วช.
NRCT

รายงานการวิจัย

การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืน ในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม

(กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม)

THE SUSTAINABLE CONJUNCTIVE USE OF GROUNDWATER AND SURFACE WATER IN SOIL SALINE PROBLEM AREA

(A CASE STUDY ON LOWER NAM KAM RIVER BASIN AREA, NAKHON PANOM PROVINCE)

ทรงวุฒิ แสงจันทร์ และคณะ
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

พ.ศ. 2551

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยซึ่งได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2551 ในการทำโครงการวิจัยเรื่อง "การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม : กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม" ขอขอบพระคุณคณะผู้ตรวจสอบทางวิชาการ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติในการพิจารณาให้ได้รับทุนวิจัย ให้ข้อคิดเห็นในการทำวิจัย ตลอดจนให้ข้อเสนอแนะ และตรวจสอบในการทำรายงานวิจัยฉบับนี้ให้ถูกต้องเป็นที่เรียบร้อย

ขอขอบพระคุณกรมชลประทาน และโครงการประตูระบายน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง สำนักงานเกษตร และสำนักงานอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครพนม ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ Professor Dr. Tsutomu ICHIKAWA, Dean School of Engineering, Kyushu Tokai University, Japan ที่ปรึกษาโครงการวิจัยที่ได้เสนอคำแนะนำ และแนวทางในการทำวิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนในการทำโครงการวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

โครงการวิจัยเรื่อง การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม (กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม)

The Sustainable Conjunctive Use of Groundwater and Surface Water in Soil Saline Problem Area (A Case Study on Lower Nam Kam River Basin Area, Nakhon Panom Province)

ชื่อผู้วิจัย

1. ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ (Ph.D. in Agricultural Engineering)
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารทหารลาดกระบัง
   โทรศัพท์ 02-329 8337
2. ผศ.ดร.ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ (Dr. of Eng. in Science and Engineering)
   ส่วนวางโครงการ สำนักงานโครงการ กรมชลประทาน โทรศัพท์ 02-2413354
3. รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น
   มหาวิทยาลัยนเรศวร โทรศัพท์ 055 9644055
4. ดร.กัมปนาท ขวัญศิริกุล (Ph.D. in Geology)
   สำนักสำรวจวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน โทรศัพท์ 02-2413354
5. ดร.สุดธิดา เปลี่ยนคารมย์ ธนทรัพย์สิ (Ph.D. in Environmental Engineering)
   สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน
6. นาย วราเดช แสงบุญ (วศ.ม. วิศวกรรมเกษตร)
   มหาวิทยาลัยนครพนม โทรศัพท์ 042 543222
7. Prof.Dr.Tsutomu Ichikawa (Dr. of Eng. in Civil Engineering)
   Kyushu Tokai University, JAPAN โทรศัพท์ 81-96-386-2706

บทคัดย่อ

พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนมเนื้อที่ประมาณ 1,100 ตร.กม. ซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีการใช้น้ำแบบผสมผสานทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน แต่เนื่องจากพื้นที่บางแห่งมีปัญหาด้านคุณภาพน้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มสูง (มีการทำนาเกลือในฤดูแล้ง) และแหล่งน้ำผิวดินบางแห่งมีการปนเปื้อนของเกลือจนเกินความเหมาะสมสำหรับการทำเกษตรกรรม

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณภาพดิน คุณภาพน้ำ (ทั้งผิวดินและใต้ดิน) วิเคราะห์กลไกการขึ้นมาของชั้นเกลือใต้พื้นดิน และปริมาณความต้องการน้ำเพื่อทำการเกษตรของพื้นที่ชลประทาน

ของโครงการอ่างเก็บน้ำก่ำตอนล่าง ในพื้นที่อำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนคร อำเภอนาแก และอำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม

ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ และการจำแนกเนื้อดินตามระบบ USDA เมื่อพิจารณาความเหมาะสมของดินในการทำเกษตรจากค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) พื้นที่ส่วนใหญ่ดินมีคุณสมบัติอยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ยกเว้นบริเวณพื้นที่ทำนาเกลืออยู่ในระดับไม่น่าจะนำมาใช้ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง

ได้พิจารณาคุณภาพน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน (50 ตัวอย่าง) น้ำผิวดิน (25 ตัวอย่าง) และน้ำใต้ดิน (35 ตัวอย่าง) ครอบคลุมในพื้นที่ศึกษาในช่วง 2 ฤดูกาล ผลการวิเคราะห์ค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผิวดินในช่วงฤดูฝน มีค่าระหว่าง 19.4 - 298.0 μS/cm และในช่วงฤดูแล้งมีค่าระหว่าง 30.3 – 62,400.0 μS/cm ค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ดินในช่วงฤดูฝนมีค่าระหว่าง 56 - 173,600 μS/cm และ ในช่วงฤดูแล้งมีค่าระหว่าง 29 - 117,900 μS/cm ผู้วิจัยเลือกใช้ Medium sensitivity ประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินเพื่อการชลประทาน พบว่าไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ โดยพบว่าน้ำผิวดินทุกจุดเก็บอย่าง มีค่า EC : SAR อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่าการนำน้ำผิวดินมาใช้เพื่อการชลประทานมีข้อจำกัดอย่างมาก เนื่องจากปัญหาจากการที่น้ำซึมผ่านได้ยากส่งผลให้ดินแข็งแน่น และเป็นอุปสรรคต่อการงอกของพืช ในน้ำใต้ดินพบว่าในช่วงฤดูฝนมีน้ำใต้ดินจำนวน 12 แห่ง และในช่วงฤดูแล้งจำนวน 4 แห่งที่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทานได้

ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำทางการเกษตร แหล่งน้ำ และปัญหาคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่โดยใช้แบบสอบถามและสัมภาษณ์เกษตรกร ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ WUSMO คำนวณความต้องการน้ำของพืช และแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Basin คำนวณสมดุลน้ำในลำน้ำและอ่างเก็บน้ำ พบว่าพื้นที่ชลประทาน (85,300 ไร่) และพื้นที่นอกเขตชลประทาน (348,554 ไร่) มีความต้องการน้ำรวมตลอดทั้งปีประมาณ 111.95 ล้านลบ.ม. และ 405.40 ล้านลบ.ม. ตามลำดับ จัดทำฐานข้อมูลจากข้อมูลทั้งหมดที่ได้รวบรวม และใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์(GIS) จัดทำแผนที่แสดงการกระจายของความเค็ม น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และลักษณะดิน ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการใช้น้ำแต่ละช่วงเวลา และจะเป็นข้อมูลให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดการแหล่งน้ำและการวางแผนควบคุมการกระจายของความเค็ม นอกจากนี้ยังเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มในอนาคตต่อไป

ABSTRACT

The lower Nam kam river basin area of Nakorn phanom province covers an area of about 1,100 square kilometers. It is one of the areas where integrated water using (ground water and surface water) is practiced. However, some part of this area has a problem in soil quality due to its high salinity and salt contamination which is not suitable for cultivating.

The team of researchers conducted an investigation on soil quality, water quality (both ground and surface water) and analyzed the mechanism of the upward of salt from underground layer. Also, the amount of water needed for cultivation was investigated in the irrigation area of the Lower Nam kam Reservoir Project in Thatphanom Renunakorn, Nakae, and Plapak district, Nakorn phanom province.

Based on results of the testing conducted in the laboratory, the classification of soil texture based on the USDA system, and consideration of the soil appropriateness in cultivation based on the electrical conductivity (EC), it was found that most of the area had excellent soil quality both in the rainy season and the dry season except the area where salt pan is practiced.

With regards to the consideration on ground water and surface water, 50 soil samples, 25 surface water samples and 35 ground water samples were collected covering the two seasons. Results of an analysis on the electrical conductivity of the surface water samples during the rainy season and the dry season were 19.4-298.0 µs/cm and 30.3-62,400.0 µs/cm, respectively. The value of electrical conductivity of the ground water samples during the rainy season and the dry season were 56-173,600 µs/cm and 29-117,900 µs/cm, respectively. The researcher chose medium sensitivity for the evaluation of the appropriateness of the surface water for irrigation. It was found that the differentiation could not be done. Besides, the EC:SAR value of all surface water samples were mot suitable for irrigation. It might be said that there was a limitation in using surface water for irrigation. This is because of the problem raised from difficulty of water leakage resulted in compact soil. Besides, it was impediment for germination of plants. It was found that there were 12 spots of ground water in the rainy season and 4 spots in the dry season which could be used for irrigation.

A set of questionnaires and interview were used for data collection administered with farmers. Obtained data were about using water for agriculture, water sources, and problems of soil and water quality. The WUSMO Mathematical model was used for the computation of need for

water of plants and the MIKE Basin Mathematical model was used for the computation of water equilibrium in streams and reservoirs. It was found that the irrigation area (85,300 rai) and non-irrigation area (348,554 rai) would need water for the whole year about 111.95 million m^3 and 405.40 million m^3, respectively. Later on data base was prepared based on all obtained data. Also, the Geographic Information System (GIS) was used for mapping the distribution of salinity, ground water, surface water and soil characteristics. Results of this research would be beneficial to farmers in using water in a particular period of time. Besides, it could be a basis for concerned personnel in water source management, planning on salinity dispersing control. Lastly, it could be referred in the development of ground and surface water using in the area where there is a problem of salinity in the future.

คำสำคัญ

คำสำคัญ (Keyword) ของการวิจัย

การใช้น้ำแบบผสมผสาน, น้ำบาดาล, น้ำผิวดิน, ดินเค็ม, การปนเปื้อน, แบบจำลองการไหลน้ำใต้ดิน

Conjunctive use, Groundwater, Surface water, soil salinity, Contamination, Groundwater flow model

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง

หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

สัญลักษณ์และคำย่อ

/	=	อัตราส่วนหรือต่อ
∅	=	เส้นผ่าศูนย์กลาง
$^{\circ}$ ′ ″	=	องศา ลิปดา ฟิลิปดา
$^{\circ}$ช, $^{\circ}$c	=	องศาเซลเซียส
cms., m^3/s	=	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (Cubic Metre per Second)
hr.	=	ชั่วโมง (Hour)
km.	=	กิโลเมตร (Kilometre)
m.	=	เมตร (Metre)
Max.	=	ค่ามากที่สุด (Maximum)
MCM	=	ล้านลูกบาศก์เมตร (Million Cubic Metres)
mg/l	=	มิลลิกรัมต่อลิตร (Milligram per Litre)
Min.	=	ค่าน้อยที่สุด (Minimum)
ml	=	มิลลิลิตร (Millilitre)
mm.	=	มิลลิเมตร (Millimetre)
PMF	=	ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นได้ (Probable Maximum Flood)
PMP	=	ปริมาณน้ำฝนสูงสุดที่อาจเป็นได้ (Probable Maximum Precipitation)
sq.km., Km^2	=	ตารางกิโลเมตร (Square Kilometre)
ก.	=	กรัม
ชป.	=	กรมชลประทาน
ชม.	=	ชั่วโมง
ซม.	=	เซนติเมตร
ตร.กม., กม^2	=	ตารางกิโลเมตร
ตร.ซม., ซม^2	=	ตารางเซนติเมตร
ตร.ม., ม^2	=	ตารางเมตร
ม.	=	เมตร
ม./วินาที	=	เมตรต่อวินาที
ม.รทก.	=	เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง
ม.รสม.	=	เมตรระดับสมมุติ
ม^3/ชม., ลบ.ม./ชม.	=	ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
ลบ.ม./วินาที	=	ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที
มก.	=	มิลลิกรัม

สัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

มก./ล.	=	มิลลิกรัมต่อลิตร
มม.	=	มิลลิเมตร
มล.	=	มิลลิลิตร
ล.	=	ลิตร
ลบ.ม., $ม^3$	=	ลูกบาศก์เมตร
ลบ.ม./ปี	=	ลูกบาศก์เมตรต่อปี
ล้าน ลบ.ม.	=	ล้านลูกบาศก์เมตร
EC	=	ค่าความนำไฟฟ้า Electrical Conductivity
RSC	=	ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกเนเซียมไอออน (Residual Sodium Carbonate)
SAR	=	สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน(Sodium Adsorption Ratio)
dS/m	=	เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (deciSiemens per metre)
mS/m	=	มิลลิซีแมนส์ต่อเมตร (milliSiemens per centemetre)
µS/cm	=	ไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (microSiemens per centemetre)
Ca^{2+}	=	แคลเซียม (Calcium)
Mg^{2+}	=	แมกนีเซียม (Magnesium)
Na^{+1}	=	โซเดียม (Sodium)
CO_3^{-2}	=	คาร์บอเนต (Carbonate)
HCO_3^{-1}	=	ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate)
Cl^{-1}	=	คลอไรด์ (Chloride)
SO_4^{-2}	=	ซัลเฟต (Sulfate)
NO_3^{-1}	=	ไนเตรต (Nitrate)
K^{+1}	=	โพแทสเซียม (Potassium)
Fe^{2+}	=	เหล็ก (Iron)

1 บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของการวิจัย

พื้นที่เกษตรกรรมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่มักประสบปัญหาการขาดแคลนน้ำ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศที่เป็นดินทรายทำให้ไม่สามารถอุ้มน้ำเอาไว้ได้ ประกอบกับแหล่งน้ำผิวดินมีไม่เพียงพอ ทำให้เกษตรกรต้องอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน โดยการเจาะบ่อบาดาล เพื่อใช้ในการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงฤดูแล้ง ที่มีปริมาณน้ำผิวดินไม่เพียงพอ

นอกจากปัญหาการขาดแหล่งน้ำผิวดินเพื่อการเกษตรแล้ว พื้นที่ภาคอีสานส่วนใหญ่ยังประสบปัญหาดินเค็มและมักพบคราบเกลือในฤดูแล้ง โดยประมาณกันว่า มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มประมาณ 4.16 ล้านไร่ ในจำนวนนี้แยกเป็นบริเวณที่พบคราบเกลือมากกว่า 50% ประมาณ 104,019 ไร่ บริเวณที่พบคราบเกลือ 10 - 50% ประมาณ 228,223 ไร่ และบริเวณที่พบคราบเกลือ 1- 10% ประมาณ 3,836,342 ไร่ ซึ่งพื้นที่ที่พบคราบเกลือทั้งหมดพบอยู่ใน 30 ลุ่มน้ำสาขา จาก 82 ลุ่มน้ำสาขา ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมพัฒนาที่ดิน. 2549) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากการเคลื่อนของเกลือที่อยู่ด้านล่างขึ้นมายังผิวดิน หรือการใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดินที่มีการปนเปื้อนของเกลือมากเกินไปจนเกิดผลกระทบกับผลผลิตและตกค้างที่ผิวดิน ดังนั้นเพื่อให้เกิดการใช้น้ำแบบผสมผสานที่ยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาด้านดินเค็ม จึงจำเป็นต้องศึกษาวิเคราะห์ความเหมาะสมของน้ำผิวดินและใต้ดินเชิงปริมาณและคุณภาพในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบปี เพื่อลดปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มและสามารถใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดินได้อย่างถูกเวลาและสถานที่ และเพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่ายจึงควรจัดทำเป็นแผนที่โซนการใช้น้ำผิวดิน-ใต้ดินในช่วงเวลาต่างๆ โดยในส่วนของโซนการใช้น้ำบาดาลควรบ่งบอกถึงระดับการสูบที่จะไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาน้ำบาดาลเค็ม

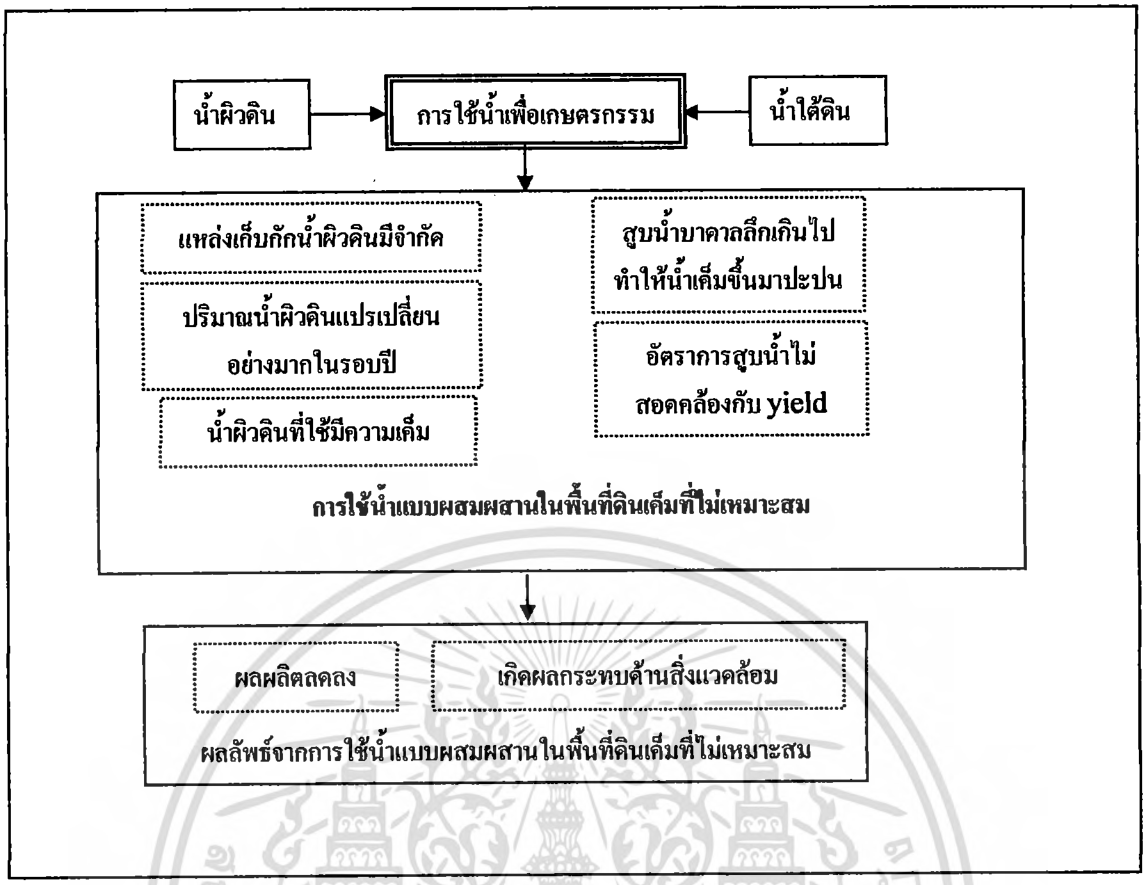
พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่างเป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีการใช้น้ำแบบผสมผสานทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน แต่เนื่องจากพื้นที่บางแห่ง เช่นบริเวณลำน้ำบังซึ่งเป็นลำสาขาของลำน้ำก่ำ มีปัญหาด้านคุณภาพน้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มสูง (มีการทำนาเกลือในฤดูแล้ง) และบางแห่งก็ปรากฏคราบเกลือตามผิวดิน ทำให้การใช้น้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำผิวดินไม่เพียงพอใช้ได้ไม่เต็มที่ ทั้งนี้เนื่องจากเกษตรกรไม่ทราบว่าควรจะใช้น้ำบาดาลที่ระดับความลึกเท่าใด และแหล่งน้ำผิวดินบริเวณใดที่มีการปนเปื้อนของเกลือจนเกินความเหมาะสมสำหรับเกษตรกรรม

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงมีพระราชดำริ ให้กรมชลประทานพิจารณาวางโครงการและก่อสร้างโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำ จังหวัดสกลนคร-นครพนม เมื่อปี 2535 เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาในเรื่องน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกในฤดูฝนและช่วยราษฎรในท้องถิ่นบริเวณ2ฝั่งลำน้ำก่ำ ให้มีน้ำใช้ในการเกษตร การอุปโภค-บริโภคในฤดูแล้งด้วย กรมชลประทานจึงได้ศึกษาโครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่างตั้งแต่ปี

2536 ผลการศึกษาระดับกักเก็บที่เหมาะสมของอ่างเก็บคือ +138.5 ม.รทก. ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 30.9 ตารางกิโลเมตร และได้กำหนดตำแหน่งประตูระบายน้ำบริเวณบ้านโนนสังข์ โดยประตูระบายน้ำเป็นประตูเหล็กขนาดกว้าง 10 เมตร สูง 9 เมตร มีความสามารถในการระบายน้ำ 1,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ซึ่งโครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่างจัดเป็นโครงการขนาดใหญ่ จึงต้องจัดทำรายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ให้คณะกรรมการผู้ชำนาญการฯ (คชก.) พิจารณาหลายครั้ง โดยครั้งล่าสุด (10 ตุลาคม 2545) คชก. มีข้อคิดเห็นเพิ่มเติมอีกหลายประเด็น ซึ่งมีประเด็นที่เกี่ยวข้องทางด้านธรณีวิทยาของชั้นเกลือหิน และการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็ม กรมชลประทานจึงต้องทำการสำรวจศึกษาเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดมากขึ้น ในการตอบข้อคิดเห็นของคณะกรรมการผู้ชำนาญการพิจารณารายงานวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (คชก.) (กรมชลประทาน. 2549) จากปัญหาดังกล่าวและปัญหาการจ่ายค่าชดเชยที่ดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ กรมชลประทานจึงได้ศึกษาทบทวน ลดระดับเก็บกักลงมาอยู่ที่ 137.5 ม.รทก. พื้นที่อ่างเก็บน้ำลดลงเหลือประมาณ 12.98 ตารางกิโลเมตร พื้นที่รับประโยชน์รอบอ่างเก็บน้ำประมาณ 72,900 ไร่ จัดเป็นโครงการชลประทานขนาดกลาง และได้เริ่มงานก่อสร้างในปีงบประมาณ 2548 และคาดว่าจะก่อสร้างเสร็จสิ้นในปี 2553

กระแสรักษ์สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน ทำให้โครงการพัฒนาแหล่งน้ำของรัฐไม่สามารถดำเนินการก่อสร้างได้ ขณะที่ความต้องการน้ำนับวันจะทวีมากขึ้น เกษตรกรจึงมีการนำน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินมาใช้เพื่อเสริมน้ำผิวดินในช่วงฝนทิ้งช่วงและในฤดูแล้ง เพื่อสนองความต้องการน้ำด้านต่างๆ แต่ในพื้นที่ที่มีชั้นหินเกลือรองรับอยู่ต้องมีการกำหนดบริเวณการใช้ที่เหมาะสม มิฉะนั้นจะก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเกลือได้ซึ่งส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและการใช้น้ำของพื้นที่ใกล้เคียงในระยะยาวได้ สภาพปัญหาที่นำมาสู่การวิจัยสามารถสรุปได้ดังรูปที่ 1.1-1

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นหัวข้อการศึกษาที่สำคัญคือ การศึกษาคุณภาพน้ำ (ทั้งผิวดินและใต้ดิน) และปริมาณความต้องการน้ำที่เกษตรกรนำมาใช้เพื่อเกษตรกรรม และการศึกษาคุณภาพดินของพื้นที่ศักยภาพชลประทานของโครงการอ่างเก็บน้ำก่ำตอนล่าง ในพื้นที่อำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนคร อำเภอนาแก อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ซึ่งเป็นรูปแบบผสมผสานทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน รวมถึงวิเคราะห์กลไกการขึ้นมาของชั้นเกลือใต้พื้นดิน การไหลของน้ำเหนือพื้นดินซึ่งเป็นอีกสาเหตุหลักที่ทำให้ปัญหาน้ำเค็มแพร่กระจายสู่พื้นที่อื่น และเกิดกระทบกับการใช้น้ำทั้งผิวดินและใต้ดิน ซึ่งผลที่ได้จะแสดงเป็นแผนที่ความเหมาะสมในการใช้น้ำประเภทผิวดินและใต้ดินในช่วงเดือนต่างๆในรอบปี และสามารถใช้เป็นต้นแบบและเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มในอนาคต ขณะเดียวกันผลการศึกษาและแบบจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่จัดทำขึ้นจะเป็นข้อมูลสนับสนุนในการบริหารจัดการน้ำ โครงการประตูระบายน้ำก่ำตอนล่างเมื่อได้มีการก่อสร้างเสร็จแล้วต่อไป



รูปที่ 1.1-1 สภาพปัญหาที่นำมาสู่การดำเนินการวิจัย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

(1) เพื่อหาสัดส่วนการใช้น้ำผิวดินและใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

(2) วิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดการแพร่กระจายความเค็มของพื้นที่ โดยอาศัยข้อมูลที่รวบรวมได้จากการศึกษานี้ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และจากการจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

(3) จัดทำระบบฐานข้อมูลของพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System:GIS)

(4) จัดทำแผนที่แสดงบริเวณที่ควรใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดิน อย่างเหมาะสมของพื้นที่ในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยได้ให้ความสำคัญในเรื่องของการใช้น้ำผิวดินและใต้ดินซึ่งจำเป็นจะต้องมีบ่อสังเกตการณ์วัดระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ พื้นที่ศึกษาจึงครอบคลุมพื้นที่ภายในบ่อสังเกตการณ์วัดระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ศักยภาพชลประทานโครงการประตูระบายน้ำก่ำตอนล่างในเขต อำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนคร อำเภอนาแก และอำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ดังแสดงในรูปที่ 1.3-1

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

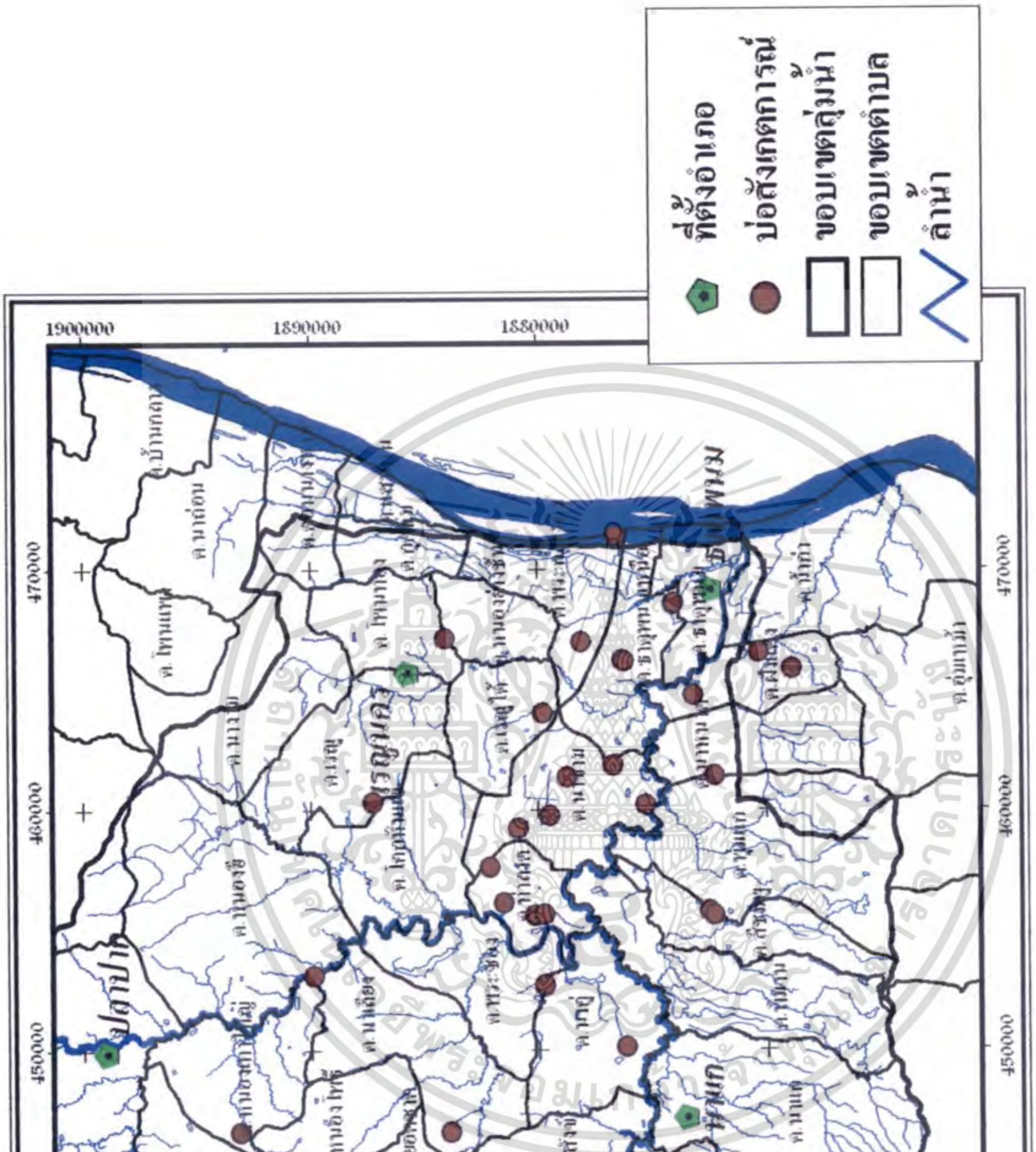
(1) สามารถกำหนดบริเวณการใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดินโดยพิจารณาจากสภาพแวดล้อมทั้งปริมาณน้ำต้นทุนและคุณภาพน้ำ ซึ่งแสดงในรูปของแบบของแผนที่

(2) สามารถทราบค่าระดับความเค็มแต่ละฤดูกาล และแนวทางในการจัดการควบคุม

(3) ได้ระบบฐานข้อมูลในรูปแบบ *GIS* ของพื้นที่เพื่อการใช้งานและดัดแปลงต่อไปในอนาคต

(4) ผลจากการศึกษาสามารถนำมาประยุกต์ใช้ หรือเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในการศึกษาพื้นที่ใกล้เคียงที่มีปัญหาทางด้านดินเค็ม ซึ่งสามารถแยกเป็นหัวข้อได้ดังนี้

- แนวทางการศึกษา วิเคราะห์ระบบฐานข้อมูล สารสนเทศ
- ผลการวิจัยสามารถใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำของโครงการประตูระบายน้ำน้ำก่ำตอนล่าง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งเป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำและยังรวมถึงการกระจายน้ำไปยังพื้นที่ขาดแคลนน้ำให้เป็นไปอย่างมีระบบ
- ใช้เป็นต้นแบบและเป็นข้อมูลอ้างอิงในการพัฒนาการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำผิวดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มในอนาคต



รูปที่ 1.3-1 ที่ตั้งบ่อสังเกตการณ์และขอบเขตพื้นที่ศึกษา

2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

พื้นที่ศักยภาพชลประทานของโครงการประตูระบายน้ำก่ำตอนล่าง ได้เคยมีการศึกษาที่ผ่านมา ดังนี้

1.รายงาน "การศึกษาทบทวนความเหมาะสมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จ.นครพนม" (กรมชลประทาน.2538) จำกัด พบว่าคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่โต้การชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่างโดยทั่วไปมีความเป็นด่างต่ำ ได้รับการปนเปื้อนจากสิ่งปฏิกูล สารอินทรีย์ ธาตุอาหารพืช รวมทั้งสารปราบศัตรูพืชในระดับต่ำถึงต่ำมาก ในฤดูฝนน้ำผิวดินในพื้นที่มีคุณภาพเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ แต่ในช่วงฤดูแล้งน้ำในลำน้ำสาขาทางตอนเหนือของพื้นที่โครงการฯ เช่น ลำน้ำบัง รวมทั้งน้ำในลำน้ำก่ำช่วงตั้งแต่บ้านนางเลิศถึงจุดบรรจบกับแม่น้ำโขงจะมีความเค็มเพิ่มขึ้นจนถึงระดับเกินความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์เพื่อการชลประทาน ส่วนน้ำใต้ดินชั้นตื้นในพื้นที่โครงการส่วนใหญ่มีคุณภาพโดยเฉลี่ยตลอดปีอยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์เพื่อการอุปโภค-บริโภคและการชลประทาน อย่างไรก็ตาม มีน้ำใต้ดินชั้นตื้นบางแห่งพบว่ามีปัญหาความเค็ม ซึ่งได้แก่น้ำใต้ดินบริเวณบ้านพระซองและบ้านเรณูนคร

2. Kriengsak S. et.al (2543)ได้จัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่างเพื่อที่จะประยุกต์ใช้กับ Numerical technique ในการพยากรณ์ผลกระทบของการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มเนื่องมาจากโครงการก่อสร้างฝายในลำน้ำก่ำที่ศึกษาไว้ จากข้อมูลที่รวบรวมระหว่างปี พ.ศ. 2540-2541 พบว่า น้ำกร่อยที่อยู่ใต้ดินจะอยู่ต่ำจากผิวดินในระดับความลึก 30-60 เมตร การไหลแบบ regional flow มีทิศทางจากด้านใต้ (เทือกเขาภูพาน) มายังด้านเหนือลงลำน้ำก่ำ อีกทิศทางคือจากตอนเหนือมายังด้านใต้ลงสู่ตอนกลางของพื้นที่ การศึกษาได้จัดทำแบบจำลอง 2 มิติ ตามแนวความลาดเทหลักคือทิศ NW-SE พื้นที่ floodplain จะมี local flow ทั้งแบบ recharge และ discharge โดย local flow จะเกิดในระดับความลึก 2-30 เมตรจากผิวดินในหน่วยดินประเภททรายและกรวด แบบจำลองจะถูกปรับเทียบกับค่าของ hydraulic head และค่าความเค็มใน การศึกษาพบว่าอัตรา recharge อยู่ระหว่าง 1-40% ของปริมาณฝน และอัตราการคายระเหยอยู่ระหว่าง 10-15% ของการระเหยจากถาดวัด อัตราส่วน K_h/K_z อยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 0.01 ผลการปรับเทียบแบบจำลองให้ค่า root mean square error ของ head น้อยกว่า 1 ขณะที่ความแตกต่างของความเค็มอยู่ในช่วง 2,000-5,000 mg/l เมื่อจำลองการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มล่วงหน้าไป 10 ปีพบว่าระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ +140.5 ม.รทก. อาจทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำเค็มเปลี่ยนทิศทางและมาลงยังขอบด้านเหนืออ่างเก็บน้ำที่บ้านดอนขาว

3. Mekpruksawong, P. et.al. (2548) ได้ใช้แบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนาเพื่อหาอัตราการสูบน้ำใต้ดินเพื่อเกษตรกรรมรายวันในพื้นที่ลุ่มต่ำน้ำท่วมของจังหวัดพิจิตร โดยการวิจัยได้ใช้แบบสำรวจข้อมูลการใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรมและกิจกรรมการเพาะปลูก ผลจากแบบสอบถามสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่

นี้มีการใช้น้ำแบบผสมผสานระหว่างน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน และบ่อบาดาลของเกษตรกรสามารถครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 25 -30 ไร่

4. รายงาน"งานจ้างศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม" (กรมชลประทาน.2549) สรุปว่าประชาชนในเขตพื้นที่โครงการฯ ส่วนใหญ่อาศัยน้ำบาดาลในการอุปโภคบริโภค ตลอดจนใช้ในการเกษตรกรรม โดยมีชั้นหินอุ้มน้ำคือชั้นตะกอนร่วนกึ่งแข็ง ชั้นทรายและทรายแป้ง ที่วางตัวอยู่เหนือชั้นหินดินเหนียว ซึ่งอยู่ด้านบนชั้นเกลือหิน ผลการติดตามผลวิเคราะห์น้ำบาดาลในพื้นที่ พบว่าหมู่บ้านที่อยู่ทางตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่โครงการฯ อยู่ห่างจากพื้นที่โครงการฯ ออกไปประมาณ 15 กิโลเมตร มีลักษณะเป็นน้ำเค็มจากบ่อบาดาลที่เจาะลึก 60 เมตร และพบว่ามีการผลิตเกลือสินเธาว์ที่ข้างลำน้ำบัง ซึ่งห่างจากบ่อบาดาลที่พบน้ำเค็มเพียง 3 กิโลเมตร จากการศึกษาด้วยคลื่นไหวสะเทือน พบว่าชั้นเกลือหินได้ถูกรอยเลื่อนดันขึ้นสู่ผิวดินจนชั้นเกลือโผล่ที่ริมลำน้ำบัง แสดงให้เห็นถึงความอ่อนไหวในการปนเปื้อนของน้ำเค็มในพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านเหนือไปจรดพื้นที่อำเภอเรณูนคร

การสูบทดลองจากหลุมเจาะสำรวจ พบว่าชั้นหินดินเหนียวที่อยู่ตอนบนของชั้นเกลือหินสามารถปิดกั้นการไหลย้อนขึ้นไปด้านบนของเกลือในชั้นเกลือหินได้ ถ้าเปิดรับน้ำในตำแหน่งที่เหมาะสมและปิดกั้นไม่ให้น้ำในชั้นหินอุ้มน้ำลงไปละลายเกลือในชั้นเกลือหิน โดยเด็ดขาด มาตรการป้องกันแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการปนเปื้อนของน้ำเค็มเข้าไปในชั้นน้ำบาดาลจะต้องมีการควบคุมการเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่อย่างเข้มงวด โดยจะต้องเป็นไปตามหลักวิชาการ และมีการป้องกันการปนเปื้อนจากการเจาะ มีการปิดป้องการละลายของชั้นเกลือ และกำหนดการเปิดรับน้ำจากชั้นน้ำบาดาลที่ได้ป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเกลือโดยรัดกุม

5. การศึกษาด้านคุณภาพน้ำ ในลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (Water Quality in Lower Mekong Basin)

แหล่งที่มา : รายงาน MRC Technical Paper No.15 (2007)

ทำการศึกษาโดย : Dr. Edwin Ongley, Dr. Martine Allard and Dr. Tim Burnhill

สรุปผลการศึกษา : พิจารณาเป็นบทความดังนี้

จากรายงาน MRC Technical Paper No.15 (2007) ได้มีการศึกษาวิเคราะห์คุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำโขงตอนล่าง พบว่ามีบางบริเวณที่มีกิจกรรม ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพน้ำในลำน้ำโขง นอกจากนี้ในส่วนของประเทศไทยยังพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ราบสูงโคราช มีปัญหาด้านคุณภาพน้ำโดยเฉพาะอย่างในลุ่มน้ำมูล อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลยืนยันว่า ปัญหามลพิษน้ำนั้นมีสาเหตุมาจากการระบายน้ำจากพื้นที่เกษตรกรรม หรือจากโรงงานอุตสาหกรรม นอกจากนี้ MRC water-quality monitoring programme ยังได้ติดตามคุณภาพน้ำ โดยการเก็บตัวอย่างจากสถานีต่างๆ ตลอดลำน้ำโขงและลำน้ำสาขา รวมประมาณ 100 สถานี และทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเป็นประจำทุกเดือน

จากรายงานของ MRC Technical Paper No.15 (2007) คณะผู้ศึกษาอ้างว่าเนื่องจากไม่มีเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำที่จำเพาะ สำหรับลำน้ำโขง ดังนั้นในการศึกษาครั้งนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดย

อ้างอิงเกณฑ์มาตรฐานในการจำแนกคุณภาพน้ำ ของ French water-basin agencies โดยพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และระดับการจำแนกคุณภาพน้ำในลำน้ำโขง ได้แสดงในตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์และระดับการจำแนกคุณภาพน้ำในลำน้ำโขง

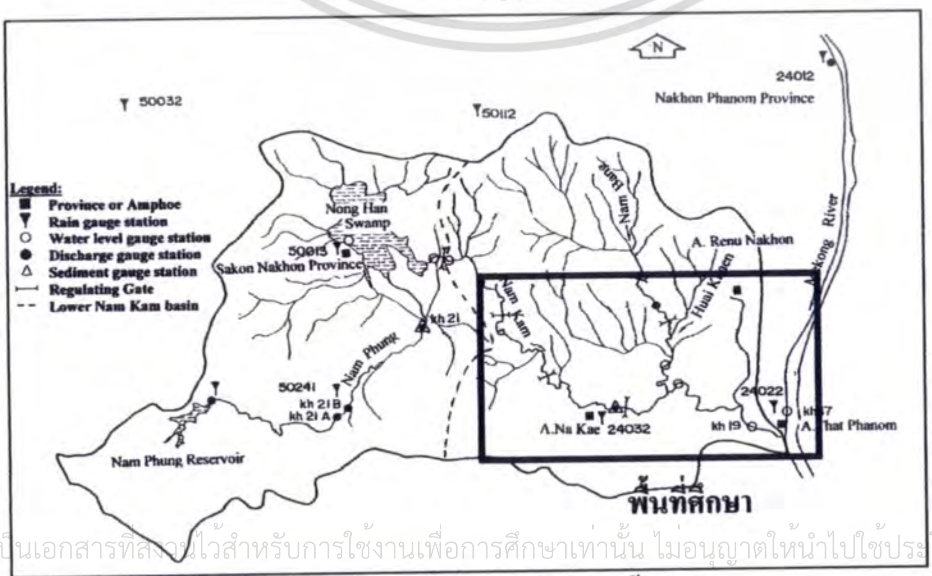
Class of water quality	Unit	Very good	Good	Fair	Bad	Very bad
Organic matter and other matter that can be oxidised						
DO	mg/L	≥ 8	≥ 6	≥ 4	≥ 3	< 3
COD	mg/L O_2	≤ 5	≤ 7	≤ 10	≤ 12	> 12
Total Nitrogen	mg/L	≤ 0.5	≤ 1.5	≤ 2.8	≤ 4	> 4
Nitrogenous Matter						
NH_4^+	mg/L NH_4	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 2	≤ 5	> 5
NO_3^-	mg/L NO_3	≤ 2	≤ 10	≤ 25	≤ 50	> 50
Phosphorous matter						
TP	mg/L	≤ 0.05	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 1	> 1
PO_4^{3-}	mg/L PO_4	≤ 0.1	≤ 0.5	≤ 1	≤ 2	>2
Suspended matter						
TSS	mg/L	≤ 5	≤ 25	≤ 38	≤ 50	> 50
Temperature	°C	≤ 21.5	≤ 23.5	≤ 25	≤ 28	> 28
Conductivity	(µS/cm)	≤ 2500	≤ 3000	≤ 3500	≤ 4000	> 4000
pH – Min.	-	6.5	6.0	5.5	4.5	
- Max.	-	8.2	8.5	9.0	10	

3 ข้อมูลพื้นที่โครงการ

พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำเป็นลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (Lower Mae Kong Basin) อยู่ในเขตจังหวัดสกลนครและนครพนม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ดังแสดงใน รูปที่ 3-1 ส่วนที่ตั้งลุ่มน้ำก่ำตอนล่างและขอบเขตพื้นที่ศึกษา แสดงในรูปที่ 3-2

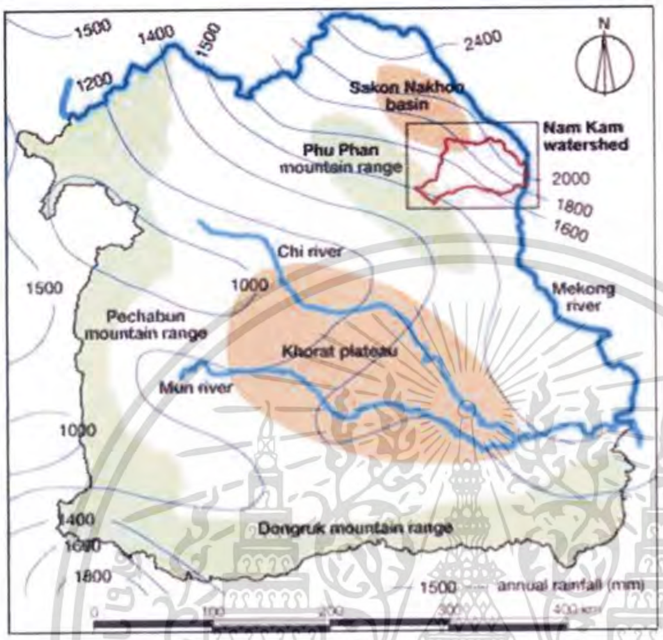
รูปที่ 3-1 แสดงที่ตั้งของลุ่มน้ำ น้ำก่ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำมีลักษณะภูมิประเทศแบบมรสุมเขตร้อน จากรูปที่ 3-3 แสดงปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำ มีพิสัยระหว่าง 1,500 ถึง 2,000 มม. อย่างไรก็ตาม ปริมาณฝนเฉลี่ยที่สถานีอำเภอนาแก มีค่าประมาณ 1,500 มม. ประมาณ 80% ของปริมาณฝนทั้งหมดจะตกในช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกันยายน แต่เนื่องจากปริมาณฝนที่ไม่แน่นอนมีการขาดช่วงเป็นเวลานานทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำขึ้น อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 31.1 °C โดยมีค่าสูงสุดในเดือนเมษายนประมาณ 33.4 °C และต่ำสุดในเดือนมิถุนายน 14.4 °C ปริมาณการระเหยจากถาดรายปีประมาณ 1,740 มม. ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณฝนประมาณ 16% แหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญของพื้นที่คือแม่น้ำก่ำ และแม่น้ำบัง ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของลำน้ำก่ำ (ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และคณะ 2008) รูปที่ 3-4 แสดงการกระจายของปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลำน้ำก่ำ ก่อนถึงจุดบรรจบแม่น้ำโขง

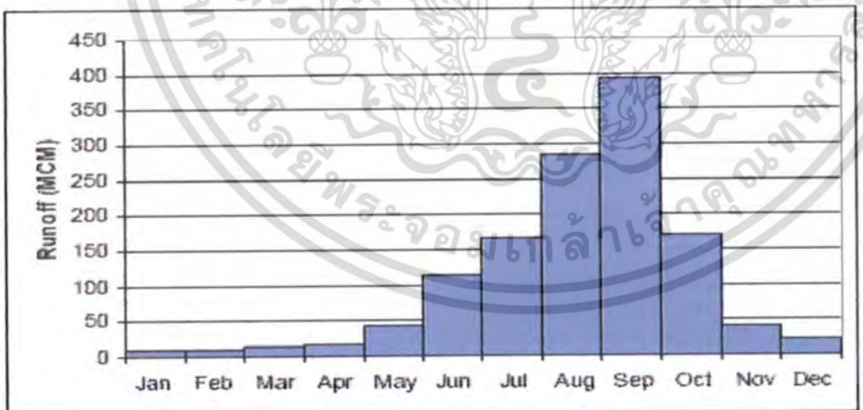


รูปที่ 3-2 ขอบเขตลุ่มน้ำก่ำและขอบเขตพื้นที่ศึกษา

ปริมาณน้ำท่าสูงสุดจะเกิดในช่วงเดือนกันยายนประมาณ 393.7 ล้าน ลบ.ม. และต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณ 9.93 ล้าน ลบ.ม. การใช้น้ำใต้ดินของพื้นที่นี้มีข้อจำกัด เนื่องจากน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาบริโภคได้นั้นจะเป็นน้ำใต้ดินที่อยู่ชั้นตื้นเท่านั้น ส่วนน้ำใต้ดินชั้นลึกมักจะมีการเจือปนของแร่ธาตุสูงซึ่งพอจะรับได้สำหรับใช้ในการเกษตร



รูปที่ 3-3 แผนที่แสดงเส้นชั้นน้ำฝนเฉลี่ยรายปี บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

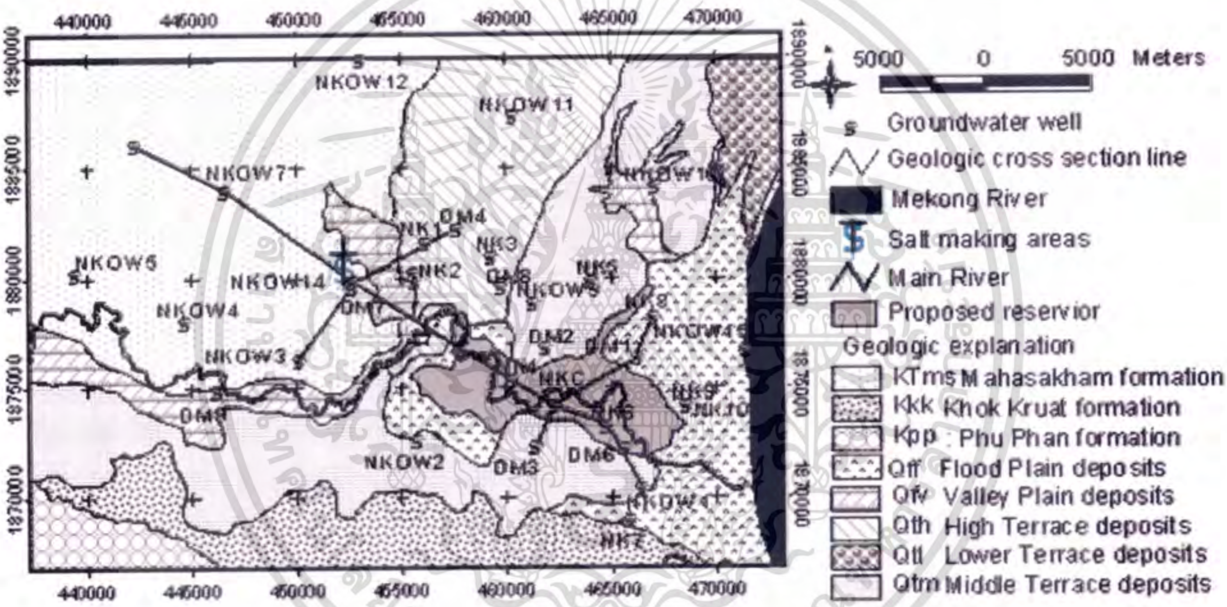


รูปที่ 3-4 ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายเดือนของลำน้ำก่ำ ก่อนถึงจุดบรรจบแม่น้ำโขง

พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ส่วนใหญ่มีเกลือหินความลาดเท 5-10 ^{o} ไปทางทิศเหนือ และอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 90-200 เมตร มักพบว่ามีน้ำเค็มแทรกตัวอยู่ในชั้นทราย ตะกอนทราย ดินเหนียวและหินทรายแตกต่างกันไปตามความลึกและตำแหน่ง ผิวสัมผัสของน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็มอยู่ที่ระยะประมาณ 30-40 เมตรจากผิวดิน (ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และคณะ 2008)

ลักษณะทางธรณีสัณฐานทั่วไปของพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่างที่พบมี 2 แบบคือ พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Floodplain) แบบพื้นที่ราบลูกระนาด(Undulating terrain) จากข้อมูลกรมทรัพยากรธรณี พื้นที่ราบน้ำท่วมถึงประกอบด้วยตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี (Quaternary unconsolidated) ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 5 หน่วยย่อยตามลักษณะของ ธรณีสัณฐาน

ลักษณะการการเกิดและชนิดของตะกอน มีดังนี้ 1) ตะกอนตะพักน้ำพัดพาระดับสูง (High terrace deposit, Qth) 2) ตะกอนตะพักน้ำพัดพาระดับกลาง (Medium terrace deposit, Qtm) 3) ตะกอนตะพักน้ำพัดพาระดับต่ำ (Low terrace deposit, Qtl) 4) ตะกอนทางน้ำหุบเขา (Valley plain deposit, Qfv) และ 5) ตะกอนที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง (Floodplain deposit) ส่วนพื้นที่ราบลูกระนาดประกอบไปด้วยตะกอนจากหินตะกอนชุดโคราชในส่วนที่เป็นหมวดหินภูพาน โคกกรวด มหาสารคาม และภูทอก ดังแสดงในรูปที่ 3-5



รูปที่ 3-5 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

หมวดหินภูพานเกิดขึ้นในยุคครีเทเชียส (Cretaceous) ตอนต้น และประกอบด้วย หินทรายสีเทาถึงเทาน้ำตาลจับเป็นก้อนแข็งหมวดหินนี้ส่วนใหญ่พบในบริเวณที่เนิน และบางส่วนของ Undulating terrain ทางด้านใต้ของพื้นที่โครงการ หมวดหินนี้แสดงลักษณะประทุนคว่ำ (Anticline) มีแกนในทิศตะวันตก-ตะวันตกเฉียงเหนือไปยังทิศตะวันออก-ตะวันออกเฉียงใต้ เกิดเป็นภูเขาที่มีความสูงประมาณ 200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง

หมวดหินโคกกรวดเกิดในยุคครีเทเชียสตอนกลาง ประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลแดงหนามีหินตะกอนทราย หินชั้นและหินปูนแทรกตัวอยู่ ปรากฏเป็นหย่อมๆ หมวดหินนี้จะอยู่ถัดจากประทุนคว่ำของหมวดหินภูพานเกิดเป็นเนินเขาสูงประมาณ 170-200 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง หมวดหินโคกกรวดนี้จะไม่ปรากฏอยู่บนผิวดินแต่จะอยู่เป็นเนินในทางตอนเหนือ ที่ซึ่งไม่มีตะกอนของทางน้ำ

หมวดหินมหาสารคามเกิดในยุคครีเทเชียสตอนปลาย ประกอบด้วย หินโคลน หินดินดานและหินทรายแป้ง มีความหนาถึงหนามาก มีสีแดงปนน้ำตาลมีชั้นหินเกลือแทรกตัวอยู่ หมวดหินนี้ปรากฏอยู่ที่ บ้านนาเหนือ บ้านพระซอง บ้านลาดสีชมพู และตามลำน้ำก่ำจากบ้านดอกขุนครามถึงบ้านแก่งโพธิ์

หมวดหินภูทอกเกิดในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี่ (Tertiary) ประกอบด้วยหินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง แทรกด้วยหินตะกอนทราย สีน้ำตาลแดง มีชั้นแนวเฉียง (Cross bedding) ระดับปานกลางถึงค่อนข้างใหญ่ หมวดหินภูทอกถูกพบเป็นลักษณะหินโผล่ในแม่น้ำก่ำและไม่มีความสัมพันธ์กับหมวดหินอื่น

จากสภาพธรณีวิทยาดังกล่าว จึงอาจกล่าวได้ว่า ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวในพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงรองรับด้วยหินจากหมวดหินมหาสารคามที่มีเกลือหินปนอยู่เป็นส่วนใหญ่ โดยมีบางส่วนเป็นหินของหมวดหินภูทอก (จากข้อมูล Seismic ที่แปลโดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่) จึงเป็นไปได้ที่หินเกลือจะแพร่กระจายอยู่ที่ความลึกระหว่าง 115-290 เมตร จากผิวดินโดยมีความหนาอยู่ในช่วง 50 ถึง 250 เมตร

การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นในบริเวณพื้นที่โครงการนั้นมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก โดยระดับน้ำลดลงต่ำสุดในช่วงปลายเดือนพฤษภาคม และเพิ่มสูงในช่วงเริ่มเดือนตุลาคม ลักษณะเช่นนี้แสดงให้เห็นว่าอาจมีการเติมน้ำโดยธรรมชาติที่สูงมากในช่วงฤดูฝน (มิถุนายนถึงกันยายน) ทำให้ระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นและหลังจากนั้นเมื่อปริมาณฝนลดลงและเกษตรกรสูบน้ำขึ้นมาใช้จึงทำให้ระดับน้ำชั้นตื้นลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งหากระดับน้ำชั้นตื้นลดลงจนต่ำกว่าระดับ Piezometric surface ของชั้นหินให้น้ำแบบ มีแรงดัน (Confined aquifer) ที่อยู่ถัดลงไป น้ำใต้ดินของชั้นหินให้น้ำแบบมีแรงดัน ที่อาจมีเกลือปนเปื้อนอยู่ก็สามารถรั่วซึมขึ้นมาปนเปื้อนกับน้ำใต้ดินชั้นตื้นและทำให้เกลือขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินได้

ในภาพรวมของการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง1 (กรมชลประทาน 2538)โครงการประตูระบายน้ำน้ำก่ำตอนล่าง มีพื้นที่โครงการครอบคลุมลำน้ำก่ำ ลำน้ำบัง และห้วยแคน โดยกำหนดลักษณะโครงการเป็นการก่อสร้างประตูระบายน้ำในลำน้ำก่ำ ลำน้ำบัง และห้วยแคน เพื่อเก็บกักน้ำและยกระดับน้ำให้สูงขึ้น จำนวน 7 แห่ง พร้อมทั้งก่อสร้างระบบส่งน้ำ (รูปที่ 3-6) สำหรับประตูระบายน้ำในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้มี 4 ประตู ดังรายละเอียดต่อไปนี้

- **ประตูระบายน้ำบ้านนาคู่** ตั้งอยู่ในลำน้ำก่ำ ตำบลนาแก อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม ก่อสร้างเสร็จ พ.ศ. 2542 เป็นประตูระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก บานระบายโค้ง ขนาดความกว้าง 6.00 ม. สูง 7.50 ม. จำนวน 3 ช่อง ความจุในลำน้ำที่ระดับเก็บกัก 8.75 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ระบบส่งน้ำ 42,900 ไร่
- **ประตูระบายน้ำบ้านนาบัว** ตั้งอยู่ในลำน้ำบัง ตำบลโคกหินแฮ่ อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม ก่อสร้างเสร็จ พ.ศ.2550 เป็นประตูระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก บานระบายโค้ง

ขนาดความกว้าง 6.00 เมตร สูง 5.50 เมตร จำนวน 3 ช่อง ความจุในลำน้ำที่ระดับเก็บกัก 1.05 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ระบบส่งน้ำ 6,100 ไร่

- **ประตูระบายน้ำห้วยแคน** ตำบลธาตุพนม อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม มีการดำเนินการในปี พ.ศ. 2550-2552 เป็นประตูระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก บานระบายตรง ขนาดความกว้าง 6.00 ม. สูง 6.70 ม. จำนวน 3 ช่อง ความจุในลำน้ำที่ระดับเก็บกัก 1.90 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ระบบส่งน้ำ 3,500 ไร่
- **ประตูระบายน้ำน้ำก่ำตอนล่าง** บ้านโนนสังข์ ตำบลน้ำก่ำ อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม อยู่ระหว่างการก่อสร้าง พ.ศ. 2549-2552 เป็นประตูระบายน้ำคอนกรีตเสริมเหล็ก บานระบายตรง ขนาดความกว้าง 10.00 ม. สูง 9.00 ม. จำนวน 4 ช่อง พร้อมระบบสูบน้ำกลับ ความจุที่ระดับเก็บกัก +137.50 ล้าน ลบ.ม. สามารถเก็บกักน้ำได้ 16.4 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ระบบส่งน้ำ 72,900 ไร่

รูปที่ 3-6 แผนที่แสดงที่ตั้งโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

นอกจากนี้ยังมีโครงการประเภทอ่างเก็บน้ำขนาดกลาง อีก 3 โครงการ ได้แก่

- **อ่างเก็บน้ำห้วยศรีคูณ** ตำบลนาแก อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม ความจุเก็บกัก 1.8 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 5,000 ไร่ ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2549-2502

- **อ่างเก็บน้ำบ้านดงน้อย** ตำบลพิมาน อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม ความจุเก็บกัก 5.2 ล้าน ลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 5,800 ไร่ ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2524-2528
- **อ่างเก็บน้ำห้วยแคน** ตำบลหนองฮี อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม ความจุเก็บกัก 11.09 ล้านลบ.ม. พื้นที่ชลประทาน 5,000 ไร่ ดำเนินงานในปี พ.ศ. 2511-2512

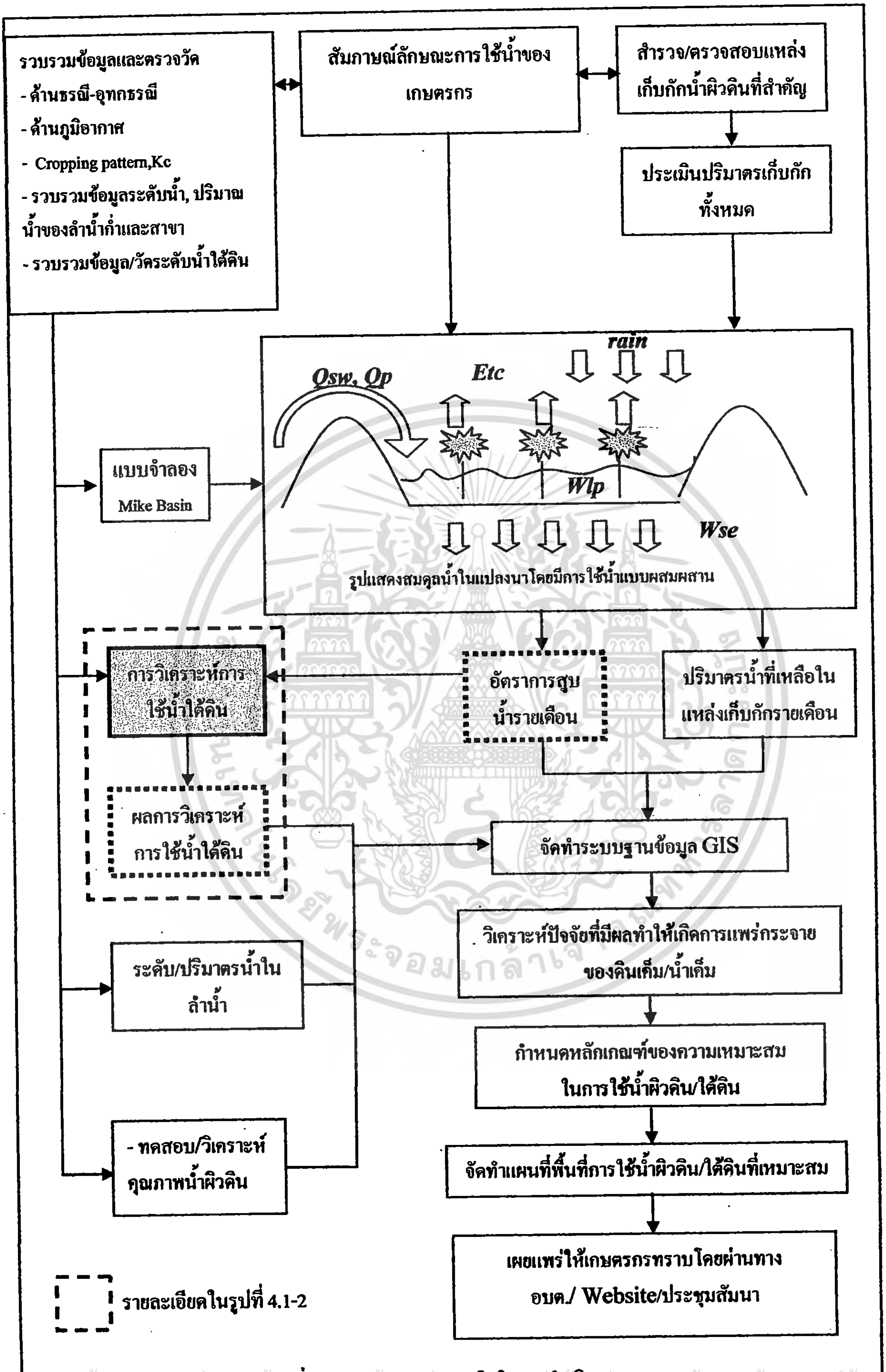
บทที่ 4 ระเบียบวิธีการดำเนินการวิจัย

แนวคิดในการดำเนินการวิจัยเพื่อให้เกิดการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม เนื่องมาจากสภาพปัญหาการใช้น้ำที่ไม่สอดคล้องกับปริมาณ คุณภาพของในระยะเวลาต่างๆในรอบปีและสภาพปัญหาของพื้นที่เองดังแสดงในรูปที่ 1.1-1 ที่ผ่านมา

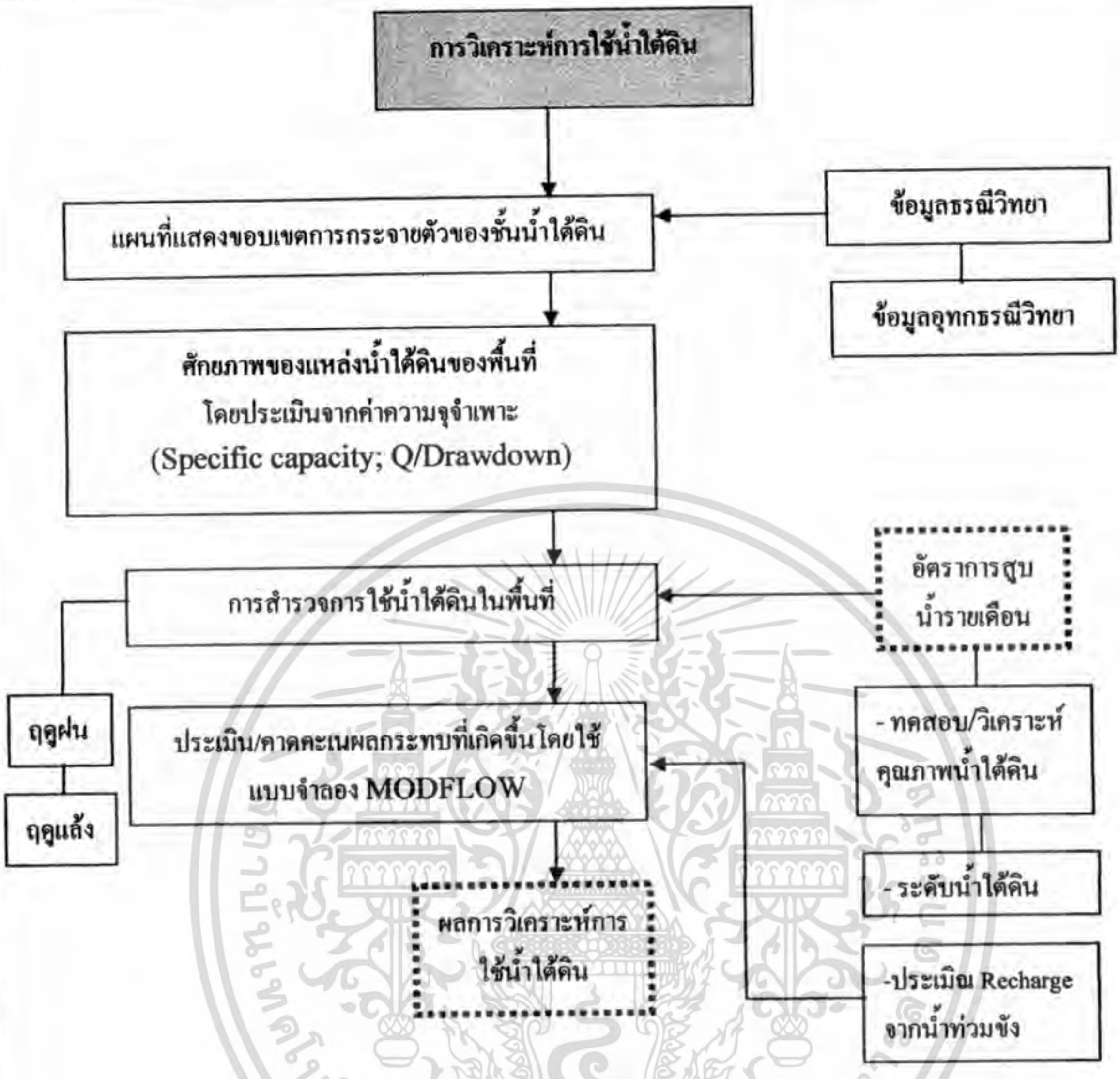
เป้าหมายหลักของการวิจัยคือเพื่อให้เกิดการใช้น้ำผิวดินร่วมกับน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็มอย่างยั่งยืน โดยการวิเคราะห์สภาพทางอุทกธรณีวิทยา การไหลของน้ำบาดาลและการปนเปื้อน แหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้ในการเกษตรกรรม คุณภาพและปริมาณน้ำผิวดินและใต้ดินที่ใช้ การกำหนดเกณฑ์การใช้น้ำผิวดินและใต้ดิน จะทำให้สามารถสร้างเป็นแผนที่แสดงพื้นที่ที่ควรใช้น้ำผิวดินและใต้ดิน(ระดับความลึกที่ควรใช้) รายเดือนได้โดยกรอบแนวคิดในการเก็บข้อมูลและวิจัยสามารถแสดงผังในรูปที่ 4.1-1 และ 4.1-2

4.1 แบบการวิจัย (Research Design)

1) รวบรวมข้อมูลด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องดังกรอบการวิจัยในรูปที่ 4.1-1 และ 4.1-2
2) จัดทำแบบสอบถามเพื่อสำรวจข้อมูลในเรื่องการใช้น้ำในการเพาะปลูก แหล่งน้ำที่ใช้ รวมถึงปัญหาของสภาพดิน และน้ำที่เกษตรกรนำมาใช้
3) หาตำแหน่งของแหล่งน้ำผิวดินและใต้ดินจากรายงานการศึกษาที่ผ่านมา จากการสอบถาม และจากการใช้ GPS ในสนาม
4) เก็บตัวอย่างน้ำผิวดินของแหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้ และน้ำใต้ดินทั้งบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบที่มีในพื้นที่ศึกษา 2 ฤดูกาล (ฤดูร้อนและฤดูฝน) ฤดูกาลละประมาณ 60 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ทั้งบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบน้ำที่มีในพื้นที่ศึกษา
5) ทำการวิเคราะห์ ข้อมูลที่เก็บจากพื้นที่โดยวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของแหล่งน้ำผิวดิน แหล่งน้ำใต้ผิวดิน และสภาพดินรอบบริเวณแหล่งน้ำ
6) ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาประมาณ 2 สัปดาห์ต่อครั้ง
7) ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินอัตโนมัติของบ่อสังเกตการณ์ที่คัดเลือกประมาณ 10 จุด ส่วนการวัดค่าความนำไฟฟ้าโดยอุปกรณ์อัตโนมัติจะทำการติดตั้งจำนวนประมาณ 5 จุด เพื่อให้ได้ข้อมูลละเอียดแบบรายวัน
8) จัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนาเพื่อหาอัตราการสูบน้ำและอัตราการใช้น้ำผิวดิน



รูปที่ 4.1-1 กรอบแนวความคิดในการดำเนินงาน



รูปที่ 4.1-2 กรอบแนวความคิดในการดำเนินงานวิจัย (การวิเคราะห์การใช้น้ำใต้ดิน)

9) จัดทำแบบจำลองชลศาสตร์เพื่อหาขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมและระยะเวลา และนำมาประเมินการ Recharge จากผิวดินสู่ใต้ดิน เป็น input data ของแบบจำลองน้ำใต้ดินต่อไป แบบจำลองชลศาสตร์ที่ใช้คือแบบจำลอง HEC-RAS ซึ่งพัฒนาโดย United States Bureau of Reclamation (USBR)
10) จัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในลำน้ำและอ่างเก็บน้ำโดยใช้แบบจำลอง Mike Basin ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย DHI Water & Environment ประเทศเดนมาร์ค เพื่อหาปริมาณน้ำจากลำน้ำและลำน้ำที่สามารถนำมาใช้ได้
11) จัดแสดงขอบเขตการกระจายตัวของชั้นน้ำใต้ดินจากข้อมูลที่รวบรวมได้
12) จัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินเพื่อประเมิน-คาดคะเน ระดับน้ำใต้ดิน/คุณภาพน้ำใต้ดิน โดยจะใช้แบบจำลองสามมิติ MODFLOW

13) จัดทำระบบฐานข้อมูลจากข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ทั้งหมดของพื้นที่โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)
14) วิเคราะห์หาปัจจัยที่ทำให้เกิดการแพร่ดินเค็ม/น้ำเค็ม
15) กำหนดหลักเกณฑ์ของความเหมาะสมในการใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดิน
16) จัดทำแผนที่/แนวทางปฏิบัติในการใช้แหล่งน้ำเพื่อเกษตรกรรมแบบผสมผสานให้เหมาะสมต่อพื้นที่นั้นๆรายเดือน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

1) การวิเคราะห์ด้านอุตุ-อุทกวิทยาใช้ข้อมูลระยะยาวที่มีการบันทึก และนำข้อมูลมาวิเคราะห์รอบการเกิดโดยวิธีการแจกแจงความถี่แบบ Gumbell
2) เพื่อใช้ข้อมูลในแบบสอบถามในพื้นที่ศึกษา มาทำการวิเคราะห์พื้นที่ในการเก็บคุณสมบัติแหล่งน้ำ ผิวดิน แหล่งน้ำใต้ดิน และสภาพดินรอบบริเวณแหล่งน้ำ
3) ทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมี ของแหล่งน้ำผิวดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน เช่น pH , EC, TDS , CO_3^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}, Fe^{2+} โดยเก็บตัวอย่างน้ำปีละ 2 ฤดูกาล
4) ทำการวิเคราะห์จำแนกชนิดดินด้วยแผนภูมิของ USDA และทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของสภาพดิน ได้แก่ EC และ pH
5) การจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนา เพื่อหาสัดส่วนการใช้น้ำต่างๆ โดยการหาฝนใช้การจะใช้แบบจำลอง WUSMO น้ำจากลำน้ำหรือโครงการชลประทานจะใช้แบบจำลอง Mike Basin
6) การวิเคราะห์การไหลของน้ำใต้ดินจะดำเนินการจำลองการไหลแบบ 3 มิติโดยใช้แบบจำลอง MODFLOW

4.3 ระยะเวลา และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

คณะผู้วิจัยได้วางแผนระยะเวลาของการดำเนินงานวิจัยไว้ทั้งสิ้นประมาณ 18 เดือน แผนการดำเนินงานตามกรอบงานวิจัยแบ่งกิจกรรมออกเป็น 11 แผนงาน ดังแสดงในตารางที่ 4.3-1

ตารางที่ 4.3-1 แผนงานการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม

ลำดับที่	กิจกรรมการดำเนินการ	เดือน						
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10	10-11	12
1	รวบรวมข้อมูล/รายงานจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	■						
2	วางแนวทางการเก็บข้อมูล ออกแบบแบบสอบถาม การวิเคราะห์ทดลองและจัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์		■					
3	เก็บข้อมูลในสนามโดยใช้แบบสอบถาม ตรวจสอบแหล่งการใช้น้ำในพื้นศึกษา		■					
4	การเก็บตัวอย่าง/วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของ น้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน และดิน	■	■			■	■	
5	การติดตั้งอุปกรณ์วัดระดับน้ำใต้ดิน และ EC อัตโนมัติในพื้นที่ศึกษา และตรวจสอบสภาพสนามเป็นระยะ	■	■		■	■		■
6	จัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนา		■	■				
7	จัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในลำน้ำ					■	■	
8	จัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการเคลื่อนที่ของความเค็ม			■	■	■	■	■
9.	วิเคราะห์หาปัจจัย กำหนดเกณฑ์การใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดินที่เหมาะสม และจัดทำเป็นแผนที่แสดงพื้นที่การใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดินที่เหมาะสมรายเดือน							■
10	การจัดทำระบบสารสนเทศ (GIS)		■	■	■	■	■	■

4.4 เป้าหมายของผลผลิต (Output) และตัวชี้วัด

เนื่องจากรายงานวิจัยฉบับนี้เป็นผลการศึกษาที่ดำเนินการในช่วงเวลา 12 เดือน คณะผู้วิจัยได้กำหนดเป้าหมายของผลผลิตและตัวชี้วัดของงานวิจัยที่ดำเนินการในปีงบประมาณ 2551 ดังแสดงในตารางที่ 4.4-1

ตารางที่ 4.4-1 ผลผลิตและตัวชี้วัดของโครงการวิจัย ปีงบประมาณ 2551

ผลผลิต	ตัวชี้วัด	
	เชิงคุณภาพ	**เชิงปริมาณ**
1) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา (GIS)	ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญของพื้นที่ถูกจัดเก็บในรูปของ digital form ซึ่งสามาถเรียกใช้ ดัดแปลง แก้ไข ได้สะดวกขึ้น	ได้ฐานข้อมูลด้านต่างๆ ซึ่งคิดเป็น 80 %ของผลผลิตด้าน GIS ได้แก่ - ด้านขอบเขตการปกครอง - ด้านธรณีและบ่อบาดาล - ด้านลุ่มน้ำและแหล่งน้ำผิวดิน - ด้านลักษณะภูมิประเทศ - ด้านชลประทาน - ด้านดินและการใช้ที่ดิน - ด้านคุณภาพสิ่งแวดล้อม - ด้านระบบโครงข่ายการตรวจวัดข้อมูลของโครงการ
2) แบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนา	ได้สัดส่วนการใช้น้ำผิวดินและใต้ดินของพื้นที่ในระดับรายเดือนเป็นอย่างน้อย	สามารถระบุปริมาณน้ำผิวดินและใต้ดินที่ใช้ในพื้นที่ได้ (ผลสำเร็จ100 %)
3) ผลทดสอบคุณภาพน้ำและดินจากห้องปฏิบัติการ	ได้ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินจากการทดสอบ ที่กระจายตัวในพื้นที่	ได้การวิเคราะห์คุณภาพน้ำและดินขอพื้นที่จากผลการทดสอบตัวอย่างน้ำ 120 ตัวอย่าง และตัวอย่างดิน 100 ตัวอย่าง (ผลสำเร็จ100 %)
4) แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการเคลื่อนที่ของความเค็มในพื้นที่ศึกษา	แบบจำลองที่ได้มีความละเอียดถูกต้องขึ้นเนื่องจากใช้ข้อมูลที่มีความถี่ของการเก็บและจำนวนมากขึ้น โดยผลที่ได้จะแสดงการไหลของน้ำใต้ดินและความเค็มรายเดือนเป็นอย่างน้อย	ได้แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการเคลื่อนที่ของความเค็ม ซึ่งมีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่งเนื่องจากต้องปรับเทียบ (Calibrate) แบบจำลองกับระดับน้ำ ผลการทดสอบคุณภาพน้ำและดิน (ผลสำเร็จ 70 %)

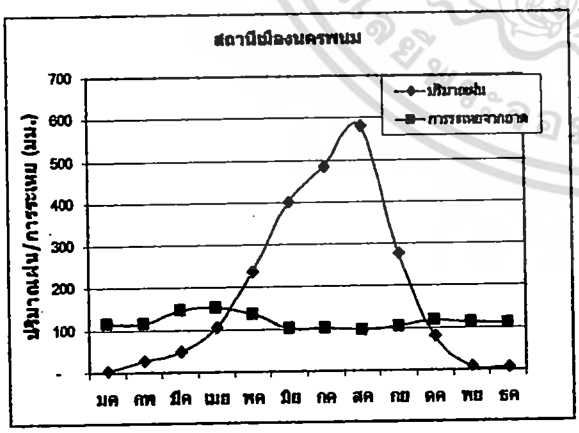
กิจกรรมหลักที่ดำเนินการเสร็จสิ้นในรายงานฉบับนี้ได้แก่ การวิเคราะห์หาสัดส่วนการใช้น้ำผิวดินและใต้ดิน การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของน้ำผิวดินและใต้ดินเพื่อเกษตรกรรม และการจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน รวมถึงการนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นสาเหตุให้เกิดการแพร่กระจายความเค็มของพื้นที่เบื้องต้น

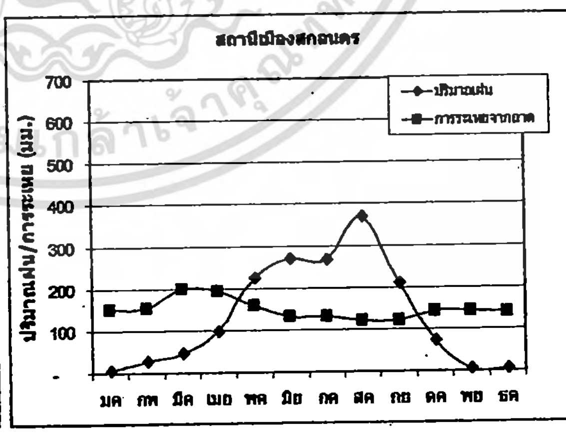
5 ผลการศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร

การศึกษาด้านความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษา มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนและน้ำท่าในลำน้ำที่ไหลผ่าน การศึกษาจึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพอุตุ-อุทกของพื้นที่ รวมถึงการใช้แบบสอบถามการใช้น้ำของเกษตรกรเพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการคำนวณ ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการศึกษาด้านอุตุ-อุทกวิทยา

จากข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (2514-2543) ของสถานีตรวจอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม กรมอุตุนิยมวิทยา (ตารางที่ 5.1-1) พบว่าปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยที่วัดได้ที่สถานีมีประมาณ 2,256 มิลลิเมตรมีจำนวนวันฝนตกทั้งสิ้น 138 วัน ขณะที่การระเหยจากถาดรายปีเฉลี่ยมีประมาณ 1,411 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 25.8 ^{o}C สูงสุดในเดือนเมษายน ต่ำสุดเดือนธันวาคม เนื่องจากพื้นที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตจังหวัดสกลนครเมื่อพิจารณาข้อมูลของสถานีตรวจอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร กรมอุตุนิยมวิทยา พบว่ามีปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยของสถานีมีประมาณ 1,599.9 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกทั้งสิ้น 128.4 วัน ขณะที่การระเหยจากถาดรายปีเฉลี่ยมีประมาณ 1,788.3 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 26.1 ^{o}C สูงสุดในเดือนเมษายน และต่ำสุดในเดือนธันวาคม จะเห็นได้ว่าสถานีที่จังหวัดสกลนคร มีอัตราการระเหยจากถาดมากกว่าปริมาณน้ำฝน ซึ่งสภาพดังกล่าวเป็นสาเหตุทางธรรมชาติหนึ่งที่ทำให้เกลือจากดินชั้นล่างเคลื่อนตัวขึ้นมาสู่ผิวดินได้ การกระจายของปริมาณฝนและการระเหยจากถาดรายเดือนของสถานีตรวจอากาศทั้งสอง แสดงในรูปที่ 5.1-1





รูปที่ 5.1-1 การกระจายของปริมาณฝนและการระเหยจากถาดรายเดือนของสถานีตรวจอากาศเมืองนครพนมและสกลนคร

ตารางที่ 5.1-1 ภูมิอากาศในคาบ 30 ปี (2514-2543) ของสถานีตรวจอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม และ อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร

CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 1971-2000

Station NAKHON PHANOM
Index station 48357
Latitude 17 25 N
Longitude 104 47 E

Elevation of station above MSL 140 Meters
Height of barometer above MSL 148 Meters
Height of thermometer above ground 1.20 Meters
Height of wind vane above ground 11.00 Meters
Height of raingauge 0.80 Meters

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Pressure (Hectopascal)													
Mean	1014.48	1012.37	1010.02	1008.05	1006.79	1005.17	1005.03	1005.12	1007.64	1010.64	1013.59	1015.61	1009.54
Ext. max.	1029.22	1025.28	1027.80	1021.06	1015.22	1011.86	1012.63	1013.76	1017.35	1021.28	1025.05	1026.48	1029.22
Ext. min.	1001.32	999.75	998.69	997.09	997.82	994.08	989.74	987.20	993.62	995.86	1001.38	1003.07	987.20
Mean daily range	5.15	5.58	5.94	5.74	5.04	4.17	3.99	4.21	4.63	4.56	4.38	4.62	4.83
Temperature (Celsius)													
Mean	21.9	23.9	26.9	28.7	28.2	27.6	27.2	26.8	27.0	26.1	24.0	21.6	25.8
Mean max.	29.1	30.9	33.6	34.8	33.4	31.9	31.3	30.9	31.6	31.4	30.1	28.5	31.5
Mean min.	15.8	18.3	21.4	23.8	24.4	24.5	24.3	24.0	23.6	22.0	18.8	15.6	21.4
Ext. max.	35.6	38.9	41.3	42.0	40.2	37.9	36.4	36.5	35.6	35.3	35.3	35.5	42.0
Ext. min.	3.2	8.0	8.2	15.9	18.8	20.3	21.4	21.5	20.2	14.7	8.8	4.1	3.2
Relative Humidity (%)													
Mean	67	67	65	69	78	85	86	88	84	76	70	68	75
Mean max.	89	87	84	86	91	96	96	97	96	93	90	89	91
Mean min.	45	45	44	49	60	70	72	74	67	57	50	46	57
Ext. min.	13	14	14	17	30	40	47	49	36	28	25	16	13
Dew Point (Celsius)													
Mean	15.1	16.8	19.2	21.8	23.7	24.6	24.5	24.5	23.7	21.3	17.7	14.9	20.7
Evaporation (mm.)													
Mean-pan	114.9	116.5	147.4	152.9	135.6	102.1	101.2	96.1	104.4	116.8	113.8	109.3	1411.0
Cloudiness (0-10)													
Mean	2.5	3.1	3.6	5.0	7.1	8.3	8.3	8.7	7.1	5.4	3.6	2.6	5.4
Sunshine Duration (hr.)													
Mean	247.3	208.0	214.8	203.1	184.9	127.9	127.8	116.5	152.7	209.8	226.5	249.4	2268.7
Visibility (km.)													
0700 L.S.T.	5.4	4.7	4.5	5.6	8.5	8.7	8.6	8.1	8.1	7.4	6.4	5.4	6.8
Mean	8.3	6.5	5.5	6.8	10.1	10.3	10.2	10.0	10.0	9.6	9.2	8.4	8.7
Wind (Knots)													
Mean wind speed	2.3	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2	1.2	1.1	1.1	1.5	2.3	2.3	-
Prevailing wind	E	E	E	E	E	E	SE	SE	E	E	NE	E	-
Max. wind speed	22	49	35	36	40	25	30	35	25	25	23	27	49
Rainfall (mm.)													
Mean	3.5	27.3	49.4	103.6	237.2	400.3	483.9	578.8	276.5	81.7	8.8	4.8	2255.8
Mean rainy day	.9	3.4	5.1	9.3	18.0	22.9	24.2	25.6	17.2	8.9	1.9	.8	138.2
Daily maximum	23.9	48.7	71.2	85.8	152.9	184.1	243.7	325.7	157.6	117.0	56.3	32.4	325.7
Number of days with													
Haze	18.3	22.2	25.6	20.8	5.7	.4	.1	.2	4.6	9.6	13.6	18.6	139.7
Fog	1.0	.5	.4	.2	.1	.0	.0	.1	.1	.3	.4	.9	4.0
Hail	.0	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
Thunderstorm	.1	2.3	4.7	9.7	17.5	15.8	16.2	16.1	11.3	4.2	.4	.0	98.3
Squall	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1

CLIMATOLOGICAL DATA FOR THE PERIOD 1971-2000

Station SAKON NAKHON
Index station 48356
Latitude 17 09 N
Longitude 104 08 E

Elevation of station above MSL 171 Meters
Height of barometer above MSL 172 Meters
Height of thermometer above ground 1.20 Meters
Height of wind vane above ground 10.50 Meters
Height of raingauge 0.65 Meters

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Pressure (Hectopascal)													
Mean	1014.55	1012.40	1010.05	1008.13	1006.91	1005.27	1005.12	1005.24	1007.81	1010.88	1013.77	1015.54	1009.64
Ext. max.	1029.72	1025.50	1026.70	1021.75	1015.05	1012.06	1012.26	1013.45	1016.88	1020.67	1025.40	1027.00	1029.72
Ext. min.	1002.27	1000.90	998.52	997.24	998.27	994.98	995.28	985.49	994.41	997.79	1001.20	1003.76	985.49
Mean daily range	5.42	5.74	5.82	5.50	4.75	3.87	3.77	3.95	4.45	4.60	4.69	5.05	4.80
Temperature (Celsius)													
Mean	22.1	24.3	27.4	29.0	28.3	28.0	27.7	27.3	27.2	26.3	24.1	21.7	26.1
Mean max.	29.0	31.0	33.7	34.8	33.3	32.2	31.7	31.1	31.2	30.9	29.9	28.3	31.4
Mean min.	15.8	18.5	21.8	24.1	24.6	25.0	24.7	24.5	24.0	22.3	18.9	15.5	21.6
Ext. max.	35.0	38.4	41.1	41.8	40.5	38.7	36.8	36.0	35.5	35.0	35.3	35.1	41.8
Ext. min.	2.1	7.6	7.5	16.5	19.2	21.2	20.5	21.2	20.0	14.2	8.7	4.0	2.1
Relative Humidity (%)													
Mean	66	64	62	66	77	80	81	84	82	76	70	68	73
Mean max.	88	84	80	83	90	91	92	94	94	91	89	90	89
Mean min.	43	43	42	48	60	66	67	69	66	57	49	44	55
Ext. min.	15	14	13	20	26	40	45	49	35	25	20	12	12
Dew Point (Celsius)													
Mean	14.8	16.4	18.4	21.4	23.5	24.1	24.0	24.1	23.6	21.3	17.8	14.8	20.4
Evaporation (mm.)													
Mean-pan	151.4	154.2	198.2	195.0	157.7	132.5	132.1	122.0	120.4	142.2	142.3	140.3	1788.3
Cloudiness (0-10)													
Mean	2.4	2.9	3.3	4.8	6.7	7.9	8.0	8.4	6.9	5.1	3.5	2.5	5.2
Sunshine Duration (hr.)													
Mean	277.6	240.1	245.1	236.4	208.5	155.2	159.8	143.9	179.5	229.2	243.9	266.2	2585.4
Visibility (km.)													
0700 L.S.T.	5.8	5.6	5.9	7.6	10.9	11.6	11.7	10.8	10.2	8.8	6.7	5.3	8.4
Mean	8.1	6.9	6.6	8.5	12.0	12.4	12.5	12.0	11.7	10.5	9.0	7.9	9.8
Wind (Knots)													
Mean wind speed	2.7	3.2	3.0	2.4	1.9	2.1	2.1	2.1	1.4	1.9	2.4	2.4	-
Prevailing wind	E	E	E	SE	SE	SW	SW	SW	E	E	E	E	-
Max. wind speed	26	41	49	53	40	35	40	40	35	32	25	25	53
Rainfall (mm.)													
Mean	4.1	25.7	45.9	97.6	224.0	269.9	267.8	367.7	211.3	73.2	6.4	6.3	1599.9
Mean rainy day	1.1	3.2	5.0	9.7	17.4	20.1	20.8	23.1	17.0	8.3	2.0	.7	128.4
Daily maximum	22.7	77.2	101.0	68.5	220.1	106.9	228.9	457.1	128.6	122.9	29.3	39.8	457.1
Number of days with													
Haze	22.6	23.7	26.2	18.1	2.1	.1	.0	.2	3.5	10.3	18.6	22.9	148.3
Fog	.2	.4	.2	.0	.1	.0	.0	.0	.3	.3	.5	.6	2.6
Hail	.0	.0	.1	.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.2
Thunderstorm	.3	2.1	5.4	11.2	17.7	14.6	14.6	14.8	11.2	4.1	.4	.1	96.5
Squall	.0	.1	.1	.2	.1	.1	.0	.0	.1	.0	.0	.0	.7

5.1.1 ปริมาณน้ำฝน จากการรวบรวมข้อมูลสถานีวัดปริมาณฝนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพบว่ามีสถานีทั้งหมด 5 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 5.1-2 ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกสถานีวัดน้ำฝน ที่มีการรวบรวมข้อมูลระยะยาวและครอบคลุมพื้นที่ทำการศึกษา ได้แก่ สถานี24022(อ.ธาตุพนม) สถานี24032

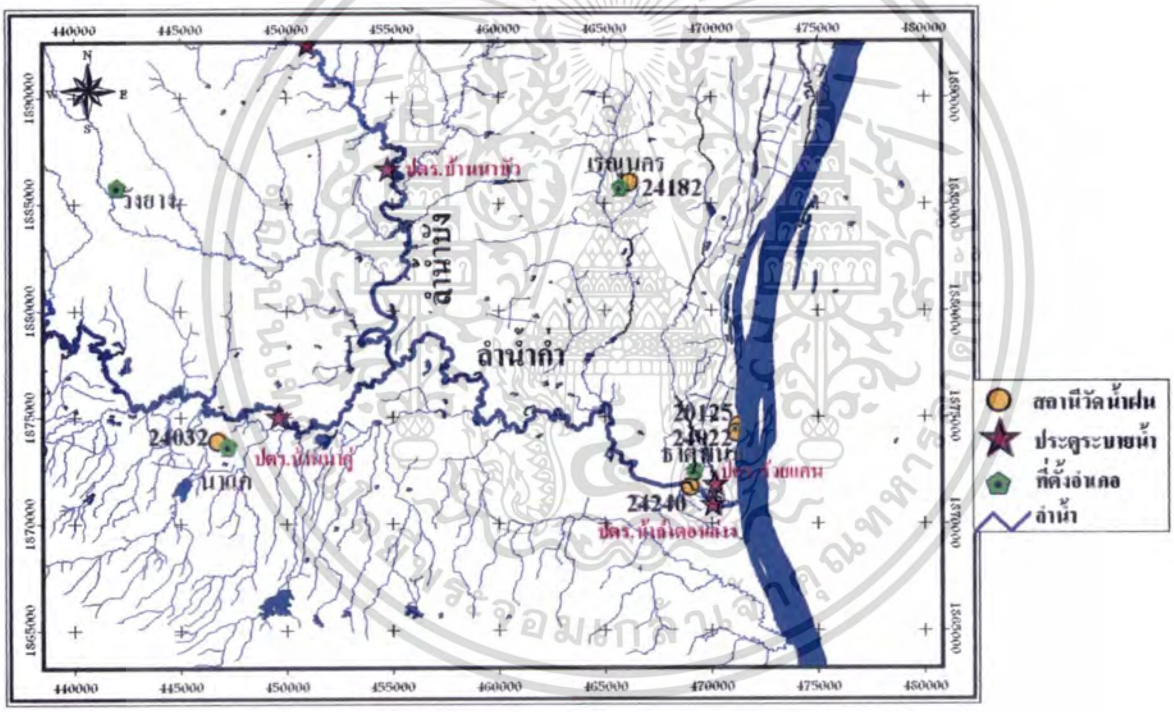
(อ.นาแก) และสถานี24182(อ.เรณูนคร) ซึ่งมีที่ตั้งและระยะเวลาการบันทึกข้อมูลดังตารางที่ 5.1-2 เพื่อนำมาวิเคราะห์หารอบการเกิดต่างๆ ด้วยวิธีการแจกแจงความถี่แบบ Gumbell ซึ่งมีรูปสมการดังนี้

$$X_{Tr} = \overline{X} - 0.45 S_Q + 0.7797 S_Q \ln T_r$$

เมื่อ X_{Tr} = ปริมาณรายปีที่มีรอบการเกิด Tr

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของข้อมูลปริมาณรายปี, $\overline{X} = \sum_{i=1}^{N} \frac{X_i}{N}$

S_Q = ค่าเบี่ยงเบนมาตราฐาน, $S_Q = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{N} Q_i^2 - N\overline{Q^2})}{N-1}}$

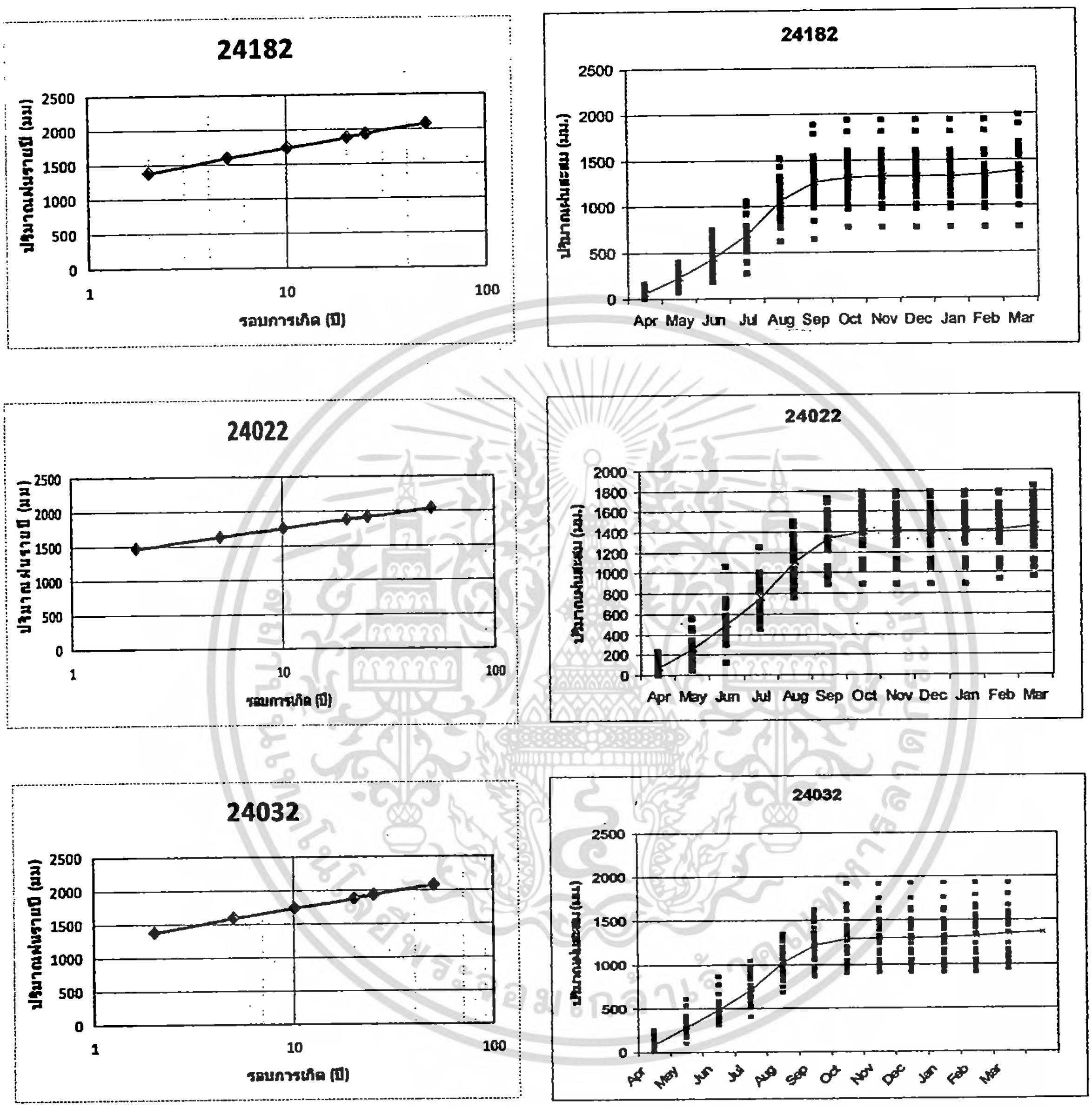


รูปที่ 5.1-2 สถานีวัดปริมาณฝนและสถานีวัดน้ำท่า

ตารางที่ 5.1-2 ข้อมูลของสถานีวัดน้ำฝนที่คัดเลือกมาวิเคราะห์

สถานี	ที่ตั้ง	การบันทึกข้อมูล	Latitude	Longitude
24022	อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	1921 -ปัจจุบัน	16°56’ 55’’	104°44’ 00’’
24032	อ.นาแก จ.นครพนม	1939 -ปัจจุบัน	16° 56’ 42’’	104°30’ 16’’
24182	อ.เรณูนคร จ.นครพนม	1975-ปัจจุบัน	17° 03’ 19’’	104°41’ 10’’

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฝนที่รอบการเกิดต่างๆ แสดงดังรูป และคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลปริมาณฝนรายเดือนสะสมมาสร้างกราฟดังรูปที่ 5.1-3 เพื่อให้เห็นย่านปริมาณฝนสะสมในแต่ละเดือน และสามารถใช้เปรียบเทียบปริมาณฝนที่เกิดขึ้นในแต่ละปีต่อไปได้



รูปที่ 5.1-3 รอบการเกิดปริมาณฝนรายปีและปริมาณฝนรายเดือนสะสม

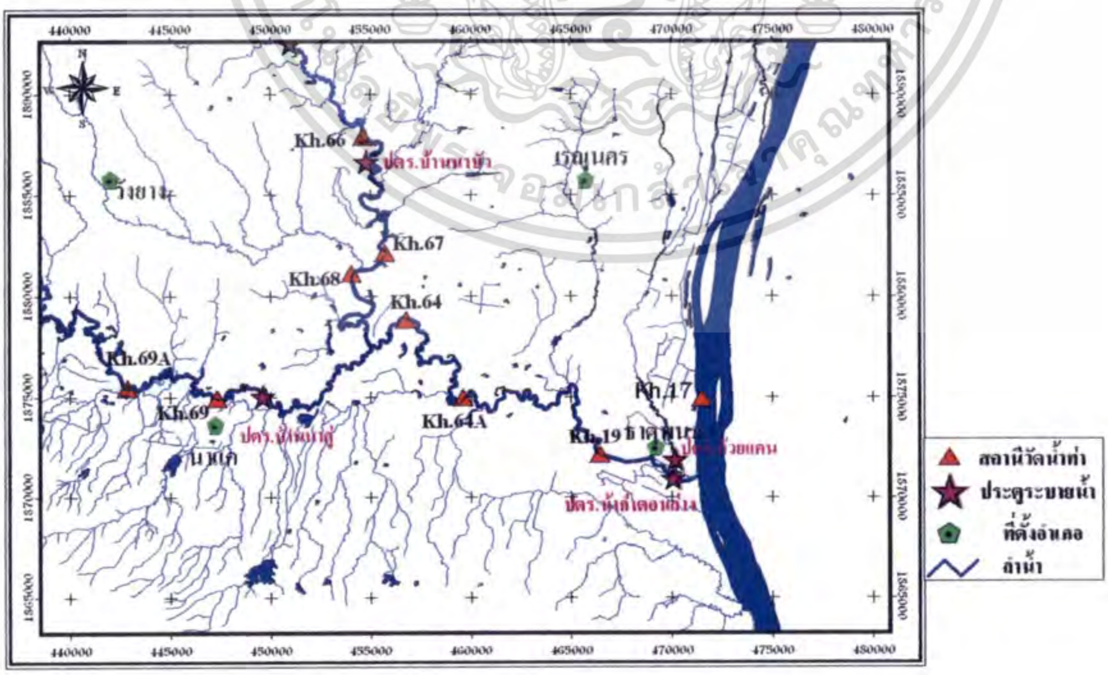
5.1.2 ปริมาณน้ำท่า คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการวัดระดับน้ำและอัตราการไหลในพื้นที่ศึกษาดังแสดงในรูปที่ 5.1-4 แต่สภาพปัจจุบันของการวัดปริมาณน้ำท่าและระดับน้ำในพื้นที่ศึกษาได้เปลี่ยนไปจากอดีต เนื่องจากกรมชลประทานได้พัฒนาสร้างประตูระบายน้ำ (ปตร.)ในลำน้ำก่ำ ได้แก่ ปตร.นาคู่ และลำน้ำบัง ได้แก่ ปตร.นาบัว เพื่อกักเก็บและยกระดับน้ำส่งให้กับพื้นที่เกษตรกรรมตามแนวลำน้ำ ทำให้ปริมาณน้ำที่ปล่อยจากท้ายน้ำของอาคารบังคับน้ำไม่ได้เป็นธรรมชาติแต่เป็นการไหลที่มีการควบคุมปริมาณการไหลโดยการเปิด-ปิดประตู อีกทั้งมีการก่อสร้างปตร.น้ำก่ำตอนล่าง จึงทำให้สถานีวัดระดับ

และปริมาณน้ำท่าส่วนใหญ่ปิดลง จากการตรวจสอบพบว่าในปัจจุบันคงเหลือแต่สถานี Kh69A ในลำน้ำก่ำ สถานี Kh68 ในลำน้ำบัง และ Kh 17 ในลำน้ำโขง หลังจากที่กรมชลประทานได้พัฒนาสร้างปตร.ในลำน้ำก่ำและลำน้ำบัง ปริมาณน้ำท่าที่ปล่อยจากท้าย ปตร. ต่างๆ สามารถคำนวณได้จากผลการ Calibrate ความกว้างของบานประตูที่เปิด ระดับน้ำด้านเหนือและด้านท้ายประตู แต่เนื่องจากปตร.ต่างยังมิได้มีการ Calibrate ทำให้ปัจจุบันไม่สามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ปล่อยจากประตูได้ คงมีแต่การบันทึกระดับน้ำด้านหน้าและท้ายประตูเท่านั้น

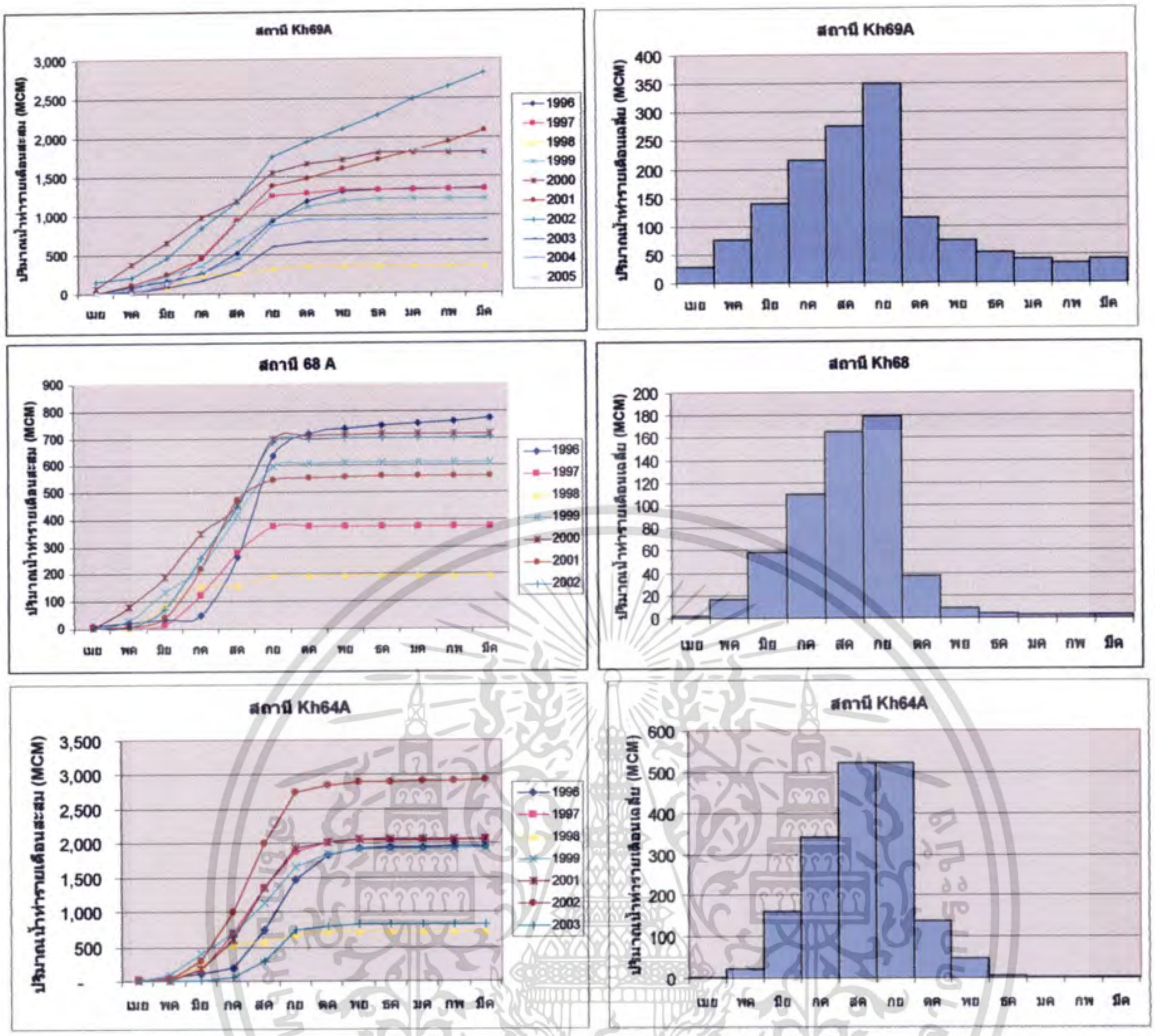
อย่างไรก็ตามเพื่อให้เห็นภาพของปริมาณน้ำในลำน้ำก่ำลำน้ำบังสภาพก่อนมีการควบคุมปริมาณการไหลโดย ปตร. ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้เคยมีการบันทึกไว้มาแสดงการกระจายของน้ำท่ารายเดือนของสถานี Kh69A สถานี Kh64A และ Kh68 แสดงในรูปที่ 5.1-5 จากรูปจะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำท่าที่ผ่านสถานีจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่เดือนพฤษภาคมและจะสูงสุดในเดือนกันยายน หลังจากนั้นปริมาณน้ำท่าจะลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ ปริมาณน้ำท่ารายปีและพื้นที่รับน้ำของสถานีทั้ง 3 แสดงดังตารางที่ 5.1-3

ตารางที่ 5.1-3 ปริมาณน้ำท่ารายปีและพื้นที่รับน้ำของสถานีวัดน้ำท่า

รายการ	Kh69A	Kh64A	Kh68
พื้นที่รับน้ำ (ตร.กม.)	2,288	3,345	703
ปริมาณน้ำท่ารายปี (ล้าน ลบ.ม.)	1,449.9	1,778	592.3



รูปที่ 5.1-4 สถานีวัดน้ำท่าในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 5.1-5 ปริมาณน้ำท่าสะสมรายเดือนและการกระจายของน้ำท่ารายเดือนของสถานีวัดน้ำท่า

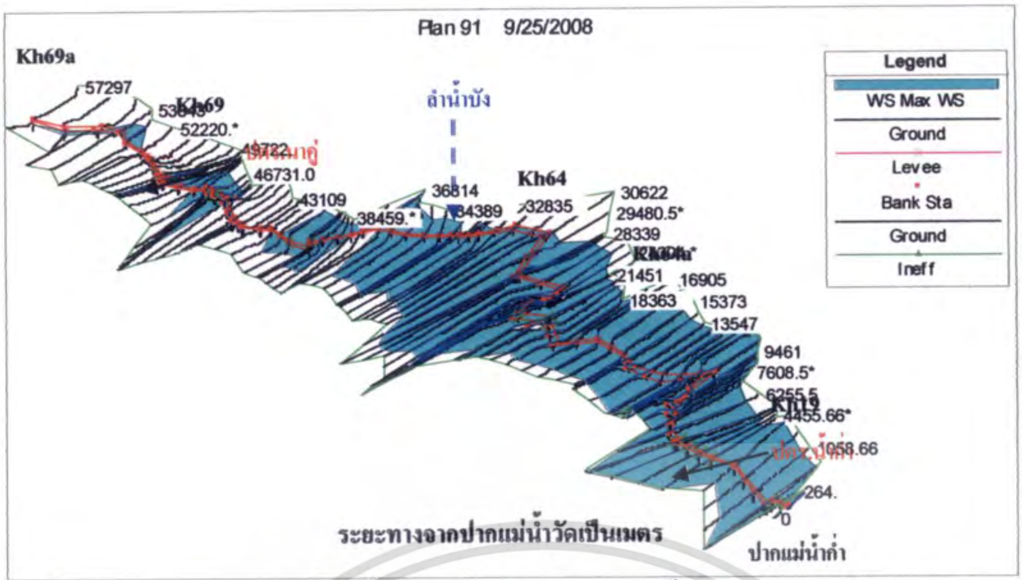
5.1.3 การศึกษาสภาพน้ำหลาก เนื่องจากปริมาณน้ำที่หลากท่วมขังในพื้นที่ศึกษาสามารถซึมลงไปใต้ดินเติมให้กับน้ำใต้ดินได้ ปริมาณน้ำที่ซึมลงไปใต้ดินจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระยะเวลาการท่วมขัง พื้นที่การท่วมขัง และความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านของผิวดิน (infiltration rate) และปริมาณที่ซึมลงไปใต้ดินนี้จะเป็นข้อมูล Recharge ที่ใช้ในแบบจำลอง MODFLOW ต่อไป ในการศึกษาสภาพน้ำหลากได้ใช้ข้อมูลหน้าตัดลำน้ำที่ได้มีการสำรวจไว้ในอดีต (อัคราวุฒิ อิรทรพาณิชย์ 2544)หน้าตัดลำน้ำของสถานีวัดน้ำท่าที่มีล่าสุด และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:4000 (เส้นชั้นความสูง 0.25 เมตร)ของกรมชลประทาน (Nam Kam Irrigated Agriculture Development Project 2525)ครอบคลุมพื้นที่บริเวณลำน้ำบังและลำน้ำก่ำ (ขอบเขตดูรูปที่ 5.1-7)

แต่เนื่องจากการไม่มีสถิติข้อมูลระดับน้ำในลำน้ำก่ำ ณ ปากแม่น้ำก่ำเลย ดังนั้นในการวิเคราะห์หาระดับน้ำที่ปากแม่น้ำก่ำ จึงได้ทำการพิสูจน์ระดับน้ำจากข้อมูลที่บันทึกได้ในลำน้ำโขงฝั่งไทยจากกรมชลประทาน ณ สถานี Kh17 (อ.ธาตุพนม) และค่าเฉลี่ยระดับน้ำตามระยะทาง ณ อ.เมืองนครพนมกับอ.เมืองมุกดาหารที่รวบรวมจากสำนักคณะกรรมการลุ่มน้ำโขง (http://www.mrcmekong.org และ http://202.129.59.150/brdh/mkriver.htm) ซึ่งปากแม่น้ำก่ำจะอยู่ประมาณกึ่งกลางระยะทางจากตัวเมืองทั้งสองแห่งพอดี จึงได้ใช้ระดับน้ำที่คำนวณได้ใหม่เป็นข้อมูลเงื่อนไขและข้อมูลเบื้องต้นของขอบเขตด้านท้ายน้ำ (downstream boundary and initial conditions) การศึกษาลาดผิวน้ำหลากในช่วงสอง-สามปีที่ผ่านมาจากบริเวณปากแม่น้ำ (กิโลเมตร 0) ไปยังอ.นาแก (กิโลเมตรที่ 57) ที่ทราบอัตราการไหลหรือระดับน้ำ ณ Kh69a เพื่อใช้เป็นข้อมูลเงื่อนไขและข้อมูลเบื้องต้นของขอบเขตด้านเหนือน้ำ (upstream boundary and initial conditions) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ระบบแม่น้ำ HEC-RAS ที่พัฒนาโดยสหพันธ์วิศวกรแห่งอเมริกา (US. Army Corps of Engineer: http://www.hec.usace.mil) ซึ่งผลได้แสดงในตารางที่ 5.1-4 และรูปที่ 5.1-6 แล้วนำผลไปซ้อนทับแผนที่เส้นชั้นระดับความสูงของพื้นที่ศึกษาเพื่อหาพื้นที่น้ำหลาก ซึ่งผลได้แสดงดังรูปที่ 5.1-7 เพื่อจักได้ใช้หาปริมาณน้ำซึมผ่านผิวดินไปยังชั้นน้ำตื้นต่อไป (Chuenchooklin, S. 2008 :p127) (Mekpruksawong, P.2008)

ตารางที่ 5.1-4 ผลการจำลองพื้นที่น้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาในปี พศ. 2548-2550

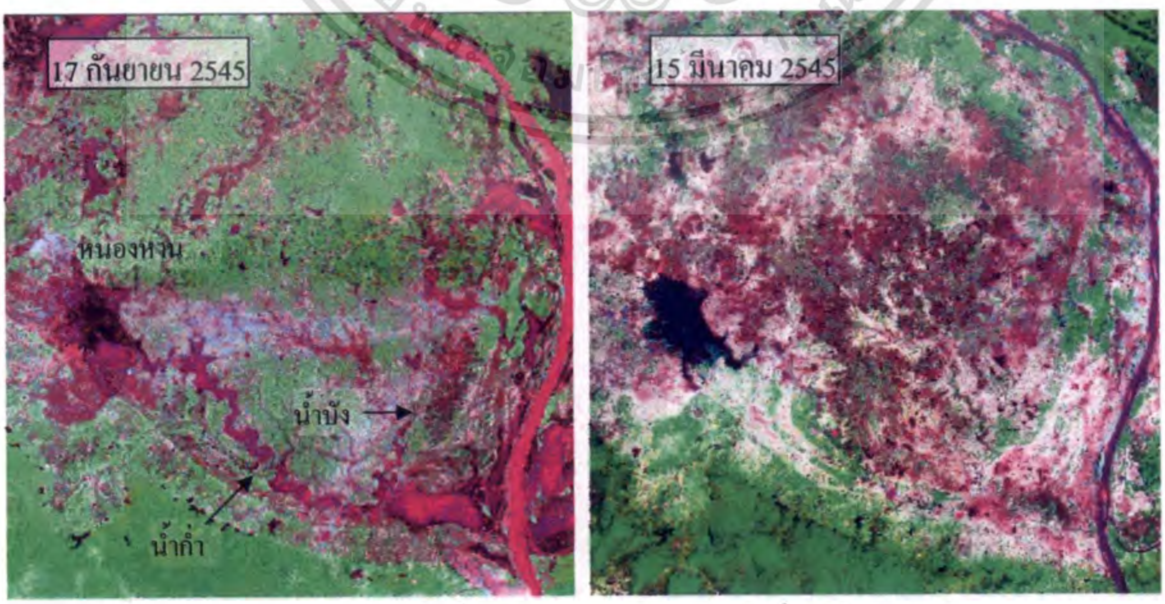
ปี พศ.	ระดับน้ำเฉลี่ย	วดป. สูงสุด	รนส. (รทก.)	% พท.น้ำท่วม	จำนวนวันน้ำท่วม	คาบการเกิด, ปี
2548	138.88	25 สค	141.48	23.15	110	24.4
2549	138.25	22 สค	139.67	9.61	65	1.1
2550	138.44	13 กย	140.20	12.73	85	2.8

จากการสอบถามในพื้นที่พบว่า พื้นที่น้ำหลากที่ได้จากผลการจำลองชลศาสตร์มีสภาพน้ำท่วมขังเป็นประจำทุกปี และขอบเขตของพื้นที่น้ำหลากที่ได้สอดคล้องกับขอบเขตพื้นที่น้ำท่วมจากแผนที่ดาวเทียมในปี 2545 ดังรูปที่ 5.1-8



รูปที่ 5.1-6 ผลการจำลองพื้นที่น้ำท่วมด้วย HEC-RAS ในพื้นที่ศึกษา (ตัวอย่างปี พศ.2548)

รูปที่ 5.1-7 แสดงผลการจำลองพื้นที่น้ำท่วมแต่ละปี (พศ.2548-2550) นำมาซ้อนทับกับแผนที่ภูมิประเทศ

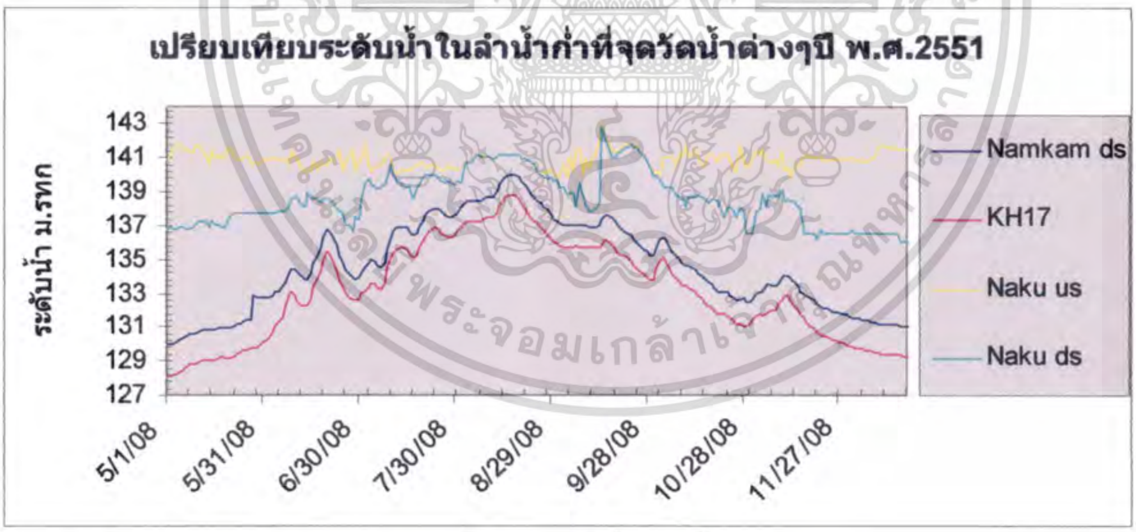


รูปที่ 5.1-8 ภาพจากดาวเทียมวันที่ 17 กันยายน 2545 และ วันที่ 15 มีนาคม 2545

ผลการศึกษาสภาพน้ำหลากในลุ่มน้ำก่ำตอนล่างในปี 2551 ด้วยแบบจำลอง HEC-RAS

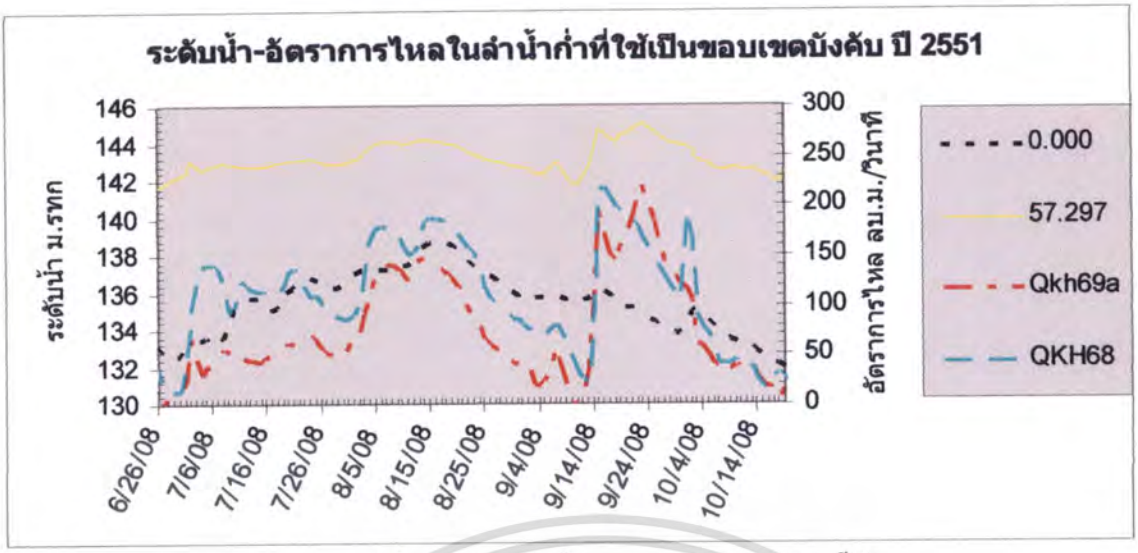
ในปี พ.ศ.2551 ที่ผ่านมาเกิดสภาพน้ำท่วมในพื้นที่ศึกษาเช่นเคยสองช่วง โดยช่วงแรกเกิดในช่วงกลางเดือนสิงหาคมอันเนื่องมาจากมีปริมาณน้ำในแม่น้ำโขงมีมากเกินค่าเฉลี่ยปกติ อันมีสาเหตุมาจากมีฝนตกชุกทางต้นแม่น้ำโขง ประกอบกับการระบายน้ำที่ผิดปกติของเขื่อนเก็บกักน้ำแม่น้ำโขงตอนใต้ของประเทศจีน ทำให้เกิดน้ำท่วมในพื้นที่สองฝั่งลำน้ำโขงตั้งแต่จังหวัดเวียงจันทร์ สะหวันเขต ฯลฯ ในประเทศลาว และจังหวัดหนองคาย นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี ในประเทศไทย ผ่านประเทศกัมพูชา และเวียดนามจนออกสู่ทะเลจีนใต้ (Mekong Bulletin 18 August 2008, Forecast period: 19 August - 23 August 2008, MRC Secretariat: http://ffw.mrcmekong.org) ซึ่งระดับน้ำที่สถานีวัดระดับน้ำในแม่น้ำโขงต่างๆ มีค่าสูงกว่าระดับการเตือนภัยและสูงกว่าระดับตลิ่งทุกแห่ง ดูรายละเอียดได้ในภาคผนวก

จากเหตุการณ์ดังกล่าวจึงทำให้มีน้ำเอ่อท้นในลุ่มน้ำก่ำ ปริมาณน้ำท่าที่เกิดจากฝนในลุ่มน้ำก่ำไม่สามารถไหลออกจากลำน้ำก่ำไปสู่แม่น้ำโขงได้สะดวก และทำให้เกิดน้ำท่วมขังนานติดต่อกันหลายวันตั้งแต่วันที่ 11 สิงหาคม 2551 เป็นต้นไป และระดับน้ำได้ค่อยๆลดลงตั้งแต่วันที่ 24 สิงหาคม 2551 ส่วนน้ำท่วมครั้งที่สองเกิดจากปริมาณน้ำท่าในลำน้ำบังและน้ำก่ำมีมากพอๆกัน ตั้งแต่วันที่ 15 กันยายน-1 ตุลาคม 2551 เป็นระยะเวลานานประมาณครึ่งเดือน ดูรูป 5.1-9



รูปที่ 5.1-9 ระดับน้ำในลำน้ำก่ำ

สำหรับแบบจำลองน้ำหลากได้กำหนดค่าเป็นระดับน้ำรายวันที่สถานีวัดน้ำ Kh69a (กม.ที่ 57) เป็นค่าเงื่อนไขเบื้องต้นและขอบเขตบังคับด้านเหนือน้ำ โดยมีค่าอัตราการไหลรายวันจากลำน้ำสาขา (ลำน้ำบัง) มาลงเชื่อมกับลำน้ำก่ำที่ประมาณ กม.ที่ 34 และใช้ค่าระดับน้ำที่ Kh17 ทอนระดับมาที่ปากแม่น้ำก่ำ (ที่ กม. 0) เป็นค่าเงื่อนไขเบื้องต้นและขอบเขตบังคับด้านท้ายน้ำ ดังรูป5.1-10

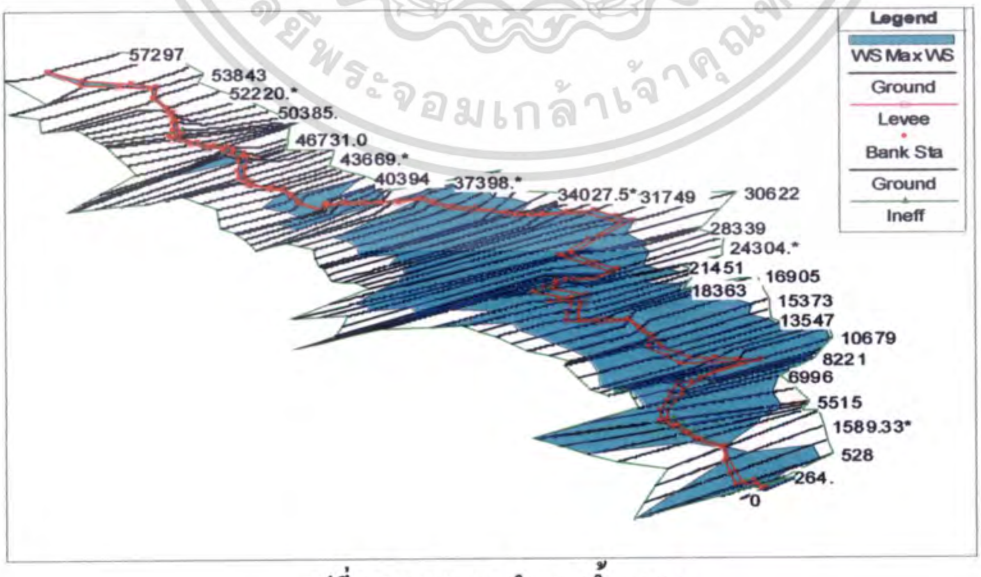


รูปที่ 5.1-10 ระดับน้ำและอัตราการไหลในลำน้ำก่ำ

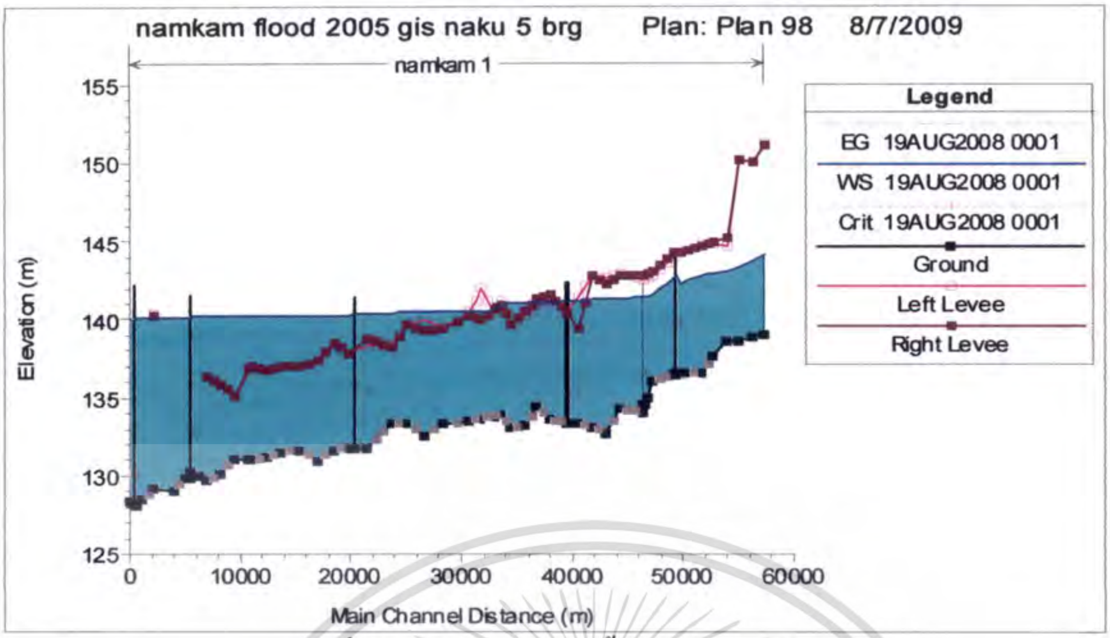
ผลการจำลองน้ำหลากจะปรากฏวันที่น้ำท่วมสูงสุด คือ วันที่ 19 สิงหาคม 2551 โดยมีพื้นที่ถูกน้ำท่วมตั้งแต่ กิโลเมตรที่ 37 ลงไปจนถึงปากแม่น้ำก่ำ จะเห็นได้ว่าสภาพพื้นที่ถูกน้ำท่วมสูงสุดมีค่าต่ำกว่าปี พ.ศ.2548 เพียงเล็กน้อย มีค่าระดับน้ำสูงสุด (รนส.) +140.40 ม.รทก. (วัดที่กม.25) คิดเป็นพื้นที่ถูกน้ำท่วมประมาณร้อยละ 15 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ดังตารางสรุปที่ 5.1-5 และรูปที่ 5.1-11และ 5.1-12

ตารางที่ 5.1-5 ผลการจำลองน้ำหลาก

ปี พศ.	วดป. สูงสุด	รนส.,ม.รทก	% พท.น้ำท่วม	จำนวนวันน้ำท่วม	คาบการเกิด, ปี
2551	19 ส.ค.	140.40	14.8	85	6.4



รูปที่ 5.1-11 ผลการจำลองน้ำหลาก

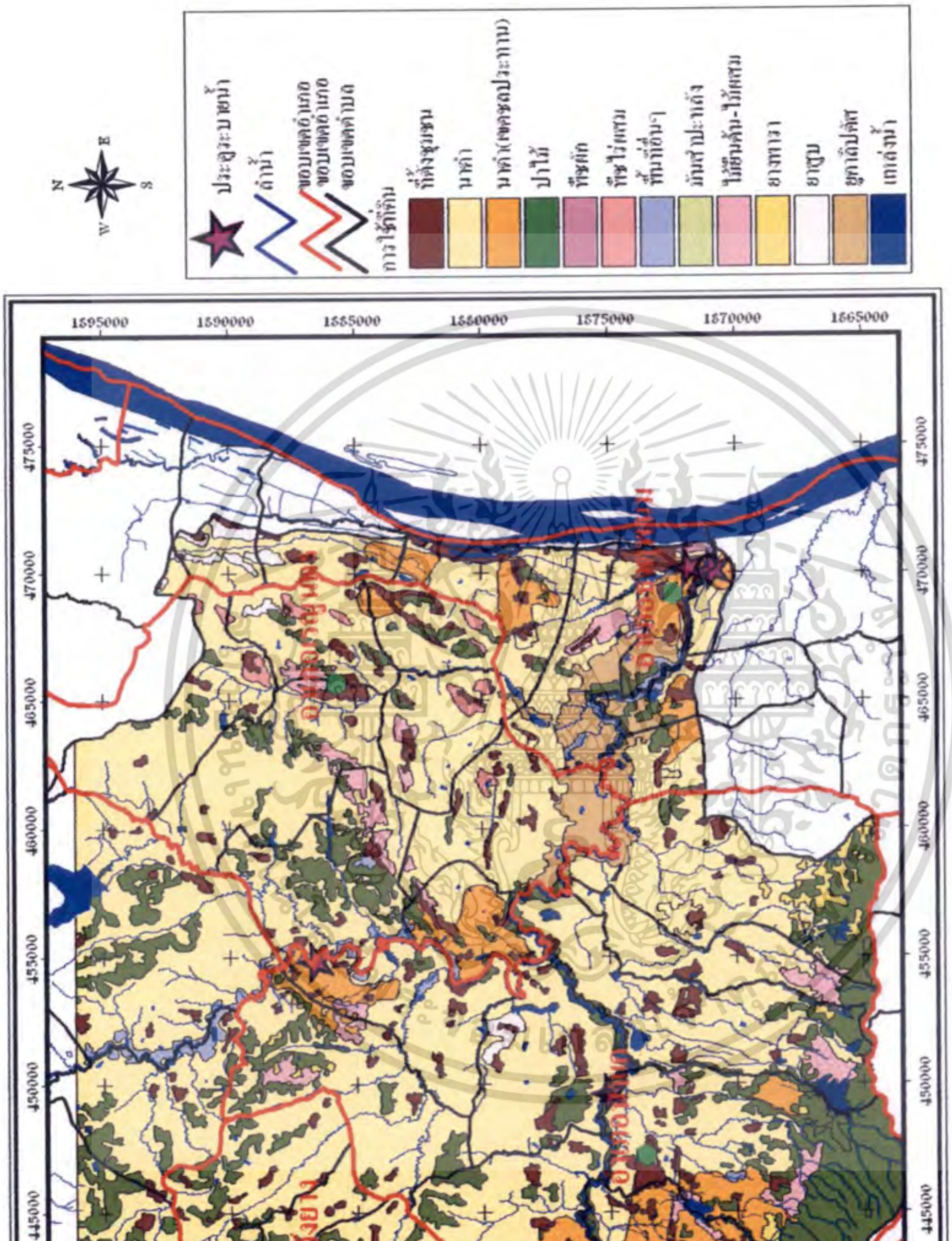


รูปที่ 5.1-12 ผลการจำลองน้ำหลากในแนวตัด

5.2 ผลการศึกษาด้านการใช้ที่ดินและเกษตรกรรม

จากแผนที่การใช้ที่ดินปี พศ. 2547 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าสภาพการเพาะปลูกในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นนาดำอาศัยน้ำฝน มีพื้นที่ประมาณ 342,000 ไร่ หรือ 60 % ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาคือพื้นที่ป่าไม้ 18 % และนาดำในเขตชลประทานของกรมชลประทานและสูบน้ำไฟฟ้า 7% ของพื้นที่ศึกษา ส่วนการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ แสดง ดังตารางที่ 5.2-1 จากแผนที่การใช้ที่ดินในรูปที่ 5.2-1จะเห็นได้ว่าพื้นที่ที่คาดว่าจะเป็นพื้นที่น้ำท่วมจากการกักเก็บน้ำของ ปตร.น้ำก่ำตอนล่าง เป็นพื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัสเป็นส่วนใหญ่

จากการตรวจสอบในสนามพบว่า เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวเป็นพืชหลัก พื้นที่ที่เหลือมีการปลูกไม้ผล ไม้ยืนต้นได้แก่ มะม่วง ส้มยางพารา และยูคาลิปตัส และมีการปลูกพืชไร่เล็กน้อยมาก หลังการเก็บเกี่ยวข้าว พื้นที่ส่วนมากจะถูกปล่อยทิ้งร้าง เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำ เกษตรกรจำนวนน้อยจะใช้น้ำค้างคลองปลูกผักเพื่อการบริโภค มีการนำน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้เพื่อเกษตรกรรมน้อยมาก



รูปที่ 5.2-1 แผนที่การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (ที่มา:กรมพัฒนาที่ดิน 2547)

ตารางที่ 5.2-1 การใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา (แผนที่การใช้ที่ดินปี พศ. 2547 ,กรมพัฒนาที่ดิน)

ลำดับที่	การใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ไร่)	%ของพื้นที่ทั้งหมด
1	นาดำ	342,258	60
2	ป่าไม้	102,733	18
3	ที่ตั้งชุมชน	27,523	5
4	นาดำ(เขตชลประทาน)	41,483	7
5	ยูคาลิปตัส	14,238	3
6	ไม้ยืนต้น-ไม้ผสม	13,996	2
7	พื้นที่อื่นๆ	9,041	2
8	แหล่งน้ำ	7,350	1
9	ยางพารา	3,746	1
10	ยาสูบ	3,368	1
11	พืชไร่ผสม	2,386	0.4
12	พืชผัก	297	0.1
13	มันสำปะหลัง	81	0.01
	รวม	**568,500**	**100**

5.3 ผลการศึกษาด้านความต้องการใช้น้ำ

ในการศึกษาด้านความต้องการน้ำจำแนกผลการศึกษาได้ ดังนี้

5.3.1 การสอบถามข้อมูลด้านการใช้น้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่

คณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลด้านการใช้น้ำเพื่อการเกษตรจากเกษตรกรในพื้นที่โดยใช้การสัมภาษณ์ตามแบบสอบถามแสดงในภาคผนวก ซึ่งกลุ่มตัวอย่างที่ทำการศึกษา จะเป็นกลุ่มครัวเรือนประชากรที่อาศัยในเขตพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดจำนวนตัวอย่างตามสมการคำนวณของ Taro Yamane โดยใช้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมได้ทางสถิติคือร้อยละ 5

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \qquad 5.1$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่าง N = จำนวนครัวเรือนในพื้นที่ศึกษา และ e = ค่าความคลาดเคลื่อน

แทนค่าจะได้ $n = \dfrac{23,244}{1+23244(0.05)^2} =$ 393 ตัวอย่าง

เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ละเอียด การศึกษาจึงได้ใช้แบบสอบถามมากกว่า 393 ตัวอย่าง คือ 1,007 ตัวอย่าง โดยมีผู้ตอบแบบสอบถามในอำเภอต่างๆ ได้แก่ อ.ธาตุพนม (708 ตัวอย่าง) อ.นาแก (46 ตัวอย่าง) อ.เรณูนคร (124 ตัวอย่าง) และอ.ปลาปาก (129 ตัวอย่าง) สามารถสรุปข้อมูลแต่ละอำเภอได้ดังนี้

อ.ธาตุพนม: พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยประมาณ 9.7 ไร่ต่อราย ร้อยละ 95 ของผู้ตอบแบบสอบถามปลูกข้าวครั้งเดียวคือข้าวนาปี โดยจะเริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนเป็นส่วนใหญ่ มีไม่ถึงร้อยละ 1 ที่ปลูกข้าว2 ครั้ง รองลงมาเป็นการปลูกพืชผักปลูกได้ 1 ครั้งเป็นส่วนใหญ่ มีบางแห่งที่สามารถปลูกได้ 2 ครั้ง เริ่มปลูกเดือนตุลาคมในที่ดอน และเดือนธันวาคมในที่ลุ่มน้ำท่วม เนื่องจากต้องคอยให้น้ำลดระดับลงจึงปลูกได้ เกษตรกรรมอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่จะมีการใช้บ่อน้ำตื้นบ้างเล็กน้อย โดยความลึกบ่อน้ำตื้นจะมีความลึก 13-15 เมตร และ1 บ่อสามารถช่วยพื้นที่เกษตรกกรรมได้ ประมาณ 2-3 ไร่พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำใช้รถไถเดินตาม โดยมีแรงม้าประมาณ 9-10 แรงม้า ปัญหาเรื่องน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการทำเกษตร รองลงมาคือเรื่องโรคระบาด แมลงและปัญหาปูนา ปัญหาด้านน้ำมีปัญหาด้านน้ำขาดแคลนมากกว่าปัญหาน้ำท่วมเล็กน้อย ไม่ปรากฏปัญหาน้ำกร่อย/น้ำเค็ม ปัญหาของดินร้อยละ 49 เกิดจากดินอุ้มน้ำไม่ดี และร้อยละ 42 เกิดจากดินเหนียวมากน้ำซึมผ่านได้ยาก ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลางถึงดี (ตามความรู้สึกของเกษตรกร)

อ.นาแก: พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยประมาณ 14 ไร่ต่อราย ร้อยละ 95.6 ของผู้ตอบแบบสอบถามปลูกข้าวครั้งเดียวคือข้าวนาปี โดยจะเริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นการปลูกไม้ผล การเกษตรอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่จะมีการใช้บ่อน้ำตื้นบ้างเล็กน้อย โดยความลึกบ่อน้ำตื้นจะมีความลึก 10 เมตร พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำใช้รถไถเดินตาม โดยมีแรงม้าประมาณ 9-10 แรงม้า ปัญหาเรื่องน้ำและแมลงเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการทำเกษตร รองลงมาคือเรื่องโรคระบาด และ ปัญหาด้านดิน ปัญหาด้านน้ำเป็นปัญหาด้านน้ำขาดแคลนร้อยละ 56 น้ำท่วมร้อยละ 40 ปรากฏปัญหาน้ำกร่อย/น้ำเค็ม ร้อยละ3 ปัญหาของดินร้อยละ 79 เกิดจากดินอุ้มน้ำไม่ดี รองลงมาคือปัญหาดินเหนียวมากน้ำซึมผ่านได้ยากและปัญหาดินเค็ม ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือน้อย (ตามความรู้สึกของเกษตรกร)

อ.เรณูนคร: พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยประมาณ 11 ไร่ต่อราย เกือบร้อยละ 100 ของผู้ตอบแบบสอบถามปลูกข้าวครั้งเดียวคือข้าวนาปี โดยจะเริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนเป็นส่วนใหญ่รองมาเป็นเดือนธันวาคม การเกษตรอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่จะมีการใช้บ่อน้ำตื้นบ้างเล็กน้อย โดยความลึกบ่อน้ำตื้นจะมีความลึก 14-20 เมตร และ1 บ่อสามารถช่วยพื้นที่

เกษตรกกรรมได้ ประมาณ 2-3 ไร่ พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำใช้รถไถเดินตาม โดยมีแรงม้าประมาณ 9-10 แรงม้า ปัญหาเรื่องน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการทำเกษตร รองลงมาคือเรื่องโรคระบาด และแมลง ปัญหาด้านดิน ปัญหาด้านน้ำเป็นปัญหาด้านน้ำขาดแคลนร้อยละ 57 น้ำท่วมร้อยละ 42 ปัญหาของดินเกิดจากกรด ดินอุ้มน้ำไม่ดี ดินเหนียวมากน้ำซึมผ่านได้ยาก ผลผลิตอยู่ในระดับปานกลางเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือดี (ตามความรู้สึกของเกษตรกร)

อ.ปลาปาก: พื้นที่ทำการเกษตรเฉลี่ยประมาณ 19 ไร่ต่อราย ร้อยละ 95 ของผู้ตอบแบบสอบถามปลูกข้าวครั้งเดียวคือข้าวนาปี โดยจะเริ่มปลูกในเดือนมิถุนายน และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนเป็นส่วนใหญ่รองมาเป็นเดือนธันวาคม พืชที่ปลูกรองลงมาเป็นการปลูกยาสูบและไม้ผล การเกษตรอาศัยน้ำฝนเป็นส่วนใหญ่จะมีการใช้บ่อน้ำตื้นบ้างเล็กน้อย โดยความลึกบ่อน้ำตื้นจะมีความลึก 20-30 เมตร และ1 บ่อสามารถช่วยพื้นที่เกษตรกกรรมได้ ประมาณ 2-3 ไร่ พลังงานที่ใช้ในการสูบน้ำใช้รถไถเดินตาม โดยมีแรงม้าประมาณ 9-10 แรงม้า ปัญหาเรื่องน้ำเป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการทำเกษตร รองลงมาคือเรื่องโรคระบาดและแมลง ปัญหาด้านดิน ปัญหาด้านน้ำเป็นปัญหาด้านน้ำขาดแคลนร้อยละ 77 น้ำท่วมร้อยละ 21 มีปัญหาน้ำกร่อยบ้างเล็กน้อย ปัญหาของดินเกิดจาก ดินอุ้มน้ำไม่ดี เป็นส่วนใหญ่ รองมาเป็นดินเหนียวมากน้ำซึมผ่านได้ยาก ผลผลิตอยู่ในระดับดีมากเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาคือปานกลาง (ตามความรู้สึกของเกษตรกร)

5.3.2 ผลการจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในแปลงนา

ในการประเมินความต้องการใช้น้ำด้านการเกษตร ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ WUSMO โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานประกอบในการคำนวณสรุปได้ดังนี้

(1) พื้นที่เพาะปลูก

(3) อัตราการคายระเหย และปริมาณฝนของแต่ละพื้นที่เพาะปลูก

(4) สัมประสิทธิ์การคายระเหยของพืชชนิดต่างๆ

(5) ชนิดของพืชที่ปลูก

(7) ปฏิทินการปลูกพืชชนิดต่างๆ ในแต่ละพื้นที่

แบบจำลอง WUSMO มีขั้นตอนการคำนวณและข้อกำหนดพื้นฐานที่ใช้ ได้แก่

1) การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืชใดๆ (ETc) การประเมินความต้องการใช้น้ำของพืช โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และ Potential Evapotranspiration (ETp) ดังนี้

$$ETc = Kc \times ETp$$

เมื่อ ETc = ความต้องการใช้น้ำของพืช (มม./วัน)

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ETp = Potential Evapotranspiration (มม./วัน)

โดยพิจารณากำหนดค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)ตามชนิดของพืช ดังตารางที่ 5.3-1 (http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/index.htm) และพิจารณากำหนดค่า ETp (Potential Evapotranspiration) สำหรับพื้นที่ศึกษาจากสถานีตรวจอากาศ อ.เมือง จ.นครพนม กรมอุตุนิยมวิทยา โดยใช้วิธีการคำนวณแบบ Modified Penman

ตารางที่5.3-1 กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)

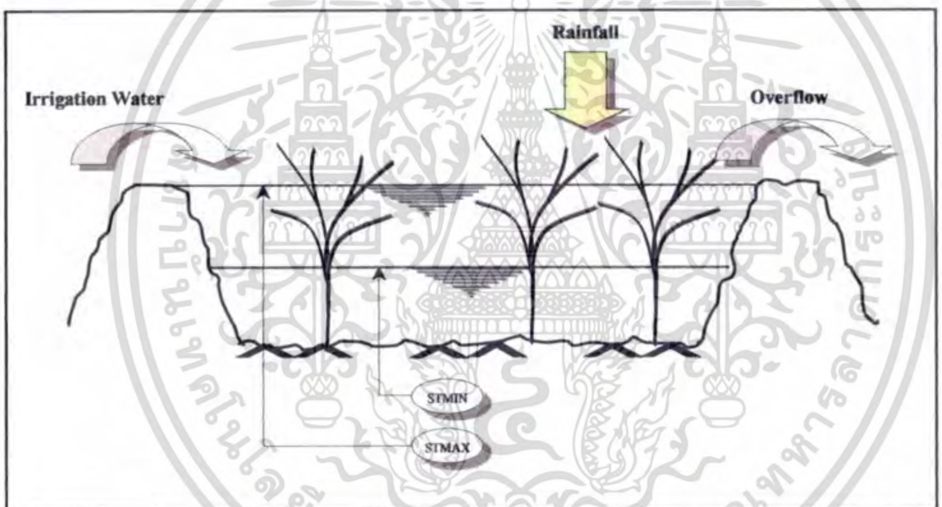
สัปดาห์ที่	ข้าวพันธ์ กข. ปักดำ	ยาสูบ	มะเขือเทศ
1	0.92	0.59	0.59
2	0.94	0.73	0.73
3	1	0.83	0.83
4	1.13	0.92	0.92
5	1.23	0.96	0.96
6	1.29	1.03	1.03
7	1.32	1.13	1.13
8	1.3	1.16	1.16
9	1.26	1.23	1.23
10	1.21	1.20	1.20
11	1.11	1.20	1.20
12	0.95	1.15	1.15
13	0.75	1.08	1.08
14		1.00	1.00
15		0.84	0.84

2) ***แบบจำลองปริมาณฝนใช้การ* (Effective Rainfall Model)** ฝนใช้การ หมายถึง ฝนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณฝนใช้การของพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามชนิดของพืชและวิธีการให้น้ำ เช่น ฝนใช้การของข้าวเป็นส่วนของปริมาณน้ำฝนที่ขังอยู่ในแปลงนาในระดับที่ไม่เป็นอันตรายแก่ต้นข้าว ส่วนฝนใช้การของพืชไร่หรือพืชอื่นเป็นส่วนของปริมาณน้ำฝนที่ซึมอยู่ในเขตรากพืชและพืชสามารถดูดไปใช้ได้ แบบจำลองปริมาณฝนใช้การเป็นแบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์ประเมินปริมาณฝนที่สามารถนำมาใช้แทนน้ำชลประทาน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ ปริมาณฝนตกในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้น้ำของพืช และความสูงของคันนา กล่าวคือ หากเกษตรกรนิยมเก็บน้ำชลประทานไว้ใน

แปลงนาที่ระดับต่ำ เมื่อฝนตกลงมากจะสามารถที่จะเก็บน้ำฝนไว้ในแปลงนาได้มาก เป็นต้น ดังนั้นในสัปดาห์ที่มีปริมาณฝนตกน้อย เปอร์เซ็นต์ของฝนใช้การจะสูงกว่าสัปดาห์ที่มีฝนตกมากและยังขึ้นอยู่กับปริมาณฝนที่ตกในสัปดาห์ก่อนๆ อีกด้วย

ผลการประเมินปริมาณฝนใช้การโดยแบบจำลองดังกล่าว มีค่าปริมาณน้ำฝนใช้การรายวันแล้วจึงนำมารวมกันเป็นรายสัปดาห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองความต้องการน้ำ ซึ่งจากข้อมูลปริมาณฝนเฉลี่ยบริเวณพื้นที่ศึกษา สามารถนำมาวิเคราะห์ถ่วงน้ำหนัก (Weighted Rainfall) ได้ โดยการศึกษาใช้ข้อมูลฝนรายวันจากสถานีที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้แก่ สถานี อ.ธาตุพนม จ.นครพนม(24022) สถานี อ.นาแก จ.นครพนม(24032) สถานีอ.เรณูนคร จ.นครพนม (24182) โดยถ่วงน้ำหนัก 0.3:0.4:0.3 ตามลำดับ

แบบจำลองปริมาณฝนใช้การ กำหนดให้มีค่าระดับน้ำฝนใช้การสามารถถึงระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกโดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับดังรูป และมีเงื่อนไขข้อกำหนดคือ



รูปที่ 5.3-1 เงื่อนไขระดับน้ำในแบบแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ

ระดับน้ำในแปลงที่ความจุต่ำสุด (STMIN)	=	45	มม.
ระดับน้ำในแปลงนาที่ความจุหลังการให้น้ำ (STO)	=	90	มม.
ระดับน้ำในแปลงนาที่ความจุสูงสุด (STMAX)	=	120	มม.

ตารางที่5.3-2 แสดงเงื่อนไขระดับน้ำที่ใช้ในแบบจำลองปริมาณฝนใช้การ

กรณี	ฝนใช้การ	เงื่อนไข
STn-1>STMAX	0	
STMIN<STn-1<STMAX	STMAX-STn-1	Rn>(STMAX-STn-1)
	Rn	Rn<(STMAX-STn-1)

3) ปริมาณน้ำเตรียมแปลง การปลูกข้าวต้องการปริมาณน้ำจำนวนหนึ่ง เพื่อใช้ในการเตรียมแปลงทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้งซึ่งการปลูกพืชชนิดอื่นต้องการน้อยมาก และปริมาณน้ำส่วนนี้จะแปรผันกับปัจจัยที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติทางกายภาพของดิน ความชื้นของดิน ชนิดของดิน ความสามารถการระเหยของน้ำ วิธีและระยะเวลาในการเตรียมแปลง โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำเตรียมแปลงมีค่าประมาณ 200 มม. ระยะเวลาในการเตรียมแปลงสำหรับนาข้าวใช้เวลา 4 สัปดาห์ เริ่มต้นเดือน มิถุนายน (สัปดาห์ที่ 9 นับจากเดือนเมษายน) พื้นที่ตกกล้า 1 ไร่ สามารถนำไปปักดำได้ 15 ไร่

4) ปริมาณน้ำซึมลงไปในดิน การปลูกข้าวจำเป็นต้องมีน้ำขังอยู่ในแปลงนาในระดับที่เหมาะสม ดังนั้นจะมีปริมาณน้ำส่วนหนึ่งที่ซึมเลยเขตรากพืชลงไปในดิน ซึ่งพืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณน้ำซึมลงในดินขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและปัจจัยที่สำคัญได้แก่ คุณสมบัติของดิน วิธีการเตรียมแปลง ความสูงของน้ำที่ขังในแปลงนา และระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งพิจารณากำหนดให้ปริมาณน้ำที่ซึมลงในดินประมาณ 3.0 มม./วัน

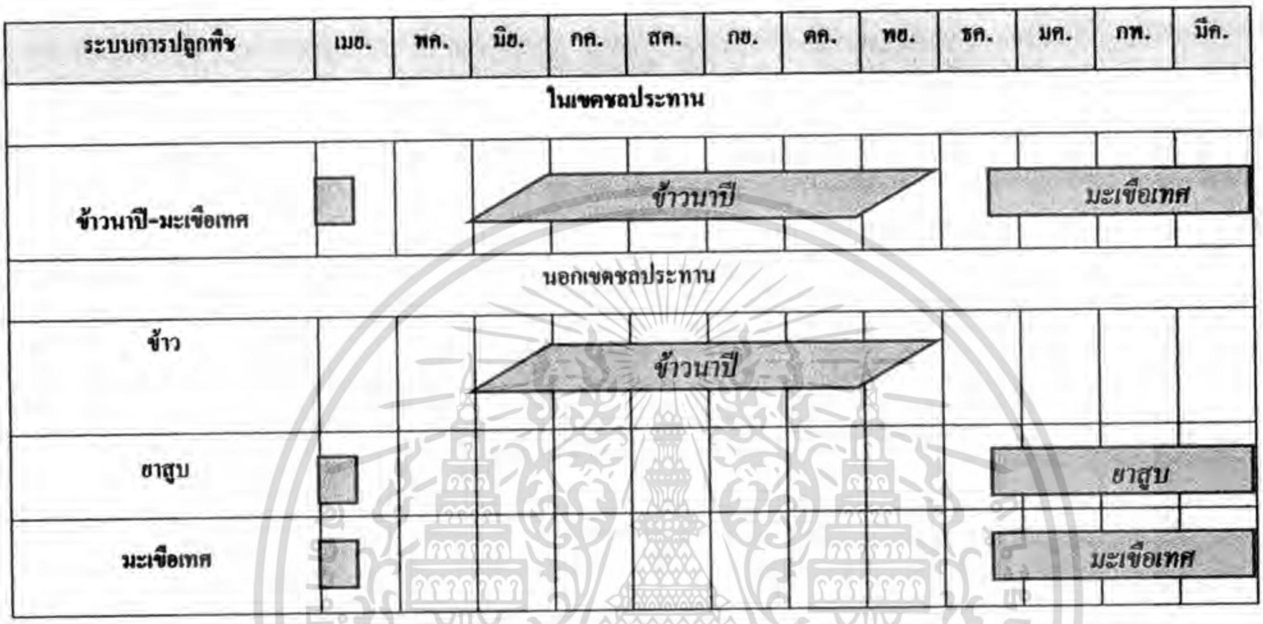
5) ประสิทธิภาพการชลประทาน เป็นค่าดัชนีชี้วัดปริมาณน้ำชลประทานที่ต้องการ ซึ่งรวมถึงปริมาณน้ำที่สูญเสียระหว่างทางลำเลียงน้ำและที่สูญเสียในกระบวนการใช้น้ำ การศึกษาได้กำหนดประสิทธิภาพการชลประทานในเขตพื้นที่ชลประทานเท่ากับ 50% ส่วนพื้นที่นอกเขตชลประทานคิดประสิทธภาพชลประทานเท่ากับ 100 % เนื่องจากเกษตรกรใช้น้ำจากแหล่งที่อยู่ใกล้เคียง (ถือได้ว่าการสูญเสียน้ำตามระยะทางของระบบส่งน้ำน้อยมากจนแทบไม่มี) และเกษตรในพื้นที่ใช้น้ำอย่างประหยัดการสูญเสียจึงแทบไม่เกิดขึ้นเลย

6) ความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Demand) แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทาน (Irrigation Demand Model) ใช้วิเคราะห์ประเมินและจำลองความต้องการน้ำชลประทานรายสัปดาห์หรือปริมาณน้ำที่ต้องการน้ำบริเวณอาคารบังคับน้ำปากคลองส่งน้ำ เพื่อให้สามารถลำเลียงน้ำไปถึงแปลงเพาะปลูกด้วยปริมาณน้ำที่เพียงพอ สำหรับการเพาะปลูกข้าว พืชไร่พืชผัก หรืออื่นๆ ตามคำจำกัดความดังนี้

$$\text{ปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน} = \frac{\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช} + \text{การรั่วซึมบนแปลง} - \text{ฝนใช้การ}}{\text{ประสิทธิภาพชลประทาน}}$$

7) รูปแบบการปลูกพืช (Crop Pattern) ระบบการเกษตรกรรมในพื้นที่ศึกษาแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ การปลูกพืชในพื้นที่ชลประทานและในพื้นที่นอกเขตชลประทาน ในเขตชลประทานจะมีการปลูกข้าวในฤดูฝน และปลูกพืชไร่หรือพืชผักในฤดูแล้ง อาทิเช่น ถั่วลิสง มะเขือเทศ ในการคำนวณได้เลือกมะเขือเทศเป็นพืชตัวแทนในการคำนวณความต้องการน้ำเพราะมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำสูงกว่าพืชอื่นๆ โดยมีประสิทธิภาพการใช้พื้นที่เพาะปลูก (Cropping intensity :CI) เท่ากับ 1.20 สำหรับระบบการ

ปลูกพืชในพื้นที่นอกเขตชลประทานจะมีการปลูกข้าวนาดำในฤดูฝน ส่วนฤดูแล้งจะมีบางพื้นที่ซึ่งเป็นส่วนน้อยที่มีการปลูกพืชในฤดูแล้งเนื่องจากไม่มีน้ำต้นทุนหรือมีน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ โดยพืชฤดูแล้งที่ปลูกจะเป็นพืชไร่หรือพืชผักมีทั้ง ยาสูบ มะเขือเทศ ถั่วลิสง และข้าวโพดหวาน ในการคำนวณความต้องการน้ำได้เลือกมะเขือเทศและยาสูบเป็นพืชตัวแทนในการคำนวณความต้องการน้ำเพราะมีการปลูกมากกว่าพืชอื่นๆ ปฏิทินการปลูกพืชของพื้นที่ศึกษาแสดงในรูปที่ 5.3-2



รูปที่ 5.3-2 ปฏิทินการปลูกพืชปัจจุบันในพื้นที่ศึกษา

ผลการคำนวณความต้องการน้ำของพืชที่ได้จากแบบจำลอง WUSMO สรุปได้ดังนี้ (ตารางที่ 5.3-3)

<u>พื้นที่ชลประทาน</u>

- ความต้องการน้ำชลประทานซึ่งรวมการสูญเสียจากระบบชลประทานและแปลงนาของข้าวนาปีตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เท่ากับ 1,476 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนตุลาคม
- ความต้องการน้ำชลประทานซึ่งรวมการสูญเสียจากระบบชลประทานและแปลงนาของยาสูบตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เท่ากับ 1,060 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์
- ความต้องการน้ำชลประทานซึ่งรวมการสูญเสียจากระบบชลประทานและแปลงนาของมะเขือเทศตลอดฤดูกาลเพาะปลูก เท่ากับ 1,162 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์
-

พื้นที่นอกเขตชลประทาน

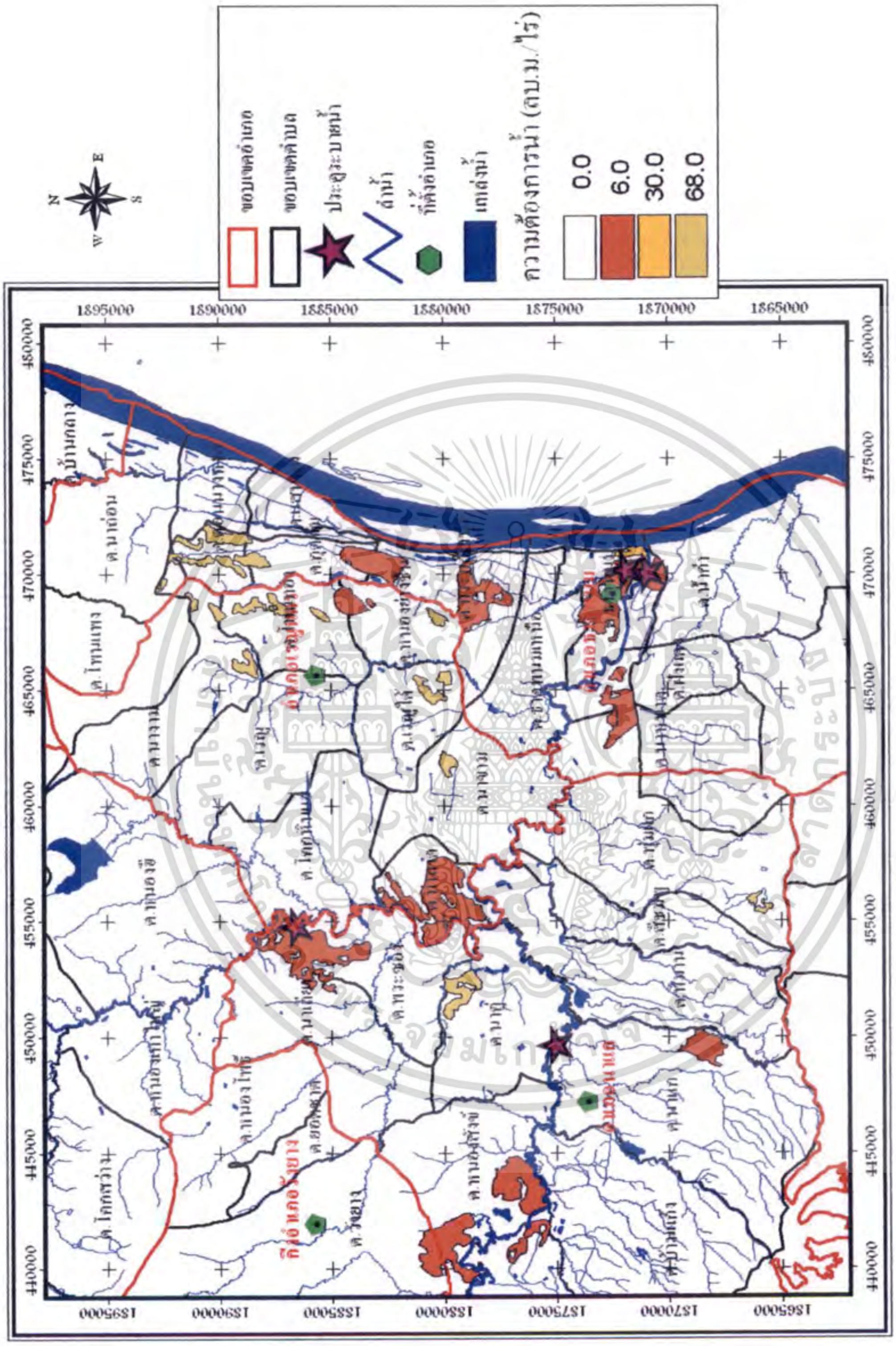
- ความต้องการน้ำของข้าวนาปี มีความต้องการน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเท่ากับ 738 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนตุลาคม
- ความต้องการน้ำของยาสูบ มีความต้องการน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเท่ากับ 531 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์
- ความต้องการน้ำของมะเขือเทศ มีความต้องการน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูกเท่ากับ 581 ลบ.ม./ไร่ โดยมีความต้องการน้ำสูงสุดในเดือนกุมภาพันธ์

ตารางที่ 5.3-3 สรุปความต้องการน้ำชลประทานจากแบบจำลองต่อพื้นที่ 1 ไร่

หน่วย: ลูกบาศก์เมตรต่อไร่

พืช	ปี 2551									ปี 2552			
	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.	เมย.
ในเขตชลประทาน													
ข้าวนาปี	0.0	0.0	0.0	198.0	304.0	382.0	536.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ยาสูบ	136.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	236.0	446.0	228.0	158.0
ข้าวนาปี และมะเขือเทศ 20%	12.0	0.0	0.0	198.0	304.0	382.0	536.0	56.0	4.8	63.2	97.2	55.2	18.8
มะเขือเทศ	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	316.0	486.0	276.0	94.0
นอกเขตชลประทาน													
ข้าวนาปี	0.0	0.0	0.0	99.0	152.0	191.0	268.0	28.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ยาสูบ	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	118.0	223.0	114.0	79.0
ข้าวนาปี และมะเขือเทศ 20%	6.0	0.0	0.0	99.0	152.0	191.0	268.0	28.0	2.4	31.6	48.6	27.6	9.4
มะเขือเทศ	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	158.0	243.0	138.0	47.0

จากความต้องการน้ำรายเดือนของพืชที่คำนวณได้และแผนที่การใช้ที่ดิน ได้นำมาเชื่อมต่อกับระบบ GIS แต่ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่ชลประทานบางส่วนยังไม่มีการจัดเก็บในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ความต้องการน้ำที่เชื่อมต่อจึงเป็นความต้องการน้ำที่ยังไม่คิดประสิทธิภาพชลประทาน ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 5.3-3



รูปที่5.3-3 ความต้องการน้ำเดือนเมษายน 2551 ที่ได้จากแบบจำลอง WUSMO

5.3.3 ผลการจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในลำน้ำ

ในการศึกษาสมดุลน้ำ ได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ Mike Basin พัฒนาขึ้นโดย DHI Water & Environment ประเทศเดนมาร์ค เป็นเครื่องมือช่วยในการจำลองระบบลุ่มน้ำ ซึ่งสามารถกำหนดจุดควบคุม (Node) ที่มีผลต่อการใช้น้ำในระบบลุ่มน้ำ เช่น อ่างเก็บน้ำ การผันน้ำ การชักน้ำออกไปใช้ และยังสามารถกำหนดระบบโครงข่ายลำน้ำ (Branch) ที่มีตำแหน่งที่ตั้งอ้างอิงเข้ากับระบบพิกัดภูมิศาสตร์ ได้อีกด้วย องค์ประกอบแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อการศึกษาสมดุลน้ำ MIKE BASIN แสดงรายละเอียดในรูปที่ 5.3-4 ซึ่งสามารถกำหนดเงื่อนไขต่าง ๆ ให้ตรงกับสภาพที่แท้จริงในลุ่มน้ำได้ สำหรับสมการความสมดุลของปริมาณน้ำเป็นดังนี้

$$S_i = S_{i-1} + I_i - Q_i - E_i$$

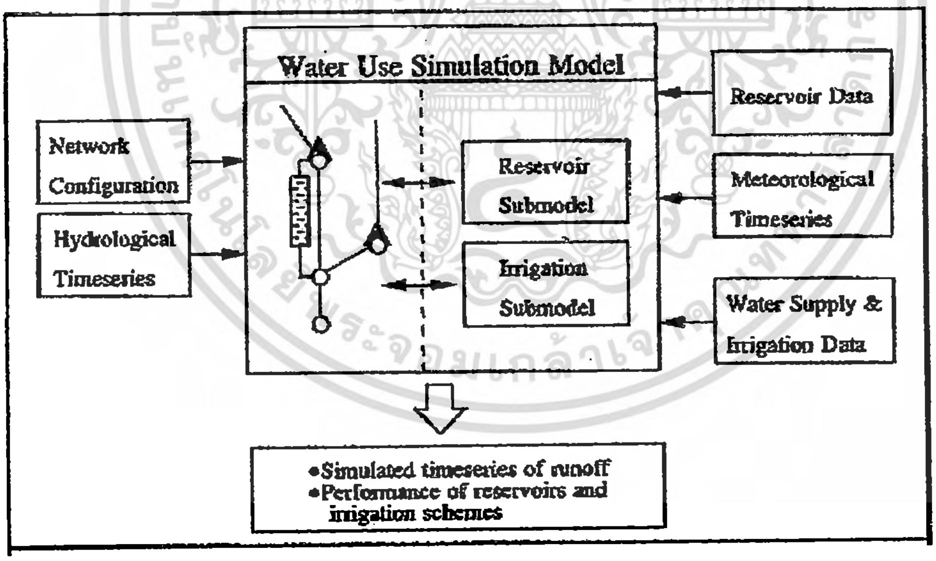
โดย S_i = ปริมาตรน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาปัจจุบัน, i

S_{i-1} = ปริมาตรน้ำเก็บกักในอ่างเก็บน้ำที่ปลายคาบเวลาที่ผ่านมา, i-1

I_i = ปริมาตรน้ำท่าที่ไหลเข้าอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

Q_i = ปริมาตรน้ำท่าที่ปล่อยออกจากอ่างเก็บน้ำระหว่างคาบเวลา i

E_i = ปริมาตรน้ำที่สูญเสียเนื่องจากการระเหยสุทธิและรั่วซึมระหว่างคาบเวลา i



รูปที่ 5.3-4 องค์ประกอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE BASIN (อ้างอิง: Mike basin's user manual)

การจัดทำแบบจำลองในลำน้ำที่มีอาคารควบคุมปริมาณน้ำ สิ่งสำคัญคือต้องมีข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยจากอาคาร ดังที่กล่าวมาแล้วว่าปัจจุบันยังไม่มีการจดบันทึกอัตราการไหลที่ปล่อยจากประตูระบายน้ำต่างๆ จึงทำให้การจัดทำแบบจำลองสมดุลน้ำในสภาวะปัจจุบันต้องใช้สมมติฐานในการจำลองเกี่ยวกับปริมาณการไหล ดังนี้

- upstream boundary ของแบบจำลองนี้ใช้ข้อมูลระดับน้ำของสถานี Kh69A (ไม่มีข้อมูลอัตราการไหล) ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2552 มาแปลงเป็นข้อมูลอัตราการไหลจาก rating curve ล่าสุดที่ได้มีการสำรวจไว้ในปี 2548
- ปริมาณน้ำท่าที่ไหลเข้า node ต่างๆ ใช้ปริมาณน้ำท่ารายเดือนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จากรายงานการศึกษาทบทวนความเหมาะสมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง (กรมชลประทาน 2538) ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมานั้นคำนวณปริมาณน้ำท่ารายเดือนจากแบบจำลองน้ำฝน-น้ำท่า Nam model

ปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในลำน้ำก่ำและลำน้ำบังแสดงดังตารางที่ 5.3-4

ตารางที่ 5.3-4 ปริมาณน้ำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในลำน้ำก่ำและลำน้ำบัง

ลิตร./วินาที/ตร.กม.

	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.
สาขาของลำน้ำก่ำ	1.0	6.2	21.5	22.2	47.0	40.2	11.7	1.9	0.8	0.6	0.6	0.5
ลำน้ำบัง	1.5	8.8	33.0	32.9	59.3	46.4	12.3	2.1	1.1	0.9	0.8	0.8

ส่วนข้อมูลอื่นๆและข้อกำหนดการวิเคราะห์ ที่นำมาใช้ในแบบจำลอง MIKE BASIN เพื่อวิเคราะห์สมดุลน้ำและการจัดการน้ำของลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ประกอบด้วย

- **ข้อมูลการระเหยสุทธิของอ่างเก็บน้ำ:** ใช้ข้อมูลเฉลี่ยในคาบ 30 ปี (2514-2543) จากถาดวัดการระเหยโดยถาด Class-A ของสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ เมืองสกลนคร คูณกับค่าคงที่ 0.7 หักลบกับค่าปริมาณเฉลี่ย คิดเป็นค่าการระเหยสุทธิรายเดือน ดังแสดงในตารางที่ 5.3-5

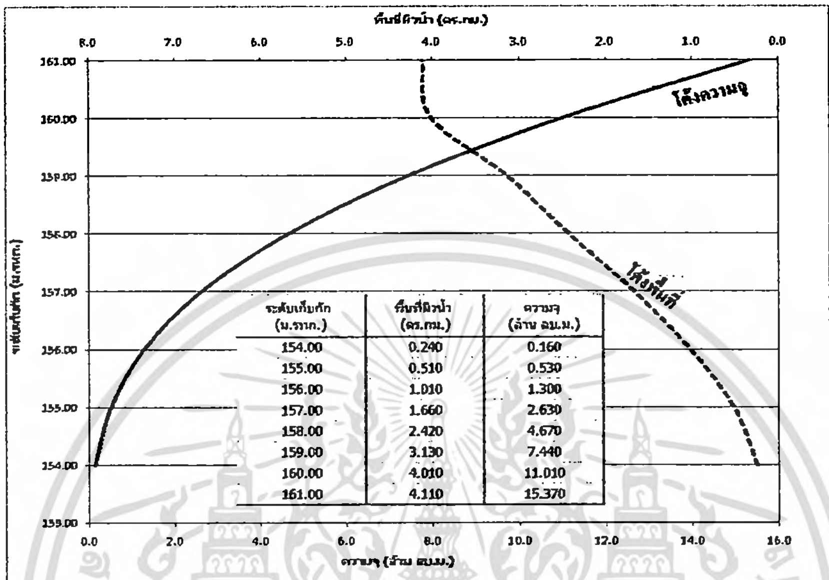
ตารางที่ 5.3-5 ข้อมูลการระเหยสุทธิของอ่างเก็บน้ำ

หน่วย: มม./เดือน

เดือน	เมย.	พค.	มิย.	กค.	สค.	กย.	ตค.	พย.	ธค.	มค.	กพ.	มีค.
0.7xการระเหยจากถาด	136.5	110.4	92.8	92.5	85.4	84.3	99.5	99.6	98.2	106.0	107.9	138.7
ปริมาณฝน	97.6	224.0	269.9	267.8	367.7	211.3	73.2	6.4	6.3	4.1	25.7	45.9
การระเหยสุทธิ	38.9	-113.6	-177.2	-175.3	-282.3	-127.0	26.3	93.2	91.9	101.9	82.2	92.8

- **ความต้องการใช้น้ำเพื่อการประปา:** การประปาอำเภอนาแกใช้น้ำดิบจากการสูบน้ำในลำน้ำก่ำโดยมีอัตราการสูบเฉลี่ยประมาณ 1,500 – 1,600 ลบ.ม. / วัน
- **ความต้องการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน** ใช้ผลการคำนวณจากแบบจำลอง WUSMO ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2550 ถึง 28 กุมภาพันธ์ 2552

- **ปริมาณน้ำคืนกลับสู่ลำน้ำ (return flow):** คือปริมาณน้ำส่วนเกินจากการชลประทานที่ไหลคืนกลับสู่ระบบคิดเป็น 20 % ของปริมาณน้ำที่ให้
- **ข้อมูลอ่างเก็บน้ำ:** ประกอบด้วยรายละเอียดโค้งความจุ-พื้นที่ผิวน้ำ-ระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยแคน ดังรูปที่ 5.3-5

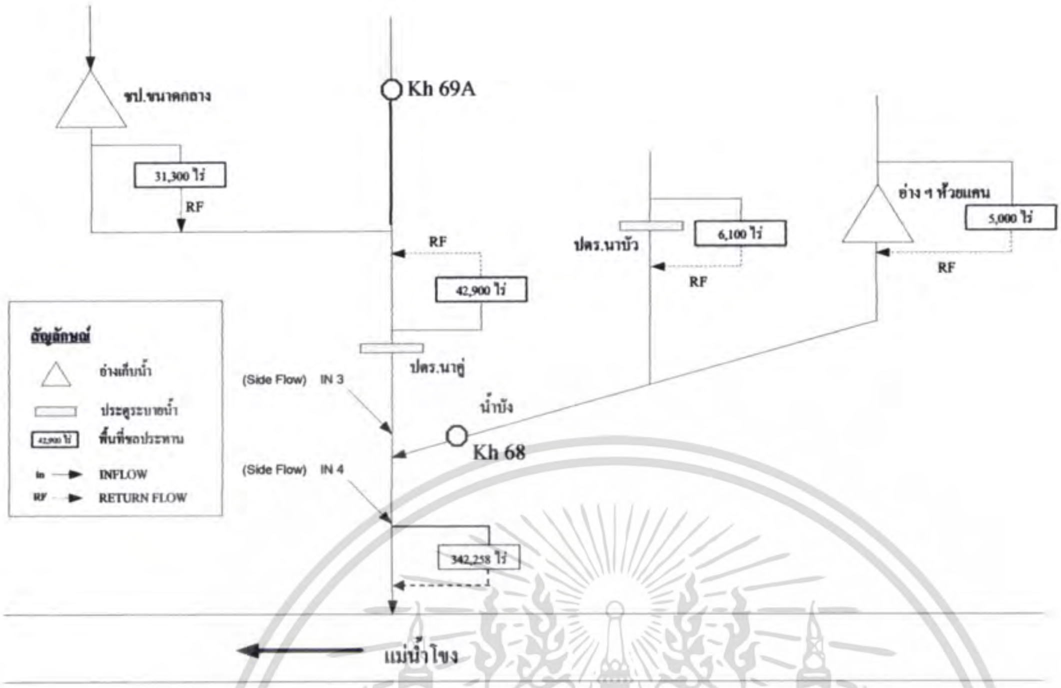


ระดับเก็บกัก (ม.รทก.)	พื้นที่ผิวน้ำ (ตร.กม.)	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)
154.00	0.240	0.160
155.00	0.510	0.530
156.00	1.010	1.300
157.00	1.660	2.630
158.00	2.420	4.670
159.00	3.130	7.440
160.00	4.010	11.010
161.00	4.110	15.370

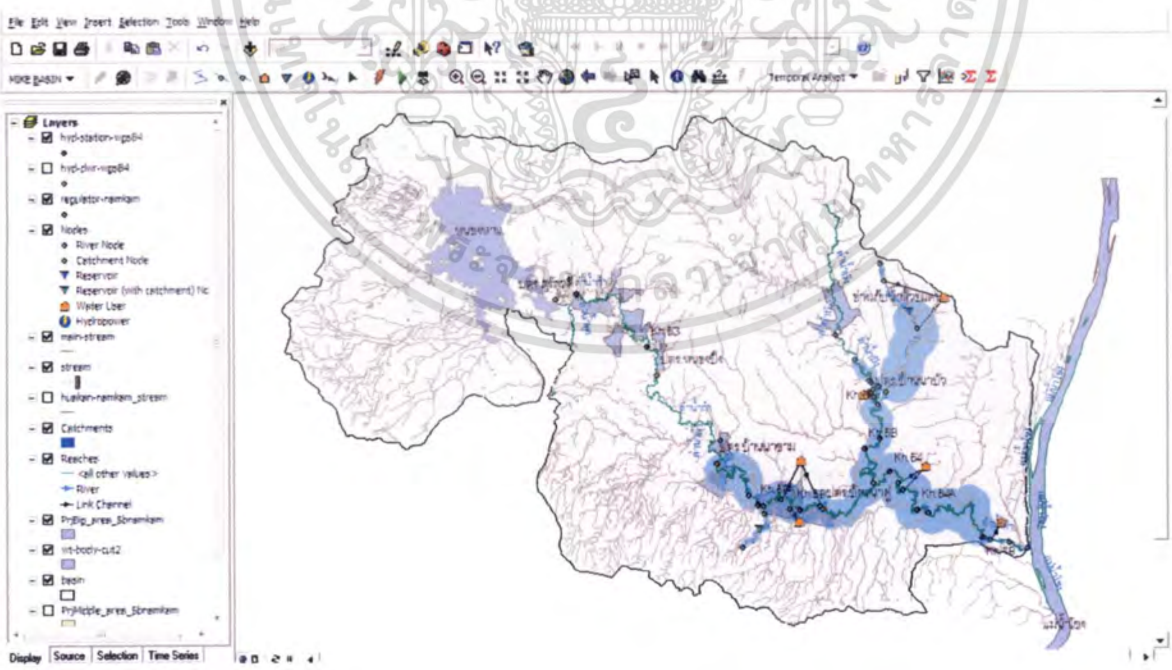
รูปที่ 5.3-5 โค้งความจุ-พื้นที่ผิวน้ำ-ระดับน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยแคน

- **ตำแหน่งการใช้น้ำ:** การพิจารณาตำแหน่งการใช้น้ำในแบบจำลอง มีผลต่อการดึงน้ำออกจากระบบ มีหลักเกณฑ์การกำหนดให้สอดคล้องกับความเป็นจริงดังนี้
  - สำหรับการใช้น้ำเพื่อการประปาของอำเภอนาแก ซึ่งใช้น้ำจากลำน้ำ กำหนดตำแหน่งที่ตั้งหรือจุดสูบน้ำตามตำแหน่งสถานที่จริง
  - การชลประทานในลำน้ำก่ำลำน้ำบัง จะกำหนดตามสถานที่จริงได้แก่ตามจุดที่ตั้ง ปตร. อ่างเก็บน้ำ
  - โครงการชลประทานขนาดกลางในลำน้ำสาขาอื่นๆ จัดกลุ่มรวมและกำหนดตำแหน่งในลำน้ำหลักให้สอดคล้องกับการกระจาย
  - พื้นที่นอกเขตชลประทานซึ่งอยู่ติดกับลำน้ำ จากการสอบถามพบว่าเกษตรกรสามารถช่วยตนเองโดยการสูบน้ำจากลำน้ำส่งให้กับพื้นที่เกษตรกรรมของตนเอง โดยสามารถลำเลียงน้ำได้ไม่เกินระยะประมาณ 500 เมตร จากลำน้ำ การกำหนดตำแหน่งการใช้น้ำได้กำหนดที่ตำแหน่งสุดท้ายของการใช้น้ำ

รูปที่ 5.3-6 แสดง Schematic Diagram ระบบลุ่มน้ำก่ำที่จำลอง และรูปที่ 5.3-7 แสดงการกำหนดจุดควบคุมและจุดผันน้ำในแบบจำลอง Mike basin



รูปที่ 5.3-6 Schematic Diagram ระบบลุ่มน้ำก่ำ



รูปที่ 5.3-7 การกำหนดจุดควบคุมและจุดผันน้ำในแบบจำลอง Mike basin

ผลการจำลองพบว่าการผันน้ำไปใช้เพื่อการประปาหรือเพื่อการชลประทานของ ปตร.ต่างๆ และอ่างเก็บน้ำไม่มีการขาดแคลนน้ำเกิดขึ้น ยกเว้นบริเวณพื้นที่ชลประทานโครงการอ่างเก็บน้ำห้วยแคน จะเกิดความขาดแคลนน้ำเกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายนและเดือนกุมภาพันธ์รวมเท่ากับ 0.11 ลบ.ม./วินาที หรือ 0.271 ล้านลบ.ม./ปี (ประมาณ 3.5% ของความต้องการน้ำทั้งปี)

5.4 สรุปความต้องการใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรม

จากการคำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อเกษตรกรรมสรุปได้ ดังนี้

- **ในเขตชลประทาน:** พื้นที่ชลประทานมีทั้งสิ้น 85,300 ไร่ ตามรูปแบบการปลูกพืชมีความต้องการน้ำของพืชรวมทั้งสิ้น 184.18 ล้านลบ.ม./ปี ฝนที่ตกเป็นปริมาณฝนใช้การที่สามารถชดเชยความต้องการน้ำของพืชได้ 39.72 ล้านลบ.ม./ปี ต้องการน้ำชลประทานเพิ่มเติมอีก 144.46 ล้านลบ.ม./ปี (คิดประสิทธิภาพชลประทานเท่ากับ50%) ซึ่งสามารถใช้น้ำชลประทานจากโครงการชลประทานได้ 141.19 ล้านลบ.ม./ปี และใช้น้ำจากแหล่งอื่นๆหรือน้ำใต้ดินประมาณ 0.27 ล้านลบ.ม./ปี ตารางที่5.4-1 แสดงสัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่ในเขตชลประทาน

ตารางที่5.4-1 สัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่ในเขตชลประทาน

โครงการ	พื้นที่ ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำ ทั้งหมด ล้าน ลบ.ม./ปี	การใช้น้ำเพื่อการเกษตร: ล้าน ลบ.ม./ปี		
			ฝนใช้การ	น้ำชลประทาน	น้ำจากแหล่งอื่นๆ หรือน้ำใต้ดิน
ปตร.ห้วยแคน	5,000	10.17	2.33	8.11	0.27
ปตร.นาบัว	6,100	13.07	2.84	10.23	-
ปตร.นาคู่	42,900	91.90	19.97	71.93	-
ชลประทานขนาดกลาง	31,300	68.49	14.58	53.91	-
รวม	85,300	184.18	39.72	141.19	0.27
สัดส่วนการใช้น้ำ (%)			21.57	78.29	0.15

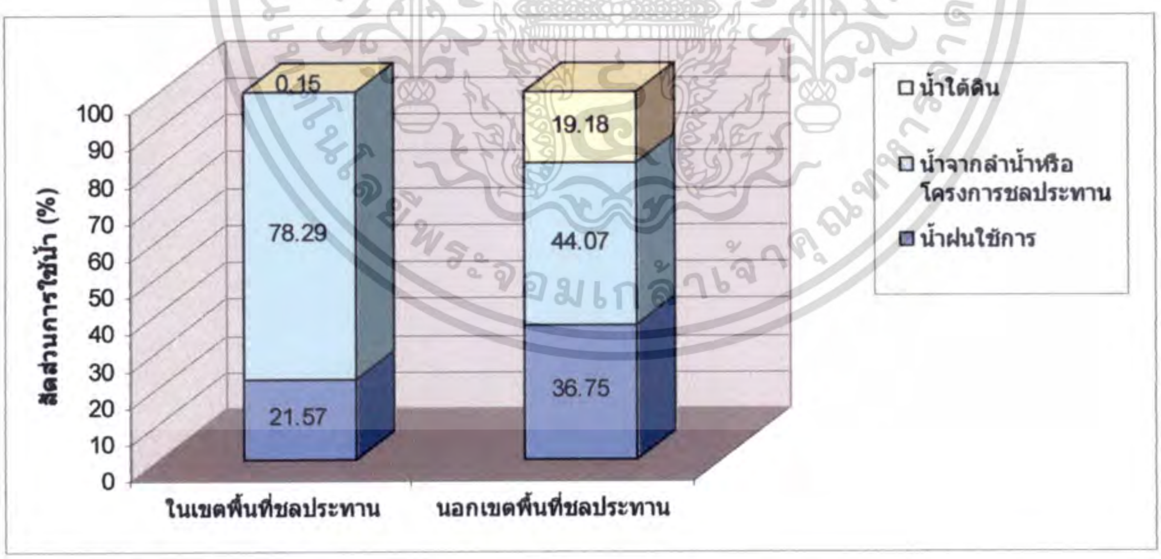
- **นอกเขตชลประทาน:** พื้นที่เกษตรนอกเขตชลประทานที่คิดความต้องการน้ำมีทั้งสิ้น 348,554 ไร่ ตามรูปแบบการปลูกพืชมีความต้องการน้ำของพืชรวมทั้งสิ้น 405.40 ล้านลบ.ม./ปี ปริมาณฝนที่ตกเป็นฝนใช้การที่สามารถชดเชยความต้องการน้ำของพืชได้ 148.97 ล้านลบ.ม./ปี (36.75%) จากการสอบถามเกษตรกรและการสังเกตการณ์ในสนามพบว่าปริมาณน้ำในลำน้ำน้ำก่ำ ลำน้ำบังและลำน้ำสาขา สามารถนำไปใช้ได้ในระยะทาง

ไม่เกิน 500 เมตรเนื่องจากไม่มีระบบชลประทาน ซึ่งคิดเป็นปริมาณน้ำ 178.66 ล้านลบ.ม./ปี (44.07%) โดยต้องมีการใช้น้ำใต้ดินประมาณ 77.77 ล้านลบ.ม./ปี (19.185%) ตารางที่5.4-2 แสดงสัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่นอกเขตชลประทาน และรูปที่5.4-1 แสดงการเปรียบเทียบการใช้น้ำของพื้นที่ในเขตและนอกเขตชลประทาน

ตารางที่5.4-2 สัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่นอกเขตชลประทาน

การเพาะปลูก	พื้นที่ชลประทาน (ไร่)	ความต้องการน้ำทั้งหมด ล้าน ลบ.ม./ปี	การใช้น้ำเพื่อการเกษตร: ล้าน ลบ.ม./ปี		
			ฝนใช้การ	น้ำจากลำน้ำ*	น้ำจากแหล่งอื่นๆ หรือน้ำใต้ดิน
นาข้าว	342,258	400.45	147.87	176.62	75.97
มะเขือเทศ	297	0.23	0.05	0.19	0
ยาสูบ	5,999	4.71	1.06	1.85	1.80
รวม	348,554	405.40	148.97	178.66	77.77
สัดส่วนการใช้น้ำ (%)			36.75	44.07	19.18

*เป็นน้ำจากลำน้ำก่ำ ลำน้ำบังและลำน้ำสาขา ซึ่งนำไปใช้ได้ในระยะทาง 500 เมตรจากลำน้ำ



รูปที่5.4-1 การเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้น้ำของพื้นที่ในเขตและนอกเขตชลประทาน

6. ผลการศึกษาด้านคุณภาพน้ำผิวดิน-น้ำใต้ดิน

6.1 คุณลักษณะของน้ำผิวดินและการวิเคราะห์ทางเคมี (Constituents of Surface Water and its Chemical Analysis)

ในการศึกษานี้ คณะผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในประเด็นความเหมาะสมในการใช้น้ำผิวดินนั้นเพื่อการเพาะปลูกและเพื่อการชลประทานอื่นๆ จึงได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำผิวดิน 13 พารามิเตอร์ ได้แก่ pH (at 25°C), Conductivity, Total Dissolved Solids, Nitrate, Calcium, Magnesium, Iron, Sodium, Potassium, Bicarbonate, Carbonate, Chloride และ Sulfate รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.1-1

ตารางที่ 6.1-1 รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

Type	Name	Location	
		X	Y
SW1	SW1	470829	1870746
SW2	SW2	466463	1872106
SW3	SW3	463168	1874377
SW4	SW4	459214	1872542
SW5	SW5	459526	1875236
SW6	SW6	464005	1877680
SW7	SW7	461152	1879156
SW8	SW8	457830	1877779
SW9	SW9	454805	1877883
SW10	SW10	452649	1880418
SW11	SW11	453992	1880961
SW12	SW12	455592	1881753
SW13	SW13	459797	1886078
SW14	SW14	459714	188464
SW15	SW15	453234	1886826
SW16	SW16	454438	1884376
SW17	SW17	463635	1884155
SW18	SW18	466041	1883271
SW19	SW19	469964	1884369
SW20	SW20	469625	1882485
SW21	SW21	466299	1879995
SW22	SW22	467797	1878325
SW23	SW23	458674	1875160
SW24	SW24	452451	1874762
SW25	SW25	456457	1876922

6.1.1 การประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน

น้ำผิวดินในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางบริเวณมีเกลือที่ละลายน้ำในปริมาณค่อนข้างสูง เมื่อใช้น้ำเพื่อการชลประทาน อาจทำให้เกลือ และแร่ธาตุต่างๆ อาจตกค้างอยู่ในดิน ทำให้คุณสมบัติของดินเกิดการเปลี่ยนแปลงไป การศึกษาคุณภาพน้ำจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพิจารณาทางเลือกในการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินเพื่อการชลประทาน

คุณลักษณะที่ใช้กำหนดในการพิจารณาการแบ่งชนิดของน้ำชลประทาน ดังนี้คือ

- คุณลักษณะที่ 1 ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)
- คุณลักษณะที่ 2 สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (Sodium Adsorption Ratio, SAR)
- คุณลักษณะที่ 3 ปริมาณธาตุอื่นที่เป็นพิษต่อพืช
- คุณลักษณะที่ 4 ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกเนเซียมไอออน (Residual Sodium Carbonate, RSC)

<u>คุณลักษณะที่ 1</u> : ค่าความนำไฟฟ้า

ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำ สามารถวัดได้ในรูปของค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity, EC) เป็นความสามารถของน้ำที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้

ผลการวิเคราะห์ ค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในช่วงฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 1.94 – 29.8 mS/m (19.4-298.0 μS/cm) ส่วนในฤดูแล้ง มีค่าในช่วง 3.03 – 6,240 mS/m (30.3 - 62400.0 μS/cm)

เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแบ่งระดับการใช้น้ำในการชลประทาน (จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฏ์, ไม่ระบุ) ในตารางที่ 6.1-2 ซึ่งจากการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ดังกล่าว พบว่า ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำผิวดินในบริเวณที่ศึกษา ในช่วงฤดูแล้ง มีค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่า ในช่วงฤดูฝน

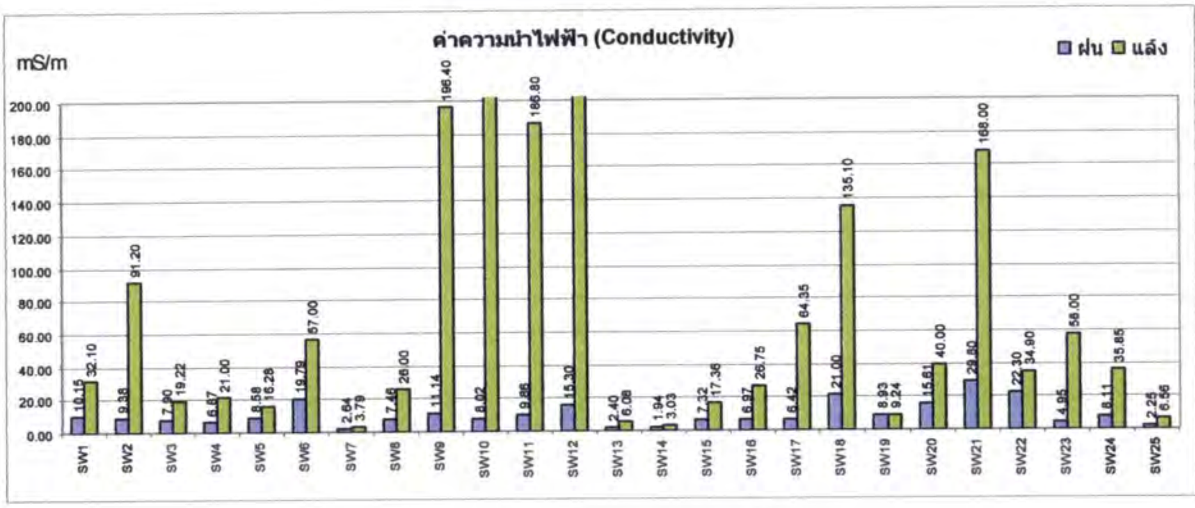
- ในช่วงฤดูฝน ตัวอย่างน้ำผิวดินส่วนใหญ่ จัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม น้ำมีความเค็มระดับต่ำ สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด
- ส่วนในช่วงฤดูแล้ง ตัวอย่างน้ำผิวดินส่วนใหญ่ จัดอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม และ ดี โดยพบว่า มีน้ำผิวดินบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่ SW2, SW9, SW11, SW18, SW21 มีค่าความนำไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม

- โดยมีเพียง 9 จุดจาก 25 จุด ได้แก่ SW3, SW4, SW5, SW7, SW13, SW14, SW15, SW19 และ SW25 ที่น้ำผิวดิน ทั้งในช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง มีค่า EC อยู่ในระดับดีเยี่ยม สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด
- อย่างไรก็ตาม พบว่า มีน้ำผิวดินจากจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด คือ SW10 และ SW12 ที่ในช่วงฤดูฝน มีความเค็มระดับต่ำ สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด แต่ในช่วงฤดูแล้งไม่เหมาะสมที่จะใช้ (Unsuitable) เพื่อการชลประทาน

ตารางที่ 6.1-2 เกณฑ์การใช้ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) จำแนกคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน

คุณภาพน้ำ	ค่าความนำไฟฟ้า , EC (mS/m)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
Class 1 : ระดับดีเยี่ยม (Excellent) น้ำมีความเค็มระดับต่ำ สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด	≤ 25 (≤ 250 µS/cm)	SW1, SW2, SW3, SW4, SW5, SW6, SW7, SW8, SW9, SW10, SW11, SW12, SW13, SW14, SW15, SW16, SW17, SW18, SW19, SW20, SW22, SW23, SW24, SW25	SW3, SW4, SW5, SW7, SW13, SW14, SW15, SW19, SW25
Class 2 : ระดับดี (Good) สามารถใช้ในการชลประทานได้ ถ้ามีน้ำชะล้างผ่านดินพอประมาณ ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันการสะสมความเค็มเป็นกรณีพิเศษ ใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มพอประมาณ	25 – 75 (250 – 750 µS/cm)	SW21	SW1, SW6, SW8, SW16, SW17, SW20, SW22, SW23, SW24
Class 3 : ระดับพอใช้ได้ (Permissible) ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม	75 – 200 (750 – 2,000 µS/cm)	ไม่มี	SW2, SW9, SW11, SW18, SW21
Class 4 : ระดับที่ไม่น่าจะใช้ได้ (Doubtful) อาจใช้ทำการชลประทานได้บางโอกาสในสภาพที่พิเศษเฉพาะกรณีเท่านั้น ดินมีการซึมซาบน้ำที่ดี มีการระบายน้ำเพียงพอ ต้องให้มีน้ำส่วนเกินจำนวนมากชะล้างผ่านดินและต้องเลือกปลูกเฉพาะพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มสูง	200 - 300 (2,000 – 3,000 µS/cm)	ไม่มี	ไม่มี
Class 5 : ระดับที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ (Unsuitable) ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทาน	≥ 300 (≥ 3,000 µS/cm)	ไม่มี	SW10, SW12

***1µS/cm = 0.1 mS/m = 0.001 dS/m**



รูปที่ 6.1-1 แสดงค่าความนำไฟฟ้าน้ำผิวดิน

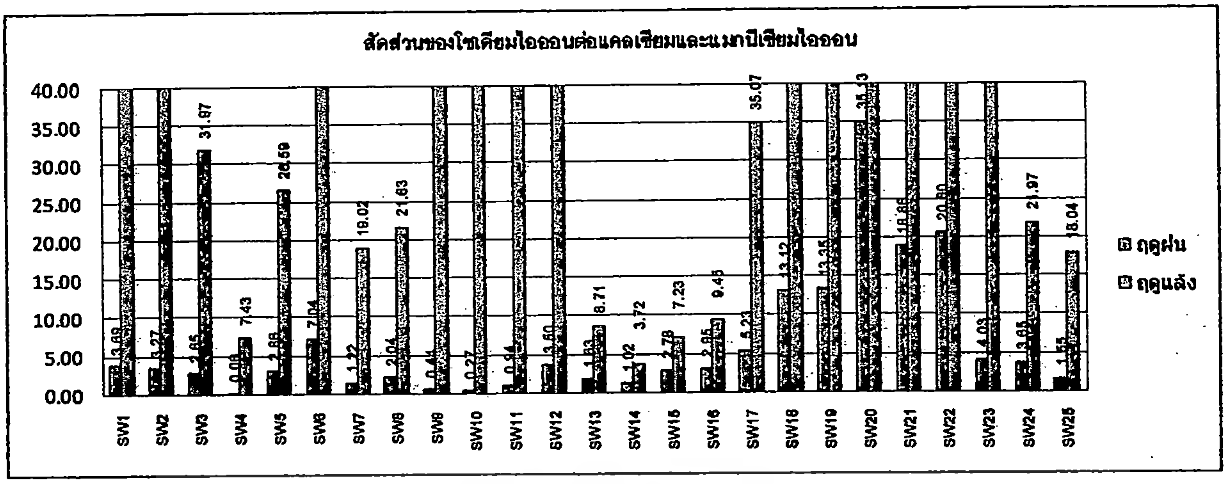
<u>คุณลักษณะที่ 2</u> : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)

สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำชลประทานอยู่ในรูปไอออนบวกต่างๆ เช่น แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และ โพแทสเซียม ส่วน ไอออนลบ ได้แก่ คาร์บอเนต, ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต, คลอไรด์, ฟอสฟอรัส และไนเตรต โดยปกติปริมาณ โซเดียมไอออนในน้ำมีค่าสูงกว่าไอออนอื่นๆ หากมีมากจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของดิน โดยทำให้อนุภาคดินกระจายตัวไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เป็นผลทำให้ปริมาณอากาศของดินในช่องว่างลดลง อัตราการซึมน้ำของดินลดลง เป็นเหตุให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง อาจทำให้เกิดชั้นทึบเป็นแผ่นบางๆ บนผิวดิน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอกของต้นอ่อน เนื่องจากปริมาณของโซเดียมไอออนในน้ำจะแปรปรวนและมีความสัมพันธ์กับแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน จึงใช้เป็นดัชนีแสดงขีดอันตรายของโซเดียม เรียกว่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) ซึ่งคำนวณได้จาก สมการ (1) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.1-3

$$SAR = \frac{Na^{+}}{\sqrt{Ca^{2+} + Mg^{2+}/2}} \tag{1}$$

ตารางที่ 6.1-3 การใช้ค่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) จำแนกคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน

SAR	ปริมาณโซเดียมในน้ำ	คำแนะนำ	จุดเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
< 1	ต่ำมาก	สามารถใช้เพื่อการชลประทานได้	SW4, SW9, SW11	ไม่มี
1-9	ต่ำ	ระมัดระวังการใช้น้ำกับพืชที่มีความไวต่อความเป็นพิษของโซเดียม	SW1,SW2,SW3,SW5,SW6, SW7,SW8,SW10, SW12,SW13,SW14,SW15,SW16, SW17, SW23, SW24,SW25	SW4, SW13, SW14, SW15
10-17	ปานกลาง	ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่น ยิปซัม) และต้องการการชะล้าง	SW18, SW19	SW16
18-25	สูง	ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำติดต่อกัน	SW21, SW22	SW7, SW8, SW24, SW25
≥ 26	สูงมาก	ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน	SW20	SW1, SW2, SW3, SW5, SW6, SW9, SW10, SW11, SW12, SW17, SW18, SW19, SW20, SW21, SW22, SW23



รูปที่ 6.1-2 สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)

ผลการวิเคราะห์ ค่า SAR ของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในช่วงฤดูฝน มีค่าอยู่ในช่วง 0.06 - 35.13 ส่วนในฤดูฝน มีค่าในช่วง 3.72 – 1,685.72

- เมื่อเปรียบเทียบ ค่า SAR ของน้ำผิวดิน ในบริเวณที่ศึกษา พบว่า ในช่วงฤดูแล้ง มีค่า SAR สูงกว่า ในช่วงฤดูฝน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ โดยใช้พิจาณาค่า SAR พบว่า

- ในช่วงฤดูฝน ส่วนใหญ่มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์ต่ำ โดยมี จุดเก็บตัวอย่าง 2 จุดใน 25 จุด ได้แก่ SW18 และ SW19 ที่พบว่า มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง ซึ่งต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่น ยิปซัม) และต้องการการชะล้างดินอย่างเหมาะสม และมีจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุดใน 25 จุด ได้แก่ SW21 และ SW22 ที่พบว่ามีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งไม่เหมาะสมในการใช้น้ำติดต่อกัน และมี 1 จุด ที่น้ำผิวดินมีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์สูงมาก (SW20) จัดว่าไม่เหมาะสมในการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน
- ส่วนช่วงฤดูแล้ง พบว่าน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการส่วนใหญ่ มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์สูงมาก ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน และ มี จุดเก็บตัวอย่าง 4 จุดใน 25 จุด ได้แก่ SW7, SW8, SW24 และ SW25 ที่พบว่า มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์สูง ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำติดต่อกัน
- โดยมีเพียง 4 จุดจาก 25 จุด ได้แก่ SW4, SW13, SW14 และ SW15 ที่น้ำผิวดิน มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ทั้งในช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง

ตารางที่ 6.1-4 การนำค่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) และ ค่าความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ เทียบกับเกณฑ์คุณภาพชลประทาน

Potential Irrigation Problem	**Units**				**ข้อจำกัดในการใช้เพื่อการชลประทาน (Degree of Restriction on Use)**		
					ไม่มี (None)	**เล็กน้อย - ปานกลาง (Slight to Moderate)**	**รุนแรง (Severe)**
Infiltration *(affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together)*) ปัญหาการที่ น้ำซึมผ่านได้ยาก เนื่องจาก โซเดียมส่งผลให้ดินแข็งแน่น							
SAR	= 0 – 3	**and EC_w**	=	μS/cm	> 700	700 – 200	< 200
			or	mS/m	> 70	70 – 20	< 20
	= 3 – 6		=	μS/cm	> 1200	1200 – 300	< 300
			or	mS/m	> 120	120 – 30	< 30
	= 6 – 12		=	μS/cm	> 1900	1900 – 500	< 500
			or	mS/m	> 190	190 – 50	< 50
	= 12 – 20		=	μS/cm	> 2900	2900 – 1300	< 1300
			or	mS/m	> 290	290 – 130	< 130
	= 20 – 40		=	μS/cm	> 5000	5000 – 2900	< 2900
			or	mS/m	> 500	500 – 290	< 290
ผลการจำแนกคุณภาพน้ำใต้ดิน	ฤดูฝน				ไม่มี	ไม่มี	SW1,SW2,SW3,SW4, SW5,SW6,SW7,SW8, SW9,SW10,SW11,SW12, SW13,SW14,SW15, SW16,SW17,SW18, SW19,SW20,SW21, SW22,SW23,SW24,SW25

Potential Irrigation Problem	Units	ข้อจำกัดในการใช้เพื่อการชลประทาน (Degree of Restriction on Use)		
		ไม่มี (None)	เล็กน้อย - ปานกลาง (Slight to Moderate)	รุนแรง (Severe)
	ฤดูแล้ง	ไม่มี	ไม่มี	SW1,SW2,SW3,SW4, SW5 SW6,SW7,SW8, SW9,SW10,SW11,SW12 SW13,SW14,SW15,SW16 SW17,SW18,SW19,SW20 SW21,SW22SW23,SW24, SW25

*1 μS/cm = 0.1 mS/m = 0.001 dS/m

จากตารางที่ 6.1-4 สามารถสรุปได้ว่า ทั้งในฤดูฝน และ ฤดูแล้ง น้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ทุกจุดเก็บอย่าง มีข้อจำกัดอย่างมากในการนำน้ำมาใช้เพื่อการชลประทาน เนื่องจากปัญหาจากการที่ น้ำซึมผ่านได้ยาก เนื่องจากมีปริมาณโซเดียมในน้ำในสัดส่วนที่สูง ส่งผลให้เดินแข็งแน่น

<u>คุณลักษณะที่ 3</u> : ธาตุอื่นที่เป็นพิษต่อพืช

จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฏ์ (ปี,ไม่ระบุ) ได้รวบรวมเกณฑ์เกี่ยวกับ ปริมาณของธาตุอาหารในน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทาน ดังแสดงใน ตารางที่ 6.1-5

ตารางที่ 6.1-5 ปริมาณของธาตุอาหารในน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทาน (FAO - Guideline) และ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากน้ำผิวดินตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ

ไอออน	หน่วย	ช่วงความเข้มข้นของไอออนในน้ำที่เหมาะสม	ช่วงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากน้ำตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ		จุดเก็บตัวอย่างที่พบว่ามีค่าเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
แคลเซียม (Ca^{2+})	meq/L	0 - 20	0.409 – 4.337	< 0.1 – 1275.0	ไม่มี	SW9,SW10,SW11, SW12
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	meq/L	0 - 5	0.02 - 1.06	< 0.001 - 247.5	ไม่มี	SW9,SW10,SW11, SW12
โซเดียม (Na^{+})	meq/L	0 - 40	0.37 - 39.07	0.9 - 39829.0	SW20	SW1,SW2,SW3,SW6, SW9,SW10,SW11, SW12,SW17,SW18, SW21,SW22,SW23
คาร์บอเนต (CO_3^{2-})	meq/L	0 - 0.1	2.1 – 8.4	0	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง	ไม่มี
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	meq/L	0 - 10	8.5 – 34.20	0.0 - 280.6	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น SW13, SW14 และ SW19	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น SW7,SW10,SW13, SW23 และ SW25
คลอไรด์ (Cl^-)	meq/L	0 - 30	2.5 - 70.5	1.0 - 39824.5	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น SW6, SW20, SW21 และ SW22	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น SW7, SW13, SW14, SW15, SW16, SW19 และ SW25
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	meq/L	0 - 20	0 – 10.85	0.1 - 260.5	ไม่มี	SW6, SW9, SW10, SW11, SW12, SW16, SW17, SW18 และ SW21
ไนเตรต (NO_3^-)	mg/L	0 - 10	0 – 0.20	< 0.14 - 0.80	ไม่มี	ไม่มี
โพแทสเซียม (K^+)	mg/L	0 - 2	1.20 – 3.26	1.5 - 11.6	SW1, SW4, SW6, SW8, SW9, SW11, SW12, SW15, SW16, SW17, SW18, SW20, SW21, SW22 และ SW23	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น SW19

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ยกเว้น น้ำผิวดินจาก SW9, SW10, SW11 และ SW12 ที่พบว่า ในช่วงฤดูแล้ง มีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} สูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาปริมาณ SO_4^{2-} และ NO_3^- ของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่โครงการ พบว่า ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน (< 20 และ < 10 meq/L ตามลำดับ) โดยพบว่ามีตัวอย่างน้ำผิวดินจาก 9 จุด จาก 25 จุด ได้แก่ SW6, SW9, SW10, SW11, SW12, SW16, SW17, SW18 และ SW21 ที่มีปริมาณ SO_4^{2-} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสม

สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ Na^+ ในน้ำตัวอย่าง พบว่า ในช่วงฤดูฝน น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มี ปริมาณ Na^+ อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน (< 40 meq/L) ส่วนในช่วงฤดูแล้ง พบว่ามีน้ำตัวอย่าง 13 จุด จาก 25 จุด มีค่าเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยมีข้อสังเกตว่า หากมีการใช้น้ำผิวดินจากแหล่งดังกล่าวเพื่อการเพาะปลูกและชลประทานต่อเนื่องกันในระยะยาวอาจเกิดการสะสมของ Na^+ ในดิน อาจทำให้ดินในบริเวณนั้นอิ่มตัวด้วยโซเดียม ส่งผลให้ดินมีลักษณะพองตัวและแน่นทึบ ทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก และขัดขวางการดูดซับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้น้ำ มีการบริหารจัดสรรน้ำให้เหมาะสมเพื่อชะล้างดินเป็นระยะ และ ปรับสภาพดินด้วย $CaSO_4$ ตามความเหมาะสม

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า ในช่วงฤดูฝน น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ CO_3^{2-} มีค่าเกินเกณฑ์ ที่เหมาะสม แต่ในช่วงฤดูแล้งกลับพบว่า น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม เมื่อทำการวิเคราะห์ค่า HCO_3^- ของตัวอย่างน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการพบว่า ในช่วงฤดูฝน น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ HCO_3^- มีค่าอยู่ในเกณฑ์ ที่เหมาะสม ยกเว้น จุดเก็บตัวอย่างที่ SW13, SW14 และ SW19 ส่วนในฤดูแล้งพบว่า มีจุดเก็บตัวอย่าง 7 จุด ได้แก่ SW7, SW13, SW14, SW15, SW16, SW19 และ SW25 ที่มีค่า HCO_3^- เกินเกณฑ์ที่เหมาะสม

อย่างไรก็ตาม FAO ได้มีข้อแนะนำว่า ในน้ำชลประทานควรมีปริมาณ CO_3^{2-} และ HCO_3^- ต่ำกว่าปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} เนื่องจากปริมาณ CO_3^{2-} ที่สูงจะไปทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} ได้ $CaCO_3$ ซึ่งมีสมบัติไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก ทำให้ Ca^{2+} และธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นๆ ตกตะกอน พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้การที่ธาตุอาหารต่างๆตกตะกอนในรูปของแข็ง จะส่งผลให้ ธาตุ Na^+ ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับ CO_3^{2-} ยังคงเหลืออยู่ในดิน ทำให้เสมือนว่าเกิดการสะสมของ Na^+ ในดินมากขึ้น เนื่องจากสภาวะการเสียสมดุลของไอออนในดินนั้นเอง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า ในช่วงฤดูฝน น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ Cl^- อยู่ในเกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน (< 30 meq/) ยกเว้นน้ำผิวดินจาก SW6 SW20 SW21 และ SW22 ส่วนในช่วงฤดูแล้งน้ำตัวอย่าง ที่มีปริมาณ Cl^- สูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการชลประทาน ได้แก่ น้ำผิวดินจาก SW7, SW13, SW14, SW15, SW16, SW19 และ SW25 สำหรับน้ำผิวดินที่มีปริมาณ Cl^- สูงเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม อาจทำให้เกิดปัญหาเมื่อให้น้ำด้วยวิธีฉีดฝอย (Sprinkle Irrigation)

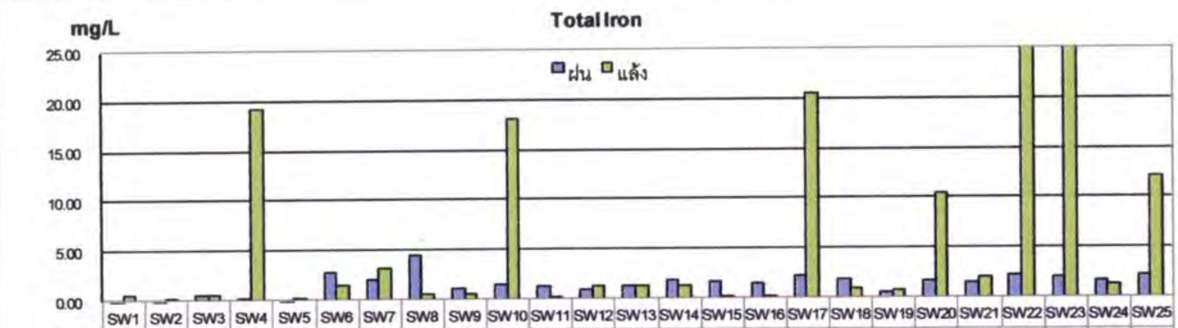
อาจทำให้เกิดอาการใบไหม้ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้น้ำ ควรมีการบริหารจัดสรรน้ำให้เหมาะสม ได้ด้วยการให้น้ำในเวลากลางคืน เพื่อลดอาการใบไหม้จากการใช้น้ำที่ปริมาณ Cl^- สูง

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ K^+ ในน้ำตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติ แต่เนื่องจากว่า K^+ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นหากใช้น้ำที่มี K^+ สูงในการเพาะปลูกและชลประทาน จะต้องคำนึงถึง การเลือกใช้ปุ๋ยบำรุงดินในสัดส่วน และ อัตราที่เหมาะสม เนื่องจากในน้ำมี K^+ ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า ในฤดูฝน น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ Fe^{2+} อยู่ในเกณฑ์ ที่เหมาะสม แต่ในฤดูแล้งพบว่า มีตัวอย่างน้ำตัวผิวดิน จาก 3 จุด ได้แก่ SW17, SW22 และ SW23 ที่ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันแม้จะเป็นเพียงระยะเวลาสั้น รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5-6

ตารางที่ 6.1-6 ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ในน้ำชลประทานและปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ

ธาตุอาหาร	**ใช้น้ำต่อเนื่องในระยะยาว (mg/L)**	**ใช้น้ำต่อเนื่องในระยะสั้น (mg/L)**	**ช่วงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากน้ำตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ**		**จุดเก็บตัวอย่างที่พบว่ามีค่าเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม**		
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
Iron (Fe^{2+})	5	20	0.05 - 4.58	0.2 - 69.2	≤ 5	5 < X <20	> 20
					ไม่มี	SW4, SW10, SW20, SW25	SW17, SW22,SW23
หมายเหตุ					**ไม่เป็นพิษต่อพืชในดินที่มีการระบายอากาศดี แต่เป็นพิษต่อพืชในดินที่เป็นกรด และเป็นตัวทำให้ธาตุฟอสฟอรัสและโมลิบดินั่มอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช**	**ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกัน เป็นระยะเวลายาว**	**ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกัน เป็นระยะเวลาสั้น**



	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7	SW8	SW9	SW10	SW11	SW12	SW13	SW14	SW15	SW16	SW17	SW18	SW19	SW20	SW21	SW22	SW23	SW24	SW25
ฝน	0.08	0.05	0.60	0.16	0.12	2.90	2.10	4.58	1.16	1.55	1.28	1.03	1.37	1.94	1.71	1.56	2.22	2.00	0.61	1.72	1.45	2.20	2.09	1.72	2.26
แล้ง	0.466	0.228	0.608	19.2	0.263	1.51	3.21	0.556	0.481	18.1	0.197	1.32	1.27	1.27	0.27	0.18	20.5	0.94	0.655	10.5	2.01	54.9	69.2	1.25	12.1

รูปที่ 6.1-3 ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ในน้ำชลประทานและปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษา

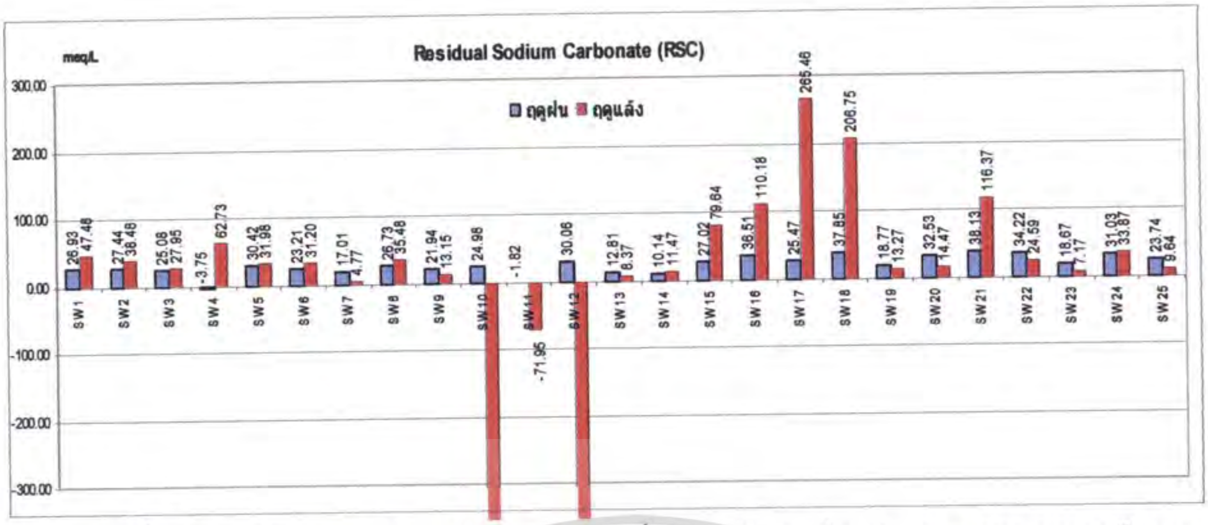
<u>คุณลักษณะที่ 4</u> : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน

ในระบบของสหรัฐอเมริกา (USSL) ได้กำหนดแนวทางการจัดการชั้นคุณภาพน้ำจากดัชนีที่เรียกว่า Residual Sodium Carbonate (RSC) มีหน่วย meq/L โดยคำนวณจากสมการ (ข้างล่าง) เพื่อช่วยในการประเมินการสะสมของธาตุโซเดียมในดิน หากใช้น้ำนั้นเพื่อการเพาะปลูกและชลประทาน (ตารางที่ 6.1-7)

$$RSC\ (meq/L) = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

ตารางที่ 6.1-7 การจำแนกชั้นคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ สำหรับน้ำชลประทาน โดยใช้ค่า Residual Sodium Carbonate (RSC)

ปริมาณ RSC (meq/L)	หมายเหตุ
< 1.25	น้ำสามารถใช้ในการชลประทานได้อย่างปลอดภัย ไม่มีข้อจำกัด
1.25 – 2.5	น้ำสามารถใช้ในการชลประทานที่มีการจัดการที่ดี และติดตามความเค็มของดิน
> 2.5	น้ำที่ไม่เหมาะสมใช้ในการชลประทาน



รูปที่ 6.1-4 ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน

จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่าน้ำตัวอย่างจาก ทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีค่า RSC สูงกว่า 2.5 meq/L จัดว่าเป็น น้ำที่ไม่เหมาะสมใช้ในการชลประทาน โดยค่า RSC ที่มีค่าเป็นบวกชี้ให้เห็นว่า หากใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินที่มีค่า RSC สูง จะมีโอกาสเกิดการสะสมธาตุโซเดียมในดินสูง เป็นอันตรายต่อพืช

6.2 คุณลักษณะของน้ำใต้ดินและการวิเคราะห์ทางเคมี (Constituents of Groundwater and its chemical analysis)

ในการศึกษานี้ คณะผู้ศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในประเด็นความเหมาะสมในการใช้น้ำใต้ดินนั้นเพื่อการเพาะปลูกและเพื่อการชลประทานอื่นๆ จึงได้กำหนดให้มีการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำใต้ดิน 14 พารามิเตอร์ ได้แก่ pH (at 25°C), Conductivity, Total Dissolved Solids, Nitrate, Calcium, Magnesium, Iron, Sodium, Potassium, Bicarbonate, Carbonate, Chloride และ Sulfate รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.2-1

ตารางที่ 6.2-1รายละเอียดจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

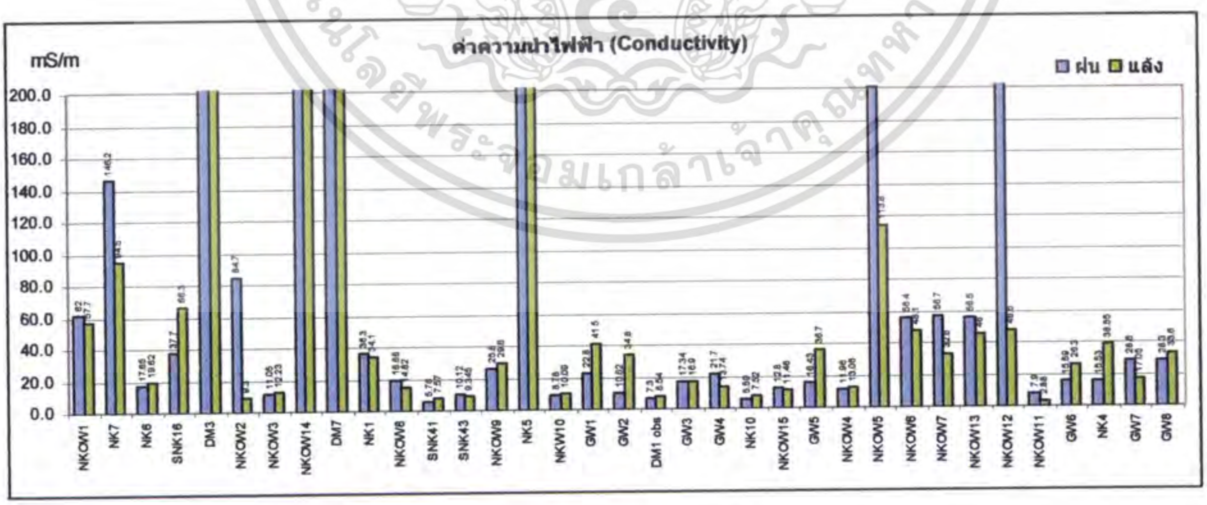
Type	NAME	Location	
		X	Y
GW1	NKOW1	466123	1870641
GW2	NK7	465867	1868858
GW3	NK6	464723	1873205
GW4	SNK16	462709	1872829
GW5	DM3	461071	1872772
GW6	NKOW2	455349	1872810
GW7	NKOW3	449770	1876518
GW8	NKOW14	452316	1880036
GW9	DM7	452316	1880036
GW10	NK1	456175	1881497
GW11	NKOW8	455222	1880456
GW12	SNK41	455222	1880456
GW13	SNK43	455125	1878717
GW14	NKOW9	460950	1879041
GW15	NK5	464047	1879786
GW16	NKW10	466786	1884377
GW17	GW1	460961	1881026
GW18	GW2	463713	1878190
GW19	DM1/OBS	465855	1876546
GW20	GW3	466593	1878032
GW21	GW4	468206	1874836
GW22	NK10	468588	1874010
GW23	NKOW15	471013	1877165
GW24	GW5	447504	1876425
GW25	NKOW4	444355	1878274
GW26	NKOW5	439061	1880468
GW27	NKOW6	441863	1886175
GW28	NKOW7	446207	1884195
GW29	NKOW13	446168	1893443
GW30	NKOW12	452717	1890163
GW31	NKOW11	459962	1887566
GW32	GW6	458992	1879818
GW33	NK4	460268	1875271
GW34	GW7	461813	1872857
GW35	GW8	467611	1871588

<u>คุณลักษณะที่ 1</u> : ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำ สามารถวัดได้ในรูปของค่าความนำไฟฟ้า (Electric Conductivity, EC) เป็นความสามารถของน้ำที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเกลือที่ละลายน้ำได้

ผลการวิเคราะห์ ค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในช่วงฤดูฝนมีค่าอยู่ในช่วง 5.6 – 17,360 mS/m (56 - 173,600 µS/cm) และ ในช่วงฤดูแล้งมีค่าระหว่าง 2.9 – 11,790 mS/m (29 - 117,900 µS/cm) โดยพบว่าในช่วงฤดูฝน ตัวอย่างน้ำใต้ดินส่วนใหญ่ (80-Percentile) มีค่าความนำไฟฟ้า สูงกว่า ตัวอย่างน้ำใต้ดิน ในช่วงฤดูแล้ง 97 > 59.42 mS/m (970 > 594.2µS/cm) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแบ่งระดับการใช้น้ำในการชลประทาน (จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฏ์, ปีไม่ระบุ) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.2-2 พบว่า

- จุดเก็บน้ำใต้ดินส่วนใหญ่มีค่าความนำไฟฟ้า อยู่ในระดับดีเยี่ยม และ ระดับดี
- โดยมีจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน 17 จุด จาก 35 จุด ที่มีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในระดับดีเยี่ยม สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง
- โดยมีจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน 7 จุด จาก 35 จุด ที่มีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในระดับดี สามารถใช้ในการชลประทานได้ ถ้ามีน้ำชะล้างผ่านดินพอประมาณ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง
- มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน 3 จุด ที่คุณภาพน้ำ ด้านค่าความนำไฟฟ้า ในฤดูแล้ง ดีขึ้น กว่าในฤดูฝน (NKOW2, NKOW5 และ NKOW12)



รูปที่ 6.2-1 ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้าของน้ำใต้ดิน (Electrical Conductivity, EC)

— มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน 1 จุด จาก NK7 ที่มีค่าความนำไฟฟ้าไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง อยู่ในระดับพอใช้ได้ (Permissible) ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม

— นอกจากนี้ พบว่า จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีค่าความนำไฟฟ้าอยู่ในระดับที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้เพื่อการชลประทาน (Unsuitable) ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง จำนวน 4 จุด ได้แก่ DM3, NKOW14, DM7 และ NK5 เนื่องจากมีข้อจำกัดในการนำมาใช้ กล่าวคือ อาจใช้ทำการชลประทานได้บางโอกาสในสภาพที่มีการจัดการพิเศษ และ ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทานได้

ตารางที่ 6.2-2 ค่าความนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ เทียบกับเกณฑ์คุณภาพชลประทาน

ระดับการจำแนกคุณภาพน้ำ	ค่าความนำไฟฟ้า , EC (mS/m)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน	
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
Class 1 : ระดับดีเยี่ยม (Excellent) น้ำมีความเค็มระดับต่ำ สามารถใช้ในการชลประทานกับพืชทุกชนิด	≤ 25 (≤ 250 µS/cm)	NK6, NKOW3, NKOW8, SNK41, SNK43, NKW10, GW1, GW2, DM1/OBS, GW3, GW4, NK10, NKOW15, GW5, NKOW4, NKOW11, GW6, NK4	NK6, NKOW2, NKOW3, NKOW8, SNK41, SNK43, NKW10, DM1/OBS, GW3, GW4, NK10, NKOW15, NKOW4, NKOW11, GW7
Class 2 : ระดับดี (Good) สามารถใช้ในการชลประทานได้ ถ้ามีน้ำชะล้างผ่านดินพอประมาณ ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันการสะสมความเค็มเป็นกรณีพิเศษ ใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มพอประมาณ	25 – 75 (250 – 750 µS/cm)	NKOW1, SNK16, NK1, NKOW9, NKOW6, NKOW7, NKOW13, GW7, GW8	NKOW1, SNK16, NK1, NKOW9, GW1, GW2, GW5, NKOW6, NKOW7, NKOW13, NKOW12, GW6, NK4, GW8
Class 3 : ระดับพอใช้ได้ (Permissible) ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม	75 – 200 (750 – 2,000 µS/cm)	NK7, NKOW2	NK7, NKOW5
Class 4 : ระดับที่ไม่น่าจะใช้ได้ (Doubtful) อาจใช้ทำการชลประทานได้บางโอกาสในสภาพที่พิเศษเฉพาะกรณีเท่านั้น ดินมีการซึมซาบน้ำที่ดี มีการระบายน้ำเพียงพอ ต้องให้มีน้ำส่วนเกินจำนวนมากชะล้างผ่านดินและต้องเลือกปลูกเฉพาะพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มสูง	200 - 300 (2,000 – 3,000 µS/cm)	NKOW5, NKOW12	ไม่มี
Class 5 : ระดับที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ (Unsuitable) ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทาน	≥ 300 ($\geq 3,000$ µS/cm)	DM3, NKOW14, DM7, NK5	DM3, NKOW14, DM7, NK5

*1 µS/cm = 0.1 mS/m = 0.001 dS/m

<u>คุณลักษณะที่ 2</u> : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)

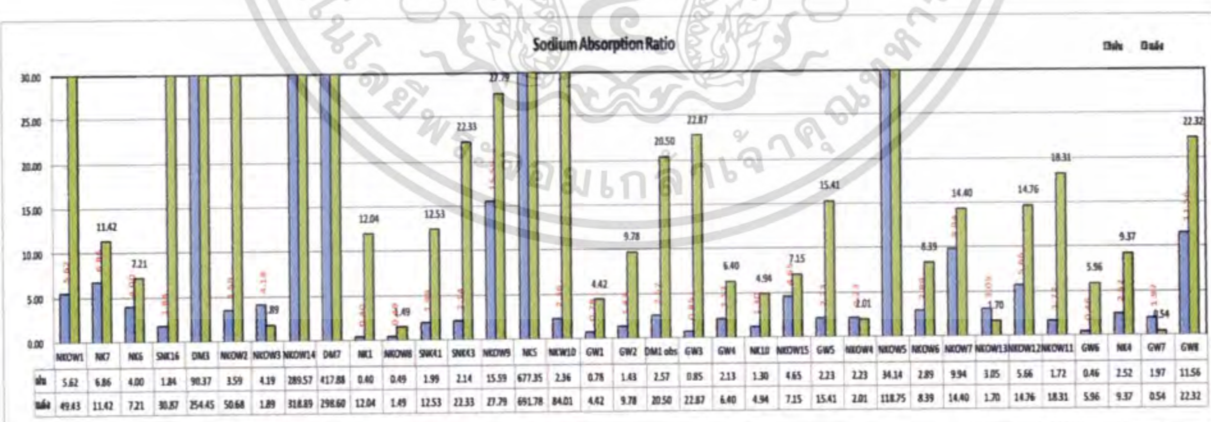
สารอนินทรีย์ที่ละลายในน้ำชลประทานอยู่ในรูปไอออนบวกต่างๆ เช่น แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และ โพแทสเซียม ส่วน ไอออนลบ ได้แก่ คาร์บอเนต, ไบคาร์บอเนต, ซัลเฟต, คลอไรด์, ฟอสฟอรัส และไนเตรต โดยปกติ ปริมาณโซเดียมไอออนในน้ำมีค่าสูงกว่าไอออนอื่นๆ หากมีมากจะส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของดิน โดยทำให้อนุภาคดินกระจายตัวไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน เป็นผลทำให้ปริมาณอากาศของดินในช่องว่างลดลง อัตราการซึมน้ำของดินลดลง เป็นเหตุให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง อาจทำให้เกิดชั้นทึบเป็นแผ่นบางๆ บนผิวดิน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอกของต้นอ่อน เนื่องจากปริมาณของโซเดียมไอออนในน้ำจะแปรปรวนและมีความสัมพันธ์กับแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน จึงใช้เป็นดัชนีแสดงขีดอันตรายของโซเดียม เรียกว่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.2-3

จากการวิเคราะห์ ค่า SAR ของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า

- ในช่วงฤดูฝน น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ส่วนใหญ่ มีค่า SAR สูงกว่า10.3 และในช่วงฤดูแล้ง มีค่า สูงกว่า 49.7 (ที่ 80 - Percentile)
- มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ศึกษาของโครงการ จำนวน 12 จุด ได้แก่ GW7, NK6, NKOW3, NKOW8, GW1, GW4, NK10, NKOW15, NKOW4, NKOW6, NKOW13, GW6 ที่สามารถนำใช้เพื่อการชลประทานได้ ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง
- มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ศึกษาของโครงการ จำนวน 5 จุด ได้แก่ DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5 ที่มีค่า SAR อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสมในการนำน้ำมาใช้เพื่อการชลประทาน ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง
- และมีตัวอย่างน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ศึกษาโครงการ จำนวน 10 จุด ได้แก่ SNK43, DM1/OBS, GW3, NKOW11, GW8, NKOW1, SNK16, NKOW2, NKOW9, NKW10 ที่ในฤดูฝนสามารถใช้น้ำเพื่อการชลประทานแต่ต้องใช้ความระมัดระวังและต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุงดิน แต่ในช่วงฤดูแล้ง ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อการชลประทาน

ตารางที่ 6.2-3 ค่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) ของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการเทียบกับเกณฑ์คุณภาพชลประทาน

SAR	ปริมาณโซเดียมในน้ำ	คำแนะนำ	จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
< 1	ต่ำมาก	สามารถนำใช้เพื่อการชลประทานได้	NK1, NKOW8, GW1, GW3, GW6	GW7
1-9	ต่ำ	ระมัดระวังการใช้น้ำกับพืชที่มีความไวต่อความเป็นพิษของโซเดียม	NKOW1, NK7, NK6, SNK16, NKOW2, NKOW3, SNK41, SNK43, GW4, NKW10, GW2, DM1/OBS, NK10, NKOW15, GW5, NKOW4, NKOW6, NKOW13, NKOW12, NKOW11, NK4, GW7	NK6, NKOW3, NKOW8, GW1, GW4, NK10, NKOW15, NKOW4, NKOW6, NKOW13, GW6
10-17	ปานกลาง	ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่นยิปซัม) และต้องการการชะล้าง	NKOW9, NKOW7, GW8	NK7, NK1, SNK41, GW2, GW5, NKOW7, NKOW12, NK4
18-25	สูง	ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำติดต่อกัน	ไม่มี	SNK43, DM1/OBS, GW3, NKOW11, GW8
≥26	สูงมาก	ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำเพื่อการชลประทาน	DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5	NKOW1, SNK16, DM3, NKOW2, NKOW14, DM7, NKOW9, NK5, NKW10, NKOW5



รูปที่ 6.2-2 สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออนของน้ำใต้ดิน (SAR)

ตารางที่ 6.2-4 การนำค่า Sodium Adsorption Ratio (SAR) และ ค่าความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ เทียบกับเกณฑ์คุณภาพชลประทาน

Potential Irrigation Problem				Units	ข้อจำกัดในการใช้เพื่อการชลประทาน (Degree of Restriction on Use)		
					ไม่มี (None)	เล็กน้อย - ปานกลาง (Slight to Moderate)	รุนแรง (Severe)
Infiltration *(affects infiltration rate of water into the soil. Evaluate using EC_w and SAR together)*) ปัญหาการที่ น้ำซึมผ่านได้ยาก เนื่องจากโซเดียมส่งผลให้ดินแข็งแน่น							
SAR	= 0 – 3	and EC_w	=	µS/cm	> 700	700 – 200	< 200
			or	mS/m	> 70	70 – 20	< 20
	= 3 – 6		=	µS/cm	> 1200	1200 – 300	< 300
			or	mS/m	> 120	120 – 30	< 30
	= 6 – 12		=	µS/cm	> 1900	1900 – 500	< 500
			or	mS/m	> 190	190 – 50	< 50
	= 12 – 20		=	µS/cm	> 2900	2900 – 1300	< 1300
			or	mS/m	> 290	290 – 130	< 130
	= 20 – 40		=	µS/cm	> 5000	5000 – 2900	< 2900
			or	mS/m	> 500	500 – 290	< 290
ผลการจำแนกคุณภาพน้ำใต้ดิน				ฝน	NKOW12	NKOW1, NK7, SNK16, NKOW2, NK1, GW1, GW4, NKOW6, NKOW7, NKOW13, GW7	NK6, DM3, NKOW3, NKOW14, DM7, NKOW8, SNK41, SNK43, NKOW9, NK5, NKW10, GW2, DM1/OBS, GW3, NK10, NKOW15, GW5, NKOW4, NKOW5, NKOW11, GW6, NK4, GW8
				แล้ง	ไม่มี	NK7, GW1, NKOW15, NKOW13,	NKOW1, NK6, SNK16, DM3, NKOW2, NKOW3, NKOW14, DM7, NK1, NKOW8, SNK41, SNK43, NKOW9, NK5, NKW10, GW2, DM1/OBS, GW3, GW4, NK10, GW5, NKOW4, NKOW5, NKOW6, NKOW7, NKOW12, NKOW11, GW6, NK4, GW7, GW8

จากการวิเคราะห์ ค่า SAR ร่วมกับ ค่าความนำไฟฟ้า ของตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ตารางที่ 6.2-4) พบว่า

- น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดอย่างมากในการนำน้ำมาใช้เพื่อการชลประทาน เนื่องจากปัญหาจากการที่ น้ำซึมผ่านได้ยาก เนื่องจากมีปริมาณโซเดียมในน้ำในสัดส่วนที่สูง ส่งผลให้เดินแข็งแน่น
- โดยมีข้อสังเกตว่า ตัวอย่างน้ำใต้ดิน จำนวน 9 จุด ได้แก่ NKOW12, NKOW1, SNK16, NKOW2, NK1, GW4, NKOW6, NKOW7, GW7 ที่พบว่า ไม่มีข้อจำกัดหรือมีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อย ในการนำมาใช้เพื่อการชลประทาน ในช่วงฤดูฝน แต่ในช่วงฤดูแล้ง กลับพบว่ามีข้อจำกัดอย่างมาก ในการนำมาใช้เพื่อการชลประทาน
- มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน เพียง 3 จุด ได้แก่ NK7, GW1, NKOW13, ที่มีข้อจำกัดเพียงเล็กน้อย สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทานได้ ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง แต่ควรมีการติดตามความเค็มของดิน

<u>คุณลักษณะที่ 3</u> : ธาตุอื่นที่เป็นพิษต่อพืช

จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฏ์ (ปี,ไม่ระบุ) ได้รวบรวมเกณฑ์เกี่ยวกับ ปริมาณของธาตุอาหารในน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทาน ดังแสดงในตารางที่ 6.2-5

ตารางที่ 6.2-5 ปริมาณของธาตุอาหารในน้ำที่เหมาะสมสำหรับการชลประทาน (FAO – Guideline) และ ค่าที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ

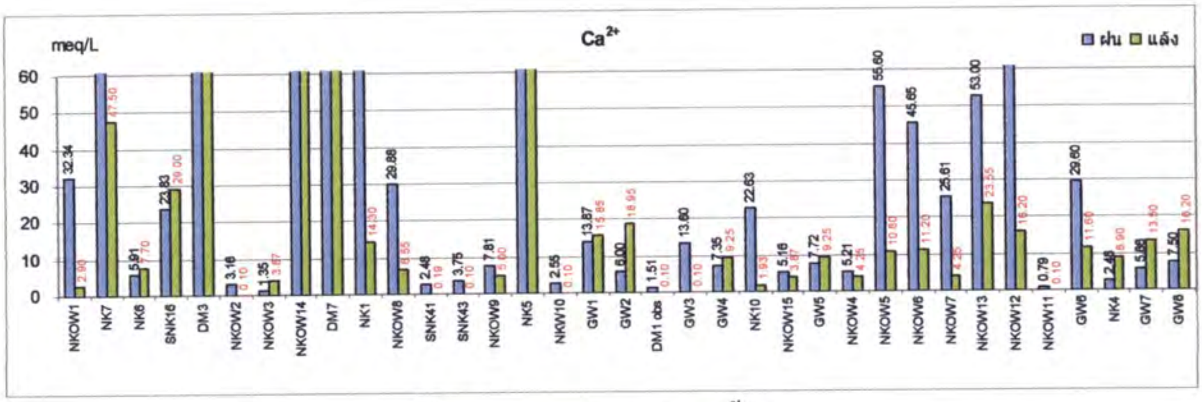
ไอออน	หน่วย	ช่วงความเข้มข้นของไอออนในน้ำที่เหมาะสม	ช่วงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากน้ำตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ		จุดเก็บตัวอย่างที่พบว่ามีค่าเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม	
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง
แคลเซียม (Ca^{2+})	meq/L	0 - 20	0.79 – 6,230	0.1 – 16,227.5	NKOW1, NK7, SNK16, DM3, NKOW14, DM7, NK1, NKOW8, NK5, NK10, NKOW5, NKOW6, NKOW7, NKOW13, NKOW12, GW6	NK7, SNK16, DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW13
แมกนีเซียม (Mg^{2+})	meq/L	0 - 5	0.06 – 2,113	0.0 - 964.5	NK7, DM3, NKOW14, DM7, NK1, NK5, NKOW13, NKOW12	NK7, SNK16, NK5, GW4, NKOW6, NKOW13, NKOW12
โซเดียม (Na^{+})	meq/L	0 - 40	1.17 – 35,850	1.4 – 28,759.0	NK7, DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5	NKOW1, NK7, DM3, NKOW14, DM7, NKOW9, NK5, NKOW5, NKOW12, GW8
คาร์บอเนต (CO_3^{2-})	meq/L	0 - 0.1	2.40 - 105	0.0 - 0.0	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง	ไม่มี
ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)	meq/L	0 - 10	9.80 - 427	0.0 - 632.0	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น NKOW2	ทุกจุดเก็บตัวอย่าง ยกเว้น NKOW2, DM7, NK5
คลอไรด์ (Cl^-)	meq/L	0 - 30	3 – 118,463	1.7 – 145,670	NKOW1, NK7, DM3, NKOW2, NKOW14, DM7, NKOW9, NK5, NK10, NKOW5, NKOW12, GW8	NKOW1, NK7, SNK16, DM3, NKOW14, DM7, NKOW9, NK5, GW2, GW4, GW5, NKOW5, NKOW12, GW8
ซัลเฟต (SO_4^{2-})	meq/L	0 - 20	0 – 1,084.34	0.0 - 129.4	DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5	NK7, DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5
ไนเตรต (NO_3^-)	mg/L	0 - 10	0 – 4.41		ไม่มี	ไม่มี
โพแทสเซียม (K^+)	mg/L	0 - 2	0.60 – 16,080	0.0 - 4810.0	ทุกจุด ยกเว้น NKOW2, SNK41, SNK43, GW3, NKOW15, NKOW6, NKOW11, NK4, GW8	ทุกจุด ยกเว้น NKOW2, SNK41, SNK43, NKOW15, NKOW6, NKOW13, NKOW12, NKOW11, GW8

- จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า ในช่วงฤดูฝน มีจุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 16 จุด จากทั้งหมด 35 จุด ที่มีปริมาณ Ca^{2+} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน โดยในจำนวนจุดเก็บตัวอย่างดังกล่าว มีตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีปริมาณ Ca^{2+} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน ในช่วงฤดูแล้งด้วย จำนวน 6 จุด ได้แก่ NK7, SNK16, DM3, NKOW14, DM7, NK5 และ NKOW13

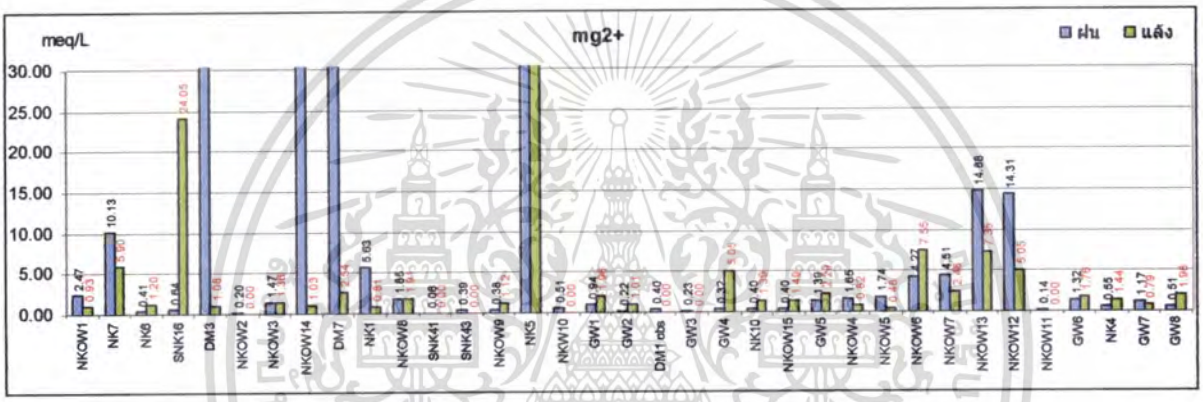
- และ มีจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 4 จุดที่ปริมาณ Mg^{2+} ในน้ำใต้ดินเกินเกณฑ์ที่เหมาะสมทั้งในช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง ได้แก่ NK7, NK5, NKOW13 และ NKOW12
- จากการวิเคราะห์ ปริมาณ Na^{+} ในน้ำตัวอย่าง พบว่า ในช่วงฤดูฝน มีน้ำตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่าง จำนวน 6 จุด (NK7, DM3, NKOW14, DM7, NK5, NKOW5) มี ปริมาณ Na^{+} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน (< 40 meq/L) และ เมื่อถึงช่วงฤดูแล้ง มีจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่มีปริมาณ Na^{+} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมฯ เพิ่มขึ้นอีก จำนวน 4 จุด ได้แก่ NKOW1, NKOW9, NKOW12 และ GW8<u>หมายเหตุ</u> : โดย หากมีการใช้น้ำผิวดินจากแหล่งดังกล่าวเพื่อการเพาะปลูกและชลประทานต่อเนื่องกันอาจเกิดการสะสมของ Na^{+} ในดิน อาจทำให้ดินในบริเวณนั้นอิ่มตัวด้วยโซเดียม ส่งผลให้ดินมีลักษณะพองตัวและแน่นทึบ ทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก และขัดขวางการดูดซับธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้น้ำ มีการบริหารจัดสรรน้ำให้เหมาะสมเพื่อชะล้างดินเป็นระยะ และ ปรับสภาพดินด้วย $CaSO_4$ ตามความเหมาะสม
- จากการวิเคราะห์ปริมาณ CO_3^{2-}และ HCO_3^{-} ในตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในช่วงฤดูฝน พบว่า น้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ CO_3^{2-}และ HCO_3^{-} เกินเกณฑ์ ที่เหมาะสม ยกเว้น จุดเก็บตัวอย่างที่ NKOW2 ที่มีปริมาณ HCO_3^{-} อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม (9.80 < 10 meq/L) อย่างไรก็ตาม FAO ได้มีข้อแนะนำว่า ในน้ำชลประทานควรมีปริมาณ CO_3^{2-}และ HCO_3 ต่ำกว่า ปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} เนื่องจากปริมาณ CO_3^{2-} ที่สูงจะไปทำปฏิกิริยากับ Ca^{2+} ได้ $CaCO_3$ ซึ่งมีสมบัติไม่ละลายน้ำหรือละลายได้น้อยมาก ทำให้ Ca^{2+} และธาตุอาหารที่จำเป็นอื่นๆ ตกตะกอน พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้
- อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่า ในช่วงฤดูแล้ง น้ำใต้ดินจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณต่ำมาก (เข้าใกล้ค่าศูนย์) ซึ่งหากปรากฏการณ์ดังกล่าวมีสาเหตุจากการที่ CO_3^{2-} เกิดปฏิกิริยาตกตะกอนกับ ไอออนประจุบวกตัวอื่นจนหมด ทำให้ ธาตุอาหารต่างๆตกตะกอนในรูปของแข็ง และจะส่งผลให้ ธาตุ Na^{+} ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับ CO_3^{2-} ยังคงเหลืออยู่ในดิน ทำให้เสมือนว่าเกิดการสะสมของ Na^{+} ในดินมากขึ้น เนื่องจากสภาวะการเสียสมดุลของ

ไอออนในดินนั้นเอง ดังนั้นการนำน้ำใต้ดินมาใช้เพื่อการชลประทาน ในช่วงฤดูแล้ง จะต้องพิจารณาให้รอบคอบ

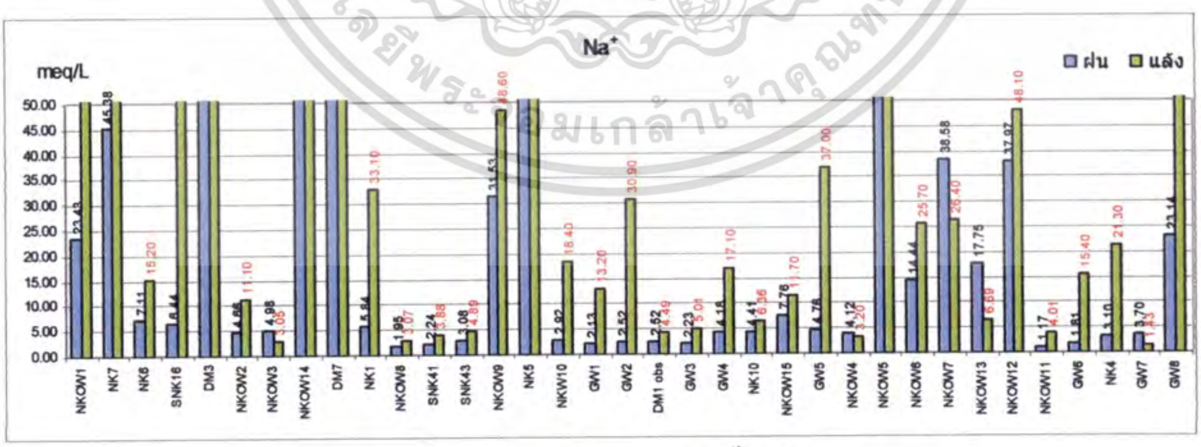
- จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า มีจุดเก็บตัวอย่างจำนวน 10 จุด จากทั้งหมด 35 จุด ที่มีปริมาณ Cl^- เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน ทั้งในช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง ซึ่งการที่น้ำมีปริมาณ Cl^- สูงอาจทำให้เกิดปัญหาเมื่อให้น้ำด้วยวิธีฉีดฝอย (Sprinkle Irrigation) อาจทำให้เกิดอาการใบไหม้ จึงจำเป็นต้องระมัดระวังในการใช้น้ำ ควรมีการบริหารจัดสรรน้ำให้เหมาะสม ได้ ด้วยการให้น้ำในเวลากลางคืน เพื่อลดอาการใบไหม้จากการใช้น้ำที่ปริมาณ Cl^- สูง
- จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า น้ำใต้ดินจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีปริมาณ NO_3^- อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน
- และ มีตัวอย่างน้ำใต้ดิน จำนวน 5 จุด จากทั้งหมด 35 จุด ที่มีปริมาณ SO_4^{2-} เกินเกณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับน้ำชลประทาน ทั้งในช่วงฤดูฝน และ ฤดูแล้ง ได้แก่ DM3, NKOW14, DM7, NK5 และ NKOW5
- ผลการวิเคราะห์ปริมาณ K^+ ในตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่าส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่าเกณฑ์ปกติ แต่เนื่องจากว่า K^+ เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นหากใช้น้ำที่มี K^+ สูงในการเพาะปลูกและชลประทาน จะต้องคำนึงถึง การเลือกใช้ปุ๋ยบำรุงดินในสัดส่วน และ อัตราที่เหมาะสม เนื่องจากในน้ำมี K^+ ค่อนข้างสูงอยู่แล้ว



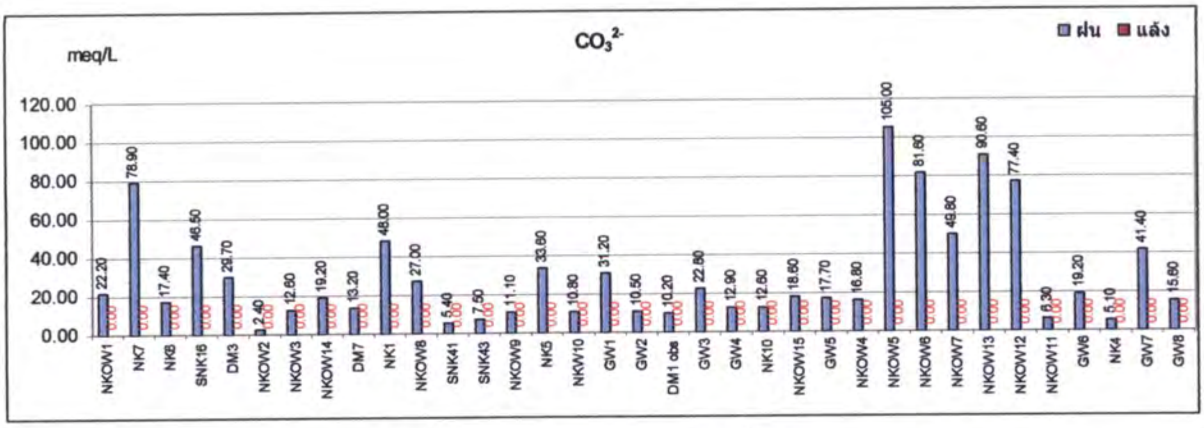
รูปที่ 6.2-3 แสดงค่า Ca^{2+} ของน้ำใต้ดิน



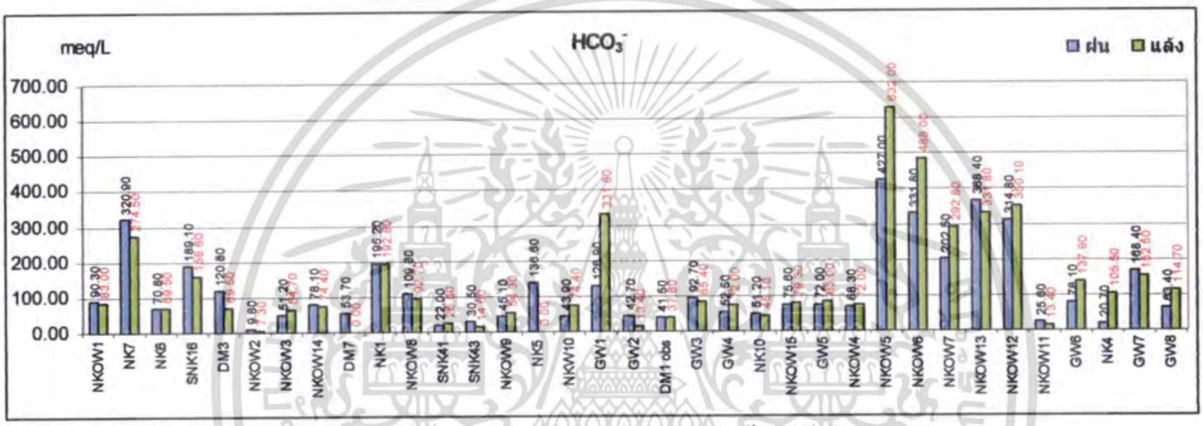
รูปที่ 6.2-4 แสดงค่า Mg^{2+} ของน้ำใต้ดิน



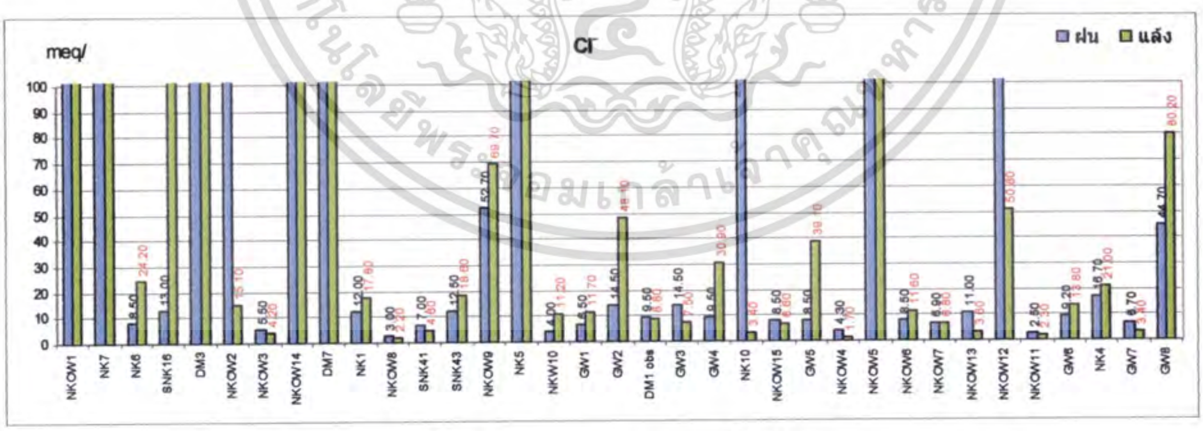
รูปที่ 6.2-5 แสดงค่า Na^{+} ของน้ำใต้ดิน



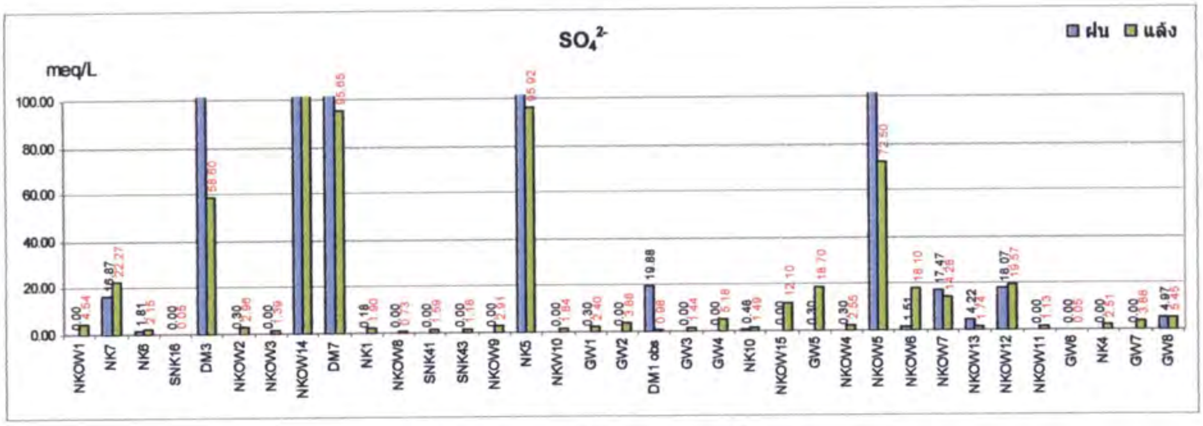
รูปที่ 6.2-6 แสดงค่า CO_3^{2-} ข องน้ำใต้ดิน



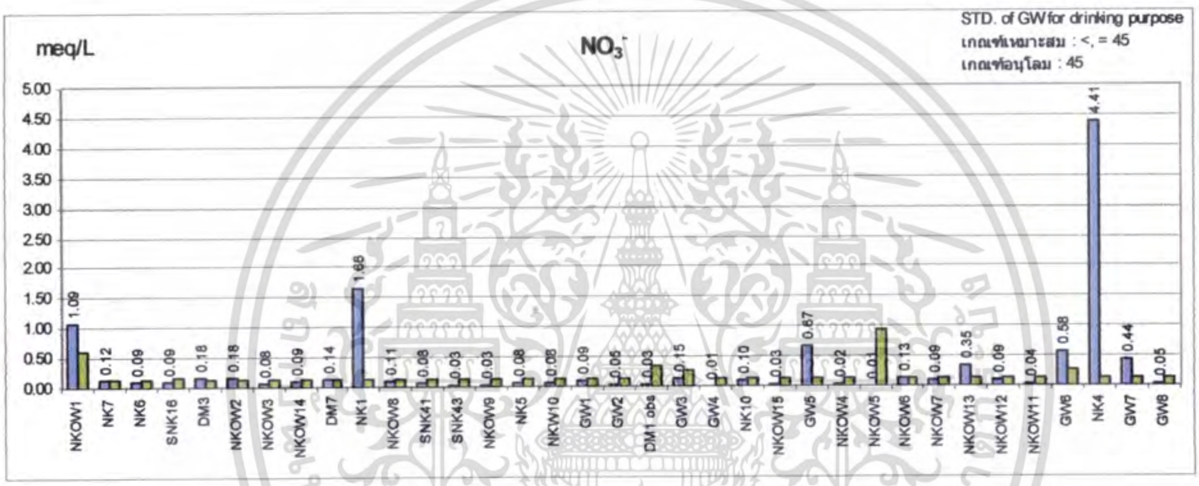
รูปที่ 6.2-7 แสดงค่า HCO_3^- ข องน้ำใต้ดิน



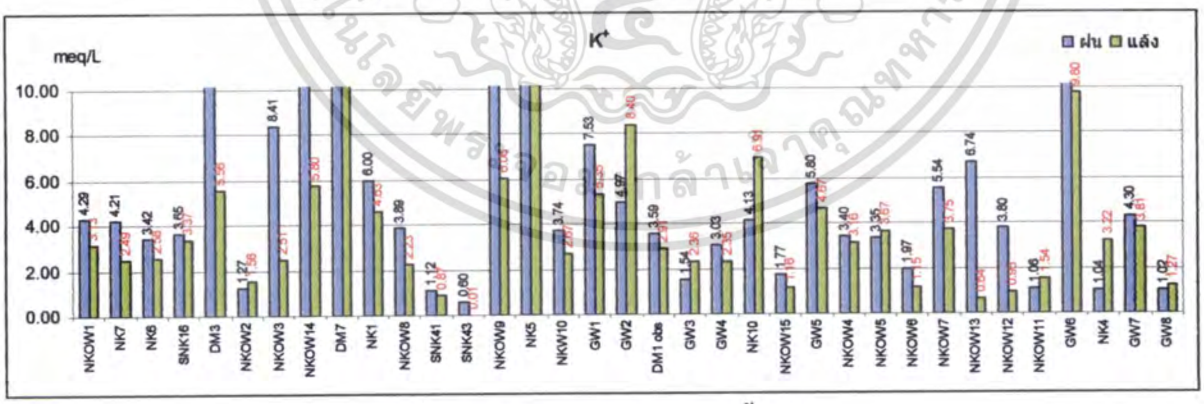
รูปที่ 6.2-8 แสดงค่า Cl^- ข องน้ำใต้ดิน



รูปที่ 6.2-9 แสดงค่า SO_4^{2-} ข องน้ำใต้ดิน



รูปที่ 6.2-10 แสดงค่า NO_3^- ข องน้ำใต้ดิน



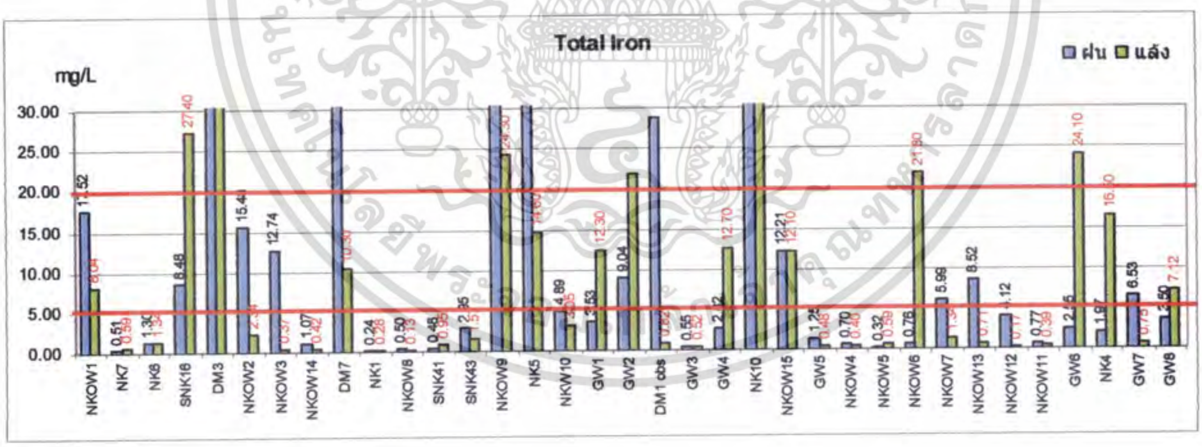
รูปที่ 6.2-10-1 แสดงค่า K^+ ข องน้ำใต้ดิน

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 6.2-6 พบว่า

- จากการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่า ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง น้ำตัวอย่างส่วนใหญ่ มีปริมาณ Fe^{2+} มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยมีตัวอย่างน้ำใต้ดิน 15 จุด จาก 35 จุด ที่มีปริมาณ Fe^{2+} เกินเกณฑ์ ที่เหมาะสม
- ในช่วงฤดูฝน มีจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน 6 จุด ได้แก่ DM3, DM7, NKOW9, NK5, DM1/OBS และ NK10 ที่มีปริมาณ Fe^{2+} ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น
- ในช่วงฤดูแล้ง มีจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน 7 จุด ได้แก่ SNK16, DM3, NKOW9, GW2, NK10, NKOW6 และ GW6 ที่มีปริมาณ Fe^{2+} ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น
- มี 1 จุด (NKOW1) ที่ทั้งในฤดูฝน และ ฤดูแล้ง มีปริมาณ Fe^{2+} อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาว
- มี 3 จุด ได้แก่ DM3, NKOW9 และ NK10 ที่ทั้งในฤดูฝน และ ฤดูแล้ง มีปริมาณ Fe^{2+} อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น
- มี 1 จุด (GW2) ที่ในฤดูฝน อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาว และ ในฤดูแล้งมีคุณภาพน้ำลดลง อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น
- มี 3 จุด ได้แก่ SNK16 NKOW6 และ GW6 ที่ในฤดูฝน อยู่ในเกณฑ์เหมาะสม แต่ ในฤดูแล้งมีคุณภาพน้ำลดลง อยู่ในเกณฑ์ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น

ตารางที่ 6.2-6 ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ในน้ำชลประทาน และปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ

ธาตุอาหาร	ใช้น้ำต่อเนื่องในระยะยาว (mg/L)	ใช้น้ำต่อเนื่องในระยะสั้น (mg/L)	ช่วงข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากน้ำตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาโครงการ		จุดเก็บตัวอย่างที่พบว่ามีค่า<u>เกินเกณฑ์</u>ที่เหมาะสม			
			ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง	
Iron (Fe^{2+})	5	20	0.24 – 393.50	0.1 - 96.2	5 < X <20	> 20	5 < X <20	> 20
					NKOW1, SNK16, NKOW2, NKOW3, GW2, NKOW15, NKOW7, NKOW13, GW7	DM3, DM7, NKOW9, NK5, DM1/OBS, NK10	NKOW1, DM7, NK5, GW1, GW4, NKOW15, NK4,GW8	SNK16, DM3, NKOW9, GW2, NK10, NKOW6, GW6
<u>หมายเหตุ</u> < 5 หมายถึง ไม่เป็นพิษต่อพืชในดินที่มีการระบายอากาศดี แต่เป็นพิษต่อพืชในดินที่เป็นกรด และเป็นตัวทำให้ธาตุฟอสฟอรัสและโมลิบดินั่มอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช					ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาว	ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น	ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลายาว	ไม่เหมาะสม หากใช้น้ำต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลาสั้น



รูปที่ 6.2-11 ความเข้มข้นของ Fe^{2+} ในน้ำชลประทาน และปริมาณที่วิเคราะห์ได้ในน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ

คุณลักษณะที่ 4 : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน

ในระบบของสหรัฐอเมริกา (USSL) ได้กำหนดแนวทางการจัดการชั้นคุณภาพน้ำจากดัชนีที่เรียกว่า Residual Sodium Carbonate (RSC) มีหน่วย meq/L โดยคำนวณจากสมการ (ข้างล่าง) เพื่อช่วยในการประเมินการสะสมของธาตุโซเดียมในดิน หากใช้น้ำนั้นเพื่อการเพาะปลูกและชลประทาน (ตารางที่ 6.2-7)

$$\text{RSC (meq/L)} = (CO_3^{2-} + HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

ตารางที่ 6.2-7 การจำแนกชั้นคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ สำหรับน้ำชลประทาน

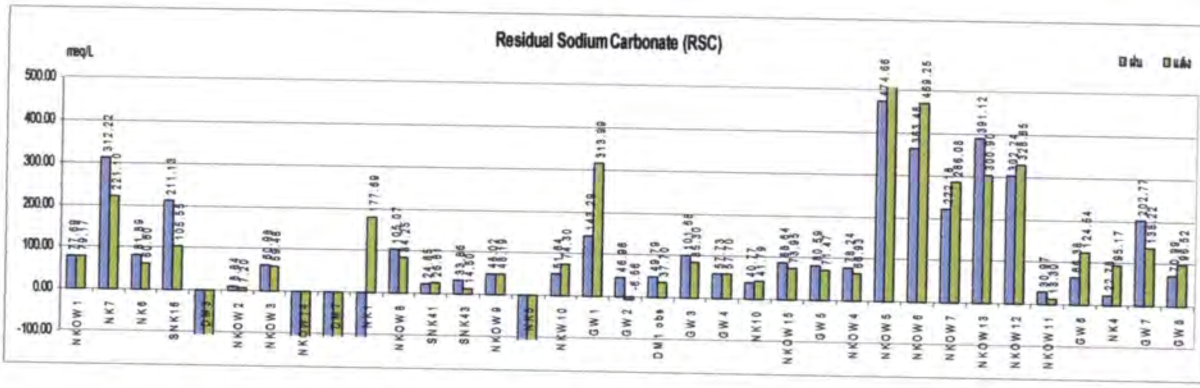
โดยใช้ค่า Residual Sodium Carbonate (RSC)

ปริมาณ RSC (meq/L)	จุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ		หมายเหตุ
	ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
< 1.25	ไม่มี	ไม่มี	น้ำสามารถใช้ในการชลประทานได้อย่างปลอดภัย ไม่มีข้อจำกัด
1.25 – 2.5	ไม่มี	ไม่มี	น้ำสามารถใช้ในการชลประทานที่มีการจัดการที่ดีและมีการติดตามความเค็มของดิน
> 2.5	NKOW1, NK7, NK6, SNK16, NKOW2, NKOW3, NKOW8, SNK41, SNK43, NKOW9, NK5, NKW10, GW1, GW2, DM1/OBS, GW3, GW4, NK10, NKOW15, GW5, NKOW4, NKOW5, NKOW6, NKOW7, NKOW13, NKOW12, NKOW11, GW6, NK4, GW7, GW8	NKOW1, NK7, NK6, SNK16, NKOW2, NKOW3, NK1, NKOW8, SNK41, SNK43, NKOW9, NK5, NKW10, GW1, GW2, DM1/OBS, GW3, GW4, NK10, NKOW15, GW5, NKOW4, NKOW5, NKOW6, NKOW7, NKOW13, NKOW12, NKOW11, GW6, NK4, GW7, GW8	น้ำที่ไม่เหมาะสมใช้ในการชลประทาน

หมายเหตุ :

ค่า RSC ติดลบ เนื่องจากมีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} มากกว่า HCO_3^- และ CO_3^{2-} ในสัดส่วนที่สูงมาก นั่นอาจหมายความหมายว่า Ca^{2+} และ Mg^{2} จะจับกับ HCO_3^- และ CO_3^{2-} เกิดตะกอนจนหมด จึงเสมือนว่าเกิดภาวะโซเดียมสะสมในดินมากขึ้น จนเป็นอันตรายต่อพืช

The sodium adsorption ratio (SAR) and residual sodium carbonate (RSC) are useful for evaluating sodium hazard in water applied directly to the soil. In these calculations, the potential for precipitation of calcium, magnesium bicarbonates, and carbonates is considered. If these constituents precipitate out of the water, relative amounts of sodium will increase in the soil solution.



รูปที่ 6.2-12 การจำแนกชั้นคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ สำหรับน้ำชลประทาน โดยใช้ค่า Residual Sodium Carbonate (RSC)

จากการวิเคราะห์ ตัวอย่างคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ พบว่าน้ำตัวอย่างจากทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีค่า RSC สูงกว่า 2.5 meq/L จัดว่าเป็น น้ำที่ไม่เหมาะสมใช้ในการชลประทาน โดยค่า RSC ที่มีค่าเป็นบวกชี้ให้เห็นว่า หากใช้น้ำจากแหล่งน้ำผิวดินที่มีค่า RSC สูง จะมีโอกาสเกิดการสะสมธาตุโซเดียมในดินสูง เป็นอันตรายต่อพืช

6.3 อภิปรายและวิจารณ์ผล

ในการศึกษา ได้เลือกเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้กำหนดในการพิจารณาการแบ่งชนิดของน้ำชลประทาน ประกอบด้วย

- ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)
- สัดส่วนของโซเดียม ไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียม ไอออน (SAR)
- ข้อจำกัดในการใช้เพื่อการชลประทาน โดยการพิจารณาจากค่า EC ร่วมกับ SAR (ใช้สัญลักษณ์ EC : SAR)
- ปริมาณธาตุอื่นที่เป็นพิษต่อพืช
- ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกเนเซียมไอออน(RSC)

เนื่องจาก ทั้ง EC : SAR และ RSC เป็นพารามิเตอร์ ที่ใช้ในการตรวจสอบ sodium hazard ในน้ำ โดย RSC ให้ความสำคัญในประเด็นโอกาสเกิดการสะสมของโซเดียมในดิน หรือ ผลกระทบจากการใช้น้ำต่อเนื่อง (Chronic effect) และ EC : SAR จะให้ความสำคัญกับโอกาสที่เกิดความเป็นพิษต่อพืช หรือ ผลกระทบที่เห็นผลชัดในเวลาสั้น (acute effect)

จากการประเมินเกณฑ์ที่นำมาใช้ พบว่า ค่า RSC มีความสามารถในการคัดออก (Distinction) สูงที่สุด (high sensitivity) รองลงมา ได้แก่ ค่า EC : SAR (medium sensitivity)

ตารางที่ 6.2-8 EC : SAR (medium sensitivity)

ความสามารถในการคัดออก (Distinction)	ฤดูฝน		ฤดูแล้ง	
	RSC	EC : SAR	RSC	EC : SAR
น้ำผิวดิน	25	25	25	25
ร้อยละ จาก จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 25	(100%)	(100%)	(100%)	(100%)
น้ำใต้ดิน	35	23	35	31
ร้อยละ จาก จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 35	(100%)	(66%)	(100%)	(89%)

เมื่อเลือกใช้ค่า RSC (High sensitivity) มาประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เพื่อการชลประทาน พบว่า ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ โดยพบว่า **ทุกจุดเก็บตัวอย่าง มีค่า RSC อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่า การน้ำน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน มาใช้เพื่อการชลประทาน จะส่งผลให้โอกาสเกิดการสะสมของโซเดียมในดินมีสูง** และ พื้นที่ศึกษาโครงการจำเป็นต้องมีการวางแผน การระบายน้ำเพื่อเพิ่มการชะล้างดิน ให้เพียงพอและเหมาะสม

<u>น้ำผิวดิน</u>

เมื่อเลือกใช้ EC : SAR (Medium sensitivity) มาประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดิน เพื่อการชลประทาน พบว่า ไม่สามารถจำแนกความแตกต่างได้ โดยพบว่า น้ำผิวดินทุกจุดเก็บอย่าง มีค่า EC : SAR อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ มีข้อจำกัดอย่างมาก หากจะนำมาใช้เพื่อการชลประทาน เนื่องจากคุณลักษณะที่ให้เกิดปัญหา น้ำซึมผ่านได้ยาก ส่งผลให้เดินแข็งแน่น และ เป็นอุปสรรคต่อการงอกของพืช

<u>หมายเหตุ</u>

แม้ผลการศึกษาจะชี้ว่า น้ำผิวดินในพื้นที่โครงการมีข้อจำกัดอย่างมากต่อการนำมาใช้ในการชลประทาน แต่เนื่องจากในการเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาโครงการ อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งเกิดการเจือจางและการระบายน้ำสูงมาก ทำให้สามารถปลูกพืชได้

อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาคาดว่า ข้อจำกัดของการนำน้ำผิวดินมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืช จะเห็นผลชัดเจนขึ้นหากนำน้ำผิวดินมาใช้ในช่วงฤดูแล้ง (ไม่มีฝน)

<u>น้ำใต้ดิน</u>

เมื่อใช้ EC : SAR มาประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดิน เพื่อการชลประทาน พบว่า ในช่วงฤดูฝน มีน้ำใต้ดิน จำนวน 12 จุด และ ในช่วงฤดูแล้ง จำนวน 4 จุด ที่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทานได้

เนื่องจาก วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อประเมินคุณภาพน้ำทั้ง น้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ศึกษา ว่ามีความเหมาะสมในการ นำมาใช้ร่วมกันอย่างยั่งยืน

ดังนั้น เพื่อให้แน่ใจว่า การนำน้ำใต้ดินมาใช้ จะไม่ไปเพิ่มแรงกดดันต่อ คุณภาพน้ำผิวดินและปัญหาดินเค็ม ในพื้นที่ศึกษาโครงการ ในการศึกษานี้ ผู้ศึกษาจึงได้เลือกใช้ EC : SAR (medium sensitivity) มาเป็นเกณฑ์ในการจำแนก ขั้นแรก และได้ใช้ ผลรวมคะแนนของเกณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (low sensitivity) เป็นเกณฑ์ในการจำแนกในขั้นที่ 2 รายละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 6.2-10 ถึง ตารางที่ 6.2 - 13

โดยเกณฑ์การให้คะแนน จะใช้รูปแบบการประเมิน เป็น 5 ระดับ (5-Scale) ดังนี้

ตารางที่ 6.2-9 สำหรับเกณฑ์ EC และ SAR

คุณสมบัติ	คะแนน
ระดับดีมาก (Excellent), ไม่มีข้อจำกัดในการใช้, สามารถใช้เพื่อการชลประทานกับพืชทุกชนิด	2
ระดับดี (Good), สามารถใช้ในการชลประทานได้ ถ้ามีน้ำชะล้างผ่านดินพอประมาณ ไม่จำเป็นต้องมีมาตรการป้องกันการสะสมความเค็มเป็นกรณีพิเศษ, ระมัดระวังการใช้น้ำกับพืชที่มีความไวต่อความเป็นพิษของโซเดียม, ใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มพอประมาณ	1
ระดับพอใช้ได้ (Permissible), ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ, ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม, ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่นยิปซัม) และต้องการการชะล้าง	0
ระดับที่ไม่น่าจะใช้ได้ (Doubtful), อาจใช้ทำการชลประทานได้บางโอกาสในสภาพที่พิเศษเฉพาะกรณีเท่านั้น ดินมีการซึมซาบน้ำที่ดี มีการระบายน้ำเพียงพอ ต้องให้มีน้ำส่วนเกินจำนวนมากชะล้างผ่านดินและต้องเลือกปลูกเฉพาะพืชที่มีความทนทานต่อความเค็มสูง, ไม่เหมาะสมในการใช้น้ำติดต่อกัน	-1
ระดับที่ไม่เหมาะสมที่จะใช้ (Unsuitable), ไม่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทาน	- 2

ตารางที่ 6.2-10 สำหรับเกณฑ์ EC : SAR

คุณสมบัติ	ไม่มี (None)	เล็กน้อย - ปานกลาง (Slight to Moderate)	รุนแรง (Severe)
คะแนน	2	0	-2

ตารางที่ 6.2-11 สำหรับเกณฑ์ Toxicity

คุณสมบัติ	มีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม	มีค่าเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม
คะแนน	1	-1

ตารางที่ 6.2-12 กรณี Iron (Fe^{2+})

คุณสมบัติ	< 5	5 < X <20	> 20
คะแนน	1	-1	-1

ตารางที่ 6.2-13 กรณี RSC

คุณสมบัติ	< 1.25	1.25 – 2.5	> 2.5
คะแนน	2	0	- 2

<u>หลักเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน</u>

1. ผลการประเมินด้วย EC : SAR (medium sensitivity) ต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์พอใช้ได้ (คือ มีคะแนน ≥ 0 ขึ้นไป)
2. หลังจากนั้น จึงจะพิจารณาผลรวมของคะแนน ของเกณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (low sensitivity) ประกอบด้วย EC, SAR, Toxicity และ RSC

<u>การแสดงผลการให้คะแนน (ดังแสดงในตารางที่ 6.2 – 14 ถึง ตารางที่ 6.2 – 17)</u>

☺ ใช้ได้

😐 พอใช้ได้

☹ ไม่น่าจะใช้ได้/ไม่เหมาะสม

ผลการประเมิน	คำอธิบาย
ใช้ได้	มีคะแนแ EC : SAR (medium sensitivity) ≥ 2 และและ ผลรวมคะแนนเกณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (low sensitivity) > 2
พอใช้ได้	มีคะแนน EC : SAR (medium sensitivity) > 0 และ ผลรวมคะแนนเกณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (low sensitivity) > 2
ไม่น่าจะใช้ได้/ไม่เหมาะสม	กรณีที่ 1 → ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นแรก : มีคะแนน EC : SAR (medium sensitivity) < 0 กรณีที่ 2 → ไม่ผ่านเกณฑ์ขั้นที่ 2 : มีคะแนน EC : SAR (medium sensitivity) ≥ 0 แต่ ผลรวมคะแนนเกณฑ์ ทั้ง 4 ด้าน (low sensitivity) ≤ 2

<u>ผลการประเมิน</u>

จากตารางที่ 6 .2-16 พบว่า ช่วงฤดูฝน มีน้ำใต้ดิน ที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ จำนวน 6 จุด ได้แก่ NKOW2, GW1, GW4, NKOW6, NKOW12 และ GW7

จากตารางที่ 6.2-17 พบว่า ช่วงฤดูแล้ง มีน้ำใต้ดิน ที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ จำนวน 3 จุด ได้แก่ GW1, NKOW15 และ NKOW13

<u>โดยมีเงื่อนไขการใช้</u> ดังนี้

ระดับพอใช้ได้ (Permissible) หมายถึง ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ, ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม, ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่นยิปซัม) และต้องการการชะล้างที่เพียงพอเหมาะสม

รูปที่ 6.2-13 ถึงรูปที่ 6.2-15 แสดงการกระจายผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินชั้นตื้นและน้ำใต้ดินชั้นลึก ตามลำดับ

ตารางที่ 6.2-14 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูฝน)

น้ำผิวดิน		เกณฑ์1	เกณฑ์ 2	เกณฑ์ 3										เกณฑ์ 4	คะแนนรวม			
Name	EC+SAR	EC	SAR	Toxicity										RSC	High sensitivity	Medium Sensitivity	Low Sensitivity	ประเมินจาก Medium S.
ฝน				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	K^{+}	Fe^{2+}					
SW1	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW2	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW3	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW4	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW5	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW6	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW7	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW8	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW9	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW10	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW11	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW12	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW13	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹
SW14	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹
SW15	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW16	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW17	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW18	-2.00	2.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	☹
SW19	-2.00	2.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	6.00	☹
SW20	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	0.00	☹
SW21	-2.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	☹
SW22	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW23	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW24	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
SW25	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
distinction	23													25				

ตารางที่ 6.2-15 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูแล้ง)

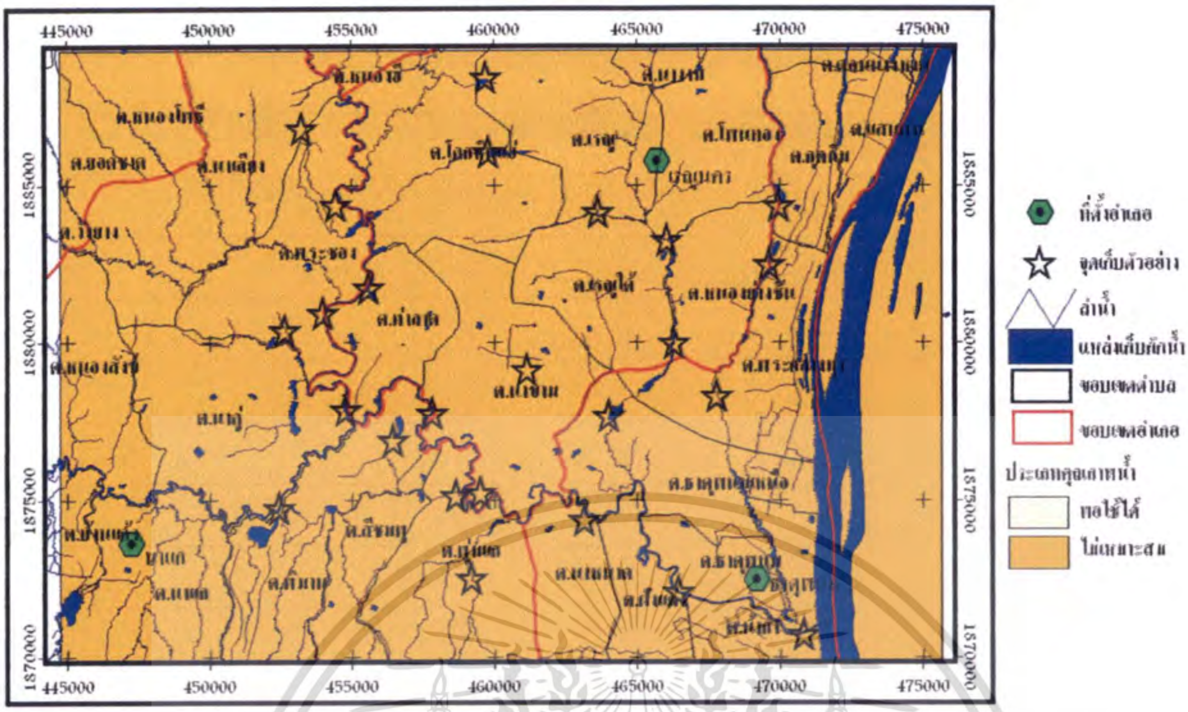
น้ำผิวดิน		เกณฑ์1	เกณฑ์ 2	เกณฑ์ 3										เกณฑ์ 4	คะแนนรวม			
				Toxicity														
Name แล้ง	EC+SAR	EC	SAR	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	K^{+}	Fe^{2+}	RSC	High sensitivity	Medium Sensitivity	Low Sensitivity	ประเมินจาก Medium S.
SW1	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	☹
SW2	-2.00	0.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-2.00	☹
SW3	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	0.00	☹
SW4	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW5	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	☹
SW6	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	☹
SW7	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹
SW8	-2.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	☹
SW9	-2.00	0.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-8.00	☹
SW10	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-10.00	☹
SW11	-2.00	0.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-8.00	☹
SW12	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-10.00	☹
SW13	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	9.00	☹
SW14	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹
SW15	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹
SW16	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹
SW17	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-5.00	☹
SW18	-2.00	0.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-4.00	☹
SW19	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	6.00	☹
SW20	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	☹
SW21	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	☹
SW22	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	☹
SW23	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	☹
SW24	-2.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	2.00	☹
SW25	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹
distinction	25													25				

ตารางที่ 6.2-16 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูฝน)

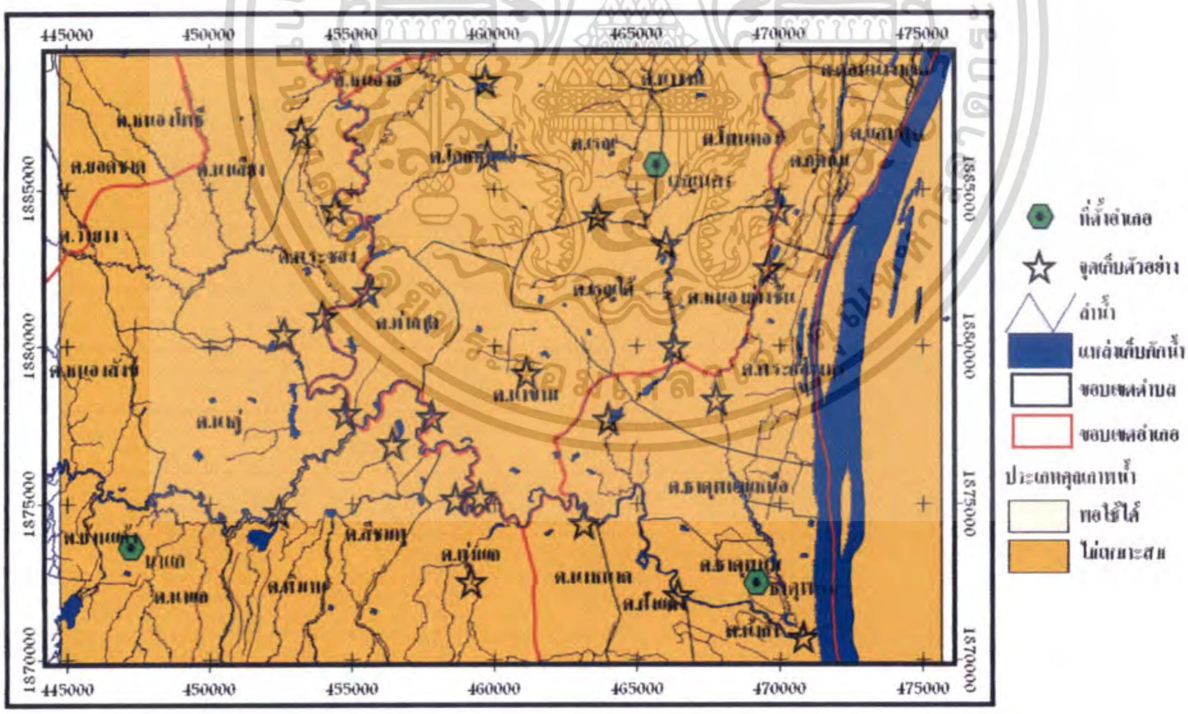
น้ำใต้ดิน		เกณฑ์1	เกณฑ์ 2	เกณฑ์ 3										เกณฑ์ 4	คะแนนรวม				Med.+Low
Name ฝน	EC+SAR	EC	SAR	Toxicity										RSC	High sensitivity	Medium Sensitivity	Low Sensitivity	ประเมินจาก Medium S.	< , = 2 ไม่น่าใช้ > 2 พอใช้ได้
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	K^{+}	Fe^{2+}						
NKOW1	0.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	-2.00	😐	☹
NK7	0.00	0.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	-5.00	😐	☹
NK6	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
SNK16	0.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	0.00	😐	☹
DM3	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-14.00	☹	☹
NKOW2	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	3.00	😐	😐
NKOW3	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
NKOW14	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-14.00	☹	☹
DM7	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-12.00	☹	☹
NK1	0.00	1.00	2.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	1.00	😐	☹
NKOW8	-2.00	2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	☹	☹
SNK41	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
SNK43	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
NKOW9	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	☹	☹
NK5	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-14.00	☹	☹
NKW10	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
GW1	0.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	6.00	😐	😐
GW2	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
DM1 obs	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
GW3	-2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	8.00	☹	☹
GW4	0.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	5.00	😐	😐
NK10	-2.00	2.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.00	☹	☹
NKOW15	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
GW5	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
NKOW4	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
NKOW5	-2.00	-1.00	-2.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-9.00	☹	☹
NKOW6	0.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	4.00	😐	😐
NKOW7	0.00	1.00	0.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	-1.00	😐	☹
NKOW13	0.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	-2.00	😐	☹
NKOW12	2.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	2.00	-4.00	😐	😐
NKOW11	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
GW6	-2.00	2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	☹	☹
NK4	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
GW7	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	2.00	😐	😐
GW8	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
distinction	23													35					

ตารางที่ 6.2-17 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูแล้ง)

น้ำใต้ดิน		เกณฑ์1	เกณฑ์ 2	เกณฑ์ 3										เกณฑ์ 4	คะแนนรวม				Med.+Low
				Toxicity															
Name แล้ง	EC+SAR	EC	SAR	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	CO_3^{2-}	HCO_3^{-}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	NO_3^{-}	K^{+}	Fe^{2+}	RSC	High sensitivity	Medium Sensitivity	Low Sensitivity	ประเมินจาก Medium S.	<, = 2 ไม่น่าใช้ > 2 พอใช้ได้
NKOW1	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	☹	☹
NK7	0.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	-6.00	😐	☹
NK6	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
SNK16	-2.00	1.00	-2.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-5.00	☹	☹
DM3	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-10.00	☹	☹
NKOW2	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	8.00	☹	☹
NKOW3	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
NKOW14	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-8.00	☹	☹
DM7	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-8.00	☹	☹
NK1	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
NKOW8	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
SNK41	-2.00	2.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	8.00	☹	☹
SNK43	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
NKOW9	-2.00	1.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-3.00	☹	☹
NK5	-2.00	-2.00	-2.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-10.00	☹	☹
NKW10	-2.00	2.00	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	☹	☹
GW1	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	4.00	😐	😐
GW2	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.00	☹	☹
DM1 obs	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
GW3	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
GW4	-2.00	2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.00	☹	☹
NK10	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
NKOW15	0.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-2.00	-2.00	0.00	7.00	😐	😐
GW5	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
NKOW4	-2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
NKOW5	-2.00	0.00	-2.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	-4.00	☹	☹
NKOW6	-2.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	☹	☹
NKOW7	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	5.00	☹	☹
NKOW13	0.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	0.00	4.00	😐	😐
NKOW12	-2.00	1.00	0.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	1.00	☹	☹
NKOW11	-2.00	2.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	7.00	☹	☹
GW6	-2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	4.00	☹	☹
NK4	-2.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	3.00	☹	☹
GW7	-2.00	2.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-2.00	-2.00	-2.00	8.00	☹	☹
GW8	-2.00	1.00	-1.00	1.00	1.00	-1.00	1.00	-1.00	-1.00	1.00	1.00	1.00	-1.00	-2.00	-2.00	-2.00	0.00	☹	☹
distinction	31														35				

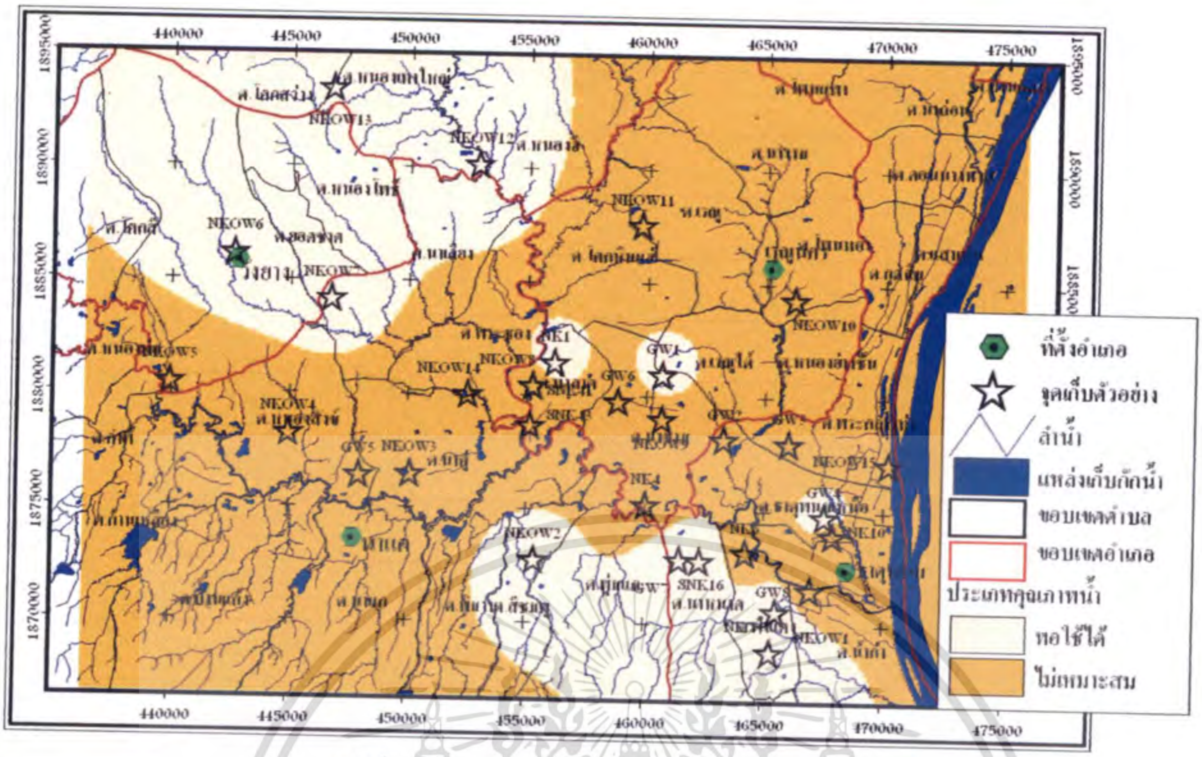


ฤดูฝน

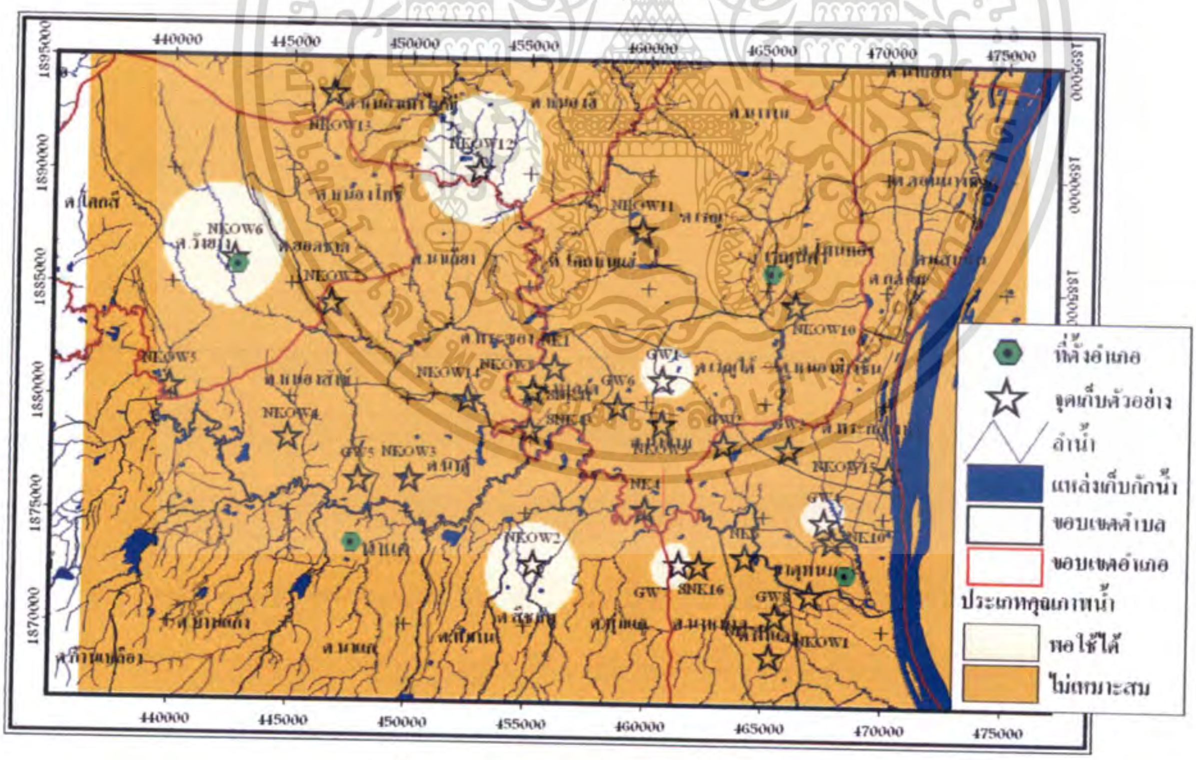


ฤดูแล้ง

รูปที่ 6.2-13 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ

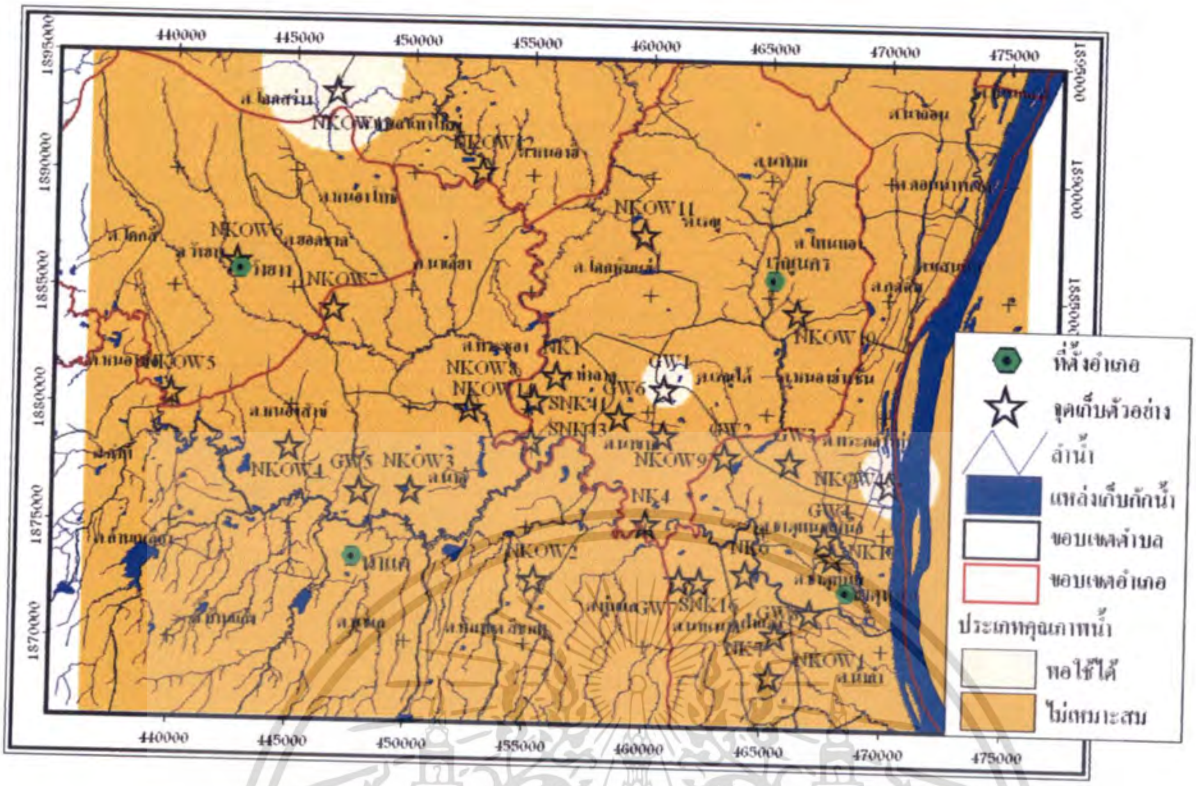


ฤดูฝน (medium sensitivity)

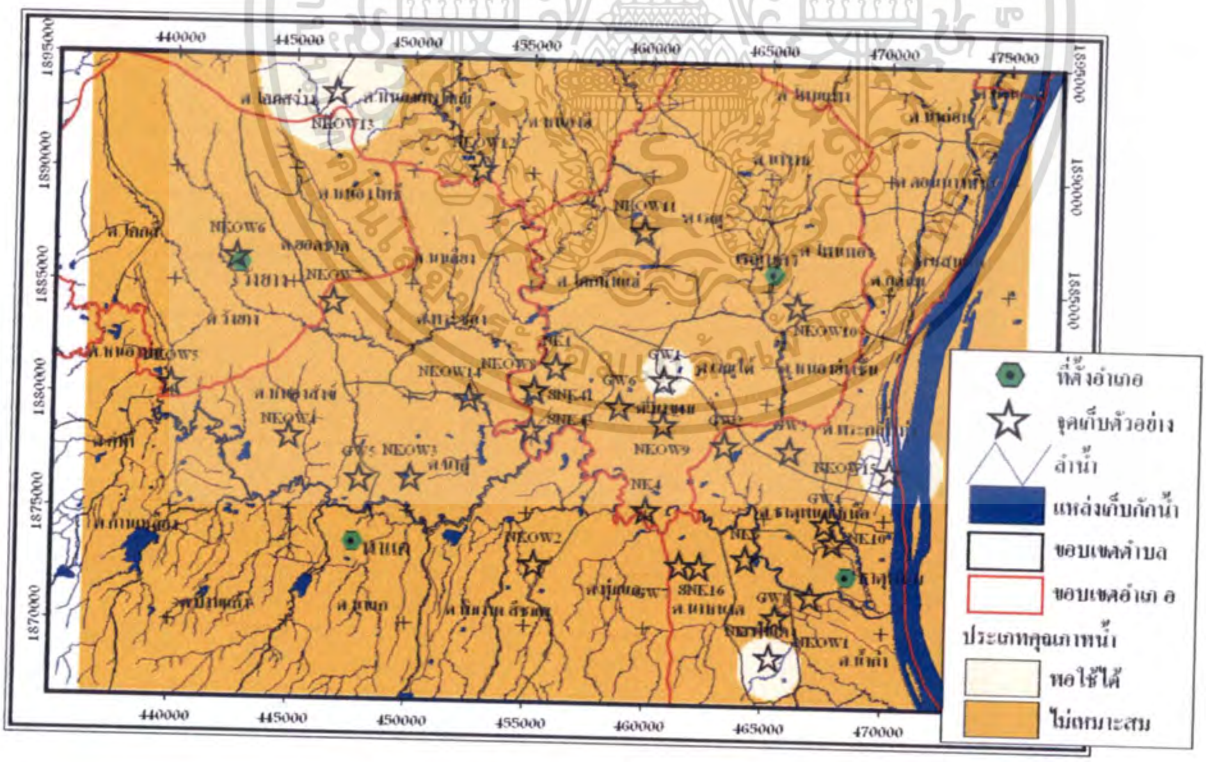


ฤดูฝน (medium+low sensitivity)

รูปที่ 6.2-14 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดินชั้นตื้นในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูฝน)

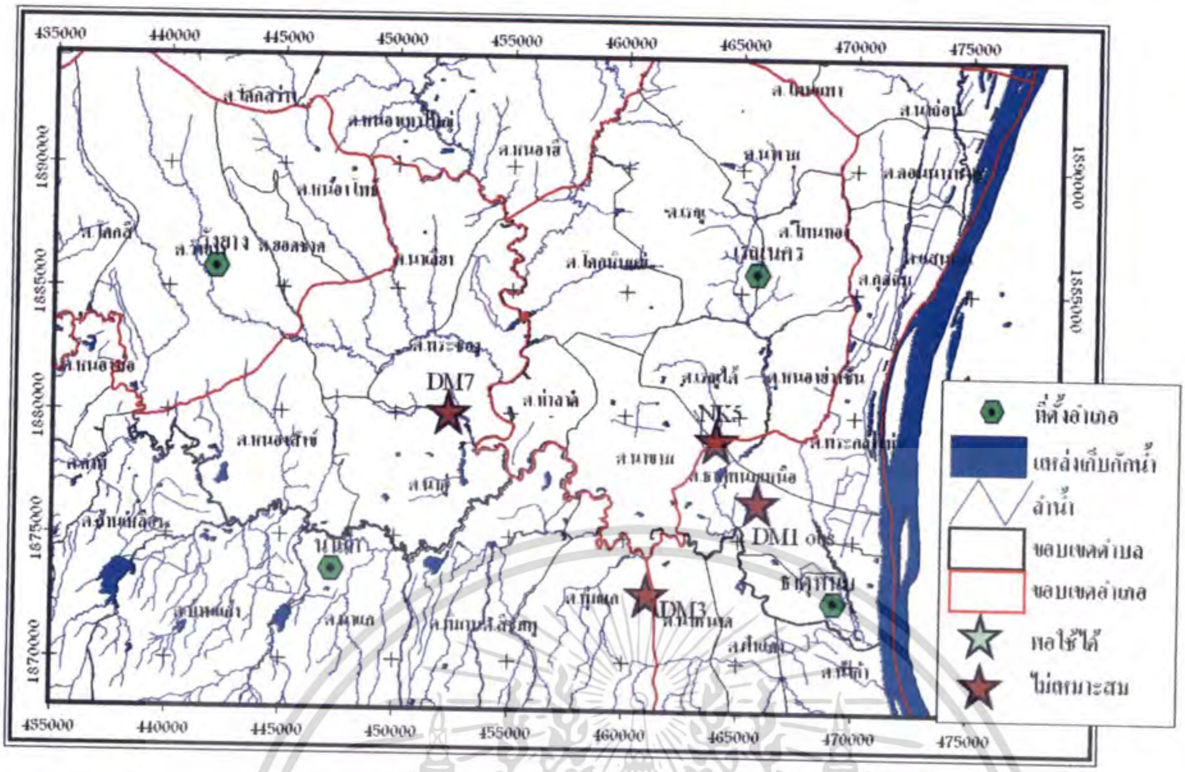


ฤดูแล้ง (medium sensitivity)

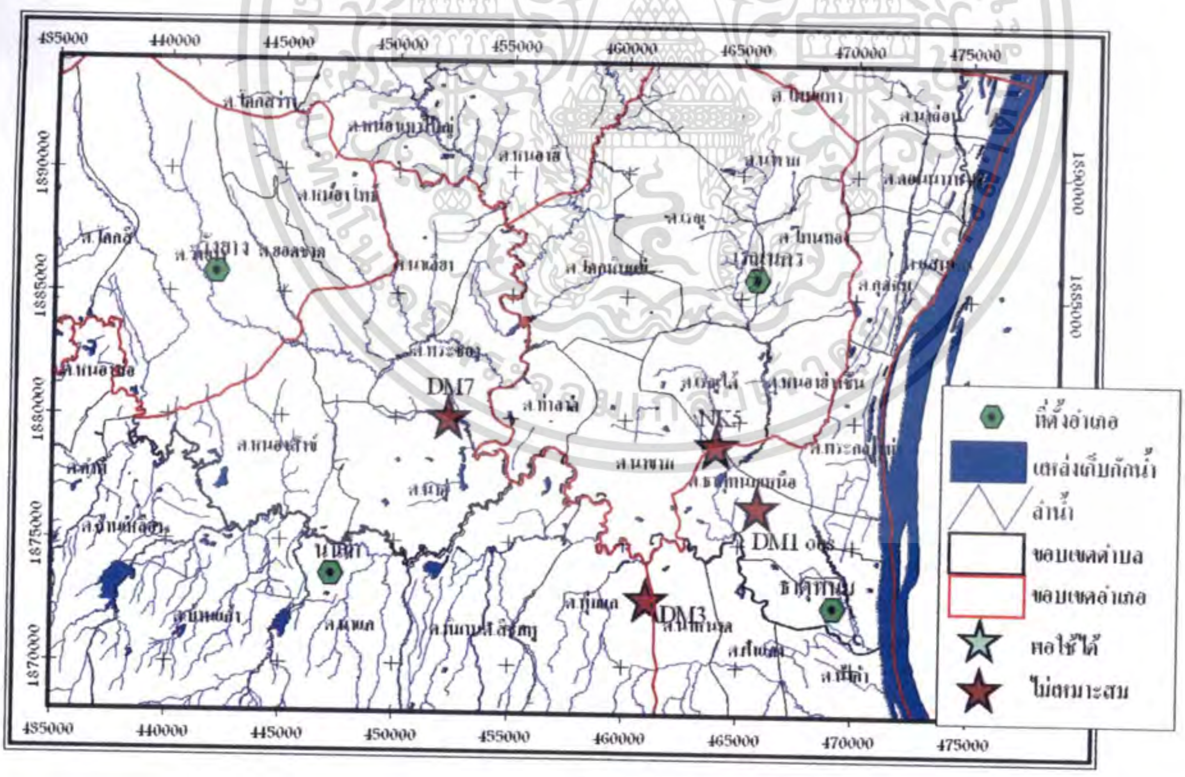


ฤดูแล้ง (medium+low sensitivity)

รูปที่ 6.2-14 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดินชั้นตื้นในพื้นที่ศึกษาโครงการ (ฤดูแล้ง)



ฤดูฝน



ฤดูแล้ง

รูปที่ 6.2-15 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมของน้ำใต้ดินชั้นลึกในพื้นที่ศึกษาโครงการ

7 ผลการศึกษาด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

7.1 ผลการศึกษาด้านธรณีวิทยา

การศึกษาสภาพธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษากระทำโดยรวบรวมข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยา รายงานการศึกษาสภาพธรณีวิทยาและรายงานการศึกษาด้านธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องที่ดำเนินการมาก่อนในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย

1) แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 จัดทำโดยกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2522
2) รายงานการสำรวจธรณีวิทยาของกรมทรัพยากรธรณี (2550)
3) รายงานงานศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อมด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยา ทำศึกษาโดยมหาวิทยาลัย เชียงใหม่ (2549)
4) ข้อมูลชั้นดิน-หินของหลุมเจาะบ่อบาดาลของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
5) ข้อมูลชั้นดิน-หินของหลุมเจาะบ่อสังเกตการณ์ในพื้นที่ของกรมชลประทาน

ข้อมูลทั้งหมดนำมาวิเคราะห์และประเมินสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปและจำแนกหน่วยหินทางธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงออกได้เป็น 5 หมวดหิน คือ 1) หมวดหินตะกอนยุคควอเทอร์นารี 2) หมวดหินภูทอก 3) หมวดหินมหาสารคาม 4) หมวดหินโคกกรวด และ 5) หมวดหินภูพาน ผลการศึกษาและรวบรวมสามารถทำการลำดับชั้นหินจากอายุน้อยไปหาอายุมากหรือเรียงลำดับจากบนลงล่าง รายละเอียดการลำดับชั้นหินและลักษณะของแต่ละหมวดหินมีดังนี้

1) หมวดหินตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วยชั้นดิน ชั้นตะกอนโคลนปนทรายแป้ง ชั้นดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) ทรายแป้ง (Silt) และทรายละเอียด (Very fine sand) มีความหนามากที่สุดในบริเวณกลางพื้นที่ซึ่งพบว่ามีความหนาประมาณ 40 เมตร โดยหมวดหินตะกอนยุค ควอเทอร์นารีในพื้นที่ศึกษาสามารถแบ่งออกได้เป็น 5 หน่วยหิน ได้แก่ ตะกอนน้ำท่วม (Flood plain deposits) ตะกอนทางน้ำหุบเขา (Valley plain deposits) ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นต่ำ (Lower terrace deposits) ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นกลาง (Middle terrace deposits) ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นสูง(High terrace deposits)
2) หมวดหินภูทอก (Phu Tok Formation) ประกอบด้วยชั้นหินทรายเนื้อละเอียดและเนื้อปานกลางสีน้ำตาลแดง มีชั้นแนวเฉียง (Cross bedding) ระดับปานกลางถึงค่อนข้างใหญ่แทรกสลับด้วยหินทรายแป้ง (Siltstone) ประกอบด้วยหินทรายสีน้ำตาลแดง เนื้อหยาบปานกลางถึงละเอียดแทรกสลับกับหินทรายสีแดงแกมน้ำตาลถึงแดงแกมม่วงเนื้อละเอียดมากถึงทรายแป้งมีเนื้อปูนผสม โดยหินทรายเป็นหินทรายแบบ Lithic arkose - Subarkose มีอายุในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์

เชียร์ตอนต้นพบเพียงตำแหน่งเดียวในลำน้ำก่ำที่ตำแหน่งพิกัด 664721 และไม่พบความสัมพันธ์กับหมวดหินข้างเคียง

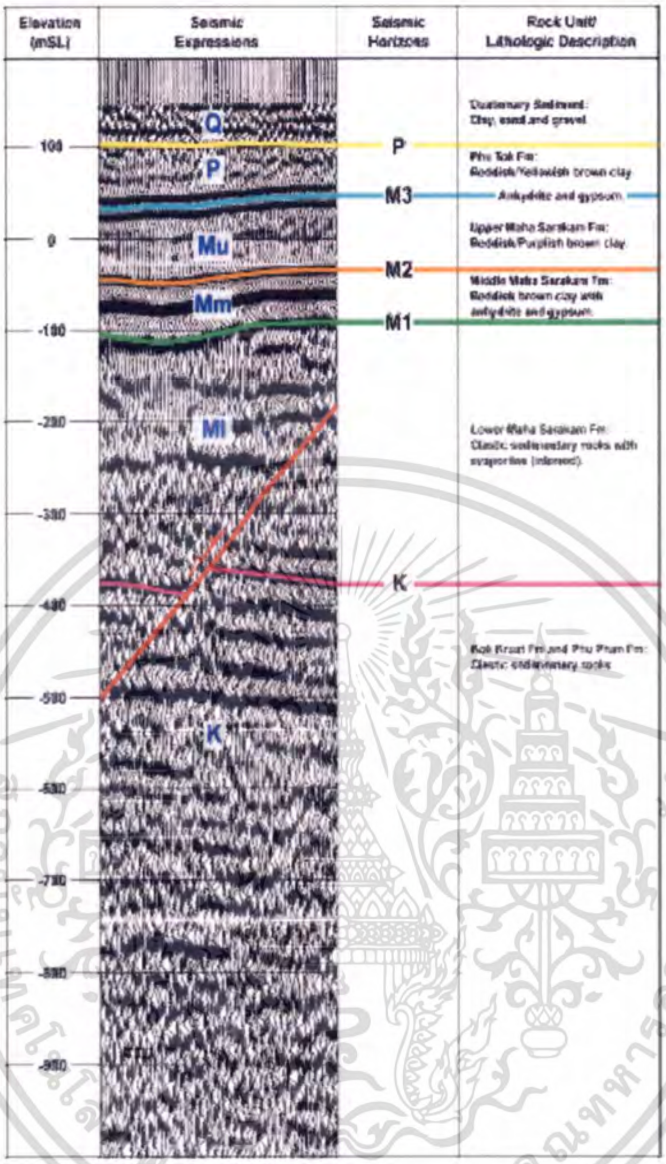
3) หมวดหินมหาสารคาม (Mahasarakham Formation) มีอายุในยุคครีเทเชียสตอนปลาย แบ่งออกเป็น 5 หน่วยหิน เรียงลำดับจากหน่วยหินล่างสุดถึงบนสุดได้แก่ หน่วยเกลือหินชั้นล่าง หน่วยตะกอนชั้นกลาง หน่วยเกลือหินชั้นกลาง หน่วยตะกอนชั้นกลาง และหน่วยเกลือหินชั้นบน โดยในหน่วยเกลือหินทั้งสามชั้นประกอบด้วยชั้นเกลือหิน สีขาวใส มียิปซัมและแอนไฮไดรต์ แทรกอยู่บ้าง และในหน่วยเกลือหินชั้นล่างมีเกลือโพแทชสะสมอยู่ด้วย ส่วนหน่วยตะกอนชั้นล่างและชั้นกลางประกอบด้วยหินเคลย์ สีน้ำตาลแดง ไม่แสดงชั้น การเชื่อมประสานไม่ดี นอกจากนั้นชั้นต่อจากเกลือหินชั้นบนจะประกอบ ด้วยหินโคลนที่มีหินทรายแป้งและหินทรายแทรกสลับ จากแท่งตัวอย่างหินที่ได้จากหลุมเจาะพบว่าชุดหินมหาสารคามเป็นชั้นหินดินเหนียวสีน้ำตาลแดงโดยส่วนบนมีลักษณะที่ยังไม่แข็งตัวมาก (Semi-consolidated) แต่ส่วนล่างมีลักษณะแข็งตัวดี (Consolidated, hard) แทรกสลับด้วยชั้นเกลือหินหนาเช่นในหลุมเจาะสำรวจ NKC พบชั้นเกลือหินที่ระดับความลึก 75-145 เมตร ความหนาประมาณ 70 เมตร และหลุมเจาะ NK3 พบที่ระดับความลึก 92 เมตร ชั้นหินของหมวดหินมหาสารคามไม่พบโผล่ให้เห็นในบริเวณพื้นที่ทั่วไปเนื่องจากถูกกัดเซาะได้ง่าย บริเวณพื้นที่ที่มีชั้นหินของหมวดหินมหาสารคามอยู่เป็นบริเวณพื้นที่ทางทิศตะวันตกและรองรับอยู่ด้านล่างพื้นที่ศึกษา โดยมีชั้นตะกอนทางน้ำปัจจุบันปิดทับอยู่ ในบริเวณที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึงของลำน้ำก่ำและลำน้ำบังสามารถพบคราบเกลือที่ละลายมาจากชั้นเกลือหินสะสมตัวอยู่บนผิวดินในพื้นที่ราบลุ่มดังกล่าว แต่อย่างไรก็ตามชั้นหินของหมวดหินนี้โผล่ให้เห็นบ้างเป็นหย่อมๆ ที่บ้านนาเหนือ บ้านพระซองและบ้านลาดสีชมพู รวมทั้งตามลำน้ำก่ำบางช่วง ตั้งแต่บ้านดงขุนครามจนถึงบ้านแก่งโพธิ์ นอกจากนั้นยังพบบ่อเกลือหรือโป่งดินที่บ้านบ่อดอกซ้อน ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวในพื้นที่ที่เป็นราบน้ำท่วมถึงรองรับด้วยหินจากหมวดหินมหาสารคามเป็นส่วนใหญ่

4) หมวดหินโคกกรวด (Khok Krout Formation) มีอายุในยุคครีเทเชียสตอนต้น ประกอบด้วยด้วยหินทรายเนื้อละเอียดสีน้ำตาลแดงเป็นชั้นหนา มีหินทรายแป้ง หินดินดาน และชั้นหินกรวดมนกระเปาะปูนแทรกสลับ บางชั้นมีกรวดปน พบบริเวณเทือกเขาด้านทิศใต้ของพื้นที่โครงการ

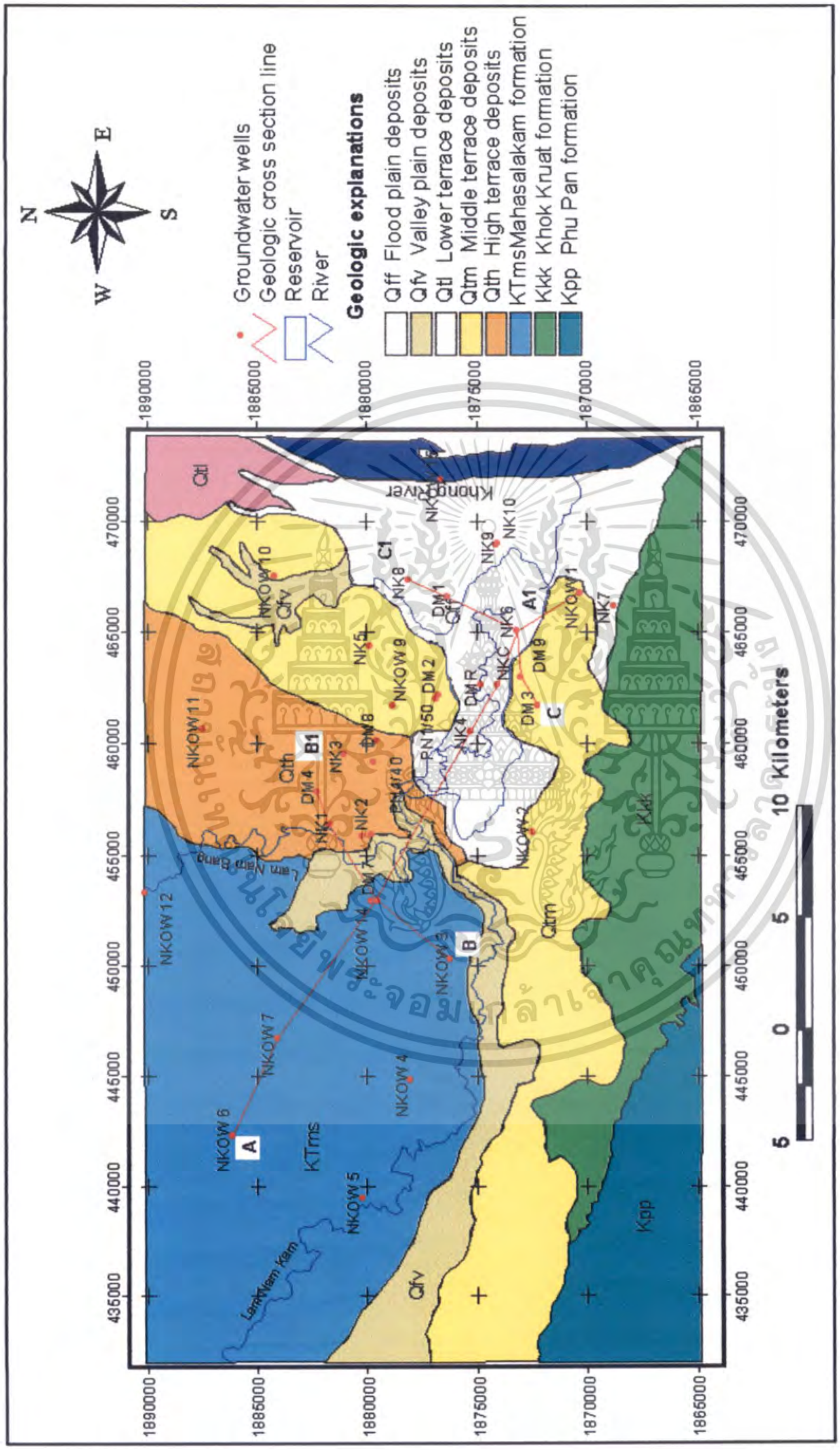
5) หมวดหินภูพาน (Phu Phan Formation) ประกอบด้วยชั้นหินทรายซึ่งทนต่อการผุพัง สีเทาถึงสีเทาแกมน้ำตาล บางชั้นมีกรวดปน บางชั้นมีชั้นเฉียงระดับขนาดกลางถึงใหญ่

การเรียงลำดับชั้นหินและวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาวิเคราะห์จากผลการแปลความหมายของการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน (Seismic Reflection) แสดงในรูปที่ 7.1-1 ขอบเขตและการแผ่กระจายของหน่วยหินทางธรณีวิทยาแสดงในแผนที่ธรณีวิทยา (รูปที่ 7.1-2) และภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออก-ตะวันตก และแนวเหนือ-ใต้แสดงในรูปที่ 7.1-3 รูปที่ 7.1-4 และ รูปที่ 7.1-5 ตามลำดับ

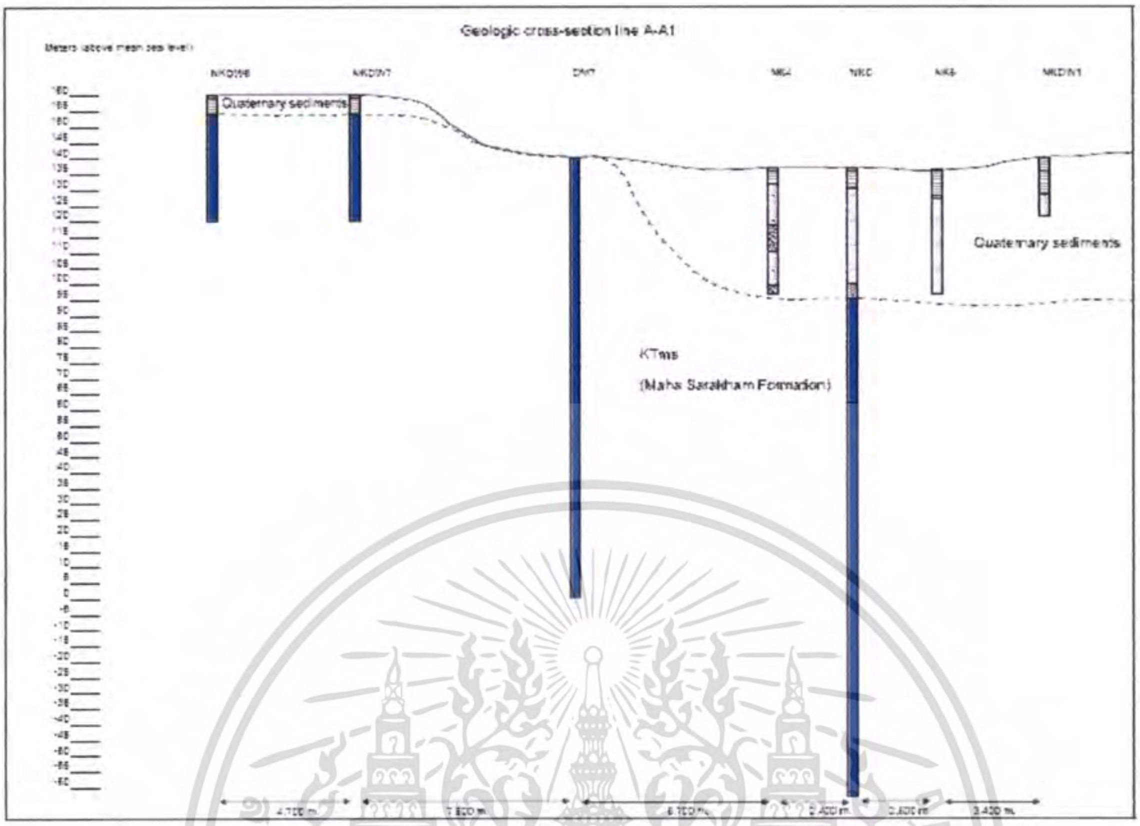
สภาพธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่จากการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียมมีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปประทุนหงาย (Syncline) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ โดยทางด้านเหนือและด้านใต้ของพื้นที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปประทุนที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ–ตะวันออกเฉียงใต้ เช่นเดียวกัน (รูปที่ 7.1-6) และผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์แบบคลื่นไหวสะเทือนซึ่งมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ทำการแปลข้อมูลพบว่ามีความเป็นไปได้ว่าภายในพื้นที่โครงการฯ มีชั้นเกลือเกิดแผ่กระจายอยู่ที่ระดับความลึก 115 เมตรถึง 290 เมตร มีความหนาอยู่ในช่วง 50 เมตรถึง 250 เมตร อย่างไรก็ตามยังเป็นที่น่าสังเกตว่าชั้นหินที่รองรับพื้นที่โครงการฯ มีรอยเลื่อนปรกติตัดผ่านอย่างเป็นระบบ เช่นในแนวสำรวจ NK0149 ซึ่งผ่านพื้นที่บริเวณบ้านพระซองที่มีการทำเกลือสินเธาว์และเป็นบริเวณที่พบการปนเปื้อนของน้ำเค็ม พบรอยเลื่อนปกติ (Normal fault) จำนวน 3 แนว ตัดผ่านชั้นหินของหมวดหินมหาสารคาม และหมวดหินภูทอก ซึ่งแนวรอยเลื่อนอาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการแทรกดันตัวขึ้นมาของน้ำเค็มจากน้ำใต้ดินระดับลึกของชั้นน้ำมหาสารคามเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นทำให้พบน้ำเค็มและดินเค็มในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว



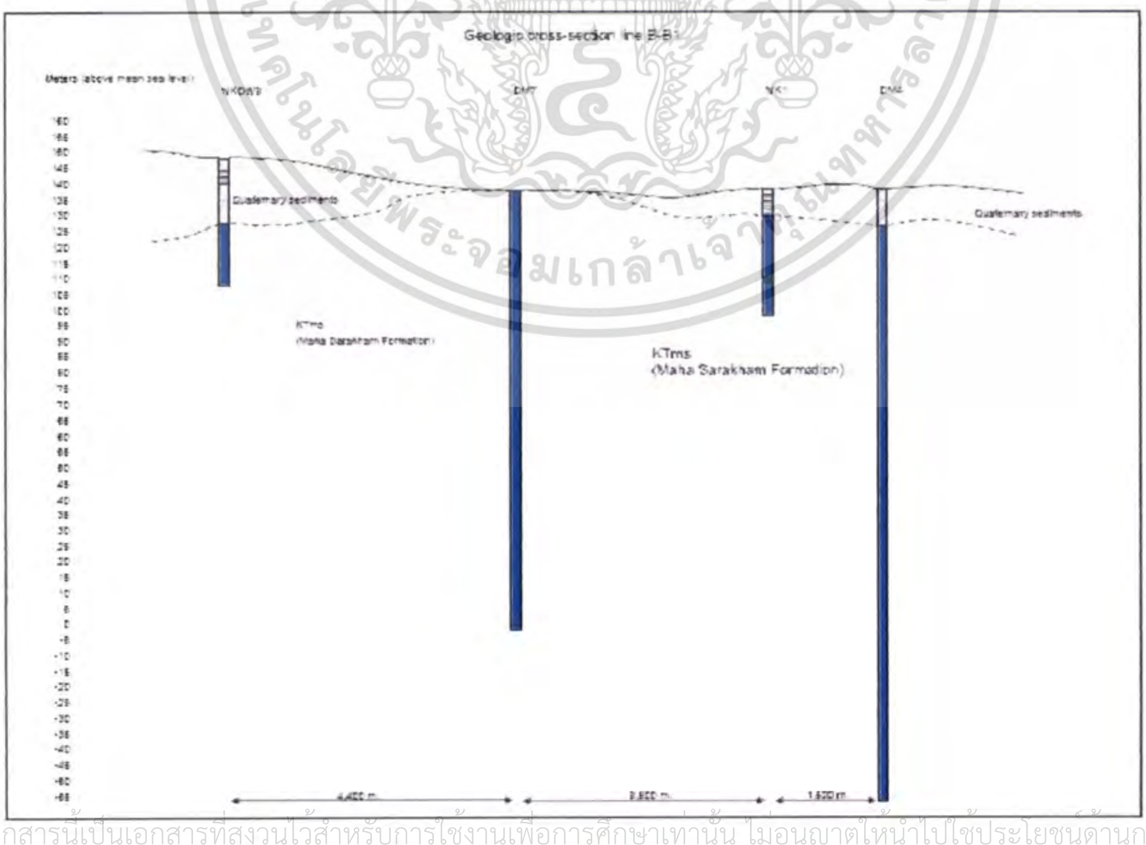
รูปที่ 7.1-1 ผลการเรียงลำดับชั้นหินและวิเคราะห์โครงสร้างทางธรณีวิทยาจากผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน (กรมชลประทาน, 2549).



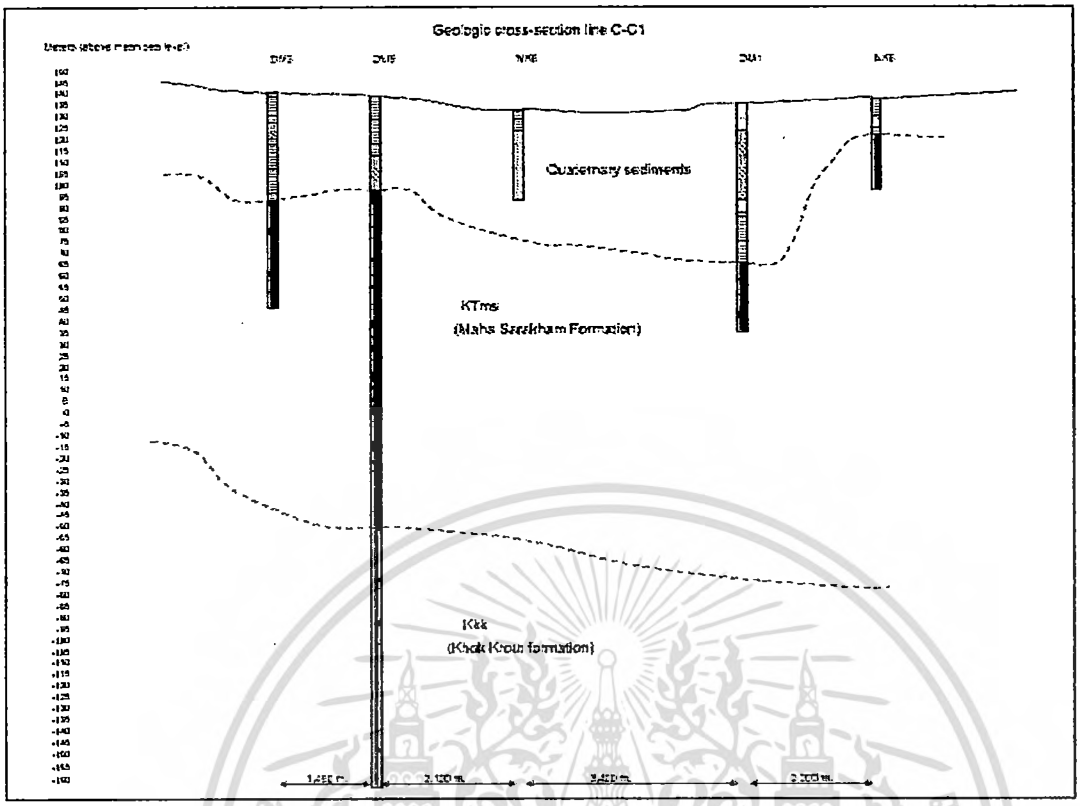
รูปที่ 7.1-2 แผนที่ธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษาและแนวตัดขวางทางธรณีวิทยา



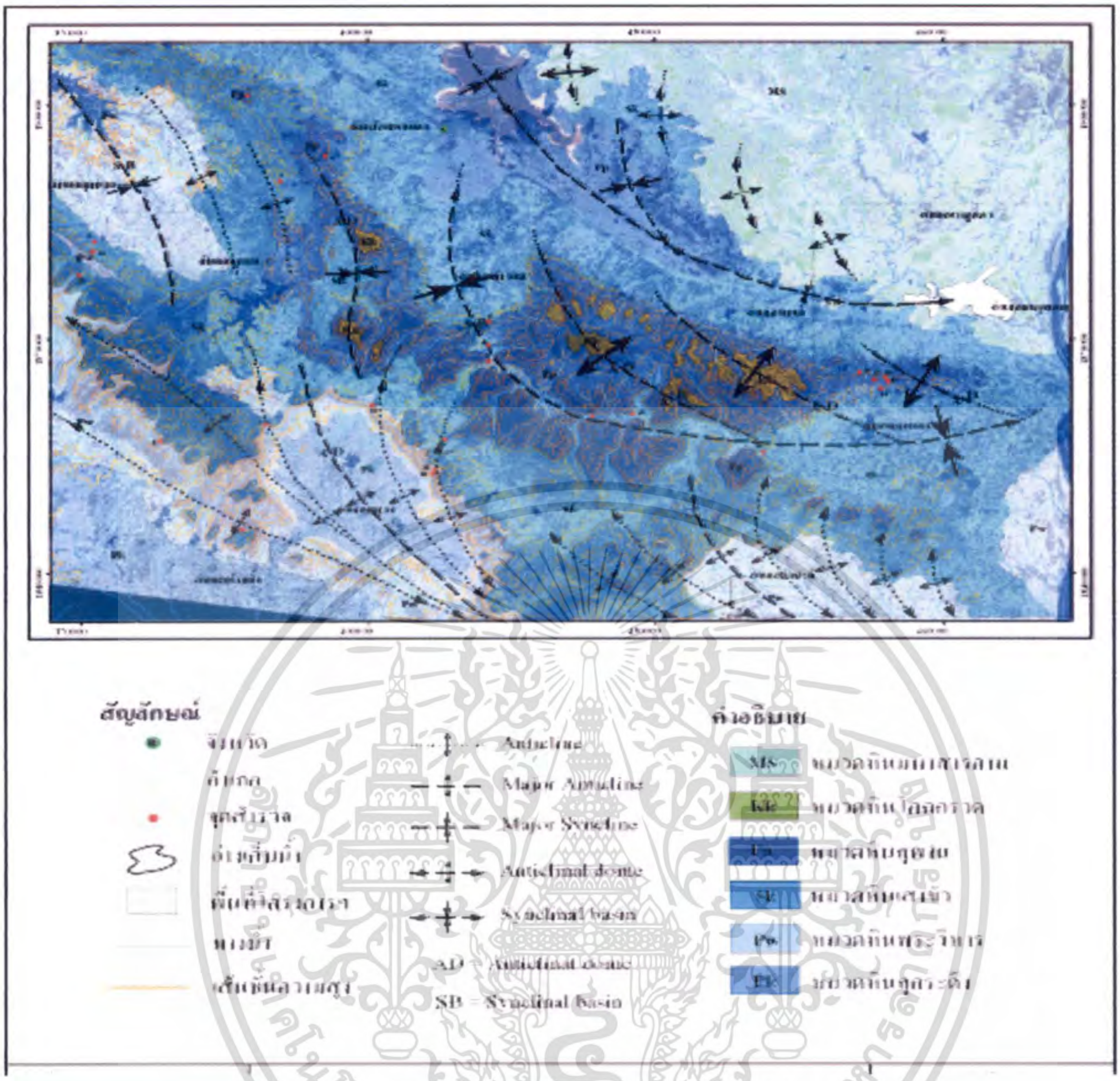
รูปที่ 7.1-3 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออก-ตะวันตก (แนว A-A1)



รูปที่ 7.1-4 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวเหนือ-ใต้ (แนว B-B1)



รูปที่ 7.1-5 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวเหนือ-ใต้ (แนว C-C1)



รูปที่ 7.1-6 แผนที่แสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา(กรมชลประทาน, 2549).

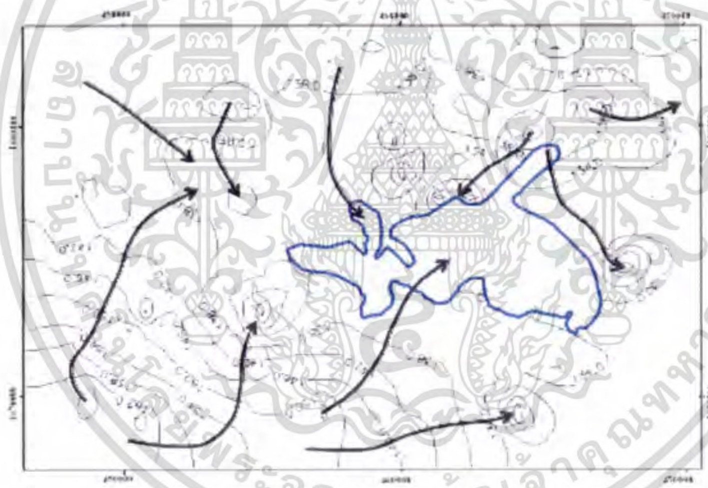
7.2 อุทกธรณีวิทยา

กิจจา ตรีเนตรและคณะ (2550) ได้แบ่งชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ออกได้เป็น 2 ชั้น ได้แก่ชั้นน้ำใต้ดินระดับตื้น (ระดับความลึกไม่เกิน 40 เมตร) พบการกระจายตัวครอบคลุมและรองรับบริเวณพื้นที่กักเก็บน้ำของโครงการ ประกอบด้วยตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารีและตะกอนกึ่งแข็งตัวของหมวดหินภูทอก และชั้นน้ำบาดาลระดับลึกที่เป็นหินแข็งของหมวดหินมหาสารคาม ชั้นน้ำที่เป็นตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีประกอบด้วยตะกอนทรายลุ่มน้ำหลาก (Flood plain deposits) มีความหนาประมาณ 10-40 เมตร และตะกอนกึ่งแข็งตัวของหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่ใต้ชั้นที่เป็นตะกอนร่วนประกอบด้วย ตะกอนกึ่งแข็งตัวพวกทรายหยาบและกรวดให้ปริมาณน้ำค่อนข้างสูงและคุณภาพน้ำดีเหมาะแก่การอุปโภค/บริโภค ส่วนชั้นน้ำของหมวดหินมหาสารคาม แบ่งออกได้เป็นสองหน่วยย่อยคือ ชั้นน้ำมหาสารคามตอนบนเป็นหินดินเหนียวที่มี

เกลือแทรกสลับ และชั้นน้ำมหาสารคามตอนล่างซึ่งเป็นชั้นเกลือหิน ชั้นน้ำของหมวดหินมหาสารคามนี้ให้น้ำในปริมาณต่ำ คุณภาพน้ำเป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็ม

คุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่คำนวณได้จากข้อมูลการสูบทดสอบทั้งที่เป็นแบบการสูบทดสอบแบบคงที่กับแบบ Slug Test ซึ่งสัมประสิทธ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) ของชั้นน้ำที่เป็นตะกอนร่วน ยุคควอเทอร์นารี มีค่าอยู่ในช่วง 3.19 ถึง 21.33 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (Storage Coefficient) อยู่ในช่วง 0.006 ถึง 0.10 สัมประสิทธ์การจ่ายน้ำของชั้นน้ำภูทอก มีค่าประมาณ 17.3 ถึง 81.7 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 0.251 ถึง 0.261 ส่วนชั้นน้ำมหาสารคามมีค่าสัมประสิทธ์การจ่ายน้ำประมาณ 0.048 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 4.41×10^{-5}

ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินประเมินจากข้อมูลระดับน้ำใต้ดินจำนวนทั้งสิ้น 70 จุด โดยระดับน้ำใต้ดินที่วัดได้มีความลึกตั้งแต่ 1.20 เมตร ถึง 7.70 เมตร จากผิวดิน เมื่อนำมาจัดทำแผนภาพตาข่ายการไหล (Flow Net Analysis) แบบ Regional Flow Direction พบว่าการไหลของน้ำใต้ดินมีทิศทางการไหลไปทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกและไหลเข้าสู่ตอนกลางของพื้นที่โครงการฯ (รูปที่ 7.2-1)



รูปที่ 7.2-1 แผนที่แสดงเส้นแรงดันระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

7.3 ด้านเครือข่ายการตรวจวัดข้อมูล

การตรวจวัดข้อมูลในพื้นที่โครงการประกอบด้วย

1) ข้อมูลแหล่งน้ำผิวดิน ได้แก่ ระดับน้ำในลำน้ำก่ำและลำน้ำสาขา ซึ่งเป็นแหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยใช้การตรวจวัดจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำผิวดินอัตโนมัติ และข้อมูลที่ตรวจวัดโดยกรมชลประทาน ข้อมูลระดับน้ำที่ทำการตรวจวัดเหล่านี้จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

2) การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำผิวดินของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นแหล่งน้ำสำหรับการเกษตร
3) ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้ทำการติดตามวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลที่ใช้เป็นบ่อสังเกตการณ์โดยใช้การตรวจวัดจากอุปกรณ์วัดระดับน้ำใต้ดินอัตโนมัติและใช้คนวัดทุกๆ 2 สัปดาห์ บ่อสังเกตุการณ์ประกอบด้วยบ่อที่เจาะในชั้นหินตะกอนยุคควอเทอร์นารีที่เป็นชั้นน้ำบาดาลจืดและบ่อสังเกตุการณ์ที่เจาะในชั้นน้ำเค็มของชั้นน้ำมหาสารคาม ทุกๆ 2 สัปดาห์ จำนวน 33 บ่อ ตลอดระยะเวลาการดำเนินงานโครงการเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลและเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับเทียบ (Calibration) ในขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อประเมินผลกระทบจากการใช้น้ำบาดาล อย่างไรก็ตามเนื่องจากการหาคนวัดระดับน้ำในพื้นที่ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ค่อนข้างกว้างในระยะแรกของการศึกษาค่อนข้างลำบากทำให้การวัดในช่วงเดือน ตุลาคม-มีนาคม เป็นการวัดรายเดือน แต่นับจากเดือนเมษายนเป็นต้นไปเป็นการวัดราย 2 สัปดาห์
4) การติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีของน้ำบาดาลเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับเทียบ (Calibration) ในขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร โดยการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อทดสอบคุณสมบัติทางเคมี 2 ฤดูกาลดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 5
5) การสำรวจเพื่อทราบลักษณะและปริมาณการใช้น้ำจากบ่อบาดาลแต่ละบ่อที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่โครงการแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้น้ำ อันได้แก่ เพื่อการอุปโภค-บริโภคและเพื่อการเกษตรกรรม นอกจากนี้แล้ว การสำรวจดังกล่าวยังทำให้สามารถประเมินการใช้น้ำในพื้นที่ส่วนต่างๆ ของพื้นที่ศึกษาว่ามีปริมาณมาก-น้อยเท่าใดอีกด้วย การสำรวจสภาพการใช้น้ำบาดาลสามารถกระทำได้พร้อมๆ กันไปกับการออกสำรวจข้อมูลบ่อบาดาลในสนาม ซึ่งประกอบด้วย การตรวจสอบสถานที่ตั้งบ่อ พร้อมทั้งหาค่าพิกัดตำแหน่งบ่อด้วยเครื่องมือ GPS การตรวจสอบสถานภาพบ่อว่ายังใช้การได้ดีอยู่ ชำรุด หรือเลิกใช้งานแล้ว การตรวจสอบชนิดของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้ง การตรวจวัดความลึกของระดับน้ำในบ่อ การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพในห้องปฏิบัติการ และการตรวจสอบและสอบถามข้อมูลการใช้น้ำของบ่อ ในการคำนวณหาค่าปริมาณการใช้น้ำจากบ่อบาดาลแต่ละบ่อ กระทำได้โดยตรงจากค่าอัตราการสูบและระยะเวลาที่ทำการสูบน้ำในแต่ละวัน (ในกรณีของบ่อที่มีการติดตั้งเครื่องสูบไฟฟ้า หรือเครื่องสูบยนต์ ที่ทราบค่าอัตราการสูบและระยะเวลาในการสูบในแต่ละวันที่แน่นอนชัดเจน หรือสม่ำเสมอ) หรืออาจประเมินจากจำนวนครัวเรือน หรือจำนวนประชากร ที่ร่วมใช้น้ำจากบ่อบาดาลแต่ละบ่อ โดยมีค่าอัตราการใช้น้ำเฉลี่ยต่อคนต่อวันของทางราชการที่อ้างอิงได้เป็นตัวคูณ (ในกรณีของบ่อที่ติดตั้งเครื่องสูบมือโยก หรือ ในกรณีของบ่อที่มีการติดตั้งเครื่องสูบไฟฟ้า หรือเครื่องสูบยนต์

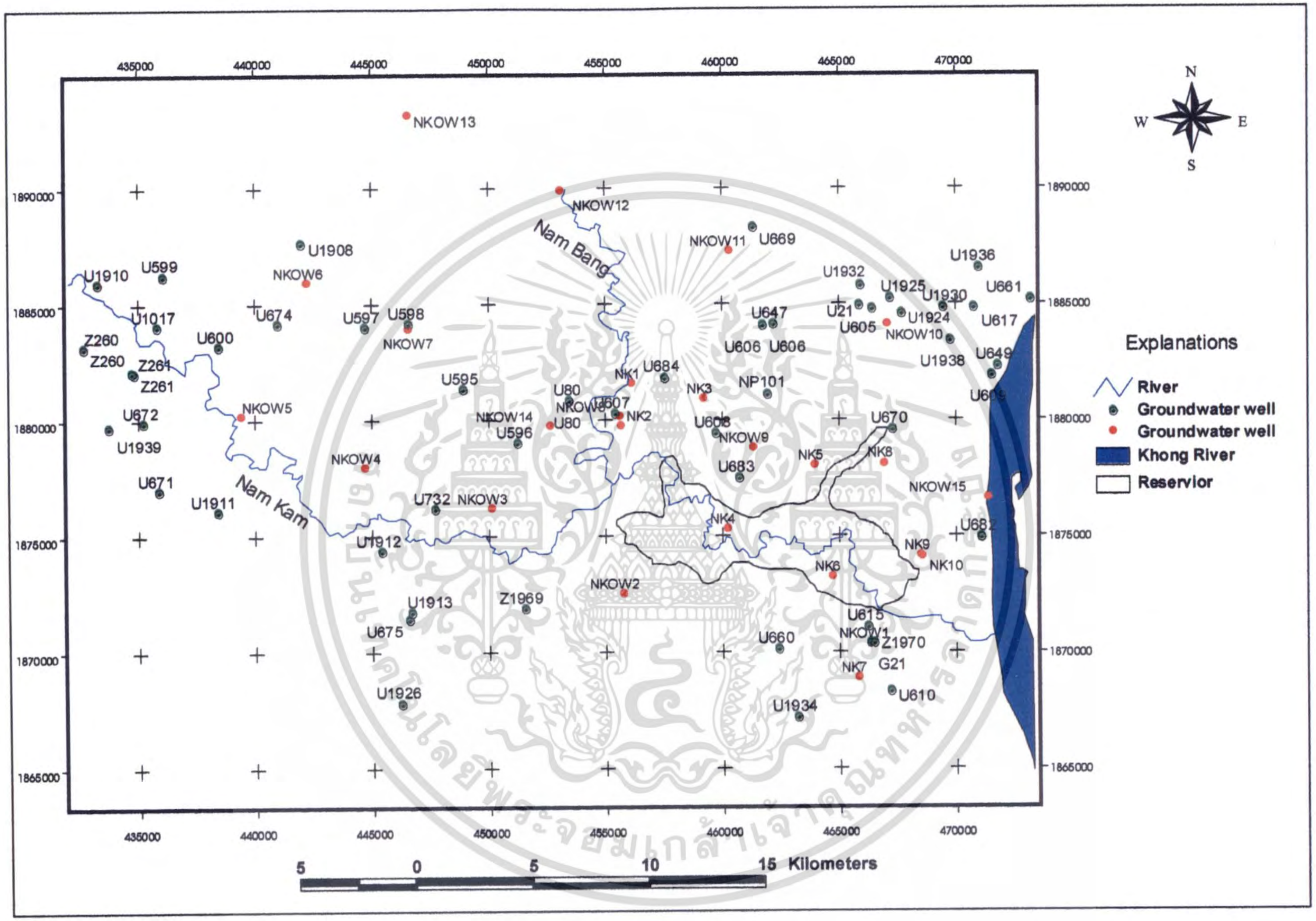
ที่ไม่ทราบค่าอัตราการสูบและระยะเวลาในการสูบในแต่ละวันที่แน่นอนชัดเจน หรือสม่ำเสมอ) ข้อมูลการใช้น้ำจากบ่อบาดาลแต่ละบ่อแสดงอยู่ในรูปของตารางข้อมูลแล้ว

ผลการรวบรวมข้อมูลบ่อบาดาลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์และตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา แสดงไว้ในรูปที่ 8.8 และข้อมูลรายละเอียดบ่อสังเกตการณ์และบ่อน้ำบาดาลแสดงในตารางที่ 7.3-1

หลักการเลือกจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจะพิจารณาเก็บตัวอย่างน้ำตามชั้นน้ำบาดาลที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นโดยแบ่งออกเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินจากบ่อสังเกตุการณ์หรือบ่อน้ำบาดาลที่เจาะในชั้นหินตะกอนยุคควอเทอร์นารีที่เป็นชั้นน้ำบาดาลจืด และบ่อสังเกตุการณ์หรือบ่อบ้ำบาดาลที่เจาะในชั้นน้ำเค็มของชั้นน้ำมหาสารคามให้ครอบคลุมพื้นที่โครงการฯ ตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บมีการบันทึกรายละเอียด และปิดฉลากที่มีข้อมูลรายละเอียด เช่น สถานที่เก็บตัวอย่าง วันเวลาของการเก็บตัวอย่าง พารามิเตอร์ที่ต้องทำการวิเคราะห์ มีวิธีการเก็บรักษาคุณภาพน้ำก่อนส่งให้ห้องปฏิบัติการ ปริมาตรของตัวอย่างที่เก็บตัวอย่างที่เก็บมาต้องเพียงพอต่อการวิเคราะห์และการยืนยันผล โดยทั่วไปเก็บเต็มขวดขนาดบรรจุ 1 ลิตร และต้องเก็บให้เต็มให้มีช่องว่างหรือฟองน้ำน้อยที่สุด เพราะช่องว่างจะทำให้ก๊าซที่ละลายในน้ำรั่วออกมา

การเก็บตัวอย่างน้ำจากบ่อที่มีปั๊มหรือสูบโยก จะต้องปั๊มน้ำให้น้ำขึ้นมาจนกว่าระดับของการปั๊มคงที่จึงปล่อยน้ำทิ้ง ประมาณ 3-5 นาที แล้วจึงนำขวดตัวอย่างไปรองรับน้ำโดยระวังอย่าให้ปากขวดไปสัมผัสกับปากปั๊ม ถ้าหากบ่อน้ำติดปั๊มอัตโนมัติ ต้องเก็บตัวอย่างที่ปลายเส้นท่อ



รูปที่ 7.3-1 แผนที่แสดงตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ (สัญลักษณ์สีแดง) และตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา (สัญลักษณ์สีเขียว)

ตารางที่ 7.3-1 ข้อมูลรายละเอียดบ่อสังเกตการณ์

ลำดับที่	หมายเลขบ่อ	พิกัด (WGS, Zone 48)		สถานที่	ความลึกบ่อ (ม.)	ช่วงความลึกท่อเซาะร่อง (ม.)	หน่วยงาน
		E	N				
1	NKOW1	466456	1870322	บ.ต้อง หมู่ 5 ต.ฝั่งแดง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	18	14-18	กรมชลประทาน
2	NKOW2	455818	1872493	บ.เหล่าทุ่ง หมู่ 4 ต.สีชมพู อ.นาแก จ.นครพนม	21	17-21	กรมชลประทาน
3	NKOW3	450181	1876173	บ.นาคู่ ต.นาคู่ อ.นาแก จ.นครพนม	40	19-23	กรมชลประทาน
4	NKOW4	444752	1877959	บ.คำเม็ก หมู่ 3 ต.หนองสังข์ อ.นาแก จ.นครพนม	40	24-28	กรมชลประทาน
5	NKOW5	439483	1880155	บ.นาขาม หมู่ 4 ต.วังยาง อ.วังยาง จ.นครพนม	39	23-27	กรมชลประทาน
6	NKOW6	442311	1885919	บ.วังยาง ต.วังยาง อ.วังยาง จ.นครพนม	40	27-31	กรมชลประทาน
7	NKOW7	446632	1883901	บ.หนองครอง หมู่ 5 ต.นาเรียง อ.นาแก จ.นครพนม	40	27-31	กรมชลประทาน
8	NKOW8	455656	1880129	บ.สร้างเม็ก หมู่ 6 ต.ท่าลาด อ.เรณูนคร จ.นครพนม	40	27-31	กรมชลประทาน
9	NKOW9	461374	1878733	บ.ดอนยม หมู่ 4 ต.นาขาม อ.เรณูนคร จ.นครพนม	32	28-32	กรมชลประทาน
10	NKOW10	467162	1884029	บ.ดงมะเอก หมู่ 6 ต.โพนทอง อ.เรณูนคร จ.นครพนม	40	23-27	กรมชลประทาน
11	NKOW11	460368	1887237	บ.อภัยวงศ์ หมู่ 6 ต.เรณูนคร อ.เรณูนคร จ.นครพนม	38	18-22	กรมชลประทาน
12	NKOW12	453138	1889844	บ.นาเชือก หมู่ 4 ต.หนองเทาใหญ่ อ.ปลาปาก จ.นครพนม	40	19-23	กรมชลประทาน
13	NKOW13	446645	1893133	บ.โคกสว่าง หมู่ 1 ต.โคกสว่าง อ.ปลาปาก จ.นครพนม	40	27-31	กรมชลประทาน
14	NKOW14	452719	1879718	บ.พระซอง หมู่ 4 ต.พระซอง อ.นาแก จ.นครพนม	40	19-23	กรมชลประทาน
15	NKOW15	471453	1876585	บ.พระกลางใต้ หมู่ 13 ต.พระกลางทุ่ง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	48	32-36	กรมชลประทาน
16	NK1	456195	1881504	บ.หนองจาน ต.ท่าลาด อ.เรณูนคร จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
17	NK2	455711	1879719	บ.หนองสมบูรณ์ ต.ท่าลาด อ.เรณูนคร จ.นครพนม	100	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
18	NK3	459270	1880867	บ.ทุ่งสว่าง ต.เรณูใต้ อ.เรณูนคร จ.นครพนม	100	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
19	NK4	460257	1875272	บ.ยอดโพธิ์ ต.น้ำก่ำ อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่

ตารางที่ 7.3-1 ข้อมูลรายละเอียดบ่อสังเกตการณ์ (ต่อ)

ลำดับที่	หมายเลขบ่อ	พิกัด (WGS, Zone 48)		สถานที่	ความลึกบ่อ (ม.)	ช่วงความลึกท่อเซาะร่อง (ม.)	หน่วยงาน
		E	N				
20	NK5	464035	1877980	บ.หนองมะพลับ ต.เรณูใต้ อ.เรณูนคร จ.นครพนม	100	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
21	NK6	464762	1873203	บ.ฝั่งแดง ต.ฝั่งแดง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
22	NK7	465868	1868858	บ.ผึ้ง ต.ฝั่งแดง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
23	NK8	466993	1878066	บ.หนองกุดแคน ต.ฝั่งแดง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
24	NK9	468559	1874085	บ.เกษตรสมบูรณ์ ต.ธาตุพนม อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	40	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
25	NK10	468612	1874048	บ.เกษตรสมบูรณ์ ต.ธาตุพนม อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	100	บ่อเปลือย	ม.เชียงใหม่
26	DM 1 (OBS)	466236	1876282	บ.โคกสว่างพัฒนา หมู่ 7 ต.ธาตุพนมเหนือ อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	100	81-89	กรมทรัพยากรธรณี
27	DM 1	466189	1876236	บ.โคกสว่างพัฒนา หมู่ 7 ต.ธาตุพนมเหนือ อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	85	81-89	กรมทรัพยากรธรณี
28	DM 2	461852	1876711	บ.คอนขาว หมู่ 3 ต.นาขาม อ.เรณูนคร จ.นครพนม	102	56-61	กรมทรัพยากรธรณี
29	DM 3	461414	1872252	ที่สาธารณะบ้านนางเลิศ ต.พุ่มแก อ.นาแก จ.นครพนม	100	92-100	กรมทรัพยากรธรณี
30	DM 4	457660	1882113	วัดอัมพวา บ.ลาดสีชมภู ต.ท่าลาด อ.เรณูนคร จ.นครพนม	195	145-160	กรมทรัพยากรธรณี
31	DM 6	455666	1872298	บ.ฝั่งแดง ต.ฝั่งแดง อ.ธาตุพนม จ.นครพนม	97.7	บ่อเปลือย	กรมทรัพยากรธรณี
32	DM 7	452741	1879737	ที่สาธารณะบ้านน้ำบ่อ ต.พระซอง อ.นาแก จ.นครพนม	140	บ่อเปลือย	กรมทรัพยากรธรณี
33	DM 8	459826	1879467	วัดโพธิ์ศรี บ.เหิบ หมู่1 ต.นาขาม อ.เรณูนคร จ.นครพนม	120	78-85	กรมทรัพยากรธรณี

7.4 ระดับน้ำใต้ดินและค่าความนำไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่ติดตั้ง

คณะผู้วิจัยได้ติดตั้งอุปกรณ์อัตโนมัติวัดระดับน้ำใต้ดินและวัด Electrical conductivity, EC ในบ่อสังเกตการณ์ โดยบ่อที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆมีรายละเอียด ดังตาราง สำหรับข้อมูลระดับน้ำใต้ดินและ EC ของบ่อต่างๆ ก่อนเดือนพฤศจิกายน 2551 ได้รับการการเอื้อเฟื้อจาก Professor Dr.Tsutomu Ichikawa จาก Tokai University

ตารางที่ 7.4-1 แสดงบ่อที่ติดตั้งอุปกรณ์อัตโนมัติวัดระดับน้ำใต้ดินและวัด Electricaal conductivity

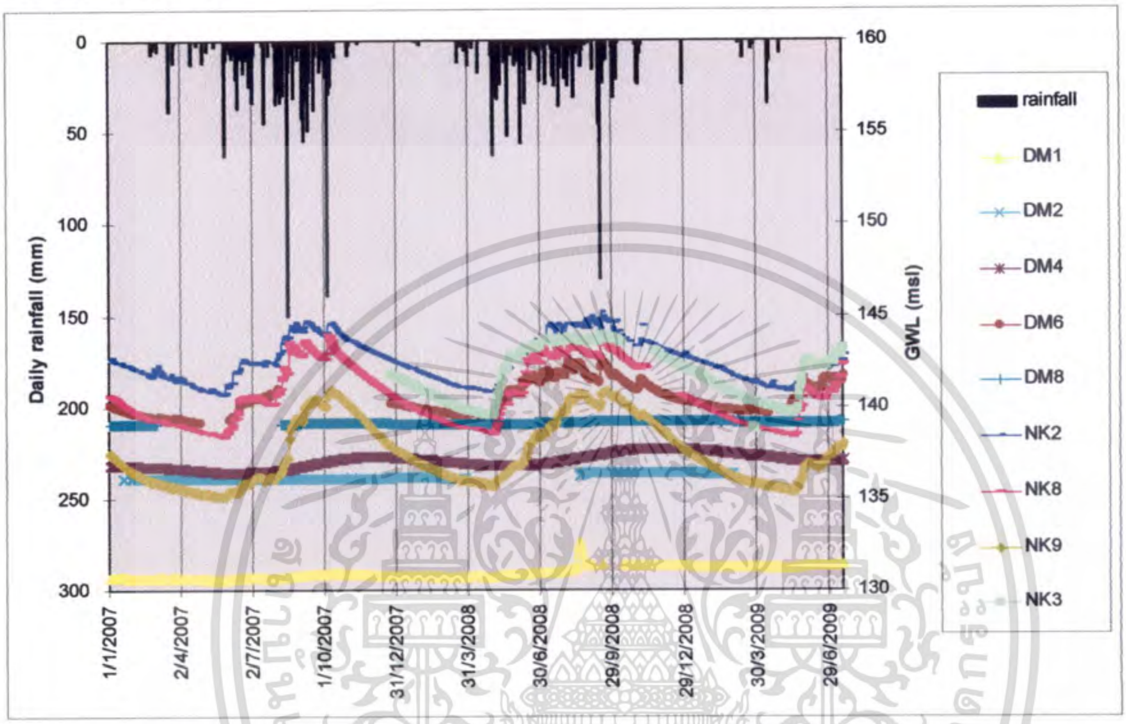
อุปกรณ์อัตโนมัติ	บ่อสังเกตการณ์								
	DM1	DM2	DM4	DM6	DM8	NK2	NK3	NK8	NK9
เครื่องวัด ระดับน้ำ	●	●	●	●	●	●	●	●	●
เครื่องวัดค่า EC		●		●	●		●		

ระดับน้ำใต้ดินจนถึงเดือนมิถุนายน 2552 ของบ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 7.4-1 บ่อ DM1 DM2 DM4 และ DM8 ซึ่งท่อในบ่อเปิดรับน้ำที่ระดับความลึก 56-78 เมตร จากผิวดิน มีค่าระดับน้ำค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลหรือตามปริมาณฝน ถือเป็นบ่อวัดระดับน้ำในชั้นลึก ขณะที่บ่อ NK8, NK9 ซึ่งมีความลึกเพียง 40 เมตรและบ่อ DM6, NK2, NK3 ซึ่งเป็นบ่อวัดระดับน้ำที่เป็นท่อเปลือย มีระดับน้ำเปลี่ยนแปลงตามปริมาณฝนถือเป็นบ่อวัดระดับน้ำชั้นตื้น โดยระดับน้ำใต้ดินสูงสุดจะเกิดในช่วงเดือนกันยายน หลังจากนั้นระดับน้ำจะลดลงอย่างต่อเนื่องถึงประมาณ 6 เมตรจากระดับเดิม เนื่องจากปริมาณฝนที่ลดน้อยลง และจะเริ่มเพิ่มระดับขึ้นอีกครั้งเมื่อฝนเริ่มตกในเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน

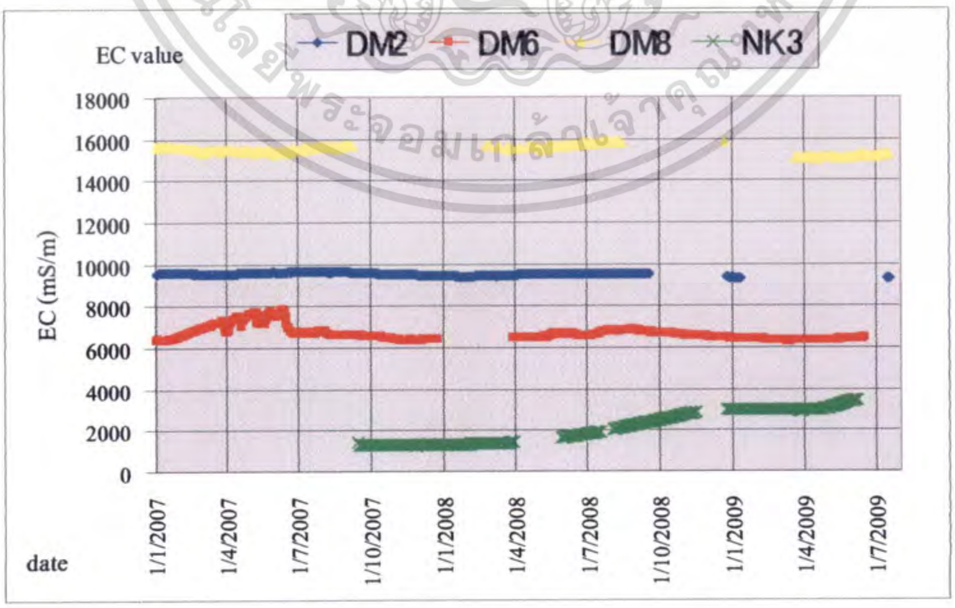
เมื่อพิจารณาค่า EC ของบ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งเครื่องวัด EC อัตโนมัติแสดงดัง รูปที่ 7.4-2 บ่อ DM2 และ DM 8 ซึ่งถือเป็นตัวแทนของบ่อสังเกตการณ์ชั้นลึก มีค่า EC ถึง 9,500 mS/m และ 15,500 mS/m ตามลำดับ (มากกว่าน้ำทะเล) และมีค่าค่อนข้างคงที่ บ่อDM6 และบ่อ NK3 มีแนวโน้มแสดงการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลโดยเพิ่มสูงในช่วงฤดูแล้งประมาณช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน.

เมื่อนำระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ที่ได้จากเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติและจากการวัดในสนามมาสร้างเส้น Contour โดยจำแนกบ่อสังเกตการณ์เป็นบ่อที่วัดระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก/ชั้นตื้น เพื่อให้เห็นการกระจายในช่วงระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นมีค่าสูงสุดถึงเริ่มลดลง (เดือนพฤศจิกายน) ช่วงต่ำสุด (เดือนเมษายน) และช่วงเริ่มมีค่าต่ำสุดถึงเริ่มสูงขึ้น(เดือนกรกฎาคม) ดังรูปที่ 7.4-3 จะเห็นได้ว่าบริเวณใกล้แม่น้ำโขงและบ่อ DM 3 นั้น ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึกจะเริ่มมีแรงดันสูงจนมี Piezometric level สูงกว่าระดับ water

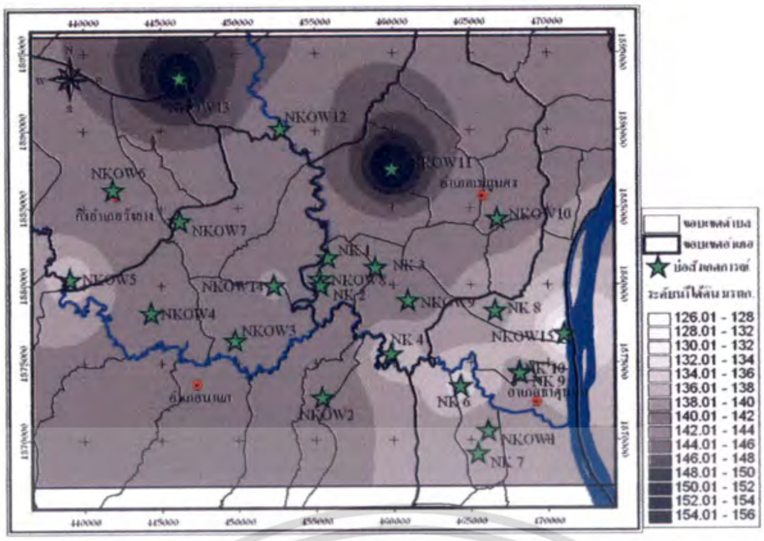
table ของน้ำใต้ดินชั้นตื้น และขยายพื้นที่กว้างมากขึ้นจากลำน้ำโขงไปยังลำน้ำบังในช่วงเดือนเมษายนและ มีพื้นที่ลดลงจนแทบไม่มีพื้นที่ที่ Piezometric level สูงกว่าระดับ water table ของน้ำใต้ดินชั้นตื้นในเดือนมิถุนายน เป็นที่สังเกตว่าพื้นที่บริเวณทำนาเกลือ (DM7)นั้น จะมี Piezometric level ในระดับใกล้เคียงกับ water table ของน้ำใต้ดินชั้นตื้น ซึ่งอาจมีส่วนทำให้น้ำใต้ดินซึ่งมีความเค็มสูงในชั้นลึกมาอยู่ใกล้หรือปะปนกับน้ำใต้ดินชั้นตื้นได้



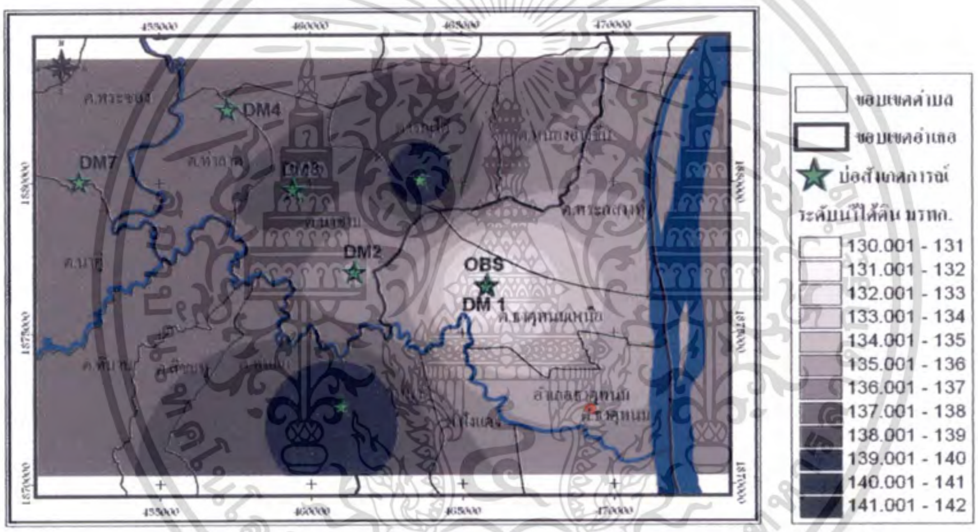
รูปที่ 7.4-1 ระดับน้ำใต้ดินของบ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งเครื่องวัดระดับน้ำอัตโนมัติ



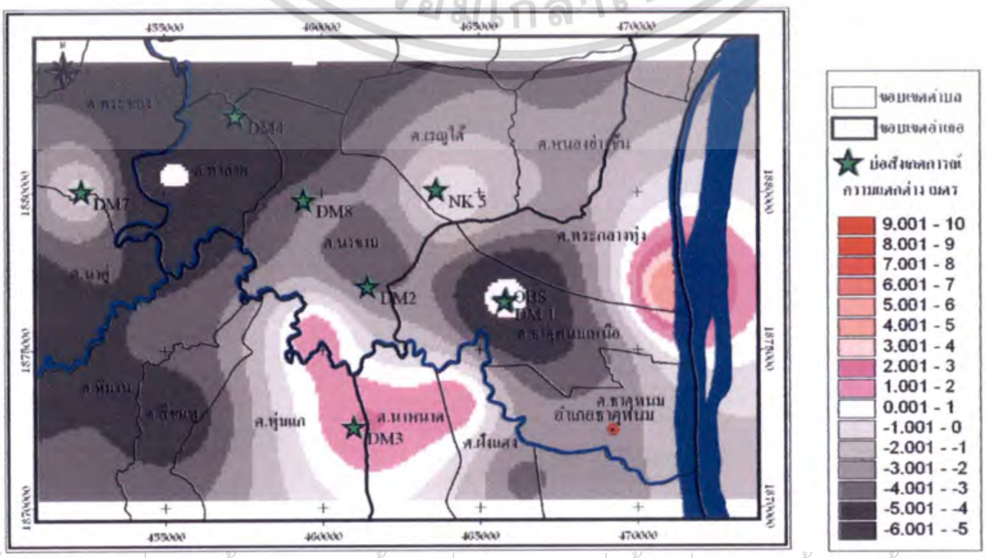
รูปที่ 7.4-2 ค่า EC ของบ่อสังเกตการณ์ที่ติดตั้งเครื่องวัด ECอัตโนมัติ



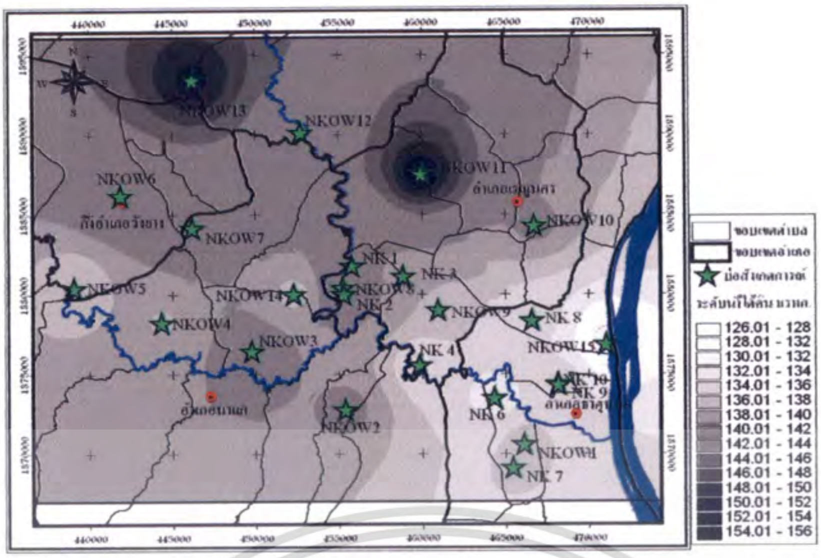
รูปที่ 7.4-3 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น 9 พฤศจิกายน 2551



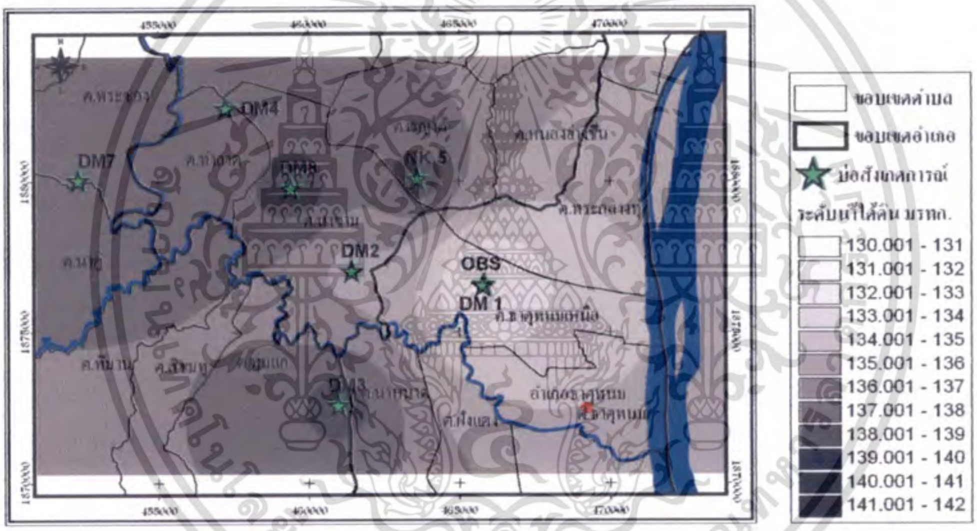
รูปที่ 7.4-4 ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก 9 พฤศจิกายน 2551



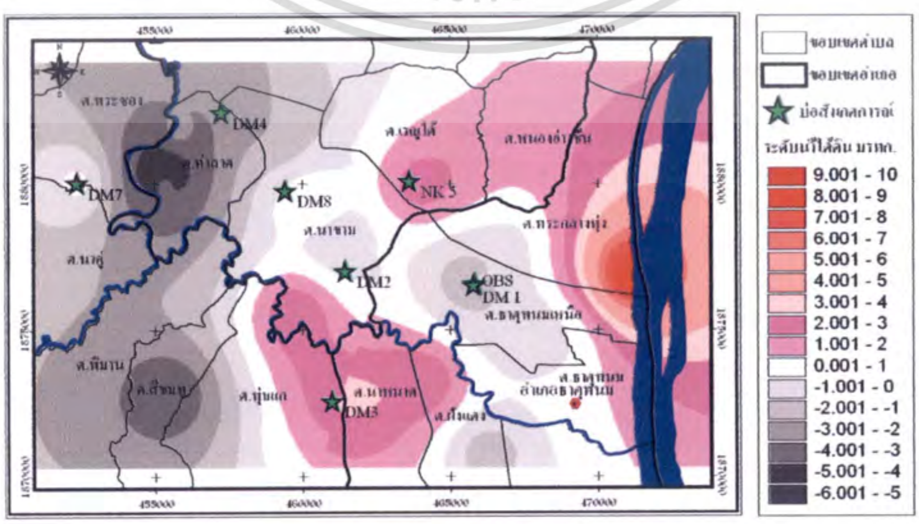
รูปที่ 7.4-5 ผลต่างของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก –ชั้นตื้น 9 พฤศจิกายน 2551



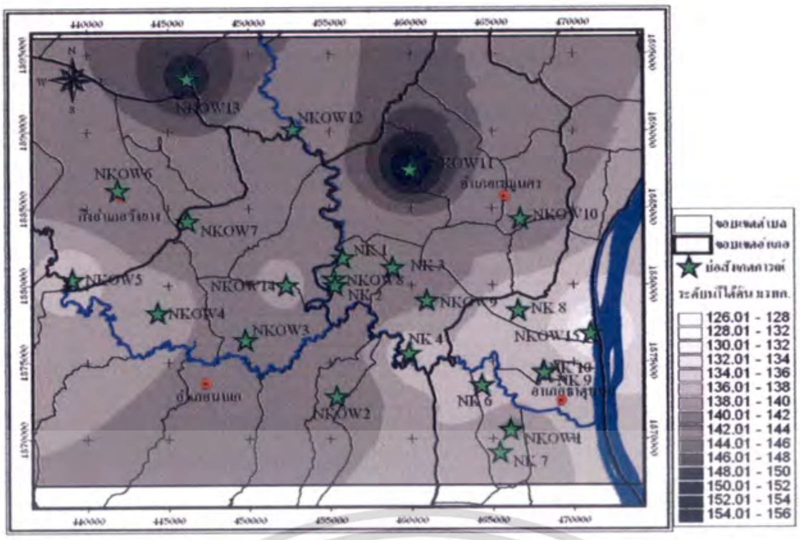
รูปที่ 7.4-6 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น 30 เมษายน 2552



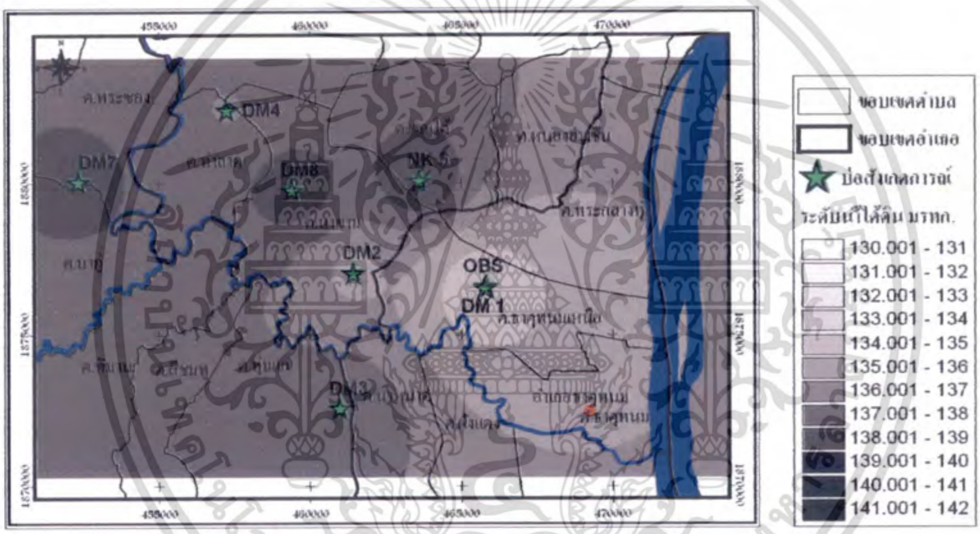
รูปที่ 7.4-7 ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก 30 เมษายน 2552



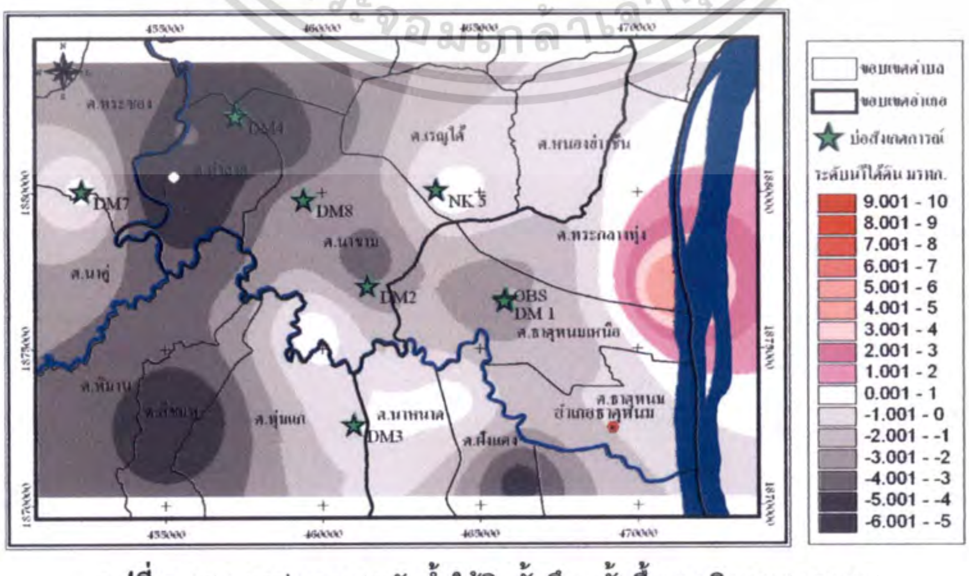
รูปที่ 7.4-8 ผลต่างของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก –ชั้นตื้น 30 เมษายน 2552



รูปที่ 7.4-9 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น 30 มิถุนายน 2552



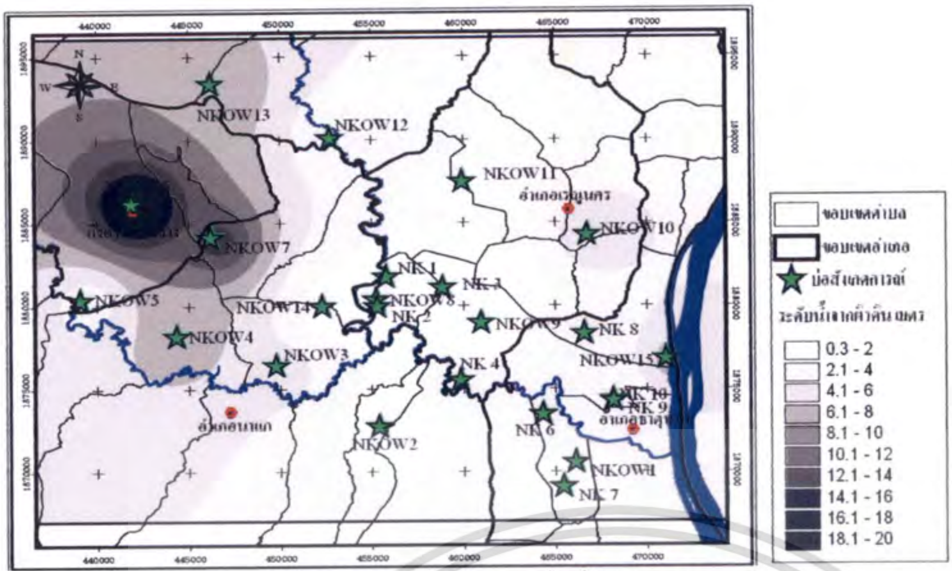
รูปที่ 7.4-10 ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก 30 มิถุนายน 2552



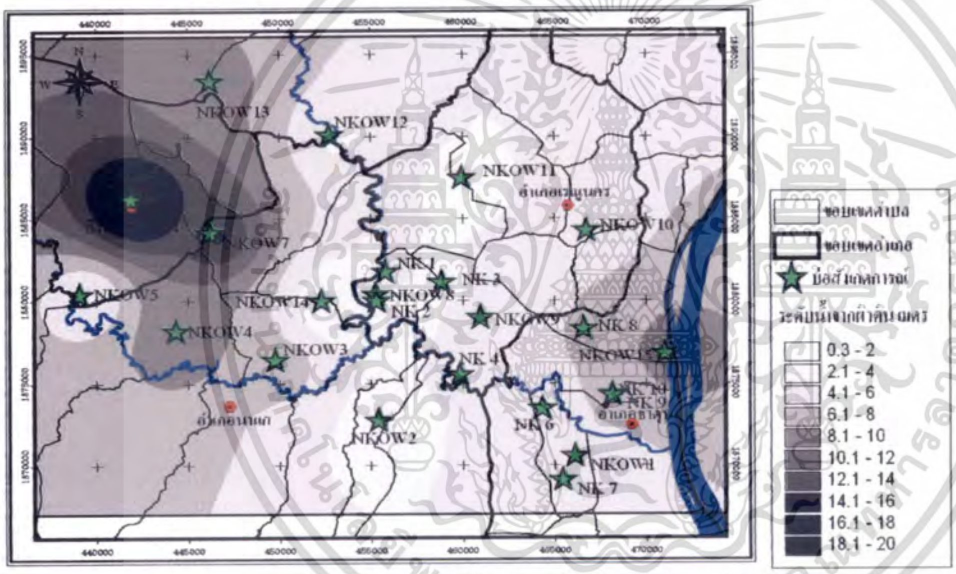
รูปที่ 7.4-11 ผลต่างของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก –ชั้นตื้น 30 มิถุนายน 2552

ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจากผิวดินในบ่อน้ำตื้นแสดงให้เห็นถึงความยาก-ง่ายในการนำน้ำขึ้นมาใช้ เนื่องจากหากระดับน้ำอยู่ลึกมากเกษตรกรอาจต้องเสียค่าเชื้อเพลิงเพื่อสูบน้ำขึ้นมาใช้ ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นในพื้นที่ศึกษามีความลึกจากผิวดินอยู่ในช่วง 30 เซนติเมตรถึง 20 เมตร โดยบริเวณที่ลำน้ำบังไหลมาบรรจบกับลำน้ำก่ำเขตตำบลพระซอง นาคู่ พิมาน สีชมพู อำเภอนาแก และตำบลท่าลาด นาขาม อำเภอเรณูนคร จะมีระดับน้ำใกล้ผิวดินมากกว่าบริเวณอื่นๆ และบริเวณตำบลตำบลวังยาง กิ่งอำภอวังยางจะมีระดับน้ำใต้ดินลึกที่สุด เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลาพบว่าเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงที่เพิ่งสิ้นสุดฤดูฝนและระดับน้ำท่วมเริ่มลดลงจะมีระดับน้ำอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าในช่วงเดือนเมษายน ซึ่งอยู่ในช่วงแล้ง และจะยกตัวขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินอีกครั้งในช่วงฤดูฝน ดังแสดงในรูปที่ 7.4-12 ถึง 7.4-14

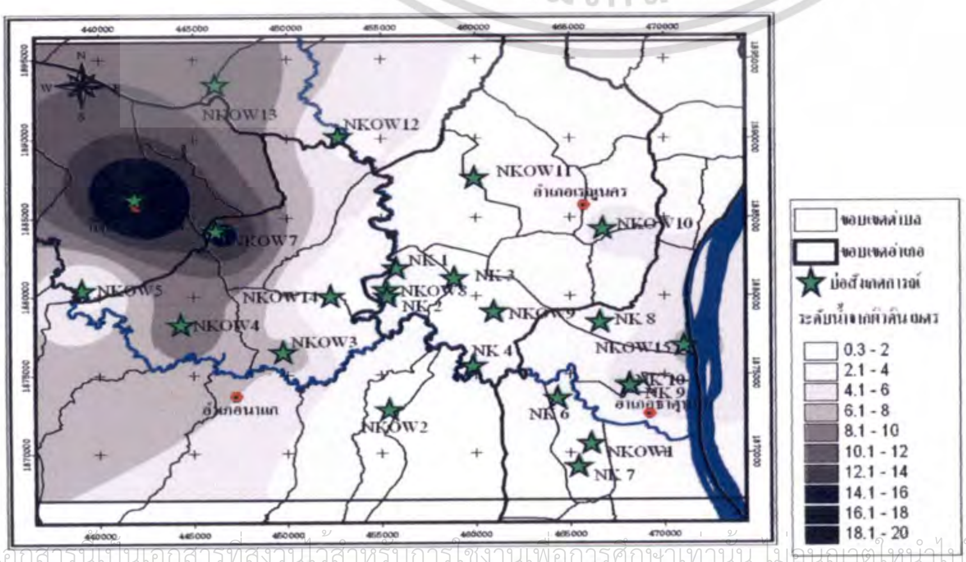
ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึกจากผิวดินอยู่ในช่วง 50 เซนติเมตรถึง 19 เมตร โดยบริเวณที่ลำน้ำบังไหลมาบรรจบกับลำน้ำก่ำจะมีระดับน้ำใกล้ผิวดินมากกว่าบริเวณอื่นๆ เช่นเดียวกับน้ำใต้ดินชั้นตื้น และบริเวณตำบลท่าลาด อำเภอเรณูนคร จะมีระดับความลึกมากที่สุด (19 เมตร) ที่ตำบลธาตุพนมเหนือ อำเภอธาตุพนม บริเวณบ่อสังเกตการณ์ DM1 ผิวน้ำอยู่ที่ความลึกประมาณ 7 เมตร จากผิวดิน เมื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชิงเวลามีลักษณเช่นเดียวกับน้ำตื้นดินชั้นตื้น โดยเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงที่หลังฤดูฝนและระดับน้ำท่วมเริ่มลดลงจะมีระดับน้ำอยู่ใกล้ผิวดินมากกว่าในช่วงเดือนเมษายนซึ่งอยู่ในช่วงแล้ง และจะยกตัวขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินอีกครั้งในช่วงฤดูฝน ดังแสดงในรูปที่ 7.4-15 ถึง 7.4-17 แต่การเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจะไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำใต้ดินชั้นตื้น



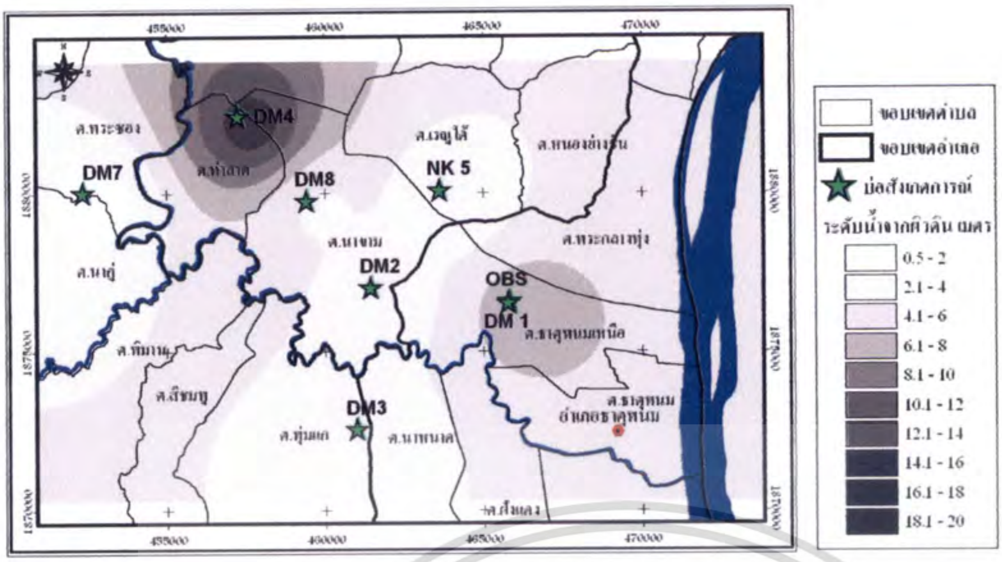
รูปที่ 7.4-12 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นจากผิวดิน 9 พฤศจิกายน 2551



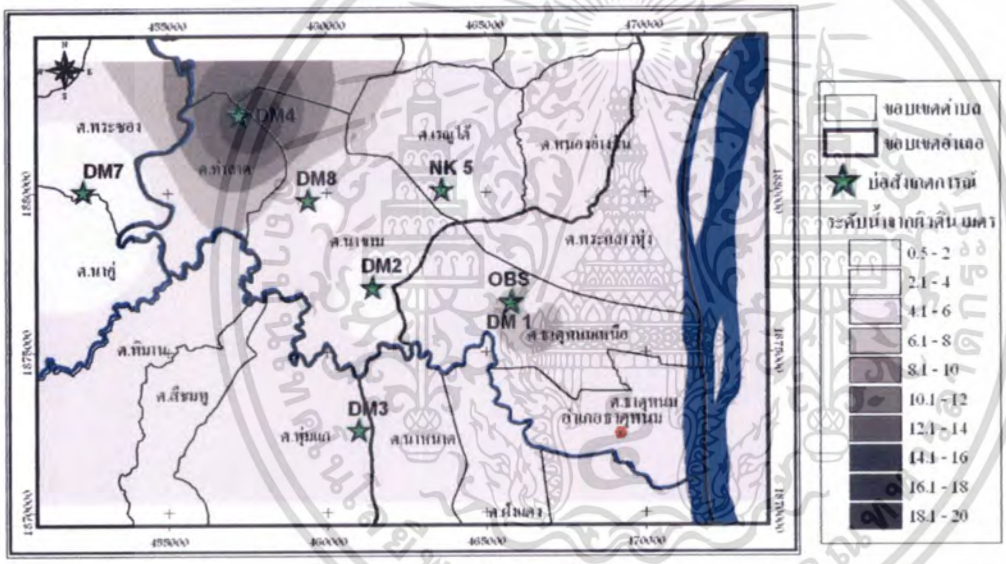
รูปที่ 7.4-13 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นจากผิวดิน 30 เมษายน 2552



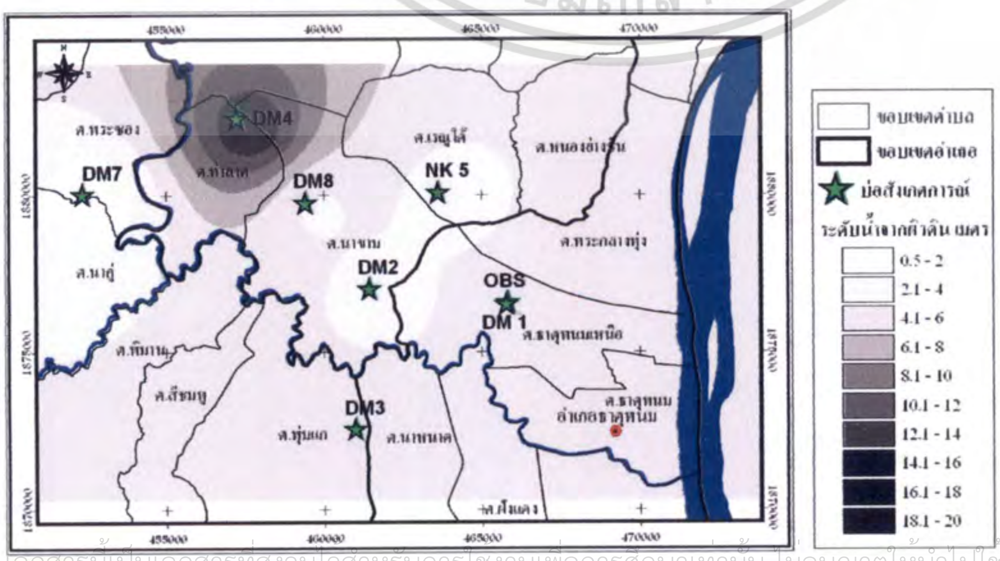
รูปที่ 7.4-14 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นจากผิวดิน 30 มิถุนายน 2552



รูปที่ 7.4-15 ระดับน้ำใต้ดินชั้นลึกจากผิวดิน 9 พฤศจิกายน 2551



รูปที่ 7.4-16 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นจากผิวดิน 30 เมษายน 2552



รูปที่ 7.4-17 ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้นจากผิวดิน 30 มิถุนายน 2552

7.5 การศึกษาด้านความเค็มของดินและคุณภาพดินเบื้องต้น

7.5.1 ดินเค็ม

ดินเค็มคือดินที่มีปริมาณเกลือสูงจนมีผลเสียต่อพืช ซึ่งพิจารณาได้จากค่าความนำไฟฟ้า Electrical conductivity (EC) ของดิน มีอิออนที่เกี่ยวข้องหลายตัวแต่ที่สำคัญๆ คืออิออนของโซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) คลอไรด์ และซัลเฟต ผลของดินเค็มที่มีต่อพืชคือทำให้พืชขาดน้ำ เพราะพืชดูดน้ำไปใช้ไม่ได้ เกิดความเป็นพิษของโซเดียมและคลอรีน การมีเกลือมากยังไปยับยั้งการดูดใช้โพแทสเซียมและแคลเซียมด้วย นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์และอัตราการสังเคราะห์แสงลดลง ค่าความนำไฟฟ้าของสารละลายที่ สกัดได้จากดินขณะที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Extracted Electrical Conductivity, ECe) สามารถใช้ประเมินปริมาณเกลือระดับความเค็มของดิน และอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืชได้ ดังตารางที่ 7.5.1-1

ตารางที่ 7.5.1-1 ความสัมพันธ์ของค่าความนำไฟฟ้า (ECe) กับปริมาณเกลือในดิน ระดับความเค็มของดิน และอิทธิพลของเกลือต่อพืช

ECe (mS/m)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็มของดิน	อิทธิพลต่อพืช
200	< 0.1	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
200– 400	0.1 – 0.2	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม
400 – 800	0.2 – 0.4	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
800 – 1,600	0.4 – 0.8	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี
> 1,600	> 0.8	เค็มจัด	พืชทนเค็มน้อยชนิดมากที่เจริญเติบโตได้ดี

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2549)

- **ดินเค็มเล็กน้อย** หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.1-0.2 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดค่า EC ได้ค่า EC 200-400 มิลลิซีเมนต่อเมตร (mS/m) พืชที่ไม่ทนเค็มจะเริ่มแสดงอาการ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ใบสีเข้มขึ้น ใบหนาขึ้น ปลายใบไหม้ ปลายใบม้วนงอ ผลผลิตลดลง แต่พืชทนเค็มบางชนิดสามารถ ขึ้นได้ตามปกติ เช่น ขึ้นฉ่าย ผักกาด แตงร้าน มะม่วง ส้ม กล้วย ฯลฯ
- **ดินเค็มปานกลาง** หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.2-0.4 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดค่า EC ได้ค่า EC 400-800 mS/m พืชสามัญธรรมดาโดยทั่วไปจะแสดงอาการบ้างเล็กน้อย เนื่องจากความเค็มในดิน ดังนั้นก่อน มีการปลูกพืชจึงต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินเสียก่อนด้วยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักหรือปุ๋ยพืชสด แต่ก็มีพืชบางชนิดที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม ปานกลางนี้ได้ เช่น ข้าว ข้าวโพด หอมใหญ่ ผักกาดหอม แตงโม สับปะรด ผักชี มะกอก แค ฯลฯ

- **ดินเค็มมาก** หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดิน ประมาณ 04-0.8 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดค่า EC ได้ค่า EC 800-1,600 mS/m มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้

พืชที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีค่า EC 800-1,200 mS/m ได้แก่ ผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าวพันธุ์ที่ทนเค็ม มันเทศ ขี้เหล็ก มะม่วงหิมพานต์ พืชที่ทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม 1,200-1,600 mS/m ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง คะน้า ผักบุ้งจีน ชะอม ฝ้าย ละมุด พุทรา มะขาม สะเดา สนและพืชที่ขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีสภาพความเค็มมากกว่า 1% หรือ EC มากกว่า 1,600 mS/m ได้แก่ ชะคราม สะเม็ด แสม โกงกาง

- **ดินเค็มจัด** หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดิน มากกว่า 0.8 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ค่า EC >1,600 mS/m มีพืชน้อยชนิดมากที่สามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้

ข้าวที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มจะชะงักการเจริญเติบโตและการแตกกอลดลง มักเกิดเป็นหย่อมๆ ในแปลง ข้าวที่กำลังงอกค่อนข้างจะมีความทนทานต่อความเค็ม แต่ค่อนข้างจะอ่อนแอในระยะที่เป็นต้นกล้า ระยะปักดำ และระยะออกดอก ดินเค็มอาจทำให้ข้าวขาดธาตุฟอสฟอรัส สังกะสี เหล็ก หรือโบรอนได้ด้วย อาการอื่นๆ ของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากดินเค็มคืออัตราความงอกลดลง ความสูงและการแตกกอลดลง รากมีการเจริญเติบโตไม่ดี ดอกมีความเป็นหมันเพิ่มขึ้น น้ำหนักเมล็ดและโปรตีนในเมล็ดลดลง ทำให้ผลผลิตลดลงในที่สุดสามารถประมาณสัดส่วนของผลผลิตที่ลดลงได้คร่าวๆดังนี้

(http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=181&s=tblrice)

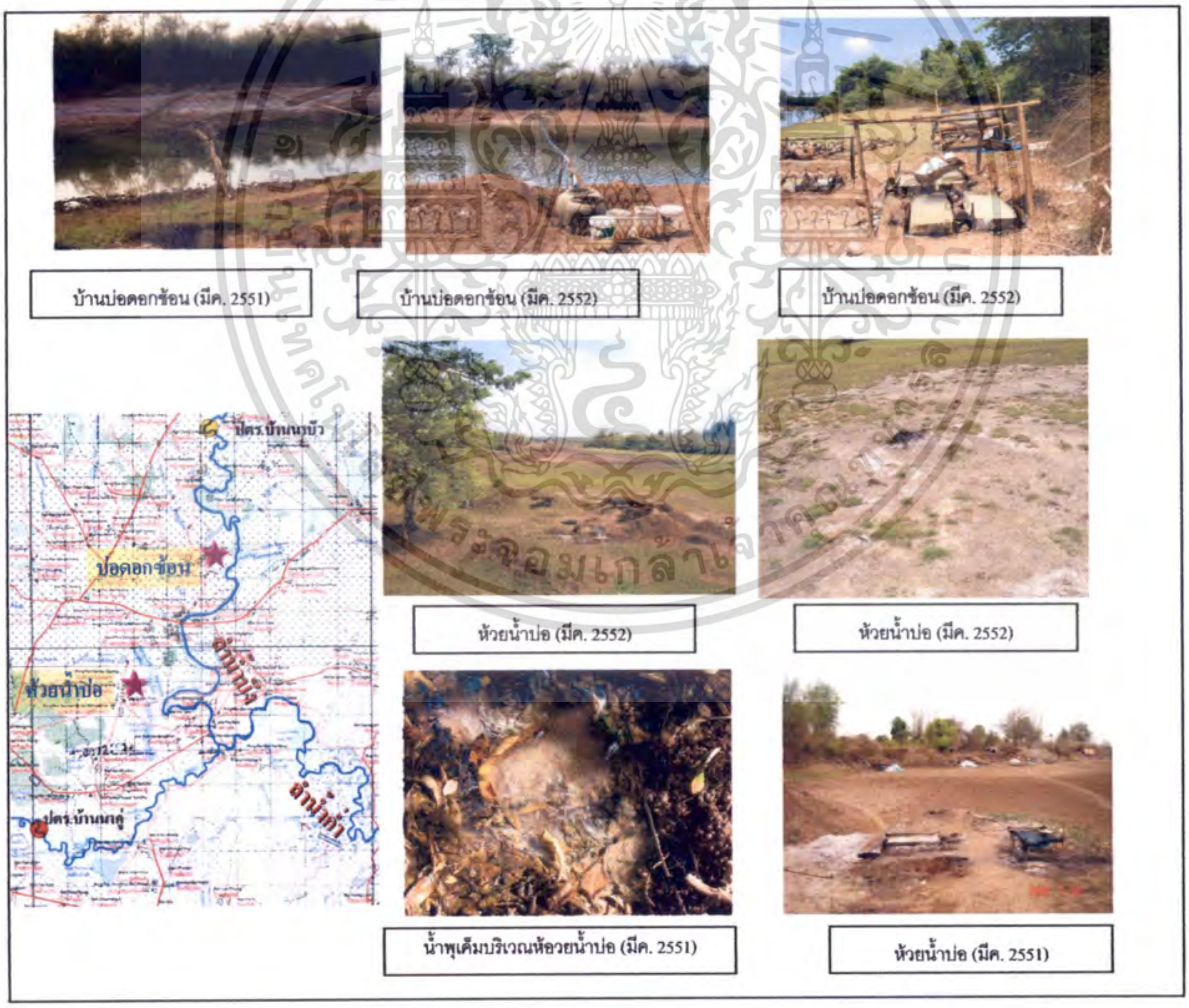
- ค่า EC น้อยกว่า 200 mS/m: ไม่ทำให้ผลผลิตลดลง
- ค่าEC มากกว่า 400 mS/m: ทำให้ผลผลิตลดลงเล็กน้อย คือลดลงร้อยละ 10 – 15
- ค่าEC มากกว่า 600 mS/m: ทำให้ผลผลิตลดลงปานกลาง คือลดลงร้อยละ 20 – 50
- ค่าEC มากกว่า 1,000 mS/m: ทำให้ผลผลิตในพันธุ์ที่อ่อนแอลดลงมากกว่าร้อยละ 50

ดินเค็มและน้ำเค็ม มีความสัมพันธ์ ซึ่งกันและกัน โดยเฉพาะน้ำเค็มในดินเป็นส่วนที่เกลือละลายมาจากชั้นดินในหน้าตัดดินและจากการไหลมาตามความลาด และจากน้ำใต้ดิน น้ำเค็มจึงอยู่ในสภาพที่อาจจะถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่าย โดยไหลลงไปสู่ลำห้วย หรือไหลไปตามความลาดของน้ำใต้ดิน ไปสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า เช่น แม่น้ำ หรือชั้นโครงสร้างหิน ในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีดินเค็มมาก โดยมีการทำนาเกลืออยู่ 2 แห่ง คือ 1) ดินเค็มที่ห้วยน้ำบ่อ และ2) ดินเค็มที่บ้านบ่อดอกซ้อน ดังรูปที่ 7.5-1

ดินเค็มห้วยน้ำบ่อ: พบอยู่ในลำห้วยน้ำบ่อ ทางทิศเหนือของบ้านน้ำบ่อประมาณ 1.5 กม. มีพื้นที่ประมาณ 150 ไร่ พบดินเค็มอยู่ในลำห้วยทั้งสองฝั่งของลำห้วย น้ำเค็มผสมสนิมเหล็กไหลออกมาจากขอบฝั่งห้วย ในฤดูแล้งความเค็มสะสมที่ผิวดิน ชาวบ้านจะมาขูดดินเค็มที่มีคราบเกลือปรากฏไปต้มทำเกลือ สามารถทำนาเกลือได้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน ส่วนในฤดูฝนน้ำจะท่วมพื้นที่จึงไม่แสดงความเค็ม บนขอบฝั่งเป็นไม้ยืนต้นและนาข้าว นาข้าวนาปีไม่แสดงผลกระทบจากดินเค็ม ไม่มีการปลูกข้าวในฤดูแล้ง เนื่องจากไม่มีน้ำชลประทาน

คณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่า pH และ EC ของน้ำในบ่อและน้ำที่ขังนองตามจุดที่ชาวบ้านนำมาต้มเกลือ (มีค. 2552) พบว่าจุดแรกมีค่า EC >2,500 mS/m ความเข้มข้นสารละลายเกลือ >1.4% จุดที่สองมีค่า EC >4,400 mS/m และความเข้มข้นสารละลายเกลือ >2.6% pH ประมาณ 7.88 ตามลำดับ ห่างจากบริเวณพื้นที่ทำนาเกลือใกล้เคียงกับบ่อวัดระดับน้ำใต้ดิน DM7 ปรากฏน้ำพุเค็ม ซึ่งเมื่อออกสนามในครั้งนี้ไม่พบน้ำพุเค็มที่มีแรงดันพุ่งออกมา แต่พบน้ำที่นองอยู่บริเวณนั้น เมื่อตรวจสอบค่า EC ของน้ำที่พุ่งออกมา พบว่ามีค่า EC เท่ากับ 1,550 mS/m ความเข้มข้นสารละลายเกลือ 0.87% pH 7.72 ในเดือนมีนาคม ปี 2551 ผู้วิจัยพบบริเวณดังกล่าวมีน้ำพุเค็มแรงดันปรากฏดังรูป ซึ่งเมื่อตรวจสอบค่า EC พบว่ามีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของน้ำทะเล

จากการตรวจสอบรายงานการศึกษาดินเค็มของกรมพัฒนาที่ดิน ในรูปที่ 7.5-2 พบว่าดินเค็มห้วยน้ำบ่อเป็นบริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือมากที่สุด มีคราบเกลือบนผิวดิน>50% โดยมีพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือเล็กน้อย มีคราบเกลือบนผิวดิน < 1% กระจายอยู่โดยรอบ



บ้านบ่อดอกซ้อน (มีค. 2551)

บ้านบ่อดอกซ้อน (มีค. 2552)

บ้านบ่อดอกซ้อน (มีค. 2552)

ห้วยน้ำบ่อ (มีค. 2552)

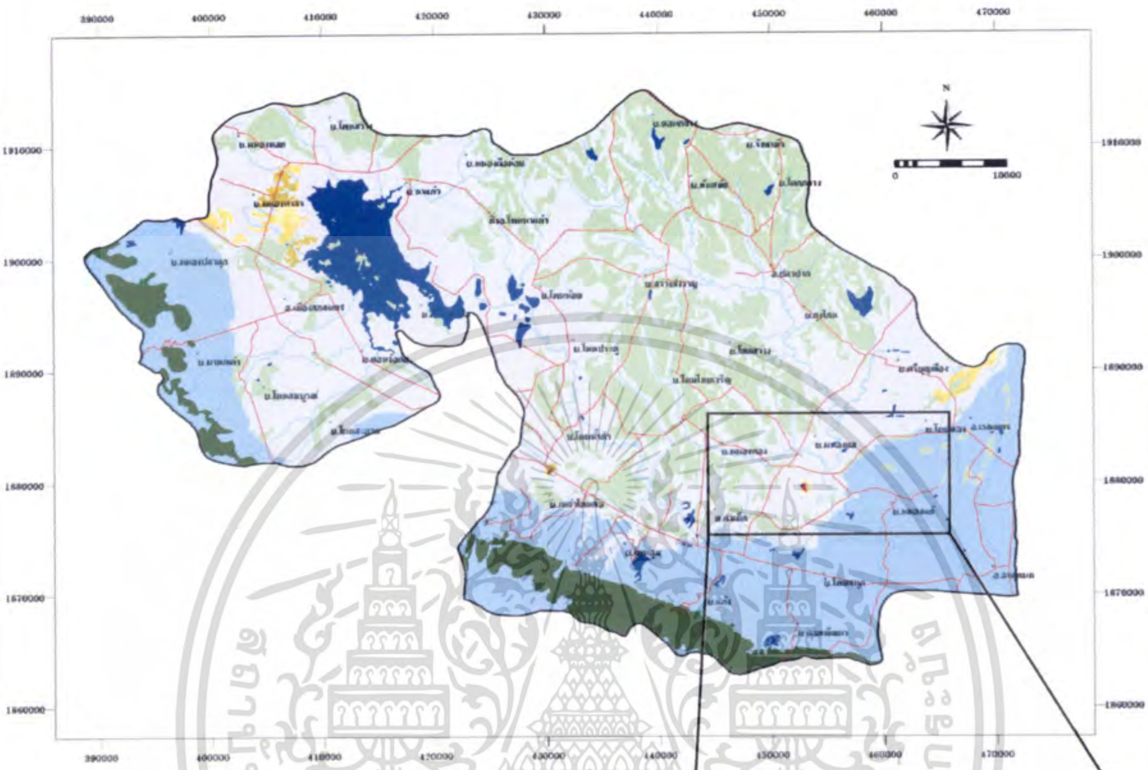
ห้วยน้ำบ่อ (มีค. 2552)

น้ำพุเค็มบริเวณห้อวยน้ำบ่อ (มีค. 2551)

ห้วยน้ำบ่อ (มีค. 2551)

รูปที่ 7.5.1-1 สภาพพื้นที่ทำนาเกลือบ้านบ่อดอกซ้อนและห้วยน้ำบ่อ

แผนที่การจัดการดินเค็มแบบบูรณาการ บริเวณลุ่มน้ำลำน้ำห้วยน้ำก่ำ



คำอธิบายหน่วยแผนที่

สัญลักษณ์แผนที่	คำอธิบาย	พื้นที่ ไร่	พื้นที่ เปอร์เซนต์
	บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือมากที่สุด มีคราบเกลือบนผิวดิน>50%		
1cH	กลุ่มดินเหนียว ดินมีความเค็มลึกตลอดหน้าตัดดิน	69	0.004
1lL	กลุ่มดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดินมีความเค็มเฉพาะดินตอนบน	74	0.005
1skH	กลุ่มดินตื้นหรือดินมีลูกรังปน ดินมีความเค็มลึกตลอดหน้าตัดดิน	69	0.004
	บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือมาก มีคราบเกลือบนผิวดิน 10-50%		
2lH	กลุ่มดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดินมีความเค็มลึกตลอดหน้าตัดดิน	56	0.003
	บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือปานกลาง มีคราบเกลือบนผิวดิน 1-10%		
3cL	กลุ่มดินเหนียว ดินมีความเค็มเฉพาะดินตอนบน	3,580	0.220
3lH	กลุ่มดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดินมีความเค็มลึกตลอดหน้าตัดดิน	5,133	0.316
3lL	กลุ่มดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ดินมีความเค็มเฉพาะดินตอนบน	7,885	0.485
3skL	กลุ่มดินตื้น ดินมีความเค็มลึกเฉพาะดินตอนบน	842	0.052
4	บริเวณที่มีผลกระทบจากเกลือเล็กน้อย มีคราบเกลือบนผิวดิน<1%	680,270	41.793
5	บริเวณที่สูง ไม่พบคราบเกลือบนผิวดิน	394,714	24.311
6	บริเวณที่ไม่พบคราบเกลือบนผิวดิน	389,488	23.929
SC	ภูเขา	82,172	5.048
W	แหล่งน้ำ	62,346	3.830
	รวมพื้นที่ทั้งหมด	1,627,698	100.000

จัดทำโดย
งานสำรวจดิน ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
ส่วนมาตรฐานฯ สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
ปีงบประมาณ 2549

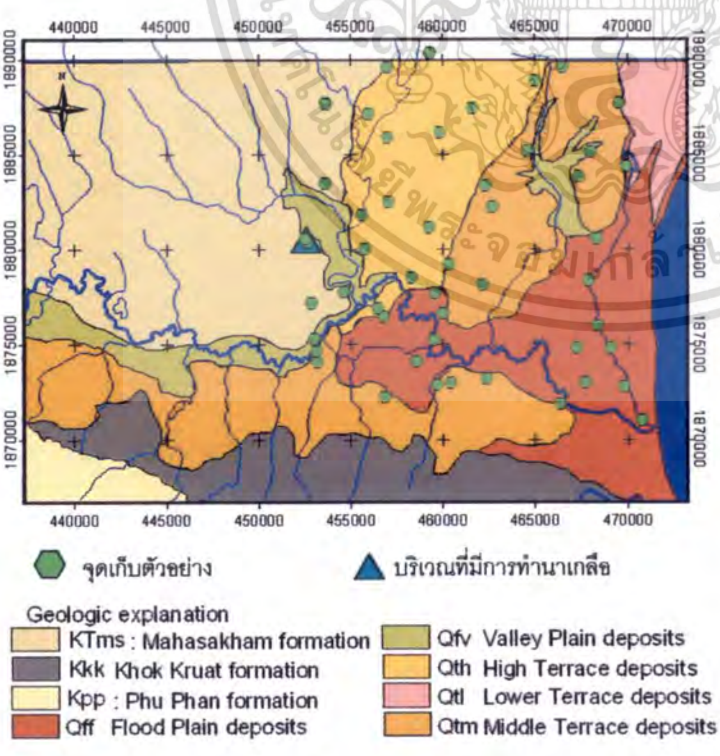
รูปที่ 7.5.1-2 แผนที่แสดงพื้นที่ดินเค็มในลุ่มน้ำก่ำ

ดินเค็มบ้านบ่อดอกซ้อน: พบอยู่ในลำน้ำบัง ทางทิศเหนือของดินเค็มห้วยน้ำบ่อ ประมาณ 3 กม. มีเนื้อที่ประมาณ 50 ไร่ การทำนาเกลือจะอยู่ตามลำน้ำบังซึ่งมีคราบเกลือปรากฏตามผิวดินในฤดูแล้ง โดยชาวบ้านบางคนจะขูดดินเค็มไปต้มเป็นเกลือ บ้างก็จะนำน้ำจากบ่อซึ่งเจาะลึกลงไปประมาณ 4 เมตร มาต้มจนตกผลึกเป็นเกลือ สามารถทำเกลือได้เพียงระยะเวลาสั้นๆ คือช่วงเดือน กุมภาพันธ์-เมษายน เนื่องจากหลังจากนั้นแล้วพื้นที่จะถูกน้ำท่วมเนื่องจากเป็นลำน้ำและไม่พบความเค็ม ลักษณะพื้นที่และการใช้ที่ดินคล้ายกับบริเวณห้วยน้ำบ่อโดยสามารถปลูกข้าวในฤดูฝนได้ปกติ และไม่มีการปลูกข้าวในฤดูแล้ง เนื่องจากไม่มีน้ำชลประทาน

คณะผู้วิจัยได้ตรวจสอบค่า pH และ EC ของน้ำในบ่อที่ชาวบ้านนำมาต้มเกลือ และในลำน้ำบัง (มีค. 2552) พบว่า น้ำในบ่อที่ชาวบ้านนำมาต้มเกลือ มีค่า pH เท่ากับ 8.13 EC มีค่า >8,000 mS/m และความเข้มข้นสารละลายเกลือ >5.2% ขณะที่น้ำในลำน้ำมีค่า pH เท่ากับ 8.83 EC มีค่า 280 mS/m และความเข้มข้นสารละลายเกลือ >0.14% จากการตรวจสอบรายงานการศึกษาดินเค็มของกรมพัฒนาที่ดินในรูปที่ 7.5-2 พบว่าดินเค็มบ้านบ่อดอกซ้อนจัดเป็นบริเวณพื้นที่ที่มีผลกระทบจากเกลือเล็กน้อย มีคราบเกลือบนผิวดิน <1% ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากเกลือที่พบนั้นอยู่ในลำน้ำบังมิใช่อยู่บนผิวดินปกติ

7.5.2 การทดสอบคุณสมบัติของดิน

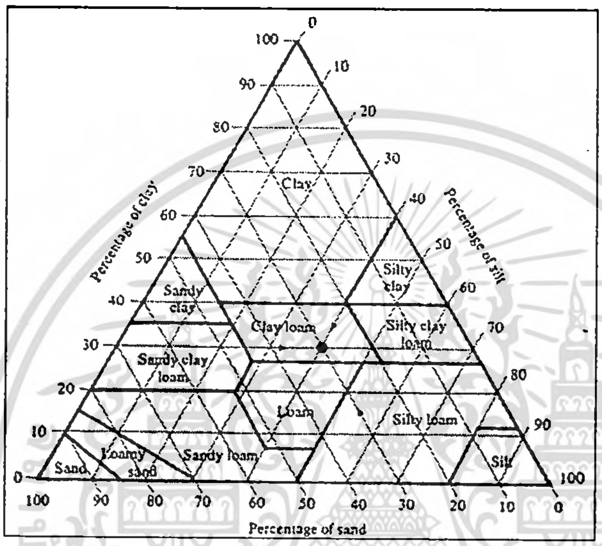
การวิจัยนี้ได้เก็บตัวอย่างดินในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน 2551) และฤดูแล้ง (เดือนเมษายน 2552) เพื่อนำมาทดสอบหาค่า การนำไฟฟ้าของน้ำที่สกัดมาจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ pH ความถ่วงจำเพาะและ grain size distribution เพื่อจำแนกชนิดดิน และความเหมาะสมในการทำเกษตร ตัวอย่างดินที่เก็บจะอยู่ในระยะรากพืช โดยมีความลึกจากผิวดินระหว่าง 0.5-1.0 เมตร ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินแสดง ดังรูปที่ 7.5.2-1



รูปที่ 7.5.2-1 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน

U.S. Department of Agriculture (USDA) ได้จำแนกเนื้อดิน โดยพิจารณาจากสัดส่วนของปริมาณเม็ดดินเหนียว (เส้นผ่าศูนย์กลาง <0.002 มม.) ดินตะกอนทราย (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002 – 0.05 มม.) และดินตะกอนทราย (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.05 – 2.0 มม.) ในดินก้อนนั้นๆ แผนภูมิการจำแนกเนื้อดินแสดงในรูปที่ 7.5.2-1

สำหรับวิธีการหาค่าปฏิกิริยาดิน จะใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 คนเป็นครั้งคราว 30 นาที แล้วนำไปวัดค่า โดยใช้ pH meter ส่วนการหาค่า EC นั้น จะใช้อัตราส่วน ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 เขย่าเป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ดินกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันแล้วนำไปกรอง และวัดค่าโดยใช้ EC meter

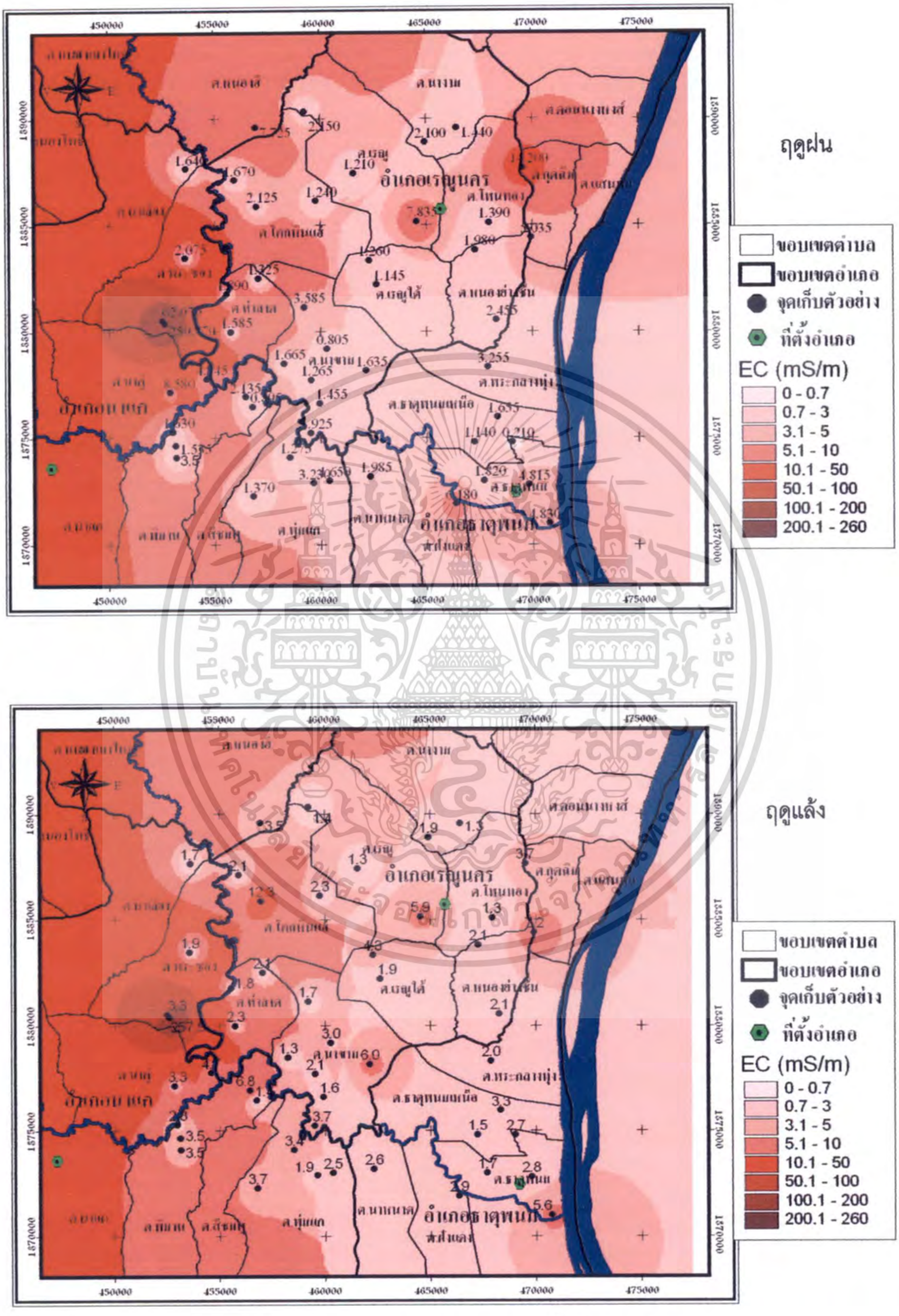


ตารางที่ 7.5.2-1 แผนภูมิการจำแนกเนื้อดินตามระบบ USDA

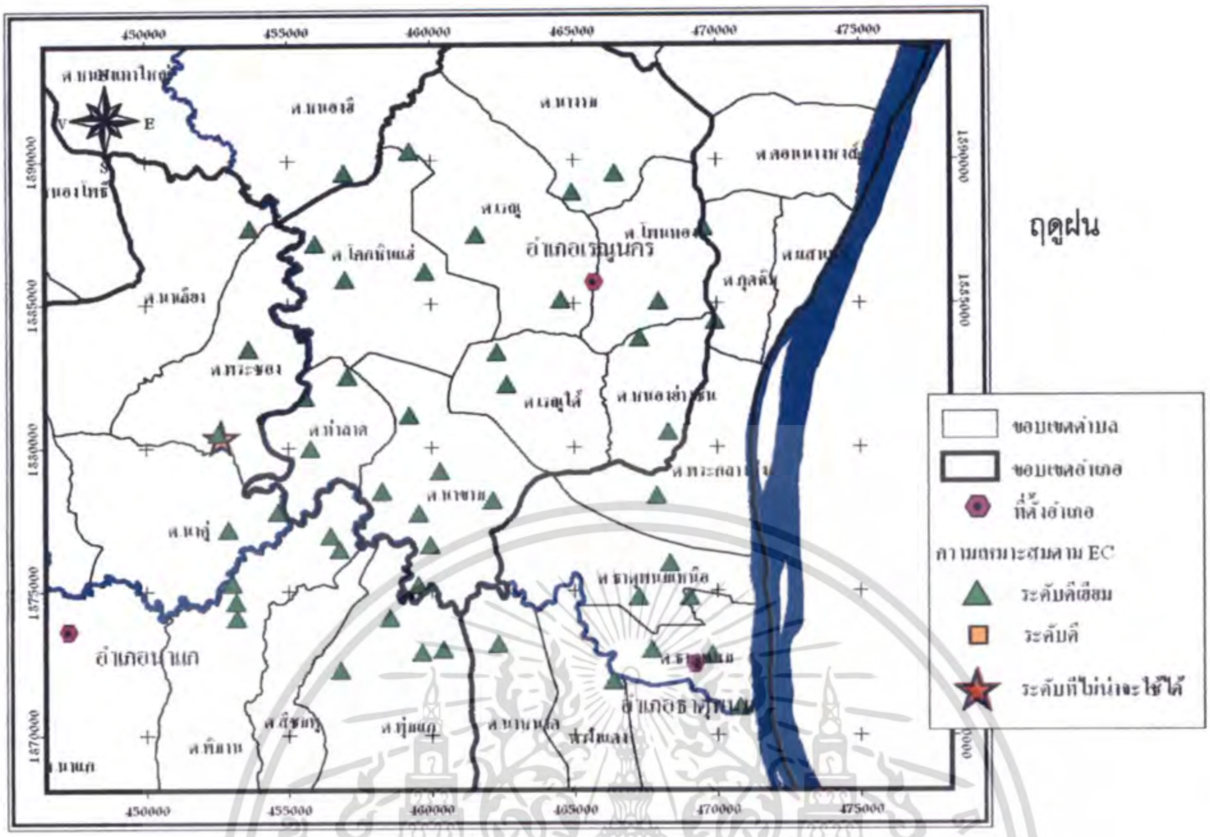
ผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อหาค่า EC, pH และการจำแนกเนื้อดินตามระบบ USDA แสดงได้ดังตารางที่ 7.5.2-2

รูปที่ **7.5.2-2** แสดงการกระจายของค่า EC ของน้ำที่สกัดมาจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำในฤดูฝนและฤดูแล้ง และเมื่อนำค่า EC มาจำแนกคุณภาพน้ำด้วยเกณฑ์การวิเคราะห์ตามคุณลักษณะที่ 1: ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC) เช่นเดียวกับการวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในบทที่ 6 (ตารางที่ 6.1-2) ผลการจำแนกคุณภาพน้ำด้วยเกณฑ์ดังกล่าว แสดงในรูปที่ **7.5.2-3 จะเห็นได้ว่า พื้นที่ส่วนใหญ่ดินมีคุณสมบัติอยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ยกเว้น**บริเวณพื้นที่ทำนาเกลืออยู่ในระดับไม่น่าจะนำมาใช้ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง

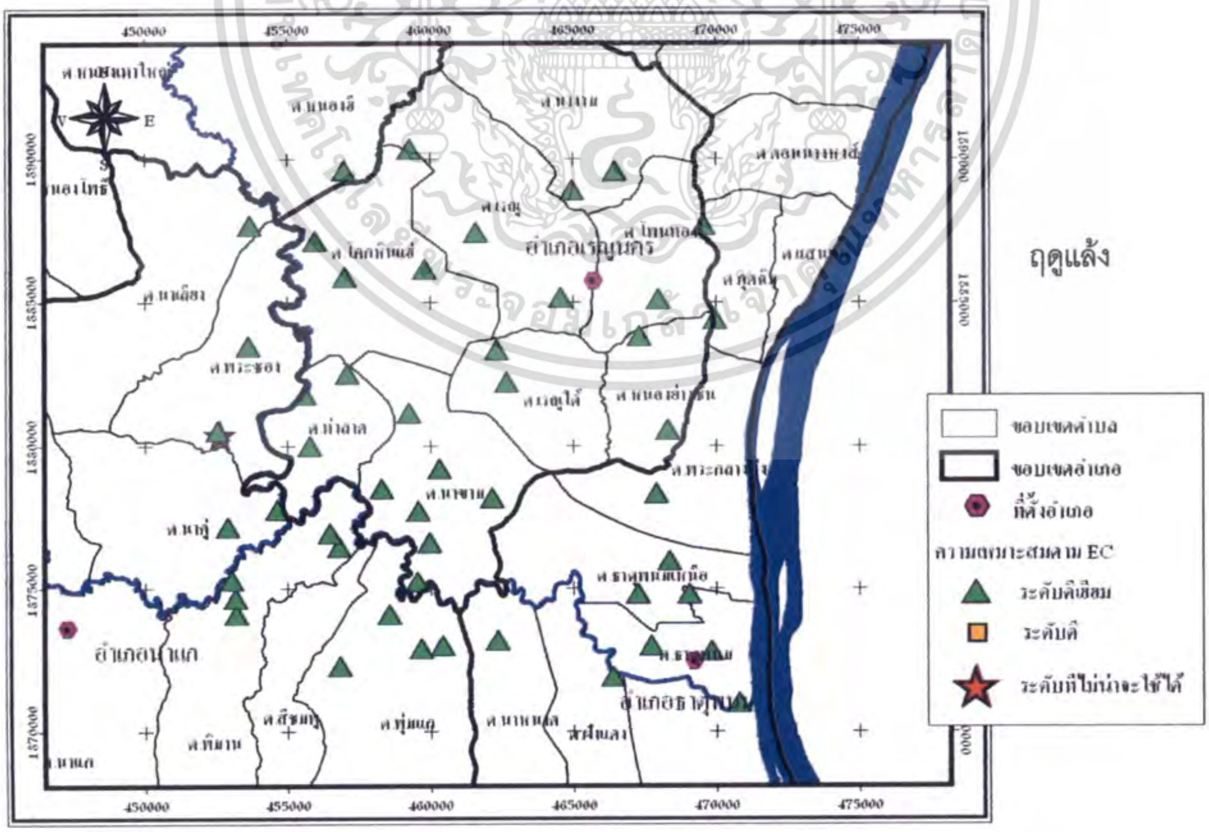
เมื่อนำค่า EC มาจำแนกระดับความเค็มของดินตามที่กล่าวมาในตารางที่ 7.5.1-1 พบว่าดินทุกจุดเก็บตัวอย่างเป็นดินที่ไม่มีความเค็ม ยกเว้นเพียง 1 แห่งอยู่ที่จัดเป็นดินประเภทเค็มเล็กน้อย ซึ่งก็คือตำแหน่งที่ถูกจำแนกเป็นระดับไม่น่าจะนำมาใช้นั่นเอง



รูปที่ 7.5.2-2 การกระจายของค่า EC ของน้ำที่ละลายในดิน



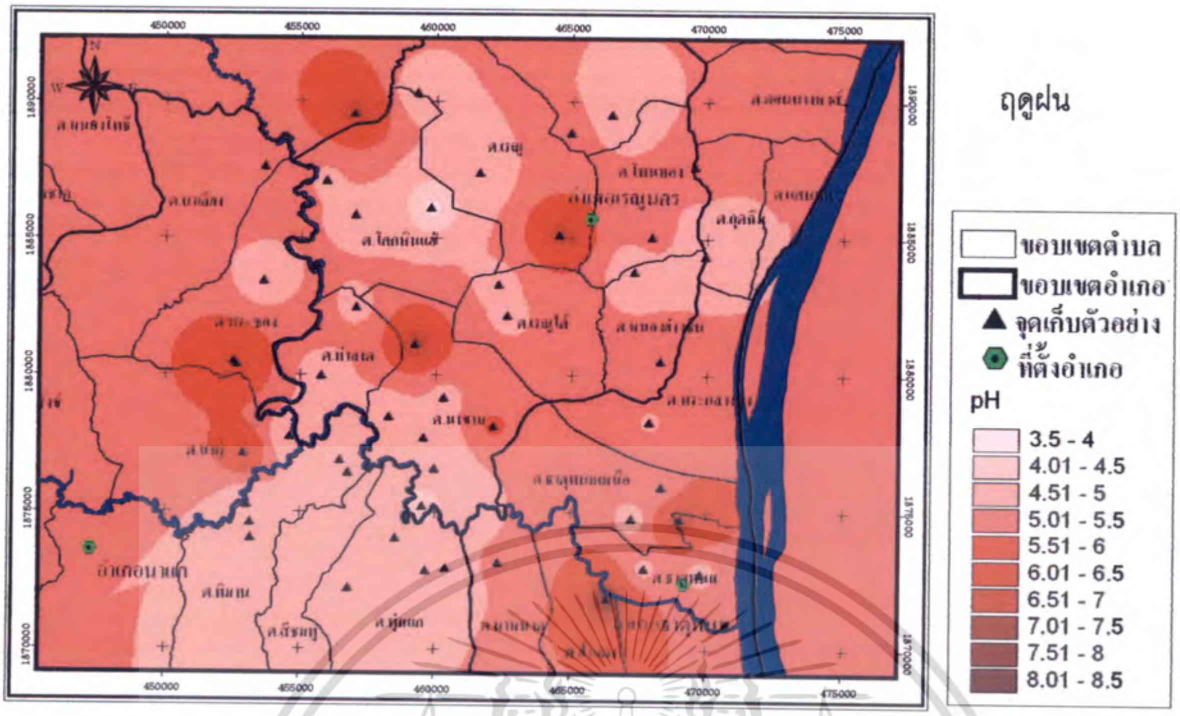
ฤดูฝน

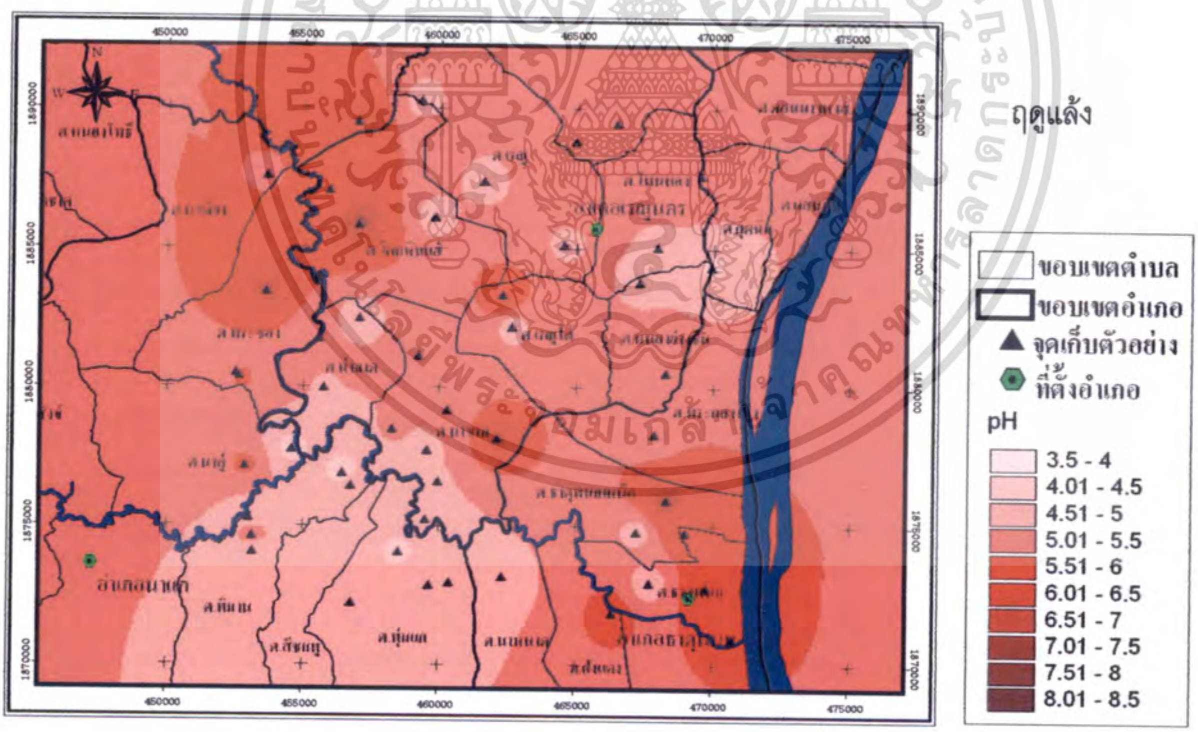


ฤดูแล้ง

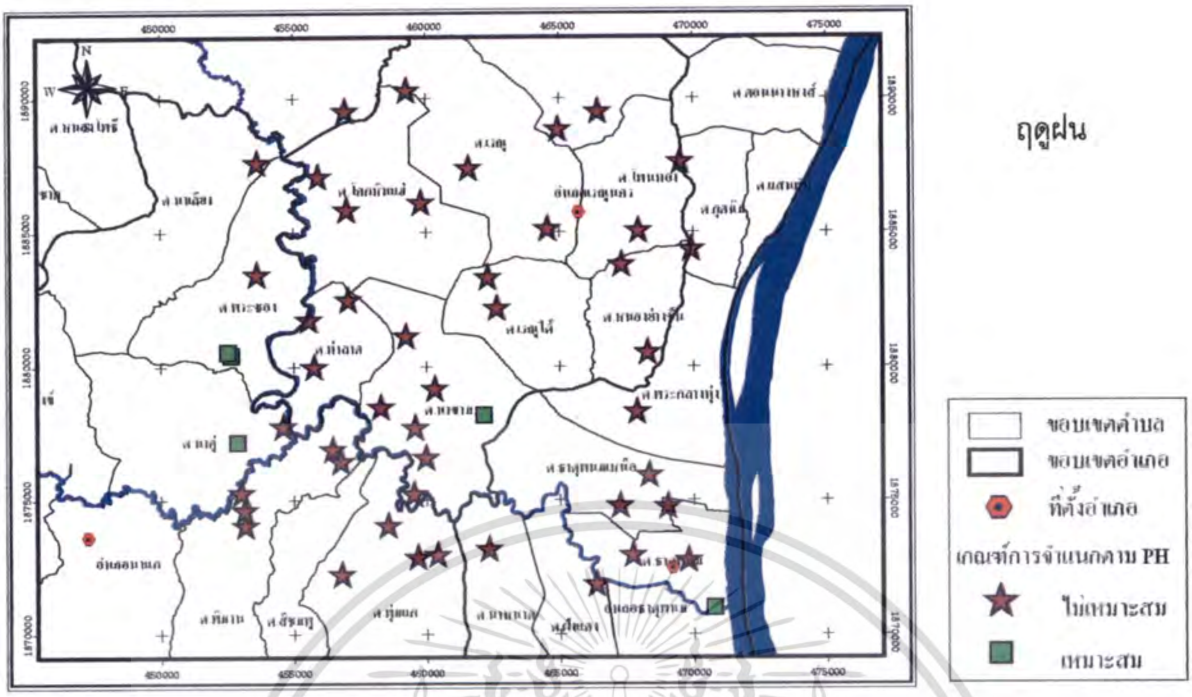
รูปที่ 7.5.2-3 ความเหมาะสมของดินในการทำการเกษตรจำแนกตามค่า EC ของน้ำที่ละลายในดิน

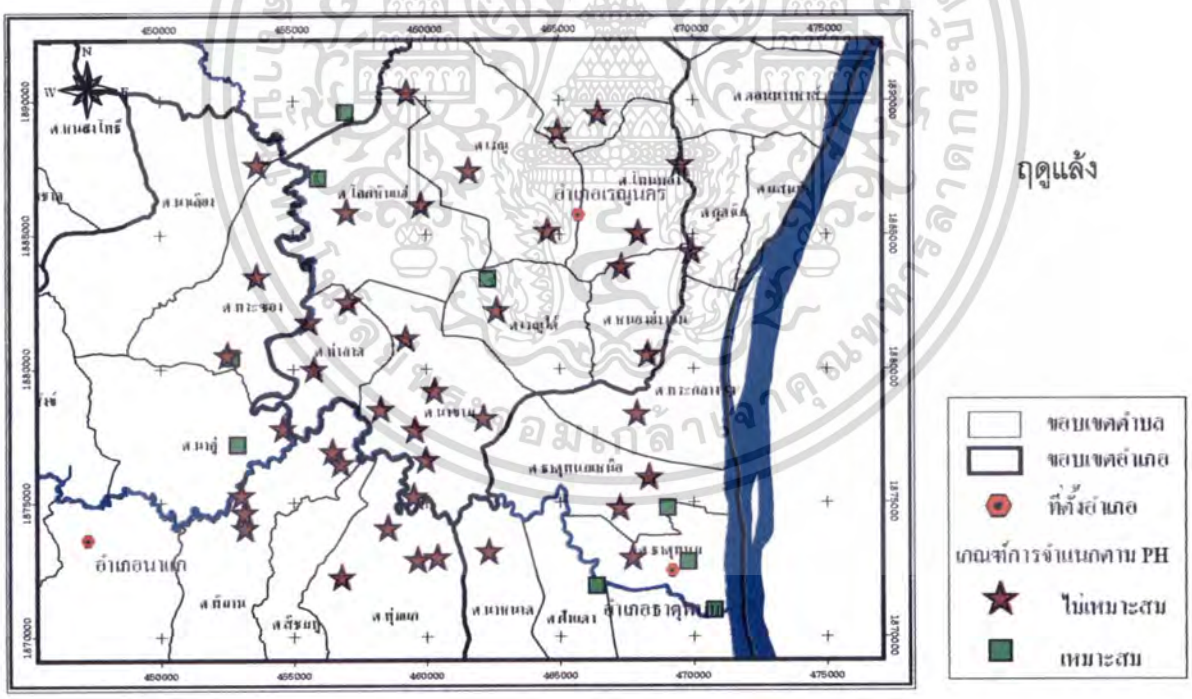
สำหรับระดับความเป็นกรด-ด่าง (หรือ pH ของดิน) ที่เหมาะสมต่อการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตคือที่ประมาณ 5.5 ถึง 6.5 ดินจะมีสภาวะที่เหมาะสมต่อสัดส่วนของปริมาณอาหาร แร่ธาตุต่าง ๆ ในสารละลายดิน ถ้าค่า pH สูงหรือต่ำกว่านี้ สัดส่วนของธาตุบางธาตุผิดปกติไปคือ ธาตุหนึ่งอาจมากเกินไป ขณะเดียวกันธาตุอื่นอาจน้อยเกินไป (มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.http://www.swu.ac.th/royal/book1/b1c3t2.html) ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของดินว่าเหมาะสมอยู่ในช่วงดังกล่าวหรือไม่ พบว่า**ดินส่วนใหญ่มีค่า pH อยู่ในช่วงนอกช่วง pH ที่เหมาะสม** แต่มีค่าออกนอกช่วงค่า pH ที่กำหนดเพียงเล็กน้อย และมีดินเพียง 5 แห่งเท่านั้นที่มีความเหมาะสม โดย 2 แห่งอยู่ในบริเวณที่มีการทำนาเกลือ รูปที่ 7.5.2-4 แสดงการกระจายของค่า pH ในฤดูฝนและฤดูแล้ง และรูปที่ 7.5.2-5 แสดงความเหมาะสมในการทำการเกษตร





รูปที่ 7.5.2-4 การกระจายของค่า pH ของน้ำที่ละลายในดิน





รูปที่ 7.5.2-5 ความเหมาะสมในการทำการเกษตรเมื่อพิจารณาตามค่า pH

ตารางที่ 7.5.2-2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินและการจำแนกประเภทเนื้อดินตามระบบ USDA

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง พิกัด (WGS Zone 48)		ความลึกที่เก็บตัวอย่าง ม.	พฤศจิกายน 2551		เมษายน 2552		ประเภทเนื้อดิน
		X	Y		pH	EC (mS/m)	pH	EC (mS/m)	
1	S001	462338	1873182	0.8-0.9 m	5.12	2.0	4.70	2.6	Sandy clay loam
2	S002	460399	1872972	0.6-0.8 m	4.70	1.7	4.70	2.5	Clay
3	S003	459659	1872875	0.6-0.8 m	4.75	3.2	4.86	1.9	Clay
4	S004	458534	1874086	0.3-0.5 m	4.78	1.3	4.35	3.4	Clay
5	S005	459526	1875236	0.3-0.4 m	4.25	1.9	4.67	3.7	Clay
6	S006	459962	1876616	0.2-0.3 m	4.59	1.5	4.99	1.6	Clay
7	S007	458276	1878488	0.4-0.5 m	4.77	1.7	5.06	1.3	Clay
8	S008	455582	1881755	0.6-0.7 m	5.12	1.9	5.06	1.8	Clay
9	S009	457001	1885864	0.5-0.6 m	4.84	2.1	7.13	12.3	Sandy clay
10	S010	455940	1887105	0.5-0.6 m	4.93	1.7	5.84	2.1	Silty clay loam
11	S011	456959	1889557	0.2-0.3 m	6.75	7.7	6.25	3.5	Clay
12	S012	453642	1887632	0.2-0.3 m	5.47	1.6	5.44	1.7	Clay
13	S013	453611	1883442	0.6 -0.8 m	4.60	2.1	6.64	1.9	Silty clay loam
14	S014	452649	1880388	0.6 -0.8 m	6.43	250.8	5.77	257.5	Clay
15	S015	452525	1880521	0.2-0.3 m	6.04	62.1	5.16	3.3	Clay
16	S016	453177	1874067	0.5-0.6 m	4.83	1.5	4.80	3.5	Clay loam
17	S017	467709	1872985	0.6 -0.8 m	4.89	1.8	4.64	1.7	Clay

ตารางที่ 7.5.2-2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินและการจำแนกประเภทเนื้อดินตามระบบ USDA (ต่อ)

ลำดับที่	ตัวอย่าง	ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่าง พิกัด (WGS Zone 48)		ความลึกที่เก็บตัวอย่าง ม.	พฤศจิกายน 2551		เมษายน 2552		ประเภทเนื้อดิน
		X	Y		pH	EC (mS/m)	pH	EC (mS/m)	
18	S018	467238	1874807	0.5-0.6 m	4.77	1.1	4.76	1.5	Silty clay
19	S019	456774	1876462	0.5-0.6 m	4.57	0.9	4.79	1.4	Clay
20	S020	462139	1878156	0.5-0.6 m	5.60	1.6	6.71	6.0	Silty clay
21	S021	459221	1881132	0.4-0.5 m	7.12	3.6	5.09	1.7	Clay
22	S022	462295	1883325	0.8-0.9 m	4.85	1.3	6.15	4.3	Clay loam
23	S023	462645	1882186	0.6 -0.7 m	4.94	1.1	4.79	1.9	Clay
24	S024	459802	1886116	0.6 -0.7 m	3.93	1.2	4.76	2.3	Sandy clay loam
25	S025	459268	1890317	0.5-0.6 m	4.68	2.2	4.84	1.4	Clay loam
26	S026	461589	1887414	0.7-0.8 m	4.61	1.2	4.83	1.3	Sandy clay loam
27	S027	464551	1885141	0.7-0.8 m	6.73	7.8	4.92	5.9	Sandy clay loam
28	S028	464955	1888859	0.6 -0.7 m	5.35	2.1	5.39	1.9	Sandy loam
29	S029	466450	1889531	0.6 -0.7 m	4.58	1.4	5.16	1.3	Sandy clay loam
30	S030	469530	1887650	0.7-0.8 m	5.10	14.2	5.46	3.7	Sandy clay loam
31	S031	469933	1884377	0.6 -0.7 m	4.53	5.0	4.43	7.2	Sandy loam
32	S032	467954	1885081	0.8-0.9 m	5.15	1.4	4.94	1.3	Sandy loam
33	S033	467309	1883797	0.7-0.8 m	4.55	2.0	4.89	2.1	Sandy loam
34	S034	468295	1880531	0.6 -0.7 m	5.32	2.5	5.33	2.1	Sandy clay loam

8 แบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาล (Mathematical Groundwater Model)

แบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาลเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินและคำนวณผลโดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจและวิเคราะห์ที่ได้จากสนาม หรือใช้เป็นเครื่องมือจำลองสภาพต่างๆที่เกิดขึ้นในธรรมชาติและคาดคะเนเหตุการณ์ต่างๆ ในปัจจุบันและอนาคต การจัดทำแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาลของการศึกษาการใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม: กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับข้อมูลที่เป็นสภาพจริงเพื่อประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำบาดาล และศึกษาระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ ตลอดจนอธิบายความสัมพันธ์ของน้ำบาดาลและน้ำผิวดิน รูปแบบและทิศทางการไหลระดับแรงดันน้ำบาดาลในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุการเกิดปัญหาน้ำบาดาลเค็มของพื้นที่ในการที่จะใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม และจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มที่ละลายมาจากชั้นเกลือหิน ซึ่งสัมพันธ์กับระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่โดยใช้แบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร (Solute Transport Model) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นของระบบการไหลน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาลตามรูปแบบของปัญหาที่พบในกรณีศึกษาต่างๆ แต่ด้วยข้อจำกัดของระยะเวลาในการเก็บข้อมูลและการจัดทำแบบจำลองรวมทั้งงบประมาณในการติดตามการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำบาดาลทางด้านเคมีซึ่งเป็นข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการปรับเทียบ (Calibration) ของการจัดทำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารซึ่งใช้ในการศึกษาการแทรกตัวของน้ำเค็มจากชั้นหินเกลือของหมวดหินมหาสารคามเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลจืดของตะกอนยุคควอเทอร์นารีและตะกอนของหมวดหินภูทอกไม่เพียงพอ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยจึงได้แต่เพียงจัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลซึ่งเป็นแบบจำลองการไหลในสภาวะคงที่ (Steady State) และแบบจำลองการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient State) เท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลและผลการศึกษาจากแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถที่จะใช้เป็นข้อมูลและพัฒนาเป็นแบบจำลองในการศึกษาแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารต่อไปในอนาคตได้

8.1 ทฤษฎีการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสาร

ขบวนการสำคัญที่เกิดขึ้นในขณะที่น้ำบาดาลไหลผ่านตัวกลางที่มีรูพรุน ได้แก่ การไหลของของเหลว (Fluid Flow) และการเคลื่อนที่ของมวลสารที่ละลายในน้ำ (Solute Transport) การพาของความร้อน (Heat Transport) และการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและปริมาตรของหิน (Deformation) (ตารางที่ 8.1-1) ขบวนการที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณหรือทำการจำลองโดยการใช้คณิตศาสตร์เชิงตัวเลขและตัวแปรต่างๆ

ตารางที่ 8.1-1 ขบวนการที่เกิดขึ้นกับการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาล (ดัดแปลงจาก Mercer and Faust, 1980)

ขบวนการที่เกิดขึ้น	ตัวแปรที่เกิดขึ้นกับการไหลของน้ำบาดาล	การประยุกต์
การไหลของของเหลว (Fluid Flow)	แรงดันของของเหลว ระดับของแรงดันน้ำ (Hydraulic Head) ศักยภาพของของเหลว (Fluid Potential) หรือระยะน้ำลด (Drawdown)	วัตถุตัวกลางที่มีรูพรุน มีรูพรุน 2 ชนิดในหิน
การพาความร้อน (Heat Transport)	อุณหภูมิ (Temperature) พลังงาน (Energy)	การพาความร้อน การนำความร้อน และการแผ่รังสี
การเคลื่อนที่ของมวลสาร (Solute Transport)	ความเข้มข้นของสารละลาย (Concentration)	การพา (Convection) การแพร่ (Dispersion) ปฏิกิริยาเคมี
การเปลี่ยนแปลงรูปร่างและปริมาตรของหิน (Deformation)	การเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Strain) และอัตราการเปลี่ยนแปลง (Strain Rate)	วัตถุตัวกลางที่มีความยืดหยุ่น การบิดงอ ความหนืด การแตกหัก

การไหลหรือการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลเป็นขบวนการที่ทำให้มวลสารเคลื่อนที่ได้เร็วกว่าขบวนการอื่นๆ ดังนั้นการศึกษาการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มจะต้องทำการวิเคราะห์ทิศทางและขนาดของการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณนั้นๆ ก่อนจึงทำการศึกษาการแพร่ (Diffusion) ของมวลสารในน้ำที่เกิดจากความแตกต่างความเข้มข้นของมวลสาร ซึ่งจะทำให้สารเกิดการเคลื่อนที่จากบริเวณที่น้ำมีความเข้มข้นสูงไปสู่บริเวณที่ความเข้มข้นต่ำกว่า การแพร่ของมวลสารจะเป็นกระบวนการที่สำคัญก็ต่อเมื่อความเร็วหรือการพัดพาของน้ำมีความเร็วที่ช้ามาก สภาพตามธรรมชาติที่ช่องว่าง (Porosity) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของหิน (Hydraulic Conductivity, K) ในชั้นหินอุ้มน้ำไม่เท่ากัน ณ จุดต่างๆ ดังนั้นจึงทำให้น้ำบาดาลไหลในหลายทิศทางและมีความเร็วที่แตกต่างกัน ความแปรเปลี่ยนในความไม่เป็นเนื้อเดียวกันและไม่เท่ากันในแต่ละทิศทางของดิน-หิน (Heterogenity และ Anisotropy) ทำให้เกิดการกระจาย (Dispersion) ของมวลสาร

8.2 สมการการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสาร

การจำลองการไหลน้ำบาดาลได้ใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขในการแก้ปัญหาโดยใช้สมการหลัก (Governing Equation) 2 สมการ คือ สมการสมดุล (Water Balance Equation) และกฎของดาร์ซี่ (Darcy's Law) เพื่อประยุกต์ให้ได้สมการการไหลทั่วไปของน้ำบาดาลผ่านตัวกลางที่มีคุณสมบัติเป็น Heterogeneous และ Anisotropic ภายใต้สภาวะไม่สมดุล คือ

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(Kx\frac{\partial h}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(Ky\frac{\partial h}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(Kz\frac{\partial h}{\partial z}\right)=Ss\frac{\partial h}{\partial t}-R \qquad (1)$$

เมื่อ *Kx, Ky, Kz* = ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ในแนว x, y และ z (LT^{-1})

h = ค่า Potentiometric Head (L)

Ss = ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (Specific Storage) (L^{-1})

t = เวลา

R = ปริมาตรน้ำเข้า / ออกระบบ ต่อหน่วยปริมาตรของชั้นหินให้น้ำต่อหน่วยเวลาที่จุดเติมน้ำ / สูบน้ำ (T^{-1}) (กรณีจำลองการไหลออก R = -W)

การคำนวณและการจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร (Mass Transport Equation) ในแหล่งน้ำบาดาล 3 มิติ ขึ้นอยู่กับการจำลองการไหลของน้ำบาดาล (Groundwater Flow Model) ร่วมกับลักษณะการแผ่กระจายของสารนั้นๆ ดังนั้นความเข้มข้นของสารที่เคลื่อนที่ในเวลาต่างๆ $(\partial C/\partial t)$ สามารถคำนวณได้จากสมการอนุพันธ์ย่อย (Partial Differential Equation) (Zheng, 1996) ดังนี้

$$\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial xi}\left(Dij\frac{\partial C}{\partial xj}\right)-\frac{\partial}{\partial xi}(ViC)+\frac{Qs}{n}Cs+\sum_{k=1}^{N}Rk \qquad (2)$$

เมื่อ ***C*** **= ความเข้มข้นของมวลสารที่ละลายในน้ำ (ML^{-3})**

t **= เวลา**

Xi **= ระยะทางที่มวลสารเคลื่อนที่ไปในแนว x, (L)**

Dij **= ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย (Hydrodynamic Dispersion Coefficient) (L^2T^{-1})**

Vi **= ความเร็วในช่องว่าง (Linear Pore Water Velocity) (LT^{-1})**

Qs = ปริมาณของน้ำที่ไหลเข้า (Sources, +) หรือไหลออก (Sinks, -) ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชั้นหินให้น้ำ

N = ความพรุนของวัตถุตัวกลาง (<1.0)

Cs = ความเข้มข้นของมวลสาร ณ จุดที่เข้าสู่แหล่งน้ำ (ML^{-3})

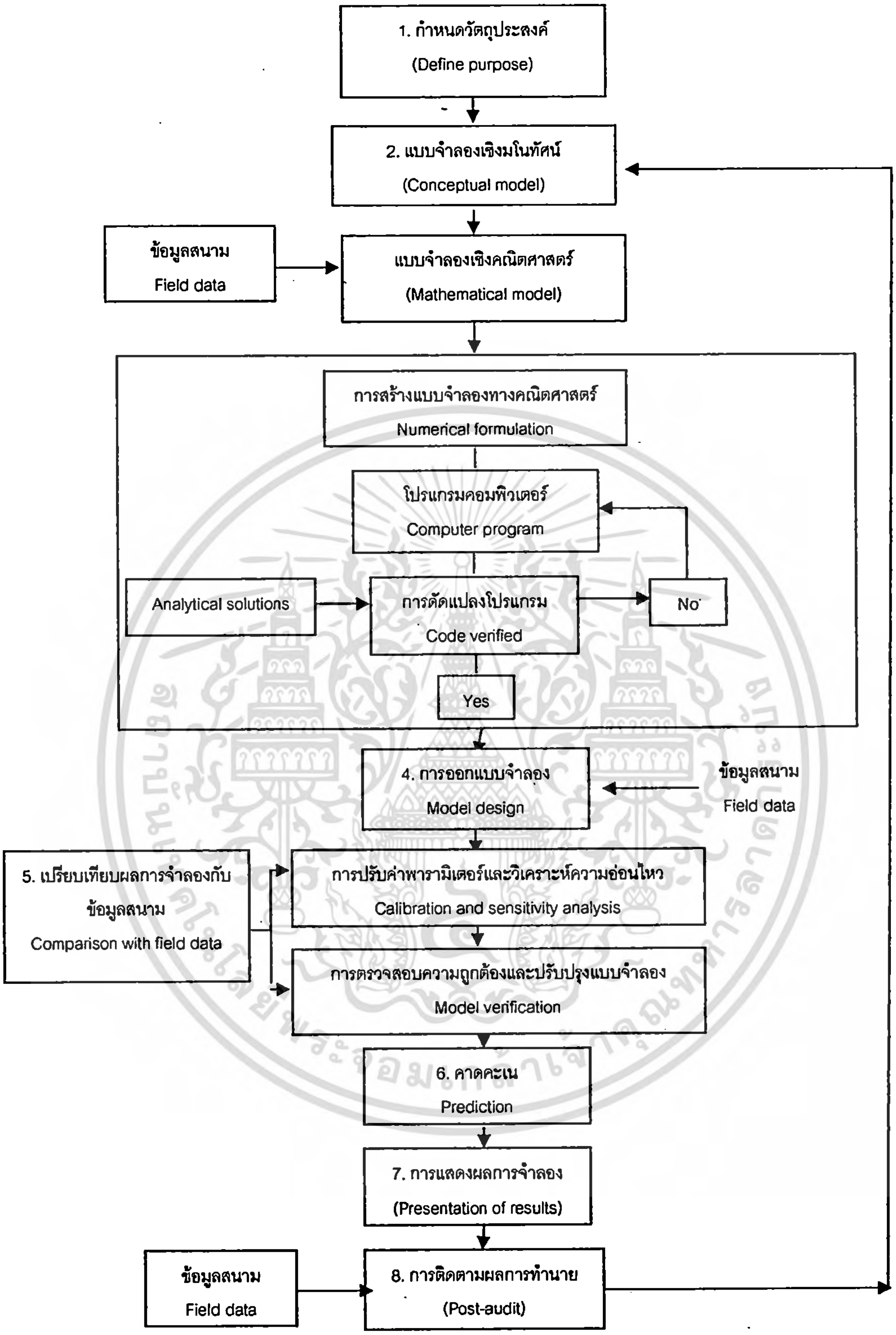
Rk = มวลที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีในขณะที่มีการเคลื่อนที่ ($ML^{-3}T^{-1}$)

8.3 การประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์

การประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อประเมินและวิเคราะห์ โดยการนำวิธีการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ในการคำนวณและวิเคราะห์ระบบน้ำบาดาล โดยใช้คอมพิวเตอร์และโปรแกรมในการคำนวณเพื่อให้ทราบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบน้ำบาดาลได้แก่ ระดับแรงดันของน้ำ ทิศทางการไหล การเคลื่อนที่ของน้ำ ประเมินสมดุลน้ำบาดาล และการเคลื่อนที่ของเกลือในชั้นหินอุ้มน้ำที่อาจแพร่กระจายไปสู่พื้นที่ต่างๆ รวมทั้งนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางด้านอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ ขั้นตอนในการจำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสารในน้ำบาดาลมีดังนี้ (รูปที่ 8.3-1)

1) กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบจำลอง (Define Purpose) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดทำแบบจำลองในการศึกษาเพื่อวางแผนงาน
2) การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) เป็นขั้นตอนที่ต้องรวบรวมข้อมูลทางธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา คุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยา สภาพการไหลของน้ำบาดาล ขอบเขตแหล่งน้ำบาดาลและข้อมูลเพิ่มเติมจากภาคสนามร่วมกับข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เพื่อเข้าใจสภาพพื้นที่ แล้วทำการย่อส่วน (Simplify) ปัญหาในสนามซึ่งมีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบเช่น แผนที่หรือรูปตัดขวางที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่จะสามารถทำการวิเคราะห์คำนวณได้
3) การเลือกโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Code Selection) เป็นขั้นตอนการเลือกโปรแกรมที่จะนำมาสร้างแบบจำลองน้ำบาดาลในการศึกษา ซึ่งจะต้องมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ศึกษาตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้และใช้กันอย่างแพร่หลายและน่าเชื่อถือ
4) การออกแบบจำลอง (Model Design) เป็นการจำลองจากสภาพกายภาพต่างๆ ดำเนินการโดยแบ่งพื้นที่ออกเป็นหน่วยเล็กๆ ออกแบบขนาดของพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมหรือ กริดเซล เลือกขั้นตอนของเวลา (Time Step) สภาพขอบเขตของพื้นที่ และค่าตัวแปรเบื้องต้นในการเริ่มจำลอง ได้แก่ คุณสมบัติด้านชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล และระดับน้ำบาดาล

5) การปรับเทียบแบบจำลองและวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Calibration and Sensitivity) มีเป้าหมายเพื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณของแบบจำลองกับข้อมูลสนาม เช่นระดับน้ำบาดาลควรมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลจริงในสนาม ณ สถานที่และเวลานั้นๆ เมื่อผลการคำนวณของแบบจำลองคลาดเคลื่อนกับข้อมูลที่วัดได้ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการปรับค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าแน่นอน
6) การคาดคะเน (Prediction) เป็นการนำผลที่ได้จากแบบจำลองที่ได้ทำการปรับเทียบแล้วมาจำลองในสถานการณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปร ในขณะที่มีการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลหรือมีการสูบมากขึ้น
7) การนำเสนอผลการจำลอง (Presentation of Result) การนำเสนอผลการจำลองเป็นการอธิบายหรือสื่อสารต่อผู้นำผลการจำลองไปใช้เพื่อให้เข้าใจถึงวิธีการและข้อจำกัดต่างๆ รวมทั้งผลที่จำลองมีความถูกต้องและผิดพลาดอย่างไร ซึ่งจะแสดงทั้งการนำมาซึ่งข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบ การปรับแก้ค่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร ผลการคำนวณในเชิงตัวเลข รูปภาพ คำอธิบายและข้อเสนอแนะ ซึ่งจะมุ่งเน้นที่ความชัดเจนและตรงประเด็นตามที่ได้กำหนดวัตถุประสงค์ไว้
8) การติดตามผลการทำนาย (Post-audit) เป็นการนำผลที่ได้จากแบบจำลองมาใช้ และติดตามผลที่แบบจำลองได้คาดคะเนไว้ว่าเป็นไปตามผลการคาดคะเนหรือไม่ มีตัวแปรใดหรือช่วงเวลาใดที่ใช้ในการคำนวณที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการคาดคะเน หรือ มีข้อมูลใดเพิ่มเติมและจะต้องมีการเพิ่มเติมข้อมูลและปรับค่าตัวแปรเหล่านั้นเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องยิ่งขึ้นและมีความเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ



รูปที่ 8.3 -1 **ขั้นตอนในการจำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนที่ของมวลสารในน้ำบาดาล (ดัดแปลงจาก Anderson and Woessner, 1992).**

8.4 ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง

การประมวลและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม ศึกษาและสำรวจเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้เข้าใจถึงระบบทางกายภาพและกระบวนการทางอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลนั้นๆ ข้อมูลที่ใช้ในการทำแบบจำลองน้ำบาดาลประกอบด้วยข้อมูล 2 กลุ่ม ใหญ่ๆได้แก่

1) ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeological Framework) ประกอบด้วยข้อมูลที่แสดงถึงลักษณะทางกายภาพและพารามิเตอร์ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้แก่
   1.1) ข้อมูลระดับพื้นดิน (Elevation) จากแผนที่ภูมิประเทศ 1:50,000 และจากแผนที่ภูมิประเทศจากการสำรวจเพิ่มเติมของกรมชลประทานมาตราส่วน 1:4,000
   1.2) ข้อมูลระดับความสูงด้านบนและระดับด้านล่างของชั้นหินอุ้มน้ำ (Elevation of Top and Bottom of Aquifer) หรือความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำ หาข้อมูลมาจากแผนที่ระดับความสูงพื้นดินนำมาพิจารณาร่วมกับข้อมูลจากรูปตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาและข้อมูลบ่อเจาะสำรวจน้ำบาดาล
   1.3) ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer Type) จะต้องจำแนกชนิดชั้นหินอุ้มน้ำว่าเป็นชั้นน้ำไร้แรงดัน (Unconfined Aquifer) หรือว่าชั้นน้ำมีแรงดัน (Confined Aquifer)
   1.4) ลักษณะ ขอบเขต การแผ่กระจายของชั้นหินอุ้มน้ำ ได้จากการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา ข้อมูลจากการสำรวจธรณีฟิสิกส์และข้อมูลจาการเจาะสำรวจบ่อบาดาลและบ่อสังเกตการณ์
   1.5) คุณสมบัติด้านชลศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาล (Hydraulic Properties of Aquifer) ได้แก่ 1) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, k) เป็นตัวแปรที่สำคัญในการทำแบบจำลอง วิเคราะห์และประเมินจากผลการสูบทดสอบ และลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของแต่ละชั้นหินอุ้มน้ำ 2) ค่าการกักเก็บจำเพาะ (Specific Storage, Ss) ค่านี้หาได้จากการนำค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Coefficient, S) ที่ได้จากการสูบทดสอบหารด้วยความหนาของชั้นหินให้น้ำ และ 3) ค่าความพรุน (Porosity) ทำการรวบรวมข้อมูลผลการสูบทดสอบบ่อบาดาลจากกรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำบาดาลและจากรายงานที่เกี่ยวข้อง

2) ข้อมูลอุทกวิทยา (Hydrological Stress Data) ประกอบด้วยข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ได้แก่
   2.1) ระดับน้ำบาดาลเริ่มต้น (Initial Head) เป็นค่าระดับน้ำที่ใช้เริ่มต้นในการคำนวณของทุกชั้นหินให้น้ำ จะใช้ค่าระดับน้ำบาดาลของชั้นน้ำนั้นๆที่วัดได้ในสนามจากบ่อ

สังเกตการณ์ ในพื้นที่ศึกษา (จากข้อมูลเดิม) โดยจะใช้ในแบบจำลองในสภาวะคงที่และ/หรือ แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

2.2) อัตราการเติมน้ำและช่วงเวลาการเติมน้ำ (Recharge Rate and Recharge Duration) การเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลเป็นการเติมน้ำจากปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่ผ่านชั้นดินลงสู่ชั้นน้ำบาดาล อัตราและช่วงเวลาการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลจะพิจารณาจากปริมาณฝนเฉลี่ย ช่วงเวลาฝนตก ข้อมูลคุณสมบัติดิน ข้อมูลการใช้ที่ดินและลักษณะทางธรณีสัณฐาน

2.3) การคายระเหยของพืช (Evapotranspiration, ETc) การสูญเสียน้ำบาดาลนอกจากการสูบน้ำขึ้นมาใช้แล้วยังมีการสูญเสียน้ำเนื่องมาจากการระเหยของน้ำจากชั้นน้ำบาดาลและการคายน้ำของพืช ขึ้นอยู่กับระดับน้ำบาดาลเป็นประการสำคัญ โดยอาศัยข้อมูลอัตราการคายระเหยอ้างอิง (Potential Evapotranspiration, ETp) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ปริมาณฝน และแผนที่การใช้ที่ดิน และทำการแบ่งพื้นที่การคายระเหยตามแผนที่การใช้ที่ดิน ได้แก่ บริเวณพื้นที่นาข้าว พื้นที่พืชไร่และพื้นที่ป่าไม้เป็นต้น

2.4) แม่น้ำ (River) คณะผู้วิจัยจะรวบรวมข้อมูลแม่น้ำสายหลักและทางน้ำในพื้นที่ศึกษาจากกรมชลประทาน ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง ได้แก่ ตำแหน่งสถานีวัดน้ำ ระดับท้องน้ำ ความกว้างแม่น้ำ ระดับน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านในแนวดิ่ง (Vertical Hydraulic Conductivity, Kz) ของชั้นตะกอนท้องน้ำ และความหนาของชั้นตะกอนท้องน้ำ

2.5) อัตราการใช้น้ำบาดาล (Pumping Rate) ข้อมูลการใช้น้ำบาดาลได้จากข้อมูลบ่อบาดาลจากหน่วยงานราชการและหน่วยงานท้องถิ่นต่างๆ ข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลองจะรวมถึง ตำแหน่งบ่อบาดาล ระดับและช่วงความลึกของท่อกรอง ปริมาณน้ำที่สูบและช่วงวันเวลาที่สูบน้ำขึ้นมาใช้

สำหรับการทำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารที่ยังไม่ได้จัดทำนั้นจะต้องใช้ข้อมูลค่าความเข้มสารละลายเริ่มต้น (Initial Concentration) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของชั้นน้ำ (Dispersivity, α) โดยใช้ค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้และ/หรือค่าความเค็มที่วัดได้ในภาคสนามจากบ่อสังเกตการณ์ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

8.5 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual model)

ขั้นตอนการออกแบบและสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำแบบจำลองคณิตศาสตร์ ต้องมีความเข้าใจในลักษณะและระบบทางกายภาพตลอดจนกระบวนการทาง

อุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลของพื้นที่ แบบจำลองเชิงมโนทัศน์เป็นการรวบรวมข้อมูลธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา อุทกวิทยาและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการไหลน้ำและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้ทำการรวบรวม ศึกษาและสำรวจมาแล้วทั้งหมด มาสร้างและสรุปแนวความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลและอธิบายเพื่อแสดงถึงความสัมพันธ์ของกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นกับแหล่งน้ำบาดาล

ลักษณะและความสัมพันธ์ต่างๆของแหล่งน้ำบาดาลที่ต้องแสดงหรืออธิบายในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ได้แก่ สภาพขอบเขตของแบบจำลอง (Boundaries Conditions) สภาพอุทกธรณีวิทยา (Hydrogeological Framework) สภาพอุทกวิทยา (Hydrological Framework and Stress) และปัจจัยที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ที่ส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำบาดาล (Human-induced Factors) ดังรายละเอียดในตารางที่ 8.5-1 แบบจำลองเชิงมโนทัศน์จะใช้ในการกำหนดขนาดและขอบเขตของแบบจำลอง ใช้ในการออกแบบกริด และจัดระบบข้อมูลที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในรูปที่พร้อมวิเคราะห์ได้

แผนภาพแสดงแบบจำลองเชิงมโนทัศน์แสดงในรูปที่ 8.5-1รายละเอียดระบบอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยชั้นหินอุ้มน้ำชนิดหินแข็งที่มีแรงดันและชั้นหินให้น้ำไร้แรงดัน มีความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านได้แตกต่างกัน น้ำบาดาลถูกกักเก็บในช่องว่างระหว่างอนุภาคของชั้นตะกอนกรวด ทราย ยุคควอเทอร์นารี ที่ระดับความลึก 0-40 เมตรจากผิวดิน และบางส่วนถูกกักเก็บอยู่ในรอยแตก รอยแยกและตามแนวรอยสัมผัสระหว่างหินดินดานและหินทราย (Shale / Sandstone Interface) ของหมวดหินภูทอก ที่ระดับลึก 10-40 เมตร โดยมีความหนาของชั้นน้ำตั้งแต่ 1-40 เมตร รองรับด้วยหินโคลน (Mudstone) และชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามรองรับอยู่ด้านล่าง หมวดหินมหาสารคามมักจะมีชั้นแอนไฮไดรต์ (Anhydrite) แทรกอยู่เป็นช่วงๆ ดังนั้นในทางอุทกธรณีวิทยาหินโคลนชุดนี้จึงทำหน้าที่เสมือนหนึ่งเป็นตัวปิดกั้นมิให้น้ำเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม ที่วางตัวอยู่เบื้องล่างไหลตามแรงกดทับ ขึ้นมาปะปนกับชั้นหินให้น้ำจืดตอนบน ชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นชั้นหินทรายและหินทรายแป้งรองรับอยู่ล่างสุดในบริเวณพื้นที่ศึกษา

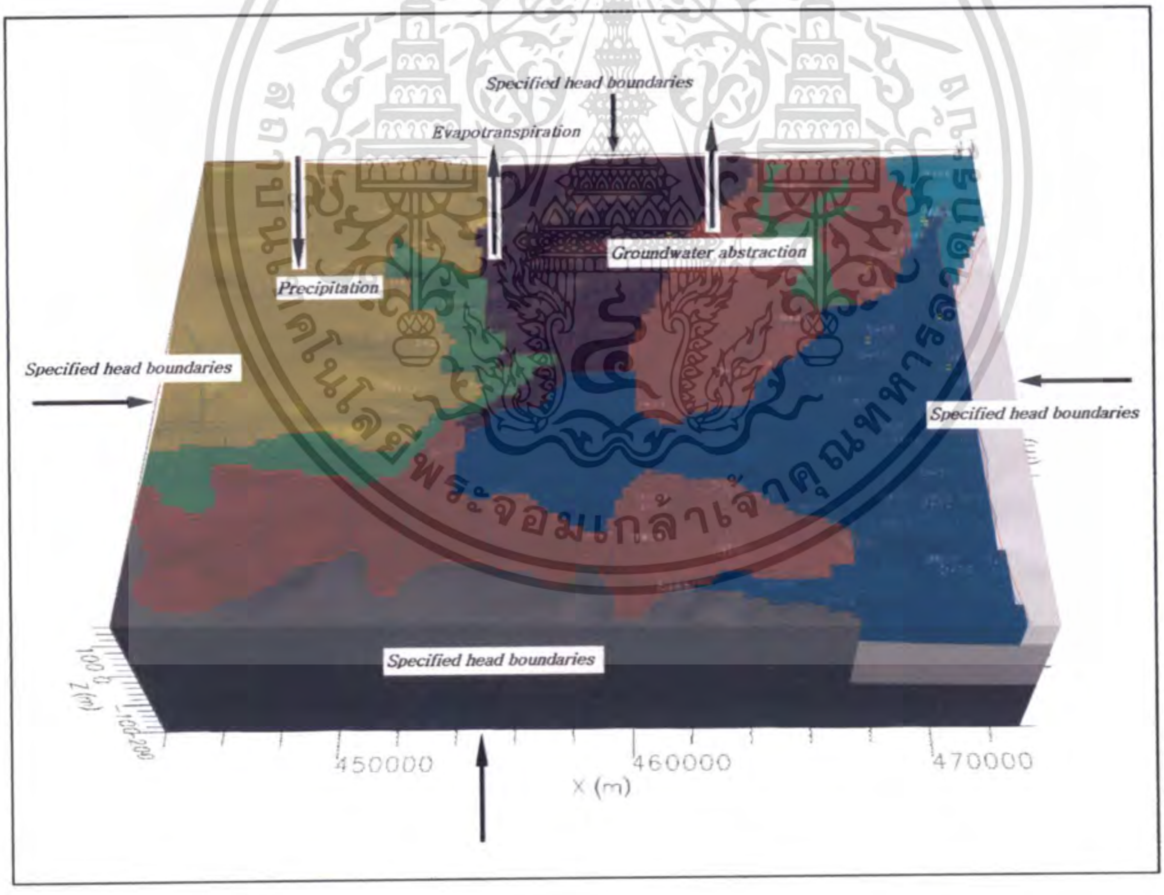
ตารางที่ 8.5-1 ลักษณะและความสัมพันธ์ต่างๆ ที่ต้องแสดงหรืออธิบายในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Middlemis, 2000)

Feature	Description	Comment
Boundaries	Location and type of boundaries for the area to be modelled	Boundary types include specified flow, specified head, and no flow.
Geologic framework	Geologicl units, and corresponding hydrostratigraphic units and model layers, and associated aquifer parameters and base model and aquifer characteristics.	Hydrostratigraphic units comprise geologic units with similar aquifer properties. Several geologic formations may be combined into one hydrostratigraphic unit, or model layer, or a geologic formation may be subdivided into aquifer and confining units, or several layers.
Hydrologic framework and stress	Recharge and discharge processes and dominant aquifer flow mechanisms.	Definition of aquifer media type, such as porous medium and fractured rock, and surface-groundwater interaction processes.
Human-induced factors	Human activity influences on the system.	Pumping, irrigation, drainage, land clearing, aquifer storage and recovery, waste discharge, and mining.

ในพื้นที่พบว่าระดับน้ำบาดาลมีค่าโดยเฉลี่ยระหว่าง 1.20 เมตร 7.70 เมตรจากผิวดิน น้ำบาดาลจะไหลในแนวราบในบริเวณที่มีความสามารถในการยอมให้น้ำซึมผ่านได้ดี โดยมีทิศทางการไหลจากทางด้านทิศใต้ของแบบจำลองไปทางทิศเหนือ ทิศตะวันออก และไหลเข้าสู่ตอนกลางของพื้นที่โครงการฯ และจะมีการไหลในแนวดิ่งในบริเวณที่มีความสามารถในการซึมผ่านต่ำได้แก่บริเวณที่เป็นหินกั้นน้ำ (Aquiclude) และหินกึ่งกั้นน้ำ (Semi - aquiclude) คุณภาพน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงจากน้ำจืดจนถึงน้ำเค็มบริเวณด้านล่างที่ติดกับชั้นเกลือหินและบริเวณด้านทิศตะวันตกเป็นบริเวณที่มีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้ (Total Dissolve Solid) สูงและเป็นบริเวณที่พบน้ำเค็มในระดับตื้น

สภาพขอบเขตของแบบจำลอง (Boundaries Conditions) เป็นการกำหนดเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องตรงกับสภาพขอบเขตของแบบจำลองที่แท้จริง ซึ่งขอบเขตของแบบจำลองจะ

ได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอกแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ จากลักษณะอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาและแผนที่แสดงการไหลของน้ำบาดาลพบว่าบริเวณด้านทิศใต้ ทิศเหนือและทิศตะวันตกของแบบจำลองมีการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาลจากพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียงจึงกำหนดสภาพขอบเขตเป็นแบบทราบระดับน้ำ (Specified Head Boundaries) โดยใช้ระดับน้ำบาดาลเป็นขอบเขตในการคำนวณซึ่งจะมีค่าระดับน้ำแตกต่างกันในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ด้านทิศตะวันออกของแบบจำลองเป็นแม่น้ำโขงซึ่งกำหนดระดับน้ำของแม่น้ำโขงเป็นขอบเขตในการคำนวณจึงกำหนดสภาพขอบเขตเป็นแบบทราบระดับน้ำ ส่วนบริเวณด้านบนของแบบจำลองเป็นขอบเขตที่มีการเพิ่มเติมของน้ำ (Recharge Boundaries) ส่วนบริเวณด้านล่างของแบบจำลองที่เป็นชั้นหินของชุดหินโคราชซึ่งประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งรองรับอยู่กำหนดให้เป็นสภาพขอบเขตเป็นแบบขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่าน (No Flow Boundaries) เนื่องจากชั้นหินมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านค่อนข้างต่ำจึงถือว่าน้ำไม่สามารถไหลผ่านได้



รูปที่ 8.5-1 แผนภาพแสดงแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลธรณีวิทยาจากแผนที่ธรณีวิทยาและข้อมูลหลุมเจาะนำมาประมวลและวิเคราะห์เข้ากับคุณสมบัติทางด้านอุทกธรณีวิทยาเพื่อที่จะกำหนดหรือแบ่ง Hydrostratigraphic Unit สำหรับแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ซึ่งพิจารณาจากลักษณะทางด้านอุทกธรณีวิทยาเป็นสำคัญ ซึ่งบาง Unit อาจมีลักษณะทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกันกันบ้างแต่มีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาที่ใกล้เคียงกันจึงรวมเข้าเป็น Hydrostratigraphic Unit เดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามในการแบ่ง Hydrostratigraphic Unit ของพื้นที่ซึ่งมีความหนาของชั้นหินตะกอนและชั้นหินแข็งรวมกันมากกว่า 350 เมตร จะใช้ข้อมูลลักษณะของชั้นดิน-หินจากหลุมเจาะบ่อน้ำบาดาลและบ่อสังเกตุการณ์ และข้อมูลการสูบทดสอบของบ่อบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งหมดและข้อมูลที่ได้จากการแปลความหมายการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีคลื่นไหวสะท้อน (Seismic Reflection) เป็นข้อมูลในการแบ่ง Hydrostratigraphic Unit ของพื้นที่ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 Unit จากบนลงล่างได้ดังนี้ 1) ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี และชั้นหินอุ้มน้ำหมวดหินภูทอกซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 หน่วยย่อย (6 Subunits) 2) ชั้นหินอุ้มน้ำหมวดหินมหาสารคาม และ 3) ชั้นหินอุ้มน้ำชุดหินโคราช (ตารางที่ 8.5-2 แสดงการเรียงลำดับชั้นหินและแบ่ง Hydrostratigraphic units ของพื้นที่ศึกษา)

ตารางที่ 8.5-2 แสดงการเรียงลำดับชั้นหินและแบ่ง Hydrostratigraphic units ของพื้นที่ศึกษา

Period	Geologic unit	Sub unit	Hydrostratigraphic unit	Thickness (m)	Lithology
Quaternary	Qa	Qff	Qff	40	ตะกอนน้ำท่วม (Flood plain deposits)
		Qfv	Qfv		ตะกอนน้ำพาหุบเขา (Valley plain deposits)
		Qtl	Qtl		ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นต่ำ (Lower terrace deposits)
		Qtm	Qtm		ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นกลาง (Middle terrace deposits)
		Qth	Qth		ตะกอนตะพักลำน้ำขั้นสูง (High terrace deposits)
Tertiary	Pt	Pt	Pt	40	หมวดหินภูทอก (Phu Tok formation) ชั้นหินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลางแทรกสลับด้วยชั้นหินทรายแข็ง
Cretaceous	Ktms	Ktms	Ktms		หมวดหินมหาสารคาม (Mahasakham formation) หน่วยหินเกลือแทรกสลับด้วยหินโคลนและหินดินเหนียว
Cretaceous	Kk	Kk	Kk		ชุดหินโคราช : หมวดหินโคกกรวด (Khok Krout formation) ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินกรวดมน

การประเมินปริมาณและช่วงระยะเวลาการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลผู้วิจัยได้ประเมินจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนและช่วงระยะเวลาที่ฝนตกร่วมกับข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาล นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงชนิดของดินซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่นำใช้ในการประเมินการเพิ่มเติมของน้ำ โดยพิจารณาจากชนิดและค่าการซึมน้ำของดิน รวมทั้งบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง น้ำจะสามารถซึมลงไปในดินได้น้อยกว่าพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำหรือที่ราบ ซึ่งพบว่าช่วงระยะเวลาการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนและจากการประเมินเบื้องต้นพบว่าในบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณการเพิ่มเติมของน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลอยู่ในช่วงประมาณ 4-10 เปอร์เซนต์ของปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี

ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาเป็นการประเมินจากการสำรวจภาคสนามและพิจารณาจากจำนวนบ่อบาดาลและจำนวนของบ่อน้ำตื้น (บ่อขุด) พบว่ามีการใช้น้ำบาดาลในพื้นที่ประมาณ 380,000 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดสมมติฐานของระบบอุทกธรณีวิทยาที่มีผลต่อการจำลองคณิตศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ชั้นหินอุ้มน้ำในพื้นที่ศึกษาพบน้ำบาดาลกักเก็บในช่องว่างระหว่างอนุภาค ของชั้นกรวด ทราย และรอยแตก รอยแยกและตามแนวรอยสัมผัสระหว่างชั้นหินเกลือและชั้นหินแข็งจำพวกหินโคลนและหินทรายซึ่งมีการกระจายตัวของรอยแตกที่ไม่แน่นอนจึงถือว่าชั้นหินให้น้ำดังกล่าวเป็นเสมือนตัวกลางที่มีรูพรุน (Equivalent Porous Media)
2) ชั้นหินอุ้มน้ำแต่ละชั้นมีลักษณะเป็น Heterogeneous และ Anisotropy
3) สภาวะการเริ่มต้น (Initial Condition) เป็น Hydrostatic
4)ความหนาแน่นของน้ำบาดาลคงที่ไม่มีผลของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น (Variable Density)เข้ามาเกี่ยวข้อง

8.6 โปรแกรมที่ใช้ศึกษา

แหล่งน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษากักเก็บในช่องว่างของกรวด ทรายและรอยแตกของหินแข็งได้แก่ หินทราย หินทรายแป้งและหินโคลน ดังนั้นการพิจารณาโปรแกรมที่เหมาะสมที่จะใช้สำหรับแบบจำลองการไหลและแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารในตัวกลางที่เป็นชั้นตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวและหินแข็งที่มีรอยแตก (Fracture Media) จะต้องทราบข้อมูลรายละเอียดคุณสมบัติของชั้นตะกอน และชั้นหินให้น้ำที่ควบคุมการไหลได้แก่ ระบบรอยแตกของหิน (Fracture Rock System) ที่ประกอบด้วย

เนื้อหิน (Solid Rock) ที่มีรูพรุนปฐมภูมิ (Primary Porosity) ล้อมรอบและถูกตัดผ่านด้วยรอยแตก แนวแตก และรอยแยกที่ทำให้เกิดรูพรุนทุติยภูมิ (Secondary Porosity) ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลของน้ำและการเคลื่อนที่ของมวลสาร โดยปัจจัยที่มีผลต่อการไหลผ่านรอยแตกของหินได้แก่ ความหนาแน่นของรอยแตก (Fracture Density; Number of Fractures Per Unit Volume of Rock) ตำแหน่ง ทิศทาง ขนาดรอยแตก ความต่อเนื่องของรอยแตก ชนิดและจำนวนของวัสดุที่อยู่ในรอยแตกและลักษณะของเนื้อหิน (Rock Matrix) ดังนั้นเทคนิคหรือวิธีการที่ใช้ในเลือกโปรแกรมและชนิดของแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่ออธิบายการไหลและการเคลื่อนที่ของมวลสารของระบบน้ำบาดาล ของพื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้

1) โปรแกรมแบบจำลองที่พัฒนาสำหรับใช้ในตัวกลางที่ยังไม่แข็งตัวและมีรูพรุน (Unconsolidated Porous Media) สามารถนำมาใช้ได้กับหินแข็งที่มีรอยแตกโดยแบบจำลองของ Fracture Rock System จะเทียบได้กับ Porous Media (Equivalent Porous Media, EPM) เมื่อรอยแตกมีขนาดค่อนข้างคงที่ มีทิศทางของรอยแตกไม่แน่นอนกระจัดกระจายและขนาดของรอยแตกมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับขนาดของแหล่งน้ำบาดาล กรณีนี้แบบจำลองค่อนข้างจะละเอียดในการทำนาย คาดการณ์ระบบการไหลได้ดี (Lloyd, 1985)
2) กรณีที่ใช้โปรแกรมสำหรับ Fracture Rock Model จะต้องทราบข้อมูลรายละเอียดของรอยแตกที่แน่นอนและชัดเจน (Discrete Fractures) ได้แก่ ทิศทาง ขนาด (ความกว้างและความยาว) ความลึก ความต่อเนื่อง ความหนาแน่นและค่าทางด้านชลศาสตร์ของรอยแตก
3) แบบจำลองหินแข็งที่มีรอยแตก (Fracture Media) ที่ใช้ใน Fracture System จะต้องทราบขนาดและรูปทรงของ Matrix Blocks ซึ่งทำให้เข้าใจการเคลื่อนที่ของมวลสารในขั้นตอนการทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์

แต่เนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษาชั้นหินอุ้มน้ำมีความซับซ้อน น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ทั้งในช่องว่างของชั้นกรวด ทราย และรอยแตกของชั้นหินโคลนและหินทราย (Fracture Rock) เนื้อละเอียดเป็นชั้นหนาและในรอยแตกที่เกิดตามแนวรอยสัมผัส (Bedding Plane) และการวางตัวของรอยแตกไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดรวมถึงคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของรอยแตกก็ยังมีความไม่แน่นอนชั้นหินให้น้ำหนึ่งๆมีค่าหลายค่า (หลายช่วง) ดังนั้นแบบจำลองของ Fracture Rock System ของพื้นที่ศึกษาสามารถจะเทียบเคียงได้กับแบบจำลองที่เป็น Porous Media (Equivalent Porous Media, EPM) ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้โปรแกรม Visual MODFLOW Premium ในการศึกษาแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาล

Visual MODFLOW Version Premium เป็นโปรแกรมรุ่นล่าสุดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยในการจัดเตรียมข้อมูลก่อนการคำนวณและแสดงผลหลังจากการคำนวณของบริษัท Waterloo Hydrogeologic Inc. ประเทศแคนาดา ซึ่งสามารถใช้งานในแต่ละขั้นตอนของการจำลองการไหลของน้ำบาดาลได้อย่างครบถ้วน ตั้งแต่การกำหนดลักษณะพื้นที่ การแบ่งพื้นที่ การปรับปรุงแบบจำลอง การแสดงผลการคำนวณ การปรับเทียบแบบจำลอง การแสดงภาพในมุมมองต่างๆ Visual MODFLOW Version Premium ประกอบไปด้วยโปรแกรมในการทำงาน ได้แก่ MODFLOW, MODPATH, Zone Budget, MT3DMS, RT3D, Stream Routing, MGO, VMOD 3D-Explorer, SEAWAT, GMG, และ SAMG&MT3D99 นอกจากนี้ยังรับและส่งออกข้อมูล GIS ได้

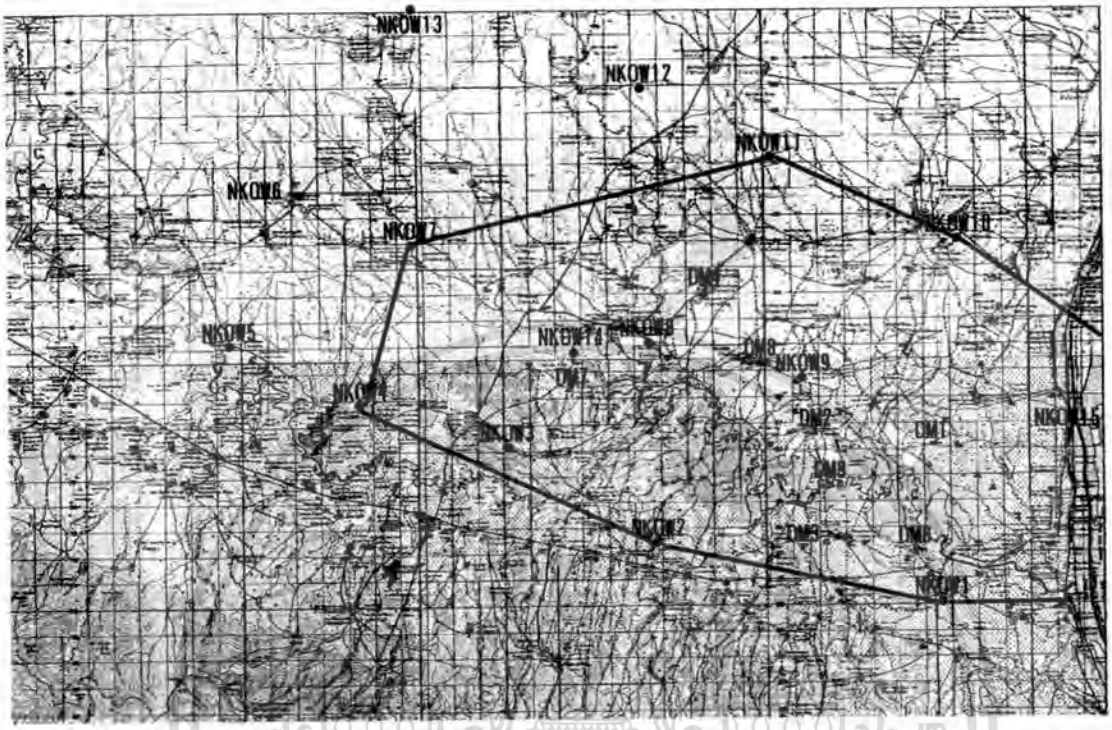
MODFLOW (Modular Three-dimension Finite Difference Groundwater Flow Model) พัฒนาโดย U.S. Geological Survey เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาล และนิยมใช้ในการคำนวณการไหลของน้ำบาดาลในระบบ 3 มิติ เนื่องจากประยุกต์เข้ากับปัญหาได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน เป็นการคำนวณแบบ Finite Difference โดยแบ่งกริดแบบ Block-centered ซึ่งเป็นที่แพร่หลายและเป็นที่ยอมรับในผลการจำลองมากที่สุดในปัจจุบัน

ส่วนโปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าการเคลื่อนที่ของมวลสารในน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ MT3DMS (A Modular 3-Dimensional Multi-Species Transport Model) เป็นโปรแกรมที่นำมาใช้ประยุกต์ร่วมกับโปรแกรม MODFLOW

8.7 การออกแบบแบบจำลอง

การออกแบบแบบจำลองเป็นขั้นตอนการแปลงและถ่ายทอดข้อมูลจากแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ไปสู่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อใช้ในการจำลองสภาพการไหลและระดับของน้ำบาดาล โดยการแบ่งพื้นที่ที่ต้องการจำลองออกเป็นหน่วยเล็กๆ ขึ้นอยู่กับวิธีการประมาณค่าเชิงตัวเลข ขนาดของขั้นเวลาการคำนวณ (Time Step) สภาพขอบเขตของแบบจำลอง (Boundaries Conditions) และค่าตัวแปรเบื้องต้นในการเริ่มจำลองหรือคำนวณการกระจายค่าแรงดันของน้ำ (Hydraulic Heads) โดยการออกแบบในการศึกษาครั้งนี้ได้ออกแบบให้แบบจำลองเป็นรูป 3 มิติ เพื่อที่จะจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาทั้งในสภาวะคงที่ (Steady State) และสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา (Transient State) พื้นที่แบบจำลองเป็นแบบพื้นที่ขนาดใหญ่ (Regional Model) (ขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.7-1) ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 330 ตารางกิโลเมตร มีความยาวมากที่สุด 26 กิโลเมตร เริ่มจากพิกัด UTM 447000 E ถึง 473000 E มีความกว้างมากที่สุด 17 กิโลเมตร จากพิกัด 1870000 N ถึง 1888000 N ระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 100 เมตร ถึง 150 เมตร (จากระดับน้ำทะเลปานกลาง) โดยมี

การกำหนดขนาดของกริด จำนวนชั้น สภาพขอบเขตของแบบจำลอง และขนาดขั้นเวลาในการคำนวณ ดังรายละเอียดต่อไปนี้



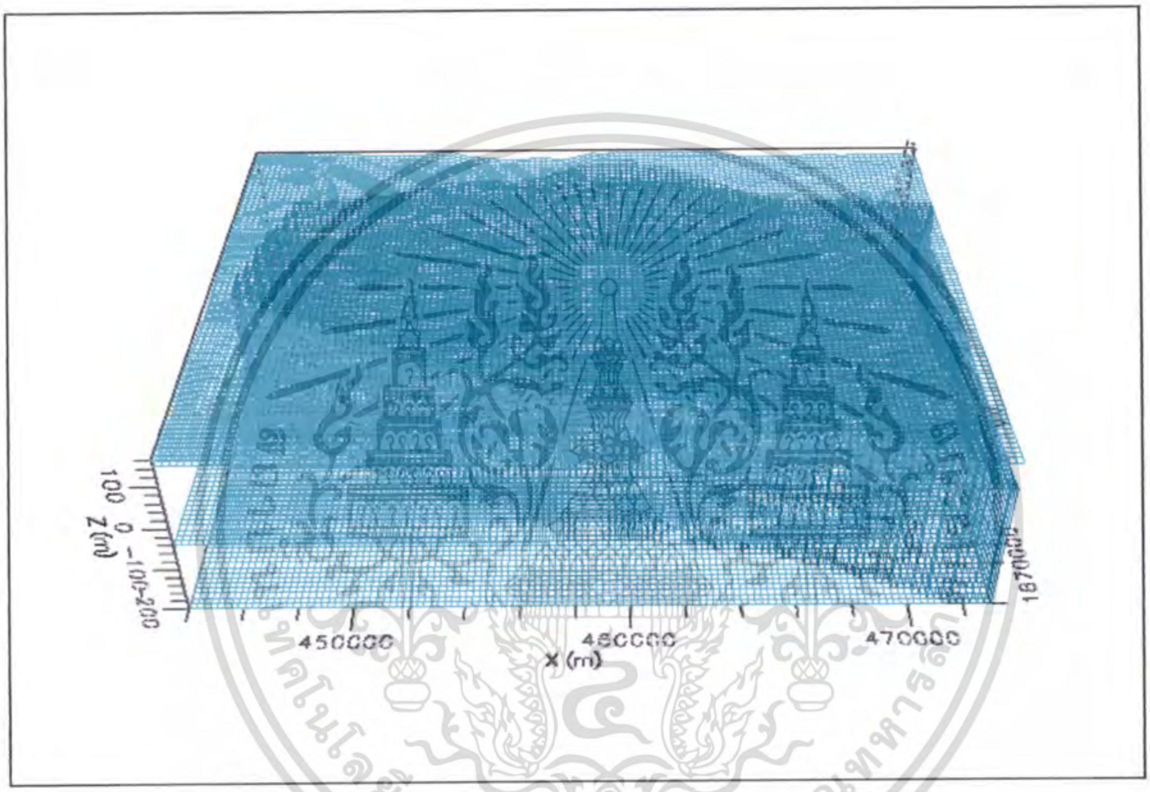
รูปที่ 8.7-1 ขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลอง

1) ขนาดของกริดและจำนวนชั้น (Model Grids and Layers)

ขนาดของกริดเป็นการแบ่งพื้นที่ของแบบจำลองเพื่อใช้ในการคำนวณ ขนาดของกริดจะต้องแบ่งให้เหมาะสมกับกับรายละเอียดตามวัตถุประสงค์ การศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ขนาดของกริดเท่ากับ 250 เมตรหรือน้อยกว่าเพราะผลการคำนวณจะเชื่อถือได้ในระดับวางแผนและเพื่อให้ได้ผลการจำลองที่มีรายละเอียดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการแสดงผลการศึกษาและคาดคะเนผลการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ศึกษาได้และกำหนดให้ความกว้างของกริดที่ติดต่อกันมีความแตกต่างกันไม่เกิน 1.5 เท่า ของกริดข้างเคียง เพื่อมิให้เกิดผลการคำนวณที่ผิดพลาดมาก (รูปที่ 8.7-2 ภาพแสดงขนาดของกริดและจำนวนชั้นของแบบจำลอง)

จำนวนชั้นของแบบจำลอง (Model Layer) ขึ้นอยู่กับการเรียงลำดับและการแบ่งชั้นหินอุ้มน้ำ ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ซึ่งจำแนกโดยการจัดกลุ่ม

ชั้นน้ำที่มีความลึกใกล้เคียงกัน มีความต่อเนื่องกันและมีคุณสมบัติทางอุทกธรณีวิทยาเหมือนกันเข้าด้วยกัน ในการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งจำนวนชั้นในแบบจำลองตามการแบ่ง Hydrostratigraphic Unit ได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีและชั้นหินให้น้ำหมวดหินภูทอก 2) ชั้นหินหมวดหินมหาสารคามและ 3) ชั้นหินให้น้ำชุดหินโคราช (หมวดหินโคกกรวด)



รูปที่ 8.7-2 ขนาดของกริดและจำนวนชั้นของแบบจำลอง

2) ค่าคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

คุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์จะเป็นตัวควบคุมปริมาณและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแบบจำลอง ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวราบ (Hydraulic Conductivity; Kh) ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage Parameter: Ss และ Sy) และค่าความพรุนของชั้นหิน (Porosity) ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบ และที่กล่าวไว้ในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่ได้กำหนดให้ชั้นหินให้น้ำเป็น Anisotropy โดยมีอัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่งต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวราบ (Kv/Kh) เท่ากับ 1:4 ถึง 1:10 ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storage

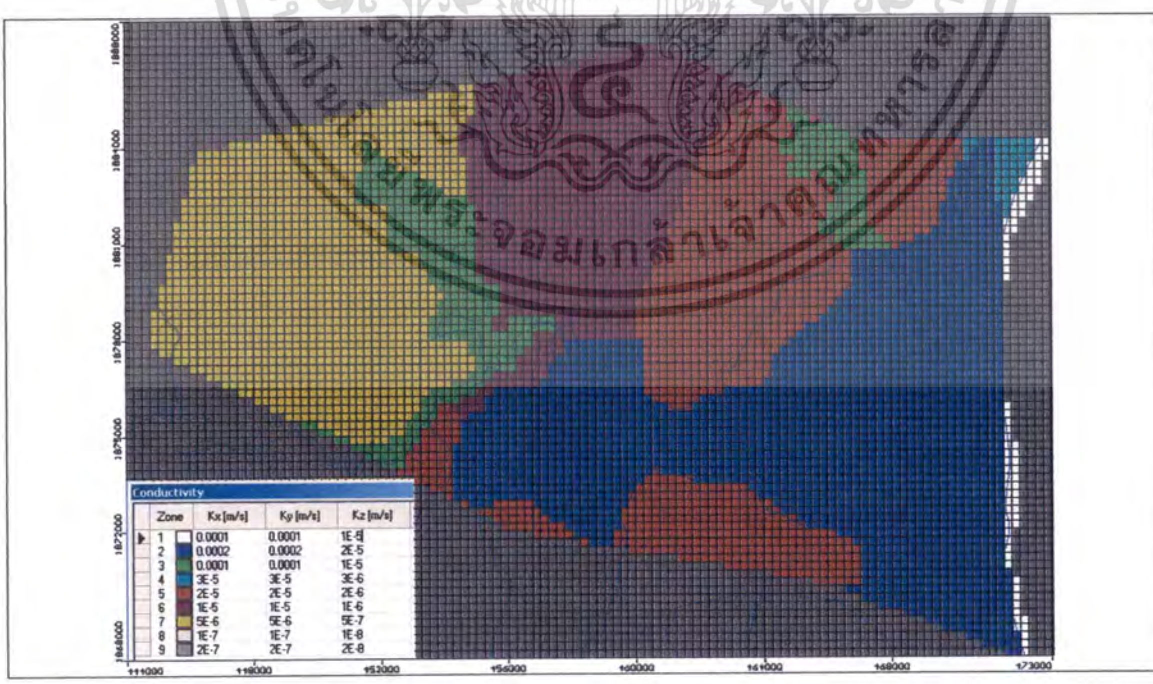
Parameter: Ss และ Sy) ของแต่ละหน่วยหินให้น้ำ ค่า Specific Storage, Ss ที่เป็นพารามิเตอร์ที่กำหนดในแบบจำลองจะเท่ากับ

$$S = b \times Ss \qquad \text{(dimensionless)}$$

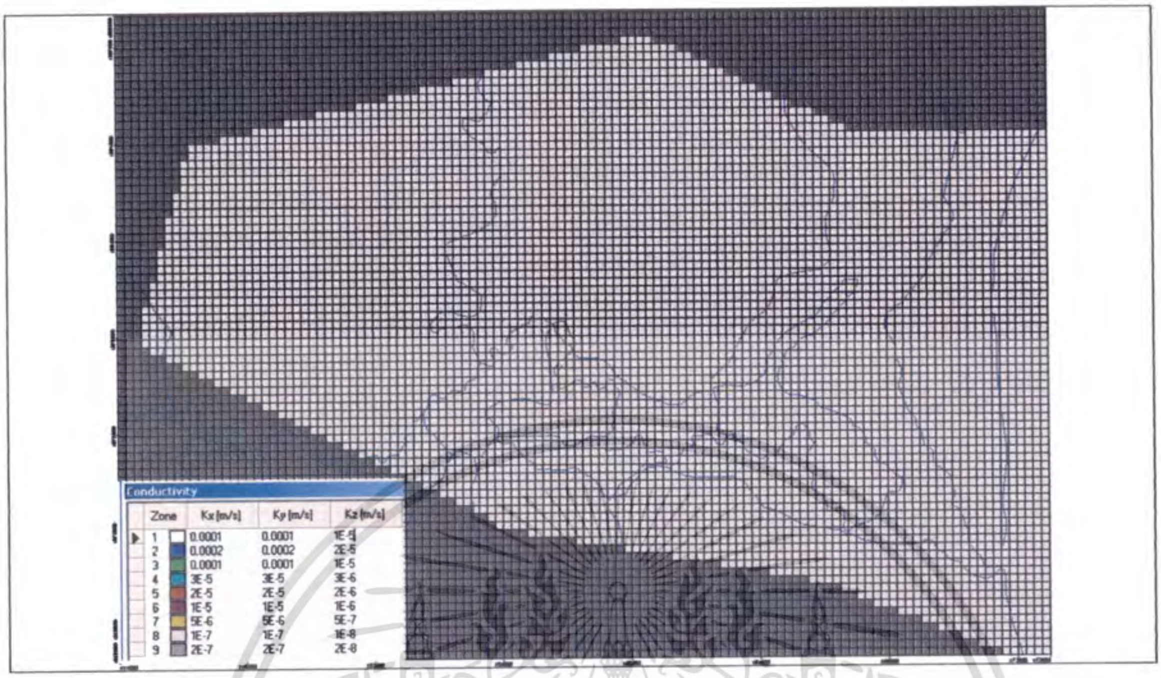
ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บของชั้นหินอุ้มน้ำในแบบจำลองได้แบ่งออกเป็น 8 พื้นที่ (แสดงในรูปที่ 11.7-3 11.7-4 และ 11.7-5 ตามลำดับ)

3) การประเมินอัตราการเพิ่มเติมน้ำเริ่มต้นสำหรับแบบจำลอง

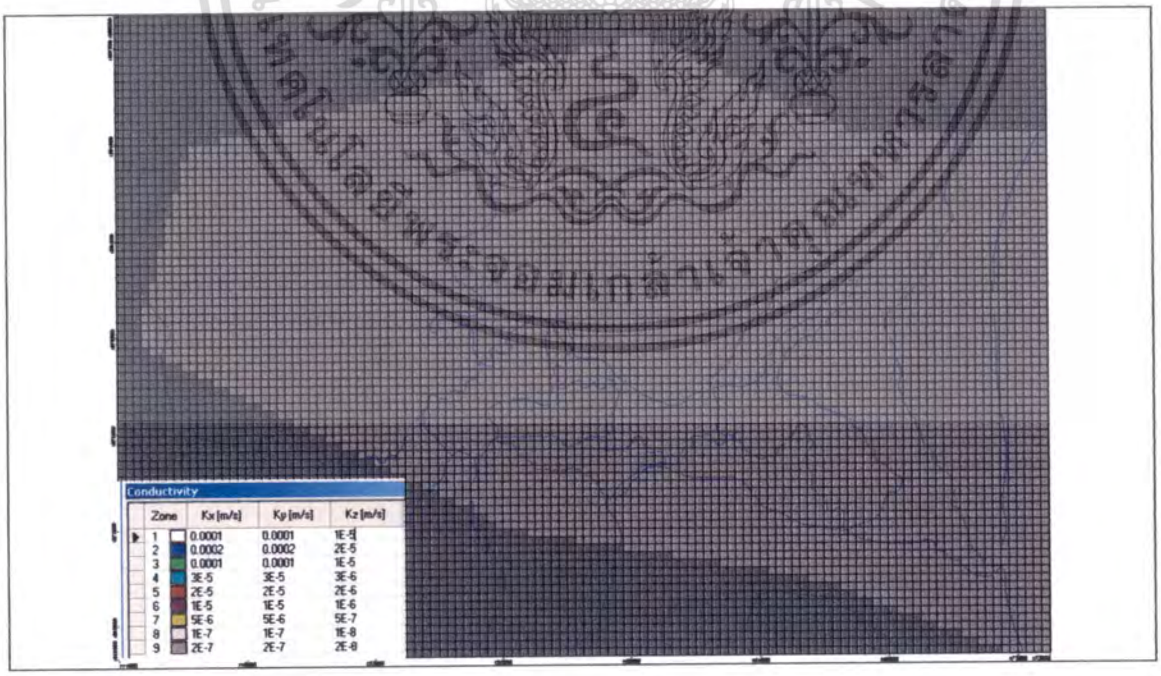
การประเมินอัตราการเพิ่มเติมน้ำเริ่มต้นสำหรับแบบจำลองคณะผู้วิจัยได้ประเมินโดยอาศัยลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา ความลาดชัน ชนิดดินและค่าสัมประสิทธ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน อัตราการเพิ่มเติมน้ำเบื้องต้นของแบบจำลองแสดงในตารางที่ 8.7-1 รูปภาพแสดงบริเวณการกระจายตัวของการเพิ่มเติมน้ำของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.7-6 แต่อย่างไรก็ตามจะต้องมีการปรับแก้ค่าอัตราการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในขั้นตอนการปรับเทียบแบบจำลอง (Calibration) อีกครั้ง



รูปที่ 8.7-3 รูปภาพแสดงการการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีและชั้นหินอุ้มน้ำหมวดหินภูทอก



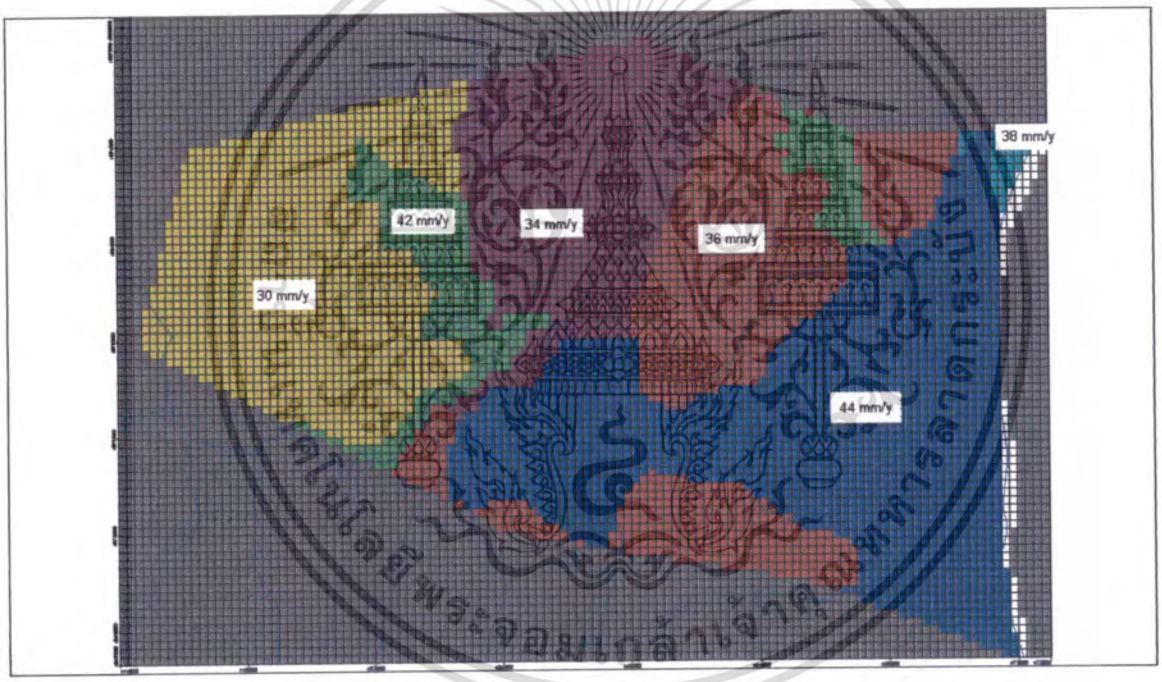
รูปที่ 8.7-4 รูปภาพแสดงการการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำหมวดหินมหาสารคาม



รูปที่ 8.7-5 รูปภาพแสดงการการกระจายของค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านและค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บในชั้นหินอุ้มน้ำชุดหินโคราช (หมวดหินโคกกรวด)

ตารางที่ 8.7-1 ตารางแสดงอัตราการเพิ่มเติมน้ำของแบบจำลอง

Recharge zone	Recharge rate (mm/y)
1	38-44
2	34-42
3	30-38
4	28-36
5	26-34
6	22-30



รูปที่ 8.7-6 รูปภาพแสดงบริเวณการกระจายตัวของการเพิ่มเติมน้ำของแบบจำลอง

4) ขอบเขตแม่น้ำ (River Package)

ลำน้ำและแหล่งน้ำผิวดินในสภาพธรรมชาตินั้นมีความต่อเนื่องกับระบบของน้ำบาดาลโดยมีการซึมของน้ำเข้าหรือออกจากระบบน้ำบาดาลได้ ดังนั้นจึงกำหนดขอบเขตลำน้ำในพื้นที่ศึกษาโดยใช้ River Package ซึ่งเป็นการจำลองขอบเขตที่มีการกำหนดค่าระดับน้ำและอัตราการไหล ในการจำลองกำหนดให้แม่น้ำโขง ลำน้ำก่ำ ลำน้ำบัง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญในพื้นที่เป็นขอบเขตแม่น้ำ โดยจำลองให้อยู่ชั้น

บนสุดของแบบจำลอง ข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำ (River Stage) และระดับท้องน้ำ (River Bottom) สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของตะกอนท้องน้ำ (Conductance, C) ที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้ในแต่ละกริดเซลของแม่น้ำ คำนวณได้จากสมการ

$$C = KLW/M$$

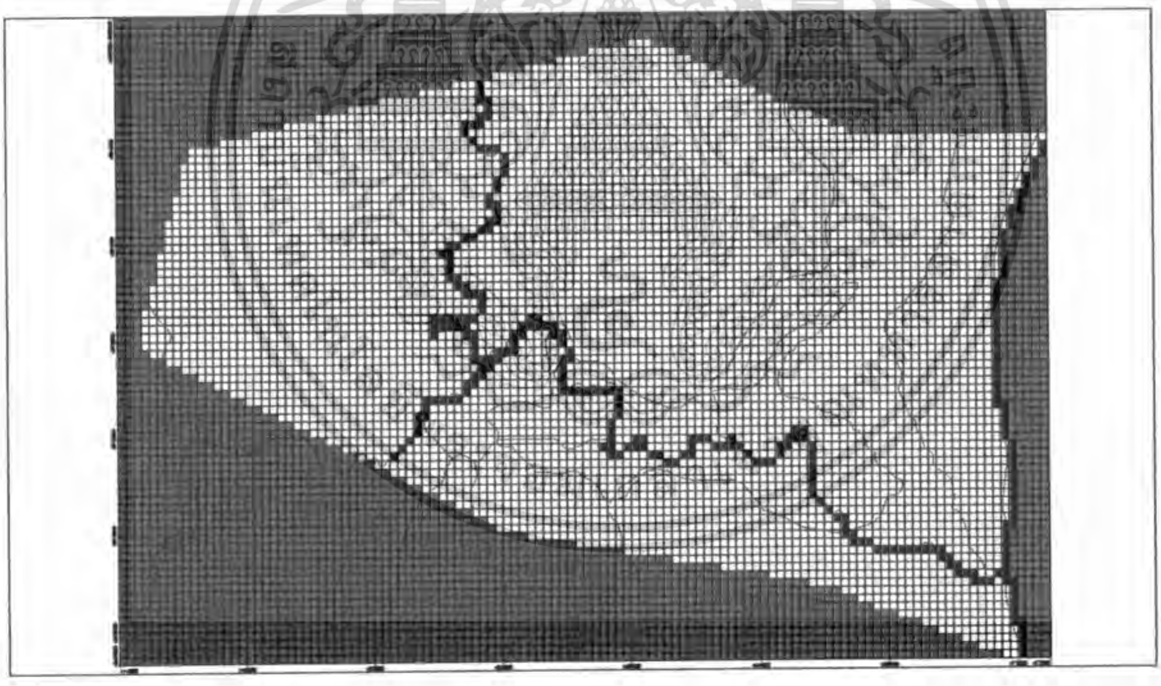
เมื่อ K เป็นค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านของตะกอนท้องน้ำ (เมตร/วินาที)

L เป็นความยาวของแม่น้ำ (เมตร)

W เป็นความกว้างของแม่น้ำ (เมตร)

M เป็นความหนาของตะกอนท้องน้ำ (เมตร)

ขอบเขตแม่น้ำที่ใช้ในแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.7-7



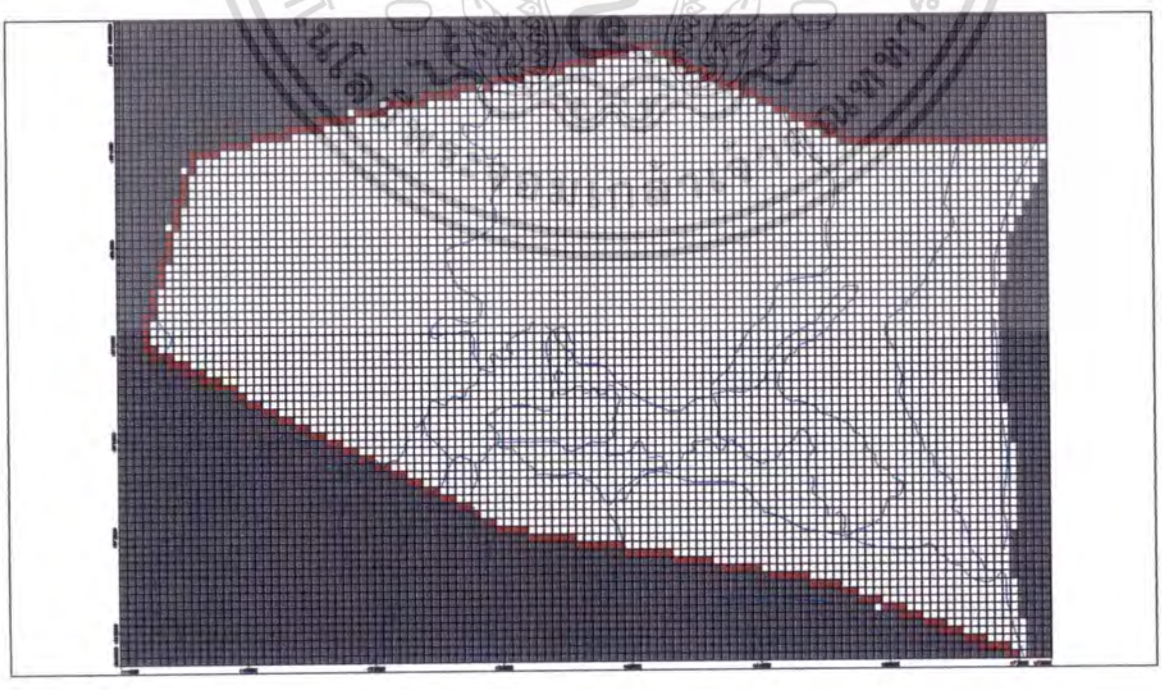
รูปที่ 8.7-7 แสดงขอบเขตแม่น้ำ ที่ใช้ในแบบจำลอง

5) สภาพขอบเขตของแบบจำลอง (Boundary Conditions)

ขอบเขตของแบบจำลองเป็นการกำหนดเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์ให้ถูกต้องตรงกับสภาพขอบเขตจำลองที่แท้จริงซึ่งจะเป็นตัวควบคุมระบบการไหลของน้ำบาดาลใน

แบบจำลอง จากลักษณะอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาและแผนที่แสดงการไหลของน้ำบาดาลที่อธิบายไว้ในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่กำหนดพบว่าบริเวณด้านทิศใต้ ทิศเหนือ และทิศตะวันตกของแบบจำลองมีการไหลเข้าและไหลออกของน้ำบาดาลจากพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ใกล้เคียงจึงกำหนดสภาพขอบเขตเป็นแบบทราบระดับน้ำ (Specified Head Boundaries) โดยใช้ระดับน้ำบาดาลเป็นขอบเขตในการคำนวณซึ่งจะมีค่าระดับน้ำแตกต่างกันในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง ข้อมูลระดับน้ำบาดาลและการเปลี่ยนแปลงจากบ่อสังเกตการณ์ที่ได้จากบ่อ NKOW1 NKOW2 NKOW4 NKOW7 NKOW10 และ NKOW11 ใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดระดับของแรงดันน้ำบาดาลที่ใช้ในแบบจำลอง ด้านทิศตะวันออกของแบบจำลองเป็นแม่น้ำโขงซึ่งกำหนดระดับน้ำของแม่น้ำโขงเป็นขอบเขตในการคำนวณจึงกำหนดสภาพขอบเขตเป็นแบบ Specified Head Boundaries ส่วนบริเวณด้านล่างบนของแบบจำลองเป็นขอบเขตที่มีการเพิ่มเติมของน้ำ (Recharge Boundaries) ส่วนบริเวณด้านล่างของแบบจำลองที่เป็นชั้นหินของชุดหินโคราชซึ่งประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งรองรับอยู่กำหนดให้เป็นสภาพขอบเขตเป็นแบบขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่าน (No Flow Boundaries) เนื่องจากชั้นหินมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านค่อนข้างต่ำจึงถือว่าน้ำไม่สามารถไหลผ่านได้

(ภาพแสดงขอบเขตของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.7-8)



รูปที่ 8.7-8 ภาพแสดงขอบเขตของแบบจำลอง

6)ขนาดของขั้นเวลาและสภาวะเริ่มต้น (Time Frame and Initial Condition)

ขั้นเวลาในการคำนวณต้องเลือกให้เหมาะสม ขนาดของขั้นเวลาที่มากเกินไปจะทำให้ผลการจำลองหยาบและผิดพลาดมาก ส่วนขนาดของขั้นเวลาที่น้อยเกินไปก็จะทำให้ใช้เวลาคำนวณของแบบจำลองมากเกินไป สำหรับขั้นตอนการกำหนดขั้นเวลาในการคำนวณ Anderson and Woessner (1992) ได้กำหนดค่าที่เหมาะสมที่เรียกว่า Critical Time Step (Tc) ซึ่งเป็นเวลาที่มากที่สุดที่ยอมให้ใช้ในสมการนั้นๆ โดยหาได้จาก

$$Tc = Sa^2/4T$$

เมื่อ a = ขนาดของกริดเซล (L)

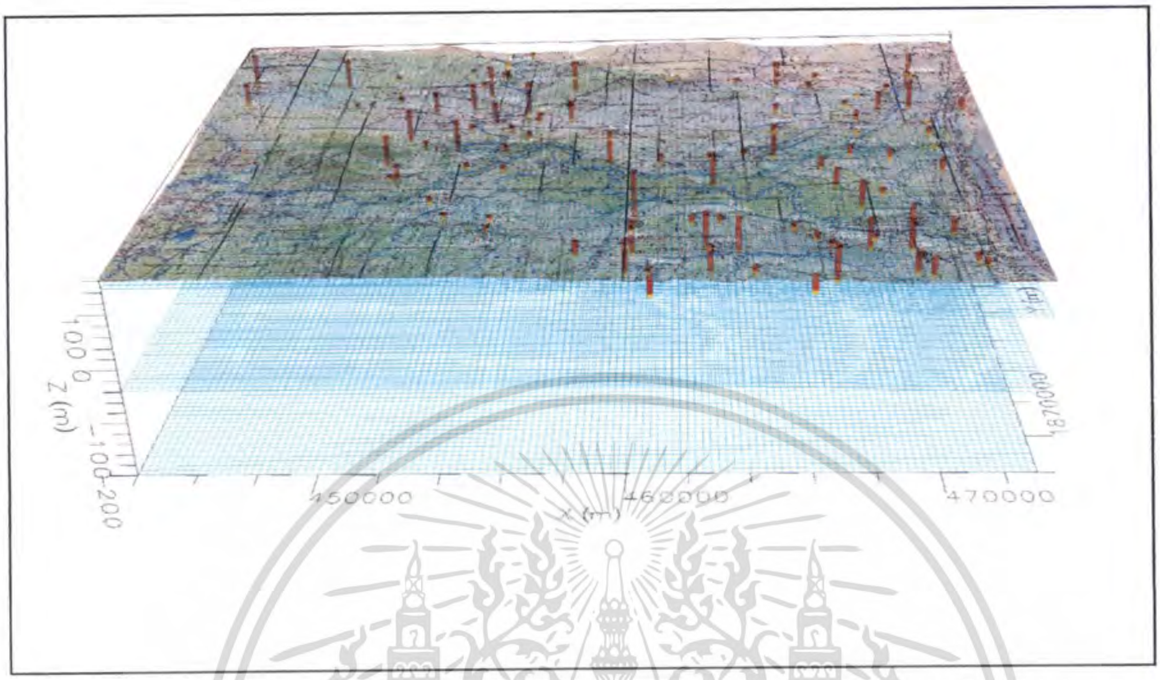
S = ค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บ และ

T = ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (L^2T^{-1})

การคำนวณขนาดของขั้นเวลาสำหรับแบบจำลองในการศึกษานี้ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ของการกักเก็บเท่ากับ 0.002 ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำเท่ากับ 2 ตารางเมตรต่อวัน และขนาดของกริดเซลเท่ากับ 500 เมตร ค่า Critical Time Step ที่คำนวณได้เท่ากับ 62.5 วัน คณะผู้วิจัยจึงกำหนดค่าเวลาในการคำนวณที่เหมาะสมครั้งนี้ไว้ที่ 30 วัน

7) ปริมาณการใช้น้ำบาดาล

ปริมาณการใช้น้ำบาดาลได้จากการสำรวจ ประเมิน และตำแหน่งบ่อบาดาลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาที่ใช้คำนวณในแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.7-9



รูปที่ 8.7-9 ตำแหน่งบ่อบาดาลทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาที่ใช้คำนวณในแบบจำลอง

8.8 ผลการจัดทำแบบจำลอง

การทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาทั้งแบบจำลองในสภาวะคงที่ (Steady State) แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient State) เพื่อใช้เป็นข้อมูลและพัฒนาเป็นการจัดทำแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร (Solute Transport Model) แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากข้อจำกัดด้านเวลาและงบประมาณในการวิจัยในการจัดทำแบบจำลองของการศึกษาในครั้งนี้ที่ปรึกษาจึงได้แต่เพียงดำเนินการการศึกษาแบบจำลองในสภาวะคงที่ และแบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (ในช่วงเดือนมกราคม 2551- เดือนกรกฎาคม 2552) เท่านั้น

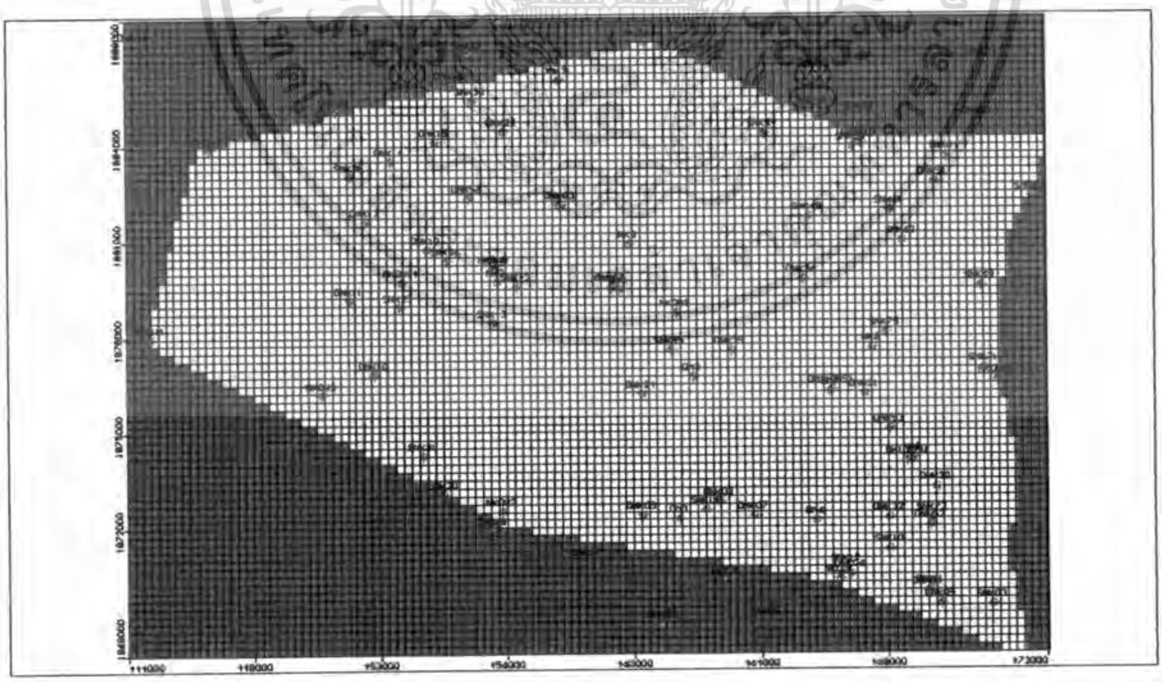
8.8.1 การจำลองในสภาวะคงที่ (Steady State Simulation)

การจำลองการไหลของน้ำบาดาล ในสภาวะคงที่เป็นการจำลองที่กำหนดให้ระดับน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและฤดูกาลหรืออยู่ในสภาวะคงที่นั่นเอง (Steady State) แต่จากสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษามีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลอยู่ตลอดเวลา แต่ให้ถือเสมือนว่าอัตราการไหลเข้า (Inflow) และการสูญเสียน้ำจากแหล่งน้ำบาดาล (Outflow) มีอัตราเท่ากันจึงอยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งการปรับเทียบในสภาวะคงที่นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของขอบเขตแบบจำลองและรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลที่กำหนดไว้ในแบบจำลองเชิงมโนทัศน์
2) เพื่อกำหนดช่วงค่าคุณสมบัติของตัวแปรทางชลศาสตร์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) และอัตราการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาล
3) ใช้เป็นข้อมูลและสภาวะเริ่มต้น (Initial Condition) สำหรับการทำแบบจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

ผลการคำนวณที่ได้จากแบบจำลอง ได้แก่ระดับน้ำซึ่งจะต้องมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลระดับน้ำที่วัดได้จากสนาม ณ สถานที่ และเวลานั้นๆ เมื่อผลจากแบบจำลองคำนวณไม่ตรงกับข้อมูลจริงในสนาม จึงจำเป็นจะต้องมีการปรับค่าตัวแปรที่ไม่ทราบแน่นอน โดยระดับน้ำบาดาลที่วัดได้จากบ่อสังเกตการณ์มาใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง

ระดับแรงดันน้ำในสภาวะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาหลังการปรับแก้พารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยการปรับแก้การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะคงที่จะอาศัยข้อมูลช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากเป็นปีที่มีการเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาลและข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำในพื้นที่โครงการ และใช้เป็นเวลาเริ่มต้นในการจำลองการไหลในสภาวะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 97 บ่อ (ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์แสดงในรูปที่ 8.8-1)

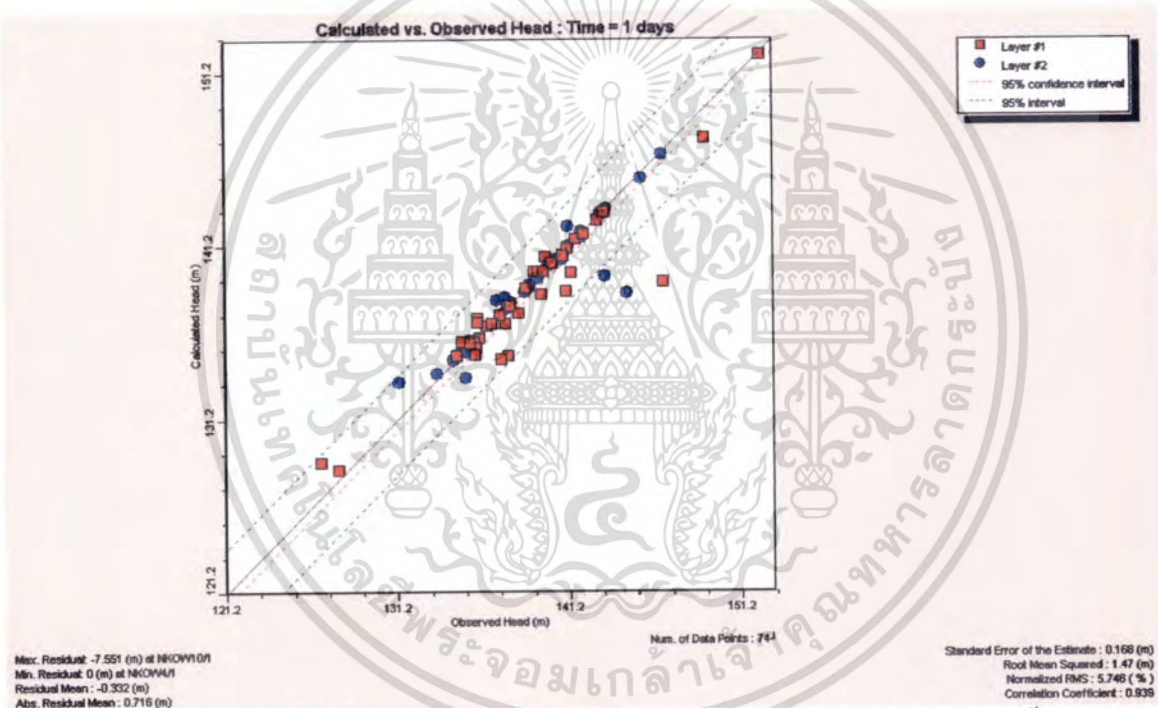


รูปที่ 8.8-1 ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง

เพื่อความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของแบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำแบบจำลองได้ทำการปรับเทียบค่าระดับน้ำบาดาล (Head) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำบาดาลที่ได้จากบ่อสังเกตการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 8.8-1 และรูปที่ 8.8-2

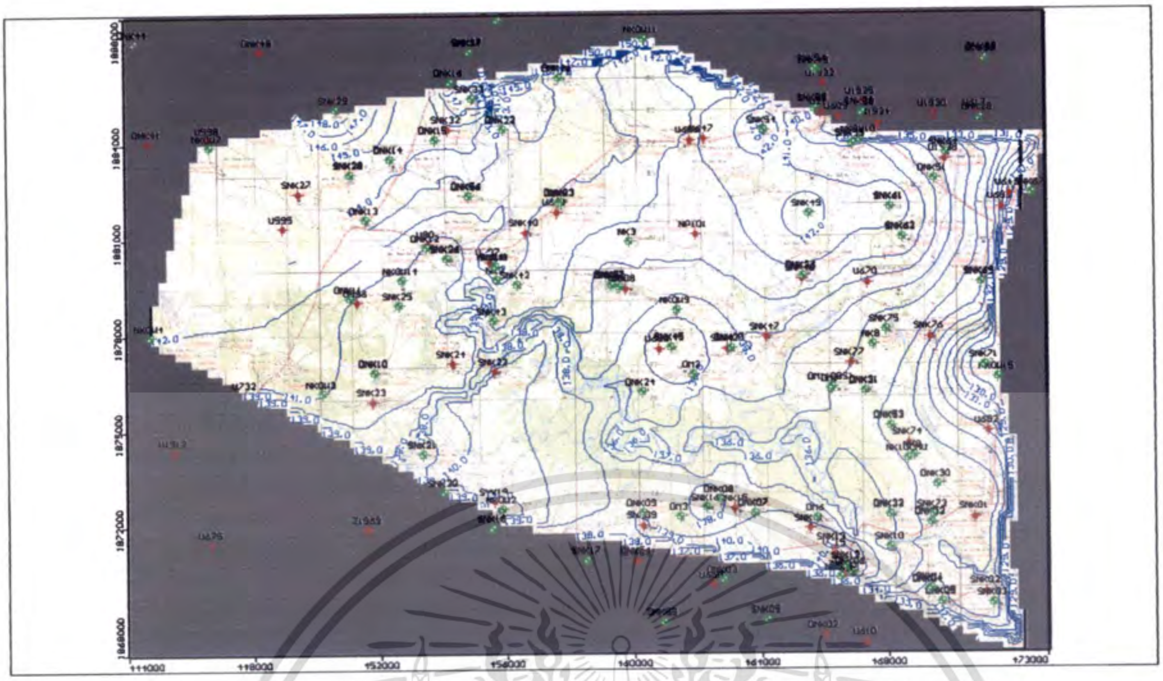
ตารางที่ 8.8-1 ค่าความผิดพลาดหลังการปรับแก้ค่า

Standard Error of Estimate	0.168 (m)
Root Mean Squared	1.47 (m)
Normalized RMS	5.746 (%)
Correlation Coefficient	0.939



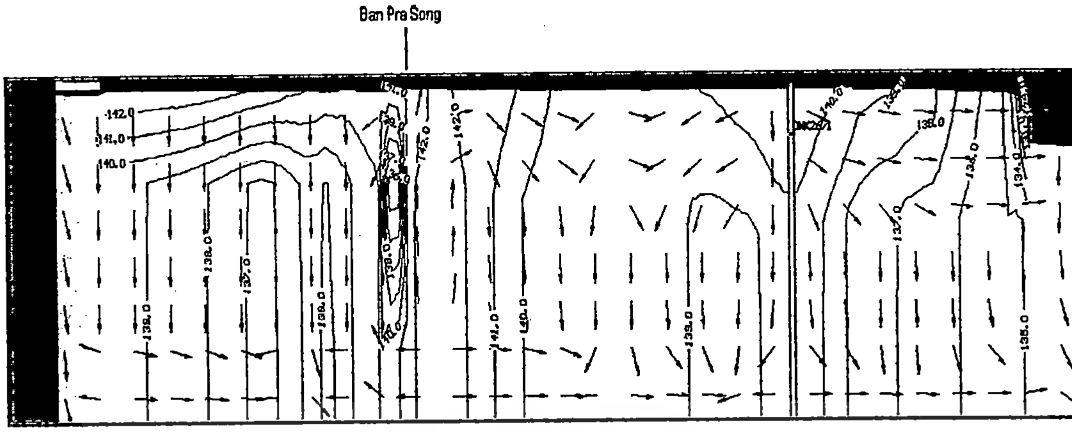
รูปที่ 8.8-2 การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำบาดาลที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำบาดาลที่ได้จากบ่อสังเกตการณ์

รูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (Groundwater Flow Pattern and Flow Direction) ที่ได้จากแบบจำลองพบว่าบริเวณพื้นที่มีบริเวณที่เป็นพื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาลอยู่ด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ของแบบจำลอง ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไปสู่บริเวณพื้นที่สูญเสียน้ำที่เป็นที่ลุ่มของลำน้ำก่ำซึ่งอยู่ตอนกลางของพื้นที่สอดคล้องกับแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ การกระจายของระดับน้ำที่ได้จากการปรับเทียบที่ได้จากแบบจำลองมีแนวโน้มอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แผนที่แสดงระดับแรงดันน้ำและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลองแสดงในรูปที่ 8.8-3 รูปที่ 8.8-4 และภาพตัดขวางแสดงรูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลแสดงรูปที่ 8.8-5 ตามลำดับ



รูปที่ 8.8-3 ภาพแสดงระดับน้ำบาดาลที่ได้จากการคำนวณ

รูปที่ 8.8-4 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล



รูปที่ 8.8-5 ภาพตัดขวางแสดงรูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแนวบริเวณบ้านพระซอง ที่พบการกระจายตัวของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็ม

จากแผนที่แสดงระดับน้ำบาดาล ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล และภาพตัดขวางแสดงรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลที่ได้จากแบบจำลอง สามารถอธิบายรูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ โดยพบว่ามีทิศทางการไหลของน้ำบาดาลจากบริเวณพื้นที่รับน้ำจากบริเวณพื้นที่สูงทางด้านทิศตะวันตก ทิศเหนือและทิศใต้ไปยังบริเวณพื้นที่สูญเสียน้ำ ในบริเวณที่ลุ่มลำน้ำก่ำ ซึ่งอยู่ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่และบริเวณพื้นที่ด้านทิศตะวันออกในเขตอำเภอธาตุพนมบริเวณพื้นที่ติดกับลำน้ำโขง ระดับน้ำบาดาลในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีค่า 142-148 ม.รทก. ระบบการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะการไหลแบบเฉพาะแห่ง (Local Flow System) ในชั้นน้ำของตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำของหน่วยหินภูทอกที่เป็นชั้นน้ำจืดที่ได้รับน้ำเพิ่มเติมลงสู่ชั้นน้ำบาดาลโดยตรงจากบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา มีระยะทางการไหล 1-5 กิโลเมตร ลึกจากผิวดินน้อยกว่า 40 เมตร และมีระบบการไหลเป็นบริเวณกว้าง (Regional Flow System) ซ้อนอยู่ด้านล่างของระบบการไหลเฉพาะแห่ง

ในบริเวณพื้นที่บ้านพระซองซึ่งเป็นบริเวณที่พบการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มสูงเป็นผลมาจากรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลเป็นบริเวณกว้างของน้ำใต้ดินจากบริเวณพื้นที่รับน้ำที่อยู่ทางด้านตะวันตกและบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาไหลผ่านลงไปในชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามที่รองรับชั้นน้ำจืดอยู่ด้านล่างและมีการไหลซึมผ่านรอยแตกของหินขึ้นมาในบริเวณดังกล่าวทำให้เกิดเป็นน้ำบาดาลเค็มและไหลย้อนขึ้นมาสู่บริเวณผิวดิน ประกอบกับในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ดังกล่าวมีระบบการไหลของน้ำบาดาลแบบเฉพาะแห่งโดยมีการไหลซึมของน้ำจากน้ำฝนและน้ำผิวดินลงไปเพิ่มเติมรวมกับน้ำใต้ดินเค็มที่ไหลขึ้นมาตามรอยแตก (รูปที่ 8.8-5) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

8.8.2การจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

การจำลองมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับเทียบระดับน้ำบาดาลที่คำนวณได้จากแบบจำลองน้ำบาดาลของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลากับระดับน้ำบาดาลที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดจากภาคสนาม สภาพการเริ่มต้นของการจำลองจะใช้ข้อมูลและพารามิเตอร์เดิมจากการจำลองในสภาวะคงที่ ที่ได้มีการปรับเทียบข้อมูลมาแล้วมาเป็นข้อมูลและเวลาเริ่มต้นในการจำลอง แต่มีการเพิ่มเติมพารามิเตอร์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและปรับค่าพารามิเตอร์ที่เพิ่มเติมเหล่านั้นได้แก่ การเพิ่มเติมน้ำ ทั้งช่วงเวลาและอัตราการเพิ่มเติม การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้น้ำ และค่าสัมประสิทธ์การกักเก็บ เพื่อให้ระดับน้ำและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำบาดาลและรูปแบบการไหลของน้ำบาดาลใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่วัดจากบ่อสังเกตการณ์ หลังจากทำการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆและทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Verified) แล้ว จึงจะนำแบบจำลองที่ได้นี้ไปประยุกต์ในการจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสาร และ ใช้การศึกษาหรือคาดคะเนสภาพอุทกธรณีวิทยาต่อไป

การจำลองและการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาใช้ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2552 ขั้นเวลาที่ใช้ในการคำนวณเป็นรายเดือนตามช่วงเวลาการเก็บข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ ค่าสัมประสิทธ์การกักเก็บใช้ข้อมูลจากการสูบทดสอบเป็นช่วงข้อมูลเบื้องต้นและช่วงค่าที่เป็นไปได้ของหินชนิดเดียวกันที่มีการศึกษามาแล้ว การปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองใช้ข้อมูลระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 97 บ่อ เป็นข้อมูลระดับน้ำที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงในเวลาค่อนข้างสั้น แบบจำลองจะพิจารณาจากแนวโน้มและค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลรายปีของพื้นที่เป็นสำคัญในการปรับแก้พารามิเตอร์

การศึกษาสมดุลน้ำ (Water Balance) จากการจำลองในรอบ 1ปีแสดงในตารางที่ 8.8-2 ผลการจำลองพบว่าน้ำบาดาลมีการไหลเข้าและไหลออกจากพื้นที่ศึกษาโดยมีการไหลเข้าในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกและจากทางด้านทิศใต้เป็นปริมาณ 5.70×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลออกจากพื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออก 3.83×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการเพิ่มเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล 3.80×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปีปริมาณการใช้น้ำบาดาลในปริมาณ 0.378×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีการไหลของน้ำจากชั้นน้ำบาดาลลงสู่ลำน้ำ 22.83×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลเพิ่มเติมจากลำน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล 47.02×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี

ตารางที่ 8.8-2 สมดุลน้ำจากการจำลองในรอบ 1 ปี

In		Out	
Storage	23,936,958 m^3	Storage	11,099,270 m^3
Constant Head	5,702,550 m^3	Constant Head	3, 833,845 m^3
Recharge	3,806,320 m^3	Wells	377,665 m^3
River Leakage	4,7025256 m^3	River Leakage	22,838,600 m^3
Total In	38,148,356 m^3	Total Out	38,149,680 m^3
In-Out	-1,324 m^3		
Discrepancy	0.00 %		

หลังการปรับเทียบแบบจำลองและยืนยันความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยทำการจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในช่วงเดือนมกราคม 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2552 พบว่าแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลให้ผลสอดคล้องและใกล้เคียงกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนประมาณ 1.47 เมตรจึงถือได้ว่าแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง สามารถนำไปใช้ในการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบน้ำบาดาลได้แก่การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลและสามารถนำไปใช้พัฒนาเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารเพื่อใช้ศึกษาการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองไว้เพื่อประเมินปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกินปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลเพื่อป้องกันการลดลงของระดับน้ำบาดาลอันจะนำไปสู่ปัญหาการไหลหรือแทรกตัวของน้ำบาดาลเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลจืดของชั้นน้ำบาดาลของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำบาดาลของหมวดหินภูทอก

จากข้อมูลสมดุลน้ำพบว่าการใช้น้ำบาดาลของพื้นที่ศึกษามีปริมาณ 3.77×10^5 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำที่ได้รับน้ำเพิ่มเติมโดยตรงจากน้ำฝนและน้ำผิวดิน 3.80×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปีแต่เนื่องจากสภาพพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่มีปริมาณน้ำที่ไหลเพิ่มเติมเข้าสู่พื้นที่จากบริเวณพื้นที่เพิ่มเติมน้ำที่อยู่ทางด้านทิศใต้ ทิศเหนือ และทิศตะวันตก 5.70×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำบาดาลไหลออกจากพื้นที่ศึกษา 3.80×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันยังไม่เกินสมดุลน้ำและยังไม่ทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงไปในระดับที่เกินกว่าระดับการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติในแต่ละฤดูกาล ซึ่งถ้าเกิดการลดลงของระดับน้ำบาดาลจะทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม เข้า

สู่ชั้นน้ำบาดาลจืดของชั้นน้ำบาดาลของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำบาดาลของหมวดหินภูทอกที่ปิดทับอยู่ด้านบนอันจะทำให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มในพื้นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้น

8.9 ข้อจำกัดของแบบจำลอง

การทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เป็นการนำแนวความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลพื้นที่ศึกษาจากขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์มาจัดทำและถ่ายทอดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้สมการคณิตศาสตร์การไหลของน้ำบาดาลได้ แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่จัดทำนี้ก็ยังไม่สามารถจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาได้ถูกต้องและเหมือนกับสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติได้ทั้งหมด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่ง่าย มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเพื่อให้สามารถจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของแบบจำลองที่สามารถกำหนดหรือเห็นได้ชัดจากแบบจำลองนี้ได้แก่

1) ความไม่แน่นอนของค่าตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ได้แก่ข้อมูลระดับน้ำผิวดินและระดับน้ำในแม่น้ำ ปริมาณการคายระเหย ปริมาณน้ำฝนซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการเติมน้ำ ช่วงเวลาการเติมน้ำและอัตราการใช้น้ำบาดาล
2) ค่าความผิดพลาดของการแบ่งกริดและจำนวนชั้นที่ใช้ในแบบจำลองซึ่งจะมีผลต่อการคำนวณ
3) ค่าตัวแปรทางด้านชลศาสตร์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ และค่าความพรุนเป็นต้น ซึ่งในการกำหนดค่าที่ใช้ในแบบจำลองเป็นการกำหนดค่าโดยแบ่งเป็นพื้นที่ซึ่งสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติค่าตัวแปรดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวระนาบและเปลี่ยนแปลงตามความลึกซึ่งแตกต่างจากสภาพที่ใช้ในแบบจำลอง
4) ข้อมูลที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองได้แก่ข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงเวลาเพียง 16 เดือน (เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างสั้นที่จะใช้เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในช่วงเวลาที่ทำการจำลองได้ โดยทั่วไปข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในกรณีที่ทำการศึกษาเพื่อวางแผนหรือแก้ไขในพื้นที่ที่ประสบปัญหาดังเช่นพื้นที่ศึกษานี้ ควรจะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงของการเปลี่ยนแปลงแต่ละฤดูกาลเพื่อสังเกตุการณ์เปลี่ยนแปลงระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล

เพื่อที่จะกำหนด หรือพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและการเคลื่อนที่ของมวลสารที่เกิดขึ้นในระยะยาว

5) แบบจำลองที่จัดทำขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ ควรที่จะต้องมีการปรับปรุงให้มีความเป็นปัจจุบัน (Update) โดยการใช้ข้อมูลอุทกวิทยาตามความเป็นจริง เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง

9. ผลการศึกษาจัดทำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) นับเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและการบริหารงานขององค์กรรัฐ การดำเนินงานครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อจัดทำระบบสารสนเทศของพื้นที่ด้านแหล่งน้ำ โดยการรวบรวมชั้นข้อมูล GIS ที่เกี่ยวข้องจากหน่วยงานต่างๆ และจัดทำขึ้นใหม่จากโครงการนี้เป็นระยะๆ อาทิ เช่น แผนที่แสดงคุณสมบัติทางเคมี ของน้ำใต้ดิน น้ำผิวดิน ดิน แผนที่แสดงบริเวณที่ควรใช้น้ำผิวดิน/ใต้ดิน เป็นต้น ฐานข้อมูล GIS ที่จัดทำขึ้น สามารถนำไปใช้อ้างอิง เผยแพร่ หรือประกอบการบริหารจัดการน้ำขององค์การบริหารส่วนตำบล (อบต.) กรมชลประทาน กรมทรัพยากรน้ำหรือ กรมทรัพยากรน้ำบาดาลต่อไป

ระบบพิกัดภูมิศาสตร์ของข้อมูลภาพแผนที่ที่จัดเก็บ จะอยู่ในระบบพิกัดแบบ UTM พื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 เพื่อให้สอดคล้องกับแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารที่จัดทำขึ้นใหม่ อย่างไรก็ตามหากข้อมูลหรือแผนที่ GIS ที่รวบรวมได้จากหน่วยงานต่างๆ มีการใช้ระบบพิกัดแบบ UTM พื้นหลักฐานอ้างอิง Indian 1975 จะแปลงข้อมูลจากแหล่งข้อมูลเดิม ให้เป็นพื้นหลักฐานอ้างอิง WGS 84 ก่อนการจัดเก็บเข้าในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อให้แผนที่ GIS ทั้งหมดอยู่ในระบบพื้นหลักฐานอ้างอิงเดียวกันคือ WGS 84 และสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ซ้อนทับได้ ข้อมูล GIS ที่รวบรวมได้และที่จัดทำขึ้นในโครงการมีจำนวน 15 ประเภทชุดข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ข้อมูล นำเข้าพื้นฐานที่สำคัญ 15 ประเภทชุดข้อมูล

ลำดับที่	ข้อมูล	แหล่งข้อมูล/มาตราส่วน
1	คุณภาพน้ำผิวดินฤดูฝนและฤดูแล้ง	ข้อมูลจากการศึกษา
2	คุณภาพน้ำใต้ดินฤดูฝนและฤดูแล้ง	ข้อมูลจากการศึกษา
3	คุณภาพดินฤดูฝนและฤดูแล้ง	ข้อมูลจากการศึกษา
4	เส้นชั้นระดับน้ำใต้ดิน	ข้อมูลจากการศึกษา
5	กชช. 2 ค. (เชื่อมต่อกับที่ตั้งหมู่บ้าน)	ข้อมูลจากการศึกษา
6	ขอบเขตลุ่มน้ำ (Basin)	คณะกรรมการลุ่มน้ำ มาตราส่วน 1:100,000
7	แม่น้ำ (Stream)	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000
8	ขอบเขตแหล่งน้ำ (Water body)	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000
9	ขอบเขตการปกครอง(Politicial boundary)	สำนักงานสถิติแห่งชาติ 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000
10	สถานีอุทกวิทยา (gauging/rainfall station)	กรมชลประทาน
11	เส้นชั้นความสูง (Contour)	กรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000
12	อุทกธรณีวิทยา (Aquifer)	กรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1:100,000
13	ธรณีวิทยา (Geology)	กรมทรัพยากรธรณี มาตราส่วน 1:250,000
14	ขอบเขตพื้นที่โครงการชลประทาน (Irrigation area)	กรมชลประทาน มาตราส่วน 1:50,000
15	การใช้ที่ดิน (Land use)	กรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1:50,000

10 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

10.1 สรุปผลการวิจัย

10.1.1 พื้นที่ศักยภาพชลประทานของโครงการอ่างเก็บน้ำก่ำตอนล่าง ในพื้นที่อำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนคร อำเภอนาแก อำเภอปลาปาก จังหวัดนครพนม มีรูปแบบการใช้น้ำแบบผสมผสานทั้งน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน ขณะเดียวกันก็มีปัญหาด้านดินและน้ำเค็ม แหล่งน้ำผิวดินที่สำคัญได้แก่น้ำจากลำน้ำก่ำและลำน้ำบัง ปริมาณน้ำท่ารายปีของลำน้ำก่ำและลำน้ำบังมีประมาณ1,401 ล้าน ลบ.ม./ปี และ 451 ล้าน ลบ.ม./ปี ตามลำดับ ซึ่ง 92% ของน้ำท่ารายปีจะเกิดในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม กรมชลประทานได้ก่อสร้างประตูระบายน้ำในลำน้ำก่ำและลำน้ำบัง เพื่อกักเก็บน้ำในฤดูฝนไว้ใช้ในฤดูแล้ง ซึ่งสามารถช่วยเหลือพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเขตชลประทานได้ในระดับหนึ่ง ส่วนชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่แบ่งออกได้เป็น 2 ชั้น ได้แก่ชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น (ระดับความลึกไม่เกิน 40 เมตร) พบการกระจายตัวครอบคลุมและรองรับบริเวณพื้นที่กักเก็บน้ำของโครงการ ประกอบด้วยตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารีและตะกอนกึ่งแข็งตัวของหมวดหินภูทอก ซึ่งให้ปริมาณน้ำค่อนข้างสูงและคุณภาพน้ำดีเหมาะแก่การอุปโภค/บริโภค และชั้นน้ำบาดาลระดับลึกที่เป็นหินแข็งของหมวดหินมหาสารคาม แบ่งออกได้เป็นสองหน่วยย่อยคือ ชั้นน้ำมหาสารคามตอนบนเป็นหินดินเหนียวที่มีเกลือแทรกสลับ และชั้นน้ำมหาสารคามตอนล่างซึ่งเป็นชั้นเกลือหิน ชั้นน้ำของหมวดหินมหาสารคามนี้ให้น้ำในปริมาณต่ำ คุณภาพน้ำเป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็ม

10.1.2 ผลการวิจัยด้านความต้องการน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษาได้ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ WUSMO เพื่อคำนวณความต้องการน้ำของพืช และแบบจำลองคณิตศาสตร์ MIKE Basin เพื่อคำนวณสมดุลน้ำในลำน้ำและอ่างเก็บน้ำ โดยใช้ข้อมูลระหว่างเดือนเมษายน 2551 ถึงเดือนมีนาคม 2552 สามารถสรุปผลโดยแบ่งออกเป็นในพื้นที่ชลประทานและพื้นที่นอกเขตชลประทาน ได้ดังนี้

- พื้นที่ชลประทาน (85,300 ไร่) มีความต้องการน้ำรวมตลอดทั้งปีประมาณ 184.18 ล้าน ลบ.ม./ปี เป็นการใช้น้ำจากฝนใช้การประมาณ 39.72 ล้าน ลบ.ม./ปี (21.57% ของความต้องการน้ำรวม) น้ำจากแหล่งเก็บกักของโครงการชลประทานประมาณ 141.19 ล้าน ลบ.ม./ปี (78.29% ของความต้องการน้ำรวม) และน้ำจากแหล่งอื่นๆหรือน้ำใต้ดินประมาณ 0.27 ล้าน ลบ.ม./ปี (0.15% ของความต้องการน้ำรวม)
- พื้นที่นอกเขตชลประทาน (348,554 ไร่) มีความต้องการน้ำรวมตลอดทั้งปีประมาณ 405.40 ล้าน ลบ.ม./ปี เป็นการใช้น้ำจากฝนใช้การประมาณ 148.97 ล้าน ลบ.ม/ปี (36.75% ของความต้องการน้ำรวม) ปริมาณน้ำจากลำน้ำสายหลักคือ ลำน้ำก่ำและลำน้ำบัง 178.66 ล้าน ลบ.ม/ปี

(44.07% ของความต้องการน้ำรวม) และแหล่งน้ำอื่นๆหรือน้ำใต้ดินประมาณ 77.77 ล้าน ลบ.ม/ปี (19.18% ของความต้องการน้ำรวม)

10.1.3 การวิจัยด้านคุณภาพน้ำในการศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา ในประเด็นความเหมาะสมในการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกและเพื่อการชลประทาน ซึ่งได้มีการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินของแหล่งน้ำที่เกษตรกรใช้ และน้ำใต้ดินทั้งบ่อสังเกตการณ์และบ่อสูบที่มีในพื้นที่ศึกษา 2 ฤดูกาล (ฤดูฝนในเดือนพฤศจิกายน 2551 และฤดูร้อนในเดือนเมษายน 2552) ฤดูกาลละ 60 ตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีของน้ำผิวดิน 13 พารามิเตอร์ ได้แก่ pH (at 25°C), Conductivity, Total Dissolved Solids, Nitrate, Calcium, Magnesium, Iron, Sodium, Potassium, Bicarbonate, Carbonate, Chloride และ Sulfate ในการศึกษา ได้เลือกเกณฑ์ที่นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน ซึ่งคุณลักษณะที่ใช้กำหนดในการพิจารณาการแบ่งชนิดของน้ำชลประทาน ประกอบด้วย

- <u>คุณลักษณะที่ 1</u> : ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ หรือ ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)
- <u>คุณลักษณะที่ 2</u> : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)
- <u>คุณลักษณะที่ 3</u> : ธาตุอื่นที่เป็นพิษต่อพืช
- <u>คุณลักษณะที่ 4</u> : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (RSC)
- และข้อจำกัดในการใช้เพื่อการชลประทาน โดยการพิจารณาจากค่า EC ร่วมกับ SAR (ใช้สัญลักษณ์ EC : SAR)

ผลการศึกษาพบว่า ทุกจุดเก็บตัวอย่างและทุกฤดูกาล มีค่า RSC อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่า ค่า RSC มีความสามารถในการคัดออก (Distinction) สูงที่สุด (High Sensitivity) เนื่องจากมีคุณลักษณะเหมือนกันทุกแห่งและทุกเวลาไม่สามารถบ่งบอกถึงความแตกต่างในการจำแนกได้ รองลงมาได้แก่ ค่า EC : SAR (Medium Sensitivity) ซึ่งจะมีความแตกต่างของคุณลักษณะตามสถานที่และเวลา ดังนั้นเกณฑ์การพิจารณาความเหมาะสมของน้ำในภาพรวม จึงกำหนด ดังนี้

1. ผลการประเมินด้วย Medium Sensitivity ต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์พอใช้ได้ (มีคะแนน ≥ 0 ขึ้นไป)
2. หลังจากนั้น จึงจะพิจารณาผลรวมของคะแนนคุณลักษณะทั้ง 4 ด้าน (Low Sensitivity) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

<u>**น้ำผิวดิน**</u>: เมื่อเลือกใช้ EC : SAR (Medium Sensitivity) มาประเมินความเหมาะสมของน้ำผิวดินเพื่อการชลประทาน พบว่า น้ำผิวดินทุกจุดเก็บอย่าง มีค่า EC : SAR อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสม จึงอาจกล่าวได้ว่า น้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาโครงการ มีข้อจำกัดอย่างมาก หากจะนำมาใช้เพื่อการชลประทาน เนื่องจากคุณลักษณะที่ให้เกิดปัญหา น้ำซึมผ่านได้ยาก ส่งผลให้เดินแข็งแน่น และ เป็นอุปสรรคต่อการงอกของพืช

หมายเหตุ

แม้ผลการศึกษาจะชี้ว่า น้ำผิวดินในพื้นที่โครงการมีข้อจำกัดอย่างมากต่อการนำมาใช้ในการชลประทาน แต่เนื่องจากในการเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาโครงการ อาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งเกิดการเจือจางและการระบายน้ำสูงมาก ทำให้สามารถปลูกพืชได้

อย่างไรก็ตาม ผู้ศึกษาคาดว่า ข้อจำกัดของการนำน้ำผิวดินมาใช้เพื่อการเพาะปลูกพืช จะเห็นผลชัดเจนขึ้นหากนำน้ำผิวดินมาใช้ในช่วงฤดูแล้ง (ไม่มีฝน)

น้ำใต้ดินชั้นตื้น: อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสมทุกที่และทุกเวลา เมื่อใช้ High Sensitivity พิจารณา และจะมีความเหมาะสมในระดับพอใช้ได้ในฤดูฝนบริเวณสาขาของลำน้ำบังทางตะวันตกและบริเวณสาขาของลำน้ำก่ำหากใช้ Medium Sensitivity พิจารณา ส่วนในฤดูกาลอื่นเมื่อใช้ทั้ง Medium Sensitivity และ Medium+Low Sensitivity พิจารณาจะอยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสมเป็นส่วนใหญ่

โดยพบว่า ช่วงฤดูฝน มีน้ำใต้ดิน ที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ จำนวน 6 จุด ได้แก่ NKOW2, GW1, GW4, NKOW6, NKOW12 และ GW7 ส่วนในช่วงฤดูแล้ง มีน้ำใต้ดิน ที่อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ จำนวน 3 จุด ได้แก่ GW1, NKOW15 และ NKOW13 โดยมีเงื่อนไขการใช้ ดังนี้

ระดับพอใช้ได้ (Permissible) หมายถึง ไม่สามารถใช้ทำการชลประทานกับดินที่มีข้อจำกัดในการระบายน้ำ, ต้องมีการจัดการอย่างพิเศษ สำหรับควบคุมความเค็มและใช้กับพืชที่มีความทนทานต่อความเค็ม, ต้องใช้สารช่วยในการปรับปรุง (เช่นยิปซัม) และต้องการการชะล้างที่เพียงพอเหมาะสม

น้ำใต้ดินชั้นลึก: อยู่ในเกณฑ์ ไม่เหมาะสมทุกที่และทุกเวลา เช่นเดียวกับของกรณีน้ำผิวดิน

10.1.4 การวิจัยด้านดินเค็ม ในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีดินเค็มมาก โดยมีการทำนาเกลืออยู่ 2 แห่งบริเวณลำน้ำบังสามารถทำนาเกลือได้เฉพาะในฤดูแล้งเท่านั้น ส่วนในฤดูฝนน้ำจะท่วมพื้นที่ดังกล่าว การวิจัยได้เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษาช่วงฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน 2551) และฤดูแล้ง (เดือนเมษายน 2552) นำน้ำที่สกัดมาจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำมาทดสอบหาค่า EC และความเป็นกรด-ด่าง(หรือ pH ของดิน) พบว่าเมื่อจำแนกคุณภาพน้ำด้วยค่า EC นั้นพื้นที่ส่วนใหญ่ดินมีคุณสมบัติอยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ยกเว้นบริเวณพื้นที่ทำนาเกลืออยู่ในระดับ ไม่น่าจะนำมาใช้ ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง สำหรับระดับความเป็นกรด-ด่าง ผลการวิเคราะห์ พบว่าดินส่วนใหญ่มีค่า pH อยู่นอกช่วง pH ที่เหมาะสม แต่มีค่าออกนอกช่วงค่า pH ที่กำหนดเพียงเล็กน้อยทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง ในฤดูฝนจะมี 5 แห่งที่มีความเหมาะสม โดย 2 แห่งอยู่ในบริเวณที่มีการทำนาเกลือ ส่วนในฤดูแล้งจะมีเพิ่มมากขึ้นเป็น 9 แห่งที่มีความเหมาะสม ซึ่งจะอยู่บริเวณท้ายน้ำของลำน้ำก่ำเป็นส่วนใหญ่

10.1.5 การวิจัยด้านแบบจำลองน้ำใต้ดิน พื้นที่จำลองครอบคลุมพื้นที่ขนาดประมาณ 330 ตารางกิโลเมตร (206,250ไร่) เริ่มจากพิกัด UTM 447000 E ถึง 473000 E มีความกว้างมากที่สุด 17 กิโลเมตร จากพิกัด 1870000 N ถึง 1888000 N ระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 100 เมตร ถึง 150 เมตร ขนาดของกริดเท่ากับ 250 เมตรหรือน้อยกว่า แบ่งจำนวนชั้นในแบบจำลองตามการแบ่ง Hydrostratigraphic Unit

ได้เป็น 3 ชั้น ได้แก่ 1) ชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีและชั้นหินให้น้ำหมวดหินภูทอก 2) ชั้นหินหมวดหินมหาสารคามและ 3) ชั้นหินให้น้ำชุดหินโคราช (หมวดหินโคกกรวด) ใช้อัตราส่วนระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวดิ่งต่อค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแนวราบ (Kv/Kh) เท่ากับ 1:4 ถึง 1:10 สภาพขอบเขตเป็นแบบทราบระดับน้ำ (Specified Head Boundaries) โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำบาดาลและการเปลี่ยนแปลงจากบ่อสังเกตการณ์ที่ได้จากบ่อ NKOW1 NKOW2 NKOW4 NKOW7 NKOW10 และ NKOW11 ด้านทิศตะวันออกของแบบจำลองกำหนดระดับน้ำของแม่น้ำโขงเป็นขอบเขตแบบ Specified Head Boundaries ส่วนบริเวณด้านล่างบนของแบบจำลองเป็นขอบเขตที่มีการเพิ่มเติมของน้ำ (Recharge Boundaries) ส่วนบริเวณด้านล่างของแบบจำลองที่เป็นชั้นหินของชุดหินโคราชซึ่งประกอบด้วยหินทรายแทรกสลับด้วยหินทรายแป้งรองรับอยู่กำหนดให้เป็นสภาพขอบเขตเป็นแบบขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่าน (No Flow Boundaries)

การปรับแก้การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะคงที่จะอาศัยข้อมูลช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2551 เนื่องจากเป็นปีที่มีการเก็บข้อมูลระดับน้ำบาดาลและข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำในพื้นที่โครงการและใช้เป็นเวลาเริ่มต้นในการจำลองการไหลในสภาวะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา จากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 97 บ่อ ผลการจำลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนประมาณ 1.47 เมตร ถือได้ว่าแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง บริเวณพื้นที่บ้านพระซองซึ่งเป็นบริเวณที่พบการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มสูง เป็นผลมาจากการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณพื้นที่รับน้ำที่อยู่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษาไหลผ่านลงไปในชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามที่รองรับชั้นน้ำจืดอยู่ด้านล่างทำให้เกิดเป็นน้ำบาดาลเค็มและไหลย้อนขึ้นมาสู่บริเวณผิวดินอันเนื่องมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีระบบการไหลของน้ำบาดาลแบบเฉพาะแห่ง จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

การจำลองและการปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ใช้ข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 16 เดือน (เดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2552) การปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองจะพิจารณาจากแนวโน้มและค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำบาดาลรายปีของพื้นที่เป็นสำคัญในการปรับแก้พารามิเตอร์ สมดุลน้ำ (Water Balance) จากการจำลองในรอบ 1ปี พบว่าน้ำบาดาลมีการไหลเข้าและไหลออกจากพื้นที่ศึกษาโดยมีการไหลเข้าในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกและจากทางด้านทิศใต้เป็นปริมาณ 5.70×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลออกจากพื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออก 3.83×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำที่ได้รับเพิ่มเติมโดยตรงจากน้ำฝนและน้ำผิวดิน 3.80×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการใช้น้ำบาดาลในปริมาณ 0.378×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีการไหลของน้ำจากชั้นน้ำบาดาลลงสู่ลำน้ำ 22.83×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลเพิ่มเติมจากลำน้ำลงสู่ชั้นน้ำบาดาล 47.02×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อปี จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันยังไม่เกินสมดุลน้ำและยังไม่ทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงไปในระดับที่เกินกว่าระดับการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติในแต่ละ

ฤดูกาล ซึ่งถ้าเกิดการลดลงของระดับน้ำบาดาลจะทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม เข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลจืดของชั้นน้ำบาดาลของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำบาดาลของหมวดหินภูทอกที่ปิดทับอยู่ด้านบนอันจะทำให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของน้ำบาดาลเค็มและดินเค็มในพื้นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้น

แบบจำลองนี้ สามารถนำไปใช้ในการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบน้ำบาดาลและพัฒนาเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารเพื่อใช้ศึกษาการแพร่กระจายของน้ำบาดาลเค็มที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองไว้เพื่อประเมินปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกินปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงสู่แหล่งน้ำบาดาลเพื่อป้องกันการลดลงของระดับน้ำบาดาลอันจะนำไปสู่ปัญหาการไหลหรือแทรกตัวของน้ำบาดาลเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลจืดของชั้นน้ำบาดาลของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำบาดาลของหมวดหินภูทอก

10.1.6 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุการแพร่กระจายความเค็ม สามารถแบ่งเป็น 2 สาเหตุใหญ่ๆ ได้แก่ สาเหตุจากธรรมชาติ และสาเหตุจากการกระทำของมนุษย์

- สาเหตุจากธรรมชาติ: เนื่องจากสภาพทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาที่มีชั้นเกลือหินรองรับอยู่ใต้ดินและมีรอยแตกของหิน จึงทำให้ความเค็มจากชั้นเกลือหินสามารถเคลื่อนตัวตามรอยแตกแยกขึ้นมาได้โดยเฉพาะบริเวณที่มีการทำนาเกลือที่บ้านบ่อดอกซ้อนและห้วยน้ำบ่อ ซึ่งชั้นหมวดหินมหาสารคามวางตัวอยู่ใกล้ผิวดิน อีกประการหนึ่งคือเรื่องของฤดูกาล โดยผลจากเครื่องวัดระดับน้ำใต้ดินอัตโนมัติแสดงว่า ในช่วงเดือนเดือนธันวาคมถึงเดือนเมษายนที่ไม่มีฝนตก พื้นที่บางแห่งจะมีระดับ Piezometric ของน้ำบาดาลสูงกว่าระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น ซึ่งมีส่วนทำให้น้ำบาดาลซึ่งมีความเค็มสูงขึ้นมาอยู่ใกล้หรือปะปนกับน้ำใต้ดินชั้นตื้นได้

- สาเหตุจากการกระทำของมนุษย์: การทำนาเกลือของชาวบ้านบริเวณบ้านบ่อดอกซ้อนและห้วยน้ำบ่อ มีส่วนทำให้เกิดการปะปนของความเค็มในแหล่งน้ำและการเคลื่อนตัวของเกลือจากด้านล่างขึ้นสู่ผิวดินได้เพิ่มมาก และจากการที่เกษตรกรนำน้ำจากลำน้ำและน้ำจากแหล่งเก็บกักที่มีความเค็มปะปนอยู่ไปใช้ อาจทำให้เกิดการสะสมของความเค็มและส่งผลต่อคุณสมบัติของดิน ทำให้เกิดปัญหาน้ำซึมผ่านได้ยาก ส่งผลให้เดินแข็งแน่น และ เป็นอุปสรรคต่อการงอกของพืช

10.2 ข้อเสนอแนะ

10.2.1 การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืน พื้นที่ศึกษานี้ส่วนใหญ่มีคุณภาพน้ำผิวดินและใต้ดินที่ไม่เหมาะสมในการนำมาใช้เพื่อเกษตรกรรม กล่าวคือมีปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (RSC) สูงเกินค่ามาตรฐาน แม้การเพาะปลูกของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งเกิดการเจือจางและการระบายน้ำสูงมาก ทำ

ให้สามารถปลูกพืชได้ แต่การใช้น้ำจากฝนที่ตกก็มีข้อจำกัดด้านปริมาณและเวลาเนื่องจากไม่ได้มีตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อให้เกิดการใช้น้ำอย่างยั่งยืนจึงจำเป็นต้องมีการจัดการดิน จัดการน้ำ และจัดการพืชที่เหมาะสม ซึ่งในที่นี้จะแบ่งเป็น พื้นที่ทำนาเกลือซึ่งเป็นแหล่งสำคัญที่ทำให้เกิดการปะปนของความเค็มจากใต้ดินสู่ผิวดิน และพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป หลักในการจัดการมีดังนี้

<u>พื้นที่ทำนาเกลือ</u>:

การจัดการดิน: (1) ใช้เป็นพื้นที่รองรับน้ำเค็มที่ระบายออกมา หรือปล่อยว่างให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) (2) ทำคันดินกั้นโดยรอบเพื่อป้องกันไม่ให้เกลือแพร่ไปที่อื่น และมีประตูเปิด-ปิดให้น้ำเข้าและระบายออก เพื่อล้างเกลือ (Polder System)

การจัดการน้ำ: (1) ทำเป็นอ่างเก็บน้ำเค็มและเป็นอ่างระเหยน้ำเค็ม (Evaporation Pond) หรือทำเป็นบ่อพัก (Retarding Pond) เพื่อลดความเค็ม หรือเจือจางก่อนระบายน้ำทิ้ง (3) เจาะบ่อระบายน้ำเค็มลงใต้ดินพร้อมสร้างบ่อรับน้ำ

การจัดการพืช: (1) อนุรักษ์พืชพรรณธรรมชาติพวกหนามแดง หนามพรม เอาไว้ (2) ปลูกพืชชอบเกลือร่วมกับไม้ยืนต้นทนเค็มจัด เพื่อปกคลุมผิวดิน (3) ที่ลุ่มน้ำขังปลูกกกลังกา กกนา กกสามเหลี่ยม เพื่อใช้ประโยชน์ด้านหัตถกรรมในครัวเรือนและชุมชุน

<u>พื้นที่เกษตรกรรรมทั่วไป</u>:

การจัดการดิน: (1) ปรับปรุงดินด้วยการปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบ (2) บำรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1-2 ตัน/ไร่ หว่านให้ทั่วแปลงนาก่อนเตรียมดิน (3) ไถกลบตอซังหลังเก็บเกี่ยว หรือก่อนถึงฤดูแล้งจัดแล้วฉีดปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อย่อยสลายซากพืช (4) ปรับกระทงนา และจัดรูปแปลงนา(Land Reshape) ให้สม่ำเสมอ

การจัดการน้ำ: (1) สร้างแหล่งน้ำสำรองในนา เช่น ขุดบ่อน้ำประจำไร่นา หรือพื้นที่ข้างเคียงความ (2) บริเวณที่พัฒนาแหล่งน้ำ ควรทำคันดินรอบ และใช้เป็นบ่อเลี้ยงปลา ได้แก่ ปลานิล ปลาไน และปลาดุก เป็นต้น (3) ระบบการให้น้ำควรใช้น้ำหยดหรือตักรด แต่ถ้ามีน้ำมากพอสามารถใช้ระบบสปริงเกอร์เล็กได้ แต่ต้องใช้อย่างประหยัดและป้องกันไม่ให้เกลือสะสมที่ผิวดินได้

การจัดการพืช: (1) ปลูกพืชที่ทนน้ำแช่ขังได้ทุกชนิด โดย เฉพาะข้าว (2) กรณียกร่อง สามารถปลูกพืชยืนต้นหรือพืชผักได้ทุกชนิด นอกจากข้าวแล้วพื้นที่ส่วนนี้ สามารถใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่อายุสั้นและพืชผักต่างๆ ในช่วงฤดูแล้งได้อีกด้วย (3) จัดระบบปลูกพืช แบบไร่นาสวนผสมและปลูกหญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

10.2.2 การศึกษาสมดุลน้ำในลำน้ำจำเป็นต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำที่ปล่อยจากประตูระบายน้ำจึงจะทำให้ผลการคำนวณจากจำลองมีความน่าเชื่อถือและแม่นยำขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรดำเนินการสอบเทียบ (Calibrate) อาคารและจดบันทึกปริมาณน้ำที่ปล่อยลงสู่ท้ายน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการน้ำต่อไป

10.2.3 ข้อมูลระดับน้ำที่ใช้ในการปรับเทียบแบบจำลองแบบในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา มีช่วงเวลาเพียง 16 เดือน ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างสั้นที่จะใช้เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำ การศึกษาเพื่อวางแผนหรือแก้ไขในพื้นที่ที่ประสบปัญหาดังเช่นพื้นที่ศึกษานี้ ควรจะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงของการเปลี่ยนแปลงแต่ละฤดูกาลระยะยาว เพื่อสังเกตุการณ์เปลี่ยนแปลงระดับน้ำและคุณภาพน้ำบาดาล เพื่อที่จะกำหนด หรือพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและการเคลื่อนที่ของมวลสารที่เกิดขึ้นในระยะยาวได้ จึงควรมีการเก็บข้อมูลทั้งเรื่องระดับน้ำและคุณภาพน้ำของพื้นที่อย่างต่อเนื่องต่อไป

10.2.4 คณะผู้วิจัยได้จัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล ซึ่งเป็นแบบจำลองการไหลในสภาวะคงที่ (Steady State) และแบบจำลองการไหลที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient State) เท่านั้น จึงควรมีการพัฒนาเป็นแบบจำลองในการศึกษาการเคลื่อนที่ของมวลสารต่อไปในอนาคต ซึ่งจะต้องใช้ข้อมูลค่าความเข้มสารละลายเริ่มต้น (Initial Concentration) และค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายของชั้นน้ำ (Dispersivity,$\propto$) โดยใช้ค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้และ/หรือค่าความเค็มที่ตรวจวัดได้ในภาคสนามจากบ่อสังเกตการณ์ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

10.2.5 การศึกษาวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแบบแผนการศึกษาวิจัยในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะการใช้น้ำแบบผสมผสาน แต่การวิเคราะห์พารามิเตอร์ของคุณภาพน้ำอาจคัดเลือกให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาในแต่ละพื้นที่ และหากสามารถทำแปลงทดลองในสนามเพื่อตรวจวัดการใช้น้ำผิวดินและใต้ดินในแปลงแล้วจะสามารถคำนวณหาสัดส่วนการใช้น้ำได้อย่างถูกต้องแม่นยำขึ้น และสามารถนำไปใช้สอบเทียบแบบจำลองให้ได้ประสิทธิภาพขึ้น

10.2.6 คณะผู้วิจัยได้ทำการเผยแพร่ข้อมูลบางส่วนในงาน ประชุมวิชาการวิศวกรรมเกษตรครั้งที่ 10 หัวข้อเรื่อง “การใช้น้ำบาดาลร่วมกับน้ำผิวดินอย่างยั่งยืนในพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม : กรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม” และทางคณะผู้ทำวิจัยจะได้นำข้อมูลและบทความมอบให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิจัยต่อไป

บรรณานุกรม

กิจจา ศรีเนตร, ยาหยี ศรีเนตร และ ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์. **"รายงานการศึกษาโครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม"**,2550.

กรมพัฒนาที่ดิน, **"การสำรวจศึกษาจัดทำแผนการจัดการดินเค็มแบบบูรณาการ บริเวณลุ่มน้ำลำน้ำก่ำ"**,2549.

กรมชลประทาน ,**"งานจ้างศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม"** โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2549.

กรมชลประทาน,**"รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาทบทวนความเหมาะสมและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม"** ,บริษัท แอสดีคอน คอร์ปอเรชั่น จำกัด, บริษัท คอนซันแทนท์ ออฟ เทคโนโลยี จำกัด, บริษัท ที เอ แอนด์ อี คอนซัลแตนส์ จำกัด, พ.ศ. 2538.

กรมชลประทาน **"รายงานการศึกษาความเหมาะสมและผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการพัฒนาลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง"**, 2538.

กรมชลประทาน **"งานจ้างศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม"** , โดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2549.

ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และ คณะ ,**"การวิเคราะห์สภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ชลประทาน โครงการประตูระบายน้ำ น้ำก่ำตอนล่าง"** Proceedings of 3rd THAICID NATIONAL SYMPOSIUM 17 มิถุนายน 2551 อ้างอิงจาก กรมชลประทาน (2525) "Lower Nam Kam Basin, Report on Proposed Development Strategy" โดย GITEC Consult GMBH,2008ใ

แผนที่สำรวจภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:4000 , **"Nam Kam Irrigated Agriculture Development Project"**, 2525.

จิระวัลย์ เพ็ชญไพศิษฏ์ (ปี, ไม่ระบุ) **"คุณภาพน้ำเพื่อการชลประทาน"** อ้างอิงจาก (1) Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985 "Water quality for agriculture" FAO Irrigation and Drainage paper 29 Rev. FAO, Rome 174p (2) Bauder T.A. et al., "Irrigation Water Quality Criteria" http://www.ext.colostate : update2005-02-20 (3) Fipps Guy, (2005 "Irrigation water quality standard and salinity management" B1667 http://tecbookstore.org/pubinfo.efm?pubid=94 : update 2005-02-20

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)ตามชนิดของพืช:http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/index.htm

รายงานการสำรวจศึกษาจัดทำแผนการจัดการดินเค็มแบบบูรณาการ บริเวณลุ่มน้ำลำน้ำก่ำ ของกรมพัฒนาที่ดิน (2549)โดย กรมพัฒนาที่ดิน

ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์ และ คณะ "การวิเคราะห์สภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ชลประทาน โครงการประตูระบายน้ำ น้ำก่ำตอนล่าง" อ้างอิงจาก กปร. (2544) **"รายงานการศึกษาผลกระทบของโครงการชลประทานน้ำกำตอนล่าง การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม", โดย มหาวิทยาลัยขอนแก่น,2008.**

อัคราวุฒิ อิรทรพาณิชย์, **"การพยากรณ์สภาพน้ำท่วมเนื่องจากสร้างอาคารบังคับน้ำบนลำน้ำก่ำตอนบน จังหวัดนครพนม โดยใช้แบบจำลอง MIKE 11"** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ,2544.

Anderson, M.P. and Woessner, W.M., 1992, Applied Groundwater Modeling, Academic Press, Inc., U.S.A.

Chuenchooklin, S., et al, Recently Flood Events and Groundwater Relationship in Lower Namkam Basin Thailand, Proc*: 5th Annual Meeting AOGS200*, Busan, Korea, p127 (2008).

Dr. Edwin Ongley, Dr. Martine Allard and Dr. Tim Burnhill **การศึกษาด้านคุณภาพน้ำ ในลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (Water Quality in Lower Mekong Basin)**รายงาน MRC Technical Paper No.15 ,2007.

Kriengsak S. et.al **"Numerical Modeling of Saline Water Transport in the Lower Nam Kam Basin, Amphoe That Phanom Changwat Nakhon Phanom"** ,2543.

Matthew M.Uliana **"Identifying the Source of Saline Groundwater Contamination Using Geochemical Data and Modeling"** ,2548.

Mercer, J.W., and Faust, C.R., 1980, Ground-water modeling - an overview: Ground Water, v. 18, no. 3, p. 212-227.

Middlemis, H., 2000, Groundwater Modelling Guideline, Murray-Darling Basin, Commission. Aquaterra Consulting Pty Ltd.

Mekpruksawong, P., et al., Intl. conference in HydroChange, Japan (2008).

Mekong Bulletin 18 August 2008, Forecast period: 19 August - 23 August 2008, MRC Secretariat: http://ffw.mrcmekong.org

http://www.mrcmekong.org

http://202.129.59.150/brdh/mkriver.htm

US. Army Corps of Engineer: http://www.hec.usace.mil

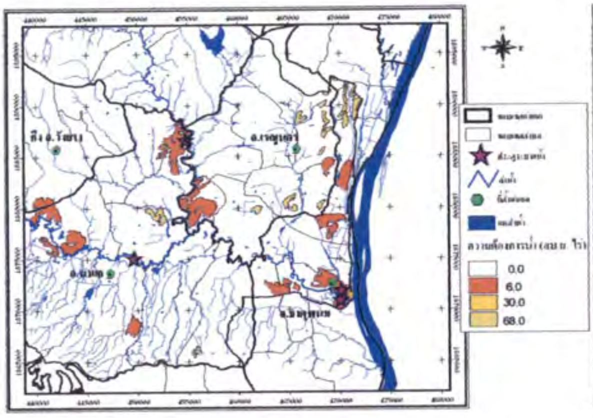
U.S. Army Corps of Engineers (USACE), HEC-RAS River analysis system: Hydraulics reference manual version 3.1, Retrieved from http://www.hec.usace.army.mil, (2002).

http://www.swu.ac.th/royal/book1/b1c3t2.html มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

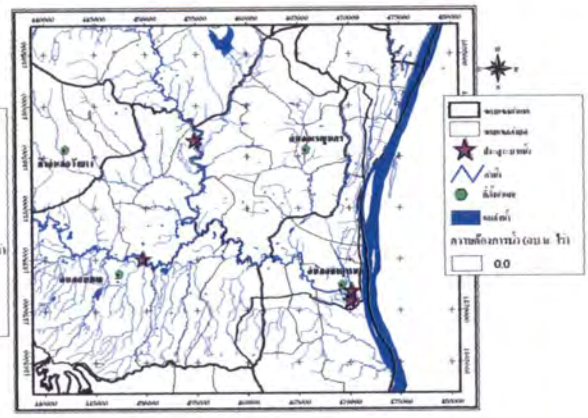
http://www.rakbankerd.com/agriculture/open.php?id=181&s=tblrice ผลกระทบจากดินเค็ม

Zheng, C., 1996. A Modular Three-dimensional Transport Model for Simulation of Advection, Dispersion and Chemical Reaction of Contaminants in Groundwater System (MT3D). Reference Manual. Waterloo Hydrogeologic., S.S. Papadopulus and Associate. Inc., Rockville, Maryland.

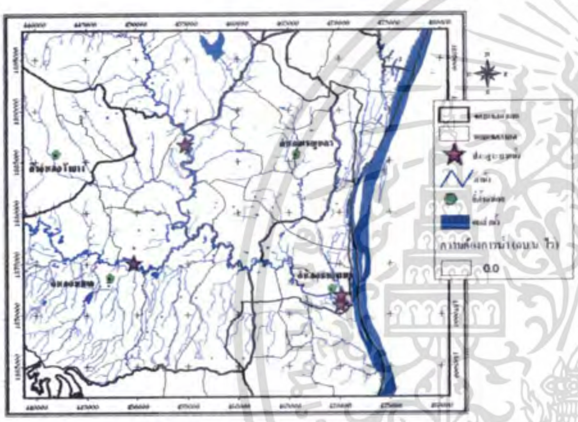
ภาคผนวก ก.
ความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร
และแบบสอบถาม



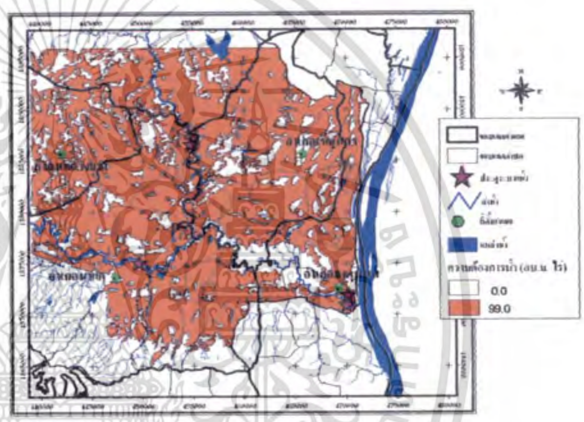
เดือนเมษายน 2551



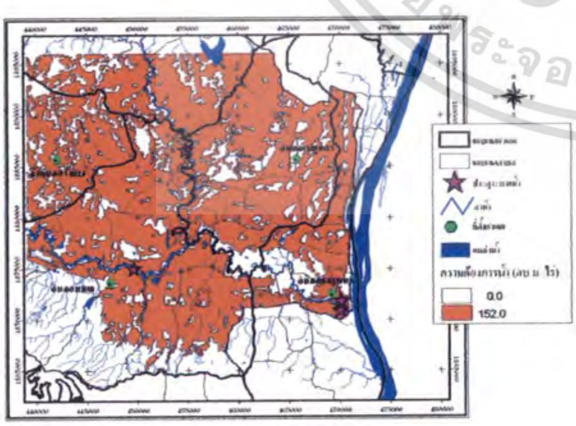
เดือนพฤษภาคม 2551



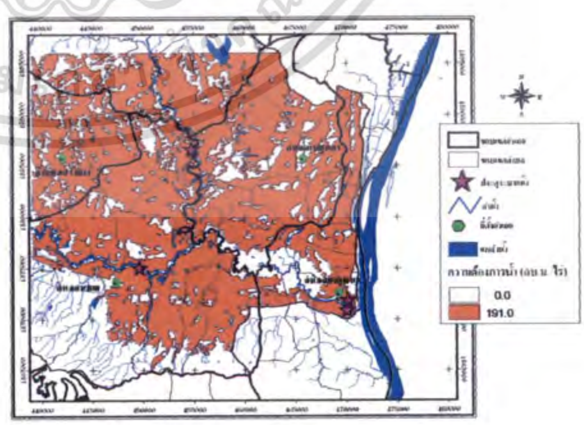
เดือนมิถุนายน 2551



เดือนกรกฎาคม 2551

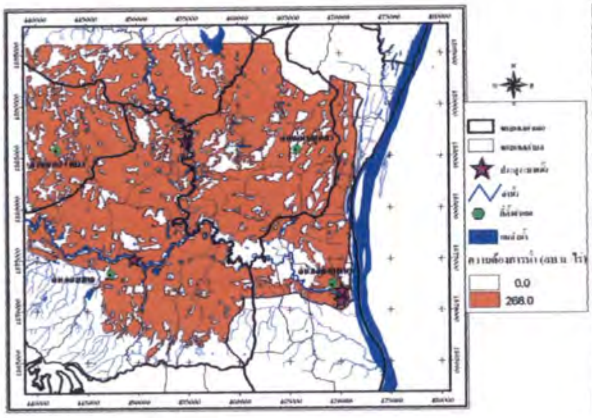


เดือนสิงหาคม 2551

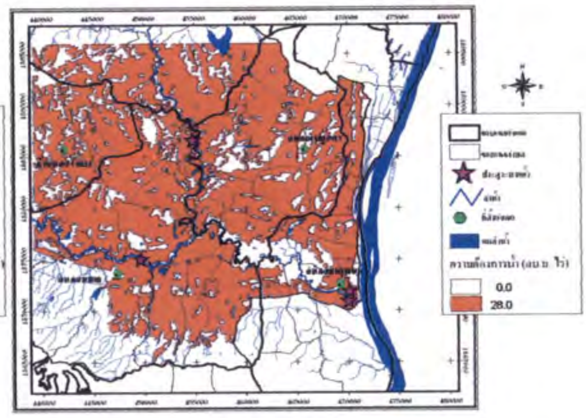


เดือนกันยายน 2551

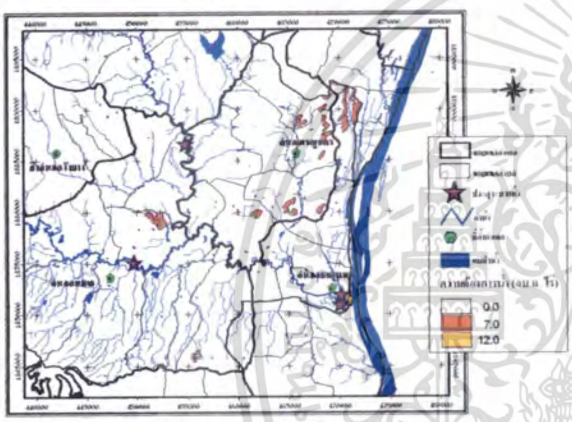
รูปที่ ก-1 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร



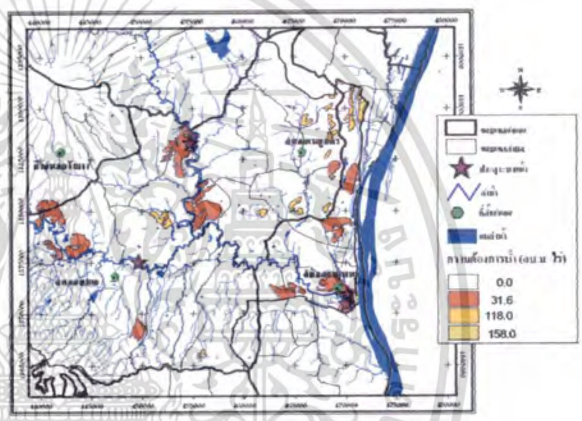
เดือนตุลาคม 2551



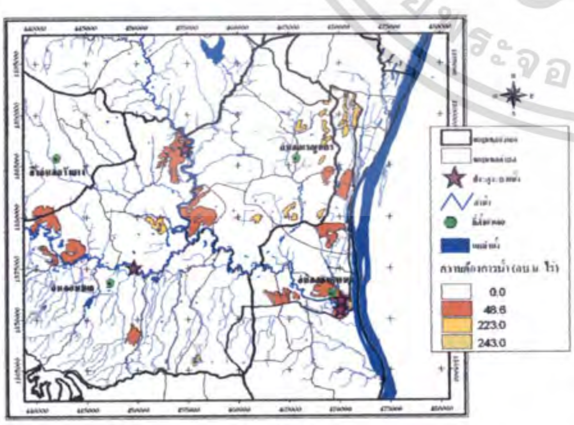
เดือนพฤศิกายน 2551



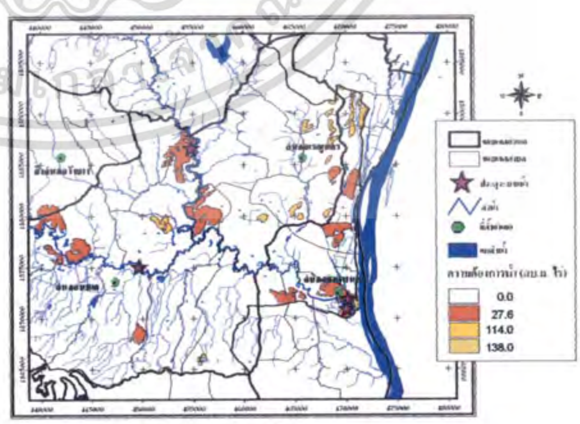
เดือนธันวาคม 2551



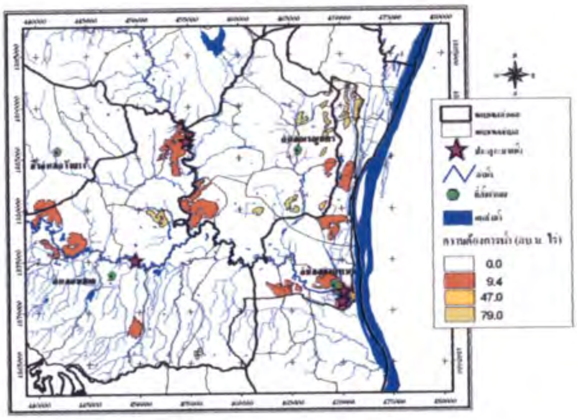
เดือนมกราคม 2552



เดือนกุมภาพันธ์ 2552



เดือนมีนาคม 2552

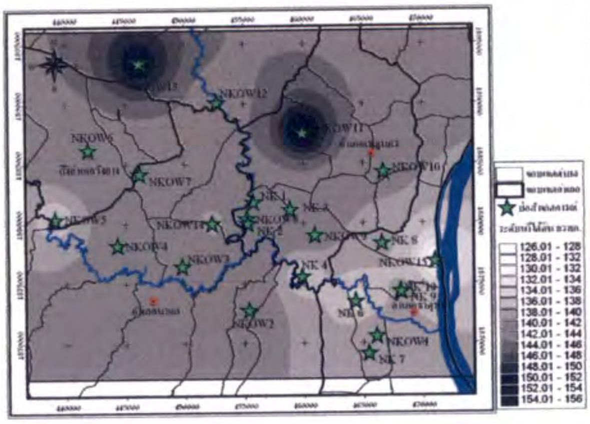


เดือนเมษายน 2552

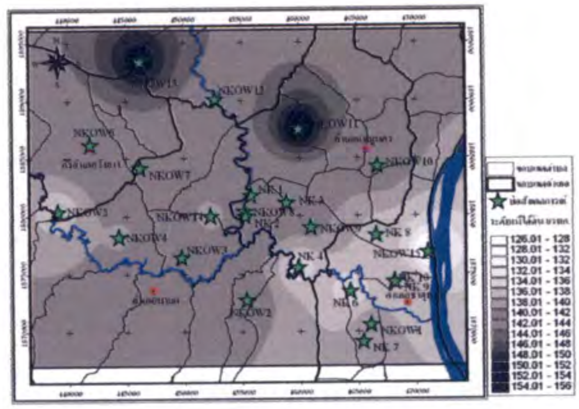
รูปที่ ก-1 ความต้องการน้ำเพื่อการเกษตร (ต่อ)

ภาคผนวก ข.

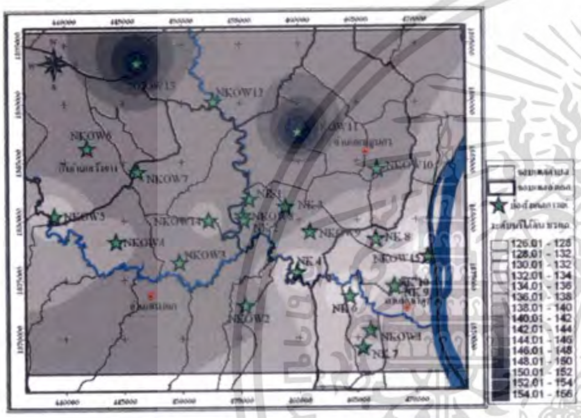
การกระจายของระดับน้ำใต้ดิน



9 พฤศจิกายน 2551

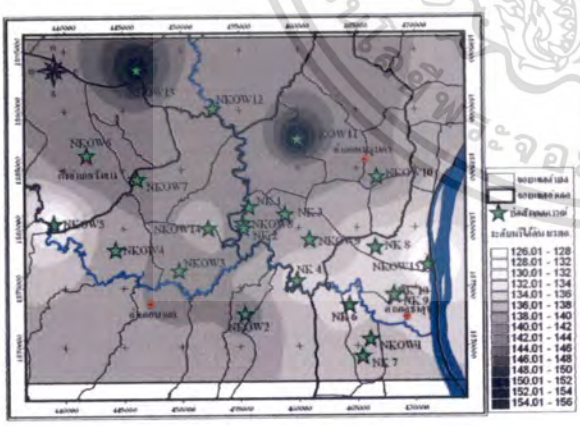


28 พฤศจิกายน 2551

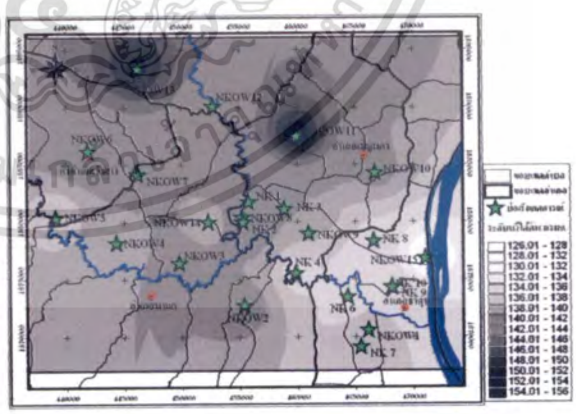


27 ธันวาคม 2551

29 มกราคม 2552

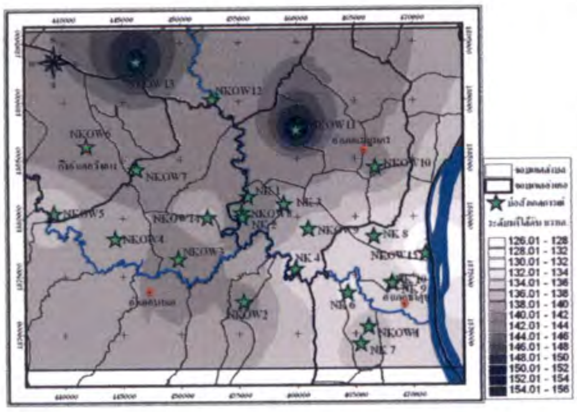


28 กุมภาพันธ์ 2552

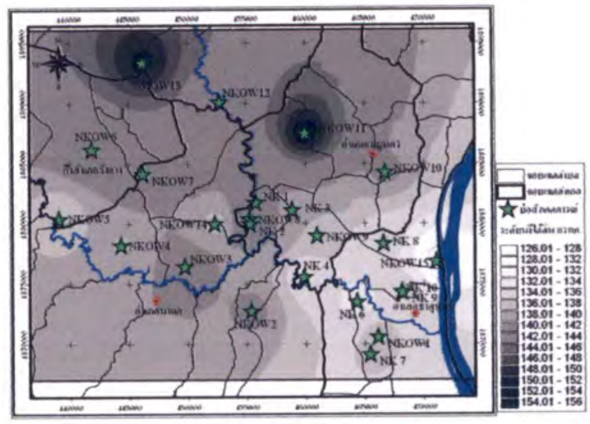


15 มีนาคม 2552

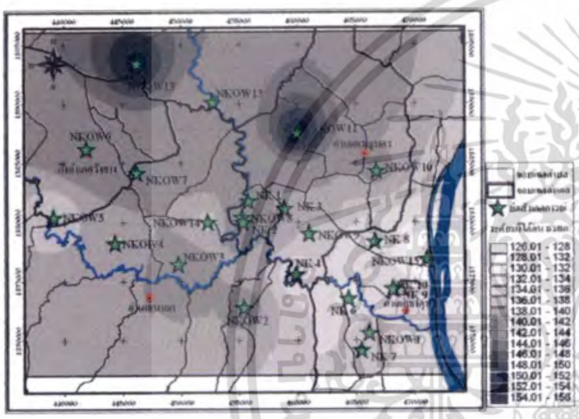
รูปที่ ข-1 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น



15 เมษายน 2552

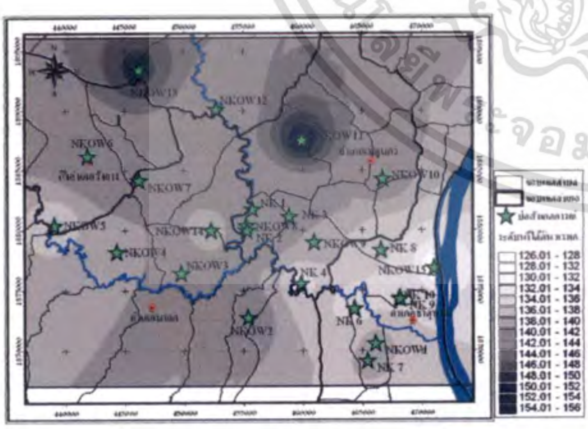


30 เมษายน 2552

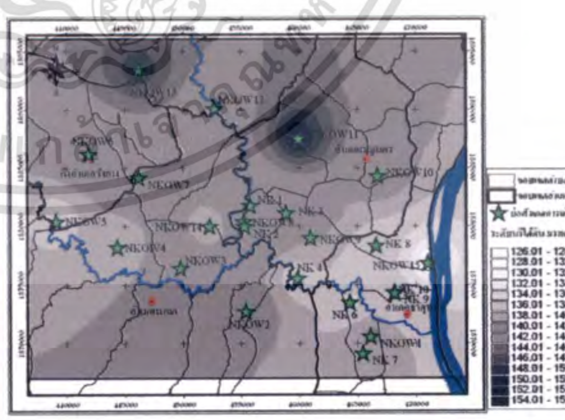


15 พฤษภาคม 2552

31 พฤษภาคม 2552

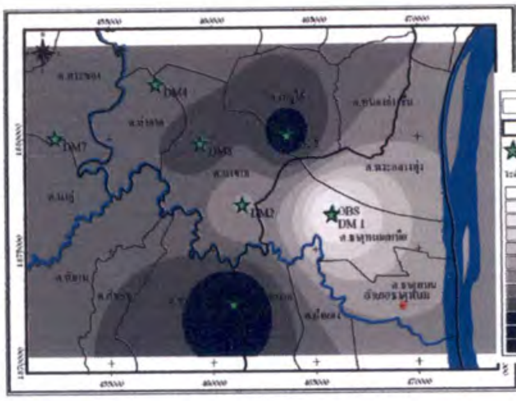


16 มิถุนายน 2552

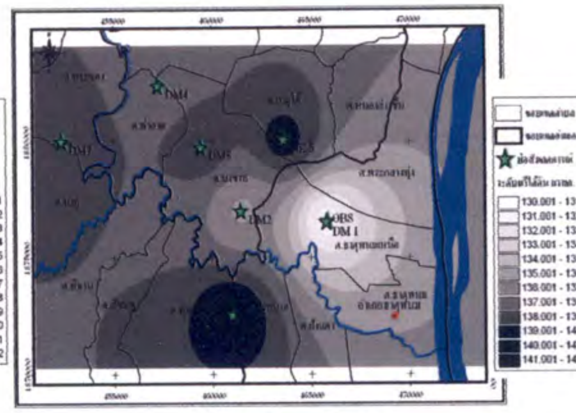


30 มิถุนายน 2552

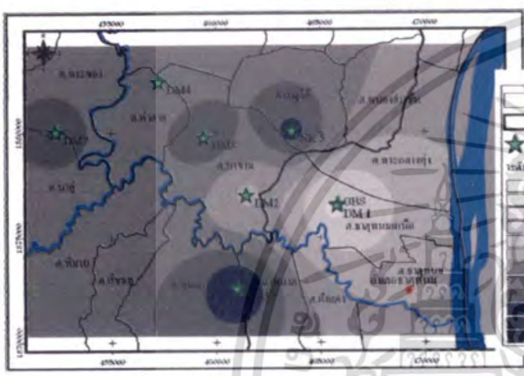
รูปที่ ข-1 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น (ต่อ)



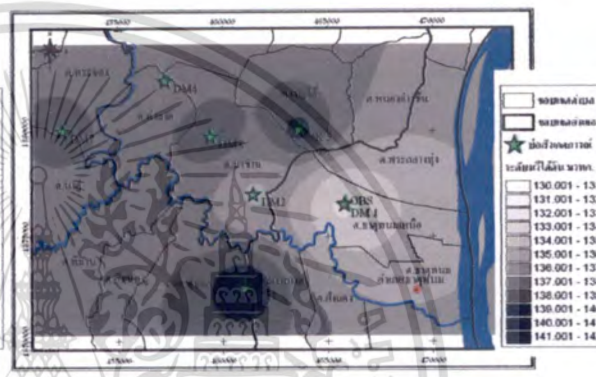
9 พฤศจิกายน 2551



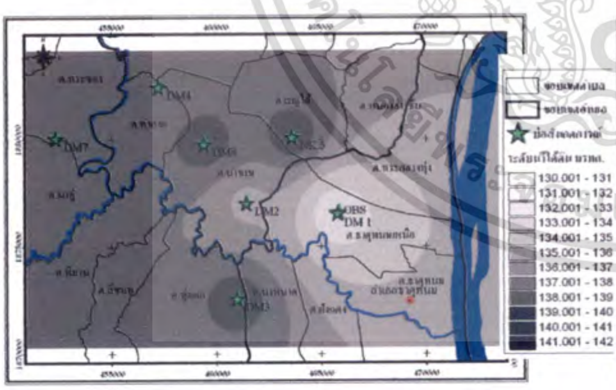
28 พฤศจิกายน 2551



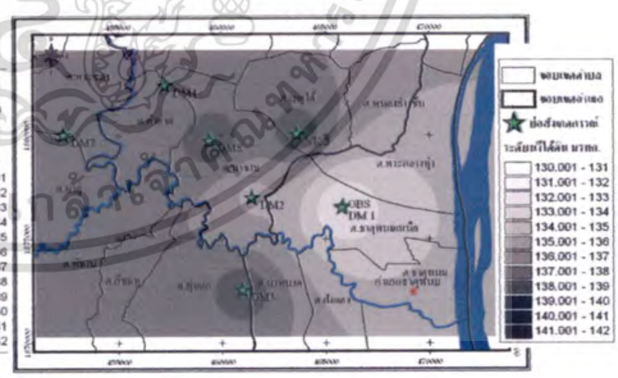
27 ธันวาคม 2551



29 มกราคม 2552

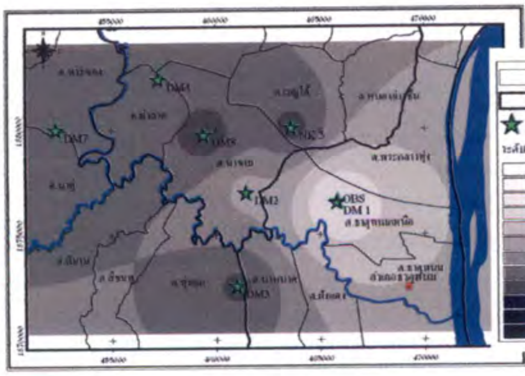


28 กุมภาพันธ์ 2552

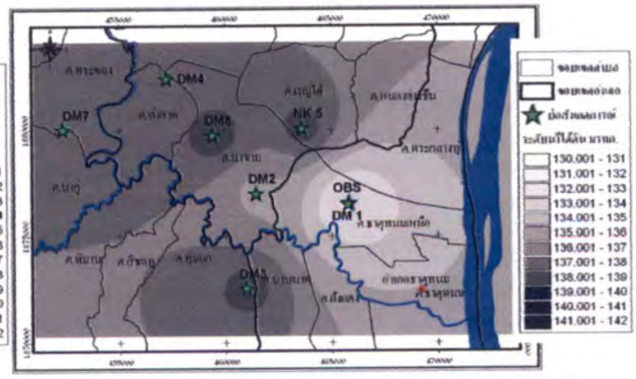


15 มีนาคม 2552

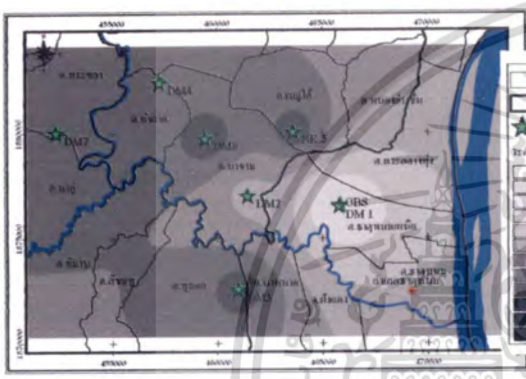
รูปที่ ข-2 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก



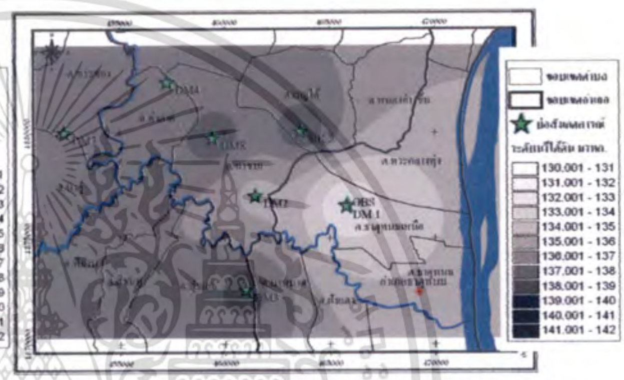
15 เมษายน 2552



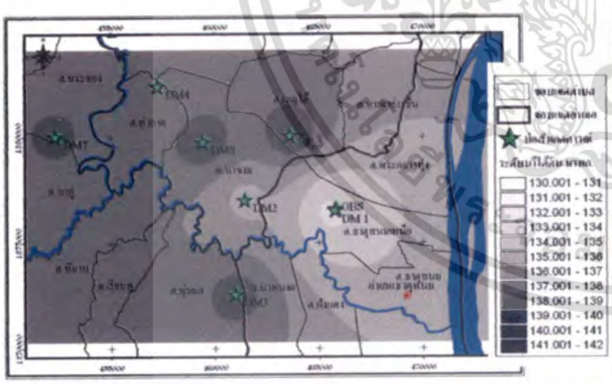
30 เมษายน 2552



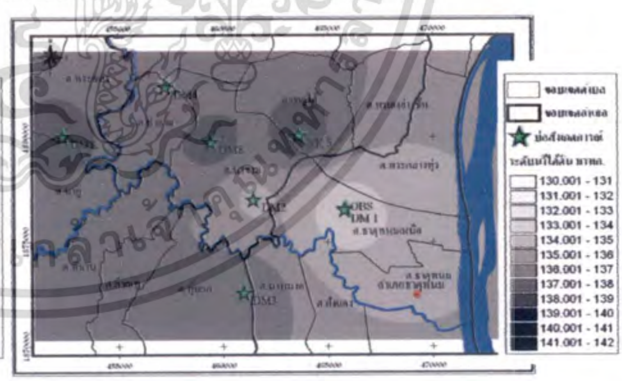
15 พฤษภาคม 2552



31 พฤษภาคม 2552

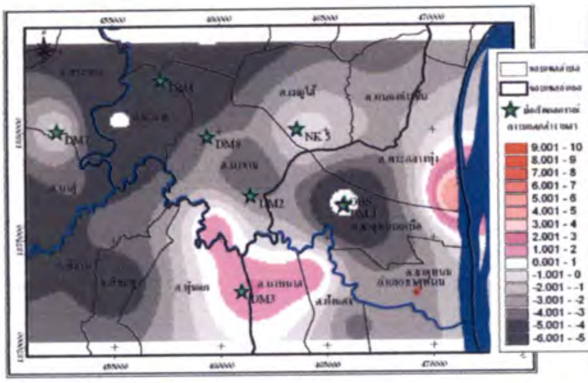


16 มิถุนายน 2552

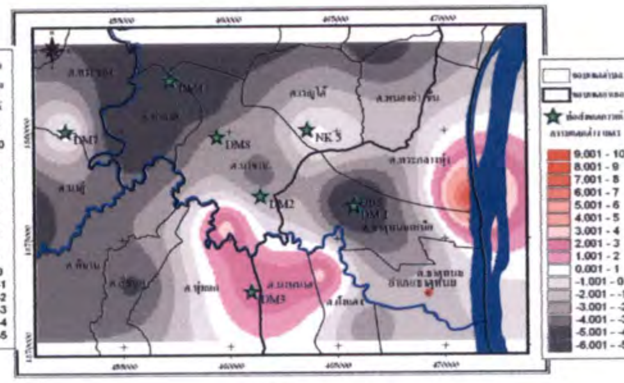


30 มิถุนายน 2552

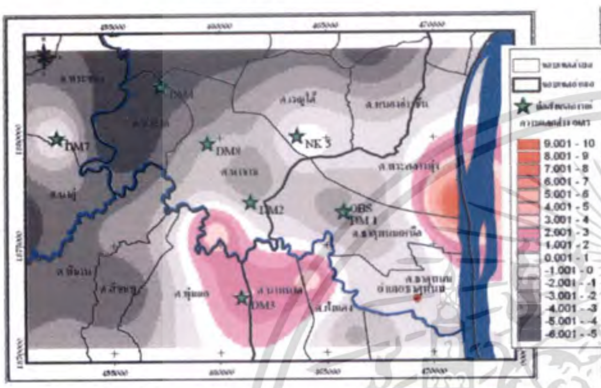
รูปที่ ข-2 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก (ต่อ)



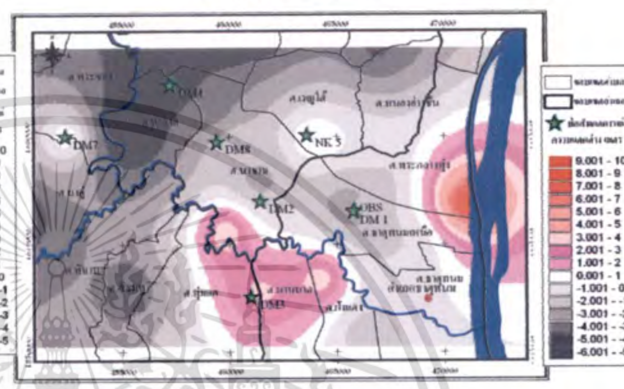
9 พฤศจิกายน 2551



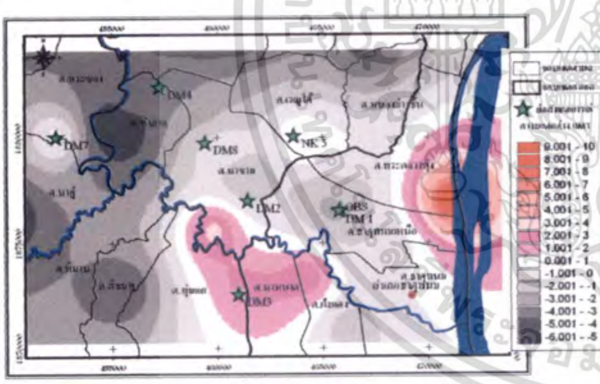
28 พฤศจิกายน 2551



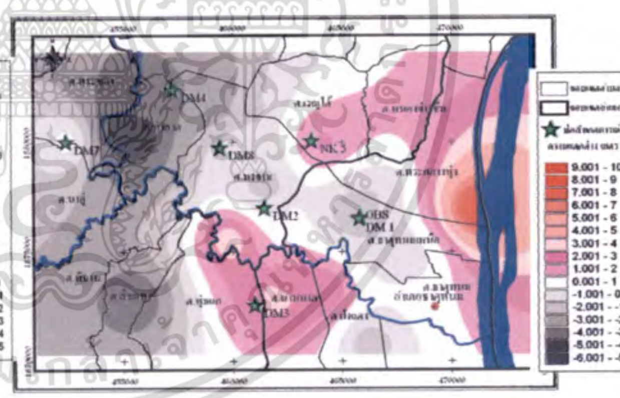
27 ธันวาคม 2551



29 มกราคม 2552

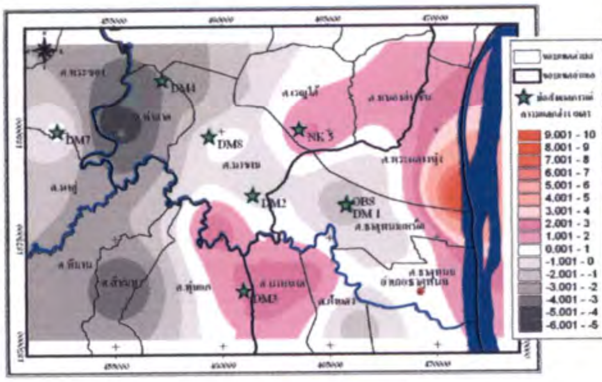


28 กุมภาพันธ์ 2552

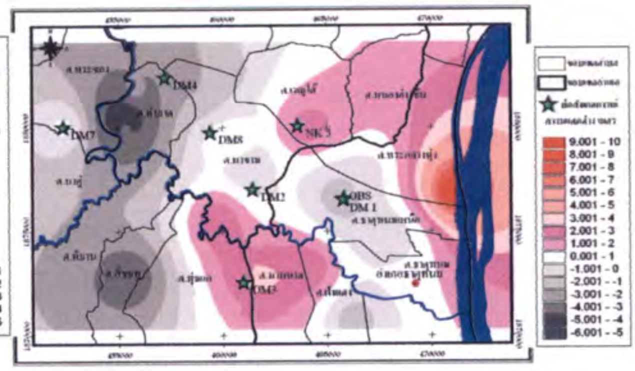


15 มีนาคม 2552

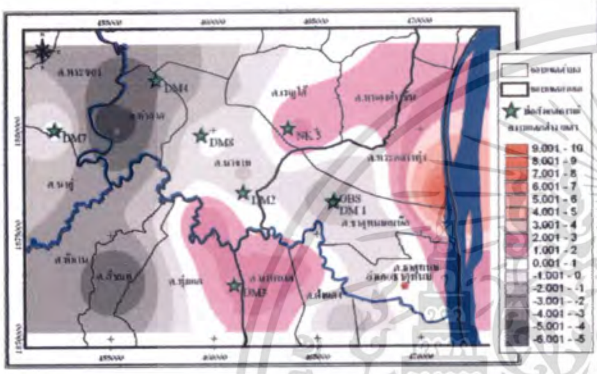
รูปที่ ข-3 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก-ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น



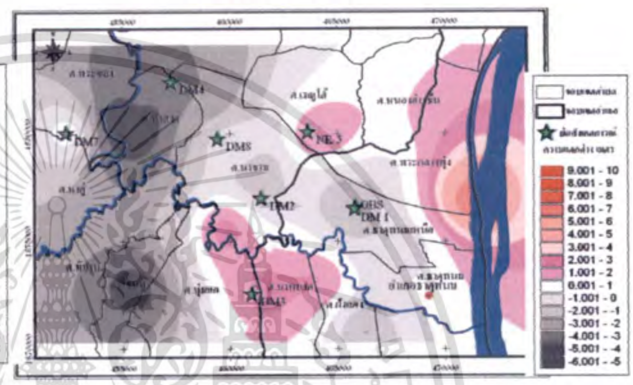
15 เมษายน 2552



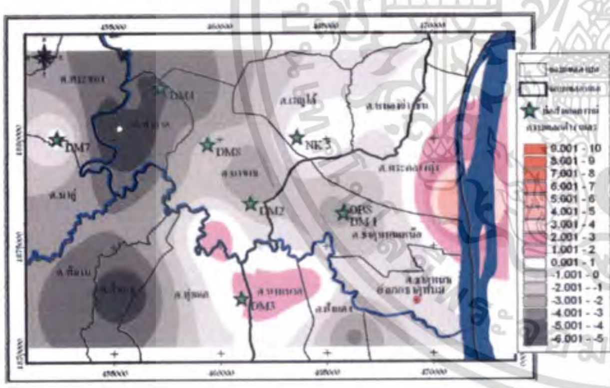
30 เมษายน 2552

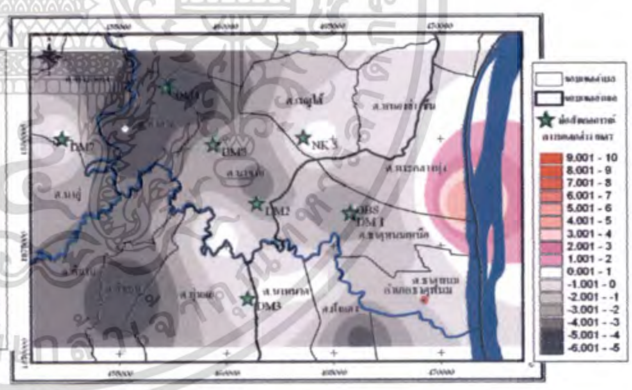


15 พฤษภาคม 2552



31 พฤษภาคม 2552

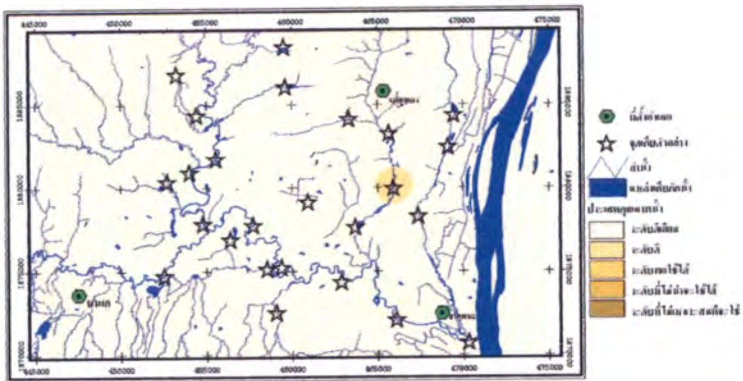




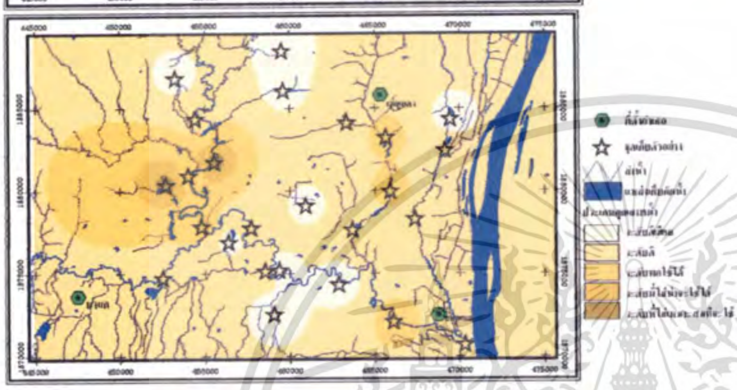
รูปที่ ข-3 การกระจายของระดับน้ำใต้ดินชั้นลึก-ระดับน้ำใต้ดินชั้นตื้น (ต่อ)

ภาคผนวก ค.

การกระจายของคุณภาพน้ำผิวดิน

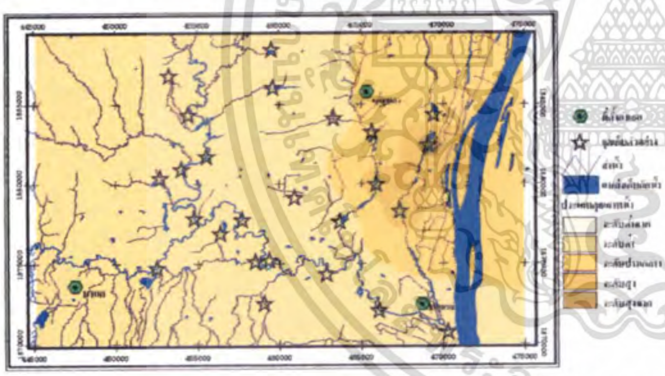


(ฤดูฝน)

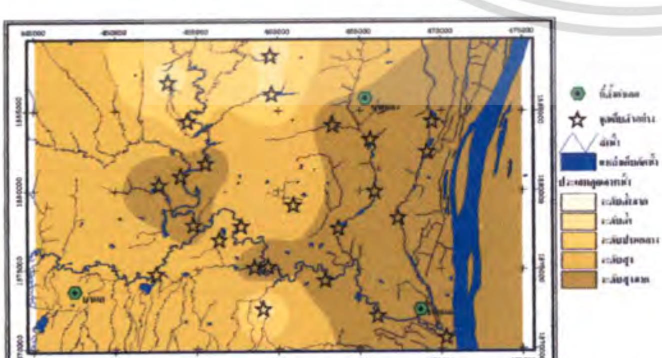


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-1 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 1: ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)

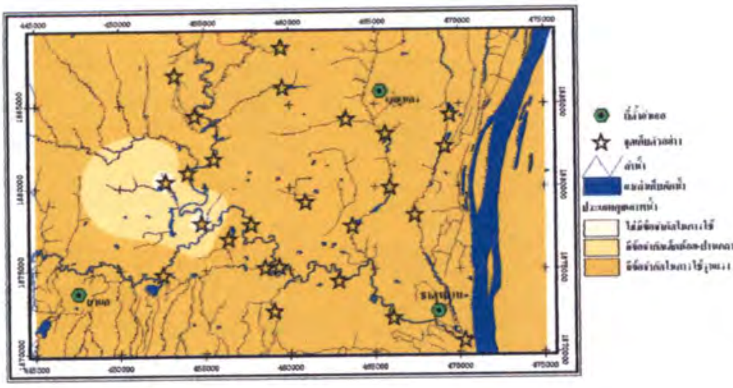


(ฤดูฝน)

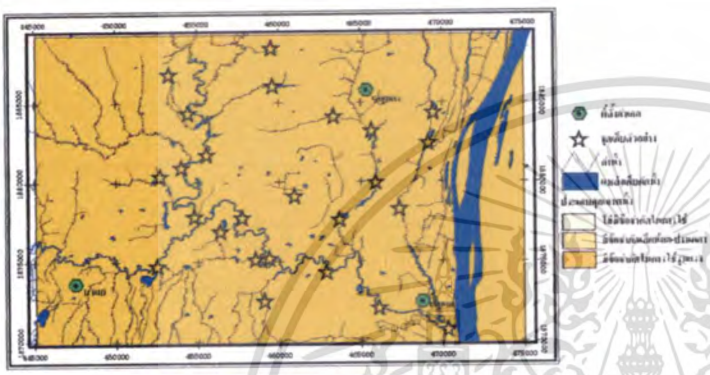


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-2 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 2 : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)

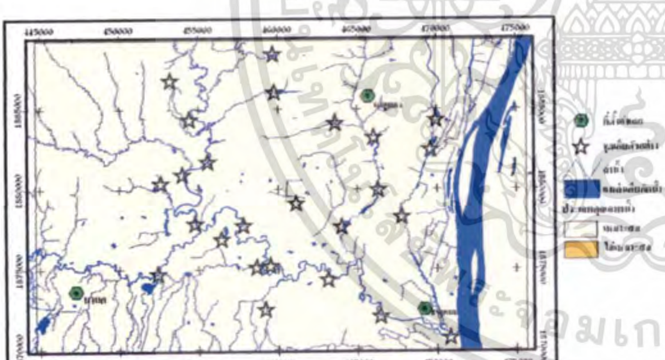


(ฤดูฝน)

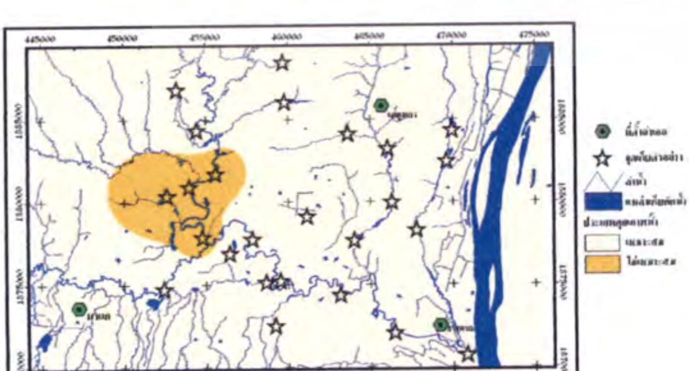


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-3 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตาม ค่า SAR ร่วมกับค่า EC

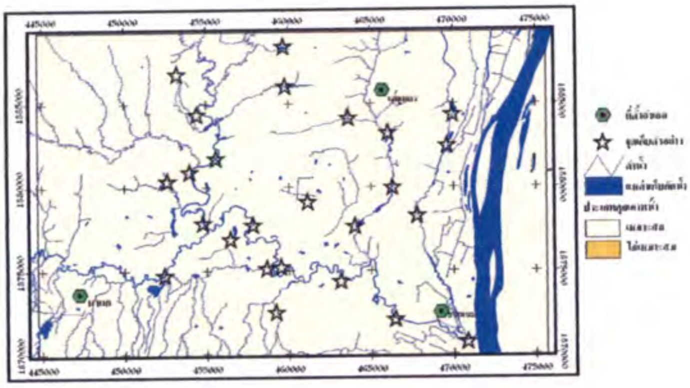


(ฤดูฝน)

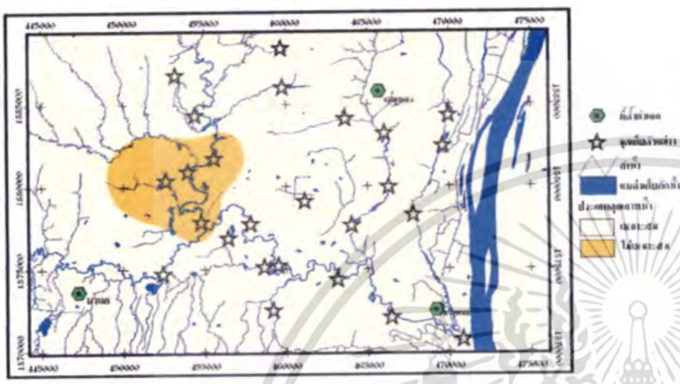


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-4 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แคลเซียม (Ca^{2+})

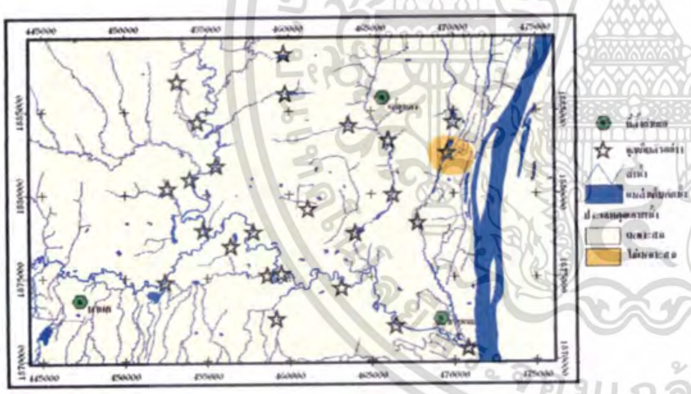


(ฤดูฝน)

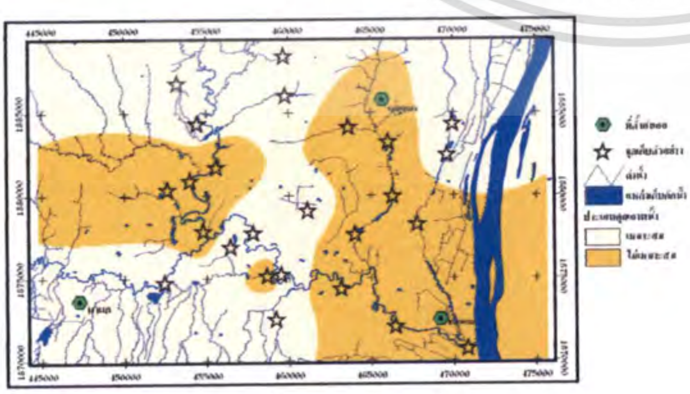


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-5 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แมกนีเซียม (Mg^{2+})

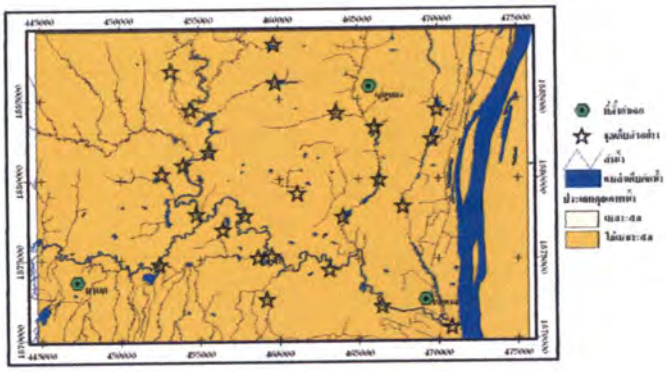


(ฤดูฝน)

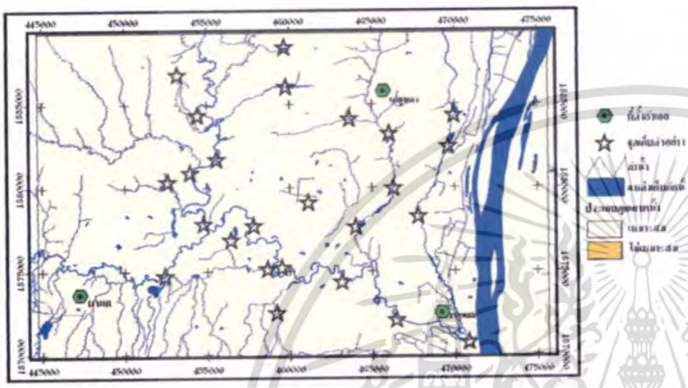


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-6 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โซเดียม (Na^{+})

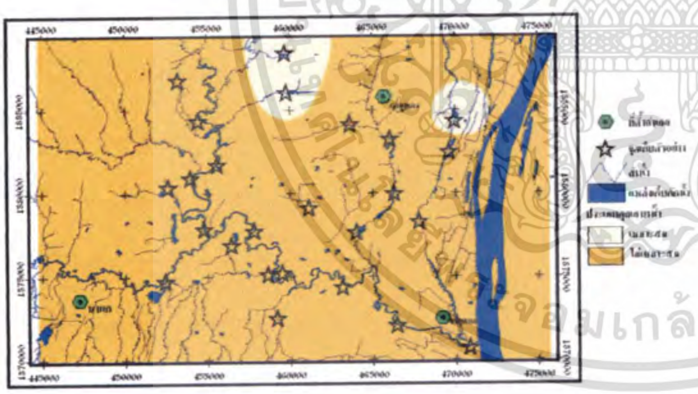


(ฤดูฝน)

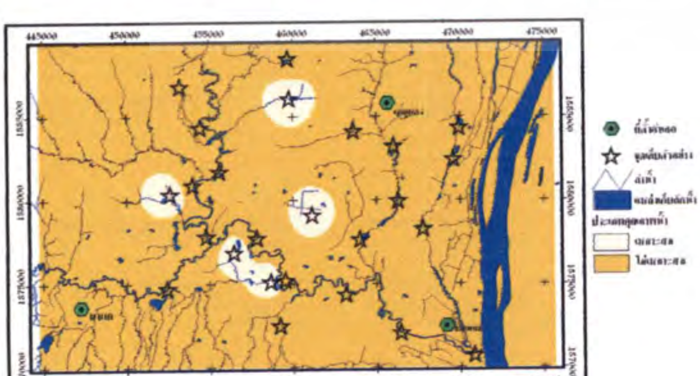


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-7 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คาร์บอเนต (CO_3^{2-})

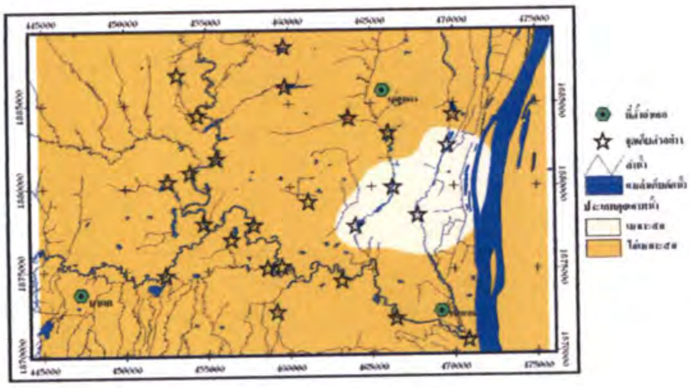


(ฤดูฝน)

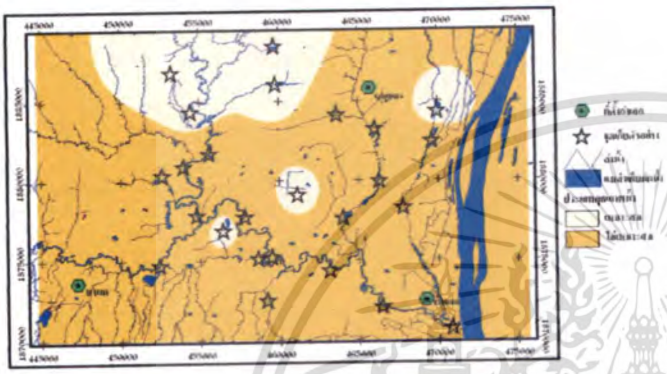


(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-8 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไบคาร์บอเนต (HCO_3)

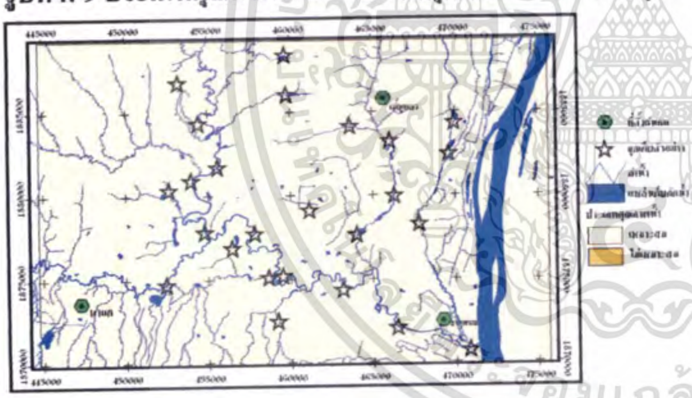


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า คลอไรด์ (Cl^{-}) (ฤดูฝน)

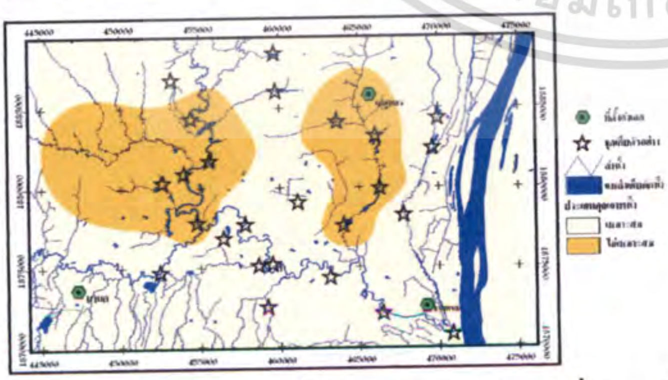


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า คลอไรด์ (Cl^{-}) (ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-9 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คลอไรด์ (Cl^{-})

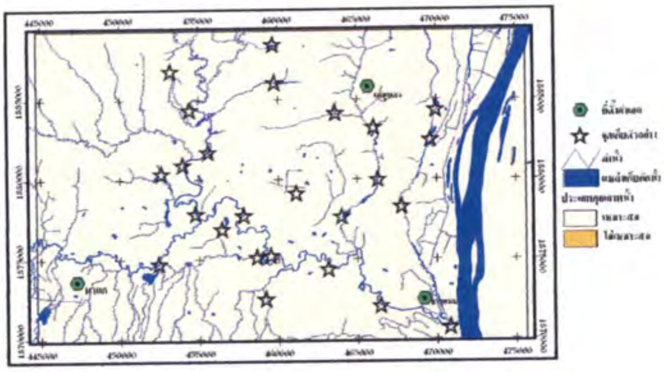


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า ซัลเฟต (SO_4^{2-}) (ฤดูฝน)

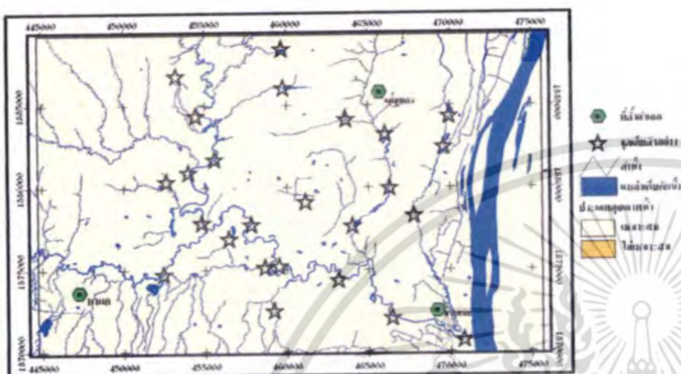


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า ซัลเฟต (SO_4^{2-}) (ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-10 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ซัลเฟต (SO_4^{2-})

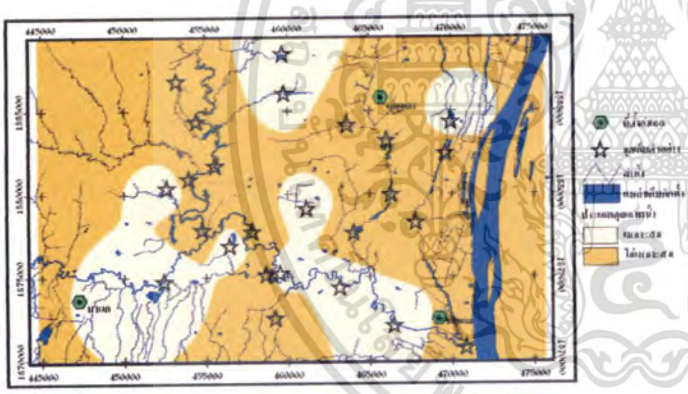


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า ไนเตรต (NO_3^-) (ฤดูฝน)

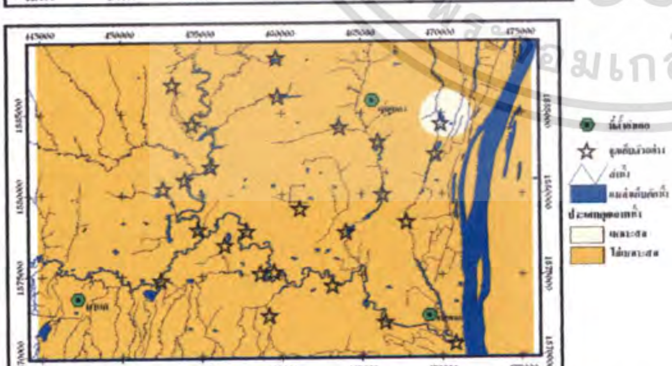


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า ไนเตรต (NO_3^-) (ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-11 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไนเตรต (NO_3^-)

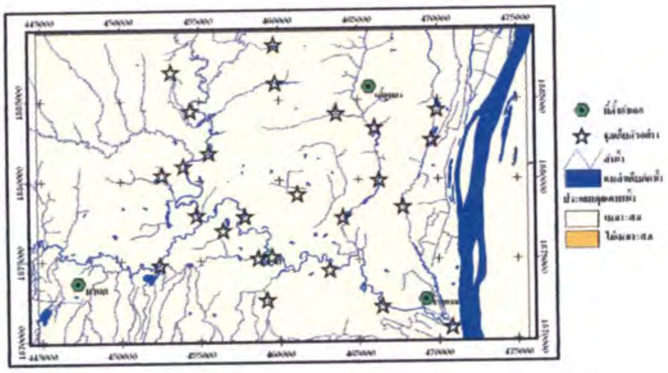


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า โพแทสเซียม (K^+) (ฤดูฝน)

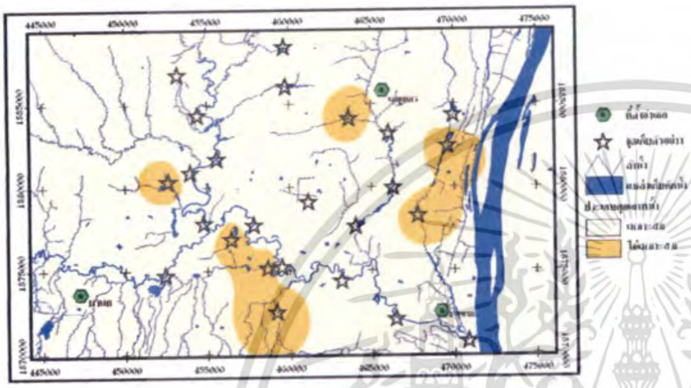


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า โพแทสเซียม (K^+) (ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-12 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โพแทสเซียม (K^+)

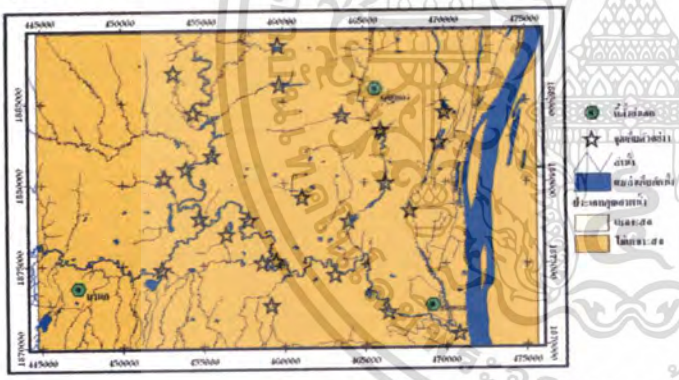


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า Iron (Fe^{2+}) (ฤดูฝน)

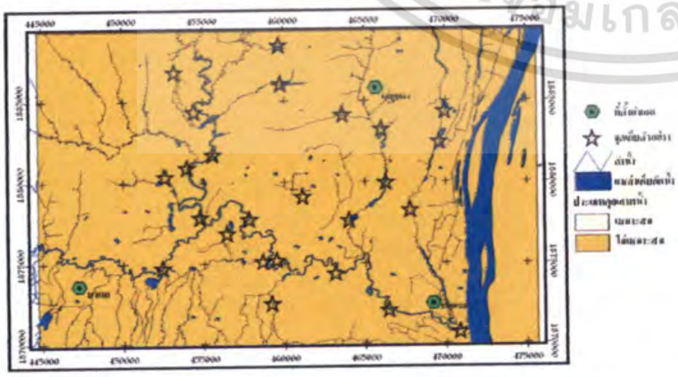


ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่า Iron (Fe^{2+}) (ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-13 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามค่าIron (Fe^{2+})



(ฤดูฝน)

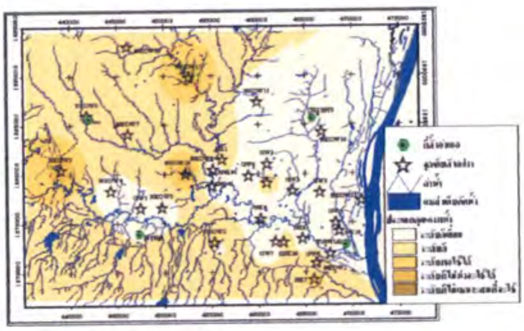


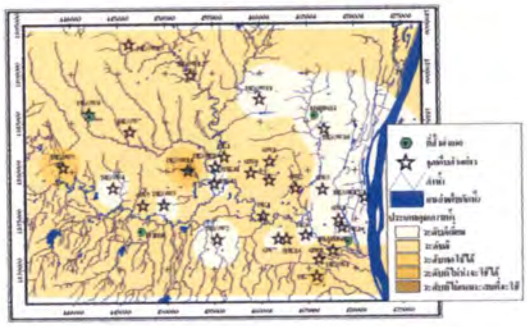
(ฤดูแล้ง)

รูปที่ ค-14 ประเภทคุณภาพน้ำจำแนกตามคุณลักษณะที่ 4 : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (RSC)

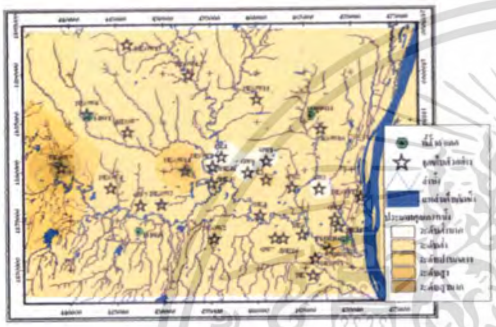
ภาคผนวก ง.

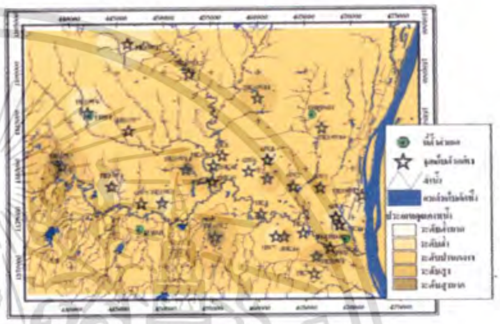
การกระจายของคุณภาพน้ำใต้ดิน


ฤดูฝน

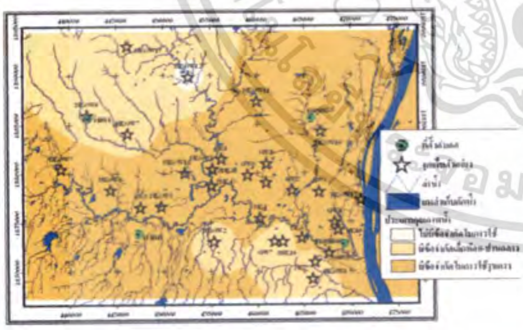

ฤดูแล้ง

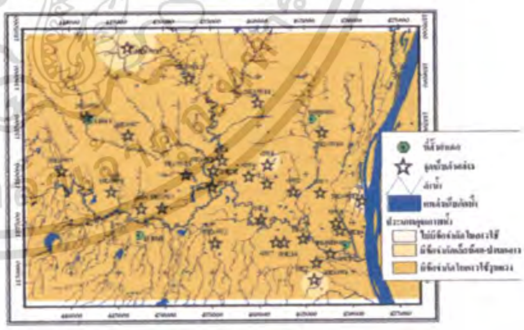
รูปที่ ง-1 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 1 : ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)


ฤดูฝน

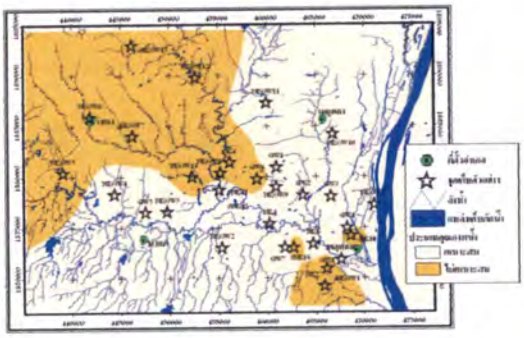

ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-2 ประเภทคุณภาพน้ำน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 2 : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)

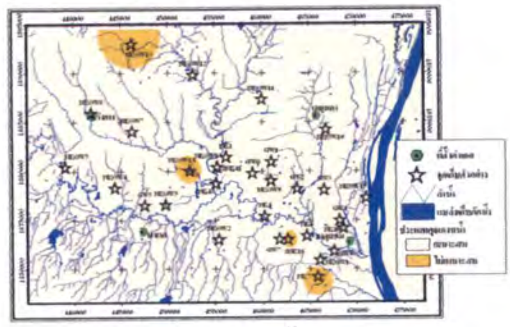

ฤดูฝน


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-3 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตาม ค่า SAR ร่วมกับค่า EC

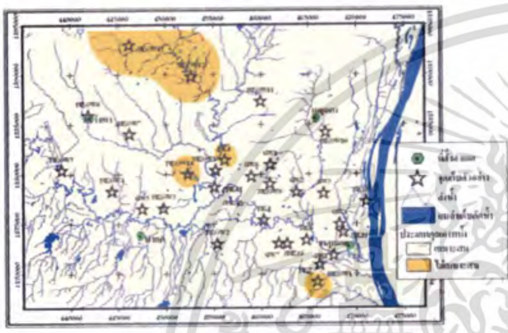


ฤดูฝน

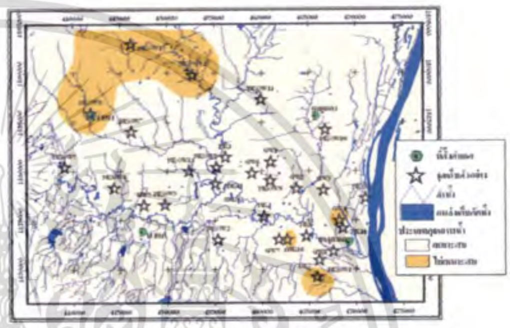


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-4 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แคลเซียม (Ca^{2+})

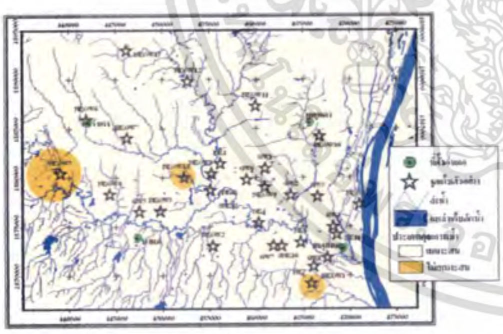


ฤดูฝน

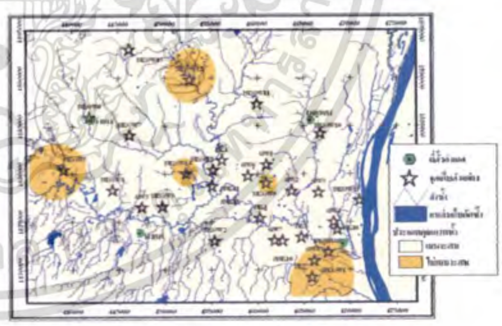


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-5ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แมกนีเซียม (Mg^{2+})

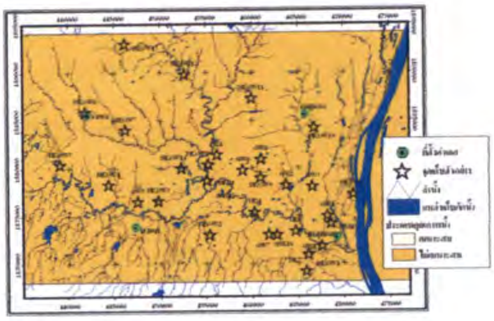


ฤดูฝน

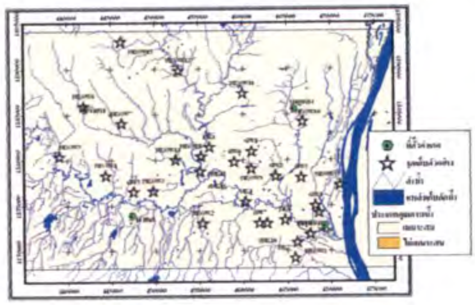


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-6 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โซเดียม (Na^{+})

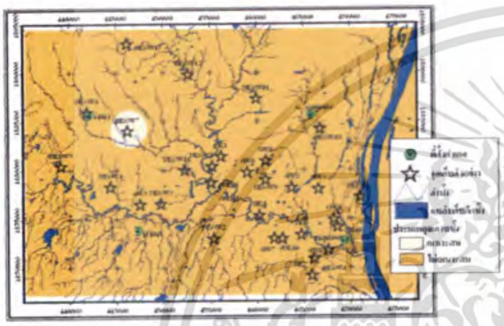


ฤดูฝน

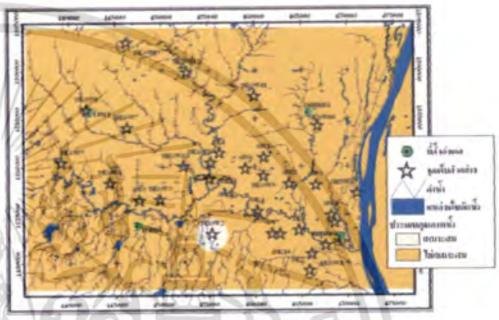


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-7 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คาร์บอเนต (CO_3^{2-})

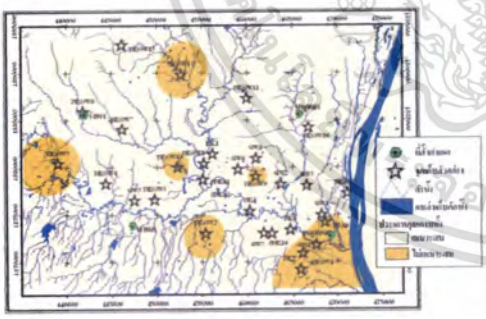


ฤดูฝน

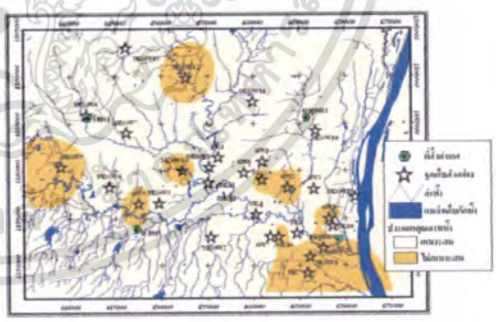


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-8 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไบคาร์บอเนต (HCO_3)

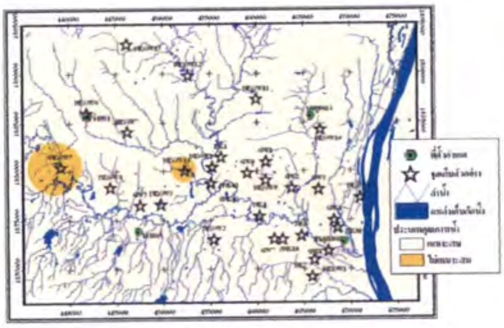


ฤดูฝน

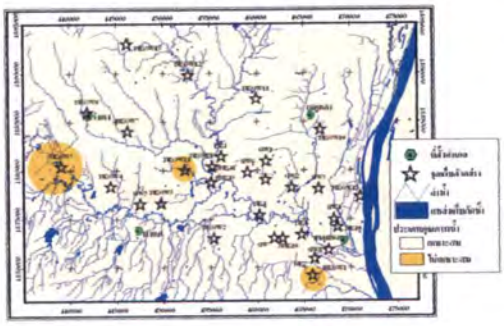


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-9 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คลอไรด์ (Cl^-)

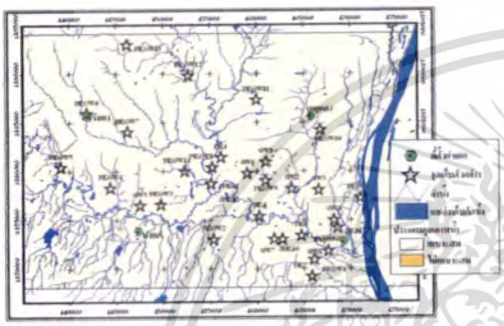


ฤดูฝน

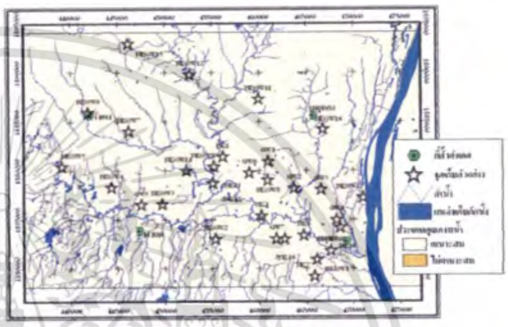


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-10 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ซัลเฟต (SO_4^{2-})

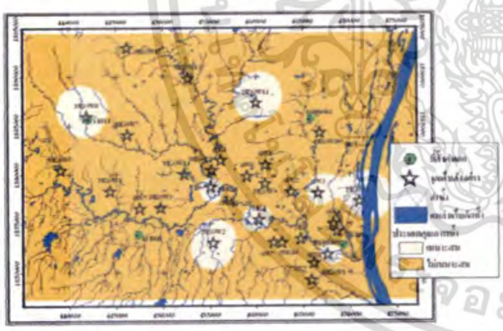


ฤดูฝน

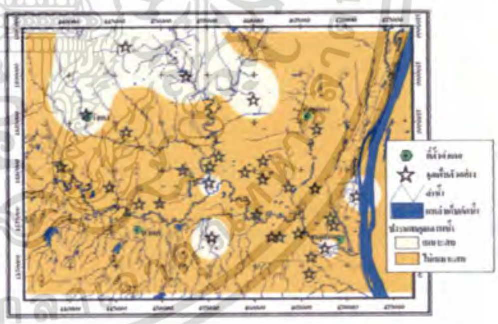


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-11 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไนเตรต (NO_3^-)

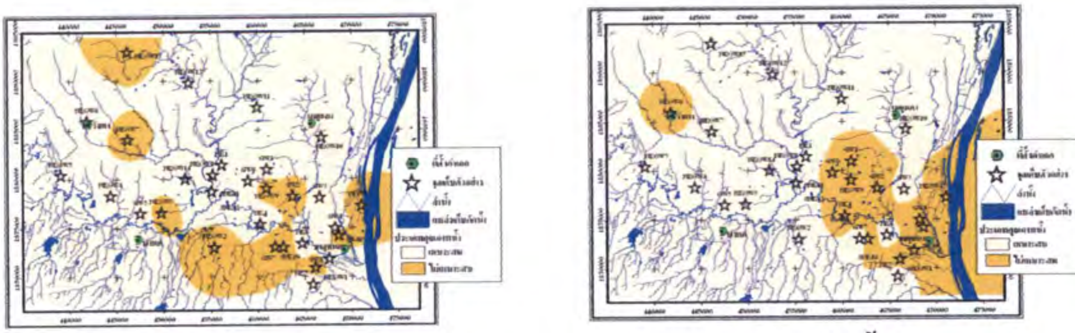


ฤดูฝน



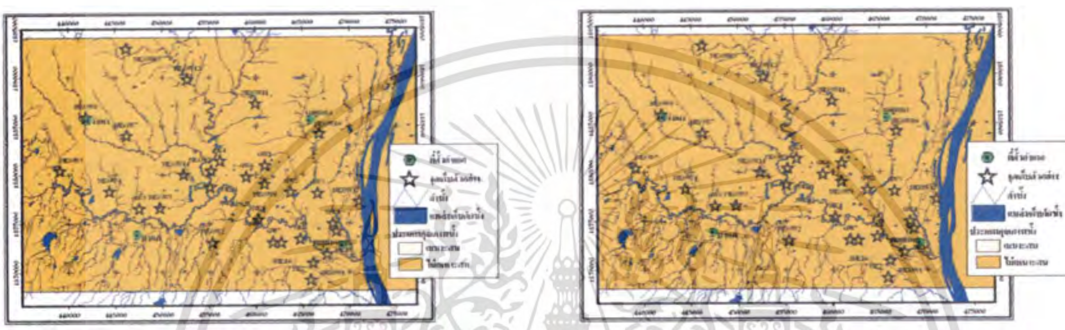
ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-12 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โพแทสเซียม (K^+)



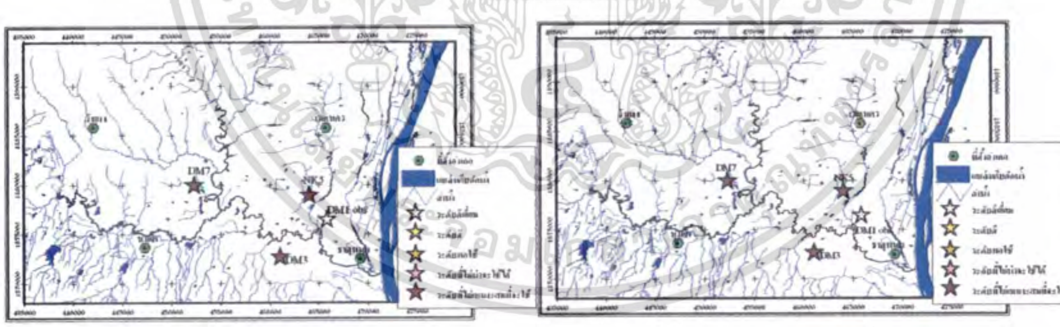
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-13 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามค่าIron (Fe^{2+})



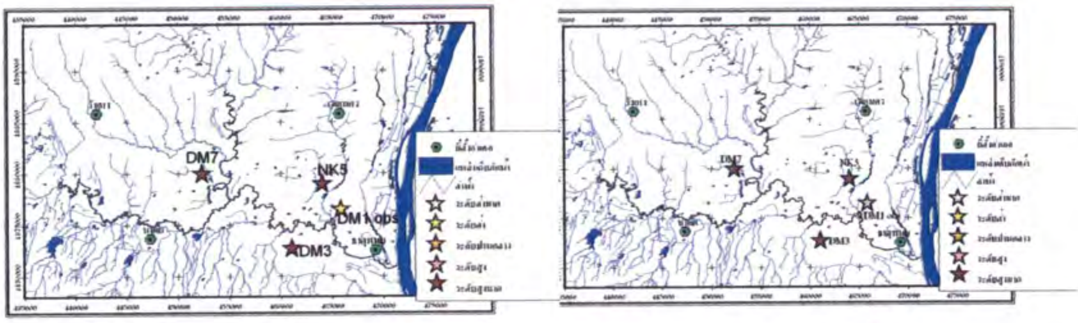
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-14 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นตื้นจำแนกตามคุณลักษณะที่ 4 : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (RSC)



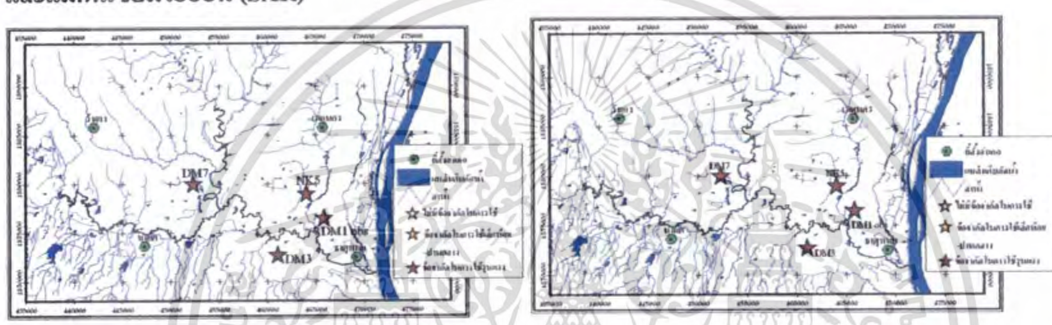
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-15 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 1 : ค่าความนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)



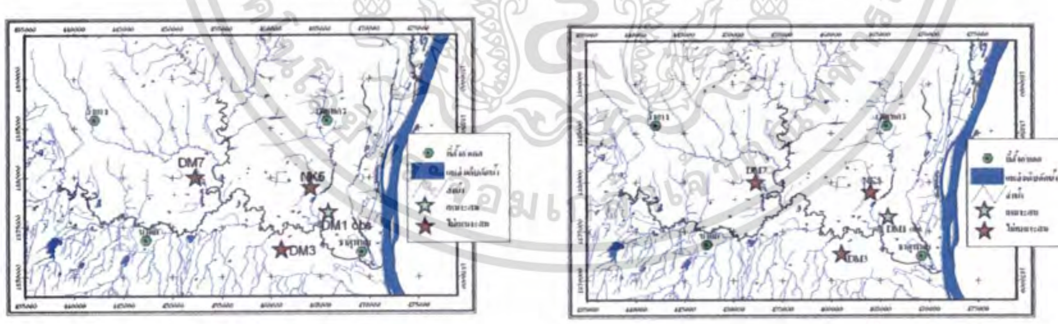
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-16 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 2 : สัดส่วนของโซเดียมไอออนต่อแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (SAR)



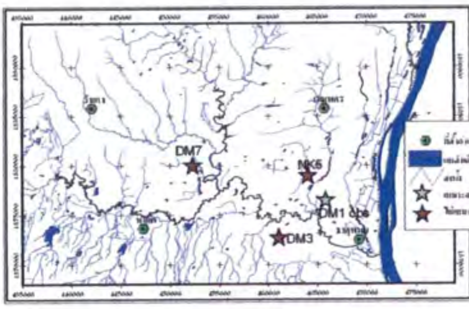
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-17 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตาม ค่า SAR ร่วมกับค่า EC

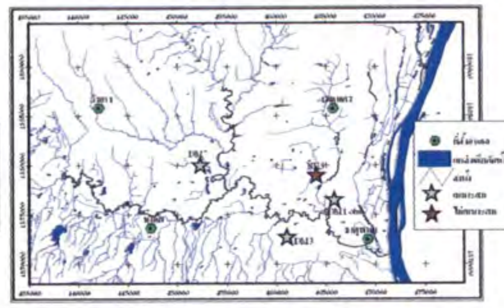


ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-18 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แคลเซียม (Ca^{2+})

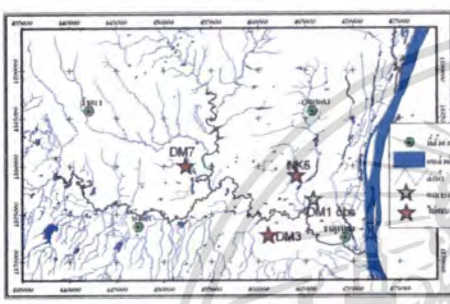


ฤดูฝน

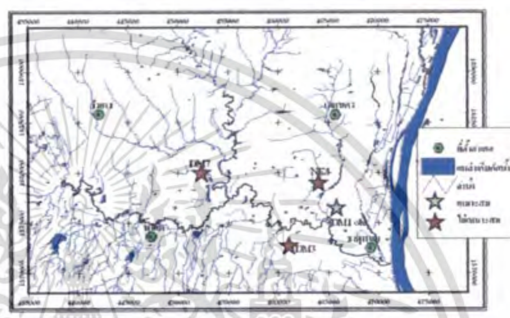


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-19 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-แมกนีเซียม (Mg^{2+})

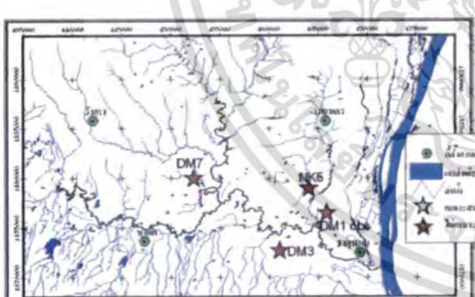


ฤดูฝน

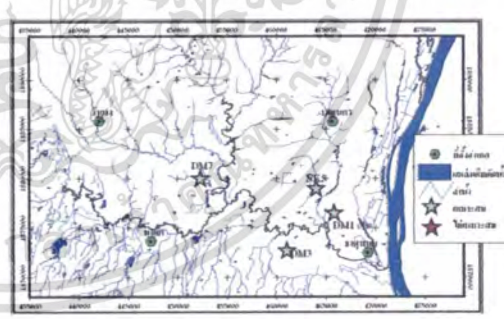


ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-20 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โซเดียม (Na^{+})

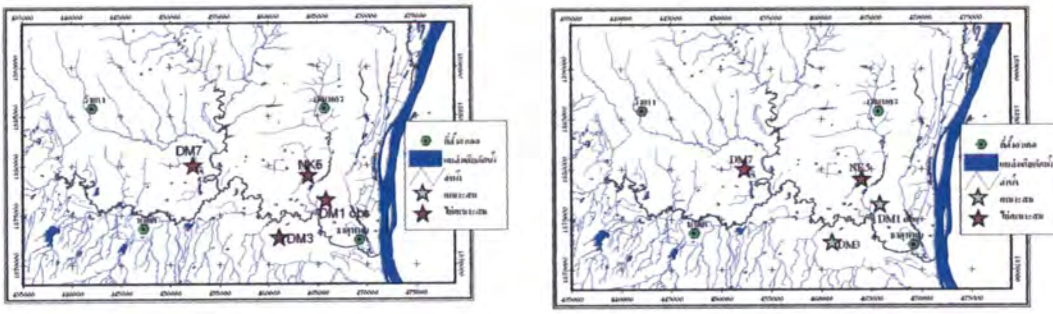


ฤดูฝน



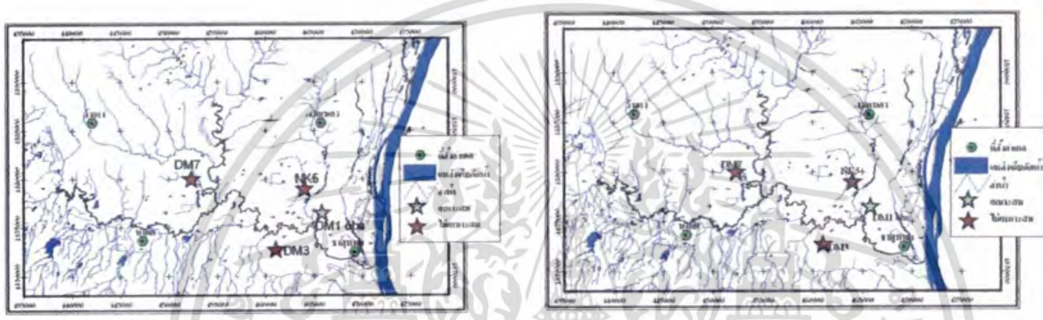
ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-21 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คาร์บอเนต (CO_3^{2-})



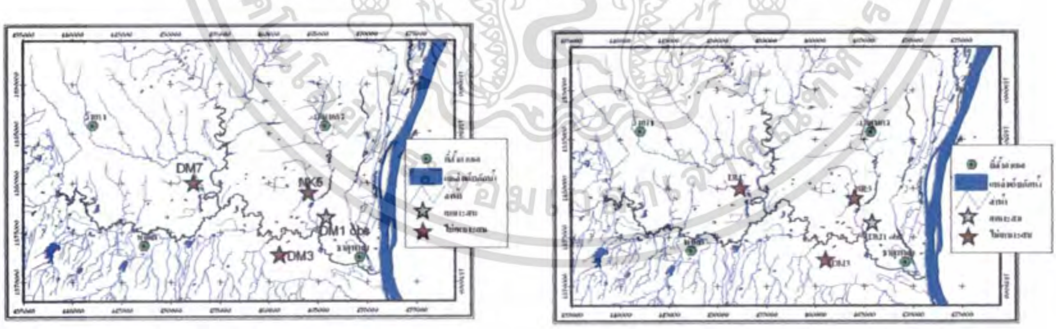
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-22 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3: ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไบคาร์บอเนต (HCO_3^-)



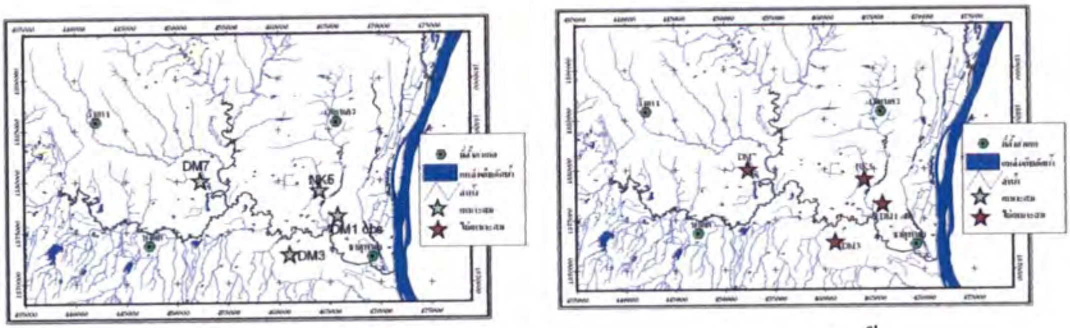
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-23 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3: ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-คลอไรด์ (Cl^-)



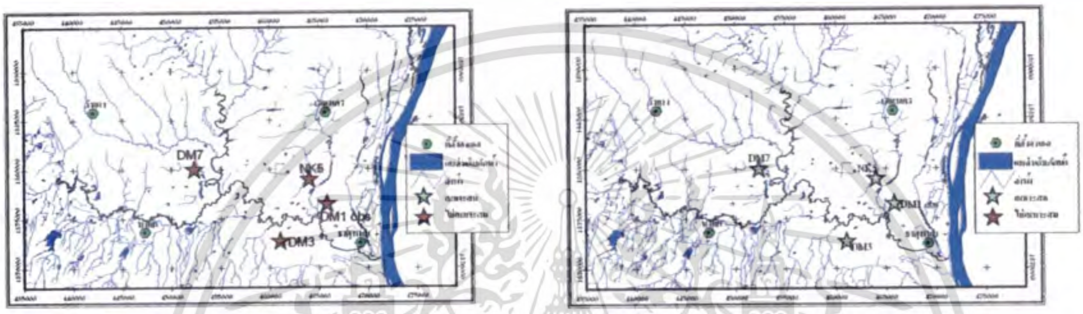
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-24 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3: ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ซัลเฟต (SO_4^{2-})



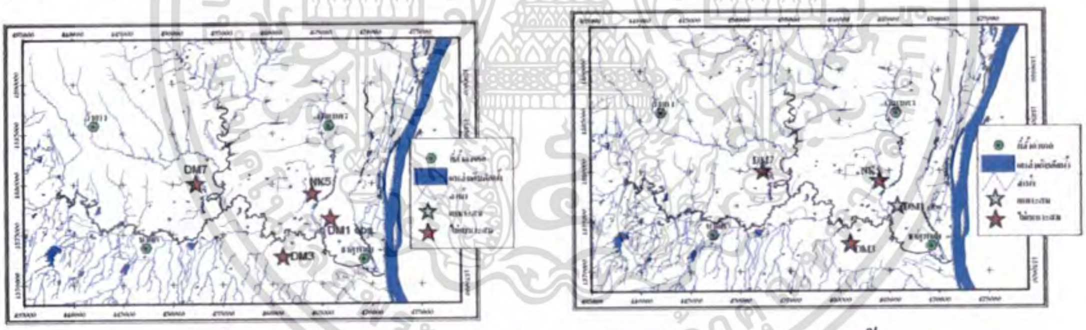
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-25 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-ไนเตรต (NO_3^-)



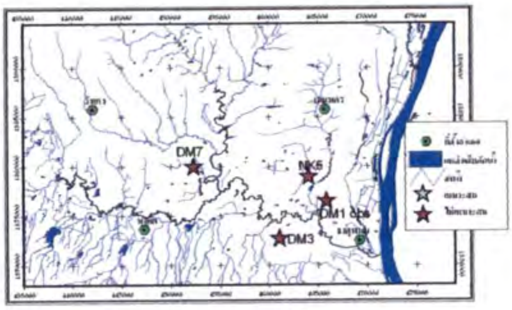
ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-26 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 3 : ธาตุที่เป็นพิษต่อพืช-โพแทสเซียม (K^+)

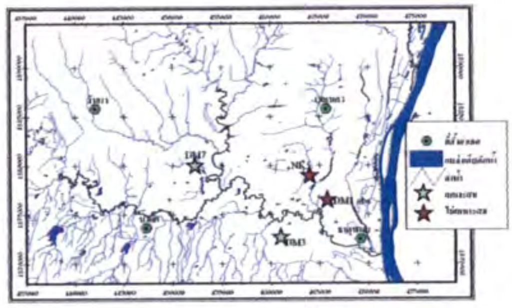


ฤดูฝน ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-27 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามค่าIron (Fe^{2+})



ฤดูฝน



ฤดูแล้ง

รูปที่ ง-28 ประเภทคุณภาพน้ำใต้ดินชั้นลึกจำแนกตามคุณลักษณะที่ 4 : ปริมาณของไบคาร์บอเนตไอออนที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณรวมของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน (RSC)

ประวัติและผลงานคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1) ชื่อ นามสกุล ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์

Asst. Prof. Songvoot Saengchan , Ph.D.

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1201-00751-90-7

3) ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 8 หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

โทรศัพท์ 02-3298337-8 โทรสาร 02-3298336

e-mail svsangchan@yahoo.com

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
อุตสาหกรรมสาสตรบัณฑิต	2522	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
M.S. (Agri. Eng.)	2532	Central Luzon State University, Philippines
Ph.D. (Agri. Eng.)	2547	Central Luzon State University, Philippines

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1.การจัดการดินและน้ำ

2. การจัดการลุ่มน้ำ

3. อุทกวิทยา

7) งานวิจัย หรือ บทความ

1. S.S. Makhanov and S. Sangchan, "Computer Modeling of Flooding in Eastern Area of Bangkok", RESTEC'96 Regional Symposium on Telecommunications Electronic Circuits and System, July 6-8, 1996

2. S. Sangchan, "Determination of Erocivity Index", Ladkrabang Engineering Journal, Vol. 13 No. 2, April 1997

3. S. Hungspreug, S. Vannakrairoj, S.S. Makhanov, S. Sangchan and P. Mekpruksawong, "A New Two-Dimensional Model of Flooding in East-Bangkok", 7th ICID International Drainage Workshop 'Drainage for the 21st Century', November 17-21, 1997, Penang, Malaysia.

4. S. Makhanov and S. Sangchan, "Numerical Methods for Problems for Subsurface Flow with a Priori Bounded Solution", KKU Engineering Journal Vol. 25, No. 4, October-December 1998.

5. S. Sangchan, P. Mekpruksawong and P. Srikreaw, "Development of Automatic Irrigation System", Agricultural Annual Meeting, Faculty Agricultural Technology, KMITL, June 1998.

6. S. Sangchan, "Application of GIS in Rainfall-Runoff Modeling for a Selected River Basin", 4th PASE International Convention & Exhibition, April 17-21 April, 2006, Butuan City, Philippines.

7. S. Sangchan,"A study on Design of Drainage Canal ", 5th PASE International Convention & Exhibition, April 22-26 April, 2007, PCC, Central Luzon State University, Science City of Munoz, Philippines.

8. C. Kulketwong and S. Sangchan, "Erosivity Indices of North-East, Thailand", 9th TSAE National Convention, January 31-Febuary1, 2008, Imperial mae ping Hotel, Chaiengmai, Tahiland8)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่1

1) ชื่อ นามสกุล ผศ.ดร. ภัทราภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์

Asst.Prof.Dr. Phattaporn Mekpruksawong

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1206-00129-09-1

3) ตำแหน่งปัจจุบัน วิศวกรโยธาระดับ 7 (วช.)

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

ส่วนวางโครงการ สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

811 สามเสน ดุสิต กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ 02-2413354 โทรสาร 02-2431044

e-mail phatta05@yahoo.com

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ชลประทาน)	2529	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
M.Eng (Water Resources Engineering)	2535	Asian Institute of Technology
Dr. of Eng. (Science and Engineering)	2549	Chuo University, JAPAN

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1.สาขาวิศวกรรมน้ำใต้ดิน

2.สาขาวิชาสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3. สาขาวิชาแบบลองคอมพิวเตอร์ด้านแหล่งน้ำ

4. สาขาวิชาการวางโครงการพัฒนาแหล่งน้ำ

7) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ:

1. โครงการ "งานวิจัยร่วมระหว่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและ Kyushu Tokai University" เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย (ตัวแทนสถาบันฯ) ปีงบประมาณ 2543 และ 2544 ดำเนินการวิจัยเรื่อง The Application of Seepage Pit for Reduce Flood Hazard in Thailand

2. โครงการวิจัยเรื่อง "การหาพื้นที่ศักยภาพการชลประทานในลุ่มน้ำโขงตอนล่าง" ตำแหน่งผู้ร่วมวิจัย โดยทุนงบประมาณแผ่นดินของสถาบันเทคโนฯพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังผ่านทาง วช.

3. โครงการวิจัยเรื่อง "การศึกษาศักยภาพทรายชั้นบนเพื่อเติมน้ำฝนสู่น้ำใต้ดินด้วยระบบ Seepage Pit" ตำแหน่งผู้ร่วมวิจัย โดยทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2545 ของสถาบันเทคโนฯพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังผ่านทาง วช.

4. โครงการวิจัยเรื่อง "ระบบการเติมน้ำกับการยกตัวของระดับน้ำใต้ดินและการบรรเทาอุทกภัย จ. พิจิตร (การศึกษาศักยภาพทรายชั้นบนเพื่อเติมน้ำฝนสู่น้ำใต้ดินด้วยระบบ Seepage Pit ระยะที่2) ตำแหน่งผู้ร่วมวิจัย โดยทุนงบประมาณแผ่นดินปี 2545ของสถาบันเทคโนฯพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังผ่านทาง วช.

5. โครงการวิจัยเรื่อง "Groundwater Extraction and Water Budget Modeling in Rice Growing Floodplain in The Groundwater Recharge Area" ตำแหน่งหัวหน้าโครงการวิจัย ทุน JSPS ประเทศญี่ปุ่น

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : (ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุนย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี)

การเผยแพร่ระดับนานาชาติ

1. P.Mekpruksawong, T. Ichikawa, S. Aramaki and T. Yamada, "Hydrogeological Condition and Groundwater Behavior in Low Land, Thailand" Journal of Japan society of Hydrology and Water Resources Engineering (JSHWR), Vol.17, No.1, 2004.pp. 32-42. แหล่งทุนจากกรมชลประทาน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (งบประมาณแผ่นดินโดยผ่าน วช.) Kyushu Tokai University

2. P. Mekpruksawong, T. Ichikawa, S. ARAMAKI and T. Yamada, "Influence of Extraction and Recharge on Groundwater Level in Phichit Flood Plain, Thailand" International Symposium on the Climate System of Asian Monsoon and Its Interaction with Society, Thailand, November 2003, paper No. E3-7,pp.143-153 แหล่งทุนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (งบประมาณแผ่นดินโดยผ่าน วช.) Kyushu Tokai University

3. Phattaporn Mekpruksawong, Thana Suwattana and Narong Meepayoong "The Alternatives of Flood Mitigation in The Downstream Area of Mun River Basin", Proceedings: 14th Asian agricultural symposium (14th AAS) on environmental management for resource conservation, Thailand, December 2004. pp.75-82.

4. P.Mekpruksawong, T. Ichikawa and T. Yamada, "On Groundwater Budget Simulation and Groundwater Extraction in Lowland Floodplain, Thailand" Annual Journal of Japan society of Civil engineering (JSCE), March 2005, pp.91-96. งานวิจัยต่อเนื่อง

5. Phattaporn Mekpruksawong, Tsutomu Ichikawa and Tadashi Yamada, "Groundwater Budget and Extraction in Lowland Floodplain, Thailand" Modeling Tools for Environment and Resources Management (MTERM) International Conference. Thailand, June 2005, pp.249-256. งานวิจัยต่อเนื่อง

6. Phattaporn Mekpruksawong, Tsutomu Ichikawa and Tadashi Yamada, "Analysis of Recharge System Efficiency in Phichit Floodplain, Thailand" Modeling Tools for Environment and Resources Management (MTERM) International Conference. Thailand, June 2005, pp.617-625งานวิจัยต่อเนื่อง

7. Mekpruksawong, P., Ichikawa, T. and Yamada, T. (2006), "The Combination of Tank Model and 3-D Unconfined Groundwater Flow (GWF) Simulation in Tropical Floodplain, Thailand", Journal of Japan Society of Hydrology & Water Resour, JSHWR., Vol.19, No.5,pp.372-382. ทุน JSPS (RONPAKU)

8. Suwattana T. and Mekpruksawong P. (2007), "The Improvement of the Khok Kathiam Operation and Maintenance Project" INWEPF 4th Steering Meeting and Symposium, July 2007, P-1-05 (pp.1-14)

9. Chuenchooklin S., Mekpruksawong P., and Chidchob P. (2007), "The River Analysis Simulation Model For the Planning of Retention Area and Diversion Channel for Flood Reduction in The Lower Yom's River Basin, THAILAND". INWEPF 4th Steering Meeting and Symposium, July 2007, P-2-01(pp.1-13)

T. Ichikawa, P. Mekpruksawong, Y. Trinetra, S.Aramaki, Q. Muhtar and S. Chuenchooklin (2007), "Salinity Problem of The Groundwater Use for Irrigation in The Lower Nam Kam Basin, THAILAND". INWEPF 4th Steering Meeting and Symposium, July 2007, P-1-08(pp.1-14)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 2

1) ชื่อ นามสกุล รศ.ดร.สมบัติ ชื่นชูกลิ่น
Assoc.Prof.Dr.Sombat Chuenchooklin

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6501-00107-56-6

3) ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยนเรศวร

99 หมู่ 9 ต.ท่าโพธิ์ อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ 0-5596-4055 โทรสาร 0-5596-4002

e-mail: sombatc@nu.ac.th

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (ชลประทาน)	2527	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
M.Eng (Water Resources Engineering)	2535	Asian Institute of Technology (AIT) ทุน Government of Canada
Ph.D. (Water Resources Engineering)	2548	มหาวิทยาลัยขอนแก่น

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. สาขาวิชาสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

2. สาขาวิชาปฐพีกลศาสตร์

3. สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน

7) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ:

- ผู้วิจัยหลักร่วมกับคณาจารย์จาก Tokai University, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, และกรมชลประทาน ภายใต้โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาทรัพยากรน้ำและดินสำหรับพื้นที่ดินเค็มในลุ่มน้ำก่ำ จ.นครพนม ดำเนินการในปี 2549-2554 งบประมาณของ Tokai University, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมชลประทาน โดยรับผิดชอบในส่วนศึกษาน้ำผิวดินร่วมน้ำใต้ดิน

- หัวหน้าคณะศึกษางานศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทุ่งทะเลหลวง (แก้มลิง) จังหวัดสุโขทัย งบประมาณกรมชลประทาน ปี 2548 ผลงานแล้วเสร็จ (รายงานฉบับสมบูรณ์ พฤษภาคม 2549)

- หัวหน้าโครงการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการระบายน้ำแม่น้ำป่าสัก ในเขตเทศบาลเมืองเพชร- บูรณ์ และเทศบาลตำบลท่าพล จังหวัดเพชรบูรณ์ งบประมาณของผู้ว่าCEOเพชรบูรณ์ผ่านกรมชลประทาน ปี 2548 ผลงานแล้วเสร็จ (รายงานฉบับสมบูรณ์ ธันวาคม 2548)

- ผู้วิจัยหลัก ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ และสำนักงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ภายใต้โครงการศึกษาศักยภาพและพัฒนาพลังน้ำเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ลุ่มน้ำยมและลุ่มน้ำปิง ดำเนินการในปี 2549-2551 งบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

- หัวหน้าโครงการศูนย์บริหารการจัดการน้ำ (Water Management Center) จังหวัดเพชรบูรณ์ งบประมาณกรมชลประทาน ปี 2550 ผลงานแล้วเสร็จ (รายงานฉบับสมบูรณ์ กรกฎาคม 2550)
- หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง การสังเคราะห์เอกชลภาพสำหรับพื้นที่ลุ่มน้ำที่เสี่ยงต่อภัยน้ำหลากฉับพลัน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พ.ศ. 2550 (อยู่ระหว่างการวิจัย)
- หัวหน้าโครงการจัดตั้งศูนย์เตือนภัยทางน้ำ อุทกภัยและภัยแล้ง จังหวัดเพชรบูรณ์ งบประมาณผู้ว่า CEOเพชรบูรณ์ผ่านกรมชลประทาน ปี 2548 ผลงานแล้วเสร็จ (รายงานฉบับสมบูรณ์ พฤศจิกายน 2548)
- หัวหน้าโครงการจัดทำแผนหลักการพัฒนาแหล่งน้ำในเขตจังหวัดสุโขทัย งบประมาณกรมชลประทาน ปี 2547 ผลงานแล้วเสร็จ (รายงานฉบับสมบูรณ์ ธันวาคม 2547)
- หัวหน้าคณะผู้ดำเนินงานโครงการนำร่อง "โครงการผลิตไฟฟ้าพลังน้ำขนาดเล็ก" จังหวัดพิษณุโลก งบประมาณสำนักงานพลังงานภูมิภาคที่ 9 กระทรวงพลังงาน ปี 2548 (ผลงานแล้วเสร็จ)
- ผู้วิจัยหลักการจัดทำฐานข้อมูลอุทกวิทยาลุ่มน้ำเจ้าพระยา ปี 2544-46 งบประมาณแผ่นดินฯ ม.นเรศวร
- ผู้วิจัยหลักร่วมกับคณาจารย์จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, Kyushu Tokai University, และกรมชลประทาน ภายใต้โครงการศึกษาศักยภาพทรายชั้นบนเพื่อเติมน้ำฝนสู่น้ำใต้ดิน ดำเนินการในปี 2543-2547 งบประมาณของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และกรมชลประทาน

งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : (ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุนย้อนหลังไม่เกิน 5 ปี)

การเผยแพร่ระดับนานาชาติ

1. S. Chuenchooklin, T. Ichikawa, P. Mekpruksawong, and Y. Trinatra, 2008, Recently Flood Events and Groundwater Relationship in Lower Namkam Basin Thailand, Proceedings: 5th Annual Meeting AOGS2008: Asia Oceania Geosciences Society, 16-20 June 2008, Busan Exhibition & Convention Centre (BEXCO), Busan, Korea, p127 (oral presentation)

2. Sombat Chuenchooklin, Udomporn Pangnakorn, and Phattaporn Mekprugsawong, 2008, Implementation of Retention Pond Project for Flood Reduction and Irrigation Purposes in Lowland Floodplain in the Yom Basin, Proceedings: 2nd Technology and Innovation for Sustainable Development Conference (TISD2008), 28-29 January 2008, Khon Kaen University, Khon Kaen, p62-66 (oral presentation)

3. S. Chuenchooklin, and V. Amarakul, 2007, APPLICATION OF HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGE FOR LANDUSES MAPPING AND FLOOD EXTENT DELINEATION IN THAILAND: UPPER PASAK RIVER BASIN PHETCHABUN, Proceedings: 28th Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2007), 12-16 November 2007, Putra World Trade Centre (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia (oral presentation)

4. U. Pangnakorn, S. Chuenchooklin, and V. Amrakul, 2007, IMPLEMENTATION OF HIGH RESOLUTION SATELLTE IMAGES FOR AGRICULTURAL LANDUSES MAPPING AND PLANNING OF RETENTION POND IN THAILAND: YOM RIVER BASIN SUKHOTHAI, Proceedings: 28th Asian

Conference on Remote Sensing (ACRS2007), 12-16 November 2007, Putra World Trade Centre (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia (poster presentation)

5. S. Chuenchooklin, P. Mekprugsawong, and P. Chidchob, 2007, THE RIVER ANALYSIS SIMULATION MODEL FOR THE PLANNING OF RETENTION AREA AND DIVERSION CHANNEL FOR FLOOD REDUCTION IN THE LOWER YOM'S RIVER BASIN, THAILAND, Proceedings: INWEPF 4th Steering Meeting and Symposium, International Network for Water and Ecosystem in Paddy Fields, Prosperity and Sustainability of Paddy Fields and Ecosystem; July 5-7, Bangkok, P02-1 to P02-13 (oral presentation)

6. T. Ichikawa, P. Mekpruksawong, Y. Trinetra, S. Aramaki, M. Qong, and S. Chuenchooklin, 2007, SALINITY PROBLEM OF THE GROUNDWATER USE FOR IRRIGATION IN THE LOWER NAM KAM BASIN THAILAND, Proceedings: INWEPF 4th Steering Meeting and Symposium, International Network for Water and Ecosystem in Paddy Fields, Prosperity and Sustainability of Paddy Fields and Ecosystem; July 5-7, Bangkok

7. S. Chuenchooklin, T. Ichikawa, P. Mekpruksawong, S. Patamatamkul, 2006, Infiltration modeling for Inundated Extent in the Yom's Floodplain in Thailand, Proceedings: 3rd APHW CONFERENCE, Wise Water Resource Management towards Sustainable Growth and Poverty Reduction, 16-18 Oct. 2006, Bangkok, p 422 (poster presentation)

8. Chuenchooklin, S. 2006, PLANNING OF THE DIVERSION CHANNEL FOR FLOOD MITIGATION BY USING RIVER ANALYSIS SIMULATION MODEL IN PASAK'S RIVER BASIN THAILAND, Academic Journal of the Faculty of Agriculture, volume no. 49, "Ion Ionescu de la Brad" University Press, Romania.

9. Chuenchooklin, S. 2006, Planning of the diversion channel for flood delineation using river analysis simulation model in the upper Pasak's river basin Thailand, Book of Abstracts: Intl. conference on: Agriculture between tradition and intensivisation, 19-20 October 2006, Iasi, Romania, p38 (oral presentation)

10. Chuenchooklin, S. 2006, Development of Pico-Hydropower Plant for Farming Village in Upstream Watershed, Thailand, Proceedings: Tropentag 2006: Prosperity and Poverty in a Globalized World Challenges for Agricultural Research, October 11 - 13, 2006, University of Bonn, Bonn, Germany (poster presentation)

11. Chuenchooklin, S., Ichikawa, T., and Patamatamkul, S. 2004, Runoffs and phreatic surfaces behaviours over large floodplain and lowland paddy field, Proceedings of the 6th Intl. Study Conf. on GIWEX in Asia and GAME 3-5 December 2004, Kyoto, Japan (poster presentation)

12. Chuenchooklin, S., Ichikawa, T., and Patamatamkul, S. 2004, The effect of flood changes on phreatic surface in large floodplain in Phichit, Proceedings of the 2nd APHW Conference 5-8 July 2004, Singapore (oral presentation)

13. U. Seeboonruang, S. Chuenchooklin, P. Mekpruksawong, and T. Ichikawa, 2004, Feasibility study for artificial recharge at a field in the northern part of Thailand, Proc. Intl. 1st KMITL Integration Science &

Technology for Sustainable Development, King Mongkut Institute of Technology at Lardkrabang, Bangkok, p179-182

14. U. Seeboonruang, S. Chuenchooklin, P. Mekpruksawong, and T. Ichikawa, 2004, Preliminary study on a spreading basin for artificial recharge and water quality in Phichit province, Proc. 14th Asian Agriculture Symposium: Environmental Management for Resource Conservation, Maejo University, Chiangmai

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 3

1) ชื่อ นามสกุล ดร. กัมปนาท ขวัญศิริกุล

Dr. Kompanart Kwansirikul

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5-4099-99028-72-9

3) ตำแหน่งปัจจุบัน นักธรณีวิทยา 7ว

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

สำนักสำรวจวิศวกรรมและธรณีวิทยา ฝ่ายน้ำบาดาล กรมชลประทาน

811 สามเสน ดุสิต กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ 02-2413354

e-mail : kwansirikul@yahoo.com

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
B.Sc. (Geotechnology)	2531	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
M.Sc. (Geology)	2544	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Ph.D. (Geology)	2547	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. แบบจำลองน้ำใต้ดิน
2. GIS

7) งานวิจัย หรือ บทความ

1. Kwansirikul, K., Singharajwarapan, F.S., Kita, I., and Takashima, I., 1999, Isotopic Characteristics of Groundwater in the Lampang Basin, Northern Thailand, Proceeding of International Conference on Groundwater Resource Management in Intermontane Basin, Chiang Mai University, Thailand, p.185-194.

2. Kwansirikul, K., and Singharajwarapan, F.S., 2002, Groundwater Recharge Assessment of the Lampang Basin, Northern Thailand, Proceeding of the IAH Conference on Balancing the Groundwater Budget, Darwin, Australia (Electronic pdf file).

3. Kwansiririkul, K., Singharajwarapan, F.S., Mackay, R., Ramingwong, T., and Wongpornchai, P., 2004, Vulnerability Assessment of Groundwater Resources in the Lampang Basin, Northern Thailand. Journal of Environmental Hydrology, volume 12, paper 23.

4. Kompanart Kwansirikul, Fongsaward Suvagondha Singharajwarapan, Itsuro Kita, and Isao Takashima, 2005, Hydrochemical and Isotopic Characteristics of Groundwater in the Lampang Basin, Northern Thailand, Journal of the Science Society of Thailand, vol. 31, p.77-86.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 4

1) ชื่อ นามสกุล ดร. สุดธิดา เปลี่ยนคารมย์ ธนทรัพย์สิน

Dr. Sudtida Pliankarom Thanasupsin

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-1020-00822-59-6

3) ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการสิ่งแวดล้อม 6ว

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน

811 สามเสน ดุสิต กรุงเทพฯ รหัสไปรษณีย์ 10300

โทรศัพท์ 02-2414421 โทรสาร 02-2414421

e-mail : sudtidapl@hotmail.com

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาธารณสุขศาสตร์) สาขาวิชา วิทยาศาสตร์อนามัยสิ่งแวดล้อม	2537	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
Master of Engineering (M.Eng) สาขา(Water and Wastewater Engineering)	2539	Asian Institute of Technology (AIT), Pathumthani Thailand
Ph.D. (Environmental Engineering)	2547	The University of Nottingham, U.K

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. Water and Wastewater Engineering

2. Membrane Technology in Water and Wastewater Engineering

3. Environmental Impact Assessment

7) งานวิจัย หรือ บทความ

1. **S. Pliankarom**, C. Visvanathan and S.Muttamara, "Application of Air Backflushing Technique in Membrane Bioreactor for Septic Wastewater Treatment" pp: 85-90, Proceeding of International

Conference on Urban Pollution Control Technology, 13-15 October, 1999, Hong Kong, ISBN: 962-367-258-6.

2. N. P. Hankins, **S. Pliankarom**, and N. Hilal (2004) "An Equilibrium Ion-Exchange Study on the Removal of NH4+ Ion from Aqueous Effluent Using Clinoptilolite", Separation Science and Technology, Vol. 39, No. 15, pp. 3639 – 3663

3. N. P. Hankins, **S. Pliankarom**, and N. Hilal (2004) "Removal of NH4+ Ion from NH4Cl Solution Using Clinoptilolite: A Dynamic Study Using a Continuous Packed-Bed Column in Up-Flow Mode", Separation Science and Technology, Vol. 39, No. 6, pp. 1347 – 1364

4. **Sudtida Plianakrom** and K. Thanasupsin, 'The Study of Using Domestic Effluent from Ponds System for Irrigation: Pot Plantations', Proceedings of Workshop on Use of Water and Land for Food and Environmental Sustainability – Role of Young Professionals, International Commission on irrigation and Drainage, pp. 83-92, Beijing , China, 2005

5. **Sudtida Pliankarom** and K. Thanasupsin,"The Possibility of Using Domestic Effluent from Ponds System for Irrigation", Proceeding of the 11th National Convention on Civil Engineering, Phuket, Thailand , 20-22 April 2006.

6. **Sudtida Pliankarom**, K. Thanasupsin, J. Wanpensakul, "The Study of Using Domestic Effluent from Ponds System for Irrigation: nutrient uptakes", Proceeding of the 5th National Convention on Environment, Bangkok, Thailand, 8-10 March, 2006.

7. กิตติชัย ธนทรัพย์สิน และ**สุดธิดา เปลี่ยนคารมย์**, รายงาน การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการระบายฝุ่นละอองจากโรงโม่บดและย่อยหิน โดยใช้โทรทัศน์วงจรปิด, กรมควบคุมมลพิษ 2549

ผู้ร่วมโครงการวิจัย คนที่ 5

1) ชื่อ นามสกุล นาย วราเดช แสงบุญ

Mr. WARADET SANGBUN

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3-6501-01062-85-0

3) ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงาน (อาจารย์)

หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

สาขาช่างกลเกษตร

วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครพนม

มหาวิทยาลัยนครพนม

e-mail waradeathsanboom@hotmail.com

5) ประวัติการศึกษา

คุณวุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานที่ศึกษา
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)	2549	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)	2552	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1. Irrigation Engineering

2. Water Resources Engineering

7) งานวิจัย หรือ บทความ

-

ประวัติที่ปรึกษาโครงการ

1) ชื่อ นามสกุล Prof.Dr. Tsutomu Ichikawa

2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน -

3) ตำแหน่งปัจจุบัน Professor, Dean of School of Engineering

4) หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก

School of Engineering, Kyushu Tokai University, JAPAN

5) ประวัติการศึกษา

Year of graduated	Level	Field	Name of university	Country
1975	Bachelor	Civil Engineering	Tokai Univ.	JAPAN
1977	Master	Civil Engineering	Tokai Univ.	JAPAN
1995	Doctor	Civil Engineering	Tokai Univ.	JAPAN

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

1 Well theory

2 Groundwater hydrology

3 Groundwater Recharge

7) งานวิจัย หรือ บทความ

1. Uma SEEBOONRUANG, Tsutomu ICHIKAWA, "The effect of ACID sulphuric soil restraint by groundwater control in NAKHON-NAYOK province, THAILAND", Journal of Japanese Geotechnical Society, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.47, No.6, 1089-1099, Dec. 2007.

2. Phattaporn Mekpruksawong, Tsutomu Ichikawa,Tadashi Yamada, "Combination of Tank Model and 3-D Unconfined Groundwater Flow (GWF) Simulation in Tropical Floodplain, THAILAND", Journal of Japan Soc. Hydrol. & Water Resour. Vol.19, No.5, 2006 pp..

3. S.Chuenchooklin, T.Ichikawa, S. Patamatamkul, W. Sriboonlue, C. Kirdpitugsa, "A Conjunctive Surface Water and Groundwater Model for Inundated Floodplain in THAILAND", Journal of Environmental Hydrology, The Electric Journal of the International Assosiation for Enviromental Hydrology, On the World Wide Web at hppt://www.hydroweb.com., Vol. 14, Paper 6, May,2006.

4. P. Mekpruksawong, T. Ichikawa, T.Yamada, "GROUND WATER BUDGET AND EXTRACTION IN LOWLAND FLOODPLAIN", MTERM International Conference, Proceedings, pp.249-256.THAILAND,2005.

5. P. Mekpruksawong, T. Ichikawa, T.Yamada, "ANALISIS OF RECHARGE SYSTEM EFFICIENCY IN PHICHIT FLOODPLAIN THAILAND", MTERM International Conference, Proceedings, pp. 617-625, THAILAND,2005.

6.T.Ichikawa, "Present Conditions of Groundwater Circulation and Groundwater Recharge from a Paddy Field In Kumamoto Area", Journal of Hydrological System, Vol.58.,pp.11-20,2005.

7. Sombat CHUENCHOOKLIN, Tsutomu ICHIKAWA, Phattaporn MEKPRUKSAWONG, Sanguan PATAMATAMKUL, "THE EFFECT OF FLOOD CHANGES ON PHREATIC SURFACE IN LARGE FLOOD PLAIN IN PHIOCHIT", Proceedings of the 2nd Asia Pacific Association of Hydrology and Water Resources Conference, pp.281-285, 2004.

8. Seeboonruang U., Chuenchooklin S., Mekpruksawong P., and Ichikawa T., " Feasibility Study for Artificial Recharge at a Field in the Northern Part of Thailand", Proceedings of The 1st KMITL International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development.Bangkok Thailand, 179-182, 2004.

9. Uma Seeboonruang, Sombat Chuenchooklin, Phattaporn Mekpruksawong, and Tsutomu Ichikawa, "Preliminary Study on a Spreading Basin for Artificial Recharge and Water Quality in Phichit Province", Proceedings of the 14th Asian Agricultural sympojium, pp. 57-63, 2004.

10. Tsutomu ICHIKAWA,Phattaporn MEKPRUKSAWONG, Sombat CHUENCHOOKLIN, Shojiro ARAMAKI and Sanguan PATAMATAMKUL, "Groundwater and Irrigation Problem in Flood

Chao Phraya River Basin - In Case of Phichit Study Area", Proceedings of the 14th Asian Agricultural sympojium,pp.91-96,2004.

11. P. Mekpruksawong, T.Ichikawa, T.Yamada, "On Groundwater Budget and Groundwater Extraction in Lowland Floodplain, THAILAND", Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol.49, pp.91-96,2005.

12. T.Kiriyama, T. Ichikawa, "Preservation of Groundwater Basin Recharging by Paddy Field", Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol.48, pp.373-378, 2004.

13. P. MEKPRUKSAWONG, T. ICHIKAWA,S. ARAMAKI, T. YAMADA, "Hydrogeological Condition and Groundwater Behavior in Low Land, Thailand", Journal of Japan Soc. Hydrol. & Water Resour. Vol.17, No.1, pp.32-42, 2004.

14. Tsutomu ICHIKAWA, "Water Circulation and Use in Kumamoto Groundwater Basin", Proceedings of The 3rd World Water Forum (WWF3) "Agriculture, Food and Water", pp.SI-5-1～5-16, 2003.

15. Sombat,Chuenchooklin, Tsutomu ICHIKAWA、 Sa-nguan Patamatamkul, "Flood Flow Pattern and Distribution of Infiltration over Large Flood Plane and Natural Groundwater Recharge Area", Annual Journal of Hydraulic Engineering, Vol.47, pp.211-216, 2003.

16. Tsutomu ICHIKAWA, "Efficiency of Groundwater Recharge from Paddy Field in Middle Sira-River Basin, Kumamoto", Proceeding of 6th Symposium on Water Resources, Aug. 2002.

17. T. KIRIYAMA, T.ICHIKAWA, "On Preservation of Groundwater and Estimation of Groundwater Level and Spring Rate in Kumamoto Area", Proceeding of 6th Symposium on Water Resources, Aug. 2002.