

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์



การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา
เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

Future Projections of Songkhla Lake Basin Rainfall Due to Climate Change

คณะนักวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิศ เฉลิมยานนท์

นางสาวณัชชา แซ่เจ็ง

นางนันทิยา อินธนู

นายฐิตินันท์ อินธนู

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน
ภายใต้โครงการตามแผนพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปีงบประมาณ 2561
คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

สงขลราชบ

เลขที่	๐๐๑๒๕.๓๕ ๕๓๖ ๒๕๖๑	๑.๑
Bib Key	440606	
	๑ ส.ป. ๒๕๖๓	

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

(ภาษาอังกฤษ) Future Projections of Songkhla Lake Basin Rainfall Due to Climate Change

คณะนักวิจัย และหน่วยงานต้นสังกัด (คณะ/ภาควิชาหรือหน่วยงาน)

- 1) หัวหน้าโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.ธนิต เฉลิมยานนท์
สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
- 2) ผู้ร่วมวิจัย นางสาวณัชชา แซ่เจ็็น
สังกัด ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 3) ผู้ร่วมวิจัย นางนันทิยา อินธนู
สังกัด ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- 4) ผู้ร่วมวิจัย นายฐิตินันท์ อินธนู
สังกัด ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ขอขอบคุณ โครงการตามแผนพัฒนาลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ประจำปีงบประมาณ 2561 (โครงการพัฒนาระบบและกลไกสนับสนุนการบริหารงานวิจัยและการจัดการความรู้จากการวิจัยในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเชิงบูรณาการ) คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำหรับทุนสนับสนุนเพื่อดำเนินการวิจัยครั้งนี้ และสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลอง AR5 ที่ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และขอขอบคุณศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก สำหรับการอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผู้ช่วยวิจัย ที่ร่วมกันดำเนินงานโครงการจนแล้วเสร็จ

บทคัดย่อ

การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของพื้นที่ในลุ่มน้ำห้วยเสลาบสงขลาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ทำได้โดยการใช้ผลการจำลองสภาพภูมิอากาศระดับภูมิภาคจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (CNRM-CM5 / GFDL-CM5 / MIROC5) ในช่วง ค.ศ. 2015-2099 โดยใช้ภาพการณ์จำลอง (Scenario) การปล่อยก๊าซเรือนกระจก Representative Concentration Pathways (RCPs) AR5 ภายใต้ค่าพลังงานความร้อนที่ระดับ 2.6 (RCP 2.6) และที่ระดับ 8.5 (RCP 8.5) แล้วนำมาทำการปรับแก้ Bias Correction โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดระหว่างปี ค.ศ. 1987-2016 จากสถานีตรวจอากาศ 34 สถานี ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของลุ่มน้ำ ข้อมูลที่ได้ถูกนำมาทำการวิเคราะห์และประเมินคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของแบบจำลองเทียบกับปีฐาน และจัดทำแผนที่ปริมาณฝนของลุ่มน้ำในอนาคต ผลจากการศึกษาพบว่า แต่ละแบบจำลองมีผลการคาดการณ์ปริมาณฝนไม่เหมือนกัน ซึ่งในภาพรวมปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยพบว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในอนาคตโดยภาพรวมของ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่า RCP 2.6 และปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ย MIROC5 และ GFDL-CM3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งต่างกับแบบจำลอง CNRM-CM5 ที่มีแนวโน้มลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดู พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยของช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีแนวโน้มลดลงประมาณ 15-30% ในขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยของช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 21-27 % และเดือนที่ฝนตกหนักที่สุดคาดการณ์ว่าจะเลื่อนจากเดือนพฤศจิกายนเป็นเดือนธันวาคม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่ พบว่าปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสทิงพระ จังหวัดสงขลา และปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอลี้หินคร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา

Abstract

Rainfall projection for the Songkhla Lake Basin due to climate change was determined using regional climate model data (CNRM-CM5 / GFDL-CM5 / MIROC5) in the period of 2015-2099 under new AR5 greenhouse gas emission scenario, RCP2.6 and RCP8.5. Bias correction was conducted on the model data using observed rainfall data (1987-2016) from 34 main meteorological stations covering all areas of the Songkhla Lake Basin. Corrected data were analyzed and compared to the observed rainfall data. A series of projected rainfall maps was constructed. The results showed that each model had different rainfall forecasting results. In summary, the average annual rainfall is expected to increase in the future as observed in MIROC5 and GFDL-CM3 results. It is projected that the average annual rainfall in the future for RCP 8.5 is likely to be increasing from base year more than that of RCP 2.6. In additions, the average rainfall in summer and southwest monsoon season is likely to decrease about 15-30%. The average rainfall in northeast monsoon season, however, is likely to increase about 21-27%. The month of the heaviest rainfall is likely to be shifted from November to December. The average rainfall in the area is likely to increase in the Si Banphot District, Pa Phayom District, Bang Kaeo District, Phatthalung Province and Sathing Phra District, Songkhla Province. The average rainfall is likely to decrease in the area of Mueang District, Kong Ra District, Tamot District, Phatthalung Province and Ranot District, Krasae Sin District, Singhanakhon District and Khlong U-Taphao basin, Songkhla Province.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	iii
Abstract	iv
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญรูป	ix
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
บทที่ 2 การทบทวนเอกสาร	4
2.1 ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	4
2.2 ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global warming and Climate change)	5
2.3 แบบจำลองภูมิอากาศโลก	6
2.4 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต (AR4)	9
2.5 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)	11
2.6 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอนาคต	12
2.7 การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทย	17
2.8 การประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method)	25
2.9 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนด้วยวิธี Double mass curve	25
2.10 Bias Correction Method	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	27
3.1 สืบค้นข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
3.2 กำหนดพื้นที่ศึกษา	27
3.3 การรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนครอบคลุมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	29
3.4 การตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดเบื้องต้น	29
3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนปีฐานระหว่างค่าจากการตรวจวัดกับ แบบจำลอง AR5	32
3.6 วิเคราะห์ ประเมิน และคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคต	33
3.7 การจัดทำแผนที่ปริมาณฝนในอนาคต	33
3.8 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์	33

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิจารณ์	34
4.1 ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด	34
4.2 ข้อมูลฝนปีฐาน (Base years) ของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)	36
4.3 การเปรียบเทียบปริมาณฝนรายปี(ปีฐาน)กับปริมาณฝนคาดการณ์รายปีในช่วงอนาคต ของกลุ่มน้ำ	46
4.4 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของกลุ่มน้ำ กับฝนปีฐาน	48
4.5 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยในแต่ละช่วงปี	53
4.6 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐานเชิงพื้นที่	59
4.7 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ย (แบบจำลอง AR5) กับฝนปีฐาน	69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	82
5.1 สรุปผลการศึกษา	82
5.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	84
5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป	84
เอกสารอ้างอิง	85
ภาคผนวก	87
ผลการปรับแก้ข้อมูลฝนตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา	88
บทความวิจัยที่นำเสนอที่ประชุมวิชาการ (Proceeding)	93

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของกรมอุตุนิยมวิทยา	31
ตารางที่ 4.1 ปริมาณฝนตรวจวัดเฉลี่ยรายเดือน 34 สถานี (ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา)	35
ตารางที่ 4.2 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ก่อนปรับแก้	36
ตารางที่ 4.3 Change factor (CF) ของแบบจำลอง MIROC5	37
ตารางที่ 4.4 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 หลังปรับแก้	37
ตารางที่ 4.5 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)	37
ตารางที่ 4.6 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)	38
ตารางที่ 4.7 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)	38
ตารางที่ 4.8 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)	38
ตารางที่ 4.9 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)	38
ตารางที่ 4.10 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)	38
ตารางที่ 4.11 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 ก่อนปรับแก้	40
ตารางที่ 4.12 Change factor (CF) ของแบบจำลอง CNRM-CM5	40
ตารางที่ 4.13 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 หลังปรับแก้	40
ตารางที่ 4.14 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)	41
ตารางที่ 4.15 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)	41
ตารางที่ 4.16 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)	41
ตารางที่ 4.17 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)	41
ตารางที่ 4.18 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)	41
ตารางที่ 4.19 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)	41
ตารางที่ 4.20 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ก่อนปรับแก้	43
ตารางที่ 4.21 Change factor (CF) ของแบบจำลอง GFDL-CM3	43

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.22 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 หลังปรับแก้	43
ตารางที่ 4.23 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)	44
ตารางที่ 4.24 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)	44
ตารางที่ 4.25 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)	44
ตารางที่ 4.26 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)	44
ตารางที่ 4.27 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)	44
ตารางที่ 4.28 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)	44
ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รวมรายปีในอนาคตกับปริมาณฝนจากปีฐาน	48
ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 กับฝนปีฐาน	54
ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 กับฝนปีฐาน	56
ตารางที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 กับฝนปีฐาน	58
ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยเมื่อแยกตามพื้นที่	66
ตารางที่ 4.34 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยทุกช่วงปีเทียบกับฝนปีฐาน	72
ตารางที่ 4.35 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง (AR5) กับฝนปีฐาน	72

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกตั้งแต่ ค.ศ. 1986-2005	5
รูปที่ 2.2	แผนภาพแสดงการถ่ายเทพลังงานระหว่างส่วนต่างๆใน GCMs	7
รูปที่ 2.3	แผนภาพแสดงการถ่ายเทพลังงานระหว่างส่วนต่างๆใน GCMs ที่นำเสนอโดย IPCC	7
รูปที่ 2.4	การพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models หรือ GCMs) ตั้งแต่ ค.ศ. 1970 และอนาคต	9
รูปที่ 2.5	ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPCC	9
รูปที่ 2.6	ภาพการณ้จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathways (RCPs) ในกรณีต่างๆ	12
รูปที่ 2.7	การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตตามภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแบบจำลองรุ่นใหม่	14
รูปที่ 2.8	กราฟแสดงผลการพยากรณ์อุณหภูมิที่ถึง 1.5 องศาเซลเซียส จาก 37 แบบจำลอง	15
รูปที่ 2.9	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคาดการณ์เฉลี่ยรายปี ที่อุณหภูมิ 1.5-และ 2.0 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนยุคอุตสาหกรรม	15
รูปที่ 2.10	การเปลี่ยนแปลงของ Radiative Forcing ของโลกในปี ค.ศ. 2011 เทียบกับปี ค.ศ. 1750 จำแนกตามชนิดและประเภทของสาร/ก๊าซเรือนกระจก	16
รูปที่ 2.11	อุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ของประเทศไทย	18
รูปที่ 2.12	อุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ของประเทศไทย	19
รูปที่ 2.13	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย	20
รูปที่ 2.14	จำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีของประเทศไทย	21
รูปที่ 2.15	กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศเปรียบเทียบคาบอดีตและแนวโน้ม	22
รูปที่ 2.16	ผลการวิเคราะห์ Principal Component Analysis ของดัชนีสถานะความรุนแรงของฝน	24
รูปที่ 3.1	ขั้นตอนการทำวิจัย	28
รูปที่ 3.2	พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา	30
รูปที่ 3.3	สถานีตรวจวัดปริมาณฝนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของกรมอุตุนิยมวิทยา	32
รูปที่ 4.1	ปริมาณฝนตรวจวัดรายเดือนเฉลี่ย 30 ปีของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ค.ศ. 1987-2016)	35
รูปที่ 4.2	ปริมาณฝนตรวจวัดรายปีเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987-2016	36
รูปที่ 4.3	การเปรียบเทียบปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ก่อนและหลังการปรับแก้ กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง	37

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.4	ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง MIROC5)	39
รูปที่ 4.5	การเปรียบเทียบปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 ก่อนและหลังการปรับแก้กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง	40
รูปที่ 4.6	ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง CNRM-CM5)	42
รูปที่ 4.7	การเปรียบเทียบปริมาณน้ำปีฐานฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ก่อนและหลังการปรับแก้กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง	43
รูปที่ 4.8	ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง GFDL-CM3)	45
รูปที่ 4.9	การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยช่วงปีฐานกับปริมาณฝนปีฐาน	46
รูปที่ 4.10	การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 กับปริมาณฝนปีฐาน	46
รูปที่ 4.11	การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 กับปริมาณฝนปีฐาน	47
รูปที่ 4.12	การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 กับปริมาณฝนปีฐาน	47
รูปที่ 4.13	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ย ช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) กับค่าปีฐาน	49
รูปที่ 4.14	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) กับฝนปีฐาน	51
รูปที่ 4.15	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) กับฝนปีฐาน	52
รูปที่ 4.16	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	53
รูปที่ 4.17	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	54
รูปที่ 4.18	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	55
รูปที่ 4.19	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	56

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 4.20	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 โดยแยกช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	57
รูปที่ 4.21	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน	58
รูปที่ 4.22	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 2.6	60
รูปที่ 4.23	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 8.5	61
รูปที่ 4.24	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6	62
รูปที่ 4.25	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 8.5	63
รูปที่ 4.26	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6	64
รูปที่ 4.27	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 8.5	65
รูปที่ 4.28	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6	67
รูปที่ 4.29	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน ที่ RCP 8.5	68
รูปที่ 4.30	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIROC5 กับฝนปีฐาน	69
รูปที่ 4.31	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ CNRM-CM5 กับฝนปีฐาน	70
รูปที่ 4.32	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 กับฝนปีฐาน	71
รูปที่ 4.33	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 2.6	73
รูปที่ 4.34	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 8.5	74
รูปที่ 4.35	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ CNRM-CM3 ที่ RCP 2.6	75
รูปที่ 4.36	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ CNRM-CM3 ที่ RCP 8.5	76
รูปที่ 4.37	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ GFDL-CM5 ที่ RCP 2.6	77
รูปที่ 4.38	การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ GFDL-CM5 ที่ RCP 8.5	78
รูปที่ 4.39	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละแบบจำลองกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6	80
รูปที่ 4.40	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละแบบจำลองกับฝนปีฐาน ที่ RCP 8.5	81

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ และส่งผลโดยตรงต่อการสะสมของพลังงานในบรรยากาศโลก ตั้งแต่การปฏิวัติอุตสาหกรรม (Industrial revolution) หรือเมื่อ 250 ปีที่ผ่านมา (ประมาณ พ.ศ. 2300) ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมที่รวดเร็วขึ้น เช่นอุณหภูมิของโลกสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิอากาศต่างๆ เปลี่ยนแปลงไป น้ำแข็งขั้วโลกละลายทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงทำให้บางพื้นที่แห้งแล้ง และบางพื้นที่เกิดน้ำท่วม ประเทศไทยเป็นพื้นที่หนึ่งที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล การเกิดภัยแล้ง การเกิดน้ำท่วม และการเกิดดินถล่ม อันเนื่องมาจากปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไป สิ่งมีชีวิตและมนุษย์จำเป็นต้องมีการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดต่อสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นเพื่อให้มนุษย์สามารถดำเนินกิจกรรม และดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพภูมิอากาศที่จะเปลี่ยนแปลงโดยการเตรียมการปรับตัวเพื่อรับมือกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จำเป็นต้องทราบข้อมูลเชิงปริมาณ และความเป็นไปได้ของภูมิอากาศในอนาคตที่ค่อนข้างชัดเจนเพื่อความเตรียมพร้อมและสามารถกำหนดมาตรการที่เหมาะสมในระดับพื้นที่ซึ่งเกิดการเปลี่ยนแปลงต่างกันเนื่องจากปัจจัยสภาพแวดล้อมของท้องถิ่นที่แตกต่างกัน

ปัจจุบันมีหน่วยงานหลายหน่วยงานได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคต ทั้งในระดับนานาชาติและในประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงกว่าค่าปกติอย่างต่อเนื่อง หากไม่มีมาตรการใดๆ ที่จะยับยั้งการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นอีกประมาณ 1.5-4.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 (IPCC, 2014) ซึ่งส่งผลให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลาย ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและมีการกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เพิ่มความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่ง สภาวะน้ำท่วมที่รุนแรงขึ้นในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำเค็มทะเลรุกเข้าสู่แหล่งน้ำจืด และแนวโน้มอุณหภูมิของโลกจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ อุณหภูมิของโลกในอีก 100 ปีข้างหน้า อาจจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) และจากผลการสังเคราะห์และประเมินความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศครั้งที่ 5 พบว่าอุณหภูมิของโลกในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2016-2035) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.3-0.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของโลกเมื่อสิ้นศตวรรษที่ 21 จะเพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส ทำให้สภาวะฝนตกหนักในเขตอบอุ่นและเขตร้อนชื้นจะทวีความรุนแรงขึ้น ในหลายพื้นที่ฤดูฝนจะเริ่มเร็วขึ้นแต่วันสิ้นสุดฤดูฝนจะช้าลง พื้นที่ทะเลที่มีน้ำแข็งปกคลุมมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะในอาร์คติก และความเป็นกรดของมหาสมุทรจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซ CO₂ (IPCC, 2013, อำนาจ ชิดโรสง, 2014) และผลจากรายงาน IPCC ฉบับพิเศษว่าด้วยอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลก 1.5 องศาเซลเซียส (IPCC, 2018) พบว่า ในปี ค.ศ. 2030 หรืออีกเพียง 11 ปีต่อจากนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจสูงขึ้น 1.5 องศาเซลเซียสเหนือระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม ซึ่งจะทำให้เกิดความเสี่ยงเรื่องภัยหนาวจากธรรมชาติ เช่น ภาวะแล้งจัด ไฟป่า น้ำท่วมใหญ่ รวมทั้งการขาดแคลนอาหารสำหรับผู้คนนับล้านๆ คน

ทั่วโลกได้ รวมถึงจะพบกับปัญหาต่างๆ มากมาย ตั้งแต่คลื่นความร้อนจัด ปัญหาภัยแล้ง และฝนที่ตกหนักมากผิดปกติ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย จากผลการศึกษาของหน่วยงานต่างๆ พบว่า อุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสในรอบ 40 ปี (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) อุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ในช่วงต้นศตวรรษจนถึงปลายทศวรรษที่ 2030 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่ได้เพิ่มขึ้นไปจากเดิม โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ระหว่าง 34-36 องศาเซลเซียส แต่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงดังกล่าวจะแผ่ขยายครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น และในช่วงปลายศตวรรษอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันประมาณ 2-4 องศาเซลเซียส ไปอยู่ที่ 38-40 องศาเซลเซียส และขยายขอบเขตออกไปปกคลุมพื้นที่ประเทศไทยเกือบทั้งหมด และการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นในทั่วทุกภาคของประเทศไทย (ศุภกร ชินวรรณและคณะ, 2552) แต่ผลการศึกษาของแสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล และคณะ (2552) พบว่าปริมาณฝนรวมรายปีในประเทศไทย มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ โดยภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออก ปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และปริมาณฝนรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม มีแนวโน้มลดลง และเมื่อพิจารณารายละเอียดลักษณะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจังหวัดจะเห็นได้ว่า จังหวัดเชียงใหม่ฝนมีแนวโน้มลดลง จังหวัดอุบลราชธานีฝนมีแนวโน้มลดลง กรุงเทพมหานครฝนใกล้เคียงค่าปกติและมีแนวโน้มสูงขึ้น จังหวัดจันทบุรีฝนใกล้เคียงค่าปกติ จังหวัดชุมพรฝนมีแนวโน้มลดลง และจังหวัดระนองฝนมีแนวโน้มลดลง (กรรวิ สิทธิชีวภาพ, 2550) ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้หลายพื้นที่มีอากาศแปรปรวน มีฝนตกหนักในบางพื้นที่ มีพายุพัดเข้าประเทศบ่อยขึ้น มีฤดูหนาวสั้นลง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

อย่างไรก็ตามการศึกษากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลายังมีไม่มากนัก ดังนั้นในโครงการนี้จึงได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก จาก Coupled Model Inter-Comparison Phase 5 (CMIP5) ที่สร้างมูลฐานของรายงานการประเมินครั้งที่ 5 fifth assessment report (AR5) ของ IPCC โดยใช้ Representative Concentration Pathways (RCPs) 2.6 และ 8.5 เป็นตัวแทนของสถานการณ์สมมุติในอนาคต โดยศึกษาข้อมูล 3 ช่วงปี ได้แก่ ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (Near Future ;NF) ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (Intermediate Future; IF) และ ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (Far Future; FF) และ 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (Summer) ฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon Rain; SW Rain) และฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon Rain; NE Rain) มาทำการวิเคราะห์และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อให้ผู้อ่านและผู้สนใจสามารถนำข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้นี้ไปใช้ประโยชน์ในบริบทกิจกรรมที่เกี่ยวข้องต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อทำการคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในอนาคตตามแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)
- 2) เพื่อทำการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนของพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในอนาคต
- 3) เพื่อจัดทำแผนที่ปริมาณฝนคาดการณ์บริเวณพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 34 สถานี ครอบคลุมพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ บางส่วนของอำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด (11 อำเภอ) และ 12 อำเภอ ของจังหวัดสงขลา คือ อำเภอรโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสดินธุ์ อำเภอสทิงพระ อำเภอเมืองสงขลา อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตนภูมิ อำเภอควนเนียง อำเภอบางกล่ำ อำเภอนาหม่อม อำเภอสะเดาและอำเภอคลองหอยโข่ง และข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์จากแบบจำลอง AR5 ครอบคลุมพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งได้รับกวรวนุเคราะห์จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) โดยข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์จากแบบจำลองจะทำการศึกษา 3 แบบจำลอง ได้แก่ CNRM-CM5 (Centre National de Recherches Meteorologiques) ประเทศฝรั่งเศส, GFDL-CM3 (NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) ประเทศสหรัฐอเมริกา และ MIROC5 (Model for Interdisciplinary Research on Climate) ประเทศญี่ปุ่น และเลือกการจำลองการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Representative Concentration Pathways) 2 แบบจำลอง คือ RCP 2.6 และ RCP 8.5 โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงปี ได้แก่ ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (Near Future; NF) ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (Intermediate Future; IF) และ ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (Far Future; FF) และแต่ละช่วงปีแบ่งเป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (Summer) ฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon Rain; SW Rain) และฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon Rain; NE Rain) มาทำการศึกษาในครั้งนี้

บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

การศึกษาการคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เป็นการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา และคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาในอนาคต โดยมีการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มทะเลสาบสงขลา สาเหตุของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต รวมถึงผลกระทบของภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนี้

2.1 กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

สภาพภูมิประเทศ

กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ตั้งอยู่บนชายฝั่งด้านตะวันออกของภาคใต้มีตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ระหว่างละติจูดที่ 6 องศา 28 ลิปดาเหนือ ถึง ละติจูดที่ 7 องศา 56 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองจิจูดที่ 99 องศา 46 ลิปดาตะวันออก ถึง 100 องศา 41 ลิปดาตะวันออก มีพื้นที่ 8,599.61 ตารางกิโลเมตร แยกเป็นพื้นดิน 7,559.40 ตารางกิโลเมตร พื้นน้ำทะเลสาบสงขลา 1,040.21 ตารางกิโลเมตร มีความกว้างจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออกประมาณ 67 กิโลเมตร ส่วนความยาวจากทิศเหนือไปทิศใต้ประมาณ 163 กิโลเมตร (สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ฯ, 2553) กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ บางส่วนของอำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุง ทั้งจังหวัด (11 อำเภอ) และจังหวัดสงขลา 12 อำเภอ คือ อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกะแสสินธุ์ อำเภอสิงหนคร อำเภอเมืองสงขลา อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตนบุรี อำเภอควนเนียง อำเภอบางกล่ำ อำเภอนาหม่อม อำเภอสะเดาและอำเภอดงหวาย กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อ	อำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช
ทิศใต้	ติดต่อ	ประเทศมาเลเซีย
ทิศตะวันออก	ติดต่อ	อำเภอจะนะ อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา และอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อ	เทือกเขาบรรทัด จังหวัดตรัง และจังหวัดสตูล

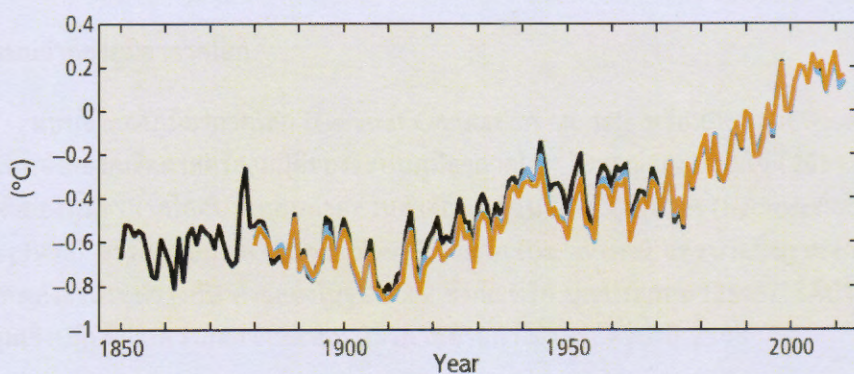
สภาพภูมิประเทศของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทางตอนเหนือของทะเลสาบสงขลาเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำขนาดใหญ่เรียกว่า “พรุควนเคร็ง” มีพื้นที่ประมาณ 125 ตารางกิโลเมตร (รวมทะเลน้อย) ในพรุควนเคร็งมีทะเลสาบน้ำจืดขนาดเล็กเรียกว่า “ทะเลน้อย” ขนาดประมาณ 27 ตารางกิโลเมตร ส่วนทางตะวันออกเป็นที่ราบชายฝั่งทะเลติดกับอ่าวไทย ทิศตะวันตกของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีเทือกเขาบรรทัดเป็นสันปันน้ำทอดตัวยาวในแนวเหนือ-ใต้ ความสูงเฉลี่ยประมาณ 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean sea level) ลดระดับลงไปทางทิศตะวันออกจนจรดทะเลสาบ

ส่วนทางด้านทิศใต้เป็นส่วนหนึ่งของแนวเทือกเขาสันกาลาศรี เทือกเขาทั้งสองนี้ปกคลุมไปด้วยป่าไม้และเป็นแหล่งต้นน้ำท่าธารของกลุ่มน้ำนี้ ถัดจากพื้นที่ภูเขาลงมาทางด้านตะวันออกเป็นที่ราบสลับเนินเขาเตี้ยๆ เริ่มตั้งแต่ตอนเหนือขนานกับแนวเทือกเขาบรรทัด ไปจนถึงตอนใต้ของพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าว

มาอีกจะเป็นที่ราบขนาดใหญ่ล้อมรอบตัวทะเลสาบ พื้นที่นี้เกิดจากการทับถมของตะกอนลำน้ำที่รับน้ำจากพื้นที่ภูเขาแล้วไหลลงสู่ทะเลสาบสงขลา (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

2.2 ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global warming and Climate change)

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ยหมายความรวมถึงลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น ในความหมายตามกรอบของอนุสัญญาว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ FCCC (Framework Convention on Climate Change) และในคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ คือ ความแปรปรวนของอากาศอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนาน อันเป็นผลทางตรง หรือทางอ้อมจากความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ ที่ทำให้องค์ประกอบของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไปเคยมีการศึกษาค้นพบว่า ภูมิอากาศโลกเคยอุ่นขึ้นและเย็นลงเมื่อหลายล้านปีที่ผ่านมาก่อนที่มนุษย์ทั้งหลายจะเกิดเสียอีก ไม่น่าสงสัยเลยว่าปัจจุบันภูมิอากาศโลกจะอุ่นขึ้นอีกครั้ง ถึงแม้ว่าการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไม่ใช่เป็นเรื่องใหม่และได้มีการศึกษาแล้วว่ากิจกรรมของมนุษย์ส่งผลถึงภูมิอากาศโลก การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจะรวมทุกภาคส่วนจากข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจากที่เคยมีการบันทึกไว้ตั้งแต่ ค.ศ. 1860-2007 (รูปที่ 2.1) พบว่า ตั้งแต่ ค.ศ. 1979 เป็นต้นมา อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงกว่าค่าปกติอย่างต่อเนื่องและจากการศึกษาเฝ้าติดตามความผันแปรของอุณหภูมิโลกหลายๆสถาบันพบว่าในระหว่างปี พ.ศ.2539-2549 เป็นช่วงที่อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกร้อนที่สุดหากไม่มีมาตรการใดๆ ที่จะยับยั้งการปล่อยออกก๊าซเรือนกระจกแล้วคาดว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มสูงขึ้นอีกประมาณ 1.5-4.5 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกตั้งแต่ ค.ศ. 1860-2005

ที่มา : IPCC (2014)

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้สรุปผลการศึกษาภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ว่า ภาวะโลกร้อนเป็นปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิของโลกสูงขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (Green house gas) ทำให้สภาพอากาศของ

โลกเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก และส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกอย่างรุนแรง สภาวะดังกล่าวเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (climate change)

สถานการณ์โลกร้อนในปัจจุบัน คือ น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลาย แนวโน้มอุณหภูมิของโลกจะร้อนขึ้นเรื่อยๆ อุณหภูมิของโลกในอีก 100 ปี ข้างหน้าอาจจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส เนื่องจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถึงร้อยละ 63 และก๊าซมีเทนร้อยละ 27 และประเทศไทยมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียสในรอบ 40 ปี ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือ มีฝนตกหนักในบางพื้นที่ มีพายุพัดเข้าประเทศบ่อยขึ้น มีฤดูหนาวสั้นลง และปัจจุบันในชั้นบรรยากาศมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 414 ส่วนในล้านส่วน และหลายพื้นที่อากาศแปรปรวน มีพายุเกิดบ่อยขึ้น

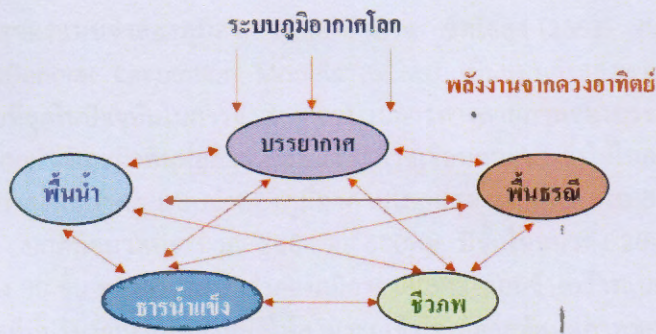
เมื่ออุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบทำให้ธารน้ำแข็งในขั้วโลกเหนือที่กรีนแลนด์ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งน้ำแข็งที่ใหญ่ที่สุดในโลกละลาย น้ำแข็งที่ละลายนี้จะไปเพิ่มปริมาณน้ำในมหาสมุทร ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและมีการกัดเซาะชายฝั่งเพิ่มมากขึ้น ส่งผลทำให้เพิ่มความรุนแรงของการกัดเซาะชายฝั่ง สภาวะน้ำท่วมที่รุนแรงขึ้นในช่วงฤดูน้ำหลาก น้ำเค็มทะลักเข้าสู่แหล่งน้ำจืด สำหรับอาคาร ถนน โครงสร้างพื้นฐานที่ก่อสร้างไว้ตามแนวชายฝั่งและในทะเลอาจไม่เหมาะสมอีกต่อไป และมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำในแต่ละพื้นที่ การเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศน์ชายฝั่ง เช่น ป่าชายเลน หาดโคลน

ภาวะโลกร้อนทำให้บางบริเวณในโลกประสบกับสภาวะอากาศแปรปรวน เกิดพายุหมุนที่มีความถี่มากขึ้น และมีความรุนแรงมากขึ้นด้วย เกิดขึ้นมากกว่าเดิมทำให้ฝนตกหนัก และเกิดน้ำท่วมในหลายพื้นที่ เช่น จีน สหรัฐอเมริกา อินเดีย เป็นต้น สภาวะโลกร้อนยังส่งผลให้บางบริเวณในโลกเกิดไฟไหม้ป่า และประสบกับภาวะแห้งแล้งอย่างไม่เคยมีมาก่อน เนื่องจากต้นไม้ในป่าที่เคยทำหน้าที่ดูดกลืนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ล้มตามลงเนื่องจากขาดน้ำ

ภาวะโลกร้อนทำให้ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปทำให้เชื้อโรคเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแก่การฟักตัวของเชื้อโรคและศัตรูพืช จะมีโรคที่เคยควบคุมไว้ได้แล้ว จะกลับมาระบาดใหม่อีกครั้ง เช่น โรคมาลาเรีย ไข้ส่า อหิวาตกโรค และอาหารเป็นพิษ

2.3 แบบจำลองภูมิอากาศโลก

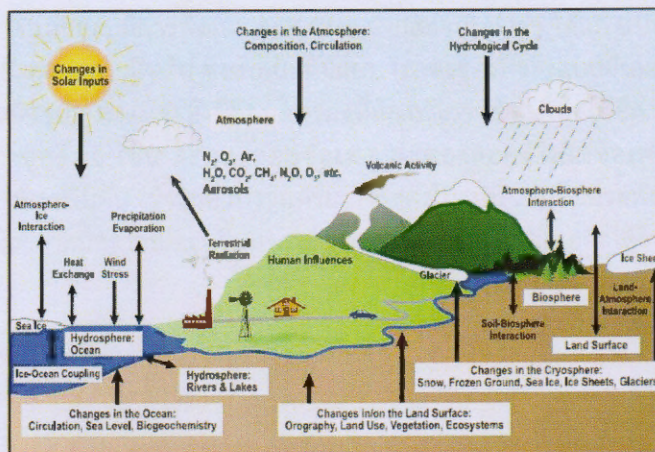
แบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models หรือ Global Climate Models) เป็นแบบจำลองคณิตศาสตร์สามมิติของระบบภูมิอากาศโลก จีรสรณ์และเจียมใจ (2554) ได้กล่าวว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกประกอบด้วยส่วนสำคัญ 5 ส่วนได้แก่ อุทกภาค (hydrosphere) ธรณีภาค (geosphere) บรรยากาศภาค (atmosphere) ชีวภาค (biosphere) และน้ำแข็งภาค (cryosphere) ถ่ายเทพลังงานระหว่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งกันทรีย์ บุญประกอบ (2548) ได้นำเสนอในการประชุมเชิงปฏิบัติการความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่าปี 2548



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงการถ่ายเทพลังงานระหว่างส่วนต่างๆ ใน GCMs
ที่มา : กัณธรีย์ บุญประกอบ (2548)

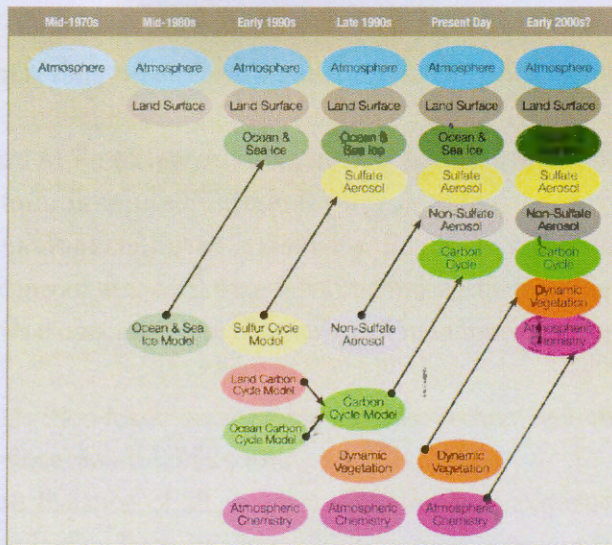
อำนาจ ชิดไธสง (2553) แบบจำลองภูมิอากาศเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ข้อมูลเชิงปริมาณในการลอกเลียน (Simulate) ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในบรรยากาศ มหาสมุทร พื้นดิน และน้ำแข็งแบบจำลองนี้นำไปใช้ในวัตถุประสงค์ต่างๆ เช่น การศึกษาพลวัตของภูมิอากาศ (Weather) และระบบภูมิอากาศ (Climate system) ซึ่งปัจจุบันถูกนำมาใช้ในการสร้างสภาพเหตุการณ์ภูมิอากาศในอนาคตที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศแบบจำลองภูมิอากาศทุกชนิดใช้หลักการของสมดุลของพลังงานโลก คือ พลังงานที่โลกได้รับในสภาพคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสั้น สมดุลกับการส่งถ่ายพลังงานออกไปนอกบรรยากาศโลกในสภาพรังสีความร้อนในช่วงคลื่นยาว (Far-infrared) ความไม่สมดุลของพลังงานนำเข้ามาและพลังงานส่งออกทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลง เช่น การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกซึ่งดูดกลืนพลังงานความร้อนทำให้บรรยากาศโลกดูดซับความร้อนไว้มากขึ้น

ศุภกร ชินวรรณ และคณะ (2552) กล่าวว่าในแบบจำลองมีการถ่ายเทพลังงานความร้อน ความชื้น และโมเมนตัมระหว่างกัน ซึ่ง IPCC (2007) ได้นำเสนอในการประชุมดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แผนภาพแสดงการถ่ายเทพลังงานระหว่างส่วนต่างๆ ใน GCMs
ที่นำเสนอโดย IPCC (IPCC 2007)

พัฒนาการของแบบจำลองภูมิอากาศโลก อำนาจ ชิดไธสง (2553) กล่าวว่าแบบจำลองภูมิอากาศโลกหรือGeneral Circulation Models (GCMs) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นเครื่องมือที่ทันสมัยที่สุดในปัจจุบันในการจำลองกระบวนการทางกายภาพของบรรยากาศ มหาสมุทร น้ำแข็ง (Cryosphere) และผิวดินต่อการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก ซึ่งใช้ในการสร้างเหตุการณ์จำลองของภูมิอากาศในอนาคต แบบจำลองภูมิอากาศโลกแสดงภูมิอากาศใน 3 มิติของพื้นที่หรือตารางกริด (Grid) ปกติมีขนาดประมาณ 250 x 600กม. มีชั้นในแนวดิ่ง 20-30 ชั้น และชั้นในมหาสมุทรอาจสูงถึง 30 ชั้น ขนาดของแบบจำลองภูมิอากาศโลกจึงค่อนข้างกว้างแบบจำลองภูมิอากาศโลกประสานข้อมูลที่มีปริมาณมากในสามมิติให้สามารถเข้าใจได้ด้วยทัศนียภาพของมนุษย์ เริ่มมีการพัฒนาตั้งแต่อ่อน ค.ศ.1955 โดยเริ่มจากแบบจำลองที่ใช้ทำนายภูมิอากาศท้องถิ่น ต่อมาในช่วงทศวรรษ 1960s เมื่อเครื่องประมวลผลหรือคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ทำให้สามารถพัฒนาแบบจำลองให้ครอบคลุมถึงการหมุนเวียนของพลังงานและสสารในอากาศทั่วโลก รวมทั้ง สามารถจำลองภูมิอากาศเฉลี่ยได้ในระยะยาวเป็นทศวรรษหรือศตวรรษ โดยในทศวรรษ 1970s แบบจำลองภูมิอากาศโลกเป็นที่นิยมอย่างกว้างขวางในการใช้ทำนายและคาดการณ์ภูมิอากาศในท้องถิ่นและภูมิภาค ในระยะเวลาเดียวกันนี้นักวิทยาศาสตร์ภูมิอากาศ (Climate scientist) เริ่มมีความกังวลถึงผลกระทบในระยะยาวของปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในบรรยากาศ จึงเริ่มมีการนำกิจกรรมของมนุษย์มาเป็นตัวแปรในการประมวลผลด้วย ซึ่งต่างจากในระยะแรกประมาณปี.ศ.1970 เป็นการใช้อัตราข้อมูลด้านบรรยากาศเพียงอย่างเดียว ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีความคลาดเคลื่อนจากสภาพความเป็นจริงมาก แบบจำลองภูมิอากาศโลกมีการพัฒนาให้ใช้การได้ดีขึ้น โดยแบบจำลองรุ่นแรกใช้ข้อมูลภูมิอากาศเป็นหลัก เรียกว่า Atmospheric GCM หรือ AGCM ต่อมาได้มีการเพิ่มข้อมูลด้านอื่นๆ ที่มีปฏิสัมพันธ์กับบรรยากาศเข้าไป เช่น มหาสมุทร โดยการพัฒนา Oceanic General Circulation Models (OGCMs) และนำแบบจำลองนี้ควบ (couple) เข้าด้วยกัน เรียกว่าOcean Atmospheric General Circulation Models (AOGCMs) โดยเริ่มพัฒนาเป็นครั้งแรกที่ Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) แห่ง National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA) สหรัฐอเมริกา ในช่วงท้ายของทศวรรษ 1960s ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองที่เป็น AOGCM มีความใกล้เคียงความจริงมากขึ้น และตั้งแต่ 1980s เป็นต้นมา มีการพัฒนา AOGCMs จากสถาบันต่างๆ ได้แก่ แบบจำลอง HadCM3, GFDLCM2.x, GISS, ECHAM เป็นต้น ซึ่งนับเป็นต้นแบบ (มาตรฐาน) ของแบบจำลองภูมิอากาศที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ถึงแม้จะยังมีข้อบกพร่องที่ต้องทำการพัฒนาต่อไปอีก แต่ก็มีการปรับปรุงโดยนำแบบจำลองลูกอื่นๆ เช่น ละอองลอยซัลเฟต ละอองลอยที่ไม่ใช่ซัลเฟตวัฏจักรคาร์บอน แบบจำลองพลวัตริซ เป็นต้น เข้ามาควรวรรณด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จนกระทั่งในปัจจุบัน ผลลัพธ์จากแบบจำลองภูมิอากาศมีความชัดเจนขึ้นมาก สามารถสร้างภูมิอากาศในอดีตได้ใกล้เคียงความจริง



รูปที่ 2.4 การพัฒนาแบบจำลองภูมิอากาศโลก (General Circulation Models หรือ GCMs) ตั้งแต่ ค.ศ. 1970 และ อนาคต (IPCC 2001)

2.4 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต (AR4)

อำนาจ (2553) กล่าวถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในอนาคตจาก AR4 ว่าเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองภูมิอากาศ ปริมาณก๊าซเรือนกระจกอาจจะเปลี่ยนแปลงไปในอนาคตตามแนวทางการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมในทิศทางต่าง ๆ กัน ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) ได้กำหนดความเป็นไปได้ของการพัฒนาเป็น 4 รูปแบบหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2.5 คือ



รูปที่ 2.5 ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคตจากรายงานของ IPCC (IPCC Special Report on Emission Scenario หรือ SRES) (IPCC, 2001) (อำนาจ, 2553)

แบบ A เป็นการพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับการเติบโตทางเศรษฐกิจเป็นหลัก โดยแบ่งย่อยเป็น

- แบบ A1 คือ อนาคตการเติบโตทางเศรษฐกิจสูง ประชากรโลกสูงสุดในกึ่งศตวรรษ และลดลงเล็กน้อยหลังจากนั้น มีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง มีการพัฒนาบุคลากร มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรม ความแตกต่างของรายได้ประชาชาติระหว่างภูมิภาคลดลง ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission scenario) แบบ A1 นี้ ยังแยกออกเป็นภาพจำลองย่อยต่างๆ คือ

- A1FI (Fossil intensive) เป็นการพัฒนาที่ขึ้นอยู่กับพลังงานฟอสซิล เช่น น้ำมัน ถ่านหินอย่างมาก

- A1T (Non-fossil energy sources and technology) เป็นการพัฒนาโดยไม่ใช่พลังงานฟอสซิลเป็นหลักแต่ใช้เทคโนโลยีอื่นๆ แทน

- A1B (Balance of all sources) พัฒนาโดยมีความสมดุลของแหล่งพลังงานที่ใช้ ไม่เน้นการใช้พลังงานฟอสซิลหรือพลังงานหมุนเวียน แต่ให้มีการผสมผสานระหว่างพลังงานทั้งสองแบบ

- แบบ A2 คือ การพัฒนาในอนาคตของโลกมีความหลากหลาย พึ่งตนเองมากขึ้นภายในภูมิภาค มีการอนุรักษ์เอกลักษณ์ท้องถิ่น จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง การพัฒนาเศรษฐกิจขึ้นอยู่กับภูมิภาค การเติบโตทางเศรษฐกิจและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีช้ากว่าแบบอื่น และกระจายตามท้องถิ่นและภูมิภาค

แบบ B เป็นการพัฒนาโดยให้ความสำคัญกับสิ่งแวดล้อมมากกว่าการพัฒนาแบบ A โดยแบ่งย่อยเป็น

- แบบ B1 เป็นภาพจำลองการพัฒนาที่ในอนาคต ประชากรเพิ่มสูงในตอนกึ่งกลางศตวรรษเช่นเดียวกับแบบ A1 และลดลงหลังจากนั้น แต่โครงสร้างเศรษฐกิจเปลี่ยนอย่างรวดเร็วไปเป็นภาคบริการและสารสนเทศ ลดการใช้วัตถุ มีการใช้เทคโนโลยีที่สะอาด เน้นที่การแก้ปัญหาเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับนานาชาติมีความเสมอภาค แต่ไม่มีการนำประเด็นด้านภูมิอากาศเป็นแรงจูงใจ

- แบบ B2 เป็นภาพจำลองการพัฒนาที่เน้นการแก้ปัญหาด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืนในระดับท้องถิ่นหรือภูมิภาค ประชากรเพิ่มขึ้นต่อเนื่องแต่น้อยกว่า A2 มีการพัฒนาเศรษฐกิจปานกลาง การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีหลากหลายและช้าลงกว่า B1 และ A1 โดยมีการปกป้องสิ่งแวดล้อม และความเสมอภาคของสังคมที่เน้นที่ท้องถิ่นและภูมิภาค

นอกจากนี้ยังมีภาพจำลองของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เรียกว่า IS92 Scenario ซึ่งเป็นภาพจำลองที่กำหนดให้มีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในสัดส่วนคงที่ในแต่ละปี เช่น IS92a มีการเพิ่มขึ้นของของก๊าซเรือนกระจกปีละ 1 % (เฉพาะก๊าซเรือนกระจกและหรือละอองลอยซัลเฟต และ IS92d มีการเพิ่มขึ้นของของก๊าซเรือนกระจก 0.5 %

สิ่งที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองภูมิอากาศโลก(GCMs) โดยใช้แบบจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ (Emission scenarios) คือ ภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคต (Climate change scenario) จีรสรณ์และเจียมใจ (2554) กล่าวถึงภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ว่ามีพื้นที่แสดงผลขนาด 150x150 ตารางกิโลเมตรขึ้นไป ผลลัพธ์จาก

แบบจำลอง GCMs ประกอบด้วยตัวแปรภูมิอากาศที่เป็นเครือข่ายของพื้นที่แสดงผล (Grid Resolution) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก ในปี พ.ศ.2537 มีผลลัพธ์ของ GCMs จากสถาบันต่างๆออกมาประมาณ 20 แบบ โดยอ้างอิงจาก IPCC ปี 1990-1992 ต่อมาปีพ.ศ.2550 มีผลลัพธ์ของ GCMs ออกมากกว่า 50 แบบโดยอ้างอิงจาก IPCC ปี 2007

อำนาจ (2553) กล่าวถึงภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคตของโลก (Climate change scenario) โดยใช้แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก และข้อมูลจากแบบจำลองก๊าซเรือนกระจกในอนาคต (Emission scenarios) ว่าสภาพภูมิอากาศของโลกจะแตกต่างกันตามรูปแบบของการพัฒนาและปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศโลก เช่น ในปี ค.ศ. 2100 ภายใต้การพัฒนาแบบ B2 อุณหภูมิของโลกอาจเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส แต่ภายใต้การพัฒนาแบบ A1FI อุณหภูมิอาจเพิ่มมากถึง 5.6 องศาเซลเซียส เป็นต้น

ในปัจจุบันผลลัพธ์ที่เป็นตัวแปรต่างๆ ของบรรยากาศที่ได้จากแบบจำลอง GCMs ยังมีสเกลที่ใหญ่ถึง 150x150 ตารางกิโลเมตรขึ้นไป และช่วงเวลาของการประมาณค่ายังอยู่ในระดับร้อยปีหรือพันปี ซึ่งไม่สามารถให้ข้อมูลในระดับสเกลละเอียดที่สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศระดับภูมิภาคที่จำเป็นต่อการศึกษาผลกระทบได้โดยตรง จึงได้มีการพัฒนาเทคนิคเพื่อใช้จำลองข้อมูลระดับภูมิภาคในสเกลที่ละเอียดจาก GCMs

2.5 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)

แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก (AR5) หรือรายงานการสังเคราะห์และประเมินความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ครั้งที่ 5 มีการปรับปรุงแบบจำลองภูมิอากาศโดยใช้ภาพถ่ายการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (มีส่วนร้อยละ 80-90 จากปัจจัยทั้งหมดที่ทำให้ค่า RF (Radiative Forcing) เปลี่ยนแปลง) และสารประกอบอื่นๆ จากกิจกรรมของมนุษย์แบบใหม่ เรียกว่า Representative Concentration Pathways (RCP) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เป็นไปได้ของการปล่อยและสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาในชั้นบรรยากาศ ภาพถ่ายนี้ถูกใช้ในการจำลองภาพภูมิอากาศในอนาคตโดยใช้แบบจำลองต่างๆ ทั้งที่ไม่ซับซ้อนจนถึงแบบจำลองที่ซับซ้อนมาก เช่น Earth System Model

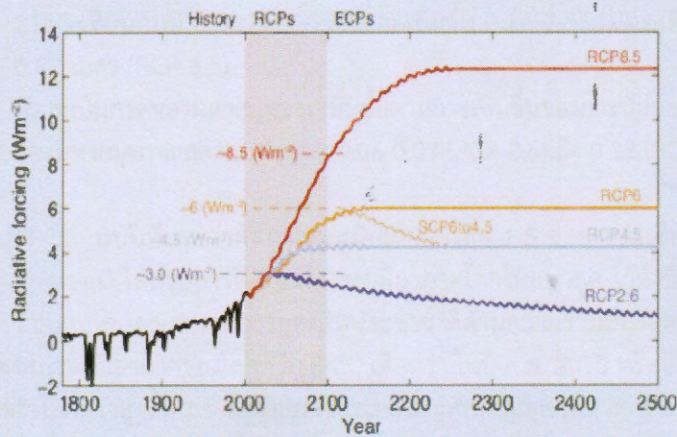
RCP ที่ใช้ใน AR5 ประกอบด้วยภาพ 4 แบบที่สะท้อนการเปลี่ยนแปลงค่า RF ในปี ค.ศ. 2100 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2011 ซึ่งทั้ง 4 แบบนี้เป็นภาพในอนาคตที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งนั้น ขึ้นอยู่กับรูปแบบการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมที่เป็นตัวกำหนดปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่จะถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศโลก ภาพทั้ง 4 ประกอบด้วย

- RCP 2.6 แสดงถึงภาพที่มีการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างได้ผล จนส่งผลทำให้ค่า RF ในปี ค.ศ. 2100 เพิ่มขึ้นเป็น 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตรและความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ จะอยู่ที่ 421 ppm (ใกล้เคียงกับ 2.29 วัตต์ต่อตารางเมตร และความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ที่ 391 ppm ในปี ค.ศ. 2011)

- RCP 4.5 และ RCP 6.5 เป็นภาพที่สะท้อนการร่วมมือกันลดก๊าซเรือนกระจก โดยมีเป้าหมายในการรักษาระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและค่า RF ให้คงที่ในปี ค.ศ. 2100 ที่ 4.5 และ

6.5 วัดต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ จะอยู่ที่ 538 และ 670 ppm ตามลำดับ

- RCP 8.5 เป็นภาพที่สะท้อนการพัฒนาที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกมามาก จนค่า RF เพิ่มขึ้นเป็น 8.5 วัดต่อตารางเมตร และความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ ที่ 936 ppm



รูปที่ 2.6 ภาพการณ์จำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathways (RCPs) ในกรณีต่างๆ ซึ่งแสดงในรูปของค่าปริมาณความร้อนจากการแผ่รังสีรวมใน 3 ช่วงเวลา คือ ในอดีต ระหว่างปี ค.ศ.2000 – 2100 (พ.ศ.2543–2643) และในอนาคตระหว่างปี ค.ศ.2100-2500 (พ.ศ.2643–3043) (ที่มา: IPCC, 2013)

2.6 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอนาคต

รายงานการสังเคราะห์และประเมินความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ครั้งที่ 5 โดยอำนาจ ชิตโรส (2014) ได้สรุปการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอนาคต และสาเหตุการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศไว้ดังนี้

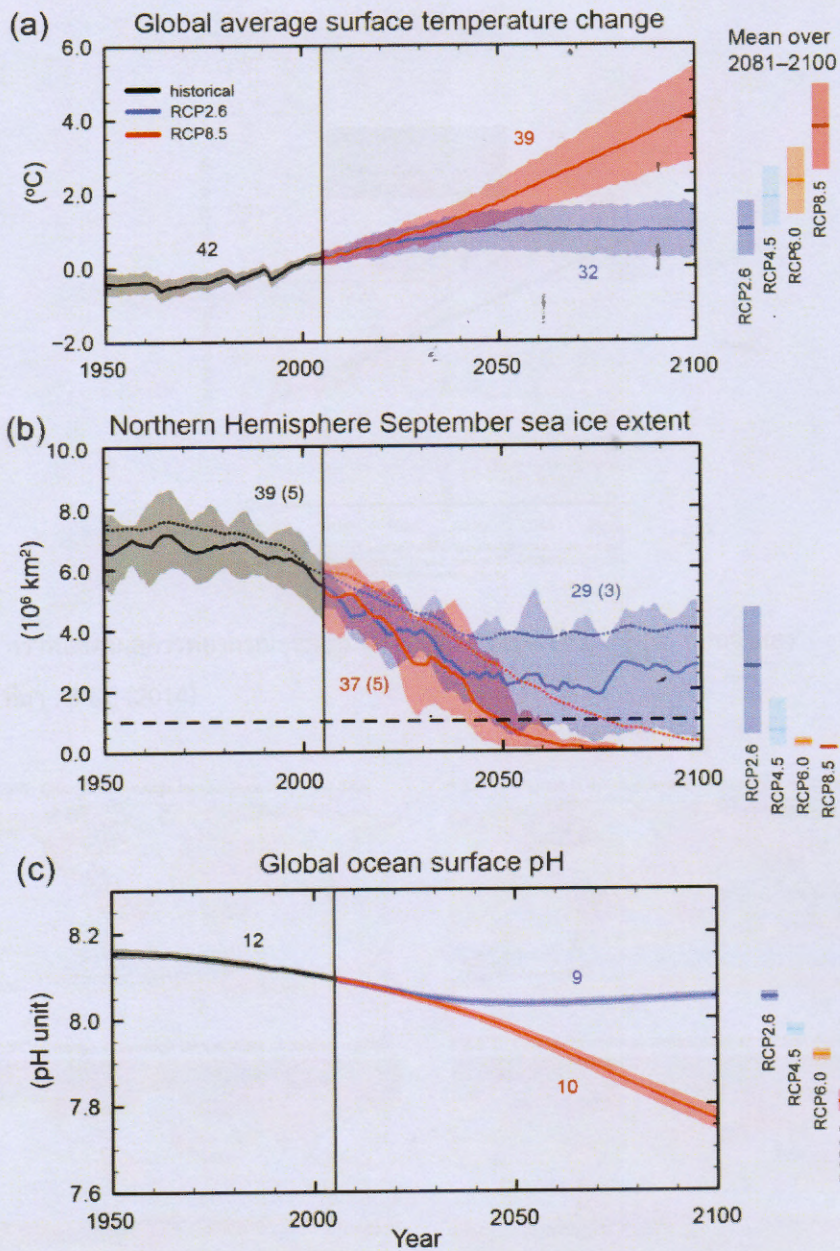
- อุณหภูมิของโลกในอนาคตอันใกล้ (ค.ศ.2016-2035) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.3-0.7 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยในช่วง ค.ศ.1986-2005 (รูปที่ 2.7)
- อุณหภูมิของโลกเมื่อสิ้นศตวรรษที่ 21 จะเพิ่มขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียสในทุกภาพฉาย ยกเว้น RCP 2.6 และจะเพิ่มมากกว่า 2 องศาเซลเซียสสำหรับ RCP 6.5 และ RCP 8.5 และมีโอกาสเพิ่มมากกว่า 2 องศาเซลเซียสสำหรับ RCP 4.5 อุณหภูมิจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องหลังสิ้นศตวรรษที่ 21
- โดยรวมมีความเป็นไปได้สูงที่อุณหภูมิจะเพิ่มไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส สำหรับ RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.5 แต่มีโอกาสเกิน 4 องศาเซลเซียส สำหรับ RCP 8.5
- สภาวะฝนตกหนักในเขตอบอุ่นและเขตร้อนเขตรอบขั้วโลกจะเกิดขึ้น
- พื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากระบบลมมรสุมจะครอบคลุมพื้นที่มากขึ้น แม้ว่าลมมรสุมจะมีกำลังอ่อนลงแต่ฝนจะตกหนักขึ้น เนื่องจากบรรยากาศมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ในหลายพื้นที่ฤดูฝนจะเริ่มเร็วขึ้นแต่วันสิ้นสุดฤดูฝนจะช้าลง

- อุณหภูมิของมหาสมุทรจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องต่อไปในอนาคต โดยที่ผิวน้ำชั้นบน อุณหภูมิจะเพิ่ม 0.6 องศาเซลเซียส (RCP 2.6) ถึง 2.0 องศาเซลเซียส (RCP 8.5)
- พื้นที่ทะเลที่มีน้ำแข็งปกคลุมมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก โดยเฉพาะในอาร์คติกที่พื้นที่ เหล่านี้อาจลดลงกว่าร้อยละ 43 (RCP 2.6) ถึงร้อยละ 94 (RCP 8.5)
- ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยโลกจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยระดับน้ำทะเลระหว่างปี ค.ศ.2081-2100 เทียบกับปี ค.ศ. 1986-2005 จะเพิ่มขึ้น 0.26-0.55 เมตร (RCP 2.6) ถึง 0.45-0.82 เมตร (RCP 8.5)
- ความเป็นกรดของมหาสมุทรจะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO_2 ซึ่งค่า pH ของมหาสมุทรจะลดลงประมาณ 0.06-0.07 (RCP 2.6) ถึง 0.32 (RCP 8.5)

รายงาน IPCC ฉบับพิเศษว่าด้วยอุณหภูมิเฉลี่ยผิวโลก 1.5 องศาเซลเซียส (IPCC Special Report on 1.5 Degrees) ได้สรุปการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกในอนาคต ไว้ดังนี้

รายงานจากคณะกรรมการของสหประชาชาติด้านความร่วมมือระหว่างรัฐบาล เกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกหรือ IPCC เตือนว่า ในปี ค.ศ. 2030 หรืออีกเพียง 11 ปีต่อจากนี้ อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกอาจสูงขึ้น 1.5 องศาเซลเซียสเหนือระดับก่อนยุคอุตสาหกรรม (รูปที่ 2.8) และจะทำให้เกิดความเสียหายระยะยาวจากธรรมชาติ เช่น ภาวะแล้งจัด ไฟป่า น้ำท่วมใหญ่ รวมทั้งการขาดแคลนอาหารสำหรับผู้คนนับล้านๆ คนทั่วโลกได้ โดยการคาดการณ์ดังกล่าวมาจากระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศของโลกที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

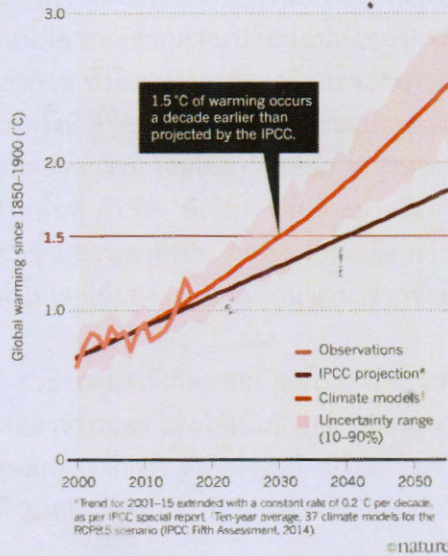
รายงานของสหประชาชาติยังเตือนว่า ถ้าโลกร้อนขึ้นเกินกว่า 1.5 องศาเซลเซียสเหนือระดับอุณหภูมิก่อนยุคอุตสาหกรรม จะพบกับปัญหาต่างๆ มากมาย ตั้งแต่คลื่นความร้อนจัด ระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น ปัญหาภัยแล้ง และฝนที่ตกหนักมากผิดปกติ ดังนั้นต้องควบคุมการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลกไม่ให้เกิน 1.5 องศาเซลเซียส อันเป็นเป้าหมายขั้นสูงตามความตกลงปารีส แทนที่จะเป็นเป้าหมาย 2 องศาตามเดิมที่ทุกรัฐบาลยอมรับ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิคาดการณ์เฉลี่ยรายวัน ที่อุณหภูมิ 1.5 และ 2.0 สามารถแสดงดังรูปที่ 2.9



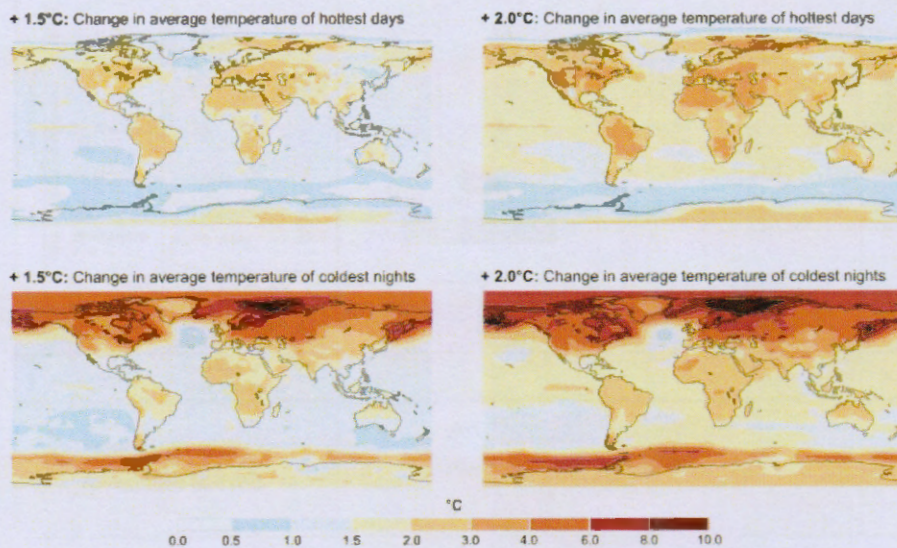
รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตตามภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและแบบจำลองรุ่นใหม่
ที่มา : IPCC (2013)

ACCELERATED WARMING

Climate simulations predict that global warming will rise exponentially if emissions go unchecked.



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงผลการพยากรณ์อุณหภูมิที่ถึง 1.5 องศาเซลเซียส จาก 37 แบบจำลอง
ที่มา : IPCC (2014)



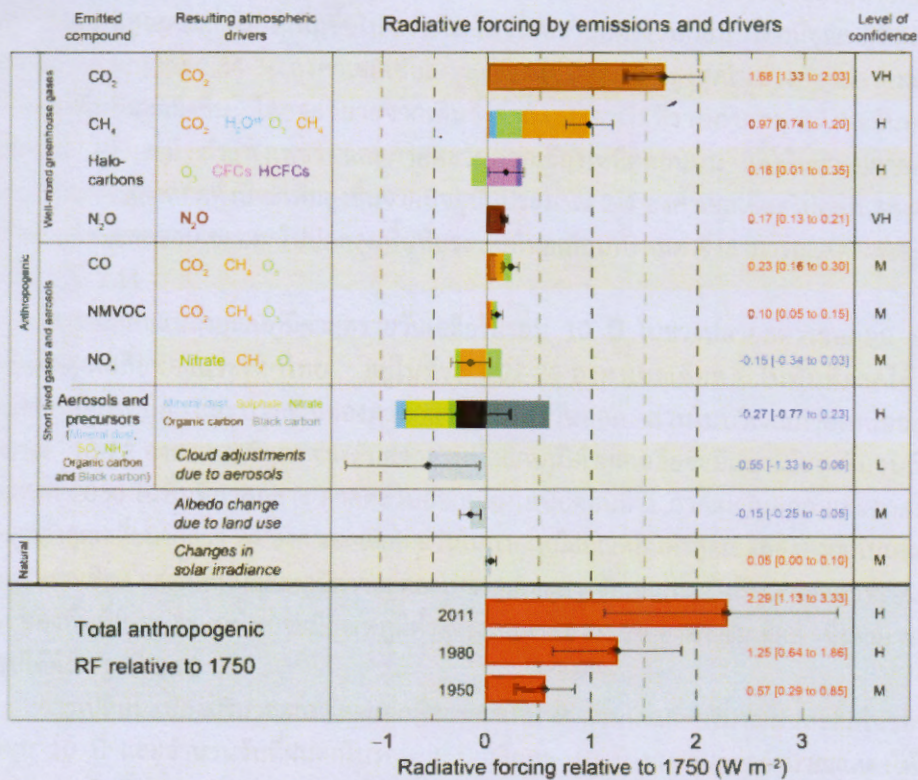
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันที่ร้อนที่สุดประจำปี (ภาพบน) การเปลี่ยนแปลงคืนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยที่หนาวที่สุดประจำปี (ภาพล่าง)
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ที่ 1.5 องศาเซลเซียส (ภาพซ้าย) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ที่ 2.0 องศาเซลเซียส (ภาพขวา)

รูปที่ 2.9 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิค่าการณเฉลี่ยรายปี ที่อุณหภูมิ 1.5 และ 2.0 องศาเซลเซียส
เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนยุคอุตสาหกรรม
ที่มา : IPCC (2018)

สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเป็นผลมาจากการเปลี่ยนสมดุลพลังงานในบรรยากาศ และการเปลี่ยนแปลงสมดุลพลังงานนี้มีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการและปริมาณ/ชนิดสารประกอบต่างๆ ในบรรยากาศ ทั้งโดยทางธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ ในรายงานสังเคราะห์และประมวลความรู้ครั้งที่ 5 (AR5) แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานในปี ค.ศ. 2011 เทียบกับปี ค.ศ.1750 ก่อนการปฏิวัติอุตสาหกรรม โดยใช้ค่า Radiative Forcing (RF) ซึ่งเป็นค่าพลังงานในระบบบรรยากาศโลกต่อหน่วยพื้นที่ ค่า RF ที่เป็น “บวก” หมายถึงการสะสมของพลังงานในระบบเพิ่มขึ้นและจะทำให้โลกร้อนขึ้น ส่วนค่าที่เป็น “ลบ” หมายถึง การสะสมของพลังงานในระบบบรรยากาศโลกได้ลดลงและทำให้โลกเย็นลง ค่า RF นี้คำนวณมาจากข้อมูลการตรวจวัดสมบัติของก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละออง

AR5 พบว่า ค่า RF รวมของโลกที่เกิดจากมนุษย์ในปี ค.ศ. 2011 เทียบกับปี ค.ศ. 1750 ได้เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 2.29 วัตต์ต่อตารางเมตร และได้เพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 43 เมื่อเทียบกับที่รายงานไว้ใน AR4 (ปี ค.ศ.2007) สาเหตุหลักมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ (รายละเอียดตัวเลขค่า RF ดังแสดงในรูปที่ 2.10)



รูปที่ 2.10 การเปลี่ยนแปลงของ Radiative Forcing ของโลกในปี ค.ศ. 2011 เทียบกับปี ค.ศ. 1750 จำแนกตามชนิดและประเภทของสาร/ก๊าซเรือนกระจก

ที่มา : IPCC (2013)

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและสารประกอบต่างๆ (CO₂ , CH₄ , N₂O, Halo-carbons, CO) และการเปลี่ยนแปลงของดวงอาทิตย์ โดยรวมมีผลทำให้ค่า RF เพิ่มมากขึ้น ส่วนการปล่อยแอโรซอล (Aerosols) เถ้าและฝุ่นจากการระเบิดของภูเขาไฟมีผลทำให้ค่า RF ลดลง

ข้อสรุปที่ยังคงเหมือนกับในรายงานครั้งที่ผ่านๆ มา คือ กิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในปัจจุบัน ข้อสรุปนี้มาจากหลักฐานต่างๆ รวมถึงการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศ การเพิ่มขึ้นของ RF ข้อมูลการตรวจวัด และความรู้ความเข้าใจที่เพิ่มมากขึ้น (อำนาจ ชิตโรสง, 2014)

2.7 การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทย

ผลการศึกษา การคาดการณ์สภาพอากาศในอนาคตสำหรับประเทศไทยผลการจำลองสภาพภูมิอากาศโดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยศุภกร ชินวรโรจน์ และคณะ (2552) ซึ่งประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดรายปี การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรายปีและจำนวนวันที่มีฝนตกในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ในช่วงต้นศตวรรษจนถึงปลายศตวรรษที่ 2030 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่ได้เพิ่มขึ้นไปจากเดิม ในช่วงปลายศตวรรษก่อน โดยมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีอยู่ระหว่าง 34-36 องศาเซลเซียส แต่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงดังกล่าวจะแผ่ขยายครอบคลุมพื้นที่มากยิ่งขึ้น โดยจะขยายจากเดิมซึ่งจำกัดอยู่เฉพาะที่ราบภาคกลางฝั่งตะวันตก เช่น สุพรรณบุรี อุทัยธานี กำแพงเพชร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และในช่วงปลายศตวรรษ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดทั้งปีจะเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบันประมาณ 2-4 องศาเซลเซียสไปอยู่ที่ 38-40 องศาเซลเซียส และขยายขอบเขตออกไปปกคลุมพื้นที่ประเทศไทยเกือบทั้งหมด ซึ่งสามารถแสดงผลสรุปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.11

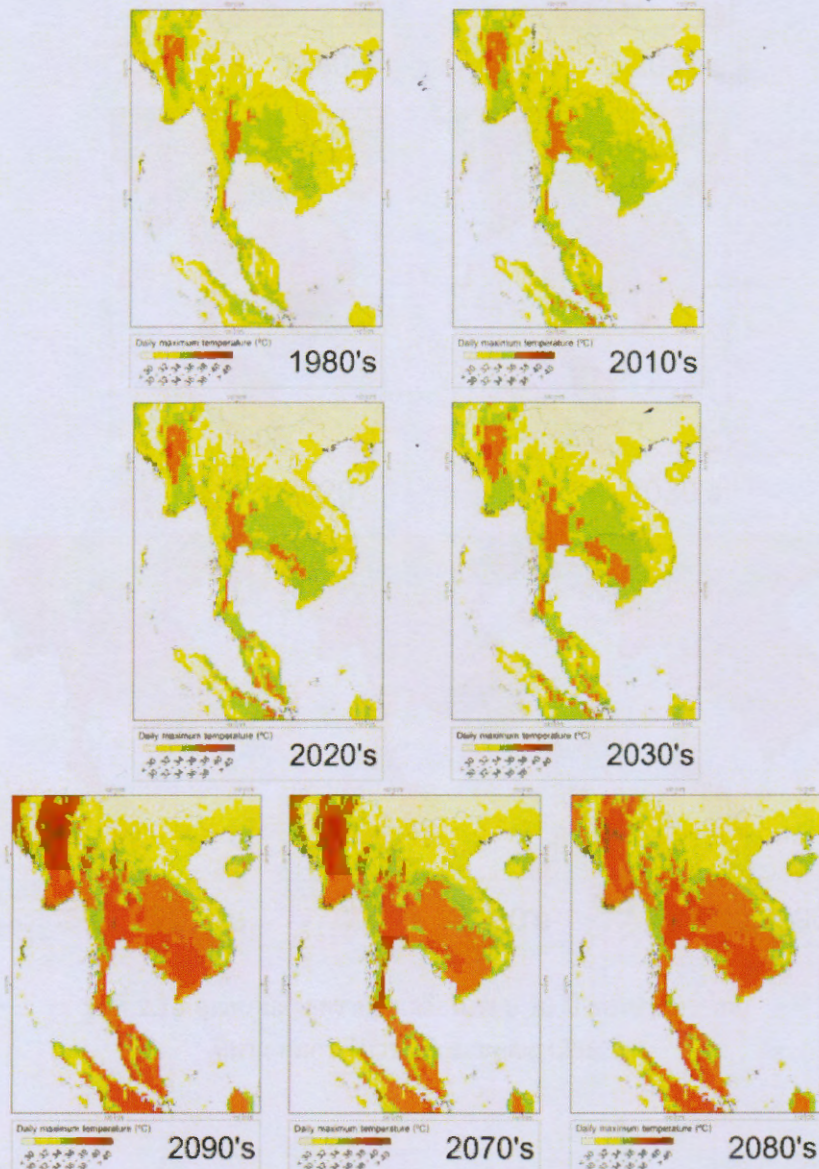
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ในช่วงปลายศตวรรษก่อน อุณหภูมิรายวันต่ำสุดเฉลี่ยของประเทศไทย อยู่ในช่วง 22-24 องศาเซลเซียส ในพื้นที่ภาคใต้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และบางส่วนของภาคกลาง-ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนในบริเวณภาคเหนืออยู่ในช่วงประมาณ 18-22 องศาเซลเซียส ช่วงต้นศตวรรษนี้อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยจะมีแนวโน้มสูงขึ้นจนถึงปลายศตวรรษที่ 2030 ในพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออก และภาคใต้ จะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมากกว่า 24 องศาเซลเซียส ส่วนในภาคเหนืออุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยยังคงอยู่ในเกณฑ์ 18-22 องศาเซลเซียส แต่พื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำจะลดลงไปจากเดิมอย่างชัดเจนกระทั่งถึงปลายศตวรรษมากกว่า 90% ของพื้นที่ของประเทศไทยจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมากกว่า 24 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถแสดงผลสรุปได้ดังในรูปที่ 2.12

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน โดยแยกพิจารณาเป็น 2 ส่วนได้แก่ ปริมาณฝนสะสมในรอบ 1 ปี เฉลี่ยทุก 10 ปี และจำนวนวันที่ฝนตกในรอบ 1 ปีเฉลี่ยทุก 10 ปี ผลสรุปการคำนวณแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในทั่วทุกภาคของประเทศไทย ทั้งในด้านปริมาณและการกระจายตัวของพื้นที่ที่มีจำนวนฝนตกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปลายศตวรรษ ซึ่งสามารถแสดงผลได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.13

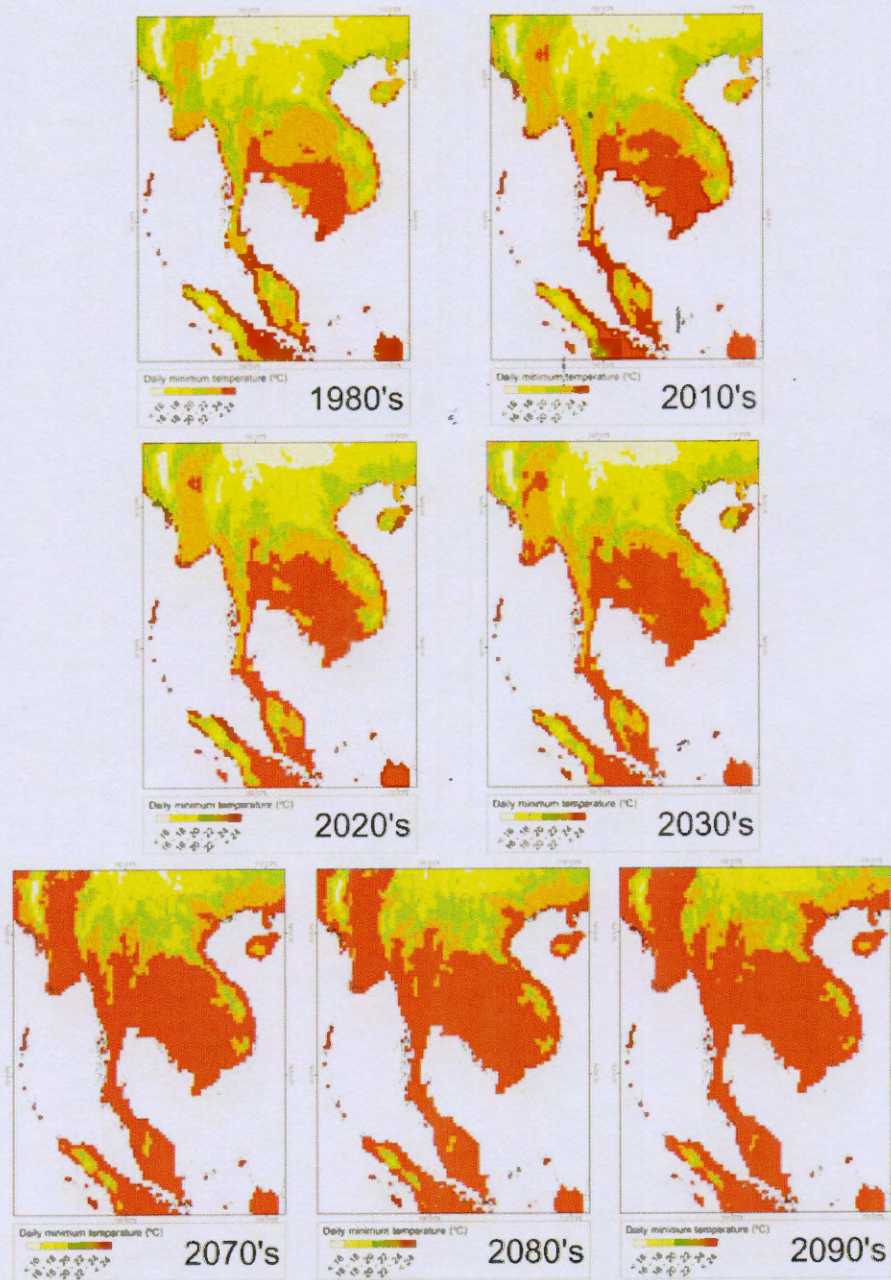
ในส่วนของจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปี ซึ่งใช้เกณฑ์การพิจารณาในรายงานฉบับนี้ คือ วันที่มีฝนตกเกินกว่า 3 มม.ขึ้นไป โดยผลสรุปจากการคำนวณแสดงให้เห็นว่า จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยในแต่ละปีในเกือบ

ทุกพื้นที่ยังคงใกล้เคียงกับที่เคยเป็นมาในอดีต ซึ่งแสดงให้เห็นถึงลักษณะและความยาวนานของฤดูฝนที่อาจจะเป็นไปได้ในอนาคตว่า ยังคงไม่เปลี่ยนแปลงไปจากที่เคยเป็นอยู่มากนัก ดังแสดงในรูปที่ 2.14

จากข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณฝนทั้ง 2 ชุด แสดงให้เห็นว่าประเทศไทยในอนาคตจะมีฤดูฝนที่ยังคงความยาวนานเท่าเดิม แต่ปริมาณฝนในแต่ละปีของทุกพื้นที่จะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจจะบ่งชี้ว่าปริมาณฝนที่ตกในแต่ละครั้งในอนาคตจะเพิ่มสูงขึ้นหรืออาจจะเรียกได้ว่าฝนที่ตกแต่ละครั้งจะตกหนักมากขึ้นกว่าที่เป็นมาในอดีต ซึ่งหมายถึงความเสี่ยงต่อภาวะน้ำท่วมฉับพลัน น้ำหลาก และภัยธรรมชาติที่จะเกิดตามมาจากอุทกภัยอีกหลายชนิด

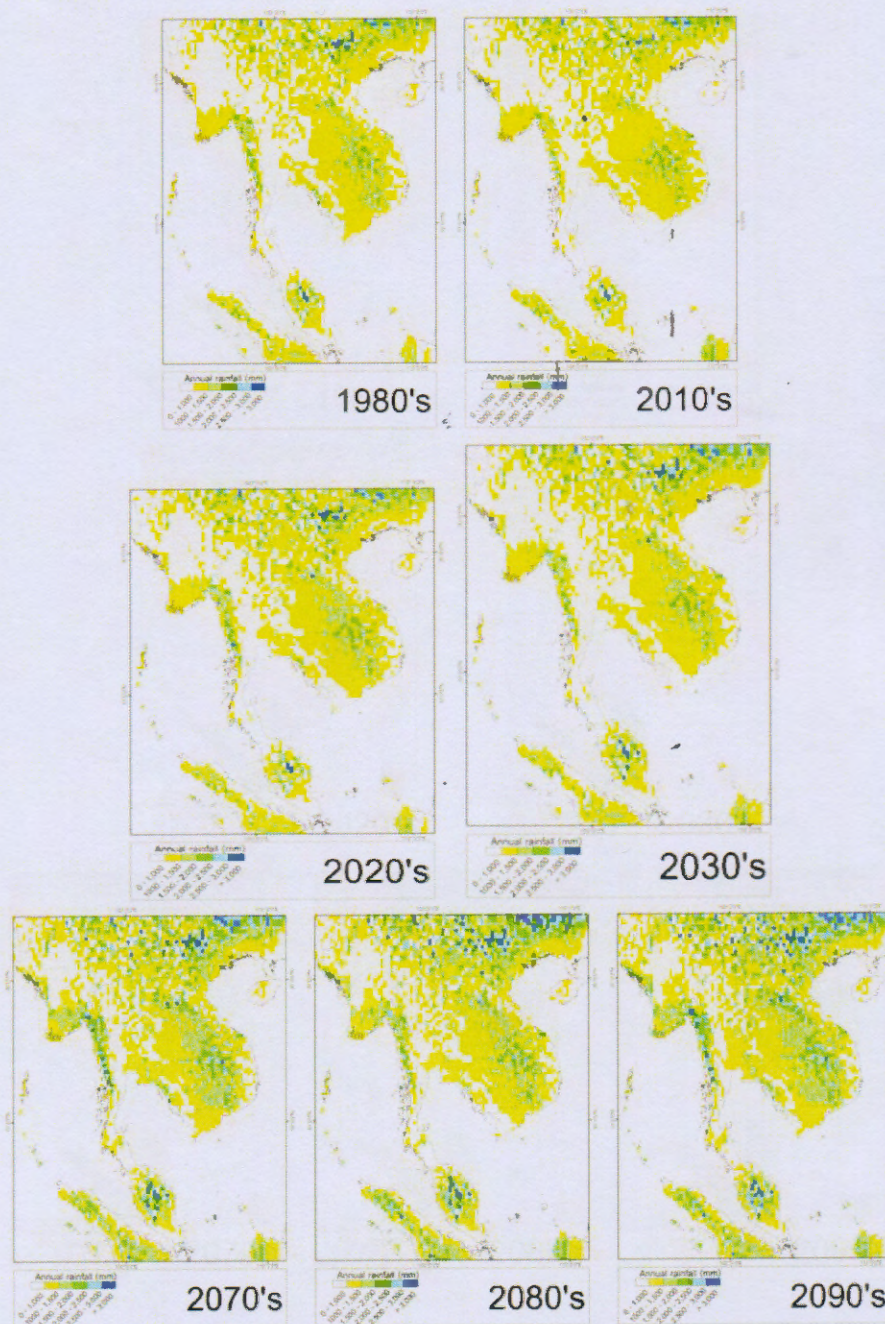


รูปที่ 2.11 อุณหภูมิสูงสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ของประเทศไทย
ที่มา : ศุภกร ชินวรรณ และคณะ (2552)

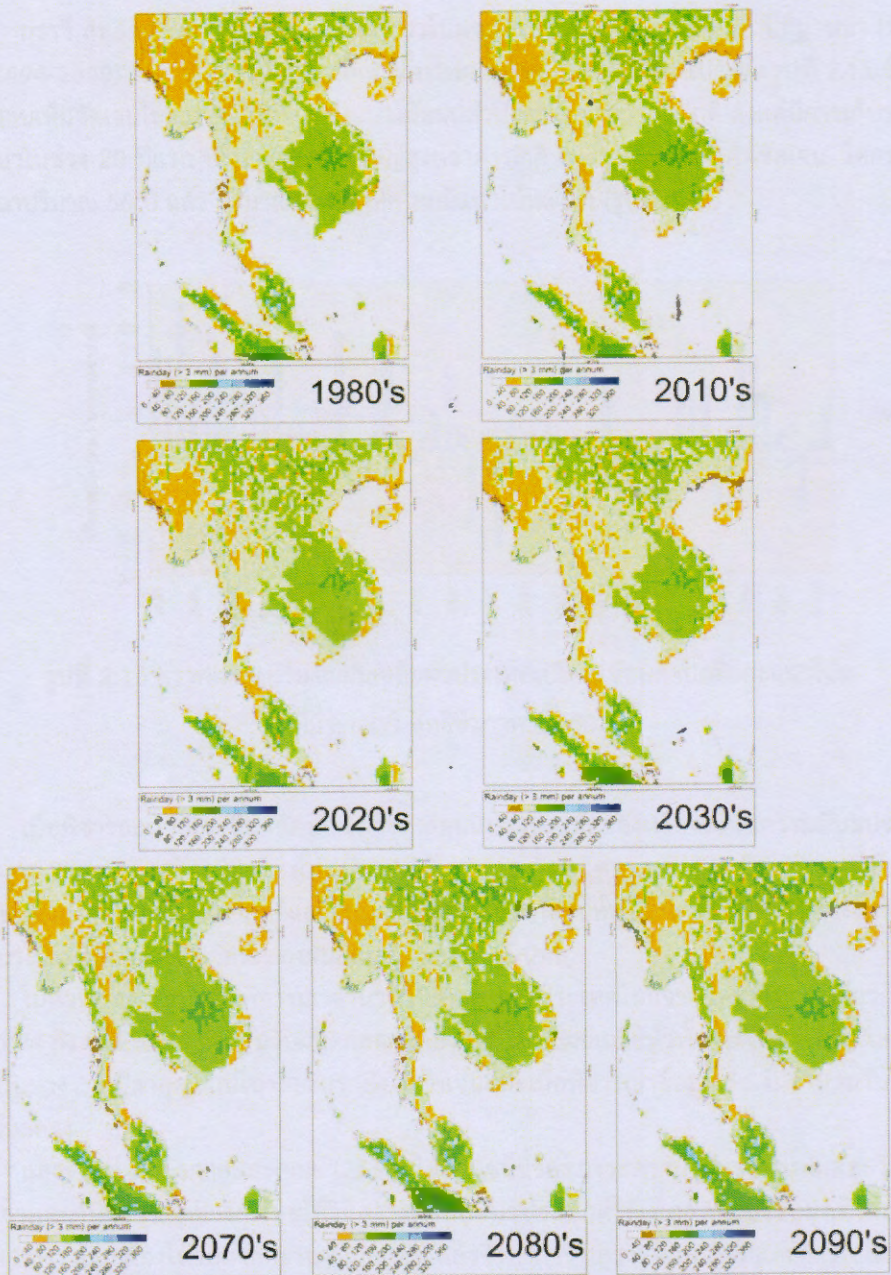


รูปที่ 2.12 อุณหภูมิต่ำสุดรายวันเฉลี่ยในรอบ 10 ปี ของประเทศไทย
 ที่มา : ศุภกร ชินวรรณ และคณะ (2552)

สำนักทรัพยากรการเรียนรู้คุณหญิงหลง อรรถกระวีสุนทร

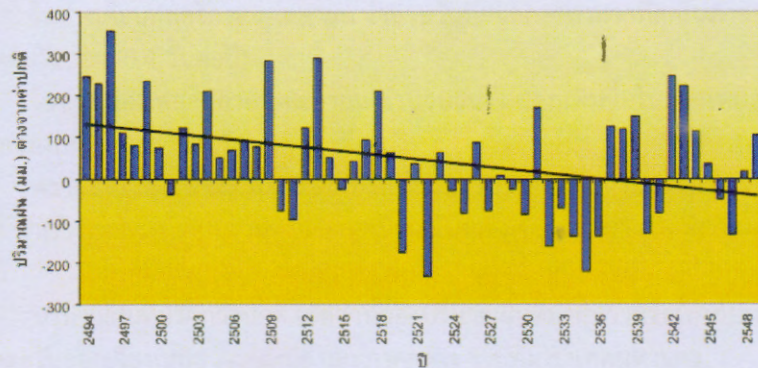


รูปที่ 2.13 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของประเทศไทย
ที่มา : ศุภกร ชินวรโรจน์ และคณะ (2552)



รูปที่ 2.14 จำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีของประเทศไทย
ที่มา : ศุภกร ชินวรรณ และคณะ (2552)

กรรวิ สัทธชีวภาพ (2550) วิเคราะห์แนวโน้มของฝนรวมรายปีในรอบ 56 ปีที่ผ่านมา (ระหว่าง พ.ศ. 2494-2549) พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วทั้งประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงดังรูปที่ 2.15 ซึ่งความแปรปรวนเห็นชัดเจนในช่วง 30 ปีล่าสุด ซึ่งแนวโน้มฝนส่วนใหญ่ในต่ำกว่าค่าปกติ ตั้งแต่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลมาในช่วง 20 ปีแรก ปริมาณฝนส่วนใหญ่สูงกว่าค่าปกติ ความผันแปรเห็นได้ชัดเจน โดยรวมเมื่อพิจารณาปริมาณ 56 ปี แล้ว ปริมาณฝนประเทศไทยมีแนวโน้มลดลง (รูปที่ 2.15)



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วประเทศเปรียบเทียบกับค่าปกติและแนวโน้ม
ที่มา: กรรวิ สัทธชีวภาพ (2550)

เมื่อพิจารณารายละเอียดลักษณะการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจังหวัดจะเห็นความผันแปรของฝนชัดเจนกว่า เช่น จังหวัดเชียงใหม่ฝนมีแนวโน้มลดลง จังหวัดอุบลราชธานีฝนมีแนวโน้มลดลง กรุงเทพมหานครฝนใกล้เคียงค่าปกติและมีแนวโน้มสูงขึ้น จังหวัดจันทบุรีฝนใกล้เคียงค่าปกติ จังหวัดชุมพรฝนมีแนวโน้มลดลง และจังหวัดระนองฝนมีแนวโน้มลดลง เป็นต้น

ในทำนองเดียวกันเมื่อพิจารณาจำนวนวันฝนตกของประเทศไทยจากข้อมูลในช่วงเดียวกันตั้งแต่ พ.ศ. 2494 ถึง พ.ศ. 2549 จำนวนวันฝนตกสอดคล้องกับปริมาณฝนเฉลี่ยทั่วทั้งประเทศ ความผันแปรเห็นชัดเจนในช่วง 30 ปีล่าสุด ส่วนในระยะแรกยังไม่ชัดเจนและเมื่อพิจารณาข้อมูล 56 ปี จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลง

แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาลและคณะ (2552) ได้นำดัชนีชี้วัดสภาวะความรุนแรงของฝนและวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดต่างๆ โดยใช้วิธีการทางสถิติมาประยุกต์ใช้เพื่อคัดกรองข้อมูลที่ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องได้ออกจากฐานข้อมูลก่อน แล้วจึงทำการวิเคราะห์แนวโน้มและการเปลี่ยนแปลง เช่น ตัวชี้วัดปริมาณฝนรวมรายปี จำนวนวันที่ฝนตกรวมรายปี จำนวนวันที่มีปริมาณฝนตกมากกว่าหรือเท่ากับ 1 มิลลิเมตร และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของฝนในปีหนึ่งๆ เปรียบกับค่าเฉลี่ยระยะยาว เป็นต้น ผลการศึกษาดังกล่าว สรุปได้ดังนี้

ปริมาณฝนรวมรายปีในประเทศไทย มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ทั้งในแง่ของอัตราและรูปแบบ โดยปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (ระดับความเชื่อมั่น 95%) ในพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (คิดเป็น 12% ของสถานีตรวจวัดทั้งหมด)

ในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณฝนรวมรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (คิดเป็น 7% ของสถานีตรวจวัดทั้งหมด)

ในภาพรวมทั้งประเทศ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงแนวโน้มอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณฝนทั้งประเทศ ทั้งในด้านปริมาณฝนรายปี จำนวนวันที่ฝนตกรวมรายปี และเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยระยะยาว แต่พบว่าปริมาณฝนรวมในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และในช่วงเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม มีแนวโน้มลดลง

ในภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคเหนือบางส่วน พบว่า จำนวนวันที่ฝนตกรวมรายปีลดลง (คิดเป็น 67% ของสถานีทั้งหมด) โดยมีอัตราการลดลงอยู่ในช่วง 0.05-1.3 วันต่อปี

ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน จำนวนวันที่ฝนตกลดลงมากที่สุด ในภาคกลาง (0.3 วันต่อปี) และภาคตะวันออก (0.4 วันต่อปี)

ในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน จำนวนวันที่ฝนตกเพิ่มขึ้นในภาคเหนือตอนล่างและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (0.8 วันต่อปี)

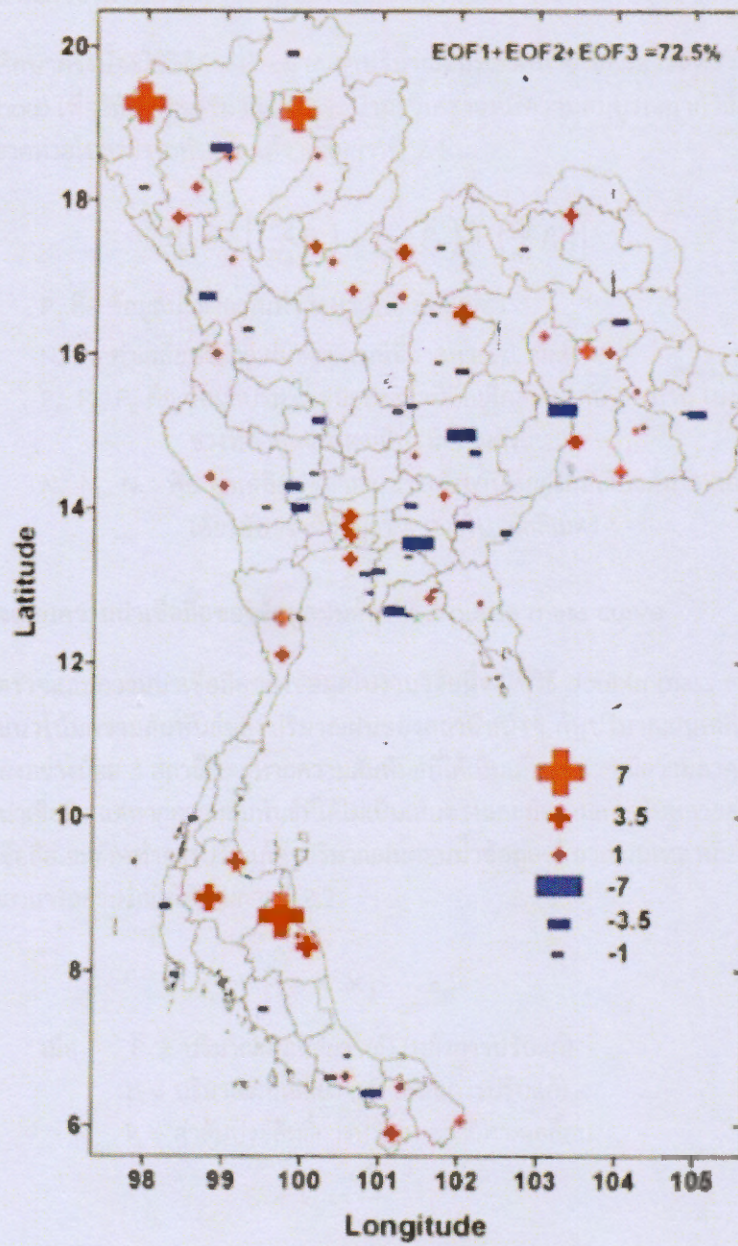
ความแรงของฝนซึ่งคำนวณจากปริมาณฝนรวมรายปีและจำนวนวันที่ฝนตก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกภาค ทำให้ความแรงของฝนรวมทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตรา 0.6 มิลลิเมตรต่อวันต่อในช่วงเวลา 10 ปี

ปริมาณฝนที่มากกว่าปกติ (สัดส่วนของปริมาณฝนที่มากกว่าหรือเท่ากับเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95) พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลาง รวมทั้งกรุงเทพมหานคร

จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่องที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงสุดพบที่สถานีราชบุรีในภาพรวมทั้งประเทศ จำนวนวันที่ฝนไม่ตกอย่างต่อเนื่องมีอัตราเพิ่มขึ้น 24 วันระหว่างปี พ.ศ. 2508-2006

จากข้อมูลดัชนีการเปลี่ยนแปลงของฝนในประเทศไทย ผู้วิจัยได้นำดัชนีเหล่านี้มารวมวิเคราะห์เพื่อบ่งชี้ถึงสภาวะความรุนแรงของฝน ซึ่งดัชนีเหล่านี้ประกอบด้วย Monthly maximum 1-day rainfall (RX1DAY), Monthly maximum consecutive 5-day rainfall (RX5DAY), Annual total rainfall divided by the number of wet days (defined as rainfall ≥ 1.0 mm) in the year (SDII), Annual count of days when rainfall ≥ 1.0 mm (R10), Annual count of days when rainfall ≥ 50 mm (R50), Annual total rainfall when rainfall $>95^{\text{th}}$ percentile (R95p), Maximum number of consecutive days with rainfall < 1 mm (CDD), Maximum number of consecutive days with rainfall ≥ 1.0 mm (CWD), Annual total rainfall in wet day (rainfall ≥ 1.0 mm , RAINtot) และ Annual count of days when rainfall ≥ 1.0 mm (WETtot) โดยใช้วิธีทางสถิติที่เรียกว่า Principal Component Analysis (PCA) ซึ่งจะถูกคำนวณจากเมตริกซ์ของจำนวนสถานีทั้งหมด (170 สถานี) และดัชนีที่ทำการศึกษวิเคราะห์ทั้งหมด (10 ดัชนี)

ผลการวิเคราะห์ระดับความรุนแรงรวมของฝนดังกล่าวพบว่า พื้นที่ที่มีค่าคะแนนสูงสุดทางบวก (ความรุนแรงของฝนมากขึ้นหรือมีปริมาณฝนมากกว่าปกติ) เกิดขึ้นที่สถานีตรวจวัดอากาศในจังหวัดนครศรีธรรมราช พะเยา และแม่ฮ่องสอน ส่วนค่าผลรวมดัชนีทางลบ (มีโอกาสเสี่ยงต่อภาวะความแห้งแล้ง) สูงสุด 3 ลำดับแรก คือ จังหวัดฉะเชิงเทรา นครราชสีมา และบุรีรัมย์ (รูปที่ 2.16)



รูปที่ 2.16 ผลการวิเคราะห์ Principal Component Analysis ของดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝน โดยขนาดของเครื่องหมายบวกหรือลบแสดงถึงสภาวะความรุนแรงเชิงบวก (ฝนมากกว่าปกติ) และลบ (ฝนน้อยกว่าปกติ) (ที่มา: แสงจันทร์ ลีมีจิรกาล และคณะ 2552)

2.8 การประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method)

การศึกษาครั้งนี้จะใช้วิธีการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method) เพื่อให้ข้อมูลปริมาณฝนที่จะนำมาวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากที่สุดวิธีการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{N_x}{N_a} P_a \right) + \left(\frac{N_x}{N_b} P_b \right) + \left(\frac{N_x}{N_c} P_c \right) \right] \quad \text{สมการที่ 2.1}$$

โดย P_x คือ ข้อมูลปริมาณฝนที่ขาดหายไป, มิลลิเมตร
 N_x คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนของสถานีที่ขาดหายไป, มิลลิเมตร
 P_a, P_b, P_c คือ ข้อมูลปริมาณฝนของสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกัน 3 สถานี ในช่วงเวลาเดียวกับช่วงที่ข้อมูลขาดหายไป, มิลลิเมตร
 N_a, N_b, N_c คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณฝนของสถานีที่อยู่ใกล้เคียงกัน 3 สถานี ในช่วงเวลาเดียวกับช่วงที่ข้อมูลขาดหายไป, มิลลิเมตร

2.9 การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนด้วยวิธี Double mass curve

การตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลในงานวิจัยนี้จะใช้วิธี double mass curve โดยทำการเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนของสถานีหนึ่งๆ กับปริมาณฝนเฉลี่ยของสถานีที่อยู่บริเวณข้างเคียงอย่างน้อย 3 สถานี โดยหากความสัมพันธ์ที่ได้เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ แต่หากความสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันหลายค่า แสดงว่าข้อมูลไม่มีความน่าเชื่อถือ จะต้องทำการปรับแก้ค่าปริมาณฝนก่อนนำข้อมูลปริมาณฝนเหล่านั้นไปวิเคราะห์ การปรับแก้ข้อมูลสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 2.2

$$\bar{P} = k_1 \times p_1 \quad \text{สมการที่ 2.2}$$

เมื่อ \bar{P} = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (หลังการปรับแก้)
 p_1 = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (ก่อนการปรับแก้)
 k_1 = ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคาดเคลื่อน

$$k_1 = \frac{S_2}{S_1}$$

โดย S_1 = ความลาดของกราฟช่วงหนึ่ง
 S_2 = ความลาดของกราฟช่วงสอง (ค่าข้อมูลที่ถูกต้อง)

$$S_1, S_2 = \frac{\Delta Y_1}{\Delta X_1} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

โดย ΔY = ผลต่างของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีที่มีความคาดเคลื่อน
 ΔX = ผลต่างของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสะสมที่มีความคาดเคลื่อน

2.10 Bias Correction Method

ในการคาดการณ์ปริมาณฝนนั้นเราจำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากแบบจำลองซึ่งจะต้องมีแนวโน้มของข้อมูลไปในทิศทางเดียวกับค่าที่ตรวจวัด แต่หากข้อมูลจากแบบจำลองไม่สอดคล้องกับตรวจวัดเราจะต้องมีวิธีการปรับแก้ข้อมูลนั้นก่อนนำมาใช้งาน

การปรับแก้ข้อมูลหรือที่เรียกว่าวิธี Change factor (CF) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับ bias correction เพราะเป็นวิธีที่เรียบง่าย ซึ่งจะเป็นการปรับแก้ระหว่างค่าที่ได้จากการตรวจวัดกับค่าที่ได้จากแบบจำลอง มีสูตรคำนวณดังสมการที่ 2.3 (เทพไท ไชยทอง และคณะ, 2559)

$$P'_{RCM, future} = P_{RCM, future} \times k_i \quad \text{สมการที่ 2.3}$$

$P'_{RCM, future}$ คือ ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง RCM หลังปรับลดความคลาดเคลื่อนแล้ว

$P_{RCM, future}$ คือ ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง RCM ก่อนปรับลดความคลาดเคลื่อน

k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปรับลดความคลาดเคลื่อน (change factor)

$$k_i = \left(\frac{\bar{P}_{observed, base}}{\bar{P}_{simulated, base}} \right)$$

$\bar{P}_{observed, base}$ คือ ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยจากการตรวจวัดในช่วงอดีต

$\bar{P}_{simulated, base}$ คือ ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยจากแบบจำลอง RCM ในช่วงอดีต

ค่า CF จะคำนวณค่าในหน่วยต่อเดือน/ปี โดยค่า CF จะประมาณค่าสัมประสิทธิ์เพื่อแสดงผลต่างระหว่างค่าการตรวจวัดกับแบบจำลอง และทำการปรับลดค่าจากแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับค่าจากการตรวจวัด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

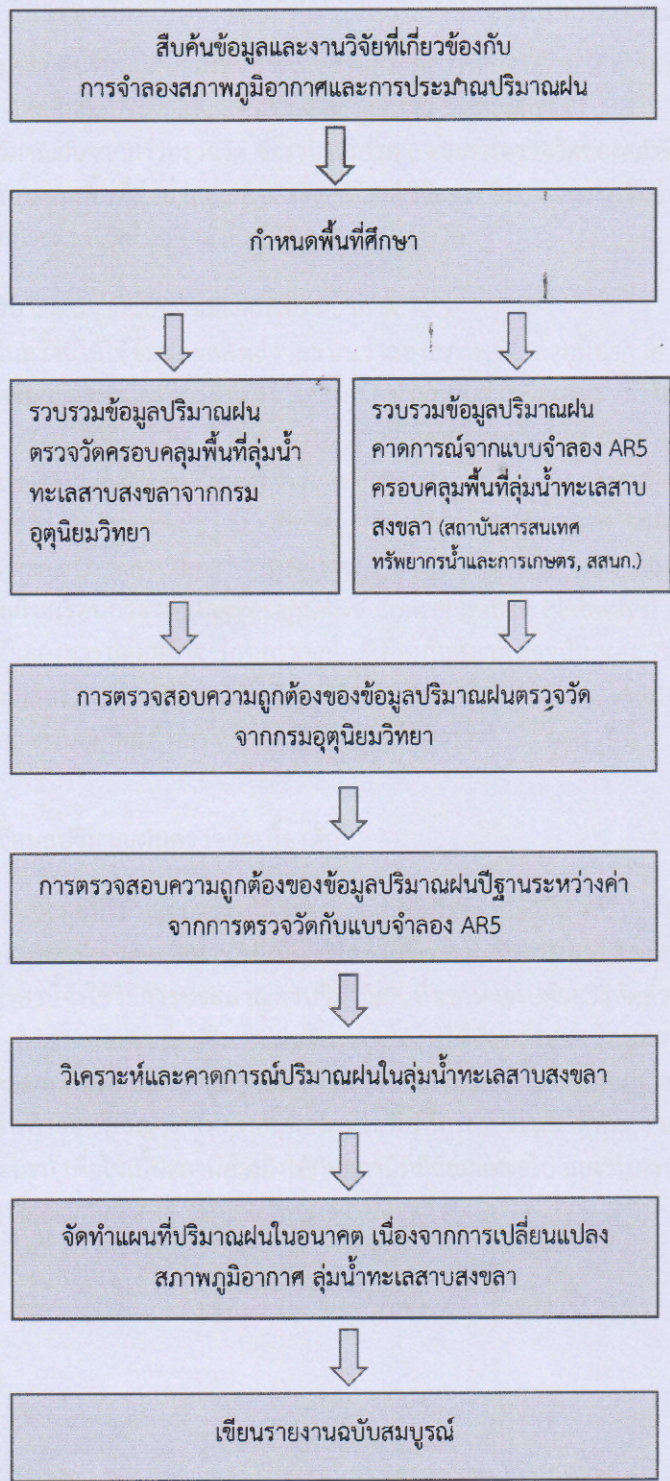
การศึกษาคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ มีขั้นตอนโดยสังเขปประกอบด้วย 1) สืบค้นข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพภูมิอากาศและการประมาณปริมาณฝน 2) กำหนดพื้นที่ศึกษา 3) การรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนครอบคลุมกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 4) การตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดเบื้องต้น 5) การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนระหว่างค่าตรวจวัดกับแบบจำลอง AR5 6) วิเคราะห์และคาดการณ์ปริมาณฝนในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 7) จัดทำแผนที่ปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา 8) เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ แสดงดังรูปที่ 3.1

3.1 สืบค้นข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสืบค้นข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจำลองสภาพภูมิอากาศและการประมาณปริมาณฝน ประกอบด้วย ลักษณะภูมิประเทศของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา สภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Global warming and Climate change) แบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต วิธีการย่อส่วนแบบจำลองทรงคณิตศาสตร์ของภูมิอากาศ (Downscaling) แบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกในอนาคต และสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตของประเทศไทย

3.2 กำหนดพื้นที่ศึกษา

การศึกษาคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ทำการศึกษาในส่วนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งมีพื้นที่ 8,599.61 ตารางกิโลเมตร แยกเป็นพื้นดิน 7,559.40 ตารางกิโลเมตร พื้นน้ำทะเลสาบสงขลา 1,040.21 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ 3 จังหวัด ได้แก่ บางส่วนของอำเภอชะอวด อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดพัทลุงทั้งจังหวัด (11 อำเภอ) และ 12 อำเภอ ของจังหวัดสงขลา คือ อำเภอระโนด อำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสสินธุ์ อำเภอสิงหนคร อำเภอเมืองสงขลา อำเภอหาดใหญ่ อำเภอรัตนบุรี อำเภอกวนเนียง อำเภอบางกล่ำ อำเภอนาหม่อม อำเภอสะเตาะและอำเภอกลองหอยโข่ง แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการทำวิจัย

3.3 การรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนครอบคลุมน้ำทะเลสาบสงขลา

การรวบรวมข้อมูลปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัด และข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ AR5

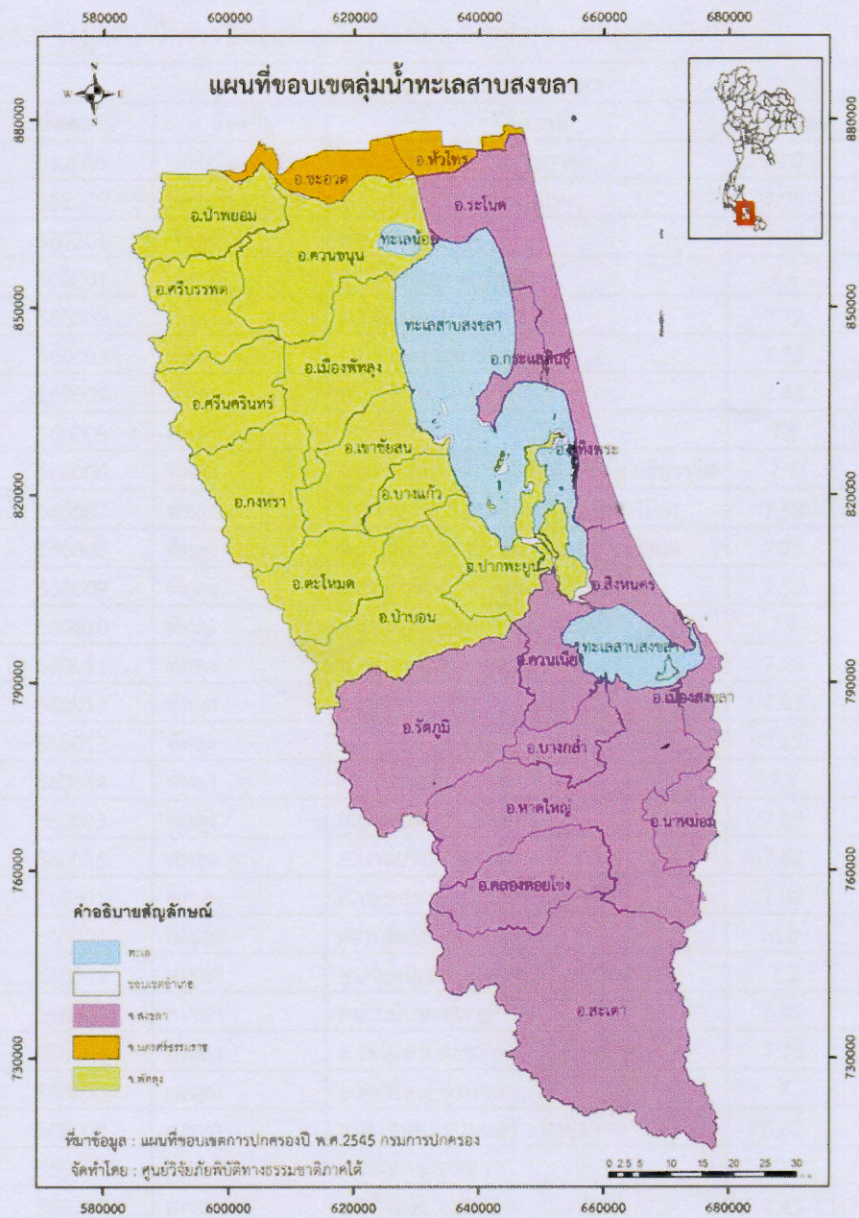
1) ข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัด ซึ่งรวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัดของสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยใช้ข้อมูลปริมาณฝนรายวันย้อนหลังของสถานี ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดในอดีตตั้งแต่ปี ค.ศ.1980-ปัจจุบัน

2) ข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ AR5

การศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลผลลัพธ์จากแบบจำลองสภาพจำลองภูมิอากาศ IPCC AR5 จากสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (สสนก.) ประกอบด้วยข้อมูล 3 ช่วงเวลาได้แก่ ปี ค.ศ. 2015-2039 , ค.ศ. 2045-2069 และ ปี ค.ศ. 2075-2099 โดยเลือกแบบจำลอง 3 แบบจำลอง ได้แก่ CNRM-CM5 (Centre National de Recherches Meteorologiques) ประเทศฝรั่งเศส, GFDL-CM3 (NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) ประเทศสหรัฐอเมริกา และ MIROC5 (Model for Interdisciplinary Research on Climate) ประเทศญี่ปุ่น และเลือกการจำลองการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Representative Concentration Pathways) 2 แบบจำลอง คือ RCP 2.6 เป็นการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกใกล้เคียงกับสภาพปัจจุบัน และ RCP 8.5 เป็นการจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างรุนแรงที่สุด (Worst case scenario) โดยประกอบด้วยสถานีตรวจวัดปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา 34 สถานี ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.3

3.4 การตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดเบื้องต้น

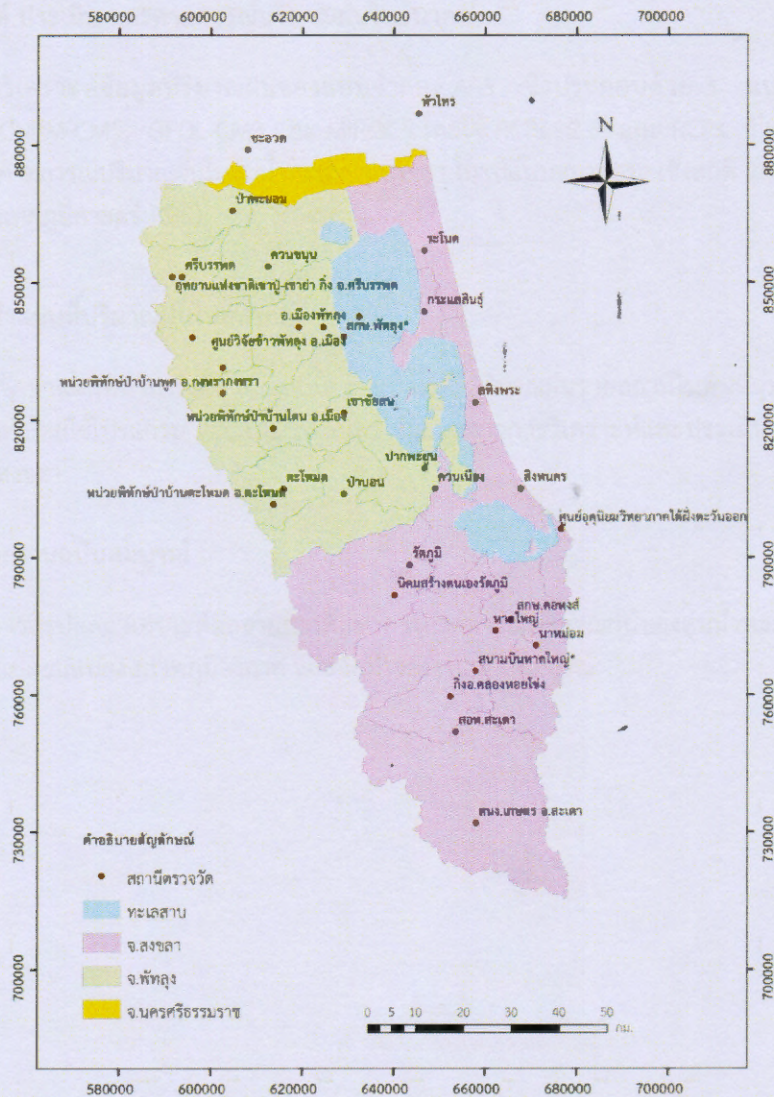
การตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยาเบื้องต้น พบว่า ข้อมูลตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยามีบางสถานีข้อมูลขาดหายไป เพื่อให้ข้อมูลปริมาณฝนที่จะนำมาวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากขึ้น ในการศึกษานี้จึงใช้วิธีการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method การประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปได้ทำการแบ่งข้อมูลตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นกลุ่มตามพื้นที่ที่มีสภาพภูมิประเทศที่เหมือนกัน (ประกอบด้วยกลุ่มสถานีคาบสมุทรสมิงพระ กลุ่มสถานีในพื้นที่ราบบริเวณ จ.พัทลุง กลุ่มสถานีในพื้นที่ภูเขาบริเวณ จ.พัทลุง และกลุ่มสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา) เพื่อใช้เป็นสถานีอ้างอิงให้กับสถานีที่มีข้อมูลหายไป และทำการตรวจสอบข้อมูลหลังการประมาณค่าปริมาณฝนด้วยวิธี Double mass curve



รูปที่ 3.2 พื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝนลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของกรมอุตุนิยมวิทยา

ลำดับ	สถานีลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา				
	รหัสสถานี	จังหวัด	ชื่อสถานี*	Latitude	Longitude
1	552003	นครศรีธรรมราช	อ.หัวไทร จ.นครศรีธรรมราช	8.02	100.32
2	552010	นครศรีธรรมราช	อ.ชะอวด จ.นครศรีธรรมราช	7.95	99.98
3	560301	พัทลุง	สภ.พัทลุง	7.58	100.17
4	560001	พัทลุง	อ.เมืองพัทลุง จ.พัทลุง	7.6	100.08
5	560002	พัทลุง	อ.ควนขนุน จ.พัทลุง	7.72	100.02
6	560003	พัทลุง	อ.ปากพะยูน จ.พัทลุง	7.32	100.33
7	560004	พัทลุง	อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง	7.43	100.17
8	560005	พัทลุง	ศูนย์วิจัยข้าวพัทลุง อ.เมือง	7.6	100.13
9	560006	พัทลุง	อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า กิ่ง อ.ศรีบรรพต	7.7	99.83
10	560007	พัทลุง	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด อ.เมือง	7.58	99.87
11	560008	พัทลุง	หน่วยพิทักษ์ป่าบ้านตะโหมด อ.ตะโหมด	7.25	100.03
12	560009	พัทลุง	หน่วยพิทักษ์ป่าบ้านพุด อ.งหรา	7.52	99.93
13	560010	พัทลุง	หน่วยพิทักษ์ป่าบ้านโดน อ.เมือง	7.4	100.03
14	560011	พัทลุง	อ.ตะโหมด จ.พัทลุง	7.28	100.05
15	560012	พัทลุง	อ.งหรา จ.พัทลุง	7.47	99.93
16	560013	พัทลุง	อ.ป่าบอน จ.พัทลุง	7.27	100.17
17	560014	พัทลุง	อ.ศรีบรรพต จ.พัทลุง	7.7	99.85
18	560015	พัทลุง	อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง	7.83	99.95
19	560016	พัทลุง	อ.บางแก้ว จ.พัทลุง	7.62	100.2
20	568301	สงขลา	สภ.คอหงส์ จ.สงขลา	7.02	100.5
21	568401	สงขลา	สอท.สะเดา จ.สงขลา	6.8	100.39
22	568501	สงขลา	ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก	7.2	100.6
23	568502	สงขลา	สนามบินหาดใหญ่*	6.92	100.43
24	568001	สงขลา	อ.ระโนด จ.สงขลา	7.75	100.33
25	568002	สงขลา	อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา	7	100.47
26	568003	สงขลา	สนง.เกษตร อ.สะเดา จ.สงขลา	6.62	100.43
27	568005	สงขลา	อ.รัตภูมิ จ.สงขลา	7.13	100.3
28	568007	สงขลา	อ.สทิงพระ จ.สงขลา	7.45	100.43
29	568010	สงขลา	อ.นาหม่อม จ.สงขลา	6.97	100.55
30	568011	สงขลา	อ.กระแสสินธุ์ จ.สงขลา	7.63	100.33
31	568013	สงขลา	นิคมสร้างตนเองรัตภูมิ	7.07	100.27
32	568014	สงขลา	อ.ควนเนียง จ.สงขลา	7.28	100.35
33	568015	สงขลา	อ.คลองหอยโข่ง จ.สงขลา	6.87	100.38
34	568016	สงขลา	อ.สิงหนคร จ.สงขลา	7.28	100.52



รูปที่ 3.3 สถานีตรวจวัดปริมาณฝนในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาของกรมอุตุนิยมวิทยา

3.5 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนปีฐานระหว่างค่าจากการตรวจวัดกับแบบจำลอง AR5

การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลปริมาณฝนปีฐานระหว่างค่าจากการตรวจวัดกับแบบจำลอง AR5 เป็นการตรวจสอบข้อมูลปริมาณฝน (ช่วงปีฐาน 1980-ปัจจุบัน) จากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยากับข้อมูลปริมาณฝนของแบบจำลอง เพื่อยืนยันว่าปริมาณฝนระหว่างของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศกับของกรมอุตุนิยมวิทยาสอดคล้องกัน ถ้าปริมาณฝนสอดคล้องกันแสดงว่าข้อมูลจากแบบจำลองได้ใช้ฝนปีฐานที่ถูกต้องแล้ว แต่ถ้าไม่สอดคล้องกันจึงจะนำข้อมูลปริมาณฝนของแบบจำลอง AR5 ไปทำการปรับแก้โดยวิธีการปรับแก้ดังหัวข้อที่ 2.10 ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว

3.6 วิเคราะห์ ประเมิน และคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคต

การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณฝนของแบบจำลอง AR5 ซึ่งประกอบด้วย 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลอง CNRM-CM5, GFDL-CM3 และ MIROC5 โดยใช้ RCPs 2.6 และ RCPs 8.5 และทำการประเมินและคาดการณ์ปริมาณฝนในกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ในรูปแบบของข้อมูลเชิงสถิติ และรูปแบบของแผนที่สารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

3.7 การจัดทำแผนที่ปริมาณฝนในอนาคต

การจัดทำแผนที่ปริมาณฝน (Contour map) แสดงปริมาณฝนรายสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ซึ่งจัดทำโดยใช้โปรแกรม ARC GIS 10.5 โดยใช้ข้อมูลจากการวิเคราะห์และประเมินปริมาณฝนลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

3.8 จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

ทำการสรุปและวิเคราะห์ผลจากการศึกษาการคาดการณ์ปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์

การศึกษาการประเมินปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการรวบรวมข้อมูลน้ำฝนตรวจวัด (ปี ค.ศ. 1987-2016) และข้อมูลสภาพแบบจำลอง AR5 3 ช่วงเวลา (ปี ค.ศ. 2015-2039 ปี ค.ศ. 2045-2069 และ ปี ค.ศ. 2075-2099) แล้วทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ปริมาณฝนจากการตรวจวัดและจากภาพแบบจำลอง AR5 เพื่อคาดการณ์และประเมินปริมาณฝนในอนาคตของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โดยมีผลการศึกษาดังนี้

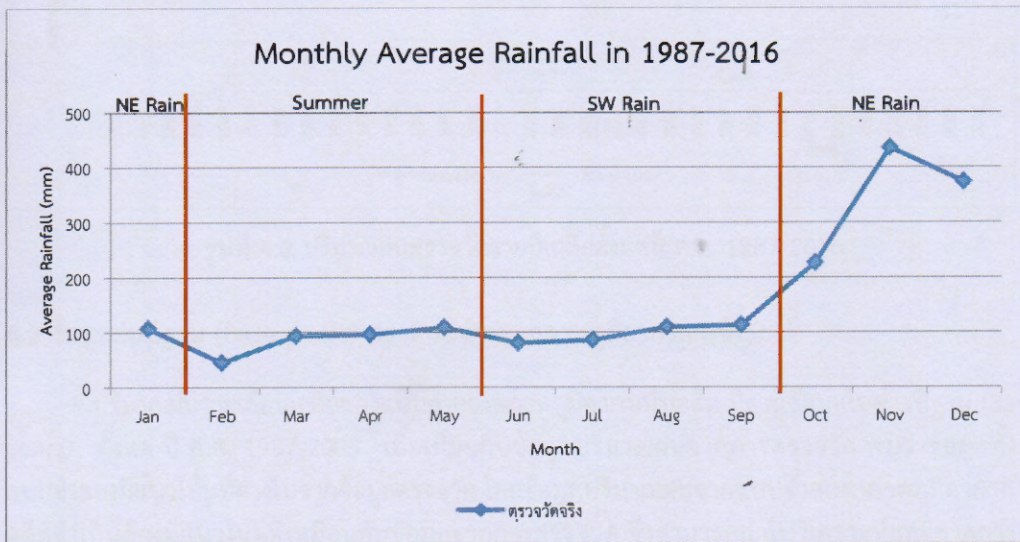
4.1 ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด

ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดครอบคลุมอาณาเขตพื้นที่กลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ประกอบด้วยสถานีตรวจวัดประมาณน้ำฝนทั้งหมด 34 สถานี ซึ่งจากการตรวจสอบข้อมูลเบื้องต้น พบว่าข้อมูลจากการตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยามีบางช่วงที่ขาดหายไป ดังนั้นก่อนที่จะนำข้อมูลปริมาณฝนเหล่านี้มาใช้ในการวิเคราะห์ จึงต้องประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปก่อน เพื่อให้ข้อมูลปริมาณฝนที่จะนำมาวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้จึงใช้วิธีการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วย วิธีสัดส่วนปกติ (Normal Ratio Method) และได้ทำการแบ่งข้อมูลตรวจวัดของกรมอุตุนิยมวิทยาเป็นกลุ่มตามพื้นที่ทางอุทกที่เหมือนกัน (ประกอบด้วยกลุ่มสถานีคาบสมุทรสทิงพระ กลุ่มสถานีในพื้นที่ราบบริเวณจ.พัทลุง กลุ่มสถานีในพื้นที่เขาบริเวณจ.พัทลุง และกลุ่มสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา) เพื่อใช้เป็นสถานีอ้างอิงให้กับสถานีที่ข้อมูลขาดหายไป และหลังจากการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปจะทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยวิธี Double mass curve โดยทำการเปรียบเทียบแนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝน ถ้าความสัมพันธ์ที่ได้เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ แต่ถ้าความสัมพันธ์ที่ได้ไม่เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันหลายค่า แสดงว่าข้อมูลไม่มีความน่าเชื่อถือ จะต้องทำการปรับแก้ค่าปริมาณฝนก่อนนำข้อมูลปริมาณฝนไปวิเคราะห์

จากการตรวจสอบความเชื่อถือของข้อมูลหลังการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายไปด้วยวิธี Double mass curve พบว่า แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีส่วนใหญ่มีความน่าเชื่อถือโดยพบว่า ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ และมี 15 สถานีที่ต้องทำการปรับแก้ได้แก่ สถานีหัวไทร สถานีอำเภอควนขนุน สถานีอำเภอเขาชัยสน สถานีอำเภอตะโหมด สถานีอำเภอกงหรา สถานีอำเภอป่าบอน สถานีอำเภอศรีบรรพต สถานีอำเภอบางแก้ว สถานีสอท.อำเภอสะเดา สถานีศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคใต้ฝั่งตะวันออก สถานีสง.เกษตร อ.สะเดา สถานีนิคมสร้างตนเองรัตภูมิ สถานีอำเภอควนเนียง สถานีอำเภอคลองหอยโข่ง สถานีอำเภอสิงหนคร โดยทำการปรับแก้ค่าของข้อมูลปริมาณฝนของสถานี ด้วยวิธี Double mass curve ซึ่งหลังจากการปรับแก้พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของทุกสถานีตรวจวัดมีแนวโน้มความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและมีความชันที่คงที่ (ผลการปรับแก้แสดงดังภาคผนวก ก) โดยปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษาหลังการปรับแก้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987-2016 เท่ากับ 1874.80 มม. และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1

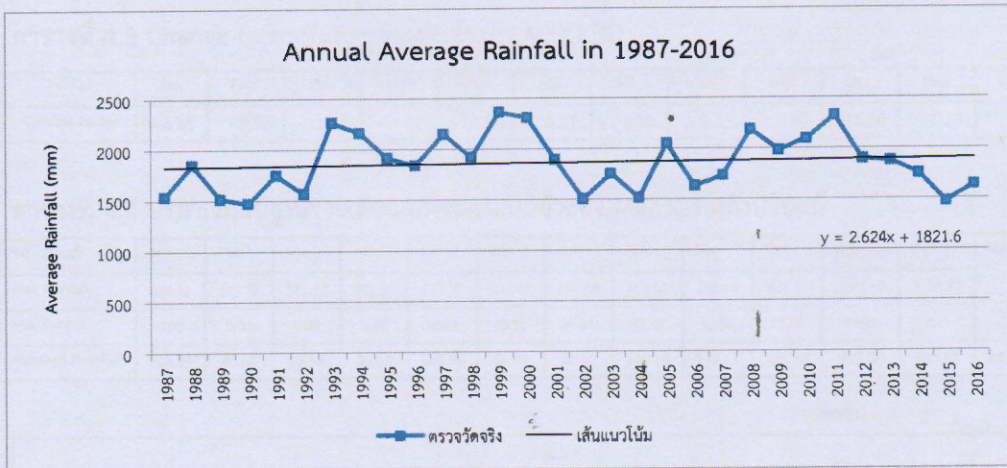
ตารางที่ 4.1 ปริมาณฝนตรวจวัดเฉลี่ยรายเดือน 34 สถานี (ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา)

ข้อมูลตรวจวัด	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	526.46	353.70	581.17	301.50	277.55	201.93	237.48	313.00	288.93	469.53	1003.10	1120.93	
Min Rainfall	0.72	0.00	0.00	0.47	13.95	4.07	6.85	9.85	11.89	34.01	52.80	17.88	
Average Rainfall	106.99	45.68	93.53	96.01	108.86	80.80	85.80	110.18	113.17	225.86	435.24	372.68	1874.80



รูปที่ 4.1 ปริมาณฝนตรวจวัดรายเดือนเฉลี่ย 30 ปีของกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (ค.ศ. 1987-2016)

จากตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ฝนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม (ฝนช่วงฤดูร้อน : Summer) มีปริมาณฝนรวมรายเดือนอยู่ที่ 344.08 มม. ช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน (ฝนเนื่องจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ : SW Rain) ปริมาณฝนรวมรายเดือนอยู่ที่ 389.95 มม. และช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม (ฝนเนื่องจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ : NE Rain) มีปริมาณฝนรวมรายเดือนอยู่ที่ 1,140.77 มม. โดยจะเห็นได้ว่าช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณฝนสูงกว่าฤดูอื่น และเมื่อพิจารณาปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย (ค.ศ. 1987-2016) เห็นได้ว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในช่วง 30 ปี เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ปริมาณฝนตรวจวัดรายปีเฉลี่ยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1987-2016

4.2 ข้อมูลฝนปีฐาน (Base years) ของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)

ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีต มีฐานข้อมูลในช่วงปีฐาน (Base years) ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1987-2005 เมื่อเทียบกับข้อมูลปริมาณฝนจากการตรวจวัด พบว่าข้อมูลทั้ง 3 แบบจำลองมีแนวโน้มที่ต่างไปจากข้อมูลตรวจวัด โดยข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอดีตจำเป็นต้องมีแนวโน้มที่เหมือนกับข้อมูลจากการตรวจวัด จึงสามารถนำไปวิเคราะห์และคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตได้ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้ข้อมูลปริมาณฝนจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศในช่วงปีฐานก่อน โดย วิธี Change factor (CF) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.2.1 แบบจำลอง MIROC5

ข้อมูลฝนปีฐานของแบบจำลอง MIROC5 (ตารางที่ 4.2) พบว่ามีแนวโน้มที่ต่างไปจากข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจริง (ตารางที่ 4.1) โดยปริมาณฝนปีฐานรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าตรวจวัดจริง ประมาณ 273.85 มม. จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้โดย Change factor (CF) ซึ่งได้จากการนำข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.2 หารด้วยปริมาณฝนเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัดจริงจากตารางที่ 4.1 จะได้ค่า CF ดังตารางที่ 4.3 นำมาคูณกับข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.2 เพื่อปรับแก้ข้อมูลฝนปีฐานของแบบจำลอง เมื่อทำการปรับแก้แล้วจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับข้อมูลตรวจวัดจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ก่อนปรับแก้

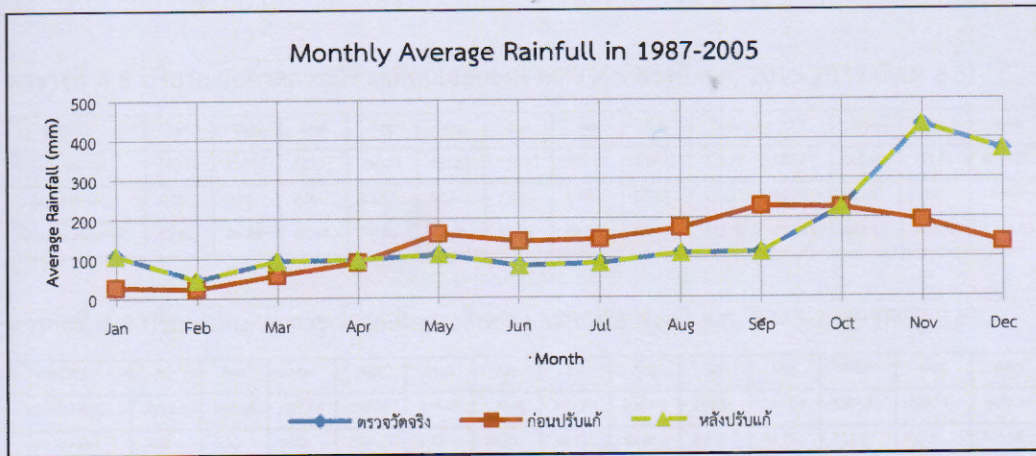
ก่อนปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	218.35	162.91	427.95	403.97	370.40	334.60	282.40	471.94	505.95	525.91	671.02	342.50	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	1.22	16.09	30.31	34.81	48.35	43.90	57.39	41.41	2.11	
Average Rainfall	27.61	22.61	57.04	88.36	160.58	142.10	146.83	173.99	228.84	225.28	191.72	136.00	1600.96

ตารางที่ 4.3 Change factor (CF) ของแบบจำลอง MIROC5

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Change factor	3.88	2.02	1.64	1.09	0.68	0.57	0.58	* 0.63	0.49	1.00	2.27	2.74

ตารางที่ 4.4 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 หลังปรับแก้

หลังปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	526.46	353.70	581.17	301.50	277.55	201.93	237.48	313.00	288.93	469.53	1003.10	1120.93	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	1.22	16.09	30.31	34.81	48.35	43.90	57.39	41.41	2.11	
Average Rainfall	106.99	45.68	93.53	96.01	108.86	80.80	85.80	110.18	113.17	225.86	435.24	372.68	1874.80



รูปที่ 4.3 การเปรียบเทียบปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ก่อนและหลังการปรับแก้ กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง

สำหรับข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 และช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 ของแบบจำลอง MIROC5 จะทำการปรับแก้เช่นเดียวกับข้อมูลฝนปีฐาน เพื่อนำข้อมูลที่ปรับแก้แล้วไปทำการวิเคราะห์และคาดการณ์ต่อไป โดยปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ช่วงปีอนาคต ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 หลังการปรับแก้ แสดงดังในตารางที่ 4.5 ถึงตารางที่ 4.10 และรูปที่ 4.4

ตารางที่ 4.5 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)

MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	150.38	546.86	841.98	219.17	219.33	134.53	274.60	232.83	267.87	530.31	526.74	1391.62	5336.21
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.19	14.14	19.92	32.61	46.38	57.41	48.11	62.23	0.00	281.00
Average Rainfall	86.90	56.90	72.08	70.00	75.34	57.92	78.42	90.08	104.57	238.64	396.72	567.89	1895.45

ตารางที่ 4.6 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)

MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	248.96	227.77	320.06	174.46	349.39	204.51	239.70	234.21	216.51	452.41	728.49	962.53	4359.02
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.09	4.87	15.78	3.08	31.95	81.24	18.93	16.39	0.00	172.33
Average Rainfall	118.91	32.28	54.75	61.26	79.80	57.65	79.58	96.09	108.22	231.30	402.84	458.30	1780.97

ตารางที่ 4.7 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)

MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	237.79	69.84	240.63	276.53	267.24	173.17	217.71	236.38	304.94	371.87	528.25	2387.16	5311.53
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.33	30.85	21.36	26.40	45.25	51.87	66.07	16.05	0.00	258.19
Average Rainfall	83.68	10.53	43.03	78.94	75.95	63.52	80.64	100.04	109.46	221.73	376.07	663.57	1907.18

ตารางที่ 4.8 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)

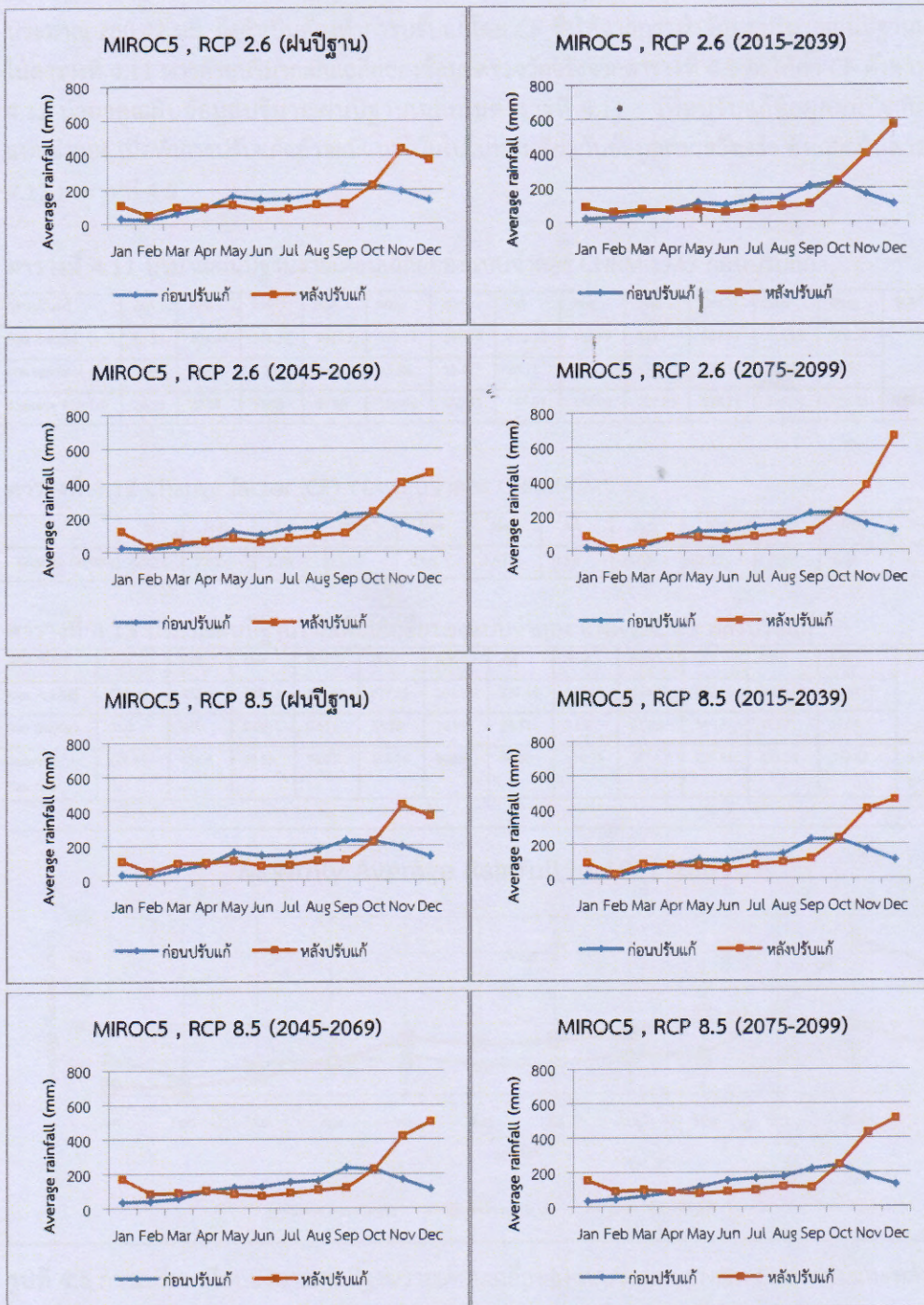
MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	158.79	230.55	527.57	360.36	195.85	163.33	259.35	234.25	313.72	482.24	558.69	762.86	4247.57
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.53	5.19	2.41	8.74	53.93	25.18	46.29	41.42	0.00	183.70
Average Rainfall	90.32	24.24	82.37	77.50	72.22	58.20	78.20	92.28	113.22	231.19	403.17	456.93	1779.84

ตารางที่ 4.9 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)

MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	293.27	560.58	627.76	248.36	224.48	180.00	273.97	200.80	280.51	533.79	1003.41	1232.72	5659.64
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.59	9.22	28.69	28.81	53.36	89.52	43.78	51.04	0.07	305.08
Average Rainfall	169.00	84.16	87.22	101.87	81.30	70.80	87.44	105.88	118.51	228.22	417.97	502.73	2055.11

ตารางที่ 4.10 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)

MIROC5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	237.43	443.46	553.24	318.66	183.12	195.61	252.50	220.12	278.71	540.78	945.21	1026.19	5195.02
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	32.81	25.08	46.44	25.48	30.15	88.44	24.17	0.00	272.56
Average Rainfall	151.42	88.51	96.78	86.26	77.73	87.42	95.92	116.47	111.05	245.62	430.59	512.75	2100.52



รูปที่ 4.4 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง MIROC5)

4.2.2 แบบจำลอง CNRM-CM5

ข้อมูลฝนปีฐานของแบบจำลอง CNRM-CM5 (ตารางที่ 4.11) พบว่ามีแนวโน้มที่ต่างไปจากข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจริง (ตารางที่ 4.1) โดยปริมาณฝนปีฐานรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณฝนตรวจวัดจริง

ประมาณ 280.42 มม. จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้โดย CF ซึ่งได้จากการนำข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.11 หารด้วยปริมาณฝนเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัดจริงจากตารางที่ 4.1 จะได้ค่า CF ดังตารางที่ 4.12 นำมาคูณกับข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.11 เพื่อปรับแก้ข้อมูลฝนปีฐานของแบบจำลอง เมื่อทำการปรับแก้แล้วจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับข้อมูลตรวจวัดจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.11 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 ก่อนปรับแก้

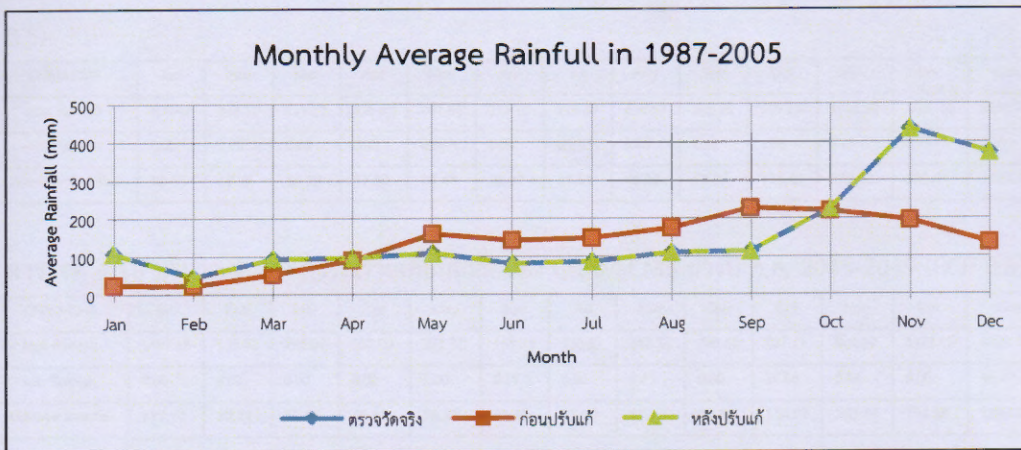
ก่อนปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	95.39	105.64	364.10	394.13	375.11	297.79	372.70	382.99	443.15	457.09	414.35	356.32	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.61	35.38	16.91	24.71	9.94	61.03	34.13	17.77	11.54	
Average Rainfall	24.20	22.58	53.05	89.84	160.46	142.95	149.07	174.50	227.23	219.71	194.24	136.56	1594.39

ตารางที่ 4.12 Change factor (CF) ของแบบจำลอง CNRM-CM5

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Change factor	4.42	2.02	1.76	1.07	0.68	0.57	0.58	0.63	0.50	1.03	2.24	2.73

ตารางที่ 4.13 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 หลังปรับแก้

หลังปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	526.46	353.70	581.17	301.50	277.55	201.93	237.48	313.00	288.93	469.53	1003.10	1120.93	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.61	35.38	16.91	24.71	9.94	61.03	34.13	17.77	11.54	
Average Rainfall	106.99	45.68	93.53	96.01	108.86	80.80	85.80	110.18	113.17	225.86	435.24	372.68	1874.80



รูปที่ 4.5 การเปรียบเทียบปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 ก่อนและหลังการปรับแก้กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง

สำหรับข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 และช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 ของแบบจำลอง CNRM-CM5 จะทำการปรับแก้เช่นเดียวกับข้อมูลฝนปีฐาน เพื่อนำข้อมูลที่ปรับแก้แล้วไปทำการวิเคราะห์และคาดการณ์ต่อไป โดยปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ

แบบจำลอง CNRM-CM5 ช่วงปีอนาคต ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 หลังการปรับแก้แสดงดังตารางที่ 4.14 ถึงตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.14 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)

CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	1612.97	152.75	209.81	213.07	159.55	350.82	198.72	345.86	290.65	319.23	982.57	1522.05	6358.06
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.15	1.10	2.15	0.00	0.81	4.37
Average Rainfall	174.66	12.85	29.23	55.56	28.70	34.72	43.22	49.30	76.75	115.45	292.53	480.86	1393.83

ตารางที่ 4.15 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)

CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	1159.88	651.98	196.35	472.86	206.17	215.85	142.57	289.78	235.49	535.95	966.61	1310.88	6384.37
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.45	17.46	0.39	3.77	0.80	24.47
Average Rainfall	176.69	22.04	31.28	62.70	36.27	34.56	35.39	51.75	61.12	113.29	263.92	470.53	1359.54

ตารางที่ 4.16 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)

CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	668.91	440.88	188.03	305.57	213.31	104.74	243.91	159.81	309.12	419.74	1189.84	2161.05	6404.90
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.39	6.48	9.90	0.15	0.32	0.00	18.23
Average Rainfall	93.30	17.94	34.23	49.75	42.75	29.70	35.80	52.44	71.75	140.74	281.17	361.99	1211.56

ตารางที่ 4.17 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)

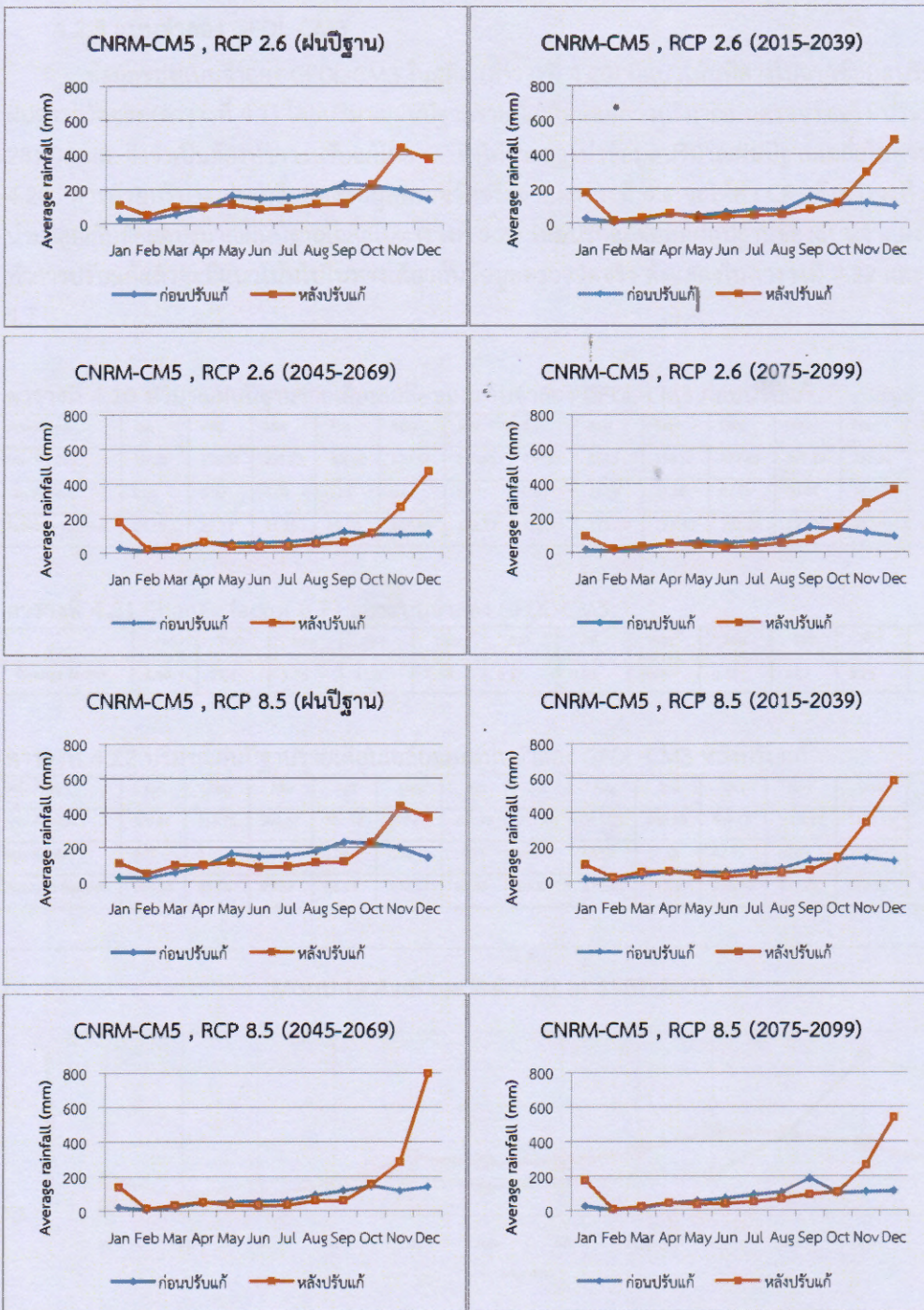
CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	806.47	318.12	719.93	238.50	207.63	131.75	218.59	239.87	246.05	609.14	1965.50	2657.16	8358.72
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.30	1.13	1.98	2.24	0.29	6.15
Average Rainfall	95.85	19.98	52.12	57.00	34.44	28.47	37.55	46.92	61.29	133.41	339.02	580.47	1486.52

ตารางที่ 4.18 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)

CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	1497.18	155.42	295.07	352.90	261.71	163.83	133.81	240.30	235.62	337.31	804.69	3925.47	8403.33
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	1.41	0.00	14.46	0.46	0.00	16.49
Average Rainfall	137.72	12.21	32.34	49.92	35.91	30.39	33.00	59.18	59.38	154.03	283.84	794.68	1682.59

ตารางที่ 4.19 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)

CNRM-CM5	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	1352.04	123.31	221.43	442.92	193.01	202.86	157.69	345.98	315.27	387.56	1032.15	2228.60	7002.83
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.17	0.00	2.33	1.58	4.46
Average Rainfall	176.88	7.95	23.68	45.02	37.09	40.43	51.40	68.44	93.93	106.47	264.54	539.40	1455.22



รูปที่ 4.6 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง CNRM-CM5)

4.2.3 แบบจำลอง GFDL-CM3

ข้อมูลของแบบจำลอง GFDL-CM3 ในอดีต (ตารางที่ 4.20) มีแนวโน้มที่ต่างไปจากข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดจริง (ตารางที่ 4.1) โดยปริมาณฝนปีฐานรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณฝนตรวจวัดจริง ประมาณ 281.03 มม. จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้โดย CF ซึ่งได้จากการนำข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.20 ทหารด้วยปริมาณฝนเฉลี่ยของข้อมูลตรวจวัดจริงจากตารางที่ 4.1 จะได้ค่า CF ดังตารางที่ 4.21 นำมาคูณกับข้อมูลปริมาณฝนปีฐานเฉลี่ยในตารางที่ 4.20 เพื่อปรับแก้ข้อมูลฝนปีฐานของแบบจำลอง เมื่อทำการปรับแก้แล้วจะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกับข้อมูลตรวจวัดจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.22 และรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.20 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ก่อนปรับแก้

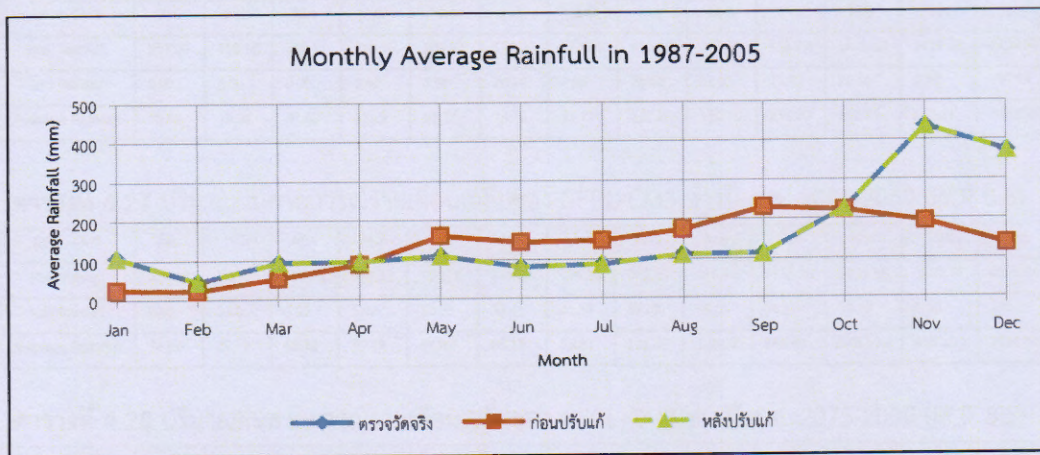
ก่อนปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	196.20	238.92	235.23	304.60	470.37	324.45	454.82	492.91	614.12	477.46	587.29	362.36	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	1.24	0.46	16.71	0.00	23.33	17.58	42.75	30.04	22.23	
Average Rainfall	24.10	22.37	53.15	89.00	160.86	142.77	146.93	173.69	229.40	222.29	193.22	135.98	1593.77

ตารางที่ 4.21 Change factor (CF) ของแบบจำลอง GFDL-CM3

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Change factor	4.44	2.04	1.76	1.08	0.68	0.57	0.58	0.63	0.49	1.02	2.25	2.74

ตารางที่ 4.22 ปริมาณฝนปีฐานรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 หลังปรับแก้

หลังปรับแก้	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	SUM
Max Rainfall	526.46	353.70	581.17	301.50	277.55	201.93	237.48	313.00	288.93	469.53	1003.10	1120.93	
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	1.24	0.46	16.71	0.00	23.33	17.58	42.75	30.04	22.23	
Average Rainfall	106.99	45.68	93.53	96.01	108.86	80.80	85.80	110.18	113.17	225.86	435.24	372.68	1874.80



รูปที่ 4.7 การเปรียบเทียบปริมาณน้ำปีฐานฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ก่อนและหลังการปรับแก้กับปริมาณฝนตรวจวัดจริง

สำหรับข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์ในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 และช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 ของแบบจำลอง GFDL-CM3 จะทำการปรับแก้เช่นเดียวกับข้อมูลฝนปีฐาน เพื่อนำข้อมูลที่ปรับแก้แล้วไปทำการวิเคราะห์และคาดการณ์ต่อไป โดยปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ช่วงปีอนาคต ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 หลังการปรับแก้แสดงดังตารางที่ 4.23 ถึงตารางที่ 4.28 และรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.23 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 2.6)

GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	213.35	113.17	344.13	356.09	266.32	288.62	195.45	315.58	398.36	620.29	1223.64	1563.00	5898.02
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	2.10	1.73	5.72	4.73	7.82	8.30	9.05	6.18	3.65	49.27
Average Rainfall	103.17	14.56	37.80	81.36	93.57	81.69	84.98	119.76	120.78	230.47	482.52	645.07	2095.72

ตารางที่ 4.24 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 2.6)

GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	251.61	133.10	410.95	255.29	212.51	240.02	184.38	418.89	314.13	805.68	1316.37	2429.81	6972.74
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	2.39	5.43	6.72	7.18	8.94	8.50	5.52	3.33	48.01
Average Rainfall	56.16	19.15	41.58	71.20	96.91	78.77	87.50	124.55	114.46	238.17	568.82	1009.73	2507.01

ตารางที่ 4.25 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 2.6)

GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	604.20	222.11	1576.50	309.98	260.07	206.07	197.82	333.15	246.16	612.67	1074.92	956.55	6600.18
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.00	9.50	21.60	22.27	40.78	56.21	52.22	21.87	0.00	224.45
Average Rainfall	97.67	30.37	83.32	67.37	106.55	81.21	93.52	118.96	118.43	237.54	591.10	526.47	2152.51

ตารางที่ 4.26 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (RCP 8.5)

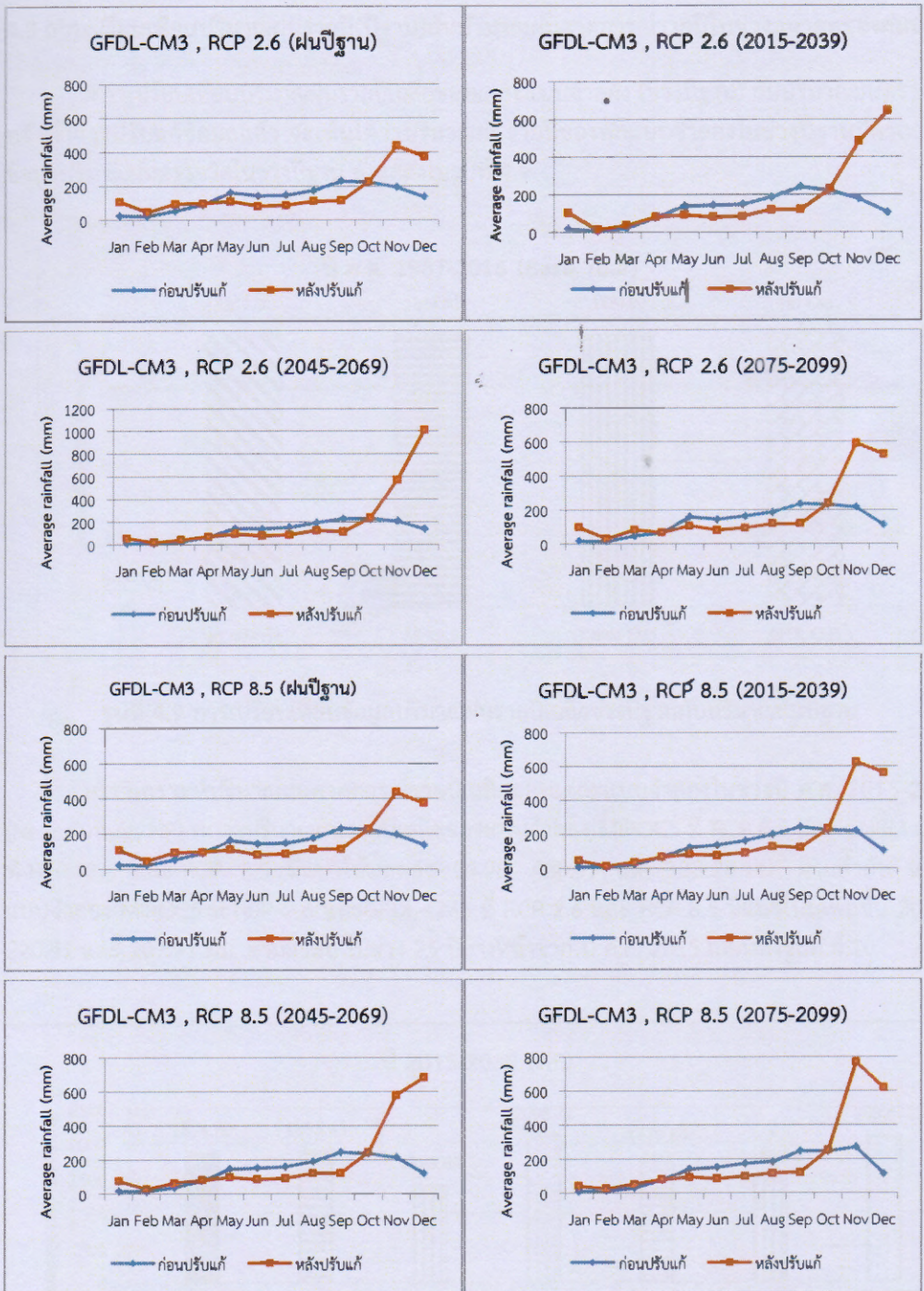
GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	253.24	150.10	334.71	316.35	209.97	174.00	376.85	410.83	370.65	515.99	1918.28	1699.03	6729.99
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.46	3.06	26.24	0.83	25.42	33.83	77.40	20.18	0.57	187.99
Average Rainfall	45.69	13.03	37.40	67.29	81.75	75.70	91.72	127.20	120.76	231.20	627.65	563.31	2082.72

ตารางที่ 4.27 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (RCP 8.5)

GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	534.19	240.07	980.31	418.97	180.78	299.28	194.56	472.20	416.99	1135.48	2111.69	1320.94	8305.46
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	5.48	20.20	33.45	41.58	37.09	68.05	14.31	18.49	5.40	244.05
Average Rainfall	74.97	27.93	62.38	80.19	97.82	85.13	90.92	121.59	122.01	243.98	578.57	680.28	2265.76

ตารางที่ 4.28 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (RCP 8.5)

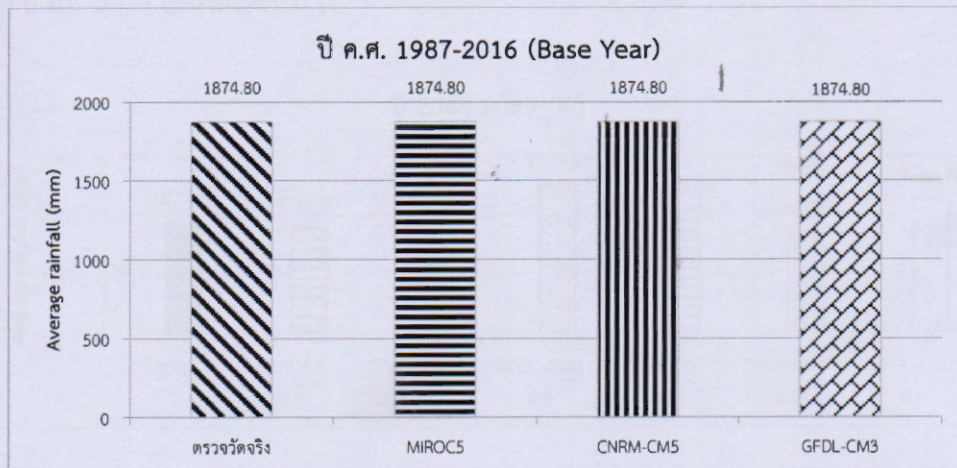
GFDL-CM3	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	sum
Max Rainfall	152.20	261.85	448.47	385.29	162.98	199.47	384.47	263.14	233.88	586.96	1738.77	2036.27	6853.74
Min Rainfall	0.00	0.00	0.00	0.12	14.47	49.18	20.36	18.43	41.28	31.27	12.81	4.48	192.39
Average Rainfall	40.49	25.23	52.32	80.22	94.37	85.36	99.04	116.63	122.89	253.94	768.82	618.11	2357.43



รูปที่ 4.8 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับแก้ (แบบจำลอง GFDL-CM3)

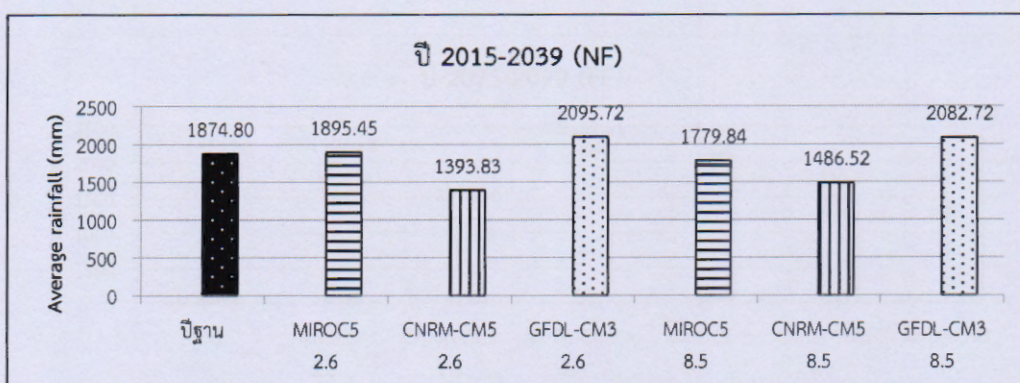
4.3 การเปรียบเทียบปริมาณฝนรายปี(ปีฐาน)กับปริมาณฝนคาดการณ์รายปีในช่วงอนาคตของกลุ่มน้ำ

การเปรียบเทียบปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละแบบจำลอง (ช่วงปีฐาน) กับปริมาณฝนตรวจวัด หลังทำการปรับแก้ข้อมูลแล้ว จะเห็นได้ว่าปริมาณฝนรายปีของทุกแบบจำลองในช่วงปีฐานมีค่าเท่ากับ ข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัดในช่วงปีฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.9



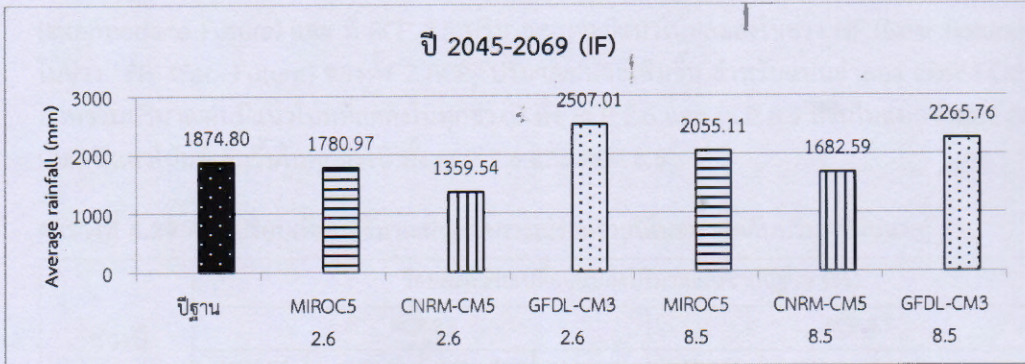
รูปที่ 4.9 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยช่วงปีฐานกับปริมาณฝนปีฐาน

การวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของแต่ละแบบจำลองในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 (Near Future, NF) พบว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 8.5 และ CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มลดลง 94.96, 480.97 และ 388.28 มม. ตามลำดับ แต่ในแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 และ GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 20.65, 220.91 และ 207.91 มม. ตามลำดับ ในช่วง 25 ปีข้างหน้าจาก ปี ค.ศ. 2015 แสดงดังรูปที่ 4.10



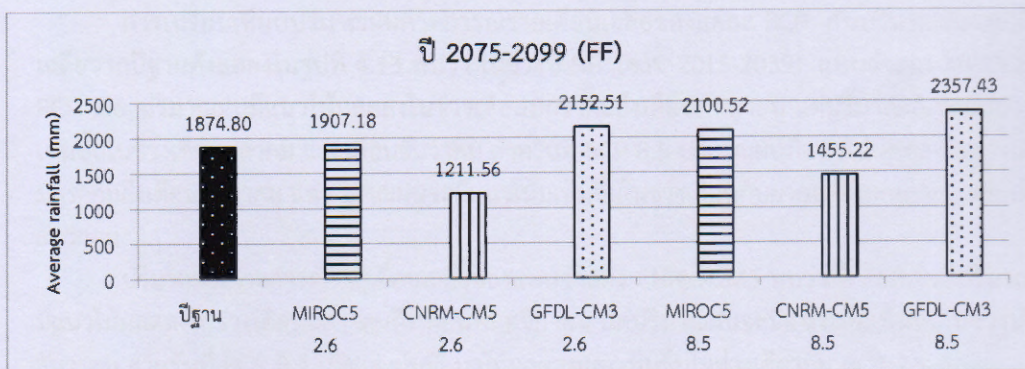
รูปที่ 4.10 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2015-2039 กับปริมาณฝนปีฐาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในอนาคต ช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 (Intermediate Future, IF) พบว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 และ CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มลดลง 93.83, 515.26 และ 192.21 มม. ตามลำดับจากฝนปีฐาน แต่ในแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 8.5 และ GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 390.96, 632.21 และ 180.31 มม. ตามลำดับจากฝนปีฐาน ในช่วง 50 ปีข้างหน้า จาก ปี ค.ศ. 2015 แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2045-2069 กับปริมาณฝนปีฐาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในอนาคต ช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 (Far Future, FF) พบว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มลดลง 663.24 และ 419.58 มม. ตามลำดับจากฝนปีฐาน แต่ในแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 และ แบบจำลอง GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 32.37, 482.63, 277.71 และ 225.72 มม. ตามลำดับจากฝนปีฐาน ในช่วง 75 ปีข้างหน้าจาก ปี ค.ศ. 2015 แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในช่วงปี ค.ศ. 2075-2099 กับปริมาณฝนปีฐาน

จากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่แสดงในตารางที่ 4.29 พบว่า ในภาพรวม ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่ RCP 2.6 ในช่วงปี NF (Near Future) และ FF (Far Future) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วง IF (Intermediate Future) มีแนวโน้มลดลง และที่ RCP 8.5 ในช่วงปี NF (Near Future) ฝนมีแนวโน้มที่ลดลง แต่ในช่วงปี IF (Intermediate Future) และ FF (Far Future) กลับมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ในภาพรวมทั้ง 2 RCP เห็นได้ว่าปริมาณ ฝนรวมรายปีในช่วงอนาคตอันไกล FF (Far Future) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

หากสังเกตในแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มลดลงในช่วงปี IF (Intermediate Future) และ ที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มลดลงในช่วง NF (Near Future) โดย ในช่วง FF (Far Future) ของทั้ง 2 RCP ปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้น สำหรับแบบจำลอง CNRM-CM5 ใน ภาพรวมปริมาณฝนมีแนวโน้มที่ลดลงในทุกช่วงปี ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 ส่วนในแบบจำลอง GFDL-CM3 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในทุกช่วงปี ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5

ตารางที่ 4.29 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รวมรายปีในอนาคตกับปริมาณฝนจากปีฐาน

ช่วงปี	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน (%)							
	RCP 2.6				RCP 8.5			
	MIROC5	CNRM-CM5	GFDL-CM3	ภาพรวม	MIROC5	CNRM-CM5	GFDL-CM3	ภาพรวม
NF	↑ 1.10	↓ -25.65	↑ 11.78	↑	↓ -5.07	↓ -20.71	↑ 11.09	↓
IF	↓ -5.00	↓ -27.48	↑ 33.72	↓	↑ 9.62	↓ -10.25	↑ 20.85	↑
FF	↑ 1.73	↓ -35.38	↑ 14.81	↑	↑ 12.04	↓ -22.38	↑ 25.74	↑

4.4 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของลุ่มน้ำฯ กับฝนปีฐาน

4.4.1 ข้อมูลในอนาคต ในช่วง Near Future (NF)

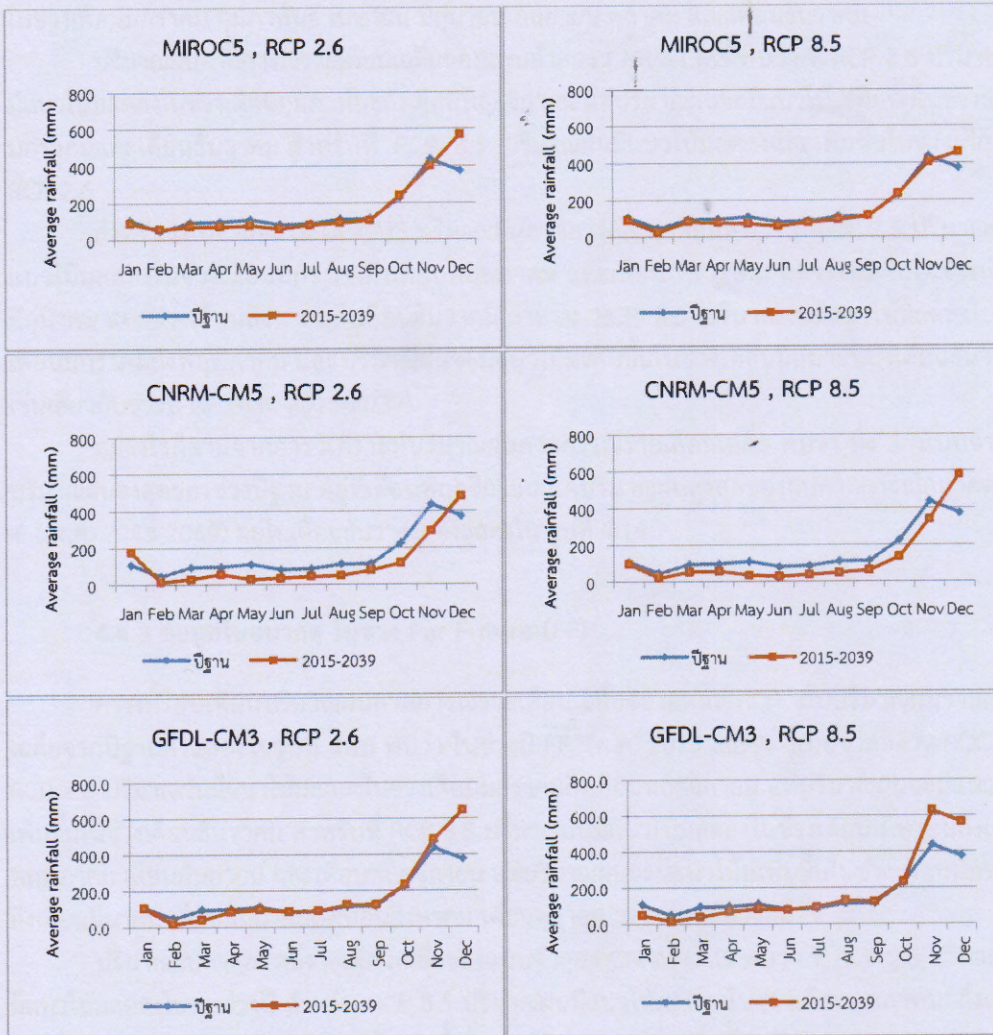
การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแต่ละ RCP กับปริมาณฝนรายเดือน เฉลี่ยจากปีฐานดังแสดงในรูปที่ 4.13 พบว่า ในช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) แบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม สำหรับที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือน มกราคมถึงเดือนสิงหาคม แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนกันยายน เดือนตุลาคม และเดือน ธันวาคม

ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 พบว่า ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝน มีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือน ธันวาคม สำหรับที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงเดียวกับ RCP 2.6

สำหรับแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนพบว่า ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมี แนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม แต่จะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือน

มิถุนาคม และช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม สำหรับ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม และปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ย พบว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง ปริมาณฝนสูงสุดของช่วงปีฐาน อยู่ที่เดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนสูงสุดของฝนคาดการณ์อนาคตช่วง NF (ค.ศ. 2015-2039) อยู่ในเดือนธันวาคม ยกเว้นปริมาณฝนคาดการณ์ของแบบจำลอง GFDL-CM3 ที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ที่เดือนพฤศจิกายนเช่นเดียวกับช่วงปีฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.13 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ย ช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) กับค่าปีฐาน

4.4.2 ข้อมูลในอนาคต ในช่วง Intermediate Future (IF)

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแต่ละ RCP กับปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยจากปีฐานดังแสดงในรูปที่ 4.14 พบว่า ในช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) แบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกันยายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม ตุลาคม และเดือนธันวาคม สำหรับที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมีนาคม พฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม และเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ เมษายน มิถุนายน กันยายน ตุลาคม และเดือนธันวาคม

ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 พบว่า ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคมและเดือนธันวาคม สำหรับที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงเดียวกับ RCP 2.6

สำหรับแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนพบว่า ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม แต่จะเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนาคม และช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม สำหรับ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม และปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม เช่นเดียวกับช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039)

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ย พบว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง ปริมาณฝนสูงสุดของช่วงปีฐาน อยู่ที่เดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนสูงสุดของฝนคาดการณ์อนาคตช่วง IF (ค.ศ. 2045-2069) อยู่ในเดือนธันวาคม ดังแสดงใน รูปที่ 4.14

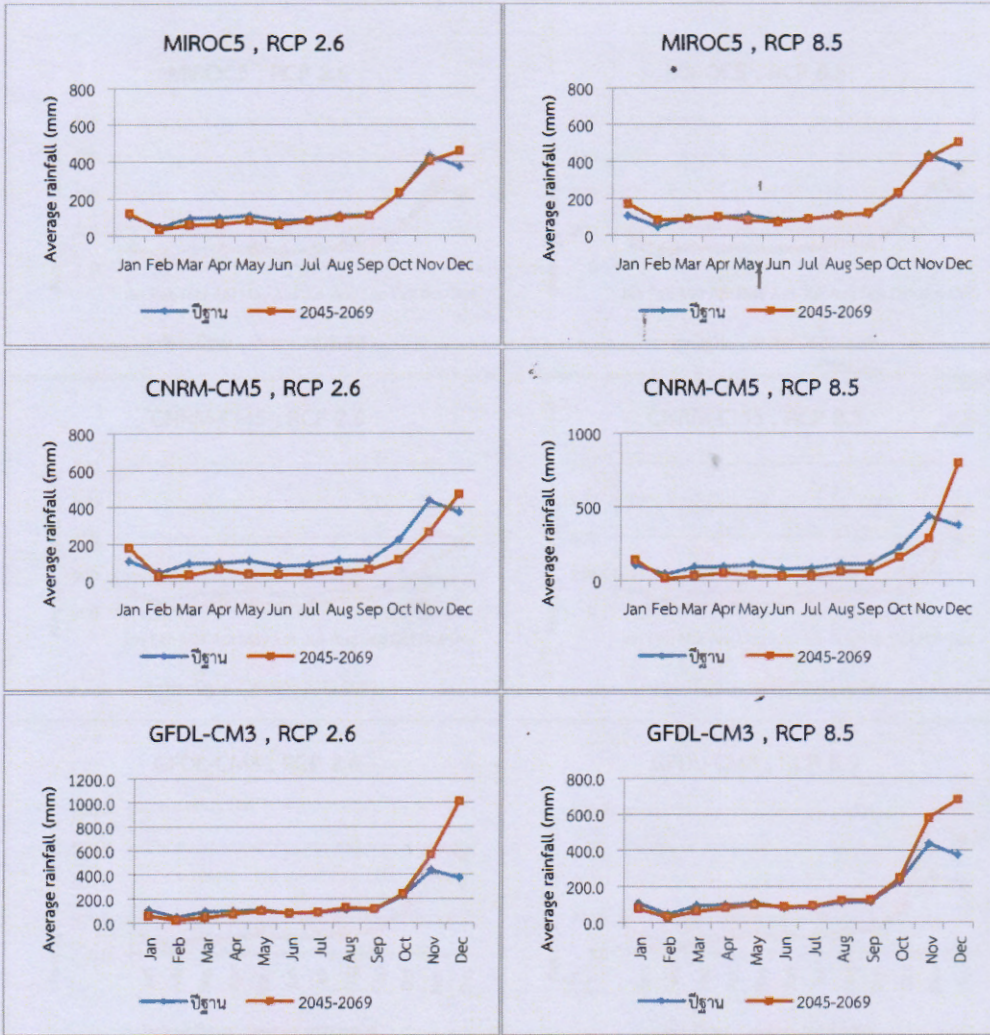
4.4.3 ข้อมูลในอนาคต ในช่วง Far Future (FF)

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแต่ละ RCP กับปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยจากปีฐานดังแสดงในรูปที่ 4.15 พบว่า ในช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) แบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม สำหรับที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนพฤษภาคม เดือนกันยายน และเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนมีนาคม เดือนมิถุนาคมถึงเดือนสิงหาคม เดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม

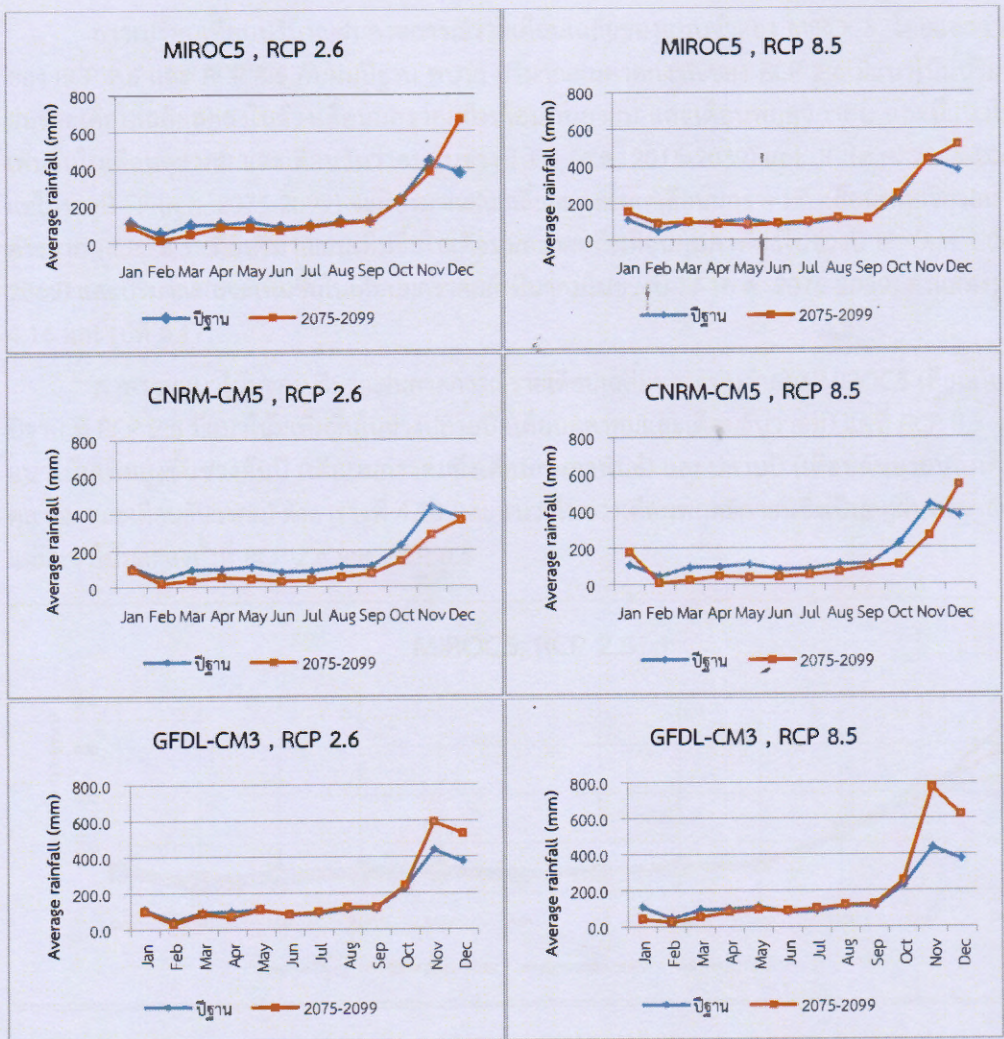
ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 พบว่า ที่ RCP 2.6 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในทุกช่วงปี สำหรับ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม และเดือนธันวาคม

สำหรับแบบจำลอง GFDL-CM3 พบว่า ทั้ง 2 RCP ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม

อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ย พบว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง ปริมาณฝนสูงสุดของช่วงปีฐาน อยู่ที่เดือนพฤศจิกายน แต่ปริมาณฝนสูงสุดของฝนคาดการณ์อนาคตช่วง FF (ค.ศ. 2075-2099) อยู่ในเดือนธันวาคม ยกเว้นปริมาณฝนคาดการณ์ของแบบจำลอง GFDL-CM3 ทั้งที่ RCP 2.6 และ 8.5 ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ที่เดือนพฤศจิกายนเช่นเดียวกับช่วงปีฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.14 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) กับฝนปีฐาน

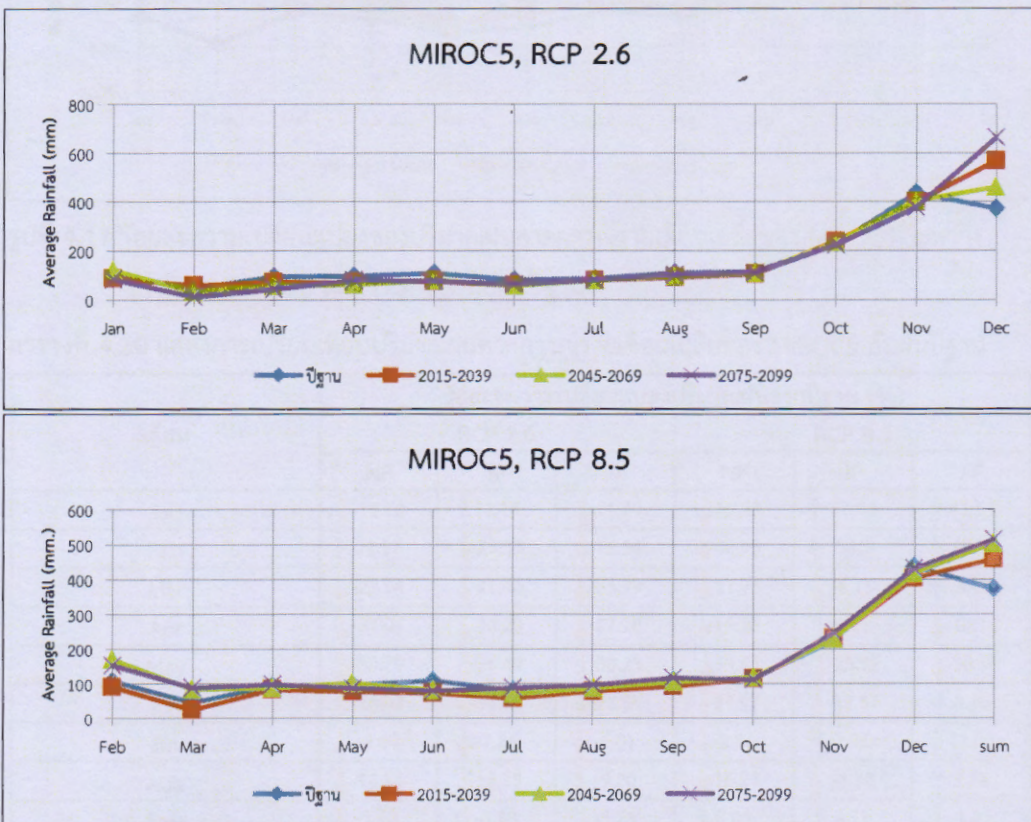


รูปที่ 4.15 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) กับฝนปีฐาน

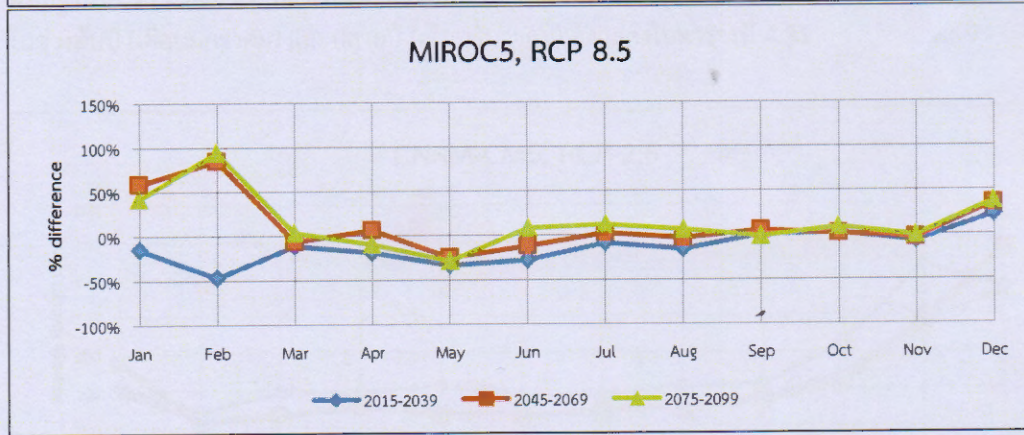
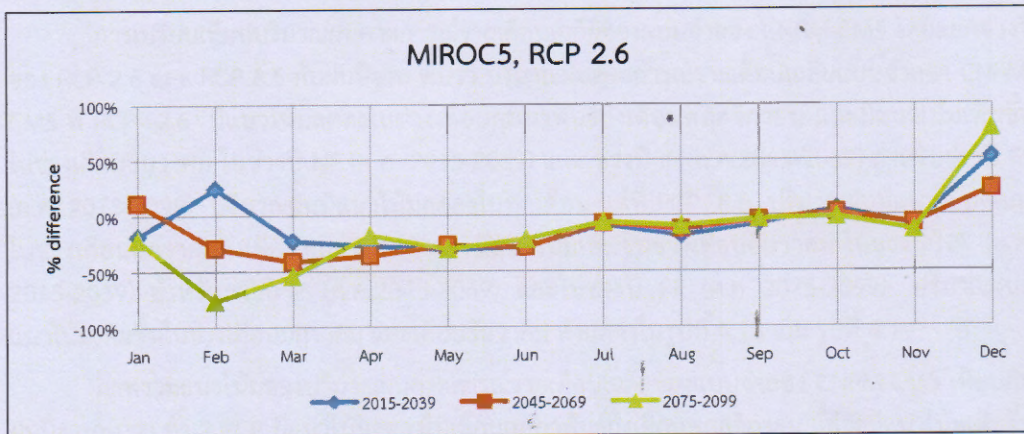
4.5 ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยในแต่ละช่วงปี

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 โดยแยกช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์ของ RCP 2.6 มีแนวโน้มปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนกันยายน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม ในช่วงปี FN (ค.ศ. 2015-2039) และ IF (ค.ศ. 2045-2069) แต่ในช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) จะมีปริมาณฝนเฉลี่ยลดลงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งต่างจาก RCP 8.5 ที่มีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ในช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) และปริมาณฝนจะเพิ่มขึ้นในเดือนมกราคมถึงมีนาคมในช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ดังแสดงรูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17

ภาพรวมแนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 เทียบกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายปี (เดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม) แต่ที่ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นช่วงต้นปี (เดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์) และปลายปี (เดือนกันยายนถึงเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคม) ดังตารางที่ 4.30 และพบว่าในช่วงเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นฤดูฝนปริมาณฝนแต่มีแนวโน้มลดลงทั้งที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5



รูปที่ 4.16 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน



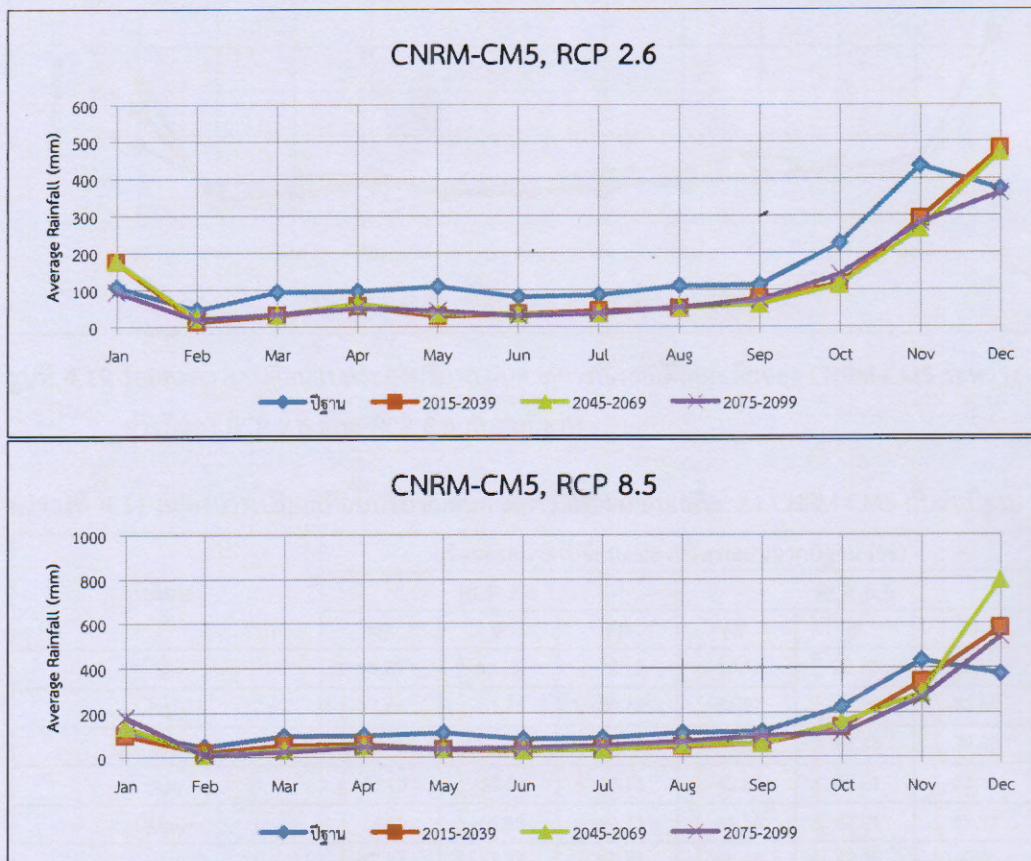
รูปที่ 4.17 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน

ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ MIROC5 กับฝนปีฐาน

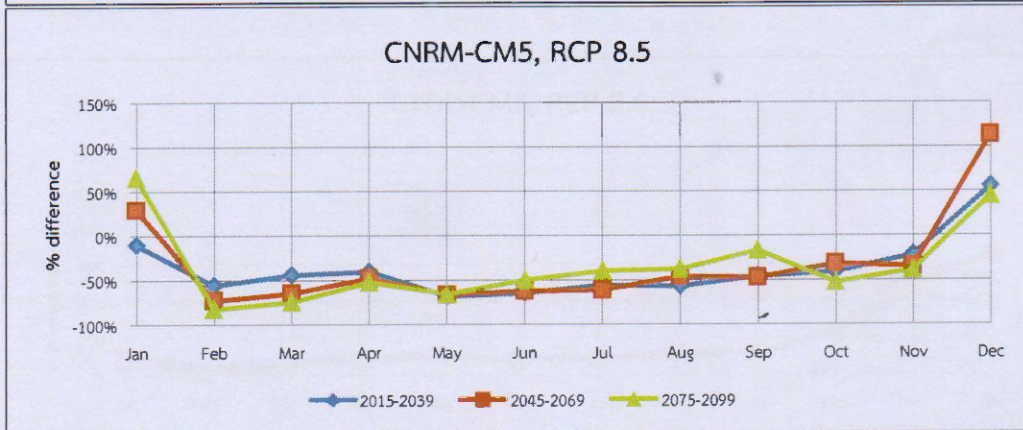
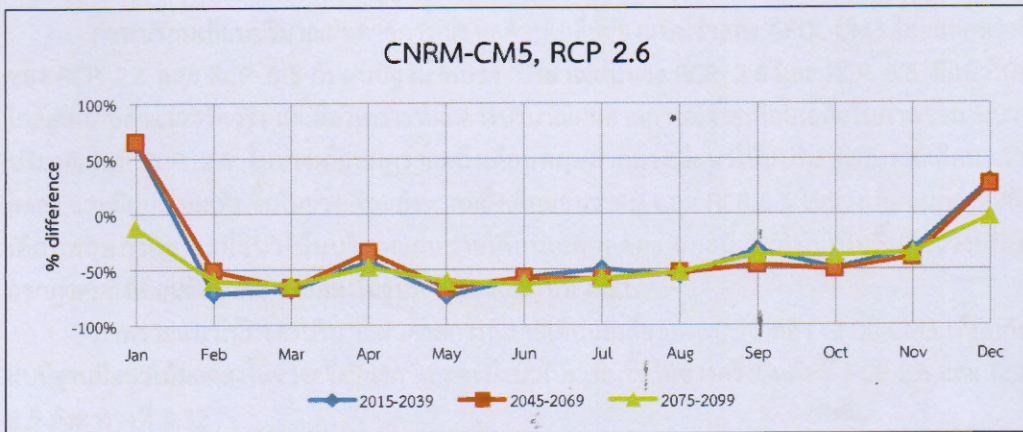
เดือน	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน (%)					
	RCP 2.6			RCP 8.5		
	NF	IF	FF	NF	IF	FF
Jan	↓-18.78	↑11.14	↓-21.79	↓-15.58	↑57.96	↑41.53
Feb	↑24.57	↓-29.33	↓-76.94	↓-46.95	↑84.3	↑93.7
Mar	↓-22.94	↓-41.46	↓-53.99	↓-11.93	↓-6.75	↑3.47
Apr	↓-27.09	↓-36.20	↓-17.78	↓-19.28	↑6.11	↓-10.16
May	↓-30.79	↓-26.69	↓-30.23	↓-33.65	↓-25.32	↓-28.59
Jun	↓-28.32	↓-28.65	↓-21.39	↓-27.97	↓-12.37	↑8.20
Jul	↓-8.60	↓-7.26	↓-6.01	↓-8.86	↑1.91	↑11.80
Aug	↓-18.24	↓-12.79	↓-9.20	↓-16.24	↓-3.90	↑5.71
Sep	↓-7.60	↓-4.38	↓-3.28	↑0.04	↑4.71	↓-1.87
Oct	↑5.66	↑2.41	↓-1.83	↑2.36	↑1.05	↑8.74
Nov	↓-8.85	↓-7.45	↓-13.59	↓-7.37	↓-3.97	↓-1.07
Dec	↑52.38	↑22.98	↑78.06	↑22.61	↑34.90	↑37.59

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยแบบจำลอง CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6 มีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤศจิกายน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม ในช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) และ ช่วงปี IF (ค.ศ.2045-2069) สำหรับช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในทุกเดือน แต่ที่ RCP 8.5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤศจิกายน และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นช่วงเดือนธันวาคม ในช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) สำหรับช่วงปี IF (ค.ศ.2045-2069) และในช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนมกราคม และเดือนธันวาคม ดังแสดงในรูปที่ 4.18 และรูปที่ 4.19

ภาพรวมแนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง CNRM-CM5 เทียบกับ ฝนปีฐานพบว่า ทั้ง 2 RCP มีแนวโน้มลดลงในเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤศจิกายน แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงต้นปี (เดือนมกราคม) และปลายปี (เดือนธันวาคม) ดังแสดงในตารางที่ 4.31



รูปที่ 4.18 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน



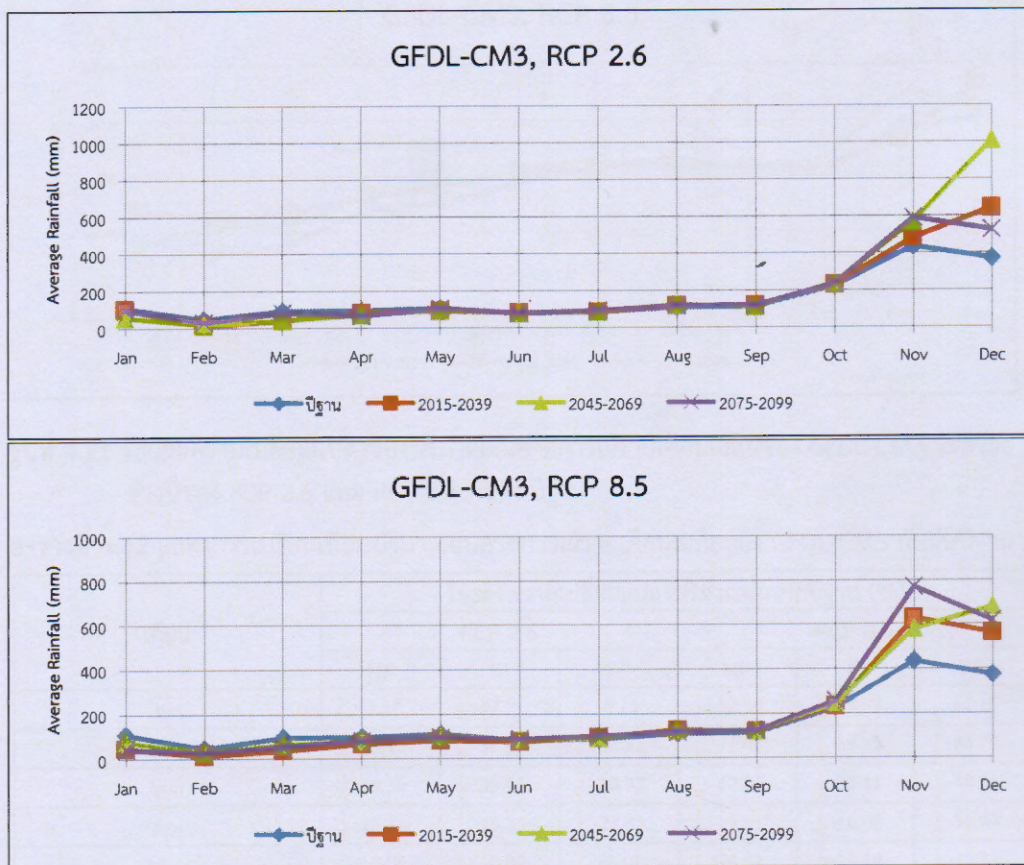
รูปที่ 4.19 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน

ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ CNRM-CM5 กับฝนปีฐาน

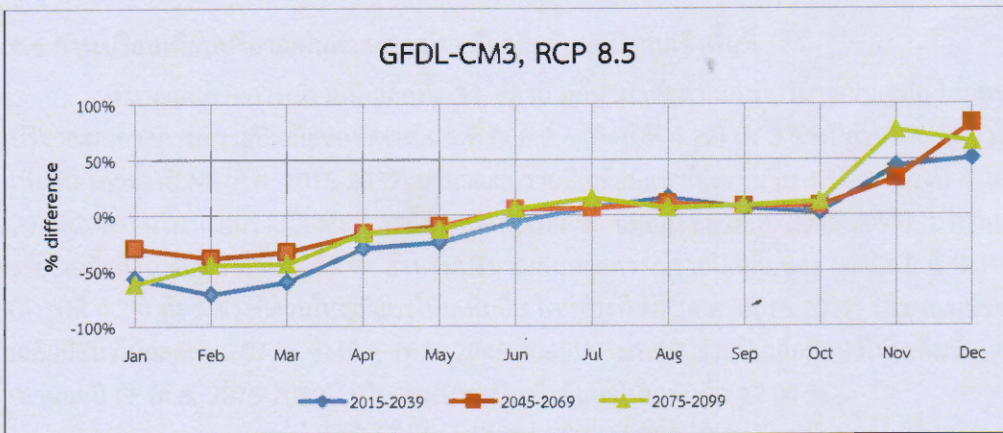
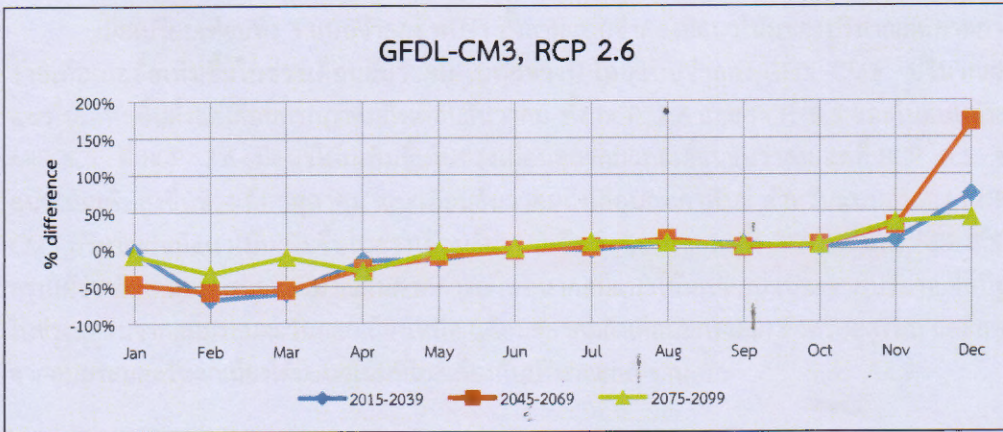
เดือน	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน (%)					
	RCP 2.6			RCP 8.5		
	NF	IF	FF	NF	IF	FF
Jan	↑ 63.25	↑ 65.15	↓ -12.79	↓ -10.42	↑ 28.72	↑ 65.32
Feb	↓ -71.86	↓ -51.75	↓ -60.73	↓ -56.27	↓ -73.28	↓ -82.60
Mar	↓ -68.75	↓ -66.56	↓ -63.40	↓ -44.27	↓ -65.43	↓ -74.68
Apr	↓ -42.13	↓ -34.69	↓ -48.18	↓ -40.63	↓ -48.01	↓ -53.11
May	↓ -73.63	↓ -66.68	↓ -60.73	↓ -68.36	↓ -67.01	↓ -65.93
Jun	↓ -57.03	↓ -57.23	↓ -63.24	↓ -64.76	↓ -62.39	↓ -49.96
Jul	↓ -49.63	↓ -58.75	↓ -58.28	↓ -56.24	↓ -61.54	↓ -40.10
Aug	↓ -5.26	↓ -53.03	↓ -52.40	↓ -57.41	↓ -46.28	↓ -37.88
Sep	↓ -32.19	↓ -45.99	↓ -36.60	↓ -45.85	↓ -47.53	↓ -17.00
Oct	↓ -48.89	↓ -49.84	↓ -37.69	↓ -40.93	↓ -31.80	↓ -52.86
Nov	↓ -32.79	↓ -39.36	↓ -35.40	↓ -22.11	↓ -34.78	↓ -39.22
Dec	↑ 29.03	↑ 26.26	↓ -2.87	↑ 55.76	↑ 113.23	↑ 44.74

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 โดยแยกช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน พบว่า ปริมาณฝนของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 มีแนวโน้มใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง แต่เมื่อวิเคราะห์ผลต่างปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยในภาพรวม พบว่าปริมาณฝนที่ RCP 2.6 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคมจะมีแนวโน้มปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนธันวาคม และ RCP 8.5 ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม จะมีแนวโน้มปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยลดลง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ดังแสดงในรูปที่ 4.20 และรูปที่ 4.21

ภาพรวมแนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 เทียบกับฝนปีฐานมีแนวโน้มลดลงในช่วงครึ่งปีแรก และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงครึ่งปีหลัง ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 ดังตารางที่ 4.32



รูปที่ 4.20 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 โดยแยกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน



รูปที่ 4.21 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ระหว่างช่วงปีของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 กับฝนปีฐาน

ตารางที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของ GFDL-CM3 กับฝนปีฐาน

เดือน	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน (%)					
	RCP 2.6			RCP 8.5		
	NF	IF	FF	NF	IF	FF
Jan	↓ -3.57	↓ -47.51	↓ -8.71	↓ -57.30	↓ -29.93	↓ -62.15
Feb	↓ -68.13	↓ -58.07	↓ -33.51	↓ -71.47	↓ -38.85	↓ -44.77
Mar	↓ -59.59	↓ -55.54	↓ -10.92	↓ -60.01	↓ -33.31	↓ -44.06
Apr	↓ -15.26	↓ -25.85	↓ -29.83	↓ -29.91	↓ -16.48	↓ -16.44
May	↓ -14.04	↓ -10.98	↓ -2.12	↓ -24.91	↓ -10.14	↓ -13.31
Jun	↑ 1.10	↓ -2.51	↑ 0.51	↓ -6.30	↑ 5.36	↑ 5.65
Jul	↓ -0.96	↑ 1.98	↑ 8.99	↑ 6.90	↑ 5.96	↑ 15.42
Aug	↑ 8.70	↑ 13.05	↑ 7.97	↑ 15.46	↑ 10.36	↑ 5.86
Sep	↑ 6.72	↑ 1.14	↑ 4.64	↑ 6.71	↑ 7.81	↑ 8.59
Oct	↑ 2.04	↑ 5.45	↑ 5.17	↑ 2.36	↑ 8.02	↑ 12.43
Nov	↑ 10.86	↑ 30.69	↑ 35.81	↑ 44.21	↑ 32.93	↑ 76.64
Dec	↑ 73.09	↑ 170.94	↑ 41.27	↑ 51.15	↑ 82.54	↑ 65.86

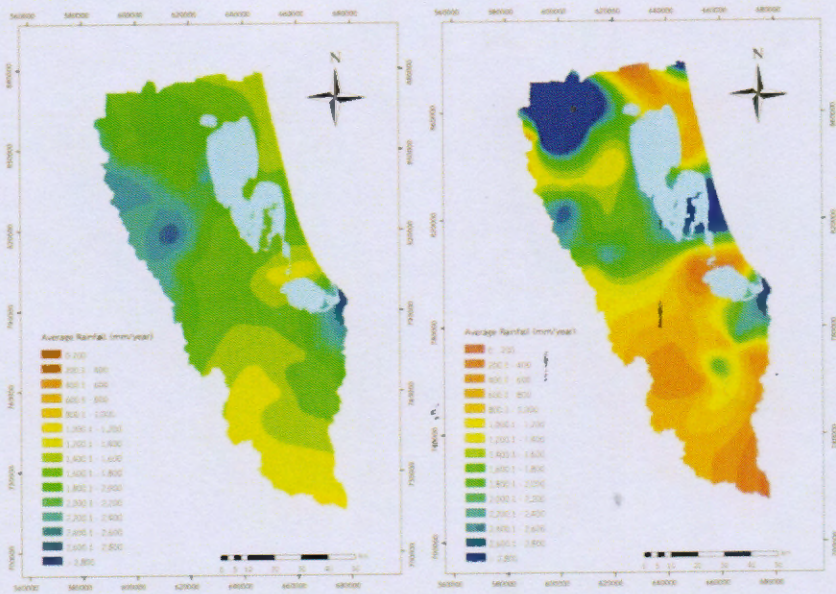
เมื่อเปรียบเทียบทั้ง 3 แบบจำลอง พบว่า ทั้งสามแบบจำลองมีแนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคม ในทุกช่วงปี โดยแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 และในแบบจำลอง MIROC5 ที่ RCP 2.6 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนตุลาคมและเดือนธันวาคม แต่ที่ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นช่วงเดือนตุลาคม และเดือนธันวาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ สำหรับแบบจำลอง CNRM-CM5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม ทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 ซึ่งสรุปได้ว่า ทั้ง 3 แบบจำลองปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงจากปริมาณฝนปีฐานในช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม) สำหรับฤดูร้อน และฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกับปริมาณฝนปีฐาน

4.6 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐานเชิงพื้นที่

ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยทั้ง 34 สถานี ถูกนำมาจัดทำแผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ย โดยพบว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 2.6 (ดังรูปที่ 4.22) ทั้ง 3 ช่วงปีส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.10 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 5.00 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 1.73 % สำหรับปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 8.5 (ดังรูปที่ 4.23) ทั้ง 3 ช่วงปีส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 5.07 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 9.62 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 12.04 %

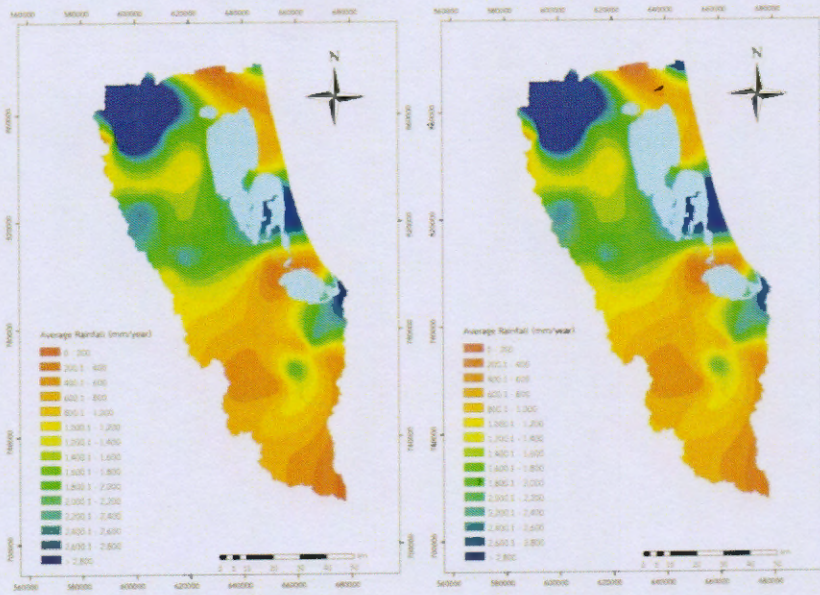
ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6 (ดังรูปที่ 4.24) ทั้ง 3 ช่วงปีมีแนวโน้มลดลง โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 25.65 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 27.48 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 35.38 % สำหรับปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 8.5 (ดังรูปที่ 4.25) ทั้ง 3 ช่วงปีมีแนวโน้มลดลง โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 20.71 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 10.25 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง 22.38 %

ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6 (ดังรูปที่ 4.26) ทั้ง 3 ช่วงปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 11.78 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 33.72 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 14.81 % สำหรับปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 8.5 (ดังรูปที่ 4.27) ทั้ง 3 ช่วงปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยช่วงปี NF (ค.ศ. 2015-2039) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 11.09 % ช่วงปี IF (ค.ศ. 2045-2069) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 20.85 % และ ปี FF (ค.ศ. 2075-2099) ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 25.74 %



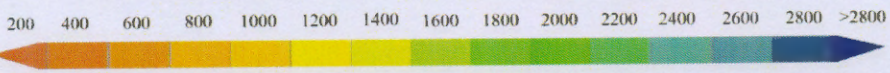
ก. ช่วงปีฐาน

ข. ช่วงปี NF (2015-2039)

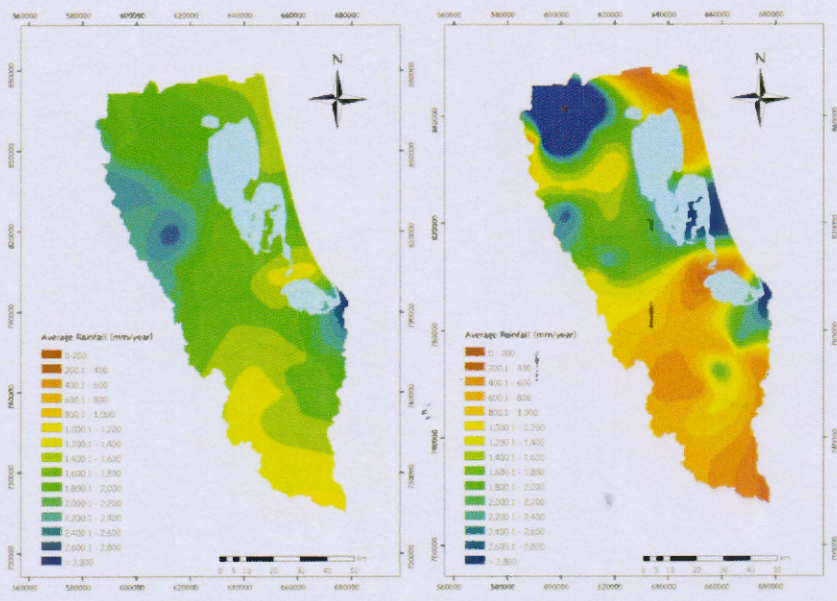


ค. ช่วงปี IF (2045-2069)

ง. ช่วงปี FF (2075-2099)

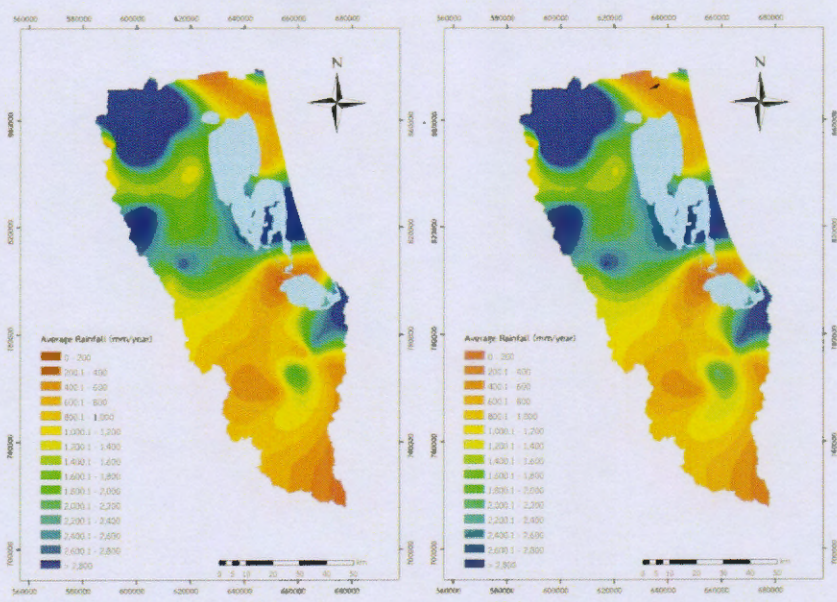


รูปที่ 4.22 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 2.6



ก. ช่วงปีฐาน

ข. ช่วงปี NF (2015-2039)

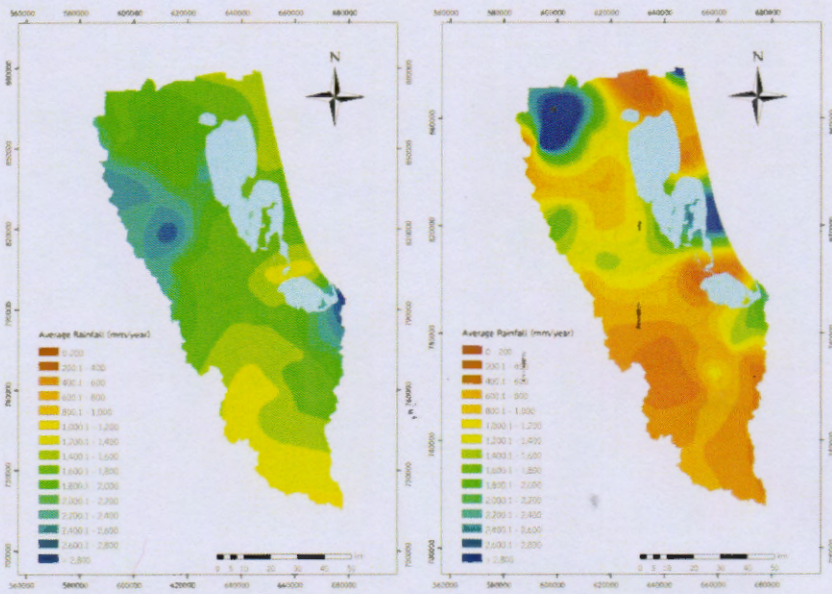


ค. ช่วงปี IF (2045-2069)

ง. ช่วงปี FF (2075-2099)

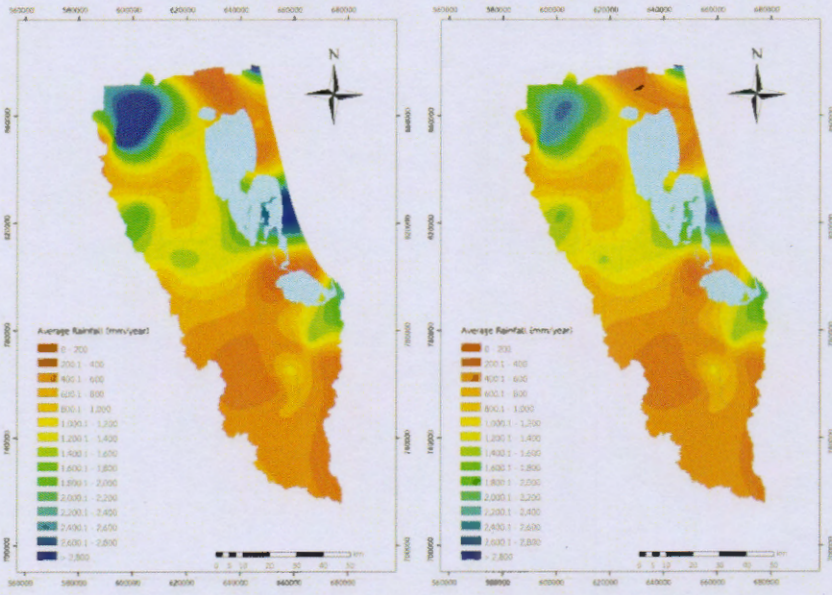


รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ MIROC5 ที่ RCP 8.5



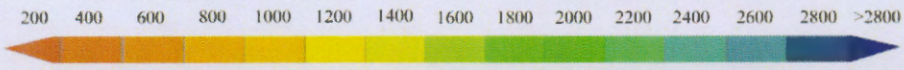
ก.ช่วงปีฐาน

ข.ช่วงปี NF (2015-2039)

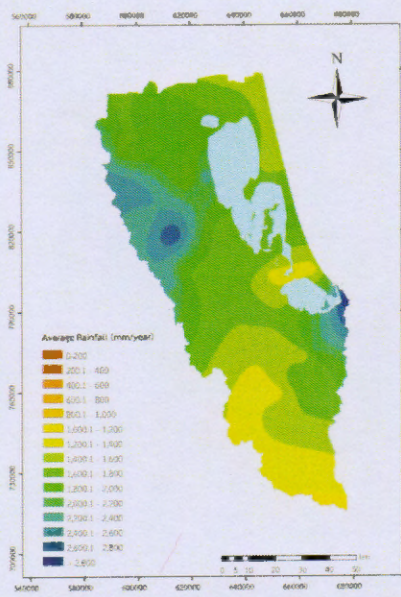


ค.ช่วงปี IF (2045-2069)

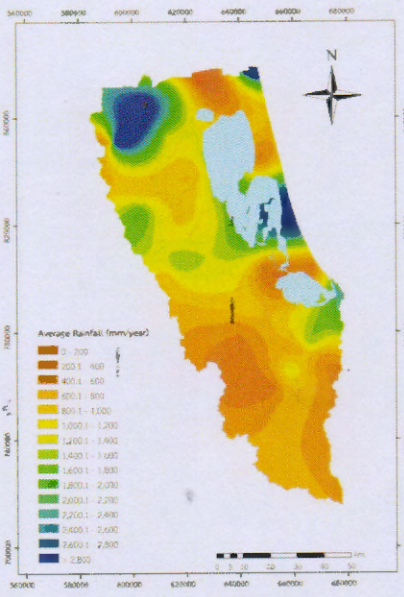
ง.ช่วงปี FF (2075-2099)



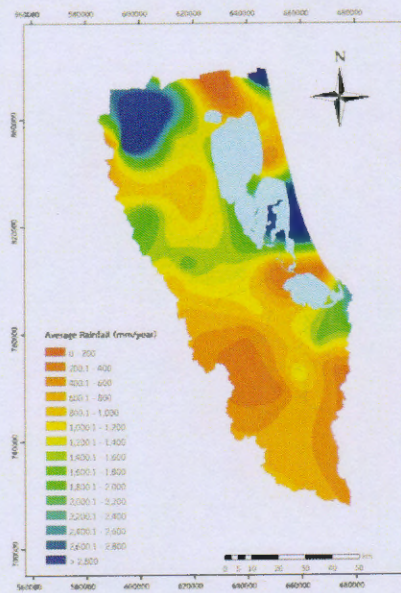
รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 2.6



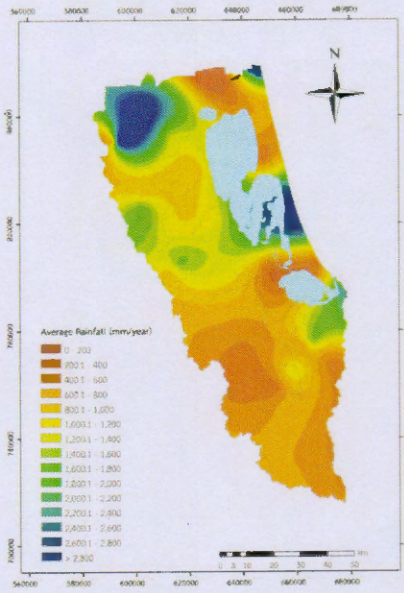
ก.ช่วงปีฐาน



ข.ช่วงปี NF (2015-2039)



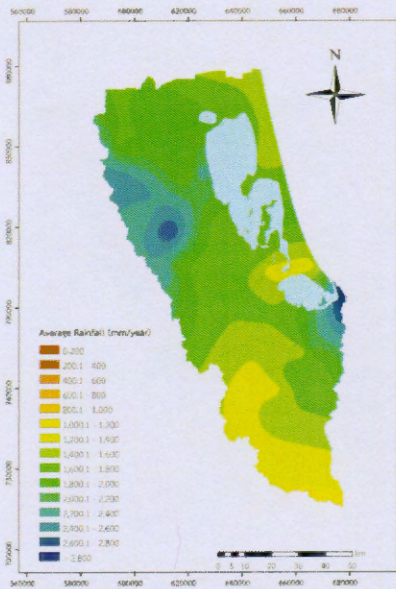
ค.ช่วงปี IF (2045-2069)



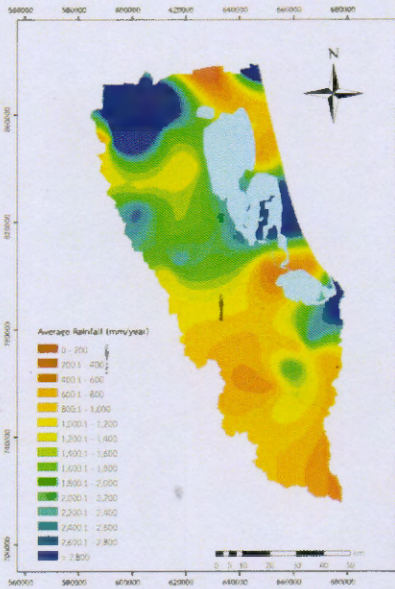
ง.ช่วงปี FF (2075-2099)



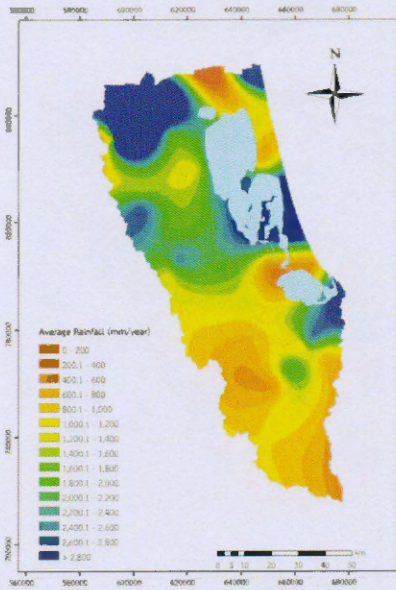
รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ CNRM-CM5 ที่ RCP 8.5



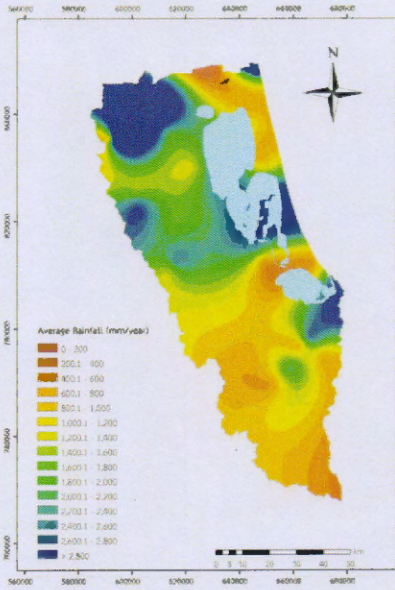
ก.ช่วงปีฐาน



ข.ช่วงปี NF (2015-2039)



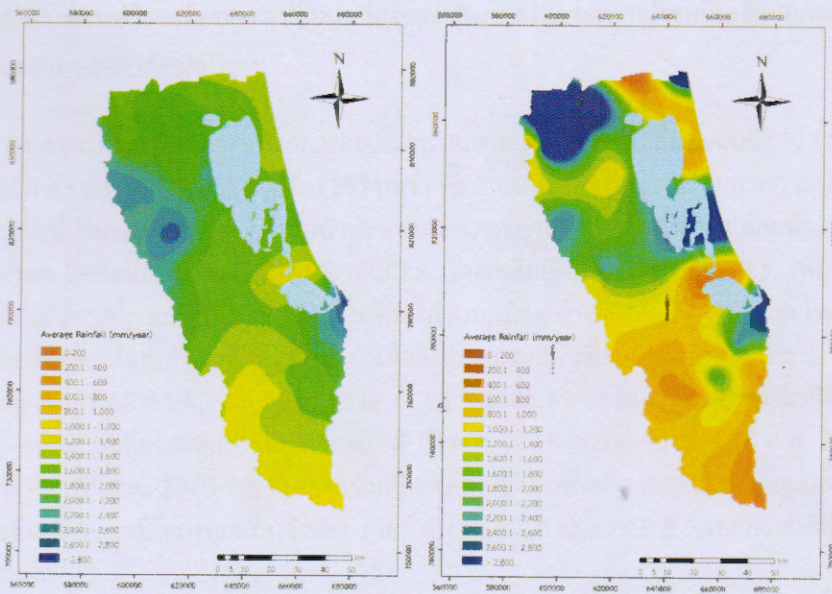
ค.ช่วงปี IF (2045-2069)



ง.ช่วงปี FF (2075-2099)

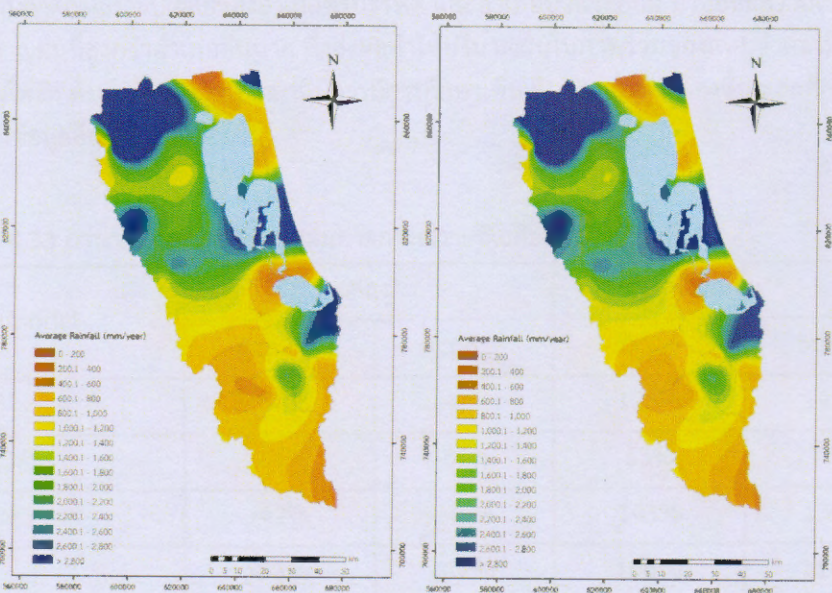


รูปที่ 4.26 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 2.6



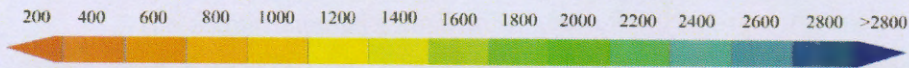
ก. ช่วงปีฐาน

ข. ช่วงปี NF (2015-2039)



ค. ช่วงปี IF (2045-2069)

ง. ช่วงปี FF (2075-2099)



รูปที่ 4.27 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของ GFDL-CM3 ที่ RCP 8.5

4.6.1 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยแยกตามพื้นที่ใน ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา กับฝนปีฐาน

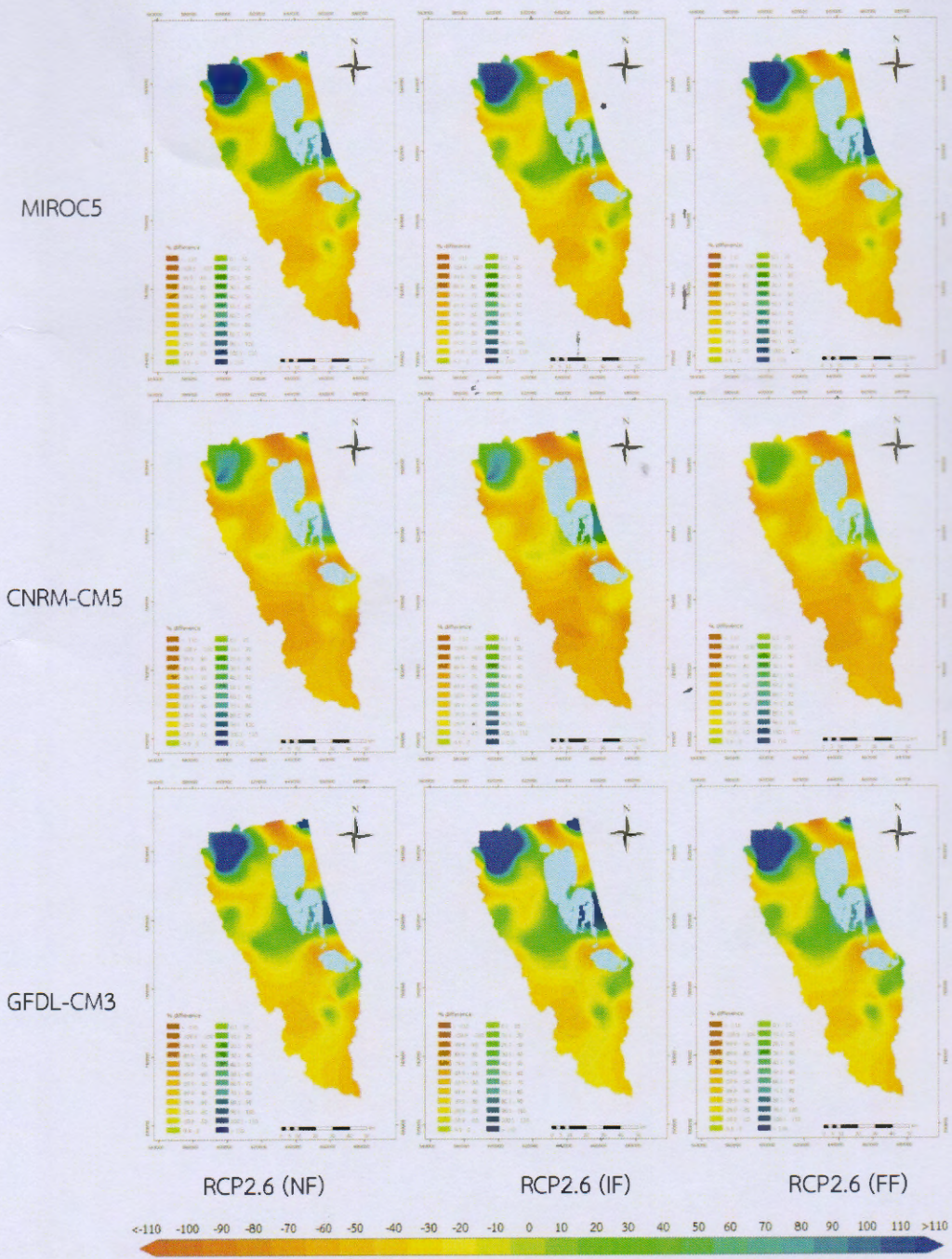
จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน (รายละเอียดในตารางที่ 4.33 และรูปที่ 4.28 ถึงรูปที่ 4.29) พบว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสติงพระ จังหวัดสงขลา โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 33-155% (RCP2.6 โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 106% RCP8.5 เพิ่มขึ้น 119%) และปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยลดลงในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกระแสดินธุ์ อำเภอสิงหนคร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา โดยเฉลี่ยลดลง 37-62% (RCP2.6 ลดลง 53% RCP8.5 ลดลง 49%) ซึ่งจากการวิเคราะห์ได้ว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของทุกช่วงปี ทั้งช่วงปี NF (ปี ค.ศ. 2015-2039) ช่วงปี IF (ปี ค.ศ. 2045-2069) และช่วงปี FF (ปี ค.ศ. 2075-2099) แนวโน้มที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ สถานีส่วนใหญ่เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นก็เพิ่มทั้ง 3 ช่วงปี ของทุกแบบจำลอง รวมถึงทั้ง RCP 2.6 และ RCP 8.5 โดยสถานีที่มีปริมาณฝนลดลงก็เช่นกัน

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน เห็นได้ว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยของอำเภอศรีบรรพต และอำเภอป่าพะยอม มีร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนที่สูงกว่าอำเภออื่นมาก ซึ่งส่งผลทำให้ปริมาณฝนในภาพรวมของแบบจำลองมีฝนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นข้อมูลของ 2 สถานีนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองอื่น และศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น

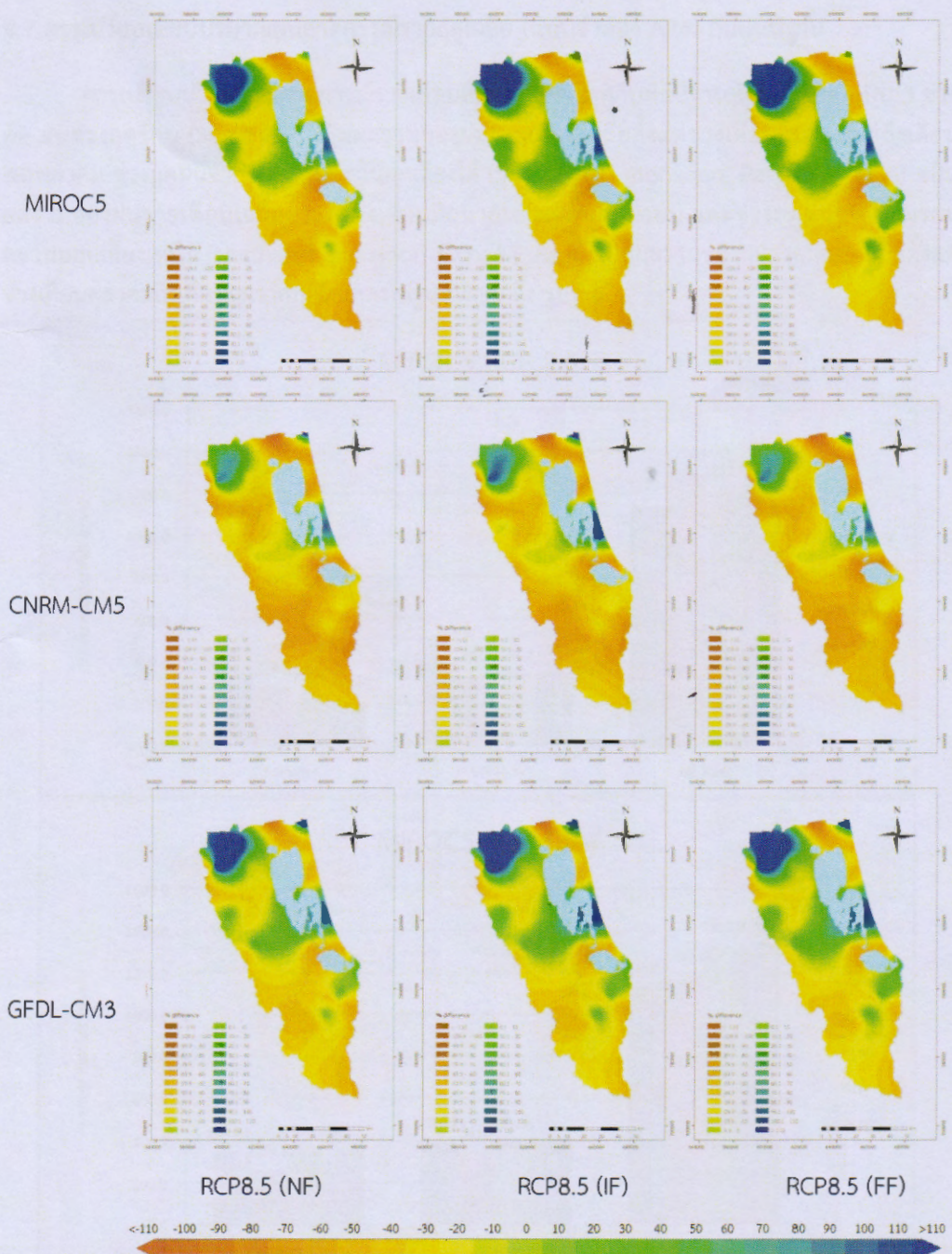
ตารางที่ 4.33 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยเมื่อแยกตามพื้นที่

Model	ลดลง*		เพิ่มขึ้น**	
	rcp2.6	rcp8.5	rcp2.6	rcp8.5
MIROC5	-50%	-47%	123%	145%
CNRM-CM5	-66%	-62%	53%	75%
GFDL-CM3	-42%	-40%	143%	136%
เฉลี่ย	-53%	-49%	106%	119%

หมายเหตุ : ลดลง* ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกระแสดินธุ์ อำเภอสิงหนคร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา
เพิ่มขึ้น** ในอำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสติงพระ จังหวัดสงขลา



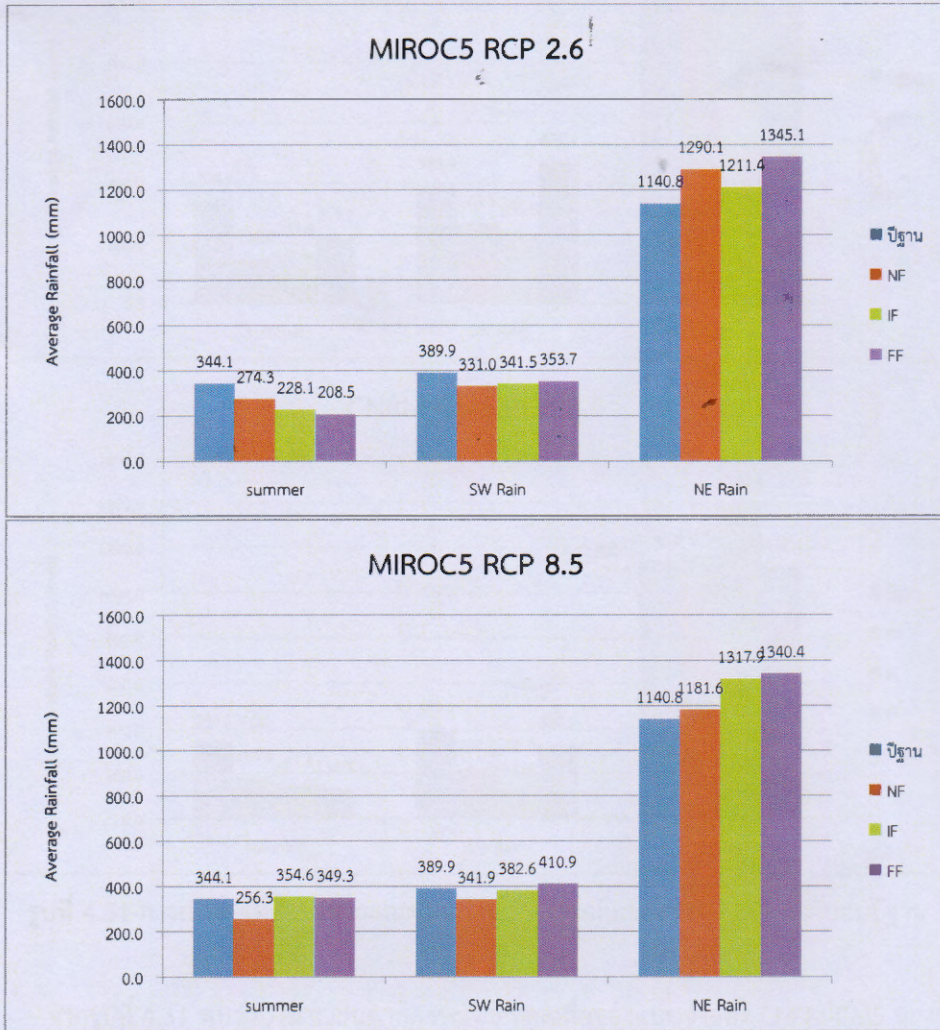
รูปที่ 4.28 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6



รูปที่ 4.29 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับฝนปีฐาน ที่ RCP 8.5

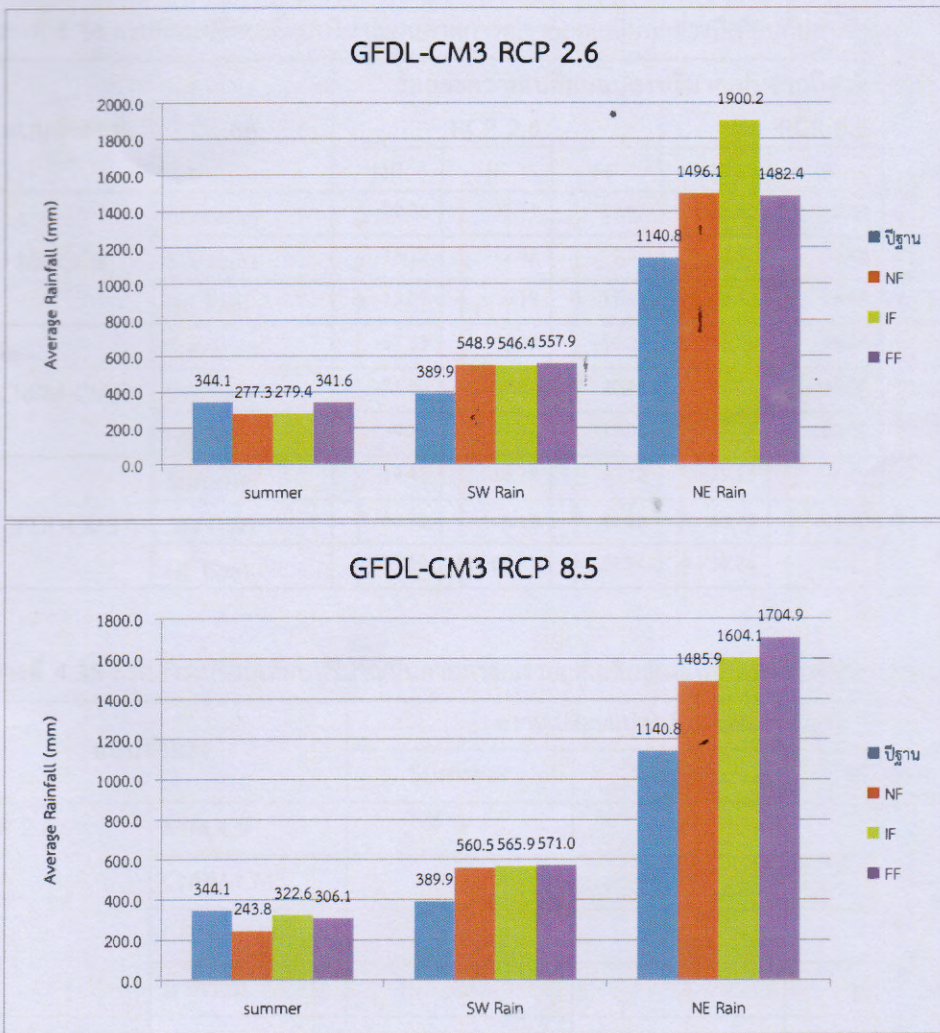
4.7 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ย (แบบจำลอง AR5) กับฝนปีฐาน

การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยตามช่วงฤดูกับฝนปีฐาน โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ฝนช่วงฤดูร้อน (Summer) เป็นผลรวมของฝนรายเดือนเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (Southwest monsoon Rain; SW Rain) เป็นผลรวมของฝนรายเดือนเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน และช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (Northeast monsoon Rain; NE Rain) เป็นผลรวมของฝนรายเดือนเฉลี่ยตั้งแต่ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม ดังแสดงในรูปที่ 4.30 ถึง รูปที่ 4.32



รูปที่ 4.30 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIROC5 กับฝนปีฐาน

จากรูปที่ 4.30 พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 ของช่วงปีในอนาคตเมื่อเทียบกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อนและช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ แต่มีปริมาณฝนรายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น



รูปที่ 4.32 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 กับฝนปีฐาน

จากรูปที่ 4.32 พบว่าปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง GFDL-CM3 ของช่วงปีในอนาคตเมื่อเทียบกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อนในทุกๆ ช่วงปี แต่แนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐานสูงขึ้นในช่วงฤดูฝนทั้งจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และเมื่อสังเกตปริมาณฝนของฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในอนาคต พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามช่วงเวลา ยิ่งช่วงเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณฝนยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ยกเว้นปริมาณฝนที่ RCP 2.6 ช่วงปี FF (ค.ศ. 2075-2099) จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับปริมาณฝนในช่วงที่ผ่านมา

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยในทุกๆ ช่วงปี กับฝนปีฐาน พบว่า ในภาพรวมปริมาณฝนคาดการณ์ของแบบจำลอง MIROC5 และแบบจำลอง CNRM-CM5 มีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อนและช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มลดลงเฉพาะช่วงฤดูร้อน และจะมีแนวโน้มสูงขึ้นในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังตารางที่ 4.34 และรูปที่ 4.33 ถึง รูปที่ 4.38

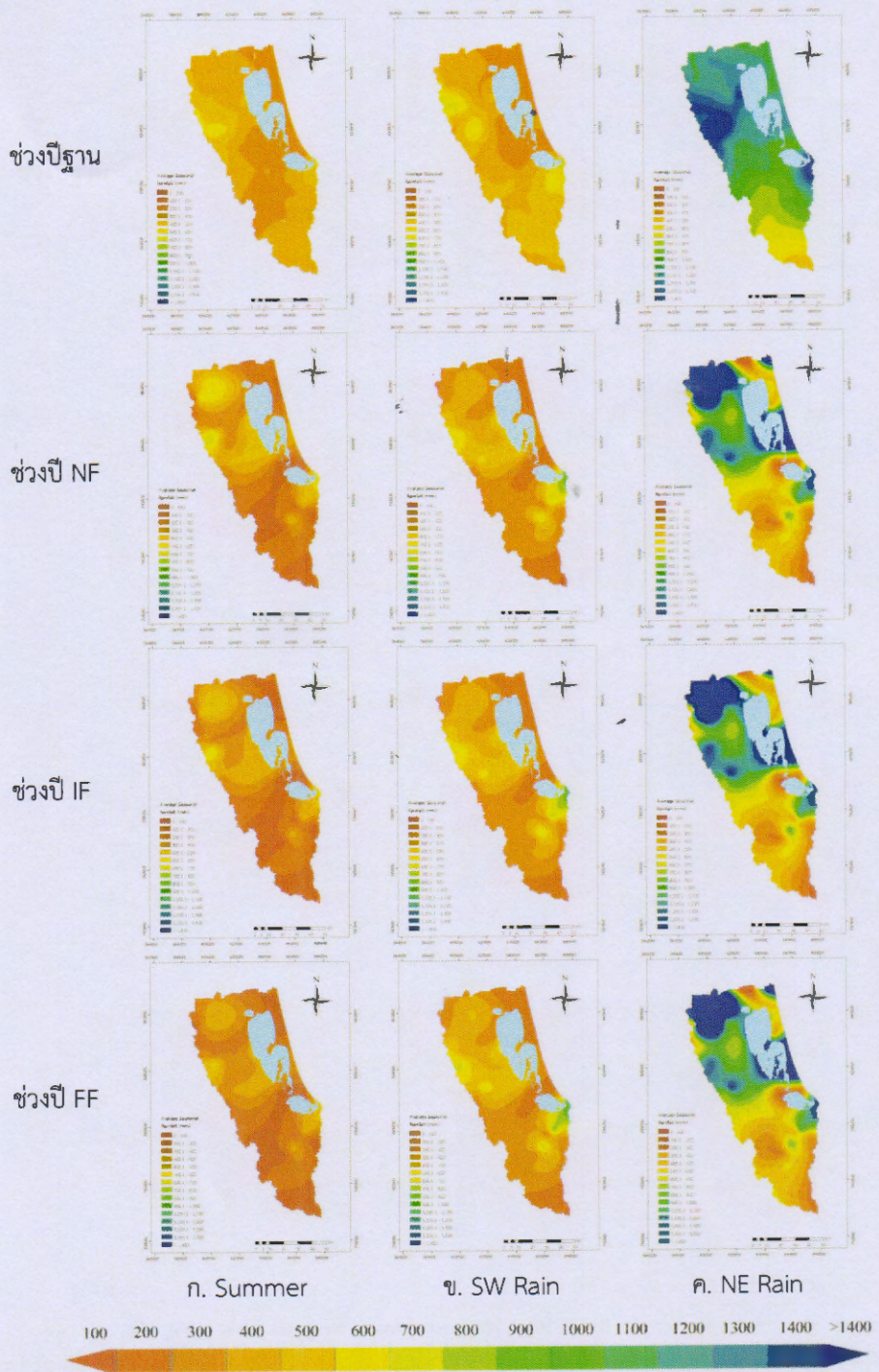
ตารางที่ 4.34 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยทุกช่วงปีเทียบกับฝนปีฐาน

แบบจำลอง	ฤดู	ร้อยละความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน (%)					
		RCP 2.6			RCP 8.5		
		NF	IF	FF	NF	IF	FF
MIROC5	Summer	↓ -20.28	↓ -33.71	↓ -39.42	↓ -25.50	↑ 3.04	↑ 1.51
	SW Rain	↓ -15.12	↓ -12.42	↓ -9.31	↓ -12.32	↓ -1.88	↑ 5.36
	NE Rain	↑ 13.09	↑ 6.19	↑ 17.91	↑ 3.58	↑ 15.53	↑ 17.50
CNRM-CM5	Summer	↓ -57.33	↓ -48.43	↓ -36.29	↓ -45.99	↓ -56.01	↓ -61.55
	SW Rain	↓ -31.80	↓ -39.29	↑ 20.84	↓ -41.61	↓ -38.51	↓ -15.35
	NE Rain	↓ -4.23	↓ -7.92	↓ -13.02	↑ 2.04	↑ 22.08	↓ -2.34
GFDL-CM3	Summer	↓ -19.40	↓ -18.79	↓ -0.72	↓ -29.15	↓ -6.25	↓ -11.03
	SW Rain	↑ 40.76	↑ 40.12	↑ 43.08	↑ 43.73	↑ 45.11	↑ 46.43
	NE Rain	↑ 31.14	↑ 66.57	↑ 29.94	↑ 30.26	↑ 40.61	↑ 49.45

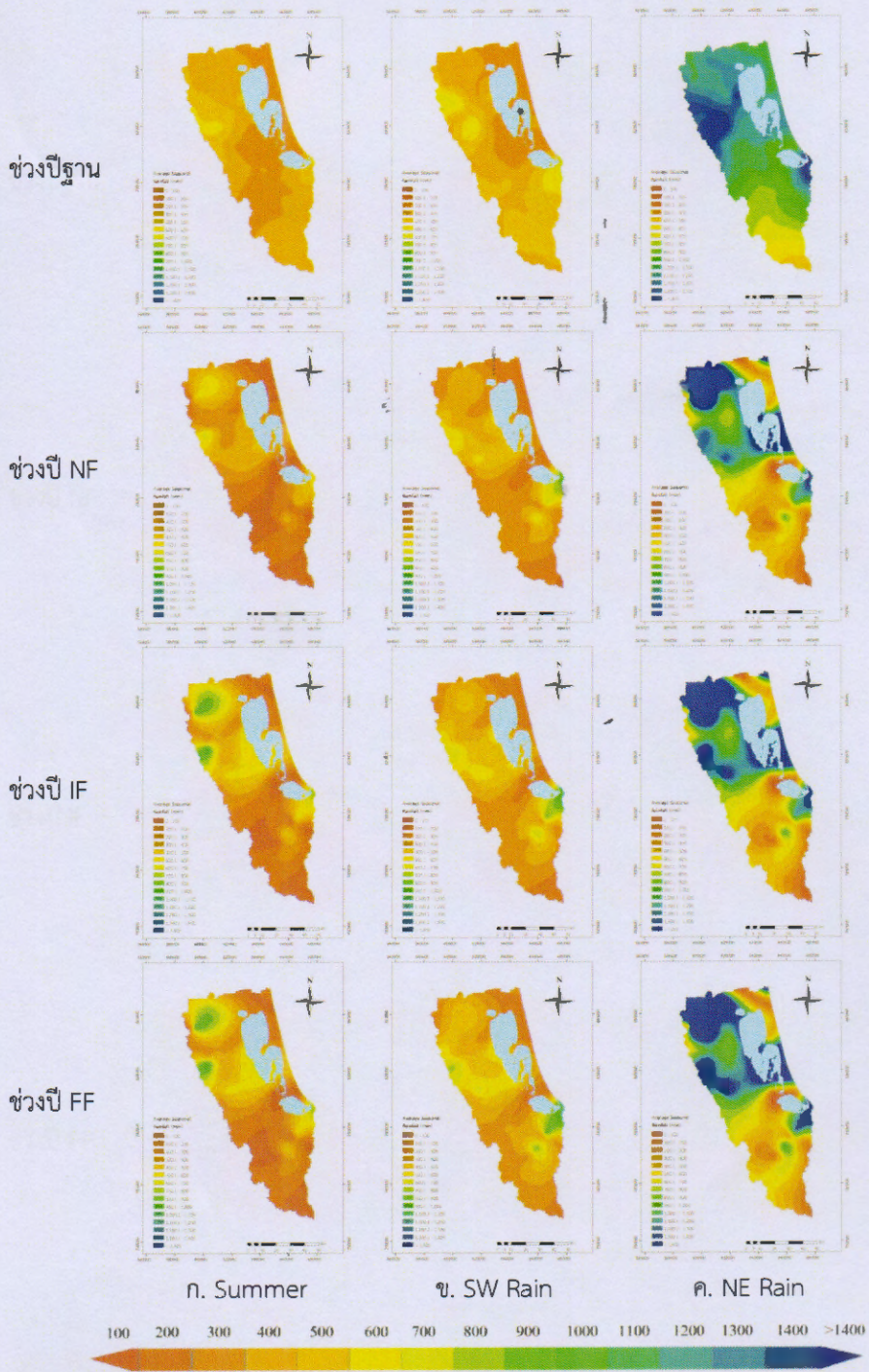
ตารางที่ 4.35 สรุปการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง (AR5) กับฝนปีฐาน

แบบจำลอง		ความเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากปีฐาน		
		Summer	SW Rain	NE Rain
RCP 2.6	MIROC5	↓	↓	↑
	CNRM-CM5	↓	↓	↓
	GFDL-CM3	↓	↑	↑
	ภาพรวม	↓	↓	↑
RCP 8.5	MIROC5	↓	↓	↑
	CNRM-CM5	↓	↓	↑
	GFDL-CM3	↓	↑	↑
	ภาพรวม	↓	↓	↑

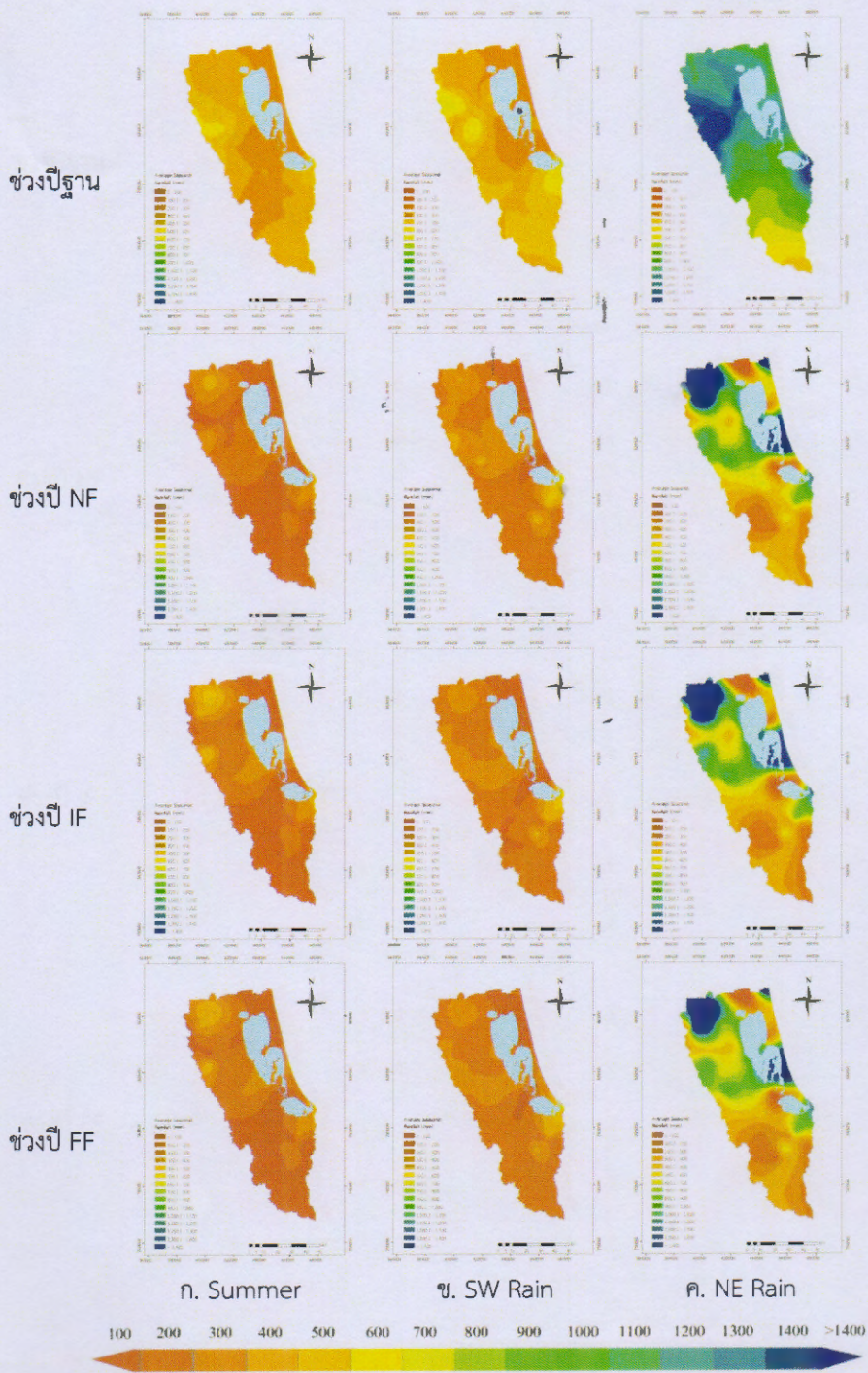
จากตารางที่ 4.35 จะเห็นได้ว่าโดยภาพรวม ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐาน จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อน และฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐานสูงขึ้นในฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และจากผลการศึกษาเห็นได้ว่าปริมาณฝนของฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของทุกแบบจำลอง ที่ RCP 8.5 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยสามารถบ่งบอกได้ว่าในอนาคตเมื่อมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือไม่สามารถควบคุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก หรือเมื่อในบรรยากาศมีความเข้มข้นของก๊าซ CO₂ สูง ก็อาจส่งผลให้ปริมาณฝนเพิ่มขึ้น



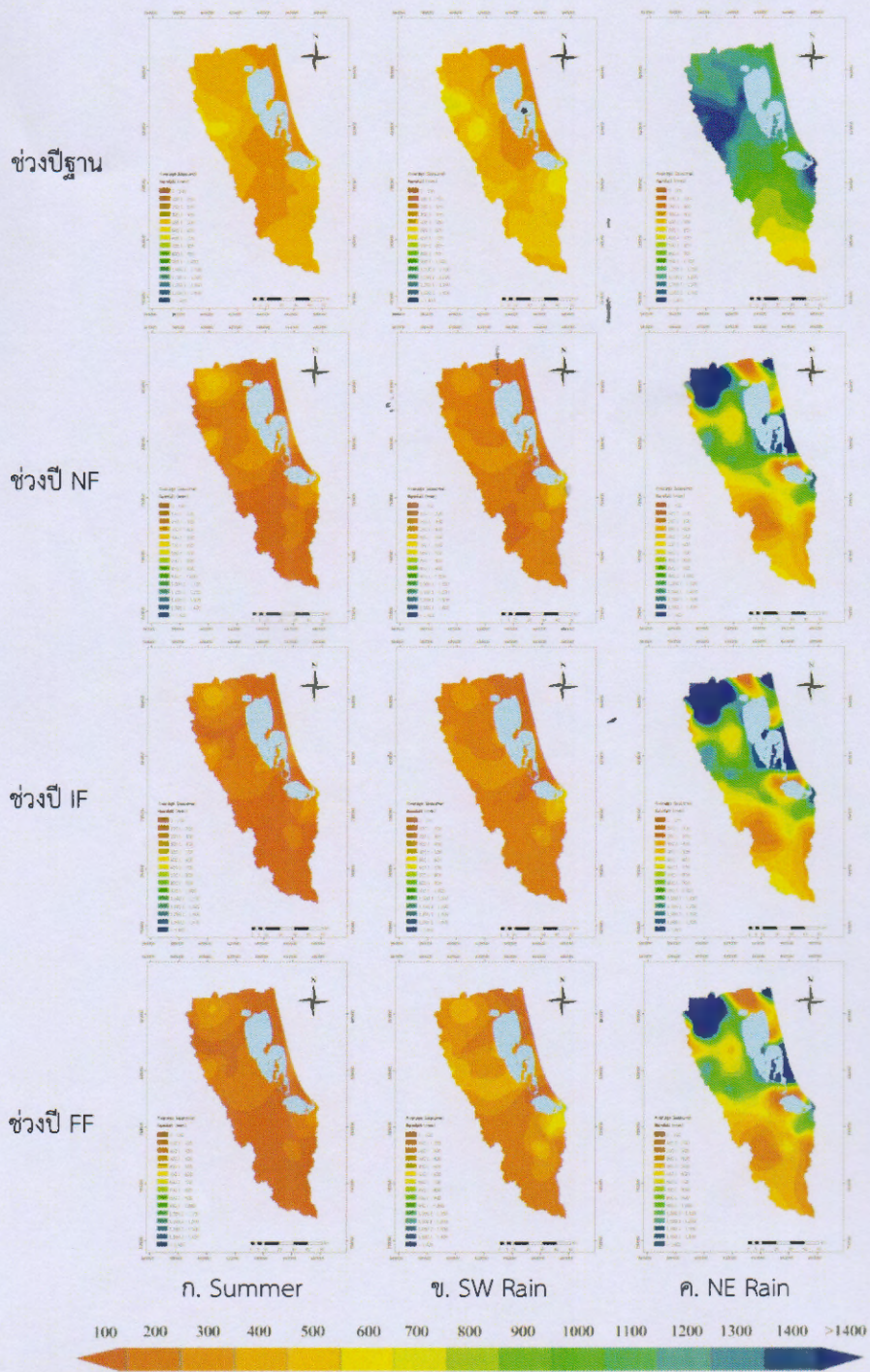
รูปที่ 4.33 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIRCO5 ที่ RCP 2.6



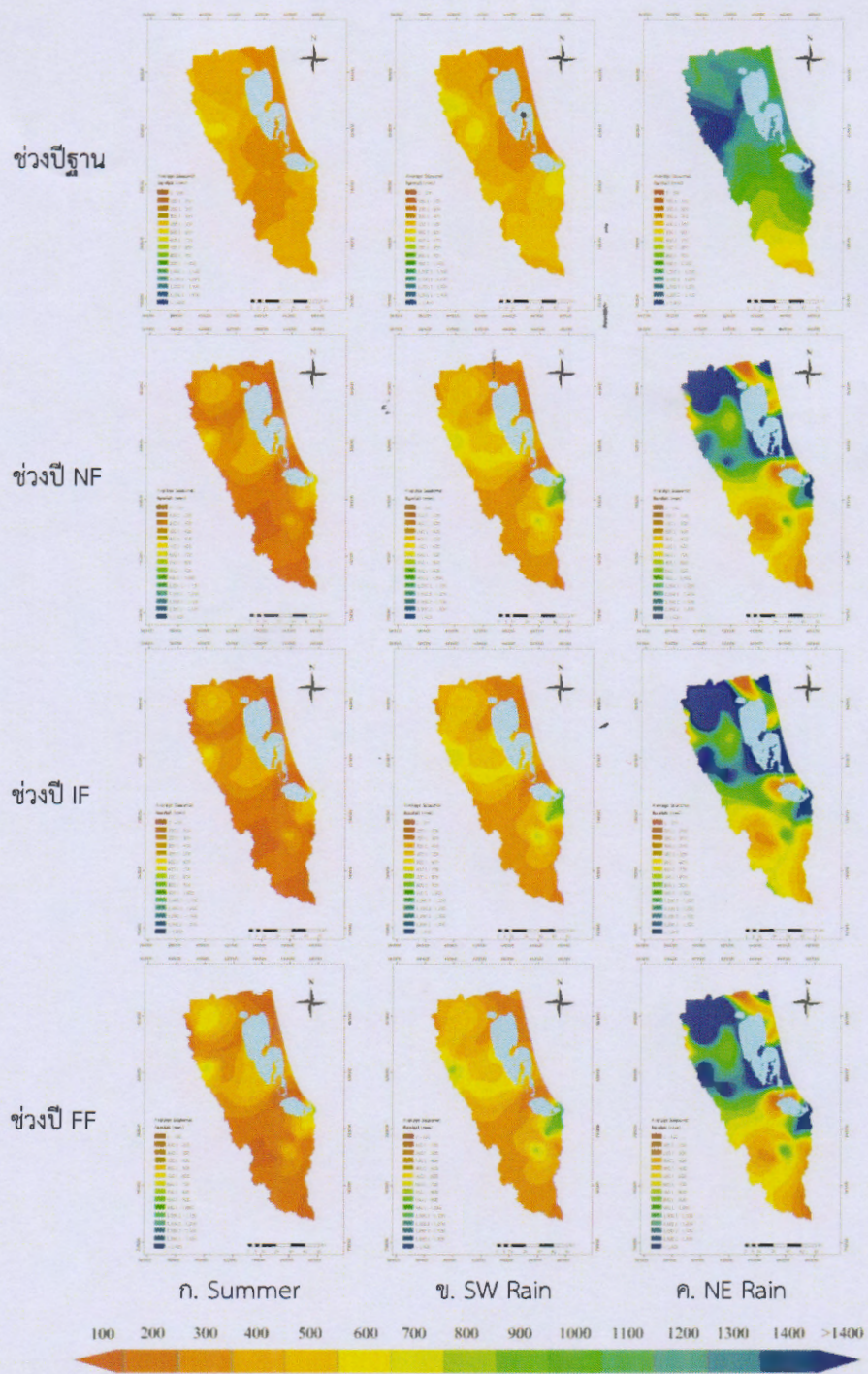
รูปที่ 4.34 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ MIRCOS ที่ RCP 8.5



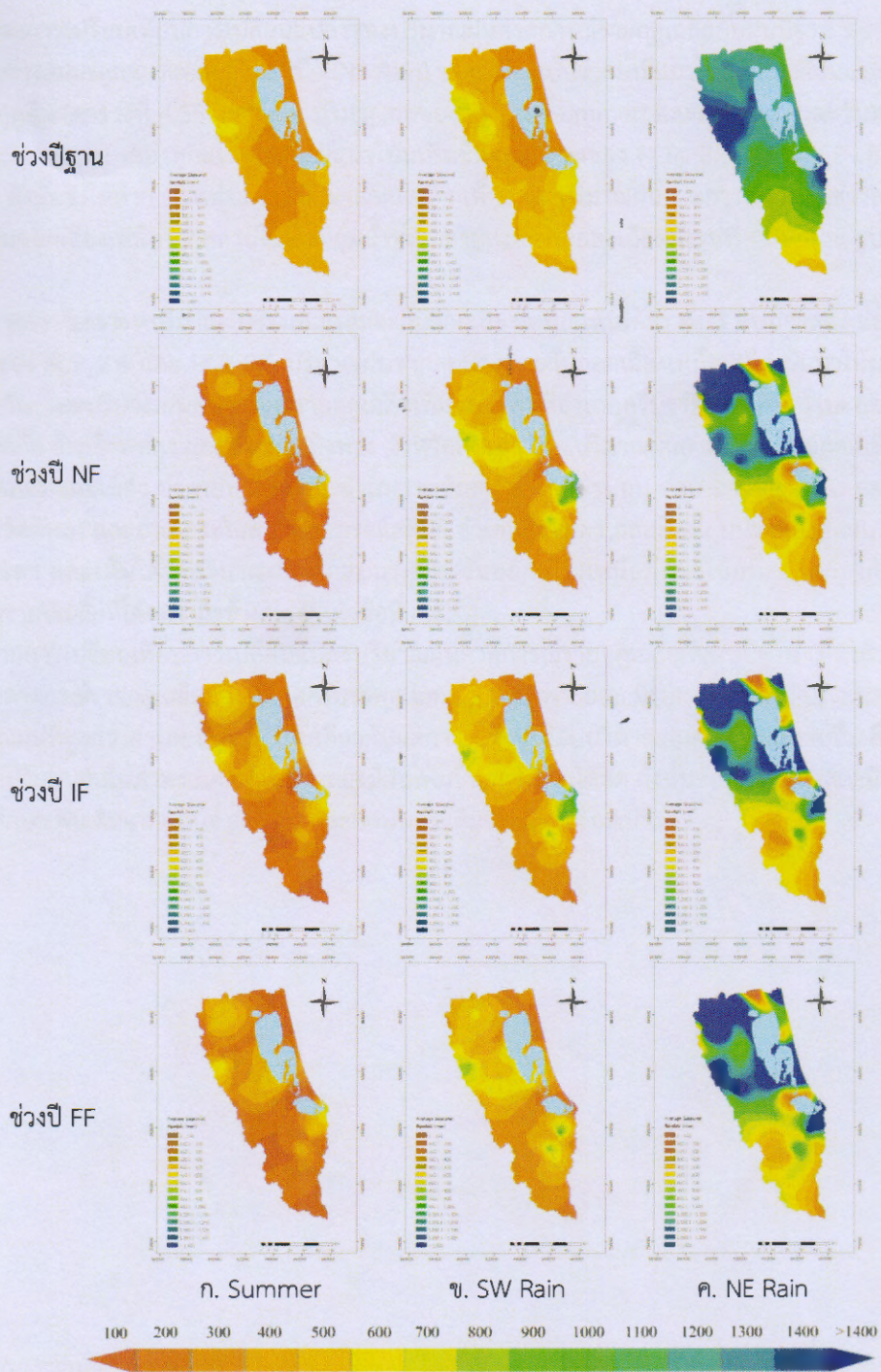
รูปที่ 4.35 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ CNRM-CM3 ที่ RCP 2.6



รูปที่ 4.36 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ CNRM-CM3 ที่ RCP 8.5



รูปที่ 4.37 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ GFDL-CM5 ที่ RCP 2.6

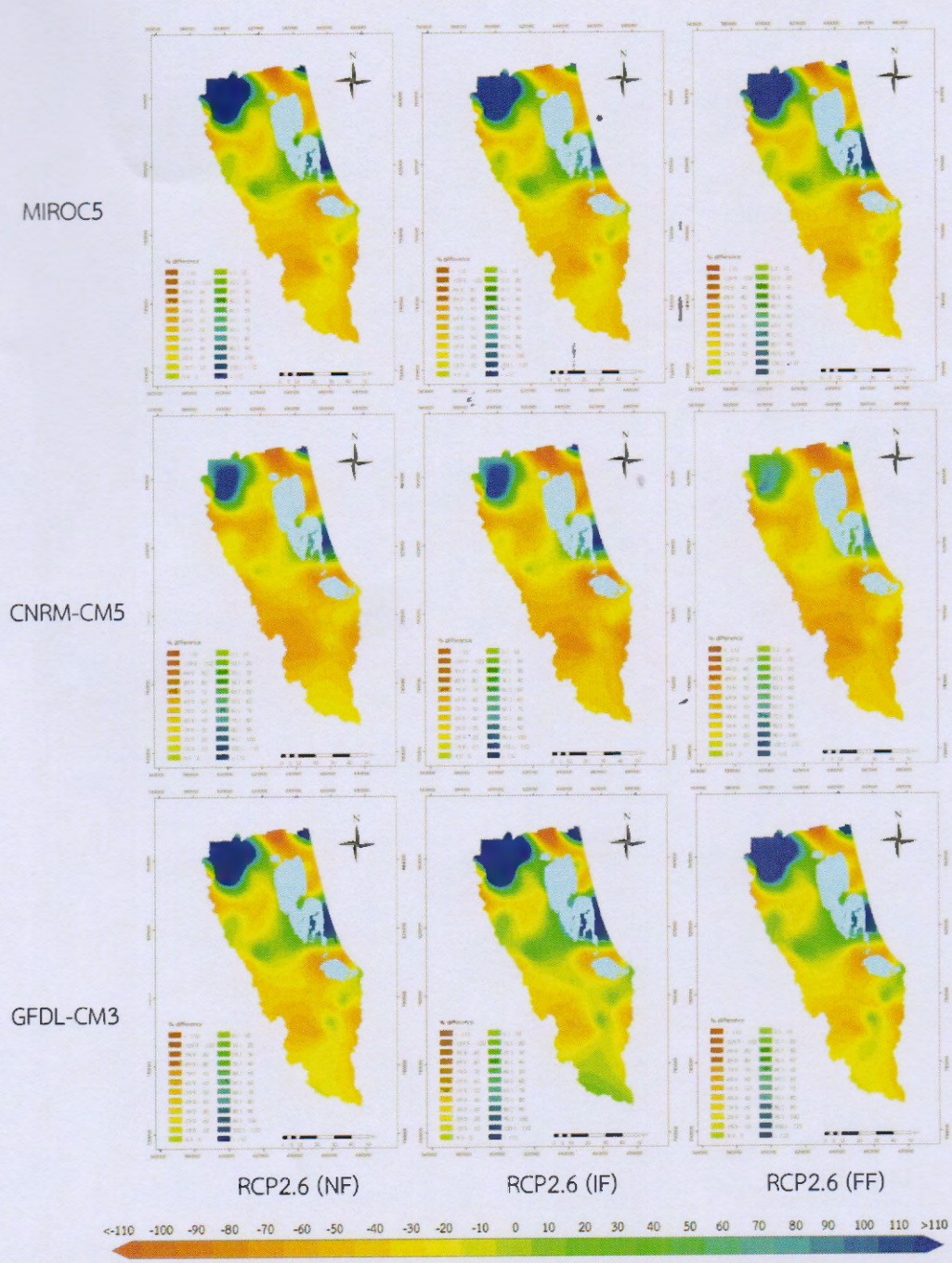


รูปที่ 4.38 การเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของ GFDL-CM5 ที่ RCP 8.5

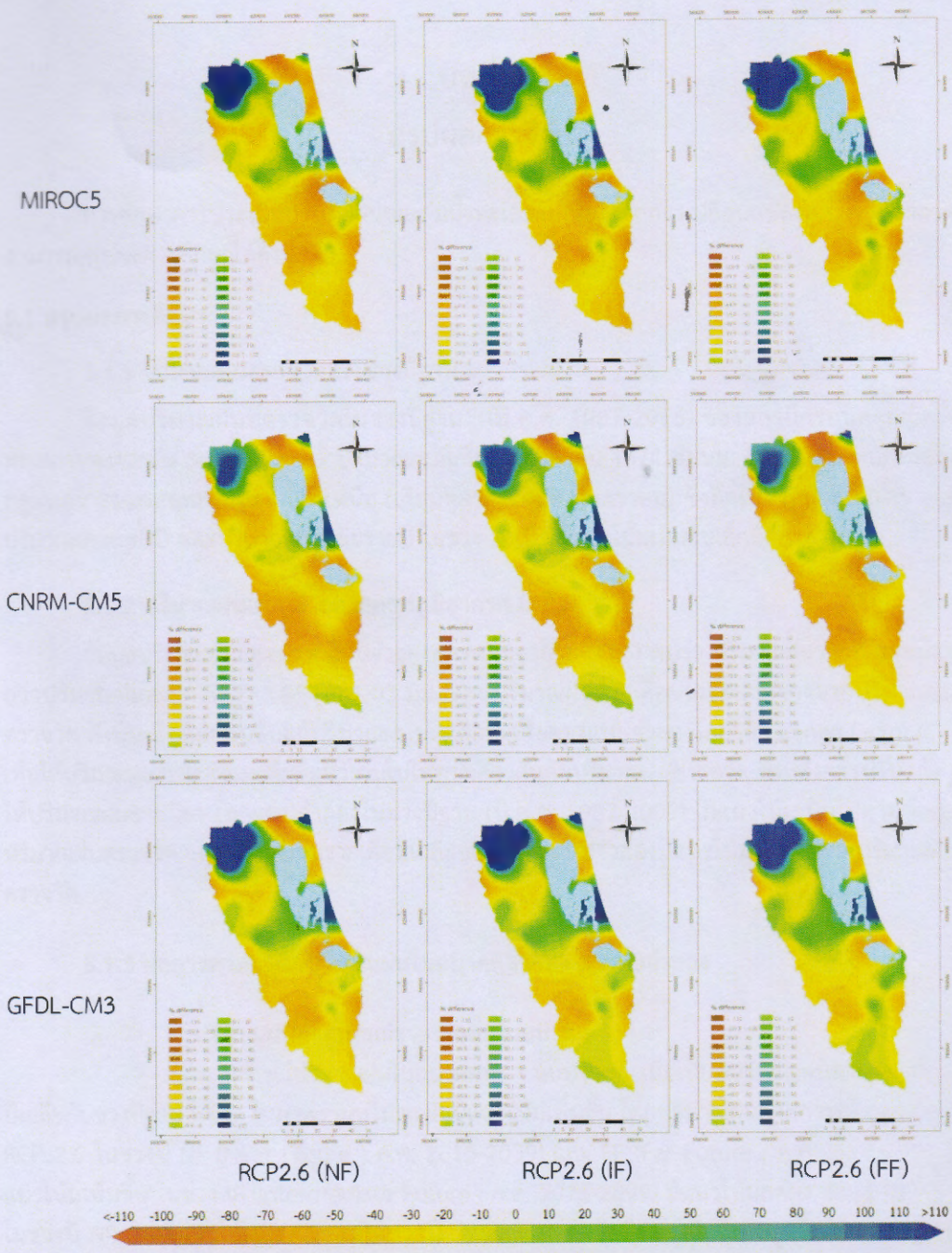
จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยกับฝนปีฐาน พบว่า ปริมาณฝนช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (NE Rain) จากแต่ละแบบจำลองมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง ที่ต่างจากฤดูอื่น (ตารางที่ 4.35) กล่าวคือ ปริมาณฝนของฤดูร้อน (Summer) และฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (SW Rain) ของทุกแบบจำลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและลดลงของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 เหมือนกัน ดังนั้นจึงได้ทำการจัดทำแผนที่ปริมาณฝนเฉลี่ย เพื่อแสดงปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือรายสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลารายละเอียดดังรูปที่ 4.39 และ รูปที่ 4.40

จากการวิเคราะห์ปริมาณฝนช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เห็นได้ว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง และทุกช่วงปี ของ RCP 2.6 และ RCP 8.5 ปริมาณฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเฉลี่ย มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสติงพระ จังหวัดสงขลา และปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยลดลงในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอปากพะยูน อำเภอเขาชัยสน อำเภอป่าบอน อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกะแสสินธุ์ อำเภอสิงหนคร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา และเห็นว่าปริมาณฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้กล่าวมาข้างต้น (ดังหัวข้อที่ 4.6)

จากการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยกับฝนปีฐาน เห็นได้ว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของอำเภอศรีบรรพต และอำเภอป่าพะยอม มีร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนที่สูงกว่าอำเภออื่นมาก เช่นเดียวกับผลการเปรียบเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ย ซึ่งผลทำให้ปริมาณฝนในภาพรวมของแบบจำลองมีฝนเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นข้อมูลของ 2 สถานีนี้ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมจากแบบจำลองอื่น และศึกษาเพิ่มเติมจากแหล่งข้อมูลอื่น



รูปที่ 4.39 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละแบบจำลองกับฝนปีฐาน ที่ RCP 2.6



รูปที่ 4.40 ร้อยละความเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละแบบจำลองกับฝนปีฐาน ที่ RCP 8.5

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการประเมินปริมาณฝนของกลุ่มน้ำทะเลสาบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 ปริมาณฝนตรวจวัดจริงช่วงปีฐาน

ข้อมูลปริมาณฝนที่ตรวจวัดในช่วงปีฐาน (ปี ค.ศ. 1987-2016) ของสถานีครอบคลุมกลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาทั้ง 34 สถานี พบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 1874.80 มม. โดยมีฝนตกหนักในช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60.85 ของปริมาณฝนตกทั้งปี และปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ในช่วง 30 ปี นี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

5.1.2 ปริมาณฝนแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5)

ข้อมูลปริมาณฝนปีฐานจากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ (AR5) พบว่า ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยน้อยกว่าปริมาณฝนตรวจวัด 273.85- 281.03 มม. และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยแตกต่างจากปริมาณฝนตรวจวัด ดังนั้น จึงทำการปรับแก้ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแบบจำลองโดยวิธี Change factor (CF) เพื่อให้ปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันกับปริมาณฝนตรวจวัด ซึ่งหลังการปรับแก้ทำให้ปริมาณฝนรายปีของทุกแบบจำลองในช่วงปีฐาน (ปี ค.ศ. 1987-2005) มีแนวโน้มเป็นไปตามข้อมูลปริมาณฝนตรวจวัด และปริมาณฝนรายเดือนเฉลี่ยของแต่ละแบบจำลองมีแนวโน้มเป็นไปตามปริมาณฝนตรวจวัด

5.1.3 ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตจากทั้ง 3 แบบจำลอง

1) ปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยในอนาคต

การคาดการณ์ปริมาณฝนในอนาคตทั้ง 3 แบบจำลองเมื่อเทียบปริมาณฝนคาดการณ์รายปีเฉลี่ยกับช่วงปีฐาน พบว่า ในภาพรวมปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่ RCP 2.6 ในช่วงปี NF (Near Future ; ค.ศ. 2015-2039) และ FF (Far Future ; ค.ศ. 2045-2069) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วง IF (Intermediate Future ; ค.ศ. 2075-2099) มีแนวโน้มลดลง และที่ RCP 8.5 ในช่วงปี NF จะมีแนวโน้มที่ลดลง แต่ในช่วงปี IF และ FF กลับมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ในภาพรวมทั้ง 2 RCP เห็นได้ว่าปริมาณฝนรวมรายปีในช่วงอนาคตอันไกล (FF) จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์เชิงพื้นที่ พบว่าปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสตงพระ จังหวัดสงขลา โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 33-155% และปริมาณฝนลดลงในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอกงหรา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกระเส็นถัน อำเภอสิงหนคร และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา โดยเฉลี่ยลดลง 37-62%

2) ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยในอนาคต

ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของแต่ละแบบจำลอง ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยสูงสุดของช่วงปี NF และช่วงปี IF และ FF ของทุกแบบจำลอง อยู่ที่เดือนธันวาคม ซึ่งแตกต่างจากช่วงปีฐานที่ปริมาณฝนสูงสุดอยู่ที่เดือนพฤศจิกายน ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยต่ำสุดของทุกแบบจำลองและทุกช่วงปีอยู่ที่เดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งสอดคล้องกับ ข้อมูลตรวจวัดช่วงปีฐาน สำหรับปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยของเดือนอื่นๆ ของทุกแบบจำลอง และทุกช่วงปีแนวโน้มของปริมาณฝนเช่นเดียวกับปริมาณฝนปีฐาน

เมื่อวิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยเทียบกับช่วงปีฐาน พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายปี (เดือนธันวาคม) ในทุกช่วงปีและทุกแบบจำลอง โดยแบบจำลอง MIROC5 และแบบจำลอง CNRM-CM5 ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม และปริมาณฝนคาดการณ์รายเดือนเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายน ส่วนแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม และมีแนวโน้มลดลงที่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 ในทุกช่วงปี

3) ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยในอนาคต

ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแต่ละแบบจำลอง ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 พบว่า ปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยของแบบจำลอง MIROC5 และแบบจำลอง CNRM-CM5 มีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อนและช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับแบบจำลอง GFDL-CM3 ปริมาณฝนจะมีแนวโน้มลดลงเฉพาะช่วงฤดูร้อน และจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

การเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐานในภาพรวม จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูร้อน ประมาณ 25.66-30.49% ฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ลดลงประมาณ 14.52-19.46% และแนวโน้มของปริมาณฝนคาดการณ์รายฤดูเฉลี่ยเมื่อเทียบกับฝนปีฐานในฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้นประมาณ 21.46-27.47% จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าปริมาณฝนของฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือของแต่ละแบบจำลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกแบบจำลอง

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณฝนคาดการณ์ช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในเชิงพื้นที่ พบว่า ทั้ง 3 แบบจำลอง ที่ RCP 2.6 และ RCP 8.5 ปริมาณฝนช่วงฤดูฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในพื้นที่อำเภอศรีบรรพต อำเภอป่าพะยอม อำเภอบางแก้ว จังหวัดพัทลุง และอำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา และปริมาณฝนจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเฉลี่ยลดลงในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอกงหรา อำเภอยะหา จังหวัดพัทลุง และอำเภอระโนด อำเภอกระแสดินธุ์ อำเภอลี้ และพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ซึ่งพบว่าทุกๆ ช่วงปี ทั้งช่วงปี NF ช่วงปี IF และช่วงปี FF มีแนวโน้มที่สอดคล้องกัน และมีแนวโน้มที่สอดคล้องกับปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

5.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ปริมาณฝนคาดการณ์ในอนาคตที่จะลดลงหรือเพิ่มขึ้น ตามช่วงเวลาต่างๆ ของปีและตามพื้นที่ต่างๆ ในลุ่มน้ำฯ ผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ดังนี้

1. นำไปศึกษาต่อในด้านการบริหารจัดการน้ำในแหล่งน้ำของพื้นที่
2. นำไปศึกษาต่อในด้านการปรับตัวของหน่วยงานต่างๆ จากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน ดังนี้

1) ด้านสุขภาพ การเตรียมพร้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันการเกิดโรคและการระบาดของโรคในมนุษย์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2) ด้านการเกษตร การวางแผนการเพาะปลูกพืชทางการเกษตรในพื้นที่ที่เหมาะสมตามปริมาณฝนในแต่ละฤดู รวมถึงการบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อการเกษตรในช่วงฤดูร้อน และการเตรียมความพร้อมของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต่อจำนวนผลผลิตที่ลดลงที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร และการปรับตัวในการรับมือโรคที่เกิดในพืชทางการเกษตร

3) ด้านสังคม การปรับตัวและรับมือของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพภูมิอากาศ และส่งเสริมการพัฒนาหรือขยายเมืองในรูปแบบที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาการวิจัยในการลดก๊าซเรือนกระจก รวมถึงการสร้างจิตสำนึกแก่สังคม

4) ด้านการท่องเที่ยว การปรับตัวของแหล่งท่องเที่ยวตามฤดูกาล หรือเสนอการท่องเที่ยวตามฤดูกาล เพื่อให้สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยว และสามารถสร้างรายได้ได้ตลอดทั้งปี รวมถึงกลุ่มธุรกิจ (โรงแรม ร้านอาหาร รถเช่า) ก็ต้องปรับตัวตามไปด้วย

5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

โครงการการประเมินปริมาณฝนในอนาคตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา มีข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาต่อไปดังนี้

1. ผลการคาดการณ์ปริมาณฝนของแต่ละแบบจำลองในบางส่วนยังให้ผลไม่เหมือนกัน แสดงให้เห็นว่า ผลการคาดการณ์ยังมีความไม่แน่นอนรวมอยู่ด้วย การนำผลการคาดการณ์ไปใช้ จึงต้องตั้งอยู่บนความไม่แน่นอนนี้ด้วย

2. ปริมาณฝนคาดการณ์ในพื้นที่ อำเภอศรีบรรพต และอำเภอป่าพะยอมมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ดังนั้นควรมีการศึกษาเพิ่มเติมทั้ง 2 พื้นที่นี้จากแบบจำลองอื่น และศึกษาข้อมูล Downscale จากแหล่งอื่นๆ เพิ่ม

3. ในรายงานฉบับนี้แสดงเฉพาะ ปริมาณฝน จึงควรศึกษาต่อในส่วนของความแปรปรวนและความรุนแรงของปริมาณฝน และปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น จำนวนวันที่ฝนตก ปริมาณฝนสะสม เป็นต้น

4. ควรศึกษาการคาดการณ์อุณหภูมิของลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อให้มีความสมบูรณ์ในการวิเคราะห์มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

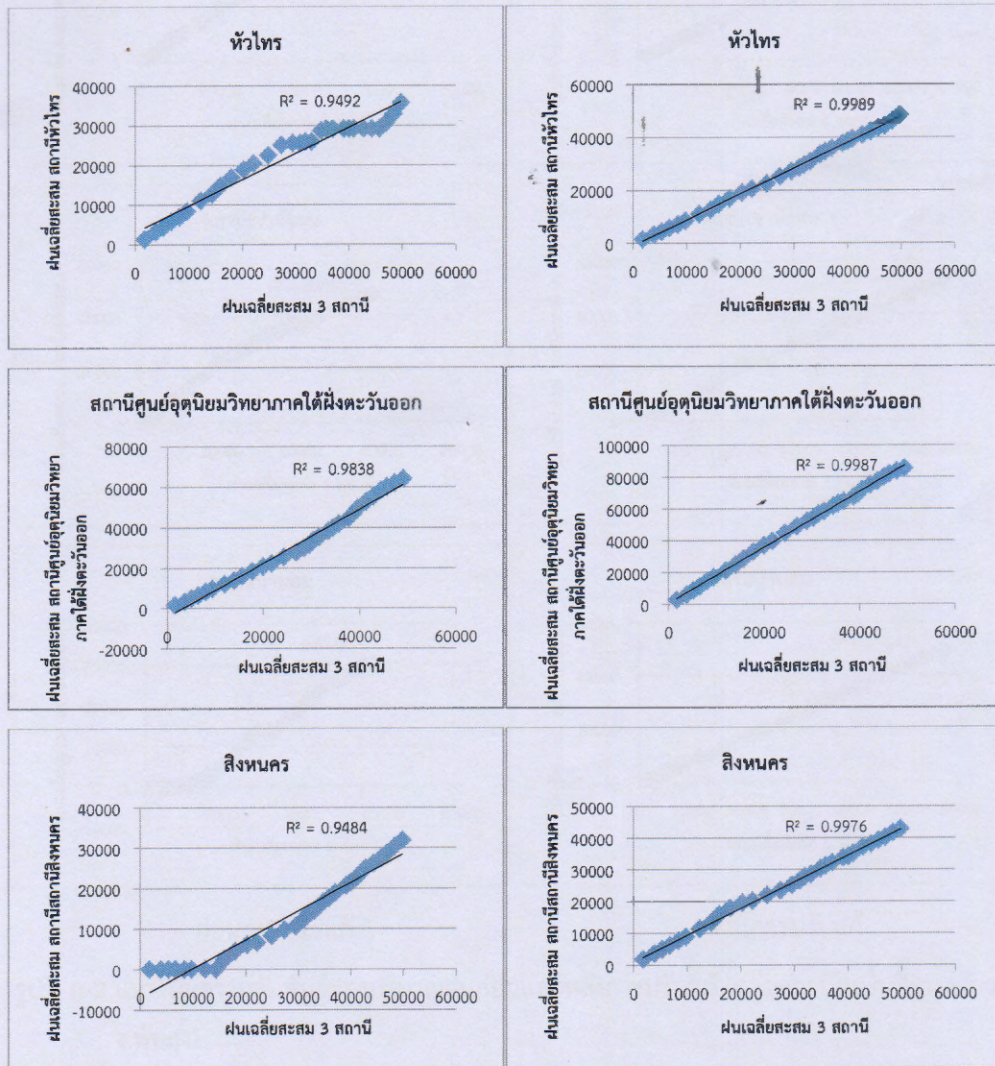
- กัณษัตรี บุญประกอบ (2548) อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. รายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า “ความก้าวหน้าของผลงานวิจัยและกิจกรรมปี 2548” ณ โรงแรมรเจนท์ เซอ้า เพชรบุรี วันที่ 21-24 สิงหาคม 2548.
- กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2550) ภาวะโลกร้อน.
- กรรวิ สิทธิชีวภาค (2550) ความผันแปรของอุณหภูมิและฝนในประเทศไทย. เอกสารประกอบการประชุมระดมสมองโครงการ ผลกระทบของความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อประเทศไทย. 27 มีนาคม 2550. โรงแรม D'Ma Pavilion, กทม.
- จิรสรณ์ สันติสิริสมบูรณ์ และ เจียมใจ เครือสุวรรณ (2554) ภาพจำลองภูมิอากาศโลกและภูมิอากาศอนาคต. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 : องค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ. คณะทำงานกลุ่มที่ 1 สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [อัศมน ลิ้มสกุล, อำนาจ ชิดไธสง และกัณษัตรี บุญประกอบ (บรรณาธิการ)]
- ไชยuhn ไทยเจริญ ธนิต เฉลิมยานนท์ ธนันท์ ชูอุปการ (2558) ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการเกิดดินถล่มในภาคใต้ กรณีศึกษาที่ตำบลเทพราช อำเภอสิชล จังหวัดนครศรีธรรมราช ศูนย์วิจัยภัยพิบัติทางธรรมชาติภาคใต้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.
- เทพไท ไชยทอง และสุทธิศักดิ์ ศรีลัมภ์ (2559) การปรับความคลาดเคลื่อนของปริมาณฝนจากแบบจำลองภูมิอากาศภายใต้แบบจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก A2 และ B2 : วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 26 ฉบับที่ 2
- ศุภกร ชินวรรณ, วิริยะ เหลืองอร่าม, เฉลิมรัฐ แสงมณี และจุฑาทิพย์ ธนภิตดีเมธาวุฒิ (2552) การจำลองสภาพภูมิอากาศอนาคตสำหรับประเทศไทยและพื้นที่ข้างเคียง. รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (2555) ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา โครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง
- สารสนเทศทรัพยากรธรรมชาติลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (2553) สถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล อัศมน ลิ้มสกุล และทวิวงศ์ ศรีบุรี (2552) การประเมินสถานะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความอ่อนแอของพื้นที่วิกฤต. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- อำนาจ ชิดไธสง (2552) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 1 สภาพภูมิอากาศในอดีต พิมพ์ครั้งที่ 1.
- อำนาจ ชิดไธสง (2553) การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของไทย เล่มที่ 2 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิอากาศในอนาคต พิมพ์ครั้งที่ 1.

- อำนาจ ชิดโรสง (2557) รายงานด้านวิทยาศาสตร์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ค.ศ.2013 บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- IPCC (2001) **Climate Change 2001. Synthesis Report.** A contribution of Working Group I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate [Watson R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge university Press, Cambridge, United Kingdom, 398 p.
- 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., D. Qin, M. Manning, Chen, M. Morquis, K.B, Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2013) **Climate Change 2013 The Physical Science Basis.** Intergovernmental Panel on Climate Change. Printed in the United States of America.
- IPCC (2014) **Climate Change 2014 Synthesis Report.** Intergovernmental Panel on Climate Change
- IPCC (2018) **Global warming of 1.5°C** Intergovernmental Panel on Climate Change. Printed October 2018 by the IPCC, Switzerland.

ภาคผนวก

ผลการปรับแก้ข้อมูลฝนตรวจวัดจากกรมอุตุนิยมวิทยา

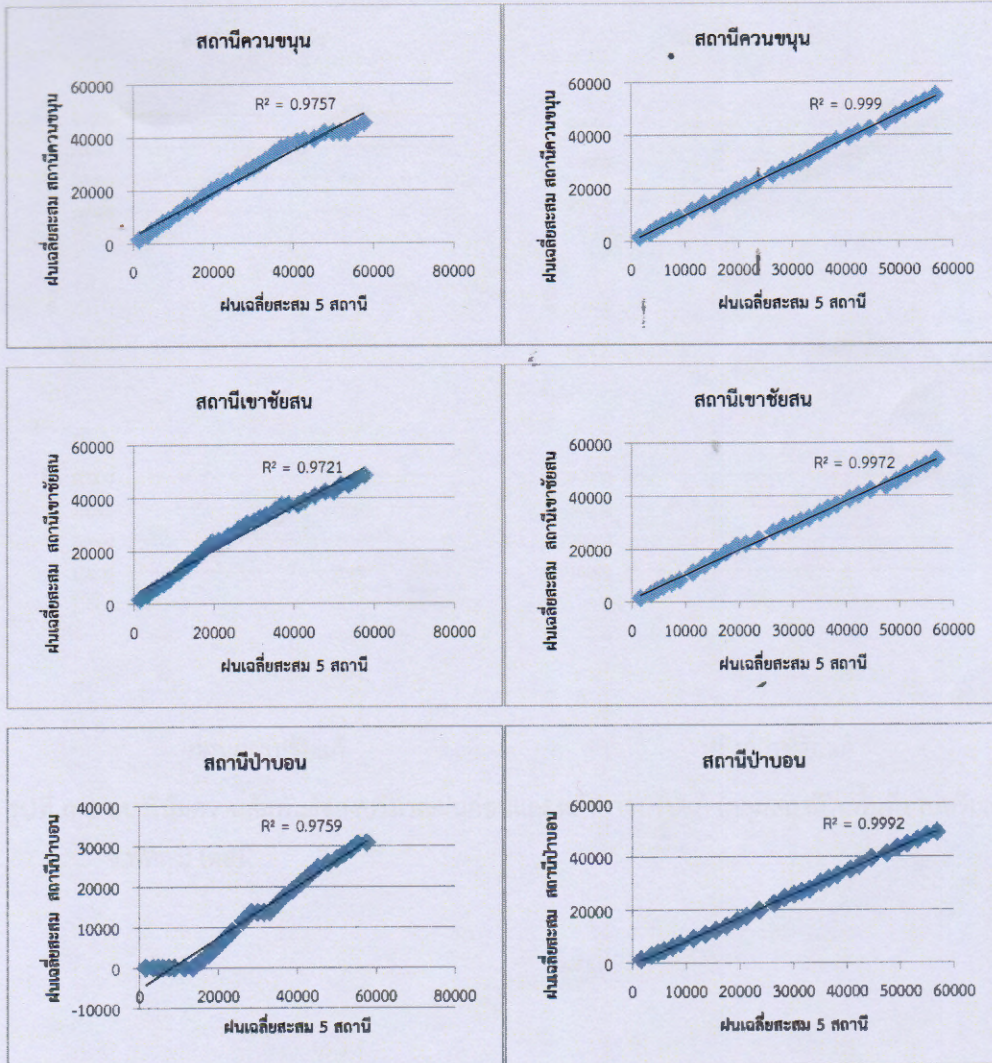
การตรวจสอบความเชื่อถือของข้อมูลหลังการประมาณค่าปริมาณฝนที่ขาดหายด้วยวิธี Double mass curve พบว่า แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของทุกสถานีมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและมีความลาดชันคงที่ โดยค่า R^2 มากกว่า 0.94 ดังรูปที่ ก-1 ถึง รูปที่ ก-4



ก่อนการปรับแก้

หลังการปรับแก้

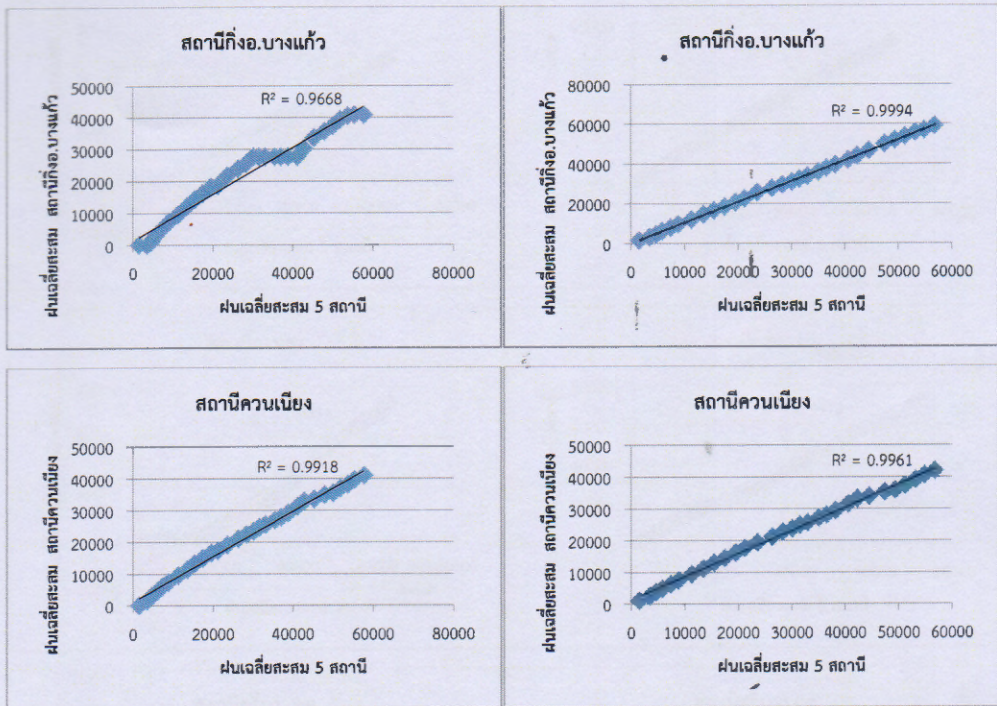
รูปที่ ก-1 แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนก่อนและหลังการปรับแก้ (กลุ่มคาบสมุทรสทิงพระ)



ก่อนการปรับแก้

หลังการปรับแก้

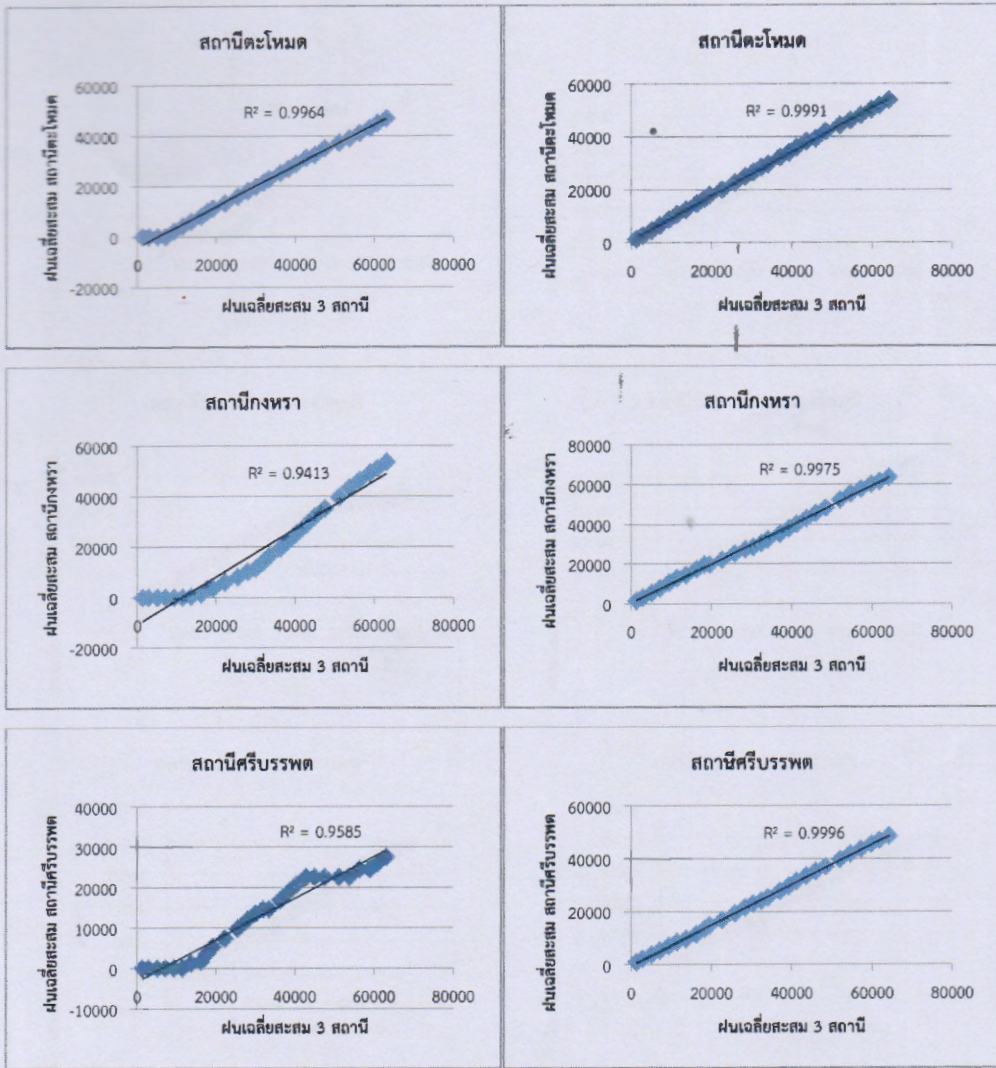
รูปที่ ก-2 แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนก่อนและหลังการปรับแก้ (กลุ่มสถานีในพื้นที่ราบบริเวณ จ.พัทลุง)



ก่อนการปรับแก้

หลังการปรับแก้

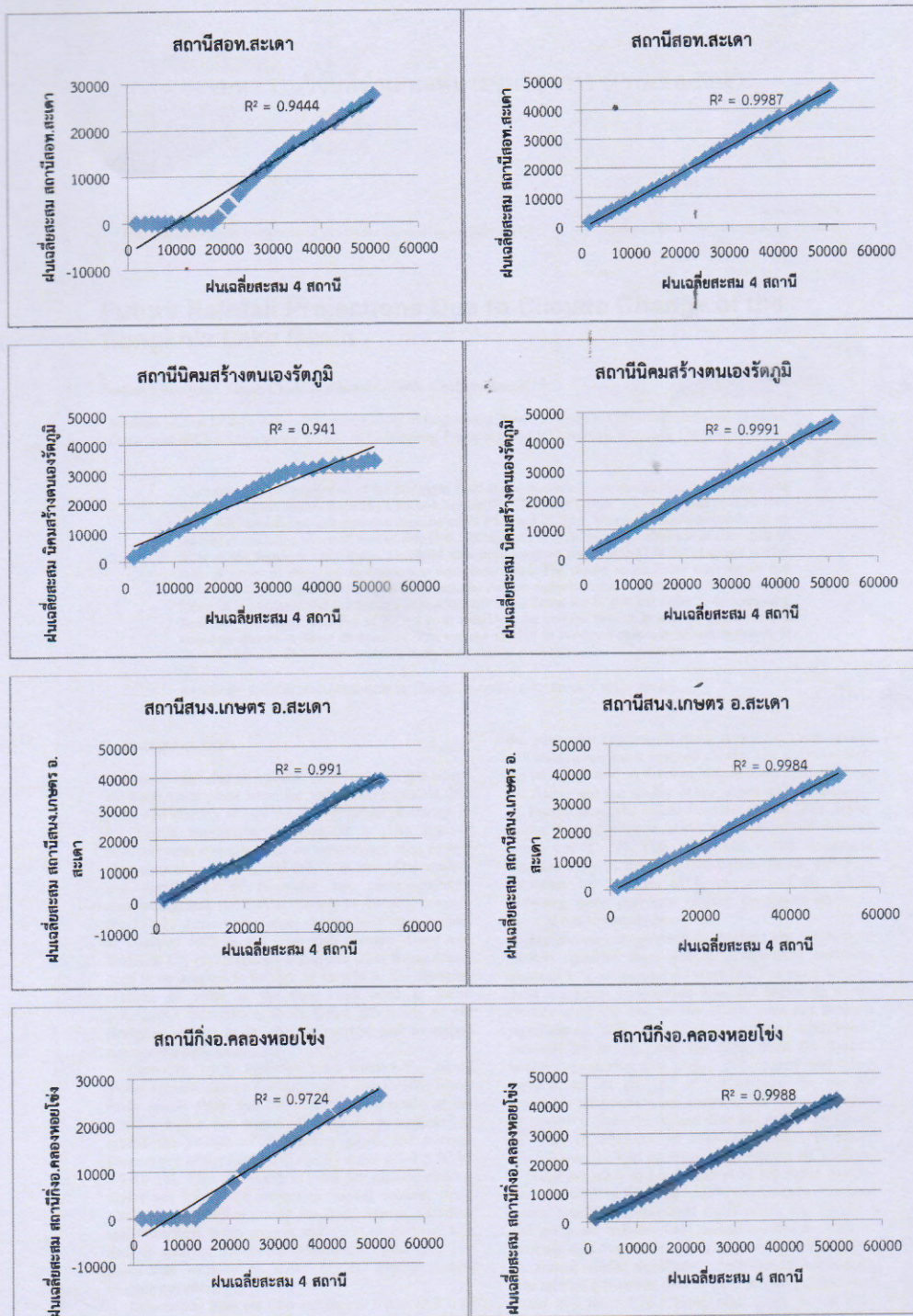
รูปที่ 3-2 แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณผ่นก่อนและหลังการปรับแก้ (กลุ่มสถานีในพื้นที่ราบบริเวณ จ.พัทลุง) (ต่อ)



ก่อนการปรับแก้

หลังการปรับแก้

รูปที่ ก-3 แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนก่อนและหลังการปรับแก้ (กลุ่มสถานีในพื้นที่ภูเขาบริเวณ จ.พัทลุง)



ก่อนการปรับแก้

หลังการปรับแก้

รูปที่ ก-4 แนวโน้มความสัมพันธ์ของปริมาณฝนก่อนและหลังการปรับแก้ (กลุ่มสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำคลอง
อยู่ตะเภา)

Future Rainfall Projections Due to Climate Change of the Songkhla Lake Basin

Nachaya Sae-jern¹, Tanan Chub-uppakarn^{1,2}, Tanit Chalermyañont^{1,2}

¹ Southern Natural Disaster Research Center, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

² Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Prince of Songkla University, Songkhla, Thailand.

Abstract: Rainfall projection of the Songkhla Lake Basin due to climate change was determined using data from climate models including CNRM-CM5, GFDL-CM3, and MIROC5 for the period of 2015-2099 under AR5 greenhouse gas emission scenario of RCP2.6 and RCP8.5. Bias correction was conducted on the model data using observed rainfall data (1987-2016) from 34 main meteorological stations covering all areas of the Songkhla Lake Basin. Corrected data were analysed and compared to the observed rainfall data. A series of projected rainfall maps was constructed. The results showed that each model had different rainfall projection results. In summary, the average annual rainfall is expected to increase in the future. It is projected that the average annual rainfall in the future for RCP 8.5 is likely to be increasing from base year more than that of RCP 2.6. In additions, the average rainfall in summer and southwest monsoon seasons is likely to decrease. The average rainfall in northeast monsoon season, however, is likely to increase. The wettest month is likely to be shifted from November to December.

Keywords: Rainfall projection, Climate change, Songkhla Lake Basin, Climate model

1. Introduction

Climate change due to increase of greenhouse gas which has been taken place since the industrial revolution 250 years ago directly affects the accumulation of energy in the Earth's atmosphere resulting in a great risk of environmental changes such as temperature rise, season change, polar ice melt, and sea level rise. The amount and distribution of rainwater has correspondingly changed, causing increase of drought or flooding in many areas [1-3]. Effects of climate change have been evident in Thailand such as sea level rise, drought, flood and landslide [2], [4-7]. Human being and other living things need to be adapted to be able to survive in the changing climate. In order to do that, ones need to know quantitative information about future projection of the changing climate to be able to prepare and formulate appropriate measures.

Currently, many agencies have studied the future global climate change internationally and locally. Many study results show that the average temperature of the world is higher than normal. If there are no measures to inhibit the release of greenhouse gases, the average temperature of the world will rise by about 1.5-4.5 °C by 2100 [8]. This will result in polar ice melting causing higher sea levels and increasing coastal erosion, flood conditions intensified during the flood season, saltwater spills into fresh water sources and world temperature will heat up steadily, the global temperature in the next 100 years may increase by about 4-5 °C due to carbon dioxide emissions [4].

Information from the fifth assessment report (AR5) of the intergovernmental panel on climate change (IPCC) has shown that global temperatures in the near future (2016-2035) is likely to increase 0.3-0.7 °C. The temperature of the world at the end of the 21st century will increase more than 1.5 °C causing more often occurrence of heavy rainfall in the tropical Pacific and

the equatorial regions. In many areas, the rainy season will start faster, but it will end slower. The sea areas with ice covering tend to decrease dramatically, especially in the Arctic and the acidity of the ocean will increase. [1-2]. Furthermore, the results from the special IPCC report shows that the average world temperature will increase about 1.5 °C [3]. This will cause a risk of natural disasters such as drought, forest fires, floods and food shortages for millions of people around the world, including many problems ranging from heat waves to drought and unusually heavy rain.

For climate change study in Thailand, the results from various agencies show that the temperature has risen about of 1 °C in the past 40 years [4]. Ten years average daily maximum temperature from the beginning of the century until the end of the 2030s does not increase significantly with the highest average temperature between 34-36 °C. But the area with the highest temperature during that period will expand and cover more areas. At the end of the century, the average maximum temperature will increase 2-4 °C to the level of 38-40 °C from the present time and expand to almost all areas of Thailand. In addition, changes in annual rainfall are likely to increase in all regions of Thailand [9]. But the study of Limjirakan et al. [5] shows that the annual rainfall in Thailand is different spatially. The total annual rainfall has decreased significantly. For the north and northeast regions, total annual rainfall is likely to increase significantly. In the central and eastern regions, the annual rainfall significantly decreases. When looking into rainfall projection data in each province it has been found that rainfall of Chiang Mai, Ubon Ratchathani, Chumphon, Ranong provinces tends to decrease. While that of Bangkok and Chanthaburi provinces is close to normal or is likely to increase. [6], [10].

However, the study of future rainfall projection due to climate change of the Songkhla Lake Basin (SLB, Fig. 1) area is still limited. Therefore, this project aims to

determine the future rainfall projection due to climate change of the SLB and also to assess the future rainfall changes comparing to base year rainfall.



Fig. 1. The Songkhla Lake Basin (SLB)

2. Methodology

Study of the future projections of Songkhla Lake Basin rainfall due to Climate Change was done as follows.

2.1 Rainfall data collection

Rainfall data collection of the SLB consists mainly of 2 parts: observed rainfall data and projected rainfall data from the climate models. The 30-year observed rainfall data (1987-2016) of the weather stations in the study area were taken from the Meteorological Department database. Downscaled rainfall projection data from three global climate models were provided by Hydro and Agro Informatics Institute. The models used are CNRM-CM5 (Centre National de Recherches Meteorology), France, GFDL-CM3 (NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), USA and MIROC5 (Model for Interdisciplinary Research on Climate), Japan. Representative Concentration Pathways (RCPs) 2.6 and 8.5 which are representing best and worst cases, were used as carbon emission scenario. Rainfall projection data are summarized into 3 periods, which are Near Future (NF, year 2015-2039), Intermediate Future (IF, year 2045-2069) and Far Future (FF, year 2075-2099). In each year, according to local climate, three seasons are considered, namely, summer, southwest monsoon (SW Rain) and northeast monsoon (NE Rain).

2.2 Verification, estimation, and correction of the observed rainfall data

Primary inspection of the observed monthly rainfall data showed that for some stations, the data were partly

missing. Thus, in this study, estimation of missing monthly rainfall data was conducted using normal ratio method as shown in Eq. (1).

$$P_x = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{N_x}{N_a} P_a \right) + \left(\frac{N_x}{N_b} P_b \right) + \left(\frac{N_x}{N_c} P_c \right) \right] \quad (1)$$

where P_x is estimated missing rainfall, N_x is average rainfall of the station considered, P_a, P_b, P_c are rainfalls of the three nearby stations at the same time as the missing data, and N_a, N_b, N_c are average rainfalls of the three nearby stations at the same time as the missing data.

After the missing rainfall data were estimated and fulfilled, the whole data of each station were verified and adjusted (if necessary) using double mass curve method as shown in Eq. (2).

$$P_a = \frac{b_o}{b_o} P_o \quad (2)$$

where P_a is adjusted rainfall, P_o is observed rainfall, b_o is slope of graph to which records are adjusted, and $b_o = \text{slope of graph at time } P_o \text{ was observed.}$

2.3 Bias correction of projected rainfall

Bias correction of the projected rainfall data was done according to the discrepancy between the observed rainfall and the simulated rainfall data from the models in base year period. The correction was made possible using change factor method (CF) as described in [11] and shown in Eq. (3).

$$P'_{projected} = P_{projected} \times k \quad (3)$$

Where $P'_{projected}$ is corrected average projected monthly rainfall, $P_{projected}$ is average projected monthly rainfall, k is change factor = $\frac{\bar{P}_{obs}}{\bar{P}_{sim}}$, \bar{P}_{obs} is observed average monthly rainfall of base year period, and \bar{P}_{sim} is simulated average monthly rainfall from the models of base year period.

2.4 Analysis and comparison of observed and projected rainfalls

Statistical analysis was conducted for average, maximum, and minimum values of annual, monthly, and seasonal observed rainfalls. For the projected rainfalls, the same analysis was done for all models, RCPs, and periods. Comparisons of these computed values are made and discussed. Maps showing changing projected rainfall were also constructed, thus, particular areas with high rainfall changing can be observed.

3. Results

3.1 Observed rainfall

For the SLB, the observed rainfall data for 30 years (from 1987 to 2016) show that average annual rainfall is 1,875 mm and the annual rainfall is shown in Fig. 2. Slightly increasing trend of annual rainfall is observed over 30 years. Average monthly rainfall is shown in Fig. 3. November and December are the wettest months with average monthly rainfall of 435 and 373 mm, respectively. While, February is the driest month with average monthly rainfall of 46 mm. Summations of average monthly rainfalls of the observed data for summer (February to May), southwest monsoon (SW rain, June to September) and northeast monsoon (NE rain, October to January) are 344, 390, and 1,141 mm, respectively.

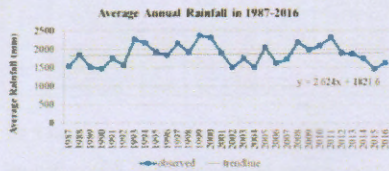


Fig. 2. Average annual rainfall observed from 1987-2016

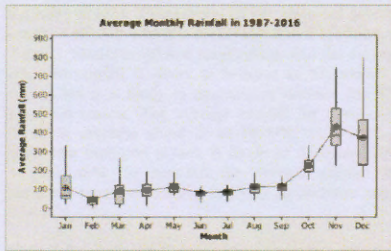


Fig. 3. Average monthly rainfall of the SLB.

3.2 Projected rainfall

3.2.1 Projected average annual rainfall

A comparison of the projected rainfall from three models with the base-year rainfall reveals that the projected rainfall is likely to increase as shown in Table 1. Blue upward and yellow downward arrows indicate the increasing and decreasing rainfalls, respectively. It is projected that the average annual rainfall in the future for RCP 8.5 is likely to be increase from base year more than that of RCP 2.6. The projected rainfalls for RCP 2.6 in the NF and FF periods are likely to increase, while, that of the IF period is likely to decrease. For RCP 8.5, the

projected rainfall is likely to decrease for NF period, but those for IF and FF periods, it is likely to increase.

Table 1. Change of projected annual rainfall with the base year rainfall.

RCP	Model	Percentage difference of annual rainfall (%)		
		NF	IF	FF
2.6	MIROC5	1.10	-5.00	1.73
	CNRM-CM5	-25.65	-27.48	-35.38
	GFDL-CM3	11.78	33.72	14.81
	Overall	↑	↓	↑
8.5	MIROC5	-5.07	9.62	12.04
	CNRM-CM5	-20.71	-10.25	-23.38
	GFDL-CM3	11.09	20.85	25.74
	Overall	↓	↑	↑

Maps showing spatial variation of projected rainfall which changes from place to place and from model to model as well (see example of MIROC5, RCP 8.5 in Fig. 4). The projected average annual rainfall is likely to increase about 33-155% in the areas of Si Banphot, Pa Phayom, Bang Kaeo districts of Phatthalung province and Sathing Phra district of Songkhla province. In contrast, the average annual projected rainfall is likely to decrease about 37-62% in the areas of Mueang, Kong Ra, Tamot districts of Phatthalung province and Ranot, Krasae Sin, Singhanakhon districts and Khlong U-Taphao watershed of Songkhla province.

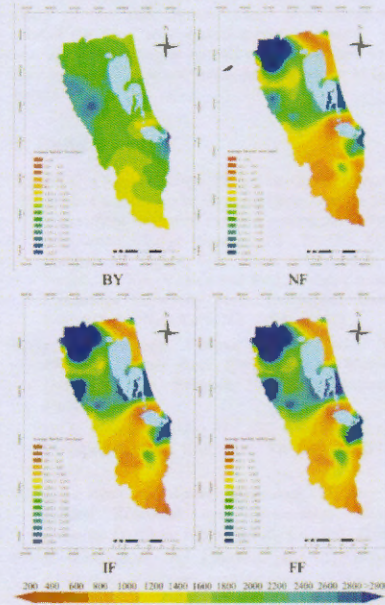


Fig. 4. Comparison of average annual rainfall projection of MIROC5 at RCP 8.5

3.2.2 Projected average monthly rainfall

The observed average monthly rainfall for the base year (BY) clearly indicates that the wettest month is November with the rainfall of 435 mm, while December comes second with the rainfall of 373 mm. For the projected rainfall, however, the wettest month shifts from November to December as shown in Table 2. It is clearly seen that the projected average monthly rainfalls of the month of December are greater than those of the November for every RCP, model, and period. In additions, February is still projected to be the driest month.

Table 2. Observed and projected average monthly rainfalls for November and December. (Note: November = 435 and December = 373 mm for base year).

RCP	Model	Monthly Rainfall (mm)					
		NF		IF		FF	
		Nov	Dec	Nov	Dec	Nov	Dec
2.6	MIROC5	397	568	403	458	376	664
	CNRM-CM5	293	481	264	471	281	362
	GFDL-CM3	483	645	569	1010	591	526
8.5	MIROC5	403	457	418	503	431	513
	CNRM-CM5	339	580	284	795	265	539
	GFDL-CM3	628	563	579	680	769	618

3.2.3 Projected average seasonal rainfall

Seasonal rainfall is a summation of monthly rainfall within the season. For example, the seasonal rainfall for summer is a summation of rainfall for the months of February to May. Comparison of the projected average seasonal rainfall with the observed rainfall is shown in Table 3. Model projection results show that the average seasonal rainfall is likely to increase in NE monsoon season but it is likely to decrease in summer and SW monsoon season. The average rainfall for summer is likely to decrease about 25.66-30.49%, while that of southwest monsoon season is likely to decrease about 14.52-19.46%. In contrast, the average rainfall for northeast monsoon season, is likely to increase about 21.46-27.47%.

Table 3. Seasonal rainfall change comparing to base year rainfall.

Model	Season	Percentage difference of Seasonal Rainfall (%)					
		RCP 2.6			RCP 8.5		
		NF	IF	FF	NF	IF	FF
MIROC5	Summer	-20	-34	-39	-26	3	1
	SW Rain	-15	-12	-9	-12	-2	5
	NE Rain	13	6	18	4	16	18
CNRM-CM5	Summer	-57	-48	-36	-46	-56	-66
	SW Rain	-32	-39	21	-42	-39	-15
	NE Rain	-4	-8	-13	2	22	-2
GFDL-CM3	Summer	-19	-19	-1	-29	-6	-11
	SW Rain	41	40	43	44	45	46
	NE Rain	31	67	30	30	41	49

4. Conclusion

In this study, for the Songkhla Lake Basin, the 30-year observed rainfall data from 1987 to 2016 reveals that the average annual rainfall is 1,875 mm with increasing trend. The wettest month with average monthly rainfall of 435 mm is found to be November, while the driest month with average monthly rainfall of 46 mm is February. The projected rainfall data from CNRM-CM5, GFDL-CM3, MIROC5 models show that the annual average rainfall is likely to continue to increase. For the monthly rainfall, projection results indicate that February is still a driest month but the wettest month will be shifted from November to December. For seasonal rainfall, summer and southwest monsoon season tend to have decreasing rain while that of northeast monsoon season is likely to increase.

Spatial variation of the projected annual rainfall is noticed over the Songkhla Lake Basin area. Increase of the annual rainfall is found to be the mountainous area in Phatthalung province of Si Banphot, Pa Phayom, and Bang Kaeo districts. For the coastal areas of Songkhla province such as Ranot, Krasae Sin, and Singhanakhon districts, the projected annual rainfall is likely to decrease.

The observed and projected rainfalls shown in this study indicate that climate change will change the rainfall in the area quantitatively, spatially, and seasonally. Changing in rainfall results from this study may be used to raise awareness and adaptation of local people.

5. References

1. IPCC, *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, (2013)
2. A. Chidthaisong, *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I of IPCC, Bangkok: The Thailand Research Fund, (2014)
3. IPCC, *Global warming of 1.5°C*, Working Group I Technical Support Unit, Eds., Switzerland: IPCC, (2018)
4. Department of Mineral Resources, Ministry of Natural Resources and Environment, *Global warming*, Bangkok: Naxos Infinity Co., Ltd., (2007)
5. S. Limjirakan, A. Limsakul and T. Sriburi, *Assessment of extreme weather events of Thailand: risks and hotspot vulnerability analysis*, Bangkok: The Thailand Research Fund, 1 (2010)

6. A. Chidthaisong, *Thailand Climate Change Information*, Bangkok: The Thailand Research Fund, 1 (2010)
7. The Thailand Research Fund, *Thailand's First Assessment Report on Climate Change 2011*, A. Limsakul, A. Chidthaisong and K. Boonpragob, Eds., (2011)