

โครงการวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 01/2561

เรื่อง การพัฒนาฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนในประเทศไทย

โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

**Development of reference crop evapotranspiration and rainfall database
in Thailand by using geographic information system**

โดย

นายพลเพชร สมนามิตร

นายอภิสิทธิ์ มุคุระ

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ ก แพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตก แพงแสน จังหวัดนครปฐม

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

(วิศวกรรมโยธา – ชลประทาน) พุทธศักราช 2561

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง : การพัฒนาฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนเชิงพื้นที่ในประเทศไทย

โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Title : Development of reference crop evapotranspiration and rainfall database

in Thailand by using geographic information system

รายนามผู้ทำโครงการ

นายพลเพชร

สมานมิตร

นายอภิสิทธิ์

มุกุระ

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....

(อ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร)

...../...../.....

กรรมการ

.....

(อ.ดร.เกษรรา สิทธิโชค)

...../...../.....

กรรมการ

.....

(อ.ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารุติชัย)

...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา

.....

(ผศ.นิมิตร เจริญทรัพย์พัฒน์)

...../...../.....

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนเชิงพื้นที่ในประเทศไทย โดยใช้

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

โดย : นายพลเพชร สมนามิตร

นายอภิสิทธิ์ มุคุระ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน :

(อ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร)

...../...../.....

โครงการวิจัยวิศวกรรมชลประทานนี้ได้มีการนำข้อมูลภูมิอากาศย้อนหลังตั้งแต่ปี 1980 ถึง 2016 ของสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยจำนวน 111 สถานี โดยมีการประยุกต์ใช้โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems, GIS) ในที่นี้คือ โปรแกรม Arc Map 10.5 สำหรับขั้นตอนการวิจัยนั้นสามารถกล่าวโดยสรุป ดังนี้ ขั้นตอนแรกนำข้อมูลภูมิอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยามาคัดเลือกตัวแปรที่ต้องใช้ในโครงการวิจัย แล้วรวบรวมและพัฒนาข้อมูลให้มีความสมบูรณ์สำหรับนำไปใช้ในการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference Crop Evapotranspiration, ETo) และฝน (Precipitation, PRCP) จากนั้นนำข้อมูลไปคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) โดยวิธี Penman – Monteith จะได้ผลการคำนวณเป็นข้อมูลรายวัน จากข้อมูลดังกล่าวนำไปเฉลี่ยค่าโดยใช้โปรแกรม Arc Map 10.5 ทั้งนี้ได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องมือ นั่นคือ Model Builder ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่โดยใช้วิธีการ Invert Distance Weight (IDW) ซึ่งจะได้ผลของค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) และฝน (PRCP) เชิงพื้นที่รายวัน จะได้ฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) และฝน (PRCP) ในพื้นที่รายจังหวัด รายลุ่มน้ำและรายลุ่มน้ำย่อย เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตรได้อย่างเหมาะสมกับแต่ละพื้นที่และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นเนื่องจากความยาวนานของช่วงเวลาการเก็บข้อมูลและความทันสมัยสำหรับฐานข้อมูลที่ได้จัดทำขึ้นในโครงการวิจัยนี้

คำสำคัญ : ฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝน

ABSTRACT

Title : Development of reference crop evapotranspiration and rainfall database in Thailand

by using geographic information system

By : Mr.Polpech Samanmit

Mr.Apsit Mukura

Project Advisor :

(Dr.Jutithev Vongphet)

...../...../.....

This irrigation engineering research project has used Historical Climate Data since 1980 to 2016 From Metrological stations in Thailand for 111 stations. By using Geographic information Systems application, Arc Map 10.5 is used in this research. For the Methodology can be summarized as follows. First, the climate data of the meteorological station has been collected, to select the variant which need to be used in the research project. Collect and develop climatic data to be complete for use in calculate reference Crop Evapotranspiration (ETo) and Precipitation (PRCP). And then use the data to calculate the Reference Crop Evapotranspiration (ETo) by Penman - Monteith. Will be calculated as daily data. Based on the above data, the average value is applied to the tool Model Builder by using Arc Map 10.5. In spatial interpolation using the Invert Distance Weight (IDW) method. Which will be the result of the spatial interpolation Reference crop evapotranspiration (ETo) and Precipitation (PRCP) daily space Get the database of ETo and PRCP For use in analysis and calculate Crop water requirement suitable for each area And more effective due to the long period of data collection and modernization of database that has been in this research project.

Keyword : the database of ETo and PRCP

กิตติกรรมประกาศ

สำหรับ โครงการงานวิจัยนี้ต้องขอขอบพระคุณผู้จุดประกายความคิดคือท่าน อ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาของ โครงการวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง ที่ได้อธิบายถึงการคำนวณความต้องการใช้น้ำของ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษารวมถึงโครงการชลประทานในการบริหารจัดการน้ำของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย แล้วชี้ให้เห็นประเด็นสำคัญถึงตัวแปรที่ใช้เป็นองค์ประกอบในการคำนวณความต้องการน้ำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือสั่งสอนและให้คำแนะนำมาโดยตลอดจนโครงการวิจัยนี้สำเร็จเสร็จสิ้น

ในส่วนของการสอบ โครงการวิจัยวิศวกรรมชลประทานนั้นต้องขอขอบพระคุณท่าน อ.ดร.เกษรรา สิริโชคและท่าน อ.ดร.ทรงศักดิ์ ภัทรารุณชัย ที่ได้กรุณามาเป็นกรรมการในการสอบครั้งนี้ ซึ่งได้ให้การแนะนำในประเด็นสำคัญต่างๆของโครงการงานวิจัย รวมถึงท่านอ.ดร.เกษรรา สิริโชค ที่ได้เคยให้คำแนะนำ ในการจัดทำโครงการงานวิจัยนี้ตั้งแต่ในรายวิชาเรียนระเบียบวิธีวิจัยทางวิศวกรรมชลประทานซึ่งได้มีการเรียนรู้ ตั้งแต่ชั้นปีที่ 4 เทอม 1 ที่ผ่านมา

เมื่อเริ่มต้น โครงการงานวิจัย ผู้วิจัยได้รับข้อมูลภูมิอากาศมาจากนิสิตวิศวกรรมชลประทานที่ได้ทำโครงการงานวิจัยมาก่อนหน้านี้รวมถึงให้คำแนะนำในส่วนของคุณลักษณะการใช้การรวบรวมและพัฒนาข้อมูลที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ซึ่งต้องขอแสดงความขอบคุณที่เป็นส่วนสำคัญในการช่วยให้กระบวนการทำงานวิจัยสามารถดำเนินไปได้จนสำเร็จเสร็จสิ้น

ที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งคือสมาชิกผู้วิจัยทั้งหมดที่ได้ร่วมด้วยช่วยกันทำงานวิจัยจนประสบความสำเร็จโครงการงานวิจัยนี้จะสำเร็จมิได้เลยหากสมาชิกผู้วิจัยไม่ให้ความสำคัญในการช่วยกันดำเนินงานวิจัยอย่างมุ่งมั่นและตั้งใจจึงต้องขอกล่าวขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้กำเนิดและเลี้ยงดูและอบรมสั่งสอนเป็นอย่างดีที่สุดเสมอมาจนผู้วิจัยเจริญเติบโตมาจนถึงปัจจุบันนี้ ขอขอบพระคุณครู อาจารย์ ทุกคนที่ได้อบรม สั่งสอน ให้ความรู้ด้วยดีมาโดยตลอดจนทำให้ผู้วิจัยได้ประสบความสำเร็จในการศึกษาถึงปัจจุบันนี้ และขอบคุณเพื่อนๆผู้เกี่ยวข้องทุกคนที่ได้ให้การช่วยเหลือ ให้กำลังใจด้วยดีมาโดยตลอด

คณะผู้วิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

พ.ศ. 2562

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | ก |
| Abstract | ข |
| กิตติกรรมประกาศ | ค |
| สารบัญ | ง |
| สารบัญตาราง | ฉ |
| สารบัญภาพ | ช |
| 1. บทนำ | |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย | 1 |
| 1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 2 |
| 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย | 5 |
| 1.4 ขอบเขตงานวิจัย | 5 |
| 2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการงานวิจัย | |
| 2.1 ข้อมูลภูมิอากาศ | 6 |
| 2.2 การคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) และฝน (PRCP) | 6 |
| 2.3 โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) | 11 |

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| 3. วิธีการดำเนินการวิจัย | |
| 3.1 การรวบรวมข้อมูล | 13 |
| 3.2 การคำนวณและเฉลี่ยข้อมูลเชิงพื้นที่ | 14 |
| 4. ผลการวิจัย | |
| 4.1 จำนวนสถานีอุตุนิคมวิทยาที่ใช้ข้อมูลในแต่ละปี | 18 |
| 4.2 ฐานข้อมูลค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ | 18 |
| 4.3 การวิเคราะห์ปริมาณฝนในสภาวะเหตุการณ์ต่างๆ | 35 |
| 5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ | |
| 5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา | 44 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 45 |
| 6. เอกสารอ้างอิง | 46 |
| 7. ภาคผนวก | 51 |

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 1 | ตัวอย่างฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) หรือฝน (PRCP) | 17 |
| 2 | ตารางตัวอย่างฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET _o) หรือฝน (PRCP) ที่จัดรูปแบบแล้ว | 17 |
| 3 | จำนวนสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ในแต่ละปี | 18 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | หน้า |
|---|------|
| 1 แบบจำลองที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่และแสดงผลออกมาในรูปแบบตาราง | 15 |
| 2 แบบจำลองที่ใช้ในการเชื่อมต่อตารางค่ารายวัน | 16 |
| 3 ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของแต่ละจังหวัด | 19 |
| 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของภาคต่างๆในประเทศไทย | 20 |
| 5 ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของแต่ละลุ่มน้ำ | 22 |
| 6 กราฟแสดงปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำของแต่ละปี | 27 |
| 7 ค่าเฉลี่ยฝนรายปีของแต่ละจังหวัด | 28 |
| 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายปีของภาคต่างๆในประเทศไทย | 29 |
| 9 ค่าเฉลี่ยฝนรายปีของแต่ละลุ่มน้ำ | 30 |
| 10 กราฟแสดงปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำ | 35 |
| 11 กราฟแสดงจำนวนวันที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรของแต่ละภาค | 36 |
| 12 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคเหนือ ในช่วงปี 1980-2016 | 37 |
| 13 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคกลาง ในช่วงปี 1980-2016 | 38 |

สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ | หน้า | |
|--------|--|-----|
| 14 | อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปี 1980-2016 | 39 |
| 15 | อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันออก ในช่วงปี 1980-2016 | 40 |
| 16 | อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันตก ในช่วงปี 1980-2016 | 41 |
| 17 | อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคใต้ ในช่วงปี 1980-2016 | 42 |
| 18 | ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลเฉลี่ยในภูมิภาค | 43 |
| ผ1 | ปริมาณค่าการใช้ น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายจังหวัด | 60 |
| ผ2 | ปริมาณค่าการใช้ น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายลุ่มน้ำ | 70 |
| ผ3 | ปริมาณค่าการใช้ น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายลุ่มน้ำย่อย | 80 |
| ผ4 | ปริมาณฝนรายปีของรายจังหวัด | 90 |
| ผ5 | ปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำ | 100 |
| ผ6 | ปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำย่อย | 109 |

1. บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (average weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายรวมถึงถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2562) จากข้อความข้างต้นจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงนี้มีผลต่อสิ่งแวดล้อมทั้ง มนุษย์ สัตว์และพืช

เป็นที่ทราบกันดีว่าน้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตและการผลิตในทุกสาขา โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคเกษตรกรรม (กุศล และคณะ, 2548) และยังเป็นสิ่งที่ทราบกันดีอีกว่าประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมเพราะคนไทยส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเป็นเกษตรกร ทั้งการปลูกข้าว อ้อย ยางพารา มันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งแต่ละพื้นที่ในประเทศไทยก็จะมีปลูกพืชในชนิดที่แตกต่างกัน

ในการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้กับการทำเกษตรกรรมนั้น ได้นำค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมาประกอบการคำนวณเพื่อส่งน้ำให้กับพื้นที่การเกษตรแต่ละชนิด เช่น นาข้าว พืชไร่ พืชสวน พืชผัก เลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นต้น

การคำนวณ การประเมินความถูกต้องแม่นยำและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) นั้นมีความสำคัญเนื่องจากมีบทบาทสำคัญในการกำหนดความต้องการน้ำของพืชในการเกษตร การชลประทาน แม้ว่าจะมีการพัฒนารูปแบบและวิธีการในการประเมินความต้องการน้ำจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้เกิดความสับสนในการนำมาใช้งาน (Liu *et al.*, 2017) แต่ปัจจุบันกลุ่มมือขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations หรือ FAO) ฉบับที่ 56 (FAO-56) ได้แนะนำให้ใช้วิธีการคำนวณการใช้น้ำอ้างอิงวิธี Penman – Monteith (Allen *et al.*, 1998) ซึ่งเป็นวิธีที่มีการใช้ข้อมูลภูมิอากาศในการคำนวณโดยมีพารามิเตอร์หลัก ได้แก่ พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ปริมาณความชื้น ความเร็วลม (เอกสิทธิ์, 2552) สำหรับข้อมูลภูมิอากาศนั้นได้รับจากเก็บข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยาแต่ละแห่ง

ซึ่งแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยนั้นมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันสามารถแบ่งให้เห็นโดยง่าย อย่างเช่น วิทยภาค วิทยลุ่มน้ำ ซึ่งก็จะทำให้ค่าการใช้น้ำของพืชในแต่ละพื้นที่หรือพืชแต่ละชนิดรวมถึงฝนที่ตกก็จะมี ความแตกต่างกันด้วย

ในโครงการวิจัยนี้จึงได้มีการนำค่าข้อมูลภูมิอากาศและฝนใช้การของแต่ละสถานีอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย ประกอบด้วย ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และ

ภาคได้มาคำนวณค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนแล้วนำไปเฉลี่ยลงในพื้นที่ต่างๆ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในโครงการวิจัยนี้ได้มีการประยุกต์ใช้งานโปรแกรม Arc Map 10.5

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems, GIS) เป็นกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูล ช่วยในการนำเข้า จัดเก็บ จัดเตรียม ดัดแปลง แก้ไข จัดการและวิเคราะห์พร้อมทั้งแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ แผนที่ กราฟ รูปภาพและข้อความให้เห็นภาพที่ชัดเจน ปัจจุบันจึงได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ากับข้อมูลด้านต่างๆ ทั้งด้านอุทกภัยหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน

นอกจากนี้ได้มีงานวิจัยต่างๆที่ได้นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาพัฒนาและวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการวางแผน การตัดสินใจและการจัดการเพื่อนำไปสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืนตามสาระสำคัญในแผนปฏิบัติการ โดยให้เกิดความสมดุลทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยีด้านการจัดการสารสนเทศเชิงพื้นที่ (จินตนา, ม.ป.ป.)

สำหรับโครงการวิจัยนี้มีการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ที่ประกอบไปด้วย การเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่รายจังหวัด การเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่รายลุ่มน้ำและการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่รายลุ่มน้ำย่อย เพื่อให้แต่ละพื้นที่ที่ผู้วิจัยได้ทำการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่นั้นมีฐานข้อมูลค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝน รวมถึงแสดงให้เห็นแนวโน้มของค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนอีกด้วย

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝน มีดังต่อไปนี้ Valiantzas (2018) ได้นำเสนอสูตร Penman แบบใหม่ที่ง่ายขึ้นต่อการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET₀) นอกเหนือจากความเร็วลมเฉลี่ยแล้วจะใช้ค่าอุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุดและความชื้นสัมพัทธ์ในการนำมาคำนวณ

ในส่วนของฝนนั้นมีงานวิจัยของ วราฤทธิ์ (2552) ซึ่งได้ศึกษาความเคลื่อนไหวของปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิยมวิทยาและสถานีอากาศเกษตรต่างๆในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของวิธีการพยากรณ์ต่างๆ 3 วิธี ได้แก่ วิธีแยกส่วนประกอบ วิธีพยากรณ์ของวินเตอร์และวิธีของบอซซ์-เจนกินส์ โดยทำการพยากรณ์ฝนรายเดือนล่วงหน้า 2 ปี คือ ปี พ.ศ.2550 ถึง 2551 ต่อมางานวิจัยสุบรร (2559) ก็ได้ทำการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนจากการสำรวจโดยดาวเทียม TRMM และสถานีวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน โดยใช้ข้อมูลฝนราย 3 ชั่วโมงระหว่างปี 2552 ถึง 2554 นอกจากนี้ในต่างประเทศก็มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฝน คือ Shereif (2014) ได้ทำการตรวจสอบแบบจำลองปริมาณน้ำฝน - ปริมาณน้ำท่าสำหรับอียิปต์โดยใช้การสำรวจระยะไกลและการรวมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์การไหลบ่าที่อาจเกิดขึ้น ต่อมา Saravanan and

Manjula (2015) ได้นำเสนอแบบจำลองเชิงเส้นของพื้นที่รูปแบบกึ่งกระจายสำหรับกระบวนการปริมาณน้ำฝนที่ไหลป่า-ขึ้นอยู่กับวิธีการวิเคราะห์ระบบลุ่มน้ำโดยใช้เครื่องมือระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ และ Sharma and Mujumdar (2019) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างฝนรายวันกับอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละพื้นที่ของลุ่มน้ำ Mahanadi ประเทศอินเดีย ที่มีอิทธิพลต่อเหตุการณ์ฝนตกอย่างรุนแรงในลุ่มน้ำ Mahanadi

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้กับงานด้านชลประทานเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับแต่ละพื้นที่โดยมีผลของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเข้ามาเกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ขอเริ่มต้นจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรกรรมคือ ราชันย์ และคณะ (2557) ได้ศึกษาและประเมินปริมาณความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรกรรม เมื่อสภาพการใช้ที่ดินเปลี่ยนแปลงของลุ่มน้ำปราณบุรี โดยใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ของกรมพัฒนาที่ดินและการสำรวจโดยใช้แบบสัมภาษณ์จำนวน 150 ตัวอย่าง อีกทั้งมีงานวิจัยของต่างประเทศคือ Peragon *et al.* (2015) ได้ศึกษาและทำแผนที่ของความเสียหายประเภทต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้น้ำผิวดินและน้ำใต้ดินเพื่อการชลประทาน ได้แก่ การย่อยสลายดินความผิดปกติทางโภชนาการของพืช การอุดตันของระบบชลประทานและปัญหาอ่างเก็บน้ำโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์และ Ajay (2018) ได้นำเสนอภาพรวมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และเทคนิคการตรวจจับระยะไกลที่ใช้สำหรับการจัดการปัญหาความเค็มและการระบายน้ำของแหล่งน้ำในพื้นที่ชลประทาน

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้กับงานด้านพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม ดังนี้ สุภิญญา (2556) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์ข้อมูลและพัฒนาสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ เพื่อวัตถุประสงค์ในการหาระดับชั้นของพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับการทำการเกษตรกรรม โดยทำการศึกษาถึงปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเกษตรของอำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก ต่อมา ณัฐกร และคณะ (2558) ได้ทำการประเมินความเหมาะสมของพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าว ข้าวโพดและมันสำปะหลังโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและหาพิคัดที่นำมาใช้ในการประเมินของระบบเป็นการประยุกต์ใช้ศาสตร์ทางด้านภูมิสารสนเทศกับความรู้ในการทำเหมืองข้อมูล (Data mining) และในต่างประเทศก็มีงานวิจัยเช่นกัน คือ Perin *et al.* (2019) ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณความต้องการน้ำของอ้อยและประเมินสถานการณ์รวมถึงศักยภาพทางด้านชลประทานในพื้นที่เซาเปาโลประเทศบราซิล

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ กรมโยธาธิการและผังเมือง (2552) นั้นได้มีการประยุกต์ใช้ระบบ GIS กับการใช้ประโยชน์ที่ดินและคมนาคมขนส่ง วิเคราะห์การเจริญเติบโตของเมืองเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอาคาร การใช้ประโยชน์ที่ดินและศักยภาพความเหมาะสมของพื้นที่ในการใช้ประโยชน์ ในส่วนของ วุฒิพงษ์ (2555) ได้สร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านการเกษตรกรรมบริเวณลุ่มน้ำตาปีตอนล่างและพื้นที่ข้างเคียงในเขตจังหวัดปัตตานี รวมถึงธีรเวทย์ (2559) ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกผัก โดยกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ความเหมาะสม 6 ประการ ได้แก่ 1) การใช้ที่ดิน 2) ความลาดชัน 3) ระยะห่างแหล่งน้ำ 4) คุณสมบัติดิน 5) ระยะห่างที่อยู่อาศัย และ 6) กรรมสิทธิ์ที่ดิน อีกทั้ง ฌัฐพล และ อาภากร (2559) ได้ศึกษาแบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่สำหรับการคาดคะเนคุณสมบัติพื้นฐานของดินบ้านโป่งลึก อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี เพื่อเปรียบเทียบแผนที่ด้วยทฤษฎีการประมาณค่าแบบ inverse distance weighted (IDW) และ radial basis function (RBF) วิเคราะห์แผนที่ธาตุอาหารหลักของพื้นที่ศึกษา สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศที่ได้มีการวิจัยนั้น ได้แก่ Bhunia *et al.* (2016) ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการประมาณค่าโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สำหรับการกระจายเชิงพื้นที่ของดินอินทรีย์คาร์บอน (SOC) โดยทำการศึกษาที่ความลึกของดินสามระดับ (0 - 20 ซม., 20 - 40 ซม. และ 40 - 100 ซม.) ของพื้นที่เบงกอลตะวันตกของอินเดีย และ Casella *et al.* (2019) ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการประมวลผลทางภูมิอากาศการใช้ที่ดินและข้อมูลประเภทที่ดิน เพื่อทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของ Water Footprint ของแต่ละเทศบาลในพื้นที่เก็บกักน้ำแคนเดลาโรทางใต้ของอิตาลี

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์สำหรับงานด้านน้ำ เช่น อริสรา (2552) ได้มีการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์หาพื้นที่และแหล่งน้ำที่เสี่ยงต่อการเกิดมลพิษทางน้ำในประเทศไทย นอกจากนี้ พรชัย และ สุเพชร (2557) ประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมในเขตเทศบาลนครเชียงใหม่ซึ่งคล้ายคลึงกับงานวิจัยของ สุพิชฌาย์ และ จินตนา (2553) ที่ประยุกต์ใช้ระบบ GIS ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจังหวัดอ่างทอง แสดงให้เห็นการผสมผสานข้อมูลจากแหล่งต่างๆประยุกต์เข้าด้วยกันซึ่งขึ้นอยู่กับผลลัพธ์ที่ต้องการวิเคราะห์และ กฤษณะ (2561) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะไกลเพื่อติดตามคุณภาพน้ำในมหาวิทยาลัยบูรพาและได้จัดทำเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดคุณภาพน้ำโดยใช้บอร์ดอาควโนควบคุมการทำงานของระบบและส่งสัญญาณข้อมูลไร้สาย 3G เพื่อการจัดเก็บข้อมูลแบบ real-time ในระบบ Thing speak และแสดงผลบนเว็บไซต์ในรูปแบบกราฟเส้น โดยการใช้การวิเคราะห์การประมาณค่าช่วงด้วยวิธีการ IDW ทางภูมิสารสนเทศ

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมและพัฒนาฐานข้อมูลภูมิอากาศและฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ของค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนในประเทศไทย ซึ่งในโครงการวิจัยนี้ได้มีการรวบรวม พัฒนาและจัดทำฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนเชิงพื้นที่ ในพื้นที่ได้แก่ รายจังหวัด รายลุ่มน้ำและรายลุ่มน้ำย่อย

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

สำหรับโครงการวิจัยนี้ได้มีการรวบรวมและพัฒนาข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยรวมทั้งสิ้น 111 สถานี โดยใช้ความยาวนานของข้อมูลตั้งแต่ปี 1980 – 2016 และได้มีการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ด้วยฟังก์ชัน IDW โดยใช้ Model Builder ของโปรแกรม Arc map 10.5 สำหรับพื้นที่ รายจังหวัด รายลุ่มน้ำและรายลุ่มน้ำย่อยในประเทศไทย

2. แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัย

2.1 ข้อมูลภูมิอากาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายวันย้อนหลังตั้งแต่ปี 1980 ถึง 2016 เป็นจำนวนรวมทั้งสิ้น 37 ปี จากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยรวมทั้งหมดจำนวน 111 สถานี ได้นำข้อมูลมาจากเว็บไซต์ National Climatic Data Center (NCDC) ซึ่งเป็นข้อมูลภูมิอากาศออนไลน์ (Climatic Data Online) ประกอบไปด้วย

- อุณหภูมิอากาศ (Air temperature: TEMP) เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature: Min) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature: Max) เป็นอุณหภูมิสูงสุดรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- ปริมาณน้ำฝน (Rainfall: PRCP) มีหน่วยความลึกของฝนที่ตกรายวันเป็น inch
- อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew point temperature: DEWP) รายวัน มีหน่วยเป็น °F
- ความเร็วลมเฉลี่ย (Mean wind Speed: WDSP) เป็นความเร็วลมเฉลี่ยรายวัน มีหน่วยเป็น Knot

2.2 การคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) และฝน (PRCP)

- องค์ประกอบในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

การคายน้ำของพืช (Transpiration; T) หมายถึง การระเหยของน้ำออกจากต้นพืช โดยผ่านทางปากใบและผิวใบมีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลา หรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตร/วัน (กรมชลประทาน, 2554)

การระเหย (Evaporation; E) หมายถึง การระเหยของน้ำจากผิวน้ำและ/หรือผิวดิน มีหน่วยเป็นความลึกของน้ำ/หน่วยเวลาหรือปริมาตรของน้ำ/หน่วยเวลา/หน่วยพื้นที่ เช่น มิลลิเมตร/วัน (กรมชลประทาน, 2554)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชหรือการคายระเหยน้ำของพืช (Consumptive Use หรือ Crop Evapotranspiration : ET) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชต้องการใช้จริงรวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียจากแปลงปลูกโดยกระบวนการคายน้ำของพืชและการระเหย ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการเปรียบเทียบกับการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยคำนวณได้ดังสมการที่ 1 (วิบูลย์, 2526)

$$ET = K_c \times ET_o \quad (\text{สมการที่ 1})$$

เมื่อ $ET =$ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (mm/day)

$K_c =$ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

$ET_o =$ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_o) หมายถึง หลักการในการคำนวณหาปริมาณน้ำที่สูญเสียไปจากพื้นที่เพาะปลูกที่มีพืชปกคลุมอยู่อย่างทั่วถึง โดยที่ดินจะต้องมีความชื้นอยู่อย่างเพียงพอกับความต้องการของพืชตลอดเวลาและพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะต้องมีบริเวณกว้างใหญ่พอที่จะไม่ทำให้การระเหยและการคายน้ำของพืชต้องกระทบกระเทือนจากอิทธิพลภายนอกมากนัก เช่น การพัดผ่านของลมที่แห้งและร้อน ทั้งนี้เพราะเพื่อต้องการให้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงนี้ขึ้นอยู่กับความเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศรอบข้างแต่เพียงอย่างเดียว เช่น อิทธิพลที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ชั่วโมงแสงแดด เป็นต้น การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง จะเป็นการนำเอาข้อมูลของสภาพภูมิอากาศ ณ ช่วงเวลาและสถานที่ที่ใช้ทดลองนั้นหรือเป็นสถานที่ที่จะนำค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงไปใช้งาน ข้อมูลดังกล่าวจะต้องผ่านการตรวจสอบวิเคราะห์ปรับปรุงตลอดจนแบ่งช่วงให้ตรงกับช่วงการเจริญเติบโตหรืออายุพืชหรือช่วงเวลาที่นำไปใช้ โดยใช้สูตรหรือวิธีการคิดคำนวณที่ปัจจุบันนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Modified Penman , Penman Monteith , E-pen เป็นต้น (กรมชลประทาน, 2554)

ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient; K_c) หมายถึง ค่าคงที่ของพืชที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ที่ทำการทดลองและตรวจวัดได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) กับผลการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) จากสมการต่อไปนี้

$$K_c = \frac{ET}{ET_o} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

ค่าสัมประสิทธิ์พืชจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการนำไปใช้งานในด้านชลประทานและการเกษตร ในกรณีที่ต้องการปลูกพืชในท้องถิ่นที่ยังไม่มีการทำการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้นมาก่อนเลย เมื่อต้องการทราบก็สามารถนำค่า K_c คำนวณหาค่า ET ร่วมกับค่า ET_0 ที่ได้จากข้อมูลของสภาพภูมิอากาศของท้องถิ่นนั้นได้ สิ่งสำคัญที่สุดของการนำค่าสัมประสิทธิ์พืชไปใช้งานคือ จะต้องจำไว้เสมอว่าพืชแต่ละชนิด K_c ที่ได้จากการคำนวณสูตรหลายค่าด้วยกัน ดังนั้นก่อนนำค่า K_c ไปใช้งานต้องตรวจสอบเสียก่อนว่าเป็นค่า K_c ของสูตรใด เพื่อจะได้ นำค่า ET_0 ของสูตรนั้นมาใช้ เพื่อคำนวณหาค่า ET ที่ถูกต้องและนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ค่าสัมประสิทธิ์พืชจะมีค่าที่แตกต่างกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและช่วงการเจริญเติบโตของพืชและสูตรที่ใช้ในการคำนวณหา ET_0 เป็นสำคัญ (กรมชลประทาน, 2554)

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_0) อาจทำได้หลายวิธีด้วยกัน ซึ่งสูตรที่ใช้จะขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องของผลลัพธ์ ข้อมูลภูมิอากาศที่มีอยู่และความสามารถในการนำไปใช้งาน ฯลฯ สูตรหรือวิธีการที่นิยมใช้กันในงานด้านชลประทานและเกษตรชลประทานซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ด้วยกัน 7 วิธีการ คือ Modified Penman, E-pen, Penman - Monteith, Blaney -Criddle, Thornthwaite, Hargreaves และ Radiation ซึ่งสมการที่ใช้ในการคำนวณในงานวิจัยนี้คือ Penman – Monteith (กรมชลประทาน, 2554)

สมการ Penman ได้เสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ.1948 ได้พัฒนาสมการโดยการผสมผสานวิธีการคำนวณการระเหยของน้ำตามหลักสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (Save Energy balance) เข้ากับวิธีการคำนวณการระเหยตามหลักการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) สมการดั้งเดิมของ Penman นั้นพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยของน้ำจากผิวน้ำ

สมการของ penman มีการปรับปรุงมาตลอดช่วงเวลากว่า 60 ปีที่ผ่านมา โดยสมการของ penman monteith (1956) ได้มีการพัฒนาสมการของ Penman (1948) เพิ่มเติม โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ (เอกสิทธิ์, 2552)

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (\text{สมการที่ 3})$$

สมการ FAO Penman-Monteith ประกอบด้วย พารามิเตอร์ ดังนี้

เมื่อ ET_0 = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)

R_n = พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นที่ผิว ($MJ/m^2/day$)

T = อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}C$)

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน (m/s)

$e_s - e_a$ = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (e_a) (kPa)

Δ = ความชันของโค้งของความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ (kPa/ $^{\circ}C$)

Υ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (Psychrometric Constant) (kPa/ $^{\circ}C$)

พลังงานการแผ่รังสีช่วงคลื่นสั้น (Solar Radiation, R_s) คำนวณโดยใช้สมการของ Hargreaves ดังต่อไปนี้

$$R_s = k_{RS} \sqrt{T_{max} - T_{min}} R_a \quad (\text{สมการที่ 4})$$

โดยที่ R_a คือ พลังงานการแผ่รังสีที่ชั้นนอกของบรรยากาศ ($MJ/m^2/day$) ซึ่งนำเสนอโดย Allen et al. (1998) และ Pereira et al. (1997) สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ k_{RS} มีความแตกต่างในการใช้งานโดยเท่ากับ 0.16 เมื่อเป็นแผ่นดินภายใน และจะเท่ากับ 0.19 เมื่อเป็น บริเวณชายฝั่ง บริเวณแผ่นดินภายในเป็นบริเวณที่ไม่ได้รับอิทธิพลของมวลอากาศจากน้ำ แต่บริเวณชายฝั่งจะได้รับอิทธิพลของมวลอากาศจากน้ำ แต่ในกรณีศึกษาี้ จะใช้ค่าคงที่เท่ากับ 0.16 ในการคำนวณดังสมการต่อไปนี้ (Carvalho et al., 2013)

$$R_s = 0.16 \sqrt{T_{max} - T_{min}} R_a \quad (\text{สมการที่ 5})$$

ปริมาณฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การฝนใช้การ คือส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการใช้น้ำ สำหรับในด้านการชลประทานปริมาณฝนใช้การหมายถึงน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูก และมีประโยชน์ต่อการเตรียมแปลงเพาะปลูกหรือมีประโยชน์สำหรับพืชดูดน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและเพื่อการระเหยในแปลง

ฝนใช้การสำหรับพื้นที่เพาะปลูกไม่จำเป็นต้องมีประโยชน์โดยตรงต่อการเพาะปลูกทั้งหมด น้ำส่วนที่ไหลซึมเก็บอยู่ในช่วงของเขตรากพืชจะสามารถดูดไปใช้ได้ ส่วนน้ำที่ไหลซึมเลยเขตรากจะต้องมีประโยชน์ในการควบคุมความชื้นของเกลือในเขตราก หรือในกรณีที่เป็นนาข้าว ฝนที่เป็นประโยชน์คือฝนที่ตกลงมาแล้วยังอยู่ในแปลงนาและไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว

สัดส่วนของฝนที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายปัจจัย เช่น ชนิดและอายุของพืชที่ปลูก อัตราและปริมาณของฝนที่ตก ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศความชื้นในดินหรือระดับน้ำในแปลงก่อนฝนตก วิธีของการชลประทานและการจัดการน้ำ เป็นต้น สัดส่วนของฝนใช้การจะมีสัดส่วนของฝนใช้การที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เกิดฝน เช่น ถ้าฝนตกในช่วงที่กำลังต้องการให้น้ำแก่พืชสัดส่วนของฝนใช้การจะสูง ในทางตรงกันข้ามถ้าฝนตกหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชไปไม่นานสัดส่วนฝนใช้การจะต่ำหรืออาจไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเลยก็ได้หรืออาจจะเป็นโทษต่อพืชที่ปลูก ต้องมีการระบายออกเพื่อไม่ให้พืชที่ปลูกเสียหายจากการท่วมขังของฝนที่ตก (กาญจณี และ ปานศักดิ์, 2543)

การประมาณค่าข้อมูลน้ำฝนที่ขาดหายไป (Estimating missing rainfall data)

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลที่สำคัญในงานวิเคราะห์และออกแบบทางอุทกวิทยา ในหลายๆกรณี การตรวจวัดข้อมูลอาจไม่ครบถ้วนทำให้ข้อมูลขาดหายไปบ้าง ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องมีข้อมูลครบถ้วนในทุกสถานี จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคนิคการประมาณค่าข้อมูลสำหรับข้อมูลที่ขาดหายไป

วิธีการประมาณค่าข้อมูลนั้นมีหลายวิธี อาทิ วิธีเฉลี่ยจากสถานีข้างเคียง (station-mean method) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ในขณะที่ วิธีอัตราส่วนปกติ (normal-ratio method) และวิธี quadrant ใช้การเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (weighted mean) มาใช้ในการประมาณค่า โดยวิธีอัตราส่วนปกติจะพิจารณาปริมาณน้ำฝนปกติรายปี (normal annual rainfall) ของแต่ละสถานี ส่วนวิธี quadrant จะพิจารณาระยะทางระหว่างสถานีที่ข้อมูลหายไปกับสถานีข้างเคียง (วิชวุฒ์, 2555)

วิธีอัตราส่วนปกติ (Normal-Ratio Method)

เลือกใช้ กรณีปริมาณน้ำฝนปกติรายปีต่างกันมาก (เกิน 10%) โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$P_x = \sum_{i=1}^n W_i P_i \quad \text{โดยที่} \quad W_i = \frac{N_x}{N_i} \quad (\text{สมการที่ 6})$$

โดยที่ N_x : ปริมาณฝนปกติรายปีของสถานีที่ข้อมูลหายไป

N_i : ปริมาณฝนปกติรายปีของสถานีข้างเคียง

2.3 โปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System : GIS คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์เพื่อนำเข้า จัดเก็บ ปรับปรุง วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูล โดยการจัดเก็บข้อมูลใน GIS มีลักษณะเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เชื่อมโยงกับข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) (ศูนย์วิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์สารสนเทศประเทศไทย, 2542)

1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) แสดงในรูปของภาพ (graphic) และแผนที่ (map) ในลักษณะแบบราสเตอร์ (Raster) ที่นำเสนอค่าที่ต้องการในรูปตารางกริด (Grid) เช่น ข้อมูลเชิงพื้นที่แบบเวกเตอร์ (Vector) ในรูปแบบจุด (Point) เช่น ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝน, เส้น (Line) เช่น เส้นลำน้ำ และพื้นที่รูปปิด (Polygon) เช่น ขอบเขตพื้นที่การศึกษา โดยข้อมูลแบบเวกเตอร์จะมีค่าพิกัด X, Y เป็นตัวอ้างอิง

2. ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute Data) หรือฐานข้อมูล (Database) คือข้อมูลที่ใช้อธิบายลักษณะต่าง ๆ ของสถานที่เช่น ชื่อลุ่มน้ำ ชื่อสถานีวัดน้ำฝน เป็นต้น

IDW (inverse Distance Weight)

เป็นการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่แบบ Exact Local Deterministic Interpolation โดยอาศัยการถ่วงน้ำหนักระยะห่างระหว่างจุดที่จะประมาณค่ากับจุดอื่นๆ ที่รู้ค่า เป็นการประมาณค่าบนสมมติฐานที่ว่าจุดที่ยังไม่ทราบค่านั้นควรมีอิทธิพลจากจุดที่อยู่ใกล้มากกว่าจุดที่อยู่ไกล ระดับของอิทธิพลแสดงในรูปผลกลับ (Inverse) ของระยะทางระหว่างจุด ซึ่งเพิ่มขึ้นตามค่ากำลัง (Power number) การเลือกค่ายกกำลังในวิธี IDW ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อการประมาณค่า สำหรับค่ายกกำลังที่มีค่ามาก จุดล้อมรอบค่าที่ไม่ทราบค่า (Neighbor) ตำแหน่งที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีอิทธิพลมาก ซึ่งการเลือกจำนวนจุดที่ล้อมรอบมากจะส่งผลทำให้พื้นผิวมีความราบเรียบน้อยลง โดยค่าถ่วงน้ำหนักนี้จะเปลี่ยนแปลงตามระยะทางจากจุดที่ไม่ทราบค่าไปยังจุดที่ทราบค่าโดยมีสมการทั่วไปสำหรับกระบวนการ Inverse Distance Weighted ดังสมการที่ 7 (สุเพชร จิรขจรกุล, 2552)

$$Z_j = \frac{\sum_i \left(\frac{Z_i}{d_{ij}^n} \right)}{\sum_i \left(\frac{1}{d_{ij}^n} \right)}$$

Z_i = เป็นค่าของจุดที่ทราบค่า

d_{ij} = เป็นระยะทางจากจุดที่ทราบค่า

Z_j = เป็นจุดที่ไม่ทราบค่า

n = เป็นเลขยกกำลังที่ผู้ใช้เลือก (มักจะใช้เป็น 1, 2, 3)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 การรวบรวมข้อมูล

3.1.1 การคัดเลือกพารามิเตอร์

สำหรับพารามิเตอร์ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วย พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าความลึกฝนรายวันที่ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยจำนวน 111 สถานี มีความยาวนานของข้อมูลตั้งแต่ปี 1980 - 2016

เนื่องจากการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman – Monteith (Allen et al., 1998) ข้อมูลภูมิอากาศที่ได้รวบรวมมานั้นต้องทำการแปลงหน่วยเพื่อให้สามารถใช้ในการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าวได้จึงมีการแปลงหน่วยค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- อุณหภูมิอากาศ (Air temperature: TEMP) เป็นอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature: Min) เป็นอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature: Max) เป็นอุณหภูมิสูงสุดรายวัน มีหน่วยเป็น °F
- อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew point temperature: DEWP) เป็นอุณหภูมिरายวัน มีหน่วยเป็น °F

โดยแปลงหน่วยจาก °F ให้เป็น °C

- ปริมาณน้ำฝน (Rainfall: PRCP) มีหน่วยความลึกของฝนที่ตกกรายวันเป็น inch

การแปลงหน่วย inch ให้เป็น mm

- ความเร็วลมเฉลี่ย (Mean wind Speed: WDSP) เป็นความเร็วลมเฉลี่ยรายวัน มีหน่วยเป็น Knot

การแปลงหน่วย Knot ให้เป็น m/s

3.1.2 การเติมข้อมูลที่ขาดหาย

ด้วยข้อมูลภูมิอากาศที่ได้รวบรวมมานั้นถูกเก็บข้อมูลโดยสถานีอุตุนิยมวิทยา ซึ่งสถานีแต่ละแห่งก็อาจมีการไม่ได้เก็บข้อมูลบ้างเป็นบางวันทำให้เกิดข้อมูลที่ขาดหายไปซึ่งทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลในการคำนวณค่า ET_o รายวันได้ ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาข้อมูลโดยการเติมข้อมูลที่ขาดหายไปให้เกิดความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลรายวันเพื่อให้สามารถใช้ในการคำนวณค่า ET_o ได้อย่างสมบูรณ์

สำหรับขั้นตอนในการเติมข้อมูลที่ขาดหายสามารถดำเนินการได้ ดังนี้

1. ตรวจสอบข้อมูลที่ขาดหายโดยการใช้ฟังก์ชัน Index ร่วมกับ Match จะทำให้ทราบว่าข้อมูลรายวันวันไหนที่ขาดหายไปบ้าง
2. ผู้วิจัยเลือกเติมข้อมูลที่ขาดหายไป เพื่อให้ข้อมูลในวันที่ขาดหายมีค่าก่อนแล้วจึงดำเนินการเติมข้อมูลในขั้นตอนต่อไป
3. เฉลี่ยค่ารายเดือนเพื่อเติมข้อมูลรายวันที่ขาดหายไปในแต่ละเดือนก็จะทำให้ข้อมูลที่ขาดหายรายวันนั้นมีค่าข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนของแต่ละเดือน

3.2 การคำนวณและเฉลี่ยข้อมูลเชิงพื้นที่

3.2.1 วิธีการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) และฝน (PRCP)

เมื่อรวบรวมและพัฒนาข้อมูลภูมิอากาศจนเสร็จสมบูรณ์แล้วสามารถนำไปคำนวณต่อไปได้ ดังนี้

- 1) ข้อมูลฝนรายวันเมื่อแปลงหน่วยเป็น mm แล้วสามารถนำข้อมูลนั้นไปเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ด้วยเครื่องมือ Model Builder ได้เลย
- 2) พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) ประกอบด้วย
 - อุณหภูมิเฉลี่ย (Mean temperature: TEMP) มีหน่วยเป็น °C
 - อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature: Min) มีหน่วยเป็น °C
 - อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature: Max) มีหน่วยเป็น °C
 - อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง (Dew point temperature: DEWP) มีหน่วยเป็น °C
 - ความเร็วลมเฉลี่ย (Mean wind Speed: WDSP) มีหน่วยเป็น m/s

ผู้วิจัยได้เขียน โปรแกรมคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) โดยเลือกใช้วิธีการคำนวณของ Penman – Monteith (Allen et al., 1998) ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel ขออธิบายถึงกระบวนการทำงานของโปรแกรมให้เข้าใจโดยง่าย ดังนี้

3) ค่าคงที่ประกอบด้วย $J =$ วันของปี มีค่าเท่ากับ 1 ในวันที่ 1 มกราคม และเท่ากับ 365 ในวันที่ 31 ธันวาคม (หรือ 366 ในปีอธิกสุรทิน (leap year))

$\alpha =$ อัลเบโด (albedo) เป็นโดยค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวโลกใช้เท่ากับ 0.23 สำหรับพืชอ้างอิง (เอกสิทธิ์, 2552)

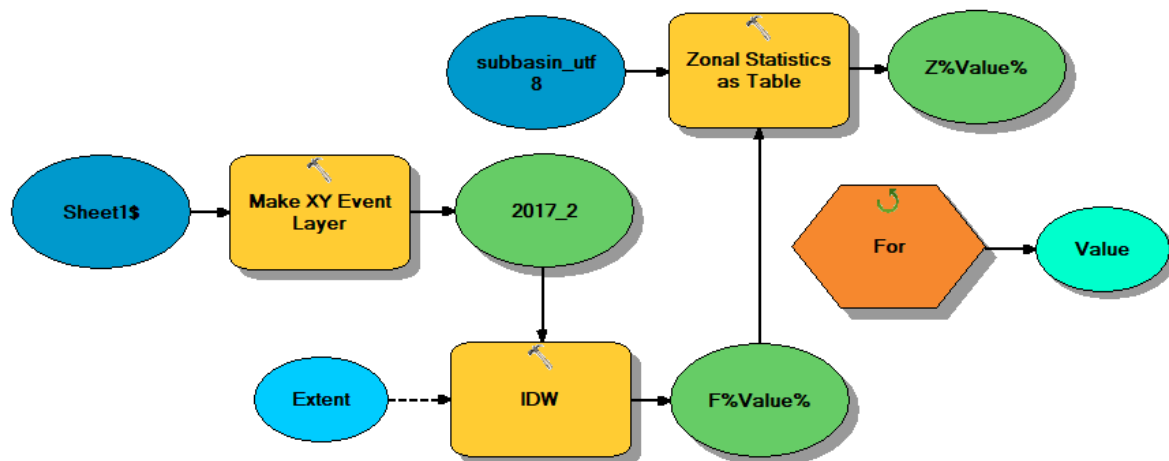
4) ผลการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ซึ่งแสดงเป็นข้อมูลรายวันแสดงดัง ภาพที่ 12 ดังนี้

3.2.2 การเฉลี่ยค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) และฝน (PRCP) เชิงพื้นที่ด้วยเครื่องมือ

Model Builder

เมื่อได้ผลการคำนวณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) และฝน (PRCP) รายวันแล้วต้องจัดข้อมูลออกเป็นชุด ประกอบด้วย ชุดแรก 200 วันและชุดที่สอง 165 หรือ 166 วันเนื่องจากเป็นข้อกำหนดของ Model ที่สามารถเฉลี่ยค่ารายวัน ได้เต็มที่ 200 วัน

ขั้นตอนในการสร้างและกระบวนการทำงานของ Model Builder มีดังต่อไปนี้



ภาพที่ 1 แบบจำลองที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่และแสดงผลออกมาในรูปแบบตาราง

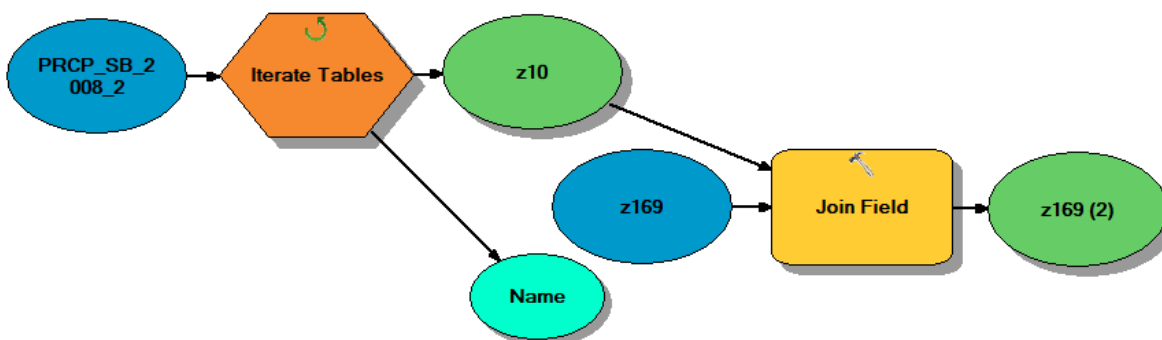
- 1) สร้างพิกัดสถานีอุตุณิยมวิทยาที่มีชุดข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) หรือฝน (PRCP) รายวัน โดยใช้ฟังก์ชัน Make XY Event Layer สำหรับการตั้งชื่อต้องตั้งเป็นตัวเลขเท่านั้นเนื่องจากเป็นข้อกำหนดของฟังก์ชันนี้
- 2) เฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่โดยใช้ฟังก์ชัน IDW จะได้ค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ของค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) หรือฝน (PRCP) รายวันในแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย แสดงผลเป็น F%Value%

3) จำกัดบริเวณที่จะทำการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ด้วยฟังก์ชัน Extent ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขอบเขตที่ผู้วิจัยกำหนด เช่น รายจังหวัด รายลุ่มน้ำ รายลุ่มน้ำย่อย

4) แสดงผลการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ในรูปแบบตารางโดยใช้ฟังก์ชัน Zonal Statistics as Table จะได้ตารางผลของการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่เป็นรายวัน ตารางละ 1 วัน แสดงผลเป็น Z%Value%

5) ใช้การเฉลี่ยค่าแบบวนซ้ำทีละ 1 วัน โดยใช้ฟังก์ชัน For

จากแบบจำลองนี้จะได้ตารางผลการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ที่รายวันตารางละ 1 วัน ผู้วิจัยจึงสร้างแบบจำลองขึ้นมาอีก 1 แบบจำลองเพื่อให้แสดงผลค่าตารางติดต่อกันเป็น 200 วัน และ 165 หรือ 166 วัน ดังนี้



ภาพที่ 2 แบบจำลองที่ใช้ในการเชื่อมต่อตารางรายวัน

6) ใช้ฟังก์ชัน Iterate Tables ที่ใช้ในการรวบรวมตารางรายวันแต่ละวันที่ได้จากแบบจำลองที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ ภาพที่ 1 ฟังก์ชันจะประมวลผลตารางรายวันดังแสดงผลออกมาเป็น Z10

7) ใช้ฟังก์ชัน Join Field ในการเชื่อมต่อตารางรายวันก็จะทำให้ค่าตารางในแต่ละวัน Z169 เชื่อมต่อกันจนครบ 200 วัน และ 165 หรือ 166 วัน ซึ่งจะแสดงผลออกมาเป็น Z169 (2)

8) เมื่อเชื่อมต่อตารางเรียบร้อยแล้วทำการส่งออกข้อมูลตารางออกไปเป็นฐานข้อมูลในรูปแบบของตารางในโปรแกรม Microsoft Excel ดังแสดงใน ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) หรือฝน (PRCP)

| Rowid | P_NAME_T | ZONE-CODE | COUNT | AREA | MEAN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|--------------|-----------|-------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|
| 1 | นครราชสีมา | 1 | 1506 | 1.74102199 | 4.859436361 | 3.36 | 3.45 | 3.33 | 3.69 | 5.03 | 3.71 |
| 2 | หนองคาย | 2 | 236 | 0.272829475 | 4.246642842 | 3.07 | 3.23 | 3.24 | 3.63 | 3.25 | 3.33 |
| 3 | สุพรรณบุรี | 3 | 394 | 0.455486497 | 4.680376486 | 3.32 | 3.33 | 3.34 | 3.19 | 5.44 | 4.15 |
| 4 | ชัยภูมิ | 4 | 927 | 1.07166493 | 4.502299294 | 3.31 | 3.34 | 3.33 | 3.59 | 4.16 | 3.54 |
| 5 | พิษณุโลก | 5 | 775 | 0.895944251 | 4.154165286 | 3.22 | 3.19 | 3.46 | 3.34 | 3.34 | 3.25 |
| 6 | ศรีสะเกษ | 6 | 646 | 0.746812886 | 4.484172995 | 3.42 | 3.48 | 3.87 | 4.78 | 4.65 | 4.20 |
| 7 | สุรินทร์ | 7 | 641 | 0.7410326 | 4.570405583 | 3.46 | 3.46 | 4.03 | 4.56 | 4.41 | 3.42 |
| 8 | ราชบุรี | 8 | 379 | 0.43814564 | 4.742643114 | 3.32 | 3.31 | 3.30 | 3.18 | 6.16 | 4.32 |
| 9 | บุรีรัมย์ | 9 | 729 | 0.842765625 | 4.697221964 | 3.39 | 3.42 | 3.66 | 4.06 | 4.83 | 3.62 |
| 10 | อุทัยธานี | 10 | 483 | 0.558375579 | 4.691936722 | 3.36 | 3.39 | 3.46 | 3.29 | 4.68 | 3.84 |
| 11 | อำนาจเจริญ | 11 | 237 | 0.273985532 | 4.456353071 | 3.42 | 3.40 | 3.61 | 5.02 | 4.49 | 4.44 |
| 12 | เชียงใหม่ | 12 | 1633 | 1.887841242 | 2.699606212 | 3.90 | 3.96 | 3.94 | 3.92 | 3.78 | 3.78 |
| 13 | สุราษฎร์ธานี | 13 | 937 | 1.083225501 | 3.808499529 | 3.71 | 3.91 | 3.95 | 4.02 | 3.74 | 3.68 |

9) จัดรูปแบบตารางฐานข้อมูลใหม่โดยใส่วันที่และจัดรูปแบบตารางให้เรียบร้อย ดัง ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางตัวอย่างฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) หรือฝน (PRCP) ที่จัดรูปแบบแล้ว

| จังหวัด | 01/01/1980 | 02/01/1980 | 03/01/1980 | 04/01/1980 | 05/01/1980 | 06/01/1980 | 07/01/1980 | 08/01/1980 | 09/01/1980 | 10/01/1980 | 11/01/1980 | 12/01/1980 | 13/01/1980 | 14/01/1980 | 15/01/1980 | 16/01/1980 |
|----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| จ.นครราชสีมา | 3.36 | 3.45 | 3.33 | 3.69 | 5.03 | 3.71 | 4.87 | 3.74 | 4.20 | 3.34 | 3.31 | 3.40 | 3.43 | 3.41 | 3.59 | 3.24 |
| จ.หนองคาย | 3.07 | 3.23 | 3.24 | 3.63 | 3.25 | 3.33 | 3.84 | 3.06 | 3.19 | 3.13 | 3.12 | 3.26 | 3.19 | 3.42 | 3.22 | 3.02 |
| จ.สุพรรณบุรี | 3.32 | 3.33 | 3.34 | 3.19 | 5.44 | 4.15 | 5.15 | 4.17 | 4.38 | 3.51 | 3.49 | 3.66 | 3.49 | 3.46 | 3.72 | 3.49 |
| จ.ชัยภูมิ | 3.31 | 3.34 | 3.33 | 3.59 | 4.16 | 3.54 | 4.09 | 3.47 | 3.72 | 3.23 | 3.30 | 3.44 | 3.48 | 3.51 | 3.60 | 3.26 |
| จ.พิษณุโลก | 3.22 | 3.19 | 3.46 | 3.34 | 3.34 | 3.25 | 3.38 | 3.07 | 3.26 | 3.15 | 3.36 | 3.48 | 3.48 | 3.45 | 3.50 | 3.31 |
| จ.ศรีสะเกษ | 3.42 | 3.48 | 3.87 | 4.78 | 4.65 | 4.20 | 4.83 | 3.61 | 4.57 | 3.42 | 3.65 | 3.65 | 3.43 | 3.69 | 3.76 | 3.41 |
| จ.สุรินทร์ | 3.46 | 3.46 | 4.03 | 4.56 | 4.41 | 3.42 | 4.69 | 3.49 | 3.88 | 3.70 | 3.57 | 3.73 | 3.42 | 3.94 | 3.63 | 3.66 |
| จ.ราชบุรี | 3.32 | 3.31 | 3.30 | 3.18 | 6.16 | 4.32 | 5.46 | 4.40 | 4.91 | 3.46 | 3.49 | 3.65 | 3.58 | 3.51 | 3.73 | 3.56 |
| จ.บุรีรัมย์ | 3.39 | 3.42 | 3.66 | 4.06 | 4.83 | 3.62 | 4.83 | 3.68 | 4.10 | 3.53 | 3.45 | 3.58 | 3.42 | 3.69 | 3.61 | 3.49 |
| จ.อุทัยธานี | 3.36 | 3.39 | 3.46 | 3.29 | 4.68 | 3.84 | 4.60 | 3.80 | 4.07 | 3.37 | 3.59 | 3.86 | 3.50 | 3.53 | 3.71 | 3.51 |
| จ.อำนาจเจริญ | 3.42 | 3.40 | 3.61 | 5.02 | 4.49 | 4.44 | 4.65 | 3.46 | 4.49 | 3.13 | 3.57 | 3.58 | 3.43 | 3.65 | 3.89 | 3.24 |
| จ.เชียงใหม่ | 3.90 | 3.96 | 3.94 | 3.92 | 3.78 | 3.78 | 3.74 | 3.60 | 3.62 | 3.72 | 3.95 | 3.85 | 3.75 | 3.83 | 3.78 | 3.88 |
| จ.สุราษฎร์ธานี | 3.71 | 3.91 | 3.95 | 4.02 | 3.74 | 3.68 | 3.80 | 3.82 | 3.82 | 3.89 | 3.71 | 3.71 | 3.93 | 3.92 | 4.51 | 4.27 |

4. ผลการวิจัย

4.1 จำนวนสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ข้อมูลในแต่ละปี

เนื่องจากข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยาแต่ละสถานีมีระยะเวลาความยาวนานในการเก็บข้อมูลไม่เท่ากันจึงมีการใช้จำนวนสถานีของแต่ละปีดังนี้

ตารางที่ 3 จำนวนสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ในแต่ละปี

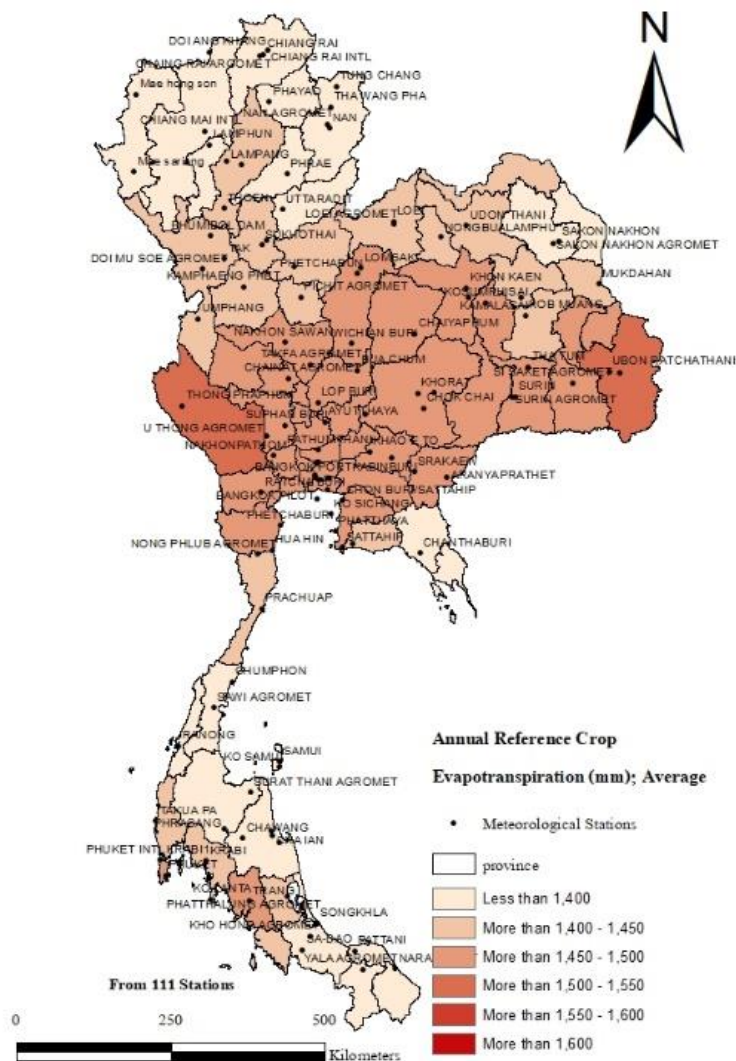
| Years | Stations | Years | Stations | Years | Stations | Years | Stations |
|-------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|----------|
| 1980 | 30 | 1990 | 42 | 2000 | 49 | 2010 | 98 |
| 1981 | 30 | 1991 | 42 | 2001 | 49 | 2011 | 98 |
| 1982 | 30 | 1992 | 42 | 2002 | 49 | 2012 | 98 |
| 1983 | 30 | 1993 | 42 | 2003 | 49 | 2013 | 111 |
| 1984 | 30 | 1994 | 42 | 2004 | 49 | 2014 | 111 |
| 1985 | 30 | 1995 | 42 | 2005 | 49 | 2015 | 111 |
| 1986 | 30 | 1996 | 42 | 2006 | 49 | 2016 | 111 |
| 1987 | 30 | 1997 | 42 | 2007 | 65 | | |
| 1988 | 30 | 1998 | 42 | 2008 | 98 | | |
| 1989 | 30 | 1999 | 42 | 2009 | 98 | | |

4.2 ฐานข้อมูลค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่

จากผลการวิจัยจะได้ฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนรายวันออกมาในรูปแบบตารางของโปรแกรม Microsoft Excel สำหรับการแสดงผลในรายงานนี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นในการแสดงผลจึงขอแสดงในรูปแบบของค่าเฉลี่ยเชิงพื้นที่ในรูปแบบของแผนที่และกราฟ ดังนี้

4.2.1 ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายจังหวัด

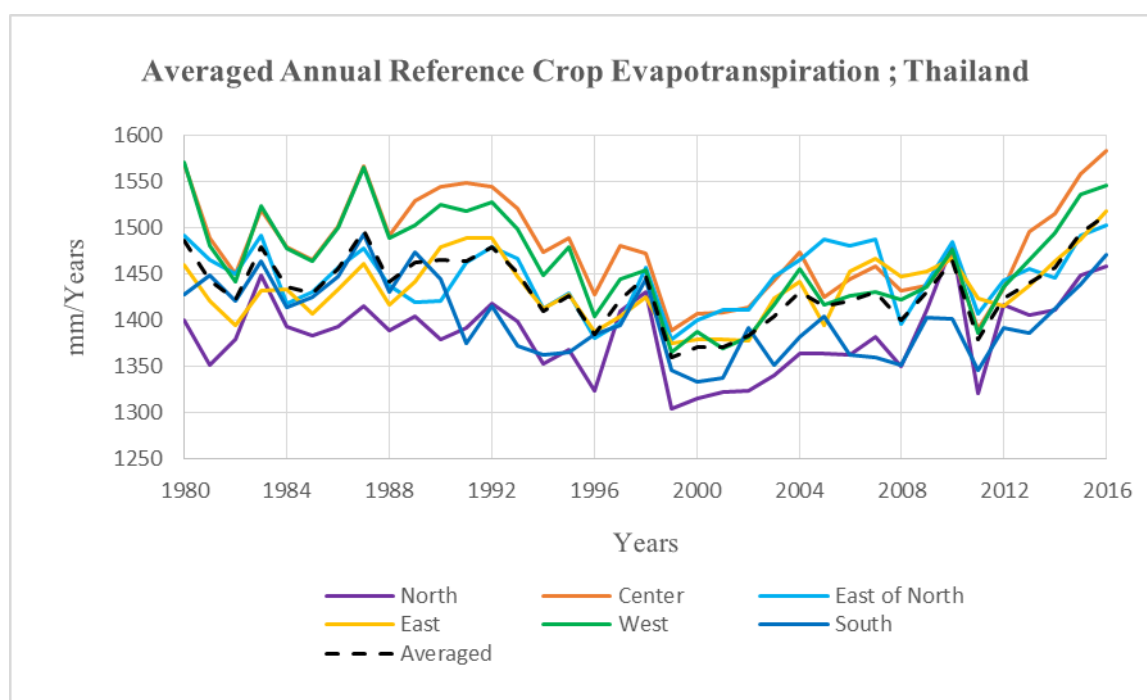
จาก ภาพที่ 3 แสดงปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายจังหวัดจะเห็นว่าพื้นที่ภาคกลาง ภาคตะวันตกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงกว่าภาคอื่นๆ โดยเฉพาะจังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดอุบลราชธานีที่มีปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงกว่าจังหวัดอื่น และมีบางบริเวณที่มีปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ต่ำ โดยเฉพาะภาคเหนือ ภาคใต้และบางส่วนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกที่มีปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ต่ำกว่า 1,400 มิลลิเมตร



ภาพที่ 3 ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของแต่ละจังหวัด

เมื่อพิจารณาจากภาพ ผ1 ในภาคผนวกและทำการเปรียบเทียบปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายจังหวัดของแต่ละปีสังเกตได้ว่าในปี 1980 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีค่าที่สูง โดยเฉพาะภาคตะวันตกและบางส่วนของภาคตะวันออก แต่ 1981 ถึง 1986 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีค่าน้อยลงใกล้เคียงกันทั่วประเทศ และเพิ่มขึ้นในปี 1987 ถึงปี 1993 และค่อยๆลดลงทั่วประเทศ โดยเฉพาะปี 1996 และปี 1999 ที่มีค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ต่ำทั่วประเทศ และในปี 2016 มีค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงที่สุดในรอบ 37 ปี ซึ่งภาคกลางและภาคตะวันตกมีค่าสูงกว่า 1,550 มิลลิเมตร

เพื่อให้มองเห็นแนวโน้มได้อย่างสะดวกมากขึ้นจึงขอแสดงผลในรูปแบบของกราฟค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปี ในที่นี้ขอแสดงเป็นกราฟเส้นเปรียบเทียบกันระหว่างภาคต่างๆของประเทศไทยซึ่งแบ่งเป็น 6 ภาคด้วยกัน คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ ดังแสดงใน ภาพที่ 4



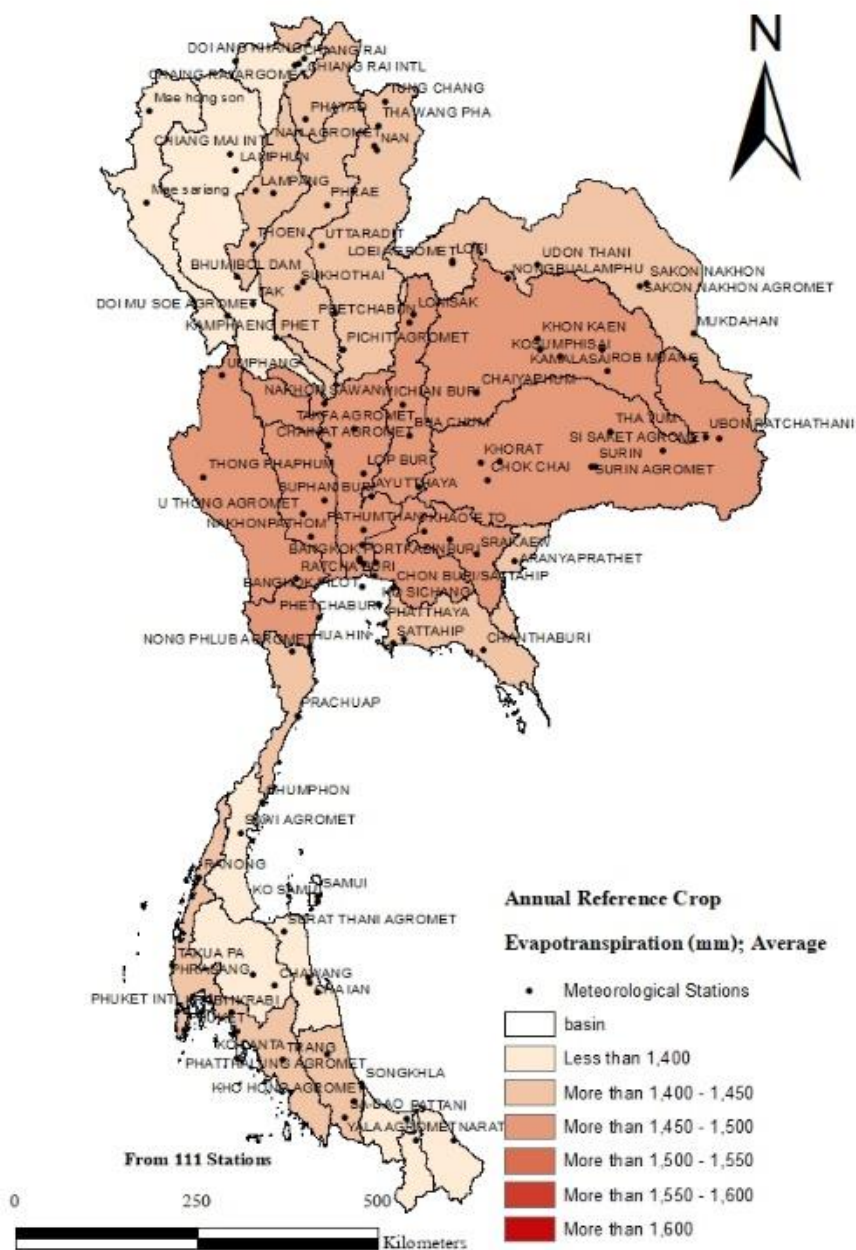
ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของภาคต่างๆในประเทศไทย

จากกราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายภาคของแต่ละปีทั้งหมดจะเห็นว่าแต่ละภาคมีแนวโน้มของปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีการเพิ่มขึ้นและลดลงไปในทิศทางเดียวกัน ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของภาคกลางมีค่ามากที่สุดเนื่องจากบริเวณภาคกลางนั้นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพืชที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ ในส่วนของภาคอื่นๆนั้นก็จะมีค่าลดทอนลงมา โดยมีค่าที่ลดลง

ตามลำดับ ได้แก่ ภาคตะวันตก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคใต้ และน้อยที่สุด คือ ภาคเหนือ เนื่องจากปัจจัยต่างๆ อย่างเช่น ภูมิอากาศ ปริมาณฝน การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่างๆกัน เป็นต้น

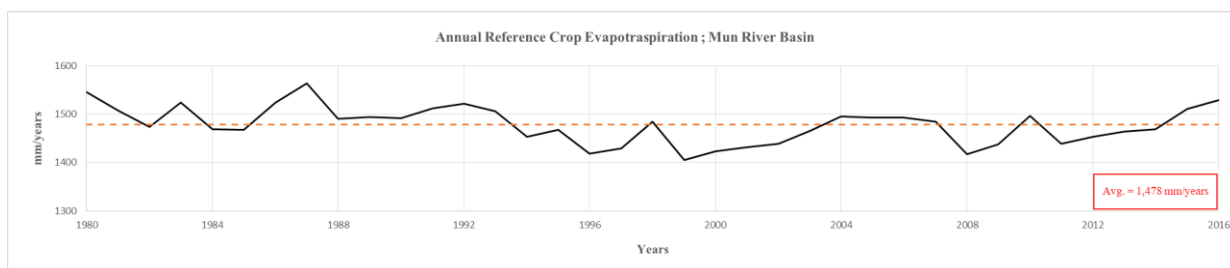
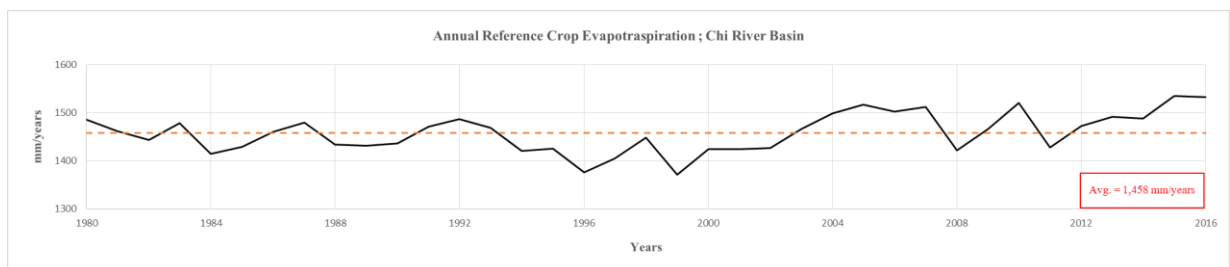
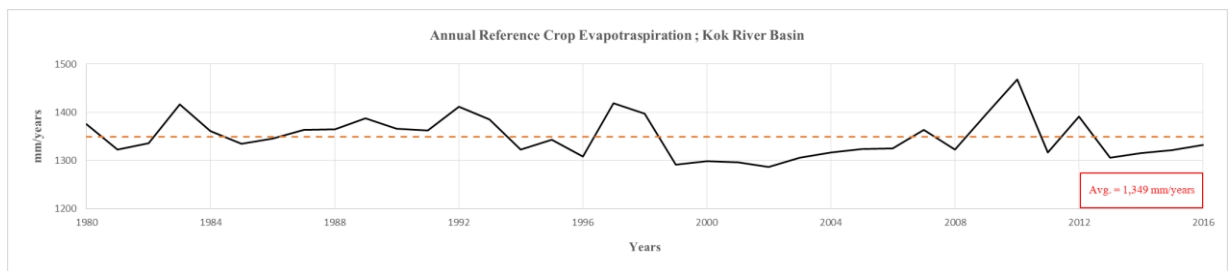
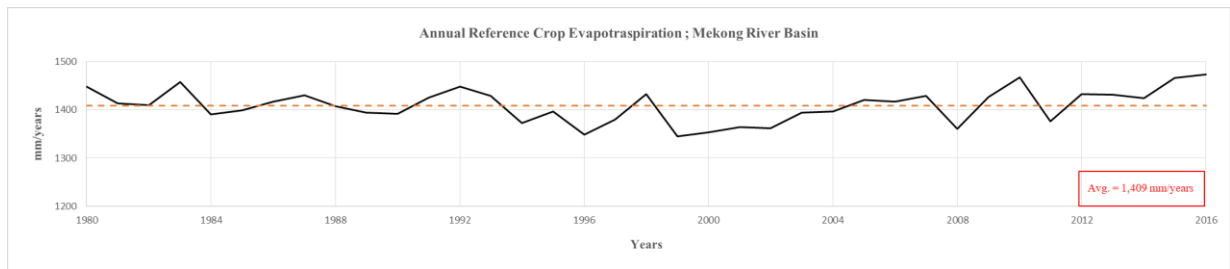
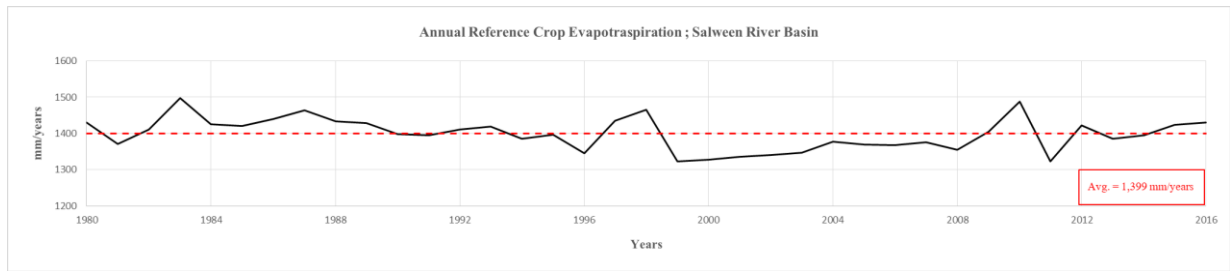
4.2.2 ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำ

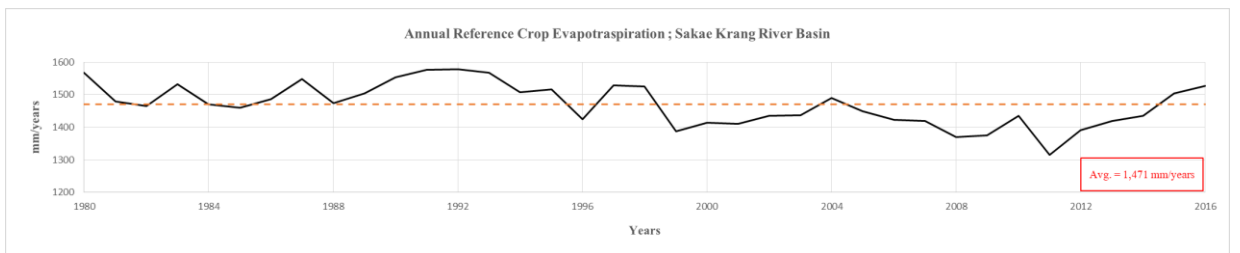
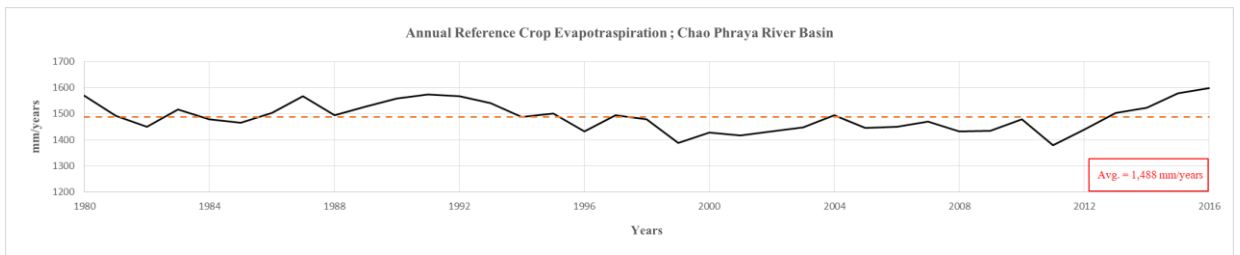
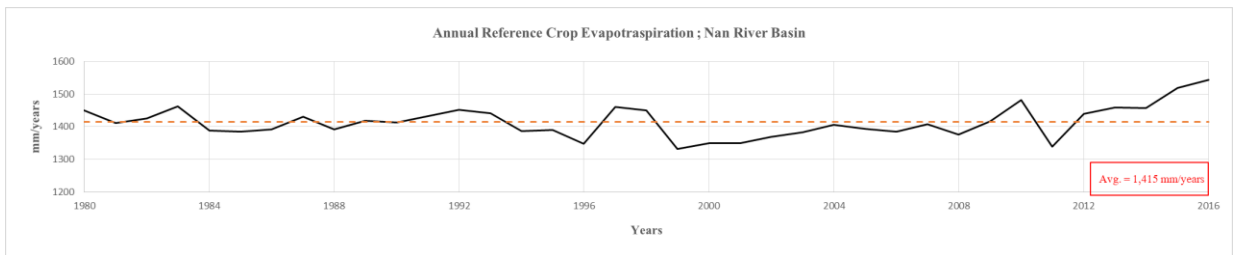
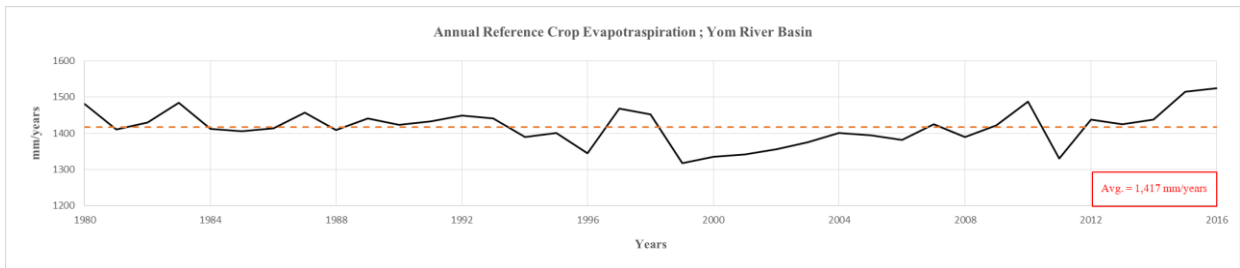
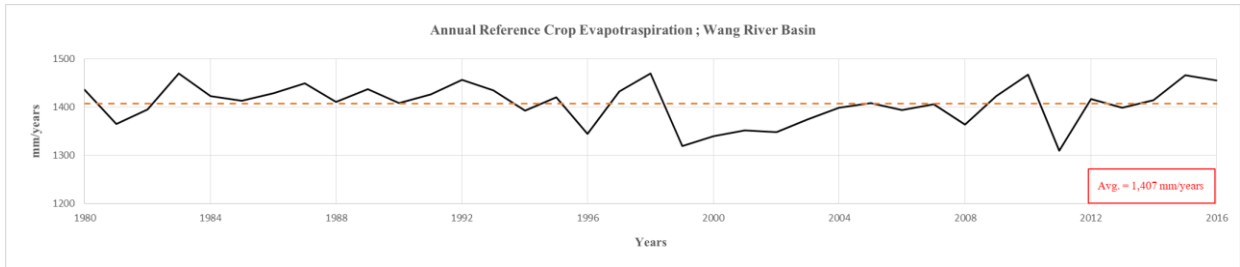
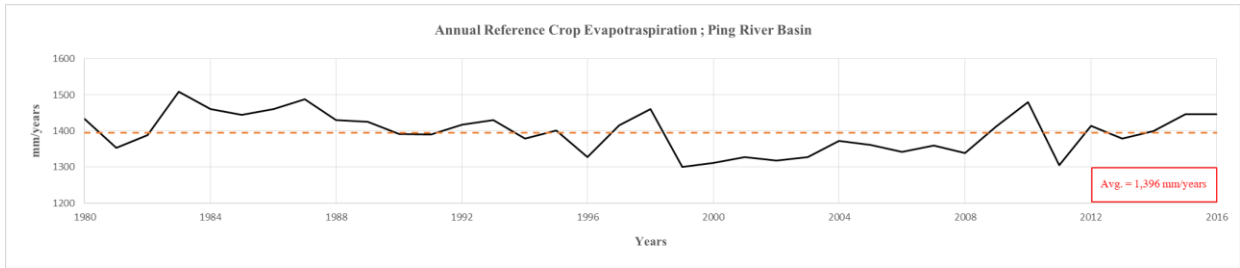
จาก ภาพที่ 5 แสดงปริมาณค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายจังหวัด โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันตก ภาคตะวันออก และภาคกลางมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงกว่า 1,450 มิลลิเมตร ส่วนพื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคใต้และภาคเหนือจะมีค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงต่ำกว่า 1,400 มิลลิเมตร และเมื่อพิจารณา ภาพ ๗2 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงแต่ละปีของรายลุ่มน้ำในภาคผนวกจะเห็นว่าค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปี บริเวณที่มีค่ามากจะเป็นโซนภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคตะวันออก บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง ท่าจีน เจ้าพระยา และลุ่มน้ำมูล ส่วนในลุ่มน้ำอื่นๆมีค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่ต่ำโดยเฉพาะลุ่มน้ำที่อยู่โซนภาคเหนือและภาคใต้ที่พื้นที่ส่วนใหญ่ในแต่ละปีมีค่าต่ำกว่า 1,400 มิลลิเมตร และสังเกตได้ว่าในปี 1996 1999 2001 และ 2002 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงต่ำทั่วประเทศ แต่ต่อมาในปี 2015 และ 2016 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงเพิ่มสูงขึ้นทั่วประเทศเช่นกัน โดยเฉพาะลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำป่าสัก และลุ่มน้ำท่าจีน ที่มีค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่สูงกว่า 1,500 มิลลิเมตร

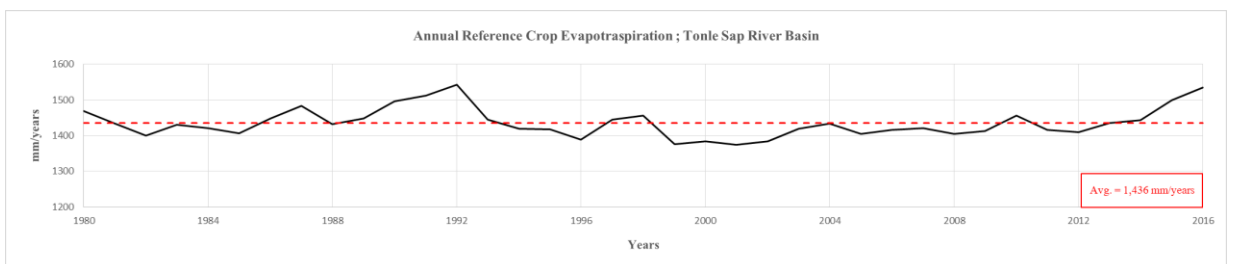
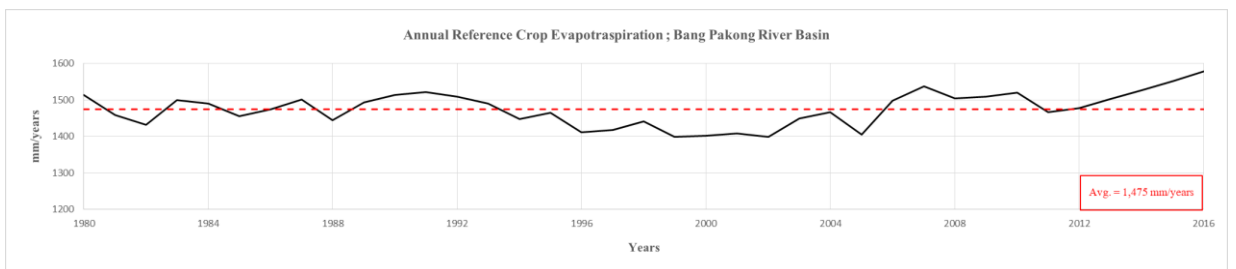
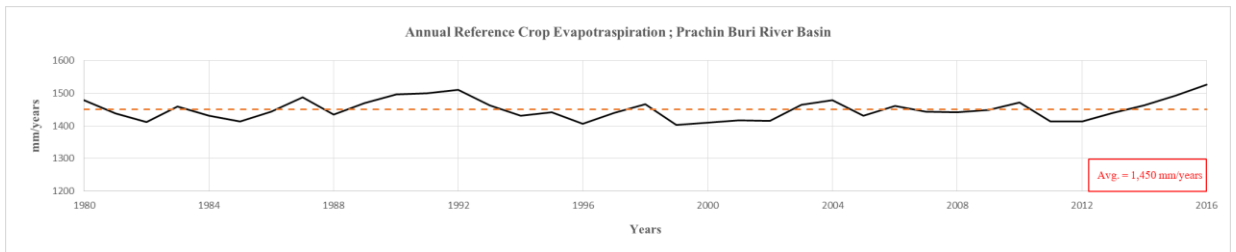
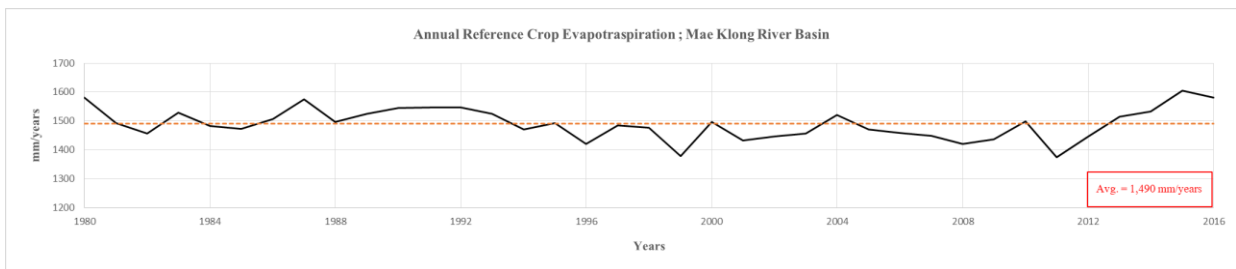
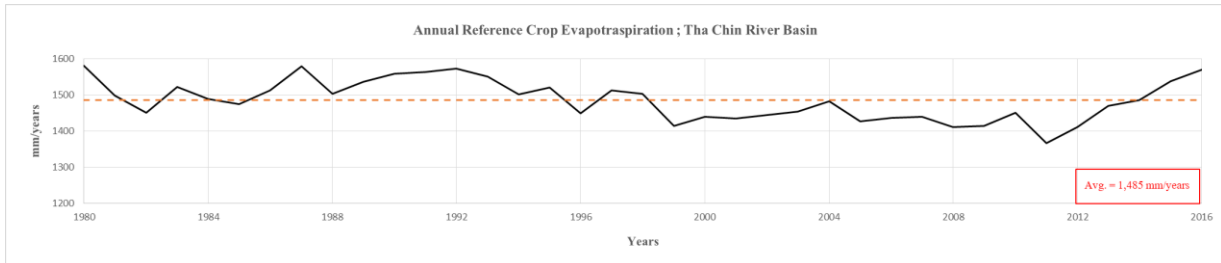
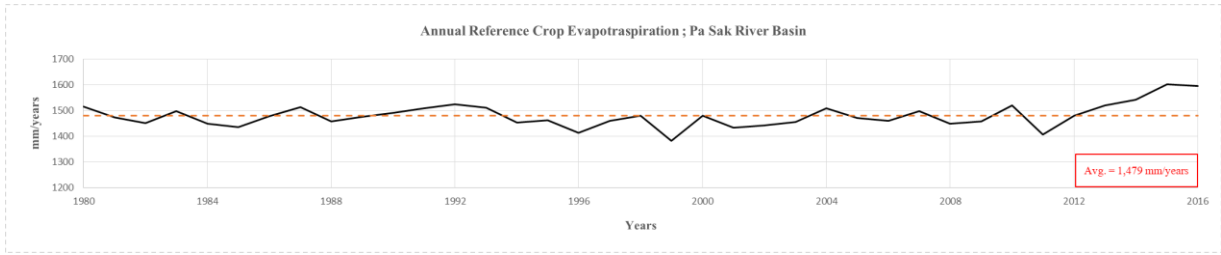


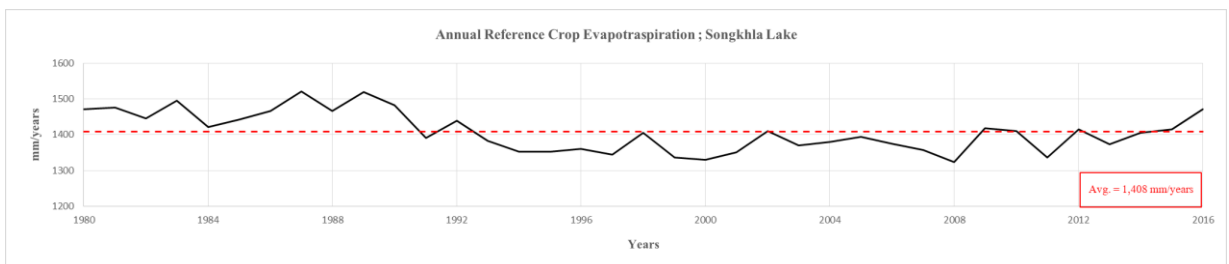
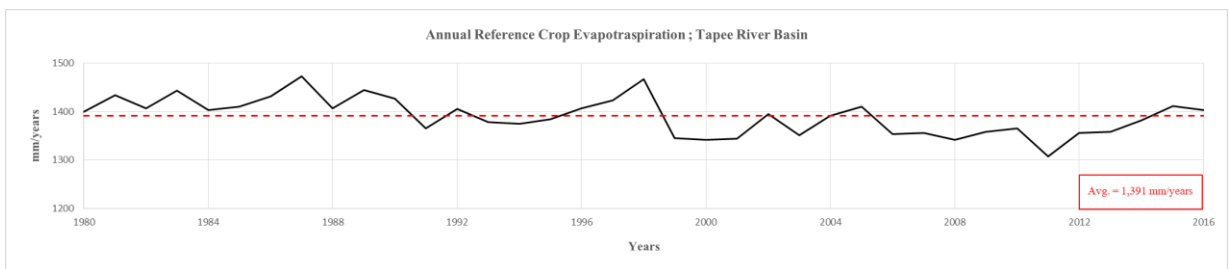
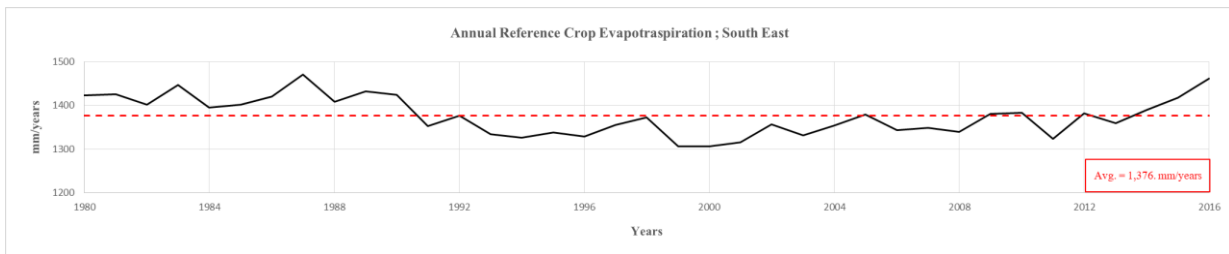
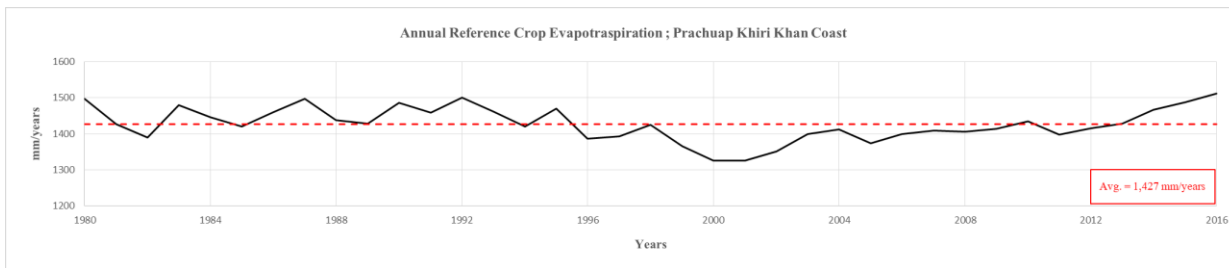
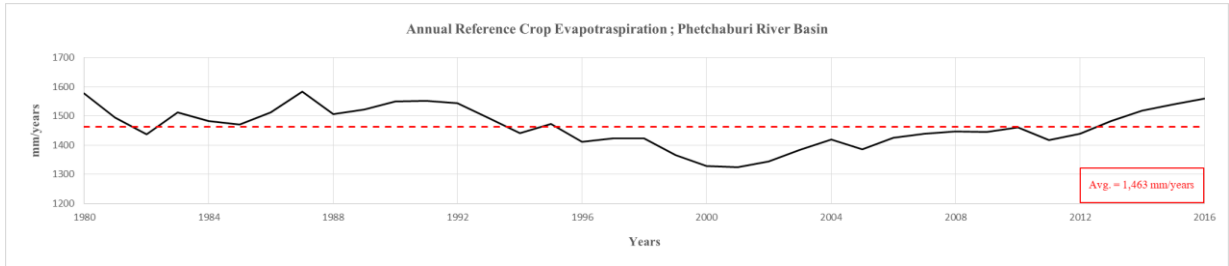
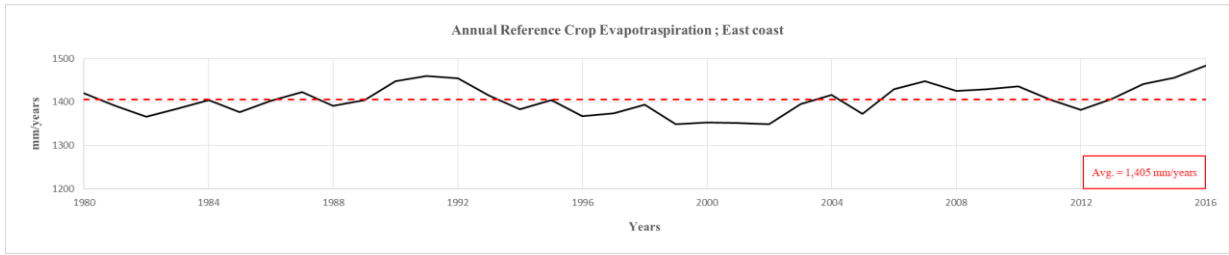
ภาพที่ 5 ค่าเฉลี่ยการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของแต่ละลุ่มน้ำ

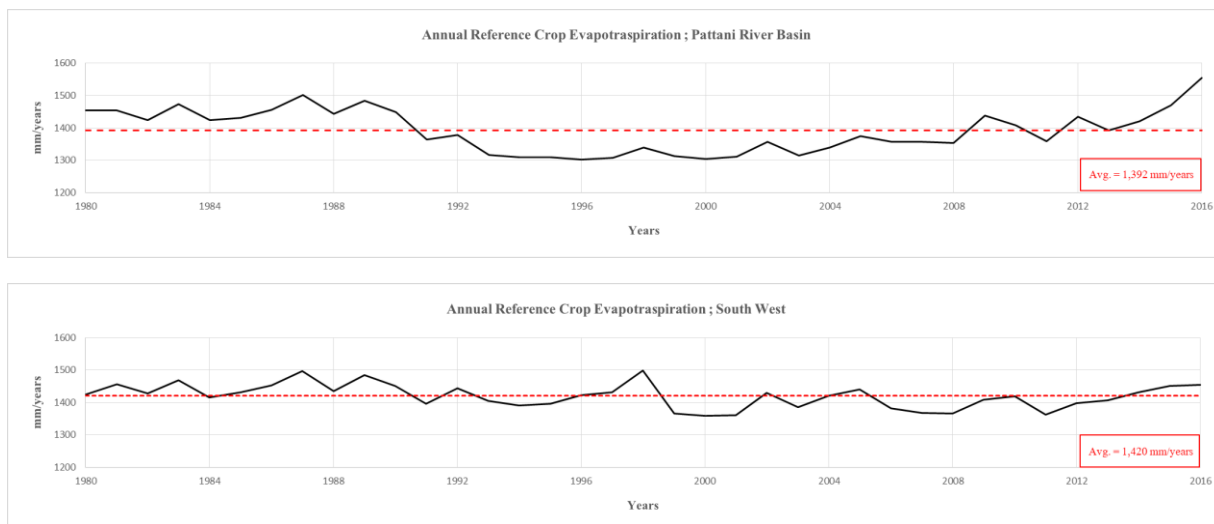
เพื่อให้มองเห็นแนวโน้มได้อย่างสะดวกมากขึ้นขอแสดงผลเป็นกราฟปริมาณค่าการใช้น้ำของพืช
อ้างอิงรายปี ในที่นี้ขอแสดงเป็นรายลุ่มน้ำซึ่งแบ่งเป็น 25 ลุ่มน้ำ ดัง ภาพที่ 6









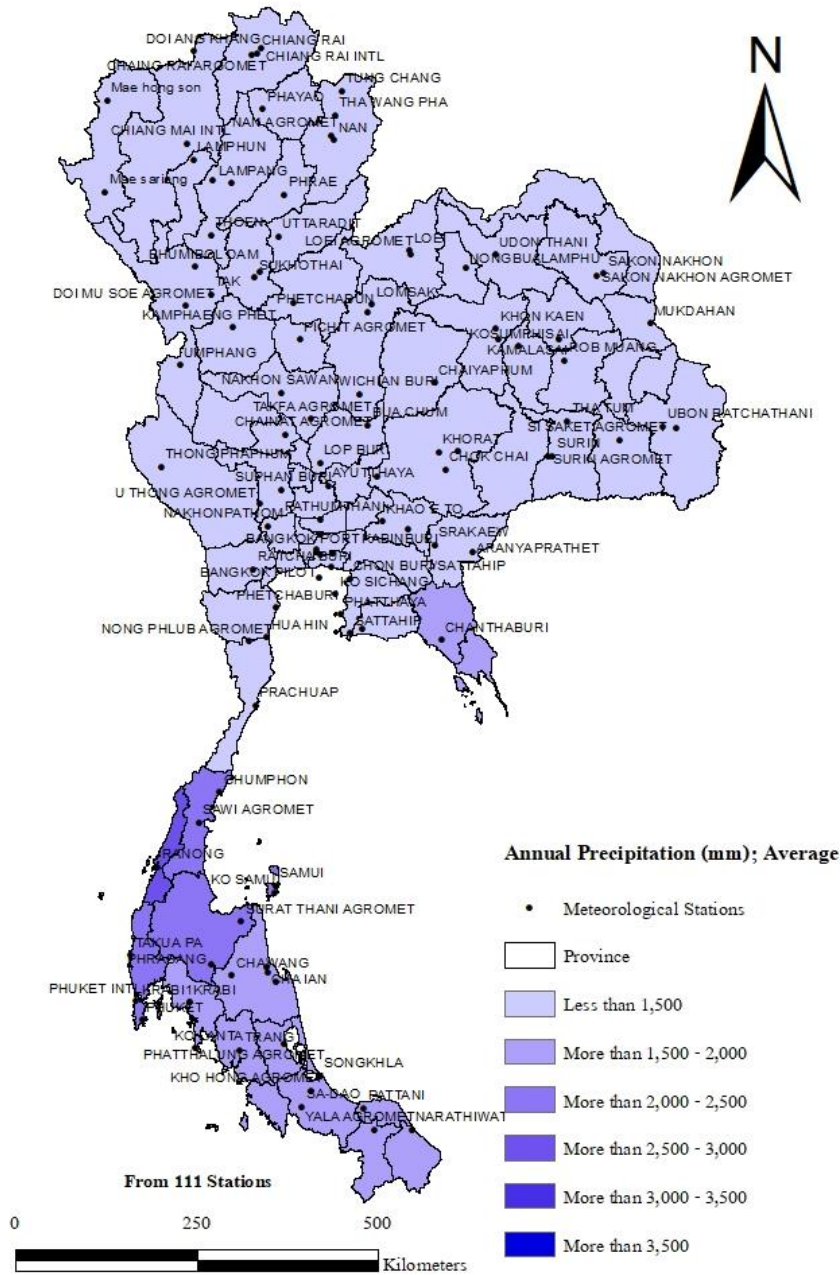


ภาพที่ 6 กราฟแสดงปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำของแต่ละปี

จากกราฟแสดงปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงแต่ละปีทั้ง 25 ลุ่มน้ำจะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงนั้นมีค่าที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปีโดยมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อพิจารณาทั้ง 25 ลุ่มน้ำนั้นจะเป็นว่าลุ่มน้ำที่มีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมากกว่าลุ่มน้ำอื่นๆ ประกอบไปด้วย ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ลุ่มน้ำป่าสักและลุ่มน้ำบางปะกง เนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำดังกล่าวมีพื้นที่เกษตรกรรมและมีพื้นที่ป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ แต่ในส่วนของลุ่มน้ำทั้งลุ่มน้ำชีและลุ่มน้ำมูลเมื่อเทียบกับพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆ แล้วก็มีค่ามากเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมนาข้าว จะเห็นว่ากราฟแสดงค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำเหมือนกับกราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายภาคเพราะว่าลุ่มน้ำเหล่านี้ครอบคลุมพื้นที่ในรายภาคของจังหวัดต่างๆ ในประเทศไทยนั่นเอง

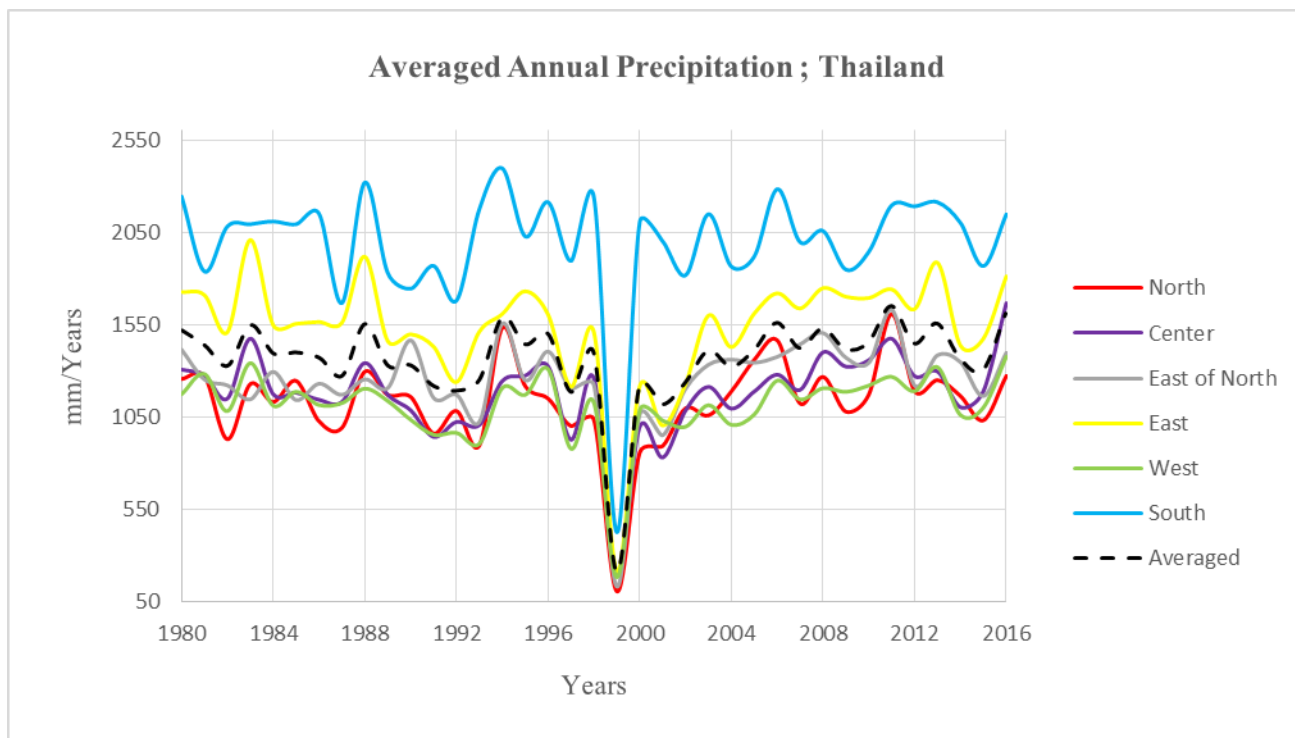
4.2.3 ปริมาณฝนรายจังหวัด

จาก ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยฝนรายปีของรายจังหวัด ปริมาณฝนในพื้นที่แต่ละจังหวัดส่วนใหญ่ของประเทศมีปริมาณที่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิเมตร และบริเวณพื้นที่ที่มีปริมาณฝนสูงจะเป็นภาคใต้ของประเทศไทยเนื่องจากทั้งสองฝั่งติดกับทะเลอันดามันและทะเลอ่าวไทยโดยเฉพาะจังหวัดระนองและชุมพรที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยมากที่สุดในประเทศไทย และเมื่อพิจารณาใน ภาพ ๗4 ปริมาณฝนรายปีของรายจังหวัดในภาคผนวก สังเกตได้ว่าในปี 2000 และปี 2001 พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศมีปริมาณฝนที่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิเมตร แต่ในจังหวัดชุมพรกลับมีฝนสูงกว่า 3,500 มิลลิเมตร และในปี 1999 ปริมาณฝนทั่วประเทศต่ำสุดในรอบ 37 ปีที่ทำการเก็บข้อมูล โดยมีจังหวัดที่มีปริมาณฝนต่ำกว่า 1,500 มิลลิเมตรทั่วประเทศ และในปี 2011 มีฝนกระจายตัวจำนวนมากทั่วประเทศ ทั้งภาคใต้ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยฝนรายปีของแต่ละจังหวัด

สำหรับแนวโน้มของฝนนั้นเพื่อให้เห็นภาพได้อย่างชัดเจนมากขึ้นจึงขอนำเสนอเป็นกราฟเส้น ค่าเฉลี่ยฝนเปรียบเทียบกับในรายภาค โดยแบ่งเป็น 6 ภาค ดังต่อไปนี้ คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ ดัง ภาพที่ 8

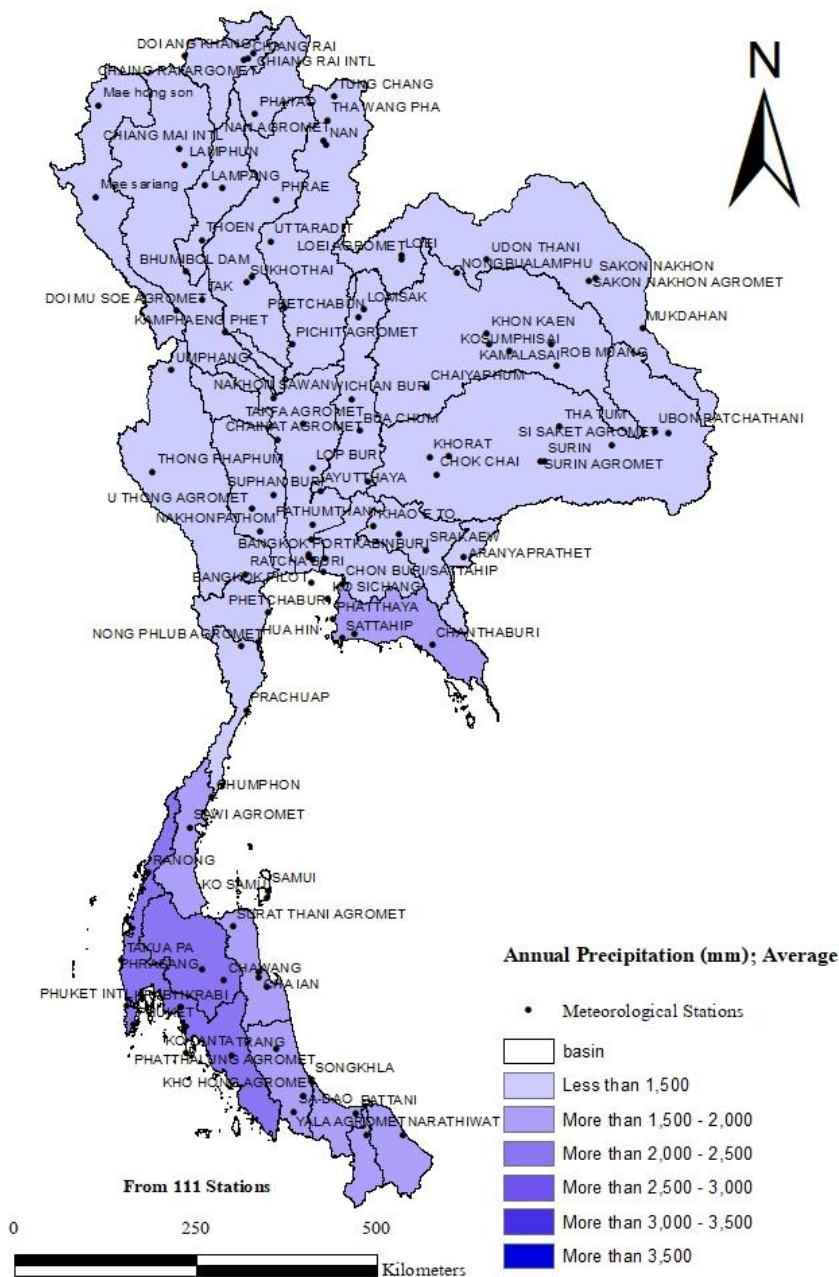


ภาพที่ 8 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายปีของภาคต่างๆในประเทศไทย

จากกราฟค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายปีรายภาคในประเทศไทยมีค่าลดลงและเพิ่มขึ้นสลับกันไปในแต่ละปี โดยมีแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณฝนคล้ายกันทุกภาคแต่ที่น่าน่าสังเกต คือ ในปี 1999 ปริมาณฝนมีการลดน้อยลงเป็นอย่างมากและเป็นเหมือนกันทั้งประเทศ แล้วยังเกิดฝนทิ้งช่วงติดต่อกันถึง 8 รอบในช่วงเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม ส่วนพื้นที่ที่มีฝนตกจะเป็นบริเวณภาคใต้และจังหวัดที่มีปริมาณฝนมากกว่าจังหวัดอื่นในภาคใต้นั้น คือ จังหวัดระนองและจังหวัดชุมพร โดยจะมีปริมาณฝนที่มีค่าสูงมากในช่วงปี 2000 – 2001

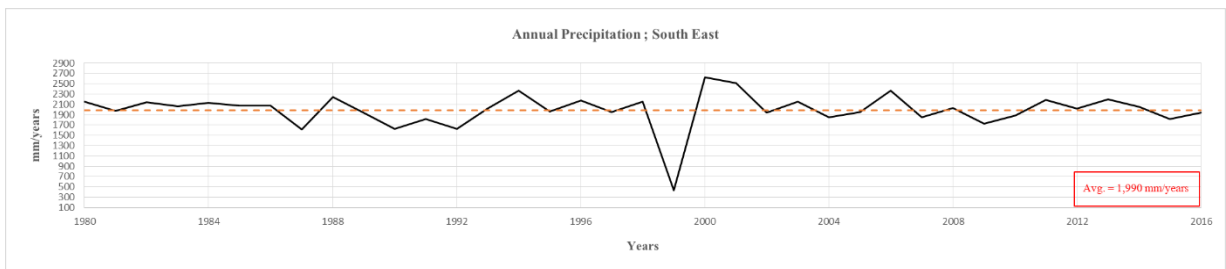
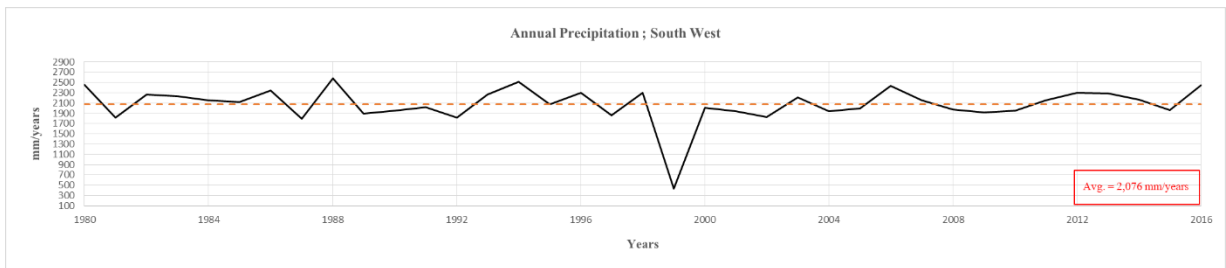
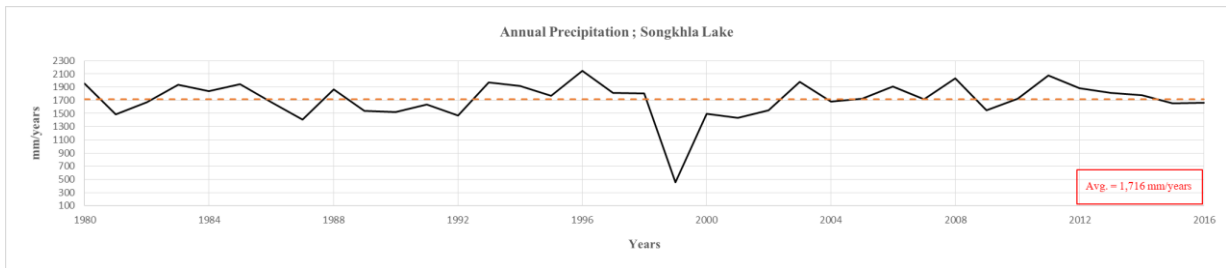
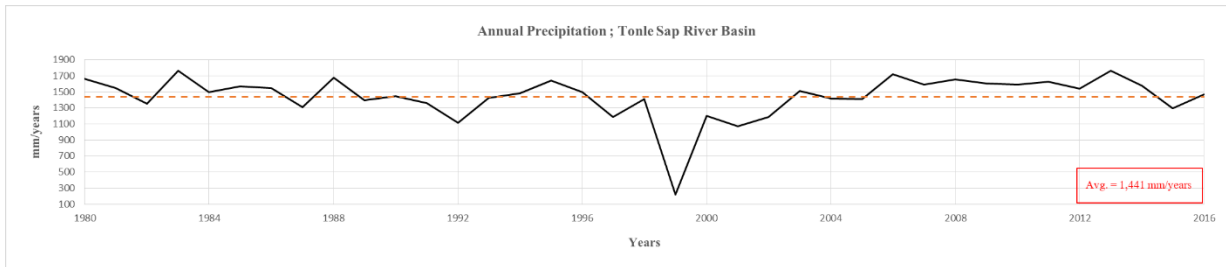
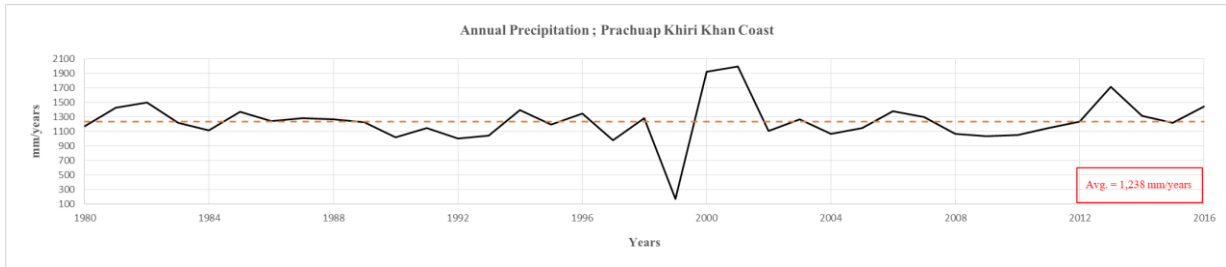
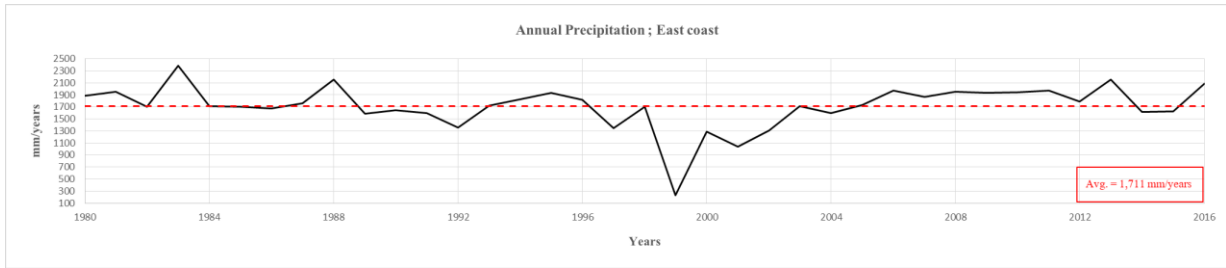
4.2.4 ปริมาณฝนรายลุ่มน้ำ

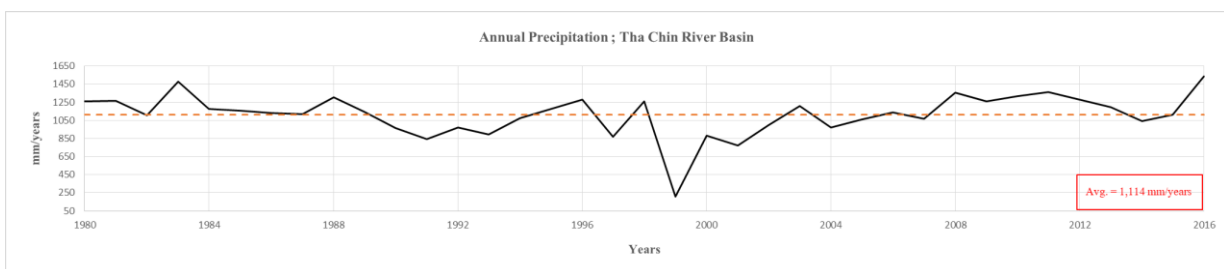
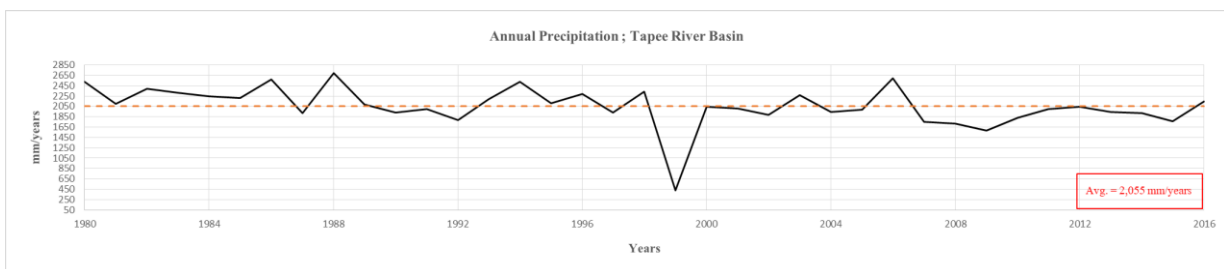
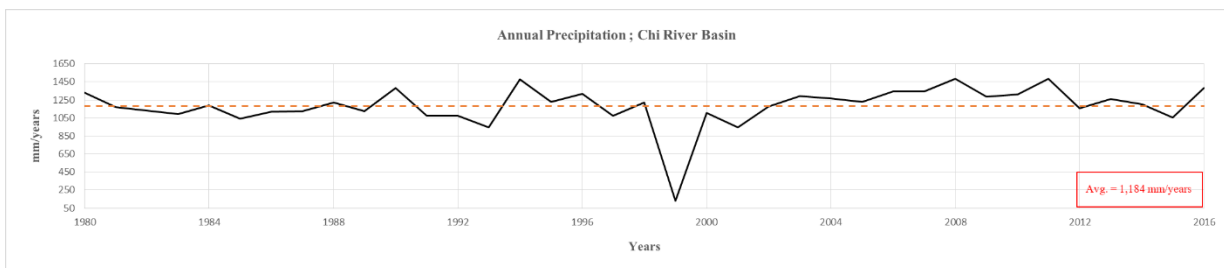
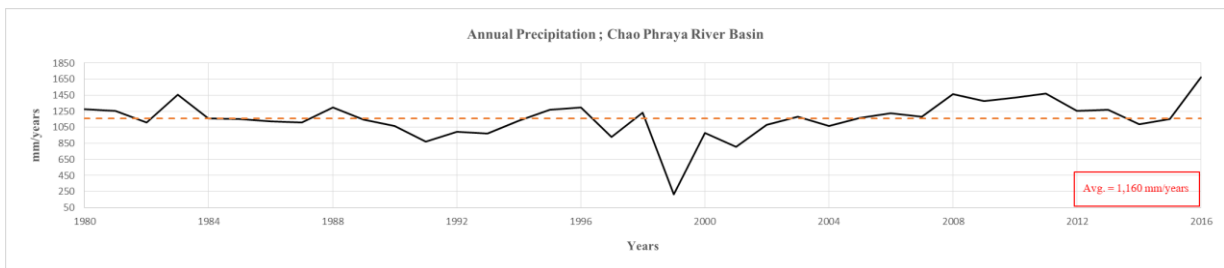
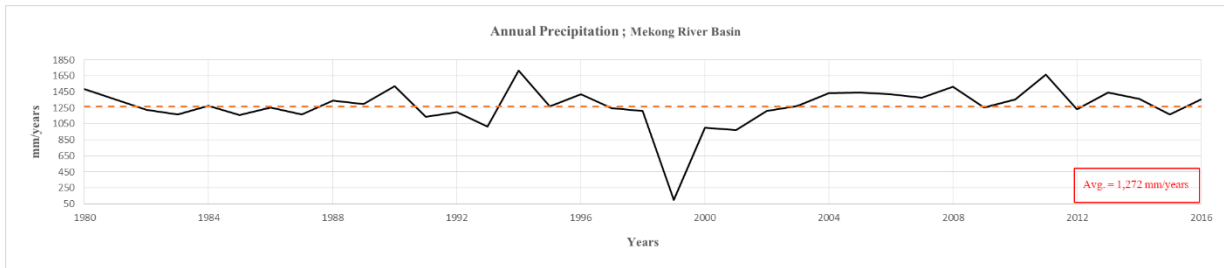
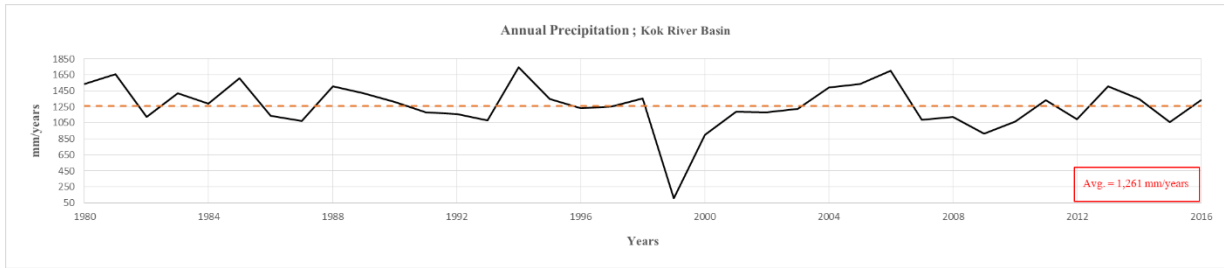
ในส่วนของฝนรายลุ่มน้ำมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับฝนของแต่ละพื้นที่รายจังหวัด ในลุ่มน้ำส่วนใหญ่ของภาคใต้จะมีปริมาณที่สูงกว่าลุ่มน้ำอื่นในประเทศโดยเฉพาะลุ่มน้ำภาคใต้ฝั่งตะวันตก ลุ่มน้ำตาปี และภาคใต้ฝั่งตะวันออกที่มีปริมาณฝนเฉลี่ยสูง และในปี 1999 มีปริมาณฝนต่ำทุกลุ่มน้ำทั่วประเทศไทย

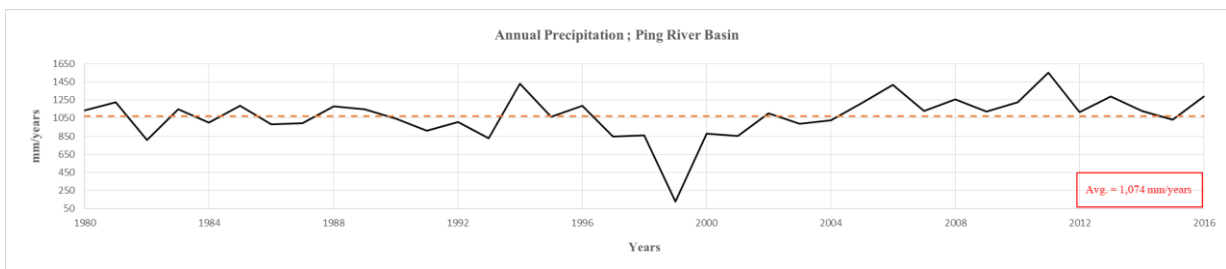
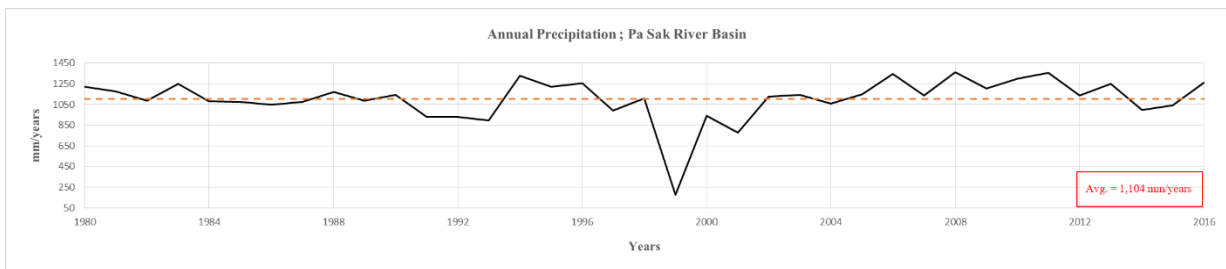
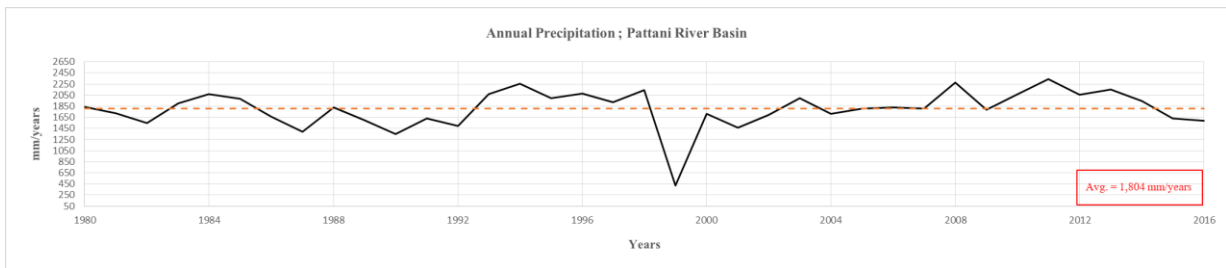
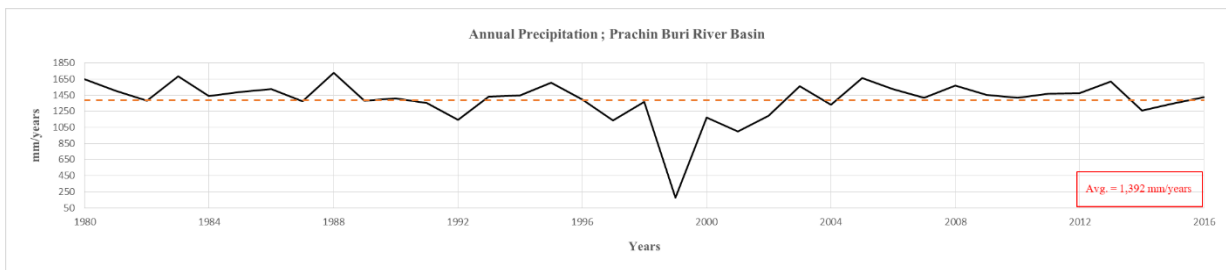
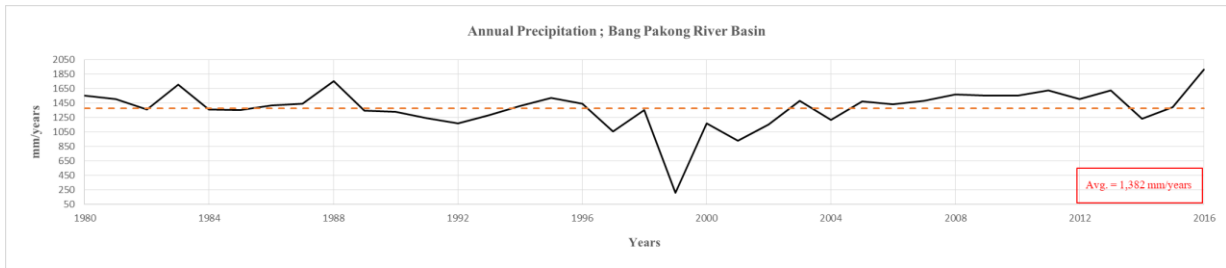
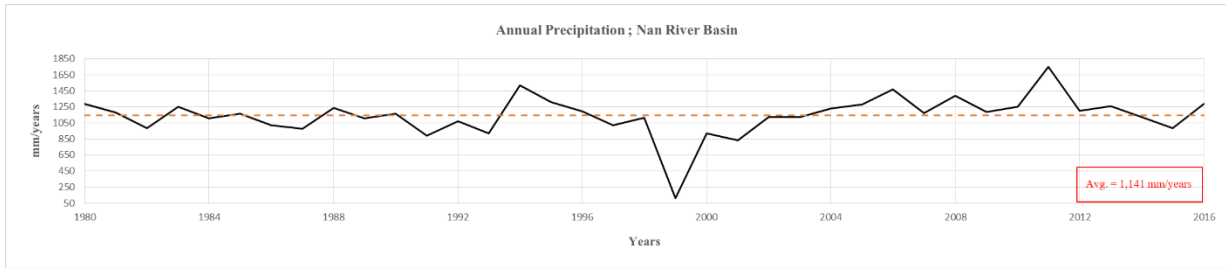


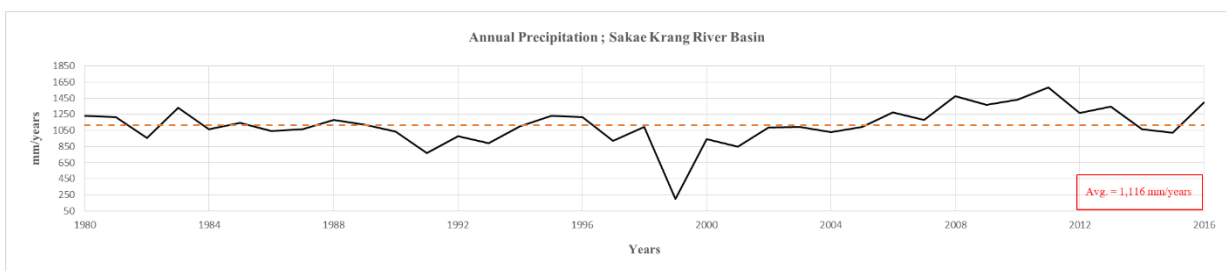
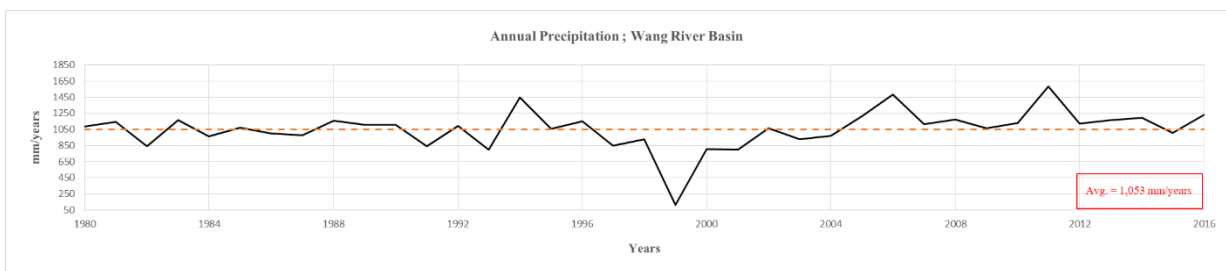
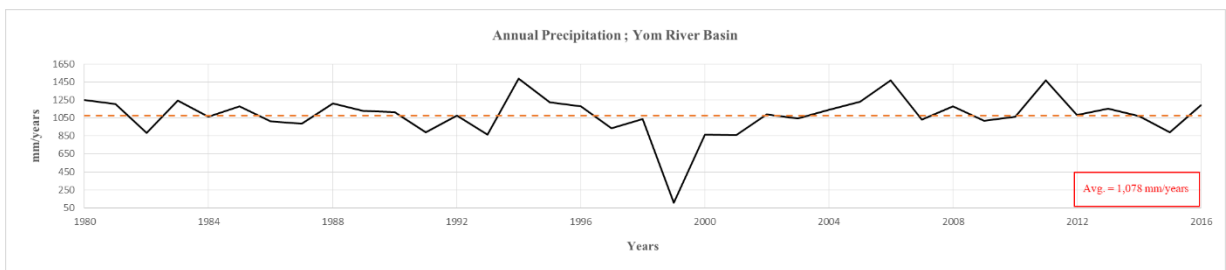
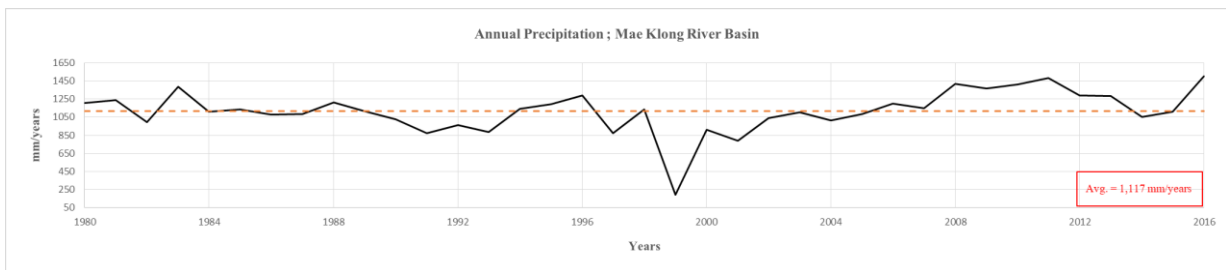
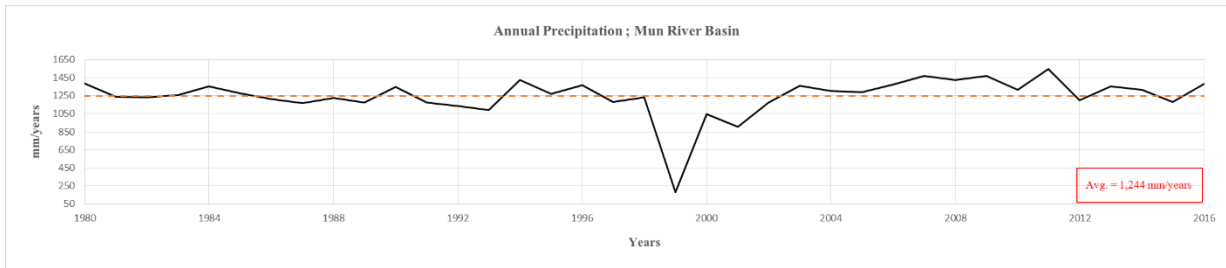
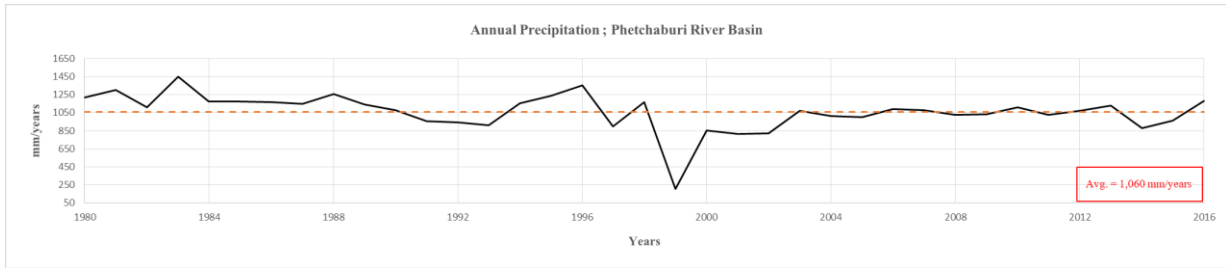
ภาพที่ 9 ค่าเฉลี่ยฝนรายปีของแต่ละลุ่มน้ำ

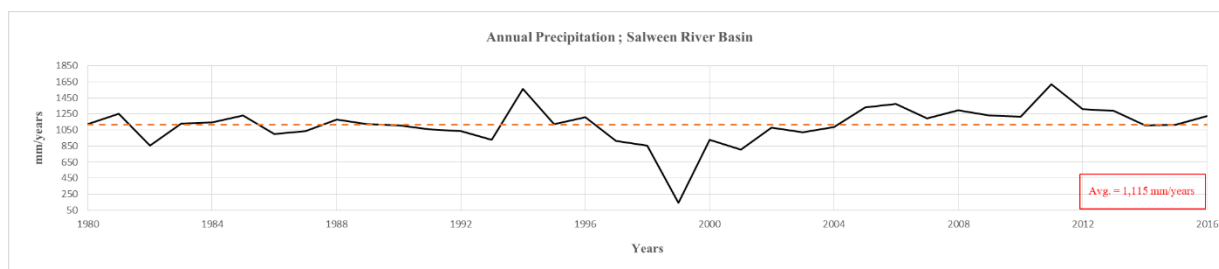
เพื่อให้มองเห็นแนวโน้มได้อย่างสะดวกมากขึ้นขอแสดงเป็นกราฟปริมาณฝนรายปี ในที่นี้ขอแสดงเป็นรายลุ่มน้ำซึ่งแบ่งเป็น 25 ลุ่มน้ำ ดังภาพที่ 10











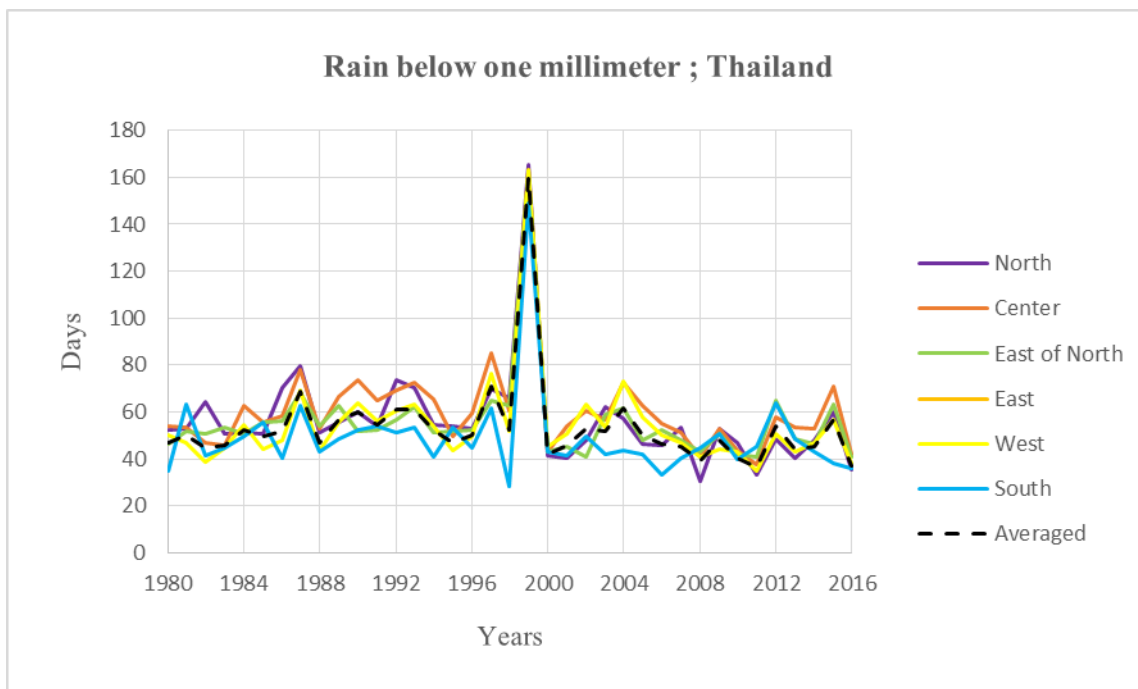
ภาพที่ 10 กราฟแสดงปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำ

จากกราฟปริมาณฝนแต่ละปีของรายลุ่มน้ำทั้ง 25 กราฟนั้นมีปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปีและมีแนวโน้มคล้ายกันในแต่ละลุ่มน้ำด้วย แต่สถานการณ์ฝนที่คล้ายคลึงกันของแต่ละลุ่มน้ำ คือ มีปริมาณฝนน้อยโดยทั่วไปประเทศไทยในปี 1999 จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มการลดลงที่สอดคล้องกับกราฟค่าเฉลี่ยปริมาณฝนรายภาคในแต่ละปีด้วย ในทางกลับกันบริเวณลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนมากก็เป็นที่น่าทึ่งคืออยู่แล้วว่าจะเป็นบริเวณลุ่มน้ำของภาคใต้ สำหรับลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนมากกว่าพื้นที่ลุ่มน้ำอื่นๆในภาคใต้ ก็คือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก ซึ่งครอบคลุมจังหวัดระนอง และภาคใต้ฝั่งตะวันออกซึ่งครอบคลุมจังหวัดชุมพร โดยมีปริมาณฝนมากเป็นพิเศษในช่วงปี 2000 – 2001 ทำให้เห็นว่าแนวโน้มของฝนทั้งหมดของรายลุ่มน้ำมีความสอดคล้องรายจังหวัดเนื่องจากพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละลุ่มน้ำนั้นครอบคลุมพื้นที่จังหวัดต่างๆในประเทศไทย

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณฝนในสภาวะเหตุการณ์ต่างๆ

4.3.1 จำนวนวันของฝนที่ตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรในแต่ละปี

สำหรับการวิเคราะห์จำนวนวันของฝนที่ตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรในแต่ละปีนั้นเนื่องจากต้องการวิเคราะห์ปรากฏการณ์ฝนทิ้งช่วงซึ่งมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการนับรอบของการเกิดฝนทิ้งช่วงคือ ฝนตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรติดต่อกัน 15 วัน จึงขอแสดงผลในรูปแบบของกราฟรายภาคจำนวน 6 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก และภาคใต้ เพื่อให้เห็นแนวโน้มจำนวนวันที่ฝนน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร ดัง ภาพที่ 11

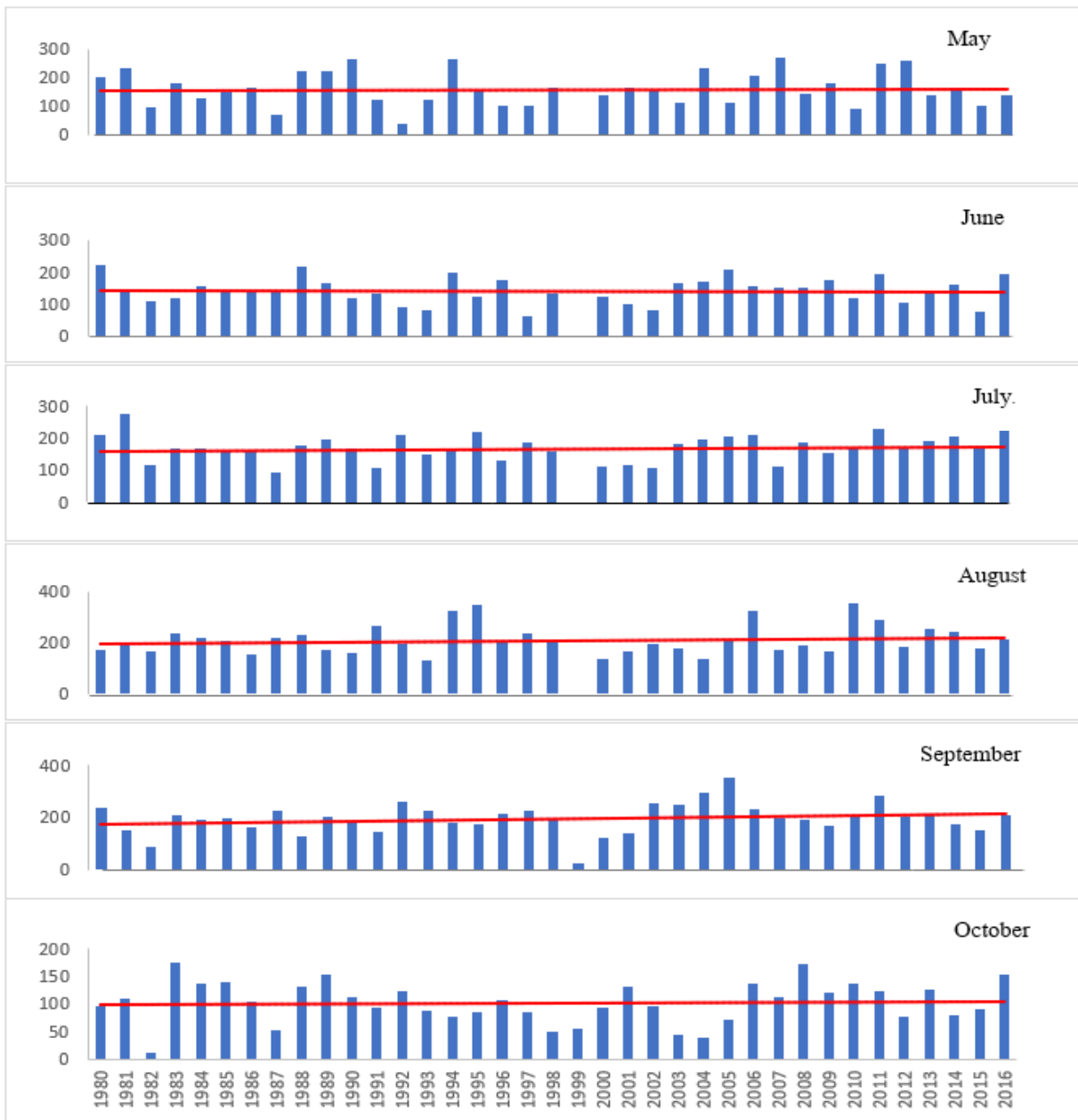


ภาพที่ 11 กราฟแสดงจำนวนวันที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรของแต่ละภาค

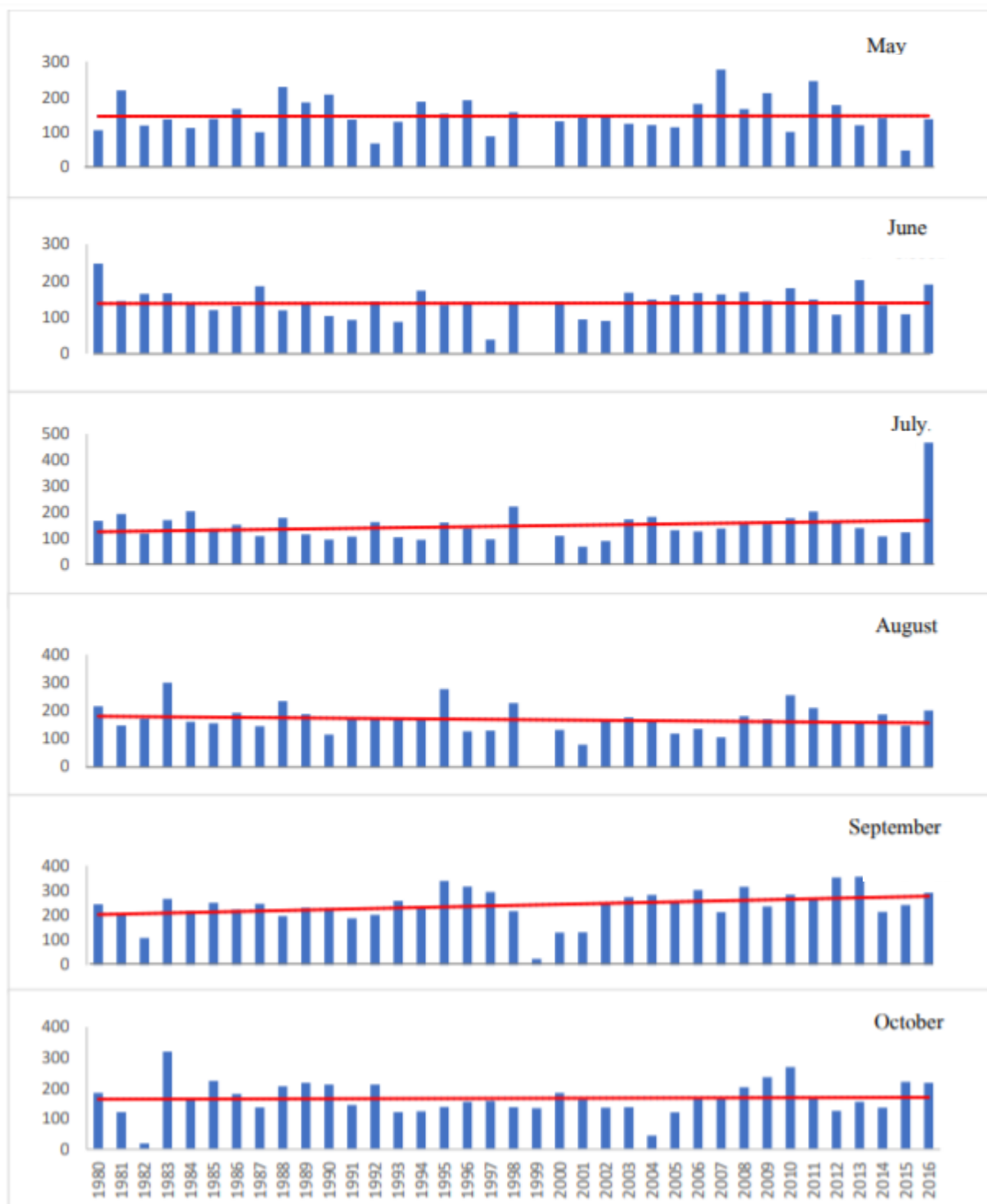
จากกราฟจะเห็นได้ว่าจำนวนวันที่ปริมาณฝนที่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตรนั้นจะมีมากที่สุดในช่วงปี 1999 ซึ่งสอดคล้องกับแผนที่และกราฟที่ได้อธิบายไปในก่อนหน้านี้ว่าฝนโดยทั่วประเทศมีปริมาณน้อยในช่วงปี 1999 นอกจากนี้เมื่อพิจารณารอบการเกิดฝนที่ช่วงพบว่าปี 1999 มีฝนที่ช่วงติดต่อกันถึง 8 รอบในช่วงเดือน พฤษภาคม – สิงหาคม ส่วนในปีอื่น ๆ นั้นก็มีฝนที่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตรเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละปี สอดคล้องกันทุกภาค

4.3.2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของช่วงฤดูฝนของภูมิภาคต่างๆในประเทศไทย

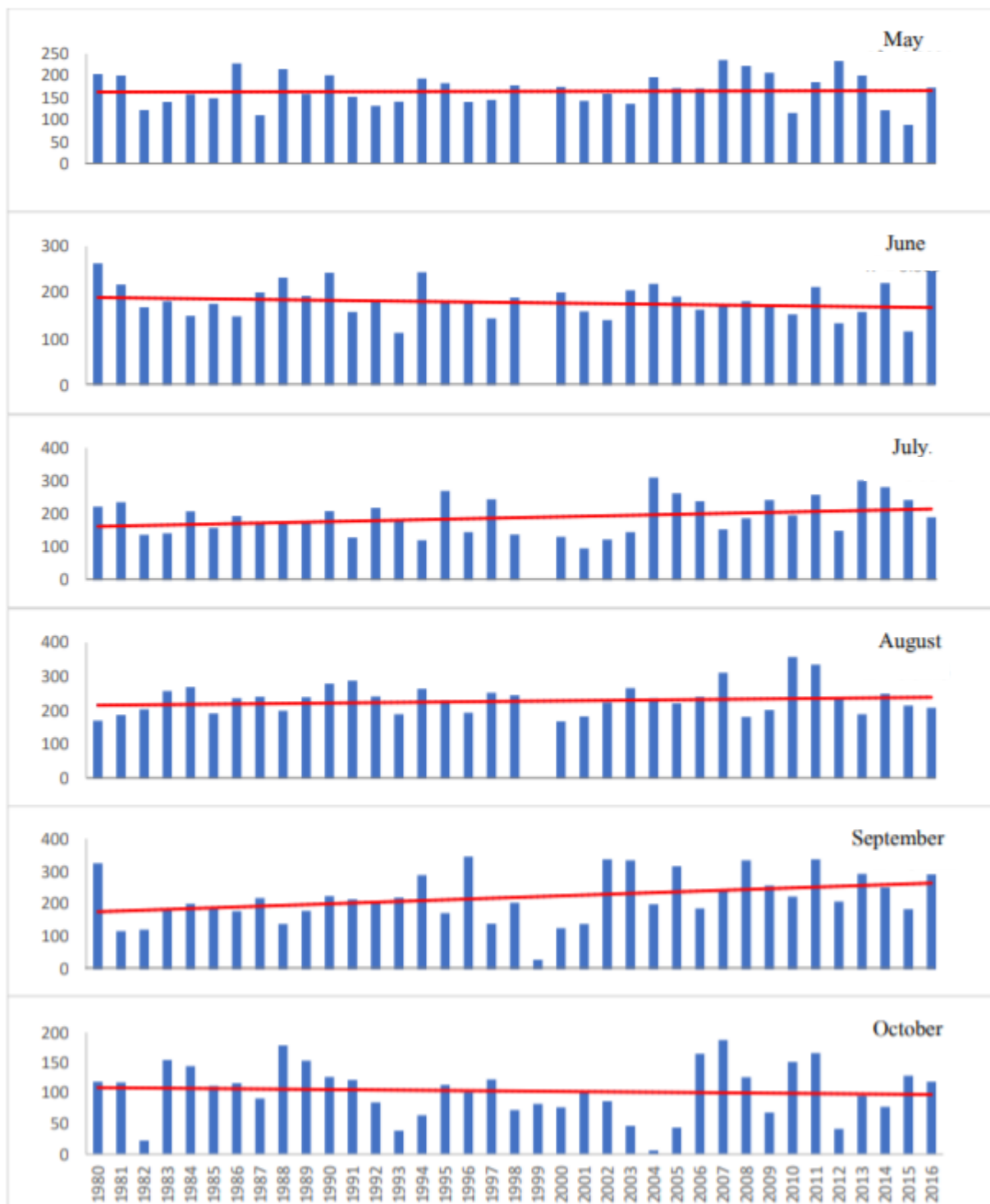
อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูฝนของภาคต่างๆในประเทศไทยทั้ง 6 ภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก ภาคตะวันตก ภาคใต้ ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปี 1980 ถึง 2016 เพื่อวิเคราะห์และบ่งชี้ถึงแนวโน้มของของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในแต่ละเดือนในช่วงฤดูฝน แสดงผลกราฟและแนวโน้ม ดัง ภาพที่ 12 - ภาพที่ 17



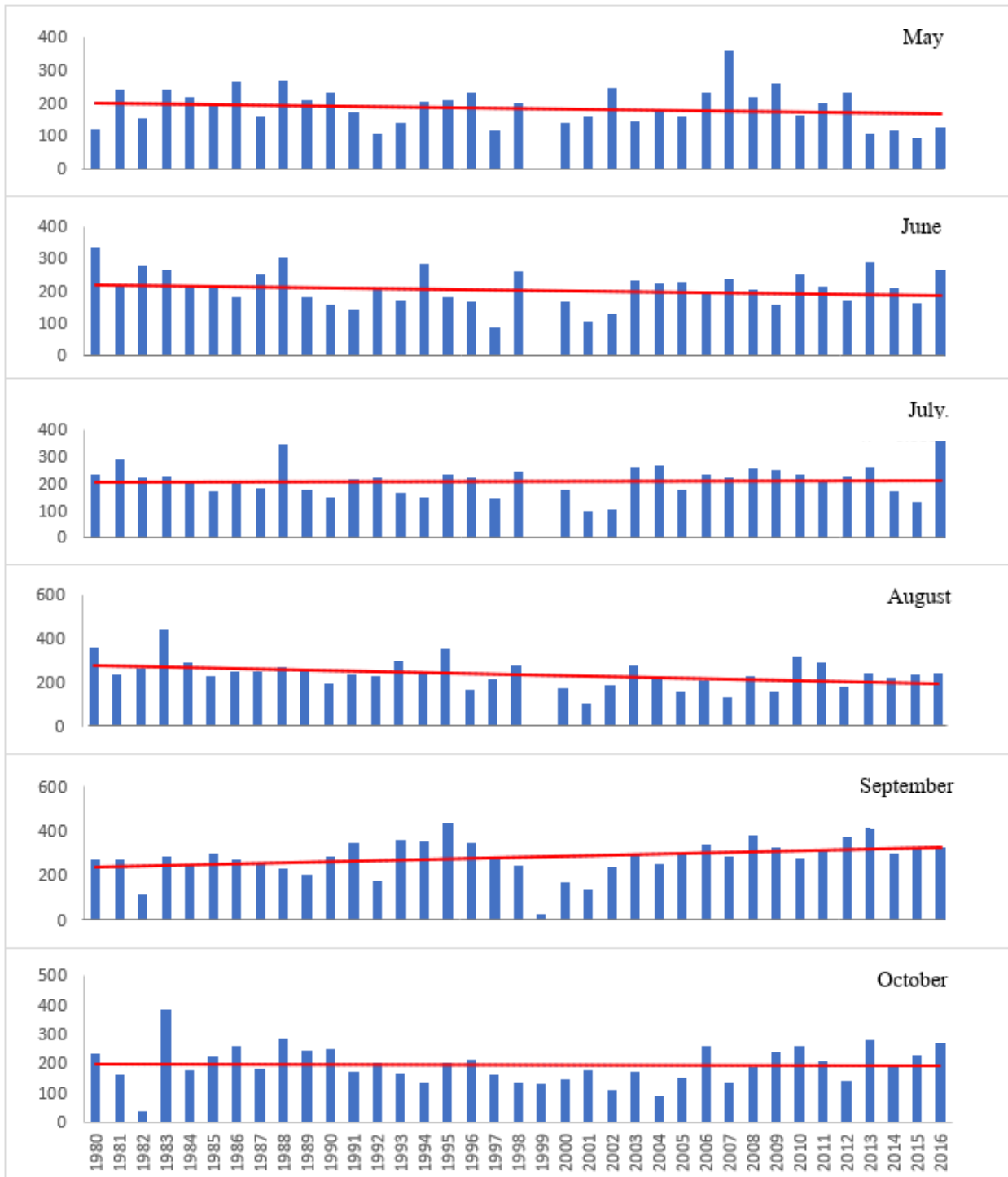
ภาพที่ 12 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคเหนือ ในช่วงปี 1980-2016



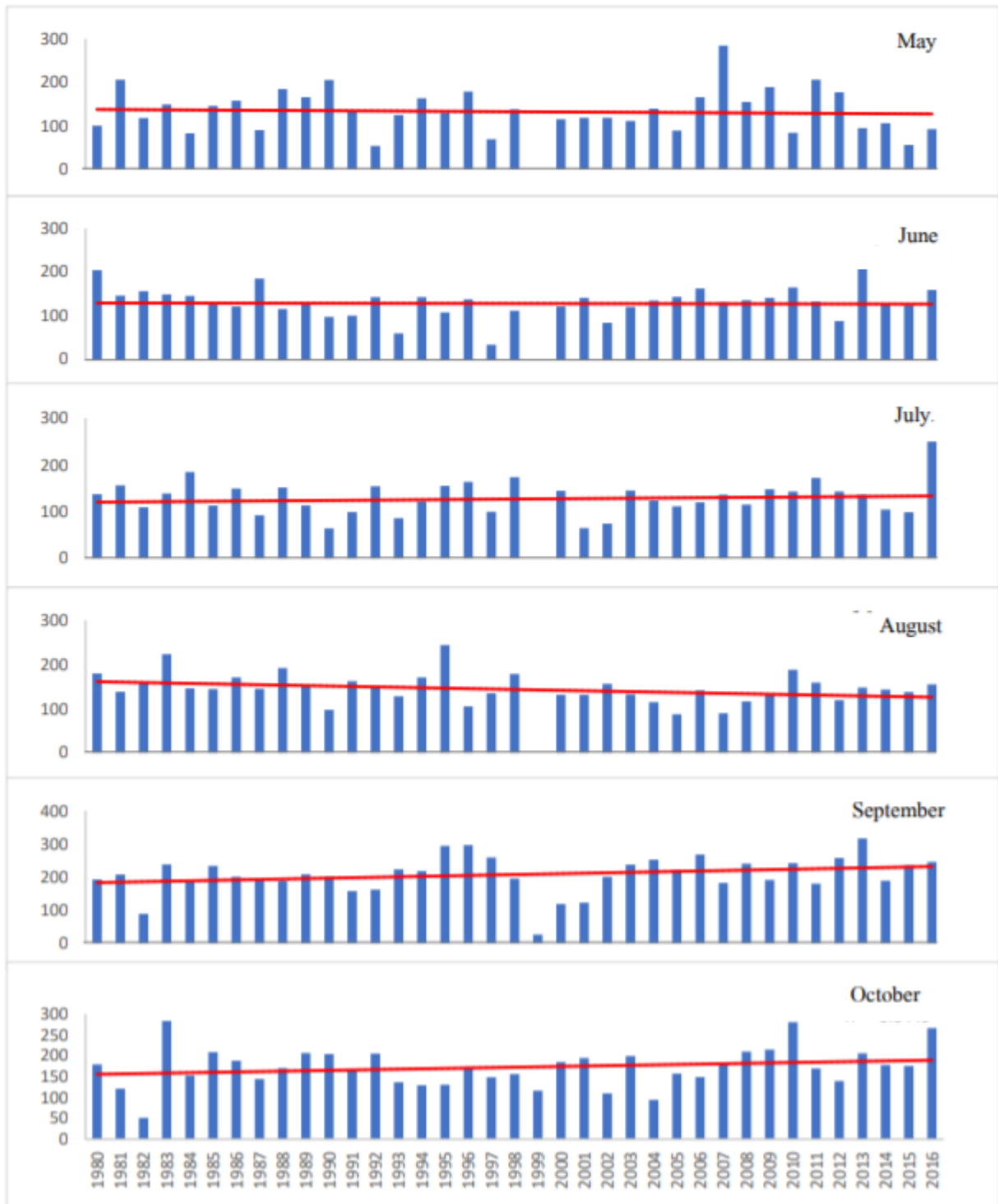
ภาพที่ 13 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคกลาง ในช่วงปี 1980-2016



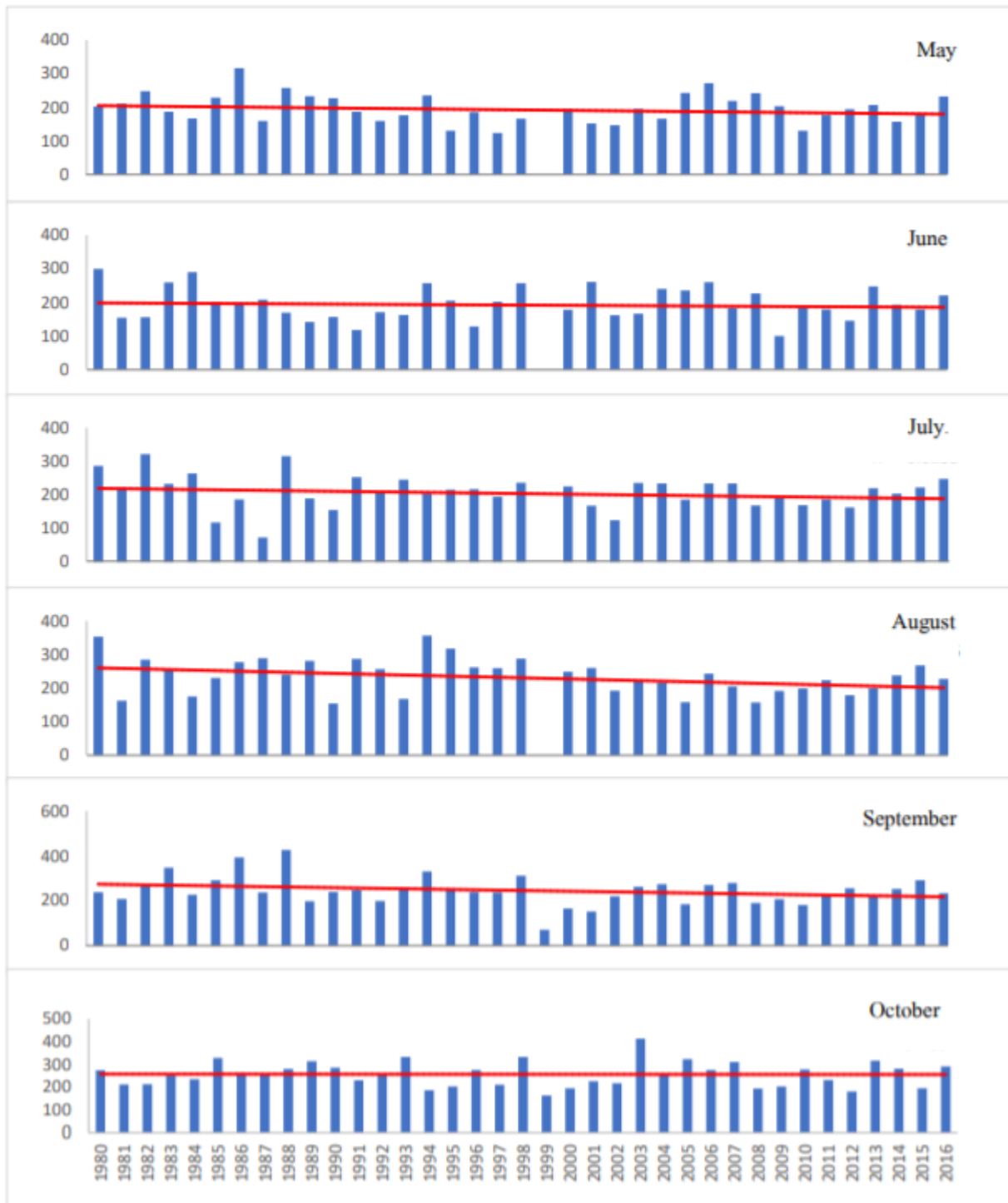
ภาพที่ 14 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปี 1980-2016



ภาพที่ 15 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงปี 1980-2016



ภาพที่ 16 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคตะวันตก ในช่วงปี 1980-2016

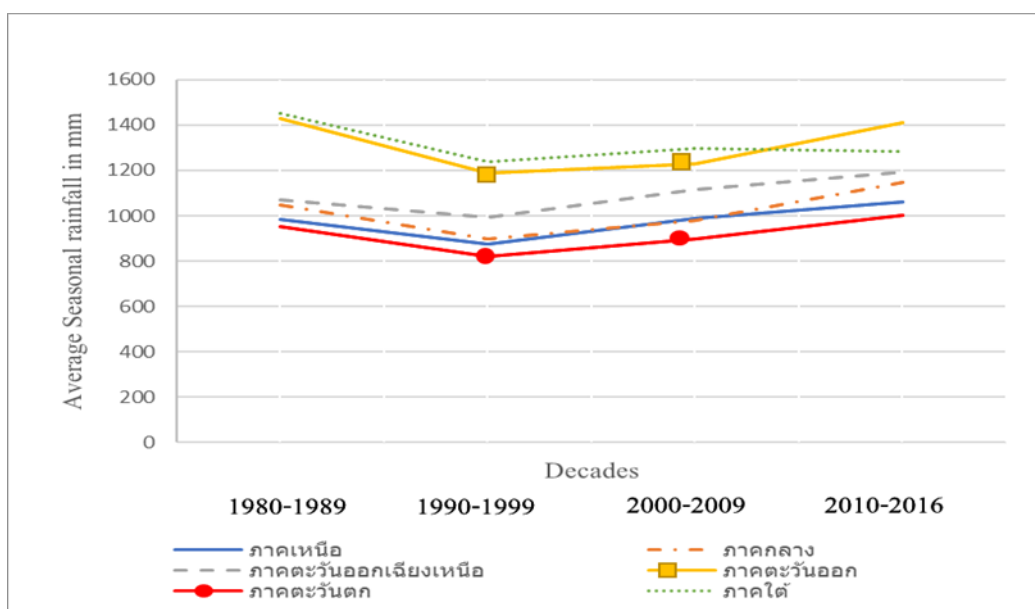


ภาพที่ 17 อนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตามฤดูกาลในช่วงฤดูมรสุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมสำหรับภาคใต้ ในช่วงปี 1980-2016

จากกราฟอนุกรมเวลาของปริมาณน้ำฝนของแต่ละภาคจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของปริมาณน้ำฝนมีทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละเดือน ในภาพรวมแล้วภูมิภาคส่วนใหญ่มีแนวโน้มปริมาณน้ำฝนที่สูงขึ้น ทั้งภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันตก ส่วนภาคตะวันออกและภาคใต้มีแนวโน้มปริมาณฝนที่ลดลง และเมื่อสังเกตจากกราฟแนวโน้มฝนในช่วงฤดูฝนของแต่ละภาคแล้ว จะเห็นในปี 1999 ปริมาณฝนมีปริมาณที่น้อยมาก และฝนทิ้งช่วงติดต่อกันหลายเดือน

4.3.3 ความแปรปรวนปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลเฉลี่ย

ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลในช่วงปี 1980 - 2016 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในฤดูฝนของแต่ละภาคแสดงให้เห็นว่ามีแนวโน้มลดลงจากทศวรรษแรกโดยภาคเหนือปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงจาก 985 มม. ลงมาที่ 875 มม. ภาคกลางลดลงจาก 1,050 มม. ลงมาที่ 897 มม. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จาก 1,071 มม. ลงมาที่ 993 มม. ภาคตะวันออก 1,428 มม. ลงมาที่ 1,189 มม. ภาคตะวันตก 953 มม. ลงมาที่ 823 มม. และภาคใต้จาก 1,450 มม. ลงมาที่ 1,237 มม. และในทศวรรษสามและสี่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องยกเว้นภาคใต้ที่มีแนวโน้มลดลงในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา โดยภาคเหนือเพิ่มขึ้นจาก 875 มม. เป็น 1,063 มม. ภาคกลาง 897 มม. เพิ่มขึ้นเป็น 1,148 มม. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มขึ้นเป็น 1,193 มม. ภาคตะวันออกเพิ่มขึ้นเป็น 1,408 มม. ภาคตะวันตกเพิ่มขึ้นเป็น 1,002 มม. และภาคใต้ลดลงจาก 1,295 มม. ลงมาที่ 1,285 มม. ดังแสดงใน ภาพที่ 18



ภาพที่ 18 ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนตามฤดูกาลเฉลี่ยในภูมิภาค

5. สรุปและอภิปรายผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปและอภิปรายผลการศึกษา

สำหรับโครงการวิจัยวิศวกรรมชลประทานนี้ได้ตอบโจทย์ในหัวข้อเรื่องก็คือ การพัฒนาฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนในประเทศไทย โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากกระบวนการทั้งหมดของโครงการนี้สรุปได้ดังนี้ คือ 1. ข้อมูลภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 111 สถานีซึ่งมีความยาวนานของข้อมูลตั้งแต่ปี 1980 – 2016 2. ข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนรายวันของแต่ละจุดสถานีอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทย 3. ฐานข้อมูลค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและฝนรายวันซึ่งจากขอบเขตของโครงการวิจัยประกอบด้วย ฐานข้อมูลรายจังหวัด ฐานข้อมูลรายลุ่มน้ำ และฐานข้อมูลรายลุ่มน้ำย่อย ในการแสดงผลการวิจัยนั้น ได้มีการจัดทำแผนที่การกระจายตัวของปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงในรายจังหวัดของปีต่างๆสรุปได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันไปในแต่ละปี และมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละจังหวัดซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ ปริมาณฝนที่ตก การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจกรรมต่างๆ เช่น การเกษตรกรรม ป่าไม้ เป็นต้น ในส่วนของแนวโน้มกราฟรายภาคก็มีความสอดคล้องกับแผนที่การกระจายตัวเนื่องจากมีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมากในบริเวณภาคกลางเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่การเกษตรและป่าไม้ จากแผนที่การกระจายตัวและกราฟรายลุ่มน้ำและรายลุ่มน้ำย่อยก็มีแนวโน้มต่างๆเหมือนกับรายจังหวัดเนื่องจากลุ่มน้ำเหล่านั้นมีการครอบคลุมพื้นที่จังหวัดต่างๆ ในส่วนของลุ่มน้ำที่มีปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่มากกว่าพื้นที่อื่นๆ ได้แก่ ลุ่มน้ำแม่กลอง ลุ่มน้ำท่าจีน ลุ่มน้ำเจ้าพระยา และลุ่มน้ำป่าสัก ซึ่งก็เป็นลุ่มน้ำที่ครอบคลุมภาคกลางนั่นเอง ในส่วนของแผนที่การกระจายตัวของฝนนั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันทั้งในรายจังหวัดและรายลุ่มน้ำโดยจะมีฝนตกมากบริเวณภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดระนองและจังหวัดชุมพร ในส่วนของรายลุ่มน้ำที่มีปริมาณฝนมากที่สุดคือลุ่มน้ำที่ครอบคลุมภาคใต้โดยเฉพาะอย่างยิ่งลุ่มน้ำที่ครอบคลุมจังหวัดระนอง คือ ภาคใต้ฝั่งตะวันตก และจังหวัดชุมพร คือ ภาคใต้ฝั่งตะวันออก ซึ่งการแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟนั้นก็ทำให้เห็นถึงแนวโน้มที่ได้กล่าวไปอย่างสะดวกมากขึ้น สำหรับข้อมูลค่าเฉลี่ยฝนเชิงพื้นที่นั้นยังได้มีการนำมาวิเคราะห์สำหรับฝนในสถานการณ์ต่างๆด้วยซึ่งแสดงผลไว้ในบทที่ 4 ในส่วนของผลการวิจัยทำให้สามารถทราบถึงสถานการณ์ฝนที่เกิดขึ้นจริงในที่นี้คือ การจัดทำกราฟเพื่อประเมินฝนที่ตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรในแต่ละปี เพื่อนำไปวิเคราะห์จำนวนรอบการเกิดฝนทั้งช่วงในแต่ละปี พบว่าในปี 1999 มีปริมาณฝนน้อยมากสอดคล้องกับแผนที่การกระจายตัวและกราฟปริมาณฝนที่ได้แสดงผลไปก่อนหน้านี้ อีกทั้งยังเกิดฝนทิ้งช่วงติดต่อกันหลายเดือนอีกด้วย ในส่วนที่แนวโน้มฝนและความแปรปรวนของปริมาณฝนก็มีความสอดคล้อง

ไปในทิศทางเดียวกันกับการแสดงผลและการวิเคราะห์พื้นที่ตกน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรด้วย สุดท้ายนี้รวมความได้ว่าโครงการวิจัยนี้สามารถสร้างฐานข้อมูลเพื่อนำไปสู่การใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆสำหรับการใช้ในการบริหารจัดการน้ำเพื่อเป็นองค์ประกอบในการคำนวณปริมาณความต้องการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมการเกษตรกรรมและสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาในงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

จากโครงการวิจัยที่มีกระบวนการทำงานทั้งหมดผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้ ประเด็นแรกในการรวบรวมและพัฒนาข้อมูลภูมิอากาศถือเป็นขั้นตอนที่มีความยากลำบากในการจัดการเป็นอย่างมากเนื่องจากมีความยาวนานของข้อมูลและมีจำนวนสถานีที่ใช้ในการวิจัยหลายแห่งซึ่งอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ในกระบวนการทำงานในขั้นตอนนี้ได้ จึงควรมีผู้ช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องในกระบวนการขั้นตอนนี้ ต่อมาในประเด็นประยุกต์ใช้ Model Builder เฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่เกิดปัญหาในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ออกมาไม่ครบเนื่องจากขนาดของ Cell Size ใน Shape file ที่อาจจะกำหนดไว้ใหญ่เกินไปจึงทำให้ในขั้นตอนการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่เกิดการข้ามผ่านไปไม่มีค่าเฉลี่ยในพื้นที่นั้นๆ จึงควรมีการตรวจสอบขนาดของ Cell Size ใน Shape file ให้ทราบว่าขนาดของ Cell Size ที่เล็กที่สุดมีค่าเท่าไรแล้วจึงกำหนดขนาดให้รองรับเพื่อให้การเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่นั้นมีความครบถ้วนทุกพื้นที่ แต่การกระทำแบบนี้จะทำให้ระยะเวลาในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ใช้เวลามากขึ้นเป็นอย่างมากแต่ในขั้นตอนนี้ก็ต้องยอมที่จะใช้เวลามากเพื่อให้ข้อมูลที่เฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่นั้นมีความครบถ้วน หากในอนาคตมีวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวก็จะทำให้การกระบวนการทำงานนี้มีความสะดวกและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และประเด็นสุดท้ายในโครงการวิจัยนี้มีการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ใน รายจังหวัด รายลุ่มน้ำ และรายลุ่มน้ำย่อย เหนือสิ่งอื่นใดโครงการวิจัยนี้ได้สร้างกระบวนการทำงานในการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ไว้แล้วซึ่งต่อไปจะสามารถนำ Shape file ของแผนที่ฐานได้ก็ได้มาเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ซึ่งทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานสำหรับงานวิจัยอื่นๆที่มีกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเฉลี่ยค่าเชิงพื้นที่ต่อไป

หมายเหตุ : เนื่องจากผลการวิจัยในส่วนของปริมาณฝนในปี 1999 นั้นมีค่าที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย ซึ่งแสดงผลแบบนี้ทั้งในแผนที่การกระจายตัวของฝนทั้งรายจังหวัด รายลุ่มน้ำ รายลุ่มน้ำย่อย และกราฟแสดงแนวโน้มทั้งรายภาคและรายลุ่มน้ำ จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณฝนนั้นมีค่าน้อยมากอย่างผิดปกติ อีกทั้งในปี 1999 เกิดฝนทิ้งช่วงติดต่อกันถึง 8 รอบ หากพิจารณาแล้วไม่สอดคล้องกับความเป็นจริง ในรายงานวิจัยนี้จึงขอไม่นำค่าปริมาณฝนปี 1999 มาใช้ในการวิเคราะห์และไม่ควรนำค่าปริมาณฝนในปี 1999 นี้ไปใช้ประโยชน์ต่อไปสำหรับงานวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องในอนาคต

6. เอกสารอ้างอิง

กาญจน์ จิตนิยม และปานศักดิ์ สักดิ์วีโรจน์. (2543). การศึกษาฝนใช้การของพืชไร่ในประเทศไทย.

โครงการนิสิตวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กุศล ทองงาม, เบญจพรรณ เอกะสิงห์, ชันยา พรหมบุรณย์, ศุภกิจ สิ้นไชยกุล และ นฤมล ทินราช. 2548.

ความพอเพียงและประสิทธิภาพเชิงเศรษฐกิจของการใช้น้ำชลประทานในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน.
วารสารเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 9(2).

กรมชลประทาน. (2554). คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและ

ค่าสัมประสิทธิ์พืช. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำกรมชลประทาน.

กฤษณะ อิมสวาสดี. 2561. การพัฒนาต้นแบบระบบอ่านข้อมูลระยะไกลเพื่อติดตามคุณภาพน้ำใน
มหาวิทยาลัย

บุรพา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 27(2).

จินตนา อมรสงวนสิน. มปป. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน. วารสารการจัดการ
สิ่งแวดล้อม.

จิตติพงษ์ หงษ์อินทร์, ณัฐพัชร์ วงษ์สุภลักษณ์ และ จวีวรรณ สุดจิตร์. 2555. การทดลองหาปริมาณการใช้น้ำที่
เหมาะสมของข้าวโพดหวานที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์. วารสารข่าวเกษตรชลประทาน ปีที่ ๑๗
(ฉบับที่ ๖๕).

ณัฐกร ทองเพ็ชร ชาญเวทย์ สหชาติ สรรพคุณ สุนันทา ศรีม่วง และ ธนัท อาจสีนาค. 2558. การประยุกต์ใช้
ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ร่วมกับฐานข้อมูลภูมิศาสตร์ในพื้นที่บริการวิชาการของ
วิทยาลัยชัย

บาดาลพิพัฒน์ อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี เพื่อความเหมาะสมของพื้นที่เพาะปลูกของชุมชน.

วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร 10(2).

ณัฐพล จันทร์แก้ว และ อาภากร ทองวงสา. 2559. แบบจำลองทางสถิติเชิงพื้นที่สำหรับการคาดคะเนสมบัติ

พื้นฐานของดิน ณ บ้านโป่งลึกบางกลอย อำเภอแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24(3).

ทงศักดิ์ เชิดนรินทร์. (2544). การเปรียบเทียบค่า Etp โดยวิธี Penman Moteith และวิธี Modified

Penman กับ Lisimeter. โครงการวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาศ. 2559. บูรณาการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อหาพื้นที่เหมาะสมในการปลูกผักเศรษฐกิจ. วารสารวิจัยสังคม 39(2).

ชนมล ช้องนอก, ดาวร อ่อนประไพ. 2555. การใช้ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อประเมินความต้องการใช้น้ำชลประทาน

ของข้าวนาปีและข้าวโพดฝักอ่อนในตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ในรายงานประชุม Graduate Research Conference ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ปรีชา กาเพ็ชร, ทักษิณา ศันสยะวิชัย และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2559. การประเมินประสิทธิภาพของสมการ

แบบเรียบง่ายสำหรับประมาณการค่าการคายระเหยน้ำและการเปลี่ยนแปลงความชื้นดินในไร้อ้อย. วารสารวิชาการเกษตร ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 มกราคม – เมษายน 2559

ราชนันท์ พัฒนศักดิ์, อุทิศ กุญอินทร์ และ นิพนธ์ ตั้งธรรม. 2557. ปัญหาปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรในลุ่มน้ำปราณ

บุรี. วารสารวิจัยสังคม 37(1).

วุฒิพงษ์ แสงมณี. 2555. แบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรม

กรณีศึกษาบริเวณลุ่มน้ำปัตตานีตอนล่าง. วารสารวิชาการคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ 8(2): 2. วิบูลย์ บุญยชโรกุล. (2526). **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราฤทธิ์ พานิชกิจโกศลกุล. 2552. การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนรายเดือนของสถานีอุตุนิคมวิทยาและสถานีอากาศ

เกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 17(2).

วิษุวัตต์ เต็มสมบัติ. (2555). **อุทกวิทยาทางวิศวกรรม**. เอกสารประกอบการสอน วิชา 02207311 ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุบรร ผลกัศ. 2559. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนดาวเทียมกับฝนสถานีในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน. **Research Journal-Rajamangala University of Technology Thanyaburi** 15(1).

สุกัญญา ปัญญาภาโส. 2556. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ความเหมาะสมของ

พื้นที่ เพื่อการเกษตรกรรม กรณีศึกษา : อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก. **วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล.**

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. (2552). **การใช้น้ำของพืชฤดูแล้งและการประยุกต์**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ

วิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

Ajay Singh. 2018. Managing the salinization and drainage problems of irrigated areas through remotesensing

and GIS techniques. **Ecological Indicators** 89(2018).

Gouri Sankar Bhunia, Pravat Kumar Shit and Ramkrishna Maiti. 2016. Comparison of GIS-based

interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC). **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences** 17(2018).

John D. Valiantzas. 2018. Temperature-and humidity-based simplified Penman's ET0 formulae.

Comparisons

with temperature-based Hargreaves-Samani and other methodologies. **Agricultural Water Management** 208(2018).

Juan Manuel Peragón, Antonio Delgado and Francisco J. Pérez-Latorre. 2015. A GIS-based quality

assessment model for olive tree irrigation water in southern Spain. **Agricultural Water Management** 148(2015).

Luis S. Pereira, Richard G. Allen, Martin Smith and Dirk Raes. 2014. Crop evapotranspiration

estimation with FAO56: Past and future. **Agricultural Water Management** 147 (2015).

Luiz Gonsaga de Carvalho, Adão Wagner Pego Evangelista, Klerisson Milton Gontijo Oliveira,

Bruno Montoani Silva, Marcelo de Carvalho Alves, Arionaldo de Sá Júnior, Wezer Lismar Miranda. 2013. **FAO Penman-Monteith equation for reference evapotranspiration from missing data**. IDESIA, Chile.

Patrizia Casella, Luigi De Rosa, Antonio Salluzzo and Sabino De Gisi. 2019. Combining GIS and FAO's crop

water productivity model for the estimation of water footprinting in a temporary river catchment. **Sustainable Production and Consumption** 17(2019).

Saravanan. Sa and Manjula. R. 2015. Geomorphology Based Semi-Distributed approach for Modeling

Rainfall-Runoff Modeling using GIS. **Aquatic Procedia** 4(2015).

Shailza Sharma and P.P. Mujumdar. 2019. On the relationship of daily rainfall extremes and local mean

temperature. **Journal of Hydrology** 572(2019).

Shereif H. Mahmoud. 2014. Investigation of rainfall–runoff modeling for Egypt by using remote sensing and

GIS integration. **Catena** 120(2014).

Vinicius Perina, Paulo Cesar Sentelhas, Henrique Boriolo Dias and Eduardo Alvarez Santos. 2019. Sugarcane

irrigation potential in Northwestern São Paulo, Brazil, by integrating Agrometeorological and GIS tools. **Agricultural Water Management** 220(2019).

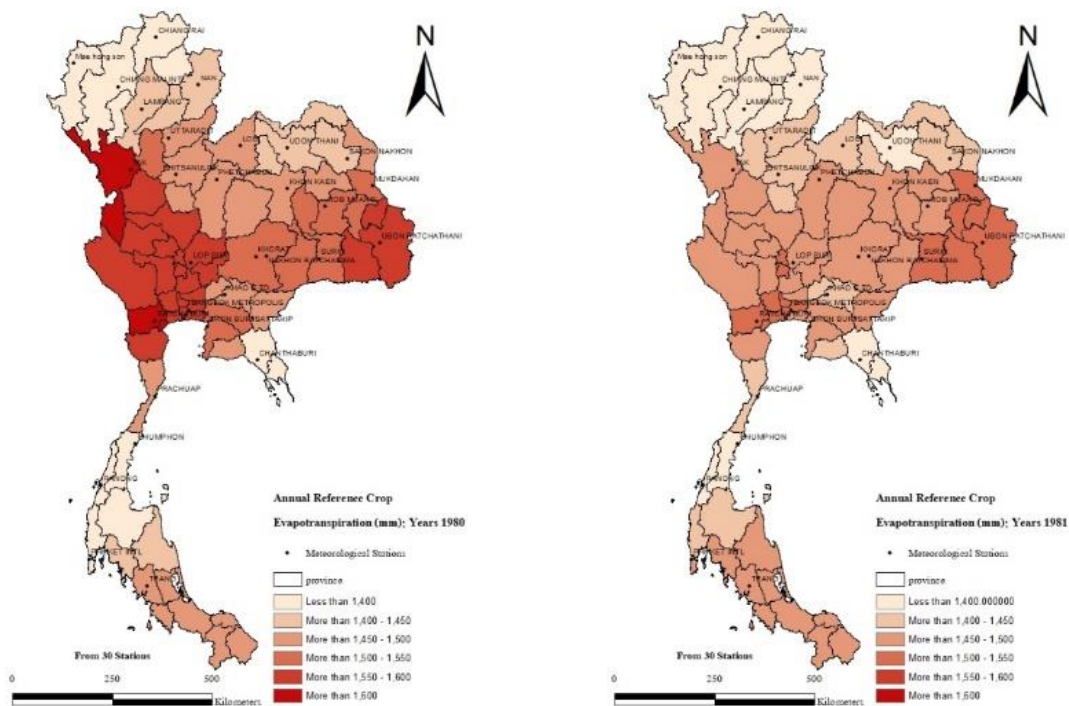
Xiaoying Liua, Chunying Xu, Xiuli Zhong, Yuzhong Li, Xiaohuan Yuanb and Jingfeng Cao. 2017.

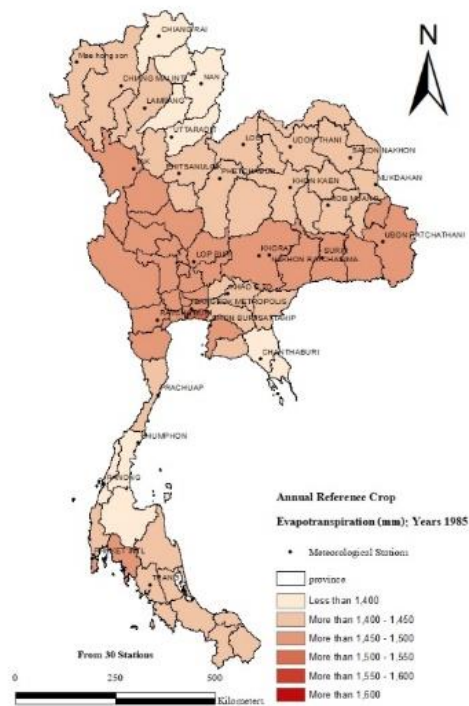
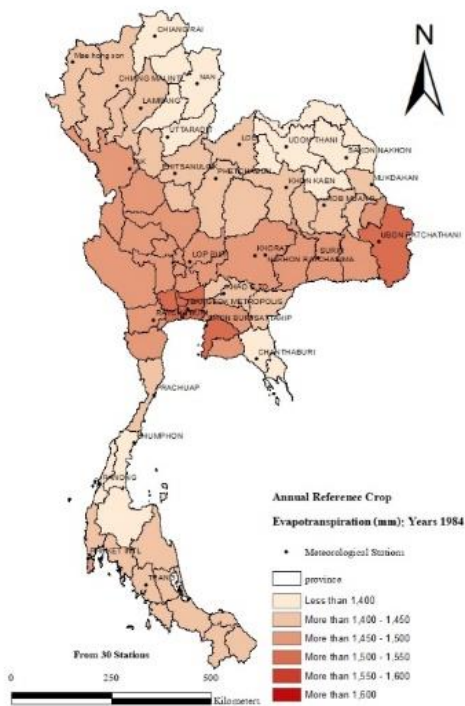
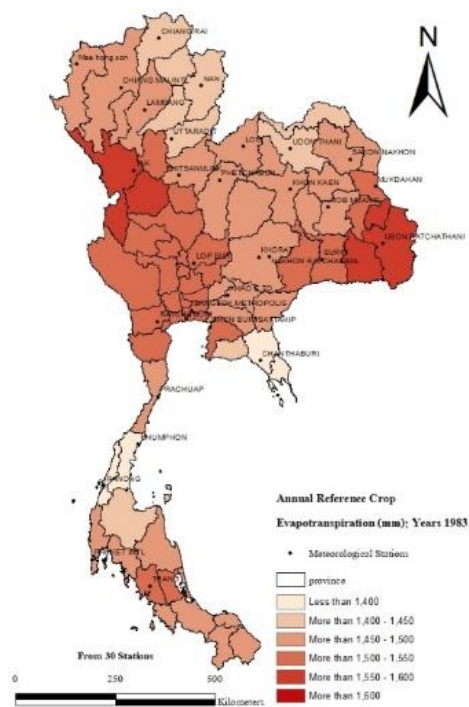
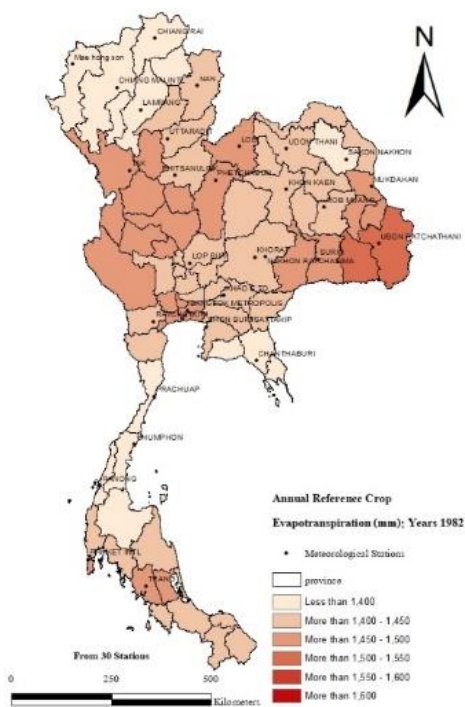
Comparison of 16 models for reference crop evapotranspiration against weighing lysimeter measurement. **Agricultural Water Management** 184(2017).

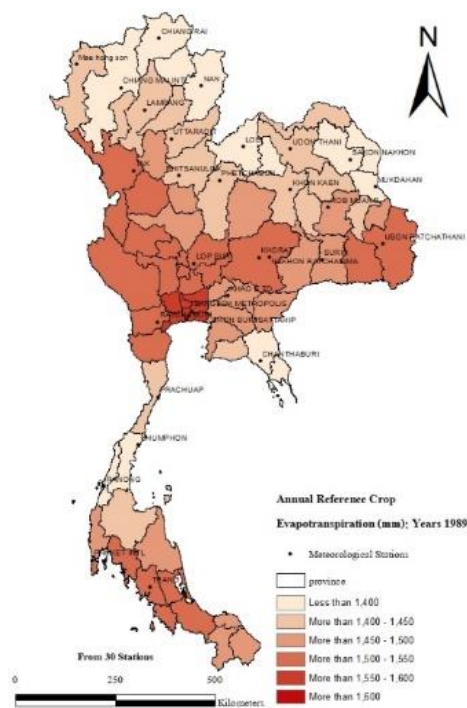
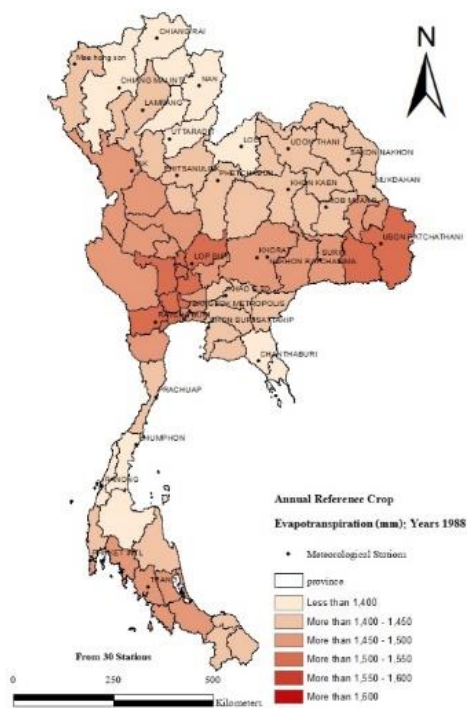
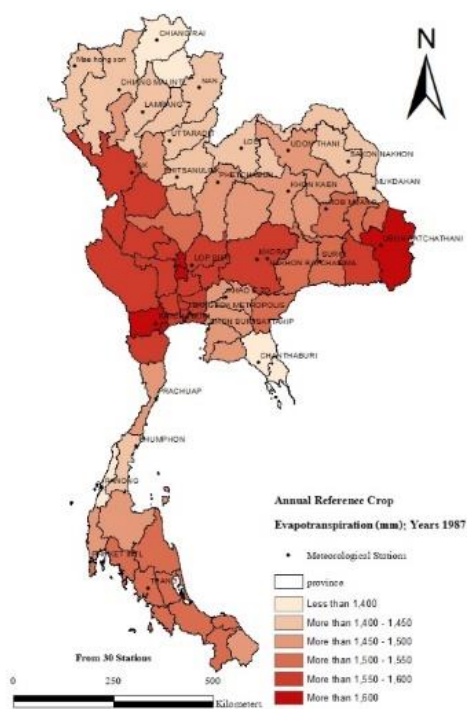
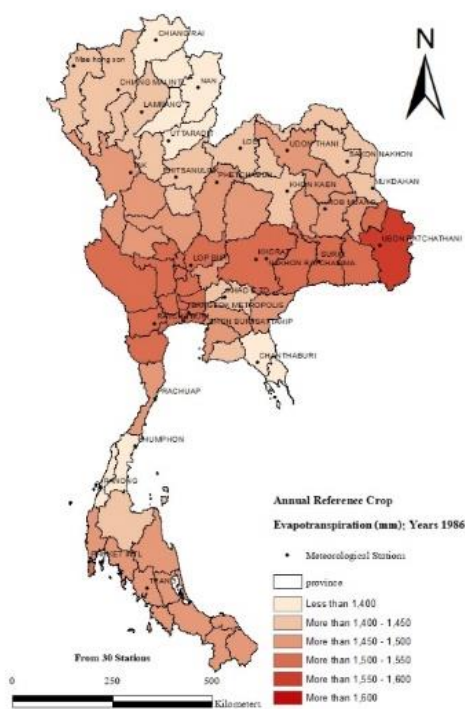
ภาคผนวก

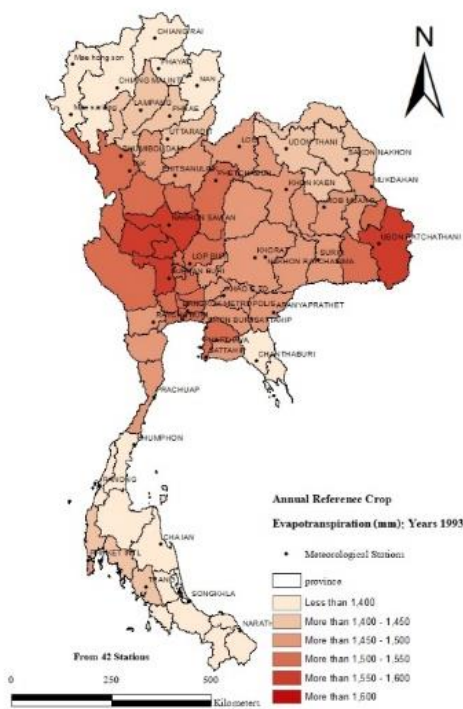
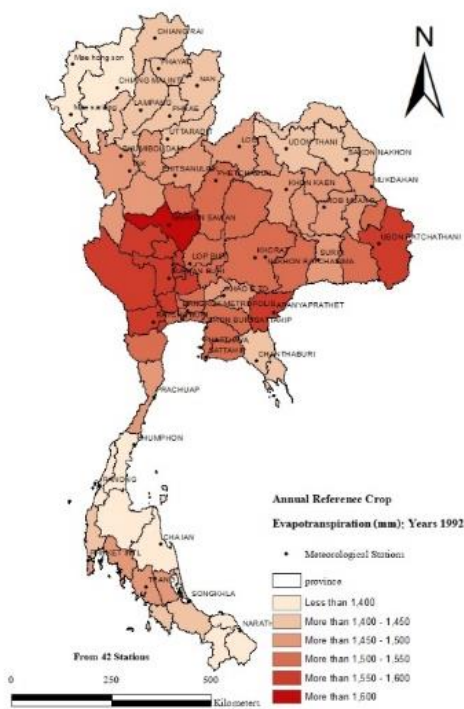
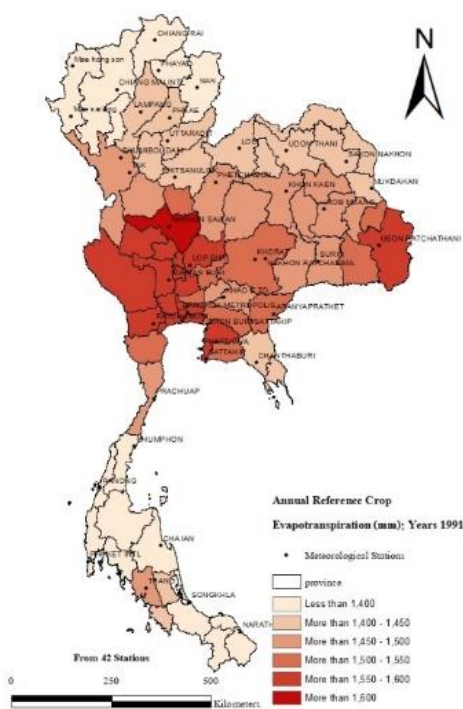
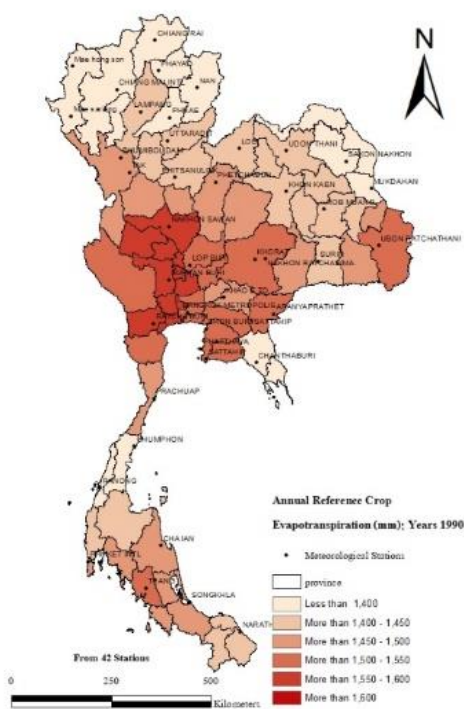
1. ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายจังหวัด

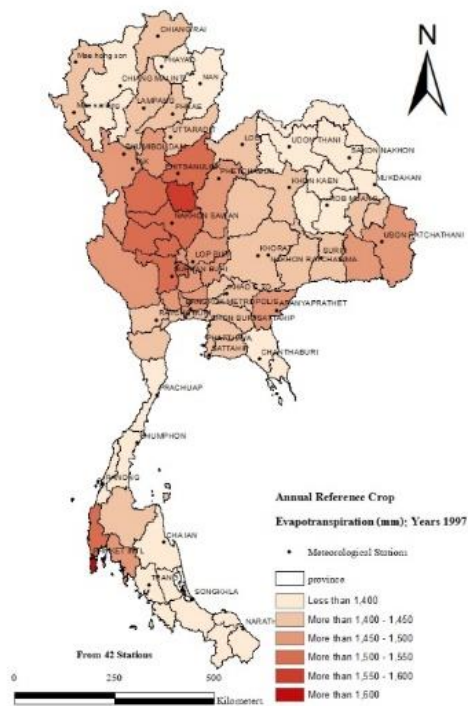
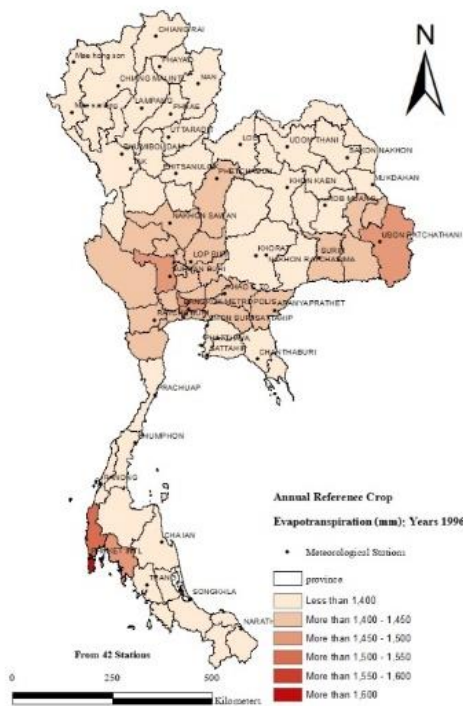
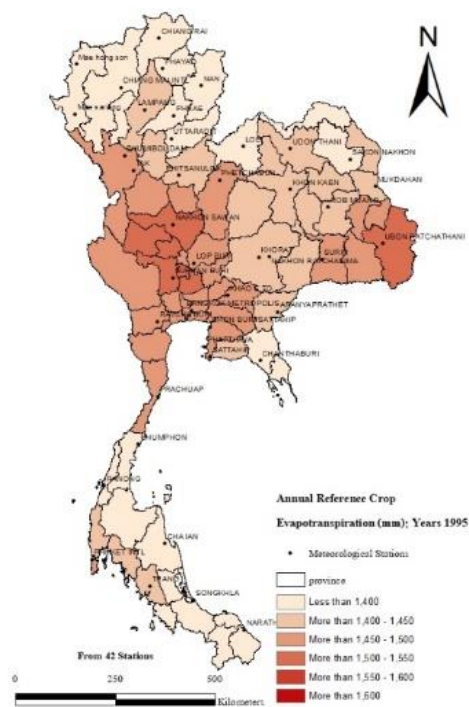
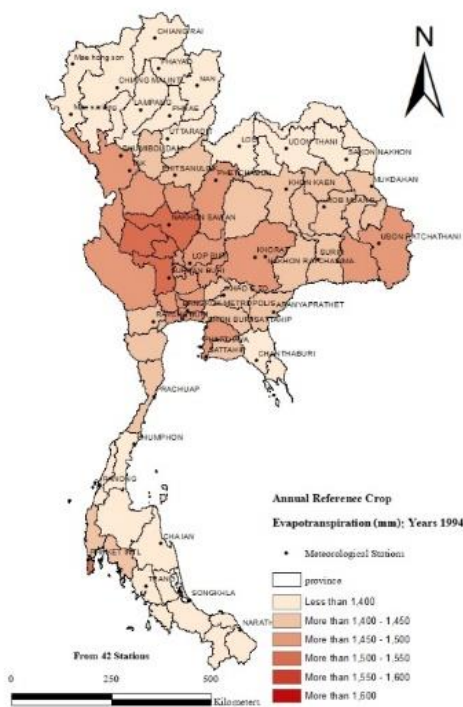
แสดงผลในรูปแบบแผนที่การกระจายตัวของปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่รายจังหวัดในแต่ละปีพบว่าปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีมีค่าโดยรวมอยู่ระหว่าง 500 – 2,000 mm ซึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตามรอบปีต่างๆ

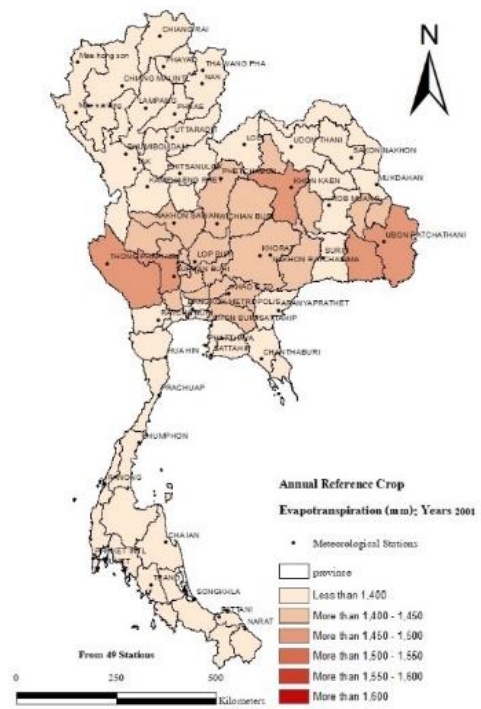
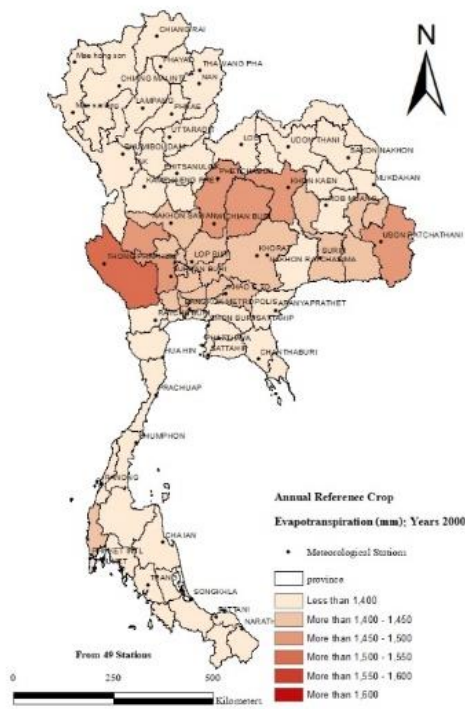
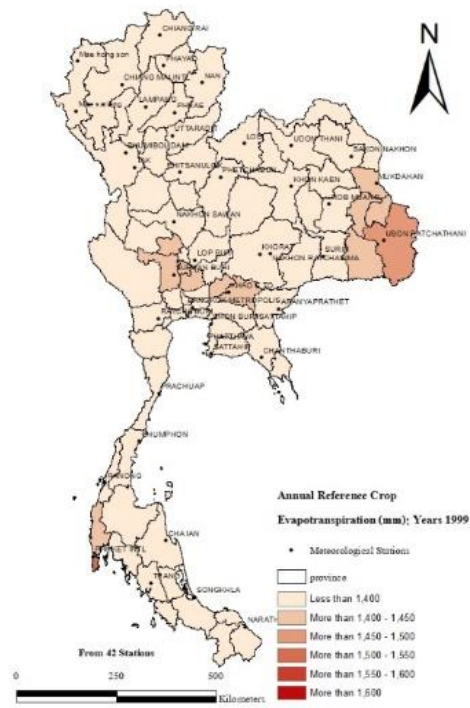
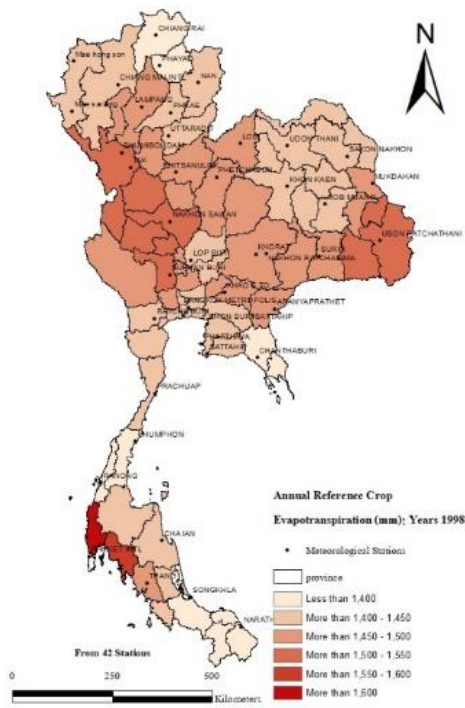


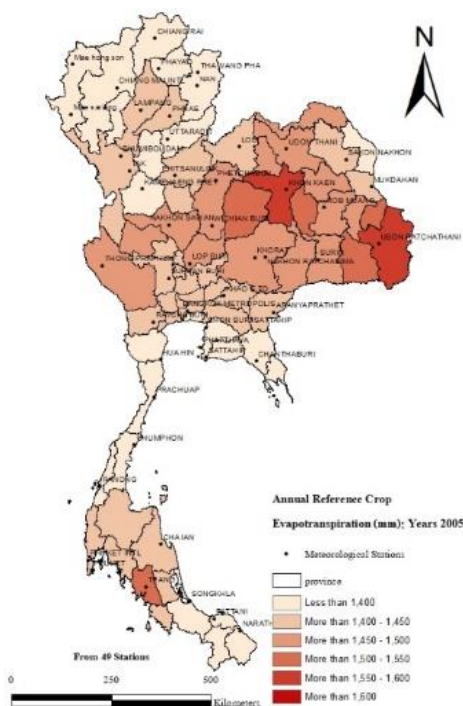
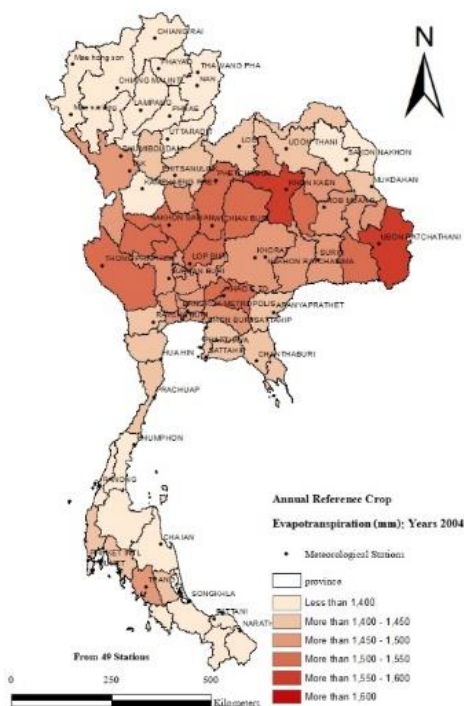
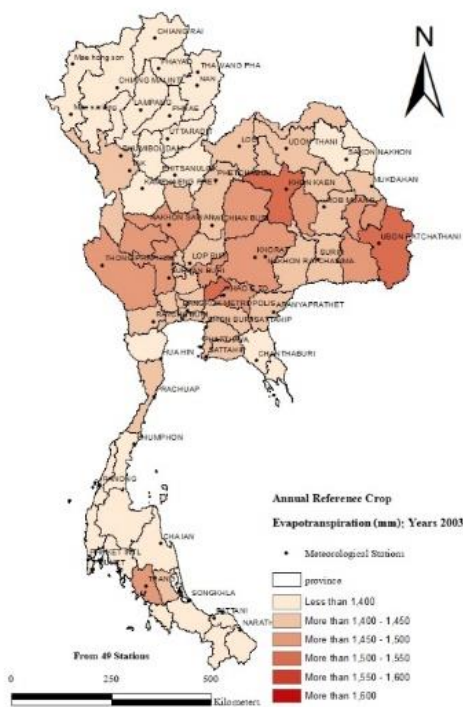
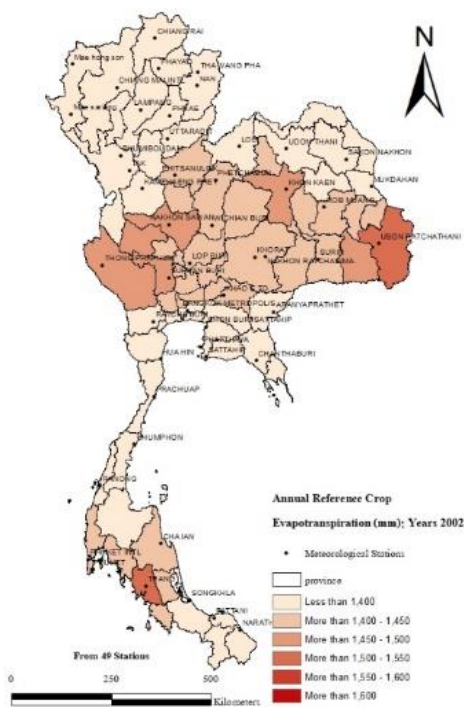


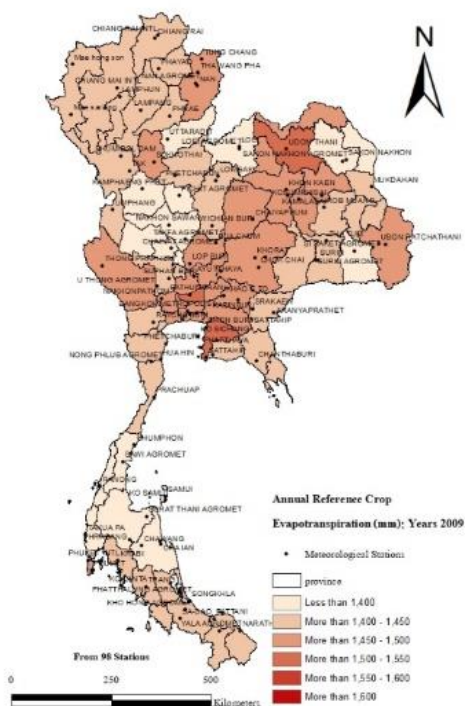
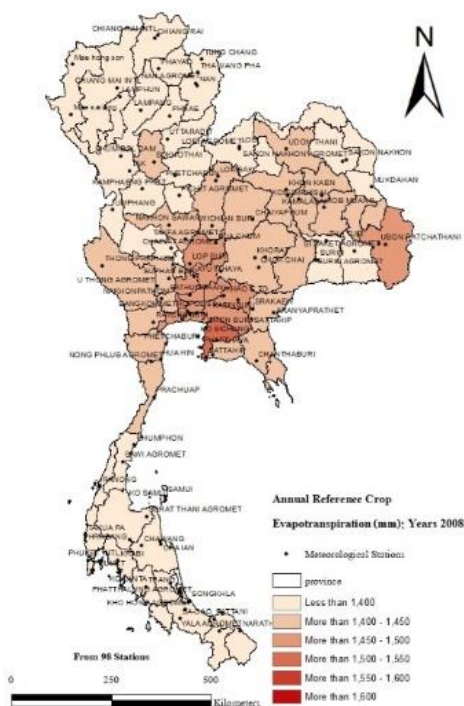
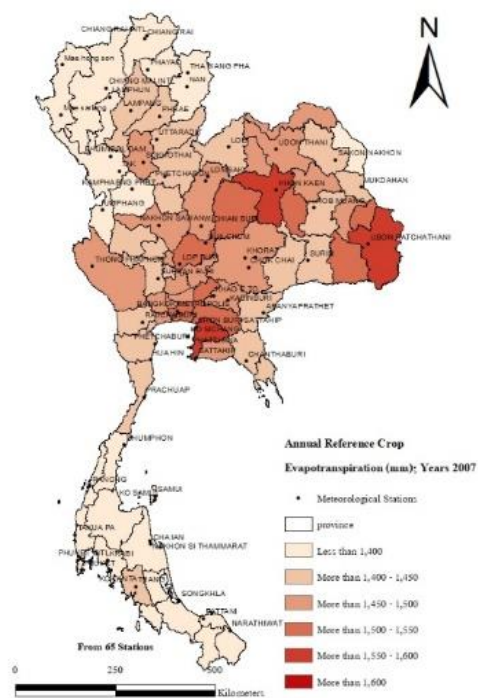
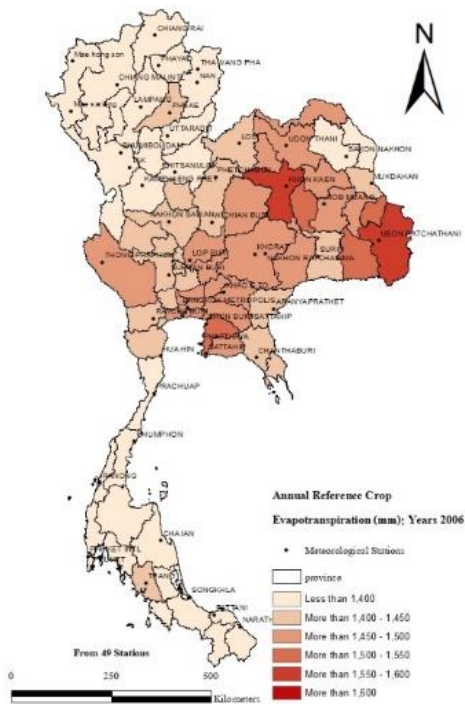


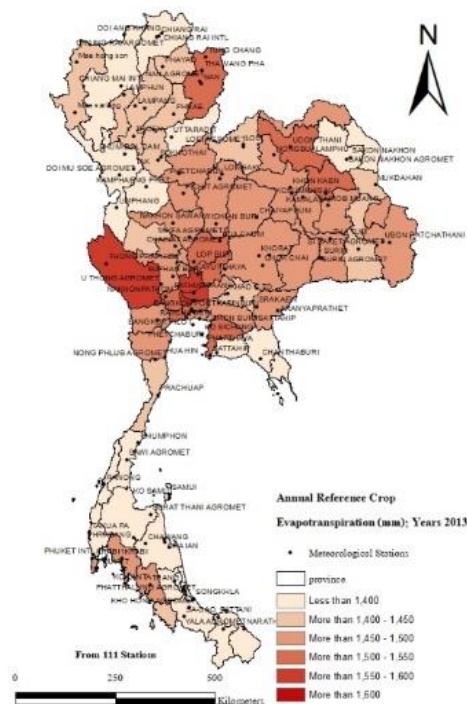
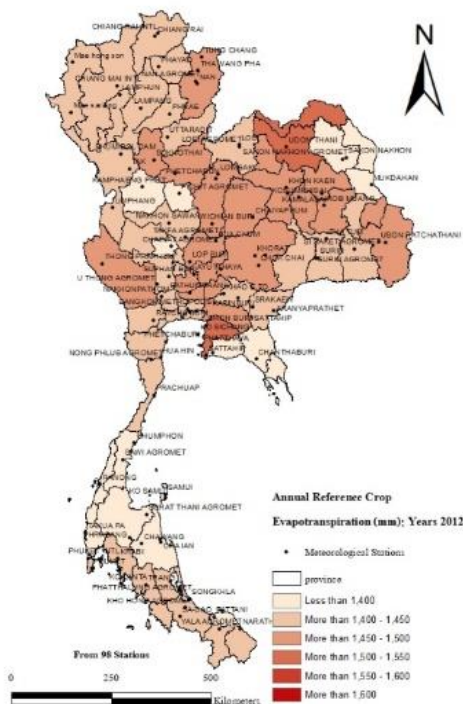
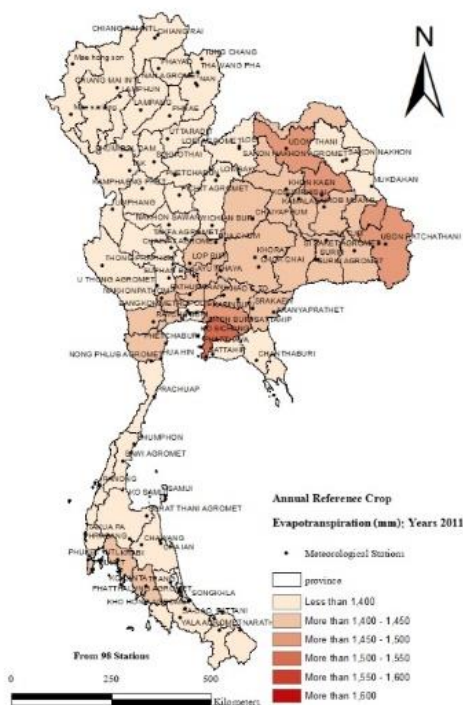
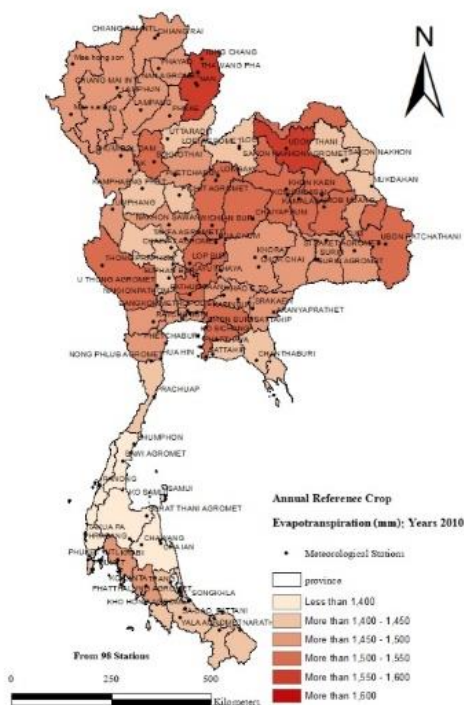


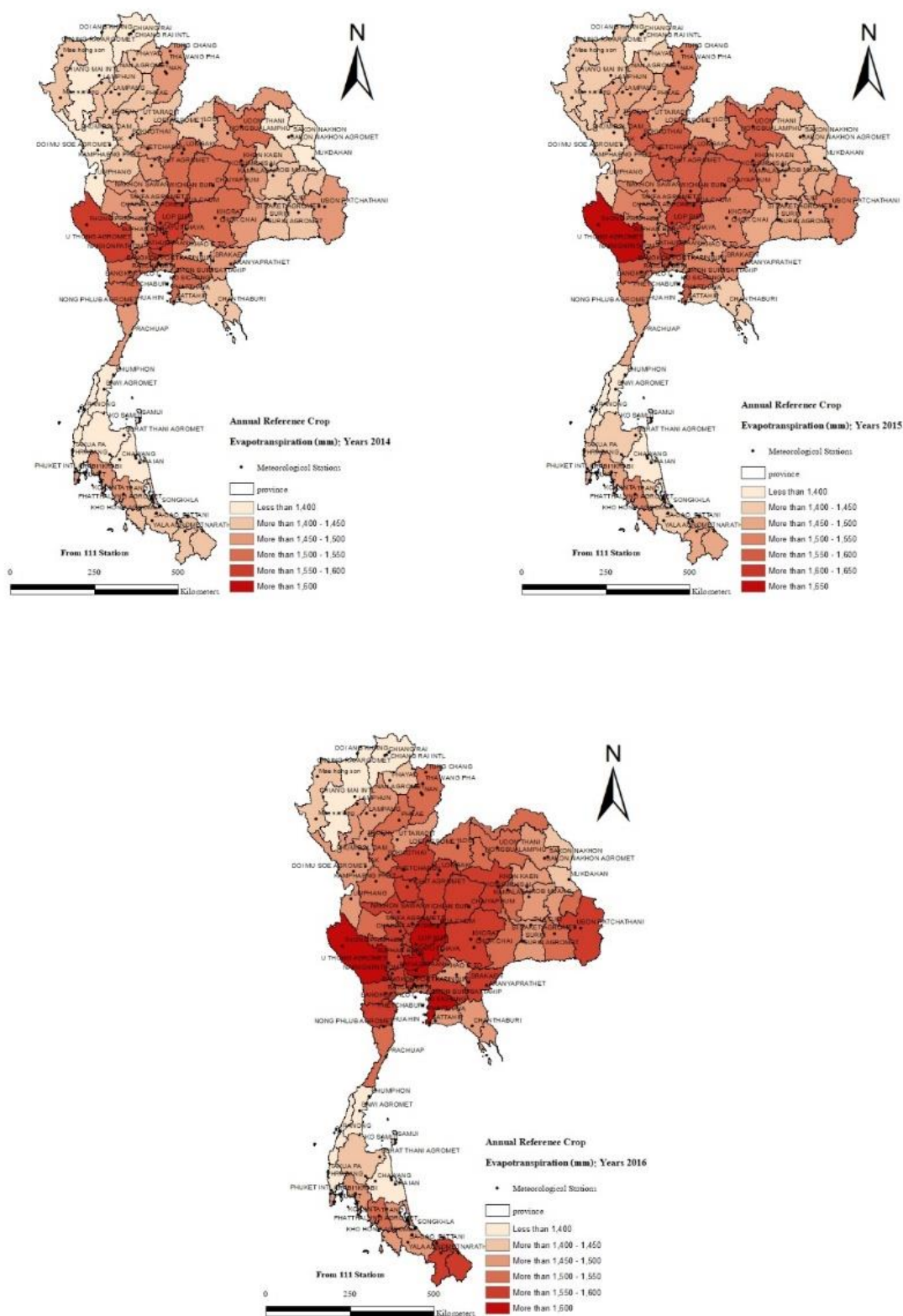








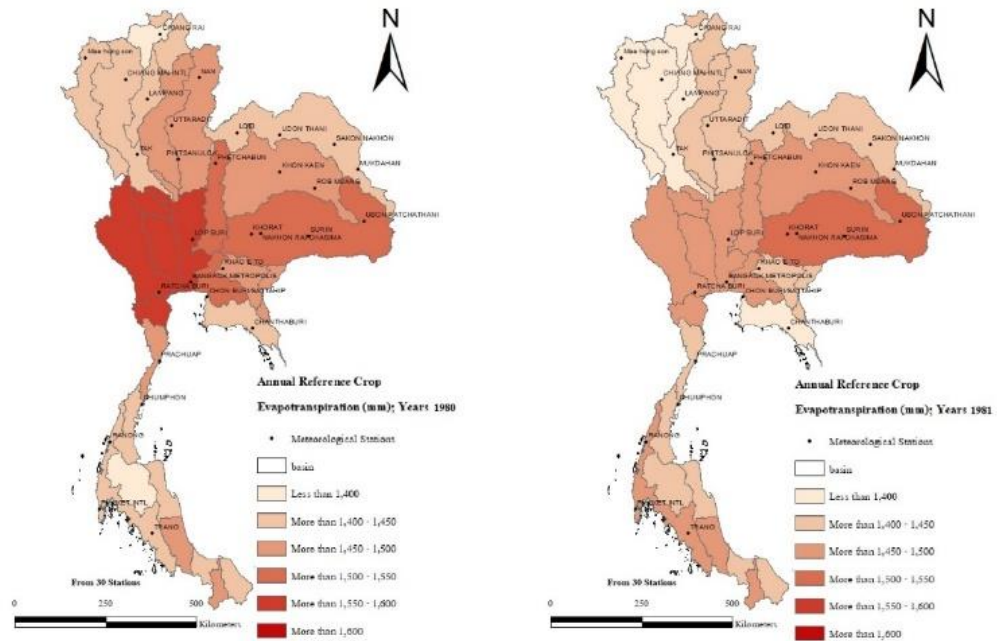


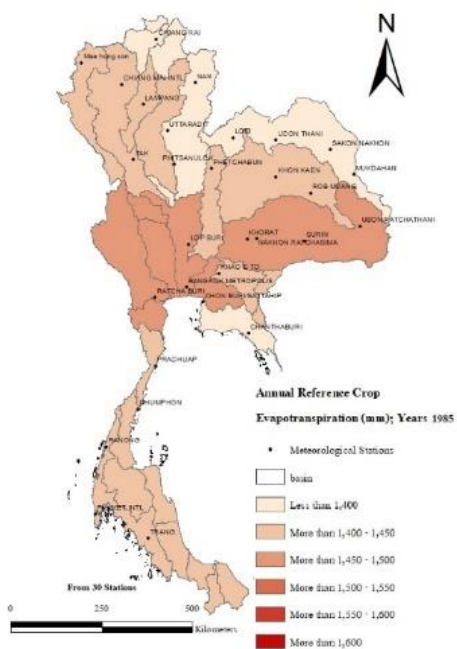
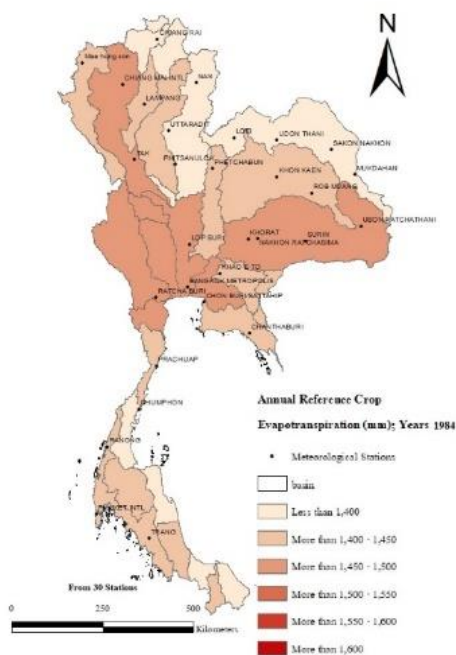
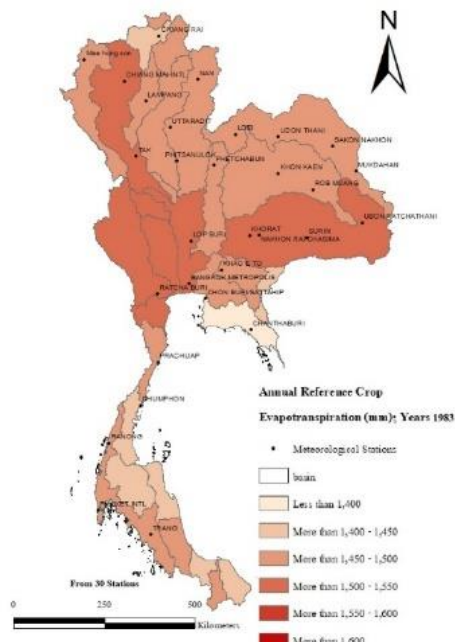
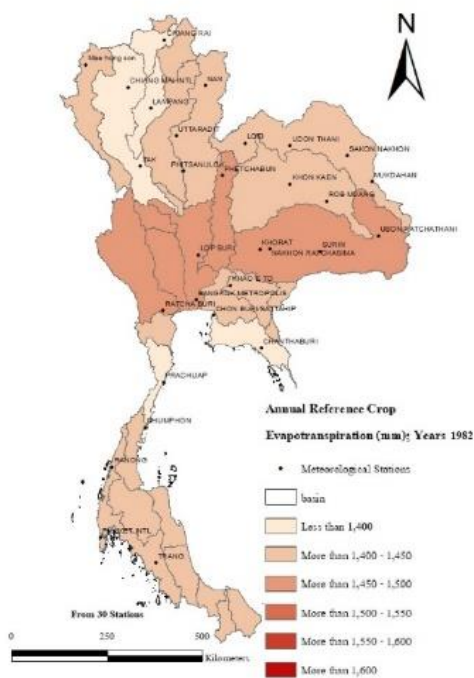


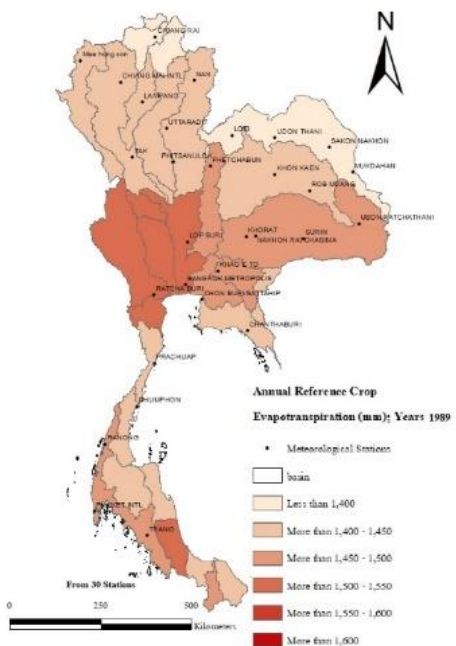
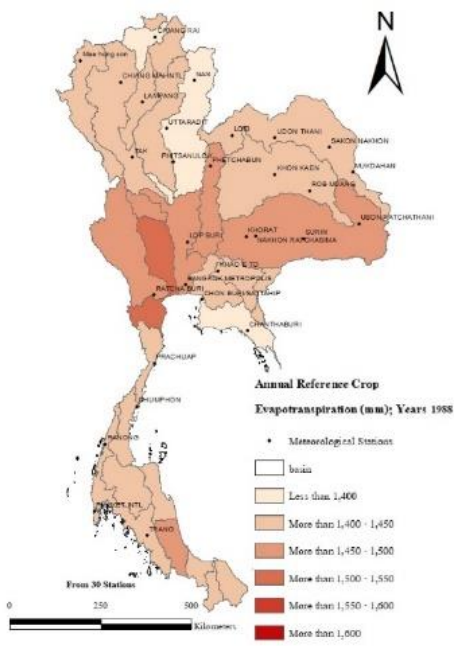
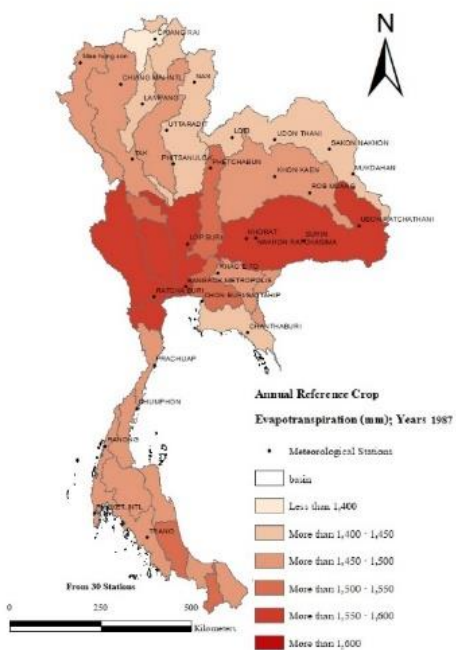
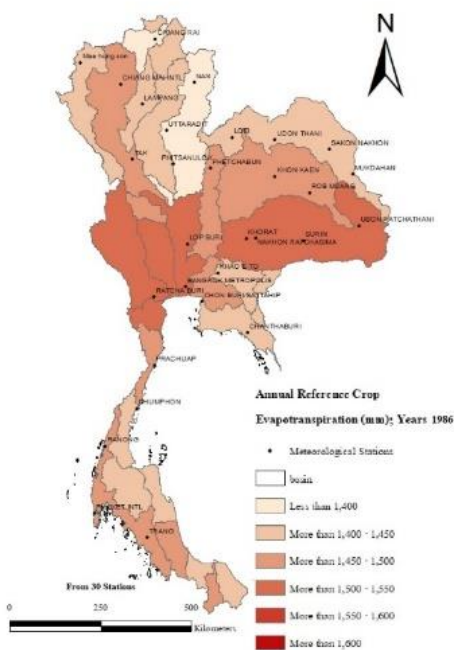
ภาพที่ ๑๑ ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายจังหวัด

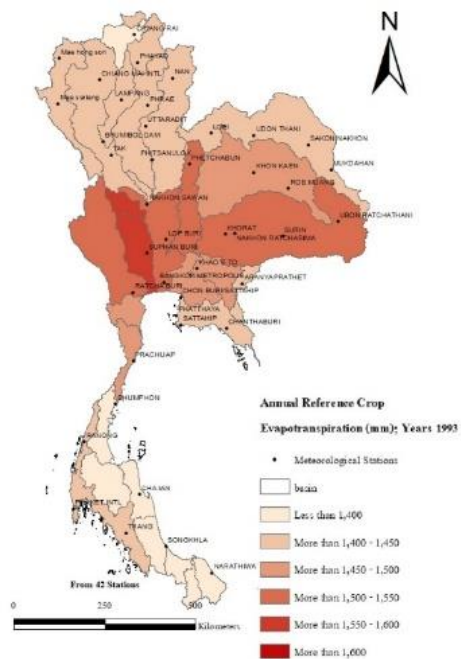
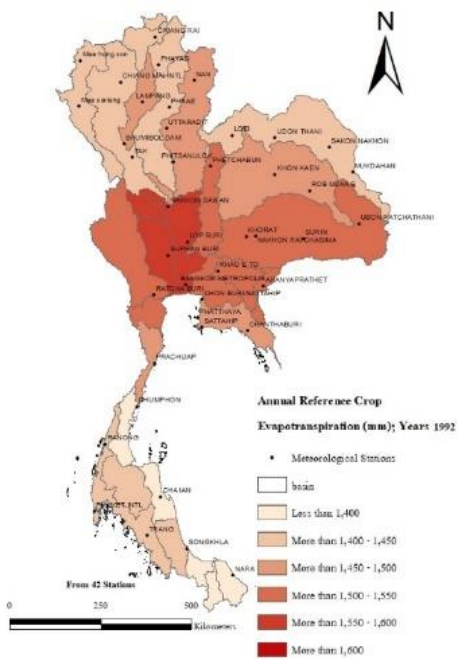
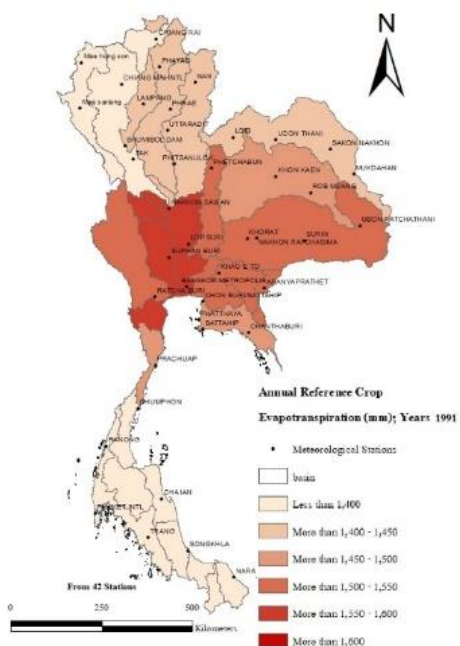
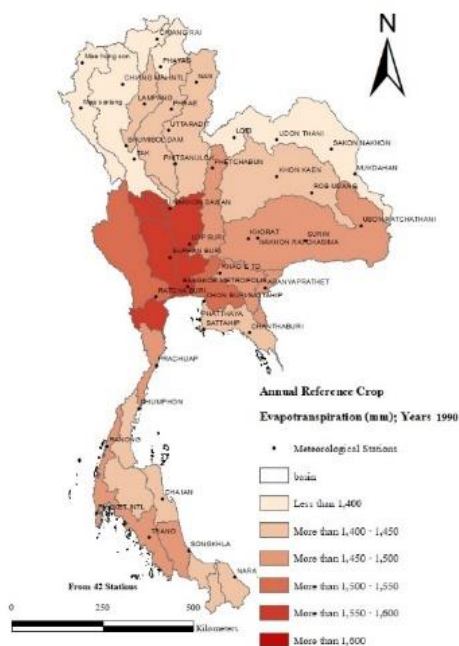
2. ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำ

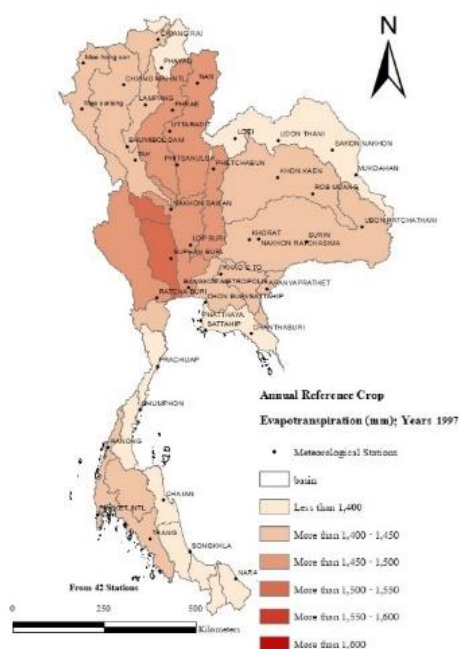
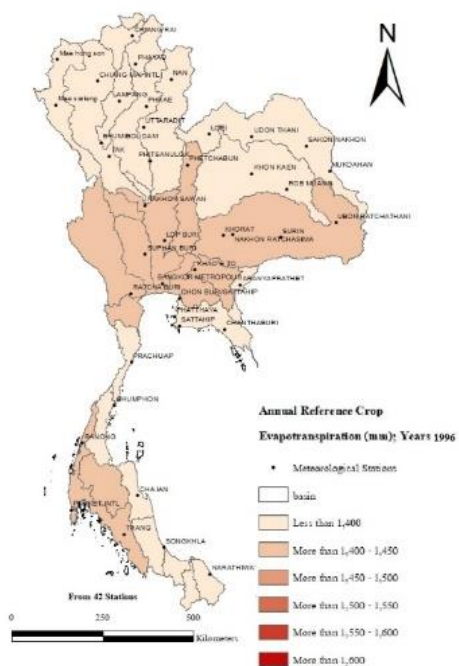
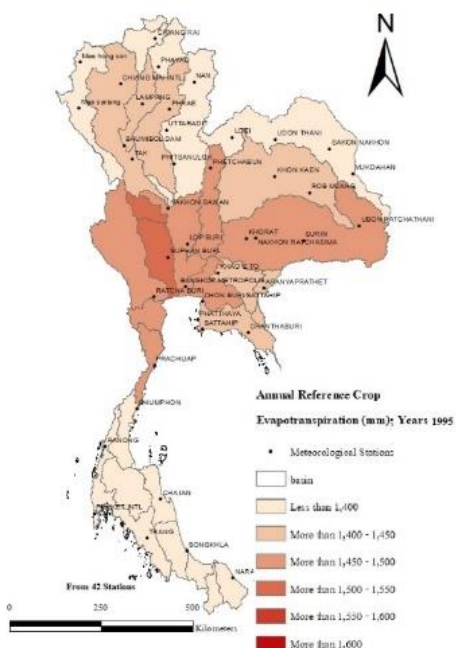
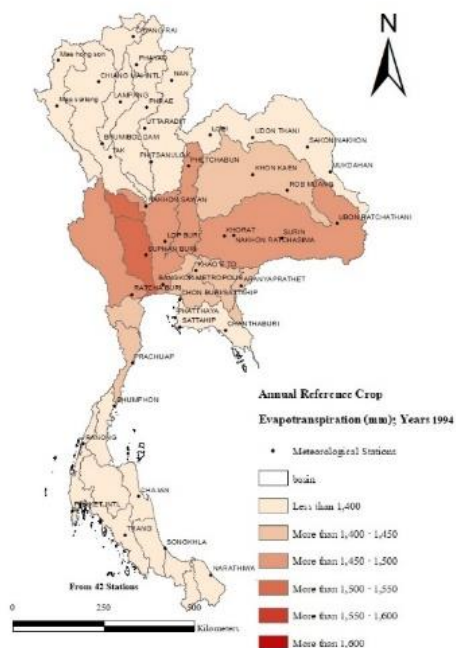
แสดงผลในรูปแบบแผนที่การกระจายตัวของปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยเชิงพื้นที่ที่รายลุ่มน้ำของแต่ละปีพบว่าปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีมีค่าโดยรวมอยู่ระหว่าง 500 – 2,000 mm ซึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตามรอบปีต่างๆเหมือนกับรายจังหวัดเช่นกัน ดังแสดงใน ภาพที่ ๘2

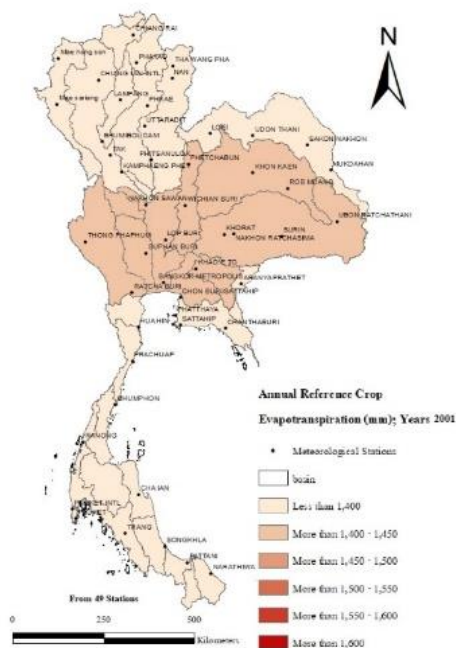
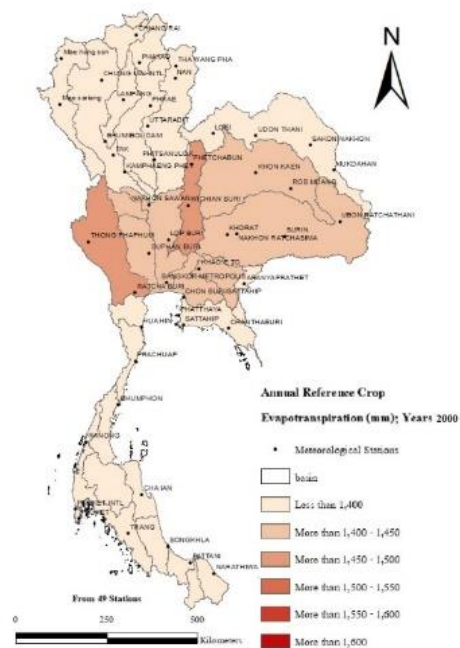
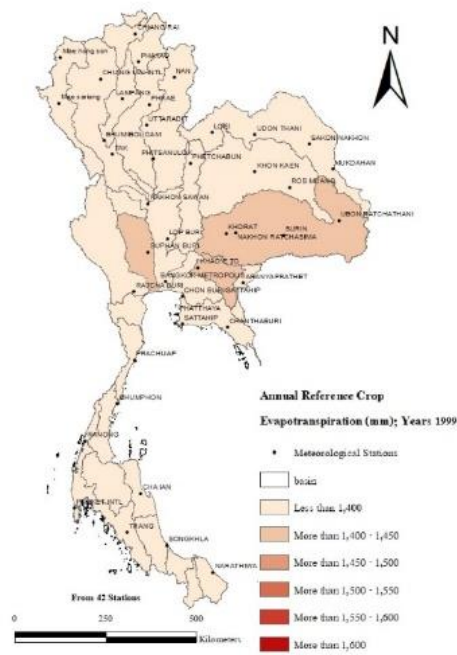
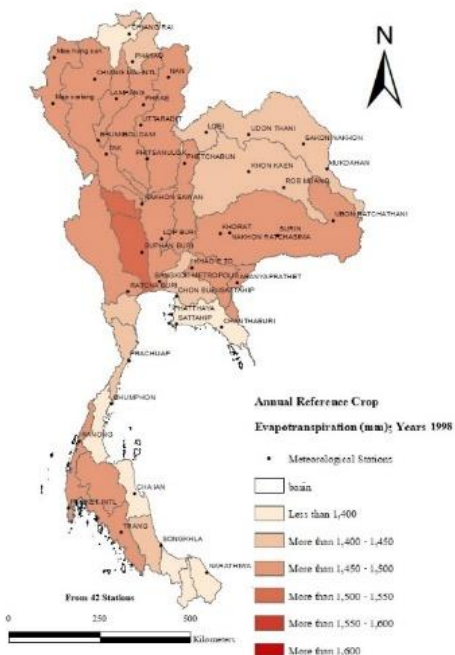


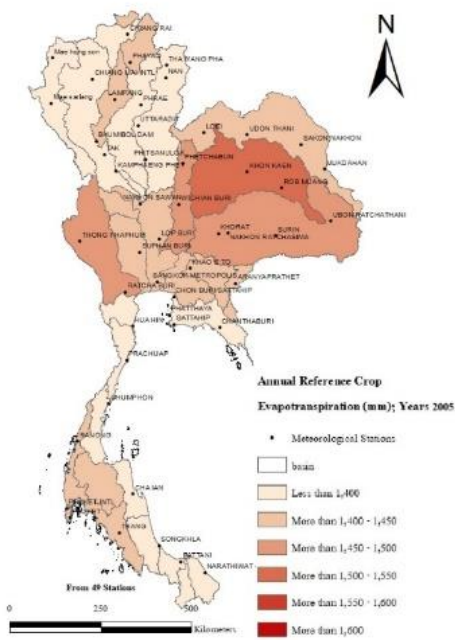
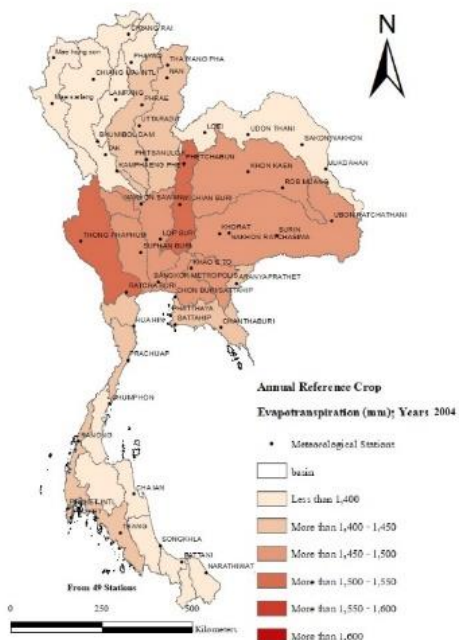
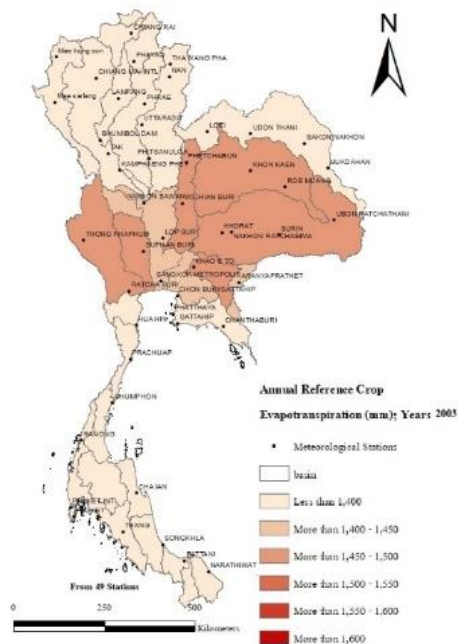
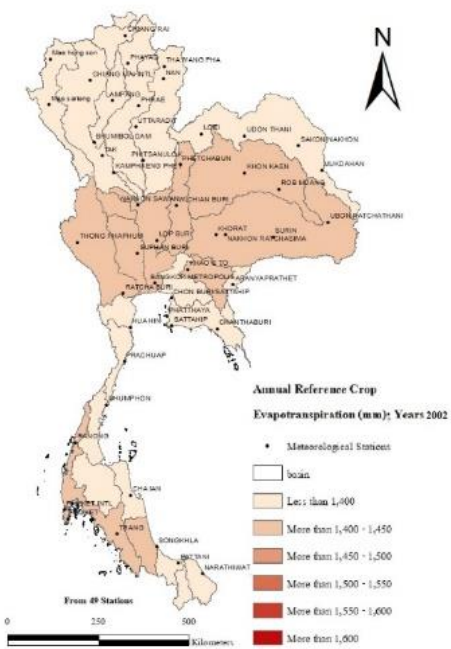


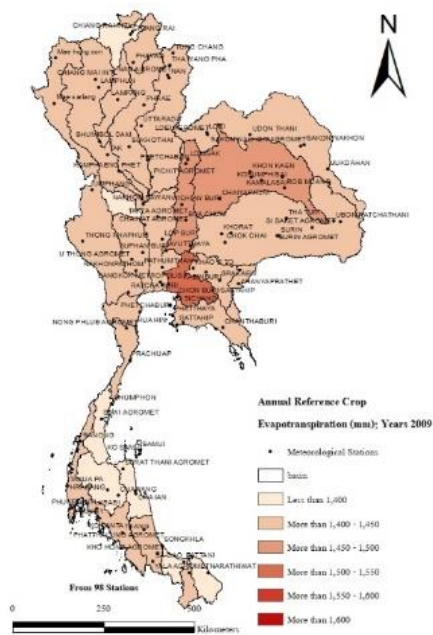
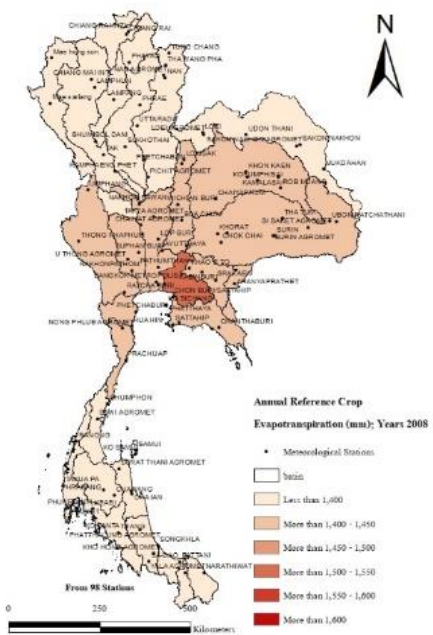
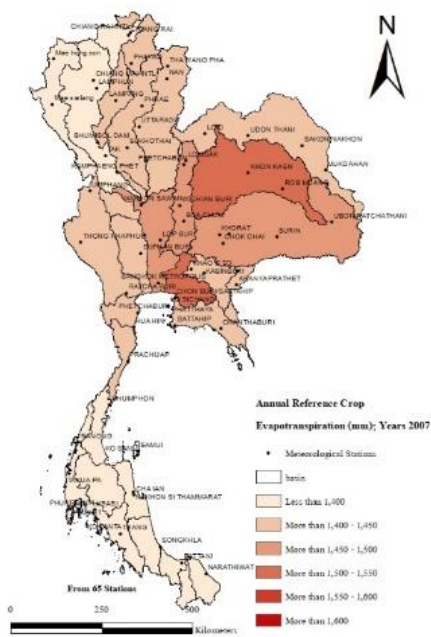
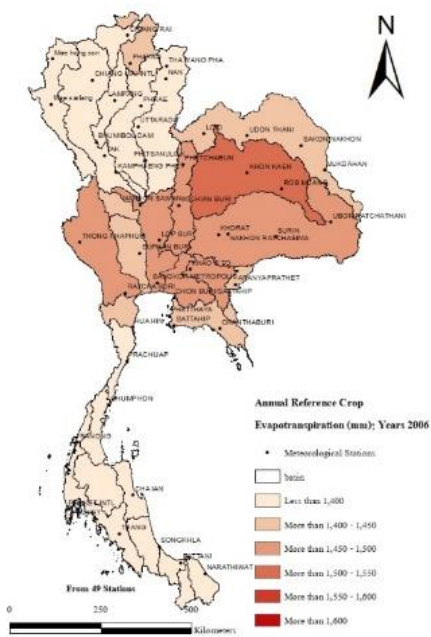


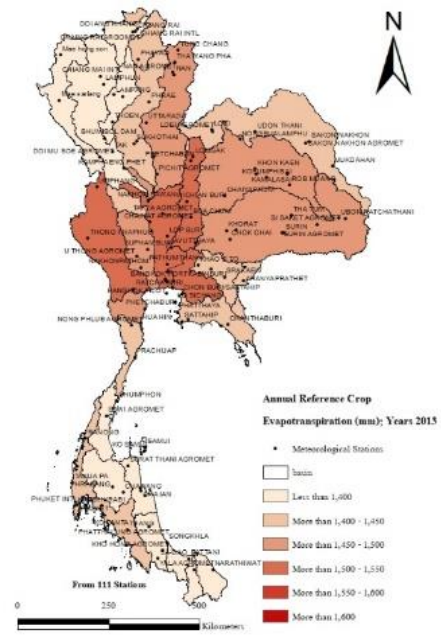
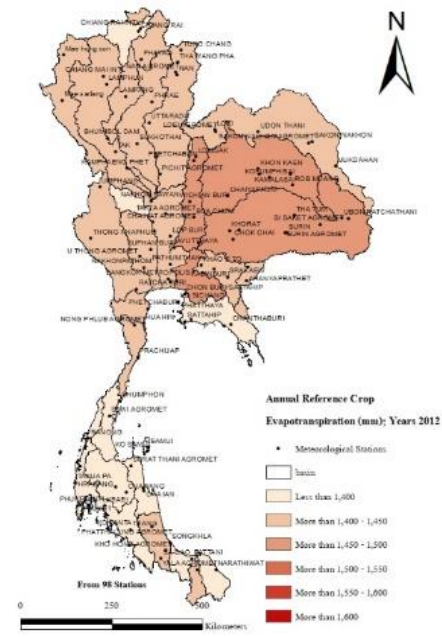
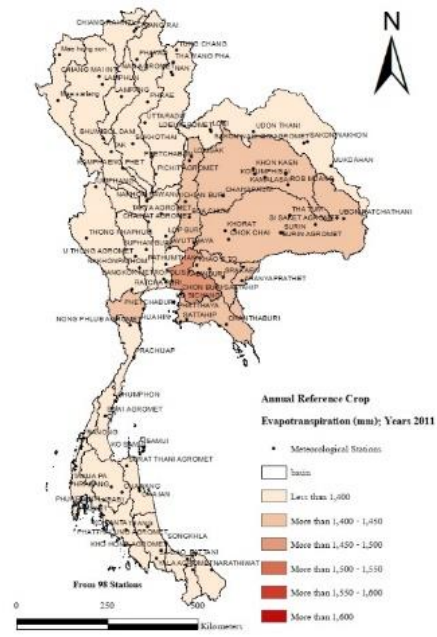
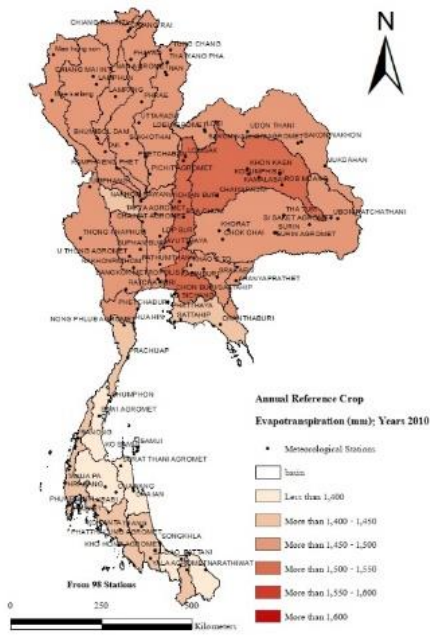


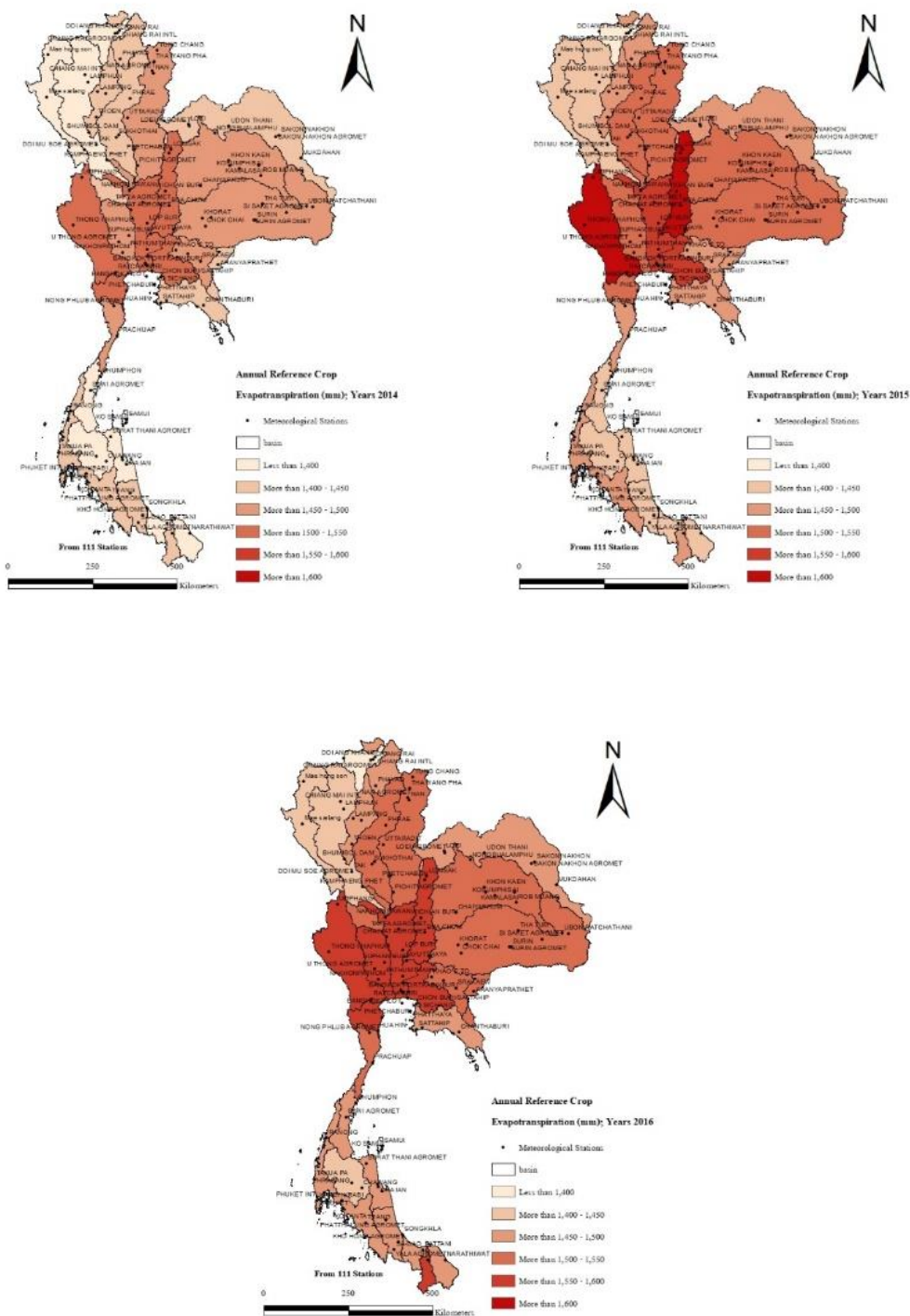








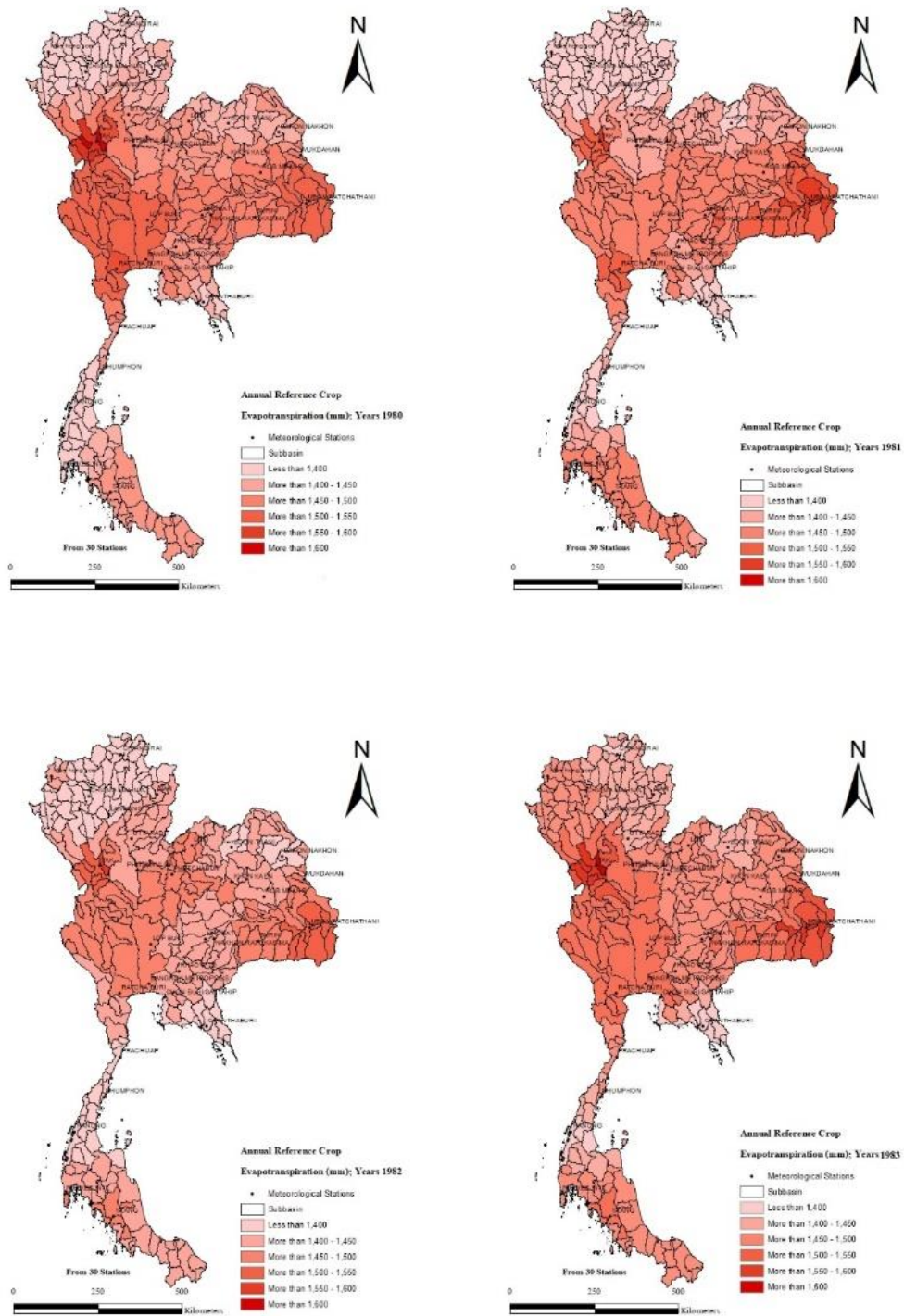


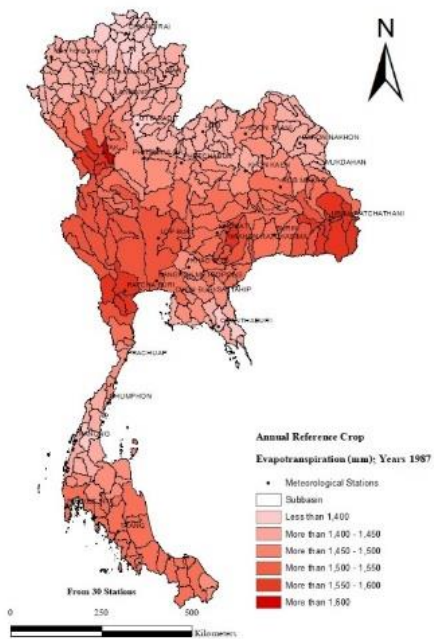
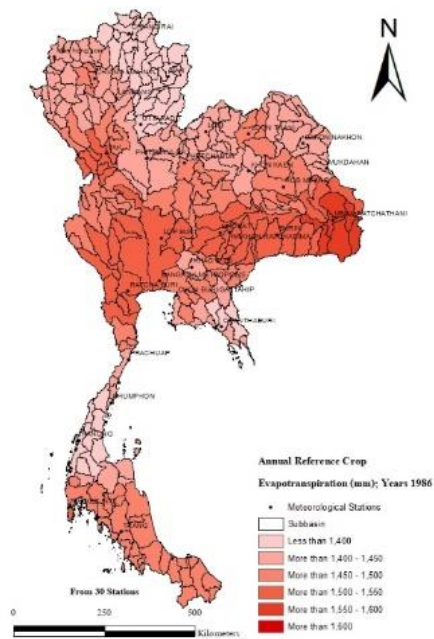
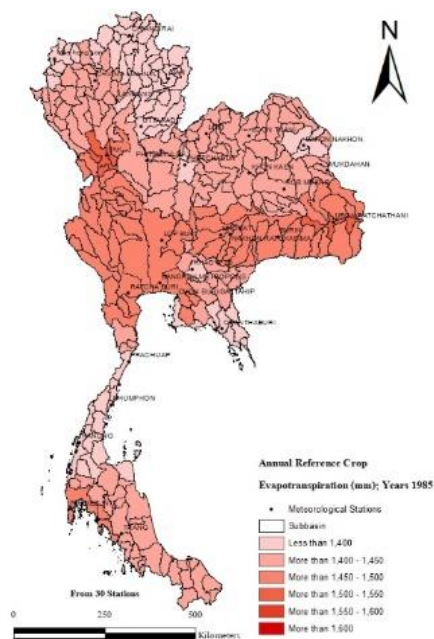
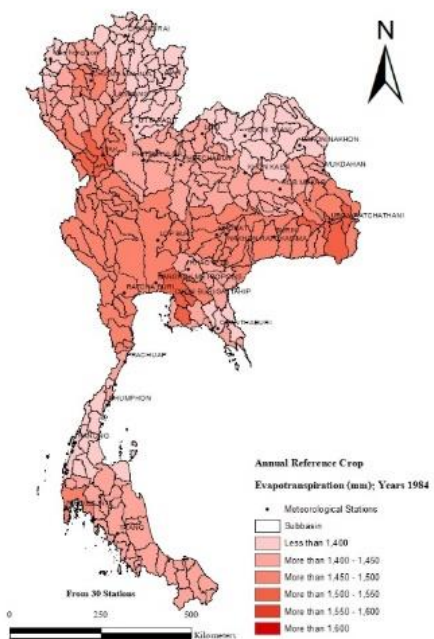


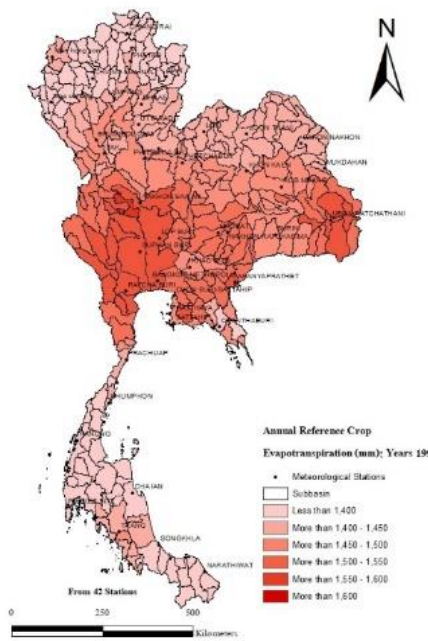
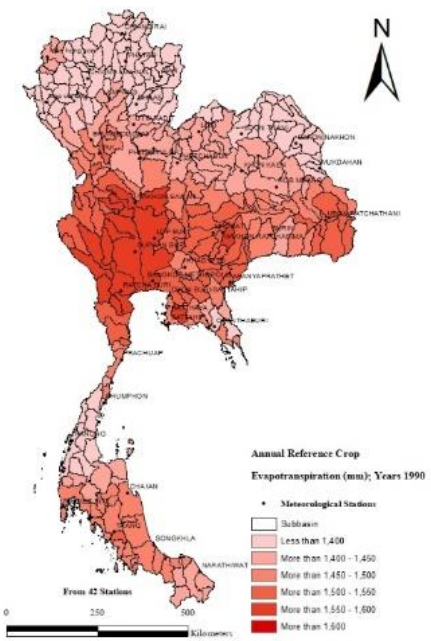
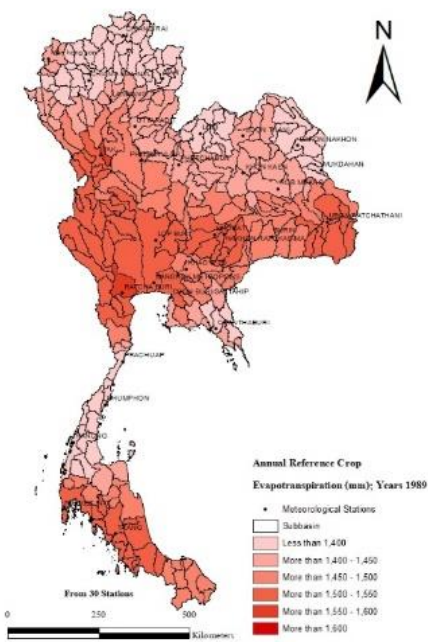
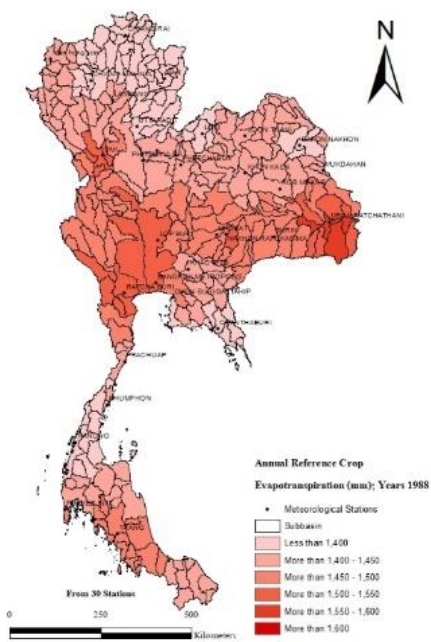
ภาพที่ ๗๒ ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายลุ่มน้ำ

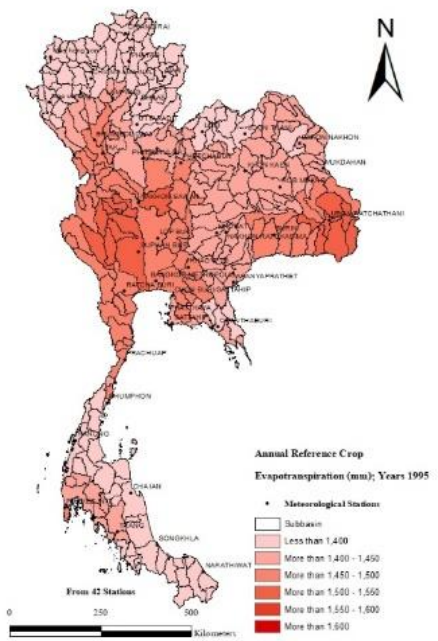
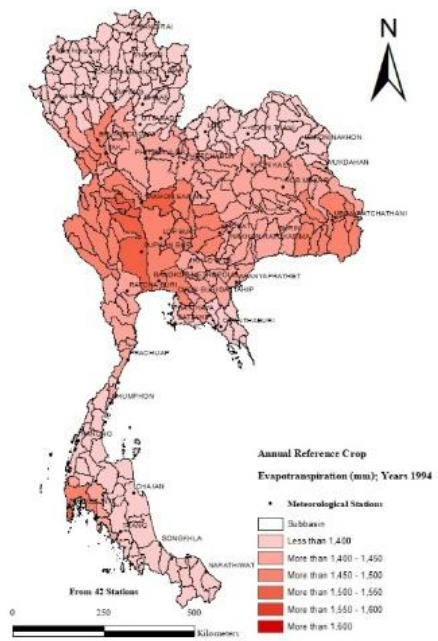
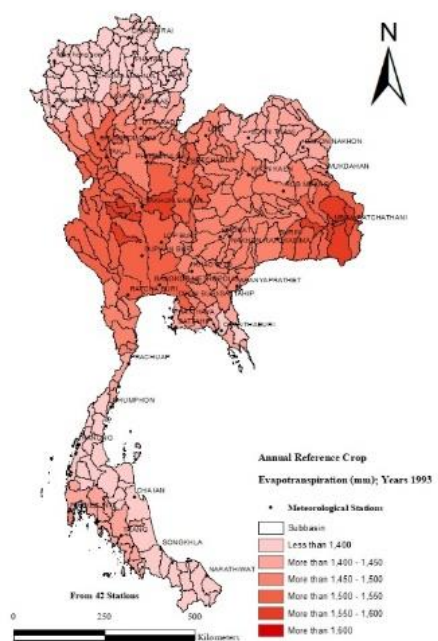
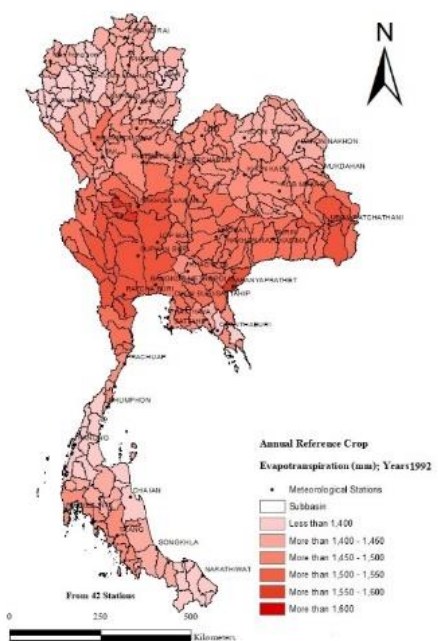
3. ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายลุ่มน้ำย่อย

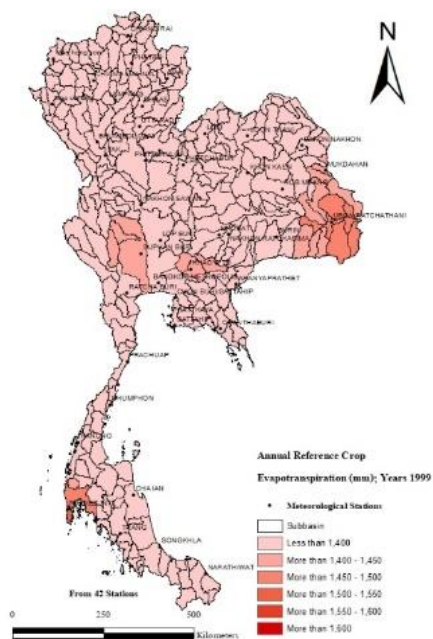
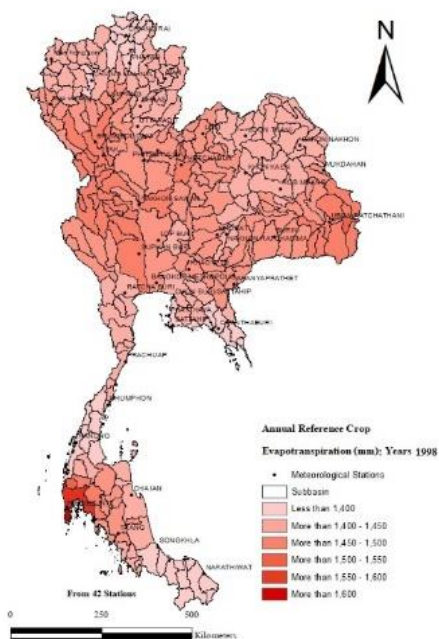
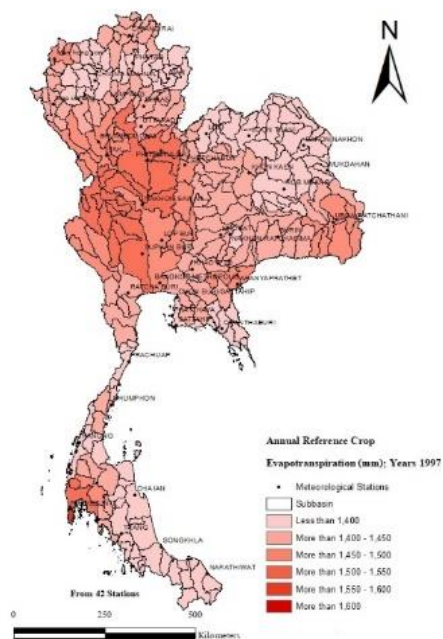
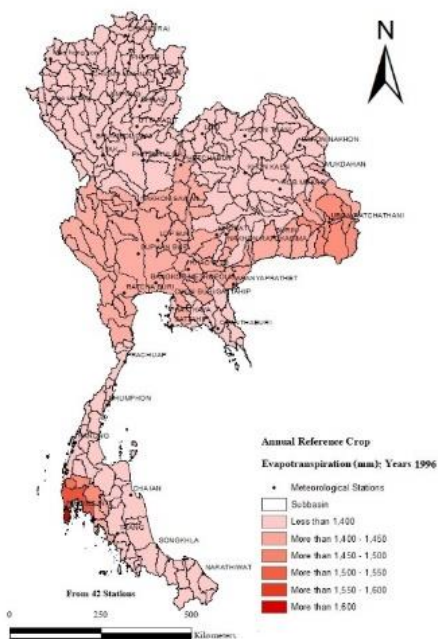
แผนที่การกระจายตัวของปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชเฉลี่ยเชิงพื้นที่รายปีของรายลุ่มน้ำย่อยพบว่า ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีมีค่าโดยรวมอยู่ระหว่าง 500 – 2,000 mm ซึ่งจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันตามรอบปีต่างๆเหมือนกับรายจังหวัดเช่นกัน ดังแสดงใน ภาพที่ ๘3

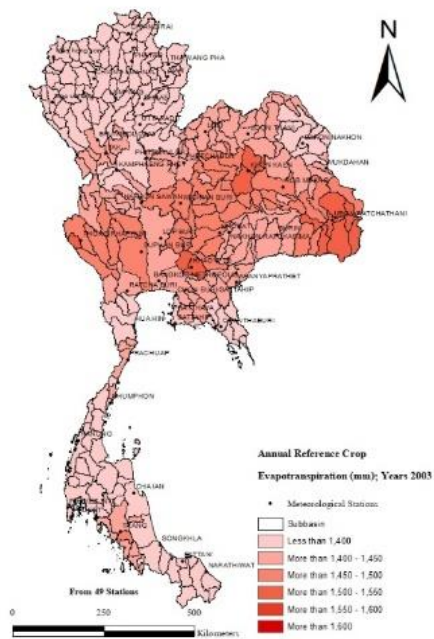
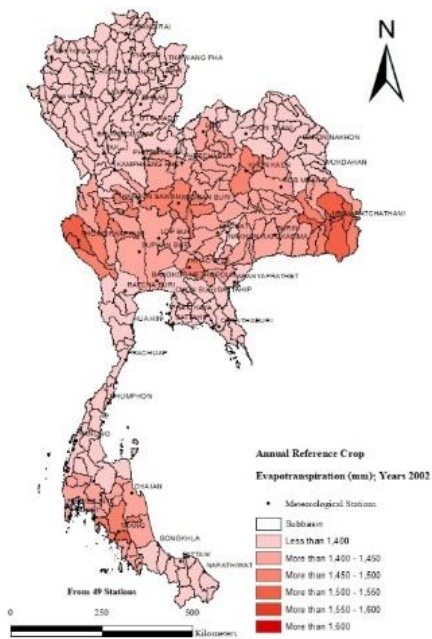
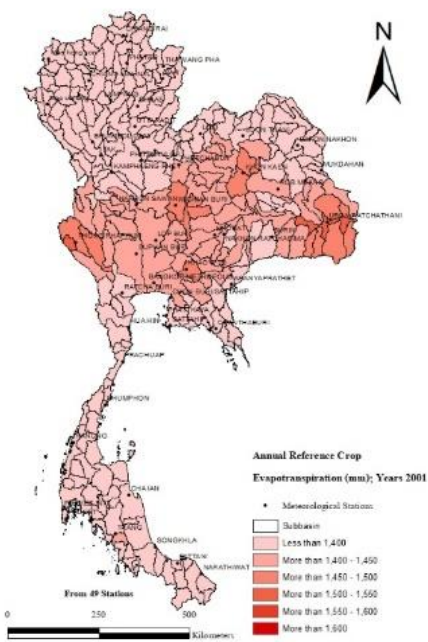
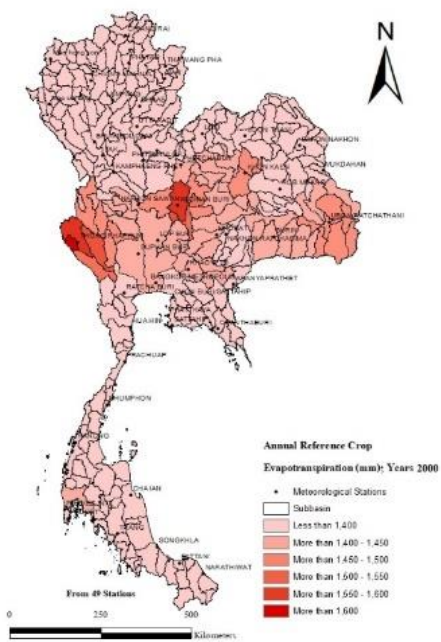


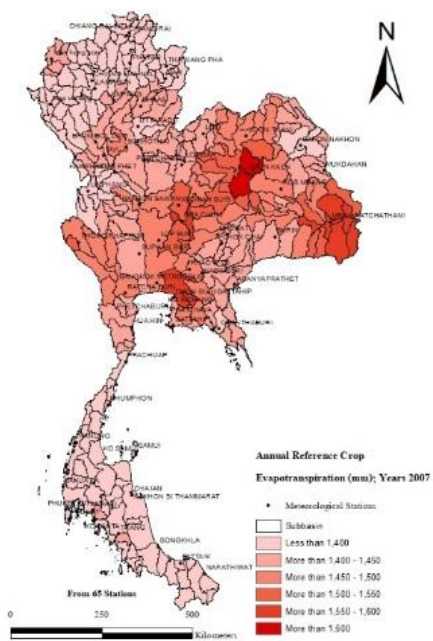
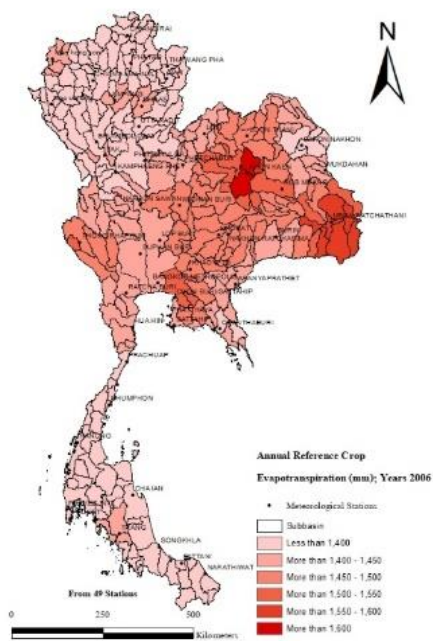
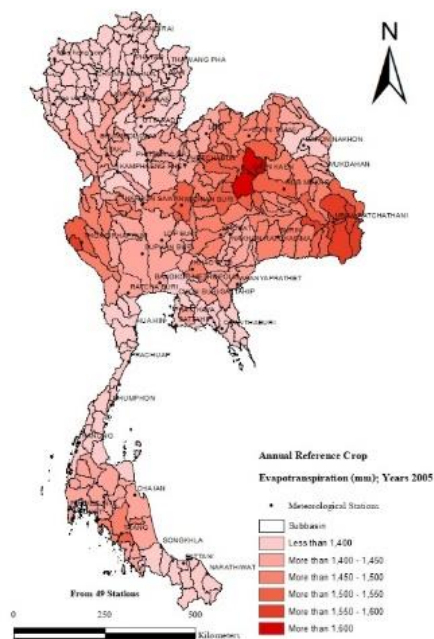
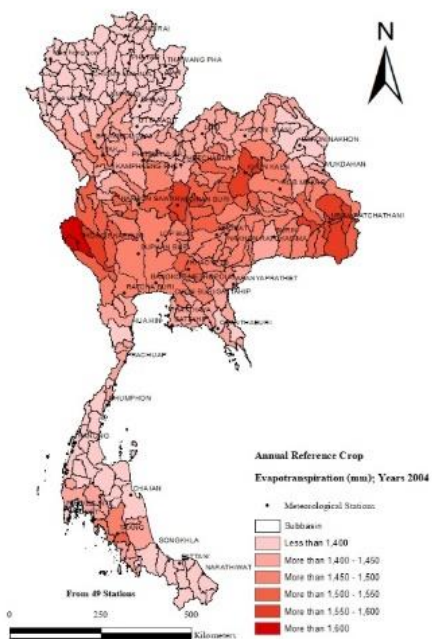


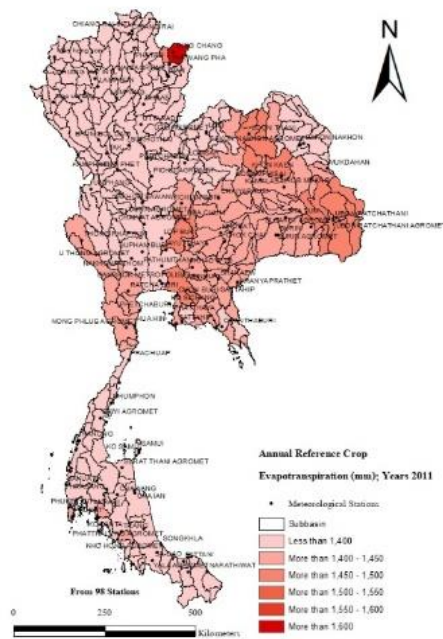
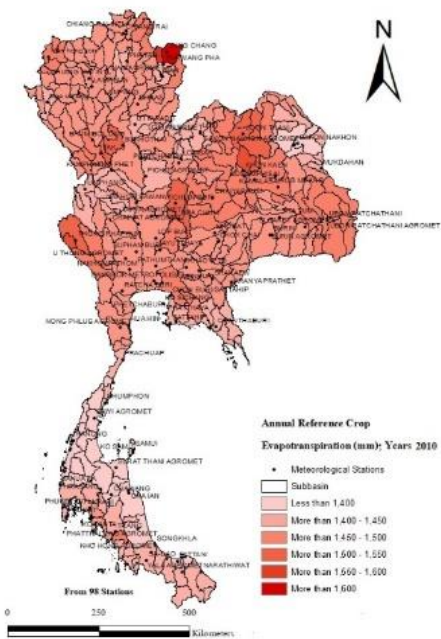
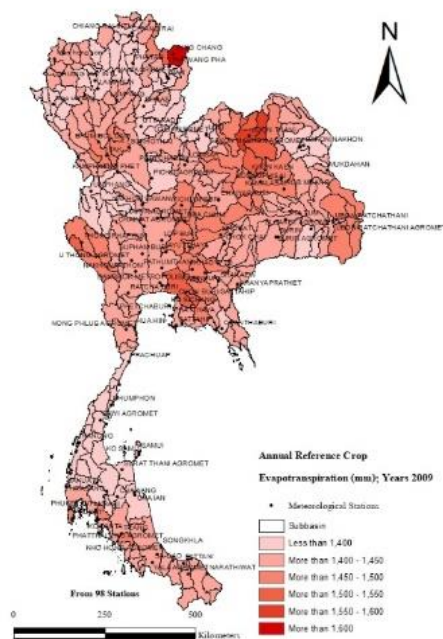
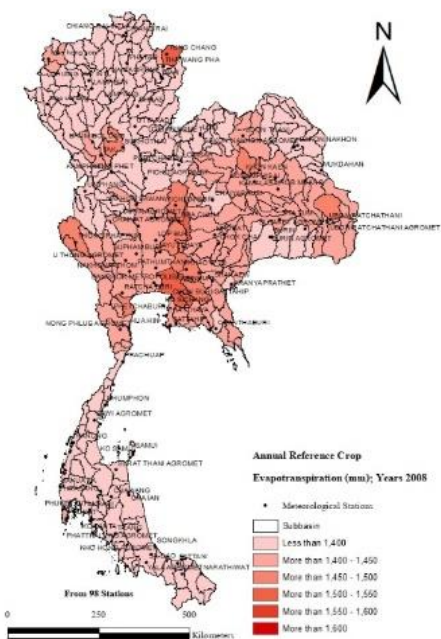


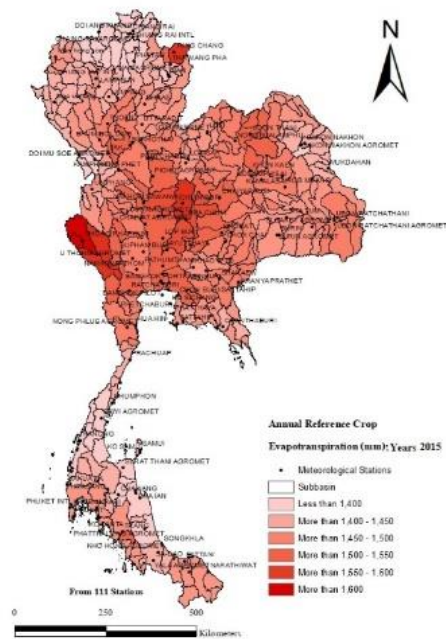
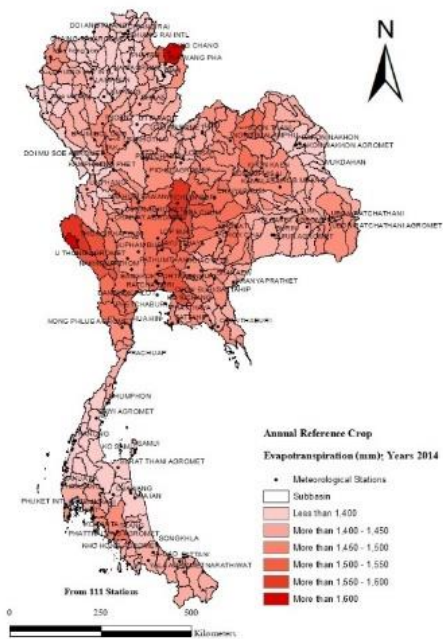
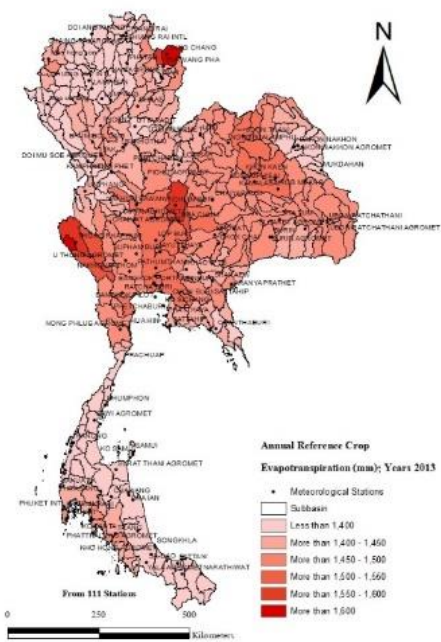
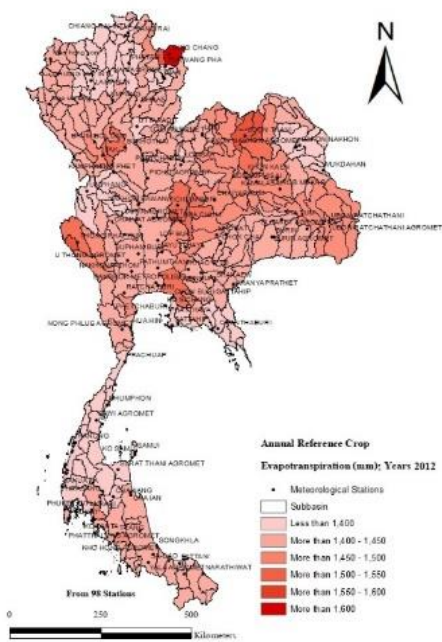


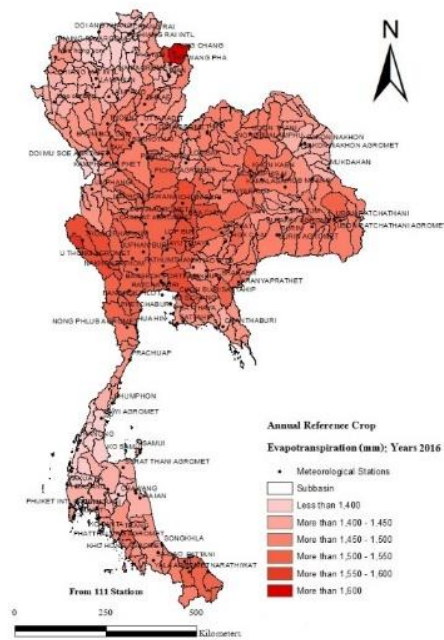








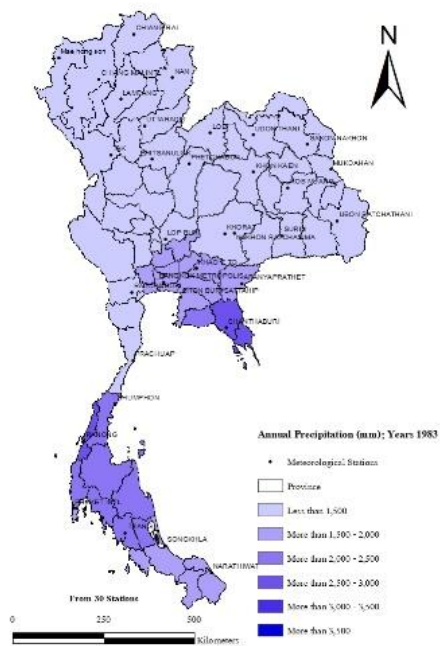
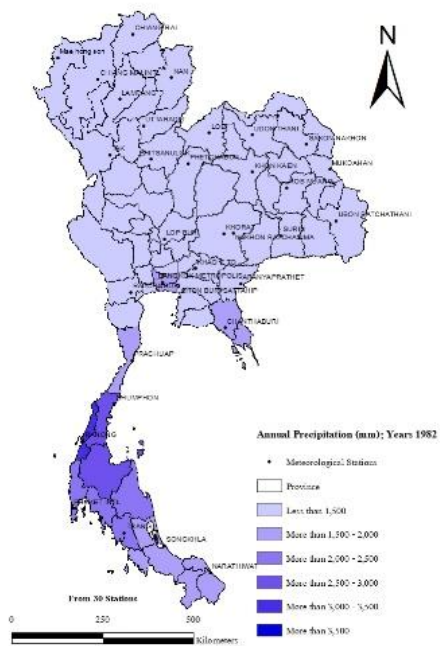
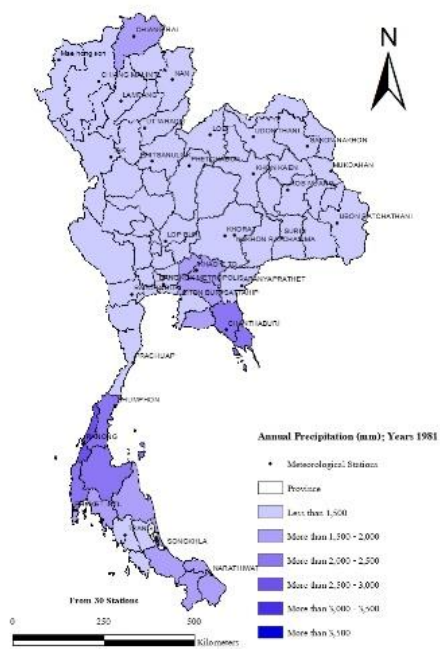
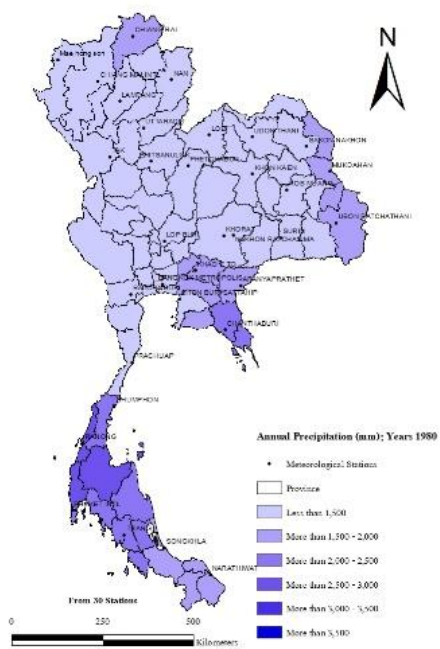


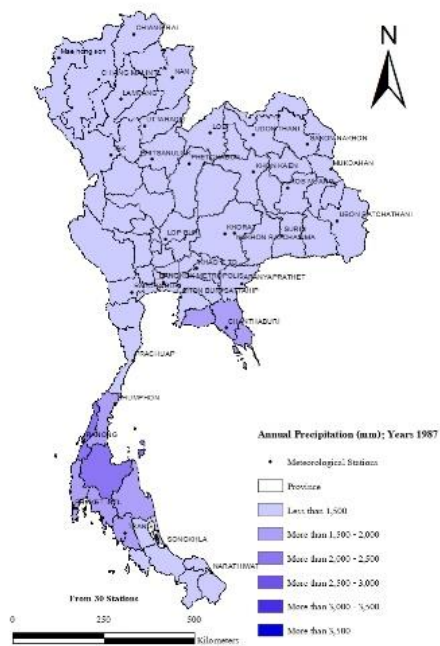
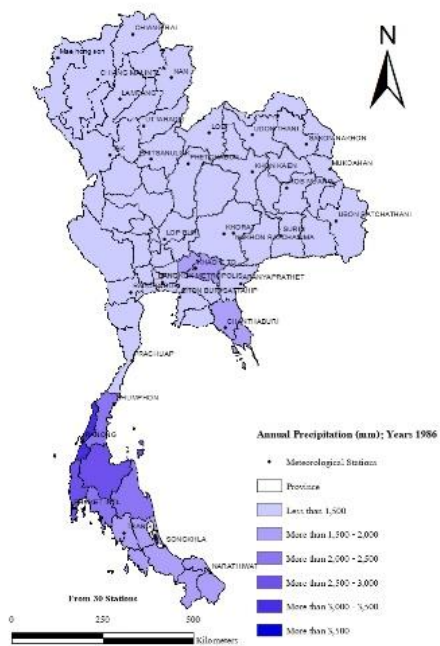
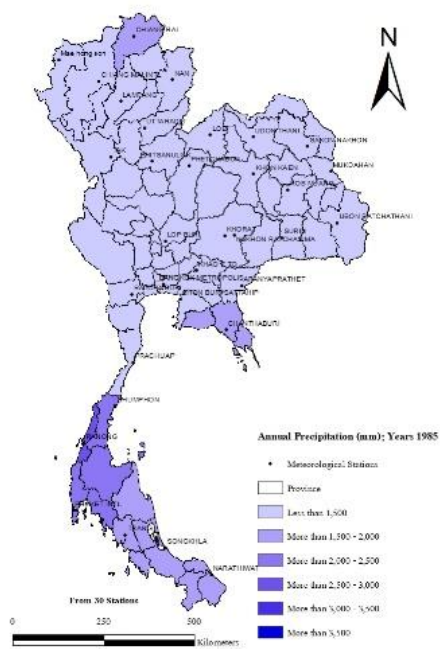
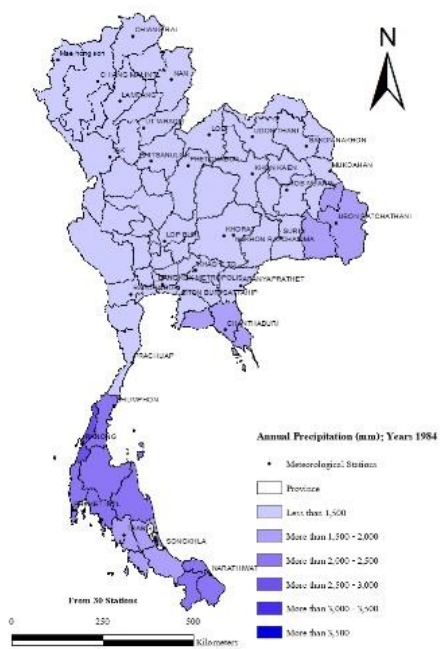


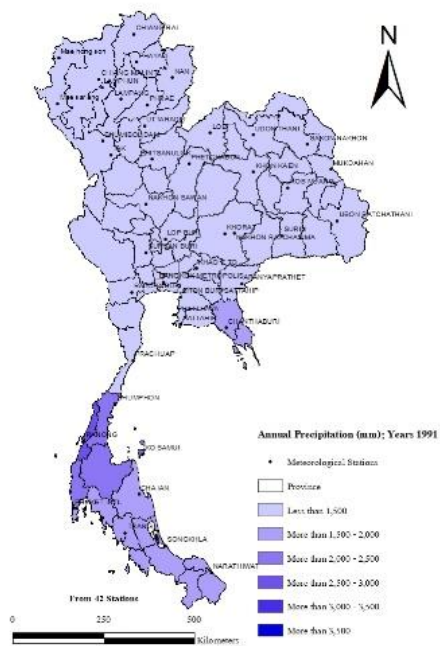
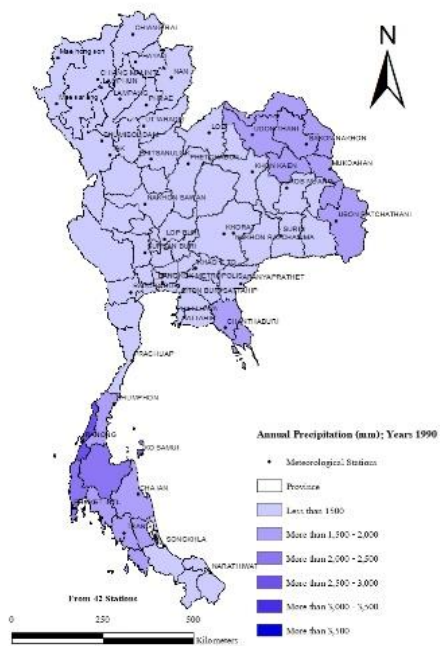
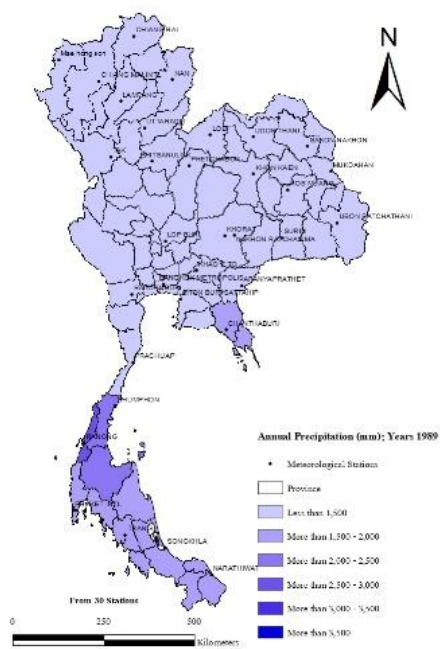
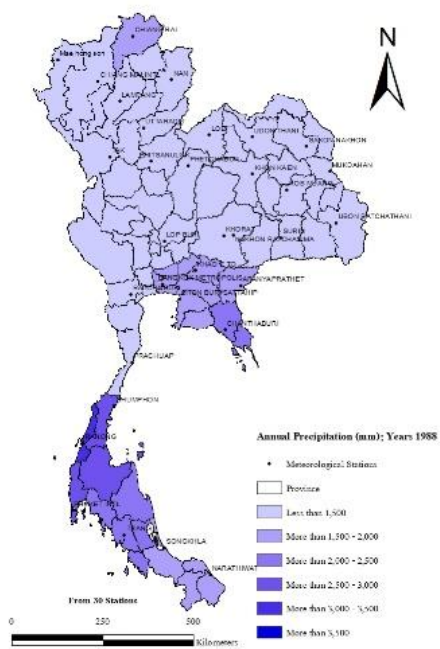
ภาพที่ ๘3 ปริมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายปีของรายลุ่มน้ำย่อย

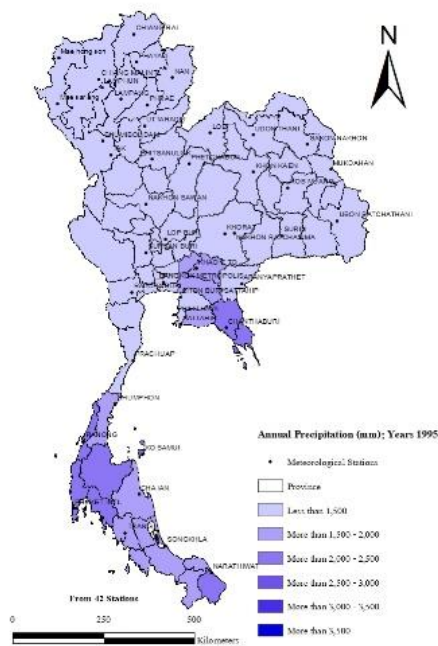
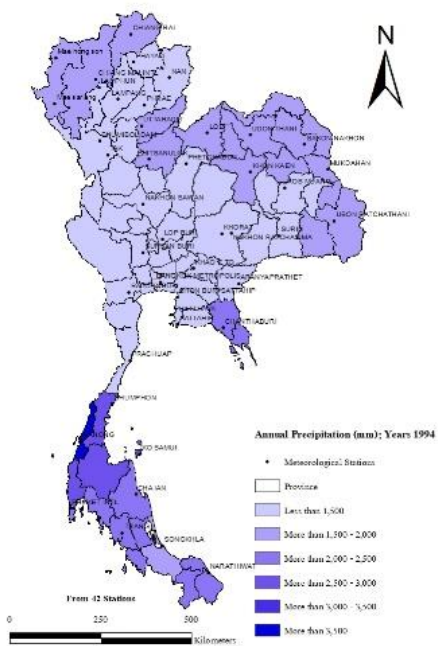
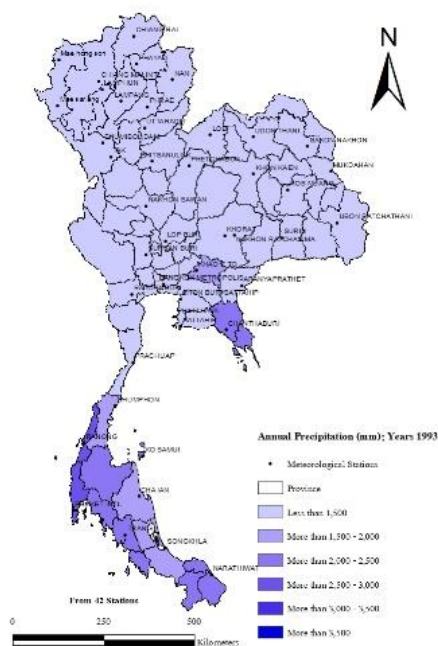
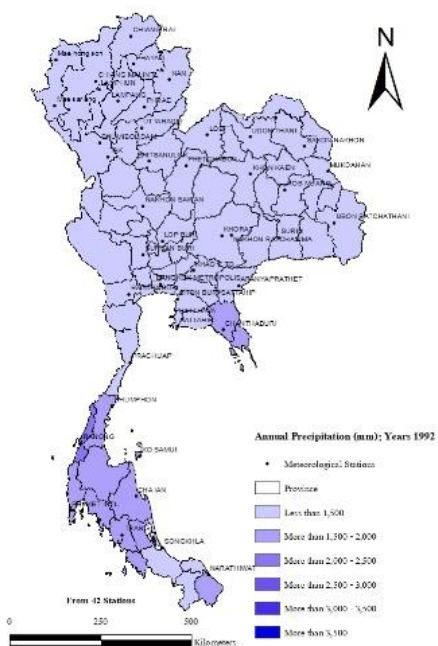
4. ปริมาณฝนรายจังหวัด

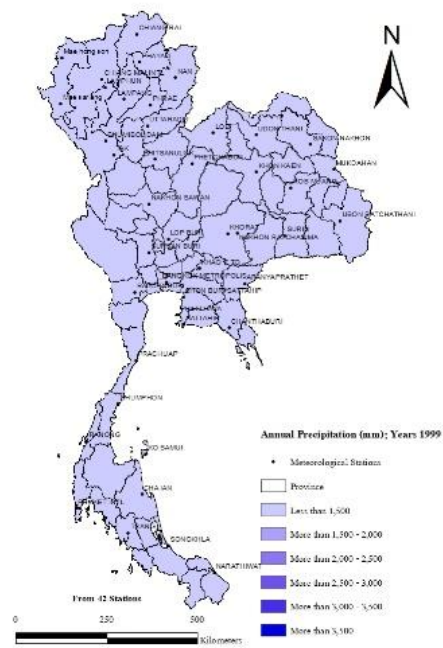
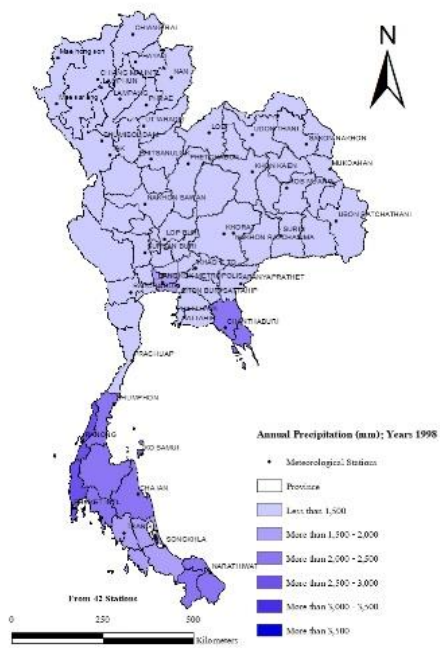
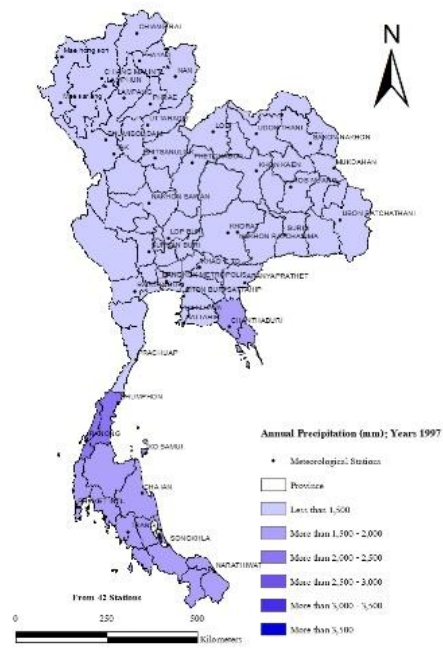
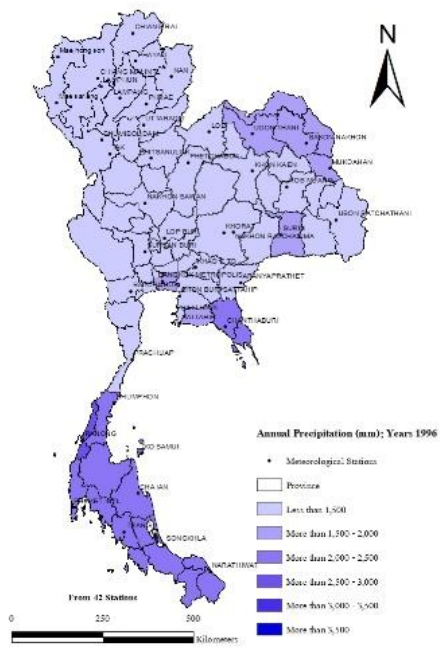
แผนที่การกระจายตัวของฝนรายปีของรายจังหวัดพบว่าแต่ละปีจะมีปริมาณฝนเพิ่มขึ้นและลดลง สำหรับปีที่ฝนทั้งประเทศลดลงอย่างชัดเจนคือปี 1999 ส่วนปีที่มีปริมาณฝนมากก็คือช่วงปี 2000 – 2001 โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจังหวัด ระนองกับชุมพร แสดงผลดัง ภาพที่ ๘4

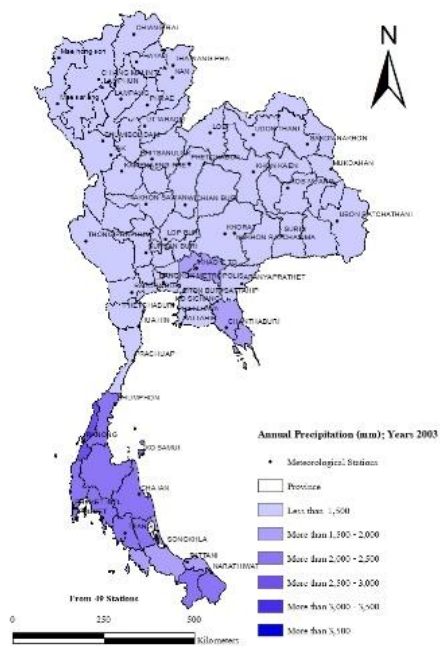
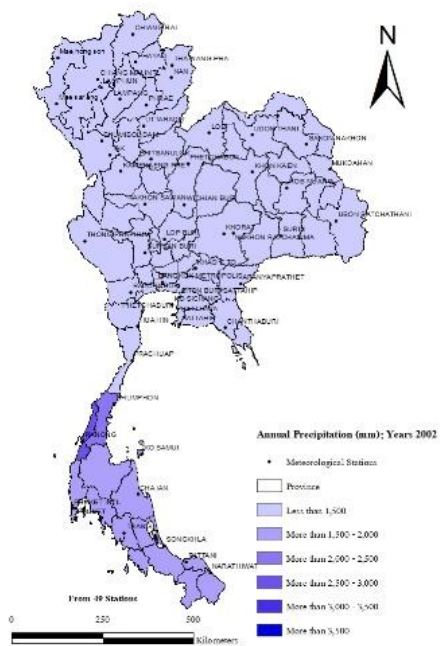
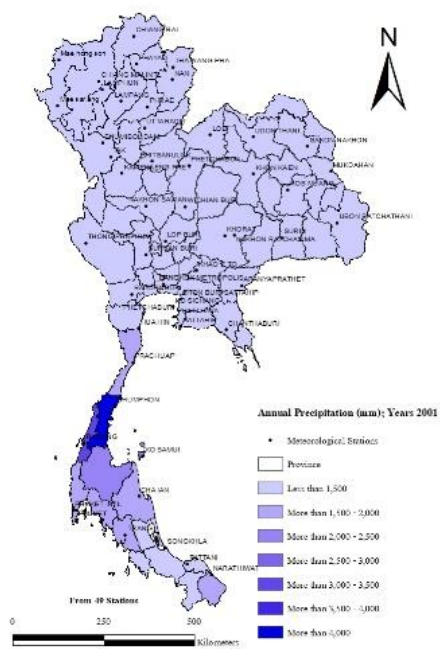
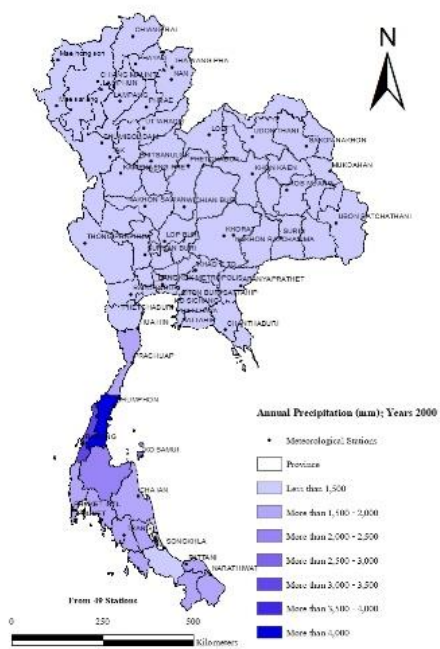


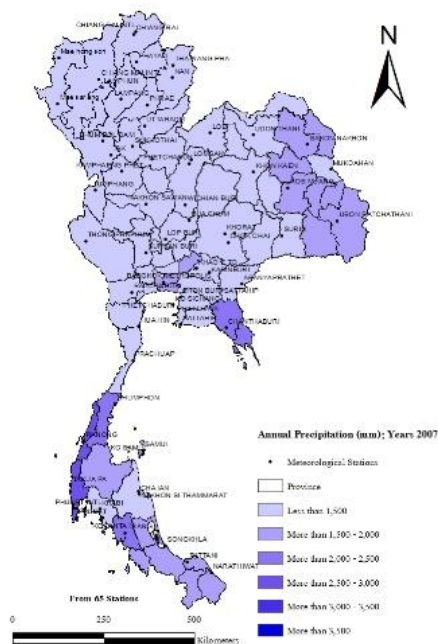
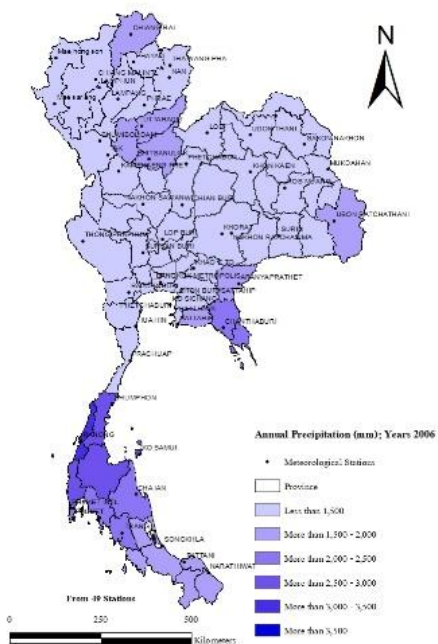
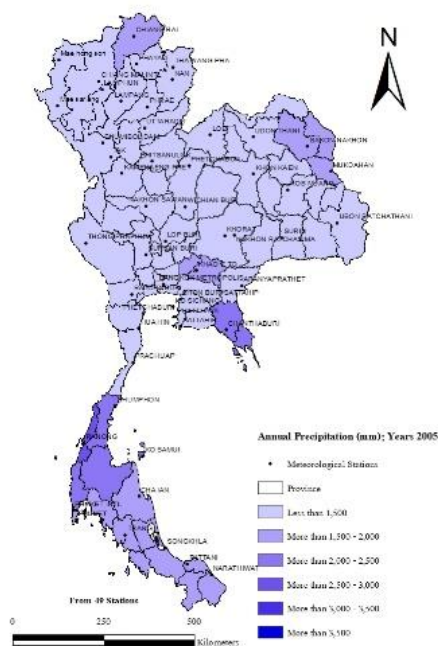
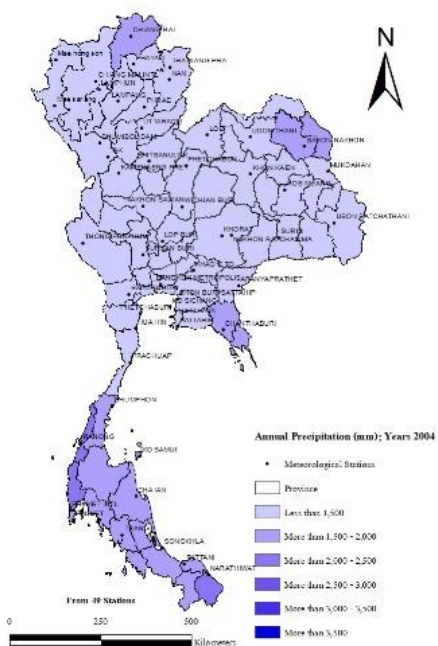


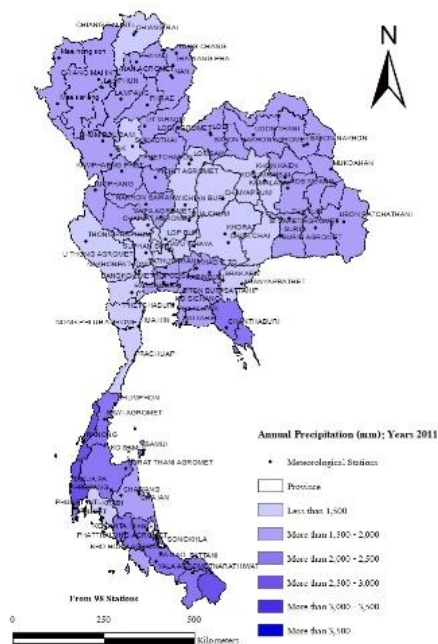
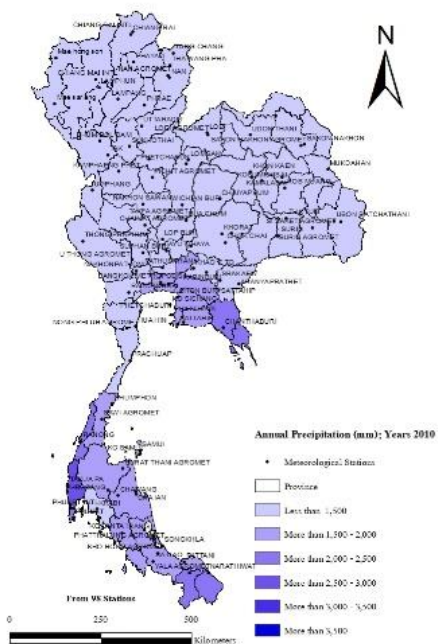
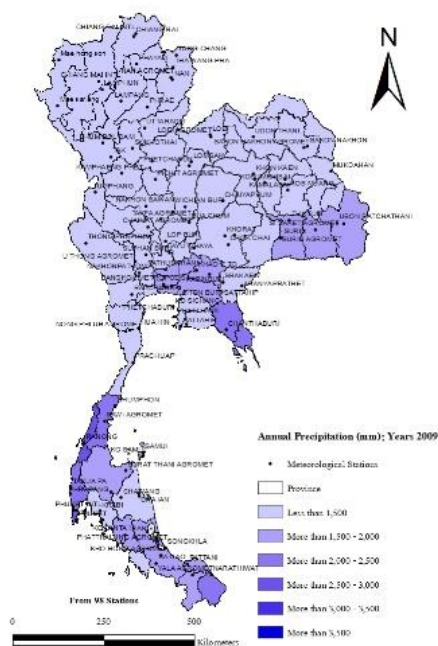
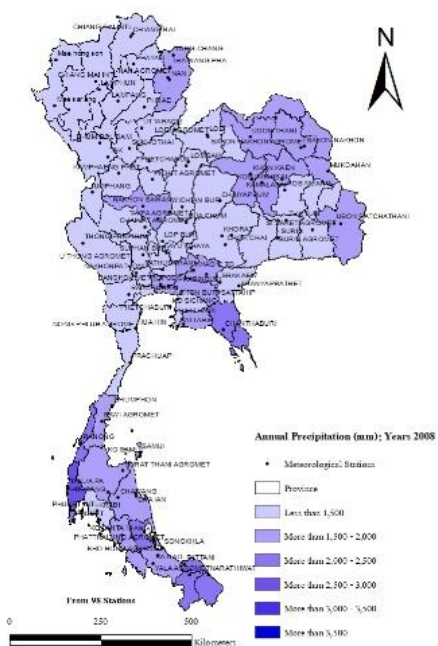


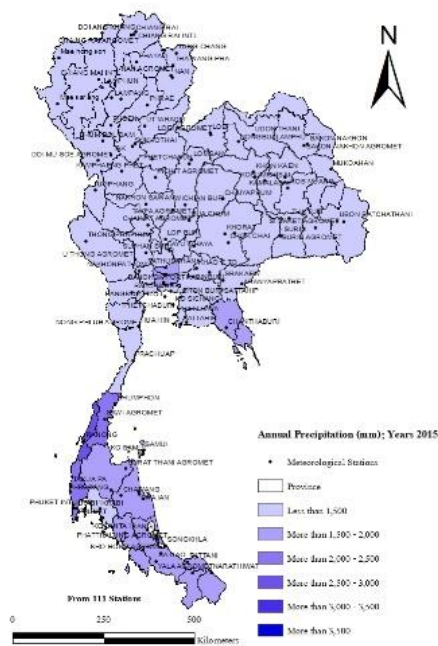
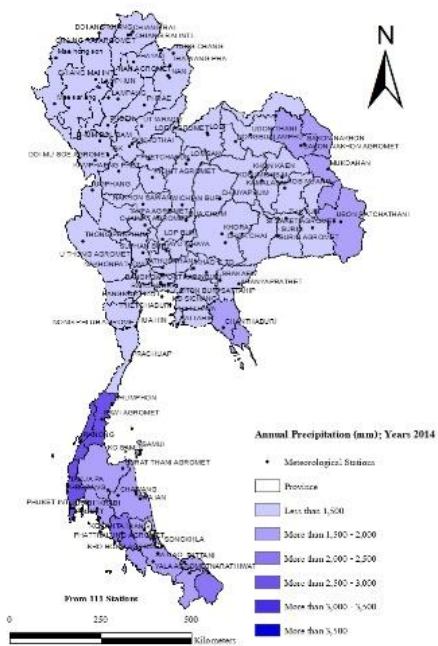
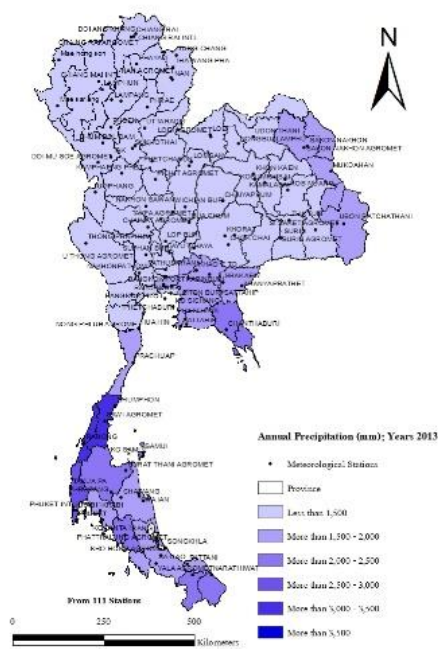
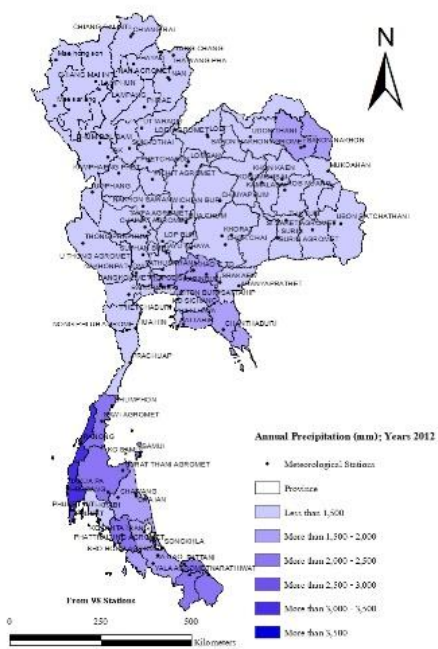


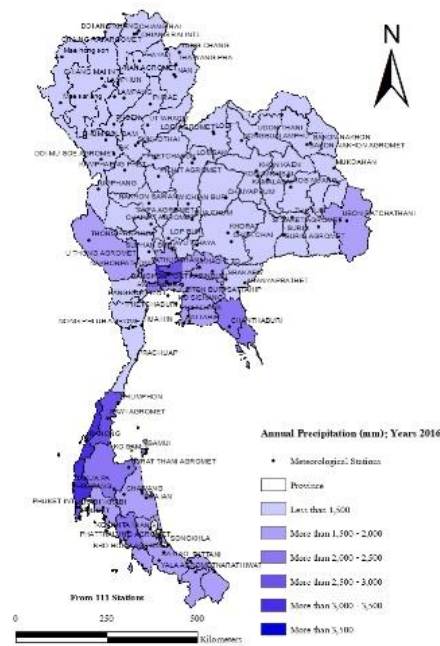








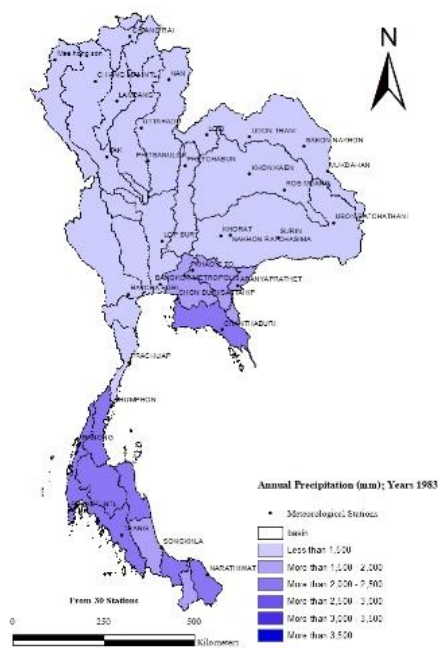
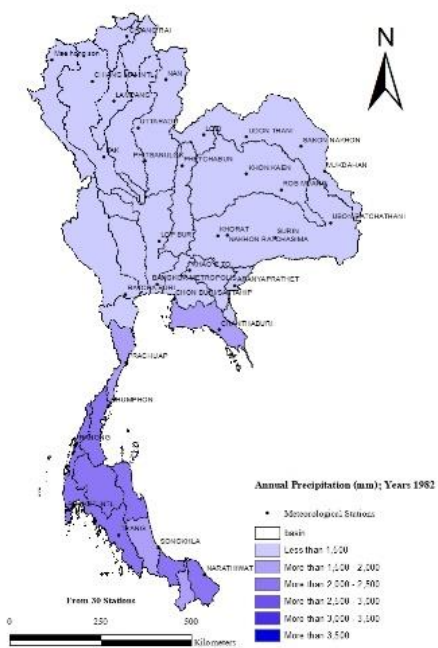
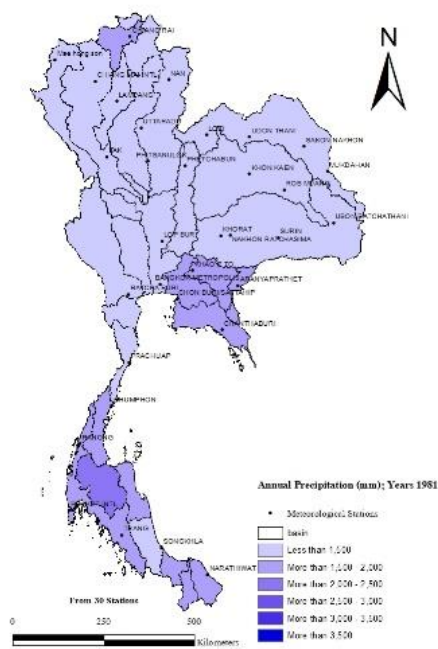
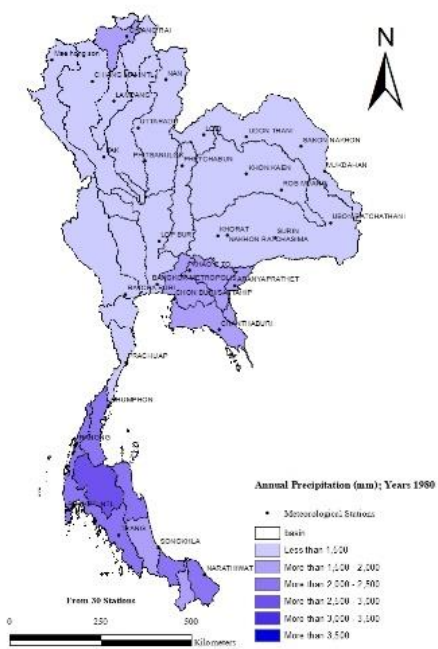


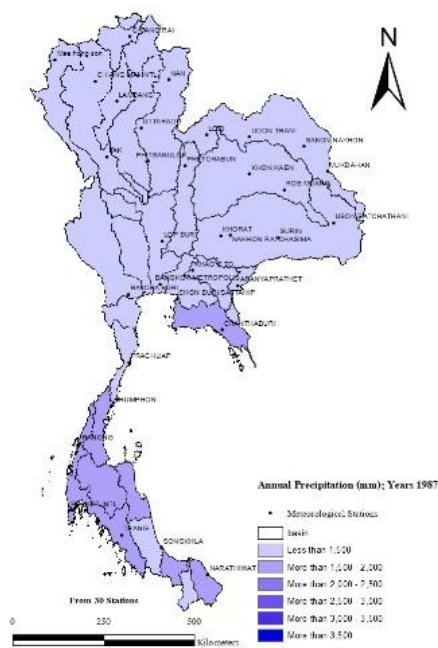
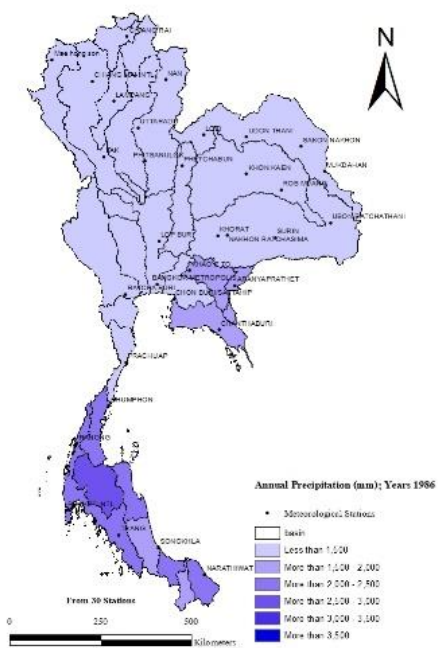
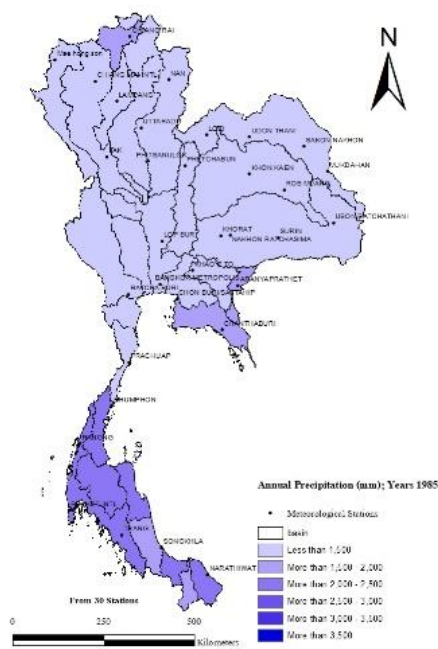
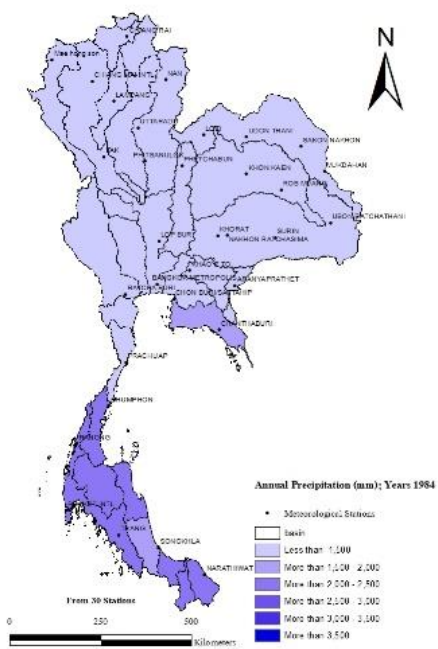


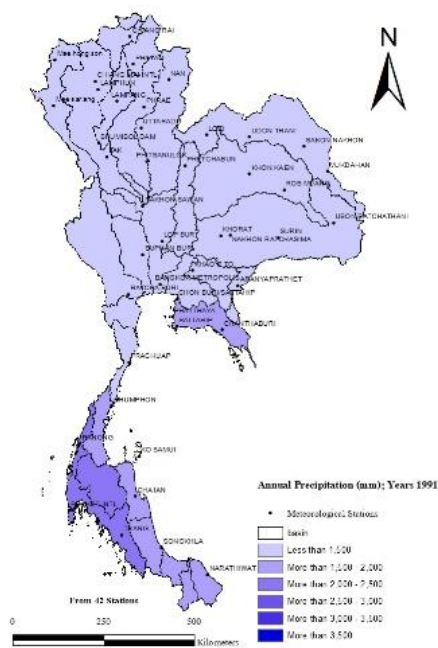
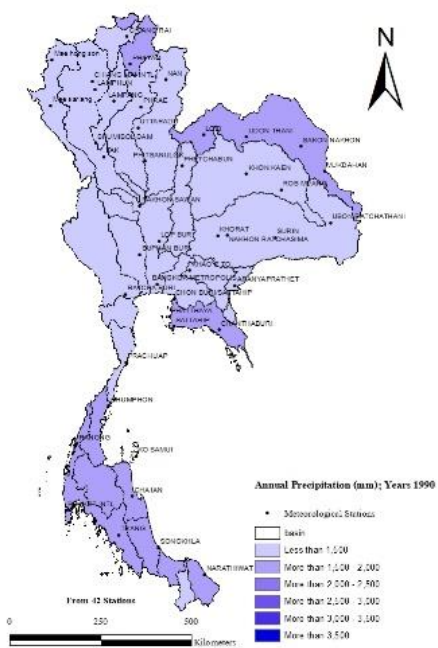
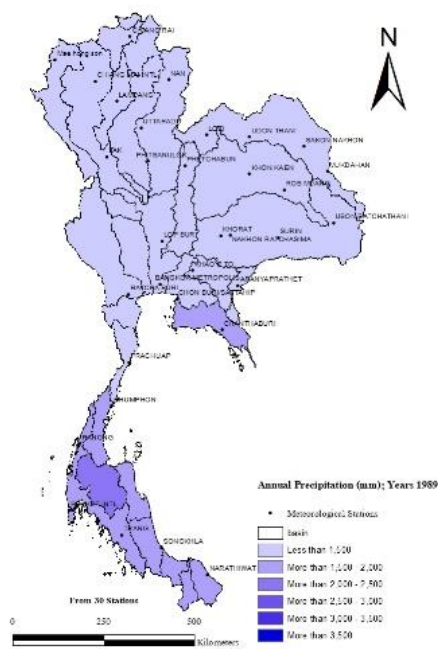
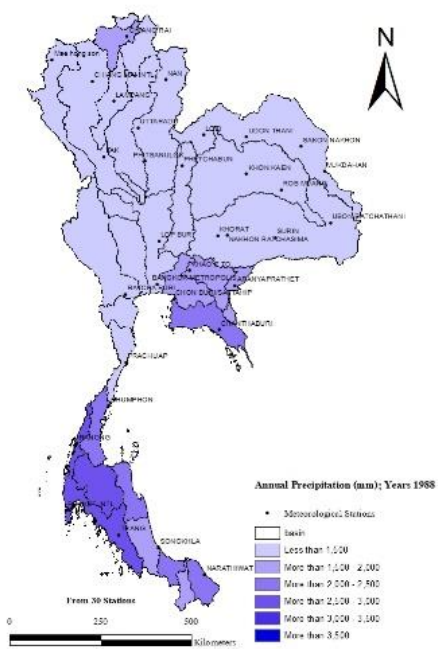
ภาพที่ ๔๔ ปริมาณฝนรายปีของรายจังหวัด

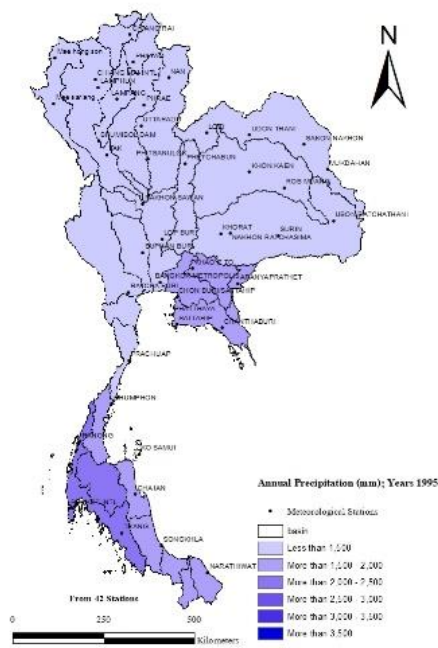
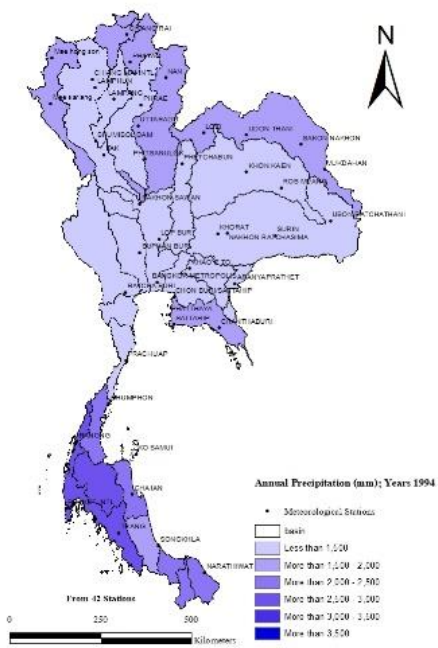
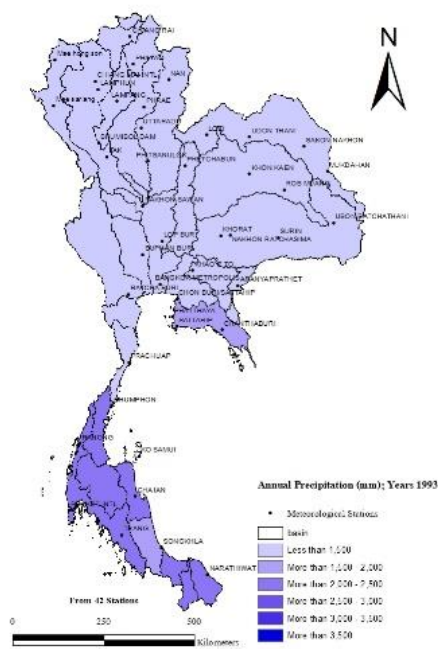
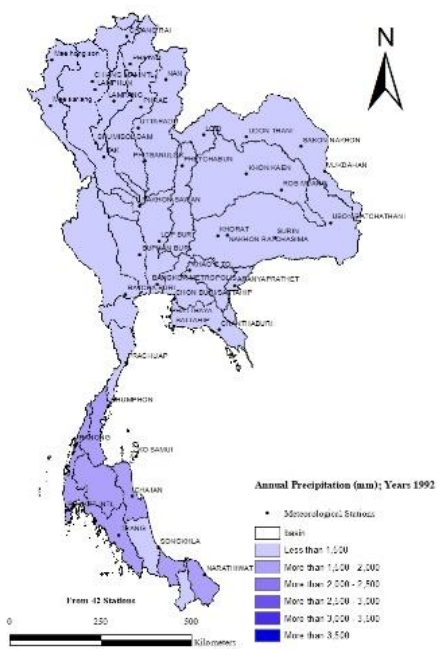
5. ปริมาณฝนรายลุ่มน้ำ

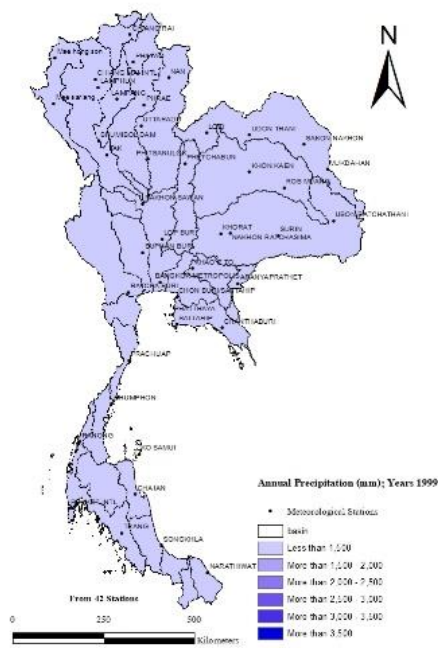
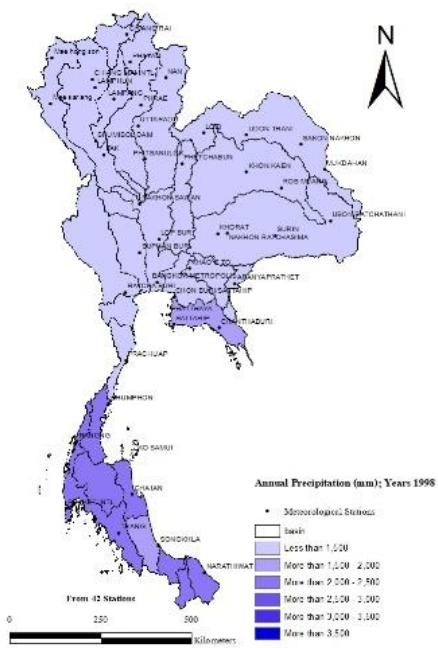
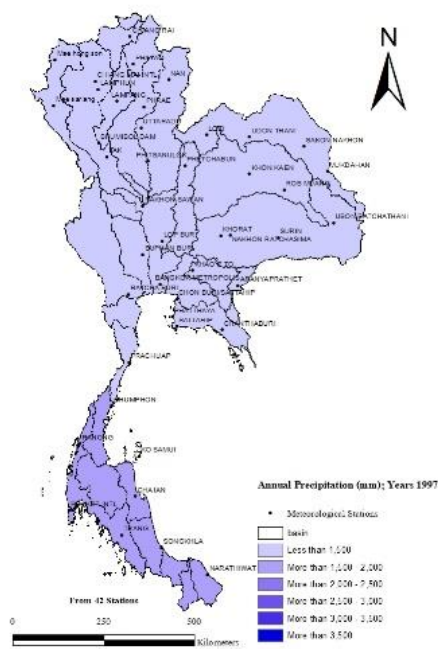
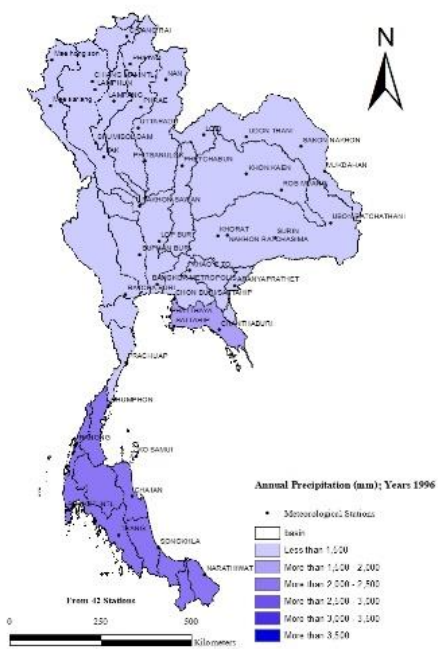
แผนที่การกระจายตัวของฝนเฉลี่ยเชิงพื้นที่รายปีของรายลุ่มน้ำพบว่ามีการเพิ่มขึ้นและลดลงซึ่งฝนจะโดยรวมจะน้อยในปี 1999 ส่วนปริมาณฝนจะมากในปี 2000 – 2001 ในบริเวณภาคใต้ตะวันออกและภาคใต้ฝั่งตะวันตกซึ่งก็ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชุมพรและระนองตามลำดับจึงเหมือนกับรายจังหวัดเช่นกัน แสดงผลดัง ภาพที่ ๔๕

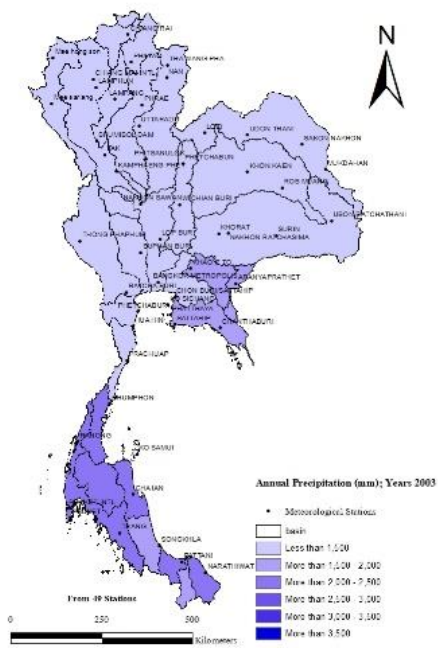
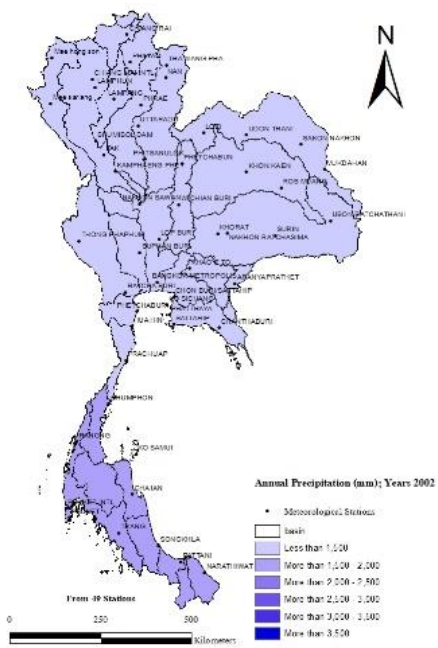
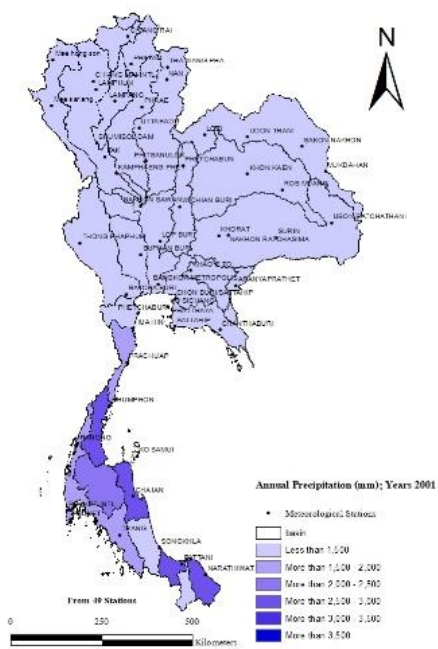
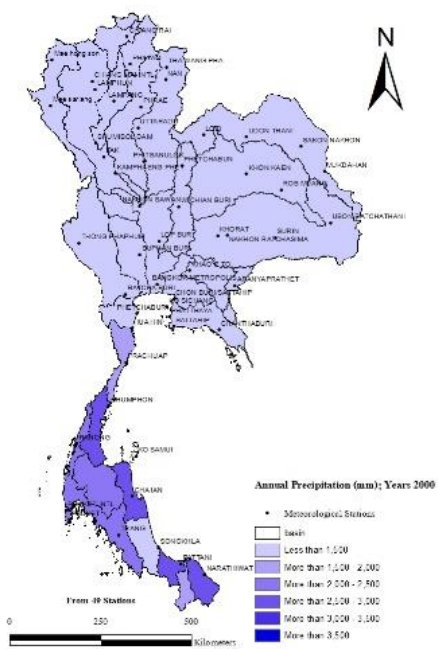


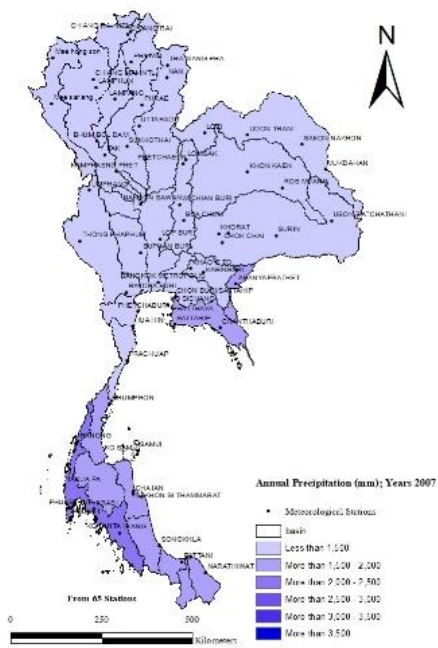
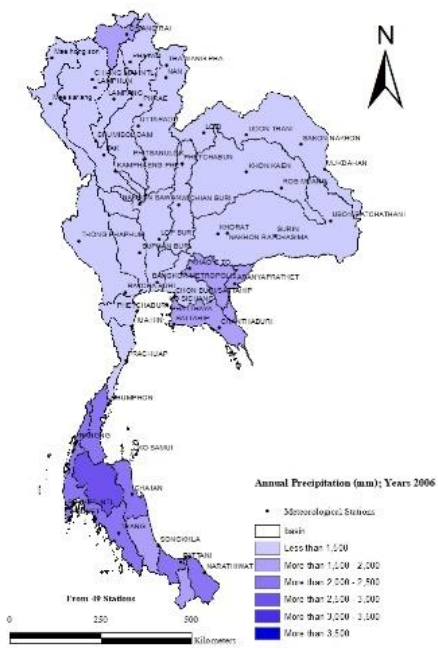
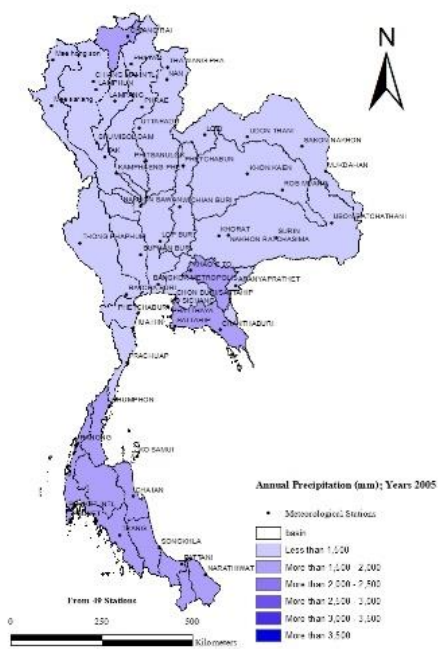
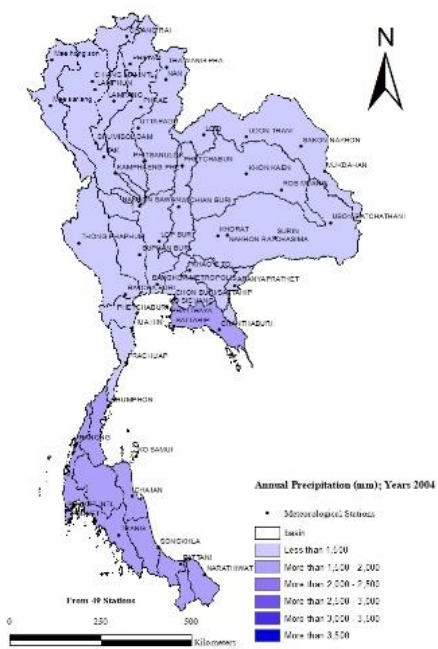


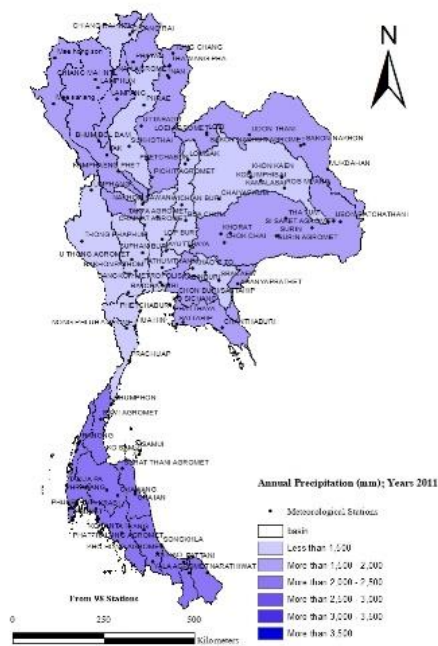
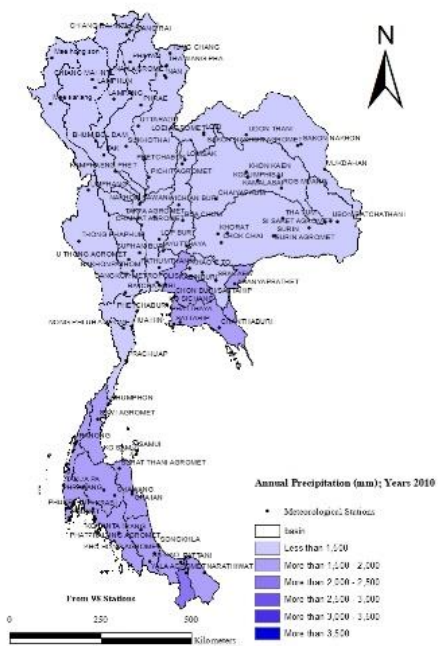
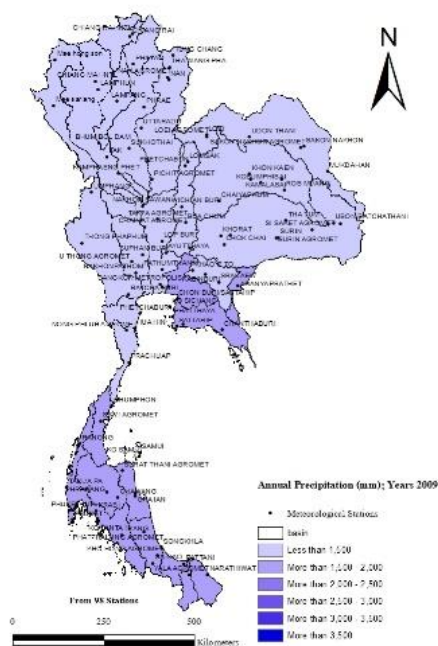
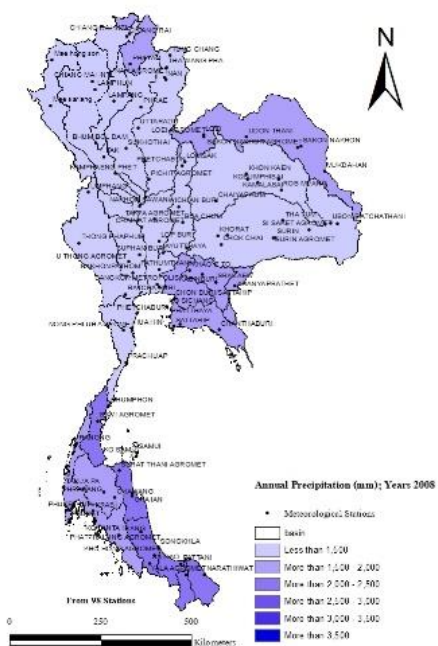


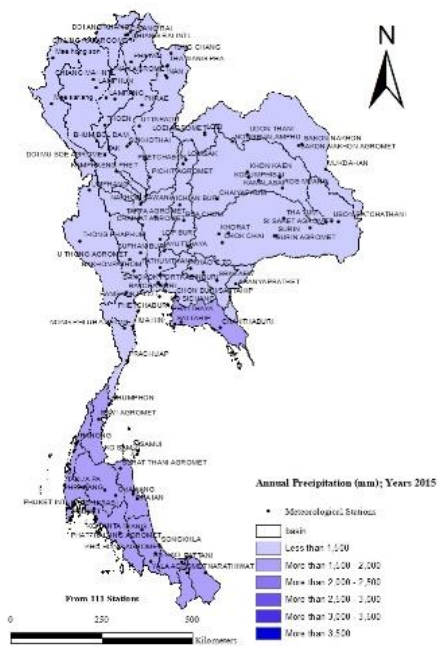
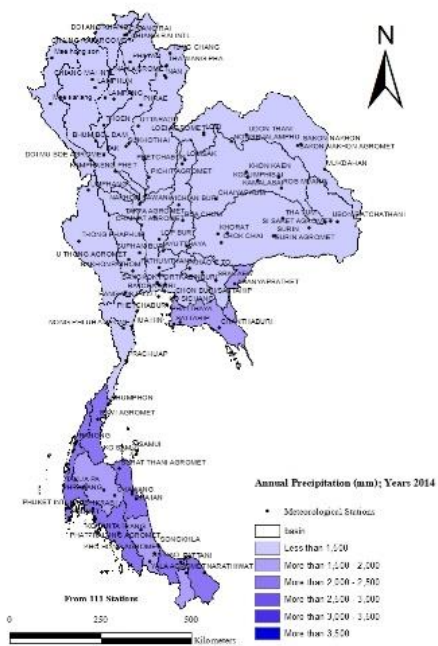
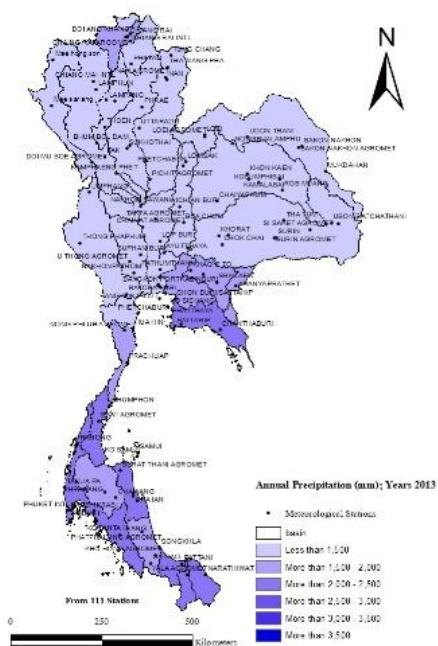
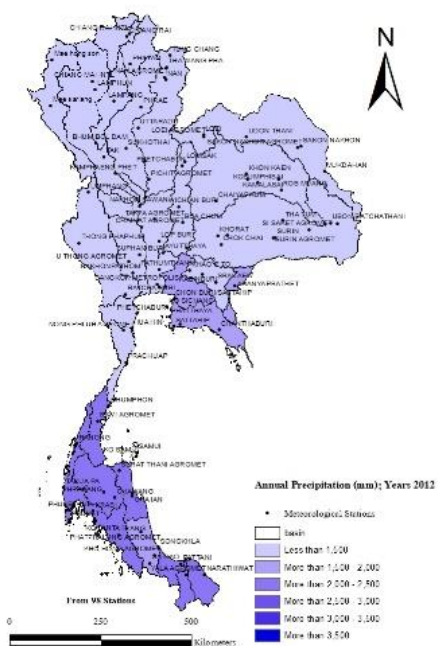


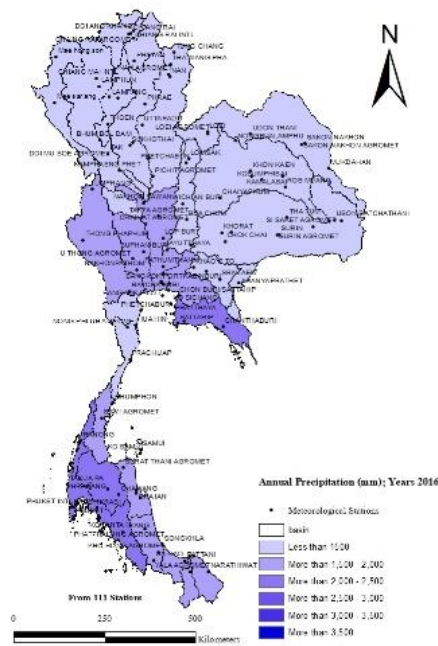








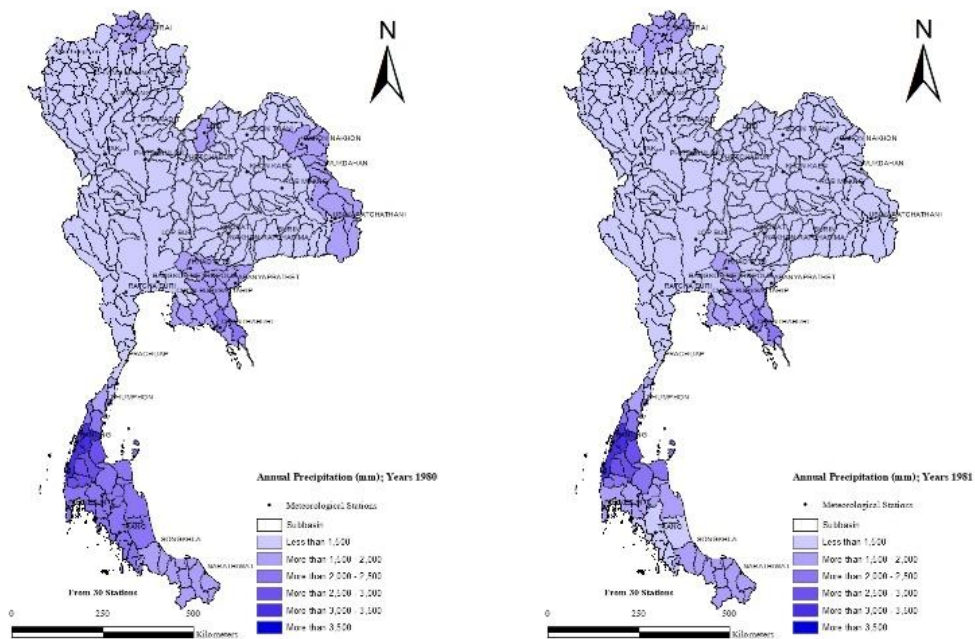


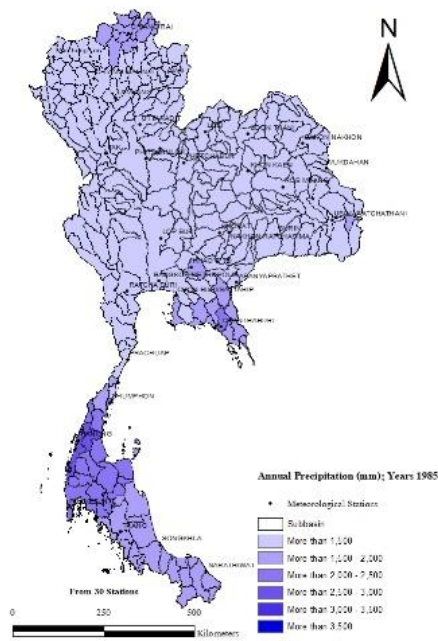
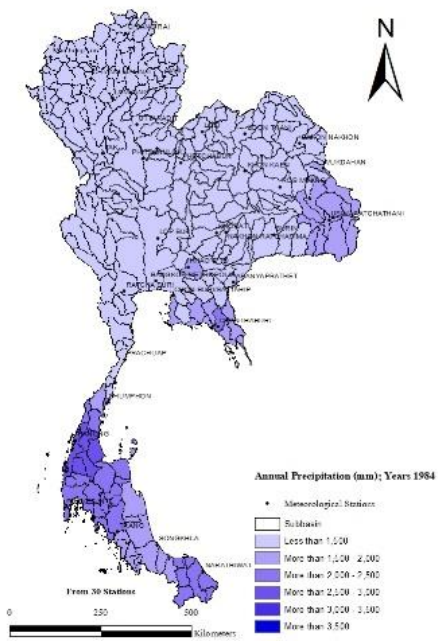
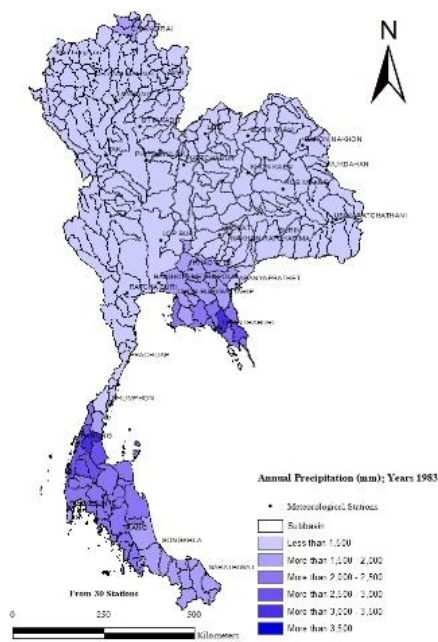
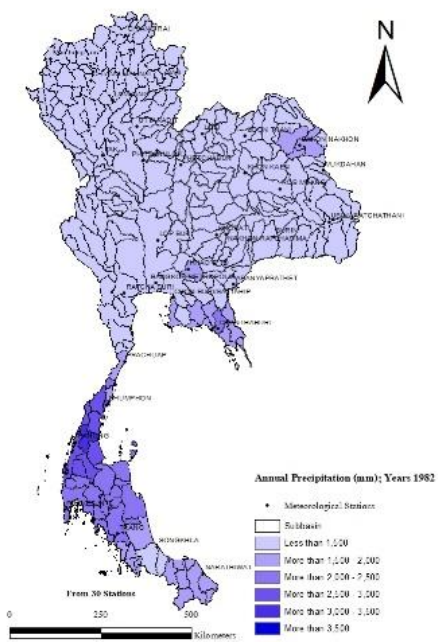


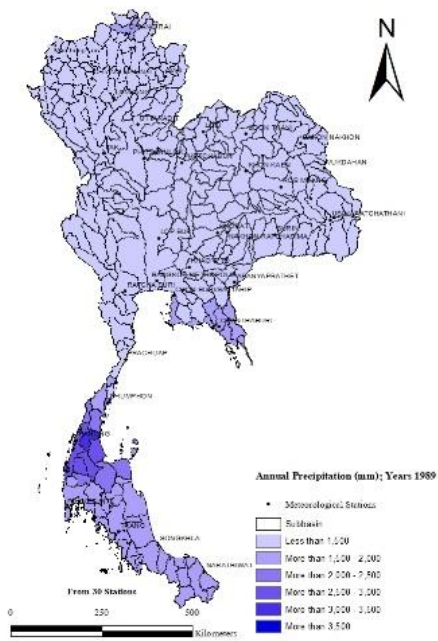
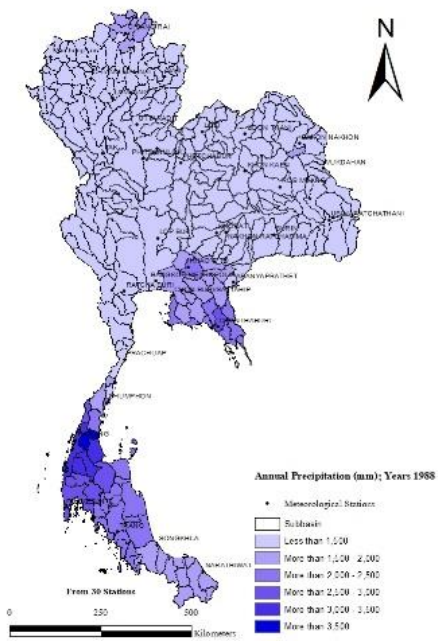
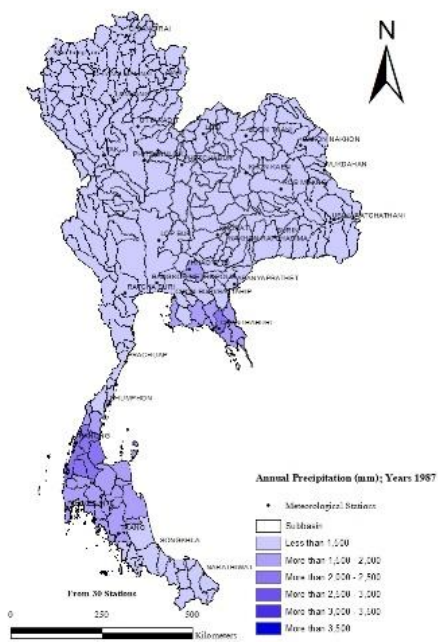
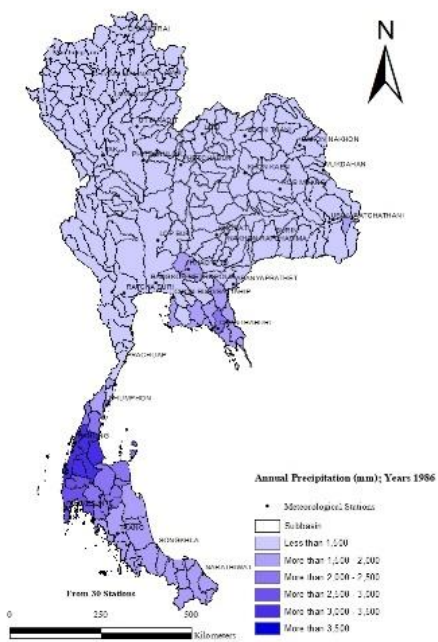
ภาพที่ ผร ปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำ

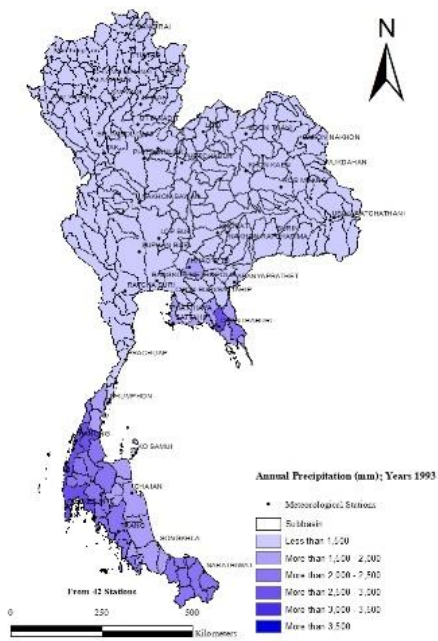
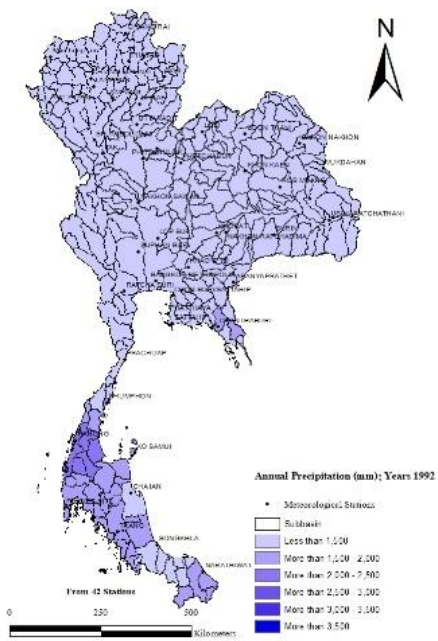
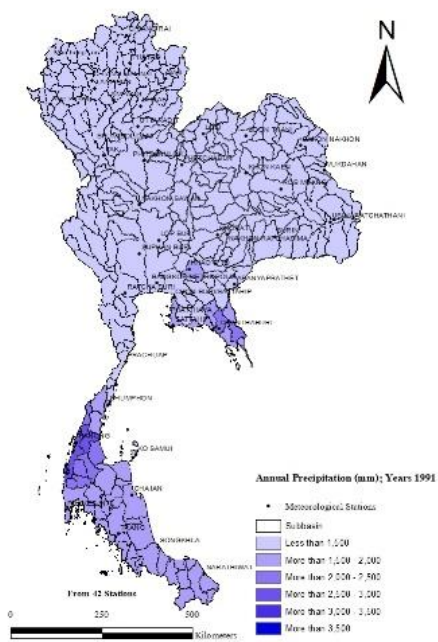
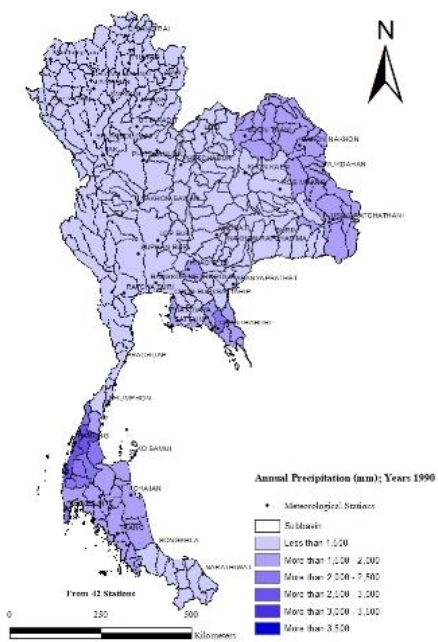
6. ปริมาณฝนรายลุ่มน้ำย่อย

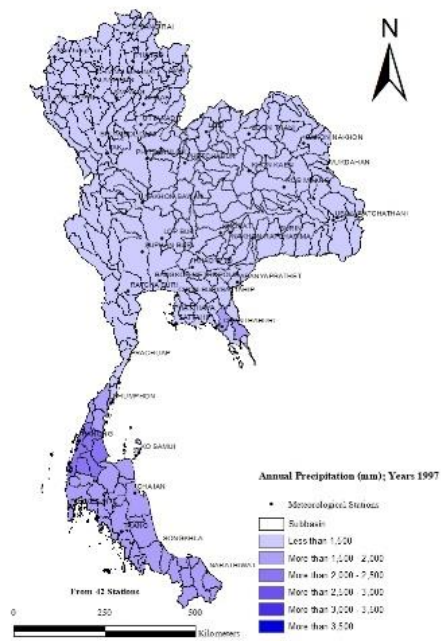
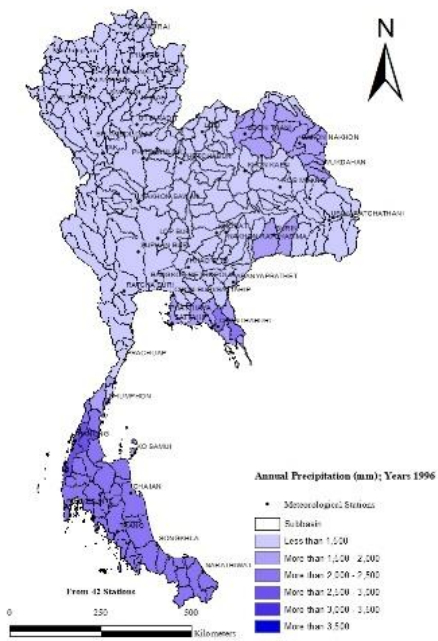
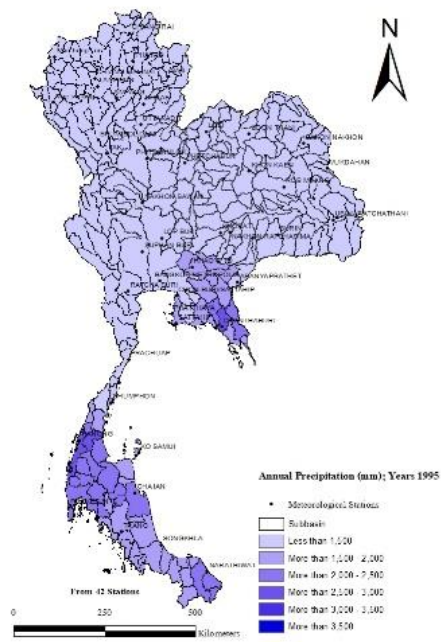
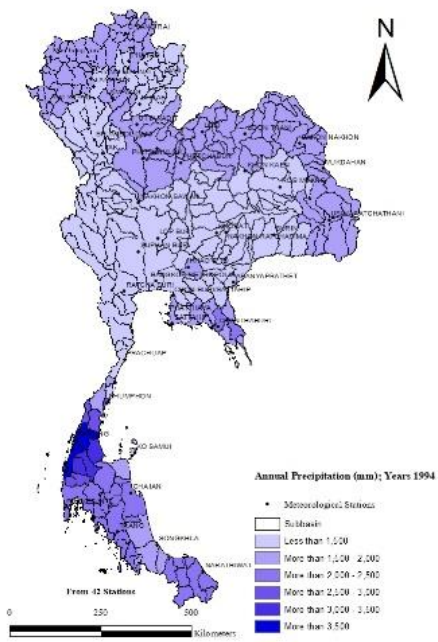
แผนที่การกระจายตัวของฝนสำหรับรายลุ่มน้ำย่อยนั้นเป็นการแบ่งพื้นที่ลุ่มน้ำให้ละเอียดมากขึ้น ซึ่งเป็นการแบ่งมาจากพื้นที่ลุ่มน้ำหลัก สำหรับผลปริมาณฝนรายลุ่มน้ำย่อยนั้น ดังแสดงใน ภาพที่ ผ3

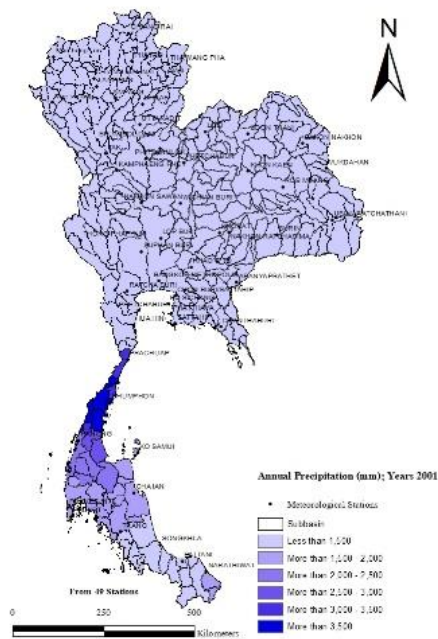
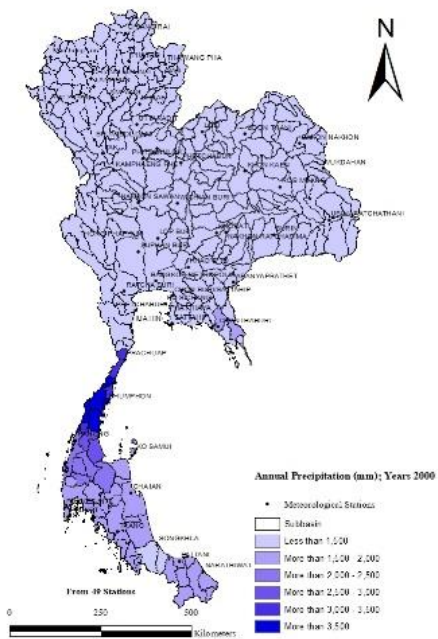
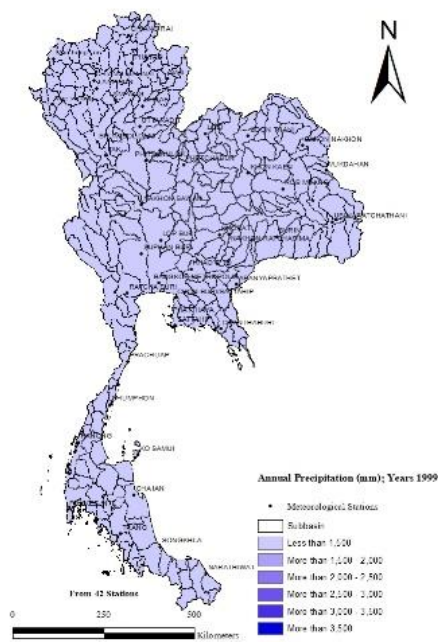
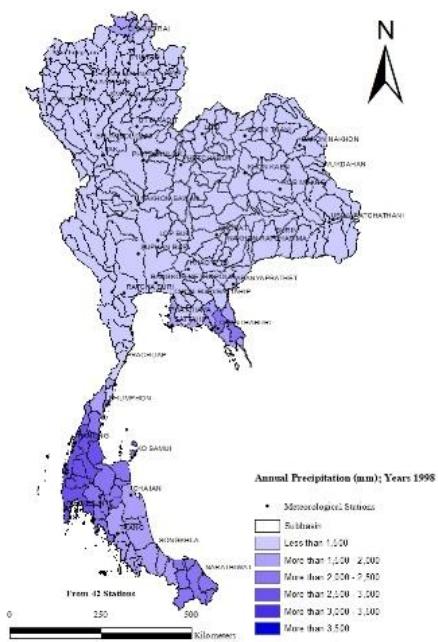


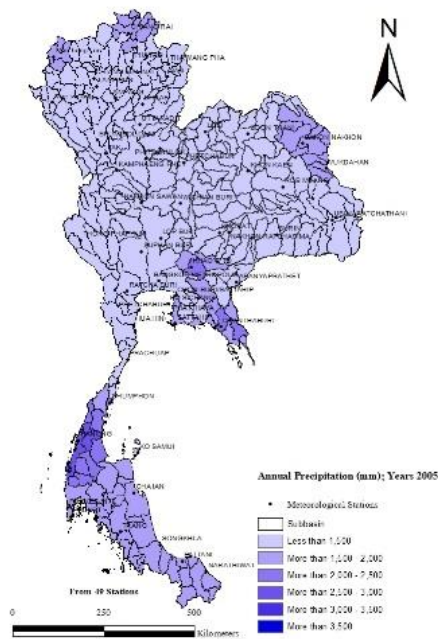
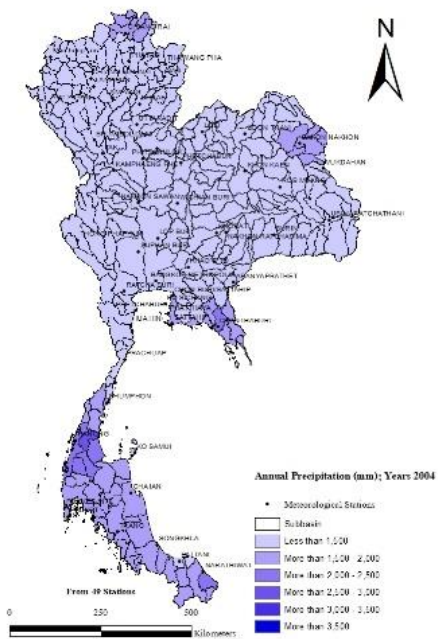
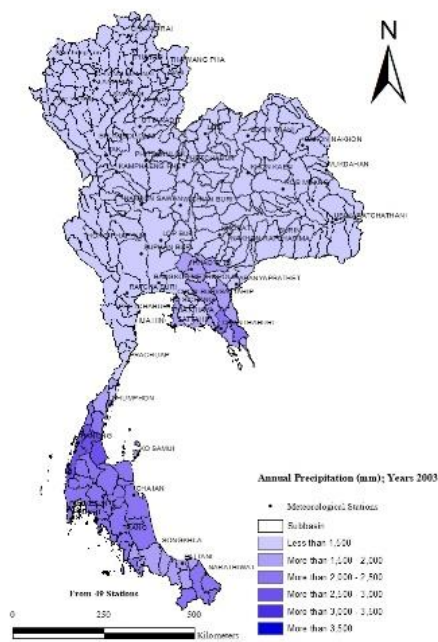
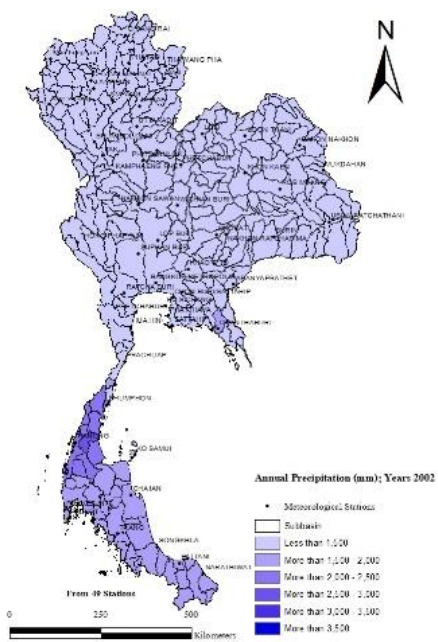


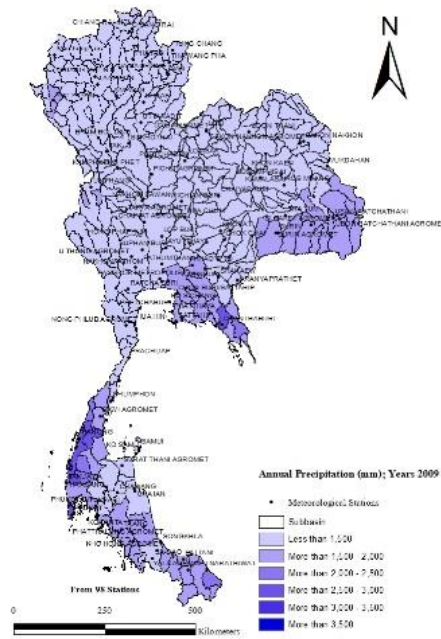
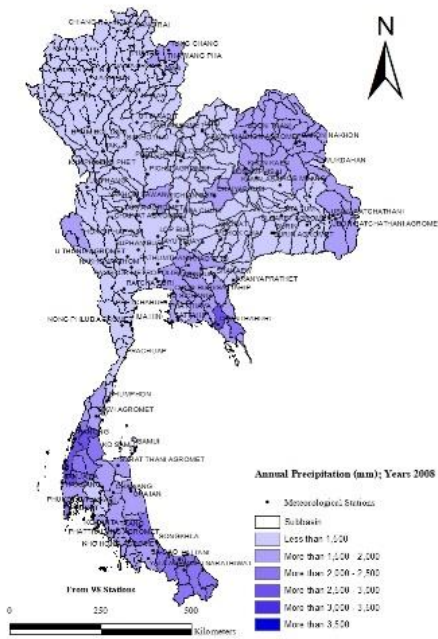
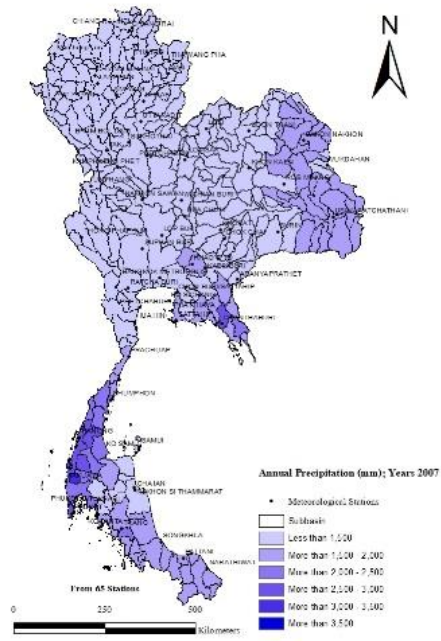
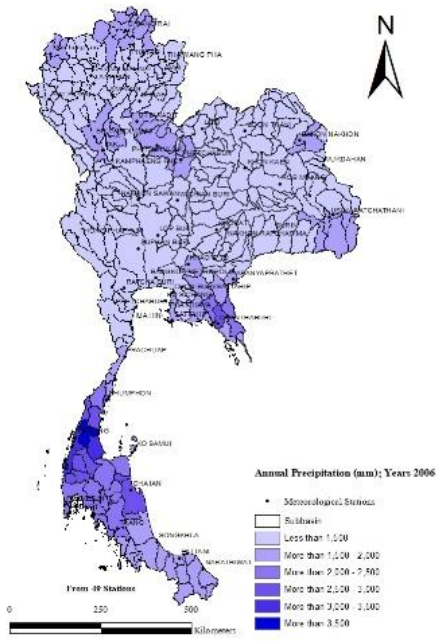


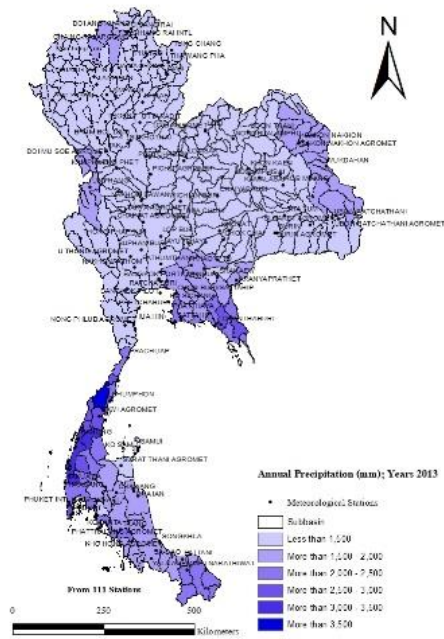
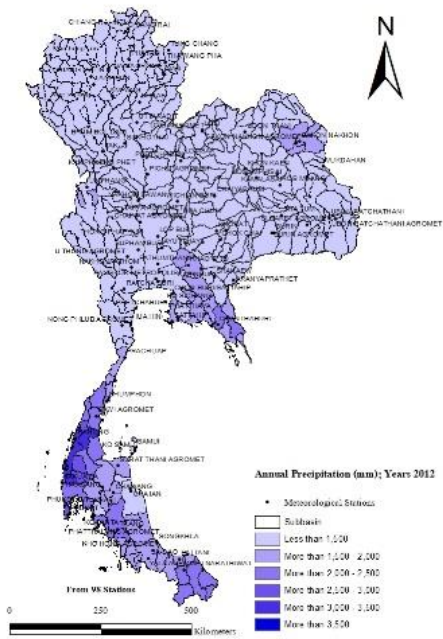
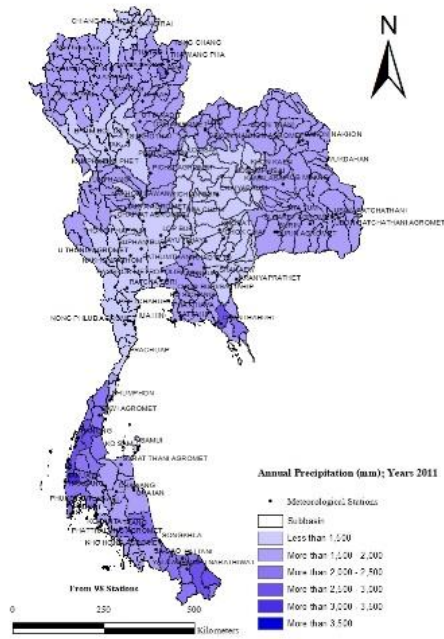
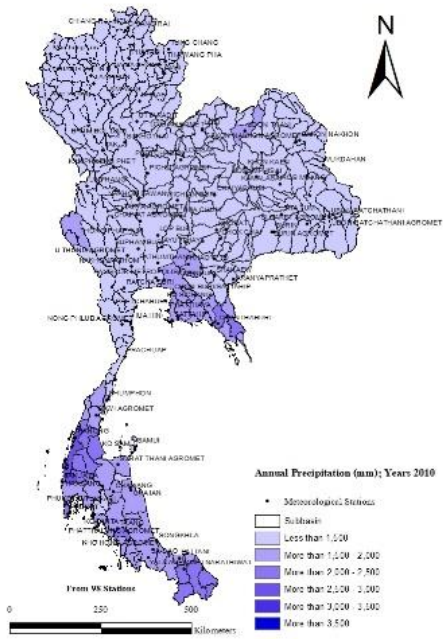


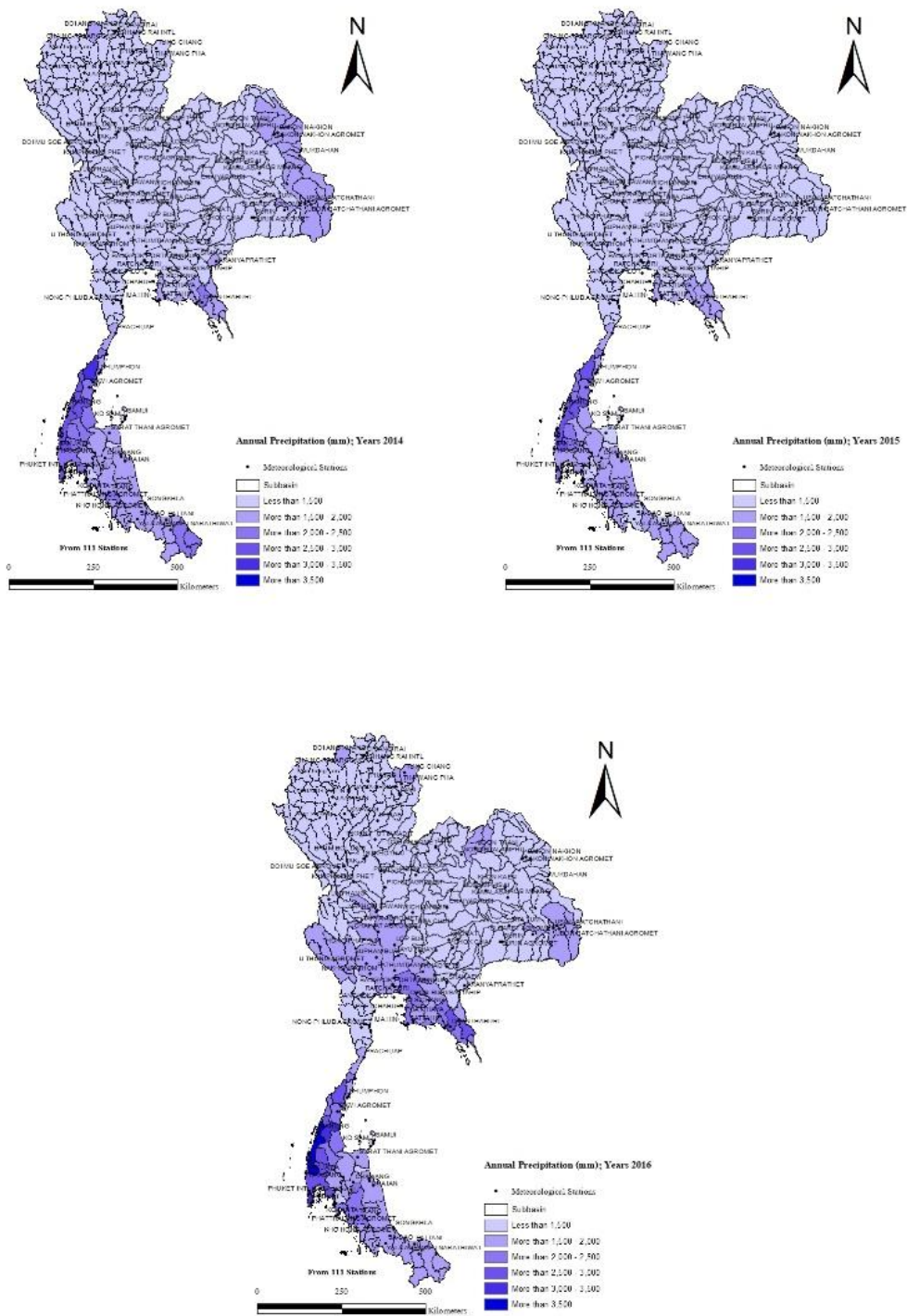












ภาพที่ ๒๖ ปริมาณฝนรายปีของรายลุ่มน้ำย่อย