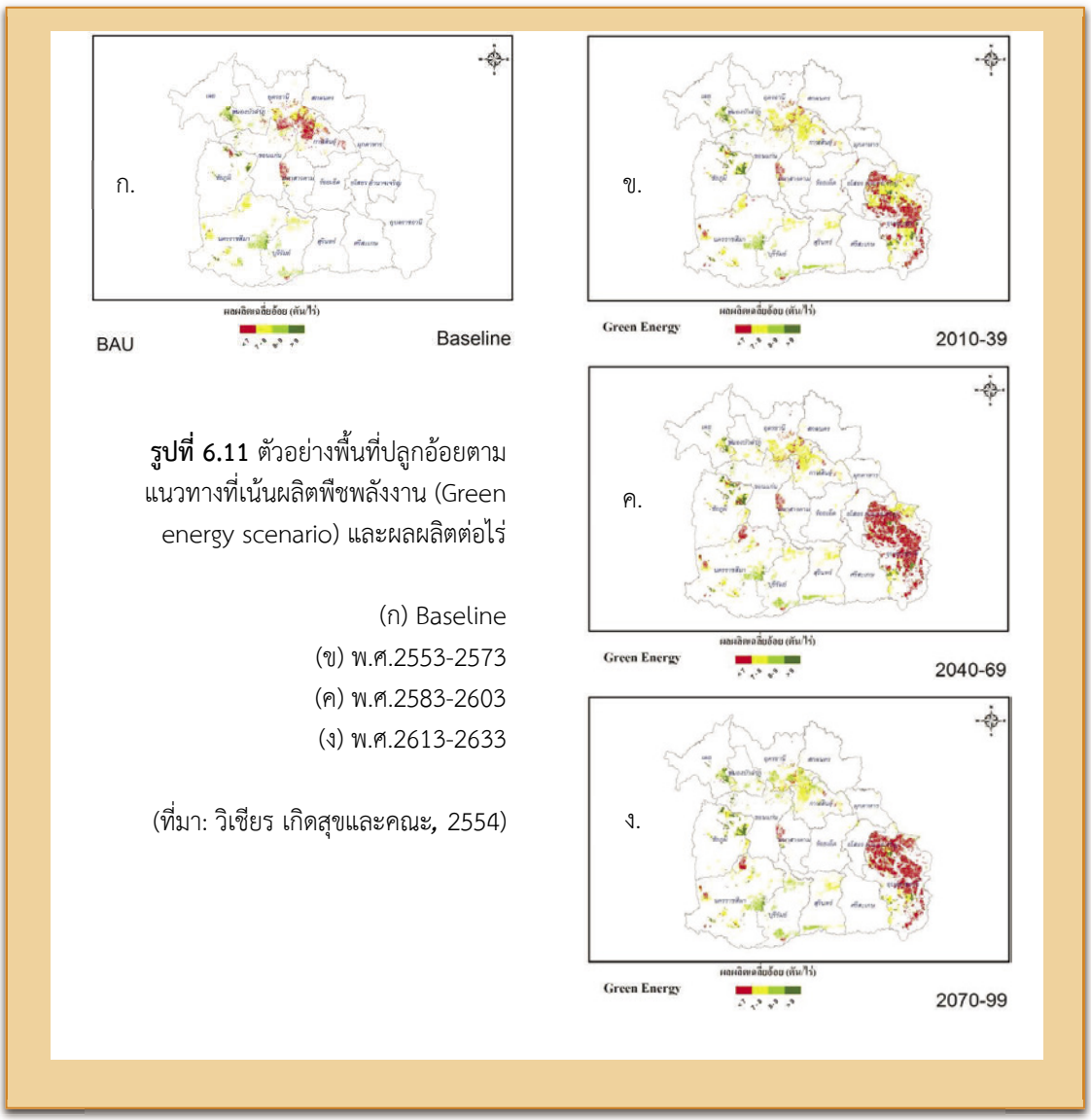
รูปที่ 6.10 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกข้าวนาปีในเขตพื้นที่นาน้ำฝนในฤดูฝนตามแนวทางที่เน้นผลิตอาหาร (Food bowl scenario) และผลผลิตต่อไร่

(ก) Baseline
(ข) พ.ศ.2553-2573
(ค) พ.ศ.2583-2603
(ง) พ.ศ.2613-2633

(ที่มา: วิเชียร เกิดสุขและคณะ, 2554)

- การเปลี่ยนแปลงผลผลิตภายใต้รูปแบบการเพาะปลูกที่ปรับรูปแบบพื้นที่การผลิตตามที่เน้นการผลิตพืชไร่สำหรับพลังงานทดแทน (Green Energy-Bio fuel) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลนี้ลดลงในอนาคตระยะสั้น โดยลดลงจากผลผลิตรวมประมาณ 11 ล้านตันต่อปี เหลือเพียงประมาณ 6 ล้านตันต่อปี เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกข้าวลดลง แต่ในอนาคตระยะกลางและระยะยาว ผลผลิตข้าวโดยรวมก็จะเพิ่มกลับขึ้นมาใกล้เคียงกับผลผลิตปัจจุบันที่ระดับประมาณ 10 ล้านตันต่อปี เนื่องจากพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและปริมาณกาซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ก็มีส่วนส่งผลให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อยในอนาคตอีกด้วย ผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในอนาคตนั้นจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกภายใต้แนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงานทดแทนนี้ โดยเพิ่มจากผลผลิตเฉลี่ยต่อปีประมาณ 27 ล้านตัน เป็นกว่า 50 ล้านตันต่อปีในอนาคตระยะสั้นและระยะกลาง และแม้ว่าผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตมันสำปะหลังจะส่งผลเชิงลบให้เห็นได้อย่างชัดเจนในอนาคตระยะยาวก็ตาม แต่ผลผลิตก็ยังคงสูงกว่าปัจจุบัน โดยคาดว่าลุ่มน้ำชี-มูลนี้จะสามารถผลิตมันสำปะหลังได้ถึงประมาณ 39 ล้านตัน ในอนาคตระยะยาวในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 นี้ ผลผลิตอ้อยจะ

เพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันอย่างมาก โดยเพิ่มขึ้นอีกมากกว่าสองเท่าตัว จากผลผลิตประมาณ 20 ล้านตันต่อปีในปัจจุบัน เป็นกว่า 60 ล้านตันต่อปีในอนาคต และมีผลผลิตที่ทรงตัวตลอดช่วงศตวรรษที่ 21 นี้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูก ส่วนผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมาก เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกเช่นกัน โดยจะมีการปลูกข้าวโพดในพื้นที่นาข้าวหลังฤดูการทำนาปี ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตรวมของข้าวโพดในเขตลุ่มน้ำชี-มูล จะเพิ่มขึ้นจากระดับประมาณ 1.3 ล้านตันต่อปี เป็นประมาณ 2-3 ล้านตันต่อปีในอนาคต



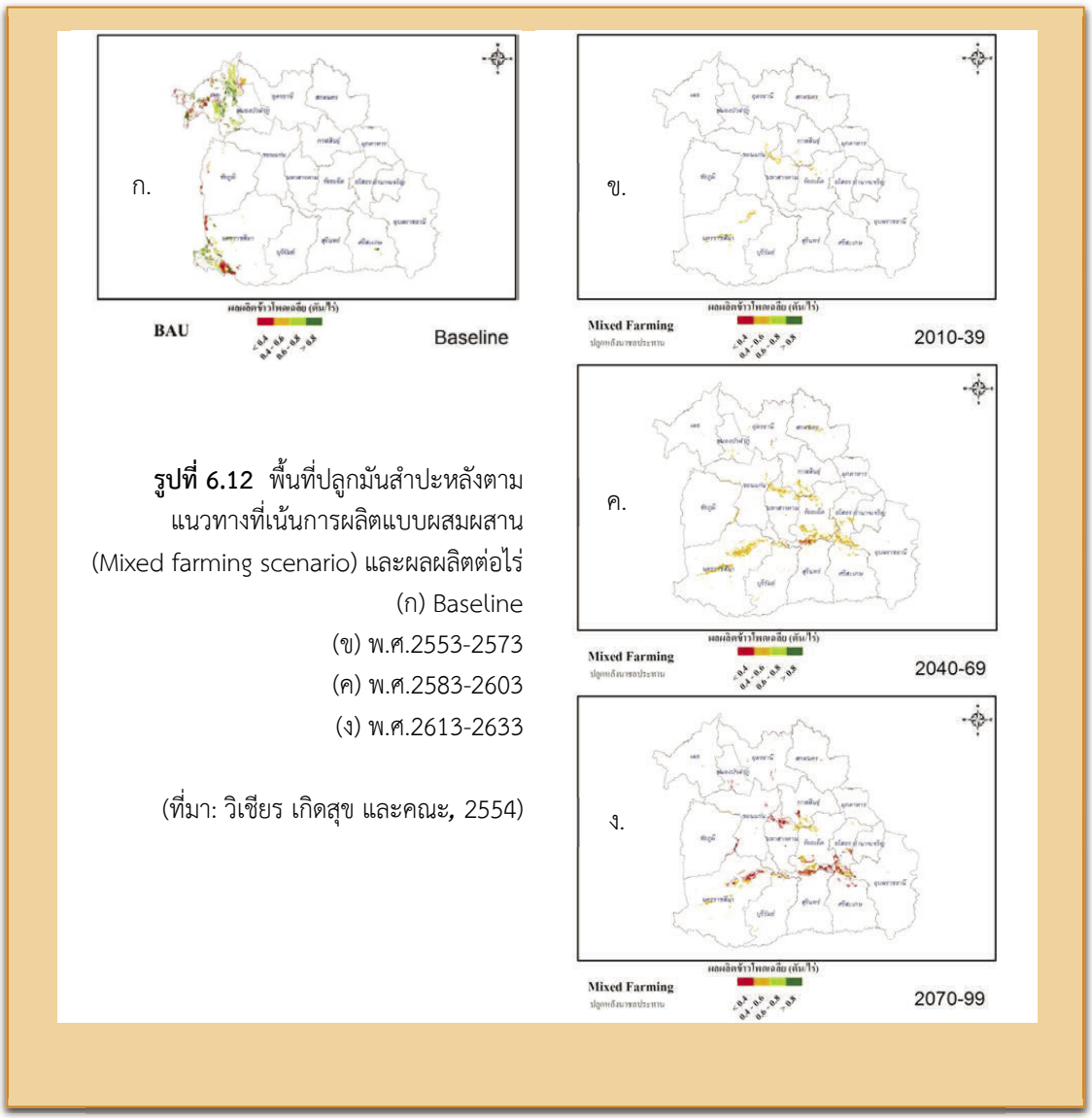
รูปที่ 6.11 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกอ้อยตามแนวทางที่เน้นผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) และผลผลิตต่อไร่

(ก) Baseline
(ข) พ.ศ.2553-2573
(ค) พ.ศ.2583-2603
(ง) พ.ศ.2613-2633

(ที่มา: วิเชียร เกิดสุขและคณะ, 2554)

- การเปลี่ยนแปลงผลผลิตภายใต้รูปแบบการเพาะปลูกตามแนวทางที่เน้นการผลิตแบบผสมผสาน (Mixed Farming) การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกข้าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับแนวทางที่เน้นการผลิตพืชอาหาร กล่าวคือ พื้นที่ปลูกข้าวนาปีที่อาศัยน้ำฝนมีแนวโน้มลดลง แต่พื้นที่นาชลประทานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่จะไม่มีการปลูกข้าวนาปรังในพื้นที่ชลประทานในฤดูแล้งเพื่อประหยัดน้ำ และในอนาคตระยะยาวพื้นที่ปลูกข้าวมีแนวโน้มลดลงบ้างเนื่องจากการขยายตัวของชุมชน ผลผลิตข้าวค่อนข้างจะคงที่ในระดับประมาณ 10-11 ล้านตันต่อปี โดยผลผลิตมีการแกว่งตัวบ้างเล็กน้อย ผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ยังคงทรงตัวอยู่ได้ในอนาคตระยะสั้น และเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตระยะกลางในช่วงกลางศตวรรษ เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้พื้นที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวยังคงมีพื้นที่ไม่แตกต่างจากปัจจุบันนัก

แต่พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในนาข้าวหลังฤดูการทำนาจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ โดยผลผลิตจะเพิ่มขึ้นจากประมาณ 27 ล้านตันต่อปีในปัจจุบัน เป็น 32 ล้านตันต่อปีในช่วงกลางศตวรรษ อย่างไรก็ดี ในอนาคตระยะยาวในช่วงปลายศตวรรษผลกระทบเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็ส่งผลให้เห็นได้ โดยผลผลิตมันสำปะหลังต่อปีจะลดลงเหลือเพียงประมาณ 23 ล้านตันต่อปี แม้ว่าพื้นที่เพาะปลูกจะมากกว่าปัจจุบันก็ตาม สำหรับผลผลิตอ้อย มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน โดยเฉพาะในอนาคตระยะยาวในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 นี้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกที่เพิ่มขึ้น ส่วนผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมาก อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกที่มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเพิ่มขึ้นมากและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตรวมของข้าวโพดในเขตลุ่มน้ำชี-มูล จะเพิ่มขึ้นจากระดับประมาณ 1.3 ล้านตันต่อปี ไปอยู่ในระดับประมาณ 4 ล้านตันต่อปีในอนาคต



รูปที่ 6.12 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังตามแนวทางที่เน้นการผลิตแบบผสมผสาน (Mixed farming scenario) และผลผลิตต่อไร่
(ก) Baseline
(ข) พ.ศ.2553-2573
(ค) พ.ศ.2583-2603
(ง) พ.ศ.2613-2633

(ที่มา: วิเชียร เกิดสุข และคณะ, 2554)

นอกจากการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกข้าวในเชิงผลผลิตทางกายภาพแล้ว ยังมีการวิเคราะห์ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวในประเทศไทย

- สมพร อิศวิลานนท์และคณะ (2552) ได้ใช้แบบจำลอง CropDSS แบ่งการจำลองตามภูมิภาค ได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลางและภาคเหนือ ทั้งนี้ในภาคกลางเลือกการวิเคราะห์ข้าวพันธุ์สุพรรณ 1 ส่วนภาคเหนือและภาคตะวันออก เฉียงเหนือเลือกใช้ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งในการจำลองได้แบ่งช่วงเวลาออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงอดีต-ปัจจุบัน (ระหว่าง พ.ศ.2523-2530; ค.ศ.1980-1987) และช่วงอนาคต (ระหว่าง พ.ศ. 2553-2563; ค.ศ.2010-2020) ซึ่งผลการศึกษาจากแบบจำลอง CropDSS แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกจะส่งผลดีต่อเกษตรกรที่ปลูกข้าวขาวดอกมะลิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ และเมื่อนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงผลผลิตต่อไร่ เพื่อคำนวณหาปริมาณการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตพบว่าผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิจะเพิ่มขึ้นโดยรวม 1.4 ล้านตัน และมีมูลค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14,195 ล้านบาท สำหรับเกษตรกรในภาคกลางที่ปลูกข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี1 มีผลผลิตข้าวพันธุ์ดังกล่าวเปลี่ยนแปลงลดลง โดยมีปริมาณผลผลิตโดยรวมเปลี่ยนแปลงลดลง 0.249 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่าการสูญเสีย 2,029 ล้านบาท เนื่องจากข้าวเป็นภาคการผลิตที่ใหญ่ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวตามชนิดของพันธุ์ที่เกิดขึ้นทั้งในด้านบวกและลบจะส่งผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจในวงกว้างด้วย

งานศึกษาวิจัยด้านผลกระทบต่อการเกษตรส่วนใหญ่ในระยะที่ผ่านมานั้นเน้นการศึกษาพืชไร่นา หรือพืชที่มีอายุสั้น เช่น ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง แต่ก็ได้มีการศึกษาถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อพืชยืนต้นอยู่บ้าง ทั้งนี้การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อไม้ยืนต้นอื่น ๆ เท่าที่พบส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในเชิงการวิเคราะห์ความไวหรือความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของพืชชนิดต่าง ๆ กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศ

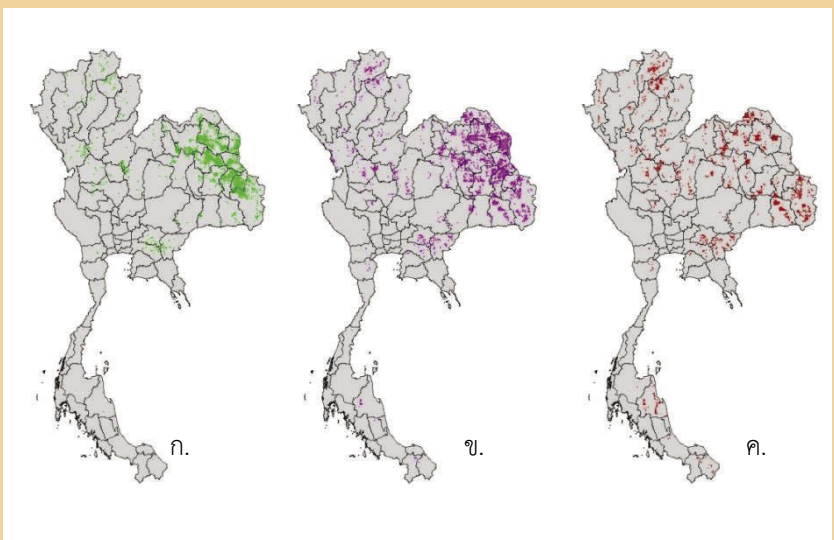
- การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อไม้ยืนต้นอื่น ๆ เท่าที่พบส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในเชิงการวิเคราะห์ความไวหรือความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของพืชชนิดต่าง ๆ กับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศ ตัวอย่างเช่น การเปรียบเทียบผลผลิตยางพาราในพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน เนื่องจากภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อผลผลิตยางพาราในพื้นที่ภาคใต้ โดยมีความสัมพันธ์แบบเชิงร่วมกับตัวแปรภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณฝน ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการระเหยน้ำ ความเร็วลม นอกจากนี้ ยังพบว่าผลผลิตยางพารามีความสัมพันธ์โดยตรงกับปรากฏการณ์เอลนีโญ (El Niño) ซึ่งจะทำให้มีผลผลิตสูงกว่าปกติ และกลับมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจนในช่วงปรากฏการณ์ ลานีญา (La Niña) และพบความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับสภาพอากาศในรูปแบบของจำนวนวันฝนตกรวมรายปี และความแรงของฝน โดยยางพาราจะมีผลผลิตสูงกว่าปกติในปีที่มีจำนวนวันฝนตกรวมรายปีน้อยกว่าปกติ หรือมีความแรงของฝนน้อยกว่าปกติ และกลับลดลงในปีที่มีจำนวนวันฝนตกมากกว่าปกติ หรือปีที่มีความแรงของฝนเพิ่มขึ้น (อัสมน ลิ่มสกุล และคณะ, 2557; สายัณห์ สดุดี และคณะ, 2557)
- ไม้ยืนต้นจำพวกผลไม้ในเขตภาคใต้ของประเทศไทย ได้แก่ มังคุด และลองกองซึ่งเป็นผลไม้เศรษฐกิจที่สำคัญของภาคใต้ ผลของความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทำให้ชีพลักษณ์ในผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะช่วงเวลาการออกดอก งานวิจัยดังกล่าวได้ทำการศึกษาการออกดอกและผลผลิตของมังคุดในช่วง 3 ปี (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2553; ค.ศ.2008 – 2010) ตลอดช่วงฤดูการปลูก พบการออกดอกมังคุดทั้งในและนอกฤดู จำนวนผลผลิตที่ได้รับในแต่ละปีมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับสภาพอากาศและการออกดอก นอกจากนี้ยังพบความแตกต่างของคุณภาพ (ขนาดผล) ของมังคุดในแต่ละปีด้วย (Apiratikorn et al., 2012) และพบการตอบสนองต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนและการระเหยของน้ำ ซึ่งมีผลทำให้การออกดอกของมังคุดและลองกองช้า (Apiratikorn et al., 2014)
- การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ พบว่าแนวโน้มของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันขยายตัวอย่างต่อเนื่อง พื้นที่ให้ผลและผลผลิตในช่วง 5 ปี (ช่วง พ.ศ.2548-2552; ค.ศ.2005–2009) เพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยร้อยละ 11.65 และ 15.12 ต่อปี ตามลำดับ โดยพื้นที่เพาะปลูกสำคัญอยู่ในภาคใต้ และเมื่อวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันในประเทศไทย โดยการใช้ข้อมูลกลุ่มชุดดินซ้อนทับกับพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันของประเทศไทย (ปี 2551) และใช้ข้อมูลภูมิอากาศระดับภูมิภาคในอีก 20 ปีข้างหน้า (ทศวรรษที่ 1; 2000-2009 ทศวรรษที่ 2; 2010-2019 และทศวรรษที่ 3; 2020-2039) โดยนำข้อมูลเข้าแบบจำลอง PLANTGRO เพื่อประเมินผลผลิตปาล์มน้ำมันในแต่ละช่วงทศวรรษ พบว่าผลผลิตเฉลี่ยทั้งประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงปี 2009-2019 (พ.ศ.2552-2562) ซึ่งจะเป็นช่วงที่มีปริมาณ

น้ำฝนสูงที่สุด และลดลงในช่วงทศวรรษถัดไป สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยไม่พบว่ามีผลต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันมากนัก ทั้งนี้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตปาล์มน้ำมันที่ประเมินได้นั้น จะแตกต่างกันไปตามลักษณะและคุณสมบัติของดิน สภาพพื้นที่ และสภาพภูมิอากาศ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

<u>การศึกษาด้านความเสี่ยงและภาวะเปราะบางของภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

การศึกษาประเด็นด้านความเสี่ยงในภาคส่วนการเกษตรนั้น อาจพิจารณาได้จากการที่ผลผลิตทางการเกษตรนั้นลดลง ซึ่งมีการศึกษาด้านความเสี่ยงของภาคการเกษตรจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่วนใหญ่โดยพิจารณาความเสี่ยงในระดับพื้นที่และ/หรือ ระดับจังหวัด ซึ่งพื้นที่เสี่ยงนี้แตกต่างกันไปตามพืชแต่ละชนิด

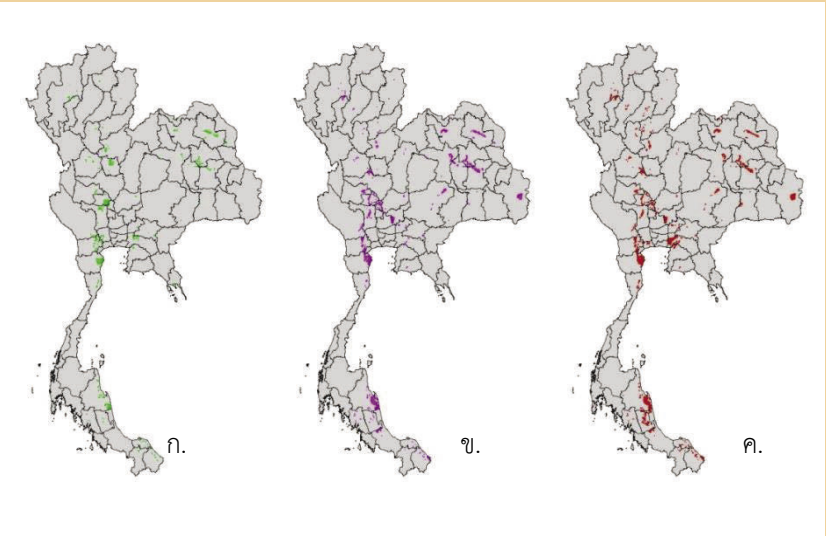
- เกริก และคณะ (2552) ได้ทำการวิเคราะห์พื้นที่ทางการเกษตรที่มีความเสี่ยงจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ใช้เกณฑ์การประเมินโดยกำหนดให้พื้นที่ที่มีผลผลิตต่ำกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ จากผลผลิตโดยเฉลี่ยของประเทศในช่วงปีฐานเป็นพื้นที่เสี่ยง ซึ่งเมื่อยึดเกณฑ์นี้ผลการวิเคราะห์พบว่าพื้นที่วิกฤตในการปลูกข้าวนาน้ำฝน / ข้าวนาปี (รูปที่ 6.13) โดยส่วนใหญ่ได้แก่ พื้นที่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ เช่น จังหวัดหนองบัวลำภู อุดรธานี สกลนคร นครพนม กาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด มุกดาหาร ยโสธร อำนาจเจริญ สุรินทร์ ศรีสะเกษ โดยในอนาคตนั้น พื้นที่เสี่ยงมีแนวโน้มขยายตัวกว้างขึ้น และในอนาคตระยะยาวพื้นที่เสี่ยงดังกล่าวจะเปลี่ยนรูปแบบ โดยมีการกระจายตัวมากขึ้นแต่จะมีความหนาแน่นของพื้นที่ต่ำลง



รูปที่ 6.13 พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวนาน้ำฝน/ข้าวนาปี จากผลกระทบของภูมิอากาศ
(ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523)
(ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573)
(ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)

(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชรและคณะ, 2552)

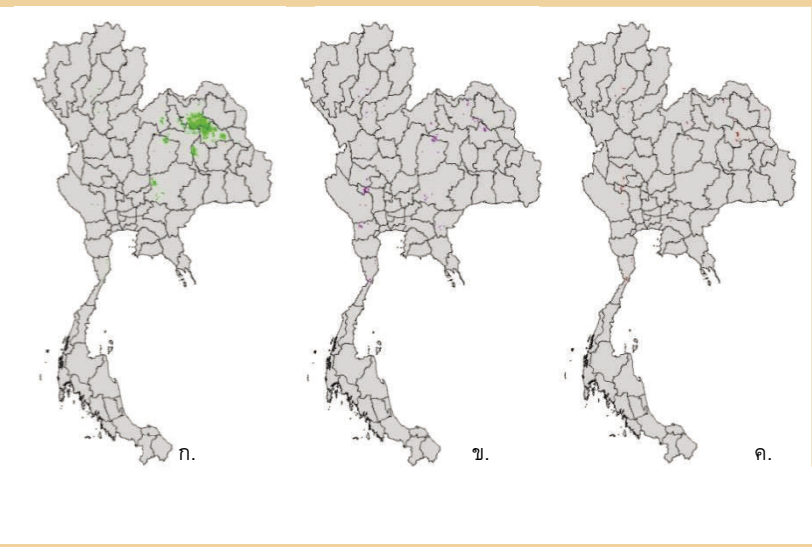
สำหรับนาข้าวชลประทาน/ข้าวนาปรังฤดูแล้งนั้น ผลการวิเคราะห์พบว่าผลผลิตโดยเฉลี่ยมีแนวโน้มที่จะลดลงทั้งประเทศ โดยพื้นที่วิกฤตจากผลกระทบจากภูมิอากาศครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด (รูปที่ 6.14) ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ พิษณุโลก นครสวรรค์ ชัยนาท สิงห์บุรี สุพรรณบุรี สระบุรี เพชรบุรี ราชบุรี นครปฐม อยุธยา นครนายก ฉะเชิงเทรา สกลนคร ขอนแก่น มหาสารคาม กาฬสินธุ์ ปัตตานี ยะลาและนราธิวาส โดยในอนาคตพื้นที่เสี่ยงจะมีแนวโน้มเช่นเดียวกับในช่วงปีฐาน



รูปที่ 6.14 พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวชลประทาน /ข้าวนาปรัง จากผลกระทบของภูมิอากาศ
(ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523)
(ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573)
(ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)

(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร และคณะ, 2552)

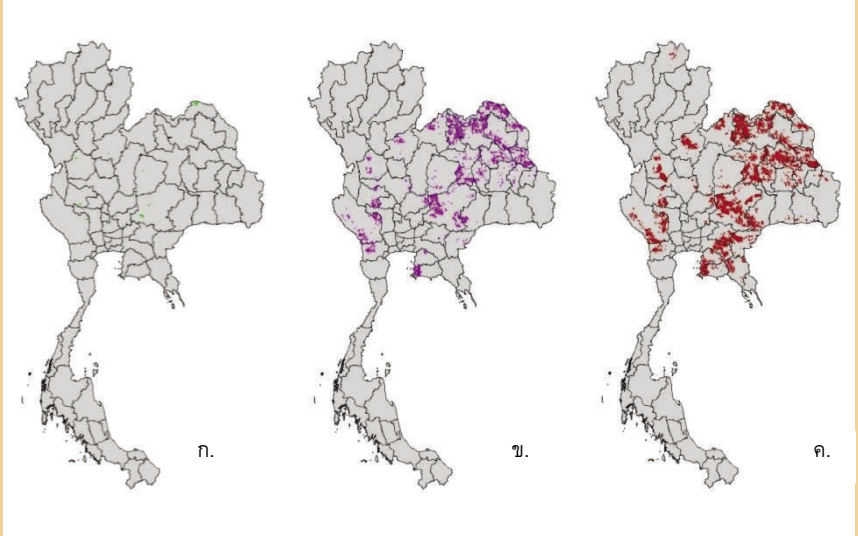
พื้นที่วิกฤตในการผลิตอ้อยจากผลกระทบของความแปรปรวนของภูมิอากาศในช่วงปัจจุบัน พบในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (รูปที่ 6.15) โดยเฉพาะจังหวัดกาฬสินธุ์ พื้นที่บางส่วนของจังหวัดมหาสารคาม ขอนแก่น และนครราชสีมา โดยในอนาคตผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะทำให้พื้นที่เสี่ยงลดลง



รูปที่ 6.15 พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตอ้อยจากผลกระทบของภูมิอากาศ
(ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523)
(ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573)
(ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2090 (พ.ศ.2633)

(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่องเพ็ชร และคณะ, 2552)

สำหรับการเพาะปลูกมันสำปะหลังนั้น พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมีความเสี่ยงจากความแปรปรวนของภูมิอากาศน้อย อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตทำให้พื้นที่เพาะปลูกดังกล่าวมีความเสี่ยงมากขึ้นและพื้นที่เสี่ยงจะขยายไปในหลายพื้นที่มากขึ้น (รูปที่ 6.16) ทั้งนี้พื้นเสี่ยงโดยส่วนใหญ่ได้แก่ จังหวัด หนองคาย อุดรธานี หนองบัวลำภู ขอนแก่น กาฬสินธุ์ สกลนคร นครราชสีมา ราชบุรี กาญจนบุรี อุทัยธานี และระยอง

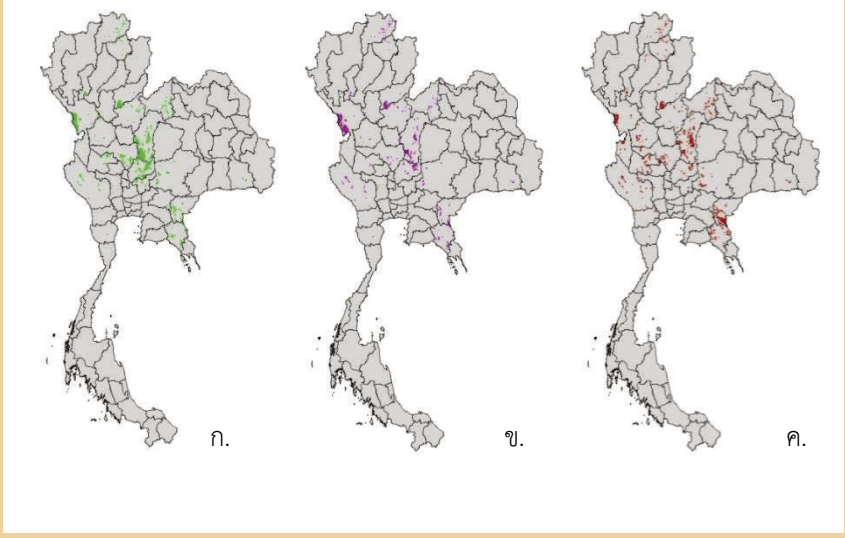


รูปที่ 6.16 พื้นที่เสี่ยงของการผลิตมันสำปะหลังจากผลกระทบของภูมิอากาศ
(ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523)
(ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573)
(ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2090 (พ.ศ.2633)

(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร และคณะ, 2552)

การเพาะปลูกข้าวโพดนั้น พื้นที่เสี่ยงจากผลกระทบของภูมิอากาศในอนาคตระยะใกล้จะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกับช่วงปีฐาน อย่างไรก็ตาม ในช่วงอนาคตระยะยาว พื้นที่เสี่ยงจะขยายตัวเพิ่มขึ้น (รูปที่ 6.17) โดยพื้นที่วิกฤตแบ่งได้เป็น 4 บริเวณได้แก่

บริเวณที่ 1: จังหวัดเลย เพชรบุรี และนครราชสีมา
บริเวณที่ 2: จังหวัดนครสวรรค์ อุทัยธานี กาญจนบุรี กำแพงเพชร ตาก และลำพูน
บริเวณที่ 3: จังหวัดสระแก้ว และจันทบุรี
บริเวณที่ 4: จังหวัดเชียงราย พระเยา ลำปาง และ แพร่



รูปที่ 6.17 พื้นที่เสี่ยงของผลผลิตข้าวโพดจากผลกระทบของภูมิอากาศ
(ก) ปัจจุบันช่วงทศวรรษ ค.ศ.1980 (พ.ศ.2523)
(ข) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573)
(ค) อนาคตช่วงทศวรรษ ค.ศ.2090 (พ.ศ.2633)

(ที่มา: เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร และคณะ, 2552)

การประเมินความเปราะของระบบการผลิตพืชไร่-นา ที่ได้มีการศึกษาในระยะที่ผ่านมา ได้นำปัจจัยทางด้านสภาพเศรษฐกิจและสังคมเข้าพิจารณาร่วมในฐานะที่เป็นตัวกำหนดภาวะความเปราะบางของภาคส่วนเกษตรด้วย

- วิเชียร เกิดสุขและคณะ (2554) ทำการศึกษาความเปราะของระบบการผลิตพืชไร่-นาในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล โดยใช้การเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของมูลค่ารวมผลผลิตเกษตรเป็นตัวแทน (proxy) ของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วง 30 ปีในอนาคต ในกรอบเวลาระหว่างช่วงทศวรรษที่ 2020s – 2040s โดยพิจารณาประกอบกับตัวชี้วัดอื่น ๆ ที่ใช้บ่งชี้ถึงการเปิดรับต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงหรือความเสี่ยง และความไวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงหรือความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ สัดส่วนประชากรในภาคการเกษตรต่อประชากรทั้งหมด สัดส่วนของผลผลิตการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรในผลิตภัณฑ์มวลรวมจังหวัด สัดส่วนของพื้นที่เพาะปลูกที่ประสบภัยธรรมชาติซ้ำซากเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด และสัดส่วนความยากจน และพิจารณาถึงการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกในรูปแบบต่าง ๆ ภายใต้ภาพฉายอนาคตที่ได้จัดทำขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและความแปรปรวนของมูลค่ารวมผลผลิตเกษตรอันจะส่งผลต่อระดับความเสี่ยงของแต่ละจังหวัด โดยถือว่าการปรับรูปแบบพื้นที่เพาะปลูกเหล่านั้นจัดได้ว่าเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการรับมือต่อสถานการณ์อนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ผลการวิเคราะห์ตามแนวทางการปรับรูปแบบพื้นที่เพาะปลูกที่ให้มูลค่ารวมผลผลิตสูงสุด แสดงให้เห็นถึงความผันแปรของระดับความเสี่ยงของแต่ละจังหวัดในอนาคตในแต่ละช่วงทศวรรษ ซึ่งประเด็นที่น่าพิจารณาคือ ระดับความเสี่ยงของกลุ่มจังหวัดที่มีความเสี่ยงสูงและกลุ่มจังหวัดที่มีความเสี่ยงต่ำจะมีความแตกต่างจากกันมากขึ้นในอนาคต ส่วนการปรับรูปแบบพื้นที่เพาะปลูกตามแนวทางที่มีความแปรปรวนน้อยที่สุดจะส่งผลให้กลุ่มจังหวัดที่มีความเสี่ยงสูงเพิ่มมากขึ้นในอนาคต และระดับความเสี่ยงที่แตกต่างจากกลุ่มจังหวัดที่มีความเสี่ยงต่ำ ก็จะมีความแตกต่างจากันมากขึ้นเช่นกัน

  การพิจารณาถึงความเปราะบางของกลุ่มจังหวัดในลุ่มน้ำชีมูล จากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตพืชไร่นา ได้มองถึงประเด็นที่การปรับเปลี่ยนรูปแบบพื้นที่เพาะปลูกในอนาคตจะส่งผลให้ระดับความเสี่ยงของจังหวัดนั้น ๆ ลดลงเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีการดำเนินการใด ๆ หรือว่ายังคงรักษารูปแบบพื้นที่เพาะปลูกตามที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Business as usual) ต่อไป ทั้งนี้โดยคำนึงว่าจังหวัดที่มีแนวโน้มระดับความเสี่ยงเพิ่มสูงขึ้นโดยที่ไม่มีแนวทางการปรับพื้นที่เพาะปลูกที่ส่งผลให้ระดับความเสี่ยงลดลงนั้น จัดว่าเป็นจังหวัดที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตพืชไร่นา ผลสรุปจากการศึกษา แสดงให้เห็นว่า การปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกตามแนวทางต่าง ๆ ของแต่ละจังหวัดส่งผลให้จังหวัดต่างๆ มีศักยภาพในการบริหารจัดการความเสี่ยงในอนาคตจากอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ดีขึ้น ซึ่งในบริบทนี้อาจกล่าวได้ว่า กลุ่มจังหวัดในลุ่มน้ำชีมูลนั้นไม่เปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อย่างไรก็ดี กลุ่มจังหวัดที่น่าจับตามองก็คือ จังหวัดบุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีสะเกษ ซึ่งเป็นกลุ่มจังหวัดที่มีระดับความเสี่ยงสูง และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอีกในอนาคต ซึ่งแม้ว่าจะมีแนวทางการปรับพื้นที่เพาะปลูกซึ่งส่งผลให้ระดับความเสี่ยงลดลงบ้างก็ตาม แต่ก็ไม่ได้มีผลมากนัก

การศึกษาด้านความเสี่ยงและภาวะความเปราะบางในภาคการเกษตรนั้น อาจพิจารณาในบริบทของเกษตรกร โดยมีการศึกษาในประเด็นนี้อยู่บ้าง

- การทำความเข้าใจในเรื่องของความเสี่ยงและความเปราะบางในภาคการเกษตรนี้จำเป็นที่จะต้องมองในประเด็นของความเป็นอยู่ของผู้คนในภาคส่วนนี้ด้วย เกษตรกรทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบกับความเสี่ยงจากภูมิอากาศอยู่แล้ว ซึ่งสภาพอากาศที่รุนแรงทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลงและส่งผลต่อการดำรงชีวิตในที่สุด โดยสภาพอากาศรุนแรงตามที่เกษตรกรระบุว่าส่งผลร้ายต่อการเพาะปลูก ได้แก่ ระยะฝนทิ้งช่วงที่ยาวนานผิดปกติ ปัญหาน้ำท่วม และฤดูฝนที่สิ้นสุดช้ากว่าปกติ ทั้งนี้ระยะฝนทิ้งช่วงซึ่งเป็นช่วงต้นของการปลูกข้าวนาปีส่งผลให้ต้นกล้าของข้าวเสียหาย หรือทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นเนื่องจากในระยะเวลาที่รอฝนตกนั้น ต้องมีการจัดหาน้ำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช ถ้าหากระยะเวลาที่ฝนทิ้งช่วงนี้ไม่ยาวนานมากจนเกินไป เกษตรกรยังสามารถปลูกทดแทนได้ทันฤดูการเก็บเกี่ยวนั้น แต่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น ในกรณีที่ระยะฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้นยาวนานมาก เกษตรกรไม่สามารถที่จะปลูกข้าวทดแทนได้ในฤดูนั้นเพื่อให้ทันเก็บเกี่ยวได้ก่อนที่ฤดูฝนจะสิ้นสุดลง เมื่อเกิดกรณีที่ระยะฝนทิ้งช่วงเกิดขึ้นยาวนานมากเช่นนี้ เกษตรกรจะสูญเสียทั้งผลผลิตและรายได้อย่างมาก นอกเหนือจากนั้น

อีกปัญหาหลักอีกอย่างหนึ่งของชาวนาในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือนี้ ได้แก่ ปัญหาน้ำท่วม ซึ่งมักจะเกิดขึ้นช่วงปลายฤดูเพาะปลูกก่อนการเก็บเกี่ยว (Chinvanno et al., 2008a)

ภาวะความเปราะบางจากภูมิอากาศที่ครัวเรือนเกษตรกรต้องเผชิญนั้น เป็นผลจากตัวกำหนด 3 ประการ คือ ความไวต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสภาพอากาศแปรปรวนหรือการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การเปิดรับต่อผลกระทบดังกล่าว และ ขีดความสามารถที่ครัวเรือนจะรับมือกับผลกระทบนั้น การศึกษาหนึ่งซึ่งทำการประเมินความเสี่ยงและความเปราะบางของครัวเรือนชาวนาซึ่งใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ 560 ครัวเรือนในจังหวัดอุบลราชธานี แสดงให้เห็นว่าหนึ่งในสามของประชากรในการสำรวจครั้งนั้น เป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำ และมีกลุ่มประชากรที่มีความเสี่ยงสูงประมาณ 15-25 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนครัวเรือนทั้งหมดที่ทำการสำรวจ โดยกลุ่มที่มีความเสี่ยงปานกลางเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุด ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อระดับความเสี่ยง คือ ครัวเรือนเหล่านี้มีขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศที่จำกัด อันเนื่องมาจากการที่ครัวเรือนเหล่านั้นมีเงินออมน้อยและมีหนี้สินสูง นอกจากนั้น เศรษฐกิจครัวเรือนของกลุ่มชาวนาในการสำรวจนั้นยังต้องพึ่งพาผลผลิตจากข้าวเป็นหลัก โดยมีความหลากหลายของแหล่งรายได้ต่ำ สภาพการณ์ดังกล่าวส่งผลให้กลุ่มครัวเรือนชาวนาเหล่านั้นเปิดรับกับความเสี่ยงและไวต่อผลกระทบที่เกิดขึ้นจากสภาพอากาศสูง (Chinvanno et al., 2008a)

ในการศึกษาถึงความเปราะบางของครัวเรือนชาวนาในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีนี้ได้ยึดหลักที่ว่าครัวเรือนเกษตรกรที่มีการย้ายกลุ่มเสี่ยงไปอยู่ในกลุ่มเสี่ยงที่มีระดับความเสี่ยงสูงขึ้นนั้นเป็นกลุ่มที่มีความเปราะบางต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต การจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าวในอนาคตโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉลี่ย และสถานการณ์สภาพภูมิอากาศรุนแรง โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจากการคาดการณ์โดยแบบจำลองภูมิอากาศโลก CCAM ภายใต้เงื่อนไขปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 และ 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) ได้ถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของผลกระทบของสภาพอากาศ ผลจากการวิเคราะห์ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มความเสี่ยงต่าง ๆ มากนัก ทั้งนี้กลุ่มที่มีความเสี่ยงปานกลางยังคงเป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุด เนื่องจากผลการประเมินผลผลิตข้าวในอนาคตมีการคาดการณ์ว่าผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้น ภายใต้สถานการณ์จำลองที่พิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉลี่ย แต่อย่างไรก็ตาม ภายใต้สถานการณ์สภาพอากาศรุนแรง พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงในกลุ่มที่มีความเสี่ยงปานกลางและความเสี่ยงสูง โดยครัวเรือนที่มีความเสี่ยงปานกลางจะเปลี่ยนเป็นครัวเรือนที่มีความเสี่ยงสูง ซึ่งพบว่าจำนวนครัวเรือนชาวนามากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ มีความเปราะบางต่อผลกระทบจากสภาพอากาศรุนแรง โดยที่ระดับความเสี่ยงของครัวเรือนเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน ซึ่งพิจารณาได้จากคะแนนความเสี่ยงที่สูงขึ้น (Chinvanno et al., 2008a)

- การประเมินความเสี่ยงและความเปราะบางของครัวเรือนชาวนาในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยซึ่งเป็นพื้นที่สำคัญในการเพาะปลูกข้าวของประเทศ ได้มีการศึกษาโดยวิธีเดียวกัน โดยได้มีการสัมภาษณ์ครัวเรือนชาวนา 628 ครัวเรือน เมื่อเดือนเมษายน – พฤษภาคม พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) และผลจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแสดงให้เห็นว่า ผลกระทบจากสภาพอากาศโดยเฉลี่ยแล้วส่งผลให้ครัวเรือนชาวนาอยู่ในภาวะเสี่ยง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาโดยแบ่งกลุ่มเสี่ยงออกเป็นกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำ ปานกลางและสูง พบว่าสัดส่วนครัวเรือนที่ทำการสำรวจตกอยู่ในภาวะเสี่ยงในระดับต่าง ๆ กัน คือ 8.8 เปอร์เซ็นต์ 61.6 เปอร์เซ็นต์ และ 29.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในกรณีสภาพอากาศรุนแรงซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบโดยพิจารณาถึงผลกระทบจากภัยธรรมชาติ ซึ่งประเด็นปัญหาของชาวนาในพื้นที่นี้ โดยส่วนใหญ่จะพบปัญหาความแห้งแล้งและปัญหาน้ำท่วมซึ่งส่งผลให้ผลผลิตเสียหายโดยเฉลี่ยถึงประมาณ 45.5 เปอร์เซ็นต์ จากผลผลิตทั้งหมด เมื่อมีการนำปัจจัยดังกล่าวนำมาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ความเสี่ยงของผลกระทบจากภูมิอากาศ โดยสัดส่วนครัวเรือนที่มีความเสี่ยงภายใต้สถานการณ์สภาพอากาศรุนแรง ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความเสี่ยงต่ำ ปานกลาง และสูง เปลี่ยนแปลงเป็น 7.6 เปอร์เซ็นต์ 50 เปอร์เซ็นต์ และ 42.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลจากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า 77 เปอร์เซ็นต์ของครัวเรือนที่สำรวจมีความเปราะบางต่อผลกระทบจากสภาพอากาศรุนแรง ในขณะที่ 23 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความเปราะบางหรือจัดอยู่ในกลุ่มที่มีความทนทานต่อผลกระทบจากสภาพอากาศ ซึ่งปัจจัยที่สำคัญคือ การที่มีรายได้จากหลายทางและรายได้หลักไม่ได้มาจากผลผลิตข้าว ส่วนครัวเรือนส่วนใหญ่ที่มีความเปราะบางนั้น สาเหตุหลักมาจาก

การมีหนี้สูง และหากมีการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีความรุนแรงจะเกิดผลกระทบต่อผลผลิตข้าว จะส่งผลให้ชาวนาเหล่านั้นที่ไม่สามารถใช้หนี้ได้ และอาจจะก่อให้เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจครัวเรือนอื่น ๆ ตามมา (วิเชียร เกิดสุข และวชิราพร เกิดสุข, 2549)

<u>การศึกษาด้านการปรับตัวของภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

การศึกษาด้านการปรับตัวในภาคการเกษตรนี้ ได้มีการศึกษาถึงการปรับตัวในเชิงของการพยายามรักษาระดับการผลิตที่เป็นอยู่ในปัจจุบันไว้ ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคต โดยมักมีการนำเสนอในการศึกษาด้านการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นส่วนต่อเนื่องจากการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตร นอกจากนั้นแล้ว ก็มีการศึกษาด้านการปรับตัวในภาคการเกษตรโดยพิจารณาถึงการปรับตัวของเกษตรกรให้สามารถจัดการความเสี่ยงได้ดีขึ้น ซึ่งรวมถึงการดำเนินการในพื้นที่เพาะปลูก การปรับวิถีชีวิต หรือการใช้กลไกและนวตกรรมใหม่ในการจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม

- งานวิจัยของ Babel et al. (2011) ให้คำแนะนำการปรับตัวของการปลูกข้าว โดยการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงวันปลูก พันธุ์ข้าวไฮบริดที่มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูง สามารถช่วยในการรับมือกับความท้าทายที่กำหนดโดยภูมิอากาศในอนาคต
- การรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระบบเกษตรกรรมโดยทั่วไปแล้วมีมาตรการที่หลากหลายแตกต่างกันไป ได้แก่ การเปลี่ยนพันธุ์พืช นโยบายการกำหนดเขตเพาะปลูก การจัดการแปลงเพาะปลูก โดยเฉพาะการปรับปรุงคุณภาพดิน และการปรับกำหนดการเพาะปลูก (เกริก ปั้นเหน่งเพชร และคณะ, 2552)
- ในกรณีของข้าวนั้น ผลผลิตข้าวที่ลดลงในอนาคตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นอาจดำเนินการโดยการจัดการแปลงเพาะปลูกที่เหมาะสม เช่น การปรับปรุงดินและให้มีธาตุอาหารที่เหมาะสมของพืชและการเปลี่ยนแปลงกำหนดการเพาะปลูก การดำเนินการเช่นนี้สมารถช่วยให้หลีกเลี่ยงผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในช่วงที่ข้าวออกดอก ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นอาจส่งผลให้ข้าวเป็นหมัน นอกจากนี้การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงก็นับว่าเป็นการจัดการปัญหาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเช่นกัน (Agarwal, 2008)
- การปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการแปลงเพาะปลูกจะช่วยลดความเสียหายจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตข้าว การจัดการความเสี่ยงในด้านนี้ได้แก่ การปลูกข้าวพันธุ์ที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น เนื่องจากเอื้อให้สามารถปลูกข้าวได้สองรอบถ้าหากสามารถจัดหาน้ำได้เพียงพอสำหรับการเพาะปลูกครั้งต่อไป (Matthews et al., 1997)
- ถึงแม้ว่าในอดีตที่ผ่านมาชาวนาในประเทศไทยจะมีการปรับตัวต่อผลกระทบจากสภาพอากาศ หรือมีวิธีการจัดการความเสี่ยงทางด้านสภาพอากาศซึ่งก็มีการปรับเปลี่ยนไปตามยุคสมัย แต่อย่างไรก็ตาม ก็ยังไม่อาจตั้งข้อพิจารณาถึงการปรับตัวเหล่านั้นว่าเป็นการสนองตอบต่อความเสี่ยงเนื่องจากสภาพอากาศแยกออกจากปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อการดำเนินวิถีชีวิตของเกษตรกร ทั้งนี้รูปแบบการดำเนินการปรับตัวต่างๆ เหล่านั้น เป็นผลจากการสนองตอบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านอื่น ๆ อีกหลายประการประกอบกันด้วยเช่นกัน ได้แก่ ผลจากการขยายตัวของประชากร การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคม เทคโนโลยี การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ในหลายๆ กรณี การดำเนินการต่าง ๆ เป็นการตอบสนองต่อความเสี่ยงหลายอย่างซึ่งเกิดขึ้นจากปัจจัยหลายประการ (Chinvanno et al., 2008b) ตัวอย่างบางประการที่แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวเพื่อช่วยลดความเสี่ยงของชาวนาในประเทศไทย ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงเทคนิคในการหว่านเมล็ด ซึ่งมีการใช้เครื่องจักรเข้ามาช่วย การปลูกพืชสลับหมุนเวียน ในช่วงฤดูการทำนาข้าวและเพิ่มการทำปศุสัตว์ โดยชาวนาบางรายได้ลงทุนเพื่อเพิ่มและรักษาระดับผลผลิต ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวส่งผลให้พวกเขามีความทนทานต่อผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพอากาศได้ดีขึ้นด้วยเช่นกัน เช่น การจัดสร้างระบบชลประทานขนาดเล็กเพื่อสำรองน้ำสำหรับช่วงระยะฝนทิ้งช่วงในช่วงต้นฤดูเพาะปลูกหรือการสร้างแนวกั้นน้ำเพื่อป้องกันการเกิดปัญหาน้ำท่วมเข้าทำลายผลผลิต แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินการดังที่ได้กล่าวนั้นจำเป็นต้องมีเงินเพื่อการลงทุนและเพื่อการดำเนินงาน โดยมีชาวนาบางส่วนผู้ที่มีที่ดินขนาดใหญ่ซึ่งเป็นส่วนน้อยเท่านั้นสามารถที่จะทำการเกษตรแบบผสมผสานหรือเปลี่ยนจากการปลูกข้าวไปเป็นพืชชนิดอื่นที่ทนทานต่อสภาพอากาศรุนแรงได้ดีกว่า ส่วนการการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากป่าโดยสามารถใช้เป็นแหล่ง

อาหารและรายได้เสริมนั้น สามารถช่วยลดภาวะความเปราะบางได้บ้าง แต่มีข้อจำกัดในพื้นที่ศึกษาในประเทศไทย เนื่องจากมีความหนาแน่นของประชากรสูง และความอุดมสมบูรณ์พื้นที่ป่าที่ติดกับพื้นที่ทางการเกษตรหรือแหล่งชุมชนนั้นลดลง (Chinvanno et al., 2008b)

- การกำหนดนโยบายและมาตรการในระดับประเทศหลายอย่างซึ่งไม่ได้เป็นผลจากการคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นแรงขับดัน และไม่อาจกล่าวได้ว่าเป็นนโยบายหรือแผนงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยตรง แต่ก็อาจส่งผลช่วยให้ความเปราะบางของภาคการเกษตรและเกษตรกรต่อผลกระทบจากสภาพอากาศลดลง ได้แก่ การดำเนินการในระดับประเทศของไทยซึ่งรวมถึงการสนับสนุนทางการเงิน การพัฒนาระบบสาธารณูปโภค การเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรกรรมให้มีความหลากหลาย การทำการตลาดให้กับผลผลิตท้องถิ่น การวางแผนทางการเกษตร ฯลฯ จะมีส่วนช่วยพัฒนาความเป็นอยู่ของเกษตรกรและเพิ่มความยืดหยุ่นในการรับมือกับสภาพอากาศรุนแรงได้ดีขึ้น งานวิจัยและพัฒนาโดยหน่วยงานวิจัยของรัฐจะช่วยให้พัฒนาข้าวที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศแปรปรวนได้ดีขึ้น โดยที่ยังคงรักษาคุณภาพให้ตรงกับความต้องการของตลาดได้ (Chinvanno et al., 2008b)
- กลไกและนวัตกรรมใหม่ ๆ จะช่วยให้ชาวนาและระบบการผลิตข้าวมีความยืดหยุ่นต่อความเสี่ยงทางด้านภูมิอากาศ โดย United Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) ได้แนะนำถึงการใช้กลไกการประกันภัยต่อสภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม (Linnerooth-Bayer and Mechler, 2006) ซึ่งได้เกิดโครงการนำร่องของธนาคารโลกในการใช้กลไกประกันภัยเพื่อจัดการกับความเสี่ยงทางด้านภัยแล้ง โดยดำเนินการกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ตำบลปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) (Hellmuth et al., 2009) ทั้งนี้ปัจจัยที่ทำให้โครงการประสบความสำเร็จ ได้แก่
  - ข้อมูลภูมิอากาศในอดีตที่มีคุณภาพดีซึ่งใช้เป็นตัวกำหนดเงื่อนไขในกรมธรรม์และเบี้ยประกัน
  - การดำเนินการโดยหน่วยงานที่เข้าถึงเกษตรกรและสามารถสร้างความมั่นใจให้แก่เกษตรกรได้ โดยโครงการนี้เป็นการดำเนินการโดยธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธ.ก.ส) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางของบริษัทประกันภัยอีก 9 แห่ง และเป็นผู้ที่มีส่วนสำคัญในการจูงใจให้เกษตรการเข้าร่วมโครงการ เนื่องจากเกษตรกรเองมีความเชื่อมั่นและมีความสัมพันธ์เป็นระยะเวลายาวนานกับ ธกส.
  - การดำเนินโครงการนี้ได้มีการให้ความสำคัญในการสื่อสารและกิจกรรมเพื่อเผยแพร่ความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน เช่น ข้อสัญญาหรือกรมธรรม์เริ่มต้นที่ได้ออกแบบโดยธนาคารโลกก็ได้รับการปรับปรุงโดยนำข้อคิดเห็นจากเกษตรกร รวมทั้ง ธกส. บริษัทประกันภัย และผู้ประกอบการรายอื่น มาปรับปรุงในข้อสัญญา นอกจากนั้น การดำเนินการในช่วงทดสอบในปี พ.ศ.2549 ก็ได้นำไปสู่การปรับปรุงการใช้ข้อมูลปริมาณฝนในการชี้วัดความเสี่ยงให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้น และต่อมาในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) การดำเนินการนี้ก็ได้มีการขยายการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง (Hellmuth et al., 2009) กิจกรรมการดำเนินงานเช่นนี้เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือในการจัดการความเสี่ยงทางด้านธุรกิจ จะสามารถช่วยให้เกษตรกรรายย่อยสามารถที่จะรับมือกับความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เกิดจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้

นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาด้านความเสี่ยงของระบบปลูกข้าวในพื้นที่สำคัญของประเทศไทย คือ ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาและทุ่งกุลาร้องไห้ เพื่อทำความเข้าใจถึงการแบ่งกันแบกรับความเสี่ยง (risk sharing) ของการปลูกข้าวในสองพื้นที่นี้ต่อสภาวะอากาศรุนแรง เพื่อที่จะนำไปสู่การออกแบบระบบประกันภัยที่เหมาะสม ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ความเสี่ยงรวม (risk pool) ของระบบปลูกข้าวในสองพื้นที่ดังกล่าวจะลดต่ำลงเมื่อพิจารณาควบคู่กัน และการศึกษายังครอบคลุมผ่านกลไกการกระจายความเสี่ยงในประเทศออกไปยังต่างประเทศผ่านทางกลไกตลาดต่าง ๆ อีกด้วย (ณัฐพงศ์ และคณะ, 2557)

ประเด็นที่น่าพิจารณาประการหนึ่งคือ ครัวเรือนเกษตรซึ่งอยู่ในพื้นที่ประสบภัยอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศนั้นไม่จำเป็นว่าครัวเรือนเหล่านั้นจะต้องมีความล่อแหลมเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือกล่าวได้ว่าพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อผลกระทบจากสภาพอากาศ อาจจะไม่ล่อแหลมเปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต และในทางกลับกัน พื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำต่อผลกระทบจากสภาพอากาศในปัจจุบัน อาจจะล่อแหลมเปราะบางต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ทั้งนี้ขึ้นกับรูปแบบของความเสี่ยงที่เปลี่ยนไปในแต่ละพื้นที่ในอนาคต

รวมทั้งขีดความสามารถในการรับมือกับสถานการณ์เสี่ยงต่างๆ ดังนั้น การวางแผนดำเนินการปรับตัวของประเทศไทยจะพิจารณาแต่เพียงพื้นที่ที่ประสบภัยซ้ำซากในปัจจุบันไม่ได้

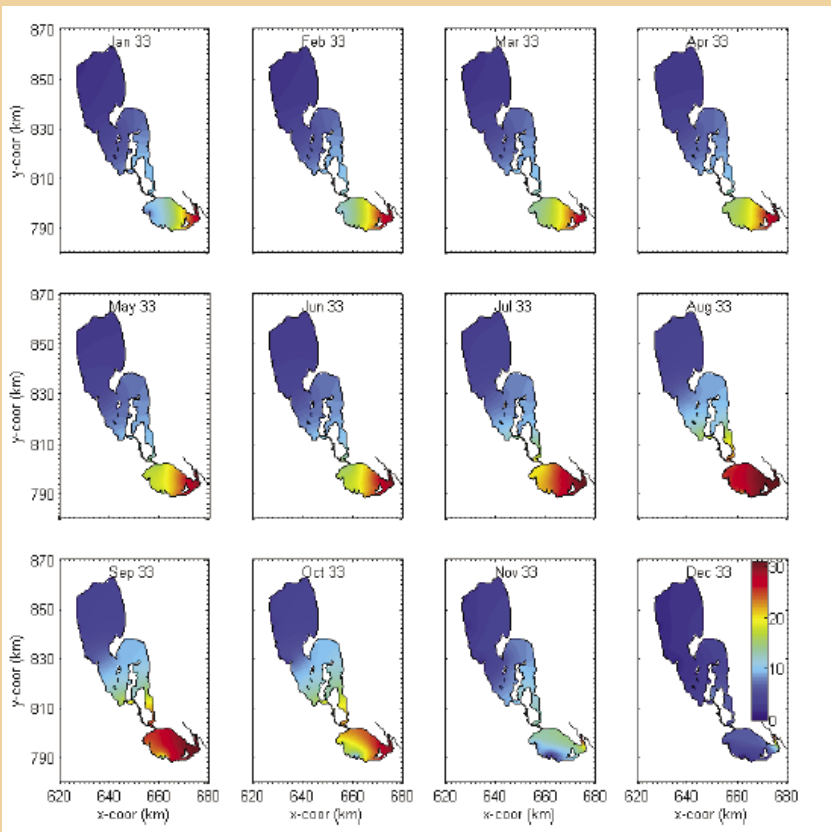
- การศึกษาซึ่งทำการประเมินความเสี่ยงและความเปราะบางของครัวเรือนชาวนาซึ่งอยู่ในพื้นที่ประสบภัยแล้งและน้ำท่วมซ้ำซากในลุ่มน้ำชี-มูล (วิเชียร และคณะ, 2554) จำนวน 4 กรณีศึกษา พบว่า พื้นที่ศึกษาเหล่านี้ แม้ว่าจะมีความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพอากาศสูง แต่ก็ไม่ตกอยู่ในภาวะล่อแหลมเปราะบางต่อผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากวิถีชีวิตของชุมชนพึ่งการเกษตรเป็นหลักและพื้นที่ศึกษาดังกล่าวยังมีศักยภาพที่จะปรับระบบการผลิตให้สามารถรับมือกับความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงไปในอนาคตได้ อย่างไรก็ดี แม้ว่าชุมชนเหล่านี้จะไม่ตกอยู่ในภาวะล่อแหลมเปราะบางต่อผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็ตาม แต่ก็ยังจัดว่าเป็นชุมชนที่มีภาวะเสี่ยงสูง โดยมีขีดความสามารถต่ำในการรับมือกับความเสี่ยงอันเนื่องมาจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีการดำเนินการปรับตัวให้สามารถรับมือกับความเสี่ยงได้ดีขึ้น กล่าวคือ
  - ตำบลศรีสำราญ อำเภอคอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งประสบปัญหาอุทกภัยซ้ำซากในช่วงฤดูฝน ชุมชนได้มีการดำเนินการปรับตัวเพื่อรับมือกับความเสี่ยงของสภาพอากาศโดยพัฒนาระบบชลประทานขนาดเล็กเพื่อเก็บน้ำไว้ทำนาปรังในฤดูแล้งทดแทนความเสียหายจากน้ำท่วมที่เกิดกับการปลูกข้าวนาปี ซึ่งเป็นการลดการเปิดรับผลกระทบจากสภาพอากาศได้ ทั้งนี้จะต้องมีการจัดตั้งระเบียบสังคมควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้การบริหารจัดการระบบชลประทานสามารถดำเนินการได้ตามเป้าหมาย ประกอบกับความจำเป็นในด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิต ซึ่งการดำเนินการในพื้นที่นี้ในระยะที่ผ่านมาอาศัยการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างเกษตรกรด้วยกันเองจากเกษตรกรในพื้นที่อื่นที่มีประสบการณ์ด้านการทำนาปรัง
  - ตำบลเหล่าอ้อย อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งประสบปัญหาอุทกภัยซ้ำซาก ชุมชนได้มีแนวคิดต่อการดำเนินการปรับตัวเพื่อรับมือกับความเสี่ยงของสภาพอากาศโดยวางแนวทางเลิกทำนาปีในฤดูฝนและหันมาปลูกข้าวนาปรังแทน เพื่อเลี่ยงปัญหาอุทกภัย ซึ่งจัดว่าเป็นแนวทางปรับตัวที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยจะลดการเปิดรับต่อความเสี่ยงจากสภาพอากาศลง แต่รูปแบบการดำเนินการเพื่อขับเคลื่อนยุทธศาสตร์นั้น จะต้องมีการประเมินถึงความยั่งยืนในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งในกรณีนี้ จะต้องมีการปรับวิธีการที่เหมาะสมในการจัดหาน้ำเพื่อใช้ทำนาปรัง ฤดูแล้ง โดยปรับเปลี่ยนจากแนวคิดที่จะขยายระบบสูบน้ำจากลำน้ำปาวซึ่งเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านพื้นที่นี้ไปสู่การปรับปรุงหนองน้ำเพื่อรับน้ำจากฤดูฝนไว้ทำนาในฤดูแล้ง เพื่อให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งมีแนวโน้มที่จะร้อนมากขึ้นและมีระยะเวลาที่มีอากาศร้อนนานขึ้น ทั้งนี้ชุมชนไม่มีขีดความสามารถเพียงพอที่จะดำเนินการได้เอง ต้องอาศัยการสนับสนุนด้านองค์ความรู้จากหน่วยงานภายนอก นอกจากนั้น การบริหารจัดการแหล่งน้ำชลประทานที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตนั้น ก็จำเป็นที่จะต้องมีการจัดตั้งกลไกเพื่อกำหนดระเบียบและบังคับใช้ระเบียบดังกล่าว โดยอาจเป็นการดำเนินการในรูปกรรมการร่วมระหว่างชุมชน ซึ่งจะต้องมีการประสานประโยชน์ที่เหมาะสม
  - ตำบลโพธิ์ศรี อำเภอโพธิ์ชัย จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งประสบภัยแล้งซ้ำซาก ชุมชนได้มีการดำเนินการปรับตัวเพื่อรับมือกับความเสี่ยงของสภาพอากาศได้ดีขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนเทคนิคการผลิตในการจัดการแปลงเพาะปลูก ซึ่งแม้ว่าจะช่วยให้ชุมชนรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศได้ดีขึ้น โดยลดความไวต่อผลกระทบของสภาพอากาศลง แต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนากลไกตลาดเพื่อรองรับผลผลิตที่จะมีปริมาณมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งแนวโน้มการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนจากมันสำปะหลังจะมีส่วนสนับสนุนในด้านกลไกตลาด รวมทั้งนโยบายภาครัฐในการประกันราคาสินค้าเกษตร เพื่อให้เกิดความแน่นอนในการลงทุนของเกษตรกรในแต่ละฤดูเพาะปลูก
  - ตำบลทุ่งหลวง อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด เป็นพื้นที่ประสบภัยแล้งซ้ำซาก และความเสี่ยงนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งความแปรปรวนระหว่างปีอาจจะเพิ่มสูงขึ้น และฤดูแล้งมีแนวโน้มที่จะร้อนมากขึ้นและมีระยะเวลาที่มีอากาศร้อนนานขึ้น ชุมชนมีการเตรียมการรับมือโดยการดำเนินการทางวิศวกรรมโดยการผันน้ำข้ามพื้นที่ตำบลและอำเภออื่นเข้ามา ซึ่งจะช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับภาวะการขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรได้ อย่างไรก็ดี การดำเนินการดังกล่าวแม้จะเป็นเรื่องที่

สามารถดำเนินการได้ในเชิงวิศวกรรม และช่วยลดการเปิดรับต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศ แต่ปัจจัยสำคัญที่จะทำให้ดำเนินการได้นั้น เป็นเรื่องของการจัดตั้งกฎระเบียบสังคมในการจัดสรรทรัพยากรน้ำและวางแผนพื้นที่เพาะปลูกในแต่ละฤดูร่วมกัน ซึ่งจะต้องมีการจัดตั้งกลไกเพื่อกำหนดระเบียบและบังคับใช้ระเบียบดังกล่าว นอกจากนั้น การปรับรูปแบบพื้นที่เพาะปลูกโดยหันไปปลูกพืชอื่น ได้แก่ มันสำปะหลังในพื้นที่เสี่ยงภัยแล้ง ก็สามารถช่วยลดความไวต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศได้ แต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนากลไกตลาดเพื่อรองรับผลผลิตที่จะมีปริมาณมากขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งแนวโน้มการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนจากมันสำปะหลังจะมีส่วนสนับสนุนในด้านกลไกตลาด รวมทั้งนโยบายภาครัฐในการประกันราคาสินค้าเกษตร เพื่อให้เกิดความแน่นอนในการลงทุนของเกษตรกรในแต่ละฤดูเพาะปลูก

การพิจารณาประเด็นผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและแนวทางการปรับตัวเป็นรายภาคส่วนนั้น แม้ว่าจะมีประโยชน์ต่อการพิจารณายุทธศาสตร์การปรับตัวในภาพกว้างในระดับชาติ แต่ก็มีข้อจำกัด เนื่องจากการดำเนินการปรับตัวในระดับชุมชนนั้น ปัจจัยที่ทำให้เกิดการดำเนินการขึ้นได้ (Enabling factor) และปัจจัยที่ทำให้เกิดผลสำเร็จ (Critical success factor) นั้นขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละชุมชน ขนาดของพื้นที่ และความหลากหลายเชิงเศรษฐกิจและสังคม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างหน่วยสังคมในชุมชน และระหว่างชุมชน เป็นตัวกำหนดบริบทของพื้นที่ และพิจารณาโดยคำนึงถึงบริบทการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในแต่ละช่วงเวลา การวางยุทธศาสตร์เพื่อการปรับตัวและการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์นี้เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่อง โดยจะต้องใช้ชุมชนเป็นศูนย์กลางในการดำเนินการ และสร้างการเรียนรู้ขึ้นในชุมชน อีกทั้งระหว่างชุมชน โดยหน่วยงานรัฐและภาคประชาสังคมช่วยสนับสนุน การดำเนินการให้เกิดผลสัมฤทธิ์ได้นั้นจะต้องพิจารณาถึงการดำเนินการเพื่อตอบสนองต่อรูปแบบของปัญหาหรือความเสี่ยงจากสภาพอากาศ (Climate risk) ที่ประชาชนในพื้นที่เผชิญหน้าอยู่ในปัจจุบัน และคำนึงถึงความยั่งยืนในอนาคตภายใต้รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อชักจูงให้ประชาชนเข้ามีส่วนร่วมสนับสนุนการขับเคลื่อนการดำเนินการ

- การศึกษาด้านผลกระทบ ความเสี่ยงและการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของชุมชนในระยะถัดมา จึงได้เน้นให้ความสำคัญกับบริบทของชุมชนมากขึ้น ตัวอย่างการศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงและความเปราะบางของเกษตรกรปลูกข้าวในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้กับกลุ่มตัวอย่างในระดับตำบลที่อยู่ลุ่มน้ำเสียวใหญ่ซึ่งตั้งอยู่ในทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่าความเสี่ยงในปัจจุบันของชุมชนเกษตรปลูกข้าวและปลูกผักในทุ่งกุลาร้องไห้ที่เผชิญอยู่คือ ความเสี่ยงจากน้ำท่วมและน้ำแล้ง โดยปลูกข้าวนาปีจะเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาน้ำท่วมและฝนทิ้งช่วง ในขณะที่ข้าวนาปรังและผักจะเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำและอุณหภูมิที่สูง ทั้งนี้ระดับความเสี่ยง ความเปราะบาง และความสามารถในการรับมือจะแตกต่างกันไปตามแต่ละชุมชน ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (พ.ศ.2583-2603; ค.ศ.2040-2060) ระบุว่าปริมาณฝนในลุ่มน้ำชี-มูลและลุ่มน้ำเสียวใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและยังพบว่า ปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับอุณหภูมิภาพอนาคตแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลากลางวันมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย และอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเวลากลางคืนมีแนวโน้มสูงขึ้น ซึ่งสามารถสรุปสถานการณ์ความเสี่ยงในอนาคตของเกษตรกรในทุ่งกุลาร้องไห้ประกอบด้วยปัญหาน้ำท่วมและปัญหาฝนทิ้งช่วงในช่วงปลูกข้าวนาปีหรือฤดูฝน และปัญหาขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค และการเกษตรในช่วงฤดูแล้ว และพืชผักเสี่ยงต่อการขาดน้ำมากขึ้นเช่นกัน และเมื่อนำผลการวิเคราะห์ความเสี่ยงมาพิจารณาร่วมกับภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะยังคงเน้นการผลิตข้าวหอมมะลิเป็นหลัก แต่จะมีพื้นที่บางส่วนถูกไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นนอกเหนือจากการปลูกข้าว รวมถึงการปลูกข้าวที่ไม่ได้คุณภาพอันเนื่องมาจากนโยบายรับจำนำข้าวของรัฐบาลในยุคที่ผ่านมา ทำให้แต่ละชุมชนเห็นพ้องว่า ต้องมีกลไกหรือแนวทางในการปรับตัวเพื่อรับสถานการณ์ดังกล่าวโดยชุมชนส่วนใหญ่เน้นการจัดหาแหล่งน้ำจากนอกพื้นที่ การปรับปรุงพื้นที่รับน้ำ การจัดทำระบบชลประทานและระบบควบคุมน้ำและป้องกันน้ำท่วม รวมถึงการบริหารจัดการน้ำอย่างเป็นระบบ อย่างไรก็ดีผู้วิจัยได้เสนอแนะถึงบทเรียนสำคัญที่พบจากการศึกษาดังกล่าว คือ ชุมชนจะพยายามดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเน้นเฉพาะของพื้นที่รับผิดชอบของชุมชนตนเองเป็นหลัก ยังไม่มีการมองภาพรวมเพื่อจัดการความเสี่ยงอย่างเป็นระบบซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการปรับตัวต่ำ และมีผลกระทบสืบเนื่องต่อไปยังชุมชนหรือพื้นที่ใกล้เคียงได้ (วิเชียร และคณะ, 2555)

- นอกจากพื้นที่ปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแล้ว พื้นที่ปลูกข้าวสำคัญอีกแหล่งหนึ่งทางภาคใต้อันได้แก่ พื้นที่ทุ่งระโนดซึ่งเป็นอู่ข้าวอู่น้ำสำคัญของจังหวัดสงขลาและภาคใต้ตอนล่าง ที่ผ่านมา การทำนาข้าวในทุ่งระโนดประสบปัญหาหลายด้าน ทั้งปัญหาที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ เศรษฐกิจและสังคม ผลการศึกษาพบว่า ในอดีตระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนดเสี่ยงต่อปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝนและปัญหาการขาดแคลนน้ำจืด/น้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง อย่างไรก็ดี เกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดได้มีการปรับตัวเพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากเหตุการณ์น้ำท่วมโดยการเลื่อนปฏิทินปลูกข้าว แต่การปรับตัวดังกล่าวส่งผลให้ระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนดเสี่ยงต่อปัญหาน้ำเค็มมากยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อพิจารณาจากภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ได้จากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ECHAM A2 และการวิเคราะห์ปัญหาน้ำเค็มโดยใช้แบบจำลองการกระจายตัวของน้ำเค็มในทะเลสาบสงขลา โดยแบบจำลองอุทกพลศาสตร์ Delft3D-FLOW พบว่าในอนาคตเมื่ออุณหภูมิบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนบนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาที่มีอากาศร้อนยาวนานมากขึ้น โอกาสที่น้ำเค็มรุกไปยังทะเลสาบตอนบนจะมีสูงขึ้น (รูปที่ 6.18) และระยะเวลาที่ไม่สามารถใช้น้ำจากทะเลสาบตอนบนสำหรับทำนาปรังจะยาวนานขึ้น และเพื่อรับมือกับสถานการณ์ดังกล่าว ทางเลือกการปรับตัว 3 ทางเลือก อันประกอบด้วย (1) การทำไร่นาสวนผสมบนที่นาที่มีกรรมสิทธิ์ และปลูกข้าวมูลค่าสูงและปลูกพริกบนพื้นที่เช่า (2) การปลูกข้าวมูลค่าสูงแบบอินทรีย์ในฤดูฝนและปลูกถั่วเขียวอินทรีย์ในฤดูแล้ง และ (3) การแบ่งพื้นที่เพื่อปลูกข้าวมูลค่าสูง ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ และเลี้ยงโคเนื้อ ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน พบว่ากลยุทธ์ในการปรับตัวทั้ง 3 ทางเลือกส่งผลให้เกษตรกรในทุ่งระโนดมีกำไรเพิ่มขึ้นกว่าการปลูกข้าวพันธุ์ส่งเสริมปีละ 2 ครั้งเช่นในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเกิดปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำหรือไม่ก็ตาม นอกจากนั้นกลยุทธ์ในการปรับตัวทำให้เกษตรกรสามารถลดการพึ่งพาน้ำจืดจากทะเลสาบสงขลา จึงช่วยลดความเสี่ยงต่อปัญหาน้ำเค็มได้ในระดับหนึ่ง (มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2558)



รูปที่ 6.18 การแพร่กระจายความเค็มเฉลี่ยรายเดือนของทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ.2576 (ค.ศ.2033) กรณี F0 เป็น baseline ของการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ระหว่างวันที่ 1 ม.ค. 2572 – 31 ธ.ค.2594 (ที่มา: มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2558)

6.1.1.2 ปศุสัตว์ และการประมง

งานศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับผลกระทบต่อปศุสัตว์ในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังเป็นเพียงการศึกษาในเชิงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านภูมิอากาศ อันได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการเลี้ยงปศุสัตว์ โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้นนี้จะก่อให้เกิดความเครียดในสัตว์ และมีผลทำให้ผลผลิตลดลง

- การศึกษาสถานการณ์และแนวโน้มการเลี้ยงปศุสัตว์ในประเทศไทย และคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อการเลี้ยงปศุสัตว์ในประเทศไทย โดยคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2551) พบว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นความชื้นที่อาจเพิ่มมากขึ้นในบางฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้น ระดับอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น จำนวนวันที่อากาศร้อนเพิ่มมากขึ้น และจำนวนวันอากาศเย็นที่ลดน้อยลง ล้วนแต่สามารถส่งผลกระทบต่อภาคปศุสัตว์ของไทย โดยปัจจัยสำคัญของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะส่งผลกระทบต่อภาคปศุสัตว์ ประกอบด้วย 4 ประเด็น ได้แก่ 1) แนวโน้มผลผลิตที่ลดลงเมื่อระดับอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากสัตว์เสียพลังงานความร้อนส่งผลให้ผลผลิตไม่ว่าจะเป็นเนื้อหรือนมลดลง 2) อัตราการเจริญเติบโตลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 3) การผสมพันธุ์มีโอกาสติดยากขึ้น และ 4) มีโอกาสเกิดการแพร่ระบาดของโรคมากขึ้น

- งานวิจัยที่พบความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจนระหว่างปัจจัยด้านภูมิอากาศกับการผลิตกระบือในเขตพื้นที่จังหวัดชัยนาท และนครสวรรค์ กระบือจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านพฤติกรรม และสรีรวิทยาเพื่อควบคุมอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ โดยค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่กระบือสามารถทนได้ในช่วงฤดูร้อน 28.90 (+/-) 0.38 ค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทในฤดูฝน 80.63 (+/-) 0.88 และค่าเฉลี่ยดัชนีการทนความร้อนในฤดูร้อน 80.23(+/-) 0.54 (ศรีอาภา, 2553)

- สำหรับด้านการประมง ด้านการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืด มีการศึกษาผลกระทบความแปรปรวนของสภาพอากาศต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย รายงานวิจัยระบุว่า “ฤดูกาล” ซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาณฝนและอุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของสัตว์น้ำ เนื่องจากพื้นที่ภาคเหนือของไทยมีความแตกต่างกันระหว่างฤดูกาลค่อนข้างชัดเจน โดยฤดูร้อนร้อนจัดและฤดูหนาวก็หนาวจัด งานศึกษาได้ทำการศึกษากับสัตว์น้ำเศรษฐกิจ ได้แก่ ปลานิล เป็นหลัก ทั้งการเลี้ยงในบ่อดิน การเลี้ยงในกระชังในแม่น้ำ และกระชังในอ่างเก็บน้ำ และโรงเพาะพันธุ์ ซึ่งนอกจาก ฤดูกาล จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเพาะเลี้ยงแล้ว ลักษณะ/ระบบ/รูปแบบการเลี้ยงต่าง ๆ รวมถึงทำเลที่ตั้งของฟาร์ม ดังที่ได้กล่าวข้างต้นก็มีผลต่อความเสี่ยงที่แตกต่างกันด้วย (หลุยส์ และชนกันต์, 2558) งานวิจัยดังกล่าว ได้ระบุความเสี่ยงของการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจืดที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศไว้ดังนี้ โดยปกติ ปริมาณฝนที่มีมากในช่วงเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม จะมีผลต่อการไหลเวียนของน้ำในแม่น้ำสายต่าง ๆ ในภาคเหนือ ร่วมกับปัจจัยด้านลมพายุและลมมรสุมในฤดูฝนด้วย และสำหรับในหน้าแล้งช่วงเดือนธันวาคม – มีนาคม ปริมาณฝนที่มีน้อยลงจะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่มีไหลเวียนในแม่น้ำที่ลดลง ประกอบกับปัจจัยจากกิจกรรมมนุษย์ อันได้แก่ การสร้างเขื่อน ระบบชลประทาน ลักษณะการใช้ที่ดิน รวมถึงการใช้น้ำเพื่อการเกษตรจะยิ่งทำให้ปริมาณน้ำที่มีเหลือสำหรับไหลลงแม่น้ำลดลง เหล่านี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือปลาในกระชังในแม่น้ำ สำหรับการเลี้ยงปลาในบ่อดิน จะมีความเสี่ยงจากสถานการณ์ภัยพิบัติ ได้แก่ น้ำท่วม และภัยแล้ง และภาวะฝนตกหนัก ส่วนการเลี้ยงปลาในกระชังในอ่างน้ำปิดขนาดใหญ่ จะมีความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและภาวะท้องฟ้าปิดเป็นเวลานาน และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ ภาวะร้อนจัด (เกิดคลื่นความร้อน) อากาศหนาวจัด และการขาดแคลนน้ำจืด งานวิจัยได้สร้างแบบจำลองภูมิอากาศอนาคต (พ.ศ. 2583-2602; ค.ศ.2040-2059 และพ.ศ.2623-2642; ค.ศ.2080-2099) ภายใต้สถานการณ์การเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ 2 รูปแบบ ได้แก่ RCP4.5 และ RCP8.5 เพื่อประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบการเลี้ยงปลาร่วมกับสมมติฐานเกี่ยวกับความต้องการน้ำและปัจจัยอื่น ๆ ทั้งนี้จะใช้ปัจจัยด้านปริมาณฝนเป็นตัวแปรหลักเพื่อกำหนดภาพอนาคต ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 แบบ ดังนี้ แบบที่ 1 ฝนตกหนักมากขึ้น (ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง) แบบที่ 2 แห้งแล้งกว่าเดิม (ฝนตกน้อยลงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง) แบบที่ 3 ความแตกต่างของฤดูกาลมาก (ฝนตกมากในฤดูฝน และฝนตกน้อยมากในฤดูแล้ง) และแบบที่ 4 ความแตกต่างของฤดูกาลน้อย (ฝนตกน้อยในฤดูฝน และฝนตกมากขึ้นในฤดูแล้ง) ทั้งนี้ภาพอนาคตทั้ง 4 แบบจะกำหนดให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุกสถานการณ์ ทำการคาดคะเนทิศทางของสถานการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตเพื่อประเมินความเสี่ยง (ค่าเฉลี่ย, ปริมาณฝน, โอกาส

เกิดน้ำท่วม, โอกาสเกิดภัยแล้ง, โอกาสเกิดฟ้าปิด, ฝนตกหนักบ่อยขึ้น ช่วงเวลาที่หนาวเย็น และภาวะคลื่นความร้อน) ที่จะเกิดขึ้นทั้ง 4 รูปแบบ ซึ่งโดยสรุปพบว่า สถานการณ์ภัยแล้งที่เกิดขึ้นจะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่จะมีให้ใช้สำหรับบ่อดินเพื่อรักษาคุณภาพน้ำในบ่อ และปริมาณน้ำที่จะมีไหลในแม่น้ำในช่วงฤดูแล้งลดลงในกรณีการเลี้ยงปลาในกระชัง เช่นเดียวกันกับการเลี้ยงในกระชังในอ่างเก็บน้ำแบบปิด ซึ่งจะต้องมีการลดจำนวนความหนาแน่นของปลาในกระชังลงเพื่อรักษาอัตรารอดของปลา และเพื่อลดความเสี่ยงของการตายของปลาลงเนื่องจากคุณภาพน้ำที่ต่ำลงทั้งปริมาณออกซิเจนที่ลดลง และสารอาหารที่มีมากเกินไปจะส่งผลโดยตรงต่อปลาให้เกิดความเครียด เป็นโรคได้ง่าย และตาย สำหรับสถานการณ์น้ำท่วมจากฝนตกหนักและปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบทั้งการเลี้ยงในบ่อดิน โรงเพาะพันธุ์และการเลี้ยงในกระชังในแม่น้ำ โดยการเลี้ยงในบ่อดินและโรงเพาะพันธุ์จากภาวะน้ำฝนที่ตกมากจะทำให้เกิดน้ำล้นบ่อ สัตว์น้ำหรือปลาจะหลุดจากบ่อหายไป หรือเกิดสัตว์อื่น ๆ ในธรรมชาติหลุดเข้ามาในบ่อได้ กรณีที่สถานที่หรือบ่อไม่ได้มีการสร้างแนวป้องกันหรือสิ่งป้องกันน้ำท่วมไว้ และในกรณีบ่อดินที่อยู่ในสถานที่ราบลุ่มหรือน้ำท่วมได้ง่าย การพัดพาตะกอนโดยน้ำฝนมาสะสมในบ่อ จะส่งผลต่อคุณภาพน้ำและทำให้ปลาเครียดและตายมากขึ้น เช่นเดียวกันกับการเลี้ยงในกระชังในแม่น้ำ ปริมาณน้ำที่มีมากในแม่น้ำและไหลแรงขึ้นจะทำให้ปลาต้องออกแรงในการว่ายน้ำมากขึ้น ปลาจะโตช้า และเครียดมากขึ้น สถานการณ์ช่วงเวลาที่ฟ้าปิดจะส่งผลต่อคุณภาพในบ่อปลาโดยตรง ซึ่งจะทำให้แพลงก์ตอนพืช รวมถึงพืชน้ำอื่น ๆ สังเคราะห์แสงได้น้อยลงในเวลากลางวัน ทำให้ปริมาณออกซิเจนลดต่ำลงส่งผลต่อสุขภาพปลา นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเข้าสู่ฤดูฝนช้าลงจะทำให้ภาวะอากาศร้อนในช่วงฤดูแล้งยาวนาน ทั้งความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นและยาวนานจะทำให้เกิดเติบโตของแพลงก์ตอนจำนวนมาก (bloom) ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพน้ำทำให้ออกซิเจนในน้ำต่ำลงโดยเฉพาะในบ่อเลี้ยงปลาแบบบ่อดิน อีกทั้งอุณหภูมิน้ำที่สูงยาวนานจะทำส่งผลเสียต่อสุขภาพปลาในบ่อเครียด เป็นโรคง่ายขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงเพาะพันธุ์ การที่อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้ความดกของไข่ปลาลดลงและพบได้อย่างชัดเจนในช่วงเดือนมีนาคม (ร้อนที่สุด) แต่การที่อุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวที่สูงขึ้นจะช่วยทำให้ความดกของไข่ปลามากขึ้น และทำให้ไข่ปลาฟักตัวได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ดีอุณหภูมิที่สูงมากเกินไปนอกจากจะทำให้ความดกของไข่และอัตราการฟักลดลงแล้วก็จะทำให้อัตราการรอดของลูกปลาในโรงเพาะฟักลดลงอีกด้วย ในทางตรงข้ามโอกาสที่ฝนตกหนักและอากาศที่หนาวจัดจะทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำในบ่อและอ่างเก็บน้ำ เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว ชั้นน้ำที่มีออกซิเจนต่ำจะทำให้ปลาเครียดและน็อคตายได้ง่าย (หลุยส์ และชนกันต์, 2558)

- ปัจจุบันการบริหารจัดการความเสี่ยงที่เกี่ยวกับสภาพอากาศสำหรับการเพาะเลี้ยงปลาน้ำจืดจะแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ การจัดการและกลยุทธ์ในการบริหารความเสี่ยงที่เกษตรได้ปฏิบัติในฟาร์ม ประกอบด้วย การเลือกสถานที่เลี้ยงที่เหมาะสม การปรับความหนาแน่นของปลาที่เลี้ยง การติดตั้งเครื่องเติมอากาศ ส่วนการบริหารความเสี่ยงระดับชุมชนและลุ่มน้ำ ได้แก่ การแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการเตือนภัยสภาพอากาศ การแลกเปลี่ยนข้อมูลด้านเทคนิคการเลี้ยงปลา ส่วนการจัดการภาครัฐจะเกี่ยวข้องกับการจ่ายค่าชดเชยให้กับผู้เลี้ยงปลาหากเกิดภัยพิบัติและการกำหนดนโยบายด้านการกำหนดที่เลี้ยง มาตรฐานการเลี้ยง มาตรฐานฟาร์มและผลผลิต สำหรับอนาคตการเสริมสร้างความเข้มแข็งในแนวทางเพื่อการจัดการความเสี่ยงสำหรับการเลี้ยงปลาน้ำจืดจึงเป็นเรื่องสำคัญประกอบด้วยแผนระยะสั้น การจัดการที่สามารถทำได้ในทันทีในกรณีที่คาดว่าจะเกิดความเสี่ยง เช่น การย้ายกระชัง การติดตั้งเครื่องเติมอากาศ เป็นต้น แผนระยะกลาง การปรับเปลี่ยนแผนการเลี้ยง การวางแผนและจัดสรรการใช้ทรัพยากรน้ำ และแผนระยะยาว หามีแหล่งรายได้เสริม หรือรายได้นอกเหนือจากการเลี้ยงปลา หรือการวิจัยที่มีการพัฒนาสายพันธุ์ปลาที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศ รวมถึงการปรับเปลี่ยนเทคนิควิธีการเลี้ยงให้เหมาะสมกับสภาพอากาศที่เปลี่ยนไป (หลุยส์ และชนกันต์, 2558)

นอกจากสภาพอากาศที่เป็นปัจจัยเสี่ยงแล้ว อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ราคาอาหารที่เพิ่มสูงขึ้น รวมถึงความต้องการของตลาดที่ลดลง ก็เป็นปัจจัยเสี่ยงที่เกษตรผู้เลี้ยงปลาจะต้องคำนึงถึงและมีการจัดการไปพร้อมๆ กัน ดังนั้น ภาพสถานการณ์จำลองสภาพอากาศที่โครงการได้จัดทำขึ้น เพื่อช่วยให้เกษตรเข้าใจผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อระบบเลี้ยงปลา จะช่วยในการกำหนดยุทธศาสตร์ในการปรับตัวระยะยาว ทั้งสำหรับการวางนโยบาย เกษตรกรผู้เลี้ยงปลา และนักวิจัย อย่างไรก็ตามกลยุทธต่างๆ ควรมีการใช้แบบผสมผสานเพื่อให้การปรับตัวของการเลี้ยงสัตว์น้ำจืดในสภาพอากาศที่ไม่แน่นอนเกิดผลดี มีประสิทธิภาพ และมีความยืดหยุ่น (หลุยส์ และชนกันต์, 2558)

6.1.1.3 การระบาดของโรคพืช / แมลงศัตรูพืช

การศึกษาวิจัยด้านผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคพืช และแมลงศัตรูพืช ในปัจจุบันได้มีผู้พยายามทำการศึกษาอยู่บ้างพอสมควร ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในบริบทของสภาพอากาศปัจจุบัน (2-3 ปี ของช่วงเวลาทำการศึกษา) โดยยังไม่ได้ทำการศึกษาในบริบทของสภาพภูมิอากาศอนาคตในระยะที่ยาวนานเพียงพอ

- ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมีผลต่อจำนวนของเพลี้ยจักจั่นสีเขียว (Nephotetix Cincticeps) ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นมีผลต่อการเพิ่มจำนวน และการที่อุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวสูงขึ้นจะทำให้แมลงชนิดดังกล่าวมีขนาดตัวใหญ่ขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อการอยู่รอดของแมลง โดยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Nilaparvata lugens (Stal)) จะวางไข่มากขึ้นเมื่ออุณหภูมิ 35°C และ 40°C ซึ่งมากกว่าอุณหภูมิในช่วง 25°C และ 30°C (Karupaiah and Sujayanard, 2012)
- การศึกษาการเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในพื้นที่จังหวัดเชียงรายจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในแปลงนาทดลองกับข้าว 2 สายพันธุ์ (สันป่าตอง และสุพรรณบุรี) ตลอดระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ.2554-2556; ค.ศ.2011-2013) พบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนของแมลงศัตรูข้าวสำคัญ ได้แก่ เพลี้ยจักจั่นลายหยัก เพลี้ยกระโดดหลังขาว และเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล พบการระบาดในแต่ละช่วงเวลาของปีมีจำนวนแตกต่างกัน และพบสูงสุดในช่วงเดือน มีนาคม และพฤษภาคม ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ให้ข้อเสนอแนะว่าการติดตามการเปลี่ยนแปลงชนิด ปริมาณแมลงศัตรูข้าวอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ควรเป็นงานวิจัยที่จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างต่อเนื่องและยาวนานอย่างเพียงพอ เพื่อประโยชน์ในการศึกษาการคาดการณ์การระบาดของแมลงศัตรูข้าวต่อไปในอนาคต (กรสิริ และคณะ, 2557)
- การศึกษาเกี่ยวกับการระบาดโรคข้าว อันได้แก่ โรคใบไหม้ โรคใบจุดน้ำตาล และโรคขอบใบแห้ง กับข้าวพันธุ์สันป่าตองและสุพรรณบุรี ในช่วงเวลาเดียวกัน (พ.ศ.2554-2556; ค.ศ.2011-2013) ซึ่งผู้วิจัยได้พยายามหาความสัมพันธ์ของการเกิดโรคระบาดในข้าวในแต่ละช่วงอายุของข้าวกับตัวแปรสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพันธ์เฉลี่ย และปริมาณน้ำฝน ซึ่งพอจะเห็นแนวโน้มของความสัมพันธ์ดังกล่าวบ้างในช่วงระยะเวลาของการศึกษา พบว่า ทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากค่าเฉลี่ย 30 ปีย้อนหลัง ซึ่งเป็นไปในทั้งเดียวกับการเพิ่มขึ้นของการระบาดของโรคข้าว (นุจรินทร์ และคณะ, 2557) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า การระบาดของโรคข้าวนั้นมีความเกี่ยวพันกับตัวแปรสภาพอากาศจริง ซึ่งอาจเป็นผลจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในแต่ละปีเท่านั้น งานวิจัยดังกล่าวจึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาวจะส่งผลกระทบต่อการระบาดของโรคข้าวอย่างไร

6.1.2 ทรัพยากรน้ำ

<u>การศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

การศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับประเด็นทรัพยากรน้ำที่ผ่านมามักจะเน้นที่ประเด็นการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับทรัพยากรน้ำในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำในลุ่มน้ำต่าง ๆ ทั้งปริมาณน้ำท่า น้ำหลากผิวดิน และน้ำใต้ดิน โดยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝนและปริมาณฝน นอกจากนั้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเร็วและทิศทางลม ก็มีส่วนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อแหล่งน้ำด้วยเช่นกัน

- การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำในลุ่มน้ำย่อยของแม่น้ำโขงในพื้นที่ประเทศไทยและลาว โดยการใช้แบบจำลองวัฏจักรน้ำ Variable Infiltration Capacity (VIC) และข้อมูลสภาพอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM แสดงให้เห็นว่าลุ่มน้ำสาขาส่วนใหญ่ของแม่น้ำโขงในประเทศลาวและประเทศไทยในอนาคต มีแนวโน้มที่ปริมาณน้ำจะมากขึ้นเนื่องจากปริมาณฝนที่ตกเพิ่มขึ้น โดยเมื่อพิจารณาสถานการณ์ในปีที่ฝนตกมากในช่วงทศวรรษที่ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm) นั้น เกือบทุกลุ่มน้ำสาขาของแม่น้ำโขงในประเทศลาวและประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำสูงขึ้น และจะ

เพิ่มสูงขึ้นอีกภายใต้สภาพอากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาสถานการณ์ในปีที่ฝนตกน้อย พบว่า แหล่งน้ำสาขาในหลายๆ พื้นที่ จะมีปริมาณน้ำน้อยลงภายใต้สภาพภูมิอากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 540 หนึ่งส่วนในล้านส่วน แต่ภายใต้สภาพอากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน แม้ในปีที่มีฝนน้อย ปริมาณน้ำจากเกือบทุกลุ่มน้ำก็ยังเพิ่มสูงขึ้นกว่าปัจจุบัน (Southeast Asia START Regional Center, 2006)

- ผลการศึกษาอีกชิ้นหนึ่งซึ่งเป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริเวณลุ่มแม่น้ำโขงในช่วงทศวรรษ ค.ศ. 2030 โดยใช้ชุดข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกหลายแบบจำลอง รวมทั้งสิ้น 11 แบบจำลอง ซึ่งทำให้สามารถสรุปผลการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลนี้ได้อย่างเหมาะสมมากขึ้น ชี้ให้เห็นถึงแนวโน้มปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ในช่วงฤดูแล้ง ส่วนทางภาคตะวันออกจะมีปริมาณฝนลดลง ทั้งนี้คาดว่าปริมาณฝนรายปีโดยรวมทั้งประเทศจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากจะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงฤดู และได้ทำการคาดการณ์ว่าการไหลของน้ำบนผิวดิน (run-off) และการเกิดน้ำท่วมจะเพิ่มขึ้น (Eastham et al, 2008)
- ผลการศึกษาแนวโน้มของสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งดำเนินการจำลองโดยแบบจำลอง Variable Infiltration Capacity (VIC) ภายใต้สภาพอากาศในอนาคตตามการเปลี่ยนแปลงของระดับก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศแบบ A2 และ B2 จากแบบจำลอง PRECIS โดยทำการศึกษาในช่วงเวลาอนาคต 3 ช่วง คือ ค.ศ.2010-2039 (พ.ศ.2553-2582), 2040-2069 (พ.ศ.2583-2612) และ 2070-2099 (พ.ศ.2613-2642) เปรียบเทียบกับปีฐาน (ค.ศ.1980-2009; พ.ศ.2523-2552) และพิจารณาปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำและเขื่อนสำคัญในพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล ได้แก่ เขื่อนอุบลรัตน์ เขื่อนลำปาว เขื่อนสิรินธร และเขื่อนลำตะคอง พบว่าปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำของเขื่อนสำคัญเหล่านี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งแบบ A2 และ B2 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฝนอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยฯ, 2554)
- การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำที่ไหลเข้าสู่เขื่อนป่าสักบ่งชี้ว่าพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสักจะได้รับผลกระทบค่อนข้างมากจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้แบบจำลองไหลเวียนอากาศ MRI-AGCM3.1S โดยใช้แบบจำลองทางอุทกวิทยาภูมิภาค วิเคราะห์ร่วมกับผลกระทบจากการบริหารจัดการน้ำในเขื่อน/อ่างเก็บน้ำร่วมด้วย สำหรับช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015-2039; พ.ศ.2558-2582) และช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ. 2075-2099; พ.ศ.2618-2642) เปรียบเทียบกับปีฐานปัจจุบัน โดยผลการศึกษาคาดว่าปริมาณน้ำในเขื่อนป่าสักในอนาคตจะลดลงอย่างชัดเจนจนถึงระดับที่ไม่สามารถรองรับความต้องการใช้น้ำดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้ได้ (Tachikawa et al, 2012)
- การศึกษาซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง JIID กรมชลประทานและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้ประเมินผลการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคตโดยชุดข้อมูล MRI GCM พบว่า ปริมาณฝนในลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน มีแนวโน้มลดลงในอนาคตระยะใกล้ (ค.ศ.2015-2039; พ.ศ.2558-2582) แต่จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงปลายศตวรรษ (ค.ศ.2075-2099; พ.ศ.2618-2642) นอกจากนั้นยังพบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน โดยปริมาณฝนในช่วงฤดูฝนมีแนวโน้มลดลงแต่ปริมาณฝนในช่วงฤดูแล้งมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเช่นนี้จะส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา และส่งผลสืบเนื่องต่อพื้นที่เกษตรกรรมในเขตชลประทาน (Chulalongkorn, 2013)
- การศึกษาในพื้นที่จังหวัดกระบี่พบว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้ภาวะโลกร้อน จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนลดลง อีกทั้งระยะเวลาของฤดูแล้งมีแนวโน้มยาวนานขึ้น นอกจากนั้น การขยายตัวของเมืองและการเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนั้น มีส่วนส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำและพื้นที่กักเก็บน้ำ การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเกษตรและการขยายตัวของภาคเศรษฐกิจอื่น โดยเฉพาะภาคการท่องเที่ยวส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำเพิ่มสูงขึ้น (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008)
- อุณหภูมิที่สูงขึ้นและระยะเวลาฤดูร้อนที่ยาวนานขึ้นในอนาคตจะส่งผลกระทบต่อการการระเหยน้ำ ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลระหว่างปริมาณน้ำที่ต้องการใช้และปริมาณน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ การศึกษาชิ้นหนึ่งซึ่งใช้ผลจาก

การจำลองภูมิอากาศโดยแบบจำลองภูมิอากาศโลก CCGCM2 และ HadCM3 GCM ภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นตามภาพฉายอนาคตแบบ A2 และ B2 โดยทำการคำนวณเพิ่มรายละเอียดพื้นที่บริเวณทางตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยาในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563), 2050 (พ.ศ.2593) และ 2080 (พ.ศ.2623) โดยเทคนิค SDSM ซึ่งแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ในขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์จะลดลง และผลกระทบจากภูมิอากาศจากแบบจำลองทั้งสองดังกล่าวส่งผลให้การคายระเหยสูงสุดของน้ำ (PET) จะเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 0.4-2.67 เปอร์เซ็นต์ และ 0.06-1.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน ค.ศ.1974-1985 (พ.ศ.2517-2528) (Chaowiwat and Likitdecharote, 2009)

- การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการคายระเหยสูงสุดอีกชิ้นหนึ่งทำการประเมินสถานการณ์อนาคตภายใต้สภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจาก 360 หนึ่งส่วนในล้านส่วน ในปัจจุบัน เป็น 540 และ 740 หนึ่งส่วนในล้านส่วน ในอนาคต โดยแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM แสดงให้เห็นว่า การคายระเหยน้ำมีแนวโน้มที่จะลดลงเพียงเล็กน้อย ภายใต้เงื่อนไขสภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 หนึ่งส่วนในล้านส่วน แต่การคายระเหยน้ำจะเพิ่มขึ้นภายใต้เงื่อนไขสภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ามีการแปรปรวนระหว่างฤดูกาล ซึ่งการระเหยของน้ำจะมากขึ้นในช่วงฤดูแล้งแต่จะลดลงในฤดูฝน และงานศึกษานี้ได้ทำการคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำซึ่งได้ผลสรุปว่า นาข้าวอาจมีความต้องการน้ำต่ำลงในช่วงฤดูฝนภายใต้สภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 540 หนึ่งส่วนในล้านส่วน แต่จะต้องการใช้น้ำเพิ่มขึ้นในช่วงเริ่มการเพาะปลูกภายใต้สภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (Noimunwai, 2008)
- นอกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่มีให้ใช้ในลุ่มน้ำโดยตรงแล้ว ลักษณะการใช้ที่ดินรวมถึงการปลูกพืชชนิดต่าง ๆ ในลุ่มน้ำ ก็ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่มีเหลือให้ใช้ได้เช่นกัน ลุ่มน้ำชีซึ่งเป็นลุ่มน้ำขนาดใหญ่ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และเป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาน้ำฝนที่สำคัญ ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยตรง ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนที่เข้าสู่ลุ่มน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของน้ำที่ต้องสูญเสียไปเนื่องจากปริมาณการใช้น้ำรวมของพืชอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้นและช่วงเวลาที่มีอากาศร้อนซึ่งจะยาวนานขึ้นในอนาคต นำมาซึ่งคำถามถึงความพอเพียงของปริมาณน้ำในอนาคต โดยการศึกษาดังกล่าวได้พิจารณาปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้ (Water availability) ซึ่งเป็นผลต่างของปริมาณฝนและปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยใช้การวิเคราะห์จากการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท (การปลูกข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และพื้นที่ป่า) ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระหว่างช่วงปี ค.ศ.2010 – 2039 (พ.ศ.2553-2582) โดยเปรียบเทียบกับ ค.ศ.1980 – 2009 (พ.ศ.2523-2552) โดย ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนรวมรายปีระหว่าง ค.ศ.2010 – 2039 (พ.ศ.2553-2582) มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นประมาณ 3% เมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน (ค.ศ.1980 – 2009; พ.ศ.2523-2552) ในขณะที่ปริมาณการใช้น้ำรวมของพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำฝนในอนาคตเพิ่มขึ้นมีความเพียงพอที่จะชดเชยความต้องการใช้น้ำของพืชในอนาคตหากการเพาะปลูกยังคงรูปแบบเดิมเช่นในปัจจุบัน ทั้งนี้ ความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ใช้นอกฤดูฝนก็ยังเป็นประเด็นที่มีความสำคัญที่ต้องคำนึงถึงอยู่ (เฉลิมรัฐ, 2552)
- การเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน ทำให้การจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคตมีความซับซ้อนและยากมากขึ้น โดยเฉพาะการจัดการน้ำเพื่อรักษาการไหลที่เหมาะสมที่จะเอื้อต่อระบบนิเวศลำน้ำ การศึกษาความสมดุลของน้ำในลุ่มน้ำแม่กลอง โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 ภายใต้สถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นตามภาพฉายอนาคตแบบ A2 และทำการคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS ในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2025 (พ.ศ.2568), 2050 (พ.ศ.2593) และ 2095 (พ.ศ.2638) แสดงให้เห็นว่า ถึงแม้ปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความต้องการใช้น้ำจากลำน้ำลดลง แต่อย่างไรก็ตาม การดำเนินงานของเขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์จะมีความยุ่งยากขึ้นเนื่องจะต้องมีการปล่อยน้ำเพื่อควบคุมการแพร่กระจายของน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้งซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำในลำน้ำลดต่ำลง (Rojrungtavee, 2009) นอกจากนั้น การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลจะยิ่งทำให้ให้ปัญหาการแทรกตัวของน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำรุนแรงมากขึ้นด้วย การศึกษาบริเวณแม่น้ำท่าจีนแสดงให้เห็นว่าภายใต้สถานการณ์จำลองการ

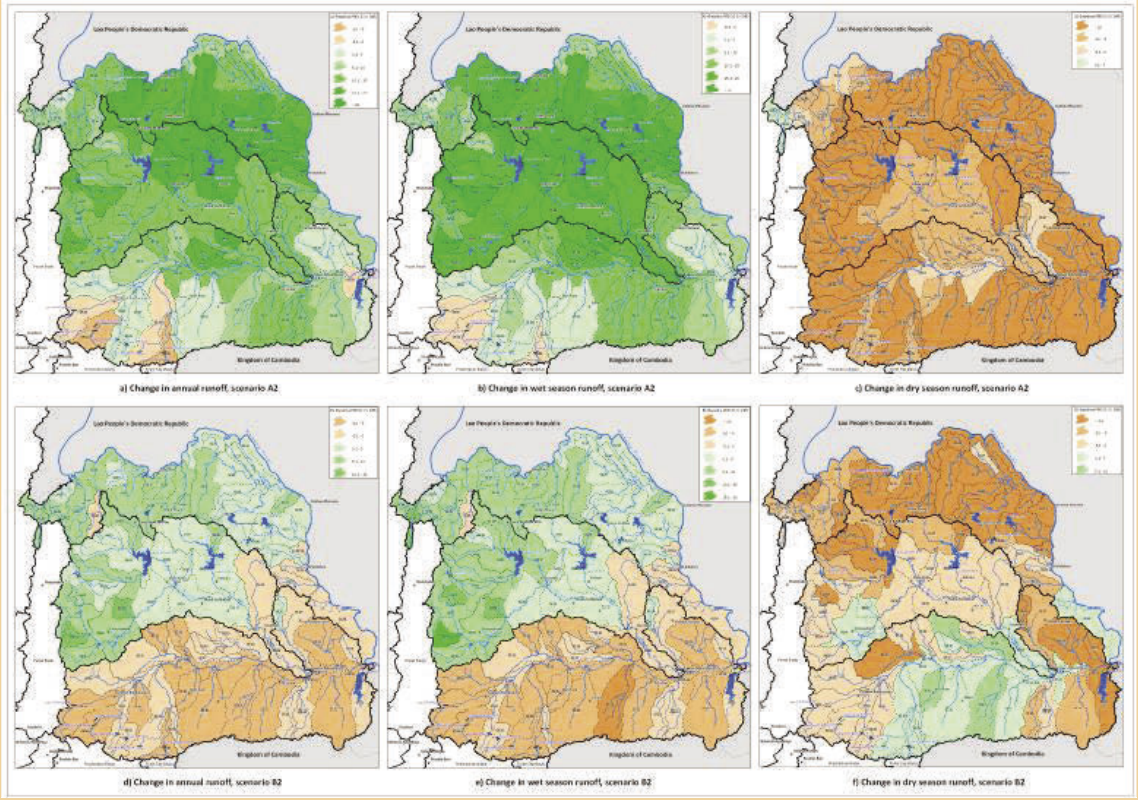
เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นตามภาพฉายอนาคตแบบ A1F1 และ B1 พบว่าการแทรกตัวของน้ำเค็มจะรุนแรงมากขึ้นในอนาคต (สนิท และคณะ, 2552) เช่นเดียวกับผลการศึกษาบริเวณปากแม่น้ำแม่กลอง ซึ่งพบว่าระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้นนั้น ส่งผลกระทบต่อศักยภาพการเจริญเติบโตของพืชผัก ผลไม้ท้องถิ่นบางชนิด เช่น ข้าว ข้าวโพด พริก ส้ม และลิ้นจี่บ้างเพียงเล็กน้อย (สิทธิพงษ์, 2553)

- การศึกษาทางด้านผลกระทบทางอุทกวิทยาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบริเวณลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยา เพื่อทดสอบหาปริมาณการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ และความถี่ของการเกิดน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำ ซึ่งมีการศึกษาโดยใช้แบบจำลองที่แตกต่างกันออกไป รวมถึงข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศอนาคตจาก GCMs หลายๆ GCMs ตัวอย่างเช่น การศึกษาตอนบนบริเวณลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำวัง ซึ่งเป็นบริเวณแหล่งต้นน้ำภูเขาสูงและมีเขื่อนขนาดใหญ่ที่สุดตั้งอยู่ ได้แก่ เขื่อนภูมิพล งานวิจัยดังกล่าวได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองอุทกวิทยา DHM (distribution hydrological model) ซึ่งเป็นแบบจำลองหนึ่งใน the Geomorphology-based hydrological model (GBHM) และข้อมูลปริมาณฝนอนาคตจากแบบจำลองการไหลเวียนอากาศโลก (GCMs) จำนวน 3 GCMs ได้แก่ MICROC3.2, MPI ECHAM และ CCSM3.0 ภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกตามภาพฉายอนาคตแบบ A1B ซึ่งได้รับการปรับแก้ค่าโดย H08 model เพื่อจำลองการไหลของน้ำในลุ่มน้ำ (discharge) และหาความถี่ของการเกิดน้ำท่วมในบริเวณลุ่มน้ำในช่วงเวลาปัจจุบัน (ค.ศ.2007-2009; พ.ศ.2550-2552) และช่วงอนาคต (ค.ศ.2010-2040; พ.ศ.2553-2583) ผลจากการจำลองพบค่าเฉลี่ยปริมาณการไหลของน้ำสูงขึ้นกับทุก GCMs ในช่วงอนาคต และพบแนวโน้มความถี่ของการเกิดน้ำท่วมสูงในช่วงเดือนกันยายน (Otaga et al, 2012) ผลการศึกษาดังกล่าวให้ผลสอดคล้องในทางเดียวกับงานศึกษาการจำลองการไหลของกระแสน้ำในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ทั้งลุ่มน้ำ) เพียงแต่มีความแตกต่างกันในด้านเครื่องมือและข้อมูลสภาพอากาศอนาคตที่ใช้ โดย Kure and Tebakari (2012) ได้ใช้แบบจำลอง DHI-MIKE11 และใช้แบบจำลองการไหลเวียนภูมิอากาศโลก MRI-AGCM 20 (ver.3.1 และ 3.2) ภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกตามภาพฉายอนาคตแบบ A1B เพื่อประเมินผลกระทบต่อรูปแบบอุทกวิทยาลุ่มน้ำ พบว่าในอนาคตระยะยาว (ค.ศ.2075-2099; พ.ศ.2648-2642) ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำท่าในแต่ละปีที่ไหลออกสู่แม่น้ำที่ปากน้ำนครสวรรค์มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งความถี่ของการเกิดน้ำท่วม (flood frequency) ในขณะเกิดฝนตกหนักและมีปริมาณน้ำฝนมากก็มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้งานศึกษาวิจัยดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดในเรื่องแบบจำลองดังกล่าวยังไม่ได้นำเรื่องการบริหารจัดการน้ำโดยระบบชลประทาน รวมถึงกิจกรรมการใช้น้ำอื่น ๆ โดยมนุษย์เข้ามาร่วมคำนวณในแบบจำลองด้วย
- ผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำบาดาลนั้นเริ่มเป็นประเด็นที่มีผู้สนใจ และได้มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสภาพน้ำขังใต้ผิวดิน (waterlogging) และน้ำใต้ดินเค็มในชั้นตื้น (shallow saline groundwater) ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้แบบจำลอง SEAWAT เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำใต้ดินร่วมกับการเติมน้ำใต้ดิน (recharge) จากแบบจำลองอุทกวิทยา HELP3 โดยใช้ชุดข้อมูลอากาศจากแบบจำลอง PRECIS ECHAM4 A2 และ B2 ซึ่งพบว่าบริเวณลุ่มน้ำย่อยห้วยขามเรียน (พื้นที่ขนาด 154 ตารางกิโลเมตร) จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษานั้นมีการเปลี่ยนแปลงระดับความเค็มของน้ำบาดาลและน้ำใต้ผิวดิน (waterlogging) ในช่วงกลาง (ค.ศ.2050; พ.ศ.2599) และสิ้นศตวรรษ (ค.ศ.2099; พ.ศ.2642) โดยพบอัตราการเติมน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากปริมาณฝนที่ตกเพิ่มขึ้น พื้นที่ชั้นน้ำระดับตื้น (shallow watertable) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ จากเดิมในช่วงกลางศตวรรษ และอาจจะเพิ่มได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์ ภายในสิ้นศตวรรษ นอกจากนั้นแบบจำลองยังชี้ให้ถึงสถานการณ์การขยายตัวของพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากน้ำใต้ดินเค็มในชั้นตื้นด้วย อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่ได้มีผลกระทบต่อการแพร่กระจายความเค็มโดยตรง แต่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการขยายตัวของพื้นที่น้ำขังใต้ดิน (Sarapirom et a.l, 2013a และ Sarapirom et al, 2013b) ผู้วิจัยได้แนะนำการบริหารจัดการพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบหรือพื้นที่ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการขยายตัวของพื้นที่ขั้นน้ำใต้ดินดังกล่าวโดยใช้หลักการทางอุทกวิทยาระบบนิเวศ (Ecohydrological) ซึ่งน่าจะเป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการลดการเติมน้ำสู่ระบบน้ำบาดาลอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนในอนาคต ร่วมกับการปลูกพืชหรือต้นไม้โตไวเพื่อลดการขยายตัวของพื้นที่น้ำขังใต้ดินและบริเวณที่มีความเค็มภายใต้สภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (Sarapirom et al, 2013b)

- ในพื้นที่ภาคกลาง แถบพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยามีการศึกษาการลดลงของน้ำบาดาลที่คาดว่าเกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในช่วงระยะเวลา ค.ศ.2060-2040 (พ.ศ.2603-2583) โดยใช้ข้อมูลแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) จำนวน 3 GCMs คือ MIROC-ESM-CHEM (MIROC) HadGEM2-ES (HadGEM) และ GFDL-ESM2M (GFDL) กับสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 และ RCP8.5 เป็นเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลปีฐานอ้างอิง (ค.ศ.1986-2000; พ.ศ.2529-2543) พบแนวโน้มการลดลงของปริมาณน้ำฝนในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายนจากแบบจำลอง HadGEM และ GFDL ซึ่งมีผลต่อค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำใต้ดินประจำปีลดลง โดยลดลง -12.9 เปอร์เซ็นต์ (-1.46 ลูกบาศก์กิโลเมตร), -9.7 เปอร์เซ็นต์ (-1.35 ลูกบาศก์กิโลเมตร), -13.9 เปอร์เซ็นต์ (-1.49 ลูกบาศก์กิโลเมตร) และ-10.7 เปอร์เซ็นต์ (-1.38 ลูกบาศก์กิโลเมตร) สำหรับ RCP2.6, 4.5, 6.0 และ 8.5 ตามลำดับ ผลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินจะมีความแตกต่างกันในแต่ละ GCM ทั้งน้ำใต้ดินและการเก็บรักษา (recharge) แต่โดยรวมมีแนวโน้มลดลงเกือบทั้งหมด (Pratoomchai et al, 2014)

- งานศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำ โดยการพัฒนาแบบจำลอง HAE (Hydro-Agronomic-Economic Model) เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับลุ่มแม่น้ำโขง ซึ่งได้ประยุกใช้แบบจำลอง WEAP; The Water Evaluation and Planning Systwm สำหรับการประเมินผลกระทบภูมิอากาศอากาศต่อทรัพยากรน้ำในแม่น้ำโขง บริเวณลุ่มน้ำย่อยทางฝั่งของประเทศไทย ได้แก่ ลุ่มน้ำชี-มูล โดยใช้ข้อมูลภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วงทศวรรษที่ 2050s แบบ A2 และ B2 จากแบบจำลอง PRECIS เป็นข้อมูลนำเข้า ทั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยด้านการพัฒนาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ของภาคส่วนต่างๆ และการบริหารจัดการน้ำโดยระบบชลประทาน (เขื่อนและอ่างเก็บน้ำ) นอกจากนี้การศึกษาดังกล่าวยังได้ทำการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศร่วมกับภาพฉายอนาคตตามแนวทางที่เน้นการใช้พลังงานทดแทน (bio-fuel) ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูก (การใช้ประโยชน์ที่ดิน) ผลการวิเคราะห์ให้ผลว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตส่งผลต่อทรัพยากรน้ำบริเวณตอนล่างลุ่มน้ำโขงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภายใต้การพิจารณาร่วมกับแผนพัฒนาในอนาคตและความต้องการน้ำก็พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีแนวโน้มที่จะทำให้อัตราการไหลของน้ำในพื้นที่ตอนบนสูงขึ้นและสำหรับพื้นที่ตอนล่างอัตราการไหลจะลดต่ำลง อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับสถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ นอกจากนี้ผลการศึกษายังระบุว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลต่อปริมาณน้ำผิวดิน ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยแบบจำลอง SWAT พบว่า ภายใต้สถานการณ์แบบ A2 ปริมาณน้ำท่ารายปี (annual runoff) เพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และสำหรับสถานการณ์แบบ B2 ปริมาณน้ำท่ารายปีจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ลุ่มน้ำโขง และลุ่มน้ำชี และจะลดลงในพื้นที่ส่วนใหญ่ของลุ่มน้ำ (Mott MacDonald, 2011)

  นอกจากนี้ แบบจำลอง SWAT ยังให้ผลที่ระบุว่า ภายใต้สถานการณ์แบบ A2 นั้น มีความเสี่ยงที่จะเกิดสถานการณ์น้ำท่วมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญสำหรับพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย



ก. ข. ค.

รูปที่ 6.19 ผลจากแบบจำลองน้ำท่า (SWAT Model) ภายใต้สถานการณ์แบบ A2 (บน) และ B2 (ล่าง)
(ก) ปริมาณน้ำท่ารายปี (ข) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝน (ค) ปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูแล้ง
(ที่มา: Mott MacDonald, 2011)

<u>การศึกษาด้านความเสี่ยงและภาวะเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

สมดุลของน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ อาจใช้เป็นตัวชี้วัดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคส่วนทรัพยากรน้ำได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาประเด็นนี้อย่างครอบคลุม นอกจากนั้น การพิจารณาถึงสภาพการณ์ในอนาคตในห้วงเวลาที่ยาวนานในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้น จำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงรูปแบบความต้องการการใช้น้ำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจและสังคมด้วย ซึ่งเรื่องนี้เป็นประเด็นที่ยังคงต้องการศึกษาต่อไป

- การศึกษาผลกระทบต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก (ประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขาชลบุรี ระยอง ตะวันตก และคลองใหญ่) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาเชิงอุตสาหกรรมและท่องเที่ยวตามนโยบายของรัฐบาล ทำให้เกิดการเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นอันมาก ขณะเดียวกันก็ส่งผลต่อความต้องการน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมต่างๆ ในปี 2548 เกิดภาวะฝนแล้ง ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำที่มี มีน้อยไม่พอต่อการจัดสรรจนเกิดปัญหาการแย่งชิงน้ำ เกิดปัญหาทางสังคมตามมา การศึกษานี้ได้นำข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต ภายใต้สถานการณ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 สำหรับช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2010-2034; พ.ศ.2553-2577) และช่วงอนาคตอันไกล (ค.ศ.2076-2100; พ.ศ.2619-2643) ทำการเพิ่มความละเอียดของข้อมูลในระดับภูมิภาคด้วยการใช้แบบจำลองเพิ่มความละเอียดสูงเชิงสถิติ โดยสังเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน และอัตราการระเหย และการประเมินผลกระทบต่อการจัดการน้ำ ประกอบด้วย การสังเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า (NAM) และการวิเคราะห์ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการชลประทาน ด้วยการจำลองสภาพการบริหารจัดการน้ำ

ด้วยแบบจำลองการจัดการน้ำในลุ่มน้ำ (MIKE BASIN) ทั้งนี้งานวิจัยดังกล่าวมุ่งพิจารณาเฉพาะข้อมูลนำเข้าที่ได้ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยตรง ในที่นี้คือ ข้อมูลน้ำฝน น้ำท่า อุณหภูมิ และอัตราการระเหย เท่านั้น สำหรับข้อมูลการจัดหาน้ำของหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ภาคตะวันออก เช่น ประปาภูมิภาค และบริษัท East Water และอื่น ๆ นั้นจะไม่ได้นำมาพิจารณาร่วมในแบบจำลอง โดยทำการจำลองสภาพการจัดการน้ำในอนาคตกำหนดให้ไม่มีการเปิดพื้นที่ชลประทานใหม่ และไม่มีการเพิ่มขึ้นของความต้องการน้ำอุตสาหกรรม การศึกษาแบ่งออกเป็น 5 กรณี ได้แก่

- กรณีที่ 1: สภาพปัจจุบัน (ค.ศ.1995-2004; พ.ศ.2535-2547)
- กรณีที่ 2: ภายใต้สถานการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 C2A2 (ค.ศ.2010–2034; พ.ศ.2553-2557)
- กรณีที่ 3: ภายใต้สถานการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 C2B2 (ค.ศ.2076–2100; พ.ศ.2619-2643)
- กรณีที่ 4: ภายใต้สถานการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 C2A2 (ค.ศ.2010–2034; พ.ศ.2553-2557)
- กรณีที่ 5: ภายใต้สถานการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 C2B2 (ค.ศ.2076- 2100; พ.ศ.2619-2643)

ผลการจำลองสภาพปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก พบว่าปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำโดยรวม เท่ากับ 527 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี แบ่งเป็นฤดูแล้ง 149 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และฤดูฝน 378 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี สภาพปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนในกรณี A2 และB2 ในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ. 2010 -2034; พ.ศ.2553-2557) พบแนวโน้มลดลง 20.59 เปอร์เซ็นต์ และ 23.52 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากปริมาณฝนลดลง ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำในแต่ละเดือนลดลงตามไปด้วย ส่วนสภาพปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างเก็บน้ำเฉลี่ยรายเดือนในกรณี A2 และ B2 ในอนาคตอันไกล (ค.ศ.2076-2100; พ.ศ.2619-2643) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.23 เปอร์เซ็นต์ และลดลง 2.94 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างจากปัจจุบันมากนัก เนื่องจากปริมาณฝนอนาคตไกลจะเพิ่มขึ้น (สุจริต, 2553)

สำหรับผลการวิเคราะห์ความต้องการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเพื่อกิจกรรมต่าง ๆ โดยรวม เท่ากับ 150.43 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี แบ่งเป็นฤดูแล้ง 110.98 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี และฤดูฝน 39.45 ล้านลูกบาศก์เมตร/ปี ความต้องการน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปตามกรณีต่าง ๆ คือ ความต้องการน้ำชลประทาน ซึ่งมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพน้ำฝนที่ตกในพื้นที่ (กำหนดให้ความต้องการน้ำอุตสาหกรรมเท่ากับปัจจุบัน) กล่าวคือ ถ้าฝนมาก พื้นที่เพาะปลูกพืชก็จะต้องการน้ำชลประทานน้อย ในทำนองเดียวกันถ้าฝนน้อย พื้นที่เพาะปลูกพืชก็จะต้องการน้ำชลประทานมาก พบว่า ความต้องการน้ำในกรณี A2 และ B2 ช่วงปี ค.ศ.2010-2034 (พ.ศ.2553-2557) มีแนวโน้มลดลง 20.59 เปอร์เซ็นต์ และ 23.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ลุ่มน้ำคลองใหญ่ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่มีความต้องการน้ำชลประทานและน้ำอุตสาหกรรมมากที่สุดมีแนวโน้มลดลง ส่วนในกรณี A2 และB2 ช่วงปี ค.ศ. 2076–2100 (พ.ศ.2619-2643) มีแนวโน้มลดลง 18.43 เปอร์เซ็นต์ และ 22.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลการสำรวจสภาพความขาดแคลนน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำพบว่า สภาพความต้องการน้ำในกรณี A2 และ B2 ช่วงปี ค.ศ.2010-2034 (พ.ศ. 2553-2557) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 116.47 เปอร์เซ็นต์ และ 127.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในกรณี A2 และ B2 ช่วงปี ค.ศ. 2076–2100 (พ.ศ.2619-2643) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 47.17 เปอร์เซ็นต์ และ 21.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งพบว่าลุ่มน้ำคลองใหญ่ซึ่งเป็นลุ่มน้ำที่มีความขาดแคลนน้ำมากที่สุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแม้ว่าความต้องการน้ำลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณน้ำที่จัดสรรไม่เพียงพอ (สุจริต, 2553)

- งานการศึกษาสมดุลน้ำภาพรวมในระดับลุ่มน้ำสำคัญของประเทศไทย โดยใช้วิธีการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคต (ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582) โดยเปรียบเทียบกับฐานปัจจุบัน (ค.ศ.1980-2009; พ.ศ.2523-2552) โดยใช้ผลการคำนวณจากแบบจำลอง PRECIS ซึ่งจำลองผลการเปลี่ยนแปลงภายใต้สมมุติฐานการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แบบ A2 โดยใช้ปริมาณน้ำฝนในอนาคต (ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582) และนำไปหักลบ

ด้วยปริมาณน้ำคาดการณ์ที่ถูกใช้ไปทั้งจากทางธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ในอนาคตช่วงเวลาเดียวกัน ผลลัพธ์จะได้เป็นปริมาณสมดุลน้ำในอนาคต จากการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำหลักของประเทศไทยโดยเปรียบเทียบสมดุลน้ำช่วงปีฐานกับสมดุลน้ำในอนาคตเพื่อพิจารณาทิศทางผลกระทบในบริบทแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำดังกล่าวโดยเปรียบเทียบกับแนวโน้มปริมาณน้ำฝนในอนาคตเพื่อพิจารณาความอ่อนไหวของสมดุลน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำหลักต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝน สรุปผลได้ว่า กลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มจะมีสมดุลน้ำลดลง ได้แก่ กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำโขง และกลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก และกลุ่มลุ่มน้ำที่มีแนวโน้มจะมีสมดุลน้ำเพิ่มขึ้น ได้แก่ กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันออก กลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันออก กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน และกลุ่มลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตะวันตก และเมื่อพิจารณาร้อยละของสมดุลน้ำต่อปริมาณน้ำฝนในอนาคตรายกลุ่มลุ่มน้ำ พบว่ากลุ่มลุ่มน้ำที่มีอัตราส่วนต่ำกว่าร้อยละ 30 มีอยู่ 2 กลุ่มลุ่มน้ำ โดยกลุ่มลุ่มน้ำที่มีอัตราส่วนต่ำที่สุด คือ กลุ่มลุ่มน้ำแม่กลอง และกลุ่มลุ่มน้ำที่มีอัตราส่วนต่ำเป็นอันดับรองลงมา คือ กลุ่มลุ่มน้ำสาขาแม่น้ำสาละวิน สำหรับสองกลุ่มลุ่มน้ำนี้ถือว่าเป็นบริเวณที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงในปริมาณน้ำฝนที่อาจเกิดขึ้นแม้เพียงเล็กน้อย 2 กลุ่มลุ่มน้ำนี้จะไม่มีสมดุลน้ำเพียงพอเพื่อใช้อุปโภคบริโภครวมถึงภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มลุ่มน้ำแม่กลองจะได้รับผลกระทบอย่างมากเพราะว่าเป็นบริเวณที่มีอุตสาหกรรมตั้งอยู่อย่างมาก (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

- การบริหารจัดการปริมาณน้ำเป็นสิ่งสำคัญในการแก้ไขปัญหาสมดุลน้ำ เช่น การผันน้ำจากพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำมากเกินความต้องการไปสู่พื้นที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอ แต่โดยส่วนใหญ่แล้วพื้นที่ที่ปริมาณน้ำมากเกินต้องการมักจะมีโอกาสประสบกับปัญหาภัยพิบัติน้ำท่วม และในทางกลับกันพื้นที่ที่มีน้ำไม่เพียงพอก็จะประสบกับปัญหาภัยแล้ง ดังนั้นการศึกษาเพื่อคาดการณ์โอกาสเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ (ภัยแล้ง น้ำท่วม) ในอนาคตโดยใช้การสร้างแบบจำลอง 2 ลักษณะ ได้แก่ การศึกษาถึงแนวโน้มของอุทกภัยและภัยแล้ง และการศึกษาถึงระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)
    - การศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติจาก “จำนวนปี” ที่ปริมาณฝนเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ยการคาดการณ์แนวโน้ม (Trend) ของการเกิดเหตุการณ์ร้ายแรงทางธรรมชาติ (extreme events) (อุทกภัยและภัยแล้ง) ช่วงเวลาในอนาคตระยะสั้น 30 ปี (ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582) และช่วงเวลาในอนาคตระยะยาว 30 ปี (ค.ศ. 2040-2069; พ.ศ.2583-2612) โดยกำหนดให้ระยะเวลาช่วงปี ค.ศ.1980-2009 (พ.ศ.2523-2552) เป็นช่วงของปีฐาน และทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ย รูปแบบ (Pattern) ของปริมาณน้ำฝนที่มีแนวโน้มเปลี่ยนไปในอนาคต ในเชิงของการแปรปรวน ผลการศึกษาในภาพรวมของประเทศ ชี้ให้เห็นว่าภาพรวมระยะสั้น 30 ปี พื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณน้ำฝนที่เด่นชัด แต่จะสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนได้จากการคาดการณ์อนาคตระยะยาว 30 ปีข้างหน้า อย่างไรก็ตาม มีความเป็นไปได้ที่ประเทศไทยมีแนวโน้มที่จะมีจำนวนปีที่มีปริมาณน้ำมากเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ภาคของประเทศ ทั้งในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก และภาคใต้ตอนล่างฝั่งตะวันออก (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)
    - การศึกษาภัยพิบัติทางธรรมชาติจากแนวโน้มระดับความรุนแรงของภัยพิบัติ (Return Period) ปริมาณน้ำฝนที่มากที่สุด/ระดับน้ำสูงสุดรายปี (Return period) เป็นการคาดการณ์ระดับความรุนแรงสูงสุดของระดับความแห้งแล้ง หรือระดับปริมาณน้ำสูงสุด ที่อาจใช้เป็นดัชนีชี้วัดระดับความรุนแรงของภัยพิบัติทางธรรมชาติ (ภัยแล้ง และน้ำท่วม) ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ผลการศึกษา ภาพรวมประเทศมีความเป็นไปได้ที่ประเทศไทยมีความเสี่ยงที่จะเกิดอุทกภัยสูงขึ้นกว่าในอดีตทั้งในแง่ของความถี่ / จำนวนครั้งของเหตุการณ์ และระดับความรุนแรง ยิ่งไปกว่านั้นตัวเลขปริมาณน้ำฝนที่มากที่สุด (Return period) จากการคาดการณ์ในระยะยาวจะชี้ให้เห็นถึงทิศทางที่แน่ชัดของการเกิดอุทกภัย ยกเว้นพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งมีแนวโน้มในทางตรงกันข้ามกับพื้นที่บริเวณอื่นของประเทศ คือจะมีโอกาสประสบกับภัยแล้งในระดับรุนแรงยิ่งขึ้น (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

แม้ว่าการศึกษาในประเด็นด้านการปรับตัวในภาคส่วนนี้ยังมีน้อยในระยะที่ผ่านมาก็ตาม แต่ก็ได้มีข้อเสนอให้พิจารณาการใช้น้ำจากแหล่งต่างๆ รวมทั้งการใช้น้ำผิวดินสลับกับน้ำใต้ดินในระบบชลประทานบางพื้นที่เพื่อช่วยจัดการความเสี่ยงในช่วงฤดูแล้งที่ยาวนานได้ เนื่องจากระบบน้ำใต้ดินมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศน้อยกว่าน้ำผิวดิน แต่การที่จะวางยุทธศาสตร์ด้านน้ำที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้นั้น ต้องมีความเข้าใจทางด้านอุทกวิทยากายภาพและกระบวนการการเพิ่มน้ำใต้ดินเป็นอย่างดี (Koch, 2008)

- การปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศ เพื่อรองรับกับความเสี่ยงและผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดขึ้นต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภค รวมถึงเพื่อรักษาไว้ซึ่งสมดุลของระบบนิเวศภายในอนาคต ทั้งนี้ แนวทางเชิงนโยบายที่สำคัญในการยกระดับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ มีใจความสำคัญดังนี้ คือ 1) การจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นองค์รวม การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำต้องมีความเกี่ยวเนื่องกันระหว่างสมดุลน้ำและภัยพิบัติทางธรรมชาติ อีกทั้งทรัพยากรน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินควรจะถูกรวมให้อยู่ภายใต้หน่วยงานเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อความเชื่อมโยงต่อเนื่องของการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างเป็นองค์รวม 2) หน่วยงานเพื่อการกำหนดนโยบายการใช้ทรัพยากรน้ำ ควรมีหน่วยงานที่ดูแลภาพรวมเชิงนโยบายการใช้ทรัพยากรน้ำ เพื่อการจัดสรรการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพและไม่นำไปสู่ความขัดแย้ง การวางแผนเน้นแก้ปัญหาเชิงรุกและตอบสนองต่อปัญหาที่จะเกิดล่วงหน้า 3) หน่วยงานเพื่อการกำกับดูแลการใช้ทรัพยากรน้ำ เพื่อการตรวจสอบว่าการใช้ทรัพยากรน้ำทั้งในภาคเกษตรและอุตสาหกรรมนั้น ได้เป็นไปตามนโยบายการใช้ทรัพยากรที่วางไว้หรือไม่ และ 4) หน่วยงานเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรควรแยกออกจากหน่วยงานผู้ทำหน้าที่วางนโยบายและตรวจสอบอย่างชัดเจนเพื่อไม่เกิดผลประโยชน์ทับซ้อนและการกำกับดูแลการใช้ไปของทรัพยากรน้ำสามารถทำการตรวจสอบได้อย่างเป็นอิสระและมีประสิทธิภาพ (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

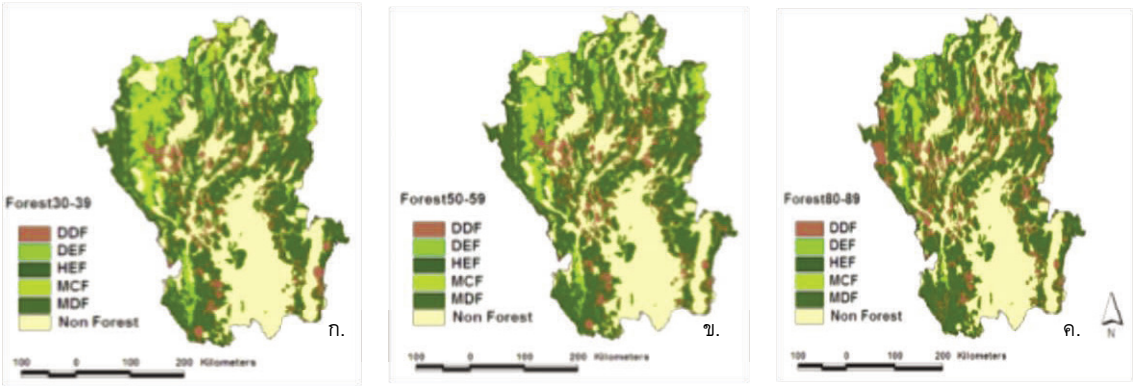
- การศึกษาซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่าง JIID กรมชลประทานและจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Chulalongkorn, 2013) ซึ่งศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบชลประทานในลุ่มน้ำเจ้าพระยาได้เสนอแนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำในลุ่มน้ำซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝนในอนาคตดังต่อไปนี้
  - การปรับตัวในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำ
    - การปรับ operation rule curve ของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำให้เหมาะสม
    - ปรับปรุงขีดความสามารถของเขื่อนในการกักเก็บน้ำเพื่อรับมือกับความผันผวนระหว่างช่วงปี
  - การปรับตัวโดยพิจารณาเป็นรายโครงการ
    - ดำเนินโครงการด้านการหมุนเวียนการใช้น้ำชลประทาน (irrigation water rotation)
    - ปรับปรุงระบบประตูน้ำเพื่อให้สามารถควบคุมการจ่ายน้ำได้ดีขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบชลประทาน
    - ปรับตารางการจัดสรรน้ำและควบคุมพื้นที่เพาะปลูกให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง
    - ปรับปรุงระบบระบายน้ำและระบบควบคุมน้ำท่วม
  - การปรับตัวในระดับไร่นา
    - จัดเตรียมแผนที่พื้นที่เพาะปลูกเพื่อใช้ในการวางแผนจัดสรรน้ำให้เหมาะสม
    - จัดเตรียมพันธุ์ข้าวปลูกที่มีความทนทานกับสภาพอากาศผันผวนสูงขึ้น
    - ปรับปฏิทินเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวให้สอดคล้องกับการจัดสรรน้ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง
    - ปรับเทคนิคการเพาะปลูกเพื่อให้ประหยัดน้ำ
    - ปรับปรุงบ่อน้ำเพื่อใช้สำรองน้ำสำหรับหน้าแล้ง

6.1.3 ระบบนิเวศและชีวกายภาพ

ประเทศไทยมีผลงานการศึกษาคาดการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบนิเวศและชีวกายภาพค่อนข้างจำกัด โดยการศึกษาส่วนใหญ่มักเป็นการศึกษาสถานะที่ระบบนิเวศหรือสิ่งมีชีวิตกลุ่มใด ๆ กำลังถูกคุกคาม (Threatened) โดยการศึกษาที่ผ่านมาเป็นการวิเคราะห์ถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบนิเวศต่าง ๆ และตีความผลกระทบเหล่านั้นเป็นความเสี่ยงและภาวะเปราะบาง โดยพิจารณาถึงการที่พื้นที่ระบบนิเวศต่าง ๆ ลดลงหรือแปรเปลี่ยนไปเป็นระบบนิเวศอื่นภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคตเป็นรูปแบบของความเสี่ยงและภาวะเปราะบางของพื้นที่นั้น ๆ

<u>การศึกษาด้านผลกระทบ ความเสี่ยงและภาวะเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและการกระจายตัวของฝนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยสิ่งมีชีวิตบางสายพันธุ์อาจจะได้รับผลดีจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในขณะที่บางสายพันธุ์จะสูญเสียสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการดำรงอยู่ไป การศึกษาการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อพืช 22 ชนิดในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทยโดยใช้สภาพภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก HadCM3 GCM ตามแนวทางการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 ได้ทำการประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วงทศวรรษที่ 2050 พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่ส่งผลต่อจำนวนสายพันธุ์ของพืชอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่คือ การกระจายตัวของสายพันธุ์ต่าง ๆ จะเปลี่ยนแปลงไปและมีอัตราการหมุนเวียนสูง โดยเฉพาะพืชตระกูลที่มีใบเขียวตลอดปี ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าพืช 10 ชนิดจากที่ทำการศึกษาทั้งหมด 22 ชนิดจะสูญเสียสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการดำรงชีวิตที่เหมาะสม ส่วนอีก 12 ชนิดที่เหลือนั้นจะมีพื้นที่ที่เหมาะสมเพิ่มขึ้น โดยพืชสายพันธุ์ที่เป็นไม้ผลัดใบจะมีการขยายแหล่งกระจายพันธุ์ (distribution range) ซึ่งคาดว่าการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นบริเวณตะวันตกและบริเวณตอนบนของภาคเหนือ (Trisurat et al, 2009)
- ผลงานการศึกษาในประเด็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับความหลากหลายทางชีวภาพของไทยที่ผ่านมาเป็นผลการศึกษาวิจัยของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2551) ซึ่งได้สร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างชนิดป่าไม้กับปัจจัยสภาพแวดล้อมต่างๆ ที่ทำให้เกิดป่าไม้ชนิดต่างๆ และตรวจสอบแบบจำลองที่สร้างกับแผนที่ป่าไม้จริงของประเทศ ก่อนที่จะใช้สภาพอากาศในอนาคต (ECHAM4; A2) ช่วงปี ค.ศ. 2030-2039 (พ.ศ.2573-2582), 2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) และ 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) ใส่เข้าไปในแบบจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ ซึ่งพบว่าในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน คือในปี ค.ศ.2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) พื้นที่เหมาะสมต่อป่าไม่ผลัดใบของประเทศซึ่งประกอบด้วยป่าดิบเขา มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างชัดเจน เหลือเพียง 1.34 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ป่าทั้งประเทศซึ่งเป็นแนวโน้มเดียวกับป่าดิบแล้งและป่าผสมสน ที่จะเหลือพื้นที่เพียง 0.001 และ 14.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจะยังคงลดลงไปอย่างต่อเนื่องในช่วงปี ค.ศ.2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) และ 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) ซึ่งตรงข้ามกับพื้นที่ที่เหมาะสมต่อป่าผลัดใบ อันได้แก่ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในปีค.ศ. 2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) เป็น 71.24 และ 12.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังคงเป็นไปในทิศทางเดียวกันในปี ค.ศ.2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) และ 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) คือเท่ากับ 73.18 และ 71.99 เปอร์เซ็นต์ สำหรับป่าเบญจพรรณ และ 13.89 และ 20.78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับป่าเต็งรัง ตามลำดับ (รูปที่ 6.20) จากผลการศึกษาดังกล่าว พอสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าไม้ของประเทศอย่างชัดเจน

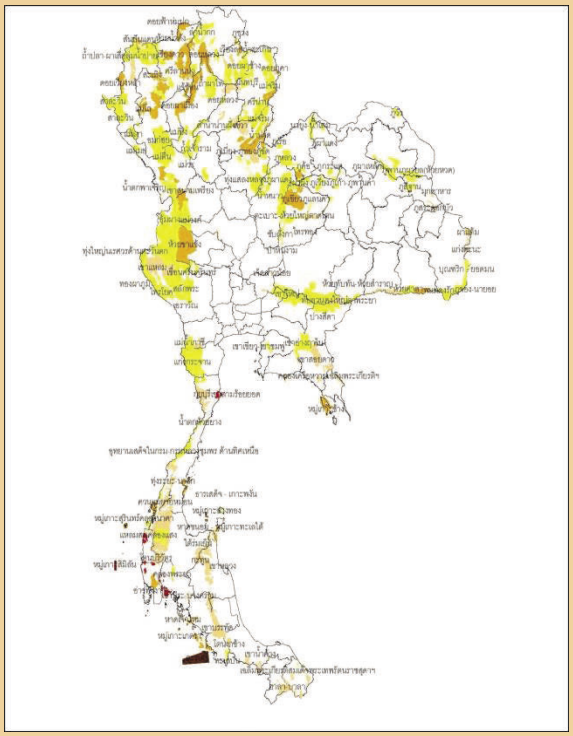


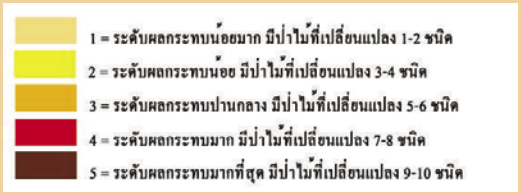
หมายเหตุ: Forest DDF = Dry Dipterocarp Forest MDF = Mixed Deciduous DEF = Dry Evergreen Forest

HEF = Hill Evergreen Forest MCF = Mixed Coniferous Forest

รูปที่ 6.20 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้ภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในแต่ละช่วงปี ค.ศ. (ก) 2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) (ข) 2050-1059 (พ.ศ.2593-2602) (ค) 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) (ที่มา: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551)

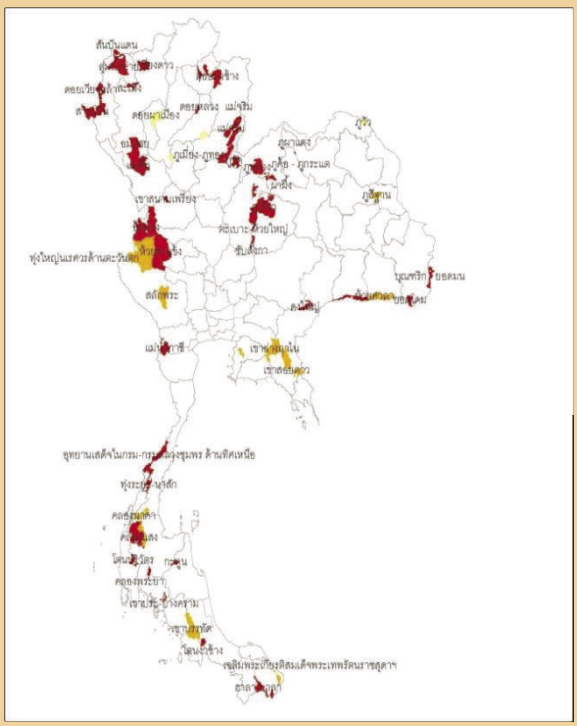
- สถาบันบัณฑิตธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553) ได้ทำการประมวลผลการศึกษาของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2551) เพื่อแสดงให้เห็นถึงภาพรวมผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อชนิดป่าไม้ และการเปลี่ยนแปลงของนิเวศน์ป่าไม้ในเขตอุทยานแห่งชาติของประเทศไทยในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค กล่าวคือ ในภาคเหนือ (อาทิ ดอยอินทนนท์ ขุนตาล ลางสาน เป็นต้น) และภาคอีสาน (เช่น ภูกระดึง) ได้รับผลกระทบปานกลาง ภาคตะวันออกได้รับผลกระทบมาก (ได้แก่ เขาสามร้อยยอด) ขณะที่ภาคใต้ได้รับผลกระทบในระดับมากที่สุด (คือ อุทยานแห่งชาติตะรุเตา) ขณะที่ผลกระทบต่อพื้นที่อนุรักษ์สัตว์ป่าสงวนและสัตว์ป่าคุ้มครองที่สำคัญ อาทิ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งและทุ่งใหญ่นเรศวร ได้รับผลกระทบปานกลาง (รูปที่ 6.21) นอกจากนี้ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบนิเวศป่าไม้ยังมีโอกาสส่งผลต่อเนื่องไปยังทรัพยากรสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศดังกล่าว ทรัพยากรสัตว์ป่าของประเทศไทยมีโอกาสได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสูงมาก กล่าวคือ ทรัพยากรสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเกินกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทั้งหมดของประเทศมีโอกาสได้รับผลกระทบสูงสุด (รูปที่ 6.22)

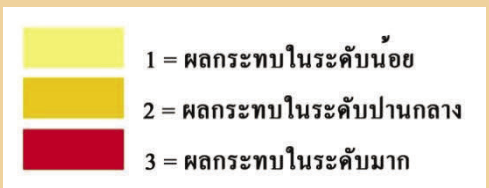




รูปที่ 6.21
ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อระบบป่าในอุทยานแห่งชาติและเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

ที่มา
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551 ประมวลโดย SEA START RC





รูปที่ 6.22
ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

ที่มา
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551 ประมวลโดย SEA START RC

- การศึกษาของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (2551) พบว่า ระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำและความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทย ทั้งพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติในแผ่นดินและในบริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งเป็นระบบนิเวศน้ำจืดและน้ำกร่อยเป็นส่วนใหญ่มีความเปราะบาง และมีความสุ่มเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอัตราที่สูง ทั้งที่เป็นผลกระทบโดยตรงและโดยอ้อมในช่วง 30 ปีข้างหน้า (ค.ศ. 2010-2039; พ.ศ.2553-2636) โดยมีสาเหตุจากอุณหภูมิของอากาศและน้ำแปรปรวนหรือเปลี่ยนแปลง ปริมาณฝนแปรปรวนก่อให้เกิดโอกาสเกิดน้ำท่วมและภาวะแห้งแล้งบ่อยครั้งมากขึ้น ระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งการเกิดคลื่นลมพายุบ่อยครั้งและมีความรุนแรงยิ่งขึ้น การศึกษาวิเคราะห์พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญในระดับนานาชาติของไทยในช่วง ค.ศ.2010-2039 (พ.ศ.2553-2636) พบว่ากว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ชุ่มน้ำเหล่านั้นจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับปานกลาง ในขณะที่อีก 13 ปอร์เซ็นต์ (8 แห่ง) จะได้รับผลกระทบในระดับสูง อาทิ แม่น้ำโขง แม่น้ำแควใหญ่ แม่น้ำแม่กลอง ดอนหอยหลอด พื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตห้ามล่าสัตว์ป่าทะเลสาบ พื้นที่ชุ่มน้ำในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพฯ (พรุโต๊ะแดง) และพื้นที่ชุ่มน้ำในอุทยานแห่งชาติหาดนพรัตน์ธารา-หมู่เกาะพีพี ทั้งนี้มีเพียง 12% เท่านั้นที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับต่ำ การประมวลภาพรวมผลการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติในประเทศไทยของคณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ข้างต้น โดยสถาบันบัณฑิตธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553) แสดงดังรูป



H = ระดับความเสี่ยงหรือความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสูง
M = ระดับความเสี่ยงหรือความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศปานกลาง
L = ระดับความเสี่ยงหรือความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่ำ

รูปที่ 6.23
ระดับความเสี่ยงของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
ที่มา
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551 ประมวลโดย SEA START RC

- การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับระบบนิเวศและชีวกายภาพเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงและเปราะบาง (vulnerability area) ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ (area base) โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ (2556) ได้ทำการศึกษากับระบบนิเวศที่สำคัญ ได้แก่ ระบบนิเวศภูเขา ระบบนิเวศป่าไม้ และระบบนิเวศเกษตร โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะนำผลการศึกษาดังกล่าวมาประกอบการจัดทำนโยบาย มาตรการ/ยุทธศาสตร์/ แผนปฏิบัติการด้านปรับตัวของประเทศไทย ทั้งนี้การศึกษาได้คัดเลือกพื้นที่ซึ่งเป็นตัวแทนของระบบนิเวศ 3 ประเภทข้างต้น ตามเกณฑ์ที่ได้มีการกำหนดไว้ ร่วมกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้เกณฑ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเป็นหลัก ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ตั้งแต่ 1°C เป็นพื้นที่คัดกรอง

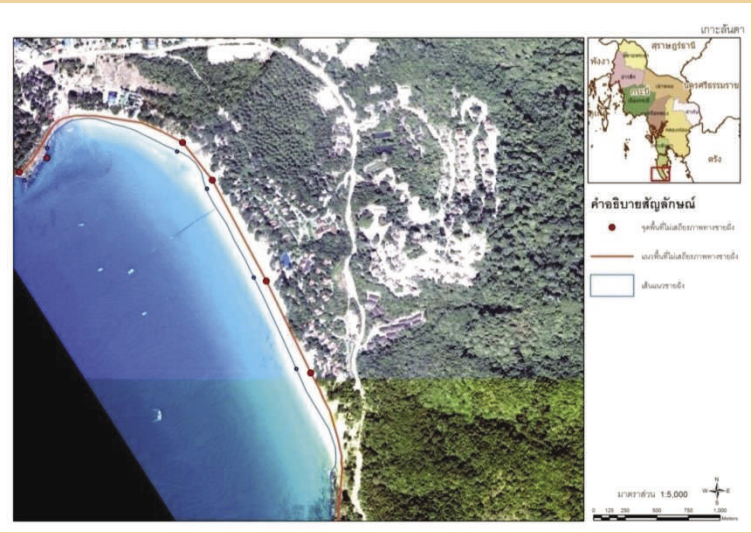
เบื้องต้นในการนำไปสู่กระบวนการจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่เสี่ยงและมีความเปราะบาง เพื่อคัดเลือกพื้นที่ตัวแทนการศึกษาในแต่ละระบบนิเวศ อย่างไรก็ดี การทบทวนเอกสารครั้งนี้จะขอกล่าวถึงระบบนิเวศ 2 ชนิด คือ นิเวศภูเขาและป่าไม้เท่านั้น ไม่รวมนิเวศเกษตรซึ่งเป็นนิเวศที่เกิดจากกิจกรรมมนุษย์ สำหรับตัวแทนของระบบนิเวศภูเขา ได้แก่ ดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ การศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยจากแบบจำลอง PRECIS ซึ่งดำเนินการโดยกรมอุตุนิยมวิทยา มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 21 (ค.ศ.2091-2100; พ.ศ.2634-2643) ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงหรือกล่าวได้ว่ามีความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ดอยสุเทพ-ปุย ตกอยู่ภายใต้สถานการณ์เสี่ยงจากภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อการสืบพันธุ์ของพืช (tress regeneration) บริเวณแนวรอยต่อป่า (ecotone) เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความผันแปรของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศค่อนข้างชัดเจน ประกอบกับมีชนิดพันธุ์พืช ทั้งพันธุ์ไม้ผลัดใบและไม่ผลัดใบขึ้นอยู่ร่วมกันเป็นจำนวนมาก จึงพบเห็นการตอบสนองของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศได้ง่าย โดยชนิดพันธุ์พืชผลัดใบจากป่าเต็งรัง มีแนวโน้มจะขยายการตั้งตัวรุกขึ้นสู่พื้นที่ระดับสูงมากขึ้น ในขณะที่กลุ่มชนิดพันธุ์พืชไม่ผลัดใบของป่าดิบเขาระดับต่ำ จะไม่สามารถสืบต่อพันธุ์ในพื้นที่แนวรอยต่อป่าเดิมได้ต้องถอยร่นขึ้นสู่พื้นที่ระดับสูง เนื่องจากอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของกล้าไม้ (seedling establishment) ทำให้ประชากรกลุ่มพืชไม่ผลัดใบสูญหายไปจากบริเวณนี้ และจะถูกแทนที่โดยกลุ่มพืชผลัดใบ ผลจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ยังส่งผลกระทบไปถึงคุณค่าทางเศรษฐกิจและสังคมอีกด้วย อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นยังส่งผลกระทบต่อการออกดอกของ “นางพญาเสือโคร่ง (Prunus cerasoides)” หรือที่รู้จักกันในชื่อ “ซากุระเมืองไทย” โดยปกติเมื่อถึงช่วงฤดูหนาว (ธันวาคม–กุมภาพันธ์) สภาพอากาศหนาวเย็นมีอุณหภูมิต่ำต่อเนื่อง การติดดอกของนางพญาเสือโคร่งบริเวณดอยสุเทพ-ปุย จะมีเป็นปริมาณมาก ถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญในการชมดอกนางพญาเสือโคร่ง เมื่อสภาพอากาศร้อนขึ้นหรืออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้การติดดอกของนางพญาเสือโคร่งลดลง ส่งผลกระทบต่อรายได้ที่เกิดจากการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของชุมชน (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2556)

- นอกจากผลกระทบที่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจจะมีต่อความหลากหลายของพรรณพืชแล้ว การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังส่งผลต่อการสืบต่อพันธุ์และขนาดพื้นที่ถิ่นอาศัยที่เหมาะสม อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ประชากรของสัตว์ป่าลดลง รวมถึงมีแนวโน้มสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่เนื่องจากสูญเสียถิ่นอาศัยที่เหมาะสม พบจำนวน 27 ชนิด จำแนกออกเป็นกลุ่มสัตว์ 4 กลุ่ม ดังนี้ สัตว์เลื้อยคลาน พบจำนวน 8 ชนิด นก พบจำนวน 6 ชนิด เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้การฟักไข่ของนกไม่ประสบความสำเร็จ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม พบจำนวน 2 ชนิด เนื่องจากสัตว์บางชนิดต้องการสภาพอากาศที่หนาวเย็นในการดูแลลูกให้อยู่รอดและเติบโตได้ และสุดท้ายสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก พบจำนวน 11 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นสัตว์ที่อาศัยได้เฉพาะแหล่งน้ำบริเวณป่าดิบเขาที่มีอุณหภูมิต่ำตลอดทั้งปี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงด้านเพศของตัวอ่อน คือ จะทำให้มีเพศผู้เพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ในทำนองเดียวกันยังทำให้ถิ่นที่อาศัยที่เหมาะสมลดน้อยลงเนื่องจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้แหล่งน้ำแห้งจนไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2556)
- การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับระบบนิเวศและชีวกายภาพ ซึ่งศึกษาระบบนิเวศป่าไม้ โดยใช้กรณีศึกษาพื้นที่บริเวณรอบอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง (ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัดพิษณุโลกและเพชรบูรณ์) และพิจารณาถึงผลจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของจังหวัดเพชรบูรณ์ในอนาคต ซึ่งข้อมูลการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (PRECIS) ระบุว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทศวรรษที่ 21 และสูงมากกว่าทศวรรษที่ 20 ประมาณ 3 - 4°C สอดคล้องกับแนวโน้มของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นเดียวกัน ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนกลับมีแนวโน้มลดลงหรือมีความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ตัวแทนศึกษาที่อยู่ในจังหวัดเพชรบูรณ์จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในด้านความหลากหลายของพรรณพืช กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิส่งผลให้มีความแห้งแล้งยาวนานมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการสืบต่อพันธุ์ของพันธุ์พืชโดยตรง พันธุ์พืชภายในป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังผสมสน และป่าสนเขา (pine forest) ที่สามารถปรับตัวต่อสภาพความแห้งแล้งได้ดีมีแนวโน้มที่ประชากรจะเพิ่มขึ้น และมีโอกาสรุกเข้าไปตั้งตัวบนที่สูงได้มากขึ้นเมื่อเกิดความแห้งแล้งขยายตัวขึ้นสู่พื้นที่สูง เนื่องจากการตั้งตัวของกล้าไม้ที่ต้องการสภาพอากาศที่ค่อนข้างหนาวเย็นหรืออุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่อง ทำให้ประชากรในอนาคตมีแนวโน้มลดลง และถูกแทนที่ด้วยกลุ่มพันธุ์ไม้ผลัดใบ ส่งผลให้พื้นที่ป่าสนเขาลดน้อยลง อาจส่งผลกระทบต่อการท่องเที่ยวของพื้นที่ เนื่องจากการท่องเที่ยวของจังหวัดส่วนใหญ่เน้นให้ชม

ความงดงามทัศนียภาพของป่าสน และสัมผัสกับอากาศที่หนาวเย็น เมื่อไม่มีป่าสนหลงเหลืออยู่ก็อาจต้องสูญเสียเงินรายได้จากนักท่องเที่ยวที่ลดลง หรือเปลี่ยนสถานที่พักผ่อนไปที่อื่น นอกจากนี้อาจต้องใช้งบประมาณการลงทุนเพิ่มเติมเพื่อการปลูกไม้สนสำหรับการท่องเที่ยวขึ้นมาใหม่ สำหรับผลกระทบต่อความหลากหลายของสัตว์ป่า ซึ่งพิจารณาจากความต้องการทางนิเวศวิทยา (ecological niche) ของสัตว์แต่ละชนิด พบว่า สัตว์ป่าจำนวน 3 กลุ่ม คือ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก และสัตว์เลื้อยคลาน ที่พบในการศึกษาเป็นกลุ่มสัตว์ป่าที่มีความสามารถปรับตัวให้เข้าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นได้ในอนาคต รวมถึงการที่มีความสามารถอพยพโยกย้ายถิ่นได้เพื่อหลีกเลี่ยงสภาพนิเวศที่ไม่เหมาะสมได้ด้วย อย่างไรก็ตาม สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก จะแสดงออกถึงผลกระทบในด้านลบ กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อสถานที่สืบพันธุ์และเพศของมัน เนื่องจากสัตว์กลุ่มนี้ต้องอาศัยแหล่งน้ำเป็นที่วางไข่และเป็นที่อยู่ของตัวอ่อน (ลูกอ๊อด) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงและแห้งแล้งมากขึ้นจะมีโอกาสทำให้แหล่งน้ำเพื่อการสืบพันธุ์และเป็นที่อยู่ของตัวอ่อนลดน้อยตามไปด้วย และเนื่องจากสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบกเป็นกลุ่มสัตว์ที่มีชีววิทยาพิเศษในด้านการกำหนดเพศที่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมในช่วงที่ลูกอ๊อดเปลี่ยนรูปร่างเป็นตัวเต็มวัย พบว่า ถ้ามีอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมสูงกว่าปกติ ลูกอ๊อดกลุ่มนั้นจะเจริญเติบโตเป็นกบเพศผู้ทั้งหมด และสัตว์กลุ่มนี้มีความสามารถในการเคลื่อนที่อพยพโยกย้ายถิ่นอยู่อย่างจำกัด จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2556)

- ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อระดับน้ำทะเล โดยเฉพาะบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร เช่น ในประเทศไทย อันเป็นผลเนื่องจากการละลายของน้ำแข็งและการขยายตัวของมวลน้ำในมหาสมุทรจากอุณหภูมิน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น (Parry et al, 2007) ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจากข้อมูลสถานีตรวจวัดระดับน้ำทะเล 13 สถานีในบริเวณอ่าวไทย (ตั้งแต่ปี 1985 – 2009; พ.ศ. 2528-2552) พบว่า ระดับทะเลปานกลางเฉลี่ยรายปี (Annual local MSL) จำนวน 11 สถานีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในอัตราที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสถานที่ที่สถานีตรวจวัดระดับน้ำตั้งอยู่ และพบอัตราการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลปานกลางเฉลี่ยในอัตรา 5 มิลลิเมตรต่อปี (ในช่วงระยะเวลา 25 ปี) ทั้งนี้คาดว่า การทรุดตัวของแผ่นดินบริเวณปากแม่น้ำที่สถานีวัดระดับน้ำตั้งอยู่จะมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มขึ้นของระดับทะเลปานกลางท้องถิ่นประจำปีสูงขึ้น ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวชี้ให้เห็นข้อเท็จจริงที่ว่าประเทศไทยอาจต้องเผชิญกับภาวะการถดถอยชายฝั่งอย่างรุนแรงในอนาคตอันใกล้หากไม่มีมาตรการที่จะถูกนำไปหยุดการทรุดตัวของแผ่นดินที่อยู่ใกล้ชายฝั่ง (Sojisuporn et al, 2013)
- การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในทะเลอันดามันนั้น มีงานวิจัยที่ดำเนินการศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากสถานีวัดระดับน้ำกรมเจ้าท่า กระทรวงคมนาคม บริเวณอันดามัน จำนวน 5 สถานี พบการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเล มีค่าเพิ่มขึ้นสอดคล้องกันทั้งหมด ในอัตราการเพิ่มขึ้น 1.30 - 36.70 มิลลิเมตรต่อปี (กิรพัฒน์ และสมปรารถนา, 2555)
- การศึกษาด้านผลกระทบการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยในช่วงแรก ๆ ยังเน้นเรื่องผลกระทบด้านกายภาพ (physical) เป็นหลัก ตัวอย่างกรณีศึกษาบริเวณเมืองชายฝั่ง กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อภาวะน้ำท่วมบริเวณเมืองชายฝั่ง กรณีศึกษา: กรุงเทพมหานคร โดยใช้ภาพฉายอนาคตการเพิ่มขึ้นของระดับทะเล 50 เซนติเมตร และ 100 เซนติเมตร ซึ่งอ้างอิงจากรายงานของ IPCC AR3 (2001) ทำการประเมินผลกระทบภาวะน้ำท่วมโดยเปรียบเทียบระดับน้ำท่วมจากเหตุการณ์น้ำท่วมกรุงเทพฯ เมื่อปี 1995 (พ.ศ.2538) โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา (Hydrologiccal model) ผลการศึกษาพบว่า กรุงเทพฯ มีพื้นที่ที่ถูกน้ำท่วมอันเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในระดับ 50 เซนติเมตร ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ และการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในระดับ 100 เซนติเมตร ประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพิ่มขึ้นจากเหตุการณ์น้ำท่วมเมื่อปี 1995 (พ.ศ.2538) ถึง 16 เปอร์เซ็นต์ และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวยังไม่ได้นำเรื่องโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม อาทิ เขื่อนป้องกันบริเวณด้านทิศตะวันตก และตะวันออกของเมืองกรุงเทพฯ ระบบสูบน้ำและระบายน้ำ รวมถึงการผันน้ำเข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ด้วย อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาดังกล่าวก็เป็นจุดเริ่มต้นเพื่อสร้างความตระหนักถึงความเสี่ยงภาวะน้ำท่วมอันอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตให้กับผู้วางนโยบายเพื่อการบริหารจัดการความเสี่ยงภาวะน้ำท่วมต่อไปในอนาคต (Dutta and NIU, 2005)

- การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคตไม่ได้เป็นรูปแบบเช่นเดียวกับในอดีต รูปแบบภูมิอากาศในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงในอัตราก้าวหน้าเนื่องจากผลกระทบที่เกิดจากภาวะโลกร้อน การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทยโดยการใช้เครื่องมือ Dynamic Interactive Vulnerability Assessment (DIVA), ซึ่งพัฒนาโดย DINAS-COAST Consortium (www.dinas-coast.net) แสดงให้เห็นว่าระดับน้ำทะเลปานกลางบริเวณจังหวัดกระบี่ในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) และ 2050 (พ.ศ.2593) จะเพิ่มขึ้น 11 เซนติเมตร และ 21 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อเทียบกับช่วงปีฐาน คือ ปี ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) นอกจากนั้น อิทธิพลจากลมท้องถิ่นก็ยังมีผลทำให้ระดับน้ำทะสูงเพิ่มมากขึ้นในบางฤดูกาลอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008) และการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลนี้จะส่งผลกระทบสืบเนื่องต่อไปยังระบบนิเวศชายฝั่ง โดยเฉพาะผลกระทบต่อเสถียรภาพของชายฝั่ง (รูปที่ 6.24) และการปนเปื้อนของน้ำเค็มในชั้นน้ำจืดหรือบ่อน้ำตื้นบริเวณชายฝั่ง (รูปที่ 6.25) (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008)



รูปที่ 6.24
ตัวอย่างผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำทะเลต่อการเสียเสถียรภาพชายฝั่งบริเวณจังหวัดกระบี่

ที่มา
Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008

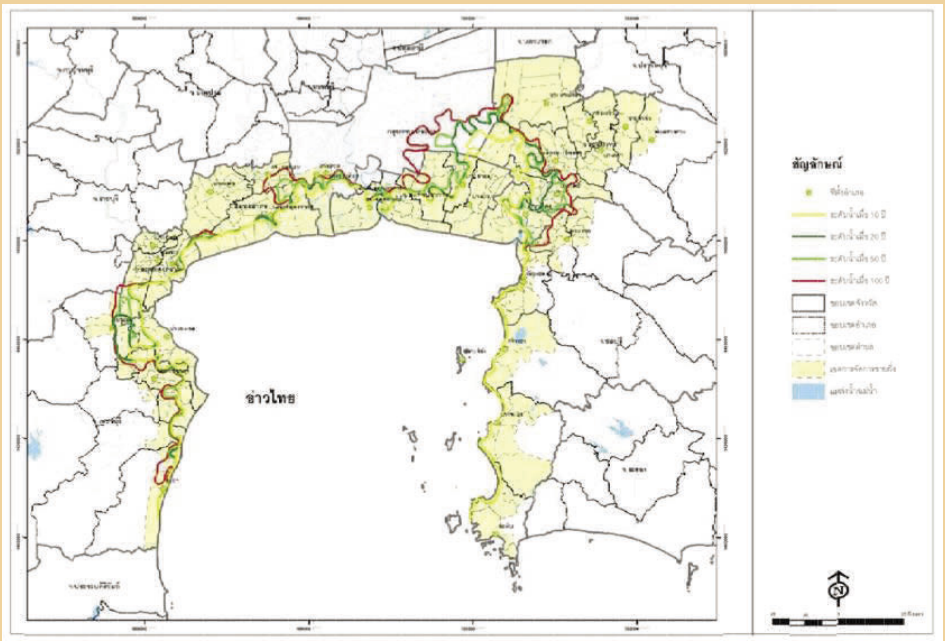


รูปที่ 6.25
ตัวอย่างผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลและการปนเปื้อนของน้ำเค็มต่อบ่อน้ำจืดบริเวณชายฝั่งจังหวัดกระบี่

ที่มา
Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008

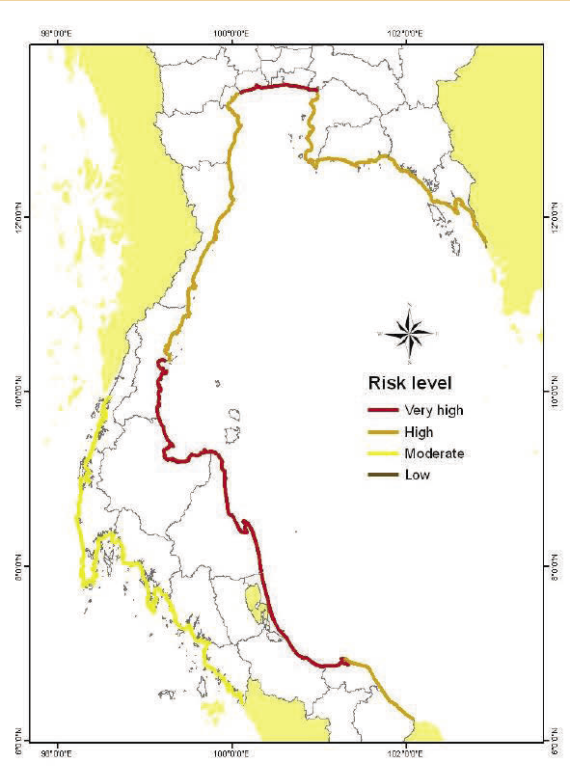
- งานศึกษาที่ทำการจำลองระดับน้ำทะเลของจังหวัดกระบี่ โดยแบบจำลอง DIVA แสดงให้เห็นว่าระดับทะเลเฉลี่ยของจังหวัดกระบี่ในอนาคตจะเพิ่มขึ้นอย่างสัมบูรณ์ สำหรับสถานะการณ์อนาคต SRES A2 High Sea Level เทียบกับปีฐาน (ค.ศ.1995; พ.ศ.2538) พบว่าอัตราการเพิ่มขึ้นเฉลี่ยของระดับน้ำสัมบูรณ์ในแต่ละช่วง 30 ปีในอนาคตจะสูงประมาณ 5, 13 และ 26 มิลลิเมตรต่อปี สำหรับช่วงปี ค.ศ.2010-2039 (พ.ศ.2553-2582), 2040-2069 (พ.ศ. 2583-2612) และ 2070-2099 (พ.ศ.2613-2642) ตามลำดับ นอกจากการเพิ่มขึ้นอย่างสัมบูรณ์ของระดับทะเลเฉลี่ยแล้ว การศึกษาดังกล่าวยังได้พิจารณาการเคลื่อนที่ทางดิ่งของพื้นที่ชายฝั่งซึ่งส่งผลให้ระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์กับระดับแผ่นดินด้วย โดยชายฝั่งทะเลในภาคใต้ของประเทศไทยทั้งสองฝั่ง (อ่าวไทยและอันดามัน) เคยเป็นชายฝั่งแบบยกตัว แต่หลังจากการเกิดแผ่นดินไหวเมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ชายฝั่งทั้งหมดมีแนวโน้มที่จะปรับการเคลื่อนที่ทางดิ่งเป็นแบบจมตัว การศึกษาโดยภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับสถานีอ้างอิงที่ภูเก็ต พบอัตราจมตัวในทางดิ่งอยู่ที่ประมาณ 9.1 มิลลิเมตรต่อปี และใช้ค่าดังกล่าวเป็นเกณฑ์สำหรับจังหวัดกระบี่เพื่อหาค่าระดับสัมพัทธ์ทางดิ่งของผิวหน้าทะเลเทียบกับระดับของแผ่นดินในอนาคตจะพบว่าในระยะอันใกล้ (ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582) การจมตัวของแผ่นดินชายฝั่งจะคงยังมีนัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับทะเลสัมพัทธ์มากกว่าการเปลี่ยนแปลงระดับทะเลสัมบูรณ์เนื่องมาจากภาวะโลกร้อน แต่ปัจจัยทั้งสองนี้จะเริ่มมีความสำคัญใกล้เคียงกันในช่วงปลายของศตวรรษ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยฯ, 2554)
- ผลการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน (จังหวัดชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพ สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี) โดยการสร้างสถานการณ์จำลอง 6 แบบ ประกอบด้วยปัจจัยการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 5 มิลลิเมตรต่อปี จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ในปัจจุบัน (พ.ศ.2555; ค.ศ.2012) ร่วมกับการทรุดตัวของแผ่นดินที่ลุ่มอ่าวไทยตอนบนเท่ากับ 14 มิลลิเมตรต่อปี อันเนื่องมาจากการสูบน้ำบาดาลในระยะ 10 และ 20 ปีข้างหน้า เป็นกรณีที่ 1 และ 2 ภายหลังคาดการว่าการทรุดจะหยุดลงอันเนื่องจากสามารถควบคุมการสูบน้ำบาดาลได้ แต่ยังพบการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอัตรา 5 มิลลิเมตรต่อปี ในระยะ 50 และ 100 ปีข้างหน้า เป็นกรณีที่ 3 และ 4 และ 2 กรณีสุดท้าย คือ กรณีที่ 5 และ 6 เป็นกรณีที่การทรุดตัวของแผ่นดินยังไม่หยุดในระยะ 50 และ 100 ปี ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทยทำให้เกิดการรุกล้ำของน้ำทะเลในอ่าวไทยในช่วงอีก 20 ปีข้างหน้ามากกว่าในช่วง 10 ปีข้างหน้า โดยพื้นที่ที่มีน้ำทะเลรุกล้ำมากที่สุด คือ พื้นที่ชายฝั่งตอนเหนือของอ่าวไทย โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ชายฝั่งระหว่างแม่น้ำเจ้าพระยากับแม่น้ำท่าจีน (รูปที่ 6.26) และเมื่อพิจารณาร่วมกับการทรุดตัวของแผ่นดินของพื้นที่ชายฝั่งอันเนื่องมาจากสาเหตุการสูบน้ำบาดาล จะพบว่าการรุกตัวของทะเลจะมีความรุนแรงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด (บริษัทเทสโก้ จำกัด, 2555)

ในประเด็นของผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คณะผู้วิจัยได้มีการคาดการณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับตัวทรัพยากรชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้ 1) กลุ่มทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งที่มีความเปราะบางมาก (most vulnerability) ต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้มีข้อจำกัดในการปรับตัวสูง ได้แก่ ป่าชายเลน สัตว์ทะเลต่าง ๆ นกชายฝั่ง และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งทะเล และ 2) กลุ่มทรัพยากรธรรมชาติบริเวณชายฝั่งที่มีความเปราะบางน้อย (least vulnerability) ต่อการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ทรัพยากรเหล่านี้มีความสามารถในการปรับตัวได้ดี ได้แก่ ทรัพยากรปะการัง หญ้าทะเล แหล่งทรัพยากรประมง แพลงก์ตอน และสัตว์ทะเลหน้าดิน เป็นต้น (บริษัทเทสโก้ จำกัด, 2555)



รูปที่ 6.26 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในกรณีต่างๆ
(ที่มา: บริษัทเทสโก้ จำกัด, 2555)

- การศึกษาประเมินความเสี่ยงที่พื้นที่ชายฝั่งทะเลของประเทศไทยและจัดลำดับพื้นที่วิกฤตในบริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะทางธรรมชาติของแต่ละพื้นที่ และปัจจัยกำหนดความเสี่ยงที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ จากการศึกษาพบว่า โดยรวมแล้วชายฝั่งของประเทศไทยจัดว่ามีแนวโน้มระดับความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตที่ค่อนข้างรุนแรง โดยผลจากการศึกษา 12 ส่วนย่อยของพื้นที่ชายฝั่งทะเลไทย พบว่าพื้นที่ชายฝั่งจำนวน 4 แห่งถูกระบุว่ามีระดับผลกระทบรุนแรงมากที่สุด (VH) พื้นที่ชายฝั่งจำนวน 6 แห่งถูกระบุว่ามีระดับผลกระทบสูง (H) และสำหรับระดับผลกระทบที่ต่ำที่สุดของผลการศึกษาในครั้งนี้ อยู่ที่ระดับผลกระทบปานกลาง (M) ซึ่งมีพื้นที่ชายฝั่งจำนวน 2 แห่งเท่านั้น และไม่มีชายฝั่งไทยที่ได้รับผลการประเมินความเสี่ยงที่ระดับผลกระทบต่ำ (L) (รูปที่ 6.27) ผลการศึกษาพอสรุปโดยสังเขปได้ว่า พื้นที่ชายฝั่งประเทศไทยที่มีความเสี่ยงสูงมีโอกาสได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอย่างรุนแรง ทั้งจากปัญหาชายฝั่งถูกกัดเซาะรวมถึงแนวโน้มการเพิ่มสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกำหนดมาตรการรองรับและปรับตัวอย่างเร่งด่วนเพื่อบรรเทาผลกระทบและความสูญเสีย ได้แก่ ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนใน จ.ฉะเชิงเทรา - สมุทรสาคร และชายฝั่งทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันตก ตั้งแต่บริเวณอ่าวสวี - อ่าวบ้านดอน ชายฝั่งทะเล นครศรีธรรมราช และชายฝั่งทะเล จ.สงขลา - แหลมโพธิ์ ปัตตานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงรวมในระดับรุนแรง (VH) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงถูกกัดเซาะชายฝั่งอยู่แล้วในปัจจุบัน (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



รูปที่ 6.27
ระดับความเสี่ยงชายฝั่งเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

ที่มา
(สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

<u>การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

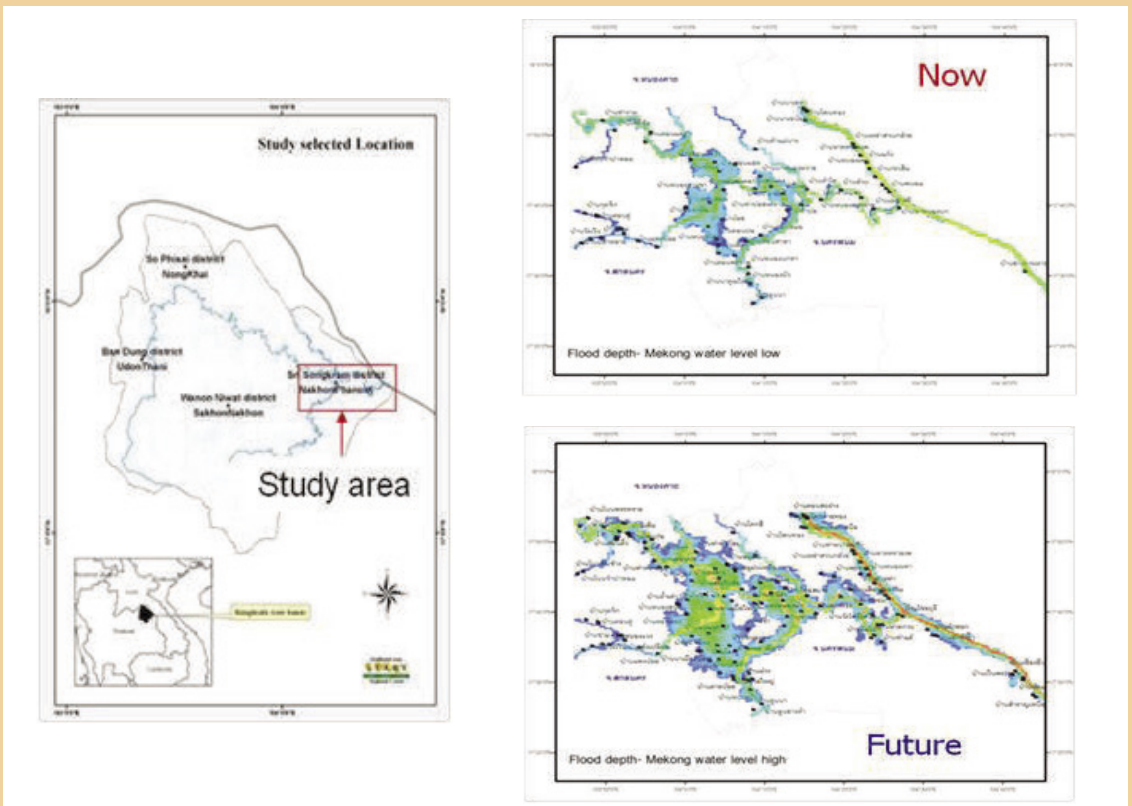
- การศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับระบบนิเวศและชีวกายภาพเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงและเปราะบาง (vulnerability area) ต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระดับพื้นที่ (area base) โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ (2556) งานวิจัยดังกล่าวยังได้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พื้นที่แหล่งน้ำ และการปรับตัวหรือตั้งรับของพื้นที่ รวมทั้งผลการศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อพื้นที่จากปัจจัยหลัก 2 ด้าน คือ ความหลากหลายทางชีวภาพและเศรษฐกิจ สังคม (สำหรับผลกระทบด้านเศรษฐกิจและสังคม ผู้วิจัยใช้การประเมินการรับรู้และความเข้าใจ ตลอดจนความตระหนักของประชาชนในพื้นที่) พบว่าเกือบทุกพื้นที่ตัวแทนการศึกษาเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงและเปราะบางสูง แม้ว่าบางพื้นที่มีระดับความเปราะบางปานกลางแต่อาจมีความเป็นไปได้ที่จะยกระดับกลายเป็นพื้นที่ที่มีความเปราะบางสูง หากพื้นที่นั้นไม่มีการตั้งรับหรือปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เนื่องจากความเปราะบางเป็นการเปรียบเทียบระหว่างระดับความเสี่ยง (risk) กับความสามารถในการตั้งรับหรือปรับตัว (coping capacity) งานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนวทางการดำเนินงานที่เหมาะสมสำหรับการปรับตัวในระดับพื้นที่ (area base) สำหรับระบบนิเวศภูเขา และนิเวศป่าไม้ โดยเน้นไปที่การจัดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมและมีความเป็นธรรม รวมถึงรัฐบาลควรมีการปรับนโยบายที่สะท้อนให้เห็นถึงการปรับบทบาทของทรัพยากรป่าไม้ โดยการพิจารณาด้านการบริการของระบบนิเวศ (Ecosystem services) ซึ่งหมายรวมถึงคาร์บอนเครดิตและความหลากหลายทางชีวภาพ (carbon credit and biodiversity) และกำหนดมาตรการที่เหมาะสม โดยที่ไม่ทำให้สถานการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้เลวร้ายลงไปกว่าเดิม เพื่อให้ทรัพยากรส่วนนี้นอกจากจะไม่สร้างปัญหาทางระบบนิเวศแล้วยังสามารถเป็นส่วนช่วยในการลดและบรรเทาผลกระทบ (mitigation) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย การตั้งรับและปรับตัวในส่วนของระบบนิเวศป่าไม้และระบบนิเวศภูเขา นับว่ามีความซับซ้อนมาก แต่ถึงกระนั้นก็สามารถดำเนินการได้โดยให้ชุมชนมีส่วนร่วม (participatory) ในการบริหารจัดการและรับผิดชอบ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2556)

- ป่าชายเลนซึ่งมีความสำคัญในการเป็นแนวป้องกันชายฝั่ง โดยทำหน้าที่ป้องกันผลกระทบจากคลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surges) และยังเป็นแหล่งวางไข่ของปลาและหอยต่าง ๆ ดังนั้นป่าชายเลนจึงเป็นแหล่งอาหารและเป็นแหล่งฟืนที่สำคัญสำหรับชุมชนท้องถิ่น อีกทั้งทำให้เกิดการหมุนเวียนสารอาหารจากบริเวณต้นน้ำ และเป็นระบบนิเวศที่ช่วยปรับคุณภาพน้ำให้ดีขึ้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอีก 25 ปีข้างหน้าอาจส่งผลให้พื้นที่ป่าชายเลนบริเวณจังหวัดกระบี่ลดลงโดยเฉลี่ย 18 เมตร ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่ควรคำนึงว่า จะต้องมีวางแผนก่อสร้างถนนหรือสาธารณูปโภคอื่น ๆ ให้ห่างจากพื้นที่ป่าชายเลนเพื่อให้มีพื้นที่ที่ป่าชายเลนสามารถขยายรุ่นเข้ามาในแผ่นดินได้มากขึ้นในอนาคต (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008)

6.1.4 ด้านการตั้งถิ่นฐาน ชุมชน ผังเมือง และระบบโครงสร้างพื้นฐาน

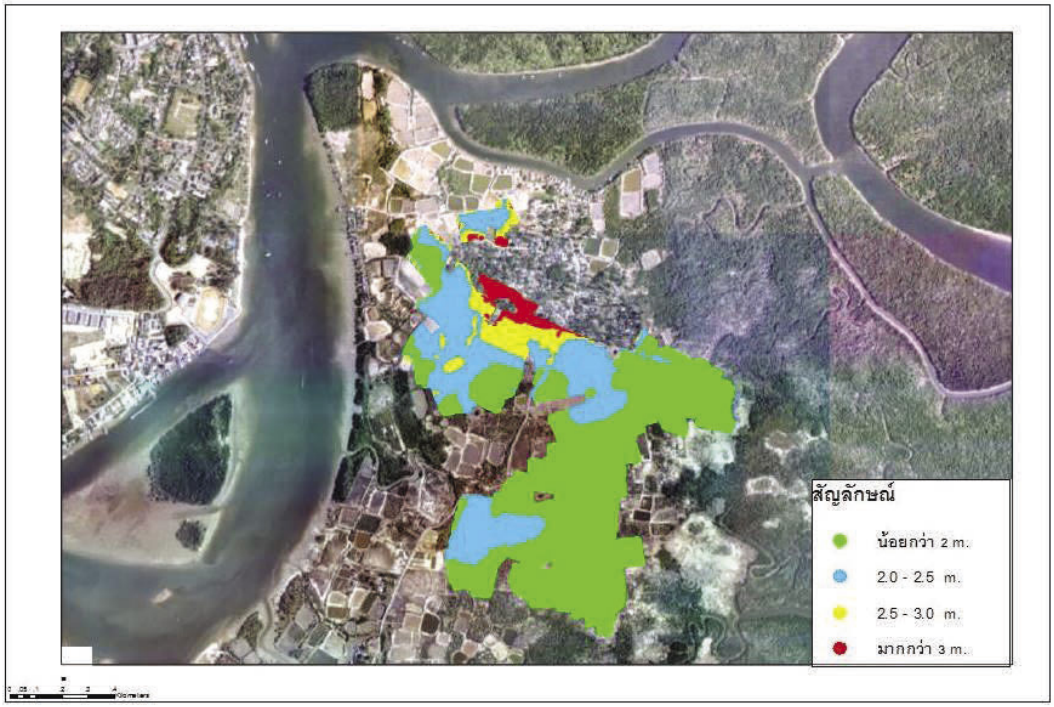
การตั้งถิ่นฐานชุมชนต่างๆ มีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลสืบเนื่องจากการที่พื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมหรือภัยพิบัติอื่นๆ ที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ส่งผลให้พื้นที่เมืองและชุมชนต่างๆ ตกอยู่ในความเสี่ยงที่ต่างไปจากปัจจุบัน และควรจะต้องหาแนวทางปรับตัวเพื่อให้ชุมชนเหล่านั้นมีความเข้มแข็งมั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

- การศึกษาโดยกลุ่ม Water Utilization Program – Finland team (WUP Fin) ที่ Mekong River Commission (MRC) แสดงให้เห็นผลของขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำสงครามที่จะเปลี่ยนไปภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามการจำลองสถานการณ์สภาพอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM โดย CSIRO ภายใต้เงื่อนไขสภาพอากาศเมื่อปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเป็น 720 หนึ่งส่วนในล้านส่วน (Southeast Asia START Regional Center, 2006) ซึ่งผลการศึกษาบ่งชี้ว่า ปริมาณฝนในลุ่มน้ำโขงในอนาคตอาจทำให้สภาพน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำสงครามตอนล่างมีขอบเขตที่กว้างกว่าปัจจุบัน และอาจส่งผลกระทบต่อสภาพความเป็นอยู่ของชุมชน (รูปที่ 6.28)



รูปที่ 6.28 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่น้ำท่วมต่อการตั้งถิ่นฐานชุมชนในลุ่มน้ำสงครามตอนล่าง
(ที่มา: Southeast Asia START Regional Center, 2006)

- ปัญหาน้ำเค็มที่รุกเข้าท่วมพื้นที่นาข้าวในพื้นที่บ้านเกาะกลาง ตำบลคลองประสงค์ จังหวัดกระบี่ อันเนื่องมาจากการหนุนสูงของระดับน้ำทะเลเนื่องด้วยปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นความแปรปรวนของสภาพอากาศเนื่องจากลมมรสุม การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลเนื่องจากปัจจัยระดับมหาสมุทร อันเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของชาวนาไม่สามารถปลูกข้าวในบริเวณพื้นที่หมู่ 1 และหมู่ 2 ซึ่งเป็นพื้นที่นาที่สำคัญของบ้านเกาะกลางได้ การศึกษาความถี่ของการเกิดน้ำทะเลหนุนท่วมพื้นที่นาข้าวในอดีตและความเสี่ยงในอนาคต โดยคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงระดับทะเลเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม DIVA สำหรับสถานการณ์ SRES A2 และการเคลื่อนตัวทางดิ่งของแผ่นดินในแต่ละช่วงเวลา เพื่อหาระดับทะเลสัมพัทธ์กับระดับของแผ่นดิน (เมตร) จากนั้นวิเคราะห์หาความแปรปรวนของระดับน้ำเกิดสูงสุดรายเดือนเนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมในอนาคตจากแบบจำลอง PRECIS ที่ปรับแก้การเพิ่มขึ้นของระดับทะเลสัมบูรณ์เนื่องมาจากภาวะโลกร้อนตามสถานะการณ์อนาคตแบบ A2 จะพบว่าถึงแม้ว่าระดับน้ำเกิดสูงสุดสัมบูรณ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลโลกแต่ความแปรปรวนของระดับน้ำเกิดสูงสุดภายในแต่ละเดือนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ย หรืออีกนัยหนึ่งอิทธิพลจากลมมรสุมในแต่ละปีมีแนวโน้มที่จะมีความเป็นระเบียบมากขึ้นในอนาคต โดยเฉพาะในระยะยาว เมื่อประเมินความถี่ของการเกิดน้ำทะเลหนุนท่วมพื้นที่นาข้าวในอดีตและความเสี่ยงในอนาคต พบว่าความรุนแรงของการเกิดน้ำท่วมจากน้ำทะเลหนุนสูงเนื่องจากลมมรสุมกับทั้งระดับน้ำเกิดสูงสุดและระดับความสูงของผิวดินแต่ละแห่งสามารถจำแนกความถี่ของการเกิดน้ำทะเลท่วมได้ โดยพื้นที่นาหรือที่เคยเป็นนาส่วนใหญ่ (513.1 ไร่ หรือ 83 เปอร์เซ็นต์) ในช่วงปีฐาน (อดีต-ปัจจุบัน) ซึ่งกระจายตัวอยู่ที่ระดับความสูง 1.5 – 2.5 เมตรจากระดับทะเลปานปานกลาง; MSLo ในขณะที่น้ำทะเลสามารถหนุนสูงขึ้นไปได้ถึงระดับ 1.75 เมตรจาก MSLo ในอนาคตพื้นที่ที่ในปัจจุบันไม่เคยท่วมก็จากท่วมเพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากระดับทะเลที่สูงขึ้นผนวกกับการทรุดตัวของแผ่นดินชายฝั่ง โดยน้ำทะเลจะรุกเข้าไปได้จนถึงแนวเส้นชั้นความสูงที่ในช่วงปีฐานเคยอยู่เหนือกว่า MSLo ถึง 2.25, 2.75 และ 3.25 เมตร ในช่วงปี ค.ศ.2010-2039 (พ.ศ.2553-2582), 2040-2069 (พ.ศ.2583-2612) และ 2070-2099 (พ.ศ.2613-2642) ตามลำดับ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554)



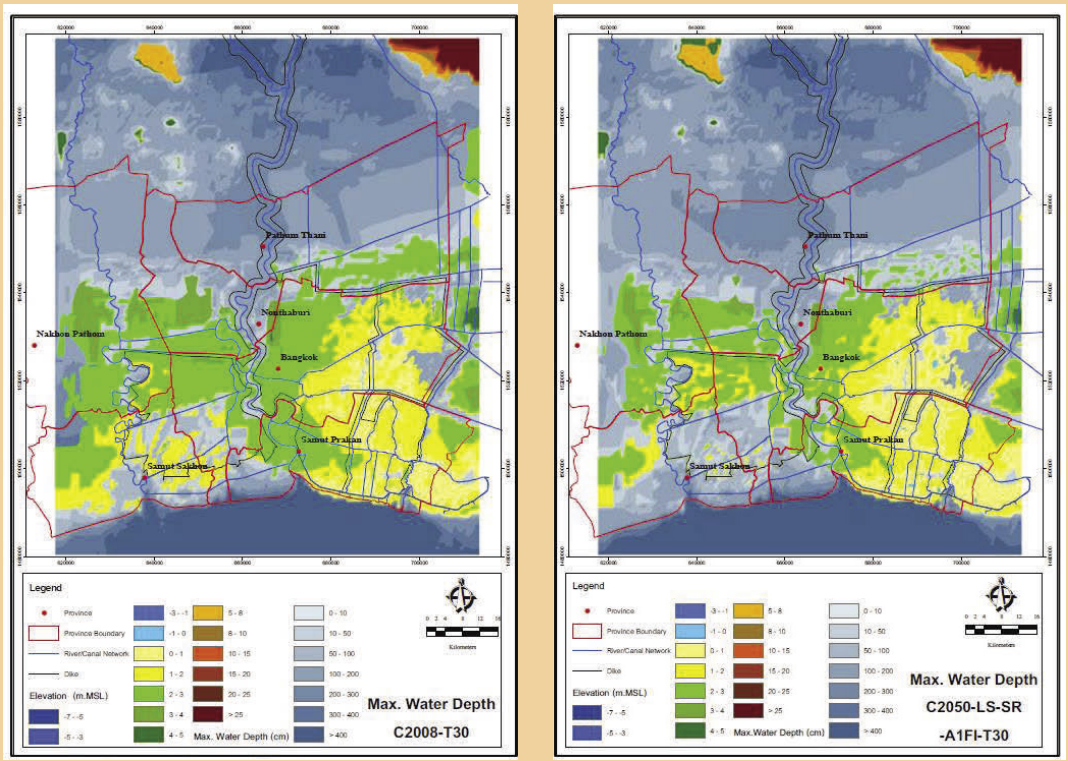
รูปที่ 6.29 ระดับชั้นความสูงของพื้นที่นาในปัจจุบันที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำทะเลหนุนท่วม
(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554)

- การเปลี่ยนแปลงด้านอุณหภูมิ โดยเฉพาะการที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นนั้น จะส่งผลกระทบต่อความต้องการการใช้ไฟฟ้า การศึกษาซึ่งได้ประเมินความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศไทยรายวันในช่วงฤดูกาลต่างๆ แสดงให้เห็นผลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก HadCM3 ว่า ประเทศไทยจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งตรงกับช่วงที่มีความต้องการใช้ไฟฟ้าในประเทศสูงสุดด้วยเช่นกัน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิภายใต้เงื่อนไขสถานการณ์ที่ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นตามภาพฉายอนาคตแบบ A1/A2/B1 และ B2 อาจส่งผลให้ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดเพิ่มขึ้น 1.5-3.1 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) และเพิ่มขึ้น 13.7-8.3 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงทศวรรษ ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) และ 6.6-15.3 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการคาดการณ์ความต้องการการใช้ไฟฟ้าโดยพิจารณาการเติบโตทางเศรษฐกิจเพียงอย่างเดียวและไม่ได้คำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจจะทำให้ให้ผลที่ได้จากการคาดการณ์ต่ำกว่าความเป็นจริง (Parkpoom and Harrison, 2008)

<u>การศึกษาด้านความเสี่ยงและภาวะเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

- ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สำคัญจะเกิดขึ้นกับระบบโครงสร้างพื้นฐานจะเป็นผลมาจากสภาพอากาศรุนแรง (Extreme weather events) มากกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual climate change) ทั้งนี้ประเด็นที่พึงพิจารณาคือสภาพอากาศรุนแรงนี้อาจเปลี่ยนแปลงทั้งความถี่และระดับความรุนแรงในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ระบบโครงสร้างพื้นฐานที่จะมีโอกาสได้รับผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับที่สูงและอาจไม่สามารถดำรงหน้าที่ตามที่ได้รับการออกแบบไว้ ได้แก่ ระบบโครงสร้างที่ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งหรือพื้นที่ลุ่มต่ำปากแม่น้ำ และระบบโครงสร้างตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงจากการเกิดสภาพอากาศรุนแรง/ภัยพิบัติ เป็นต้น ซึ่งการศึกษาถึงพื้นที่เสี่ยงในประเทศไทยที่มีโอกาสจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อที่ตั้งอยู่บริเวณชายฝั่ง ได้แก่ พื้นที่เขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล โดยการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลพื้นฐานจากรายงานวิเคราะห์เรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ครั้งที่ 4 (AR4) ของ IPCC มาประมวลซึ่งคาดว่าจะส่งผลให้ระดับอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ (Local mean temperature) เพิ่มขึ้นระหว่าง 1.2-1.9°C ขณะที่ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้น 2-3 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้ภาพฉายอนาคตการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแนวทาง IPCC SRES B1 และ A1FI ตามลำดับ ผนวกกับการคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่ออุทกวิทยาในบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ และปริมณฑล ซึ่งมีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการทรุดตัวของแผ่นดิน (ระหว่าง 0.05-0.30 เมตร ตามแต่ละพื้นที่) และการเกิด Storm Surge (ความสูงมากที่สุดที่ 0.61 เมตร ในพื้นที่บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา) รวมถึงแนวโน้มการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานในอนาคต ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ในช่วงปี 2050 พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำท่วมของเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลจะขยายตัวกว้างขึ้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (ภายใต้สถานการณ์ A1FI) และระยะเวลาการท่วมยาวนานขึ้นโดยบางพื้นที่อาจกินเวลายาวนานกว่า 1 เดือน ขณะที่ระดับน้ำท่วมอาจเพิ่มสูงขึ้นด้วยตามปริมาณน้ำฝนที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้น รวมถึงการเกิด Storm Surge ที่อาจส่งผลให้พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ ภายในปี 2050 (พ.ศ. 2593) การศึกษาข้างต้น ยังชี้ให้เห็นว่า แนวโน้มการเกิดภาวะน้ำท่วมมากขึ้นในอนาคตที่เป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจก่อให้เกิดความเสียหายคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่าจากปัจจุบันภายในปี 2050 (พ.ศ.2593) (กล่าวคือเพิ่มขึ้นจากประมาณ 35,000 ล้านบาท ณ ราคาปัจจุบัน เป็นประมาณ 148,000 ล้านบาท) อย่างไรก็ดี สาเหตุหลักของความเสียหายนี้เป็นผลมาจากภาวะการทรุดตัวของแผ่นดิน (คิดเป็น 70 เปอร์เซ็นต์) โดยอาคารบ้านเรือนที่พักอาศัยเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่มีโอกาสได้รับผลกระทบสูงสุด คิดเป็นมูลค่าความเสียหาย (Partial damage) ไม่น้อยกว่า 110,000 ล้านบาท (ณ ราคาปัจจุบัน) โดยพื้นที่เสี่ยงสูง ได้แก่ เขตบางขุนเทียน บางบอน บางแค และพระสมุทรเจดีย์ ทั้งนี้ ภาคเอกชนยังอาจได้รับผลกระทบต้นทุนค่าเสียโอกาสหากต้องหยุดกิจการเนื่องจากประสบปัญหาน้ำท่วมคิดเป็นมูลค่าไม่ต่ำกว่า 22,000 ล้านบาท และ 10,000 ล้านบาท ในภาคธุรกิจ (Commercial) และภาคอุตสาหกรรม (Industrial) ตามลำดับ อย่างไรก็ดี แม้ว่าผลการศึกษาดังกล่าวจะเป็นการศึกษาในกรอบพื้นที่ที่จำกัด แต่ก็ได้ระบุให้เห็นถึงนัยสำคัญของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นต่อระบบโครงสร้างพื้นฐานที่ประเทศไทยจำเป็นต้องให้ความสำคัญ และเตรียมพร้อมพัฒนา

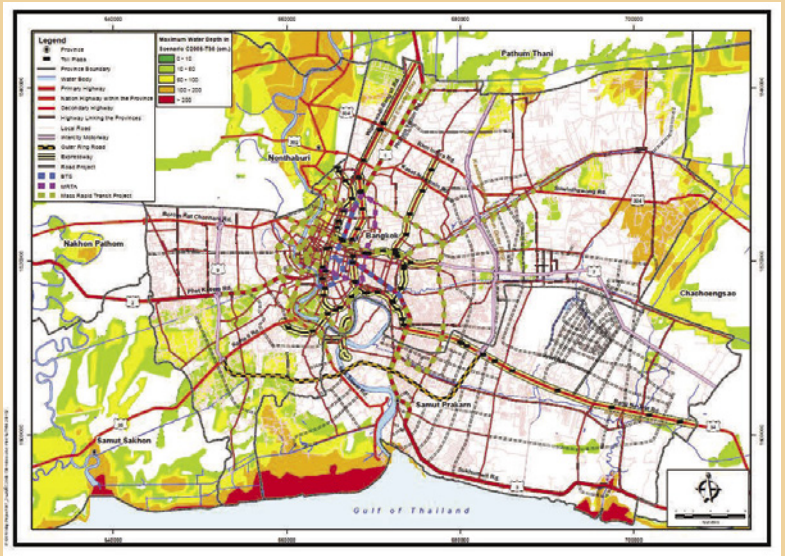
องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากปัจจุบันเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางที่เหมาะสมและเป็นรูปธรรมในการรับมือกับผลกระทบ รวมถึงเตรียมวางแผนการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานของประเทศในอนาคต ที่มีความเหมาะสมสอดคล้องกับบริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อไป (Panya Consultant, 2009)



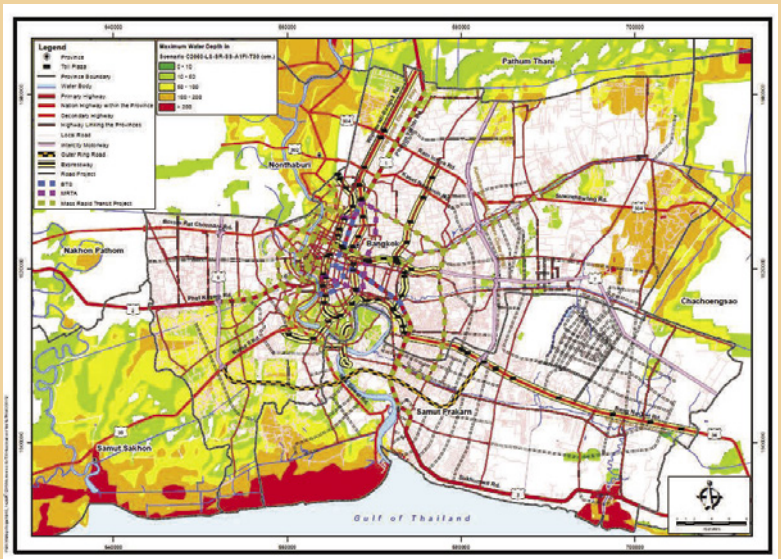
ก. ข.

รูปที่ 6.30 ความลึกระดับน้ำสูงสุดจากเหตุการณ์น้ำท่วมการคาดการณ์เปรียบเทียบ
(ก) ช่วงระยะเวลาปัจจุบัน (C2008-T30) และ (ข) ช่วงอนาคต (C2050-LS-SR-A1FI-T30)
(ที่มา: Panya Consultant, 2009)

ก



ข



รูปที่ 6.31 ผลกระทบจากน้ำท่วมต่อโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งเปรียบเทียบกรณีศึกษา
(ก) ช่วงระยะเวลาปัจจุบัน (C2008-T30) และ (ข) ช่วงอนาคต (C2050-LS-SR-SS-A1FI-T30)
(ที่มา: Panya Consultant, 2009)

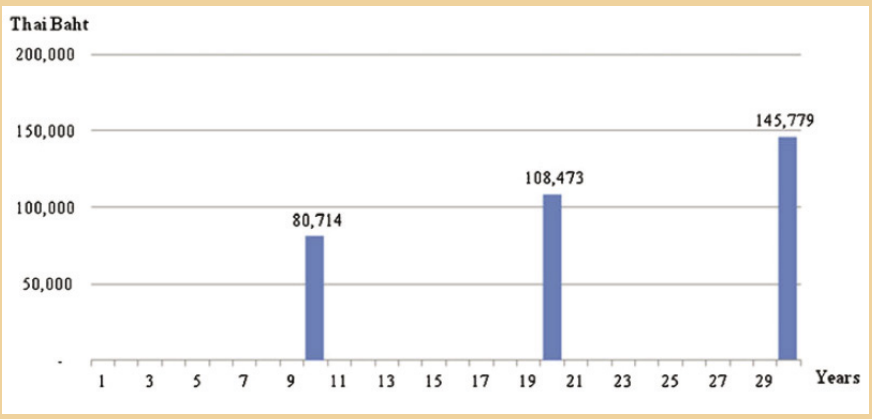
- การศึกษาและประเมินความเสี่ยงชุมชนชายฝั่งทะเลในระดับพื้นที่ ตัวอย่างเช่นงานของมูลนิธิรักษ์ไทยซึ่งดำเนินการในพื้นที่ 4 จังหวัดชายฝั่งทะเลภาคใต้ ทั้งฝั่งอ่าวไทย (จังหวัดชุมพร และนครศรีธรรมราช) และฝั่งอันดามัน (จังหวัดตรังและกระบี่) ซึ่งการศึกษาดังกล่าวได้พยายามเชื่อมโยงปัจจัยด้านภูมิอากาศกับภาคส่วน / กิจกรรมด้านอาชีพของชุมชนฝั่ง ซึ่งพบว่า ภาคส่วน/ กิจกรรม/ อาชีพของชุมชนที่มีความเสี่ยงจะได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ กิจกรรมการประมง (จับ) โดยเฉพาะเรือประมงขนาดเล็กที่จะไม่สามารถออกทำการประมงในช่วงฤดูมรสุมกำลังแรงในอนาคตโดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณชายฝั่งด้านตะวันตก (อันดามัน) ได้แก่ จังหวัดตรังและกระบี่ ผลการศึกษาระบุว่า มรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีกำลังแรงในช่วงอนาคต (ค.ศ.2030-2049; พ.ศ.2573-2592) ส่วนกิจกรรมด้านการเกษตร ซึ่งพืชหลักสำคัญ ได้แก่ ปาล์มน้ำมันและยางพารา ผลการศึกษาจากแบบจำลองภูมิอากาศระบุว่า ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยไม่ได้ส่งผลกระทบมากนัก เนื่องจากปริมาณฝนรวมไม่ได้เปลี่ยนแปลงไป อย่างไรก็ดีสำหรับยางพาราอาจจะได้รับผลกระทบจากการที่จำนวนวันฝนตกลดลงในบางพื้นที่ (ชุมพรและนครศรีธรรมราช) ซึ่งเป็นผลดีต่อผลผลิตยางพารา ส่วนการตั้งถิ่นฐานบ้านเรือนบริเวณชายฝั่งของชุมชนในพื้นที่ 4 แห่งดังกล่าวผลกระทบจากการการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอนาคตจะส่งผลต่อเสถียรภาพของชายฝั่ง นอกจากนี้ผลจากการที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่มีกำลังแรงขึ้นจะยิ่งเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้เกิดคลื่นลมที่รุนแรง นำมาซึ่งการกัดเซาะชายฝั่งที่มีความรุนแรงยิ่งขึ้น (Raks Thai, 2013) นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้พยายามทำการประเมินความเปราะบางของชุมชนชายฝั่งในระดับครัวเรือนเพื่อเสริมสร้างศักยภาพในการปรับตัวของชุมชนต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (CVCA) โดยใช้ข้อมูลภาพฉายอนาคตของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศข้างต้น เพื่อมองภาพกว้าง ๆ ถึงผลกระทบจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับท้องถิ่น (จังหวัด) เพื่อเป็นแนวทางทำให้ชุมชนได้มองเห็นภาพของผลกระทบที่จะมีความเชื่อมโยงกับวิถีชีวิตและกิจกรรมการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพของชุมชนได้ชัดเจนในระดับหนึ่ง และเข้าใจถึงความไม่แน่นอนของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์หาแนวทางการรับมือ/ ปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ/หรือความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะต้องอาศัยกระบวนการการมีส่วนร่วมของชุมชน คิดวิเคราะห์โดยเน้นให้ชุมชนมีความยืดหยุ่น (resilience) ต่อสถานการณ์อนาคตไม่ว่าจะเปลี่ยนไปในรูปแบบใดก็ตาม (Raks Thai, 2013)

<u>การศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ</u>

- การศึกษาการปรับตัวของชุมชนเกษตรกรปลูกข้าวบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลบ้านเกาะกลาง ตำบลคลองประสงค์ อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ จากผลกระทบการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลอันเนื่องมาจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อพื้นที่นาซึ่งเป็นแหล่งปลูกข้าวสำคัญของชุมชนจะถูกน้ำทะเลท่วมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ โดยในปัจจุบัน เกษตรกรในชุมชนได้พยายามที่จะรับมือกับสถานการณ์ดังกล่าวด้วยการสร้างเขื่อนกันน้ำเค็มล้อมรอบพื้นที่นาข้าวอยู่แล้ว แต่จากผลการประเมินโดยคณะผู้วิจัยพบว่า ในอนาคตความถี่ของการเกิดน้ำทะเลหนุนท่วมพื้นที่นาจากน้ำทะเลหนุนสูง อันเนื่องจากลมมรสุมจะเกิดบ่อยขึ้น และกินพื้นที่บริเวณกว้างมากขึ้น งานวิจัยดังกล่าวจึงได้เสนอแนะแนวทางการรับมือกับภาวะน้ำทะเลหนุนสูง 3 แนวทาง คือ ทางเลือกที่ 1 การป้องกันโดยใช้คันกั้นน้ำเค็ม ซึ่งวิธีดังกล่าวจะใช้ได้ผลดีในช่วงอนาคตอันใกล้ (30 ปี) แต่ในอนาคตระยะยาวถัดไป เนื่องจากภาวะการทรุดตัวของแผ่นดินร่วมกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจะทำให้เขื่อนกันน้ำเค็มดังกล่าวจะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง เพื่อเพิ่มความสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งอาจจะไม่คุ้มค่ากับการลงทุน ส่วนทางเลือกที่ 2 การใช้คันกั้นน้ำเค็มร่วมกับการชดเชยความเสียหาย คันกั้นน้ำที่สร้างขึ้นอาจจะไม่สามารถป้องกันน้ำทะเลหนุนท่วมได้เต็ม 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอาจจะมีน้ำที่สูงเกินความคาดหมายหรือที่เป็นไปได้มากกว่าคือการขาดความต่อเนื่องของงบประมาณในการขยายหรือปรับปรุงความสูงของคันกั้นน้ำให้เหมาะสมตามสภาพของระดับทะเลที่เพิ่มขึ้นและการทรุดตัวของแผ่นดินในอนาคต และทางเลือกที่ 3 การปรับตัวกับความเค็มโดยเปลี่ยนพื้นที่นาที่ได้รับผลกระทบเป็นบ่อเลี้ยงปูทะเล ซึ่งเป็นกิจกรรมที่มีชาวบ้านเกาะกลางบางส่วนได้เริ่มทำในพื้นที่ที่ดินเค็มอย่างถาวรอยู่แล้ว โดยการขุดเป็นบ่อขนาด 2-3 ไร่ให้พื้นบ่อบางส่วนลึกลงไปถึงระดับน้ำลงต่ำสุดและบางส่วนปรับให้เป็นที่สูงเพื่อให้ปูขุดรูอยู่อาศัย รวมทั้งปลูกต้นไม้ชายเลนยืนต้นเพื่อให้ร่มเงาและเพิ่มสารอินทรีย์ในบ่อด้วย

ผู้วิจัยได้เสนอแนะให้เลือกใช้แนวทางแบบผสมผสาน กล่าวคือ เลือกใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม หรือคันกันน้ำเค็มเพื่อป้องกันการท่วมของน้ำทะเลในปัจจุบัน ซึ่งนับว่าเป็นการรับมือที่ได้ผลดีเพียงระยะสั้น ๆ แต่ในอนาคตหากคำนึงถึงเรื่องความแปรปรวนของภูมิอากาศ โดยเฉพาะลมมรสุมประกอบการทรุดตัวของแผ่นดินฯ ด้วยแล้ว โครงสร้างดังกล่าวที่มีอยู่ในปัจจุบันจะไม่สามารถป้องกันการท่วมของน้ำทะเลได้เพียงพอ ดังนั้นในระยะยาวชุมชนควรใช้แนวทางการรับมือโดยนำหลักการ Ecosystem based หรือการใช้ระบบนิเวศเข้ามามีส่วนช่วยให้การป้องกันหรือการอยู่ร่วมกับปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นไปได้อย่างลงตัวและเหมาะสมที่สุด โดยการปรับเปลี่ยนที่นาที่ได้รับผลกระทบจากความเค็มเป็นบ่อเลี้ยงปูทะเล ซึ่งในระยะแรก ๆ ผลตอบแทนหรือความคุ้มทุนต่อการลงทุนนั้นต่ำกว่าการใช้เขื่อนกั้นน้ำเค็ม แต่ผลตอบแทนในระยะยาวกลับพบว่า ผลตอบแทนต่อการลงทุนจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นซึ่งตรงกันข้ามกับแนวทางแรก ดังนั้นในระยะยาว การใช้ส่วนผสมของทั้งสองแนวทางระหว่างวิธีการทางวิศวกรรมและการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเลที่สอดคล้องกับความเค็มที่เพิ่มขึ้นจากระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์ที่สูงมากขึ้นน่าจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับบริบทของพื้นที่มากที่สุด (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลกงรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554)

- สำหรับพื้นที่ชุมชนชายฝั่งอ่าวไทย บริเวณตำบลพันท้ายนรสิงห์ จังหวัดสมุทรสาคร ตำบลแหลมฟ้าผ่า และตำบลคลองด่าน จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการลดลงของตะกอนชายฝั่ง การทรุดตัวของแผ่นดินชายฝั่ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล และผลกระทบจากคลื่นและลมพายุที่มีความรุนแรงอยู่เสมอ ทำให้ชุมชนเหล่านั้น ต้องมีค่าใช้จ่ายเพื่อการรับมือกับผลกระทบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าใช้จ่ายสำหรับการซ่อมแซมที่อยู่อาศัย Kulpraneet (2013) จึงได้ทำการศึกษาความต้องการค่าใช้จ่ายในการปรับตัวของครัวเรือนชุมชนชายฝั่งที่มีความเสี่ยงต่อผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในอีก 30 ปีข้างหน้า โดยวิธีการใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ครัวเรือนคาดว่าจะใช้สำหรับการซ่อมแซม/รับมือกับผลกระทบดังกล่าว ผลการศึกษาพบว่าครัวเรือนที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่ จะใช้เงินสำหรับค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับบ้านที่อยู่อาศัยและการทำฟาร์ม (พื้นที่เพาะเลี้ยงในธรรมชาติ) เป็นหลัก การประมาณค่าใช้จ่ายในการปรับตัวในอนาคตจะคิดร่วมกับอัตราเงินเฟ้อตลอด 30 ปีข้างหน้าซึ่งจะเป็นห้าเท่าของค่าใช้จ่ายในปัจจุบัน ดังนั้นครัวเรือนจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนในการออมอย่างระมัดระวัง เพื่อเป็นเงินสำรองสำหรับการซ่อมแซมที่อยู่อาศัยและฟาร์มเพื่อรับมือกับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในอนาคต ทั้งนี้ข้อมูลเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายในการปรับตัวในระดับครัวเรือนเป็นเรื่องที่ประมาณการได้ค่อนข้างยาก แต่ก็เป็นสิ่งจำเป็นและจะเป็นประโยชน์ให้กับผู้กำหนดนโยบายเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับโครงการความช่วยเหลือในอนาคต



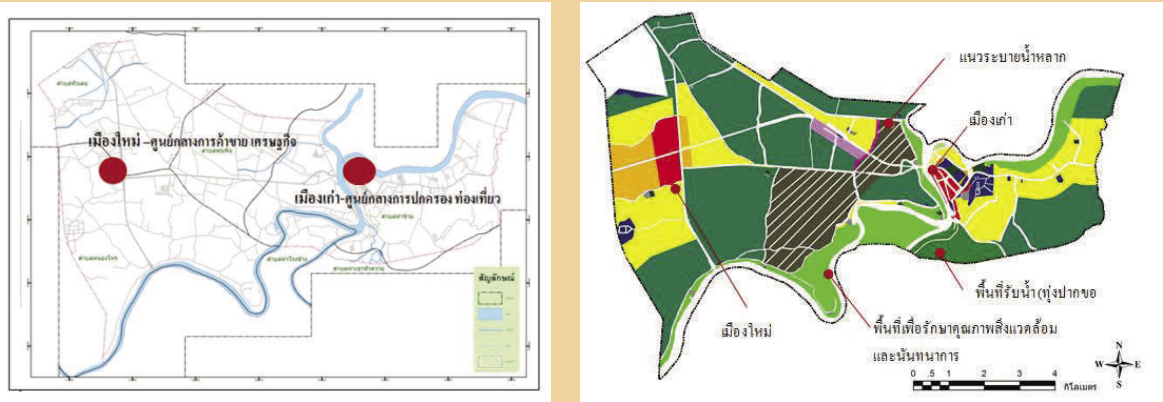
รูปที่ 6.32 ประมาณการค่าใช้จ่ายสำหรับ 'รายจ่ายที่เป็นต้นทุน' สำหรับการปรับตัวต่อผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นในช่วง 30 ปีข้างหน้ามีมูลค่าสะสมเท่ากับ 334,966 บาท (ที่มา: Kulpraneet, 2013)

- การศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยพิจารณาถึงรูปแบบบ้านเรือนในชุมชนที่อาศัยอยู่ริมน้ำภาคกลาง ที่สามารถรับมือกับผลกระทบของภาวะน้ำท่วมที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต โดยศึกษากรณีศึกษาในอำเภอเสนา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งชุมชนดังกล่าวมีลักษณะเฉพาะของบ้านพักอาศัย หรือลักษณะบ้านพื้นถิ่น และวิถีชีวิตที่มีความสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมซึ่งประสบกับปัญหาน้ำท่วมอยู่เป็นประ จำตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ผู้วิจัยได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิตและการประกอบอาชีพของชุมชนริมน้ำดังกล่าวและพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบบ้านเรือนในช่วงเวลาอดีตถึงปัจจุบัน ทำให้ความสอดคล้องของลักษณะและรูปแบบสิ่งปลูกสร้างกับสภาพน้ำท่วมเปลี่ยนแปลงไป และส่งผลให้บ้านเรือนมีขีดความสามารถในการรับมือกับภาวะน้ำท่วมลดลง เมื่อประเมินสถานการณ์อนาคตในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับภาวะน้ำท่วมที่อาจรุนแรงมากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าบ้านเรือนเหล่านี้เกิดความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายจากน้ำท่วมมากขึ้น โดยลักษณะรูปแบบบ้านพื้นถิ่นริมน้ำในชุมชนที่มีความสามารถในการรับมือต่อความเสี่ยงจากผลกระทบจากสภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้ดี คือ บ้านปูน (โครงเสริมเหล็ก) หลังคาเตี้ย มีใต้ถุน ซึ่งรูปแบบบ้านดังกล่าวจะมีความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วมน้อยที่สุด (ทั้งงานด้านโครงสร้าง ด้านสถาปัตยกรรม) แต่มีข้อเสียในเรื่องภาวะความสบายในสภาพอุณหภูมิสูง โดยจะมีความอบอ้าวกว่าบ้านไม้แบบเดิม ซึ่งมีภาวะอยู่สบายในสภาพอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธสูงกว่าและความเร็วลมต่ำกว่า อย่างไรก็ดี บ้านปูนนั้นจะมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมความเสียหายจากน้ำท่วมน้อยกว่า ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่า การปรับลักษณะรูปแบบสถาปัตยกรรมโดยอิงรูปแบบการปลูกสร้างแบบพื้นถิ่นแต่ประยุกต์ใช้วัสดุและเทคโนโลยีการก่อสร้างที่ทันสมัยจะช่วยเพิ่มความสามารถในการรับมือกับปัญหาน้ำท่วมได้ดี (ธาริณี และประติมา, 2556)
- แนวคิดเรื่องสถาปัตยกรรมที่ทนทานต่อสภาพอากาศ (climate resilient architecture) โดยอาศัยหลักการออกแบบที่ปรับเปลี่ยนได้ตามสถานการณ์ (Adaptive design) เพื่อสร้างความยืดหยุ่นต่อสถานการณ์ที่ไม่แน่นอนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตก็เป็นแนวทางหนึ่งในการปรับตัวของชุมชนเพื่อให้รับมือกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ดีขึ้น การศึกษาการพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้กรณีน้ำท่วมกับชุมชนที่ตั้งอยู่ในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม เช่น พื้นที่ริมคลอง พื้นที่ติดทางระบายน้ำ หรือพื้นที่ต่ำ ซึ่งประสบภาวะน้ำท่วมหลายลักษณะ ทั้งระยะเวลาการท่วม จำนวนครั้ง ปริมาณน้ำ ขนาดพื้นที่น้ำท่วม และความแรงของน้ำที่ท่วม โดยชุมชนที่ทำการศึกษาได้แก่ ชุมชนบ้านสันกู่ (อยู่ในพื้นที่แอ่งกะทะ) ชุมชนสามัคคีพัฒนา (อยู่ในพื้นที่ราบต่ำ คร่อมคลองสาธารณะ) และชุมชนกำแพงงาม (อยู่ในพื้นที่ราบต่ำ ริมคลอง) ซึ่งเผชิญภาวะน้ำท่วมที่แตกต่างกันตามลักษณะของพื้นที่ที่ชุมชนตั้งอยู่ การจัดทำภาพฉายอนาคตของสถานการณ์น้ำท่วมในอนาคตของทั้ง 3 ชุมชน ทำให้ทราบถึงแนวโน้มรูปแบบและระดับความเสี่ยงของครัวเรือนในชุมชนต่อภาวะน้ำท่วมในอนาคตที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไป การเสนอการปรับปรุงที่พักอาศัยโดยใช้วัสดุหาง่าย ราคาถูก โดยมีเป้าหมายให้ผู้ที่อยู่อาศัยสามารถปรับที่พักให้สามารถคงความสามารถในการใช้เป็นที่พักอาศัยได้เมื่อเกิดน้ำท่วม โดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนแบบบ้านมากนัก เช่น การสร้างโครงสร้างที่รองรับต่อการจัดทำชั้นลอยเพื่อใช้อยู่อาศัยชั่วคราว โดยถอดชิ้นส่วนในบ้านเช่น ประตู หรือแผ่นไม้ที่อาจหามาใช้ชั่วคราวมาจัดทำชั้นลอย ตลอดจนการออกแบบระบบสาธารณูปโภค ทางเดิน และระบบสุขาภิบาลที่เหมาะสมในชุมชน และสามารถปรับให้รองรับน้ำท่วมในระดับที่แตกต่างกันได้ จะช่วยลดปัญหาการดำรงชีวิตขณะเกิดน้ำท่วมได้ และสอดคล้องกับสถานะทางการเงินของครัวเรือนในชุมชนซึ่งเป็นชุมชนผู้มีรายได้น้อย การปรับตัวตามแนวทางเหล่านี้จะช่วยให้ชุมชนเมืองมีความเข้มแข็งและทนทานต่อภาวะน้ำท่วมได้ดีขึ้นทั้งจากภายใต้สภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (ณัชวิชญ์ และสืบพงศ์, 2558)



รูปที่ 6.33 ตัวอย่างรูปแบบที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมคือ “บ้านชั้นเดียว ใต้ถุนสูง” เพื่อปล่อยให้น้ำผ่านและสามารถใช้พื้นที่ใต้ถุนได้ในช่วงเวลาที่น้ำไม่ท่วม (ที่มา: ณัชวิชญ์ และสืบพงศ์, 2558)

- การศึกษาการปรับตัวของชุมชนเมืองเพื่อให้สามารถรับมือกับภาวะน้ำท่วมในอนาคตได้ดีขึ้น อาจพิจารณาได้ในแง่ของการวางผังเมืองที่เหมาะสม การศึกษาโดยใช้กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมที่เกิดขึ้นกับอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชี้ให้เห็นถึงการขยายตัวของเมืองภายใต้แผนการใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับภูมิประเทศและสถานการณ์น้ำท่วม โดยมีการขยายตัวไปในพื้นที่เสี่ยงที่ขวางทางน้ำหลากเป็นปัจจัยผลักดันที่ทำให้ความเสี่ยงของตัวเมืองพุนพินสูงขึ้น ซึ่งปัญหานี้จะมีความรุนแรงมากขึ้นภายใต้ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่บ่งชี้ถึงความเสี่ยงน้ำท่วมที่อาจรุนแรงกว่าปัจจุบัน เนื่องจากแนวโน้มปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้น และรอบการเกิดซ้ำของการเกิดฝนตกหนักนั้นมีแนวโน้มที่จะเกิดซ้ำในเวลาที่สั้น งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการปรับตัวของชุมชนต่อปัญหาน้ำท่วมและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต โดยเสนอแนวทางการวางผังเมืองเพื่อลดความเสี่ยงในอนาคต ได้แก่ การพัฒนาเมืองแบบ 2 ศูนย์กลาง การปรับปรุงข้อกำหนดการใช้ที่ดิน โดยกำหนดพื้นที่ควบคุมสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่น้ำหลาก รวมไปถึงการออกข้อกำหนดรูปแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม และโครงสร้างพื้นฐานในการรับมือกับปัญหาน้ำท่วม เช่น ทางระบายน้ำ และพนังกั้นน้ำเป็นต้น การปรับตัวตามแนวทางเหล่านี้จะช่วยให้ชุมชนเมืองมีความเข้มแข็งและทนทานต่อภาวะน้ำท่วมได้ดีขึ้นทั้งจากภายใต้สภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (วนารัตน์, 2556)



ก ข

รูปที่ 6.34 (ก) แนวคิดปรับผังเมือง และ (ข) รูปแบบการใช้ที่ดินให้สอดคล้องกับภูมิอากาศอนาคต
(ที่มา: วนารัตน์, 2556)

- บริษัทเทสโก้ จำกัด (2555) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน โดยใช้สถานการณ์จำลองการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย และได้ให้ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการบริหารจัดการชายฝั่งทะเลเพื่อรองรับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน ทั้งแนวทางและมาตรการเชิงโครงสร้าง (Hard structure) เพื่อป้องกัน รักษา รวมถึงชะลอผลกระทบอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อลักษณะทางกายภาพของชายฝั่ง อันได้แก่ การกัดเซาะ และการทรุดของพื้นที่ชายฝั่ง เป็นต้น เช่น มาตรการการกำหนดเขตและประเภทขนาดโครงสร้างเพื่อการควบคุมการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ รวมถึงการพัฒนาโครงการต่าง ๆ ที่จะมีผลต่อการทรุดตัวของพื้นที่ชายฝั่งทะเล รวมไปถึงมาตรการที่จะมีผลทำให้การสูบน้ำบาลตามแนวชายฝั่งทะเลลดลง เพื่อลดช่องว่างของชั้นน้ำบาดาลที่จะเป็นผลทำให้เกิดการทรุดตัวของแผ่นดิน รวมถึงการมีโครงสร้างเพื่อยกระดับความสูงของชายฝั่งทะเล เพื่อลดความรุนแรงของผลกระทบและมูลค่าความเสียหายทางเศรษฐกิจด้วย

  แนวทางและมาตรการที่ไม่เน้นเรื่องโครงสร้าง (Soft structure) โดยเน้นการบังคับใช้กฎหมาย การออกกฎหมายพื้นที่คุ้มครองทางสิ่งแวดล้อมตามแนวชายฝั่งทะเล ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 เพื่อให้ความคุ้มครอง และปกป้องการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ชายฝั่งทะเล ซึ่งรวมไปถึงการให้ความคุ้มครองกับพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่ยังคงมีความสมบูรณ์ ประกาศเป็นพื้นที่อนุรักษ์ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ การควบคุมการพัฒนาที่ดิน และส่งเสริมการปรับเปลี่ยนการใช้ที่ดินเพื่อลดความเสียหายมูลค่าทางเศรษฐกิจในพื้นที่เสี่ยงซึ่งได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล

  สำหรับมาตรการและแนวทางการการวิจัยและพัฒนาด้านผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง เน้นที่การจัดทำบัญชีของทรัพยากรฯ ที่มีความสุ่มเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบทั้งในแง่ การสูญพันธุ์ ความอุดมสมบูรณ์ และแหล่งที่อยู่อาศัยจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการจัดทำแผนปฏิบัติการ และกำหนดเขตพื้นที่และมาตรการคุ้มครองทรัพยากรชายฝั่งที่มีความเปราะบางต่อการได้รับผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลในอ่าวไทย

- ทางเลือกในการปรับตัวเพื่อรับมือกับน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในกรุงเทพฯ ที่เสนอโดย Panya Consultants (2009) ระบุว่าผลจากแบบจำลองน้ำท่วมในอนาคต ชี้ให้เห็นว่าแผนการรับมือรวมถึงระบบป้องกันน้ำท่วมที่มีอยู่ในปัจจุบันของกรุงเทพฯ ไม่เพียงพอหรือไม่สามารถรองกับผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ ผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางทั้งแบบมาตรการเชิงโครงสร้าง และมาตรการที่ไม่ใช่โครงสร้าง

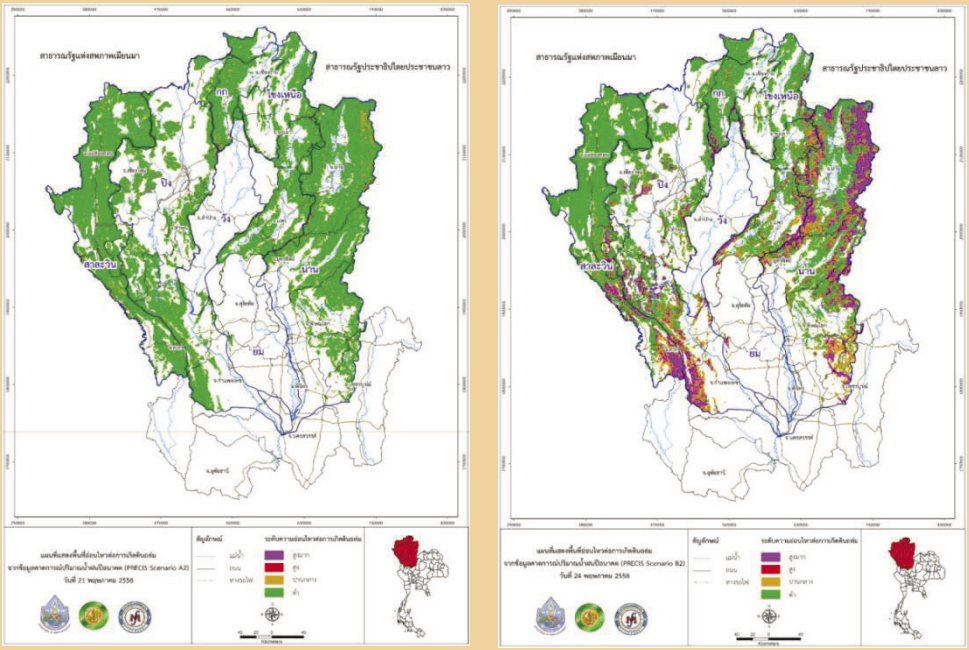
มาตรการที่ใช้โครงสร้าง ได้แก่ การเพิ่มความสูงของเขื่อนกันน้ำท่วม เพื่อรองรับกับระดับน้ำที่จะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต ซึ่งความสูงของเขื่อนที่มีอยู่ในปัจจุบันจะไม่เพียงพอสำหรับ 10 ปีข้างหน้า การพัฒนาและปรับปรุงระบบการระบายน้ำของเขื่อนต่างๆ บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยา รวมไปถึงการเพิ่มความความสามารถในการระบายน้ำออกจากพื้นที่ให้มากขึ้นกว่าเดิม ทั้งทางด้านฝั่งตะวันตกและฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ และพัฒนาพื้นที่ลุ่มให้เป็นแก้มลิงเพื่อกักเก็บน้ำ

สำหรับมาตรการที่ไม่ใช้โครงสร้าง ได้แก่ การปรับเปลี่ยนการดำเนินงานของอ่างเก็บน้ำ ซึ่งจะมีผลต่อการเพิ่มหรือลดลงปริมาณน้ำที่จะมีไว้เพื่อการชลประทานและการผลิตไฟฟ้า กฎหมายควบคุมการทรุดตัวของแผ่นดิน เนื่องจากการทรุดของแผ่นดินบริเวณพื้นที่กรุงเทพฯ รวมถึงพื้นที่โดยรอบจะมีผลต่อความสูงของเขื่อนกั้นน้ำที่จะลดลงในอนาคต แผนรับมือภัยพิบัติ ซึ่งรวมไปถึงการมีระบบการพยากรณ์น้ำท่วม และระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพ อีกทั้งการแผนงานในขณะเกิดน้ำท่วม และแผนการฟื้นฟูหลังจากน้ำท่วม ซึ่งจะต้องประกอบด้วยการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่าง ๆ เป็นต้น

6.1.5 ภัยพิบัติธรรมชาติ (ดินถล่ม)

การศึกษาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต จากหลาย ๆ งานศึกษาวิจัยให้ผลที่สอดคล้องไปในทางเดียวกันว่า พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเฉลี่ยในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจุบัน การเกิดภาวะฝนตกหนักย่อมส่งผลให้เกิดภัยด้านดินถล่มตามมาในพื้นที่ลาดชันเชิงเขาโดยเฉพาะในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำสำคัญทางภาคเหนือ ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน โขงเหนือ กก ปิง วัง ยม และน่าน ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโอกาสเกิดเหตุการณ์ดินถล่มสูงกว่าในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ

- การศึกษาความถี่ของโอกาสการเกิดดินโคลนถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค PRECIS และชุดข้อมูลภูมิอากาศโลก ECHAM4 ภายใต้สถานการณ์การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 และ B2 ในช่วงปีอนาคต (พ.ศ.2555-2612; ค.ศ.2012-2069) เปรียบเทียบกับปีฐานปัจจุบัน (พ.ศ.2523-2554; ค.ศ.1980-2011) ผลจากแบบจำลองพบแนวโน้มปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีสูงขึ้นในทั้งแบบ A2 และ B2 ซึ่งผู้วิจัยได้นำผลการจำลองดังกล่าวมาวิเคราะห์หาปีวิกฤติที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เสี่ยงต่อภัยดินถล่มในพื้นที่ 7 ลุ่มน้ำดังกล่าว พบว่า ปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง Scenario แบบ A2 ของลุ่มน้ำกกและโขง คือปี พ.ศ.2578 (ค.ศ.2035) ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ.2569 (ค.ศ.2026) สำหรับปีวิกฤตที่มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุดของปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลอง Scenario แบบ B2 ของลุ่มน้ำกกและโขง คือปี พ.ศ.2576 (ค.ศ.2033) ส่วนลุ่มน้ำ ปิง วัง ยม น่าน และสาละวิน คือปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) โดยปริมาณน้ำฝนที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองภายหลังปรับแก้ จะนำไปใช้กับแบบจำลองการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดภัยดินถล่มในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีการกึ่งสถิติ (Semi Statistical Method) เรียกว่า %RTL Model ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวได้นำค่าดัชนีความชุ่มชื้นของดิน (API) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ.2556) ที่เกิดขึ้นใน 7 ลุ่มน้ำภาคเหนือ ซึ่งพบว่า การเกิดเหตุการณ์ดินถล่มและน้ำป่าไหลหลากมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีต ตัวอย่างการวิเคราะห์พื้นที่อ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มสำหรับแบบจำลอง A2 ในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) พบว่า ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำน่านแสดงพื้นที่ที่มีระดับความอ่อนไหวสูงมาก ในส่วนแบบจำลอง B2 ปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) พบพื้นที่ที่แสดงระดับความอ่อนไหวสูงมากทั่วทั้ง 7 ลุ่มน้ำอย่างชัดเจน (หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2557) อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่พึงพิจารณาประการหนึ่งคือ ผลการศึกษานี้เป็นเพียงการคาดการณ์แนวโน้มอนาคต โดยพิจารณาถึงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนรายปีในอนาคตที่คาดการณ์ได้จากแบบจำลองเท่านั้น ปริมาณน้ำฝนรายปีในอนาคตซึ่งจัดว่าเป็นปีวิกฤตที่คาดการณ์ได้นี้ อาจจะเกิดขึ้นในปีใดปีหนึ่งในช่วงทศวรรษนั้น ๆ โดยมิได้หมายถึงปีนั้นๆ เป็นการเฉพาะ



รูปที่ 6.35 ตัวอย่างแผนที่แสดงความอ่อนไหวต่อการเกิดดินถล่มจากข้อมูลคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนปีอนาคต (ก) SRES A2 และ (ข) B2 (ที่มา: หน่วยวิจัยดินถล่ม ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, 2557)

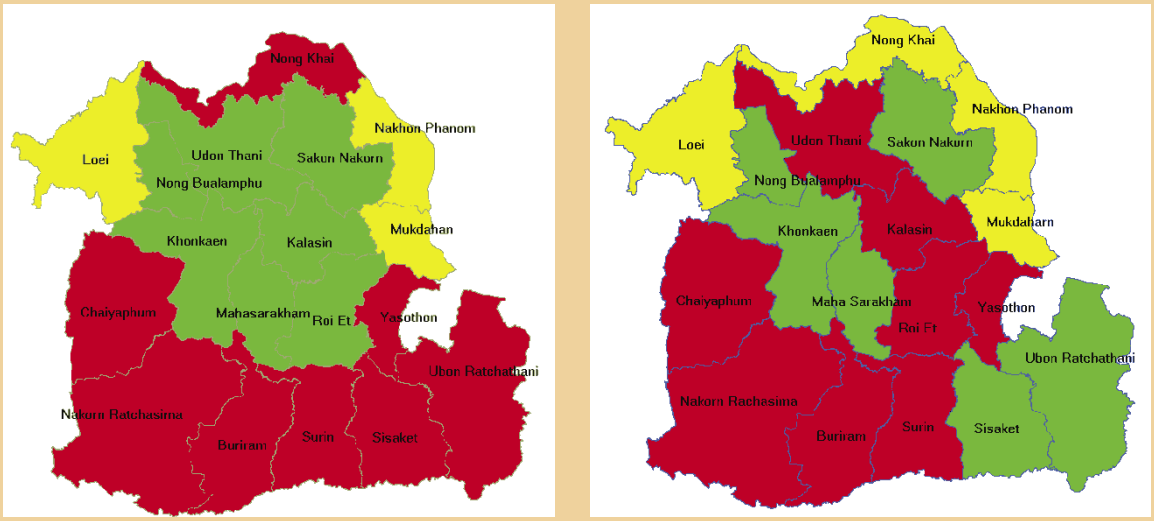
6.1.6 สุขภาพอนามัย

จากการรวบรวมข้อมูลและทบทวนรายงานการศึกษาประเด็นทางสุขอนามัยกับปัจจัยทางภูมิอากาศในบริบทของประเทศไทยที่มีอยู่ค่อนข้างจำกัดในปัจจุบันพบว่า การศึกษามักเน้นและชี้ให้เห็นแนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทางสถิติเมื่อเกิดสถานการณ์ที่เกี่ยวโยงกับการสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป (อาทิ อากาศที่ร้อนขึ้น ภาวะน้ำท่วม หรือการพบการอพยพย้ายถิ่นของแมลงหรือค้างคาวที่เชื่อว่าเป็นพาหะนำโรค เป็นต้น) กับสถิติการเกิดขึ้นหรือการระบาดเพิ่มขึ้นของโรค ณ ช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งในอดีต ในพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น ๆ ซึ่งคาดว่าจะเป็นพื้นฐานคาดการณ์แนวโน้มความสัมพันธ์ต่อไปในอนาคต

- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ โดยการที่อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงขึ้นในหลายๆ พื้นที่ เป็นตัวชักนำให้เกิดโรคที่มีแมลงเป็นพาหะและโรคระบาดที่มาจากน้ำมากขึ้น (Parry et al, 2007) การศึกษาซึ่งใช้ผลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 แบบจำลอง คือ ECHAM1, UKTR และ GFDL89 พบว่าในกลางศตวรรษที่ 21 ช่วงทศวรรษ ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) อุณหภูมิเฉลี่ยจะเพิ่มสูงขึ้น 1.16°C จากปีฐาน ค.ศ. 1931–1980 (พ.ศ.2474-2523) ซึ่งจะส่งผลให้โรคไข้เลือดออกมีแนวโน้มจะระบาดมากขึ้นเช่นกัน ทั้งนี้ผลจากแบบจำลองโรคไข้เลือดออก Epidemic Potential (EP Model) ระบุว่า แนวโน้มโรคไข้เลือดออกจะระบาดมากที่สุด ในช่วงเดือน เมษายน – พฤษภาคม ซึ่งระยะที่เชื้อเพิ่มจำนวน (log growth phase) เป็นระยะเวลาประมาณ 3 เดือน โดยจะส่งผลให้เกิดผู้ป่วยมากที่สุดในช่วงเดือนกรกฎาคมและเดือนสิงหาคม (Jonathan et al, 1998)
- การศึกษาความสัมพันธ์ของโรคไข้เลือดออกกับอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในระดับประเทศรายปี ช่วงระยะเวลา พ.ศ.2532–2549 นั้น โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยวิธีสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple regression) เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว (อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน) และตัวแปรตาม 1 ตัว (จำนวนผู้ป่วยรายปี; โรคไข้เลือดออก) และคาดการณ์การเกิดโรค (จำนวนผู้ป่วย) ในช่วงเวลาอนาคตโดยใช้ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีจากของแบบจำลอง PRECIS ECHAM4: A2 Scenario (4 ช่วงเวลา ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582, ค.ศ.2050-2059; พ.ศ.2593-2602 และ ค.ศ.2080-2089; พ.ศ.

2623-2632) คือ 1,820, 1,875 และ 2,050 มิลลิเมตร ตามลำดับ และผลการคาดการณ์อุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้น 1-2°C จึงกำหนดอุณหภูมิ ณ ช่วงปี ค.ศ.2030-2039 (พ.ศ.2573-2582), ค.ศ.2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) และ ค.ศ.2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) คือ 29, 30 และ 31°C ตามลำดับ เมื่อนำค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีและอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเข้าไปแทนค่าในสมการความสัมพันธ์ สามารถคาดการณ์ได้ว่า ในช่วงปี 2010-2039 (พ.ศ.2553-2582), 2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) และ 2080-2089 (พ.ศ.2623-2632) จะมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกจำนวน 107,870 143,190 และ 170,280 ราย ตามลำดับ (ปี 2532-2549; 1980-2006 มีผู้ป่วยเฉลี่ย 66,200 ราย) โดยที่ช่วงปี 2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) มีการคาดการณ์ว่าจะมีจำนวนผู้ป่วยเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่าจากจำนวนผู้ป่วยในปี 2006 (พ.ศ.2549) ซึ่งทำให้ประเมินสถานการณ์โรคได้และสามารถวางแผนรณรงค์ เฝ้าระวัง และควบคุมโรคได้ในอนาคต (คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2551)

- การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อสุขภาพของประชากรไทย โดยการเก็บข้อมูลสถานการณ์และใช้แบบจำลองในการคำนวณอัตราการระบาดของโรคมาลาเรียและโรคไข้เลือดออก โดยอัตราการระบาดในแต่ละปีจะขึ้นกับศักยภาพการเกิดโรคซึ่งถูกกำหนดโดยปัจจัยทางสภาพอากาศในแต่ละปี ลบด้วยประสิทธิภาพด้านการสาธารณสุข (การควบคุมโรค) ของแต่ละจังหวัด โดยตัวแปรทางสภาพอากาศที่ใช้จำนวน 8 ตัวแปร ได้แก่ ค่าเฉลี่ยรายปีของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายวัน ค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดที่วัดได้ในแต่ละปี จำนวนวันที่ฝนตกมากกว่า 10 มิลลิเมตร จำนวนวันที่อุณหภูมิสูงกว่า 35°C จำนวนวันที่อุณหภูมิต่ำกว่า 15°C และปริมาณฝนรวมของแต่ละปี โดยปีฐาน คือ ค.ศ.1985-2007 (พ.ศ.2528-2550) ผลการวิเคราะห์แนวโน้มอัตราการเกิดโรคระบาดในอนาคต โดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศจากแบบจำลอง PRECIS ตามช่วงปีในอนาคตจำนวน 3 ช่วงเวลา (ค.ศ.2010-2039; พ.ศ.2553-2582, ค.ศ.2040-2069; พ.ศ.2583-2612 และค.ศ.2070-2099; พ.ศ.2613-2642) ภายใต้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระดับก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในอนาคตแบบ A2 พบว่า โรคมาลาเรียโดยรวมจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะอากาศมากกว่าโรคไข้เลือดออก แต่อย่างไรก็ตามพบว่าบางจังหวัดมีลักษณะความสัมพันธ์ที่แตกต่างไปจากจังหวัดส่วนใหญ่ ในกรณีของมาลาเรีย ได้แก่ เลย นครพนม และมุกดาหาร และในกรณีของไข้เลือดออก ได้แก่ เลย หนองคาย นครพนม และมุกดาหาร ซึ่งในจังหวัดเหล่านี้อัตราการเกิดโรคทั้งสองก็มักจะไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางภูมิอากาศ โดยพบว่าจังหวัดเหล่านี้ ล้วนเป็นจังหวัดที่ติดกับแม่น้ำโขงด้านประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าอัตราการเกิดโรคในจังหวัดเหล่านี้จำนวนมากอาจจะมาจากการเคลื่อนที่ของประชากรข้ามไปมาระหว่างประเทศมากกว่าการระบาดเนื่องมาจากปัจจัยทางภูมิอากาศ จังหวัดที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดโรคมาลาเรียในอนาคต ได้แก่ ชัยภูมิ นครราชสีมา บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ยโสธร และหนองคาย ซึ่งเกือบทั้งหมดเป็นจังหวัดในภาคอีสานตอนล่างในขณะที่จังหวัดที่เป็น‘ไข่แดง’ที่อยู่ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความเสี่ยงของการเกิดโรคมาลาเรียในอนาคตค่อนข้างต่ำกว่า (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยฯ, 2554)



ก. ข.

สีแดง=ระดับความเสี่ยงสูง, สีเขียว=ระดับความเสี่ยงปานกลาง และสีเหลือง=ขึ้นกับปัจจัยอื่น

รูปที่ 6.36 ระดับความเสี่ยงต่อการเกิด (ก) โรคมาลาเรีย และ (ข) โรคไข้เลือดออกในอนาคตในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยฯ, 2554)

- การคาดการณ์การระบาดของโรคมาลาเรียภายใต้สภานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีความแตกต่างกันระหว่างสถานการณ์แบบ A2 ที่เน้นการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจเป็นหลักและ B2 ที่เน้นความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม โดยการสร้างแบบจำลองถดถอยไม่เป็นเส้นตรงแบบผสม พบว่าในช่วงปี พ.ศ.2555-2563 (ค.ศ.2012-2020) อุบัติการณ์ระบาดของมาลาเรียที่ได้จากสถานการณ์แบบ A2 มีแนวโน้มสูงขึ้น (อุบัติการณ์เฉลี่ย 79,703 คนต่อปี) และสำหรับสถานการณ์แบบ B2 อุบัติการณ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและจากนั้นจึงลดลงอย่างต่อเนื่อง (อุบัติการณ์เฉลี่ย 40,407 คนต่อปี) ในการศึกษานี้ผู้วิจัยได้พยายามชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของนโยบายที่จะพยายามลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกลงซึ่งจะเป็นผลให้สามารถลดอัตราการระบาดของมาลาเรียได้ ทั้งนี้แบบจำลองดังกล่าวสามารถนำใช้กับระบาดของโรคที่มียุงเป็นพาหะ ได้แก่ ไข้เลือดออก หรือโรคระบาดอื่น ๆ ที่มีความเกี่ยวข้องกับภูมิอากาศได้ (Pinichka et al, 2013)

ผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ในอนาคตนั้นการระบาดของโรคมาลาเรียและไข้เลือดออกมีความสัมพันธ์กับตัวแปรทางด้านภูมิอากาศ ซึ่งเป็นลักษณะของการระบาดติดต่อกันในเชิงพื้นที่อย่างไรก็ตาม ยังมีปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่มีผลกระทบต่อการระบาดของโรค เช่น การข้ามเขตแดนระหว่างประเทศของประชากร ลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ เป็นต้น ซึ่งเป็นประเด็นที่ต้องตระหนัก และนำมาร่วมวิเคราะห์ในการป้องกัน และแก้ไขปัญหาการระบาดของโรคระบาดในอนาคต

6.1.7 การท่องเที่ยว

การท่องเที่ยวเป็นภาคส่วนสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในลักษณะต่างๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและรูปแบบการกระจายของฝนรายปี ตลอดจนอุณหภูมิ และปัจจัยที่สำคัญทางสมุทรศาสตร์ อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่ายังมีไม่มีการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการท่องเที่ยวของประเทศไทยอย่างเต็มรูปแบบ แต่กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาก็ได้จัดทำการประเมินความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความเปราะบางต่อคลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยว ทั้ง 14 คลัสเตอร์ซึ่งมีรูปแบบความเสี่ยงแตกต่างกันไป การศึกษาความเสี่ยงของภูมิอากาศในอนาคตภายใต้สถานการณ์จำลองลักษณะภูมิอากาศในสองช่วงเวลา ได้แก่ ค.ศ.2020-2029 (พ.ศ.

2563-2572) และ ค.ศ.2050-2059 (พ.ศ.2593-2602) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลอง GCM ECHAM4 ภายใต้เงื่อนไขการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 ทั้งนี้ พื้นที่ที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยตรงมีแนวโน้มจะเป็นพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวมาก เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีโอกาสได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์ และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2552)

- การท่องเที่ยวทางทะเลบริเวณชายฝั่งอันดามัน
  ในช่วงอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2020-2029; พ.ศ.2563-2572) การท่องเที่ยวทางทะเลในจังหวัดพังงา ภูเก็ต และกระบี่จะได้รับประโยชน์จากการมีฤดูฝนที่สั้นลง ทำให้การดำเนินกิจกรรมกลางแจ้งสามารถทำได้ยาวนานขึ้นถึง 4 สัปดาห์ อย่างไรก็ตาม ปัญหาด้านการขาดแคลนน้ำที่เป็นปัญหาสำคัญของพื้นที่มาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันอาจทวีความรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ที่ไม่มีแผนการรองรับเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำ โดยระยะเวลาของฤดูฝนที่มีแนวโน้มลดลงในอนาคตคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อพื้นที่และผู้ประกอบการด้านการท่องเที่ยว
- การท่องเที่ยวทางทะเลบริเวณชายฝั่งอ่าวไทย
  เป็นที่คาดการณ์ว่าในเกือบทุกจังหวัดบริเวณชายฝั่งอ่าวไทยจะมีปริมาณฝนตกที่รุนแรงมากขึ้น โดยมีระยะเวลาที่ฝนตกมากขึ้นถึงประมาณ 2 สัปดาห์ในช่วงอนาคต 20 ปีข้างหน้า และอาจเพิ่มสูงขึ้นถึง 4 สัปดาห์ ในอีก 50 ปีข้างหน้า โดยปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อการท่องเที่ยวที่มีกิจกรรมกลางแจ้ง
- การท่องเที่ยวเชิงเกษตรภาคตะวันออก
  สวนผลไม้ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของการท่องเที่ยวเชิงเกษตรในจังหวัดระยองจันทบุรี และตราด คาดว่าจะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในบริเวณดังกล่าว และมีระดับอุณหภูมิต่ำสุดในช่วงฤดูหนาวไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบันมากนัก ส่งผลดีต่อพื้นที่ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวมีความสำคัญต่อการติดดอกของผลไม้หลาย ๆ ชนิด อย่างไรก็ตาม มีความเป็นไปได้ที่พื้นที่ที่มีความชันมากจะยังคงต้องเผชิญกับความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ขณะที่ในพื้นที่ลุ่มมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมขัง
- การท่องเที่ยวทางในพื้นที่ป่าและการท่องเที่ยวผจญภัยบริเวณคาบสมุทรทางตอนล่างของภาคใต้
  แหล่งท่องเที่ยวในบริเวณพื้นที่ป่าซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันและบริเวณเชิงเขาบรรทัดและสันกาลาคีรี คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากแนวโน้มปริมาณฝนตกที่รุนแรงมากขึ้น เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและการเกิดดินถล่ม โดยเฉพาะในจังหวัดนครศรีธรรมราช ตรัง สตูล สงขลา ยะลา และปัตตานี
- การท่องเที่ยวเชิงนิเวศในภาคเหนือ
  แหล่งท่องเที่ยวในกลุ่มนี้ ได้แก่ แหล่งน้ำพุร้อนและแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติและป่าสงวนแห่งชาติ โดยในหลายพื้นที่มีลักษณะเป็นป่าผลัดใบแล้ง จึงมีโอกาสที่จะเกิดไฟป่าสูงในอนาคต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงหน้าแล้ง ที่โดยอิทธิพลของสภาวะการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศคาดว่าจะส่งผลให้ภาคเหนือของประเทศมีระดับอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 2-3°C ในอีก 20 ปีข้างหน้า จำนวนวันที่มีอากาศเย็น (มีอุณหภูมิต่ำกว่า 15°C) คาดว่าจะลดลง 5-10 วันต่อปี และลดลงมากกว่า 20 วันในอีก 50 ปีข้างหน้า โดยบริเวณภูเขาของจังหวัดแม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ และเชียงราย มีแนวโน้มมีจำนวนวันเย็นลดลงมากกว่า 60 วัน ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านเอกลักษณ์การท่องเที่ยวแม้ว่าจำนวนวันที่ฝนตกหนักอาจไม่เปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบันมากนัก แต่ในบางจังหวัดของภาคเหนือคาดว่าจะมีปริมาณน้ำฝนรายปีเพิ่มขึ้น 200 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มเนื่องจากปริมาณน้ำสะสม ประกอบกับแผนการระบายน้ำของพื้นที่ดังกล่าวยังไม่เหมาะสม ยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร
- การท่องเที่ยวทางด้านวัฒนธรรม ซากดึกดำบรรพ์ และวิถีชีวิตชุมชน
  คลัสเตอร์การท่องเที่ยวนี้ประกอบด้วย กลุ่มท่องเที่ยวอารยธรรมล้านนา วิถีชีวิตลุ่มแม่น้ำภาคกลาง มหัศจรรย์เส้นทางบุญ อารยธรรมอีสานใต้ เลียบฝั่งแม่น้ำโขงและเส้นทางไดโนเสาร์ ซึ่งมีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม จะต้องตระหนักถึงความเสี่ยงในการเกิดน้ำท่วมที่อาจมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ทางตอนล่างของแม่น้ำชี แม่น้ำมูล แม่น้ำสงคราม และแม่น้ำแม่กลอง แต่เนื่องจากปัญหาน้ำท่วมจะไม่ใช่ประเด็นใหม่ของพื้นที่ ดังนั้น จึงประมาณการณ์ในชั้นต้นว่า แหล่งท่องเที่ยวต่าง ๆ ดังกล่าวจะยังมีขีดความสามารถในการรับมือกับปัญหาน้ำท่วมหากเกิดขึ้นได้

- แหล่งท่องเที่ยวมรดกโลกและการท่องเที่ยวเชิงเกษตรบริเวณตอนล่างของภาคเหนือและทางตอนบนของภาคกลาง เป็นที่คาดการณ์ว่าปริมาณฝนรายปีในพื้นที่นี้จะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ยกเว้นทางภาคตะวันตกของประเทศที่ติดกับเทือกเขาตะนาวศรี บริเวณชายแดนประเทศไทยและพม่า ซึ่งมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 300 มิลลิเมตรต่อปี ประกอบกับอุณหภูมิที่ร้อนขึ้น จะทำให้คลัสเตอร์การท่องเที่ยวนี้มีความเสี่ยงต่อการเกิดไฟป่าและการสูญเสียระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการเกิดน้ำท่วมฉับพลันและน้ำท่วมบริเวณที่ลุ่มที่มีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น แต่จะไม่ส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการท่องเที่ยวมากนักอย่างไรก็ตาม จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศที่มีความสลับซับซ้อนและมีความเป็นเอกลักษณ์ของพื้นที่

การประเมินความไวต่อภาวะเสี่ยงและความเสี่ยงของคลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยวต่อสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณฝนรวมรายปี และการกระจายของฝน จำนวนวันฝนตกรายปี ลักษณะลม และคลื่น ประกอบกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและกิจกรรมการท่องเที่ยว เพื่อประเมินความเสี่ยงของคลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยวทั้ง 14 คลัสเตอร์ ทั้งนี้ได้มีการกำหนดกลยุทธ์และแผนงานเพื่อเตรียมตัวรับมือกับความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ซึ่งจะเน้นในเรื่องการเพิ่มความยืดหยุ่นของคลัสเตอร์ต่อผลกระทบและยังคงสภาพที่เหมาะสมเพื่อให้ยังสามารถใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวต่อไปได้ (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์ และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2552)

ตารางที่ 6.2 การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความเปราะบางของคลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยว (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์ และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2552)

คลัสเตอร์ทางการท่องเที่ยว	ความเสี่ยงต่อภูมิอากาศ		ความเปราะบางของคลัสเตอร์		สรุป	
	ทศวรรษ 2020	ทศวรรษ 2050	ลักษณะทางภูมิศาสตร์	กิจกรรมการท่องเที่ยว	ทศวรรษ 2020	ทศวรรษ 2050
น้ำพุร้อน	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
การท่องเที่ยวเชิงนิเวศและผจญภัย	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
อารยธรรมล้านนา	ต่ำ	สูง	ต่ำ	สูง	ต่ำ	ต่ำ
มรดกโลกเชื่อมโยงการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ	ต่ำ	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
นิเวศป่าร้อนชื้น	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
วิถีชีวิตลุ่มแม่น้ำภาคกลาง	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง
เลียบฝั่งแม่น้ำโขง	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
เส้นทางไดโนเสาร์	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
มหัศจรรย์เส้นทางบุญ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
อารยธรรมอิสานใต้	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ
เส้นทางอัญมณีและการท่องเที่ยวเชิงเกษตร	ต่ำ	สูง	สูง	ต่ำ	ต่ำ	สูง
Active beach	ต่ำ	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
Royal coast	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง
มหัศจรรย์สองสมุทร	ต่ำ	ต่ำ	สูง	สูง	ปานกลาง	สูง

6.1.8 ภาคธุรกิจอุตสาหกรรม

โดยทั่วไปภาคธุรกิจอุตสาหกรรมเป็นสาขาที่มีความเปราะบางจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับสาขาเศรษฐกิจอื่นๆ (IPCC, 2007) การวิเคราะห์ความเสี่ยงและผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในมิติทางกายภาพที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการประกอบการของภาคอุตสาหกรรมไทย (ไม่รวมการศึกษาผลกระทบในมิติของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก) โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทางด้านภูมิอากาศที่สำคัญ (ประกอบด้วย ฝน อุณหภูมิ และลม) ประมวลเป็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภูมิอากาศของประเทศไทย โดยพิจารณาโอกาสที่จะเกิดผลกระทบทางด้านกายภาพ เช่น ความแห้งแล้ง น้ำท่วม การสูญเสียพื้นที่ชายฝั่ง และดินถล่ม ซึ่งภาคธุรกิจอุตสาหกรรมมีโอกาสได้รับผลกระทบอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเช่นเดียวกับภาคส่วนอื่นๆ ของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นจากการเปลี่ยนแปลงในส่วนของระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มสูงขึ้น แบบแผนและปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลกระทบกับปริมาณน้ำซึ่งเป็นหนึ่งในวัตถุดิบหลักในขั้นตอนกระบวนการผลิต รวมถึงโอกาสที่จะเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติภาวะน้ำท่วม หรือการเกิดลมพายุที่มีความถี่หรือระดับความรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดความเสียหายต่อพื้นที่และสาขาอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีโอกาสได้รับผลกระทบนั้นๆ เป็นต้น (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554)

- การศึกษาเพื่อประเมินความเสี่ยง/ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในมิติทางกายภาพ (Physical Effects) ที่คาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการประกอบการของภาคอุตสาหกรรมไทย ซึ่งได้นำผลการสร้างภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคต (ประกอบด้วยฝน อุณหภูมิ และลม) ประมวลเป็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภูมิอากาศของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโอกาสที่จะเกิดผลกระทบทางด้านกายภาพ เช่น ความแห้งแล้ง น้ำท่วม การสูญเสียพื้นที่ชายฝั่ง และดินถล่ม พิจารณาร่วมกับแหล่งที่ตั้งและลักษณะการกระจายตัวของอุตสาหกรรมในภาคต่างๆ ของประเทศไทย เพื่อศึกษาว่าภาคอุตสาหกรรมหลักของประเทศมีการเปิดรับหรือมีโอกาสได้รับผลกระทบ (Exposure) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากหรือน้อยเพียงใด ร่วมกับการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity) ของภาคอุตสาหกรรมต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เป็นผลจากลักษณะจำเพาะของภาคอุตสาหกรรมที่มีความแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นจากการใช้ปัจจัยการผลิต อาทิเช่น น้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตพื้นฐานของภาคอุตสาหกรรม ปัจจัยการผลิตขั้นกลาง (เกษตร ประมง ปศุสัตว์) และกระบวนการผลิต รวมถึงเงื่อนไขของการตั้งและรูปแบบของสถานประกอบการและการลงทุน การพึ่งพิงและความพร้อมด้านระบบโครงสร้างพื้นฐาน และความสัมพันธ์ระหว่างอุตสาหกรรมต่างๆ ภายในห่วงโซ่คุณค่าที่มีความเชื่อมโยงกัน และประมวลและวิเคราะห์เป็นระดับความเสี่ยง (Potential Risk) ซึ่งผลการศึกษาพบว่า หลายสาขาอุตสาหกรรมที่สำคัญของประเทศมีระดับความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับที่สูงกว่ากลุ่มอุตสาหกรรมอื่นๆ โดยเป็นผลมาจากปัจจัยสำคัญทางด้านความอ่อนไหว (Sensitivity) ของภาคอุตสาหกรรมนั้นๆ เป็นสำคัญ การวิเคราะห์สามารถจัดกลุ่มอุตสาหกรรม 16 สาขาอุตสาหกรรมหลักของประเทศออกตามระดับความเสี่ยงจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในเชิงเปรียบเทียบ ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังตารางด้านล่าง (สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจ ศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554)

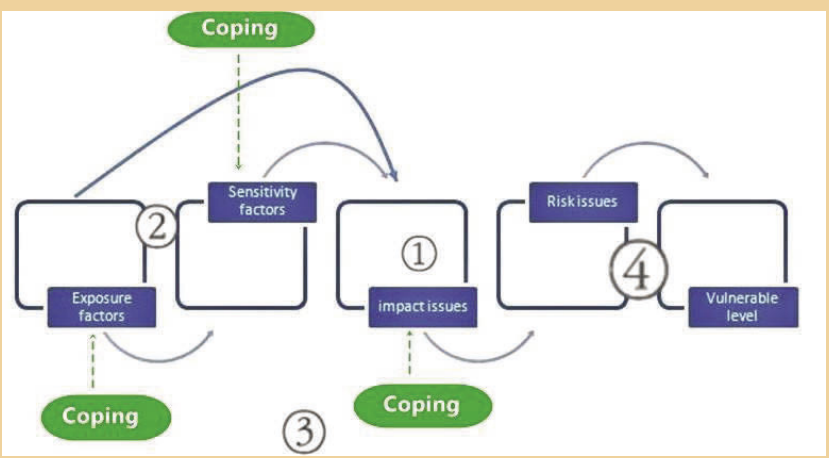
ระดับความเสี่ยงที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	กลุ่มอุตสาหกรรม
ระดับสูง (H)	5 สาขาอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์, อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กระดาษ และสิ่งพิมพ์, อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม, อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง และอุตสาหกรรมอาหาร
ระดับปานกลาง (M)	5 สาขาอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า, อุตสาหกรรมยานยนต์, อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, อุตสาหกรรมพลาสติก และอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

ระดับความเสี่ยงที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	กลุ่มอุตสาหกรรม
ระดับต่ำ (L)	6 สาขาอุตสาหกรรม ได้แก่ อุตสาหกรรมเซรามิก, อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์, อุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือนไม้, อุตสาหกรรมยา, อุตสาหกรรมรองเท้าและผลิตภัณฑ์หนัง และ อุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้ระบุว่า การประเมินระดับความเสี่ยงที่ภาคอุตสาหกรรมมีโอกาสได้รับในบริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ยังไม่รวมถึงการประเมินขีดความสามารถในการรับมือของสาขาอุตสาหกรรม (Coping Capacity) เนื่องด้วยข้อจำกัด คือ ขีดความสามารถในการรับมือในแต่ละสาขาอุตสาหกรรมเป็นผลมาจากหลากหลายปัจจัย ทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีความสลับซับซ้อนและสามารถพิจารณาได้ในขอบเขตและหลากหลายระดับของการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน

6.2 การศึกษาเพื่อออกแบบและพัฒนาแบบกรอบแนวคิดและวิธีการศึกษาและประเมินความเสี่ยงของพื้นที่และภาคส่วนต่างๆ

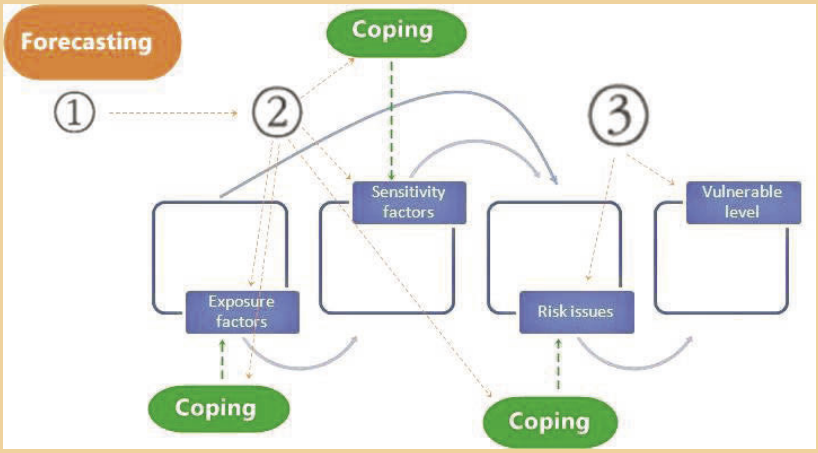
- ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ (2555) ได้ทำการวิเคราะห์ความเสี่ยงและความเปราะบางต่อภูมิอากาศ โดยใช้กรอบการวิเคราะห์ของ ESC Model การนำข้อมูลบริบทของภาคส่วนการพัฒนา/ประเด็นสาคัญ รวมทั้งบริบททางภูมิอากาศเข้าสู่โครงสร้างของ ESC Model



รูปที่ 6.37 โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน
(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลกงรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2555)

การวิเคราะห์ด้วยบริบทปัจจุบัน จะเริ่มจากการพิจารณาผลกระทบ (impacts) พิจารณาไปหาต้นเหตุพร้อมจำแนกประเภทของปัจจัยเหตุเป็น 2 ประเภทคือ ปัจจัยเปิดรับ (exposure factors) และปัจจัยความอ่อนไหว(sensitivity factors) จากนั้นจะพิจารณาความเป็นไปได้ในการเกิดประเด็นความเสี่ยงต่าง ๆ (risk issues) และระดับความร้ายแรงของความเสี่ยงแต่ละประเด็น ขั้นตอนต่อไปคือ การพิจารณากลไกรับมือ (coping mechanisms) ว่ามีการใช้ในตำแหน่งใดบ้าง ตอบสนองปัจจัยใดบ้าง แล้วจึงระบุระดับความล่อแหลมเปราะบาง (vulnerable level) ของแต่ละประเด็นความเสี่ยง รวมทั้งความล่อแหลมเปราะบางโดยรวม

การวิเคราะห์ด้วยบริบทปัจจุบัน จะเป็นลักษณะการสร้างทฤษฎีแบบอุปมาน (induction) คือวิธีการหาเหตุจากผล ซึ่งเป็นหนึ่งในสองวิธีสำหรับการสร้างทฤษฎีในศาสตร์แขนงต่าง ๆ การอุปมานเป็นการรวบรวมข้อเท็จจริงจากปรากฏการณ์ที่ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ตรวจสอบได้ ในทางสถิติจะเรียกว่าการสรุปความจริงย่อยเพื่อนาไปสู่ความจริงหลัก อย่างไรก็ตาม ในการวิเคราะห์นี้ จะใช้วิธีอนุมาน (deduction) ในบางส่วน ซึ่งเป็นการตั้งสมมติฐานเบื้องต้นแล้วตรวจสอบหาข้อมูลสนับสนุนเพื่ออธิบายตามหลักเหตุและผลแบบตรรกวิทยา (วิธีสร้างทฤษฎีแบบที่สอง)

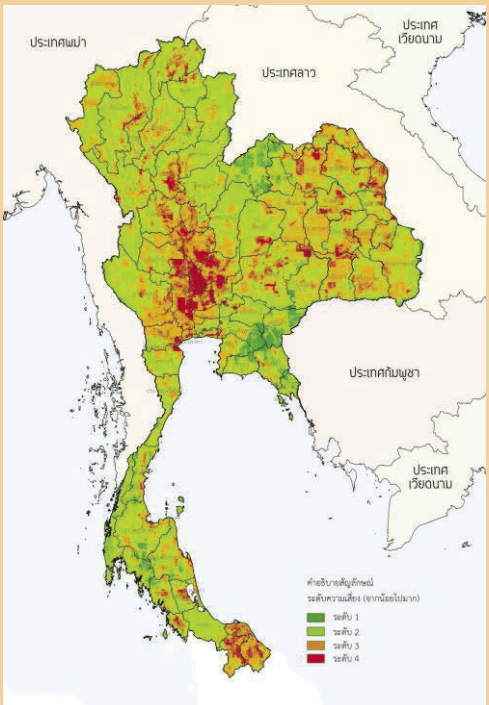


รูปที่ 6.38 โครงสร้างกรอบวิเคราะห์ ESC Model สำหรับการวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต
(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลกงรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2555)

การวิเคราะห์ด้วยบริบทในอนาคต จะเริ่มจากการพิจารณาชุดข้อมูลตามโครงสร้าง ESC Model ซึ่งเป็นผลการวิเคราะห์ด้วยบริบทในปัจจุบัน จากนั้น เป็นการคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตของปัจจัย 3 ประเภท คือ exposure factors – sensitivity factors – coping mechanisms (ESC) ในระยะเวลาประมาณ 30 ปี ซึ่งปัจจัยทางภูมิอากาศเป็นส่วนหนึ่งในนั้น การคาดการณ์ปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากปัจจัยทางภูมิอากาศ จะพิจารณาประเด็นบางส่วนที่มีนัยสาคัญต่อการสร้างการเปลี่ยนแปลง ในท้ายสุด เมื่อสรุปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปัจจัย ESC ได้แล้ว จะทำการวิเคราะห์ และระบุแนวโน้มความเสี่ยงและความเปราะบาง กล่าวโดยสรุป การวิเคราะห์บริบทปัจจุบันและบริบทอนาคตจะเป็นลักษณะของเหตุและผลที่สืบเนื่องกันไปเป็นกระบวนการ

- ปุ่น และคณะ (2557) ได้ริเริ่มและพยายามออกแบบและพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของเมืองในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยนำกรอบแนวคิดด้านผังเมืองมาประยุกต์ใช้ในบริบทการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งจะพิจารณาปัจจัยที่ก่อให้เกิดความล่อแหลมต่อเมือง และปัจจัยที่จะช่วยให้เมืองมีความล่อแหลมน้อยลงและมีความมั่นคงยืนยงสูงขึ้น โดยวิธีการศึกษาได้วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยในด้านต่าง ๆ อันได้แก่ น้ำท่วม ดินถล่ม ภัยแล้ง และหมอกควัน ซึ่งอาศัยข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยหลักโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ผลการศึกษาได้ระบุถึงพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยด้านต่าง ๆ ในภาพรวมทั้งประเทศ และได้พิจารณาตัวชี้วัดด้านผลกระทบต่อชีวิตของประชาชน อันได้แก่ ความหนาแน่นของประชากร เนื่องจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงจะส่งผลต่อความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินตามมาด้วย สำหรับความเสียหายต่อทรัพย์สินได้พิจารณาตัวชี้วัดด้านผลิตภัณฑ์จังหวัดต่อหัว เนื่องจากเหตุการณ์ต่าง ๆ จะส่งผลให้กิจกรรมด้านเศรษฐกิจชะงัก ซึ่งเป็นผลให้สูญเสียรายได้ทั้งต่อรายได้ครัวเรือน และรายได้ภาพรวมของจังหวัด นำไปสู่การอธิบายสมการความเปราะบางของเมือง ซึ่งการศึกษาดังกล่าวได้ทำการจำแนกปัจจัยความสามารถในการรับมือกับภัยพิบัติของเมืองโดยยกกรณีศึกษาของเมืองเชียงราย โดยพิจารณาปัจจัย 2 ด้าน คือ 1) ลักษณะโครงสร้างทางกายภาพ ได้แก่ คุณภาพที่อยู่อาศัย การใช้งานระบบสื่อสาร พื้นที่ชลประทาน การเข้าถึงระบบขนส่งทางบก และการใช้ระบบพลังงานทดแทน และ 2) ความเข้าใจของภาครัฐ ได้แก่ การวางผังเมือง การ

สนับสนุนความรู้จากสถาบัน นโยบายจากภาครัฐ และความเข้มแข็งของผู้นำ อย่างไรก็ดี ผลการศึกษาจากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นแนวคิดของแบบจำลอง (proof of concept) ดังกล่าวสามารถใช้งานได้จริง แต่การศึกษาเพื่อระบุว่าแต่ละพื้นที่มีระดับความเปราะบางเชิงพื้นที่ในระดับใด จะต้องกมีการศึกษาเชิงลึกต่อไป นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังระบุว่า อุปสรรคของการดำเนินงานนั้น พบว่า ข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นมีอยู่อย่างจำกัด แม้ว่าจะเป็นข้อมูลในระดับจังหวัดก็ตาม



รูปที่ 6.39
ระดับความเสี่ยงจากภัยพิบัติทุกด้าน

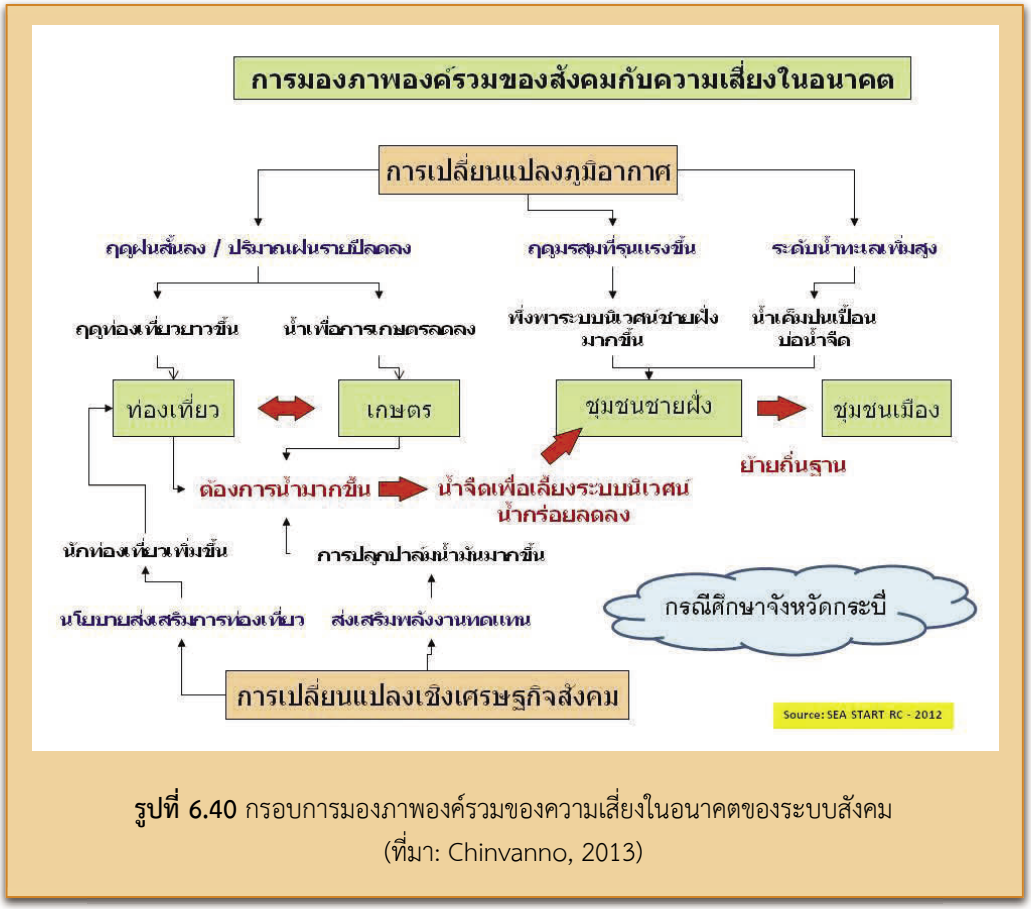
ที่มา
(ปุ่น และคณะ, 2557)

6.3 การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเชิงพื้นที่แบบองค์รวม

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้กลายประเด็นสำคัญในหัวข้อการที่กำลังถกเถียงกันสำหรับการพัฒนาในปัจจุบัน Keskinen et al (2010) ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่ดำเนินการศึกษาในลุ่มน้ำโขง เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแบบสหสาขาวิชา (multidisciplinary) โดยการวิจัยเน้นถึงผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อระบบนิเวศและระบบสังคมในลุ่มน้ำโขง และข้อค้นพบจากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นเรื่องที่ไม่ควรจะแยกศึกษาโดยเอกเทศ โดยยกตัวอย่างการศึกษาระบบอุทกวิทยาในแม่น้ำโขง ซึ่งนอกจากปัจจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแล้ว ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อสภาพอุทกวิทยาของแม่น้ำโขง ได้แก่ การพัฒนาโรงไฟฟ้าพลังน้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญมากและส่งผลกระทบให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงมากกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ บทความดังกล่าวยังสรุปว่า การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศควรได้รับการขยายมุมมองให้กว้างขึ้น โดยต้องพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากปัจจัยที่แตกต่างในระดับพื้นที่และเวลาต่าง ๆ และประเด็นสำคัญคือ การทำความเข้าใจว่า การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นกระบวนที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ ซึ่งการคำนึงถึงการปรับตัวนั้น นอกจากการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแล้วยังจะต้องรวมไปถึงบริบททางสังคมและการเมืองทั้งในปัจจุบันและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตด้วย

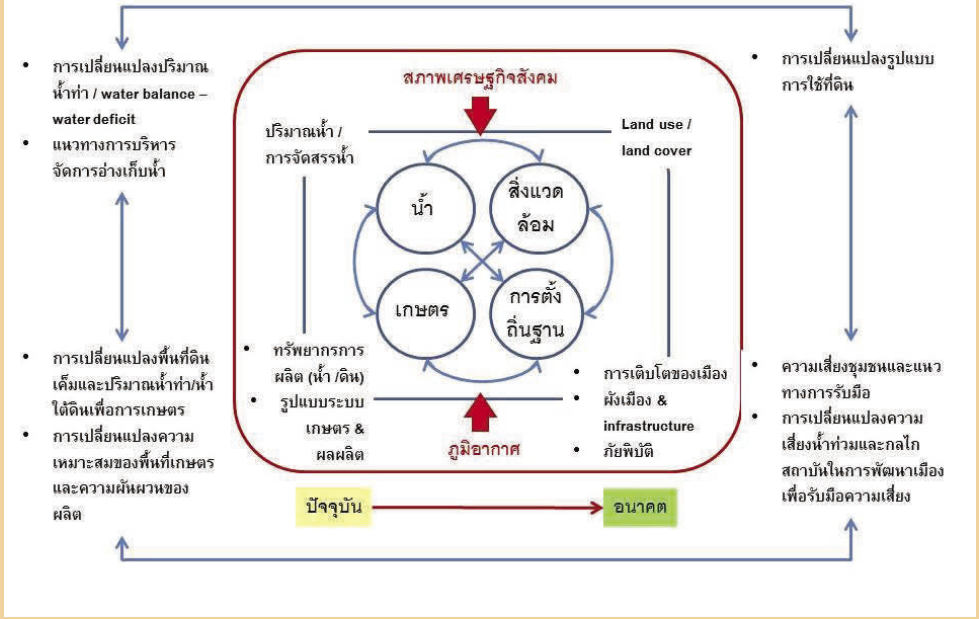
- การศึกษาด้านการประเมินความเสี่ยง ความเปราะบาง และความสามารถในการปรับตัวในพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเล โดยการประเมินในภาพรวม ควรที่จะต้องคำนึงถึงความเชื่อมโยงประเด็นทางด้านกายภาพตลอดไปจนถึงประเด็นด้านสังคมและเศรษฐกิจ ภายใต้แนวคิดว่า ชุมชนต่าง ๆ หรือ ภาคส่วนต่าง ๆ จะมีความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่แตกต่างกัน และจะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ในรูปแบบหรือวิธีการที่แตกต่างกันด้วย ทั้งนี้การดำเนินการเพื่อรับมือกับผลกระทบของภูมิอากาศที่ฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดดำเนินการไปอาจส่งผลสืบเนื่องถึงภาคส่วนอื่น ๆ ได้ กรณีศึกษาบริเวณจังหวัดกระบี่เพื่อพัฒนากรอบความคิดด้านการทำความเข้าใจต่อความเสี่ยงของระบบสังคมในพื้นที่โดยพิจารณาความเชื่อมโยงระหว่าภาคส่วนและหน่วยสังคมต่าง ๆ ได้พิจารณาถึงความเสี่ยงของชุมชนและพื้นที่ชายฝั่ง โดยประเมินผลสืบเนื่องที่ตามมาจากการเปลี่ยนแปลงในอนาคตซึ่งอาจส่งผลข้ามภาคส่วนหรือพื้นที่ซึ่งมีรูปแบบระบบนิเวศหรือการดำเนินชีวิตของผู้คนในพื้นที่นั้น ๆ ที่แตกต่างกัน การคาดการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) พบว่า ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ระดับน้ำทะเลมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะส่งผลต่อชุมชนและภาคส่วนต่าง ๆ ของจังหวัดกระบี่ กล่าวคือ ภาคการเกษตรซึ่งจะได้รับผลกระทบจากปริมาณฝนที่ลดลง และการกระจายตัวของฝนที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณน้ำที่มีใช้เพื่อการเกษตรลดลง ภาคการท่องเที่ยวอาจได้รับผลดีจากจำนวนวันฝนตกที่ลดลงและฤดูมรสุมที่สั้นลง ซึ่งอาจจะทำให้จำนวนวันที่สามารถทำกิจกรรมท่องเที่ยวทางทะเลได้มากขึ้น และสำหรับชุมชนชายฝั่ง มรสุมที่อาจจะมีกำลังแรงขึ้นและระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อการช่วงเวลาที่ชาวประมงจะออกทะเลเพื่อจับสัตว์น้ำได้ลดลง ส่งผลต่อรายได้หลักครัวเรือน อีกทั้งผลกระทบจากการกัดเซาะชายฝั่งอันเนื่องมาจากลมมรสุมที่รุนแรงประกอบกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลจะทำให้พื้นที่อยู่อาศัยของชุมชนชาวประมงชายฝั่งลดลง นอกจากนี้ บ่อน้ำสำหรับชุมชนที่จะนำมาใช้เพื่อการบริโภค ซึ่งอาจจะถูกปนเปื้อนกรณีที่ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและรุกล้ำเข้ามายังพื้นที่ชายฝั่ง (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008 and Chinvanno, 2013)

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนซึ่งคาดว่าจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อภาคการท่องเที่ยว แต่ส่งผลด้านลบต่อภาคการเกษตร เนื่องจากพืชเศรษฐกิจของจังหวัดกระบี่ ได้แก่ ปาล์มน้ำมัน ซึ่งเป็นพืชที่ต้องการน้ำตลอดทั้งปี ประกอบการขยายตัวของภาคการท่องเที่ยวและการเกษตรอันเนื่องมาจากนโยบายของรัฐบาล ซึ่งจะทำให้ความต้องการใช้น้ำในภาคส่วนดังกล่าวสูงขึ้นในอนาคต อาจนำมาซึ่งปัญหาความขัดแย้งระหว่างภาคส่วนในการแย่งชิงน้ำ ความต้องการน้ำเพื่อกิจกรรมทางเกษตรและเพื่อการบริโภคอุปโภคสำหรับชุมชนเมืองซึ่งเพิ่มสูงขึ้นนี้ อาจจะทำให้ปริมาณน้ำท่าที่จะไหลลงสู่บริเวณปลายน้ำจะลดลง ประกอบกับผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งจะทำให้ปริมาณฝนลดลงด้วยแล้ว ปริมาณน้ำที่จะหล่อเลี้ยงระบบนิเวศน้ำกร่อยปากแม่น้ำก็จะลดลงไปและส่งผลต่อผลผลิตของระบบนิเวศน้ำกร่อยในพื้นที่ปากแม่น้ำ ซึ่งชุมชนชายฝั่งต้องพึ่งพาช่วงฤดูมรสุมที่ไม่สามารถอาจออกจับปลาได้ ในแง่นี้ ความเสี่ยงของชุมชนชายฝั่งอาจเกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยตรง คือ มรสุมกำลังแรงทำให้ออกจับปลาได้น้อยลง และการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลที่ทำให้แหล่งน้ำจืดปนเปื้อน ประกอบกับผลกระทบทางอ้อมในการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในภาคส่วนอื่น ทั้งภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมอื่น ๆ ทำให้ชุมชนชายฝั่งตกอยู่ในภาวะความเปราะบางสูง เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านการรับมือกับสถานการณ์เหล่านี้ ข้อสรุปนี้นำมาซึ่งแนวคิดการประเมินความเสี่ยงและภาวะเปราะบางที่ขยับออกจากการประเมินรายภาคส่วนแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งการพิจารณาถึงความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยมองระบบสังคมแบบองค์รวมนี้ทำให้ความเข้าใจต่อความเสี่ยงและภาวะเปราะบางมีความชัดเจนมากขึ้น และเป็นพื้นฐานของการวางแผนการปรับตัวที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008 and Chinvanno, 2013)



รูปที่ 6.40 กรอบการมองภาพองค์รวมของความเสี่ยงในอนาคตของระบบสังคม
(ที่มา: Chinvanno, 2013)

งานวิจัยประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในด้านผลกระทบ ความเปราะบางและการปรับตัว เท่าที่ได้มีการสำรวจเอกสารเกือบทั้งหมดเป็นการศึกษาแบบรายภาคส่วน และเชิงพื้นที่เป็นหลัก ส่วนใหญ่จำกัดอยู่เฉพาะบางสาขาวิชา และยังไม่ได้มีการคิดวิเคราะห์เชิงระบบและแบบองค์รวม (System approach and Holistic view) ซึ่งนำไปสู่ข้อจำกัดในการวางนโยบายและยุทธศาสตร์ระดับชาติในการที่จะกล่าวถึงและนำเสนอประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างเป็นรูปธรรม อีกทั้งยังไม่มีการควบรวมประเด็นด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศลงในแผนงานของกระทรวง และ/หรือแผนพัฒนาจังหวัดหรือแผนพัฒนาชุมชนอย่างเป็นรูปธรรม จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ได้ให้การสนับสนุนชุดโครงการวิจัยในกรอบงานวิจัยในลักษณะเชิงพื้นที่แบบองค์รวมในพื้นที่จังหวัดอุดรธานี-ลุ่มน้ำห้วยหลวงขึ้น ในชื่อชุดโครงการ" การจัดการความเสี่ยงเชิงพื้นที่จังหวัดอุดรธานีต่อสภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต กรณีศึกษา ภาคส่วนทรัพยากรน้ำ ภาคการเกษตร และชุมชนเมือง ชุมชนชนบท" ซึ่งชุดโครงการดังกล่าวมีที่มาจากการกระบวนการพัฒนากรอบโจทย์การศึกษาวิจัยด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีการมองภาพบริบทเชิงพื้นที่แบบองค์รวม เพื่อสนับสนุนการศึกษาวิจัยลักษณะหลากหลายสาขาวิชา (inter-multi-disciplinary) ที่จะช่วยพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ในสาขาวิชาต่าง ๆ สร้างองค์ความรู้และเสริมสร้างความเข้าใจและความตระหนักของฝ่ายวางแผนนำไปสู่การควบรวมแนวคิดนี้เข้าสู่การปรับปรุงและจัดทำแผนพัฒนาจังหวัด/ยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดที่มีความคงทนและยั่งยืนภายใต้บริบทการเปลี่ยนแปลงด้านภูมิอากาศและเศรษฐกิจสังคมในอนาคตระยะยาว ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยจากชุดโครงการเหล่านั้น จะนำมาสังเคราะห์รวมให้เห็นความเชื่อมโยงและผลสืบเนื่องข้ามภาคส่วนเป็นเชิงองค์รวม นำไปสู่การพัฒนาองค์ความรู้เพื่อเสริมสร้างศักยภาพการปรับตัวของระบบสังคมนิเวศในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยหลวงจังหวัดอุดรธานี และเพื่อบูรณาการข้อเสนอแนะยุทธศาสตร์การปรับตัวที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ากับการจัดทำแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาของจังหวัดให้มีความยั่งยืนและสอดคล้องกับบริบทในอนาคต (ศุภกร, 2557)



รูปที่ 6.41 การจัดการความเสี่ยงเชิงพื้นที่จังหวัดอุดรธานีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอนาคต

6.4 การประเมินช่องว่างกลไกเชิงสถาบันเพื่อควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ช่องว่างกลไกเชิงสถาบันในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เป็นประเด็นที่มีสำคัญต่อการวางแผนพัฒนา / แผนยุทธศาสตร์ในระดับท้องถิ่นจนถึงระดับประเทศ แผนการปรับตัวตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตจะไม่สามารถเกิดเป็นรูปธรรมได้ เนื่องจากมีช่องว่างระหว่างกลไกการวางแผนระดับ ท้องถิ่นกับนโยบายภาครัฐ ดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบันทำให้สถาบันในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจในพื้นที่ศึกษาไม่สามารถสนองตอบต่อการปรับตัวและรับมือกับความเปลี่ยนแปลงได้

งานศึกษาวิจัยเพื่อประเมินช่องว่างกลไกเชิงสถาบันในบริบทของการวางผังเมืองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยใช้กรณีศึกษาอำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นชุมชนที่มีความเป็นเมืองชายฝั่งที่มีความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการพัฒนาเมืองที่สูง พบว่า การวางแผนกลไกสถาบันที่เหมาะสมเพื่อควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการวางแผนพัฒนาเมือง มี 3 แนวทาง ได้แก่ 1) ผสานความร่วมมือระหว่างองค์กรของภาครัฐ 2) ปรับปรุงยุทธศาสตร์ และ 3) วางแผนการจัดตั้งหน่วยงานส่วนกลางภายใต้การกำกับดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นโดยมีหน้าที่และอำนาจในการจัดการเชิงพื้นที่ที่เหมาะสมจะทำให้ชุมชนสามารถควบรวมประเด็นการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการวางแผนพัฒนาเมืองในระยะยาว (คุณวุฒิ, 2557)

6.5 สรุป

แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องมาในช่วง 3 ทศวรรษที่ผ่านมา ซึ่งอาจพิจารณาได้เป็น 3 ระยะคือ ระยะแรก เป็นแนวคิดที่เน้นด้านการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและหาแนวทางการปรับตัวโดยเป็นการตอบสนองต่อผลกระทบนั้น และมีเป้าหมายที่จะลดผลกระทบนั้นลงจากแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ระยะที่สอง เป็นแนวคิดที่เริ่มคิดถึงประเด็นความเสี่ยงและความเปราะบางเชิงสังคมมากขึ้น และหาแนวทางการปรับตัวเพื่อลดความเสี่ยงและภาวะเปราะบางของสังคมภายใต้การเปลี่ยนแปลงในอนาคตลง ระยะที่สาม แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ขยายขอบเขตครอบคลุมประเด็นความเสี่ยงของภาคส่วนและสังคมภายใต้ภาวะอากาศแปรปรวนปัจจุบัน และพยายามนำเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศประกอบกับการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจสังคมในอนาคตมาทำการประเมินความเสี่ยงและภาวะเปราะบางของสังคม ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาในประเด็นผลสืบเนื่องที่อาจเกิดขึ้นข้ามภาคส่วนระหว่างกันด้วย และจับประเด็นการปรับตัวในเชิงของทิศทางยุทธศาสตร์ที่จะสร้างความมั่นคงให้แก่ภาคส่วนต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตมากขึ้น โดยพิจารณาควบรวมเข้ากับแผนงานต่าง ๆ

สำหรับการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยเท่าที่ผ่านมานั้น อาจกล่าวได้ส่วนใหญ่แล้วยังเป็นการศึกษาที่อยู่บนฐานของแนวคิดด้านการปรับตัวในระยะที่หนึ่งและระยะที่สอง โดยมีงานศึกษาที่ว่าด้วยผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ศึกษาเป็นรายภาคส่วนเป็นส่วนมาก และงานศึกษาเกือบทั้งหมดยังไม่ได้จับประเด็นพลวัตด้านเศรษฐกิจและสังคมในฐานะที่เป็นตัวกำหนดความเสี่ยงและภาวะเปราะบางของภาคส่วนหรือสังคมที่ศึกษา อีกทั้งเป็นเงื่อนไขของการปรับตัวของสังคมในพื้นที่ต่าง ๆ

เอกสารอ้างอิง

1. กรสิริ ศรีนิล, นุจรินทร์ จังขันธ์, ธราพร ยืนยงค์, กัลย์ธีรา คันธา, อัญธิกา ตนมิตร และเนตรนภา พุ่มห่าน. 2557. การเปลี่ยนแปลงประชากรของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญในจังหวัดเชียงรายจากผลกระทบของสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดนครสวรรค์, 25-26 มีนาคม 2557. หน้า 211-224.
2. กิรพัฒน์ พชรพิชชากร และ สมปรารถนา ฤทธิ์พริ้ง. 2555. การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเลในประเทศไทย. วิศว-สารลาดกระบัง 56 29 (3): 55-60.
3. เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร, วินัย ศรวัต, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, สหัสชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, อิสระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, ชิษนุชา บุดดาบุญ, และกิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ "โครงการผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย.เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
4. คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัย มหิดล. 2551. การศึกษาสถานการณ์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
5. คุณวุฒิ อังครัตนพิชัย. 2557. กลไกสถาบันเพื่อควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการวางแผนพัฒนาเมือง: กรณีศึกษา อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ. การประชุมวิชาการประจำปี 2557 Built Environment Research Associates Conference; BERAC 5, 23 พฤษภาคม 2557. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์: หน้า 359-364.
6. เฉลิมรัฐ แสงมณี. 2552. ผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อปริมาณน้ำที่สามารถนำมาใช้ในลุ่มน้ำชี. วารสารวิจัย มข. 14(7): 601-610.
7. ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์, โสมรัศมิ จันทรัตน์, ปรีสาร รักวาทิน และธนสิน ถนอมพงษ์พันธ์. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการศึกษากลไกการบริหารจัดการความเสี่ยงของภาคส่วนเกษตรต่อสภาวะรุนแรงโดยระบบประกันภัยพิชผล: กรณีศึกษาระบบเพาะปลูกข้าว. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
8. ณัชวิชญ์ ติกุล และสืบพงศ์ ทองดี. 2558. รายวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกรณีศึกษาน้ำท่วม. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
9. ธารินี รามสูต และประติมา นิ่มเสมอ. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการบ้านพักอาศัยพื้นถิ่นกับความสามารถในการรับมือต่อความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณีศึกษาชุมชนริมน้ำ อ.เสนา จ.พระนครศรีอยุธยา. เสนอต่อ สานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
10. นุจรินทร์ จังขันธ์, ปิยะพันธ์ ศรีคุ้ม, กรสิริ ศรีนิล, ธราพร ยืนยง และกัลย์ธีรา คันธา. 2557. ผลของการเปลี่ยน แปลงสภาพภูมิอากาศต่อการระบาดของโรคข้าว จังหวัดเชียงรายและพะเยา. สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ประจำปี 2557 ณ โรงแรมแกรนด์ ฮิลล์ รีสอร์ท แอนด์ สปา จังหวัดนครสวรรค์, 25-26 มีนาคม 2557: 104-109.
11. บริษัทเทสโก้จำกัด. 2555. โครงการวิเคราะห์สถานการณ์จำลองผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลต่อพื้นที่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. เสนอต่อ กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
12. ปรีชา กาเพ็ชร และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. 2555. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษา จังหวัดกาฬสินธุ์. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ 3: 83-91.
13. ปุ่น เที่ยงบูรณะธรรม. 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการออกแบบและการพัฒนาแบบจำลองประเมินความเสี่ยงของเมืองในประเทศไทยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (ระยะที่ 1 การพัฒนาแบบจำลองต้นแบบ). เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
14. มูลนิธิสถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย. 2558. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการปรับตัวองเกษตรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
15. วนารัตน์ กรอิสรานุกูล. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ แนวทางการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมและแนวทางการจัดการน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
16. วิเชียร เกิดสุข, สหัสไชย คงทน และอรรถชัย จินตะเวช. 2547. ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในทุ่งกุลาร้องไห้. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย ปีที่ 5 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2547.
17. วิเชียร เกิดสุข และวชิราพร เกิดสุข. 2549. การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยน แปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้.
18. วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และพรวิไล ไทรโพธิ์ทอง. 2554. รายงานผลการวิจัย โครงการการประเมิน ผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลมเปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต:

กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

19. วิเชียร เกิดสุข, พัชรินทร์ ฤชุวรารักษ์ และกฤติภาส วิชาโคตร. 2555. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
20. ศรีอาภา คงดี. 2553. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตกระบือในเขตพื้นที่จังหวัดชัยนาทและนครสวรรค์. ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร 12(1): 50-61.
21. ศุภกร ชินวรรโณ. 2557. การปรับตัวต่อการเปลี่ยน แปลงภูมิอากาศกับยุทธศาสตร์การพัฒนา. โครงการสร้างองค์ความรู้เพื่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กรณีศึกษาจังหวัดอุดรธานีและลุ่มน้ำห้วยหลวง. สนับสนุนโดย สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
22. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อคลัสเตอร์การท่องเที่ยวของไทย. เสนอต่อ กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา, กรุงเทพฯ.
23. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาของโลกการผันผวนของราคาพลังงานและวิกฤตอาหารของโลก. เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
24. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยน แปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
25. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2555. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษามาตรการที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
26. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 2556. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการอนุวัติสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
27. ศูนย์วิจัยและพัฒนาวิศวกรรมปฐพีและฐานราก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2557. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการความเป็นไปได้และความถี่ของการเกิดอุทกภัย/ดินถล่มจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ/ ภาวะโลกร้อน: พื้นที่ศึกษาภาคเหนือ. เสนอต่อกรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
28. สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวงษ์, วินัย ศรวัต, ปรีชา กาเพ็ชร, แคทลิยา เอกอุ่น, วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล, อิสระ พุทธสิมมา และเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตพืชไร่หลักสามชนิดประเทศไทย. วารสารวิจัย มข. 14(7): 629-649.
29. สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. รายงานฉบับสุดท้าย Climate Change การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ภายใต้โครงการเตรียมการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11. เสนอ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
30. สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรม โครงการย่อยที่ 2 การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยน แปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคอุตสาหกรรมและมาตรการรองรับผลกระทบ. เสนอต่อ กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
31. สนิท วงษา, ชัยวัฒน์ เอกวัฒน์พานิชย์ และเกรียงไกร ตรีฤทธิวิทยา. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อพฤติกรรมทางชลศาสตร์และความเค็มของแม่น้ำท่าจีน. บทความวิชาการใน The 4th THAICID National SYMPOSIUM, 19 มิถุนายน 2552 โรงแรมมิราเคิลแกรนด์, กรุงเทพ.
32. สหัสไชย คงทน, วินัย ศรวัต และสุกิจ รัตนศรีวงษ์. 2547. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวโพดอ้อยและมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษาจังหวัดขอนแก่น. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้ : http://www.seaclimatechange.org/Content/Document/Paper_T/SEA%20START%20RC_Doc_001T_2004.pdf.
33. สายัณห์ สดุดี, อัศมน ลิ่มสกุล และนายวุฒิชัย แพงแก้ว. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในภาคใต้ของประเทศไทยที่มีผลต่อการผลิตยางพารา. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนันสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
34. สมพร อิศวิลานนท์, สุวรรณา ประณีตวตกุล และชนาพร คำวงษ์. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการวิจัย การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวในประเทศไทย. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
35. สิทธิพงษ์ ศุภผลา. 2553. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนที่มีต่อสภาพทางชลศาสตร์และความเค็มบริเวณอ่าวไทย. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

36. สุจริต คูณนกุลวงศ์. 2553. สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงของไทยและผลกระทบต่อด้านน้ำ. หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

37. หลุยส์ เลอเบล และชนกันต์ จิตมนัส (บรรณาธิการ). 2558. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในภาคเหนือของไทย: การประเมินความเสี่ยงและทางเลือกในการปรับตัว. โครงการอควาแดป. หน่วยวิจัยสังคมและสิ่งแวดล้อม, คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

38. อัศมน ลิ่มสกุล, สายัณห์ สดุดี และวุฒิชัย แพงแก้ว. 2557. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรภูมิอากาศกับผลผลิตยางพาราในพื้นที่ชายฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย 28(2-3): 67-77.

39. Agarwal A. 2008. Forecasting rice yield under climate scenarios and evaluation of agro-adaptation measures for Mekong basin region: a simulation study. Thesis of master degree of engineering in water engineering and management. Asian Institute of Technology.

40. Apiratikorn S., Sdoodee S., Lerslerwong L. and Rongsawat S. 2012. The Impact of Climatic Variability on Phenological Change, Yield and Fruit Quality of Mangosteen in Phatthalung Province, Southern Thailand. Kasetsart J. (Nat. Sci.) 46:1 – 9.

41. Apiratikorn S., Sdoodee S. and Limsakul A. 2014. Climate-related Changes in Tropical-fruit Flowering Phases in Songkhla Province, Southern Thailand. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 7(15): 3150-3158.

42. Babel M.S., Agarwal A., Swain D.K., and Herath S. 2011. Evaluation of climate change impacts and adaptation measures for rice cultivation in Northeast Thailand. Climate Research, 46: 137-146.

43. Buddhaboon C., Kongton S. and Jintrawet A. 2005. Climate scenario verification and impact on rain-fed rice production. The study of future climate changes impact on water resource and rain-fed agriculture production. Proceedings of the APN CAPaBLE CB-01 Synthesis Workshop, Vientiane, Lao PDR, 29 - 30 July 2004. SEA START RC Technical Report No.13.

44. Burton I., Hug S., Lim B., Pilifosova O. and Schipper E.L.F. 2002. From impacts assessment to adaptation priorities: The shaping of adaptation policy. Climate Policy, 2(2-3): pp 145-159.

45. Chaowiwat W. and Likitdecharote, K. 2009. Effect of climate change on potential evapotranspiration case study: lower Chaopraya basin. In Proceeding of the 1 NPRU Academic Conference: 75-83.

46. Chinvanno S., Souvannalath S., Lersupavithnapa B., Kerdsuk V., and Thuan N. 2006. Strategies for managing climate risks in the lower Mekong River basin. In Leary N, Adejuwon J., Barros V., Burton I., Kulkarni J. and Lasco R. (eds). Climate Change and Adaptation. Earthscan, London.

47. Chinvanno S., Boulidam S., Inthavong T., Souvannalath S., Lersupavithnapa, B., Kerdsuk, V., and Thuan, N.T.H. 2006. Climate change risk and vulnerability of rain-fed rice farmers in the lower Mekong River. In Leary, N., Conde, C., Kulkarni, J., Nyong, A. and Pulhin, J. (eds). Climate Change and Vulnerability. Earthscan, London.

48. Chinvanno S., Boulidam S., Inthavong T., Souvanalath S. Lersupavithnapa B., Kerdsuk V. and Thuan N.T.H. Climate risk and rice farming in the lower Mekong River basin. 2008a. In Leary N., Conde C., Kulkarni J., Nyong A. and Pulhin J. (eds). Climate Change and Vulnerability. Earthscan, London.

49. Chinvanno S., Souvanalath S., Lersupavithnapa B., Kerdsuk V. and Thuan N.T.H. 2008b. Strategies for managing climate risks in the lower Mekong River basin: A place-based approach. In Leary, N., Adejuwon, J., Barros, V., Burton, I., Kulkarni, J. and Lasco, R. (eds). Climate Change and Vulnerability. Earthscan, London.

50. Chinvanno S. 2013. A holistic approach to climate change vulnerability and adaptation assessment: Pilot study in Thailand. Adaptation Knowledge Platform, Partner Report Series No.4. Stockholm Environment Institute, Bangkok. [Online]. Available at: www.asiapacificadapt.net or www.weADAPT.org

51. Chinvanno S. and Kerdsuk V. 2013. Mainstreaming Climate Change into Community Development Strategies and Plans: A Case Study in Thailand. Adaptation Knowledge Platform, Partner Report Series No.5. Stockholm Environment Institute, Bangkok. [Online]. Available at: www.asiapacificadapt.net or weADAPT.org.

52. Chulalongkorn. 2013. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Dam Operation Analysis). Research Report submitted to JIID, February.

53. Dutta D. and Niu S.2005. Impacts of Sea Level Rising on Flooding in Coastal Cities: A Case Study in Bangkok, Thailand. SEISAN KENKYU, 57(4): 334-337. [Online]. Available on: https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisankenkyu/57/4/57_4_334/_article

54. Eastham, J., Mpelaskoka, F., Mainuddin, M., Ticehurst, C., Dyce, P., Hodgson, G., Ali, R., and Kirby, M. 2008. Mekong River Basin Water Resources Assessment: Impacts of Climate Change. CSIRO: Water for a Healthy Country National Research Flagship. Handmer, J.W. and Dovers, S.R. 1996. A topology of resilience; Rethinking

institutions for sustainable development. Organization and Environment, 9(4): pp 482-511.

55. Handmer J.W. and Dovers S.R. 1996. A topology of resilience; Rethinking institutions for sustainable development. Organization and Environment, 9(4): pp 482-511.
56. Hellmuth M., Osgood D., Hess, U., Moorhead A., and Bhojwani, H. 2009. Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management. International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York.
57. Hug S. and Reid H. 2004. Mainstreaming adaptation in development. IDS Bulletin, 35(3): 15-21.
58. IPCC. 2014. Summary for Policymakers. In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.
59. Jintrawet A. and Prammanee P. 2005. Simulating the impact of climate change scenarios on sugarcane production systems in Thailand. ISSCT 25th, 31 January 2005 - 4 February 2005, Columbia, Guatema: pp. 120-124.
60. Jonathan A.P., Willem J.M., Martens D.A. Focks and Theo, H. J. 1998. Dengue fever epidemic potential as projected by general circulation model of global climate change. Environmental Health Perspectives, 106 (3): 147-153.
61. Karuppaiah V. and Sujayanad G.K. 2012. Impact of Climate Change on Population Dynamics of Insect Pests. World Journal of Agricultural Sciences, 8 (3): 240-246.
62. Kelly P.M. and Adger W.N. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. Climate Change, 47(4): 325-352.
63. Keskinen M., Chinvanno S., Kummu M., Nuorteva P., Snidvongs A., Varis O. and Vastila K. 2010. Climate change and water resources in the Lower Mekong River Basin: putting adaptation into the context. Journal of Water and Climate Change; 01.2: 103-117.
64. Kulpraneet, A. 2013. Coastal household adaptation cost requirements to sea level rise impacts. Mitig Adapt Strateg Glob Change 18:285-302.
65. Koch, M. 2008. Challenges for future sustainable water resources management in the face of climate change. [Online]. Available at http://www.unikassel.de/fb14/geohydraulik/koch/paper/2008/Nakon_Pathom/Climate_Change_Groundwater.pdf.
66. Kure S. and Tebakari T. 2012. Hydrological impact of regional climate change in the Chao Phraya River Basin, Thailand. Hydrological Research Letters 6: 53–58.
67. Linnerooth-Bayer J, Mechler R. 2005. Financial Strategies for Managing the Economic Impacts of Natural Disasters. Module of the on-line Natural Disaster Risk Management Program training course of the World Bank.
68. Matthews R.B., Kropff M.J., Horie T. and Bachelet D. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluation option for adaptation. Agricultural Systems, 54(3): 399-425.
69. Monech M. 2007. Adapting to climate change and risks associated with other natural hazard: Methods for moving from concepts to action. In Moench, M. and Dixit, A. (eds). Working with the Wind of Change. Havana, Cuba, 19-21 June 2002; United Nations Development Programme, New York.
70. Mott MacDonald, Southeast Asia START Regional Center and Panya consultant. 2011. National Final Report: Hydro-Agronomic-Economic Model for Mekong River Basin and Local Adaptation in Thailand. World Bank.
71. Noimunwai W. 2008. Estimation of potential evapotranspiration under climate change using data mining: a case study of Thailand. Thesis of master degree of Science (Appropriate Technology for resources and environmental development), Faculty of Environment and resource studies, Mahidol University.
72. Ogata T., Valeriano O.C.S., Yoshimura C., Liengcharernsit W. and Hirabayashi Y. 2012. Past and future hydrological simulations of Chao Phraya river basin. Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser.B1 (Hydraulic Engineering), 68(4): I_97 - I_102.
73. Parkpoom S. and Harrison G.P. 2008. Analyzing the impact of climate change on future electricity demand in Thailand. IEEE Transactions on Power Systems, 23(3): 1441-1448.
74. Parry M.L. O.F. Canziani J.P. Palutikof P.J. van der Linden, and C.E. Hanson, (eds.) 2007. Climate change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on

Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 976p.

75. Pinichka C., Bhaktikul K., Sucharitakul S., and Bundhamcharoen K. 2013. Malaria epidemics under climate change scenarios in Thailand. J. Environ. Res., 35(2): 1-11.
76. Pratoomchai W., Kazama S., Hanasaki N. and Ekkawatpanit C. 2014. A projection of groundwater resources in the Upper Chao Phraya River basin in Thailand. Hydrological Research Letters, 8(1):20–26.
77. Panya Consultants. 2009. Final Report Climate Change Impact and Adaptation Study for Bangkok Metropolitan Region. World Bank.
78. Raks Thai Foundation and CARE Deutschland-Luxemburg e.V. 2013. Climate Vulnerability and Capacity Analysis Report: The South of Thailand. Building Coastal Resilience to Reduce Climate Change Impact in Thailand and Indonesia Project (BCR CC). Bangkok, Thailand.
79. Ribot J.C., Najam A., and Watson G. 1996. Climate variation, vulnerability and sustainable development in the semi-arid tropics. In Ribot, J.C., Magalhaes, A.R. and Panagides, S.S. (eds). Climate Variability, Climate Change and social Vulnerability in the Semi-Arid Tropics. Cambridge University Press, Cambridge, pp 13-17.
80. Rojrungtavee C. 2009. Assessment of water supply and demand under future climate change conditions in the Maeklong river basin, Thailand. Thesis of master degree of engineering in water engineering and management, Asian Institute of Technology.
81. Saraphirom P., Wirojanagud W. and Srisuk K. 2013a. Impact of climate change on waterlogging and salinity distributions in Huai Khamrian subwatershed, NE Thailand. Environ Earth Sci, 70: 887–900.
82. Saraphirom P., Wirojanagud W. and Srisuk K. 2013b. Potential Impact of Climate Change on Area Affected by Waterlogging and Saline Groundwater and Ecohydrology Management in Northeast Thailand. Environment Asia, 6(1): 19-28.
83. Schipper E.L.F. 2006. Conceptual history of adaptation to climate change under UNFCCC. Review of European Community and International Environmental Law (RECIEL), 15(1): 82-92.
84. Schipper E.L.F. and Burton I. 2009. Understanding adaptation: Origins, concepts, practice and policy. In E. Lisa F. Schipper and Ian Buton (eds). Adaptation to Climate Change. Earthscan, London.
85. Smit B., Burton I., Klien R.J.T., and Wandel J. 2000. An anatomy of adaptation to climate change and vulnerability. Climate Change, 45(1): 223-251.
86. Smithers J. and Smit B. 1997. Human adaptation to climate variability and change. Global Environmental Change, 7(2): 129-146.
87. Sojisuporn S., Sangmanee C and Wattayakorn G. 2013. Recent estimate of sea-level rise in the Gulf of Thailand. Maejo Int. J. Sci. Technol., 7 (Special Issue): 106-113.
88. Southeast Asia START Regional Center. 2006. Final technical report AIACC AS07: Southeast Asia Regional vulnerability to changing water resource and extreme hydrological events due to climate change. Southeast Asia START Regional Center Technical Report No.15, Bangkok, Thailand.
89. Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand. [Online]. Available from: http://assets.panda.org/downloads/thailand_full_final_report.pdf.
90. Tachikawa Y., Wichakul S. and Yorozu K. 2012. Rainfall-Runoff Simulation for the 2011 Flood in Thailand and Water Resources Prediction Research under a Changing Climate. In 2012 AIT-NUS-ITB-KU Join Symposium on Human Security Engineering, Bangkok, Thailand, November 19-20, 2012.
91. Trisurat Y., Alkemade R. and Alets E. 2009. Projecting forest tree distributions and adaptation to climate change in northern Thailand. Journal of Ecology and Natural Environment, 1(3): 55-63.
92. UNDP. 2002. A climate risk management approach to disaster reduction and adaptation to climate change. Summary of the UNDP Expert Group Meeting 'Integrating Disaster Reduction and Adaptation to Climate Change'. Havana, Cuba, 19-21 June 2002; United Nations Development Programme, New York.
93. UNDP-UNEP. 2011. Mainstreaming Climate Change Adaptation into Development Planning: A Guide for Practitioners. UNDP-UNEP Poverty-Environment Facility, Nairobi, Kenya.

บทที่ 7

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

Resilient Settlement to Climate Change

ผศ.ดร.วิจิตรบุษบา มารมย์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผศ.วนารัตน์ กรอิสรานุกูล

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

รศ.ณัชวิชญ์ ติกุล

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้

วิธีอ้างอิง

วิจิตรบุษบา มารมย์, วนารัตน์ กรอิสรานุกูล และ ณัชวิชญ์ ติกุล, 2559: การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

7.1 การเสริมสร้างเมืองให้มีความมั่นคง (urban resilience) และทนทาน (robustness) ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 213

7.2 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวของการตั้งถิ่นฐานและเมือง 214

7.3 การปรับตัวในบริบทของมหานคร: กรณีศึกษากรุงเทพมหานครและปริมณฑล 222

7.4 การปรับตัวในบริบทของเมืองขนาดเล็ก: กรณีศึกษาเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎ์ธานี 233

7.5 การปรับตัวในบริบทของชุมชนและครัวเรือน : กรณีศึกษาชุมชนผู้มีรายได้น้อย จังหวัดเชียงใหม่ 246

7.6 สรุป 259

เอกสารอ้างอิง

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่งคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ประเด็นสำคัญประการหนึ่งที่ต้องคำนึงเมื่อพิจารณาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ ชีวิตและความเป็นอยู่ของคนจำนวนมากนั้นมีแนวโน้มที่จะตกอยู่ภายใต้ความเสี่ยงที่เปลี่ยนไปเนื่องจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการตั้งถิ่นฐาน (human settlement) อันรวมไปถึงระบบโครงสร้างพื้นฐาน สภาพแวดล้อมทางกายภาพ สิ่งแวดล้อมเมือง โครงสร้างทางเศรษฐกิจและสังคมเมือง รวมถึงการบริหารจัดการที่เหมาะสม ซึ่งการตั้งถิ่นฐานในอดีตนั้นได้มีการนำปัจจัยทางภูมิอากาศเข้ามาผนวกเป็นแนวคิดในการกำหนดที่ตั้งเสมอ กล่าวคือ การเลือกทำเลที่ตั้งชุมชนต่าง ๆ นั้นจะต้องมีความเหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และทรัพยากรธรรมชาติในบริเวณนั้น โดยให้สอดคล้องกับการดำเนินชีวิตของผู้คนในสังคม ซึ่งชุมชนในแต่ละพื้นที่ก็ต่างมีภูมิวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน และชุมชนต่าง ๆ ก็ยังต้องเรียนรู้ที่จะจัดการกับสภาพอากาศที่รุนแรงอีกด้วย แต่เมื่อระบบสังคมและเศรษฐกิจได้เปลี่ยนแปลงไป การพัฒนาทางเทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และกิจกรรมทางเศรษฐกิจเสริมสร้างความมั่งคั่งของสังคมมนุษย์ ทำให้การตั้งถิ่นฐานในอดีตที่จำเป็นต้องคำนึงถึงสภาพภูมิอากาศได้ถูกลดทอนความสำคัญลง โดยมีการจัดการต่าง ๆ ตลอดจนการใช้แนวทางทางวิศวกรรมต่าง ๆ เข้ามาช่วยเสริมให้ชุมชนสามารถจัดการกับความเสี่ยงต่าง ๆ ให้อยู่ในระดับดำเนินวิถีสังคมไปได้ อย่างไรก็ดี การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตเป็นความท้าทายใหม่ต่อความมั่นคงของการตั้งถิ่นฐาน และก่อให้เกิดความจำเป็นในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (resilience settlement) ซึ่งจะต้องพิจารณาในบริบทของการตั้งถิ่นฐานในระดับต่าง ๆ ได้แก่ ระดับมหานคร (megacity) ระดับเมืองขนาดเล็ก (small city หรือ town) และ ระดับชุมชน-ครัวเรือน (community-household) โดยทำความเข้าใจถึงบริบทที่แตกต่างกันนี้ในแง่ของความซับซ้อนของระบบสังคม กระบวนการวางแผนและการตัดสินใจ ตลอดจนการจัดหาทรัพยากรเพื่อขับเคลื่อนการปรับตัว

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะทำให้ประเทศไทยตกอยู่ในภาวะเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศที่แตกต่างไปจากปัจจุบัน โดยเฉพาะภาวะความเสี่ยงจากน้ำท่วมซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและมีผลกระทบต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมไทยเป็นอย่างมาก โดยภาวะน้ำท่วมอาจมีแนวโน้มที่จะมีความเสี่ยงสูงมากขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต นอกจากนั้นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อน้ำท่วมมักจะเป็นบริเวณที่ราบลุ่มและชายฝั่งทะเลซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินหนาแน่นทั้งเพื่อการตั้งถิ่นฐาน การทำการเกษตร อุตสาหกรรมตลอดจนการคมนาคมขนส่งต่าง ๆ ดังนั้นเมื่อเกิดน้ำท่วมจึงก่อให้เกิดความเสียหายทั้งในระดับพื้นที่และสภาพเศรษฐกิจและสังคมโดยรวมของประเทศ การเตรียมการเพื่อรับมือต่อผลกระทบของเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

7.1 การเสริมสร้างเมืองให้มีความมั่นคง (URBAN RESILIENCE) และทนทาน (ROBUSNESS)

การเติบโตของชุมชนเมืองและมหานครในประเทศกำลังพัฒนานั้น มีผลทำให้เกิดแรงกดดันต่อสภาพแวดล้อมธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นและมีผลต่อการเกิดและลักษณะของความเสี่ยงทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ยิ่งไปกว่านั้น ลักษณะและความถี่ของภัยพิบัติอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งแวดล้อมระดับโลก (global environmental change) ยังเพิ่มแรงกดดันต่อระบบสังคมและสิ่งแวดล้อมอีกด้วย โดยที่ระบบสังคมและสิ่งแวดล้อมของชุมชนเมืองนั้นควรถูกพิจารณาไปควบคู่กัน เนื่องจากความแปรปรวน (disturbance) ของระบบหนึ่ง ย่อมส่งผลไปอีกระบบหนึ่งอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ (Blackburn and Marques, 2013) ดังนั้นการพิจารณาแนวคิดแบบองค์รวมเพื่อรับมือกับความเสี่ยงต่อการตั้งถิ่นฐานและเมืองจึงมีความจำเป็น โดยการปรับใช้แนวความคิดการเพิ่มความมั่นคง (resilience) ซึ่งมีที่มาจากแนวความคิดการปรับตัว (Adaptation) เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระยะยาว โดยระบุไว้ว่าความเปราะบาง (vulnerability) ต่อภาวะภัย (hazard) นั้น คือ ความอ่อนไหวหรือความไวของมนุษย์ (human sensitivity) ต่อผลกระทบอันจะเกิดจากภาวะภัยนั้น ๆ และเป็นผลลัพธ์อันเนื่องมาจากปัจจัยที่มีความหลากหลาย หรือไม่ได้เป็นเพียงปัจจัยธรรมชาติเท่านั้น (Wisner et al., 2004) ความมั่นคง (resilience) คือความสามารถที่จะทนทานต่อผลกระทบของภาวะภัย โดยที่ระบบที่ได้รับผลกระทบจะสามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติต่อไป หรือสามารถปรับตัวเพื่อรับมือกับภาวะภัยที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ได้ (Cutter et al., 2008) ทั้งนี้เมืองมั่นคง (urban resilience) นั้นคือ เมืองที่มีการพัฒนาศักยภาพของตนเองเพื่อรองรับกับสภาวะปัญหาอันอาจเกิดขึ้นกับโครงสร้างพื้นฐานและระบบทางด้านเทคนิค ตลอดจนทางด้านเศรษฐกิจ และทางด้านสังคมในอนาคต โดยที่เมืองเองนั้นก็ยังคงธำรงไว้ซึ่งการทำหน้าที่โครงสร้าง ระบบ และอัตลักษณ์ของตนเองตามปกติ ภายใต้กรอบการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยการพัฒนาศักยภาพของเมืองนั้นเมืองจะมีการพัฒนาอย่างองค์รวมมากขึ้น เพื่อลดทอนผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ดังนั้น แนวความคิดการสร้างเมืองมั่นคงจึงสัมพันธ์กับแนวความคิดการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การปรับตัวเพื่อที่จะนำไปสู่ความเสริมสร้างความมั่นคงเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาวนั้นต้องพิจารณาความสัมพันธ์เชิงระบบของระบบเมือง (urban system) และการตั้งถิ่นฐานแบบองค์รวม ซึ่งหลักการในการสร้างเมืองให้มั่นคง (urban resilience principle) นั้น ได้ถูกกำหนดจากหลายองค์กรในระดับนานาชาติ แต่ในที่นี้ของยกหลักการจากองค์กร resilientCity ซึ่งกล่าวถึงหลักการการสร้างเมืองมั่นคง 6 ประการ คือ

1) เมืองที่มีความหลากหลาย (diversity): การเพิ่มความหลากหลายของระบบต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของเมืองเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เมืองมีความสามารถในการอยู่รอดและฟื้นฟูกลับมาสู่สภาพปกติจากภาวะวิกฤติได้ โดยไม่เกิดภาวะล่มทั้งระบบหากระบบใดระบบหนึ่งไม่สามารถดำเนินต่อไปได้ ในที่นี้หมายถึง การเพิ่มความหลากหลายให้แก่การประกอบการ การดำเนินงานของสถาบันต่างๆ ความหลากหลายของแหล่งอาหารและกิจการอุตสาหกรรม เป็นต้น
2) เมืองที่มีระบบที่ซ้ำซ้อน (redundancy): การที่ภัยพิบัติมีแนวโน้มที่จะเกิดมากขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นหมายความว่า เมืองและชุมชนเมืองมีความจำเป็นที่จะต้องสร้างความมั่นคงเพื่อรับมือกับความถี่และความรุนแรงของภาวะภัยที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นด้วย การเพิ่มความซ้ำซ้อนของระบบโครงสร้างพื้นฐาน อันรวมถึงระบบไฟฟ้า เชื้อเพลิง ระบบจัดการน้ำเสีย ระบบน้ำประปาและการจ่ายอาหาร จะช่วยให้มีระบบสำรองมาทดแทนในขณะที่ระบบหนึ่งเกิดความเสียหาย ถึงแม้ว่าการเพิ่มความซ้ำซ้อนของระบบจะไม่เป็นการส่งเสริมหรือสวนทางกับการสร้างประสิทธิภาพ (efficiency) ของการทำงานก็ตาม แต่ก็มีความจำเป็นในการเพิ่มความมั่นคงให้กับเมือง
3) เมืองที่มีระบบแยกส่วนและมีความอิสระขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ (modularity and independence of system components): ความมั่นคงของเมืองจะเพิ่มมากขึ้น หากองค์ประกอบในระบบนั้นๆ มีความอิสระมากพอ ซึ่งเมื่อเกิดความเสียหายหรือไม่สามารถใช้งานได้ จะทำให้องค์ประกอบอื่น ๆ ของระบบมีโอกาสน้อยที่จะเสียหายตามไปด้วย
4) เมืองที่มีความไวต่อการตอบสนอง (feedback sensitivity): เกี่ยวกับความสามารถของระบบในการค้นหาและตอบสนองกับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบของระบบเอง ถ้าระบบสามารถค้นหาและตอบสนองได้เร็ว ประสิทธิภาพในการรับมือและความมั่นคงทนทานของระบบก็จะดียิ่งขึ้น ระบบต่าง ๆ ควรมีวงสะท้อนกลับ

(feedback loop) ที่กระชับ กล่าวคือ ความหนาแน่นของเมือง (urban density) เป็นรากฐานที่สำคัญของความกระชับของวงสะท้อนกลับ โดยที่ความหนาแน่นจะช่วยย่นระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลและวัตถุดิบของระบบเมืองอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

5) เมืองที่มีขีดความสามารถในการปรับตัว (capacity for adaptation): ความมั่นคงทนทานของเมืองจะเพิ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับการปรับตัวของระบบต่าง ๆ ของเมือง ซึ่งระบบโครงสร้างพื้นฐานที่ถูกออกแบบให้ปรับตัวรับมือกับสภาพที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วจะเพิ่มความมั่นคงให้แก่เมืองด้วย

6) เมืองที่มีการบูรณาการและตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม (environmental responsiveness and integration): ความมั่นคงทนทานของเมืองจะเพิ่มขึ้นได้โดยระบบต่าง ๆ ของเมือง มีการบูรณาการและตอบสนองกับระบบธรรมชาติและทรัพยากรได้ กล่าวคือ จะไม่เป็นเพียงการลดค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการดูแลรักษาโครงสร้างพื้นฐานเท่านั้น แต่จะเป็นการลดผลกระทางลบที่อาจจะเกิดขึ้นกับระบบอันเนื่องมาจากวิกฤติด้านสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอีกด้วย

นอกจาก การสร้างความมั่นคงให้กับเมือง โดยอาศัยหลักการข้างต้นแล้ว วิธีการที่จะนำไปสู่การสร้างเมืองให้มั่นคงยังต้องอาศัยกระบวนการใหม่ด้วย กล่าวคือแนวคิดการสร้างความมั่นคงให้กับเมือง (urban resilience) ในปัจจุบันนั้น ยังถูกพัฒนาไปสู่แนวคิดการปฏิรูปเมือง (urban transformation) เพื่อการพัฒนาเมืองให้ยั่งยืนในระยะยาว โดยที่มหานครหรือเมืองขนาดใหญ่ มักมีความสามารถหรือทางออกในการตอบสนองและรับมือกับผลกระทบของภาวะภัยที่มากกว่าความสามารถของเมืองหรือชุมชนขนาดเล็ก มหานครมีการพัฒนาทางออกโดยอาศัยนวัตกรรมต่าง ๆ เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงและปรับตัว และถูกขับเคลื่อนด้วยโครงข่ายระดับนานาชาติ เช่น C40 และ UNISDR's global 'Making Cities Resilient" campaign (2010-2015) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตาม การขับเคลื่อนระดับนานาชาติดังกล่าวยังมีช่องว่างเชิงยุทธศาสตร์ที่สำคัญกับการขับเคลื่อนระดับมหานครต่าง ๆ ทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องของการสร้างความเข้าใจ (Understanding) และองค์ความรู้ (knowledge) ในการบริหารจัดการความเสี่ยงของระดับเมือง กล่าวคือ การขาดการกำหนดความหมายที่ใช้ร่วมกันถึงประเภทของการตั้งถิ่นฐาน และคุณภาพของข้อมูลระดับชาติที่แตกต่างกัน ที่มักอาศัยการประเมินและแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากระดับโลก เหล่านี้เป็นจุดอ่อนที่สำคัญไม่เพียงต่อการเก็บข้อมูลของการตั้งถิ่นฐาน เช่น สำมะโนประชากรพื้นฐาน แต่ยังรวมไปถึงข้อมูลประชากรที่เปิดรับต่อภาวะภัย หรือได้รับผลกระทบต่อความเสี่ยงอันเนื่องมาจากสิ่งแวดล้อม เทคโนโลยี และพิบัติภัย ยิ่งไปกว่านั้น ข้อมูลเชิงลึกและการกระจายตัวทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับคนยากจนในเมืองก็มักจะถูกประเมินค่าให้ต่ำเกินจริง การลดช่องว่างทางความเข้าใจและองค์ความรู้ของเมืองต่าง ๆ มีความสำคัญ เนื่องจากระบบสังคมเมืองที่ไม่ได้คาดหวังจากการพึ่งพิงทางสังคมเหมือนสังคมชนบท จึงจำเป็นต้องมีการปกครองเมือง (urban governance) ที่มีระบบอย่างสอดคล้องกันและตอบสนองดีพอ กล่าวคือ การไหลเวียนของข้อมูลที่ชัดเจน ระหว่างการวิจัย การวางแผน และการปฏิบัติ ซึ่งในเบื้องต้นจะขึ้นอยู่กับการปรับปรุงการเก็บ การบริหารจัดการ และการเทียบเคียงของการสังเกต วิธีการสร้างแบบจำลอง เครื่องมือ จนรวมไปถึง การเสริมสร้างการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และการสร้างความเข้าใจของสังคมเมืองไปพร้อม ๆ กัน (Pelling, 2003)

7.2 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นในการปรับตัวของการตั้งถิ่นฐานและเมือง

7.2.1 การตั้งถิ่นฐานและภาวะกดดันจากภูมิอากาศ

ในบริบทของการตั้งถิ่นฐาน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับท้องถิ่น (Local climate) ซึ่งเป็นแรงขับดันให้เกิดรูปแบบความเสี่ยง (risk profile) ที่แตกต่างกันตามบริบทของท้องถิ่นนั้น ๆ โดยแรงขับดันดังกล่าวสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทหลัก คือ แรงขับดันจากปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยโดยตรง (direct pressure) อันได้แก่ ปัจจัยทางภูมิอากาศและที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศ (climate and climate-related factor) เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน พายุ น้ำทะเลหนุน เป็นต้น และปัจจัยภายในหรือปัจจัยโดยอ้อม (indirect pressure) ได้แก่ ปัจจัยด้านการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม เช่น โครงสร้าง

พื้นฐาน โครงสร้างสังคมและเศรษฐกิจ รวมไปถึงนโยบาย โดยปัจจัยภายในเหล่านี้เป็นตัวเร่งหรือตัวขยายผลของความเสี่ยงอันเกิดจากปัจจัยภายนอก ซึ่งในบางบริบทอาจจะเป็นตัวแปรหลักที่ทำให้ความเสี่ยงเปลี่ยนรูปแบบไป สำหรับปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมือง สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งในปัจจุบันและอนาคตต่ออุตสาหกรรม การตั้งถิ่นฐานและสังคม และปฏิสัมพันธ์กับมิติอื่นๆ

ปรากฏการณ์ที่ขับเคลื่อนโดยปัจจัยภูมิอากาศ	สิ่งบ่งชี้ของผลกระทบ/ความเปราะบางในปัจจุบัน	มิติหรือแรงขับดันอื่นๆ	การคาดการณ์ผลกระทบความ/เปราะบางในอนาคต
(ก) การเปลี่ยนแปลงของระดับความรุนแรง (changes in extremes)			
พายุหมุนเขตร้อนที่รุนแรง (tropical cyclones) และคลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surges)	การเสียชีวิตและความเสียหายจากน้ำท่วมและลม ความสูญเสียทางเศรษฐกิจ การขนส่ง การท่องเที่ยว โครงสร้างพื้นฐาน และประกันภัย	การใช้ประโยชน์ที่ดินและความหนาแน่นประชากรในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม การป้องกันน้ำท่วม ขีดความสามารถเชิงสถาบันในการบริหารจัดการน้ำท่วม	ความเปราะบางเพิ่มขึ้นในพื้นที่ชายฝั่งที่เสี่ยงต่อคลื่นพายุ ความเป็นไปได้ของผลกระทบต่อการตั้งถิ่นฐาน สุขภาพ การท่องเที่ยว ระบบเศรษฐกิจและระบบขนส่ง อาคาร และ โครงสร้างพื้นฐาน
ความรุนแรงของฝน (extreme rainfall) และน้ำท่วมจากแม่น้ำ (Riverine flood)	การกัดเซาะ/ดินถล่ม น้ำท่วมบนดิน การตั้งถิ่นฐาน ระบบขนส่ง และโครงสร้างพื้นฐาน	เช่นเดียวกับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากคลื่นพายุข้างต้น และรวมไปถึงระบบระบายน้ำ	เช่นเดียวกับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นจากคลื่นพายุข้างต้น และรวมไปถึงระบบระบายน้ำ
คลื่นความร้อน (heat wave) และคลื่นอากาศหนาว (cold wave)	สุขภาพมนุษย์ ความมั่นคงทางสังคม ความต้องการการใช้พลังงาน การใช้น้ำและบริการอื่น ๆ และโครงสร้างพื้นฐาน	การออกแบบอาคารและการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคาร บริบทสังคม ขีดความสามารถเชิงสถาบัน	ความเปราะบางเพิ่มขึ้นสำหรับกลุ่มคนบางกลุ่มและบางภูมิภาค ผลกระทบต่อสุขภาพ และความต้องการการใช้พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป
ภาวะแล้ง (drought)	ปริมาณน้ำที่ใช้ได้ ความกินดีอยู่ดี การผลิตพลังงาน การอพยพย้ายถิ่น และการขนส่งในแหล่งน้ำ	ระบบน้ำ การแย่งการใช้น้ำ ความต้องการใช้พลังงาน ข้อจำกัดของการมีน้ำใช้	การขาดแคลนแหล่งน้ำในบริเวณที่เกิดภาวะแล้ง การเคลื่อนย้ายของการตั้งถิ่นฐานและการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจของประชากร การลุงทุนที่เพิ่มขึ้นในด้านน้ำประปา
(ข) การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ย (changes in means)			
อุณหภูมิ (temperature)	ความต้องการและราคาพลังงาน คุณภาพอากาศในเมือง การละลายของชั้นดินเยือกแข็งคงตัว การท่องเที่ยวและสันทนาการ การจับจ่ายใช้สอยในตลาดค้าปลีก ความกินดีอยู่ดี การสูญเสียน้ำจากการระเหยที่เพิ่มมากขึ้นโดยอุณหภูมิที่สูงขึ้น	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรและเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน นวัตกรรมทางด้านเทคโนโลยี มลภาวะทางอากาศ ขีดความสามารถเชิงสถาบัน	การเปลี่ยนแปลงของความต้องการพลังงาน คุณภาพอากาศแย่ลง ผลกระทบต่อการตั้งถิ่นฐานและความกินดีอยู่ดีที่ขึ้นอยู่กับน้ำที่จะระเหยไป ภาวะคุกคามต่อการตั้งถิ่นฐาน / โครงสร้างพื้นฐานอันเนื่องมาจากการละลายของชั้นดินเยือกแข็งคงตัวในบางภูมิภาค
ฝน (precipitation)	การเขตกรรม การรุกล้ำของความเค็ม โครงสร้างพื้นฐานในการจัดการน้ำ การท่องเที่ยว และการจัดหาพลังงาน	การแก่งแย่งจากภูมิภาคหรือพื้นที่อื่น ๆ และการจัดสรรทรัพยากรน้ำ	ขึ้นอยู่กับความเฉพาะของแต่ละภูมิภาค บางพื้นที่มีความเปราะบางเนื่องมาจากปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มมากขึ้น แต่สำหรับบางพื้นที่อาจจะเป็นข้อดี และบางพื้นที่อาจจะมีความเปราะบางลดลง เช่น พื้นที่ที่มักจะประสบภัยแล้ง
การรุกล้ำของความเค็ม (saline intrusion)	ผลกระทบต่อโครงสร้างพื้นฐานในการจัดการน้ำ (water	แนวโน้มการใช้น้ำใต้ดิน	พื้นที่ชายฝั่งมีความเปราะบางสูงขึ้น

ปรากฏการณ์ที่ขับเคลื่อนโดยปัจจัยภูมิอากาศ	สิ่งบ่งชี้ของผลกระทบ/ความเปราะบางในปัจจุบัน	มิติหรือแรงขับดันอื่นๆ	การคาดการณ์ผลกระทบความ/เปราะบางในอนาคต
	infrastructure)		
การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล (sea-level rise)	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่ง ความเสี่ยงจากน้ำท่วม น้ำขังใต้ผิวดิน (waterlogging) และโครงสร้างพื้นฐานในการจัดการน้ำ	แนวโน้มในการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่ง การตั้งถิ่นฐานและการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ราบลุ่มที่มีพื้นที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลในบริเวณชายฝั่งจะมีความเปราะบางที่สูงขึ้นเป็นระยะเวลายาว
(ค) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างฉับพลัน (abrupt climate change)	การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของการเกิด	การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากร เศรษฐกิจและเทคโนโลยี และการพัฒนาเชิงสถาบัน	ความเป็นไปได้ของผลกระทบที่สำคัญต่อประชากรและพื้นที่ส่วนใหญ่ของโลก อย่างน้อยที่สุดในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

ที่มา: ผู้เขียนแปลมาจากบางส่วนของเอกสาร

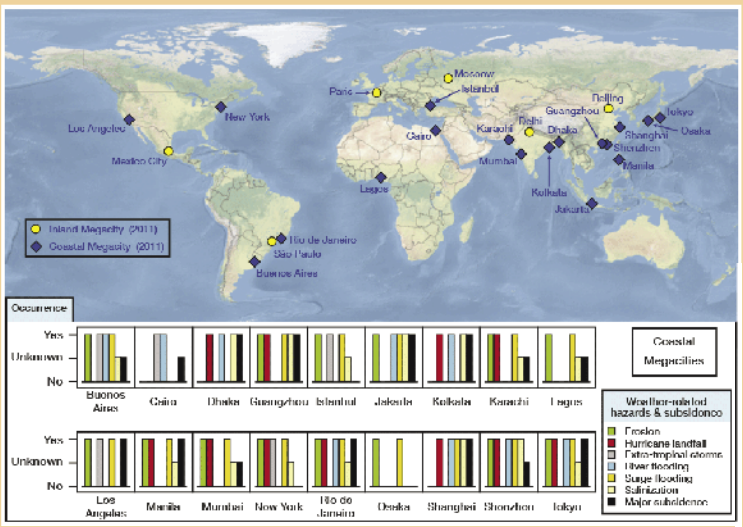
Wilbanks, T. and Romero Lankao, P. with Bao, M., Berkhour, F., Cairncross, S., Ceron, J.-P., Kapshe, M., Muir-Wood, R. and Zapata-Marti, R. (2007) 'Chapter 7: Industry, settlement and society.' in Parry, M., Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P. and Hanson, C. (ed) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambride and New York, pp. 357-390

สำหรับความเสี่ยงอันจะเกิดได้จากปัจจัยภายในหรือทางอ้อมนั้น ได้แก่ ปัจจัยด้านการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม จากรายงานขององค์การสหประชาชาติได้คาดการณ์ไว้ว่าภายในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) จะมีประชากรอยู่อาศัยในพื้นที่ที่เรียกว่าเมืองถึงประมาณร้อยละ 75 ของประชากรโลก โดยภายในปี ค.ศ.2045[8] (พ.ศ.2588) คาดว่าจะมีประชากรเมืองเกินกว่า 6 พันล้านคน โดยประชากรเหล่านี้ส่วนมากอาศัยอยู่ในเมืองในประเทศกำลังพัฒนา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแอฟริกา เมืองเหล่านี้จะเกิดความท้าทายในการจัดสรรบริการสาธารณะที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น อันได้แก่ ที่พักอาศัย โครงสร้างพื้นฐาน การคมนาคมขนส่ง พลังงาน การจ้างแหล่งงาน และรวมไปถึงการศึกษาและสถานพยาบาลด้วย ความท้าทายอันจะเกิดขึ้นในชุมชนเมืองนี้เองมีความสำคัญมากดังคำกล่าวของ John Wilmoth ผู้อำนวยการของ UN DESA's Population Division ไว้ว่า "การบริหารจัดการเมืองเป็นส่วนหนึ่งของความท้าทายที่สำคัญมากที่สุดต่อการพัฒนาในศตวรรษที่ 21 การสร้างเมืองที่มีความยั่งยืนให้สำเร็จนั้นจะเป็นปัจจัยหลักเพื่อนำไปสู่ผลสัมฤทธิ์ของเป้าหมายของวาระการพัฒนาภายหลังปี ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) (Post-2015 UN development agenda)"

ลักษณะการตั้งถิ่นฐานของชุมชนโลกในอดีตจะอยู่ในบริเวณชายฝั่ง (shoreline) เป็นส่วนมาก ซึ่งสวนทางกับระบบป้องกันภัยทางธรรมชาติที่จะกระจุกตัวอยู่ในการตั้งถิ่นฐานหรือเมืองชั้นใน (inland) ในขณะที่มลพิษจากการพัฒนาเมืองก็ทำลายลักษณะทางชีวธรณีเคมี (Biogeochemistry) ของมหาสมุทร การขยายตัวของเมืองชายฝั่งจึงมีข้อจำกัดทางกายภาพและมักจะผลักดันให้โรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมที่เกี่ยวข้องไปตั้งอยู่ในพื้นที่ที่จะก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้ ตัวอย่างเช่น กรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ สามารถบริหารจัดการน้ำเสียเข้าระบบได้เพียง 17% ของน้ำเสียทั้งหมด ในขณะที่เมืองก็ยังมีอัตราการโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อคุณภาพของน้ำทั้งระบบ หรือแม้กระทั่งในมหานครที่มีความเจริญอย่างนครโตเกียว ปัญหาโดมความร้อนในอนาคตจะส่งผลถึงมลพิษทางอากาศให้สูงขึ้นกว่าเดิม[9]

[8] http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html

[9] http://www.igbp.net/news/features/features/coastalmegacitiesrisksandopportunities.5.62dc35801456272b46d17b.html



รูปที่ 7.1
ภาวะภัยหลักที่เกี่ยวข้องกับภูมิอากาศและผลลัพธ์ที่จะเกิดขึ้นในเมืองขนาดใหญ่ทั่วโลก

ที่มา
(Pelling and Blackburn, 2013)

อย่างไรก็ตาม เมืองที่จะโตขึ้นนั้นไม่ได้มีแต่เพียงมหานครเท่านั้น แต่รวมไปถึงเมืองขนาดเล็กที่มีอัตราการโตที่สูงมากขึ้นและมากกว่าอัตราการโตของมหานคร โดยประมาณกึ่งหนึ่งของประชากรเมืองในโลก 3.9 พันล้านคนในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ. 2557) นั้น อยู่อาศัยในถิ่นฐานขนาดเล็กที่มีประชากรไม่เกิน 500,000 คน เทียบกับจำนวนเมืองที่เป็นมหานครมีเพียง 1 ใน 8 ของจำนวนเมืองทั้งหมดหรือเทียบเท่าจำนวนมหานคร 28 เมืองทั่วโลก นอกจากนั้นประชากรในชนบทยังลดน้อยลงมาตั้งแต่ปี ค.ศ.1950 (พ.ศ.2493) และอาจจะลดลงสูงสุดในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) และลดลงไปสู่จำนวนเพียง 3.1 พันล้านคนในปี ค.ศ. 2050 (พ.ศ.2593) (จากเดิมประมาณ 3.4 พันล้านคนในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557)) อันเนื่องมาจากการอพยพย้ายถิ่นไปอยู่อาศัยในพื้นที่ที่เรียกว่า เมือง นั่นหมายความว่าจะเกิดแรงกดดันของการแย่งชิงทรัพยากรพื้นฐานเพื่อหล่อเลี้ยงชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานมากขึ้นในทุกระดับและขนาดของชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐาน ประกอบกับแรงขับดันจากภายนอกดังที่กล่าวมาแล้ว เหล่านี้ทำให้เกิดการตั้งคำถามต่อความสามารถในการรับมือของชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานที่จะรองรับความเปลี่ยนแปลงทั้งจากภายในและภายนอกหรือรอบด้านได้ ไม่ว่าจะเป็นความมั่นคงของระบบสังคม เศรษฐกิจ อาหาร พลังงาน และโครงสร้างพื้นฐาน โดยชุมชนเมืองยังคงดำรงไว้ซึ่งความสามารถในการดำเนินงานโดยปกติแม้เกิดภัยต่างๆ ได้ในอนาคตระยะยาว

7.2.2 กรอบความคิดแบบองค์รวมเพื่อรับมือกับความเสี่ยงต่อการตั้งถิ่นฐานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรอบด้าน

หากพิจารณาความท้าทายจากปัจจัยภายนอก อันได้แก่ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับท้องถิ่นและภาวะภัย (hazards) และปัจจัยภายใน อันได้แก่ ปัจจัยด้านการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งสามารถขยายผลความเสี่ยงจากปัจจัยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้นั้น จะเห็นได้ว่า กรอบแนวความคิดในการควบคุมการพัฒนาเมือง (urban development control) ดังกล่าวข้างต้นนั้นไม่เพียงพอต่อการรับมือต่อความเปลี่ยนแปลงรอบด้านที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยกรอบแนวคิดเพื่อรับมือกับความเสี่ยงของชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรอบด้านสามารถสรุปได้เป็นประเด็นโดยสังเขปดังนี้

- กรอบแนวคิดในการบริหารจัดการเมืองและการตั้งถิ่นฐานของชุมชนจะต้องเป็นไปในรูปแบบการบริหารจัดการเชิงพื้นที่ (area-based) เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงรอบด้าน ที่จะทำให้รูปแบบความเสี่ยง (risk profile) นั้นเปลี่ยนลักษณะไปตามพื้นที่ (space) และเวลา (time) กล่าวคือ การบริหารจัดการเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้น ควรนำหลักการบริหารความเสี่ยงเชิงพื้นที่ (risk-based and area-based approach) มาปรับใช้แทนการประเมินความเปราะบาง[10] รายภาคส่วน (sector-based approach)

[10] ความเปราะบาง หรือ vulnerability นั้น เกิดจากการประเมินความสามารถใน 1) การเปิดรับ (exposure) หรือภาวะที่สินทรัพย์ได้รับผลกระทบ (impact) 2) ความอ่อนไหว (sensitivity) หรือระดับ (degree) ความเสียหายของสินทรัพย์ที่จะเกิดขึ้นได้จากผลกระทบ และ 3) ขีดความสามารถในการปรับตัว (adaptive capacity) หรือความสามารถของสินทรัพย์ที่จะรับมือหรือปรับเพื่อคงสภาพไว้เมื่อได้รับผลกระทบ (สืบค้นจาก http://www.adaptingtorisingtides.org/vulnerability-and-risk)

อันเนื่องมาจากว่า ผลกระทบและรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงทั้งจากปัจจัยภูมิอากาศและปัจจัยการพัฒนาในอนาคตต่อภาคส่วนต่าง ๆ นั้น มีความไม่แน่นอน (uncertainty) หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการวิเคราะห์ความเสี่ยงในลักษณะโอกาสหรือความน่าจะเป็นของผลกระทบที่จะเกิดขึ้น ความไม่แน่นอนเหล่านี้ส่งผลให้มีความท้าทายต่อการกำหนดเป้าหมายเพื่อประเมินทั้งผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการวัดผลสัมฤทธิ์จากการปรับตัวเพื่อลดความเปราะบาง (vulnerability) ของแต่ละภาคส่วนในอนาคต การบริหารจัดการความเสี่ยงเชิงพื้นที่จึงจะมีความยืดหยุ่นมากพอที่จะรองรับการเปลี่ยนแปลงรอบด้าน การประเมินผลกระทบ และการวัดผลสัมฤทธิ์ดังกล่าวได้

- การปรับตัว (adaptation) ในการเสริมสร้างความมั่นคงให้กับการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate resilience) ในระยะยาวนั้น มีความจำเป็นต้องพิจารณาระบบของเมือง การตั้งถิ่นฐานแบบองค์รวมและเป็นระบบ (holistic and system approach) เช่น ระบบโครงสร้างพื้นฐาน ระบบโครงสร้างเศรษฐกิจและสังคม ระบบสิ่งแวดล้อม ระบบการใช้ที่ดินและสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ทั้งนี้เพราะว่าจากอดีตถึงปัจจุบัน ปัจจัยด้านภูมิอากาศไม่ได้เป็นปัจจัยขับเคลื่อน (driver) หลักเพียงปัจจัยเดียวของการพัฒนาเมือง (urban development) หากแต่ปัจจัยขับเคลื่อนหลักเป็นการพัฒนาทางเศรษฐกิจเพื่อความกินดีอยู่ดีของสังคมภายในประเทศ การที่จะนำการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไปควบรวมกับกระแสหลัก (mainstreaming) ของการวางแผนพัฒนาเมืองและการตั้งถิ่นฐานในอนาคตนั้น จึงควรพิจารณาความสัมพันธ์ของระบบเมืองและการตั้งถิ่นฐาน อันเนื่องมาจากความสำคัญสองประการ คือ
    - เพื่อการการกำหนดยุทธศาสตร์หรือทิศทางของการพัฒนาเมืองให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงรอบด้านโดยเป็นไปเพื่อป้องกันผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์จากการปรับตัวของภาคส่วนหนึ่ง (non-linear response) ที่จะไปเพิ่มความเดือดร้อนให้กับอีกภาคส่วนหนึ่งในชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานนั้นๆ (feedback loop)[11] หรือในทางกลับกันการรับมือของภาคส่วนหนึ่งอาจจะไปเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือให้กับอีกภาคส่วนหนึ่งในชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานนั้น ๆ ก็เป็นได้ การวางยุทธศาสตร์ระยะยาวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มักจะต้องใช้ทุนค่อนข้างสูงในการขับเคลื่อน การกำหนดทิศทางแบบองค์รวมจะมีโอกาสทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงของระบบหนึ่งไปลดต้นทุน (cost sharing) กับอีกระบบหนึ่งได้
    - เพื่อสร้างความเชื่อมโยงระหว่างการจัดการทรัพยากรและสภาพแวดล้อมในระดับปฏิบัติการ (practice) ไปสู่การบริหารจัดการความเสี่ยงของชุมชนเมืองและการตั้งถิ่นฐานในระดับการวางแผนระยะยาวได้ (planning) และสามารถนำผลลัพธ์ที่พึงประสงค์ไปสู่ทั้งการปรับตัวและการลดผลกระทบ (mitigation) ดังตัวอย่างเช่น การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสม เพื่อลดความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมและนำไปสู่การควบคุมสิ่งปลูกสร้างเพื่อลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ เป็นต้น
- การประเมินความเสี่ยงและการวางแผนเชิงฉากทัศน์ (scenario based risk assessment and planning) ในการประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้กับการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมืองในปัจจุบันนั้น มักขาดการพิจารณาความสัมพันธ์อย่างเป็นพลวัต (dynamic interaction) ระหว่างแรงขับดันทางด้านสิ่งแวดล้อมและด้านการกำเนิดและวิวัฒนาการของมนุษย์ (anthropogenic forces) การกำหนดลักษณะของระบบต่างๆ ในการตั้งถิ่นฐานในอนาคต จึงจำเป็นต้องมีการวางกรอบแนวความคิดโดยนำความเสี่ยงมาเป็นหัวใจสำคัญและเชื่อมต่อ (nexus) กับองค์ประกอบหลัก 3 ประการ[12] คือ
    - ความเท่าเทียมด้านสิ่งแวดล้อม (environmental equality) รวมถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการขาดแคลนทรัพยากรและความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศน์
    - ภาวะภัยจากธรรมชาติจะนำความเดือดร้อนมาได้หลายระดับ ตั้งแต่ระดับครัวเรือนจนไปถึงระดับเมืองขนาดใหญ่

[11] http://www.igbp.net/news/features/features/coastalmegacitiesrisksandopportunities.5.62dc35801456272b46d17b.html

[12] http://www.igbp.net/news/features/features/coastalmegacitiesrisksandopportunities.5.62dc35801456272b46d17b.html (ibid)

- บริบททางสังคม-การเมือง และเชิงสถาบัน[13] (institutional) บ่งชี้ให้เห็นถึง แรงขับดันอันได้แก่ การเติบโตของจำนวนประชากร ระบบการปกครอง ความมั่นคงทางการเมืองและการค้า

โดยองค์ประกอบทั้ง 3 ประการนี้ มักเป็นรูปแบบที่มีลักษณะเฉพาะของการพัฒนาเมืองและรูปแบบของความเปราะบางของการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมือง ตัวอย่างเช่น ประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในชุมชนเมืองและโดยมากมาจากการอพยพย้ายถิ่น ทำให้เกิดความเสี่ยงที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทั้ง 3 ประการ กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของประชากรทำให้มีความต้องการอาหาร น้ำสะอาด พลังงาน และการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ระบบนิเวศน์เสื่อมโทรมลง สูญเสียระบบป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งตามธรรมชาติ และนำมาซึ่งความเสี่ยงต่อสังคมและเศรษฐกิจมากขึ้น นอกไปนี้ พลวัตของชุมชนเมืองในระดับท้องถิ่น อาจส่งผลกระทบไปสู่ระดับที่สูงขึ้นหรือระดับภูมิภาค หรือแม้แต่ในบริบทนานาชาติได้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ความเสี่ยงมีการเปลี่ยนรูปแบบไปตามพื้นที่และเวลา เนื่องมาจากการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมืองมีความสัมพันธ์กับระบบต่าง ๆ และสัมพันธ์ในหลายระดับไม่อาจแยกขาดกันได้

กล่าวโดยสรุปคือ กรอบการประเมินความเสี่ยงของการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมือง (urban/human settlement risk assessment) ควรพิจารณา 1) เชิงพื้นที่ (Area-based) 2) เชิงระบบและองค์รวม (system and holistic approach) และ 3) เชิงฉากทัศน์ (scenario-based) โดยที่การประเมินความเสี่ยงและวางแผนเชิงฉากทัศน์ที่มีความหลากหลายมากพอ จึงเป็นวิธีการที่สำคัญในการกำหนดกรอบการวิเคราะห์เพื่อการประเมินความเสี่ยงทั้งจากปัจจัยภายนอกและ ภายในดังกล่าว โดยผลลัพธ์ที่ได้คือรูปแบบความเสี่ยงที่หลากหลายมากพอตามพื้นที่และเวลา และยังมีความจำเป็นในการวางแผนและกำหนดมาตรการในการรับมือแบบต่าง ๆ ภายใต้ฉากทัศน์หลายรูปแบบและมีกลุ่มของนโยบายด้านต่าง ๆ ที่มีความครอบคลุมเพียงพอเพื่อรับมือกับความไม่แน่นอนของอนาคต จากทั้งปัจจัยภายนอกและภายใน ด้วยหลักการนี้จะทำให้การสร้างความมั่นคง (resilience) นำไปสู่การสร้างความทนทานได้ (robustness) กล่าวคือ จะทำให้เป็นการวางแผนที่ไม่ใช่เพียงเป็นไปเพื่อให้เมืองตั้งรับ ปรับตัวและฟื้นตัวได้เร็วเท่านั้น (Resilience) แต่ยังเป็นเพื่อให้เมืองมีความทนทาน (robustness) ต่อความไม่แน่นอนดังกล่าว และในกระบวนการประเมินและวางแผนนี้เองยังเอื้อให้เกิดกระบวนการมีส่วนร่วม ลดความเหลื่อมล้ำ และการนำองค์ความรู้ท้องถิ่นมาปรับใช้เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงรอบด้านในอนาคต

7.2.3 แนวคิดที่หลากหลายของการปรับตัวในบริบทของการตั้งถิ่นฐาน

การปรับตัวของการตั้งถิ่นฐานและชุมชนเมืองในบริบทสากล โดยเฉพาะในชุมชนขนาดใหญ่การปรับตัวไม่ได้พึ่งเพียงมาตรการใดมาตรการหนึ่ง แต่มักจะเป็นการผสมระหว่างมาตรการแบบโครงสร้าง (structural measure) ได้แก่ การก่อสร้างระบบป้องกัน การสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่ทนทานต่อภูมิอากาศ และมาตรการแบบไม่ใช่โครงสร้าง (non-structural measure) ได้แก่ มาตรการทางสังคม การบังคับใช้กฎหมาย การใช้ประโยชน์ที่ดิน การผังเมือง และระบบชดเชยและประกัน เป็นต้น โดยปรับใช้ให้เกิดการปรับตัวต่อภาคส่วนและในระดับแตกต่างกัน นำไปสู่สังคมที่มั่นคงภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการตั้งถิ่นฐานเพื่อรับมือกับภาวะน้ำท่วมในอนาคตเป็นหลัก

---

[13] สถาบัน (institution) คือโครงสร้างและกระบวนการที่อยู่ภายใต้กฎเกณฑ์ที่เป็นทางการไม่ว่าจะเป็นกฎหมาย ประเพณี และพิธีกรรมใด ๆ ซึ่งสามารถช่วยรักษามาตรฐานค่านิยมทางสังคมและช่วยสร้างกระบวนการเพื่อการควบคุมในสังคม สถาบันทางสังคมอาจพิจารณาได้หลายลักษณะ กล่าวคือ สถาบันสังคม (social institution) เป็นสร้างสังคมส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อสมาชิกและสังคม ทำให้สมาชิกปฏิบัติตามสถานภาพและบทบาทของตนและทำสังคมดำรงอยู่ได้อย่างเป็นระเบียบเรียบร้อย สถาบันเศรษฐกิจ (economic institution) เป็นสถาบันสังคมที่ช่วยตอบสนองความต้องการที่จำเป็น คือ ปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย ยารักษาโรค และปัจจัยที่จำเป็นต่อความสะดวกสบายต่างๆ ในการดำรงชีวิต และสถาบันการปกครอง (governmental institution) เป็นสถาบันทางการหรือ formal institution เป็น สถาบันที่ตอบสนองความต้องการของชีวิตและสังคมในการเสริมสร้าง ป้องกัน และรักษาความสงบเรียบร้อยของสังคม ระบบการปกครอง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของสถาบันการปกครองนั้น นักวิเคราะห์ยังให้ความสนใจแก่การจัดโครงสร้างภายในมักเป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดองค์กรภาพในการแบ่งงานและอำนาจหน้าที่และการวางขั้นตอนในการปฏิบัติหน้าที่ เพื่อให้เห็นถึงความพร้อมในด้านองค์กรในการตอบสนองปัญหาและความต้องการเฉพาะด้านในระบบการเมืองการปกครองในปัจจุบัน (สืบค้นจาก http://pi-nu.blogspot.com/2012/08/institution-approach.html และ http://www.udru.ac.th/attachments/elearning/02/18.pdf)

ตารางที่ 7.2 แสดงกรณีศึกษาการรับมือของชุมชนเมืองในบริบทต่าง ๆ ต่อความเสี่ยงจากน้ำท่วม

เมืองและประเทศ	ลักษณะภูมิประเทศ (Topography)	ความเสี่ยงจากน้ำท่วม	ทางเลือกการปรับตัว (adaptation option)		การวางแผนและธรรมภิบาล (Planning process & governance)
			แบบโครงสร้าง (Structure)	แบบไม่ใช่โครงสร้าง (Non-structure)	
ลอนดอน (สหราชอาณาจักร)[14]	London Basin ลุ่มแม่น้ำเทมส์ (Thames River Valley)	คลื่นพายุซัดฝั่ง การรุกล้ำของน้ำเค็ม ทำให้เกิดปัญหาแก่ระบบประปาและการระบายน้ำ ในภายหลัง ยุทธศาสตร์ในการบริหารจัดการน้ำ (Comprehensive water strategy) ได้มีการพิจารณาภาวะภัยแล้งเข้ามาด้วย มุ่งเน้นการปรับพฤติกรรมการใช้น้ำของผู้บริโภค	ผนังป้องกันน้ำท่วมแม่น้ำเทมส์ (Thames Barrier) คันกั้นน้ำ อาคารที่สามารถรับมือน้ำท่วม พื้นที่หน่วงน้ำจากคลื่นพายุซัดฝั่งและพื้นที่ชุ่มน้ำ	ควบคุมการก่อสร้างในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากน้ำท่วมมาก แผนรองรับสถานการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ (Public contingency plan) ประกันภัยน้ำ	ยุทธศาสตร์การปรับตัวของมหานครลอนดอน (London Adaptation Strategy) ในการพัฒนาเมือง โดย Greater London Authority [15] ซึ่งเป็นแผนที่มีการวางกรอบให้มีการตัดสินใจร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียต่าง ๆ[16]
นิว ออร์ลีน[17] **(สหรัฐอเมริกา)**		พายุทอร์นาโด คลื่นพายุซัดฝั่ง	ระบบเขื่อนป้องกันน้ำท่วม (levee) หรือเขื่อนกั้นน้ำ (Embankment) และทางระบายน้ำท่วม (Morganza floodway)[18]	การเสริมสร้างอำนาจชุมชนโดย the New Orleans' Community-Driven Adaptation and Planning[19]	ขับเคลื่อนโดย Sewerage and water board of New Orleans และ Federal Emergency Management Agency

[14] Birkmann, J (2010) "Adaptive urban governance: new challenges for the second generation of urban adaptation strategies to climate change"

[15] http://www.london.gov.uk/priorities/planning + http://www.london.gov.uk/climatechange/sites/climatechange/staticdocs/Climiate_change_adaptation.pdf

[16] http://www.sfrpc.com/Climate%20Change/6.pdf

[17] http://www.oecd.org/dataoecd/22/17/40899422.pdf

[18] http://www.bloomberg.com/news/2011-09-05/new-orleans-levees-hold-flash-floods-seen-in-tennessee-valley.html + http://www.mvn.usace.army.mil/bcarre/morganza.asp

[19] http://www.iscvt.org/who_we_are/publications/Adaptation_Resource_Guide.pdf

เมืองและประเทศ	ลักษณะภูมิประเทศ	ความเสี่ยงจากน้ำท่วม	ทางเลือกการปรับตัว (adaptation option)		การวางแผนและธรรมภิบาล
เวนิส [20, 21] **(อิตาลี)**	อยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มทะเลสาบ	ระดับน้ำสูง คลื่นทะเล น้ำทะเลหนุน แผ่นดินทรุดตัว รวมถึงความเสื่อมโทรมของนิเวศน์	MOSE project[22] เป็นโครงสร้างที่รวมระบบป้องกันน้ำท่วมและการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งไว้ด้วยกัน	ถึงแม้ว่าการทำงานจะมีหุ้นส่วนร่วมกันระหว่างรัฐและเอกชน แต่ยังไม่มีความชัดเจนถึงการทำงานร่วมกับชุมชนและภาคส่วนนอกระบบ	ขับเคลื่อนโดน Ministry of infrastructure & transport และ Venice Water Authority (โดย Consorzio Venezia Nuova ซึ่งเป็นหน่วยงานหลักที่รวมบริษัทต่างๆ เข้าด้วยกันในการนำไปปฏิบัติ)
รอตเตอร์ดัม (เนเธอร์แลนด์)	เมืองปากแม่น้ำ	คลื่นพายุซัดฝั่ง	คันและประตูกั้นน้ำ การถอยร่น ชุมชนและหมู่บ้านลอยน้ำ เขื่อนกั้นน้ำทะเล และโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถรับมือน้ำท่วมได้	โครงการ Rotterdam Climate Proof มีความร่วมมือกันที่เข้มแข็งระหว่างภาครัฐ เอกชน และภาคประชาสังคม	เมืองรอตเตอร์ดัม การท่าเรือ และหน่วยงานของรัฐอีกหลายหน่วยงานได้ร่วมกันก่อตั้ง Rotterdam Climate Initiative เพื่อเป็นหน่วยงานในการขับเคลื่อนหลัก

[20] http://en.wikipedia.org/wiki/MOSE_Project

[21] http://www.consorziovenezianuova.it/uk/settori_attività.htm

[22] http://www.i-italy.org/11281/how-italian-technology-trying-save-venice-mose-project-presented-new-york

7.3 การปรับตัวในบริบทของมหานคร: กรณีศึกษา กรุงเทพมหานครและปริมณฑล[23]

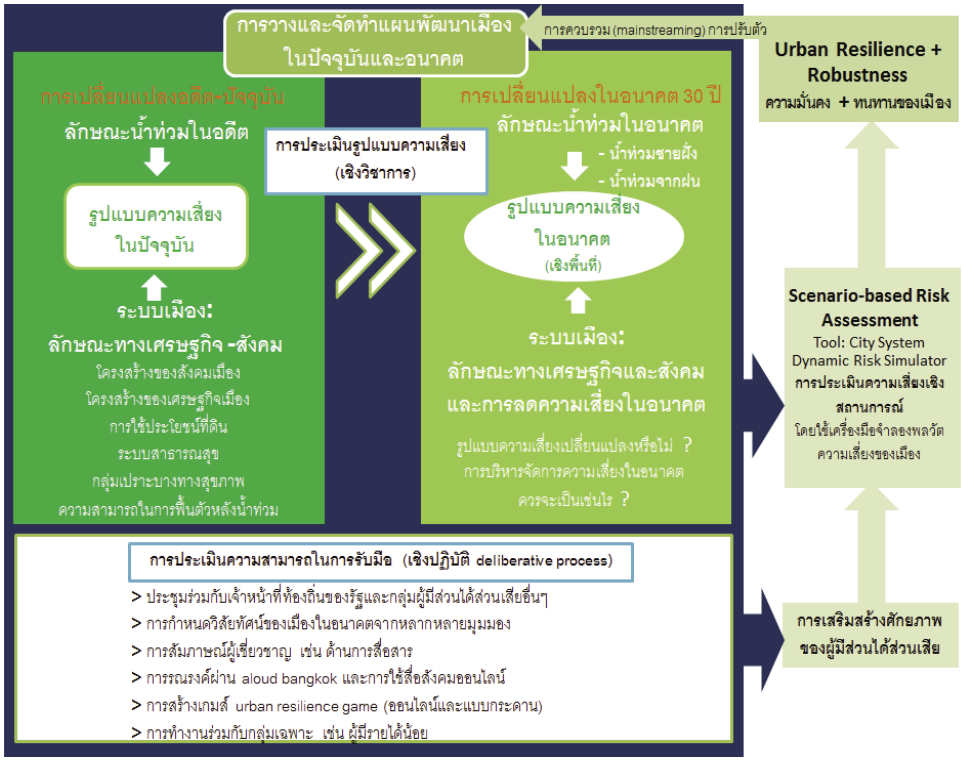
ภาวะภัย (hazards) ที่จะเกิดขึ้นในมหานครนั้น ขึ้นอยู่กับความเฉพาะทางภูมิศาสตร์และลักษณะทางกายภาพของเมืองนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ความเสี่ยงจากน้ำท่วมต่อเมืองที่ตั้งถิ่นฐานอยู่ใกล้กับแม่น้ำหลัก และ/หรือมีคลื่นพายุซัดฝั่ง (storm surge) มักจะมีความเสี่ยงสูงที่สุดเมื่อเทียบกับเมืองที่มีการตั้งถิ่นฐานแบบอื่น อีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญก็คือ ความสูงต่ำของระดับผิวดินส่งผลโดยตรงต่อความเสี่ยงของน้ำท่วมชายฝั่ง โดยที่ที่ราบชายฝั่ง (coastal plain) นั้นอยู่เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางไม่มากหรือต่ำกว่า นอกไปจากนี้ที่ราบดินดอนสามเหลี่ยม (deltaic plain) ก็มีความเสี่ยงต่อน้ำท่วมในปัจจัยข้างต้นที่คล้ายคลึงกัน (Blackburn, 2013 อ้างถึงใน Peling and Blackburn, 2013) แต่การเกิดภาวะภัยนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจากปัจจัยเปิดรับ (Exposure) ต่อภาวะภัยเพียงอย่างเดียว แต่ยังเป็นผลพวงมาจากความเปราะบาง (vulnerability) ด้วย (Wisner et al., 2004) Pelling (2011) ได้กล่าวถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม 7 ประการที่ส่งผลให้มหานครชายฝั่งมีความเปราะบางต่อภาวะภัยทางธรรมชาติ ดังนี้

1) มหานครเป็นศูนย์กลางความมั่งคั่งจากการสะสมมาตั้งแต่อดีต ความมั่งคั่งของสินทรัพย์ทางกายภาพที่สำคัญ อุตสาหกรรมการผลิต และจำนวนประชากรที่เปิดรับกับภาวะภัย
2) มีจำนวนแรงงานข้ามชาติมากและนำมาซึ่งความหลากหลายของสภาพสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม
3) ระบบโครงสร้างพื้นฐานของเมืองแผ่กระจายไปทั่วเมืองและพึ่งพิงระบบโครงข่าย อันได้แก่ พลังงาน น้ำประปา อาหาร และการเงิน นั้นทำให้ความเปราะบางของเมืองกระจายออกไปจากศูนย์กลางเมือง
4) ภาวะภัยของเมืองชายฝั่งเกิดจากปัจจัยหลายประการ ไม่ได้มาจากปัจจัยทางธรรมชาติเพียงเท่านั้น กล่าวคือ การทรุดตัวของแผ่นดิน การปนเปื้อนของน้ำทะเล น้ำทะเลหนุน ซึ่งจะขยายผลกระทบของภาวะภัยน้ำท่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อประชากรรายได้น้อยที่ไม่สามารถเข้าถึงระบบสาธารณูปโภคได้เพียงพอ เช่น น้ำดื่ม ระบบสุขาภิบาล
5) ความเสียหายทางเศรษฐกิจของมหานครสามารถส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจระดับชาติ ภูมิภาค และระดับโลกได้ เนื่องมาจากมหานครชายฝั่งเป็นศูนย์กลางของการค้าและการเงินระดับโลก
6) สภาพแวดล้อมทางทะเลเสื่อมโทรม ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ชายฝั่ง
7) มีโครงการพัฒนาเมืองต่าง ๆ ที่จะกระทบระบบชีวภาพกายภาพ เช่น การก่อสร้าง การขุดคลอง การเพิ่มมลพิษ ซึ่งจะส่งผลกลับไปที่รูปแบบของภาวะภัยของเมือง

การวางแผนโครงสร้างพื้นฐานและการจัดการพื้นที่ที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มความมั่นคง (Resilience) ของเมืองต่อความเสี่ยงจากภัยพิบัติในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การประเมินความเสี่ยงของเมืองในอนาคตไม่ได้ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางภูมิอากาศอย่างเดียวเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องกับปัจจัยการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของเมืองด้วย เช่น โครงสร้างพื้นฐาน โครงสร้างสังคมและเศรษฐกิจ รวมไปถึงนโยบายการพัฒนาเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับมหานคร ความเปลี่ยนแปลงของเมืองขนาดใหญ่ย่อมมีความซับซ้อนกว่าเมืองขนาดเล็ก ซึ่งปัจจัยการพัฒนานี้เองเป็นตัวเร่งหรือตัวขยายผลของความเสี่ยงอันเกิดจากปัจจัยทางภูมิอากาศหรือเหตุการณ์น้ำท่วมโดยตรง ดังนั้นในการประเมินความเสี่ยงควรจะประกอบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของทั้งสองปัจจัยไปควบคู่กัน กรอบการวิเคราะห์รูปแบบความเสี่ยง (risk profile) ที่อาจจะเกิดขึ้นได้จากน้ำท่วมจากอดีตถึงปัจจุบันไปสู่ภาพอนาคตของกรุงเทพฯ และปริมณฑลสามารถแสดงโดยรูปรูปที่ 7.2

[23] งานเขียนนี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย เรื่อง Coastal Cities at Risk: Building Adaptive Capacities for Managing Climate Change in Coastal Megacities โดยได้รับทุนจาก the International Development Research Centre (IDRC), the Canadian Institutes of Health Research (CIHR), the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), and the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC), Ottawa, Canada โดย (ค.ศ.2011-2016)



รูปที่ 7.2 กรอบแสดงแนวคิดการสร้างเมืองให้มั่นคงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ใช้ประเมินความเสี่ยงของเมืองในอนาคต กรณีศึกษาจากกงานวิจัย Coastal Cities at Risk (CCaR)

ความท้าทายในการประเมินความเสี่ยงของเมืองจากน้ำท่วมซึ่งอาจเป็นผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้นมิได้ขึ้นอยู่กับความไม่แน่นอน (uncertainties) ของช่วงเวลา ความถี่ (frequency) และขนาดความรุนแรง (magnitude) น้ำท่วมในอนาคตเท่านั้น แต่สิ่งสำคัญที่ทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงของเมืองขนาดใหญ่มีความยากและซับซ้อนกว่าเมืองขนาดเล็กนั่นคือ เมืองมีความเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องและอยู่ในช่วงเวลาที่สั้นกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รูปแบบความเสี่ยง (risk profile) ของเมืองในอดีตถึงปัจจุบันย่อมมีความแตกต่างจากรูปแบบความเสี่ยงของเมืองในอนาคต ดังนั้น การวางแผนรับมือระยะยาวเพื่อทำให้เมืองมั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจึงw,jได้ต้องการคำตอบเพียงคำตอบเดียว แต่จะต้องเป็นกระบวนการ (process) ของการปรับตัวในลักษณะต่าง ๆ ตามห้วงเวลาและพื้นที่ที่ศึกษา หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการวางแผนปรับตัวในอนาคตบนสภาพเมืองในปัจจุบันไม่สามารถทำให้เมืองมีความมั่นคงต่อน้ำท่วมในอนาคตได้นั่นเอง รูปแบบความเสี่ยงในอนาคตจึงต้องมีการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของเมืองทั้งทางกายภาพและสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมไปพร้อม ๆ กับลักษณะน้ำท่วมในอนาคตระยะยาว ในที่นี้คือ 30 ปี รวมถึงความเดือดร้อนต่อสังคมเมืองที่จะเกิดขึ้นได้หรือรูปแบบความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นนั้นมีได้หลากหลายรูปแบบ ด้วยเหตุนี้เองจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือในการวิเคราะห์เชิงระบบที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ของเมืองที่สัมพันธ์กัน และสามารถมองภาพรวมของเมืองและน้ำท่วมได้ ในที่นี้ได้นำเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์พลวัตระบบเมือง (urban system dynamic) เพื่อประเมินความเสี่ยงในลักษณะสถานการณ์ต่าง ๆ (scenario-based risk assessment) และหลังจากได้รูปแบบความเสี่ยงที่แตกต่างกันภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ แล้ว จึงนำมาทดสอบความมั่นคงและแข็งแรงของระบบเมืองว่าสามารถรับมือกับน้ำท่วมได้มากน้อยเพียงใด และความเสี่ยงได้เปลี่ยนรูปแบบไปอย่างไร ด้วยกระบวนการประเมินเชิงสถานการณ์นี้เองจะทำให้ผู้บริหารจัดการเมืองสามารถทดสอบแนวคิดหรือนโยบายที่ใช้รับมือกับน้ำท่วมด้านต่าง ๆ ได้ โดยที่การวางแผนรับมือระยะยาวจะเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและสามารถนำนโยบายเหล่านั้นมาควบรวมเข้ากับวางแผนเมืองด้านต่าง ๆ ในปัจจุบันได้อีกด้วย (mainstreaming climate change adaptation into urban policy and planning) ด้วยกรอบวิเคราะห์นี้จะทำให้เมืองมีความยืดหยุ่นเพียงพอเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงรอบด้าน

7.3.1 ความเสี่ยงของกรุงเทพมหานครต่อสภาพน้ำท่วมและแนวโน้มความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

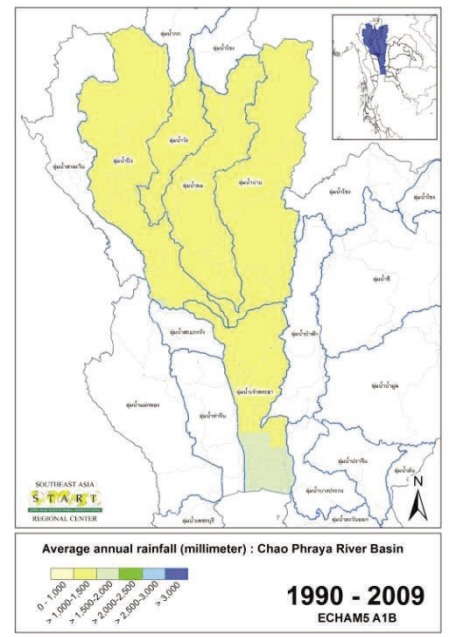
ความท้าทายของการปรับตัวระยะยาวเพื่อสร้างเมืองมั่นคงที่สำคัญที่สุดประเด็นหนึ่งคือ ปัจจัยทางสังคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งการยอมรับของสังคม ไปถึงการปรับพฤติกรรมของคน เนื่องมาจากว่าสังคมทั้งในระดับบุคคลและระดับนโยบายมักจะต้องการคำตอบที่ค่อนข้างแน่นอนเพื่อวางแผนหรือตัดสินใจอนาคตของตนเองได้ แต่ในความเป็นจริงแล้วความเสี่ยงของเมืองในอนาคตที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่ได้มีรูปแบบที่เฉพาะตายตัวและมีความไม่แน่นอนของการเกิดปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวผลักให้สังคมเลื่อนการตัดสินใจหรือวางแผนที่เกี่ยวกับน้ำท่วมให้ล่าช้าลง ดังนั้นการปรับตัวระยะยาวควรถูกเชื่อมโยงให้เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเรื่องอื่นๆ ในชีวิตประจำวันของสังคมในสภาพปัจจุบัน เช่น เชื่อมโยงให้เห็นถึงแรงกดดันต่างๆ รอบตัวอันเนื่องมาจากน้ำท่วม ดังนั้นรูปแบบความเสี่ยงของเมืองที่ควรพิจารณาคือความเสี่ยงในระดับท้องถิ่นที่จะสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของสังคมได้ การวิเคราะห์ความเสี่ยงของกรุงเทพฯ และปริมณฑลจะต้องประกอบไปด้วยปัจจัยทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

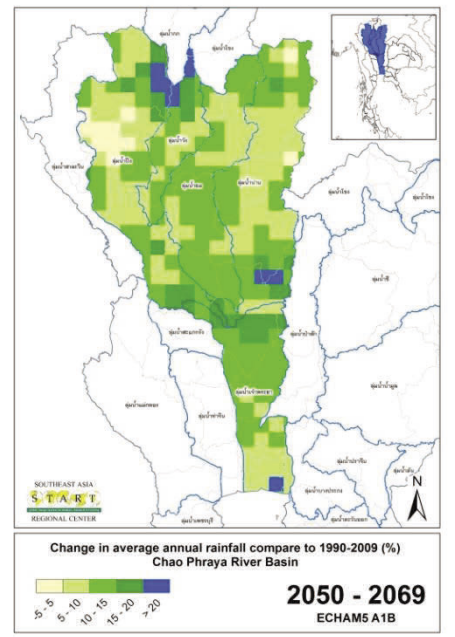
1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate-related factor)

กรุงเทพฯ และปริมณฑลถูกจัดเป็น 1 ใน 10 เมืองของโลกที่มีความเสี่ยงที่สุดจากน้ำท่วมภายในปี ค.ศ. 2070[24] (พ.ศ. 2613) โดยที่น้ำท่วมถูกนำมาพิจารณาประกอบไปด้วย 1) น้ำท่วมจากชายฝั่ง และ 2) น้ำท่วมจากปริมาณฝน โดยตัวอย่างหนึ่งของการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนในอนาคต[25] ในช่วงปี ค.ศ.2050-2069 (พ.ศ.2593-2612) ของพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับปีฐาน ค.ศ.1990-2009 (พ.ศ.2553-2552) (รูปที่ 7.3) โดยปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 11 เปอร์เซ็นต์ และจะมีฝนตกหนักมากขึ้นในช่วงฤดูฝนโดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงปลายฤดูฝนในช่วงเดือนตุลาคม – พฤศจิกายน (รูปที่ 7.4) ซึ่งอาจส่งผลให้โอกาสเกิดภาวะน้ำท่วมพื้นที่กรุงเทพฯ เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อพิจารณาปริมาณฝนตกในรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 7.3) แสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มภาวะน้ำท่วมในอนาคตซึ่งจะมีความรุนแรง และมีความถี่มากขึ้น นอกไปจากนี้ผลพวงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สำคัญกับพื้นที่ศึกษาคือการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล ที่จะทำให้เกิดผลกระทบน้ำท่วมชายฝั่ง จากการศึกษาของ Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat (2013) ได้ระบุไว้ว่าการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลของพื้นที่ศึกษาอยู่ในอัตรา 5 มิลลิเมตรต่อปี

[24] OECD สืบค้นจาก
http://www.oecd.org/general/climatechangecouldtriplepopulationatriskfromcoastalfloodingby2070findsoecd.htm

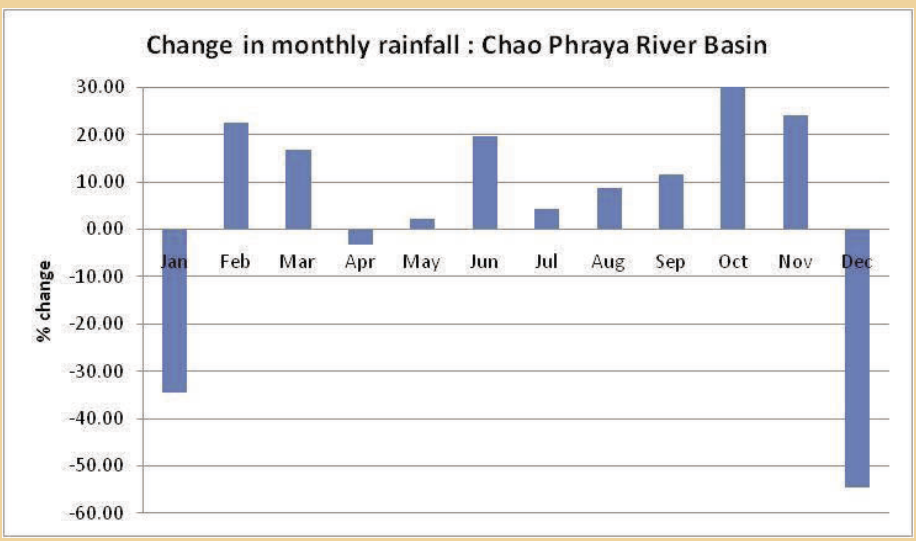
[25] ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 ตามภาพฉายอนาคตการเพิ่มขึ้นของระดับ CO2 แบบ A1B และคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)





ก ข

รูปที่ 7.3 การเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์; %) ปริมาณฝนรวมรายปี (มม.) ในลุ่มน้ำเจ้าพระยาเปรียบเทียบ 2 ช่วงทศวรรษ (ก) ปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009) และ (ข) อนาคต (ค.ศ.2050-2069) (ที่มา: ประมวลผลโดย SEA START RC, 2016)



รูปที่ 7.4 การเปลี่ยนแปลง (เปอร์เซ็นต์; %) ปริมาณฝนรายเดือนในลุ่มน้ำเจ้าพระยา (ที่มา: ประมวลผลโดย SEA START RC, 2016)

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของกรุงเทพมหานคร

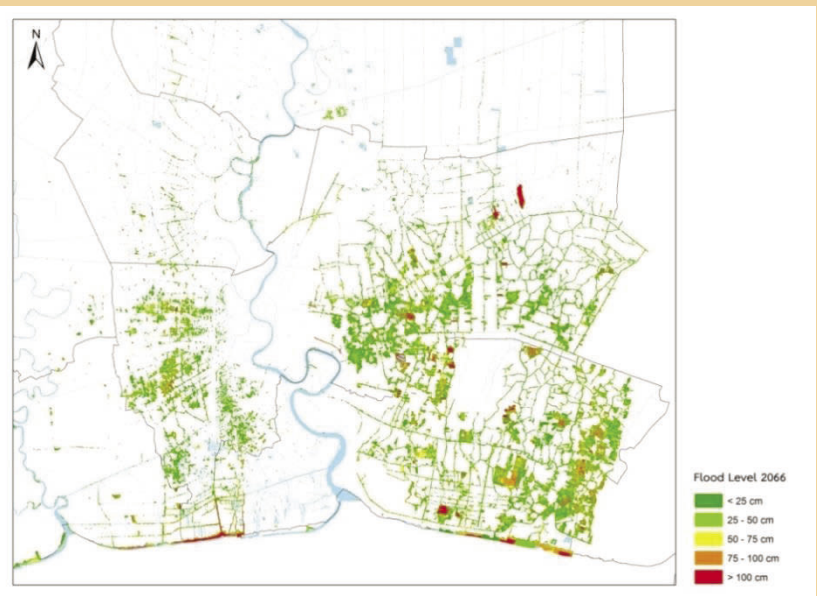
Return Period ฝนสะสม 3 วัน	2	5	10	20	50
ECHAM5 A1B : 1990 – 2009 (มม.)	91	122	152	189	253
ECHAM5 A1B : 2050 – 2069 (มม.)	106	140	172	211	278
% การเปลี่ยนแปลง	+17	+15	+13	+12	+10

ที่มา: ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)

2) ปัจจัยที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (non-climate factor)

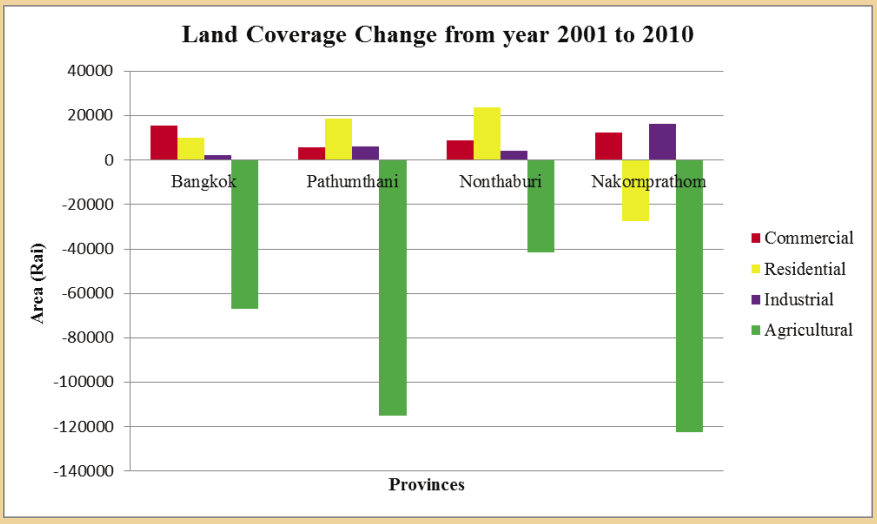
ปัจจัยการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมหรือการการขยายตัวของเมืองและการเพิ่มความหนาแน่นของเมืองของกรุงเทพฯ และปริมณฑลนั้นเป็นปัจจัยที่ขยายผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศข้างต้น ในที่นี้คือจะทำให้ผลกระทบของน้ำท่วมชายฝั่งและน้ำท่วมจากฝนต่อสังคมเมืองเป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ซึ่งสำหรับน้ำท่วมชายฝั่งนั้นประกอบไปด้วยการเพิ่มขึ้นของน้ำทะเลหนุน การทรุดตัวของแผ่นดิน และการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก (Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นลักษณะภาวะภัยทางกายภาพที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการเป็นเมือง โดยเฉพาะบริเวณที่มีความเป็นเมืองหนาแน่น หรือมีการปลูกสร้างอาคารขนาดใหญ่ จะมีอัตราการทรุดตัวของแผ่นดินสูงกว่าบริเวณที่ไม่ค่อยมีความหนาแน่นของเมือง ตัวอย่างเช่น บริเวณเขตสะพานสูง กรุงเทพฯ และเทพารักษ์ จ.สมุทรปราการ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีโรงงานขนาดใหญ่ตั้งอยู่ นั่นหมายความหากไม่มีการควบคุมการพัฒนาเมืองที่เหมาะสมพื้นที่เสี่ยงทางกายภาพก็จะมีมากขึ้น

นอกจากนี้ การขยายตัวของเมืองและการเพิ่มความหนาแน่นของเมืองยังเป็นไปอย่างต่อเนื่อง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่เกษตรกรรมกลายมาเป็นพื้นที่เมืองมีเพิ่มมากขึ้นโดยบริเวณรอบของพื้นที่ศึกษา แผนภูมิด้านล่างแสดงให้เห็นว่า ชุมชนเมืองขยายตัวเพิ่มมากขึ้นในช่วง 10 ปีระหว่าง พ.ศ.2544 (ค.ศ.2001) ถึง พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) นั่นหมายความว่าพื้นที่ที่จะใช้บริหารจัดการเพื่อรองรับน้ำท่วมได้มีขนาดลดลงอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้การบริหารจัดการน้ำท่วมเป็นไปได้ยากขึ้น



รูปที่ 7.5
แสดงการหนุนของน้ำทะเลในอนาคต 50 ปีข้างหน้า

ที่มา
(Trisirisatayawong and Cheewinsiriwat, 2013)

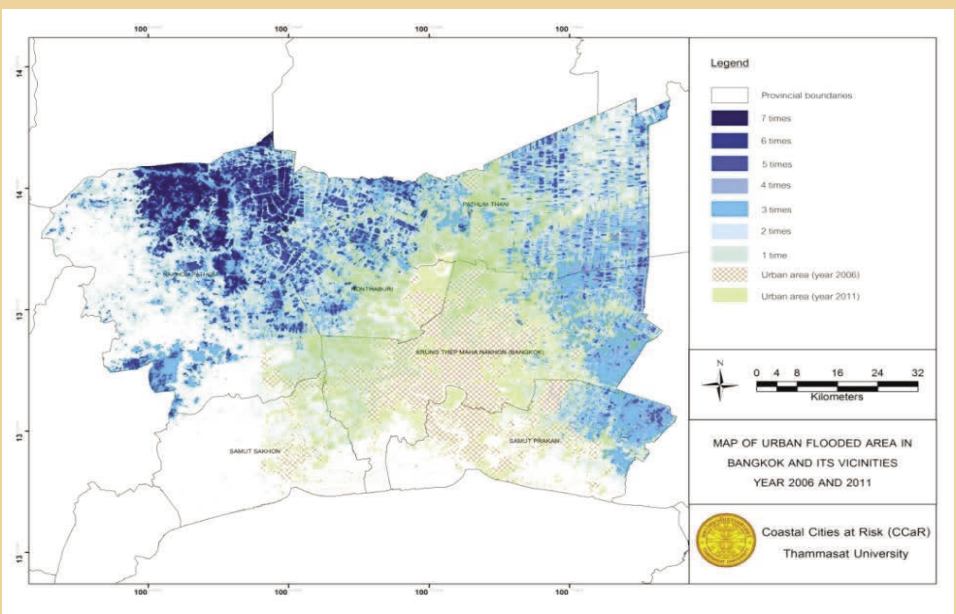


รูปที่ 7.6
แสดงการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรุงเทพฯ และพื้นที่โดยรอบ ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2553

ที่มา
(Marome, 2013)

ด้วยปัจจัยทั้ง 2 นี้ ทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงมีความเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเมืองขนาดใหญ่อย่างกรุงเทพฯ และปริมณฑลที่มีความซับซ้อนสูง และทำให้รูปแบบความเสี่ยงของเมืองมีได้หลายรูปแบบและหลายระดับ (multiple sector and scale) ทั้งความเสี่ยงทางตรงที่เกิดจากภาวะภัยที่ส่งผลต่อกายภาพของเมือง หรือส่งผลต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมของเมือง ตัวอย่างเช่น

(1) รูปแบบความเสี่ยงทางกายภาพ (physical risk profile) รูปที่ 7.7 แสดงให้เห็นถึงพื้นที่เมืองมีขนาดเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง พื้นที่เมืองเหล่านี้ยังมีการขยายตัวไปในพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากเพิ่มมากขึ้น นั่นหมายความว่าอาจจะมีพื้นที่เสี่ยงและจำนวนประชากรที่จะเปิดรับความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้นหากเกิดน้ำท่วมในอนาคต เช่นทางตอนเหนือของเมืองมีอัตราการขยายตัวประมาณร้อยละ 35 ดังแสดงในรูปที่ 7.7



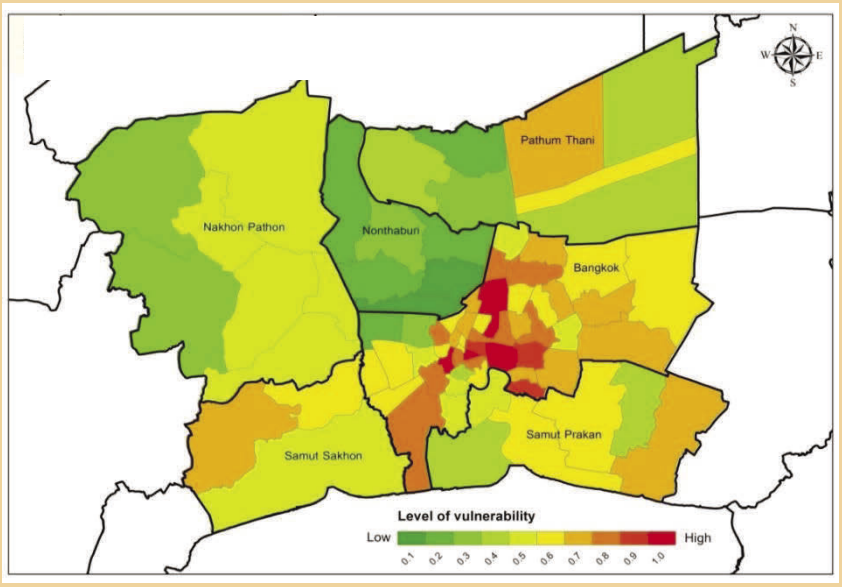
รูปที่ 7.7 แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากและพื้นที่เมืองที่ขยายในช่วงปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554
ที่มาข้อมูล Flood data: RADARSTAT-2, GISTDA, 2005-2013.
Urban area 2006: Landsat 5 (resolution 30 m.)
Urban area 2011: Theos (resolution 2 m.)
Land use data: Department of Public Works and Town & Country

(2) รูปแบบความเสี่ยงทางสังคม เช่น จะทำให้มีกลุ่มเสี่ยงใหม่ เนื่องจากเมืองมีความหนาแน่นเพิ่มมากขึ้น ประชากรกลุ่มที่มาตั้งถิ่นฐานในที่ใหม่ไม่มีความคุ้นชินกับพื้นที่ดั้งเดิม ซึ่งอาจจะเป็นพื้นที่เสี่ยงกับน้ำท่วม ทำให้ประชากรเหล่านี้กลายเป็นกลุ่มเสี่ยงใหม่ที่มีการรับรู้ความเสี่ยงที่แตกต่างจากคนที่ตั้งถิ่นฐานมานานแล้ว และต้องการข้อมูลและองค์ความรู้ในการรับมือกับน้ำท่วมที่แตกต่างจากคนท้องถิ่นเดิม

(3) รูปแบบความเสี่ยงทางเศรษฐกิจ เนื่องมาจากเศรษฐกิจหลักของเมืองคือภาคการบริการ ซึ่งมีความอ่อนไหวกับน้ำท่วม หากเกิดน้ำท่วมก็มีแนวโน้มที่จะทำให้เศรษฐกิจของเมืองหยุดชะงักชั่วคราวเพิ่มมากขึ้น

(4) รูปแบบความเสี่ยงทางโครงสร้างพื้นฐาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านตำแหน่งของโครงสร้างพื้นฐานหลักตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีขีดความสามารถต่ำในการฟื้นตัว (recovery capacity) เมื่อเกิดวิกฤติ โดยขีดความสามารถในการฟื้นตัวได้ถูกวิเคราะห์ผ่านแนวคิดของ Susan Cutter โดยใช้เทคนิคการสร้างดัชนีความเปราะบางทางสังคม (Social Vulnerability Index หรือ SoVI) (แสดงในรูปที่ 7.8) ที่เกี่ยวข้องกับความเปราะบางทั้งทางด้านกายภาพและเศรษฐกิจและสังคม ตัวอย่างเช่น ตำแหน่งของบ่อพักขยะอ่อนนุชและหนองแขม ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ขีดความสามารถในการฟื้นตัวต่ำมาก หากเกิดน้ำท่วมในบริเวณดังกล่าว ย่อมทำให้มีการปนเปื้อนของขยะ ส่งผลต่อสุขภาวะของประชาชน จากการศึกษายังพบว่า ตำแหน่งของสถานีส่งจ่ายน้ำประปามีนบุรีที่จ่ายน้ำสู่ฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ ทั้งหมดนั้น มีเพียงสถานีเดียวและตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีขีดความสามารถในการฟื้นตัวต่ำเช่นเดียวกัน นั่นหมายความว่า หากน้ำท่วมและมีการปนเปื้อนน้ำประปาจะทำให้ประชาชนทางฝั่งตะวันตกของกรุงเทพฯ ได้รับผลกระทบ

(5) รูปแบบความเสี่ยงเชิงสถาบัน (institutional risk profile) สืบเนื่องมาจากการบริหารจัดการเมืองข้ามเขตการปกครองยังไม่มีหน่วยงานที่มีอำนาจโดยตรง โครงสร้างพื้นฐานแต่ละด้านก็มีหน่วยงานที่ต่างระดับกันมีอำนาจในการบริหารจัดการ จึงทำให้ประสิทธิภาพในการบริหารพื้นที่เสี่ยงข้ามเขตการปกครองของแต่ละท้องถิ่นมีข้อจำกัด



รูปที่ 7.8
แสดงแผนที่ดัชนีความเปราะบางทางสังคม (SoVI Map)

ที่มา
กรณีศึกษาจากงานวิจัย CCAR

การวิเคราะห์ความเปราะบางทางสังคม: กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

งานศึกษาได้แบ่งพื้นที่ศึกษาของกรุงเทพฯและปริมณฑลออกเป็น 4 โซนด้วยกัน กล่าวคือ โซน A คือบริเวณชายฝั่ง (coastal zone) ได้แก่ บางส่วนของสมุทรปราการ สมุทรสาคร และของกรุงเทพฯ (เขตบางขุนเทียน) โซน B คือบริเวณชานเมือง (semi-urban zone) ได้แก่บริเวณจังหวัดนครปฐม และนนทบุรี สมุทรสาครและปทุมธานีบางส่วน โซน C คือบริเวณศูนย์กลางเมือง (urban core zone) ได้แก่ พื้นที่ส่วนใหญ่กรุงเทพฯและพื้นที่เมืองของนนทบุรี และโซน D คือบริเวณพื้นที่รับน้ำ (flood plain zone) ได้แก่ พื้นที่ทางฝั่งตะวันออกของกรุงเทพฯ ที่อยู่นอกคันกั้นน้ำ และพื้นที่ของปทุมธานีในแนวเดียวกัน โดยหลักการการแบ่งพื้นที่แต่ละโซนได้พิจารณาจากความถี่ของการเกิดน้ำท่วมและดัชนีความเปราะบางทางสังคมที่มีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน และยังสอดคล้องกับหลักการการบริหารจัดการน้ำอีกด้วย ซึ่งความแตกต่างของสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละโซนนี้เอง แสดงให้เห็นถึงความมั่นคงทางสังคม (social resiliency) ที่แตกต่างกัน

นอกจากนี้ การวิเคราะห์ความเสี่ยงแบบองค์รวมจำเป็นจะต้องพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของเมืองไปควบคู่กัน ซึ่งในที่นี้แทนค่าด้วยตัวชี้วัดความเปราะบางทางสังคมหรือ SoVI บ่งชี้ความสามารถในการฟื้นตัวของสังคมเมือง ซึ่งเป็นตัวแทนของปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมของเมืองที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าจะมีเหตุการณ์น้ำท่วมหรือไม่ การเปลี่ยนแปลงของเมืองนี้เองเมื่อมีเหตุการณ์วิกฤติจากน้ำท่วมขึ้น จะทำให้รูปแบบความเสี่ยง (risk profile) เปลี่ยนไปตามพื้นที่และเวลา โดยในที่นี้ได้จำลองสถานการณ์ในอนาคตของเมือง 3 แบบด้วยกัน คือ เมืองดำเนินไปอย่างปกติ (BAU: Business As Usual) เมืองไม่มีการเปลี่ยนแปลงและเกิดน้ำท่วม (flood) และเมืองที่มีการขยายตัวและเกิดน้ำท่วม (urban expansion and flood) ในช่วงอีก 50 ปีข้างหน้า จะเห็นได้ว่าความมั่นคงทางสังคมของแต่ละโซนมีความแตกต่างกันภายในแต่ละสถานการณ์จำลองในอนาคต และมีความแตกต่างกันเมื่อเทียบกับสถานการณ์ทั้ง 3 โดยจะเห็นได้ว่า การขยายตัวของเมืองนั้นๆ ได้ขยายผลความเสี่ยงของน้ำท่วมที่จะเกิดขึ้น โดยที่ค่าความมั่นคงลดลงเมื่อเทียบกับสถานการณ์น้ำท่วมแต่เมืองไม่ได้มีการขยาย และผลการวิเคราะห์แสดงว่าในสถานการณ์ปกติที่เมืองมีการดำเนินไปอย่างในอดีต (Scenario 1: BAU) โซน B หรือบริเวณชานเมือง ค่าความมั่นคงทางสังคมน้อยที่สุด เนื่องมาจากมีรูปแบบความเสี่ยงทางกายภาพมากที่สุดในอดีตจนถึงปัจจุบันคือเมืองได้ขยายไปในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมซ้ำซากมากขึ้น เมื่อเทียบกับโซนอื่นๆ โดยที่โซน C, D และ A มีความมั่นคงทางสังคมมากไปน้อยตามลำดับ สำหรับในสถานการณ์ที่เมืองไม่มีการขยายตัวเพิ่มขึ้นแต่ประสบปัญหาน้ำท่วม (Scenario 2: flood) รูปแบบความเสี่ยงของเมืองได้เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ โซน C หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองจะมีความเปราะบางสูงที่สุด เนื่องจากมีจำนวนประชากรที่จะได้รับผลกระทบจำนวนมาก เนื่องมาจากมีความหนาแน่นสูง ในขณะที่โซน A หรือบริเวณชายฝั่ง จะมีความเปราะบางทางสังคมสูงขึ้นในกรณีทั้ง scenario 2 และ 3 สาเหตุมาจากปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้นมากกว่าโซนอื่นๆ และจะส่งผลให้ประชากรในบริเวณนั้นเดือดร้อนได้หากมีน้ำท่วม

ตารางที่ 7.4 แสดงความมั่นคงทางสังคมของแต่ละโซนจากสถานการณ์ในอนาคตทั้ง 3 ในอีก 50 ปีข้างหน้า

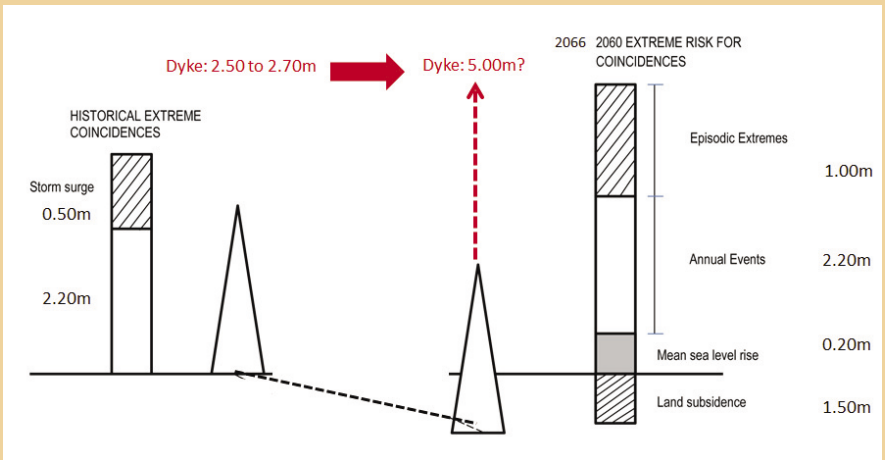
Time (Year)	0	50	Compare to baseline
Scenario 1: BAU			
Zone A	100	71.04	1.00
Zone B	100	67.14	1.00
Zone C	100	79.46	1.00
Zone D	100	71.25	1.00
Scenario 2: flood			
Zone A	100	54.51	0.77
Zone B	100	52.12	0.78
Zone C	100	54.74	0.69
Zone D	100	56.08	0.79
Scenario 2: Floods and urban expansion			
Zone A	100	50.41	0.71
Zone B	100	46.91	0.70
Zone C	100	54.74	0.69
Zone D	100	53.06	0.74

7.3.2 แนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะน้ำท่วมในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

การวางแผนเพื่อให้เมืองมีความมั่นคงต่อน้ำท่วมนั้นควรนำไปควบรวมกับแผนด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเมือง และการวางแผนไปพร้อม ๆ กับการพิจารณาองค์รวมและเชิงระบบของการบริหารจัดการความเสี่ยงของเมืองซึ่งได้อธิบายมาก่อนหน้านี้ เหล่านี้จะช่วยลดช่องว่างของการวางแผนและผังเมืองที่ผ่านมา ที่ไม่ได้พิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพอากาศเป็นปัจจัยผลักดัน (driving force) แต่หากว่าการพัฒนาทางเศรษฐกิจเพื่อความกินดีอยู่ดีของสังคมเมืองเป็นปัจจัยผลักดันหลักยิ่งไปกว่านั้น ภาพรวมของการพัฒนาเมืองของกรุงเทพฯ และปริมณฑล ไม่ได้มีการวางแผนให้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน จึงทำให้การบริหารจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นไม่สามารถทำได้เพียงการตั้งรับหรือการป้องกันน้ำท่วมของพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเท่านั้น แต่จะต้องคำนึงถึงการปรับตัวเชิงระบบขององค์ประกอบต่าง ๆ ของเมืองในระยะยาวเพื่อนำไปสู่การเพิ่มความมั่นคงให้แก่เมือง โดยในที่นี้จะขอยกตัวอย่างแนวคิดเชิงนโยบายที่ควบรวมเรื่องความเสี่ยงกับการผังเมืองและการจัดการที่ดินเพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงในระยะยาว

1) มาตรการที่ใช้สิ่งก่อสร้าง หรือ structure measure ที่สามารถนำมาใช้ลดความเสี่ยงของสังคมเมืองได้

แนวคิดการสร้างคันกั้นน้ำเพื่อปกป้องชุมชนเมืองนั้น มักจะเป็นแนวคิดที่ถูกผลักดันโดยหน่วยงานภาครัฐ เนื่องมาจากว่าสามารถทำได้ภายใต้อำนาจหน้าที่ของหน่วยงานส่วนหนึ่งและการเพิ่มความเชื่อมั่นให้ชุมชนเมืองได้ส่วนหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามภายใต้กระบวนการสร้างคันกั้นน้ำนี้เองก็ย่อมมีกลุ่มคนที่จะเสียผลประโยชน์หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเป็นการโยกย้ายความเสี่ยงจากพื้นที่ที่ได้รับการป้องกันไปสู่พื้นที่นอกคันกั้นน้ำ กระบวนการสร้างความเป็นธรรมที่มีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐ เอกชน และชุมชนและนโยบายอื่น ๆ ที่จะช่วยลดความเสี่ยงของประชากรที่อยู่นอกคันกั้นน้ำจึงมีความสำคัญมาก เพื่อให้เกิดการยอมรับแนวคิดการสร้างสิ่งก่อสร้างดังกล่าว ซึ่งการยอมรับของสังคมนี้เองถือได้ว่าเป็นประเด็นที่ท้าทายที่สุดในการวางแผนรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังตัวอย่างที่แสดงในแผนภาพด้านล่างซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสูงของคันกั้นน้ำที่จะต้องสร้างให้สูงถึง 5 เมตร เมื่อพิจารณาปัจจัยในอนาคตอีก 50 ปีข้างหน้าที่เกี่ยวข้องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้ง 2 ที่ได้กล่าวมาตอนต้นอาจเป็นสิ่งก่อสร้างที่สังคมในพื้นที่นั้นยอมรับได้ยาก



รูปที่ 7.9
แสดงความสูงของคันกั้นน้ำเพื่อรับมือน้ำท่วมและการทรุดตัวของแผ่นดินในอีก 50 ปีข้างหน้า

ที่มา
กรณีศึกษาจากงานวิจัย CCAR

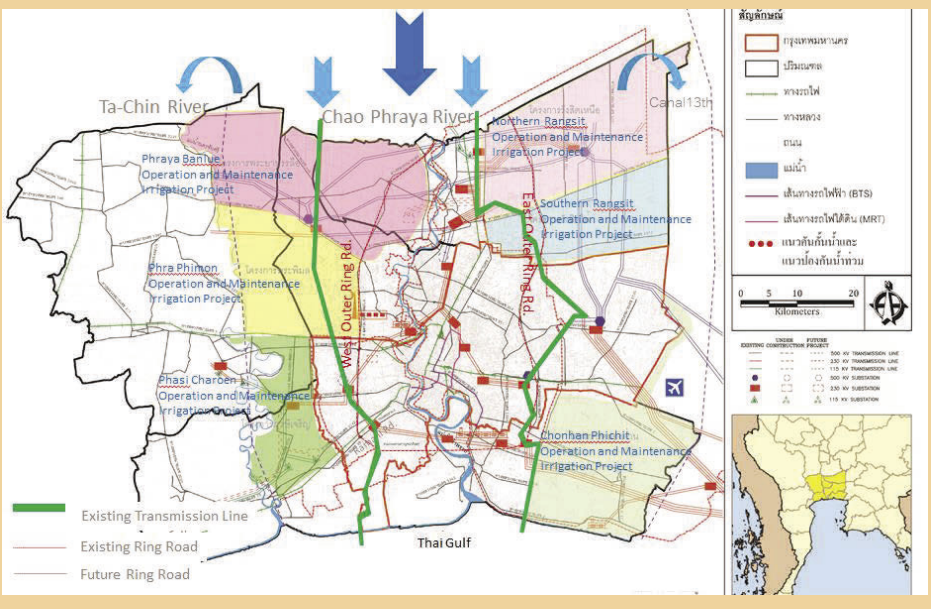
2) มาตรการที่ไม่ใช่โครงสร้าง หรือ non-structure measure ที่สามารถนำมาใช้ลดความเสี่ยงของสังคมเมืองได้

การควบรวมความเสี่ยงเข้ากับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นแนวคิดที่จะสามารถลดความเสี่ยงในระยะยาวได้ โดยการพิจารณาทั้งการลดความเสี่ยงในยามวิกฤติและประโยชน์ของการนำนโยบายไปปรับใช้ในภาวะปกติ เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการวางแผนรับมือความเสี่ยงมากขึ้น ในที่นี้ขอยกตัวอย่างแนวคิดด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 แนวคิดด้วยกัน กล่าวคือ

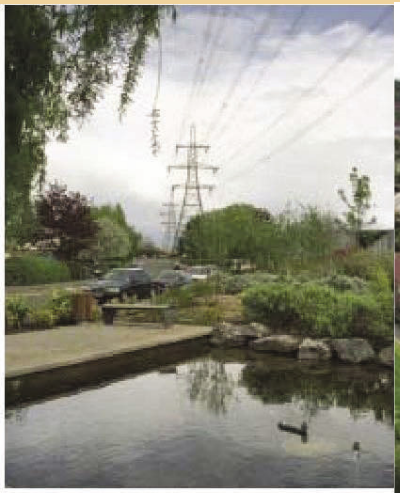
(1) การยกแนวคันกั้นน้ำ เหนือ-ใต้ รอบกรุงเทพฯ และปริมณฑล และเพิ่มพื้นที่สาธารณะให้ชุมชนเมือง

การยกแนวคันกั้นน้ำนี้เป็นไปเพื่อสอดคล้องกับแนวคิดการเพิ่มพื้นที่รับน้ำให้กับเมืองขนาดใหญ่ ซึ่งในปัจจุบันมีข้อจำกัดสูงในการหาพื้นที่โล่งขนาดใหญ่เพื่อรองรับปริมาณน้ำในยามวิกฤติ ยิ่งไปกว่านั้น การยอมรับของสังคมในการเวนคืนที่ดินก็ดี การมีแนวคันกั้นน้ำในบริเวณบ้านตนเองก็ดี มักจะไม่ยอมรับการก่อสร้างและการเวนคืนที่ดิน แนวคิดนี้จึงควบรวมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อสนองกับวิถีชีวิตคนเมืองไปด้วย โดยสามารถปรับพื้นที่ที่ใช้รองรับน้ำในยามวิกฤติให้เป็นพื้นที่สาธารณะของเมืองขนาดใหญ่ได้ในยามปกติ ยิ่งไปกว่านั้น ยังสอดคล้องกับทิศทางเรื่องการพัฒนาที่ดินของเมืองที่ต้องการให้ที่ดินมีราคาสูงขึ้น โดยพื้นที่รอบคันกั้นน้ำดังกล่าวจะอยู่ใกล้กับพื้นที่สาธารณะที่มีความสวยงาม ทำให้มูลค่าที่ดินที่อยู่รอบคันกั้นน้ำไม่มีมูลค่าต่ำลงหรืออาจจะสูงขึ้นก็ได้ ถือเป็นการเพิ่มมูลค่าที่ดินควบคู่ไปกับการวางแผนรับมือน้ำท่วม

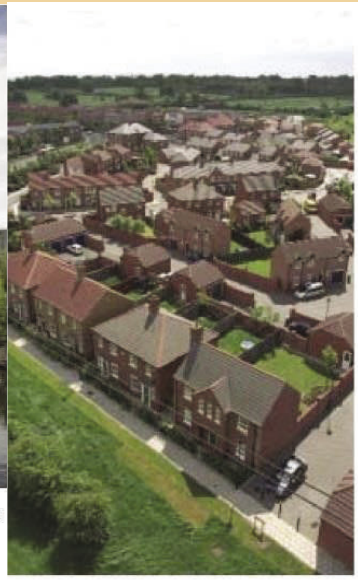
แนวคิดหนึ่งในเรื่องของการยกคันกั้นน้ำนี้ จำเป็นต้องทำไปควบคู่กับกระบวนการยอมรับทางสังคม เช่นการอาศัยแนวเส้นรอนสิทธิใต้แนวเสาไฟฟ้าแรงสูง (เส้นสีเขียวในรูปที่ 7.10) ที่มีการรอนสิทธิอยู่แล้วในปัจจุบันทั้งสองข้างของเสาไฟฟ้าข้างละ 20 เมตร และยังสามารถพัฒนาพื้นที่ใต้แนวเสาไฟฟ้าเป็นพื้นที่ประโยชน์สาธารณะขนาดใหญ่ได้ตลอดแนว ดังตัวอย่างของต่างประเทศในรูปที่ 7.11 โดยที่แนวคิดนี้จะสามารถเพิ่มพื้นที่รับน้ำขนาดใหญ่ได้ 7.2 ล้านลูกบาศก์เมตร (กรณียกคัน 1 เมตร) และเพิ่มพื้นที่สาธารณะให้แก่เมืองได้ถึง 7,200 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 7.10 การยกคันกั้นน้ำโดยอาศัยแนวเส้นรอนสิทธิใต้แนวเสาไฟฟ้าแรงสูงของงานวิจัย Coastal Cities at Risk



Gravelly Industrial Park, Birmingham - an example of successful commercial development near overhead power lines.



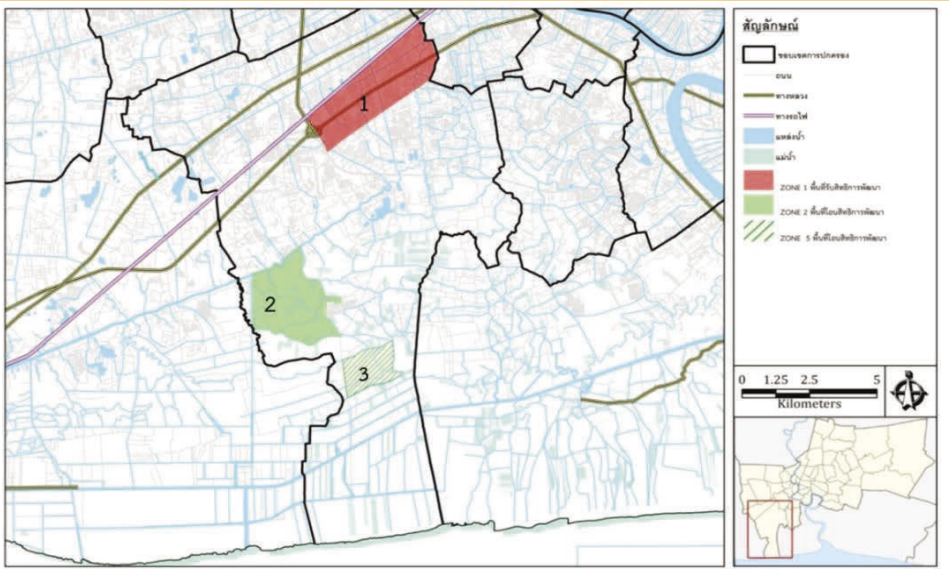
National Grid encourages developers to plan and lay out their development taking the presence of the overhead line into account.

รูปที่ 7.11
ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ที่ดินใต้แนวเสาไฟฟ้าแรงสูงเป็นสวนสาธารณะในต่างประเทศ

(ก) Gravelly Industrial Park, Birmingham, UK

(ข) Fairford Leys, Aylesbury, UK

(2) การโอนสิทธิการพัฒนา (Transfer Development Right หรือ TDR) เพื่อเพิ่มพื้นที่รับน้ำให้กับเมือง โดยมาตรการนี้ถือเป็นมาตรการทางสังคมเพื่อให้สังคมได้รับการชดเชยที่เป็นธรรมมากขึ้นกับการที่รัฐจะเวนคืนหรือเช่าที่ดินเพื่อประโยชน์สาธารณะ โดยการชดเชยสิทธิของการพัฒนาที่ดินที่เจ้าของสามารถปลูกสร้างหรือพัฒนาที่ดินนี้ในอัตราที่เหมาะสม โดยพื้นที่ที่รับการโอนสิทธินี้จะเป็นที่ดินในบริเวณอื่นที่มีศักยภาพในการพัฒนาที่ดินให้หนาแน่นขึ้นและจ่ายค่าชดเชยให้กับผู้โอนสิทธินั้น ๆ โดยในที่นี้จะต้องมีกระบวนการในการคิดอัตราในการโอนสิทธิระหว่างพื้นที่ที่โอน (sending area) และพื้นที่รับโอน (receiving area) ที่เหมาะสมทั้งด้านราคาและอัตราส่วนของขนาดพื้นที่ที่จะรับและส่ง



รูปที่ 7.12 แสดงแนวคิดการโอนสิทธิการพัฒนาเพื่อหาพื้นที่รองรับน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้น
(ที่มา: กรณีศึกษาจากงานวิจัย CCAR)

ตัวอย่างพื้นที่เสี่ยงในเขตบางขุนเทียน โดยกำหนดให้อัตราการโอน 1 TDR = 0.2 พื้นที่ 2 และ 3 ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มี FAR (Floor Area Ratio) เท่ากับ 1 โดยที่พื้นที่ 2 โอนสิทธิการพัฒนาได้ 948,181 ตารางเมตร, พื้นที่ที่ 3 โอนสิทธิการพัฒนาได้ 433,952 ตารางเมตร และพื้นที่ที่ 1 สามารถรับสิทธิการโอน 1,382,934 ตารางเมตร คิดเป็น 5 ตารางเมตรต่อ 1 ตารางเมตร ด้วยหลักการการโอนสิทธิการพัฒนานี้เองจะทำให้พื้นที่ที่อยู่นอกคันกั้นน้ำหรือนอกพื้นที่ป้องกันน้ำท่วมได้รับมาตรการการชดเชยที่เหมาะสม หรือลดความเสี่ยงได้

จากตัวอย่างข้างต้นจะแสดงให้เห็นว่า มาตรการต่าง ๆ นั้นเสริมสร้างความมั่นคงให้กับเมืองแตกต่างกัน ความจำเป็นอยู่ที่การปรับใช้มาตรการให้ครอบคลุมและหลากหลายมากพอเพื่อลดความเสี่ยงของชุมชนเมืองได้ในพื้นที่ต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้เมืองเกิดความทนทานถึงแม้ว่ามาตรการหนึ่งอาจจะล้มเหลวก็ยังมีมาตรการอื่น ๆ มาช่วยเสริมให้สังคมเมืองดำรงต่อไปได้

ประเด็นสำคัญที่พึงพิจารณาอีกประการหนึ่งก็คือ ความซับซ้อนของกลุ่มสังคมในมหานคร ดังนั้น ปัจจัยที่สำคัญและยังมีอิทธิพลต่อความสำเร็จของโครงการป้องกันน้ำท่วมของมหานคร ซึ่งนอกเหนือไปจากมาตรการรับมือน้ำท่วมที่มีความหลากหลายมากพอทั้งในช่วงเวลาและพื้นที่ต่าง ๆ แล้วก็คือ กระบวนการสร้างยุทธศาสตร์เพื่อกำหนดและนำแผนต่าง ๆ ไปปรับใช้ อันเป็นกระบวนการที่จำเป็นต้องมีการพิจารณากลุ่มคนที่หลากหลายของสังคมเมืองเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจและรับรู้ถึงผลผระทบต่าง ๆ ที่จะเกิดแก่ตนและกลุ่มของตน ประเด็นเหล่านี้ไม่ใช่เป็นไปเพื่อการสร้างความชอบธรรมให้แก่โครงการ แต่ในกระบวนการนี้เองจะเป็นกลไกที่สำคัญในการป้องกันไม่ให้แผนการบริหารจัดการน้ำท่วมเป็นเพียงการโอนถ่ายความเสี่ยงจากกลุ่มคนหรือพื้นที่หนึ่งไปยังกลุ่มคนหรือพื้นที่อีกแห่งหนึ่ง โดยที่ไม่สามารถเห็นภาพรวมของการบริหารจัดการความเสี่ยงได้ กระบวนการจะทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่สำคัญของกลุ่มคนที่เกี่ยวข้องและเป็นกระบวนการที่จะทำให้เกิดการสร้างสรรค์วิธีการใหม่ ๆ เพื่อให้สังคมเมืองรับมือกับการเปลี่ยนแปลงรอบด้านได้ดียิ่งขึ้นไปเรื่อย ๆ ในอนาคต

7.4 การปรับตัวในบริบทของเมืองขนาดเล็ก: กรณีศึกษา เขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี[26]

เมืองขนาดเล็กมีความแตกต่างจากมหานครในแง่ของความซับซ้อนของระบบเศรษฐกิจและสังคมและระดับของการพัฒนา ซึ่งในทางหนึ่งก็เอื้อให้สามารถกำหนดกรอบการปรับตัวในเชิงของการกำหนดทิศทางยุทธศาสตร์การพัฒนาเมืองที่จะทำให้เมืองมีความมั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้ง่ายกว่า แต่ผู้ที่มีหน้าที่ในการวางแผนเมืองขนาดเล็กมักจะขาดความเข้าใจและความรู้ที่เหมาะสมในการกำหนดยุทธศาสตร์การพัฒนาที่สอดคล้องกับภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว นอกจากนั้น เมืองขนาดเล็กอาจมีข้อกำหนดด้านกฎหมายในการวางแผนเมืองที่ไม่เข้มงวดเท่ากับการวางแผนของเมืองระดับใหญ่เช่นมหานคร ซึ่งอาจส่งผลให้การเติบโตของเมืองขาดทิศทางที่ชัดเจน และอาจเพิ่มความเสี่ยงในการตั้งถิ่นฐานในอนาคตระยะยาว กรณีศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงแนวคิดในการวางแผนเมืองที่สามารถวางแผนในเชิงของการคิดนอกกรอบที่จะนำไปสู่รูปแบบของเมืองแบบใหม่ที่มีความมั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้มากขึ้น

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อประเทศไทยโดย ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล (2554) พบว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะมีผลต่อการเกิดภัยพิบัติในประเทศไทย โดยประเด็นที่สำคัญคือ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจจะทำให้ฤดูกาลต่าง ๆ ของไทยเปลี่ยนไป โดยลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้มีแนวโน้มที่จะมีความรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดฝนตกในภาคใต้ที่มีรูปแบบการตกทิ้งช่วง กล่าวคือ ฝนตกลงมาอย่างหนักแล้วหยุดไปเป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้วจึงตกลงมาใหม่ และในแต่ละช่วงจะมีจำนวนครั้งที่ถี่ขึ้น ลักษณะดังกล่าวจะทำให้โอกาสการเกิดน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้การตั้งถิ่นฐานของชุมชนในประเทศไทยบริเวณที่ราบริมน้ำมีการเปิดรับต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฝนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมาก

[26] งานศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยโครงการ แนวทางการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมและแนวทางการจัดการน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย วนารัตน์ กรอิสรานุกูล และคณะ (2556)

นอกจากปริมาณน้ำฝนและรูปแบบฝนตกแล้ว ปัญหาน้ำท่วมในเขตชุมชนเมืองยังมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่น ๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Watson and Adam, 2011) และการจัดการเมือง โดย Action Aid International (2006) ได้แบ่งประเภทของน้ำท่วมในเขตชุมชนเมืองของประเทศในทวีปแอฟริกาออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1) น้ำท่วมเฉพาะพื้นที่ สามารถเกิดขึ้นได้หลายครั้งต่อปี โดยเฉพาะในพื้นที่เปราะบางในเขตชุมชนเมือง เช่นชุมชนแออัดที่ไม่มีระบบท่อระบายน้ำ หรือระบบท่อระบายอุดตัน หากมีฝนตกหนักจะเกิดการไหล่บ่าของน้ำบริเวณช่องทางระหว่างอาคารที่อยู่อาศัย
2) น้ำท่วมจากทางน้ำขนาดเล็กในเขตเมืองที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากฝนตกหนัก เนื่องจากปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามีปริมาณมากกว่าความจุของระบบระบายน้ำของเมือง ทำให้เกิดการไหลบ่าของน้ำที่ล้นจากท่อระบายน้ำเข้าท่วมพื้นที่ในเขตเมือง
3) น้ำท่วมจากแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านพื้นที่เขตเมืองและได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและวิศวกรรมการก่อสร้างในพื้นที่ต้นน้ำ เช่น การสร้างเขื่อนทำให้เกิดการสะสมของดินตะกอนที่มีผลต่อการไหลของน้ำ การปล่อยน้ำปริมาณมากจากเขื่อน การเติบโตของเมืองที่มีการขยายตัวไปในที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำให้พื้นที่รับ หรือพื้นที่ที่น้ำซึมผ่านได้ลดลง
4) ในเมืองที่ลุ่มต่ำหรือชายฝั่งทะเลอาจได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมในฤดูฝนที่เกิดจากปริมาณน้ำในแม่น้ำที่สูงขึ้นทั้งจากฝนตกและน้ำทะเลหนุน

จะเห็นได้ว่าน้ำท่วมที่เกิดขึ้นในเขตชุมชนเมืองของประเทศในทวีปแอฟริกามีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการพัฒนาเมืองเป็นอย่างมาก ซึ่งเป็นลักษณะที่มีคล้ายคลึงกับสถานการณ์น้ำท่วมในเขตเมืองของไทย ซึ่ง สุจริต คูณธนกุลวงศ์ (2554) ได้สรุปสาเหตุของน้ำท่วมในเขตเมืองในประเทศไทยที่นอกเหนือไปจากการตกของฝนดังต่อไปนี้

1) การขยายตัวอย่างขาดการวางแผนของชุมชนเมืองต่าง ๆ ทั้งในส่วนกลางและส่วนภูมิภาค การตั้งถิ่นฐานในประเทศไทยนับแต่อดีตจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ราบลุ่มริมแม่น้ำ ทั้งนี้เนื่องจากแม่น้ำเป็นปัจจัยที่มีสำคัญต่อการดำรงชีวิต และการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคม การสร้างบ้านเรือนริมน้ำในสมัยก่อนมักมีการยกใต้ถุนสูงให้ตัวบ้านพ้นระดับน้ำหลากสูงสุดที่เคยท่วมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาน้ำท่วม ซึ่งในบางช่วงเวลาระดับน้ำอาจสูงถึงใต้ถุนเรือน แต่ก็ไม่ได้ก่อให้เกิดความเดือดร้อนมากนัก เพราะมีการใช้เรือในการสัญจรกันอยู่ทั่วไป การเพิ่มขึ้นของประชากรและการขยายตัวของชุมชนอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดความต้องการที่อยู่อาศัย และสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงวิถีชีวิต ตลอดจนการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะการสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัยที่มีลักษณะที่สอดคล้องต่อสภาพภูมิอากาศและภูมิประเทศน้อยลง ประกอบกับการขยายตัวของชุมชนที่ขาดการวางแผนจึงทำให้พื้นที่ชุมชนและอาคารบ้านเรือนได้รับผลกระทบจากปัญหาน้ำท่วมที่รุนแรงขึ้น
2) การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมโดยเฉพาะในลักษณะของการเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติเป็นพื้นที่ก่อสร้างและการพัฒนาที่ดินที่ขาดการวางแผนและการจัดการที่เหมาะสม การขยายตัวของเมืองไปในทิศทางที่เป็นที่ต่ำ หรือที่ลุ่มทำให้ต้องมีการถมที่ดินเพื่อการก่อสร้าง ส่งผลกระทบทำให้พื้นที่รองรับน้ำลดลงเมื่อฝนตกหนัก จึงทำให้เกิดการท่วมขัง นอกจากนี้ ยังมีการก่อสร้างรุกล้ำลำน้ำสาธารณะประกอบกับระบบระบายน้ำที่ไม่มีประสิทธิภาพจึงยิ่งทำให้ปัญหาน้ำท่วมชุมชนมีความรุนแรงมากขึ้น
3) สภาพภูมิประเทศเป็นปัจจัยภายในอันสำคัญ ที่มีผลกระทบต่อความไวต่อความเสี่ยงของพื้นที่ต่อภาวะน้ำท่วม โดยพื้นที่มีความไวต่อความเสี่ยงสูง ได้แก่ พื้นที่ราบลุ่มเป็นแอ่ง หรือพื้นที่ทรุดตัว พื้นที่ที่มีผลกระทบจากการขึ้นลงของน้ำทะเลและพื้นที่ราบเชิงเขา เป็นต้น
4) การขาดการวางแผนและการใช้มาตรการในการป้องปรามทางด้านกฎหมายที่เหมาะสม กฎหมายผังเมืองรวมของแต่ละจังหวัด อำเภอ หรือเทศบาล ไม่มีความสอดคล้องกับลักษณะทางกายภาพ ยกตัวอย่างเช่น การกำหนดให้มีพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมในพื้นที่จังหวัดอยุธยา หรือปทุมธานี ทำให้เกิดการขยายตัวของชุมชนอย่างรวดเร็ว เกิดความต้องการที่อยู่อาศัยและสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับการใช้ชีวิตประจำวัน อันนำไปสู่การพัฒนาที่ดินทั้งในลักษณะของที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์ประเภทต่าง ๆ ตลอดจนระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการ การคมนาคมขนส่ง เกิดเป็นชุมชนหนาแน่น ในขณะที่ลักษณะตามธรรมชาติของพื้นที่เป็นที่ต่ำที่

น้ำหลากท่วมได้ง่าย ซึ่งนอกจากจะทำให้ชุมชนมีความเสี่ยงต่อน้ำท่วมสูงแล้ว การจัดการกับปัญหาน้ำท่วมยังทำได้ยากและต้องลงทุนสูง

5) การบริหารจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพ การขาดระบบคาดการณ์และระบบเตือนภัยที่มีประสิทธิภาพก่อนเกิดภัย การไม่มีแผนปฏิบัติงานที่ชัดเจนในกรณีเกิดภัย และการจัดการหลัง การเกิดภัยที่ส่วนใหญ่ยังขาดการวางแผนและบรรเทาปัญหาตลอดจนการฟื้นฟูอย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงข้อจำกัดในเรื่องงบประมาณและบุคลากรที่มีความรู้และประสบการณ์ในงานที่เกี่ยวข้อง

6) ปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การตัดไม้ทำลายป่า ทำให้เกิดการหลากเร็วขึ้น การก่อสร้างถนนหนทางขวางทางน้ำหลากและมีการระบายน้ำไม่เพียงพอ การเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่แก้มลิงตามธรรมชาติไปทำประโยชน์อย่างอื่นเนื่องจากจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น การที่ไม่มีการก่อสร้างเขื่อนเก็บกักน้ำเพิ่มเติมจากที่มีอยู่ เป็นต้น

การวางแผนชุมชนเมืองหรือการวางผังเมืองเป็นกระบวนการทางเทคนิคและนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการใช้ที่ดินและการออกแบบของสภาพแวดล้อมของเมือง รวมทั้งเครือข่ายการคมนาคมขนส่งเพื่อให้การตั้งถิ่นฐานและการพัฒนาเมืองเป็นไปอย่างมีระเบียบเรียบร้อย กระบวนการวางแผนชุมชนเมืองต้องมีกระบวนการวิจัย วิเคราะห์ และการคิดเชิงกลยุทธ์ที่ต้องอาศัยองค์ความรู้ในศาสตร์ที่เกี่ยวข้องทั้งด้านสถาปัตยกรรม การออกแบบชุมชนเมือง การพัฒนาเมืองและข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ตลอดจนการนำผังเมืองไปสู่การปฏิบัติและการบริหารจัดการ (Taylor, 2007) การวางแผนชุมชนเมืองสามารถอยู่ได้ในหลายรูปแบบทั้งในลักษณะของแผนกลยุทธ์ ผังเมืองรวม ผังชุมชน กฎระเบียบและแรงจูงใจหรือแผนการอนุรักษ์เมืองเก่าหรือเมืองประวัติศาสตร์ การวางแผนชุมชนเมืองยุคใหม่เริ่มขึ้นจากความพยายามในการเคลื่อนไหวเพื่อต่อต้านเมืองอุตสาหกรรมในช่วงกลางศตวรรษที่ 19 และมีพัฒนาการอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงปลายศตวรรษที่ 19 แนวคิดของการวางผังเมืองมีความหลากหลายและสะท้อนถึงระบบสังคมเมืองที่มีความซับซ้อนมากขึ้น มีการนำแนวคิดด้านการฟื้นฟูเมือง (urban renewal) และการออกแบบชุมชนเมือง (urban Design) มาใช้ในการวางแผนพัฒนาเมือง ในปลายศตวรรษที่ 20 การวางผังเมืองเริ่มให้ความสำคัญกับแนวคิดด้านการพัฒนาอย่างยั่งยืน (sustainable development and planning) ที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนาทั้งในด้านกายภาพและสังคม ส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในกระบวนการวางผัง ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการวางผังเมืองในปัจจุบัน (Konisranukul, 2007; Taylor, 2007; Wheeler and Beatley, 2004)

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าการวางแผนการใช้ที่ดินเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบของเมืองและชุมชนทั้งในเชิงกายภาพ เศรษฐกิจและสังคมและมักถูกใช้เป็นกลยุทธ์สำคัญในการควบคุมการพัฒนาเมืองให้เป็นไปตามเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการพัฒนาซึ่งในปัจจุบันมักรวมถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การศึกษาวิจัยในด้านที่เกี่ยวข้องชี้ให้เห็นว่าการวางแผนการใช้ที่ดินเป็นเครื่องมือสำคัญในกระบวนปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศของชุมชนเมือง (Condon et al., 2009; Gleeson, 2008; Matthews, 2011; Wilson, 2006)

อาจกล่าวได้ว่าการวางแผนเมืองหรือผังเมืองเป็นเครื่องมือหรือแนวทางในการลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากมีความหลากหลายของงานที่เกี่ยวข้อง โดยสามารถช่วยการพัฒนาเมืองและกิจกรรมการใช้พื้นที่ในเมืองให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย และในขณะเดียวกันก็ช่วยลดความขัดแย้งของกิจกรรมการใช้พื้นที่ที่เกิดขึ้น (Matthews, 2011) ในกระบวนดังกล่าวนักผังเมืองจะเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการชี้นำและกำหนดหน้าที่และโครงสร้างของระบบเมือง นอกจากนี้เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการวางผัง เช่น การจัดทำผัง การจัดการการพัฒนา การออกแบบชุมชนเมืองและอื่น ๆ ต่างเป็นเครื่องมือที่ใช้กันเป็นสากล ในขณะที่การวางแผนการใช้ที่ดินเป็นการทำงานในระดับพื้นที่ ดังนั้น การนำกลยุทธ์ด้านการวางผังมาใช้ในการลดความเสี่ยงหรือเพิ่มความสามารถในการรับมือกับสภาพภูมิอากาศจึงเป็นแนวทางที่ตอบสนองต่อการวางแผนด้านการปรับตัว ซึ่งให้ความสำคัญกับบริบทของพื้น

ถึงแม้ว่าการนำการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมาเป็นปัจจัยพิจารณาร่วมกับปัจจัยด้านอื่น ๆ จะทำให้การวางแผนการใช้ที่ดินมีความซับซ้อนและอาจต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมากขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายดังกล่าวยังนับว่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดการและฟื้นฟูเมืองจากผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต (Wilson, 2006) รายงานการศึกษาของ United Nations Habitat (2007b) ชี้ให้เห็นว่าการวางผังเมืองเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดการกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หากเมืองได้รับการวางแผนที่เหมาะสมจะเป็นรากฐานที่สำคัญในการพัฒนาอย่างยั่งยืนเพราะ

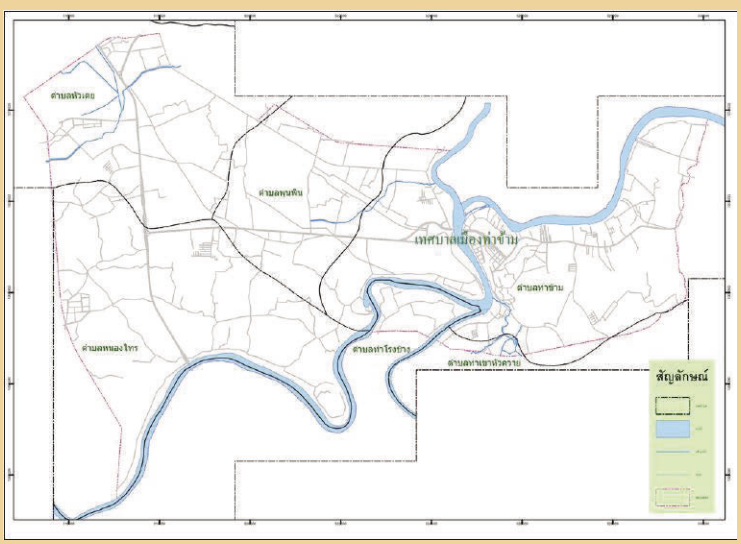
นอกจากจะช่วยบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของเมืองแล้วยังช่วยทำให้ความสามารถในรับมือสูงขึ้น โดยเมืองจะมีความทนหรือยืดหยุ่นสูง (Resilience) สามารถปรับสภาพให้ตอบรับกับภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป

นอกจากนั้น โครงสร้างพื้นฐาน เช่น ทางระบายน้ำท่วม/น้ำหลาก (floodway) และ มาตรฐานอาคารและข้อกำหนดอาคารก็เป็นกลยุทธ์สำคัญที่ช่วยการลดความเสียหายที่เกิดจากน้ำท่วม โดยการออกข้อกำหนดอาคารจะต้องมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดการใช้ที่ดิน โดยทั่วไปแล้ว การบังคับใช้ข้อกำหนดอาคารมักจะเคร่งครัดมากกว่าข้อกำหนดการใช้ที่ดิน มาตรการที่มักใช้ในการควบคุมอาคารในพื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างและวัสดุก่อสร้าง

กรณีศึกษาของเขตผังเมืองรวมพุนพิน อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานีนี้เป็นตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยใช้แนวคิดด้านการวางผังเมืองและการกำหนดแผนการใช้ที่ดินเพื่อเพิ่มความมั่นคงทนทานให้แก่เมืองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งมีแนวโน้มส่งผลให้เมืองพุนพินมีความเสี่ยงสูงขึ้นจากปัจจุบัน

7.4.1 ความเสี่ยงของเขตผังเมืองรวมพุนพินต่อสภาพน้ำท่วมและแนวโน้มความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

เมืองพุนพินในปัจจุบันเป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดสุราษฎร์ธานี อยู่ห่างจากตัวจังหวัดไปทางตะวันตกตามทางหลวงสายสุราษฎร์ธานี- พุนพิน เป็นระยะทางประมาณ 14 กิโลเมตร ขอบเขตผังเมืองรวมเมืองพุนพิน ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของเขตอำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีขนาดพื้นที่ 71.73 ตารางกิโลเมตร (44,831.25 ไร่) คิดเป็นร้อยละ 7.94 ของอำเภอพุนพิน ครอบคลุมพื้นที่เขตเทศบาลเมืองท่าข้าม 14.09 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่นอกเขตเทศบาลเมืองท่าข้าม 56.64 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย 6 ตำบล คือ บางส่วนของตำบลหัวเตย ตำบลพุนพิน ตำบลหนองไทร ตำบลท่าข้าม ตำบลเขาควายและตำบลท่าโรงช้าง



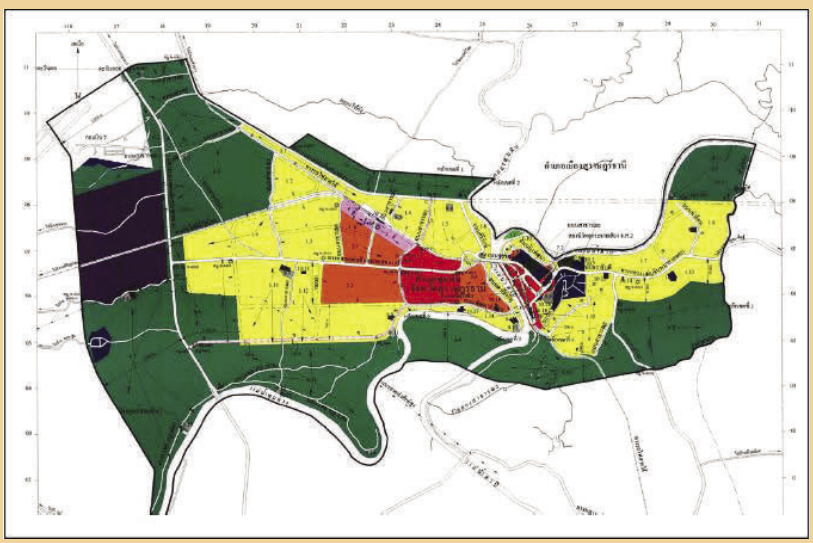
รูปที่ 7.13 แผนที่แสดงเขตผังเมืองรวมพุนพิน (ที่มา: วนารัตน์ และคณะ, 2556)

สภาพพื้นที่โดยทั่วไปเป็นพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำ สูงจากระดับน้ำทะเล 2-5 เมตร มีแม่น้ำ 2 สายไหลมาบรรจบกัน คือ แม่น้ำตาปี และแม่น้ำพุมดวง นอกจากนี้ ยังมีคลองพุนพินที่แยกออกจากแม่น้ำตาปีและต่างไหลไปลงอ่าวไทยที่อ่าวบ้านดอน อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่อยู่ทางตะวันออกเฉียงเหนือของเขตผังเมืองรวม พื้นที่โดยรอบบริเวณที่แม่น้ำไหลมาบรรจบกัน บริเวณตอนกลางของพื้นที่จะมีลักษณะเป็นชุมชนที่มีการตั้งบ้านเรือนอยู่หนาแน่น โดยแม่น้ำตาปี แบ่งพื้นที่ชุมชนออกเป็น 2 ส่วน พื้นที่ฝั่งตะวันตกของชุมชนจะเป็นที่ดอนมีระดับสูงของพื้นที่สูงกว่าฝั่งตะวันออก บริเวณฝั่งตะวันออกและตะวันออกเฉียงใต้ของเขตผังเมืองรวมจะมีเนินเขาสูงประมาณ 60 เมตร

ลักษณะทางเศรษฐกิจชุมชนในเขตผังเมืองรวมเมืองพุนพินมีแนวโน้มขยายตัวมากขึ้นเนื่องจากเป็นมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้ออำนวยต่อการเป็นศูนย์กลางการคมนาคมขนส่ง สามารถติดต่อกับอำเภออื่น ๆ และจังหวัดใกล้เคียงได้สะดวก เนื่องจากเป็นที่ตั้งของสถานีรถไฟสุราษฎร์ธานีและสนามบินสุราษฎร์ธานี ทำให้มีความพร้อมในการเป็นศูนย์กลางพาณิชยกรรมอันดับสองของจังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นตลาดกลางการเกษตรที่สำคัญ และยังเป็นที่ตั้งโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ของจังหวัด

ผังเมืองรวมเมืองพุนพิน ตามแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตปี 2545 จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินตามประเภทหลัก 10 ประเภท (รูปที่ 7.14) ดังนี้

1. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (สีเหลือง) พื้นที่ทั้งหมด 11,533.60 ไร่
2. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (สีส้ม) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 1,955.69 ไร่
3. การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (สีแดง) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 1,073.58 ไร่
4. การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอุตสาหกรรม (สีม่วง) มีขนาดพื้นที่ประมาณ 2,773.64 ไร่
5. ที่ดินประเภทคลังสินค้า (สีเม็ดมะปราง) มีพื้นที่ทั้งหมด 297 ไร่ คาบเกี่ยวอยู่ทั้งในเขตตำบลพุนพินและตำบลท่าข้าม
6. ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม (สีเขียว) มีขนาดพื้นที่ 20,479.60 ไร่
7. ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สีเขียวอ่อน) อยู่ในเขตเทศบาลเมืองท่าข้ามขนาดพื้นที่ทั้งหมด 52.48 ไร่
8. ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา (สีเขียวมะกอก) มีขนาดพื้นที่ 164.34 ไร่
9. ที่ดินประเภทศาสนา (สีเทาอ่อน) มีพื้นที่ทั้งหมด 221.26 ไร่
10. ที่ดินประเภทสถาบันราชการ สารสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ (สีน้ำเงิน) มีพื้นที่ทั้งหมด 767.65 ไร่



รูปที่ 7.14
ผังเมืองรวมพุนพิน
ประกาศบังคับใช้ปี 2545

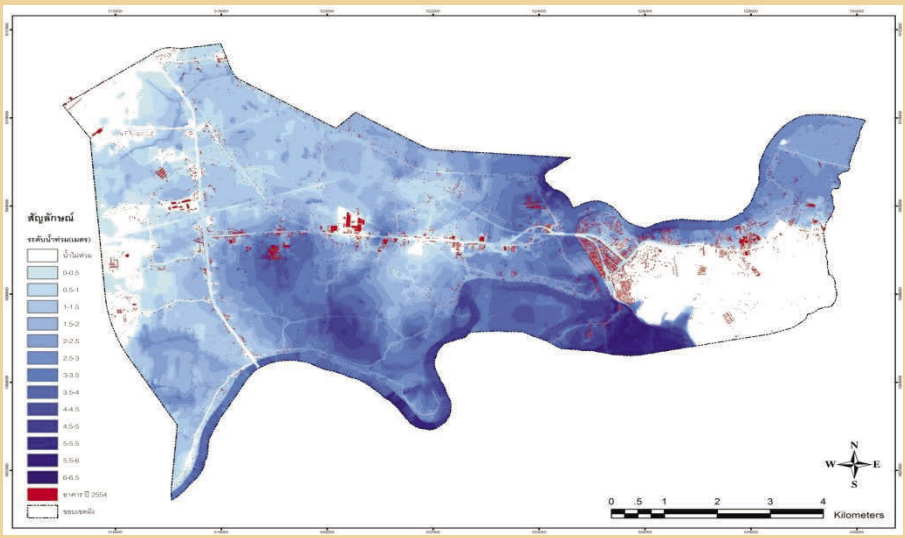
ที่มา
(วนารัตน์ และคณะ, 2556)

ชุมชนเมืองพุนพินเป็นชุมชนริมน้ำจึงมักประสบปัญหาน้ำท่วมในฤดูน้ำหลากอยู่เป็นประจำเกือบทุกปี ทั้งนี้ตามข้อมูลน้ำท่วมในเขตชุมชนเมืองพุนพิน ชี้ให้เห็นว่าปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่มีความถี่และความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ โดยเฉพาะเหตุการณ์อุทกภัยในปี 2554 มีความรุนแรงของการเกิดอุทกภัยทั้งในด้านความสูงของระดับน้ำ ความแรงของกระแสน้ำและระยะเวลาเกิดอุทกภัย ซึ่งลักษณะของการเกิดอุทกภัยเป็นการล้นของน้ำจากแม่น้ำตาปี แม่น้ำพุมดวงและคลองสาขาอื่น ๆ ที่ขนาดของลำน้ำไม่สามารถรองรับน้ำหลากได้ ทำให้น้ำล้นตลิ่งไหลเข้าสู่พื้นที่ชุมชนซึ่งส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำริมน้ำ การขยายตัวของชุมชนและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างต่อเนื่องเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อปัญหาน้ำท่วมของพื้นที่ทั้งในแง่ความรุนแรงของน้ำท่วมและการขยายตัวของพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม ระดับน้ำที่ท่วมสูงทำให้อาคารบ้านเรือนมีโอกาสที่จะได้รับความความเสียหายจากน้ำท่วมสูงตามไปด้วย สถานการณ์น้ำท่วมพื้นที่ในเขตอำเภอพุนพินก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน

เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะชุมชนในเขตเทศบาลที่มีความหนาแน่นของประชากรสูง มีระบบสาธารณูปโภคสาธารณูปการตลอดจนระบบการคมนาคมขนส่งต่าง ๆ ทั้งทางบก ทางน้ำและทางอากาศทำให้ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ โดยถนนสายหลักหลายสายและทางรถไฟได้รับความเสียหายไม่สามารถใช้การได้ทำให้ชุมชนในบางพื้นที่ถูกตัดขาด น้ำท่วมยังก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบสาธารณูโภคทำให้เกิดปัญหาขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค เนื่องจากโรงผลิตน้ำประปาที่ให้บริการทั้งในเขตอำเภอเมืองและอำเภอพุนพิน ถูกน้ำท่วมเสียหายไม่สามารถให้บริการได้เป็นเวลาหลายวันเกิดภาวะขาดแคลนน้ำดื่มน้ำใช้

นอกจากนี้สถานการณ์น้ำท่วมยังก่อให้เกิดความเสียหายกับบ้านเรือนและย่านพาณิชยกรรมในเขตเทศบาลเมืองท่าข้าม ซึ่งเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจของชุมชน รวมทั้งสถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในพื้นที่น้ำท่วมซึ่งนอกจากจะได้รับความเสียหายจากน้ำท่วมโดยตรงแล้ว ยังก่อให้เกิดการหยุดจ้างงานส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของพื้นที่ สถานการณ์น้ำท่วมในอำเภอพุนพินยังก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชผลทางการเกษตร โดยพื้นที่ที่ได้รับความเสียหายส่วนใหญ่จะเป็นสวนปาล์มที่มีน้ำท่วมขังเป็นเวลานานเนื่องจากตั้งอยู่บนที่ราบริมฝั่งแม่น้ำ

ลักษณะการตั้งถิ่นฐานของชุมชนเมืองพุนพินเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่มีผลกระทบต่อความเสี่ยงน้ำท่วม โดยเฉพาะในแง่ของความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากน้ำท่วม ทั้งนี้เนื่องจากการตั้งถิ่นฐานและการขยายตัวของชุมชนเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในบริเวณที่มีความอ่อนไหวต่อน้ำท่วมโดยเฉพาะบริเวณริมฝั่งแม่น้ำตาปีทางตอนบนต่อเนื่องกับศูนย์กลางชุมชนปัจจุบันที่ตั้งอยู่ในเขตเทศบาลเมืองท่าข้ามที่มีพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ริมแม่น้ำตาปี ทั้งสองฝั่งมีบทบาทเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน มีกิจกรรมการใช้ที่ดินเข้มข้นทั้งการตั้งบ้านเรือน การประกอบธุรกิจการค้าและบริการต่าง ๆ ทำให้มีโอกาสได้รับความเสียหายมากเมื่อเกิดน้ำท่วม



รูปที่ 7.15
ระดับความสูงน้ำท่วมและอาคารในเขตผังเมืองรวมพุนพิน ปี 2554

ที่มา
(วนารัตน์ และคณะ, 2556)

การศึกษาวิเคราะห์สถานการณ์การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตผังเมืองรวมพุนพินจากปี 2538 จนถึงปี 2554 พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ประโยชน์อาคารและสิ่งปลูกสร้าง โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในเขตผังเมืองรวมพุนพินมี 2 ประการคือ การขยายทางประชากรและแรงผลักดันทางเศรษฐกิจ

การเติบโตทางเศรษฐกิจของชุมชนเมืองพุนพินที่มีแนวโน้มการขยายตัวไปในพื้นที่นอกเขตเทศบาลมากกว่าในเขตเทศบาล การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นผลกระทบทั้งจากการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและการพัฒนาการขนส่งทั้งทางด้านสินค้าและผู้โดยสารที่มีความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น มีการก่อสร้างสนามบินเกาะสมุย การเปิดเส้นทางเดินรถโดยสารจากกรุงเทพไปยังเกาะสมุยและเกาะพะงันได้โดยตรง การปรับปรุงขยายถนนที่เชื่อมต่อกับอำเภอเมืองสุราษฎร์ธานีทำให้การเดินทางสะดวกรวดเร็วและไม่ผ่านชุมชนเมืองพุนพิน (เทศบาลท่าข้าม) ทำให้ชุมชนเมืองพุนพินมีลักษณะเป็นเมืองผ่าน ลดบทบาทของการเป็นศูนย์กลางการคมนาคมของจังหวัดลง รวมทั้งบทบาทด้านพาณิชยกรรมระดับอำเภอยังลดความสำคัญลงด้วย แต่ในขณะเดียว

เศรษฐกิจของชุมชนเมืองพุนพินยังคงมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง แต่การเติบโตทางเศรษฐกิจในปัจจุบันส่วนใหญ่เป็นผลมาจากสินค้าเกษตรและโรงงานอุตสาหกรรมที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่นอกเขตเทศบาล

การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินนอกเขตเทศบาลที่ส่วนใหญ่เดิมเป็นพื้นที่สีเขียวและพื้นที่เกษตรกรรมไปเป็นพื้นที่ปลูกสร้าง การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพบว่าเมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการเพิ่มขึ้นของอาคารประเภทต่าง ๆ แล้วพบว่า ส่วนใหญ่เป็นการเพิ่มการใช้ประโยชน์อาคารประเภทอุตสาหกรรมโดยพบว่ามีจำนวนการใช้อาคารประเภทอุตสาหกรรมในเขตผังเมืองรวมในปี 2550 เพิ่มขึ้นจากปี 2538 คิดเป็นร้อยละ 48 หากพิจารณาเฉพาะนอกเขตเทศบาลจะพบว่ามีการเพิ่มขึ้นของจำนวนสถานประกอบการและโรงงานอุตสาหกรรมในสัดส่วนที่สูงมาก โดยมีโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1.2 เท่าและสถานประกอบการเพิ่มขึ้นประมาณ 4.3 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนบ้านพักอาศัยนอกเขตเทศบาลในช่วงเวลาเดียวกันพบว่าจำนวนบ้านเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าตัว อัตราการเพิ่มสูงสุดอยู่ในเขตตำบลพุนพิน โดยเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 1.4 เท่า

เมื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลให้เมืองตกอยู่ในภาวะเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงไป โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจสังคมและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต อาจกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นปัจจัยที่ทำให้ความเสี่ยงน้ำท่วมหรือความอ่อนไหวต่อภาวะน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพินสูงขึ้นโดยการพัฒนาที่ดินที่ทำให้เปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากสภาพธรรมชาติและการเกษตรไปเป็นพื้นที่ก่อสร้าง ส่งผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำและการดูดซึมน้ำของดินตลอดจนขัดขวางหรือเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำโดยจำแนกผลกระทบที่เกิดขึ้นได้ดังต่อไปนี้

- การก่อสร้างถนนขวางการไหลของน้ำธรรมชาติ

  การวิเคราะห์ระดับความสูงพื้นที่และการไหลของน้ำพบว่าการก่อสร้างถนนส่งผลกระทบต่อการไหลและการระบายน้ำตามธรรมชาติ ทำให้น้ำท่วมขังในพื้นที่ชุมชนนานมากขึ้น รูปที่ 7.16 แสดงให้เห็นว่าทางหลวงสาย 41 ที่ตัดผ่านพื้นที่ในเขตผังเมืองรวมเป็นแนวยาวตามแนวเหนือใต้ และทางหลวงสาย 4153 ที่ตัดผ่านเขตผังเมืองรวมตลอดแนวตะวันออกไปยังตะวันตก และเป็นเส้นทางคมนาคมหลักระหว่างชุมชนเมืองพุนพินและสนามบินสุราษฎร์ธานีและเชื่อมต่อไปยังอำเภอและจังหวัดข้างเคียง ซึ่งมีขนาดความกว้าง 6 ช่องทางจราจร และตัดขวางเส้นทางการระบายน้ำธรรมชาติ เมื่อเกิดภาวะน้ำล้นตลิ่งปริมาณมากเข้าท่วมพื้นที่ การระบายออกจากพื้นที่จะใช้เวลานานขึ้น



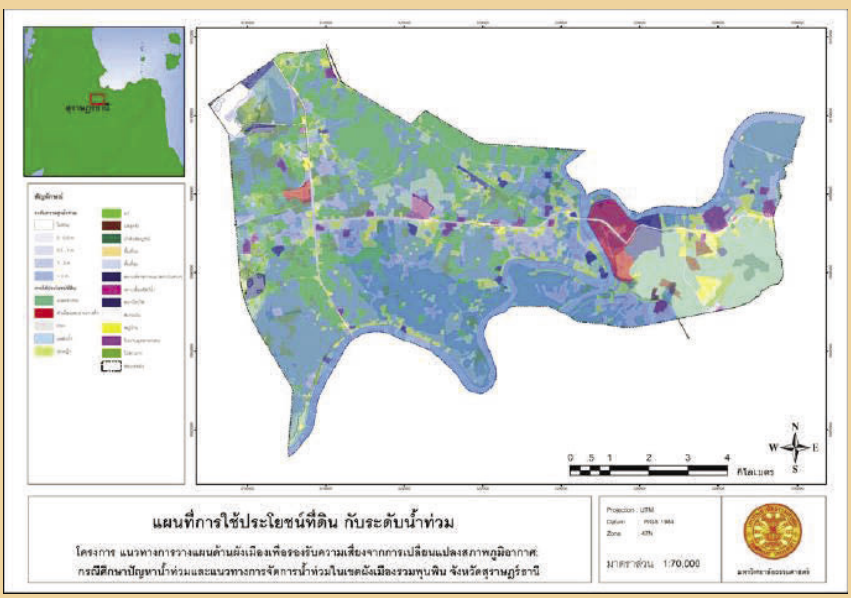
รูปที่ 7.16 ผลกระทบระดับความสูงทางหลวงสาย 4153 ต่อทิศทางการไหล และการระบายน้ำ

ที่มา (วนารัตน์ และคณะ, 2556)

- การก่อสร้างอาคารรุกล้ำแม่น้ำลำคลอง
  ผลการสำรวจพื้นที่พบว่ามีการก่อสร้างอาคารรุกล้ำแหล่งน้ำสาธารณะ ทั้งในแม่น้ำสายหลักคือแม่น้ำตาปีและแม่น้ำพุมดวง รวมทั้งคูคลองต่าง ๆ ซึ่งการใช้ที่ดินในลักษณะดังกล่าวนอกจากจะส่งผลกระทบต่อการไหลของน้ำแล้ว อาคารที่ตั้งอยู่ในทางน้ำยังมีความเสี่ยงต่อความเสียหายและได้รับอันตรายจากน้ำท่วมเพิ่มขึ้น

- การถมคู คลองทางระบายน้ำธรรมชาติเพื่อก่อสร้างอาคารและทำการเกษตร
  การสำรวจพื้นที่ในเขตผังเมืองรวมพุนพินพบว่ามีการถมคูคลองและทางระบายน้ำธรรมชาติเพื่อก่อสร้างอาคารและทำการเกษตรอยู่ทั่วไป ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ในเขตผังเมืองชุมชนพุนพินเป็นที่ลุ่มต่ำ มีการกระจายตัวของแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ทั่วไปทั้งที่เป็นลำคลอง หนอง บึง และทางน้ำขนาดเล็กซึ่งแหล่งน้ำเหล่านี้บางแห่งน้ำจะแห้งในฤดูแล้ง ทำให้มีประชาชนเข้าไปใช้พื้นที่ดังกล่าวเพื่อประโยชน์อื่น ๆ ทั้งการทำการเกษตรปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งการถมที่เพื่อใช้ประโยชน์ที่ดิน สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อการหมุนเวียนของระบบน้ำและการไหลของน้ำในธรรมชาติ ก่อให้เกิดการไหลบ่าที่รุนแรงและรวดเร็วมากขึ้นส่งผลกระทบทำให้น้ำไหลท่วมพื้นที่ชุมชนมากขึ้น

- การก่อสร้างอาคารในพื้นที่เกษตรกรรมและชนบท
  จากผลการศึกษาการขยายตัวของอาคารสิ่งก่อสร้างดังกล่าวมาแล้วจะพบว่า การก่อสร้างอาคารใหม่ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นนอกเขตเทศบาลซึ่งเป็นพื้นที่สีเขียวและบางส่วนเป็นพื้นที่ระบายน้ำธรรมชาติ ส่งผลกระทบต่อพื้นที่รับและระบายน้ำธรรมชาติ การเพิ่มขึ้นของอาคารในลักษณะดังกล่าวส่งไม่เพียงแต่ทำให้พื้นที่สีเขียวที่ช่วยซับน้ำลดลง แต่การก่อสร้างอาคารยังมีการถมปรับระดับที่ดิน ทำให้ทิศทางการไหลของน้ำเปลี่ยนและยังขวางการไหลของน้ำอีกด้วย

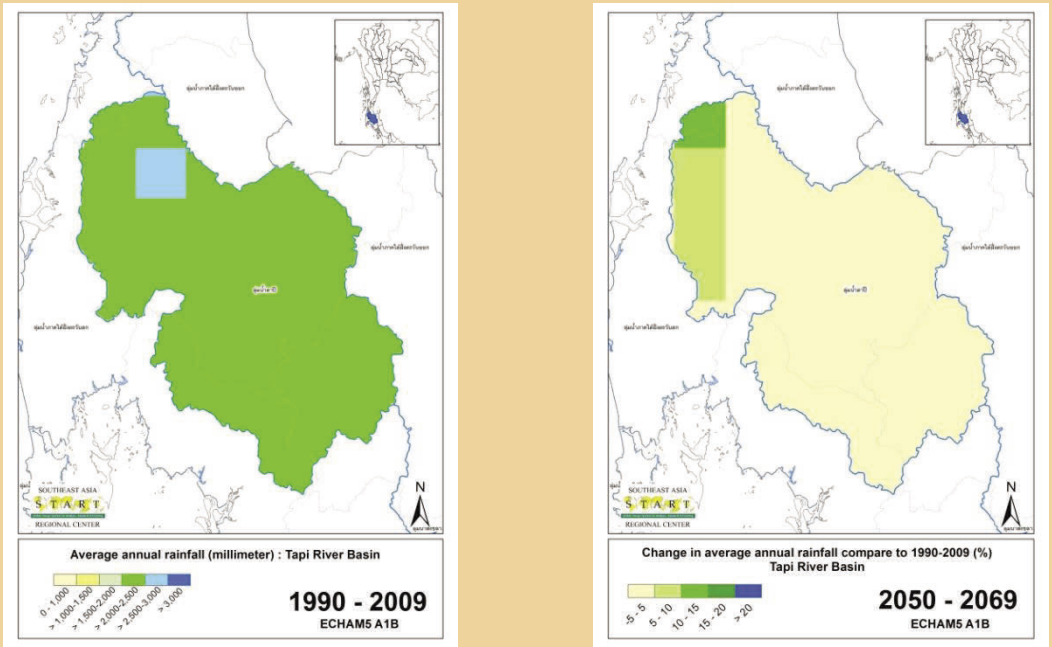


รูปที่ 7.17
ผลกระทบน้ำท่วมต่อการใช้ที่ดิน
ในเขตผังเมืองรวมพุนพิน ปี 2554

ที่มา
(วนารัตน์ และคณะ, 2556)

จากตัวอย่างข้อมูลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต[27] ปริมาณฝนเฉลี่ยในลุ่มแม่น้ำตาปี เปรียบเทียบระหว่างช่วงปี ค.ศ.1990-2009 (พ.ศ.2553-2552) และ ค.ศ.2050-2069 (พ.ศ.2593-2612) พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของลุ่มน้ำไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงมากนักจากปัจจุบัน (รูปที่ 7.18) แต่รอบการเกิดซ้ำของปริมาณฝนตกหนักในอนาคตก็มีแนวโน้มที่จะเกิดถี่ขึ้นและมีความรุนแรงมากขึ้น (ตารางที่ 7.5) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าแนวโน้มการเพิ่มของความเสี่ยงของโอกาสการเกิดเหตุการณ์อุทกภัยรุนแรงในอนาคตจะเพิ่มมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน

[27] ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 ตามภาพฉายอนาคตการเพิ่มขึ้นของระดับ CO_2 แบบ A1B และคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)



ก ข

รูปที่ 7.18 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (มม.) ในลุ่มแม่น้ำตาปี เปรียบเทียบ 2 ช่วงทศวรรษ (ก) ปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009) และ (ข) อนาคต (ค.ศ.2050-2069)
(**ที่มา:** ประมวลผลโดย SEA START RC, 2016)

ตารางที่ 7.5 ตารางแสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของลุ่มน้ำตาปี

Return Period ฝนสะสม 3 วัน	2	5	10	20	50
ECHAM5 A1B : 1990 – 2009 (มม.)	96	124	151	184	239
ECHAM5 A1B : 2050 – 2069 (มม.)	89	123	157	201	277
% การเปลี่ยนแปลง	-7	-1	+4	+9	+16

ที่มา: ประมวลผลโดย SEA START RC, 2016

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความเสี่ยงการเกิดอุทกภัยบ่งชี้ถึงความจำเป็นของการเตรียมการเพื่อรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าวทั้งในลักษณะของการลดการเปิดรับความเสี่ยงและการปรับตัวเพื่อให้สามารถทนต่อการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งการศึกษาและวิเคราะห์การรับมือต่อปัญหาน้ำท่วมของชุมชนและภาคส่วนในเขตผังเมืองรวมพุนพินสะท้อนให้เห็นว่าการดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์น้ำท่วมในปัจจุบันยังไม่เพียงพอต่อการจัดการความเสี่ยงของการเกิดอุทกภัยที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ความเสี่ยงอุทกภัยในเขตผังเมืองรวมพุนพินยังได้รับผลกระทบจากนโยบายการใช้ที่ดินและแผนพัฒนาเมืองที่ไม่สอดคล้องต่อบริบทของพื้นที่ การวางผังเมืองและการกำหนดการประโยชน์ที่ดินในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะทำให้ชุมชนเปิดรับความเสี่ยงมากขึ้น ทั้งนี้การปรับตัวต่อปัญหาดังกล่าวอาจพิจารณาถึงการนำวิธีการทางผังเมืองมาประยุกต์ใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมเพื่อลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

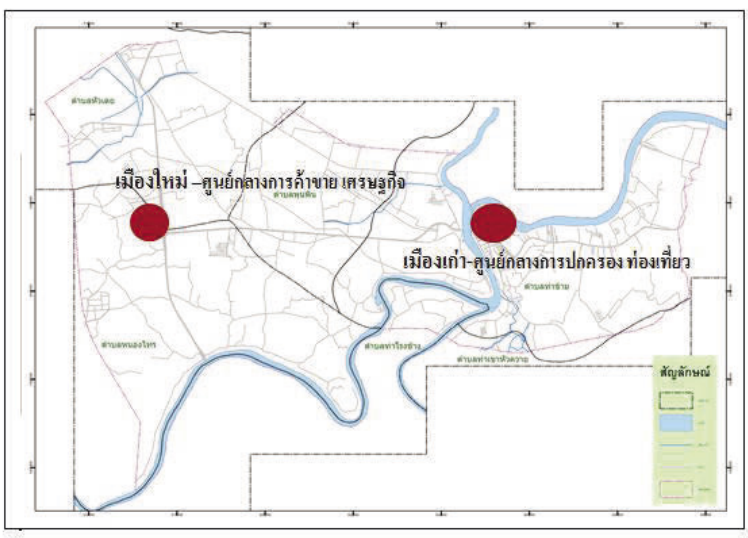
7.4.2 แนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะน้ำท่วมในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ: กรณีศึกษาเขตผังเมืองรวมพุนพิน

ในการวางแผนเพื่อรับมือความเสี่ยงน้ำท่วมในอนาคตในพื้นที่พุนพินจึงให้ความสำคัญในการลดความอ่อนไหวเชิงกายภาพหรือการลดความไวต่อความเสียหายของพื้นที่ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการวางแผนการใช้ที่ดินเป็นอย่างมาก ดังนั้นการวางแผนเพื่อลดความเสี่ยงน้ำท่วมในเขตผังเมืองพุนพินจึงให้ความสำคัญกับการประยุกต์กลยุทธ์และวิธีการด้านผังเมืองในการวางแผนเพื่อลดความเสี่ยงดังกล่าว โดยมีแนวทางสำคัญคือ

- แนวทางการวางแผนพัฒนาเมือง 2 ศูนย์กลาง (เมืองใหม่-เมืองเก่า) เพื่อลดความเสี่ยงจากการขยายตัวของชุมชนในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยรุนแรง
- แนวทางการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตผังเมืองรวมพุนพิน
- แนวทางการปรับปรุงข้อกำหนดอาคาร (Building Code) ในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม
- แนวทางการลดน้ำท่วมโดยใช้ระบบทางน้ำหลากธรรมชาติ (Floodway) และพื้นที่พักน้ำ

<u>แนวทางการวางแผนพัฒนาเมือง 2 ศูนย์กลาง (เมืองใหม่-เมืองเก่า)</u>

การวิเคราะห์ผังการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตผังเมืองรวมพุนพินบ่งชี้ว่า การพัฒนาตามผังเมืองรวมอาจนำไปสู่ความเสี่ยงอุทกภัยรุนแรงที่สูงขึ้น เนื่องจากพื้นที่การพัฒนาต่อเนื่องจากศูนย์กลางเดิม (เทศบาลเมืองท่าข้าม) จะอยู่ในเส้นการระบายน้ำหลากธรรมชาติ การปรับตัวแบบการพัฒนาเมืองแบบ 2 ศูนย์กลางจึงเป็นแนวทางที่มีความเหมาะสม สามารถช่วยลดความเสี่ยงจากอุทกภัยในอนาคต และยังช่วยแก้ปัญหาสภาพแวดล้อมของเมืองรวมทั้งปัญหาการจราจรในเขตเทศบาลเมืองท่าข้าม การพัฒนาเมืองดังกล่าวอาจเป็นไปในลักษณะการพัฒนาแบบเมืองใหม่-เมืองเก่าเป็นศูนย์กลางเมืองที่มีบทบาททางเศรษฐกิจและสังคมที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นแนวทางที่เป็นที่ยอมรับนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการขยายตัวชุมชนเมืองเก่าที่มักมีข้อจำกัดของพื้นที่และทรัพยากร การลดความเสี่ยงจากอุทกภัยของชุมชนที่ตั้งอยู่บนที่ราบริมน้ำ และการอนุรักษ์เมืองเก่า/เมืองประวัติศาสตร์

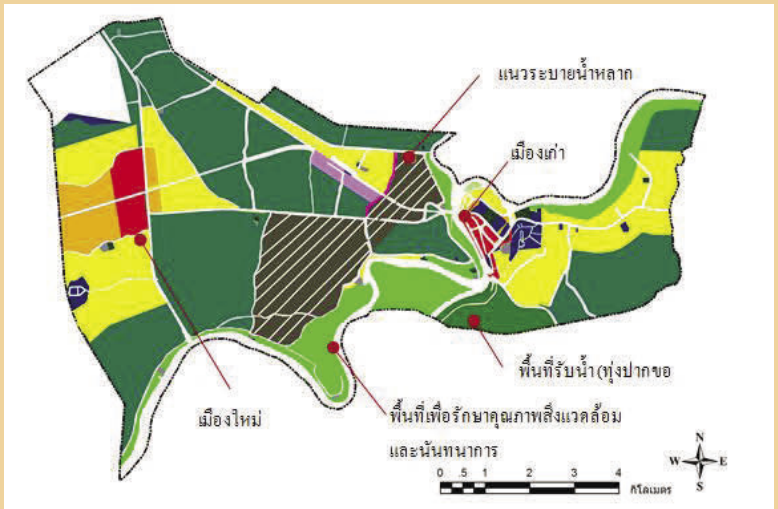


รูปที่ 7.19
ที่ตั้ง เมืองใหม่ – เมืองเก่า

ที่มา
(วนารัตน์ และคณะ, 2556)

แนวทางการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตผังเมืองรวมเมืองพุนพิน

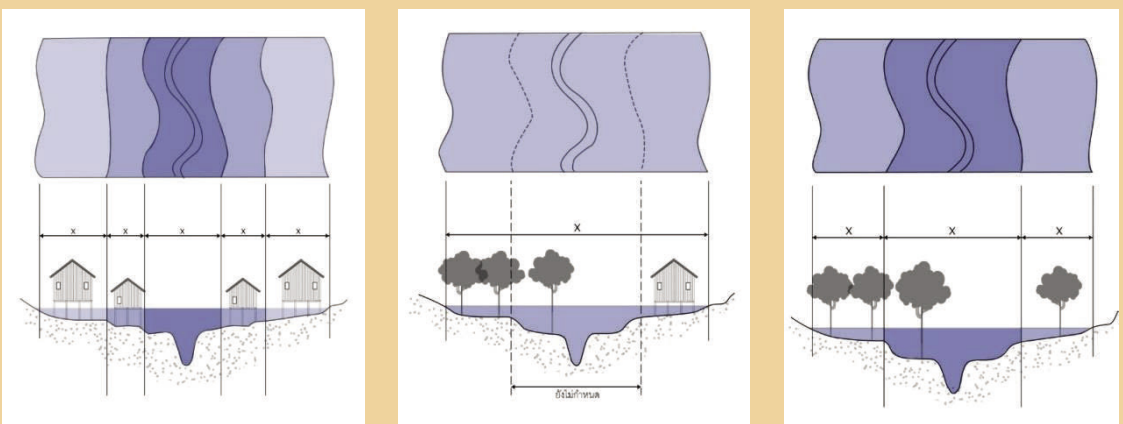
ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Zoning ordinances) เป็นเครื่องมือสำคัญในการวางผังเมืองและควบคุมการพัฒนาให้มีความเหมาะสมต่อศักยภาพและข้อจำกัดของพื้นที่ ทำให้เมืองมีความเป็นระเบียบสวยงาม ข้อกำหนดการใช้ที่ดินจึงเป็นแนวทางที่ใช้การวางแผนจัดการและแก้ไขปัญหาน้ำท่วมและลดความเสี่ยงของความเสียหายที่จะเกิดขึ้น



รูปที่ 7.20
ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Zoning ordinances) ที่เอื้อให้เมืองพุนพินรับมือกับภาวะน้ำท่วม

ที่มา
(วนารัตน์ และคณะ, 2556)

นอกจากการกำหนดข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินแล้ว ยังต้องคำนึงถึงข้อกำหนดเพื่อควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในเส้นทางน้ำหลากอันเป็นแนวทางที่ใช้ในการควบคุมการใช้ที่ดินในพื้นที่ที่เป็นทางระบายน้ำธรรมชาติในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) โดยทั่วไปแล้วการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินในเส้นทางน้ำหลากจะแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 โซนคือ บริเวณเส้นทางน้ำหรือลำน้ำ (Floodway) บริเวณพื้นที่ขอบทางน้ำ (Flood fringe) และที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) ซึ่งแนวทางการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในเส้นทางน้ำหลากในเขตผังเมืองรวมเมืองพุนพินสามารถแบ่งได้เป็น 3 กรณีคือ เส้นทางน้ำหลากในพื้นที่เมือง เส้นทางน้ำหลากในพื้นที่กึ่งเมืองกึ่งชนบทและพื้นที่ชนบทดังแสดงในรูปที่ 7.21 อย่างไรก็ตามการกำหนดระยะความกว้างทางน้ำและต้องมีการศึกษาข้อมูลของทางน้ำและระดับความสูงของน้ำหลากในช่วงหน้าน้ำเพื่อมากำหนดระยะถอยร่นให้มีความเหมาะสมมากขึ้น



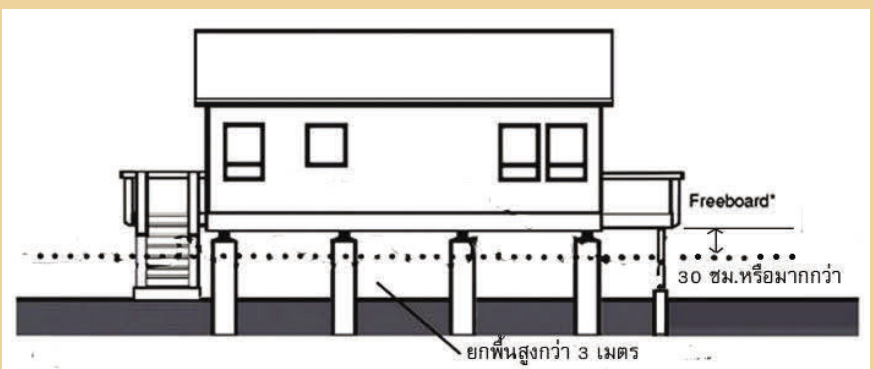
ทางน้ำในเขตเมือง ทางน้ำในเขตกึ่งเมืองกึ่งชนบท ทางน้ำในเขตชนบท

รูปที่ 7.21 แนวทางการกำหนดพื้นที่ทางน้ำหลาก (Floodway)
(**ที่มา:** วนารัตน์ และคณะ, 2556)

แนวทางการปรับปรุงข้อกำหนดอาคาร (Building Code) ในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วม

ลักษณะโครงสร้างตลอดจนวัสดุก่อสร้างอาคารมีผลกระทบต่อระดับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นจากน้ำท่วม การปรับปรุงข้อกำหนดอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมจึงเป็นแนวทางสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมชุมชนได้ การออกข้อกำหนดอาคารในเขตผังเมืองเมืองรวมพุนพินจำเป็นต้องมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดการใช้ที่ดินหรือผังเมือง โดยอาคารที่อยู่ภายใต้ข้อกำหนดอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมจะเป็นอาคารที่ก่อสร้างในเขตการใช้ที่ดินเพื่อเกษตรกรรม (สีเขียว) การใช้ที่ดินเพื่อการระบายน้ำหลาก (น้ำตาลขีดขาว) พื้นที่รับน้ำ (สีเขียวขี้ม้า) และการใช้ที่ดินเพื่อการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมและนันทนาการ ที่เป็นพื้นที่ที่มีระดับน้ำท่วมสูงมากกว่า 3 เมตร แนวทางการใช้มาตรการควบคุมอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมสูงมีดังนี้

- อาคารต้องไม่ปิดกั้นการไหลของน้ำธรรมชาติ กำหนดให้เป็นอาคารใต้ถุนสูงที่น้ำสามารถไหลผ่านได้สะดวก
- อาคารมีระดับพื้นชั้นล่างสูงไม่ต่ำกว่า 3 เมตร หากเป็นไปได้ควรมีระยะเว้น (Free board) 20 เซนติเมตร
- การวางตัวตามแนวยาวของอาคารควรขนานไปกับทิศทางการไหลของน้ำ
- การติดตั้งระบบควบคุมไฟฟ้าหลักควรอยู่ในระดับที่สูงกว่าระดับน้ำท่วมสูง 3 เมตร
- ควรใช้วัสดุอาคารทนน้ำให้มากที่สุด

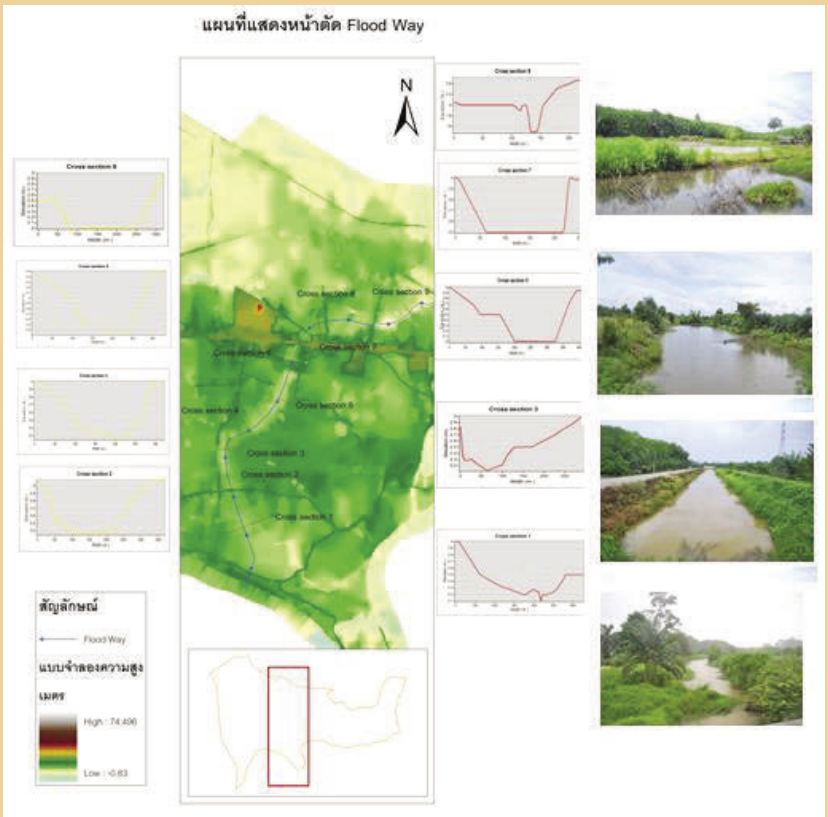


รูปที่ 7.22 แนวทางการกำหนดมาตรการด้านการออกแบบอาคารในพื้นที่เสี่ยงน้ำท่วมสูง (ประยุกต์จาก Watson and Adam, 2011)

แนวทางการป้องกันและลดความเสียหายจากน้ำท่วมด้วยวิธีการอื่นๆ

นอกจากการกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นกลไกทางผังเมืองและการลดความเสี่ยงอุทกภัยรุนแรงในเขตชุมชนเมืองแล้ว ยังมีวิธีการอื่น ๆ มาใช้ร่วมกันเพื่อลดความเสียหายที่อาจเกิดขึ้น โดยแนวทางในการดำเนินการดังกล่าวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มสำคัญคือ

- การป้องกันน้ำท่วมโดยไม่ใช้โครงสร้าง เป็นการป้องกันน้ำท่วมโดยใช้ลักษณะทางธรรมชาติของพื้นที่ช่วยในการรับและระบายน้ำ ตัวอย่าง การป้องกันน้ำท่วมที่ไม่ใช่โครงสร้างที่สำคัญได้แก่ กำหนดแนวพื้นที่สีเขียว (Greenway) เพื่อช่วยซับน้ำก่อนเข้าพื้นที่ชุมชน พื้นที่รับน้ำเพื่อกักเก็บน้ำชั่วคราวในช่วงเวลาน้ำท่วม โดยพื้นที่รับอาจเป็นได้ทั้งพื้นที่โล่งว่าง พื้นที่การเกษตรนอกเหนือฤดูเพาะปลูกหรือพื้นที่การใช้ประโยชน์เพื่อนันทนาการอื่น ๆ เช่น สนามกีฬา สวนสาธารณะ เป็นต้น ซึ่งพื้นที่รับน้ำเหล่านี้ควรออกแบบให้มีการกระจายตัวอยู่ในพื้นที่รอบ ๆ ชุมชน นอกจากนั้น การกำหนดพื้นที่น้ำหลาก (Flood way) ก็สามารถช่วยการระบายน้ำผ่านเมืองหรือออกจากเมืองเร็วขึ้น



รูปที่ 7.23 แสดงแนวฟลัดเวย์ในเขตผังเมืองรวมพุนพิน
(**ที่มา:** วนารัตน์ กรอิสรานุกูล และคณะ, 2556)

- การป้องกันน้ำท่วมโดยใช้โครงสร้าง เช่น การสร้างเขื่อน ฝายชะลอน้ำ อ่างเก็บน้ำ และกำแพงป้องกันน้ำ การศึกษาวิเคราะห์สภาพพื้นที่และการตั้งถิ่นฐานของชุมชนพุนพินพบว่าในพื้นที่เทศบาลท่าข้ามฝั่งตะวันตกที่ติดแนวแม่น้ำตาปีมีความเสี่ยงน้ำท่วมจากน้ำล้นตลิ่งสูง และบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เขตเศรษฐกิจและที่อยู่อาศัยหนาแน่น การก่อสร้างกำแพงป้องกันน้ำล้นตลิ่งร่วมกับการวางแผนการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำท่วมชุมชนได้
- การทำประกันภัยน้ำท่วม ก็เป็นอีกกลไกหนึ่งที่จะช่วยให้ชุมชนเมืองจัดการกับความเสี่ยงน้ำท่วมได้ดีขึ้น

แม้ว่าการวางผังเมืองจะเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในรับมือต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเมืองสูงขึ้น ประเด็นที่ต้องสร้างความเข้าใจคือการวางผังเมืองไม่ใช่เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเมืองเชิงกายภาพแต่เพียงมิติเดียว การวางผังเมืองที่นำไปสู่การรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างมีประสิทธิภาพต้องคำนึงถึงความหลากหลายของมิติที่เกี่ยวข้องที่สำคัญคือมิติด้านสิ่งแวดล้อม (environmental dimension) ด้านสังคม (social dimension) และด้านเศรษฐกิจ (economic dimension) ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการเปิดรับและความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์ของมิติต่าง ๆ เหล่านี้ที่ทำให้การวิเคราะห์ความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน การขยายตัวของชุมชนและแนวโน้มการพัฒนา ตลอดจนลักษณะทางประชากรเป็นผลกระทบจากปฏิสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพ สังคมและเศรษฐกิจของเมือง ดังนั้นการวางผังเมืองที่มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยการบูรณาการและกระบวนการทางสังคมโดยเฉพาะการมีส่วนร่วมของประชาชน ในบริบทของเมืองเล็กรัฐบาลของท้องถิ่นหรือองค์การบริหารส่วนท้องถิ่นจะมีบทบาทสำคัญต่อในกระบวนการวางผังเมืองนับตั้งแต่การกำหนดวิสัยทัศน์และวัตถุประสงค์ของผังไปจนถึงการนำผังไปสู่การปฏิบัติ และที่สำคัญคือบทบาทในการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนและภาคส่วนต่าง ๆ ที่ถือว่าเป็นกุญแจสำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จของการวางผังเมืองเพื่อรับมือการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างยั่งยืน

7.5 การปรับตัวในบริบทของชุมชนและครัวเรือน: กรณีศึกษา ชุมชนผู้มีรายได้น้อย จังหวัดเชียงใหม่[28]

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ปริมาณฝนและระดับน้ำทะเล การเกิดพายุและคลื่นพายุซัดฝั่ง (IPCC, 2007) จนกลายเป็นภัยพิบัติในรูปแบบต่าง ๆ ที่ผ่านมาจะพบว่าเหตุการณ์ภัยพิบัติจากธรรมชาติที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งนั้นส่งผลกระทบต่อชุมชนและครัวเรือนอย่างยิ่ง เช่น การเกิดภัยแล้งจนเกิดภาวะขาดแคลนน้ำกินและน้ำใช้ การเกิดพายุจนบ้านเรือนพังเสียหาย การเกิดภาวะหนาวจัดหรือร้อนจัดจนมีผู้คนล้มตาย รวมทั้งภาวะน้ำท่วมซึ่งเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นอย่างกว้างขวางทั่วโลกและมีแนวโน้มที่จะเกิดบ่อยขึ้นและรุนแรงมากขึ้น (Douben, 2006; IPCC, 2007) เมื่อเกิดน้ำท่วมครั้งใดชุมชนและครัวเรือนจะได้รับผลกระทบจากการสูญเสียชีวิตและทรัพย์สิน (Jonkman et al., 2009; Bourque et al., 2006; Sullivent et al., 2006; Pardue et al., 2005) ได้แก่ การขาดแคลนที่อยู่อาศัยเนื่องจากบ้านเรือนหรืออาคารสิ่งก่อสร้างที่ไม่แข็งแรง พังทลายจากการถูกกระแสน้ำที่ไหลเชี่ยวทำลาย คนและสัตว์อาจได้รับอันตรายถึงชีวิตจากการจมน้ำตาย ระบบสาธารณูปโภคและเส้นทางคมนาคมได้รับความเสียหายและส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยทั่วไป นอกจากนี้ยังส่งผลต่อสุขภาพกายและสุขภาพจิตของคน เช่น การเกิดโรคระบาด สุขภาพจิตเสื่อมเนื่องจากความวิตกกังวล ความหวาดกลัวและสูญเสียความปลอดภัย เป็นต้น

ตัวอย่างความเสียหายจากน้ำท่วมอันเนื่องมาจากพายุเฮอริเคนที่รัฐลุยเซียนา ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อ พ.ศ.2549 ทำให้บ้าน 204,000 หลังคาเรือนพังลง (FEMA, 2006) ความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมที่เป็นผลมาจากพายุไต้ฝุ่นเลกีมา (Lekima) ที่ประเทศเวียดนามเมื่อเดือนตุลาคม พ.ศ.2550 ทำให้มีผู้เสียชีวิต 71 คน และผู้ไร้ที่อยู่อาศัยมากกว่า 70,000 คน (Vietnam News, 2007) และที่เกาะสุลาเวสี ประเทศอินโดนีเซีย เกิดฝนตกหนักอย่างต่อเนื่องในเดือนมกราคม พ.ศ.2557 เกิดแผ่นดินถล่มและทำให้ระดับน้ำท่วมสูงกว่า 1 เมตร มีผู้เสียชีวิตอย่างน้อย 16 คนและอพยพย้ายถิ่น 4,000 คน บางคนต้องไปอาศัยอยู่ใต้สะพานลอย และจากสถานการณ์น้ำท่วมอย่างหนักในประเทศไทยช่วงปลายปี พ.ศ.2554 นับเป็นเหตุการณ์น้ำท่วมหนักที่สุดในรอบ 70 ปี มีจังหวัดที่ได้รับผลกระทบจำนวน 65 จังหวัดจาก 76 จังหวัดของประเทศไทย มีประชากรได้รับผลกระทบประมาณ 4,405,315 คน มีผู้เสียชีวิต 680 คน ส่งผลกระทบต่อการคมนาคม ชุมชนขาดการติดต่อจากสังคมภายนอก ขาดแคลนเครื่องอุปโภคบริโภค เกิดโรคต่าง ๆ ที่มากับน้ำ มีอันตรายจากสัตว์เลื้อยคลาน เกิดความหวาดกลัวและวิตกกังวล (อนงค์ ปะนะทัง, 2551)

ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำท่วม นักวิทยาศาสตร์และสมาชิกขององค์การสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ในประเทศอังกฤษ (UK) รวมทั้งหน่วยงานรัฐบาลกลางสหรัฐอเมริกา (USA) ต่างยอมรับว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลให้เกิดภัยพิบัติที่รุนแรงมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งความถี่และความรุนแรงของอุทกภัยหรือน้ำท่วมที่จะเพิ่มขึ้นในทั่วทุกมุมโลก ส่งผลให้เกิดความเสียหายอย่างกว้างขวาง (DEFRA, 2007) และอาจจะเกิดในพื้นที่ที่ไม่เคยเกิดมาก่อน (DTI, 2004) สอดคล้องกับการศึกษาของ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ถึงสภาพภูมิอากาศที่มีโอกาสจะเกิดขึ้นในศตวรรษที่ 21 โดยการใช้แบบจำลอง SRES พบว่ามีความเป็นไปได้ค่อนข้างสูงที่จะมีฝนจะตกบ่อยและหนักมากขึ้น (IPCC, 2007) เช่นเดียวกับการศึกษาของ ศุภกร ชินวรรโณ และคณะ (2552) เรื่องภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค – PRECIS ที่พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งในช่วงปลายศตวรรษอาจเพิ่มสูงขึ้นถึงประมาณ 15 – 25 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในด้านการกระจายตัวของพื้นที่และด้านปริมาณน้ำฝนที่ตกเพิ่มมากขึ้นในแต่ละครั้ง หรืออาจจะเรียกได้ว่าฝนที่ตกแต่ละครั้งจะตกหนักมากขึ้นกว่าที่เป็นมาในอดีต ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลาก และภัยธรรมชาติที่จะเกิดตามมาจากอุทกภัยอีกหลายชนิด (อำนาจ ชิดไธสง, 2553) และโอกาสที่ชุมชนจะเกิดความเสียหายและปัญหาการดำรงชีวิตย่อมมีมากขึ้นไปด้วย

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ชุมชนและที่อยู่อาศัยเสียหายและมีปัญหาการดำรงชีวิตเมื่อเกิดอุทกภัยได้แก่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่และสมบัติทางกายภาพของดินหรือโครงสร้างของดินซึ่งมีความสำคัญต่อการซึมผ่านของน้ำ การอุ้มน้ำและการระบายน้ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2557) และสภาพทางกายภาพของชุมชนและที่อยู่อาศัย ได้แก่ ความแข็งแรงของโครงสร้างและวัสดุรูปแบบที่อยู่อาศัยและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ในชุมชน ประกอบกับความรุนแรงของน้ำท่วมซึ่งขึ้นอยู่กับความลึกของน้ำ

[28] งานศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย การพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ : กรณีศึกษาน้ำท่วม โดย รศ.ณัชวิชช์ ติกุล (2557)

(Depth) ระยะเวลาของการท่วม (Duration) ความเร็วในการไหลของน้ำ (velocity) ความถี่ของการเกิดน้ำท่วม (frequency) (กรมชลประทาน, 2557; Kreibich et al., 2009; Pistrika and Jonkman, 2010) ทำให้สามารถแบ่งลักษณะน้ำท่วมเป็น 3 รูปแบบได้แก่ น้ำป่าไหลหลาก น้ำท่วมขังและน้ำล้นตลิ่ง (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557) แต่ในบางกรณีอาจรวมอุทกภัยที่เกิดจากคลื่นพายุซัดฝั่งและคลื่นสึนามิเข้าไปด้วย (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2557) การเกิดน้ำป่าไหลหลากหรือน้ำท่วมฉับพลัน (flash flood) มักจะเกิดขึ้นกับชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้ภูเขาต้นน้ำ เมื่อฝนตกหนักเหนือภูเขาต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้จำนวนน้ำสะสมมีปริมาณมากจนพื้นดิน และต้นไม้ดูดซับไม่ไหวไหลบ่าลงสู่ที่ราบต่ำเบื้องล่างอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะมีความเร็ว (ความแรง) ของน้ำสูง แต่จะมีระยะเวลาท่วมไม่นาน น้ำท่วมลักษณะนี้จะส่งผลให้สิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ของชุมชนและทำให้บ้านเรือนพังทลายเสียหาย และอาจทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตได้ สำหรับน้ำท่วมขัง (drainage flood) เป็นสภาพน้ำท่วมภายในพื้นที่หนึ่งเป็นระยะเวลานาน แต่จะมีความเร็วของน้ำน้อย มักเกิดขึ้นในเขตเมืองใหญ่ที่มีระบบการระบายน้ำไม่ดี หรือมีสิ่งก่อสร้างกีดขวางทางระบายน้ำ สาเหตุมาจากน้ำภายนอกพื้นที่และฝนที่ตกหนักภายในพื้นที่ หากเป็นลักษณะน้ำท่วมแบบน้ำล้นตลิ่ง (river flood) นั้น จะเกิดขึ้นจากปริมาณน้ำจากลำน้ำ หรือแม่น้ำมีปริมาณมากจนระบายไม่ทัน ทำให้เกิดสภาวะน้ำล้นตลิ่งเข้าท่วมชุมชน โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนที่อยู่ริมฝั่งแม่น้ำหรือคลองระบายน้ำ

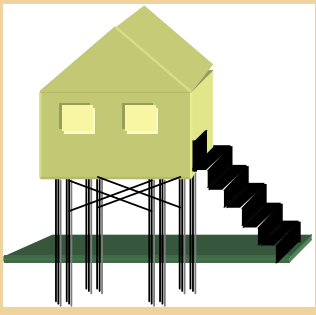
แนวคิดในการออกแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยสำหรับน้ำท่วม อาจดำเนินการได้หลายแนวทาง ทั้งนี้อยู่บนพื้นฐานของการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสมต่อบริบทของพื้นที่และสภาพเศรษฐกิจสังคมของชุมชนนั้น ๆ

<u>กลุ่มที่ 1</u> การสร้างเหนือน้ำ แนวความคิดนี้จะหลีกเลี่ยงการเกิดน้ำท่วมในพื้นที่ ไม่ยอมให้น้ำเข้ามาในพื้นที่อยู่อาศัย ซึ่งอาจใช้วิธีการกั้น การยก หรือการสร้างสิ่งก่อสร้างที่สามารถลอยน้ำได้ เป็นต้น แนวทางนี้จะทำให้สามารถอยู่อาศัยได้ และไม่เกิดความเสียหายกับอาคารและสิ่งก่อสร้าง ได้แก่

- เลือกที่ตั้งชุมชนหรือที่อยู่อาศัยที่น้ำไม่ท่วม หลีกเลี่ยงการก่อสร้างชุมชนหรือที่อยู่อาศัยในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม ได้แก่ พื้นที่ที่อยู่ในเส้นทางการระบายน้ำและเส้นทางน้ำไหล และพื้นที่ที่รัฐไม่ได้กำหนดให้เป็นพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่แนวคันกั้นน้ำที่สัมพันธ์กับตำแหน่งคลองธรรมชาติ พื้นที่ต่ำเป็นแอ่งกระทะซึ่งจะเป็นพื้นที่รับน้ำจากพื้นที่โดยรอบ พื้นที่ที่ไม่มีมาตรการป้องกันน้ำท่วม พื้นที่ที่มีชั้นดินอ่อน ดังนั้นจึงควรเลือกสร้างบ้านหรือชุมชนบนพื้นที่สูง เช่น ที่ดอน หรือเนินเขาที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ ที่สูงกว่าระดับน้ำท่วมถึง
- ปรับพื้นที่ตั้งให้สูงขึ้นโดยการถมที่เพื่อสร้างชุมชนหรือเป็นการถมเฉพาะที่เพื่อสร้างบ้าน ในกรณีนี้จะเป็นการถมพื้นที่สูงขึ้นจากระดับเดิม ดังรูปที่ 7.24 แต่วิธีการนี้อาจส่งผลต่อผู้ที่อยู่อาศัยในพื้นที่โดยรอบหรือเพื่อนบ้านได้ เช่น อาจก่อให้เกิดน้ำขังบริเวณโดยรอบเนื่องจากชุมชนหรือที่อยู่อาศัยของเราไปกีดขวางทางน้ำไหล หรือน้ำจากพื้นที่เราไหลลงไปสู่พื้นที่โดยรอบ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาเรื่องการพังทลายของดินขณะน้ำท่วม ดังนั้นจึงควรปรึกษาวิศวกรเกี่ยวกับความสูงและความลาดชันของดินที่ถมด้วย



รูปที่ 7.24 ถมดินเพื่อสร้างบ้าน
(**ที่มา:** FEMA, 2014)



รูปที่ 7.25
การยกเสาสูง

ที่มา:
(FEMA, 2014)

- ปรับลักษณะทางกายภาพของสิ่งก่อสร้างในชุมชนและที่อยู่อาศัยให้สูงพ้นน้ำ เช่น การยกอาคารขึ้น ดังรูปที่ 7.25 หรือเป็นอาคารที่ออกแบบให้มีใต้ถุนโปร่งโล่งเป็นพื้นที่อเนกประสงค์ตามแนวคิดเรือนไทยโบราณให้อยู่เหนือระดับน้ำที่คาดว่าจะท่วม การออกแบบทางเดินภายในชุมชนในสูงขึ้นโดยเชื่อมต่อชั้น 2 ของบ้าน

- การสร้างชุมชนหรือบ้านลอยน้ำ มี 2 ลักษณะได้แก่ 1) Boat floating เป็นบ้านหรือชุมชนที่สามารถลอยไปในน้ำได้อย่างอิสระทั้งแนวดิ่งและแนวราบ และสามารถยึดตัวบ้านไว้ในที่ใดที่หนึ่งได้ เช่น แพ บ้านบนเรือ หรือชุมชนบนเรือ (รูปที่ 7.26) และ 2) Lift floating ซึ่งเป็นบ้านหรือชุมชนที่สามารถเคลื่อนที่ได้เฉพาะในแนวดิ่งเท่านั้น โดยมีเสาที่สามารถปรับระดับขึ้นลงได้ ซึ่งในฤดูแล้งตัวบ้านจะตั้งอยู่บนพื้นดินตามปกติ แต่เมื่อมีน้ำท่วมก็จะลอยขึ้นตามระดับน้ำได้ โดยจะมีการยึดตัวบ้านไว้กับเสาหลักทั้งที่มุมเพื่อป้องกันการโคลงตัวหรือลอยไปตามกระแสน้ำ และเมื่อระดับน้ำลดลงตัวบ้านก็จะกลับมาตั้งอยู่บนพื้นดินตามเดิม ตัวอย่าง แบบบ้านลอยน้ำของกรมโยธาธิการและผังเมือง (รูปที่ 7.27)



รูปที่ 7.26 ชุมชนลอยน้ำ Floating 'condo community'
(**ที่มา:** River Cities Inc, 2013)



รูปที่ 7.27 บ้านลอยน้ำ แบบ “Lift floating”
(**ที่มา:** วสท. 2557)

- การกั้นน้ำโดยการปิด (seal) หรือคลุมช่องเปิดหรือรอยต่าง ๆ ทั้งอาคารที่คาดว่าน้ำจะสามารถเข้าได้ โดยใช้วัสดุกันน้ำ โดยมีส่วนสำคัญที่ต้องให้ความสำคัญได้แก่ ผนังด้านนอกอาคาร ส่วนเปิดหรือช่องเปิดต่าง ๆ ของบ้าน เช่น ประตู หน้าต่าง และพื้นชั้นล่างและช่องเปิดต่าง ๆ ทั้งหมดที่ควรทำจากวัสดุที่ทนทานต่อน้ำ เช่น คอนกรีตบล็อกเลือกใช้สีและกาวกั้นน้ำ เป็นต้น

- การกั้นน้ำโดยการสร้างระบบคูและคันโดยรอบจะเป็นการป้องกันน้ำจากที่อื่น ๆ ไม่ให้ท่วมในพื้นที่ ในขณะเดียวกันน้ำของเราก็จะต้องมีพื้นที่เก็บกักชะลอไว้ไม่ให้ออกไปภายนอกไปท่วมที่อื่นด้วย มักใช้กับการออกแบบชุมชน เช่น สร้างคูน้ำโดยรอบหรือมีบึงน้ำขนาดใหญ่ในโครงการที่ยังสามารถเป็นส่วนหนึ่งของภูมิทัศน์เพื่อความสวยงามและการนันทนาการ นอกจากนี้ยังอาจเตรียมพื้นที่บางส่วนให้เป็น “แก้มลิง” ของชุมชน โดยยอมให้พื้นที่นั้นมีน้ำท่วมขังได้ชั่วคราว หรือโดยการสร้างกำแพงขึ้นมาเพื่อไม่ให้น้ำเข้าในบริเวณบ้าน ดังรูปที่ 7.28 สามารถสร้างขึ้นได้จากวัสดุที่หลากหลาย เช่น ทำจากคันดินบดอัด ทำจากถุงทราย การก่ออิฐฉาบปูน การใช้แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ต่าง ๆ อาจติดตั้งปั๊มสูบน้ำ สำหรับสูบน้ำออกจากท่อภายในตัวบ้าน หรือสำหรับกรณีที่เกิดการรั่วซึมเข้ามา และต้องคำนึงถึงน้ำที่จะเข้ามาจากใต้พื้นดินภายในบ้านทั้งจากห้องน้ำและพื้นที่ซักล้าง

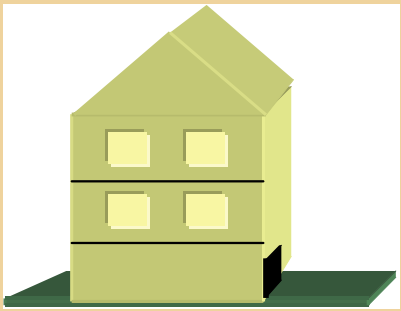


รูปที่ 7.28
กำแพงกั้นน้ำจากแผ่นสมาร์ทบอร์ดขึ้นโครงด้วยเหล็กพับ

ที่มา
(วสท., 2557)

กลุ่มที่ 2 การยอมรับน้ำคือการยอมรับสภาพน้ำท่วม ไม่ต้านทานหรือไม่พยายามปิดกั้นน้ำไม่ให้ท่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนหรือที่อยู่อาศัยที่เก่าแก่ไม่สามารถย้ายหรือเปลี่ยนที่ตั้งได้ ในบางครั้งอาจเรียกว่าแนวความคิด “การอยู่ร่วมกับน้ำ (live with the flood) แนวความคิดนี้ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นและเป็นแนวความคิดแห่งการปรับตัวของมนุษยชาติที่ต้องประสบกับภัยพิบัติทางธรรมชาติอย่างแท้จริง (Blaikie et al., 1994; Mileti, 1999) มีวิธีการต่าง ๆ ได้แก่

- การสร้างบ้านและชุมชนที่ทนทานต่อน้ำท่วม แนวความคิดนี้จะช่วยลดความเสียหายและลดค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมที่อยู่อาศัยและชุมชนหลังน้ำท่วม โดยการปล่อยให้น้ำผ่านเข้าบ้าน (รูปที่ 7.29) แต่เมื่อน้ำลดแล้ว บ้านจะไม่เสียหายหรือเสียหายน้อยที่สุดและทำความสะอาดง่าย ซึ่งจะมีหลักการสำคัญอยู่ 3 ประการได้แก่ 1) เปลี่ยนวัสดุประกอบอาคาร (โครงสร้าง สถาปัตยกรรมและวัสดุตกแต่งอาคาร) ในส่วนที่คาดว่าจะถูกน้ำท่วมด้วยวัสดุทนน้ำ เช่น คอนกรีต กระเบื้อง กระจก สแตนเลส พลาสติก หรือป้องกันการเสียหาย เช่น การทาสารเคลือบกันน้ำในชิ้นส่วนที่เป็นไม้ 2) ย้ายระบบไฟฟ้า ปลั๊ก สวิทช์ เครื่องใช้ไฟฟ้าราคาแพงที่ต้องติดตั้งถาวรไว้ที่ชั้นสองหรือที่สูงกว่าระดับน้ำท่วมที่คาดว่าจะเกิดขึ้น 3) ออกแบบอาคารให้น้ำผ่านออกไปได้สะดวก ไม่ขัง 4) เตรียมระบบสุขาภิบาลเพื่อป้องกันของเสียไหลย้อนเข้ามาภายในบ้าน หรือการออกแบบผังชุมชนโดยการปรับระดับพื้นที่ชุมชนให้มีที่สูงที่ต่ำ และจัดวางอาคารเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งจะเป็นการวางแผนเพื่อลดระดับความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นเมื่อน้ำท่วม รวมถึงการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมในชุมชนที่เลือกใช้วัสดุที่ยอมให้น้ำซึมลงดินให้ได้มากที่สุด เลือกใช้ต้นไม้ที่ช่วยดูดซับน้ำฝนและเป็นพรรณไม้พื้นถิ่นที่ทนน้ำท่วม (Douglas et al, 2008) เพื่อช่วยจัดการกับปริมาณน้ำผิวดินในชุมชนขนาดเล็ก และปรับขอบถนนให้เป็นแบบไม่มีขอบคัน (curbless street) ช่วยให้น้ำไหลผ่านลงเส้นทางระบายน้ำได้เร็วและราคาถูกกว่าการทำคันถนน



รูปที่ 7.29 การปล่อยน้ำผ่าน
(**ที่มา:** FEMA, 2014)

- การสร้างบ้านและชุมชนที่สามารถซ่อมได้ง่าย เป็นแนวความคิดที่ปล่อยให้น้ำเข้าบ้านเช่นเดียวกับการสร้างบ้านและชุมชนที่ทนทานต่อน้ำท่วม แต่ในกรณีนี้ผู้อยู่อาศัยนองจากจะยอมรับน้ำท่วมแล้วยังยอมรับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นโดยการเตรียมการรับมือกับความเสียหายโดยการเลือกใช้วัสดุที่ถึงแม้จะไม่ทนน้ำแต่ก็สามารถซ่อมแซมหรือเปลี่ยนใหม่ได้ง่าย (flood repairable) หรือสามารถทำได้ด้วยตนเองเมื่อน้ำท่วม แต่ทั้งนี้เมื่อยอมรับน้ำและป้องกันความเสียหายหรือสามารถป้องกันหรือฟื้นฟูสภาพหลังน้ำท่วมได้ง่ายแล้ว ขณะน้ำท่วมผู้อยู่อาศัยจำเป็นต้องสามารถอยู่อาศัยในอาคารหรือชุมชนได้ด้วย ดังนั้น แนวความคิดกลุ่มนี้จึงควรทำควบคู่ไปกับการเตรียมพื้นที่อยู่อาศัยขณะน้ำท่วม เช่น การย้ายขึ้นไปอยู่ชั้น 2 หรือในกรณีบ้านชั้นเดียวควรต่อเติมพื้นชั้นลอยไว้บางส่วน เป็นต้น

7.5.1 ความเสี่ยงของชุมชนผู้มีรายได้น้อยกับปัญหาน้ำท่วมและแนวโน้มความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ชุมชนผู้มีรายได้น้อยหรือชุมชนแออัดนั้นมักเกิดขึ้นและกระจายอยู่ตามเมืองต่าง ๆ ทั่วโลกควบคู่ไปกับการพัฒนาเมืองและประเทศ (โสมสกาว เพชรานนท์, 2547) เนื่องจากมีการพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันระหว่างผู้มีรายได้น้อยและเมือง (ดารณี ถวิลพิพัฒน์กุล, 2549; Huchzermeyer, 2011) โดยที่เมืองเป็นแหล่งงานสำหรับผู้มีรายได้น้อยและผู้ที่มีรายได้น้อยที่อาศัยในชุมชนแออัดเหล่านี้เป็นส่วนสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของเมือง เช่น เป็นแรงงานในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ เป็นผู้ช่วยดูแลและรักษาสิ่งแวดล้อมเมืองโดยการเก็บขยะและของเก่าซึ่งเป็นการช่วยกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากเมืองได้เป็นอย่างดี เป็นต้น ปัจจุบันประเทศไทยมีชุมชนแออัดกระจายตัวอยู่ทั่วไปในเขตพื้นที่สำคัญทางเศรษฐกิจทั่วประเทศประมาณ 5,500 ชุมชน มีผู้มีรายได้

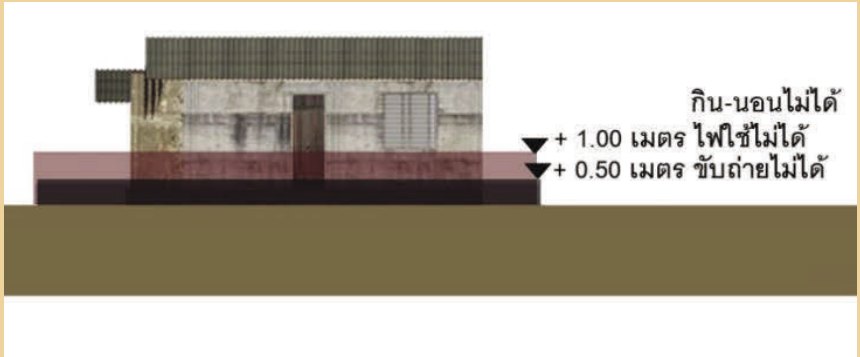
น้อยอยู่อาศัยประมาณ 6.75 ล้านคน (โสภณพรโชคชัย, 2557) เช่น พื้นที่ในจังหวัดกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ชลบุรี นครราชสีมา นครศรีธรรมราช และเชียงใหม่ (การเคหะแห่งชาติ, 2540)

ชุมชนแออัดจะมีลักษณะเฉพาะแตกต่างไปในแต่ละภูมิภาคแต่สิ่งที่มักจะเหมือนกันคือ ชุมชนแออัดมักจะถูกซ่อนตัวในพื้นที่ที่เข้าถึงลำบาก จึงส่งผลทำให้สาธารณูปโภคต่าง ๆ ไม่เป็นไปตามมาตรฐาน (United Nations Habitat, 2003) เช่น การไม่มีไฟส่องสว่างในชุมชน ไม่มีระบบดับเพลิง ไม่มีทางสัญจรที่รถยนต์หรือรถดับเพลิงสามารถเข้าถึงได้ ตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มีกรรมสิทธิ์ครอบครองและไม่เหมาะสมกับการอยู่อาศัย เสี่ยงต่อการเกิดภัยพิบัติต่างๆ ปัญหาสุขภาพอนามัย ปัญหาการดำรงชีวิตและความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน เช่น พื้นที่ริมคลองระบายน้ำ พื้นที่รกร้าง พื้นที่ใต้สะพาน ลักษณะการครอบครองจะมีทั้งการบุกรุกที่สาธารณะ การเช่าที่ดินกับเอกชน การเช่าที่ดินราชพัชดุ หรือที่ดินของกรมธนารักษ์ เป็นต้น (อคิน รพีพัฒน์และคณะ, 2542; Huchzermeyer, 2011) สภาพที่อยู่อาศัยในชุมชนแออัดส่วนใหญ่จะทรุดโทรม ไม่คงทนถาวร สภาพแวดล้อมในชุมชนไม่ถูกสุขลักษณะ ระบบสุขาภิบาลไม่ดี ผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชนแออัดจึงมักมีปัญหาในการอยู่อาศัยหลายประการ ได้แก่ ปัญหาด้านความแออัดและทรุดโทรมของที่อยู่อาศัย ปัญหาด้านสภาพที่อยู่อาศัยไม่มีความมั่นคงแข็งแรง ปัญหาความมั่นคงในการอยู่อาศัย ปัญหาเรื่องสิทธิในการครอบครองที่ดิน เป็นต้น

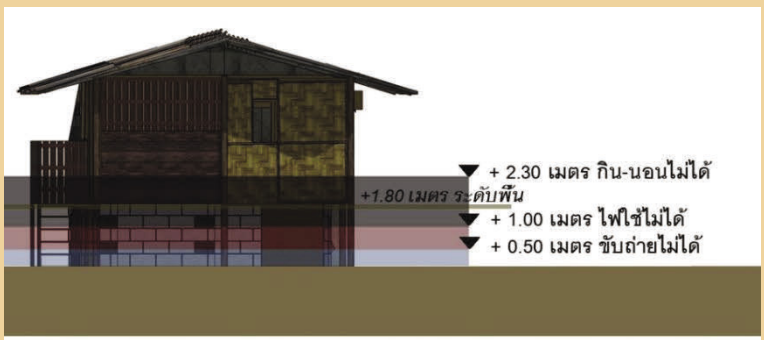
ด้วยปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าวจึงทำให้ชุมชนแออัดได้รับผลกระทบจากภูมิอากาศที่รุนแรงในด้านต่าง ๆ มากกว่าชุมชนและที่อยู่อาศัยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกิดพายุหรือฝนตกหนักจะทำให้ชุมชนแออัดเกิดปัญหาน้ำท่วมบ่อยครั้งและเป็นปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นกับชุมชนแออัดส่วนใหญ่ทั่วโลก (Jabeen et al., 2010; Huchzermeyer, 2011) ผลที่ตามมาคือการเกิดโรคภัยไข้เจ็บ การขาดแคลนอาหาร การขาดแคลนสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ บ้านชำรุดเสียหายหรือพังลง การไร้ที่อยู่อาศัย ในบางครั้งจำเป็นต้องอพยพคนในชุมชนออกนอกพื้นที่ เนื่องจากสภาพของชุมชนและที่อยู่อาศัยไม่สามารถรองรับต่อพายุหรือภาวะน้ำท่วมนั้นได้ (United Nations Habitat, 2009) อีกทั้งมีทุนจำกัดในการซ่อมแซม และฟื้นคืนสภาพความเป็นอยู่หลังน้ำท่วม แต่ทั้งนี้ระดับความเสียหายและปัญหาการดำรงชีวิตของแต่ละชุมชนย่อมมีความแตกต่างกันตามสภาพทางกายภาพของชุมชนและที่อยู่อาศัยและระดับความรุนแรงของน้ำท่วมเช่นกัน

ชุมชนแออัดที่ตั้งอยู่บริเวณเชิงเขาหรือคร่อมเส้นทางระบายน้ำ เช่น ชุมชนสามัคคีพัฒนาในอำเภอเมืองเชียงใหม่นั้นตั้งอยู่คร่อมคลองกระแจะซึ่งเป็นเส้นทางการระบายน้ำที่ไหลจากดอยปุย มักจะถูกน้ำท่วมในลักษณะน้ำหลากที่มีลักษณะน้ำไหลแรง ท่วมสูงแต่ท่วมไม่นานน้ำก็ลดลง ที่อยู่อาศัยในชุมชนสามัคคีพัฒนามักเกิดความเสียหายในส่วนของโครงสร้างอาคาร (เสา คาน) จนอาคารพังเสียหายมากกว่าเกิดการผุกร่อนในส่วนงานสถาปัตยกรรม (ส่วนพื้น ผนัง ประตู หน้าต่าง เป็นต้น) สำหรับกรณีชุมชนบ้านสันกู่ ตั้งอยู่ที่บ่อสร้าง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นแหล่งทำร่มที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย พื้นที่ชุมชนเป็นแอ่งกระทะทำให้ทุกปีจะเกิดน้ำท่วมขัง ท่วมนานและสูง แต่น้ำจะมาไม่แรง จะเกิดปัญหาการผุกร่อน การเกิดสนิมทั้งส่วนสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง เมื่อทิ้งไว้นานอาจทำให้บ้านพังจากโครงสร้างที่ผุกร่อนได้ แต่สำหรับที่อยู่อาศัยชุมชนแออัดที่มีน้ำท่วมที่เกิดจากน้ำล้นตลิ่ง เช่น ชุมชนกำแพงงาม ที่ตั้งอยู่ริมคลองแม่ข่า ซึ่งเป็นคลองสาขาของแม่น้ำปิง จังหวัดเชียงใหม่ มักถูกน้ำท่วมบ่อยแต่น้ำไม่แรง ลักษณะค่อยๆ ท่วมสูงขึ้น ระดับน้ำท่วมไม่สูงและท่วมไม่นาน จะพบว่าไม่ค่อยเกิดความเสียหายต่อที่อยู่อาศัยแม้ว่าอาคารจะมีลักษณะโครงสร้างไม่แข็งแรงและใช้เศษวัสดุในการก่อสร้างอาคารก็ตาม

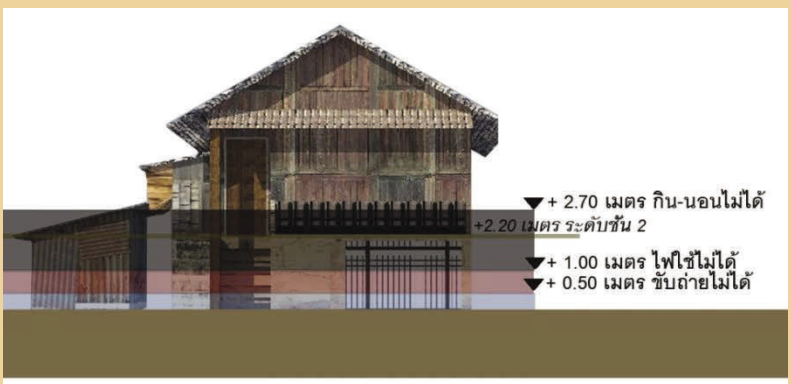
สำหรับความสามารถในการอยู่อาศัยขณะน้ำท่วมนั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของอาคารกับระดับความสูงของน้ำเป็นสำคัญ (ณัชวิชญ์, 2557) ความสามารถในการอยู่อาศัยจะเพิ่มขึ้นจากรูปแบบที่อยู่อาศัยแบบบ้านชั้นเดียว บ้านชั้นเดียวใต้ถุนสูง จนกระทั่งเป็นบ้านสองชั้น ดังรูปที่ 7.30-7.32 แต่ปัญหาการใช้ห้องส้วมกลับเกิดขึ้นในทุกรูปแบบที่อยู่อาศัย โดยเริ่มมีปัญหาการใช้งานไม่ได้ตั้งแต่ระดับน้ำท่วมสูงประมาณ 0.50 เมตรและไม่สามารถใช้ไฟฟ้าได้ในระดับน้ำท่วม 1.00 เมตรขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ในชุมชนแออัดถึงแม้จะเป็นบ้านใต้ถุนสูงหรือบ้านสองชั้นก็ตามแต่มักจะสร้างห้องส้วมไว้ชั้นล่างของบ้านหรือนอกบ้านและมีสวิทช์ไฟส่องสว่างในห้องน้ำนั้น



รูปที่ 7.30 รูปแบบบ้านชั้นเดียวกับความสามารถในการดำรงชีวิต
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)



รูปที่ 7.31 รูปแบบบ้านใต้ถุนสูงกับความสามารถในการดำรงชีวิต
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)



รูปที่ 7.32 รูปแบบบ้านสองชั้นกับความสามารถในการดำรงชีวิต
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

ถึงแม้จะมีรายได้น้อยแต่ผู้ที่อยู่อาศัยในชุมชนก็ยังคงพยายามที่จะปกป้องที่อยู่อาศัยของตนเองตามศักยภาพที่มีอยู่ โดยเรียนรู้จากปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยตนเอง เช่น การสร้างและปรับปรุงที่อยู่อาศัยในชุมชนสามัคคีพัฒนาส่วนใหญ่จะยกพื้นชั้นที่ 1 ขึ้นประมาณ 0.80 เมตร เพื่อให้พ้นจากระดับน้ำท่วมที่เคยเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี และทำโครงสร้างที่อยู่อาศัยให้แข็งแรงมากกว่าการเน้นวัสดุทางสถาปัตยกรรมที่แข็งแรง ดังรูปที่ 7.33 หรือที่อยู่อาศัยในชุมชนบ้านสันกู่ส่วนใหญ่จะยกพื้นโดยการถมพื้นและเปลี่ยนวัสดุผนังเป็นอิฐบล็อกที่สามารถหาซื้อได้ทั่วไปและเลือกชนิดที่ราคาถูก เพียงเพื่อให้สามารถรองรับน้ำท่วมได้ในระดับน้ำท่วมปีปกติหรือสูงกว่าปีปกติเล็กน้อย ดังรูปที่ 7.34 แต่หากจะทำการปรับปรุงมากกว่านั้นจะปรับปรุงเมื่อบ้านใกล้พังหรือเมื่อมีเงิน ดังนั้นหากเกิดน้ำท่วมสูงกว่าปกติก็จะไม่สามารถรองรับได้ ก็จะอพยพไปอยู่สถานที่สาธารณะโดยรอบ เช่น ตลาด โรงเรียน ชั่วคราวก่อน หรือหากใช้ห้องส้วมไม่ได้ก็จะแก้ปัญหาโดยการขอใช้ห้องส้วมของเพื่อนบ้านที่ขณะนั้นยังสามารถใช้ได้อยู่ ถ่ายใส่ถุง ออกไปใช้ข้างนอกชุมชนที่ใกล้เคียง เช่น ตลาด บ้านคนรู้จัก โรงเรียน กรณีที่ใช้ไฟฟ้าไม่ได้ ก็จะไม่ใช้ แต่ยังสามารถปรุงอาหารได้ แต่กรณีขาดแคลนน้ำดื่มและอาหาร ไม่ค่อยเกิดขึ้นเนื่องจากระยะเวลาท่วมไม่นาน และสามารถเดินออกไปซื้อได้ และได้รับความช่วยเหลือทั่วถึง เนื่องจากข้อได้เปรียบด้านที่ตั้งชุมชนที่อยู่ในเขตเมือง



รูปที่ 7.33 ตัวอย่างบ้านในชุมชนสามัคคีพัฒนา ที่ยกใต้ถุนสูง โครงสร้างแข็งแรง (**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)



รูปที่ 7.34 ตัวอย่างบ้านในชุมชนบ้านสันกู่ ที่ถมพื้นสูงขึ้น (**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

จึงเห็นได้ว่าการปรับปรุงที่อยู่อาศัยจะใช้แนวทางการปรับปรุงเพื่อการแก้ปัญหาที่เคยเกิดขึ้นแต่ไม่เน้นวิธีการเตรียมการหรือป้องกันปัญหา ทำให้สามารถรองรับได้สำหรับน้ำท่วมที่เคยเกิดเป็นประจำทุกปีในแต่ละพื้นที่เท่านั้น แต่สำหรับปีที่น้ำท่วมสูงผิดปกติก็จะเกิดปัญหาอีก แต่ด้วยนาน ๆ จะเกิดซักครั้ง ชาวบ้านจึงไม่คิดจะปรับปรุงด้วยเหตุผลทางด้านการเงินและไม่อยากลงทุน เพราะถ้านาน ๆ เกิดขึ้นครั้งก็สามารถอยู่ได้ และคิดว่าถ้าอะไรเสียหายค่อยเปลี่ยนหรือซ่อม ทำให้เห็นได้ว่าที่ผ่านมาหลายครัวเรือนในชุมชนแออัดได้พยายามที่จะปกป้องที่อยู่อาศัยและการดำรงชีวิตของตนเองตามกำลังทรัพย์ ภูมิปัญญาและความรู้ที่มีอยู่ ซึ่งอาจไม่ใช่การแก้ปัญหาที่สามารถรองรับความเสี่ยงต่อการเกิดภาวะน้ำท่วมในอนาคตได้ แม้หลายภาคส่วนจะมีการศึกษาลักษณะที่อยู่อาศัยสำหรับอนาคตที่ช่วยให้ผู้อาศัยสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้เมื่อเกิดน้ำท่วมข้างต้น แต่แนวทางเหล่านั้นไม่ได้ถูกออกแบบมาให้สอดคล้องกับสภาพทางกายภาพ เศรษฐกิจและสังคมของผู้มีรายได้น้อยในชุมชนแออัด

จากเหตุการณ์น้ำท่วมในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ.2554 ส่งผลให้เกิดความกังวลกับปัญหาน้ำท่วมที่อาจจะรุนแรงมากขึ้นในอนาคต ทำให้แนวคิดการเลือกหรือสร้างที่อยู่อาศัยเปลี่ยนไป ได้แก่ การเลือกทำเลที่ตั้งชุมชนหรือที่อยู่อาศัยที่น้ำไม่ท่วม ความต้องการรูปแบบที่อยู่อาศัยแนวสูง เช่น ที่อยู่อาศัยประเภทคอนโดมิเนียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผู้อยู่อาศัยให้ความสำคัญกับการออกแบบที่คำนึงถึงระบบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในอาคารที่สามารถรองรับน้ำท่วมได้ เช่น ระบบไฟฟ้า สุขาภิบาล ระบบปรับอากาศ รวมถึงการเลือกใช้วัสดุในการก่อสร้างที่ทนทานน้ำมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ยังพยายามหาวิธีการและเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการป้องกันน้ำท่วม และจะพิจารณามาตรการในการป้องกันน้ำท่วมของโครงการและหน่วยงานในพื้นที่ร่วมกับการตัดสินใจเลือกซื้อหรือสร้างที่อยู่อาศัย ทำให้เจ้าของโครงการหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการจัดการชุมชนจำเป็นต้องเตรียมการเพื่อป้องกันปัญหาน้ำท่วมในอนาคตด้วย (ธอส., 2555)

เมื่อพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้ข้อมูลคาดการณ์ภูมิอากาศ[29] และพิจารณาในห้วงอนาคต (พ.ศ.2593-2612) พบว่า ปริมาณฝนรวมเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย แต่ปริมาณฝนตกหนักที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปีและ 50 ปี นั้น มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นมากในเกือบทุกกรณี และเมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เชิงอุทกวิทยา ก็ได้ผลที่แสดงให้เห็นถึงสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษานั้นมีแนวโน้มที่จะรุนแรงมากขึ้น

ตารางที่ 7.6 ตารางแสดงปริมาณฝนตกหนัก (ฝนตกสะสม 3 วัน) ที่มีรอบการเกิดซ้ำ 2 ปี 5 ปี 10 ปี 20 ปี และ 50 ปี ของอำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Return Period ฝนสะสม 3 วัน	2	5	10	20	50
ECHAM5 A1B : 1990 – 2009 (มม.)	86	143	210	309	514
ECHAM5 A1B : 2050 – 2069 (มม.)	82	176	314	560	1,204
% การเปลี่ยนแปลง	-4	+23	+50	+81	+134

ที่มา: ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)

การที่ชุมชนผู้มีรายได้น้อย หรือชุมชนแออัดในกรณีศึกษาที่จังหวัดเชียงใหม่นี้ ต้องตกอยู่ภายใต้ความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมบ่อยครั้งภายใต้สภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบัน และความเสี่ยงที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนี้ เป็นเรื่องที่ชุมชนจะต้องตระหนักและแสวงหาแนวทางปรับตัวที่เหมาะสม เพื่อให้ชุมชนมีความมั่นคงโดยสามารถรับมือกับภาวะน้ำท่วมได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นมากกว่าเดิม

7.5.2 แนวทางการปรับตัวของชุมชนผู้มีรายได้น้อยต่อการเปลี่ยนแปลงภาวะน้ำท่วมในอนาคต: กรณีศึกษาชุมชนผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่

ความเข้าใจถึงลักษณะน้ำที่ท่วม สภาพพื้นที่ตั้งชุมชนและที่อยู่อาศัยมีความจำเป็นต่อการออกแบบที่ประหยัดและสามารถรองรับน้ำท่วมได้ดีภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ทั้งด้านเศรษฐกิจ กายภาพและสังคมของผู้มีรายได้น้อย นำมาซึ่งแนวคิดในการเพิ่มขีดความสามารถของชุมชนและครัวเรือนในการรับมือกับสถานการณ์เสี่ยงน้ำท่วม โดยการสร้างความมั่นคงเข้มแข็งทางด้านกายภาพให้กับชุมชนและครัวเรือนภายใต้แนวความคิดหลักคือการยอมรับและอยู่ร่วมกับน้ำ โดยใช้การออกแบบการก่อสร้างบ้านและชุมชนที่ทนทานต่อน้ำท่วม ภายหลังจากน้ำลดแล้วจะไม่มีความเสียหาย หรือ ซ่อมได้ง่าย รวมทั้งการเตรียมพื้นที่อยู่อาศัยในช่วงที่น้ำท่วมโดยเฉพาะรูปแบบบ้านชั้นเดียวซึ่งพบมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ในชุมชนผู้มีรายได้น้อยทั่วไป (ณัชวิชญ์, 2557) โดยการผสมผสานแนวความคิดการออกแบบที่อยู่อาศัยและชุมชนทั่วไปที่กล่าวไว้ข้างต้นเข้ากับภาวะน้ำท่วมในพื้นที่และสภาพเศรษฐกิจของครัวเรือนและชุมชนผู้มีรายได้น้อยทำให้ได้แนวความคิดใหม่ในการออกแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยผู้มีรายได้น้อย 3 ส่วนที่เชื่อมโยงกันดังนี้

1) Eco-robust design เป็นการออกแบบบ้านและชุมชนที่ทนทานต่อลักษณะน้ำท่วมเท่าที่จำเป็นตามแนวทางของผู้มีรายได้น้อย ประเด็นสำคัญของแนวความคิดนี้นอกจากการปล่อยให้น้ำผ่านและป้องกันความเสียหายจากน้ำท่วมแล้วยังเน้นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้วย โดยการออกแบบเพื่อป้องกันการเกิดความเสียหายที่คำนึงลักษณะเฉพาะของชุมชนและครัวเรือนนั้นๆ สอดคล้องกับลักษณะน้ำท่วม และราคาไม่แพง ดังนั้นรูปแบบที่อยู่อาศัยจึงไม่จำเป็นต้องเป็นบ้านก่ออิฐฉาบปูนโครงสร้าง คสล. 2 ชั้นเสมอไปจึงจะสามารถอยู่ร่วมกับน้ำและทนทานน้ำท่วมได้ เช่น การออกแบบที่อยู่อาศัยในชุมชนสามัคคีพัฒนาที่มีน้ำท่วมลักษณะน้ำหลาก เจ้าของบ้านไม่จำเป็นต้องก่อสร้างที่อยู่อาศัยให้เกิดความทนทานในทุกส่วน แต่ควรเน้นความแข็งแรงอาคารเพื่อต้านแรงน้ำ เช่น เลือกใช้เสาและคาน ที่ทำจากคอนกรีตเสริมเหล็ก (คสล.) หรือไม้เนื้อแข็งและมีส่วนฐานรากรองรับ โดยที่วัสดุประกอบทางสถาปัตยกรรมเช่น พื้น ผนัง ประตูหรือหน้าต่าง อาจเป็นวัสดุที่ไม่ทนทานหรือเป็นเศษวัสดุเหลือใช้ก็ได้แต่ควรยึดติดให้แน่นหนา

[29] ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM5 ตามภาพฉายอนาคตการเพิ่มขึ้นของระดับ CO_2 แบบ A1B และคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค PRECIS ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)

แข็งแรง และควรเป็นรูปแบบบ้านชั้นเดียวใต้ถุนสูงเพื่อปล่อยให้น้ำผ่านเร็ว หรือชุมชนที่น้ำท่วมขังดังเช่นชุมชนบ้านสันกู่ไม่จำเป็นต้องเน้นความแข็งแรงของอาคารแต่ต้องคำนึงความทนทานต่อน้ำของวัสดุก่อสร้าง เช่น การผุกร่อน การเกิดสนิมหรือการบวมน้ำ ทั้งส่วนสถาปัตยกรรมและโครงสร้าง โดยเน้นการเลือกใช้วัสดุราคาถูก หาได้ง่าย มีขายที่ร้านวัสดุก่อสร้างในพื้นที่ เช่น อิฐบล็อก สังกะสี กระเบื้องแผ่นเรียบ เป็นต้น แต่สำหรับชุมชนกำแพงงามอาจไม่จำเป็นต้องปรับปรุงที่อยู่อาศัยเพื่อป้องกันความเสียหายใด ๆ เพราะลักษณะน้ำท่วมไม่นานและไม่แรง

2) Eco-repairable design เป็นการออกแบบที่นอกจากจะยอมรับน้ำท่วมแล้วยังยอมรับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นหลังน้ำท่วมด้วย ส่วนใหญ่จะเกิดกับวัสดุทางสถาปัตยกรรมแต่สามารถฟื้นฟู ซ่อมแซมกลับคืนสู่สภาพเดิมได้ง่าย รวดเร็วและราคาถูก สมาชิกในชุมชนสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง เช่น ชุมชนบ้านสันกู่ที่น้ำท่วมขังอาจเลือกออกแบบเฉพาะโครงสร้างอาคารให้ทนต่อการผุกร่อน แต่ยังคงใช้วัสดุที่ไม่ทนน้ำหรือความชื้น เช่น ผนังไม้ไผ่สาน (รูปที่ 7.35) ผนังไม้อัด (รูปที่ 7.36) เป็นต้น เนื่องจากมีราคาถูก น้ำหนักเบา หาได้ง่ายในพื้นที่ สะดวกต่อการขนย้าย และติดตั้งง่ายซึ่งเจ้าของจะสามารถเปลี่ยนผนังได้เอง



รูปที่ 7.35 ผนังไม้ไผ่สาน
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)



รูปที่ 7.36 ผนังไม้อัด
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

3) Eco-adjustable design เป็นการออกแบบเพื่อการเตรียมพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกในชุมชนสำหรับการดำรงชีวิต ได้แก่ การกินอยู่หลับนอน มีห้องขับถ่าย มีน้ำและไฟฟ้าใช้ เป็นต้น ภายใต้ลักษณะน้ำท่วมต่าง ๆ โดยไม่ต้องลงทุนสร้างเผื่อไว้มาก เพื่อความประหยัด โดยการออกแบบสิ่งของ องค์ประกอบอาคารและสภาพแวดล้อมในที่อยู่อาศัยในชีวิตปกติให้สามารถปรับเปลี่ยนใช้ได้ในเวลาน้ำท่วมด้วย โดยยกตัวอย่าง Eco-adjustable design สำหรับบ้านชั้นเดียวและชุมชน เพื่อให้สามารถกินอยู่หลับนอนได้ในระดับน้ำท่วมไม่เกิน 1.00 เมตร 4 แบบ ได้แก่

- แบบที่ 1 ปรับใช้เฟอร์นิเจอร์ที่มีอยู่ ผู้มีรายได้น้อยควรมีอุปกรณ์หรือสิ่งของภายในบ้าน เช่น โอ่งน้ำขนาดเล็ก โต๊ะ ตู้ เตียง ชั้นวางของ เป็นต้น ที่มีความสูงระหว่าง 0.80 - 1.00 เมตร และมีความแข็งแรง นอกจากนี้อุปกรณ์อาคาร เช่น ฝาบ้านส่วนล่าง บานประตูตู้เสื้อผ้า บานประตู-หน้าต่าง ควรใช้บานพับที่สามารถถอดประกอบได้ ดังรูปที่ 7.37 เพื่อให้เคลื่อนย้ายและสามารถนำมาจัดเรียงเป็นพื้นที่ยกสูงที่สามารถใช้สอยได้ช่วงเวลาที่น้ำท่วม โดยผู้อยู่อาศัยควรลองนำมาจัดเรียงและตรวจสอบความแข็งแรงไว้ก่อนเมื่อน้ำท่วมจะสามารถดำเนินการโดยสะดวก และเมื่อนำมาจัดเรียงแล้วควรมีขนาดพื้นที่เพียงพอต่อการใช้เป็นพื้นที่อยู่อาศัยช่วงน้ำท่วม (รูปที่ 7.38) หรือแก้ปัญหาทางสัญจรในกรณีชุมชนขนาดเล็ก ผู้อยู่อาศัยอาจนำเฟอร์นิเจอร์เหล่านั้นมาทำเป็นทางเดินชั่วคราวในชุมชนในช่วงน้ำท่วมได้ (รูปที่ 7.39)



รูปที่ 7.37 ประตู – หน้าต่าง สามารถถอดประกอบได้
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

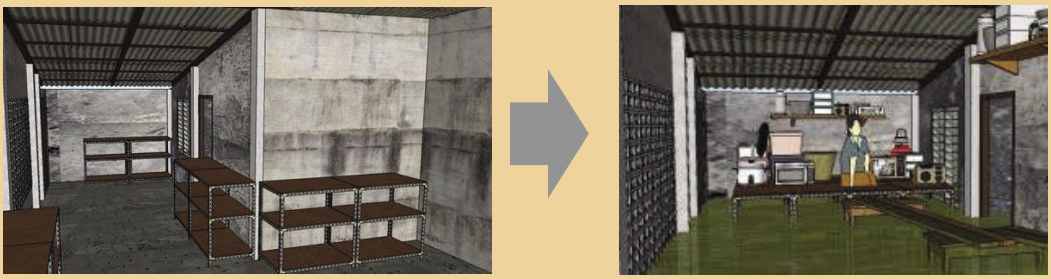


รูปที่ 7.38 การจัดเรียงเฟอร์นิเจอร์เป็นพื้นที่กินอยู่หลับนอนช่วงน้ำท่วม
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

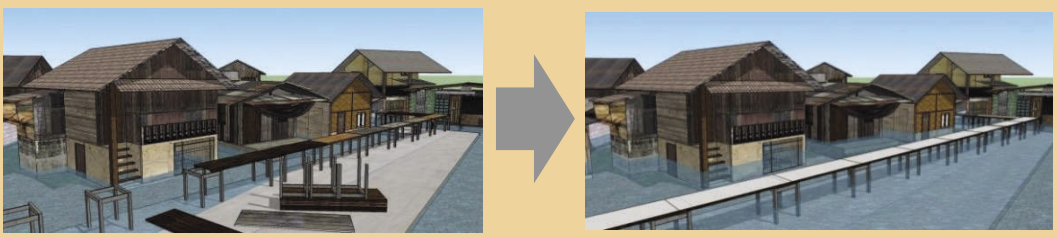


รูปที่ 7.39 การจัดเรียงเฟอร์นิเจอร์เป็นทางสัญจรในชุมชนขนาดเล็กช่วงน้ำท่วม
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

- แบบที่ 2 การสร้างชั้นลอยเคลื่อนที่ ในกรณีที่ยังไม่มีเฟอร์นิเจอร์ที่มีความสูงพอ แทนที่จะไปซื้อเฟอร์นิเจอร์ใหม่ราคาแพง ผู้มีรายได้น้อยสามารถสร้างชั้นลอยเคลื่อนที่ โดยการใช้โครงสร้างเหล็กฉาก หรือท่อเหล็กมาทำเป็นโครงชั้นลอย พื้นทำด้วยไม้อัด สามารถนำมาจัดเรียงเป็นพื้นที่ใช้สอยได้เมื่อน้ำท่วมและสามารถใช้เป็นชั้นวางของได้ในเวลาที่น้ำไม่ท่วม หากมีพื้นที่จำกัดอาจทำโครงชั้นเตรียมไว้และนำออกมาประกอบใช้เมื่อน้ำท่วม ในกรณีนี้อาจใช้บานประตู-หน้าต่าง ฝาตู้เสื้อผ้าทำเป็นพื้น ดังรูปที่ 7.40 หรือแก้ปัญหาทางสัญจรในกรณีชุมชนขนาดเล็ก ผู้อยู่อาศัยชั้นลอยเหล่านั้นมาทำเป็นทางเดินชั่วคราวในชุมชนในช่วงน้ำท่วมได้เช่นเดียวกัน (รูปที่ 7.41)



รูปที่ 7.40 การเตรียมชั้นลอยไว้และนำมาประกอบเป็นพื้นที่ใช้สอยเมื่อน้ำท่วม
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)



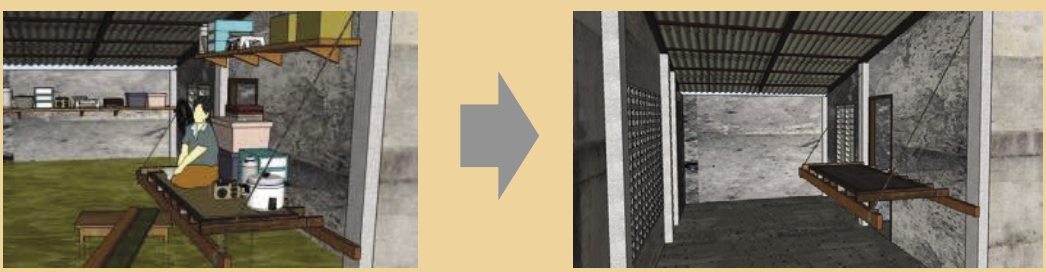
รูปที่ 7.41 การเตรียมชั้นลอยไว้และนำมาประกอบเป็นทางสัญจรในชุมชนเมื่อน้ำท่วม
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

- แบบที่ 3 การเตรียมโครงสร้างรอไว้ เช่น
  - สำหรับที่อยู่อาศัย สามารถเตรียมแท่นรองรับพื้นชั้นลอยฝากไว้กับเสา เป็นการเตรียมที่วางพื้นสำหรับเป็นพื้นที่ใช้สอยในกรณีที่น้ำท่วม โดยทำคานไม้หรือเหล็กยึดติดกับเสาบ้าน ดังรูปที่ 7.42 เมื่อน้ำท่วมจึงนำส่วนตงและพื้นมาวาง ซึ่งอาจใช้วัสดุที่มีอยู่ภายในบ้าน เช่น ประตู หน้าต่าง พื้นเตียง ไม้พื้น หรือไม้กระดาน หรือ ไม้อัด ในกรณีนี้จำเป็นต้องคำนึงถึงความแข็งแรงของเสาบ้านเดิมและระยะห่างของเสาที่จะใช้วางตงพื้นไม่ควรเกิน 3 เมตร เพื่อให้มีความแข็งแรงและสามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยเมื่อน้ำท่วม



รูปที่ 7.42 ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างคานพื้นแบบวางบนจุดรองรับบนเสาไม้
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

- สำหรับที่อยู่อาศัย สามารถเตรียมพื้นแขวน โดยการทำจุดรองรับแบบยึดแขวนคาน (อะเส) ร่วมกับการทำโครงสร้างคานยึดเสาด้านหนึ่ง ดังรูปที่ 7.43 ในกรณีนี้ควรใช้เมื่อระยะห่างของเสาที่จะใช้ในการวางตงพื้นกว้างกว่า 3 เมตร และมีโครงสร้างหลังคา (คาน) ที่แข็งแรงเพียงพอที่สามารถจะรองรับน้ำหนักพื้นได้ รวมทั้งพิจารณาความสมบูรณ์ของคาน (รูปทรงและวัสดุ) ประกอบกัน โดยทำจุดยึดแขวนที่คานหลังคาบ้าน วัสดุที่ใช้รับแรงดึงสำหรับแขวนอาจใช้ท่อ พีวีซี ขนาดไม่น้อยกว่า 1-1/2" ชั้นคุณภาพ 13.5 เชือกไนล่อน 6 มิลลิเมตร เหล็กสลิงหรือเหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร เป็นต้น



รูปที่ 7.43 ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างคานพื้นแบบแขวนกับคานหลังคา
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์, 2557)

- สำหรับชุมชน สามารถเตรียมโครงสร้างทางสัญจรไว้ และเตรียมชิ้นส่วนพื้นทางสัญจรไว้ประกอบเป็นทางเดินเมื่อเวลาน้ำท่วม ในกรณีนี้เหมาะสำหรับชุมชนที่น้ำท่วมอย่างช้า ๆ ระดับความสูงของน้ำค่อย ๆ เพิ่มสูงขึ้น และคนในชุมชนต้องมีความสามัคคี ร่วมแรงร่วมใจเพราะต้องออกมาช่วยกันประกอบทางเดินเมื่อเห็นว่าระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้นและต้องพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ประกอบด้วย แต่วิธีการนี้สามารถรองรับระดับน้ำท่วมได้หลายระดับและสูงได้ถึง 2.50 เมตร ในเวลาปกติยังใช้พื้นด้านล่างได้ไม่เกะกะ ดังรูปที่ 7.44



รูปที่ 7.44 ตัวอย่างการเตรียมโครงสร้างทางสัญจรด้วยเสาคอนกรีต
(**ที่มา:** ณัชวิชญ์ ติกุล, 2557)

ภาคครัวเรือนและที่อยู่อาศัยเป็นภาคหนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังนั้นผู้อยู่อาศัยจึงจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวรับมือบนพื้นฐานความเป็นไปได้และความสามารถในการปรับตัวของแต่ละครัวเรือนและชุมชน นอกจากนี้ยังควรพิจารณาควบคู่กับระดับความรุนแรงและลักษณะของปัญหาที่จะเกิดขึ้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาอุทกภัยที่จัดได้ว่าเป็นภัยพิบัติที่ก่อให้เกิดปัญหากับภาคครัวเรือนและที่อยู่อาศัยมากที่สุด ในเบื้องต้นผู้อยู่อาศัยควรเตรียมการเพื่อรองรับปัญหาให้สูงกว่าระดับความรุนแรงสูงสุดที่เคยเกิดขึ้นกับชุมชนและครัวเรือนในอดีต แต่สำหรับกลุ่มคนผู้มีรายได้น้อยที่อาศัยอยู่ในชุมชนแออัดแล้วกลับมีทางเลือกไม่มากนักในการเตรียมรับมือความเสี่ยงเหล่านี้ เนื่องจากข้อจำกัดทั้งทางด้านเศรษฐกิจ สภาพทางกายภาพของที่อยู่อาศัย และทำเลที่ตั้งจึงถูกจัดว่าเป็นกลุ่มเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ดังนั้นการปรับตัวให้ชุมชนสามารถรับมือกับความเสี่ยงน้ำท่วมได้ดีขึ้นโดยใช้แนวคิด การยอมรับน้ำโดยปล่อยให้น้ำท่วมแต่ลดความเสียหายและยังคงสามารถอยู่อาศัยได้ โดยใช้วิธีการออกแบบอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อให้สามารถรองรับปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นได้เท่าที่จำเป็น ได้แก่ eco-robust design, eco-repairable design และ eco-adjustable design บนพื้นฐานรายละเอียดของครัวเรือนและชุมชนอย่างแท้จริง แนวคิดนี้จะเกิดประโยชน์ต่อชุมชนและครัวเรือนของผู้มีรายได้น้อยทั้งในปัจจุบันรวมทั้งสามารถลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดความเดือดร้อนจากภาวะน้ำท่วมที่อาจจะเปลี่ยนแปลงความรุนแรงในอนาคตได้

จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นในอนาคต ทำให้ชุมชนและครัวเรือนจำเป็นต้องมีการเตรียมพร้อมด้านที่อยู่อาศัยหรือสิ่งก่อสร้างเพื่อลดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินและสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ภายใต้สภาพภูมิอากาศที่รุนแรงมากขึ้น แต่การเตรียมตัวเพื่อรับมือดังกล่าวจำเป็นต้องคำนึงถึงศักยภาพในการปรับปรุงหรือก่อสร้างที่อยู่อาศัยและชุมชน (1) ที่เชื่อมโยงกับปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สภาพพื้นที่และบริบทโดยรอบ (2) กฎระเบียบที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้น ๆ (3) และระดับความรุนแรงและลักษณะของภัยพิบัติที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนภูมิอากาศในอนาคต (4) ทำให้เกิดแนวความคิดและแนวทางการปรับตัวที่แตกต่างกัน ดังเช่นกรณีการปรับตัวสำหรับกลุ่มคนผู้มีรายได้น้อยที่อาศัยอยู่ในชุมชนแออัดเพื่อเตรียมรับมือกับสถานการณ์น้ำท่วมในอนาคต เขาเหล่านี้อาจมีทางเลือกสำหรับการปรับตัวไม่มากนักเนื่องจากข้อจำกัดทั้งทางด้านเศรษฐกิจของครัวเรือน สภาพทางกายภาพของที่อยู่อาศัยที่ไม่มั่นคงถาวร ข้อจำกัดด้านสิทธิในการอยู่อาศัย รวมถึงทำเลที่ตั้งที่มักจะอยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัยได้ง่าย แต่หากมีการนำแนวความคิดในการออกแบบก่อสร้างที่อยู่อาศัยและชุมชนเพื่อป้องกันน้ำท่วมที่มีอยู่มาวิเคราะห์ร่วมกับปัจจัยทั้ง 4 ประการข้างต้นที่เกี่ยวข้องกับครัวเรือนและชุมชนผู้มีรายได้น้อย ได้แก่ รายละเอียดของครัวเรือนและชุมชนผู้มีรายได้น้อย สภาพที่อยู่อาศัยและการใช้พื้นที่โดยรอบ กฎระเบียบของชุมชน และลักษณะน้ำท่วมที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต จะสามารถสร้างแนวทางเพื่อการปรับตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้แนวความคิดการยอมรับน้ำโดยปล่อยให้น้ำท่วมแต่ลดความเสียหายและยังคงสามารถอยู่อาศัยได้ โดยใช้วิธีการออกแบบอย่างประหยัดและสามารถรองรับปัญหาน้ำท่วมที่อาจจะเกิดขึ้นได้เท่าที่จำเป็น สามารถสรุปเป็นแนวคิดได้ 3 ลักษณะที่เชื่อมโยงกันได้แก่ eco-robust design, eco-repairable design และ eco-adjustable design โดยเน้นการลงทุนน้อยแต่ก่อให้เกิดประโยชน์ใช้สอยต่อชุมชนและครัวเรือนของผู้มีรายได้น้อยอย่างคุ้นค่าทั้งในสภาวะปกติที่ น้ำไม่ท่วมรวมทั้งสามารถลดโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดความเดือดร้อนจากภาวะน้ำท่วมที่อาจจะเปลี่ยนแปลงความรุนแรงในอนาคต มากกว่าการสร้างสิ่งก่อสร้างสำหรับการใช้งานในขณะน้ำท่วมเพียงอย่างเดียว ทำให้เห็นได้ว่าแนวความคิดเรื่องการปรับตัวเพื่อรองรับการ

เปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตของภาคครัวเรือนและชุมชนจะไม่มีสูตรสำเร็จตายตัว ผู้อยู่อาศัยหรือเจ้าของอาคารจำเป็นต้องมีการประยุกต์แนวความคิดที่มีอยู่หรือสร้างแนวความคิดใหม่ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับศักยภาพของแต่ละครัวเรือนและชุมชนซึ่งมีความแตกต่างกันถึงแม้จะเป็นครัวเรือนหรือชุมชนที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกันก็ตาม

7.6 สรุป

การพิจารณาถึงจัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้อาจพิจารณาตามกรอบแนวคิดของ UNDP (2002) ซึ่งระบุแนวทาง 4 ประการที่พึงพิจารณาไว้ดังนี้ คือ

1. คำนึงถึงการปรับตัวต่อภาวะอากาศแปรปรวนและสภาพอากาศรุนแรงในระยะสั้นเป็นพื้นฐานในการวางแผนเพื่อลดความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาว
2. คำนึงถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการพัฒนา
3. พึงตระหนักว่าการปรับตัวนั้นเกิดขึ้นได้ในทุกระดับของสังคม
4. พึงตระหนักว่าทั้งยุทธศาสตร์หรือแนวทางการปรับตัวและกระบวนการที่จะนำไปสู่การขับเคลื่อนการปรับตัวให้เกิดขึ้นได้เป็นรูปธรรมนั้นมีความสำคัญเท่าเทียมกัน

กรณีการปรับตัวของการตั้งถิ่นฐานต่อการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมที่อาจทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามที่ได้อธิบายในบทนี้ ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางในการวางแผนการปรับตัวในหลายระดับของการตั้งถิ่นฐาน ตั้งแต่ระดับมหานคร เมืองขนาดเล็ก และชุมชน-ครัวเรือน ซึ่งมีบริบทในการปรับตัวที่แตกต่างกัน และมีแนวทางในการดำเนินการที่แตกต่างกันไปภายใต้กรอบเงื่อนไขและโครงสร้างการตัดสินใจที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากประเด็นความเสี่ยงที่เมือง/ชุมชนเผชิญอยู่ และขยายกรอบการมองความเสี่ยงออกไปในอนาคตระยะยาวภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและพลวัตทางเศรษฐกิจและสังคมของเมืองและชุมชนนั้น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเพิ่มความมั่นคงทนทาน (resilience) ของเมือง/ชุมชนต่อความเสี่ยงที่อาจจะเปลี่ยนไปในอนาคต ทั้งนี้ได้พิจารณาในบริบทของแนวทางการวางแผนพัฒนาเมืองและชุมชนเพื่อยกระดับความเป็นอยู่ของชุมชนและเพื่อให้เมืองรองรับความเสี่ยงได้มากขึ้น ซึ่งแนวทางการดำเนินการของแต่ละพื้นที่อาจมีความแตกต่างกันไปตามสภาพความเสี่ยงและตลอดจนความซับซ้อนของสภาพเศรษฐกิจสังคมของแต่ละพื้นที่

การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์และแนวทางการปรับตัวเหล่านี้มีความแตกต่างกันไปตามลักษณะโครงสร้างของการตัดสินใจและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในทางปฏิบัติ ทั้งนี้ในสังคมที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีกลุ่มเสี่ยงที่หลากหลายซึ่งอาจเผชิญความเสี่ยงที่แตกต่างกันนั้นจะต้องให้ความสำคัญกับการวางแผนโดยการประเมินความเสี่ยงโดยพิจารณาถึงภาพรวมของความเสี่ยงให้ถ่องแท้ เพื่อให้การกำหนดแนวทางการปรับตัวสามารถหลีกเลี่ยงการส่งผ่านความเสี่ยงจากกลุ่มหนึ่งไปสู่อีกกลุ่มหนึ่ง ทั้งนี้ ประเด็นที่สำคัญในการผลักดันนโยบายการปรับตัวในระดับมหานครและเมืองคือ การสร้างเจตจำนงในทางการเมือง (political will) หรือความปราถนาและความมุ่งมั่นของฝ่ายการเมืองที่จะทำให้เกิดนโยบายที่ชัดเจน และในระดับชุมชน-ครัวเรือนคือ การสร้างแรงจูงใจที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการดำเนินการต่อแผนงานที่ครอบคลุมอนาคตระยาว ซึ่งจะนำไปสู่ความตั้งใจในการจัดหาทรัพยากรเพื่อสนับสนุนการลงทุนดำเนินการปรับตัวต่างๆ ในที่สุด

การควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้าสู่กระแสหลักของการวางแผนพัฒนาเมืองเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน โดยประเด็นทางนโยบายที่จะต้องคำนึงในด้านการบริหารงานภาครัฐของเมือง (urban governance) (Blanco et al, 2011) คือ 1) การประสานงานทางตั้ง (vertical coordination) ระหว่างหน่วยงานภาครัฐ เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนทั้งระดับชาติ จังหวัดและท้องถิ่น ในด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเติบโตของเมือง และ 2) การประสานงานทางราบ (horizontal coordination) ระหว่างหน่วยงานในระดับเมืองขนาดใหญ่ (metropolitan) เพื่อให้การขยายตัวและการควบคุมการโตของเมือง สอดคล้องกับอำนาจการบริหารเมืองของพื้นที่โดยรอบ 3) การประสานงานทางราบขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (local government) เพื่อให้ท้องถิ่นบริหารจัดการเมืองและลดผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไปพร้อม ๆ กันได้ นำประเด็นการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศควบรวมกับการพัฒนาเมืองด้านต่าง ๆ ที่อยู่ในอำนาจของท้องถิ่น และสามารถนำไป

ปฏิบัติได้ถึงแม้จะมีการบริหารจัดการเมืองแบบแยกส่วนอยู่ก็ตาม 4) กรอบด้านกฎหมายไม่เพียงพอ ในระบบของการจัดการสิทธิการครอบครองที่ดินควรพิจารณาประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมและสังคมด้วย

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการดำรงชีวิต ซึ่งสะท้อนบรรทัดฐานสังคม (social norms) ที่เป็นอยู่ ดังนั้นการปรับตัวไม่ได้สามารถทำได้อย่างอิสระ แต่อยู่ภายใต้กระบวนการทางสถาบัน (institutional process) เช่น กฎเกณฑ์ สิทธิในที่อยู่อาศัย และบรรทัดฐานทางสังคมในบริบทนั้น ส่วนการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวนั้น ไม่ได้แยกขาดจากกระบวนการตัดสินใจอื่น ๆ โดยยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านประชากร วัฒนธรรม เศรษฐกิจ และการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีการสื่อสาร การปกครอง ข้อตกลงทางสังคม และระบบการไหลเวียนของทุนในสังคมโลก ดังนั้น ความพยายามที่จะแยกขาดการปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากการตัดสินใจอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่จึงเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก การปรับตัวอาจจะมาจากเหตุผลโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือมาจากความต้องการยกระดับทางเศรษฐกิจและสังคมโดยมีผลทางอ้อมให้รับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้ดีขึ้นก็เป็นได้ ตัวอย่างเช่น การตัดสินใจของชุมชนในการย้ายชุมชนออกจากพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม อาจจะไม่ได้มาจากเหตุผลน้ำท่วมโดยตรง แต่เกี่ยวกับเหตุผลเรื่องความมั่นคงของที่ดินแล้วพิจารณาเรื่องพื้นที่ปลอดภัยในการตั้งถิ่นฐาน ผลลัพธ์ที่ได้อาจจะเป็นไปเพื่อรับมือระยะสั้นหรือระยะยาวก็เป็นได้ นอกจากนั้น การปรับตัวเพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังเป็นการตัดสินใจในหลายระดับที่แตกต่างกัน ไม่ว่าจะมาจากระดับบุคคล องค์กร กลุ่มสังคม หรือจากภาครัฐในระดับต่าง ๆ เหล่านี้จึงเป็นสาเหตุให้พิจารณาประเด็นการปรับตัว (attributing adaptation) เข้าไปสู่กระบวนการตัดสินใจในระดับต่าง ๆ จึงมิใช่เป็นเรื่องที่สามารถทำได้ในระบบการตัดสินใจแบบเดิม (Adger et al., 2005)

ประเด็นสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภาวะอากาศแปรปรวนนี้มักจะเป็นประเด็นที่จุดความสนใจให้เกิดความต้องการการปรับตัวในแง่ของการปรับตัวต่อสภาพอากาศรุนแรงซึ่งนำไปสู่ภัยพิบัติ เช่น น้ำท่วม ภาวะแห้งแล้ง พายุ เป็นต้น โดยเป็นการพิจารณาถึงความเสี่ยงและการปรับตัวในบริบทของเมืองและชุมชนนั้น ๆ เป็นหลัก อย่างไรก็ดี การคิดถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาวในแง่ของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงนั้น เป็นเรื่องที่ยังจะต้องพิจารณาให้รอบด้านกว่านี้ โดยพิจารณาถึงความสัมพันธ์ข้ามพื้นที่และภาคส่วน โดยเฉพาะความสัมพันธ์ระหว่างเมืองและพื้นที่ชนบท เช่น การที่เมืองนั้นจะต้องพึ่งพาบริการของระบบนิเวศ (ecosystem services) จากภายนอกหรือในพื้นที่ชนบทหรือ ความเชื่อมโยงด้านพลวัตของเศรษฐกิจสังคมที่เมืองหรือชุมชนมีกับระบบเศรษฐกิจสังคมต่างพื้นที่ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ส่งอาจผลต่อระบบนิเวศที่จะต้องหล่อเลี้ยงเมือง และ/หรือ ระบบเศรษฐกิจสังคมในต่างพื้นที่ตลอดจนพลวัตของพื้นที่ชนบทที่มีต่อบริการของระบบนิเวศที่เมืองจำเป็นต้องใช้ อาจส่งผลต่อความเสี่ยงของเมืองทั้งในเชิงกายภาพและระบบเศรษฐกิจสังคมในพื้นที่เมือง ซึ่งต้องการแนวทางการปรับตัวเช่นเดียวกับการปรับตัวต่อสภาพอากาศรุนแรงเช่นเดียวกัน ซึ่งประเด็นนี้ยังไม่มีการศึกษาในระยะที่ผ่านมา และอาจถือว่าประเด็นดังกล่าวนี้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการตั้งถิ่นฐานที่มั่นคงในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. กรมชลประทาน. 2557. ระบบสารสนเทศการติดตามและเฝ้าระวังสถานการณ์น้ำเพื่อการเตือนภัยน้ำท่วมจังหวัดเชียงราย. (Online). สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2557 จาก http://imine.biz/imine_mixkey/index.php
2. กรมพัฒนาที่ดิน. 2557.สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน: ความรู้เรื่องดิน. (Online). สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2557 จาก http://oss101.ldd.go.th.
3. กรมอุตุนิยมวิทยา. 2557. หนังสืออุตุนิยมวิทยาภัยธรรมชาติ: อุทกภัย. (Online). สืบค้นเมื่อ 20 มกราคม 2557 จาก http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=70
4. การเคหะแห่งชาติ. 2540. มาตรฐานที่อยู่อาศัยและสิ่งแวดล้อม. กองวิจัยการก่อสร้าง, ฝ่ายวิจัยการก่อสร้าง, กรุงเทพฯ.
5. ดารณี ถวิลพิพัฒน์กุล. 2549. กระบวนการกลายเป็นเมืองกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคมในประเทศกำลังพัฒนา. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพมหานคร.
6. โชติไกร ไชยวิจารณ์. 2546. วิศวกรรมชลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร.
7. ณัชวิชญ์ ติกุล. 2557. การพัฒนารูปแบบชุมชนและที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในจังหวัดเชียงใหม่เพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กรณีศึกษาน้ำท่วม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย: กรุงเทพมหานคร.
8. ธอส. 2555. ตลาดที่อยู่อาศัยและตลาดสินเชื่อที่อยู่อาศัยปี 2555 และแนวโน้มปี 2556. ฝ่ายวิชาการ, ธนาคารอาคารสงเคราะห์.
9. ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล. 2554. โลกร้อนสุดขั้ว วิกฤติอนาคตประเทศไทย. สำนักพิมพ์ฐานบุ๊คส์; กรุงเทพฯ. 294 หน้า
10. วนารัตน์ กรอิสรานุกูล. 2556. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ โครงการ แนวทางการการวางแผนด้านผังเมืองเพื่อรองรับความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ: กรณีศึกษาปัญหาน้ำท่วมและแนวทางการจัดการน้ำท่วมในเขตผังเมืองรวมพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
11. ศุภกร ชินวรรโณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และ จุฑาทิพย์ ธนกิตติ์เมธาวุฒิ. 2552. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการ การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
12. สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.). 2557. โลกร้อน: ท่านพร้อมรับมือภัยพิบัติแล้วหรือยัง? (Online). สืบค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2557 จาก http://www.eitpr.com/ejournal.php
13. สุจริต คูณธนกุลวงศ์. 2554. อุทกวิทยา ทรัพยากรน้ำผิวดินและใต้ดิน. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพขององค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย.
14. โสมสกาว เพชรานนท์. 2547. เศรษฐศาสตร์เมือง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร.
15. โสภณ พรโชคชัย. การพัฒนาชุมชนแออัดที่ผิดทาง. (Online). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2557 จาก http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1024913&page=2
16. อคิน รพีพัฒน์ และคณะ. 2542. ชุมชนแออัด องค์ความรู้และความเป็นจริง. มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาชุมชนเมือง. กรุงเทพฯ.
17. อนงค์ ปะนะทัง. 2551. ผลกระทบจากน้ำท่วม. (Online). สืบค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2557 จาก https://www.gotoknow. org/posts/21537
18. อำนาจ ชิดไธสง. 2553. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต. ศูนย์ประสานงานและพัฒนางานวิจัยด้านโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
19. Action Aid International. 2006. Climate change, urban flooding and the rights of the urban poor in Africa. A report by Action Aid. (Berz, อ้างโดย Burrell et al, 2007)
20. Adger W.N., Arnell N.W. and Tomkins E.L. 2005. Successful Adaptation to Climate Change across Scales. Global Environmental Change, 15, pp.77-86.
21. Blackburn S. and Marques C. 2013. Mega-urbanisation on the coast: Global context and key trends in the twenty-first century. In Peling M. and Blackburn, S. Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation, pp.11. Oxon: Routledge.
22. Blaikie Y.P., Cannon I.D. and Wisner B. 1994. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. Routledge: London.
23. Blanco H., P. McCarney S. Parnell M. Schmidt K. C. Seto. 2011. The role of urban land in climate change. Climate Change and Cities: First Assessment Report of the Urban Climate Change Research Network, C. Rosenzweig, W. D. Solecki, S. A. Hammer, S. Mehrotra, Eds.,Cambridge University Press, Cambridge, UK, 217–248. [Online] Available from: http://uccrn.org/files /2014/02/ARC3-Chapter-8.pdf. Accessed on 23 jul2015.
24. Bourque L.B., Siegel J.M., Kano M. and Wood M.M. 2006. Morbidity and mortality associated with disasters. In: Rodríguez H, Quarantelli EL and Dynes RR (eds) Handbook of Disaster Research. New York: Springer, 97–112.
25. Condon P.M., Cavens D. and Miller N. 2009. Urban Planning Tools for Climate Change Mitigation. Policy Focus Report. Lincoln Institute of Land Policy. Cambridge, MA.

26. Cutter S., Barnes L., Berry B., Burton C., Evans E., Tate E. and Webb J. 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. Global Environmental Change, 18(4), pp. 598-606.
27. DEFRA. 2007. The costs of the summer 2007 floods in England. Environment Agency. UK.
28. Douben K.J. 2006. Characteristics of River Floods and Flooding: A Global Overview, 1985-2003. Irrigation and Drainage, 55, 9-21. (Online). Available URL:http://dx.doi.org/10.1002/ird.239
29. Douglas L., Alam K., Maghenda M., Mcdonnell Y., Mclean L., and Campbell J. 2008. Unjust waters: climate change, flooding and the urban poor in Africa. Environment and Urbanization, 20(1):187-205.
30. DTI. 2004. Foresight Future Flooding. Flood and Coastal Defence project of the Foresight programme. Department of Trade and Industry: London.
31. FEMA. 2006. Hurricane Katrina in the Gulf Coast. Federal Emergency Management Agency, Washington DC
32. Gleeson, B. 2008. Waking from the Dream: An Australian Perspective on Urban Resilience. Urban Studies, 45, pp.2653-2668.
33. Huchzermeyer M. 2011. Cities with 'Slums': from informal settlement eradication to a right to the city in Africa. University of Cape Town Press, Cape Town. South Africa.
34. Trisirisatayawong I and Cheewinsiriwat P. 2013. Assessment of flooded area from sea level rise in the Upper coastal area of Gulf of Thailand, the 12th South East Asian Survey Congress, Manila.
35. IPCC. 2007. Fourth assessment report: climate change 2007: synthesis report. [Online]. Available URL:http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains3-3-5.html [2013, July 20].
36. Jabeen H., Allen A., and Johnson C. 2010. Built-in resilience: learning from grassroots coping strategies to climate variability. Environ.Urban, 22, pp.415–431.
37. Jonkman S.N., Maaskant B., Boyd E., and Levitan M.L. 2009. Loss of Life Caused by the Flooding of New Orleans After Hurricane Katrina: Analysis of the Relationship Between Flood Characteristics and Mortality. Risk Analysis, 29(5), pp.676–698
38. Konisranukul W. 2007. The Substantive Urban Design Considerations: Priorities for Creating Successful Places. Journal of Architectural/ Planning Research and Studies 5(2), pp, 91-107.
39. Kreibich H., Piroth K., Seifert I., Maiwald H., Kunert U., Schwarz J., Merz B. and Thieken A.H. 2009. Is flow velocity a significant parameter in flood damage modelling? Nat. Hazards Earth Syst.Sci., 9, pp.1679–1692.
40. Matthews T. 2011. Climate Change Adaptation in Urban Systems: Strategies for Planning Regimes. Urban Research Program, Research Paper 32 February 2011.
41. Marome W. A. 2013. Urban Risk and Vulnerabilities of Coastal Megacity of Bangkok, Thailand. On-line Proceedings of the Resilient Cities 2013 Congress: Article 5. Available at: resilient-cities.iclei.org/resilient-citieshubsite/congresspublications/onlineproceedings-2013//index.php.
42. Mileti, D. 1999. Disasters by Design: A reassessment of Natural Hazards in the United States. Joseph Henry Press, Washington, DC.
43. Pardue J.H., Moe W.M., McInnis D., Thibodeaux L.J., and Valsaraj K.T. 2005. Chemical and microbiological parameters in New Orleans floodwater following Hurricane Katrina. Environ. Sci. Technol, 39(22), pp: 8591-9.
44. Pelling M. 2011. Introduction. In Pelling, M., Megacities and the Coast: Transformation for resilience. A preliminary review of knowledge, practice and future research. June, LOICZ
45. Peling M. and Blackburn, S. 2013. Megacities and the Coast: Risk, Resilience and Transformation. Oxon: Routledge.
46. Pistrika A.K. and Jonkman S.N. 2010. Damage to residential buildings due to flooding of New Orleans after hurricane Katrina. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 54, pp.413–434.
47. River Cities Inc. 2013. America's Floating Communities. [Online]. Available URL: http://www.rivercitiescondos.com/[2013, July 20].
48. Sullivent E.E., West C.A., Noe R.S., Thomas K.E., Wallace L.J.D. and Leeb R.T. 2006. Nonfatal injuries following hurricane Katrina—New Orleans, Louisiana, 2005. J Safety Res, 37, pp.:213–217.
49. Taylor N. 2007. Urban Planning Theory since 1945. London, Sage.
50. Watson D. and Adam M. 2011. Design for Flooding: Architecture, Landscape, and Urban Design for Resilience to Climate Change. John Wiley and Son, Inc.: New Jersey.
51. Wheeler S. and Beatley T. 2004. The Sustainable Urban Development Reader. London; New York: Routledge.
52. Wilbanks T. and Romero Lankao P. with Bao M., Berkhour F., Cairncross S., Ceron J.-P., Kapshe M., Muir-Wood R. and Zapata-Mart, R. 2007. Chapter 7: Industry, settlement and society. in Parry, M.,

Canziani, O., Palutikof, J., van der Linden, P. and Hanson, C. (ed) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambride and New York, pp. 357-390

53. Wilson E. 2006. 'Adapting to Climate Change at the Local Level: The Spatial Planning Response. Local Environment, 11(6), pp.:609-625.
54. Wisner B., Blaikie P., Cannon T. and Davis I. 2004. At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disaster. Second edition, Psychology Press, London; New York: Routledge.
55. Vietnam News. 2007. ความต้องการที่อยู่อาศัย. กรุงเทพธุรกิจ. [Online]. Available URL:http://www.bangkokbiznews.com. สืบค้นเมื่อ 19 กรกฎาคม 2557.
56. UNDP. 2002. A climate risk management approach to disaster reduction and adaptation to climate change. Summary of the UNDP Expert Group Meeting 'Integrating Disaster Reduction and Adaptation to Climate Change'. Havana, Cuba, 19-21 June 2002; United Nations Development Programme, New York.
57. United Nations Habitat. 2007b. UN-HABITAT pitches for urban planning, Bonn, [Online]. Available URL: http://www.unhabitat.org/content.asp?cid=4836&catid = 550&typeid=6&subMenuId=0
58. United Nations Habitat. 2003. The challenge of slums: global report on human settlements. United Nations Human Settlements Programme. Earthscan Publications, London.
59. United Nations Habitat. 2009. Planning sustainable cities: global report on human settlements. United Nations Human Settlements Programme. Earthscan Publications, London.
60. Coastal Cities at Risk: Building Adaptive Capacities for Managing Climate Change in Coastal Megacities โดยได้รับทุนจาก the International Development Research Centre (IDRC), the Canadian Institutes of Health Research (CIHR), the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (NSERC), and the Social Sciences and Humanities Research Council of Canada (SSHRC), Ottawa, Canada โดย (ค.ศ.2011-2016)

Website:

1. http://www.resilientcity.org/index.cfm?id=11900
2. http://www.un.org/en/development/desa/news/population/world-urbanization-prospects-2014.html
3. http://www.igbp.net/news/features/features/coastalmegacitiesrisksandopportunities.5.62dc35801456272b46d17b.html.
4. http://www.adaptingtorisingtides.org/vulnerability-and-risk
5. http://www.igbp.net/news/features/features/coastalmegacitiesrisksandopportunities.5.62dc35801456272b46d17b.html
6. http://www.london.gov.uk/priorities/planning
7. http://www.london.gov.uk/climatechange/sites/climatechange/staticdocs/Climiate_change_adaptation.pdf
8. http://www.sfrpc.com/Climate%20Change/6.pdf
9. http://www.oecd.org/dataoecd/22/17/40899422.pdf
10. http://www.bloomberg.com/news/2011-09-05/new-orleans-levees-hold-flash-floods-seen-in-tennessee-valley.html + http://www.mvn.usace.army.mil/bcarre/morganza.asp
11. http://www.iscvt.org/who_we_are/publications/Adaptation_Resource_Guide.pdf
12. http://en.wikipedia.org/wiki/MOSE_Project
13. http://www.consorziovenezianuova.it/uk/settori_attività.htm
14. http://www.i-italy.org/11281/how-italian-technology-trying-save-venice-mose-project-presented-new-york
15. http://www.adb.org/documents/reports/hcmc-climate-change/hcmc-climate-change-summary.pdf
16. http://www.globaldatavault.com/climate-change-impact-analysis.htm
17. http://nytelecom.vo.llnwd.net/o15/agencies/planyc2030/pdf/planyc_2011_climate_change.pdf
18. http://www.rotterdamclimateinitiative.nl/nl/delta_cities_website/cities/new_york_city?categrory_id=3
19. http://www.mlit.go.jp/river/trash_box/paper/pdf_english/19.pdf
20. http://www2.montes.upm.es/Dptos/DptoIngForestal/Unidad%20Docente%20Zoolog%C3%ADa/pdf/Walter_Binder.pdf
21. http://www.fig.net/pub/vietnam/papers/ts06f/ts06f_abidin_etal_3491.pdf
22. http://web.idrc.ca/uploads/user-S/12885823531Policy_Brief_-_Indonesia_Sea_Level_Rise.pdf
23. http://unfccc.int/files/adaptation/application/pdf/nwp_integration_susandi.pdf
24. http://www.oecd.org/general/climatechangecouldtriplepopulationatriskfromcoastalfloodingby2070findsoecd.htm

บทที่ 8

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืน

ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดร.โพยม สราภิรมย์

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิธีอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์ และ โพยม สราภิรมย์, 2559: การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืน. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืน

8.1 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการจัดการทรัพยากรน้ำ 267

8.2 แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการจัดการทรัพยากรน้ำ 283

8.3 แนวคิดและแนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของการจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทย 286

8.4 สรุป 301

เอกสารอ้างอิง

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืน

ในปี ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) องค์การสหประชาชาติ (WWAP, 2015) ได้นำเสนอรายงานการพัฒนาน้ำของโลก (The United Nations World Water Development Report 2015, WWDR 2015) ภายใต้แนวคิดน้ำเพื่อโลกที่ยั่งยืน (Water for Sustainable World) องค์การสหประชาชาติได้สรุปว่าปัจจุบันโลกของเรานั้นมีการพัฒนาที่ไม่ยั่งยืนโดยมีความต้องการน้ำมากขึ้น ประชากรในโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 80 ล้านคนต่อปี (USCB, 2012) และจะทำให้ประชากรในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) สูงขึ้นเป็น 9,100 ล้านคน (UNDESA, 2013) ผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศของโลก (gross domestic product, GDP) เพิ่มขึ้นด้วยอัตรา 3.5 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี จากปี ค.ศ.1960 ถึงปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2503 ถึงปี พ.ศ.2557) (World Economics, 2014) ปัจจัยด้านการเติบโตของประชากร การขยายตัวของเมืองและการพัฒนาอุตสาหกรรม การบริโภคที่มากขึ้นเหล่านี้ส่งผลให้มีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น (WWAP, 2015) ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) มีการคาดการณ์ว่าโลกจะมีปัญหาการขาดแคลนน้ำประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ในบางพื้นที่ภายใต้ภาพฉายการพัฒนาแบบปกติเหมือนในอดีต (business-as-usual climate scenario) (2030 WRG, 2009)

องค์การสหประชาชาติ ได้นำเสนอมิติของน้ำกับการพัฒนาที่ยั่งยืนใน 3 มิติ (WWAP, 2015) คือ

1. น้ำเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ โดยกล่าวถึงการใช้มาตรการโครงสร้างและไม่ใช้โครงสร้างในการจัดสรรน้ำเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจโดยเฉพาะการจัดการน้ำ
2. น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยให้ความสำคัญกับระบบนิเวศที่ดีอันจะช่วยก่อให้เกิดการบริการน้ำที่ดียิ่งขึ้น เช่น แหล่งน้ำผิวดินธรรมชาติทำหน้าที่แก้มลิงในช่วงน้ำท่วม หรือ น้ำบาดาลที่มีคุณภาพจะช่วยเสริมให้น้ำในช่วงหน้าแล้ง
3. น้ำเพื่อความเท่าเทียมกันทางสังคม โดยเน้นประเด็นการลดความยากจน และทุกคนในสังคมสามารถเข้าถึงแหล่งน้ำที่ปลอดภัยอย่างเท่าเทียมกัน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการพัฒนาอย่างยั่งยืนภายใต้ความเสี่ยงต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการความเสี่ยงด้านทรัพยากรน้ำเป็นสิ่งที่ต้องทำควบคู่กันไป ยกตัวอย่างเช่น เราควรวางแผนการพัฒนาโดยคำนึงถึงปัจจัยหรือข้อจำกัดด้านน้ำ ในขณะเดียวกันการบริหารจัดการน้ำก็ไม่ควรพิจารณามิติด้านกายภาพหรือมาตรการโครงสร้างเพียงอย่างเดียว แต่ควรคำนึงถึงมิติการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและความเสี่ยงอื่นควบคู่กันไป โดยรวมการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วย เพื่อให้การพัฒนาเกิดความยั่งยืนได้อย่างแท้จริง

8.1 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการจัดการทรัพยากรน้ำ

คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC) ได้เสนอรายงานทางเทคนิคของน้ำและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยกล่าวถึงแรงขับเคลื่อนของการเปลี่ยนแปลงในสองมิติที่จะมีผลต่อทรัพยากรน้ำและการปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคตควบคู่กัน คือ แรงขับเคลื่อนที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ ฝนหรือหิมะหรือไอน้ำ (ที่รุนแรงขึ้นและความผันแปรที่มากขึ้น) หิมะและธารน้ำแข็ง การใช้น้ำของพืช และแรงขับเคลื่อนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น การใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลงไป การทำลายป่า ความต้องการใช้น้ำที่สูงขึ้นจากการพัฒนาเมืองและอุตสาหกรรม การสร้างและการจัดการอ่างเก็บน้ำ น้ำเสียและการบำบัด (United Nations, 2003; IPCC, 2007a) การเพิ่มขึ้นของประชากรในมิติของจำนวนและการกระจายตัว ความต้องการอาหาร นโยบายด้านเศรษฐศาสตร์ (ราคาน้ำ) เทคโนโลยี ลักษณะการดำเนินชีวิต การใช้น้ำของชุมชนเกษตรกรรม พื้นที่ลุ่มน้ำและระบบนิเวศ (Kundzewicz et al, 2007) แรงขับเคลื่อนเหล่านี้ก่อให้เกิดผลกระทบด้านทรัพยากรน้ำดังแสดงในตารางที่ 8.1

ตารางที่ 8.1 ผลการตรวจวัดของผลกระทบด้านทรัพยากรน้ำจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ผลการตรวจวัด	ผลกระทบจากการตรวจวัดและผลกระทบที่เป็นไปได้
การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในชั้นบรรยากาศ	• การลดลงของปริมาณน้ำต้นทุนที่เกิดจากการลดลงของหิมะหรือธารน้ำแข็งซึ่งมาจากการตรวจวัดในหลายเมืองตลอดเทือกเขาอัลเดส (Andes) ในทวีปอเมริกาใต้ (Ames, 1998; Kaser and Osmaston, 2002) • ความเป็นไปได้ในการเพิ่มขึ้นของการสูญเสียของน้ำจากการระเหยในดิน ดินแห้ง การลดลงของน้ำท่าและการเติมน้ำในชั้นน้ำบาดาล
การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิผิวน้ำ	• การลดลงในปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) และความสามารถในการฟื้นตัวของแม่น้ำ (self-purification capacity) • การเพิ่มขึ้นของจำนวนของกลุ่มชีวพืชจำนวนมาก ทั้งที่มองเห็นและไม่เห็นด้วยตาเปล่าอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำมีสีเขียวหรือแดง (algal blooms)
การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล	• การเพิ่มขึ้นของความเค็มในชั้นน้ำบาดาลบริเวณใกล้ชายฝั่ง
รูปแบบของฝนที่เปลี่ยนไป	• การเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนใช้การ (effective rainfall) ที่เปลี่ยนแปลงไปและปรากฏการณ์การเติมน้ำบาดาล (groundwater recharge) ปริมาณการใช้น้ำของพืช
การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนรายปี	• ความยุ่งยากที่มากยิ่งขึ้นในการควบคุมน้ำท่วมและปริมาณน้ำใช้ในช่วงฤดูฝน
การใช้น้ำของพืช (evapotranspiration) ที่สูงขึ้น	• ปริมาณน้ำต้นทุนที่ลดลง • การเพิ่มขึ้นของความเค็มในแหล่งน้ำจืด • ระดับน้ำบาดาลที่ลดลง
เหตุการณ์วิกฤตที่เกิดบ่อยขึ้นและรุนแรงมากขึ้น	• ภัยน้ำท่วมส่งผลต่อคุณภาพน้ำ โครงสร้างทางน้ำ การกัดเซาะที่มากขึ้น • ภัยน้ำแล้งส่งผลต่อปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำ

ที่มา: Kundzewicz et al (2007)

จะเห็นได้ว่าทรัพยากรน้ำซึ่งขึ้นอยู่กับวัฏจักรของน้ำนั้นมีความเกี่ยวพันกับการผันผวนของตัวแปรทางภูมิอากาศมาก และประเด็นสำคัญที่ควรจะต้องพิจารณาคือ ผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตต่อวัฏจักรของน้ำ ซึ่งจะทำให้การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอาจจะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบไปจากปัจจุบัน

เมื่อกล่าวถึงทรัพยากรน้ำ นอกจากเรื่องน้ำผิวดินแล้ว ประเด็นเรื่องทรัพยากรน้ำบาดาลก็เป็นเรื่องที่จะต้องนำมาพิจารณาให้ความสำคัญด้วยเช่นกัน เนื่องจากทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นทรัพยากรพื้นฐานเพื่อใช้ในการอุปโภคบริโภคกว่าครึ่งหนึ่งของโลก (WWAP, 2009) เป็นแหล่งน้ำสำหรับการเกษตรกรรมประมาณร้อยละ 43 (Siebert et al., 2010) และใช้ในการอุตสาหกรรม

และยังสำคัญต่อการไหลเสริม (baseflow) ลำน้ำ ทะเลสาบ พื้นที่ชุ่มน้ำ และระบบนิเวศในหลาย ๆ ประเทศ (Treidel et al., 2012) แต่องค์ความรู้เรื่องกระบวนการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มผลกระทบระยะยาว และแนวทางการปรับตัวก็ยังไม่มีความแน่ชัดเนื่องจากยังมีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงและผลการศึกษาวิจัยรองรับไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อแหล่งน้ำบาดาลจึงเป็นประเด็นสำคัญประเด็นหนึ่งในการศึกษาวิจัยของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรแหล่งน้ำในปัจจุบัน

ประเด็นปัญหาสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการใช้และการจัดการน้ำบาดาลอย่างยั่งยืนในอนาคต คือ การวางแผนการพัฒนาใช้น้ำบาดาลอย่างเหมาะสมภายใต้สภาวะที่สภาพภูมิอากาศมีการแปรปรวนและเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นสภาวะที่กำลังเกิดขึ้นทั่วทุกพื้นที่ของโลก (IPCC, 2014, Bates et al., 2008 และ Treidel et al., 2012) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วจากการกระทำของมนุษย์ที่มีการเปลี่ยนรูปแบบการใช้ที่ดินและการเพิ่มขึ้นอย่างมากของการใช้น้ำบาดาล งานวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลมีการศึกษามากขึ้น ในหลายพื้นที่ทั่วโลก และมีการรวบรวมไว้ในรายงานของสมาคมนักอุทกธรณีวิทยาสากล (International Association of Hydrogeologists, IAH) รวบรวมโดย Treidel et al. (2012) แสดงให้เห็นว่าหลายประเทศมีความตระหนักถึงภัยคุกคามต่อทรัพยากรน้ำบาดาลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกและกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ จึงมีการดำเนินการเพื่อศึกษาและประเมินสมดุลและศักยภาพน้ำบาดาลภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต เช่น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการเพิ่มเติมน้ำบาดาล (groundwater recharge) ในประเทศอูกันดา มาลี แคนาดา สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย และสเปน และมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการใช้ที่ดินต่อน้ำบาดาล เช่น ประเทศในเขตแอฟริกาตะวันตก (พบว่าการตัดไม้ทำลายป่ามีผลทำให้เกิดการเพิ่มเติมน้ำบาดาลมากขึ้นและต้องเพิ่มการใช้น้ำและควบคุมระดับน้ำบาดาลเพื่อป้องกันการเกิดการแทรกตัวของน้ำเค็ม) อิสราเอล เนเธอร์แลนด์ จีน ญี่ปุ่น ฟินแลนด์ นอร์เวย์ ประเทศในกลุ่มยุโรป และมหานครในทวีปเอเชีย รวมถึงกรุงเทพมหานคร และมีการศึกษาส่วนที่มีผลต่อน้ำบาดาลและความเค็มในดินในพื้นที่ลุ่มแม่น้ำเมอร์เรย์ (Murray) ในประเทศออสเตรเลียอีกด้วย แต่เนื่องจากความไม่ชัดเจนในสภาพปัญหาและผลที่คาดว่าจะเกิดในอนาคตต่อทรัพยากรน้ำบาดาลที่ยังมีการศึกษากันไม่กว้างขวางมากนัก (UNESCO HIP, 2008) เพื่อเพิ่มความรู้ความเข้าใจจากผลกระทบของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ องค์การ UNESCO โดยกลุ่ม International Hydrological Programme (IHP) จึงตั้งโครงการ GRAPHIC หรือ Groundwater Resources Assessment under the Pressure of Humanity and Climate Change ขึ้นเพื่อศึกษาสาเหตุ สิ่งที่เกิดขึ้น และคาดว่าจะเกิดขึ้นต่อทรัพยากรน้ำบาดาลทั่วโลกจากการกระทำของมนุษย์และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขึ้นในปี ค.ศ.2004 (พ.ศ.2547)

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change หรือ UNFCCC) ได้เสนอแนะการวิเคราะห์หาความเปราะบางและการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในมิติด้านน้ำ โดยในการวิเคราะห์ดังกล่าวได้มีการสรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อวัฏจักรของน้ำโดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 8.2 สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อวัฏจักรของน้ำ

ตัวแปร	ประเด็นหลักและผลกระทบ
การระเหย และฝน (evaporation – precipitation)	● เปลี่ยนแปลงโดยการระเหยที่มากกว่าฝนตก (น้ำท่าและน้ำที่เติมน้ำบาดาลลดลง) ในตอนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ อเมริกากลาง ตอนเหนือของอเมริกาใต้ ตอนใต้ของชายฝั่งชิลี ตอนใต้ของทวีปแอฟริกา ยุโรปตะวันตก เมดิเตอเรเนียน ตอนใต้ของเอเชียกลาง ● เปลี่ยนแปลงโดยมีฝนตกมากกว่าการระเหย (น้ำท่าและน้ำที่เติมน้ำบาดาลมากขึ้น) ในพื้นที่ที่มีละติจูดสูง ตะวันออกของอเมริกาเหนือ ส่วนตะวันตกเฉียงเหนือของอเมริกาใต้ แอฟริกาตอนกลาง อินเดียและเอเชียตะวันออก
น้ำบาดาล	● น้ำผิวดินที่เปลี่ยนไปจะส่งผลมากต่อการเติมน้ำในชั้นน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน (unconfined Aquifer) ● การใช้น้ำที่มากขึ้นจากประชากรที่มากขึ้นและการลดลงของน้ำผิวดินที่ใช้ได้ส่งผลให้เกิดการลดลงของระดับน้ำใต้ดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ฝนตกน้อย
น้ำในลำน้ำ	● มีการเปลี่ยนแปลงในปริมาณน้ำท่าที่สูงขึ้นโดยเฉพาะในแม่น้ำในละติจูดสูง

ตัวแปร	ประเด็นหลักและผลกระทบ
	• การเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาที่กำหนดจะทำให้เกิดปัญหา ทั้งด้านน้ำท่วมที่มากขึ้นและการขาดแคลนน้ำจากภาวะแล้งที่นานขึ้น การลดลงในกรณีที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณฝนไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก
พื้นที่ชายฝั่งทะเล	• การเพิ่มขึ้นของปัญหาน้ำท่วมในพื้นที่ที่ใกล้กับพื้นที่ชายฝั่งทะเลทำให้เกิดการรุกล้ำของน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำและชั้นน้ำบาดาล • การเปลี่ยนแปลงของเวลาและปริมาณของน้ำจืดที่มีผลต่อการผลักดันน้ำเค็ม ตะกอน และปริมาณธาตุอาหาร • การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำซึ่งเกิดจากการสูงขึ้นของระดับน้ำทะเลและการระบายน้ำ • ผลกระทบต่อระบบนิเวศ สัตว์ พืช และคนที่อยู่ในพื้นที่ดังกล่าว
คุณภาพน้ำ	• อุณหภูมิที่สูงขึ้นส่งผลให้เกิดคุณภาพน้ำที่แย่ลง • ปัญหาน้ำท่วมและแล้งทำให้เกิดคุณภาพน้ำที่แย่ลงจากการปนเปื้อนของตะกอน สารอาหารที่ละลายในน้ำ สารเคมี และเกลือ • การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเลทำให้เกิดการขยายตัวของรุกล้ำของน้ำเค็มในบริเวณปากแม่น้ำและชั้นน้ำบาดาล
อุปสงค์ อุปทานของน้ำ	• การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะทำให้การบริหารจัดการน้ำยุ่งยากมากขึ้น โดยเฉพาะอุปสงค์ อุปทานของน้ำ และธรรมาภิบาลด้านน้ำ

ที่มา: IPCC (2013)

สำหรับประเทศไทย ข้อมูลศักยภาพทรัพยากรน้ำในประเทศจากอดีตถึงปัจจุบันชี้ให้เห็นว่าถึงแม้ประเทศไทยจะมีปริมาณน้ำผิวดินและปริมาณน้ำท่าต่อคนที่ค่อนข้างสูง แต่ปริมาณน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพจริงๆมีอยู่เพียงร้อยละ 28 เท่านั้น ซึ่งมาจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ซึ่งกักเก็บน้ำไว้ใช้ได้ ความแปรปรวนของสภาพอากาศในอดีตถึงปัจจุบันทำให้การบริหารจัดการน้ำมีความยุ่งยากมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีปีแล้งหรือปีน้ำน้อย เนื่องจากปริมาณฝนที่ลดลงในปีนั้นๆ ส่งผลให้ปริมาณน้ำในอ่างลดลงเนื่องจากปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่ลดลง แต่การระเหยที่เพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิที่สูง ขณะที่ความต้องการใช้น้ำยังคงที่หรือสูงขึ้นในช่วงเวลาดังกล่าว

ตารางที่ 8.3 ศักยภาพทรัพยากรน้ำในประเทศไทย

ตัวแปร	รายละเอียด
ปริมาณน้ำฝน	• ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1,455 มิลลิเมตร • ความผันแปรตามพื้นที่ระหว่าง 900-4,000 มิลลิเมตรต่อปี
ปริมาณน้ำผิวดิน	• ปริมาณน้ำบนผิวดินที่เกิดจากฝน โดยหักการซึมลงใต้ดิน และการระเหยแล้ว มีปริมาณรวมทั่วประเทศ 285,227 ล้านลูกบาศก์เมตร
ปริมาณแหล่งน้ำต้นทุนที่ควบคุมได้	• ปริมาณน้ำท่าธรรมชาติเฉลี่ยของประเทศไทยมีจำนวน 3,496 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อคนต่อปี • มีการพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำรวมความจุ 79,890 ล้านลูกบาศก์เมตร คิดเป็นร้อยละ 28 ของปริมาณน้ำท่าธรรมชาติ • แหล่งเก็บกักน้ำขนาดใหญ่ 73,480 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร ขนาดกลาง 4,200 ล้านลูกบาศก์เมตร และขนาดเล็ก 2,210 ล้านลูกบาศก์เมตร • มีปริมาณน้ำที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ปีละประมาณ 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งปริมาณน้ำส่วนนี้มากกว่าร้อยละ 90 มาจากอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณ์

ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558)

ตารางที่ 8.4 ความต้องการใช้น้ำในประเทศไทย

การใช้น้ำ	รายละเอียด
ภาคเกษตร	● มากกว่าร้อยละ 75 ของปริมาณการใช้น้ำทั้งหมด แบ่งเป็น ○ พื้นที่เกษตรในเขตชลประทานเป็นการใช้น้ำจากอ่างเก็บน้ำผ่านระบบชลประทาน ซึ่งมีการเพาะปลูกพืชฤดูแล้ง จึงมีการใช้น้ำเป็นปริมาณมาก โดยเฉพาะในพื้นที่โครงการเจ้าพระยาใหญ่ ซึ่งพบว่า ในเขตชลประทานทั่วประเทศทั้งสิ้น 30.22 ล้านไร่ ได้จัดสรรน้ำให้รวมทั้งปีเฉลี่ย 65,000 ล้านลูกบาศก์เมตร ○ พื้นที่นอกเขตชลประทานมีทั้งสิ้น 120 ล้านไร่ เป็นการใช้น้ำฝนโดยตรงเป็นส่วนใหญ่ และบางส่วนจากการสูบน้ำบาดาลและน้ำท่าบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง การขาดแคลนน้ำขึ้นกับปริมาณน้ำฝน และการกระจายของฝนในแต่ละปีรวมทั้งสภาพภูมิประเทศ ชนิดพืชและช่วงเวลาที่ปลูก จึงต้องการปริมาณน้ำเพื่อป้องกันผลผลิตเสียหายในช่วงฝนทิ้งช่วงอีกประมาณปีละ 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตร (คิดเฉพาะการปลูกฤดูฝนเท่านั้น)
อุปโภคบริโภค และการท่องเที่ยว	● ปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2557; ค.ศ.2014) มีความต้องน้ำอุปโภคบริโภค 6,490 ล้านลูกบาศก์เมตร ● ในอนาคต (ปี พ.ศ.2570; ค.ศ.2027) คาดการณ์ความต้องการน้ำจำนวน 8,260 ล้านลูกบาศก์เมตร เนื่องจากการขยายตัวภาคบริการของประเทศมีการขยายตัวค่อนข้างมาก เป็นการขยายตัวด้านการท่องเที่ยว และภาคการค้าในระดับท้องถิ่นและในระดับภูมิภาค
อุตสาหกรรม	● ปัจจุบัน (ปี พ.ศ.2557; ค.ศ.2014) ภาคอุตสาหกรรมมีความต้องการ 4,206 ล้านลูกบาศก์เมตร ● คาดการณ์ความต้องการน้ำในอนาคต (ปี พ.ศ.2570; ค.ศ.2027) จำนวน 7,515 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยพื้นที่หลักที่มีโรงงานและกลุ่มอุตสาหกรรมคือ กรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง และพื้นที่ในภาคตะวันออกซึ่งเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมหลักของประเทศ สำหรับในภาคอื่น ๆ อุตสาหกรรมส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องจากภาคเกษตรและการผลิตเพื่อใช้ในท้องถิ่น
รักษาระบบนิเวศ	● ปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการรักษาระบบนิเวศในฤดูแล้งรวมทั้งประเทศปีละมากกว่า 27,090 ล้านลูกบาศก์เมตร
สรุป	● ความต้องการน้ำรวมทั้งประเทศ (ปี พ.ศ.2557; ค.ศ.2014) ประมาณ 151,750 ล้านลูกบาศก์เมตร ● สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ แหล่งเก็บกักน้ำ อาคารพัฒนาแหล่งน้ำ แหล่งน้ำ / ลำน้ำธรรมชาติ และน้ำบาดาล เป็นต้น จำนวน 102,140 ล้านลูกบาศก์เมตร ● ที่เหลือยังไม่สามารถจัดสรรน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทาน และน้ำอุปโภคบางส่วนอีกประมาณ 49,610 ล้านลูกบาศก์เมตร

ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558)

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ภายใต้ความผันผวนของสภาพภูมิอากาศในอดีต (ปีน้ำน้อย ปีน้ำปกติ และปีน้ำมาก) ความต้องการใช้น้ำในบางช่วงเวลายังมีความเปราะบางเนื่องจากผู้ใช้น้ำในบางภาคส่วนยังขาดแคลนน้ำในบางช่วงเวลา ทั้งนี้ภายใต้ปัจจัยของความต้องการใช้น้ำ และการบริหารจัดการน้ำต้นทุนในอดีตจนถึงปัจจุบัน ประเทศไทยยังคงประสบปัญหาทรัพยากรน้ำ ประกอบด้วยการขาดแคลนน้ำ น้ำท่วม น้ำเสีย และน้ำเค็ม เกิดขึ้นเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนที่ไม่เพียงพอหรือมากเกินไป การบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำและแหล่งน้ำสาธารณะ การเพิ่มขึ้นของประชากรและขยายตัวของชุมชนเมือง การพัฒนาพื้นที่เศรษฐกิจการขยายตัวด้านอุตสาหกรรม การท่องเที่ยวพิเศษ การปลูกพืชที่ไม่เหมาะสมกับสภาพดินและน้ำ การสร้างสิ่งกีดขวางทางน้ำ การปล่อยมลพิษลงสู่แม่น้ำลำคลอง การขาดแหล่งเก็บกักน้ำต้นทุนที่เพียงพอ และการบริหารจัดการที่ไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอ ซึ่งจะแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่ในแต่ละลุ่มน้ำ เป็นต้น โดยอาจสรุปรายปัญหาได้ดังนี้

ตารางที่ 8.5 สรุปสภาพปัญหาทรัพยากรน้ำ

ปัญหา	รายละเอียด
ปัญหาการขาดแคลนน้ำ	• ในรอบ 40 ปีที่ผ่านมา ภัยแล้งในปี พ.ศ.2510, 2511, 2515, 2520, 2522, 2529, 2530, 2533, 2537, 2542, 2545 และ พ.ศ.2548 • ภัยแล้งครั้งรุนแรงที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ.2522, 2537 และ พ.ศ.2542 เกิดเป็นบริเวณกว้างในเกือบทุกภาคของประเทศ • ช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (ปี พ.ศ.2548-2556) มีพื้นที่แล้งซ้ำซากเพิ่มมากขึ้น อันมีสาเหตุมาจากฝนตกน้อยกว่าปกติหรือฝนตกไม่เป็นไปตามฤดูกาล ซึ่งพื้นที่เสี่ยงภัยแล้งในระดับต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพดิน ปริมาณฝน ด้วย โดยพื้นที่เสี่ยงภัยในระดับรุนแรง (เกิดมากกว่า 6 ครั้งต่อ 10 ปี) และระดับปานกลาง (เกิด 4-5 ครั้งต่อ10 ปี) มีพื้นที่รวมประมาณ 26.8 ล้านไร่ • สำหรับปัญหาการขาดแคลนน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค พบว่าหมู่บ้านทั้งประเทศไทย (ปี พ.ศ.2556) จำนวน 70,372 หมู่บ้าน มีปัญหาหมู่บ้านที่ไม่มีระบบประปา ทั้งสิ้น 7,490 หมู่บ้าน • ในปี 2548 มีความเสียหายจากการขาดแคลนน้ำประมาณ 7,565 ล้านบาท กระทบประชากรประมาณ 11 ล้านคน
ปัญหาน้ำท่วม	• ในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา มีปัญหาน้ำท่วมเกือบทุกจังหวัดของประเทศถึง 13 ครั้ง ในปีต่าง ๆ ดังนี้ ปี พ.ศ.2515, 2518, 2521, 2523, 2526, 2532, 2538, 2544, 2545, 2548, 2549, 2553 และ พ.ศ.2554 • อุทกภัยในลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่มีความรุนแรงถึง 8 ครั้ง คือ ปี พ.ศ.2518, 2526, 2538, 2545, 2548, 2549, 2553 และ พ.ศ.2554 ตามลำดับ • ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชีวิต ทรัพย์สิน และเศรษฐกิจของประเทศมากมายมหาศาลดังเช่นปี พ.ศ.2554 มีความเสียหายทางเศรษฐกิจเป็นมูลค่า 1.44 ล้านล้านบาท กระทบประชากรประมาณ 12.8 ล้านคน เสียชีวิต 813 คน • พื้นที่น้ำท่วมขัง ซ้ำซากของทั้งประเทศ ระดับปานกลาง คือ 4-5 ครั้งในรอบ 9 ปี และระดับสูง คือ มากกว่า 5 ครั้งในรอบ 9 ปี รวมทั้งสิ้น 10 ล้านไร่ • พื้นที่เสี่ยงต่อดินโคลนถล่ม รวมทั้งสิ้นกว่า 6,042 หมู่บ้าน มีสาเหตุจากฝนที่ตกหนักในพื้นที่ลุ่มน้ำและจากสภาพทางกายภาพของลุ่มน้ำที่เป็นภูเขาสูงชัน และพื้นที่ป่าต้นน้ำตอนบนถูกทำลาย
ปัญหาคุณภาพน้ำผิวดิน	• ประเทศไทย มีคุณภาพน้ำอยู่ในเกณฑ์ดี ร้อยละ 29 พอใช้ ร้อยละ 49 และเสื่อมโทรม ร้อยละ 22 ของแหล่งน้ำหลักทั่วประเทศ (จำนวน 52 แหล่งน้ำ) • ในช่วง 10 ปีย้อนหลัง (ปี พ.ศ.2548-2557) พบว่า แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์ดีมีแนวโน้มลดลง ขณะที่แหล่งน้ำที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้และเสื่อมโทรมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สาเหตุสำคัญของปัญหาคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมาจากการระบายน้ำเสียจากชุมชน การชะหน้าดินที่มีปุ๋ยตกค้างจากการเกษตร และการปศุสัตว์ • ในส่วนของปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม เกิดขึ้นในตอนล่างของแม่น้ำเจ้าพระยา ท่าจีน บางปะกง และแม่กลอง ทำให้เกิดผลกระทบต่อการเพาะปลูกพืช การประปา การประมง การอุตสาหกรรม ตลอดจนการอุปโภค-บริโภคของราษฎรที่อยู่ริมฝั่งแม่น้ำ การจัดสรรน้ำเพื่อผลักดันน้ำเค็ม เป็นการจัดสรรน้ำจากแหล่งเก็บน้ำในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำ เช่น จากเขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิติ์ เขื่อนป่าสัก เขื่อนขุนด่านประการชล รวมถึง เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนวชิราลงกรณในฤดูแล้งปีละมากกว่า 2,800 ล้านลูกบาศก์เมตร เพื่อควบคุมความเค็มของน้ำ ณ จุดควบคุม ไม่ให้เกินมาตรฐานของการเกษตรและการประปา

ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558)

นอกจากนั้น ประเด็นน้ำผิวดินซึ่งเป็นทรัพยากรน้ำหลักแล้ว ในบริบทของประเทศไทยน้ำบาดาลมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ๆ ยังไม่มีการพัฒนาระบบชลประทานและอุตสาหกรรมบางประเภทที่จำเป็นต้องใช้น้ำบาดาล หลายพื้นที่จึงมีการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้จำนวนมากและมีแนวโน้มที่จะมากขึ้นเรื่อยๆ จากการพัฒนาใช้น้ำบาดาลทั้งจากหน่วยงานของรัฐเอง เช่น การพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อสนับสนุนน้ำดื่มโรงเรียน การพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร โดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาลและกรมชลประทาน การพัฒนาน้ำบาดาลเพื่อระบบประปาหมู่บ้าน โดยองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กรมทรัพยากรน้ำ และกรมทรัพยากรน้ำบาดาล โดยใช้งบประมาณของรัฐในการดำเนินงาน ส่วนการพัฒนาโดยเอกชนก็เป็นการใช้น้ำในครัวเรือน การพัฒนาน้ำดื่มเพื่อการพานิชย์ และการอุตสาหกรรม ท่องเที่ยว และเกษตรกรรม ซึ่งเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วตามการขยายตัวของประชากร และระบบเศรษฐกิจ ประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญอีกประเด็นหนึ่ง คือ ความแปรปรวนของสภาพอากาศที่ทำให้เกิดการขาดแคลนแหล่งน้ำผิวดิน จึงทำให้ประชาชนและเอกชนที่ต้องการลงทุนต้องการมีความมั่นคงด้านน้ำมากขึ้น จึงหันมาเลือกที่จะลงทุนในการพัฒนาใช้น้ำบาดาลมากขึ้น

ในประเทศไทยมีการนำน้ำบาดาลมาใช้ในหลายๆ ด้าน เช่น การอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม โดยเฉพาะระบบประปาหมู่บ้านและอุตสาหกรรมน้ำดื่ม และอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำบาดาล เนื่องจากมีคุณภาพดีและมีความแปรปรวนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพน้อย ธุรกิจเครื่องดื่มบรรจุขวด น้ำดื่ม รวมถึงเครื่องดื่มต่างๆ ก็ใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลเป็นหลัก การศึกษาสถานการณ์น้ำบาดาลของประเทศไทย (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2558) อาจกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

- การใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค

  การประเมินปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคทั้งหมด พบว่าในปัจจุบันมีปริมาณการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภครวมทั้งสิ้น 3,111 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณการใช้น้ำดังกล่าวเมื่อพิจารณาตามลักษณะการใช้น้ำ พบว่าเป็นการใช้น้ำในระบบประปาเทศบาลและประปาหมู่บ้านสูงที่สุดถึง 1,451 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 47 ของปริมาณการใช้น้ำบาดาลทั้งหมด รองลงมาในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน คือ การใช้น้ำจากระบบประปาภูมิภาคและประปานครหลวง 1,375 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 44 ของปริมาณการใช้น้ำบาดาลทั้งหมด และในส่วนที่เหลือจะเป็นการใช้น้ำจากบ่อน้ำบาดาลเอกชน และบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นอีกร้อยละ 5 และร้อยละ 4 ตามลำดับ

  แหล่งน้ำต้นทุนที่นำมาใช้ พบว่า ในส่วนของระบบประปาภูมิภาคและประปานครหลวงซึ่งเป็นระบบประปาขนาดใหญ่นั้น เกือบทั้งหมดจะเป็นการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน โดยมีสัดส่วนที่นำมาใช้ถึงประมาณร้อยละ 98 และมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลเพียงประมาณร้อยละ 2 เท่านั้น ส่วนระบบของประปาเทศบาลและประปาหมู่บ้าน พบว่าในภาพรวมทั้งประเทศแล้วส่วนใหญ่จะเป็นการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลประมาณร้อยละ 62 และมีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินประมาณร้อยละ 38 และเมื่อพิจารณาในภาพรวมของการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคทั้งหมดพบว่าเป็นการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินประมาณร้อยละ 61 และเป็นการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลร้อยละ 39 หรือคิดเป็นปริมาณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลเท่ากับ 1,213 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ซึ่งในจำนวนนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้น้ำบาดาลรายพื้นที่ พบว่าในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคสูงสุดถึงประมาณร้อยละ 25 รองลงมาคือ พื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคใต้ มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภคร้อยละ 22 เท่ากัน ส่วนพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่างมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลร้อยละ 17 และร้อยละ 14 ตามลำดับ

- การใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรม

  ในส่วนของผลการประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรม ซึ่งใช้ข้อมูลจากการประปาส่วนภูมิภาค/การประปานครหลวง และข้อมูลจากบ่อน้ำบาดาลเอกชนในการประเมิน พบว่าในปัจจุบันมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรมรวมทั้งสิ้น 702 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณการใช้น้ำบาดาลดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นการใช้น้ำจากบ่อน้ำบาดาลเอกชนเป็นหลัก ซึ่งปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรมทั้งหมดนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้น้ำบาดาลรายพื้นที่ พบว่าในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการอุตสาหกรรมสูงสุดถึงประมาณร้อยละ 62 รองลงมา คือ พื้นที่ภาคตะวันตกและภาคใต้ ที่มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการ

อุตสาหกรรมเท่ากับร้อยละ 23 ส่วนพื้นที่ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลร้อยละ 8 ร้อยละ 4 และร้อยละ 3 ตามลำดับ

- การใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม

  การประเมินปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม ซึ่งใช้ข้อมูลจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ร่วมกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนและการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ต่างๆ รวมถึงผลจากการสำรวจสถานภาพบ่อน้ำบาดาล และข้อมูลจากบ่อน้ำบาดาลเอกชน มาประกอบการประเมินการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรม พบว่าในปัจจุบันมีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมรวมทั้งสิ้น 1,530 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โดยปริมาณการใช้น้ำบาดาลดังกล่าวส่วนใหญ่เป็นการใช้น้ำจากบ่อน้ำตื้น ซึ่งปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมทั้งหมดนี้เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการใช้น้ำบาดาลรายพื้นที่ พบว่าในพื้นที่ภาคเหนือ พื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออก และพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลเพื่อการเกษตรกรรมสูงใกล้เคียงกัน คือ ประมาณร้อยละ 25 ร้อยละ 25 และร้อยละ 24 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง และพื้นที่ภาคตะวันตกและภาคใต้ มีปริมาณการใช้น้ำบาดาลประมาณร้อยละ 16 และร้อยละ 10 ตามลำดับ

การจัดการน้ำบาดาลของประเทศไทย ในภาพรวมบริหารจัดการโดยกรมทรัพยากรน้ำบาดาล กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่สำรวจและประเมินศักยภาพ พัฒนาน้ำบาดาล อนุรักษ์และฟื้นฟู การติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล และควบคุมการประกอบกิจการน้ำบาดาล หากพิจารณาในด้านโครงสร้างและบทบาทหน้าที่แล้ว การจัดการน้ำบาดาลของไทยถือว่ามีความครอบคลุมในเชิงวิชาการและเชิงพื้นที่เป็นอย่างดี แต่ในทางปฏิบัติหน่วยงานที่การดำเนินการในระดับท้องถิ่นยังขาดบุคลากรและองค์ความรู้ในการจัดการน้ำบาดาล จึงจำเป็นต้องพัฒนาศักยภาพในด้านนี้ต่อไป โดยการจัดการน้ำบาดาลส่วนที่สำคัญในปัจจุบัน คือ การติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล และการควบคุมการประกอบกิจการน้ำบาดาล อย่างไรก็ดี เนื่องจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในระยะที่ผ่านมาและพลวัตของเศรษฐกิจและสังคมทำให้มีการใช้น้ำบาดาลมากขึ้นอย่างมาก แต่มีปริมาณการเพิ่มเติมน้ำบาดาลสู่ชั้นน้ำบาดาลน้อยลงไป สำหรับการสร้างระบบเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ดำเนินการก่อสร้างแล้ว 654 สถานี จำนวน 1,334 บ่อ แต่ข้อมูลที่ได้ยังไม่เพียงพอ ไม่ครอบคลุมทุกชั้นน้ำบาดาล และทุกแอ่งน้ำบาดาล ปัจจุบันนี้จึงมีการออกแบบระบบสังเกตการณ์ในแอ่งน้ำบาดาลให้ครบทั้ง 27 แอ่งทั่วประเทศ จำนวนทั้งสิ้น 2,628 บ่อ และอยู่ระหว่างการดำเนินการติดตั้งระบบ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2558)

ความแปรปรวนของสภาพอากาศในปัจจุบันและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต มีผลต่อปริมาณและคุณภาพของน้ำบาดาลทั้งทางตรงและทางอ้อม คือ กรณีที่เกิดขึ้นในทางตรง เช่น การเปลี่ยนแปลงปริมาณและการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน เช่น ปริมาณน้ำฝนในบางพื้นที่ ๆ มีปริมาณลดลงจนทำให้ปริมาณการเพิ่มเติมน้ำบาดาล (groundwater recharge) ลดลง ส่งผลให้เกิดการลดลงของปริมาณการเก็บกักน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำ (aquifer) และทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงด้วย เช่น กรณีที่เกิดขึ้นในประเทศออสเตรเลีย (Ali et al, 2012) และส่งผลต่อระบบนิเวศที่ต้องอาศัยน้ำเข้าสู่ระบบที่มาจากน้ำบาดาล เช่น แม่น้ำที่รับน้ำจากน้ำบาดาลในฤดูแล้งและพื้นที่ชุ่มน้ำหรือแหล่งน้ำต่าง ๆ ในธรรมชาติ เช่น กุด แก่ง พรุ หนอง บึง เป็นต้น และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศยังก่อให้เกิดผลทางอ้อมด้วยเนื่องจากปริมาณฝนที่ลดลงและอุณหภูมิที่สูงขึ้น ทำให้น้ำต้นทุนของแหล่งน้ำผิวดินลดลง ขณะที่ความต้องการใช้น้ำโดยรวมมีมากขึ้น ประชาชนจึงนำน้ำบาดาลมาใช้มากขึ้น ทำให้เกิดการลดลงของระดับน้ำบาดาลจากผลการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งทางตรงและทางอ้อม การลดลงของระดับและแรงดันน้ำบาดาลทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำบาดาล โดยเฉพาะในพื้นที่ที่เชื่อมต่อกับชายฝั่งทะเลที่จะเกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มเข้ามาในชั้นน้ำบาดาล และในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในพื้นที่ๆ มีการใช้น้ำบาดาลมากเกินไปก็ทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำบาดาลเค็มในระดับลึกเข้ามาในโซนน้ำบาดาลจืดที่อยู่ตื้นกว่าได้เช่นกัน (Nettusana et al., 2012) เนื่องจากพื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเกลือหินรองรับอยู่ ทำให้น้ำบาดาลในพื้นที่นี้มีลักษณะเฉพาะคือ มีความเค็มอยู่ในระดับต่างๆ กัน และยังเกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของพื้นที่ดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนืออีกด้วย เนื่องจากมีรายงานที่แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศทั้งการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (Chinvanno et al., 2009) ที่มีผลต่อระบบอุทกธรณีวิทยา จึงมีผลต่อปริมาณการเพิ่มเติมน้ำบาดาล สมดุลน้ำบาดาล และศักยภาพน้ำบาดาล การกระจายความเค็มในน้ำบาดาล และการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ดินเค็มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในอนาคต (Saraphirom, 2013b)

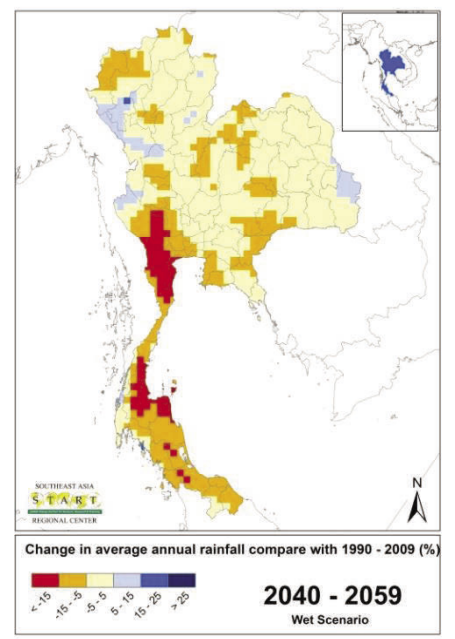
จึงเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงถึงในการวางแผนการบริหารจัดการและการพัฒนาน้ำบาดาลมาใช้ในอนาคต เพื่อให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำบาดาล และยังช่วยให้สามารถลดความเสี่ยงของการขยายตัวของพื้นที่น้ำขัง-ดินเค็ม ในอนาคตได้อีกด้วย

ประเด็นปัญหาสำคัญอีกด้านที่พบ คือ สภาวะการแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงของฝน การเกิดฝนทิ้งช่วงและการลดลงของปริมาณฝนในเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย ทำให้ประชาชนทั้งในเขตพื้นที่ชลประทานและนอกเขตชลประทานหันมาขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลขึ้นมาเพื่อใช้ในการทำนาข้าวและปลูกพืชไร่มากขึ้น จากที่มีการใช้กันอย่างมากอยู่แล้วในพื้นที่นอกเขตชลประทาน จนส่งผลต่อระดับน้ำบาดาลและทำให้เกิดปัญหาต่อเครื่องสูบน้ำบาดาล ทำให้เกษตรกรต้องมีการทรุดบ่อน้ำบาดาลเพื่อติดตั้งเครื่องสูบน้ำในระดับที่ลึกจากผิวดินลงไปมากขึ้น ทำให้หลายหน่วยงานต้องหามาตรการเพื่อจัดการและศึกษาวิจัยการจัดการการเติมน้ำบาดาล (Managed Aquifer Recharge, MAR) เพื่อแก้ปัญหาที่กำลังเกิดขึ้น เนื่องจากการเพิ่มเติมน้ำตามธรรมชาติไม่สมดุลกับปริมาณที่มีการนำมาใช้งานด้านต่างๆ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2553) และการบริหารจัดการน้ำที่เน้นการป้องกันน้ำท่วมในบางช่วงและการเร่งระบายน้ำออกสู่ทะเลก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้กระบวนการเพิ่มเติมน้ำบาดาลในธรรมชาติเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ และปัญหานี้จะทวีความรุนแรงมากขึ้นอย่างแน่นอน เนื่องจากกระบวนการเติมน้ำบาดาลตามธรรมชาติมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากอัตราการเพิ่มเติมน้ำบาดาลจึงลดลง ขณะที่มีการใช้น้ำบาดาลมากขึ้นจนในบางพื้นที่เกิดการแห้งของน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำชั้นแรก (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2553) และการจัดการการเติมน้ำบาดาลก็เป็นกิจกรรมที่ดำเนินการในทางปฏิบัติในพื้นที่จริงได้ยากและมีขั้นตอนกระบวนการทำงานที่ต้องใช้ความร่วมมือจากหลายฝ่าย หน่วยงานของรัฐหลายๆ หน่วยงานและประชาชน และภาคเอกชนเองยังไม่เห็นความสำคัญของปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้มากเพียงพอ

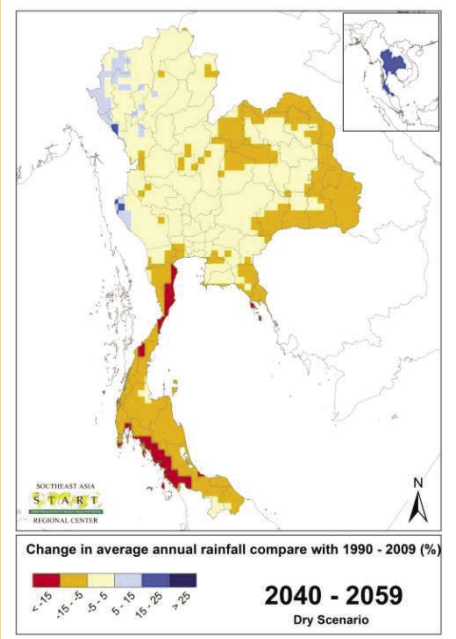
ปัจจุบันมีการศึกษาวิจัยสร้างฐานข้อมูลด้านน้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการที่เหมาะสม และมีการศึกษาวิจัยหลายๆ ด้านทั้งด้านปริมาณน้ำต้นทุนและความต้องการใช้น้ำบาดาล แต่ยังไม่พบการศึกษาวิจัยด้านผลกระทบจากการแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำบาดาล และแนวทางการจัดการหรือการปรับตัวในอนาคต

การศึกษาด้านการจำลองสถานการณ์การคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคตที่ได้มีการศึกษาในประเทศไทยได้บ่งชี้ว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและเกิดความผันผวนในเชิงปีน้ำมากและปีน้ำน้อยมากขึ้นในอนาคต ดังตัวอย่างการคาดการณ์ภูมิอากาศดังที่แสดงในรูปที่ 8.1-8.7 เป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนตลอดจนการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝนทั้งในแง่ของพื้นที่และห้วงเวลานั้นเป็นความท้าทายของการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยดังที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน โดยการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่างๆ และความผันผวนในห้วงเวลาปีต่อปีจะส่งผลให้การจัดการทรัพยากรน้ำจำเป็นที่จะต้องมีการปรับตัวให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในอนาคตมากขึ้น

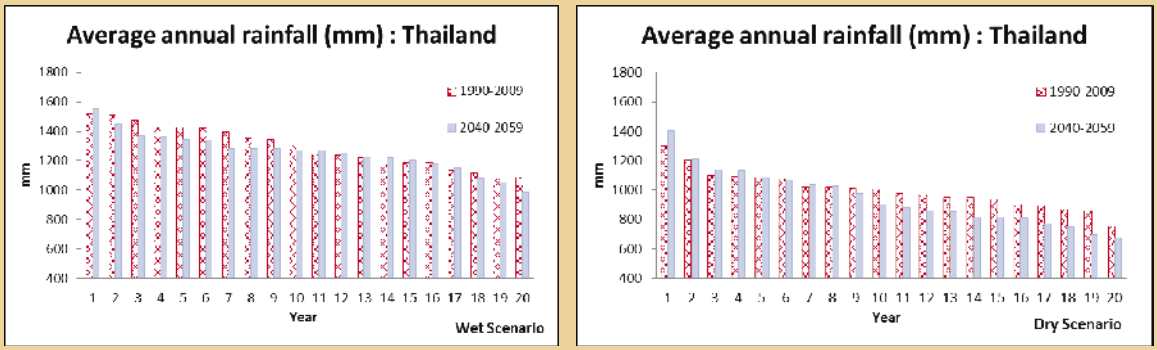
การคาดการณ์ภูมิอากาศในเชิงที่มีฝนมาก
(Wet scenario)



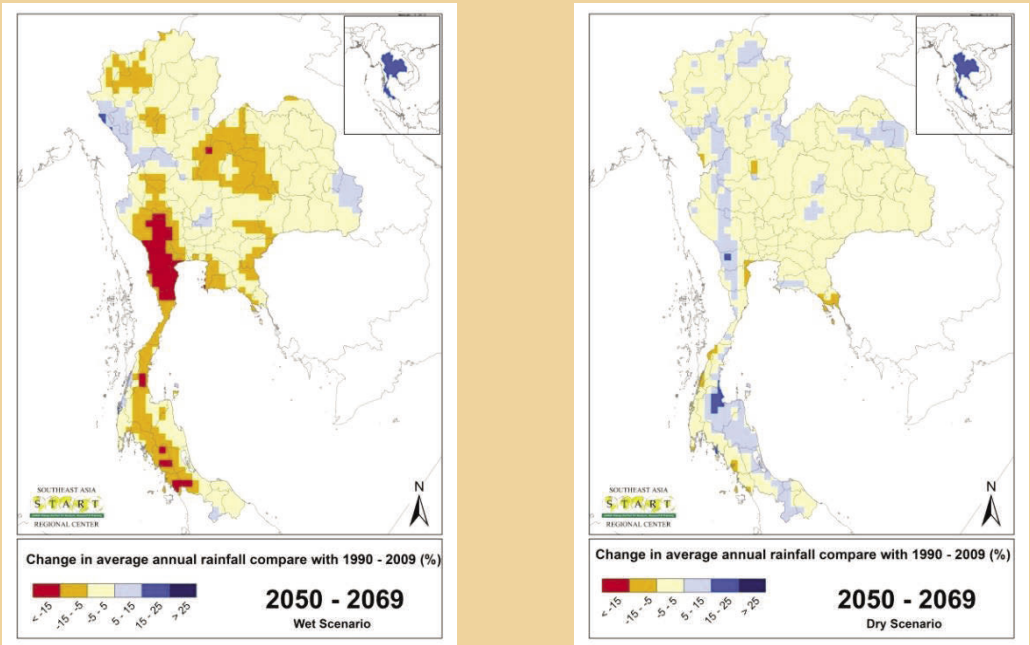
การคาดการณ์ภูมิอากาศในเชิงที่มีฝนน้อย
(Dry scenario)



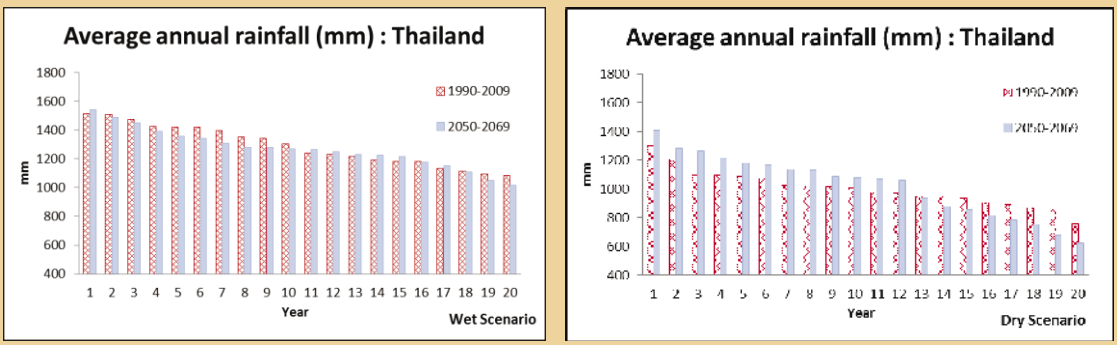
รูปที่ 8.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2040 – 2059) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)



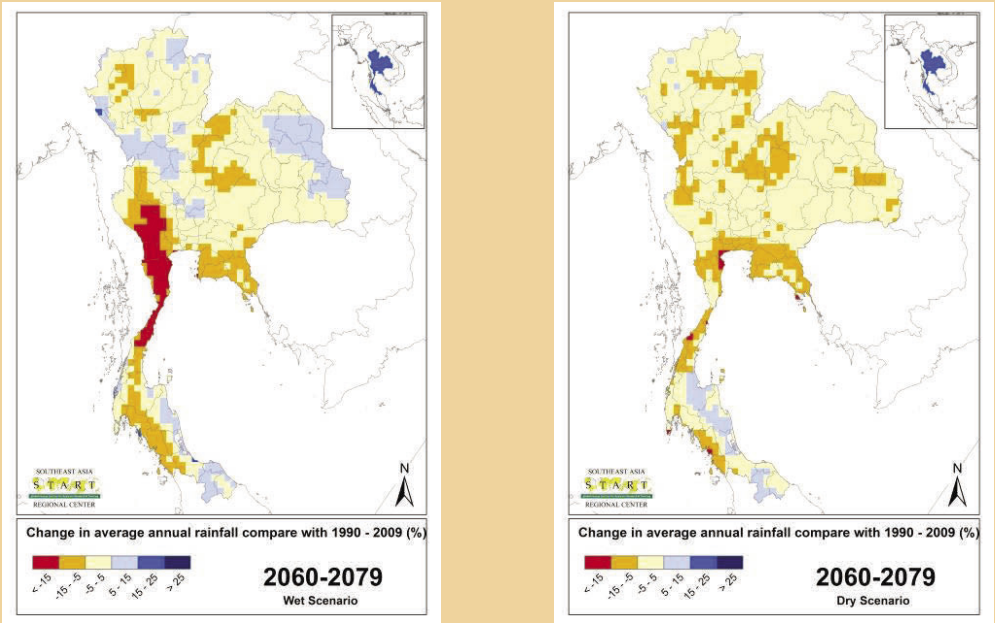
รูปที่ 8.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอย 20 ปี (ค.ศ.2040 – 2059) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)



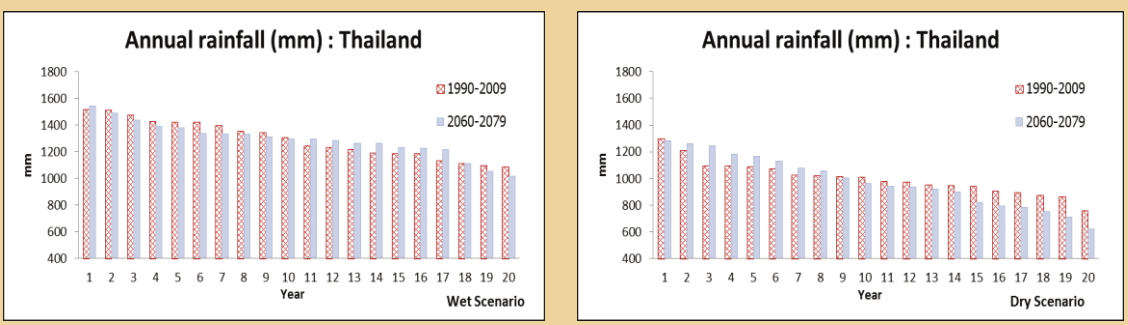
รูปที่ 8.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2050 – 2069) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)



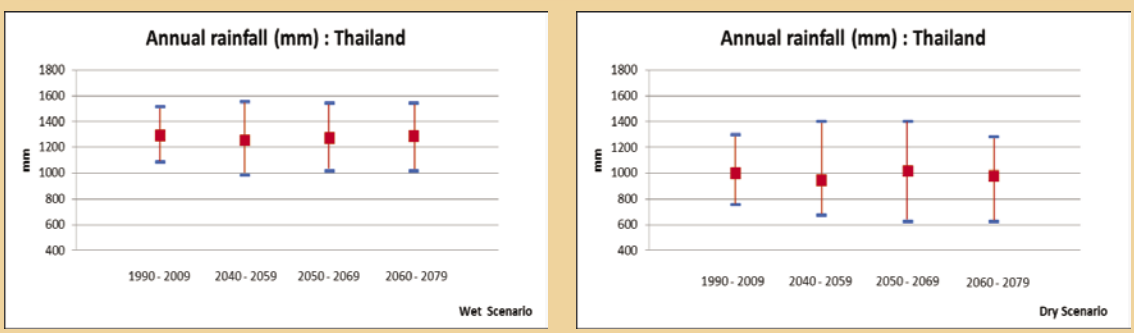
รูปที่ 8.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอบ 20 ปี (ค.ศ.2050-2069) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)



รูปที่ 8.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปี (%) เฉลี่ยในรอบ 20 ปี ในอนาคต (ค.ศ.2060 – 2079) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990 – 2009)



รูปที่ 8.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเมื่อเทียบปีที่มีฝนมากที่สุดไปถึงปีที่ฝนน้อยที่สุดในรอบ 20 ปี (ค.ศ.2060-2079) เมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)



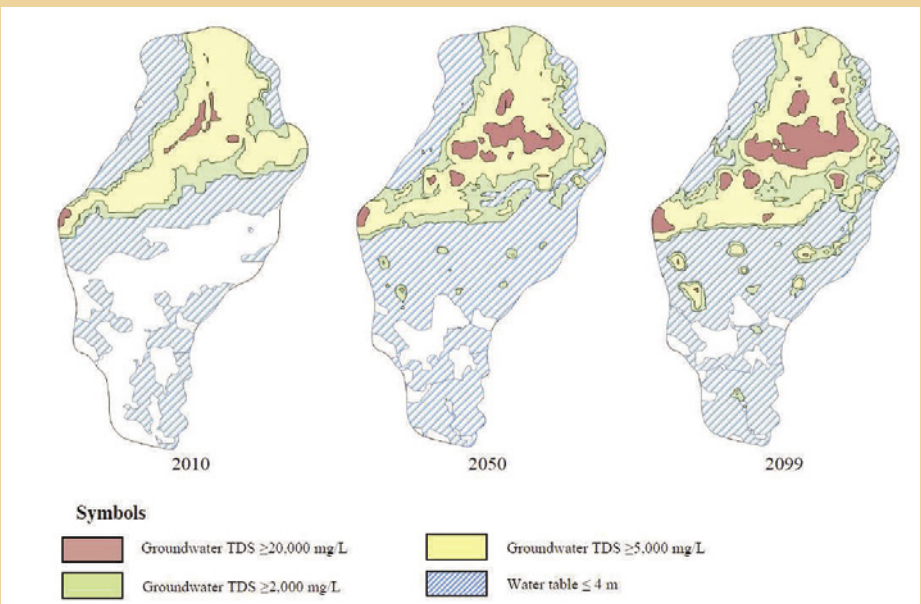
รูปที่ 8.7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยและปริมาณฝนสูงสุด-ต่ำสุดในรอบ 20 ปี ในอนาคตเมื่อเทียบกับช่วงปีปัจจุบัน (ค.ศ.1990-2009)

ที่มา: CCRS and MOHC[30] (2014)

[30] ชุดข้อมูลภูมิอากาศอนาคตเป็นการประมวลผลโดยการใช้ข้อมูลการจำลองภูมิอากาศโลก 17 แบบจำลองภายใต้ภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B และคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS และทำการหาข้อสรุปทิศทางของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในรูปแบบต่างๆ โดยความร่วมมือระหว่าง The Centre for Climate Research Singapore และ The Met Office Hadley Centre และเจ้าหน้าที่จากกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศต่างๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนี้ นอกจากจะส่งผลต่อปริมาณน้ำผิวดินซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เห็นได้ชัดเจนแล้ว ยังส่งผลต่อน้ำบาดาลด้วยเช่นกัน ซึ่งประเด็นที่พึงพิจารณาของการจัดการน้ำบาดาลในอนาคต เนื่องจากการแปรปรวนและลดลงของฝนจะทำให้มีเปลี่ยนแปลงของการเพิ่มเติมน้ำบาดาล (recharge) ดังนั้น สมดุลน้ำบาดาลจึงจะมีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศโดยตรง สิ่งที่เกิดขึ้นนี้ทำให้เกิดผลสืบเนื่องต่อน้ำบาดาลให้รูปแบบต่างๆ กัน เช่น ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลในเขตพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก กรุงเทพมหานครและปริมณฑล แอ่งน้ำบาดาลหาดใหญ่ ที่มีฝนลดลง ประกอบกับการเพิ่มเติมน้ำบาดาลที่ลดลงเนื่องจากจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (land use and land cover) และมีการใช้น้ำบาดาลมากขึ้นอาจเกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มเข้ามาในชั้นน้ำบาดาล ในทางกลับกันกรณีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่น้ำบาดาลระดับตื้นสัมพันธ์กับการแพร่กระจายดินเค็ม เนื่องจากน้ำบาดาลระดับตื้นนี้มีความเค็ม เมื่อมีระดับใกล้ผิวดินจึงเกิดการเคลื่อนตัวขึ้นสู่เขตรากพืชและผิวดิน เกิดผลกระทบต่อการเกษตรกรรม ดังนั้น การจัดการน้ำบาดาลในปัจจุบันซึ่งอิงแนวทางการประเมินน้ำบาดาลจากข้อมูลภาพรวมของสภาพภูมิอากาศ หรือเรียกว่า ปริมาณการใช้น้ำที่ปลอดภัย (safe yield) อาจจะต้องเปลี่ยนไปในอนาคต โดยจะต้องทำการประเมินใหม่โดยคำนึงถึงความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงในอนาคตมาประกอบ เพื่อให้ได้ปริมาณการใช้น้ำบาดาลที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศหรือเรียกว่า ปริมาณการใช้น้ำที่ยั่งยืน (sustainable yield) เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้น้ำต่อไป

นอกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและอุณหภูมิจะส่งผลต่อปริมาณน้ำบาดาลที่สามารถนำมาใช้งานได้แล้ว การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลในบางพื้นที่อาจนำปัญหาอื่นตามมาอีกด้วย เช่น ในพื้นที่ที่มีระดับน้ำบาดาลตื้นและมีลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่มีชั้นที่มีหินเกลือแทรกตัวอยู่ในระดับตื้นในภาคอีสาน อาจเกิดการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและส่งผลให้เกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มกระจายตัวเป็นบริเวณกว้างมากขึ้นในอนาคต (ดังตัวอย่างผลการศึกษาที่แสดงในภาพประกอบ 8.8)



รูปที่ 8.8 ผลการจำลองสถานการณ์อนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 A2 แสดงถึงการขยายตัวของพื้นที่น้ำบาดาลตื้นและการแพร่กระจายความเค็มในพื้นที่ห้วยขามเรียน จ.ขอนแก่น ในช่วงปี ค.ศ.2050 และ 2099 (ที่มา: Saraphirom et al., 2013b)

นอกจากความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งจะส่งผลต่อปริมาณทรัพยากรน้ำในฤดูกาลต่างๆ และนำมาซึ่งความจำเป็นในการปรับแนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำแล้ว สถานการณ์และแนวโน้มการพัฒนาของประเทศซึ่งโครงสร้างด้านเศรษฐกิจของประเทศมีทิศทางการเปลี่ยนจากเกษตรกรรมไปสู่การผลิตในเชิงอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออกและการบริการเพิ่มมากขึ้น ก็จะมีส่วนสัมพันธ์อย่างมากต่อการวางแผนการใช้และการบริหารจัดการทรัพยากรในประเทศให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นเงื่อนไขที่จะต้องนำมาพิจารณาควบคู่ไปกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกประเทศ อาจสรุปถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมซึ่งมีผลต่อกำหนดทิศทางยุทธศาสตร์และปรับแนวทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับศักยภาพและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศได้ดังนี้

ตารางที่ 8.6 ประเด็นสถานการณ์ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง และทิศทางการจัดการน้ำของประเทศไทย

ประเด็นสถานการณ์	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	ทิศทางการจัดการน้ำ
ก. การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ สังคม และการเปลี่ยนแปลงกระแสโลกที่มีผลต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทย		
ก1. ประชากรเคลื่อนย้ายเข้าสู่เมืองหลักมากขึ้น	1.1 เมืองหลักของภูมิภาค จะมีการขยายตัวสูงถึงสูงมาก	1.1 การจัดการน้ำต้นทุนเพื่อรองรับการพัฒนาและขยายตัวในอนาคต 1.2 มีข้อตกลงในการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม
ก2. เศรษฐกิจโลกขยายตัวและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอุตสาหกรรมมากขึ้น	2.1 การเคลื่อนย้ายเงินทุนรวมถึงการย้ายฐานการผลิตไปสู่ประเทศที่มีศักยภาพและความพร้อมในการผลิต 2.2 รายได้จากภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนเพิ่มขึ้น 2.3 เน้นให้มีการเพิ่มมูลค่าในห่วงโซ่การผลิตในอุตสาหกรรมต้นน้ำ เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก และปิโตรเคมีเป็นต้น	2.1 การจัดหาน้ำเพิ่มเพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม 2.2 การจัดสรรน้ำ (โควต้า) ไม่ให้กระทบต่อภาคส่วนอื่นๆ
ก3. การผลิตด้านการเกษตรเป็นแกนหลักสำคัญของประชาชนในชนบท	3.1 เปลี่ยนระบบการผลิตเป็นการผลิตในเชิงพาณิชย์มากขึ้น 3.2 การผลิตในภูมิภาคยังคงขึ้นกับการเกษตรเป็นสำคัญ 3.3 ภาพรวมการผลิตในภาคการเกษตรมีการแข่งขันที่สูงมากขึ้น	3.1 จัดหาน้ำ พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบระบบชลประทาน 3.2 การปรับการผลิตเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีมูลค่าและความต้องการสูง
ก4. ภาคบริการและการท่องเที่ยว	4.1 กรุงเทพมหานครและพื้นที่โดยรอบ ภาคตะวันออก ภาคใต้และภาคเหนือเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ	4.1 จัดหาแหล่งน้ำในพื้นที่ท่องเที่ยวเดิมที่มีข้อจำกัดและลงทุนสูง 4.2 การพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวใหม่ตามความสามารถในการจัดหาแหล่งน้ำ
ก5. การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	4.1 มีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ช่วงเวลาที่เปลี่ยนแปลงของพายุฝน และการกระจายตัวและกระจุกตัวของฝน 4.2 มีผลต่อปริมาณน้ำต้นทุนและผลผลิตทางการเกษตร	5.1 เร่งจัดทำแผนที่ความเสี่ยงการขาดแคลนน้ำและอุทกภัย รวมทั้งพัฒนาระบบพยากรณ์เตือนภัยให้มีประสิทธิภาพ 5.2 การสร้างความพร้อมในการรับมือและลดความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง

ประเด็นสถานการณ์	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	ทิศทางการจัดการน้ำ
		5.3 มีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้องด้วยความรวดเร็ว
ข. การเปลี่ยนแปลงทรัพยากรและสถานการณ์ของประเทศไทยที่มีผลต่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ		
ข1. การจัดการต้นน้ำและป่าไม้	1.1 พื้นที่ป่าต้นน้ำยังคงถูกบุกรุกอย่างต่อเนื่อง 1.2 การจัดการป่าไม้และการพัฒนาแหล่งน้ำไม่สอดคล้องกันในการกำหนดนโยบาย	1.1 การจัดการพื้นที่ต้นน้ำเพื่อลดผลกระทบในภาพรวมของลุ่มน้ำทั้งน้ำท่วมและการขาดแคลนน้ำ
ข2. การเกิดอุทกภัย	1.1 มีแนวโน้มปริมาณน้ำท่า และอัตราการไหลสูงสุดเพิ่มขึ้น 1.2 สภาพการไหลของน้ำท่าจากพื้นที่การเกษตรมีการเปลี่ยนแปลง 1.3 การขยายตัวของชุมชนเมืองในพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยหรือผังเมืองไม่เหมาะสม 1.4 การเกิดอุทกภัยที่มีความรุนแรงมากขึ้น 1.5 คาดการณ์ระดับน้ำทะเลจะสูงขึ้น	2.1 สถานการณ์อาจจะมีความรุนแรงขึ้นหากไม่มีมาตรการในการควบคุมปัจจัยที่ทำให้เกิดผลกระทบต่าง ๆ เกิดขึ้น 2.2 น้ำท่วมชุมชนจะมีความรุนแรงมากขึ้น หากยังไม่สามารถควบคุมผังเมือง การบุกรุกทางน้ำ และการบังคับใช้ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง 2.3 มีความจำเป็นที่ต้องลงทุนสูงมากในการป้องกันหรือบรรเทาอุทกภัย
ข3. การจัดหาน้ำต้นทุน	3.1 แนวโน้มการพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำขนาดใหญ่และกลาง ทำได้ยากและใช้เวลานานและอาจไม่สามารถพัฒนาได้เต็มศักยภาพควรพัฒนาด้านอื่นเพิ่ม - แหล่งเก็บกักน้ำตามศักยภาพเพิ่มความจุเก็บกักได้อีก 18,900 ล้านลูกบาศก์เมตร และพัฒนาพื้นที่ชลประทานเพิ่มได้อีก 18.8 ล้านไร่ - พื้นที่เกษตรน้ำฝนพัฒนาโดยใช้แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำบาดาล แหล่งน้ำชุมชน และแหล่งน้ำในไร่นา เสริมการใช้น้ำฝน - ปริมาณน้ำที่จะต้องจัดหา น้ำต้นทุนและจัดสรรในพื้นที่เกษตรน้ำฝนอีกประมาณ 48,960 ล้านลูกบาศก์เมตร 3.2 การขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภคในชนบทได้รับการแก้ไขอยู่ในระดับดี แต่ยังมีปัญหาในปีที่แล้งมาก 3.3 การขาดแคลนน้ำเพื่อภาคอุตสาหกรรม ภาคบริการและเมืองหลัก จะต้องมีระบบการจัดสรรน้ำระหว่างกิจกรรมให้เหมาะสม	3.1 การพัฒนาน้ำต้นทุนเพิ่มในอนาคตจะเพิ่มได้ไม่มาก จะต้องจัดการด้านความต้องการให้สอดคล้องกับศักยภาพการพัฒนาหรืออาจจะต้องจัดการด้านอื่นเสริม ดังนี้ - ภาคเหนือ : ทิศทางการพัฒนาควบคู่กับการอนุรักษ์ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพโครงการเดิมและพัฒนาเพิ่มให้สมดุลระหว่างต้นน้ำและการใช้ประโยชน์ - ภาคกลาง : จำเป็นที่จะต้องสร้างความมั่นคงของแหล่งน้ำต้นทุน - ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : มีศักยภาพการพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำในพื้นที่น้อย เร่งพิจารณาแหล่งเก็บน้ำในลุ่มน้ำชีตอนบน และพิจารณาการใช้ประโยชน์จากแม่น้ำนานาชาติ รวมทั้งการปรับโครงสร้างการผลิตภาคเกษตรให้สอดคล้องกับต้นทุนการพัฒนา - ภาคตะวันออก : ความต้องการน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม และภาคบริการจะยังคงขยายตัว ต้องจัดหาแหล่งเก็บน้ำ เสริม

ประเด็นสถานการณ์	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	ทิศทางการจัดการน้ำ
	3.4 แอ่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ ยังมีศักยภาพที่จะพัฒนาใช้ประโยชน์ได้เพิ่ม	ประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำของแหล่งเก็บน้ำเดิม และสร้างระบบโครงข่ายน้ำรวมถึงมีระบบการจัดสรรน้ำที่เหมาะสม - ภาคตะวันตก : ในภาพรวมมีการพัฒนาน้ำต้นทุนและพื้นที่ชลประทานจำนวนมาก แต่ยังมีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่มีความเสี่ยงขาดแคลนน้ำสูง ต้องมีการพัฒนาแหล่งน้ำขนาดกลางและขนาดเล็กสนับสนุน - ภาคใต้ : มีการปลูกพืชเศรษฐกิจทำให้ความต้องการการพัฒนาระบบชลประทานลดลง แต่ด้านการบริการและท่องเที่ยว ยังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่อง 3.2 การพัฒนาโครงข่ายน้ำเชื่อมระหว่างแหล่งน้ำเพื่อสร้างเสถียรภาพของน้ำต้นทุน 3.3 การพัฒนาแหล่งน้ำขนาดเล็กทั้งผิวดินและน้ำบาดาลเพิ่มเติม เพื่อเป็นแหล่งน้ำสำหรับความจำเป็นพื้นฐานสำหรับชุมชน 3.4 การขยายความต้องการใช้น้ำในอนาคตโดยเฉพาะเพื่อภาคเศรษฐกิจจะต้องพิจารณาศักยภาพที่จะพัฒนาน้ำต้นทุนเพิ่ม รวมทั้งการวางแผนการจัดสรรน้ำระหว่างภาคการใช้น้ำต่างๆ 3.5 แหล่งน้ำบาดาลจะสามารถเป็นแหล่งน้ำเสริมน้ำผิวดินเพื่อการผลิต (เกษตร/อุตสาหกรรม)
ข4. การแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำ	4.1 ปริมาณน้ำเสียจากชุมชน เป็นปริมาณน้ำเสียที่ระบายลงสู่แหล่งน้ำมากที่สุดและจะเพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของประชากรและเศรษฐกิจ 4.2 น้ำเสียจากการเพาะปลูก รวมทั้งการรุกตัวของน้ำเค็ม มีผลกระทบรุนแรงในฤดูแล้ง 4.3 การเพิ่มขึ้นของโรงงานขนาดกลางและขนาดเล็ก 4.4 การใช้น้ำจากลำน้ำมากขึ้น ทำให้	4.1 มีผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติน้ำเพื่ออุปโภคบริโภค 4.2 มีผลต่อการควบคุมคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำธรรมชาติ 4.3 การจัดสรรน้ำเพิ่มขึ้น เพื่อลดปัญหาน้ำเสีย การรุกตัวของน้ำเค็ม และการรักษาระบบนิเวศน์

ประเด็นสถานการณ์	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง	ทิศทางการจัดการน้ำ
	น้ำเค็มรุกตัวมากกว่าในอดีตมาก	
ข5. การจัดการทรัพยากรดินและการใช้ที่ดิน	3.1 นำพื้นที่การเกษตรมาใช้ในการขยายเมืองและพื้นที่อุตสาหกรรม 3.2 การใช้ประโยชน์จากที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับชนิดดิน	5.1 ประสิทธิภาพการผลิตลดลง 5.2 การจัดหาแหล่งน้ำไม่คุ้มค่ากับการลงทุน 5.3 ปรับระบบการปลูกพืชให้เหมาะสมกับศักยภาพน้ำและคุณสมบัติดิน
ข6. การจัดการพื้นที่ชุ่มน้ำ	6.1 พื้นที่ชุ่มน้ำส่วนใหญ่ยังไม่ได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย 6.2 มีการสูญเสียพื้นที่ชุ่มน้ำจากการใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ	6.1 ปรับปรุงการจัดการให้เหมาะสม ป้องกันพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีขนาดลดลงหรือสูญเสียระบบนิเวศตามธรรมชาติ
ข7. หน่วยงานด้านน้ำมีลักษณะแยกส่วนและมีความซ้ำซ้อนในภารกิจ รวมทั้งยังไม่มีองค์กรด้านนโยบายที่ชัดเจน	7.1 ปัญหาด้านน้ำมีความท้าทายและซับซ้อนมากขึ้น ทั้งในการกำหนดนโยบายและการวางแผน 7.2 ถ้าไม่มีระบบบริหารจัดการน้ำ องค์กร และกฎหมายจะทำให้ไม่สามารถตัดสินใจที่เป็นเอกภาพในการแก้ไขปัญหาด้านทรัพยากรน้ำ	7.1 ต้องมีความชัดเจนในอำนาจหน้าที่และองค์กรด้านนโยบายในการรับผิดชอบการบริหารจัดการในภาพรวมทั้งระดับชาติและระดับลุ่มน้ำ 7.2 หน่วยงานด้านจัดการน้ำจำเป็นต้องบูรณา-การการทำงาน เพื่อแก้ปัญหาในการดำเนินการเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศทั้งด้านนโยบายและการจัดทำแผนปฏิบัติการ 7.3 มีระบบและกระบวนการที่เป็นเอกภาพและสามารถตอบสนองต่อปัญหาด้านน้ำที่เกิดขึ้นได้อย่างทันท่วงที

ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558)

พลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคมเหล่านี้ นอกจากจะเป็นแรงผลักให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความต้องการใช้น้ำผิวดินแล้ว ก็ยังก่อให้เกิดแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำบาดาลด้วยเช่นกัน ดังจะเห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงการใช้น้ำบาดาลภาคเกษตร ซึ่งพลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคมที่สำคัญ คือ ราคาผลผลิตทางการเกษตรที่มีการเปลี่ยนแปลงรวดเร็วมาก ทำให้เกิดการพัฒนาใช้น้ำบาดาลมากขึ้นเพื่อขยายพื้นที่เกษตรกรรม เช่น การรับจำนำข้าวในราคาสูงทำให้มีการผลิตมากขึ้นพื้นที่นอกเขตชลประทานในภาคกลางส่งผลให้เกิดการนำน้ำบาดาลมาใช้มากขึ้น และในพื้นที่เขตส่งเสริมการผลิตอ้อยเพื่อพัฒนาผลผลิตอ้อยเพื่ออุตสาหกรรมน้ำตาลในพื้นที่ภาคเหนือ กลาง และตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้เกิดบ่อน้ำบาดาลใหม่ขึ้นมาจำนวนมาก ปัญหาเหล่านี้เกิดจากการกระตุ้นโดยพลวัตของระบบเศรษฐกิจทั้งหมด นอกจากนั้นการใช้น้ำบาดาลภาคอุปโภคบริโภค น้ำบาดาลได้รับผลกระทบด้านนี้อย่างมาก เนื่องจากอุตสาหกรรมน้ำดื่มเครื่องดื่มและอาหารนั้นใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลเกือบทั้งหมด มีการลงทุนจากบริษัทขนาดใหญ่จำนวนมากในหลายพื้นที่ของประเทศ ในหลายๆ พื้นที่บ่อน้ำบาดาลภาคอุตสาหกรรมก่อให้เกิดผลกระทบต่อบ่อน้ำบาดาลของประชาชนทั่วไป และในอนาคตระบบอุตสาหกรรมที่ต้องการให้เกิดความมั่นคงด้านน้ำจะหันมาพัฒนาระบบการจัดการน้ำฝนและน้ำบาดาลร่วมกันมากขึ้น เช่น การสร้างแหล่งกักเก็บน้ำฝนไว้ใต้พื้นที่โรงงานเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในช่วงน้ำน้อย เป็นต้น

นอกจากนั้น พลวัตของการขยายตัวทางเศรษฐกิจและสังคมยังก่อให้เกิดผลกระทบทางอ้อมต่อทรัพยากรน้ำบาดาล คือ ระบบการจัดการขยะและการระบายน้ำทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมที่ยังไม่ได้มาตรฐาน ทำให้เกิดการปนเปื้อนของแหล่งฝังกลบขยะและแหล่งอุตสาหกรรมต่อแหล่งน้ำบาดาล

การเปลี่ยนแปลงในอนาคตทั้งในแง่ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมเป็นแรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการจัดการทรัพยากรน้ำ เนื่องจากกิจกรรมด้านเศรษฐกิจต่างๆ อาจจะได้รับผลกระทบจากความเสี่ยงที่มากขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และส่งผลกระทบที่ต่อเนื่องกับสภาพสังคม ยกตัวอย่างเช่น ในกรณีที่น้ำต้นทุนลดลงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้น พื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทาน และน้ำอุปโภคบางส่วนที่ไม่สามารถเข้าถึงแหล่งน้ำและการพัฒนาที่ยั่งยืนใน 3 มิติ คือ น้ำเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ เช่น ชาวนาที่ปลูกข้าวนอกชลประทาน จะมีรายได้ที่ลดลง ในมิติของน้ำเพื่อความเท่าเทียมกันทางสังคมนั้น คนยากจนในสังคมที่รายได้ลดลงยังคงไม่มีความสามารถเข้าถึงน้ำที่ปลอดภัยและไม่มีความเท่าเทียมกัน มีการแก่งแย่งน้ำกันและกระทบต่อภาคส่วนอื่น เช่น น้ำเพื่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น ดังนั้น หากความแปรปรวนของสภาพอากาศในอนาคตเกิดสูงขึ้น หรือมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนที่เปลี่ยนไปทั้งในแง่ของห้วงเวลาและพื้นที่ จะทำให้ประเทศไทยต้องปรับตัวโดยพิจารณาถึงแนวทางการบริการจัดการน้ำใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพของทรัพยากรน้ำในอนาคต

8.2 แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการจัดการทรัพยากรน้ำ

อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศหรือ UNFCCC ได้เสนอว่าควรพิจารณาใช้การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการเป็นกรอบการประเมินความเปราะบางและการปรับตัวการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Integrated Water Resource Management as a Vulnerability and Adaptation Framework) เพื่อรับมือกับผลจากการเปลี่ยนแปลงในอนาคต อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายละเอียดและขั้นตอนที่ชัดเจนว่า การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการควรทำอย่างไร แต่ก็ได้มีการเสนอแผนการวางแผนพัฒนาที่ทนทานและยั่งยืนต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยประยุกต์ใช้ การบริหารจัดการน้ำแบบบูรณาการ (IWRM) (Groves et al., 2008; WaterRF, 2013; UNFCCC, 2014) ซึ่งประกอบด้วย

1. <u>การพิจารณาผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย</u> สนับสนุนการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดเชิงอภิปรายของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอย่างสม่ำเสมอ การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกฝ่ายและผู้นำที่แข็งแกร่งคือปัจจัยของงานส่วนนี้ ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย และผู้ตัดสินใจเชิงนโยบายควรจะต้องคุยและปรึกษากัน (co-design for co-benefit) เพื่อกำหนดภาพฉายอนาคตร่วมกันและนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป

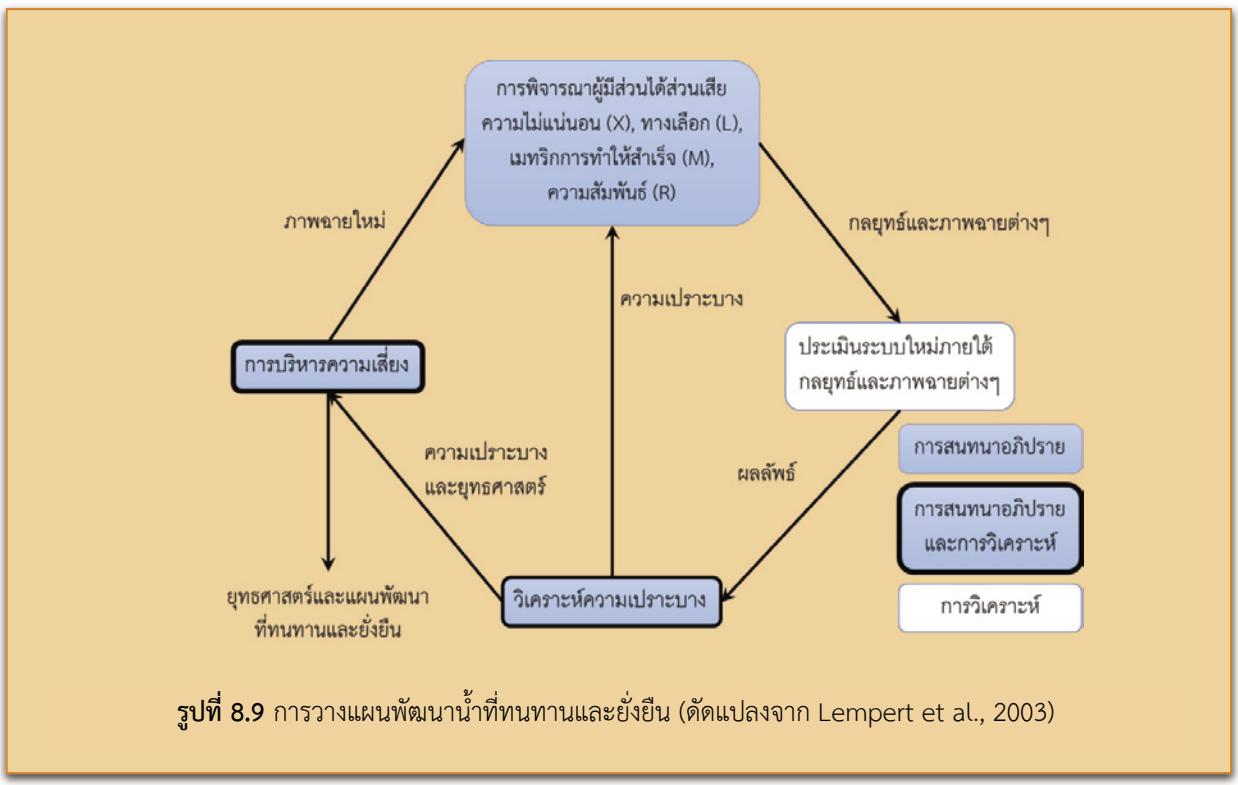
ตารางที่ 8.7 ตัวอย่างเมทริกแสดงความกังวลของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

ความไม่แน่นอน (X: uncertainties)
- เงื่อนไขด้านสภาพภูมิอากาศ
  ○ ในอดีต
  ○ สภาพแล้งที่ยาวนานขึ้น
	การตัดสินใจ ทางเลือก (L: decision/option/levers)
	- โครงสร้างที่มีในปัจจุบัน
	- การขยายการสูบน้ำใต้ดิน

ความสัมพันธ์ แบบจำลอง (R: relationships or models) - แบบจำลองน้ำฝน น้ำท่า ความต้องการใช้น้ำ	เมทริกการทำให้สำเร็จ เป้าหมาย (M: performance matric/Goals) - ปริมาณน้ำต้นทุนที่ใช้ได้ - ราคาของน้ำต้นทุน

ที่มา: Lempert et al. (2003)

2. ประเมินระบบใหม่ภายใต้กลยุทธ์และภาพฉายต่างๆ กำหนดช่วงความไม่แน่นอนและภาพฉายที่น่าเชื่อถือ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นเพียงหนึ่งในความไม่แน่นอนที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำเท่านั้น การพิจารณารวมความไม่แน่นอนต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อออกแบบภาพฉายที่เป็นไปได้ ผนวกภาพฉายร่วมกับช่วงของสภาพภูมิอากาศในอนาคตที่เป็นไปได้ ข้อมูลของสภาพภูมิอากาศในอนาคตได้จากผลลัพธ์ของแบบจำลองที่ปรับเทียบให้เหมาะกับสภาพพื้นที่โดยควรพิจารณาสภาพวิกฤตทั้งช่วงตัวแปรที่มาก น้อย และกลาง
3. วิเคราะห์ความเปราะบางจากผลลัพธ์ภายใต้กลยุทธ์และภาพฉายต่างๆ กำหนดค่าความเปราะบางหลัก ทั้งที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรทางภูมิอากาศและตัวแปรอื่น ๆ ข้อมูลนี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนายุทธศาสตร์การปรับตัว
4. การบริหารความเสี่ยงภายใต้ความเปราะบาง ผลลัพธ์ที่ได้คือ การวางแผนพัฒนาที่ทนทานและยั่งยืน
5. พัฒนายุทธศาสตร์ที่ทนทาน, ยั่งยืนและสามารถปรับตัว ควรครอบคลุมช่วงความไม่แน่นอนของตัวแปรภูมิอากาศในอนาคตและตัวแปรอื่น แผนยุทธศาสตร์ที่ดีควรจะสามารถบรรลุเป้าหมายถึงแม้จะเผชิญกับช่วงของความไม่แน่นอน แทนที่จะพิจารณาการบรรลุเป้าหมายภายใต้หนึ่งเซตของภาพฉายหรือหนึ่งสมมุติฐาน วิธีการประเมินอาจจะใช้วิธีที่ง่ายเช่น การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ (benefit/cost analysis) หรือวิธีการที่ยากขึ้นเช่น การตัดสินใจภายใต้หลายเงื่อนไข (Multi Criteria Decision Analysis)



รูปที่ 8.9 การวางแผนพัฒนาน้ำที่ทนทานและยั่งยืน (ดัดแปลงจาก Lempert et al., 2003)

นอกจากนั้นได้มีหลายหน่วยงานนำเสนอแนวคิดแนวทางการปรับตัวด้านทรัพยากรน้ำจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไว้ ซึ่งจะยกมาเป็นตัวอย่างพอสังเขปดังนี้

USAID (2010) ได้เสนอการปรับตัวด้านทรัพยากรน้ำประกอบด้วยการผนวกเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศลงไปในการวางแผนหรือเป้าหมายหรือยุทธศาสตร์เพื่อให้แผนดังกล่าวมีความทนทานและมั่นคงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 8.8

ตารางที่ 8.8 ตัวอย่างการปรับตัวจากผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ทางเลือก	รายละเอียด
การปรับตัวเพื่อลดภัย (exposure) และความอ่อนไหว (sensitivity)	
นโยบายเพื่อลดภัย	● โซนนิ่งการใช้ที่ดิน การบังคับใช้การโซนนิ่ง นโยบายการย้ายที่อยู่อาศัย
ประยุกต์ใช้ตัวอย่างที่ดีในแต่ละภาคส่วนกับพื้นที่อื่น	● การเลือกพืชที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงและมีความหลากหลายมากขึ้น ● การเก็บและรองรับน้ำฝน ● การใช้พื้นที่น้ำท่วมถึงในการเก็บกักน้ำ ● การจัดการน้ำและพลังงาน
โครงสร้างที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลง	● การเพิ่มความทนทานต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงผ่านกระบวนการออกแบบวัตถุดิบ ระดับของโครงสร้าง
การปรับเพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับตัว (adaptive capacity)	
ส่งเสริมการพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิต	● รายได้ที่สูงขึ้นและมีการกระจายตัวของคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นทำให้แต่ละครอบครัวมีความสามารถในการปรับตัวกับน้ำท่วม น้ำแล้ง และเหตุการณ์วิกฤตได้
สร้างความเข้มแข็งให้กับความสามารถในการจัดการความเสี่ยงของภัยธรรมชาติ	● ช่วยให้ชาวบ้านตอบสนองต่อน้ำท่วม น้ำแล้ง และเหตุการณ์วิกฤตได้ดียิ่งขึ้นโดยมีอัตราการตาย การบาดเจ็บลดลง และมีการฟื้นตัวที่เร็วยิ่งขึ้น
ปรับปรุงการจัดการการบริการทางภาครัฐ	● การจัดการที่ดีขึ้นในอุปสงค์และอุปทานด้านน้ำอาจจะช่วยลดผลกระทบจากภัยธรรมชาติ
ระบบเตือนภัยล่วงหน้า	● ระบบการติดตามและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในน้ำท่วม น้ำแล้ง การระบาดของโรคติดต่อ โรคทางพืช สัตว์ แมลง
สร้างระบบบูรณาการการช่วยเหลือที่เชื่อมโยงกัน	● ผนวกระบบเข้าด้วยกัน เช่น ระบบส่งน้ำ ระบบไฟฟ้า การขนส่ง การติดต่อ และการสำรองอาหาร
รักษาระบบนิเวศให้สมบูรณ์	● ระบบนิเวศที่สมบูรณ์จะช่วยลดผลกระทบทางน้ำและควบคุมตะกอน ซึ่งสามารถลดผลกระทบจากน้ำท่วม น้ำแล้ง และเหตุการณ์วิกฤต

ที่มา: USAID (2010)

นอกจากนั้น Wilk and Wittgren (2009) ได้สรุปถึงทางเลือกในการปรับตัวด้านทรัพยากรน้ำซึ่งควรที่จะต้องพิจารณาให้เหมาะกับบริบทของชีวกายภาพ การพัฒนาเศรษฐกิจสังคม และสถาบัน ดังตารางที่ 8.9

ตารางที่ 8.9 ทางเลือกในการปรับตัว

การปรับตัว	การกระทำ
การเพิ่มน้ำต้นทุนและระบบนิเวศที่ดี	● การเพิ่มระบบการรวบรวมน้ำฝนเพื่อปรับปรุงระบบการปลูกพืชและการเติมน้ำใต้ดิน ● ปรับปรุงระบบการส่งน้ำ ● ปรับปรุงแหล่งน้ำโดยคำนึงถึงระบบนิเวศ ● เพิ่มปริมาณน้ำโดยการสร้างอ่างเก็บน้ำ
การลดความต้องการใช้น้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ	● การกำจัดพืชต่างถิ่นที่รุกล้ำเข้ามาในพื้นที่ริมฝั่งน้ำ ● การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ (water recycling) ● การปลูกพืชที่ทนแล้ง ● การปรับการจัดการระบบชลประทาน เช่น การเปลี่ยนปฏิทินการปลูกพืช การผสมผสานการปลูกพืช วิธีการให้น้ำ ซ่อมแซมโครงสร้างชลประทาน

การปรับตัว	การกระทำ
	• ใช้มาตรการทางเศรษฐศาสตร์เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์น้ำ • ปรับปรุงระบบโครงสร้างน้ำในเมืองและระบบสาธารณูปโภค
การปรับปรุงระบบป้องกันน้ำท่วม	• การสร้างโครงสร้างป้องกันน้ำท่วม • ขยายพื้นที่ริมฝั่งน้ำ • เพิ่มพื้นที่เก็บกักต้นน้ำ • การฟื้นฟูและอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ • ปรับปรุงระบบบ้องกันน้ำท่วม

ที่มา: Wilk and Wittgren (2009)

8.3 แนวคิดและแนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของการจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศ

ประเด็นความมั่นคงด้านน้ำในประเทศไทยกับการพัฒนาที่ยั่งยืนใน 5 มิติ คือ น้ำเพื่อการดำรงชีวิต น้ำเพื่อการประกอบอาชีพ น้ำเพื่อการพัฒนาเมือง น้ำเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ และน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศและการควบคุมน้ำเสีย และเป้าหมายในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในประเทศไทยที่มีความยั่งยืนในอนาคต อาจกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้คือ

1. น้ำเพื่อการดำรงชีวิต ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังไม่ทั่วถึงในชุมชนชนบท ปริมาณน้ำไม่เพียงพอ และมีชุมชนจำนวนมากที่มีคุณภาพต่ำกว่ามาตรฐาน โดยชุมชนชนบทที่ยังไม่มีระบบประปาจะต้องมีน้ำต้นทุนและเข้าถึงระบบประปาครบทุกหมู่บ้าน จำนวน 7,490 หมู่บ้าน เพื่อให้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นภายในปี 2560 สำหรับชุมชนเมืองนั้น จะต้องมีปริมาณน้ำเพียงพอต่อความต้องการขั้นพื้นฐานและรองรับการขยายตัวที่เพิ่มขึ้นในอนาคตในระยะสิบปี ภายใต้คุณภาพน้ำในเกณฑ์ดีและมีความปลอดภัยต่อการอุปโภคบริโภค
2. น้ำเพื่อการประกอบอาชีพ ด้านการเกษตร ปัจจุบันสามารถจัดหาน้ำได้อย่างเพียงพอในเขตชลประทานพื้นที่ 30 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด 150 ล้านไร่ โดยในอนาคตจะต้องมีการพัฒนาแหล่งน้ำระบบชลประทานเต็มศักยภาพอีก 18 ล้านไร่ พัฒนาแหล่งน้ำเพื่อพื้นที่เกษตรน้ำฝน เช่น แหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำบาดาล และแหล่งน้ำในไร่นา ซึ่งการจัดหาแหล่งน้ำนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้กับเกษตรกรในชนบท เพื่อให้เกษตรกรเหล่านี้มีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ภายใต้การปรับโครงสร้างการผลิตภาคเกษตรให้เหมาะสมกับอุปสงค์และอุปทาน และระบบการปลูกพืชที่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่
3. น้ำเพื่อการพัฒนาเมือง จากการเปลี่ยนแปลงความเป็นเมืองที่มากขึ้น จะต้องมีการจัดหาน้ำต้นทุนเพื่อการขยายตัวของชุมชนขนาดใหญ่ และกิจกรรมภาคบริการที่มากขึ้น โดยในอนาคตจะต้องจัดหาแหล่งน้ำต้นทุนให้เพียงพอและรองรับการขยายตัวภาคอุตสาหกรรมในอนาคต โดยเฉพาะพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษที่จัดตั้งตามแผนงานทั้ง 14 แห่ง
4. น้ำเพื่อการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ มีความเสี่ยงทั้งจากภาวะการขาดแคลนน้ำในปีน้ำน้อยและการสูญเสียจากน้ำท่วมในปีน้ำมาก
5. น้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศและการควบคุมน้ำเสีย มีบางลุ่มน้ำเท่านั้นที่สามารถจัดสรรน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศ เช่น เจ้าพระยาและแม่กลอง โดยในอนาคตต้องมีการกำหนดปริมาณน้ำเพื่อรักษาระบบนิเวศในลุ่มน้ำที่มีอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ รวมถึงการควบคุมและลดปริมาณน้ำเสียให้อยู่ในระบบที่แหล่งน้ำสามารถรองรับได้

นอกจากนั้น ยังมีการกำหนดถึงเป้าหมายในการจัดการน้ำเพื่อการป้องกันและบรรเทาอุทกภัย เช่นการฟื้นฟูทางน้ำและการเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำ การพัฒนาพื้นที่รับน้ำนอง และการพัฒนาโครงการแหล่งน้ำ การป้องกันชุมชนเมืองและพื้นที่เศรษฐกิจที่สำคัญ จัดทำผังเมือง ผังการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพภูมิประเทศ กฎหมายในการควบคุมการบุกรุกทางน้ำและปรับปรุงแหล่งน้ำที่เสื่อมสภาพให้กลับคืนสู่สภาพเดิม ทั้งนี้ในแง่ของการบริหารจัดการ จะต้องมีองค์กรบริหาร

จัดการน้ำระดับชาติ ที่เป็นเอกเทศ มีอำนาจเด็ดขาดในการกำหนดนโยบายและวางแผนการพัฒนา มีระบบฐานข้อมูลที่มีความถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ ในพื้นที่เสี่ยงภัยในภาวะวิกฤต องค์กรบริหารจัดการน้ำระดับลุ่มน้ำ พื้นที่ วางแผนรองรับความต้องการของท้องถิ่น ประสานแผนระดับชาติ รวมทั้งการบริหารการใช้น้ำในพื้นที่ มีการจัดระบบการวางแผนและการนำไปสู่การปฏิบัติให้มีการประสานกันระหว่างแผนระดับชาติและท้องถิ่น และมีระบบงบประมาณที่สนับสนุน แผนงาน โครงการระดับท้องถิ่น

เมื่อพิจารณาถึงความมั่นคงด้านน้ำในประเทศไทยกับการพัฒนาที่ยั่งยืนตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้นี้แล้ว ประเด็นที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืนต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ กลยุทธ์ในแต่ละยุทธศาสตร์ด้านน้ำที่วางไว้ยังคงสามารถไปถึงเป้าหมายได้หรือไม่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และประเทศไทยควรจะมีแนวทางในการปรับตัวอย่างไรในการบรรเทาผลกระทบต่อเป้าหมายเหล่านั้น

เมื่อพิจารณาและวิเคราะห์ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เบื้องต้นพบว่า จากทั้ง 34 เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59) กลาง (ปี 60-64) และยาว (ปี 65-69) นั้น มีโครงการที่มีผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศค่อนข้างมากประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ เป้าหมายที่มีผลกระทบน้อยประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และเป้าหมายที่ไม่มีผลกระทบเลยประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ หรือสามารถพูดได้ว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของเป้าหมายในยุทธศาสตร์ศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประเทศไทยจึงควรมีการผนวกผลกระทบและความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศลงไปในการดำเนินการตามแผนยุทธศาสตร์เพื่อบรรเทา เตรียมรับมือและปรับตัวจากผลกระทบดังกล่าว

ตารางที่ 8.10 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (cc) ต่อกลยุทธ์และเป้าหมายในแต่ละยุทธศาสตร์

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
ยุทธศาสตร์ที่ 1 การจัดการน้ำอุปโภคบริโภค				
1. จัดหาแหล่งน้ำต้นทุนและก่อสร้างระบบประปา	ร้อยละ 90 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	ร้อยละ 10 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	-	มาก
2. พัฒนาระบบประปาเมืองและพื้นที่เศรษฐกิจ	พัฒนาระบบประปาเมืองร้อยละ 17 ของเมืองเป้าหมาย/ขยายเขตประปา ร้อยละ 100	พัฒนาระบบประปาเมืองร้อยละ 48 ของเมืองเป้าหมาย	พัฒนาระบบประปาเมืองร้อยละ 35 ของเมืองเป้าหมาย	น้อย
3. การเพิ่มประสิทธิภาพระบบประปาชนบทและจัดหาแหล่งเก็บน้ำฝน	ร้อยละ 10 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	ร้อยละ 90 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	-	มาก
4. จัดหาน้ำดื่มให้โรงเรียนและชุมชน	ร้อยละ 45 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	ร้อยละ 55 ของหมู่บ้านเป้าหมาย	-	น้อย
5. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ	-	แหล่งท่องเที่ยวประเภทเกาะและพื้นที่ขาดแคลนน้ำต้นทุน	เมืองหลักที่มีแนวโน้มขาดแคลนน้ำ	มาก
ยุทธศาสตร์ที่ 2 การสร้างความมั่นคงของน้ำภาคการผลิต (เกษตรและอุตสาหกรรม)				
เกษตร				
1. การจัดการด้านความต้องการ	1. ศึกษา ตรวจสอบเกณฑ์การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำภาคกลาง	1. กำหนดเกณฑ์การจัดสรรน้ำในลุ่มน้ำภาคกลาง	1. ขยายผลในลุ่มน้ำอื่นๆ 2. การศึกษา/วางแผนพื้นที่อุตสาหกรรม	น้อย

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
	ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก 2. ศึกษาวิจัย กำหนดมาตรการลดการใช้น้ำ ใช้ให้คุ้มค่าและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่	ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก 2. ลดการใช้น้ำได้ร้อยละ 10 3. กำหนดการขยายตัวในภาคตะวันออกให้เหมาะสม	ส่งออกและอุตสาหกรรมต้นน้ำ	
2. จัดการพื้นที่เกษตรกรรม (Zoning) เพิ่มมูลค่าการใช้น้ำต่อหน่วยให้สูงขึ้น	การบริหารจัดการน้ำที่มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับการจัดระบบปลูกพืชอย่างเหมาะสมในพื้นที่ชลประทานเดิม 30.22 ล้านไร่ โดยมุ่งเน้นลุ่มเจ้าพระยาใหญ่ ลุ่มน้ำชี และลุ่มน้ำมูล			น้อย
3. การเพิ่มประสิทธิภาพโครงการแหล่งน้ำและระบบชลประทานเดิม	1. เพิ่มปริมาณเก็บกัก 95 ล้านลูกบาศก์เมตร 2. เพิ่มพื้นที่ชลประทาน 0.16 ล้านไร่ 3. ศึกษา/ปรับปรุงระบบชลประทานที่มีอยู่เดิม	1. ดำเนินการต่อเนื่องจากผลศึกษา 2. เพิ่มประสิทธิภาพโครงการอย่างน้อยร้อยละ 10 3. ลดความต้องการใช้น้ำในเขตอย่างน้อยร้อยละ 10 4. ศึกษาปรับปรุงโครงการขนาดเล็กโดยมุ่งเน้นพัฒนาระบบส่งน้ำในแหล่งน้ำขนาดเล็กภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ		น้อย
4. พัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำในพื้นที่เกษตรน้ำฝน				มาก
4.1 ฟื้นฟูแหล่งน้ำธรรมชาติ	4,330แห่ง	5,756 แห่ง	4,357 แห่ง	
4.2 สนับสนุนการขุดสระน้ำในไร่นา	70,000 บ่อ	100,000 บ่อ	100,000 บ่อ	
4.3 พัฒนาน้ำบาดาลเพื่อการเกษตร	141,750 ไร่	553,600 ไร่	346,700 ไร่	
4.4 การสนับสนุนแหล่งน้ำชุมชน	465 แห่ง	750 แห่ง	500 แห่ง	
5. การพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำใหม่ การจัดหา	5.1 เก็บกักน้ำได้เพิ่ม 1,100 ล้าน	ดำเนินการทั้ง 25 ลุ่มน้ำ โดยมุ่งเน้นลุ่มน้ำโขง	ดำเนินการทั้ง 25 ลุ่มน้ำ โดยมุ่งเน้นลุ่มน้ำปิง น่าน	มาก

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
แหล่งน้ำต้นทุน และระบบกระจายน้ำ	ลูกบาศก์เมตร 5.2 จัดการน้ำได้รวม 2,000 ล้านลูกบาศก์เมตร 5.3 เพิ่มพื้นที่ชลประทานได้อีก 2 ล้านไร่	(เหนือ) ยม วัง โขง (อีสาน) ชี มูล เจ้าพระยา ท่าจีน สะแกกรัง โตนเลสาบ	แม่กลอง ปราจีนบุรี บางปะกง เพชรบุรี	
6. การพัฒนาระบบผันน้ำและระบบเชื่อมโยงแหล่งน้ำ	ศึกษาเตรียมความพร้อมในลุ่มน้ำเจ้าพระยาใหญ่ ลุ่มน้ำภาคะวันออก เฉียงเหนือและลุ่มน้ำภาคตะวันออก	ดำเนินการต่อเนื่องตามผลการศึกษา ศึกษาลุ่มน้ำที่มีศักยภาพ	ดำเนินการต่อเนื่องตามผลการศึกษา	น้อย
อุตสาหกรรม				
7. การพัฒนาแหล่งเก็บกักน้ำและระบบส่งน้ำ **7.1 พื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออก** **7.2 เขตเศรษฐกิจพิเศษและนิคมอุตสาหกรรมที่พัฒนาขึ้นใหม่**	70 ล้านลูกบาศก์เมตร ศึกษาเตรียมความพร้อมเพื่อจัดหาน้ำรองรับการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษระยะที่ 1 (5 จังหวัด)	ศึกษา/เตรียมความพร้อมจัดหาแหล่งน้ำ 420 ล้านลูกบาศก์เมตร - ดำเนินการจัดหาน้ำตามผลการศึกษาในพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษระยะที่ 1 - ศึกษาเตรียมความพร้อมเพื่อจัดหาน้ำรองรับการพัฒนาเขตเศรษฐกิจพิเศษระยะที่ 2 (5 จังหวัด)	ดำเนินการต่อเนื่องจากผลศึกษา จัดหาแหล่งน้ำรองรับนิคมฯ ที่เกิดขึ้นใหม่	มาก
ยุทธศาสตร์ที่ 3 การจัดการน้ำท่วมและอุทกภัย				
1. การปรับปรุงทางน้ำสายหลัก	230 กิโลเมตร มุ่งเน้นที่ลุ่มน้ำยม และมูล	535 กิโลเมตร	105 กิโลเมตร	ไม่มี
2. การพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพการระบายน้ำผันน้ำและพื้นที่รับน้ำนอง **2.1 การปรับปรุงการระบายน้ำ/ทางผันน้ำเลี่ยงพื้นที่ชุมชน**	ทะเลสาบสงขลา (คาบสมุทรสทิงพระ/หาดใหญ่) งานศึกษา/สำรวจ ได้แก่ ลุ่มน้ำยม เจ้าพระยา ท่าจีน ปราจีนบุรี โตนเลสาป	ดำเนินการต่อเนื่องจากระยะสั้น ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ปราจีนบุรี ยม โตนเลสาป ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	-	น้อย

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
2.2 จัดทำพื้นที่รับน้ำนอง	ชี มูล ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ศึกษาพื้นที่เหนือ จ.นครสวรรค์ พื้นที่แก้มลิง บริเวณลุ่มน้ำชี มูล	ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ดำเนินการต่อเนื่องจากผลการศึกษาระยะสั้นและศึกษาเพิ่มเติมพื้นที่ใต้ จ.นครสวรรค์	ดำเนินการต่อเนื่องจากผลการศึกษา	
3. การป้องกันน้ำท่วมชุมชนเมือง	58 แห่ง	105 แห่ง	22 แห่ง	มาก
4. การกำหนดเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินลุ่มน้ำ/จังหวัด และปรับปรุง/จัดทำผังเมือง	5 ผัง ได้แก่ ลุ่มน้ำสะแกกรัง แม่กลอง ปราจีนบุรี โตนเลสาป ชายฝั่งทะเลตะวันออก	10 ผัง ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน โขง (เหนือ) กก เพชรบุรี ชายฝั่งทะเลตะวันออก ตาปี ปัตตานี ภาคใต้ฝั่งตะวันตก	-	ไม่มี
5. การพัฒนาและบริหารจัดการ แหล่งเก็บกักน้ำ	ศึกษาเตรียมความพร้อมในลุ่มน้ำที่มีปัญหา ได้แก่ ลุ่มน้ำสาละวิน โขง (เหนือ) ยม ปราจีนบุรี ภาคใต้ฝั่งตะวันออก	ดำเนินการต่อเนื่องตามผลการศึกษา	ดำเนินการต่อเนื่องตามผลการศึกษา	ไม่มี
6. การสนับสนุนการปรับตัวและหนีภัย	กลุ่มลุ่มน้ำภาคเหนือ กลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา - ท่าจีน	กลุ่มลุ่มน้ำภาคใต้และภาคตะวันออก เฉียงเหนือ	กลุ่มลุ่มน้ำอื่น ๆ	มาก
ยุทธศาสตร์ที่ 4 การจัดการคุณภาพน้ำ				
1. การพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสีย	72 แห่ง	137 แห่ง	39 แห่ง	ไม่มี
1.1 **เพิ่มประสิทธิภาพระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน (ระบบ ฯ ที่มีอยู่เดิม)**	28 แห่ง	14 แห่ง	5 แห่ง	
1.2 **ก่อสร้างระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน (ระบบฯ ใหม่)**	44 แห่ง	123 แห่ง	34 แห่ง	

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
2. การลดน้ำเสียจากแหล่งกำเนิด				ไม่มี
2.1 **กำหนดสัดส่วนการระบายมลพิษ**	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก มูล ชี	ลุ่มน้ำแม่กลอง บางปะกง ปราจีนบุรี ปิง วังยม น่าน กก	ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก เพชรบุรี สะแกกรัง ตาปี ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ทะเลสาบสงขลา ปัตตานี	
2.2 **ป้องกันและแก้ไขปัญหาคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกฤต**	ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ท่าจีน ป่าสัก ชี มูล (ลำตะคอง) แม่กลอง บางปะกง โขง (อีสาน) ชายฝั่งทะเลตะวันออก (ระยอง)	ลุ่มน้ำปิง วัง ยม น่าน บางปะกง ชี (พอง) ปราจีนบุรี ทะเลสาบสงขลา	ลุ่มน้ำเพชรบุรี สะแกกรัง ตาปี ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ทะเลสาบสงขลา ปัตตานี แม่กลอง ปิง (กวง)	
3. การควบคุมระดับความเค็ม 3.1 **การใช้น้ำจืดผลักดันน้ำเค็ม** 3.2 **การก่อสร้างอาคารป้องกันการรุกตัวของน้ำเค็ม**	ความเค็มไม่ให้เกินมาตรฐานของการเกษตรและการประปา โดยเฉพาะในลุ่มน้ำ แม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา บางปะกง ปราจีนบุรี ชายฝั่งทะเลตะวันออก และทะเลสาบสงขลา			มาก
4. การกำจัดวัชพืชและขยะมูลฝอยในแหล่งน้ำ	เจ้าพระยา ท่าจีน ชี (พอง) บางปะกง	นครนายก ปราจีนบุรี เจ้าพระยา (น้อย) ป่าสัก (ลพบุรี) ทะเลสาบสงขลา	เพชรบุรี สะแกกรัง	ไม่มี
ยุทธศาสตร์ที่ 5 การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน				
1. การอนุรักษ์ฟื้นฟูพื้นที่ป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรม	0.564 ล้านไร่	2.610 ล้านไร่	1.596 ล้านไร่ ดำเนินการแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2567	ไม่มี
2. การป้องกันและลดการชะล้างพังทลายของดิน	1.475 ล้านไร่	4.0 ล้านไร่	4.0ล้านไร่	มาก
ยุทธศาสตร์ที่ 6 การบริหารจัดการ				
1. จัดทำ/เสนอ (ร่าง) พระราชบัญญัติทรัพยากรน้ำ พ.ศ.	ดำเนินการภายในปี พ.ศ.2558	-	-	น้อย

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
2. ปรับปรุงโครงสร้างองค์กร ทั้งระดับชาติและระดับลุ่มน้ำ	ศึกษา ทบทวน การปรับปรุงองค์กร ดำเนินการภายในปี พ.ศ.2558	-	-	น้อย
3. สนับสนุนองค์กรผู้ใช้น้ำองค์กรชุมชน องค์กรลุ่มน้ำ และเครือข่ายระหว่างลุ่มน้ำ ทั้งในและระหว่างประเทศให้มีความเข้มแข็ง	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง			น้อย
4. การจัดทำแผนยุทธศาสตร์/แผนแม่บท/แผนปฏิบัติการ ในภาวะปกติและภาวะวิกฤต ทั้งในระดับประเทศและระดับลุ่มน้ำ	ดำเนินการภายในปี พ.ศ.2559	ทบทวน/ปรับปรุงภายในปี พ.ศ. 2564	-	น้อย
5. การศึกษา วิจัย แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ/ลุ่มน้ำสาขา				น้อย
5.1 ศึกษา วิจัย พัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำผิวดิน	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง	
5.2 ศึกษา วิจัย พัฒนาและฟื้นฟูแหล่งน้ำบาดาล	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง	ดำเนินการภายในปี พ.ศ. 2565	
5.3 ศึกษาแนวทางการจัดการลุ่มน้ำสาขา	-	นำร่องในลุ่มน้ำสาขาลุ่มน้ำชี แม่กลอง และภาคใต้ฝั่งตะวันออก	ขยายผล	
6. พัฒนาระบบฐานข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจ	✓	ดำเนินการถึงปี พ.ศ. 2561	-	น้อย
7. ตรวจสอบ ประเมิน เพื่อบำรุงรักษา และปรับปรุง ซ่อมแซมระบบ รวมทั้งอาคารโครงการพัฒนาแหล่งน้ำเดิม	รักษาประสิทธิภาพของระบบชลประทาน และอาคารที่มีอยู่เดิมอย่างต่อเนื่อง โดยมุ่งเน้นภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และในพื้นที่ชลประทานเดิม 30.22 ล้านไร่			น้อย
8. การควบคุมการบุกรุก	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง			ไม่มี

กลยุทธ์	เป้าหมายระยะสั้น (ปี 58-59)	เป้าหมายระยะกลาง (ปี 60-64)	เป้าหมายระยะยาว (ปี 65-69)	ผลกระทบจาก cc
ทางน้ำ				
9. ติดตามและประเมินผล	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง			ไม่มี
10.การประชาสัมพันธ์และการมีส่วนร่วม	ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง			มาก

ที่มา: แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (2558) และวิเคราะห์โดยผู้เขียน

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2557) ได้สรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำดังนี้ แรงกดดันของปัญหาในด้านทรัพยากรน้ำที่มีมากขึ้น จะนำไปสู่ปัญหาความขัดแย้งที่รุนแรงขึ้น เพราะสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงมีผลเชื่อมโยงไปถึงปริมาณน้ำ การจัดสรรน้ำและความสามารถในการผลิตอาหาร ปัญหาที่รุนแรงขึ้นจะเป็นสาเหตุสำคัญให้ความตึงเครียดทางเศรษฐกิจและการเมืองมีมากขึ้น โดยเฉพาะในภูมิภาคที่มีทรัพยากรน้ำจำกัด และมีการแนะนำว่าทางเลือกในการปรับตัวต่อความเสี่ยงในเรื่องทรัพยากรน้ำมีไม่มากนัก แนวทางที่สำคัญที่สุดที่จะช่วยลดปัญหาด้านทรัพยากรน้ำในระยะยาว ดังแสดงดังตารางที่ 8.11

ตารางที่ 8.11 มาตรการด้านอุปทานและอุปสงค์ด้านทรัพยากรน้ำ

มาตรการด้านอุปทาน (Water supply measures)	มาตรการด้านอุปสงค์ (Water demand measures)
• **การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจัดการทรัพยากรน้ำ** • **การพัฒนาแหล่งน้ำใหม่และการจัดการแหล่งน้ำที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพในระยะยาว** • **การก่อสร้างแหล่งน้ำและระบบส่งน้ำเพื่อเพิ่มอุปทานน้ำ**	• การใช้กฎระเบียบและเทคโนโลยีในการควบคุมที่ดินและน้ำโดยตรง • การสร้างแรงจูงใจและการเก็บภาษีที่มีผลต่ออุปนิสัยการใช้น้ำโดยตรง • การปรับปรุงระบบการจัดการน้ำ การดำเนินงานด้านสถาบัน มาตรการปรับตัวอื่นๆ อาจรวมถึงการปกป้องพืชพรรณธรรมชาติ • การปรับปรุงระบบการเกษตรที่อนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ

ภายใต้กรอบแนวทางดังกล่าว ก็ได้มีการนำแนวทางเหล่านี้มาประยุกต์ใช้ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อให้เกิดแนวทางดำเนินการเพื่อปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อันเป็นเรื่องที่จะต้องมีการวางแผนในบริบทเฉพาะของพื้นที่ ดังตัวอย่างที่ได้มีการศึกษามาบ้างในระยะที่ผ่านมา

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ วินัย เชาว์วิวัฒน์ (2552)	แบบจำลองภูมิอากาศ 3 แบบ ได้แก่ MRI – AGCM 3.1S, PRECIS และ CCCMA3 ด้วยภาพจำลองแบบ A1B A2 และ A1B Downscale ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, ความเปราะบางต่อทรัพยากรน้ำ	<u>พื้นที่</u> - ทั้งประเทศ <u>ช่วงเวลา</u> อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	ศึกษาเปรียบเทียบแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (Regional Climate Models: RCMs) 3 แบบ ได้แก่ MRI – AGCM 3.1S, PRECIS และ CCCMA3 ด้วยภาพจำลองแบบ A1B A2 และ A1B ตามลำดับ แล้วปรับแก้ความเอนเอียงของข้อมูลด้วยเทคนิค rescaling เพื่อให้ได้ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองมากยิ่งขึ้น โดยผลการศึกษาพบว่า ปริมาณฝนในอนาคตอันใกล้ (near future) และอนาคตอันไกล (far future) เมื่อเปรียบเทียบกับฝนในช่วงเวลาปัจจุบัน ค.ศ.1979 – 2006 พบว่าปริมาณของฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงตามภูมิภาคต่างๆของประเทศไทย ในทุกแบบจำลองที่ได้ศึกษา พบว่าส่วนมากฝนในพื้นที่ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก เฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันตก จะมีปริมาณฝนลดลงในช่วงอนาคตอันใกล้ ขณะที่พื้นที่อื่น เช่น ภาคตะวันตก ภาคใต้ฝั่งตะวันออก จะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้น ส่วนช่วงเวลาอนาคตอันไกล มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกภูมิภาค ยกเว้นผลจากแบบจำลอง CCCMA3 ซึ่งฝนในภาคใต้กลับลดลง
หน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบการจัดการแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2010)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS, MRI, CCCMA3 - Downscale ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, ความเปราะบางและการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำและภาคเกษตรกรรม	<u>พื้นที่</u> - ทั้งประเทศ <u>ช่วงเวลา</u> - สภาพปัจจุบัน - อนาคตอันใกล้ (2015-2039) - อนาคตไกล (2075-2099)	สภาพอากาศในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลง และมีการแกว่งตัวมากขึ้น ขณะที่ความต้องการใช้น้ำก็มีแนวโน้มมากขึ้นตามสภาพการเติบโตของเศรษฐกิจและสังคม ทำให้การจัดการน้ำจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพความต้องการและศักยภาพใหม่ - ปรับกฎเกณฑ์การปล่อยน้ำให้เหมาะกับสภาพของฝนที่มีรูปแบบเปลี่ยนแปลงไป เช่น การปล่อยน้ำให้ผู้ใช้น้ำเร็วหรือช้ากว่าเกณฑ์ที่เคยใช้ในอดีตตามฤดูฝนที่เร็วหรือช้ากว่าเดิม - ปรับตารางการปลูกพืชให้เหมาะกับรูปแบบฝนที่เปลี่ยนแปลง เช่น เริ่มการปลูกข้าวตามฝนที่ตกจริงในพื้นที่ซึ่งจะเร็วหรือช้ากว่าช่วงเวลาปกติในอดีต โดยเฉพาะในเขตชลประทานที่เกษตรกรมักเริ่มปลูกตามความเคยชินในอดีต การปรับตัวจำเป็นต้องประเมินผลกระทบทั้งในเชิงปริมาณและตำแหน่งและควรบูรณาการให้ดำเนินการทั้งระดับลุ่มน้ำโครงการและพื้นที่ในเวลาเดียวกันตามขนาดของผลกระทบการถ่ายทอดความรู้และเทคนิคการปรับตัวให้กับชาวนาทำให้ชาวนาเข้าใจและสามารถเตรียมปรับตัวได้ดียิ่งขึ้น

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2553)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ CGCM2 HadCM3 MRI และ PRECIS: ECHAM4 ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, ความเปราะบางและการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำ	<u>พื้นที่</u> - ทั้งประเทศ <u>ช่วงเวลา</u> - อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) - อนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	วิเคราะห์ข้อมูลทั้งจากแบบจำลองโดยตรง (Raw) วิเคราะห์โดยใช้วิธีเทียบสัดส่วนด้วยข้อมูลตรวจวัด (Ratio) และวิเคราะห์ความละเอียดสูงเชิงสถิติที่ได้จากแบบจำลอง ASD มีความแตกต่างกันไปทั้งแบบจำลองและทั้งสมมติฐาน A2 และ B2 โดยรวมพบว่าอุณหภูมิมีแนวโน้มสูงขึ้นในอนาคต และปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง ซึ่งจากการพิจารณาในภาพรวมต่อการเลือกแบบจำลองและการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ข้อมูล ในพื้นที่ภาคตะวันออกนั้น การเทียบสัดส่วนจากแบบจำลอง CGCM2 โดยใช้การเทียบสัดส่วนค่อนข้างเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์เพื่อศึกษาผลกระทบและการปรับตัวในพื้นที่ภาคตะวันออกมากที่สุด เนื่องจากแนวโน้มค่าเฉลี่ยรายปี ลักษณะค่าเฉลี่ยรายเดือน และพฤติกรรมที่คาบการเกิดซ้ำที่ 1 ปี มีความสอดคล้องโดยรวมกับข้อมูลตรวจวัดจริงมากที่สุด สำหรับแนวทางการปรับตัวด้านการบริหารจัดการน้ำภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง สามารถทำได้โดยการปรับปรุงเกณฑ์การบริหารจัดการน้ำของอ่างเก็บน้ำหลักให้สอดคล้องตามปีน้ำ เช่น มีการปรับเกณฑ์การปล่อยน้ำให้น้อยกว่าค่าในอดีตในปีน้ำน้อยเพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำและปล่อยน้ำให้มากขึ้นในปีน้ำมากเพื่อลดความเสี่ยงจากน้ำท่วม พบว่า เกณฑ์ที่ปรับปรุงสามารถลดความขาดแคลนน้ำได้ 16.30 เปอร์เซ็นต์ ถึง 32.75 เปอร์เซ็นต์
รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะภายใต้ความร่วมมือกับกรมชลประทานและ JIID ใน Chulalongkorn (2010)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ MRI ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, และการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำและภาคเกษตรกรรม	<u>พื้นที่</u> - พื้นที่ลุ่มน้ำน่าน พื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพลายชุมพล <u>ช่วงเวลาศึกษา</u> - อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) และ - อนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	วิเคราะห์ผลกระทบ การปรับตัวต่อภูมิอากาศโลกต่อพื้นที่เกษตรกรรม ระบบชลประทานและสภาพน้ำบาดาล ผลการวิเคราะห์พบว่าปริมาณฝนในอนาคตใกล้ มีแนวโน้มสูงขึ้นประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในอนาคตไกล แนวโน้มจะสูงขึ้นมากกว่าในอดีตถึง 10 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาในรายฤดูแล้วพบว่าในช่วงฤดูฝนปริมาณฝนจะลดลงแต่ในทางกลับกันปริมาณฝนในฤดูแล้งจะเพิ่มสูงขึ้น ผลกระทบด้านน้ำบาดาลโดยพิจารณาช่วงเวลารายปีระยะยาว 25 ปีทั้งในอนาคตใกล้ และอนาคตไกล พบว่าระดับน้ำบาดาลในอนาคตใกล้ระดับน้ำบาดาลจะต่ำลงมากกว่า 10 เมตร จากระดับผิวดิน มีโอกาสเกิด 16 เหตุการณ์ จาก 300 เหตุการณ์ ใน

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
			ฤดูแล้ง เนื่องจากปริมาณกักเก็บน้ำบาดาลมีแนวโน้มลดลง ส่วนฤดูฝนไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก สำหรับอนาคตไกลระดับน้ำบาดาลไม่มีผลกระทบทั้งฤดูฝนและฤดูแล้งเนื่องจากระดับน้ำบาดาลมีการคืนตัวอันเนื่องมากจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณเก็บกักในอนาคตไกลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งฤดูฝนและฤดูแล้ง ข้อเสนอแนะการปรับตัวมีทั้งในระดับลุ่มน้ำ ได้แก่ ปรับเกณฑ์การปล่อยน้ำของเขื่อนและอ่างเก็บน้ำตามความต้องการน้ำและน้ำต้นทุนที่ลดลงและเพิ่มขึ้นในอนาคต การเพิ่มระดับน้ำเก็บกักในเขื่อนเพื่อลดความเสี่ยงจากน้ำท่วมภายใต้มาตรการการเพิ่มความสูงของสันทางระบายน้ำล้นหรือเขื่อน ในระดับโครงการชลประทาน ได้แก่ การขุดลอกคลองที่บ่อยขึ้น การปรับปรุงประตูควบคุม ปรับตารางการส่งน้ำ ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อลดความเสี่ยงในการเสียหายจากน้ำท่วมและภัยแล้ง ในระดับแปลงนานั้น เสนอแนะให้ปรับปรุงพันธ์พืชที่ทนแล้งและน้ำท่วม การปรับตารางการปลูกให้ช้าหรือเร็วกว่าในอดีต การใช้เทคโนโลยีในการปลูก การมีสระหรือแหล่งน้ำส่วนตัวหรือบ่อน้ำในพื้นที่
รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะภายใต้ความร่วมมือกับกรมชลประทานและ JIID ใน Chulalongkorn (2011)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ MRI ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, และการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำและภาคเกษตรกรรม	<u>พื้นที่</u> - พื้นที่ลุ่มน้ำปิง พื้นที่ชลประทานวังบัว <u>ช่วงเวลาศึกษา</u> - อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) และ - อนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	วิเคราะห์ผลกระทบ การปรับตัวต่อภูมิอากาศโลกต่อพื้นที่เกษตรกรรม ระบบชลประทานและสภาพน้ำบาดาล ผลกระทบต่อน้ำบาดาลช่วงภัยแล้งในอดีตที่ผ่านมาโดยใช้แบบจำลองน้ำบาดาล ประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงในปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิต่อการใช้น้ำใต้ดินในพื้นที่โครงการชลประทานวังบัว และวิเคราะห์น้ำไหลเข้าอ่างและการปล่อยน้ำจากเขื่อน ประมาณค่าของความต้องการน้ำชลประทานสำหรับเงื่อนไขในอนาคต พบว่าการสูบน้ำบาดาลจะมีความผันผวนมากขึ้นตามรูปแบบการตกของฝนจะตกน้อยลงในฤดูฝนและปริมาณน้ำฝนมากขึ้นในช่วงฤดูแล้ง ดังนั้นการสูบน้ำบาดาลและน้ำจะมีการผันผวนมากขึ้น และได้มีข้อเสนอแนะการปรับตัวในระดับลุ่มน้ำคือการปรับการบริหารอ่างเก็บน้ำให้เป็นไปตามปีน้ำ (เก็บน้ำในปีน้ำน้อยและระบายน้ำในปีน้ำมาก) ควบคู่กับการควบคุมด้านความต้องการ การส่งเสริมให้มีการเพิ่มความจุเก็บกักน้ำรองรับการแกว่งตัวของสภาพภูมิอากาศ ในระดับโครงการชลประทานนั้น ส่งเสริมการปรับปรุงบ่อยืมเพื่อเพิ่ม

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
			ปริมาตรเก็บกักน้ำ ปรับปรุงอาคารบังคับน้ำ เพื่อการจัดการน้ำที่ดีขึ้น ปรับการจัดสรรน้ำให้เหมาะกับความต้องการจริงและสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไป ปรับปรุงระบบระบายน้ำและป้องกันน้ำท่วม และในระดับแปลงนา ได้แก่ ปรับพันธุ์ข้าวให้เหมาะกับสภาพภูมิอากาศใหม่ ปรับตารางการปลูกพืช ปรับเทคนิคการปลูกพืช ขุดสระน้ำขนาดเล็กระดับแปลงนาเป็นน้ำสำรอง
รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะภายใต้ความร่วมมือกับกรมชลประทานและ JIID ใน Chulalongkorn (2012)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ MRI ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, และการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำ และภาคเกษตรกรรม	<u>พื้นที่</u> - เจ้าพระยาตอนล่าง ได้แก่ พื้นที่สำนักชลประทานที่ 12 <u>ช่วงเวลาศึกษา</u> - อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) และ - อนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	ผลวิเคราะห์สภาพพื้นที่จะประสบกับภาวะฝนจะตกน้อยลงในอนาคตอันใกล้แต่ฝนจะตกมากขึ้น (เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในอดีต) ในอนาคตอันไกลแต่จะเกิด extreme event มากขึ้น ได้แก่ ลุ่มน้ำเจ้าพระยาที่มีค่าเฉลี่ยความลึกฝนสูงขึ้นจาก 1,079 มิลลิเมตรต่อปี เป็น 1,121 มิลลิเมตรต่อปีในช่วงอนาคตอันใกล้ และ 1,140 มิลลิเมตรต่อปีในช่วงอนาคตอันไกล ซึ่งจะทำให้มีความเสี่ยงน้ำท่วมมากขึ้น นอกจากนี้ค่าอุณหภูมิที่สูงขึ้น 0.047 °C ต่อปีในช่วงอนาคตอันใกล้และเพิ่มขึ้น 0.015 °C ต่อปีในช่วงอนาคตอันไกล ส่งผลให้พืชมีความต้องการใช้น้ำมากขึ้น (evapotranspiration) ทำให้มีความเสี่ยงต่อภัยแล้งมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกษตรกรส่วนใหญ่มีแนวโน้มที่จะปรับรูปแบบปฏิทินการปลูกพืช เตรียมความพร้อมสำหรับการจัดสรรน้ำที่มีความยืดหยุ่นมากขึ้นโดยการจัดสรรน้ำจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝนที่เกิดขึ้นจริง / และมีการใช้น้ำบาดาลรองรับภัยแล้งและมีการเตรียมความพร้อมสำหรับน้ำท่วมที่เกิดขึ้น ด้วยเหตุที่ฝนมีความผันผวนในอนาคตดังนั้นจึงมีมาตรการการปรับตัวระดับโครงการชลประทานและแปลงนา โดยระดับโครงการชลประทาน ได้แก่ การขุดลอกคลองที่บ่อยขึ้น การปรับปรุงประตูควบคุม ปรับตารางการส่งน้ำ ติดตั้งเครื่องสูบน้ำเพื่อลดความเสี่ยงในการเสียหายจากน้ำท่วมและภัยแล้ง ในระดับแปลงนานั้น เสนอแนะให้ปรับปรุงพันธ์พืชที่ทนแล้งและน้ำท่วม การปรับตารางการปลูกให้ช้าหรือเร็วกว่าในอดีต การใช้เทคโนโลยีในการปลูก การมีสระหรือแหล่งน้ำส่วนตัวหรือบ่อน้ำในพื้นที่ มาตรการเหล่านี้บางส่วนเป็นมาตรการทางโครงสร้างที่เพิ่มปริมาณน้ำต้นทุนในอนาคต บางมาตรการเน้นการลดความต้องการใช้น้ำและเพิ่มความสามารถในการรับมือกับความไม่แน่นอนของ

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
			ภูมิอากาศในอนาคต
รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะภายใต้ความร่วมมือกับกรมชลประทานและ JIID ใน Chulalongkorn (2013)	AR4 แบบจำลองภูมิอากาศ ได้แก่ MRI ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, และการปรับตัวต่อทรัพยากรน้ำ และภาคเกษตรกรรม	<u>พื้นที่</u> - ทั้งประเทศ <u>ช่วงเวลา</u> - อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) - อนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	ผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศโลกที่เปลี่ยนแปลงมีผลต่อการบริหารจัดการอ่างเก็บน้ำต้องมีการปรับปรุงเกณฑ์การปล่อยน้ำเพื่อรองรับกับปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างที่มีการผันผวนขึ้น สำหรับการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่า ในอนาคตอันใกล้ การบริหารอ่างฯของเขื่อนภูมิพลแบบปกติทั่วไปที่เคยทำในอดีตจะทำให้การขาดแคลนน้ำลดลงทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูร้อน จากที่เคยขาดแคลนน้ำ 14 ครั้งในอดีตเหลือเพียง 6 ครั้ง ในอนาคตอันใกล้ ขณะที่เขื่อนสิริกิติ์จะมีความขาดแคลนน้ำมากขึ้นจาก 13 ปีในอดีต เป็น 18 ปีในอนาคตอันใกล้ ในขณะที่การบริหารอ่างฯ เพื่อจัดการน้ำท่วมในฤดูฝนมีแนวโน้มขาดแคลนสูงขึ้น เนื่องจากมีปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างฯ น้อยลงโดยที่รอบการเกิด 100 ปีนั้น ปริมาณน้ำไหลเข้าอ่างภูมิพลลดลงประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่อ่างสิริกิต์ลดลงประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับมีการปล่อยน้ำในฤดูแล้งมาก ทำให้มีแนวโน้มขาดแคลนลดลง นอกจากนี้มีการรวบรวมความคิดเห็นในมาตรการการปรับตัวในระดับต่าง ๆ เช่น ปรับเกณฑ์การบริหารอ่างเก็บน้ำในช่วงปีน้ำมากและปีน้ำแล้ง โดยการปล่อยน้ำมากขึ้น 20 เปอร์เซ็นต์ ทั้งเขื่อนภูมิพลและสิริกิต์ ในช่วงเวลาที่สอดคล้องกับการควบคุมการเพาะปลูกพืชในพื้นที่ชลประทานทำให้การขาดแคลนน้ำน้อยที่สุด ปรับปรุงระบบโทรมาตร ระบบเตือนล่วงหน้าสภาพภูมิอากาศ เพิ่มปริมาตร การจัดเก็บอ่างเก็บน้ำ (เสริมสร้างเขื่อน ขุดลอกตะกอนดิน) ปรับปรุงการบริหารจัดการลุ่มน้ำ (เตรียมการจัดเก็บชั่วคราว เช่น บ่อ การปลูกป่า) ปรับรูปแบบการเพาะปลูก เช่น ในกรณีอนาคตอันใกล้ของเขื่อนภูมิพล การเลื่อนเวลาการเพาะปลูกให้เร็วขึ้นหรือช้าลงตามการเริ่มต้นของฤดูฝนที่เปลี่ยนไปทำให้สามารถลดการขาดแคลนน้ำได้ 15 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การเลื่อนการเพาะปลูกไม่มีผลกับเขื่อนสิริกิติ์
รศ.ดร. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2558)	AR4 และ AR5 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก MRI-AGCM	<u>พื้นที่</u> - ทั้งประเทศ	การศึกษาการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน ได้ทำการทบทวนและรวบรวมผลการจำลองและการทำนายจากแบบจำลองสภาพ

ผู้ศึกษา	ข้อมูลและประเด็นศึกษา	พื้นที่-ช่วงเวลาศึกษา	สรุปเนื้อหา
	Downscaledand Bias Correction ประเด็นศึกษา - ผลกระทบ, ความเปราะบางต่อทรัพยากรน้ำ	<u>ช่วงเวลา</u> อนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2015 - 2039) และอนาคตอันไกล (ค.ศ.2075 - 2099)	ภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 รวบรวมข้อมูลฝนรายวันจากสถานีวัดน้ำฝนในประเทศไทยจากกรมอุตุนิยมวิทยาและกรมชลประทาน วิเคราะห์ downscaled products จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก AR4 และ AR5 ศึกษาปริมาณน้ำฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทย และประเมินสภาวะน้ำหลากด้วยปริมาณฝนเปลี่ยนแปลงสูงสุดในลุ่มน้ำตัวอย่างพบว่า การกระจายตัวของฝนในอนาคตอันใกล้และในอนาคตอันไกล ในพื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำยมมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่อย่างเด่นชัด โดยพบว่าปริมาณ Peak Flow ของสภาพฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลในลำน้ำหลักทุกสถานีน้ำท่าวัดลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณฝนสูงสุดในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ลดลงบริเวณพื้นที่ด้านบนของลำน้ำและในพื้นที่ตอนล่างของลำน้ำก็มีปริมาณในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลที่ลดลงด้วย แม้ว่าพื้นที่ตอนกลางของลุ่มน้ำจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้น แต่ก็เป็นเฉพาะในบางพื้นที่เท่านั้น ส่งผลให้ภาพรวมของน้ำท่าในลำน้ำหลักลดลงในเกือบทุกสถานี แม้ว่าปริมาณน้ำท่าคาดการณ์จากฝนในอนาคตอันใกล้และอนาคตอันไกลจะมีแนวโน้มลดลง แต่การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดสภาวะน้ำหลากแบบสุดโต่ง (Extreme Flood) ได้ โดยเฉพาะบางพื้นที่ในจังหวัด แพร่ สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร เนื่องจากปริมาณ Peak Flow ที่สูงกว่าระดับตลิ่ง (จากการออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วมในปัจจุบัน) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเน้นการศึกษาด้านผลกระทบเท่านั้น ยังไม่ได้ศึกษาเรื่องมาตรการการปรับตัวในพื้นที่นี้

ในแง่ของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของทรัพยากรน้ำบาดาลนั้น เนื่องจากในอนาคตการปรับตัวของทุกภาคส่วนในแง่ของการใช้น้ำจะมุ่งเน้นการสร้างความมั่นคงด้านน้ำ (water security) ดังนั้นจะมีการวางแผนการสำรองน้ำมากขึ้น เนื่องจากการแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่เกิดขึ้นบ่อยมากขึ้นทำให้ประชาชนและหน่วยงานที่ทำหน้าที่ให้บริการโครงสร้างพื้นฐานรู้สึกไม่มั่นคง จะมีการศึกษาแนวทางและสร้างทางเลือกในการจัดการน้ำให้มีความเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำให้น้อยลง ซึ่งน้ำบาดาลก็เป็นทางเลือกที่มีความมั่นคงสูง แต่การสร้างเสถียรภาพของน้ำบาดาลนั้น เป็นเรื่องที่ท้าทาย เนื่องจากในวัฏจักรของน้ำนั้น น้ำบาดาลเป็นส่วนที่ได้รับการเพิ่มเติมมาจากน้ำฝนและน้ำผิวดิน ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทั้งการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลน้ำอย่างมาก เช่น การเปลี่ยนแปลงอัตราการเพิ่มเติมน้ำบาดาล (recharge) ที่ลดลงอย่างมากของพื้นที่เมือง และน้ำที่เป็นน้ำไหลบ่า (runoff) ที่เพิ่มมากขึ้นนี้ก็เป็นสาเหตุให้เกิดปัญหา

การระบายน้ำและทำให้เกิดอุทกภัย ดังนั้น การผันน้ำจากน้ำผิวดินมาเป็นน้ำบาดาล (MAR) ในฤดูฝนจึงเป็นแนวทางที่ชาญฉลาดในการจัดการน้ำ เพื่อเพิ่มน้ำสำรองไว้ใช้ในฤดูแล้งและเป็นการลดอัตราการไหลสูงสุดของการไหลในฤดูน้ำหลากได้ด้วย

การใช้น้ำบาดาล เป็นการเพิ่มศักยภาพในการจัดการ (coping capacity) ความแปรปรวนของทรัพยากรน้ำในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จึงเป็นแนวทางที่ดีที่สุดในการจัดการน้ำในอนาคตในพื้นที่เขตที่มีปริมาณฝนมากแต่มีระบบการกักเก็บได้น้อยและเกิดสภาวะน้ำท่วมและภัยแล้งเป็นประจำเนื่องจากความแปรปรวนของปริมาณฝนเช่นนี้ เช่น พื้นที่ในลุ่มน้ำยมลุ่มน้ำเจ้าพระยา และพื้นที่ในภาคตะวันออก เป็นต้น

ข้อสรุปและเสนอแนะที่นักวิชาการในกลุ่ม GRAPHIC พบและสรุปรวบรวมไว้ 7 ประเด็นสำคัญ คือ จากกรณีศึกษาต่างๆ 20 กรณี จากประเทศต่างๆ 30 ประเทศทั่วโลก ที่มีความแตกต่างด้านลักษณะอุทกธรณีวิทยา และสภาพภูมิอากาศ (Treidel et al, 2012) คือ

1. เพื่อรองรับการเพิ่มขึ้นของประชากร จะมีการเพิ่มขึ้นของการใช้น้ำบาดาลเพื่อการชลประทาน ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความมั่นคงด้านการผลิตอาหารและผลผลิตทางการเกษตร อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลต้องอยู่บนพื้นฐานความเข้าใจลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาและการคาดการณ์ผลกระทบจากภูมิอากาศ และสภาวะทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการใช้น้ำบาดาลและก่อให้เกิดปัญหาการลดระดับน้ำบาดาลอย่างรุนแรงในหลายพื้นที่ทั่วโลก
2. การให้การสนับสนุนการศึกษาลักษณะแหล่งน้ำบาดาลและการประเมินศักยภาพน้ำบาดาลเป็นเรื่องสำคัญและเร่งด่วน เนื่องจากในประเทศที่กำลังพัฒนาหลายๆ ประเทศยังขาดการพัฒนาระบบข้อมูลและเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ (รวมถึง ระดับน้ำบาดาล อัตราการใช้น้ำบาดาล จำนวนบ่อบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล และแผนที่อุทกธรณีวิทยา) ดังนั้นข้อมูลที่มีอยู่จึงยังไม่สมบูรณ์และไม่น่าเชื่อถือ จึงเป็นเรื่องที่ต้องเร่งให้การสนับสนุนในการพัฒนาข้อมูลและสร้างบุคลากร ในการพัฒนาระบบบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลก่อนที่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขั้นรุนแรงจะมีผลต่อประเทศเหล่านั้น
3. การใช้น้ำบาดาลให้น้อยที่สุดเป็นการลดความเปราะบางของพื้นที่ชายฝั่งทะเล เนื่องจากการใช้น้ำบาดาลปริมาณมากในพื้นที่ใกล้ชายฝั่งทะเลมีผลให้เกิดการแทรกตัวของน้ำบาดาลเค็ม หากมีความเป็นไปได้จึงควรย้ายบ่อน้ำบาดาลที่อยู่ในบริเวณใกล้ชายฝั่งเข้าไปในเขตแผนดินให้มากขึ้น
4. การจัดการเชิงการปรับตัวต้องใช้แนวทางการร่วมมือเพื่อลดปัญหาจากผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการกระทำของมนุษย์ต่อความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำบาดาล จึงควรตระหนักว่าการจัดการปัญหาต้องดำเนินการเพื่อลดการใช้น้ำบาดาลให้น้อยที่สุด โดยใช้การบริหารจัดการการใช้น้ำร่วมกับน้ำผิวดินให้เหมาะสม (conjunctively manage surface and groundwater resources to meet demand) ให้การศึกษาและสร้างจิตสำนึกการประหยัดน้ำ กำหนดพื้นที่อนุรักษ์น้ำบาดาลเพื่อปกป้องแหล่งน้ำสำคัญ (establish protection zones around water supply wells) ปรับปรุงกฎหมาย และสร้างจิตสำนึกในทุกระดับ
5. การจัดการภัยแล้งในหลายๆ ประเทศนิยมใช้การเจาะบ่อน้ำบาดาลฉุกเฉินในการแก้ปัญหาภัยแล้ง แต่มักไม่คำนึงถึงความยั่งยืนของทรัพยากรน้ำบาดาล ดังนั้นจึงเกิดปัญหาในระยะยาวขึ้น การวางแผนการณ์รับมือภัยแล้งอย่างเป็นระบบจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้สามารถใช้น้ำบาดาลได้ในระยะยาว
6. การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลที่ยังไม่มีประสิทธิภาพทำให้แหล่งน้ำบาดาลตกอยู่ภายใต้ความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการกระทำของมนุษย์ การกำหนดนโยบายที่ไม่ชัดเจน ขาดกฎหมายที่ครอบคลุมสภาพปัญหา และการบังคับใช้กฎหมายที่อ่อนแอ นำไปสู่ความเสี่ยงของทรัพยากรน้ำบาดาลในหลายๆ ประเทศ
7. ในการกำหนดนโยบายควรมีการกำหนดกรอบการใช้น้ำบาดาลและขอบเขตของการลดลงของน้ำบาดาล (groundwater withdrawal) โดยการศึกษาการปริมาณเพิ่มเติมน้ำบาดาลและกำหนดปริมาณการใช้ที่ปลอดภัยและยั่งยืน (safe and sustainable yield) รวมทั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำบาดาล เนื่องจากจะเป็นข้อกำหนดในการควบคุมกิจการน้ำบาดาล การติดตามตรวจสอบปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาล และกำหนดแผนการปรับตัวที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาลจำเป็นต้องมีข้อมูลเหล่านี้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่หลายๆ ประเทศในโลกยังไม่มีการศึกษาวิจัย

ในบริบทของประเทศไทยการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลดำเนินการภายใต้องค์ความรู้ด้านอุทกธรณีวิทยา และมีการพัฒนาควบคู่กับการจัดการภายใต้องค์ความรู้และกฎหมายที่ครอบคลุมประเด็นต่างๆ อย่างเหมาะสมในสถานการณ์ปัจจุบัน แต่ยังขาดการศึกษาวิจัยประเด็นที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคต โดยเฉพาะประเด็นการศึกษาสมดุลน้ำบาดาลที่อาจเปลี่ยนแปลงไปจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะประเด็นการศึกษาการเพิ่มเติมน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงไปในพื้นที่ต่างๆ ในประเทศไทย ดังนั้นจึงควรเร่งทำการศึกษาวิจัยผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำบาดาล และความเสี่ยงของพื้นที่ต่างๆ ซึ่งแตกต่างกันไปตามลักษณะอุทกธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน และภูมิอากาศ โดยคำนึงถึงแรงขับดันจากสภาพภูมิอากาศ สภาพสังคม และเศรษฐกิจในอนาคต

เนื่องจากความแตกต่างกันของน้ำต้นทุนน้ำผิวดินและศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละพื้นที่ลุ่มน้ำ ดังนั้นแหล่งน้ำบาดาลที่มีความมั่นคงจะช่วยให้เกิดความมั่นคงด้านน้ำในภาพรวมของพื้นที่ได้ โดยเฉพาะพื้นที่ที่ขาดมีน้ำต้นทุนน้อยและมีปัญหาด้านการพัฒนาแหล่งน้ำและระบบชลประทาน ดังนั้นการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาล (conjunctive use) จึงเป็นทางเลือกในการเพิ่มน้ำต้นทุนให้กับพื้นที่ลุ่มน้ำในภาพรวม การศึกษาและวางแผนการใช้และจัดการน้ำในอนาคตภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้น การกำหนดแผนงานและทางเลือกการพัฒนาการใช้น้ำร่วมระหว่างผิวดินและน้ำบาดาลจึงมีสำคัญมากในการลดความเสี่ยงด้านน้ำและเป็นการก่อให้เกิดความมั่นคงด้านน้ำในระยะยาว

การวางแผนจัดการน้ำในภาพรวมต้องเน้นการจัดการที่เชื่อมโยงกันของน้ำผิวดินและน้ำบาดาล และจัดการให้เกิดการใช้น้ำบาดาลให้เหมาะสมตามศักยภาพ จึงเป็นกุญแจสำคัญในการจัดการน้ำบาดาลในอนาคต แต่เนื่องจากการขาดความรู้เรื่องกระบวนการเพิ่มเติมน้ำบาดาลส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมดุลน้ำบาดาล จึงมักเกิดการพัฒนาใช้น้ำบาดาลโดยขาดการวางแผนการเติมน้ำบาดาลทดแทนส่วนที่ใช้ไป ดังนั้น หากมีแผนการจัดการเติมน้ำบาดาล (Managed Aquifer Recharge, MAR) ให้ครอบคลุมพื้นที่ต่างๆ จึงเป็นแนวทางการปรับตัวที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในอนาคต เช่น การจัดการน้ำฝนในหลายประเทศที่พัฒนาแล้วได้กำหนดให้เป็นกฎหมายในพื้นที่เขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ทำให้การเติมน้ำบาดาลเปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดการไหลบ่าบนผิวดินมากขึ้นเป็นเหตุให้มีปริมาณน้ำท่วมผิวดินที่มากกว่าสภาพธรรมชาติมาก จนเกิดเป็นปัญหาในการจัดการระบายน้ำและลดการเพิ่มเติมน้ำบาดาลจนเกิดเป็นปัญหาภัยแล้งตามมาอย่างที่ไม่ควรจะเกิด

8.4 สรุป

เมื่อพิจารณาถึงประเด็นการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของการจัดการน้ำที่ยั่งยืนแล้ว แนวทางที่ประเทศไทยควรจะต้องคำนึงถึงคือ การควบรวมประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศลงในยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ด้านการจัดการน้ำ ซึ่งรวมไปถึงการจัดการภัยพิบัติอันเนื่องจากน้ำด้วย โดยในการจัดทำขอบข่ายงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (National Adaptation Framework, NAF) นั้นจะต้องมีการจัดทำรายละเอียดประเด็นหลักและการจัดลำดับความสำคัญของโครงการภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแห่งชาติของภาคส่วนในกลุ่มทรัพยากรน้ำ การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง ซึ่งมีแนวทางที่อาจสรุปได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 8.12 ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง

ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง	การมุ่งเน้นการจัดการน้ำอย่างบูรณาการ	การสร้างความพร้อมในการรับมือและลดความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง
1. การพัฒนาระบบฐานข้อมูล องค์ความรู้ เทคโนโลยี นโยบาย เครื่องมือการบริหารจัดการและกฎหมาย ที่ครอบคลุมและเหมาะสมทั้งในสภาวะปกติและสภาวะวิกฤต		/
2. การพัฒนาและปรับปรุงองค์กรหลักด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (เครือข่าย โครงสร้างองค์กร การบริหารทุกสถานการณ์)	/	/
3. การบูรณาการการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากทุกภาคส่วน (ศูนย์ข้อมูล กฎหมาย กำหนดทิศทาง ประสิทธิภาพ) โครงการบริหารจัดการน้ำจะต้องก่อประโยชน์ต่อสังคม หลังจากคำนึงถึงผลกระทบต่อกลุ่มบุคคลทุกกลุ่ม ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	/	
3. การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการทรัพยากรน้ำและภัยพิบัติ องค์กรและการเรียนรู้ภาคประชาชน การมีส่วนร่วม การพึ่งพาตนเอง) เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียร่วมพิจารณาประโยชน์และทางเลือกของโครงการตั้งแต่ต้น และผลกระทบต่างๆ)	/	
4. การช่วยเหลือ ชดเชยและประกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ มีระบบประกันภัย แผนที่ความเสียหาย มีระบบการชดเชยที่เป็นธรรมต่อผู้ถูกผลกระทบทุกกลุ่ม ผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการควรมีส่วนร่วมรับภาระการชดเชยแก่ผู้เสียหาย		/

ที่มา: สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ (2558)

นอกจากนั้นแล้ว ในอนาคตการพัฒนาและบริหารจัดการน้ำบาดาลจะเกี่ยวข้องกับความมั่นคงทางด้านน้ำ (water security) ในภาพรวมของประเทศไทยเป็นอย่างมาก โดยน้ำบาดาลมีความจำเป็นในหลายภาคส่วนการใช้น้ำและมีความมั่นคงมากกว่าน้ำผิวดิน ดังนั้น หากมีการพัฒนาใช้อย่างเหมาะสมจะเป็นแหล่งน้ำสำคัญในการแก้ปัญหาด้านความมั่นคงด้านน้ำในภาพรวมในอนาคตได้โดยเฉพาะในมิติน้ำเพื่อครัวเรือน น้ำเพื่อเขตเมือง (น้ำเพื่อการบริโภค) น้ำเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจ (โดยเฉพาะอุตสาหกรรมและบริการ) และการสำรองไว้เพื่อลดความเสี่ยงจากภัยธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม การศึกษาและการรวบรวมข้อมูลงานวิจัยด้านน้ำบาดาลที่เกี่ยวข้องกับการแปรปรวนและเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและประเด็นที่พึงพิจารณาของน้ำบาดาลและการบริหารจัดการในอนาคตของประเทศไทยยังมีไม่มากนัก จึงจำเป็นต้องเร่งดำเนินการเพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงศักยภาพของน้ำบาดาลในอนาคต ตลอดจนกระบวนการเติมน้ำใต้ดิน เพื่อให้สามารถเตรียมความพร้อมการพัฒนาไปในทิศทางที่ถูกต้องเพื่อลดความเสี่ยงและเพิ่มความมั่นคงด้านน้ำในอนาคตได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2558. รายงานสถานการณ์น้ำบาดาลประเทศไทย โครงการวางเครือข่ายสถานีสังเกตการณ์น้ำบาดาลเพื่อติดตามสถานการณ์น้ำบาดาล ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556 ไตรมาสที่ 1 สำนักอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรน้ำบาดาล, กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
2. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2553. โครงการสำรวจสถานภาพบ่อน้ำบาดาล ศึกษากำหนดเครือข่ายบ่อสังเกตการณ์ และประเมินการใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศ กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
3. คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. 2558. แผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.
4. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และวินัย เชาวน์วิวัฒน์. 2552. การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก. การประชุมวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 14 พฤษภาคม 2552.
5. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. 2553. สภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงของไทยและผลกระทบด้านน้ำ รายงานวิจัยหน่วยปฏิบัติการวิจัยระบบจัดการแหล่งน้ำ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
6. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. 2553. โครงการผลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกต่อปริมาณน้ำฝน/น้ำท่ารายเดือนของประเทศไทยและต่อการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออก พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำเชิงพื้นที่พร้อมระบบสนับสนุนการตัดสินใจและกระบวนการทางสังคมในบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง. เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,กรุงเทพฯ
7. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ. 2558. การจัดทำกรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
8. สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2558, โครงการการคาดการณ์ปริมาณน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงสูงสุด ในระดับลุ่มน้ำของประเทศไทยและจีน. รายงานฉบับสมบูรณ์ภายใต้ความร่วมมือไทย-จีน เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
9. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2557. สถานการณ์ก๊าซเรือนกระจก / ผลกระทบ/ ปริมาณน้ำฝนน้ำท่า. Available online: http://www.tgo.or.th/2015/thai/ content.php?s1=8&s2=24&sub3=sub3
10. 2030 WRG (2030 Water Resources Group). 2009. Charting our water future: Economic frameworks to inform decision-making. Washington, DC, 2030 WRG.
11. Ali R., McFarlane D., Varma S., Dawes W, Emelyanova I., and Hodgson G. 2012. Potential climate change impacts on the water balance of regional unconfined aquifer systems in south-western Australia. Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 4581–4601, 2012. [Online]. Available on: http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/4581/2012/hess-16-4581-2012.pdf
12. Ames A. 1998. A documentation of glacier tongue variations and lake development in the Cordillera Blanca, Peru. Zeitschrift fuer Gletscherkunde ung Glazialgeologie 34(1):1–36.
13. Bates B., Kundzewicz Z.W., Wu S., and Palutikof J.P. 2008. Climate change and water. Technical paper VI of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat, Geneva, 210 pp.
14. Chinvanno S., Luang-Aram V, Sangmanee C. and Thanakijmethavut J. 2009. Simulation of future climate scenario for Thailand and surrounding countries. Final technical report to Thailand Research Fund, Bangkok.
15. Chulalongkorn. 2010. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case Study: Plaichumphol Irrigation Project, Thailand). Presented at JIID Seminar on Impact of Climate Change on Irrigation Systems. Bangkok.
16. Chulalongkorn. 2011. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Wangbua Irrigation Project case study). Final Report submitted to JIID.
17. Chulalongkorn. 2012. The Impact of Climate Change towards Irrigation Systems and Adaptation Measures (Case study: The Royal Irrigation Office Region 12). Research Report submitted to JIID.
18. Chulalongkorn. 2013. The Impact of Climate Change on Irrigation Systems and Adaptation Measures (Dam Operation Analysis). Research Report submitted to JIID.
19. Groves D., Knopman D., Lempert R., Berry S. and Wainfan S. 2008. Identifying and Reducing Climate Change Vulnerabilities in Water Management Plans. The Rand Corporation, Santa Monica, CA.
20. IPCC. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M and H.L. Miller (eds.). Cambridge and New York: Cambridge University Press.

21. IPCC. 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., .Plattner, G.-K, Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
22. IPCC. 2014. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, MacCracken A.N.S., Mastrandrea, P.R. and White, L.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.
23. Kaser G and Osmaston H. 2002. Tropical Glaciers. Cambridge: Cambridge University Press.
24. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Kabat P., Jiménez B., Miller K.A., Oki T., Sen Z. and Shiklomanov I.A. 2007. Freshwater resources and their management. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Parry, M.L, Canziani, O.F, Palutikof, J.P, van der Linden, P.J and Hanson C.E (eds.). Cambridge: Cambridge University Press. pp. 173–210.
25. Lempert R.J., Popper S.W. and Bankdes S.C. 2003. Shaping the Next One Hundred Years: New Methods for Quantitative, Long-Term Policy Analysis. RAND Corporation.
26. Nettasana T., Craig J. & Tolson B., 2012, Conceptual and numerical models for sustainable groundwater management in the Thaphra area, Chi River Basin, Thailand, Hydrogeology Journal (2012) 20: 1355–1374, DOI 10.1007/s10040-012-0887-6.
27. Saraphirom P., Wirojanagud W. and Srisuk K. 2013a. Impact of Climate Change on Waterlogging and Salinity Distributions in Huai Khamrian Subwatershed, NE Thailand, Environmental Earth Sciences, Springer, ISSN 1866-6280 (September 2013) Volume 70, Number 2: Pages 887–900.
28. Saraphirom P., Wirojanagud W., and Srisuk K. 2013 b. Potential Impact of Climate Change on Area Affected by Waterlogging and Saline Groundwater and Ecohydrology Management in Northeast Thailand, EnvironmentAsia Volume 6 (1) January 2013, Pages 19-28.
29. The Centre for Climate Research Singapore and the Met Office Hadley Centre. 2014. A Regional Climate Modeling Experiment for Southeast Asia (SEACAM): Using PRECIS Regional Model and selected CMIP3 Global Climate Modeling. The Technical Report from SEACAM workshop. Available at: http://ccrs.weather.gov.sg/wp-content/uploads/2015/03/Regional-Climate-Modelling-Experiment-for-Southeast-Asia.pdf
30. Treidel H., Jose Luis Martin-Bordes, and Jason Gurdak. 2012. Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Synthesis of Findings and Recommendations. Taylor and Francis–CRC Press in cooperation with the International Association of Hydrogeologists (IAH).
31. UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2013. World Population Prospects: The 2012 Revision. New York, Population Division, United Nations (UN). http://esa.un.org/wpp/
32. UNFCC. 2014. Introduction to the technical guidelines for the NAP process. Technical meeting on national adaptation plans 24–26 February 2014 Dar es Salaam, Tanzania.
33. United Nations. 2003. World Water Development Report: Water for Life, Water for People. Paris: UNESCO and Barcelona: Berghahn Books. 544 pp.
34. USAID. 2010. Asia-Pacific Regional Climate Change Adaptation Assessment. United States Agency for International Development. Available at http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/ PNADS197.pdf.
35. USCB (United States Census Bureau). 2012. International Programs. World Population. http://www.census.gov/population/international/data/worldpop/table_population.php
36. WaterRF. 2013. A framework for assessing climate change Vulnerability and Defining Robust Management for Water Utilities. The Water Research Foundation, WRF Report 4262, Denver, CO
37. Wilk J and Wittgren HB (eds.). 2009. Adapting Water Management to Climate Change. Swedish Water House policy Brief nr. 7. SIWI.
38. World Economics. 2014. World Economics: Global Growth Tracker. http://www.worldeconomics.com/papers/Global%20Growth%20Monitor_7c66ffca-ff86-4e4c-979d-7c5d7a22ef21.paper

39. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2009. The United Nations World Water Development Report 3 : Water in Changing World. Paris, UNESCO.
40. WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. Paris, UNESCO.
41. UNESCO IHP. 2008. Ground Water Resource Assessment under the Pressure of Humanity and Climate Change (GRAPHIC): A frame work document GRAPHIC series N°2. Paris, UNESCO.
42. Least Development Countries (LDC) Expert Group. 2012. The National Adaptation Plan Process: A brief overview. Bonn: UNFCCC secretariat. Bonn, Germany.

บทที่ 9

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

Robust Agriculture System to Climate Change

คุณศุภกร ชินวรรโณ

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก

แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดร.พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์

ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร (ศวพก.) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีอ้างอิง

ศุภกร ชินวรรโณ และ พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์, 2559: การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

9.1 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคส่วนการเกษตร 309

9.2 แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตร 319

9.3 แนวคิดและแนวทางในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรในประเทศไทย 320

9.4 สรุป 336

เอกสารอ้างอิง

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของระบบเกษตรที่มั่นคงต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีแนวโน้มที่จะส่งผลโดยตรงต่อการเกษตรทั้งในเชิงกายภาพของพืชและสัตว์ อีกทั้งอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ที่ใช้เพื่อการเกษตร โดยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในหลายพื้นที่อาจทำให้คุณสมบัติของดินและทรัพยากรน้ำซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตหลักของภาคการเกษตรเปลี่ยนแปลงไป นอกจากนี้ ปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรก็อาจเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณฝนที่เปลี่ยนไปในอนาคต โดยการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันทั้งในเชิงพื้นที่และห้วงเวลา ผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้อาจส่งผลต่อผลผลิตการเกษตร โดยทำให้ระบบเกษตรตกอยู่ใต้ภาวะเสี่ยงที่แตกต่างไปจากปัจจุบัน ดังนั้นภาคส่วนเกษตรจึงควรคิดถึงยุทธศาสตร์และแนวทางที่จะปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคต

การทำการเกษตรของไทยโดยเฉพาะการเพาะปลูกพืชมีความหลากหลาย สาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมทางกายภาพในพื้นที่เกษตรในภาคใต้จนถึงทางตอนเหนือของประเทศ ที่อยู่ระหว่างละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือถึง 20 องศา 28 ลิปดาเหนือ และลองจิจูดที่ 97 องศา 21 ลิปดาตะวันออกถึง 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก มีลักษณะทางภูมิประเทศที่เป็นภูเขาสูงในภาคเหนือ ที่ราบสูง ที่ราบลุ่มตอนกลาง และพื้นที่ชายฝั่งทะเลในตอนกลาง ตะวันออก และตอนใต้ของประเทศที่มีอิทธิพลต่อสภาพดิน ฟ้า อากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดความเหมาะสมของการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิด ทั้งนี้ ระบบเกษตรของประเทศไทยโดยเฉพาะที่มีระบบการปลูกพืชเป็นหลักนั้น พึ่งพิงทุนทรัพยากรการผลิต ภูมิอากาศ และสภาพปัจจัยแวดล้อมทางธรรมชาติ เศรษฐกิจ และสังคม/นโยบาย ที่มีความผันผวนอยู่ตลอดเวลา ไม่มีกรอบนโยบายและทิศทางการพัฒนาด้านการเกษตรที่เป็นรูปธรรมชัดเจนในการพร้อมรับมือการเปลี่ยนแปลงปัจจัยเหล่านี้ ทำให้ระบบเกษตรภายใต้สภาพการณ์ในอดีตถึงปัจจุบันต้องเผชิญกับความเสี่ยงในหลายมิติที่มีความสัมพันธ์กันไม่สามารถแจงแยกผลกระทบที่เกิดจากแต่ละปัจจัยเสี่ยง (threats) ได้อย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตข้างหน้าแล้วอาจคาดการณ์ได้ว่าบริบทความเสี่ยงของระบบเกษตรโดยเฉพาะที่มีระบบพืชเป็นหลักจะเปลี่ยนไปในทิศทางที่อาจจะส่งผลกระทบเชิงลบเพิ่มมากขึ้น การกำหนดทิศทางการพัฒนาและการจัดการระบบเกษตรจำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงบริบทความเสี่ยงที่มีความเฉพาะเจาะจงและผันแปรไปตามสภาพปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันไปในแต่ละสภาพภูมิสังคมนิเวศ และทิศทางการพัฒนาที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละพื้นที่ เพื่อนำไปกำหนดทิศทางการจัดการระบบเกษตรที่เหมาะสมและมีความคงทน (robust) ต่อบริบทความเสี่ยงภายใต้สถานการณ์อนาคตที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในระยะยาว

บทนี้จับประเด็นระบบเกษตรในแง่ของการปลูกพืชหลักโดยไม่ได้รวมถึงการเลี้ยงสัตว์หรือการประมงเข้าไว้ด้วย เนื่องจากข้อจำกัดด้านองค์ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภาคส่วนการเกษตร ซึ่งการศึกษาในประเทศไทยในระยะที่ผ่านมานั้นได้เน้นที่ระบบการเพาะปลูกเป็นหลัก โดยมีเป้าหมายที่จะชี้ให้เห็นถึงภาวะคุกคามที่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอาจมีต่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในประเทศไทยและความจำเป็นที่ระบบเกษตรไทยจะต้องคิดถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอย่างจริงจัง และแนวคิดในการปรับตัวในภาคการเกษตรในระดับสากล ตลอดจนแนวทางการประยุกต์แนวคิดด้านการปรับตัวเหล่านั้นกับระบบเกษตรในประเทศไทยจากตัวอย่างเท่าที่ได้มีการศึกษาในประเทศไทยในระยะที่ผ่านมา

9.1 แรงขับดันและความท้าทายที่ก่อให้เกิดความจำเป็นของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคส่วนการเกษตร

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตภายใต้ภาวะโลกร้อนอาจส่งผลต่อระบบเกษตรในหลายทาง กล่าวคือ

- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับผลผลิตการเกษตร
  โดยพื้นฐานแล้ว พืชต้องการสภาวะอากาศที่เหมาะสมเพื่อการเติบโต และการติดดอกออกผล การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน การกระจายตัวของฝน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระหว่างช่วงฤดูเพาะปลูก อีกทั้งการขยับเลื่อนของฤดูกาล จะมีผลโดยตรงต่อผลผลิตของพืชต่าง ๆ ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามความอ่อนไหวของพืชแต่ละชนิดที่มีต่อสภาพอากาศที่พืชนั้น ๆ จะทนทานหรือเติบโตได้ การเปลี่ยนแปลงผลผลิตที่ลดน้อยลงนำมาซึ่งความจำเป็นที่จะต้องเตรียมการปรับตัวเพื่อให้แน่ใจได้ว่า ผลผลิตทางการเกษตรยังคงอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการบริโภคและการผลิตด้านอุตสาหกรรมเกษตรตลอดจนการค้าระหว่างประเทศในอนาคต

- การเปลี่ยนแปลงของความถี่และความรุนแรงของภาวะอากาศรุนแรงต่อผลผลิตการเกษตร
  การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของภาวะอากาศรุนแรง (รูปที่ 9.1) ได้แก่ ภาวะฝนแล้งหรือทิ้งช่วง และภาวะฝนตกหนักซึ่งก่อให้เกิดน้ำท่วม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณพื้นที่ราบริมแม่น้ำซึ่งมักจะใช้เป็นพื้นที่เพื่อการเกษตร ภาวะอากาศรุนแรงเหล่านี้นำมาซึ่งภัยพิบัติเมื่อเกิดความเสียหายในวงกว้าง ซึ่งพื้นที่เกษตรก็เป็นพื้นที่ที่มักจะอยู่ในข่ายเสี่ยงจากภัยพิบัติอันเนื่องจากภาวะอากาศรุนแรงเหล่านี้ โอกาสที่ผลผลิตการเกษตรอาจจะเกิดความเสียหายมากขึ้นนี้นำมาซึ่งความจำเป็นที่จะต้องเตรียมการปรับตัวเพื่อให้แน่ใจได้ว่าความเสี่ยงเหล่านี้จะถูกจัดการได้อย่างเหมาะสม

Phenomenon and direction of trend	Assessment that changes occurred (typically since 1950 unless otherwise indicated)	Assessment of a human contribution to observed changes	Likelihood of further changes	
			Early 21st century	Late 21st century
Warmer and/or fewer cold days and nights over most land areas	*Very likely* (2.6) *Very likely* *Very likely*	***Very likely*** (10.6) *Likely* *Likely*	*Likely* (11.3)	*Virtually certain* (12.4) *Virtually certain* *Virtually certain*
Warmer and/or more frequent hot days and nights over most land areas	*Very likely* (2.6) *Very likely* *Very likely*	***Very likely*** (10.6) *Likely* *Likely* (nights only)	*Likely* (11.3)	*Virtually certain* (12.4) *Virtually certain* *Virtually certain*
Warm spells/heat waves. Frequency and/or duration increases over most land areas	***Medium confidence*** on a global scale *Likely* in large parts of Europe, Asia and Australia (2.6) *Medium confidence* in many (but not all) regions *Likely*	***Likely***[a] (10.6) Not formally assessed *More likely than not*	Not formally assessed[b] (11.3)	*Very likely* (12.4) *Very likely* *Very likely*
Heavy precipitation events. Increase in the frequency, intensity, and/or amount of heavy precipitation	*Likely* more land areas with increases than decreases[c] (2.6) *Likely* more land areas with increases than decreases *Likely* over most land areas	***Medium confidence*** (7.6, 10.6) *Medium confidence* *More likely than not*	*Likely* over many land areas (11.3)	***Very likely*** over most of the mid-latitude land masses and over wet tropical regions (12.4) *Likely* over many areas *Very likely* over most land areas
Increases in intensity and/or duration of drought	***Low confidence*** on a global scale *Likely* changes in some regions[d] (2.6) *Medium confidence* in some regions *Likely* in many regions, since 1970[e]	***Low confidence*** (10.6) *Medium confidence*[f] *More likely than not*	*Low confidence*[g] (11.3)	***Likely*** *(medium confidence)* on a regional to global scale[h] (12.4) *Medium confidence* in some regions *Likely*[e]
Increases in intense tropical cyclone activity	***Low confidence*** in long term (centennial) changes *Virtually certain* in North Atlantic since 1970 (2.6) *Low confidence* *Likely* in some regions, since 1970	***Low confidence***[i] (10.6) *Low confidence* *More likely than not*	*Low confidence* (11.3)	***More likely than not*** in the Western North Pacific and North Atlantic[i] (14.6) *More likely than not* in some basins *Likely*
Increased incidence and/or magnitude of extreme high sea level	*Likely* (since 1970) (3.7) *Likely* (late 20th century) *Likely*	***Likely***[k] (3.7) *Likely*[k] *More likely than not*[k]	*Likely*[l] (13.7)	***Very likely***[l] (13.7) *Very likely*[m] *Likely*

รูปที่ 9.1 รูปแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต
โดย สีน้ำเงิน = IPCC AR5 สีแดง = IPCC AR4
(ที่มา: IPCC AR5)

- การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับทรัพยากรการผลิตทางการเกษตร
  นอกจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลโดยตรงต่อการเติบโตของพืชและผลผลิตการเกษตรดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตยังส่งผลทางอ้อมต่อความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก โดยอาจส่งผลต่อทรัพยากรการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง น้ำในพื้นที่ชลประทานต่าง ๆ นอกจากนั้น ปัญหาดินเค็มในบางพื้นที่ก็อาจเปลี่ยนแปลงไปภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต

ในประเทศไทยระบบการผลิตทางเกษตรใช้พื้นที่ประมาณ 130 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 40.6 ของพื้นที่ทั้งประเทศ การใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรของไทยมีลักษณะสำคัญสองประการ ได้แก่ ประการแรก พื้นที่การเกษตรดังกล่าวร้อยละ 40 อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและอีกประมาณร้อยละ 40 อยู่ในภาคเหนือและภาคกลางรวมกัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) การใช้พื้นที่ทางการเกษตรเป็นไปอย่างเสรีตามความต้องการของตลาดและแหล่งทุนจากภายนอกระบบชนบท และประการที่สอง ระบบการผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นพื้นที่อาศัยน้ำฝนซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและเป็นแหล่งผลิตข้าวคุณภาพสำหรับการบริโภคภายในประเทศและส่งออก รวมทั้งเป็นแหล่งผลิตอ้อยโรงงานและมันสำปะหลังที่สำคัญของประเทศซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมเกษตรในการผลิตอาหารสัตว์และพลังงานชีวมวล

การศึกษาเรื่องผลกระทบของสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตรและระบบเกษตรในประเทศไทยโดยมีผลการศึกษาซึ่งบ่งชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการเตรียมการปรับตัวต่อสถานการณ์ในรูปแบบต่าง ๆ กัน กล่าวคือ

9.1.1 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับแนวโน้มผลผลิตการเกษตรในอนาคต

การศึกษาโดยเกริก ปั้นเหน่งเพ็ชรและคณะ (2552) ได้ใช้แบบจำลองผลผลิตการเกษตร DSSAT4 และใช้ข้อมูลภูมิอากาศอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 GCM A2 และ B2 ซึ่งคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS พบว่า ผลผลิตพืชไร่เศรษฐกิจหลัก ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มัน และปาล์มน้ำมัน มีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะเวลาประมาณ 20 ปีข้างหน้า (ช่วงทศวรรษที่ 2560-2570) เล็กน้อย โดยผลผลิตข้าวนาปีอาศัยน้ำฝนซึ่งเป็นระบบหลักในการผลิตอาหารของประเทศมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยและมีความแตกต่างกันระหว่างลุ่มน้ำหลักของประเทศ โดยการผลิตข้าวนาน้ำฝนในลุ่มน้ำเจ้าพระยาจะได้รับผลกระทบเล็กน้อย แต่การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะมีผลต่อการปลูกข้าวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดอุดรธานี ขอนแก่น กาฬสินธุ์ สกลนคร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร มุกดาหาร อำนาจเจริญ สุรินทร์ ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี ทั้งนี้ผลผลิตข้าวนาปรังอาศัยน้ำชลประทานไม่ได้รับผลกระทบมากนักจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้สมมุติฐานว่ามีน้ำในระบบชลประทานเพียงพอ ส่วนผลผลิตมันสำปะหลังมีแนวโน้มคงที่ ผลผลิตของอ้อยโดยรวมแล้วมีแนวโน้มค่อนข้างดีขึ้น โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก แต่บางพื้นที่ในเขตปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะในพื้นที่ปลูกจังหวัดกาฬสินธุ์ มีแนวโน้มลดลง ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่มีความแปรปรวนสูงระหว่างปี และผลผลิตปาล์มน้ำมันมีแนวโน้มคงที่ และค่อนข้างมีเสถียรภาพ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าผลการศึกษาจะชี้ว่าผลผลิตการเกษตรในอนาคตมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อคำนึงถึงค่าเฉลี่ยในห้วงเวลาประมาณ 20 ปี แต่ผลการศึกษาก็ได้ชี้ให้เห็นถึงประเด็นที่ทำให้ภาคการเกษตรไทยต้องคำนึงถึงเรื่องการปรับตัวให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในอนาคต กล่าวคือ สภาพอากาศภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตจะส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรมีความแปรปรวนสูงขึ้นกว่าปัจจุบัน นอกจากนั้น ถึงแม้ว่าผลผลิตโดยรวมของประเทศจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่รุนแรงมากนัก แต่พบว่าบางพื้นที่จัดได้ว่าเป็นพื้นที่วิกฤติต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งผลผลิตในอนาคตจะมีการเปลี่ยนแปลงมาก ทั้งนี้พื้นที่วิกฤติ ได้แก่

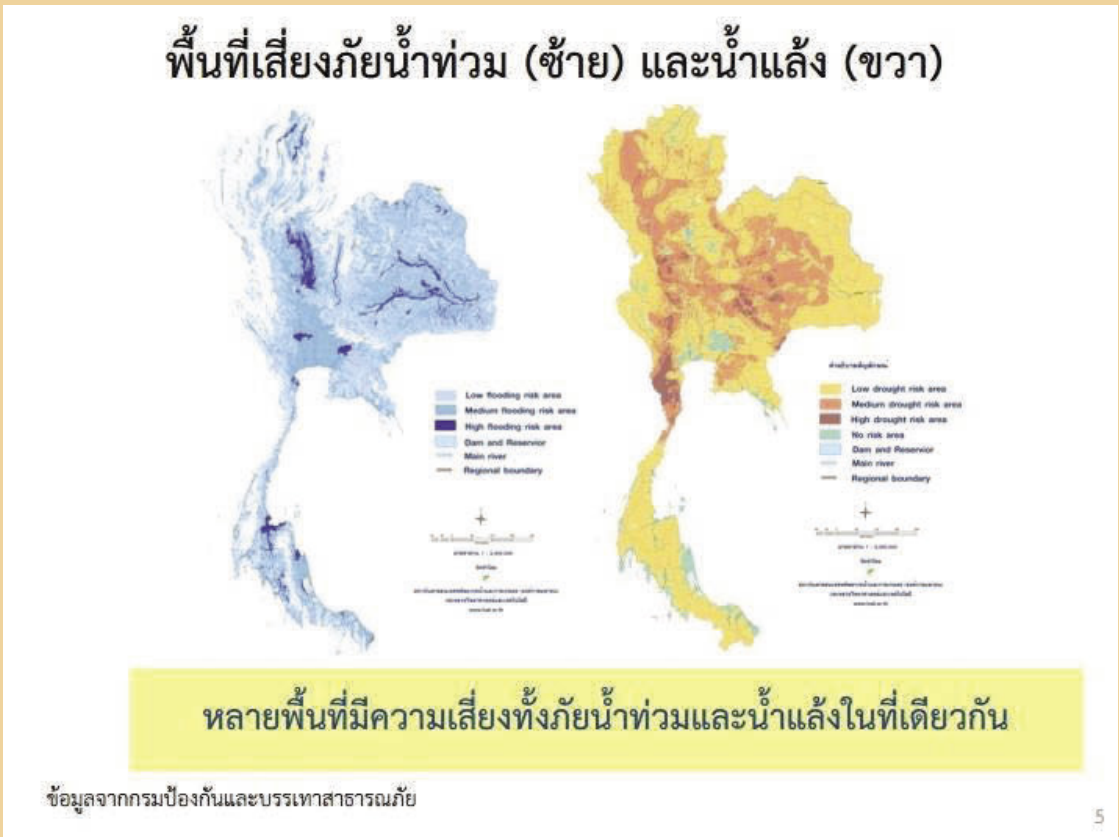
- พื้นที่ทำนาน้ำฝนหรือข้าวนาปี ตลอดจนพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังทางภาคเหนือของประเทศ
- พื้นที่นาข้าวและพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดในช่วงฤดูแล้ง ที่ได้รับผลกระทบจะขยายขอบเขตไปในหลายพื้นที่ โดยส่วนใหญ่เป็นจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แถบจังหวัดอุดรธานี กาฬสินธุ์ สกลนคร มหาสารคาม ร้อยเอ็ด และอุบลราชธานี

- พื้นที่ที่ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดหนองคาย ระยอง นครราชสีมา เลย กาญจนบุรี ระยอง สุพรรณบุรี และกำแพงเพชร
- พื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด ได้แก่ บริเวณจังหวัดอุตรดิตถ์ จันทบุรี เพชรบูรณ์ พะเยา เชียงราย และศรีสะเกษ ให้ผลผลิตต่ำกว่าปีฐานน้อยกว่าร้อยละ 35 และแหล่งปลูกข้าวโพดที่ได้รับผลกระทบรองลงมา ได้แก่ จังหวัดตาก อุตรดิตถ์ เพชรบูรณ์ ลพบุรี นครสวรรค์ เลย สระแก้ว สุพรรณบุรี สระบุรี พะเยา และเชียงราย

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงผลผลิตการเกษตรนี้บ่งชี้ถึงความจำเป็นที่ประเทศไทยจะต้องคิดถึงการปรับตัวที่เหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยพิจารณาเป็นรายพื้นที่ที่ผลผลิตการเกษตรอาจมีความแปรปรวนมากขึ้นในอนาคต

9.1.2 การเปลี่ยนแปลงของความถี่และความรุนแรงของภาวะอากาศรุนแรงต่อผลผลิตการเกษตร

ภาวะอากาศรุนแรง ได้แก่ ภาวะความแห้งแล้งเนื่องจากปริมาณฝนในรอบปีมีน้อยกว่าปริมาณที่ควรเป็น หรือมีช่วงเวลาฝนทิ้งช่วงที่ยาวนานกว่าปกติ อีกทั้งภาวะฝนตกหนักที่นำมาซึ่งสถานการณ์น้ำท่วมในพื้นที่เกษตร (รูปที่ 9.2) ภาวะสภาพอากาศรุนแรงเหล่านี้ส่งผลให้ผลผลิตการเกษตรเสียหาย ซึ่งประเทศไทยก็ประสบปัญหานี้มาอย่างต่อเนื่องจากสภาพอากาศแปรปรวนในระยะที่ผ่านมา ดังจะเห็นได้จากสถิติพื้นที่เสียหายจากภาวะอากาศรุนแรง (ตาราง 9.1 และ 9.2)



รูปที่ 9.2 พื้นที่แล้งซ้ำซาก น้ำท่วมซ้ำซากของประเทศไทย (ที่มา: กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย)

ตารางที่ 9.1 พื้นที่เพาะปลูกข้าวที่เสียหายอันเนื่องจากภัยธรรมชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2551

				หน่วย : ไร่
ภัยธรรมชาติ	**ปี 2548**	**ปี 2549**	**ปี 2550**	**ปี 2551**
ภัยแล้ง	601,350.85	945.00	330,696.00	36,568.00
ฝนทิ้งช่วง	1,845,329.50	781,147.00	1,823,475.50	2,141,209.25
อุทกภัย	2,685,937.00	5,301,920.50	3,262,169.00	4,561,098.00

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2552)

ตารางที่ 9.2 พื้นที่เพาะปลูกพืชไร่เสียหายอันเนื่องจากภัยธรรมชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548-2551

				หน่วย : ไร่
ภัยธรรมชาติ	**ปี 2548**	**ปี 2549**	**ปี 2550**	**ปี 2551**
ภัยแล้ง	1,079,078.25	28,880.00	85,643,25	35,054.00
ฝนทิ้งช่วง	504,038.00	221,114.00	391,035.25	61,384.75
อุทกภัย	306,765.54	779,543.75	621,180.25	1,271,843.25

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร (2552)

โดยในระยะเวลาที่ผ่านมา ภาครัฐได้ให้การช่วยเหลือต่อเกษตรกรผู้ประสบภัยโดยวิธีการสนับสนุนเงินช่วยเหลือ โดยกรมส่งเสริมการเกษตรได้รวบรวมข้อมูลงบประมาณที่ภาครัฐต้องชดเชยให้กับเกษตรกรเนื่องจากความเสียหายจากภัยธรรมชาติ (ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง และอุทกภัย) ตั้งแต่ช่วงปี พ.ศ.2548 – 2551 (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2552) พบว่า พื้นที่เพาะปลูกข้าวและพืชไร่ รวมถึงจำนวนครัวเรือนซึ่งประสบภัยธรรมชาติธรรมชาติมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และเป็นผลให้ภาครัฐต้องจ่ายเงินชดเชยให้กับเกษตรกรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจาก 1,963.55 ล้านบาทในปี 2548 เป็น 3,289.08 ล้านบาท และ 3,891.59 ล้านบาท ในปี 2549 และ 2550 และเพิ่มขึ้นเป็น 5,252.17 ล้านบาทในปี 2551 ซึ่งงบประมาณที่ภาครัฐจะต้องใช้จ่ายในการชดเชยให้กับเกษตรกรอาจสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในอนาคตหากคำนึงถึงปัจจัยที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้น การปรับตัวโดยการแสวงหากลไกใหม่ ๆ เพื่อช่วยในการจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตจึงจัดว่าเป็นเรื่องที่จำเป็น

9.1.3 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับทรัพยากรการผลิตทางการเกษตร

ระบบการเกษตรในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่แล้วเป็นระบบเกษตรที่อาศัยน้ำฝนธรรมชาติ และมีส่วนน้อยที่เป็นระบบเกษตรในพื้นที่ชลประทาน โดยมีสัดส่วนพื้นที่ประมาณ 22.87 เปอร์เซ็นต์[31] อย่างไรก็ตาม ระบบเกษตรนอกพื้นที่ชลประทานซึ่งอาศัยน้ำฝนตามฤดูกาลเป็นหลักนั้น ก็มีการดำเนินกิจกรรมด้านชลประทานขนาดเล็กในหลายรูปแบบควบคู่ไปกับการอาศัยน้ำฝนตามฤดูกาลด้วยเช่นกัน เช่น บ่อน้ำขนาดเล็กในไร่นา อ่างเก็บน้ำขนาดเล็กของชุมชน หรือ การปั๊มน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อสนับสนุนกิจกรรมการเกษตรในชุมชน เป็นต้น ประเด็นที่พึงพิจารณาคือ ภาวะความผันผวนของสภาพอากาศแปรปรวนในปัจจุบันเริ่มส่งผลให้ระบบเกษตรต้องพึ่งพาการจัดหาทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรมากขึ้น เนื่องจากความไม่แน่นอนของฤดูกาลและการกระจายตัวของฝนในรอบปี นอกจากนั้นแล้ว การทำการเกษตรแบบเข้มข้นโดยการปลูกพืชหลายรอบในรอบปี และการปรับเปลี่ยนพืชเศรษฐกิจในหลายพื้นที่ทำให้รูปแบบความต้องการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรเปลี่ยนแปลงไป ทั้งในแง่ของปริมาณความต้องการใช้น้ำและห้วงเวลาที่ต้องการใช้น้ำในรอบปี และเป็นปัจจัยที่ทำให้ระบบเกษตรต้องพึ่งพาการจัดหาน้ำมากขึ้นเช่นกัน

ภาวะความแปรปรวนของสภาพอากาศในระยะที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่า ระบบชลประทานทั้งขนาดใหญ่และเล็กอาจจะไม่สามารถใช้งานได้เต็มตามขีดความสามารถของระบบชลประทานนั้น ๆ เนื่องจากมีปริมาณน้ำในระบบชลประทานน้อยกว่า

[31] พื้นที่การเกษตรรวมทั้งประเทศไทย 131.59 ล้านไร่ และพื้นที่ชลประทานรวม 29.98 ล้านไร่ (ข้อมูล ณ สิ้นปีงบประมาณ 2556 ที่มา: กรมชลประทาน, 2557 information.rid.go.th/secretary/scan/ppt02.ppt)

ศักยภาพการกักเก็บ ทำให้ต้องจัดสรรน้ำระหว่างภาคส่วนอย่างระมัดระวังมากขึ้น และอาจจะต้องมีการจำกัดพื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากไม่มีน้ำเพียงพอที่จะสนับสนุนกิจกรรมการเกษตรต่าง ๆ ข้อมูลดังที่แสดงในตารางที่ 9.3 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำใช้งานของอ่างเก็บน้ำต่าง ๆ ซึ่งมีน้อยกว่าปริมาณที่ควรจะเป็น อันเป็นสิ่งบ่งชี้ประการหนึ่งถึงความเสี่ยงของภาคส่วนการเกษตรที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคตถ้าหากปริมาณฝนในรอบปีเปลี่ยนแปลงไป หรือมีกรณีที่เกิดปีที่ภาวะฝนน้อยบ่อยครั้งขึ้นในอนาคต

ตารางที่ 9.3 ปริมาณน้ำในเขื่อนและอ่างเก็บน้ำต่างๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2556-2559 (ข้อมูล ณ วันที่ 24 มีนาคม 2559)

ภาคอ่างเก็บน้ำเขื่อน	ความจุที่ รนก. (ล้าน ม.^{3})	ปริมาตรน้ำในอ่างฯ								ปริมาตรน้ำไหลลงอ่างฯ ค่าเฉลี่ยรวมทั้งปี (ล้าน ม.^{3})		
		ปัจจุบัน ปี 2559 (ณ วันที่ 24 มี.ค.59)		ปี 2558 (ณ วันที่ 24 มี.ค.58)		ปี 2557 (ณ วันที่ 24 มี.ค.57)		ปี 2556 (ณ วันที่ 24 มี.ค.56)		ปี 2558	ปี 2557	ปี 2556
		ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.			
ภาคเหนือ												
เขื่อนภูมิพล	13,462	4,469	33	5,587	42	5,774	43	5,918	44	5,641	5,716	5,602
เขื่อนสิริกิติ์	9,510	4,114	43	5,288	56	4,506	47	4,089	43	5,677	5,722	5,391
เขื่อนแม่งัด	265	51	19	136	51	184	69	129	49	323	331	332
เขื่อนกิ่วลม	106	26	25	49	46	81	76	52	49	549	562	281
เขื่อนแม่กวง	263	27	10	41	16	101	38	89	34	193	202	186
เขื่อนกิ่วคอหมา	170	22	13	72	42	130	76	128	75	215	245	297
เขื่อนแควน้อย	939	308	33	391	42	301	32	487	52	1,381	1,522	1,653
รวมภาคเหนือ	24,715	9,017	36	11,564	47	11,077	45	10,892	44	13,979	14,300	13,742
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ												
เขื่อนลำปาว	1,980	492	25	676	34	477	24	256	13	2,314	2,389	1,985
เขื่อนลำตะคอง	314	94	30	122	39	212	68	104	33	272	275	270
เขื่อนลำพระเพลิง	110	58	53	25	23	77	70	41	37	174	177	184
เขื่อนน้ำอูน	520	152	29	231	44	211	41	111	21	444	454	443
เขื่อนอุบลรัตน์	2,431	597	25	996	41	1,087	45	787	32	2,482	2,526	2,271
เขื่อนสิรินธร	1,966	1,039	53	1,117	57	1,164	59	1,088	55	1,673	1,693	1,664
เขื่อนจุฬาภรณ์	164	59	36	79	48	54	33	63	38	158	161	165
เขื่อนห้วยหลวง	135	22	16	42	31	45	33	24	18	168	172	161
เขื่อนลำนางรอง	121	61	50	69	57	94	78	69	57	57	59	30
เขื่อนมูลบน	141	39	28	61	43	113	80	43	30	97	100	82
เขื่อนน้ำพุง	166	57	34	56	34	71	43	69	42	131	133	103
เขื่อนลำแซะ	275	78	28	120	44	242	88	122	44	206	213	193
รวมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	8,323	2,748	33	3,594	43	3,847	46	2,777	33	8,176	8,352	7,551
ภาคกลาง												
เขื่อนป่าสักฯ	960	331	34	402	42	336	35	307	39	2,331	2,459	2,200
เขื่อนกระเสียว	240	53	22	107	45	164	68	117	49	341	348	256
เขื่อนทับเสลา	160	46	29	50	31	27	17	43	27	138	145	124
รวมภาคกลาง	1,360	430	32	559	41	527	39	467	39	2,810	2,952	2,580

ภาคอ่างเก็บน้ำเขื่อน	ความจุที่ รนก. (ล้าน ม.^{3})	ปริมาตรน้ำในอ่างฯ								ปริมาตรน้ำไหลลงอ่างฯ ค่าเฉลี่ยรวมทั้งปี (ล้าน ม.^{3})		
		ปัจจุบัน ปี 2559 (ณ วันที่ 24 มี.ค.59)		ปี 2558 (ณ วันที่ 24 มี.ค.58)		ปี 2557 (ณ วันที่ 24 มี.ค.57)		ปี 2556 (ณ วันที่ 24 มี.ค.56)		ปี 2558	ปี 2557	ปี 2556
		ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.	ปริมาตรน้ำ (ล้าน ม.^{3})	% เทียบ รนก.			
ภาคตะวันตก												
เขื่อนศรีนครินทร์	17,745	12,262	69	12,509	70	13,931	79	14,298	81	4,641	4,703	4,339
เขื่อนวชิราลงกรณ์	8,860	4,377	49	4,575	52	5,556	63	5,856	66	5,485	5,519	5,369
รวมภาคตะวันตก	26,605	16,639	63	17,084	64	19,487	73	20,154	76	10,126	10,222	9,708
ภาคตะวันออก												
เขื่อนบางพระ	117	30	26	43	37	59	50	61	52	45	45	44
เขื่อนหนองปลาไหล	164	125	76	106	65	111	68	122	75	220	216	203
เขื่อนคลองสียัด	420	112	27	105	25	164	39	207	49	298	303	204
เขื่อนขุนด่านปราการชล	224	88	39	74	33	36	16	88	39	314	324	337
เขื่อนประแสร์	248	188	76	193	78	190	77	190	77	284	284	295
รวมภาคตะวันออก	1,173	543	46	521	44	560	48	668	57	1,161	1,172	1,083
ภาคใต้												
เขื่อนแก่งกระจาน	710	259	36	352	50	445	63	384	54	891	898	929
เขื่อนปราณบุรี	391	81	21	186	48	258	74	108	31	448	457	436
เขื่อนรัชชประภา	5,639	4,252	75	4,355	77	4,496	80	3,659	65	2,611	2,623	2,598
เขื่อนบางลาง	1,454	930	64	1,316	91	1,005	69	976	67	1,567	1,564	1,545
รวมภาคใต้	8,194	5,522	67	6,209	76	6,204	76	5,127	63	5,517	5,542	5,508
รวมทั้งประเทศ	**70,370**	**34,899**	**50**	**39,531**	**56**	**41,702**	**59**	**40,085**	**57**	**41,769**	**42,540**	**40,172**

หมายเหตุ : รนกหมายถึง ระดับน้ำเก็บกักของอ่างฯ .

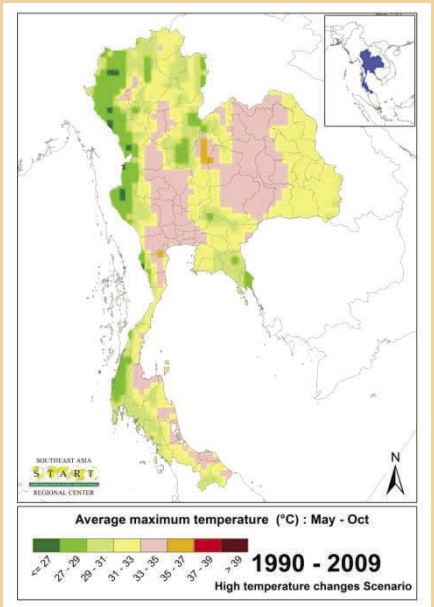
% เทียบกับ รนก.



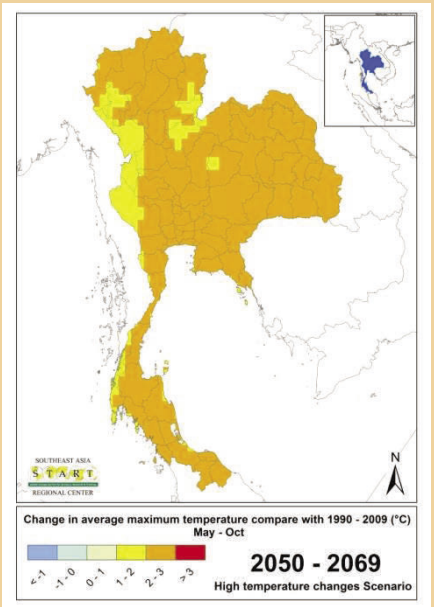
ตัวอย่างการคาดการณ์อนาคตที่แสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในทิศทางที่มีหน้าร้อนที่ร้อนมากขึ้น (รูปที่ 9.3) และระยะเวลาที่มีอากาศร้อนจัดในรอบปียาวนานมากขึ้น[32] (รูปที่ 9.4)

[32] ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามแนวทางที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก (High temperature change scenario) ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)

May - Oct

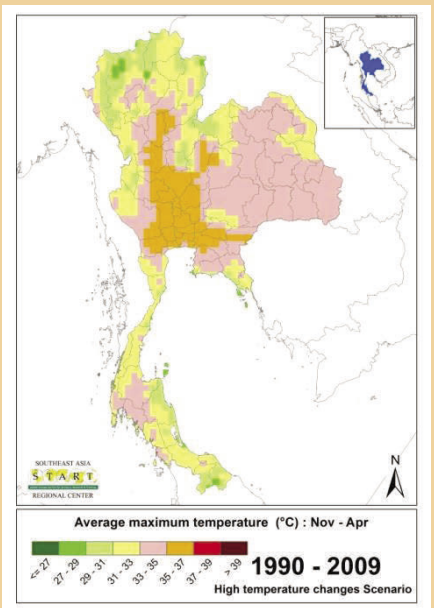


ก.

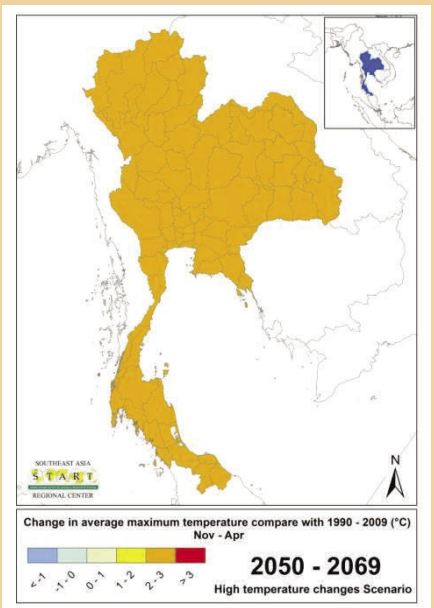


ข.

Nov - Apr



ค.

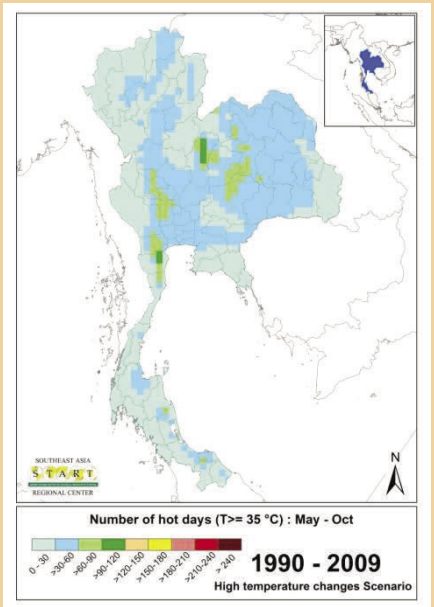


ง.

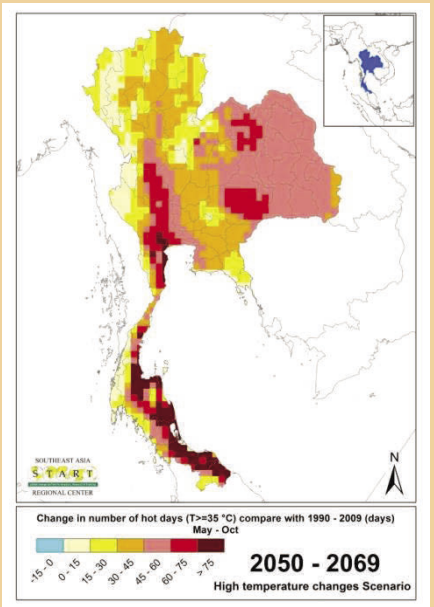
รูปที่ 9.3 ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (Average maximun temperature) (ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ที่มา: CCRS and MOHC[33], 2014)

[33] ชุดข้อมูลภูมิอากาศอนาคตเป็นการประมวลผลโดยการใช้ข้อมูลการจำลองภูมิอากาศโลก 17 แบบจำลองภายใต้ภาพฉายอนาคตการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A1B และคำนวณเพิ่มรายละเอียดโดยแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS และทำการหาข้อสรุปทิศทางของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในรูปแบบต่าง ๆ โดยความร่วมมือระหว่าง The Centre for Climate Research Singapore และ The Met Office Hadley Centre และเจ้าหน้าที่จากกรมอุตุนิยมวิทยาประเทศต่าง ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

May - Oct

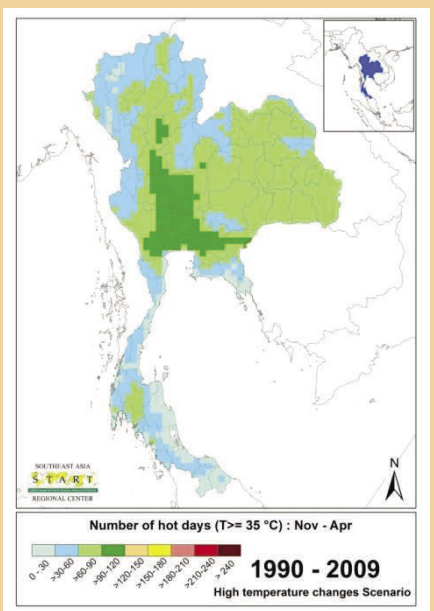


ก.

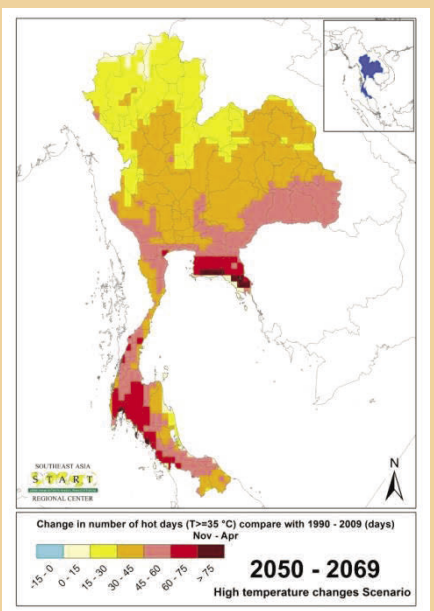


ข.

Nov - Apr



ค.

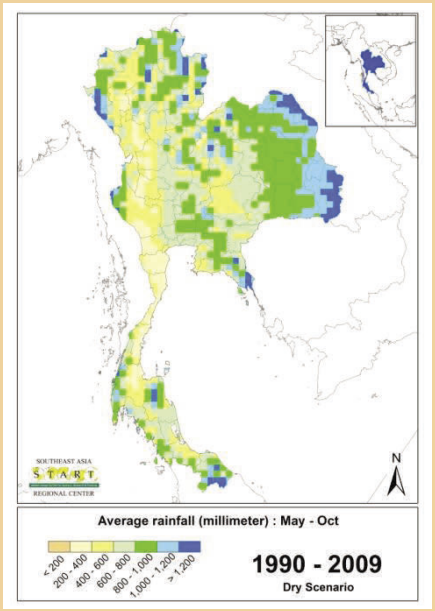


ง.

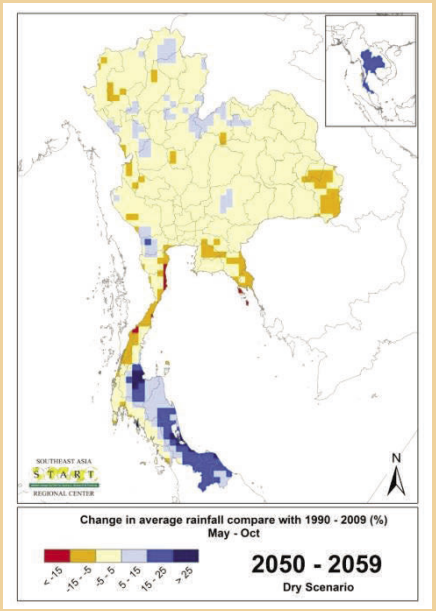
รูปที่ 9.4 ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิมาก สำหรับการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันที่มีอากาศร้อนในรอบปี (Number of hot days; T>= 35°C) (ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ที่มา: CCRS and MOHC, 2014)

ตัวอย่างการคาดการณ์อนาคตที่แสดงแนวโน้มที่ฤดูแล้งจะมีฝนน้อยลง แต่ปริมาณฝนในอนาคตจะเพิ่มมากขึ้นในช่วงฤดูฝน[34]

May - Oct

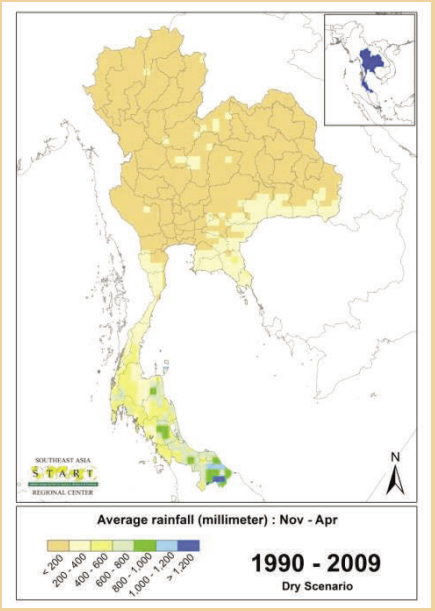


ก.

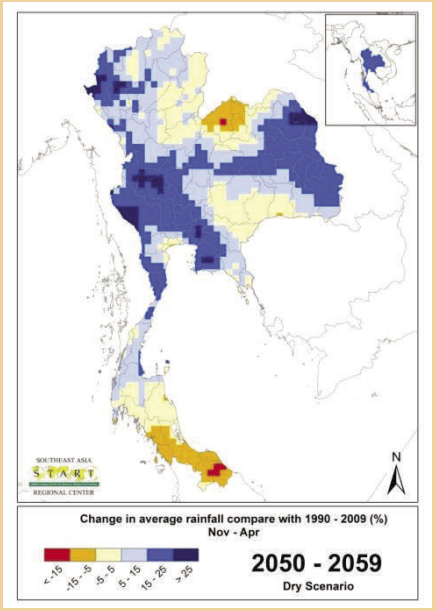


ข.

Nov - Apr



ค.



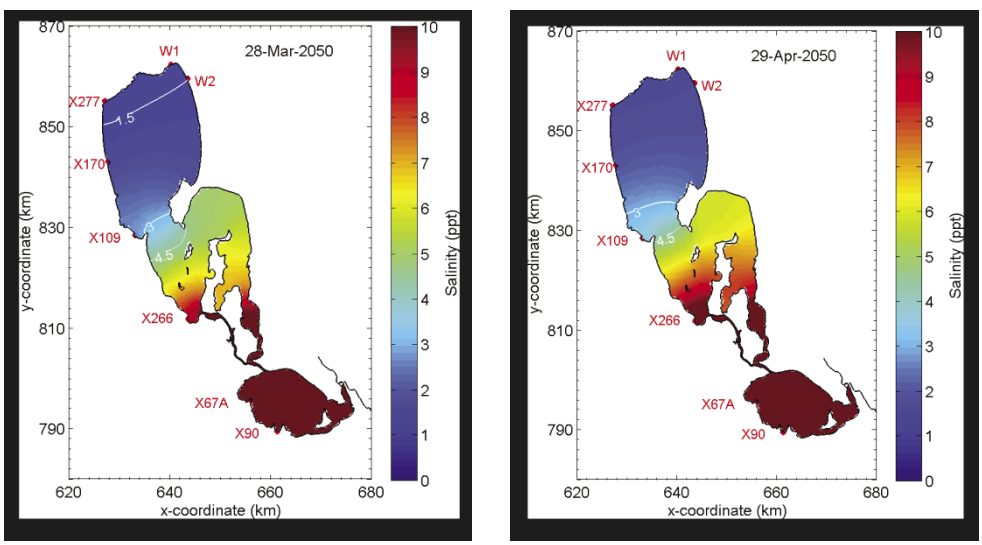
ง.

รูปที่ 9.5 ภาพการจำลองภูมิอากาศอนาคตตามภาพฉายที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตในทิศทางที่ภูมิภาคจะมีฝนน้อยลง สำหรับปริมาณฝนรวมเฉลี่ยในแต่ละช่วงฤดูมรสุม (Average rainfall)
(ก) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (ข) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(ค) ปีฐานปัจจุบันช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และ (ง) ปีอนาคตช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ
(ที่มา: CCRS and MOHC, 2014)

[34] ภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตในทิศทางที่ภูมิภาคจะมีฝนน้อยลง (dry scenario) ประมวลผลโดย SEA START RC (2016)

อีกประเด็นหนึ่งที่จะต้องคำนึงก็คือ นอกจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจะส่งผลกระทบต่อน้ำซึ่งเป็นทรัพยากรการผลิตหลักของภาคการเกษตรแล้ว การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่จะเพิ่มสูงขึ้น และระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปียาวนานขึ้นในอนาคตก็จะส่งผลให้ระบบชลประทานสามารถพึ่งพาแหล่งน้ำธรรมชาติได้น้อยลงเช่นกัน ตัวอย่างหนึ่งที่ได้มีการศึกษาคือ ระบบเกษตรในทุ่งระโนด จังหวัดสงขลา (กรรณิการ์ กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ, 2558) ซึ่งเป็นพื้นที่ราบลุ่มและเป็นอู่ข้าวอู่น้ำของภาคใต้ตอนล่าง มีการทำนาปีละ 2 ครั้ง จึงต้องการน้ำเพื่อการปลูกข้าวปริมาณมาก และมีการปรับปฏิทินปลูกข้าวนาปรังขยับเข้าไปในฤดูแล้งมากขึ้น โดยอาศัยการสูบน้ำจากทะเลสาบสงขลาเพื่อการทำนา และการขยายตัวของพื้นที่ปลูกข้าวในระยะที่ผ่านมา ก็ทำให้เกิดการพึ่งพาน้ำจากทะเลสาบสงขลามากขึ้น ทั้งนี้ในอดีตที่ผ่านมา ในปีที่เกิดภาวะแล้งหรือช่วงหน้าร้อนมีอากาศร้อนจัดทำให้น้ำทะเลรุกล้ำขึ้นถึงตอนบนของทะเลสาบสงขลาซึ่งเป็นพื้นน้ำที่ระบบเกษตรทุ่งระโนดจะต้องใช้น้ำเพื่อการเกษตร ในกรณีที่น้ำที่สูบขึ้นจากทะเลสาบสงขลานี้มีความเค็มเกินกว่าที่จะเอาไปใช้ในไร่นาโดยตรงได้ เกษตรกรจะทำการเจือจางด้วยน้ำจืดจากบ่อที่มีการกักเก็บไว้ แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำจืดนี้ก็มีจำกัด ดังนั้น หากน้ำจากทะเลสาบสงขลามีความเค็มสูงขึ้น หรือเกิดสถานการณ์น้ำทะเลรุกล้ำขึ้นถึงตอนบนของทะเลสาบสงขลาบ่อยขึ้น ก็จะทำให้เกินขีดความสามารถที่เกษตรกรจะรับมือได้ และผลผลิตอาจจะเสียหายหรืออาจจะต้องงดการปลูกข้าวหรือกิจกรรมการเกษตรที่ต้องการน้ำปริมาณมากในปีนั้น ๆ

ตัวอย่างผลการจำลองสถานการณ์ในอนาคตของทะเลสาบสงขลา พบว่า การที่อุณหภูมิในอนาคตในพื้นที่จังหวัดสงขลามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาที่มีอากาศร้อนในรอบปีขยายตัวยาวนานมากขึ้น อาจทำให้ความเค็มรุกล้ำขึ้นถึงตอนบนของทะเลสาบสงขลาได้รุนแรงและบ่อยครั้งมากขึ้น ผลจากการวิเคราะห์แบบจำลองการแพร่กระจายน้ำเค็มในทะเลสาบสงขลาแสดงให้เห็นว่า น้ำในทะเลสาบตอนบนซึ่งเป็นน้ำต้นทุนของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาระโนด-กระแสสินธุ์จะมีค่าความเค็มสูงขึ้นโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และโอกาสที่ค่าความเค็มจะเกินระดับจุดวิกฤติ (Threshold) ที่จะสามารถใช้เพื่อการเกษตรได้ (ที่ระดับ 1.5 ส่วนในพันส่วน (ppt)) ก็จะมีมากขึ้นเช่นกัน



รูปที่ 9.6 การแพร่กระจายความเค็มเฉลี่ยรายเดือนของทะเลสาบสงขลาในปี พ.ศ.2593
(ที่มา: กรรณิการ์ กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์และคณะ, 2558)

ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ระบบเกษตรที่พึ่งพาทรัพยากรน้ำจากระบบชลประทานก็ตกอยู่ในข่ายเสี่ยงไม่น้อยไปกว่าระบบเกษตรที่อาศัยน้ำฝนและอยู่ในข่ายที่จะต้องเริ่มคิดถึงการปรับตัวต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตด้วยเช่นกัน

9.2 แนวคิดด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตร

รายงาน IPCC AR4 (Cruz et al., 2007) และ IPCC AR5 (Smith et al., 2015) ได้เสนอแนวทางการปรับตัวในภาคการเกษตรซึ่งอาจกล่าวโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้คือ

- การปรับปรุงพันธุ์และการใช้พันธุ์พืชที่เหมาะสม ได้แก่
  - พันธุ์พืชที่มีความทนทานต่อความร้อนและภาวะแห้งแล้งตลอดจนน้ำท่วม
  - พันธุ์พืชที่มีความทนทานต่อโรคพืชและแมลง
  - พันธุ์พืชที่มีความทนทานต่อความเค็มของน้ำและดิน
  - พันธุ์พืชที่ให้ผลผลิตสูงขึ้น

- การจัดการแปลงเพาะปลูก
  - การปรับเปลี่ยนการให้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง
  - การปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกให้สอดคล้องกับฤดูกาล

- การเลี้ยงสัตว์
  - การปรับปรุงพันธุ์ที่มีความทนทานกับสภาพอากาศและให้ผลผลิตสูง
  - การจัดการเรื่องการจัดหาและสำรองอาหารสัตว์
  - การปรับปรุงการจัดการทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และการเก็บเกี่ยวอาหารสัตว์
  - การปรับปรุงการหมุนเวียนทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
  - การใช้พันธุ์หญ้าพื้นถิ่นที่มีความทนทานสูงในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
  - การเพิ่มจำนวนพืชต่อพื้นที่ในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
  - การจัดให้มีการสนับสนุนด้านอาหารเสริมและบริการสัตวแพทย์

- การประมง
  - การปรับปรุงพันธุ์ปลาให้สามารถทนต่ออุณหภูมิน้ำที่สูงขึ้น
  - พัฒนาการจัดการการประมงให้สอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

- การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพเพื่อการเกษตร
  - การพัฒนาและจัดแจกพันธุ์พืชที่ทนต่อภาวะแห้งแล้ง โรคพืช แมลง และความเค็มของดินและน้ำ
  - ปรับปรุงพันธุ์สัตว์โดยการผสมข้ามสายพันธุ์เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น

- การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการเกษตร
  - การปรับปรุงการจัดหาและจัดสรรน้ำเพื่อปศุสัตว์
  - การปรับปรุงระบบชลประทานเพื่อการเกษตรและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำ
  - การปรับปรุงการสำรองน้ำฝน
  - การปรับปรุงระบบการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารในระดับท้องถิ่น ประเทศ ภูมิภาค และนานาชาติเพื่อการวางแผนที่ดีขึ้น
  - การปรับปรุงระบบการจัดการน้ำทะเลหนุนสูงและน้ำท่วม
  - การปรับปรุงการสื่อสารด้านการพยากรณ์อากาศต่อเกษตรกร

9.3 แนวคิดและแนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรในประเทศไทย

แนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรซึ่งนอกเหนือจากที่ได้มีการสรุปไว้ในรายงาน IPCC แล้ว ยังมีรายงานของ FAO - Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and Priorities (FAO, 2007) ก็ได้เสนอแนวทางการปรับตัวในภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอันรวมถึง การปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูก การปรับปรุงพันธุ์และการเลือกใช้พันธุ์ที่เหมาะสม การจัดการน้ำและการชลประทาน การจัดการแปลงเพาะปลูก โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ย และวิธีการเตรียมแปลงเพาะปลูก ซึ่งแนวทางเหล่านี้ก็ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งอาจยกตัวอย่างให้เห็นโดยแยกพิจารณาเป็น 3 ประเด็นดังนี้คือ

- การปรับตัวต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยในอนาคต
- การปรับตัวต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศรุนแรงซึ่งอาจทวีความรุนแรงหรือเพิ่มความถี่มากขึ้นในอนาคต
- การปรับตัวต่อทรัพยากรการผลิตการเกษตรที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

9.3.1 การปรับตัวต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยในอนาคต

ตัวอย่างการศึกษาโดยศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553) ซึ่งได้เสนอแนวทางการปรับตัวในการเพาะปลูกพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญในประเทศไทย โดยได้รวมถึงแนวทางที่ประกอบด้วยการปรับเปลี่ยนพันธุ์พืชที่เหมาะสม การปรับเปลี่ยนปฏิทินเพาะปลูกและเทคนิคการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ตลอดจนแนวทางการปรับปรุงพันธุ์ให้สามารถทนทานต่อภูมิอากาศในอนาคตได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

<u>แนวทางการปรับตัวของนาน้ำฝน</u>

- ใช้พันธุ์ที่อายุเบา เก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้นกว่าข้าวขาวดอกมะลิ105 เช่น พันธุ์ กข15 โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ฝนในช่วงต้นฤดูมีมากแต่มีน้อยช่วงปลายฤดู ในกรณีนี้ การใช้พันธุ์ข้าวที่มีอายุเบาสามารถแก้ปัญหาได้
- การปรับปรุงพันธุ์ข้าวที่มีระบบรากลึกที่มีความทนทานต่อสภาวะแล้งได้มากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันกรมการข้าวก็ได้ดำเนินการอยู่แล้ว
- การเขตกรรมที่เหมาะสม ทั้งนี้จากการวิเคราะห์พบว่าเกิดความแปรปรวนของผลผลิตรายปีจากความแปรปรวนของสภาพอากาศที่เพิ่มสูงขึ้น อาจต้องแก้ไขโดยการจัดการที่เหมาะสมตามสภาพท้องถิ่น เช่น ปรับจากการปลูกโดยวิธีปักดำจากสภาพอากาศเดิมที่มีฝนเพียงพอต่อการเตรียมกล้า ไปสู่การหว่านข้าวแห้งหรือหว่านน้ำตม ในกรณีที่ฝนมาล่าช้าจากการขยับเลื่อนของฤดูกาล ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้มีอยู่แล้วเพียงแต่นำไปปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์และสภาพพื้นที่
- การจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน การวิเคราะห์ผลกระทบขององค์ประกอบชุดดินชี้ให้เห็นว่า สมบัติทางเคมีของดิน คือสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ดังนั้นการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมทั้งปุ๋ยอินทรีย์และเคมีเป็นเรื่องจำเป็นและสามารถจัดการและแก้ปัญหาได้ ด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนของธาตุอาหารที่มีในดิน แล้วเติมส่วนที่ขาดให้ตรงกับความต้องการของข้าว ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้มีแล้วแต่อาจต้องปรับเพื่อความแม่นยำ รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

<u>แนวทางการปรับตัวของนาชลประทาน</u>

- การปรับเปลี่ยนพันธุ์ เนื่องอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้น ทำให้อายุข้าวสั้นลง (Ingram et al., 1995) ดังนั้นอัตราการเจริญเติบโตของข้าว (growth) ในอนาคตจะต้องสูงขึ้นเพื่อให้ทันกับระยะพัฒนาการ (development) ที่สั้นลง เพื่อคงประสิทธิภาพการให้ผลผลิตหรือให้สูงขึ้น ปัจจุบันแนวโน้มของเกษตรกรบางพื้นที่มีความต้องการพันธุ์ข้าวที่มีอายุ

สั้นลง เพื่อรอบการปลูกต่อปีที่มากขึ้น และหลีกเลี่ยงข้อจำกัดของพื้นที่ เช่น หลีกเลี่ยงน้ำท่วมและน้ำทะเลหนุนเข้าในพื้นที่เป็นต้น

- การเขตกรรมที่เหมาะสม เช่นเดียวกับข้าวนาน้ำฝน จากการวิเคราะห์พบว่าความแปรปรวนของสภาวะภูมิอากาศรายปีที่เพิ่มสูงขึ้นในอนาคตน่าจะเป็นปัญหาของระบบการผลิตข้าวมากกว่าผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มภูมิอากาศในระยะยาว การจัดการที่เหมาะสมตามสภาพท้องถิ่นจึงเป็นทางออกของการปรับตัวในแต่ละพื้นที่ แต่ต่างกันที่ข้าวนาชลประทานสามารถปลูกข้าวได้ตลอดทั้งปี ดังนั้นการจัดการจึงทำได้หลากหลายมากกว่า ทั้งพันธุ์ข้าว การจัดการน้ำ วิธีการเตรียมดิน วิธีการปลูก ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้มีอยู่แล้วเช่นเดียวกัน เพียงแต่เกษตรกรนำไปปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์และสภาพพื้นที่
- การจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดิน การวิเคราะห์ผลกระทบขององค์ประกอบชุดดิน ชี้ให้เห็นว่า คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน เป็นปัญหาที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ทั้งนี้ไม่รวมปัญหาเรื่องระบบรากข้าวที่แก้ไขโดยความสามารถของพันธุ์ข้าวและการเตรียมดิน ฟางข้าวที่มีเป็นจำนวนมากในแต่ละฤดู หากมีการไถกลบลงไปในดินและปล่อยให้มีการย่อยสลายระยะหนึ่งก่อนการปลูกข้าว จะมีส่วนในการคืนธาตุอาหารสู่ดิน พร้อมกับปรับปรุงโครงสร้างทางกายภาพไปในขณะเดียวกัน ดังนั้นการจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมทั้งปุ๋ยอินทรีย์และเคมีจึงเป็นเรื่องจำเป็น ซึ่งผลกระทบของส่วนนี้จะมีมากกว่าผลกระทบของสภาพอากาศ แต่สามารถจัดการและแก้ปัญหาได้ ด้วยการวิเคราะห์ต้นทุนของสารอาหารที่มีอยู่ในดิน แล้วเติมส่วนที่ขาดให้ตรงกับความต้องการของข้าว ซึ่งเทคโนโลยีเหล่านี้มีอยู่แล้วแต่อาจต้องปรับเพื่อความแม่นยำ และรวดเร็ว มีประสิทธิภาพมากขึ้น

<u>แนวทางการปรับตัวของการปลูกอ้อย</u>

- ผลผลิตของอ้อยในระยะยาวจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่เกิดกับการผลิตอ้อยเป็นปัญหาเดิม ที่พบมาก่อนแล้วและยังพบอยู่ในปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจทำให้ปัญหาดังกล่าวรุนแรงขึ้นได้ ปัญหาการผลิตอ้อยเกิดขึ้นเนื่องจากดินมีสภาพที่ไม่เหมาะสม โดยเฉพาะสมบัติทางกายภาพ ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเก็บน้ำและระบายน้ำ เห็นได้จากผลการทดลองในสภาพอากาศเดียวกัน แต่ดินสองชนิดที่มีสมบัติทางกายภาพต่างกัน มีผลต่อการให้ผลผลิตของอ้อย ขณะเดียวกัน อ้อยเป็นพืชอายุยาว การกระจายตัวของน้ำฝนจึงมีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตของอ้อย ความต้องการน้ำของอ้อยประมาณ 4-5 มิลลิเมตรต่อวันตลอดช่วงฤดูปลูก ปริมาณน้ำฝนต่อวันที่มากขึ้นไม่ได้ทำให้อ้อยเจริญเติบโตมากขึ้น แต่น่าจะส่งผลต่อการเกิดน้ำขังหากการระบายน้ำไม่ดี อย่างไรก็ตาม การศึกษาโดยการใช้แบบจำลองผลผลิตเกษตรนี้ยังไม่สามารถจำลองการเจริญเติบโตภายใต้สภาพน้ำท่วมขังได้ ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงผลผลิตอ้อยในเขตวิกฤต สามารถทำได้ 2 แนวทางคือการให้น้ำเสริมในช่วงสามเดือนแรกหลังปลูก และการปรับปรุงดินให้มีความเหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของน้ำให้มากขึ้น

<u>แนวทางการปรับตัวของการปลูกมันสำปะหลัง</u>

- พื้นที่วิกฤตของมันสำปะหลัง ที่มีโอกาสเกิดขึ้นสูง 4.27 ล้านไร่ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในช่วงปี ค.ศ.2030-2039 (พ.ศ. 2573-2582) จนไปถึงช่วงปี ค.ศ.2090-2099 (พ.ศ.2633-2642) นั้น ผลการวิเคราะห์พบว่าส่วนใหญ่จะเกิดจากสมบัติของดินในด้านกายภาพ ดังนั้นแนวทางในการปรับตัวในการผลิตมันสำปะหลัง จะต้องมีการปรับสภาพการไถเตรียมดินปลูกให้มีความลึกพอที่จะสามารถระบายน้ำลงสู่ดินชั้นล่างได้ดีขึ้น หรืออาจมีการใส่อินทรียวัตถุเพื่อปรับปรุงให้ดินมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำเพิ่มมากขึ้น อันจะเป็นประโยชน์ในการที่รากพืชจะเจริญลงไปหาความชื้นในดินได้ดียิ่งขึ้น
- การปรับเปลี่ยนปฏิทินการปลูก เช่น การเปลี่ยนมาปลูกในช่วงปลายฝน น่าจะเป็นการปรับช่วงเวลาในการใช้ความชื้น หรือน้ำในดินของพืชได้ทางหนึ่ง เพราะเมื่อปรับปรุงสมบัติด้านกายภาพของดินให้สามารถกักเก็บความชื้นได้ดีขึ้นแล้ว ค่าสัมประสิทธิ์การเจริญเติบโตของราก ที่มีส่วนสัมพันธ์กับระดับชั้นความลึกของชุดดิน ก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยยกระดับผลผลิตขึ้นมาได้ ดังนั้นหากมีการปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งยังคงมีความชื้นในดินเพียงพอที่จะทำให้เติบโตผ่านฤดูแล้งจนได้อายุประมาณ 6 เดือน ซึ่งจะมีการสร้างหัว และมีปริมาณรากในดินมากพอที่จะใช้น้ำหรือความชื้นในดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเข้าสู่ฤดูฝนของปีถัดไป ทั้งนี้ได้มีการศึกษาการ

ปรับเปลี่ยนช่วงเวลาปลูก จากเดิมเป็นการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน วันที่ 15 พฤษภาคม มาเป็นการปลูกห่างกันทุก ๆ 1 เดือน จนถึงช่วงปลายฤดูฝนในเดือนตุลาคม พบว่า ผลผลิตหัวสดที่ได้ในการปลูก วันที่ 15 ตุลาคม จะสูงกว่าวันปลูกในช่วงต้นฝน

- การปรับปรุงพันธุ์นั้น จะต้องหาพันธุ์ที่มีคุณลักษณะทนทานต่ออุณหภูมิที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

<u>แนวทางการปรับตัวของการปลูกข้าวโพด</u>

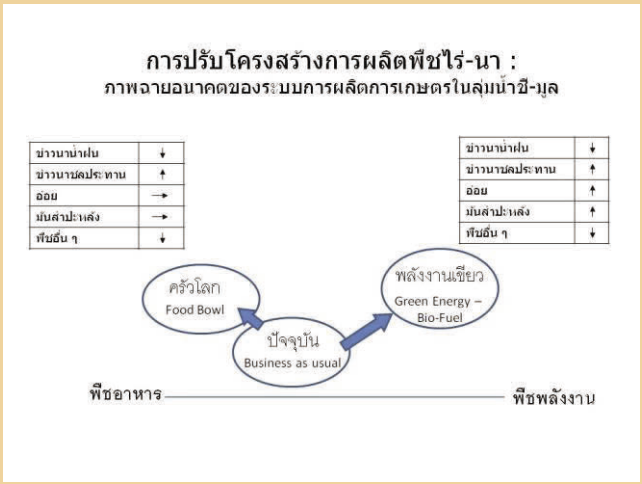
- พื้นที่ปลูกข้าวโพดที่จัดว่าเป็นเขตวิกฤตนั้นพบการเกิดเขตวิกฤตในดินชุดปากช่องมากที่สุด รวมทั้งเป็นชุดดินที่เป็นแหล่งปลูกข้าวโพดที่สำคัญของประเทศไทยสาเหตุที่ทำให้ผลผลิตลดลงในปี ค.ศ.2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) และ ค.ศ.2090-2099 (พ.ศ.2633-2642) ในพื้นที่ที่เกิดเขตวิกฤตของชุดดินปากช่อง เกิดจากสภาวะเครียดการขาดน้ำ (water stress) ในช่วงออกดอกติดฝัก โดยแสดงความสัมพันธ์แบบ polynomial ในทางลบระหว่างผลผลิตเมล็ดกับดัชนีความเครียดน้ำในระดับที่สูง การปรับตัวในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ทำได้โดยการเปลี่ยนวันปลูกจากวันที่ 15 พฤษภาคม เป็นวันที่ 15 มิถุนายน หรือ 15 กรกฎาคม สำหรับปี ค.ศ.2030-2039 (พ.ศ.2573-2582) ส่วนปี ค.ศ. 2090-2099 (พ.ศ.2633-2642) ควรเปลี่ยนช่วงเวลาเป็นวันที่ 15 กรกฎาคม โดยผลการจำลองการเจริญเติบโตข้าวโพดพบว่า การปลูกข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ1 ในเดือนมิถุนายนและกรกฎาคม ให้ผลผลิตเมล็ดที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้นร้อยละ 90 และ 94 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกในเดือนพฤษภาคม ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ด 250 กิโลกรัมต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ดินเป็นปัจจัยหลักที่เป็นสาเหตุของการเกิดเขตวิกฤต เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพภูมิอากาศ โดยดินมีผลกระทบต่อการลดลงของผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งรวมของข้าวโพดที่ปลูกในพื้นที่เขตวิกฤตสูงกว่าสภาพภูมิอากาศอย่างชัดเจน และพบว่าค่าปัจจัยการเจริญของราก เป็นสาเหตุหลักของการลดลงของผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักแห้งรวมของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินปากช่อง

นอกจากการคำนึงถึงการปรับตัวในแง่ของการปรับการจัดการแปลงเพาะปลูกและการปรุงพันธุ์พืชโดยพิจาณาเป็นรายพืชแล้ว การปรับตัวของระบบเกษตรยังอาจพิจารณาได้ในแง่ของการปรับโครงสร้างการเพาะปลูกให้สอดคล้องกับสภาพอากาศในอนาคต

การศึกษาการปรับโครงสร้างการเพาะปลูกโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553) ได้จัดทำภาพฉายอนาคต (Scenario) ของการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูกและทำการวิเคราะห์ผลผลิตภายใต้สถานการณ์จำลองต่าง ๆ เพื่อทดสอบแนวคิดของการหาทางเลือกที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต โดยทำการประเมินผลผลิต ข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ในอนาคตครอบคลุมช่วงเวลา 3 ทศวรรษในระหว่างช่วงปี พ.ศ.2563-2592 (ช่วงทศวรรษที่ 2020s–2040s) โดยพิจารณาจากภาพฉายอนาคตที่มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพาะปลูก 2 แนวทาง คือ แนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร คือ ข้าว และแนวทางที่เน้นการผลิตพืชไร่เพื่อใช้ผลิตพลังงานทดแทน คือ อ้อยและมันสำปะหลัง โดยตั้งสมมุติฐานกำหนดให้พื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลเป็นตัวแปรหลักของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกของประเทศไทยในอนาคต ผลการศึกษานี้จะชี้ให้เห็นถึงกรอบและแนวทางในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตลอดจนผลวิเคราะห์ภายใต้เงื่อนไขหนึ่งซึ่งชี้ให้เห็นรูปแบบการจัดสรรพื้นที่เพาะปลูกที่จะตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้ในระดับหนึ่ง

การศึกษานี้ได้กำหนดแนวทางโครงสร้างพื้นที่เกษตร 2 แนวทาง คือ

- แนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (ครัวโลก หรือ Food Bowl) ซึ่งกำหนดสมมุติฐานให้โครงสร้างการเพาะปลูกพืชไร่-นา เน้นการปลูกข้าวเป็นสำคัญเพื่อที่จะยังคงความเป็นผู้นำด้านการผลิตอาหารของโลก
- แนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงานทดแทน (พลังงานเขียว หรือ Green Energy – Bio fuel) ซึ่งกำหนดสมมุติฐานให้ระบบเกษตรในอนาคตเป็นไปในทิศทางที่มุ่งเน้นการปลูกพืชไร่เพื่อใช้ผลิตเอทานอลเป็นพลังงานทดแทน เพื่อลดการนำเข้าเชื้อเพลิงที่อาจมีราคาสูงขึ้น และ/หรือ เพื่อสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้เพิ่มสูงขึ้นในระดับหนึ่ง



รูปที่ 9.7
การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกตามภาพฉายอนาคตตามแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร และแนวทางที่เน้นผลิตพลังงานทดแทน

ที่มา:
(ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

ตารางที่ 9.4 สรุปการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food Bowl scenario)

พื้นที่ปลูกพืช (ล้านไร่)	ปัจจุบัน	อนาคตระยะที่ 1 (พ.ศ.2563 – 2582)	อนาคตระยะที่ 2 (พ.ศ.2583 – 2592)
ข้าวนาน้ำฝน	45.2	44.7	41.8
ข้าวนาชลประทาน	11.0	12.4	17.2
อ้อย	7.9	7.9	7.9
มันสำปะหลัง	11.6	11.6	11.6



ก ข ค

รูปที่ 9.8 พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาน้ำฝนในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว

(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก



ข



ค

รูปที่ 9.9 พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว

(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก



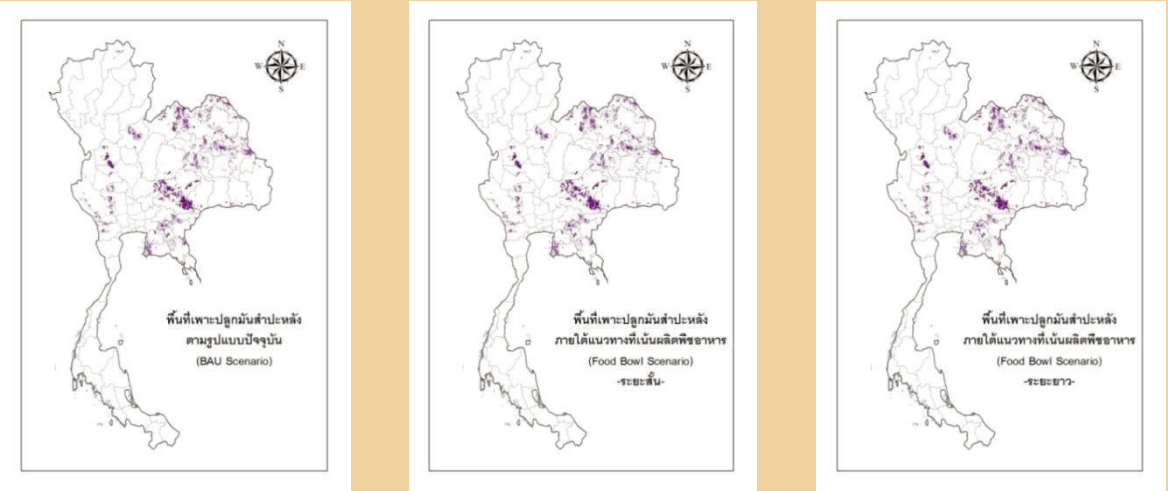
ข



ค

รูปที่ 9.10 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว

(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก ข ค

รูปที่ 9.11 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว

(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

การกำหนดภาพฉายอนาคตตามแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงานทดแทน (พลังงานเขียว - Green Energy หรือ Bio-Fuel) สมมุติฐานพื้นฐานของการเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตตามแนวทางนี้ คือ แนวนโยบายด้านพลังงานในอนาคตจะเน้นการใช้เอทานอลมาผลิตก๊าซโซฮอล์เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทนน้ำมันมากขึ้น ดังนั้น การจัดทำภาพฉายอนาคตตามแนวทางนี้จึงได้ตั้งข้อกำหนดว่า จะมีการส่งเสริมให้ปลูกพืชที่สามารถนำไปผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้น โดยจัดลำดับความสำคัญของการผลิตอ้อย มันสำปะหลัง ตามลำดับ แต่ก็ยังคงความสำคัญของการผลิตข้าวไว้ ทั้งนี้โดยถือว่าอ้อยเป็นพืชที่ใช้ผลิตพลังงานทดแทน (bio-fuel) ที่ให้ผลตอบแทนต่อพื้นที่สูงกว่ามันสำปะหลัง ดังนั้นอนาคตของระบบเกษตรพืชไร่นาในเขตลุ่มน้ำชี-มูลสำหรับภาพอนาคตการผลิตพืชพลังงานทดแทนนี้ จึงมีการกำหนดพื้นที่ปลูกข้าวตามความเหมาะสมของพื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่ลุ่ม เนื่องจากบางพื้นที่ไม่สามารถปลูกได้ทั้งอ้อย มันสำปะหลัง จึงยังคงให้มีการผลิตข้าวในพื้นที่ดังกล่าวด้วย ทั้งนี้อาจจะมีการลดพื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนลงบ้าง และพื้นที่อื่น ๆ ซึ่งรวมถึงที่นาในที่ดอนซึ่งมีปัญหาในการจัดหาน้ำให้เพียงพอต่อการปลูกข้าวนั้นจะปรับเปลี่ยนมาใช้ปลูกอ้อย และมันสำปะหลัง นอกจากนั้น สมมุติฐานยังกำหนดให้มีการพัฒนาระบบชลประทานขนาดใหญ่ทำให้สามารถปลูกอ้อยและมันสำปะหลังได้ดีในพื้นที่ดอน และสมมุติฐานเพิ่มเติมคือ การบริหารจัดการแปลงเพาะปลูกในอนาคตจะมีการควบคุมศัตรูพืชอย่างมีประสิทธิภาพ

เมื่อพิจารณาพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศจะเห็นว่าพื้นที่เพาะปลูกมีการเปลี่ยนแปลงไปดังที่แสดงในตารางที่ 9.5 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 9.5 สรุปการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงานทดแทน (Green energy scenario)

พื้นที่ปลูกพืช (ล้านไร่)	ปัจจุบัน	อนาคตระยะที่ 1 (พ.ศ.2563-2582)	อนาคตระยะที่ 2 (พ.ศ.2583-2592)
ข้าวนาน้ำฝน	45.2	35.1	32.6
ข้าวนาชลประทาน	11.0	10.9	17.2
อ้อย	7.9	12.6	13.0
มันสำปะหลัง	11.6	19.3	19.3

ทั้งนี้ พื้นที่ปลูกข้าว อ้อย และมัน จะมีการกระจายตัวดังที่แสดงในภาพประกอบดังต่อไปนี้



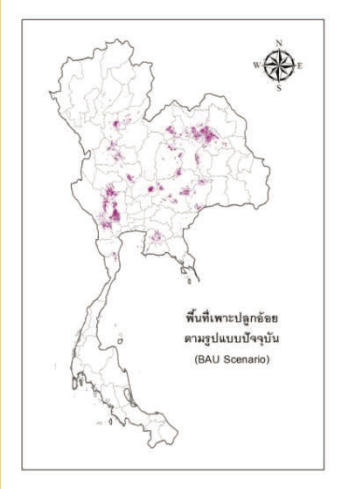
ก ข ค

รูปที่ 9.12 พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาน้ำฝนในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว
(**ที่มา:** ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก ข ค

รูปที่ 9.13 พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาชลประทานในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว
(ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก



ข



ค

รูปที่ 9.14 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว (ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)



ก



ข



ค

รูปที่ 9.15 พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทย ตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario) (ก) สถานการณ์ปัจจุบัน (ข) อนาคตระยะสั้น และ (ค) อนาคตระยะยาว (ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2553)

เมื่อพิจารณาผลการประเมินผลผลิตในอนาคตโดยรวม (ยึดผลการศึกษาของ ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2553) และวิเชียร เกิดสุข และคณะ (2554)) แล้วพบว่า หากดำเนินการผลิตในรูปแบบที่เป็นไปตามแนวทางที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Business as usual scenario) นี้ ในระยะยาวผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลให้ผลผลิตพืชไร่นาทุกชนิดลดลงจากเดิม แม้ว่าในระยะสั้นอาจจะได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อยก็ตาม โดยผลผลิตข้าวและอ้อยจะลดลงเล็กน้อย แต่ผลผลิตมันสำปะหลังจะลดลงได้มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ดังที่แสดงในตารางที่ 9.6 ดังนั้น หากประเทศไทยต้องการที่จะรักษาระดับการผลิตทางการเกษตรไว้ให้เท่าเดิมหรือเพิ่มมากขึ้นกว่าปัจจุบัน จะต้องมีการพิจารณาหาแนวทางปรับปรุงพันธุ์หรือการบริหารจัดการแปลงเพาะปลูกในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อรับมือกับภูมิอากาศที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

ตารางที่ 9.6 สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามแนวทางที่ดำเนินอยู่ในปัจจุบัน (Business as usual scenario)

ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีจากการผลิตตามแนวทางที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน (Business as usual scenario)				
	ปัจจุบัน (2538 – 2547)	อนาคต (2563 – 2572)	อนาคต (2573 – 2582)	อนาคต (2583 – 2592)
ผลผลิตข้าวรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	28.8	29.0 (+0.5%)	27.6 (-4.1%)	28.0 (-2.8%)
ผลผลิตอ้อยรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	46.9	47.9 (+2.0%)	39.1 (-16.7%)	41.8 (-10.9%)
ผลผลิตมันรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	77.0	75.8 (-1.6%)	71.9 (-6.7%)	73.9 (-4.1%)

แต่หากประเทศไทยมุ่งเน้นที่จะพัฒนาไปสู่การเป็นผู้นำด้านการผลิตอาหาร โดยเน้นการปลูกข้าวให้ได้มากที่สุด ก็ยังสามารถเพิ่มผลผลิตข้าวได้เพียงเล็กน้อย ภายใต้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้มากนัก เพราะการปลูกข้าวในปัจจุบันนั้นดำเนินการในพื้นที่เกือบทั้งหมดที่มีศักยภาพในการปลูกข้าวได้แล้ว ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะมาจากพื้นที่ชลประทานที่เพิ่มขึ้น โดยที่ผลผลิตอ้อยและมันสำปะหลังมีแนวโน้มที่จะลดต่ำลงในอนาคต ภายใต้ผลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังที่แสดงในตารางที่ 9.7 ดังนั้นหากประเทศไทยต้องการที่จะรักษาระดับการผลิตทางการเกษตรของอ้อยและมันสำปะหลังไว้ให้เท่าเดิมหรือเพิ่มมากขึ้นกว่าปัจจุบันเพื่อใช้ในการผลิตเอทานอลแล้ว จะต้องมีการพิจารณาหาแนวทางปรับปรุงพันธุ์ หรือ การบริหารจัดการแปลงเพาะปลูกในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อรับมือกับผลกระทบจากภูมิอากาศที่อาจจะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

ตารางที่ 9.7 สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร (Food bowl scenario)

ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีจากการผลิตตามแนวทางที่เน้นผลิตอาหาร (Food bowl scenario)				
	ปัจจุบัน (2538-2547)	อนาคต (2563-2572)	อนาคต (2573-2582)	อนาคต (2583-2592)
ผลผลิตข้าวรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	28.8	30.7 (+6.6%)	29.4 (+2.0%)	29.6 (+2.9%)
ผลผลิตอ้อยรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	46.9	47.9 (+2.0%)	39.1 (-16.7%)	41.8 (-10.9%)
ผลผลิตมันรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	77.0	75.8 (-1.6%)	71.9 (-6.7%)	73.9 (-4.1%)

อย่างไรก็ตาม หากประเทศไทยจะมุ่งเป้าการพัฒนาระบบเกษตรเพื่อสนองต่อเป้าหมายนโยบายการใช้พลังงานทดแทนจากพืชไร่เพื่อใช้ผลิตเอทานอล โดยปรับโครงสร้างสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกอ้อยและมันสำปะหลังให้มากขึ้นตามลักษณะกายภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมแก่พืชต่าง ๆ แล้ว จะพบว่าพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูลมีขีดความสามารถที่จะเพิ่มผลผลิตอ้อยและมันสำปะหลังได้อีกมาก โดยที่ผลผลิตข้าวจะลดลงบ้าง ดังที่แสดงในตารางที่ 9.8 การปรับโครงสร้างซึ่งแม้ว่าผลผลิตข้าวจะลดลงก็ตาม แต่ระดับของผลผลิตก็ยังน่าจะสูงเพียงพอต่อการรักษาระดับความมั่นคงของอาหารของประเทศไว้ได้ และผลผลิตเอทานอลจากอ้อยและ

มันสำปะหลังที่เพิ่มขึ้นนี้ จะช่วยเพิ่มระดับความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศให้สูงขึ้นได้มากพอสมควร[35] ทั้งนี้การปรับปรุงพันธุ์และการบริหารจัดการแปลงเพาะปลูก ก็อาจจะช่วยยกระดับการผลิตข้าวขึ้นได้บ้างในระดับหนึ่ง

ตารางที่ 9.8 สรุปการเปลี่ยนแปลงผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลังในประเทศไทยตามภาพฉายอนาคตในแนวทางที่ เน้นการผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario)

ผลผลิตเฉลี่ยต่อปีจากการผลิตตามแนวทางที่เน้นผลิตพืชพลังงาน (Green energy scenario)				
	ปัจจุบัน (2538-2547)	อนาคต (2563-2572)	อนาคต (2573-2582)	อนาคต (2583-2592)
ผลผลิตข้าวรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	28.8	24.1 (-16.2%)	22.8 (-20.7%)	24.8 (-14.1%)
ผลผลิตอ้อยรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	46.9	80.9 (+72.4%)	67.1 (+42.8%)	70.0 (+49.2%)
ผลผลิตมันรวมทั้งประเทศ (ล้านตัน)	77.0	108.5 (+40.9%)	107.5 (+39.5%)	111.7 (+45.0%)

ผลการประเมินผลผลิตข้าว อ้อย และมันสำปะหลัง ในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้ แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่จะมีต่อพืชไร่ที่จะใช้ผลิตพลังงานทดแทนมีแนวโน้มลดลงในอนาคต ซึ่งการปรับพื้นที่เพาะปลูกโดยหันมาให้ความสำคัญกับการผลิตอ้อยและมันสำปะหลังมากขึ้น อาจจะเป็นทางเลือกที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการผลผลิตพืชไร่เพื่อใช้ผลิตพลังงานทดแทนที่อาจเพิ่มสูงในอนาคตขึ้น ทั้งนี้ศักยภาพด้านความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทยยังเอื้อให้เพิ่มผลผลิตอ้อยและมันสำปะหลังได้อีกมาก โดยไม่ส่งผลกระทบถึงความมั่นคงด้านอาหารของประเทศ แม้ว่าผลผลิตข้าวจะลดลงบ้างก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาถึงการปรับโครงสร้างพื้นที่เพาะปลูกโดยมุ่งเน้นผลิตอาหารพบว่า อาจจะไม่สามารถปรับให้เพิ่มผลผลิตข้าวได้มากกว่าปัจจุบันได้อีกมากนัก เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกในปัจจุบันก็เน้นไปที่การปลูกข้าวมากอยู่แล้ว และการปรับโครงสร้างพื้นที่เพาะปลูกที่จะมุ่งเน้นผลิตอาหารก็มีแนวโน้มเช่นเดียวกับรูปแบบการผลิตที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กล่าวคือ ผลผลิตพืชไร่ที่จะใช้ผลิตพลังงานทดแทนมีแนวโน้มลดลงในอนาคตภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ผลการวิเคราะห์นี้ชี้ให้เห็นถึงโอกาสอันเนื่องมาจากการปรับพื้นที่เพาะปลูกโดยหันมาให้ความสำคัญกับการผลิตอ้อยและมันสำปะหลังมากขึ้น ซึ่งจะต้องมีกรอบนโยบายที่เหมาะสมในการผลักดันให้สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นได้ และจะต้องระวังเรื่องการที่ผลผลิตที่อาจจะข้ามภาคส่วนระหว่างอาหารและพลังงาน ซึ่งจะต้องมีกลไกที่เหมาะสมเพื่อควบคุม เช่น การกำหนดพื้นที่เขตการผลิตพืช (Crop zoning) โดยมีเป้าหมายเพื่อการผลิตที่ชัดเจน หรือ กลไกด้านการตลาด เป็นต้น

นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ยังชี้ให้เห็นถึงข้อจำกัดของโครงสร้างพื้นที่เพาะปลูกในรูปแบบที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน และแนวทางที่เน้นการผลิตอาหาร ซึ่งหากต้องการที่จะรักษาระดับผลผลิตหรือยกระดับผลผลิตพืชที่มีศักยภาพในการใช้ผลิตพลังงานทดแทนแล้ว จะต้องมีวิธีการอื่นในการดำเนินการ เช่น การปรับปรุงพันธุ์ การจัดการแปลงเพาะปลูก เป็นต้น ซึ่งจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญจึงจะสามารถยกระดับการผลิตให้สามารถจัดการกับเงื่อนไขด้านการใช้พลังงานทดแทนในบริบทของความผันผวนด้านราคาพลังงานและระเบียบใหม่ของสังคมโลกซึ่งอาจเกิดขึ้นภายใต้ความพยายามที่จะควบคุมภาวะโลกร้อนของโลก

การพิจารณาถึงโครงสร้างพื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างไปจากปัจจุบันและคำนึงถึงศักยภาพในการผลิตนี้อาจใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาถึงการปรับตัวของภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยพิจารณาถึงนโยบายหรือยุทธศาสตร์ด้านการเกษตรในระยะยาวเพื่อให้ระบบเกษตรปรับตัวไปในทิศทางที่สอดคล้องกับภูมิอากาศในอนาคต อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังที่ได้ยกมาเป็นตัวอย่างนี้เป็นการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลจากผลการศึกษาที่ได้มีการดำเนินมาก่อนหน้านี้มาทำการเรียบเรียงและวิเคราะห์ขึ้นในกรอบการวิเคราะห์ใหม่ เพียงเพื่อชี้ให้เห็นถึงแนวทางและขีดความสามารถของพื้นที่ประเทศไทยในการผลิตพืชไร่นา ภายใต้โครงสร้างของพื้นที่เพาะปลูกที่แตกต่างกันไปเท่านั้น โดยเงื่อนไขในการวิเคราะห์หลายประการนั้น เป็นการตั้งสมมุติฐานขึ้นเพื่อทดสอบผลสืบเนื่องที่อาจเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขของภาพฉายอนาคตที่กำหนดขึ้น ดังนั้น ผลผลิตที่ได้จากการคำนวณนี้จึงไม่ใช่การพยากรณ์อนาคต แต่เป็นเพียงการประเมินความเป็นไปได้ของการผลิตในอนาคตเท่านั้น

[35] การประเมินโดยประมาณ อ้อย 1 ตัน ใช้ผลิตเอทานอลได้ประมาณ 70 ลิตร ดังนั้นผลผลิตที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 26 ล้านตันต่อปี จะเท่ากับเอทานอลประมาณ 1,800 ล้านลิตร และ มันสำปะหลัง 1 ตันจะใช้ผลิตเอทานอลได้ประมาณ 180 ลิตร ดังนั้นผลผลิตที่เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยประมาณ 31 ล้านตันต่อปี จะเท่ากับเอทานอลประมาณ 5,500 ล้านลิตร ทั้งนี้ยังไม่คำนึงถึงเทคโนโลยีการผลิตที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต (http://as.doa.go.th/fieldcrops/cane/oth/004.HTM)

9.3.2 การปรับตัวต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภาวะอากาศรุนแรงซึ่งอาจทวีความรุนแรงหรือเพิ่มความถี่มากขึ้นในอนาคต

การศึกษาของสถาบันวิจัยนโยบายเศรษฐกิจการคลังในปี 2553 พบว่าครัวเรือนภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือจำนวน ร้อยละ 46.1 และ 38.7 มีหนี้สินจากการกู้เงินเพื่อทำการเกษตร นอกจากนี้ผลทดสอบทางเศรษฐมิติได้แสดงให้เห็นว่ารายได้จากสินค้าเกษตรมีผลกระทบอย่างมีนัยยะสำคัญของหนี้ที่เพิ่มขึ้นของครัวเรือนเกษตรกร ซึ่งความผันผวนของผลผลิตการเกษตรส่วนใหญ่มาจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของอากาศ รวมถึงการระบาดของโรคและแมลง และภัยพิบัติต่างๆ จากสถิติในปี 2551 พบว่า มีเกษตรกรได้รับความเสียหายจากภัยธรรมชาติ (ภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง และน้ำท่วม) 1,049,322 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 17.89 ของครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมด โดยปีดังกล่าว มีพื้นที่เพาะปลูกเสียหายจากภัยธรรมชาติ 8,592,965 ไร่ ซึ่งเป็นความเสียหายจากอุทกภัยมากที่สุดถึง 6,232,472 ไร่ โดยข้าวเป็นพืชที่ได้รับความเสียหายมากที่สุด (ร้อยละ 11.9 ของพื้นที่ปลูกข้าวได้รับความเสียหาย) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความแปรปรวนของสภาพอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อสภาพทางเศรษฐกิจของเกษตรกรเป็นอย่างมาก และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะส่งผลให้ความแปรปรวนนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การแสวงหาและจัดตั้งกลไกเพื่อจัดการความเสี่ยงจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการปรับตัวของภาคการเกษตรต่อสถานการณ์ความแปรปรวนของสภาพอากาศในอนาคต ทั้งนี้การประกันภัยพืชผลเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรสามารถป้องกันความเสี่ยงที่อาจเพิ่มสูงขึ้นในอนาคตจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งในกรณีของประเทศไทยนั้น ได้เริ่มมีการศึกษาและทดลองระบบประกันภัยพืชผลมาระยะหนึ่งแล้ว แต่ขาดความต่อเนื่องของการศึกษาในบางช่วง กล่าวคือ

- ในปี 2548 ธนาคารโลกได้ให้ความสำคัญในเรื่องการประกันภัยพืชผล และได้จัดตั้งความร่วมมือระหว่าง สำนักงาน คปภ. สมาคมประกันภัยวินาศภัย ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) และ บมจ.ไทยรับประกันภัยต่อ โดยได้เริ่มต้นดำเนินโครงการประกันภัยพืชผลการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สำหรับภัยธรรมชาติอันได้แก่ อุทกภัย วาตภัย และภัยแล้ง) ซึ่งเริ่มมีการประกันภัยจริงในปี 2550 โดยเป็นระบบประกันภัยพืชผลที่อ้างอิงดัชนีน้ำฝน หรือดัชนีสภาพอากาศ (weather Index) ซึ่งวัดโดยใช้ค่าตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาเป็นเกณฑ์ และมีพื้นที่ครอบคลุม 7 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดน่าน พิษณุโลก เพชรบูรณ์ นครสวรรค์ นครสวรรค์ ลพบุรี และสระบุรี โดยมีการกำหนดอัตราเบี้ยประกันภัย 100 บาทต่อไร่ ในอัตราเดียวกันกับทุกพื้นที่ที่รับประกัน วงเงินคุ้มครองสูงสุดอยู่ในช่วง 279 บาทต่อไร่ ถึง 1,802 บาทต่อไร่ ซึ่งจะมีเกณฑ์การคุ้มครองโดยแบ่งเป็นช่วงการเพาะปลูกพืชออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเพาะปลูก (ปลูก - 30 วัน) ระยะเติบโต (31 - 60 วัน) และระยะออกผลผลิต (61 วัน - ก่อนเก็บเกี่ยว) โดยกำหนดระยะเวลาการคุ้มครอง และค่าความต้องการน้ำของพืชแตกต่างกันไปในแต่ละช่วง และกำหนดให้มีการตรวจวัดปริมาณน้ำฝนสะสมที่พืชได้รับในแต่ละช่วงของการเพาะปลูกเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าดัชนีที่กำหนดไว้ในกรมธรรม์ ที่เรียกว่า ดัชนีน้ำฝนสะสม หรือดัชนีความแห้งแล้ง (Moving Dry Spell) และทุนประกันภัยสะสมในแต่ละช่วงเริ่มจากน้อยไปหามากและถ้าเกิดความเสียหายขึ้นทั้งหมดตามเงื่อนไขกรมธรรม์ที่กำหนดไว้ในระยะใดระยะหนึ่ง เกษตรกรจะได้รับการชดเชยค่าสินไหมสูงสุดในระยะนั้น และถือว่าเป็นการสิ้นสุดกรมธรรม์
- ในส่วนของข้าวนาปีนั้น (เฉพาะภัยแล้ง) ได้มีการเริ่มโครงการนำร่องโดยบริษัท สมโพธิ์ เจแปน ประกันภัย จำกัด เป็นผู้ดำเนินการร่วมกับธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ธกส.) และธนาคารเพื่อความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น (JBIC) เพื่อให้บริการประกันภัยแล้งแก่ลูกค้า ธกส. ในจังหวัดขอนแก่น โดยมีการดำเนินการรับประกันภัยจริงในปี 2553 ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น (8 อำเภอ) อัตราเบี้ยประกันภัยขึ้นอยู่กับวงเงินกู้สำหรับการประกันภัยที่เกษตรกรได้รับจาก ธกส. ในอัตราร้อยละ 4.64 ของวงเงินกู้ประกันภัย ในกรณีที่เกิดภัยแล้ง หรือภัยแล้งรุนแรงตามที่กรมธรรม์กำหนด เกษตรกรผู้เอาประกันจะได้รับการจ่ายค่าสินไหมทดแทนร้อยละ 15 ของวงเงินกู้ สำหรับการประกันภัย และร้อยละ 40 ของวงเงินกู้สำหรับการประกันภัยในแต่ละกรณีตามลำดับ (กำหนดเกณฑ์การจ่ายค่าชดเชยความเสียหายตามระดับความเสี่ยงจากระดับสูง – ต่ำ) ทั้งนี้การสิ้นสุดความคุ้มครองจะเป็นไปตามวันที่กรมธรรม์ระบุ และไม่มีการแบ่งเป็นช่วงการเพาะปลูกตามลำดับขั้นการเจริญเติบโตของพืชเช่นเดียวกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเงื่อนไขสำคัญของการทำประกันภัยพืชผลของพืชทั้ง 2 ชนิด คือ จะต้องเป็นลูกค้าของ ธกส.
- ต่อมาในปี 2554 ก่อนที่จะเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมครั้งใหญ่ รัฐบาลได้ประกาศให้มีการช่วยเหลือเพื่อบรรเทาผลกระทบจากภัยธรรมชาติให้กับเกษตรกรใน 2 ลักษณะคือ

- ชดเชยให้กับเกษตรกรหากเกิดความเสียหายผ่านทางขั้นตอนของกรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (ตามหลักเกณฑ์วิธีปฏิบัติปลีกย่อยเกี่ยวกับการให้ความช่วยเหลือด้านการเกษตรผู้ประสบภัยพิบัติฉุกเฉิน พ.ศ.2552) โดยจะต้องได้รับการประกาศจากอธิบดีกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยหรือผู้ว่าราชการจังหวัดให้เป็นเขตภัยพิบัติฉุกเฉิน (ตามหลักเกณฑ์ในประกาศกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย พ.ศ. 2548) สำหรับกรณีปลูกข้าว เกษตรกรจะได้รับเงินชดเชยไร่ละ 606 บาท และอาจได้รับเงินช่วยเหลือเพิ่มเติมกรณีการขนย้ายซากวัสดุทับถมเพื่อให้ทำการเพาะปลูกใหม่ได้ ในวงเงินไม่เกิน 5 ไร่ ไร่ละไม่เกิน 7,000 บาท
- รัฐบาลได้กำหนดให้มีการรับประกันภัยพืช โดยเป็นการดำเนินการร่วมระหว่างรัฐบาลโดยสำนักงานเศรษฐกิจการคลัง ร่วมกับ ธกส. และสมาคมประกันภัย ในการให้ค่าชดเชยไร่ละ 606 บาท หากเกิดความเสียหายเนื่องจากภัยธรรมชาติ (ได้แก่ น้ำท่วม ฝนแล้ง วาตภัย อากาศหนาว ลูกเห็บ และไฟป่า) ในกรณีที่พืชที่ปลูกมีอายุน้อยกว่า 60 วัน และจะชดเชยไร่ละ 1,400 บาท หากมีอายุเกินกว่า 60 วัน โดยคิดค่าเบี้ยประกันไร่ละ 120 บาท และรัฐบาลให้เงินสนับสนุนค่าเบี้ยประกันภัยร้อยละ 50 เพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกษตรกรร่วมทำประกันภัยพืชผล

  การดำเนินการโครงการประกันภัยพืชผลนี้ ได้มีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการประกันภัยพืชผลคิดเป็น 1,057,111 ไร่ (หรือร้อยละ 1.5 ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด) ในโครงการนี้สมาคมประกันภัยได้ดำเนินการร่วมกับ 9 บริษัทประกันภัยในการขายกรมธรรม์ประกันภัยให้กับเกษตรกร โดยร้อยละ 89 ของวงเงินประกันภัยนั้นได้รับประกันภัยต่อในต่างประเทศโดยบริษัท สวิส รีอินชัวแรนด์ จำกัด ซึ่งการดำเนินงานโครงการดังกล่าวในปี 2554 สามารถเก็บเบี้ยประกันภัยได้รวม 126.85 ล้านบาท แต่ต้องจ่ายชดเชยให้กับเกษตรกรเนื่องจากน้ำท่วมครั้งใหญ่ในปี 2554 เป็นวงเงินรวมประมาณ 575 ล้านบาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 456 ของเบี้ยประกันภัย จากกรณีดังกล่าว บริษัท สวิส รีอินชัวแรนด์ จำกัด ได้เสนอที่จะรับซื้อประกันภัยต่อในปี 2555 แต่จะปรับค่าเบี้ยประกันที่รับซื้อเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1 เท่าตัว หรือคิดเป็นค่าเบี้ยประกันภัยไร่ละ 230 บาท (จากเดิม 120 บาทต่อไร่) ซึ่งส่งผลต่อความต่อเนื่องของการดำเนินโครงการที่ได้รับการริเริ่มขึ้นนี้ ซึ่งนอกจากปัจจัยความเสี่ยงอันเนื่องมาจากภาวะอากาศรุนแรงที่อยู่นอกเหนือการคาดการณ์นี้แล้ว ความยั่งยืนของโครงการประกันภัยพืชผลยังอาจจะขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น การใช้ทรัพยากรทั้งด้านเวลาและค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างมากกับการใช้บุคลากรและเครื่องมือในการติดตามการเพาะปลูกในพื้นที่ที่รับประกันภัยและการตรวจสอบความเสียหายเป็นรายแปลงเพาะปลูก นอกจากนั้น ยังมีปัจจัยเสี่ยงเนื่องจาก พฤติกรรมของผู้ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ ทั้งจากเกษตรกร หรือจากบริษัทผู้รับประกันภัย หรือจากเจ้าหน้าที่ภาครัฐ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เบี่ยงเบนไปจากที่พึงประสงค์ เช่น พฤติกรรมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการประกาศพื้นที่ภัยพิบัติโดยมีเหตุจูงใจเนื่องจากผลประโยชน์จากการรับประกันภัยหรือชดเชยความเสียหาย ก็อาจจะให้โครงการประกันภัยไม่สามารถรองรับมูลค่าความเสียหายทั้งหมดได้ และนำไปสู่การยุติโครงการในที่สุด

ข้อมูลและผลสืบเนื่องจากเหตุการณ์ข้างต้นนี้ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องแสวงหารูปแบบการประกันภัยพืชผลที่เหมาะสม และพัฒนาวิธีการตลอดจนเงื่อนไขในการจ่ายค่าชดเชย (สินไหม) ให้กับผู้เอาประกันที่สามารถลดปัจจัยเสี่ยงทั้งการใช้ทรัพยากรทั้งด้านเวลาและค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างมาก และปัจจัยเสี่ยงด้านพฤติกรรมของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่เบี่ยงเบนไปจากที่พึงประสงค์ รวมถึงแนวโน้มของความถี่และความรุนแรงของภัยธรรมชาติได้ทวีความรุนแรงมากขึ้น ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ และคณะ (2557) ได้พยายามพัฒนาเทคนิคในการใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (remote sensing) ในการตรวจสอบและประเมินความเสียหายของการเพาะปลูกเนื่องมาจากสภาวะภัยพิบัติรุนแรง ซึ่งในกรณีของประเทศไทยนั้น ได้มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลเพื่อประเมินความเสียหายทั้งจากกรณีของน้ำท่วม (ชาติชาย ไวยสุระสิงห์, 2554) และกรณีของภัยแล้ง การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลกับการติดตามสถานการณ์เพาะปลูกและประเมินผลความเสียหายของการปลูกข้าวบริเวณที่ราบลุ่มเจ้าพระยา และบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งเป็นบริเวณที่มักจะได้รับผลกระทบจากภัยแล้งหรือน้ำท่วมเมื่อเกิดสภาวะอากาศรุนแรง และนำไปประยุกต์และบูรณาการข้อมูลและวิธีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ประกันภัย (Actuarial method) และเศรษฐศาสตร์ในการกำหนดระบบดัชนีและออกแบบกรมธรรม์ประกันภัยที่เหมาะสมและทำให้โครงการประกันภัยพืชผลสำหรับการปลูกข้าวมีความยั่งยืนโดยครอบคลุมทั้งการวิเคราะห์คุณลักษณะความเสี่ยง และมูลค่าเบี้ยประกันที่ควรจะเป็น รวมถึงการพัฒนาระบบการกระจายความเสี่ยงของโครงการรับประกัน โดยการกระจายความเสี่ยงภายในประเทศ

ระหว่างพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ และพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณภาคกลาง และการกระจายความเสี่ยงในระดับนานาชาติ ผ่านการใช้เครื่องมือทางการเงินในตลาดนานาชาติ เช่น ตลาดราคาสินค้าเกษตรล่วงหน้า หรือการใช้เครื่องมือทางการเงินอื่น ๆ โดยข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาพบว่า สามารถประยุกต์ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม MODIS เพื่อสร้างดัชนีพืชพรรณ (Cumulative SVI) ซึ่งสามารถชี้บ่งการเจริญเติบโตและความเสียหายของการเพาะปลูกข้าวบริเวณภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้ และการเปลี่ยนแปลงดัชนีดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับความเสียหายของการปลูกข้าวทั้งสองบริเวณ โดยงานวิจัยดังกล่าวได้เสนอแนะการพัฒนาประกันภัยพืชผลโดยใช้ค่า ดัชนีสภาวะพืชแบบ Cumulative SVI เป็นดัชนีบ่งบอกความเสียหายและใช้ข้อมูลความเสียหายจากการเพาะปลูกข้าวจากสำมะโนเกษตรกรของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรในช่วงปี 2548-2553 เป็นฐานการคำนวณเบี้ยประกันภัย ซึ่งจากการคำนวณได้ราคาเบี้ยประกันภัยที่ 263.04 บาทต่อไร่ สำหรับกรณีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ 296.87 บาทต่อไร่ สำหรับกรณีพื้นที่เพาะปลูกภาคกลาง ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการบริหารความเสี่ยงการประกันภัยพืชผลของนาข้าวโดยการรวมคุณลักษณะความเสี่ยง (risk pooling) ของนาข้าวในภาคอีสานและภาคกลางโดยไม่ทำให้ผู้รับประกันภัยแบกรับภาระด้านความเสี่ยงมากขึ้น นอกจากนั้นแล้ว ผู้วิจัยได้แนะนำแนวทางการบริหารความเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือทางการเงินในตลาดซื้อขายสินค้าล่วงหน้าในระดับนานาชาติมาประกอบในการจัดการความเสี่ยงโดยรวมให้ได้ผลมากขึ้น

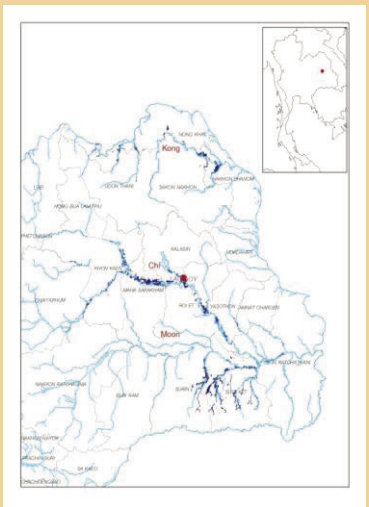
9.3.3 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับทรัพยากรการผลิตทางการเกษตร

รายงานของ IPCC และ FAO ได้กล่าวถึงการหาแนวทางในการจัดการทรัพยากรการผลิต โดยเฉพาะการจัดการน้ำและการปรับปรุงระบบชลประทานเพื่อการเกษตรเป็นแนวทางหนึ่งในการปรับตัวของภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต อย่างไรก็ตาม ประเด็นที่จะต้องพิจารณาคือ แนวทางในการจัดการน้ำ หรือการปรับปรุงระบบชลประทานเพื่อการเกษตรนั้นจะสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตหรือไม่ เนื่องจากการดำเนินการที่ไม่คำนึงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้นอาจนำไปสู่การลงทุนที่สูญเปล่าหรือนำไปสู่ปัญหาใหม่ภายใต้การเปลี่ยนแปลงในอนาคต

ตัวอย่างการศึกษาหนึ่งที่ชี้ให้เห็นถึงแนวคิดของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในการปรับปรุงระบบชลประทานเพื่อการเกษตรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต คือ การศึกษาการปรับตัวของชาวนาในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยเป็นกรณีศึกษาถึงการปรับแนวทางการพัฒนาระบบชลประทานขนาดเล็กในตำบลเหล่าอ้อย อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ (Chinvanno and Kerdsuk, 2013)

ตำบลเหล่าอ้อยอยู่ภายใต้การปกครองของอำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์ สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ของตำบลเหล่าอ้อยมีลักษณะเป็นที่ราบสูงแบบลูกคลื่นลอนตื้น ลาดชันจากตอนเหนือลงสู่ตอนใต้ของตำบล พื้นที่เป็นที่ดอน 60เปอร์เซ็นต์ และเป็นที่ลุ่มติดกับลำน้ำ 2 สาย คือ ลำน้ำปาว และลำน้ำชี 40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ โดยบริเวณที่ตั้งบ้านเรือนและที่อยู่อาศัยอยู่บริเวณส่วนกลางของตำบล มีประชากรประมาณ 1,000 หลังคาเรือน โดยประชากรมีอาชีพหลัก คือ การทำนา และอาชีพเสริม คือ เลี้ยงสัตว์ หัตถกรรมในครัวเรือน รับจ้างทั่วไป

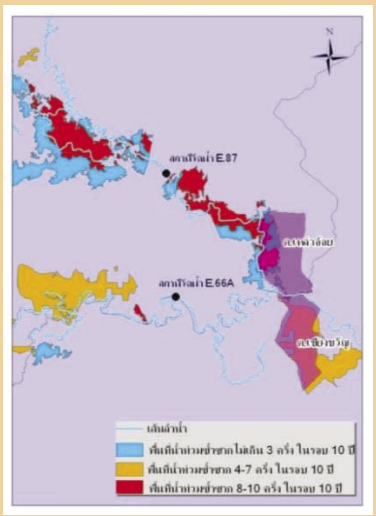
ตำบลเหล่าอ้อยประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซากเกือบทุกปีในช่วงปลายฤดูฝน ในช่วงเดือน ต.ค. – พ.ย. ทั้งนี้ข้อมูลจากองค์การบริหารส่วนตำบลเหล่าอ้อยบ่งชี้ว่า ได้ประสบภัยน้ำท่วมติดต่อกันมาตั้งแต่ ปี พ.ศ.2544 – 2551 เป็นระยะเวลาติดต่อกัน 8 ปี โดยมีพื้นที่เสียหายประมาณไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่เกษตรซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าว กล่าวคือ พื้นที่เสียหายประมาณ 8,000 ไร่ จากพื้นที่เกษตรทั้งหมดประมาณ 20,000 ไร่ ดังข้อมูลพื้นที่น้ำท่วมปี 2550 ระบุว่าพื้นที่เพาะปลูกและประมงเสียหายประมาณ 10,000 ไร่ และปี 2551 พื้นที่เพาะปลูกและประมงเสียหายประมาณ 8,000 ไร่ ทั้งนี้พื้นที่น้ำท่วมส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ที่อยู่ริมลำน้ำปาว ซึ่งเป็นพื้นที่แนวยาวเป็นระยะประมาณ 26 กิโลเมตร ดังที่แสดงในรูปที่ 9.16 และ 9.17



ก



ข



ค

รูปที่ 9.16 (ก) พื้นที่ตำบลเหล่าอ้อย และ (ข) พื้นที่น้ำท่วมซ้ำซาก (ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลเหล่าอ้อย)
(ค) แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในบริเวณลำน้ำปาว (ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน)



ก



ข



ค

รูปที่ 9.17 (ก) และ (ข) สภาพน้ำท่วมในพื้นที่ตำบลเหล่าอ้อย และ (ค) ระดับความสูงของน้ำท่วม
(ที่มา: องค์การบริหารส่วนตำบลเหล่าอ้อย)

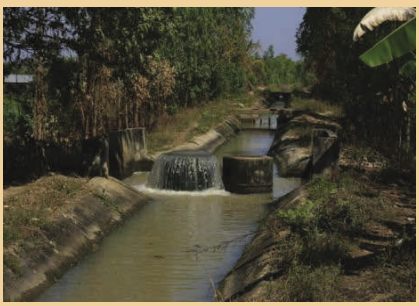
ยุทธศาสตร์ชุมชนที่ได้วางแผนขึ้นก็คือ ไม่สู้ภัยน้ำท่วม โดยเลิกทำนาปีในฤดูฝน และเปลี่ยนไปเป็นการทำนาปรังในฤดูแล้งแทน และมีแผนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์ดังกล่าว โดยการสูบน้ำจากลำน้ำปาวส่งผ่านเครือข่ายท่อใต้ดินด้วยแรงดัน ทั้งนี้ได้มีแนวคิดที่จะขยายระบบสูบน้ำและเครือข่ายท่อส่งน้ำให้ครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น (รูปที่ 9.18)



ก



ข



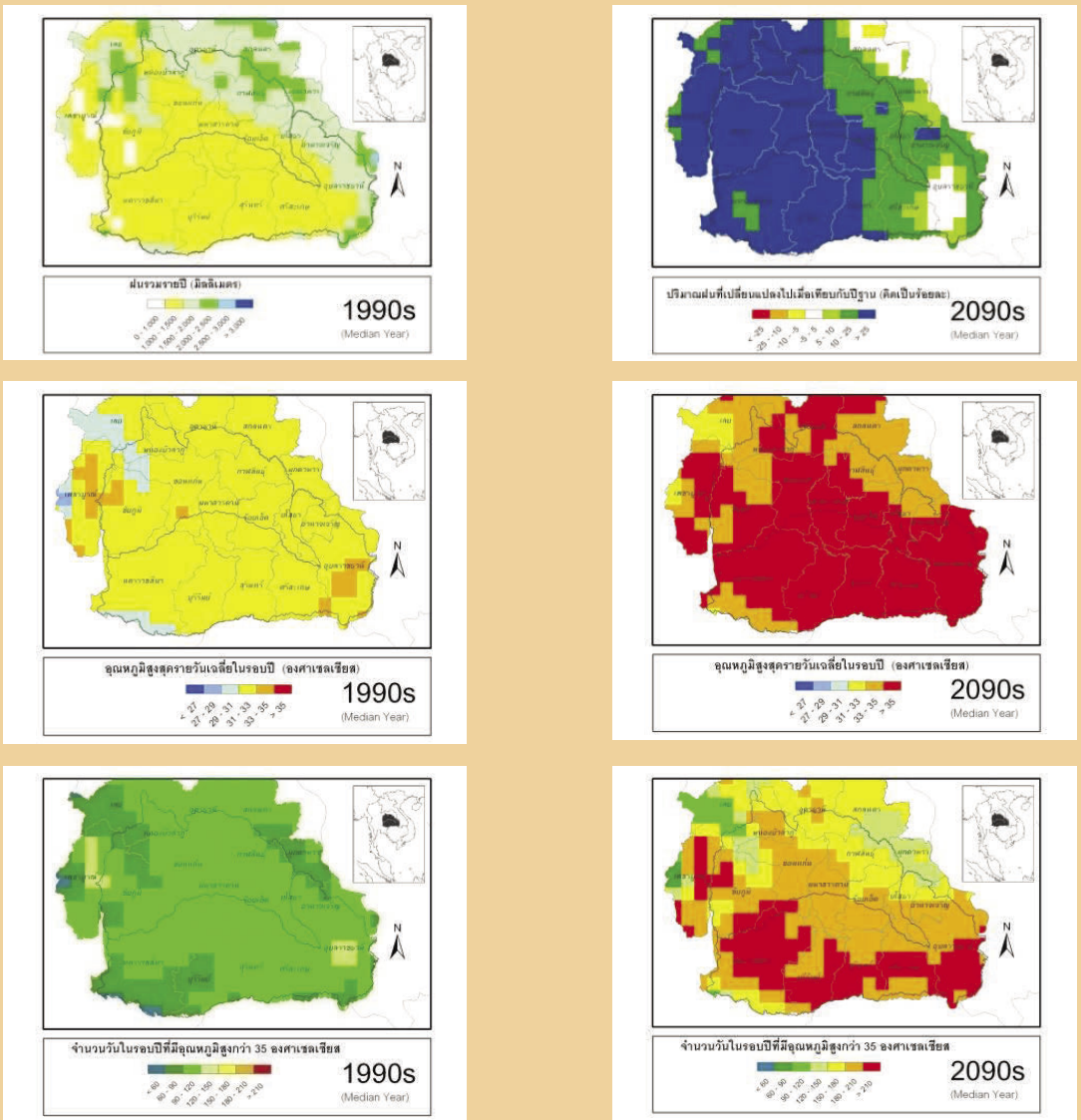
ค



ง

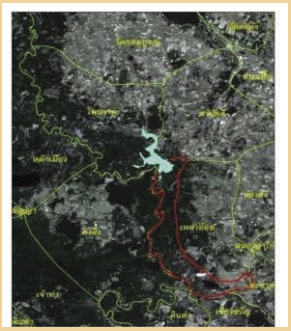
รูปที่ 9.18 (ก) การทำนาปรังฤดูแล้ง (ข) สถานีสูบน้ำ (ค) คลองซอย และ (ง) ระบบส่งน้ำใต้ดินที่มีอยู่ในปัจจุบันในตำบลเหล่าอ้อยซึ่งอาจมีข้อจำกัดภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต
(ที่มา: Chinvanno and Kerdsuk, 2013)

อย่างไรก็ตาม แนวคิดดังกล่าวแม้ว่าจะสอดคล้องกับบริบทของชุมชน และสามารถลดการเปิดรับต่อภาวะเสี่ยงต่อผลกระทบของสภาพอากาศรุนแรงได้ ซึ่งในกรณีนี้คือ อุทกภัย แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจส่งผลให้ภาคอีสานมีฤดูร้อนที่แห้งแล้งและยาวนานมากขึ้น โดยมีฝนตกหนักในฤดูฝน การเปลี่ยนแปลงเช่นนี้จะมีผลต่อแนวทางที่ชุมชนวางแผนเพื่อจัดหาทรัพยากรน้ำในการทำนาปรังในฤดูแล้ง ทั้งนี้แผนการนำน้ำจากลำน้ำหลักมาใช้เพื่อกิจกรรมการเกษตรในฤดูแล้งในอนาคตอาจมีข้อจำกัดและไม่ใช่แนวทางที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในพื้นที่



รูปที่ 9.19 ตัวอย่างผลการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคตของพื้นที่ลุ่มน้ำชี-มูล ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มที่พื้นที่นี้จะมีปริมาณฝนมากขึ้น และมีอุณหภูมิสูงขึ้น อีกทั้งระยะเวลาที่มีอากาศร้อนยาวนานมากขึ้น
(ที่มา: Chinvanno and Kerdsuk, 2013)

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในกรณีตัวอย่างนี้เป็นการปรับระบบชลประทานเพื่อการเกษตรให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยปรับจากแนวคิดที่จะสูบน้ำจากลำน้ำปาวในหน้าแล้งเพื่อการทำนาปรังซึ่งอาจเกิดความเสี่ยงในอนาคตภายใต้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ฤดูร้อนอาจร้อนมากขึ้นและยาวนานมากขึ้น โดยปรับมาเป็นการพัฒนาหนองเลิงเปลือยซึ่งเป็นหนองน้ำสาธารณะขนาดใหญ่ทางด้านทิศเหนือของตำบลเหล่าอ้อย ซึ่งมีพื้นที่รับน้ำมากกว่า 3,000 ไร่ แต่ในปัจจุบัน มีสภาพตื้นเขิน ซึ่งตามปกตินำ้จากลำน้ำปาวจะไหลเข้าสู่พื้นที่หนองเลิงเปลือยนี้ในช่วงหน้าน้ำหลาก โดยเมื่อทำการพัฒนาขุดลอกและควบคุมน้ำอย่างเหมาะสมแล้ว หนองน้ำนี้จะมีศักยภาพในการกักเก็บน้ำในฤดูน้ำท่วมไว้ใช้ในฤดูแล้งได้ และจะสามารถใช้สนับสนุนพื้นที่ทำนาในตำบลเหล่าอ้อยและพื้นที่ข้างเคียงให้ปรับมาเป็นระบบนาปรังฤดูแล้งได้ทั้งหมด ซึ่งการปรับตัวโดยการปรับแนวคิดของการพัฒนาระบบชลประทานชุมชนนี้ เป็นการปรับตัวให้สอดคล้องกับแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งมีแนวโน้มที่จะมีฝนมากขึ้นในฤดูฝน โดยที่เป็นการดำเนินการที่เกิดประโยชน์ทั้งในปัจจุบันซึ่งพื้นที่ประสบปัญหาน้ำท่วมเป็นประจำ และทำให้การดำเนินกิจกรรมการเกษตรของชุมชนเกิดความมั่นคงและทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตด้วย



ก



ข



ค

รูปที่ 9.20 พื้นที่หนองน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นเป็นแหล่งกักเก็บน้ำข้ามฤดูซึ่งจะเป็นแนวทางที่สอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต
(ที่มา: Chinvanno and Kerdsuk, 2013)

9.4 สรุป

ภาคการเกษตรของไทยนั้นจัดว่าเป็นภาคส่วนที่มีความสำคัญกับระบบเศรษฐกิจและสังคมไทยอย่างมาก เนื่องจากเป็นภาคส่วนที่ผลิตอาหารเลี้ยงประชากรและสร้างรายได้ให้แก่ประเทศจำนวนมาก อีกทั้งประชากรจำนวนมากของไทยอยู่ในภาคส่วนนี้ แต่ความสำเร็จหรือความมั่นคงของภาคการเกษตรไทยนั้นขึ้นอยู่กับสภาพอากาศที่เหมาะสม เนื่องจากระบบเกษตรไทยส่วนใหญ่แล้วเป็นระบบเกษตรที่อาศัยน้ำฝน ดังนั้น ประเด็นเรื่องฝนมากไป ฝนน้อยไป ฝนมาไม่ตรงตามฤดูกาล ตลอดจนอุณหภูมิในแต่ละฤดูกาล จะส่งผลโดยตรงกับผลผลิตเป็นอย่างมาก นอกจากนั้น สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมเหล่านี้ยังส่งผลทางอ้อมอีกหลายประการต่อความมั่นคงของระบบเกษตรไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในประเด็นเรื่องความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก เช่น การแพร่กระจายและระดับความรุนแรงของดินเค็มที่แปรผันไปตามความผันผวนของปริมาณฝนที่จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่มีชั้นหินเกลืออยู่ใต้ดิน ประกอบกับการระเหยน้ำผิวดินในปีที่มีอากาศร้อนจัดเป็นเวลานาน เป็นต้น ทั้งนี้ความแปรปรวนของสภาพอากาศเหล่านี้เป็นสิ่งที่พบเห็นอยู่เสมอในปัจจุบันและเป็นเงื่อนไขที่ทำให้ภาคการเกษตรไทยตกอยู่ในภาวะเสี่ยงเรื่อยมา แต่ภาวะโลกร้อนซึ่งจะนำมาซึ่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตจะส่งผลให้รูปแบบของสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลเปลี่ยนแปลงไป ตลอดจนเกิดความผันผวนแปรปรวนในรอบปีต่อปีมากขึ้นกว่าปัจจุบัน การเปลี่ยนแปลงที่กำลังจะเกิดขึ้นเหล่านี้เป็นความท้าทายใหม่ต่อความมั่นคงของภาคการเกษตรไทย และประเด็นที่ต้องคำนึงถึงก็คือ เราจะมียุทธศาสตร์เพื่อนำภาคการเกษตรไทยไปสู่ความมั่นคงในอนาคตระยะยาวภายใต้เงื่อนไขที่ภูมิอากาศจะเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบันนี้ได้อย่างไร และเป้าหมายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของภาคการเกษตรไทยควรจะเป็นอย่างไร

เป้าหมายการปรับตัวของระบบเกษตรไทยต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศน่าจะเป็นการก้าวไปสู่อนาคตอย่างมั่นคงยืนยง (resilience / robust) ภายใต้เงื่อนไขที่มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคมประกอบกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความท้าทายในการตอบโจทย์ด้านการปรับตัวของภาคการเกษตรต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ในอนาคตน่าจะเริ่มจากการขยายวิสัยทัศน์ของยุทธศาสตร์เกษตรไทยออกไปในอนาคตระยะยาว 20-30 ปีข้างหน้า โดยคำนึงว่าภายใต้การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจและสังคมระยะยาวทั้งของโลกและประเทศไทยนั้น ประเทศไทยต้องการผลผลิตเกษตรชนิดใด จำนวนเท่าไร โดยพิจารณาจากปริมาณที่ต้องใช้เพื่อการบริโภคในประเทศ ปริมาณที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม ปริมาณเพื่อการค้าระหว่างประเทศ และตั้งโจทย์ว่าเป้าหมายนี้จะเป็นไปได้หรือไม่ภายใต้เงื่อนไขที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยพิจารณาถึงผลกระทบที่ภูมิอากาศอนาคตที่หลากหลายรูปแบบจะมีต่อผลผลิตการเกษตรทั้งทางตรงและทางอ้อม แล้วถอดบทเรียนออกเป็นยุทธศาสตร์การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยพิจารณาถึงการปรับตัวในแง่ของการกำหนดรูปแบบระบบเกษตรที่สอดคล้องกับ

สถานการณ์อนาคต เช่น รูปแบบของเขตพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูก (Land suitability) ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปภายใต้อิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ แนวทางการจัดการทรัพยากรการผลิต (ดิน-น้ำ) การจัดการแปลงเพาะปลูก เป็นต้น ทั้งนี้โดยมีเป้าหมายของการปรับตัวคือ เพื่อให้ผลผลิตเป็นไปได้ตามเป้าหมายที่วางวิสัยทัศน์ไว้ภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศรูปแบบต่าง ๆ และอีกประการหนึ่งที่สำคัญคือเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ไม่ผันผวนมากนักตามความแปรปรวนของสภาพอากาศที่เกิดขึ้นปีต่อปีในอนาคต

เมื่อพิจารณาถึงองค์ความรู้ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรที่มีอยู่ในปัจจุบันแล้ว การศึกษาในระยะที่ผ่านมายังคงจำกัดอยู่ที่การเพาะปลูกของพืชบางชนิดเท่านั้น และมองถึงความเสี่ยงของภาคการเกษตรในแง่ของผลผลิตที่มีแนวโน้มลดต่ำลงภายใต้รูปแบบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต โดยจับประเด็นการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตในแง่ของการพยายามรักษาระดับการผลิตไว้ให้คงตามระดับการผลิตในปัจจุบัน ซึ่งองค์ความรู้นี้อาจยังไม่สามารถนำไปสู่การวางแผนการปรับตัวที่เหมาะสมหรือเกิดเป็นนโยบายที่เป็นรูปธรรมขึ้นมาได้ ซึ่งอาจจะมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้ กล่าวคือ การศึกษาดังกล่าวเป็นการสร้างภาพฉายอนาคต (scenario) ภายใต้เงื่อนไขที่เป็นการจำลองสถานการณ์ขึ้น แนวทางนี้ยังคงมีช่องว่างในการทำความเข้าใจกับหลายฝ่ายที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความคาดหวังที่จะให้ผลการศึกษาเป็นการทำนายอนาคตที่แม่นยำ อีกทั้งการศึกษาขาดความต่อเนื่องและขอบเขตการศึกษาก็ยังจำกัดอยู่กับพืชเศรษฐกิจเพียงไม่กี่ประเภทโดยที่ยังไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบทางอ้อมของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อผลผลิตการเกษตร นอกจากนั้น การปรับตัวยังคงเน้นเรื่องการปรับตัวต่อผลกระทบโดยมีเป้าหมายที่จะรักษาสถานภาพปัจจุบัน (status quo) เอาไว้ ซึ่งโดยความเป็นจริงแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องของสภาพเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตจะส่งผลให้ระบบเกษตรไทยปรับเปลี่ยนรูปโฉมไปจากปัจจุบันมาก

ดังนั้น การสร้างองค์ความรู้ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคการเกษตรในระยะต่อไปควรที่จะขยายกรอบของการศึกษาให้ครอบคลุมการผลิตด้านการเกษตรที่หลากหลายมากขึ้น ซึ่งนอกจากการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตผลผลิตเกษตรชนิดต่าง ๆ แล้ว ยังจะต้องพิจารณาถึงผลกระทบนั้นในเชิงของความเสี่ยงของระบบการผลิตที่แตกต่าง เช่น ระบบเกษตรแบบเชิงเดี่ยวเพื่อการค้าในพื้นที่ขนาดใหญ่ การผลิตในพื้นที่ขนาดเล็ก การผลิตแบบผสมผสาน ฯลฯ ตลอดจนการศึกษาถึงความเสี่ยงของระบบนิเวศเกษตรที่หลากหลาย เนื่องจากระบบนิเวศเกษตรที่แตกต่างกันนั้นมีรูปแบบความเสี่ยงและปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงที่แตกต่างกัน อีกทั้งมีเงื่อนไขของการปรับตัวที่แตกต่างกันด้วยเช่นกัน นอกจากนั้น การศึกษายังจะต้องจับประเด็นพลวัตทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้าเป็นส่วนหนึ่งของการวิเคราะห์ความเสี่ยงในอนาคต โดยอาจพิจารณาถึงเป้าหมายของการปรับตัวในเชิงของระบบเกษตรที่ทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ในเชิงของระบบเกษตรที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่เหมาะสมภายใต้สภาพภูมิอากาศในอนาคตและไม่ผันผวนไปตามความแปรปรวนของสภาพอากาศซึ่งอาจรุนแรงมากขึ้นในอนาคต

นอกจากประเด็นการปรับตัวที่พิจารณาในเชิงของโครงสร้างการผลิตในแง่มุมต่างๆ แล้ว การศึกษาด้านการปรับตัวในภาคการเกษตรนี้ยังควรที่จะต้องศึกษาถึงรูปแบบโครงสร้างตลาดและกลไกราคาสินค้าเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่ง กลไกด้านตลาดล่วงหน้าซึ่งอาจจะสามารถนำมาใช้เป็นกลไกในการบริหารจัดการความเสี่ยงของเกษตรกรได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งการกำหนดรูปแบบโครงสร้างตลาดและกลไกราคานี้ อาจใช้เป็นเงื่อนไขที่จะนำไปสู่การปรับรูปแบบการเกษตรในอนาคตได้

สำหรับการปรับตัวของภาคส่วนการเกษตรในระดับท้องถิ่น อาจจะต้องพิจารณาในเชิงของการจัดการความเสี่ยงของเกษตรกรที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจถึงรูปแบบการผลิต ความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรการผลิต ความสามารถในการลงทุนเพื่อปรับตัว โครงสร้างประชากร ฯลฯ เพื่อให้เข้าใจบริบทของการปรับตัวที่เหมาะสมในท้องถิ่นนั้น ๆ โดยอาจอิงกับแนวคิดระบบนิเวศเกษตรและความมั่นคงการดำรงชีพ ซึ่งพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ทางด้านระบบนิเวศธรรมชาติ นโยบาย เศรษฐกิจ สังคม ที่มีสภาพทางภูมิอากาศเป็นหนึ่งในปัจจัยภายนอก (external factor) ที่เป็นแรงผลักดันและส่งผลต่อบริบทความเสี่ยงของระบบนิเวศเกษตร และการตัดสินใจของเกษตรกรในการเลือกใช้ยุทธวิธีการดำรงชีพโดยใช้ทุน (livelihood capitals) ที่มีอยู่ ร่วมกับการสนับสนุนโครงสร้างเชิงนโยบายและสถาบันเพื่อรับมือกับความเสี่ยงหรือสภาวะกดดันต่างๆ ทั้งที่เกิดจากสภาพอากาศและปัจจัยอื่นๆ

นอกจากนี้ การศึกษาการปรับตัวของภาคส่วนการเกษตรในระดับท้องถิ่นอาจจะต้องให้ความสำคัญกับเทคโนโลยีในการผลิตมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะศึกษาถึงเทคโนโลยีด้านการปรับปรุงพันธุ์หรือเทคโนโลยีที่มุ่งเน้นไปในด้านของการเพิ่มผลผลิตแล้ว เทคโนโลยีที่จะช่วยให้จัดการทรัพยากรการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ เทคโนโลยีในด้านการจัดการน้ำเพื่อการผลิต ก็เป็นประเด็นสำคัญที่จะนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตเช่นกัน

การศึกษาเพื่อที่จะให้ได้คำตอบเพื่อถอดออกมาเป็นแนวทางการปรับตัวของภาคการเกษตรไทยต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตนี้ต้องการการดำเนินการร่วมกันระหว่างหลายฝ่าย โดยเฉพาะกลุ่มนักวิชาการในสถาบันการศึกษาและหน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และจะต้องมีกลไกที่เหมาะสมสนับสนุนเนื่องจากจะต้องเป็นการศึกษาที่ต่อเนื่องเพื่อให้ยุทธศาสตร์และนโยบายต่าง ๆ สามารถปรับเปลี่ยนได้ทันกับพลวัตหรือการเปลี่ยนแปลงที่ต่อเนื่องของสภาพเศรษฐกิจและสังคมซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้เร็วและมีผลต่อความเสี่ยงของระบบเกษตรได้มากกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ นอกจากนั้น การศึกษาเพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ที่จะใช้สนับสนุนยุทธศาสตร์และนโยบายต่าง ๆ ในภาคการเกษตรนี้ยังจะต้องควบรวมประเด็นด้านความมั่นคงของสังคมเกษตรกรและภาคธุรกิจการเกษตรเข้าไว้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมการเกษตร. 2552. เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการประกันความสี่ยงของพืชผลทางการเกษตร ครั้งที่ 2/2552. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
2. กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, ชัยสิทธิ์ อนุชิตวรวงศ์, พรเพ็ญ วิจักษณ์ประเสริฐ, สุริยัณห์ สาระมูล, ทิพวัลย์ แก้วมีศรี และปริญญารัตน์ เลี้ยงเจริญ. 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
3. ชาติชาย ไวยสุระสิงห์. 2554. การใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลสำหรับการประเมินความเสียหายจากน้ำท่วม: การทบทวนวรรณกรรม. วารสารวิศวกรรม มข., 38(2): 197-209.
4. ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์, โสมรัศมิ์ จันทรัตน์, ปรีสาร รักวาทิน และธนสิน ถนอมพงษ์พันธ์. 2557. การศึกษากลไกการบริหารจัดการความสี่ยงของภาคส่วนเกษตรต่อสภาวะอากาศรุนแรงโดยระบบประกันภัยพืชผล: กรณีศึกษาระเพาะปลูกข้าว. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพมหานคร.
5. วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และพรวิไล ไทรโพธิ์ทอง.2554. รายงานผลการวิจัย โครงการการประเมินผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลมเปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต: กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
6. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. โครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลกการผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก. เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
7. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 416. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
8. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. ตัวชี้วัดเศรษฐกิจการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555.
9. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2556. รายงานผลเบื้องต้น สำมะโนการเกษตร พ.ศ.2556. สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร.
10. Chinvanno S. and Kerdsuk V. 2013. Mainstreaming Climate Change into Community Development Strategies and Plans: A Case Study in Thailand. Adaptation Knowledge Platform, Partner Report Series No.5. Stockholm Environment Institute, Bangkok. [Online]. Available at: www.asiapacificadapt.net or weADAPT.org
11. Cruz R.V., Harasawa H., Lal M., Wu S., Anokhin Y., Punsalmaa B., Honda Y., Jafari M., Li C. and Huu Ninh N. 2007. Asia. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, 469-506.
12. FAO Inter-departmental working group on climate change. 2007. Adaptation to climate change in agriculture, forestry and fisheries: Perspective, framework and Priorities. FAO, Rome, Italy.
13. Ingram K., Rodriguez R., Sakarung S. and Yamboa E. B. 1995. Germplasm evaluation and improvement for dry seeded rice in drought prone environments. In .Ingram K.T (ed.), Rainfed lowland rice: Agricultural research for high risk environments. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines. pp 55-67.
14. IPCC. 2013. Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. and Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
15. Ongsomwang S. and Phayakkin A. 2011. Crops Drought Monitoring in Northeast Thailand from NOAA-AVHRR Data. Proceedings of SUT GRAD Conference 2011, Suranaree University of Technology, Thailand. (in Thai)
16. Smith P., Bustamante M., Ahammad H., Clark H., Dong H., Elsiddig E.A., Haberl H., Harper R., House J., Jafari M., Masera O., Mbow C., Ravindranath N.H., Rice C.W., Robledo C. Abad, Romanovskaya A., Sperling F., and Tubiello F. 2014. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlmer, S., von Stechow, C., Zwickel, T. and Minx, J.C. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
17. The Centre for Climate Research Singapore and the Met Office Hadley Centre. 2014. A Regional Climate Modeling Experiment for Southeast Asia (SEACAM): Using PRECIS Regional Model and selected CMIP3 Global Climate Modeling. The Technical Report from SEACAM workshop. Available at: http://ccrs.weather.gov.sg/ wpcontent/uploads/2015/03/Regional-Climate-Modelling-Experiment-for-Southeast-Asia.pdf

บทที่ 10

การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์

ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คุณศุภกร ชินวรรโณ

ศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลก

แห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์

ฝ่ายการวิจัยทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาแห่งประเทศไทย

วิธีอ้างอิง

พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, ศุภกร ชินวรรโณ และ กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงศ์, 2559: การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านความเสี่ยงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 2 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

10.1 การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชาติ 343
10.2 การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชน 362
10.3 กรอบการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจต่อการดำเนินการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ 376
10.4 สรุปและข้อเสนอแนะ 384

เอกสารอ้างอิง

การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นเป็นการปรับตัวเพื่อให้ระบบและภาคส่วนต่าง ๆ ตลอดจนสังคมในทุกระดับสามารถดำรงอยู่และสามารถดำเนินกิจกรรมหรือวิถีชีวิตต่อไปได้ โดยปรับเปลี่ยนการบริหารจัดการความเสี่ยงให้สอดคล้องกับสถานการณ์ และอาจรวมถึงการแสวงหาแนวทางใหม่ที่จะลดภาวะล่อแหลมเปราะบางของระบบหรือภาคส่วนต่าง ๆ ต่อผลกระทบและผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศลง ภายใต้การพิจารณาในแง่มุมของระบบหรือภาคส่วน หรือพิจารณาแบบบูรณาการเชิงพื้นที่ในเงื่อนไขเวลาที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจพิจารณาในแง่มุมของการดำเนินการทางกายภาพ หรือการปรับทิศทางตลอดจนการขับเคลื่อนแนวทางการพัฒนา การปรับระบบเศรษฐกิจหรือวิถีชีวิต หรือการใช้กลไกทางด้านกฎระเบียบและสถาบัน ทั้งนี้ขึ้นกับบริบทของระดับการตัดสินและเป้าหมายในการดำเนินการ เพื่อให้สังคมในอนาคตมีความมั่นคงทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น และเพื่อให้ยุทธศาสตร์การพัฒนาหรือแผนงานต่าง ๆ สามารถบรรลุถึงเป้าหมายที่ตั้งไว้ ดังนั้น การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ จึงต้องมีการดำเนินการในวงกว้างและพิจารณาในแง่มุมที่หลากหลายซึ่งครอบคลุมงานในการวางแผนของหลายภาคส่วน นอกจากนั้นยังอาจจะต้องพิจารณาในบริบทที่เฉพาะของพื้นที่ ทำให้การวางแผนเพื่อการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงการดำเนินการในระดับชาติซึ่งพิจารณาในเชิงของยุทธศาสตร์รายภาคส่วน ลงไปถึงการดำเนินการในระดับชุมชน ภายใต้กรอบการตัดสินใจที่เหมาะสม บทนี้จะกล่าวถึงความพยายามในการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยโดยแผนงานระดับชาติในระยะที่ผ่านมา และแนวทางในการขับเคลื่อนการปรับตัวในระดับชุมชน โดยเสนอกรอบแนวคิดด้านการตัดสินใจที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนของอนาคตอันเป็นธรรมชาติของการวางแผนระยะยาวในกรอบเวลาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

10.1 การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชาติ

ประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มีการริเริ่มวางแผนและยุทธศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมาระยะหนึ่ง โดยมีแผนและนโยบายหลัก ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1) ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555 (คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ, 2551)

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้จัดทำยุทธศาสตร์แห่งชาตินี้โดยมีวิสัยทัศน์ คือ ประเทศไทยมีความพร้อมในการรับมือและปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและมีส่วนร่วมกับประชาคมโลกในการลดหรือบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศบนพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน สำหรับประเด็นยุทธศาสตร์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ยุทธศาสตร์ดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 1: การสร้างความสามารถในการปรับตัวเพื่อรับมือและลดความล่อแหลมต่อผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 2: การสนับสนุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเพิ่มแหล่งดูดซับบนพื้นที่ฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน

ยุทธศาสตร์ที่ 3: การสนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 4: การสร้างความตระหนักรู้และการมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 5: การเพิ่มศักยภาพของบุคลากรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 6: การพัฒนาการดำเนินงานในกรอบความร่วมมือกับต่างประเทศ

โดยเนื้อหาในยุทธศาสตร์ที่ 1 ซึ่งเน้นที่การสร้างความสามารถในการปรับตัวเพื่อรับมือและลดความล่อแหลมต่อผลกระทบจากภูมิอากาศนั้น ได้กำหนดแนวทางที่ครอบคลุมถึงการสร้างความสามารถในการประเมินผลกระทบจากภูมิอากาศ การป้องกันและบรรเทาความเสียหายของผลกระทบด้านทรัพยากรธรรมชาติระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ การป้องกันและบรรเทาความเสียหายของผลกระทบด้านภัยธรรมชาติและการตั้งถิ่นฐานประชาชน การป้องกันและบรรเทาความเสียหายของผลกระทบด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรมและแหล่งสำคัญทางประวัติศาสตร์ ศิลปกรรม และวัฒนธรรม การป้องกันและบรรเทาความเสียหายของผลกระทบด้านสุขภาพอนามัย และการสร้างความสามารถในการปรับตัวด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม และแหล่งสำคัญทางประวัติศาสตร์ ศิลปกรรม และวัฒนธรรม โดยมีการกำหนดถึงหน่วยงานที่ควรมีหน้าที่รับผิดชอบในการดำเนินการต่าง ๆ เหล่านี้ไว้ด้วย

2) แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559). (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2554)

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้จัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 128 ตอนพิเศษ 152 ง เมื่อวันที่ 14 ธันวาคม 2554 โดยมุ่งพัฒนาภายใต้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และขับเคลื่อนให้บังเกิดผลในทางปฏิบัติที่ชัดเจน ยึดคนเป็นศูนย์กลางของการพัฒนา ให้ความสำคัญกับการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในสังคม พัฒนาประเทศสู่สมดุลในทุกมิติอย่างบูรณาการและเป็นองค์รวม วิสัยทัศน์ที่กำหนดในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11

คือ “สังคมอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข ด้วยความเสมอภาค เป็นธรรม และมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง” แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ได้ให้ความสำคัญต่อนโยบายเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งมีการกำหนดยุทธศาสตร์และมาตรการที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศหลายประเด็น แต่โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจก โดยมีการจับประเด็นด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ดังต่อไปนี้

กิจกรรมที่ 6.3 การยกระดับขีดความสามารถในการรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อให้สังคมมีภูมิคุ้มกัน ประกอบด้วย

(1) การพัฒนาองค์ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบ และการปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการสร้างนักวิจัยและเครือข่ายวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยการศึกษาวิจัยและพัฒนาฐานความรู้เกี่ยวกับสาเหตุและการคาดการณ์ การประเมินความเสี่ยง ความเปราะบาง และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การวิจัยเพื่อเตรียมการรองรับการลดก๊าซเรือนกระจกรายสาขา และการรองรับกลไกใหม่ๆ ที่สำคัญ เช่น Nationally Appropriate Mitigation Action: NAMA, REDD-Plus รวมถึงการศึกษาเพื่อเสนอแนะแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคการปล่อยก๊าซมีความเสี่ยงสูง การพัฒนาระบบตลาดคาร์บอนในประเทศ

(2) การพัฒนาเครื่องมือในการบริหารจัดการเพื่อรับมือกับความท้าทายจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในการสนับสนุนการจัดทำแผนเตรียมความพร้อมของประเทศเพื่อรองรับผลกระทบอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาว การพัฒนาระบบฐานข้อมูลและระบบการรายงานเกี่ยวกับข้อมูลการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ระบบ MRV (Measurement, Reporting and Verification) ในระดับโครงการและระดับประเทศ การนำมาตรการด้านการคลังในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อม เช่น ภาษีสิ่งแวดล้อม การประกันความเสี่ยง การกำหนดสิทธิการปล่อยมลพิษ การส่งเสริมให้มีระบบการขึ้นทะเบียนเพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ (National Registry System) รวมถึงการศึกษาและพัฒนาระบบตลาดคาร์บอนสำหรับประเทศไทย

3) แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; สผ., 2558)

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้จัดทำแผนแม่บทโดยมีแนวทางการดำเนินงานใน 3 เรื่องหลัก ได้แก่ (1) การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (2) การลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ และ (3) การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยในส่วนที่ว่าด้วยการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประกอบด้วยแนวทางและมาตรการใน 6 สาขา คือ

(1) การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง มุ่งเน้นการจัดการน้ำอย่างบูรณาการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความเป็นธรรมในการเข้าถึงทรัพยากรน้ำ การสร้างความพร้อมในการรับมือและลดความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง รวมถึงการจัดการความเสี่ยงจากอุทกภัยและภัยแล้ง

(2) การเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร มุ่งเน้นการจัดการความเสี่ยงในภาคเกษตรจากภัยธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศ การสร้างความพร้อมในการรับมือและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยมุ่งเน้นการสร้างองค์ความรู้และศักยภาพของเกษตรกรในการปรับตัว รวมถึงการสร้างรายได้เพิ่มจากการพัฒนาสินค้าเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และการรักษาความมั่นคงทางอาหารอย่างยั่งยืน

(3) การท่องเที่ยว มุ่งเน้นการพัฒนาและส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงนิเวศและการท่องเที่ยวที่ยั่งยืน เพื่อรักษาไว้ซึ่งความสมบูรณ์และขีดความสามารถในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของระบบนิเวศ

และทรัพยากรธรรมชาติในแหล่งท่องเที่ยว รวมถึงการลดความเสี่ยงของภาคการท่องเที่ยวต่อปัจจัยทางภูมิอากาศที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต

(4) สาธารณสุข มุ่งเน้นการเฝ้าระวังโรคและการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางภูมิอากาศที่มีผลต่อสุขภาพและการป้องกันการเกิดและแพร่ระบาดของโรค รวมถึงการส่งเสริมการเข้าถึงบริการทางสาธารณสุขที่มีคุณภาพ

(5) การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ มุ่งเน้นการสงวนรักษาและฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศให้คงความสมบูรณ์ และการกำกับดูแลและควบคุมให้มีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน

(6) การตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์ มุ่งเน้นการลดความเสี่ยงและความเสียหายจากภัยธรรมชาติและการสร้างความพร้อมและขีดความสามารถในการปรับตัวของชุมชน

นอกจากแผนงานหลัก ๆ เหล่านี้แล้ว เมื่อพิจารณานโยบายและยุทธศาสตร์ในระดับกรมหรือหน่วยงานเทียบเท่ากรมที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับการปรับตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศพบว่ามีหน่วยงานหลายหน่วยงานที่เริ่มกำหนดประเด็นด้านการปรับตัวนี้ลงในแผนของหน่วยงาน ได้แก่

- แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2555-2559 (สผ., 2555) มีการกำหนดกรอบและทิศทางการพัฒนาด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559) ที่ให้ความสำคัญกับการสร้างเศรษฐกิจสร้างสรรค์และเศรษฐกิจที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยการมุ่งเน้นแนวทางการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพและเป็นธรรม การเปิดโอกาสให้ประชาชนกลุ่มต่าง ๆ สามารถเข้าถึงทรัพยากรธรรมชาติได้อย่างเท่าเทียมกัน และการกำหนดมาตรการสร้างภูมิคุ้มกันต่อความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภัยธรรมชาติเพื่อเตรียมความพร้อมในการเผชิญกับปัญหาความผันผวนจากผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและภัยธรรมชาติที่ทวีความรุนแรงมากขึ้น
- แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2552) มีวิสัยทัศน์ คือ เป็นผู้นำในการบริหารจัดการป่าอนุรักษ์เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับประเทศ สร้างจิตสำนึก และกระตุ้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน โดยการบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์อย่างมีส่วนร่วม พัฒนาบุคลากร ฐานข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการป่าอนุรักษ์ และสร้างจิตสำนึกและความตระหนักถึงบทบาทของทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแก่ทุกภาคส่วน
- ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ.2556-2559 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2555) มีเป้าหมายในการสร้างภูมิคุ้มกันภาคเกษตร เพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยการสนับสนุนการพัฒนาเกษตรให้มีภูมิคุ้มกันสามารถปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อคงไว้ซึ่งความมั่นคงในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและความมั่นคงทางอาหาร รวมทั้งการเพิ่มผลผลิตภาคการผลิตและความสามารถในการแข่งขัน โดยการปรับการผลิตสู่การเกษตรที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เกษตรคาร์บอนต่ำโดยความสมัครใจ รวมทั้งคำนึงถึงผลประโยชน์ของเกษตรกรและการพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน วิจัย พัฒนาสร้างองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นเพื่อการปรับตัว การลดการปล่อยและการเก็บกักก๊าซเรือนกระจก ตลอดจนส่งเสริมการเรียนรู้สร้างความร่วมมือและเครือข่ายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของทุกภาคส่วนทั้งในและต่างประเทศ ในการดำเนินการเรื่องเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
- แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ.2555-2559 (กระทรวงสาธารณสุข, 2555) มีประเด็นยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมที่เชื่อมโยงด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์สำคัญ มีเนื้อหาพัฒนาระบบและกลไกการดำเนินงานเพื่อรองรับงานด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ลดผลกระทบหรือปัจจัยเสี่ยงด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เสริมสร้างความร่วมมือภาคประชาชนและภาคีเครือข่ายมีส่วนร่วมหรือมีกิจกรรมด้านการจัดการอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และเกิดกระบวนการถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และเทคโนโลยีด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าในระดับประเทศนั้น ประเทศไทยเริ่มมีแผนยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ มีการกำหนดยุทธศาสตร์ และภาคส่วนที่ต้องได้รับการดูแลเป็นพิเศษที่ชัดเจน โดยนโยบายยุทธศาสตร์หรือแผนแม่บทด้านการป้องกัน แก้ไข และปรับตัวเพื่อรับมือต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้งในระดับประเทศ นโยบายรัฐบาล และนโยบายแต่ละหน่วยงานนั้นมีความสอดคล้องและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อเตรียมความพร้อมรับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต ตลอดจนเพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการพัฒนาองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาแผนงานที่ได้ยกมาข้างต้นนี้จะเห็นได้ว่า เนื้อหาในนโยบาย หรือแผนแม่บทการรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศฯ ที่กล่าวมาของหน่วยงานนั้นส่วนใหญ่เป็นเพียงกรอบแนวทางเท่านั้น ยังไม่มีแนวทางปฏิบัติรวมถึงการเตรียมทรัพยากรเพื่อไปสู่เป้าหมายที่ชัดเจน นอกจากนั้นยังไม่มีการเชื่อมโยงกับแผนยุทธศาสตร์ในระดับกรมที่ชัดเจนว่าจะบูรณาการการทำงานร่วมกันอย่างไร ดังนั้นการจัดทำแผนการรับมือหรือปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้อาจจะต้องการองค์ความรู้ที่เหมาะสมในการจัดทำรายละเอียดของการขับเคลื่อนการปรับตัวเพื่อเตรียมรับมือต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เหมาะสม โดยมีการศึกษาขึ้นโดยภาควิชาการ สถาบันการศึกษา และในระดับโครงการวิจัยเพื่อให้เกิดความชัดเจนในการขับเคลื่อนการปรับตัวอย่างเป็นรูปธรรมในอนาคต

10.1.1 การควบรวมประเด็นการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ากับแผนงานต่างๆ

องค์การ UNEP ได้เสนอแนวคิดที่ว่าธรรมชาติของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นเป็นเรื่องที่ตัดข้ามไปในภาคส่วนทางเศรษฐกิจต่าง ๆ ตลอดจนพื้นที่ทางภูมิศาสตร์และขอบเขตการปกครองที่หลากหลาย อีกทั้งกรอบเวลาที่แตกต่างกัน ดังนั้น จึงเป็นเรื่องจำเป็นที่จะต้องคิดถึงการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในฐานะที่เป็นส่วนหนึ่งของกรอบการวางนโยบายด้านการพัฒนาที่จะต้องขยายบริบทให้กว้างขึ้น การดำเนินงานด้านการปรับตัวที่เป็นโครงการเฉพาะและจับประเด็นปัญหาที่เจาะจงนั้นอาจจะได้ผลภายใต้สถานการณ์หนึ่ง แต่ในระยะยาวแล้วการคิดถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้กรอบของการวางแผนโครงการเฉพาะเพื่อจัดการกับปัญหาใดปัญหาหนึ่งนั้น อาจจะไม่เกิดผลในขนาดที่ต้องการ ซึ่งเมื่อพิจารณาในแง่นี้แล้ว การวางนโยบายด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชาตินั้นควรจะต้องควบรวมเข้าไปกับการวางแผนหรือนโยบายต่าง ๆ ที่ครอบคลุมหลายภาคส่วนอย่างบูรณาการ (UNDP-UNEP, 2011)

ต่อมาในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) ได้เสนอแนะวิธีการจัดทำการปรับตัวของประเทศ (National Adaptation Plan) ซึ่งเสนอแนวทางในการควบรวมประเด็นด้านการปรับตัวเข้ากับนโยบายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งที่เป็นนโยบายที่อาจจะจัดตั้งขึ้นใหม่หรือนโยบายตลอดจนแผนงานที่มีอยู่แล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งแผนงานด้านการพัฒนา เพื่อลดความซ้ำซ้อนที่อาจจะเกิดขึ้น (LDC Expert Group, 2012)

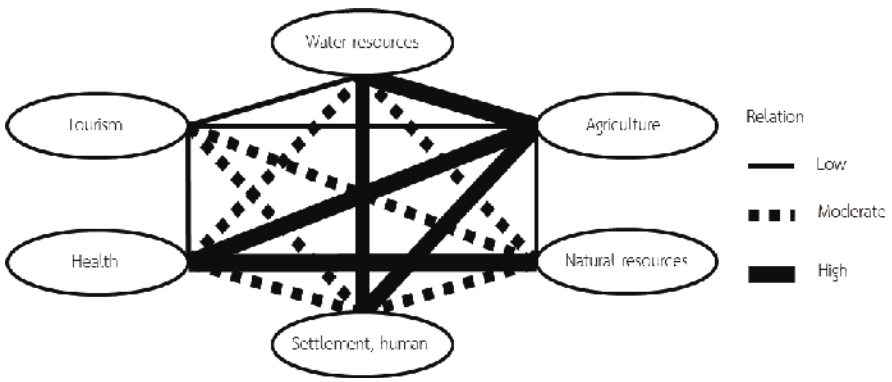
สำหรับประเทศไทย สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้วางแผนการจัดทำแผนการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (National Adaptation Plan, NAP) ในปีงบประมาณ 2558 แผนการปรับตัวนี้จะมุ่งเน้นที่กระบวนการและการประยุกต์ใช้ในภาคส่วนที่มีความสำคัญ อย่างไรก็ตามก่อนการจัดทำแผนการปรับตัวของประเทศไทย มีขั้นตอนเบื้องต้นที่สำคัญคือการจัดทำขอบข่ายงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (National Adaptation Framework, NAF) ซึ่งเป็นการประเมินผลกระทบเบื้องต้นและความเปราะบางของภาคส่วนต่าง ๆ โดยขอบข่ายงานการปรับตัว (NAF) นี้จะนำเสนอสถานการณ์ปัจจุบัน เป้าหมายและลำดับความสำคัญในแต่ละภาคส่วนของเศรษฐกิจ-สังคม-สิ่งแวดล้อม ขอบข่ายงานการปรับตัวนี้ (NAF) จะถูกนำเสนอต่อคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติของประเทศไทย เพื่อรับรองและนำไปสู่การจัดทำแผนการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (NAP) ในลำดับถัดไป

ผลการศึกษาของการจัดทำขอบข่ายงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (National Adaptation Framework, NAF) (สุจริต คูณธนกุลวงศ์และคณะ, 2558) สามารถสรุปถึงภาคส่วนที่สำคัญด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Adaptation) ของประเทศไทยที่มีผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย 6 ภาคส่วน ดังนี้

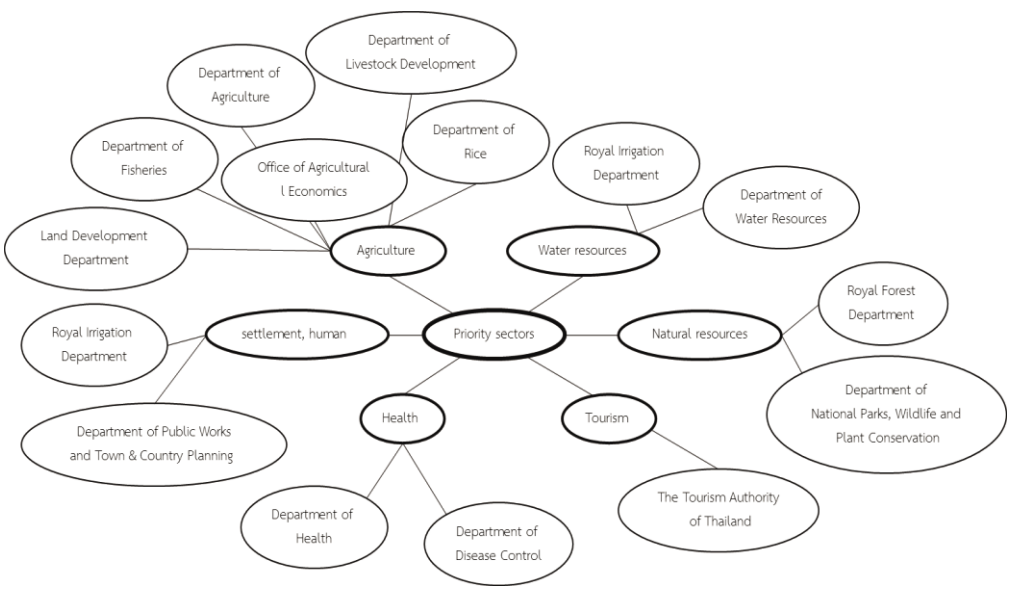
1. ภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง
2. ภาคการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร

3. ภาคการตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์
4. ภาคสาธารณสุข
5. ภาคการท่องเที่ยว
6. ภาคการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ

เมื่อพิจารณาประเด็นด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้แล้วจะเห็นได้ว่าเป็นประเด็นที่ตัดข้ามกันระหว่างงานของหลายหน่วยงาน ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์และเชื่อมโยงภาคส่วนกับหน่วยงานที่รับผิดชอบในระดับกรมจะเห็นได้ว่าในบางภาคส่วนจะมีความสัมพันธ์และอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของหลายหน่วยงาน เช่น ภาคเกษตรซึ่งสามารถแยกออกเป็นการเพาะปลูกพืช และการปศุสัตว์ ภายใต้ความรับผิดชอบของหลายหน่วยงาน นอกจากนี้บางหน่วยงานอาจจะต้องเชื่อมโยงหลายภาคส่วน เช่น กรมชลประทานซึ่งต้องดูแลเรื่องน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งเชื่อมโยงเรื่องทรัพยากรน้ำและเกษตร และรับผิดชอบนโยบายเขตพื้นที่เพาะปลูกในภาคส่วนความมั่นคงของประชาชนและการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าภาคส่วนที่คัดเลือกเหล่านี้มีความเชื่อมโยงทั้งในบริบทของแต่ละภาคส่วนและหน่วยงานที่รับผิดชอบ เพราะฉะนั้นแนวทางการจัดทำขอบข่ายงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงจำเป็นต้องใช้กระบวนการบูรณาการและร่วมกันออกแบบตั้งแต่ต้น (Co-design) เพื่อผลกระโยชน์ของประเทศไทยในอนาคต (Co-benefit)



รูปที่ 10.1 ความสัมพันธ์ระหว่างภาคส่วน



รูปที่ 10.2 ความเชื่อมโยงของหน่วยงานที่รับผิดชอบการวางแผนของภาคส่วนต่างๆ

ประเด็นหลักประการหนึ่งที่จะต้องทำความเข้าใจในการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้กรอบของ UNFCCC National Adaptation Plan นี้คือ การทบทวนและวิเคราะห์นโยบายและแผนยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ในประเทศไทย เพื่อค้นหาช่องว่างและประเด็นที่พึงพิจารณาในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และเสนอแนะแนวทางในการบูรณาการประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนนำเสนอผลการวิเคราะห์จากการบูรณาการประเด็นดังกล่าวในนโยบายนั้น ๆ หรือแผนยุทธศาสตร์นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น นโยบายผังเมือง ยุทธศาสตร์น้ำ แผนการพัฒนาลุ่มน้ำ ฯลฯ เป็นต้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดความเข้าใจว่าแผนหรือยุทธศาสตร์เหล่านั้นจะมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับสถานการณ์ในอนาคต หรือสามารถดำเนินการได้โดยบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งผลการทบทวนและวิเคราะห์นโยบายและแผนยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ในประเทศไทยนั้นมีข้อสรุปที่แสดงในตารางที่ 10.1 ดังต่อไปนี้ (สุจริต คูณธนกุลวงศ์และคณะ, 2558)

ตารางที่ 10.1 สรุปงานเบื้องต้น ช่องว่าง และอุปสรรคต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ
(a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.); CC หมายถึง climate change)

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน A.1 การเริ่มและดำเนินการ (Initiating and launching)	ขั้นตอน A.2 ตรวจสอบสถานะทรัพยากร (Stocktaking)	ขั้นตอน A.3 การจัดการปัญหาช่องว่าง (Addressing capacity gaps)	ขั้นตอน A.4 การลดปัญหาจากความต้องการเพื่อการพัฒนา (Addressing development needs)
1.ทรัพยากรน้ำ (กรมชลประทาน)	a. มีคณะกรรมการ CC ในกรมชลประทาน	a. มีการอบรมบุคลากรเพื่อความเข้าใจด้าน CC, เครื่องมือและเทคโนโลยีการบริหารน้ำในภาวะปกติ และป้องกันภัยจากน้ำ ก่อน ระหว่าง และหลังเกิดภัย	a. ส่งบุคลากรไปอบรมให้ความรู้ มีการบริหารจัดการน้ำที่คำนึงเรื่องเวลา การลดการใช้น้ำเกษตร	a. กำลังดำเนินการสร้างเกณฑ์การตัดสินใจโดยขอเป็นหลักเกณฑ์จากรัฐบาล เช่น ถ้าน้ำต้นทุนวันที่ 1 พ.ย. มีน้อย จะเสนอเป็นเงื่อนไขการรับมือล่วงหน้าอย่างน้อย 6 เดือน
	b. มีโครงการนำร่อง (ป่าสัก) อีก 2 ปีแล้วเสร็จ	b. มีโครงการนำร่อง (ป่าสัก) อีก 2 ปีแล้วเสร็จ	b. ดำเนินการในบางพื้นที่แล้ว	b. อยู่ระหว่างดำเนินการ
	c. ต้องการเครื่องมือทางกลไก เช่น มติ ครม.	c. การอบรมบุคลากรในกรมฯ จากผู้เชี่ยวชาญ	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
1. ทรัพยากรน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ)	a. ยังไม่มีคณะกรรมการ CC ในกรมฯ	a. กรมยังไม่มีการนำ CC มาใช้ในการจัดสรรน้ำ แต่กรมมีแบบจำลองระบบลุ่มน้ำ มีโครงการการปรับตัวที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานภายนอก เช่น GIZ ซึ่งกำลังดำเนินการอยู่	a. ส่งบุคลากรไปอบรมให้ความรู้บ้าง	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. มีโครงการนำร่อง (ecosystem) ในภาคอีสาน และภาคใต้	b. มีโครงการนำร่อง (ecosystem) ในภาคอีสาน และภาคใต้	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ต้องการเครื่องมือทางกลไก เช่น กฎหมายหรือกฎระเบียบ อำนาจอนุมัติสิทธิ์การใช้น้ำ	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน A.1 การเริ่มและดำเนินการ (Initiating and launching)	ขั้นตอน A.2 ตรวจสอบสถานะทรัพยากร (Stocktaking)	ขั้นตอน A.3 การจัดการปัญหาช่องว่าง (Addressing capacity gaps)	ขั้นตอน A.4 การลดปัญหาจากความต้องการเพื่อการพัฒนา (Addressing development needs)
2. เกษตร (กรมวิชาการเกษตร, กรมการข้าว, กรมพัฒนาที่ดิน)	a. มีคณะกรรมการ CC ในกรมฯ มีนโยบาย แผนงาน การปฏิบัติงานเพื่อรองรับและเตรียมการปรับตัว	a. มีการวิจัยเรื่อง พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบมาก, ต้นทุนการปรับตัวต่ำ, กำลังการผลิตมีมาก มีการใช้ CC วิเคราะห์พืชหลักได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย มีการพัฒนาสายพันธุ์ เมล็ด แต่ยังไม่เพียงพอต่อการผลิต	a. มีศูนย์วิจัยพืชหลัก แต่ยังต้องการการส่งเสริมมากขึ้น	a. อยู่ระหว่างดำเนินการ
	b. แผนงาน นโยบาย โครงการ ศูนย์วิจัย งานวิจัย เครือข่ายชุมชนที่เกี่ยวข้องกับ CC	b. แผนงานบางเรื่องยังไม่ชัดเจนในการปฏิบัติเช่น นโยบาย zoning	b. อยู่ระหว่างดำเนินการ	b. อยู่ระหว่างดำเนินการ
	c. ต้องการเครื่องมือทางกลไก บุคลากร เงินทุน	c. ต้องการเครื่องมือทางกลไก บุคลากร เงินทุน	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
2. เกษตร (กรมประมง)	a. มีคณะทำงาน CC ในกรมฯ แต่ขับเคลื่อนช้า มีนโยบาย แผนงาน การปฏิบัติงานเพื่อรองรับและเตรียมการปรับตัว	a. มีการวิจัยเรื่อง carbon footprint, LCA, database ของผลกระทบในกระบวนการผลิต, การติดตามคุณภาพน้ำ	a. มีศูนย์วิจัยสัตว์น้ำ แต่ยังต้องการการส่งเสริมมากขึ้น	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. มีการประชุมเพียง 2-3 ครั้ง	b. อยู่ระหว่างดำเนินการ	b. กำลังดำเนินการอยู่แต่ไม่เพียงพอ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. การพัฒนาบุคลากรที่เชี่ยวชาญด้าน CC	c. ต้องการเครื่องมือทางกลไก บุคลากร เงินทุน	c. ข้อมูลจาก แบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจาก แบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน A.1 การเริ่มและดำเนินการ (Initiating and launching)	ขั้นตอน A.2 ตรวจสอบสถานะทรัพยากร (Stocktaking)	ขั้นตอน A.3 การจัดการปัญหาช่องว่าง (Addressing capacity gaps)	ขั้นตอน A.4 การลดปัญหาจากความต้องการ เพื่อการพัฒนา (Addressing development needs)
3. การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (กรมโยธาธิการและผังเมือง)	a. มีแผน action plan แผนการอบรม งานวิจัย	a. มีการกำหนดการปรับตัวสัดส่วนพื้นที่ใช้สอยอาคาร (adaptation floor area ratio: FAR) มีการศึกษาว่าคนแก่เป็นกลุ่มที่เปราะบาง	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. แผนงานส่วนใหญ่ยังไม่ชัดเจนในการปฏิบัติ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ต้องการความตระหนักของผู้บริหารและผู้ประกอบการ	c. ต้องการความตระหนักของผู้บริหาร การบูรณาการศาสตร์ของเศรษฐกิจ สังคม วิศวกรรม เข้าด้วยกัน	c. ความตระหนักของผู้บริหาร การพัฒนาบุคลากร	c. ความตระหนักของผู้บริหาร การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
4. สุขภาพ (กรมอนามัย)	a. มีกองประเมินผลกระทบต่อสุขภาพเป็นผู้ประสานงานเรื่อง CC ของกระทรวง	a. มีงานวิจัยพื้นฐานของกระทรวง เช่น เรื่องโรคแมลง แต่ยังไม่ได้ผนวกเรื่อง CC มีส่วนน้อยที่เกี่ยวข้อง เช่น ผลกระทบของ CC ต่อการทำงาน	a. มีการขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญในการร่างแผนที่ครอบคลุม	a. มีการวางแผนการจัดการกลไกในการทำงานระดับต่าง ๆ เช่น กระทรวง กรม ภาคประชาชน
	b. มีร่างแผนรองรับการปรับตัวของ CC ภายใน 1-2 ปี	b. กำลังวางแผนดำเนินการ	b. กำลังวางแผนดำเนินการ	b. กำลังวางแผนดำเนินการ
	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน A.1 การเริ่มและดำเนินการ (Initiating and launching)	ขั้นตอน A.2 ตรวจสอบสถานะทรัพยากร (Stocktaking)	ขั้นตอน A.3 การจัดการปัญหาช่องว่าง (Addressing capacity gaps)	ขั้นตอน A.4 การลดปัญหาจากความต้องการ เพื่อการพัฒนา (Addressing development needs)
5. ทรัพยากรธรรมชาติ (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธ์พืช)	a. มีมิติของ mitigation แต่ไม่มีมิติของ adaptation	a. มีมิติของ mitigation ไม่มีมิติของ adaptation	a. มีมิติของ mitigation ไม่มีมิติของ adaptation	a. มีมิติของ mitigation ไม่มีมิติของ adaptation
	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
6. ท่องเที่ยว (กรมการท่องเที่ยว)	a. ยังไม่มีคณะกรรมการหรือคณะทำงาน CC ในกรมฯ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร

ตารางที่ 10.2 สรุปความเชื่อมโยงระหว่างเป้าหมายการพัฒนาและความต้องการต่อการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ (a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน B.1 การวิเคราะห์ภาพฉายภูมิอากาศ (Analyzing climate scenarios)	ขั้นตอน B.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางและทางเลือกในการปรับตัว (Assessing vulnerabilities and identifying adaptation options)	ขั้นตอน B.3 การทบทวนและประเมินทางเลือกด้านการปรับตัว (Reviewing and appraising adaptation options)	ขั้นตอน B.4 การดำเนินการและการสื่อสารแผนการปรับตัว (Compiling and communicating NAPs)	ขั้นตอน B.5 การผนวกแผนการปรับตัวลงในแผนการพัฒนา (Integrating NAPs into development plans)
1. ทรัพยากรน้ำ	a. ใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง GCM AR4 บางตัว และบาง scenario ผ่านกระบวนการ bias correction and downscaling แล้ว	a. มีการทำการวิเคราะห์ในบางพื้นที่ของกรมชลประทาน, กำลังดำเนินการศึกษาในส่วนของกรมทรัพยากรน้ำ	a. มีการทำการวิเคราะห์ในบางพื้นที่ของกรมชลประทาน, กำลังดำเนินการศึกษาในส่วนของกรมทรัพยากรน้ำ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. 1-2 ปี	b. 2-3 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี
	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
2. เกษตร	a. ใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง GCM AR4 บางตัว และบาง scenario ผ่านกระบวนการ bias correction and downscaling แล้ว	a. มีการทำการวิเคราะห์ในพืช, ยังไม่มีการทำการวิเคราะห์ในสัตว์	a. มีการทำการวิเคราะห์ในพืช, ยังไม่มีการทำการวิเคราะห์ในสัตว์	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. 1-2 ปี	b. 2-3 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี
	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนา	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนา	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนา	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนา	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน B.1 การวิเคราะห์ภาพฉายภูมิอากาศ (Analyzing climate scenarios)	ขั้นตอน B.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางและทางเลือกในการปรับตัว (Assessing vulnerabilities and identifying adaptation options)	ขั้นตอน B.3 การทบทวนและประเมินทางเลือกด้านการปรับตัว (Reviewing and appraising adaptation options)	ขั้นตอน B.4 การดำเนินการและการสื่อสารแผนการปรับตัว (Compiling and communicating NAPs)	ขั้นตอน B.5 การผนวกแผนการปรับตัวลงในแผนการพัฒนา (Integrating NAPs into development plans)
	บุคลากร	บุคลากร	บุคลากร	บุคลากร	
3.การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์	a. ใช้ผลลัพธ์จากแบบจำลอง GCM AR4 บางตัว และบาง scenario ผ่านกระบวนการ bias correction and downscaling แล้ว	a. กลุ่มคนเปราะบาง คือ คนแก่ มีการวิเคราะห์การปรับตัวบ้างบางส่วน	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. 1-2 ปี	b. 2-3 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี
	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
4. สุขภาพ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. มีการวิเคราะห์กลุ่มเปราะบางบ้างบางส่วน แต่ยังไม่มีการวิเคราะห์การปรับตัว	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. กำลังวางแผนดำเนินการ	b. กำลังวางแผนดำเนินการ	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี	b. 3-4 ปี
	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. ข้อมูลจากแบบจำลอง CC การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญ ภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร	c. การประยุกต์ใช้เครื่องมือและเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญภายนอก เงินทุน การพัฒนาบุคลากร
5. ทรัพยากร	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน B.1 การวิเคราะห์ภาพฉายภูมิอากาศ (Analyzing climate scenarios)	ขั้นตอน B.2 การวิเคราะห์ความเปราะบางและทางเลือกในการปรับตัว (Assessing vulnerabilities and identifying adaptation options)	ขั้นตอน B.3 การทบทวนและประเมินทางเลือกด้านการปรับตัว (Reviewing and appraising adaptation options)	ขั้นตอน B.4 การดำเนินการและการสื่อสารแผนการปรับตัว (Compiling and communicating NAPs)	ขั้นตอน B.5 การผนวกแผนการปรับตัวลงในแผนการพัฒนา (Integrating NAPs into development plans)
ธรรมชาติ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ
6. ท่องเที่ยว	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ

ตารางที่ 10.3 สรุปงานการประยุกต์ใช้แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ
(a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน C.1 การจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกในการวางแผนชาติ (Prioritizing adaptation in national planning)	ขั้นตอน C.2 การพัฒนายุทธศาสตร์การประยุกต์ใช้แผนชาติระยะยาว (Developing a long - term national implementation strategy)	ขั้นตอน C.3 การพัฒนาศักยภาพสำหรับการวางแผนและการนำไปใช้ (Enhancing capacity for planning and implementing)	ขั้นตอน C.4 การประชาสัมพันธ์ความร่วมมือ และการร่วมมือกันในระดับภูมิภาค (Promoting coordination and synergy at regional level.)
1.ทรัพยากรน้ำ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
2. เกษตร	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
3. การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ
4. สุขภาพ				
5. ทรัพยากรธรรมชาติ				
6. ท่องเที่ยว				

ตารางที่ 10.4 สรุปงานการรายงาน การติดตาม และการทบทวนแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละภาคส่วนที่สำคัญ
(a. คือ สถานะ (Status), b. คือ กรอบเวลาสำหรับการดำเนินงานหรือปรับปรุงกิจกรรม (Timeframe to initiate or improve activities), และ c. คือ ความต้องการทรัพยากรหรือการสนับสนุน (Support or resources required.))

ภาคส่วนที่สำคัญ	ขั้นตอน D.1. การติดตาม (Monitoring.)	ขั้นตอน D.2. การทบทวน (Reviewing.)	ขั้นตอน D.3. การปรับปรุง (Updating.)	ขั้นตอน D.4. การรายงาน (Reporting.)
1.ทรัพยากรน้ำ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ	a. ยังไม่มีการดำเนินการ
2. เกษตร	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ	b. ยังไม่มีการดำเนินการ
3. การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ	c. ยังไม่มีการดำเนินการ
4. สุขภาพ				
5. ทรัพยากรธรรมชาติ				
6. ท่องเที่ยว				

ผลของการทบทวนและวิเคราะห์นโยบายและแผนยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ในประเทศไทยนี้จะนำไปสู่กระบวนการของการจัดทำ National Adaptation Plan ต่อไป ทั้งนี้ในการจัดทำขอบข่ายงานการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศสำหรับประเทศไทย (National Adaptation Framework, NAF) ในระยะที่ผ่านมานี้ได้มีการจัดทำรายละเอียดประเด็นหลักและการจัดลำดับความสำคัญของโครงการภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแห่งชาติของภาคส่วนในกลุ่ม ก (การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง และ ภาคการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร) เนื่องจากความพร้อมในด้านแผน ข้อมูล งบประมาณ และบุคลากร อย่างไรก็ตาม รายละเอียดของกลุ่ม ข (ภาคการตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์ และ ภาคสาธารณสุข) และ ค (ภาคการท่องเที่ยว และ ภาคการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ) ควรถูกศึกษาเพิ่มเติมในแผนปฏิบัติการของประเทศด้านการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (National Adaptation Plan)

- **ภาคทรัพยากรน้ำ**

  สำหรับประเด็นหลักจากการประชุมระดมความคิดเห็นด้านภาคทรัพยากรน้ำ สามารถสรุปประเด็นหลักได้ดังนี้ คือ การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง ประเด็นรองคือ มุ่งเน้นการจัดการน้ำอย่างบูรณาการ การสร้างความพร้อมในการรับมือและลดความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง โดยสามารถสรุปประเด็นและข้อเสนอแนะดังตารางที่ 10.5

ตารางที่ 10.5 ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง

ประเด็นและข้อเสนอแนะภาคทรัพยากรน้ำ: การจัดการน้ำ อุทกภัย และภัยแล้ง	การมุ่งเน้นการจัดการน้ำอย่างบูรณาการ	การสร้างความพร้อมในการรับมือและลดความเสียหายจากอุทกภัยและภัยแล้ง
1. การพัฒนาระบบฐานข้อมูล องค์ความรู้ เทคโนโลยี นโยบาย เครื่องมือการบริหารจัดการและกฎหมาย ที่ครอบคลุมและเหมาะสมทั้งในสภาวะปกติและสภาวะวิกฤต		/
2. การพัฒนาและปรับปรุงองค์กรหลักด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ (เครือข่าย โครงสร้างองค์กร การบริหารทุกสถานการณ์)	/	/
3. การบูรณาการการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจากทุกภาคส่วน (ศูนย์ข้อมูล กฎหมาย กำหนดทิศทาง ประสิทธิภาพ) โครงการบริหารจัดการน้ำจะต้องก่อประโยชน์ต่อสังคม หลังจากคำนึงถึงผลกระทบต่อกลุ่มบุคคลทุกกลุ่ม ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	/	
4. การส่งเสริมการมีส่วนร่วมของภาคประชาชนในการจัดการทรัพยากรน้ำและภัยพิบัติ องค์กรและการเรียนรู้ภาคประชาชน การมีส่วนร่วม การพึ่งพาตนเอง) เปิดโอกาสให้ผู้มีส่วนได้เสียร่วมพิจารณาประโยชน์และทางเลือกของโครงการตั้งแต่ต้น และผลกระทบต่าง ๆ)	/	
5. การช่วยเหลือ ชดเชยและประกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ มีระบบประกันภัย แผนที่ความเสียหาย มีระบบการชดเชยที่เป็นธรรมต่อผู้ถูกผลกระทบทุกกลุ่ม ผู้ได้รับประโยชน์จากโครงการควรมีส่วนร่วมรับภาระการชดเชยแก่ผู้เสียหาย		/

ตารางที่ 10.6 โครงการที่มีความสำคัญเร่งด่วนภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติภาคทรัพยากรน้ำ

ที่	โครงการ	ลำดับความสำคัญ
1	โครงการศึกษาและพัฒนากฎหมายด้านทรัพยากรน้ำเพื่อจัดตั้งองค์กรบริหารจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ รวมทั้งการกำหนดสิทธิและการพัฒนาเครื่องมือและกลไกการจัดสรรน้ำ	มากที่สุด
2	โครงการเพิ่มศักยภาพระบบพยากรณ์ ระบบคาดการณ์ และระบบเตือนภัยด้านน้ำ	มากที่สุด
3	โครงการจัดทำแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำโดยกระบวนการมีส่วนร่วมที่คำนึงถึงความสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	มากที่สุด

ที่มา: จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านทรัพยากรน้ำจากสถาบันศึกษาและหน่วยงานราชการ

- **ภาคการเกษตรและความมั่นคงทางอาหาร**

  ประเด็นหลักจากการประชุมระดมความคิดเห็นด้านภาคเกษตร สามารถสรุปประเด็นได้ดังนี้

  1. การจัดการการใช้ที่ดินผลิตพืชอาหาร พืชพลังงาน เพื่อเป้าหมายการเข้าสู่ Low Carbon Agriculture และ Sustainable Livelihood Rural & Urban โดยเฉพาะพื้นที่และพืชหรือสัตว์ที่ได้รับผลกระทบสูง
  2. การติดตามและศึกษาการระบาดของโรคแมลงศัตรูพืชและสัตว์ภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
  3. ระบบฐานข้อมูล downscaled GCM+RCMs เชื่อมโยงกับแบบจำลองระบบการผลิตพืชและสัตว์ เพื่อศึกษาผลกระทบ ทั้งรายฤดู รายปี ราย 5-10 ปี

  โดยมีรายละเอียดในแต่ละพืชหลักพร้อมข้อเสนอแนะดังนี้

พืชที่ได้รับผลกระทบสูง	ข้อเสนอแนะ
ข้าว	1. พื้นที่เพาะปลูก 50-55 ล้านไร่ ต่อปี 2. จัดระบบการปลูกพืชหลังนา โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว ลดการนำเข้า 3. จัดสรรที่นา ที่ได้รับ impact สูง (อาจจะมากกว่า S3N ในปัจจุบัน) อีกราว 20 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ผลิตพืช (หญ้า) พลังงาน
มันสำปะหลัง	พื้นที่เพาะปลูก 7 ล้านไร่ ต่อปี
อ้อย	พื้นที่เพาะปลูก 9-12 ล้านไร่ ต่อปี การขนส่งผลิตผลเกษตรโดยระบบราง
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	พื้นที่เพาะปลูก 7 ล้านไร่ ต่อปี
ปาล์มน้ำมัน	ปรับพื้นที่ยางพาราเป็นปาล์มน้ำมัน
ทุกพืชที่ได้รับผลกระทบสูง	1. การจัดการผลผลิตเกษตรหลังเก็บเกี่ยวในภาวะที่ร้อนขึ้น 2. การจัดการเครื่องจักรกลเกษตร เพื่อลดการไถพรวนดิน 3. การร่วมมือผลิตและเชื่อมโยง ภาคเอกชน (ตลาด) เกษตรกรและสหกรณ์ในการปรับตัว 4. หน่วยวิชาการในพื้นที่ (มหาวิทยาลัย) ตั้งหน่วยวิจัยการปรับตัว สร้างหลักสูตรและผลิตบุคลากรทางเกษตร จัดการทรัพยากรดิน น้ำ 5. ควรมีแผนทำงาน 3 ปี สำหรับข้าวและพืชไร่ เพื่อการปรับตัวเป้าหมายการเข้าสู่ Low Carbon Agriculture และ Sustainable Livelihood Rural & Urban 6. ในระบบการผลิตหรือตลาดข้าว ใช้ศูนย์วิจัยข้าวสกลนคร สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าวเป็นแม่ข่ายได้ 7. ในระบบการผลิตหรือตลาดพืชไร่ ใช้ศูนย์วิจัยเขาสวนกวาง กรมวิชาการเกษตรเป็นแม่ข่ายได้

ตารางที่ 10.7 ลำดับความสำคัญของโครงการภายใต้กรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติภาคเกษตร

ที่	โครงการ	ลำดับความสำคัญ
1	โครงการพัฒนาระบบเตือนภัยล่วงหน้า (early warning) ทางการเกษตร และการเฝ้าระวังโดยการมีส่วนร่วมของเกษตรกร	มากที่สุด
2	โครงการศึกษาและกำหนดเขตพื้นที่ (zoning) สำหรับปลูกพืชอาหารและพืชพลังงานอย่างเหมาะสมและเป็นระบบ โดยเชื่อมโยงกับการจัดทำผังเมือง	มากที่สุด
3	โครงการศึกษาและกำหนดเขตพื้นที่ (zoning) การเกษตรให้มีความชัดเจนเพื่อป้องกันการรุกล้ำพื้นที่การเกษตร	มากที่สุด

ที่มา: จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านเกษตรจากสถาบันศึกษาและหน่วยงานราชการ

สำหรับภาคส่วนอื่น ๆ เช่น ภาคการตั้งถิ่นฐานและความมั่นคงของมนุษย์, ภาคสาธารณสุข, ภาคการท่องเที่ยว และภาคการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ อยู่ระหว่างขั้นตอนการจัดทำกรอบแผนยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านต่าง ๆ โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบในแต่ละด้าน การเตรียมโครงการนำร่องในการปฏิบัติจริงที่ดำเนินการในการปรับตัว (Adaptation) การเตรียมความพร้อมในด้านงบประมาณและบุคลากรในการดำเนินงาน

ข้อเสนอแนะของกรอบปฏิบัติการของประเทศด้านการปรับตัว (NAF) ซึ่งศึกษาภายใต้กรอบการดำเนินการของสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) เพื่อที่จะนำไปสู่กระบวนการวางแผนและการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชาติประกอบด้วยประเด็นที่ควรพิจารณาดังต่อไปนี้

- ควรมีรูปแบบองค์กรที่ดูแลบริหารจัดการการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศดังนี้ พัฒนากลไกภายใต้องค์กรเดิม โดยมีหน้าที่รับผิดชอบงานบริหารจัดการการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อยู่ภายใต้สำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งอยู่ภายใต้สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยอาจมีที่ปรึกษาหรือมอบหมายให้องค์กรภายนอกเข้ามาสนับสนุนภารกิจเรื่องการจัดทำฐานข้อมูล กิจกรรมที่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งรูปแบบนี้มีข้อดีคือ ใช้เวลาพัฒนากลไกน้อยกว่ารูปแบบอื่นและสามารถเชื่อมโยงกับภาระงานที่กำลังดำเนินการได้ง่ายกว่า
- พิจารณายุทธศาสตร์ในการผลักดันแผนการปรับตัวของประเทศไทยใน 3 รูปแบบ ดังนี้
  (1) มีการทำงานผ่านกลไกของคณะทำงานที่มาจากหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักในแต่ละภาคส่วน โดยมีสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) สนับสนุนและดูแลงบประมาณ
  (2) มีการทำงานผ่านกลไกของคณะทำงานที่มาจากหน่วยงานที่รับผิดชอบหลักในแต่ละภาคส่วน โดยมี สผ. ประสานงานและดำเนินการ
  (3) แต่ละกระทรวงและหน่วยงานรับผิดชอบภาระงานในภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง โดยมี สผ.ติดตามผลการดำเนินงาน
- การจัดทำแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (adaptation) ควรดำเนินการตามกลุ่มภาคส่วนที่สำคัญ (ก, ข, ค) ดังแสดงในแผนที่นำทาง โดยปีแรกเป็นการจัดทำฐานข้อมูล จัดทำคู่มือและอบรมเจ้าหน้าที่วิธีในการจัดทำแผนฯ รวมถึงมีผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาให้คำปรึกษา ปีที่สองคือการจัดทำโครงการ ปีที่สามคือการติดตามและประเมินผล สรุปโครงการที่ควรจัดทำแผนปรับตัวฯ อย่างไรก็ตาม ภาคส่วนในแต่ละกลุ่มสามารถปรับกิจกรรมการทำงานได้หากมีความพร้อมมากขึ้น
- ควรมีความเชื่อมโยงแผนปฏิบัติการของประเทศด้านการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (National Adaptation Plan) เข้ากับตัวอย่างที่ดี (best practices) ของการปรับตัวในระดับท้องถิ่น

หรือภูมิภาค (Local Adaptation Plan and Regional Adaptation Plan) ซึ่งจะสัมพันธ์กับความเชื่อมโยงของหน่วยงานส่วนกลางและองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

- มีมติคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และมติคณะรัฐมนตรีในการจัดทำแผนปฏิบัติการของประเทศด้านการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรายกระทรวงเพื่อเป็นเครื่องมือหรือกลไกทางสถาบันในการปฏิบัติงาน
- ควรมีการเสนอกลไก 10 ประการที่สำคัญในกระบวนการปรับตัวเสนอแนะโดย UNFCCC, 2014 ต่อคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติของประเทศไทยเพื่อขอความเห็นใน 2 ประเด็นหลัก คือ แนวทางการดำเนินการประเทศไทย และหน่วยงานที่รับผิดชอบในภาพรวมและแต่ละภาคส่วน โดยกลไกสำคัญ 10 ประการที่ควรคำนึงถึงในการดำเนินการกระบวนการปรับตัวประกอบด้วย
    (1) กลไกช่วยรัฐบาลแสดงความเป็นผู้นำและประสานงาน ในความพยายามในการปรับตัวในทุกระดับขณะเดียวกันก็เป็นกลไกเชื่อมต่อกับกลไกระดับภูมิภาคและนานาชาติ
    (2) กลไกในการเก็บ รวบรวม จัดทำ เผยแพร่ ข้อมูล สารสนเทศ ความรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภูมิอากาศกับการพัฒนาด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อสนับสนุนการวางแผนและดำเนินการด้านการปรับตัว
    (3) การระบุและรายงานช่องว่างและความต้องการทางด้านความสามารถเพื่อให้การออกแบบและดำเนินการด้านปรับตัวประสบความสำเร็จ
    (4) การประเมินข้อต่อและความจำเป็นด้านการพัฒนางานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อสนับสนุนการบูรณาการการปรับตัวเข้ากับการวางแผนระดับประเทศ ภูมิภาค และภาคส่วน (ผ่านนโยบาย โครงการ และแผนงาน)
    (5) การวิเคราะห์ข้อมูลด้านสภาพภูมิอากาศและประเมินความล่อแหลมต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และระบุทางเลือกของรูปแบบการปรับตัวทั้งในภาคส่วน ระดับภูมิภาค ประเทศ และระดับอื่นที่จำเป็น
    (6) การประเมินทางเลือกการปรับตัวเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจต่อการวางแผนการลงทุนเพื่อการปรับตัว และการวางแผนเพื่อพัฒนา
    (7) การส่งเสริมและสนับสนุนในการจัดลำดับความสำคัญของการปรับตัวในการวางแผนระดับประเทศ
    (8) การสนับสนุนการดำเนินการปรับตัวในทุกระดับผ่านนโยบาย โครงการ และแผนงานที่จำเป็น โดยคำนึงถึงโอกาสในการทำงานร่วม (synergy)
    (9) การสนับสนุน การติดตาม ทบทวน และปรับปรุงแผนการปรับตัวให้ทันสมัยเป็นระยะ ๆ เพื่อให้มั่นใจว่ามีความก้าวหน้า และมีประสิทธิผลจากความพยายามปรับตัว รวมทั้งแสดงการประเมินช่องว่างที่ยังมี
    (10) การประสานงาน การรายงานและการจัดกิจกรรมส่งเสริมในกระบวนการปรับตัวสู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ พร้อมรายงานต่อองค์กรนานาชาติที่รับผิดชอบ

- ควรมีการจัดกระบวนการปรับตัวไปพร้อมกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมฉบับที่ 12 และ 13
- มีกลไกการส่งเสริม แนะนำ การจัดทำแผน พัฒนาศักยภาพการปรับตัว
- มีกลไกถ่ายทอดเทคโนโลยีให้สอดคล้องกับการจัดทำรายงาน
- ส่งเสริมองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้ได้รับข้อมูลและความรู้ในการเตรียมปรับตัว

10.1.2 สรุปและข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาถึงกรอบการดำเนินการด้านการปรับตัวตามแผนยุทธศาสตร์และกรอบปฏิบัติการของประเทศด้านการปรับตัวแล้วจะเห็นว่า การดำเนินการด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้เป็นเรื่องที่ตัดข้ามเข้าไปในภาคส่วนต่างๆ ที่หลากหลาย และเป็นเรื่องที่จะต้องดำเนินการโดยหน่วยงานที่หลากหลายเช่นกัน การพยายามขับเคลื่อนการปรับตัวโดยหน่วยงานขนาดเล็กที่มีขอบเขตอำนาจหน้าที่และทรัพยากรที่จำกัดนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการวางแผนและการขับเคลื่อนการปรับตัวในระดับชาติได้ ดังนั้น การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับชาตินี้อาจจะต้องพิจารณาถึงการ

จัดตั้งหน่วยงานมีพันธกิจและความรับผิดชอบที่ชัดเจนในด้านการวางยุทธศาสตร์และแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนได้รับมอบหมายอำนาจที่เหมาะสมในการขับเคลื่อนแผนงานด้านการปรับตัวร่วมกับหน่วยงานหน่วยงานหลัก (Line Agency) ทั้งในระดับกระทรวงส่วนกลางและระดับท้องถิ่นต่างๆ ซึ่งอาจรวมไปถึงการให้ความช่วยเหลือทางเทคนิคในการวางแผนที่เหมาะสมต่อหน่วยงานเหล่านั้นด้วย โดยเป็นหน่วยงานที่มีการดำเนินการโดยเอกเทศเพื่อให้สามารถดำเนินการร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้สามารถผลักดันให้เกิดการวางแผนที่มีการควบรวมประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการปรับตัวลงในแผนงานของหน่วยงานต่างๆ อีกทั้งสามารถสนับสนุนให้เกิดการขับเคลื่อนการปรับตัวให้เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมได้ในอนาคต

10.2 การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชน[36]

ชุมชนไทยจำนวนมากประสบภัยอันเนื่องจากผลสืบเนื่องของสภาพอากาศอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นภัยพิบัติจากภาวะฝนแล้ง น้ำท่วม พายุ เป็นต้น ภัยธรรมชาติเหล่านี้ก่อให้เกิดความเสี่ยงในการที่ประชาชนไม่สามารถดำเนินชีวิตหรือประกอบอาชีพได้ตามปกติ และก่อให้เกิดผลสืบเนื่องไปยังภาวะทางเศรษฐกิจทั้งระดับครัวเรือนและเศรษฐกิจของประเทศในที่สุด นอกจากนั้นยังส่งผลถึงการเปลี่ยนแปลงทางสังคม สุขภาพอนามัย แม้กระทั่ง การเมืองการปกครอง ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังมีชุมชนไทยจำนวนมากซึ่งไม่สามารถรับมือกับความเสี่ยงหรือผลกระทบที่เกิดจากสภาพอากาศรุนแรงได้โดยตัวเอง ดังจะเห็นได้จากการที่ต้องมีการดำเนินการโดยภาคส่วนต่าง ๆ โดยเฉพาะภาครัฐที่จะต้องจัดสรรงบประมาณและกำลังคนเข้าไปให้ความช่วยเหลือเป็นกรณีพิเศษอยู่เสมอๆ การขาดขีดความสามารถในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศรุนแรงนี้สะท้อนถึงความจำเป็นในการที่จะต้องผลักดันให้เกิดการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพื่อให้ชุมชนสามารถจัดการกับความเสี่ยงอันเนื่องจากผลกระทบที่จะเกิดจากภัยต่าง ๆ เหล่านั้นได้อย่างเหมาะสม โดยสามารถพึ่งพาตัวเองได้เป็นหลัก ทั้งนี้การปรับตัวควรจะต้องมีเป้าหมายในการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนเพื่อให้มีความพร้อมในการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งอาจส่งผลให้สภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไป

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตอาจนำมาซึ่งความเสี่ยงในรูปแบบใหม่ ๆ หรือเปลี่ยนรูปแบบความเสี่ยงที่ชุมชนเผชิญอยู่ในปัจจุบันนี้ไปจากเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจส่งผลให้ชุมชนไม่สามารถรับมือกับสถานการณ์หรือความเสี่ยงในอนาคตได้ หรือ ชุมชนที่ตกอยู่ในภาวะเสี่ยงอยู่แล้วในปัจจุบันโดยไม่สามารถรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศได้นั้นในอนาคตอาจจะตกอยู่ในภาวะวิกฤติจนถึงจุดที่ไม่สามารถดำรงอยู่ได้ อย่างไรก็ดี ผลกระทบอันเนื่องจากสภาพอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่ และกลายเป็นความเสี่ยงที่ไม่เท่ากันของแต่ละชุมชน ทั้งนี้เนื่องจากความเสี่ยงนั้นนอกจากจะขึ้นกับรูปแบบและขนาดของภัยธรรมชาติตามตำแหน่งที่ตั้งและลักษณะของพื้นที่ของแต่ละชุมชนแล้ว ยังขึ้นกับรูปแบบวิถีชีวิตและขีดความสามารถที่แตกต่างกันในการรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้น ดังนั้น ประเด็นที่ควรจะต้องพิจารณาก็คือ ชุมชนต่าง ๆ อีกทั้งหน่วยงานภาครัฐและภาคประชาสังคม มีความพร้อมและมีขีดความสามารถมากเพียงใดในการรับมือผลกระทบตลอดจนรูปแบบของภัยพิบัติที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการขับเคลื่อนการปรับตัวในระดับชุมชนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถนี้ควรจะมีแนวทางในการดำเนินการอย่างไร

10.2.1 การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวกับผลกระทบที่มีต่อความเสี่ยงของชุมชน

การเตรียมตัวเพื่อรับสถานการณ์จากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวนั้นเป็นเรื่องของการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ และการวางยุทธศาสตร์เพื่อสร้างขีดความสามารถในการจัดการกับความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้จะต้องมองประเด็นของความเสี่ยงในมุมมองที่แตกต่างจากการจัดการความเสี่ยงด้านภัยพิบัติอยู่บ้าง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และใช้เวลานานกว่าจะเห็นผลกระทบได้ชัดเจน ดังนั้นการทำความเข้าใจถึงความเสี่ยงดังกล่าวจะต้องทำความเข้าใจถึงสถานการณ์ภายใต้บริบทของสภาพเศรษฐกิจและสังคมในอนาคตด้วย ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลง

[36] เรียบเรียงจาก รายงานการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความเสี่ยงในอนาคต โดย ศุภกร ชินวรรโณ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของรายงานโครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศของโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก (ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553)

หลายอย่างเกิดขึ้นควบคู่กันไปซึ่งมักจะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไปอย่างรวดเร็ว และส่งผลสืบเนื่องต่อภาคส่วนต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจนภายในระยะเวลาอันสั้นกว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างมาก ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงในเชิงเศรษฐกิจและสังคมเหล่านี้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการพัฒนานั้น จะส่งผลให้ภาคส่วนต่าง ๆ มีรูปแบบและระดับของความเสี่ยงจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่แตกต่างกันไป เนื่องจากการเปิดรับและความไวต่อภาวะเสี่ยงที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตของสภาพเศรษฐกิจ สังคม และการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลให้ชุมชนต้องตกอยู่ใต้ความเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศ อาจพิจารณาได้จาก

- การเปิดรับต่อผลกระทบของสภาพอากาศจากสภาพความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิต กล่าวคือ การที่วิถีชุมชนนั้น ๆ ได้รับผลกระทบจากความเสี่ยงจากสภาพอากาศที่ผิดปกติได้โดยง่าย เช่น การตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง ได้แก่ ชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณริมน้ำก็จะเปิดรับต่อความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมมากกว่าชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณที่ดอน เป็นต้น
- ความไวต่อผลกระทบของสภาพอากาศจากสภาพความเป็นอยู่และการดำเนินชีวิต กล่าวคือ เมื่อเกิดภาวะผิดปกติขึ้น ก็จะเกิดความเสียหายสูงและเร็ว เช่น ชุมชนที่ตั้งอยู่บริเวณริมน้ำที่มีรูปแบบของอาคารบ้านเรือนที่แตกต่างกัน ได้แก่ อาคารที่ยกพื้นสูง หรือ อาคารที่ปลูกสร้างบนพื้นดิน หรือกรณีของชาวนาที่ปลูกข้าวต่างพันธุ์กันก็จะมีความไวต่อผลกระทบจากความเสี่ยงจากภาวะน้ำท่วมที่แตกต่างกัน หรือกรณีที่ครัวเรือนในชุมชนมีความหลากหลายของแหล่งรายได้ที่แตกต่างกัน ก็จะมีความไวต่อผลกระทบจากการที่ผลผลิตครัวเรือนเกิดความเสียหายจากภัยพิบัติที่แตกต่างกัน เป็นต้น

ดังนั้น การมองประเด็นของปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยการสร้างขีดความสามารถให้กับชุมชนเพื่อรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในอนาคตนี้จะเน้นที่การปรับตัว การปรับวิถีการดำเนินชีวิต การปรับรูปแบบการพัฒนาโดยการวางแผนและยุทธศาสตร์การพัฒนาซึ่งพิจารณารวมถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลที่อาจเกิดขึ้นต่อชุมชนเพื่อที่จะชักนำให้ชุมชนพัฒนาไปในทิศทางที่จะพบกับภาวะเสี่ยงน้อยที่สุด หรือปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตโดยมีทางเลือกหลายทางในอนาคตโดยมีความคล่องตัวสูงในการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตให้สอดคล้องกับสถานการณ์ ทั้งนี้เป็นยุทธศาสตร์ที่ชุมชนเป็นแกนกลางในการวางแผนและขับเคลื่อนดำเนินการ ซึ่งอาจเป็นการดำเนินการโดยชุมชนเอง ประกอบกับการสนับสนุนจากภาครัฐ และ/หรือภาคประชาสังคมอื่น ๆ

อย่างไรก็ดี ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงเดียวในอนาคตที่ส่งผลต่อความเสี่ยงของชุมชน ทั้งนี้พลวัตทางสังคมและเศรษฐกิจ ซึ่งอาจเป็นผลจากทิศทางการพัฒนาหรือการขับเคลื่อนนโยบายต่าง ๆ ของภาครัฐ และการเปลี่ยนแปลงอันเป็นผลสืบเนื่องจากปัจจัยภายนอกก็ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเสี่ยงของชุมชนเช่นกัน ทั้งในแง่ของการเปลี่ยนแปลงการเปิดรับผลกระทบและความไวต่อผลกระทบจากสภาพอากาศ ดังนั้น การพิจารณาถึงการสร้างขีดความสามารถต่อการรับมือกับสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนั้นไม่ควรที่จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยมองเป็นเรื่องเอกเทศ หากแต่ว่าควรจะต้องพิจารณาถึงยุทธศาสตร์ในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืนในเงื่อนไขที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

เมื่อพิจารณาถึงประเด็นทางด้านพลวัตทางสังคมและเศรษฐกิจด้วยแล้วจะพบว่าความเสี่ยงของชุมชนต่อผลกระทบจากสภาพอากาศนั้นยังผันแปรไปตามกาลเวลาอีกด้วย เนื่องจากบริบทที่กำหนดการเปิดรับและความไวต่อผลกระทบของสภาพอากาศเปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตของสภาพเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งขีดความสามารถในการบริหารจัดการความเสี่ยงนั้นเปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตดังกล่าวซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงในปฏิสัมพันธ์ของภาคส่วนต่าง ๆ ในสังคม อันเป็นผลจากการที่ภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งดำเนินการเพื่อตอบสนองต่อภาวะเสี่ยงหรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การวางแผนในวันนี้เพื่อพยายามหาคำตอบที่ชัดเจนว่าจะต้องทำอะไรเพื่อที่จะกำหนดการดำเนินการต่าง ๆ อาจจะไม่ได้คำตอบที่เหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของชุมชนภายใต้ การเปลี่ยนแปลงในระยะยาว โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากพลวัตทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งอาจเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วและมีผลต่ออนาคตของชุมชนมากกว่าผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ดังนั้น การพิจารณาถึงการสร้างขีดความสามารถต่อการรับมือกับสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตจึงเน้นถึงการจัดตั้งกลไกเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของชุมชนในการวางยุทธศาสตร์การพัฒนาของพื้นที่ และเน้นถึงการเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องเพื่อให้เกิดการตัดสินใจ ที่เหมาะสมตามเงื่อนไขต่าง ๆ ของแต่ละชุมชนตามกาลเวลาที่เปลี่ยนแปลงไป

10.2.2 ขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับผลกระทบและความเสี่ยงจากสภาพอากาศและภัยธรรมชาติ

ประเด็นเรื่องขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับผลกระทบและความเสี่ยงจากสภาพอากาศและภัยธรรมชาตินั้นเป็นการมองถึงความสามารถ ทักษะและทรัพยากรที่มีในชุมชน สังคม และองค์กรต่าง ๆ ซึ่งสามารถพัฒนาเพื่อใช้เตรียมการในการป้องกัน การลด การหลีกเลี่ยง และการจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศและภัยธรรมชาติ หรือผลกระทบทางลบที่อาจเกิดขึ้น นอกจากนั้นแล้วขีดความสามารถในบริบทนี้ยังหมายความรวมถึง ความสามารถในการฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพเดิมหรือดีกว่าเดิมหลังจากเกิดสถานการณ์เสี่ยงที่มีผลกระทบต่อชุมชนด้วย ทั้งนี้ขีดความสามารถจะเชื่อมโยงกับการตระหนักรับรู้ของชุมชนที่มีต่อความเสี่ยง โดยจะต้องมีการวิเคราะห์ให้เห็นถึงแนวโน้มของความเสี่ยงในอนาคตเพื่อที่จะสามารถวางแผนและกำหนดทิศทางการพัฒนาตลอดจนมาตรการรองรับได้อย่างเหมาะสม และเหนือสิ่งอื่นใดหากมีการวางแผนการจัดการที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นแนวโน้มความเสี่ยงของชุมชน โดยเกิดขึ้นจากความร่วมมือของทุกฝ่าย ก็จะเกิดกลไกที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันและจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น และหากเกิดภาวะเสี่ยงขึ้นก็จะสามารถบรรเทาผลกระทบได้อย่างมีประสิทธิผล ทั้งนี้อาจพิจารณาถึงขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบและความเสี่ยงจากสภาพอากาศและภัยธรรมชาติ ได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

- *ขีดความสามารถในการหาทางเลือกต่าง ๆ เพื่อลดผลจากภาวะเสี่ยง* ในประเด็นนี้ ชุมชนที่มีทางเลือกหลายทางและมีอิสระในการปรับเปลี่ยนวิถีทางต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต จัดว่าทำให้ชุมชนมีความเสี่ยงน้อยลง
- *ขีดความสามารถในการดำเนินการตามทางเลือกต่าง ๆ เหล่านั้น* ในประเด็นนี้ ชุมชนที่สามารถผลักดันให้มีการดำเนินการต่าง ๆ ได้ จัดว่าทำให้ชุมชนมีความเสี่ยงน้อย

การสร้างขีดความสามารถของชุมชนเพื่อการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องทั้งในระดับผู้มีหน้าที่กำหนดนโยบายของประเทศ อีกทั้งหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐและภาคประชาสังคม ตลอดจนภาคเอกชน และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ชุมชนผู้ตกอยู่ในภายใต้ภาวะเสี่ยงเอง ซึ่งประเด็นที่สำคัญก็คือ ความแตกต่างของสภาพในแต่ละชุมชน อันจะมีผลต่อเงื่อนไขในการเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือต่อผลกระทบจากสภาพอากาศและความเสี่ยงในอนาคต ดังนั้น การดำเนินการหรือยุทธศาสตร์ชุมชนจะต้องแตกต่างกันไปตามแต่บริบทของชุมชน โดยไม่สามารถดำเนินการโดยรูปแบบมาตรฐานที่เหมือนกันได้ การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศตามแนวคิดการสร้างขีดความสามารถของชุมชนเพื่อเตรียมตัวให้สามารถรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจึงควรพิจารณาในแง่ของกระบวนการและกลไกที่จะนำไปสู่การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจระหว่างกัน เพื่อที่จะนำไปสู่การปรับและสร้างความรู้เพื่อให้ชุมชนสามารถวางยุทธศาสตร์การพัฒนาที่ยั่งยืนในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยมีความคล่องตัวที่จะปรับเปลี่ยนได้ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต (Knowledge-based society) โดยมีกลไกที่นำเอาภาคส่วนต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาให้การสนับสนุนการสร้างความเข้มแข็งของชุมชน นอกจากนั้นแล้ว การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกยังเป็นปัญหาใหญ่ที่ซับซ้อนเกินกว่าที่หน่วยงานใด หรือภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งจะสามารถดำเนินการได้แต่โดยลำพัง ทุกภาคส่วนต้องตระหนักถึงบทบาทและหน้าที่ของตนเองในการขับเคลื่อนกลไกเพื่อสร้างขีดความสามารถในการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้แก่กลุ่มตกอยู่ในภาวะเสี่ยงและล่อแหลมเปราะบางได้อย่างเหมาะสม การทำงานร่วมกันในการบูรณาการองค์ความรู้จะทำให้มีข้อมูลเพียงพอในการกำหนดยุทธศาสตร์อย่างเหมาะสมและหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในการตัดสินใจอันนำไปสู่จุดอับใหม่จากการพยายามแก้ปัญหา โดยขาดความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นในระยะยาว

10.2.3 ปัญหาภาวะชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ

เมื่อพิจารณาปัญหาภาวะชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ โดยสรุปบทเรียนจากการประเมินความเสี่ยงของชุมชนในบริบทของชุมชนเกษตรและชุมชนชายฝั่งนั้น (วิเชียร และคณะ, 2554 ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยฯ, 2554; Southeast Asia START Regional Center and WWF, 2008 and Chinvanno and Kerdsuk, 2013) อาจสรุปได้ว่าชุมชนไทยขาดขีดความสามารถเนื่องจากสาเหตุต่อไปนี้

- *การขาดความตระหนักรู้* เป็นสาเหตุที่สำคัญประการแรกที่ส่งผลให้ชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ กล่าวคือ ชุมชนไม่เข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตโดยเชื่อมโยงเข้ากับความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นในบริบทของชุมชน และไม่ตระหนักผลที่จะเกิดขึ้นตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลที่จะเกิดขึ้นกับชุมชนของตน ส่งผลให้ขาดการเตรียมพร้อมที่จะแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมเพื่อจัดการหรือรับมือกับความเสี่ยง ทั้งนี้ เนื่องจากบางชุมชนยังยึดกับความคิดว่าสภาพอากาศแปรปรวนนั้นเป็นความผันผวนที่มีวงรอบโดยไม่เข้าใจว่าวงรอบของความแปรปรวนของสภาพอากาศนั้นเริ่มที่จะเปลี่ยนแปลงไป และจะเปลี่ยนแปลงยิ่งขึ้นไปอีกในอนาคตภายใต้อิทธิพลของภาวะโลกร้อน ความคิดเช่นนี้ส่งผลให้ชุมชนขาดแรงกระตุ้นให้คิดแสวงหาทางเลือกอื่น โดยมีทัศนคติว่าปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นส่วนหนึ่งปรากฏการณ์ปกติ และอยู่ในวิสัยที่พอจะรับความเสี่ยงได้ และแม้ว่าบางชุมชนจะเริ่มสังเกตและยอมรับถึงการเปลี่ยนแปลงวงรอบของความแปรปรวนของสภาพอากาศ แต่ก็ขาดความตระหนักรู้ถึงทิศทางของการเปลี่ยนแปลง และประเด็นที่สำคัญก็คือ ชุมชนยังขาดความเข้าใจถึงผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงด้านเศรษฐกิจ สังคม และกิจกรรมภาครัฐที่มีผลกระทบต่อความเสี่ยงของชุมชน

  การที่จะเริ่มเกิดการคิดนอกกรอบที่เป็นอยู่ เพื่อให้เกิดยุทธศาสตร์ที่จะนำมาซึ่งความสามารถในการปรับตัวรับมือกับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวนั้น จำเป็นต้องมีการมองการณ์ไกล ซึ่งจะต้องอยู่บนพื้นฐานของความรู้ความเข้าใจในสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงในระยะยาวที่เหมาะสม และความสามารถในการเชื่อมโยงประเด็นการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านั้นเข้าสู่บริบทของชุมชน ซึ่งในกรณีนี้ไม่เพียงแต่ชุมชนเท่านั้นที่ขาดความตระหนักรู้ในประเด็นดังกล่าว แต่ภาครัฐและสื่อกระแสหลักก็ยังขาดความตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตและขาดความเข้าใจในผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ทำให้ไม่สามารถเสนอข้อมูลข่าวสารในบริบทชุมชนเพื่อชี้นำกระตุ้นให้เกิดทัศนคติใหม่เพื่อการแสวงหาทางเลือกใหม่ในการบริหารจัดการความเสี่ยง ซึ่งแต่ละชุมชนก็มีความต้องการข้อมูลข่าวสารที่ไม่เหมือนกัน และมีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารที่แตกต่างกัน ซึ่งการที่หลายฝ่ายขาดความรู้ความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นตลอดจนขาดความตระ หนักถึงผลสืบเนื่องที่จะตามมานั้น ทำให้ขาดความเข้าใจในการวางแผนระยะยาวโดยไม่ตระหนักว่าการดำเนินการต่าง ๆ ตามแนวทางการพัฒนาหรือทางเลือกใหม่ในวิถีชุมชนที่เป็นผลจากพลวัตของสังคมและระบบเศรษฐกิจอาจนำสังคมไปสู่จุดอับในอนาคตภายใต้เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

- *การขาดความรู้ถึงการหาทางเลือกต่าง ๆ และแนวทางดำเนินการที่เหมาะสมกับอนาคต* เป็นสาเหตุที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ส่งผลให้ชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ ซึ่งความเห็นของหน่วยงานที่มีประสบการณ์ด้านการพัฒนาชุมชนเห็นว่า ชุมชนเกษตรหรือประมงพื้นบ้านส่วนใหญ่ในประเทศไทยนั้นมีความรู้ที่เฉพาะทาง อีกทั้งขาดทักษะในการนำความรู้อื่นมาประยุกต์ใช้ซึ่งเป็นการจำกัดทางเลือกที่จะดำเนินการเพื่อจัดการกับความเสี่ยงหรือรับมือกับสถานการณ์ต่าง ๆ นอกจากนั้นแล้ว ความรู้ดั้งเดิมในพื้นที่ซึ่งอาจใช้จัดการกับความเสี่ยงได้ก็สูญหายหรือล้าสมัยไปตามบริบทของสภาพสังคมและระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไป หรือในหลายกรณี ความรู้ที่มีอยู่นั้นขาดการขยายผลเพื่อให้ใช้จัดการกับความเสี่ยงที่เปลี่ยนแปลงไปตามพลวัตของสังคมได้อย่างเหมาะสม เนื่องจากชุมชนมีความเชื่อมั่นในภูมิความรู้เดิม ๆ มากเกินไป

  ปัญหาการขาดความรู้นี้ยังรวมไปถึงการขาดการเข้าถึงแหล่งของความรู้ที่เหมาะสม อันนำมาซึ่งปัญหาการขาดข้อมูลสนับสนุนการวางแผนผลิตให้เหมาะกับสภาพอากาศ และปัญหาการขาดความรู้ในการวางแผนการใช้ทรัพยากรที่เหมาะสม ทั้งนี้ส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการพัฒนาองค์ความรู้ในภาพรวมยังมีจำกัด จึงส่งผลให้ยังขาดความรู้เชิงเทคนิค (เชิงบริบทพื้นที่) ไปด้วย ทำให้ความรู้ที่ชุมชนได้จากภาครัฐไม่สอดคล้องกับบริบทชุมชน

- *การขาดความสามารถด้านเทคนิค* เป็นสาเหตุสำคัญลำดับต่อมาที่ทำให้ชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ ซึ่งหมายความถึงการขาดความสามารถด้านเทคนิคในการกำหนดรูปแบบวิธีการดำเนินการต่าง ๆ เพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้รูปแบบวิธีการบางอย่างที่เคยใช้มาในอดีตบางอย่างในบางพื้นที่ก็ไม่สามารถนำใช้ได้ในบริบทของ

ปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากความไม่สอดคล้องของเทคนิครูปแบบการปรับตัวและเงื่อนไขทางเศรษฐกิจ ดังกรณีตัวอย่างของสายพันธุ์พืชที่ชุมชนเคยเลือกปลูกให้เหมาะสมกับสภาพอากาศของแต่ละพื้นที่นั้น ซึ่งสายพันธุ์ดังกล่าวเป็นพันธุ์พืชที่ทนทานกับภาวะอากาศแปรปรวนได้ดี ก็เริ่มเป็นทางเลือกที่ไม่สามารถดำเนินการได้ภายใต้ภาวะปัจจุบันและแนวโน้มอนาคตซึ่งระบบเกษตรที่เน้นการผลิตเพื่อการค้าเข้ามามีบทบาทในชุมชนมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสายพันธุ์ดังกล่าวไม่เป็นที่นิยมของตลาด ส่งผลให้เกษตรกรต้องใช้สายพันธุ์ที่มีความไวต่อผลกระทบจากสภาพอากาศแปรปรวนมากขึ้น โดยที่ชุมชนไม่มีความสามารถในการปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับสภาพอากาศและทนทานต่อความเสี่ยงในพื้นที่ได้เอง

ในกรณีของการขาดขีดความสามารถด้านเทคนิคนี้ แต่ละชุมชนต้องการความสามารถเชิงเทคนิคที่แตกต่างกันตามสภาพปัญหาหรือความเสี่ยง ตลอดจนพื้นฐานของแต่ละชุมชนเอง โดยปัญหาที่ชุมชนส่วนใหญ่มักประสบอยู่ในปัจจุบันก็คือ การไม่สามารถเข้าถึงการสนับสนุนด้านเทคนิคจากแหล่งที่เหมาะสม ประกอบกับแหล่งสนับสนุนด้านเทคนิคไม่มีความรู้ในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จึงไม่สามารถให้การสนับสนุนได้อย่างเหมาะสม ทั้งนี้การถ่ายทอดความรู้ด้านเทคนิคที่จะนำไปสู่การสร้างขีดความสามารถที่เหมาะสมของชุมชนโดยส่วนใหญ่มักจะครอบคลุม 3 ประเด็นดังต่อไปนี้

(1) การเข้าถึงและการจัดการทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ
(2) เทคนิคการผลิตที่ใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
(3) การบริหารทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการและยั่งยืนในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

- *การขาดทรัพยากร* เพื่อขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตนับว่าเป็นปัญหาใหญ่อีกประการหนึ่งที่ทำให้ชุมชนไทยขาดขีดความสามารถในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวนและการปรับตัวในระยะยาว ซึ่งเมื่อพิจารณาในบริบทของชุมชนเกษตรกรและชุมชนประมงพื้นบ้านชายฝั่งแล้วพบว่า ชุมชนจำนวนมากประสบปัญหาการมีทรัพยากรเพื่อการผลิตที่จำกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของเกษตรกร ซึ่งส่วนใหญ่ถือครองที่ดินขนาดเล็ก ประกอบกับปัญหาทรัพยากรทำกินที่เสื่อมโทรมลง ทั้งในแง่ของความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งประมงชายฝั่ง / ความอุดมสมบูรณ์ของดิน / ป่าไม้ชุมชน อีกทั้งการเข้าถึงแหล่งทรัพยากรใหม่มีจำกัด ทำให้เกิดข้อจำกัดในทางเลือกเพื่อรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศ นอกจากนั้นก็ยังมีกรณีที่การให้ทุนสนับสนุนการปรับรูปแบบการผลิตระดับครัวเรือนนั้นไม่สอดคล้องกับบริบทชุมชน เช่น การส่งเสริมกิจกรรมเกษตรที่ผ่านมาในหลายพื้นที่

  นอกจากนี้ ในหลายกรณีก็ยังพบว่าชุมชนที่มีขีดความสามารถในการกำหนดแนวทางการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศ แต่ก็ไม่สามารถจัดหาทรัพยากรจำเป็นต่อการดำเนินการได้ โดยเฉพาะเงินทุนหรืองบประมาณดำเนินการ เนื่องจากชุมชนมีข้อจำกัดจากเงื่อนไขทางเศรษฐกิจของชุมชน และต้องพึ่งพางบประมาณจากภาครัฐเพื่อขับเคลื่อน แต่ในระยะเวลาที่ผ่านมานั้นมีการวางแผนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ จำนวนมากที่ชุมชนไม่มีส่วนร่วมในการกำหนด และแผนพัฒนาเหล่านั้นไม่ตอบสนองกับความต้องการของพื้นที่ อีกทั้งมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมและทรัพยากรที่ชุมชนต้องพึ่งพิงอีกด้วย ซึ่งในกรณีของการจัดสรรทรัพยากรเพื่อสนับสนุนชุมชนต่อผลจากสภาพภาวะอากาศรุนแรงนี้ ก็ยังพบว่ามีประเด็นในเรื่องเครื่องมือการเงินที่ภาครัฐให้การสนับสนุนกับชุมชนซึ่งการเน้นที่การชดเชย และไม่เน้นที่การเสริมสร้างกลไกเพื่อจัดการความเสี่ยง ดังนั้นจึงไม่ก่อให้เกิดขีดความสามารถที่ยั่งยืนและไม่สามารถแก้ไขปัญหาในระยะยาวได้

- *การขาดการจัดการ / ระเบียบ กฎหมาย / องค์กรและกลไกที่จะสนับสนุนการดำเนินการ* เพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างความเข้มแข็งของชุมชนก็นับว่าเป็นสาเหตุหลักอีกประการหนึ่งที่ส่งผลให้ชุมชนขาดขีดความสามารถในการรับมือและปรับตัวต่อสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งประเด็นที่สำคัญ ได้แก่ กฎหมาย/กฎระเบียบต่าง ๆ ที่รวมศูนย์ และจัดการโดยรัฐ โดยเฉพาะในเรื่องของการอนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรซึ่งไม่ได้รับรองสิทธิชุมชน ทำให้ลดความสามารถของชุมชนในการเข้าถึงทรัพยากรการผลิตหรือทรัพยากรธรรมชาติต่าง ๆ ซึ่งอาจใช้ช่วยสนับสนุนสภาพเศรษฐกิจครัวเรือน เช่น กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน หรือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองพื้นที่สงวนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น นับว่าเป็นการจำกัดขีดความสามารถของ

ประชาชนและชุมชนในการรับมือกับความเสี่ยงกับภัยธรรมชาติ นอกจากนั้น ยังมีกรณีตัวอย่างของกฎหมายที่เกี่ยวกับการอนุรักษ์ ซึ่งลดขีดความสามารถในการมีหลักประกันด้านอาหาร โดยการห้ามการผลิตที่สอดคล้องกับระบบนิเวศน์ เช่น การทำไร่หมุนเวียนในบางพื้นที่ เป็นต้น

นโยบายภาครัฐบางอย่างที่แม้ว่าจะช่วยส่งเสริมให้ชุมชนสามารถบรรเทาผลอันเกิดจากสภาพภาวะอากาศรุนแรงได้ แต่ก็มีผลในเชิงลบด้วยเช่นกัน กล่าวคือ นโยบายนั้น ๆ อาจจะไม่ส่งเสริมให้ชุมชนแสวงหาแนวทางปรับตัวในระยะยาว ตัวอย่างเช่น กรณีการชดเชยด้านการเงินแก่ชาวนาในกรณีที่เกิดความเสียหายจากสภาพภาวะอากาศรุนแรง ก็มีผลทำให้เกษตรกรยินดีแบกรับความเสี่ยงทั้ง ๆ ที่การทำนาในบางพื้นที่อาจจะไม่ใช่แนวทางที่เหมาะสม แต่เกษตรกรก็ไม่แสวงหาแนวทางอื่น ๆ เพื่อดำเนินการให้พ้นจากสภาพความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรง เนื่องจากมีกลไกในการชดเชยด้านการเงินรองรับอยู่ เป็นต้น

การขาดขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับผลกระทบของสภาพอากาศแปรปรวนและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตนี้เป็นประเด็นปัญหาที่มีหลายเงื่อนไขโดยมีสาเหตุจากหลายปัจจัยภายใต้บริบทที่แตกต่างกันไปตามลักษณะกายภาพและสภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละพื้นที่ ทั้งนี้ ปัจจัยต่าง ๆ ที่ส่งผลให้ชุมชนขาดขีดความสามารถนี้มีความเชื่อมโยงกัน และสะท้อนให้เห็นถึงสถานะที่แตกต่างกันของปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ดี เมื่อพิจารณาการขาดขีดความสามารถของชุมชนโดยเน้นที่ประเด็นในเรื่องของการขาดความสามารถในการรับมือกับสภาพอากาศแปรปรวนแล้วพบว่าชุมชนต่าง ๆ ตกอยู่ในสถานะที่แตกต่างกัน ซึ่งจากความเห็นของผู้ที่ทำงานในด้านภาคประชาสังคมเห็นว่า ส่วนใหญ่แล้วจะเป็นประเด็นในเรื่องของการขาดความสามารถด้านเทคนิค ทรัพยากร และประเด็นเรื่องระเบียบ กฎหมายและองค์กร เป็นหลัก แต่เมื่อพิจารณาถึงประเด็นระยะยาวในบริบทของการวางยุทธศาสตร์เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ หรือการวางแผนเพื่อให้การพัฒนามีความยั่งยืนในเงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแล้ว พบว่า ประเด็นของชุมชนส่วนใหญ่ยังอยู่ในเรื่องของการขาดความตระหนักรู้ โดยไม่ตระหนักถึงรูปแบบหรือการเปลี่ยนแปลงความเสี่ยงในอนาคต อีกทั้งยังไม่สามารถเชื่อมโยงประเด็นการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวเข้ากับยุทธศาสตร์การพัฒนาได้ ซึ่งหน่วยงานที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาชุมชนก็ขาดความรู้ความเข้าใจในประเด็นดังกล่าวเช่นกัน จึงไม่สามารถให้การชี้นำที่เหมาะสมเพื่อที่จะนำไปสู่การสร้างขีดความสามารถที่ยั่งยืนได้ และประเด็นที่สำคัญที่มักจะถูกหยิบยกขึ้นมาก็คือ ความสามารถในการเข้าถึงทรัพยากรที่เหมาะสมเพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนซึ่งยังมีข้อจำกัดอยู่ในหลายพื้นที่ในประเทศไทย

10.2.4 การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชนโดยการสร้างขีดความสามารถของชุมชนเพื่อการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การสร้างขีดความสามารถในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนี้เป็นเรื่องที่จะต้องตั้งอยู่บนพื้นฐานของความเข้าใจร่วมกันว่า ความเสี่ยงของชุมชนและการขาดขีดความสามารถนั้นเป็นเรื่องเฉพาะที่และเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา โดยขึ้นอยู่กับพลวัตของสภาพเศรษฐกิจและสังคมในแต่ละช่วงเวลา ประกอบกับรูปแบบความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งมีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงรูปแบบไปในระยะยาว ซึ่งจะต้องนำมาเป็นปัจจัยพื้นฐานในการคำนึงถึงการสร้างขีดความสามารถในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในระยะยาว อย่างไรก็ดี แม้ว่าความเสี่ยงและภาวะล่อแหลมเปราะบางของชุมชนต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่ละชุมชนก็ตาม แต่กรอบการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นก็สามารถพิจารณาในกรอบเดียวกันโดยมองถึงการสร้างขีดความสามารถให้กับชุมชนโดยเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและขับเคลื่อนโดยชุมชน โดยที่ภาครัฐจะต้องกำหนดนโยบายและแผนแม่บทเพื่อสนับสนุนการจัดตั้งและขับเคลื่อนกระบวนการเหล่านี้โดยจัดตั้งกลไกเพื่อสนับสนุนการสร้างความเข้มแข็งและทางเลือกต่าง ๆ ในการรับมือกับความเสี่ยงในอนาคตให้กับชุมชน โดยมีเป้าหมายที่จะนำชุมชนไปสู่สังคมที่สามารถเข้าใจถึงประเด็นปัญหาในระยะยาวตลอดจนโอกาสใหม่ ๆ ที่อาจเกิดขึ้น และสามารถวางยุทธศาสตร์ชุมชนบนฐานของความรู้ (Knowledge-based society) ทั้งนี้การวางยุทธศาสตร์เพื่อจัดตั้งกลไกและกระบวนการดังกล่าวจะต้องพิจารณาถึงการจัดวางชุมชนเป็นแกนของกระบวนการ โดยชุมชนควรจะต้องเป็นผู้มีส่วนกำหนดแนวทางการดำเนินการต่าง ๆ ในการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนให้เหมาะสมกับบริบทของแต่

ละพื้นที่ ในแต่ละช่วงเวลา และพิจารณาในกรอบเงื่อนไขเวลาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้การสนับสนุนที่เหมาะสมจากภาครัฐ ทั้งในแง่ของการสนับสนุนด้านการจัดทำยุทธศาสตร์ชุมชนและการสนับสนุนในด้านการขับเคลื่อนให้เกิดการดำเนินการที่เหมาะสมได้

ข้อเสนอแนะนี้เป็นการเสนอแนวทางเพื่อเติมเต็มช่องว่างของการขาดขีดความสามารถของชุมชนต่อการรับมือกับภาวะเสี่ยงจากสภาพอากาศและพิจารณาเพิ่มเติมในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาว ซึ่งสามารถกำหนดข้อเสนอแนะโดยสรุปได้ดังต่อไปนี้ [37]

- การสร้างความตระหนักรู้ เพื่อให้ชุมชนเกิดเข้าใจถึงผลกระทบและความเสี่ยง อีกทั้งโอกาสใหม่ ๆ ในอนาคตที่อาจจะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และตระหนักถึงผลที่จะเกิดขึ้นตามมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลที่จะเกิดขึ้นกับชุมชนของตน

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
สร้างเครือข่ายความร่วมมือในการประเมินและถ่ายทอดข้อมูลความเสี่ยงอนาคต ตลอดจนโอกาสใหม่ ๆ ในอนาคต ในบริบทของชุมชน โดยเชื่อมโยงประเด็นความเสี่ยงและการใช้ประโยชน์จากโอกาสใหม่ ๆ เข้ากับโจทย์การพัฒนา	เพื่อกระตุ้นให้ชุมชนตระหนักถึงความเสี่ยงที่ถูกขับดันโดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะยาว และกระตุ้นให้เกิดการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแนวทางปฏิบัติต่าง ๆ ที่ชุมชน / ครัวเรือน ใช้บริหารจัดการความเสี่ยง และผลักดันให้แสวงหาแนวทางใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงเพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงในอนาคต	ภาครัฐ: กระทรวงมหาดไทย (ได้แก่ กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย) / กระทรวงเกษตรฯ /กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงวิทยาศาสตร์ ภาคประชาสังคม: สภาองค์กรชุมชน / ศูนย์เรียนรู้ชุมชน / วัด / โรงเรียน / สื่อมวลชนท้องถิ่น / เครือข่ายวิจัยไทบ้าน / องค์กรพัฒนาเอกชน ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม จัดตั้งองค์กรอิสระที่ประมวลความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยมีหน่วยประสานงานในทุกจังหวัด และทำงานประสานกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
พัฒนาความรู้ของผู้นำชุมชนต่อประเด็นผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อภาคส่วนต่าง ๆ	เพื่อให้เกิดแกนนำในสังคมในระดับชุมชนในการประเมินความเสี่ยงที่ถูกขับดันโดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะยาว และเป็นผู้นำในการแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงเหล่านั้น	ภาครัฐ: กระทรวงมหาดไทย (ได้แก่ กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย) / กระทรวงเกษตรฯ / กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงวิทยาศาสตร์ ภาคประชาสังคม: ผู้นำชุมชน / สภาองค์กรชุมชน / เครือข่ายวิจัยไทบ้าน / องค์กรพัฒนาเอกชน

[37] ข้อเสนอแนะนี้เป็นผลสรุปจากการรวบรวมความคิดเห็นจากการประชุมระดมความคิดเห็นของหน่วยงานภาคประชาสังคมซึ่งประกอบด้วย องค์กรพัฒนาชุมชน ผู้นำชุมชน นักวิชาการ และหน่วยราชการที่ได้จัดขึ้นเมื่อวันที่ 26 และ 30 มิถุนายน 2553 ซึ่งเป็นการดำเนินการในกรอบของการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาวะภูมิอากาศโลก การผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤติอาหารโลก ของสำนักงานพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

บทบาทของภาครัฐจะต้องทำหน้าที่ส่งเสริมและจัดตั้งเครือข่ายภาคีต่าง ๆ ที่ประกอบด้วยภาคประชาสังคมหลายฝ่ายขึ้น นอกจากนั้น จะต้องพิจารณาจัดตั้งหน่วยงานขึ้นมาดำเนินการในการทำงานร่วมกับเครือข่ายนี้โดยตรง และภาคประชาสังคมต่าง ๆ โดยเฉพาะองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น สภาองค์กรชุมชน องค์กรพัฒนาเอกชนและเครือข่ายวิจัยไทบ้าน เพื่อทำการประเมินผลกระทบและความเสี่ยง อีกทั้งโอกาสใหม่ ๆ ในอนาคตของชุมชนจากสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของแต่ละชุมชน โดยดำเนินการเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องโดยเชื่อมโยงประเด็นความเสี่ยงกับโจทย์การพัฒนา ทั้งนี้การดำเนินการอาจเริ่มโดยการให้การสนับสนุนเครือข่ายภาคีประชาสังคมที่ได้มีการจัดตั้งขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ไว้แล้ว โดยถ่ายทอดข้อมูลข่าวสารและความรู้ต่าง ๆ ในด้านการบริหารจัดการความเสี่ยงเพื่อกระตุ้นให้ชุมชนเกิดความตระหนักถึงความเสี่ยงที่อาจมากับสภาพอากาศแปรปรวนและประเมินแนวทางการดำเนินการต่าง ๆ ที่ใช้รับมือกับสถานการณ์อยู่ในปัจจุบัน เพื่อที่จะนำไปสู่การแสวงหาแนวทางที่เหมาะสมในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ นอกจากนั้น ประเด็นเรื่องการรวบรวมและสังเคราะห์ความรู้ความเข้าใจถึงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็ยังเป็นประเด็นที่ขาดหน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรงที่จะรับผิดชอบ ดังนั้น ภาครัฐจึงควรพิจารณาจัดตั้งองค์กรที่ประมวลความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างเป็นเอกเทศ เพื่อให้เกิดความรู้ที่จะไปถ่ายทอดให้ชุมชนต่อไปได้

นอกจากนั้น การดำเนินการในด้านนี้จะต้องเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องในประเด็นของความเสี่ยงของสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ อีกทั้งโอกาสใหม่ ๆ ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ตลอดจนแนวคิดด้านการบริหารจัดการความเสี่ยงที่ยั่งยืนให้แก่ผู้นำชุมชน หรือผู้ที่มีบทบาทเป็นแกนนำในชุมชน เพื่อที่จะทำหน้าที่เป็นแกนนำในการปรับทัศนคติต่อการวางแผนต่าง ๆ ในชุมชน และชี้นำให้เห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ ที่จะช่วยให้บริหารจัดการความเสี่ยงหรือวางยุทธศาสตร์ชุมชนบนฐานของโอกาสใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

บทบาทของสื่อมวลชน โดยเฉพาะสื่อมวลชนในระดับท้องถิ่น ตลอดจนการจัดตั้งในชุมชนเอง ได้แก่ สภาองค์กรชุมชน / ศูนย์เรียนรู้ชุมชน / วัด / โรงเรียน เป็นต้น จะต้องทำหน้าที่ให้การสนับสนุนเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ในด้านผลกระทบและความเสี่ยงของชุมชนจากสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในรูปแบบที่เข้าใจได้ง่ายและเข้าถึงสมาชิกชุมชนโดยทั่วถึง

- การสร้างความรู้ เพื่อถ่ายทอดให้ชุมชนสามารถใช้ในการหาทางเลือกต่าง ๆ และแนวทางดำเนินการที่เหมาะสมกับอนาคต และสถานการณ์เสี่ยง

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
สร้างนักวิจัยและเครือข่ายวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงในทุกระดับ	สร้างองค์ความรู้ในด้านผลกระทบจากสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนการประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	สถาบันการศึกษา (โดยเฉพาะ มหาวิทยาลัย) / สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) / สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย / สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ / เครือข่ายวิจัยไทบ้าน และหน่วยงานแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัยต่าง ๆ
จัดทำหลักสูตรการศึกษาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทชุมชน	สร้างองค์ความรู้ในด้านการประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทชุมชน	ภาครัฐ ได้แก่ กระทรวงศึกษาธิการ / องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / กระทรวงวิทยาศาสตร์ / กระทรวง ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
รวบรวมองค์ความรู้ และเครือข่ายการถ่ายทอดความรู้ด้านวิชาการสู่ชุมชน	บูรณาการความรู้ด้านการจัดการความเสี่ยงจากหน่วยงานต่าง ๆ ในบริบทชุมชนโดยชุมชนเป็นแกนกลาง	ภาครัฐ ได้แก่ กระทรวงวิทยาศาสตร์ / กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงเกษตรฯ ภาคประชาสังคม ได้แก่ ศูนย์เรียนรู้ชุมชน / วัด / โรงเรียน / สื่อมวลชนท้องถิ่น / เครือข่ายวิจัยไทบ้าน / องค์กรพัฒนาเอกชน
จัดตั้งหน่วยงานรวบรวมนักวิเคราะห์ (Think-tank) ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ด้านความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง	สร้างองค์ความรู้ในด้านการประเมินความเสี่ยงจากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ	จัดตั้งองค์กรอิสระเพื่อดำเนินการ โดยอาจดำเนินการเป็นเครือข่ายร่วมกับเครือข่ายนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศ

บทบาทของสถาบันการศึกษาระดับสูง จะต้องทำหน้าที่สร้างบุคลากรในการสร้างองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นขึ้นโดยกลไกการศึกษาตามหลักสูตร และงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งนี้บุคลากรที่สถาบันการศึกษาจะต้องสร้างขึ้นในอนาคต จะต้องสามารถเชื่อมโยงประเด็นด้านภูมิอากาศเข้ากับสาขาวิชาต่าง ๆ และสามารถมองและวิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ ในลักษณะที่เป็นภาพรวมของหลายแขนงวิชา (multi-disciplines) ได้มากขึ้น

ภาครัฐจะต้องสนับสนุนการให้ทุนเพื่อศึกษาและวิจัยประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับภาคส่วนต่าง ๆ ตลอดจนความเสี่ยงและภาวะล่อแหลมเปราะบางของระบบและภาคส่วนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง และการศึกษาในแนวทางที่เป็นการมองภาพฉายอนาคต (scenario-based study) ในระยะยาว ซึ่งจะต้องมีการศึกษาในลักษณะที่มีการแสวงหาคำตอบสำหรับอนาคตในแต่ละแนวทางเพื่อรองรับความไม่แน่นอนของกระแสการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น ซึ่งกระบวนการสร้างองค์ความรู้ที่จำเป็นนั้นจะต้องเป็นการประสานร่วมมือระหว่างหน่วยงานต่าง ๆ ในภาครัฐ และอาจอาศัยบุคลากรในภาครัฐจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง มาร่วมดำเนินการผ่านกลไกการวิจัยร่วมกับท้องถิ่น และถ่ายทอดลงสู่ชุมชนผ่านทางหน่วยการศึกษาในชุมชน โดยจัดทำเป็นหลักสูตรที่มีเนื้อหาของท้องถิ่น เพื่อเป็นการสร้างความตระหนักให้แก่คนรุ่นใหม่ผู้ซึ่งจะเป็นกลุ่มคนที่จะต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต

นอกจากนั้น ภาครัฐจะต้องสนับสนุนให้เกิดการจัดตั้งหน่วยงานรวบรวมนักวิเคราะห์ (Think-tank) ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ด้านความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง โดยจะต้องประกอบด้วยบุคลากรหลายสาขา ทั้งด้านวิทยาศาสตร์และสังคมศาสตร์ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ในหลายมิติ ทั้งนี้หน่วยงานรวบรวมนักวิเคราะห์ (Think-tank) นี้ยังจะเป็นกลไกรองรับบุคลากรรุ่นใหม่ให้มีฐานในการประกอบอาชีพในสายงานวิเคราะห์และวางแผนเพื่อปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนผลกระทบ ความเสี่ยงและภาวะล่อแหลมเปราะบางของระบบและภาคส่วนต่าง ๆ ต่อไป

- การสร้างความสามารถด้านเทคนิค ในการกำหนดรูปแบบวิธีการดำเนินการต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ หรือความสามารถในการดำเนินการเพื่อจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้น

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
รวบรวมการจัดการความเสี่ยงต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมที่มีอยู่แล้วมาสื่อสาร เพื่อสร้างเป็นบทเรียน และเป็นฐานข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ประกอบการจัดทำนโยบาย/แผนการพัฒนาชุมชน	เพื่อให้เกิดกลไกสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสม ซึ่งชุมชนสามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศได้	ภาครัฐ: กระทรวงวิทยาศาสตร์ / กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงเกษตรฯ / กระทรวงมหาดไทย (ได้แก่ กรมส่งเสริมการปกครองส่วนท้องถิ่น กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย) ภาคประชาสังคม: องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / สภาองค์กรชุมชน / องค์กรพัฒนาเอกชน
จัดตั้งและส่งเสริมเครือข่ายเพื่อการสื่อสารด้านความเสี่ยงชุมชนและการพัฒนาทางออกในระยะยาว		

บทบาทของภาครัฐจะต้องทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลและจัดตั้งกลไกเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสังเคราะห์ขึ้นเป็นความรู้เพื่อเผยแพร่ให้แก่ชุมชน ตลอดจนให้การสนับสนุนด้านเทคนิคที่เหมาะสมเพื่อให้ชุมชนสามารถกำหนดรูปแบบวิธีการดำเนินการต่าง ๆ ที่เหมาะสมเพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตได้ หรือมีความสามารถในการดำเนินการเพื่อจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม

การดำเนินการเพื่อรวบรวมและเผยแพร่ความรู้นั้น อาจดำเนินการโดยหน่วยงานภาครัฐโดยรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่สายงานของแต่ละหน่วยงาน เช่น หน่วยงานด้านการเกษตร ทำการรวบรวมข้อมูลด้านการปรับตัวรับมือของเกษตรกร และสังเคราะห์ขึ้นเป็นบทเรียนภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ ตลอดจนเผยแพร่ความรู้ดังกล่าวเพื่อให้เป็นตัวอย่างแก่เกษตรกรในพื้นที่อื่น ๆ เป็นต้น โดยการดำเนินการเช่นนี้จะเป็นการประสานร่วมมือกับเครือข่ายประชาสังคมต่าง ๆ และองค์กรปกครองท้องถิ่นจะต้องมีบทบาทสำคัญ

อย่างไรก็ดี ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มีการรวบรวมขึ้นนี้ จะต้องมีการวิเคราะห์และประเมินความเหมาะสมในระยะยาวภายใต้บริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและทำการจัดหมวดหมู่ที่เหมาะสมเพื่อให้การเผยแพร่ความรู้นี้สามารถทำได้โดยสะดวก ซึ่งอาจเป็นการดำเนินการโดยหน่วยงานภายใต้กระทรวงวิทยาศาสตร์ หรือหน่วยงานด้านการวิเคราะห์ความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจมีการจัดตั้งขึ้นในอนาคต เพื่อให้ความรู้ต่าง ๆ ที่ได้สังเคราะห์ขึ้นนั้นสามารถนำไปใช้ประกอบการวางแผนการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้อย่างเหมาะสม

- การสร้างกลไกเพื่อสนับสนุนเงินทุนและทรัพยากรที่จำเป็นในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การปรับตัว เพื่อให้ชุมชนมีทรัพยากรที่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนการดำเนินการต่าง ๆ หรือขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
ปรับปรุงการเข้าถึงแหล่งทุนเพื่อสนับสนุนการผลิต	เพื่อให้ชุมชนมีทรัพยากรที่เหมาะสมเพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพ เป้าหมายหลักอีกประการหนึ่งคือ เพื่อปรับและลดภาระหนี้สินเกษตรกร	ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร / หน่วยงานด้าน venture capital / กระทรวงการคลัง / กระทรวงเกษตรฯ / องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / องค์กรพัฒนาเอกชน นอกจากนี้อาจดำเนินการผ่านกองทุนชุมชนในรูปแบบต่าง ๆ

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
สร้างกลไกส่งเสริมการลงทุนให้แก่เกษตรกรระบบย่อย (ภาคเกษตร) แทนนายทุน / นักลงทุน อุตสาหกรรม	เพื่อสนับสนุนให้เกิดการผลิตขึ้นในชุมชน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ชุมชนสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลผลิตเกษตร	ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร / หน่วยงานด้าน venture capital / องค์กรพัฒนาเอกชน
พัฒนานวัตกรรมด้านการบริหารความเสี่ยงชุมชน เช่น การประกันภัยหรือประกันความเสี่ยงจากสภาพอากาศต่อพืชผลการเกษตร	เพื่อให้ชุมชนมีกลไกในการบริหารจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศเพิ่มขึ้น	กระทรวงเกษตรฯ / ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร / ภาคธุรกิจประกันภัย

บทบาทของภาครัฐจะต้องทำหน้าที่จัดสรรเงินทุน และกลไกในการสนับสนุนเงินทุนและทรัพยากรที่จำเป็นในการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การปรับตัว ทั้งนี้ การดำเนินการในด้านนี้อาจเป็นการดำเนินการโดยองค์กรพัฒนาเอกชนและภาคธุรกิจเอกชนควบคู่กันไปกับภาครัฐ

การวางแผนการลงทุนในชุมชนเพื่อให้เกิดกลไกหรือสาธารณูปโภคพื้นฐานบางอย่างที่นำไปสู่การลดความเสี่ยงนั้น อาจเป็นการดำเนินการร่วมกันระหว่างองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกับจังหวัด หรือหน่วยงานภาครัฐอื่น ๆ โดยเป็นการดำเนินการในกรอบของการพัฒนาพื้นที่ต่าง ๆ ทั้งนี้ควรมีการประเมินความเหมาะสมในระยะยาวในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

นอกจากนี้ นวัตกรรมด้านการบริหารจัดการความเสี่ยงนั้น อาจใช้กลไกด้านการเงิน โดยเฉพาะการประกันความเสี่ยงจากสภาพอากาศต่อพืชผลการเกษตร ซึ่งกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรก็ได้มีการดำเนินการในระดับหนึ่งแล้ว แต่การใช้กลไกประกันภัยเข้าช่วยในการบริหารจัดการความเสี่ยงนั้น ยังอาจสามารถขยายบทบาทให้เพิ่มขึ้นได้อีกดังที่ได้มีการดำเนินการในหลายประเทศ โดยเฉพาะการประกันภัยในกรณีของภัยพิบัติที่เนื่องมาจากสภาพอากาศ ซึ่งอาจครอบคลุมถึงการให้การประกันภัยทรัพย์สินของผู้มีรายได้น้อย (micro-insurance) หรือการกระจายความเสี่ยง (risk transfer) ซึ่งอาจเป็นการกระจายข้ามห้วงเวลา ข้ามภาคส่วน หรือข้ามพื้นที่ หรือการใช้กลไกการเงินระหว่างประเทศในการช่วยรับความเสี่ยง เป็นต้น ซึ่งการดำเนินการอาจเป็นในรูปแบบของการดำเนินการร่วมกันระหว่างภาครัฐและภาคธุรกิจประกันภัย

- การปรับปรุงและจัดตั้งการจัดการ / ระเบียบ กฎหมาย / องค์กรและกลไกที่จะสนับสนุนและเอื้อให้ชุมชนสามารถพัฒนาการดำเนินการเพื่อสร้างความเข้มแข็งทนทานต่อความเสี่ยงต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
กระจายอำนาจสู่พื้นที่ท้องถิ่นเพื่อให้พลเมืองในท้องถิ่นมีหลักประกันในการกำหนดทิศทางการพัฒนา (เช่น กรณีของคณะกรรมการลุ่มน้ำ เป็นต้น)	เพื่อให้ชุมชนสามารถกำหนดแผนยุทธศาสตร์ชุมชนที่สนับสนุนโดยภาครัฐ โดยเป็นแผนที่อิงกับบริบทและความต้องการของชุมชน	กระทรวงต่าง ๆ / องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / คณะกรรมการลุ่มน้ำ / องค์กรพัฒนาเอกชน
แก้ไขปรับปรุงกฎหมายเพื่อเปิดโอกาสให้ชุมชนเข้าถึงทรัพยากรเพื่อการผลิตและยังชีพมากขึ้น (เช่น กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน หรือกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองพื้นที่สงวนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น)	เพื่อให้ชุมชนสามารถเข้าถึงทรัพยากรการผลิตได้ดีขึ้น และสามารถนำใช้ทรัพยากรต่าง ๆ เพื่อสร้างความเข้มแข็งของชุมชนได้อย่างเหมาะสม	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงเกษตรฯ / องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / องค์กรพัฒนาเอกชน

ข้อเสนอแนะ	เป้าหมาย	หน่วยงานที่อยู่ในข่ายที่เกี่ยวข้อง
ปรับปรุงการจัดการงบประมาณรัฐที่มองประเด็นความเสี่ยงซึ่งมุ่งเน้นด้านโครงสร้างพื้นฐาน โดยเพิ่มประเด็นด้านการพัฒนาความเข้มแข็งชุมชน	เพื่อให้เกิดการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับความเสี่ยงของการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน	ภาครัฐ: ทุกหน่วยงาน โดยเฉพาะ จังหวัด
จัดทำแผนรับมือโลกร้อนที่มีมิติของการมีส่วนร่วมของประชาชน บนฐานความต้องการของท้องถิ่น	เพื่อให้เกิดการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับความเสี่ยงของภาวะสภาพอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาวได้อย่างยั่งยืน	กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม / กระทรวงวิทยาศาสตร์ / สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ / องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น / องค์กรพัฒนาเอกชน / องค์กรอิสระด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจมีการจัดตั้งขึ้น

ทั้งนี้ บทบาทของภาครัฐจะต้องทำหน้าที่ทบทวนและปรับปรุงกฎหมายและกฎระเบียบต่าง ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อกระจายอำนาจสู่พื้นที่ท้องถิ่นเพื่อให้พลเมืองในท้องถิ่นมีหลักประกันในการกำหนด ทิศทางการพัฒนา และสามารถเข้าถึงทรัพยากรเพื่อการผลิตและยังชีพมากขึ้น อีกทั้งปรับปรุงการจัดสรรงบประมาณให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่นอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะการใช้งบประมาณของจังหวัด ซึ่งผู้ว่าราชการจังหวัดจะต้องมีบทบาทนำในการวางกรอบยุทธศาสตร์จังหวัดและจัดสรรงบประมาณสนับสนุนชุมชนท้องถิ่นให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ท้องถิ่น นอกจากนั้น ภาครัฐและองค์กรพัฒนาเอกชนและ/หรือ องค์กรอิสระด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่อาจได้รับการจัดตั้งขึ้นจะต้องร่วมกันจัดทำแผนรับมือโลกร้อนที่มีมิติของการมีส่วนร่วมของประชาชน บนฐานความต้องการของท้องถิ่น

การขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชนโดยจับประเด็นด้านการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับผลกระทบของภาวะสภาพอากาศรุนแรงและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะยาวนี้ เน้นที่การจัดตั้งองค์กรเพื่อสร้างองค์ความรู้และถ่ายทอดสู่ชุมชนผ่านภาคีเครือข่ายต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนการจัดตั้งกระบวนการวางแผนชุมชนระยะยาวและการทบทวนแผนที่ต่อเนื่องโดยชุมชนภายใต้การสนับสนุนของภาครัฐ ตลอดจนการประเมินยุทธศาสตร์การพัฒนาชุมชนในบริบทของความยั่งยืนภายใต้เงื่อนไขการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้โดยการกำหนดเป้าหมายให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสร้างองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ การประเมินความเสี่ยงในบริบทของชุมชน ทำการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชน ตลอดจนทำการประเมินสถานการณ์อนาคตในบริบทของชุมชน โดยเป็นการดำเนินการร่วมกับชุมชน ซึ่งบทบาทขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และคณะกรรมการลุ่มน้ำควรได้รับการทบทวนและสนับสนุนให้สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน นอกจากนั้น ข้อเสนอแนะยังมุ่งเน้นที่การจัดสรรทรัพยากรการผลิตที่จำเป็นเพื่อสร้างทางเลือกให้แก่ชุมชนในการสร้างความเข้มแข็ง และสามารถบริหารจัดการความเสี่ยงต่าง ๆ ได้มากขึ้นภายใต้กลไกสนับสนุนที่ยั่งยืน ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขระเบียบและกฎหมาย ตลอดจนบทบาทของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถสนับสนุนกระบวนการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนโดยมีชุมชนเป็นแกนนำได้อย่างเหมาะสม

10.2.5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ: ข้อเสนอเชิงยุทธศาสตร์ต่อการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชน

ประเด็นข้อเสนอแนะกลไกและบทบาทของหน่วยงานต่าง ๆ ต่อการสร้างขีดความสามารถของชุมชนในการรับมือกับความเสี่ยงจากสภาพอากาศในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และข้อเสนอนโยบายนำร่องที่มีความสำคัญดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถสรุปเป็นข้อเสนอเชิงยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับชุมชนโดยย่อได้ดังนี้

- ยุทธศาสตร์ 1: การสร้างความตระหนักรู้ถึงความเสี่ยงจากผลกระทบของสภาพอากาศในอนาคต และแนวทางการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสม

  วัตถุประสงค์: เพื่อให้ชุมชนตระหนักถึงความเสี่ยงที่ถูกขับดันโดยการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะยาว และมีการประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของแนวทางปฏิบัติต่าง ๆ ที่ชุมชน / ครัวเรือน ใช้บริหารจัดการความเสี่ยง ตลอดจนแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ ที่สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงเพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงในอนาคต โดยใช้องค์ความรู้ด้านผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว และวิธีการบริหารจัดการความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทชุมชน ตลอดจนบูรณาการความรู้ด้านการจัดการความเสี่ยงจากหน่วยงานต่าง ๆ ในบริบทชุมชนโดยชุมชนเป็นแกนกลาง

  เป้าหมาย: ประชาชนทุกภาคส่วน หน่วยงานภาครัฐและภาคประชาสังคม

  แนวทาง: การสร้างความรู้เพื่อถ่ายทอดให้ชุมชนเกิดความตระหนักรู้ถึงความเสี่ยงจากสภาพอากาศทั้งปัจจุบันและอนาคต โดยเป็นการดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใช้ความรู้นั้นในการหาทางเลือกต่าง ๆ ในการพัฒนาชุมชน โดยเป็นแนวทางดำเนินการที่เหมาะสมกับสถานการณ์เสี่ยงในอนาคตด้วย

  มาตรการ:

  (1) สนับสนุนโครงการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพื่อศึกษาและประเมินความเสี่ยงเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจสังคม
  (2) จัดตั้งหน่วยงานรวบรวมนักวิเคราะห์ (Think-tank) ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อวิเคราะห์และประเมินสถานการณ์ด้านความเสี่ยงจากภาวะอากาศรุนแรงและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง
  (3) สร้างนักวิจัยและเครือข่ายวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจสังคมในทุกระดับ
  (4) ส่งเสริมผู้รู้ในชุมชน (ปราชญ์ชาวบ้าน) และผู้นำชุมชน ให้ดำเนินการศึกษาความเสี่ยงเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจสังคม โดยดำเนินการร่วมกับนักวิชาการจากหน่วยงานต่าง ๆ ตลอดจนภาคประชาสังคมอื่น ๆ
  (5) จัดทำหลักสูตรการศึกษาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทชุมชน โดยบูรณาการความรู้ต่าง ๆ ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนผลกระทบและความเสี่ยงเชิงพื้นที่จากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจสังคม โดยเฉพาะประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชุมชนลงในหลักสูตรการศึกษาในระดับต่าง ๆ ของแต่ละพื้นที่

- ยุทธศาสตร์ 2: การจัดตั้งกลไกสนับสนุนการวางแผนการจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของชุมชน

  วัตถุประสงค์: เพื่อให้ชุมชนสามารถกำหนดทางเลือกที่เหมาะสมในการบริหารจัดการความเสี่ยงจากอากาศและเพื่อให้เกิดการวางแผนพัฒนาชุมชนโดยครอบคลุมถึงบริบทที่เปลี่ยนแปลงในระยะยาวจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต

  เป้าหมาย: ประชาชนทุกภาคส่วน หน่วยงานภาครัฐและภาคประชาสังคม

  แนวทาง: นำใช้เทคโนโลยีเพื่อสร้างและเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารที่จำเป็นต่อการสนับสนุนการตัดสินใจของชุมชน ตลอดจนรวบรวมข้อมูลและจัดตั้งกลไกเพื่อรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อสังเคราะห์ขึ้นเป็นความรู้เพื่อเผยแพร่ให้แก่ชุมชน และให้การสนับสนุนด้านเทคนิคที่จำเป็นเพื่อให้ชุมชนสามารถกำหนดรูปแบบวิธีการดำเนินการต่าง ๆ ในการบริหารจัดการความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ ตลอดจนปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอย่างเหมาะสม

มาตรการ:

(1) สร้างเครือข่ายการเตือนภัยจากความแปรปรวนของสภาพอากาศ โดยการคาดการณ์สภาพอากาศระยะปานกลางล่วงหน้ารายฤดูกาล ได้แก่ แนวโน้มการกระจายตัวของฝนที่ไม่เหมาะสมแก่การเพาะปลูก การขยับเลื่อนของการเริ่มต้นของฤดูฝน และภาวะฝนทิ้งช่วงระหว่างฤดูเพาะปลูก ปริมาณฝนในรอบปี ความแปรปรวนของอุณหภูมิในช่วงเวลาต่าง ๆ ของปี สภาพมรสุมประจำฤดู สภาวะอากาศรุนแรง ภาวะฝนตกหนักในคาบเวลาสั้น ๆ (น้ำท่วม – ดินถล่ม) / พายุ เป็นต้น และทำการการสื่อสารเตือนภัยโดยพิจารณาถึงช่องทางและรูปแบบของการสื่อสารที่เหมาะสมตามบริบทของชุมชนประเภทต่าง ๆ

(2) รวบรวมการจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรมที่มีอยู่แล้วมาสื่อสาร เพื่อสร้างเป็นบทเรียน และเป็นฐานข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ประกอบการจัดทำนโยบาย/แผนการพัฒนาชุมชน

(3) ส่งเสริมให้หน่วยงานภาครัฐและภาคประชาสังคมได้เข้ามีส่วนสนับสนุนการประเมินความเหมาะสมของแผนการพัฒนาชุมชนและสาธารณูปโภค (เช่น การพัฒนาระบบชลประทาน เขื่อน คันกั้นน้ำ เป็นต้น) ในเงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต เพื่อปรับแผนให้เหมาะสม

- ยุทธศาสตร์ 3: การจัดตั้งกลไกสนับสนุนการขับเคลื่อนแผนการปรับตัวของพื้นที่ และ/หรือ ภาคส่วนในการลดภาวะล่อแหลมเปราะบางต่อความเสี่ยงจากสภาพอากาศในอนาคต

  วัตถุประสงค์: เพื่อให้ชุมชนมีทรัพยากรที่เพียงพอต่อการขับเคลื่อนการดำเนินการต่าง ๆ หรือขับเคลื่อนยุทธศาสตร์เพื่อปรับวิถีชีวิตหรือทิศทางการพัฒนาให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต และสามารถดำเนินการได้ภายใต้ระเบียบและข้อกฎหมายโดยมีหน่วยงานผู้มีหน้าที่ชัดเจนในการให้การสนับสนุน

  เป้าหมาย: หน่วยงานภาครัฐและภาคประชาสังคม

  แนวทาง: จัดตั้งกลไกสนับสนุนการถ่ายทอดเทคโนโลยีและทรัพยากรที่เหมาะสม ซึ่งชุมชนสามารถนำไปพัฒนาและประยุกต์ใช้เพื่อบริหารจัดการความเสี่ยงจากสภาพอากาศได้ ตลอดจนทบทวนและแก้ไขระเบียบกฎหมายในด้านการบริการจัดการทรัพยากรเพื่อความเข้มแข็งของชุมชน

  มาตรการ:

  (1) ปรับปรุงการเข้าถึงแหล่งทุนเพื่อสนับสนุนการผลิตในรูปแบบใหม่ที่ลดภาวะเสี่ยงจากสภาพอากาศ ตลอดจนแหล่งทุนเพื่อใช้ในการพัฒนาท้องที่ หรือ ครัวเรือน เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือกับภาวะเสี่ยงจากสภาพอากาศ เช่น กองทุนชุมชนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น

  (2) ปรับปรุงการจัดการงบประมาณรัฐโดยเน้นประเด็นด้านการพัฒนาความเข้มแข็งชุมชน

  (3) พัฒนานวัตกรรมด้านการบริหารความเสี่ยงชุมชน เช่น การประกันภัยสำหรับผู้มีรายได้ต่ำ หรือประกันความเสี่ยงจากสภาพอากาศต่อพืชผลการเกษตร เป็นต้น

  (4) แก้ไขปรับปรุงกฎหมายเพื่อเปิดโอกาสให้ชุมชนเข้าถึงทรัพยากรเพื่อการผลิตและยังชีพมากขึ้น (เช่น กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดกรรมสิทธิ์ที่ดิน หรือ กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการคุ้มครองพื้นที่สงวนในรูปแบบต่าง ๆ เป็นต้น)

ข้อเสนอเชิงยุทธศาสตร์ที่ได้สรุปขึ้นนี้ เน้นถึงการสร้างขีดความสามารถให้กับชุมชนโดยการมองว่าเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องและขับเคลื่อนโดยชุมชน โดยที่ภาครัฐให้การสนับสนุนในกรอบการดำเนินการ โดยมีเป้าหมายที่จะนำชุมชนไปสู่สังคมที่สามารถเข้าใจถึงประเด็นปัญหาในระยะยาวตลอดจนโอกาสใหม่ ๆ ที่อาจเกิดขึ้น และสามารถวางยุทธศาสตร์ชุมชนบนฐานของความรู้ (Knowledge-based society) โดยชุมชนเป็นผู้มีส่วนกำหนดแนวทางการดำเนินการต่าง ๆ ในการสร้างความเข้มแข็งของชุมชนให้เหมาะสมกับบริบทของแต่ละพื้นที่ ในแต่ละช่วงเวลา และพิจารณาในกรอบเงื่อนเวลาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งการดำเนินยุทธศาสตร์เหล่านี้อาจเริ่มจากการจัดตั้งจังหวัดนำร่อง และ/หรือ การจัดตั้งโครงการประเมินความเสี่ยงภาวะล่อแหลมเปราะบาง และแนวทางการปรับตัวขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมในพื้นที่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและสังคมสูง

10.3 กรอบการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจต่อการดำเนินการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

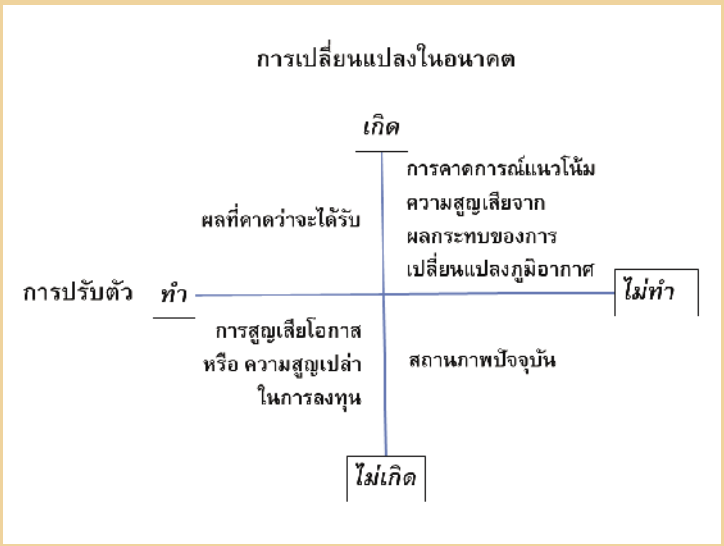
ในระยะที่ผ่านมา การศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้รับความสนใจจากหลายภาคส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งท่ามกลางกระแสที่คาดการณ์กันว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต โดยส่งผลให้ภาวะอากาศแปรปรวนมากขึ้น ปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนไป เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดในแต่ละช่วงฤดูกาล และการขยับเลื่อนฤดูกาล เป็นต้น นอกจากนี้ เป็นที่ประจักษ์ว่าในปัจจุบันมนุษย์ยังไม่สามารถหาทางที่จะหยุดยั้งหรือหลีกเลี่ยงมิให้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตและการพัฒนา ด้วยเหตุนี้ สังคมจึงจำเป็นต้องปรับตัวให้สอดคล้องกับสภาวการณ์ในอนาคตเพื่อลดความเสี่ยงเพื่อให้ชุมชนและภาคส่วนต่าง ๆ มีความเข้มแข็งและทนทานต่อสถานการณ์อนาคต อีกทั้งมีความมั่นใจว่าสังคมจะยังคงสามารถดำเนินชีวิตได้อย่างเหมาะสม

ในระยะเวลาสิบกว่าปีที่ผ่านมานี้ ประเทศไทยได้มีการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่วนหนึ่งก็เป็นการศึกษาเพื่อที่จะนำผลการศึกษาไปใช้ประกอบการวางนโยบายและแผนด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ แต่อย่างไรก็ดี ก็ยังไม่ปรากฏแผนการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่จะส่งผลให้ภาคส่วนหรือสังคมหรือชุมชนมีความมั่นคงทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมให้พบเห็นได้มากนัก ทั้งนี้ประเด็นปัญหาหนึ่งอาจจะเนื่องมาจากกรอบการตัดสินใจที่จะเลือกดำเนินการในแผนการปรับตัวนั้นยังไม่เหมาะสมหรือไม่สอดคล้องกับบริบทของการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวซึ่งมีความไม่แน่นอนเป็นพื้นฐานของการคาดการณ์อนาคต

ประเด็นสำคัญที่ควรจะต้องพิจารณาก็คือ เนื่องจากการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นเรื่องที่จำเป็นต้องมองไปในอนาคตระยะไกลให้สอดคล้องกับกรอบเวลาของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และความไม่แน่นอนนั้นเป็นธรรมชาติของอนาคตระยะยาว ดังนั้น การผนวกความไม่แน่นอนของอนาคตระยะยาวเข้าเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการตัดสินใจปรับตัวจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในส่วนนี้จึงให้ความสำคัญกับการทบทวนงานศึกษาและกรอบแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน (decision-making under Uncertainty) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์วิธีการประเมินความคุ้มค่าในการตัดสินใจปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้กรอบความไม่แน่นอนของอนาคต พร้อมทั้งนำเสนอกรณีของการปรับตัวของระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนด จังหวัดสงขลาเป็นตัวอย่างประกอบคำอธิบาย เพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรมมากขึ้น

การที่จะผลักดันให้การวางแผนและการขับเคลื่อนแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมแล้วก้าวต่อไปข้างหน้าได้นั้น อาจจะขึ้นอยู่กับการทำความเข้าใจกับกรอบแนวคิดใหม่ ๆ และนำเทคนิคการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนมาใช้ประกอบกระบวนการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งอาจดำเนินการได้หลายแนวทาง โดยแนวทางหนึ่งอาจจะเป็นการใช้หลักการ Robust Decision Making ซึ่งทางนักวิจัยที่ Rand Corporation ที่สหรัฐอเมริกาได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ประกอบการวางนโยบายสาธารณะมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนการปรับตัว แนวทางนี้เป็นการพยายามหาความเป็นไปได้ของสภาพการณ์อนาคตที่หลากหลาย และหาทางเลือกเชิงนโยบายหรือแผนงานที่จะสนองตอบต่อสถานการณ์อนาคตทั้งหลายนี้ให้ได้มากที่สุด และคัดกรองสถานการณ์ที่แผนงานนั้น ๆ ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายได้มาวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้แผนการนั้นไม่บรรลุเป้าหมาย โดยอาจจะผ่านกระบวนการหารือกับผู้เชี่ยวชาญสาขาต่าง ๆ หรือผู้ที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการขับเคลื่อนแผนนั้น ๆ แต่เทคนิคนี้ก็เป็นเทคนิคที่มีความซับซ้อนพอสมควร

อีกแนวทางหนึ่งที่มีความซับซ้อนน้อยกว่า ซึ่งทางชุดโครงการการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยกำลังพยายามประยุกต์ใช้ในโครงการวิจัยที่กำลังดำเนินอยู่นี้คือ การพยายามทำความเข้าใจถึงผลได้-ผลเสียของการดำเนินการหรือการที่ไม่ดำเนินการภายใต้สถานการณ์อนาคตที่อาจจะเกิดหรือไม่เกิดก็ได้ ดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 10.3
กรอบการวิเคราะห์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจต่อสถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน

ภายใต้กรอบการวิเคราะห์นี้ แผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้ภาพฉายอนาคต (ซึ่งอาจจะพิจารณาหลายแนวทาง) ควรจะต้องให้ผลตอบแทนไม่น้อยกว่าการดำเนินการไปตามสถานภาพในปัจจุบัน ซึ่งอาจพิจารณาภายใต้เงื่อนไขทั้งปัจจุบันและอนาคต โดยอาจคำนวณเป็นตัวเงินหรือผลตอบแทนทางเศรษฐกิจหรือประเมินออกมาในรูปแบบอื่นที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ และพิจารณาถึงความเสี่ยงในอนาคตจากการคาดการณ์ความสูญเสียจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเปรียบเทียบกับความสูญเปล่าในการลงทุน ซึ่งถ้าหากผลการประเมินการสูญเสียโอกาสหรือความสูญเปล่าในการลงทุนนั้นไม่สูงมากนัก แต่การคาดการณ์ความสูญเสียจากการไม่ดำเนินการใด ๆ อาจจะสูงกว่ามาก การดำเนินการปรับตัวก็อาจจะมีความคุ้มค่าแก่การลงทุนเพื่อสร้างความมั่นคงให้แก่สังคม ทั้งนี้การจัดตั้งกรอบการวิเคราะห์ที่เหมาะสมขึ้นนี้อาจเป็นทางหนึ่งที่จะช่วยผลักดันให้การตัดสินใจขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมได้มากขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้

อนึ่ง การส่งเสริมให้ชุมชนและภาคส่วนต่าง ๆ เกิดความสนใจที่จะขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรมนั้น แนวทางในการปรับตัวจะต้องสร้างประโยชน์ในปัจจุบันและอนาคตทั้งในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศหรือกรณีที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้ เพื่อที่จะสามารถกำหนดความคุ้มค่าของการดำเนินการปรับตัวได้ การที่เอาประเด็นอนาคตเป็นที่ตั้งอย่างเดียวจะส่งผลให้การวางแผนการปรับตัวเกิดขึ้นเป็นรูปธรรมได้ยากเนื่องจากความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

10.3.1 การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้นเป็นการวางแผนต่อการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ซึ่งภูมิอากาศอาจจะเปลี่ยนแปลงไปจากปัจจุบัน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้สังคมสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้ดีขึ้น (resilience) และเพื่อให้แผนงานต่าง ๆ ยังคงสามารถบรรลุเป้าหมายที่วางไว้ภายใต้การเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น (robust) การวางแผนในลักษณะดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงความไม่แน่นอนของอนาคตเข้าไว้ด้วย ซึ่งความไม่แน่นอนนี้อาจเป็นได้ทั้งความไม่แน่นอนของการคาดการณ์ภูมิอากาศอนาคต และ/หรือ พลวัตของสภาพเศรษฐกิจสังคมซึ่งอาจจะเปลี่ยนบริบทของการปรับตัวไปโดยสิ้นเชิง แต่กรอบวิธีการตัดสินใจในการวางแผนที่ผู้ที่มีหน้าที่วางแผนงานต่าง ๆ ในประเทศไทยคุ้นเคยกันอยู่นั้นต้องการความแน่นอนของสถานการณ์อนาคตเป็นพื้นฐานของการวางแผน ซึ่งเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้ในการคาดการณ์อนาคตระยะยาวโดยเฉพาะในบริบทของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งอาจจะต้องคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอีกหลายสิบปีข้างหน้า ดังนั้น ประเด็นที่ผู้เขียนได้เคยพบเห็นในเวทีของการรับฟังความคิดเห็นต่อการรายงานผลการศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ตลอดจนการประเมินผลกระทบและแนวทางการปรับตัวในหลาย ๆ ครั้งที่ผ่านมานั้นก็คือ คำถามที่ว่า

การเปลี่ยนแปลงในอนาคตตามผลการศึกษานี้จะเกิดขึ้นจริงหรือเปล่า? และเมื่อผู้ที่ทำการศึกษาไม่สามารถให้คำตอบที่แน่นอนได้ก็ทำให้การวางแผนการปรับตัวเดินเข้าสู่ทางตัน

ประเด็นหนึ่งที่เราจะต้องทำความเข้าใจกันก็คือ แม้ว่าการคาดการณ์อนาคตที่ใช้ประกอบการวางแผนการปรับตัวนี้จะอยู่บนพื้นฐานของหลักการทางวิทยาศาสตร์ และ/หรือ หลักการในการทำภาพฉายอนาคตหลากหลายเทคนิคก็ตาม แต่วิธีการทั้งหลายนั้นก็เป็นเพียงการทำภาพอนาคตให้เกิดความชัดเจนมากขึ้นโดยคำนึงจากผลสืบเนื่องของเงื่อนไขหลาย ๆ ประการที่เป็นปัจจัยที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอนาคตขึ้น (ตัวอย่างเช่น ในกรณีของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็คือ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในอนาคต) ซึ่งเงื่อนไขที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเหล่านั้นส่วนหนึ่งก็เป็นเงื่อนไขที่สมมุติขึ้น อันเป็นที่มาของความไม่แน่นอนของสถานการณ์อนาคตที่ทำการคาดการณ์ขึ้น ดังนั้นการใช้กรอบแนวคิดเดิม ๆ ในการวางแผน ซึ่งใช้แนวคิดแบบการทำนายให้ชัดเจนเพื่อหาแนวทางปฏิบัติ (predict-then-act) อันต้องการเงื่อนไขที่มีความแน่นอนเป็นฐานของการวางแผนมาใช้ในการวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจึงเป็นอุปสรรคหนึ่งของการขับเคลื่อนแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากการสร้างความแน่นอนขึ้นจากความไม่แน่นอนนั้นเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้

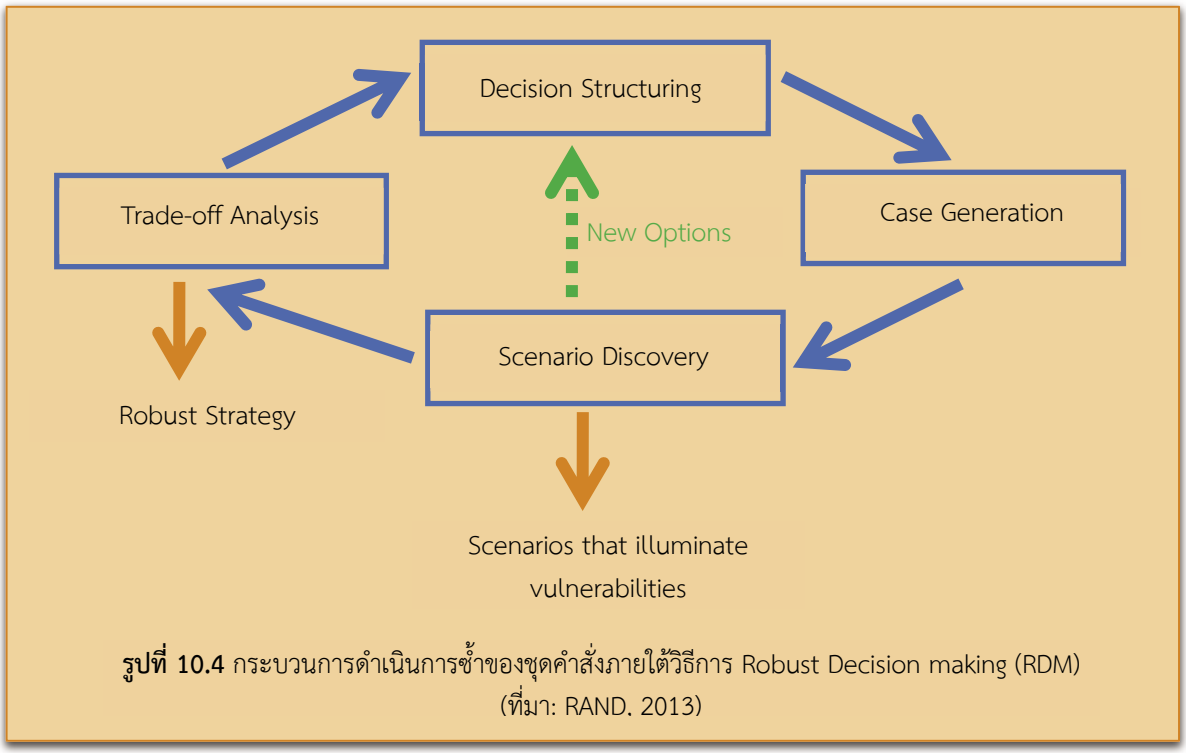
การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตแฝงด้วยความไม่แน่นอนหลายประเภท ซึ่งสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทหลัก คือ ความไม่แน่นอนของปัจจัยทางด้านวิทยาศาสตร์ และความไม่แน่นอนทางด้านเศรษฐกิจและสังคม สำหรับความไม่แน่นอนประเภทแรกนั้น เกิดจากการขาดองค์ความรู้ที่ครบถ้วนสมบูรณ์เกี่ยวกับระบบภูมิอากาศ (Climate System) ซึ่งอาจมีผลมาจากการที่ผลการจำลองภูมิอากาศในอนาคตโดยใช้แบบจำลองขึ้นอยู่กับปัจจัยนำเข้าและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เมื่อปัจจัยเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป ผลการทำภาพฉายอนาคตภูมิอากาศก็ย่อมเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้ ความไม่แน่นอนยังเกิดจากการที่ไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยออกมาได้อย่างแม่นยำ ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์จึงไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าแนวโน้มภูมิอากาศในอนาคตจะเป็นอย่างไร จึงนิยมแสดงผลการคาดการณ์ภูมิอากาศในอนาคตจากการใช้แบบจำลองภูมิอากาศที่หลากหลาย เพื่อให้เห็นทิศทางและแนวโน้มของความเสี่ยงในอนาคตและนำไปสู่การกำหนดกลยุทธ์ในการปรับตัวเพื่อให้สามารถจัดการความเสี่ยงในอนาคตได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ความไม่แน่นอนของภูมิอากาศในอนาคตยังเกิดจากการขาดความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อเศรษฐกิจและสังคม (Socioeconomic System) ของประเทศ ซึ่งส่วนหนึ่งอาจมีผลมาจากการขาดความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของระบบเศรษฐกิจและสังคม อีกทั้งพลวัตของสภาพเศรษฐกิจและสังคมซึ่งอาจจะเปลี่ยนบริบทของการปรับตัวไปโดยสิ้นเชิง

ภาวะความไม่แน่นอนของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตเป็นอุปสรรคสำคัญประการหนึ่งต่อการตัดสินใจด้านต่าง ๆ ทั้งการกำหนดนโยบายสาธารณะ การลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน การดำเนินการของภาคธุรกิจ รวมถึงการตัดสินใจปรับตัวเพื่อให้สามารถรับมือกับสถานการณ์ที่อาจเปลี่ยนไป ถ้าหากการตัดสินใจต่าง ๆ เหล่านี้ต้องการความแน่นอนของสถานการณ์ในอนาคตเป็นพื้นฐาน การวางแผนและการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ก็จะเผชิญทางตัน

ประเด็นดังกล่าวเป็นที่มาของการแสวงหาเครื่องมือใหม่ ๆ ที่เน้นเทคนิคการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอนมาใช้ประกอบการวางแผน โดยเครื่องมือดังกล่าวจะช่วยให้ภาคส่วนต่าง ๆ สามารถตัดสินใจบนพื้นฐานของข้อเท็จจริง (Informed Decision) (Heal and Millner, 2013) เมื่อประยุกต์แนวคิดดังกล่าวในบริบทของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต จำเป็นจะต้องผนวกประเด็นด้านความไม่แน่นอนไว้กับการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ของกลยุทธ์ในการปรับตัวต่าง ๆ เป็นต้น เนื่องจากการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นมาตรการระยะยาว ซึ่งหมายความว่าต้นทุนและผลประโยชน์ของการปรับตัวเกิดขึ้นในอนาคต (Etner et al., 2012)

กรอบแนวคิดการตัดสินใจภายใต้ภาวะความไม่แน่นอนมีอยู่หลายแนวทาง เช่น แนวทาง Robust Decision Making (RDM) แนวทางการตัดสินใจเพื่อรับมือกับความเสี่ยงด้านภัยพิบัติทางธรรมชาติ (Disaster Risk Management) เป็นต้น หลักการ RDM ได้รับการพัฒนาขึ้นโดย Rand Corporation ซึ่งเป็นสถาบันคลังสมองที่มีชื่อเสียงแห่งหนึ่งของประเทศสหรัฐอเมริกา แนวทางนี้เป็นการพยายามหาความเป็นไปได้ของสภาพการณ์อนาคตที่หลากหลาย (Scenario Analyses) พร้อมทั้งหาทางเลือกหรือกลยุทธ์ที่จะสนองตอบต่อสถานการณ์ในอนาคตทั้งหลายได้ดีที่สุด เนื่องด้วยวิธีการ RDM ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของกลยุทธ์ภายใต้สถานการณ์หรือภาพฉายอนาคตต่าง ๆ ดังนั้น นักวิจัยจึงสามารถที่จะทราบว่าแผนกลยุทธ์ใดมีประสิทธิภาพและทนทาน (Robust) ต่อสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงในอนาคตและกลยุทธ์ใดไม่เหมาะสม (RAND, 2013)

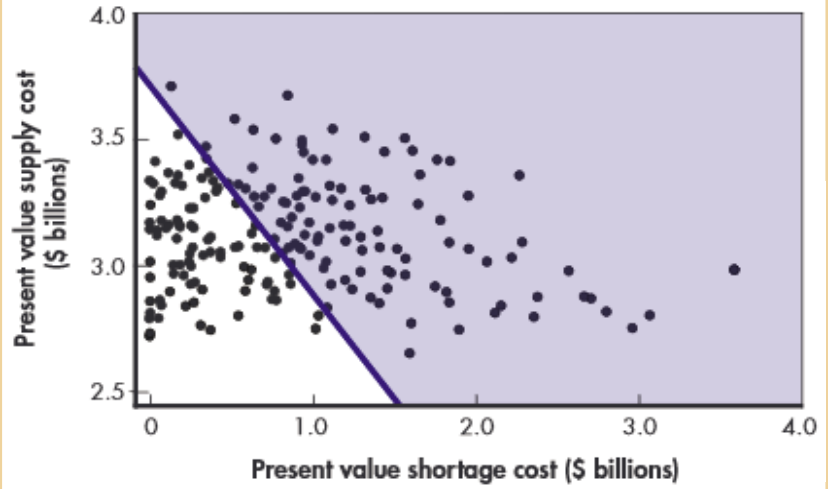
ขั้นตอนในการทำ RDM ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) การวางโครงสร้างการตัดสินใจ (Decision Structuring) 2) การสร้างกรณีศึกษา (Case Generation) 3) การสร้างฉากทัศน์หรือสถานการณ์ในอนาคต (Scenario Discovery) และ 4) การวิเคราะห์ข้อดีและข้อเสียของกลยุทธ์ (Trade-off analysis) (รูปที่ 10.4) จากขั้นตอนการสร้างฉากทัศน์นักวิจัยอาจค้นพบฉากทัศน์ซึ่งทำให้เห็นความเปราะบาง (Vulnerabilities) หรืออาจจะทำให้ค้นพบทางเลือกหรือกลยุทธ์ใหม่ ๆ ซึ่งในกรณีนี้ จะย้อนไปที่ขั้นตอนการวางโครงสร้างการตัดสินใจใหม่อีกครั้ง ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้หลังจากเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ข้อดี-ข้อเสียคือกลยุทธ์ที่มีความทนทานต่อสถานการณ์ในอนาคต (Robust Strategy)



รูปที่ 10.4 กระบวนการดำเนินการซ้ำของชุดคำสั่งภายใต้วิธีการ Robust Decision making (RDM) (ที่มา: RAND, 2013)

ในระยะที่ผ่านมา หลายหน่วยงานได้ประยุกต์ใช้วิธีการ RDM ในการวางแผนการตัดสินใจภายใต้ภาวะความไม่แน่นอนในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ยกตัวอย่างเช่น องค์กรด้านทรัพยากรน้ำและบริษัทที่บริหารจัดการน้ำมีการนำวิธีการ RDM ในกระบวนการวางแผนสำหรับอนาคต โดยคำนึงถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่า และใช้แบบจำลองภูมิอากาศต่าง ๆ ในการจัดการความไม่แน่นอนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น Global Climate Models (GCM) ซึ่งแบบจำลองดังกล่าวแสดงให้เห็นสภาพความเปราะบางของพื้นที่ต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้แนวคิดและเทคนิค RDM ในการตัดสินใจวางนโยบายสาธารณะ ได้แก่ องค์กร Inland Empire Utilities Agency (IEUA) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบด้านน้ำทางตอนใต้ของรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้มีการวางแผนการจัดการน้ำในเมือง (Urban Water Management Plan: UWMP) และตั้งเป้าที่จะเพิ่มความต้องการในการใช้น้ำบาดาลและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ในปี ค.ศ.2007 Rand Corporation ได้ตกลงให้ความร่วมมือกับทาง IEUA ในวางแผนการจัดการน้ำในเมือง โดยใช้โปรแกรม Water Evaluation and Planning (WEAP) ในการวิเคราะห์ความสามารถในการจัดการน้ำของ IEUA ภายใต้สถานการณ์อนาคตและฉากทัศน์จำนวนมาก โดยแต่ละฉากทัศน์ขึ้นอยู่กับความสามารถของ IEUA ในการบรรลุเป้าหมาย ต้นทุนในการนำเข้าน้ำ และการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีในอนาคต (รูปที่ 10.5) จุดแต่ละจุดในรูปที่ 10.5 แสดงต้นทุนรวมของแผน โดยคำนึงถึงค่าปัจจุบันสุทธิของต้นทุนในการดำเนินการ จากการวิเคราะห์ดังกล่าว ทำให้ทราบว่ามี 120 กรณีที่ต้นทุนรวมสูงกว่าต้นทุนที่ประมาณการไว้อย่างน้อยร้อยละ 20 ซึ่งพื้นที่สีเทาในรูปที่ 10.5 แสดงการวางแผนที่ผิดพลาด นอกจากนี้ ยังสามารถวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลให้ต้นทุนในการดำเนินการสูงกว่าที่คาดการณ์ อาทิ ปริมาณน้ำฝนที่ลดลงอย่างน้อยร้อยละ 10 การลดลงของปริมาณฝนเฉลี่ยที่สะสมในชั้นดิน (Aquifers) อย่างน้อยร้อยละ 3 เป็นต้น ในกรณีที่ปริมาณน้ำฝนเป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าว IEUA จะต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้นทุนในการดำเนินโครงการ UWMP ที่สูง แต่ในกรณีอื่น ๆ แผนที่วางไว้ไม่ได้รับผลกระทบ (RAND, 2013)



รูปที่ 10.5
ผลการดำเนินการทางด้านการบริหารจัดการน้ำในเมืองของ IEUA ภายใต้สถานการณ์ในอนาคต

ที่มา
(RAND, 2013)

กรอบการวิเคราะห์ดังกล่าวช่วยผู้บริหารของ IEUA ในการกำหนดแผนกลยุทธ์ในการปรับตัวระยะยาว (Adaptive Plan) ซึ่งครอบคลุมระยะเวลา 25 ปี โดยทำให้ทราบว่าควรดำเนินมาตรการอะไรก่อนและควรตัดมาตรการใดออกไป อย่างไรก็ดี จะมีการทบทวนแผนกลยุทธ์ในการปรับตัวทุก ๆ 5 ปี โดยเปรียบเทียบตัวเลขอุปสงค์และอุปทานของน้ำกับตัวเลขคาดการณ์

นอกจากแนวทางของ RDM แล้ว พบว่าการตัดสินใจลงทุนในการป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติก็มีบริบทของการตัดสินใจภายใต้ภาวะความไม่แน่นอนเช่นเดียวกัน บริษัท FM Global ได้ทำการศึกษาว่าเหตุใดบางองค์กรหรือภาคธุรกิจจึงตัดสินใจไม่ลงทุนเพื่อลดความเสี่ยงหรือป้องกันความเสียหายที่เกิดจากภัยธรรมชาติทั้ง ๆ ที่ตระหนักถึงผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมของภัยธรรมชาติก็ตาม การศึกษาดังกล่าวพบว่าปัจจัยทางด้านจิตวิทยามีความสำคัญต่อการตัดสินใจของมนุษย์ บางคนมีความเชื่อว่าเหตุการณ์ร้าย ๆ จะไม่เกิดขึ้นกับตัวเขาอย่างแน่นอน (Steve Timmons ใน FM Global. 2010) นอกจากนี้ Michael Topf พบว่าปัจจัยที่อธิบายว่าทำไมมนุษย์ถึงตัดสินใจไม่ทำอะไรเลยเพื่อป้องกันหรือลดผลกระทบจากภัยพิบัติทางธรรมชาติมีดังนี้

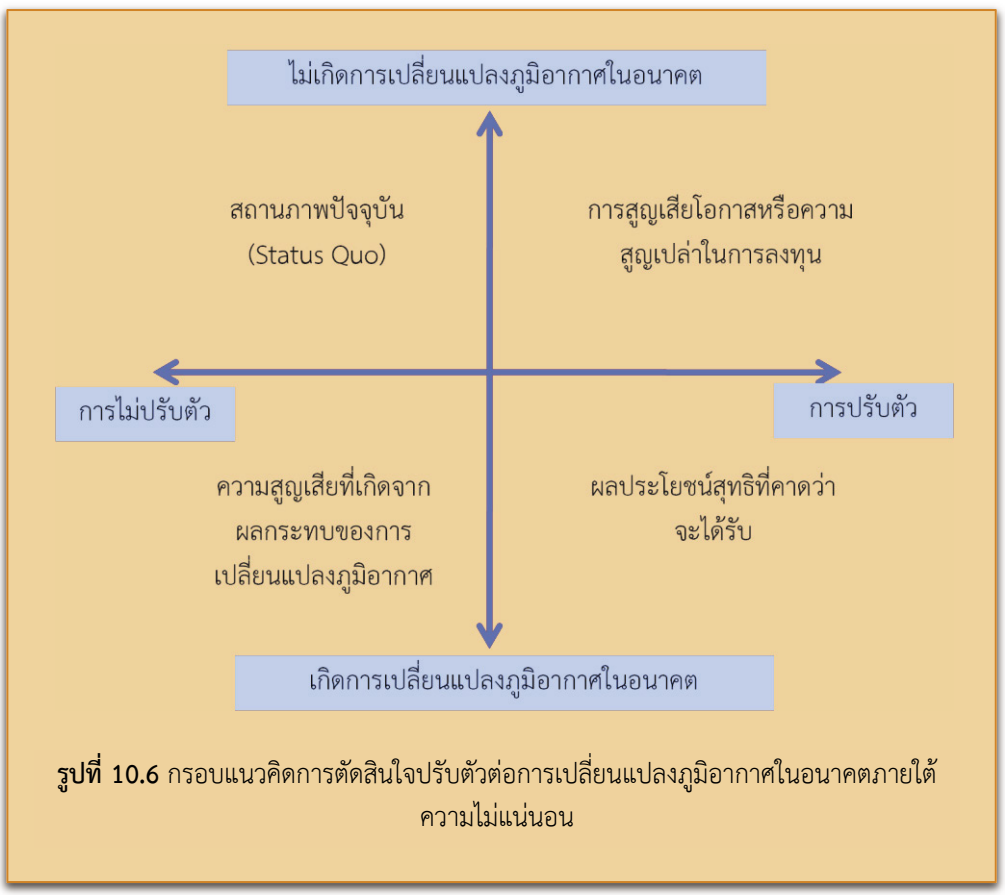
- ความเชื่อที่ว่า “เหตุการณ์ร้าย ๆ จะไม่เกิดขึ้น”
- ความเชื่อที่ว่า “ถึงแม้เหตุการณ์ที่ไม่ดีหรือภัยพิบัติจะเกิดขึ้น เหตุการณ์ดังกล่าวจะกระทบบุคคลอื่น ตัวเราเองจะไม่ได้รับผลกระทบ”
- ความเชื่อที่ว่า “ในกรณีที่ตัวเราเองได้รับผลกระทบจากภัยทางธรรมชาติ จะได้รับความเสียหายเพียงเล็กน้อยเท่านั้น”
- ความเชื่อที่ว่า “เมื่อภัยพิบัติทางธรรมชาติเกิดขึ้นไปแล้ว โอกาสที่จะเกิดขึ้นอีกในอนาคตอันใกล้น่าจะน้อยมาก”

ความเชื่อในลักษณะต่าง ๆ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้นเป็นตัวอย่างปัจจัยที่เชื่อมโยงกับการประเมินค่าความเสี่ยงต่ำเกินไป (Risk Underestimation) ซึ่งมีผลทำให้ประชาชนทั่วไปหรือภาคธุรกิจตัดสินใจไม่ลงทุนในการป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ นอกจากปัจจัยเหล่านี้แล้ว การศึกษาของ FM Global ยังพบว่าเนื่องจากการลงทุนเพื่อลดความเสี่ยงต่อภัยธรรมชาติในอนาคตสิ้นเปลืองเวลามากและใช้เงินลงทุนสูง ในขณะที่ใช้เวลานานกว่าที่จะเห็นผลประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม ส่งผลให้ประชาชน องค์กร หรือบริษัทต่าง ๆ ตัดสินใจลงทุนในด้านอื่น ๆ ที่เห็นผลเร็วในระยะเวลาอันสั้น โดยเลื่อนการตัดสินใจป้องกันภัยธรรมชาติออกไปก่อน (Procrastination) อีกทั้ง ประโยชน์ของการลงทุนเพื่อป้องกันภัยธรรมชาตินั้นขึ้นอยู่กับการเกิดเหตุการณ์ภัยพิบัติในอนาคต ในกรณีที่ภัยพิบัติไม่เกิดขึ้น หมายความว่าเม็ดเงินต่าง ๆ ที่ลงทุนไปอาจจะสูญเปล่า (Wasted Investment) ศาสตราจารย์ Howard Kunreuther ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านศาสตร์แห่งการตัดสินใจและการวิจัยนโยบายสาธารณะแห่ง Wharton School มหาวิทยาลัย Pennsylvania ได้กล่าวถึงการตัดสินใจลงทุนเพื่อป้องกันภัยทางธรรมชาติใน FM Global (2010) ดังนี้

"Many property owners focus on what they consider to be high upfront costs associated with loss prevention, and fail to consider that these investments can provide financial value over a very long period of time."

บทเรียนสำคัญที่ได้จากการทบทวนงานศึกษาต่าง ๆ ข้างต้น พบว่าการวางแผนและการตัดสินใจเตรียมการเพื่อรองรับสถานการณ์ในอนาคตที่มีความไม่แน่นอนสูงนั้น ไม่ควรใช้กรอบแนวคิดเดิม ๆ ซึ่งเน้นการทำนายให้ชัดเจนเพื่อหาแนวทางการปฏิบัติ เนื่องจากการสร้างความแน่นอนขึ้นจากความไม่แน่นอนนั้นเป็นเรื่องที่เป็นไปได้ยาก ดังนั้น การวางแผนการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง ควรประยุกต์กรอบแนวคิดหรือเทคนิคการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน เช่น RDM หรือการลงทุนเพื่อป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ มาใช้ประกอบการวางแผนการปรับตัว

กรอบแนวคิดอีกแบบหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สนับสนุนการตัดสินใจต่อการดำเนินการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นกรอบแนวคิดที่มีที่มาจากกลุ่มนักวางแผนด้านการเตรียมการรับมือกับภัยพิบัติ โดยมีพื้นฐานจากการพยายามทำความเข้าใจถึงผลดี (benefits) และผลเสีย (costs) หรือสิ่งที่จะได้รับ (gain) และสิ่งที่สูญเสีย (loss) ของการดำเนินการต่อสถานการณ์อนาคตที่อาจจะเกิดขึ้นหรืออาจจะไม่เกิดขึ้นก็ได้ (รูปที่ 10.6)



รูปที่ 10.6 กรอบแนวคิดการตัดสินใจปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตภายใต้ความไม่แน่นอน

จากกรอบแนวคิดซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 10.6 เป็นที่น่าสังเกตว่าถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตแต่ยังคงดำเนินการไปตามสถานภาพปัจจุบัน (Business-as-usual: BAU) จะต้องเผชิญความสูญเสียที่เกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เช่น ผลผลิตทางการเกษตรได้รับความเสียหายจากการขาดแคลนน้ำหรือน้ำท่วม เป็นต้น อย่างไรก็ดี กลยุทธ์ในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตควรทำให้ผลตอบแทนสุทธิซึ่งเกษตรกรในทุ่งระโนดได้รับไม่น้อยกว่าการเลือกที่จะไม่ดำเนินใด ๆ เลยหรือไม่ปรับตัว ทั้งนี้ เพื่อสร้างแรงจูงใจและผลักดันให้การตัดสินใจในการดำเนินการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ประเด็นที่ควรให้ความสำคัญคือการลดการสูญเสียโอกาสหรือความสูญเปล่าในการลงทุนเมื่อตัดสินใจปรับตัวแล้วแต่ปรากฏว่าภูมิอากาศในอนาคตไม่มีการเปลี่ยนแปลงและความเสี่ยงไม่ได้เพิ่มขึ้น ถ้าสามารถทำให้ไม่มีการสูญเปล่าในการลงทุนเลยแต่กลับกลายเป็นได้รับผลกำไรที่เพิ่มขึ้น (Win-Win Strategy) จะช่วยทำให้มีแรงจูงใจในการปรับตัวมากยิ่งขึ้น

10.3.2 กรณีศึกษาการปรับตัวของระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

เพื่อแสดงให้เห็นถึงตัวอย่างการผนวกกรอบแนวคิดการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนกับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จึงอ้างอิงงานการศึกษา “โครงการศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ” ซึ่งอยู่ภายใต้ชุดโครงการการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยโครงการดังกล่าวใช้ระบบปลูกข้าวบริเวณทุ่งระโนด จังหวัดสงขลา เป็นกรณีศึกษา

พื้นที่ทุ่งระโนดเป็นอู่ข้าวอู่น้ำสำคัญของจังหวัดสงขลาและภาคใต้ตอนล่าง ในอดีต การทำนาข้าวในทุ่งระโนดเสี่ยงต่อปัญหาน้ำท่วมในฤดูฝนและปัญหาการขาดแคลนน้ำจืดและน้ำเค็มในช่วงฤดูแล้ง เพื่อจัดการกับปัญหาน้ำท่วม ที่ผ่านมา เกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดได้มีการปรับตัวโดยการเลื่อนปฏิทินปลูกข้าว จากที่เคยหว่านข้าวในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน เปลี่ยนมาหว่านข้าวในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงหลังน้ำลด อย่างไรก็ดี การขยับเลื่อนปฏิทินปลูกข้าวส่งผลให้ระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนดต้องเผชิญกับปัญหาขาดแคลนน้ำและน้ำเค็มมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการปลูกข้าวนาปรังขยับเข้าไปในฤดูแล้งมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณน้ำจืดสำหรับปลูกข้าวนาปรังมีไม่เพียงพอ ทำให้ผลผลิตข้าวได้รับความเสียหาย

จากการทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและการวิเคราะห์ปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็มในทะเลสาบสงขลาโดยใช้แบบจำลอง พบว่าเมื่ออุณหภูมิบริเวณทะเลสาบสงขลาตอนบนในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและระยะเวลาที่มีอากาศร้อนยาวนานมากขึ้น อัตราการระเหยของน้ำในทะเลสาบสงขลามีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โอกาสที่น้ำเค็มรุกไปยังทะเลสาบตอนบนจะมีมากขึ้น และระยะเวลาที่ไม่สามารถใช้น้ำจากทะเลสาบตอนบนสำหรับทำนาปรังจะยาวนานขึ้น ดังนั้น ระบบปลูกข้าวในทุ่งระโนดมีแนวโน้มที่จะเสี่ยงต่อปัญหาขาดแคลนน้ำและน้ำเค็มมากยิ่งขึ้นในอนาคต คำถามที่เกิดขึ้นคือระบบเกษตรในทุ่งระโนดจะปรับตัวหรือพลิกโฉมอย่างไรเพื่อให้สามารถรับมือกับปัญหาการรุกล้ำของน้ำเค็ม ลดการพึ่งพาน้ำจืด และทำให้เกษตรกรในทุ่งระโนดมีรายได้ที่ดีขึ้น

โครงการฯ เสนอทางเลือกเพื่อการปรับตัวของระบบเกษตรในทุ่งระโนดไว้ 3 ทางเลือก ได้แก่ **ทางเลือกที่หนึ่ง** การทำไร่นาสวนผสมบนที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์และการปลูกข้าวพันธุ์ดีและพริกเขียวมันบนพื้นที่เช่า **ทางเลือกที่สอง** การปลูกข้าวมูลค่าสูงแบบอินทรีย์ในฤดูฝนและปลูกถั่วเขียวอินทรีย์ในช่วงฤดูแล้ง และ**ทางเลือกที่สาม** การแบ่งพื้นที่เพื่อเลี้ยงโคเนื้อ การปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ และการปลูกข้าวมูลค่าสูง

จากการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์พบว่าการที่เกษตรกรในทุ่งระโนดปรับเปลี่ยนมาทำไร่นาสวนผสมบนพื้นที่ซึ่งเกษตรกรมีกรรมสิทธิ์ อีกทั้งปลูกข้าวพันธุ์ดีและพริกเขียวมันบนพื้นที่นาเช่า จะส่งผลให้รายได้สุทธิเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ของอำเภอระโนดเท่ากับ 2,526,398,204 บาทต่อปี หรือประมาณ 192,672 บาทต่อครัวเรือนต่อปี สำหรับผลตอบแทนที่ได้จากการดำเนินการตามแนวทางของทางเลือกที่สองนั้น ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ารายได้สุทธิเฉลี่ยในรอบ 10 ปีของอำเภอระโนดอยู่ที่ 781,720,451 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 109,690 บาทต่อครัวเรือนต่อปี รายได้สุทธิเฉลี่ยในรอบ 10 ปีของอำเภอระโนดภายใต้ทางเลือกที่สามเท่ากับ 1,433,636,542 บาทต่อปี หรือประมาณ 203,638 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

เป็นที่น่าสังเกตว่าการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดปรับตัวต่อการรุกล้ำของน้ำเค็มที่มีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคตเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศนั้น คำถามที่พบบ่อยครั้งคือเหตุการณ์การรุกล้ำของน้ำเค็มไปยังทะเลสาบสงขลาตอนบนจะรุนแรงมากขึ้นจริงหรือไม่ ถ้าเหตุการณ์ดังกล่าวไม่เกิดขึ้น การปรับตัวยังคงเป็นกลยุทธ์ที่เหมาะสม

หรือไม่ เมื่อนำผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลประโยชน์ข้างต้นมาผนวกกับกรอบการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอนในรูปที่ 10.6 จะช่วยให้เกษตรกรซึ่งเป็นกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักรวมถึงภาคส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสามารถทำความถึงผลได้และผลเสียของการดำเนินการปรับตัวภายใต้สถานการณ์การรุกล้ำของน้ำเค็มในอนาคตที่อาจจะเกิดขึ้นหรือไม่เกิดขึ้นก็ได้ (รูปที่ 10.7)



รูปที่ 10.7 ผลการวิเคราะห์ผลได้และผลเสียของการปรับตัวภายใต้ภาวะความไม่แน่นอน
(ที่มา: โครงการศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้ชุดโครงการการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย)

เมื่อพิจารณารูปที่ 10.7 พบว่าถ้าในอนาคตปัญหาน้ำเค็มรุกล้ำทะเลสาบสงขลาตอนบนทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และเกษตรกรในทุ่งระโนดยังคงปลูกข้าวปีละ 2 ครั้ง คือข้าวนาปีในฤดูฝนและข้าวนาปรังในฤดูแล้งเช่นในปัจจุบัน ผลผลิตข้าวนาปรังจะได้รับความเสียหายจากการที่ขาดแคลนน้ำจืด ส่งผลให้เกษตรกรในอำเภอระโนดต้องเผชิญภาวะการขาดทุน ผลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่ากลยุทธ์ที่เน้นการปลูกข้าวหลายครั้งต่อปีเป็นแนวทางที่ให้ผลได้ในกรณีที่ไม่เกิดปัญหาน้ำเค็มรุนแรงในอนาคต กล่าวคือให้ผลกำไรสุทธิแก่อำเภอระโนดประมาณ 748 ล้านบาทต่อปี แต่กลยุทธ์ดังกล่าวจะส่งให้ผลเกษตรกรในทุ่งระโนดต้องแบกรับการขาดทุนโดยเฉลี่ยประมาณ 102 ล้านบาทต่อปีในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในกรณีนี้ เกษตรกรในทุ่งระโนดได้รับผลกำไรหรือรายได้สุทธิมากขึ้นถ้าเลือกที่จะปรับตัวเมื่อเทียบกับการไม่ดำเนินการใด ๆ เลย ไม่ว่าจะเกิดปัญหาน้ำเค็มรุนแรงในอนาคตหรือไม่ก็ตาม เพราะถึงแม้ว่าในอนาคตไม่เกิดปัญหาน้ำเค็ม เกษตรกรในทุ่งระโนดก็ได้ผลกำไรที่สูงกว่าการปลูกข้าวปีละ 2 ครั้งเหมือนในปัจจุบัน จึงไม่มีการสูญเสียโอกาสหรือไม่มีความสูญเปล่าในการลงทุนปรับตัว ดังนั้น จึงเห็นได้ว่าการดำเนินการปรับตัวมีความคุ้มค่าในการลงทุนเพื่อสร้างความมั่นคงให้กับภาคส่วนต่าง ๆ และสังคม กรอบแนวคิดการตัดสินใจปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งมีความไม่แน่นอนสูงนั้น เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยผลักดันให้การตัดสินใจในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรมได้มากขึ้น

10.4 สรุปและข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตมีความไม่แน่นอนสูง การเปลี่ยนแปลงอาจมีหลายด้านและหลายรูปแบบ ไม่ใช่เฉพาะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือปริมาณฝนเท่านั้น อาจหมายรวมถึงการขยับเลื่อนของฤดูกาล ความถี่และความรุนแรงของภาวะสภาพอากาศรุนแรง (extreme weather events) หรือการเปลี่ยนแปลงในแง่พื้นที่ด้วย สภาพอากาศที่อาจเปลี่ยนแปลงไปอาจส่งผลกระทบต่อความเสี่ยงที่สังคมต้องเผชิญ ดังนั้น ภาคส่วนต่าง ๆ จำเป็นจะต้องรับมือกับสถานการณ์ที่อาจเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตให้ดีมากขึ้นโดยกำหนดกลยุทธ์ในการปรับตัวเพื่อให้สามารถจัดการความเสี่ยงได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ดี ที่ผ่านมา เราอาจจะคุ้นชินกับกรอบการวางแผนกลยุทธ์ซึ่งเน้นการทำนายสถานการณ์ในอนาคตให้ชัดเจนเพื่อหาแนวทางการรับมือ (predict-then-act) แนวทางดังกล่าวเน้นการทำความเข้าใจกับความไม่แน่นอนในอนาคตให้ชัดเจนโดยใช้การแจกแจงความน่าจะเป็น (probability distribution) เพียงอันเดียวเป็นตัวแทนของสถานการณ์ในอนาคต ซึ่งเต็มไปด้วยความไม่แน่นอน ซึ่งเป็นที่น่าสังเกตว่าเป็นเรื่องยากที่การแจกแจงความน่าจะเป็นดังกล่าวจะสามารถช่วยทำให้เข้าใจการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตซึ่งมีความไม่แน่นอนสูง ด้วยเหตุนี้ การศึกษานี้จึงมีแนวคิดที่จะประยุกต์กรอบแนวคิดหรือเทคนิคการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่มีความไม่แน่นอน เช่น Robust Decision Making ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย Rand Corporation และกรอบแนวคิดการลงทุนเพื่อป้องกันภัยพิบัติทางธรรมชาติ มาใช้ประกอบการวางแผนการปรับตัว โดยหัวใจหลักของแนวคิดใหม่ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นนั้น ให้ความสำคัญกับการชี้ให้ภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทราบว่าถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตแต่ยังคงดำเนินการไปตามสถานภาพปัจจุบัน จะต้องเผชิญความสูญเสียที่เกิดจากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ แต่ถ้าตัดสินใจที่จะปรับตัว จะสามารถลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ อย่างไรก็ดี เนื่องจากการปรับตัวมีต้นทุนในการปรับเปลี่ยน อีกทั้งส่งผลให้รายได้ที่จะได้รับเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้น เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ภาคส่วนต่าง ๆ ปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคต กลยุทธ์ในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตควรทำให้ผลตอบแทนสุทธิที่ได้รับไม่น้อยกว่าการเลือกที่จะไม่ดำเนินใด ๆ ประเด็นที่ควรให้ความสำคัญคือการลดการสูญเปล่าในการลงทุนเมื่อตัดสินใจปรับตัวแล้วแต่ปรากฏว่าภูมิอากาศในอนาคตไม่มีการเปลี่ยนแปลงและความเสี่ยงไม่ได้เพิ่มขึ้น ถ้าสามารถทำให้ไม่มีการสูญเปล่าในการลงทุนเลยแต่กลับกลายเป็นได้รับผลกำไรที่เพิ่มขึ้น (Win-Win Strategy) จะช่วยทำให้มีแรงจูงใจในการปรับตัวมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2552. แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
2. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ.2556-2559. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; กรุงเทพฯ.
3. กระทรวงสาธารณสุข. 2555. แผนยุทธศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 2 พ.ศ.2555-2559. กรุงเทพฯ: สำนักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก. 137 หน้า.
4. คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ. 2551. ยุทธศาสตร์แห่งชาติว่าด้วยการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2551-2555. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. 91 หน้า.
5. วิเชียร เกิดสุข, ศุภกร ชินวรรโณ และพรวิไล ไทรโพธิ์ทอง. 2554. รายงานผลการวิจัย โครงการการประเมิน ผลกระทบ ความเสี่ยง ความล่อแหลมเปราะบาง และแนวทางการปรับตัวของระบบการเกษตรและสังคมเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการเปลี่ยนแปลงเชิงเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต: กรณีศึกษาลุ่มน้ำ ชี-มูล. เสนอต่อ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
6. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาการปรับตัวของเกษตรกรปลูกข้าวในทุ่งระโนดต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. ภายใต้ชุดโครงการการศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
7. สุจริต คูณธนกุลวงศ์, อรรถชัย จินตะเวช, นพนันท์ ตาปนานนท์, พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์, ปิยธิดา เรืองรัศมีม เปี่ยมจันทร์ ดวงมณี, ศุภกร ชินวรรโณ, โชคชัย สุทธิธรรมจิต และวิชุตา เหมเสถียร. 2558. รายงานฉบับสมบูรณ์ การจัดทำรอบการดำเนินงานด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแห่งชาติ. สนับสนุนโดยสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศของเยอรมัน.
8. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2554. แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559). กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด. 137 หน้า.
9. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2555. แผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2555-2559. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
10. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ. 2558-2593. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ
11. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2553. โครงการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยน แปลงของสภาวะภูมิอากาของโลกการผันผวนของราคาพลังงาน และวิกฤตอาหารของโลก. เสนอต่อ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ
12. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และศูนย์เครือข่ายงานวิเคราะห์ วิจัยและฝึกอบรมการเปลี่ยนแปลงของโลกแห่งภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2554. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาด้านผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศในอนาคตและการปรับตัวของภาคส่วนที่สำคัญ. เสนอต่อ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
13. Chinvanno S. and Kerdsuk V. 2013. Mainstreaming Climate Change into Community Development Strategies and Plans: A Case Study in Thailand. Adaptation Knowledge Platform, Partner Report Series No.5. Stockholm Environment Institute, Bangkok. [Online]. Available at: www.asiapacificadapt.net or weADAPT.org
14. Etner J., Jeleva M., Tallon J.M. 2012. Decision Theory under Ambiguity. Journal of Economic Surveys, vol.26 (2), pp.234-270.
15. FM Global. 2010. Flirting with Natural Disasters: Why Companies Risk It All. Available online at http://www.fmglobal.com/assets/pdf/P10168.pdf
16. Heal G. and Milner A. 2013. Uncertainty and Decisions in Climate Change Economics. NBER Working Paper Series, No.18929.
17. Least Development Countries (LDC) Expert Group. 2012. The National Adaptation Plan Process: A brief overview. Bonn: UNFCCC secretariat. Bonn, Germany.
18. Rand. 2013. Making Good Decisions without Predictions. Robust Decision Making for Planning Under Deep Uncertainty. Research Highlights. Available online at http://www.rand.org/content /dam/rand/pubs/research_briefs/RB9700/RB9701/RAND_RB9701.pdf
19. Southeast Asia START Regional Center and WWF. 2008. Climate change impacts in Krabi province, Thailand.[Online].Availablefrom:http://assets.panda.org /downloads/thailand_full_final_report.pdf.
20. UNDP-UNEP. 2011. Mainstreaming Climate Change Adaptation into Development Planning: A Guide for Practitioners. UNDP-UNEP Poverty-Environment Facility, Nairobi, Kenya. [Online]. Available online at www.unpei.org.

บทที่ 11

บทส่งท้าย

บทส่งท้าย

การทบทวนการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทยในระยะที่ผ่านมาและการสังเคราะห์องค์ความรู้ด้านการปรับตัวนี้ทำให้เห็นว่ายังคงมีช่องว่างทางองค์ความรู้และความท้าทายในการสร้างองค์ความรู้ที่เหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรมในสังคมไทย ซึ่งอาจตั้งเป็นข้อสังเกตเพื่อให้เป็นแนวทางในการพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการปรับตัวนี้ในระยะต่อไป โดยอาจกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้ คือ

- ช่องว่างในเชิงขอบเขตการศึกษาที่ยังไม่ครอบคลุมภาคส่วนต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน และไม่ครอบคลุมพื้นที่ที่หลากหลายซึ่งมีบริบทในการปรับตัวที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะที่ผ่านมานั้นยังจัดได้ว่ามีจำนวนน้อยและขาดความต่อเนื่อง ซึ่งการดำเนินการสร้างองค์ความรู้ในระยะต่อไปควรจะต้องสร้างฐานนักวิจัยขึ้น โดยเฉพาะนักวิจัยรุ่นใหม่ ซึ่งควรจะต้องมีจำนวนมากเพียงพอต่อการสร้างองค์ความรู้ที่หลากหลาย และจะต้องครอบคลุมนักวิชาการจากหลากหลายสาขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักวิจัยจากสาขาสังคมศาสตร์ ซึ่งจะช่วยนำประเด็นด้านพลวัตของระบบเศรษฐกิจและสังคมมาประกอบการศึกษาเพื่อชี้ให้เห็นถึงประเด็นทางด้านความเปราะบางเชิงสังคม (Social vulnerability) ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนการปรับตัวที่มีความสอดคล้องกับสภาพสังคมและระบบเศรษฐกิจในอนาคตได้อย่างเหมาะสม
  นอกจากนั้น การศึกษาด้านการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศก็ยังต้องการความรู้และความเข้าใจทางด้านพฤติกรรมสังคม อีกทั้งการสื่อสารความเสี่ยงที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการปรับมุมมองต่ออนาคตและปรับกระบวนทัศน์ในการวางแผนในทุกระดับ ตลอดจนการศึกษาด้านการวิเคราะห์นโยบาย โครงสร้างองค์กร กระบวนการวางแผน ระเบียบและข้อกฎหมายที่จะเอื้อให้สามารถวางแผนการปรับตัวที่เหมาะสม โดยอาจเป็นการกำหนดยุทธศาสตร์รายภาคส่วนหรือพื้นที่และควบรวมเข้ากับนโยบายแผนงานของหน่วยงานต่างๆ หรือชุมชน และเกิดกลไกที่สามารถผลักดันขับเคลื่อนได้
- ช่องว่างในเชิงกรอบแนวคิดและเนื้อหาในการศึกษาเรื่องการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศซึ่งยังไม่ก้าวหน้าไปตามพัฒนาการของแนวคิดด้านการปรับตัวตามทิศทางของแวดวงวิชาการนานาชาติเท่าที่ควร กล่าวคือ งานศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยส่วนใหญ่แล้วยังใช้กรอบแนวคิดที่เน้นศึกษาผลกระทบทางกายภาพและจับประเด็นการปรับตัวโดยมุ่งเป้าที่การลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตอันเป็นการพยายามรักษาสถานภาพปัจจุบันไว้ต่อไปในอนาคตภายใต้สภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยการศึกษามักจะขาดการคำนึงถึงสภาพเศรษฐกิจสังคมที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการพัฒนาและแรงขับอื่นๆ ในระบบเศรษฐกิจและสังคม อันจะทำให้ความเสี่ยงของภาคส่วนและ/หรือสังคมเปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลสืบเนื่องถึงบริบทในการปรับตัวต่อสถานการณ์ในอนาคต ทำให้แนวทางการปรับตัวที่ศึกษาขึ้นนั้นขาดความสอดคล้องกับธรรมชาติของสภาพเศรษฐกิจและสังคม นอกจากนั้น การศึกษาด้านการประเมินความเสี่ยงและภาวะเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ขาดกรอบและแนวทางการกำหนดบริบทของความเปราะบางที่เหมาะสมในการศึกษานั้นๆ ก็มักส่งผลให้ผลการศึกษาขาดความชัดเจนหรือมีกล่าวถึงความเปราะบางต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในลักษณะที่เป็นนามธรรม และไม่นำไปสู่การวางแผนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีเป้าหมายเพื่อลดความเปราะบางต่อผลสืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตได้อย่างเหมาะสม ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจจะต้อง

ขยายกรอบการมองแนวทางการปรับตัวนี้ให้ครอบคลุมแนวทางที่หลากหลาย โดยเฉพาะการพิจารณาถึงการปรับทิศทางนโยบายหรือยุทธศาสตร์ที่จะมีผลสืบเนื่องระยะยาว และการพิจารณาถึงการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจและสังคม (socioeconomic transformation) ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว

การศึกษาถึงการปรับตัวต่อผลกระทบและความเสี่ยงของภาคส่วนและพื้นที่ภายใต้ภาวะที่สภาพภูมิอากาศมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตนี้มีประเด็นเรื่องความไม่แน่นอนของอนาคต (uncertainty) เป็นธรรมชาติของการศึกษา แต่แนวทางการศึกษาที่ยึดผลการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อภาคส่วนต่างๆ มักให้ความสำคัญกับความแม่นยำต่อการคาดการณ์อนาคตเพื่อกำหนดแนวทางในการตอบสนองสถานการณ์นั้นๆ (predict and act approach) มากกว่าที่จะหากรอบหรือแนวทางในการวิเคราะห์การตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอนของอนาคต อย่างไรก็ดี แม้ว่าจะมีการพยายามพัฒนาภาพฉายอนาคตหลายแนวทางขึ้นมาเพื่อใช้ในการศึกษา แต่ก็ไม่ทำให้ความไม่แน่นอนของอนาคตลดลงได้ ดังนั้น แนวคิดใหม่ๆ จากศาสตร์ทางด้านการตัดสินใจ เช่น Robust Decision Making ควรได้รับการทบทวนและศึกษาเพื่อนำมาพัฒนาประยุกต์ใช้กับการศึกษาด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะต่อไป

การศึกษาการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระยะที่ผ่านมามักเน้นที่การศึกษารายภาคส่วน หรือศึกษาพื้นที่ขนาดเล็กที่สังคมไม่มีความแตกต่าง (homogeneous) แต่การวางแผนการปรับตัวนั้นอาจต้องพิจารณาในขนาดและขอบเขตที่หลากหลาย โดยเฉพาะการศึกษาการปรับตัวในพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งมีระบบสังคมและระบบเศรษฐกิจที่แตกต่างกันหลากหลายแต่มีความเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกัน โดยการตอบสนองต่อความเสี่ยงจากสภาพอากาศแปรปรวนและการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตระยะยาวของภาคส่วนใดภาคส่วนหนึ่งหรือกลุ่มสังคมย่อยในพื้นที่ อาจมีผลสืบเนื่องข้ามภาคส่วนหรือข้ามพื้นที่ทำให้ต้องกำหนดบริบทการวางแผนการปรับตัวในลักษณะที่ต่างออกไปโดยพิจารณาเป็นการปรับตัวของระบบเศรษฐกิจสังคมแบบองค์รวม (holistic plan) ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญและยังเป็นช่องว่างของการศึกษาในระยะที่ผ่านมา

- ช่องว่างในการนำองค์ความรู้เท่าที่มีไปใช้ประโยชน์ ตลอดจนการสร้างความเข้าใจที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการนำองค์ความรู้เท่าที่มีไปพัฒนาเป็นนโยบายและแผนงานที่เป็นรูปธรรม ในแง่นี้ ผลการศึกษาที่เกิดขึ้นอาจจะไม่ได้นำไปสู่ความเข้าใจที่เหมาะสมต่อภาคนโยบายและภาคประชาสังคม เนื่องจากความซับซ้อนของการศึกษา หรือความไม่ชัดเจนของการจับประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความล่อแหลมเปราะบาง และการรับมือกับอนาคตซึ่งมีความไม่แน่นอน การเติมเต็มช่องว่างนี้จะต้องดำเนินการโดยมีการถอดบทเรียนจากการศึกษาที่เหมาะสมสำหรับการสื่อสารต่อสาธารณะ ทั้งนี้กระบวนการศึกษาจะต้องตั้งอยู่บนกรอบที่ชัดเจน เพื่อให้ผลการศึกษาเกิดความชัดเจน

  ในอีกแง่หนึ่ง ภาคนโยบายและภาคประชาสังคมก็ต้องได้รับการชี้นำที่เหมาะสมถึงบริบทที่เปลี่ยนไปในการวางแผนต่ออนาคต โดยต้องปรับแนวคิดและกรอบการวางแผนให้เหมาะกับบริบทของอนาคตระยะไกลซึ่งเป็นกรอบเวลาที่ยาวนานกว่ากรอบการวางแผนที่คุ้นเคยกันในปัจจุบัน เพื่อให้สามารถนำองค์ความรู้ด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไปประยุกต์ใช้กับแผนงานของหน่วยงาน หรือขับเคลื่อนการดำเนินการในระดับพื้นที่ต่อไป

ความท้าทายในการสร้างองค์ความรู้ที่เหมาะสมเพื่อก่อให้เกิดการขับเคลื่อนการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้เกิดขึ้นเป็นรูปธรรมในสังคมไทยนั้น เป็นเรื่องของการสร้างนักวิจัยใหม่จำนวนมากทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์กายภาพและสังคมศาสตร์ และดำเนินการศึกษาร่วมกันในเชิงที่เป็น multi-disciplinary มากขึ้น และก้าวไปสู่การศึกษาในเชิง trans-disciplinary ให้ได้ ทั้งนี้โดยการมองภาพเป้าหมายสำคัญในการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยเป็นการปรับตัวเพื่อให้สังคมก้าวไปสู่การเป็นสังคมที่มั่นคงและทนทานต่อความเสี่ยงจากภูมิอากาศ (Climate Resilience Society) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอาจจะเปลี่ยนรูปแบบไปในอนาคต และส่งผลให้สังคมและ/หรือ ภาคส่วนต่างๆ ตกอยู่ในความเสี่ยงในระดับหรือรูปแบบที่แตกต่างไปจากเดิม นอกจากนั้น นักวิจัยและภาคนโยบาย ตลอดจนภาคประชาสังคมจะต้องร่วมมือหรือมีรูปแบบการสื่อสารระหว่างกันที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ระหว่างกัน เพื่อที่จะนำไปสู่การปรับกระบวนทัศน์ (paradigm shift) ในการวางแผนต่างๆ ให้เอื้อต่อการควบรวมการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และเกิดการดำเนินการอย่างเป็นรูปธรรมขึ้นในอนาคต

การพิจารณารับมือภัยพิบัติหรือสภาพอากาศแปรปรวนปีต่อปี หรือแม้แต่มองไปอนาคตข้างหน้าเพียง 3 - 5 ปี คงจะไม่เพียงพอที่จะตอบโจทย์ที่ท้าทายของการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การคิดถึงการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต้องมองไปในอนาคตที่ไกลขึ้น โดยต้องคิดถึงการปรับตัวในเชิงยุทธศาสตร์ระยะยาวให้มากขึ้น สังคมไทยต้องก้าวไปข้างหน้าด้วยความรู้ความเข้าใจที่ถ่องแท้ (insight) ถึงความเสี่ยงต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้จะต้องมีกลไกในการสื่อสารให้สังคมเกิดความเข้าใจที่เหมาะสม และเกิดความตระหนักถึงประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในบริบทของตนเอง และการวางแผนนโยบายต่างๆ ในทุกระดับต้องมีการปรับกระบวนทัศน์ให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดการดำเนินการด้านการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขึ้นอย่างจริงจัง

ส่วนที่ 3

องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก

Mitigation of Climate Change

คณะทำงานกลุ่มที่ 3

ผศ.ดร.ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.อรทัย ชวลาภาฤทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ดร.อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

บทที่ 12 สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย 394

บทที่ 13 แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย 412

บทที่ 14 ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย 456

บทที่ 15 มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก 498

บทที่ 12

สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

รศ.ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีอ้างอิง

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์, 2559: สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. คณะทำงานกลุ่มที่ 3 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

12.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก 396
12.2 ประเทศไทยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก 398
12.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย 401
12.4 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในอนาคต 408

เอกสารอ้างอิง

สถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

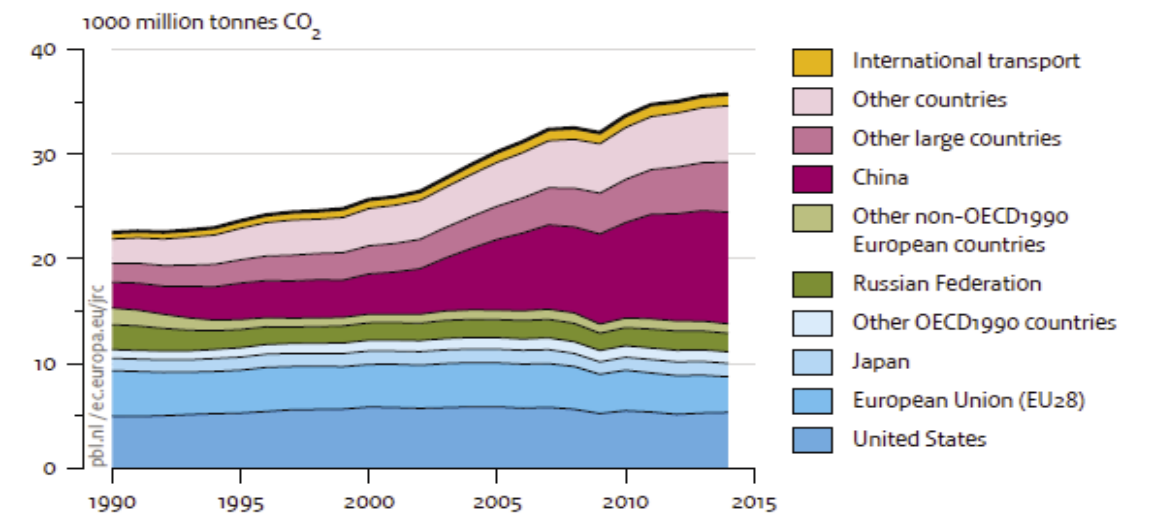
การจัดทำสถานภาพและแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยฉบับนี้ อ้างอิงข้อมูลหลักจากเอกสารการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกระดับประเทศที่เป็นทางการ ประกอบด้วย รายงานแห่งชาติครั้งที่ 2 (Second National Communication – SNC) พ.ศ. 2553 (ค.ศ. 2010) และรายงานความก้าวหน้ารายสองปี (Biennial Update Report – BUR) พ.ศ.2559 (ค.ศ.2016) ซึ่งเป็นการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกและการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้จัดทำขึ้นเพื่อเสนอต่อที่ประชุมกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) ร่วมกับข้อมูลต่างๆ ที่รวบรวมได้ทั้งจากแหล่งข้อมูลในประเทศและต่างประเทศ อาทิเช่น องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) และสถาบันทรัพยากรโลก (World Resource Institute – WRI)

12.1 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

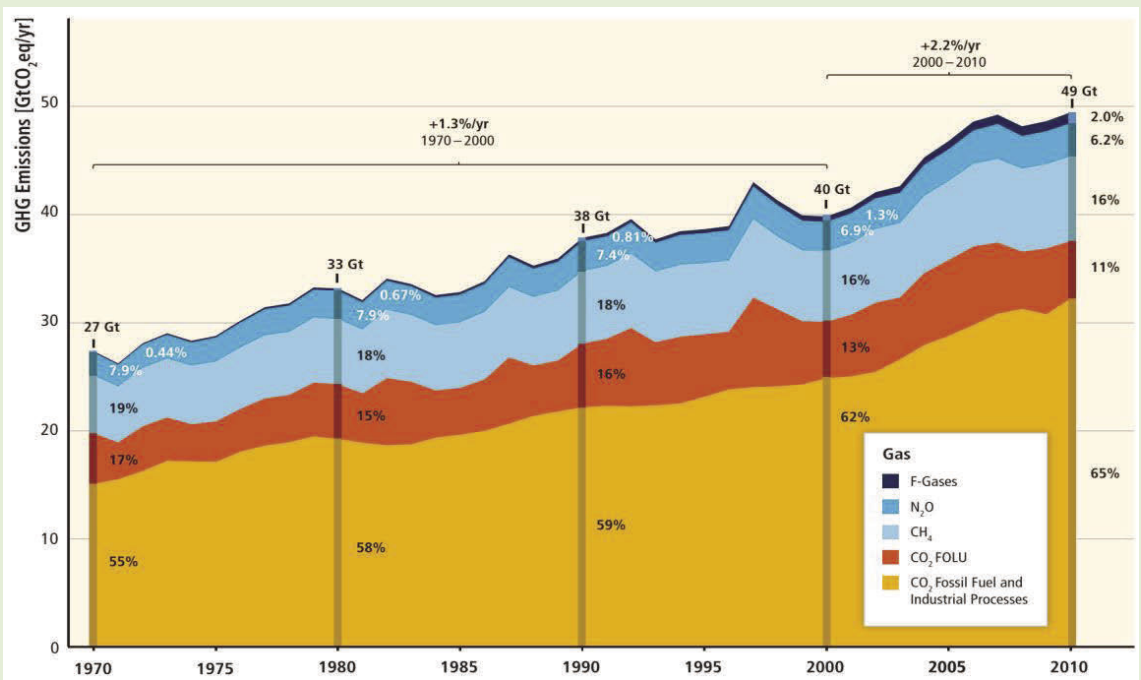
การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเพิ่มประชากรของโลกเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกข้อมูลล่าสุดเมื่อปี ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) ของ PBL Netherlands Environmental Assessment Agency ซึ่งศึกษาแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของโลก โดยประเมินจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมซีเมนต์ ที่ถือเป็นแหล่งกำเนิดก๊าซเรือนกระจกหลักที่สำคัญ พบว่า ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมซีเมนต์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4 ต่อปี แต่อัตราการปล่อยมีแนวโน้มลดลงเป็นร้อยละ 1 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ.2555 – 2556 (ค.ศ.2012 – 2013) และร้อยละ 0.5 ต่อปี ในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ดังรูปที่ 12.1

ในขณะที่ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโลกที่รายงานโดย IPCC เมื่อปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557) ระบุว่า ในปี ค.ศ. 1970 (พ.ศ.2513) ทั่วโลกมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ในหน่วยก๊าซคาร์บอนไดออกไดเทียบเท่า หรือ CO_2e) ประมาณ 27 พันล้านตัน และเพิ่มขึ้นเป็น 49 พันล้านตัน ในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2513) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 ต่อปี ในช่วงปี ค.ศ.1970 – 2000 (พ.ศ.2513 - 2543) และเพิ่มเป็นร้อยละ 2.2 ต่อปี ในช่วงปี ค.ศ.2000 – 2010 (พ.ศ.2543 - 2553) ดังรูปที่ 12.2

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2513) ก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดมีสัดส่วนจาก (1) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและกระบวนการภาคอุตสาหกรรม ร้อยละ 65 (2) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) จากภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ร้อยละ 11 (3) ก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละ 16 (4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ร้อยละ 6 และ (5) กลุ่มก๊าซฟลูโอริเนต (F-Gases) ร้อยละ 2

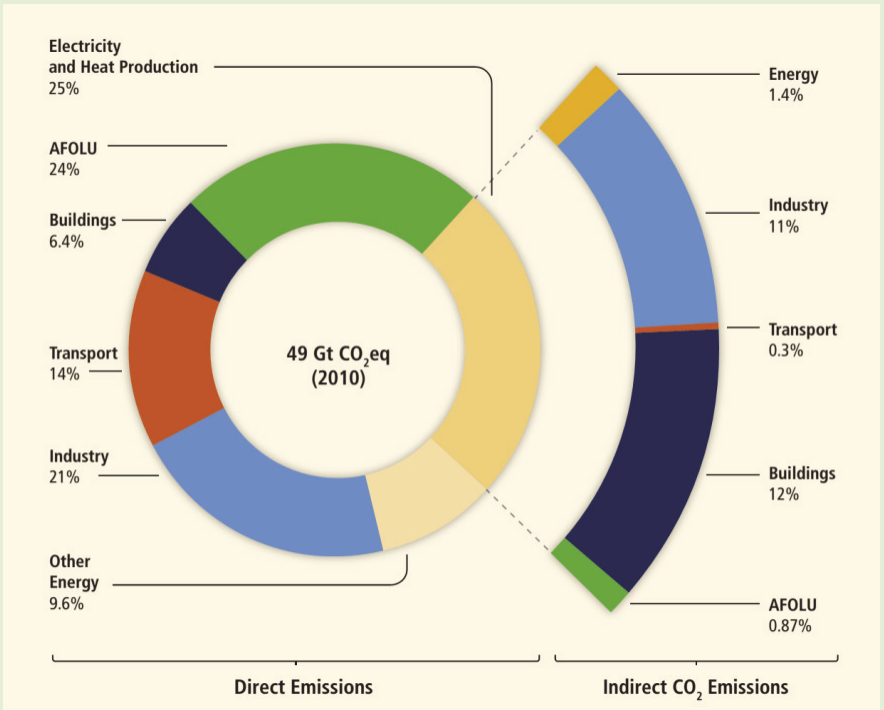


รูปที่ 12.1 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ทั่วโลกจากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมซีเมนต์ (ที่มา: Jos et al., 2015)



รูปที่ 12.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกจำแนกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก (ที่มา: IPCC, 2014)

โดยเมื่อพิจารณาสัดส่วนชนิดของก๊าซที่เป็นสาเหตุการเกิดภาวะโลกร้อนเทียบกันระหว่างปี ค.ศ.1970 (พ.ศ.2513) และ ปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) พบว่า สาเหตุหลักการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกมาจากการปล่อย CO_2 จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลและจากกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 78 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นในช่วงปี ค.ศ.1970 – 2010 (พ.ศ.2513 - 2553) ในขณะที่ก๊าซ CO_2 จากภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก๊าซ CH_4 และก๊าซ N_2O มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง



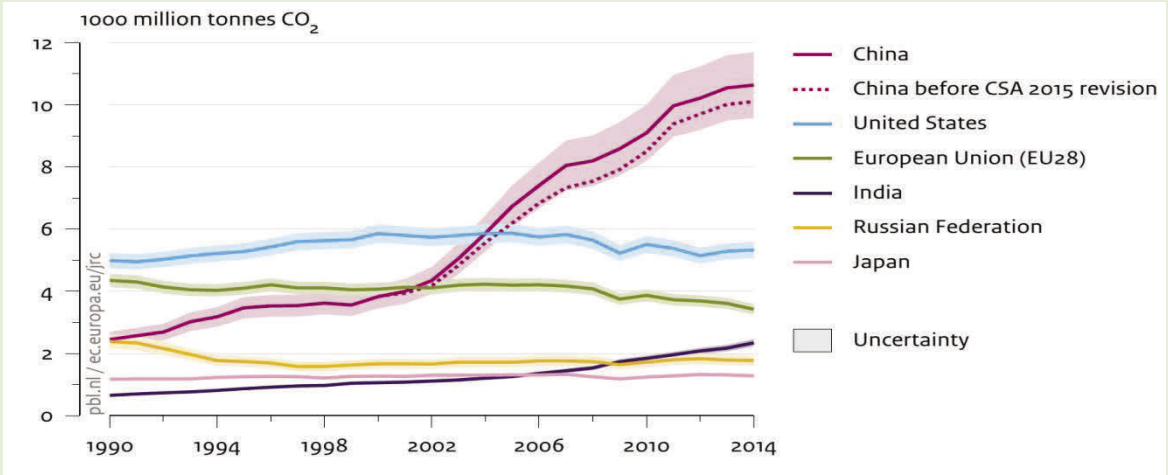
รูปที่ 12.3
ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลกจำแนกตามภาคส่วนต่างๆ

ที่มา
(IPCC, 2014)

แม้ว่าจะมีนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั่วโลกเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังคงสูงขึ้น พบว่า ในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำแนกตามแหล่งที่มาจากภาคส่วนต่างๆ มีค่าเฉลี่ยในช่วง 10 ปี ดังแสดงในรูปที่ 12.3 คือ ภาคพลังงานร้อยละ 34.6 ภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 21 ภาคการขนส่งร้อยละ 14 ภาคอาคาร/สำนักงานร้อยละ 6.4 และภาคเกษตร ป่าไม้และการใช้ที่ดิน ร้อยละ 24 ซึ่งพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากภาคอาคารสำนักงานและภาคอุตสาหกรรมมีแนวโน้มสูงขึ้นมาก

12.2 ประเทศไทยและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของโลก

จากข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการผลิตปูนซิเมนต์ในช่วงปี ค.ศ.1990 – 2014 (พ.ศ.2533 – 2557) ของแต่ละประเทศ โดย PBL Netherlands Environmental Assessment Agency ระบุว่า 6 ประเทศ/ภูมิภาค ที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด ประกอบด้วย ประเทศจีน สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป อินเดีย รัสเซีย และญี่ปุ่น ในสัดส่วนร้อยละ 30, 15, 9.6, 6.6, 5.0 และ 3.6 ตามลำดับ ในภาพรวมประเทศจีนและสหรัฐอเมริกามีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นประมาณร้อยละ 0.9 ต่อปี ในขณะที่การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มสหภาพยุโรป มีแนวโน้มลดลง ดังรูปที่ 12.4



รูปที่ 12.4 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและการผลิตปูนซิเมนต์ของ 6 ประเทศ (ที่มา: Jos et al., 2015)

การเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแต่ละประเทศอ้างอิงจากรายงานของ PBL Netherlands Environmental Assessment Agency พบว่า ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนยังคงครองสถิติประเทศที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมซีเมนต์รวม 10,590 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557) ซึ่งเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นจากปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) สูงถึงร้อยละ 333 แต่หากพิจารณาจำนวนประชากรร่วมด้วย พบว่า ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนซึ่งมีจำนวนประชากรกว่าร้อยละ 20 ของจำนวนประชากรทั่วโลก มีค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อประชากรอยู่ที่ 7.6 ตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคน (tCO_2e/capita) ในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2533) ซึ่งคิดเป็นอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.5 จากปีค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ในขณะที่ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557) เป็นอันดับที่ 2 ของโลก กลับมีค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อประชากร (16.5 tCO_2e/capita) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน แม้ว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกต่อประชากรนั้นจะมีอัตราที่ลดลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ก็ตาม ดังตารางที่ 12.1

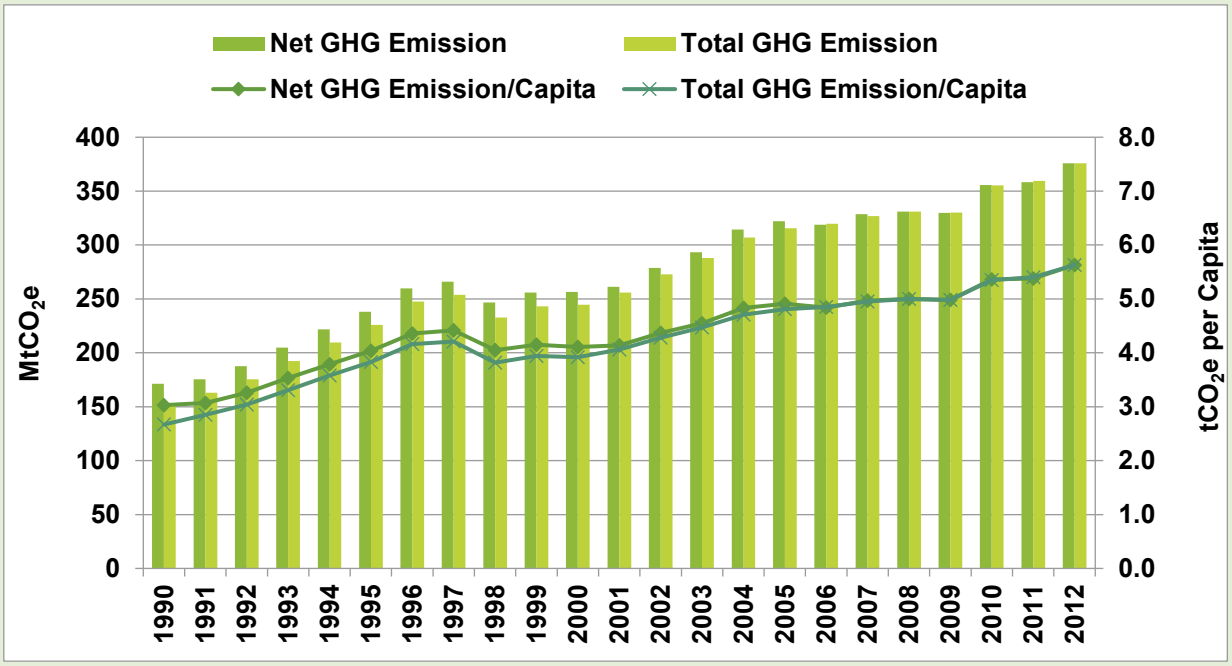
ตารางที่ 12.1 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ของประเทศต่างๆ ในปี ค.ศ.1990 – 2014 (พ.ศ.2533 – 2557) (ที่มา: Jos et al., 2015)

Country	Emissions 2014	CO_2/cap in 1990	CO_2/cap in 2000	CO_2/cap in 2010	CO_2/cap in 2013	CO_2/cap in 2014	Change '90-'14	Change '90-'14 in %	Change in CO_2 1990-2014 in %	Change in population 1990-2014 in %
United States *	5,330	19.6	20.6	17.6	16.5	16.5	-3.1	-16%	7%	27%
EU-28	3,420	9.2	8.4	7.7	7.1	6.7	-2.5	-27%	-21%	8%
- Germany	770	12.5	10.3	9.7	9.8	9.3	-3.2	-26%	-24%	3%
- United Kingdom	420	10.1	9.3	7.9	7.2	6.5	-3.6	-35%	-28%	11%
- Italy	340	7.5	8.0	7.0	6.0	5.5	-1.9	-26%	-20%	7%
- France	320	6.7	6.7	6.0	5.5	5.0	-1.7	-25%	-15%	14%
- Poland	300	9.4	8.1	8.4	8.1	7.8	-1.6	-17%	-17%	0%
- Spain	240	5.8	7.6	6.1	5.2	5.1	-0.7	-12%	7%	21%
- Netherlands	160	10.7	10.8	10.9	10.0	9.4	-1.3	-12%	0%	13%
Russian Federation	1,770	16.1	11.3	12.0	12.5	12.4	-3.7	-23%	-26%	-4%
Japan	1,280	9.6	10.1	9.8	10.3	10.1	0.5	5%	9%	4%
Canada	570	16.2	17.9	16.0	16.1	15.9	-0.3	-2%	26%	28%
Australia	410	16.1	18.5	18.7	17.9	17.3	1.2	7%	48%	38%
Ukraine	250	15.1	7.2	6.6	6.6	5.5	-9.6	-63%	-68%	-13%
Other countries:										
China	10,590	2.1	2.9	6.6	7.5	7.6	5.5	262%	333%	20%
India	2,340	0.8	1.0	1.5	1.7	1.8	1.1	146%	259%	46%
Iran	620	3.6	5.3	7.7	7.8	7.9	4.3	117%	203%	39%
South Korea	610	6.2	10.4	12.3	12.4	12.3	6.1	98%	128%	15%
Brazil	500	1.5	1.9	2.2	2.4	2.5	1.0	71%	131%	35%
Saudi Arabia	490	10.4	12.9	15.5	16.0	16.8	6.5	62%	194%	81%
Mexico	460	3.4	3.6	3.8	3.8	3.7	0.3	10%	58%	44%
Indonesia	450	0.9	1.4	1.7	1.8	1.8	0.9	101%	184%	42%
South Africa	390	7.3	6.8	7.9	7.3	7.4	0.1	1%	46%	44%
Taiwan	280	6.2	10.5	11.8	11.8	11.8	5.7	91%	121%	16%
Thailand	270	1.6	2.7	3.7	3.9	4.0	2.4	147%	193%	19%

เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาพรวม จะเห็นได้ว่า ประเทศที่พัฒนาแล้วหรือประเทศในกลุ่ม Annex I ของ UNFCCC จำนวนมากมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาหรือประเทศในกลุ่มกลุ่ม Non – Annex I ของ UNFCCC จะมีแนวโน้มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

สำหรับประเทศไทย ข้อมูลจากรายงาน TREND IN GLOBAL CO_2 EMISSIONS ซึ่งประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลกจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมการผลิตปูนซิเมนต์ ระบุว่า ในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557) ประเทศไทยมีอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นร้อยละ 193 เมื่อเทียบจากข้อมูลปี ค.ศ. 1990 (พ.ศ.2533) โดยคิดเป็นอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อประชากรอยู่ที่ 4.0 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ซึ่งเป็นแนวโน้มที่สูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 6.0 ต่อปี (Jos et al., 2015)

ในขณะที่ ข้อมูลจากสถาบันทรัพยากรโลกซึ่งประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ตามบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ครอบคลุมชนิดของก๊าซเรือนกระจกทั้ง 6 ตามที่ระบุพิธีสารเกียวโต โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่รวบรวมได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ระบุว่า ในปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจัดอยู่ในอันดับที่ 26 ของโลก (375.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า) ซึ่งเป็นอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 119 เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิในปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) และเมื่อคำนวณเทียบกับจำนวนประชากรของประเทศ พบว่า ในปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนสุทธิต่อหน่วยประชากรอยู่ที่ระดับ 5.63 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อคน ซึ่งเป็นอัตราที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 85.8 เมื่อเทียบกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกสุทธิต่อหน่วยประชากรในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ดังรูปที่ 12.5



รูปที่ 12.5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2533 – 2555 (ค.ศ.1990 – 2012)
(ที่มา: WRI, 2015)

แม้ว่าประเทศไทยจะจัดอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา Non – Annex I ซึ่งไม่มีพันธกรณีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามพิธีสารเกียวโต แต่สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) เป็นเรื่องของทุกคน ความแปรปรวนของภูมิอากาศ ฤดูกาล และปริมาณน้ำฝน ได้ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยไม่ต่างจากประเทศอื่น ๆ ในโลก ดังนั้น ประเทศไทยก็มีความจำเป็นต้องมีมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมกับประเทศเพื่อช่วยในการจัดการแก้ไขปัญหาวิกฤตโลกครั้งนี้

12.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ตามอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nation Framework Convention on Climate Change-UNFCCC) ประเทศไทยถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มนอกภาคผนวกที่ 1 (Non-Annex I) ซึ่งไม่มีพันธกรณีในการลดก๊าซเรือนกระจก เพราะสัดส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกยังต่ำกว่ากลุ่มประเทศ Annex I ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกปริมาณมากจากการพัฒนาเศรษฐกิจอย่างเข้มข้นในยุคอุตสาหกรรม และมีส่วนสำคัญที่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ต้องมีการจัดทำรายงานแห่งชาติ (National Communication) และรายงานความก้าวหน้ารายสองปี (Biennial Update Reports) ซึ่งที่ผ่านมา ประเทศไทยได้มีการจัดทำรายงานเสนอต่อ UNFCCC รวมทั้งสิ้น 3 ฉบับ คือ รายงานแห่งชาติครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ.2000) รายงานแห่งชาติครั้งที่สอง เมื่อปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) และรายงานความก้าวหน้ารายสองปีครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015)

12.3.1 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

การศึกษาปริมาณก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากอดีตถึงปัจจุบันมีหลายหน่วยงานที่ให้ความสนใจ และคำนวณบนพื้นฐานที่แตกต่างกัน เช่น ชนิดของก๊าซเรือนกระจก ปีฐาน สาขาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีการจัดทำรายงานหลายชุดข้อมูลทั้งผลการศึกษาจากในประเทศและต่างประเทศ ดังรูปที่ 12.6 และตารางที่ 12.2

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2537) ได้จัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติครั้งแรก ภายใต้โครงการ Thailand's country study on climate change ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกาและสำนักงานแผนและนโยบายด้านสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ในขณะนั้น โดยการคำนวณจะใช้วิธีตาม 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ชนิด คือ CO_2, CH_4 และ N_2O ในรูปของ CO_2 เทียบเท่า และใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) ครอบคลุม 5 สาขาสำคัญ คือ สาขาพลังงาน สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ สาขาการเกษตร สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ และสาขาของเสีย พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้สำหรับปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) เท่ากับ 226.8 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดเกิดจาก 2 สาขาที่สำคัญ คือ สาขาพลังงานและสาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ ในสัดส่วนสาขาละร้อยละ 35 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

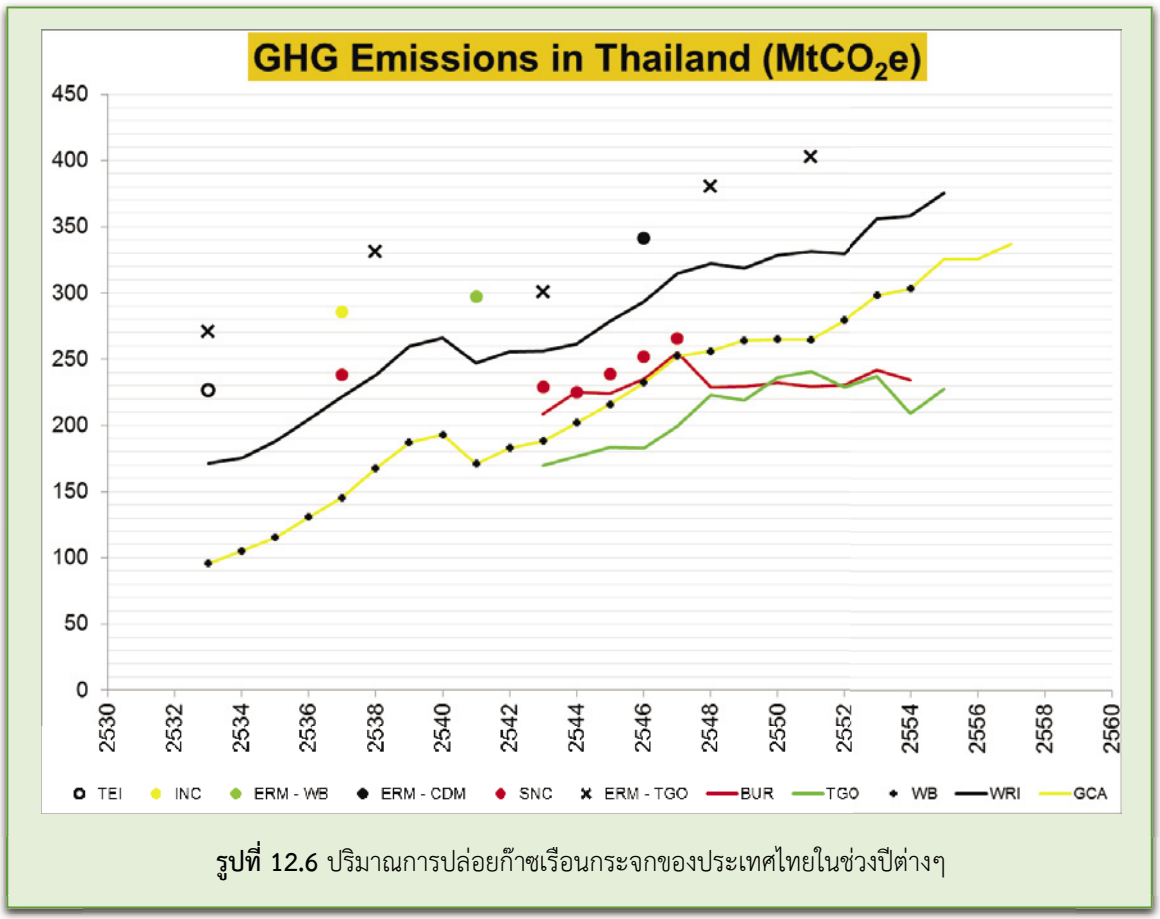
ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2543) ได้จัดทำรายงานแห่งชาติครั้งแรก (Initial National Communication – INC) เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพันธกิจหนึ่งภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) โดยการคำนวณจะใช้วิธีตาม 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดในรูปของ CO_2 เทียบเท่าจากก๊าซ 3 ชนิด คือ CO_2, CH_4 และ N_2O และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2537 (ค.ศ.1994) ครอบคลุม 5 สาขาสำคัญ คือ สาขาพลังงาน สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ สาขาการเกษตร สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ และสาขาของเสีย พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้สำหรับปี พ.ศ.2537 (ค.ศ.1994) เท่ากับ 285.8 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ สาขาพลังงาน ในสัดส่วนร้อยละ 45 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

บริษัท อี อาร์ เอ็ม จำกัด (2553) ได้จัดทำโครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ เสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยการคำนวณจะใช้วิธีตาม 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 6 ชนิดตามพิธีสารเกียวโต คือ CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs และ SF6, ในรูปของ CO_2 เทียบเท่า และใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990), พ.ศ. 2538 (ค.ศ.1995), พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000), พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) และ พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) ครอบคลุมกิจกรรมที่สำคัญ 4 สาขา ได้แก่ สาขาพลังงาน สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ สาขาการเกษตร ป่าไม้ และพื้นที่ใช้ประโยชน์อื่นๆ และสาขาของเสีย พบว่า ระหว่างช่วงปี พ.ศ.2533 – 2551 (ค.ศ.1990 – 2008) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวมเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.67 หรือคิดเป็นอัตราเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2.23 ต่อปี โดยสาขาพลังงาน และสาขาการเกษตร ป่าไม้และพื้นที่ใช้ประโยชน์ประเภทอื่นๆ มีสัดส่วนของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงเป็นสองอันดับแรกในทุกปีข้อมูลศึกษา

ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553) ได้จัดทำรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (Second National Communication – SNC) เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพันธกิจหนึ่งภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) การคำนวณจะใช้วิธีตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories และ the 2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management on National Inventories โดยใช้ค่า default emission factor ตาม IPCC เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซทั้งหมดในรูป ของ CO_2 เทียบเท่าจากก๊าซ 3 ชนิด คือ CO_2, CH_4 และ N_2O และใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) ครอบคลุม 5 สาขาสำคัญ คือ สาขาพลังงาน สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ สาขาการเกษตร สาขาป่าไม้ และสาขาของเสีย พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้สำหรับปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) เท่ากับ 229.1 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และเพิ่มเป็น 265.9 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ.2547 (ค.ศ.2004) โดยกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ สาขาพลังงาน ในสัดส่วนร้อยละ 70 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2558) ได้จัดทำรายงานความก้าวหน้ารายสองปีครั้งแรก (Biennial Update Report – BUR) เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นพันธกิจหนึ่งภายใต้อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (UNFCCC) การคำนวณจะใช้วิธีตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, the 2000 IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National GHG Inventories

และ Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change, and Forestry เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3 ชนิด คือ CO_2, CH_4 และ N_2O ในรูปของ CO_2 เทียบเท่า และใช้ข้อมูลปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) ครอบคลุม 5 สาขาสำคัญ คือ สาขาพลังงาน สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ สาขาการเกษตร สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ และสาขาของเสีย พบว่า ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ประเมินได้สำหรับปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) เท่ากับ 234.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยกิจกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ สาขาพลังงาน ในสัดส่วนร้อยละ 73 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด



รูปที่ 12.6 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปีต่างๆ

หมายเหตุแหล่งอ้างอิงข้อมูล;

TEI; รายงานโครงการ Thailand's country study on climate change โดยสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (2537)

INC; รายงานแห่งชาติ ฉบับแรก (Initial National Communication) โดยศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2543)

ERM – WB; รายงานโครงการ National Strategy on CDM for the Kingdom of Thailand (World Bank) โดยบริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด (2544)

ERM – CDM; รายงานโครงการศึกษากำหนดกรอบและหลักเกณฑ์การดำเนินงานด้านกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM) สำหรับภาคพลังงานของประเทศ (กระทรวงพลังงาน) โดยบริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด (2548)

SNC; รายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 2 (Second National Communication) โดยศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2553)

ERM – TGO; รายงานโครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ โดยบริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด (2553)

BUR; รายงานความก้าวหน้ารายสองปี (Biennial Update Report) โดยสถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (2558)

TGO; รายงานข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ระหว่างปี พ.ศ.2543 – 2555 โดยศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2558)

WB; CO_2 emissions (kt) data catalog by country โดย The World Bank Group (2016)

WRI; CAIT Climate Data Explorer โดย World Resources Institute (2015)

GCA; Emissions by country โดย Global Carbon Atlas (2015)

ตารางที่ 12.2 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปีต่างๆ

หน่วย: ล้านตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$)											
ปี พ.ศ.	TEI	INC	ERM - WB	ERM - CDM	ERM - TGO	SNC	BUR	TGO	WRI	WB	GCA
2533	226.83				270.83				171.41	95.83	95.76
2534									175.41	105.24	105.15
2535									187.75	115.19	115.09
2536									204.73	130.74	130.63
2537		285.84				238.28			221.81	145.47	145.35
2538					330.97				238.10	167.59	167.45
2539									259.83	186.97	186.81
2540									265.85	193.10	192.94
2541			297.48						246.83	171.07	170.93
2542									255.78	182.81	182.66
2543					300.83	229.09	208.73	169.81	256.43	188.36	188.20
2544						225.00	225.27	176.26	261.14	202.13	201.97
2545						238.80	224.01	183.39	278.72	215.98	215.80
2546				341.60		251.80	235.00	182.87	293.23	232.20	232.01
2547						265.90	255.05	199.69	314.42	252.34	252.14
2548					380.61		228.42	223.08	322.14	256.17	255.96
2549							228.97	218.67	318.84	264.18	263.97
2550							232.40	236.20	328.57	265.06	264.84
2551					402.65		229.31	240.45	331.14	264.75	264.54
2552							230.56	228.61	329.85	279.40	279.17
2553							241.88	237.00	355.77	298.14	297.90
2554							234.58	209.13	358.17	303.37	303.12
2555								227.73	375.71		325.38
2556											325.58
2557											337.26

จากตารางที่ 12.2 เมื่อเปรียบเทียบผลการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกระดับประเทศที่เป็นทางการ ซึ่งประกอบด้วยรายงานแห่งชาติครั้งแรก (INC) รายงานแห่งชาติครั้งที่ 2 (SNC) และรายงานความก้าวหน้ารายสองปี (BUR) พบว่า ข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทยในปี พ.ศ.2537 (ค.ศ.1994) เมื่อนำมาคำนวณใหม่ด้วยวิธีการและชุดข้อมูลในการจัดทำรายงานแห่งชาติครั้งที่สองมีปริมาณน้อยกว่าผลการคำนวณจากการจัดทำรายงานแห่งชาติครั้งแรก ทั้งนี้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นมาจากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคการเกษตรและภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ เนื่องจากข้อมูลกิจกรรมที่ใช้ในการคำนวณ สมมติฐานที่ใช้ในการคำนวณ และค่าปริมาณชีวมวลต่อพื้นที่ในป่าประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณมีความแตกต่างกัน และด้วยเหตุในลักษณะเดียวกัน ผลการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศไทยในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) จากรายงานความก้าวหน้ารายสองปีจึงมีค่าน้อยกว่าผลการคำนวณตามรายงานแห่งชาติครั้งที่ 2 เช่นกัน

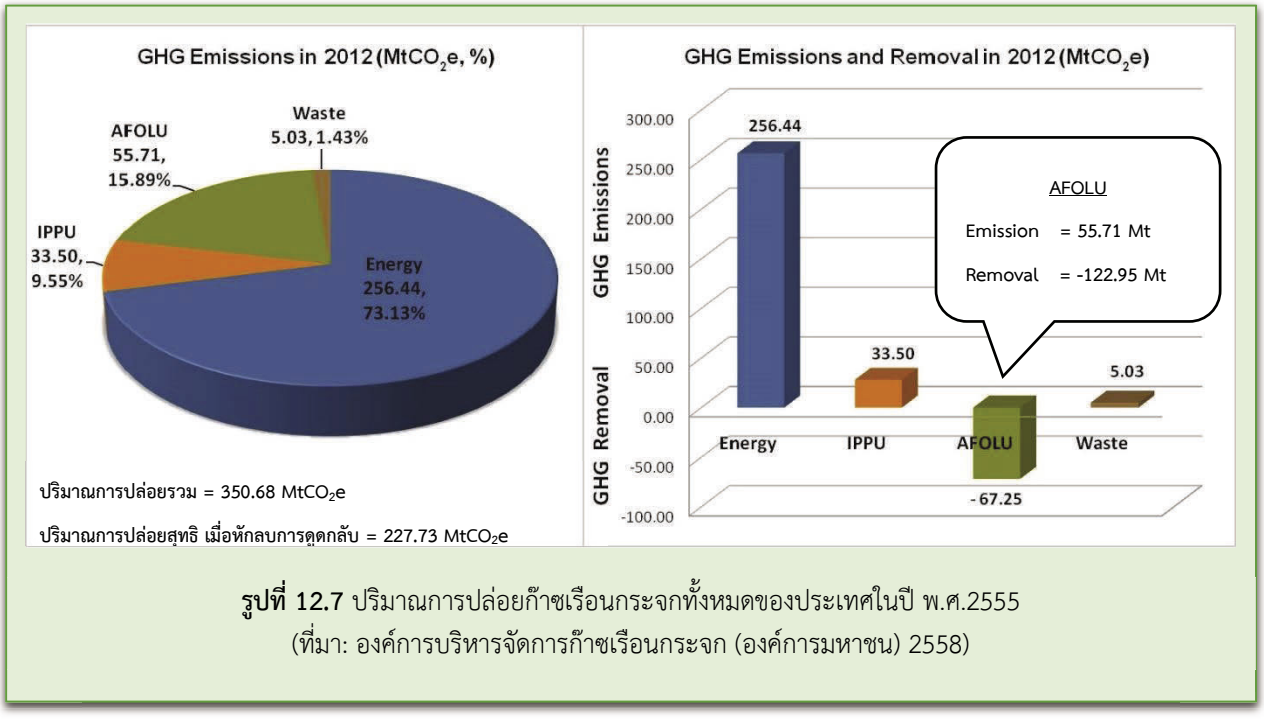
อ้างอิงตามข้อมูลในรายงาน BUR ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย (ไม่นับรวม LULUCF) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากอดีตถึงปัจจุบัน คิดเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 3.20 ต่อปี ซึ่งเป็นปริมาณที่เพิ่มเติมขึ้นตามอัตราการใช้พลังงานและอัตราการเติบโตของประชากร แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ (นับรวม LULUCF) พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1.03 ต่อปี เนื่องจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ (LULUCF) เป็นภาคที่มีทั้งการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก ปัจจุบันข้อมูลมีความพร้อมและความหลากหลายมากขึ้นช่วยให้การคำนวณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้

มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ประเทศไทยมีศักยภาพในการเป็นแหล่งดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ โดยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2554 (ค.ศ.2000 - 2011) ปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 491.17 หรือคิดเป็นร้อยละ 40.93 ต่อปี ดังนั้น เมื่อนำมาคำนวณรวมกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศจึงส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิมีค่าเพิ่มขึ้นน้อยลง

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจากแหล่งข้อมูลต่างประเทศ ดังตารางที่ 11.2 พบว่า ข้อมูลที่รายงานโดย World Resource Institute (WRI) จะมีปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงกว่าข้อมูลที่รายงานโดย World Bank (WB) และ Global Carbon Atlas (GCA) ประมาณปีละ 50 – 70 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เนื่องจากข้อมูลของ WRI เป็นการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ครอบคลุม 5 รายสาขา คือ สาขาพลังงาน สาขาอุตสาหกรรม สาขาเกษตร สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและป่าไม้ และสาขาของเสีย ในขณะที่อีก 2 แหล่งข้อมูลต่างประเทศเป็นการรายงานก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากภาคพลังงานและอุตสาหกรรมซีเมนต์เท่านั้น

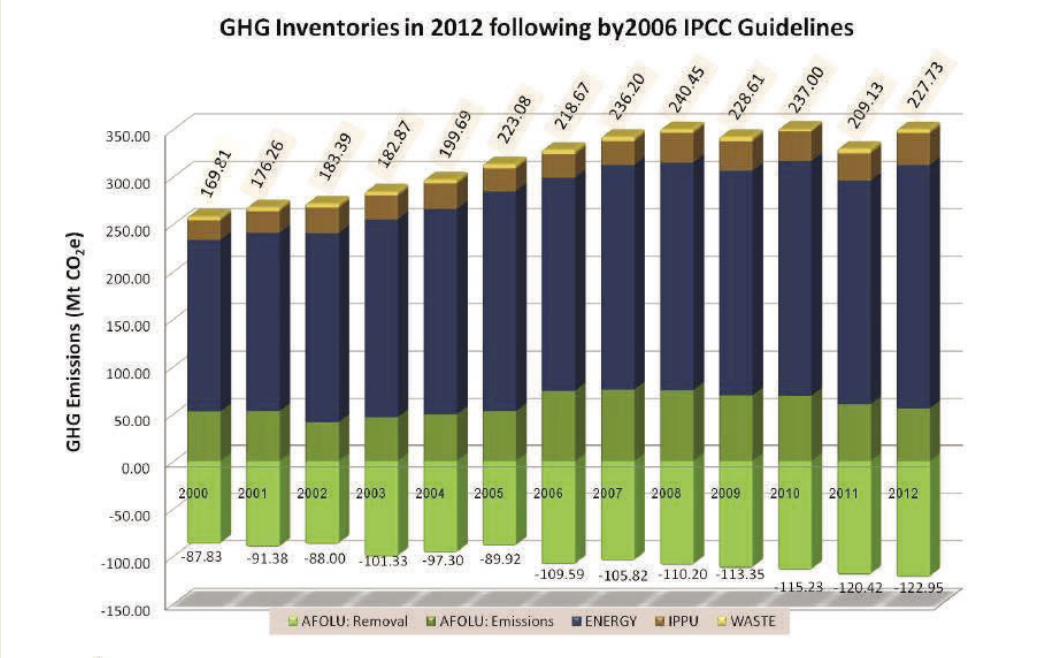
12.3.2 สาขาหลักที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้จัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกระหว่างปี พ.ศ.2543 – 2555 (ค.ศ.2000 – 2012) ตามคำแนะนำในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกระดับประเทศฉบับปี 2006 (2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) ซึ่งแตกต่างจากรายงานแห่งชาติฉบับที่เป็นทางการของประเทศไทย ซึ่งจัดทำตามคู่มือ 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories โดยข้อมูลระบุว่า ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 350.68 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) โดยภาคพลังงานเป็นภาคที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเท่ากับ 256.44 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 73.13 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ รองลงมา คือ ภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU) ในส่วนเฉพาะของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณ 55.71 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 15.89 ภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็นอันดับที่ 3 ได้แก่ ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 33.50 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 9.55 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ ส่วนภาคของเสียมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.03 $MtCO_2e$ ซึ่งถือว่าเป็นภาคที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยที่สุด หรือเท่ากับร้อยละ 1.43 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด ดังรูปที่ 12.7



รูปที่ 12.7 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศในปี พ.ศ.2555
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 2558)

สำหรับภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นภาคที่มีทั้งส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและส่วนของการกักเก็บหรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกรวมอยู่ด้วย ซึ่งการกักเก็บหรือการดูดกลับที่เกิดจากการสะสมของปริมาณชีวมวลในพื้นที่ป่าและพื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นในภาคเกษตร เช่น ปาล์มน้ำมัน ยางพารา และสวนผลไม้ เป็นต้น ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ปริมาณการกักเก็บหรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 122.95 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และเมื่อนำไปหักลบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศ 350.68 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สามารถสรุปได้ว่า ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ 227.73 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$)



รูปที่ 12.8 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2555
(ที่มา: ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558)

ตลอดช่วงเวลา 13 ปีที่ผ่านมา ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ (รวมทั้งส่วนที่เกิดจากการปล่อยและส่วนการดูดกลับ) อยู่ในช่วง 169.81 – 227.73 ล้านตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) ดังรูปที่ 12.8 โดยมีปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 80 – 100 $MtCO_2e$ ในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2548 (ค.ศ.2000 – 2005) และเพิ่มเป็น 105 – 120 $MtCO_2e$ ในช่วงปี พ.ศ.2549 – 2555 (ค.ศ.2006 – 2012) เนื่องจากมีความพร้อมของข้อมูลที่ช่วยให้สามารถคำนวณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ได้มากขึ้น ในขณะที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอยู่ในช่วง 250 – 350 $MtCO_2e$ ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากภาคพลังงานคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 68 – 73 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยในแต่ละปี รองลงมา คือ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้ ภาคกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม และภาคของเสีย ตามลำดับ แม้ว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในแต่ละปีมีปริมาณเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกก็เพิ่มสูงขึ้น (ติดลบมากขึ้น) เช่นกัน ดังนั้น เมื่อนำปริมาณการดูดกลับในภาค AFOLU มารวมกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของทั้งประเทศ จึงทำให้อัตราการเพิ่มของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศลดลงจากร้อยละ 5.53 ต่อปี เหลือเพียงร้อยละ 4.00 ต่อปี

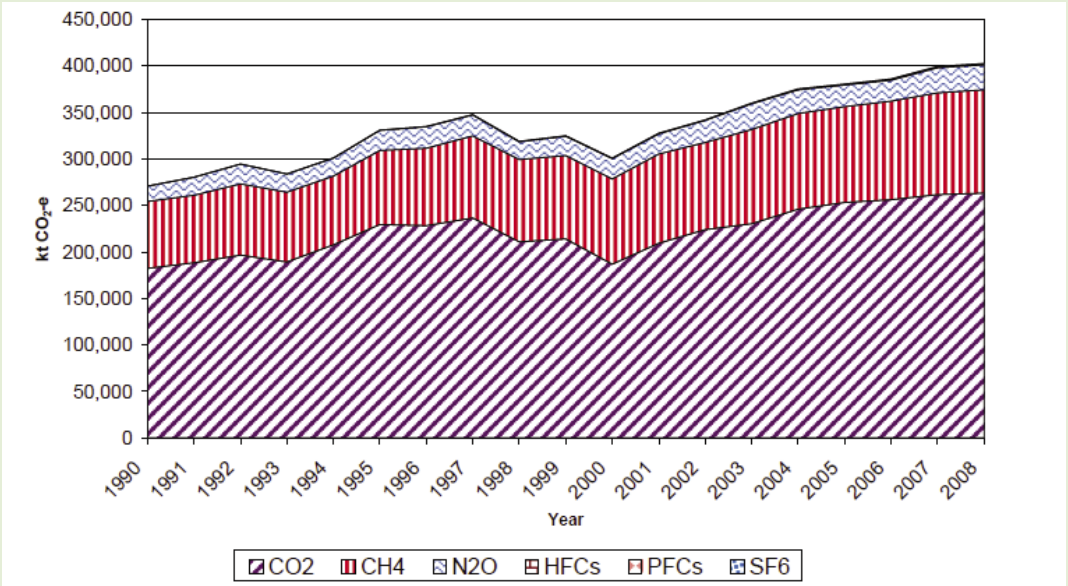
นอกจากนี้ หากพิจารณาปริมาณก๊าซเรือนกระจกรายสาขาเปรียบเทียบกันระหว่างแหล่งข้อมูลในประเทศ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) - อบก. (2558) และแหล่งข้อมูลต่างประเทศ สถาบันทรัพยากรโลก – WRI (World Resources Institute, 2015) พบว่า ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) อบก. ได้ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมจากภาคพลังงาน ภาคกระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ และภาคของเสีย อยู่ที่ระดับ 294.97 ล้านตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) ซึ่งใกล้เคียงกับข้อมูลที่รายงานโดย WRI (305.43 $MtCO_2e$) แต่ผลการศึกษาก๊าซ

เรือนกระจกภาคเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินของ อบก. ระบุว่า ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ประเทศไทยมีการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมากกว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คิดเป็นปริมาณการดูดกลับสุทธิที่ระดับ 67.24 $MtCO_2e$ ซึ่งแตกต่างจากผลการศึกษาของ WRI ที่รายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ระดับ 70.28 $MtCO_2e$ โดยไม่มีการกล่าวถึงการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในภาคนี้เลย ความแตกต่างของข้อมูลก๊าซเรือนกระจกในประเทศและต่างประเทศจึงอยู่ที่การพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการกักเก็บหรือการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเป็นสำคัญ

12.3.3 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยจำแนกรายก๊าซ

จากข้อมูลขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2553) ที่ได้จัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยขึ้นตามแนวทางของ 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ตั้งแต่ปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) จนถึง พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) จำแนกเป็นรายสาขา 4 สาขาคือ 1) พลังงาน 2) อุตสาหกรรม 3) เกษตร เกษตรกรรม และพื้นที่ใช้ประโยชน์อื่นๆ และ 4) ของเสีย นับรวมประเภทก๊าซเรือนกระจก 6 ประเภท ดังที่ได้กำหนดไว้ในพิธีสารเกียวโต สรุปได้ว่าในปี พ.ศ.2551 ประเทศไทยมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ 402.65 ล้านตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) ดังรูปที่ 12.9 โดยแบ่งเป็น:

- ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 263.28 $MtCO_2e$ (ร้อยละ 65.39 ของทั้งหมด)
- ก๊าซมีเทน 5.29 ล้านตัน (คิดเป็น 111.01 $MtCO_2e$) (ร้อยละ 27.57 ของทั้งหมด)
- ก๊าซไนตรัสออกไซด์ 87,321 ตัน (คิดเป็น 27.07 $MtCO_2e$) (ร้อยละ 6.72 ของทั้งหมด)
- ก๊าซในกลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) รวม 1.09 $MtCO_2e$
- ก๊าซในกลุ่มเปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) รวม 146,438 tCO_2e
- ก๊าซซัลเฟอร์เฮกซาฟลูออไรด์ประมาณ 1.90 ตัน (คิดเป็น 45,453 tCO_2e)



รูปที่ 12.9 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิของประเทศไทยจำแนกรายก๊าซ ปี พ.ศ.2533 – 2551
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2553)

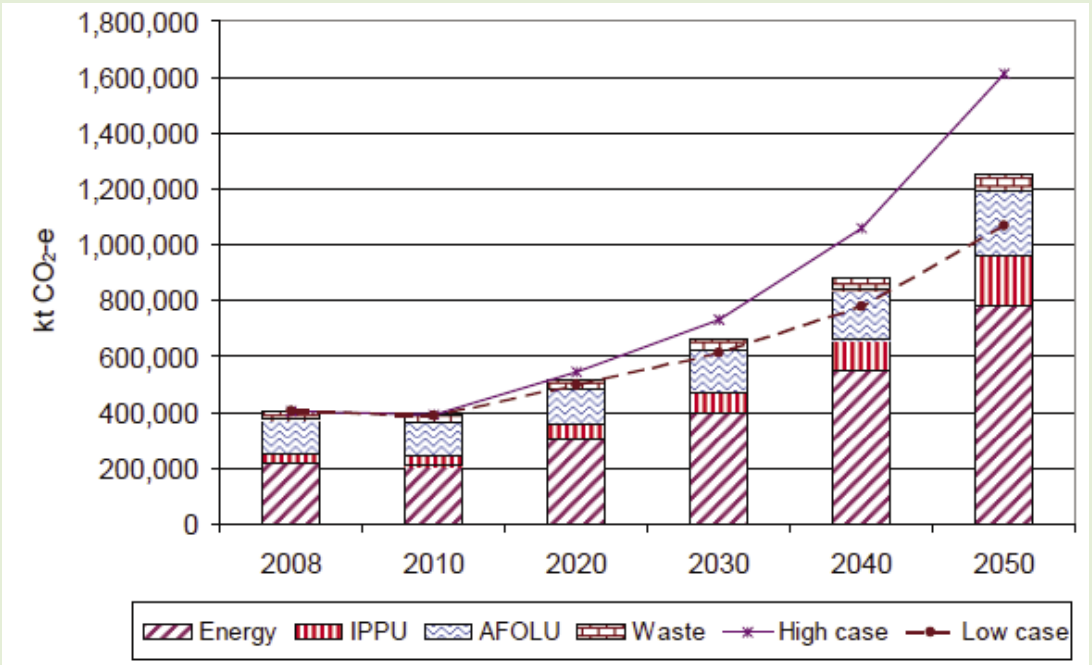
12.4 แนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในอนาคต

การพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะช่วยให้ประเทศสามารถคาดคะเนได้ว่ากิจกรรมแต่ละสาขามีแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงขึ้นหรือลดลงมากน้อยเพียงใด เพื่อให้มีข้อมูลประกอบการวางแผนลดก๊าซเรือนกระจกในสาขากิจกรรมต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมต่อไป ในรายงานฉบับนี้จะนำเสนอผลการศึกษาของโครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ ที่จัดทำโดยบริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด เพื่อเสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ในปี พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010)

ผลการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเป็นผลการคาดการณ์ตั้งแต่ปี ค.ศ.2009 – 2050 รวมทั้งสิ้น 42 ปี โดยใช้ข้อมูลประกอบการพยากรณ์ ได้แก่ ข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ทั้งข้อมูลในอดีตและข้อมูลที่มีการพยากรณ์ต่อไปในอนาคตจนถึงปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ และข้อมูลการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (PDP 2007 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2)

ตารางที่ 12.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2553)

กิจกรรม	ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (kt CO_2-e)						อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยต่อปี (ร้อยละ)		
	2008	2010	2020	2030	2040	2050	2010 - 2030	2030 - 2050	2010 - 2050
1. พลังงาน	217,720.90	206,829.09	306,097.72	399,940.31	547,491.16	784,214.56	3.35	3.42	3.39
2. อุตสาหกรรมฯ	32,928.48	34,694.52	49,981.80	73,531.86	112,022.56	178,801.25	3.83	4.54	4.18
3. เกษตร ป่าไม้ และพื้นที่ฯ	122,578.82	119,559.23	127,690.13	147,449.71	178,650.97	233,351.56	1.05	2.32	1.69
4. ของเสีย	29,422.53	28,786.46	32,627.61	36,750.21	43,737.52	55,723.89	1.23	2.10	1.66
ปริมาณ GHG รวม (กรณีฐาน)	**402,650.72**	**389,869.30**	**516,397.27**	**657,672.09**	**881,902.21**	**1,252,091.27**	**2.65**	**3.27**	**2.96**
กรณีสูง	402,650.72	392,183.18	545,475.54	733,671.35	1,059,387.19	1,611,215.39	3.18	4.01	3.60
กรณีต่ำ	402,650.72	388,941.26	499,214.29	612,180.64	780,585.90	1,066,465.52	2.29	2.81	2.55
จำนวนประชากร (ล้านคน)	66.48	67.31	70.10	70.63	70.59	70.55	0.24	-0.01	0.12
Emissions per capita (tCO_2-e/capita)	6.06	5.79	7.37	9.31	12.49	17.75	2.40	3.28	2.84



รูปที่ 12.10 ผลการพยากรณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกโดยรวมทั้ง 3 กรณี
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2553)

การพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวม ดังตารางที่ 12.3 และรูปที่ 12.10 ได้มีการนำเสนอข้อมูลที่การพยากรณ์แบ่งออกเป็น 3 กรณี ตามระดับของการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ (GDP) คือ (1) กรณีมีการลงทุนรวมอยู่ในระดับสูง (High Investment Case) ซึ่งเกิดจากการกระตุ้นการลงทุนทางเศรษฐกิจของรัฐบาลภายใต้แผนปฏิบัติการไทยเข้มแข็งในช่วงปี ค.ศ.2010 – 2012 (พ.ศ.2553 – 2555) ทำให้การขยายตัวของการลงทุนรวมเพิ่มขึ้น เฉลี่ยสูงถึงระดับร้อยละ 5 ต่อปี (2) กรณีมีการลงทุนรวมอยู่ในระดับปกติ (Reference Investment Case) ซึ่งเป็นกรณีที่มีอัตราการขยายตัวของการลงทุนทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ในระดับที่เท่ากับปีก่อนเกิดวิกฤตเศรษฐกิจ (ปี พ.ศ.2549 หรือ ค.ศ.2006) ที่มีการขยายตัวการลงทุนที่ร้อยละ 3.9 และ (3) กรณีมีการลงทุนรวมอยู่ในระดับต่ำ (Low Investment Case) ซึ่งเป็นกรณีที่มีอัตราการขยายตัวของการลงทุนเท่ากับปีแรกของการเกิดวิกฤติเศรษฐกิจที่การขยายตัวการลงทุนเพียงร้อยละ 1.3 ผลการคาดการณ์การขยายตัวทางเศรษฐกิจด้วยแบบจำลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นโดยตลอด ในปี ค.ศ.2008 (พ.ศ.2551) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 402.65 $MtCO_2e$ และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 657.67 $MtCO_2e$ ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) และ 1,250 $MtCO_2e$ ในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593)
- สาขาพลังงาน มีปริมาณก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุดตลอดช่วงที่มีการพยากรณ์ ในขณะที่สาขากระบวนการอุตสาหกรรมและการใช้ผลิตภัณฑ์ มีอัตราเติบโตเฉลี่ยของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงที่สุด ประมาณร้อยละ 4.2 ต่อปี ในช่วงปี ค.ศ.2010 – 2050 (พ.ศ.2553 – 2593)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีการลงทุนสูง มีปริมาณสูงกว่ากรณีฐานร้อยละ 0.6 ในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) ร้อยละ 11.6 ในปี ค.ศ. 2030 (พ.ศ.2573) และร้อยละ 28.7 ในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593)
- ปริมาณก๊าซเรือนกระจกกรณีการลงทุนต่ำ มีปริมาณต่ำกว่ากรณีฐานร้อยละ 0.2 ในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) ร้อยละ 6.9 ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) และร้อยละ 14.8 ในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593)
- ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากร (emission per capita) เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกเติบโตเร็วกว่าจำนวนประชากร โดยในปี ค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) มีค่าเท่ากับ 5.8 tCO_2e ต่อคน เพิ่มขึ้นเป็น 9.3 tCO_2e ต่อคน ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) และเพิ่มขึ้นเป็น 17.8 tCO_2e ต่อคน ในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการพยากรณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้จัดทำขึ้นบนพื้นฐานของหลักวิชาการด้านสถิติและเศรษฐศาสตร์ แต่การพยากรณ์ปริมาณใดๆ ล่วงหน้าไปในอนาคตย่อมมีข้อจำกัดที่กระทบต่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลพยากรณ์นั้นๆ ดังนั้น ผู้ที่จะนำข้อมูลพยากรณ์ดังกล่าวไปใช้ควรคำนึงถึงข้อจำกัดของข้อมูลต่าง อาทิเช่น ระดับความน่าเชื่อถือของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆ กับปริมาณก๊าซเรือนกระจก การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยี โครงสร้างทางเศรษฐกิจ การเลือกใช้เชื้อเพลิง และกิจกรรมด้านการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีการดำเนินงานในอนาคตร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 2558. ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ระหว่างปี พ.ศ.2543–2555. (ออนไลน์). ที่มา: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2015/GHGsReport2015_Final.pdf
2. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2553. การจัดทำรายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 2 เพื่อเสนอต่อ UNFCCC. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
3. อีอาร์เอ็ม-สยาม บริษัท จำกัด 2553. โครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
4. Global Canbon Atlas 2015. Emissions. (Online). Available URL: http://www.globalcarbonatlas.org/?q=en/emissions
5. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
6. Jos, G.J.O., Greet, J-M, Marilena, M, Jeroen, A.H.W.P. 2015. Trends in global CO_2 emissions: 2015 Report. PBL publication number: 1803. The Hague, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
7. Office of Environmental Policy and Planning 2000. Thailand's Initial National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Science, Technology and Environment. Bangkok, Thailand. 100 p.
8. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning 2015. Thailand's First Biennial Update Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. Ministry of Natural Resources and Environment. Bangkok, Thailand. Available URL: http://unfccc.int/resource/docs/natc/thabur1.pdf
9. Thailand Environment Institute - TEI 1997. Thailand's National Greenhouse Gas Inventory, 1990. Bangkok, Thailand.
10. World Bank 2001. National Clean Development Mechanism Strategy Study for the Kingdom of Thailand. Studied by ERM – Siam Co.,Ltd. Bangkok, Thailand
11. World Bank 2016. CO2 emissions by country. (Online). Available URL: http://data. worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.KT/countries?display=default
12. World Resource Institute – WRI 2015. Historical Emissions Data. CAIT Climate Data Explorer. (Online). Available URL: http://cait.wri.org/ profile/Thailand

บทที่ 13

แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

ผศ.ดร.ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล

คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วิธีอ้างอิง

ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล, 2559: แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. คณะทำงานกลุ่มที่ 3 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

13.1 การดำเนินงานภายในประเทศ 414
13.2 การดำเนินงานและความร่วมมือระหว่างประเทศ 436

เอกสารอ้างอิง

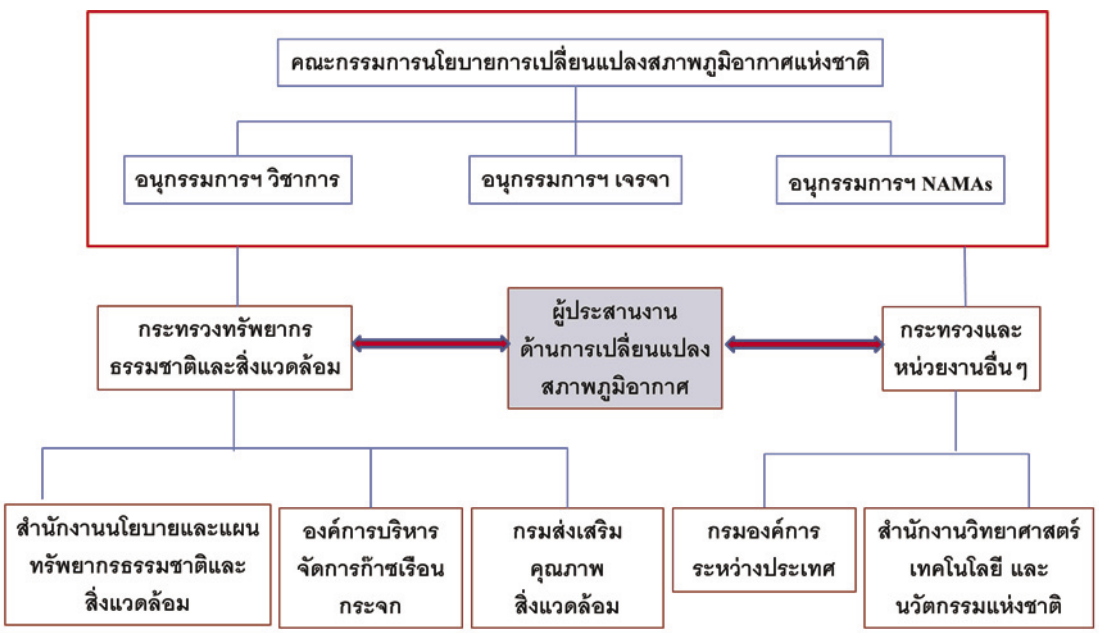
แนวทางและนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

เนื้อหาในบทนี้จะเป็นการนำเสนอภาพรวมของแนวทาง นโยบาย และการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย ทั้งในส่วนที่เป็นการดำเนินงานภายในของประเทศไทยเอง และ ในส่วนของการดำเนินงานในรูปแบบของความร่วมมือระหว่างประเทศ ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อช่วยในการประเมินความพร้อมและความมีส่วนร่วมของประเทศไทย ในการดำเนินงานร่วมกับประคมโลกในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

13.1 การดำเนินงานภายในประเทศ

13.1.1 ภาพรวมเชิงสถาบันของการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย

เมื่อพิจารณาภาพรวมเชิงสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย จะพบว่าเราสามารถจัดแบ่งกลุ่มขององค์กรและกลไกของภาครัฐที่มีบทบาทและหน้าที่ความรับผิดชอบเกี่ยวข้อง ออกได้เป็น 3 ส่วน คือ (ก) องค์กรสถาบันในระดับนโยบาย (ข) องค์กรสถาบันในระดับส่วนงานราชการ และ (ค) กลไกการประสานงานระหว่างหน่วยงาน แสดงดังรูปที่ 13.1



รูปที่ 13.1 ภาพรวมเชิงสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดนโยบายและการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

13.1.1.1 องค์กรสถาบันในระดับนโยบาย

ในแง่ขององค์กรสถาบันในระดับนโยบาย องค์กรที่มีอำนาจสูงสุด และมีบทบาทหน้าที่ในการกำหนดและกำกับนโยบายและการดำเนินงานในด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย ก็คือ

"คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ" ซึ่งจัดตั้งขึ้นตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการดำเนินการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) (ประกาศ ณ วันที่ 20 มิถุนายน พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) แก้ไขเพิ่มเติม ณ วันที่ 27 กันยายน พ.ศ.2552 (ค.ศ.2009) และวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2554[38] (ค.ศ.2011))

โดยองค์ประกอบของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติในปัจจุบัน (ภายหลังการแก้ไขเพิ่มเติมในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011)) จะประกอบด้วย

(1) นายกรัฐมนตรีหรือรองนายกรัฐมนตรีที่นายกรัฐมนตรีมอบหมาย เป็นประธานกรรมการ

(2) รัฐมนตรีว่าการกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นรองประธานกรรมการคนที่หนึ่ง และรัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ เป็นรองประธานกรรมการคนที่สอง

(3) กรรมการโดยตำแหน่ง ได้แก่ ปลัดสำนักนายกรัฐมนตรี ปลัดกระทรวงการคลัง ปลัดกระทรวงการต่างประเทศ ปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ปลัดกระทรวงคมนาคม ปลัดกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปลัดกระทรวงพลังงาน ปลัดกระทรวงพาณิชย์ ปลัดกระทรวงมหาดไทย ปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปลัดกระทรวงศึกษาธิการ ปลัดกระทรวงสาธารณสุข ปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม ปลัดกรุงเทพมหานคร และเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

(4) กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิด้านกฎหมาย เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พลังงาน หรือด้านอื่นๆ จำนวนไม่น้อยกว่าห้าคนแต่ไม่เกินเก้าคน

พร้อมทั้งกำหนดให้ ปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นกรรมการและเลขานุการ และให้เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และผู้อำนวยการองค์การบริการจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ

คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) กำหนดนโยบายและยุทธศาสตร์การป้องกันและการแก้ไขปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศไทย การกักเก็บและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(2) กำหนดนโยบาย แนวทาง หลักเกณฑ์ และกลไกการดำเนินงานร่วมกับนานาชาติเกี่ยวกับการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และผลประโยชน์ของประเทศ รวมทั้งข้อตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

(3) เสนอแนะการแก้ไขเพิ่มเติมหรือปรับปรุงกฎหมายที่จำเป็นหรือเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานต่างๆ ซึ่งเป็นพันธกรณีที่ประเทศไทยผูกพันและต้องปฏิบัติตามความตกลงที่กำหนดไว้ในอนุสัญญาและพิธีสาร หรือการดำเนินการต่างๆ ที่ควรกระทำเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนหลักการและวัตถุประสงค์ของอนุสัญญาหรือพิธีสารทั้งนี้ โดยให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และผลประโยชน์ของประเทศ รวมทั้งข้อตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

(4) กำหนดแนวทางและท่าทีในการเจรจาเกี่ยวกับอนุสัญญาและพิธีสารโดยต้องพิจารณาให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และผลประโยชน์ของประเทศ รวมทั้งข้อตกลงระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

(5) กำกับการปฏิบัติงานของหน่วยงานของรัฐให้เป็นไปตามนโยบาย ยุทธศาสตร์ แนวทางหลักเกณฑ์ และกลไกการดำเนินงาน ที่กำหนดตามระเบียบนี้

---

[38] การแก้ไขเพิ่มเติมระเบียบฯ ทั้งสองครั้ง เป็นเพียงการแก้ไขเพื่อปรับปรุงองค์ประกอบของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ โดยที่ไม่มีการแก้ไขในประเด็นอื่น

(6) พิจารณาและสนับสนุนให้มีการจัดสรรงบประมาณแก่หน่วยงานของรัฐในการดำเนินงานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างเหมาะสม
(7) กำหนดมาตรการเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือและประสานงานระหว่างหน่วยงานของรัฐ และภาคเอกชนในเรื่องที่เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
(8) พิจารณาเสนอแนะต่อคณะรัฐมนตรีในการแต่งตั้งกรรมการในคณะกรรมการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
(9) แต่งตั้งคณะอนุกรรมการหรือคณะทางานเพื่อปฏิบัติการตามระเบียบนี้หรือตามที่คณะกรรมการมอบหมาย
(10) ปฏิบัติการอื่นใดเพื่อให้เป็นไปตามระเบียบนี้ หรือกฎหมายอื่น หรือตามที่คณะรัฐมนตรีหรือนายกรัฐมนตรีมอบหมาย

จากข้อกำหนดอำนาจหน้าที่ของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าคณะกรรมการมีอำนาจหน้าที่ที่ครอบคลุมการดูแลภาพรวมของการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศทั้งหมด ทั้งในแง่การกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ แนวทาง หลักเกณฑ์ และกลไก ของการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งในระดับภายในประเทศและระดับความร่วมมือระหว่างประเทศ และรวมทั้ง การกำกับดูแลการปฏิบัติงานของหน่วยงานของรัฐต่างๆ ให้เป็นไปตามนโยบายและแนวทางที่กำหนด

ในการประชุมคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ ครั้งที่ 1/2552 เมื่อวันที่ 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 (ค.ศ.2009) ที่ประชุมได้มีมติให้แต่งตั้ง คณะอนุกรรมการภายใต้คณะกรรมการฯ ขึ้น 2 คณะ ได้แก่

(1) คณะอนุกรรมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านวิชาการ มีปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นประธาน คณะกรรมการประกอบด้วย ผู้แทนจากกระทรวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง โดยมี เลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นเลขานุการ เจ้าหน้าที่สำนักงานนโยบายและแผนฯ เป็นผู้ช่วยเลขานุการ มีอำนาจหน้าที่ในการเสนอแนะข้อคิดเห็นทางวิชาการในการกำหนดนโยบายยุทธศาสตร์การป้องกันและการแก้ไขปัญหาด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย รวมถึงเสนอแนะแนวทาง หลักเกณฑ์ กลไกการดำเนินงานร่วมกับนานาชาติ และมาตรการที่จำเป็นหรือเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานต่าง ๆ ซึ่งเป็นพันธกรณีที่ประเทศไทยผูกพันและต้องปฏิบัติตามความตกลงที่กำหนดไว้ในอนุสัญญาและพิธีสาร ตลอดจนแนวทางการเสริมสร้างความร่วมมือ ข้อมูลทางวิชาการ และปฏิบัติหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมาย

(2) คณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการประสานท่าทีไทยในการเจรจา มีอธิบดีกรมองค์การระหว่างประเทศ และเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นประธานร่วม ผู้แทนจากกระทรวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นอนุกรรมการ ผู้อำนวยการสำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นเลขานุการ เจ้าหน้าที่กองกิจการเพื่อการพัฒนา กรมองค์การระหว่างประเทศ และเจ้าหน้าที่สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นผู้ช่วยเลขานุการ มีอำนาจหน้าที่ในการประสานกับหน่วยงานต่าง ๆ ของไทยทั้งภาครัฐ เอกชน และประชาสังคม เพื่อพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับประกอบการพิจารณากำหนดเป็นท่าทีไทยในการเจรจา ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) และพิธีสารเกียวโต รวมทั้งกรอบความร่วมมือระหว่างประเทศอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งทวิภาคีและพหุภาคี ตลอดจนเสนอข้อมูล ความเห็น ข้อเสนอแนะ ปัญหา อุปสรรคในการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อคณะกรรมการนโยบายฯ และจัดตั้งคณะทำงานในด้านต่าง ๆ ตามความจำเป็นและเหมาะสม

ต่อมา ในที่ประชุมคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ ครั้งที่ 2/2555 เมื่อวันที่ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ที่ประชุมได้มีมติให้แต่งตั้ง คณะอนุกรรมการเพิ่มเติมขึ้นอีก 1 คณะ ได้แก่

(3) คณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณาจัดทำแนวทางการแสดงเจตจำนง (Pledge) การดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (NAMAs) โดยมีปลัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นประธาน รองปลัดกระทรวงพลังงาน เป็นรองประธาน และผู้แทนจากกระทรวงและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เป็นอนุกรรมการ

มีอำนาจหน้าที่ในการพิจารณาจัดทำแนวทางการแสดงเจตจำนง (Pledge) การดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (NAMAs) รวมทั้ง พิจารณาแนวทางในการตรวจวัด รายงานผล และการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification: MRV) สำหรับการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสม (NAMAs) เพื่อประกอบการนำเสนอต่อที่ประชุมกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ต่อมา ในที่ประชุมคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ ครั้งที่ 1/2558 เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) ที่ประชุมได้มีมติให้ยกเลิกคณะอนุกรรมทั้ง 2 ชุด (คณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านวิชาการ และคณะอนุกรรมการเพื่อพิจารณาจัดทำแนวทางการแสดงเจตจำนง (Pledge) การดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (NAMAs)) และมีมติให้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านวิชาการและฐานข้อมูล ขึ้นมาแทน โดยมีเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นประธาน โดยมีหน้าที่ในการให้ข้อเสนอแนะและสนับสนุนข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศ รวมถึงการให้ข้อเสนอแนะและการพัฒนาการศึกษาวิจัย การสื่อสารเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้เกิดความตระหนักรู้ และการให้คำปรึกษาด้านเทคนิค และงานพัฒนาขีดความสามารถต่อ คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ

13.1.1.2 องค์กรสถาบันในระดับส่วนงานราชการ

เมื่อพิจารณาในส่วนขององค์กรสถาบันในระดับส่วนงานราชการ จะพบว่ามีหน่วยงานภาครัฐที่มีภาระหน้าที่เกี่ยวข้องทั้งทางตรงและทางอ้อม ที่เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งในมิติของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มิติการปรับตัวและรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ/หรือ มิติในเชิงของกลไกสนับสนุนการดำเนินงาน อยู่เป็นจำนวนมาก กระจายครอบคลุมอยู่ในทุกๆ กระทรวง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความสำคัญและความเชื่อมโยงของปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่มีความสัมพันธ์ผูกโยงออกไปสู่มิติต่างๆ อย่างหลากหลายกว้างขวาง

อย่างไรก็ดี หากเราพิจารณาเฉพาะหน่วยงานราชการที่ได้รับการมอบหมายภารกิจโดยตรงเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ จะพบว่ามีหน่วยงานหลักที่ได้รับมอบหมายภารกิจโดยตรงในมิติต่างๆ จำนวนทั้งสิ้น 5 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.) สำนักงานวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ นวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) และ กรมองค์การระหว่างประเทศ

โดยแต่ละหน่วยงานดังกล่าวมีภารกิจ บทบาท และหน้าที่ความรับผิดชอบที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(ก) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานในสังกัดของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจเกี่ยวกับการกำหนดนโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเสนอแนะนโยบายและแผนการอนุรักษ์และบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งสนับสนุนการจัดการเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม ตลอดจนติดตามตรวจสอบ มาตรการเงื่อนไข ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตามรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความเข้มแข็งด้านเศรษฐกิจของประเทศ และสนับสนุนการพัฒนาที่ยั่งยืนและคุณภาพชีวิตที่ดี

ในปี พ.ศ.2547 (ค.ศ.2004) สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้รับการมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นหน่วยประสานงานกลาง (National Focal Point) ของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและพิธีสารเกียวโต โดยต่อมาได้มีการจัดตั้งสำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อดูแลภาระงานในส่วนนี้ โดยได้กำหนดให้สำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีอำนาจหน้าที่ดังต่อไปนี้

(1) เสนอแนะเพื่อให้มีการกำหนดนโยบาย ยุทธศาสตร์ และแผนการดำเนินงานเกี่ยวกับการจัดการป้องกันและการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย การกักเก็บและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งศึกษา วิจัย และพัฒนาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(2) เสนอแนะแนวทาง หลักเกณฑ์ และกลไกในการดำเนินงานระดับชาติและระดับนานาชาติเกี่ยวกับการจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมทั้งแนวทางและท่าทีในการเจรจาเกี่ยวกับอนุสัญญาและพิธีสาร และความตกลงระหว่างประเทศอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจ สังคม และผลประโยชน์ของประเทศ

(3) เสนอแนะมาตรการเพื่อเสริมสร้างความร่วมมือและประสานงานระหว่างภาครัฐและภาคเอกชนในการดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศ

(4) ติดตามและประสานกับภาครัฐและภาคเอกชนในการดำเนินการเกี่ยวกับการจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศ

(5) ปฏิบัติงานในฐานะฝ่ายเลขานุการของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ

(6) ปฏิบัติงานร่วมกับหรือสนับสนุนการปฏิบัติงานของหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือที่ได้รับมอบหมาย

(ข) องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) เป็นหน่วยงานในสังกัดของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จัดตั้งขึ้นตามพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ.2550 (ค.ศ. 2007)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก มีบทบาทหน้าที่ในการส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินงานด้านการบริหารจัดการและการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย โดยได้รับการมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นหน่วยงานผู้แทนของประเทศ (Designated National Authority: DNA) สำหรับการดูแลการดำเนินงานตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ภายใต้พิธีสารเกียวโต มีหน้าที่ในการกลั่นกรองโครงการลดก๊าซเรือนกระจกที่มีการนำเสนอภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด และออกหนังสือให้คำรับรองว่าเป็นโครงการที่ส่งเสริมการพัฒนาที่ยั่งยืนในประเทศไทย รวมไปถึงการดำเนินงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การพัฒนาศักยภาพของบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาชน ในการดำเนินงานเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก การจัดตั้งศูนย์ข้อมูลสถานการณ์ด้านก๊าซเรือนกระจกของประเทศ เพื่อใช้เป็นระบบฐานข้อมูลสำคัญของประเทศในด้านก๊าซเรือนกระจก นอกจากนี้ ในด้านการตลาดและการลงทุน อบก. มีหน้าที่ให้บริการแก่ภาครัฐและภาคเอกชน ที่สนใจจะลงทุนในการพัฒนาโครงการลดก๊าซเรือนกระจก ทั้งในเรื่องข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ สภาวะการตลาดของตลาดคาร์บอนเครดิต ราคาซื้อ-ขายคาร์บอนเครดิต แหล่งทุนต่างๆ ในประเทศและต่างประเทศ การเข้าถึงแหล่งทุน ตลอดจนเป็นศูนย์กลางในการประสานความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ภาคเอกชน และองค์การระหว่างประเทศด้านการลดก๊าซเรือนกระจก

(ค) กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (สส.)

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานในกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีหน้าที่หลักคือ ส่งเสริมและสนับสนุนให้ประชาชนมีจิตสำนึกและมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมถึงการประสานและเสนอแนะแผน และมาตรการในการส่งเสริม เผยแพร่ และประชาสัมพันธ์การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ตลอดจนศึกษา วิจัย พัฒนา ถ่ายทอดและส่งเสริมเทคโนโลยีและการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งเป็นศูนย์เทคโนโลยีสะอาดและศูนย์ปฏิบัติการอ้างอิงด้านสิ่งแวดล้อม

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้รับมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่ในฐานะศูนย์ประสานงานแห่งชาติ (National Focal Point) สำหรับกิจกรรมภายใต้มาตราที่ 6 ของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ซึ่งจะครอบคลุมภารกิจในมิติต่างๆ 6 ด้าน กล่าวคือ การส่งเสริมการศึกษา การฝึกอบรม การสร้างความตระหนักแก่สาธารณะ การมีส่วนร่วมของประชาชน การเข้าถึงข้อมูลข่าวสารของสาธารณะ และความร่วมมือระหว่างประเทศด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

โดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีหน่วยงานภายในซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอยู่หลายหน่วยงานด้วยกัน ได้แก่ (ก) กลุ่มพันธกรณีระหว่างประเทศ กองยุทธศาสตร์ ตรวจและประเมินผล เป็นหน่วยงานหลักที่มีหน้าที่ในการประสานการดำเนินงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับพันธกรณี/ข้อตกลงระหว่างประเทศของกรมฯ ซึ่งรวมถึงการประสานงานในส่วนของกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ กิจกรรมภายใต้มาตรา 6 ของอนุสัญญาฯ ด้วย (ข) ศูนย์สารสนเทศสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานในการประชาสัมพันธ์และให้ข้อมูลข่าวสารด้านสิ่งแวดล้อม การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัว และการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และ (ค) ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นหน่วยงานที่มีการวิจัยและฝึกอบรมด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงการรวบรวมเอกสาร หนังสือ การวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

(ง) สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.)

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) มีหน้าที่หลักในการจัดทำร่างนโยบายและแผนระดับชาติว่าด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อนำเสนอเข้าสู่การพิจารณาของคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ รวมทั้ง การส่งเสริมและสนับสนุนหน่วยงานภาครัฐและภาคส่วนต่างๆ ในการดำเนินกิจกรรมตามนโยบายและแผนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศ และการประสานงานและการติดตามการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ

จากมติคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน พ.ศ.2557 (ค.ศ. 2014) และมติคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) สวทน. ได้รับการมอบหมายให้ปฏิบัติหน้าที่เป็น National Designated Entity (NDE) ด้านการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย โดยมีหน้าที่หลักในการเป็นหน่วยประสานงานกลางในการขับเคลื่อนการดำเนินงานด้านการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำหน้าที่ในส่วนของผู้ประสานงานในการดำเนินกิจกรรมร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีภูมิอากาศและเครือข่าย (Climate Technology Centre and Network - CTCN) โดยมีบทบาทในการกำหนดหลักเกณฑ์ การคัดเลือก และการจัดลำดับความสำคัญของข้อเสนอด้านการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากองค์กร/หน่วยงานภายในประเทศ เพื่อยื่นขอรับการสนับสนุนจาก CTCN และรวมทั้ง บทบาทในส่วนของการติดตามและประเมินผลโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจาก CTCN และการสร้างความร่วมมือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อสร้างเครือข่ายการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย

(จ) กรมองค์การระหว่างประเทศ

กรมองค์การระหว่างประเทศ กระทรวงการต่างประเทศมีภารกิจเกี่ยวกับการดำเนินการให้ความร่วมมือกับ ประชาคมระหว่างประเทศ ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาที่จะมีผลกระทบต่อเสถียรภาพความมั่นคงในภูมิภาคและสังคมโลก ส่งเสริมการมีบทบาทอย่างแข็งขันของประเทศไทยในเวทีระหว่างประเทศ รักษาพันธกรณีของไทยภายใต้กฎบัตรสหประชาชาติและสนธิสัญญาต่างๆ ที่ไทยเป็นภาคี เพื่อปกป้องผลประโยชน์ของไทยในเวทีระหว่างประเทศ และหาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากการเป็นภาคีสนธิสัญญาและอนุสัญญาให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ซึ่งที่ประชุมคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ ในวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2552 ได้มีมติให้แต่งตั้งอธิบดีกรมองค์การระหว่างประเทศ และเลขาธิการสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นประธานร่วมของคณะอนุกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้านการประสานท่าทีไทยในการเจรจา จากอำนาจหน้าที่ดังกล่าวจึงทำให้กรมองค์การระหว่างประเทศได้เข้ามามีบทบาทในการดำเนินงานด้านการประสานงาน การรวบรวม/รับฟังความคิดเห็น การกำหนดท่าทีเจรจาของประเทศไทยและการเข้าร่วมการเจรจาในประเด็นต่างๆ ภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และพิธีสารเกียวโต อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

13.1.1.3 กลไกการประสานงานระหว่างหน่วยงาน

นอกเหนือจากการจัดตั้งองค์กรสถาบันในระดับนโยบาย และการมอบหมายภาระหน้าที่การดำเนินงานให้กับองค์กรสถาบันในระดับส่วนงานราชการแล้ว เพื่อที่จะสนับสนุนให้เกิดการประสานงานที่เป็นระบบระหว่างหน่วยงานภาครัฐต่างๆ ที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและการลดก๊าซเรือนกระจก ที่ประชุมคณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติเห็นชอบในหลักการในการประชุมเมื่อวันที่ 8 กันยายน 2552 ให้มีการจัดตั้งกลไก **"ผู้ประสานงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ" (Climate Change Convention Officer: CCCO)** เพื่อช่วยทำหน้าที่ในการประสานงานต่างๆ เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย

โดยมติดังกล่าวได้กำหนดให้มีการจัดตั้งผู้ประสานงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจำนวน 30 หน่วยงาน แบ่งเป็น หน่วยงานระดับกระทรวง 19 หน่วยงาน (ทุกกระทรวง) และ หน่วยงานที่มิใช่กระทรวง 11 หน่วยงาน ได้แก่ สำนักเลขาธิการนายกรัฐมนตรี สำนักเลขาธิการคณะรัฐมนตรี สำนักงบประมาณ สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย กรมประชาสัมพันธ์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ และกรุงเทพมหานคร

พร้อมทั้งกำหนดให้หัวหน้าผู้ประสานงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ของแต่ละหน่วยงาน จะต้องเป็นข้าราชการประจำ ในระดับรองปลัดกระทรวง (ในกรณีหน่วยงานระดับกระทรวง) หรือรองหัวหน้าหน่วยงานหรือที่ปรึกษา (ในกรณีหน่วยงานที่มิใช่กระทรวง) ตามที่รัฐมนตรีหรือหัวหน้าหน่วยงานมอบหมาย ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังได้มีการกำหนดบทบาทหน้าที่ของผู้ประสานงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ไว้ดังต่อไปนี้

1. ประสานงานเกี่ยวกับการเสนอเรื่อง และการเสนอความเห็นของหน่วยงานต่างๆ ต่อคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ
2. ประสานงาน และติดตามผลการดำเนินงานของส่วนราชการให้เป็นไปตามมติคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ
3. ประสานงานเกี่ยวกับวาระการประชุม และมติของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ
4. ประสานงาน และติดตามให้หน่วยงานในสังกัดจัดทำข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย
5. ประสานงาน ผลักดัน และส่งเสริมให้หน่วยงานในสังกัดมีแผนงาน/โครงการ/กิจกรรม เกี่ยวกับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทย
6. ประสานงานเกี่ยวกับเรื่องอื่นๆ ในภารกิจของคณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ

13.1.2 นโยบาย แผน และมาตรการด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย

จากสภาพความสำคัญและความเร่งด่วนของปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับโลก ประเทศไทยจึงได้มีการดำเนินนโยบายด้านการจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งในด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) เพื่อจัดการบรรเทาความรุนแรงของต้นเหตุของปัญหาและการปรับตัว (Adaptation) เพื่อเสริมสร้างความพร้อมในการรับมือกับผลกระทบของปัญหา โดยได้มีการจัดทำแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 (ค.ศ.2015 - 2050) เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางระยะยาวในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ร่วมกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559 (ค.ศ.2012 - 2016)) รวมทั้งแผนแม่บท แผนยุทธศาสตร์ และนโยบายของหน่วยงานต่างๆ ในประเด็นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถสรุปเนื้อหาของแผนและนโยบายด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สำคัญของประเทศไทย ได้ดังนี้

13.1.2.1 แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 (ค.ศ.2015 - 2050)

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยสำนักงานประสานการจัดการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ร่วมกับหน่วยงานและภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ได้ดำเนินการจัดทำ แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 (ค.ศ.2015-2050) เพื่อใช้เป็นกรอบแนวทางระยะยาวของประเทศในการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลง

ภูมิอากาศ และ เป็นกรอบเชิงนโยบาย (Policy Framework) ที่จะนำไปสู่การสร้างกลไกและเครื่องมือ ทั้งในภาพรวมและภาคส่วนต่างๆ สำหรับผลักดันการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศให้เกิดผลสัมฤทธิ์อย่างมีประสิทธิภาพ

แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593 (ค.ศ.2015-2050) ได้กำหนดวิสัยทัศน์ของแผนแม่บทไว้ดังนี้ คือ **"ประเทศไทยมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและมีการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำตามแนวทางการพัฒนาที่ยั่งยืน"** โดยได้กำหนดแบ่งพันธกิจของแผนแม่บทฯ ออกไว้เป็น 4 ด้าน คือ

(1) พัฒนาฐานข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยี เพื่อสนับสนุนการรองรับและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงการพัฒนาแบบปล่อยคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

(2) สร้างภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในการพัฒนาประเทศ โดยผลักดันให้เกิดการบูรณาการแนวทางและมาตรการในการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในทุกภาคส่วนและทุกระดับ

(3) ลดอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ และสร้างกลไกให้เกิดการเติบโตแบบปล่อยคาร์บอนต่ำอย่างยั่งยืน

(4) เสริมสร้างศักยภาพและความตระหนักรู้ของภาคีการพัฒนาในทุกระดับ เพื่อสร้างความพร้อมในการดำเนินมาตรการตามนโยบายและแผนด้านการเปลี่ยนแปลงสภูมิอากาศ

นอกจากนี้ แผนแม่บทฯ ยังได้มีการกำหนดเป้าหมายตัวชี้วัดไว้ รวมทั้งสิ้น 46 ตัวชี้วัด โดยแบ่งออกเป็น (1) เป้าหมายระยะสั้น (พ.ศ.2559 (ค.ศ.2016)) จำนวน 10 ตัวชี้วัด (2) เป้าหมายระยะกลาง (พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020)) จำนวน 11 ตัวชี้วัด และ (3) เป้าหมายระยะยาว (พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050)) และเป้าหมายต่อเนื่อง จำนวน 25 ตัวชี้วัด รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 13.1

ในเชิงการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุผลตามวิสัยทัศน์ พันธกิจ และเป้าหมายตัวชี้วัดข้างต้น แผนแม่บทฯ ได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์การดำเนินงานออกเป็น 3 ยุทธศาสตร์หลัก คือ

(1) ยุทธศาสตร์การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
(2) ยุทธศาสตร์การลดก๊าซเรือนกระจกและส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ และ
(3) ยุทธศาสตร์การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

โดยได้มีการกำหนดจัดทำแนวทางและมาตรการการดำเนินงานในรายสาขาต่างๆ สำหรับแต่ละยุทธศาสตร์ แบ่งเป็นยุทธศาสตร์การปรับตัวฯ จำนวน 6 สาขา ยุทธศาสตร์การลดก๊าซเรือนกระจกฯ จำนวน 8 สาขา และยุทธศาสตร์การสร้างขีดความสามารถฯ จำนวน 4 สาขา โดยรูปที่ 13.2 - 13.4 แสดงภาพรวมอย่างกว้างของแนวทางและมาตรการรายสาขาสำหรับทั้ง 3 ยุทธศาสตร์ ตามลำดับ

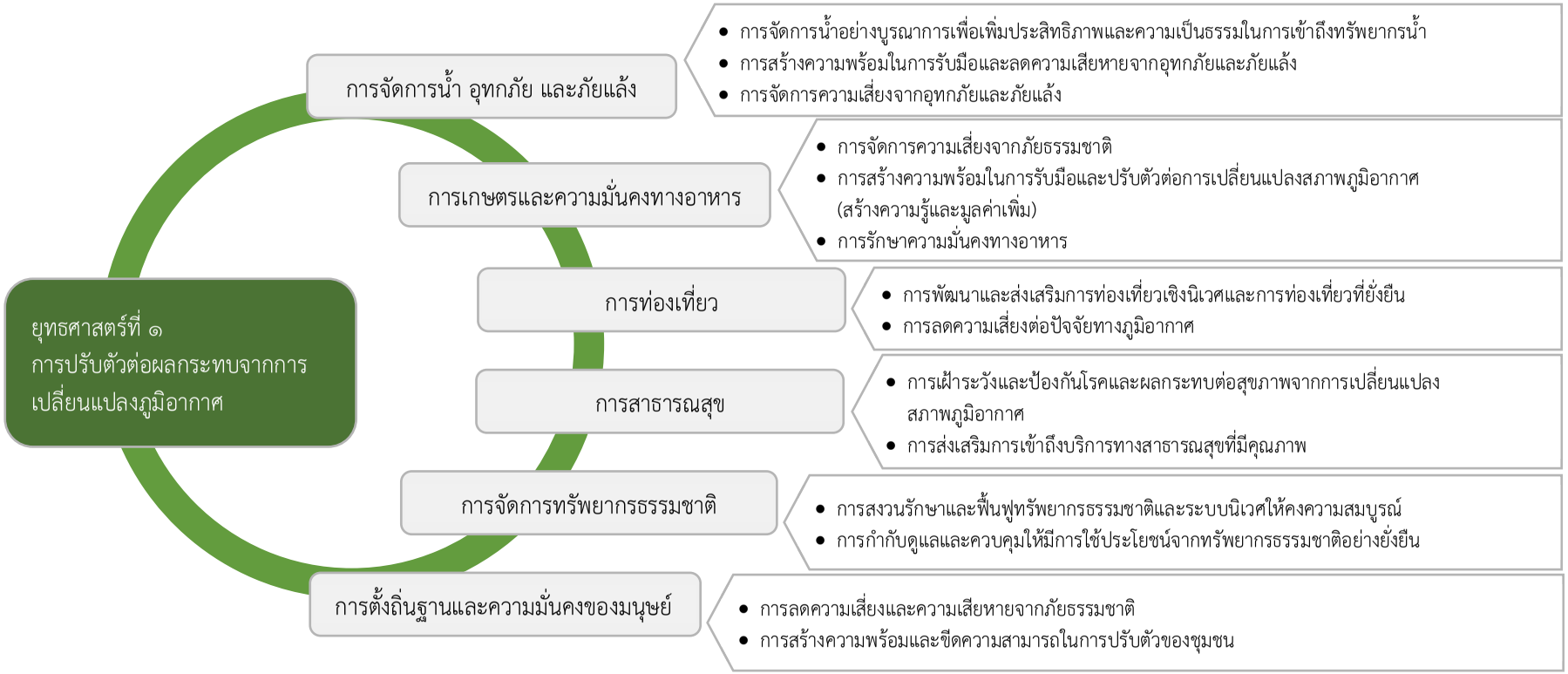
ตารางที่ 13.1 ตัวชี้วัดเป้าหมายของแผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

เป้าหมาย	ตัวชี้วัด
เป้าหมายระยะสั้น ปี พ.ศ. 2559	(1) มีแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในด้านต่างๆ อย่างครอบคลุม เชื่อมโยงกับฐานข้อมูลของมิติทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ (2) สัดส่วนพื้นที่อนุรักษ์เพื่อพิทักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพต่อพื้นที่ประเทศเพิ่มขึ้นโดยรักษาพื้นที่อนุรักษ์ไว้ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๑๙ และเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนไม่น้อยกว่าปีละ ๕,๐๐๐ ไร่ (3) ร้อยละ ๕๐ ของจังหวัดชายทะเลมีแผนบูรณาการการฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบตามแนวทางการจัดการที่เหมาะสมและเป็นมิตรต่อระบบนิเวศ (4) มีการพัฒนาดัชนีรวมแสดงระดับภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งในภาพรวมของประเทศและรายสาขา

เป้าหมาย	ตัวชี้วัด
	(5) มีการจัดทำแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Action: NAMAs) และมีการจัดตั้งกลไกที่เหมาะสมในการตรวจวัด รายงานและทวนสอบ (Measurable, Reportable and Verifiable: MRV) การดำเนินการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายในประเทศ ครอบคลุมสาขาที่กำหนดใน NAMAs (6) มีการจัดตั้งกลไกที่เหมาะสมโดยใช้มาตรการผสมผสาน ทั้งเชิงเศรษฐศาสตร์และกฎหมายในการสร้างแรงจูงใจให้เกิดการพัฒนาแบบปล่อยคาร์บอนต่ำ (7) มีศูนย์รวมเครือข่ายงานวิจัยและพัฒนาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (8) มีฐานข้อมูลสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประกอบด้วย ● ฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศในภาพรวมและรายสาขาที่เป็นปัจจุบัน รวมถึงมีการจัดทำกรณีฐาน (Business-as-usual: BAU) ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมของประเทศ ● ฐานข้อมูลการขึ้นทะเบียนกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งที่เป็นทางการและโดยสมัครใจ ● ฐานข้อมูลสนับสนุนการเจรจาความร่วมมือด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (9) มียุทธศาสตร์ หรือแผนปฏิบัติการระดับประเทศในการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประกอบด้วย ● แผนปฏิบัติการการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในรายสาขาที่จำเป็น เช่น การจัดการน้ำ อุทกภัยและภัยแล้ง การเกษตร การท่องเที่ยว การสาธารณสุข เป็นต้น ● แผนปฏิบัติการการศึกษาวิจัยและพัฒนาด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ● แผนปฏิบัติการการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ● ยุทธศาสตร์การสนับสนุนการลงทุนและการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ปล่อยคาร์บอนต่ำและที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ● แผนปฏิบัติการการพัฒนาบุคลากรรองรับการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภูมิอากาศและการพัฒนาแบบปล่อยคาร์บอนต่ำ (10) ทุกหน่วยงานที่เกี่ยวข้องมีการจัดทำยุทธศาสตร์ของหน่วยงานในการพัฒนาการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

เป้าหมาย	ตัวชี้วัด
เป้าหมายระยะกลาง ปี พ.ศ.2563	(1) มีระบบพยากรณ์สภาพอากาศและเตือนภัยล่วงหน้าสำหรับภาคเกษตร และการจัดการภัยพิบัติทางธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพและครอบคลุมทุกพื้นที่เสี่ยง (2) ระบบประกันภัยสำหรับผลผลิตทางการเกษตรที่ได้รับความเสียหายจากปัจจัยทางภูมิอากาศ (3) มีกองทุนเพื่อการฟื้นฟู เยียวยา และปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นกลไกระดับประเทศ (4) พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ ๔๐ ของพื้นที่ประเทศ (5) สัดส่วนพื้นที่อนุรักษ์เพื่อพิทักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพเพิ่มขึ้นเท่ากับพื้นที่อนุรักษ์สูงสุดที่ควรเป็น (maximum conservation area) (6) ทุกจังหวัดชายทะเลมีแผนบูรณาการฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งที่ได้รับผลกระทบ ตามแนวทางการจัดการที่เหมาะสมและเป็นมิตรต่อระบบนิเวศ (7) มีแผนปฏิบัติการระดับท้องถิ่นในการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศครบทุกพื้นที่เสี่ยง (8) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศลดลงร้อยละ ๗-๒๐๒ ในภาคพลังงานและคมนาคมขนส่ง เมื่อเทียบกับกรณี BAU (มีเป้าหมาย พ.ศ.๒๕๖๔) (9) มีสัดส่วนพลังงานหมุนเวียนต่อการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศอย่างน้อยร้อยละ ๒๕ (ปีเป้าหมาย พ.ศ.๒๕๖๔) (10) สัดส่วนของเทศบาลที่มีพื้นที่สีเขียวของชุมชนเมืองไม่น้อยกว่า ๑๐ ตารางเมตรต่อคนเพิ่มขึ้น (11) มีการนำเทคโนโลยีโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (smart grid) มาใช้ในระดับประเทศ
เป้าหมายระยะยาวและเป้าหมายต่อเนื่องปี พ.ศ.2593	(1) สัดส่วนพื้นที่และเกษตรกรที่ได้รับประโยชน์ต่อพื้นที่ชลประทานเพิ่มขึ้น (2) สัดส่วนพื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทานที่ได้รับการพัฒนาแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น (3) สัดส่วนของเกษตรกรในพื้นที่เสี่ยงภัยที่ได้รับการอบรมการป้องกัน บรรเทา และหลีกเลี่ยงภัยธรรมชาติ รวมถึงการฝึกอบรมอาชีพเสริมเพิ่มขึ้น (4) สัดส่วนของเกษตรกรผู้ประกันภัยผลผลิตจากภูมิอากาศเพิ่มขึ้น (5) สัดส่วนมูลค่าความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรจากปัจจัยทางภูมิอากาศต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์รวมในภาคการเกษตรลดลง (6) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับการจัดทำระบบการอนุรักษ์และฟื้นฟูดินและน้ำต่อพื้นที่ประสบภัยธรรมชาติซ้ำซากเพิ่มขึ้น (7) สัดส่วนทรัพยากรน้ำผิวดินที่นำมาใช้ประโยชน์ต่อทรัพยากรน้ำผิวดินทั้งหมดเพิ่มขึ้น (8) สัดส่วนของประชากรที่สามารถเข้าถึงน้ำสะอาดเพิ่มขึ้น (9) สัดส่วนของพื้นที่เสี่ยงภัยที่ได้รับการจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังภัยธรรมชาติเพิ่มขึ้น (10) จำนวนผู้เสียชีวิตและมูลค่าความเสียหายจากภัยธรรมชาติลดลง (11) จำนวนประชากรเด็กอายุต่ำกว่า ๕ ปีที่มีภาวะทุพโภชนาการลดลง (12) สัดส่วนของพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดและการแพร่ระบาดของโรคที่ได้รับการจัดตั้งเครือข่ายเฝ้าระวังโรคเพิ่มขึ้น (13) สัดส่วนของค่าใช้จ่ายด้านสาธารณสุขจากโรคที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยทางภูมิอากาศต่อประชากรลดลง (14) จำนวนชนิดพันธุ์ต่างๆ ที่ถูกคุกคามจนใกล้สูญพันธุ์ลดลง (15) สัดส่วนของการท่องเที่ยวเชิงนิเวศเพิ่มขึ้น (16) ระดับภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพิ่มขึ้น (วัดจากดัชนีรวม)

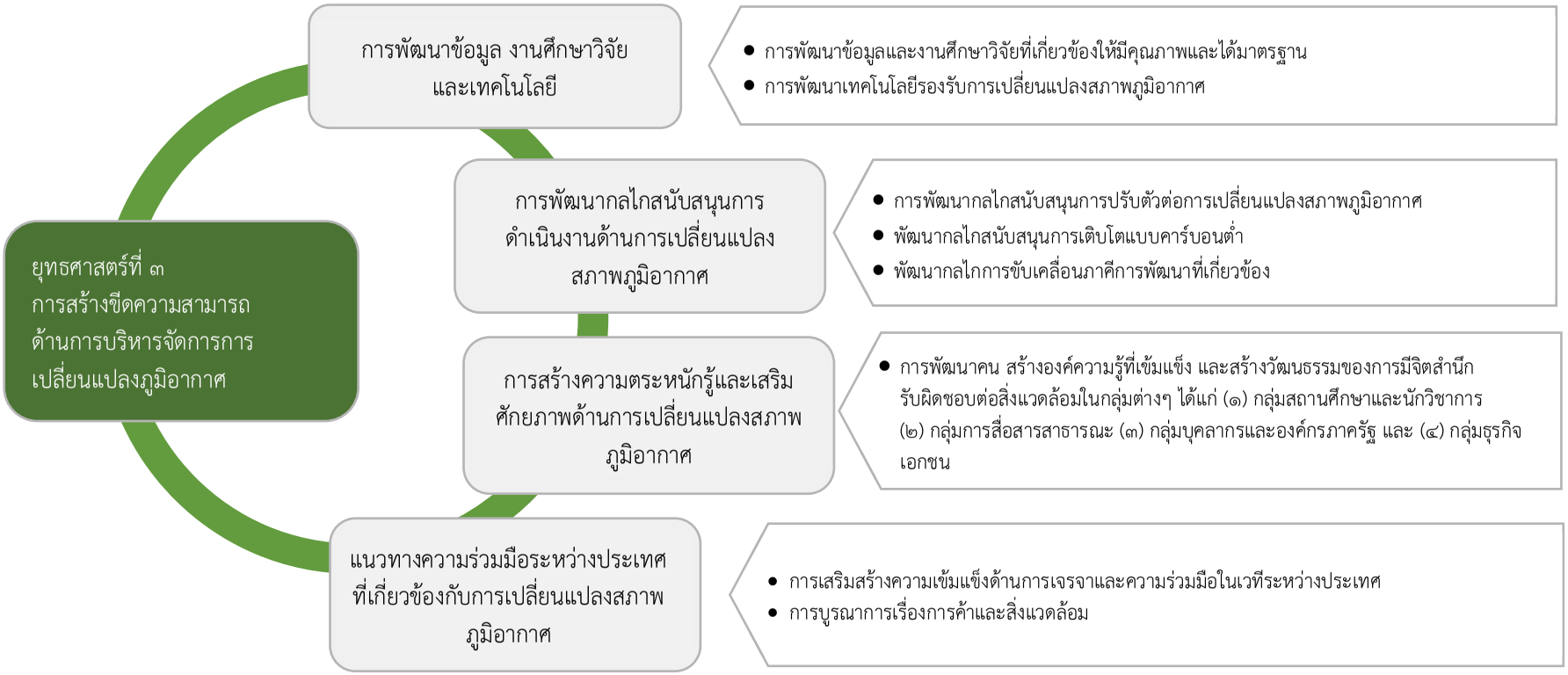
เป้าหมาย	ตัวชี้วัด
	(17) ค่าความเข้มของการใช้พลังงาน (energy intensity) ลดลงอย่างน้อยร้อยละ ๒๕ เมื่อเทียบกับกรณี BAU (ปีเป้าหมาย พ.ศ.๒๕๗๓) (18) สัดส่วนการเดินทางด้วยระบบขนส่งสาธารณะเพิ่มขึ้น (19) สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากคมนาคมขนส่งทางบกลดลง (20) สัดส่วนการลงทุนในภาคอุตสาหกรรมที่ปล่อยคาร์บอนต่ำและที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น (21) จำนวนพื้นที่กำจัดมูลฝอยแบบเทกอง (open dumping) ลดลง (22) สัดส่วนพื้นที่เกษตรที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) และเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น (23) สัดส่วนการเผาในพื้นที่เกษตรลดลง (24) สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมลดลง (25) สัดส่วนของหน่วยงานในส่วนกลาง ส่วนภูมิภาค และส่วนท้องถิ่นที่มีแผนพัฒนาบุคลากรเพื่อรองรับแนวทางการพัฒนาแบบปล่อยคาร์บอนต่ำและการปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเพิ่มขึ้น



รูปที่ 13.2 แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การปรับตัวต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)



รูปที่ 13.3 แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และส่งเสริมการเติบโตที่ปล่อยคาร์บอนต่ำ
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)



รูปที่ 13.4 แนวทางการดำเนินงานภายใต้ยุทธศาสตร์การสร้างขีดความสามารถด้านการบริหารจัดการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

13.1.2.2 แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559 (ค.ศ. 2012 - 2016))

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้ดำเนินการจัดทำแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ.2555-2559 (ค.ศ.2012 - 2016)) เพื่อใช้เป็นแผนยุทธศาสตร์การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในระยะปานกลาง (5 ปี) สำหรับช่วงระยะเวลาตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2554 – 30 กันยายน พ.ศ.2559 (ค.ศ.2016)

กรอบแนวคิดการพัฒนาของแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ใช้กรอบแนวคิดที่ต่อเนื่องจากแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 8-10 โดยยังคงยึดหลักการปฏิบัติตาม “ปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง” และขับเคลื่อนให้บังเกิดผลในทางปฏิบัติที่ชัดเจนยิ่งขึ้นในทุกภาคส่วนทุกระดับ ยึดแนวคิดการพัฒนาแบบบูรณาการเป็นองค์รวมที่มี “คนเป็นศูนย์กลางการพัฒนา” มีการเชื่อมโยงทุกมิติของการพัฒนาอย่างบูรณาการ ทั้งมิติตัวคน สังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการเมือง เพื่อสร้างภูมิคุ้มกันให้พร้อมเผชิญการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งในระดับปัจเจก ครอบครัว ชุมชน สังคม และประเทศชาติ ขณะเดียวกัน ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนในสังคมในกระบวนการพัฒนาประเทศ

โดยแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ได้กำหนดวิสัยทัศน์ของการพัฒนาประเทศในระยะปานกลาง ไว้ดังนี้ **“สังคมอยู่ร่วมกันอย่างมีความสุข ด้วยความเสมอภาค เป็นธรรม และมีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง”**

ในเชิงของยุทธศาสตร์การพัฒนา แผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 11 ได้กำหนดทิศทางและยุทธศาสตร์การพัฒนาไว้เป็น 6 กลุ่มยุทธศาสตร์ คือ (1) ยุทธศาสตร์การสร้างความเป็นธรรมในสังคม (2) ยุทธศาสตร์การพัฒนาคนสู่สังคมแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างยั่งยืน (3) ยุทธศาสตร์ความเข้มแข็งภาคเกษตร ความมั่นคงของอาหารและพลังงาน (4) ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การเติบโตอย่างมีคุณภาพและยั่งยืน (5) ยุทธศาสตร์การสร้างความเชื่อมโยงกับประเทศในภูมิภาคเพื่อความมั่นคงทางเศรษฐกิจและสังคม และ (6) ยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

เมื่อพิจารณาเนื้อหาของยุทธศาสตร์การพัฒนาทั้ง 6 กลุ่มข้างต้น จะพบว่าได้มีการให้ความสำคัญกับประเด็นด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การลดก๊าซเรือนกระจก และ การส่งเสริม/รักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม อย่างชัดเจนอยู่ในหลายๆ ยุทธศาสตร์ ได้แก่

- การพัฒนาคุณภาพคนไทยให้มีภูมิคุ้มกันต่อการเปลี่ยนแปลง สร้างค่านิยมการผลิตและบริโภคที่รับผิดชอบต่อสิ่งแวดล้อม เรียนรู้การรองรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติ **(ยุทธศาสตร์ที่ 2.2)**
- การส่งเสริมการผลิตที่คงไว้ซึ่งความหลากหลายของพันธุ์พืชและสัตว์ที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศและสิ่งแวดล้อมของประเทศ สนับสนุนการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การพัฒนาระบบประกันภัยพืชผลการเกษตร การสร้างความมั่นคงด้านอาหารและพัฒนาพลังงานชีวภาพ **(ยุทธศาสตร์ที่ 3.2 - 3.7)**
- การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจสู่การพัฒนาที่มีคุณภาพและยั่งยืน สร้างความมั่นคงด้านพลังงานด้วยการส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด พัฒนาพลังงานทางเลือก และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในทุกระดับ การปฏิรูปกฎหมายและกฎ ระเบียบต่างๆ ทางเศรษฐกิจให้เอื้อต่อการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันที่มีประสิทธิภาพ เท่าเทียมและเป็นธรรม **(ยุทธศาสตร์ที่ 4.1 และ 4.3)**
- พัฒนาศักยภาพและความร่วมมือภายในภูมิภาคเพื่อเตรียมพร้อมรับภัยพิบัติทางธรรมชาติ เหตุฉุกเฉิน โรคอุบัติใหม่และโรคระบาดซ้ำ **(ยุทธศาสตร์ที่ 5.6)**
- การเสริมสร้างความร่วมมือที่ดีระหว่างประเทศและร่วมกับองค์กรระหว่างประเทศในการสนับสนุนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างมีจริยธรรมและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม **(ยุทธศาสตร์ที่ 5.7)**
- การจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน ได้แก่ การอนุรักษ์ ฟื้นฟู และสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การปรับกระบวนทัศน์การพัฒนาและขับเคลื่อนประเทศเพื่อเตรียมพร้อมไปสู่การเป็นเศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การยกระดับขีดความสามารถในการรองรับและปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อให้สังคมมีภูมิคุ้มกัน การเตรียมความพร้อมรองรับกับภัยพิบัติทางธรรมชาติ การสร้างภูมิคุ้มกันด้านการค้าจากเงื่อนไขด้านสิ่งแวดล้อมและวิกฤตจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การเพิ่มบทบาทประเทศไทยในเวทีประชาคมโลกที่เกี่ยวข้องกับกรอบความตกลงและพันธกรณีด้านสิ่งแวดล้อมระหว่างประเทศ การควบคุมและลดมลพิษ การพัฒนาระบบการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมให้มีประสิทธิภาพ โปร่งใสและเป็นธรรมอย่างบูรณาการ **(ยุทธศาสตร์ที่ 6)**

13.1.2.3 นโยบายและแผนของภาครัฐอื่นๆ

(ก) แผนยุทธศาสตร์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก พ.ศ.2557-2561 (ค.ศ.2014 - 2018)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้ดำเนินการจัดทำแผนยุทธศาสตร์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก พ.ศ.2557-2561 (ค.ศ.2014 - 2018) เพื่อใช้ในการกำหนดทิศทางการดำเนินงาน และยุทธศาสตร์การทำงานของหน่วยงานให้สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาตามกระแสโลกในปัจจุบัน คือ การปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์สู่เศรษฐกิจและสังคมคาร์บอนต่ำ บนพื้นฐานของการพัฒนาอย่างยั่งยืน โดยปรับเปลี่ยนบทบาทจากเดิมที่เน้นการเป็นองค์กรรับรองโครงการตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด ไปสู่การเป็นองค์กรหลักที่ชี้นำการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกและผลักดันการปรับเปลี่ยนกระบวนทัศน์การพัฒนา โดยเน้นการสร้างเครือข่าย (Networking) เชื่อมโยงกับหน่วยงานรัฐและทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง เพื่อร่วมกันผลักดันเป้าหมายเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศ ตลอดจนส่งเสริมการมีส่วนร่วมของแต่ละภาคส่วน ให้เข้ามามีบทบาทในการขับเคลื่อนการพัฒนาสู่สังคมคาร์บอนต่ำอย่างเป็นรูปธรรม

แผนยุทธศาสตร์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก พ.ศ.2557-2561 (ค.ศ.2014 - 2018) มีวิสัยทัศน์หลักคือ “บริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิผล เพื่อช่วยเศรษฐกิจ รักษาสิ่งแวดล้อม และเกื้อกูลสังคม” โดยมีพันธกิจที่สำคัญ 7 ประการคือ (1) วิเคราะห์ กลั่นกรอง และทำความเห็นเกี่ยวกับการให้คำรับรองโครงการ ตลอดจนติดตาม ประเมินผลโครงการที่ได้รับคำรับรอง (2) ส่งเสริมการพัฒนาโครงการ และการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง (3) เป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวกับสถานการณ์การดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจก (4) จัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับโครงการที่ได้รับคำรับรอง และการขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ทั้งนี้ ตามนโยบายที่คณะกรรมการนโยบายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแห่งชาติ และคณะกรรมการองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจกกำหนด (5) ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐ และภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (6) เผยแพร่และประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับการจัดการก๊าซเรือนกระจก (7) ส่งเสริมและสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการดำเนินงานตามวิสัยทัศน์และพันธกิจข้างต้น ทาง อบก.ได้มีการกำหนดตัวชี้วัดเชิงปริมาณ 2 ประการ คือ (1) จำนวนเครือข่าย/หน่วยงาน/องค์กรที่เข้าร่วมในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และ (2) กลุ่มเป้าหมาย (เครือข่าย/หน่วยงาน/องค์กร) มีความรู้ ความเข้าใจในเรื่องการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พร้อมกันนั้นยังได้มีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์และแผนที่ยุทธศาสตร์ ในการมุ่งสู่วิสัยทัศน์และสนองตอบต่อพันธกิจ ภายใต้บริบทของปัจจัยแวดล้อมทั้งภายในและภายนอก โดยใช้แนวทาง Balanced Scorecard (BSC) ผ่านการพิจารณาจากมิติ 4 ด้านคือ มิติประสิทธิผลตามกลยุทธ์ (Effectiveness) มิติคุณภาพการให้บริการ (Quality) มิติประสิทธิภาพกระบวนการภายใน (Internal Process) และมิติการพัฒนาองค์การ (Learning and Growth) โดยได้มีการสรุปประเด็นยุทธศาสตร์หลักของการดำเนินงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 1: การเตรียมโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การพัฒนากลไก ระบบ โครงสร้างพื้นฐาน และมาตรฐานการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และการพัฒนาระบบสารสนเทศและศูนย์กลางข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการก๊าซเรือนกระจก

ประเด็นยุทธศาสตร์ที่ 2: ส่งเสริมทุกภาคส่วนให้มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจก ได้แก่ การพัฒนาตลาดคาร์บอนเพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก การส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพทุกภาคส่วนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก และการบริหารจัดการทางวิชาการด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(ข) แผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ (ระยะยาว) พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036) เพื่อบริหารจัดการทิศทาง/นโยบายด้านพลังงานของประเทศไทยในระยะยาว และเพื่อให้มีความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืนทางพลังงาน โดยมีเป้าหมายหลักคือ ปริมาณสำรองไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติต้องอยู่ในระดับที่มั่นคงและเพียงพอ (ระดับกำลังผลิตไฟฟ้าสำรอง (Reserve Margin) ในระยะยาวอยู่ที่ร้อยละ 15 และปริมาณสำรองก๊าซธรรมชาติ (2P Reserve) อยู่ในระดับ 11-12 ปี) ราคาพลังงานของไทยไม่แพงเกินไปเมื่อเทียบกับประเทศเพื่อนบ้าน ลดความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) ลงอย่างต่อเนื่อง (ลดลงร้อยละ 30 จากปีฐาน พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) ลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการผลิตและลดการ

ใช้พลังงานลงอย่างต่อเนื่อง รวมถึงเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (Renewable Energy: RE) อย่างต่อเนื่องและจริงจัง (เพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนเป็นร้อยละ 30) ทั้งนี้แผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ (ระยะยาว) พ.ศ. 2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036) ประกอบขึ้นด้วย 5 แผนพลังงานหลัก ได้แก่ แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย แผนอนุรักษ์พลังงาน แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย และแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

(ข.1) แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำ แผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าของประเทศ พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015-2036) (Thailand Power Development Plan: PDP 2015) ขึ้นเพื่อเป็นแผนหลักในด้านการพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศภายใต้กรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ และแผนพลังงานหลัก 5 แผนดังกล่าวข้างต้น โดยเน้นการเสริมความมั่นคงระบบไฟฟ้าด้วยการกระจายเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า การลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติ การเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินเทคโนโลยีสะอาด การจัดหาไฟฟ้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น การเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งการพัฒนาระบบส่งไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อรองรับการพัฒนาพลังงานทดแทน และการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)

โดยการจัดทำแผน PDP2015 มีการบูรณาการกับแผนพลังงานที่เกี่ยวข้อง เช่น แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก ที่เน้นการพัฒนาพลังงานทดแทนให้เต็มตามศักยภาพ และส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ ชีวมวล และก๊าซชีวภาพ รวมถึงพลังงานทดแทนอื่นๆ เช่น ลม แสงอาทิตย์ พร้อมขยายระบบส่งไฟฟ้าและระบบจำหน่ายไฟฟ้าของ 3 การไฟฟ้า ให้รองรับการส่งเสริมพลังงานทดแทนเป็นรายพื้นที่ ตลอดจนพัฒนาระบบ Smart Grid เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน ซึ่งกรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงของแผนฯ เปรียบเทียบสำหรับปี พ.ศ. 2557 (ค.ศ.2014) พ.ศ.2569 (ค.ศ.2026) และ พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) สามารถสรุปได้ดังที่แสดงในตารางที่ 13.2

ตารางที่ 13.2 กรอบประมาณการสัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) (ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558)

ประเภทเชื้อเพลิง	ณ ปี 2557 ประมาณร้อยละ	ณ ปี 2569 ประมาณร้อยละ	ณ ปี 2579 ประมาณร้อยละ
ซื้อไฟฟ้าพลังน้ำต่างประเทศ	7	10 - 15	15 – 20
ถ่านหินเทคโนโลยีสะอาด (รวมลิกไนต์)	20	20 - 25	20 – 25
พลังงานหมุนเวียน (รวมพลังน้ำ)	8	10 - 20	15 – 20
ก๊าซธรรมชาติ	64	45 - 50	30 – 40
นิวเคลียร์	-	-	0 – 5
ดีเซล/น้ำมันเตา	1	-	-

(ข.2) แผนอนุรักษ์พลังงานพ.ศ. 2558-2579 (ค.ศ. 2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015-2036) (Energy Efficiency Plan; EEP 2015) ขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบายและแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในระยะยาวของประเทศไทย ภายใต้กรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ และแผนพลังงานหลัก 5 แผนดังกล่าวข้างต้น โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการยกระดับความเข้มข้นของการขับเคลื่อนแผนอนุรักษ์พลังงาน ที่มีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงแผนเดิม (พ.ศ.2554-2573 (ค.ศ.2011 - 2030)) ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น ตามการเปลี่ยนแปลงของราคาน้ำมันในตลาดโลก

สำหรับเป้าหมายของแผนอนุรักษ์พลังงานฯ จะประกอบด้วย 3 เป้าหมายหลักคือ (1) ลดความเข้มข้นการใช้พลังงาน (Energy Intensity; EI) ลงร้อยละ 30 ในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) (2) ตระหนักถึงเจตจำนงของ APEC ซึ่งมีเป้าหมายร่วมในการลด EI ลงร้อยละ 45 ในปี พ.ศ.2578 (ค.ศ.2035) เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2548 (ค.ศ. 2005) โดยมุ่งเน้นสัดส่วนที่ประเทศไทยจะสามารถมีส่วนร่วมได้เป็นหลัก และ (3) ตระหนักถึงเจตจำนงของ UNFCCC ในการประชุม COP 20 ที่ประเทศไทยได้เสนอเป้าหมาย NAMAs ในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) ที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคขนส่งและภาคพลังงานให้ได้ร้อยละ 7-20 จากปริมาณที่ปล่อยในปี พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) ในภาวะปกติ โดยมีการกำหนดยุทธศาสตร์และแนวทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศทั้งระยะสั้น (1-2 ปี) ระยะกลาง (5 ปี) และระยะยาว (22 ปี) มีเป้าหมายใน 4 ภาคเศรษฐกิจที่มีการใช้พลังงานสูง ได้แก่ ภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม ภาคธุรกิจ และภาคบ้านอยู่อาศัย

ในการดำเนินการขับเคลื่อนแผนฯสู่การปฏิบัติ กลยุทธ์ 3 กลยุทธ์และมาตรการ 10 มาตรการจึงได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยที่ยังคงใช้มาตรการผสมผสานทั้งการบังคับ (Push) ด้วยมาตรการกำกับดูแลผ่านพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ค.ศ.1992) และ พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) (ฉบับปรับปรุงแก้ไข) ควบคู่กับการจูงใจ (Pull) ด้วยมาตรการทางการเงินโดยการสนับสนุน ช่วยเหลือ อุดหนุนจากกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้กลยุทธ์และมาตรการดังกล่าวประกอบด้วย

(1) กลยุทธ์ภาคบังคับ (Compulsory Program)

- มาตรการบังคับใช้ พ.ร.บ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) กำกับอาคาร/โรงงานที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดตั้งแต่ 1,000 kW หรือ 1,175 kVA ขึ้นไป หรือใช้ไฟฟ้าจากระบบความร้อนจากไอน้ำหรือพลังงานสิ้นเปลืองอื่นตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป
- มาตรการกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารใหม่ (Building Code)
- มาตรการกำหนดติดฉลากแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานกับอุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์ความร้อน
- มาตรการกำหนดให้ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการด้านไฟฟ้าจะต้องช่วยให้ผู้ใช้บริการหรือผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้า Energy Efficiency Resource Standard (EERS)

(2) กลยุทธ์ภาคความร่วมมือ (Voluntary Program)

- มาตรการช่วยเหลือ อุดหนุนด้านการเงิน เพื่อเร่งให้มีการตัดสินใจลงทุนเปลี่ยนอุปกรณ์ และเกิดการบริหารจัดการพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
- มาตรการส่งเสริมการใช้แสงสว่างเพื่ออนุรักษ์พลังงาน
- มาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง
- มาตรการส่งเสริมการศึกษา วิจัย พัฒนาเทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน การป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการอนุรักษ์พลังงาน และการกำหนดนโยบายและวางแผนพลังงาน

(3) กลยุทธ์สนับสนุน (Complementary Program)

- มาตรการสนับสนุนการพัฒนาบุคลากร และสร้างกำลังคนด้านพลังงาน
- มาตรการสนับสนุนการรณรงค์สร้างจิตสำนึกใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่า และเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงาน

(ข.3) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (Alternative Energy Development Plan; AEDP2015) เพื่อเป็นการกำหนดทิศทางในการดำเนินงานด้านพลังงานภายใต้กรอบแผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ ซึ่งให้ความสำคัญ 3 ด้าน คือ (1) ด้านความมั่นคงทางพลังงาน (Security) ในการตอบสนองต่อปริมาณความต้องการพลังงานที่สอดคล้องกับอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ อัตราการเพิ่มของประชากร และอัตราการขยายตัวของเขตเมือง รวมถึงการกระจายสัดส่วนของเชื้อเพลิงให้มีความเหมาะสม (2) ด้านเศรษฐกิจ (Economy) ที่ต้องคำนึงถึงต้นทุนพลังงานที่มีความเหมาะสมและไม่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศในระยะยาว การปฏิรูปโครงสร้างราคาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ ให้สอดคล้องกับต้นทุน และให้มีภาระภาษีที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศไม่ให้เกิดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย รวมถึงส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และ (3) ด้าน

สิ่งแวดล้อม (Ecology) เพิ่มสัดส่วนการผลิตพลังงานหมุนเวียนภายในประเทศ และการผลิตพลังงานด้วยเทคโนโลยีประสิทธิภาพสูง เพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชุมชน

แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036) นับเป็น 1 ใน 5 แผนพลังงานหลักภายใต้แผนบูรณาการพลังงานแห่งชาติ โดยแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก จะให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศให้ได้เต็มตามศักยภาพ การพัฒนาศักยภาพการผลิตพลังงานทดแทนด้วยเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสม และการพัฒนาพลังงานทดแทนเพื่อผลประโยชน์ร่วมในมิติด้านสังคมและสิ่งแวดล้อมแก่ชุมชน

แผนฯ มีการกำหนดเป้าหมายการพัฒนาพลังงานทดแทนไว้ 3 ด้านหลักคือ (1) เป้าหมายการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับศักยภาพของเชื้อเพลิงวัตถุดิบ และความสามารถในการรองรับระบบไฟฟ้า (2) เป้าหมายการผลิตความร้อนจากพลังงานทดแทน ผ่านการคาดการณ์ความต้องการพลังงานเพื่อผลิตความร้อน และการประเมินศักยภาพการผลิตความร้อน และ (3) เป้าหมายการผลิตเชื้อเพลิงในภาคขนส่งจากพลังงานทดแทน ผ่านการคาดการณ์ความต้องการเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง และการประเมินศักยภาพการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ

ทั้งนี้มีการกำหนดยุทธศาสตร์เพื่อส่งเสริมการพัฒนาพลังงานทดแทนในปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) ใน 3 ยุทธศาสตร์หลัก ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การเตรียมความพร้อมด้านวัตถุดิบและเทคโนโลยีพลังงานทดแทน มีเป้าประสงค์ในการพัฒนาความสามารถในการผลิต บริหารจัดการวัตถุดิบด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเพิ่มศักยภาพการผลิต การใช้ และตลาดพลังงานทดแทน มีเป้าประสงค์ในการผลักดันความสามารถในการผลิตและความต้องการพลังงานทดแทน

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การสร้างจิตสานึกและเข้าถึงองค์ความรู้ ข้อเท็จจริงด้านพลังงานทดแทน มีเป้าประสงค์ในการสร้างความตระหนักและความรู้ความเข้าใจต่อการผลิตการใช้พลังงานทดแทนอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

(ข.4) แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติของไทย พ.ศ.2558-2579 (Gas plan 2015) เพื่อบริหารจัดการการใช้และจัดหาก๊าซธรรมชาติในระยะยาว โดยการใช้ก๊าซธรรมชาติของประเทศมีแนวโน้มสูงขึ้น ขณะที่ปริมาณการผลิตในประเทศกลับลดลง ประเทศจึงต้องพึ่งพาการนำเข้า LNG มากขึ้น ทำให้ต้นทุนราคาเชื้อเพลิงสูงขึ้น และยังมีความเสี่ยงที่จะขาดวัตถุดิบป้อนอุตสาหกรรมปิโตรเคมี โดยได้กำหนดเป้าหมายหลักเพื่อบริหารจัดการด้านการใช้และการจัดหาก๊าซธรรมชาติของประเทศ ตามแนวทาง 4 ด้านคือ (1) ชะลอการเติบโตของการใช้ก๊าซธรรมชาติ (2) รักษาระดับการผลิตจากแหล่งในประเทศให้ยาวนานขึ้น (3) จัดหาและบริหารจัดการ LNG และ (4) พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการนำเข้า LNG

ทั้งนี้แผนฯ มีการกำหนดมาตรการในการดำเนินการตามเป้าหมายหลักทั้ง 4 ด้านดังนี้

(1) ชะลอการเติบโตของการใช้ก๊าซธรรมชาติ มีมาตรการในการลดการพึ่งพาก๊าซฯในการผลิตไฟฟ้า (กระจายเชื้อเพลิงตามแผน PDP 2015) จากร้อยละ 64 เหลือร้อยละ 37 ในพ.ศ.2579 (ค.ศ. 2036) ประหยัดพลังงานของก๊าซฯ ในอุตสาหกรรม (ตามแผน EEP 2015) ผ่านการลดการใช้พลังงานได้ประมาณ 89,672 ล้านหน่วย (GWh) และลดการสร้างโรงไฟฟ้าได้ประมาณ 10,000 เมกะวัตต์ (MW) ในพ.ศ. 2579 (ค.ศ. 2036) รวมถึงดำเนินมาตรการในการพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (ตามแผน AEDP 2015) ได้แก่ เพิ่มสัดส่วนไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน จากร้อยละ 8 เป็นร้อยละ 20 ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงขยะ ชีวมวล ก๊าซชีวภาพ แสงอาทิตย์และลม และพัฒนาพลังงานหมุนเวียนตามรายภูมิภาค (Zoning)

(2) รักษาระดับการผลิตจากแหล่งในประเทศให้ยาวนานขึ้น ผ่านมาตรการในการเร่งรัดการเปิดให้ยื่นขอสิทธิสำรวจและผลิตปิโตรเลียมรอบใหม่ เพื่อเพิ่มโอกาสในการสำรวจหาปิโตรเลียมและส่งเสริมการลงทุน หาแนวทางบริหารจัดการแหล่งก๊าซธรรมชาติที่สัมปทานจะสิ้นอายุในพ.ศ.2565-2566 (ค.ศ.2022 - 2023) เพื่อให้การผลิตแหล่งก๊าซธรรมชาติสำคัญเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และจัดทำแผนการลดปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ไม่ผ่านโรงแยกก๊าซฯ เพื่อส่งเสริมการใช้ก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยให้เกิดประโยชน์สูงสุด และรักษาอายุแหล่งก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทยให้นานขึ้น

(3) จัดหาและบริหารจัดการ LNG ผ่านมาตรการในการจัดหา LNG ส่งเสริมให้เกิดการแข่งขันในธุรกิจ LNG โดยเพิ่มจำนวนผู้จัดหาและจำหน่าย และกำกับให้มีการเปิดการเข้าใช้ และ/หรือ การเชื่อมต่อโดยบุคคลที่สาม (Third Party Access) เกิดขึ้นอย่างเต็มรูปแบบทั้งระบบท่อส่งก๊าซและ LNG Terminal และจัดตั้งหน่วยงานเพื่อให้การสนับสนุนและกำกับดูแลด้านการจัดหา LNG

(4) พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการนำเข้า LNG ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของประเทศ ตามแผนกรณีฐาน

(ข.5) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036)

กระทรวงพลังงานได้จัดทำแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015 - 2036) ขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ประการคือ เพิ่มความมั่นคงทางพลังงาน (Security) เพิ่มประสิทธิภาพในทางเศรษฐกิจ (Economy) และรักษาสิ่งแวดล้อม (Ecology) มีเป้าหมายหลัก 5 ประการคือ (1) สนับสนุนมาตรการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามแผน EEP (2) บริหารจัดการชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม (3) ปรับโครงสร้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม (4) ผลักดันการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพตามแผน AEDP และ (5) สนับสนุนการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันเชื้อเพลิง

ทั้งนี้แผนฯ มีการกำหนดมาตรการในการดำเนินการตามเป้าหมายหลักทั้ง 5 ประการดังนี้

(1) สนับสนุนมาตรการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามแผน EEP ผ่านมาตรการในการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่ง 11 มาตรการ (ซึ่งรวมอยู่ในแผน EEP) คาดว่าจะประหยัดได้ 30,213 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) หรือร้อยละ 46 ในพ.ศ.2579 (ค.ศ.2036)

(2) บริหารจัดการชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม ผ่านมาตรการในการไม่ส่งเสริม แต่ไม่ห้ามใช้ LPG ในภาคขนส่ง ส่งเสริมการใช้ NGV ในรถบรรทุกและรถสาธารณะ และส่งเสริมการใช้น้ำมัน E20 ในรถที่สามารถใช้น้ำมัน E20 ได้

(3) ปรับโครงสร้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสม ผ่านมาตรการในการกำหนดราคาที่สะท้อนต้นทุนจริงและใช้กลไกตลาด กำหนดราคาน้ำมันดีเซลและเบนซินให้ไม่แตกต่างกันมากนัก และกำหนดราคาลอยตัวสำหรับ LPG และ NGV

(4) ผลักดันการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพตามแผน AEDP โดยมีการกำหนดเป้าหมายในการใช้เอทานอลอยู่ที่ 11.3 ล้านลิตร/วัน พร้อมกับการทยอยลดประเภทน้ำมันเบนซินในระยะยาวให้เหลือไม่เกิน 3 ประเภท และการทยอยปรับน้ำมัน B7 เป็น B10 และ B20 (บางกลุ่ม) เพื่อบรรลุเป้าหมายการใช้ไบโอดีเซลที่ 14.0 ล้านลิตร/วัน

(5) สนับสนุนการลงทุนในระบบโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันเชื้อเพลิง ผ่านมาตรการในการดำเนินการจัดทำระบบท่อน้ำมัน และศึกษาระบบคลังน้ำมันทางยุทธศาสตร์

(ค) แผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2573 (ค.ศ.2013 - 2030)

กระทรวงคมนาคมได้จัดทำแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2573 (ค.ศ.2013 - 2030) ขึ้น โดยแบ่งเป็นแผนระยะสั้น (พ.ศ.2556-2560 (ค.ศ.2013-2017) และแผนระยะยาว (พ.ศ.2561-2573 (ค.ศ.2018-2030) มีเป้าหมายเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคการขนส่งเป็นหลัก โดยมีวิสัยทัศน์คือ “ระบบขนส่งมีประสิทธิภาพ เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ที่ยั่งยืนและพอเพียง” พร้อมกับมีการกำหนดแผนงาน/โครงการ ซึ่งได้มีการจัดแบ่งกลุ่มออกเป็น 6 ยุทธศาสตร์หลัก ได้แก่

ยุทธศาสตร์ที่ 1 เพิ่มขีดความสามารถของบุคลากร/ศักยภาพของหน่วยงาน

ยุทธศาสตร์ที่ 2 พัฒนาแผนและกลไกที่เหมาะสม เพื่อประสานและติดตามประเมินผล/แผนงาน/มาตรการ/โครงการด้านการขนส่งและจราจรให้ขับเคลื่อนไปสู่การปฏิบัติ

ยุทธศาสตร์ที่ 3 พัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่ง ให้เกิดการเชื่อมต่อและทั่วถึง ได้แก่ โครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน โครงการพัฒนารถไฟทางคู่ โครงการพัฒนาระบบรถไฟความเร็วสูง ระบบตั๋วร่วม การส่งเสริมการเดินทางที่ไม่ใช้

เครื่องยนต์ และปรับปรุงการเชื่อมต่อการเดินทาง การปรับปรุงและพัฒนาเส้นทางเดินรถโดยสารประจำทางและการให้สิทธิพิเศษแก่รถประจำทาง

ยุทธศาสตร์ที่ 4 บริหารจัดการการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น การจัดหารถโดยสารที่มีประสิทธิภาพและปลดปล่อยมลพิษน้อย การจัดเก็บค่าที่จอดรถ ค่าธรรมเนียมการใช้ถนนในช่วงเวลาเร่งด่วน เป็นต้น

ยุทธศาสตร์ที่ 5 ส่งเสริมการวิจัย พัฒนาและประยุกต์ใช้นวัตกรรมและเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น โครงการระบบสารสนเทศเชิงภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อพัฒนาระบบการขนส่งด้วยรถโดยสาร การส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด การใช้รถยนต์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ยุทธศาสตร์ที่ 6 สร้างความตระหนักรู้ทางด้านสิ่งแวดล้อมให้กับประชาชน

(ง) ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ. 2556-2559 (ค.ศ. 2013 - 2016)

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้จัดทำยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ.2556-2559 (ค.ศ. 2013 - 2016) ขึ้น โดยมีกรอบแนวคิดหลักคือ สนับสนุนการพัฒนาการเกษตรให้มีภูมิคุ้มกันสามารถปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เพื่อคงไว้ซึ่งความมั่นคงในการประกอบอาชีพเกษตรกรรมและความมั่นคงทางอาหาร รวมถึงการเพิ่มผลิตภาพการผลิต ความสามารถในการแข่งขันและนำไปสู่การเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและคาร์บอนต่ำ มีวิสัยทัศน์หลักคือ สร้างภูมิคุ้มกันภาคเกษตร สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งนี้มีพันธกิจหลัก 4 ประการคือ (1) สร้างภูมิคุ้มกันและศักยภาพในการปรับตัวของภาคเกษตร (2) พัฒนาขีดความสามารถในการจัดการทรัพยากรการเกษตร (3) วิจัยพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ผสานกับภูมิปัญญาท้องถิ่นในการปรับตัว และ (4) ส่งเสริมการเรียนรู้ สร้างความร่วมมือ และเครือข่ายการแลกปลี่ยนเรียนรู้ของทุกภาคส่วน ทั้งในและต่างประเทศ

ทั้งนี้ ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ.2556-2559 (ค.ศ.2013 - 2016) ประกอบด้วย 3 ยุทธศาสตร์หลัก ดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การปรับตัวรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ประกอบด้วย 2 กลยุทธ์ คือ

1.1 เตรียมความพร้อมและสร้างภูมิคุ้มกัน
1.2 การลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การเก็บกักและการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคเกษตร ประกอบด้วย 2 กลยุทธ์ คือ

2.1 การพัฒนาระบบข้อมูลและองค์ความรู้ก๊าซเรือนกระจก
2.2 ส่งเสริมสนับสนุนการปรับระบบการผลิตสู่เกษตรกรรมที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร ประกอบด้วย 5 กลยุทธ์ คือ

3.1 การพัฒนาเสริมสร้างองค์ความรู้ ด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
3.2 สร้างการรับรู้ ความเข้าใจ และการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน
3.3 เพิ่มศักยภาพบุคลากร
3.4 พัฒนาการดำเนินงานตามกรอบความร่วมมือกับต่างประเทศด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ
3.5 สร้างกลไกในการติดตาม ขับเคลื่อนการพัฒนาการเกษตรภายใต้การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอย่างเป็นระบบ

(จ) แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พ.ศ.2551-2555 (ค.ศ.2008 - 2012)

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้จัดทำแผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช พ.ศ.2551-2555 (ค.ศ.2008 - 2012) โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์อย่างมีส่วนร่วมเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เพื่อพัฒนาบุคลากร ฐานข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการป่าอนุรักษ์เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และเพื่อสร้างจิตสำนึกและความตระหนักถึงบทบาทของทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแก่ทุกภาคส่วน มีวิสัยทัศน์หลักคือ เป็นผู้นำในการบริหารจัดการ

ป่าอนุรักษ์เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในระดับประเทศ สร้างจิตสำนึกและกระตุ้นการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน ทั้งนี้มีพันธกิจหลัก 3 ประการคือ (1) บริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์อย่างมีส่วนร่วมเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (2) พัฒนาบุคลากร ฐานข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการป่าอนุรักษ์เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ (3) สร้างจิตสำนึกและความตระหนักถึงบทบาทของทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศแก่ทุกภาคส่วน

ทั้งนี้แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พ.ศ. 2551-2555 (ค.ศ. 2008 - 2012) ประกอบด้วย 6 ยุทธศาสตร์หลัก ดังนี้

ยุทธศาสตร์ที่ 1 การบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การป้องกันการบุกรุกทำลายป่าและสร้างความเสื่อมโทรมแก่ป่าในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ การเพิ่มศักยภาพของแหล่งดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการท่องเที่ยวในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และการบริหารจัดการไฟป่าเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ยุทธศาสตร์ที่ 2 การบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อป้องกันและบรรเทาความเสียหายของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การสร้างความสามารถในการประเมินผลกระทบ และการป้องกันและบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ที่มีต่อระบบนิเวศป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพ และแหล่งเรียนรู้และแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ

ยุทธศาสตร์ที่ 3 การบริหารจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ เพื่อสร้างความสามารถในการปรับตัวจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การสร้างความสามารถในการปรับตัวของระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ การจัดการฟื้นฟูทรัพยากรสัตว์ป่าและถิ่นที่อาศัยของสัตว์ป่าที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การบริหารจัดการแหล่งเรียนรู้และการท่องเที่ยวในพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพื่อรับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของโรค แมลง และพาหะนำโรค

ยุทธศาสตร์ที่ 4 พัฒนาข้อมูล องค์ความรู้ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบริหารจัดการป่าอนุรักษ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การรวบรวมและสร้างองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และการสร้างองค์ความรู้และเทคโนโลยีด้านการติดตามตรวจสอบการกักเก็บ/ปล่อยก๊าซเรือนกระจกของระบบนิเวศในพื้นที่ป่าอนุรักษ์

ยุทธศาสตร์ที่ 5 สร้างจิตสำนึก และความตระหนักถึงบทบาทของทรัพยากรป่าไม้ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การพัฒนาองค์ความรู้และสร้างความตระหนักเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศแก่หน่วยงานภาครัฐ การสร้างความตระหนักรู้และจิตสำนึกรับผิดชอบแก่ภาคประชาชนถึงความสำคัญของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และการสร้างศักยภาพในการร่วมมืออนุรักษ์ป่าไม้

ยุทธศาสตร์ที่ 6 พัฒนาบุคลากร และสร้างความร่วมมือเพื่อรับสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ได้แก่ การสนับสนุนให้บุคลากรได้รับการพัฒนาองค์ความรู้ทางวิชาการและทักษะในการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องอย่างต่อเนื่อง การสร้างกลไกการถ่ายทอดองค์ความรู้และแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างกัน และการสนับสนุนและพัฒนาการดำเนินงานในกรอบความร่วมมือกับต่างประเทศ

(ฉ) แผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พ.ศ.2556–2566 (ค.ศ.2013 - 2023)

กรุงเทพมหานครและองค์กรความร่วมมือระหว่างประเทศญี่ปุ่น (Japan International Cooperation Agency: JICA) จัดทำแผนแม่บทกรุงเทพมหานครว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2566 (ค.ศ.2013 - 2023) (Bangkok Master Plan on Climate Change 2013-2023) “ร่วมสร้างกรุงเทพให้เป็นเมืองคาร์บอนต่ำและมั่นคงทนทานต่อความเสี่ยงที่มาจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ” โดยแผนแม่บทกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2566 (ค.ศ.2013 - 2023) ประกอบด้วย แผนการดำเนินงานครอบคลุม 5 ด้าน ได้แก่

1. ด้านการขนส่งที่ยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม
2. ด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและการใช้พลังงานทางเลือก
3. ด้านการจัดการขยะและบำบัดน้ำเสียอย่างมีประสิทธิภาพ
4. ด้านการวางผังเมืองสีเขียว
5. ด้านแนวทางการรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

13.2 การดำเนินงานและความร่วมมือระหว่างประเทศ

ลักษณะพิเศษที่สำคัญประการหนึ่งของปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ก็คือ ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีลักษณะของความเป็น “ปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับโลก” ที่ค่อนข้างสมบูรณ์ชัดเจน ทั้งในแง่ของสาเหตุที่มาของปัญหา ผลกระทบของปัญหา รวมไปจนถึงแนวทางในการจัดการกับปัญหา

กล่าวคือ ปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมีจุดเริ่มต้นมาจากการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์ ซึ่งส่งผลทำให้ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น โดยตัวกิจกรรมหลักที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงที่สุดก็คือ การใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิล ซึ่งต้องถือว่าเป็นแหล่งพลังงานพื้นฐานของการขับเคลื่อนทางเศรษฐกิจของประเทศส่วนใหญ่ ทั้งในกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วและกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา ดังนั้นในแง่นี้ จึงต้องถือว่าปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นปัญหาที่เป็นความรับผิดชอบร่วมกันของทุกประเทศทั่วโลก (แม้ว่าในอีกแง่หนึ่งก็ควรต้องเน้นย้ำว่า ประเทศพัฒนาแล้วได้มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลมาก่อนประเทศกำลังพัฒนา จึงย่อมจะต้องถือเป็นผู้ที่มีสัดส่วนความรับผิดชอบในการก่อปัญหามากกว่าประเทศกำลังพัฒนา – แนวคิดนี้สอดคล้องกับหลักการ “ความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่าง” ที่มีการกำหนดไว้เป็นส่วนหนึ่งของหลักการของอนุสัญญา UNFCCC)

นอกจากนี้ในแง่ของกระบวนการและผลกระทบของปัญหา หากพิจารณาจากสมบัติของก๊าซเรือนกระจกประเภทต่างๆ แล้ว จะพบว่า ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญทั้งหมดจะมีช่วงชีวิตในชั้นบรรยากาศ (Atmospheric Lifetime) ที่ค่อนข้างยาวนาน (ในย่านราว 10-100-50000 ปี) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับช่วงเวลาในการกระจายตัว (Atmospheric Mixing Time) ของชั้นบรรยากาศของโลก (ซึ่งมีค่าอยู่เพียงราว 1-2 ปี) ลักษณะดังกล่าวจึงส่งผลทำให้ ก๊าซเรือนกระจกต่างๆ ไม่ว่าจะถูกปล่อยมาจากแหล่งกำเนิดก๊าซที่อยู่ในประเทศใดก็ตาม ย่อมจะส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก (และสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคต่างๆ หรือประเทศต่างๆ) ในลักษณะที่แทบจะไม่มีผลแตกต่างกัน ดังนั้น หากประเทศใดประเทศหนึ่งหรือกลุ่มประเทศใดกลุ่มประเทศหนึ่ง มีความประสงค์จะบรรเทาผลกระทบของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่จะเกิดขึ้นกับประเทศของตน ก็จะพบว่า การดำเนินงานในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขอบเขตประเทศของตนเพียงอย่างเดียว จะไม่สามารถที่จะก่อให้เกิดผลในการลดขนาดของผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับประเทศของตนได้อย่างเต็มที่ เนื่องจากหากประเทศหนึ่งลดการปล่อยก๊าซของตนลง ขณะที่ประเทศอื่นเพิ่มปริมาณการปล่อยก๊าซให้สูงขึ้นในปริมาณที่เท่าเทียมกัน ผลสุดท้ายที่ประเทศผู้ลดการปล่อยก๊าซ (และรวมทั้งประเทศอื่นๆ ทั่วโลก) จะได้รับ ก็จะยังคงเหมือนเดิม โดยที่ไม่มีความแตกต่างแต่ประการใดเลย

ในสภาวะดังกล่าว จึงอาจนับได้ว่า “ชั้นบรรยากาศของโลก” (หรือ ถ้าจะกล่าวให้เฉพาะเจาะจงมากขึ้นก็คือ “ความสามารถในการรองรับก๊าซเรือนกระจกของชั้นบรรยากาศโลก”) มีลักษณะที่ควรจะถือได้ว่าเป็น “ทรัพยากรส่วนรวมในระดับโลก” (Global Common Property) ซึ่งการดำเนินการเพื่อจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องเป็นการดำเนินการร่วมกันในระดับของประชาคมโลก ที่ต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจของเกือบทุกประเทศทั่วโลก (หรือ ประเทศส่วนใหญ่ของโลก เป็นอย่างน้อย) จึงจะสามารถดำเนินการให้ประสบผลในการบรรเทา/ควบคุม/ดูแลจัดการปัญหาดังกล่าวในระดับที่เป็นรูปธรรมได้

ภายใต้ลักษณะดังกล่าวข้างต้น เราจึงพบว่า การดำเนินงานและการผลักดันเพื่อนำไปสู่การจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ปรากฏขึ้นในช่วงเวลาที่ผ่านมา จะมีลักษณะที่เป็นการดำเนินการผลักดันในระดับนานาชาติเป็นแนวทางหลัก โดยมีกระบวนการของการเจรจาเพื่อจัดทำข้อตกลงความร่วมมือระหว่างประเทศภายใต้ร่มขององค์การสหประชาชาติ ซึ่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งก็คือ การเจรจาภายใต้กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) เป็นกลไกหลัก

13.2.1 ความร่วมมือระหว่างประเทศภายใต้กรอบอนุสัญญา UNFCCC

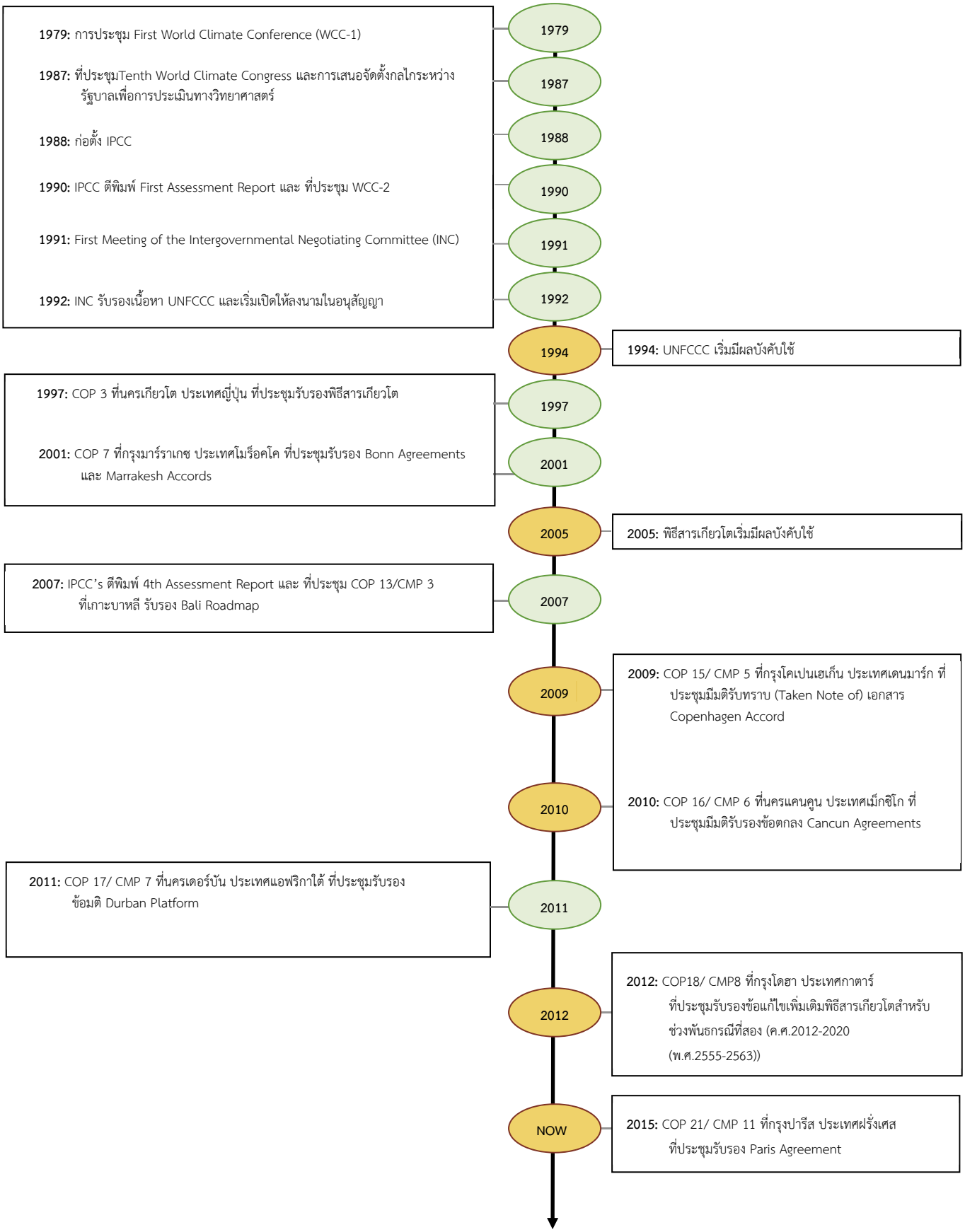
รูปที่ 13.5 แสดงภาพรวมความเป็นมาและพัฒนาการของความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายใต้กรอบอนุสัญญา UNFCCC

โดยในปี ค.ศ.1979 (พ.ศ.2522) องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO) ร่วมกับโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และ องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้จัดให้มีการประชุม First World Climate Conference (WCC-1) ซึ่งถือได้ว่าเป็นการประชุมทางวิชาการระดับโลกด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศครั้งแรก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินสถานะของความรู้เกี่ยวกับภูมิอากาศ และพิจารณาผลกระทบของความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อสังคมมนุษย์ (WMO, 2015) ผลจากการประชุมดังกล่าวได้นำไปสู่การจัดตั้งโครงการภูมิอากาศโลก (World Climate Programme) และโครงการวิจัยภูมิอากาศโลก (World Climate Research Programme) และรวมทั้งเป็นจุดเริ่มต้นให้มีการดำเนินการจัดประชุมทางวิชาการนานาชาติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ต่อเนื่องมาอีกหลายต่อหลายครั้ง

จนกระทั่งในปี ค.ศ.1987 (พ.ศ.2530) ที่ประชุมสภาองค์กรอุตุนิยมวิทยาโลกครั้งที่ 10 (Tenth WMO Congress) ได้มีข้อมติในประเด็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก (Resolution 9: Global Climate Change) โดยส่วนหนึ่งของข้อมติดังกล่าว ได้มีการร้องขอให้คณะสภาบริหารของ WMO (WMO Executive Council) ดำเนินการศึกษาทบทวนกลไกความร่วมมือระหว่างประเทศในการจัดการกับมิติด้านวิทยาศาสตร์ของก๊าซเรือนกระจก (WMO, 1987) ส่งผลให้ที่ประชุมสภาบริหารของ WMO ซึ่งจัดขึ้น 1 สัปดาห์หลังจากนั้นได้มีมติร้องขอให้เลขาธิการของ WMO ประสานความร่วมมือกับผู้อำนวยการของโครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) ดำเนินการจัดตั้ง “กลไกระหว่างรัฐบาล” เพื่อทำหน้าที่จัดการประเมินทางวิทยาศาสตร์นานาชาติเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ภายใต้ข้อมติดังกล่าว ในปี ค.ศ.1988 (พ.ศ.2531) องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) ร่วมกับ โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ (UNEP) จึงได้ดำเนินการจัดตั้ง คณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) ขึ้น โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เป็นองค์กรสากลหลักในการทำหน้าที่ประเมินสถานภาพความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม สังคม และ เศรษฐกิจของปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ และให้คำแนะนำแก่ผู้นำของประเทศต่างๆ ในเชิงวิทยาศาสตร์อย่างปราศจากอคติ เป็นอิสระจากผลประโยชน์ของแต่ละประเทศ ทั้งนี้เนื้อหางานสำคัญของ IPCC ก็คือ การจัดทำรายงานการประเมินองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Assessment Report on Climate Change) ซึ่งจนถึงปัจจุบันได้มีการจัดทำมาแล้วจำนวน 5 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ฉบับที่ 2 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) ฉบับที่ 3 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.2001 (พ.ศ.2544) ฉบับที่ 4 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.2007 (พ.ศ.2550) และ ฉบับที่ 5 ตีพิมพ์ในปี ค.ศ.2013-2014 (พ.ศ.2556-2557)

ในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ. 2533) หลังจากที่ IPCC จัดพิมพ์รายงานการประเมินฉบับที่หนึ่ง (First Assessment Report) ที่ประชุม World Climate Conference ครั้งที่ 2 (ซึ่งจัดขึ้นในปีเดียวกัน) ได้เรียกร้องให้มีการดำเนินการจัดทำสนธิสัญญาระดับโลกว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศขึ้น จากข้อเรียกร้องดังกล่าว องค์กรสหประชาชาติจึงได้ทำการจัดตั้ง คณะกรรมการเจรจาระหว่างรัฐบาล (Intergovernmental Negotiating Committee: INC) ขึ้น เพื่อจัดทำร่างเนื้อหาอนุสัญญา โดยได้มีการจัดประชุม INC ครั้งแรกในระหว่างวันที่ 4-14 กุมภาพันธ์ ค.ศ.1991 (พ.ศ.2534)



รูปที่ 13.5 ความเป็นมาและพัฒนาการของอนุสัญญา UNFCCC

ภายหลังจากการดำเนินการเจรจาอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลามากกว่า 15 เดือน ในที่สุดที่ประชุมคณะกรรมการ INC ได้มีมติรับรองเนื้อหาของ กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ในการประชุมรอบที่ 5 ส่วนที่ 2 (INC 5-2) เมื่อวันที่ 9 พฤษภาคม ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) และเสนอเข้าสู่ที่ประชุม United Nations Conferences on Environment and Development (UNCED) (หรือที่มักนิยมเรียกกันว่า “การประชุมสุดยอดโลก” หรือ “Earth Summit”) ซึ่งจัดขึ้นที่ กรุงริโอ เดอ จาเนโร ประเทศบราซิล และเริ่มเปิดให้มีการลงนามในอนุสัญญาฯ ดังกล่าวในระหว่างวันที่ 4-14 มิถุนายน ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) ทั้งนี้ อนุสัญญา UNFCCC เริ่มมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 21 มีนาคม ค.ศ.1994 (พ.ศ.2537) โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมลงนามในวันที่ 12 มิถุนายน ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) และร่วมให้สัตยาบันในวันที่ 28 ธันวาคม ค.ศ.1994 (พ.ศ.2537) ในปัจจุบัน UNFCCC มีภาคีสมาชิกทั้งสิ้น 197 ภาคี (196 รัฐภาคี ร่วมกับ สหภาพยุโรป – ข้อมูล ณ วันที่ 1 พฤษภาคม พ.ศ.2559 (ค.ศ.2016))

หลังจากนั้นในปีถัดมา คือ ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) จึงได้มีการจัดประชุมสมัชชารัฐภาคีของอนุสัญญา UNFCCC ครั้งแรก หรือ The First Conference of the Parties (COP 1) ขึ้นที่กรุงเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี โดยที่ประชุมได้มีการบรรลุข้อมติ Berlin Mandate ซึ่งกำหนดให้เริ่มต้นกระบวนการ (Process) ในการเพิ่มความเข้มงวดของพันธกรณี (Stregthening the Commitments) ในการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศที่มีรายชื่ออยู่ในภาคผนวกที่ 1 (Annex I) ของอนุสัญญาฯ ในช่วงหลังจากปี ค.ศ.2000 (พ.ศ.2543) โดยกำหนดให้มีการจัดตั้ง Ad Hoc Group for Berlin Mandate (AGBM) เพื่อดำเนินการเจรจาและจัดทำร่าง พิธีสารหรือตราสารกฎหมายอื่น (Protocol or Another Legal Instrument) เพื่อนำเข้าสู่การพิจารณารับรองในที่ประชุม COP 3 ในปี ค.ศ.1997 (พ.ศ.2540) โดยทั้งนี้จะต้องไม่มีการนำเสนอพันธกรณีใหม่สำหรับประเทศที่อยู่นอกภาคผนวกที่ 1 แต่เพียงให้เน้นย้ำในพันธกรณีที่มีระบุอยู่แล้วตามมาตรา 4.1 ของอนุสัญญาฯ

ในวันที่ 11 ธันวาคม ค.ศ.1997 (พ.ศ.2540) ที่ประชุม COP 3 สามารถบรรลุการรับรองพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ซึ่งกำหนดข้อผูกพันให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 มีพันธกรณีในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยเฉลี่ยลงอย่างน้อยร้อยละ 5 จากระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเดิมในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ภายในช่วงระยะเวลาระหว่างปี ค.ศ.2008–2012 (พ.ศ.2551 - 2555) (ช่วงพันธกรณีที่ 1 หรือ First Commitment Period) โดยขณะที่ในส่วนของประเทศที่อยู่นอกภาคผนวกที่ 1 ยังคงไม่มีข้อผูกพันหรือพันธกรณีใดๆ (ซึ่งเป็นไปตามข้อบทที่กำหนดในอนุสัญญาฯ และในข้อมติ Berlin Mandate)

อย่างไรก็ดี รัฐสภาของประเทศสหรัฐอเมริกาไม่เห็นด้วยที่ประเทศกำลังพัฒนาจะไม่ต้องมีข้อผูกพัน จึงได้มีมติวุฒิสภา S.Res.98 – 105th Congress คัดค้านการเข้าร่วมเป็นภาคีพิธีสารของ UNFCCC ที่กำหนดพันธกรณีแก่ประเทศในภาคผนวกที่ 1 แต่ไม่กำหนดพันธกรณีสำหรับประเทศกำลังพัฒนา หรือ ที่จะก่อผลเสียหายอย่างรุนแรงแก่เศรษฐกิจของประเทศสหรัฐอเมริกา (Library of Congress, 1997) ซึ่งตามข้อกำหนดของพิธีสารเกียวโต พิธีสารจะมีผลบังคับใช้ก็ต่อเมื่อมีอย่างน้อย 55 รัฐภาคีที่ให้สัตยาบันต่อพิธีสาร และภาคีประเทศในภาคผนวกที่ 1 ที่ให้สัตยาบันจะต้องมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมไม่ต่ำกว่าร้อยละ 55 ของปริมาณการปล่อยก๊าซรวมของภาคีประเทศในภาคผนวกที่ 1 ในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ดังนั้นการที่ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศในภาคผนวกที่ 1 และเป็นประเทศที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดของโลกในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) ไม่ยินยอมเข้าร่วมเป็นภาคี จึงเป็นข้อจำกัดต่อการที่พิธีสารเกียวโตจะเริ่มมีผลบังคับใช้อย่างมาก

ในช่วงปลายปีค.ศ.2001 (พ.ศ.2544) ที่ประชุม COP 7 มีมติรับรองข้อตกลงบอนน์ (Bonn Agreements) ซึ่งเป็นผลสรุปจากการประชุม COP 6-2 (ที่จัดขึ้นในช่วงกลางปี ค.ศ.2001 (พ.ศ.2544)) พร้อมทั้ง บรรลุและรับรองข้อตกลงมาราเกช (Marrakesh Accords) ซึ่งข้อตกลงทั้งสองมีผลยืนยันและกำหนดรายละเอียดในการอนุวัติตามพิธีสารเกียวโต ทั้งในส่วนของกลไกยืดหยุ่น (Flexible Mechanism) ภายใต้พิธีสารเกียวโต (ซึ่งประกอบด้วย 3 กลไก คือ International Emissions Trading, Joint Implementation และ Clean Development Mechanism) และ กลไกการดำเนินงานอื่นๆ ทั้งในส่วนของ Framework for Capacity Building, Technology Transfer, Adaptation Fund และรวมทั้งกฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และป่าไม้ (Land Use, Land Use Change and Forestry; LULUCF)

พิธีสารเกียวโตเริ่มมีผลบังคับใช้ในวันที่ 16 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) (90 วันหลังจากการให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกพิธีสารเกียวโตของประเทศรัสเซีย ซึ่งทำให้บรรลุเงื่อนไขร้อยละ 55 ตามข้อกำหนดในการเริ่มมีผลบังคับใช้ของพิธีสาร) โดยปัจจุบันพิธีสารเกียวโตมีภาคีสมาชิกรวม 192 ภาคี (191 รัฐภาคี ร่วมกับสหภาพยุโรป) เทียบเท่ากับ 197 ภาคีของ UNFCCC ยกเว้นประเทศแอนดอร์รา แคนาดา ซูดานใต้ สหรัฐอเมริกา และรัฐปาเลสไตน์ (แคนาดาเคยเป็นภาคีสมาชิกของพิธีสารเกียวโต แต่ได้ถอนตัวออกจากการเป็นภาคีในปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555))

หลังจากที่พิธีสารเกียวโตมีผลบังคับใช้ ในการประชุมสมัชชาภาคีครั้งถัดมา (COP 11) ที่ประชุมจึงได้จัดให้มี “การประชุมสมัชชาภาคีเพื่อปฏิบัติหน้าที่ที่ประชุมภาคีพิธีสารเกียวโต” (Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol) ครั้งที่ 1 (COP/MOP 1 หรือ CMP 1) ขึ้นควบคู่กันไปด้วย ซึ่งประเด็นสำคัญประการหนึ่งของการเจรจาภายใต้ที่ประชุม CMP1 ก็คือการหาแนวทางในการกำหนดพันธกรณีต่อเนื่องสำหรับประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ภายหลังจากปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) เนื่องจากข้อบทของพิธีสารเกียวโตฉบับดั้งเดิมมีเพียงการระบุพันธกรณีการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศภาคีในภาคผนวกที่ 1 ไว้เฉพาะในส่วนของช่วงพันธกรณีที่ 1 (ช่วงปี ค.ศ.2008-2012 (พ.ศ.2551 - 2555) เท่านั้น) โดยไม่ได้มีการระบุแนวทางการจัดการในช่วงหลังจากปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) ไว้ ซึ่งที่ประชุม CMP 1 ได้มีมติให้ดำเนินการจัดตั้ง “คณะทำงานเฉพาะกิจเกี่ยวกับพันธกรณีต่อเนื่องของภาคีภาคผนวกที่ 1 ภายใต้พิธีสารเกียวโต” (Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol; AWG-KP) ขึ้น เพื่อเป็นเวทีในการดำเนินการเจรจาในประเด็นนี้ต่อไป

ในปี ค.ศ.2007 (พ.ศ.2550) คณะกรรมการ IPCC ได้จัดพิมพ์รายงานการประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศฉบับที่ 4 (AR 4) ขณะที่ที่ประชุม COP 13/CMP 3 ซึ่งจัดขึ้นที่เกาะบาหลี ได้มีการบรรลุข้อสรุป “แผนการบาหลี” (Bali Roadmap) ซึ่งกำหนดกรอบในการดำเนินการเจรจาเพื่อการจัดทำข้อตกลงแนวทางการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้ UNFCCC ภายหลังปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) โดยได้กำหนดให้จัดการเจรจาผ่านคณะทำงานเฉพาะกิจ 2 ชุด คือ คณะทำงาน Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol (AWG-KP) ที่มีการจัดตั้งอยู่ก่อนแล้วภายใต้พิธีสารเกียวโต และคณะทำงาน Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention (AWG-LCA) ภายใต้อนุสัญญาฯ พร้อมทั้งกำหนดเป้าหมายของการเจรจาให้แล้วเสร็จภายในการประชุม COP15/CMP5 ในปี ค.ศ.2009 (พ.ศ.2552)

การประชุม COP 15 และ CMP 5 จัดขึ้นที่กรุงโคเปนเฮเกน ประเทศเดนมาร์ก โดยการประชุมครั้งนี้ได้มีประมุขหรือผู้นำของประเทศต่างๆ มากกว่า 120 ประเทศเข้าร่วม แต่บรรยากาศการประชุมที่เต็มไปด้วยความขัดแย้งและความไม่ไว้วางใจระหว่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างกลุ่มประเทศพัฒนาแล้ว และ ประเทศกำลังพัฒนา กลับเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ที่ประชุมไม่สามารถบรรลุข้อสรุปที่ชัดเจนได้ โดยในช่วงท้ายของการประชุมได้มีการจัดการเจรจาลับภายใต้การประสานงานของประเทศเจ้าภาพ (ประเทศเดนมาร์ก) เพื่อจัดทำร่าง “ข้อตกลงโคเปนเฮเกน” (Copenhagen Accord) โดยมีกลุ่มประเทศขนาดใหญ่และประเทศที่มีบทบาทนำในการเจรจาจากทั้ง 2 ฝ่าย จำนวนอย่างน้อย 20 ประเทศ เข้าร่วมในการเจรจา (ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป กลุ่มประเทศ BASIC กลุ่มประเทศหมู่เกาะ เป็นต้น) แต่เมื่อประธานที่ประชุมนำเอกสารดังกล่าวมาเสนอในที่ประชุมใหญ่ กลับได้รับเสียงคัดค้านอย่างหนักจากประเทศกำลังพัฒนาอื่นๆ ที่ไม่ได้มีส่วนร่วม ทำให้ที่ประชุมไม่สามารถรับรอง (Adopted) ร่างเอกสารดังกล่าว จนในที่สุดก็ทำได้เพียงแค่การมีมติ “รับทราบ” (Taken Note) การดำรงอยู่ของเอกสารดังกล่าว

อย่างไรก็ดี ในการประชุมปีถัดมา ที่ประชุม COP 16/CMP 6 ซึ่งมีบรรยากาศการเจรจาที่ประนีประนอมและเปิดกว้างมากกว่า ก็สามารถบรรลุข้อตกลง Cancun Agreements ได้สำเร็จ ซึ่งมีผลทำให้เนื้อหาส่วนใหญ่ของ Copenhagen Accord กลายสภาพเป็นส่วนหนึ่งของข้อตกลงที่เป็นทางการภายใต้ UNFCCC ทั้งในส่วนของการนำเสนอเป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเชิงปริมาณ (Quantified Economy-Wide Emissions Targets) สำหรับประเทศพัฒนาแล้ว การนำเสนอเจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) สำหรับประเทศกำลังพัฒนา การสนับสนุนสำหรับกิจกรรม REDD-plus (Reducing emissions from deforestation and forest degradation and the role of conservation, sustainable management of forests and enhancement of forest carbon stocks in developing countries) การจัดตั้ง Green Climate Fund และ พันธกรณีเป้าหมายการให้การสนับสนุนทางการเงินจากประเทศพัฒนาแล้ว เป็นต้น

หลังจากนั้นในปี ค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) ในการประชุม COP 17/CMP 7 ที่กรุงเดอร์บัน ประเทศแอฟริกาใต้ ที่ประชุมได้มีมติกำหนดให้มี “ช่วงพันธกรณีที่สองของพิธีสารเกียวโต” โดยให้เริ่มต้นในวันที่ 1 มกราคม ค.ศ.2013 (พ.ศ.2556) (แต่ยังคงไม่ได้มีข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับกำหนดสิ้นสุดช่วงพันธกรณี และ ตัวเลขเป้าหมายพันธกรณีการลดก๊าซของประเทศ Annex I สำหรับช่วงพันธกรณีดังกล่าว) และในขณะเดียวกันนั้น ก็เห็นชอบให้เริ่มต้นกระบวนการร่าง “พิธีสาร ตราสารกฎหมาย หรือข้อตกลงที่มีผลทางกฎหมาย” (a protocol, another legal instrument or an agreed outcome with legal force) ซึ่งจะเป็นข้อตกลงที่จะมีผลบังคับใช้กับภาคีทุกประเทศ โดยกำหนดให้มีการจัดตั้งคณะทำงานเฉพาะกิจ Ad Hoc Working Group

on the Durban Platform for Enhanced Action (ADP) ขึ้นมารับผิดชอบกระบวนการดังกล่าว โดยกำหนดให้ดำเนินการให้แล้วเสร็จภายในการประชุม COP 21 ในปี ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) และให้เริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) เป็นต้นไป

ในปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) ที่ประชุม COP 18/CMP 8 ซึ่งจัดขึ้นที่กรุงโดฮา ประเทศกาตาร์ ได้มีมติรับรองข้อแก้ไขโดฮาสำหรับพิธีสารเกียวโต (Doha Amendment to the Kyoto Protocol) เพื่อกำหนดตัวเลขเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงพันธกรณีที่สอง (Second Commitment Period ระหว่างปี ค.ศ.2013 – 2020 (พ.ศ.2556 - 2563)) สำหรับประเทศในภาคผนวกที่ 1 บางส่วน (ทั้งนี้ยกเว้น ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งไม่ได้เป็นภาคีพิธีสารเกียวโต แคนาดาซึ่งได้ประกาศถอนตัวจากพิธีสารเกียวโตในปีค.ศ.2011 (พ.ศ.2554) และญี่ปุ่น รัสเซีย เบลารูซ ยูเครน และนิวซีแลนด์ ซึ่งประกาศปฏิเสธที่จะเข้าร่วมมีพันธกรณีในช่วงพันธกรณีที่ 2)

ปี ค.ศ.2013 (พ.ศ.2556) ในการประชุม COP 19/CMP 9 ณ กรุงวอร์ซอ ประเทศโปแลนด์ ที่ประชุมมีมติเชิญชวนให้ภาคีสมาชิกจัดส่ง “Intended Nationally Determined Contribution” (INDC) เพื่อเป็นฐานในการประเมินและจัดทำร่างข้อตกลงใหม่ในการประชุม COP 21 ที่ปารีส โดย INDC ก็คือ ข้อเสนอเจตจำนงการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเบื้องต้น ซึ่งแต่ละประเทศนำเสนอขึ้นมาเพื่อใช้กำหนดกรอบแนวทางและเป้าหมายการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายในประเทศของตนเองสำหรับช่วงหลังจากปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) เป็นต้นไป โดยอย่างไรก็ดี ยังมีข้อขัดแย้งว่าข้อเสนอ INDC ที่แต่ละประเทศจะจัดทำนั้น ควรครอบคลุมเฉพาะในส่วนของเจตจำนงในมิติด้านการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation) เท่านั้น หรือควรรวมถึงการแสดงเจตจำนงในมิติด้านการปรับตัว (Adaptation) และ/หรือ มิติด้านกลไกการดำเนินงาน (Means of Implementation ซึ่งจะรวมถึงข้อเสนอการสนับสนุนด้านการเงิน การพัฒนาศักยภาพ และ ด้านเทคโนโลยี เป็นต้น)

ในปี ค.ศ.2014 (พ.ศ.2557) ในการประชุม COP 20/CMP 10 ณ กรุงลิมา ประเทศเปรู ที่ประชุมสามารถบรรลุข้อตกลงเกี่ยวกับรายละเอียดของเนื้อหาข้อมูลที่ควรจัดส่งมาประกอบสำหรับ INDC ในส่วน Mitigation และยังได้มีมติเชื้อเชิญให้ภาคีประเทศต่างๆ จัดส่ง INDC ในส่วนของมิติด้าน Adaptation มาประกอบด้วยได้ พร้อมกันนี้ ที่ประชุมยังได้ร้องขอให้ทางสำนักเลขาฯ นำข้อเสนอ INDC ของประเทศในส่วนที่ได้จัดส่งมาภายในวันที่ 1 ตุลาคม ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) มาจัดทำรายงานสรุป (Synthesis Report) เกี่ยวกับผลโดยรวม (Aggregate Effect) ของ INDCs ที่ได้รับมาทั้งหมด โดยที่ไม่มีการวิเคราะห์ผลเป็นรายประเทศ

และในปี ค.ศ.2015 (พ.ศ.2558) หลังจากความพยายามอย่างจริงจังและต่อเนื่องของคณะผู้แทนเจรจาของทุกประเทศร่วมกับ ความสนับสนุนอย่างขันแข็งและการเสริมสร้างกระบวนการเตรียมความพร้อมของการเจรจาอย่างเป็นขั้นเป็นตอนจากผู้นำของประเทศสำคัญๆ องค์กรระหว่างประเทศ องค์กรพัฒนาเอกชน สถาบันวิชาการ และรวมไปจนถึง ผู้นำและองค์กรทางศาสนา ในที่สุดที่ประชุม COP 21/CMP 11 ก็สามารถบรรลุ ข้อสรุปร่วมกัน จนนำไปสู่การลงมติรับรอง “ความตกลงปารีส (Paris Agreement)” ได้สำเร็จ ซึ่งความตกลงนี้จะเป็นตัวกำหนดกรอบแนวทางในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกันของประชาคมโลก ในช่วงหลังจากปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) เป็นต้นไป

กล่องที่ 13.1: กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลการเจรจาที่สำคัญ

กรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change; UNFCCC) เป็นอนุสัญญาที่วางหลักการพื้นฐานของความร่วมมือในระดับนานาชาติในการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ โดยในมาตราที่ 2 ของอนุสัญญาฯ ได้มีการระบุเป้าหมายสูงสุดของอนุสัญญาฯ ไว้คือ “การรักษาความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ ในระดับที่จะป้องกันอันตรายจากการรบกวนระบบภูมิอากาศโลกโดยมนุษย์” โดยควรที่จะรักษา “ความสามารถของระบบนิเวศให้ปรับตัวโดยธรรมชาติต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้” “สร้างความมั่นใจได้ว่าการผลิตอาหารของโลกจะไม่ถูกคุกคาม” และ “เอื้อให้การพัฒนาเศรษฐกิจสามารถดำเนินไปได้ในแนวทางที่ยั่งยืน”

ในมาตราที่ 3 ของอนุสัญญาฯ ได้มีการระบุเกี่ยวกับหลักการสำคัญซึ่งจะเป็นแนวทางในการดำเนินงานตามเป้าหมายของอนุสัญญาฯ ไว้หลายประการ ได้แก่

- หลักความเป็นธรรมและหลักการความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่าง (Equity and Common but differentiated responsibilities and respective capabilities)
- หลักความจำเป็นและสภาวการณ์เฉพาะของประเทศกำลังพัฒนา (Needs and special circumstances of developing countries)
- หลักการป้องกันไว้ก่อนและความมีประสิทธิผลเชิงต้นทุน (Precautionary measures and Cost effective)
- สิทธิในการพัฒนาที่ยั่งยืน (A right to sustainable development) และ
- หลักการส่งเสริมระบบเศรษฐกิจแบบเปิด (Promote a supportive and open international economic system)

ทั้งนี้ในข้อกำหนดของอนุสัญญาฯ ได้มีการกำหนดแบ่งประเทศภาคีภายใต้อนุสัญญาฯ ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ (ก) ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 (Annex I) ซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มประเทศพัฒนาแล้วและประเทศเศรษฐกิจเปลี่ยนผ่าน (Economies in Transition) และ (ข) ประเทศนอกกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ซึ่งส่วนใหญ่ก็คือ ประเทศกำลังพัฒนา โดยมีการกำหนดพันธกรณีสำหรับประเทศพัฒนาแล้วและประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ที่มากกว่าประเทศภาคีสมาชิกทั่วไป ซึ่งเป็นไปตามหลักการความรับผิดชอบร่วมกันในระดับที่แตกต่าง

<u>พิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol)</u> เป็นพิธีสารที่กำหนดเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในภาคผนวกที่ 1 สำหรับ “ช่วงพันธกรณีที่ 1” (ค.ศ.2008-2012) (พ.ศ.2551 - 2555) ให้มีค่าโดยรวมลดลงอย่างน้อยร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับระดับในปี ค.ศ.1990 (พ.ศ.2533) โดยประเทศในภาคผนวกที่ 1 แต่ละประเทศจะมีตัวเลขเป้าหมายพันธกรณีในการลดก๊าซที่แตกต่างกันไป ขณะที่ประเทศในกลุ่มนอกภาคผนวกที่ 1 ยังคงไม่ต้องมีพันธกรณีในการลดก๊าซแต่ประการใด (ทั้งนี้ข้อบทของพิธีสารเกียวโตฉบับดั้งเดิม จะไม่ได้มีการกำหนดตัวเลขพันธกรณี หรือแนวทางการจัดการการลดก๊าซเรือนกระจก ในช่วงหลังจากช่วงพันธกรณีที่ 1 (ช่วงหลังจากปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555)) ไว้อย่างชัดเจน)
พิธีสารเกียวโตได้กำหนดให้มีการจัดตั้ง “กลไกยืดหยุ่น” (Flexible Mechanisms) เพื่อช่วยในการดำเนินงานตามพันธกรณีของประเทศในภาคผนวกที่ 1 ขึ้นทั้งหมด 3 กลไก ประกอบด้วย (1) การซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระหว่างประเทศ (Emission Trading: ET) ประเทศในภาคผนวกที่ 1 ภายใต้พิธีสารเกียวโต จะได้รับใบอนุญาตปล่อยก๊าซตามสิทธิ์ที่กำหนดในเป้าหมายพันธกรณีของตน (เรียกว่า “หน่วยที่ได้รับการจัดสรร” หรือ Assigned Amount Units: AAUs) โดย ET เปิดโอกาสให้ประเทศที่มีใบอนุญาตการปล่อยก๊าซเหลือใช้ สามารถขาย AAUs ที่เหลือของตนให้กับประเทศอื่นที่มีการปล่อยก๊าซเกินกว่าเป้าหมาย ซึ่งนับเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างตลาดการซื้อขายสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (2) การดำเนินการร่วม (Joint Implementation: JI) เป็นเครื่องมือในการดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซบนฐานของความร่วมมือกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 โดยกำหนดว่าประเทศภาคีในภาคผนวกที่ 1 จะสามารถสร้าง “หน่วยของการลดการปล่อยก๊าซ” (Emission Reduction Units: ERUs) จากการดำเนินโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศภาคีอื่นที่อยู่ในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 ด้วยกัน แล้วนำ ERUs ที่สร้างขึ้นไปใช้เพื่อการบรรลุเป้าหมายของพิธีสารเกียวโตได้ และ (3) กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) เป็นเครื่องมือในการลดการปล่อยก๊าซร่วมกันระหว่างประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 กับประเทศนอกกลุ่มภาคผนวกที่ 1 โดยเปิดโอกาสให้ประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 หรือ ผู้ที่มีความสนใจ สามารถเข้าไปดำเนินการลงทุนในโครงการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 ภายใต้เงื่อนไขและกฎเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อนำมาขออนุมัติออก “หน่วยการลดการปล่อยก๊าซที่ได้รับการรับรอง” (Certified Emission Reduction: CER) ตามขนาดของปริมาณการลดก๊าซที่พิสูจน์รับรองได้ ซึ่งเป็นหน่วยการลดก๊าซที่สามารถซื้อขายได้และใช้เพื่อบรรลุเป้าหมายของพิธีสารเกียวโตได้

<u>ข้อแก้ไขโดฮาสำหรับพิธีสารเกียวโต (Doha Amendment to the Kyoto Protocol)</u> ที่ประชุมสมัชชาภาคีครั้งที่ 18 ที่กรุงโดฮา ได้มีมติรับรองข้อตกลงในการปรับปรุงพิธีสารเกียวโต เพื่อเพิ่มข้อกำหนดเกี่ยวกับเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 สำหรับช่วงพันธกรณีที่ 2 (ช่วงระหว่างปี ค.ศ.2013-2020 (พ.ศ.2556 - 2563)) อย่างไรก็ดี ได้มีประเทศในกลุ่มภาคผนวกที่ 1 บางส่วนที่เลือกจะไม่เข้าร่วมในช่วงพันธกรณีที่ 2 (ได้แก่ ญี่ปุ่น รัสเซีย เบลารุส ยูเครน และนิวซีแลนด์ ขณะที่ประเทศแคนาดาได้ประกาศถอนตัวออกจากพิธีสารเกียวโต ตั้งแต่ช่วงก่อนการสิ้นสุดช่วงระยะพันธกรณีที่ 1 และรวมทั้ง ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศในภาคผนวกที่ 1 เพียงประเทศเดียวที่ไม่เคยให้สัตยาบันเข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกพิธีสารเกียวโต)

ข้อตกลงโคเปนเฮเกน และความตกลงแคนคูน (Copenhagen Accord and Cancun Agreements) เป็นเอกสารและข้อตกลงที่เป็นผลจากที่ประชุมสมัชชาภาคีครั้งที่ 15 (COP15) และครั้งที่ 16 (COP16) ตามลำดับ โดยเป็นข้อตกลงที่มีผลในเชิงการกำหนดกรอบการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในช่วงหลังจากปี ค.ศ.2012 (พ.ศ.2555) ไปจนถึงปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) โดยมีการกำหนดเป้าหมายหลักของการดำเนินงานไว้ที่ การรักษาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกไม่ให้เพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 2 °C เมื่อเทียบกับระดับอุณหภูมิในยุคก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม และมีข้อกำหนดที่เรียกร้องให้ประเทศพัฒนาแล้วนำเสนอ “เป้าหมายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเชิงปริมาณ” (Quantified Economy-Wide Emissions Targets) ที่เป็นเป้าหมายในระดับประเทศ และเชื้อเชิญให้ประเทศกำลังพัฒนาที่มีความสมัครใจร่วมนำเสนอ “เจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ” (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) เพื่อแสดงความตั้งใจในการดำเนินงานเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกร่วมกัน

ทั้งนี้มีข้อกำหนดว่า ประเทศกำลังพัฒนาควรมีการดำเนินการจัดส่งรายงานความก้าวหน้าราย 2 ปี (Biennial Update Report, BUR) ให้แก่ที่ประชุมสมัชชาภาคีรับทราบ ตามระดับของศักยภาพและการสนับสนุนที่ประเทศกำลังพัฒนาได้รับ โดยรายงาน BUR จะมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งในส่วนของการรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลของกิจกรรม NAMAs ที่ได้มีการดำเนินการ ที่ต้องการความช่วยเหลือ และที่ได้รับความช่วยเหลือ

โดยทั้งนี้ การดำเนินงานกิจกรรม NAMAs ของประเทศกำลังพัฒนาที่เป็นการดำเนินงานโดยใช้แหล่งทุนภายในประเทศ (Domestically Supported NAMAs) จะใช้ระบบการตรวจวัด การรายงาน และ การทวนสอบ (Measurement, Reporting, Verification: MRV) ที่เป็นการดำเนินงานภายในประเทศ ตามมาตรฐานที่แต่ละประเทศกำหนดขึ้นโดยสอดคล้องกับแนวทางทั่วไป (General Guidelines) ที่กำหนดขึ้นภายใต้อนุสัญญาฯ ขณะที่กิจกรรม NAMAs ที่เป็นการดำเนินงานภายใต้เงินทุนสนับสนุนระหว่างประเทศ (Internationally Supported NAMAs) จะใช้การ MRV ภายในประเทศ ควบคู่ไปกับการ MRV ในระดับนานาชาติตามแนวทาง (Guidelines) ที่กำหนดขึ้นภายใต้อนุสัญญาฯ (ซึ่งภายหลังที่ประชุม COP17 ได้มีข้อมติเพิ่มเติมกำหนดว่า การ MRV ในระดับนานาชาติดังกล่าวให้มีการดำเนินการสอดคล้องตามแนวทางของ International Consultation and Analysis (ICA) Guidelines)

นอกจากนี้ยังได้กำหนดให้มีการจัดตั้ง Green Climate Fund สำหรับการสนับสนุนการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทั้งในมิติด้านการลดก๊าซเรือนกระจกและด้านการปรับตัว โดยประเทศพัฒนาแล้วจะให้การสนับสนุนเป็นจำนวน 3 หมื่นล้านดอลลาร์สหรัฐฯ สำหรับช่วงปี ค.ศ.2010-2012 (พ.ศ.2553 - 2555) และจะเพิ่มขึ้นเป็นราว 1 แสนล้านดอลลาร์สหรัฐฯ ต่อปี ภายใน ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563)

ความตกลงปารีส (Paris Agreement) เป็นข้อตกลงฉบับใหม่ภายใต้ UNFCCC ที่จะกำหนดกรอบแนวทางของประชาคมโลกในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกัน สำหรับช่วงตั้งแต่หลังจากปี ค.ศ.2020 (พ.ศ. 2563) เป็นต้นไป โดยมีเป้าหมายในการ “เสริมสร้างความร่วมมือระดับโลกในการตอบสนองต่อภัยคุกคามจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในบริบทของการพัฒนาที่ยั่งยืนและความพยายามในการขจัดความยากจน” ทั้งในมิติของการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การปรับตัว และการสนับสนุนทางการเงิน

ในส่วนของมิติการลดก๊าซเรือนกระจก ความตกลงปารีสได้มีการกำหนดเป้าหมายหลักในรูปของเป้าหมายเชิงอุณหภูมิ ได้แก่ “การรักษาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในระดับที่ต่ำกว่า 2 องศาเซลเซียสอย่างชัดเจน (well below 2 °C) เมื่อเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม และมุ่งพยายาม (pursue effort) ที่จะจำกัดการเพิ่มขึ้นไม่ให้เกิน 1.5°C เมื่อเทียบกับยุคก่อนอุตสาหกรรม” พร้อมกับระบุว่า เพื่อที่จะให้บรรลุเป้าหมายเชิงอุณหภูมิดังกล่าว ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมของโลกควรจะบรรลุจุดสูงสุด (Global Peaking) โดยเร็วที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ และมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากนั้น เพื่อที่จะให้บรรลุ “จุดสมดุลระหว่างการปล่อยและการดูดซับก๊าซเรือนกระจกของมนุษย์” (หรือ “ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์” - Net Zero Emissions) ภายในช่วงครึ่งหลังของศตวรรษนี้)

อย่างไรก็ดี ในแง่ของการดำเนินงานในระดับประเทศ ความตกลงปารีสได้กำหนดให้ภาคีสมาชิกแต่ละประเทศเป็นผู้เสนอเป้าหมาย/แนวทาง/กิจกรรมการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (รวมทั้งเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก) ด้วยตนเอง ในรูปของข้อเสนอ “เจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศ” (Nationally Determined Contribution; NDC) โดยกำหนดให้มีการสื่อสารเจตจำนง NDC ทุกๆ รอบ 5 ปี เริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) ในลักษณะที่เป็นความก้าวหน้าที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยที่ประเทศพัฒนาแล้วจะยังคงเป็นผู้นำในการดำเนินงาน ผ่านการกำหนดเป้าหมายในลักษณะของเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกรวมในทุกสาขา (Economy-Wide Absolute Emission Reduction Targets) ในขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาก็ควรเพิ่มความพยายามในการลดก๊าซเรือนกระจก และมุ่งเข้าสู่เป้าหมายการลดหรือจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกสาขา บนพื้นฐานของสถานการณ์ภายในประเทศที่แตกต่างกัน

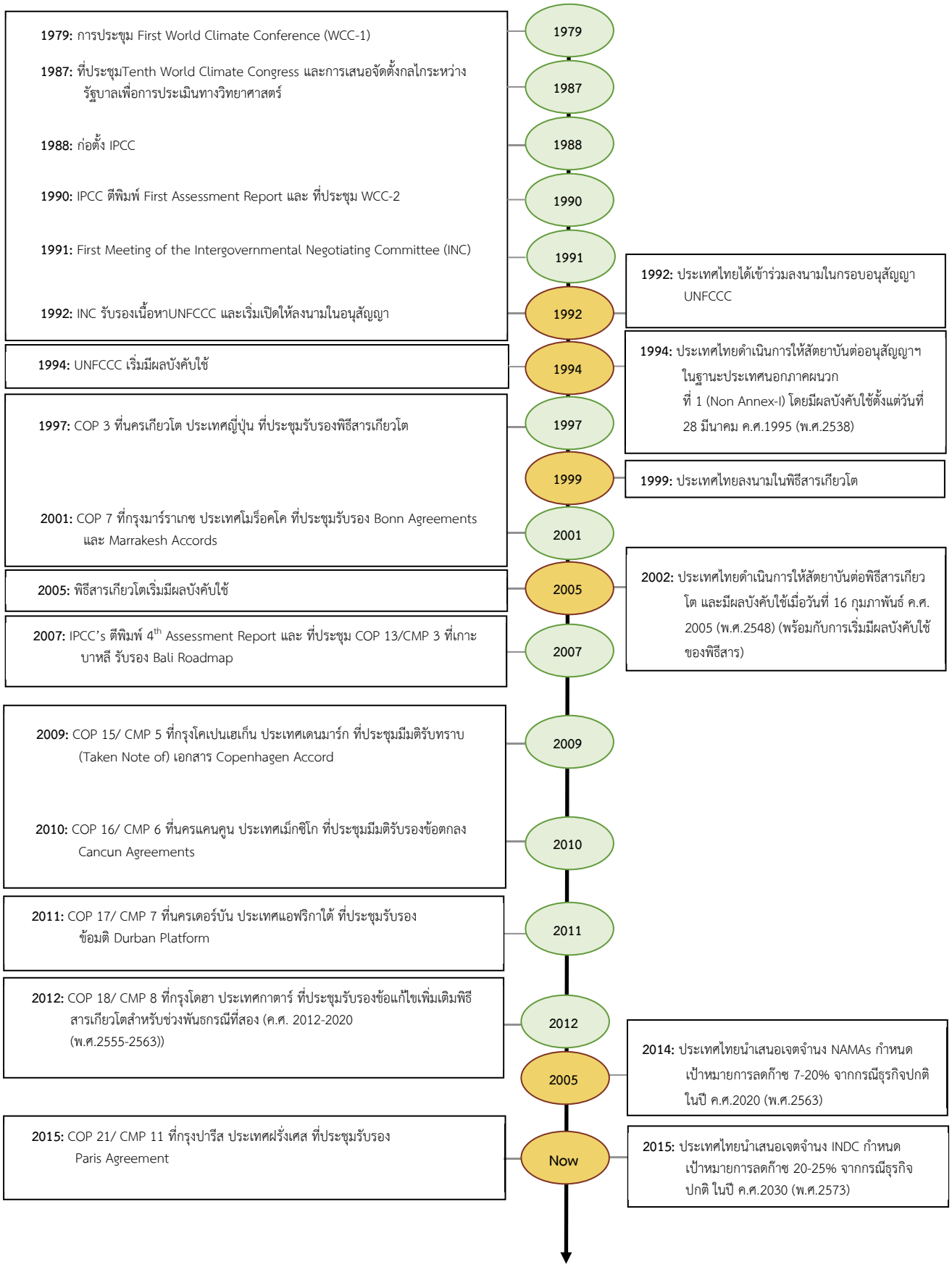
ทั้งนี้เป้าหมายต่างๆ ที่แต่ละประเทศนำเสนอภายใต้ข้อเสนอเจตจำนง NDC จะถือว่าเป็นเพียงเป้าหมายเชิงเจตนารมย์ที่ไม่มีผลผูกพันทางกฎหมายระหว่างประเทศ (Non-Legal Binding) โดยแม้ว่าความตกลงปารีสจะมีการระบุเกี่ยวกับการจัดตั้ง “กลไกเพื่อเอื้อแก่การอนุวัติและส่งเสริมการบังคับใช้” (Mechanism to Facilitate Implementation and Promote Compliance) แต่ก็ยังเป็นกลไกที่ยังไม่มีรายละเอียด ไม่มีการระบุอำนาจหน้าที่ไว้ชัดเจน อีกทั้งยังมีข้อกำหนดด้วยว่าการดำเนินงานของกลไกดังกล่าวจะต้องมีลักษณะที่ “โปร่งใส ไม่เป็นปฏิปักษ์ และไม่ลงโทษ” จึงไม่เอื้อให้เกิดการพัฒนาไปเป็นกลไกบังคับความรับผิดระหว่างประเทศได้เลย

นอกจากนี้ กลไกเพิ่มเติมที่ความตกลงปารีสเลือกนำมาใช้ในการส่งเสริมความก้าวหน้าของการดำเนินงานของภาคีสมาชิก ก็คือ กลไก “กรอบความโปร่งใส” (Transparency Framework) ซึ่งกำหนดให้แต่ละประเทศต้องจัดทำรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจก และข้อมูลเพื่อติดตามความก้าวหน้าในการดำเนินงาน (Actions) และการสนับสนุน (Support) ที่เกี่ยวข้อง อย่างน้อยทุกๆ 2 ปี ร่วมกับกลไก “การประมวลผลระดับโลก” (Global Stocktake) ที่กำหนดให้มีการประเมินความก้าวหน้าของการดำเนินงานในเชิงภาพรวม ว่ามีความสอดคล้องกับเป้าหมายระดับโลกที่กำหนดไว้เพียงใด โดยกำหนดให้มีการจัดทำการประเมินในทุกๆ 5 ปี

13.2.2 การดำเนินงานของประเทศไทยภายใต้ UNFCCC

ประเทศไทยนับเป็นหนึ่งในประเทศที่ได้ร่วมแสดงเจตจำนงในการให้ความร่วมมือกับประชาคมโลกในการจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศมาตั้งแต่ต้น โดยประเทศไทยได้เข้าร่วมลงนามในกรอบอนุสัญญา UNFCCC ตั้งแต่ภายในช่วงแรกของการเปิดลงนามอนุสัญญาฯ ในระหว่างการประชุมสหประชาชาติว่าด้วยสิ่งแวดล้อมและการพัฒนา (United Nations Conference on Environment and Development, UNCED หรือการประชุม Earth Summit) ที่นครริโอ เดอจาเนโร โดยได้เข้าร่วมลงนามเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน ค.ศ.1992 (พ.ศ.2535) และหลังจากนั้นประเทศไทยก็ได้ดำเนินการให้สัตยาบันต่ออนุสัญญาฯ ในฐานะประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 เมื่อวันที่ 28 ธันวาคม ค.ศ.1994 (พ.ศ.2537) โดยเริ่มมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 28 มีนาคม ค.ศ.1995 (พ.ศ.2538) ส่งผลให้ประเทศไทยมีส่วนร่วมกับประเทศภาคีสมาชิกอื่นๆ ตามอนุสัญญาฯ ทั้งในส่วนของการให้ความร่วมมือในการเข้าร่วมการประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาประจำปี (Conference of the Parties) การจัดทำรายงานแห่งชาติ (National Communication) และรายงานบัญชีก๊าซเรือนกระจก (National Inventory) การสนับสนุนการดำเนินโครงการหรือมาตรการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การส่งเสริม/อนุรักษ์แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก การเตรียมความพร้อมและการเสริมสร้างศักยภาพในการปรับตัวต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การสนับสนุนการวิจัย การให้การศึกษา การส่งเสริมความร่วมมือระหว่างประเทศ เป็นต้น แต่ทั้งนี้ในฐานะของประเทศภาคีนอกภาคผนวกที่ 1 พันธกรณีความร่วมมือภายใต้อนุสัญญาทั้งหมดจะมีลักษณะเป็นการดำเนินงานในรูปแบบความสมัครใจ โดยที่ไม่ได้มีภาระผูกพันภาคบังคับในเชิงกฎหมายระหว่างประเทศอย่างเป็นทางการแต่ประการใด

สำหรับในส่วนของพิธีสารเกียวโต ประเทศไทยได้ลงนามในพิธีสารเกียวโต เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ ค.ศ.1999 (พ.ศ.2542) ให้สัตยาบันเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม ค.ศ.2002 (พ.ศ.2545) และมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 16 กุมภาพันธ์ ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) (พร้อมกับการเริ่มมีผลบังคับใช้ของพิธีสาร) โดยจากการที่ประเทศไทยเป็นภาคีในกลุ่มประเทศนอกภาคผนวกที่ 1 ของอนุสัญญาฯ จึงทำให้ไม่ต้องมีพันธกรณีในการกำหนดเป้าหมายการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก แต่อย่างไรก็ตาม ประเทศไทยก็ได้เข้าไปมีส่วนร่วมในการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกผ่านการดำเนินงานภายใต้กลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกยืดหยุ่นภายใต้พิธีสารเกียวโต โดยมีองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ทำหน้าที่เป็น Designated National Authority of Clean Development Mechanism (DNA-CDM) มีหน้าที่วิเคราะห์ / กลั่นกรองข้อเสนอโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดที่มีการยื่นขออนุมัติเข้ามาดำเนินการภายในประเทศไทย และนำเสนอความเห็นให้แก่คณะกรรมการบริหารองค์การก๊าซเรือนกระจกในการพิจารณาให้ความเห็นชอบออกหนังสือรับรองโครงการ (Letter of Approval: LoA) ให้กับผู้พัฒนาโครงการ โดยพิจารณาจากหลักเกณฑ์การพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Criteria : SD Criteria) ทั้งในมิติด้านสิ่งแวดล้อม เศรษฐกิจ และสังคม ตามที่ประเทศไทยได้กำหนดขึ้น เพื่อสร้างความเชื่อมั่นว่าโครงการจะสามารถก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม การลงทุน การพัฒนาเศรษฐกิจ และการพัฒนาสังคม แก่ชุมชนและท้องถิ่นที่โครงการนั้นตั้งอยู่



รูปที่ 13.6 การดำเนินงานของประเทศไทยภายใต้อนุสัญญา UNFCCC

จากข้อมูลปัจจุบัน (ณ วันที่ 16 ตุลาคม พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015)) ประเทศไทยมีโครงการ CDM ที่ได้รับ LoA (Letter of Approval) และได้รับการขึ้นทะเบียน (Registered) อย่างเป็นทางการจากคณะกรรมการบริหาร CDM (CDM Executive Board) จำนวนทั้งสิ้น 153 โครงการ โดยจำแนกออกได้เป็น (1) โครงการประเภททั่วไป จำนวน 146 โครงการ และ (2) โครงการประเภทแผนงาน (Programme of Activities หรือ PoA) จำนวน 7 โครงการ คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่คาดว่าจะลดได้จากการดำเนินโครงการ (Expected CERs) เท่ากับ 7,410,588 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยในจำนวนโครงการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนกับ CDM Executive Board แล้วนี้ มีโครงการที่สามารถดำเนินงานจนได้รับการออกหนังสือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (Certified Emission Reductions หรือ CERs) จำนวนทั้งสิ้น 54 โครงการ คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 9,136,649 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังแสดงข้อมูลรายละเอียดในตารางที่ 13.3

ตารางที่ 13.3 โครงการ CDM ของประเทศไทย (ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2557)

ปรับปรุงข้อมูลล่าสุด วันที่ 16 ตุลาคม 2558

NO	Type of CDM Project	Approved LoA		Registered		Issued CERs	
		NO (Project)	Expected CERs (tCO_2e/y)	NO (Project)	Expected CERs (tCO_2e/y)	NO (Project)	CERs (tCO_2e)
โครงการประเภททั่วไปและควบรวม (Single and Bundling Project)							
1	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพ	63	3,214,248	49	2,167,277	26	4,667,460
2	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล	39	2,130,414	26	1,158,150	6	562,916
3	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากลมร้อนทิ้ง	9	532,009	4	253,020	0	0
4	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์	26	603,529	25	567,750	6	264,808
5	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานน้ำ	6	192,234	6	198,918	0	0
6	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานลม	4	409,968	3	326,010	0	0
7	ผลิตพลังงานไฟฟ้าจากเชื้อเพลิง RDF	1	31,116	0	0	0	0
8	ผลิตพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพ	19	1,006,015	10	500,046	4	349,289
9	ผลิตพลังงานความร้อนจากชีวมวล	3	210,829	0	0	0	0
10	ผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากก๊าซชีวภาพ	29	2,200,478	17	1,154,748	8	2,597,295
11	ผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากชีวมวล	1	18,150	0	0	0	0
12	ผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติ	2	452,872	0	0	0	0
13	เพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน	2	29,875	1	394,874	1	371,366
14	ผลิตปุ๋ยชีวภาพ	1	397,500	0	0	0	0
15	ลดการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์	1	168,887	1	142,402	1	300,151
16	ลดการปล่อยก๊าซจากการขุดเจาะเชื้อเพลิง	2	45,093	1	26,163	1	10,581
17	ลดการปล่อยก๊าซจากภาคขนส่ง	1	34,711	0	0	0	0
18	ลดการปล่อยก๊าซมีเทนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสีย	3	281,894	3	273,982	0	0
รวม		212	11,959,822	146	7,163,340	53	9,123,866

ในส่วนของการดำเนินงานตามข้อตกลงโคเปนเฮเกน/ความตกลงแคนคูน ประเทศไทยได้มีการดำเนินการส่งมอบหนังสือแสดง “เจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ” (Nationally Appropriate Mitigation Actions: NAMAs) ให้กับสำนักเลขาธิการอนุสัญญาฯ เมื่อวันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) นับเป็นประเทศกำลังพัฒนาลำดับที่ 58 ที่ได้ดำเนินการจัดส่งข้อเสนอเจตจำนง NAMAs ภายใต้อนุสัญญาฯ อย่างเป็นทางการ โดยประเทศไทยได้เสนอเป้าหมายเจตจำนงที่จะดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยความสมัครใจในภาคพลังงานและขนส่ง ในช่วงระหว่างร้อยละ 7-20 ต่ำกว่ากรณีธุรกิจปกติ (Business as Usual) ในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) (รายละเอียดเนื้อหาของข้อเสนอเจตจำนง NAMAs ของประเทศไทย แสดงไว้ในกล่องที่ 13.2)

ทั้งนี้ในกระบวนการจัดทำเป้าหมาย NAMAs ของประเทศไทย ได้ใช้การพิจารณาอ้างอิงผลการประเมินศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จากการวิเคราะห์มาตรการต่างๆ ตามแผนแม่บทของภาคพลังงานและภาคขนส่งของประเทศไทย จำนวน 3 แผนงาน ได้แก่ แผนพัฒนาพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทางเลือกร้อยละ 25 ใน 10 ปี แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี และแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยตารางที่ 13.4 แสดงภาพรวมของกลุ่มมาตรการและค่าประมาณการผลการลดก๊าซเรือนกระจกที่ใช้เป็นฐานในการกำหนดแนวทางการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อรองรับเป้าหมาย NAMAs ทั้งในกรณีเป้าหมายระดับต่ำ (7%) และระดับสูง (20%)

กล่องที่ 13.2: ข้อเสนอ
“เจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ” (NAMAs) ของประเทศไทย

ภายใต้ความสอดคล้องกับข้อกำหนดในมาตราที่ 12 ย่อหน้าที่ 1(b), มาตราที่ 12 ย่อหน้าที่ 10 และ มาตราที่ 10 ย่อหน้าที่ 2(a) (ของอนุสัญญา UNFCCC) ข้าพเจ้ารู้สึกเป็นเกียรติที่จะสื่อสารข้อมูลเกี่ยวกับ “เจตจำนงการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมของประเทศ” (NAMAs) ของประเทศไทยให้แก่ภาคีสมาชิกของอนุสัญญา UNFCCC ดังนี้:

ประเทศไทยจะมุ่งดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกโดยความสมัครใจ ในช่วงระหว่างร้อยละ 7-20 ต่ำกว่ากรณีธุรกิจปกติ (Business as Usual) ในภาคพลังงานและขนส่ง ในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) โดยขึ้นอยู่กับระดับการสนับสนุนระหว่างประเทศ ในรูปแบบของการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี การเงิน และ การเสริมสร้างศักยภาพสำหรับกระบวนการจัดเตรียมและการดำเนินงานมาตรการ NAMAs

โดยการดำเนินงาน NAMAs ข้างต้นจะประกอบไปด้วยมาตรการในด้านต่างๆ ต่อไปนี้

- การพัฒนาแหล่งพลังงานหมุนเวียนและพลังงานทางเลือก
- การปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานในภาคอุตสาหกรรม ภาคอาคาร ภาคขนส่ง และ ภาคการผลิตพลังงาน
- การส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในภาคการขนส่ง และ
- การพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืน

ทั้งนี้พึงสังเกตว่า ข้อมูล NAMAs ที่สื่อสารไว้ข้างต้น จะไม่มีลักษณะความผูกพันทางกฎหมาย และจะดำเนินการโดยสอดคล้องกับหลักการและข้อกำหนดของอนุสัญญา UNFCCC โดยเฉพาะอย่างยิ่งมาตราที่ 4 ย่อหน้าที่ 7 และภายใต้การพิจารณาถึงสภาพการณ์ภายในประเทศของประเทศไทย

ตารางที่ 13.4 แนวทางการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อรองรับเป้าหมาย NAMAs (ที่มา: ประเสริฐ ศิรินภาพร, 2558)

แผนงาน/มาตรการ		ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกในช่วงปีต่างๆ						NAMAs Roadmap 2020	
		2015	2016	2017	2018	2019	2020	7%NAMA	20%NAMA
แผนงาน 1	การผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน	9,747	11,250	12,754	14,258	15,762	17,266	✓	✓
	การใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์	2,058	2,322	2,600	2,892	3,197	3,517	✓	✓
	การใช้เชื้อเพลิงไบโอดีเซล	2,879	2,952	3,019	3,082	3,139	3,194	✓	✓
	การปรับปรุงประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า (กฟผ.)	320	400	480	640	800	960	✓	✓
	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมที่ลดได้ 1	15,004	16,924	18,853	20,872	22,898	24,937	7%	7%
แผนงาน 2	มาตรการภาคอุตสาหกรรม	0	3,883	9,914	16,095	22,823	30,063		#
	มาตรการภาคอาคารควบคุม	7,992	9,135	10,377	11,705	13,078	14,474		#
	มาตรการภาคครัวเรือน	4,785	5,329	5,902	6,525	7,598	8,800		#
	มาตรการภาคขนส่ง	2,810	3,329	4,048	4,978	6,134	7,529		#
	มาตรการภาคการผลิตไฟฟ้า	19,190	22,095	25,190	28,485	31,990	35,716		#
	แผนแม่บทขนส่งยั่งยืน (สนข.)						12,000		✓
	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมที่ลดได้ 2	34,777	43,771	55,431	67,788	81,623	108,582		> 13%
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมที่ลดได้จากทั้งสองแผนงาน		49,781	60,695	74,284	88,660	104,521	133,519	7%	>20%

หมายเหตุ: ✓ = มาตรการที่ควรได้รับการส่งเสริมหรือให้การสนับสนุน

\# = มาตรการที่ควรพิจารณาดำเนินการภายใต้การพิจารณาทางเลือก

กล่องที่ 13.3: ข้อเสนอ "ร่างเจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศ" (INDC) ของประเทศไทย

ประเทศไทยในฐานะประเทศกำลังพัฒนาที่มีความเปราะบางอย่างสูงต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของความร่วมมือในระดับสากลที่จะร่วมกันแก้ไขปัญหานี้ ภายใต้ข้อมติที่ 1/CP.19 และ 1/CP.20 ประเทศไทยมีความตั้งใจจะสื่อสาร "ร่างเจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศ" (INDC) และข้อมูลเกี่ยวเนื่อง ดังต่อไปนี้

"ประเทศไทยมีเป้าหมายที่จะลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงร้อยละ 20 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีธุรกิจปกติ ภายในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) ทั้งนี้ระดับของการมีส่วนร่วมสามารถเพิ่มขึ้นได้จนถึงร้อยละ 25 โดยขึ้นกับการเข้าถึงการสนับสนุนที่เพิ่มขึ้นและเพียงพอ ทั้งในมิติของการพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี ทรัพยากรการเงิน และการเสริมสร้างศักยภาพ ผ่านความตกลงระดับโลกภายใต้อนุสัญญาฯ ที่มีความสมดุลและมีความเข้มงวดในระดับสูง"

ข้อมูลประกอบ

เส้นฐาน	ค่าประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกกรณีธุรกิจปกติ (BAU) จากฐานปี ค.ศ.2005 (พ.ศ.2548) โดยที่ไม่มีนโยบายการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่สำคัญ (BAU2030: ประมาณ 555 $MtCO_2e$)
ช่วงเวลา	ค.ศ.2021-2030 (พ.ศ.2564-2573)
ขอบเขต	ทั้งประเทศ (การรวมในส่วนของภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และป่าไม้ จะพิจารณาในภายหลัง)
ก๊าซ	CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6
ข้อสมมติและแนวทางการคำนวณ	- Global Warming Potential สำหรับช่วงเวลา 100 ปี (จากรายงาน IPCC-AR4) - รายงานสถิติระดับชาติ รวมถึงข้อมูลกิจกรรมรายสาขา และค่าคาดการณ์ปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม
กระบวนการวางแผน	การจัดทำข้อเสนอ INDC จะใช้การอ้างอิงจากแผนต่างๆ ที่ผ่านการอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีแล้ว และ/หรือ อยู่ในขั้นตอนการอนุมัติ ซึ่งประกอบด้วย - แผนพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ - แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พ.ศ.2558-2593 (ค.ศ.2015-2050)) - แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (พ.ศ.2558 - 2579 (ค.ศ.2015 - 2036)) - แผนแม่บทการพัฒนาระบบโครงข่ายไฟฟ้าอัจฉริยะ (พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015-2036)) - แผนอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036)) - แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (พ.ศ.2558-2579 (ค.ศ.2015-2036)) - แผนแม่บทการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืน (พ.ศ.2556 – 2573 (ค.ศ.2013 - 2030) - แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย (พ.ศ.2555 – 2574 (ค.ศ.2012 - 2031)) - Roadmap การจัดการขยะมูลฝอยและของเสียอันตราย

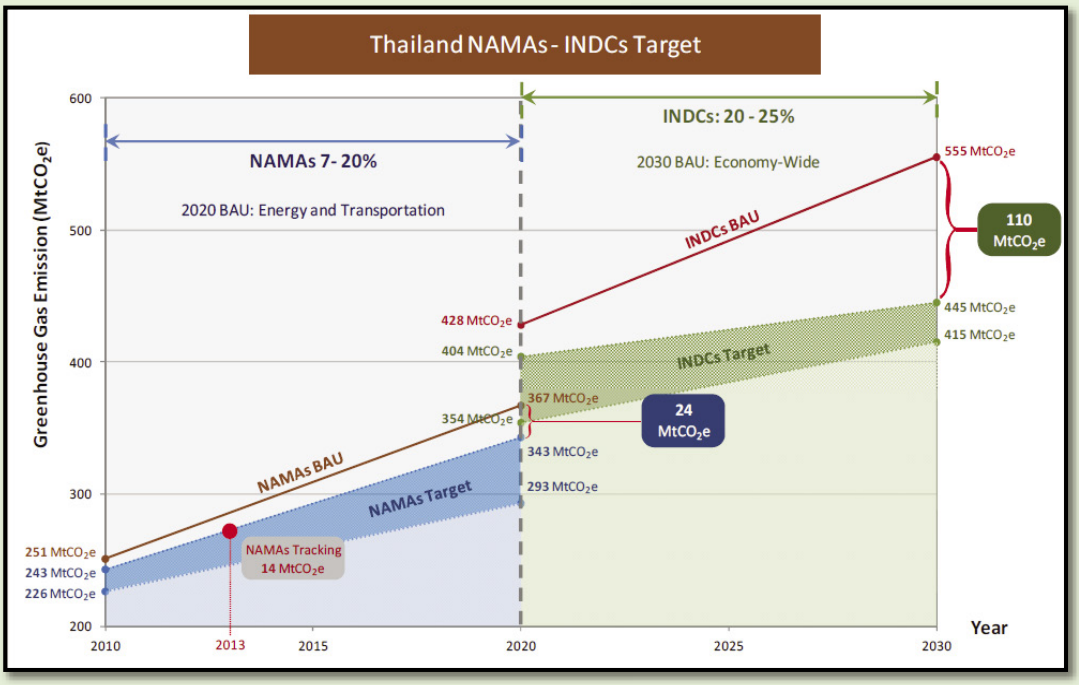
นอกจากนี้ ในช่วงก่อนการประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาฯ ครั้งที่ 21 (COP21) ประเทศไทยก็ยังได้ตอบรับคำเชิญของที่ประชุมสมัชชาฯ ในการจัดทำและนำเสนอข้อเสนอ “ร่างเจตจำนงการมีส่วนร่วมของประเทศ” (Intended Nationally Determined Contribution: INDC) (ซึ่งก็คือ ร่างข้อเสนอเบื้องต้นของแนวทางและเป้าหมายการดำเนินงานด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศสำหรับในช่วงหลังจากปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) เป็นต้นไป) โดยประเทศไทยได้ดำเนินการจัดส่งข้อเสนอ INDC ให้กับทางสำนักงานเลขาธิการอนุสัญญาฯ เมื่อวันที่ 1 ตุลาคม พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015)

(ทั้งนี้ ข้อมติ 1/CP.21 มีข้อกำหนดว่า ในช่วงกระบวนการให้สัตยาบัน หรือ หลังการให้สัตยาบันแล้ว ประเทศภาคีสามารถนำเสนอเจตจำนง Nationally Determined Contribution (NDC) ชุดใหม่มาแทนได้ แต่จะต้องมีความก้าวหน้าไม่น้อยกว่าเจตจำนง INDC หรือ NDC ที่เคยนำเสนอไว้เดิม)

ข้อเสนอเจตจำนง INDC ที่ประเทศไทยนำเสนอ เป็นร่างเจตจำนงที่มีความครอบคลุมเนื้อหาการดำเนินงานทั้งในมิติด้านการลดก๊าซเรือนกระจก มิติด้านการปรับตัว และ มิติด้านกลไกการดำเนินงาน โดยในส่วนของมิติการลดก๊าซเรือนกระจกประเทศไทยได้ประกาศเจตนารมณ์ที่จะลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งระบบเศรษฐกิจ ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) ลงร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับค่าประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซในกรณีธุรกิจปกติ (กรณี Business as Usual) พร้อมกับเสนอว่าอาจสามารถเพิ่มความเข้มงวดของเป้าหมายขึ้นเป็นร้อยละ 25 ภายใต้การสนับสนุนที่เพียงพอในมิติต่างๆ (รายละเอียดเนื้อหาของข้อเสนอเจตจำนง INDC ของประเทศไทย แสดงไว้ในกล่องที่ 13.3)

หากพิจารณาเฉพาะในส่วนของตัวเลขข้อเสนอเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก รูปที่ 13.7 แสดงภาพการเปรียบเทียบเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย กับ ตัวเลขค่าประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีธุรกิจปกติ ของข้อเสนอเจตจำนงทั้งสองฉบับ ได้แก่ เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของภาคพลังงานและขนส่ง ในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) ภายใต้ข้อเสนอเจตจำนง NAMAs และ เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของทั้งระบบเศรษฐกิจ ในปี ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) ภายใต้ข้อเสนอเจตจำนง INDC (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

จากข้อมูลจะพบว่า ในกรณีของข้อเสนอเจตจำนง NAMAs ตัวเลขประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีธุรกิจปกติ (BAU) จากภาคพลังงานและภาคขนส่งของประเทศไทย ในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) คาดว่าจะมีค่าอยู่ที่ 367 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) ขณะที่ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกจากแผนงานที่นำเสนอภายใต้ NAMAs มีค่าอยู่ในย่านระหว่าง 24-74 $MtCO_2e$ ซึ่งจะมีผลช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคดังกล่าวลงมาสู่ระดับ 343 - 367 $MtCO_2e$ ได้ ส่วนในกรณีข้อเสนอเจตจำนง INDC ตัวเลขประมาณการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของทั้งประเทศภายใต้กรณีธุรกิจปกติ ในปีเป้าหมาย ค.ศ.2030 (พ.ศ.2573) คาดว่าจะมีค่าอยู่ที่ 555 $MtCO_2e$ และค่าประมาณการศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกตามแผนงานภายใต้ INDC มีค่าอยู่ในย่าน 110 - 140 $MtCO_2e$ จึงน่าจะช่วยให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปีดังกล่าวสามารถลดลงมาสู่ระดับ 415 - 445 $MtCO_2e$ ได้



รูปที่ 13.7 เจตจำนงเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายใต้ NAMAs และ INDC
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2558)

การนำเสนอตัวเลขเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยภายใต้ข้อเสนอเจตจำนงทั้งสองฉบับ เป็นการแสดงให้เห็นถึงความตั้งใจอันแน่วแน่ของประเทศไทยที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมกับประชาคมโลก ในการจัดการกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของข้อเสนอเจตจำนง INDC ซึ่งได้มีการกำหนดตัวเลขเป้าหมายขั้นต่ำที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าข้อเสนอเดิมภายใต้ NAMAs เป็นอย่างมาก และรวมทั้งมีการขยายขอบเขตของเป้าหมาย จากเดิมที่จำกัดอยู่เฉพาะในส่วนของภาคพลังงานและภาคขนส่ง ไปเป็นเป้าหมายรวมระดับประเทศในทุกสาขา (ยกเว้นภาคการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และป่าไม้) ถือได้ว่าเป็นการส่งสัญญาณที่ชัดเจน ถึงความจริงจังและความสำคัญของการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจก ให้แก่ภาคส่วนต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคเอกชน และ ภาคประชาสังคม ให้ได้รับรู้ถึงความแน่วแน่เชิงนโยบายของภาครัฐในการมุ่งขับเคลื่อนระบบเศรษฐกิจและสังคมไทยไปสู่ “สังคมคาร์บอนเป็นศูนย์” (Zero Carbon Society) ในระยะยาว ตามเป้าหมายที่มีการระบุไว้ภายใต้ความตกลงปารีส

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2555. ยุทธศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศด้านการเกษตร พ.ศ.2556-2559. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพมหานคร 66 หน้า.
2. กระทรวงพลังงาน 2558. แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558–2579 (Energy Efficiency Plan; EEP2015). กระทรวงพลังงาน: กรุงเทพมหานคร 21 หน้า.
3. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง พ.ศ.2558-2579 (Oil Plan 2015).กรมธุรกิจพลังงาน: กรุงเทพมหานคร 14 หน้า.
4. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558 - 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP2015). กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน: กรุงเทพมหานคร 22 หน้า.
5. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช 2552. แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช พ.ศ.2551-2555. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพมหานคร 233 หน้า.
6. ประเสริฐ ศิรินภาพร 2558. ยุทธศาสตร์การลดก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยก่อน-หลังปี ค.ศ.2020 เอกสารประกอบการสัมมนาเรื่อง “ประเทศไทยกับทิศทางการดำเนินงานการลดก๊าซเรือนกระจกก่อน-หลังปี ค.ศ.2020” จัดโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) วันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ. 2558 (ออนไลน์) ที่มา:http://carbonmarket.tgo.or.th/seminar/detail/19/19.pnc
7. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม 2556. แผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2556-2573. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร: กรุงเทพมหานคร 35 หน้า.
8. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2558. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558-2593. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม: กรุงเทพมหานคร 177 หน้า.
9. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558–2579 (PDP2015). สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน: กรุงเทพ 93 หน้า.
10. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก 2557. แผนยุทธศาสตร์องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2557–2561. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): กรุงเทพมหานคร 80 หน้า.
11. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก 2558. สาระสำคัญความตกลงปารีส (Paris Agreement). (ออนไลน์) ที่มา: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/COP/COP21_291215.pdf
12. Library of Congress 1997. S.Res.98 – 105th Congress (1997-1998). (Online). Available at: https://www.congress.gov /bill/105th-congress/senate-resolution/98
13. Ministry of Natural Resources and Environment 2014. Communication on Thailand’s Nationally Appropriate Mitigation Actions (NAMAs). Submitted to the Executive Secretary, UNFCCC Secretariat on 29th December 2014. (Online). Available at: http://unfccc.int/meetings /cop_15/copenhagen_accord/items/5265.php
14. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning 2015. Thailand’s Intended Nationally Determined Contribution (INDC). Submitted to the Executive Secretary, UNFCCC Secretariat on 1st October 2015. (Online). Available at: http://www4.unfccc.int/Sub missions/INDC/
15. World Meteorological Organization 1987. Tenth Meteorological Congress: Abridged Report with Resolution. Geneva, 4th-28th May 1997. (Online). Available at: http://library. wmo.int/ opac/
16. World Meteorological Organization 2015. World Climate Conferences. (Online). Available at: https://www.wmo.int/pages/themes/climate/international_wcc.php.

บทที่ 14

ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

รศ.ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์

นันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีอ้างอิง

อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และนันทมล ลิมป์พิทักษ์พงศ์, 2559: ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. คณะทำงานกลุ่มที่ 3 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

14.1	การลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน (Energy Sector)	458
14.2	การลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง (Transport)	467
14.3	การลดก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร / สำนักงาน / ที่อยู่อาศัย (Buildings)	472
14.4	การลดก๊าซเรือนกระจกภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial processess)	476
14.5	การลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Agriculture, Forestry and Other Land Use: AFOLU)	486
14.6	ก๊าซเรือนกระจกกับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (Human Settlement)	491

เอกสารอ้างอิง

ศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย

การจัดทำรายงานศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกฉบับนี้ได้ศึกษา ทบทวน รวบรวม และสังเคราะห์ข้อมูลจากรายงานการศึกษาต่างๆ ในประเทศเป็นหลัก เนื่องจากขณะนี้ประเทศไทยอยู่ในระหว่างการจัดทำรายงานแห่งชาติฉบับที่ 3 (3rd National Communication: TNC) เพื่อเสนอต่ออนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change หรือ UNFCCC) ข้อมูลการคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติจะอ้างอิงจากรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (2nd National Communication: SNC) และรายงานความก้าวหน้าการลดก๊าซเรือนกระจก (Biennial Update Report: BUR) ส่วนการนำเสนอข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทางเลือกการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละภาคกิจกรรมจะแบ่งตาม IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014 (AR 5) ทั้งนี้ ข้อมูลทางเลือกการลดก๊าซเรือนกระจก (mitigation option) ของแต่ละภาคกิจกรรม จะมีความครอบคลุมเทคโนโลยีที่มีอยู่ในปัจจุบัน และเทคโนโลยีที่มีความเป็นไปได้และเป็นที่ยอมรับ ร่วมกับแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจก (mitigation measure) ตามแนวนโยบายของภาครัฐ

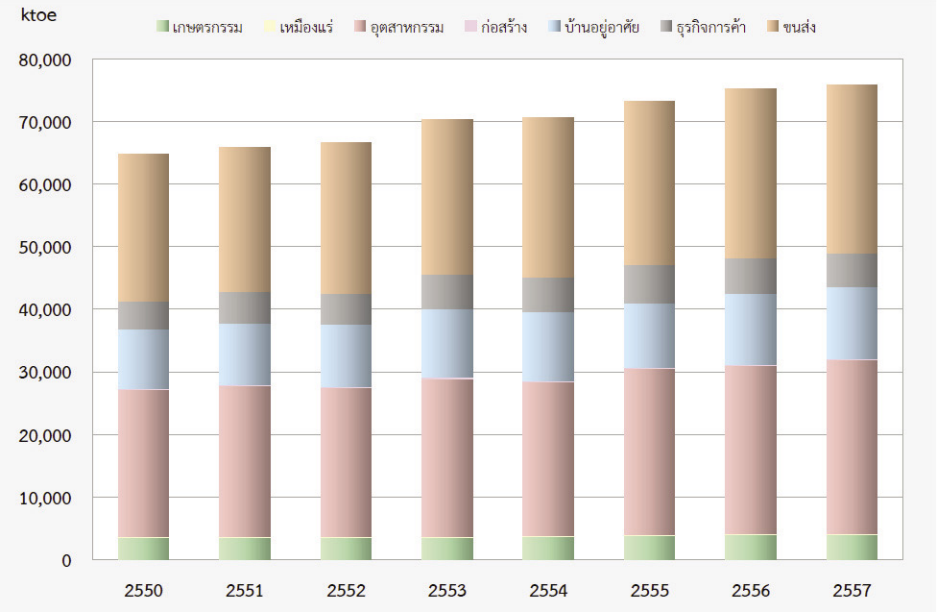
14.1 การลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน

การลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน มีความหมายครอบคลุมทั้งการสกัดพลังงาน (Extraction) การเปลี่ยนรูปพลังงาน (Conversion) การจัดเก็บพลังงาน (Storage) การส่งผ่านพลังงาน (Transmission) และการจ่ายพลังงาน (Distribution) โดยที่ไม่รวมถึงแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในกิจกรรมต่างๆ ของผู้บริโภค (Demand side)

14.1.1 ภาพรวมการผลิต การใช้ และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงานของประเทศไทย

ภาคพลังงานมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดของประเทศไทย การเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจทำให้ความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงต่างๆ สำหรับกิจกรรมต่างๆ ทั้งการคมนาคมขนส่งและอุตสาหกรรมการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในภาคพลังงานจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแปรผันตามปริมาณการผลิต การแปรรูป และการใช้พลังงานในแต่ละปี

สถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) มีการผลิตพลังงานปริมาณ 76,462 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 2.9 โดยมีการผลิตพลังงานเชิงพาณิชย์ในสัดส่วนร้อยละ 66.3 พลังงานหมุนเวียนและพลังงานอื่นๆ ในสัดส่วนร้อยละ 16.5 และพลังงานหมุนเวียนดั้งเดิมในสัดส่วนร้อยละ 17.2 ในขณะที่มีการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายปริมาณ 77,881 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.7 โดยหากจำแนกการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในแต่ละสาขาเศรษฐกิจ พบว่า เป็นการใช้ในสาขาขนส่งมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 36.8 รองลงมาเป็นการใช้ในสาขาอุตสาหกรรม (อุตสาหกรรมการผลิต เหมืองแร่ และก่อสร้าง) สาขาบ้านอยู่อาศัย สาขาธุรกิจการค้า และสาขาเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 35.7, 15.1, 7.2 และ 5.2 ตามลำดับ ดังรูปที่ 14.1



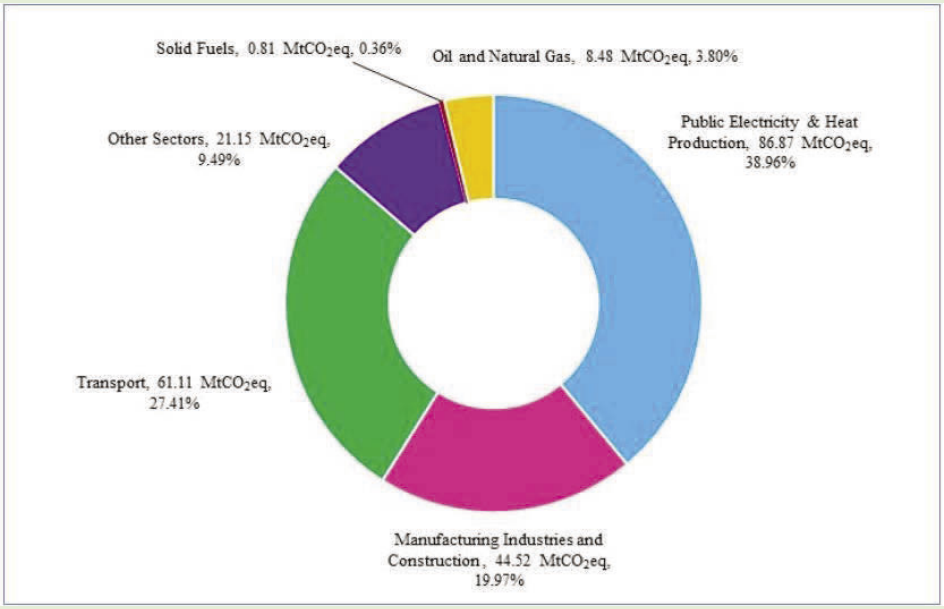
รูปที่ 14.1 การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557ก)

จากรายงาน SNC ซึ่งเป็นการคำนวณตาม Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ระบุว่า ภาคพลังงานปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) เท่ากับ 159.39 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($MtCO_2e$) หรือคิดเป็นร้อยละ 69.6 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ[39] โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าและความร้อนซึ่งใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก การเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคการขนส่งซึ่งใช้น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ และการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคอุตสาหกรรมและการก่อสร้าง ดังนั้น สาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดในภาคพลังงาน คือ สาขาการผลิตไฟฟ้า ซึ่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นร้อยละ 41.7 ของภาคพลังงาน รองลงมาคือ สาขาการขนส่ง ร้อยละ 28.0 และสาขาอุตสาหกรรมการผลิตและการก่อสร้าง ร้อยละ 19.3

ต่อมาสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) ได้จัดทำรายงานความก้าวหน้าการลดก๊าซเรือนกระจก (Biennial Update Report: BUR) เพื่อเสนอต่อ UNFCCC โดยเป็นการคำนวณตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เช่นกัน พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) มีค่าเท่ากับ 222.94 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 73.0 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ[40] โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดยังคงเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ สาขาการผลิตไฟฟ้า คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 39.0 ของภาคพลังงาน ดังรูปที่ 14.2

[39] การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศนับรวมการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้

[40] การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศไม่นับรวมการดูดกลับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้



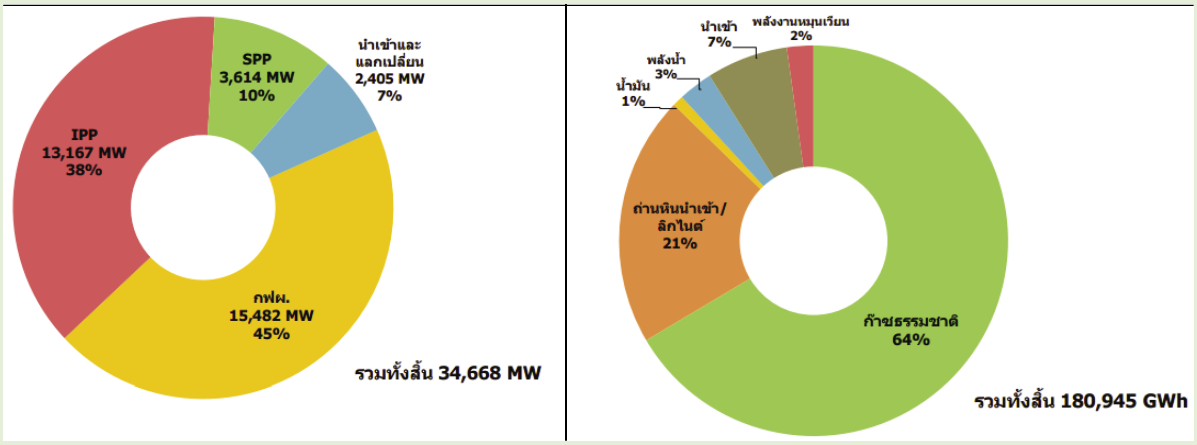
รูปที่ 14.2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2554 (ที่มา: UNFCCC, 2015)

แม้ว่าสาขาการผลิตไฟฟ้าจะพยายามเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้า โดยการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แต่หากอุปสงค์ของสาขาการผลิตไฟฟ้ายังมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่องในอนาคต สาขาการผลิตไฟฟ้าจะยังคงปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นต่อไป

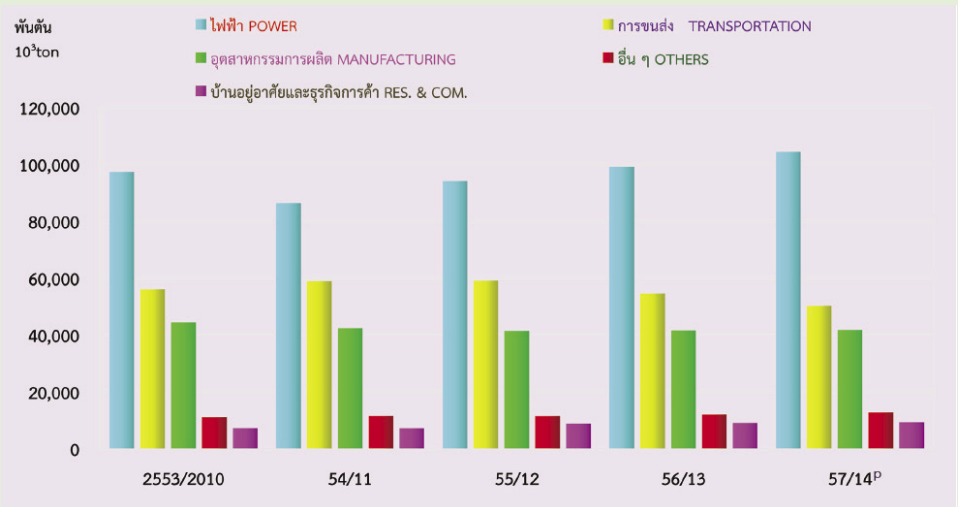
14.1.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน

จากอดีตจนถึงปัจจุบัน สาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นสาขาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงที่สุดในภาคพลังงาน โดยในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ประเทศไทยมีการผลิตพลังงานไฟฟ้าทั้งสิ้น 180,945 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง มากกว่าปีก่อนร้อยละ 2.0 โดยยังคงใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นหลักในการผลิตไฟฟ้า และมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 168,620 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.6 ส่งผลให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานในสาขาไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 104,490 พันตัน คิดเป็นร้อยละ 47.8 จากการใช้พลังงานทั้งหมด ดังรูปที่ 14.3 และรูปที่ 14.4

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานจึงจะมุ่งเน้นที่สาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นสำคัญ รวมถึงแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดหาแหล่งพลังงานทางเลือกอื่นๆ โดยจะนำเสนอทั้งส่วนที่เป็นแนวทาง/นโยบายของภาครัฐและผลการศึกษาวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 14.3 (ซ้าย) กำลังการผลิตในระบบไฟฟ้าแยกตามผู้ประกอบการผลิตไฟฟ้า (ขวา) การผลิตไฟฟ้าแยกตามชนิดเชื้อเพลิง (ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557ก)



รูปที่ 14.4 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงาน (ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2557ก)

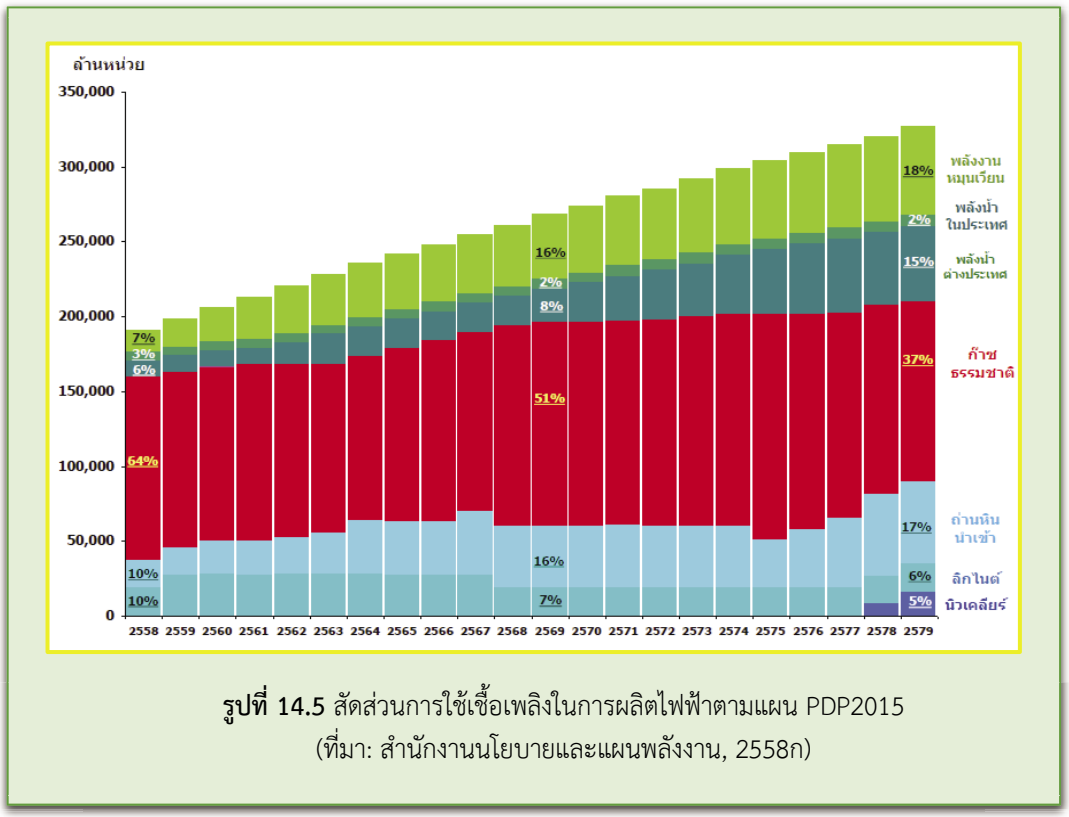
14.1.2.1 นโยบายของภาครัฐในการลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) โดยมุ่งเน้นการดำเนินงานใน 3 ด้าน คือ ด้านพลังงานมั่นคง (มีปริมาณสำรองไฟฟ้าและก๊าซธรรมชาติอย่างพอเพียง) ด้านเศรษฐกิจมั่งคั่ง (มีโครงสร้างราคาพลังงานที่เหมาะสม คุ้มค่า) และด้านสังคมไทยยั่งยืน (มีการลดก๊าซเรือนกระจกและลดการผลิต/การใช้พลังงาน) ทั้งนี้ แผนบูรณาการพลังงานระยะยาว ประกอบด้วย 5 แผนงานที่สำคัญ แต่แผนงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน (Energy Supply) มี 3 แผนงาน ดังนี้

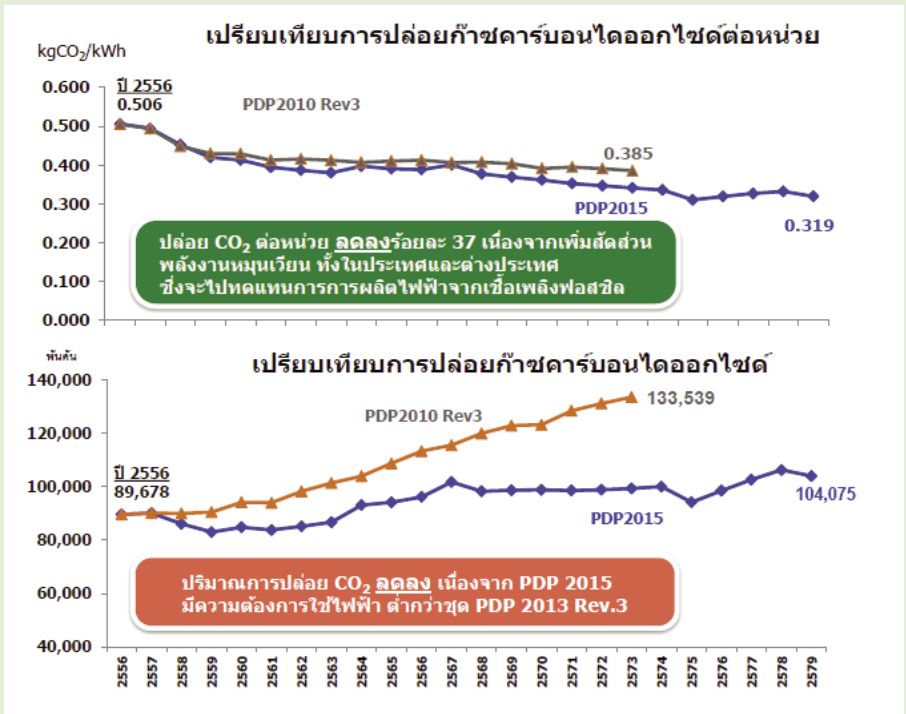
1) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan: PDP2015)

แผน PDP2015 ดังรูปที่ 14.5–14.6 เป็นแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 – 2036) เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงระบบไฟฟ้าด้วยการกระจายเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า การลดการพึ่งพาก๊าซธรรมชาติ การเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากถ่านหินเทคโนโลยีสะอาด การจัดหาไฟฟ้าจากต่างประเทศเพิ่มขึ้น การเพิ่มสัดส่วนการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งการพัฒนาระบบส่งไฟฟ้า ระบบจำหน่ายไฟฟ้า เพื่อรองรับการพัฒนาพลังงานทดแทนและการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC)

พลังงานทางเลือกต่างๆ ที่นำมาใช้มีสมบัติการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากกระบวนการผลิตพลังงานไฟฟ้าไม่เท่ากัน การปรับเปลี่ยนโครงสร้างกำลังการผลิตไฟฟ้าจึงส่งให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อหน่วยการผลิตเปลี่ยนแปลงไปด้วย ในขณะที่ปริมาณการปล่อยสุทธิขึ้นอยู่กับความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าในประเทศเป็นสำคัญ



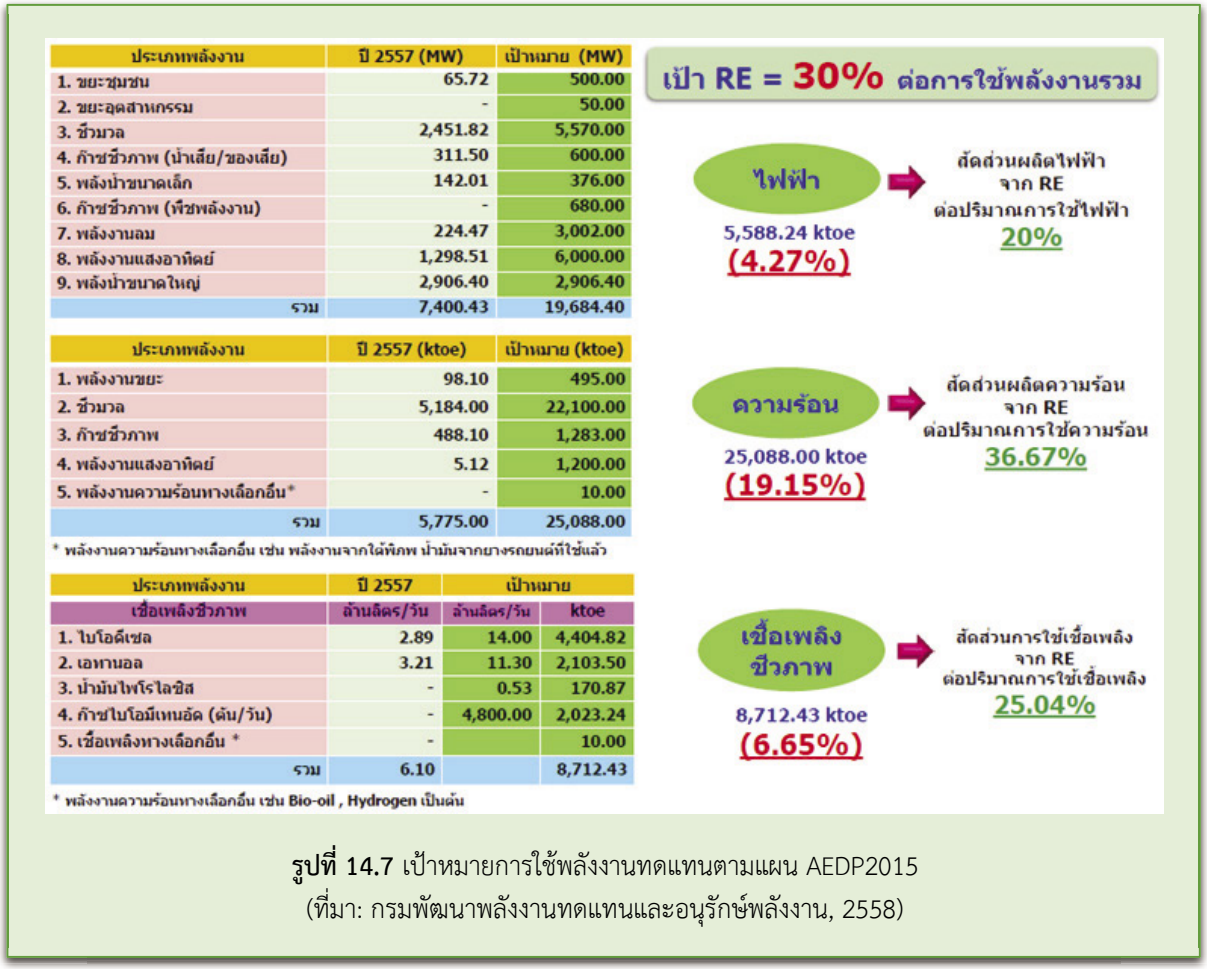
รูปที่ 14.5 สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าตามแผน PDP2015
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558ก)



รูปที่ 14.6 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้าตามแผน PDP2015
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558ก)

2) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP 2015)

ในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทนทั้งสิ้น 9,025 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 11.9 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย การใช้พลังงานทดแทนจะอยู่ในรูปของพลังงานความร้อนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 64.0 รองลงมาคือ เชื้อเพลิงชีวภาพ และไฟฟ้า คิดเป็นร้อยละ 19.7 และ 16.3 ตามลำดับ แผน AEDP2015 ดังรูปที่ 14.7 เป็นแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 – 2036) ที่ให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตพลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนที่มีอยู่ภายในประเทศให้ได้เต็มตามศักยภาพ โดยมีเป้าหมายที่จะเพิ่มสัดส่วนการใช้พลังงานทดแทนทั้งในรูปของพลังงานไฟฟ้า ความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ เป็นร้อยละ 30 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) หรือเท่ากับการลดใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ราว 39,388 พันตันน้ำมันดิบเทียบเท่า หรือประเมินเป็นก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานได้ประมาณ 140 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า



ประเภทพลังงาน	ปี 2557 (MW)	เป้าหมาย (MW)
1. ขยะชุมชน	65.72	500.00
2. ขยะอุตสาหกรรม	-	50.00
3. ชีวมวล	2,451.82	5,570.00
4. ก๊าซชีวภาพ (น้ำเสีย/ของเสีย)	311.50	600.00
5. พลังน้ำขนาดเล็ก	142.01	376.00
6. ก๊าซชีวภาพ (พืชพลังงาน)	-	680.00
7. พลังงานลม	224.47	3,002.00
8. พลังงานแสงอาทิตย์	1,298.51	6,000.00
9. พลังน้ำขนาดใหญ่	2,906.40	2,906.40
รวม	7,400.43	19,684.40

ประเภทพลังงาน	ปี 2557 (ktoe)	เป้าหมาย (ktoe)
1. พลังงานขยะ	98.10	495.00
2. ชีวมวล	5,184.00	22,100.00
3. ก๊าซชีวภาพ	488.10	1,283.00
4. พลังงานแสงอาทิตย์	5.12	1,200.00
5. พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น*	-	10.00
รวม	5,775.00	25,088.00

* พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น เช่น พลังงานจากไผ้พิกพ น้ำมันจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว

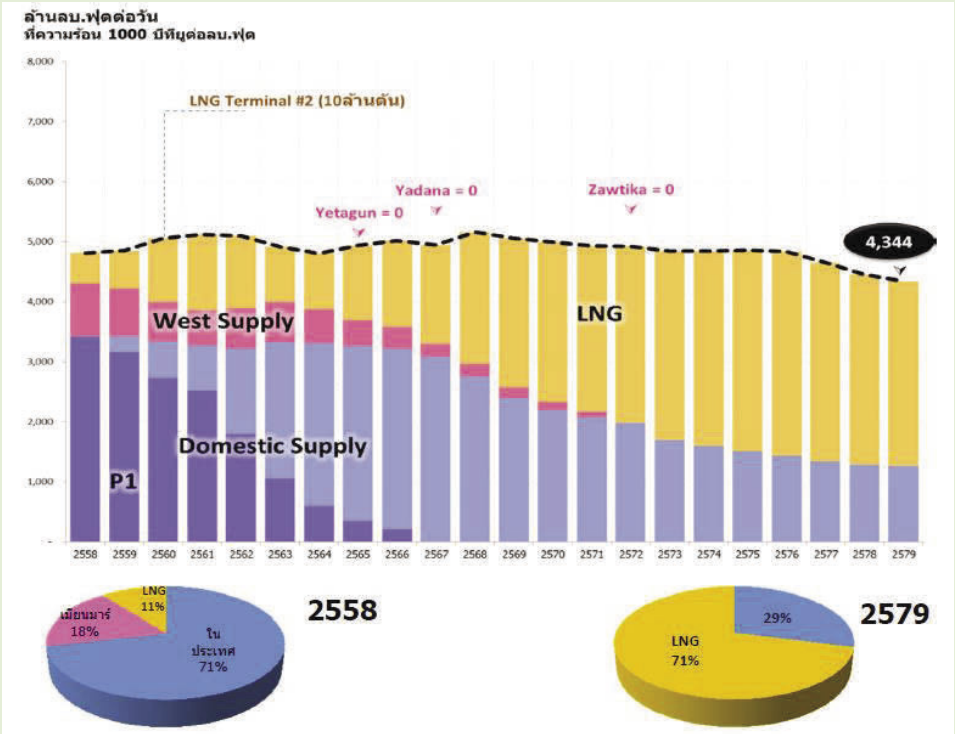
ประเภทพลังงาน	ปี 2557	เป้าหมาย	
เชื้อเพลิงชีวภาพ	ล้านลิตร/วัน	ล้านลิตร/วัน	ktoe
1. ไบโอดีเซล	2.89	14.00	4,404.82
2. เอทานอล	3.21	11.30	2,103.50
3. น้ำมันไพโรไลซิส	-	0.53	170.87
4. ก๊าซไบโอมีเทนอัด (ตัน/วัน)	-	4,800.00	2,023.24
5. เชื้อเพลิงทางเลือกอื่น *	-		10.00
รวม	6.10		8,712.43

* พลังงานความร้อนทางเลือกอื่น เช่น Bio-oil , Hydrogen เป็นต้น

รูปที่ 14.7 เป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนตามแผน AEDP2015
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2558)

3) แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ (Gas Plan 2015)

Gas Plan 2015 ดังรูปที่ 14.8 เป็นแผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 – 2036) โดยมีเป้าหมายเพื่อบริหารจัดการด้านการใช้และการจัดหาก๊าซธรรมชาติของประเทศตามแนวทาง 4 ด้าน คือ การชะลอการเติบโตของการใช้ก๊าซธรรมชาติ การรักษาระดับการผลิตจากแหล่งในประเทศให้ยาวนานยิ่งขึ้น การจัดหาและบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติเหลว (Liquefied Natural Gas: LNG) และการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการนำเข้า LNG ในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ประเทศไทยมีความต้องการก๊าซธรรมชาติอยู่ที่ระดับ 4,714 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน โดยส่วนใหญ่อยู่ในภาคการผลิตไฟฟ้า ซึ่งคาดว่าในปี พ.ศ.2562 (ค.ศ.2019) ความต้องการก๊าซธรรมชาติจะเพิ่มขึ้นเป็น 5,099 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน แต่คาดว่าความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติจะลดลงจากการที่ภาครัฐมีนโยบายลดการพึ่งพาการใช้ก๊าซธรรมชาติ โดยในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) ความต้องการก๊าซธรรมชาติจะอยู่ที่ 4,344 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน ซึ่งเป็นการพึ่งพาการนำเข้า LNG ในสัดส่วนร้อยละ 71



รูปที่ 14.8 แผนการจัดหาก๊าซธรรมชาติระยะยาว
(ที่มา: กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ, 2558)

14.1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงาน

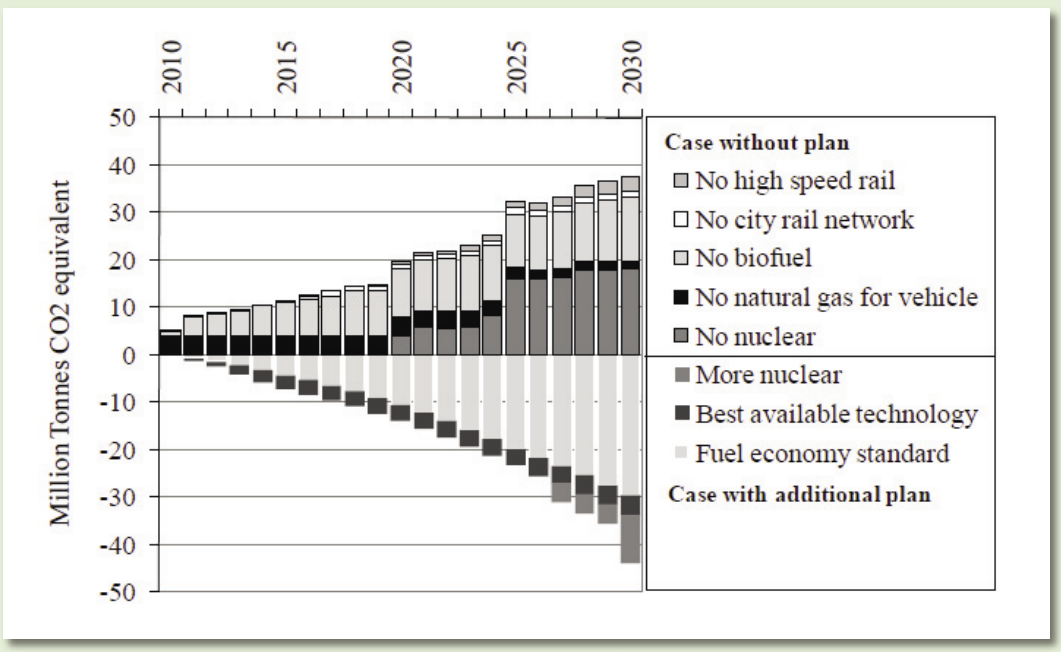
เพื่อสนับสนุนความก้าวหน้าทางสังคมและเศรษฐกิจในภาพรวมของประเทศอย่างยั่งยืน นอกจากการกำหนดทิศทาง แนวนโยบาย และแผนยุทธศาสตร์ต่างๆ เพื่อเป็นเป้าหมายในการดำเนินงานแล้ว ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการนำไปใช้ก็เป็นส่วนสำคัญที่จะนำไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีประสิทธิภาพและมุ่งสู่ระบบพลังงานคาร์บอนต่ำอย่างแท้จริง แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงานจากแหล่งต่างๆ ที่ได้มีการศึกษาและประเมินไว้ มีดังนี้

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี (2553) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาเพื่อจัดทำข้อมูลและแบบจำลองสำหรับ Emission Inventory ของประเทศไทย โดยเน้นการจัดทำและใช้แบบจำลองในการคาดการณ์และประมาณการปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่มีแนวโน้มว่าจะลดได้ ในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) ถึงปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) พบว่า ตามแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าฉบับเดิม (PDP2010) ภายในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) จะมีโครงการโรงไฟฟ้าใหม่ที่ใช้ถ่านหินสะอาดเป็นเชื้อเพลิง โดยมีกำลังการผลิตที่ 7,200 เมกะวัตต์ ซึ่งหากมีการนำเทคโนโลยี CCS เข้าใช้งานในสัดส่วนร้อยละ 50 ของการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าถ่านหินสร้างใหม่ตั้งแต่ปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) เป็นต้นไป จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 8,554 พันตันก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แม้ว่าเทคโนโลยี CCS จะมีราคาแพงและเป็นเทคโนโลยีในอนาคต แต่แนวโน้มการพัฒนาเทคโนโลยีเกิดขึ้นเร็วมากในปัจจุบัน ความเป็นไปได้ในการนำเทคโนโลยีนี้มาประยุกต์ใช้ในราคาที่เหมาะสมอาจมีความเป็นไปได้ในอนาคต

Silalertruksa and Gheewala (2011) ได้ศึกษาผลกระทบของการผลิตไบโอเอทานอลต่อสิ่งแวดล้อมและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ – สังคม ของประเทศไทย ในแง่ของสิ่งแวดล้อมพบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไบโอเอทานอลมีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างกว้างขึ้นกับลักษณะการเพาะปลูกและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งเป็นเงื่อนไขในที่กำหนดขึ้นในขอบเขตการพิจารณา โดยที่ไอโบเอทานอลจากมันสำปะหลัง (Cassava) และกากน้ำตาล (Molasses) มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อเมกกะจูล (MJ ethanol) อยู่ที่ 27 – 91 และ 28 – 100 กรัมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าตามลำดับ ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ Gasoline ในช่วงร้อยละ 73 – 77 บนสมมติฐานที่ว่า การผลิต

ไบโอเอทานอลมีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลและมีการนำก๊าซชีวภาพกลับมาเวียนใช้ในระบบ โดยมีผลผลิตของมันสำปะหลังและอ้อยในอัตรา 34 และ 94 ตัน/เฮกตาร์ ทั้งนี้หากประเทศไทยสามารถจัดการพืชพลังงานได้อย่างยั่งยืนจะส่งผลดีต่อเศรษฐกิจ – สังคม จากการจ้างงาน การเพิ่มขึ้นของ GDP และการได้เปรียบดุลการค้าในอนาคตอย่างแน่นอน แม้ว่าในปัจจุบัน ราคาผลิตไบโอเอทานอลจะยังสูงกว่าน้ำมันดิบก็ตาม

Wangjiraniran and Eua-arporn (2012) ได้ศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกตามแผนนโยบายด้านพลังงานของประเทศไทย โดยเปรียบเทียบ 3 กรณี คือ Reference scenario (กรณีไม่มีการเปลี่ยนแปลงด้านนโยบายพลังงาน – คาดการณ์จากอัตราการเติบโตของ GDP ที่ร้อยละ 4 ควบคู่กับแผน PDP2010 และ AEDP2010) Case without plan (กรณีไม่สามารถดำเนินงานตามนโยบายพลังงานที่กำหนดไว้ – ทั้งในส่วนของการพัฒนาการขนส่งมวลชนระบบรางภายในกรุงเทพฯ และเชื่อมระหว่างเมือง การเพิ่มการใช้เชื้อเพลิงทางเลือก และการพัฒนาโรงไฟฟ้านิวเคลียร์) และ Case with additional plan (กรณีมีการดำเนินงานเพิ่มเติมจากนโยบายพลังงานที่มีอยู่แล้ว – ได้แก่ การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการขนส่งทางบกและในอุตสาหกรรมหลัก ร้อยละ 40 และร้อยละ 20 ตามลำดับ ควบคู่กับการปรับปรุงแผนพัฒนากำลังการผลิตไฟฟ้าโดยใช้พลังงานสะอาดมากขึ้น) ดังรูปที่ 14.9 พบว่า การปรับต้นทุนพลังงาน การใช้พลังงานชีวภาพ และการพึ่งพาพลังงานนิวเคลียร์เป็นประเด็นที่ควรพิจารณาในลำดับต้นๆ เพื่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขณะที่การปรับเปลี่ยนระบบการขนส่งสาธารณะและการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่า



รูปที่ 14.9 ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกเทียบกับกรณีฐาน
(ที่มา: Wangjiraniran and Eua-arporn, 2012)

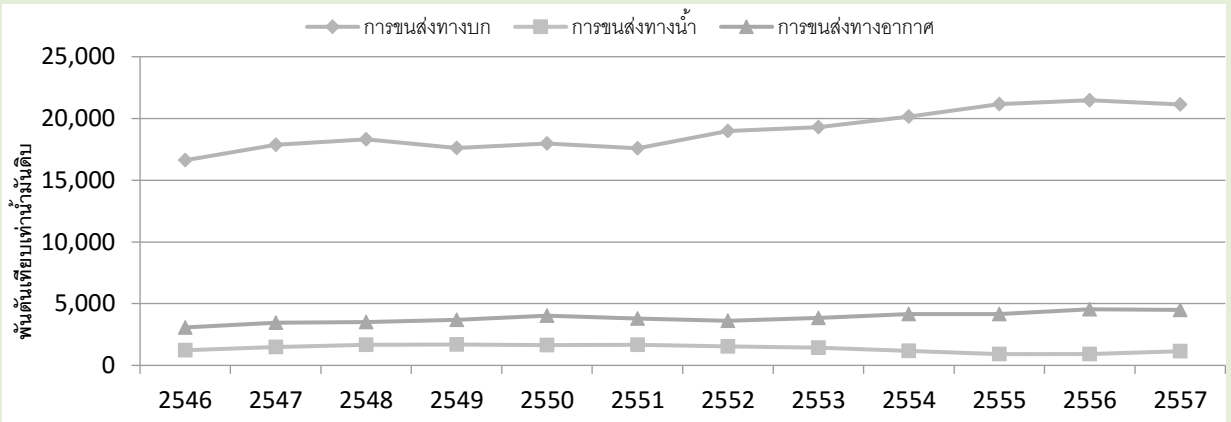
Chaianong and Pharino (2015) ศึกษามุมมองและความท้าทายของการติดตั้งพลังงานแสงอาทิตย์บนหลังคาของประเทศไทย พบว่า ข้อมูล ณ เดือนมีนาคม พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ประเทศไทยมีกำลังการผลิตติดตั้ง Solar PV ทั้งสิ้น 2,240 เมกะวัตต์ ซึ่งมีเพียงร้อยละ 1 ที่เป็นการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็ก (0 – 1 เมกะวัตต์) เพื่อใช้ในครัวเรือน ที่เหลือเป็นการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดใหญ่ (มากกว่า 1 เมกะวัตต์) เพื่อใช้ในอุตสาหกรรม ในขณะที่การดำเนินงานของต่างประเทศ เช่น มาเลเซีย อิตาลี และเยอรมนี มีการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ขนาดเล็กคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 70 ดังนั้น หากนโยบายภาครัฐของประเทศไทยมีการสนับสนุนการผลิตและการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคาเพื่อใช้ในครัวเรือนในสัดส่วนที่สูงขึ้นก็จะช่วยลดปัญหาความมั่นคงของพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

14.2 การลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่งของประเทศไทย คือ อัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ความเป็นเจ้าของยานพาหนะส่วนบุคคล และราคาน้ำมันปิโตรเลียม ความท้าทายของการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่งในอนาคตจึงเกี่ยวเนื่องกับการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องของจำนวนผู้ใช้ยานพาหนะและการจัดการระบบขนส่งให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

14.2.1 ภาพรวมระบบขนส่งและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่งของประเทศไทย

สาขาขนส่งก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับ 2 ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงาน รองจากสาขาการผลิตพลังงาน โดยส่วนใหญ่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งทางบก กิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่ง คือ การเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงปิโตรเลียม ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และน้ำมันก๊าดสำหรับเครื่องบิน ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยมากที่สุด คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 14.10 การใช้พลังงานในสาขาขนส่งจำแนกตามวิธีการขนส่ง
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2557ข)

จากรายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทยปี 2557 (ค.ศ.2014) พบว่า การใช้พลังงานในสาขาขนส่งมีทั้งสิ้น 26,801 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ลดลงจากปีก่อนร้อยละ 0.5 ซึ่งหากจำแนกตามวิธีขนส่ง พบว่า มีการใช้พลังงานในการขนส่งทางบกร้อยละ 78.9 การขนส่งทางอากาศร้อยละ 16.8 และที่เหลือเป็นการขนส่งทางน้ำ ทั้งนี้ การใช้พลังงานในการขนส่งทางบกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่องอย่างชัดเจน คิดเป็นร้อยละ 21.4 เมื่อเทียบกับข้อมูลในปี พ.ศ.2546 (ค.ศ.2003) ในขณะที่การใช้พลังงานในการขนส่งทางน้ำและทางอากาศมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่และ/หรือเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ดังรูปที่ 14.10

จากรายงาน SNC ซึ่งเป็นการคำนวณตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ระบุว่า สาขาการขนส่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) เท่ากับ 44.7 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 28.0 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาคพลังงาน โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในการขนส่งทางบก คิดเป็นร้อยละ 97.5 รองลงมาคือ การขนส่งทางอากาศ ร้อยละ 2.1 และการขนส่งทางน้ำ ร้อยละ 0.4

ในขณะที่รายงาน BUR ซึ่งเป็นการคำนวณตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เช่นกัน พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่งในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) มีค่าเท่ากับ 61.11 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 27.4 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากภาคพลังงาน แม้ว่าสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่งจะลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับภาคพลังงานทั้งหมด แต่ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

สาขาขนส่งในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) กลับเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 36.7 เทียบกับปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) อันเนื่องมาจากการเติบโตทางเศรษฐกิจและปริมาณยานพาหนะที่เพิ่มขึ้น

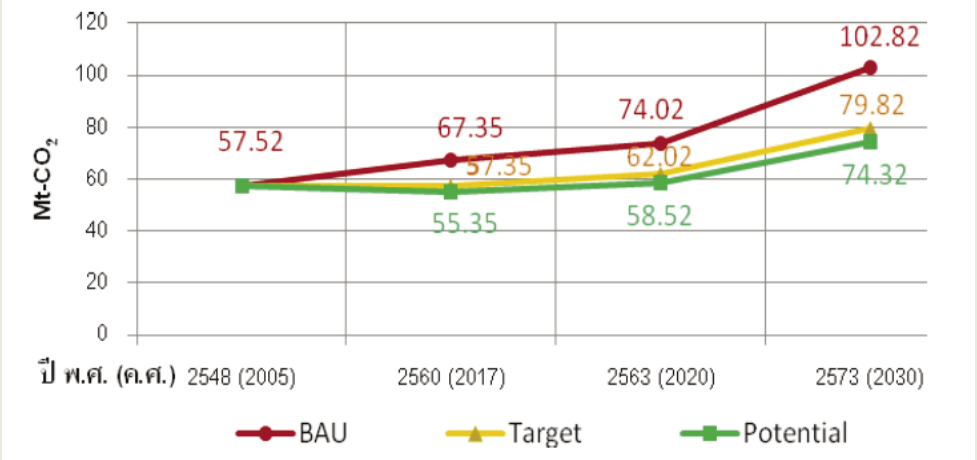
แม้สาขาขนส่งจะพยายามเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการเผาไหม้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยการใช้เชื้อเพลิงที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น แต่หากอุปสงค์ของสาขาขนส่งยังมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่องในอนาคต สาขาขนส่งจะยังคงปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้นต่อไป

14.2.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่งจะมุ่งเน้นที่การจัดหาแหล่งพลังงานทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การพัฒนาเทคโนโลยีของยานยนต์ให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นหรือใช้พลังงานที่สะอาดขึ้น และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้ใช้ยานพาหนะให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในแนวคิดเพื่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยจะนำเสนอทั้งส่วนที่เป็นแนวทาง/นโยบายของภาครัฐและผลการศึกษาวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

14.2.2.1 นโยบายของภาครัฐในการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม ได้จัดทำแผนการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยแบ่งเป็นแผนระยะสั้น พ.ศ.2556 – 2560 (ค.ศ.2013 – 2017) และแผนระยะยาว พ.ศ.2561 – 2573 (ค.ศ.2018 – 2030) ตามความเหมาะสมของโครงการ กอปรกับก๊าซที่ก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกกว่าร้อยละ 95 มีสาเหตุมาจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) การดำเนินงานโครงการต่างๆ ตามแผนแม่บทจึงจะพิจารณาก๊าซ CO_2 เป็นหลัก โดยตั้งเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจกที่ร้อยละ 80 ของศักยภาพที่จะลดได้ในแต่ละแผนงาน ผลการประเมินการลดก๊าซเรือนกระจกตามแผนแม่บทฯ พบว่า หากมีการดำเนินงานทั้ง 120 โครงการ/แผนงาน ปริมาณก๊าซเรือนกระจกของทั้งประเทศจากสาขาขนส่งในกรณีปกติจะอยู่ที่ระดับ 67.4 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2560 (ค.ศ.2017) และ 102.8 ล้านตัน ในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) เพิ่มขึ้นจากปริมาณที่ปล่อยในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) คิดเป็นร้อยละ 17.1 และร้อยละ 78.7 ตามลำดับ แต่หากมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบขนส่งประกอบกับการใช้แนวทางทั้งหมดที่ส่งผลในเชิงบวกต่อการลดลงของมลพิษ จะทำให้ก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) ลดลงจากกรณีปกติร้อยละ 38.35 ดังรูปที่ 14.11



รูปที่ 14.11 ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง
(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2556)

นอกจากนี้ จากที่สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) ประกอบด้วย 5 แผนงานสำคัญ ซึ่งการดำเนินงานภายใต้แผนบูรณาการดังกล่าว มีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง 3 แผนงานสำคัญ ดังนี้

1) แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan: EEP2015)

การอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่งถูกกำหนดให้เป็น 1 ใน 10 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานตามแผนอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) โดยมีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) จากสาขาขนส่งลง 30,213 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 58.4 ของเป้าหมายทั้งหมดตามแผน EEP2015 ดังตารางที่ 14.1

ตารางที่ 14.1 เป้าหมายและศักยภาพการลดการใช้พลังงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ. 2558 – 2579 (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2558)

	มาตรการ --> กลุ่มเศรษฐกิจ	อุตสาหกรรม	อาคารธุรกิจ อาคารรัฐ	ที่อยู่อาศัย	ภาคขนส่ง	รวม (ktoe)
1.	ความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี 2579 (กรณีปกติ)					187,142
2.	ผลการอนุรักษ์พลังงานที่ผ่านมา ทำให้ EI ปี 2556 ลดลง คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้					4,442
3.	เป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานตามแผนอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ.2558-2579	14,515	4,819	2,153	30,213	51,700
(1)	มาตรการบังคับใช้มาตรฐานการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน/อาคารควบคุม	4,388	768	-	-	5,156
(2)	มาตรการบังคับมาตรฐานอาคารก่อสร้างใหม่เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	-	1,166	-	-	1,166
(3)	มาตรการกำหนดมาตรฐานและติดฉลากอุปกรณ์เครื่องจักร และวัสดุเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน (Labeling)	749	1,648	1,753	-	4,149
(4)	มาตรการบังคับใช้เกณฑ์มาตรฐานอนุรักษ์พลังงานสำหรับผู้ผลิตและจำหน่ายพลังงาน (EERS)	202	184	114	-	500
(5)	มาตรการช่วยเหลือ/อุดหนุนการดำเนินงานเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงาน	8,895	629	-	-	9,524
(6)	มาตรการส่งเสริมการใช้แสงสว่างเพื่ออนุรักษ์พลังงาน (LED)	281	424	286	-	991
(7)	มาตรการอนุรักษ์พลังงานภาคขนส่ง	-	-	-	30,213	30,213
(8)	มาตรการวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
(9)	มาตรการพัฒนาบุคลากรด้านอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
(10)	มาตรการประชาสัมพันธ์สร้างปลูกจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงาน	-	-	-	-	-
4.	รวมลดความต้องการใช้พลังงานลงได้ (ktoe) [2+3]					56,142
5.	ความต้องการใช้พลังงาน ณ ปี 2579 (กรณี EE^{2015}) [1 - 4]					131,000

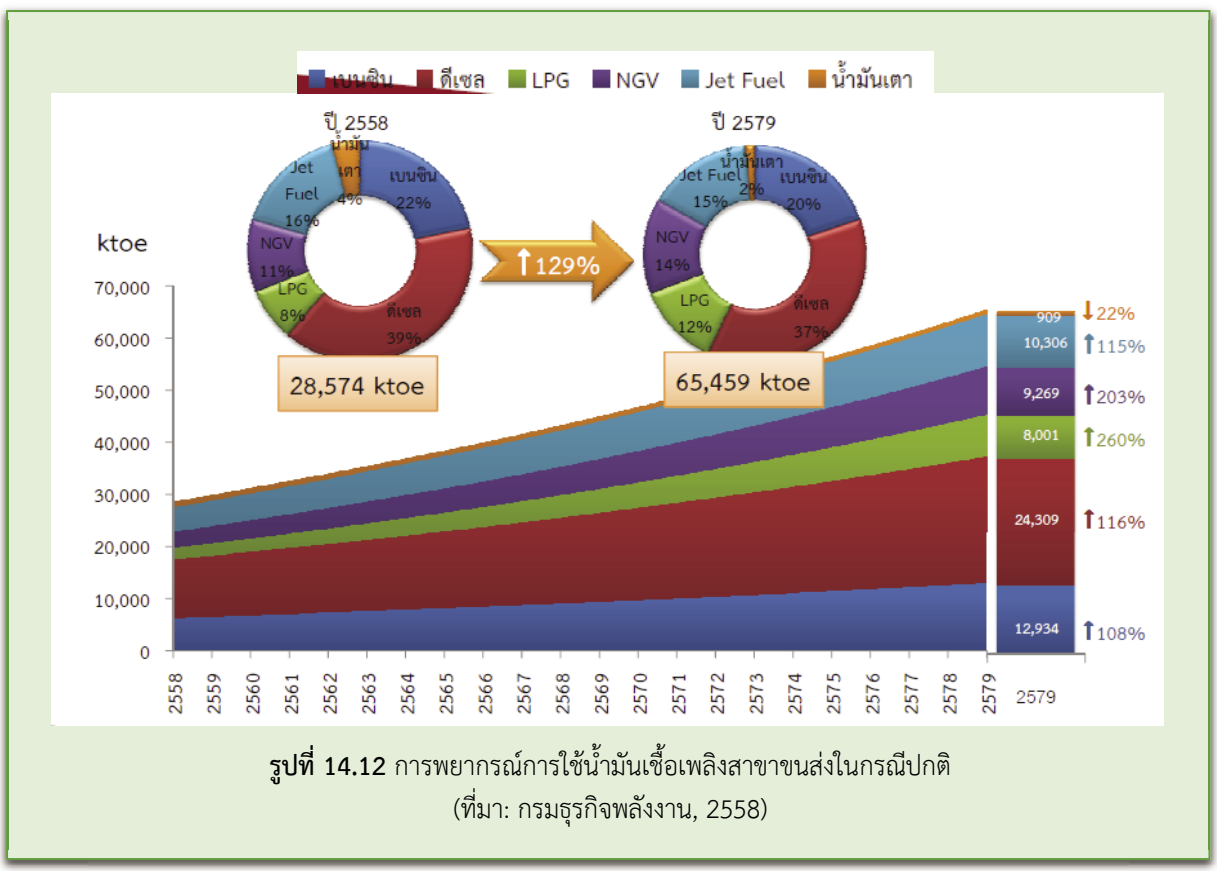
2) แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก (AEDP 2015)

แนวทางการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่งตามแผน AEDP2015 คือ การให้ความสำคัญในการส่งเสริมการผลิตและการใช้พลังงานจากวัตถุดิบพลังงานทดแทนในรูปของพลังงานเชื้อเพลิงชีวภาพ ดังรูปที่ 14.7 โดยมีเป้าหมาย ณ ปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) ที่จะผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เอทานอล น้ำมันไพโรไลซิส ก๊าซไบโอมีเทนอัด และเชื้อเพลิงทางเลือกอื่น (Bio-Oil, Hydrogen) ให้ได้ 8,712.4 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นสัดส่วนการผลิตเชื้อเพลิงพลังงานทดแทนจากสาขาขนส่งร้อยละ 25.04 จากพลังงานทั้งหมดตามแผน AEDP2015

3) แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan 2015)

Oil Plan 2015 เป็นแผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 – 2036) ซึ่งเป็น 1 ใน 5 ของแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว ของกระทรวงพลังงาน โดยมีเป้าหมายเพื่อบริหารจัดการด้านการใช้และการจัดหาน้ำมันเชื้อเพลิงในภาคขนส่งตามแนวทางของแผน EEP2015 และ AEDP2015 ดังกล่าวข้างต้น ร่วมกับการปรับโครงสร้างราคาน้ำมันเชื้อเพลิงให้เหมาะสมและการสนับสนุนการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐานน้ำมันเชื้อเพลิง

ในปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) คาดว่าประเทศไทยจะมีความต้องการน้ำมันเชื้อเพลิงในกรณีปกติอยู่ที่ระดับ 79,338 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) โดยส่วนใหญ่อยู่ในสาขาขนส่งเท่ากับ 65,459 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ซึ่งเป็นการเติบโตที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณการบริโภคน้ำมันเชื้อเพลิงของภาคขนส่งในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) ในอัตราร้อยละ 129 ซึ่งหากการดำเนินงานเป็นไปตามแผน EEP2015 และ AEDP2015 ก็จะสามารถลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 46 และทดแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลได้ร้อยละ 13.3 ดังรูปที่ 14.12



รูปที่ 14.12 การพยากรณ์การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสาขาขนส่งในกรณีปกติ
(ที่มา: กรมธุรกิจพลังงาน, 2558)

14.2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่ง

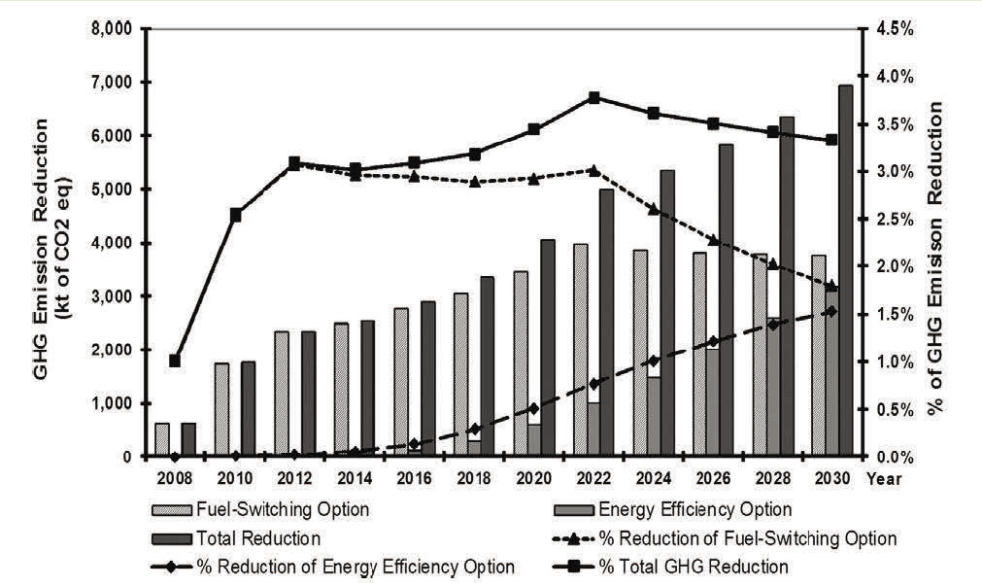
สาขาขนส่งเป็นภาคหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานในสาขาขนส่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาองค์ความรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเสริมสร้างศักยภาพและเพิ่มโอกาสการลดก๊าซเรือนกระจกและมุ่งสู่ระบบพลังงานคาร์บอนต่ำอย่างแท้จริง แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่งจากแหล่งต่างๆ ที่ได้มีการศึกษาและประเมินไว้ มีดังนี้

Kerdlap (2015) ได้ศึกษาศักยภาพการใช้รถจักรยานยนต์ไฟฟ้าของประเทศไทย พบว่า ในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ได้มีการรณรงค์ให้ประชาชนหันมาใช้รถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น โดยมีการริเริ่มโครงการในบริเวณจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันมีรถจักรยานยนต์ที่มีการลงทะเบียนกับกรมการขนส่งทางบกทั่วประเทศประมาณ 19 ล้านคัน ในจำนวนนี้ ร้อยละ 0.03 เป็นรถจักรยานยนต์ไฟฟ้า หากสามารถเปลี่ยนมาใช้รถจักรยานยนต์พลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 10 จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณปีละ 0.23 – 1.27 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย พบว่า ในกรณีที่การขยายตัวของยานยนต์ไฟฟ้าบนพื้นฐานที่มีความเป็นไปได้ของประเทศไทยหรือมีโอกาสเกิดขึ้นได้จริง (Probable case) ความต้องการไฟฟ้าในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) จะเพิ่มขึ้นสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 1.1 ของความต้องการพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด และภาระทางไฟฟ้าสูงสุดที่เพิ่มขึ้นในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) คิดเป็นร้อยละ 8.5 เมื่อเทียบกับศักยภาพการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นการขยายตัวของยานยนต์ไฟฟ้าจะไม่มีผลกระทบต่อแผนการจัดหาไฟฟ้าของประเทศ ในขณะที่จะสามารถลดปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงฟอสซิลลงได้ 2,090 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เมื่อพิจารณารวมปริมาณความต้องการพลังงานฟอสซิลจากการผลิตไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นแล้ว และจะสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงได้ 6.13 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Selvakkumaran and Limmeechokchai (2015) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการลดก๊าซเรือนกระจกจากสาขาการขนส่งทางบก โดยใช้แบบจำลอง AIM/Enduse พบว่า การดำเนินงานภายใต้แนวคิดสังคมคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Society – LCS) ซึ่งประกอบด้วย การเปลี่ยนหรือปรับปรุงยานยนต์ (New Vehicles, Hybrid, Plug-in Hybrid, Electric Vehicle) การจัดการความต้องการการเดินทาง (Travel demand Management) การเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง (Modal Shift) และการใช้พลังงานทางเลือก (Renewable Fuel Switching) จะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิได้สูงสุด 1,230 ล้านตัน จากปี พ.ศ.2553 – 2593 (ค.ศ.2010 – 2050) ซึ่งจะนำไปสู่การเปลี่ยนโครงสร้างการขนส่งเป็นระบบสาธารณะมากขึ้น โดยจากการวิเคราะห์ด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ (Techno-economic analysis) พบว่า การเปลี่ยนยานพาหนะใหม่เพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเป็นแนวทางที่ให้ผลเด่นชัดด้านการลดก๊าซเรือนกระจก รองลงมาคือ การใช้ยานยนต์ประเภทไฮบริด นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการลดก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย (Average Abatement Cost – AAS) พบว่า การดำเนินงานภายใต้แนวคิด LCS แบบ high จะมีต้นทุนต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับ LCS แบบ medium และแบบ low โดยอยู่ในระดับ 100 ดอลล่าร์สหรัฐต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ (100 USD/tCO_2)

Pongthanaisawan and Sorapipatana (2013) ได้ประเมินแนวโน้มการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาขนส่งของประเทศไทยจนถึงปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) โดยใช้ข้อมูลในอดีตตั้งแต่ปี พ.ศ.2532 – 2550 (ค.ศ.1989 – 2007) และศึกษาแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก พบว่า ในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) ปริมาณก๊าซเรือนกระจกสาขาขนส่งในกรณีปกติจะอยู่ที่ระดับ 208,522 พันตัน โดยส่วนใหญ่มาจากการขนส่งทางบกคิดเป็นร้อยละ 99.0 ส่วนแนวทางลดก๊าซเรือนกระจกโดยการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิง (Bioethanol และ Biodiesel) จะให้ผลสัมฤทธิ์ในระยะสั้น ในขณะที่แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกโดยการเปลี่ยนประเภทของยานยนต์ (Eco-car และ Hybrid car) จะให้ผลฤทธิ์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ดังนั้น ควรมีการดำเนินงาน 2 แนวทางนี้ควบคู่กันไป เพื่อให้เกิดประสิทธิผลการลดก๊าซเรือนกระจกสูงสุด โดยสามารถลดได้ก๊าซเรือนกระจกได้ 3,182 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ดังรูปที่ 14.13



รูปที่ 14.13 การคาดการณ์การลดก๊าซเรือนกระจกและสัดส่วนที่ลดได้เทียบกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีปกติ (ที่มา: Pongthanaisawan and Sorapipatana, 2013)

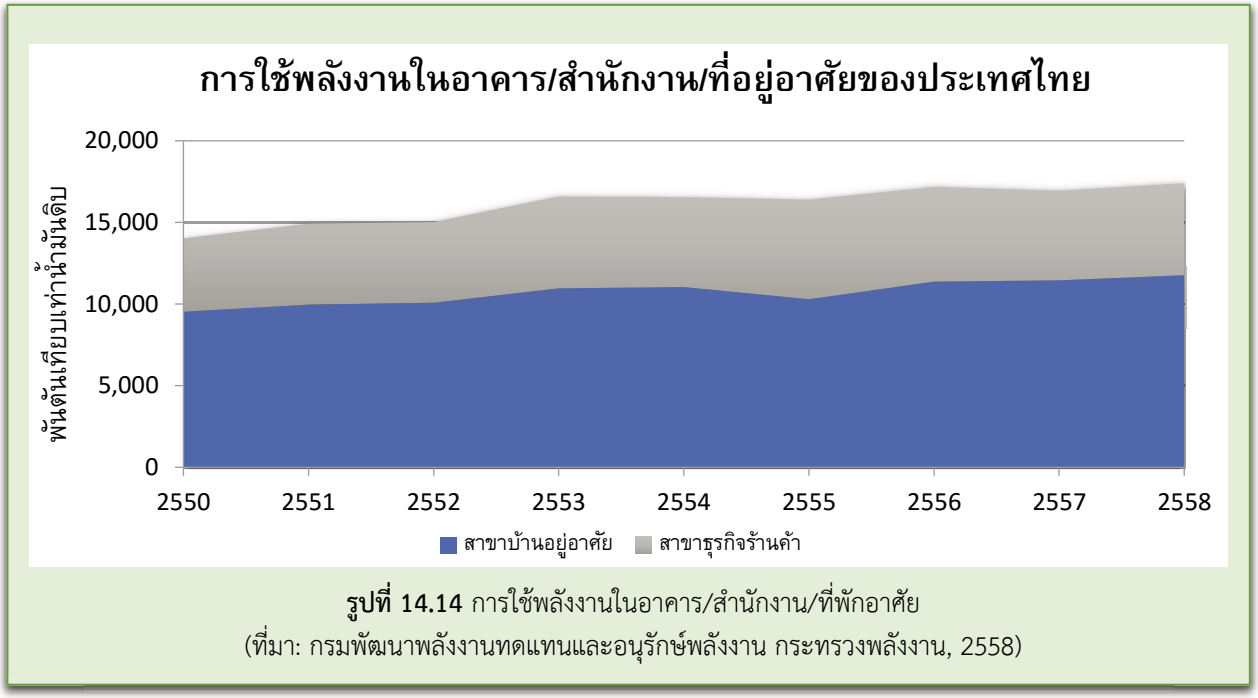
14.3 การลดก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร / สำนักงาน / ที่อยู่อาศัย

การวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย เป็นกรอบแนวคิดใหม่ในรายงานการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (IPCC AR5) โดยใช้การประเมินบนหลักการเดียวกับการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากองค์กร เพื่อให้การวิเคราะห์แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกมีความเหมาะสมสอดรับกับลักษณะเฉพาะของข้อมูลในสาขานี้ ทั้งใช้ด้านของกิจกรรมที่ส่งผลต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกและปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง

14.3.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร / สำนักงาน / ที่อยู่อาศัย ของประเทศไทย

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัยเกิดจากสาเหตุสำคัญ 2 ประการ คือ การใช้พลังงานและการใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่มีสารกลุ่มฟลูโอริเนต (F-gas) เช่น ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น นอกจากนี้ ปัจจัยด้านจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่ในอาคาร/สำนักงานก็ถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอาคาร/สำนักงานนั้นๆ แต่ในกรณีการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากอาคารพาณิชย์อาจใช้ข้อมูลผลผลิตมวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product – GDP) แทนได้

ทั้งนี้ แนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในอาคาร/สำนักงาน ให้พิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานแต่ละชนิดคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานนั้นๆ ส่วนแนวทางการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการใช้อุปกรณ์ที่มีสาร F-gas ใช้ประเมินจากปริมาณสาร F-gas ในอุปกรณ์นั้นๆ คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามชนิดของสาร F-gas



รูปที่ 14.14 การใช้พลังงานในอาคาร/สำนักงาน/ที่พักอาศัย
(ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2558)

จากรายงานสถานการณ์พลังงานของประเทศไทยในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) พบว่า มีการใช้พลังงานในสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัยทั้งสิ้น 17,399 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 3.5 โดยเป็นการใช้พลังงานในสาขาบ้านอยู่อาศัยร้อยละ 67.6 และเป็นการใช้พลังงานในสาขาธุรกิจการค้าร้อยละ 32.4 ดังรูปที่ 14.14

เนื่องจากความไม่พร้อมของข้อมูล F-Gas ในอดีตที่ผ่านมา ส่งผลให้ทั้งในรายงาน SNC และ BUR ของประเทศไทยมีเพียงปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย เท่านั้น โดยรายงาน SNC ระบุว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคพลังงานในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) มาจากการใช้พลังงานในครัวเรือน (Category 1A4b residential) เท่ากับ 5.6 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 3.5 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของภาคพลังงาน

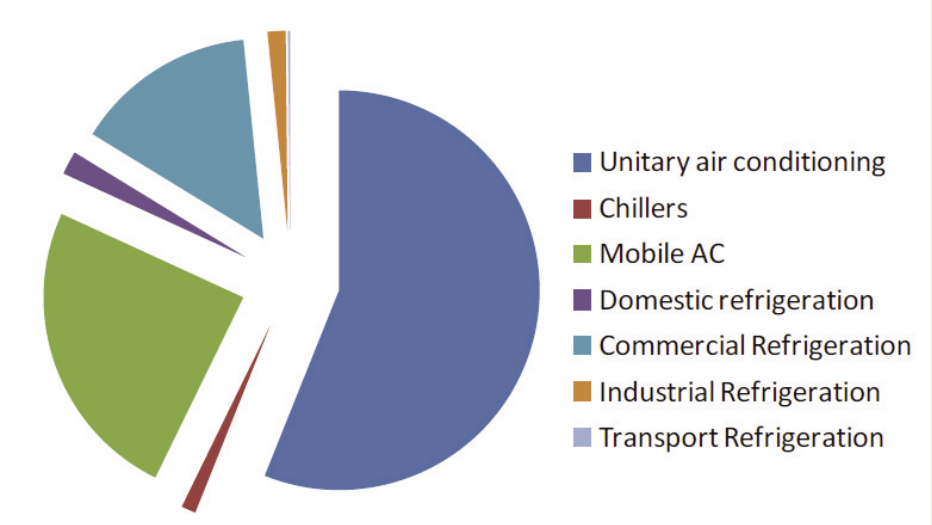
ต่อมา ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) ได้มีการนำเสนอผลงานเรื่อง การจัดทำบัญชีรายการการใช้และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก F-gas ของประเทศไทย (Establishing an inventory of consumption and emission of F-Gas in Thailand) โดย Bright Management Consulting Co., Ltd. การนำเสนอได้แสดงข้อมูลเบื้องต้นปริมาณการใช้ การผลิต และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เครื่องทำปรับอากาศและเครื่องทำความเย็น (Refrigeration, Air conditioning: RAC sector) ดังตารางที่ 14.2

ตารางที่ 14.2 ปริมาณการใช้สารกลุ่มฟลูโอริเนตในเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (RAC Sector) จากทุกกิจกรรมของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2553 (ค.ศ.2000 – 2010) (Bright Management Consulting Co., Ltd., 2012)

RAC sectors (t)											
F-gas type	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CFCs		3,395	1,799	1,476	1,095	985	352	238	151	112	0
HCFCs					3,348	9,950	10,748	7,903	9,880	8,945	11,019
HFCs		294	1,036	1,629	1,713	1,956	2,208	2,333	3,259	3,467	4,041

หมายเหตุ: ข้อมูลการใช้สาร F-Gas ใน RAC sector จากทุกกิจกรรม (การใช้ในครัวเรือน การใช้ในธุรกิจร้านค้า การใช้ในภาคอุตสาหกรรม และการใช้ระบบขนส่ง)

ในส่วนของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารกลุ่ม F-Gas ดังรูปที่ 14.15 พบว่า ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ. 2012) มีการปล่อยสารไฮโดรฟลูโอโรคาร์บอน (Hydrofluorocarbon – HFC) เท่ากับ 3.4 $MtCO_2e$ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 1.49 เทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในปี 2012 (227.73 $MtCO_2e$) ที่รายงานโดยองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก., 2558)



รูปที่ 14 .15 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้สารกลุ่ม F-Gas ในเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ (ที่มา: Bright Management Consulting Co., Ltd., 2012)

14.3.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัยจะมุ่งเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานภายในอาคาร การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำ และการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยให้ตระหนักและมีส่วนร่วมในแนวคิดเพื่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น โดยจะนำเสนอทั้งส่วนที่เป็นแนวทาง/นโยบายของภาครัฐและผลการศึกษาวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

14.3.2.1 นโยบายของภาครัฐในการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร / สำนักงาน / ที่อยู่อาศัย

นโยบายของภาครัฐที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกจากสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย ประกอบด้วย 2 นโยบายหลักที่สำคัญ คือ นโยบายด้านการใช้พลังงานในอาคาร ซึ่งกระทรวงพลังงานได้มีการประกาศแผนการดำเนินงานแล้ว และนโยบายด้านการจัดการอุปกรณ์ที่มีการใช้สาร F-Gas ซึ่งขณะนี้ยังอยู่ในขั้นตอนของการส่งร่างพระราชบัญญัติโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

1) แผนอนุรักษ์พลังงาน (Energy Efficiency Plan: EEP2015)

จากที่สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) การดำเนินงานแผนอนุรักษ์พลังงาน EEP2015 ภายใต้แผนบูรณาการดังกล่าวมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย ถูกกำหนดให้มีทั้งสิ้น 6 ใน 10 แนวทางตามแผนอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) โดยมีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) จากสาขานี้ลง 6,972 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 13.5 ของเป้าหมายทั้งหมดตามแผน EEP2015 โดยเป็นการประหยัดพลังงานจากภาคธุรกิจร้อยละ 69.1 และการประหยัดพลังงานจากภาคครัวเรือนร้อยละ 30.9 ดังตารางที่ 13.1

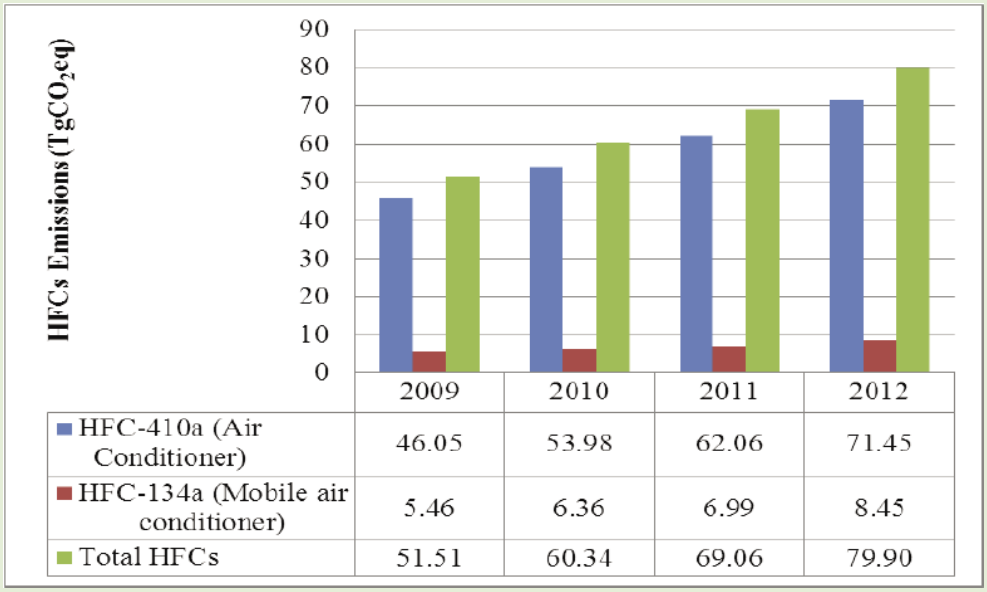
2) ร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และซากผลิตภัณฑ์อื่น พ.ศ. ....

จากสถานการณ์ปัญหาซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงของเสียอันตรายจากชุมชนอื่นๆ ที่มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นเกือบ 4 แสนตันต่อปี ในขณะที่ประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายและกลไกที่จะมาจัดการกับปัญหานี้อย่างถูกต้องและปลอดภัย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) โดยกรมควบคุมมลพิษจึงได้ยกร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และซากผลิตภัณฑ์อื่น พ.ศ. .... และเสนอต่อคณะรัฐมนตรีเพื่อพิจารณาเมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2558 และคณะรัฐมนตรีได้มีมติเห็นชอบในหลักการแล้ว หลังจากนั้นคณะรัฐมนตรีได้ส่งร่างพระราชบัญญัติฯ ฉบับดังกล่าวให้สำนักงานคณะกรรมการกฤษฎีกา (สคก.) พิจารณาซึ่ง สคก. ได้ตั้งคณะกรรมการชุดพิเศษเพื่อพิจารณาร่างกฎหมายและได้มีการปรับปรุงแก้ไขเนื้อหาในร่างกฎหมายทั้งฉบับและได้ปรับชื่อร่างกฎหมาย เป็น “ร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พ.ศ. ....”และให้กรมควบคุมมลพิษจัดประชุมรับฟังความคิดเห็น เมื่อวันที่ 4 พฤศจิกายน 2558 (สุจิตรา วาสนาดำรงดี 2558)

การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศภายใต้การดำเนินการตามประกาศร่างพระราชบัญญัตินี้ มีระบบกลไกการคัดแยกและเก็บรวบรวมซากผลิตภัณฑ์จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ โดยผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าและจัดจำหน่าย หรือองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น จะต้องนำกลับอย่างน้อยร้อยละ 5 ของปริมาณการจำหน่ายเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์และดำเนินการบำบัดกำจัดอย่างถูกต้อง ซึ่งจากข้อมูลในอดีตที่ผ่านมา พบว่า การกำจัดสาร F-Gas จากอุปกรณ์ต่างๆ เหล่านี้จะใช้วิธีการปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรง ดังนั้น แนวทางการนำกลับซากผลิตภัณฑ์จะช่วยลดการปล่อยสาร F-Gas ออกสู่สิ่งแวดล้อมโดยตรงได้อย่างเหมาะสม

14.3.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกสาขาอาคาร/สำนักงาน/ที่อยู่อาศัย

Watthusinthu and Chiarakorn (2014) ได้ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยสารไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (hydrofluorocarbons – HFCs) จากผลิตภัณฑ์เครื่องปรับอากาศในยานพาหนะและในครัวเรือนของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลการใช้สารทำความเย็นในช่วงปี พ.ศ.2552 – 2555 (ค.ศ.2009 – 2012) จากการสอบถามผู้ผลิตและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และคำนวณตามวิธีของ IPCC2006 ที่ระดับ Tier2 ผลการศึกษา พบว่า การปล่อยสาร HFCs จากผลิตภัณฑ์กลุ่มเครื่องปรับอากาศออกสู่บรรยากาศส่วนมากเกิดขึ้นในช่วงหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นการปล่อยทิ้งไว้โดยไม่มีการดูแลจัดการที่ถูกต้องเหมาะสม โดยคาดว่าปริมาณสาร HFCs ที่ปล่อยออกจะมีค่าสูงถึง 354.65 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ. 2050) ดังรูปที่ 14.16



	2009	2010	2011	2012
HFC-410a (Air Conditioner)	46.05	53.98	62.06	71.45
HFC-134a (Mobile air conditioner)	5.46	6.36	6.99	8.45
Total HFCs	51.51	60.34	69.06	79.90

รูปที่ 14.16 การปล่อยสาร HFCs จากเครื่องปรับอากาศของประเทศไทย
(ที่มา: Watthusinthu C. and Chiarakorn S., 2014)

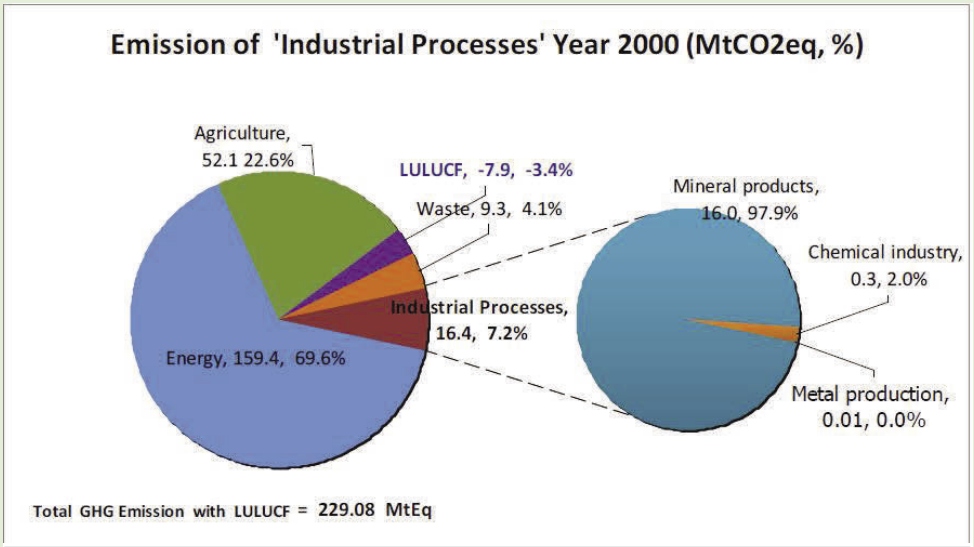
14.4 การลดก๊าซเรือนกระจกภาคกระบวนการอุตสาหกรรม

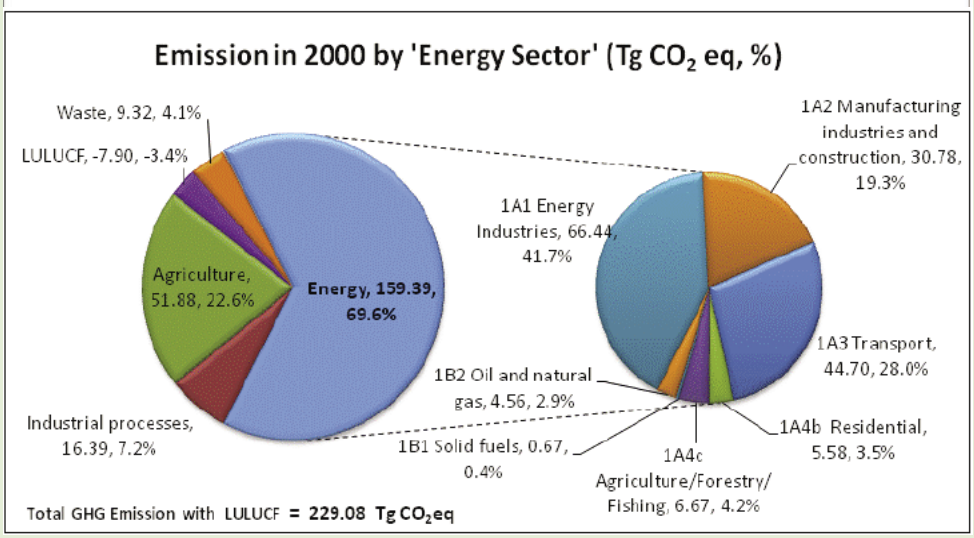
ภาคอุตสาหกรรมเป็นภาคการผลิตหลักที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ แม้ว่าการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมมีบทบาทสำคัญต่อความมั่นคงทางระบบเศรษฐกิจไทยอย่างมาก แต่การขยายตัวอย่างรวดเร็วของภาคอุตสาหกรรมส่งผลต่อการใช้ทรัพยากรในประเทศเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการใช้พลังงาน และเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญที่มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

14.4.1 ภาพรวมการผลิตและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรม

เศรษฐกิจไทยในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) มีการขยายตัวที่ร้อยละ 2.8 ซึ่งสูงกว่าอัตราการขยายตัวในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) ในภาพรวมสาขาอุตสาหกรรมยังคงมีการขยายตัวต่อเนื่อง โดยกลุ่มอุตสาหกรรมที่มีการขยายตัว ได้แก่ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า ปิโตรเลียม ยานยนต์ ผลิตภัณฑ์ยางและพลาสติก อุปกรณ์ขนส่ง หลอดอิเล็กทรอนิกส์และส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ และอาหารและเครื่องดื่ม ในขณะที่กลุ่มอุตสาหกรรมสำคัญที่ลดลง ได้แก่ เครื่องแต่งกาย เครื่องจักรสำนักงาน ฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ สิ่งทอ ยาสูบ ผลิตภัณฑ์แร่อโลหะ เครื่องจักรและอุปกรณ์ เครื่องหนัง ผลิตภัณฑ์เคมี และอุปกรณ์วิทยุและโทรทัศน์ ตลอดทั้งปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) การผลิตสาขาอุตสาหกรรมมีการขยายตัวร้อยละ 0.9 มีดัชนีผลผลิตอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.3 และมีอัตราการใช้กำลังการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 64.7 (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2559)

ประเภทอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงส่วนใหญ่มาจากอุตสาหกรรมที่ต้องการใช้พลังงานสูงและมีกำลังการผลิตมาก เช่น อุตสาหกรรมอโลหะและอุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น จากรายงาน SNC ซึ่งเป็นการคำนวณตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories ระบุว่าในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) ภาคอุตสาหกรรมมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่คำนวณเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตไม่นับรวมการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรม เท่ากับ 16.4 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 7.2 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศ โดยกิจกรรมที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดเกิดจากกระบวนการผลิตแร่ โดยเฉพาะปูนซีเมนต์เป็นแหล่งสำคัญแหล่งเดียวของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม คือมากกว่าร้อยละ 97 ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปล่อยจากภาคอุตสาหกรรม แต่หากพิจารณาในภาพรวม กล่าวคือ นำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไปรวมกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานในส่วนของพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะพบว่า ภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมอยู่ที่ 47.2 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 20.6 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ ดังรูปที่ 14.17

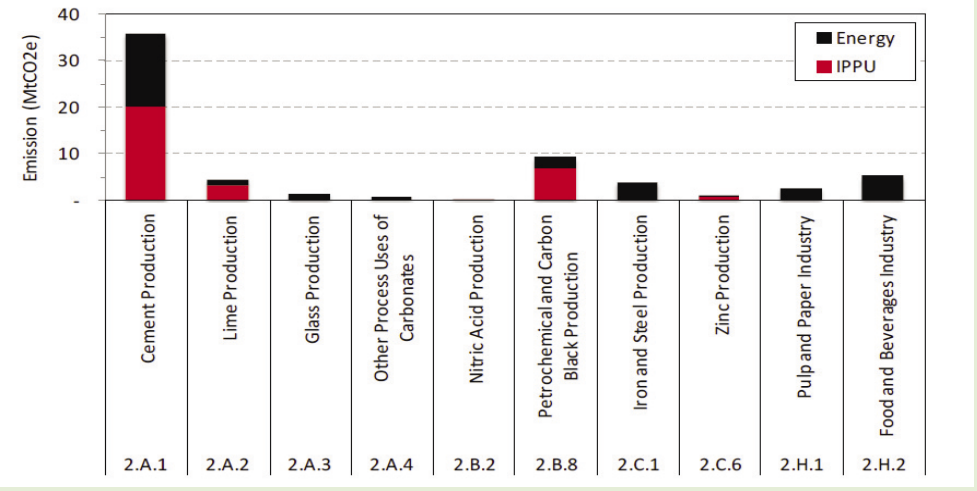




รูปที่ 14.17 (บน) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตในภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2543
(ล่าง) การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2543
(ที่มา: ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553)

ข้อมูลล่าสุดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรมจากรายงาน BUR ซึ่งคำนวณเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตตาม the Revised 1996 IPCC Revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories เช่นเดียวกับในรายงาน SNC พบว่า ในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) ภาคอุตสาหกรรมมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเท่ากับ 18.23 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 5.97 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประเทศ โดยกลุ่มอุตสาหกรรมแร่อโลหะยังคงเป็นกลุ่มที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในสัดส่วนร้อยละ 98.4 โดยเป็นสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นจากข้อมูลในรายงาน SNC และหากนำปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตไปรวมกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคพลังงานในส่วนของพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะพบว่า ภาคอุตสาหกรรมมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมอยู่ที่ 62.75 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 28.15 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ

นอกจากนี้ วรุณ รักสกุลกานต์ (2554) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2548 – 2554 (ค.ศ.2005 – 2011) และอ้างอิงวิธีการคำนวณจากคู่มือการจัดทำบัญชีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของ IPCC ฉบับปี ค.ศ.2006 (2006 IPCC Guidelines for National GHG Inventories) ซึ่งแตกต่างจากข้อมูลในรายงาน SNC และ BUR ที่อ้างอิงการคำนวณตามคู่มือ IPCC ฉบับปี ค.ศ.1996 พบว่า หากรวมปริมาณก๊าซเรือนกระจกจาก 2 ภาคส่วนเข้าด้วยกัน ในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) อุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด จำนวน 35.8 $MtCO_2e$ คิดเป็นร้อยละ 56.7 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ อุตสาหกรรมการผลิตปิโตรเคมีและคาร์บอนแบล็ค การแปรรูปอาหารและเครื่องดื่ม การผลิตปูนขาว และการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า จำนวน 9.1, 5.1, 4.4 และ 3.7 $MtCO_2e$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 14.18



รูปที่ 14.18 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคอุตสาหกรรมในปี พ.ศ.2554 แยกตามประเภทอุตสาหกรรม (ที่มา: วรุณ รักสกุลกานต์, 2554)

14.4.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรม

การประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากอดีตถึงปัจจุบันให้ผลในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ กลุ่มอุตสาหกรรมอโลหะยังคงเป็นที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด ดังนั้น แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมจึงมุ่งเน้นไปที่กระบวนการผลิตแร่ โดยเฉพาะอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

14.4.2.1 นโยบายของภาครัฐในการลดก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรม

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ได้จัดทำแผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ.2555 – 2574 (ค.ศ.2012 - 2031) เพื่อเป็นเข็มทิศในการพัฒนาผู้ประกอบการไทยและอุตสาหกรรม ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงภายใต้กระแสโลกาภิวัตน์ โดยบริบทของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมในอนาคต ได้แก่ การให้ความสำคัญกับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การรวมกลุ่มเศรษฐกิจในภูมิภาค เช่น ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC – ASEAN Economic Community) การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากร และปัญหาการวิกฤตพลังงานและอาหารที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

จากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ส่งผลให้การพัฒนาอุตสาหกรรมต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบไปตามบริบทใหม่ของโลก ยกตัวอย่างเช่น ในด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ การผลิตจะต้องคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมและสังคม โดยการพัฒนากระบวนการผลิตให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Environmental Friendly - Green and Clean) การสร้างสังคมและอุตสาหกรรมที่มีปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่ำ (Low carbon society) การสร้างสังคมที่มีความพร้อมในการรองรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ

(Climate resilience society) และอุตสาหกรรมที่ดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม (Green growth industry) (กระทรวงอุตสาหกรรม 2554)

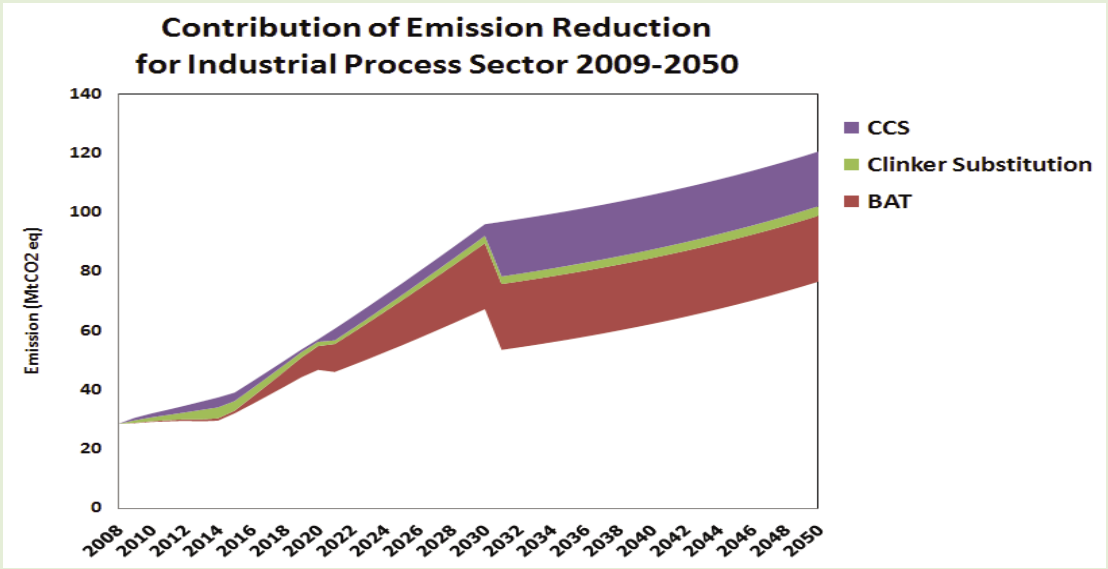
นอกจากนี้ จากที่สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน ได้จัดทำแผนบูรณาการพลังงานระยะยาว พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) หนึ่งในนั้น คือ การดำเนินงานแผนอนุรักษ์พลังงาน EEP2015 ซึ่งภายใต้แผนบูรณาการดังกล่าวมีส่วนเกี่ยวข้องกับการลดก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรมถูกกำหนดให้มีทั้งสิ้น 5 ใน 10 วิธีตามแผนอนุรักษ์พลังงานในช่วงปี พ.ศ.2558 – 2579 (ค.ศ.2015 - 2036) โดยมีเป้าหมายที่จะลดการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ณ ปี พ.ศ.2579 (ค.ศ.2036) จากสาขานี้ลง 14,515 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ คิดเป็นร้อยละ 28.0 ของเป้าหมายทั้งหมดตามแผน EEP2015 ดังตารางที่ 13.1

14.4.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการลดก๊าซเรือนกระจกภาคอุตสาหกรรม

1) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

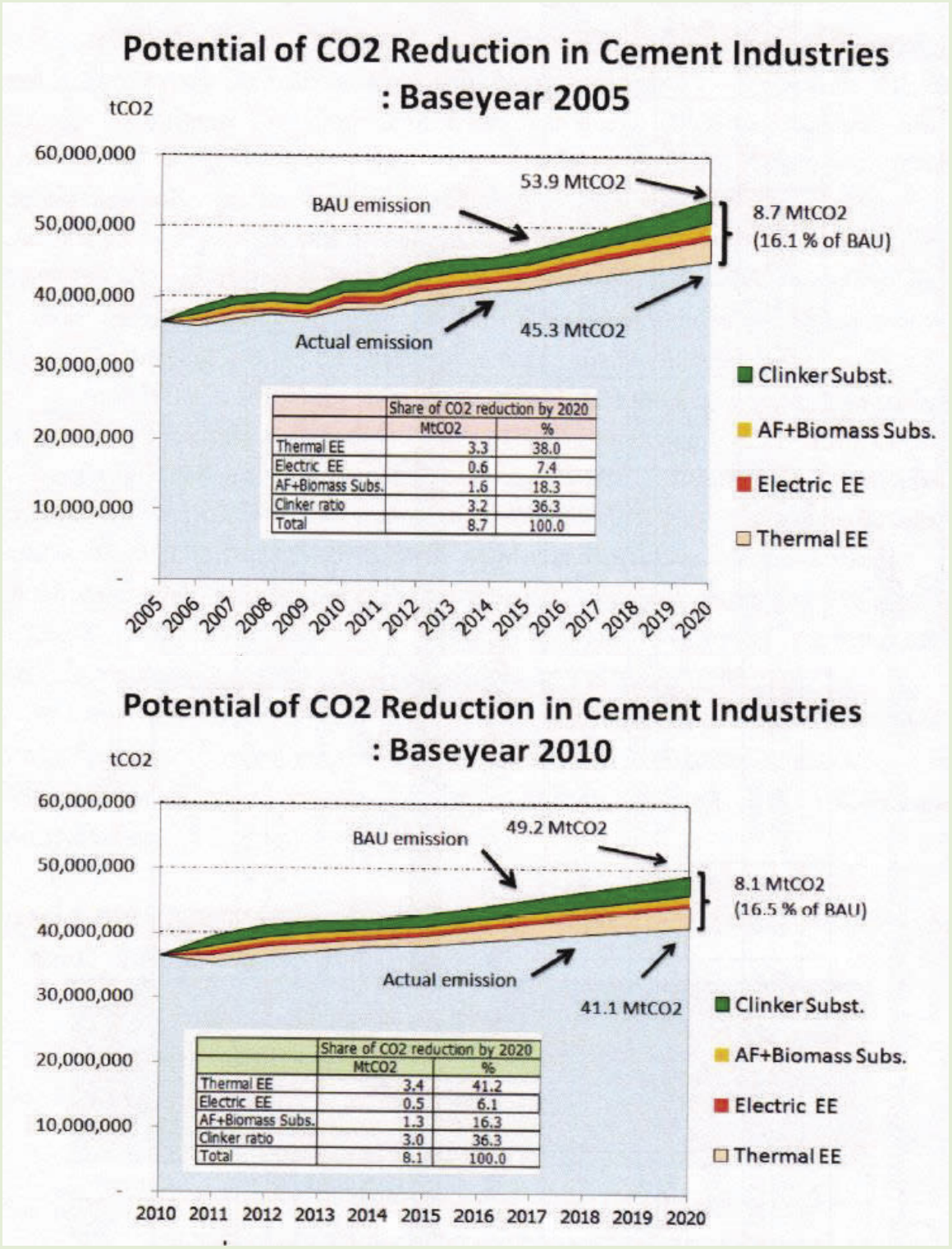
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2553) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาเพื่อจัดทำข้อมูลและแบบจำลองสำหรับ Emission Inventory ของประเทศไทย พบว่า แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมสำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีความเป็นไปได้ใน 2 แนวทางที่สำคัญ คือ การใช้วัสดุทดแทนปูนเม็ด (Clinker Substitution) และการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage) ดังรูปที่ 14.19

1. กระบวนการผลิตปูนเม็ดนั้นเป็นกระบวนการหลักที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกกว่าร้อยละ 65 และที่เหลืออีกร้อยละ 35 มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อน การปรับสูตรในการผลิตปูนเม็ดสามารถทำได้โดยการใช้วัสดุทดแทนสารประกอบของหินปูน เช่น เถ้าลอย (fly ash) ที่ได้จากโรงไฟฟ้า เศษเหล็ก (Ground blast furnace slag) ที่ได้จากอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก และวัสดุปอซโซลานธรรมชาติ (Natural pozzolan) เช่น ขี้เถ้าภูเขาไฟ ขี้เถ้าแกลบ ซิลิกา เป็นต้น ซึ่งหากเป้าหมายการลดลงของสัดส่วนของปูนซีเมนต์ต่อปูนเม็ดของกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาเป็นไปตามแผนที่นำทางของ WBCSD/IEA (2009) ที่ระบุว่า ในปีค.ศ.2010 (พ.ศ.2553) มีสัดส่วนการใช้ปูนเม็ดคิดเป็นร้อยละ 78 และสัดส่วนการใช้ปูนเม็ดจะมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจนปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) ซึ่งมีสัดส่วนการใช้ปูนเม็ดคิดเป็นร้อยละ 71 จะส่งผลให้ประเทศไทยสามารถลดก๊าซเรือนกระจกลงได้ 3,241 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050)
2. การลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์โดยใช้เทคโนโลยีการกักเก็บคาร์บอน (Carbon Capture and Storage) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีเดียวกับที่ใช้กับโรงไฟฟ้า ในการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากระบบและนำไปกักเก็บไว้ในพื้นที่ที่เหมาะสม ส่วนใหญ่เป็นการอัดลงใต้ดินหรืออัดคืนกลับไปในหลุมขุดเจาะน้ำมัน หากมีการเริ่มใช้แนวทางนี้ในปี พ.ศ.2573 – 2583 (ค.ศ.2030 – 2040) ประมาณร้อยละ 21 และเพิ่มขึ้นเต็มที่ในปี พ.ศ.2584 – 2593 (ค.ศ.2041 – 2050) ซึ่งจะส่งผลให้ประเทศไทยจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 18,528 ล้านตัน



รูปที่ 14.19 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ในปี พ.ศ.2551-2593 จากแนวทางต่าง ๆ สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ และอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า
(ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553**ก**)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2559) ได้จัดทำโครงการการพัฒนากระบวนการจัดทำข้อเสนอแผนงานการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation Action Plan) พร้อมทั้งพัฒนากระบวนการตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification; MRV) ของอุตสาหกรรมเป้าหมาย พบว่า แนวทางที่เหมาะสมในการลดก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ ประกอบด้วย 3 แนวทางหลัก คือ (1) การเพิ่มประสิทธิภาพด้านความร้อนและไฟฟ้า (2) การใช้เชื้อเพลิงทางเลือกและเชื้อเพลิงชีวมวล และ (3) การใช้วัสดุทดแทนปูนเม็ด ซึ่งทั้ง 3 แนวทางนี้จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ.2020 (พ.ศ.2563) เทียบกับปีฐาน 2005 (พ.ศ.2548) และ 2010 (พ.ศ.2553) ได้ 8.695 $MtCO_2e$ และ 8.124 $MtCO_2e$ ตามลำดับ ดังรูปที่ 14.20



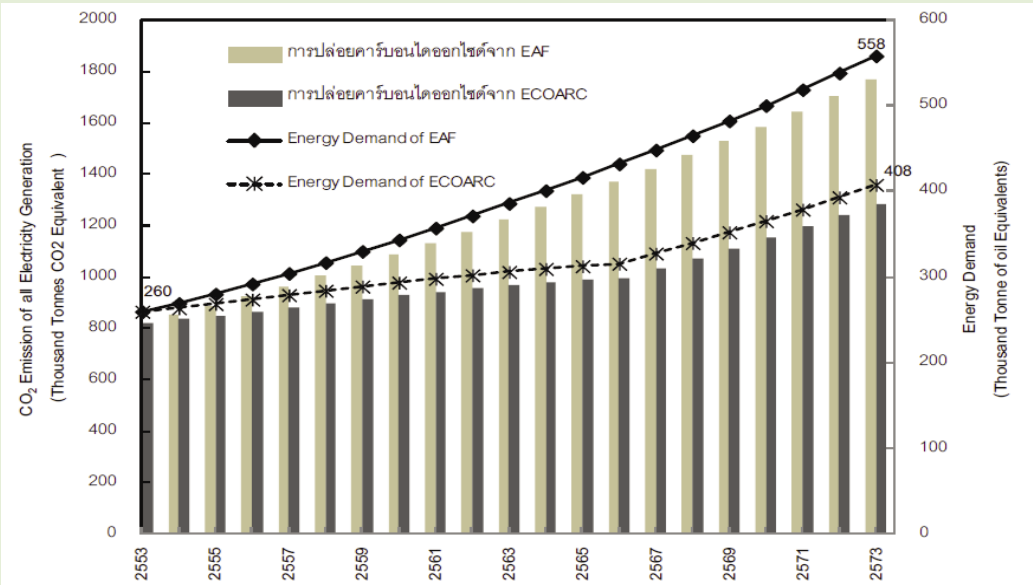
รูปที่ 14.20 (บน) ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมซีเมนต์ กรณีฐานปี พ.ศ.2548
(ล่าง) ศักยภาพการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมซีเมนต์ กรณีฐานปี พ.ศ.2553
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

2) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2553) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาเพื่อจัดทำข้อมูลและแบบจำลองสำหรับ Emission Inventory ของประเทศไทย พบว่า แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคกระบวนการอุตสาหกรรมสำหรับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า คือ การนำเทคโนโลยีที่ดีที่สุด Best Available Technology (BAT) ของการผลิตเหล็กแบบครบวงจรด้วยวิธี Integrated Blast Furnace-Basic Oxygen Furnace (BF-BOF) เพื่อลดการปล่อยสารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ทั้งนี้หากเริ่มมีการนำเทคโนโลยี BAT ของ integrated BF-BOF ปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) จะเป็นปีที่เริ่มดำเนินการ โดยเริ่มจากการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี BF-BOF แบบดั้งเดิมมาเป็นแบบ BAT ร้อยละ 50 ในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) จนถึงปี พ.ศ.2568 (ค.ศ.2025) หลังจากนั้นจึงดำเนินการใช้ BAT ทั้งหมด จะช่วยลดก๊าซเรือนกระจกของการผลิตเหล็กกล้าในประเทศไทยลงได้ 22,317 $MtCO_2e$ ดังรูปที่ 13.19

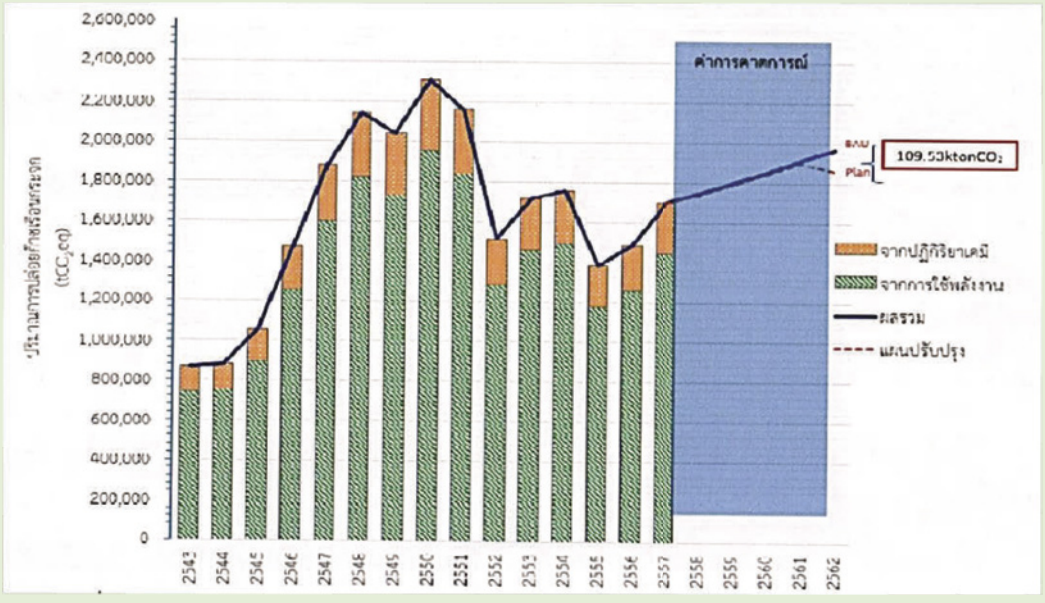
สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (2555) ได้จัดทำโครงการแผนแม่บทเพื่อจัดการด้านการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทย โดยกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าที่จะลดปริมาณพลังงานที่ใช้ต่อหน่วยผลิตภัณฑ์ (Specific Energy Consumption – SEC) ลงร้อยละ 15 ภายในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) ซึ่งเป็นเป้าหมายที่ตั้งขึ้นตามแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี พ.ศ.2554 – 2573 (ค.ศ.2011 – 2030) ของกระทรวงพลังงาน หากสามารถดำเนินการได้ตามแผนที่วางไว้จะส่งผลให้เกิดการลดการใช้พลังงานลง 407 ktoe คิดเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่หลีกเลี่ยงได้ 18.85 ล้านตัน

ขนิษฐา เกิดพร และคณะ (2556) ได้ศึกษาภาพการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยี ECOARC ในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางในประเทศไทย พบว่า การผลิตเหล็กขั้นกลางของประเทศไทยด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน คือ เทคโนโลยีการหลอมด้วยเตาหลอมไฟฟ้า มีการใช้เชื้อเพลิงรวมทุกชนิดเท่ากับ 259.6 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ในปี พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) และจะเพิ่มขึ้นเป็น 558.4 ktoe ในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.6 ต่อปี และมีปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,770 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) แต่หากเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยี ECOARC จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเตาหลอมได้ 150.6 ktoe คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 483 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า คิดเป็นสัดส่วนที่ลดลงร้อยละ 27.28 ในปี พ.ศ.2573 (ค.ศ.2030) ดังรูปที่ 14.21



รูปที่ 14.21 ปริมาณการใช้พลังงาน และการปล่อย CO_2 จากการหลอมเหล็กในกระบวนการผลิตเหล็กขั้นกลาง (ที่มา: ขนิษฐา เกิดพร และคณะ, 2556)

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (2559) ได้จัดทำโครงการการพัฒนากระบวนการจัดทำข้อเสนอแผนงานการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation Action Plan) พร้อมทั้งพัฒนากระบวนการตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification; MRV) ของอุตสาหกรรมเป้าหมาย พบว่า เมื่อนำผลการศึกษาของสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าในโครงการการสำรวจข้อมูลการดำเนินงานของกลุ่มอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าที่มีการใช้เตาหลอมไฟฟ้า (Electric Arc Furnace – EAF) มาทบทวนและปรับปรุงค่าพยากรณ์การเติบโตของอุตสาหกรรมใหม่ เนื่องจากการชะลอตัวของอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทย โดยกำหนดปริมาณการผลิตในระยะยาวให้คงตัวในระดับที่ใกล้เคียงกับปริมาณการผลิตในปัจจุบัน จะส่งผลให้ในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) สามารถลดก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตเหล็กด้วยเตา EAF ได้ประมาณ 109.53 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($ktCO_2e$) หรือคิดเป็นร้อยละ 5.89 โดยเป็นการนำเทคโนโลยีประหยัดพลังงานมาศึกษาเพื่อให้เกิดการลดการใช้พลังงานสูงสุด ประกอบด้วย (1) Efficient Ladle & Tundish Preheating (2) Scrap Preheating (3) Using C from Plastic and Tires (4) Scrap Management (5) Neural Network (6) Slag Foaming และ (7) Ladle-EAF Synchronization ดังรูปที่ 14.22



รูปที่ 14.22 การคาดการณ์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกระบวนการผลิตเหล็กด้วยระบบ EAF
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2559)

3) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกในอุตสาหกรรมปิโตรเคมี

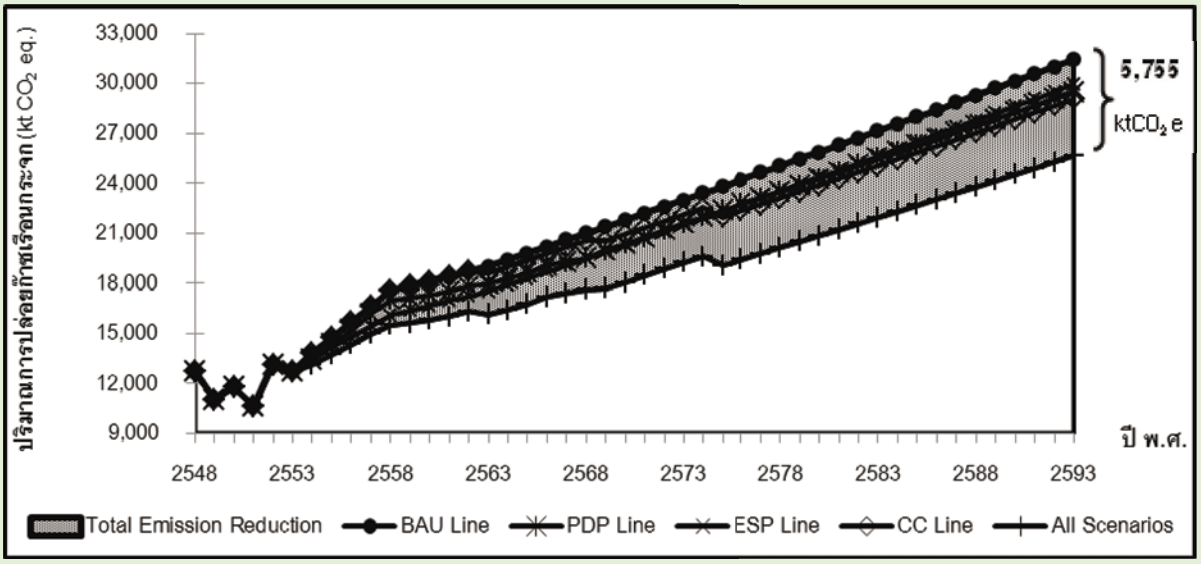
อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก พบว่า หากกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมปิโตรเคมียังคงดำเนินไปภายใต้สภาวการณ์เดิม โดยไม่มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเกิดขึ้น ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) จะมีค่าประมาณ 18,985 $ktCO_2e$ และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 31,412 $ktCO_2e$ ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) โดยมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย คิดเป็นร้อยละ 61, 22 และ 17 ตามลำดับ ทั้งนี้ แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีไทย ประกอบด้วย 3 แนวทางหลัก ดังรูปที่ 14.23

1. PDP Line เป็นการปรับลดสัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคการผลิตไฟฟ้า หรือ Emission Factor โดยอ้างอิงข้อมูลจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2553 – 2573 (PDP 2010) พบว่า ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีจากการปรับลด

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภาคการผลิตไฟฟ้า หากสามารถดำเนินการได้ตามแผน PDP2010 ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) สามารถลดได้ประมาณ 1,923 $ktCO_2e$ ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 30, 33 และ 37 ตามลำดับ

2. ESP Line เป็นการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยอ้างอิงศักยภาพการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สามารถลดได้ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมีตามหลักการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานนั้นๆ ซึ่งจัดเป็นแนวทางที่มีศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ในปริมาณสูงในระยะเวลาอันสั้น พบว่า การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปิโตรเคมีได้ประมาณ 1,476 $ktCO_2e$ ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลายคิดเป็นร้อยละ 35, 36 และ 29 ตามลำดับ
3. CC Line เป็นการเปลี่ยนเทคโนโลยีการผลิตมาใช้กระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาแทนกระบวนการแตกตัวโมเลกุลด้วยไอน้ำที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งเป็นแนวทางลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นโดยเฉพาะ ซึ่งคาดว่าจะสามารถเริ่มดำเนินการได้ในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) และจะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) ลดลงประมาณ 362 $ktCO_2e$ และลดเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) ลงประมาณ 2,356 $ktCO_2e$

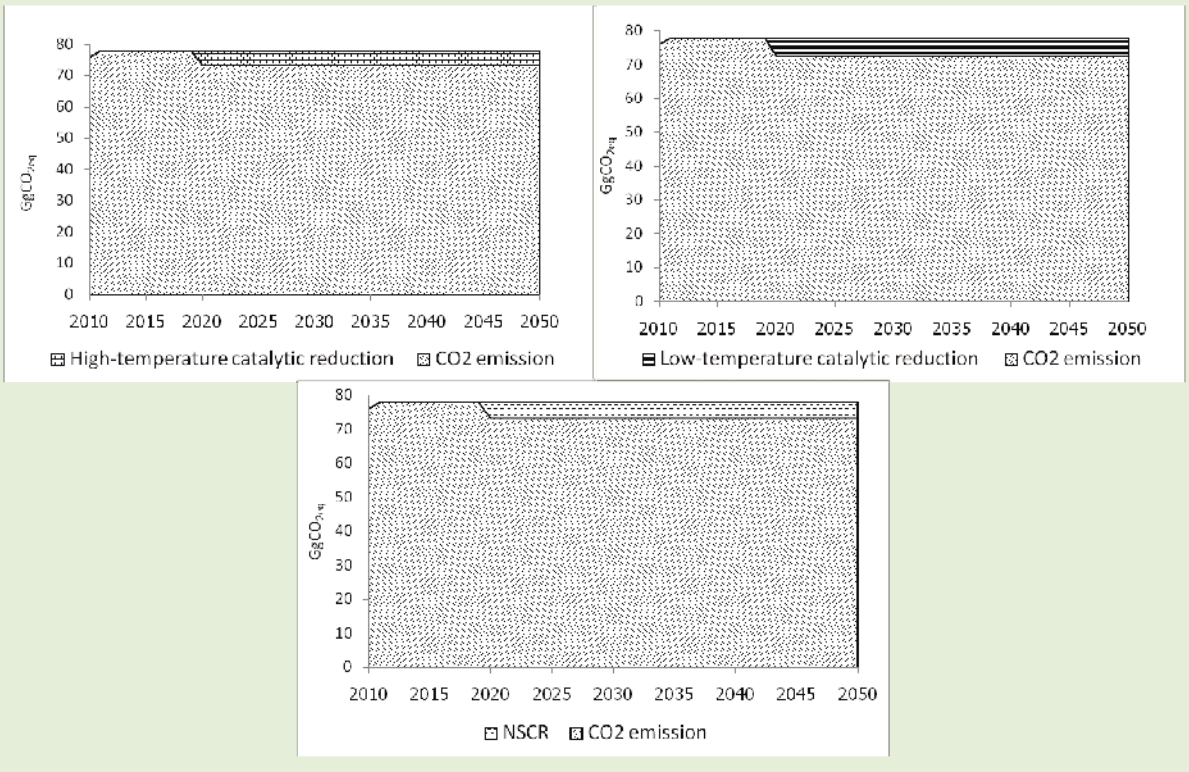
หากทุกแนวทางสามารถดำเนินการไปพร้อมๆ กัน ย่อมก่อให้เกิดศักยภาพสูงสุดในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยสามารถลดได้ประมาณ 5,755 $ktCO_2e$ หรือคิดเป็นประมาณร้อยละ 16 จากปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้สภาวการณ์เดิม ซึ่งมาจากปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงในแนวทางที่ 1 (PDP Line) แนวทางที่ 2 (ESP Line) และแนวทางที่ 3 (CC Line) คิดเป็นร้อยละ 6, 6 และ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 14.23 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ในปี พ.ศ.2548 – 2593 ของอุตสาหกรรมปิโตรเคมี
(ที่มา: อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และคณะ, 2554)

4) แนวทางการในการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมกรดไนตริก

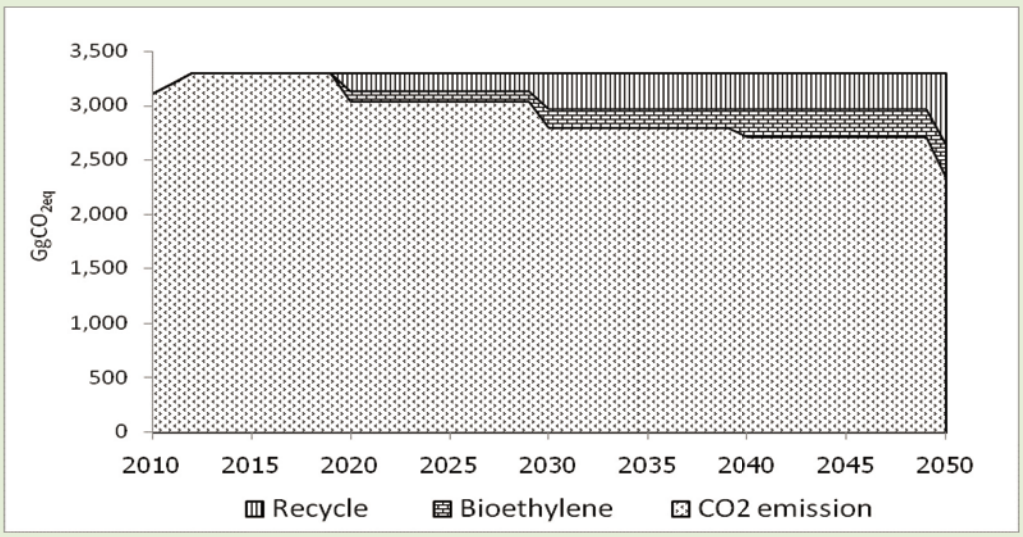
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2555) ได้ศึกษาการคาดการณ์การปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภาพฉายในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Processes and Product Use) พบว่า การลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมกรดไนตริก คือ การทำลายก๊าซเรือนกระจกด้วยตัวเร่งปฏิกิริยา เนื่องจากในการผลิตกรดไนตริกจะก่อให้เกิดไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ทั้งนี้ ประสิทธิภาพที่ได้จะต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาและวิธีการที่เลือกใช้ กล่าวคือ เทคโนโลยี High-Temperature Catalytic Reduction Method และเทคโนโลยี Nonselective Catalytic Reduction จะมีประสิทธิภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 6 จากกรณีปกติ ในขณะที่เทคโนโลยี Low-Temperature Catalytic Reduction Method จะมีประสิทธิภาพในการลดก๊าซเรือนกระจกได้ร้อยละ 7 โดยมีค่าใช้จ่ายของการใช้เทคโนโลยีเหล่านี้อยู่ระหว่าง 2.47 ถึง 4.03 USD/tCO_2e ดังรูปที่ 14.24



รูปที่ 14.24 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้จากอุตสาหกรรมการผลิตกรดไนตริก
(บนซ้าย) High-temperature catalytic reduction (บนขวา) Low-temperature catalytic reduction และ(ล่าง) Nonselective Catalytic Reduction (NSCR)
(ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555)

5) แนวทางการในการลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2555) ได้ศึกษาการคาดการณ์การปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภาพฉายในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Processes and Product Use) พบว่า การลดก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกที่สำคัญ ได้แก่ การรีไซเคิล (Recycle) หรือการนำเศษพลาสติกที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่ และการผลิตพลาสติกจาก Bioethylene ซึ่งผลิตจากวัตถุดิบชีวมวล ดังแสดงในรูปที่ 14.25 การรีไซเคิลสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากเมื่อเทียบกับการผลิตพลาสติกจาก bioethylene ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านต้นทุนของเทคโนโลยี ทำให้ราคาของพลาสติกที่ผลิตจากชีวมวลมีราคาสูง เมื่อพิจารณาการดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกทุกแนวทางร่วมกัน พบว่า ในปี ค.ศ.2050 (พ.ศ.2593) จะทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติกลดลงเหลือ 2.33 $MtCO_2e$



รูปที่ 14.25 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกภายหลังดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรมการผลิตพลาสติก (ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2555)

14.5 การลดก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นหนึ่งในกิจกรรมที่ IPCC ให้ความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ เนื่องจากเป็นภาคที่มีลักษณะค่อนข้างจำเพาะ กล่าวคือ กิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาคนี้มีทั้งส่วนที่เป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ เช่น การทำนาข้าว การปศุสัตว์ การตัดไม้ทำป่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และบางกิจกรรมของภาคนี้เป็นการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมากักเก็บไว้ เช่น การปลูกป่า การลดการทำลายป่า และการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน เป็นต้น

14.5.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรในปี พ.ศ.2557 (ค.ศ.2014) มีการขยายตัวประมาณร้อยละ 1.2 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2556 (ค.ศ.2013) โดยสาขาการผลิตที่เป็นแรงหนุนให้ภาคเกษตรขยายตัวได้ คือ สาขาพืช สาขาปศุสัตว์ และสาขาป่าไม้ ส่วนสาขาประมงและสาขาบริการทางการเกษตรมีการหดตัวลง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2557)

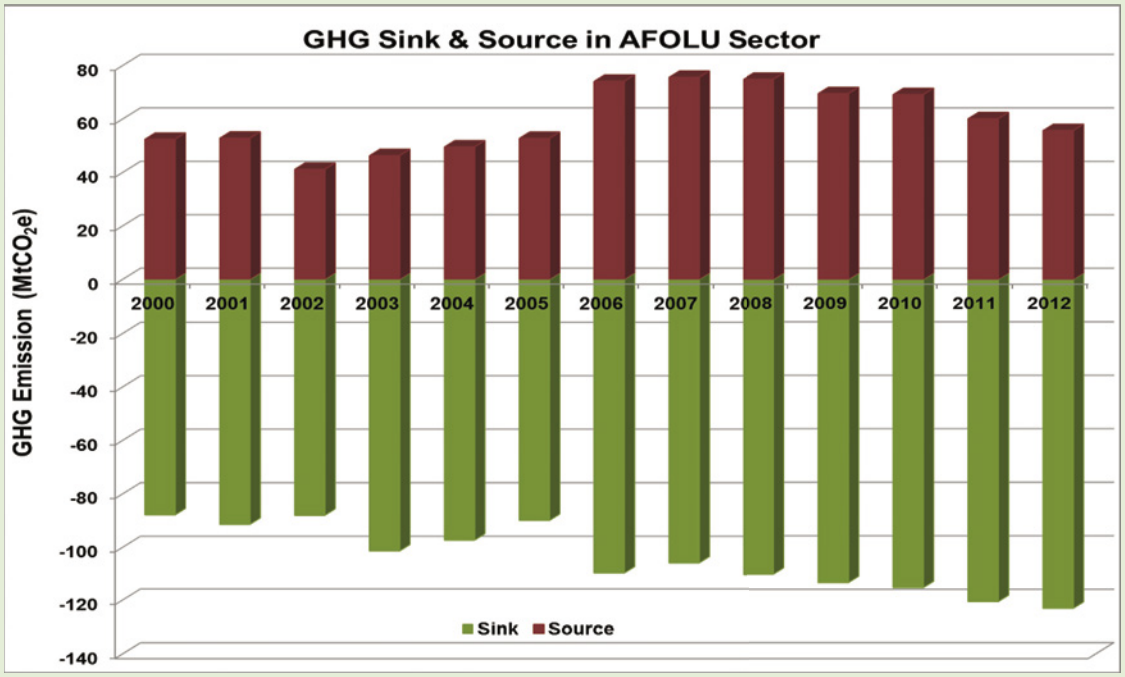
รายงาน SNC และ BUR ของประเทศไทยเป็นการจัดทำรายงานการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามมติที่ประชุมสมัชชาภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณตามคู่มือ IPCC ฉบับปี 1996 ซึ่งรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สาขาเกษตร และสาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ ในขณะที่การจัดทำรายงานศักยภาพและแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกฉบับนี้เป็นการนำเสนอข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและทางเลือกการลดก๊าซเรือนกระจกในแต่ละภาคกิจกรรมจะแบ่งตาม IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2014 (AR 5) ซึ่งจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกตามคู่มือ IPCC ฉบับปี 2006 ส่งผลให้ภาคการเกษตรจะถูกรวมกับภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และป่าไม้เป็นสาขา Agriculture Forest and Other Land Use (AFOLU) ที่มีการคำนวณกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่แบบองค์รวม

จากรายงาน SNC ระบุว่า สาขาเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) เท่ากับ 44.2 $MtCO_2e$ หรือคิดเป็นร้อยละ 19.2 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ โดยเป็นกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร 52.1 $MtCO_2e$ และเป็นกิจกรรมการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ 7.9 $MtCO_2e$

ในขณะที่รายงาน BUR ระบุว่า สาขาเกษตร ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเท่ากับ -18.02 $MtCO_2e$ โดยเป็นกิจกรรมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร 52.92 $MtCO_2e$ และเป็นกิจกรรมการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและป่าไม้ 70.94 $MtCO_2e$

นอกจากรายงานก๊าซเรือนกระจกระดับชาติทั้ง 2 ฉบับ ซึ่งอ้างอิงวิธีการคำนวณตามคู่มือ IPCC ฉบับปี ค.ศ.1996 แล้ว บริษัท อีอาร์เอ็ม-สยาม จำกัด ได้จัดทำโครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ เพื่อเสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) โดยอ้างอิงวิธีการคำนวณตามคู่มือ IPCC ฉบับปี ค.ศ.2006 พบว่า ในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) สาขาเกษตร ป่าไม้ และพื้นที่ใช้ประโยชน์อื่นๆ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 122.58 $MtCO_2e$ โดยกิจกรรมในสาขาเกษตรที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณสูงสุด คือ การปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าว คิดเป็นประมาณ 59.69 $MtCO_2e$ ซึ่งจัดเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกอันดับ 2 ของประเทศ นอกจากนี้ สาขานี้ยังเป็นสาขาที่มีการดูดซับก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ที่ดิน ประมาณ 50.05 $MtCO_2e$ โดยเป็นการใช้ที่ดินในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เพาะปลูก อย่างไรก็ตาม ปริมาณก๊าซมีเทนที่ถูกปล่อยจากนาข้าวมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ประมาณร้อยละ 1.71 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ.2533 – 2551 (ค.ศ.1990 - 2008) เนื่องจากพื้นที่การปลูกข้าวมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนักและเทคโนโลยีการปลูกไม่ได้แตกต่างไปจากเดิม ทั้งนี้ข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกในสาขานี้ โดยเฉพาะในอนาคตหากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากนาข้าวไปเป็นพืชประเภทอื่นที่มีความสำคัญ เช่น ปาล์มน้ำมัน เป็นต้น ดังนั้น การวางแผนการพัฒนาฐานข้อมูลต้องพิจารณาอย่างเป็นระบบให้สามารถครอบคลุมการใช้พื้นที่การเกษตรและพื้นที่ป่าไม้อื่นๆ ควบคู่กันไปด้วย นอกจากนี้ต้องเตรียมข้อมูลพื้นที่ในระดับภาพถ่ายดาวเทียมหรือในระบบภูมิศาสตร์สนเทศเพื่อรองรับการคำนวณตามคู่มือ IPCC ฉบับปี ค.ศ.2006

ขณะที่ในอีกด้านหนึ่ง ความพยายามในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ การรณรงค์การลดการตัดไม้ทำลายป่า ประกอบกับการปรับเปลี่ยนการแปรข้อมูลโดยการใช้มาตราส่วนของภาพถ่ายทางอากาศที่มีความละเอียดมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อการคำนวณการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ที่ดินมากที่สุด และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในอัตราร้อยละ 4.03 ต่อปี ในช่วงปี พ.ศ.2533 – 2551 (ค.ศ.1990 – 2008) (อีอาร์เอ็ม-สยาม บริษัท จำกัด, 2553)



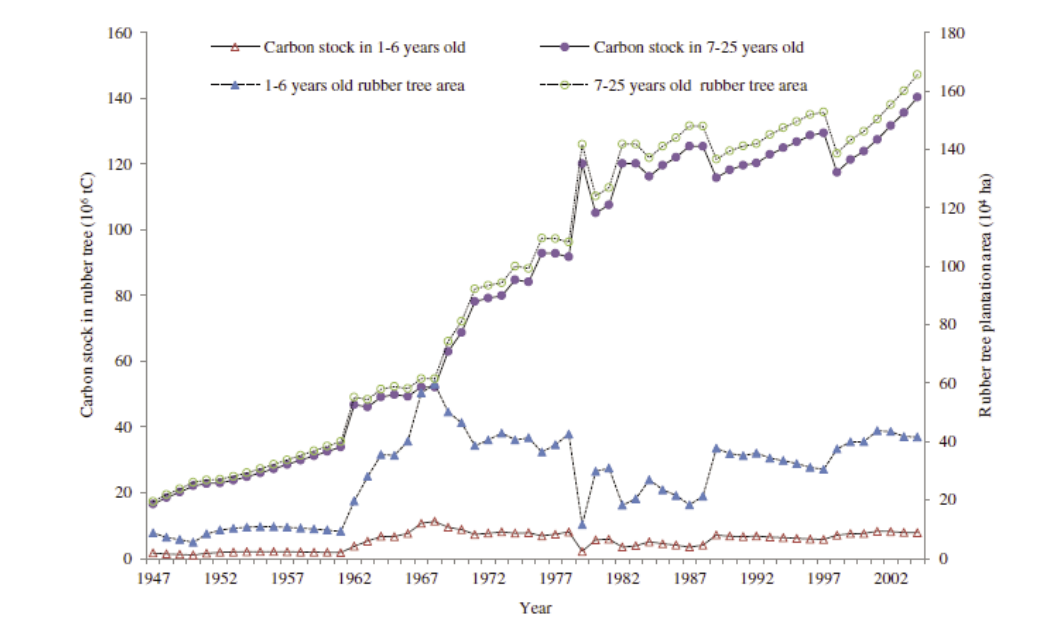
รูปที่ 14.26 ปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกภาค AFOLU ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 - 2555 (ดัดแปลงจาก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน), 2558)

นอกจากนี้ ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) ได้จัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน (AFOLU) ของประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ.2543 – 2555 (ค.ศ.2000 – 2012) ดังรูปที่ 14.26 ซึ่งเป็นการศึกษาตามคู่มือ IPCC 2006 พบว่า ภาค AFOLU ซึ่งมีทั้งการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก เมื่อนำปริมาณการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกมารวมกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลให้ภาค AFOLU มีการดูดกลับก๊าซเรือนกระจกสุทธิอยู่ที่ 35.39 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ.2543 (ค.ศ.2000) และเพิ่มเป็น 67.24 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ.2555 (ค.ศ.2012) คิดเป็นอัตราการดูดกลับสุทธิเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.50 ต่อปี

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่และสาขาป่าไม้มีผลอย่างมากต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดของประเทศ เนื่องจากข้อมูลในปัจจุบันมีความหลากหลาย ไม่ได้ตั้งอยู่ในระบบหรือสเกลเดียวกัน อีกทั้งยังมีข้อมูลไม่ครบทุกปี ความไม่สมบูรณ์ของข้อมูลทำให้ไม่สามารถตรวจสอบหรือคำนวณการปล่อยและดูดกลับได้อย่างถูกต้อง ดังนั้นการใช้ข้อมูลที่ต่อเนื่องบนพื้นฐานเดียวกันเป็นสิ่งที่จำเป็นและควรพัฒนาให้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น อีกทั้งการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เป็นภาคที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเพิ่มการดูดกลับและช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมในระดับประเทศร่วมกับการดำเนินงานในมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ

14.5.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Petsri et al. (2013) ได้ศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในการเพาะปลูกพันธุ์ไม้ยางของประเทศไทย ในช่วงปี ค.ศ.1990 – 2004 (พ.ศ.2543 - 2547) โดยใช้ logistic growth model พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในต้นยางพาราจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงสุดเมื่อต้นยางพารามีอายุการเจริญที่ประมาณ 22 – 25 ปี โดยมีปริมาณการกักเก็บเฉลี่ย 25 ปี อยู่ที่ 128.4 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (t C ha^{-1}) ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นสุทธิปีละ 1.71 ล้านตันคาร์บอน และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากรอบการตัดไม้อยู่ที่ 0.32 ล้านตันคาร์บอนต่อปี ดังรูปที่ 14.27



รูปที่ 14.27 ปริมาณคาร์บอนกักเก็บในชีวมวลส่วนต่างๆ ของยางพาราในประเทศไทย
(ที่มา: Petsri et al., 2013)

บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (2553) ได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาเพื่อจัดทำข้อมูลและแบบจำลองสำหรับ Emission Inventory ของประเทศไทย พบว่า แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เหมาะสมสำหรับสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่สำคัญประกอบด้วย 1) การลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ เช่น ฟาร์มสุกร โคนม และโคเนื้อ 2) การลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว 3) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยทางการเกษตร 4) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตร 5) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการรักษาพื้นที่ป่าธรรมชาติให้คงที่ และ 6) การลดก๊าซเรือนกระจกการเพิ่มพื้นที่ป่า ซึ่งหากดำเนินการทุกแนวทางร่วมกันจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุด 49,376 พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยคิดเป็นสาขาเกษตรร้อยละ 44 และสาขาป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินร้อยละ 56 ดังตารางที่ 14.3

ตารางที่ 14.3 การคาดการณ์ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกของสาขาเกษตร ป่าไม้ และการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2563 – 2593 (บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553ก)

				หน่วย: พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($ktCO_2e$)
ปี พ.ศ.	**2563**	**2573**	**2583**	**2593**
สาขาเกษตร				
การจัดการปศุสัตว์	5,844	7,903	9,957	12,505
การจัดการนาข้าว	1,593	3,976	6,072	7,188
การจัดการการใช้ปุ๋ย	961	1,155	1,353	1,518
การจัดการวัสดุการเกษตร	170	318	486	675
รวม	**8,568**	**13,352**	**17,868**	**21,886**
สาขาป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน				
การปลูกป่าและลดการทำลายป่า	24,050	25,130	26,270	27,490
รวม	**24,050**	**25,130**	**26,270**	**27,490**
รวมการลดก๊าซเรือนกระจกภาค AFOLU	**32,618**	**38,482**	**44,138**	**49,376**

1) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากฟาร์มสุกร โคนมและโคเนื้อ

- **การส่งเสริมให้มีการจัดการของเสียให้เป็นระบบผลิตก๊าซชีวภาพ** ส่งเสริมให้มีการจัดการของเสียจากทั้งฟาร์มสุกร โคเนื้อ และโคนม เพิ่มเติมจากแผนสำนักนโยบายและแผนพลังงาน แนวทางที่นำเสนอจึงต่อเนื่องจากแผนส่งเสริมให้เพิ่มเติมในส่วนของฟาร์มขนาดเล็กที่ยังไม่ได้ทำ เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2557 – 2562 (ค.ศ. 2014 - 2019) โดยมีเป้าหมายอยู่ที่จำนวนสุกร 2.6 ล้านตัว และให้ระบบ Biogas เดิมสามารถดำเนินการได้ร้อยละ 100 และระบบ Biogas ที่เพิ่มเติมมีการใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 98 ในกรณีของโคนม ให้สนับสนุนบ่อผลิตก๊าซชีวภาพโดยมีเป้าหมายที่ 800,000 ตัว แบ่งเป็นสามระยะๆ ละ 10 ปี ส่วนกรณีฟาร์มโคเนื้อ ให้มีเป้าหมายการผลิตอยู่ที่ 850,000 ตัว แบ่งเป็น 2 ระยะ โดยทั้งโคนมและโคเนื้อให้มีการใช้ประโยชน์ก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 98 ของก๊าซที่ผลิต
- **การเพิ่มประสิทธิภาพของ Feed Conversion โดยการปรับปรุงสูตรอาหาร** การเพิ่มประสิทธิภาพของ Feed Conversion โดยเพิ่ม % DE จากร้อยละ 60 ขึ้นเป็นร้อยละ 70 ให้เริ่มใช้ในปี พ.ศ.2558 (ค.ศ.2015) และเห็นผลเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 ต่อปี

2) การลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าว

- **การลดการปล่อย CH_4 จากการจัดการน้ำ** โดยสนับสนุนให้มีการปลูกข้าวโดยปล่อยน้ำกลางฤดูกาลเพาะปลูก สามารถลดการปล่อยมีเทนจากนาข้าวได้ถึงร้อยละ 30 – 40 โดยให้ดำเนินการร้อยละ 70 ของพื้นที่ชลประทาน ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) และเริ่มปฏิบัติตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) ในอัตราการเพิ่มพื้นที่การจัดการร้อยละ 1.75 ต่อปี
- **การลดการปล่อย CH_4 จากการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสม** การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ซึ่งเป็น inhibitor of methanogenesis ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ประมาณร้อยละ 9 – 15 โดยคาดว่าจะสามารถแทนที่ได้ร้อยละ 80 ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) ในอัตราร้อยละ 2 ต่อปี
- **การลดการปล่อย CH_4 จากการจัดการน้ำร่วมกับการใช้ปุ๋ย** การใช้แนวทางร่วมกันระหว่างการจัดการน้ำและการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ให้เป็นไปตามแผนการของกรมชลประทานที่กำหนดให้สามารถแทนที่ได้ร้อยละ 80 ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) โดยเริ่มใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 (ค.ศ.2011) ในอัตราร้อยละ 2 ต่อปี

3) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยทางการเกษตร

- **การลดการใช้ปุ๋ยทางการเกษตร** โดยใส่ปุ๋ยตามค่าการวิเคราะห์ดิน หรือเทคโนโลยีการจัดการธาตุอาหารเฉพาะที่ (Site-specific nutrient management) สามารถทำให้ปริมาณการใช้ปุ๋ยลดลงร้อยละ 34 โดยในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) เกษตรกรเปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 20 ของปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้เทคโนโลยีนี้เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 ต่อปี
- **การใช้ปุ๋ยละลายช้าหรือ Nitrification inhibitor** ลดการปล่อย N_2O ได้ประมาณร้อยละ 30 เทียบกับกรณีที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยละลายช้า โดยให้มีการใช้ประมาณร้อยละ 20 ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ทั้งประเทศภายในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของการใช้แบบคงที่ร้อยละ 0.5 ต่อปี

4) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตร

การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุการเกษตร ได้แก่ (1) การจัดการเศษวัสดุการเกษตร โดยกำหนดให้ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) พื้นที่ข้าวนาปีและพื้นที่นาปรังถูกเผาลดลงอย่างละ 13,200,000 ไร่ และ (2) การส่งเสริมการใช้เครื่องตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยกำหนดให้สามารถลดการเผาเศษวัสดุจากการเก็บเกี่ยวอ้อยประมาณปีละ 40,000 - 80,000 ไร่ เริ่มตั้งแต่ปี พ.ศ.2555 – 2593 (ค.ศ.2012 - 2050)

5) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการรักษาพื้นที่ป่าธรรมชาติให้คงที่

แนวทางสนับสนุนการรักษาพื้นที่ป่าไม่ให้ลดลงมากไปกว่าระดับของปี พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) ผลการวิจัยของโครงการธนาคารคาร์บอนอินแปง พบว่า การชดเชยคาร์บอนจากไม้สักของผู้ถือครองรายย่อยซึ่งมีพื้นที่เข้าร่วมโครงการ 1,875 ไร่ โดยเกษตรกรที่ลงนามข้อตกลงเข้าร่วมโครงการจะต้องไม่ตัดต้นไม้เป็นเวลาอย่างน้อย 15 ปี สามารถกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ได้ประมาณ 45,125 ตัน ในช่วงเวลา 15 ปี (Samek และคณะ, 2011)

6) การลดก๊าซเรือนกระจกจากการเพิ่มพื้นที่ป่า

การดำเนินแนวทางนี้คาดว่าจะสามารถเพิ่มพื้นที่ป่าในประเทศให้ได้ร้อยละ 40 ของพื้นที่รวมของประเทศ ภายในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) โดยเริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) และให้เพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ยประมาณ 2.7 ล้านไร่ต่อปี ระหว่างปี พ.ศ.2554 – 2563 (ค.ศ.2011 - 2020) จากนั้นให้คงที่จนถึงปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) ทั้งนี้ปริมาณการปล่อยและเก็บกักก๊าซเรือนกระจกในสาขาป่าไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของพรรณไม้ ดังตารางที่ 14.4

ตารางที่ 14.4 ปริมาณการเก็บกักก๊าซเรือนกระจกในสาขาป่าไม้ (ที่มา: อบก., 2554)

ชนิดพรรณไม้	พื้นที่สวนป่า (10^3 เฮคแตร์)	ความเพิ่มพูนรายปี (ตันน้ำหนักแห้งต่อเฮคแตร์)[3]	สัดส่วนของคาร์บอน[4]	ปริมาณคาร์บอนที่เก็บกัก (10^3 ตัน)	พื้นที่สวนป่า (ไร่)	ปริมาณคาร์บอนที่เก็บกัก (ตัน/ไร่)
สัก	254.6[1]	15.1	0.5	1922.23	1,591,250	1.21
ยูคาลิปตัส	225.6[2]	17.4	0.5	1962.72	1,410,000	1.39
สน	30.5[1]	11.0	0.5	167.75	190,625	0.88
โกงกาง	4.5[1]	14.8	0.5	33.30	28,125	1.18
ไม้โตเร็วอื่นๆ	54.7[1]	10.3	0.5	281.71	341,875	0.82
ไม้โตช้าอื่นๆ	111.3[1]	6.8	0.5	378.42	695,625	0.54

14.6 ก๊าซเรือนกระจกกับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์

การเติบโตแบบก้าวกระโดดของสังคมเมืองส่งผลกระทบต่อการเกิดก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญ ปัจจุบันประชากรทั่วโลกที่อาศัยในเขตชุมชนเมืองมีมากกว่าร้อยละ 50 และมีการคาดการณ์โดยสหประชาชาติว่า ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) จะมีประชากรอาศัยอยู่ในพื้นที่ชุมชนเมืองประมาณร้อยละ 64 – 69 ของประชากรโลก (IPCC, 2014)

การมีลักษณะเป็นเมืองมากกว่าชนบท (Urbanization) เป็นการขยายตัวของสังคมเมืองโดยเกิดจาก 2 สาเหตุใหญ่ คือ การเพิ่มขึ้นตามธรรมชาติของประชากร หรือการที่มีคนเกิดมากกว่าคนตาย และการเพิ่มขึ้นจากการที่มีผู้คนอพยพเข้ามาอาศัยในเมืองมากขึ้น เพื่อแสวงหาโอกาสที่ดีกว่า ประเทศไทยมีแนวโน้มการเติบโตอย่างรวดเร็วของสังคมเมือง (rapid urbanization) เช่นเดียวกับประเทศกำลังพัฒนาโดยส่วนใหญ่

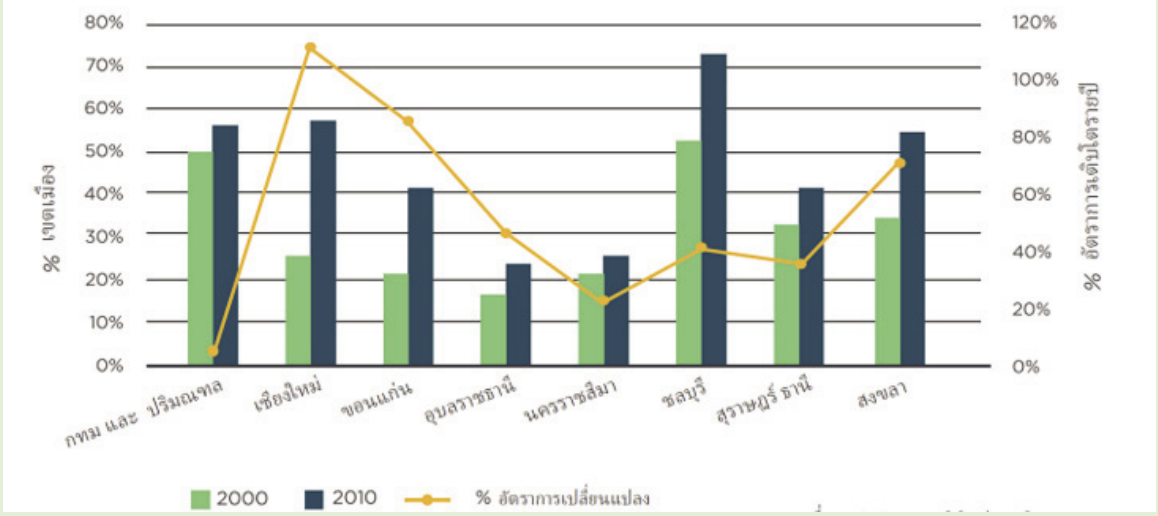
องค์กรพลังงานระหว่างประเทศ (International Energy Agency, IEA) ได้สำรวจปริมาณการใช้พลังงานของประชากรทั่วโลก พบว่า ประชากรที่อาศัยในเขตชุมชนชนบทของประเทศกำลังพัฒนามีความต้องการใช้พลังงานต่อหน่วยประชากร (Energy consumption per capita) น้อยกว่าเมื่อเทียบกับประชากรที่อาศัยอยู่ในเขตชุมชนเมือง และสัดส่วนของประชากรในชุมชนชนบททั่วโลกที่ไม่สามารถเข้าถึงการให้บริการพลังงานขั้นพื้นฐานต่างๆ มีสูงถึงร้อยละ 32 (IEA, 2010) จะเห็นได้ว่า การใช้

พลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ส่วนใหญ่มาจากสังคมเมืองมากกว่าสังคมชนบท และเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกมากขึ้น

14.6.1 ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตั้งถิ่นฐานของประชากรในประเทศไทย

การเปลี่ยนแปลงสู่สังคมเมืองและการเพิ่มขึ้นของรายได้ประชากรส่งผลให้มีการใช้พลังงานและการอุปโภคบริโภคที่นอกเหนือความจำเป็นพื้นฐานเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นแรงกระตุ้นให้เกิดการผลิตเพื่อการค้าเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่เกษตรสู่พื้นที่เมือง ประกอบกับการขาดประสิทธิผลในการบังคับใช้กฎหมาย ส่งผลให้เกิดการรุกล้ำพื้นที่ป่า ซึ่งล้วนแต่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ลดแหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจก เพิ่มความอ่อนไหวและความเสี่ยงต่อผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยภูมิอากาศของระบบนิเวศ แหล่งทรัพยากรธรรมชาติ และชุมชนในพื้นที่ (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

จากข้อมูลของ Forbes Thailand (2015) ระบุว่า อัตราการพัฒนาเข้าสู่สังคมเมืองของหัวเมืองต่างจังหวัดในประเทศไทยในช่วงระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2543 – 2553 หรือ ค.ศ.2000 – 2010) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 57 โดยจังหวัดเชียงใหม่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงสูงสุด (มากกว่าร้อยละ 100) ในขณะที่กรุงเทพมหานครมีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่ร้อยละ 10 ดังรูปที่ 14.28



รูปที่ 14.28 การเปรียบเทียบอัตราการพัฒนาเข้าสู่สังคมเมืองของหัวเมืองต่างๆ ในประเทศไทย
(ที่มา: Forbes Thailand, 2015)

การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นประเด็นที่เริ่มมีการศึกษาอย่างกว้างขวางนับตั้งแต่ที่มีการกล่าวถึงเรื่องนี้ใน IPPC2007: Fourth Assessment Report (AR4) โดยส่วนใหญ่จะเป็นการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ชุมชนหนึ่งๆ แต่การบูรณาการผลการศึกษาในแต่ละพื้นที่กับภาพรวมการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศนั้นๆ หรือของโลกยังไม่มีความชัดเจนในรายละเอียดมากนัก กล่าวคือ ยังไม่สามารถระบุถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลต่อความแตกต่างเชิงพื้นที่ของปริมาณการปล่อยก๊าซเหล่านั้นต่อหน่วยประชากร ทั้งพื้นที่ที่อยู่ในประเทศเดียวกันหรือต่างประเทศก็ตาม จากหลักฐานที่มี IPCC (2014) ระบุเพียงว่า สังคมเมืองทั่วโลกมีส่วนก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 71 – 76 ของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานอยู่ในช่วงร้อยละ 67 – 76

ทั้งนี้ ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยประชากรในแต่ละพื้นที่ทั่วโลก จากงานวิจัยต่างๆ พบว่า ชุมชนเมืองหรือพื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ในรูปแบบต่างๆ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในช่วง 0.5 – 190.0 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อหน่วยประชากร (0.5 – 190.0 tCO_2e/capita) (IPCC, 2014) และหากอัตราการเติบโตของชุมชนเมืองยังคงเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยประชากรในอนาคตก็จะยิ่งสูงขึ้น

O'Neill et al. (2010) ได้ศึกษาศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกบนพื้นฐานการขยายตัวของชุมชนเมือง พบว่าทั่วโลกจะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 1.4 – 2.5 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 16 – 29 ภายในปี พ.ศ. 2593 (ค.ศ.2050) หากอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรเป็นแบบอย่างช้า (Slowing Population Growth)

การวิจัยด้านการประเมินก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ชุมชนต่างๆ ของประเทศไทย ในพื้นที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พบว่า กรุงเทพมหานครเป็นศูนย์กลางการคมนาคม การบริหารราชการ และการทำธุรกิจ จึงเป็นแหล่งสำคัญหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากถึง 43 ล้านตัน ซึ่งสูงกว่าการปล่อยรวมในเมืองโตรอนโต แต่น้อยกว่าการปล่อยรวมของเมืองนิวยอร์ก และเทียบเท่ากับปริมาณการปล่อยของลอนดอน โดยคิดเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหัวประชากรที่ระดับสูงถึง 7.1 ตันต่อคนต่อปี แหล่งที่มาของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญของกรุงเทพมหานคร คือ การขนส่ง (ร้อยละ 37.68) และการผลิตไฟฟ้า (ร้อยละ 33.37) กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน ระบุว่าในปี พ.ศ.2550 (ค.ศ.2007) สาขาการขนส่งในกรุงเทพมหานครปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากถึง 23.07 ล้านตัน จากปริมาณน้ำมันเบนซินและดีเซลรวม 8,948,683 ล้านลิตร เทียบเท่าร้อยละ 37.68 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดตลอดทั้งปี และมีการใช้ไฟฟ้ามากถึง 29,180 กิกะวัตต์ชั่วโมง ซึ่งคิดเป็นที่มาของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 20.43 ล้านตัน หรือเทียบเท่าร้อยละ 33.37 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมดตลอดทั้งปี นอกจากนี้ ยังมีมูลฝอยและน้ำเสียที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมกัน 12.16 ล้านตัน เทียบเท่าร้อยละ 19.86 ของปริมาณการปล่อยก๊าซชนิดนี้ทั้งหมดตลอดทั้งปี ปริมาณการปล่อยจากสามแหล่งนี้รวมกันคิดเป็นร้อยละ 90.91 ของปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมทั้งหมด อีกร้อยละ 9.09 ได้มาจากแหล่งอื่นๆ เช่น เกษตรกรรม (กรุงเทพมหานคร, 2552)

ในฐานะที่ประเทศไทยเป็นประเทศรายได้ปานกลางระดับบน (Upper- Middle Income Country) และมีแนวโน้มพัฒนาสู่ความเป็นเมืองเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับผลกระทบทั้งทางด้านบวกและด้านลบจากการย้ายถิ่นฐานและการขยายตัวของชุมชน จึงควรมีการเตรียมพร้อม มีการกำหนดนโยบายในการใช้ประโยชน์จากความเป็นเมืองที่มากขึ้น และมีการกำหนดนโยบายในการรับมือกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากความเป็นเมืองที่เพิ่มสูงขึ้น เช่น การคำนึงการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่จำกัดเพื่อให้ประชาชนสามารถมีคุณภาพชีวิตที่ดีได้ ความเหลื่อมล้ำในสังคม การเข้าถึงระบบการศึกษา การจัดการระบบคมนาคมขนส่งที่มีคุณภาพ การวางแผนระบบสาธารณสุขที่เพียงพอต่อความต้องการของคนในเมือง และการวางแผนพัฒนาประเทศระยะยาว อันจะช่วยให้ประเทศได้ประโยชน์สูงสุดทั้งใช้เชิงของสิ่งแวดล้อม สังคม และเศรษฐศาสตร์ นำไปการสู่การเป็นสังคมยั่งยืนต่อไป

14.6.2 แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์

ปัญหาสำคัญของการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ คือ การจัดการของเสียที่เกิดขึ้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี แปรผันตามจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี โดยในปี พ.ศ.2551 (ค.ศ.2008) ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคการจัดการของเสียเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) ประมาณร้อยละ 110.76 คิดเป็นอัตราเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยร้อยละ 4.23 ต่อปี การติดตามการจัดการและการบำบัดขยะมูลฝอยของแต่ละท้องถิ่น โดยเฉพาะข้อมูลการคัดแยกของเสียที่ส่งผลต่อองค์ประกอบของขยะก่อนการฝังกลบ และการตรวจวัด การจัดเก็บ และการรายงานข้อมูลปริมาณขยะก่อนฝังกลบให้เป็นระบบ บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีได้ศึกษาแนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกี่ยวเนื่องกับการจัดการของเสีย สามารถสรุปได้ดังนี้

1) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการกำหนดนโยบายการจัดการของเสีย

แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการกำหนดนโยบายการจัดการของเสีย ประกอบด้วยการลดอัตราการเกิดมูลฝอยและการสนับสนุนการรีไซเคิล (recycle) โดยหากกำหนดให้อัตราการการเกิดขยะมูลฝอยคงที่อยู่ที่ 1 กิโลกรัมต่อคนต่อวันตั้งแต่ปี พ.ศ.2583 (ค.ศ.2040) และกำหนดให้มีการรีไซเคิลที่ร้อยละ 30 ตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 จนถึงปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2011 - 2050) รวมถึงการลดปริมาณขยะพลาสติกที่แหล่งกำเนิดได้ร้อยละ 20 ภายในปี พ.ศ.2559 (ค.ศ.2016) จะสามารถลดก๊าซเรือนกระจกได้ 15,780 $MtCO_2e$ ในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) ดังตารางที่ 14.5 ทั้งนี้ปัจจุบันปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั่วประเทศมี

มากกว่า 40,000 ตันต่อวัน เฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานครมีขยะที่เก็บได้ 8,500 ตันต่อวัน ซึ่งเป็นขยะจากถุงพลาสติก 1,800 ตันต่อวัน หากลดการใช้ถุงพลาสติกลงได้จะสามารถลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 1 ล้านตันต่อปี

2) แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยีการจัดการของเสีย

ขยะที่เหลือจากการใช้นโยบายการจัดการของเสียจะถูกนำมากำจัดด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมตามลำดับ ดังนี้ (1) การทำปุ๋ยหมักและการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (2) เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากก๊าซหลุมฝังกลบ และ (3) เทคโนโลยีการฝังกลบแบบกึ่งเติมออกซิเจน ซึ่งปริมาณขยะที่บำบัดด้วยเทคโนโลยีหลัก คือ การทำปุ๋ยหมักและการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ใช้การคาดการณ์จากเศรษฐมิติของการศึกษาข้อมูลในอดีต ขยะที่เหลือจากนี้ให้นำไปบำบัดโดยวิธีฝังกลบและกองกลางแจ้ง โดยใช้สัดส่วนของการฝังกลบและกองกลางแจ้งจากข้อมูลในปี พ.ศ.2543 – 2551 (ค.ศ.2000 - 2008) คาดการณ์สัดส่วนในอนาคตด้วยสมการความสัมพันธ์ ส่วนขยะที่นำมาฝังกลบเพื่อใช้ก๊าซในการผลิตไฟฟ้า ใช้การคาดการณ์จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ โดยกำหนดให้ขยะมูลฝอยในพื้นที่มากกว่าล้านตันมีการใช้ประโยชน์จากก๊าซแหล่งฝังกลบในการผลิตไฟฟ้า ในปี พ.ศ.2548 (ค.ศ.2005) และปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) คิดเป็นร้อยละ 12.8 และ 32.4 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบ ระบบรวบรวมก๊าซมีประสิทธิภาพร้อยละ 75 ของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ฝังกลบทั้งหมด ซึ่งร้อยละ 60 – 75 ของปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นนำมาผลิตกระแสไฟฟ้า ปริมาณมูลฝอยที่เหลือจากเข้าสู่พื้นที่ฝังกลบและการแปรรูปทางชีวภาพอื่นๆ จะถูกนำไปบำบัดโดยการฝังกลบแบบกึ่งเติมออกซิเจน ซึ่งมีการคาดการณ์แนวโน้มการเพิ่มขึ้นคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 2.8 ของปริมาณขยะมูลฝอยที่เข้าสู่พื้นที่ฝังกลบในปี พ.ศ.2553 (ค.ศ.2010) และในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ. 2050) ให้เปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีการฝังกลบแบบกึ่งเติมออกซิเจนทั้งหมด ดังตารางที่ 14.5

ตารางที่ 14.5 การคาดการณ์ปริมาณการลดก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการของเสียในปี พ.ศ.2563 – 2593
(ที่มา: บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2553ข)

	หน่วย: พันตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kt CO2-e)			
ภาคการจัดการของเสีย	**2563**	**2573**	**2583**	**2593**
BAU	**32,628**	**36,750**	**43,738**	**55,724**
Policy Measures	**5,140**	**6,370**	**8,610**	**15,780**
Anaerobic Digestion	**660**	**970**	**1,440**	**1,850**
Landfill	**850**	**1,430**	**2,240**	**2,700**
Semianaerobic Landfill	**420**	**920**	**1,480**	**1,930**
Total Reduction	**7,070**	**9,690**	**13,770**	**22,260**

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกรณีฐาน (BAU) ใช้ข้อมูลจำนวนประชากรจากสำนักงานคณะกรรมการการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติในการประเมินปริมาณขยะชุมชน และอ้างอิงข้อมูลผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ ซึ่งพิจารณาอัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมในการประเมินปริมาณขยะอุตสาหกรรม ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหลังการดำเนินการต่างๆ ให้เป็นไปตามที่ได้ดังกล่าวข้างต้น โดยเมื่อเทียบจากกรณีปกติสามารถลดได้ร้อยละ 21.67 ในปี พ.ศ.2563 (ค.ศ.2020) และสามารถลดได้สูงสุดในปี พ.ศ.2593 (ค.ศ.2050) คิดเป็นร้อยละ 39.95

เอกสารอ้างอิง

17. กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กระทรวงพลังงาน 2558. แผนบริหารจัดการก๊าซธรรมชาติ พ.ศ. 2558 – 2579 (Gas Plan 2015). เอกสารนำเสนอโครงการ. (ออนไลน์). ที่มา:http://www.dmf.go.th/publication/Gas%20Plan%20_Final_ Publish.pdf
18. กรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. แผนบริหารจัดการน้ำมันเชื้อเพลิง (Oil Plan 2015). เอกสารการประชุมรับฟังความคิดเห็น. (ออนไลน์). ที่มา: http://www.doeb.go.th/data/focus-group-oilplan 58.pdf
19. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. แผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ.2558 – 2579(Alternative Energy Development Plan: AEDP2015). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.dede.go.th/download/files/AEDP2015_Final_version.pdf
20. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2557ก. การใช้พลังงานจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ. (ออนไลน์). ที่มา:http://www.dede.go.th/download/state_58/sit_57_58/Economic.pdf
21. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2557ข. รายงานดุลยภาพพลังงานของประเทศไทย (Energy Balance of Thailand). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.dede.go.th/download/state_59/1mar_59Energy %20Balance%20of%20Thailand%202014.pdf
22. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558. รายงานการอนุรักษ์พลังงานของประเทศไทย (Thailand Energy Efficiency Situation). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.dede. go.th/ewt_news.php?nid=43059
23. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2557. รายงานประจำปี กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ 2557. (ออนไลน์). ที่มา: http://www.oae.go.th/download/journal/2558 /annual report_moac2557.pdf
24. กระทรวงอุตสาหกรรม 2554. แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรมไทย พ.ศ.2555 – 2574. (ออนไลน์). ที่มา: http://tsba.or.th/download/National%20industrial%20developmen%20master%20plan.pdf
25. กรุงเทพมหานคร มูลนิธิใบไม้เขียว โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ พ.ศ. 2552. รายงานผลกระทบเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของกรุงเทพมหานคร พ.ศ.2552 กรุงเทพ: กรุงเทพ มหานคร มูลนิธิใบไม้เขียว โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ
26. ขนิษฐา เกิดพร, วีรินทร์ หวังจิรนิรันดร์, และอัจฉริยา สุริยะวงค์ 2556. ศักยภาพการลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากการใช้เทคโนโลยี ECOARC ในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางในประเทศไทย. วารสารวิจัยพลังงาน ปีที่10 ฉบับที่ 2 (พฤษภาคม - สิงหาคม): 16 – 31.
27. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2553ก. การศึกษาแนวทางการพัฒนาเพื่อจัดทำข้อมูลและแบบจำลองสำหรับ Emission Inventory ของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
28. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2553ข. การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. รายงานฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
29. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี และคณะเศรษฐศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2555. การคาดการณ์การปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภาพฉายในอนาคตโดยใช้แบบจำลอง “ภาคกระบวนการอุตสาหกรรม (Industrial Processes and Product Use)”. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
30. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) 2558. การศึกษาการพัฒนาของเทคโนโลยียานยนต์ไฟฟ้าและผลกระทบที่เกิดขึ้นสำหรับประเทศไทย. รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อฝ่ายบริหารคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย ด้านบริหารจัดการการวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ: ฉบับปรับปรุง 8 กุมภาพันธ์ 2558.
31. วรุณ รักสกุลกานต์ 2554. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทย. ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.tgo. or.th/2015/thai/download_detail.php?id=66
32. ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 2558. ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขา ระหว่างปี พ.ศ. 2543 – 2555. Available URL: http://conference. tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2015/GHGsReport2015_Final.pdf
33. ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2553. การจัดทำรายงานแห่งชาติ ฉบับที่ 2 เพื่อเสนอต่อ UNFCCC. เสนอต่อสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
34. สุจิตรา วาสนาดำรงดี 2558. ร่าง พ.ร.บ.การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ฉบับปรับปรุงแก้ไข): ความหวังหรือความสิ้นหวัง? Thai Publica กล้าพูดความจริง. (ออนไลน์). ที่มา: http://thaipublica.org/2015/11/ sujittra-e-waste/

35. สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร กระทรวงคมนาคม 2556. โครงการศึกษาเพื่อจัดทำแผนแม่บทในการพัฒนาระบบการขนส่งที่ยั่งยืนและลดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. รายงานการศึกษาฉบับสมบูรณ์. (ออนไลน์) ที่มา: http://greentransport.otp.go.th/GreenTransport/Front/News/NewsDetail.aspx?rid=21&CatId =11&muid=1&prid=18
36. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2555. โครงการจัดทำแผนแม่บทเพื่อจัดการด้านการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็กในประเทศไทย. อ้างถึงใน องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) 2559. การพัฒนากระบวนการจัดทำข้อเสนอแผนงานการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation Action Plan) พร้อมทั้งพัฒนากระบวนการตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification; MRV) ของอุตสาหกรรมเป้าหมาย.
37. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558 (ก). แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.2558–2579 (PDP2015). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.eppo.go.th/power/PDP2015/PDP2015.pdf
38. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน 2558 (ข). ร่างแผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2558–2579 (Energy Efficiency Plan; EEP2015). (ออนไลน์). ที่มา: http://www.eppo.go.th/encon/EEP2015/DraftEEP2015.pdf
39. สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2558. แผนแม่บทรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พ.ศ.2558 – 2593. (ออนไลน์) ที่มา: http://climate.onep.go.th/wp-content/uploads /2015/10/ccmp_2558_2593.pdf
40. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 2559. ภาวะเศรษฐกิจไทยไตรมาสที่สี่ ทั้งปี 2558 และแนวโน้มปี 2559. NESDB ECONOMIC REPORT. สำนักยุทธศาสตร์และการวางแผนเศรษฐกิจมหภาค. กรุงเทพมหานคร.
41. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)–อบก. 2554. แนวทางการพัฒนาโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาคป่าไม้. พิมพ์ครั้งที่ 2.
42. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) – อบก. 2558. สาระสำคัญความตกลงปารีส (Paris Agreement). (ออนไลน์). ที่มา: http:// conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/COP/COP21_291215.pdf
43. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) – อบก. 2558. ข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายสาขาระหว่างปี พ.ศ.2543 – 2555. ศูนย์ข้อมูลก๊าซเรือนกระจก. (ออนไลน์). ที่มา: http://conference.tgo.or.th/download/tgo_or_th/Article/2015/GHGsReport2015_Final.pdf
44. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) – อบก. 2559. การพัฒนากระบวนการจัดทำข้อเสนอแผนงานการลดก๊าซเรือนกระจก (Mitigation Action Plan) พร้อมทั้งพัฒนากระบวนการตรวจวัด การรายงานและการทวนสอบ (Measurement, Reporting and Verification; MRV) ของอุตสาหกรรมเป้าหมาย.
45. อรทัย ชวาลภาฤทธิ์ และคณะ 2554. โครงการการศึกษาดัชนีชี้วัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกลุ่มอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและศักยภาพในการลดก๊าซเรือนกระจก. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
46. อีอาร์เอ็ม-สยาม บริษัท จำกัด. 2553. โครงการจัดทำข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการลดก๊าซเรือนกระจกในสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน).
47. Bright Management Consulting Co., Ltd., 2012. Establishing an inventory of consumption and emission of F-gases in Thailand “methodology and preliminary results”. Baseline and mitigation strategy for Thai RAC and insulation foam. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
48. Chaianong A. and Pharino C., 2015. Outlook and challenges for promoting solar photovoltaic rooftops in Thailand. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 48: 356 – 372.
49. Forbes Thailand 2015. เมื่อเมืองโต โรงพยาบาลเอกชนก็ขยายตาม. (ออนไลน์). ที่มา:http://www.forbesthailand.com/article_detail.php?article_id=500#sthash.wQfoaejI.dpuf
50. International Energy Agency - IEA 2010. Energy Poverty: How to Make Modern Energy Access Universal? OECD/IEA, Paris, France, 52 pp. Available at: http://www.se4all.org/wp-content/uploads/2013/09/Special_Excerpt_of_WEO_2010.pdf.
51. Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC 2014. Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
52. Kerdlap P., 2015. Can electricity replace gasoline? Unlocking the potential of electric two-wheelers in Thailand. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
53. O’Neill B. C., X. Ren, L. Jiang, and M. Dalton 2012. The effect of urbanization on energy use in India and China in the iPETS model. Energy Economics. 34: S339 – S345.

54. Petsri S., Chidthaisong A., Pumijumnong N., and Wachrinrat C., 2013. Greenhouse gas emissions and carbon stock changes in rubber tree plantations in Thailand from 1990 to 2004. Journal of Cleaner Production. 52: 61 – 70.
55. Pongthanaisawan J. and Sorapipatana C., 2013. Greenhouse gas emissions from Thailand's transport sector: Trends and mitigation options. Applied Energy. 101: 288 – 298.
56. Samek J.H., Skole D.L., Klinhom U., Butthep C., Navanugraha C., Uttaruk P., Laosuwan T. 2011. Inpang Carbon Bank in Northeast Thailand: A Community Effort in Carbon Trading from Agroforestry Projects. Carbon Sequestration Potential of Agroforestry Systems Advances in Agroforestry. 8 (2011) 263 – 280.
57. Selvakkumaran S. and Limmeechokchai B., 2015. Low carbon society scenario analysis of transport sector of an emerging economy – The AIM/Enduse modelling approach. Energy Policy. 81: 199 – 214.
58. Silalertruksa T. and Gheewala S.H., 2011. The environmental and socio-economic impacts of bio-ethanol production in Thailand. Energy Procedia. 9: 35 – 43.
59. United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC 2015. Submitted biennial update reports (BURs) from non-Annex I Parties. (Online). Available URL: http://unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/reporting_on_climate_change/items/8722.php
60. United States Environmental Protection Agency – USEPA 2006. Global mitigation of non-CO_2 greenhouse gases. EPA 430-R-06-005 June 2006.
61. Wangjiraniran C. and Eua-arporn B., 2012. A study on energy-related GHG mitigation scenario in Thailand. Engineering Journal. 16(2): 19-29.
62. Watthusinthu C. and Chiarakorn S., 2014. Assessment of hydrofluorocarbon emission factors from air conditioning in Thailand. TMC Academic Journal. 8(2): 27 – 35.
63. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) and International Energy Agency (IEA) 2009. Cement Technology Roadmap 2009. ISBN: 978-3-940388-47-6.
64. World Resources Institute – WRI 2015a. Historical Emissions Data. CAIT Climate Data Explorer. (Online). Available URL: http://www.wri.org/resources/data-sets/cait-historical-emissions-data-countries-us-states-unfccc
65. World Resources Institute – WRI 2015b. Country GHG emissions. CAIT Climate Data Explorer. (Online). Available URL: http://cait.wri.org/profile/Thailand

บทที่ 15

มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก

ดร.อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์

คณะเศษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

วิธีอ้างอิง

อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์, 2559: มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก. ใน: รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2: องค์ความรู้ด้านการลดก๊าซเรือนกระจก. คณะทำงานกลุ่มที่ 3 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อำนาจ ชิดไธสง, ปริเวท วรรณโกวิท, มัทนพรรณ จิ๋วเจียม, อัศมน ลิ่มสกุล, ศุภกร ชินวรรโณ และชโลทร แก่นสันติสุขมงคล (บรรณาธิการ)]

มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก

15.1 มาตรการด้านราคา 500
15.2 มาตรการควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 508
15.3 มาตรการในการให้ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า 511
15.4 มาตรการสนับสนุนการปลูกป่า 514

เอกสารอ้างอิง

มาตรการและกลไกการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก

มาตรการและกลไกเชิงนโยบายที่สามารถนำมาปรับใช้ในการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจก สามารถแบ่งออกได้เป็นสองประเภทหลักๆ ด้วยกัน คือ หนึ่ง มาตรการทางด้านราคา เป็นการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยผ่านกลไกราคา เช่น การจัดเก็บภาษีคาร์บอน และ การซื้อขายใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นมาตรการที่จะกำหนด “ราคา” หรือต้นทุนในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังรวมไปถึงมาตรการให้เงินอุดหนุน หรือ ลดภาษี เพื่อให้เกิดโครงการในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกด้วย สอง มาตรการควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ มาตรการเชิงกฎระเบียบและมาตรฐาน เป็นมาตรการในรูปแบบของการกำหนดควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากแหล่งกำเนิดโดยตรง เช่น การออกกฎหมายควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือ ควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทางอ้อมผ่านการควบคุมหรือส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน เช่น กฎหมายส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน และ มาตรฐานประหยัดไฟฟ้าของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นต้น นอกจากมาตรการทั้งสองแล้ว ยังอาจมีมาตรการอื่นๆ เช่น การให้ข้อมูลเกี่ยวกับตัวสินค้าในด้านการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในการผลิต เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถตัดสินใจในการเลือกบริโภคสินค้าที่มีการปล่อยคาร์บอนต่ำ เช่น ฉลากคาร์บอน ฉลากการลดคาร์บอน หรือ มาตรการส่งเสริมให้เกิดการกักเก็บคาร์บอน เช่น พันธบัตรป่าไม้ เป็นต้น

15.1 มาตรการด้านราคา

15.1.1 มาตรการภาษีคาร์บอน

แม้ว่าประเทศไทยจะยังไม่มีการจัดเก็บภาษีที่เรียกว่า “ภาษีคาร์บอน” อย่างชัดเจน แต่ก็อาจกล่าวได้ว่าภาษีคาร์บอนได้ถูกจัดเก็บเป็นส่วนหนึ่งของภาษีสรรพสามิตในผลิตภัณฑ์ที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้มข้น เช่น น้ำมันเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากวัตถุประสงค์หนึ่งของภาษีสรรพสามิตก็เพื่อลดการบริโภคสินค้าที่ก่อให้เกิดผลกระทบในเชิงลบต่อสังคมนั่นเอง อย่างไรก็ดี ในปี 2559 กรมสรรพสามิตได้ริเริ่มการจัดเก็บภาษีคาร์บอนอย่างชัดเจนยิ่งขึ้น โดยมีการปรับเปลี่ยนอัตราภาษีรถยนต์ ให้แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถยนต์ ตารางที่ 15.1 แสดงอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ใหม่ที่มีผลบังคับใช้ในวันที่ 1 มกราคม 2559 จะเห็นได้ว่าอัตราภาษีรถยนต์จะเพิ่มสูงขึ้นตามขนาด และ อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของรถยนต์ ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้ผู้บริโภคเลือกซื้อรถยนต์ที่มีขนาดเครื่องยนต์ที่เล็ก ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงาน และ มีอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำ อันจะเป็นการปรับเปลี่ยนของโครงสร้างของประเภทรถยนต์ที่ใช้ในประเทศในระยะยาว

การจัดเก็บภาษีสรรพสามิตรถยนต์ตามอัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถือเป็นจุดเริ่มต้นในการจัดเก็บภาษีบนฐานของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย อย่างไรก็ดีภาษีสรรพสามิตรถยนต์ที่จัดเก็บครั้งเดียวเมื่อมีการซื้อขายรถยนต์ใหม่ มิได้ทำให้ต้นทุนในการขับขี่ยานพาหนะแปรเปลี่ยนไปตามระยะทางในการขับขี่ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นมาตรการดังกล่าวจึงไม่มีประสิทธิภาพมากนักในการลดระยะทางในการขับขี่ยานพาหนะและลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สำหรับรูปแบบของการจัดเก็บภาษีคาร์บอนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากกว่า ก็คือ การจัดเก็บภาษีคาร์บอนจากน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากจะทำให้ภาระภาษีแปรเปลี่ยนไปตามระยะทางในการขับขี่ ส่งผลให้เกิดการลดระยะทางในการขับขี่ยานพาหนะ และ ลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

ตารางที่ 15.1 แสดงอัตราภาษีสรรพสามิตรถยนต์ที่จะบังคับใช้ตั้งแต่ 1 มกราคม 2559

		ปริมาณการปล่อย CO_2 (กรัมต่อกิโลเมตร)			
		ไม่เกิน 100	ไม่เกิน 150	150 - 200	สูงกว่า 200
รถยนต์นั่ง	ต่ำกว่า 3,000 CC		30%	35%	40%
	E85/CNG (OEM)		25%	30%	35%
	สูงกว่า 3,000 CC	50%			
รถไฮบริด	ต่ำกว่า 3,000 CC	10%	20%	25%	30%
	สูงกว่า 3,000 CC	50%			
อีโคคาร์	1,300 -1,400 CC	14%	17%		
	E85	12%			
		ปริมาณการปล่อย CO_2 (กรัมต่อกิโลเมตร)			
		ไม่เกิน 200		สูงกว่า 200	
ปิกอัพ	ไม่มีแค็บ	3%		5%	
(ไม่เกิน 3,250 CC)	มีแค็บ	5%		7%	
	กระบะ 4 ประตู	12%		15%	
กระบะดัดแปลง		25%		30%	
ปิกอัพ/กระบะดัดแปลง	สูงกว่า 3,250 CC	50%			

แม้ว่าการจัดเก็บภาษีบนฐานของการปล่อยคาร์บอนจะเป็นเรื่องใหม่ที่กำลังจะถูกนำมาปฏิบัติใช้ แต่งานศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทย นั้นมีอยู่ด้วยกันหลายชิ้น ไม่ว่าจะเป็นการศึกษาความพร้อมและแนวทางในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงการศึกษาอัตราภาษีคาร์บอนที่เหมาะสม และผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับเศรษฐกิจและรายรับของรัฐบาลจากการจัดเก็บภาษี เป็นต้น

สำหรับแนวทางในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทยนั้น นิรมล สุธรรมกิจ และอนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์ (2556) ได้ทำการศึกษาถึงแนวทางเบื้องต้นของประเทศไทยในการดำเนินการจัดเก็บภาษีคาร์บอน โดยได้เสนอแนวทางในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนที่เป็นไปได้ในประเทศไทย สามารถดำเนินการได้ 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้ คือ

(1) เก็บภาษีบนฐานการใช้ไฟฟ้า

จัดเก็บภาษีคาร์บอนจากการใช้ไฟฟ้าตามปริมาณคาร์บอนที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าหนึ่งหน่วย โดยการจัดเก็บเพิ่มเติมในรูปของราคาค่าไฟฟ้าต่อหน่วยที่สูงขึ้น อัตราภาษีคาร์บอนต่อหน่วยไฟฟ้า ควรจะต้องมีการปรับเปลี่ยนไปตามส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้าว่าเป็นเชื้อเพลิงที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมากน้อยเพียงใด ภาษีบนฐานการใช้ไฟฟ้านี้จะมีต้นทุนในการดำเนินการจัดเก็บที่ต่ำ การไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคสามารถเรียกเก็บภาษีเพิ่มเติมในใบเสร็จค่าไฟฟ้า อีกทั้งยังครอบคลุมผู้ใช้รายย่อยในภาคครัวเรือนอีกด้วย อย่างไรก็ตาม ภาษีชนิดนี้จะส่งผลให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนจากการใช้ไฟฟ้าเท่านั้น ภาระภาษีส่วนใหญ่จะตกกับภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้ไฟฟ้าค่อนข้างมาก เช่น อุตสาหกรรมเสื้อผ้าและสิ่งทอ เครื่องใช้ไฟฟ้า และยานยนต์ เป็นต้น รวมไปถึงผู้ที่มีรายได้น้อยที่มีสัดส่วนค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อรายได้ค่อนข้างสูง ประมาณการรายรับจากภาษีคาร์บอนบนฐานการใช้ไฟฟ้าอยู่ที่ประมาณ 7.386 พันล้านบาทต่อปี (ตัวเลขปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี 2553 และสมมติให้อัตราภาษีคาร์บอนอยู่ที่ 0.05 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)

(2) เก็บภาษีบนฐานใช้เชื้อเพลิง

จัดเก็บภาษีคาร์บอนจากปริมาณคาร์บอนที่จะถูกปล่อยจาการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ เช่น ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ และน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยการจัดเก็บเพิ่มเติมในรูปของค่าเชื้อเพลิงต่อหน่วยที่สูงขึ้น การจัดเก็บภาษีชนิดนี้มีต้นทุนการดำเนินงานที่ต่ำโดยการจัดเก็บภาษี ณ โรงกลั่น หรือที่หัวจ่าย หรือ ณ แหล่งใช้เชื้อเพลิง ฐานภาษีรูปแบบนี้สามารถครอบคลุมผู้ใช้เชื้อเพลิงทั้งในภาคอุตสาหกรรม และภาคครัวเรือนผู้ใช้รถยนต์ ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการเผาไหม้เชื้อเพลิง ภาระ

ภาษีส่วนใหญ่จะตกกับภาคอุตสาหกรรมที่มีการเผาผลาญเชื้อเพลิงค่อนข้างมาก เช่น อุตสาหกรรมผลิตไฟฟ้า เสื้อผ้าและสิ่งทอ และภาคการขนส่ง เป็นต้น ภาระภาษีส่วนใหญ่จะตกกับผู้ที่มีรายได้น้อย ที่มีสัดส่วนค่าใช้จ่ายค่าเชื้อเพลิงต่อรายได้ค่อนข้างสูง ประมาณการรายรับจากภาษีคาร์บอนบนฐานการใช้เชื้อเพลิง (เฉพาะน้ำมันดีเซล และเบนซิน) อยู่ที่ประมาณ 25.988 พันล้านบาทต่อปี (คำนวณจากตัวเลขปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล และเบนซิลในปี 2553 และสมมติให้อัตราภาษีคาร์บอนอยู่ที่ 1 บาทต่อลิตร)

(3) เก็บภาษีบนฐานปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง

จัดเก็บภาษีตามปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิด ไม่ว่าจะเป็นจากการผลิต หรือจากกระบวนการกำจัดน้ำเสีย จะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อมีระบบการตรวจวัด และตรวจสอบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งกำเนิดต่างๆ ซึ่งทำให้มีต้นทุนในการดำเนินการที่สูง และไม่สามารถครอบคลุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากภาคครัวเรือนได้ เนื่องจากต้นทุนการจัดเก็บภาษีจะสูงมาก ภาคอุตสาหกรรมที่จะได้รับผลกระทบมาก ได้แก่ อุตสาหกรรมสิ่งทอ ผลิตภัณฑ์เคมีและปิโตรเลียม และการผลิตไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตามภาคอุตสาหกรรมอาจผลักภาระภาษีไปยังผู้บริโภคในรูปของราคาที่สูงขึ้น ประมาณการรายรับจากภาษีจากฐานการปล่อยโดยตรงอยู่ที่ประมาณ 14.639 พันล้านบาท/ปี (คำนวณจากตัวเลขปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในปี 2548 และสมมติให้อัตราภาษีคาร์บอนอยู่ที่ 100 บาทต่อตันคาร์บอน)

สำหรับความพร้อมของประเทศไทยในด้านกฎหมายนั้นประเทศไทยมีเพียง พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ที่กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ โดยกำหนดค่ามาตรฐานปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซค์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds) และฝุ่นละออง แต่ยังมิได้มีการกำหนดมาตรฐานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 ในส่วนของการจัดทำรายงานปริมาณการปล่อยมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม ก็มิได้มีการระบุให้จัดทำรายงานปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกเช่นกัน ดังนั้น แหล่งปล่อยมลพิษต่างๆ ในปัจจุบันจึงไม่มีเครื่องตรวจวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประเทศไทยจึงยังไม่มีความพร้อมในด้านกฎหมายเพื่อรองรับในการจัดเก็บข้อมูล และทำรายงานปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากแหล่งผลิต

อย่างไรก็ดีที่ผ่านมาได้มีความพยายามการเสนอร่าง “พระราชบัญญัติมาตรการการคลังเพื่อสิ่งแวดล้อม พ.ศ.....” ซึ่งระบุให้อำนาจกรมสรรพากรในการจัดเก็บ “ภาษีสิ่งแวดล้อม” จากเจ้าของหรือผู้ครอบครองแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือ ผู้ประกอบกิจการที่ปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม และยังมีการกำหนดบทลงโทษ รวมไปถึงอัตราเทียบปรับหากมีการหลีกเลี่ยงการจ่ายภาษีดังกล่าว รวมไปถึงการนำเงินรายรับจากภาษีไปจัดการในรูปของกองทุนเพื่อนำไปใช้ในกิจการต่างๆ อีกด้วย ร่าง พ.ร.บ. ฉบับนี้ได้ให้อำนาจ ในการกำหนดนโยบายและแผนงานเกี่ยวกับการใช้มาตรการการคลังกับคณะกรรมการกำกับนโยบายมาตรการการคลังเพื่อสิ่งแวดล้อมที่จะต้องมีการจัดตั้งขึ้น หากประเทศไทยต้องการดำเนินการจัดเก็บภาษีคาร์บอนจริง ก็สามารถที่จะเสนอนโยบายให้มีการจัดเก็บภาษีคาร์บอนต่อคณะกรรมการฯ ควบคู่ไปกับการแก้ไข พ.ร.บ โรงงาน ให้มีการจัดทำรายงานการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อย่างไรก็ดีจนถึงปัจจุบันนี้ร่าง พ.ร.บ. ดังกล่าวก็ยังมิได้รับการพิจารณาผ่านร่างกฎหมาย[41]

งานวิจัยชิ้นนี้ยังได้สอบถามความเห็นจากผู้ประกอบการต่อภาษีคาร์บอนและพบว่า กระแสเรื่องโลกร้อน ทำให้การต่อต้านมาตรการภาษีคาร์บอนมีน้อยลง และไม่ขัดข้องหากการจัดเก็บภาษีเป็นไปอย่างยุติธรรม ไม่เลือกปฏิบัติ รวมไปถึงการจัดเก็บภาษีคาร์บอนจากสินค้านำเข้าเพื่อไม่ให้สูญเสียความสามารถทางการแข่งขันของสินค้าในประเทศ รัฐบาลควรให้เวลาเตรียมการ และการสนับสนุนทางด้านการเงินในการเตรียมความพร้อม และบรรเทาผลกระทบ รายรับจากภาษีควรจะนำมากลับคืนสู่ภาคเอกชน เพื่อวัตถุประสงค์ในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ บรรเทาผลกระทบจากการจัดเก็บภาษี เช่น การลดภาษีเงินได้ การจัดตั้งกองทุนเงินกู้ยืมเพื่อส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีคาร์บอนต่ำ หรือใช้จ่ายในโครงการสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเดินทางสาธารณะเพื่อลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้แล้วภาคเอกชนได้เสนอให้มีการจัดทำมาตรฐานปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตสินค้าชนิดต่างๆ และดำเนินการจัดเก็บภาษีคาร์บอนจากปริมาณก๊าซ

[41] กระทรวงการคลังได้เสนอร่างพระราชบัญญัติมาตรการการคลังเพื่อสิ่งแวดล้อม พ.ศ. .... เข้าสู่การพิจารณาของที่ประชุมคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2553 โดยที่ประชุมคณะรัฐมนตรีในสมัย นายอภิสิทธิ์ เวชชาชีวะ เป็นนายกรัฐมนตรีได้เห็นชอบในหลักการ แต่ยังไม่สามารถเสนอเข้าสู่การพิจารณาของฝ่ายนิติบัญญัติได้ เนื่องจากความเห็นที่ไม่ตรงกันระหว่างกระทรวงการคลัง กับกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมในรายละเอียดเกี่ยวกับกองทุนที่จะจัดตั้งขึ้น ประกอบกับข้อคัดค้านเกี่ยวกับแนวทางของกฎหมาย ที่ไม่มีการระบุอัตราภาษีขั้นสูงไว้อย่างชัดเจน แต่ให้ไปกำหนดในชั้นของพระราชกฤษฎีกา รวมถึงข้อกังวลว่าร่างกฎหมายนี้อาจจะส่งผล กระทบภาคธุรกิจ ทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น

คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนที่เกินจากระดับมาตรฐานเท่านั้น รัฐบาลจะต้องมีนโยบายด้านอื่นๆ ที่สอดคล้องกับเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เช่น นโยบายเกี่ยวกับพลังงานทางเลือก นโยบายการขายคาร์บอนเครดิต เป็นต้น การจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทย ย่อมทำให้ต้นทุนในการผลิตสินค้าเพิ่มสูงขึ้นและทำให้เกิดความสูญเสียความสามารถในการแข่งขัน ดังนั้น จึงต้องมีมาตรการเสริมรองรับ เช่น การคืนภาษีคาร์บอนกับสินค้าส่งออก การจัดเก็บภาษีคาร์บอนจากสินค้านำเข้า เป็นต้น อย่างไรก็ดีนโยบายภาษีคาร์บอนของไทยอาจใช้เป็นเครื่องมือในการเจรจาต่อรองทางการค้าทั้งในระดับทวิภาคี และ พหุภาคี เพื่อบรรเทาปัญหาอุปสรรคทางการค้าอันเนื่องมาจากปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เช่น มาตรการเก็บภาษีคาร์บอนก่อนข้ามพรหมแดนของประเทศสหรัฐฯ[42] ที่จะจัดเก็บจากประเทศที่ไม่มีมาตรการด้านสิ่งแวดล้อมเทียบเท่ากับสหรัฐฯ ยิ่งไปกว่านั้นการที่ประเทศไทยเป็นผู้นำในการจัดเก็บภาษีคาร์บอนจะส่งผลให้ภาพพจน์ของประเทศไทยในเรื่องการรักษาสิ่งแวดล้อมดีขึ้นในสายตาของต่างประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศที่พัฒนาแล้ว เป็นการเปิดโอกาสในการขอรับความช่วยเหลือด้านการเงินหรือการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาจทำให้ประเทศไทยเป็นผู้นำของประชาคมอาเซียนในการผลิตสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเปิดโอกาสให้ประเทศไทยสามารถส่งออกสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไปยังประเทศที่พัฒนาแล้วในทวีปอเมริกาและยุโรป ซึ่งผู้บริโภคในประเทศเหล่านั้นให้ความสำคัญกับปัญหาสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก

เนื่องจากประเทศไทยยังไม่เคยมีการจัดเก็บภาษีคาร์บอนมาก่อน การประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับเศรษฐกิจของประเทศไทยจึงต้องอาศัยแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อทำการวิเคราะห์ อนันต์ วัฒนกุลจรัส และกฤติยาพร วงษา (2553) ได้ทำการศึกษาผลกระทบจากการจัดเก็บภาษีคาร์บอนในประเทศไทยโดยใช้แบบจำลองเศรษฐกิจแบบดุลยภาพทั่วไป โดยจำลองให้มีการจัดเก็บภาษีคาร์บอนจากสาขาพลังงานรวมทั้งสิ้น 8 สาขา ภายใต้ข้อสมมติอัตราภาษี 3 อัตรา ได้แก่ 200 1,500 และ 3,000 บาทต่อตันคาร์บอน นอกจากนี้ยังได้กำหนดทางเลือกของการนำเงินรายรับจากภาษีคาร์บอนไปใช้ 4 ช่องทาง คือ 1) เก็บไว้ในรูปของงบประมาณเกินดุล 2) ชดเชยการลดภาษีมูลค่าเพิ่ม 3) ชดเชยการลดภาษีรายได้ และ 4) โอนเงินเข้าสู่ภาคครัวเรือน จากการศึกษาผลกระทบภายใต้สถานการณ์ทั้งสิ้น 12 สถานการณ์ พบว่า การเก็บภาษีในอัตรา 3,000 บาทต่อตันคาร์บอน และไม่นำรายรับภาษีกลับไปหมุนเวียนในระบบเศรษฐกิจ แม้ว่าจะสามารถลดก๊าซคาร์บอนลงได้มากถึง 22% แต่อัตราการเจริญเติบโตของ GDP จะลดลงมากถึง 4% ในขณะที่การเก็บภาษีในอัตรา 200 บาทต่อตันคาร์บอน และนำรายรับไปชดเชยการลดอัตราภาษีมูลค่าเพิ่มจะทำให้อัตราการเจริญเติบโตของ GDP ลดลงเพียง 0.01% ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซ ลดลงเพียงแค่ 2% เท่านั้น

จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นไม่ได้ศึกษาถึงอัตราภาษีคาร์บอนที่เหมาะสมแต่ใช้วิธีการอ้างอิงอัตราภาษีจากงานศึกษาอื่นๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลกระทบในทางเศรษฐกิจ อย่างไรก็ดียังมีงานวิจัยอีกแนวทางหนึ่งที่ทำการคำนวณอัตราภาษีคาร์บอนที่ “เหมาะสม” ซึ่งหมายถึงอัตราภาษีที่จะทำให้บรรลุเป้าหมายปริมาณการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่กำหนดไว้ ซึ่งปรากฏอยู่ในงานวิจัยของ ชยันต์ ตันติวัสดาการ และคณะ (2552) ที่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการจัดเก็บภาษีคาร์บอนของเชื้อเพลิง 3 ชนิด ได้แก่ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และก๊าซ LPG ต่อปริมาณการใช้เชื้อเพลิง และรายรับภาษีที่จะจัดเก็บได้ภายใต้เป้าหมายการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงในอัตรา 5% ต่อปีในช่วงปี 2551 – 2570 เมื่อเทียบกับกรณีปกติ (ภายใต้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจปกติ ร้อยละ 4 และราคาน้ำมันเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ต่อปี) การศึกษาเสนอให้จัดเก็บภาษีคาร์บอนในช่วงปี 2551-2570 เท่ากับ 4.914 – 5.952 บาทต่อลิตร สำหรับน้ำมันเบนซิน และ 6.076 – 7.360 บาทต่อลิตร สำหรับน้ำมันดีเซล เป็นต้น ทั้งนี้ประมาณการรายรับจากภาษีในปี พ.ศ.2570 อยู่ที่ 462,900 ล้านบาท

ในทำนองเดียวกัน พรายพล คุ้มทรัพย์ และคณะ (2557) ได้ทำการศึกษาหาอัตราภาษีสรรพสามิตสำหรับผลิตภัณฑ์น้ำมันที่เหมาะสม โดยใช้หลักเกณฑ์ 3 ประการในการกำหนดฉากทัศน์ (scenario) ต่างๆ ได้แก่ (1) ผลกระทบต่อปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (2) ผลกระทบต่อรายรับภาษีของภาครัฐ และ (3) ผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตของสาขาเศรษฐกิจที่สำคัญ จากการศึกษาพบว่า โครงสร้างภาษีสรรพสามิตน้ำมันที่เหมาะสมที่สุด คือ การจัดเก็บภาษีคาร์บอน เพื่อทดแทนการเก็บภาษีสรรพสามิตน้ำมันที่ใช้อยู่เดิม ด้วยอัตราภาษีใหม่ที่เรียกเก็บเป็นไปตามสัดส่วนของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของเชื้อเพลิงนั้นๆ โดยมีเงื่อนไขที่จะต้องดำรงขนาดของมูลค่ารายรับภาษีสรรพสามิตน้ำมันภายใต้โครงสร้างภาษีเดิมที่ควรจะเก็บได้ในกรณีการเติบโตเศรษฐกิจตามปกติ (อัตราที่ทำให้ได้รายรับภาษีสรรพสามิตจากน้ำมันประมาณ 6,500

[42] มาตรการเก็บภาษีคาร์บอนก่อนข้ามพรมแดน เป็นมาตรการเรียกเก็บภาษีคาร์บอนจากประเทศผู้ส่งออกในกรณีที่สินค้าที่ส่งออกก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมากกว่าที่มีการผลิตในประเทศสหรัฐฯ เว้นเสียว่าประเทศผู้ส่งออกจะมีมาตรการด้านการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนฯ เทียบเท่ากับสหรัฐฯ อย่างไรก็ดีมมาตรการนี้ได้ถูกนำเสนอเป็นกฎหมายเข้าสู่รัฐสภาของสหรัฐฯ แต่ไม่ได้รับความเห็นชอบให้ผ่านเป็นกฎหมาย

พันล้านบาทระหว่าง พ.ศ.2556 – 2583) ซึ่งจะทำให้ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้น้ำมันลดลงในอัตราอย่างน้อยร้อยละ 7 เมื่อเทียบกับกรณีปกติ (business as usual: BAU) ผลการศึกษาพบว่าอัตราภาษีน้ำมันกลุ่มเบนซิน/แก๊สโซฮอล์จะลดลงจากอัตราปัจจุบัน (ณ ปี 2557) อัตราภาษีใหม่สำหรับน้ำมันดีเซลอยู่ระดับใกล้เคียงกับอัตราปัจจุบัน (5.31 บาทต่อลิตร) ส่วนน้ำมันเตา LPG และ NGV จะมีอัตราภาษีเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม นอกจากนี้อัตราภาษีมีแนวโน้มปรับขึ้นตามภาวะเงินเฟ้อ เช่น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ E10 จะถูกเก็บภาษีสรรพสามิตในอัตราใหม่ที่ลิตรละ 4.11 บาทเริ่มในปี พ.ศ.2558 แล้วปรับขึ้นไปทุกปีจนถึงอัตราลิตรละ 6.04 บาทในปี พ.ศ.2583 ซึ่งยังเป็นอัตราที่ต่ำกว่าอัตราลิตรละ 7 บาทซึ่งมีการจัดเก็บอยู่ในปัจจุบัน ส่วนน้ำมันดีเซลจะถูกเก็บภาษีสรรพสามิตในอัตราใหม่ที่ลิตรละ 5.65 บาทเริ่มในปี พ.ศ.2558 แล้วปรับขึ้นไปทุกปีจนถึงอัตราลิตรละ 8.30 บาทในปี พ.ศ.2583

15.1.2 มาตรการตลาดคาร์บอน

การจัดตั้งตลาดคาร์บอนเป็นอีกมาตรการหนึ่งในการกำหนด “ราคา” ในการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีการจัดตั้งตลาดคาร์บอนภาคบังคับ มีแต่เพียงตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ ซึ่งหมายถึง ตลาดคาร์บอนที่ถูกสร้างขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมีกฎหมายที่เกี่ยวกับการควบคุมก๊าซเรือนกระจกมาบังคับ การริเริ่มตั้งตลาดคาร์บอนมักจะเกิดจากความร่วมมือกันของผู้ประกอบการในภาคเอกชน ผู้ที่เข้าร่วมซื้อขายในตลาดคาร์บอนนั้นจะยินดีเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ โดยอาจจะมีการตั้งเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนเองโดยสมัครใจ (voluntary cap-and-trade) แต่ไม่ได้มีผลผูกพันตามกฎหมาย (non-legally binding target) ซึ่งจะซื้อขายผ่านตลาดที่ตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ หรือ เป็นเพียงการซื้อขายในระบบทวิภาคี (over-the-counter) ก็ได้ การตั้งค่าเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ จะเป็นแบบ Bottom-up Approach กล่าวคือ เป้าหมายจะถูกกำหนดโดยภาคเอกชนที่เข้าร่วมโครงการที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซฯ ซึ่งก็คือผู้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั่นเอง ซึ่งย่อมทราบว่าตนเองมีความสามารถในการลดการปล่อยก๊าซลงมากหรือน้อยเพียงใด

เพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดตั้งตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล และคณะ(2554) ได้ทำการศึกษาวิจัยพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในการรองรับระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบสมัครใจในภาคอุตสาหกรรม (Thailand Voluntary Emission Trading Scheme: TVETS) โดยทำการทบทวนการดำเนินงานตลาดภาคสมัครใจของต่างประเทศ รวบรวมข้อมูลการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ระดับธุรกิจ แยกตามสาขาการผลิต ประเมินศักยภาพและต้นทุนในการลดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อกำหนดกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย โดยใช้วิธีการคำนวณเส้นฐาน (Baseline) ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และวิธีการตั้งค่าเป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก (Emission Reduction Targets) สำหรับระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (Voluntary Emission Trading Scheme) ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ISO 14064/14069 และมาตรฐาน GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard ซึ่งเป็นที่ยอมรับในระดับสากล การศึกษาของ ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล และคณะ (2555) ในระยะต่อมาได้เน้นการศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับรูปแบบของตลาดที่เหมาะสมกับประเทศไทยในมิติต่างๆ ในเชิงลึกเพื่อเอาปรับใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรมและได้สรุปข้อเสนอไว้ว่า โครงสร้างเชิงสถาบันที่เหมาะสมควรเป็นโครงสร้างเชิงสถาบันที่มีลักษณะรวมศูนย์กล่าวคือควรมีองค์กรผู้กำกับตลาดในการควบคุมดูแลตลาดเพียงองค์กรเดียว โดยมีคณะกรรมการกำกับนโยบายตลาดภาคสมัครใจที่ประกอบด้วยผู้แทนจากหน่วยงานสำคัญๆ ที่เกี่ยวข้องทำหน้าที่ในการกำหนดและกำกับนโยบายการดำเนินงาน นอกจากนี้การจัดตั้งตลาดคาร์บอนในระดับอุตสาหกรรมโดยอาศัยเพียงปัจจัยด้านความสนใจในการดำนเนินงาน CSR เป็นแรงจูงใจหลักน่าจะเป็นสิ่งที่เป็นไปได้ยาก มีแนวโน้มที่จะมีผู้เข้าร่วมโครงการน้อย ทำให้เป้าหมายในการลดก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างต่ำและมีจำนวนธุรกรรมที่เบาบาง ดังนั้นมาตรการสนับสนุนทางด้านการเงินจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อให้เกิดตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ

นอกจากมาตรการสนับสนุนด้านการเงินแล้ว หากตลาดคาร์บอนของประเทศไทยสามารถเชื่อมโยงกับตลาดคาร์บอนในต่างประเทศได้ ก็จะเป็นการขยายตลาดให้กับผู้ซื้อและผู้ขายใบอนุญาต และเพิ่มจำนวนธุรกรรมในตลาด นิรมล สุธรรมกิจและคณะ (2558) ได้ศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงตลาดคาร์บอนในระดับภูมิภาค ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ยังไม่สามารถเชื่อมโยงตลาดคาร์บอนของไทยกับตลาดคาร์บอนต่างประเทศได้ เนื่องจาก (1) ตลาดคาร์บอนของไทยยังอยู่ในระดับเบื้องต้นเท่านั้น อีกทั้งเป็นเพียงตลาดสมัครใจ และยังเป็นตลาดขนาดเล็ก และ (2) ประเทศไทยมีโครงสร้างพื้นฐาน (นโยบาย/มาตรการที่ไม่ต่อเนื่อง นโยบายของรัฐบาลในด้านต่างๆ ยังไม่สอดรับหรือเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และความตระหนักเรื่องสิ่งแวดล้อมของประชาชนที่อยู่ในระดับต่ำ) และมาตรการสนับสนุนไม่เพียงพอที่จะจูงใจให้เกิดการซื้อขายคาร์บอนในระดับประเทศ

สำหรับโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยจากงานศึกษาของ นิรมล สุธรรมกิจ และคณะ (2558) พบว่าโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทยประกอบด้วย 2 ประเภทใหญ่ คือ หนึ่ง โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด หรือโครงการ CDM ซึ่งปัจจุบันมีโครงการที่ได้รับหนังสือให้คำรับรองโครงการ (Letter of Approval: LoA) แล้ว จากประเทศไทยจำนวน 221 โครงการ (จำแนกประเภทโครงการตาม UNFCCC ออกเป็น 2 ประเภท คือ 1. โครงการประเภททั่วไป จำนวน 214 โครงการ และ 2. โครงการประเภทแผนงาน (PoA) จำนวน 7 โครงการ) (ข้อมูล ณ วันที่ 17 ธันวาคม 2557) และสอง โครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย หรือ โครงการ T-VER ซึ่งปัจจุบันมีได้รับการขึ้นทะเบียนในโครงการ T-VER แล้ว10 โครงการ (ข้อมูล ณ วันที่ 27 ตุลาคม 2557) และ Thailand V-ETS (ประมาณ 10-20 โรงงาน)

ปัจจุบัน ประเทศต่าง ๆ ทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาเริ่มให้ความสนใจจัดตั้งตลาดคาร์บอนภายในประเทศเพื่อเป็นมาตรการในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) (อบก.) จึงได้กำหนดนโยบายการจัดตั้งตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจภายในประเทศขึ้น เพื่อสนับสนุนให้ประเทศไทยมีกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกโดยใช้กลไกตลาดอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้ ภายใต้ตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจของไทย มีทั้งการซื้อขายคาร์บอนเครดิตจากโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (หรือที่เรียกว่า Thailand Voluntary Emission Reduction หรือ T-VER) โดยเริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ตุลาคม พ.ศ.2556 และการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจในระดับพื้นที่อุตสาหกรรม หรือระดับองค์กร หรือ Site-based (หรือที่เรียกว่า Thailand Voluntary Emission Trading หรือ Thai -VETS) ซึ่งมีลักษณะเป็น Cap-and-Trade อย่างสมัครใจ หรือกำหนดเพดานในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับอุตสาหกรรม ซึ่งจะดำเนินการในลำดับถัดไป

องค์ประกอบและเงื่อนไขหลัก ของ T-VER ประกอบด้วย

(ก) ผู้เข้าร่วมตลาด เป็นหน่วยงานหรือองค์กรใดก็ได้
(ข) ประเภทของก๊าซเรือนกระจกที่นำมาคำนวณ ได้แก่ CO_2 CH_4 & N_2O
(ค) ระบบคาร์บอนเครดิต จะพิจารณาในลักษณะของ Project-based กล่าวคือ หนึ่งองค์กรสามารถมีหลายโครงการที่ลดก๊าซเรือนกระจกได้ หรือหนึ่งโรงงานสามารถดำเนินโครงการลดก๊าซฯ ได้หลายโครงการ[43]
(ง) เป้าหมายการลดก๊าซเรือนกระจก ยังไม่มีการกำหนด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสมัครใจของหน่วยงาน / องค์กรเจ้าของโครงการ
(จ) รูปแบบของการดำเนินงานลดก๊าซเรือนกระจก จะอยู่ในลักษณะของ Baseline-and-credit กล่าวคือ เจ้าของโครงการที่เข้าร่วมตลาด จะเป็นผู้กำหนด Baseline ของโครงการ หากโครงการดังกล่าวสามารถลดการปล่อยก๊าซฯได้จริงก็จะได้รับการรับรอง “คาร์บอนเครดิต”
(ฉ) Baseline ที่กำหนดไว้ คือ BAU (business as usual) ของกิจกรรมนั้นๆ
(ช) ขนาดของโครงการ ไม่มีจำกัด และสามารถดำเนินโครงการแบบ Bundled Project ได้
(ซ) ประเภทของโครงการ และระเบียบวิธีการที่ได้รับความเห็นชอบ ได้แก่

1) Energy Efficiency หมายถึง การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และระเบียบวิธีการที่ได้รับความเห็นชอบจากองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) คือ การปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงภายในอาคาร
2) Alternative Energy หมายถึง การพัฒนาพลังงานทางเลือก
3) Renewable Energy หมายถึง การผลิตพลังงานหมุนเวียน และระเบียบวิธีการที่ได้รับความเห็นชอบ คือ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อทดแทนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งหรือจำหน่ายพลังงานไฟฟ้าเข้าสู่ระบบสายส่ง และการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนเพื่อใช้เองหรือใช้ในชุมชน และไม่เชื่อมต่อกับระบบสายส่ง
4) Transportation หมายถึง การจัดการในภาคการขนส่ง

[43] ระบบ Project-based แตกต่างจากระบบ Organization-based ตรงที่ ระบบ Organization-based เป็นการควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรหรือการควบคุมก๊าซเรือนกระจกของผู้ประกอบการ/บริษัท

5) Waste Management หมายถึง การจัดการขยะมูลฝอย สิ่งปฏิกูล และวัสดุเหลือใช้ และระเบียบวิธีการที่ได้รับความเห็นชอบ คือ การกักเก็บก๊าซมีเทนจากการบำบัดน้ำเสียแบบไร้อากาศเพื่อนำไปใช้ประโยชน์หรือเผาทำลาย
6) Forestation and Green area หมายถึง ป่าไม้และพื้นที่สีเขียว และระเบียบวิธีการ ที่ได้รับความเห็นชอบ คือ การปลูกป่าอย่างยั่งยืน
7) Agriculture หมายถึง การเกษตร และระเบียบวิธีการ ที่ได้รับความเห็นชอบ คือ การใช้ปุ๋ยอย่างถูกวิธีในพื้นที่การเกษตร
8) อื่นๆ ตามที่ อบก. กำหนด (ในอนาคต)

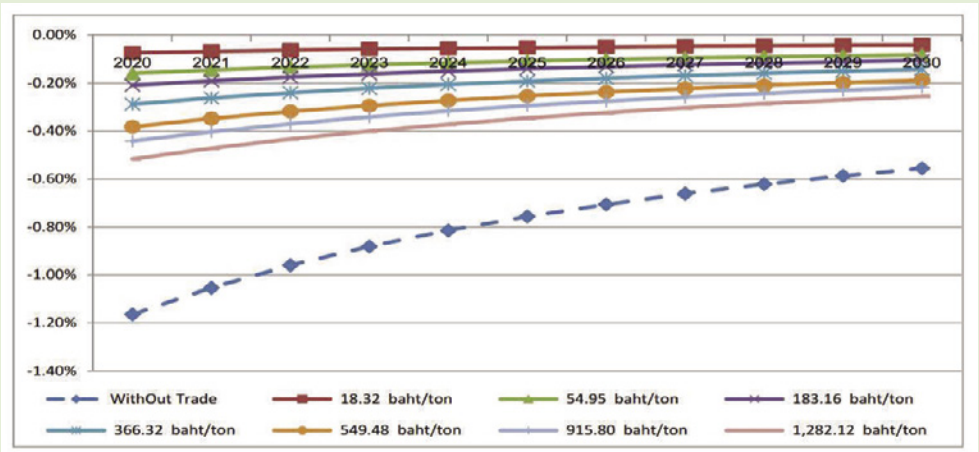
(ฌ) ระบบการจัดทำรายงาน ตรวจวัด และทวนสอบ (measurement, report, & verification: MRV) ใช้ระบบ ISO14064-2 ISO14064-3 ISO14065 เป็นหลัก
(ญ) ระยะเวลาของการคำนวณคาร์บอนเครดิต ของโครงการทั่วไป คือ 7 ปี และของโครงการป่าไม้ คือ 20 ปี[44]
(ฎ) การพิสูจน์ผลประโยชน์ร่วม (co-benefit) ของโครงการลดก๊าซฯ จะต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์และแนวทางการพิจารณาผลประโยชน์ร่วม (co-benefits) และจัดทำรายงานการประเมินตามรูปแบบที่ อบก. กำหนด
(ฏ) การดำเนินงานเพิ่มเติมจากธุรกรรมปกติ (additionality) ของโครงการลดก๊าซฯ จะยึดหลักเกณฑ์ Payback Period จะต้องไม่น้อยกว่า 3 ปี (สำหรับโครงการขนาดใหญ่)

คำถามที่น่าสนใจคือ ระดับราคาคาร์บอนเครดิตที่เหมาะสมกับประเทศไทย มีค่าอยู่ที่เท่าใด นิรมล สุธรรมกิจ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาเรื่องดังกล่าว โดยใช้การเก็บข้อมูลแบบสอบถามและสัมภาษณ์เชิงลึกกับผู้ดำเนินโครงการหรือกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในประเทศไทย (จำนวน 27 ราย) และพบว่าราคาคาร์บอนเครดิตที่เสนอขายจะแตกต่างกันตามประเภทของโครงการหรือกิจกรรมการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เนื่องด้วยต้นทุนโครงการทั้งหมด หรือ ต้นทุนวัตถุดิบ หรือ ต้นทุนการบริหารโครงการ มีความแตกต่างกัน โดยต้นทุนบริหารจัดการด้านคาร์บอนเครดิต (operating & management) ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายเพื่อขึ้นทะเบียนโครงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Registration Cost) และค่าใช้จ่ายเพื่อรับรองคาร์บอนเครดิต (Issuance Cost) อยู่ระหว่าง 10 – 15 บาทต่อตันคาร์บอน (สำหรับโครงการประเภทก๊าซชีวภาพและลมร้อนทิ้ง) ส่วนต้นทุนสุทธิในการดำเนินโครงการ (Cost – Revenue จากการดำเนินโครงการ) อยู่ระหว่าง 190 – 1,390 บาทต่อตันคาร์บอน จากการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างเสนอว่า เกณฑ์ในการตั้งราคาขายคาร์บอนเครดิต ควรจะสูงกว่าต้นทุนการออกคาร์บอนเครดิตและต้นทุนการขายคาร์บอนเครดิต (Registration Cost + Issuance Cost + Trading Cost) และหรือ สูงกว่าต้นทุนโครงการทั้งหมด (Project Cost) หากพิจารณาจากเกณฑ์ในการตั้งราคาขายคาร์บอนเครดิตของกลุ่มตัวอย่าง อาจจะกล่าวได้ว่า ราคาคาร์บอนเครดิตจะต้องสูงกว่า 10 บาทต่อตันคาร์บอน (กรณีใช้เกณฑ์ Operation and Management: OM) หรือจะต้องสูงกว่า190 บาทต่อตันคาร์บอน (สำหรับใช้เกณฑ์ Net Cost) ผู้ขายคาร์บอนเครดิตไทยมีโอกาสที่จะเชื่อมโยงกับตลาดคาร์บอนในต่างประเทศ เนื่องด้วยราคาเสนอขายอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ราคาคาร์บอนในตลาดต่างประเทศ (90 – 320 บาทต่อตันคาร์บอน ในตลาดภาคสมัครใจ หรืออยู่ในช่วง 130 – 1,200 บทต่อตันคาร์บอน ในตลาดภาคบังคับ) อย่างไรก็ดี โอกาสที่จะขายคาร์บอนเครดิตได้นั้น อาจจะยาก เนื่องจากข้อจำกัดด้านกฎระเบียบของประเทศผู้ซื้อคาร์บอนเครดิต ที่อนุญาตให้ซื้อ International Carbon Offset ได้ในปริมาณที่น้อย และต้องซื้อจากตลาดภาคบังคับ หรือคาร์บอนเครดิตตามพิธีสารเกียวโตเท่านั้น

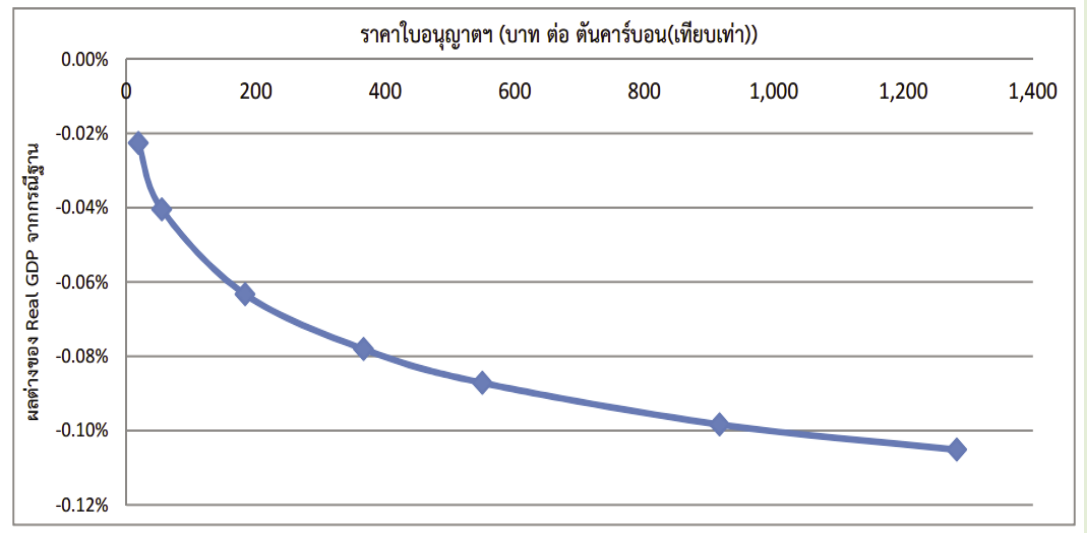
หากมีการจัดตั้งตลาดคาร์บอนภาคบังคับขึ้นในประเทศไทย ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจในภาพรวม ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ และกิตติ ลิ่มสกุล (2558) ได้ใช้แบบจำลองดุลยภาพทั่วไปในการวิเคราะผลกระทบทางเศรษฐกิจจากตลาดคาร์บอนภาคบังคับในภาคการผลิต 4 ภาค ได้แก่ ภาคการผลิตอาหารแปรรูป ภาคการผลิตที่ใช้ไม่ใช่แร่เหล็ก (Non-Metal) ภาคปิโตรเคมี และภาคการผลิตเหล็ก โดยใช้หลักการจัดสรรโควต้าจากฐานการปล่อยในอดีต (grandfathering) โดยแต่ละสาขาถูกกำหนดให้ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกร้อยละ 1 จากกรณีฐาน และแต่ละสาขาจะซื้อสิทธิในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก สาขาการผลิตไฟฟ้า ทั้งนี้การเลือกสาขาการผลิตไฟฟ้าเป็นผู้ขายสิทธิ (หรือใบอนุญาต) ในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเนื่องจากสาขาการผลิตไฟฟ้ามีปริมาณการปล่อยก๊าซฯ ในประมาณมากซึ่งทำให้เกิดปริมาณใบอนุญาตฯ ที่สามารถรองรับปริมาณความต้องการใน

[44] โดยเริ่มนับตั้งแต่วันที่ยื่นเอกสารขอขึ้นทะเบียนโครงการครบถ้วนตามที่อบก.กำหนด หรือ สามารถนับย้อนหลังจากวันที่ ยื่นเอกสารขอขึ้นทะเบียนโครงการครบถ้วนตามที่อบก.กำหนด ไม่เกิน 1 ปี

การซื้อสิทธิ จากทั้ง 4 สาขาที่ถูกกำหนดให้ลดการปล่อยก๊าซฯ ได้ นอกจากนี้ผลจากการประมาณ สาขาการผลิตไฟฟ้ามีมูลค่าต้นทุนในการลดการปล่อยก๊าซฯ ต่อตันที่ต่ำกว่าทั้ง 4 สาขาการผลิต โดยปีที่เริ่มให้มีการซื้อขายสิทธิคือปี ค.ศ.2020 ถึง 2030 ผลการประมาณการผลกระทบโดยใช้แบบจำลองดุลยภาพทั่วไปเชิงพลวัต แสดงให้เห็นถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับระบบเศรษฐกิจไทย โดยพิจารณาเปรียบเทียบกรณีการซื้อขายใบอนุญาตฯ ที่ราคาต่างๆ กันเปรียบเทียบกับกรณีซึ่งไม่มีการจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กรณีฐาน) และกรณีที่มีการจำกัดการปล่อยก๊าซฯ แต่ไม่อนุญาตให้ซื้อขาย (without trade) ทั้งนี้การจำกัดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยไม่อนุญาตให้มีการซื้อขายสิทธิฯ หรือซื้อขายใบอนุญาตฯ จะส่งผลกระทบต่อสวัสดิการของครัวเรือนสูงสุด (ดูรูปที่ 15.1) เพราะเป็นเสมือนการจำกัดให้ผู้ผลิตในทั้ง 4 สาขาลดการผลิตลง ทำให้ภาคการผลิตหรืออุปทานโดยรวมลดลง และส่งผลทำให้มูลค่าการจ้างงานโดยรวมลดลง ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริงดังรูปที่ 15.2 ที่ชี้ให้เห็นว่าการซื้อขายใบอนุญาตฯ ในปี 2020 จะทำให้ผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริงลดลงไม่มากนักเมื่อเทียบกับกรณีที่ไม่มีตลาดซื้อขาย โดยผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริงจะลดลงอยู่ในช่วง 0.02% ถึง 0.10%



รูปที่ 15.1 ผลกระทบของการซื้อขายใบอนุญาตฯ ต่อมูลค่าของสวัสดิการของครัวเรือนโดยรวม (Welfare) (เปรียบเทียบกับกรณีฐาน) ในช่วงปี ค.ศ.2020 – 2030 ณ ระดับราคาต่างๆ กันของใบอนุญาตฯ
(ที่มา: ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ และ กิตติ ลิ่มสกุล, 2558)



รูปที่ 15.2 ผลกระทบต่อมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมที่แท้จริง (Real GDP) เปรียบเทียบค่ากรณีฐานในปี ค.ศ.2020 ณ ระดับราคาใบอนุญาตในการปล่อยก๊าซฯ ต่างๆ
(ที่มา: ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ และ กิตติ ลิ่มสกุล, 2558)

15.2 มาตรการควบคุมและลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอน

สำหรับประเทศไทยนั้นยังไม่มีกฎหมายในการควบคุมปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยตรง อย่างไรก็ดี ประเทศไทยได้มีการดำเนินการในการจำกัดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนทางอ้อมในรูปแบบของระบบบริหารจัดการด้านความต้องการ (Demand Side Management, DSM) โดยพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 และแก้ไขเพิ่มเติมโดยฉบับที่ 2 ปี พ.ศ.2550 กำหนดให้กระทรวงพลังงาน มีอำนาจออกกฎกระทรวง ในการกำหนดมาตรฐานด้านประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง หรือ High Energy Performance Standard (HEPs) นอกจากนี้คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) มอบหมายให้สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) จัดทำมาตรฐานเพื่อใช้เป็นเกณฑ์กำหนดให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้าที่จำหน่ายในประเทศใช้เป็นแนวทางในการควบคุมประสิทธิภาพการใช้พลังงานขั้นต่ำของอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า หรือ Minimum Energy Performance Standard (MEPs) ปัจจุบันทั้ง 2 มาตรฐานนำมาบังคับใช้แล้วดังนี้ (1) มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง (HEPs) กระทรวงพลังงานประกาศเป็นกฎกระทรวง เมื่อปี 2552 โดยกำหนดผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์พลังงาน โดยผู้ผลิต ผู้นำเข้า และจัดจำหน่ายมีสิทธิขอรับการส่งเสริมและช่วยเหลือจากกองทุนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งนี้กระทรวงพลังงานได้มอบหมายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ดำเนินการในการติดฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 สำหรับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น เครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น พัดลม หม้อหุงข้าว เป็นต้น และได้ติดฉลากเพิ่มเติมจนถึงปัจจุบันประมาณ 22 รายการ ส่วนที่ไม่ใช่อุปกรณ์ไฟฟ้ากระทรวงพลังงานได้มอบหมายให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เป็นผู้ดำเนินการ (2) มาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ (MEPs) ปัจจุบัน สมอ.ได้ประกาศบังคับให้สินค้า ต้องมีมอก. มาตรฐานขั้นต่ำ (MEPs) รวม 2 ผลิตภัณฑ์คือ - เครื่องปรับอากาศ ขนาดไม่เกิน 12,000 วัตต์ (40,944 บีทียูต่อชั่วโมง) ตาม มอก. 2134-2545 ตู้เย็นสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัย (ชนิด 1 และ 2 ประตู) ตาม มอก.2186-2547 หากทั้ง 2 ผลิตภัณฑ์ไม่ผ่านการรับรองตาม มอก.ดังกล่าว จะไม่สามารถผลิตหรือนำเข้าเพื่อจำหน่ายในประเทศไทยได้ MEPs จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่หน่วยงานภาครัฐนำมาบังคับไม่ให้มีสินค้า

ที่มีประสิทธิภาพต่ำ สิ้นเปลืองพลังงานมาวางจำหน่ายในประเทศ ส่วนมาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานขั้นสูง (HEPs) จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการแข่งขันในการผลิต จำหน่ายสินค้าประสิทธิภาพสูง เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคนำไปสู่การประหยัดพลังงานโดยรวมของประเทศเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อน

กฟผ. ได้ทำการประมาณการณ์ด้านวิศวกรรม ถึงผลกระทบของ DSM อยู่เป็นประจำทุกเดือน โดยเฉพาะช่วงเดือนมกราคม ถึงมิถุนายน พ.ศ.2559 นี้ โครงการ DSM สามารถลดการใช้พลังงานลง 91.20 MW และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลง 353,686 ตัน และนับจากเริ่มโครงการ DSM มาจนถึงเดือนมิถุนายน 2559 สามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ 4,094 MW และลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลงไปแล้ว 14,050,365.8 ตัน (Electricity Generating Authority of Thailand, 2016)

พ.ร.บ. ดังกล่าวยังได้บังคับให้โรงงานและอาคารควบคุมจะต้อง (1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีคุณสมบัติและจำนวนตามที่กำหนดในกฎกระทรวงประจำโรงงานควบคุม (2) ดำเนินการจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการการจัดการพลังงานที่กำหนดในกฎกระทรวง และ (3) ส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ภายในเดือนมีนาคมของทุกปีโดยต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองจากผู้ตรวจสอบพลังงานที่ได้รับใบอนุญาตจาก พพ.

นอกจากนี้ พพ. ได้ออกกฎกระทรวงกำหนดประเภทหรือขนาดของอาคารและมาตรฐานหลักเกณฑ์ วิธีในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2552 ซึ่งมีผลบังคับใช้กับอาคารที่จะขออนุญาตก่อสร้างใหม่หรือดัดแปลง ที่มีพื้นที่ตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ประกอบด้วยอาคาร 9 ประเภท ได้แก่ (1) อาคารสำนักงาน (2) สถานศึกษา (3) โรงมโหรสพ (4) ห้างสรรพสินค้า (5) อาคารชุมนุมคน (6) อาคารสถานบริการ (7) สถานพยาบาล (8) อาคารชุด และ (9) โรงแรม ให้มีการออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ดียังไม่มีงานศึกษาวิจัยที่ประเมินผลกระทบต่อการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกฎกระทรวงดังกล่าว

อีกมาตรการหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกคือความพยายามในการขับเคลื่อนให้เกิดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับท้องถิ่นเพื่อนำไปสู่สังคมคาร์บอนต่ำ (low carbon society) ซึ่งองค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ได้ร่วมกับสมาคมสันนิบาตเทศบาลแห่งประเทศไทย ดำเนินการขับเคลื่อนกิจกรรมส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นให้สามารถคำนวณและบริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนอย่างมีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ผ่านโครงการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองลดคาร์บอนทั้งในระดับองค์กรและระดับเมือง อีกทั้ง ยังร่วมกันจัดให้มี “โครงการประกวดเทศบาลไทย ใส่ใจลดโลกร้อน” ขึ้น เพื่อกระตุ้นให้กลุ่มองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เคยเข้าร่วมโครงการฯ ดำเนินการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องผลลัพธ์ของโครงการดังกล่าว ทำให้ได้แนวทางการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมต่างๆ ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและชุมชนในท้องถิ่น ตลอดจนตัวชี้วัดและเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ นอกจากนี้ ยังช่วยส่งเสริมให้เทศบาลนำร่องจำนวน 27 องค์กร (ปี 2554 จำนวน 4 องค์กร และปี 2555 จำนวน 23 องค์กร) ดำเนินการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์และจัดทำกิจกรรมลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพื่อลดขนาดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของเทศบาลลง โดยมุ่งเน้นให้เกิดกระบวนการทวนสอบที่เป็นไปตามมาตรฐานสากล ทั้งนี้ ในปี 2555 ผลการคำนวนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในภาพรวมของเทศบาลทั้ง 23 องค์กร พบว่า มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 787,293.83 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี โดยมีค่าเฉลี่ยของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของเทศบาล 34,230.17 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปีต่อเทศบาล นอกจากนี้ เทศบาลที่เข้าร่วมโครงการได้มีการจัดทำแผนโครงการ/กิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 60 โครงการ หากสามารถดำเนินการได้ตามแผนโครงการ/กิจกรรมที่เสนอไว้เบื้องต้น จะสามารถลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกได้รวมทั้งสิ้น 73,852.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี

ในปีงบประมาณ 2557 อบก. ได้ร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการขยายผลการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์โดยยกระดับจากขอบเขตความรับผิดชอบระดับองค์กรเป็นระดับเมือง เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนไปสู่การบริหารจัดการเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกเพื่องมุ่งสู่การเป็นเมืองลดคาร์บอนอย่างสมบูรณ์ โดยเริ่มดำเนินกิจกรรมนำร่องใน 3 เทศบาล จากความสำเร็จดังกล่าวและเพื่อให้เกิดการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง ในปีงบประมาณ 2558 อบก. ได้จัดทำ โครงการขยายผลการส่งเสริมการจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น เพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองลดคาร์บอน ปีที่ 4 ขึ้น เพื่อให้มีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์เพิ่มขึ้นอีก 29 แห่ง พบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในภาพรวมโดยเฉลี่ยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่เข้าร่วมโครงการฯ ทั้ง 29 แห่ง (ในปีฐาน 2557) รวมทั้งสิ้น 861,203 ตันคาร์บอนไดออกไซด์

เทียบเท่า และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสำหรับพื้นที่สีเขียวที่อยู่ภายใต้การควบคุมดูแลของเทศบาลทั้ง 29 แห่ง 4,150.73 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ เทศบาลทั้ง 29 แห่ง ได้จัดทำแนวทางลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกขององค์กรตามผลการวิเคราะห์แหล่งการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ ขององค์กร และดำเนินโครงการ/กิจกรรมการลดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกรวมทั้งสิ้น 35 โครงการ/กิจกรรม แบ่งเป็น โครงการประเภทลดการใช้ไฟฟ้าจำนวน 6 โครงการ โครงการประเภทลดการใช้เชื้อเพลิงจำนวน 4 โครงการ โครงการประเภทจัดการขยะจำนวน 21 โครงการ โครงการลดการใช้ทรัพยากร (น้ำประปา) จำนวน 1 โครงการ และโครงการด้านการอนุรักษ์ป่าและปลูกต้นไม้ จำนวน 3 โครงการ ซึ่งผลการดำเนินโครงการ/กิจกรรมดังกล่าว สามารถลดการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกได้ 5,230.657 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และส่งเสริมให้มีการจัดทำรายงานก๊าซเรือนกระจกในระดับเมืองอีก 16 แห่ง



รูปที่ 15.3 คาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจากโครงการต่างๆ ในปีงบประมาณ 2558
(ที่มา: องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก)

นอกจากนี้เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานเพื่อมุ่งสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำ อบก. ได้จัดทำแนวทางในการประเมินปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากกิจกรรมทั้งหมดขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (Carbon Footprint for Organization: CFO) เพื่อใช้ในการเผยแพร่ และให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเกิดความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ได้จริง ซึ่งจะเป็นการเสริมสร้างศักยภาพให้องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถบริหารจัดการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของตนอย่างมีประสิทธิภาพ และก้าวไปสู่การเป็นเมืองคาร์บอนต่ำได้ และได้จัดทำคู่มือการจัดทำข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง (City Carbon Footprint: CCF) ซึ่งเป็นวิธีการในการแสดงข้อมูลปริมาณก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในเมือง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินการปล่อยและดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ตามขอบเขตการปกครองของเมืองที่มีอาณาเขตตามภูมิศาสตร์ทางการเมือง (Geopolitical boundary) ซึ่งอยู่ภายใต้โครงการจัดทำข้อมูลปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกระดับเมือง เพื่อสนับสนุนการพัฒนาสู่เมืองคาร์บอนต่ำ โดยมีเนื้อหาครอบคลุมทั้งการกำหนดขอบเขตการจัดทำข้อมูล

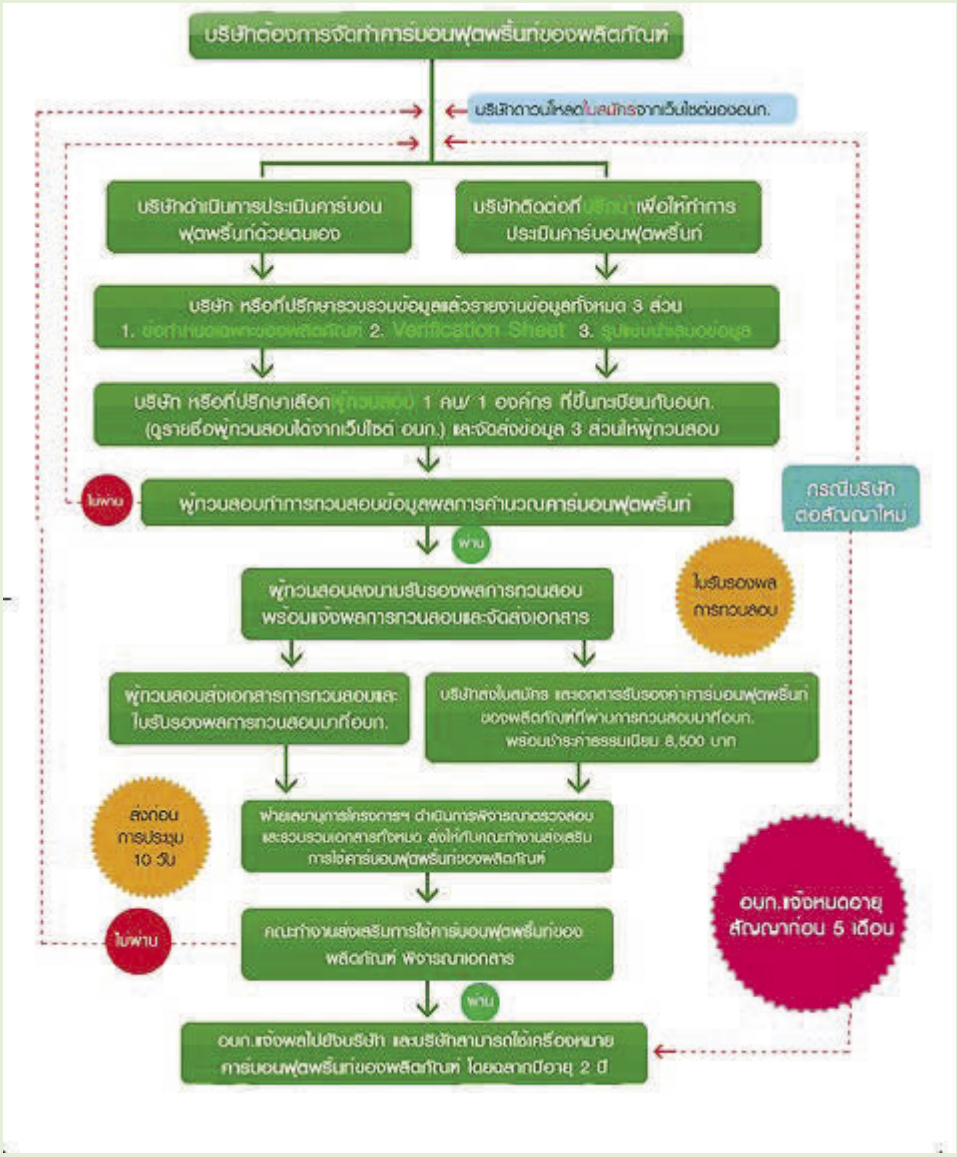
ก๊าซเรือนกระจกในระดับเมือง การจัดทำข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ใช้ในการประเมินการปล่อยและการดูดกลับก๊าซเรือนกระจก การจัดการคุณภาพของข้อมูลให้ถูกต้อง รวมถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการจัดทำข้อมูล ทั้งนี้เพื่อให้ผู้นำไปใช้งาน อาทิ เจ้าหน้าที่ในเขตเมือง หรือเจ้าหน้าที่ในเขตการปกครองพิเศษ สามารถประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อย่างถูกต้องและครอบคลุมทุกกิจกรรมที่เมืองดำเนินการอยู่

15.3 มาตรการในการให้ข้อมูลเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้า

นอกจากมาตรการด้านราคาและปริมาณแล้ว ยังมีมาตรการที่เป็นการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคสามารถเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้ มาตรการที่สำคัญคือ ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นต์ ซึ่งแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยพิจารณาตลอดวัฏจักรชีวิต ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การจัดจำหน่าย การใช้งาน และการจัดการของเสียหลังจาก การใช้งาน โดยใช้หลักการแนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment: LCA) โดยจะมีการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์บนผลิตภัณฑ์ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าเทียบเท่ากับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยในปี พ.ศ.2556 การทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานสากล ISO 14067 โดยจุดเริ่มต้นของฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เกิดจากความพยายามในการขับเคลื่อนมาตรการภายใต้อนุสัญญาการรายงานปริมาณก๊าซเรือนกระจกของประชาคมยุโรป โดยคณะกรรมาธิการยุโรปได้ออกระเบียบการติดฉลากสิ่งแวดล้อมบนผลิตภัณฑ์ (Eco-label) ซึ่งเป็นโครงการโดยสมัครใจ

หน่วยงานหลักที่ทำหน้าที่ดูแลเกี่ยวกับฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศไทย คือ องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน) หรือ อบก. ในฐานะหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชนในการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก เป็นหน่วยงานหลักในการขึ้นทะเบียนคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย

รูปที่ 15.4 แสดงขั้นตอนการพิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของ อบก. โดย อบก.ทำหน้าที่ในการขึ้นทะเบียนผู้ทวนสอบการคำนวณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ และขึ้นทะเบียนรับรองการใช้ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เป็นหลัก โดยบริษัทที่ขึ้นทะเบียนรับรองกับ อบก. สามารถใช้ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในประเทศไทยได้ ตามรูปที่ 14.5 ซึ่งแสดงฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก.



รูปที่ 15.4 ขั้นตอนการพิจารณาคาร์บอนฟุตพริ้นท์ผลิตภัณฑ์ของ อบก.
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน))

การดำเนินงานคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2552 เป็นต้นมา มีผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการอนุมัติให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์แล้วจำนวน 1,705 ผลิตภัณฑ์ จาก 396 บริษัท ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ยังอยู่ในระหว่างการอนุญาตให้ใช้เครื่องหมายคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ ณ วันที่ 18 พฤศจิกายน พ.ศ.2558 มีทั้งสิ้น 718 ผลิตภัณฑ์ จาก 216 บริษัท

ปัจจุบัน อบก. มีการส่งเสริมให้ผู้ประกอบการติดฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ

(1) ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ (Carbon Footprint of Products) เป็นการแสดงข้อมูลค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ และ

(2) ฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือที่เรียกว่า Carbon Footprint Reduction ซึ่งเป็นฉลากที่แสดงการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยสินค้าหรือบริการ เพื่อเป็นข้อมูลอย่างง่ายสำหรับผู้บริโภคประกอบการตัดสินใจ

เลือกซื้อสินค้า ซึ่งมีรูปแบบการคำนวณที่แตกต่างกับฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์เนื่องจากมีการลักษณะที่ต้องการให้เกิดการติดตามความก้าวหน้าในการลดคาร์บอนของผลิตภัณฑ์ด้วย ทำให้วิธีการคำนวณเพื่อติดฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์มีการคำนวณที่แตกต่างจากเดิมใน 3 ส่วน

1) จะมีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีปัจจุบัน
2) ประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีฐาน (Base Year)
3) เปรียบเทียบคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ในปีปัจจุบันกับปีฐาน

นอกจากนี้ เกณฑ์การอนุมัติฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก. ผู้ประกอบการที่ขอขึ้นทะเบียนจะต้องผ่านเกณฑ์ข้อใดข้อหนึ่ง คือ

1) ต้องสามารถลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 จากปีฐาน
2) ค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์จะต้องไม่สูงกว่า หรือเทียบเท่า Benchmark ของแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์

ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์
(Carbon Footprint of Products):



ฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์
(Carbon Footprint Reduction):



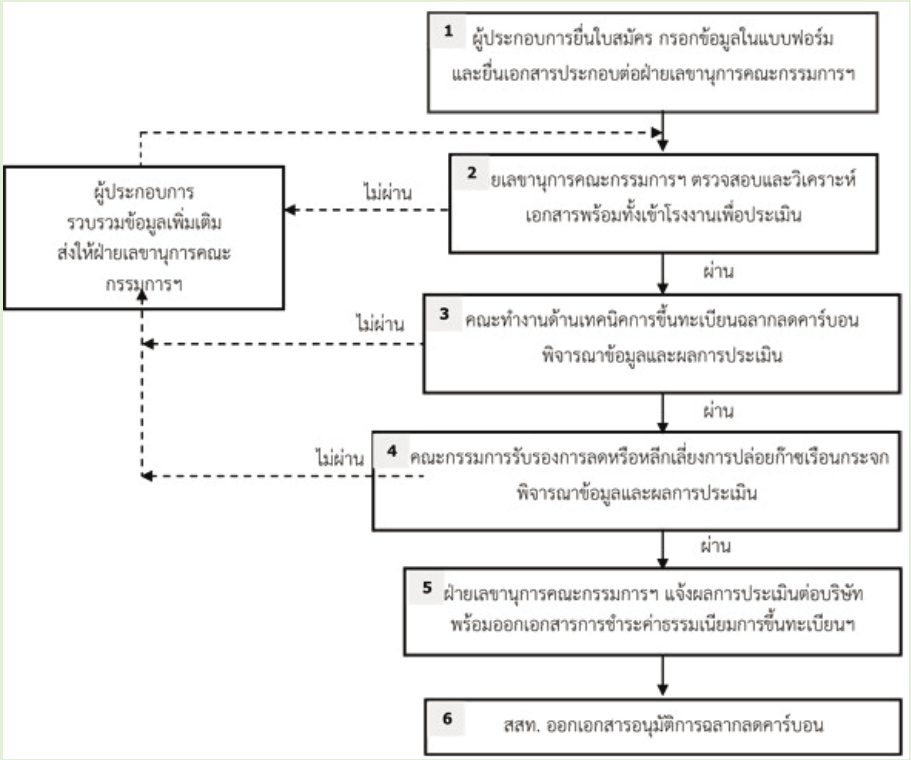
รูปที่ 15.5 ฉลากคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์และฉลากการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของ อบก.
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน))

นอกจากนี้ ยังมีการส่งเสริมการติดฉลากลดคาร์บอน หรือที่เรียกว่า Carbon Reduction Label ของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) (ดูรูปที่ 15.6) โดยมีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อส่งเสริมให้สินค้าที่มีขายในท้องตลาดแจ้งให้ผู้บริโภคทราบถึงการมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการได้มาซึ่งสินค้าหรือบริการแต่ละประเภท (2) เพื่อให้กลไกการตลาดเป็นตัวผลักดันให้ผู้บริโภคและผู้ผลิตใส่ใจในเรื่องการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งจะนำไปสู่การลดก๊าซเรือนกระจกโดยรวมของประเทศ (3) เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของประชาคมโลกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ปัจจุบันมีผู้ประกอบการมาขึ้นทะเบียนกับ สสท. จำนวนทั้งสิ้น 147 ผลิตภัณฑ์ จาก 39 บริษัท (ข้อมูล ณ มิถุนายน 2558) ทั้งนี้ หลักเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนฉลาก Carbon Reduction Label มีอยู่ด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ (1) พิจารณาจากกระบวนการผลิต (2) พิจารณาจากประเภทผู้รับจ้างผลิต (Original Equipment Manufacturer: OEM) เพื่อส่งมอบให้กับผู้ว่าจ้างผลิต และ (3) พิจารณาจากกระบวนการในวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการขึ้นทะเบียนทั้ง 3 ลักษณะจะเน้นไปที่การตรวจค่าคาร์บอนจากกระบวนการผลิตเป็นสำคัญ สำหรับขั้นตอนการพิจารณา Carbon Reduction Label ของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทยแสดงไว้ในรูปที่ 15.7



รูปที่ 15.6
ฉลากลดคาร์บอน
ของสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย

ที่มา
องค์การบริหารจัดการ
ก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)



รูปที่ 15.7 ขั้นตอนการพิจารณา Carbon Reduction Label ของ สสท.
(ที่มา: องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน))

15.4 มาตรการสนับสนุนการปลูกป่า

ภาคป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการกักเก็บและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มาตรการจูงใจในการเพิ่มพื้นที่ป่าจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตรจึงได้มีการดำเนินงานโครงการ ธนาคารต้นไม้ ธ.ก.ส. ซึ่งมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนเกษตรกรจากผู้กู้เป็นผู้ฝาก และเปลี่ยนจากผู้ฝากเป็นเจ้าของธนาคาร เปลี่ยนแนวคิดเรื่องของหลักทรัพย์โดยให้เกษตรกรสามารถใช้ต้นไม้เป็นหลักทรัพย์และหลักประกันได้ เพราะต้นไม้มีการเจริญเติบโตและมีการเพิ่มปริมาณเนื้อไม้ซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของมูลค่าสินทรัพย์ เงินฝาก หรือดอกเบี้ย ที่สำคัญการปลูกต้นไม้ยังก่อให้เกิดคุณประโยชน์ต่อระบบนิเวศน์อีกด้วย โครงการธนาคารต้นไม้จึงได้ถือกำเนิดขึ้นในปีพ.ศ.2549 และต่อมาได้รับการยกระดับและและผลักดันขึ้นเป็นวาระแห่งชาติที่ว่าด้วยการปลูกต้นไม้ใช้หนี้ โดยผลการดำเนินงานโครงการธนาคารต้นไม้เมื่อวันที่ 31 มีนาคม พ.ศ.2558 พบว่า สมาชิกในโครงการธนาคารต้นไม้ได้ดำเนินการจัดตั้งธนาคารต้นไม้ทั่วประเทศจำนวน 5,608 ชุมชน มีสมาชิกเข้าร่วมโครงการ 90,188 ราย ได้ดำเนินการปลูกต้นไม้นำฝากธนาคารต้นไม้แล้ว 9,271,625 ต้น อยู่ระหว่างการตรวจสอบและประเมินมูลค่าต้นไม้ จับพิกัด GPS และจัดทำแผนที่ GIS (โฉนดต้นไม้) โดยภายในปี พ.ศ.2563 มีเป้าหมายว่าจะขยายเป็น 20,000 ชุมชน โดยมีสมาชิก 1 ล้านครัวเรือน ปลูกต้นไม้ 1,000 ล้านต้น มูลค่าต้นไม้ 1 ล้านล้านบาท (1,000 บาท/ต้น) และต้นไม้ที่ปลูกยังสามารถสร้างหลักประกันหนี้เงินกู้ถึง 5 แสนล้านบาท (50% ของมูลค่า ต้นไม้)

อีกแนวทางหนึ่งในการระดมทุนจากภาคเอกชนเพื่อนำมาใช้ในการปกป้องและบริหารจัดการป่าไม้ของประเทศ ก็คือ พันธบัตรป่าไม้ ซึ่งมีการดำเนินการมาแล้วในต่างประเทศ สำหรับประเทศไทย อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา (2555) ได้ทำการศึกษารูปแบบและการดำเนินการของพันธบัตรป่าไม้สำหรับประเทศไทย จากการศึกษาพบว่า ประมาณการมูลค่าผลตอบแทนทางการเงินของป่าไม้ ตลอดอายุพันธบัตร 30 ปี โดยเพิ่มพื้นที่ป่าปลูก 20 ล้านไร่ มีต้นทุนในการปลูกป่าและทำไม้ประมาณ 1.5 แสนล้านบาท และจะมีรายรับจากระบบนิเวศป่าที่ดีขึ้น เช่น รายได้จากเนื้อไม้ รายได้จาการขายคาร์บอนเครดิตในภาคป่าไม้ การเก็บค่าน้ำจากผู้ใช้น้ำรายใหญ่ และรายได้จากการให้สัปทานทำการท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์ และอาจจะต้องนำเงินงบประมาณของรัฐมาสนับสนุน เป็นต้น ประมาณ 4.6 แสนล้านบาท ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุนสามารถนำผลกำไรไปจ่ายเป็นผลตอบแทนของผู้ซื้อพันธบัตรได้

เอกสารอ้างอิง

1. ชยันต์ ตันติวัสดาการ และคณะ 2552. โครงการศึกษาการใช้ค่าธรรมเนียมคาร์บอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงานและจัดการมลพิษทางอากาศ. สำนักประสานงานชุดโครงการวิจัยเชิงนโยบายพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี: กรุงเทพมหานคร.
2. ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล และคณะ 2554. โครงการพัฒนาตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจในระดับอุตสาหกรรมระยะที่ 2. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก: กรุงเทพมหานคร.
3. ชโลทร แก่นสันติสุขมงคล และคณะ 2555. โครงการพัฒนาตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจระยะที่ 3. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): กรุงเทพ มหานคร.
4. ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ และกิตติ ลิ่มสกุล 2558. โครงการศึกษาผลกระทบของระบบการซื้อขายใบอนุญาตปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อระบบเศรษฐกิจไทย. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก: กรุงเทพมหานคร.
5. ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร 2558. ธนาคารต้นไม้ พอเพียง มั่งคั่ง ยั่งยืน. กรุงเทพมหานคร
6. นิรมล สุธรรมกิจ และอนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์ 2556. โครงการเก็บภาษีคาร์บอน เครื่องมือลดโลกร้อน. สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา: กรุงเทพมหานคร.
7. นิรมล สุธรรมกิจ และคณะ 2558. โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการเชื่อมโยงตลาดคาร์บอนระหว่างประเทศ. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน): กรุงเทพมหานคร.
8. นิรมล สุธรรมกิจ และคณะ 2558. โครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนาตลาดคาร์บอนระหว่างประเทศและการกำหนดมูลค่าคาร์บอนเพื่อนำไปสู่มาตรการลดก๊าซเรือนกระจก. องค์การบริหารก๊าซเรือนกระจก: กรุงเทพมหานคร.
9. พรายพล คุ้มทรัพย์ และคณะ 2557. โครงการศึกษานโยบายภาษีกับทิศทางพลังงาน. กรมสรรพสามิต: กรุงเทพมหานคร.
10. อดิศร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา 2555. โครงการแนวทางการศึกษารูปแบบและการดำเนินการของพันธบัตรป่าไม้สำหรับประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย: กรุงเทพมหานคร
11. อนันต์ วัฒนกุลจรัส และกฤติยาพร วงษา 2553. การใช้ภาษีคาร์บอน ในการควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และผลกระทบต่อเศรษฐกิจไทย. สถาบันอุดมศึกษาไทยเพื่อการพัฒนานโยบายสาธารณะที่ดี: กรุงเทพมหานคร.
12. Electricity Generating Authority of Thailand (2016). Engineering Estimate of DSM Program Impacts. 30th June 2016. Demand Side Management Office. (Online). Available at: http://www.dsm.egat.co.th/file/achieved%20to%20date06(2016).pdf

อภิธานศัพท์

ศัพท์	ศัพท์บัญญัติ	ที่มา
aerosol	ละอองลอย	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
annual rainy days	จำนวนวันฝนตกรวมรายปี	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
anthropogenic activity	กิจกรรมของมนุษย์	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
anthropogenic aerosol	ละอองลอยจากกิจกรรมของมนุษย์	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Artificial Neural Network (ANN)	ข่ายงานระบบประสาทเทียม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Asian-Australian Monsoon	มรสุมเอเชีย ออสเตรเลีย-	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
asymmetric relationship	ความสัมพันธ์แบบไม่สมมาตร	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Australian monsoon	มรสุมออสเตรเลีย	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
black carbon	ฝุ่นคาร์บอนดำ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
circulation field	สนามการหมุนเวียน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
climatological study	การศึกษาวิจัยด้านภูมิอากาศวิทยา	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
cold surge	ระลอกมวลอากาศเย็น	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
consecutive dry day	ระยะเวลาที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่อง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Couple Model Intercomparison Project	โครงการการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองร่วม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
coupled atmosphere-ocean general circulation models	แบบจำลองการหมุนเวียนทั่วไปร่วมระหว่างบรรยากาศและมหาสมุทร	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Digital Elevation Model	แบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
downscaling	การย่อส่วน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
dynamic sea level	ภาพการณ์จำลองระดับน้ำที่เกิดจากอิทธิพลจากการเคลื่อนตัวของแผ่นดินและปัจจัยอื่นๆ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
dynamical downscaling	การย่อส่วนด้วยวิธีพลวัตร	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Earth System Model	แบบจำลองระบบโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
East Asian Monsoon	มรสุมเอเชียตะวันออก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
El Niño	ปรากฏการณ์เอลนีโญ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
El Niño-Southern Oscillation	ปรากฏการณ์เอ็นโซ่	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
CO_2 Equivalent forcing	แรงบังคับเทียบเท่าคาร์บอนไดออกไซด์	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
evapotranspiration	การระเหยคายน้ำ	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
extreme	ภาวะสุดขีด	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
extreme weather/climate event	สภาวะสุดขีดของลมฟ้าอากาศ/ภูมิอากาศ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
forcing	แรงบังคับ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้

ศัพท์	ศัพท์บัญญัติ	ที่มา
geocentric sea level	ระดับความสูงของผิวหน้าน้ำทะเลสัมพัทธ์กับจุดศูนย์กลางโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Global Climate Observing System	ระบบสังเกตการณ์ภูมิอากาศโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
global mean sea level	ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยระดับโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
global mean surface temperature	อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
global monsoon area	พื้นที่มรสุมโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
global monsoon precipitation intensity	ความเข้มของฝนมรสุมโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
global monsoon total precipitation	ปริมาณฝนมรสุมโลกรวม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Gulf Stream	กระแสน้ำกัลฟ์สตรีม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
heat island effect	ปรากฏการณ์โดมความร้อน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
data homogeneity	เอกพันธ์ของข้อมูล	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
hydro-meteorological variable	ตัวแปรทางอุตุนิยมวิทยาอุทก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
hypoxia	ภาวะพร่องออกซิเจน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
idealized scenario of global warming	ภาพการณ์จำลองโลกร้อนกรณีอุดมคติ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Integrated Assessment Model	แบบจำลองการประเมินแบบบูรณาการ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
interglacial period	ยุคระหว่างธารน้ำแข็ง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC	หน่วยงานระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Inter-Tropical Convergence Zone	แนวร่องความกดอากาศต่ำ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
irradiance	ความรับอาบรังสี	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
key uncertainty	ความไม่แน่นอนสำคัญ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Maritime Continent Monsoon	มรสุมคาบสมุทร	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
maximum 5-day precipitation total	ปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ วัน 5	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
mega city	มหานครขนาดใหญ่	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
mid-latitude	ละติจูดกลาง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
missing value	ข้อมูลที่ขาดหาย	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
monsoon trough	ร่องมรสุม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
normal mode	การสั่นตามธรรมชาติ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
ocean acidification	ความเป็นกรดของน้ำทะเล	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
ocean upwelling	บริเวณน้ำผุดในมหาสมุทร	

ศัพท์	ศัพท์บัญญัติ	ที่มา
peer-reviewed journal	วารสารที่มีคณะผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
precipitation	หยาดน้ำฟ้า	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
predictand	ตัวถูกทำนาย	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
predictor	ตัวทำนาย	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
radiative forcing	แรงบังคับการแผ่รังสี	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Regional Climate Models (RCMs)	แบบจำลองภูมิอากาศภูมิภาค	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
relative sea level	ระดับน้ำทะเลสัมพัทธ์	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Representative Concentration Pathway	วิถีความเข้มข้นตัวอย่าง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
resonance	คาบการสั่นพ้อง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
robust	ทนทาน	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
satellite altimetry	ดาวเทียมประเภทอัลติมิเตอร์	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
scenario	ภาพการณ์จำลอง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
simple daily precipitation intensity index	ดัชนีความเข้มของฝนรายวัน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
simulation	การจำลอง	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
solar constant	ค่าคงตัวรังสีอาทิตย์	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
South Asian Monsoon	มรสุมเอเชียใต้หรือมรสุมอินเดีย	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Special Report Emission Scenario	ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภายใต้รูปแบบการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม การเติบโตของประชากรและเทคโนโลยีในอนาคต	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
standard deviation of interannual variability in seasonal average precipitation	ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนระหว่างปีของฝนฤดูกาลเฉลี่ย	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
statistical downscaling	การย่อส่วนด้วยวิธีสถิติ	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
steric sea level	ระดับน้ำที่เกิดจากอิทธิพลของการขยายตัวเนื่องจากความร้อน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
storm surge	คลื่นพายุซัดฝั่ง	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
tropical depression	พายุดีเปรสชั่นเขตร้อน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
tropical storm	พายุโซนร้อน	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
typhoon	ไต้ฝุ่น	ศัพท์บัญญัติ ราชบัณฑิตยสถาน
warmer get wetter	ปรากฏการณ์ ยิ่งอุ่นยิ่งชื้น	กำหนดขึ้นในรายงานนี้

ศัพท์	ศัพท์บัญญัติ	ที่มา
Western North Pacific Monsoon	มรสุมแปซิฟิกเหนือฝั่งตะวันตก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
wet get wetter	ปรากฏการณ์ชื้นยิ่งชื้นขึ้น	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
Working Group on Coupled Modelling (WGCM)	คณะทำงานด้านแบบจำลองร่วม	กำหนดขึ้นในรายงานนี้
World Climate Research Programme; (WCRP)	โครงการวิจัยภูมิอากาศโลก	กำหนดขึ้นในรายงานนี้

รายชื่อคณะทำงาน

คณะทำงานกลุ่มที่ 1



ดร.อัศมน ลิ่มสกุล (Coordinating Lead Author; CLA)
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
โทรศัพท์ : 0-2577-1136-7
E-mail : atsamon@deqp.go.th



ดร.สุริยัณห์ สาระมูล
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ : 0-2218-5398
E-mail : suriyan.s@chula.ac.th



ดร.บุญลือ คะเชนทร์ชาติ
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหิดล
โทรศัพท์ : 0-2441-5000 ต่อ 1219
E-mail : boonlue.kac@mahidol.ac.th



ผศ.ดร.จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์
ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
โทรศัพท์ : 0-2310-8577-8 ต่อ 229
E-mail : jerasorn@ru.ac.th



ดร.ปัทมา สิงหรักษ์
ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ : 0-2218-5401
E-mail : patama.s@chula.ac.th



ดร.สมเกียรติ อภิพัฒนวิศว์
สำนักวิจัยและพัฒนา กรมชลประทาน 200
ตำบลบางลาด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี
โทรศัพท์ : 0-2583-6050-59 ต่อ 471
E-mail : skavis@yahoo.com



นายศุภกร ชินวรรโณ (Coordinating Lead Author; CLA)
SEA START RC จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาคารจุฬาวิชช์ 1 ชั้น 5 ถ.อังรีดูนังค์ เขตปทุมวัน กรุงเทพ
โทรศัพท์ : 0-2218-9464-7
E-mail : suppakorn@start.or.th



ผศ.ดร.วิจิตรบุษบา มารมย์
สาขาวิชาการผังเมือง
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการวางผังเมือง
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ :
E-mail : wijitbusaba@ap.tu.ac.th



รศ.ดร.ณัชวิชญ์ ติกุล
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
โทรศัพท์ : 0-5387-3363
E-mail : nachawit@mju.ac.th



ผศ.ดร.วนารัตน์ กรอิสรานุกูล
ภาควิชาเทคโนโลยีชนบท คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ :
E-mail : kwanarat@gmail.com

คณะทำงานกลุ่มที่ 2



ดร.พงษ์ศักดิ์ สุทธินนท์
ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ : 0-2218-6457-9
E-mail : pongsak.su@chula.ac.th



ดร.โพยม สราภิรมย์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
โทรศัพท์ :
E-mail : payosa@kku.ac.th



ดร.พนมศักดิ์ พรหมบุรมย์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
โทรศัพท์ : 0-5394-4621 ต่อ 235
E-mail : panomsak.p@cmu.ac.th



ดร.กรรณิการ์ ธรรมพานิชวงค์
สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย
โทรศัพท์ : 0-2718-5460 ต่อ 415
E-mail : kannika@tdri.or.th

คณะทำงานกลุ่มที่ 3



ผศ.ดร.ชโลทร แก่นสันติสุชมงคล (Coordinating Lead Author; CLA)
คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ : 0-2613-2449
E-mail : chalotorn@econ.tu.ac.th



ดร.อนิณ อรุณเรืองสวัสดิ์
คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
โทรศัพท์ : 0-2613-2430
E-mail : anin@econ.tu.ac.th



รศ.ดร.อรทัย ชวาลภาฤทธิ์
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โทรศัพท์ : 0-2218-6670
E-mail : orathai.c@chula.ac.th

คณะกรรมการที่ปรึกษา

ที่	ชื่อ-สกุล	หน่วยงาน
1	นางสาวลดาวัลย์ คำภา	สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ
2	นางพัชรี คงตระกูลเทียน	สำนักพัฒนาความยั่งยืนองค์กร เครือเจริญโภคภัณฑ์ (ซี.พี.)
3	รศ.ดร.กัณฑรีย์ บุญประกอบ	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
4	รศ.สมพร อิศวิลานนท์	สถาบันคลังสมองของชาติ
5	ศ.ดร.เสริม จันทร์ฉาย	คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
6	ดร.นฤมล หิญชีระนันทน์ อรุโณทัย	สถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7	ดร.พงษ์วิภา หล่อสมบูรณ์	องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)
8	รศ.ดร.สิรินทรเทพ เต้าประยูร	บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
9	ดร.ดุษฎี ศุขวัฒน์	บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม
10	รศ.ดร.ชัยยุทธ สุขศรี	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
11	รศ.ดร.สุจริต คูณธนกุลวงศ์	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12	รศ.ดร.นิรมล สุธรรมกิจ	คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
13	นายจรูญ เลาหเลิศชัย	กรมอุตุนิยมวิทยา
14	นายรินทวัฒน์ สมบัติสิริ	สำนักเทคโนโลยีน้ำและสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
15	นางสุภาภรณ์ อุนยะวงศ์	สำนักสนธิสัญญาและยุทธศาสตร์ กรมโรงงานอุตสาหกรรม





สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
979/17-21 ชั้น 14 อาคารเอส เอ็ม ทาวเวอร์ ถนนพหลโยธิน
แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2278 8200 โทรสาร 0 2298 0476
E-mail: callcenter@trf.or.th

9 789744 567796