

แบบจำลองอุทกธรณีวิทยาบริเวณโครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม
Hydrogeological Model of the Lower Nam Kam Irrigation Project, Nakorn Panom

ดร.กัมปนาท ขวัญศิริกุล¹ ดร.ภัทธาภรณ์ เมฆพฤกษาวงศ์² ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์³ และยาหิตรีเนตรา¹

Dr. kompanart Kwansirikul¹ Dr. Phattaporn Mekprougsawong Dr. Songwut Sangchan and Yayee Trinetra

¹ สำนักสำรวจด้านวิศวกรรมและธรณีวิทยา กรมชลประทาน kwansirikul@yahoo.com, trinetra_yayee@yahoo.com

² สำนักบริหารโครงการ กรมชลประทาน phatt05@yahoo.com

³ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง svsangchan@yahoo.com

บทคัดย่อ

พื้นที่โครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่างมีปัญหาเรื่องการแพร่กระจายของดินเค็มและน้ำใต้ดินเค็มซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ จึงต้องศึกษาความสัมพันธ์ของสภาพธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และคุณสมบัติของชั้นน้ำใต้ดินรวมทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเค็มของน้ำใต้ดินโดยใช้วิธีการจัดทำแบบจำลองอุทกธรณีวิทยาซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์กับข้อมูลที่เป็นสภาพจริงของพื้นที่ในการศึกษาผลการศึกษาจากแบบจำลองแสดงให้เห็นถึงระบบ รูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน ระดับแรงดันน้ำใต้ดิน ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน ศักยภาพของแหล่งน้ำใต้ดิน รวมทั้งการเคลื่อนที่ของเกลือในชั้นน้ำใต้ดิน ที่เป็นสาเหตุการเกิดปัญหาน้ำใต้ดินเค็มของพื้นที่ ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนและแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการน้ำในบริเวณพื้นที่โครงการและพัฒนาเป็นแบบจำลองในการศึกษาแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารต่อไปในอนาคตได้

Abstract

The salt contamination in the Lower Nam Kham Irrigation Project area possibly causes from geologic and hydrogeologic characteristics, and factors effecting to the soil and groundwater. The study leads to a better understanding of the geologic and hydrogeologic characteristic, and aquifer properties which are consistent with salt contamination. The hydrogeological model is used in this study. The purpose is to simulate the groundwater system. The results from the model show pattern and direction of groundwater flow, groundwater head, surface water and groundwater interaction, and groundwater potential. Salt transportation effecting to the saline groundwater is also concluded. Additionally, these results can be used for planning, operating and maintenance of the irrigation project area, and applied to the solute transport model in the future.

Keywords: hydrogeological model, Groundwater flow, Saline groundwater

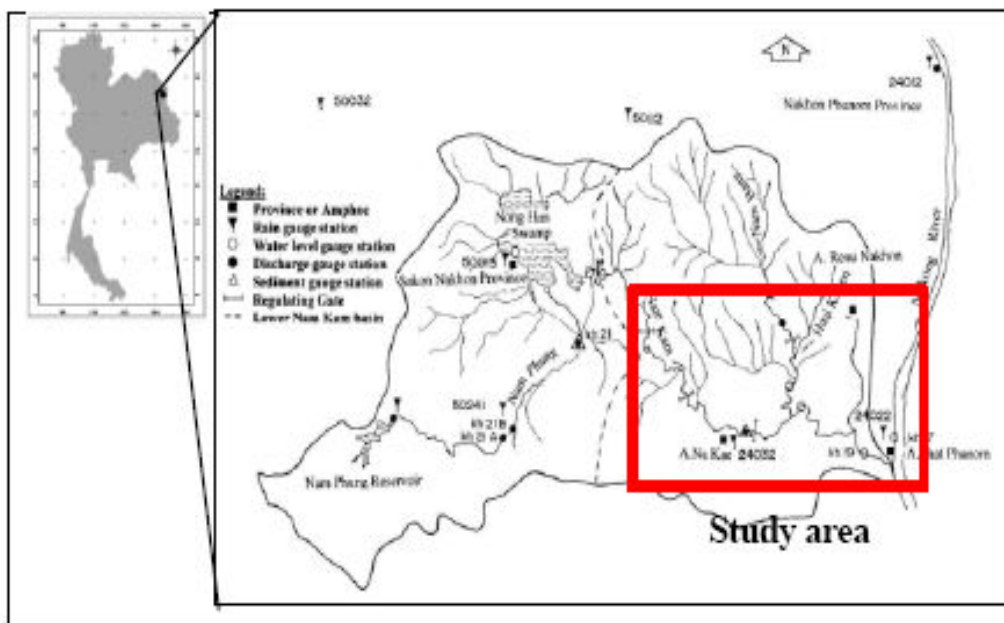
1. บทนำ

โครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่างเป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาและความเดือดร้อนของราษฎรที่อาศัยในบริเวณพื้นที่ จังหวัดนครพนม บริเวณพื้นที่โครงการมีประเด็นปัญหาเรื่องการแพร่กระจายของดินเค็มและน้ำเค็มซึ่งเกี่ยวข้องและเป็นผลมาจากลักษณะทางธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ที่อาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและกระทบต่อโครงการเมื่อทำการกักเก็บน้ำ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยาในการศึกษาระบบการไหลของน้ำใต้ดิน ตลอดจนอธิบายความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน

และน้ำผิวดิน ระดับแรงดัน รูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน เพื่อให้เข้าใจถึงสาเหตุการเกิดปัญหาหน้าใต้ดินเค็มของพื้นที่ในการที่จะพัฒนาระบบชลประทานในบริเวณพื้นที่ที่มีปัญหาดินเค็ม และใช้ผลการศึกษาเป็นข้อมูลประกอบในการวางแผนและแก้ไขปัญหาการบริหารจัดการน้ำในบริเวณพื้นที่โครงการและยังสามารถใช้เป็นข้อมูลพัฒนาเป็นแบบจำลองการเคลื่อนที่ของมวลสารเพื่อศึกษาการเคลื่อนที่และการกระจายตัวของน้ำเค็มและดินเค็มต่อไปในอนาคตได้

2. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่โครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่างตั้งอยู่ในเขตอำเภอธวัชบุรี อำเภอเรณูนคร และอำเภอนาแก จังหวัดนครพนม ครอบคลุมพื้นที่ 157,167 ไร่ อยู่ทางทิศใต้ของจังหวัดนครพนม มีลำน้ำก่ำเป็นทางน้ำที่สำคัญมีต้นกำเนิดจากหนองหาน ซึ่งอยู่ในเขตจังหวัดสกลนคร ไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านอำเภอนาแกและอำเภอธวัชบุรี บรรจบกับแม่น้ำโขงที่ตำบลน้ำก่ำ อำเภอธวัชบุรี จังหวัดนครพนม ความยาวลำน้ำประมาณ 123 กิโลเมตร (รูปที่ 1)



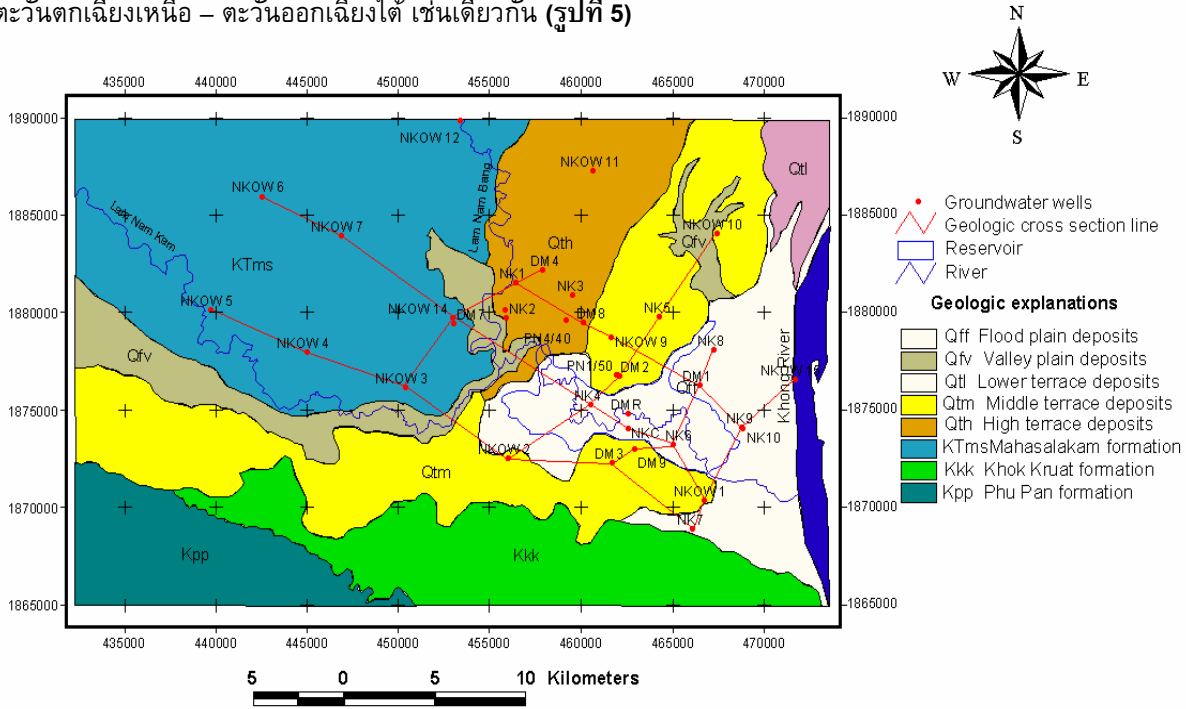
รูปที่ 1 : แผนที่แสดงตำแหน่งพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง

3. สภาพธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

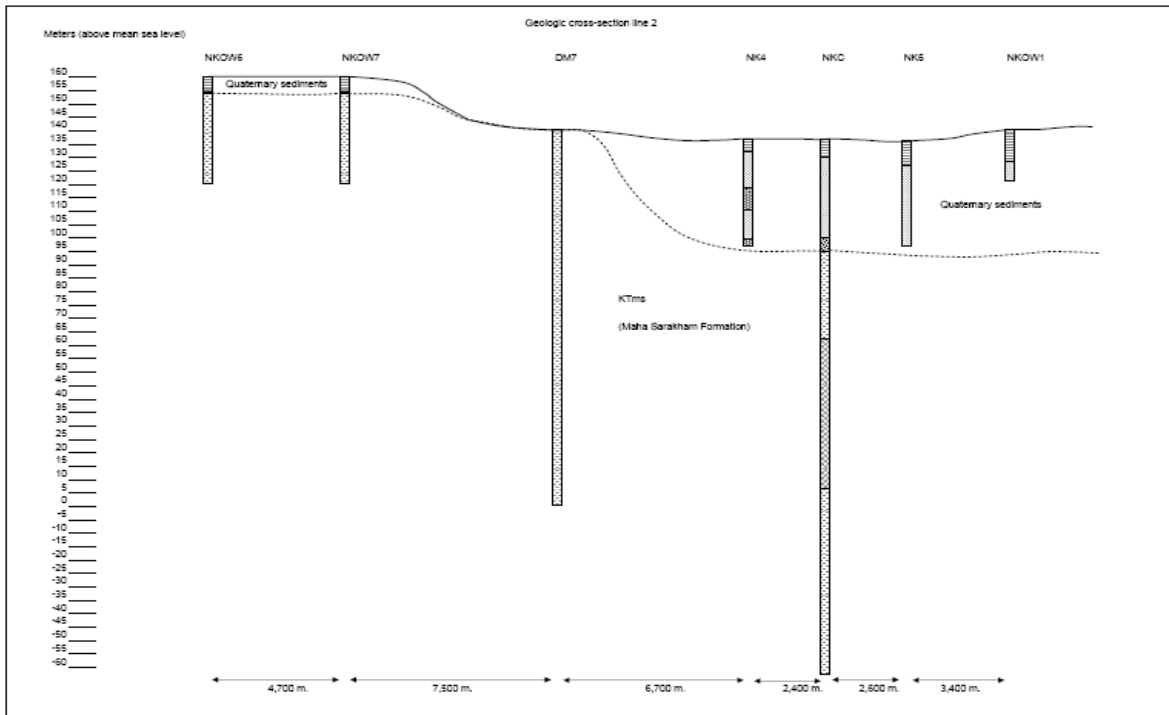
สภาพธรณีวิทยาของพื้นที่สามารถแบ่งหน่วยหินออกได้เป็น 4 หน่วยหิน คือ หน่วยหินตะกอนยุค ควอเทอร์นารี หน่วยหินภูทอก หน่วยหินมหาสารคาม และหน่วยหินโคกกรวด (กรมชลประทาน, 2549) มีรายละเอียด ดังนี้

หน่วยหินตะกอนยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ประกอบด้วยชั้นดิน ชั้นตะกอนโคลนปนทรายแป้ง ชั้นดินเหนียวปนทราย (Clayey sand) ทรายแป้ง (Silt) และทรายละเอียด (Very fine sand) มีความหนาประมาณ 20 เมตร หน่วยหินภูทอก ประกอบด้วยชั้นตะกอนทรายหยาบ ถึงหยาบมาก และกรวด ที่มีอายุในยุคครีเทเชียส ตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรี ตอนต้นมีความหนาประมาณ 20 เมตร หน่วยหินมหาสารคามเป็นชั้นหินดินเหนียวสีน้ำตาลแดงโดยส่วนบนมีลักษณะที่ยังไม่แข็งตัวมาก (Semi-consolidated) แต่ส่วนล่างมีลักษณะแข็งตัวดีแทรกสลับด้วยชั้นเกลือหินหนาและรองรับด้วยหินทรายเนื้อละเอียดสีน้ำตาลแดงของหน่วยหินโคกกรวด แผนที่แสดงขอบเขตและการแผ่กระจายของหน่วยหินทางธรณีวิทยาแสดงในรูปที่ 2 และภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออก-ตะวันตก และแนวเหนือ-ใต้แสดงในรูปที่ 3 และ 4 ตามลำดับ

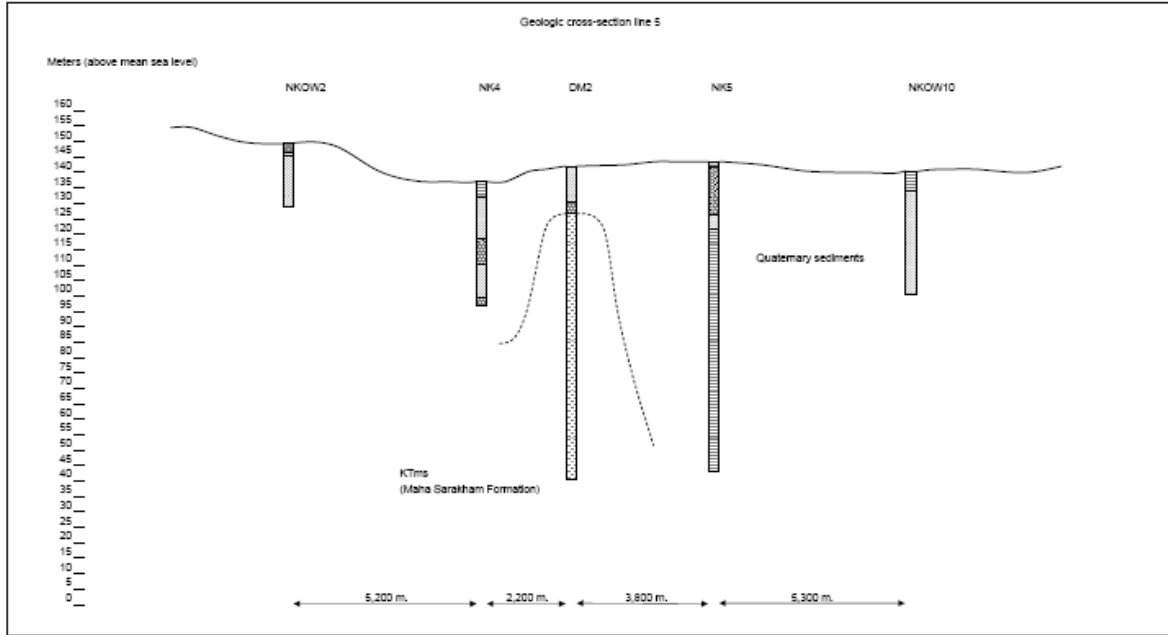
สภาพธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปประทุนหงาย (Syncline) วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยทางด้านเหนือและด้านใต้ของพื้นที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปประทุนคว่ำที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ เช่นเดียวกัน (รูปที่ 5)



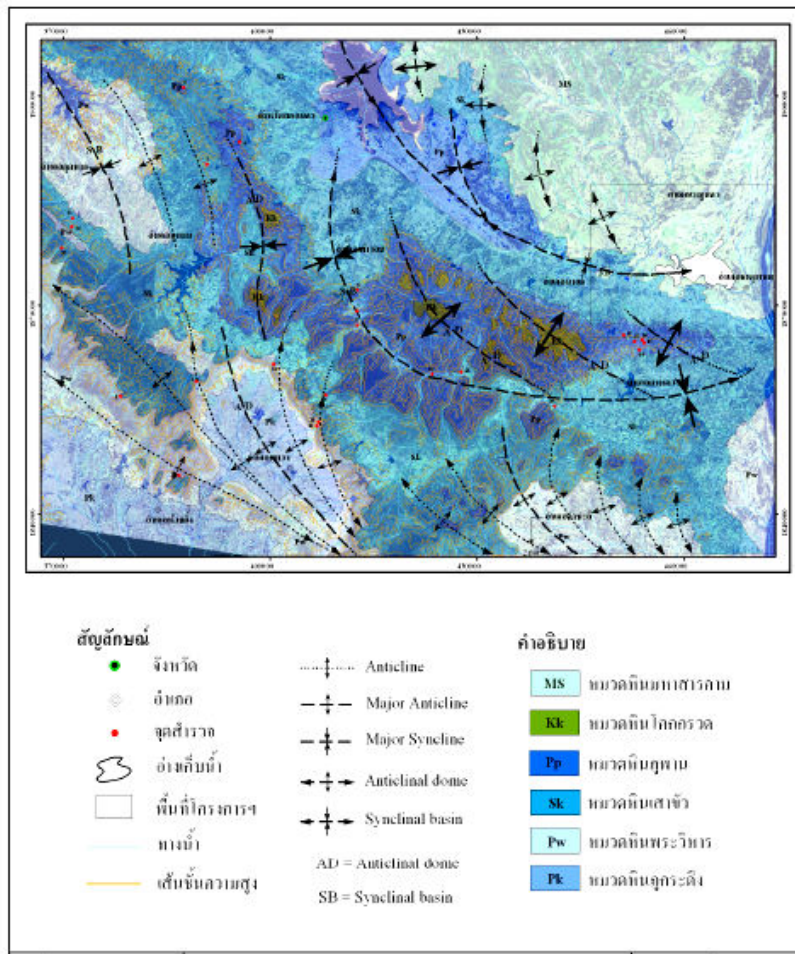
รูปที่ 2 : แผนที่แสดงขอบเขตและการแผ่กระจายของหน่วยหินทางธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3 : ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก (แนวที่ 2)



รูปที่ 4 : ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวเหนือ-ใต้ (แนวที่ 5)



รูปที่ 5 : แผนที่แสดงโครงสร้างทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (กรมชลประทาน2549)

สภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่สามารถแบ่งชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ออกได้เป็น 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นน้ำใต้ดินระดับต้น (ระดับความลึกไม่เกิน 40 เมตร) พบการกระจายตัวครอบคลุมและรองรับบริเวณพื้นที่กักเก็บน้ำของโครงการ ประกอบด้วย ตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารีและตะกอนกึ่งแข็งตัวของหมวดหินภูทอก และชั้นน้ำใต้ดินระดับลึกที่เป็นหินแข็งของหมวดหินมหาสารคาม ชั้นน้ำที่เป็นตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีประกอบด้วยตะกอนทรายลุ่มน้ำหลาก (Flood plain deposits) มีความหนาประมาณ 40-10 เมตร และตะกอนกึ่งแข็งตัวของหมวดหินภูทอกวางตัวอยู่ที่ชั้นที่เป็นตะกอนร่วน ประกอบด้วยตะกอนกึ่งแข็งตัวพวกทรายหยาบและกรวดให้ปริมาณน้ำค่อนข้างสูงและคุณภาพน้ำดีเหมาะแก่การอุปโภค/บริโภค ส่วนชั้นน้ำของหมวดหินมหาสารคามแบ่งออกได้เป็น 2 หน่วยย่อยคือ ชั้นน้ำมหาสารคามตอนบนเป็นหินดินเหนียวที่มีเกลือแทรกสลับ และชั้นน้ำมหาสารคามตอนล่างซึ่งเป็นชั้นเกลือหิน ชั้นน้ำของหมวดหินมหาสารคามนี้ให้น้ำในปริมาณต่ำ คุณภาพน้ำเป็นน้ำกร่อยและน้ำเค็ม

คุณสมบัติทางชลศาสตร์ที่คำนวณได้พบว่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity) ของชั้นน้ำที่เป็นตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี มีค่าอยู่ในช่วง 3.19 ถึง 21.33 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ (Storage coefficient) อยู่ในช่วง 0.006 ถึง 0.10 สัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของน้ำของชั้นน้ำภูทอก มีค่าประมาณ 17.3 ถึง 81.7 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 0.251 ถึง 0.261 ส่วนชั้นน้ำมหาสารคามมีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำประมาณ 0.048 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 4.41×10^{-5}

4. วิธีการศึกษา

ชั้นน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาที่มีความซับซ้อน ถูกกักเก็บอยู่ทั้งในช่องว่างของชั้นกรวด ทราย และรอยแตกของชั้นหินโคลนและหินทรายเนื้อละเอียดเป็นชั้นหนาและในรอยแตกที่เกิดตามแนวรอยสัมผัส (Bedding plane) และการวางตัวของรอยแตกไม่เป็นที่ราบแนวตั้งรวมถึงคุณสมบัติทางด้านชลศาสตร์ของรอยแตกก็ยังไม่แน่นอนชั้นหินให้น้ำหนึ่งๆ มีค่าหลายค่า (หลายช่วง) ดังนั้นการทำแบบจำลองของในส่วนของ Fracture rock system ของพื้นที่ศึกษาสามารถจะเทียบเคียงได้กับแบบจำลองที่เป็น Porous media (Equivalent porous media, EPM) (Mercer and Faust, 1980; Anderson and Woessner, 1992) จึงได้เลือกใช้โปรแกรม Visual MODFLOW Version Premium (Waterloo Hydrogeologic Inc, 2006) ในการทำแบบจำลองทางอุทกธรณีวิทยา

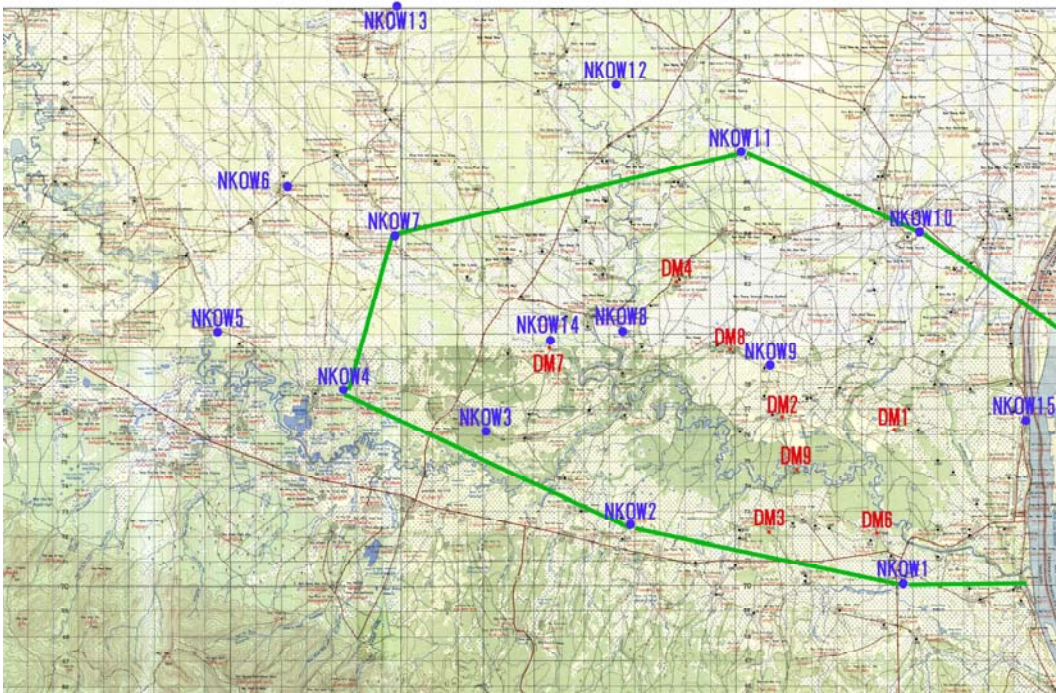
MODFLOW (Modular Three-dimension Finite Difference Groundwater Flow Model) พัฒนาโดย U.S. Geological Survey เป็นโปรแกรมที่ใช้คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดิน และคำนวณการไหลของน้ำใต้ดินในระบบ 3 มิติ เนื่องจากประยุกต์เข้ากับปัญหาได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน เป็นการคำนวณแบบ Finite difference โดยแบ่งกริดแบบ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

ขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลองแสดงในรูปที่ 6 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 330 ตารางกิโลเมตร เริ่มจากพิกัด 447 000 E ถึง 473000 E และจากพิกัด 18700 00N ถึง 1888000 N ระดับความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 100 เมตร ถึง 1 50 เมตร (รทก.)

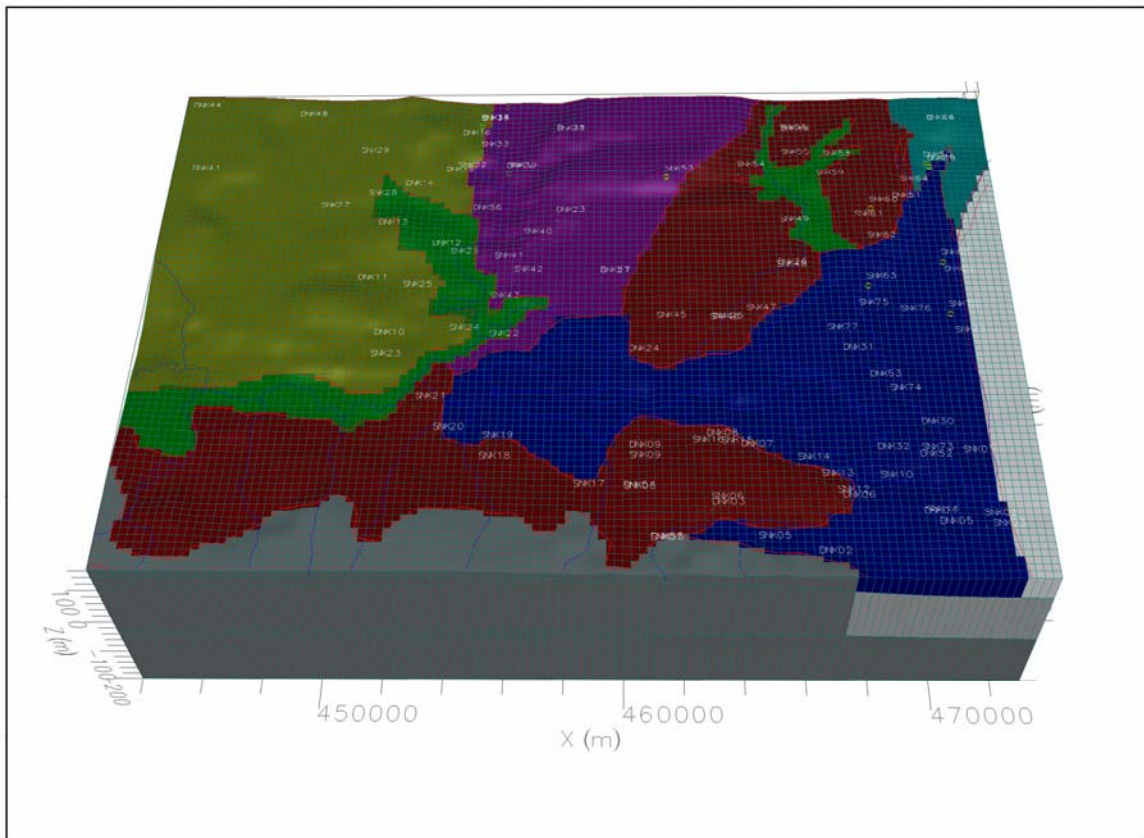
ขนาดของกริดเท่ากับ 250 เมตรหรือน้อยกว่าเพราะผลการคำนวณจะเชื่อถือได้ในระดับวางแผนและเพื่อให้ได้ผลการจำลองที่มีรายละเอียดที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการแสดงผลการศึกษา จำนวนชั้นของแบบจำลอง (Model layer) แบ่งตามการแบ่งชั้นน้ำใต้ดินเป็น 3 ชั้น ได้แก่ (1) ชั้นหินให้น้ำตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารีและชั้นหินให้น้ำหมวดหินภูทอก (2) ชั้นหินหมวดหินมหาสารคามและ (3) ชั้นหินให้น้ำ หมวดหินโคกกรวด)รูปที่ 7

5. ผลการศึกษา

การทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในการศึกษาค้นคว้านี้ได้ทำการศึกษาทั้งแบบจำลองในสภาวะคงที่ (Steady state) แบบจำลองที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Transient state)



รูปที่ 6 : ขอบเขตพื้นที่ของแบบจำลอง



รูปที่ 7 : ขนาดของกริดและจำนวนชั้นของแบบจำลอง

5.1 การจำลองในสภาวะคงที่ (Steady State Simulation)

การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินในสภาวะคงที่เป็นการจำลองที่กำหนดให้ระดับน้ำไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาแต่จากสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษามีการใช้น้ำจากแหล่งน้ำใต้ดินอยู่ตลอดเวลา แต่ให้ถือเสมือนว่าอัตราการไหลเข้า (Inflow) และการสูญเสียน้ำจากแหล่งน้ำใต้ดิน (Outflow) มีอัตราเท่ากันจึงอยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งการปรับเทียบในสภาวะคงที่นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ตรวจสอบความเป็นไปได้ของขอบเขตแบบจำลองและรูปแบบการไหลของน้ำใต้ดิน 2) เพื่อกำหนดช่วงค่าคุณสมบัติของตัวแปรทางชลศาสตร์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (K) และอัตราการเพิ่มเติมน้ำเข้าสู่แหล่งน้ำใต้ดิน และ 3) ใช้เป็นข้อมูลและสภาวะเริ่มต้น (Initial condition) สำหรับการทำการแบบจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

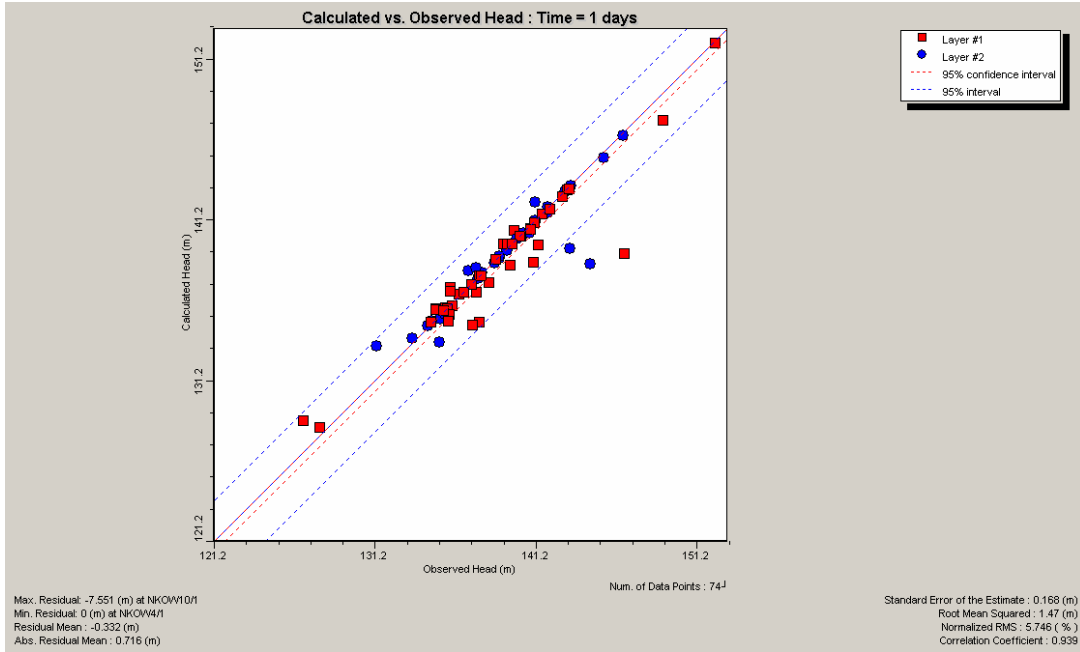
ระดับแรงดันน้ำหลังการปรับแก้พารามิเตอร์ให้เหมาะสมโดยการปรับแก้การปรับเทียบแบบจำลองในสภาวะคงที่จะอาศัยข้อมูลช่วงเดือนมกราคม ปี พ.ศ .2551 เนื่องจากเป็นปีที่มีการเก็บข้อมูลระดับน้ำใต้ดินและข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำในพื้นที่โครงการและใช้เป็นเวลาเริ่มต้นในการจำลองการไหลในสภาวะที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาจากบ่อสังเกตการณ์ จำนวน 97 บ่อ (ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์แสดงในรูปที่ 8) การปรับเทียบค่าระดับน้ำใต้ดิน (Head) ที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากบ่อสังเกตการณ์ ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 9



รูปที่ 8 : ตำแหน่งบ่อสังเกตการณ์ที่ใช้ในแบบจำลอง

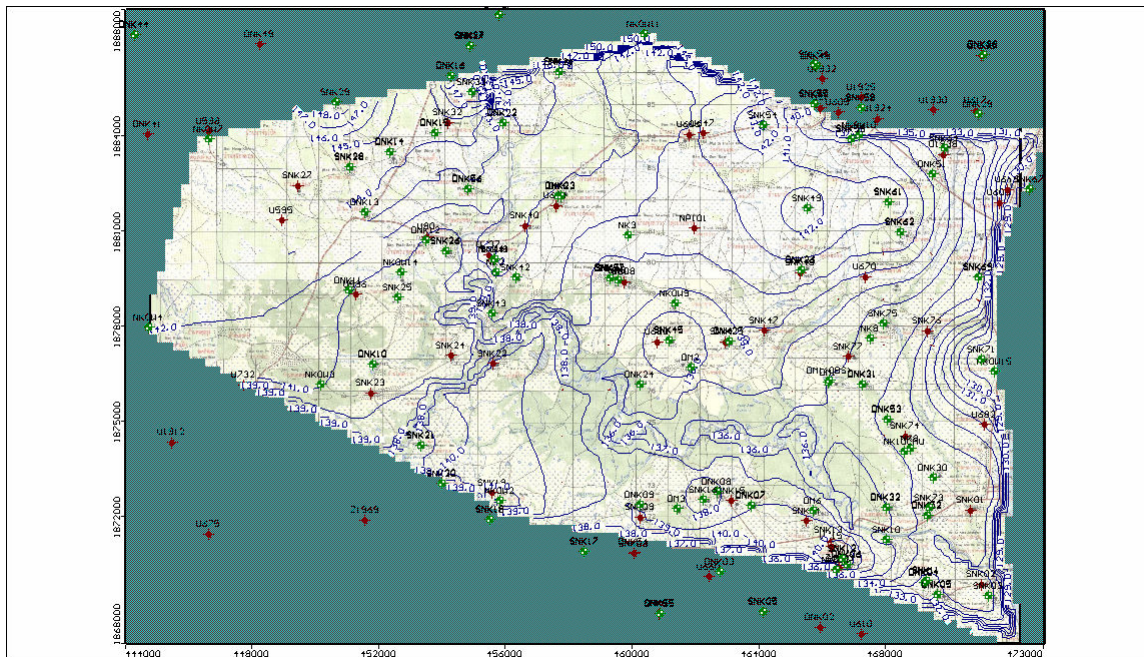
ตารางที่ 1 : ค่าความผิดพลาดหลังการปรับแก้ค่า

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

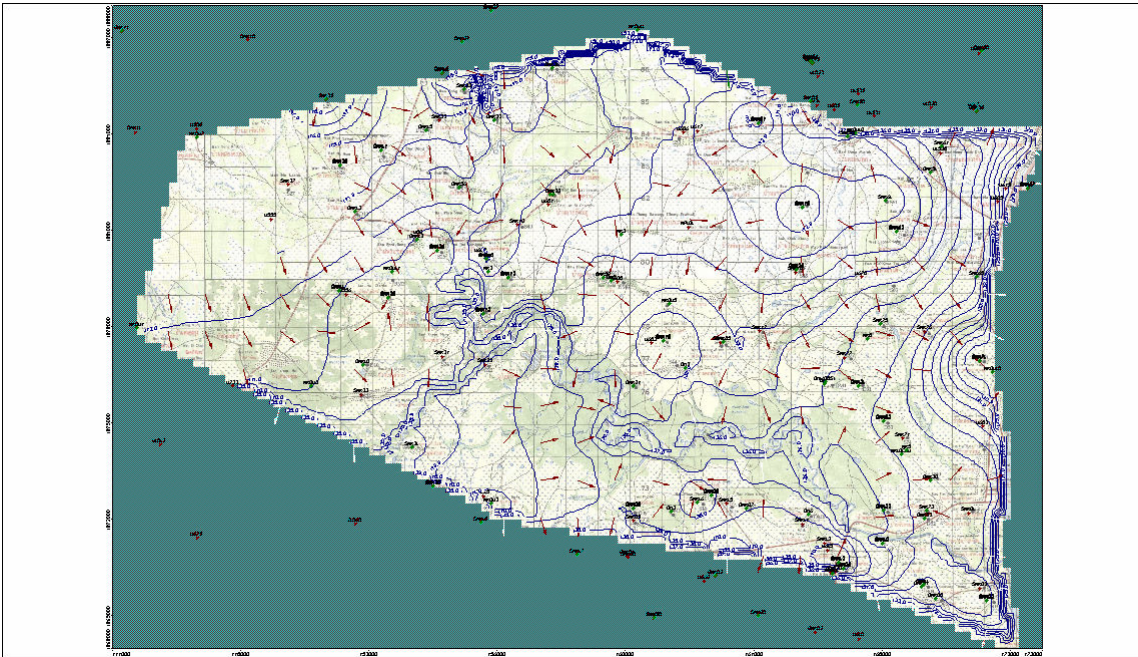


รูปที่ 9 : การเปรียบเทียบค่าระดับน้ำใต้ดินที่คำนวณได้จากแบบจำลองกับระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากบ่อสังเกตการณ์

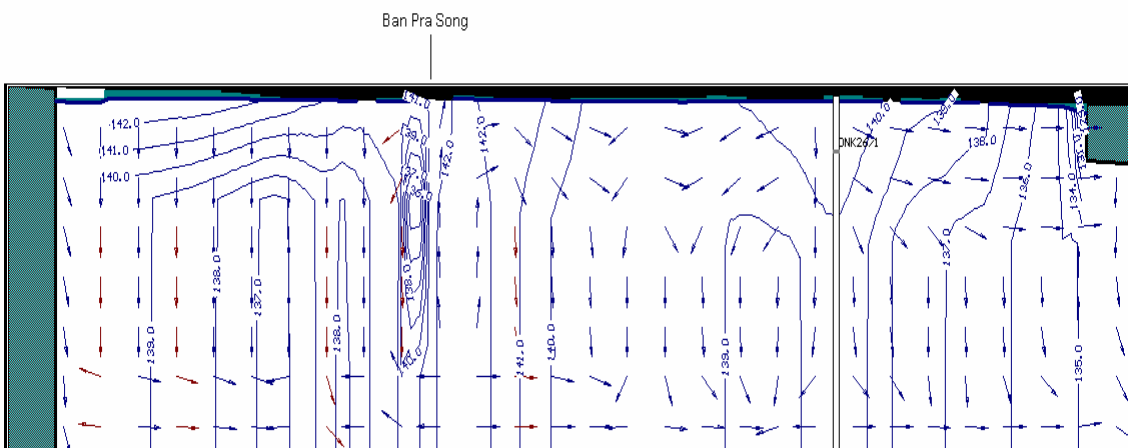
รูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน (Groundwater flow pattern and flow direction) ที่ได้จากแบบจำลองพบว่าบริเวณพื้นที่ที่มีบริเวณที่เป็นพื้นที่เพิ่มเติมน้ำใต้ดินอยู่ด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตก และทิศใต้ของแบบจำลอง ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไปสู่บริเวณพื้นที่สูญเสียน้ำที่เป็นที่ลุ่มของลำน้ำเก่าซึ่งอยู่ตอนกลางของพื้นที่ การกระจายของระดับน้ำที่ได้จากการเปรียบเทียบที่ได้จากแบบจำลองมีแนวโน้มอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แผนแสดงระดับแรงดันน้ำและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้จากแบบจำลองแสดงในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 และภาพตัดขวางแสดงรูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินแสดงรูปที่ 12 ตามลำดับ



รูปที่ 10 : ภาพแสดงระดับน้ำใต้ดินที่ได้จากการคำนวณ



รูปที่ 11 : แสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 12 : ภาพตัดขวางแสดงรูปแบบและทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในแนวบริเวณบ้านพระซอง
ที่พบการกระจายตัวของน้ำใต้ดินเค็มและดินเค็ม

จากแผนที่แสดงระดับน้ำ ทิศทางการไหล และภาพแสดงรูปแบบการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณพื้นที่รับน้ำจากบริเวณพื้นที่สูงทางด้านทิศตะวันตก ทิศเหนือ และทิศใต้ไปยังบริเวณพื้นที่สูญเสียน้ำ ในบริเวณที่ลุ่มลำนํ้าก่า ซึ่งอยู่ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่และบริเวณพื้นที่ด้านทิศตะวันออกในเขตอำเภอธาตุพนมบริเวณพื้นที่ติดกับลำน้ำโขง ระดับน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่รับน้ำมีค่า 148-142ม.รทก . ระบบการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีลักษณะการไหลแบบเฉพาะแห่ง (Local flow system) ในชั้นน้ำของตะกอนยุค ควอเทอร์นารีและชั้นน้ำของหน่วยหินภูทอกที่เป็นชั้นน้ำจืดที่รับน้ำเพิ่มเติมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินโดยตรงจากบริเวณ

ตอนกลางของพื้นที่ศึกษา มีระยะทางการไหล 5-1กิโลเมตร ลึกจากผิวดินน้อยกว่า 40เมตร และมีระบบการไหลเป็นบริเวณกว้าง (Regional flow system) ซ่อนอยู่ด้านล่างของระบบการไหลเฉพาะแห่ง

ในบริเวณพื้นที่บ้านพระซอซึ่งเป็นที่บริเวณที่พบการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเค็มและดินเค็มสูงเป็นผลมาจากการไหลของน้ำใต้ดินจากบริเวณพื้นที่รับน้ำที่อยู่ทางด้านตะวันตกของพื้นที่ศึกษาไหลผ่านลงไปในพื้นที่เกลือหินของหมวดหินมหาสารคามที่รองรับชั้นน้ำจืดอยู่ด้านล่างทำให้เกิดเป็นน้ำใต้ดินเค็มและไหลย้อนขึ้นมาสู่บริเวณผิวดินอันเนื่องมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีระบบการไหลของน้ำใต้ดินแบบเฉพาะแห่ง (รูปที่ 12) จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเค็มและดินเค็มในบริเวณพื้นที่ดังกล่าว

5.2 การจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา

การจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลามีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบระดับน้ำใต้ดินที่คำนวณได้จากแบบจำลองน้ำใต้ดินของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลากับระดับน้ำใต้ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการติดตามตรวจวัดจากภาคสนาม สภาพการเริ่มต้นของการจำลองจะใช้ข้อมูลและพารามิเตอร์เดิมจากการจำลองในสภาวะคงที่ ที่ได้มีการเปรียบเทียบข้อมูลมาแล้วมาเป็นข้อมูลและเวลาเริ่มต้นในการจำลอง แต่มีการเพิ่มเติมพารามิเตอร์ที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและปรับค่าพารามิเตอร์ที่เพิ่มเติมเหล่านั้นได้แก่ การเพิ่มเติมน้ำ ทั้งช่วงเวลาและอัตราการเพิ่มเติม การเปลี่ยนแปลงปริมาณการใช้น้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ เพื่อให้ระดับน้ำและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำใต้ดินและรูปแบบการไหลของน้ำใต้ดิน ใกล้เคียงกับข้อมูลจริงที่วัดจากบ่อสังเกตการณ์

การจำลองและการเปรียบเทียบแบบจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาใช้ข้อมูลเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม 2552 ขึ้นเวลาที่ใช้ในการคำนวณเป็นรายเดือนตามช่วงเวลาการเก็บข้อมูลบ่อสังเกตการณ์ ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บใช้ข้อมูลจากการสุบทดสอบเป็นช่วงข้อมูลเบื้องต้นและช่วงค่าที่เป็นไปได้ของหินชนิดเดียวกันที่มีการศึกษามาแล้ว การปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองใช้ข้อมูลระดับน้ำจากบ่อสังเกตการณ์จำนวน 97 บ่อ เป็นข้อมูลระดับน้ำที่ติดตามการเปลี่ยนแปลงในเวลาก่อนข้างสั้น แบบจำลองจะพิจารณาจากแนวโน้มและค่าการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำใต้ดินรายปีของพื้นที่เป็นสำคัญในการปรับแก้พารามิเตอร์

การศึกษาสมดุลน้ำ (Water balance) จากการจำลองในรอบ 1ปีแสดงในตารางที่ 2 ผลการจำลองพบว่าน้ำใต้ดินมีการไหลเข้าและไหลออกจากพื้นที่ศึกษาโดยมีการไหลเข้าในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศเหนือ ทิศตะวันตกและจากทางด้านทิศใต้เป็นปริมาณ $10^6 \times 5.70$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลออกจากพื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออก $10^6 \times 3.83$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน $10^6 \times 3.80$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณการใช้น้ำใต้ดินในปริมาณ $10^6 \times 3.77$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี มีการไหลของน้ำจากชั้นน้ำใต้ดินลงสู่ลำน้ำ $10^6 \times 22.83$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีการไหลเพิ่มเติมจากลำน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน $10^6 \times 47.02$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี

หลังการเปรียบเทียบแบบจำลองและยืนยันความน่าเชื่อถือของแบบจำลองโดยทำการจำลองในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาในช่วงเดือนมกราคม 2551ถึงเดือนกรกฎาคม 2552พบว่าแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินให้ผลสอดคล้องและใกล้เคียงกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงเวลาดังกล่าว โดยมีค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อนประมาณ 1.47เมตรจึงถือได้ว่าแบบจำลองนี้มีความน่าเชื่อถือได้ในระดับหนึ่ง สามารถนำไปใช้ในการทำนายผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับระบบน้ำใต้ดิน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้กำหนดเงื่อนไขของแบบจำลองไว้เพื่อประเมินปริมาณการสูบน้ำที่เหมาะสมที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้โดยไม่เกินปริมาณน้ำที่เพิ่มเติมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินเพื่อป้องกันการลดลงของระดับน้ำใต้ดินอันจะนำไปสู่ปัญหาการไหลหรือแทรกตัวของน้ำใต้ดินเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามเข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดินจืดของชั้นน้ำใต้ดินของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำใต้ดินของหมวดหินภูพาน

ตารางที่ 2 : สมดุลน้ำจากการจำลองในรอบ 1 ปี

<u>In</u>		<u>Out</u>	
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	4,702,526 m ³	River Leakage	22,838,600 m ³
Total In	38,148,356 m³	Total Out	38,149,680 m³
In-Out	-1,324 m³		
Discrepancy	0.00 %		

จากข้อมูลสมดุลน้ำพบว่าการใช้น้ำใต้ดินของพื้นที่ศึกษามีปริมาณ $10^5 \times 3.77$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำที่ได้รับน้ำเพิ่มเติมโดยตรงจากน้ำฝนและน้ำผิวดิน $10^6 \times 3.80$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี แต่เนื่องจากสภาพพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำที่ไหลเพิ่มเติมเข้าสู่พื้นที่จากบริเวณพื้นที่ที่เพิ่มเติมน้ำที่อยู่ทางด้านทิศใต้ ทิศเหนือ และทิศตะวันตก $10^6 \times 5.70$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี และมีปริมาณน้ำใต้ดินไหลออกจากพื้นที่ศึกษา $10^6 \times 3.80$ ลูกบาศก์เมตรต่อปี จากผลการศึกษาค้นคว้านี้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำที่สามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ได้ของพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันยังไม่เกินสมดุลน้ำและยังไม่ทำให้ระดับน้ำใต้ดินลดลงไปในระดับที่เกินกว่าระดับการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติในแต่ละฤดูกาล ซึ่งถ้าเกิดการลดลงของระดับน้ำใต้ดินจะทำให้เกิดการแทรกตัวของน้ำเค็มจากชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม เข้าสู่ชั้นน้ำใต้ดินจืดของชั้นน้ำใต้ดินของชั้นตะกอนยุคควอเทอร์นารีและชั้นน้ำใต้ดินของหมวดหินภูทอกที่ปิดทับอยู่ด้านบนอันจะทำให้เกิดปัญหาการกระจายตัวของน้ำใต้ดินเค็มและดินเค็มในพื้นที่ศึกษาเพิ่มมากขึ้น

6 ข้อจำกัดของแบบจำลอง

การทำแบบจำลองคณิตศาสตร์เป็นการนำแนวความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำใต้ดินพื้นที่ศึกษาจากขั้นตอนการจัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์มาจัดทำและถ่ายทอดให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้สมการคณิตศาสตร์การไหลของน้ำใต้ดินได้ แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองที่จัดทำนั้นก็ยังไม่สามารถจำลองสภาพอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาได้ถูกต้องและเหมือนกับสภาพความเป็นจริงในธรรมชาติได้ทั้งหมด ซึ่งในการศึกษาค้นคว้านี้ได้จัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ที่ง่าย มีความซับซ้อนน้อยที่สุดเพื่อให้สามารถจำลองโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ง่ายขึ้น แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของแบบจำลองที่สามารถกำหนดหรือเห็นได้ชัดจากแบบจำลองนี้ได้แก่

- 1) ความไม่แน่นอนของค่าตัวแปรที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ได้แก่ ข้อมูลระดับน้ำผิวดินและระดับน้ำในแม่น้ำ ปริมาณการคายระเหย ปริมาณน้ำฝนซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการเติมน้ำ ช่วงเวลาการเติมน้ำและอัตราการใช้น้ำใต้ดิน
- 2) ค่าตัวแปรทางด้านชลศาสตร์ ได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน ค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ และค่าความพรุนเป็นต้น ซึ่งในการกำหนดค่าที่ใช้ในแบบจำลองเป็นการกำหนดค่าโดยแบ่งเป็นพื้นที่ซึ่งสภาพความ

เป็นจริงในธรรมชาติค่าตัวแปรดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในแนวระนาบและเปลี่ยนแปลงตามความลึก ซึ่งแตกต่างจากสภาพที่ใช้ในแบบจำลอง

- 3) ข้อมูลที่ใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลองได้แก่ข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งในการศึกษารั้งนี้มีข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในช่วงเวลาเพียง 16 เดือน (เดือนมกราคม พ.ศ 2551 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ2552)ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ค่อนข้างสั้นที่จะใช้เป็นตัวแทนการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำในช่วงเวลาที่ทำการจำลองได้ โดยทั่วไปข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในกรณีที่ทำการศึกษาเพื่อวางแผนหรือแก้ไขในพื้นที่ที่ประสบปัญหาดังเช่นพื้นที่ศึกษานี้ ควรจะใช้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและคุณภาพน้ำในช่วงของการเปลี่ยนแปลงแต่ละฤดูกาลเพื่อสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงระดับน้ำและคุณภาพน้ำใต้ดิน เพื่อที่จะกำหนด หรือพิจารณาถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำและการเคลื่อนที่ของมวลสารที่เกิดขึ้นในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน .2549 . รายงานโครงการศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อมด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหินและอุทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนมโดยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

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

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

Waterloo Hydrogeologic Inc., 2006, Visual MODFLOW User's Manual, Ontario: Waterloo Hydrogeologic Inc.

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. Papadopoulos and Associate. Inc., Rockville, Maryland.