

การประเมินพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน
โดยใช้เทคนิคการถ่วงน้ำหนัก
และสัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล

นางสาวกานต์พิชชา บางกล้า

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

EVALUATION OF GROUNDWATER POTENTIAL AREA OF
UPPER CHAO PHRAYA GROUNDWATER BASIN USING WEIGHTING
AND PROBABILISTIC-BASED FREQUENCY RATIO TECHNIQUES

MISS KANPITCHA BANGKLAM

A REPORT IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENT
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR SCIENCE
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2013

วันที่ส่ง

วันที่อนุมัติ

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธ์รัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

การประเมินพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน โดยใช้เทคนิคการถ่วงน้ำหนักและสัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ ในการเกิดน้ำบาดาล

กานต์พิชชา บางกล้า

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์ 09-0420-3625 อีเมลล์ Pitcha.B@hotmail.com

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักและการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (Yield) กับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและกักเก็บน้ำบาดาล ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน ความลาดชัน ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะธรณีสัณฐาน ความหนาแน่นโครงสร้างเชิงเส้น ความหนาแน่นของทางน้ำ ชนิดดิน ชนิดหิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับการประเมินศักยภาพ น้ำบาดาลเชิงปริมาณในการกำหนดค่าน้ำหนักและค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยและการแบ่งชั้นข้อมูลปัจจัย โดยอ้างอิงจากงานวิจัยของ Manap และคณะ (2011) และทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลปัจจัยทั้ง 9 ปัจจัย สำหรับวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล ใช้ข้อมูลจากบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าเท่ากับ 6.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ทำการเลือกข้อมูลแบบสุ่มด้วยเครื่องมือ Hawth's ในอัตราส่วนร้อยละ 70 (1,010 บ่อ) สำหรับชุดข้อมูลทดลอง และร้อยละ 30 (433 บ่อ) สำหรับชุดข้อมูลตรวจสอบ ค่าสัดส่วนความถี่ของแต่ละปัจจัยถูกนำมาใช้ในการจัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล จากการเปรียบเทียบความถูกต้องของแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากทั้งสองวิธี พบว่ากราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาลกับระดับศักยภาพน้ำบาดาลจากวิธีการถ่วงน้ำหนักมีความสอดคล้องกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.85 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณการให้น้ำ ในขณะที่วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้อาจมีค่า ความแม่นยำเพียงร้อยละ 58.75 ผลการศึกษาจัดทำในรูปแบบแผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล ซึ่งสามารถแบ่งศักยภาพได้ 5 ระดับ โดยบริเวณที่มีศักยภาพน้ำบาดาลสูงมาก ได้แก่ บริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 41 ของพื้นที่ศึกษา (21,810 ตร.กม.) และบริเวณที่มีศักยภาพน้ำบาดาลต่ำมาก ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 9 ของพื้นที่ศึกษา (4,790 ตร.กม.) อยู่ในบริเวณขอบแอ่งพื้นที่ศึกษา ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแข็งที่ถูกควบคุมโดยความหนาแน่นโครงสร้างเชิงเส้น

คำสำคัญ: ศักยภาพน้ำบาดาล, ค่าปริมาณการให้น้ำ, สัดส่วนความถี่, ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน, วิธีการถ่วงน้ำหนัก

EVALUATION OF GROUNDWATER POTENTIAL AREA OF
UPPER CHAO PHRAYA GROUNDWATER BASIN USING WEIGHTING AND
PROBABILISTIC-BASED FREQUENCY RATIO TECHNIQUES

KANPITCHA BANGKLAM

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Tel. 09-0420-3625, E-mail: Pitcha.B@hotmail.com

In this study, geographical information system application was applied for generating the groundwater potential map in the Upper Chao Phraya groundwater basin, Northern part of Thailand. By using two different methods, weighting model and probabilistic-based frequency ratio (FR) model, analyzed the spatial relationships between groundwater yield and storage controlling factors such as rainfall, slope, elevation, geomorphology, lineament density, drainage density, soil, land use, and lithology for quantitative analysis. In weighting model, the weightage and score for each factor and their classes are based on Manap et al. (2011). The layers of nine quantitative factors were then overlaid to generate the potential maps with Geographical Information System (GIS). For probabilistic-based frequency ratio method, groundwater well data with high potential yield value $\geq 6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$ were randomly selected using Hawth's analysis tools embedded in GIS. Seventy percent of the data (1010 wells) was selected to be the training dataset and the remaining 30 percent (433 wells) was used for validation purpose. The frequency ratio coefficients of the hydrological factors were used to integrate the groundwater potential map. In comparing the validation results of these two methods, it founded that the weighting model method give positively the significant correlation (R^2) between average yield and groundwater potential index rank about 0.85 while probabilistic-based frequency ratio method showed only 58.75 % accuracy. According to weighting model method, the groundwater potential map was classified into five potential zones. Very high potential zone are found in floodplain area about 41 % (21,810 km^2), and very low-potential zone are located around the boundary of study area with about 9 % (4,790 km^2). In addition, the hard rock dominant of the study area was indicated that is controlled by secondary porosity such as density of lineament.

Keywords: Groundwater potential, Yield, Frequency ratio, Geographic information systems, Upper Chao Phraya, Weighting model

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีโดยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ผู้ซึ่งกรุณาสละเวลาให้ความรู้ และคำแนะนำตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ทำให้งานวิจัยฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบคุณคุณจตุรนต์ กอนกุล คุณชฎาพร บุษราคัม คุณสถาพร มิตรมาก และคุณชานูวัฒน์ ชัยจันทร์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก ตลอดคำแนะนำสำหรับการทำวิจัย

นอกจากนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ด้วยความรักและความเมตตา รวมถึงประสบการณ์ต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ขอบคุณเพื่อน ๆ นิสิต Geo'54 น้อง Geo'55 และ Geo'56 สำหรับความช่วยเหลือ และกำลังใจที่ให้กับมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจ และแรงสนับสนุนให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการช่วยให้โครงการวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มา ปัญหา และความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 2 สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	10
2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต	10
2.2 สภาพอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา	10
2.3 ธรณีวิทยาและธรณีฐานฐานวิทยา	17
2.4 ลักษณะอุทกธรณีวิทยา	31
2.5 ทรัพยากรดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน	39

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	43
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	43
3.2 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย	44
3.3 การกำหนดปัจจัยในการวิเคราะห์และการปรับแก้ข้อมูล	45
3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของศักยภาพน้ำบาดาลกับปัจจัย	50
3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง	51
บทที่ 4 ผลการศึกษา	52
4.1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงคุณภาพ	52
4.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ	52
4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง	71
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล	77
5.1 อภิปรายและสรุปผล	77
5.2 ข้อเสนอแนะ	78
บรรณานุกรม	79

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	16
ตารางที่ 3.1 รายการข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	45
ตารางที่ 3.2 ระดับคุณภาพน้ำบาดาล	49
ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การใช้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย	59
ตารางที่ 4.2 ค่าสัดส่วนความถี่ (frequency ratio) ของแต่ละปัจจัย	68
ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก	74

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	3
รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ	5
รูปที่ 1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก	5
รูปที่ 1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแต่ละปัจจัย	7
รูปที่ 1.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยสัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้	9
รูปที่ 2.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศแสดงที่ตั้งและอาณาเขตของพื้นที่	12
รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายคาบ 30 ปี 18 สถานี	15
รูปที่ 2.3 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	29
รูปที่ 2.4 แผนที่ตำแหน่งและโครงสร้างของแอ่งสะสมตะกอนบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง	30
รูปที่ 2.5 ภาพตัดขวางของแอ่งพิชฌุโลกและการลำดับชั้นหิน	30
รูปที่ 2.6 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	38
รูปที่ 2.7 แผนที่ชนิดดินพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	41
รูปที่ 2.8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน	42
รูปที่ 4.1 แผนที่ตำแหน่งบ่อบาดาลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด	53
รูปที่ 4.2 แผนที่ตำแหน่งบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล $\geq 6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$	54
รูปที่ 4.3 แผนที่ตำแหน่งบ่อบาดาลชุดทดลอง (Training dataset)	55
รูปที่ 4.4 แผนที่ตำแหน่งบ่อบาดาลชุดตรวจสอบ (Validation dataset)	56
รูปที่ 4.5 แผนที่เส้นชั้นระดับสารละลายมวลรวมทั้งหมด (TDS)	57

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 4.6 แผนที่เส้นชั้นระดับน้ำบาดาล (Water table)	58
รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์	62
รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ที่ได้จากวิธีการถ่วงน้ำหนักแต่ละปัจจัย	71
รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล	72
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก	73
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ ด้วยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้	73
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ กับ ค่าปริมาณการให้น้ำสูงสุดของบ่อบาดาล	75
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ กับ ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล	75
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล ในแต่ละระดับ กับ จำนวนบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำ $\geq 6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$	76

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา ปัญหา และความสำคัญของการศึกษา

ความต้องการใช้น้ำมีเพิ่มมากขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ซึ่งปริมาณน้ำผิวดินมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ทดแทนการใช้น้ำในพื้นที่ที่ไม่มีแหล่งน้ำผิวดินหรือใช้ร่วมกันในพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำผิวดินไม่เพียงพอ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2553) การสำรวจและการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลก็เป็นอีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญต่อการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลเพื่อการอุปโภคบริโภค ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นเครื่องมือที่ช่วยลดขั้นตอนที่ยุ่งยาก เพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล และทำให้การทำงานรวดเร็วขึ้น สามารถปรับปรุงแก้ไขให้ข้อมูลมีความทันสมัย และถูกต้องมากยิ่งขึ้นเมื่อมีข้อมูลใหม่ ๆ เพิ่มเติมจากการสำรวจ (พรอุษา และคณะ, 2546) เนื่องจากศักยภาพน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับปัจจัยเชิงพื้นที่หลายปัจจัย และการประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังสามารถพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัยได้พร้อมกัน (ชฎาพร, 2555) โดย Manap และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก (weighting model) ในพื้นที่ Upper Langat Basin ประเทศมาเลเซีย ซึ่งเป็นการกำหนดค่าคะแนนของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอิทธิพลต่อแหล่งน้ำบาดาลตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านการสำรวจน้ำบาดาล ซึ่งให้ค่าความแม่นยำร้อยละ 76 แต่ในงานวิจัยของ Manap และคณะ (2012) ได้การเลือกวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล (probabilistic-based frequency ratio) พบว่าแบบจำลองมีค่าความแม่นยำร้อยละ 84.78 ซึ่งมากกว่าวิธีการถ่วงน้ำหนักที่นิยมใช้กัน

สำหรับพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบนเป็นพื้นที่ที่มีความต้องการ และมีการใช้น้ำบาดาลในปริมาณสูง (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555) จึงมีการศึกษาข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยาและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพแอ่งน้ำบาดาลของพื้นที่ในชั้นรายละเอียด จึงมีความเหมาะสมที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการประเมินศักยภาพแอ่งน้ำบาดาลด้วยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วน

ความเป็นไปได้ที่ใช้ร่วมกับข้อมูลบ่อบาดาล ดังนั้น งานศึกษานี้จึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อประเมินศักยภาพ น้ำบาดาลพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบนโดยประยุกต์วิธีการถ่วงน้ำหนักและวิธีการวิเคราะห์ สัดส่วนความเป็นไปได้ในการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาล และนำวิธีการดังกล่าว ในการประเมิน ศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ที่ลักษณะที่อุทกธรณีวิทยาที่ใกล้เคียงกับพื้นที่แอ่งน้ำบาดาล เจ้าพระยาตอนบนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

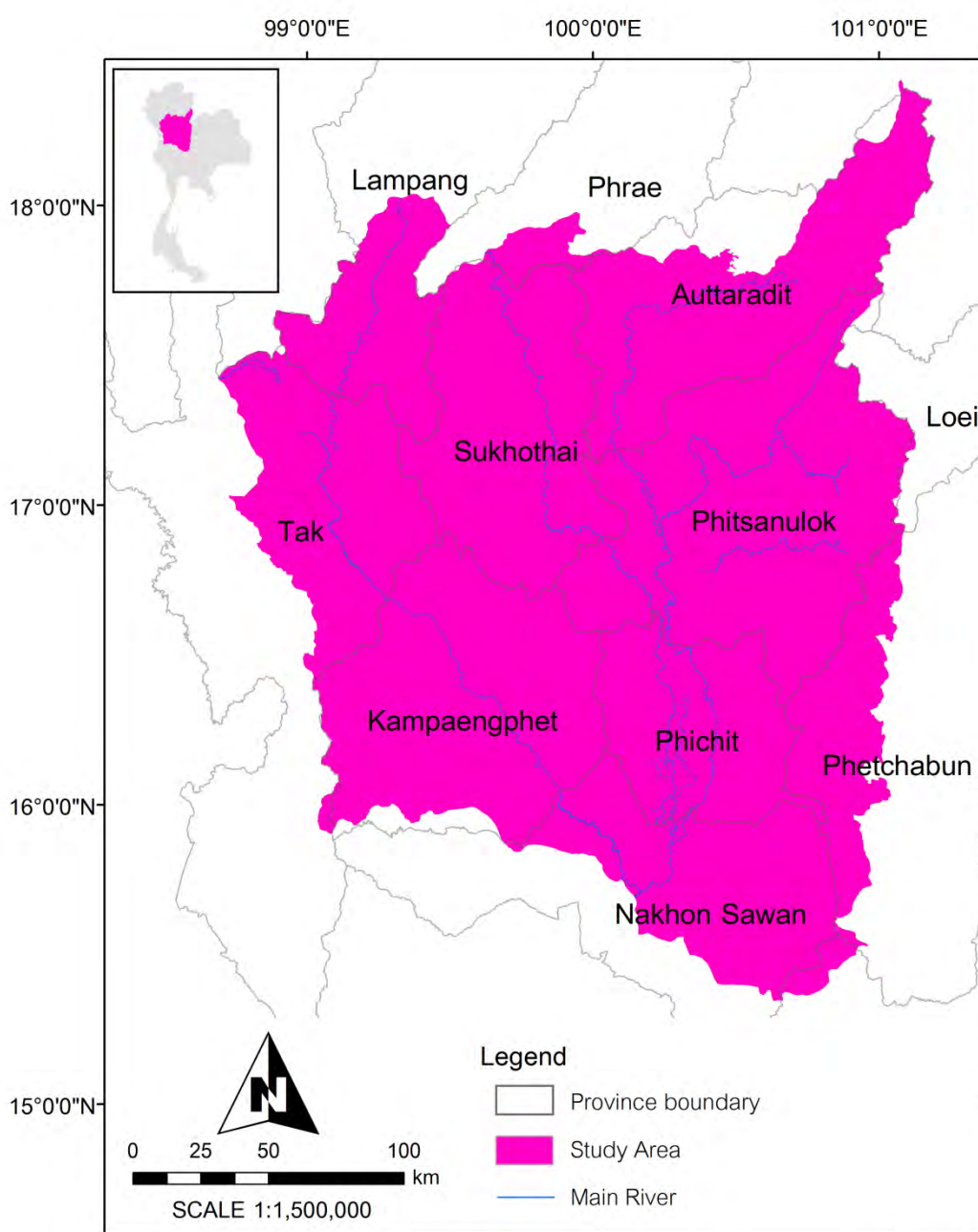
เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาล และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพ น้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน โดยวิธีการถ่วงน้ำหนักและวิธีการวิเคราะห์สัดส่วน ความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาล ได้แก่ ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลภูมิประเทศ ข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยา ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา และ ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยกำหนดให้การสร้างแบบจำลอง ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณพิจารณาจาก 9 ปัจจัย คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายคาบ 30 ปี (2526 – 2555) ความลาดชัน ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะธรณีสัณฐาน ความหนาแน่นโครงสร้าง เชิงเส้น ความหนาแน่นของทางน้ำ ชนิดดิน ชนิดหิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการสร้าง แบบจำลองศักยภาพน้ำบาดาลเชิงคุณภาพ คือ ปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ทำการ วิเคราะห์ปัจจัยต่าง ๆ ด้วย 2 วิธี คือ การถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย ให้ค่าคะแนนแสดงความสัมพันธ์ ของข้อมูลกับพื้นที่ศักยภาพ จากนั้นทำการซ้อนทับข้อมูล (overlay) และวิธีการวิเคราะห์สัดส่วน ความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล และสร้างแผนที่แสดงศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ และคุณภาพ ตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ข้อมูลบ่อบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

1.4 พื้นที่ศึกษา

แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัดลำปาง สุโขทัย อุตรดิตถ์ ตาก กำแพงเพชร พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ รวมทั้งหมด 9 จังหวัด มีเนื้อที่ประมาณ 53,197.09 ตารางกิโลเมตร (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



รูปที่ 1.1 พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน

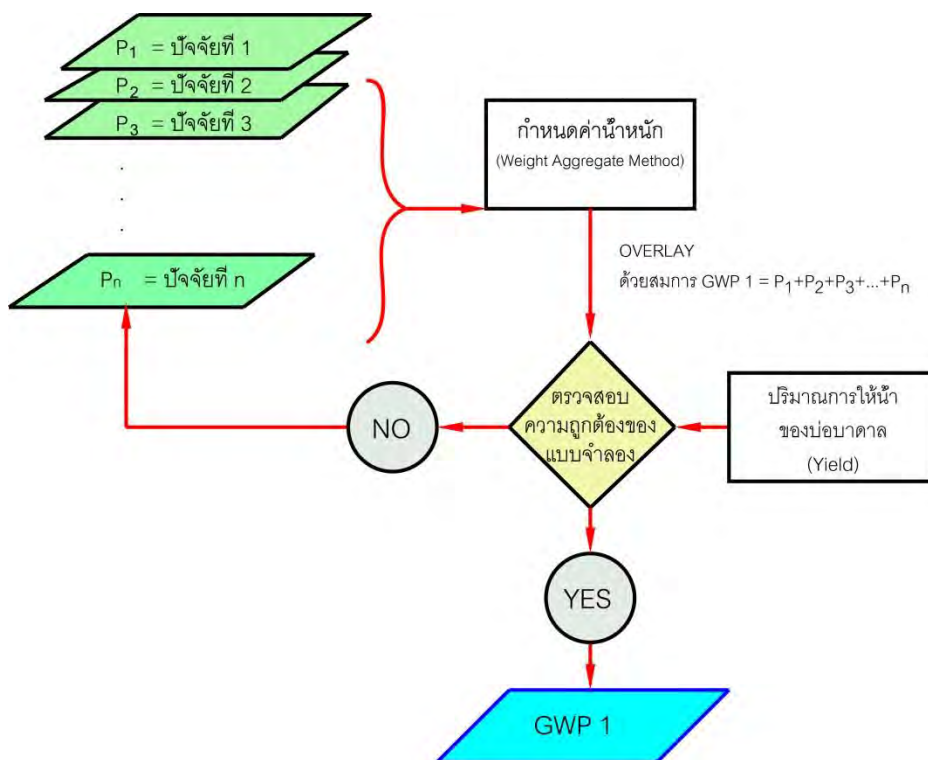
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

แผนที่แสดงศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน และอธิบายพื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองเชิงพื้นที่

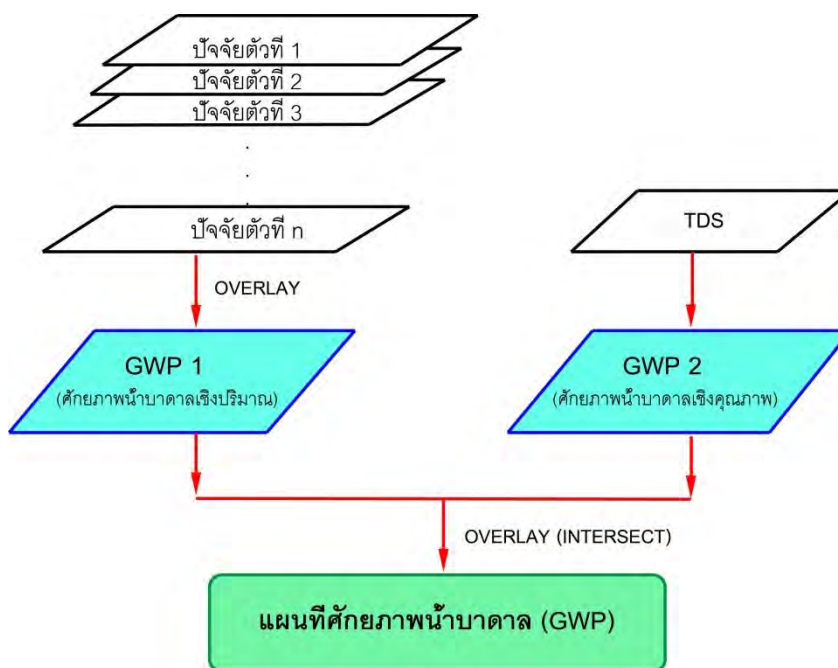
1.6 เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พรอุษา อุดมศิลป์ และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาการสร้างแบบจำลองศักยภาพน้ำบาดาลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พื้นที่อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น การสร้างแบบจำลองศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณพิจารณาจาก 8 ปัจจัย คือ ความลาดชัน ความหนาแน่นของทางน้ำ การใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงสร้างแนวเส้น หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา ความหนาของชั้นอุ้มน้ำ ชนิดของชั้นดิน – หิน และธรณีสังฐาน สำหรับการสร้างแบบจำลองศักยภาพน้ำบาดาลเชิงคุณภาพ มีปัจจัยที่นำมาพิจารณา คือ ปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และนำแบบจำลองทั้งสองแบบมาซ้อนทับกัน แล้ววิเคราะห์โดยวิธีซ้อนทับข้อมูลด้วยเกณฑ์หลายดัชนี และทำการประเมินความถูกต้องของแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยปริมาณการให้น้ำของบ่อน้ำบาดาลที่ได้จากการสุบทดสอบ พบว่าแบบจำลองที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ได้จากการบูรณาการปัจจัยด้วยกัน 5 ปัจจัย คือ ความลาดชัน โครงสร้างเชิงเส้น ความหนาแน่นของทางน้ำ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ และชนิดของชั้นดิน-หิน และบ่งพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลออกเป็น 5 ระดับ โดยใช้ปริมาณการให้น้ำและคุณภาพน้ำบาดาลเป็นตัวกำหนด และจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าแบบจำลองเหมาะสมสำหรับสภาพพื้นที่ที่ราบสูงที่รองรับด้วยชั้นหินแข็งมากกว่าภูมิภาคแบบที่ราบน้ำท่วมถึงหรือตะกอนน้ำพา

Adman Ozdermir (2011) ได้จัดทำแผนที่แสดงศักยภาพของ spring groundwater ในพื้นที่ภูเขา Sultan ประเทศตุรกี โดย 3 วิธี ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ วิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weight of Evidences) และการวิเคราะห์สมการเชิงถดถอยแบบโลจิสติก และเปรียบเทียบความถูกต้องของวิธีการทั้งสาม โดยการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างบริเวณที่พบ Spring groundwater และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง การกำหนดพื้นที่ศึกษาได้จากข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศที่มีความแตกต่างของข้อมูลลักษณะทางธรณีวิทยา ระดับชั้นความสูงของพื้นที่ ลักษณะทางธรณีสังฐาน อุทกศาสตร์ และสิ่งปกคลุมหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน นำมาสร้างเป็นแบบจำลอง และตรวจสอบ



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าดัชนีภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ (พรอุษา และคณะ, 2546)



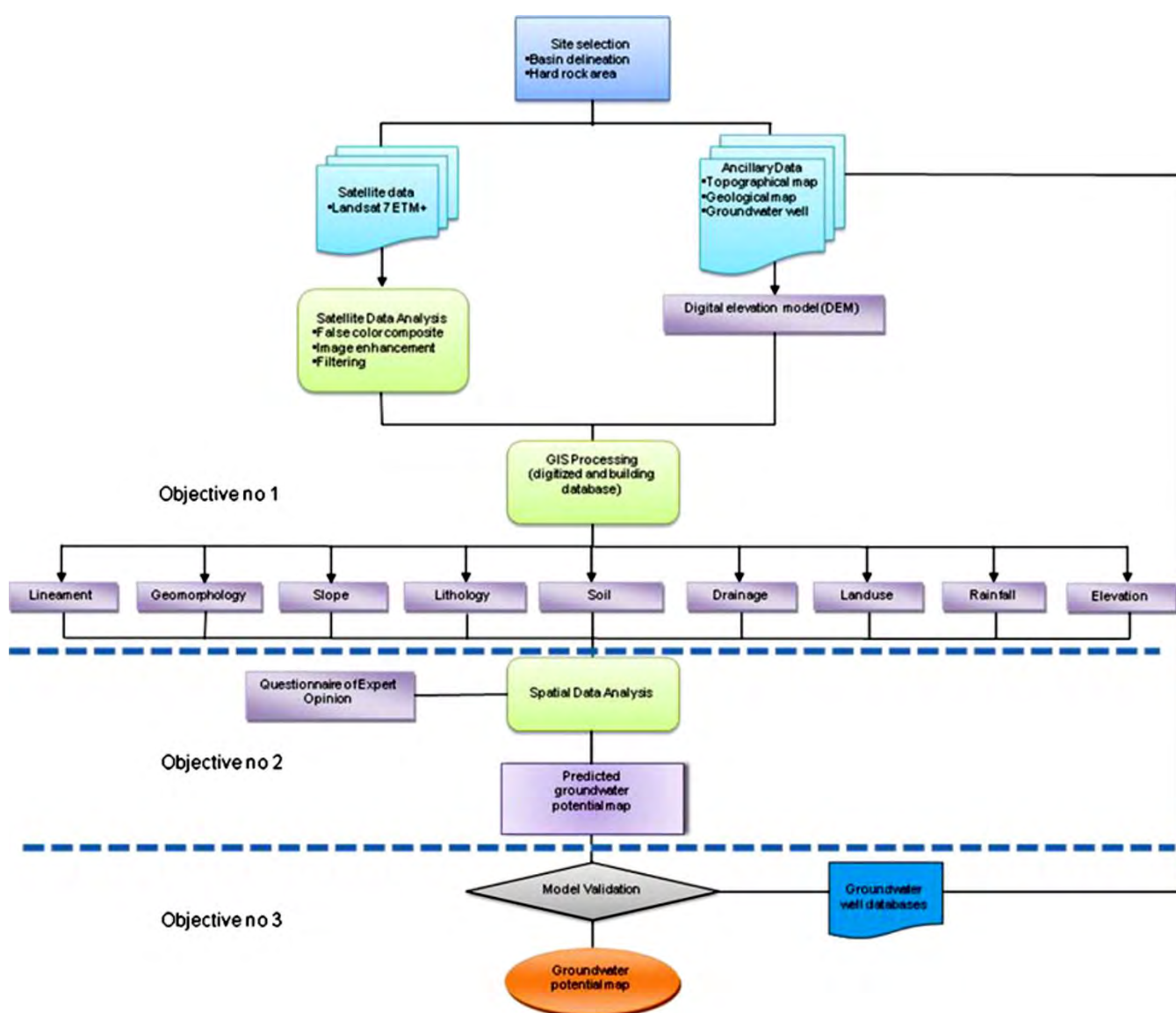
รูปที่ 1.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าดัชนีภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weighting Model) (พรอุษา และคณะ, 2546)

ความถูกต้องด้วย เส้นโค้ง ROC (Relative Operating Characteristic) ผลการตรวจสอบพื้นที่ใต้กราฟจากการประเมินด้วยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ การถ่วงน้ำหนัก และวิเคราะห์สมการเชิงถดถอยแบบโลจิสติก ได้แก่ 0.903, 0.880 และ 0.840 ตามลำดับ สรุปได้ว่าวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ และวิธีการถ่วงน้ำหนักเป็นตัวประมาณค่าความสัมพันธ์ที่ดีในพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ ยังสามารถนำเข้า คำนวณ และนำออกข้อมูลได้ง่ายเป็นที่เข้าใจ ซึ่งเหมาะสำหรับนักวางแผนและวิศวกรรวมในการพัฒนาการและวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Manap และคณะ (2011) จัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลพื้นที่แอ่ง Langat ตอนบน มาเลเซีย ด้วยประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยวิธีการถ่วงน้ำหนัก (weighting) โดยกำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดแหล่งน้ำบาดาลทั้งหมด 9 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชัน การใช้ประโยชน์พื้นที่ ชนิดดิน ความหนาแน่นของทางน้ำ ความหนาแน่นโครงสร้างเชิงเส้น ระดับความสูงของพื้นที่ ชนิดดิน ลักษณะธรณีสัณฐาน และปริมาณน้ำฝน ซึ่งได้กำหนดค่าน้ำหนักให้แก่แต่ละปัจจัยจากการสำรวจพื้นที่จริง และนำค่ามารวมกัน จัดระดับศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ทำการซ้อนทับข้อมูลศักยภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ จากนั้นทำการตรวจสอบด้วยค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (Yield) มากเช่นกัน พบว่าบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงจะมีค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาลสูงเช่นกัน และอยู่ในพื้นที่ที่มีรอยแตกในชั้นหิน (Fracture) จึงสามารถนำวิธีการกำหนดค่าปัจจัยไปใช้ในพื้นที่ที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นหินแข็ง

Oh และ คณะ (2011) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสามารถในการจ่ายน้ำจำเพาะ (groundwater specific capacity, SPC) กับปัจจัยต่าง ๆ ทางอุทกวิทยาที่มีอิทธิพลในการประเมินความสามารถของแต่ละปัจจัย และจัดทำแผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของพื้นที่เมือง Pohang ประเทศเกาหลี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) และแบบจำลองความน่าจะเป็น โดยปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ธรณีวิทยา โครงสร้างเชิงเส้น และข้อมูลชุดดิน รวบรวมและนำเข้าสู่ระบบฐานข้อมูล สำหรับข้อมูลค่าความสามารถในการจ่ายน้ำจำเพาะได้จากการเก็บข้อมูลจากบ่อบาดาลในพื้นที่ที่มีค่าความสามารถในการจ่ายน้ำจำเพาะมากกว่าเท่ากับ $6.25 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความปริมาณการให้น้ำ (yield) $500 \text{ m}^3/\text{d}$ จากนั้นเลือกบ่อโดยวิธีการสุ่มเลือกในอัตราส่วน 66

ต่อ 34 เพื่อเป็นบ่งบอดลองและบ่อดตรวจสอบความถูกต้อง โดยทำการเปรียบเทียบผลจากแต่ละปัจจัยที่นำมาพิจารณาซ้อนทับกันด้วยยกเว้นเพียงหนึ่ง จากการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ศักยภาพด้วยทุกปัจจัย พบว่าให้ค่าความแม่นยำร้อยละ 77.78 โดยมีค่าความแม่นยำสูงสุดที่ร้อยละ 78.64 เมื่อยกเว้นปัจจัยระดับชั้นความสูง (ground elevation) และจากการยกเว้นปัจจัยข้อมูลชนิดดิน (soil texture) ให้ค่าความแม่นยำต่ำสุดร้อยละ 76.64 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาลมากที่สุด คือ ชนิดดิน และน้อยสุด คือ ระดับชั้นความสูงของพื้นที่



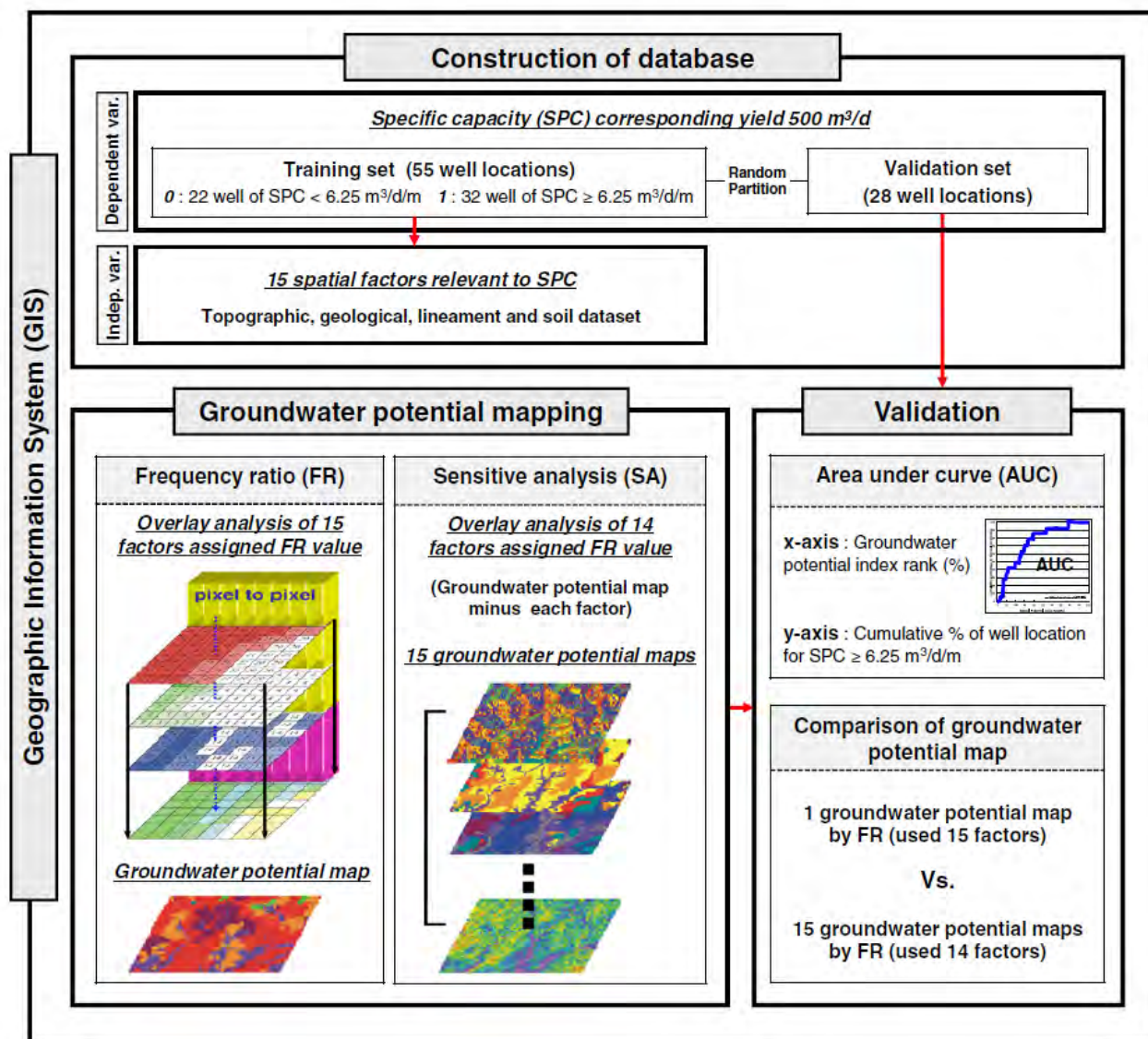
รูปที่ 1.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักแต่ละปัจจัย

(Manap และคณะ, 2011)

Manap และคณะ (2012) จัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลโดยการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความน่าจะเป็นในการเกิดน้ำบาดาล (Probabilistic-based frequency ratio: FR) ในพื้นที่แอ่ง Langat ประเทศมาเลเซีย และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณการให้ค่าน้ำ (yield) กับ ปัจจัยทางอุทกวิทยาของน้ำบาดาล ได้แก่ ระดับชั้นความสูงของพื้นที่ ความชัน ความโค้ง ทางน้ำ โครงสร้างเชิงเส้น ธรณีวิทยา ชนิดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สำหรับการใช้อข้อมูลบ่อบาดาลทั้ง 68 บ่อที่มีศักยภาพสูง คือ ค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าเท่ากับ 11 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากนั้นทำการเลือกบ่อแบบสุ่มด้วยโปรแกรมทางสถิติ SPSS แบ่งชุดข้อมูลออกเป็นชุดข้อมูลทดลอง (training dataset) ร้อยละ 70 (48 บ่อ) และชุดข้อมูลตรวจสอบ (validation dataset) ร้อยละ 30 (20 บ่อ) จากนั้นจะได้ค่าสัมประสิทธิ์ของสัดส่วนความถี่ที่นำไปใช้สร้างแผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล การตรวจสอบความถูกต้องได้จากพื้นที่ได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนความถี่ พบว่าแบบจำลองนี้มีค่าความแม่นยำร้อยละ 84.78 และมีความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักยภาพกับปัจจัยเชิงพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง

ชฎาพร บุษราคัม (2555) ทำการศึกษาและประยุกต์ใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการหาพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลแพะ ร่วมกับการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาล ซึ่งได้กำหนด 8 ปัจจัย ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ความชัน ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะธรณีสัณฐาน ชนิดดิน ชนิดหิน ความหนาแน่นของโครงสร้างเชิงเส้น และความหนาแน่นของทางน้ำ โดยการประเมินศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณได้แบ่งการวิเคราะห์ปัจจัยออกเป็น 2 วิธี คือ การถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัยข้างต้น (weighting model) จากการซ้อนทับข้อมูลตามเงื่อนไขที่กำหนด และวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่เป็นไปในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล (probabilistic-based frequency ratio) จากข้อมูลบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าเท่ากับ 11 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จำนวน 93 บ่อ ในการศึกษา และอีก 39 บ่อสำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง สำหรับการประเมินศักยภาพเชิงคุณภาพเลือกพิจารณาปริมาณของแข็งที่ละลายเจือปนในน้ำ (TDS) จากการตรวจสอบความถูกต้องโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ระหว่างระดับศักยภาพน้ำบาดาลกับค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (Yield) พบว่าวิธีการถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย และวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่เป็นไปได้มีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 69 และ 72.3

ตามลำดับ ดังนั้น วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล จึงมีความเหมาะสมมากกว่า แผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากการศึกษาแบ่งระดับศักยภาพน้ำบาดาลออกเป็น 5 ระดับ บริเวณที่มีศักยภาพน้ำบาดาลสูง คือ พื้นที่ที่ราบน้ำท่วมถึง ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 15 ของพื้นที่ทั้งหมด และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาลมากที่สุด คือ ชนิดดิน



รูปที่ 1.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยสัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้

(Oh และคณะ, 2011)

บทที่ 2

สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.1 ที่ตั้งและอาณาเขต

พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ตั้งอยู่บริเวณที่สูงทางภาคเหนือ (Northern Highland) และบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบน (Upper Central Plain) ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของจังหวัด ลำปาง สุโขทัย อุตรดิตถ์ ตาก กำแพงเพชร พิษณุโลก พิจิตร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ รวมทั้งหมด 9 จังหวัด มีเนื้อที่ประมาณ 53,197.09 ตารางกิโลเมตร อยู่ระหว่างละติจูดที่ 15.354447 ถึง 18.390890 องศาเหนือ กับลองจิจูดที่ 98.674154 ถึง 101.208724 องศาตะวันออก

สภาพทั่วไปของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ลวดลาด (undulating terrain) เป็นที่ราบลุ่มสลับที่สูงตามแนวริมน้ำแม่ น้ำวัง ยม และน่าน ซึ่งเป็นแม่น้ำสาขาที่ไหลจากภูเขาสูงทางภาคเหนือของประเทศ โดยส่วนใหญ่ร้อยละ 80 ของพื้นที่เป็นที่ราบที่มีความสูงโดยเฉลี่ยระหว่าง 40 ถึง 60 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และมีเพียงประมาณร้อยละ 12 ของพื้นที่มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงบริเวณขอบแอ่งฝั่งตะวันตกและตะวันออกเฉียงเหนือ

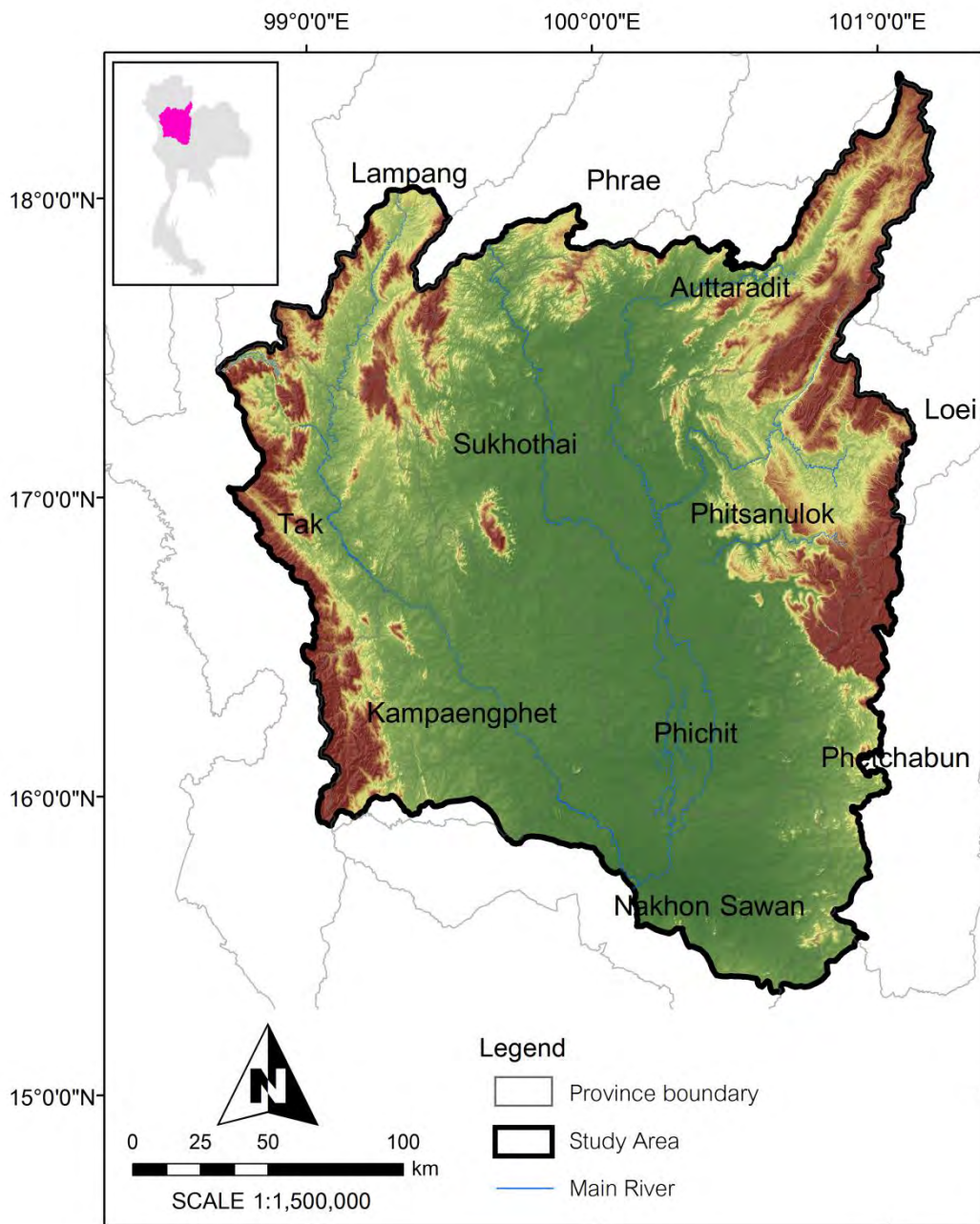
2.2 สภาพอุตุนิยมวิทยา และอุทกวิทยา

สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศในแต่ละจังหวัดมีรายละเอียด ดังนี้

1. **จังหวัดอุตรดิตถ์** จัดอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical Savannah Climate) โดยระยะช่วงฤดูฝนสลับกับช่วงภูมิอากาศแห้งแล้งมีความแตกต่างกันชัดเจน เนื่องจากภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขาและที่สูงจึงทำให้อากาศร้อนจัดในฤดูร้อนและหนาวจัดในฤดูหนาว โดยฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม มีอุณหภูมิเฉลี่ย 35 องศาเซลเซียส ฤดูฝนเริ่มระหว่างเดือนมิถุนายนถึงตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,243 มิลลิเมตรต่อปี และฤดูหนาวเริ่มระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 15 ถึง 17 องศาเซลเซียส

2. **จังหวัดสุโขทัย** สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปของจังหวัดสุโขทัยมีลักษณะเปลี่ยนแปลงไปตามอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือแบ่งออกเป็น 3 ฤดูคือ ฤดูร้อน

ฤดูฝน ฤดูหนาว มีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 27.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.0 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.2 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,208.88 มิลลิเมตรต่อปี บริเวณที่มีปริมาณฝนตกมากที่สุดอยู่ตอนบนของจังหวัด บริเวณอำเภอศรีสัชนาลัย และอำเภอศรีนคร



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 2.1 แผนที่ลักษณะภูมิประเทศแสดงที่ตั้งและอาณาเขตของพื้นที่

3. จังหวัดลำปาง จากลักษณะพื้นที่เป็นแอ่งคล้ายก้นกระทะ จึงมีสภาพอากาศร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี โดยฤดูร้อนร้อนจัดและหนาวจัดในฤดูหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 42.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 10.5 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนวัดได้ 1,467.8 มิลลิเมตรต่อปี ลักษณะภูมิอากาศแบ่งออกเป็น 3 ฤดูคือ ฤดูร้อนเริ่มประมาณต้นเดือนมีนาคมจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม สภาพอากาศร้อนอบอ้าว ช่วงที่มีอากาศร้อนที่สุดคือเดือนเมษายน ฤดูฝน เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม มีฝนตกชุกประมาณเดือนกันยายนถึงตุลาคม และฤดูหนาวเริ่มประมาณเดือนพฤศจิกายนจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ มีสภาพอากาศหนาวเย็น โดยช่วงที่มีอากาศหนาวจัดคือเดือนมกราคม

4. จังหวัดเพชรบูรณ์ เนื่องจากพื้นที่จังหวัดมีภูเขาล้อมรอบจึงทำให้อากาศร้อนจัดในฤดูร้อน หนาวจัดในฤดูหนาวโดยเฉพาะพื้นที่อำเภอน้ำหนาว เขาค้อ และหล่มเก่า จะมีอากาศหนาวที่สุด และบนพื้นที่ภูเขาจะมีอากาศเย็นตลอดทั้งปี ในฤดูร้อนและฤดูฝนจะมีอุณหภูมิ 20 ถึง 24 องศาเซลเซียส ฤดูร้อนเริ่มในเดือนมีนาคมถึงเมษายน ฤดูฝนเริ่มเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม และฤดูหนาวในเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ของทุกปี

5. จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลกมีลมมรสุมพัดผ่านจากมหาสมุทรแปซิฟิก และมหาสมุทรอินเดีย แบ่งฤดูกาลออกได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน จะเริ่มประมาณเดือนพฤษภาคมถึง ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,375 มิลลิเมตรต่อปี ฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 19 องศาเซลเซียส ฤดูร้อน ประมาณเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยของฤดูร้อน เฉลี่ยประมาณ 32 องศาเซลเซียส

6. จังหวัดพิจิตร ภูมิอากาศอากาศจัดอยู่ในแบบมรสุม ซึ่งในรอบปีจะแบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปสิ้นสุดเดือนตุลาคม และฤดูแล้งแบ่งย่อยออกเป็น 2 ช่วง คือ ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมไปสิ้นสุดเดือนกุมภาพันธ์ และฤดูร้อนเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ไปสิ้นสุดเดือนพฤษภาคม อุณหภูมิโดยเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 28.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 33.05 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุด 23.51 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยสูงกว่าร้อยละ 75 เป็นเวลานาน 6 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม

นอกนั้นความชื้นสัมพัทธ์ยังคงสูงกว่าร้อยละ 65 ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยประมาณปีละ 1,233.33 มิลลิเมตร ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม ฝนจะตกหนักที่สุดในเดือนมิถุนายน และกรกฎาคม

7. จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์มีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้น มีช่วงฤดูฝนซึ่งได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ส่วนฤดูหนาวอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงมกราคมได้รับอิทธิพลความเย็นมาจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.31 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝน 929 มิลลิเมตรต่อปี สภาพภูมิอากาศของจังหวัดนครสวรรค์ สัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี หากปีใดปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,200 มิลลิเมตรต่อปี จะเกิดปัญหาน้ำท่วม ถ้าปริมาณฝนต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี จะประสบปัญหาฝนแล้ง ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากสภาพพื้นที่ของจังหวัดที่มีลักษณะคล้ายท้องกระทะ

8. จังหวัดตาก เนื่องจากจังหวัดตากมีสภาพภูมิประเทศแบ่งออกเป็นสองซีก คือ ตะวันออกและตะวันตก โดยมีเทือกตะวันตกมีเทือกเขาถนนธงชัยแบ่งกลาง ทำให้ลักษณะภูมิอากาศของจังหวัดแตกต่างกันไปด้วย เนื่องจากเทือกเขาถนนธงชัยเป็นตัวปะทะมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดมาจากมหาสมุทรอินเดีย และทะเลอันดามัน ทำให้ซีกตะวันออกจะได้รับความชื้นจากลมมรสุมไม่เต็มที่ ขณะที่ฝั่งตะวันตกจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมมากกว่า ทำให้ปริมาณฝนตกในซีกตะวันตก โดยเฉพาะในที่ที่อยู่ในเขตภูเขา เช่น อำเภอท่าสองยาง อำเภอพบพระ และอำเภออุ้มผาง อากาศจะหนาวเย็นมากกว่าซีกตะวันออก สภาพอากาศโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ดังนี้ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยฝนจะตกทางด้านตะวันตกมากกว่าด้านตะวันออก เนื่องจากอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุมและดีเปรสชัน ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ อากาศจะหนาวจัดในช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม

9. จังหวัดกำแพงเพชร สภาพภูมิอากาศของจังหวัดกำแพงเพชรโดยทั่วไปมีสภาพอากาศที่อบอุ่นตลอดปี มีฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 27.3

องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 22.5 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีของจังหวัดประมาณ 1,301.5 มิลลิเมตร และมีฝนตกเฉลี่ยประมาณ 123 วัน

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน

จากการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝน โดยกรมอุตุนิยมวิทยาทั้งหมด 18 สถานีในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ในคาบ 30 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2525 ถึง 2555 สามารถสรุปปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของสถานีต่าง ๆ ในพื้นที่ได้ ดังตารางที่ 2.1

ข้อมูลอุทกวิทยา

พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน อยู่เขตกลุ่มลุ่มน้ำเจ้าพระยา-ท่าจีน ประกอบด้วย ลุ่มน้ำหลัก ได้แก่ ลุ่มน้ำปิง ลุ่มน้ำวัง ลุ่มน้ำยม ลุ่มน้ำน่าน และลุ่มน้ำสะแกกรัง จากรายงาน การบริหารจัดการน้ำลุ่มน้ำเจ้าพระยา (กรมชลประทาน, 2555) ประกอบด้วย แม่น้ำสายหลัก และ สาขา ดังนี้

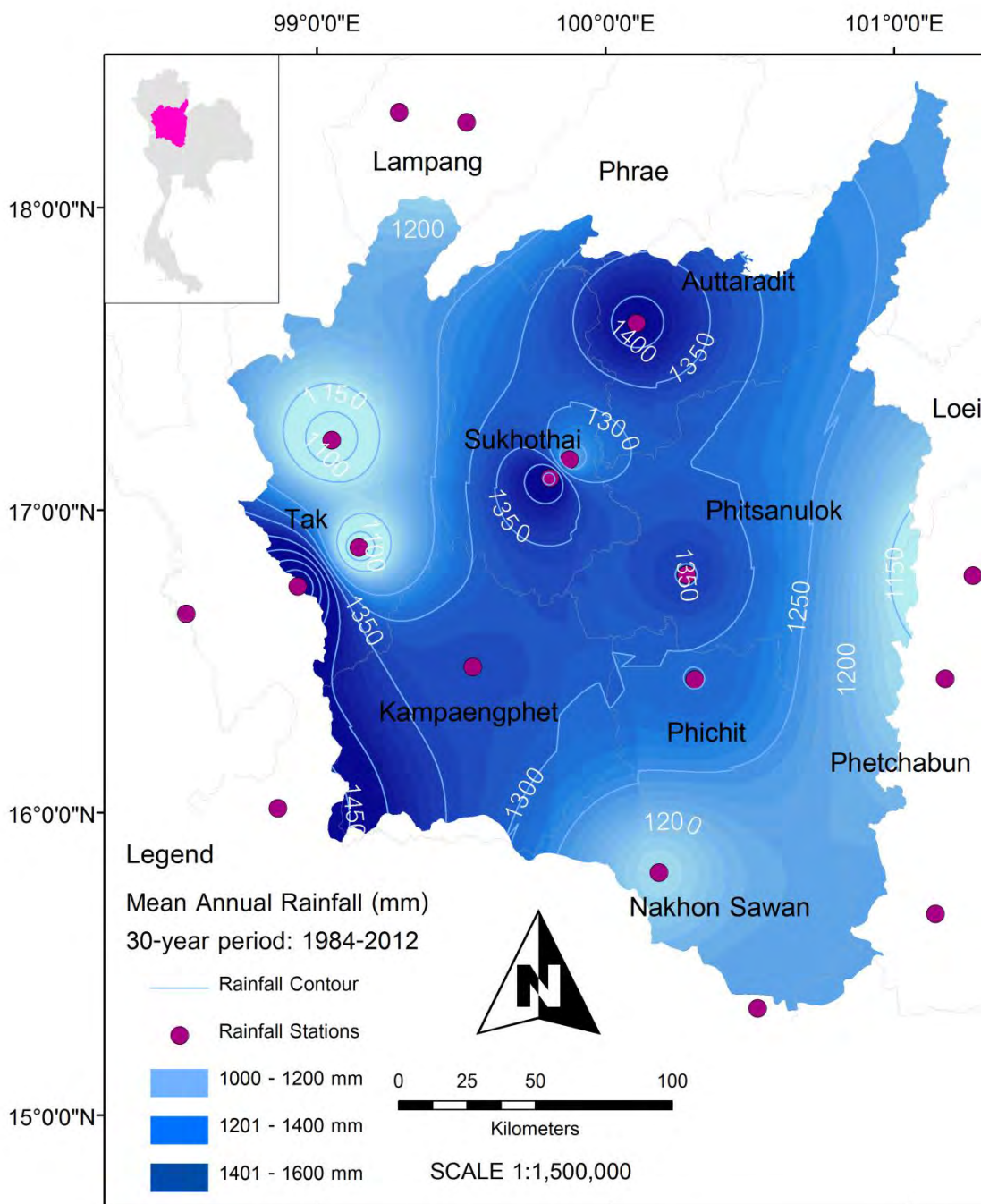
ลุ่มน้ำปิง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 33,898 ตารางกิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาใน จังหวัดเชียงใหม่ไหลจากทิศเหนือลงมาทางทิศใต้มาบรรจบกับแม่น้ำวังที่จังหวัดตาก ไหลผ่านจังหวัด กำแพงเพชร และไปบรรจบกับแม่น้ำน่านที่ปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ มีความยาวแม่น้ำ 740 กิโลเมตร

ลุ่มน้ำวัง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 10,791 ตารางกิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาใน จังหวัดลำปางไหลในแนวทิศเหนือใต้ลงมาบรรจบกับแม่น้ำปิงที่จังหวัดตาก มีความยาว 460 กิโลเมตร

ลุ่มน้ำยม มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 23,616 ตารางกิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาใน จังหวัดแพร่ไหลสู่ทางใต้ผ่านจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดพิษณุโลก ลงมาบรรจบกับแม่น้ำน่านที่จังหวัด พิษณุโลก แล้วไหลลงไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่จังหวัดนครสวรรค์ แม่น้ำยาว 735 กิโลเมตร

ลุ่มน้ำน่าน มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 34,330 ตารางกิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาใน จังหวัดน่านไหลสู่ทางใต้ผ่านจังหวัดอุตรดิตถ์และจังหวัดพิษณุโลก ลงมาบรรจบกับแม่น้ำยมที่จังหวัด พิษณุโลก แล้วไหลลงไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่จังหวัดนครสวรรค์ แม่น้ำมีความยาว 770 กิโลเมตร

ลุ่มน้ำสะแกกรัง มีพื้นที่รับน้ำทั้งหมดประมาณ 5,191 ตารางกิโลเมตร เกิดจากเทือกเขาในจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดอุทัยธานี ไหลลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยาที่จังหวัดอุทัยธานี ความยาวแม่น้ำ 200 กิโลเมตร



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 2.2 แผนที่แสดงเส้นชั้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายคาบ 30 ปี 18 สถานี (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2556)

ตารางที่ 2.1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีของพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน

ที่	ชื่อสถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	เริ่มต้นปี	สุดท้ายปี	ปี	ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน												เฉลี่ยรวม รายปี
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	ลำปาง	18.17.0	99.31.0	2527	2555	28	3.5	9.2	27	70.9	169	122	139	191	211	102	29.8	7.1	1081.5
2	ลำปาง สกษ.	18.19.0	99.17.0	2527	2555	28	3.8	7.8	31.2	61.1	185	154	148	213	223	106	33.5	7.0	1172.8
3	อุตรดิตถ์	17.37.0	100.6.0	2527	2555	28	5.8	12.2	30.7	77.7	230	209	172	276	254	107	25.1	4.9	1403.8
4	สุโขทัย	17.6.22	99.48.0	2549	2555	6	9.3	7.3	27.3	99.5	221	212	152	174	297	233	6.4	12.8	1451.4
5	ศรีสัชนาลัย สกษ.	17.10.0	99.52.0	2527	2555	28	5.2	8.5	22	56.2	206	157	137	191	244	152	22.8	12	1213.8
6	ตาก	16.52.42	99.8.36	2527	2555	28	2.1	9.4	17.3	61.2	177	125	92.8	116	223	202	42.8	5.1	1073.5
7	แม่สอด	16.39.33	98.33.3	2527	2555	28	2.1	8.7	21.3	45.7	178	263	331	324	195	104	25	5.8	1501.5
8	เขื่อนภูมิพล	17.14.0	99.3.0	2527	2555	28	2.8	7.6	30.2	68	199	109	66.6	113	222	206	37.5	7.2	1068.4
9	ดอยมูเซอร์ สกษ.	16.45.0	98.56.0	2535	2555	20	3.9	12.6	36.3	56.2	233	205	251	267	263	215	31.7	4.4	1580.1
10	อุ้มผาง	16.0.57	98.51.56	2527	2555	28	7.2	10.7	54.2	110	206	192	237	248	264	158	22.7	5.3	1513.1
11	พิษณุโลก	16.47.0	100.16.0	2527	2555	28	3.7	14.6	29.3	58.8	175.9	163.6	182.5	253.2	256.5	158.3	34.3	11.0	1341.7
12	เพชรบูรณ์	16.26.0	101.9.0	2527	2555	28	6.2	19.7	52.5	79.2	170.5	156.6	150.8	198.8	211.7	86.1	11.1	7.6	1150.8
13	หล่มสัก	16.46.25	101.14.58	2527	2555	28	4.8	17.2	46.7	64.5	158.7	128.3	129.0	200.2	196.8	88.1	12.1	4.4	1050.8
14	วิเชียรบุรี	15.39.25	101.6.30	2527	2555	28	11.1	13.1	52.4	95.9	161.5	144.3	135.6	209.5	243.8	130.7	19.4	5.1	1222.4
15	กำแพงเพชร	16.29.0	99.32.0	2527	2555	28	2.4	12.8	41.5	54.2	206.2	165.7	157.5	164.4	279.0	195.0	37.1	7.6	1323.4
16	พิจิตร สกษ.	16.26.17	100.17.33	2535	2555	20	7.4	12.4	20.9	57.2	162.6	166.3	164.0	227.4	325.8	124.9	23.0	8.7	1300.6
17	นครสวรรค์	15.48.0	100.10.0	2527	2555	28	3.6	13.5	36.9	65.0	160.1	130.1	148.8	176.1	241.7	157.5	24.7	4.4	1162.4
18	ตากฟ้า สกษ.	15.21.0	100.30.0	2527	2555	28	8.2	9.2	41.8	85.1	161.0	144.4	138.6	192.4	263.0	154.6	28.4	3.5	1230.2

2.3 ธรณีวิทยาและธรณีสัณฐานวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ประกอบด้วย หินหลายชนิด ตั้งแต่หินตะกอน หินแปร หินอัคนี และตะกอนร่วน ที่มีอายุตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียนจนถึง ยุคควอเทอร์นารี (อายุมากกว่า 570 ล้านปี ถึง ปัจจุบัน) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่บริเวณกลางตอนเหนือถึง กลางตอนใต้ของพื้นที่เป็นตะกอนร่วนที่สะสมตัวโดยทางน้ำ ตะกอนเชิงเขา ตะกอนที่เกิดจากการผุพัง อยู่กับที่ และขอบแอ่งฝั่งบริเวณตะวันตกและตะวันออกของพื้นที่ ประกอบด้วย บริเวณที่เป็นเทือกเขา สูง พื้นที่เนินเขาที่เป็นเขาและมักมีเขาโดด ๆ รวมอยู่ด้วย มีหินแปรในมหายุคพรีแคมเบรียน ยุคแคมเบรียน หินตะกอนยุคออร์โดวิเซียน ยุคดีโวเนียน-ไซโลเรียน หินตะกอนที่สะสมตัวในทะเล บรรพกาลในมหายุคพาลีโอโซอิกตอนปลายหรือยุคเพอร์เมียนหินตะกอนที่มีการสะสมตัวทั้งในทะเล และบนบก และหินอัคนียุคจูแรสซิก

2.3.1 การลำดับชั้นหิน (Stratigraphy)

การลำดับชั้นหินต้องอาศัยลักษณะเนื้อของหิน โครงสร้างทางธรณีวิทยา และซากดึกดำบรรพ์ เป็นหลักเกณฑ์ ในการจัดแบ่งและการลำดับชั้นหิน ซึ่งตามรายงานการจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้าน ธรณีวิทยาและทรัพยากร และรายงานแผนที่ธรณีวิทยา รายจังหวัดทั้ง 9 จังหวัดในพื้นที่ศึกษา (กรมทรัพยากรธรณี, 2549, 2550, 2551, 2552, 2555) เรียงลำดับจากหินที่มีอายุแก่สุดไปหาอายุ อ่อนสุด ดังนี้

มหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian Rocks, PE)

หินมหายุคนี้พบกระจายตัวอยู่บริเวณตะวันตกของพื้นที่ศึกษา ในเขตจังหวัดกำแพงเพชร และตาก จัดอยู่ในหมวดหินไนส์ ลานasangคอมเพล็กซ์ (Lansang Gneiss Complex Formation) โดยทั่วไปเป็นหินแปรเกรดสูงประเภทหินไนส์ และหินชีสต์ โดยมีส่วนประกอบที่เป็นปูน (calcareous) ได้แก่ หินแคลกซิลิเกตและหินอ่อนที่ยังคงลักษณะของหินชั้นเดิม (Relict sedimentary structure) หรือ ชุดหินพาราไนส์ (paragneiss) สำหรับหินแปรที่แสดงลักษณะการถูกหลอมเป็นบางส่วน (Parting melting) จะพบองค์ประกอบของหินแกรนิต เรียกว่า หินมิกมาไทต์ (migmatite)

มหายุคพาลีโอโซอิกตอนล่าง (Lower Paleozoic Era)

หินยุคแคมเบรียน (Cambrian Rock: E)

หินยุคแคมเบรียนในพื้นที่ พบแพร่กระจายทางด้านตะวันตกของจังหวัดกำแพงเพชร และตาก ทอดตัวยาวในแนวทิศเหนือ-ทิศใต้ จัดอยู่ในหมวดหินควอร์ตไซต์โป่งน้ำร้อน (Pong Nam Ron quartzite) ชั้นหินแบบฉบับที่ฝ่ายชลประทานแก่งเกาะร้อย บ้านโป่งน้ำร้อน อำเภอคลองลาน เป็นหินควอร์ตไซต์ สีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อสัมผัสสีเทาจนถึงขาว ค่อนข้างเป็นชั้นหนาวางขนานไปกับหินแปรเกรดสูง มหายุคพรีแคมเบรียน ลักษณะหินประกอบด้วย หินแปรเกรดต่ำ ได้แก่ หินควอร์ตไซต์ หินควอร์ตไซต์ไมกาซีสต์ และหินซีสต์ เนื้อค่อนข้างละเอียดเมื่อเปรียบเทียบกับหินมหายุคพรีแคมเบรียน สีเข้มของไบโอไทต์ไมกาซีสต์ จากการเรียงตัวของแร่ไมกา สังเกตเห็นผิวหินมันวาวเป็นประกาย หมวดหินนี้ในพื้นที่จังหวัดตากจะค่อนข้างแตกต่างจากชั้นหินแบบฉบับ หลักฐานการหาอายุของชั้นหินโดยการลำดับชั้นหิน พบว่า ชั้นหินนี้วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่ที่หินปูนเนื้อดินยุคออร์โดวิเชียน จึงน่าจะมีความเป็นหินตะกอนแปรสภาพเกรดต่ำในช่วงยุคแคมเบรียน

หินยุคออร์โดวิเชียน (Ordovician Rocks: O)

พบชั้นหินนี้กระจายตัวทางตอนเหนือและตอนกลางของจังหวัดตาก และตะวันตกของจังหวัดกำแพงเพชร วางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ หินยุคออร์โดวิเชียนในพื้นที่นี้ เรียกว่า หมวดหินปูนสวนหมาก (Suan Mark limestone) หรือ กลุ่มหินทุ่งสง (Bunopas, 1976) มีชั้นหินแบบฉบับที่บริเวณทางทิศตะวันตกของจังหวัดกำแพงเพชร ลักษณะธรณีวิทยา ประกอบด้วย ตอนล่างเป็นหินอ่อน ไดออปไซด์ (Diopside) สีเทาเขียว สีขาว แสดงแถบบางและเนื้อแน่นไม่แสดงชั้นหิน เนื้อแบบเม็ดน้ำตาล เนื่องจากการแปรสภาพจากการแทรกดันของหินแกรนิต ถัดขึ้นมาตอนบนเป็นหินปูนชั้นหนามีหินเชิร์ต ก้อนกลมในชั้นหิน ถัดมาตอนบนเป็นหินปูนชั้นบางสีเทาที่มีการตกผลึกใหม่ บางส่วนมีการแปรสภาพเป็นหินอ่อน หินแคลก์ซิลิเกต มีหินทรายและหินดินดานแทรกสลับแล้วค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นหินปูนชั้นหนา พบหินควอร์ตไซต์ และหินฟิลไลต์แทรกสลับ และส่วนบนสุดของหมวดหินประกอบด้วยหินปูน สีเทาอ่อนถึงเทาเข้ม เป็นชั้นบางๆ วางตัวอย่างต่อเนื่องรองรับหินดินดานสีขาว อายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน

จากหลักฐานซากดึกดำบรรพ์ที่ปรากฏ ชั้นหินหมวดหินนี้ น่าจะมีอายุตั้งแต่ยุคออร์โดวิเซียนตอนต้นถึงตอนปลาย (505 ถึง 438 ล้านปี)

หินยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน - คาร์บอนิเฟอรัส (Silurian - Devonian - Carboniferous Rocks, SDC)

หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน (Silurian – Devonian Rocks: SD) พบอยู่ด้านตะวันออกของจังหวัดอุตรดิตถ์ กระจายทั่วบริเวณเทือกเขาตอนกลางจังหวัดกำแพงเพชร ตะวันตกเฉียงใต้ในลำปาง ตะวันออกจังหวัดตาก และบางบริเวณในจังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วย หินแปรเกรดต่ำ หินฟิลไลต์ หินฟิลไลต์เนื้อคาร์บอน หินฟิลไลต์เนื้อซิลิกา หินดินดานเนื้อฟิลไลต์ หินทรายเนื้อ อารีโคสแปรสภาพ หินทรายเนื้อเฟลด์สปาร์แปรสภาพและบางบริเวณเป็นหินทรายแปรสภาพสลับด้วยหินดินดาน สัมพันธ์กับหินอายุอ่อนกว่าแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่อง กรมทรัพยากรธรณีได้เรียกว่า กลุ่มหินสุโขทัย แบ่งเป็น หมวดหินทัฟฟ์เขาเขียว หินเกรย์แวก หินปูนเนื้อโคลน หินทราย หินชนวน หินฟิลไลต์เนื้อทัฟฟ์ หินทัฟฟ์เนื้อควอตซ์และเฟลด์สปาร์ หินทัฟฟ์เนื้อแอนดีไซต์ หินลิกทิกทัฟฟ์ และ หินคริสตัลทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ สีเขียวถึงเทา เนื้อของหินทัฟฟ์ส่วนมากเป็นควอตซ์ผสมเฟลด์สปาร์ และตอนบนของชั้นหินจะมีหินปูนเพิ่มมากขึ้น หินหมวดนี้วางตัวรองรับหินปูนในหน่วยหินที่มีอายุอ่อนกว่า ความหนามากกว่า 1,800 เมตร ยังไม่พบซากดึกดำบรรพ์ และหมวดหินปูนทุ่งเสลี่ยม หรือหมวดหินอ่อนเขาสว่าง ประกอบด้วยหินปูน สีเทา มีการตกผลึกใหม่ หินดินดานเนื้อทัฟฟ์ หินทราย และหินอ่อนสีขาว หนาประมาณ 900 เมตร รู้จักกันในชื่อหินอ่อนเขาสวรรค์ กำแพงเพชร และหินอ่อนเขามะโน นครสวรรค์ หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน กระจายตัวในพื้นที่ตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดกำแพงเพชรอยู่ในแนวแม่ฮ่องสอน-แม่สอด-ทองผาภูมิ กรมทรัพยากรธรณีจัดให้เป็นกลุ่มหินทองผาภูมิ (Thong Pha Phum Group, SDCtp) อายุประมาณ 280 ถึง 440 ล้านปี เป็นกลุ่มหินคาร์บอนเนตน้ำตื้น วางตัวต่อเนื่องเหนือกลุ่มหินทุ่งสง ในแนวเหนือ-ใต้ เส้นทางตาก-แม่สอด เรียกชื่อกลุ่มหินนี้ใหม่ว่า กลุ่มหินดอยมุเซอร์ (Doi Musur Group) ชั้นหินแบบฉบับพบบริเวณอำเภอเมือง และอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ชั้นหินแผ่กระจายตัวบริเวณดอยมุเซอร์ ด้านทิศเหนือทิศตะวันออกของเขื่อนภูมิพล และทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ต่อเนื่องมาจากจังหวัดอุทัยธานี ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ หินดินดาน หินทรายแป้ง หินทราย หินเชิร์ต และ

หินปูนที่มีแถบเชิร์ตเป็นก้อน สีเทาดำ-น้ำตาลอ่อน ชั้นหินบาง จากการศึกษารูปลักษณ์และลำดับชั้นหิน พบว่ากลุ่มหินดอยมูเซอร์น่าจะมีการสะสมตัวในทะเลตั้งแต่ยุคไซลูเรียน ถึงยุคคาร์บอนิเฟอรัส (286 ถึง 438 ล้านปี) และอาจจะต่อเนื่องไปถึงยุคเพอร์เมียนตอนล่าง (245 ถึง 360 ล้านปี)

มหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน (Upper Paleozoic Era)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Rocks, C)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ปรากฏให้เห็นเป็นลูกเขาเล็ก ๆ กระจุกกระจายไม่ต่อเนื่องทางด้านตะวันตก บริเวณอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในหน่วยหินดอกตู (Dok Du Formation) ประกอบด้วย หินปูน เนื้อสีเทาถึงดำเป็นหลัก ส่วนใหญ่จะถูกแทรกต้นด้วยหินอัคนี (Igneous Rocks) ทำให้เนื้อหินมีการหลอมตัว และตกผลึกใหม่บางบริเวณเปลี่ยนไปเป็นหินอ่อน อาจพบหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทราย นอกจากนี้ยังพบหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส กระจายตัวในพื้นที่จังหวัดลำปาง กำแพงเพชร อุตรดิตถ์ ตาก และสุโขทัย อายุประมาณ 286 ถึง 360 ล้านปี จัดเป็นหมวดหินลานหอย (Lan Hoi Formation) อยู่ในหินชุดดำนลานหอย (Dan Lan Hoi Group) ซึ่งเทียบได้กับกลุ่มหินแม่ทา (Mae Tha Group) ที่เป็นหินทรายและหินดินดาน สีน้ำตาลปนแดงเหมือนกัน แต่กลุ่มหินดำนลานหอยมีหน่วยหินภูเขาไฟปะปนอยู่ด้วย กลุ่มหินดำนลานหอย มีความหนาประมาณ 1,600 เมตร ตะกอนสะสมตัวของกลุ่มหินอยู่ในบริเวณด้านหลังของแนวภูเขาไฟในทะเล ประกอบด้วย หินทราย เนื้อถ้ำภูเขาไฟ หินทรายเนื้ออาร์โคสสีน้ำตาลปนแดง หินทรายแป้งเนื้อปูน และหินดินดาน สีน้ำตาลปนแดง

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน (Carboniferous – Permian Rocks, CP)

หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส – เพอร์เมียน บริเวณจังหวัดตาก วางตัวต่อเนื่องบนหน่วยหินยุคไซลูเรียน – คาร์บอนิเฟอรัส แนวชั้นหินวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินโคลน สีดำ-สีเทาแกมเขียว ชั้นหินบางถึงหนาปานกลาง พบชั้นหินกรวดมน และชั้นหินดินดานกึ่งหินชนวน พบซากดึกดำบรรพ์ฟอสซิลและไบรโอซัว น่าจะมีอายุในช่วงเพอร์เมียนตอนต้น (270 ถึง 286 ล้านปี)

หินยุคเพอร์เมียน (Permian Rocks, P)

หินยุคเพอร์เมียนตอนล่าง-ตอนกลางกระจายตัวเป็นแนวยาวจากบริเวณทางเหนือสุดของจังหวัดเชียงราย ผ่านลำปาง เชียงใหม่ ตาก และสุโขทัย ขอบด้านตะวันตกและตอนกลางของจังหวัดอุตรดิตถ์ จัดอยู่ในกลุ่มหินงาว (Ngao Group) อายุประมาณ 250 ถึง 290 ล้านปี ประกอบด้วย หินทราย หินดินดาน หินปูน หินเชิร์ต และหินตะกอนมีเศษแก้วเขาไฟปน แบ่งออกเป็น 3 หมวดหิน ได้แก่ หมวดหินกิวลม (Kiu Lom Formation, Png1) อายุเพอร์เมียนตอนล่าง ประกอบด้วย หินทราย เนื้อภูเขาไฟ หินทราย หินดินดาน สีเทาถึงเขียวเทา หินปูนในตอนบนของการลำดับชั้นหิน หมวดหินผาหวด (Pha Huat Formation, Png2) อายุเพอร์เมียนตอนกลาง หินปูนแสดงชั้นและชั้นมวลหนาหรือเป็นปื้น สีเทา ดำแทรกสลับด้วยหินดินดาน และหินทราย และหมวดหินห้วยตาก (Huai Tak Formation, Png3) อายุเพอร์เมียนตอนปลาย หินดินดาน และหินโคลน สีเทาดำ หินทราย หินปูน ในฝั่งขอบแอ่งฝั่งตะวันตก มีการกระจายตัวของหินอายุเพอร์เมียนจัดอยู่ในกลุ่มหินราชบุรี (Ratburi Group, Pr) ประกอบด้วย หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินปูน ชั้นหนาถึงเป็นปื้นหรือมวลหนา บางบริเวณพบหินทราย และหินดินดานแทรกสลับบ้าง ส่วนหินปูนชั้นบางมีสีเทาอ่อน สลับกับหินทรายสีน้ำตาลเทา พบซากดึกดำบรรพ์พวกฟิวซิลินิด หอยแบรคิโอโพอด ปะการัง และไบรโอซัว น่าจะมีอายุประมาณ ยุคเพอร์เมียนตอนล่างถึงตอนกลาง (260 ถึง 286 ล้านปี) และอาจจะต่อเนื่องถึงยุคเพอร์เมียนตอนบน (245 ถึง 260 ล้านปี) สำหรับการกระจายของหินยุคนี้บริเวณขอบแอ่งตอนใต้ พื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ และพิจิตร จัดอยู่ในกลุ่มหินสระบุรี (Saraburi Group) มีลักษณะเด่นคือ หินปูน สำหรับพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พบหมวดหินย่อยของกลุ่มหินสระบุรีจำนวน 2 หมวดหิน คือ หมวดหินเขาขาด (Ps) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์ มีสีเทา แสดงลักษณะเป็นชั้นดี แสดงลักษณะเป็นชั้นดี ชั้นบางถึงหนามาก พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกฟิวซิลินิด แบรคิโอโพอด ปะการัง ฟองน้ำ และสาหร่าย เป็นพวกหินปูนฟอสซิลิเฟอรัส และหมวดหินซับบอน (Ps-1) ประกอบด้วย หินดินดาน และหินเชิร์ต แทรกสลับด้วยหินปูนเลนส์ หินทรายเกรย์เวก หินทัฟฟ์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ พบซากดึกดำบรรพ์จำพวกเรดิโอลาเรีย

หินยุคเพอร์เมียน - ไทรแอสซิก (Permian Triassic Rocks, PTR)

หินตะกอนยุคนี้ ประกอบด้วย หินทราย หินทรายเนื้อภูเขาไฟ หินปูนเนื้อดิน หินไรโอลิติกทัฟฟ์ กิ่งแปรสภาพ หินดินดาน หินปูนเป็นเลนส์ หินเชิร์ต และหินปูนเนื้อไขปลา อายุประมาณ 240 ถึง 260 ล้านปี ปรากฏบริเวณขอบแอ่งตอนเหนือจังหวัดอุตรดิตถ์

มหายุคมีโซโซอิก (Mesozoic Era)

หินยุคไทรแอสซิก (Triassic Rocks, Tr)

หินยุคไทรแอสซิกในพื้นที่ศึกษาจัดอยู่ในกลุ่มหินลำปาง (Lampang Group, Trl) ประกอบด้วย หินกรวดมนฐาน (Basaltic Conglomerates) สีแดง เนื้อปูนผสม หินดินดานสีเทา แทรกสลับด้วยหินทรายแป้งและหินทราย อายุประมาณ 230 ถึง 250 ล้านปี แบ่งเป็นหมวดหินต่าง ๆ ดังนี้

หมวดหินพระธาตุ (Phra That Formation, Trpt) พบกระจายตัวเป็นแนวแคบ วางตัวของหลายทิศทางทั้งแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เหนือ-ใต้ และ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องกับชั้นหินด้านล่าง ประกอบด้วย หินทราย หินกรวดมน เนื้อหยาบสีน้ำตาล-น้ำตาลแดง ชั้นหินหนามาก สลับกับหินทรายแป้งและหินโคลน น้ำตาลแดงแกมม่วง ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ จึงเทียบเคียงอายุของชั้นหินได้จากบริเวณชั้นหินแบบฉบับของหมวดหินพระธาตุ บริเวณจังหวัดลำปาง อยู่ในช่วงไทรแอสซิกตอนต้น อายุประมาณ 240 ถึง 250 ล้านปี

หมวดหินผาก้าน (Pha Kan Formation, Trpk) อายุ 240 ถึง 250 ล้านปี ช่วงไทรแอสซิกตอนกลาง ประกอบด้วย หินปูน สีเทาเข้ม แสดงชั้นปานกลางถึงชั้นมวลหนาหรือเป็นปื้น มีหินทราย และหินโคลน แทรกเล็กน้อย

หมวดหินฮ้อยหอย (Hong Hoi Formation, Trhh) พบกระจายตัวเป็นหินดินดานแทรกสลับกับหินทราย สีเทา-สีเทาแกมเขียว ชั้นหินหนาปานกลางถึงชั้นบางชัดเจน บางบริเวณพบชั้นหินกรวดมน และหินปูนเป็นเลนส์ พบซากดึกดำบรรพ์หอยกาบคู่ อายุ 225 ถึง 235 ล้านปี บ่งชี้อายุในช่วงไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย

หมวดหินผาแดง (Pha Daeng Formation, Trpd) พื้นที่จังหวัดแพร่ ช่วงอายุไทรแอสซิกตอนปลาย ประมาณ 215 ถึง 220 ล้านปี ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินโคลน และหินกรวดมนสีแดง

หมวดหินห้วยหินลาด (Huai Hin Lat Formation, Trhl) อายุไทรแอสซิก (225 ถึง 240 ล้านปี) ในกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) พื้นที่แอ่งขอบของพื้นที่ศึกษาบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ประกอบด้วย หินกรวดมนฐาน และหินกรวดมนภูเขาไฟ ดินดาน หินโคลน หินทรายแป้งสีเทา น้ำตาล น้ำตาลเหลือง หินทรายกร่อยแวก หินปูนเนื้อดิน และดินมาร์ล บางบริเวณแทรกดันด้วยหินอัคนียุคไทรแอสซิกตอนปลาย ทำให้เกิดการแปรสัณฐานกลายเป็นหินควอตไซต์

หินยุคจูแรสซิก (Jurassic Rocks, J)

การกระจายตัวของหินอายุจูแรสซิก (150 ถึง 170 ล้านปี) ในพื้นที่ ได้แก่ หมวดหินภูกระดึง (Phu Kradung Formation: Jpk) กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้ง หินทรายปนกรวด และหินกรวดมน ในชั้นหินทรายแป้งมีแร่ไมกา วางตัวแบบไม่ต่อเนื่องกับหินที่มีอายุแก่กว่า หินแสดงลักษณะรอยชั้นขวาง ซึ่งบ่งถึงการตกตะกอนโดยแม่น้ำเป็นตัวพัดพา

หินยุคไทรแอสซิก – ยุคครีเทเชียส (Triassic – Cretaceous Rock, JK)

หินชุดนี้อยู่ในหมวดหินพระวิหาร (Phra Wihan Formation, JKpw) กลุ่มหินโคราช (Khorat Group) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายปนกรวด และหินกรวดมน มีลักษณะแข็งทนทานต่อการผุพัง จึงแสดงลักษณะเป็นสันเขา ซึ่งไม่เท่ากันทั้งสองข้าง

หินยุคครีเทเชียส (Cretaceous Rock, K)

หินอายุครีเทเชียสในพื้นที่จัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช (Khorat Group) แบ่งออกเป็น 3 หมวดหินตามช่วงอายุจากเก่าไปอ่อน ดังนี้

หมวดหินหมวดหินเสาขัว (Sao Khua Formation, Ksk) วางตัวอย่างต่อเนื่องอยู่บนหมวดหินพระวิหาร และมีชั้นหินของหมวดหินภูพานวางตัวอย่างต่อเนื่องเช่นกัน ประกอบด้วยชั้นหินสลับกันเป็นแบบ cycles ของหินโคลนปนทรายแป้งสีน้ำตาลแดง สลับกับหินทรายแป้ง หินทรายเม็ดละเอียดถึงปานกลาง หินกรวดมนปนทราย ชั้นหินค่อนข้างหนา พบซากดึกดำบรรพ์หอยกาบเดี่ยว

และหอยกาบคู่ บ่งชี้อายุครีเทเชียสตอนต้น (125 ถึง 135 ล้านปี) สภาวะแวดล้อมการตกตะกอนของหมวดหินเสาขัวจากลักษณะทางกายภาคของหิน การลำดับชั้นหิน และซากดึกดำบรรพ์ เกิดจากการตกสะสมตัวและตกตะกอนจากแม่น้ำโค้งตัว (Meandering river) พบว่ามีการตกตะกอนในร่องน้ำ ทั้งหินกรวดมน หินทราย และตะกอนที่สะสมตัวในที่ราบน้ำท่วมขังในสภาพอากาศที่กึ่งแห้งแล้ง

หมวดหินภูพาน (Phu Phan Formation, Kpp) วางตัวอยู่บนหมวดหินเสาขัวอย่างต่อเนื่องโดยมีรอยสัมผัสปรากฏ และวางตัวรองรับหมวดหินโคกกรวดอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน ประกอบด้วย หินทรายปนกรวดและหินทรายสีเทาขาวถึงสีน้ำตาล ขนาดปานกลางถึงหยาบ เม็ดกรวดที่ปะปนอยู่เป็นพวกแร่ควอตซ์ เชิร์ต จัสเปอร์ เศษหินทรายและเศษหินทรายแป้ง แสดงชั้นบางถึงปานกลาง และชั้นเฉียดระดับขนาดปานกลาง การแผ่กระจายตัว หมวดหินภูพานแผ่กระจายตัวต่อเนื่องจากหมวดหินเสาขัว มักปรากฏให้เห็นเป็นหน้าผาสูงที่เห็นชัดเจนแต่ไกล ไม่พบซากดึกดำบรรพ์ จึงกำหนดอายุจากการลำดับชั้นหิน มีการสะสมตัวหมวดหินและตกตะกอนจากแม่น้ำโค้งตัว มีการตกตะกอนในร่องน้ำ และที่ราบน้ำท่วมขัง การสะสมตะกอนจากแม่น้ำแบบเปีย (Braided) และแม่น้ำแบบโค้งตัว (Occasional meandering river) จึงไม่น่ามีอายุอ่อนกว่าครีเทเชียสและไม่ถึงยุคเทอร์เชียรี ดังนั้น คาดว่าตกตะกอนสะสม ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนต้นถึงตอนกลาง (120 ถึง 125 ล้านปี)

หมวดหินโคกกรวด (Khok Kruat Formation, Kkk) วางตัวอยู่บนหมวดหินภูพานอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย หินทรายสีแดงอ่อน แดงแกมเทา น้ำตาลแกมแดงขาวน้ำตาล ชั้นหนาถึงไม่แสดงชั้น มักมีเม็ดขนาดละเอียด มีกรวดปนกันเล็ก มักเป็นกรวดหินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงหรือหินโคลน แร่ควอตซ์ และเชิร์ต พบบ้างเล็กน้อย นอกจากนี้ยังมีหินชนิดอื่นแทรกสลับอยู่บ้างเช่น หินกรวดมนกระเปาะปูน หินทรายแป้ง หินดินแดงสีแดง น้ำตาลแดง ช่วงบนของลำดับชั้นหินมีลิปซัมเป็นชั้นบาง ๆ หรือเป็นกระเปาะในหินทราย หรือ หินทรายแป้ง พบซากดึกดำบรรพ์เศษชิ้นส่วนของไดโนเสาร์ชนิดกินพืช เต่า และปลา บ่งชี้ช่วงอายุครีเทเชียสตอนกลาง (100 ถึง 120 ล้านปี) การสะสมตัวและตกตะกอนจากแม่น้ำแบบแม่น้ำโค้งตัว ในสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้งและในช่วงปลายเป็นแบบแห้งแล้ง

หินยุคครีเทเชียส – เทอร์เชียรี (Cretaceous – Tertiary Rock, KT)

พื้นที่ศึกษาประกอบด้วยชั้นหินช่วงอายุครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี (ยุคพาลีโอซีน) ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 หมวดหิน ได้แก่

หมวดหินเขาย่าปุก (Khao Ya Puk Formation, KTky) ที่สามารถเทียบสัมพันธ์กับหมวดหินภูทอก ในกลุ่มหินโคราช วางตัวต่อเนื่องขึ้นมาจากหมวดหินมหาสารคาม อายุ 60 ถึง 75 ล้านปี ประกอบด้วย ส่วนบนเป็นชั้นหินทรายชั้นหนา เม็ดหยาบสีแดงอิฐ รูปร่างมนดีมาก การคัดขนาดค่อนข้างดี หินทราย แป้ง หินโคลน และหินกรวดมนสีน้ำตาลแดง สีแดงปนม่วง พบชั้นเฉียงระดับ และรอยร้าวคลื่น ส่วนกลางลำดับชั้นหิน เป็นหินทรายเม็ดละเอียด สลับกับหินทรายแป้งสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแดง ในหินทรายแป้งมีแร่ไมกาปนอยู่ บางชั้นมีเนื้อปนปูน พบลักษณะของระแหงโคลนและร้าวคลื่นในหินทราย ด้วย ส่วนล่างสุดเป็นหินทรายแป้งสลับกับหินโคลนสีน้ำตาล มีแร่ยิปซัมเป็นเม็ดปน การสะสมตัวและตกตะกอนเกิดจากแม่น้ำแบบโค้งตัวในทะเลสาบแห้ง และมีลมพัดพาเอาเม็ดทรายมาตกตะกอน ในสภาพอากาศแบบกึ่งแห้งถึงแห้ง (Sub-arid to arid)

หมวดหินภูขัณฑ์ (Phu Khat Formation, KTpk) อายุ 50 ถึง 70 ล้านปี ชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่บริเวณภูขัณฑ์ จังหวัดพิษณุโลก วางตัวอยู่บนหมวดหินเขาย่าปุกแบบต่อเนื่อง ประกอบด้วย หินทรายสีน้ำตาลถึงน้ำตาลม่วง ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มักมีเนื้อหินปูนปน การคัดขนาดดี มีชั้นหินทรายแป้ง และหินโคลนสลับอยู่ และหินกรวดมนสีม่วงแดงอยู่ชั้นล่างหิน การคัดขนาดไม่ดี แต่มีความกลมมนดีมาก ก้อนกรวดเป็นแควควอตซ์ เชิร์ต หินทราย หินทรายแป้ง หินภูเขาไฟและหินปูน การสะสมตัวและตกตะกอนเกิดจากแม่น้ำแบบโค้งตัว และเนินตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial fan) ในสภาพอากาศกึ่งแห้ง

มหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic Era)

ตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary)

ในพื้นที่ศึกษาพบชั้นตะกอนเหล่านี้แผ่กระจายตัวอย่างกว้างขวาง โดยที่ราบลุ่มเหล่านี้เกิดจากการสมตะกอนจากแม่น้ำสายสำคัญ ได้แก่ แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำปิง แม่น้ำวัง แม่น้ำยม แม่น้ำน่าน แม่น้ำป่าสัก และแม่น้ำสะแกกรัง โดยแบ่งตะกอนในพื้นที่ออกเป็น 3 หน่วยใหญ่ ดังนี้

ตะกอนตะพัก (Terrace Deposits, Qt)

เกิดจากแม่น้ำกัดเซาะทางดิ่งมากขึ้น เนื่องจากการยกตัวของแอ่งหรือธรณีวิทยาแปรสัณฐาน (tectonics) ทำให้ตะกอนธารน้ำพาและตะกอนน้ำพารูปพัดเสถียรขึ้น มีระดับสูงกว่าที่ราบน้ำท่วมถึงมาก มีลักษณะภูมิประเทศแบบขั้นบันได และมีระดับแตกต่างกัน จนสามารถแบ่งย่อยเป็น ตะพักลำนํ้าระดับสูง ตะพักลำนํ้าระดับกลาง และตะพักลำนํ้าระดับต่ำ ซึ่งมักปรากฏตามขอบแอ่งสะสมตัว ตะกอนประกอบด้วยชั้นกรวดค่อนข้างหนาสลับกับชั้นทรายและดินเคลย์ กรวดมีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 2 มิลลิเมตร จนถึงใหญ่กว่า 1 เมตร ลักษณะกลมมนดีมาก บางแห่งถูกเชื่อมประสานด้วยเหล็กออกไซด์จนเป็นชั้นแกร่งแข็ง มีอายุสมัยไพลสโตซีน (0.01 ถึง 1.8 ล้านปี)

ตะกอนน้ำพารูปพัด (Alluvial Fan Deposits, Qaf)

ตะกอนจากการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณที่มีการเปลี่ยนระดับของทางน้ำจากหุบเขาชั้นสูงสู่ที่ราบ ซึ่งทำให้ความเร็วของกระแส น้ำลดลง จนไม่สามารถนำพาตะกอนบางส่วนไปได้ จึงตกสะสมกันในลักษณะที่แยกกระจายออกไปรอบข้าง ในลักษณะเนินตะกอนรูปพัด พบกระจายตัวบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำยมและแม่น้ำน่าน ลักษณะตะกอนเป็นตะกอนทรายปนกรวด และทรายแป้งปนดินเหนียวแทรกสลับกัน อายุไพลสโตซีนเช่นกัน

ตะกอนน้ำพา (Fluvial Deposits, Qa)

ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วย กรวด และทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว จากการพัดพาของน้ำนำเอากรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัวอย่างไม่เป็นระบบ จากอิทธิพลของความลาดชันและน้ำผิวดิน จึงได้ตะกอนหลากหลายชนิด ลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบริมน้ำ ที่เป็นแหล่งสะสมตัวของชั้นทรายแม่น้ำ สภาพดินเป็นดินร่วนที่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชอุดมสมบูรณ์เหมาะต่อการเพาะปลูกมากที่สุด แต่มักประสบกับน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝน

2.3.2 หินอัคนี

หินอัคนีแทรกซอน (Intrusive Rocks)

หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิตยุคคาร์บอนิเฟอรัส (Cgr) จัดอยู่ในหินแกรนิตแนวกลางของประเทศไทย โดยเป็นมวลหินขนาดใหญ่ บางครั้งมีลักษณะการเรียงตัวของแร่คล้ายหินไนส์ จึงเรียกว่า ไนสิกรแกรนิต ส่วนใหญ่แทรกซอนขึ้นมาในหินมหายุคพาลีโอโซอิกหรือที่เก่ากว่าที่เป็นหินแปรเกรดสูงที่ถูกบีบอัดคดโค้งบิดงอ ทำให้หินแปรถูกแปรสภาพหลอมเหลวบางส่วน และมีการตกผลึกของแร่ใหม่ ประกอบด้วยหินอัคนีแทรกซอน ประเภทหินแกรนิต และหินแกรนิตไดออไรต์ หินอัคนีพุ ประเภทหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ และหินกรวดมนภูเขาไฟ

หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (TRgr) ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิต หินไบโอไทต์-มัสโคไวต์ แกรนิต และหินแกรนิตไดออไรต์ ที่มีสีเทาจางและมีผนังหินควอตซ์ จัดอยู่ในหินแกรนิตแนวกลางของประเทศไทย จากการหาอายุของหินแกรนิตโดยวัดอายุทางไอโซโทปด้วยวิธีกัมมันตรังสีได้อายุในช่วง 140 ถึง 210 ล้านปี

หินอัคนีพุ (Extrusive Rocks)

หินอัคนีพุกยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก (PTRv) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินเดไซต์ และหินทัฟฟ์ ในระหว่างช่วงปลายยุคเพอร์เมียนถึงตอนต้นยุคไทรแอสซิก (ประมาณ 220 ถึง 260 ล้านปี) เป็นช่วงที่มีการระเบิดของภูเขาไฟอย่างรุนแรง และเกิดหินภูเขาไฟในพื้นที่หลายๆ แห่งของประเทศไทย หินภูเขาไฟในบริเวณที่ราบภาคกลางใต้อาจเห็นเป็นบริเวณแคบๆ ในแนวเหนือ-ใต้ กระจายตัวบริเวณตะวันตกของจังหวัดอุทัยธานีไปถึงตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์ หินภูเขาไฟทางตะวันออกของจังหวัดนครสวรรค์ ต่อเนื่องขึ้นไปทางเหนือในเขตจังหวัดพิจิตร และเพชรบูรณ์

หินอัคนีพุกครีเทเชียส (Krh) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินไซยอีไนต์ ขนาดผลึกละเอียดปานกลาง เป็นผลึกเนื้อดอก

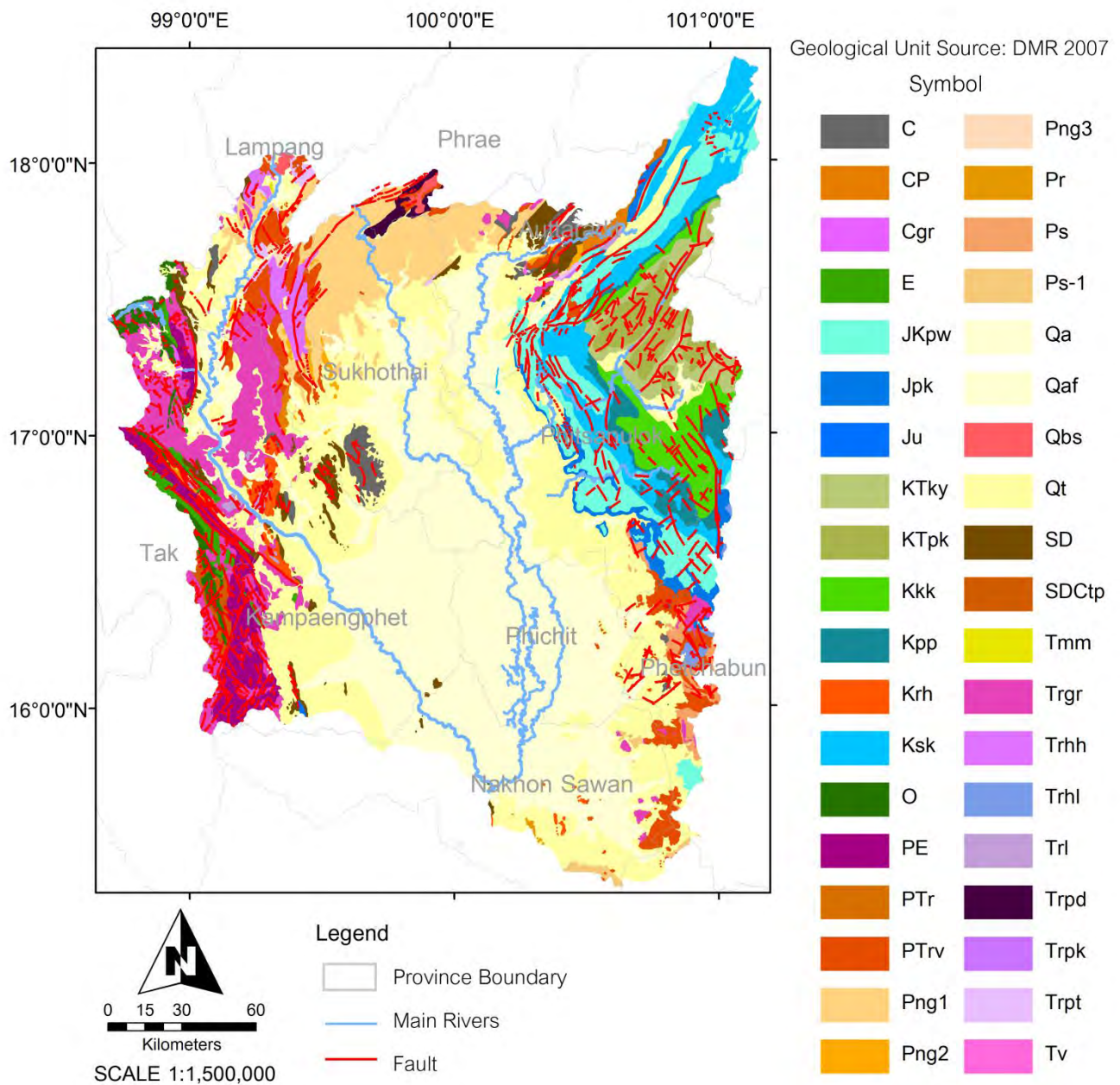
หินอัคนีพุกเทอร์เชียรี (Tv) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ แอนดีไซต์ หรือบะซอลติก-แอนดีไซต์ สีเทา สีม่วงแดง พบหินกรวดภูเขาไฟ หินทัฟฟ์ (Tuff and Welded Tuff) การเกิดมักในรูปแบบ

ของผนัง (Dikes) ผนังแทรกชั้น (Sills) ลาวา (Lava Flow) และเป็นชั้นหินภูเขาไฟ (Pyroclastic Deposits) หินไรโอไลต์ส่วนใหญ่มีผลึกขนาดเดียว ส่วนหินแอนดิไซต์มักจะมีเนื้อผลึกสองขนาด โดยมีองค์ประกอบเป็นฮอร์นเบลนด์ ไคลโนไพรอกซีน และเพลสซิโอเคลสเป็นแร่ดอก

หินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์ยุคเทอร์เชียรี (Qbs) ประกอบด้วย หินภูเขาไฟชนิดหินบะซอลต์ มีสีเทาถึงสีเทาดำ แหล่งที่พบได้แก่บริเวณ จังหวัดสุโขทัย ลำปาง และเพชรบูรณ์

2.3.3 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural Geology)

ข้อมูลธรณีวิทยาประเทศไทยจากกรมทรัพยากรธรณี (2550) พบว่าพื้นที่ศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของแอ่งสะสมตะกอนบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนบนหรือแอ่งพิษณุโลก (Pitsanulok Basin) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 6,000 ตารางกิโลเมตร มีรูปร่างคล้ายสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 2.3) มีรอยเลื่อนขนาดทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านตะวันตกเป็นรอยเลื่อน Western Boundary ติดเทือกเขาหลวง ด้านตะวันออกเป็นรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ติดกลุ่มหินโคราช ด้านเหนือเป็นรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ และด้านใต้เป็นรอยเลื่อนเป็นรอยเลื่อนแม่ปิง แอ่งนี้เกิดจากการทรุดตัวแบบกึ่งกราเบน (half-graben) ที่แยกตัวออกในแนวตะวันออก-ตะวันตก ตั้งแต่สมัย Oligocene (ประมาณ 30 ล้านปี) โดยด้านตะวันตกมีความลึกมากที่สุด มีความหนามากถึง 8,000 เมตร

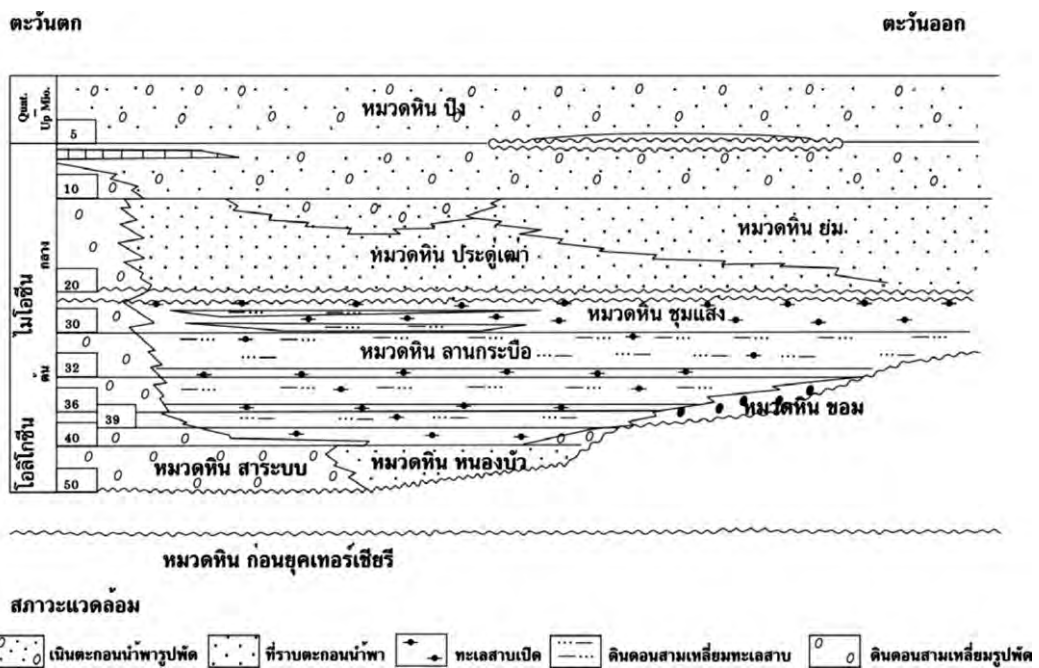


Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 2.3 แผนที่ธรณีวิทยาพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน (กรมทรัพยากรธรณี, 2548)



รูปที่ 2.4 แผนที่ตำแหน่งและโครงสร้างของแอ่งสะสมตะกอนบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลาง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)



รูปที่ 2.5 ภาพตัดขวางของแอ่งพิษณุโลกและการลำดับชั้นหิน (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

2.4 ลักษณะอุทกธรณีวิทยา

จากการรวบรวมข้อมูลแผนที่อุทกธรณีวิทยาและรายงานโครงการสำรวจและจัดทำแผนที่น้ำบาดาลพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน มาตราส่วน 1:50,000 (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555) ระบุว่าพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย แหล่งน้ำบาดาลที่กักเก็บอยู่ในหินร่วน (Unconsolidated Rocks) และกักเก็บในรอยแตก รอยแยกของหินแข็ง (Consolidated Rocks) โดยปัจจุบันได้มีจัดแบ่งย่อยเป็นชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล/ชั้นน้ำบาดาล/ชั้นน้ำ (Aquifers) ได้เป็นหน่วยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.) **ชั้นน้ำบาดาลในตะกอนร่วน (Unconsolidated Sedimentary Aquifers)** มีอายุอยู่ในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วย ชั้นตะกอนทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว กรวดและเศษหินแตกขนาดต่าง ๆ ที่สะสมตัวในแอ่งเจ้าพระยาตอนบนที่มีลักษณะกึ่งกราเบน (Half Graben) ในบริเวณลุ่มแอ่งตามร่องน้ำเก่าและลาดเชิงเขา โดยแบ่งออกได้เป็น 4 หน่วยตามอายุการสะสมตัวจากอ่อนสุดไปหาแก่สุด ลักษณะทางธรณีสัณฐานวิทยา คุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาและตำแหน่งการปรากฏตัวของชั้นน้ำ ดังนี้

1.1) **ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก (Quaternary Flood Plain Deposit Aquifer, Qfd)** ประกอบด้วย ชั้นตะกอนทรายหรือเลนส์ทรายขนาดต่าง ๆ ทรายแป้งสลับด้วยชั้นดินเหนียว ชั้นทรายปนกรวด ความกลมมนปานกลางถึงดี มีการคัดขนาดปานกลางถึงดี พบบริเวณที่ราบลุ่มน้ำหลากฝั่งตะวันออกของพื้นที่ ตั้งแต่เขตจังหวัดลำปาง ตาก พิจิตร จนกระทั่งถึงสันดอนรูปพัดจังหวัดกำแพงเพชร และบริเวณตอนเหนือลงไปตอนกลางของพื้นที่ศึกษา ริมฝั่ง ที่ลุ่มน้ำหลาก ร่องน้ำเก่าแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย และแม่น้ำน่าน จังหวัดอุตรดิตถ์ ครอบคลุมพื้นที่กว่าครึ่งของจังหวัดพิจิตร มีความหนาประมาณ 15 ถึง 35 เมตร หรือเฉลี่ยประมาณ 30 เมตร มีปริมาณการให้น้ำบาดาลโดยเฉลี่ย 3 ถึง 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีคุณภาพดี และเหมาะสำหรับการอุปโภค-บริโภค ยกเว้นมีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง

1.2) **ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนตะพักลุ่มน้ำยุคใหม่ (Quaternary Younger Terrace Aquifer, Qyt) หรือ ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนตะพักระดับต่ำ (Quaternary Lower Terrace Aquifer, Qlt)** ประกอบด้วย ตะกอนจำพวกกรวดและทรายปนดินเหนียว ตะกอนกรวดทรายมีความกลมมนกึ่ง

กลมมนถึงกลมมนดี มีการค้ำขนาดไม่ดีถึงดีปานกลาง ส่วนใหญ่เป็นชั้นดินเหนียวปนทรายหรือชั้น ดินเหนียวหนาสลับด้วยชั้นทรายปนกรวดบาง ลักษณะเป็นเลนส์ พบการแผ่ขยายตัวทั้งพื้นที่ที่เป็นที่ราบลุ่ม มีความหนาโดยเฉลี่ยประมาณ 40 ถึง 60 เมตร เนื่องจากแอ่งมีความลึกของแอ่งทางด้านทิศตะวันตกมากกว่าทางทิศตะวันออก และมีหินฐานรอบแอ่งที่เป็นต้นกำเนิดของตะกอนที่แตกต่างกัน โดยบริเวณตอนกลางของพื้นที่พบชั้นทรายที่เป็นชั้นน้ำบาดาลมีความหนา 8 ถึง 12 เมตร ปริมาณการให้น้ำในอัตรา 8 ถึง 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีคุณภาพดี และเหมาะสำหรับการอุปโภคบริโภค

1.3) ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนตะพักกลุ่มน้ำยุคเก่า (Quaternary Older Terrace Aquifer, Qot) หรือ ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนตะพักระดับสูง (Quaternary Higher Terrace Aquifer, Qht) ประกอบด้วย ตะกอนจำพวกกรวดขนาดต่าง ๆ ชั้นทรายปนดินเหนียวปนกรวดสลับชั้นดินเหนียวปนกรวดสลับด้วยกระเปาะหรือเลนส์ของดินเหนียวปนทราย ลักษณะกลมมนถึงเหลี่ยมถึงกลมมนดี มีการค้ำขนาดไม่ดีถึงปานกลาง บริเวณกลางแอ่งมีการค้ำขนาดดีกว่าบริเวณใกล้ขอบแอ่ง โดยชั้นน้ำแผ่ขยายตัวอยู่บริเวณถัดจากเชิงเขาลงมาจนถึงบริเวณที่ราบลุ่ม โดยวางตัวอยู่ใต้ชั้นหินให้น้ำตะกอนตะพักลำนํายุคใหม่ และชั้นหินให้น้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลาก ชั้นน้ำจะวางตัวปิดทับอยู่บนหินฐาน (Basement) มีความหนาประมาณ 10 ถึง 55 เมตร ส่วนบริเวณที่ราบหรือบริเวณลานตะพักลำนําระดับต่ำ และบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึง ชั้นน้ำจะวางตัวรองรับอยู่ข้างล่าง มีความหนามากกว่า 100 ถึง 300 เมตร ปริมาณการให้น้ำในอัตราเฉลี่ย 6 ถึง 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้คุณภาพดี เหมาะสำหรับการอุปโภค-บริโภค ยกเว้นมีปริมาณเหล็กค่อนข้างสูง แต่ก็ยังมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณเหล็กในชั้นน้ำตะกอนที่ราบลุ่มน้ำหลากและชั้นน้ำตะกอนตะพักกลุ่มน้ำยุคใหม่

1.4) ชั้นอุ้มน้ำบาดาลตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) พบบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดเอียง ประกอบด้วย ดินเหนียวปนทรายปะปนด้วยเศษหิน หินผุ มีการค้ำขนาดไม่ดี เนื่องจากมีการทับถมที่เกิดจากการพังทลายของหินจากหน้าผาหรือภูเขาสูงสู่ที่ต่ำ แผ่ขยายตัวในช่วงความลึกประมาณ 20 เมตรจากผิวดิน ให้ปริมาณน้ำในอัตรา 1 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

2.) ชั้นน้ำบาดาลในตะกอนร่วนกึ่งแข็งตัว (Semiconsolidated Rocks Aquifers, TSC) เดิมเรียกว่า ชั้นหินให้น้ำแม่สอด (Tms) ประกอบด้วย ชั้นหินให้น้ำบาดาลเพียงหน่วยเดียววางตัวเป็น

ส่วนหนึ่งของหินฐานแอ่งตะกอนในยุคเทอร์เชียรี (Tertiary Basin) ซึ่งจะมีคุณสมบัติกึ่งหินร่วนกึ่งหินแข็ง เช่น หินดินดาน ดินมาร์ล หินน้ำมัน ลิกไนต์ หินทราย ความสามารถให้น้ำชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ในเกณฑ์ 2 ถึง 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ยกเว้นบางแห่งอาจได้ถึง 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หินชุดนี้มีศักยภาพน้ำบาดาลค่อนข้างต่ำ

3.) **ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง (Consolidated Rocks Aquifers)** หินแข็งที่โอบล้อมและวางตัวเป็นหินฐาน (Pre-Tertiary Basement) ของพื้นที่บริเวณขอบแอ่งเจ้าพระยาตอนบน ประกอบด้วย หินที่มีอายุตั้งแต่ยุคไซลูเรียนถึงยุคครีเทเชียส หินเหล่านี้มีคุณสมบัติในการเป็นชั้นน้ำบาดาลและให้น้ำบาดาลที่มีปริมาณและคุณภาพแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูพรุนเดิมในเนื้อหิน โพรงละลาย ถ้ำ ระบายระหว่างชั้นหิน รอยแตก รอยเลื่อน และโซนหินผุของหิน แร่ธาตุประกอบหิน และเนื้อประสานในหินนั้น ๆ โดยแบ่งออกเป็นชั้นน้ำต่าง ๆ ตามลำดับอายุจากอ่อนสุดไปหาแก่สุด ดังนี้

3.1) **ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินตะกอน และหินแปร (Sedimentary and Metamorphic Rocks Aquifers)**

ก) **ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินชุดโคราชตอนบน (Upper Khorat Aquifers, Kuk)** แบ่งย่อยได้เป็นชั้นน้ำภูทอก (Pt) ชั้นน้ำมหาสารคาม (Ms) และ ชั้นน้ำโคกกรวด (Kk) ประกอบด้วย หินทราย หินทรายแป้งและสลับด้วยหินดินดาน สีน้ำตาลแดงถึงม่วงแดง มักพบเม็ดกรวดแทรกตัวอยู่ในเนื้อหิน เป็นเม็ดกรวดขนาดเล็ก ๆ รูปร่างกลมรี สีของเม็ดกรวดมักมีสีที่เข้มกว่าเนื้อหินดินดาน (Pebbly Shale) บางแห่งพบชั้นยิปซัมหรือชั้นแอนไฮไดต์ บาง ๆ แทรกตัวอยู่ในชั้นหิน น้ำบาดาลคุณภาพดี ยกเว้นกรณีที่ได้รับอิทธิพลของชั้นเกลือหินที่วางตัวปิดทับอยู่ตอนบนหรืออยู่ในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงน้ำเค็มอาจไหลเข้าไปแทรกตัวตามแนวรอยแตกของชั้นหิน ทำให้กลายเป็นชั้นน้ำบาดาลเค็ม โดยทั่วไปบ่อน้ำบาดาลที่เจาะในชั้นน้ำโคกกรวด การกักเก็บน้ำบาดาลจากแนวรอยแตกในชั้นหินเท่านั้น ได้ปริมาณน้ำในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำระหว่าง 2 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง หน่วยหินในพื้นที่ศึกษาเป็นแนวยาวแคบ ๆ วางตัวยาวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ตามตะเข็บรอยต่อระหว่างจังหวัดอุดรติดต่อกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนลาว และจังหวัดอุดรติดต่อกับจังหวัดเลย จนถึงพื้นที่ทางตอนเหนือของจังหวัดพิษณุโลก

ข) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินชุดโคราชตอนกลาง (Middle Khorat Aquifers, Jmk) แบ่งย่อยได้เป็น ชั้นน้ำภูพาน (Pp) ประกอบด้วย หินทราย และหินกรวดมนสีเทาอมเหลืองและสีเทาอมชมพู ชั้นน้ำเสาชั่ว (Sk) ประกอบด้วย หินดินดานและหินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง และ ชั้นน้ำพระวิหาร (Pw) ประกอบด้วย หินทราย สีเทาแดงและสีขาว การกักเก็บน้ำบาดาลไว้ในรูปรูพรุนดั้งเดิม รอยแตก และระนาบชั้นหิน มีความลึกถึงชั้นให้น้ำประมาณ 30 ถึง 50 เมตร ให้น้ำได้ในเกณฑ์ 3 ถึง 8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งได้น้ำมากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีคุณภาพดีเหมาะสำหรับการอุปโภค-บริโภค ในพื้นที่ศึกษา พบการกระจายตัวของกลุ่มหินโคราชตอนกลาง ปกคลุมพื้นที่ที่ออกเขาสูง ซึ่งวางตัวยาวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยแผ่ขยายลงมาจากสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เข้าสู่จังหวัดอุดรดิตถ์ และแผ่ขยายลงไปทางใต้ เข้าสู่จังหวัดพิษณุโลก ซึ่งพบพื้นที่บริเวณกว้างด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ค) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินชุดโคราชตอนล่าง (Lower Khorat Aquifers, TRJK) แบ่งย่อยได้เป็น ชั้นน้ำภูกระดึง (Pk) ประกอบด้วย หินดินดาน หินทรายแป้ง เนื้อไมกา และเนื้อปูนสีน้ำตาลแดง สีแดงแกมม่วง ชั้นน้ำน้ำพอง (Np) ประกอบด้วย หินทราย หินกรวดมน สีน้ำตาลแดง และชั้นน้ำห้วยหินลาด (Hi) การกักเก็บน้ำบาดาลในรูปรูพรุนดั้งเดิม รอยแตก ระนาบชั้นหิน และโซนหินผุ ความลึกถึงชั้นให้น้ำประมาณ 30 ถึง 50 เมตร บางแห่งลึกถึง 80 เมตร และให้น้ำได้ในเกณฑ์ 2 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งอาจให้น้ำได้มากถึง 25 ถึง 50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีความกระด้างสูงในบางพื้นที่ ชั้นน้ำโคราชตอนล่างปกคลุมเป็นพื้นที่เนินเขาเป็นแนวยาวแคบ ๆ ที่วางตัวยาวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ ลงมาจนถึงจังหวัดพิษณุโลกพบปกคลุมเป็นพื้นที่แคบตามตะเข็บรอยต่อระหว่างจังหวัดพิษณุโลกและเพชรบูรณ์

ง) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินชุดลำปาง (Lampang Aquifer, TRlp) พบเฉพาะชั้นน้ำฮ้อย หอย (Hh) การกระจายตัวของชั้นน้ำในพื้นที่ ประกอบด้วย หินดินดานและหินทรายสีเทาดำเรียงสลับชั้นกัน การกักเก็บน้ำบาดาลในรอยแตกและระนาบชั้นหิน มีความลึกถึงชั้นให้น้ำประมาณ 30 ถึง 40 เมตร และให้น้ำได้ในเกณฑ์ไม่เกิน 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีคุณภาพพอใช้ ชั้นน้ำลำปางวางตัวในจังหวัดอุดรดิตถ์ เป็นแนวยาวแคบ ๆ ประมาณเหนือ-ใต้ โดยแผ่ขยายลงมาจากจังหวัดแพร่ และตามตะเข็บรอยต่อระหว่างจังหวัดสุโขทัยกับลำปาง

จ) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินคาร์บอเนต (Carbonate Aquifer) ประกอบด้วย

ชั้นน้ำหินคาร์บอเนตอายุไทรแอสซิก (Triassic Carbonate Aquifer, TRc) ประกอบด้วย หินปูน สีเทาอ่อนถึงเทาเข้มเนื้อละเอียด ชั้นบางถึงเนื้อสมานแน่นเป็นชั้นหนาแทรกสลับหินดินดาน หินทราย สีเทาถึงน้ำตาลเทาเนื้อละเอียดแทรกสลับด้วยหินปูน การกักเก็บน้ำบาดาลในโครงสร้างที่เป็นโพรง รอยแตกและรอยต่อของชั้นหิน ให้ปริมาณน้ำได้ในอัตรา 5 ถึง 15 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชั้นน้ำหินคาร์บอเนตอายุเพอร์เมียน (Permian Carbonate Aquifer, Pc) ประกอบด้วย หินปูน เนื้อแน่น แทรกสลับด้วยกระดาษของหินเชิร์ต และหินดินดานอายุเพอร์เมียน ซึ่งวางตัวอยู่ใต้ชั้นน้ำ หมวดหินโคราชตอนล่าง (TRJIK) การกักเก็บน้ำบาดาลในโพรงละลายและรอยแตก มีความลึกถึง ชั้นให้น้ำประมาณ 20 ถึง 140 เมตร แล้วแต่พื้นที่ และให้น้ำได้ในเกณฑ์ 2 ถึง 30 ลูกบาศก์เมตรต่อ ชั่วโมง หรือในอัตราเฉลี่ยระหว่าง 5 ถึง 8 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง น้ำที่ได้มีคุณภาพดี แต่อาจมี ความกระด้างสูง กระจายอยู่ทั่วไปในพื้นที่ศึกษา บริเวณทิศใต้ของจังหวัดนครสวรรค์ และพื้นที่จังหวัด พิษณุโลก สุโขทัย และอุตรดิตถ์ ชุดหินเป็นแนวยาวแคบ ๆ

ฉ) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินตะกอนกึ่งแปร (Meta-sediments Aquifer) แบ่งออกเป็น 2 ชั้น น้ำ โดยชั้นน้ำทั้งสองหน่วยถูกแปรสภาพบ้างเล็กน้อย การกักเก็บน้ำบาดาลในรอยแตก รอยเลื่อน และ ระบายของชั้นหิน มีความลึกถึงชั้นให้น้ำประมาณ 30 ถึง 40 เมตร บางแห่งอาจลึกถึง 50 เมตร และ ให้น้ำได้ในเกณฑ์ 2 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงปริมาณน้ำที่ได้มีคุณภาพดี ได้แก่

ชั้นน้ำหินตะกอนกึ่งแปรเพอร์เมียน – คาร์บอนิเฟอรัส (Permo – Carboniferous Meta-sediments Aquifer, PCms) ประกอบด้วย หินทราย หินปูนเนื้อดิน หินดินดาน หินเชิร์ต

ชั้นน้ำหินตะกอนกึ่งแปรอายุคาร์บอนิเฟอรัส (Carboniferous Meta-sediments Aquifer, Cms) ประกอบด้วย หินกรวดมน หินทราย หินดินดาน หินเชิร์ต หินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ หินไรโอริติก-แอนดิซิติคทัฟฟ์ และชั้นเศษหินภูเขาไฟ

ช) ชั้นหินอุ้มน้ำบาดาลหินปูนอายุออร์โดวิเซียน (Ordovician Limestone Aquifer, Ols) ประกอบด้วย หินปูนชั้นบาง ๆ สีเทาถึงเทาดำ เนื้อหินมีการตกผลึกใหม่ มีเนื้อดินปน และมีหินดินดาน แทรกสลับอยู่ในช่วงล่าง การกักเก็บน้ำบาดาลอยู่ภายในรอยแตก รอยแยก รอยเลื่อน รอยต่อระหว่าง

ชั้นหินและโพรงหรือถ้ำในชั้นหิน ความลึกถึงชั้นน้ำบาดาลอยู่ช่วง 60 ถึง 70 เมตร โดยทั่วไปให้น้ำในเกณฑ์ 2 ถึง ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งให้น้ำได้เกณฑ์ 10 ถึง 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของโพรงหรือถ้ำ

3.2) ชั้นหินอุ้มน้ำหินแปร (Metamorphic Aquifer)

ก) ชั้นน้ำหินแปรอายุไซลูเรียน-ดีโวเนียน (Silurian – Devonian Metamorphic Aquifer, SDmm) ประกอบด้วย หินฟิลไลต์ หินควอร์ตไซต์ หินชีสต์ หินควอร์ตชีสต์ หินไรโอริติก-แอนดิซิติกทัฟฟ์ และหินคลอไรต์ชีสต์ คาดว่าถูกแปรสภาพมาจากหินแกรนิตและชั้นแกรนิต อายุไซลูเรียนถึงดีโวเนียน ลักษณะการกักเก็บน้ำบาดาลอยู่ในรอยแตก รอยเลื่อน มีความลึกถึงชั้นให้น้ำประมาณ 40 เมตรและให้น้ำในเกณฑ์ต่ำระหว่าง 2 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง บางแห่งเป็นบ่อแห่งปริมาณน้ำที่ได้มีคุณภาพพอใช้และอาจมีปริมาณเหล็กสูง

ข) ชั้นน้ำหินแปรอายุดีโวเนียน-แคมเบรียน (Devonian – Cambrian Metamorphic Aquifer, DEmm) ประกอบด้วย หินฟิลลิติกทัฟฟ์ หินไรโอลิติกทัฟฟ์ หินแกรนิต มีหินควอร์ตไซต์แทรกสลับ หินเชิร์ตถูกแปรสภาพแทรกสลับด้วยหินฟิลลิติกทัฟฟ์ มีช่องว่างน้อย ความสามารถในการให้น้ำบาดาลในอัตราเฉลี่ย 2 ถึง 5 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จากชั้นให้น้ำที่ระดับความลึก 45 ถึง 55 เมตรจากพื้นดิน แต่บางบริเวณไม่สามารถเก็บน้ำได้เลย

ค) ชั้นน้ำหินแปรอายุแคมเบรียน (Cambrian Metamorphic Aquifer, Emm) ประกอบด้วย หินควอร์ตไซต์ สีเหลืองปนน้ำตาล แสดงลักษณะของชั้นหนา และหินทรายอาร์โคสิคเนื้อแน่น อัตราการให้น้ำบาดาลเฉลี่ยประมาณ 2 ถึง 3 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึกไม่เกิน 50 เมตร

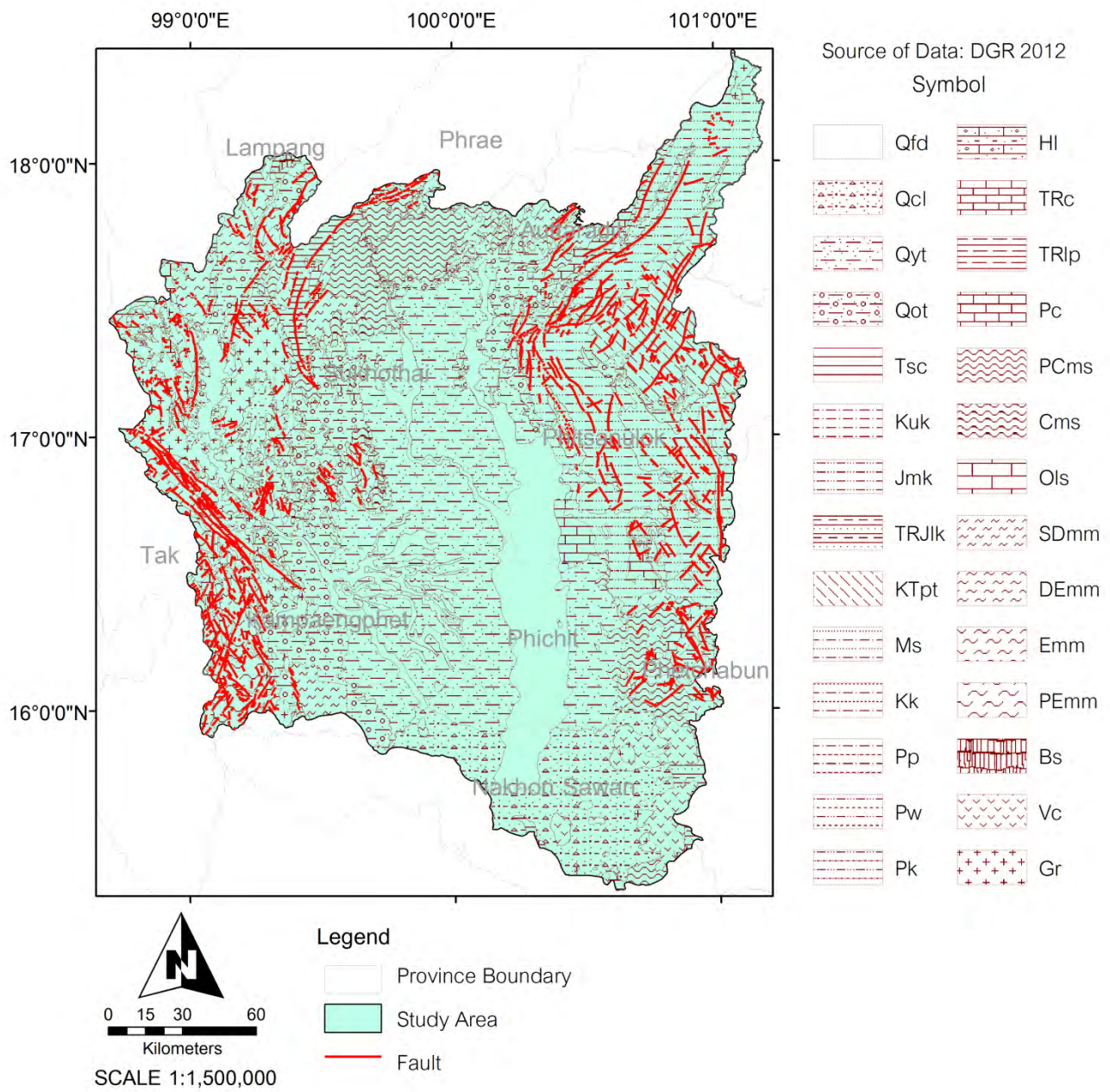
ง) ชั้นน้ำหินแปรอายุพรีแคมเบรียน (Precambrian Metamorphic Aquifer, PEmm) ประกอบด้วย ลักษณะหินในสัรูปตา หินไบโอไทต์ชีสต์ หินแคลก์ซิลิเกต บางแห่งมีรอยสัมผัสกับหินแกรนิตปกติน้ำน้อย ปริมาณการให้น้ำเฉลี่ย 3 ถึง 4 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 25 ถึง 30 เมตร

3.3) ชั้นอุ้มน้ำบาดาลในหินอัคนี (Igneous-rocks Aquifers)

ก) ชั้นหินอุ้มน้ำหินบะซอลต์ (Basalt Aquifer, Bs) อายุช่วงควอเทอร์นารี ประกอบด้วย หินโอลีวินบะซอลต์ สีเทาถึงสีเทาดำ การกักเก็บน้ำบาดาลอยู่ตามรอยแตกและบริเวณชั้นหินผุ

ข) ชั้นอุ้มน้ำบาดาลหินแกรนิต (Granitic Aquifers, Gr) เป็นหินยุคโทรแอสซิก แผ่ขยายตัว ในลักษณะเป็นหย่อมเล็ก ๆ อยู่ด้านตะวันตกและตอนบนของพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุโขทัย และอุตรดิตถ์ ประกอบด้วย หินแกรนิตเนื้อแร่ไบโอไทต์ มัสโคไวต์ ทิวมาไลน์และเนื้อไดโอไรต์ มีลักษณะกักเก็บน้ำ บาดาลไว้ในรอยแตก รอยเลื่อน และโซนหินผุเท่านั้น

ค) ชั้นอุ้มน้ำบาดาลหินภูเขาไฟ (Volcanic Aquifers, Vc) อายุช่วงยุคเพอร์เมียน ถึง โทรแอสซิก ประกอบด้วย หินแก้ว ภูเขาไฟ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟสีเหลือง สีเทา สีขาว สีน้ำตาล มี ลักษณะกักเก็บน้ำบาดาลไว้ในรอยแตก รอยเลื่อน และช่องว่างระหว่างชั้นไหล (Flows)



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 2.6 แผนที่อุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

2.5 ทรัพยากรดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.5.1 ทรัพยากรดิน

จากการศึกษาข้อมูลกลุ่มชุดดินและฐานข้อมูลระบบสารสนเทศ พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยกลุ่มชุดดิน 45 กลุ่มชุดดิน มีการกระจายตัวในพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 2.7 โดยจำแนกตามสภาพพื้นที่ที่พบได้เป็น 4 ประเภท (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มหรือพื้นที่น้ำขัง เป็นกลุ่มชุดดินที่โดยมากเกิดจากตะกอนลำนํ้า มีคุณสมบัติการระบายน้ำเลว ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงต่ำมาก แบ่งตามลักษณะทางกายภาพของชุดดิน ดังนี้

ดินเหนียว ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 1 – 7

ดินทรายแป้ง ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 15 และ 16

ดินร่วนละเอียด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 17 และ 18

ดินร่วนหยาบ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 19, 21, 22 และ 59

ดินเค็ม ที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า มีคราบเกลือหรือมีชั้นดานแข็งที่สะสมเกลือ ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 20

ดินทรายหนา ที่เกิดจากตะกอนลำนํ้าหรือตะกอนทรายชายทะเล ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 23 และ 24

ดินตื้น มีความลึกจากผิวดิน 50 เซนติเมตร มีก้อนกรวด และลูกรัง ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 25

ดินอินทรีย์ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 57 และ 58

กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินแห้ง กลุ่มชุดดินส่วนใหญ่เกิดจากตะกอนลำนํ้าหรือต้นกำเนิดดินเนื้อหยาบ มีการระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แบ่งตามลักษณะทางกายภาพของชุดดิน ดังนี้

ดินเหนียว ที่เกิดจากต้นกำเนิดดินเนื้อละเอียดและพื้นที่ภูเขาในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 28, 29 และ 31

ดินริมแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ประกอบด้วย ดินทรายแป้งละเอียดมาก และดินร่วนหยาบ เกิดจากตะกอนแม่น้ำหรือตะกอนน้ำพารูปพัด ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 33 และ 38

ดินร่วนละเอียด ที่ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 35 และ 36

ดินร่วนหยาบ ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 40 และ 60

ดินทราย ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 41 และ 44

ดินตื้น มีก้อนกรวดและเศษหินปนลูกรัง ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 46 – 49

ดินที่พบชั้นมาร์ลหรือก้อนปูน ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 52 และ 54

ดินลึกปานกลาง มีความลึกถึงชั้นหิน เศษหิน หรือลูกรัง ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 37, 55 และ 56

กลุ่มดินตาดเชิงเขา กลุ่มดินเศษหินเชิงเขาที่เกิดจากสลายตัวแตกผุผังของเขาที่บถมบริเวณเชิงเขา ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 61

กลุ่มชุดดินในพื้นที่ดอนที่อยู่ในเขตดินชั้น แบ่งตามลักษณะทางกายภาพที่พบ ดังนี้

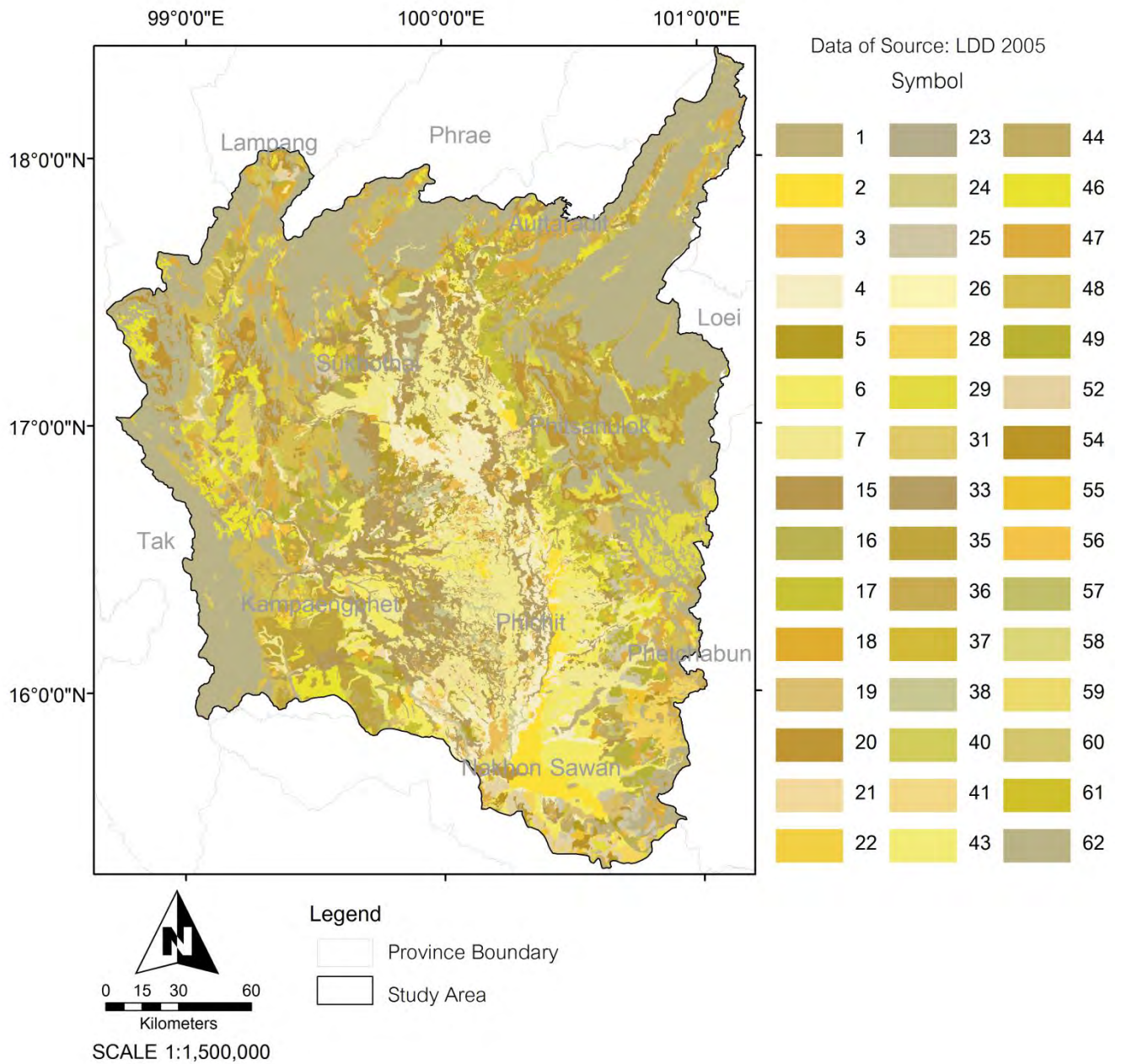
ดินเหนียว ในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 26

ดินทราย บริเวณหาดทรายสันทรายชายทะเลหรือบริเวณที่ลาดเชิงเขา ได้แก่ กลุ่มชุดดิน 43

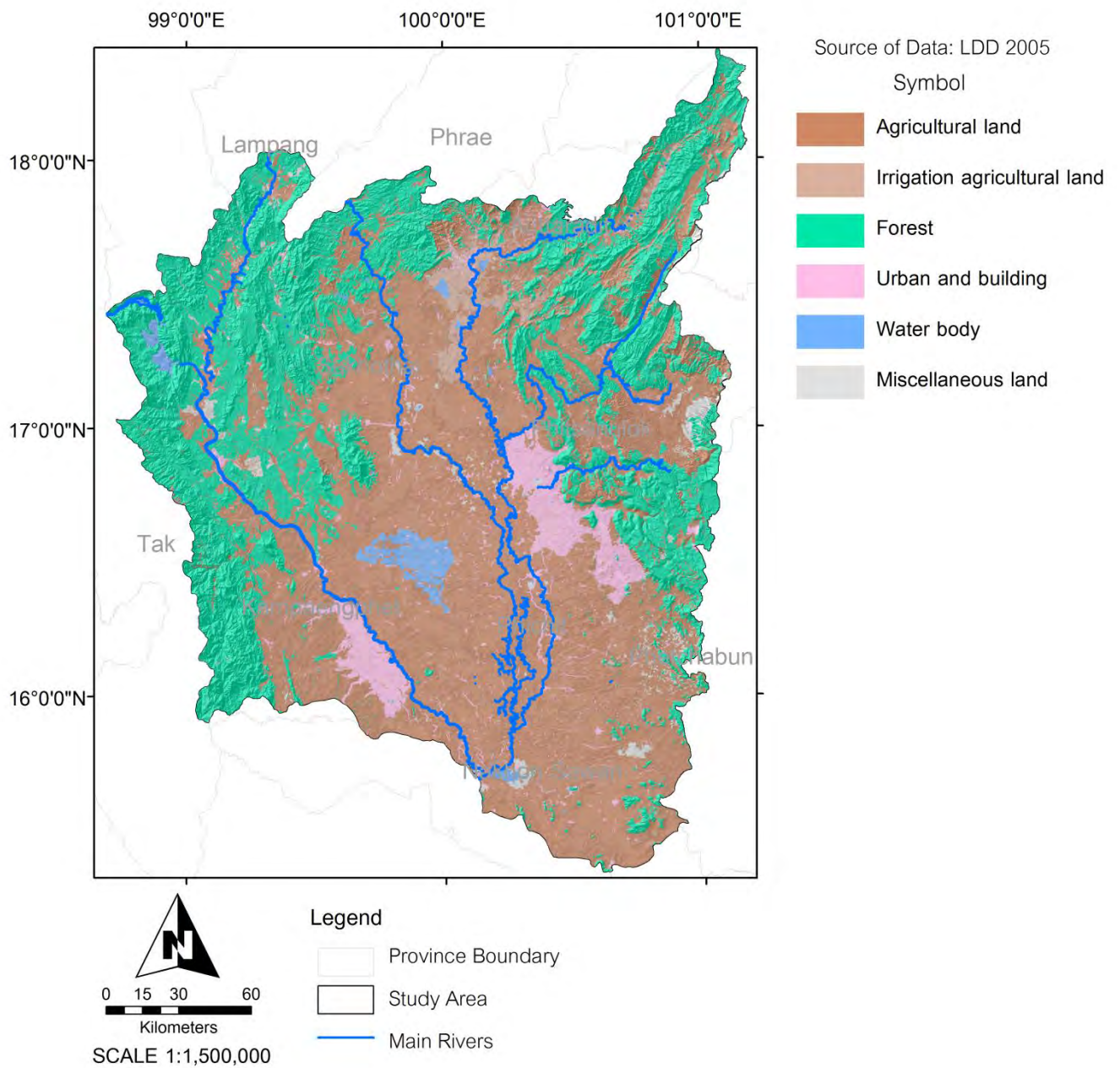
กลุ่มชุดดินที่มีความชันสูง ได้แก่ กลุ่มชุดดินที่ 62 ประกอบด้วย พื้นที่ภูเขาและเทือกเขาซึ่งมีความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 35 ความอุดมสมบูรณ์แตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของวัตถุต้นกำเนิด มักมีเศษหินหรือก้อนหินโผล่กระจายจัดกระจายทั่วไป ส่วนใหญ่ยังปกคลุมด้วยป่าไม้ต่าง ๆ

2.5.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลระบบสารสนเทศของกรมพัฒนาที่ดิน (2548) แบ่งออกเป็น 5 ประเภทดังรูปที่ 2.8 ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land) พื้นที่เกษตรในเขตชลประทาน (Irrigation agricultural land) พื้นที่ป่าไม้ (Forest) พื้นที่ตัวเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and buildings) และพื้นที่อื่นๆ (Miscellaneous land)



รูปที่ 2.7 แผนที่ชนิดดินพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 2.8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. รวบรวมและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ศึกษาข้อมูลผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้ทราบแนวทางการวิเคราะห์ที่ถูกต้องตามทฤษฎี เพื่อให้ทราบปัจจัยที่จะต้องนำไปพิจารณาว่าจะใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ใดบ้างให้สอดคล้องกับแต่ละปัจจัย

1.2 ตรวจสอบเอกสารที่ได้แสดงผลงานการศึกษาที่เคยมีผู้ศึกษาไว้แล้ว ที่จะได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาครั้งนี้ และศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน

2. กำหนดปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.1 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาเท่าที่ผ่านมาจะมีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ดังนั้นจะต้องมีการศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาล

2.2 กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาลในบริเวณที่ศึกษา

3. รวบรวม นำเข้าและสร้างฐานข้อมูล

3.1 รวบรวมค่าปริมาณของแข็งที่ละลายเจือปนอยู่ในน้ำ จากบ่อสังเกตการณ์ โดยใช้ข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

3.2 รวบรวมข้อมูลในลักษณะที่เป็นแผนที่ดิจิทัล ได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา ภาพถ่ายดาวเทียม ค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (Yield) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน และข้อมูลปริมาณสารละลายรวมทั้งหมด (TDS)

3.3 ทำการนำเข้าและสร้างฐานข้อมูลในแต่ละปัจจัยโดยใช้โปรแกรม ArcGIS 9.3

4. วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

4.1 การสร้างแบบจำลองเชิงปริมาณ แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการถ่วงค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย และวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล

4.2 สำหรับแบบจำลองเชิงคุณภาพ พิจารณาปริมาณสารละลายรวมทั้งหมด (TDS) แล้วกำหนดค่าระดับคุณภาพน้ำบาดาล

5. การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้องโดยหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ระหว่างระดับศักยภาพน้ำบาดาลกับค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (Yield) และเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของทั้งสองวิธี

6. จัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล

จัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลบริเวณแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน จากการซ้อนทับแบบจำลองศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ

7. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

8. จัดทำรูปเล่มรายงานและนำเสนอผลงาน

3.2 ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

การศึกษาและประเมินศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษา ข้อมูลทางธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา อุทกวิทยา และข้อมูลรายละเอียดของบ่อบาดาลในพื้นที่ ทั้งเอกสารรายงานบรรยาย แผนที่ ข้อมูลสถิติ และข้อมูลเชิงพื้นที่จากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ USGS กรมทรัพยากรน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำ กรมทรัพยากรธรณี กรมอุตุนิยมวิทยา กรมพัฒนาที่ดิน และกรมแผนที่ทหาร โดยจัดเก็บเป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และนำมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ArcGIS 9.3 ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ชนิดข้อมูล	รายการข้อมูล	แหล่งที่มา	ปี	รายละเอียด
ภูมิประเทศ และ การปกคลุม	- ขอบเขตพื้นที่ศึกษา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ปรับแก้จากกรมแผนที่ ทหาร	2553	ข้อมูล GIS (.shp)
	- ข้อมูลระดับความสูงเชิง ตัวเลข (DEM)		2550	ข้อมูล Raster
อุตุนิยมวิทยาและ อุทกวิทยา	- ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน	กรมอุตุนิยมวิทยา	2524 – 2555	ข้อมูลสถิติ (.xls)
	- ข้อมูลลำน้ำพื้นที่ศึกษา	กรมทรัพยากรน้ำ	2550	ข้อมูล GIS (.shp)
ธรณีวิทยาและ อุทกธรณีวิทยา	- ข้อมูลโครงสร้างเชิงเส้น	กรมทรัพยากรธรณี	2548	ข้อมูล GIS (.shp)
	- ข้อมูลหน่วยหินทาง ธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรธรณี	2550	ข้อมูล GIS (.shp)
	- ข้อมูลหน่วยหินทางอุทก ธรณีวิทยา	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2554	ข้อมูล GIS (.shp)
	- คุณสมบัติชั้นน้ำ (ความหนา ชั้นน้ำ, คุณสมบัติการจ่ายน้ำ, คุณสมบัติกักเก็บ, ระดับน้ำ บาดาล, ความดันชลศาสตร์)	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2554	ข้อมูลสถิติ (.xls)
	- ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล (ปริมาณ การสูบน้ำ, ความลึกของบ่อ, ข้อมูลการสูบทดสอบ)	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2554	ข้อมูลสถิติ (.xls)
- คุณภาพน้ำบาดาล	กรมทรัพยากรน้ำบาดาล	2554	ข้อมูลสถิติ (.xls)	
การใช้ประโยชน์ ที่ดินและชนิดดิน	- แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2548	ข้อมูล GIS (.shp)
	- แผนที่กลุ่มชุดดิน	กรมพัฒนาที่ดิน	2548	ข้อมูล GIS (.shp)

3.3 การกำหนดปัจจัยในการวิเคราะห์และการปรับแก้ข้อมูล

พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายปัจจัย (ชฎาพร, 2555) เพื่ออธิบายถึงศักยภาพของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน ในการวิเคราะห์หาพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในครั้งนี้ จึงจะต้องมีการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ปัจจัยที่ควบคุมการเกิดและกักเก็บแหล่งน้ำบาดาล คือ ลักษณะทางธรณีวิทยาและธรณีฐานันฐาน ปัจจัยที่ควบคุมทิศทาง

การเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล คือ โครงสร้างทางธรณีวิทยา และปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในชั้นน้ำบาดาลและการละลายของไอออน คือ ชนิดหิน และความหนาของชั้นน้ำบาดาล

การกำหนดปัจจัย และกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้จากงานวิจัยของ Manap และคณะ (2011) และชญาพร (2555) ซึ่งมีวิธีการกำหนดค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัยตามลักษณะของพื้นที่ศึกษา การศึกษานี้จึงได้แบ่งปัจจัยปัจจัยในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณทั้งสิ้น 9 ปัจจัย และปัจจัยในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ 1 ปัจจัย มีรายละเอียด ดังนี้

1. ความหนาแน่นของโครงสร้างเชิงเส้น (Lineament density)

ลักษณะโครงสร้างเชิงเส้น กล่าวถึงทั้งโครงสร้างเชิงยาวและสั้น ได้แก่ รอยเลื่อน (Fault) รอยแยกหรือรอยแตก (Joint) จากข้อมูลแผนที่เชิงเส้นกรมทรัพยากรธรณี (2548) มาตรฐาน 1:100,000 โดยพบแนวรอยเลื่อน รอยแตก แนวหลักในแนว NNW-SSW ในทางทิศตะวันตกของพื้นที่บริเวณขอบแอ่งของพื้นที่ศึกษา และแนว NE-SW บริเวณพื้นที่ตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังพบแนวรอยเลื่อนหรือแนวรอยแตกในทิศ N-S, NE-SW และ NW-SE กระจายตามบริเวณขอบแอ่งที่เป็นหินแข็งในทางอุทกธรณีวิทยา โครงสร้างเชิงเส้นมีบทบาทสำคัญในพื้นที่รับน้ำ (Recharge area) ที่ประกอบด้วยหิน (Hard rock) และยังเป็นเหมือนท่อควบคุมการไหลของน้ำบาดาล (Groundwater flow) จึงสามารถอธิบายได้ว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพน้ำบาดาลสูงควรเป็นพื้นที่ใกล้กับบริเวณแนวรอยเลื่อน (Lineaments zone) การวิเคราะห์ข้อมูลความหนาแน่นโครงสร้างเชิงเส้นที่ปรากฏอยู่ในพื้นที่ที่รองรับด้วยหินแข็งแต่ละชนิดได้ ดังสมการนี้

$$D = \frac{L}{A}$$

เมื่อ D คือ ความหนาแน่นเชิงเส้น

L คือ ความยาวของโครงสร้างเชิงเส้นทั้งหมดในหน่วยหิน (เมตร)

A คือ ขนาดพื้นที่ทั้งหมดของหน่วยหิน (ตารางเมตร)

ในพื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน สามารถแบ่งช่วงความหนาแน่นของโครงสร้าง ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ มากกว่า 0.00160 m/m^2 (very high), $0.00160 - 0.00050 \text{ m/m}^2$ (high), $0.00050 - 0.00020 \text{ m/m}^2$ (moderate), $0.00020 - 0.00008 \text{ m/m}^2$ (low) และ น้อยกว่า 0.00008 m/m^2 (very low)

2. ลักษณะธรณีสัณฐาน (Geomorphology)

ธรณีสัณฐาน คือ ลักษณะภูมิประเทศ หรือ พื้นผิวปรากฏ ซึ่งอาจเป็นบริเวณที่ราบน้ำท่วมถึงที่มีแม่น้ำไหลผ่านหรือบริเวณที่มีการเก็บกักน้ำ บริเวณเหล่านี้จะเป็นพื้นที่เป็นพื้นที่เพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลได้ ทำให้มีศักยภาพน้ำบาดาลสูง ซึ่งในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งประเภทลักษณะธรณีสัณฐานได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ภูมิประเทศที่เป็นภูเขา (Denudational hills) ภูมิประเทศที่เป็นเนินเขาต่ำ ๆ (Denudational hills slope) และที่ราบลุ่ม (Flood plain)

3. ความลาดชัน (Slope angle)

ความลาดชัน คือ การเปลี่ยนแปลงระดับของพื้นผิวที่เป็นปัจจัยในการควบคุมการไหลของน้ำท่าตามแรงโน้มถ่วง พื้นที่ที่มีความชันสูงจะทำให้น้ำผ่านไป และไม่ถูกเพิ่มเติมในชั้นน้ำบาดาลให้ ศักยภาพน้ำบาดาลต่ำกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำ การสร้างข้อมูลความลาดชันใช้ข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูงของพื้นที่ (Contour line) ร่วมกับข้อมูลจุดความสูง (Elevation points) โดยแบ่งข้อมูลความชันของพื้นที่ศึกษาออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ $0 - 5^\circ$, $5 - 15^\circ$, $15 - 25^\circ$, $25 - 35^\circ$, $35 - 60^\circ$ และ $60 - 90^\circ$

4. ชนิดหิน (Lithology)

ชนิดหินเป็นปัจจัยควบคุมการซึมผ่านของน้ำใต้ดิน แต่ละชนิดมีคุณสมบัติในการซึมผ่านและกักเก็บที่แตกต่างกัน ในการศึกษาแบ่งชนิดหินออก 11 กลุ่มชนิดตามลักษณะหินในพื้นที่จากข้อมูลกรมทรัพยากรธรณี จากงานวิจัยของชฎาพร (2555) กำหนดให้ Unconsolidated rock เป็นตะกอนที่มีสมบัติในการซึมผ่านได้ดีและมีค่าศักยภาพน้ำบาดาลสูง

5. ชนิดดิน (Soil type)

คุณสมบัติในการซึมผ่านของดินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน และส่งผลต่อการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล ดินที่มีเม็ดละเอียดมีความสามารถในการซึมผ่านต่ำกว่าขนาดหยาบที่มีช่องว่างมากกว่าในการศึกษาครั้งนี้แบ่งข้อมูลของชนิดดินออกเป็น 11 ชนิด ได้แก่ (1) clay, rock fragment (2) rock fragment, mountain soil (3) silt clay loam, marl (4) sand (5) sandy loam (6) loam (7) sandy clay loam (8) clay loam (9) mixed soil (10) silt clay และ (11) clay

6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land use)

การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นปัจจัยที่ควบคุมการเติมน้ำและการระเหยของปริมาณน้ำท่า ซึ่งมีผลต่อการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล พื้นที่ที่มีพืชปกคลุมมีความสามารถในการซึมผ่านมากกว่าจึงมีศักยภาพสูงกว่า การศึกษานี้ได้แบ่งข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินทั้งหมด 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land) พื้นที่เกษตรในเขตชลประทาน (Irrigation agricultural land) พื้นที่ป่าไม้ (Forest) พื้นที่ตัวเมืองและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and buildings) และพื้นที่อื่น ๆ (Miscellaneous land)

7. ความหนาแน่นของลำน้ำ (Drainage density)

ความหนาแน่นของลำน้ำต่อลุ่มน้ำเป็นผลต่อศักยภาพน้ำบาดาล โดยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของลำน้ำต่อลุ่มน้ำมาก ย่อมเป็นพื้นที่ที่มีน้ำท่าเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นพื้นที่จ่ายน้ำ (Discharge zone) ทำให้มีศักยภาพต่ำ แบ่งกลุ่มความหนาแน่นของลำน้ำได้ ดังนี้ น้อยกว่า 0.000480 m/m^2 (very low), $.000481 - 0.000830 \text{ m/m}^2$ (low), $0.000831 - 0.001180 \text{ m/m}^2$ (moderate), $0.001181 - 0.001530 \text{ m/m}^2$ (high) และมากกว่า 0.001530 m/m^2 (very high)

8. ระดับความสูงของพื้นที่ (Elevation)

ข้อมูลระดับความสูงของพื้นที่ศึกษาได้จากแบบจำลองระดับความสูง (Digital Elevation Model: DEM) แบ่งได้เป็น 5 ระดับตามงานวิจัยของ Manap และคณะ (2011) ได้แก่ ช่วงระดับความสูงน้อยกว่า 20 เมตร, ช่วง 20 ถึง 100 เมตร, ช่วง 100 ถึง 500 เมตร, ช่วง 500 ถึง 1,000 และ ช่วง

มากกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่าบริเวณที่อยู่ในระดับสูง ทำให้น้ำไหลผ่านเร็ว สัมพันธ์กับความชัน และเวลาในการซึมผ่าน พื้นที่ต่ำมีลักษณะเป็นแอ่งที่มีเวลาในการซึมผ่าน และความสามารถในการกักเก็บได้ดีกว่าพื้นที่สูงชัน จึงมีศักยภาพน้ำบาดาลสูงกว่า

9. ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายคาบ 30 ปี (Rainfall)

ฝนตก เป็นตัวการหลักของกระบวนการทางอุทกวิทยา (Hydrologic Process) ทั้งหมด และเป็นแหล่งสำคัญของน้ำที่เติมลงสู่ชั้นน้ำในชั้นหินน้ำที่มีรอยแยก โดยแผนที่แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวมรายคาบ 30 ปี (2527 – 2555) จากสถานีตรวจวัดน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา ทำการแทรกค่าประมาณระหว่างช่วงด้วยวิธี IDW (Inverse Distance Weighted Interpolation) ซึ่งพิจารณาระยะห่างจากจุดตัวอย่างถึงตำแหน่งที่ต้องการแทรกค่า แบ่งช่วงชั้นปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายคาบ ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ช่วง 1001 ถึง 1100 มิลลิเมตรต่อปี, 1101 ถึง 1200 มิลลิเมตรต่อปี, 1201 ถึง 1300 มิลลิเมตรต่อปี, 1301 ถึง 1400 มิลลิเมตรต่อปี, 1401 ถึง 1500 มิลลิเมตรต่อปี และช่วง 1501 ถึง 1600 มิลลิเมตรต่อปี โดยกำหนดให้ความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับระดับศักยภาพน้ำบาดาลว่า พื้นที่ที่พบว่ามีปริมาณฝนน้อย ก็ส่งผลต่อการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำน้อย ประสิทธิภาพหรือระดับศักยภาพน้ำบาดาลก็จะต่ำลงด้วย

10. ปริมาณสารละลายมวลรวมทั้งหมด (TDS)

ค่าแสดงปริมาณรวมของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ ในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร (ppm) โดยค่า TDS ต่ำ หมายถึง ปริมาณแร่ธาตุที่ปนอยู่น้อยหรือมีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งสามารถระบุน้ำได้เบื้องต้นว่าน้ำมีคุณภาพเหมาะสมกับการใช้อุปโภค แต่จะต้องมีการทดสอบชนิดของแร่ธาตุก่อน จึงสามารถใช้บริโภคได้ การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งช่วงค่าปริมาณมวลสารทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำของพื้นที่ศึกษาไว้เป็น 4 ระดับคุณภาพน้ำบาดาล ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ระดับคุณภาพน้ำบาดาล

ระดับคุณภาพน้ำบาดาล	TDS (ppm)
คุณภาพน้ำในเกณฑ์ดี	น้อยกว่า 250
คุณภาพน้ำในเกณฑ์ปานกลาง	ระหว่าง 250 ถึง 500
คุณภาพน้ำในเกณฑ์ต่ำ	ระหว่าง 500 ถึง 750
คุณภาพน้ำในเกณฑ์ต่ำมาก	มากกว่า 750

3.4 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของศักยภาพน้ำบาดาลกับปัจจัย

ในการศึกษาศักยภาพครั้งนี้ได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

1. การถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (Weighting model)

วิธีการนี้จะกำหนดค่าคะแนนให้กับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับศักยภาพน้ำบาดาล แล้วทำการซ้อนทับข้อมูลเพื่อคำนวณรวมทุกปัจจัยในแต่ละพื้นที่ และจัดกลุ่มคะแนนรวม แบ่งเป็นระดับศักยภาพของพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ มีการคำนวณค่าคะแนนรวมปัจจัยดังสมการ

$$Total\ score = \sum (Wf \times Sf)$$

เมื่อ Wf คือ ค่าน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (weighting)

Sf คือ ค่าน้ำหนักของประเภทข้อมูลปัจจัย (Score)

2. การวิเคราะห์ความสัดส่วนความเป็นไปได้ในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล

(Probabilistic-based frequency ratio)

การพิจารณาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพ โดยหาสัดส่วนระหว่างจำนวนบ่อบาดาลกับพื้นที่ของปัจจัยด้วยชนิดข้อมูลราสเตอร์ กริด (raster grid) ในการศึกษากำหนดให้แต่ละกริดข้อมูลเท่ากับ 50 x 50 เมตร ในการศึกษาใช้ค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล จากข้อมูลกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ซึ่งบ่อบาดาลในพื้นที่ที่มีค่ามัธยฐานของปริมาณการให้น้ำอยู่ที่ 6.82 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีจำนวนบ่อทั้งสิ้น 1443 บ่อ ทำการสุ่มตามการกระจายตัว และจัดแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดข้อมูลใน

การศึกษาและชุดข้อมูลเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในอัตราส่วน 70:30 จะได้จำนวนเท่ากับ 1.010 และ 433 บ่อตามลำดับ กำหนดให้ 1 บ่อ คือ 1 ไร่

ในการวิเคราะห์สัดส่วนของพื้นที่บ่อบาดาลกับพื้นที่จริงแต่ละปัจจัย ค่าสัดส่วนที่มาก หมายถึง ศักยภาพน้ำบาดาลมาก นำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยที่ได้ช้อนทับเป็นผลรวมของคะแนนทั้งหมดที่คำนวณได้ และจัดกลุ่มคะแนนรวม แบ่งเป็นระดับศักยภาพของพื้นที่ออกเป็น 5 ระดับ

3.5 การตรวจสอบความถูกต้อง

การตรวจสอบความถูกต้อง เป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้ทราบว่าแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลที่จัดทำขึ้นนั้น มีความน่าเชื่อถือและมีประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้ได้หรือไม่ สำหรับการตรวจสอบการประเมินศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนักนั้น ใช้การเปรียบเทียบค่าปริมาณการให้น้ำ (Yield) ของข้อมูลบ่อบาดาล ช้อนทับกับแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลที่ได้ทั้ง 5 ระดับ (พรอุษา อุดมศิลป์ และคณะ, 2546) ได้แก่ พื้นที่ที่มีศักยภาพต่ำมาก (Very Low) ต่ำ (Low) ปานกลาง (Moderate) สูง (High) และสูงมาก (Very High) เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ โดยค่าที่ได้ที่ใกล้เคียง 1 คือ ค่าของแบบจำลองที่ความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

วิธีวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ของการเกิดแหล่งน้ำบาดาล ใช้วิธีการตรวจสอบความถูกต้อง โดยการเปรียบเทียบแผนที่พื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาล กับ จำนวนบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าหรือเท่ากับค่ามัธยฐานของข้อมูลบ่อทั้งหมดในพื้นที่ ($\geq 6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$) โดยแสดงผลในรูปแบบกราฟสัดส่วนร้อยละของค่าอัตราส่วนความถี่ และร้อยละสะสมของจำนวนบ่อบาดาล พื้นที่ได้กราฟเป็นผลแสดงความสัมพันธ์และค่าความถูกต้องของแบบจำลองเมื่อเทียบกับค่าปริมาณการให้น้ำจากข้อมูลบ่อบาดาล

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงคุณภาพ

คุณภาพน้ำบาดาลที่ได้จากข้อมูลบ่อของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (2555) พบว่าปริมาณ TDS ในพื้นที่ศึกษาอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ถึง ดี โดยสามารถจัดทำแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงคุณภาพ และแบ่งช่วงของปริมาณ TDS ออกเป็น 4 ช่วง ดังรูปที่ 4.5

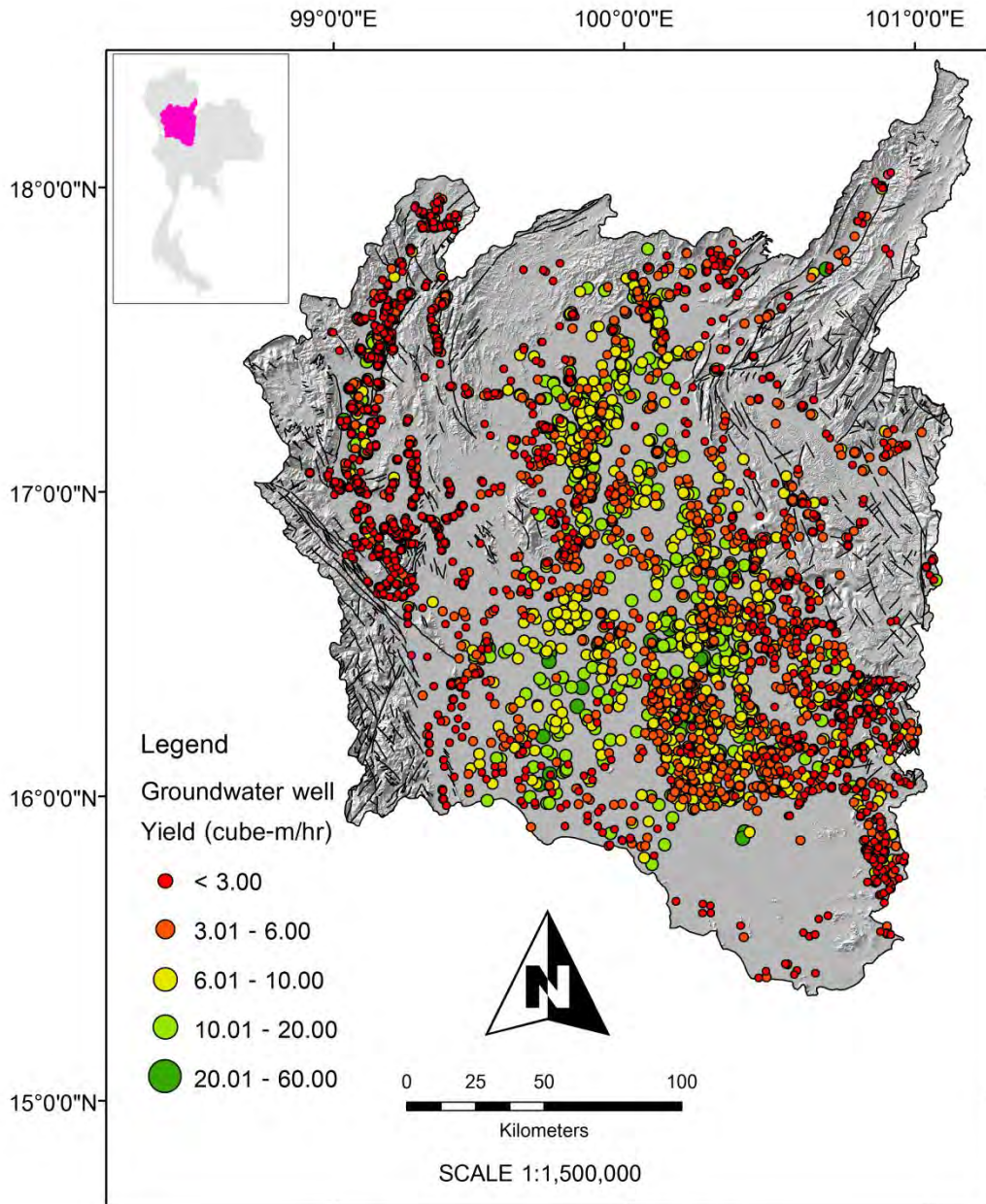
4.2 ผลการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ

จากการประเมินพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณ จากการวิเคราะห์ปัจจัยทั้ง 9 ประเภท (ดังรูปที่ 4.7) ทำให้สามารถจัดทำได้โดยการทำการซ้อนทับข้อมูลและจัดกลุ่มค่าคะแนนรวมแบ่งตามการกระจายข้อมูลแบบพิสัยธรรมชาติ (Natural breaks) ซึ่งผลที่ได้มีความแตกต่างกัน โดยแบ่งผลจากการวิเคราะห์ออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

4.2.1 ผลจากวิธีการถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย (Weighting model)

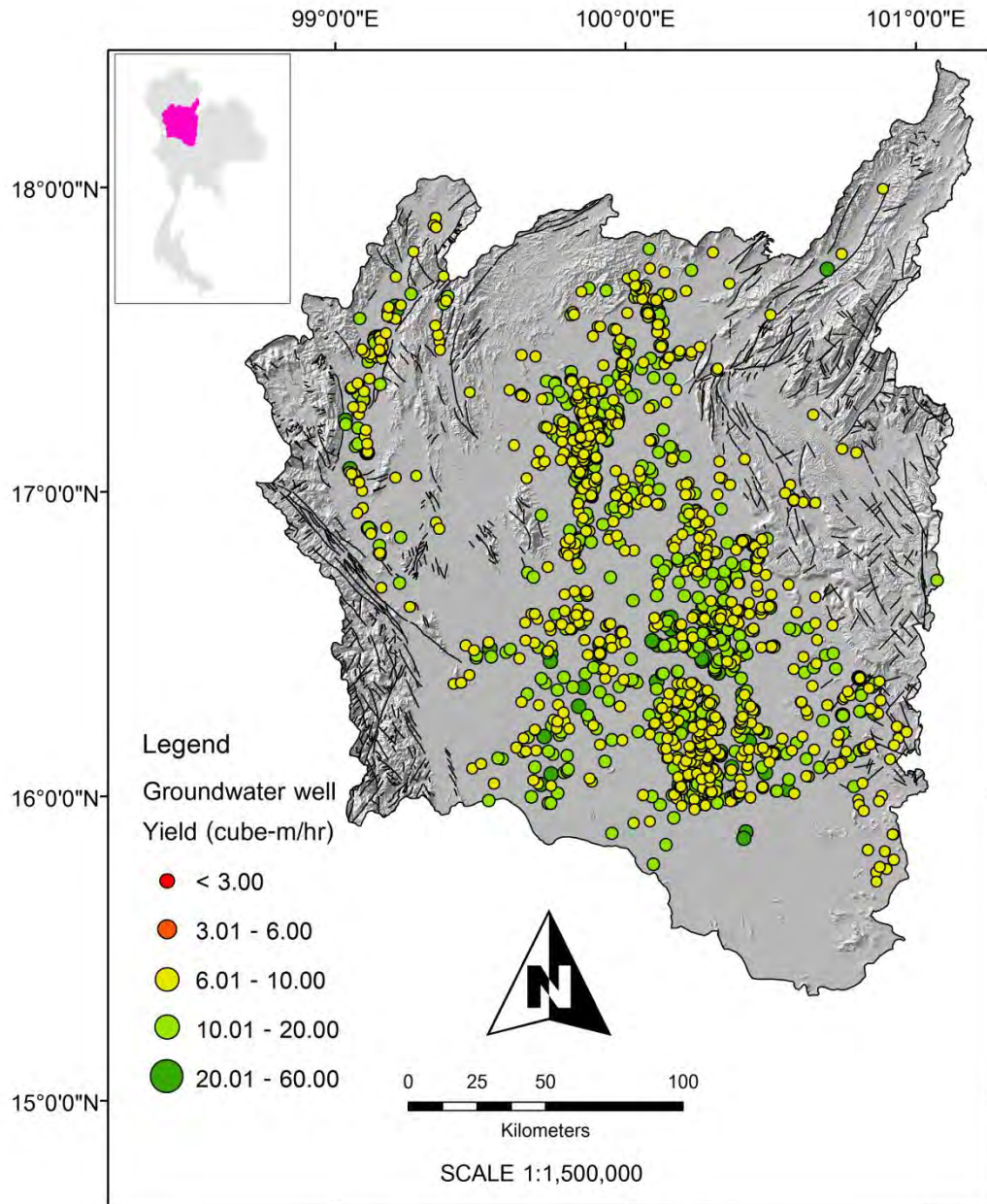
กำหนดค่าคะแนนและค่าน้ำหนักโดยอ้างอิงเกณฑ์จากงานวิจัยของ Manap และคณะ (2011) แต่มีการกำหนดค่าน้ำหนักเพิ่มเติมในช่วงชั้นข้อมูลของบางปัจจัย รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1

เมื่อกำหนดค่าน้ำหนักแล้วใส่คะแนนแต่ละปัจจัยลงในตารางข้อมูล (Attribute table) ในโปรแกรม ArcGIS 9.3 แล้วทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลทุกปัจจัย โดยใช้คำสั่งในเครื่องมือ Analysis Tools เลือก Overlay แบบ Intersect ทำการรวมค่าคะแนน และจัดแบ่งช่วงคะแนนรวมเป็น 5 ช่วง ได้แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการนี้ (รูปที่ 4.8) และกราฟแสดงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ในแต่ละระดับศักยภาพ ดังรูปที่ 4.10



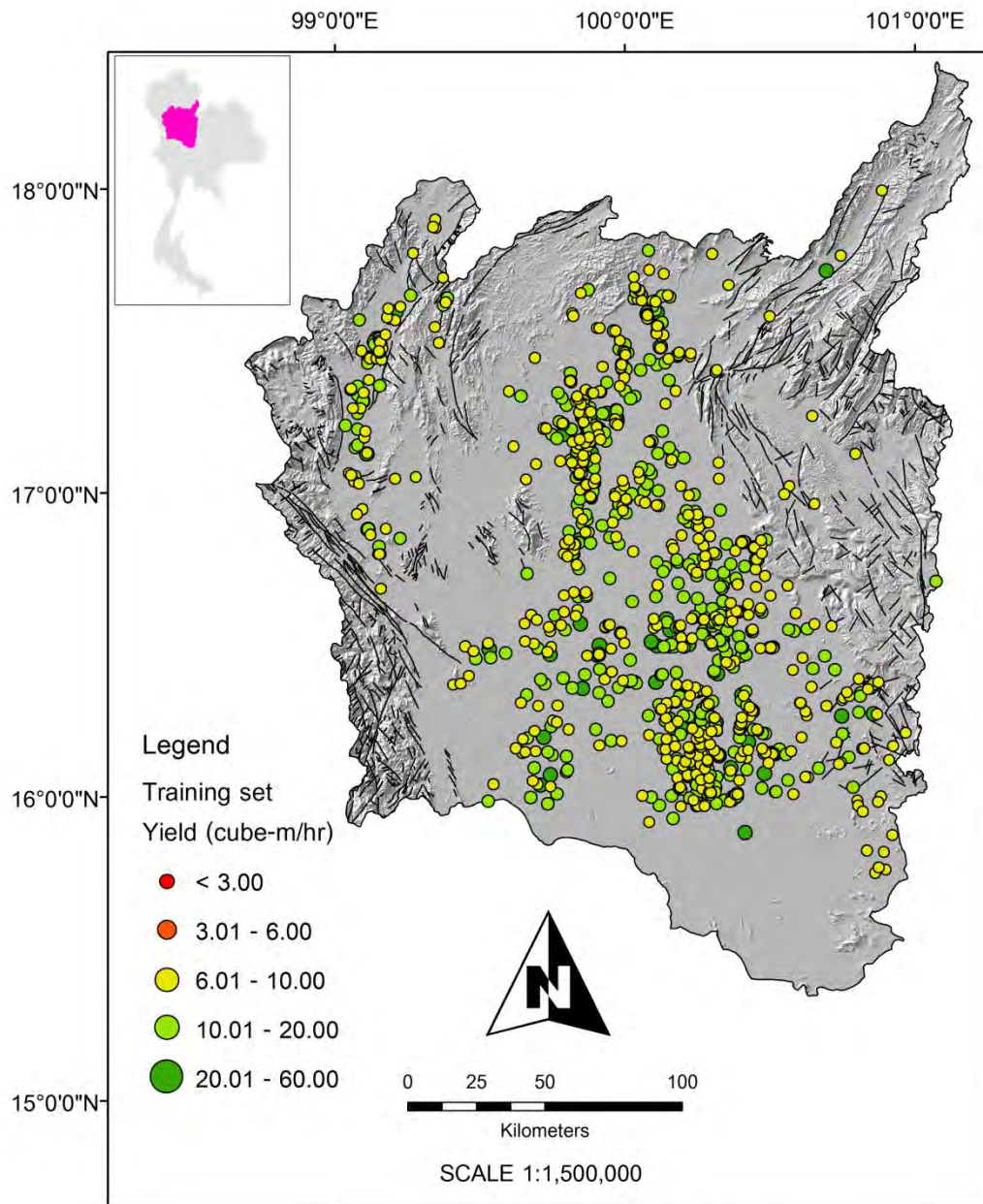
Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.1 แผนที่ตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 4,103 บ่อ
(กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)

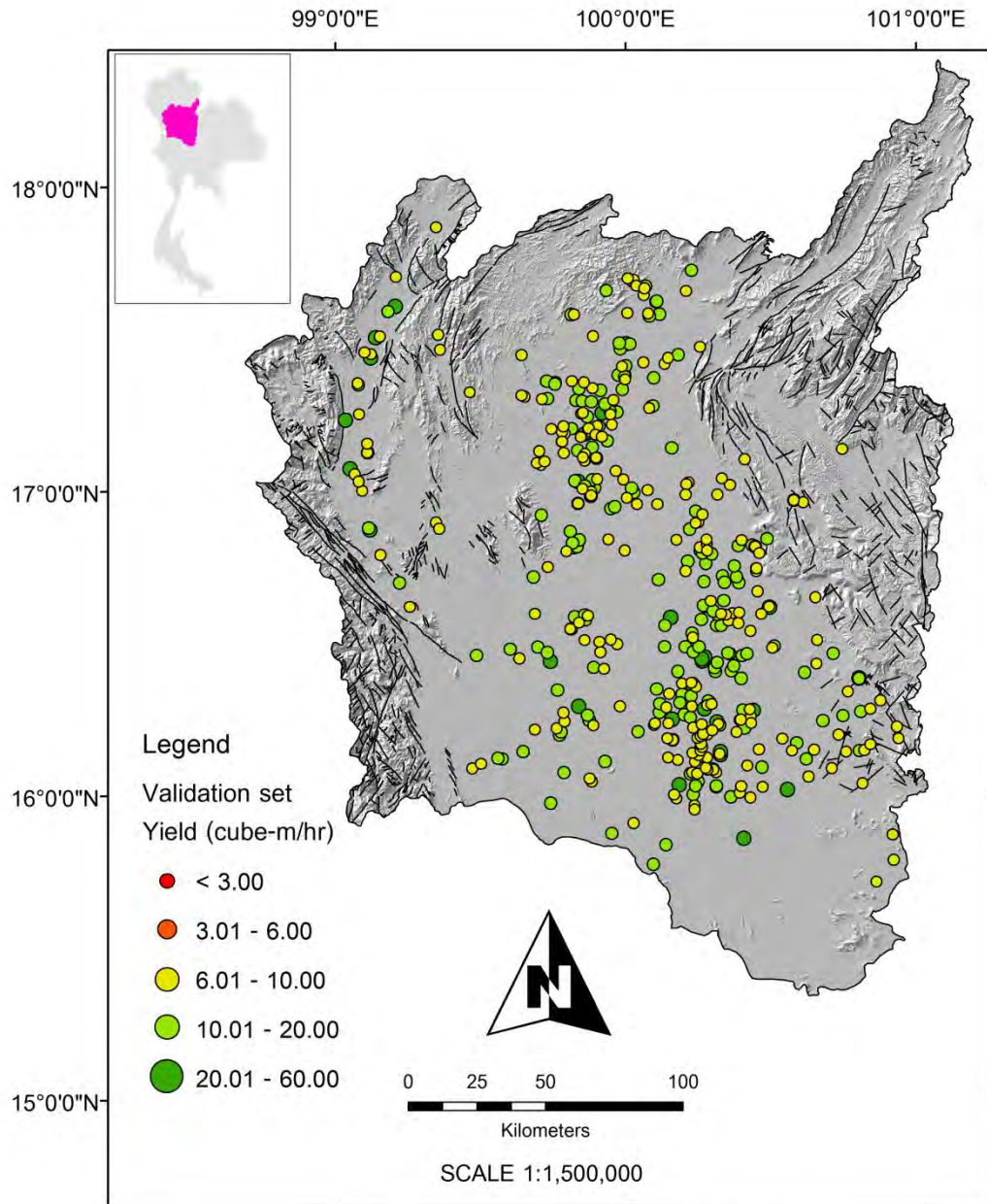


Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.2 แผนที่ตำแหน่งบ่อนบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อนบาดาล (Yield) มากกว่าเท่ากับ $6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$ จำนวน 1,443 บ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



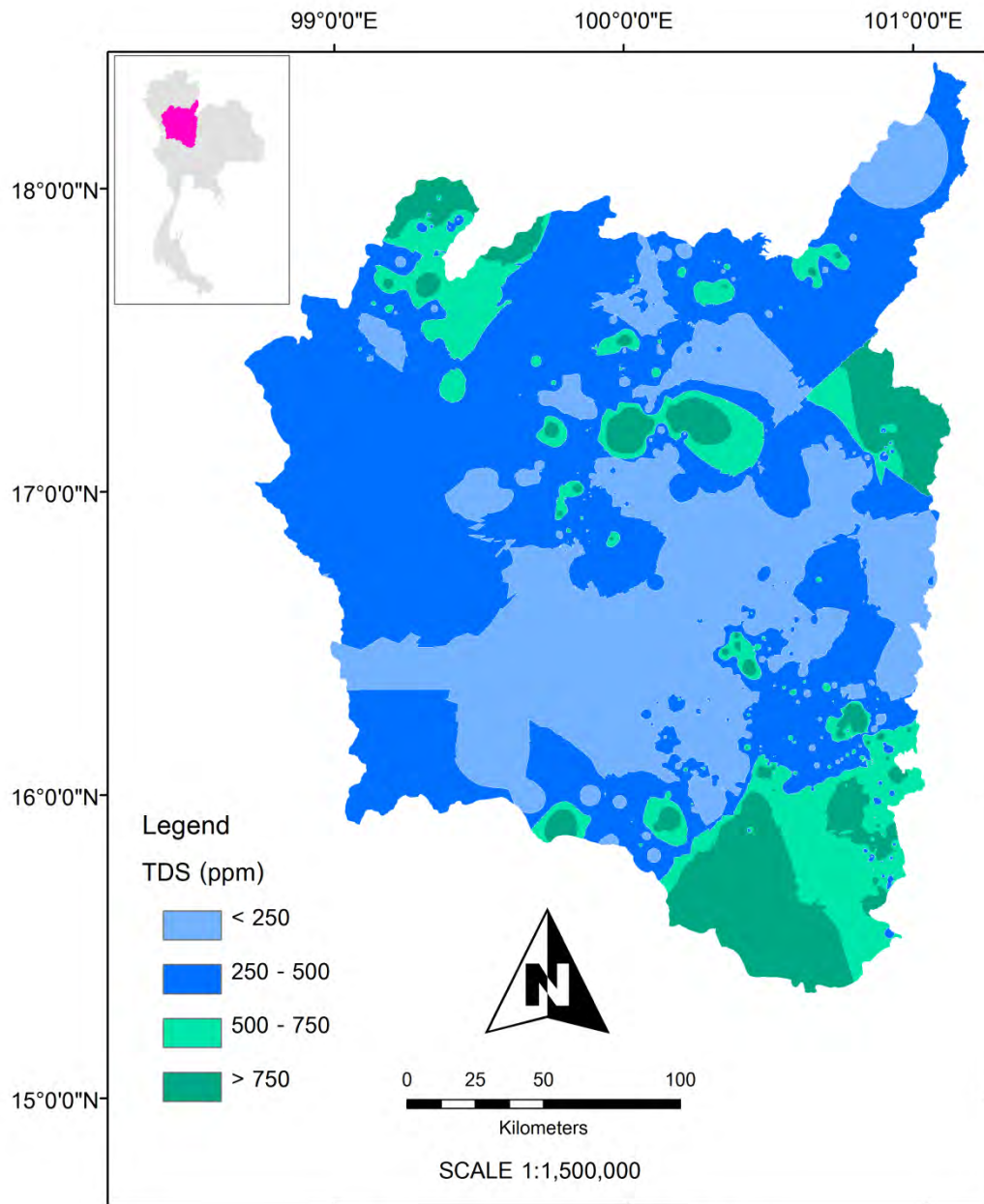
รูปที่ 4.3 แผนที่ตำแหน่งป๋อบาดาลชุดทดลอง (Training dataset)
จำนวน 1,010 ป๋อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



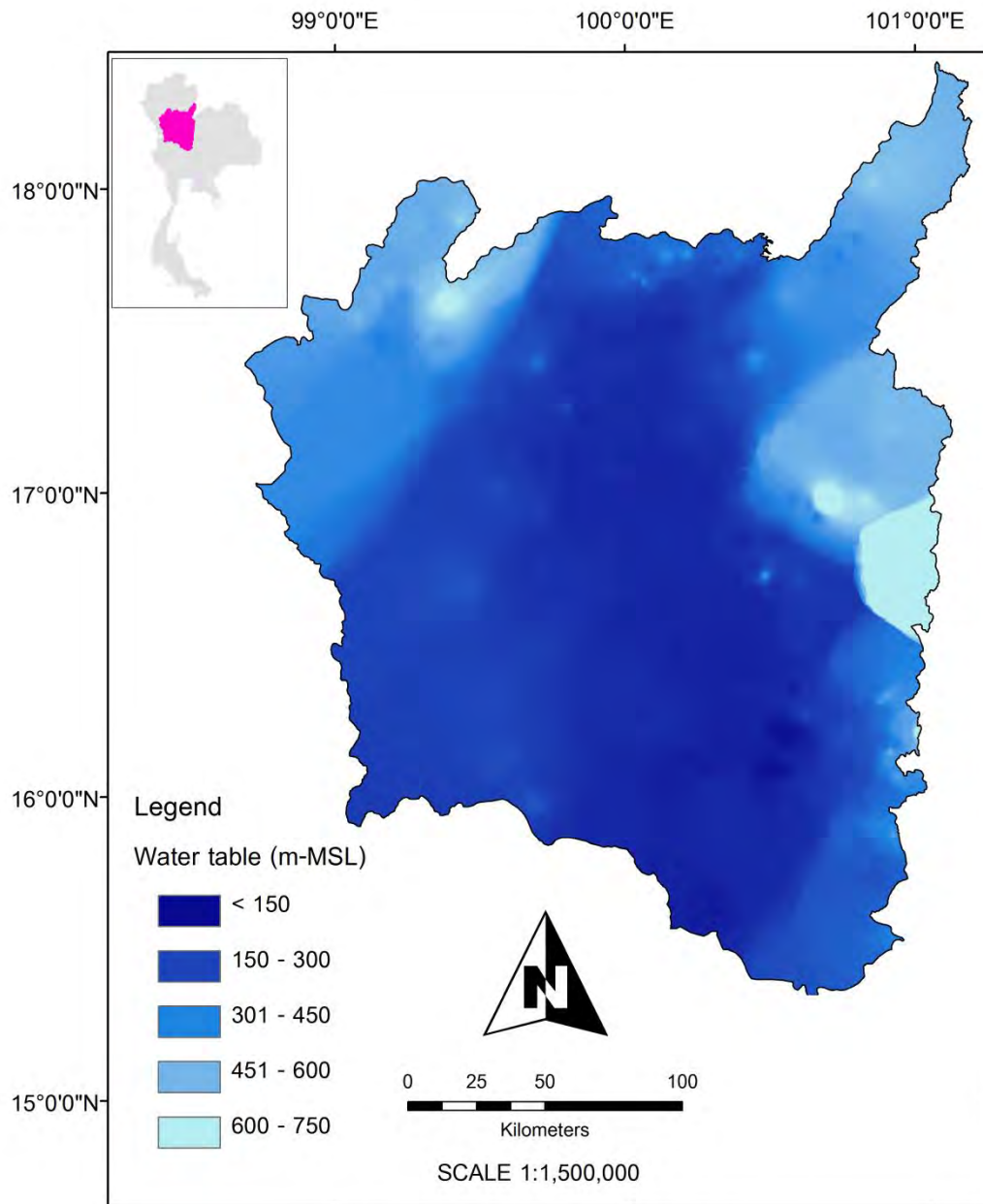
Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.4 แผนที่ตำแหน่งบ่อบาดาลชุดตรวจสอบ (Validation dataset)

จำนวน 433 บ่อ (กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2555)



รูปที่ 4.5 แผนที่เส้นชั้นระดับสารละลายรวมทั้งหมด (TDS)



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.6 แผนที่เส้นชั้นระดับน้ำบาดาล (Water table)

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การใช้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย

(ดัดแปลงจาก Manap และคณะ, 2011 และ ชฎาพร, 2555)

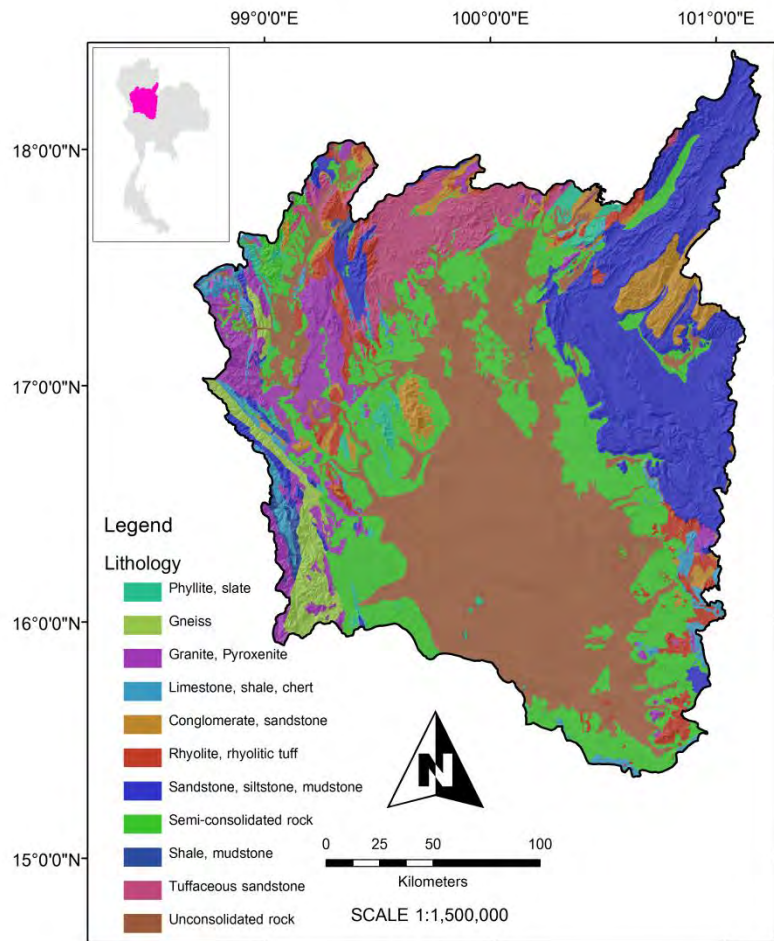
ชนิดข้อมูล	ค่าน้ำหนัก	ประเภทของข้อมูล	คะแนน
1. Lineament density (m/m ²)	9	< 0.00160 (very high)	9
		0.00160 – 0.00050 (high)	8
		0.00050 – 0.00020 (moderate)	7
		0.00020 – 0.00008 (low)	5
		> 0.00008 (very low)	4
2. Lithology	8	Unconsolidated rock	9
		Semi-consolidated rock	8
		Sandstone, siltstone, mudstone	7
		Tuffaceous sandstone	7
		Conglomerate, sandstone	6
		Shale, mudstone	5
		Phyllite, slate	4
		Limestone, shale, chert	4
		Rhyolite, rhyolitic tuff	2
		Granite, Pyroxenite	2
Gneiss	2		
3. Rainfall (mm/year)	8	1501 - 1600 mm	10
		1401 - 1500 mm	9
		1301 - 1400 mm	8
		1201 - 1300 mm	7
		1101 - 1200 mm	6
		1001 - 1100 mm	5

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การใช้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย (ต่อ)

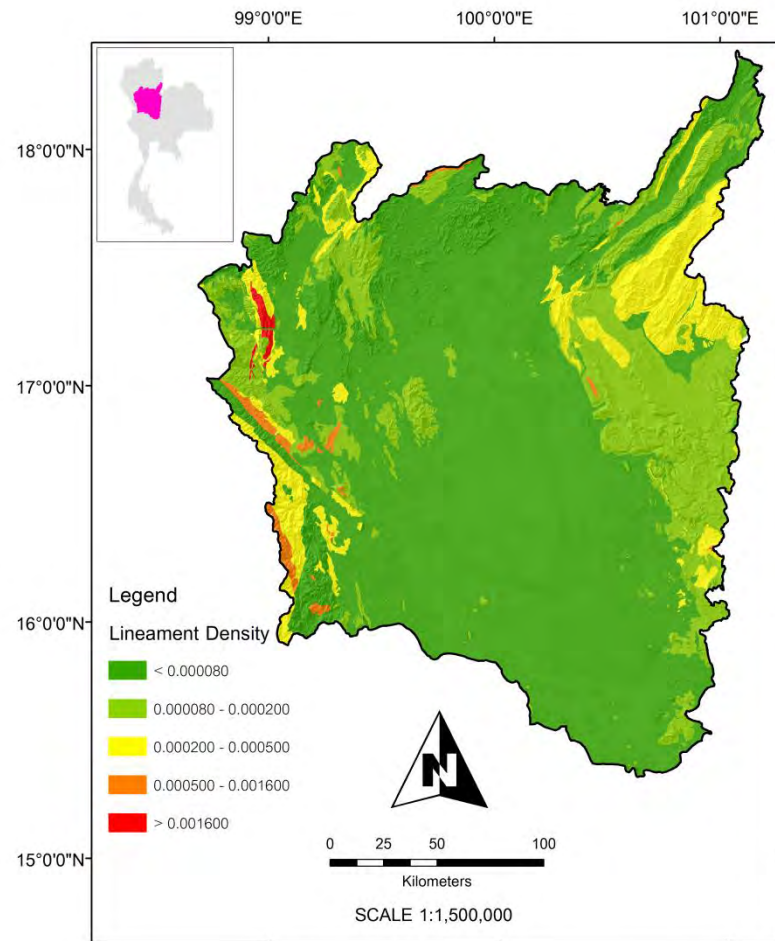
ชนิดข้อมูล	ค่าน้ำหนัก	ประเภทของข้อมูล	คะแนน
4. Geomorphology	9	Floodplain	9
		Denudational hills slope	5
		Denudational hills	5
5. Slope	4	0 – 5°	8
		5 – 15°	7
		15 – 25°	5
		25 – 35°	4
		35 – 60°	3
		60 – 90°	2
6. Elevation	4	< 20 m	9
		20 – 100 m	7
		100 – 500 m	6
		500 – 1,000 m	4
		> 1,000 m	3
7. Soil	3	clay, rock fragment	9
		rock fragment, mountain soil	9
		silt clay loam, marl	8
		sand	7
		sandy loam	7
		loam	5
		sandy clay loam	5
		clay loam	4
		mixed soil	4
clay	2		

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์การใช้ค่าน้ำหนักแต่ละปัจจัย (ต่อ)

ชนิดข้อมูล	ค่าน้ำหนัก	ประเภทของข้อมูล	คะแนน
8. Drainage density (m/m ²)	3	< 0.000480 (very low)	9
		0.000481 – 0.000830 (low)	8
		0.000831 – 0.001180 (moderate)	6
		0.001181 – 0.001530 (high)	5
		> 0.001530 (very high)	4
9. Land use	3	Agricultural land	7
		Forest	7
		Urban and building	6
		Irrigation agricultural land	5
		Water bodies	3
		Miscellaneous land	3

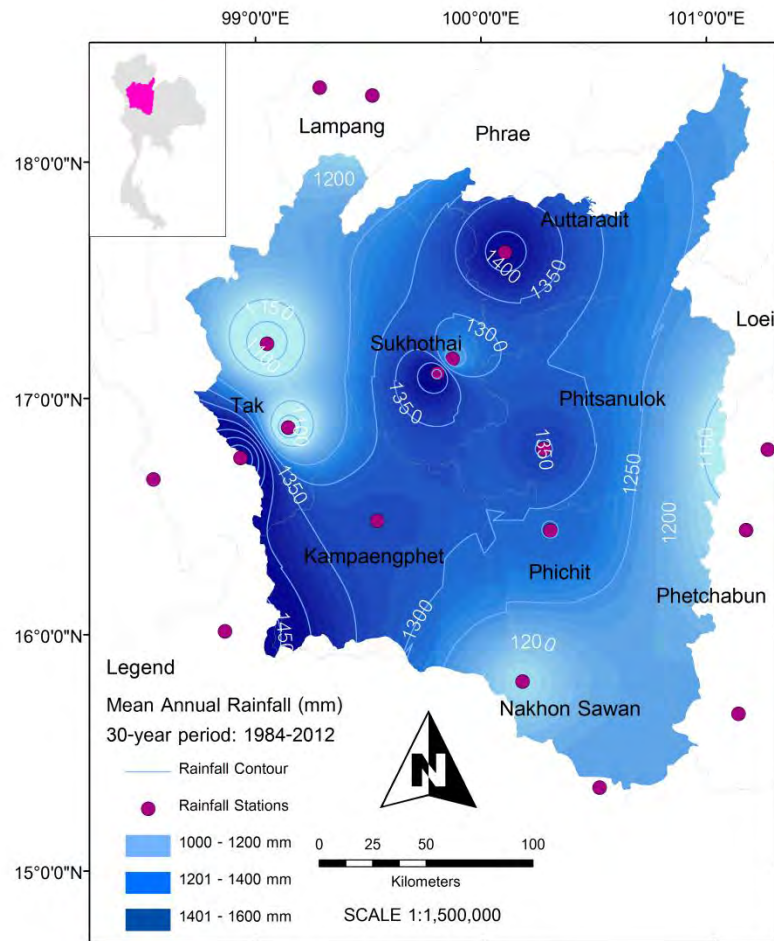


Map derived from ArcGIS 9.3 software

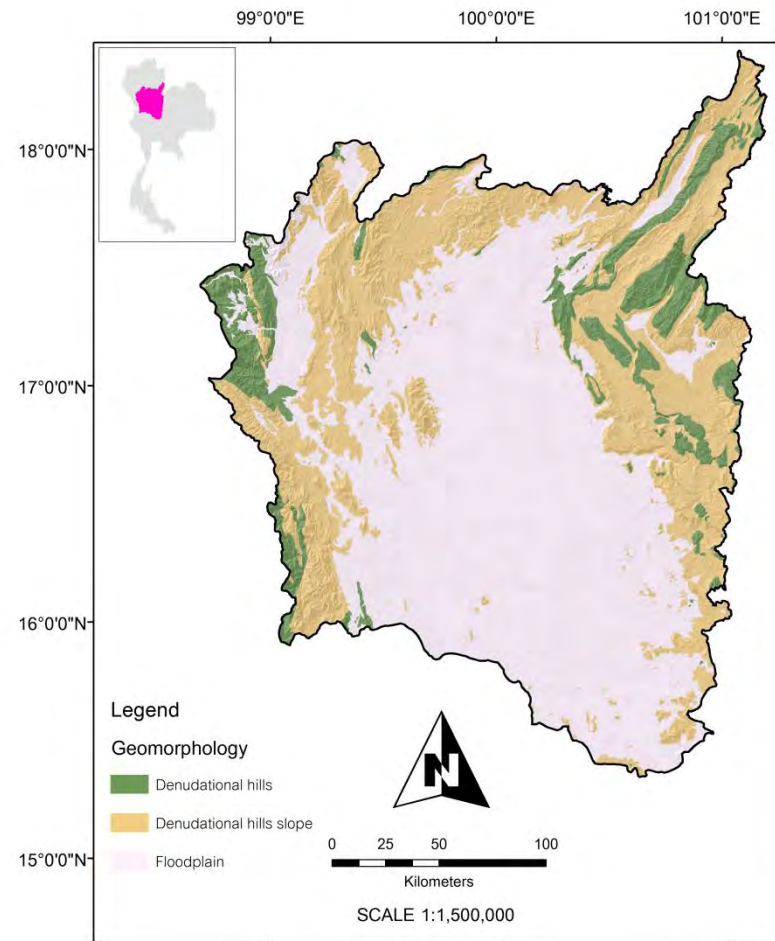


Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์

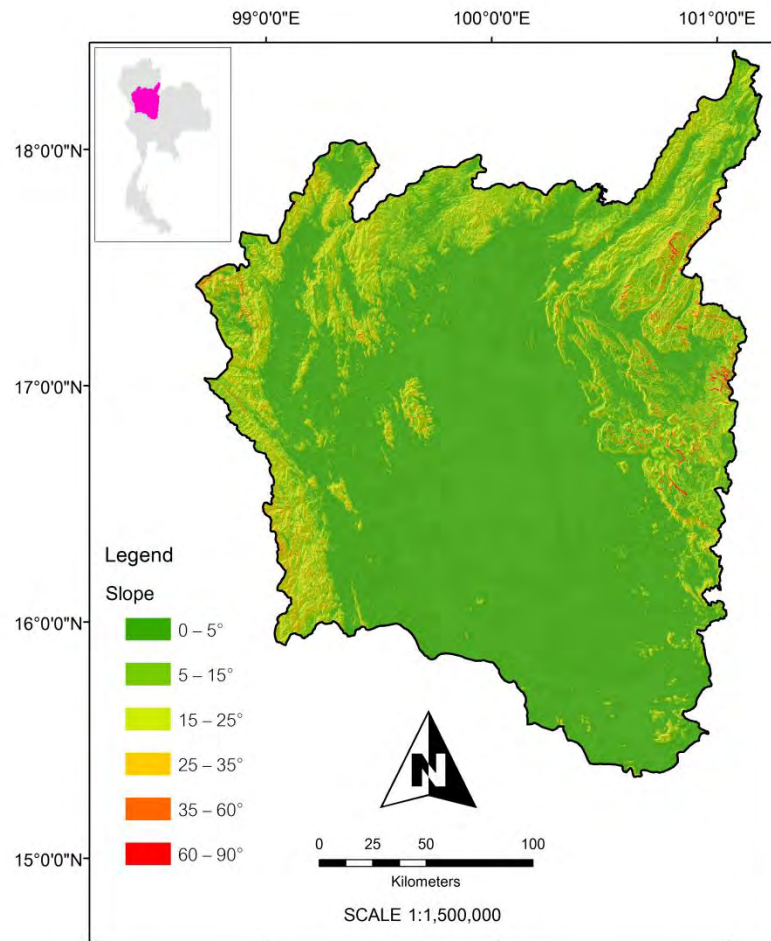


Map derived from ArcGIS 9.3 software

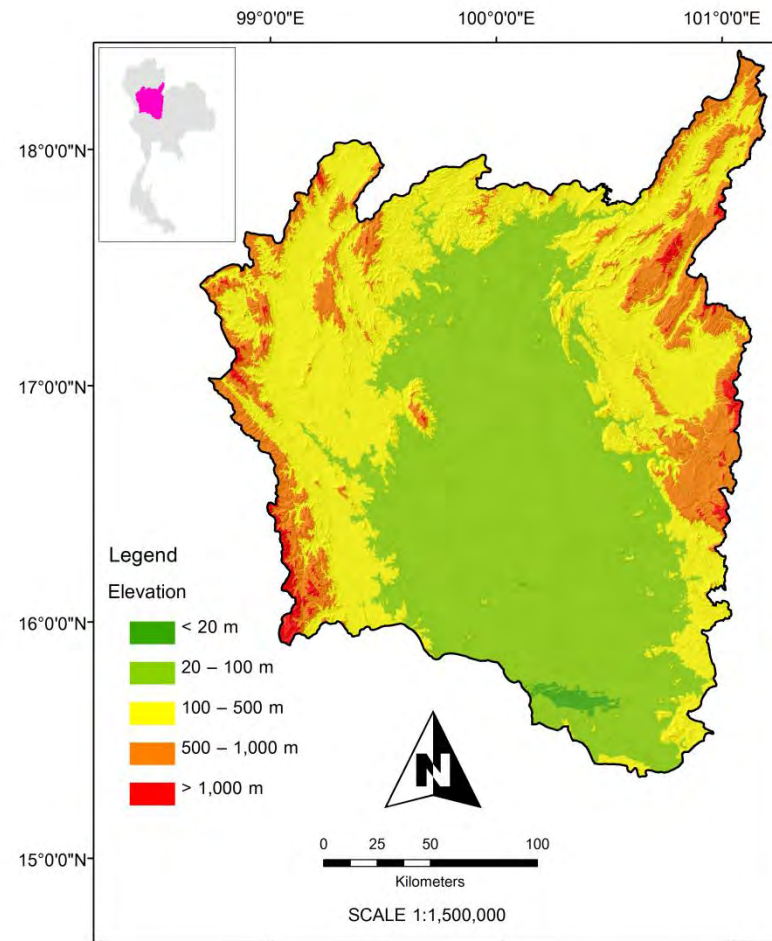


Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (ต่อ)

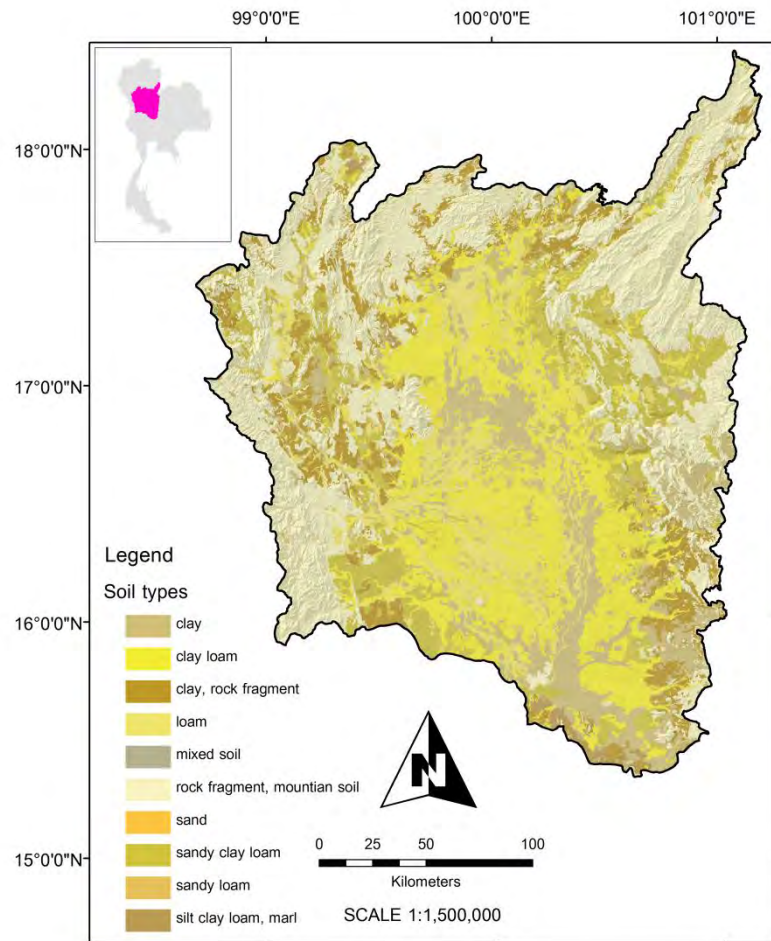


Map derived from ArcGIS 9.3 software

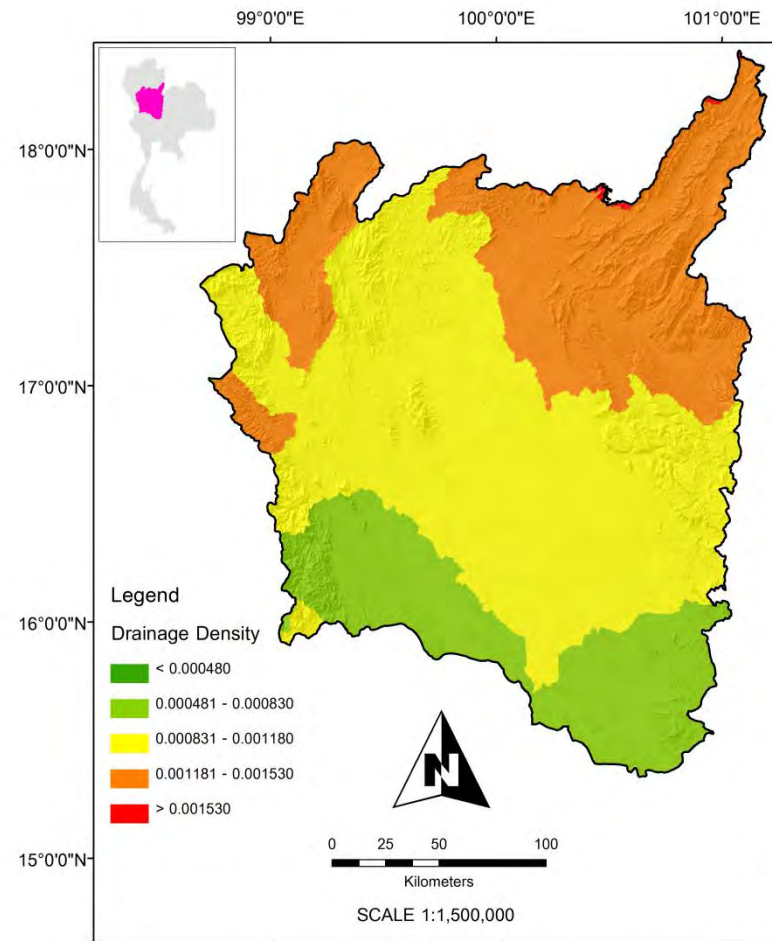


Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (ต่อ)

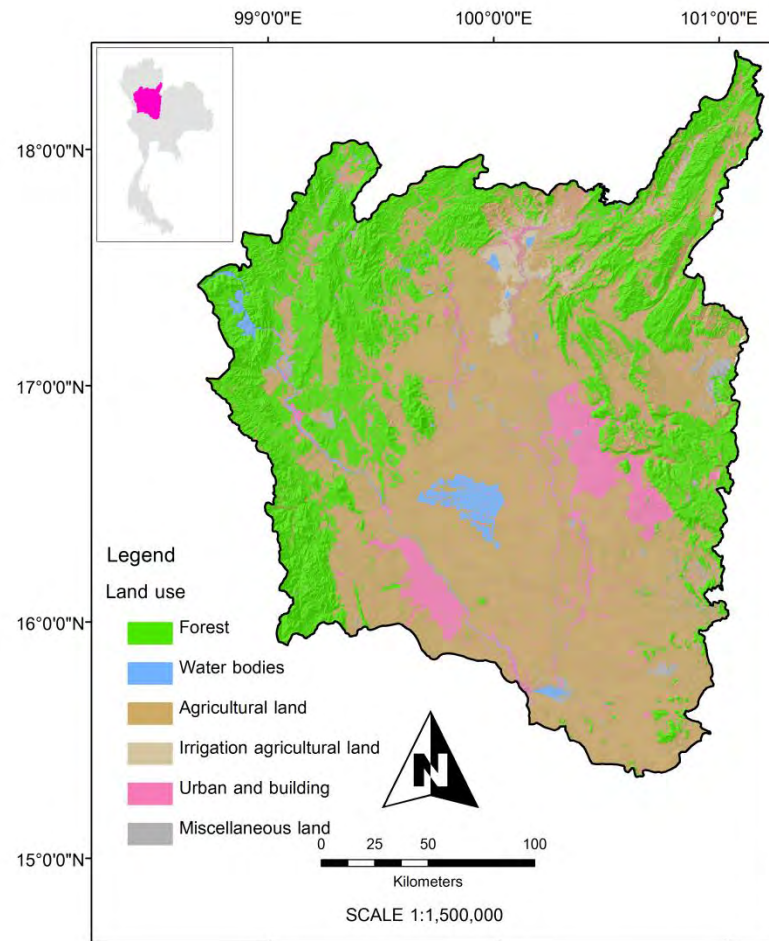


Map derived from ArcGIS 9.3 software



Map derived from ArcGIS 9.3 software

รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (ต่อ)



รูปที่ 4.7 ชั้นข้อมูลปัจจัยที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ (ต่อ)

4.2.2 ผลจากวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ (Probabilistic-based Frequency Ratio)

จากการคำนวณสัดส่วนระหว่างพื้นที่กึ่งของแต่ละปัจจัยต่อจำนวนบ่อบาดาล รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.2 นำค่า Frequency ratio เพิ่มใน Attribute table ของข้อมูลทุกชั้นปัจจัย ทำการซ้อนทับข้อมูลแบบราสเตอร์ โดยใช้คำสั่ง Spatial Analyst Tools เลือก Overlay แบบ Weighted sum และเลือก Field ที่แสดงค่า Frequency ratio จากนั้นกำหนดให้ Weight เท่ากับ 1 ทุกปัจจัย เพื่อให้ทุกปัจจัยมีน้ำหนักเท่ากัน และสามารถรวมกันได้ ทำให้ได้แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของพื้นที่ (รูปที่ 4.9) โดยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ นำค่าคะแนนจากการซ้อนทับมาทำการแบ่งเป็นช่วงระดับศักยภาพน้ำบาดาลเป็น 5 ระดับ แบบช่วงชั้นที่เท่ากัน (Equal interval) และกราฟแสดงร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในระดับที่ต่าง ๆ กัน ดังรูปที่ 4.11

แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากวิธีการถ่วงน้ำหนัก แสดงพื้นที่ศักยภาพสูงถึงสูงมากในบริเวณแอ่งกลางพื้นที่ เช่นเดียวกับ แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล แต่พบว่าบริเวณขอบแอ่งของพื้นที่ศึกษาที่เป็นพื้นที่แนวเขาสูงแผนที่จากวิธีการถ่วงน้ำหนักแสดงพื้นที่ศักยภาพปานกลางถึงต่ำ ซึ่งอีกวิธีการแสดงว่าบริเวณนั้นมีศักยภาพต่ำถึงต่ำมากและเป็นบริเวณกว้างทั้งแนวเขา

ตารางที่ 4.2 ค่าสัดส่วนความถี่ (frequency ratio) ของแต่ละปัจจัย

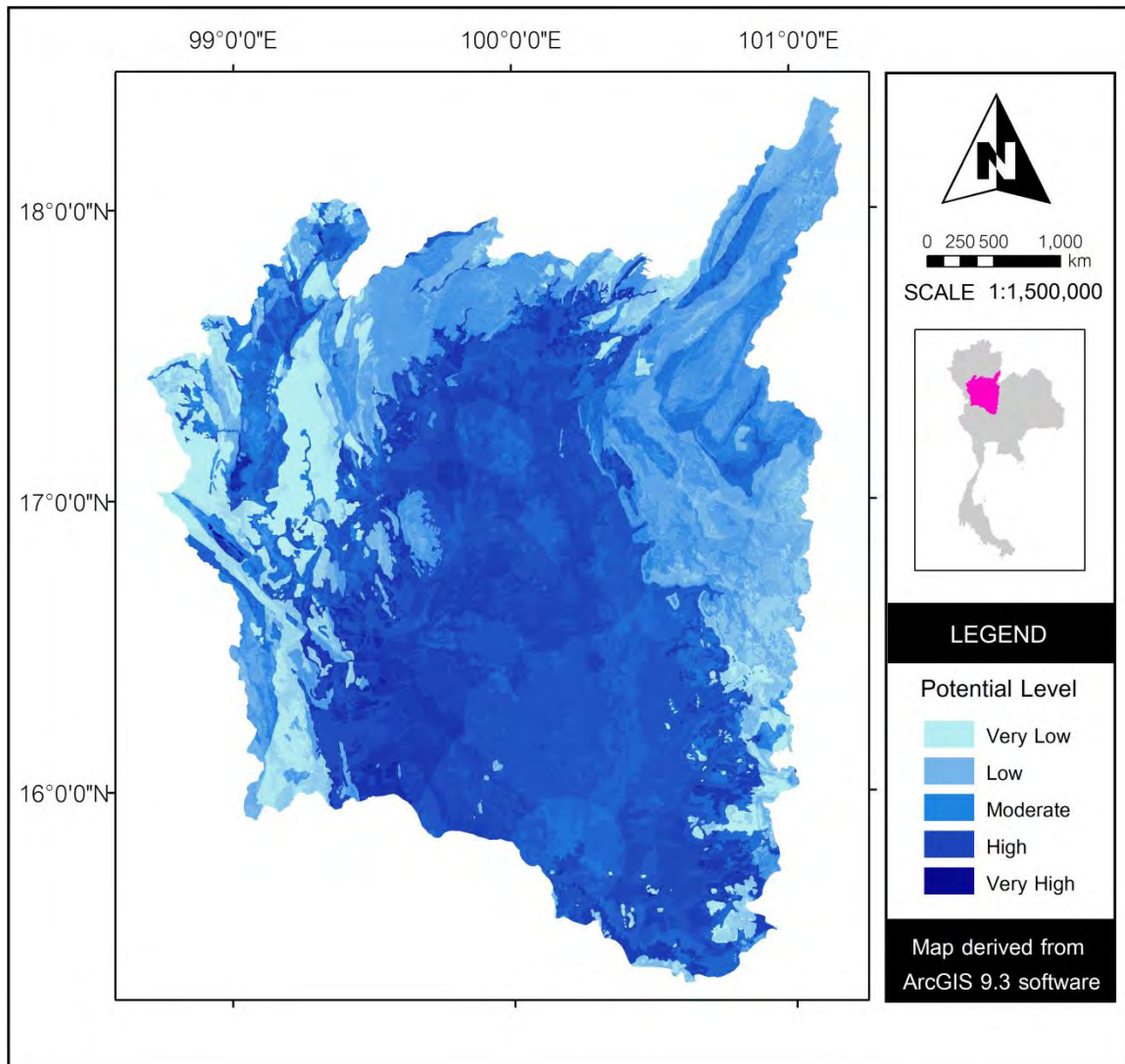
Factor	Class	Total number of area		Groundwater occurrence				Frequency Ratio 70%	Frequency Ratio 30%
				70% of total		30% of total			
		Number of pixels *	Percentage (100)	Number of well (1010)	Percentage (100)	Number of well (433)	Percentage (100)		
Lithology	Conglomerate, sandstone	869230	4	3	0	2	0	0.07	0.11
	Gneiss	519643	2	0	0	0	0	0.00	0.00
	Granite, Pyroxenite	1316724	6	2	0	1	0	0.03	0.04
	Limestone, shale, chert	511786	2	6	1	2	0	0.25	0.19
	Phyllite, slate	352706	2	2	0	0	0	0.12	0.00
	Rhyolite, rhyolitic tuff	835004	4	7	1	3	1	0.18	0.18
	Sandstone, siltstone, mudstone	3925212	18	11	1	6	1	0.06	0.08
	Semi-consolidated rock	4616009	22	175	17	83	19	0.80	0.88
	Shale, mudstone	106154	0	1	0	0	0	0.20	0.00
	Tuffaceous sandstone	1148161	5	6	1	4	1	0.11	0.17
	Unconsolidated rock	7048564	33	797	79	332	77	2.38	2.31
Slope	0 – 5°	14523822	68	992	98	428	99	1.44	1.45
	5 – 15°	3543531	17	17	2	5	1	0.10	0.07
	15 – 25°	2356716	11	1	0	0	0	0.01	0.00
	25 – 35°	684909	3	0	0	0	0	0.00	0.00
	35 – 60°	165946	1	0	0	0	0	0.00	0.00
	60 – 90°	22514	0	0	0	0	0	0.00	0.00

ตารางที่ 4.2 ค่าสัดส่วนความถี่ (frequency ratio) ของแต่ละปัจจัย (ต่อ)

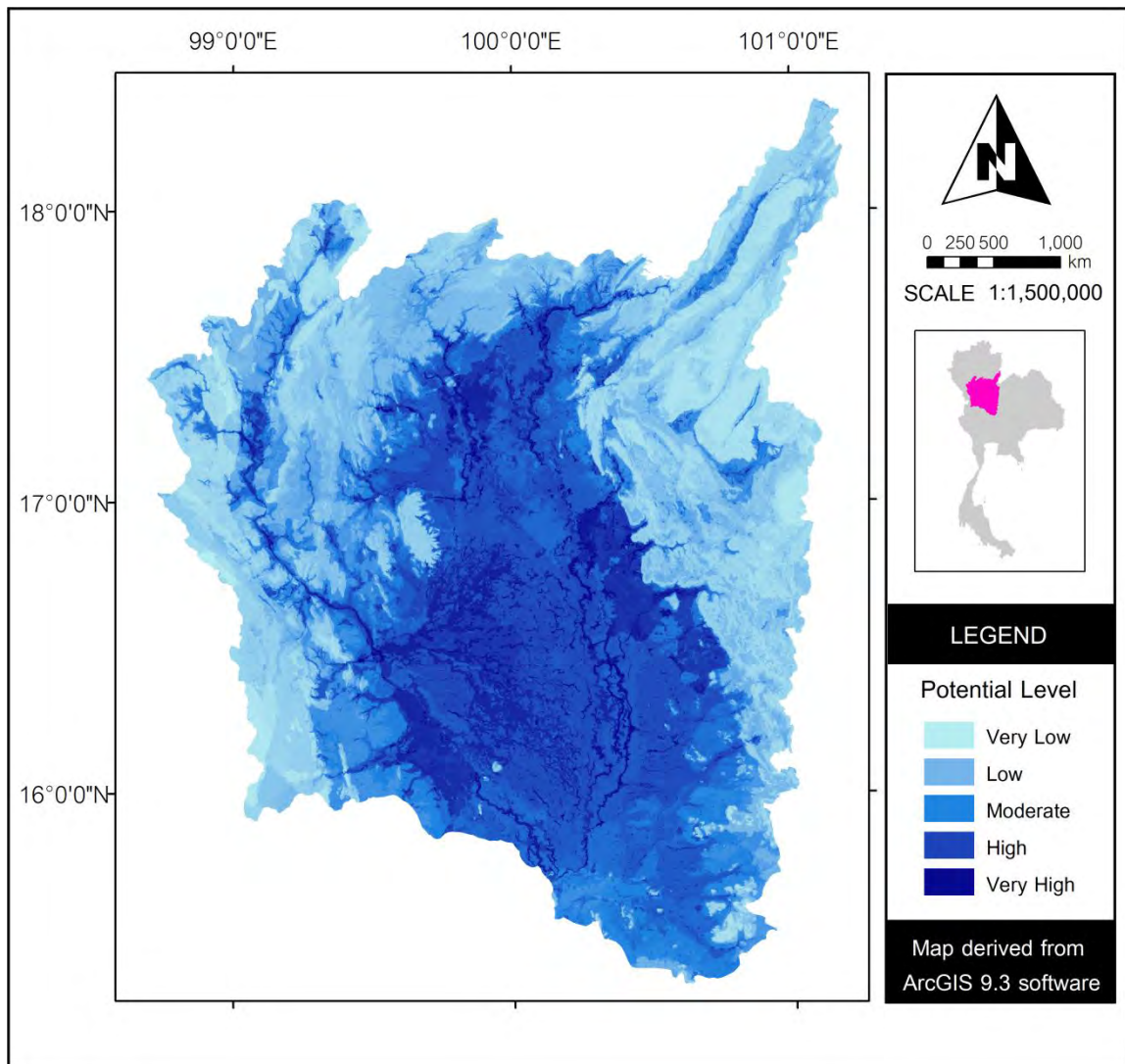
Factor	Class	Total number of area		Groundwater occurrence				Frequency Ratio 70%	Frequency Ratio 30%
		Number of pixels *	Percentage (100)	70% of total		30% of total			
				Number of well (1010)	Percentage (100)	Number of well (433)	Percentage (100)		
Lineament density (m ² / m)	< 0.00008	14716676	69	982	97	417	96	1.40	1.39
	0.00020 – 0.00008	4293770	20	23	2	12	3	0.11	0.14
	0.00050 – 0.00020	1960162	9	5	0	4	1	0.05	0.10
	0.00160 – 0.00050	216769	1	0	0	0	0	0.00	0.00
	> 0.00160	61852	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Rainfall (mm/year)	1001 - 1100	148008	1	17	2	4	1	2.42	1.33
	1101 - 1200	2682704	13	60	6	24	6	0.47	0.44
	1201 - 1300	10746123	51	468	46	203	47	0.92	0.93
	1301 - 1400	7312155	34	446	44	197	45	1.29	1.32
	1401 - 1500	353258	2	19	2	5	1	1.13	0.70
	1501 - 1600	36996	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Elevation	< 20 m	113609	1	0	0	0	0	0.00	0.00
	20 – 100 m	9857436	46	888	88	384	89	1.90	1.92
	100 – 500 m	8213995	39	121	12	49	11	0.31	0.29
	500 – 1,000 m	2788997	13	1	0	0	0	0.01	0.00
	> 1,000 m	337358	2	0	0	0	0	0.00	0.00
Geomorphology	Floodplain	11881048	56	973	96	415	96	1.72	1.71
	Denudational hills slope	7242907	34	37	4	18	4	0.11	0.12
	Denudational hills	2127720	10	0	0	0	0	0.00	0.00

ตารางที่ 4.2 ค่าสัดส่วนความถี่ (frequency ratio) ของแต่ละปัจจัย (ต่อ)

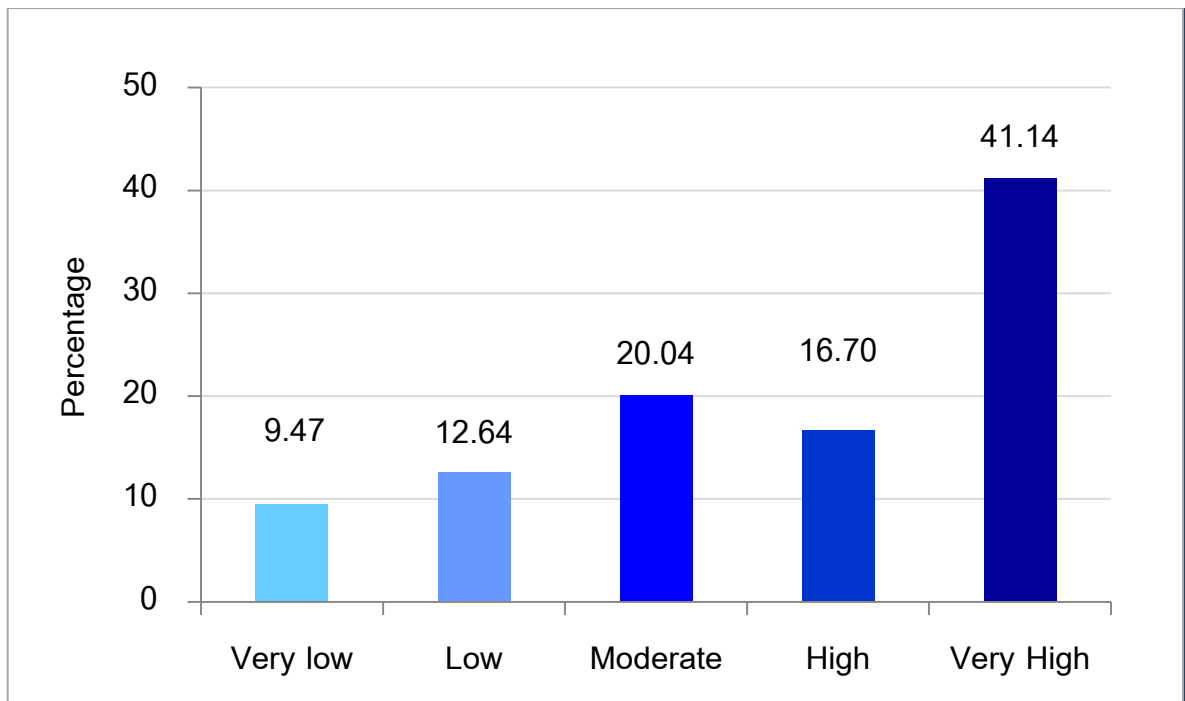
Factor	Class	Total number of area		Groundwater occurrence				Frequency Ratio 70%	Frequency Ratio 30%
				70% of total		30% of total			
		Number of pixels *	Percentage (100)	Number of well (1010)	Percentage (100)	Number of well (433)	Percentage (100)		
Soil	clay	2960083	14	150	15	49	11	1.07	0.81
	clay loam	4346048	20	342	34	179	41	1.66	2.02
	clay, rock fragment	1838938	9	31	3	19	4	0.35	0.51
	loam	1934264	9	401	40	154	36	4.36	3.91
	mixed soil	2331	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	rock fragment, mountain soil	7522387	35	28	3	14	3	0.08	0.09
	sand	9328	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	sandy clay loam	2488030	12	57	6	18	4	0.48	0.36
	sandy loam	18179	0	1	0	0	0	1.16	0.00
	silt clay loam, marl	136074	1	0	0	0	0	0.00	0.00
Land use	Forest	7623470	36	24	2	11	3	0.07	0.07
	Agricultural land	11098711	52	595	59	271	63	1.13	1.20
	Irrigation agricultural land	328604	2	24	2	7	2	1.54	1.05
	Miscellaneous land	348444	2	6	1	8	2	0.36	1.13
	Urban and building	1424499	7	312	31	117	27	4.61	4.03
	Water bodies	431933	2	49	5	19	4	2.39	2.16
Drainage density (m2/ m)	< 0.000480	3310	0	0	0	0	0	0.00	0.00
	0.000481 – 0.000830	3934668	19	53	5	24	6	0.28	0.30
	0.000831 – 0.001180	10928871	51	788	78	352	81	1.52	1.58
	0.001181 – 0.001530	6356139	30	169	17	57	13	0.56	0.44
	> 0.001530	38716	0	0	0	0	0	0.00	0.00



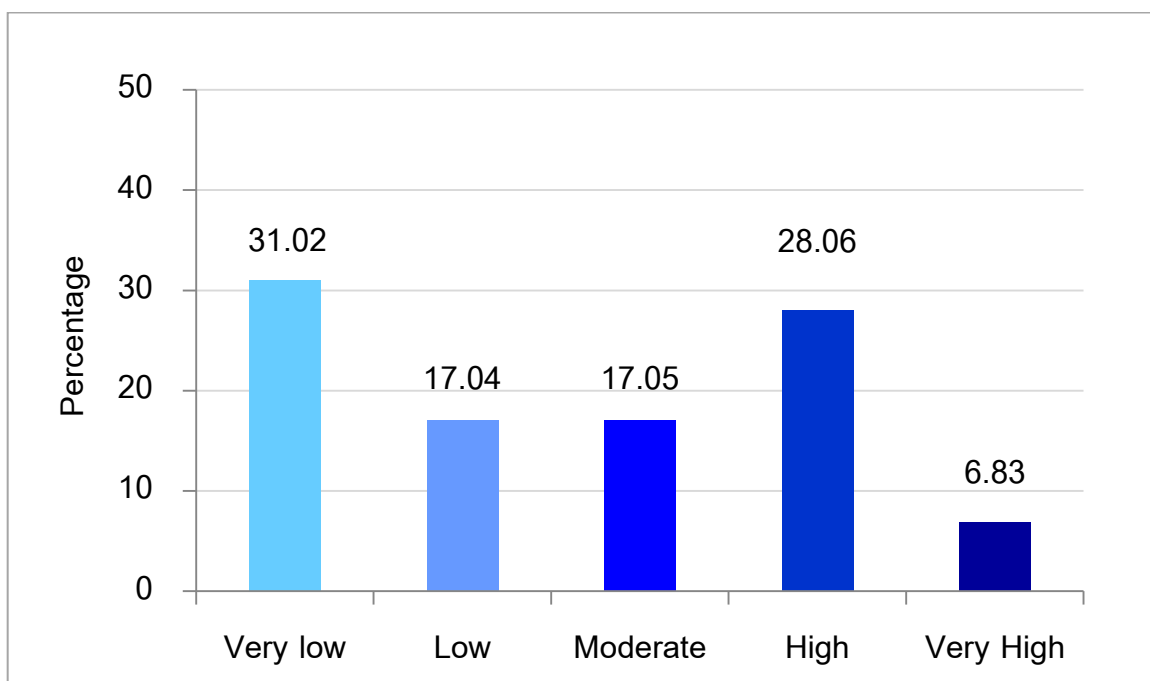
รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงศักยภาพภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบนที่ได้จากวิธีการถ่วงน้ำหนักแต่ละปัจจัย



รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงศักยภาพน้ำบาดาลเชิงปริมาณของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบนที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความเป็นไปได้ในการเกิดแหล่งน้ำบาดาล



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ
ด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงสัดส่วนร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ
ด้วยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้

4.3 ผลการตรวจสอบความถูกต้อง

4.3.1 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการถ่วงน้ำหนักของแต่ละปัจจัย

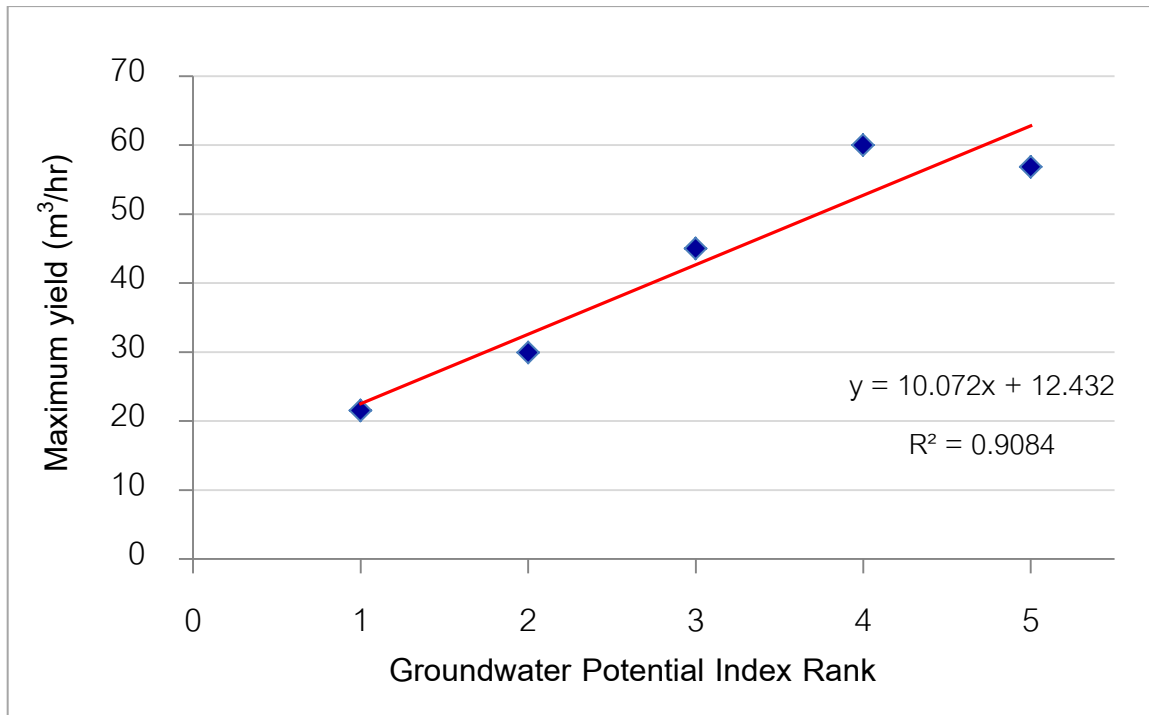
ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ศักยภาพ จากการเทียบค่ากับปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (yield) จำนวนทั้งหมด 4,103 บ่อ พบว่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาลมีความสอดคล้องกับระดับศักยภาพน้ำบาดาลอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเท่ากับ 0.91 เมื่อเทียบกับอัตราสูงสุดของค่าปริมาณการให้น้ำ (รูปที่ 4.12) และเท่ากับ 0.85 เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณการให้น้ำ (รูปที่ 4.13) ซึ่งถือว่ามีความถูกต้องอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก

4.3.2 การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล

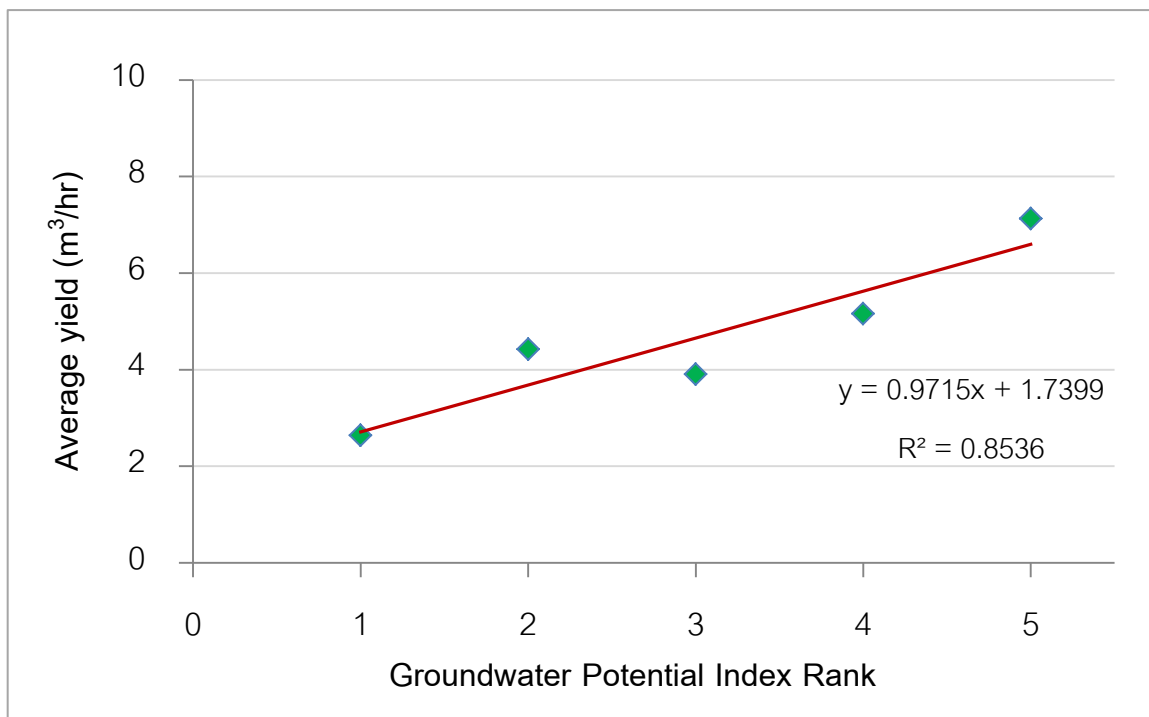
เปรียบเทียบข้อมูลจำนวนบ่อบาดาลทั้งจากชุดข้อมูลทดลองและชุดข้อมูลตรวจสอบกับแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาล โดยแสดงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับกับจำนวนบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าเท่ากับ $6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$ ดังรูปที่ 4.13 โดยผลคำนวณค่าความถูกต้องจากพื้นที่ใต้กราฟของชุดข้อมูลทดลองและชุดข้อมูลตรวจสอบเท่ากับร้อยละ 58.75 และ 56.39 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 ผลการตรวจสอบแผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการถ่วงน้ำหนัก โดยใช้ค่าปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล (yield)

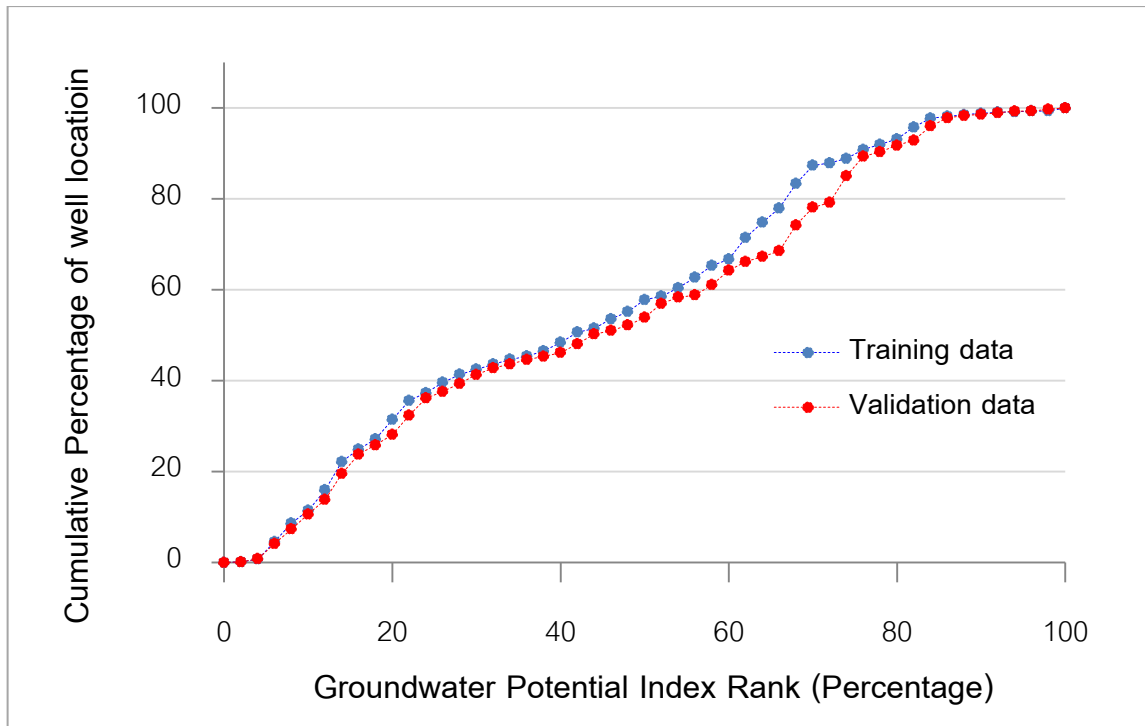
ระดับของศักยภาพ	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
จำนวนบ่อ	157	130	266	1069	2481
อัตราต่ำสุดของค่าปริมาณการให้น้ำ (m^3/hr)	0.30	1.00	0.92	0.58	0.23
อัตราสูงสุดของค่าปริมาณการให้น้ำ (m^3/hr)	21.50	29.92	45.00	60.00	56.82
ค่าเฉลี่ยของค่าปริมาณการให้น้ำ (m^3/hr)	2.64	4.43	3.91	5.16	7.13
ค่ามัธยฐานของค่าปริมาณการให้น้ำ (m^3/hr)	2.00	3.00	3.00	3.41	6.00



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ
กับ ค่าปริมาณการให้น้ำสูงสุดของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ
กับ ค่าเฉลี่ยปริมาณการให้น้ำของบ่อบาดาล



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลในแต่ละระดับ กับ จำนวนบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำมากกว่าเท่ากับ $6.82 \text{ m}^3/\text{hr}$

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผล

5.1 อภิปรายและสรุปผล

การประยุกต์ใช้เทคนิคระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการประเมินพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบนครั้งนี้ ได้แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการถ่วงน้ำหนัก และ วิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ในการเกิดน้ำบาดาล ซึ่งพิจารณาร่วมกับปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและกักเก็บน้ำบาดาล ทั้งเชิงคุณภาพ ได้แก่ ค่า TDS และในเชิงปริมาณที่เลือกใช้ปัจจัยทั้ง 9 ชนิด ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายคาบ 30 ปี (2526 – 2555) ความลาดชัน ระดับความสูงของพื้นที่ ลักษณะธรณีสัณฐาน ความหนาแน่นโครงสร้างเชิงเส้น ความหนาแน่นของทางน้ำ ชนิดดิน ชนิดหิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ทำให้ได้แผนที่แสดงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากทั้งสองวิธีการ สามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ ดังนี้

1. แผนที่ศักยภาพน้ำบาดาลจากวิธีการถ่วงน้ำหนัก (Weighting) สามารถแบ่งเป็นช่วงระดับศักยภาพน้ำบาดาลเป็น 5 ระดับ คือ ระดับต่ำมาก ต่ำ กลาง สูง และสูงมาก ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 9.47, 12.64, 20.04, 16.70 และ 41.14 ตามลำดับ

2. ค่าสัดส่วนความถี่ (Frequency ratio) จากวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ จะแสดงถึงระดับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเชิงพื้นที่ต่อส่งผลในการเกิดและการกักเก็บน้ำบาดาล โดยพบว่าค่าสัดส่วนความถี่มีค่าสูงสุดในชั้นปัจจัยของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในส่วนของพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และชั้นข้อมูลชนิดดินแบบดินร่วน (loam) ซึ่งน่าจะมีอิทธิพลต่อระดับศักยภาพมากที่สุด

แต่จากการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแผนที่ทั้งสอง พบว่าวิธีการถ่วงน้ำหนักมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจคิดเป็นความแม่นยำร้อยละ 85 ซึ่งสูงกว่าวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ จึงสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อศักยภาพน้ำบาดาลมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยความหนาแน่นโครงสร้างเชิงในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Manap และคณะ (2011)

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการวิเคราะห์ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยวิธีการวิเคราะห์สัดส่วนความถี่ของความเป็นไปได้ นั้น ได้ทำการวิเคราะห์จากจำนวนบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำสูงกว่าค่ามัธยฐานของข้อมูล ทั้งหมด ซึ่งในกรณีที่มีจำนวนบ่อของบ่อบาดาลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำต่ำในปริมาณมาก ๆ ก็จะทำให้ค่ามัธยฐานต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องตัดข้อมูลที่มีค่าปริมาณการให้น้ำต่ำกว่าเท่ากับ 2.00 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงออก เนื่องจากเป็นบ่อที่มีปริมาณการให้น้ำต่ำที่ไม่เหมาะสมแก่การพัฒนาบ่อบาดาลในอนาคต

2. การเลือกใช้ค่าความสามารถในการจ่ายน้ำจำเพาะ (Groundwater Specific Capacity, SPC) อาจมีความเหมาะสมในการนำมาวิเคราะห์ และตรวจสอบข้อมูล เนื่องจากเป็นค่าที่มีความจำเพาะของข้อมูลมากกว่าค่าปริมาณการให้น้ำ (yield) จากงานวิจัยของ Oh และคณะ, 2011

บรรณานุกรม

- Manap, M.A., Sulaiman, W.N.A., Ramli, M.F., Pradhan, B., Surip, N., (2011). A knowledge-driven GIS modeling technique for groundwater potential mapping at the upper Langat Basin, Malaysia. Arab J Geosci (2013) 6 (5): 1621 – 1637.
- Manap, M.A., Nampak, H., Pradhan, B., Saro, L., Sulaiman, W.N.A., Ramli, M.F., (2012). Application of probabilistic-based frequency ratio model in groundwater potential mapping using remote sensing data and GIS. Arab J Geosci. DOI 10/1007s12517-012-0795-z
- Oh, H-J, Kim, Y-S, Choi, J-K, Park, E, Lee, S. (2011). GIS mapping of regional probabilistic groundwater potential in the area of Pohang City, Korea. Hydrogeology Journal 399 (3-4): 158-172.
- Ozdemir A., (2011). GIS-based groundwater spring potential mapping in the Sultan Mountains (Konya, Turkey) using frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods and their comparison. Journal of Hydrology 411 (2011): 290-308
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2553). รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 1 โครงการศึกษาสำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียด มาตรฐาน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 2: เพชรบูรณ์ พิษณุโลก พิจิตร. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.thaigwmap.com/area01/pdf/area2/GW3_ProgressI.pdf
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2554). รายงานความก้าวหน้าฉบับที่ 3 โครงการศึกษาสำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียด มาตรฐาน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 3: นครสวรรค์ ตาก กำแพงเพชร. (ออนไลน์). สืบค้นจาก http://www.thaigwmap.com/area01/pdf/area3/รายงานความก้าวหน้าฉบับที่_3.pdf
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2555). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการศึกษาสำรวจ และจัดทำแผนที่น้ำบาดาลชั้นรายละเอียด มาตรฐาน 1:50,000 (พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนบน) พื้นที่ 1: อุตรดิตถ์ สุโขทัย ลำปาง. (ออนไลน์). สืบค้นจาก <http://www.thaigwmap.com/area01/default.html>

ชฎาพร บุษราคัม. (2555). การประเมินศักยภาพน้ำบาดาลของแอ่งน้ำบาดาลแพร์ โดยใช้เทคนิคสารสนเทศภูมิศาสตร์. โครงการงานปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรอุษา อุดมศิลป์, ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์, เกียรติศักดิ์ ศรีสุข และ ฉลอง บัวผัน. (2546). การสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ศักยภาพน้ำบาดาลด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, ปีที่ 5 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม 2547, หน้า 33 – 46.