

การจัดทำแบบจำลองน้ำใต้ดินเพื่อวางแผนการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี

Groundwater Modeling for Managed Aquifer Recharge (MAR) Planning in Ban Nonsamran, Nikhom Sang Ton Eng Lam Dom Noi Sub-district, Sirindhorn District, Ubon Ratchathani Province

อนิรุท มหาทวชัย (Anirut Mahatuay)*,*** โปยม สราภิรมย์ (Phayom Saraphirom)^{1**},***

(Received: April 13, 2020; Revised: June 4, 2020; Accepted: June 6, 2020)

บทคัดย่อ

การจัดทำแบบจำลองน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาบ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์จำลองเพื่อวางแผนการจัดการเติมน้ำใต้ดินผ่านระบบเติมน้ำ 4 รูปแบบ ได้แก่ (1) บ่อเติมน้ำขนาด 1 ลบ.ม. (2) บ่อเติมน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. ลึก 2 ม. (3) บ่อเติมน้ำเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. ลึก 5-12 ม. และ (4) สระเติมน้ำกว้าง 24-41 ม. ยาว 40-54 ม. ลึก 7-12 ม. การศึกษาประกอบด้วย การศึกษาสภาพภูมิอากาศ การใช้ที่ดิน อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา รวมทั้งการสำรวจในสนามโดยการเจาะสำรวจชั้นดินชั้นหิน รวมทั้งติดตั้งบ่อสังเกตการณ์เพื่อติดตามระดับน้ำใต้ดิน ศึกษาคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของดินและชั้นหินอุ้มน้ำ จากนั้นจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาเชิงมโนทัศน์และแบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำใต้ดิน โดยใช้แบบจำลอง MODFLOW ผลการจำลองภาพฉายอนาคตพบว่า ถ้ามีการติดตั้งระบบเติมน้ำใต้ดินจะมีปริมาณการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินในปีที่ 1 ปีที่ 5 และปีที่ 10 คือ 4,998 183,063 และ 137,841 ลบ.ม. ตามลำดับ และระดับแรงดันน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้น 3.95-12.01 ม. เมื่อเทียบกับช่วงที่ยังไม่มีการจัดการเติมน้ำใต้ดิน

ABSTRACT

Groundwater modeling was applied in Ban Nonsamran, Nikhom Sang Ton Eng Lam Dom Noi Sub-district, Sirindhorn District, Ubon Ratchathani Province to support the Managed Aquifer Recharge (MAR) system planning. The MAR system was planned in 4 types of recharge wells and recharge pond including; (1) one cubic meter recharge well, (2) 0.6 m recharge well with 2 m depth (3) 0.6 m recharge well with 5 to 12 m depth, and (4) recharge pond with 24-41 m width, 40 to 54 m length, and 7-12 m depth. The information of climate, land used, hydrology, hydrogeology were analysed together with the field investigation data such as soil and rock profiles. The groups of observation well were installed and monitoring for water level of groundwater. The hydraulic properties of soil and aquifers were test by infiltration test and pumping test. The hydrogeological conceptual model and numerical model were developed using MODFLOW model. The results from model projection scenarios showed that at 1, 5, and 10 years after MAR system installation, the volume of groundwater recharge will be increased 4,998, 183,063 and 137,841 m³ from normal condition, respectively. Moreover, the groundwater level will be increase in the range of 3.95 to 12.01 m from baseline.

คำสำคัญ: น้ำใต้ดิน แบบจำลองน้ำใต้ดิน การจัดการเติมน้ำใต้ดิน

Keywords: Groundwater, Groundwater model, Managed aquifer recharge

¹ Corresponding author: payosa@kku.ac.th

*นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

***สถาบันทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีวิตและการพัฒนาประเทศ น้ำถูกใช้ในกิจกรรมต่างๆ ทั้งการอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรมและเกษตรกรรม โดยทั่วไปมักจะใช้แหล่งน้ำผิวดินเป็นหลัก แต่ในสภาพปัญหาภัยแล้งและการขาดแคลนน้ำ จึงทำให้มีการนำน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์ ทั้งยังเป็นแหล่งน้ำหลักในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำผิวดิน และเป็นแหล่งน้ำเสริมหรือแหล่งน้ำสำรอง ในกรณีที่มีน้ำผิวดินไม่เพียงพอ เช่นเดียวกับพื้นที่ บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี ที่ประสบปัญหาแหล่งน้ำผิวดินไม่พอเพียง ประชาชนจึงใช้น้ำใต้ดินในการอุปโภคบริโภคเป็นแหล่งน้ำหลัก แต่ก็ขาดแคลนนํ้าเนื่องจากชั้นน้ำใต้ดินมีศักยภาพต่ำ

การจัดการเติมน้ำใต้ดิน หรือ Managed Aquifer Recharge (MAR) [1, 2] เป็นวิธีการจัดการน้ำร่วมระหว่างน้ำผิวดินและใต้ดิน (conjunctive water management) ที่มีการประยุกต์ใช้งานมากในปัจจุบัน เพื่อนำน้ำในฤดูฝนที่เกินความต้องการใช้มาพัฒนาเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ผ่านโครงสร้างทางวิศวกรรมหลายรูปแบบ เช่น สระเติมน้ำ บ่อเติมน้ำ ฝายเติมน้ำ เป็นต้น เพื่อให้มีน้ำใต้ดินกักเก็บเพิ่มมากขึ้น สามารถพัฒนาไปใช้สำหรับกิจกรรมต่างๆ ในช่วงเวลาที่ไม่มีน้ำผิวดินใช้ได้ ดังนั้นหน่วยงานในพื้นที่จึงต้องการศึกษาศักยภาพของพื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานีในการพัฒนาระบบเติมน้ำใต้ดิน ทั้งในด้านลักษณะภูมิประเทศ อุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา เพื่อสนับสนุนการวางแผนและออกแบบก่อสร้างระบบการจัดการเติมน้ำใต้ดินในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสภาพอุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยาและคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของดินและชั้นหินอุ้มน้ำของพื้นที่ศึกษา
2. สร้างแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน เพื่อศึกษาทิศทางการไหลและสมดุลน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา
3. ใช้แบบจำลองศึกษาและวางแผนการจัดการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาคือพื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งพื้นที่โดยรอบ เพื่อให้เห็นภาพรวมของทิศทางการไหลและสมดุลน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษา และองค์ประกอบอื่นๆ มีความกว้างทางทิศเหนือ-ใต้ 6.93 กม. และความยาวทางทิศตะวันออก-ตะวันตก 6.50 กม. เป็นพื้นที่ประมาณ 27.51 ตร.กม. ทิศเหนือติดต่อกับตำบลคำเขื่อนแก้ว ทิศใต้ติดต่อกับอ่างเก็บน้ำสิรินธร ทิศตะวันออกติดต่อกับตำบลคำเขื่อนแก้ว ทิศตะวันตกติดต่อกับตำบลคันไร่ จากแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50000 ของกรมแผนที่ทหาร สภาพทั่วไปของพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นเนินลอนลาด พบลานหินโผล่ในบางแห่ง มีระดับความสูงของภูมิประเทศตั้งแต่ 110-165 ม. เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีลำโดมน้อยเป็นทางน้ำสายหลัก ไหลผ่านทางขอบเขตด้านตะวันออก ลำห้วยสาขาที่สำคัญ คือ ห้วยหมากปากเซ ไหลผ่านทางตอนใต้ ห้วยวังโฮ ห้วยหมาก และห้วยม่วงส้ม ไหลผ่านทางตอนเหนือ และลำห้วยสาขาเหล่านี้ลงไปสู่ลำโดมน้อย ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้กำหนด เงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ของแบบจำลอง เช่น ขอบเขตที่มีอัตราการไหลเข้า ขอบเขตที่มีอัตราการไหลออก และขอบเขตที่ไม่มีการไหล

1. สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย ใช้ข้อมูลสถิติภูมิอากาศจากสถานีตรวจอากาศการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เขื่อนสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี [3] โดยภูมิอากาศของบริเวณตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อยเป็นแบบฝนเมืองร้อน คือ ฤดูฝน จะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมไปจนถึงปลายเดือนตุลาคม และมักปรากฏเสมอว่าฝนทั้งช่วงในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม แต่ระยะเวลาการทิ้งช่วงมักจะไม่เหมือนกันในแต่ละปี ฤดูหนาว เนื่องจากเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกสุดของประเทศ ทำให้ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ก่อนภูมิภาคอื่น อุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนตุลาคมและจะสิ้นสุดปลายเดือนมกราคม ฤดูร้อน ถึงแม้ว่าเคยปรากฏบ่อยครั้งว่าอากาศยังคงหนาวเย็นยืดเยื้อมาจนถึงปลายเดือนกุมภาพันธ์ โดยส่วนใหญ่แล้วอากาศจะเริ่มอบอุ่นในเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงประมาณต้นเดือนพฤษภาคมซึ่งอาจจะมียุคน้ำฝน เริ่มตกอยู่บ้างในปลายเดือนเมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 30.12 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,084.70 มม./ปี

2. แหล่งน้ำผิวดิน

พื้นที่ศึกษามีลำน้ำสายหลัก คือ ลำโดมน้อย ไหลผ่านขอบเขตด้านทิศตะวันออกของพื้นที่ศึกษา จากด้านทิศใต้ไปยังด้านทิศเหนือ ซึ่งลำห้วยทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาเป็นลำสาขาที่ไหลลงสู่ลำโดมน้อย ส่วนด้านทิศใต้ของพื้นที่ศึกษาคืออ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร ที่สร้างกั้นลำโดมน้อย จากการสำรวจและวิเคราะห์คุณภาพน้ำผิวดินในภาคสนาม พบว่าคุณภาพน้ำผิวดินในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่อยู่ใน เกณฑ์ดี คือมีค่าปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายได้น้อยกว่า 500 มก./ลิตร

3. การใช้ที่ดิน

กรมแผนที่ดิน จังหวัดอุบลราชธานี [4] แบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินตามประเภทต่างๆ และสำรวจเพิ่มเติมในภาคสนาม พบว่าส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทำการเกษตร ได้แก่ นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา มะม่วงหิมพานต์ และพื้นที่ป่าบริเวณด้านตะวันออก รายละเอียดดังนี้ 1) พื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย นาข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา พืชไร่ และไม้ผล ครอบคลุมพื้นที่ 4.52, 1.52, 3.17, 0.01 และ 1.49 ตร.กม. ตามลำดับ 2) พื้นที่ป่าไม้ และไม้ยืนต้น ครอบคลุมพื้นที่ 8.59 และ 1.18 ตร.กม. 3) พื้นที่ชุมชนและอื่นๆ ครอบคลุมพื้นที่ 7.03 ตร.กม.

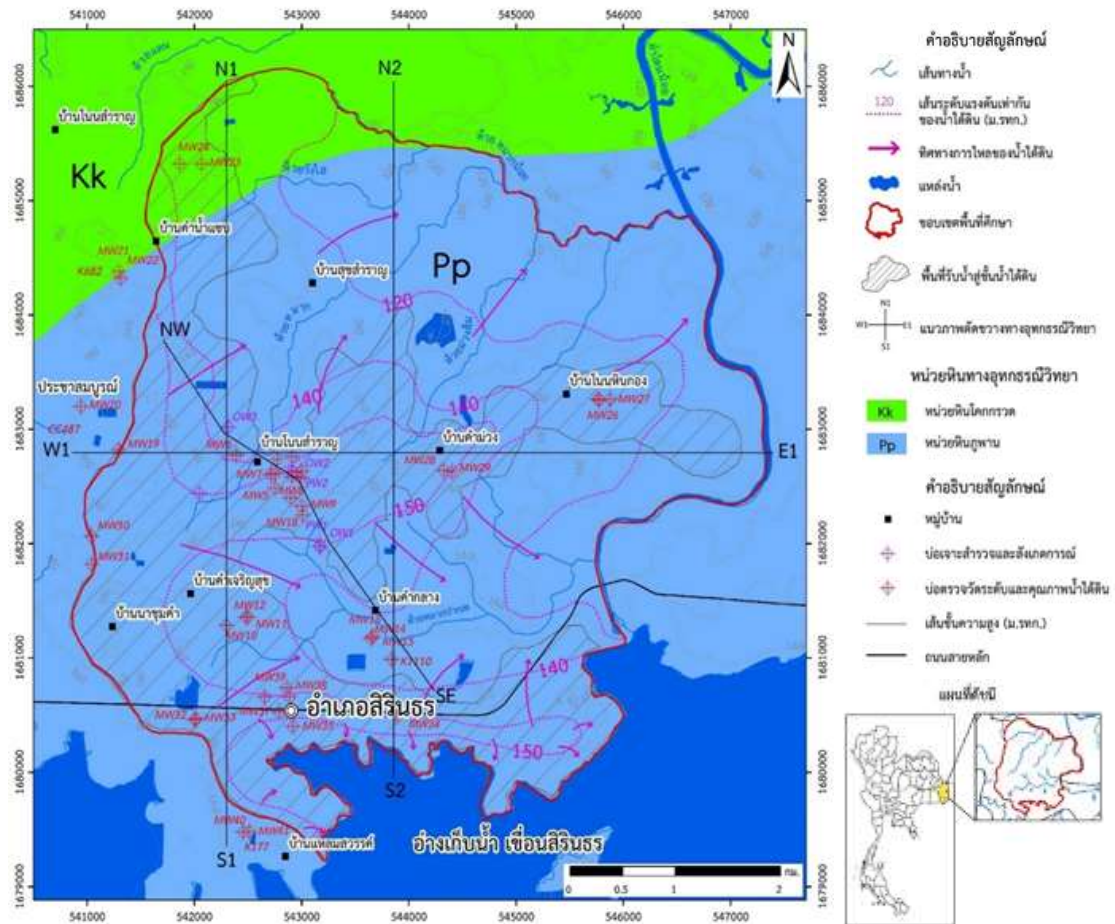
4. อุทกธรณีวิทยา

4.1 หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

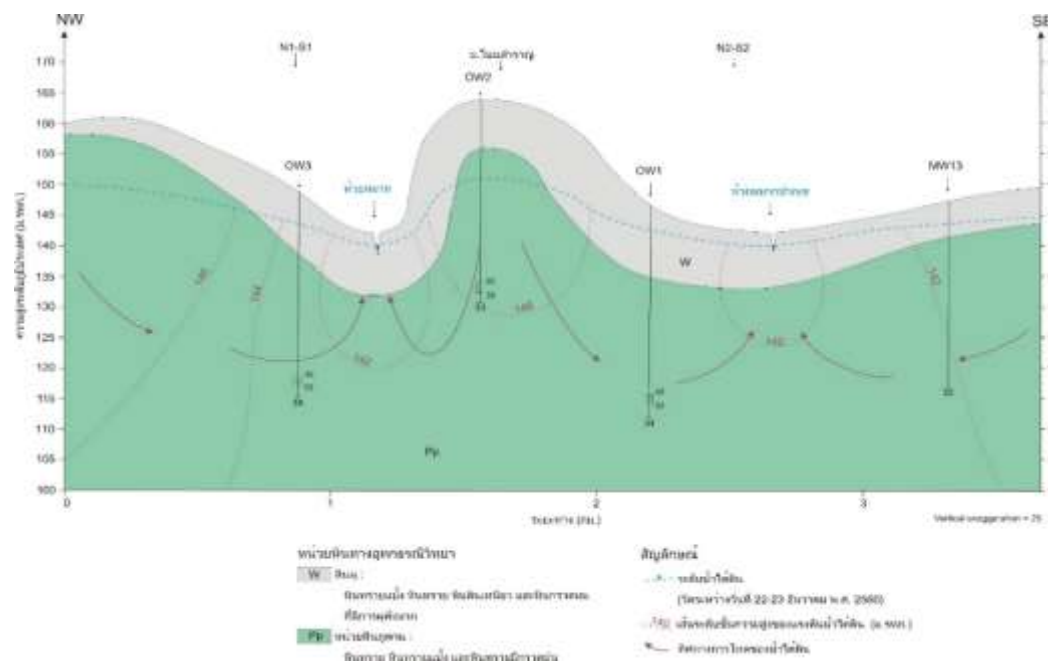
จากข้อมูลแผนที่น้ำใต้ดินรายจังหวัดมาตราส่วน 1:100,000 ของกรมทรัพยากรธรณี [5, 6] โดยอาศัยลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ และจากการเจาะบ่อสำรวจในพื้นที่ศึกษา สามารถจำแนกหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา (hydrostratigraphic units) ที่เป็นหน่วยหินแข็ง (consolidated rock) ออกเป็น 2 หน่วยหินดังภาพที่ 1 ได้ดังนี้

หน่วยหิน โลกกรวด (Khok Kruat unit : Kk) ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง และสลับด้วยหินดินดาน สีน้ำตาลแดงถึงสีม่วงแดง มีเม็ดกรวดแทรกตัวอยู่ในเนื้อหิน เป็นเม็ดกรวดขนาดเล็กๆ รูปร่างกลมรี เม็ดกรวดมีสีเข้มกว่าเนื้อหินดินดานของหมวดหินโลกกรวด บางแห่งพบชั้นยิปซัม หรือชั้น andydrate บางๆ แทรกตัวอยู่ในชั้นหินชั้นหินในชั้นโลกกรวด ปริมาณน้ำ 2-10 ลบ.ม./ชม. ให้น้ำใต้ดินคุณภาพดี มีความหนาประมาณ 388 ม.

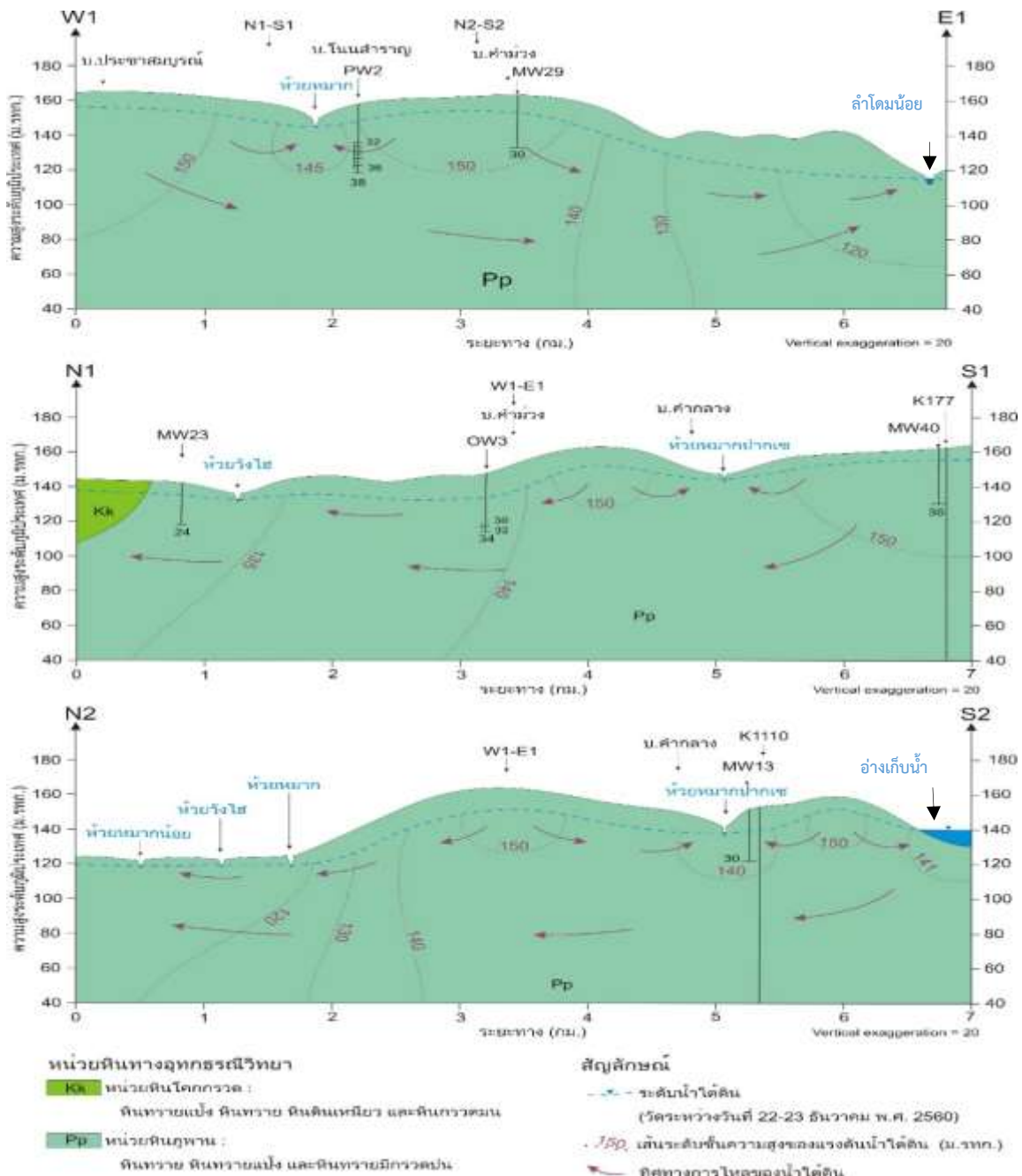
หน่วยหินภูพาน (Phu Phan unit : Pp) ประกอบด้วยหินทรายสีเทาปนขาว สีเทาปนเขียว และสีส้มอ่อน โดยทั่วไปเนื้อปนกรวดและแสดงการวางชั้นเฉียงระดับ (cross bedding) หินทรายแป้งและหินทรายปนกรวด ปริมาณน้ำ 2-10 ลบ.ม./ชม. คุณภาพน้ำดี มีความหนาประมาณ 176 ม.



ภาพที่ 1 แผนที่อุทกธรณีวิทยาพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 2 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แนว NW-SE



ภาพที่ 3 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แนว W1-E1, N1-S1, N2-S2

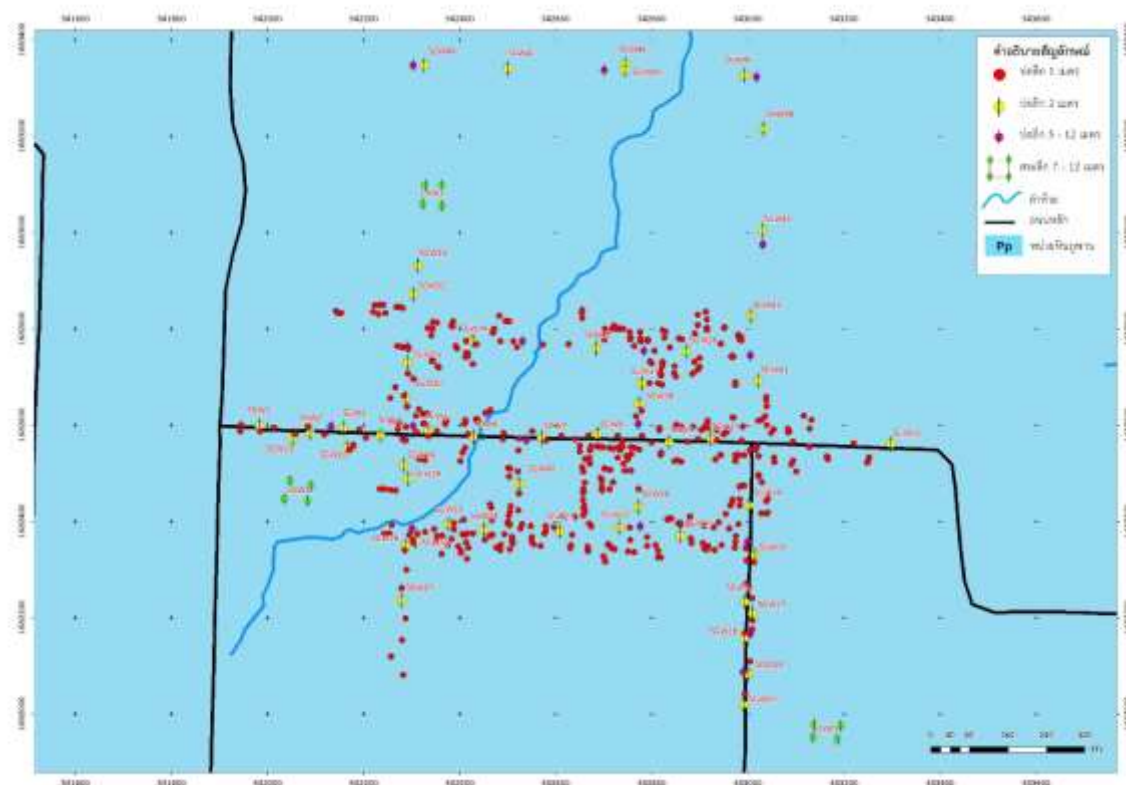
4.2 การไหลของน้ำใต้ดิน

การสำรวจเพิ่มเติมในภาคสนาม แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา และภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา ในแนวเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก รวมจำนวน 4 แนว ดังภาพที่ 2-3 ซึ่งแสดงการกระจายตัวของหน่วยหินอุ้มน้ำ เส้นระดับแรงดันของน้ำใต้ดิน และเส้นทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน พบว่าน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษามีทิศทางการไหลหลักจากพื้นที่รับน้ำ (recharge area) บริเวณเนินสูงของขอบพื้นที่ด้านทิศตะวันตก (บริเวณบ้านค่าน้ำแซบ บ้านประชาสมบุญ บ้านคำเจริญสุข และบ้านนาชุมคำ) ทิศใต้ (บริเวณบ้านเรียงแถวได้ และบ้าน

แหลมสวรรค์) และตอนกลางของพื้นที่ (บริเวณบ้านโนนสำราญ บ้านคำม่วง และบ้านโนนหินกอง) ไปยังพื้นที่สูญเสีย
น้ำใต้ดิน (discharge area) ด้านทิศเหนือ บริเวณห้วยหมากน้อย และทิศตะวันออกส่วนล่าง บริเวณห้วยหมากปากเซ แล้ว
ทั้งหมดไหลไปสู่ที่ลุ่มของลำโคมน้อย

5. แผนการจัดการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษามีแผนการที่จะก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดิน 4 แบบ ได้แก่ 1. บ่อเติมน้ำขนาดกว้าง 1 ม. ยาว 1 ม.
และลึก 1 ม. (จำนวน 476 บ่อ) 2. บ่อเติมน้ำ ขนาดลึก 2 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. (จำนวน 50 บ่อ) 3. บ่อเติมน้ำ
ขนาดลึก 5-12 ม. เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.6 ม. (จำนวน 20 บ่อ) โดยบ่อเติมน้ำจะใส่กรวดทุกบ่อ 4. สระเติมน้ำ ขนาดกว้าง
24-41 ม. ยาว 40-54 ม. ลึก 7-12 ม. (จำนวน 3 สระ) โดยก่อสร้างในพื้นที่บ้านโนนสำราญดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ตำแหน่งบ่อและสระเติมน้ำในพื้นที่บ้านโนนสำราญ

วิธีการศึกษา

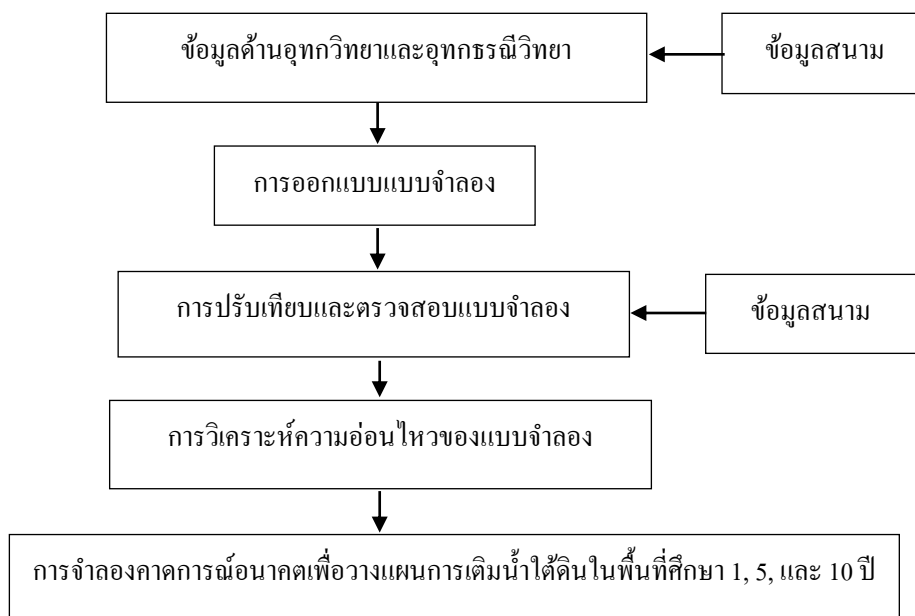
การศึกษานี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานด้านสภาพภูมิอากาศ อุทกวิทยา อุทกธรณีวิทยา การใช้ที่ดิน
การเกษตร ทบพวนและรวบรวมข้อมูล เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเติมน้ำใต้ดิน และได้
ทำการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลในภาคสนามในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งประกอบด้วย การทดสอบคุณสมบัติการซึม
ผ่านของชั้นดิน (Field Permeability) การเจาะและติดตั้งบ่อสังเกตการณ์และสูบน้ำทดสอบปริมาณน้ำด้วยอัตราสูบคงที่
(Constant-rate Pumping Test) เพื่อหาค่าคุณสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำต่างๆ (Hydraulic Properties of
Aquifers) โดยสูบน้ำทดสอบและติดตามวัดระดับน้ำทั้งในบ่อสูบน้ำทดสอบและบ่อสังเกตการณ์ควบคู่กัน สำหรับใช้เป็น
ข้อมูลประกอบการนำเข้าสู่แบบจำลอง สำรวจระดับและคุณภาพน้ำใต้ดินในบ่อสังเกตการณ์และบ่อรอบๆ พื้นที่ศึกษา
สำรวจแหล่งน้ำผิวดิน ลักษณะดินและคุณสมบัติด้านกายภาพของดิน เพื่อจัดทำแผนที่อุทกธรณีวิทยา และเป็นกรอบ

แนวคิดเพื่อนำไปใช้ในการจัดทำแบบจำลองน้ำใต้ดิน [7] โดยระยะเวลาที่ทำการจำลองเพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2561 เป็นข้อมูลในการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง ผลของแบบจำลองที่ทำการเปรียบเทียบและตรวจสอบแล้วนำไปวางแผนการเติมน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา

1. แบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเติมน้ำใต้ดิน ดังนั้นในการศึกษาคั้งนี้แบบจำลองที่เลือกใช้ คือแบบจำลอง MODFLOW (Modular finite difference groundwater flow model) [8] เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้ในการคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินในระบบ 3 มิติ ที่มีการคำนวณแบบ finite difference ซึ่งมีความเหมาะสมสำหรับการศึกษากิจทางการไหล ศักยภาพ และสมดุลของน้ำใต้ดิน [9-11] ในพื้นที่โครงการ การจำลองสภาพน้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษาเป็นการจัดทำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์การไหลของน้ำใต้ดินแบบ 3 มิติ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการเติมน้ำใต้ การจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์การไหลของน้ำใต้ดินเพื่อเปรียบเทียบค่าตัวแปรต่างๆ ของชั้นหินอุ้มน้ำประกอบด้วยการจำลองในสภาวะคงตัว (steady state) และสภาวะไม่คงตัว (transient state)

ขั้นตอนการจัดทำแบบจำลอง ประกอบด้วย การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual model) จากข้อมูลสนามและอื่นๆเพื่อเตรียมข้อมูลเข้าสู่ระบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการประมวลผลข้อมูลทางลักษณะทางกายภาพ อุทกวิทยา ธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ที่มีความซับซ้อนตามธรรมชาติให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมพร้อมที่จะนำไปใช้ในการออกแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ โดยการออกแบบแบบจำลอง เป็นการกำหนดขนาดและขอบเขตแบบจำลอง เพื่อที่จะนำเข้าข้อมูลต่างๆสู่แบบจำลองจากนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบแบบจำลองและการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง และนำแบบจำลองที่เปรียบเทียบแล้วไปใช้เพื่อศึกษาแนวทางการเติมน้ำใต้ มีขั้นตอนการประยุกต์ใช้แบบจำลอง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองน้ำใต้ดิน

2. การประเมินอัตราการเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน

2.1 อัตราการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ ใช้ผลการทดสอบคุณสมบัติการซึมผ่านของชั้นดิน (Field Permeability) จำนวน 20 หลุม พบว่าบริเวณบ้านโนนสำราญ ค่าอัตราการซึมผ่านของน้ำผ่านชั้นดิน มีค่าระหว่าง 1.17×10^{-5} ถึง 2.51×10^{-4} ม./วินาที

2.2 อัตราการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินจากแบบจำลอง ขอบเขตการเพิ่มเติมน้ำในการศึกษาครั้งนี้ใช้การเพิ่มเติมน้ำสุทธิเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดิน (net recharge, R) จากนั้นกำหนดเขตพื้นที่หรือโซนของการเพิ่มเติมน้ำ (recharge zone) ทั้งลุ่มน้ำ แล้วจำลองกระบวนการเพิ่มเติมน้ำใต้ดินโดยแบบจำลอง HELP (Hydrologic Evaluation of Landfill Performance) [12, 13]

3. การออกแบบและกำหนดขอบเขตของแบบจำลอง

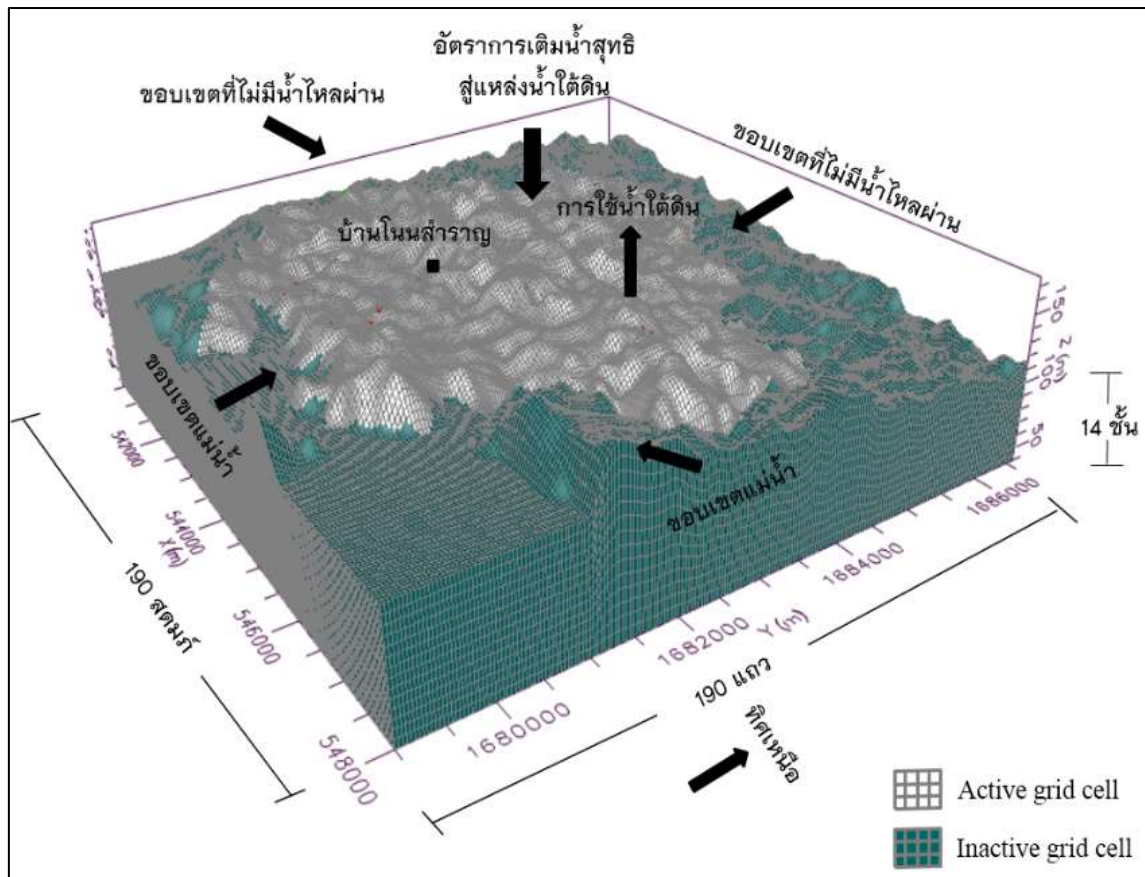
แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์แบบ 3 มิติ เป็นการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินทั้งในแนวระนาบ และแนวตั้ง (แกน x, y และ z) โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ (discretization) ระหว่างพิกัด UTM 540400 ม. ตะวันออก ถึง 548000 ม. ตะวันออก และ 1679000 ม. เหนือ ถึง 1686600 ม. เหนือ (เขต 48Q) มีการออกแบบการจำลองดังนี้ กำหนดให้แกน x อยู่ใน แนวตะวันตก-ตะวันออก แบ่งออกเป็น 190 สดมภ์ มีความกว้างแต่ละสดมภ์ 40 เมตร และแกน y อยู่ใน แนวเหนือ-ใต้ แบ่งออกเป็น 190 แถว มีความกว้างแต่ละแถว 40 ม. แกน z คือความหนาของแบบจำลอง แปรเปลี่ยนไปตามลักษณะภูมิประเทศ ที่ระดับ 40 ถึง 166 ม. เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง แบ่งออกเป็น 14 ชั้น มีความหนาเฉลี่ยประมาณชั้นละ 10 ม. แบบจำลองทั้งหมดประกอบด้วย 505,400 กริด บล็อก (190 x 190 x 14) ดังภาพที่ 6

สภาพขอบเขตของแบบจำลองกำหนดโดยอาศัยลักษณะทางกายภาพ (physical boundaries) พิจารณาจากแม่น้ำ และขอบเขตทางอุทกวิทยา (hydrological boundaries) ซึ่งได้แก่ แนวสันปันน้ำ (groundwater divides) และเส้นแสดงทิศทางการไหล แต่ละด้านกำหนดให้มีสภาพขอบเขต ดังนี้ ทิศเหนือ เป็นห้วยหมากน้อย กำหนดเป็นขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่าน (no flow boundary) ทิศตะวันออก เป็นลำโดมน้อย กำหนดเป็นขอบเขตแม่น้ำ (river boundary) ทิศตะวันตก เป็นแนวสันเนิน ซึ่งเป็นสันปันน้ำ กำหนดเป็นขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่าน (no flow boundary) ทิศใต้ เป็นอ่างเก็บน้ำเขื่อนสิรินธร กำหนดเป็นขอบเขตแม่น้ำ (river boundary) ด้านบน เป็นขอบเขตที่มีการเพิ่มเติมน้ำ มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำตามฤดูกาล จากตัวแปรต่างๆ เช่น การเพิ่มเติมน้ำใต้ดิน การคายระเหย และการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ ด้านล่าง เป็นชั้นหินแข็งระดับลึก กำหนดเป็นขอบเขตที่น้ำไม่ไหลผ่านและไม่คำนวณการไหลของน้ำใต้ดิน

4. การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง

การเปรียบเทียบแบบจำลองใช้ข้อมูลระดับแรงดันน้ำใต้ดินที่ได้จากการตรวจวัดระดับน้ำใต้ดินในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 จากบ่อสังเกตการณ์ที่ทำการคัดเลือกจำนวน 17 บ่อ ให้อยู่ในช่วงค่าที่เป็นไปได้ของข้อมูลนำเข้านั้นๆ โดยปรับข้อมูลนำเข้าที่ละชุดให้เพิ่มขึ้นหรือลดลง จากค่าที่ประมาณไว้ในเบื้องต้นจนระดับแรงดันน้ำใต้ดินที่วัดในสนามและจากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกันที่สุด และการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลอง คือ การวิเคราะห์ว่าแบบจำลองมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลที่นำเข้าอย่างไร โดยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจำลองหลังจากเปรียบเทียบค่าแล้ว หากการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าใดทำให้ผลการจำลองเปลี่ยนแปลงมาก แสดงว่าข้อมูลนำเข้านั้นมีความอ่อนไหวมากหรือมีอิทธิพลมากต่อแบบจำลอง ในการศึกษาครั้งนี้ได้วิเคราะห์ความอ่อนไหวของแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน โดยทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity, K) อัตราการเพิ่มเติมน้ำ (Recharge rate) และสัมประสิทธิ์ความจุจำเพาะ (Specific storage, Ss) ค่าทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง คือ ค่า absolute

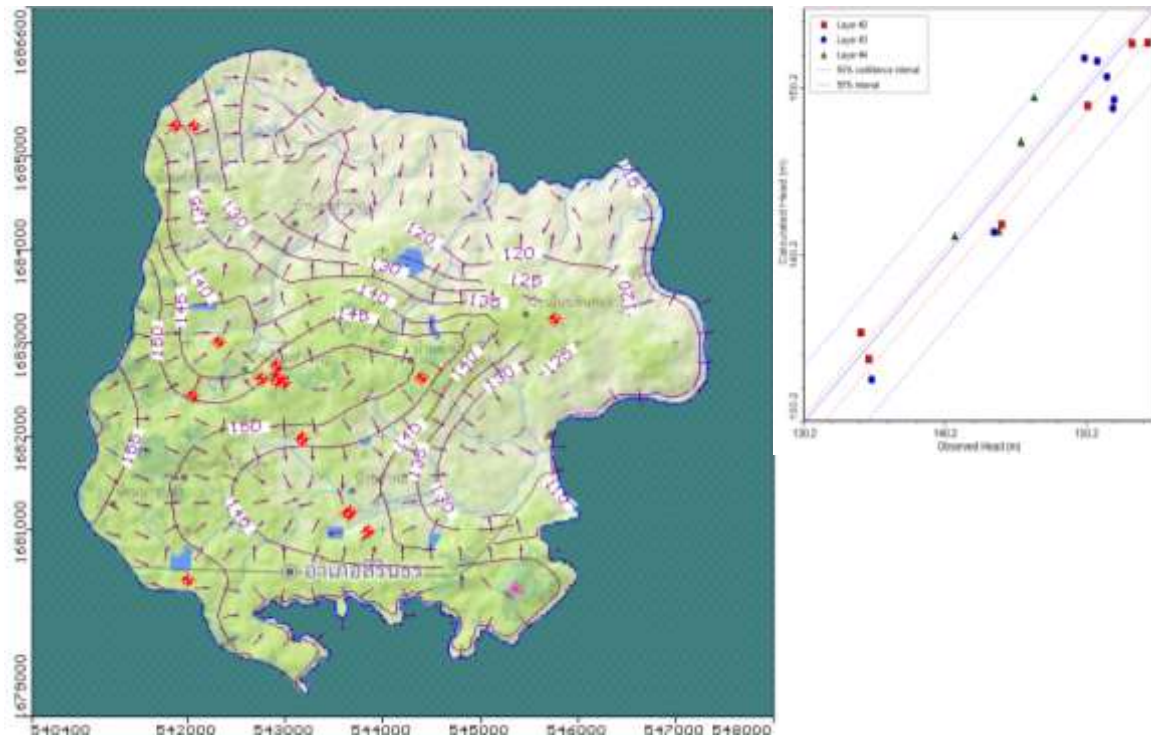
residual mean และ root mean squared (RMS) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการจำลองเทียบกับค่าติดตามตรวจวัดในภาคสนาม เพื่อให้ได้ค่าระดับน้ำที่แตกต่างกันอยู่ในช่วงความมั่นใจมากกว่าร้อยละ 95



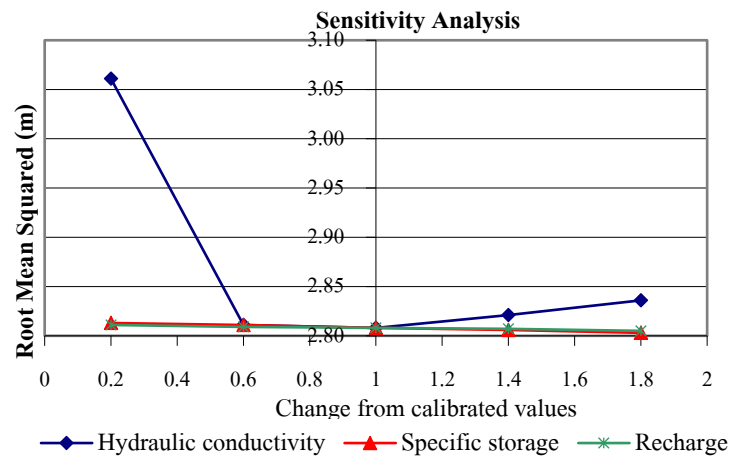
ภาพที่ 6 การออกแบบกริดและขอบเขตของแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์

ผลการศึกษา

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองการไหลน้ำใต้ดินพบว่าค่า absolute residual mean เท่ากับ 2.81 ม. และค่า root mean squared (RMS) เท่ากับ 3.06 ม. ดังภาพที่ 7 และจากการจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินด้วยแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ ระดับน้ำและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณมีความสอดคล้องกับแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ โดยทิศทางการไหลหลักของน้ำใต้ดินมีทิศทางการไหลหลักจากบริเวณพื้นที่รับน้ำที่เติมน้ำสู่ชั้นน้ำใต้ดิน ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันตก เน้นบริเวณตอนกลาง และขอบแอ่งทางด้านใต้ของพื้นที่ ไหลผ่านชั้นหินอุ้มน้ำไปยังพื้นที่สูญเสียน้ำใต้ดินที่กระจายตัวตามที่ราบลุ่มของลำน้ำห้วยหมากและลำโคมน้อย ดังภาพที่ 7 ส่วนผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหวหลังจากการเปรียบเทียบแบบจำลองพบว่าข้อมูลนำเข้าที่มีความอ่อนไหวต่อแบบจำลองมากที่สุด คือ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (hydraulic conductivity) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 การเปรียบเทียบแบบจำลองและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน



ภาพที่ 8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปรในแบบจำลอง

สมดุลของน้ำใต้ดินที่ได้จากการจำลอง พบว่ามีปริมาณน้ำใต้ดินไหลเข้าระบบทั้งหมดเฉลี่ย 2.23 ล้าน ลบ.ม./ปี ส่วนปริมาณน้ำใต้ดินไหลออกระบบทั้งหมดเฉลี่ย 1.18 ล้าน ลบ.ม./ปี ดังตารางที่ 1

ผลการจำลองภาพอนาคตพบว่า ถ้ามีการติดตั้งระบบเติมน้ำใต้ดินและใช้อัตราการซึมของน้ำตามผลการทดสอบอัตราการซึมของน้ำใต้ดิน พบว่าในอนาคตจะมีปริมาณการเติมน้ำใต้ดินในปีที่ 1 ปีที่ 5 และปีที่ 10 คือ 4,998 183,063 และ 137,841 ลบ.ม. ตามลำดับ และระดับแรงดันน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้น 3.95 - 12.01 ม. เมื่อเทียบกับช่วงที่ยังไม่มีการจัดการเติมน้ำใต้ดิน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สมดุลน้ำใต้ดินในการจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน

	แหล่งและปริมาณการไหลเข้า			แหล่งและปริมาณการไหลออก			การเปลี่ยนแปลง ของปริมาณการกัก เก็บน้ำใต้ดิน (ลบ.ม.)
	ปริมาณการ เติมน้ำสู่ชั้น หินอุ้มน้ำ	การไหล ของน้ำจาก แหล่งน้ำผิว ดินสู่ชั้นหิน อุ้มน้ำ	ปริมาณน้ำ ใต้ดินไหล เข้าระบบ ทั้งหมด	ปริมาณ การสูบน้ำ น้ำใต้ดิน	การไหลน้ำ ใต้ดินจาก ชั้นหินอุ้มน้ำ สู่แหล่ง น้ำผิวดิน	ปริมาณน้ำ ใต้ดินไหล ออกระบบ ทั้งหมด	
ยังไม่มีการเติมน้ำ	2,104,777	99,836	2,204,613	112,380	1,125,289	1,237,669	+966,944
มีการเติมน้ำ 1 ปี	2,129,217	99,543	2,228,760	112,380	1,144,438	1,256,818	+971,942
มีการเติมน้ำ 5 ปี	2,129,217	118,520	2,247,737	112,380	985,350	1,097,730	+1,150,007
มีการเติมน้ำ 10 ปี	2,129,217	116,166	2,245,383	112,380	1,028,218	1,140,598	+1,104,785

ตารางที่ 2 ผลการจำลองระดับน้ำใต้ดินในบ่อสังเกตการณ์ในบ้านโนนสำราญ 4 บ่อ หลังเติมน้ำใต้ดินปีที่ 1, 5 และ 10 ปี

บ่อสังเกตการณ์	ระดับแรงดันน้ำใต้ดิน (ม.)			
	ยังไม่มีการเติมน้ำ	มีการเติมน้ำ 1 ปี	มีการเติมน้ำ 5 ปี	มีการเติมน้ำ 10 ปี
OW1	146.56	146.76	148.37	150.51
OW2	149.56	149.62	150.86	153.63
OW3	143.83	146.25	151.05	155.84
OW4	149.95	151.04	154.45	158.07

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

จากการใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์จำลองการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเอง ลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี สรุปได้ว่า น้ำใต้ดินมีทิศทางการไหลจากบริเวณพื้นที่รับซึ่งส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันตก เน้นบริเวณตอนกลาง และขอบแอ่งทางด้านใต้ของพื้นที่ ไหลผ่านชั้นหินอุ้มน้ำไปยังพื้นที่สูญเสียน้ำใต้ดินบริเวณลำน้ำห้วยหมากและลำโดมน้อย จากการจำลองเพื่อสนับสนุนการวางแผนการเติมน้ำใต้ดินพบว่า ในอนาคต หากมีการติดตั้งระบบเติมน้ำใต้ดินใน 1 ปี 5 ปี และ 10 ปี คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของการเติมน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น 4,998 183,063 และ 137,841 ลบ.ม. ตามลำดับ และคาดว่าจะระดับแรงดันน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นในช่วง 3.95 - 12.01 ม.

พื้นที่บ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานีอยู่ในพื้นที่ที่มีชั้นหินอุ้มน้ำที่เป็นหินแข็งซึ่งน้ำใต้ดินมีศักยภาพต่ำอัตราการเติมน้ำในธรรมชาติมีค่าน้อยมาก เนื่องจากในช่องว่างที่มีรอยแตกของหินมีน้อย ดังนั้นในการสร้างระบบการจัดการเติมน้ำใต้ดิน ควรจะต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมข้อมูลรายละเอียดลักษณะรอยแตกของหินอุ้มน้ำในเชิงพื้นที่และระบบ โดยใช้เทคนิคทางธรณีฟิสิกส์หรือการเจาะสำรวจเพิ่มเติม เพื่อให้

ได้ข้อมูลตำแหน่งที่จะใช้ในการเติมน้ำใต้ดินที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพมากขึ้นในการกำหนดตำแหน่งและความลึกในการก่อสร้างระบบเติมน้ำใต้ดินจริง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันทรัพยากรน้ำใต้ดิน มหาวิทยาลัยขอนแก่น ภายใต้โครงการการศึกษาวิจัยการบริหารจัดการน้ำใต้ดินอย่างยั่งยืน กรณีศึกษาชุมชนบ้านโนนสำราญ ตำบลนิคมสร้างตนเองลำโดมน้อย อำเภอสหัสขันธ์ จังหวัดอุบลราชธานี ที่สนับสนุนงบประมาณโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

เอกสารอ้างอิง

1. Dillon PJ, Pavelic P, Page D, Beringen H, Ward J. Managed Aquifer Recharge: An Introduction. Waterlines Report Series. 2009; 13.
2. Dillon PJ. Future Management of Aquifer Recharge. Hydrogeology J. 2005; 13: 313-316.
3. Electricity Generating Authority of Thailand. Meteorological data of Ubon Ratchathani Province. Bangkok: Ministry of Energy; 2011. Thai.
4. Land Development Department. Land use map of Ubon Ratchathani Province. Bangkok: Ministry of Agriculture and Cooperatives; 2015. Thai.
5. Department of Mineral Resources. Groundwater map scale 1:100,000 of Ubon Ratchathani Province. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment; 2000. Thai.
6. Department of Mineral Resources. Geologic map of Ubon Ratchathani Province. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment; 2001. Thai.
7. Gogolev MI. Assessing groundwater recharge with two unsaturated zone modeling technologies. Environmental Geology 2002; 42: 248-58.
8. Harbaugh AW, Banta ER, Hill MC, McDonald MG. MODFLOW-2000, The US Geological Survey modular ground-water model-User Guide to modularization concepts and the ground-water flow process. U.S. Geological Survey: Reston, Virginia, United States, 2000; 127p.
9. Spitz K, Moreno J. A practical guide to groundwater and solute modeling. New York: John Wiley & Sons; 1996. 441p.
10. Nettasana T. The study of waterbalance in Tha Phra Subdistrict, Mueang District, Khon Kaen Province [MSc thesis]. Khon Kaen: Khon Kaen University; 2002. Thai.
11. Khire MV, Benson CH, Bosscher PJ. Water balance modeling of earthen final covers. Geotechnical and Geoenvironmental Engineering J. 1997; 123: 744-754.
12. Scibek J, Allen DM. Modeled impact of predicted climate change on recharge and groundwater level. Water Resources Research 2006; 42(11): 1-18.
13. Schroeder PR, Lloyd CM, Zappi PA. The Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP3). OHIO; 1994.