



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

การประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้แบบจำลอง SWAT

โดย

นางสาวมัลลิกา มังคลาด

เลขประจำตัวนิต 5832734423

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและฉบับเต็มของฉบับเต็มของโครงการนี้ได้รับการขึ้นบัญชีในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มต้นฉบับของนิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

การประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้แบบจำลอง SWAT

นางสาวมัลลิกา มังคลาด

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

GROUNDWATER RECHARGE ASSESSMENT IN RAYONG GROUNDWATER BASIN
USING SWAT MODEL

MISS MULLIKA MANGKALAD

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2018

หัวข้อโครงการ การประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้แบบจำลอง SWAT
โดย นางสาวมัลลิกา มังคลาด
สาขาวิชา ธรณีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

วันที่ส่ง..... 13/05/62.....

วันที่อนุมัติ..... 13/05/62.....

ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

Project Title

GROUNDWATER RECHARGE ASSESSMENT IN
RAYONG GROUNDWATER BASIN USING SWAT
MODEL

By

Miss MULLIKA MANGKALAD

Field of Study

Geology

Project Advisor

ASSOC.PROF.SRILERT CHOTPANTARAT

Submitted date.....13/05/62.....

Approval date.....13/05/62.....

Srilert Chotpantarot

Project Advisor

(ASSOC.PROF.SRILERT CHOTPANTARAT)

มัลลิกา มังคลาด: การประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้แบบจำลอง SWAT (GROUNDWATER RECHARGE ASSESSMENT IN RAYONG GROUNDWATER BASIN USING SWAT MODEL) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์, 50 หน้า

การขยายตัวอย่างรวดเร็วของพื้นที่อุตสาหกรรมบริเวณฝั่งตะวันออกของประเทศไทย ทำให้มีการจัดตั้งเขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ (The Eastern Economic Corridor, EEC) ซึ่งจังหวัดระยองเป็นหนึ่งในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้นการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อเอื้อต่อความต้องการใช้น้ำสูงขึ้นในอนาคต การศึกษาครั้งนี้ได้มีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือแบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้การเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำทำในพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาปรับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อพื้นที่ศึกษา ได้แก่ CN SOIL_AWC GWQMN และ GW_DELAY และสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันของแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยใช้ข้อมูลสภาพทางอุทกนิยมนิคมวิทยา ความสูงต่ำของพื้นที่เหมือนกัน และเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าจากสถานี Z.38 ตั้งอยู่บริเวณ อ.เมือง จ.ระยอง ในปี พ.ศ.2560 โดยความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำท่าที่ตรวจวัดได้จริงกับแบบจำลองเมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มีค่า 0.61 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่า 0.78 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการเติมน้ำกับรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560 พบว่าหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ที่ 1, 14, 16 และ 24 มีแนวโน้มของพื้นที่ป่าไม้ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2.43 ของพื้นที่ โดย HRUs ที่ 1 และ 24 มีแนวโน้มของพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 16 ของพื้นที่ สำหรับ HRU ที่ 1 อยู่บริเวณนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด ต.ตาสีหิ อ.ปลวกแดง จ.ระยอง และ HRU ที่ 24 บริเวณนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวส่งผลให้การเติมน้ำในแอ่งน้ำบาดาลระยองลดลงโดยเฉลี่ยทั้งพื้นที่ที่มีปริมาณเท่ากับ 3.81 มม. หรือลดลงร้อยละ 0.23 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปี พ.ศ.2560

ภาควิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่อนิสิต _____ มัลลิกา มังคลาด _____

สาขาวิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษา _____ *ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์*

ปีการศึกษา _____ 2561

5832734423: MAJOR GEOLOGY

KEYWORD: SWAT / RUNOFF/ GROUNDWATER RECHARGE/ RAYONG GROUNDWATER BASIN

MULLIKA MANGKALAD: GROUNDWATER RECHARGE ASSESSMENT IN RAYONG
GROUNDWATER BASIN USING SWAT MODEL.

ADVISOR: ASSOC. PROF. SRILERT CHOTPANTARAT, 50 pp.

The rapid expansion of industrial areas on the Eastern side of Thailand causes the establishment of The Eastern Economic Corridor (EEC). Rayong province is one of a part of EEC; thus, water resource management is very important to supply a higher water demand in the future. In this study, a mathematical rainfall-runoff model, called SWAT, was applied to assess groundwater recharge in Rayong groundwater basin. The calibration and verification processes with adjusting the following parameters: CN, SOIL_AWC, GWQMN, and GW_DELAY, were carried out with runoff data at station Z.38, located in Muang Rayong. Then, with changing land use map from 2009 to 2017, the affect land use change on groundwater recharge were evaluated by using the same meteorological data, soil types and DEM in 2017. The relationship between the measured runoff and the model simulation found that the coefficient of determination (R^2) was 0.61 and the correlation coefficient (R) was 0.78, which is acceptable.

The model revealed that groundwater recharge in Rayong groundwater basin has affected by the land use changes. As comparing between two periods, the results revealed that the 1st, 14th, 16th, and 24th HRUs tend to decrease the forest area about 2.43% of areas. The 1st and 24th HRUs tend to increase the urban area about 16% of areas. The 1st HRU is located in the Eastern Seaboard Industrial Estate, Tambon Tasit, Amphor Pluakdang, Rayong and the 24th HRU is located in Rojana Industrial Estate, Tambon Nhongbua, Amphor Ban Khai, Rayong. The decreasing in the forest and increasing in urban cause to reduce in groundwater recharge in Rayong groundwater basin about 3.81 mm. (0.23% of the average rainfall in 2017).

Department GEOLOGY Student's Signature Mullika Mangkalad.
Field of Study GEOLOGY Advisor's Signature Srilert Chotpantar
Academic Year 2018

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายภาคส่วน ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ ให้ความรู้ และกำลังใจ ทั้งยังให้ความคิดเห็นต่างๆ ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับทุนสนับสนุนหน่วยปฏิบัติการวิจัย Research Unit Control of Emerging Micropollutants in Environment จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และบุคลากรประจำภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการติดต่อประสานงานหน่วยงานราชการและอื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลมาดำเนินงานวิจัย

ขอขอบคุณ นายวรพงศ์ ฤกษ์เกลี้ยง นายอภิวัฒน์ อินทียโกเศศ และนางสาววิยะดา นิลกาญจนกุล ที่ให้คำปรึกษาทางด้านโปรแกรม การประเมินผลแบบจำลอง และให้คำปรึกษาเรื่องการรวบรวมข้อมูล

ขอขอบคุณหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้อง กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยาและข้อมูลอื่นๆ ในการสร้างแบบจำลอง กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่ชุดดิน และกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เพื่อใช้ประเมินแบบจำลอง

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบคุณ ครอบครัว และขอบคุณเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา	4
2.2 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT Model)	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	18
3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	18
3.2 ศึกษางานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการใช้โปรแกรม	19
3.3 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง SWAT ในแอ่งน้ำบาดาลระยอง	19
3.4 การสร้างแบบจำลอง SWAT บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง	23
3.5 การประเมินปริมาณน้ำท่า	28
3.6 การจำลองสถานการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณ การเติมน้ำบาดาล	30
บทที่ 4 ผลการศึกษาและอภิปรายผล	31
4.1 ผลการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน	31
4.2 การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่มีผลต่อแบบจำลอง	34

เรื่อง	หน้า
4.3 ผลการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่า	34
4.4 ผลจากการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน	36
4.5 ผลการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง	41
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	43
5.1 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลอง SWAT	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ในการใช้ค่า R^2 และ R ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงเส้นกำหนด	15
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง	22
ตารางที่ 3.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560	26
ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2552 กับ พ.ศ. 2560	31
ตารางที่ 4.2 ลำดับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า	34
ตารางที่ 4.3 ค่าเหมาะสมของพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง	34
ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเติมน้ำบาดาลในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา	40

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และน้ำท่าบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง	3
รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและชลบุรี	6
รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงลักษณะอุทกธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง	9
รูปที่ 2.3 วัฏจักรทางอุทกวิทยา	12
รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	18
รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2552	20
รูปที่ 3.3 แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2560	21
รูปที่ 3.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองระหว่างปี พ.ศ.2552 และปี พ.ศ.2560	21
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง SWAT แอ่งน้ำบาดาลระยอง	24
รูปที่ 3.6 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและจุดออก (outlets)	25
รูปที่ 3.7 ชั้นข้อมูลชนิดดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลประกอบด้วยชนิดดิน 18 กลุ่ม	27
รูปที่ 3.8 แผนที่แสดงสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมวิทยาและอุทกวิทยา	29
รูปที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ. 2552	32
รูปที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ. 2560	33
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดจริงและปริมาณน้ำท่าที่มีการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์โดยแสดงข้อมูลแบบรายเดือนของปี พ.ศ.2560	35
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดจริงและปริมาณน้ำท่าที่มีการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ โดยแสดงข้อมูลแบบรายวันของปี พ.ศ.2560	36
รูปที่ 4.5 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในพื้นที่ศึกษา	37
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณการเติมน้ำในแอ่งน้ำบาดาลระยองระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ. 2560 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของปี พ.ศ.2560	38
รูปที่ 4.7 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560	38
รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 14 และ 16 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560	39

หน้า

รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 24 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560	40
รูปที่ 4.10 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในแต่ละ HRUs ปี พ.ศ.2552	41
รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในแต่ละ HRUs ปี พ.ศ.2560	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

น้ำบาดาล เป็นทรัพยากรที่สำคัญที่นำมาใช้ประโยชน์เป็นอย่างมากในปัจจุบันทั้งนี้เพื่อการอุปโภค บริโภค เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งในพื้นที่ที่มีการพัฒนาเมืองและการขยายพื้นที่เศรษฐกิจ ความต้องการการใช้น้ำย่อมมากตามไปด้วย โดยเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดระยองทางด้านตะวันตก ซึ่งมีแอ่งน้ำบาดาล (groundwater basin) ที่สำคัญคือแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยรองรับการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออกหรือ EEC (Eastern Economic Corridor) ของประเทศไทย โดยที่โครงการจะมีส่วนในการขยายตัวของนิคมอุตสาหกรรมต่างๆ การพัฒนาเมืองและแหล่งท่องเที่ยวให้พร้อมเพื่อการอยู่อาศัย และประกอบธุรกิจ ดังนั้นทางด้านตะวันตกของจังหวัดระยองจึงมีการใช้น้ำในปริมาณมาก ซึ่งแหล่งน้ำที่สำคัญ คือ แหล่งน้ำผิวดินจากอ่างเก็บน้ำ โดยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองใหญ่ ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำดอกกราย มีปริมาตรกักเก็บ 71.40 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล มีปริมาตรกักเก็บ 163.75 ล้าน ลบ.ม. และอ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ มีปริมาตรกักเก็บ 40.10 ล้าน ลบ.ม. จากผลการประเมินการใช้น้ำและความต้องการในการใช้น้ำซึ่งคำนวณจากการสำรวจภาคสนาม ในปี พ.ศ. 2548 มีการใช้น้ำประมาณ 926.6 ล้าน ลบ.ม./ปี และความต้องการใช้น้ำในปี พ.ศ. 2558 และ 2568 ประมาณ 1,223.40 และ 1,311.20 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ (สุจริต คุณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2551) แต่ในช่วงปี พ.ศ. 2548 เกิดภัยแล้ง สาเหตุหลักมาจากปริมาณน้ำที่มีอย่างจำกัดและภาวะฝนทิ้งช่วงจึงมีการใช้น้ำบาดาลเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าความต้องการใช้น้ำบาดาลจะสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต (สุจริต คุณธนกุลวงศ์ และคณะ, 2551) ดังนั้นการวางแผนการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่จึงเป็นสิ่งสำคัญเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์ได้อย่างทั่วถึงและเกิดประสิทธิผลสูงสุดต่อผู้บริโภค (Soythong et al., 2016)

ในการประเมินสมดุลของแหล่งน้ำบาดาลจำเป็นต้องทราบปริมาณการเติมน้ำบาดาลลงสู่ระบบ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2548) ซึ่งเป็นการประเมินโดยใช้การซ้อนทับข้อมูลจากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) โดย Tiede (2014) กล่าวว่าระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์แบบดั้งเดิมจะนำข้อมูลต่างๆมาซ้อนทับกันสร้างเป็นแบบจำลองข้อมูลที่ค่อนข้างง่าย แต่ยังขาดการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่สามารถช่วยในการประเมินการเติมน้ำบาดาล จากการศึกษาการทำนายปริมาณตะกอนโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลอง SWAT และ MLP บริเวณ Nagwa ประเทศอินเดียของ Singh et al. (2012) กล่าวว่า การเปรียบเทียบและสอบทานเพื่อสร้างแบบจำลองทางด้านกระบวนการน้ำเป็นตัวช่วยที่ดีในการตระหนักถึงการบริหารจัดการลุ่มน้ำโดยอาศัย

หลักการทางอุทกวิทยา ซึ่งอธิบายกระบวนการทางอุทกวิทยาและสามารถตรวจสอบความน่าเชื่อถือโดยใช้ ข้อมูลน้ำท่าที่ไหลในแม่น้ำ และท้ายที่สุดสามารถประเมินปริมาณน้ำที่เติมลงสู่ระบบน้ำบาดาลได้ อีกทั้งยังสามารถประเมินผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเติมน้ำในระบบน้ำบาดาลได้เช่นกัน ดังนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เนื่องจากเป็นแบบจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาที่สามารถเชื่อมโยงได้กับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการคำนวณผลลัพธ์ให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องทั้งพื้นที่ ระดับน้ำ และเวลา ซึ่งในการคำนวณแบ่งการวิเคราะห์เป็นหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาย่อยหรือที่เรียกว่า HRUs (Hydrological Response Units) (Neitsch et al., 2014)

ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่การเติมน้ำบาดาลลงสู่แอ่งน้ำบาดาลระยองเพื่อประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้โปรแกรม SWAT ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ของข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองให้สอดคล้องกับข้อมูลภาคสนาม และสอบทานข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือตามค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปรกำหนด (R^2) (Neitsch et al., 2014) สำหรับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสามารถนำไปจัดทำแผนที่การเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล (Awan and Ismaeel, 2014) เพื่อใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ศึกษาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

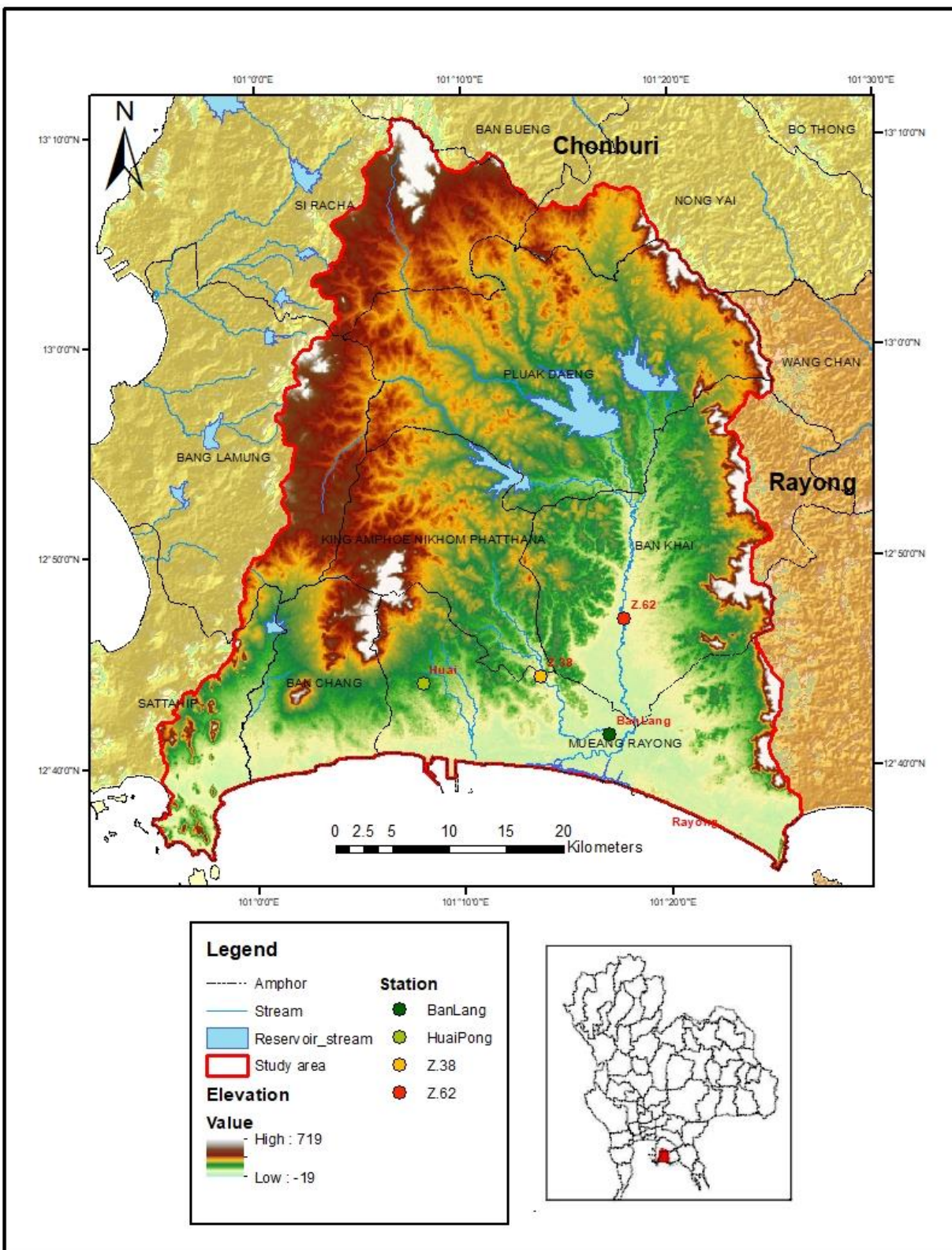
เพื่อประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินและสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

- พื้นที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ครอบคลุมพื้นที่ 2,200 ตร.กม. ดังรูปที่ 1.1
- ข้อมูลการสำรวจปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม ปริมาณแสงอาทิตย์ และปริมาณน้ำท่าจากกรมอุตุนิยมวิทยาและสถานีสำรวจปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560
- ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดระยองในปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองที่เปลี่ยนแปลงไปตามการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษาและสถานีตรวจวัดข้อมูลอุทุนิยมวิทยา และน้ำท่าบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา

2.1.1 ลักษณะทางธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

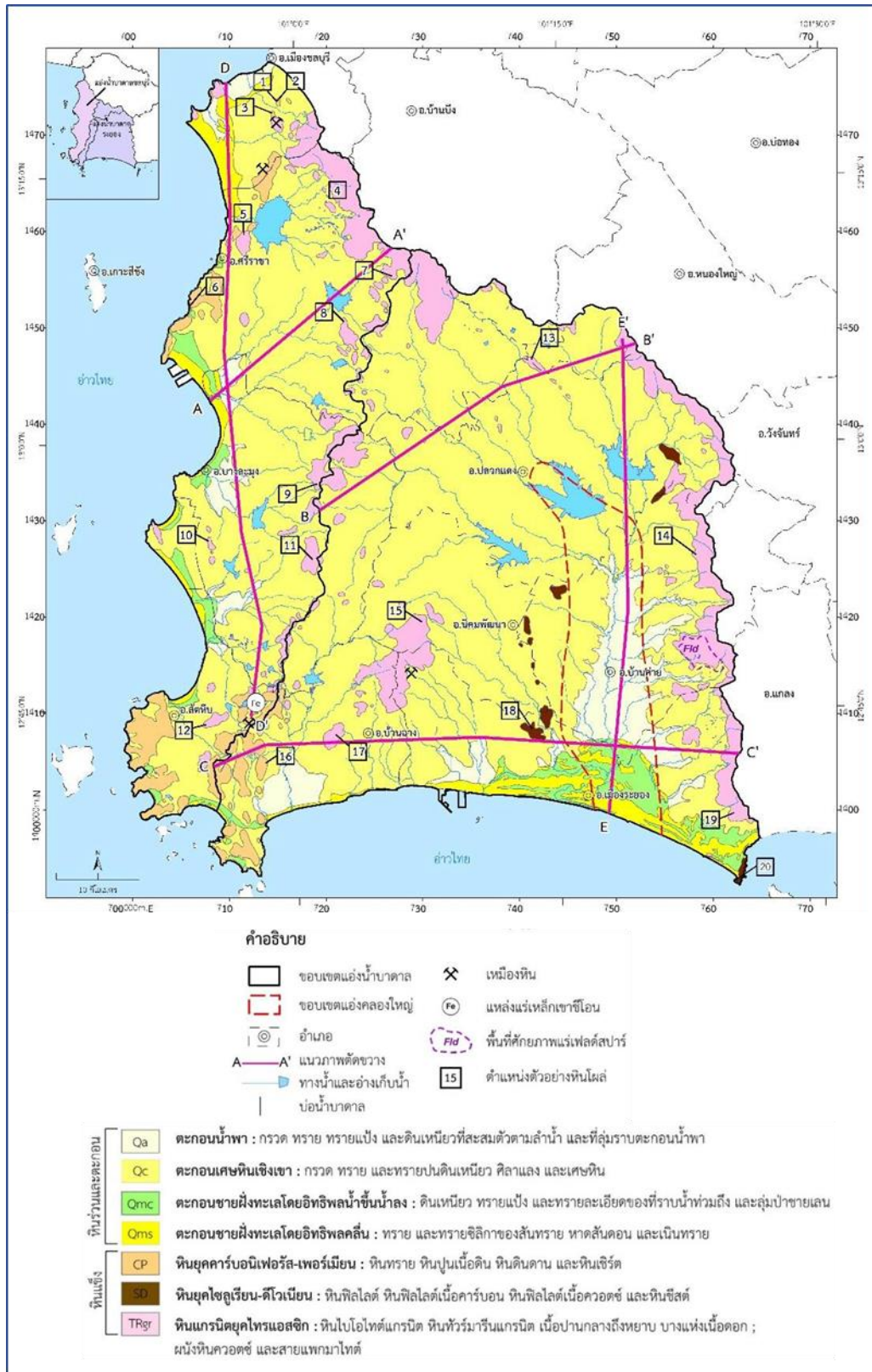
ธรณีวิทยาในพื้นที่สำรวจศึกษาแอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรีใต้ใช้แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยของปี พ.ศ.2555 เป็นแนวทางหลักในการกำหนดหน่วยหินและอายุหิน สามารถจำแนกหน่วยหินออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มหินแข็ง (consolidated rocks) และกลุ่มหินตะกอน (unconsolidated rocks and sediments) ดังนี้

ก. กลุ่มหินแข็ง

1. หินแปร ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน (SD) ปรากฏอยู่บริเวณตอนกลางของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ และหินชีสต์
2. หินตะกอนกึ่งแปร ยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP) ปรากฏอยู่ตามชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี และบริเวณเขาชีจรรย์-พลุตาลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน และหินเชิร์ต บางบริเวณเช่นที่ เขาชีจรรย์ หินถูกแปรสภาพ (alteration) ไปเป็นหินแคลก์ซิลิเกต หรือหินดินดานกึ่งแปรที่มีปริมาณ แมงกานีส (Mn) และ เหล็ก (Fe) สูง
3. หินแกรนิต ยุคไทรแอสซิก (TRgr) ปรากฏเป็นแนวเขาสูงทางขอบด้านเหนือและทางตะวันออกเป็นสันกั้นระหว่างแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี-ระยอง กับแอ่งน้ำบาดาลอื่นๆ และปรากฏอยู่ทั่วไปในพื้นที่สำรวจศึกษา โดยเฉพาะตามแนวสันปันน้ำระหว่างแอ่งน้ำบาดาลระยองกับแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี ประกอบด้วยหินไปโอไทต์แกรนิต หินทิวร์มาลีนแกรนิต หินไปโอไทต์-มัสโคไวต์แกรนิต หินไนส์ซิกแกรนิต เนื้อผลึกปานกลางถึงหยาบ บางแห่งเป็นเนื้อดอก และมีผนังหินควอตซ์ และสายเพกมาไทต์ แทรกดันในหลายบริเวณ เช่น ผนังหินควอตซ์ ที่เขาสามมุข ใกล้เคียงหาดบางแสน

ข. หินร่วนและตะกอน

1. ตะกอนน้ำพา (Qa) ปรากฏตามปลายสายน้ำที่ไหลลงที่ราบบริเวณชายฝั่งทะเล โดยมีแหล่งใหญ่ที่สุดอยู่ที่ลุ่มน้ำคลองใหญ่ (แม่น้ำระยอง) ประกอบด้วยชั้นตะกอนกรวด ทราย สลับชั้นตะกอนทรายละเอียด หรือทรายแป้งปนดินเหนียว
2. ตะกอนเศษหินเชิงเขา และตะกอนผุอยู่กับที่ (Qc) เป็นหน่วยหินที่ปรากฏครอบคลุมพื้นที่มากที่สุดประมาณร้อยละ 74 ประกอบด้วยกรวดและทรายเม็ดหยาบที่มีดินเหนียวปน การคัดขนาดไม่ดี บางบริเวณมีชั้นศิลาแลงแทรก อนึ่งจากการศึกษาข้อมูลหลุมเจาะน้ำบาดาล และข้อมูลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า บริเวณลุ่มน้ำคลองใหญ่พบว่า บริเวณตั้งแต่อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหลลงตามลุ่มน้ำคลองใหญ่เป็นหุบเขาเก่า ซึ่งในการศึกษานี้เรียกว่า “แอ่งคลองใหญ่” มีความกว้าง 6-8 กม. ยาว 35 กม. และลึกมากกว่า 120 ม. โดยคาดว่าดานหินเป็นหินแกรนิตหรือหินแปรของหน่วยหินไซลูเรียน-ดีโวเนียน และถูกปิดทับด้วยตะกอนเศษหินเชิงเขานี้ ก่อนจะถูกปิดทับด้วยตะกอนน้ำพาที่คลองใหญ่พามาตกสะสมในภายหลัง ซึ่งอาจเกิดจากการผุร่อนของแนวเขาในอดีต หรืออาจจะเป็นส่วนหนึ่งของร่องทรุด (graben) ในยุคเทอร์เชียรีที่ปรากฏทั่วไปในประเทศไทยรวมถึงในอ่าวไทยทำให้ตะกอนของหน่วย Qa และ Qc บริเวณแอ่งคลองใหญ่นี้มีความหนามากกว่าบริเวณอื่น
3. ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง (Qmc) ปรากฏตามชายฝั่งทะเลเป็นแนวที่ราบแคบๆ หลังแนวหาด ยกเว้นบริเวณตัวเมืองระยอง ซึ่งปรากฏสลับกับแนวหาดทรายเก่า ลึกเข้าไปในแผ่นดินประมาณ 7 กม. ประกอบด้วยดินเหนียวสลับทรายแป้ง และทรายละเอียด มีชั้นพีต (peat) แทรกสลับ พบเปลือกหอยบ้าง
4. ตะกอนชายฝั่งทะเลโดยอิทธิพลคลื่น (Qms) ปรากฏตามชายฝั่งทะเลเป็นแนวแคบๆ เช่นเดียวกับหน่วย Qmc เกือบตลอดขอบด้านใต้ของแอ่งน้ำบาดาลระยอง ตั้งแต่หาดตลอดที่อยู่ตะกอนมาทางตะวันออก ที่หาดพยุหะ หาดน้ำริน มาบตะพุด หาดแม่รำพึง จนถึงหาดเพ ประกอบด้วย ชั้นทรายเป็นกรวด ทรายแป้ง มีเปลือกหอย เศษปะการัง และเศษซากพืช
5. แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและชลบุรี ดังรูปที่ 2.1



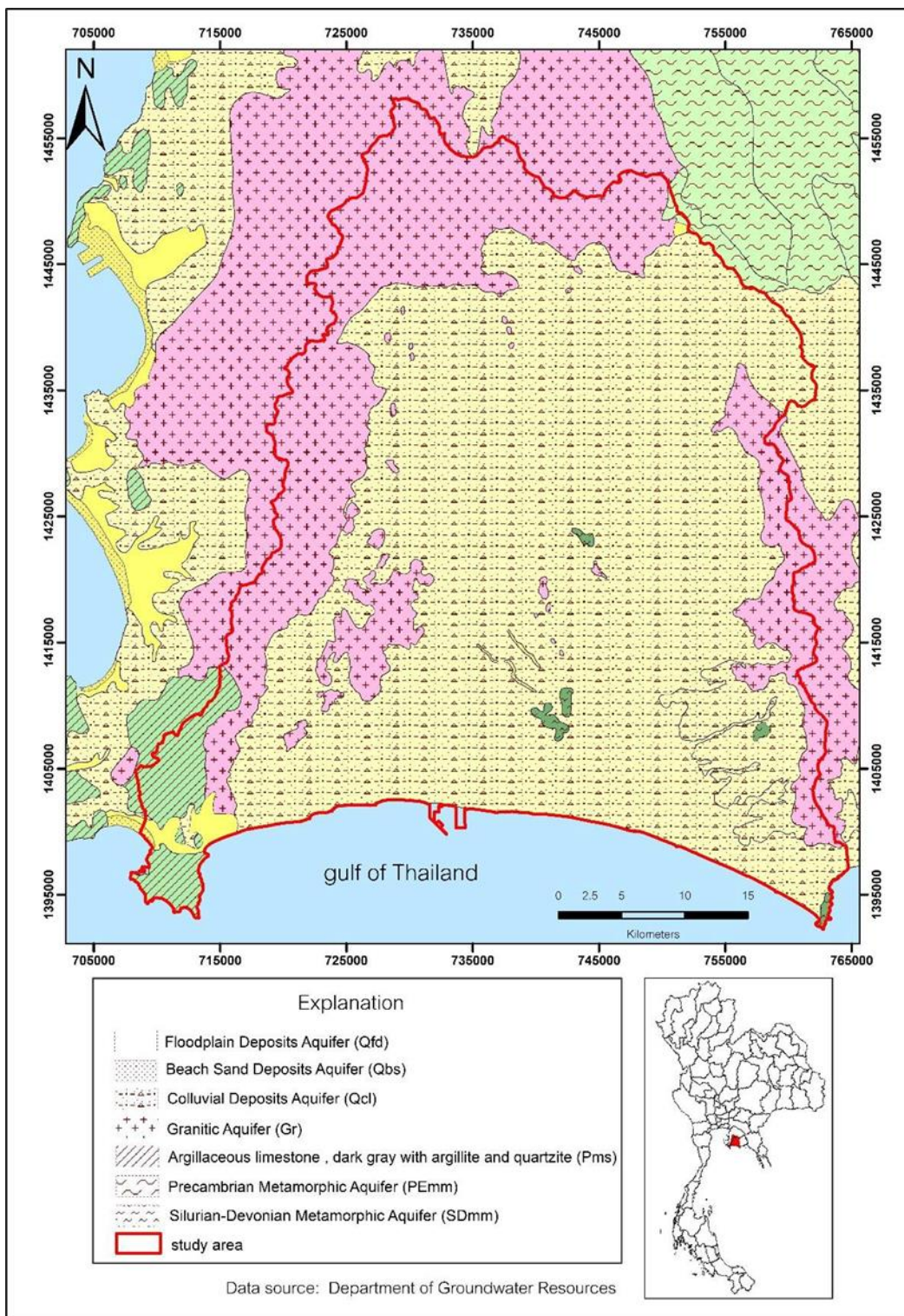
รูปที่ 2.1 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและชลบุรี (กรมทรัพยากรธรณี, 2555)

2.1.2 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

หินเกือบทุกชนิดเป็นแหล่งกักเก็บน้ำบาดาลหรือเป็นชั้นหินให้น้ำ เพื่อให้การศึกษาแหล่งน้ำบาดาลทำได้ใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุดจึงมีการจัดแบ่งหินชุดต่างๆ ออกเป็นหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ดังนี้

1. ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วย ตะกอนพวกกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวที่พัดพามาสะสมโดยน้ำจากแม่น้ำ ลำธาร เป็นชั้นๆ แทรกสลับ โดยมีการคัดขนาดและสัดส่วนของตะกอนขนาดต่างๆ แตกต่างกันไปตามสภาพแวดล้อมของการตกตะกอน เช่น เกิดเป็นชั้นกรวดทรายปนดินเหนียว สลับกับชั้นของทรายแป้งปนดินเหนียว เป็นต้น แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วน (Unconsolidated aquifer) ชนิดตะกอนน้ำพา (Alluvial aquifer; Qa)
2. ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนผุอยู่กับที่ ประกอบด้วย กรวด ทราย ดินเหนียว เศษหินและศิลาแลง เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ (weathering) และการกัดกร่อน (erosion) ของหินแข็งแล้วสะสมกองอยู่ตามหน้าผานหินหรือตกลงไปกองสะสมตามหุบเขา หรือบริเวณพื้นที่ลาดเอียงเชิงเขา เนื่องจากตะกอนชนิดนี้มีส่วนประกอบหลักเป็นเศษหินเหลี่ยมปะปนกับดินเหนียวที่ผุพังมาจากหินเดิมจึงมีการคัดขนาดไม่ดี มักมีความพรุนน้อยและกักเก็บน้ำบาดาลได้น้อย แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วนชนิดตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvial aquifer; Ocl)
3. ตะกอนชายหาด ประกอบด้วย ทราย เศษเปลือกหอย ที่สะสมจากกระแสน้ำตามชายหาด ทั้งที่เป็นชายหาดปัจจุบันและชายหาดยุคเก่า ส่วนบริเวณที่สะสมตามที่ราบลุ่มหลังแนวหาดจากอิทธิพลของกระแสน้ำขึ้น-น้ำลง มีตะกอนของทรายแป้งและดินเหนียวเป็นหลัก แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินร่วนชนิดชั้นน้ำตะกอนชายหาด (Beach aquifer; Qbs)
4. หน่วยหินตะกอนกึ่งหินแปร ประกอบด้วยหินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินปูนเนื้อดิน หินดินดานกึ่งฟิลไลต์ และหินแคลก์ซิลิเกต ของยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน น้ำบาดาลอยู่ในรอยแตก รอยเลื่อน และรอยต่อระหว่างชั้นหิน แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็ง (Consolidated aquifer) ชนิดชั้นน้ำหินตะกอนกึ่งหินแปร (Meta-sediment Aquifer; PCms)

5. หน่วยหินแปร ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ หินชีสต์ และหินไนส์ ของยุคหินโซลูเรียน-ดีโวเนียน ลักษณะของหินส่วนใหญ่มีการโค้งงอ มีรอยแตก แต่รอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่องเป็นแนวยาว ทำให้กักเก็บน้ำไม่ดี แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็งชนิดชั้นน้ำหินแปร (Metamorphic aquifer; SDmm)
6. หน่วยหินแกรนิต ประกอบด้วย หินแกรนิตและหินไนส์ซิกแกรนิต ของยุคหินไทรแอสซิก น้ำบาดาลอยู่ในชั้นหินผุ และรอยแตก รอยเลื่อน ส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำน้อยเพราะรอยแตกไม่ค่อยต่อเนื่อง แหล่งน้ำบาดาลจากหน่วยหินนี้จัดเป็นชั้นน้ำบาดาลหินแข็งชนิดชั้นน้ำหินแกรนิต (Granitic aquifer; Gr)
7. แผนที่อุทกธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงลักษณะอุทกธรณีวิทยาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง

2.2 แบบจำลอง Soil and Water Assessment Tool (SWAT Model)

Soil and Water Assessment Tool (SWAT) เป็นแบบจำลองกระบวนการทางอุทกวิทยาในระดับพื้นที่แม่น้ำ (River basin scale model) ซึ่งเป็นแบบจำลองสารสนเทศ ที่พัฒนาขึ้นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1990 โดย Blackland Research Center, TAES และ United States Department of Agriculture–Agricultural Research Service (USDA–ARS) ประเทศสหรัฐอเมริกา (Neitsch *et al.*, 2009) ส่วนในประเทศไทยมีการนำมาใช้เมื่อปี พ.ศ.2545 ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กับการบูรณาการพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

แบบจำลอง SWAT สามารถเชื่อมโยงได้กับข้อมูลระบบภูมิศาสตร์สารสนเทศ (GIS) ซึ่งแบบจำลอง SWAT มีความสามารถในการประเมินปริมาณน้ำท่า ปริมาณตะกอน ปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร ตลอดจนผลกระทบในเชิงปริมาณของการจัดการพื้นที่แม่น้ำที่มีขนาดใหญ่และมีความซับซ้อน เนื่องจากมีการคำนวณผลลัพธ์ที่ต่อเนื่องทั้งขนาดและเวลา โดยมีการแบ่งพื้นที่แม่น้ำเป็นพื้นที่แม่น้ำย่อยและในพื้นที่แม่น้ำย่อยจะถูกแบ่งออกไปเป็นหน่วยจัดการอุทกวิทยา (Hydrologic Response Units, HRUs) ที่สร้างขึ้นจากการซ้อนทับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความชัน และคุณสมบัติของดินที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน (สาธิตา บุญแก้ววรรณ, 2556) โดยสมมูลน้ำในแต่ละ HRUs ของลุ่มน้ำนั้นแบ่งตามแหล่งกักเก็บน้ำออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ แบ่งเป็นน้ำที่เกิดจากหิมะบนผิวดิน แบ่งจากหน้าตัดดิน (soil profile) ที่ความลึก 0 ถึง 2 เมตร แบ่งตามชั้นน้ำระดับตื้น (shallow aquifer) ที่ความลึก 2 ถึง 20 เมตร และแบ่งตามชั้นน้ำระดับลึก (deep aquifer) ที่ความลึกมากกว่า 20 เมตร นอกจากนี้แบบจำลอง SWAT สามารถแบ่งองค์ประกอบได้ออกเป็น 8 ส่วน คือ อุทกวิทยา (hydrology) สภาพอากาศ (weather conditions) การตกตะกอน (sedimentation) อุณหภูมิของดิน (soil temperature) การเติบโตของพืช (crop growth) สารอาหารพืช (nutrients) ยาฆ่าแมลง (pesticides) และ การจัดการทางการเกษตร (agricultural management) (Arnold *et al.*, 1998)

การวิเคราะห์และการคำนวณในแบบจำลอง SWAT แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนอุทกวิทยาดิน (Land phase) และส่วนการเคลื่อนที่ในลำน้ำ (Routing phase)

2.2.1 การคำนวณทางอุทกวิทยาดิน

การวิเคราะห์ในส่วนพื้นดิน เป็นการศึกษาขั้นตอนและกระบวนการของวัฏจักรทางอุทกวิทยา โดยการเปลี่ยนแปลงทางอุทกวิทยาดิน ทำให้ไอน้ำในบรรยากาศกลั่นตัวและรวมกันเป็นหยดน้ำตกลงสู่ผิวโลกในรูปแบบต่างๆ เช่น ฝน หิมะ ลูกเห็บ น้ำค้าง และน้ำค้างแข็ง เป็นต้น โดยที่ปริมาณการตกทั้งหมดมีบางส่วนไม่ตกถึงพื้นดิน โดยมีการค้างอยู่ตามต้นไม้ ยอดหญ้า หรือพืชต่างๆ สามารถเรียกกระบวนการนี้ว่าการดักหรือสกัดกั้น (interception) ซึ่งมีการระเหย (evaporation) และการคายน้ำ (transpiration) กลับคืนสู่บรรยากาศ ส่วนฝนที่ตกลงสู่ผิวดินและค้างอยู่ตามผิวดินมีการไหลรวมกันไปสู่ตำแหน่งที่ต่ำกว่า เป็นน้ำท่าอยู่ในแม่น้ำ โดยมีบางส่วนเกิด

การซึมลึก (infiltration) ลงใต้ผิวดินกลายเป็นน้ำที่ไหลในดิน (subsurface flow) ลงไปตามแรงดึงดูดของโลก จนถึงระดับน้ำใต้ดินที่มีน้ำอึดตัวขังอยู่หรือน้ำบาดาล (groundwater) โดยเมื่อเวลาผ่านไปน้ำเหล่านี้จะไหลกลับลงสู่แม่น้ำลำธาร ด้วยการไหลไปทางด้านข้าง (lateral flow) ของชั้นน้ำใต้ดิน ดังนั้นข้อมูลนำเข้าหลักของแบบจำลองจึงเป็นข้อมูลเชิงกายภาพของแม่น้ำ ได้แก่ (1) ข้อมูลภูมิอากาศ ประกอบด้วย ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ข้อมูลปริมาณรังสีดวงอาทิตย์รายวัน ข้อมูลปริมาณความชื้นสัมพัทธ์รายวัน และข้อมูลความเร็วลมรายวัน (2) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (3) ข้อมูลชนิดดิน

การคำนวณทางอุทกวิทยาส่วนบนบนพื้นดินเป็นส่วนที่ใช้ควบคุมพื้นที่ลุ่มน้ำย่อยของแบบจำลอง SWAT โดยแบ่งองค์ประกอบออกเป็น 8 ส่วน ได้แก่ อุทกวิทยา (Hydrology) สภาพอากาศ (Weather conditions) การตกตะกอน (Sedimentation) อุณหภูมิของดิน (Soil Temperature) การเติบโตของพืช (Crop growth) สารอาหารพืช (Nutrients) ยาฆ่าแมลง (Pesticides) และการจัดการทางการเกษตร (Agricultural Management) (Arnold et al., 1998)

การประมาณค่าทางอุทกวิทยาจะใช้หลักการทางด้านสมดุลน้ำในวัฏจักรทางอุทกวิทยา ดังรูปที่ 2.1 โดยปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในดินจะเท่ากับปริมาณน้ำที่คืนได้รับมาคือปริมาณน้ำฝน และปริมาณน้ำชลประทานลบกับปริมาณน้ำที่คืนสูญเสียน้ำไปจะเท่ากับปริมาณน้ำไหลบ่า ปริมาณน้ำจากการคายระเหย ปริมาณน้ำจากการซึมลึกลงใต้ดิน และปริมาณการไหลลงแม่น้ำ (Chotpantararat and Boonkeawwan, 2018) โดยพิจารณาจากสมการหลักคือ

สมการสมดุลของน้ำ

$$SW_t = SW_i + \sum_{i=1}^t (R_i - Q_i - ET_i - P_i - QR_i)$$

เมื่อ

SW_t คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (Available water capacity, AWC) (มิลลิเมตร)

t คือ ช่วงระยะเวลา i คือ เวลา (วัน)

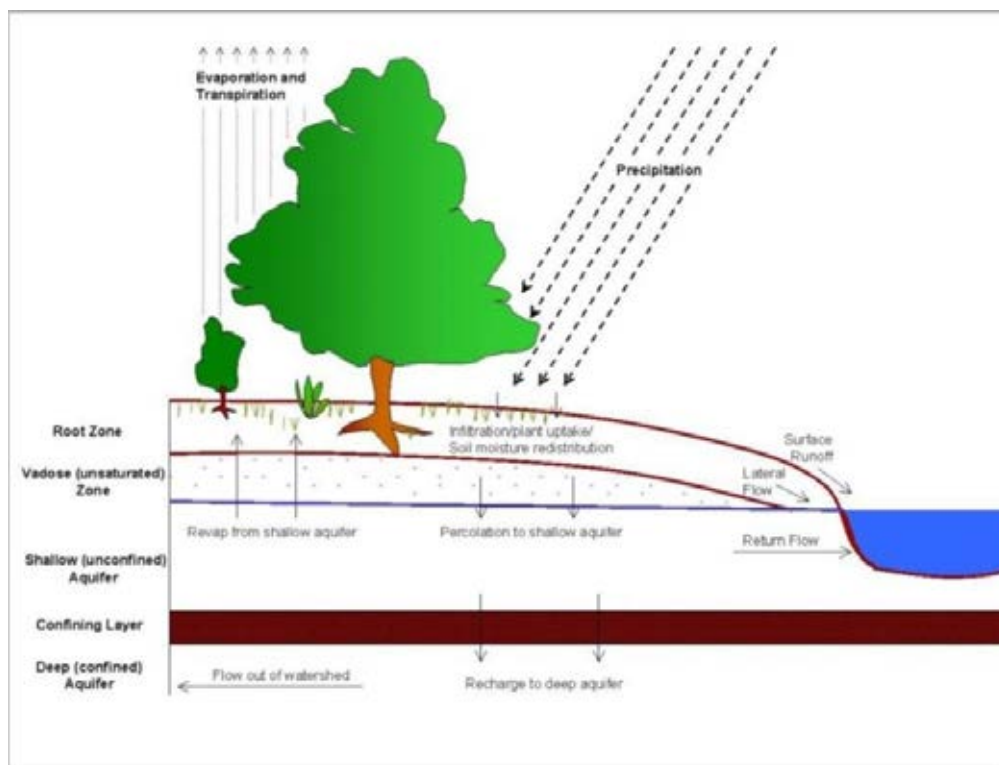
R_i คือ ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)

Q_i คือ ปริมาณน้ำไหลบ่า (มิลลิเมตร)

ET_i คือ ปริมาณการคายระเหย (มิลลิเมตร)

P_i คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดิน (มิลลิเมตร)

QR_i คือ ปริมาณน้ำที่ไหลลงแม่น้ำ (มิลลิเมตร)



รูปที่ 2.3 วัฏจักรทางอุทกวิทยา

ปริมาณน้ำท่าผิวดินรายวัน ในแบบจำลอง SWAT คำนวณจากปริมาณน้ำฝนรายวันโดยใช้ วิธี Soil Conservation Service (SCS Curve Number) (USDA-SCS, 1972) ดังสมการ (2.1) และ (2.2)

สมการ Soil Conservation Service (SCS)

$$Q_{surf} = \frac{(R-0.2s)^2}{R+0.8s}, R > 0.2s \quad (2.1)$$

$$Q_{surf} = 0.0, R \leq 0.2s \quad (2.2)$$

เมื่อ	Q_{surf}	คือ	ค่าของน้ำท่ารายวัน (m^3/s)
	R	คือ	ค่าของฝนรายวัน (mm)
	s	คือ	ปัจจัยด้านการกักเก็บน้ำไว้ในดิน (Retention parameter)

โดยค่า S จะมีความสัมพันธ์กับค่า Curve number (CN) ดังสมการ (2.3)

$$S = 254\left(\frac{100}{CN} - 1\right) \quad (2.3)$$

เมื่อ S คือ ปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บไว้ในดิน (มิลลิเมตร) ค่าคงที่ 254 มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร และ CN คือ ค่า Curve Number ที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างความยากง่ายของน้ำในการซึมผ่านชั้นดิน (Soil's permeability) การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสถานะของน้ำในดินที่มีอยู่เดิม (Antecedent soil water conditions) โดยที่ค่า CN จะมีค่าเท่ากับ $0 \leq CN \leq 100$

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่า CN

1) คุณสมบัติทางอุทกวิทยาของกลุ่มดิน (Hydrologic soil group)

The U.S. Natural Resource Conservation Service (NRCS) Soil Survey Staff (1996) แบ่ง กลุ่มดินทางอุทกวิทยาตามลักษณะการซึมผ่าน (Infiltration) ของดินออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

- กลุ่ม A: ดินมีอัตราการไหลผิวดินต่ำ อัตราการซึมน้ำสูง ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ เนื้อดินเป็นดินทรายหรือกรวด (sandy soils)
- กลุ่ม B: ดินมีการระบายน้ำได้ดี อัตราการซึมน้ำปานกลาง ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ เป็นดินร่วน (loamy soils)
- กลุ่ม C: ดินมีอัตราการซึมน้ำต่ำ ประกอบด้วยชั้นดินอย่างน้อย 1 ชั้นที่ขัดขวางการระบายน้ำ ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ เป็นดินประเภทดินเหนียวปนทราย (sandy clay loam)
- กลุ่ม D: ดินมีอัตราการซึมน้ำต่ำมาก เป็นดินที่มีศักยภาพทำให้เกิดน้ำท่าผิวดินสูง ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มดินนี้ คือ เป็นดินประเภทดินเหนียว (sandy clay loam)

2) สิ่งปกคลุม (Cover)

คือสิ่งต่างๆที่ปกคลุมดิน และป้องกันการระเหยของเมื่อดฝนที่ตกลงมาสู่ดิน ประกอบด้วย

- ลักษณะการใช้ที่ดิน (landuse)
- การรักษาหน้าดิน (land treatment) จะเกี่ยวข้องกับลักษณะและวิธีการปลูกพืช การเตรียมแปลง โดยแบ่งออกเป็น การทำการเพาะปลูกเป็นแถว (straight-row) การทำการเพาะปลูกเป็นแถวค้อยตามระดับพื้นที่ (contoured) และ การทำการเพาะปลูกเป็นขั้นบันได (terraced)

3) สภาพอุทกวิทยา (hydrologic condition) โดยแบ่งออกเป็น

- สภาพเลว (poor) มีพีชคลุมดินพื้นที่น้อยกว่าร้อยละ 50
- สภาพปานกลาง (fair) มีพีชคลุมดินพื้นที่ระหว่างร้อยละ 50 - 75
- สภาพดี (good) มีพีชคลุมดินพื้นที่มากกว่าร้อยละ 75

4) การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use classification)

- พื้นที่ป่าไม้ (wood, forest)
- พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture)
- พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (urban and building)
- พื้นที่น้ำ (water body)
- พื้นที่อื่นๆ (others)

5) ความชื้นในดินเบื้องต้น (Antecedent moisture content; AMC)

ความชื้นในดินจะมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและการให้น้ำชลประทานสู่ดิน โดย CN หรือ Curve Number จะมีค่าแตกต่างกันอยู่ 3 ค่าขึ้นอยู่กับเงื่อนไขความชื้นในดิน คือ 1) ที่เงื่อนไขดินแห้งหรือเป็นจุดเหี่ยวเฉา (Wilting Point) 2) ที่เงื่อนไขความชื้นในดินเฉลี่ย 3) ที่เงื่อนไขดินอิ่มตัวหรือเป็นจุดความชื้นชลประทาน (Field Capacity) ซึ่งในแบบจำลอง SWAT จะให้ผู้ใช้ป้อนค่า CN ที่เงื่อนไขความชื้นเฉลี่ยลงไป แล้วแบบจำลองจะทำการคำนวณค่า CN ในเงื่อนไขที่เหลือ

2.2.2 การทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

1) สร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากแบบจำลองกับค่าตรวจวัดจริง (Graphical Comparisons) โดยการพล็อตกราฟการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของค่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองกับค่าตรวจวัดของพารามิเตอร์ตัวเดียวกันในเวลาเดียวกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงตามเวลาของปริมาณการไหลของน้ำท่า เป็นต้น

2) Coefficient of determination (R^2) คือ ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด เป็นกระบวนการสถิติที่ใช้อธิบายความผันแปรของปัจจัยหนึ่งที่เกิดจากความสัมพันธ์กับอีกปัจจัยหนึ่งเชิงเส้นตรง R^2 จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดยค่าเข้าใกล้ 1 หมายถึง ปัจจัยทั้งสองมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (2.4)$$

เมื่อ R^2 คือ Coefficient of determination, i คือ ลำดับที่, n คือ จำนวนที่เก็บข้อมูลทั้งหมด, O_i คือ ค่าที่ได้จากการวัดลำดับที่ i , \bar{O} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการวัดทั้งหมด, P_i คือ ค่าที่ได้จากแบบจำลองลำดับที่ i และ \bar{P} คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากแบบจำลองทั้งหมด ทั้งนี้ Donigian (2002) ได้ให้เกณฑ์ของค่า R^2 และ R สำหรับกำหนดระดับประสิทธิภาพการใช้งานของแบบจำลอง (model performance) ไว้ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ในการใช้ค่า R^2 และ R ที่ได้จากการวิเคราะห์เชิงเส้นกำหนด

พารามิเตอร์ทางสถิติ	ค่าสัมประสิทธิ์ที่ยอมรับได้ในระดับต่างๆ			
R	← 0.75	0.80	0.85	0.90 → 0.96 →
R^2	← 0.6	0.7	0.8	0.9 →
Daily	แยء Poor	อี่ใช้ Fair	ดี Good	ดีมาก Very Good
Monthly	แยء Poor	อี่ใช้ Fair	ดี Good	ดีมาก Very Good

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ และสาธิตา บุญแก้ววรรณ (2018) ประเมินคุณภาพน้ำผิวดิน ปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตที่ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำยมตอนล่างและประเมินผลกระทบอันเกิดจากแหล่งกำเนิดมลพิษที่มีจุดกำเนิดแน่นอนและไม่แน่นอน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดยูโทรฟิเคชันที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำและสุขภาพมนุษย์ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ การเก็บตัวอย่างน้ำจากภาคสนามมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อนำผลเข้าสู่แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงบริเวณที่คุณภาพน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์ดี และเสื่อมโทรมมากตามพื้นที่การศึกษา และส่วนที่สองคือ แบบจำลองปริมาณไนเตรท-ไนเตรทและฟอสเฟต ทำการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลอง 3 ส่วน คือ น้ำท่า ตะกอน และไนเตรท-ไนเตรทและฟอสเฟต ซึ่งผลจากแบบจำลองระหว่างค่าจากการตรวจวัดจริงกับค่าที่ได้จากแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับดี โดยผลจากการคำนวณแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าทั้งปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เฉลิมเกียรติ ปลาทอง (2010) ประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT และ WUSMO เพื่อจำลองเหตุการณ์ในการจัดสรรทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำประแสร์ โดยการวิเคราะห์ใช้หลักสมดุลน้ำ (Water Balance) เพื่อศึกษาปริมาณน้ำต้นทุนในลุ่มน้ำ และความต้องการใช้น้ำในด้านต่างๆ รวมทั้งหาแนวทางในการวางแผนและจัดสรรน้ำในสภาพปัจจุบันและในอนาคต

ผลการเปรียบเทียบแบบจำลองในสองลุ่มน้ำย่อยที่มีสถานีวัดน้ำท่า พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิผล (NSE) ของค่าน้ำท่ารวม (Total flow) ค่าน้ำท่าผิวดิน (Surface Runoff) และการไหลของน้ำใต้ดิน (Base flow) ของสถานีน้ำท่า Z.11 เท่ากับ 0.55, 0.56 และ 0.51 ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ของค่าน้ำท่ารวม ค่าน้ำท่าผิวดิน และค่าการไหลใต้ดิน ของสถานี Z.11 เท่ากับ 0.78, 0.79 และ 0.76 ตามลำดับ ผลการศึกษาวิเคราะห์น้ำฝน น้ำท่าจากแบบจำลอง พบว่าปริมาณน้ำต้นทุนระหว่างปี พ.ศ.2521 ถึง พ.ศ.2560 มีปริมาณน้ำฝนที่ตกทั้งลุ่มน้ำเฉลี่ย 3,105.46 ล้าน ลบ.ม.เป็นปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 842.01 ล้าน ลบ.ม. และจากผลการศึกษาสมดุลน้ำในภาพรวมพบว่าปี พ.ศ.2550 (ปีน้ำมาก) มีความต้องการใช้น้ำในทุกกิจกรรมรวมเท่ากับ 1,231.87 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี สมดุลน้ำพบว่าไม่เกิดการขาดแคลนน้ำในปี พ.ศ.2555 (ปีน้ำน้อย) มีความต้องการใช้น้ำรวมทุกกิจกรรมเท่ากับ 1,236.68 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี สมดุลน้ำปีพบว่ามีการขาดแคลนน้ำ 761.98 ล้าน ลบ.ม.และในปี พ.ศ.2560 (ปีน้ำปานกลาง) มีความต้องการใช้น้ำทุกกิจกรรมรวมเท่ากับ 1,241.61 ล้าน ลบ.ม.ต่อปี สมดุลน้ำพบว่าเกิดการขาดแคลนน้ำ 491.82 ล้าน ลบ.ม.

พงศ์วัฒน์ สังขรนานนท์ และคณะ (2018) ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT ในการจำลองปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำวัง โดยนำเข้าข้อมูลตรวจวัดอุตุณิยวิทยารายวัน ปี พ.ศ. 2547-2556 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552 และข้อมูลภูมิประเทศ วิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำแบ่งเป็น 18 ลุ่มน้ำย่อย และกำหนดจุดทางออกของลุ่มน้ำ ที่มีข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำท่ารายวันจำนวน 10 จุด เพื่อใช้สอบเทียบแบบจำลอง SWAT นอกจากนี้ยังได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เป็นข้อมูลเชิงกายภาพของลุ่มน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแบบจำลองให้สามารถจำลองปริมาณน้ำท่าได้

จากผลการศึกษาพบว่าแบบจำลอง SWAT มีประสิทธิภาพในการจำลองปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำวังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยเฉพาะในลุ่มน้ำย่อยที่ไม่มีเขื่อน ตอนปลายของลุ่มน้ำวัง และมีความเหมาะสมในการจำลองปริมาณน้ำท่าในช่วงฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง อย่างไรก็ตามแบบจำลอง SWAT ยังมีข้อจำกัดในการจำลองปริมาณน้ำท่ารายเดือนสูงสุด โดยเฉพาะในเดือนที่มีปัญหาน้ำท่วม ปริมาณน้ำท่าสูงสุดรายเดือนจากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่าค่าตรวจวัดจริง

ภัทรพร สร้อยทอง และคณะ (2016) ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีผลต่อทรัพยากรน้ำบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เนื่องจากการพัฒนาและเติบโตของอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและความต้องการอุปโภคบริโภคน้ำมีเพิ่มสูงขึ้น ทำให้เกิดความขัดแย้งในการใช้น้ำ ซึ่งการศึกษานี้ทำการสำรวจโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแตกต่างของดัชนีพืชพรรณซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ Remote Sensing (RS) เพื่อวิเคราะห์พืชพรรณ และซ้อนทับข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยใช้ Geographic Information System (GIS) โดยอ้างอิงข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2559

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นมาก และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ครอบคลุมระบบสาธารณสุขด้านตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย และผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาบ่งบอกได้ว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศรวมถึงอุณหภูมิพื้นผิวที่สูงขึ้น น้ำท่วม และภัยแล้ง โดยผลที่ตามมาจะมีผลกระทบอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ ทั้งการเกษตรกรรมและป่าไม้ รวมถึงด้านเศรษฐกิจและสังคม

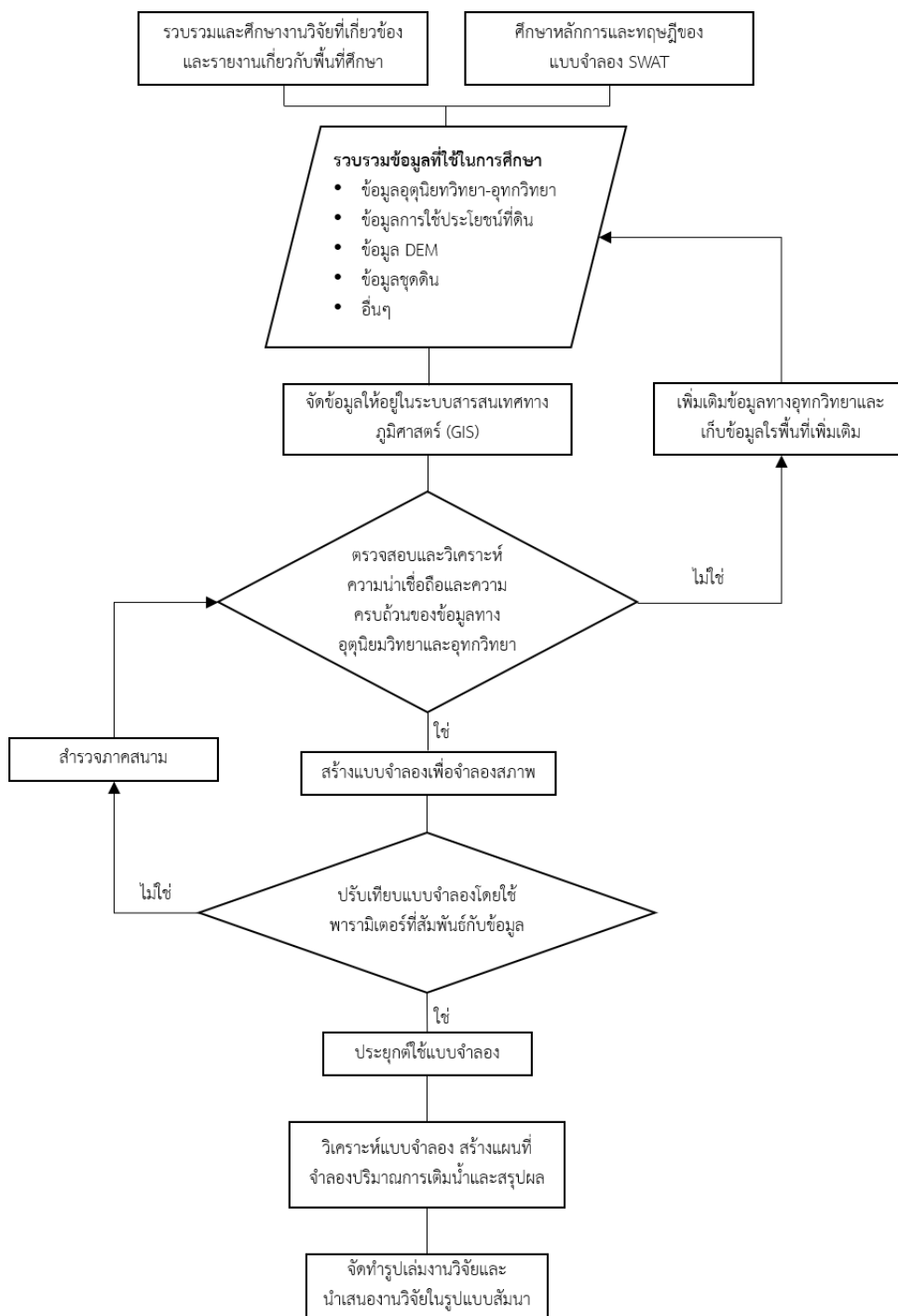
Awan and Ismaeel (2014) ประเมินการเติมน้ำบาดาลโดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา SWAT บริเวณโครงการชลประทานทางตอนล่างของคลอง Chenab ซึ่งเป็นหนึ่งในโครงการชลประทานที่ใหญ่ที่สุดของระบบชลประทานในลุ่มน้ำ Indus โดยประเมินความละเอียดเชิงพื้นที่และอุณหภูมิสูง ภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการประเมินช่วงปี พ.ศ. 2553-2554 โดยใช้ SWAT และนำค่าการคายระเหยจริง (Evapotranspiration) ไปเปรียบเทียบกับค่าการคายระเหยที่ได้จากการใช้แบบจำลอง SEBAL โดยใช้ข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2548-2549 เพื่อสร้างแบบจำลองเหตุการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในช่วงปี พ.ศ. 2555-2563

การประเมินการคายระเหยโดยใช้ SWAT ให้ผลที่ดีและมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จาก SEBAL จากการศึกษพบว่า การเติมน้ำบาดาลจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 40 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ใช้ในแบบจำลอง โดยเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาในปี พ.ศ. 2563 ภายใต้ค่า RCP 4.5 และเพิ่มร้อยละ 37 ภายใต้ค่า RCP 8.5 จึงสรุปได้ว่า SWAT เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก ในการใช้ประเมินปริมาณการเติมน้ำและนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประเมินภายใต้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปได้อีกด้วย

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 ศึกษางานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการใช้โปรแกรม

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษาทั้งเรื่องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปริมาณน้ำท่าและสภาพทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาและอุทกวิทยาของพื้นที่ศึกษา และศึกษาการใช้โปรแกรมที่ใช้เป็นเครื่องมือในการสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยาโดยการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้การวิเคราะห์ข้อมูลผ่านแบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) และศึกษาข้อมูลที่ต้องนำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางอุทกวิทยา เช่น ข้อมูลลักษณะสภาพภูมิศาสตร์ DEM ข้อมูลอุทกนิเวศวิทยา ข้อมูลอุทกวิทยา ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลชุดดินของพื้นที่ศึกษาบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง รวมถึงศึกษาพารามิเตอร์ที่ต้องนำมาใช้ในการประมวลผลและวิเคราะห์แบบจำลองให้สอดคล้องกับสภาพจริงของพื้นที่ศึกษา

3.3 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง SWAT ในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

3.3.1 อาณาเขตและที่ตั้ง

แอ่งน้ำบาดาลระยอง ตั้งอยู่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยหรือบริเวณริมฝั่งทะเลตะวันออกของอ่าวไทย มีเนื้อที่ประมาณ 2,200 ตร.กม. โดยทิศเหนือของแอ่งติดกับแอ่งน้ำบาดาลปราจีนบุรี-สระแก้ว ทิศใต้ติดกับทะเลอ่าวไทย ทิศตะวันตกติดกับแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี ทิศตะวันออกติดกับแอ่งน้ำบาดาลจันทบุรี-ตราด ครอบคลุมพื้นที่ อำเภอบางฉวาง อำเภอนิคมน้ำจืดพัฒนา อำเภอลวกแดง และพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอบ้านค่าย จังหวัดระยอง รวมถึงพื้นที่บางส่วนของจังหวัดชลบุรีบริเวณทางใต้ของอำเภอบ้านบึง และบริเวณด้านตะวันออกของอำเภอสรีราชา อำเภอบางละมุง และอำเภอสัตหีบ

3.3.2 สภาพภูมิประเทศ

บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองมีลักษณะภูมิประเทศประกอบด้วยทิวเขา 2 แนว คือ เขาขุนอินและเขาวงช้าง เรียงตัวต่อกันทางด้านตะวันออก และทางทิศตะวันตกมีเขาท่าฉุด เขายายดาและเขาตะเกือกคว่ำ ซึ่งเรียงต่อกันเป็นแนวยาวกับเขาทางด้านทิศตะวันออกของแอ่ง มีพื้นที่ลาดเชิงเขาและที่ราบระหว่างหุบเขาจนถึงที่ราบลุ่มน้ำที่เกิดจากการทับถมของตะกอนบริเวณลุ่มน้ำระยอง บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองมีแม่น้ำสายสำคัญ คือ แม่น้ำระยอง (แม่น้ำคลองใหญ่) มีความยาวประมาณ 50 กม. ไหลผ่านพื้นที่ อำเภอลวกแดง อำเภอบ้านค่ายและอำเภอมืองระยอง และไหลลงสู่ทะเลที่ ตำบลปากน้ำ อำเภอมือง จังหวัดระยอง

3.3.3 สภาพภูมิอากาศ

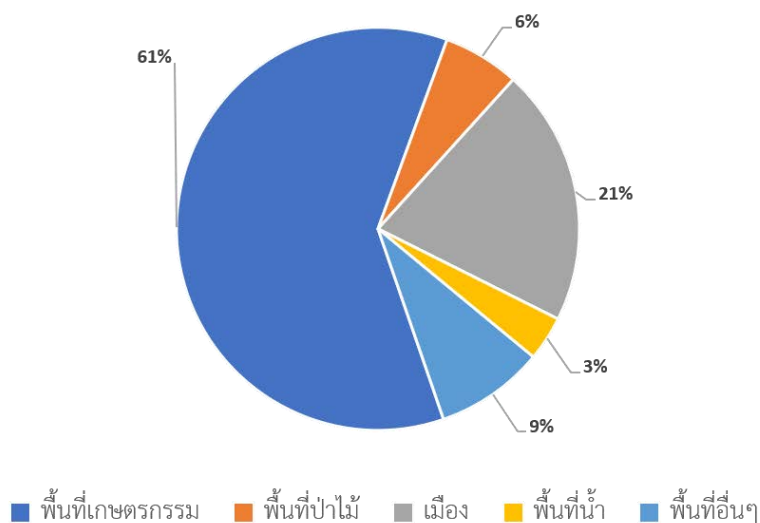
จังหวัดระยองมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ลมทะเลพัดผ่านตลอดปี อากาศอบอุ่น ในฤดูฝนจะมีฝนตกชุกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคมของทุกปี มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,350 มม./ปี

อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 29.5°C อุณหภูมิสูงสุดอยู่ในเดือนเมษายนวัดได้ 38.7°C และอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในเดือนมกราคมวัดได้ 17.8°C

3.3.4 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ศึกษาข้อมูลพื้นที่ศึกษาเพื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน): GISDA ในปี พ.ศ.2552 และปี พ.ศ.2560 เพื่อดูพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา พบว่าสามารถในปี พ.ศ.2552 แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็น พื้นที่เกษตรกรรม 1,357 ตร.กม. พื้นที่ป่าไม้ 137 ตร.กม. เมือง 461 ตร.กม. พื้นที่น้ำ 80 ตร.กม. และพื้นที่อื่นๆ 195 ตร.กม. รวมพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 2,230 ตร.กม. สามารถแสดงเป็นร้อยละของพื้นที่ได้ดังรูปที่ 3.2

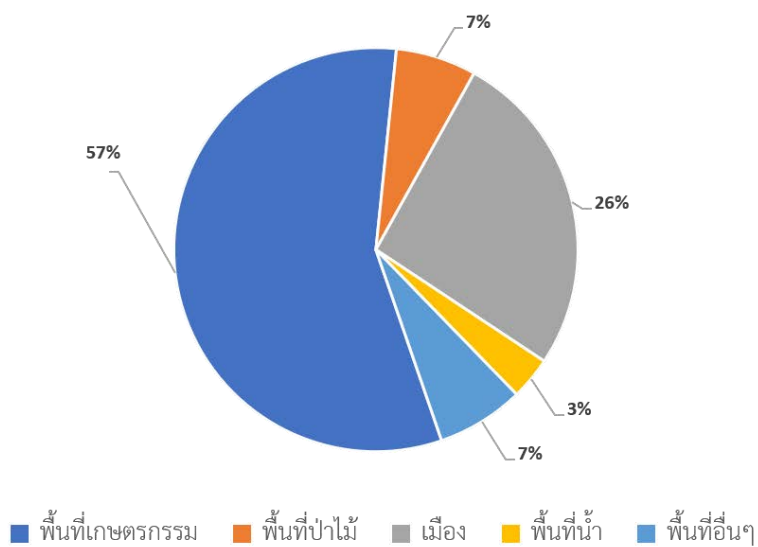
แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ
แอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2552



รูปที่ 3.2 แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2552

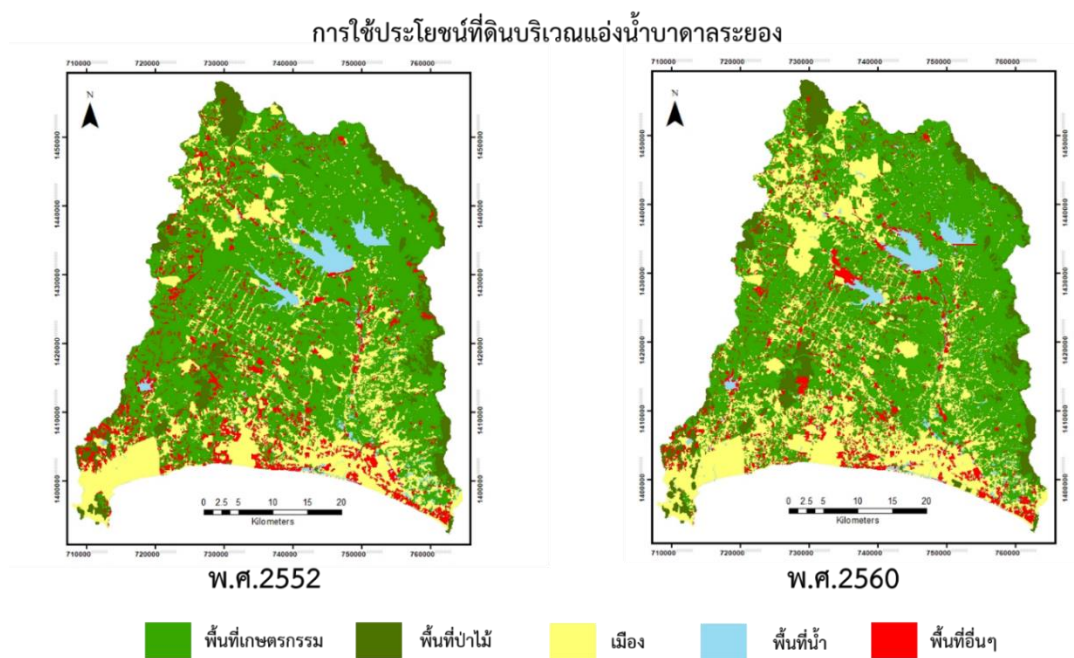
การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน): GISDA ในปี พ.ศ.2560 พบว่าสามารถแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินได้เป็น พื้นที่เกษตรกรรม 1,269 ตร.กม. พื้นที่ป่าไม้ 144 ตร.กม. เมือง 585 ตร.กม. พื้นที่น้ำ 76 ตร.กม. และพื้นที่อื่นๆ 156 ตร.กม. รวมพื้นที่ทั้งหมดเท่ากับ 2,230 ตร.กม. สามารถแสดงเป็นร้อยละของพื้นที่ได้ดังรูปที่ 3.3

แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณ
อ่างน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2560



รูปที่ 3.3 แผนภูมิแสดงร้อยละการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่างน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ.2560

การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่างน้ำบาดาลระยอง เมื่อเปรียบเทียบและพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของ ปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560 มีความแตกต่างกันดังแสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณอ่างน้ำบาดาลระยองระหว่างปี พ.ศ.2552 และปี พ.ศ.2560

3.3.5 แหล่งข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง SWAT

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลอง SWAT ในการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ทำงานร่วมกับโปรแกรม ArcGIS หรือ ArcMap ในการสร้างแบบจำลอง โดยการเตรียมข้อมูลเพื่อนำเข้าแบบจำลองต้องเตรียมชั้นข้อมูลให้ครอบคลุมทั้งแอ่งน้ำบาดาลระยอง เพื่อให้แบบจำลองเกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการประเมินปริมาณน้ำท่า ซึ่งนำไปสู่การประเมินการเติมน้ำลงสู่แอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยข้อมูลที่ใช้นำเข้าในแบบจำลอง SWAT มีดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลนำเข้าแบบจำลอง

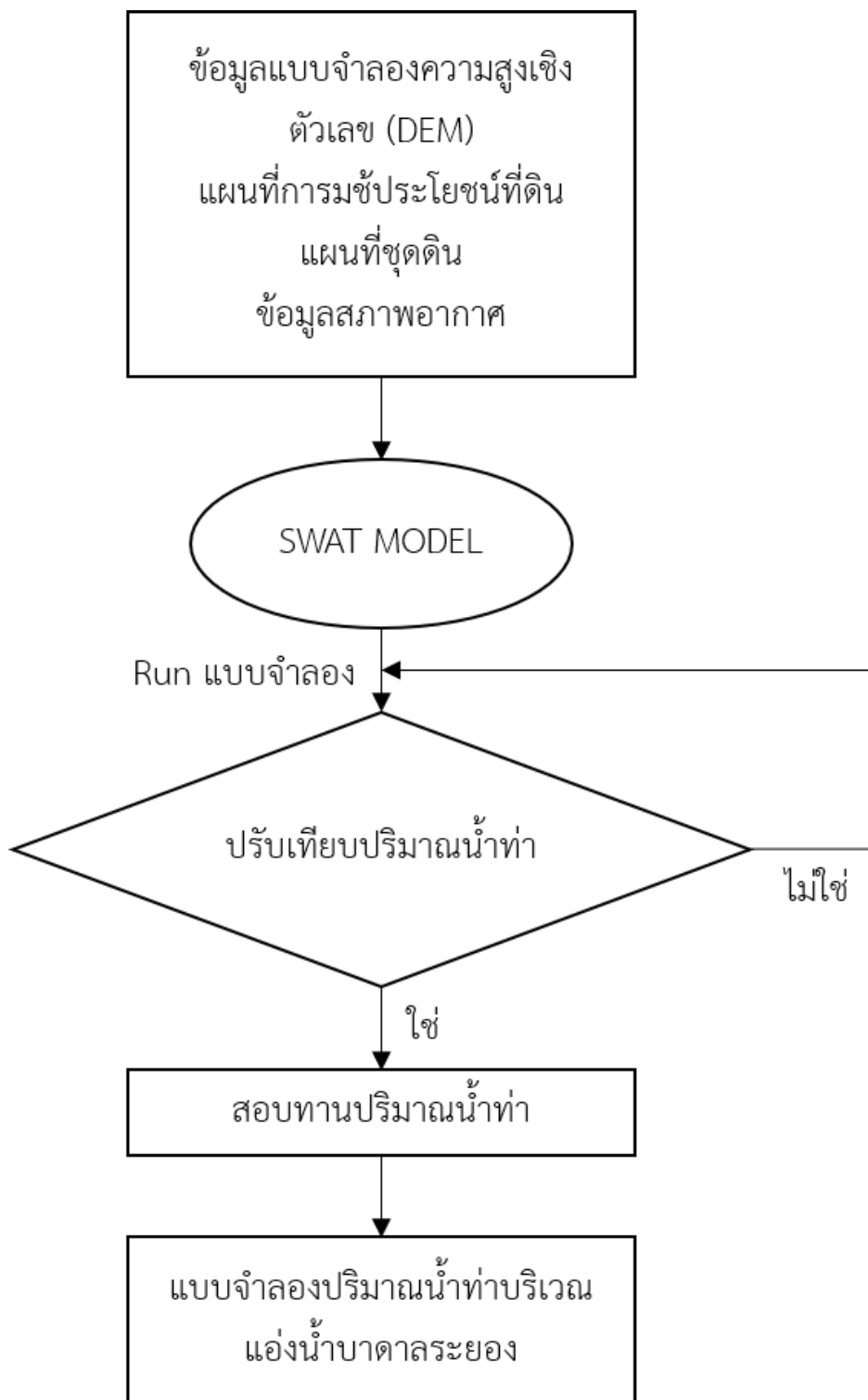
ชั้นข้อมูล	หน่วยงาน	ปี
1. ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model; DEM) ความละเอียด 30x30 เมตร	USGS	2560
2. ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดระยอง มาตรฐาน 1:50000	GISDA	2552 และ 2560
3. ข้อมูลแผนที่ชุดดิน	กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	2552
4. ข้อมูลอุตุวิทยา ได้แก่ - อุณหภูมิสูงสุด - ต่ำสุด รายวัน - ความเร็วลม รายวัน - ความชื้นสัมพัทธ์ รายเดือน - ปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์ รายวัน - ปริมาณน้ำฝน รายวัน	กรมอุตุวิทยา	2552 และ 2560
5. ข้อมูลอุทกวิทยา - ปริมาณน้ำ รายวัน - ระดับน้ำ รายวัน	กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	2551-2561

3.4 การสร้างแบบจำลอง SWAT บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยะอง

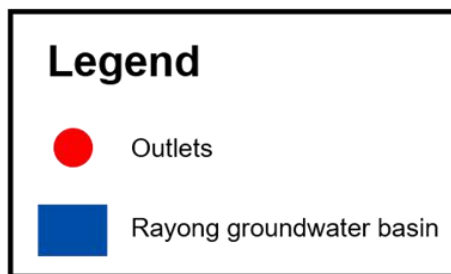
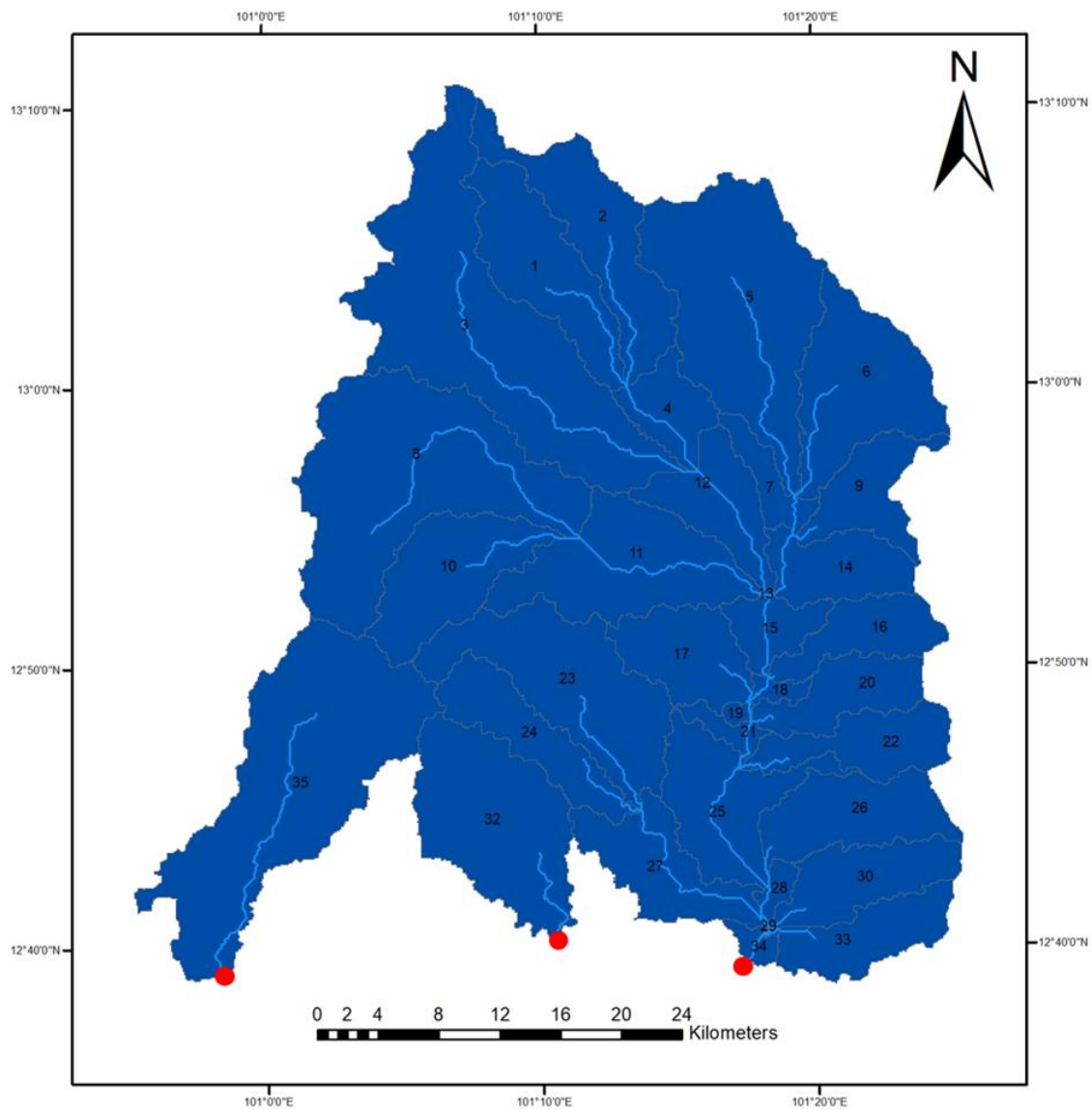
ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง SWAT บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยะองนั้น ประกอบด้วยการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการนำเข้าสู่ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน แผนที่ชนิดดิน ตำแหน่งสถานีวัดปริมาณน้ำท่า ตำแหน่งสถานีภูมิอากาศ และข้อมูลทางอุตุนิยวิทยา แล้วทำการประมวลผลแบบจำลองซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นปริมาณน้ำท่า และปริมาณการซึมลึก (percolation) จากนั้นดำเนินการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง (Model Sensitivity Analysis) และทำการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) เพื่อให้ผลลัพธ์จากแบบจำลองที่ได้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริงให้มากที่สุด โดยทำการเปรียบเทียบข้อมูลจากการคำนวณของแบบจำลองกับข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงที่สถานีตรวจวัดสามารถวัดได้ เมื่อผลลัพธ์ไปในทิศทางเดียวกันจึงดำเนินการสอบทานแบบจำลอง (Model Verification) เพื่อเป็นการตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลอง โดยขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองแสดงในรูปที่ 3.5

3.4.1 การกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

การกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำของพื้นที่ศึกษาสร้างได้จากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงตัวเลข (DEM) เพื่อให้ได้ข้อมูลอุทกวิทยาของลุ่มน้ำในพื้นที่ศึกษา โดยการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำต้องทำการระบุตำแหน่งจุดออก (outlets) ของลุ่มน้ำให้กับแบบจำลอง เพื่อใช้แสดงผลลัพธ์จากการคำนวณในแบบจำลองเพื่อใช้ในขั้นตอนการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองต่อไป โดยการกำหนดจุดออกของพื้นที่ศึกษาสามารถกำหนดจุดที่ต้องการศึกษาได้เอง ดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลอง SWAT แอ่งน้ำบาดาลระยอง



รูปที่ 3.6 ขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยองและจุดออก (outlets)

3.4.2 การกำหนดหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs)

การกำหนดลักษณะความสัมพันธ์กายภาพของแต่ละลุ่มน้ำระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความลาดชันและชนิดดินหรือชุดดิน ที่แตกต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ได้จากการประมวลผลจากแบบจำลอง SWAT ซึ่งมีการกำหนดรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ชั้นข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use)

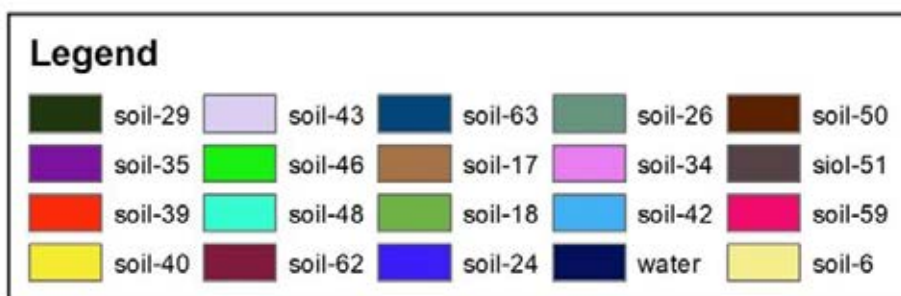
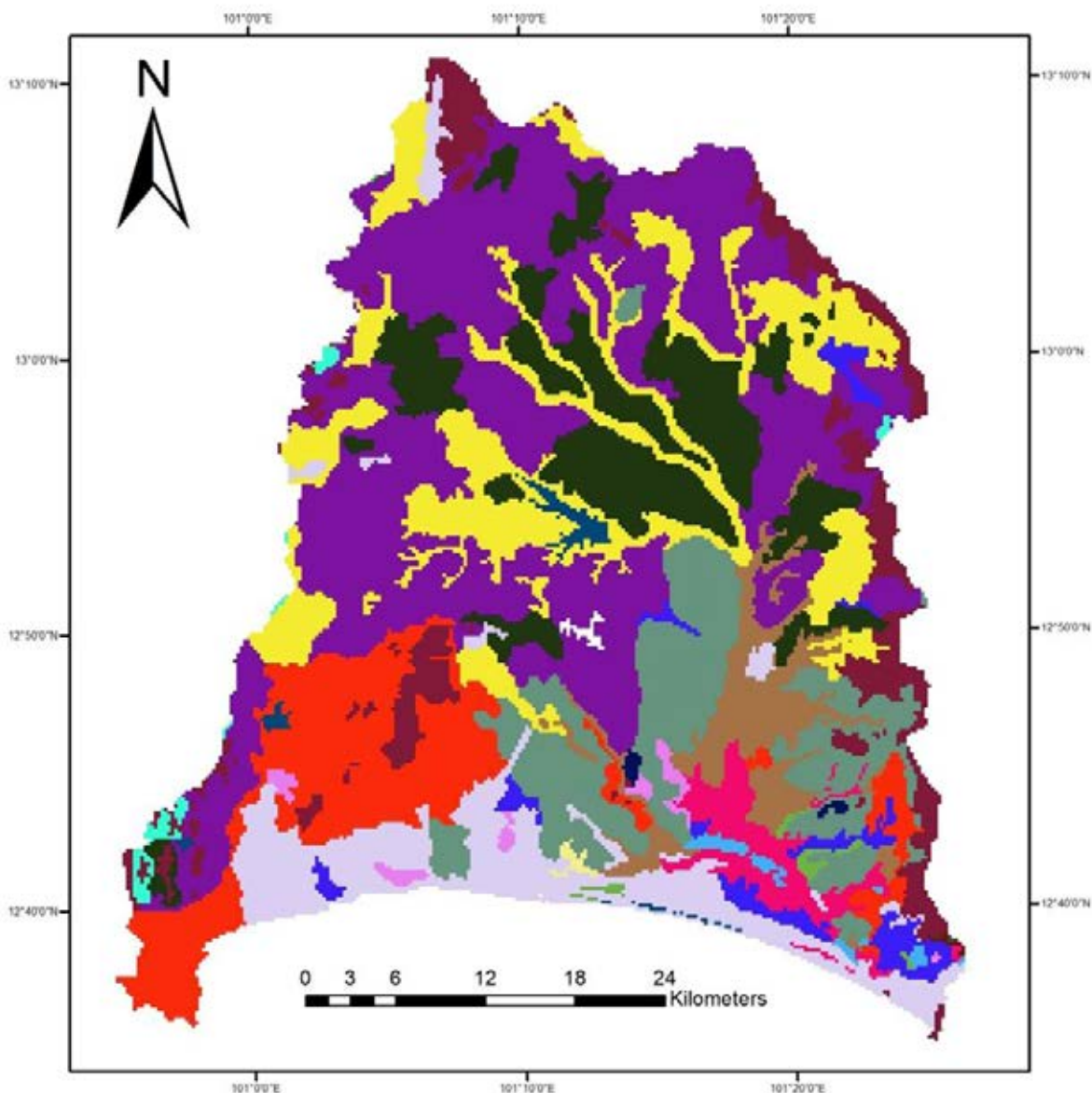
การนำเข้าแบบจำลอง SWAT ได้ใช้ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงปีคือ ปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560 โดยแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภทดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปี พ.ศ.2552	ร้อยละ	ปี พ.ศ.2560	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	1,357	61	1,269	57
พื้นที่ป่าไม้	137	6	144	7
พื้นที่เมือง	461	21	585	26
พื้นที่น้ำ	80	3	76	3
พื้นที่อื่นๆ	195	9	156	7
รวม	2,230	100	2,230	100

2) ชั้นข้อมูลชนิดดินหรือชุดดิน (Soil group)

ชั้นข้อมูลชนิดดินในพื้นที่ศึกษาที่ต้องนำเข้าแบบจำลอง SWAT ประกอบด้วยชนิดดิน 18 กลุ่ม บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ชั้นข้อมูลชนิดดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลประกอบด้วยชนิดดิน 18 กลุ่ม

3.4.3 การนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

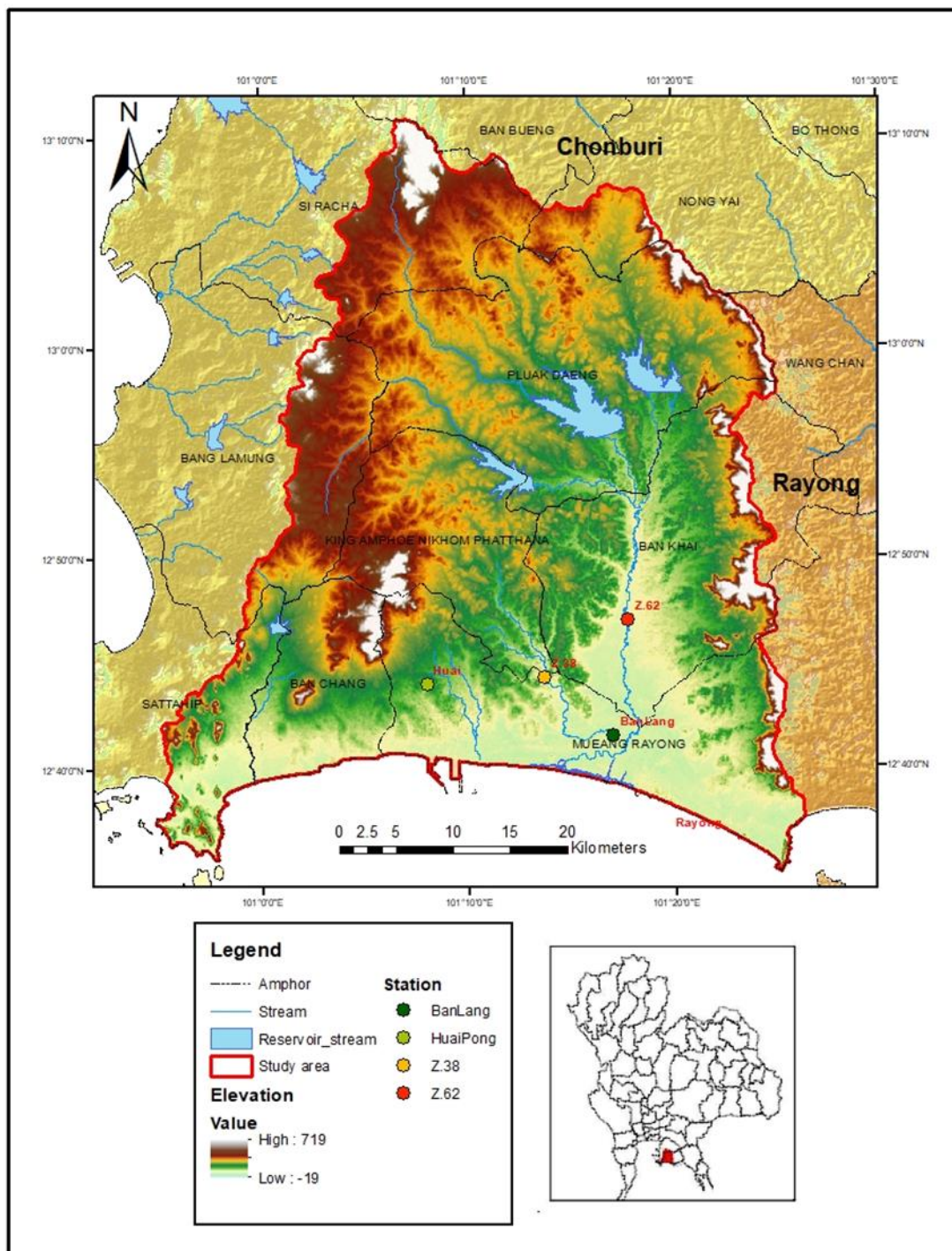
การนำเข้าข้อมูลสภาพอากาศ สามารถทำได้โดยกรเตรียมข้อมูลสภาพอากาศรายวันของ ปี พ.ศ.2552 และ ปี พ.ศ.2560 ซึ่งได้แก่ ข้อมูลฝนรายวัน ข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมเฉลี่ย และข้อมูลปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

3.5 การประเมินปริมาณน้ำท่า

ทำการปรับเทียบและสอบทานแบบจำลอง (Model Calibration and Verification) ระหว่างปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดจริงกับค่าที่ประเมินได้จากแบบจำลอง โดยพิจารณาปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดที่ตั้งอยู่ในพื้นที่ศึกษา บริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ดังแสดงในรูปที่ 3.8

การปรับเทียบปริมาณน้ำท่าจะใช้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และปริมาณน้ำท่าทำการสอบทาน ของปี พ.ศ. 2560 ตามสถานีตรวจวัด Z.38 ที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยมีการแสดงผลข้อมูลในลักษณะรายวันและรายเดือน

โดยการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองต่อปริมาณน้ำท่า จำนวน 4 ตัว เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมในแบบจำลอง (optimal value) ซึ่งได้แก่ค่า CN หรือค่า curve number ของแต่ละการใช้ประโยชน์ที่ดิน ค่า SOL_AWC คือค่าความสามารถในการเก็บน้ำของดิน (Available soil water capacity) ค่า GWQMN คือค่าระดับความลึกของน้ำในชั้นน้ำระดับตื้นที่ส่งผลต่อการไหลกลับสู่ลำน้ำ (Threshold depth of water in the shallow aquifer required for return flow) และค่า GW_DELAY คือค่าเวลาหน่วงสูงสุดที่น้ำใต้ดินไหลกลับสู่ลำน้ำ (Groundwater delay time)



รูปที่ 3.8 แผนที่แสดงสถานีตรวจวัดข้อมูลอุตุณิยมหาวิทยาลัยและอุทกวิทยา

3.6 การจำลองสถานการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อปริมาณการเติมน้ำบาดาล

การจำลองสถานการณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ที่ผู้ศึกษาได้ดำเนินการส่วนปรับเทียบและสอบทานแบบจำลองเรียบร้อยแล้ว และเพื่อทำให้เกิดประโยชน์จากแบบจำลองโดย สามารถนำไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงกายภาพที่มีผลต่อปริมาณการเติมน้ำบาดาลได้ จึงมีการจำลองสถานการณ์ เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในลักษณะดังกล่าวขึ้นได้ หากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมในอนาคต เช่น พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้น เนื่องจากการตั้งโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น หรือพื้นที่ป่าไม้ถูกทำลาย ซึ่งการจำลองสถานการณ์ในครั้งนี้คือ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยกำหนดให้ใช้ข้อมูลสภาพทางอุทุนิยมวิทยาและสภาพทางอุทกวิทยาของปี พ.ศ.2552 เหมือนกับปี พ.ศ.2560 แต่ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นไปตามข้อมูลของปี พ.ศ.2552 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า และการเติมน้ำบาดาลในสถานการณ์ดังกล่าว

บทที่ 4

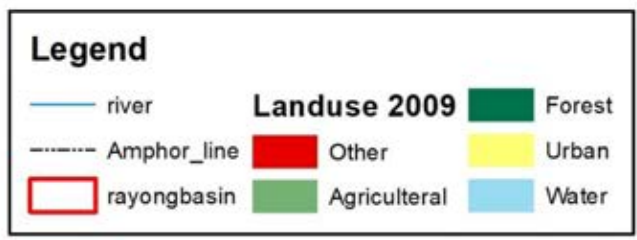
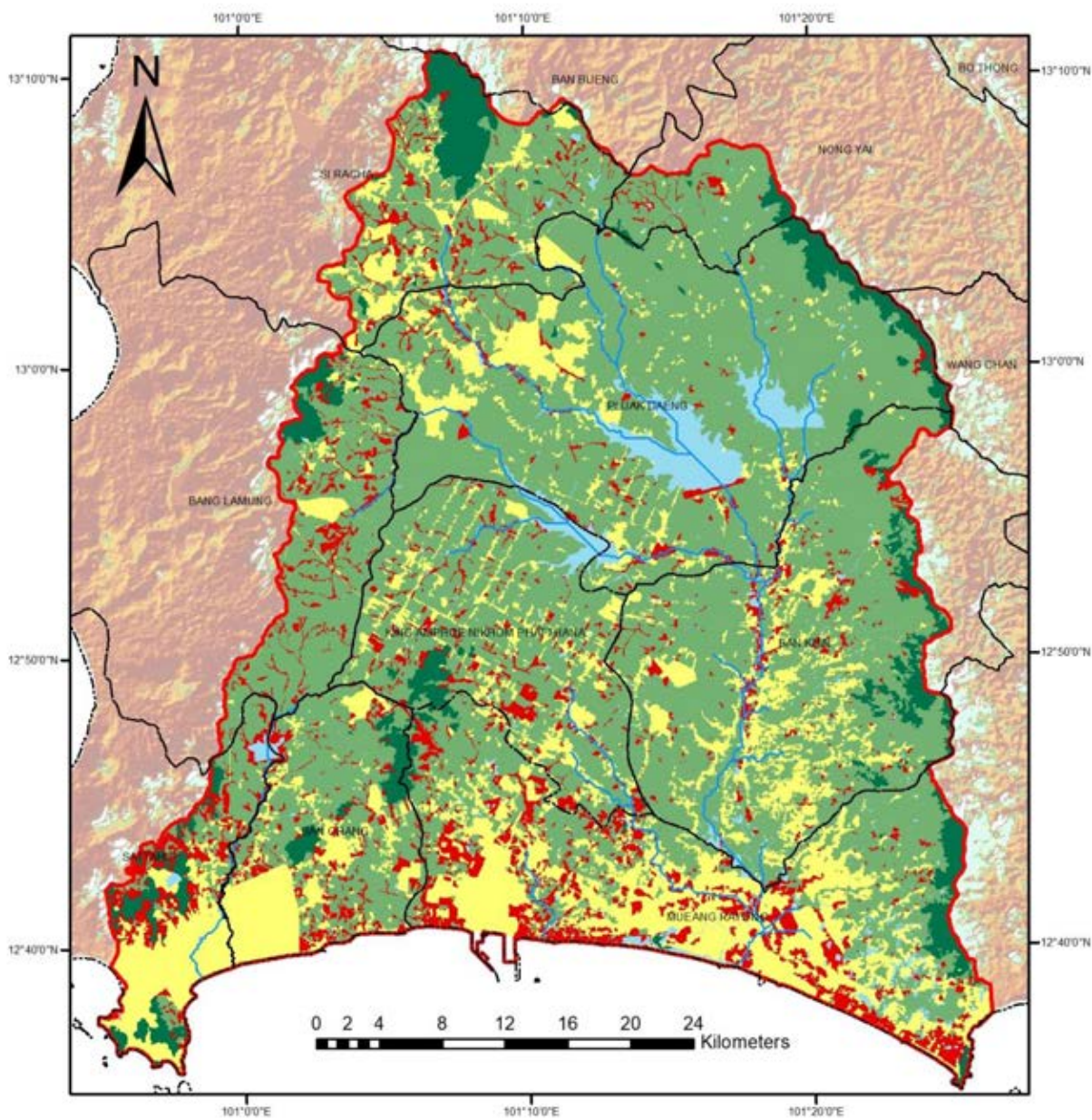
ผลการศึกษาและอภิปรายผล

4.1 ผลการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

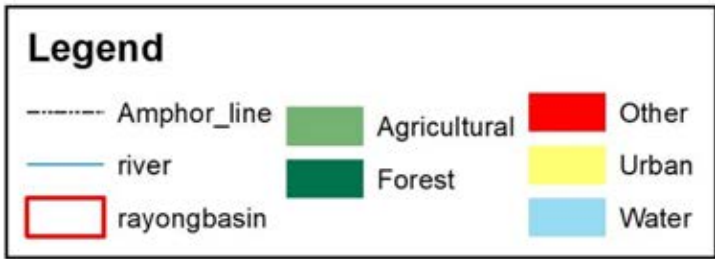
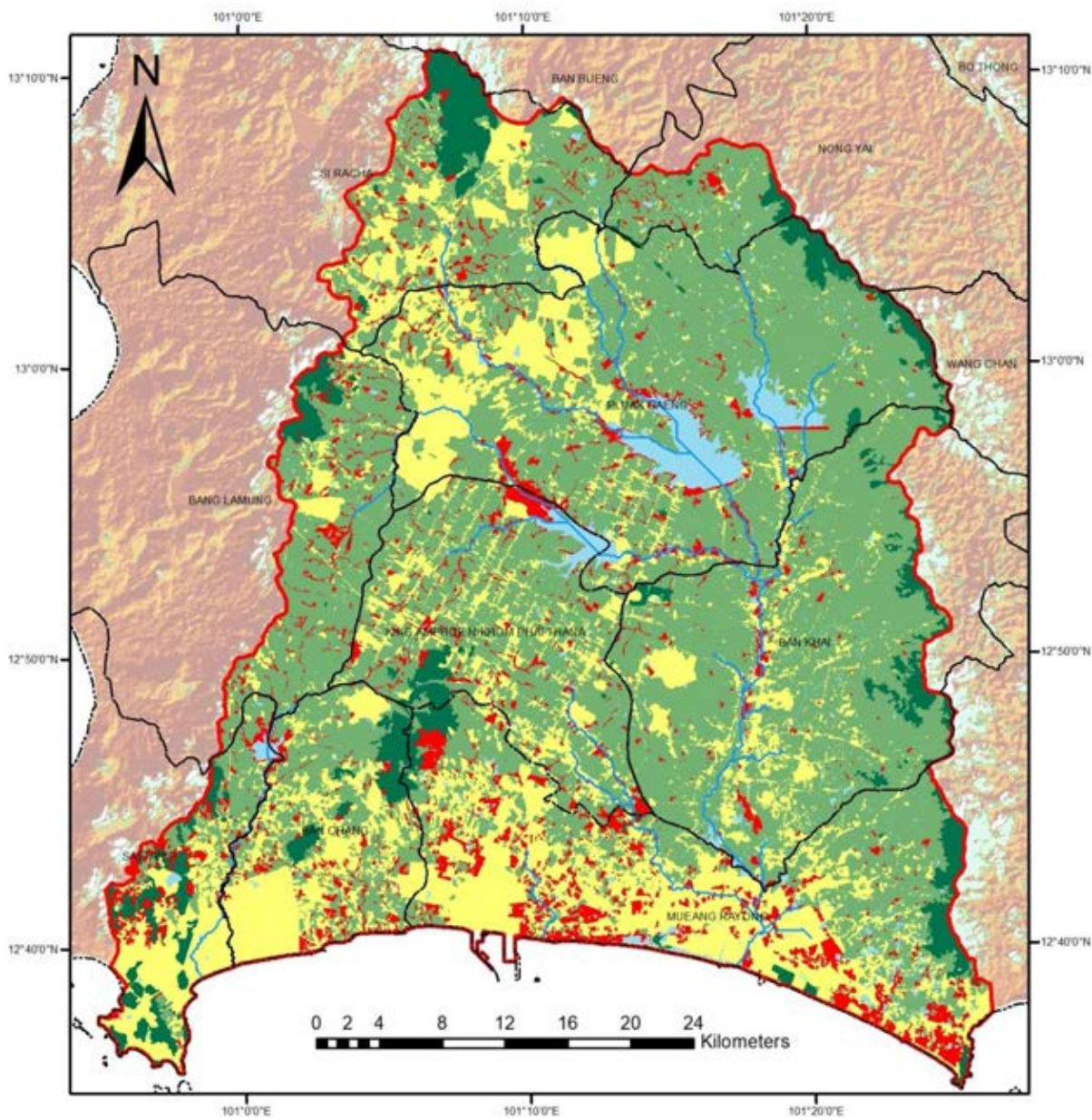
ในงานศึกษาได้ทำการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลระยอง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดระยอง และทางตะวันออกของจังหวัดชลบุรีบางส่วน โดยการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ.2552 **ดั่งรูปที่ 4.1** กับ ปี พ.ศ.2560 **ดั่งรูปที่ 4.2** ซึ่งข้อมูลในแต่ละปีได้มาจากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISDA) จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษามีพื้นที่เกษตรกรรมลดลงจากปี พ.ศ.2552-2560 ที่ร้อยละ 6.48 พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพื้นที่ป่าปลูกเพิ่มร้อยละ 5.11 พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มขึ้นร้อยละ 26.9 พื้นที่น้ำลดลงร้อยละ 5 และพื้นที่อื่นๆ ลดลงร้อยละ 20 ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2552 กับ พ.ศ. 2560

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	เมือง	พื้นที่น้ำ	พื้นที่อื่นๆ	รวม
	หน่วย (ตารางกิโลเมตร)					
ปี พ.ศ.2552	1,357	137	461	80	195	2,230
ปี พ.ศ.2560	1,269	144	585	76	156	2,230
การเปลี่ยนแปลง	-88	+7	+124	-4	-39	-
ร้อยละของการเปลี่ยนแปลง	-6.48	+5.11	+26.90	-5	-20	-



รูปที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ. 2552



รูปที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง ปี พ.ศ. 2560

4.2 การเลือกใช้พารามิเตอร์ที่มีผลต่อแบบจำลอง

จากการศึกษาและเลือกใช้พารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อการประเมินปริมาณน้ำท่าโดยการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลอง โดยการใช้พารามิเตอร์อ้างอิงจากการศึกษาของ สาธิกา บุญแก้ววรรณ (2556) และ (Chotpantararat and Boonkeawwan, 2018) โดยเลือกใช้พารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมต่อพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ลำดับค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำท่า

ลำดับความอ่อนไหว	พารามิเตอร์ของน้ำท่า
1	CN2
2	SOL_AWC
3	GWQMN
4	GW_DELAY

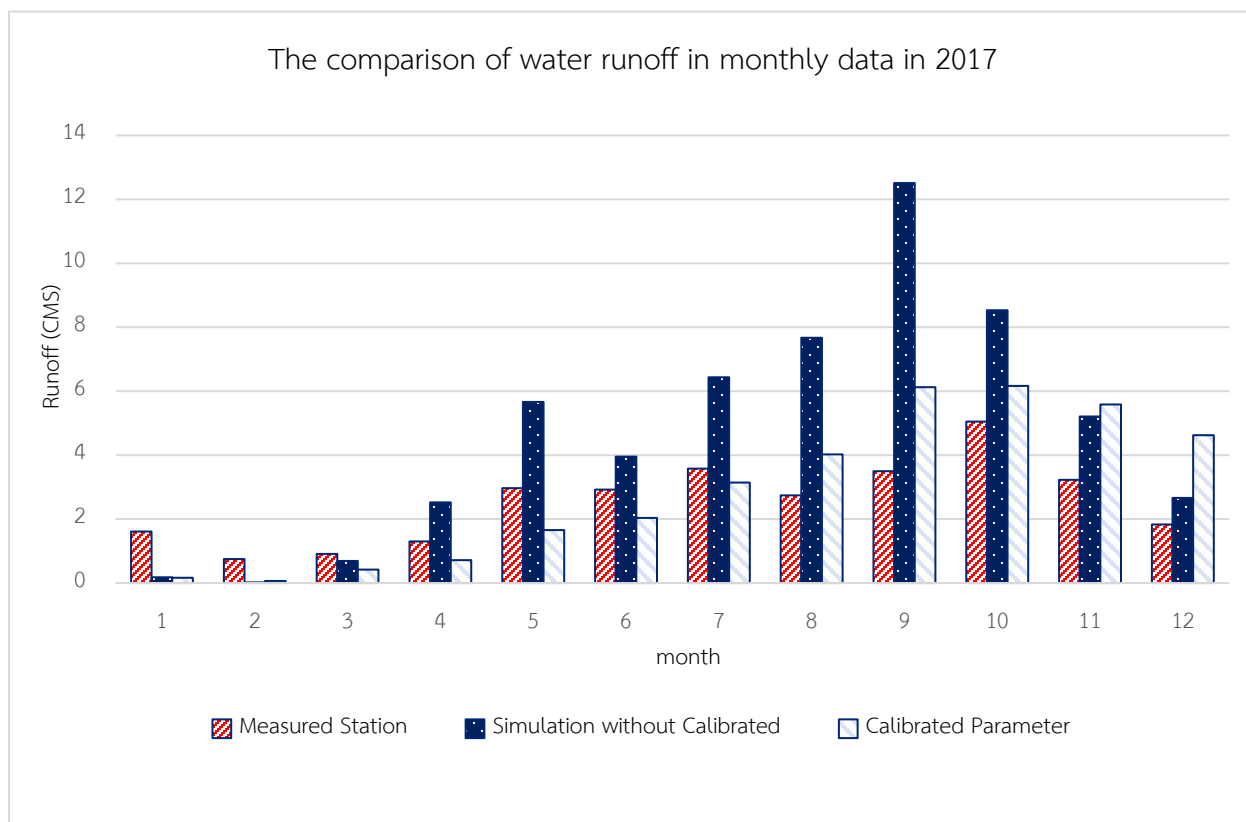
4.3 ผลการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่า

จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่เปรียบเทียบซึ่งได้ใช้สภาพทางอุตุวิทยามาจากสถานีตรวจวัดระยอง และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ.2560 โดยใช้ข้อมูลรายวันเฉลี่ยเป็นค่าข้อมูลรายเดือน และการสอบทานปริมาณน้ำท่า ผู้ศึกษาได้ใช้ปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัด Z.38 ตั้งอยู่บริเวณ บ้านเขาโบสถ์ อ.เมือง จ.ระยอง เป็นข้อมูลปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายวันและรายเดือนในการสอบทานแบบจำลอง โดยการใช้พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองทั้ง 4 ตัว ให้มีค่าที่เหมาะสมในแบบจำลอง ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่มีการปรับแก้เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าแสดงดังตารางที่ 4.3

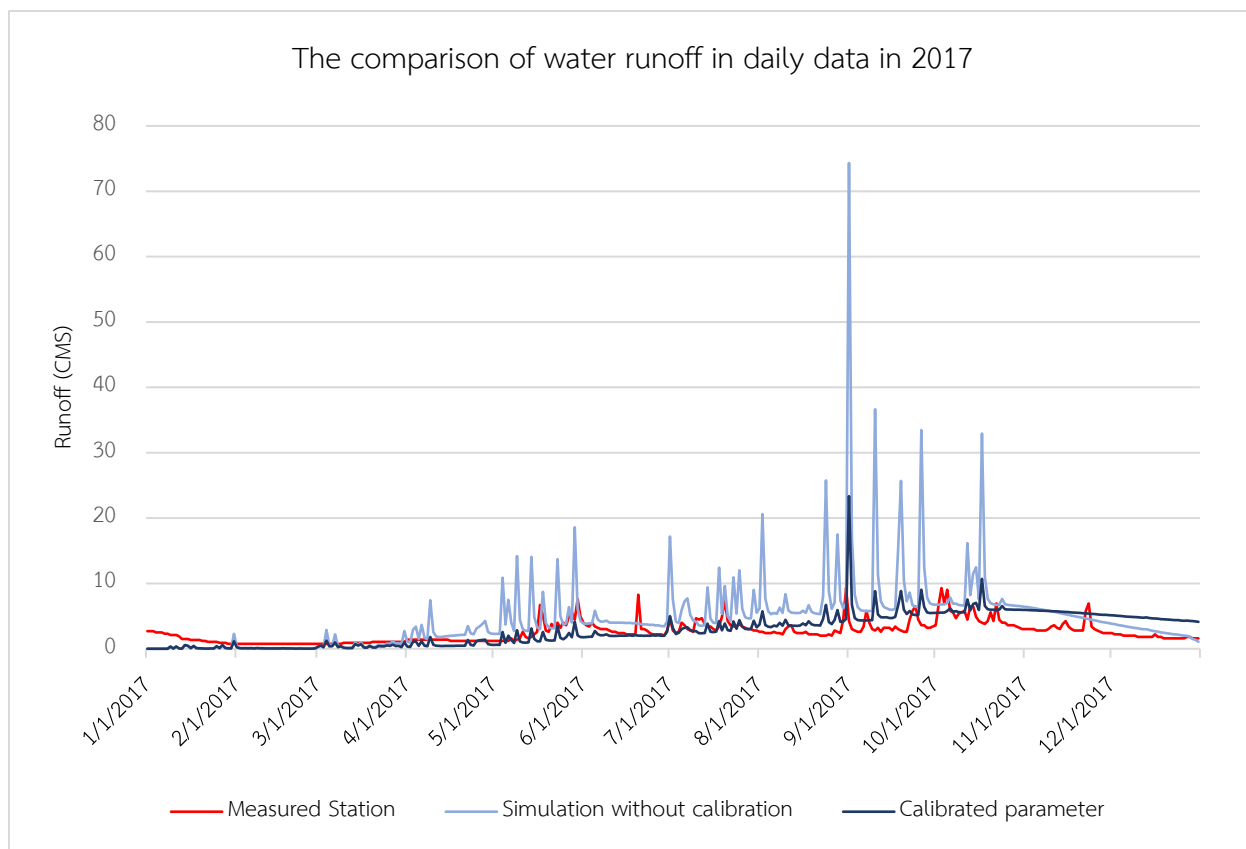
ตารางที่ 4.3 ค่าเหมาะสมของพารามิเตอร์ที่ใช้ประเมินปริมาณน้ำท่าในแบบจำลอง

ลำดับความอ่อนไหว	พารามิเตอร์ของน้ำท่า	ค่าเหมาะสม
1	CN2	*0.4
2	SOL_AWC	*2
3	GWQMN	25
4	GW_DELAY	125

ผลการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่า ณ สถานี Z.38 โดยใช้ข้อมูลสภาพอุตุนิยมวิทยา การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2560 พบว่า กราฟเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากสถานีตรวจวัดจริงแบบรายเดือนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือมีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.61 ($R=0.78$) โดยค่าดังกล่าวอยู่ในเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ และผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 4.3 ซึ่งจะได้ข้อมูลแสดงดังรูปที่ 4.3 โดยกราฟแท่งสีแดงแสดงข้อมูลปริมาณน้ำท่าที่วัดได้จากสถานีตรวจวัด กราฟแท่งสีน้ำเงินคือปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองโดยที่ยังไม่ได้ปรับค่าพารามิเตอร์ กราฟแท่งสีฟ้าแสดงปริมาณน้ำท่าที่ได้จากการปรับค่าพารามิเตอร์ โดยเป็นการแสดงข้อมูลแบบรายเดือน และผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากสถานีตรวจวัดจริงแบบรายวัน ซึ่งลักษณะกราฟมีความสัมพันธ์กันแสดงดังรูปที่ 4.4



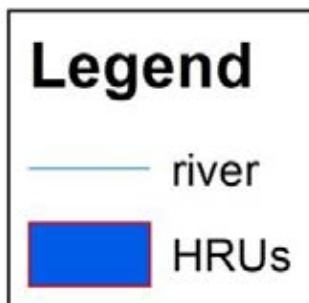
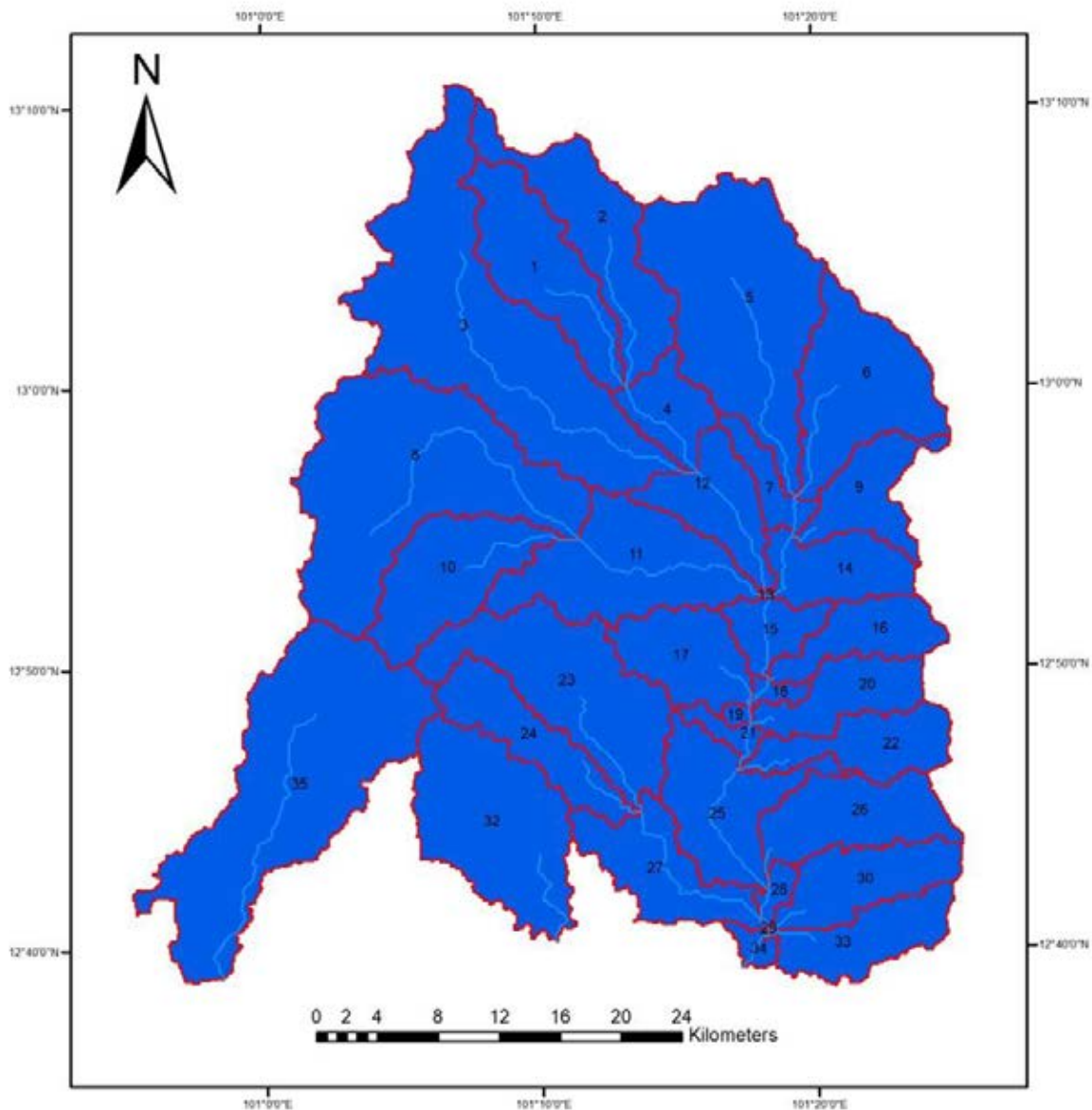
รูปที่ 4.3 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดจริงและปริมาณน้ำท่าที่มีการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ โดยแสดงข้อมูลแบบรายเดือนของปี พ.ศ.2560



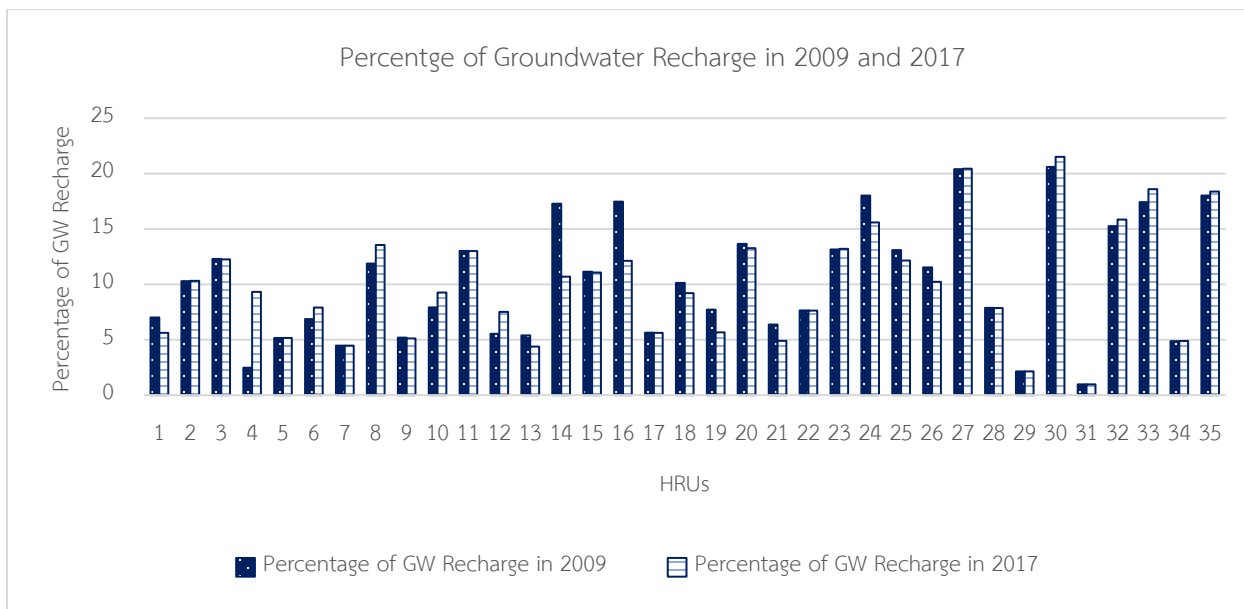
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดจริงและปริมาณน้ำท่าที่มีการปรับเทียบค่าพารามิเตอร์ โดยแสดงข้อมูลแบบรายวันของปี พ.ศ.2560

4.4 ผลจากการจำลองสถานการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

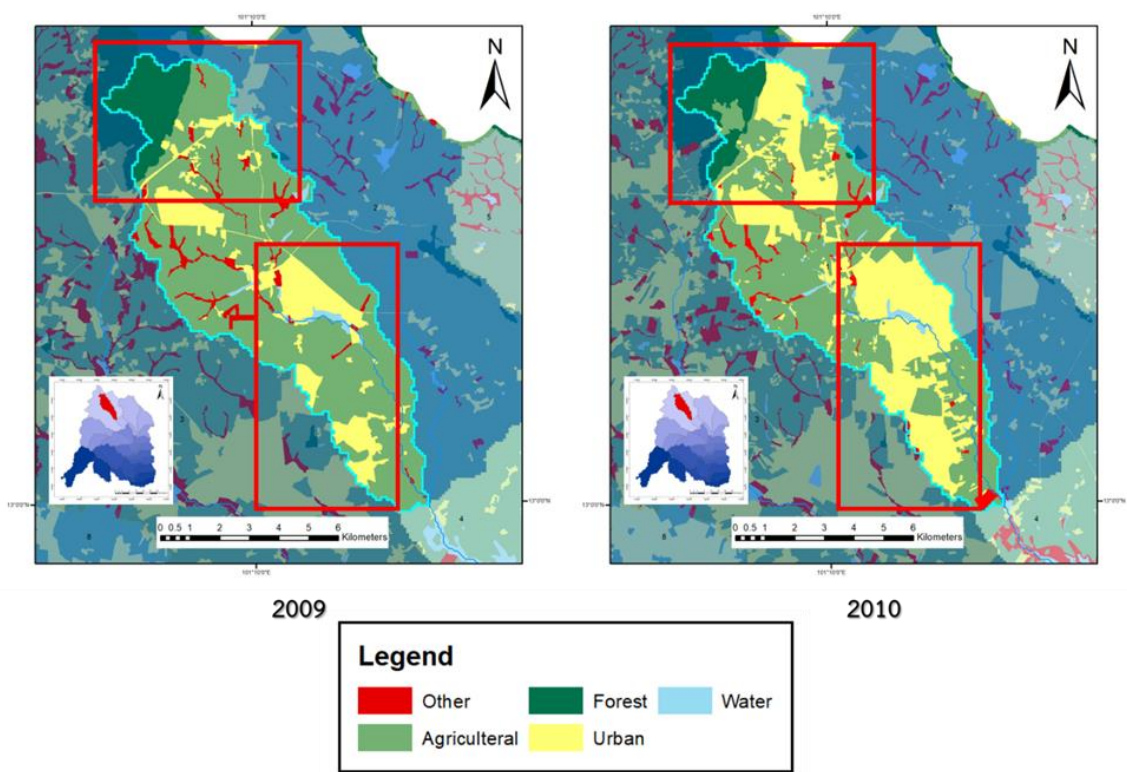
จากการจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากปี พ.ศ.2560 เป็นปี พ.ศ.2552 โดยยังใช้สภาพทางอุทกนิยมิวิทยา และสภาพน้ำท่า เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบของปี พ.ศ.2560 นั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคือความแตกต่างของปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง มีค่าในแต่ละหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ดังรูปที่ 4.5 ที่ต่างกันออกไป ซึ่งสามารถดูความแตกต่างของปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแต่ละ HRUs จากกราฟแท่ง ดังรูปที่ 4.6 และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณการเติมน้ำบาดาลของทั้ง 2 ปี พบว่าในแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 1, 14, 16, และ 24 มีปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในปี พ.ศ. 2552 มากกว่าปี พ.ศ.2560 และเมื่อเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง 2 ปี ในแอ่งน้ำบาดาลย่อยดังกล่าวสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างชัดเจน ดังรูปที่ 4.7 – 4.9



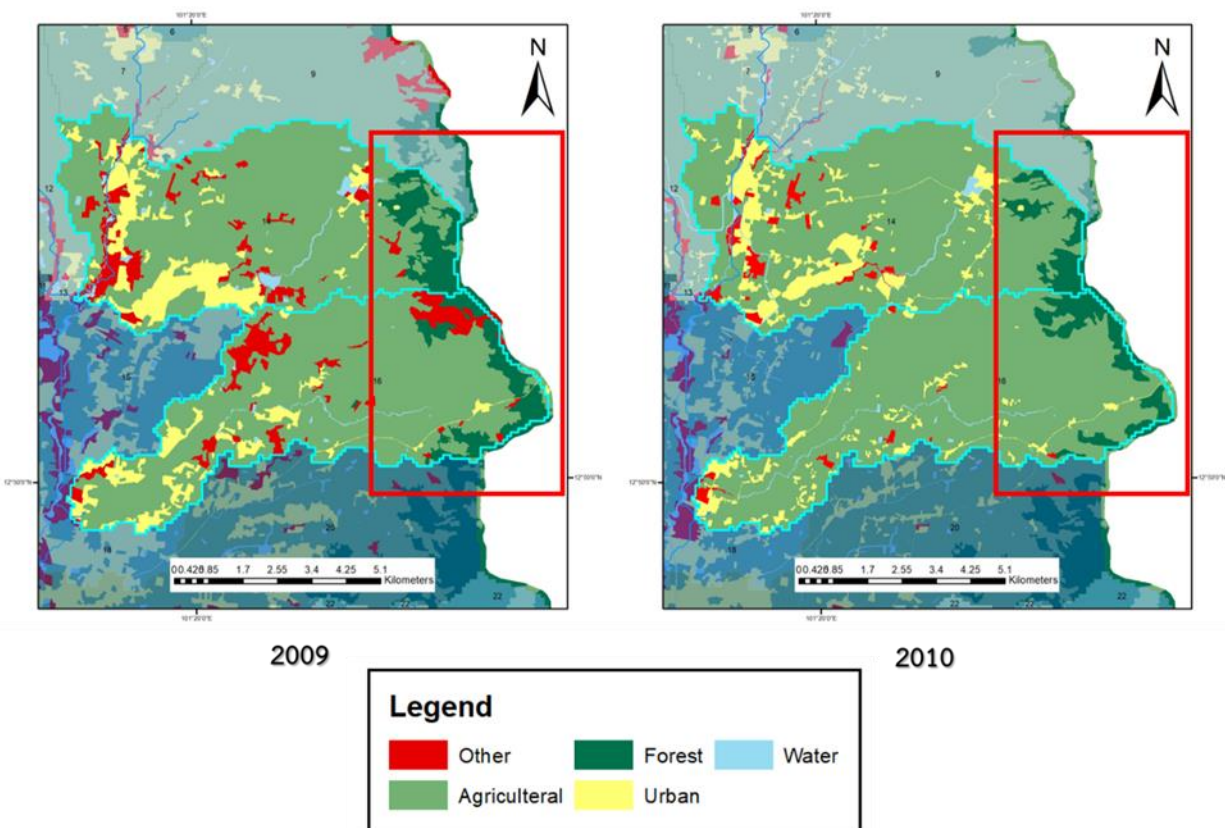
รูปที่ 4.5 หน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในพื้นที่ศึกษา



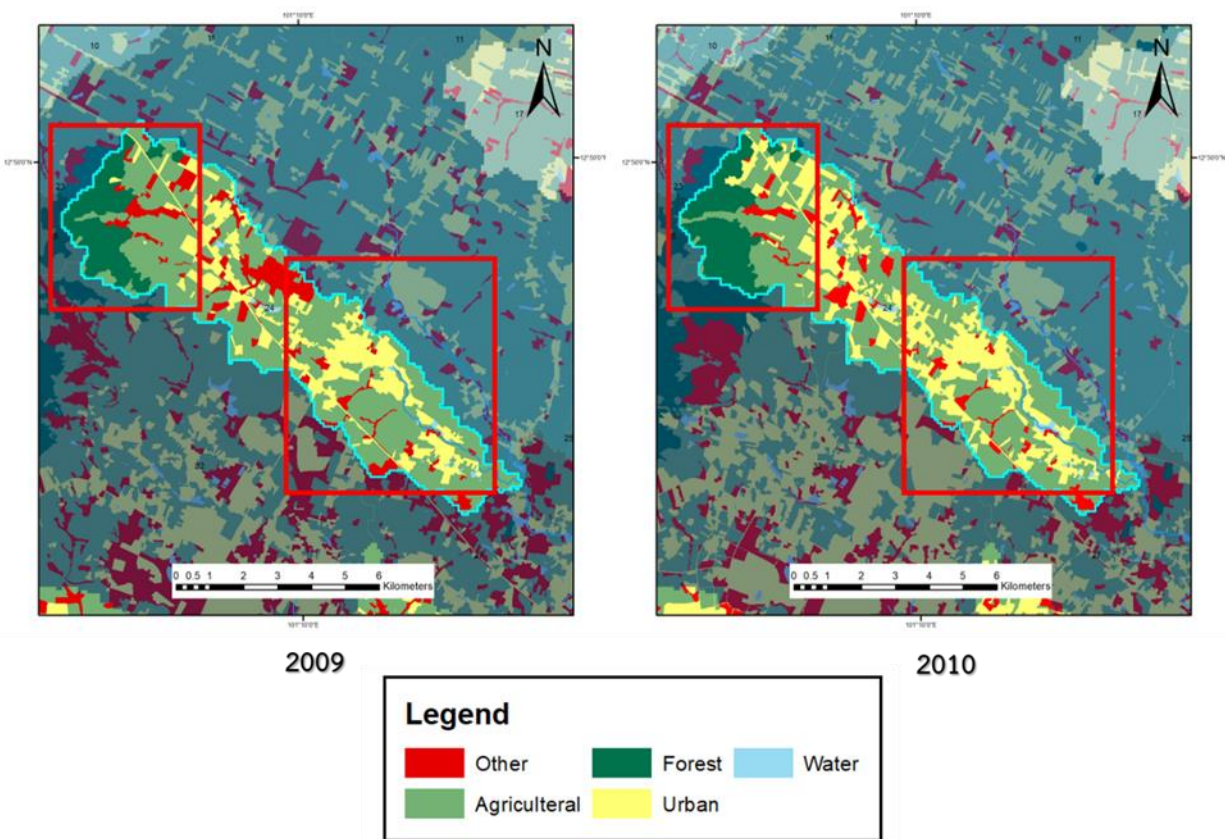
รูปที่ 4.6 แผนภูมิแท่งแสดงปริมาณการเติมน้ำในแอ่งน้ำบาดาลระยะยงระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560 เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของปี พ.ศ.2560



รูปที่ 4.7 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 1 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560



รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 14 และ 16 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560



รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณแอ่งน้ำบาดาลย่อยที่ 24 ระหว่างปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560

จากรูปที่ 4.6-4.9 สามารถเปรียบเทียบปริมาณการเติมน้ำบาดาลในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (HRUs) ในพื้นที่ HRUs ที่ 1, 14, 16, 24 ได้ดังตารางที่ 4.4

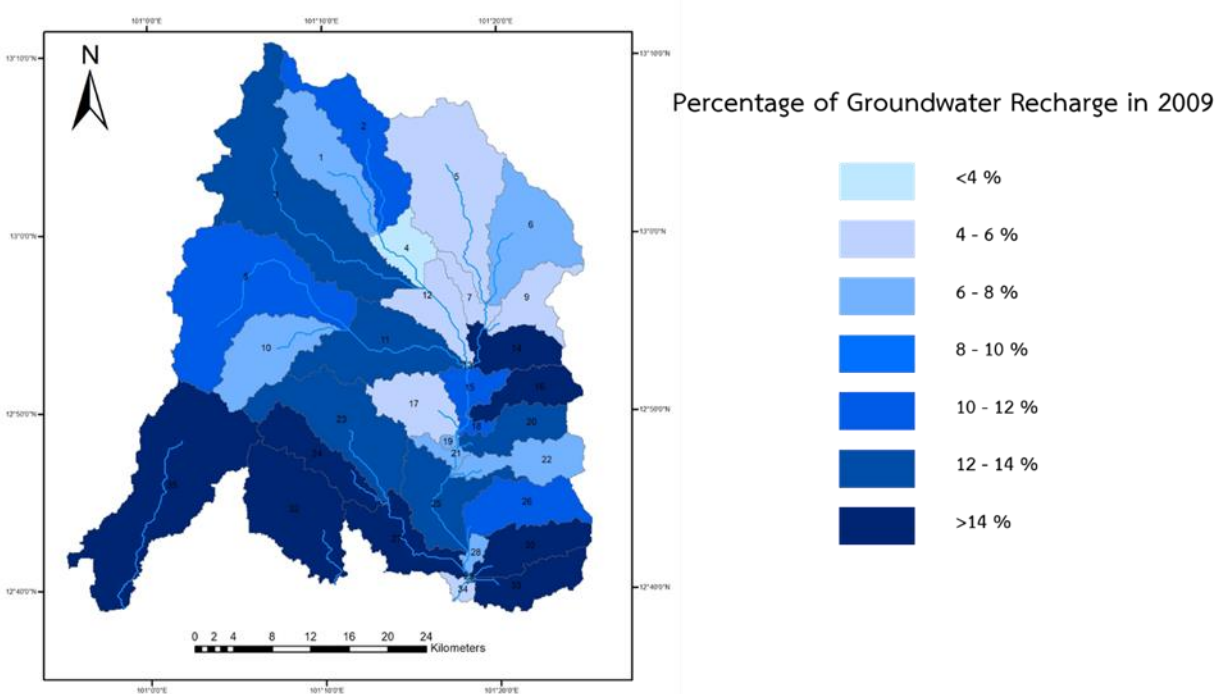
ตารางที่ 4.4 ปริมาณการเติมน้ำบาดาลในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา

HRUs	1	14	16	24
ปี	ปริมาณการเติมน้ำในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยา (มม.)			
พ.ศ.2552	116	287	288	299
พ.ศ.2560	93	177	201	259
ผลต่าง	-23	-110	-87	-40

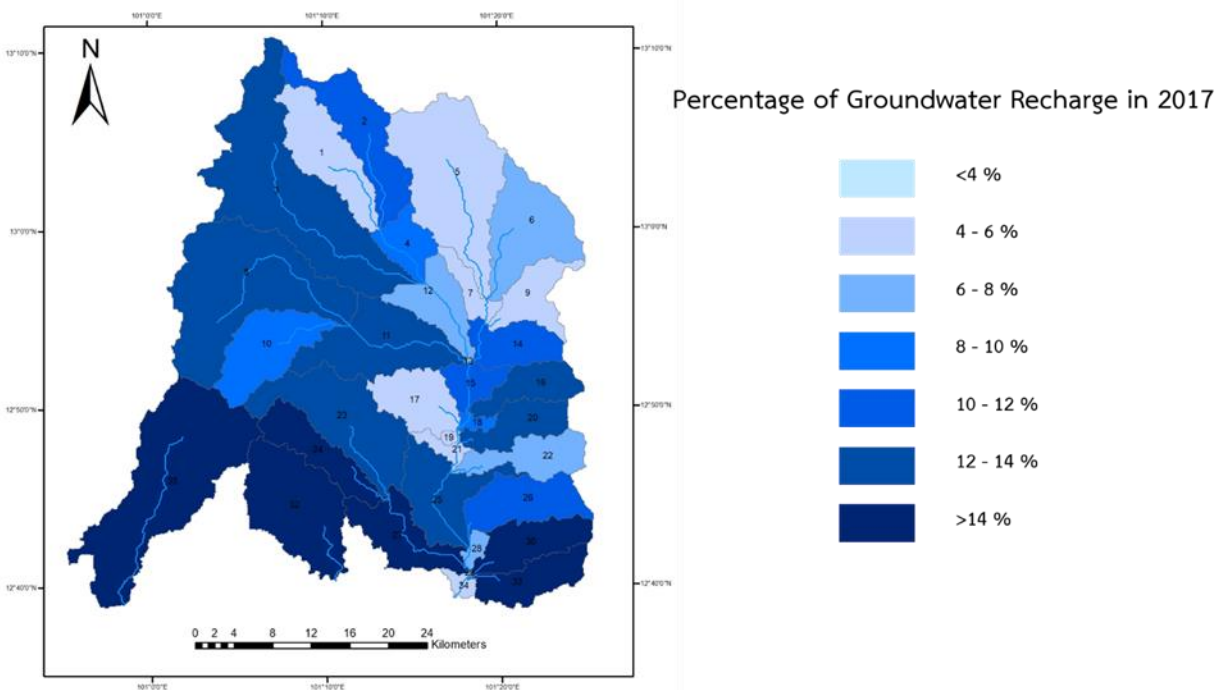
และจากการศึกษาเรื่องการใช้ SWAT เพื่อประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีผลต่อทรัพยากรน้ำในลุ่มน้ำทางตะวันออกเฉียงของแอฟริกาของ Baker et al. (2013) กล่าวว่าผลการประเมินที่ได้จากแบบจำลองแสดงให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่งผลให้ปริมาณน้ำท่าเพิ่มขึ้นและปริมาณการเติมน้ำบาดาลลดลง โดยเมื่อพิจารณาจากการศึกษาปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยะของพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยะของลดลง

4.5 ผลการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยะของ

ผลจากแบบจำลองที่ให้ค่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแต่ละ HRUs ของปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560 เมื่อพิจารณาผลดังกล่าวและนำมาเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์การเติมน้ำในแอ่งน้ำบาดาลย่อย โดยเทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ยของปี พ.ศ.2560 ที่มีค่าเท่ากับ 1659.1 มม. สามารถจัดทำแผนที่ปริมาณการเติมน้ำบาดาลของปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2560 ได้ดังรูปที่ 4.9 และ 4.10



รูปที่ 4.10 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยะของในแต่ละ HRUs ปี พ.ศ.2552



รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงเปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในแต่ละ HRUs ปี พ.ศ.2560

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองโดยใช้แบบจำลอง SWAT สามารถสรุปผลการศึกษาจากแบบจำลอง SWAT ได้ 3 ส่วน คือ ผลการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่า ผลการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเติมน้ำบาดาล และผลลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการศึกษาจากแบบจำลอง SWAT

5.1.1 ผลการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่า

ผลสรุปจากการเปรียบเทียบและสอบทานปริมาณน้ำท่าในปี พ.ศ.2560 สามารถสรุปได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ประเมินได้จากแบบจำลองมีค่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.89 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ในแต่ละเดือน

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) ของสถานี Z.38 ที่ได้จากการเปรียบเทียบและสอบทานแบบจำลอง มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดอยู่ที่ 0.61 หรือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าอยู่ที่ 0.78 ซึ่งทั้งสองค่าแสดงให้เห็นถึงการเปรียบเทียบและสอบทานระหว่างปริมาณน้ำท่าจากสถานีตรวจวัดจริงกับปริมาณน้ำท่าที่ได้จากแบบจำลองมีความสัมพันธ์กันอยู่ในระดับพอใช้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณากราฟเพื่อดูแนวโน้มความสัมพันธ์ของการเปรียบเทียบและสอบทานอยู่ในเกณฑ์พิจารณาที่ผู้ศึกษายอมรับผลได้

5.1.2 ผลการประเมินการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

จากผลจากแบบจำลอง SWAT พบว่าการเติมน้ำบาดาลของปี พ.ศ.2552 เมื่อเทียบกับปริมาณฝนเฉลี่ยของปี พ.ศ.2560 พบว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 16-342 มม. เมื่อคิดเป็นร้อยละอยู่ในช่วง 0.97-20.6 และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองอยู่ที่ 169.7 มม. และการเติมน้ำบาดาลของปี พ.ศ. 2560 พบว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 16-357 มม. เมื่อคิดเป็นร้อยละอยู่ในช่วง 0.97-21.5 และมีค่าเฉลี่ยปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองอยู่ที่ 165.9 มม.

5.1.3 ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการเติมน้ำบาดาล

เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงจากปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2560 ในหน่วยตอบสนองทางอุทกวิทยาที่ 1, 14, 16 และ 24 มีปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองในปี พ.ศ.2552 สูงกว่า ปี พ.ศ.2560 เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงให้เห็นว่าใน HRUs ที่ 1, 14, 16 และ 24 มีแนวโน้มของพื้นที่ป่าไม้ลดลงเฉลี่ยร้อยละ 2.43 ของพื้นที่ โดย HRUs ที่ 1 และ 24 มีแนวโน้มของพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 16 ของพื้นที่ สำหรับ HRU ที่ 1 อยู่บริเวณนิคมอุตสาหกรรมอีสเทิร์นซีบอร์ด ต.ตาสีทิพย์ อ.ปลวกแดง จ.ระยอง และ HRU ที่ 24 บริเวณนิคมอุตสาหกรรมโรจนะ ต.หนองบัว อ.บ้านค่าย จ.ระยอง จากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวส่งผลให้การเติมน้ำในแอ่งน้ำบาดาลระยองลดลงโดยเฉลี่ยทั้งพื้นที่ที่มีปริมาณเท่ากับ 3.81 มม. หรือลดลงร้อยละ 0.23 ของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปี พ.ศ.2560

ผลการศึกษาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเมื่อพื้นที่เมืองที่เพิ่มขึ้นและพื้นที่ป่าไม้ที่ลดลง มีผลต่อปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง ส่งผลให้ปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองมีค่าลดลงเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะดังกล่าว

5.1.4 ผลลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยอง

จากการเปรียบเทียบปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลระยองกับลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่สรุปผลได้ว่าปริมาณการเติมน้ำบาดาลมีความสัมพันธ์กับความสูง-ต่ำของพื้นที่ โดยพื้นที่สูงจะมีปริมาณการเติมน้ำบาดาลสูงกว่าพื้นที่ต่ำในบริเวณแอ่งน้ำบาดาลระยอง

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการเก็บข้อมูลจากปริมาณน้ำท่า และข้อมูลสภาพทางอุทกนิเวศวิทยาอย่างต่อเนื่อง และสถานีตรวจวัดให้ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา โดยเฉพาะทางต้นน้ำ เพื่อความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง
- 2) ควรมีการเปรียบเทียบข้อมูลในช่วงปีอื่นๆด้วย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อการวางแผนการรับมือต่อเหตุการณ์ในอนาคตต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำ. 2548. “การศึกษาโครงการจะจัดทำแผนรวมบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่แม่น้ำยม”. ส่วนจัดสรรน้ำ สำนักบริหารจัดการน้ำ. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2555. โครงการ “สำรวจและศึกษาค่าพื้นฐานโลหะหนักในน้ำบาดาล แอ่งน้ำบาดาลระยองและแอ่งน้ำบาดาลชลบุรี”.
- เฉลิมเกียรติ ปลาทอง. 2553. “การประยุกต์ใช้แบบจำลอง **Soil and Water Assessment Tool (SWAT MODEL)** เพื่อการศึกษาสมดุลงน้ำในลุ่มน้ำประแสร์”
- พงศ์วัฒน์ สัจชนานนท์ และคณะ. 2561. “ประสิทธิภาพของแบบจำลองอุทกวิทยา **SWAT** ในการจำลองปริมาณน้ำท่าของลุ่มน้ำวัง”.
- สาธิตา บุญแก้ววรรณ. 2556. “การประเมินปริมาณไนเตรทแลฟอสเฟตในแม่น้ำยมตอนล่างด้วยแบบจำลอง **SWAT**”. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหวิชา) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุจิริต คุณชนกุลวงศ์ และคณะ. 2551. โครงการ “การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อจัดการทรัพยากรน้ำเชิงพื้นที่พร้อมระบบสนับสนุนการตัดสินใจและกระบวนการทางสังคมในบริเวณพื้นที่จังหวัดระยอง”.
- Arnold, J. G., R. Srinivasan, R. S. Muttiah, and J. R. Williams. "Large Area Hydrologic Modeling And Assessment Part I: Model Development." *Journal of the American Water Resources Association* 34, no. 1 (02 1998)
- Awan, U. K., and A. Ismaeel. "A New Technique to Map Groundwater Recharge in Irrigated Areas Using a SWAT Model under Changing Climate." *Journal of Hydrology* 519 (11 2014)
- Baker, Tracy J., and Scott N. Miller. "Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to Assess Land Use Impact on Water Resources in an East African Watershed." *Journal of Hydrology* 486 (04 2013)
- Chotpantarot, S., and S. Boonkaewwan. "Impacts of Land-use Changes on Watershed Discharge and Water Quality in a Large Intensive Agricultural Area in Thailand." *Hydrological Sciences Journal* 63, no. 9 (07, 2018)

- Donigian, A. S. "Watershed Model Calibration And Validation: The Hspf Experience." Proceedings of the Water Environment Federation 2002, no. 8 (01, 2002)
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., and Williams, J. 2011. Soil and Water Assessment tool theoretical documentation version 2009. Texas, USA: Grassland, soil and water research laboratory agricultural research service, Blackland Research Center.
- Phattraporn S., K. Janchidfa, N. Phengphit, S. Chayhard and R. Perera (2016). The Effects of Land Use Change and Climate Change on Water Resources in the Eastern Region of Thailand. International Journal of Agricultural Technology.
- Singh, A., M. Imtiyaz, R.k. Isaac, and D.m. Denis. "Comparison of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) and Multilayer Perceptron (MLP) Artificial Neural Network for Predicting Sediment Yield in the Nagwa Agricultural Watershed in Jharkhand, India." Agricultural Water Management 104 (02 2012)
- Soil Conservation Service Engineering Division. 1996. Urban hydrology for small watersheds. U.S. Department of Agriculture, Technical Release 55
- Tiede, D. "A New Geospatial Overlay Method for the Analysis and Visualization of Spatial Change Patterns Using Object-oriented Data Modeling Concepts." Cartography and Geographic Information Science 41, no. 3 (03, 2014)
- U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Handbook, Hydrology Section 4, Chapters 4-10.

ภาคผนวก ก

ตารางที่ ก.1 ปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลย่อยในปี พ.ศ.2552

HRUs	ปริมาณการเติมน้ำบาดาล (มม.)	เปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาล (%)
1	116.26	7.0
2	170.84	10.3
3	204.00	12.3
4	41.06	2.5
5	85.60	5.2
6	113.96	6.8
7	74.20	4.5
8	197.03	11.8
9	86.07	5.2
10	131.53	7.9
11	216.09	13.0
12	91.76	5.5
13	89.48	5.4
14	286.79	17.2
15	185.00	11.1
16	290.00	17.5
17	93.57	5.6
18	168.01	10.1
19	128.16	7.7
20	226.62	13.7
21	105.83	6.4
22	126.76	7.6
23	218.19	13.2
24	299.04	18.0
25	217.18	13.1

HRUs	ปริมาณการเติมน้ำบาดาล (มม.)	เปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาล (%)
26	191.41	11.5
27	338.58	20.4
28	130.60	7.9
29	35.57	2.1
30	341.97	20.6
31	16.18	0.97
32	253.29	15.3
33	289.20	17.4
34	80.94	4.9
35	298.91	18.0

ตารางที่ ก.2 ปริมาณการเติมน้ำบาดาลในแอ่งน้ำบาดาลย่อยในปี พ.ศ.2560

HRUs	ปริมาณการเติมน้ำบาดาล (มม.)	เปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาล (%)
1	93.277	5.6
2	171.17	10.3
3	203.376	12.3
4	154.605	9.3
5	85.588	5.2
6	131.172	7.95
7	74.198	4.5
8	224.914	13.5
9	85	5.1
10	153.68	9.3
11	215.888	13.0
12	124.624	7.5
13	72.72	4.4
14	177.403	10.7
15	183.728	11.1

HRUs	ปริมาณการเติมน้ำบาดาล (มม.)	เปอร์เซ็นต์การเติมน้ำบาดาล (%)
16	201.141	12.1
17	93.346	5.6
18	152.756	9.2
19	93.931	5.7
20	220.153	13.3
21	81.289	4.9
22	126.617	7.6
23	219.098	13.2
24	258.774	15.6
25	201.656	12.1
26	169.824	10.2
27	339.273	20.4
28	130.365	7.9
29	35.572	2.1
30	357.112	21.5
31	16.176	0.97
32	262.975	15.8
33	308.652	18.6
34	80.992	4.9
35	304.963	18.4

ตารางที่ ก.3 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือน ณ สถานีตรวจวัด Z.38 ปี พ.ศ.2560

เดือน	ปริมาณน้ำท่า (CMS)	เดือน	ปริมาณน้ำท่า (CMS)
มกราคม	1.61	เมษายน	1.30
กุมภาพันธ์	0.75	พฤษภาคม	2.97
มีนาคม	0.91	มิถุนายน	2.92

เดือน	ปริมาณน้ำท่า (CMS)	เดือน	ปริมาณน้ำท่า (CMS)
กรกฎาคม	3.58	ตุลาคม	5.05
สิงหาคม	2.74	พฤศจิกายน	3.23
กันยายน	3.50	ธันวาคม	1.83

