

แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลระดับต้น และ การเคลื่อนตัวของโลหะหนัก
บริเวณตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

นายธนัท ธนาบุรณ์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

วันที่ส่ง/...../.....

วันที่อนุมัติ/...../.....

.....
(อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น และ การเคลื่อนตัวของหน้าโคลน

บริเวณตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

นายธนัท ธานานุรักษ์ และ อาจารย์ ดร. ศรีเลิศ โชติพันธ์รัตน์

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทรศัพท์: 083-933-4627, อีเมลล์: pete_thanat@hotmail.com

บทคัดย่อ

ตำบลหัวเรือเป็นหนึ่งในพื้นที่เกษตรกรรมที่สำคัญของจังหวัดอุบลราชธานี มีการใช้ปุ๋ยและยาฆ่าแมลงอยู่เป็นประจำในปริมาณที่สูงเป็นเวลามากกว่า 30 ปี และ มีการนำน้ำใต้ดินมาเพาะปลูกพืช ภายใต้สภาพแวดล้อมแบบนี้ทำให้โลหะหนักจากสารเคมีเกษตรสามารถปนเปื้อนกับดิน และชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นได้ จึงได้เกิดเป็นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้ขึ้น 1) เพื่ออธิบายคุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลระดับตื้นได้ 2) เพื่อทำแผนภาพตัดขวางของลักษณะอุทกธรณีวิทยา 3) ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จำลองการไหลของน้ำบาดาลและการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในเชิง 3 มิติ เพื่อจะได้จัดการทรัพยากรน้ำบาดาลได้อย่างเหมาะสม และป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

มีการศึกษา slug test ทั้งหมด 6 บ่อ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.7208 เมตร/วัน ถึง 1.04 เมตร/วัน และ ทำแผนภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา โดยใช้ข้อมูลธรณีหลุมเจาะ และข้อมูลระดับน้ำใน 2 ช่วงเวลา คือ พฤษภาคม และสิงหาคม

จากการใช้โปรแกรม visual mudflow โดยใช้ข้อมูลคุณสมบัติของชั้นน้ำ และระดับน้ำบาดาล พบว่าน้ำบาดาลระดับตื้นมีการไหลจากทิศเหนือ(พื้นที่ที่มีการเติมน้ำ) ไปสู่ทิศใต้(พื้นที่ที่มีการระบายออกของน้ำ) ภายในชั้นหินอุ้มน้ำของดินทรายและหินทราย และได้มีการนำข้อมูล เช่น สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน และ บริเวณที่มีการเติมน้ำ เป็นต้น มาเปรียบเทียบค่า เพื่อให้ได้แบบจำลองที่มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จากแบบจำลองพบว่าโลหะหนักมีการเคลื่อนตัวตามการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น

SHALLOW GROUNDWATER FLOW MODELING AND HEAVY
METAL TRANSPORT IN TAMBON HUA RUEA,
CHANGWAT UBON RATCHATHANI

Tanat Thanaboon* and Srilert Chotpantararat

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;

Tel: 083-933-4627, E-mail: pete_thanat@hotmail.com

Abstract

Tambon Hua Ruea, one of the important agricultural area of Ubon Ratchathani, has routinely applied nitrate fertilizers and pesticides at high levels over thirty years. Consequently, groundwater resources have been developed to plant their crops. Under this circumstances, some metals from agrochemicals can contaminated soil and shallow groundwater. As mentioned, this research aimed to 1) explain shallow aquifer hydraulic properties, 2) to construct hydrogeologic cross-section and 3) to simulate groundwater flow and heavy metal movement used 3 dimensional mathematical model in order to appropriate groundwater resources remediation and management in near future.

According to slug test of 6 wells during two periods hydraulic conductivity ranged from 0.7208 to 1.04 m/day. The hydrogeologic cross-section were constructed used lithologic log and groundwater level observed in 2 periods (May and August) .

As a result from previous sections, visual modflow program was applied to simulate groundwater flow used observed hydraulic properties and groundwater level. The results revealed that shallow groundwater flows from northern-recharged area to southern-discharge area, within an unconfined aquifer consisted of sand and sandstone. Then, the parameters (i.e. hydraulic conductivity and recharge zones) were calibrated for more precisely groundwater flow model. Finally, heavy metal data was modeled along with flow paths to describe heavy metal migration in the aquifer.

Keywords: shallow groundwater, visual modflow, heavy metals, Hua Ruea

กิตติกรรมประกาศ

งานชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ซึ่งกรุณาสละเวลาให้ความรู้และคำแนะนำตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณนางสาวญาติี หวลประไพ นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ สังกัด สำนักทรัพยากรน้ำบาดาล เขต 11 จังหวัดอุบลราชธานี ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องข้อมูลต่างๆ ที่ต้องใช้ในงานวิจัย

ขอขอบคุณนายจาตุรนต์ กอนกุล (พินิว) ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ รวมทั้งช่วยเก็บข้อมูลระหว่างออกภาคสนาม

ขอขอบคุณนางสาวสุธาสินี ชี้อัสตย์ และ นางสาวชุตินันท์ ลิมปภาญจน์เวช ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ตลอดการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ทุกคนที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือในการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ รวมถึงประสบการณ์ต่างๆ และให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ให้กำลังใจและให้โอกาสในการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 พื้นที่ศึกษา	2
1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
1.5 นิยามปัญหา	6
1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	6
1.7 สมมติฐานในการวิจัย	6
1.8 ขอบเขตของการวิจัย	6
1.9 ตารางดำเนินงาน	7
1.10 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	7
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย	
2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย	8
2.2 การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล	10
บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล	16
3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาลและอ่างเก็บน้ำ	16
3.2 ผลการดำเนินการวิเคราะห์ระดับน้ำบาดาล	18
3.3 ผลการทำแผนภาพตัดขวาง	31
3.4 ผลการจำลองการไหลของน้ำบาดาล	36
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	44

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ตารางดำเนินงาน	7
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของบริเวณที่ทำการศึกษา	11
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของหิน	14
ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาล	16
ตารางที่ 3.2 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 1	18
ตารางที่ 3.3 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 3	20
ตารางที่ 3.4 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 6	22
ตารางที่ 3.5 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 9	24
ตารางที่ 3.6 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 10	26
ตารางที่ 3.7 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 13	28
ตารางที่ 3.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K)	30
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใส่ลงในโปรแกรม Visual Modflow-4.2	37

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษา บริเวณตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี	2
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่ได้จากการออกภาคสนามทั้ง 2 ครั้ง	10
รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างบริเวณ บ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี	12
รูปที่ 2.4 แสดงการวัดค่า (pH) และค่าความสามารถในการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC)	12
รูปที่ 2.5 แสดงการวัดระดับน้ำ	13
รูปที่ 3.1 แสดงค่าไอออนที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำบาดาลทั้ง 18 บ่อ	17
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 1	19
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและเดือนสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 3	21
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและเดือนสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 6	22
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 9	25
รูปที่ 3.6 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและเดือนสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 10	26
รูปที่ 3.7 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 13	28
รูปที่ 3.8 แสดงความสูงของภูมิประเทศ และบริเวณที่ทำการตัดภาพตัดขวาง ได้แก่ A, B, C และ D	31
รูปที่ 3.9 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว A-A' บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี	32
รูปที่ 3.10 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แนว B-B'บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี	33
รูปที่ 3.11 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว C-C' บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี	34
รูปที่ 3.12 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว D-D'บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี	35
รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล เดือนพฤษภาคม 2554	36
รูปที่ 3.14 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล เดือนสิงหาคม 2554	36
รูปที่ 3.15 แสดงการใส่หน่วยของข้อมูล	38

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.16 แสดงการใส่ข้อมูลในแบบจำลอง	38
รูปที่ 3.17 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในเวลาเริ่มต้น	39
รูปที่ 3.18 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักเมื่อเวลาผ่านไป 56 วัน	39
รูปที่ 3.19 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในเวลาผ่านไป 344 วัน	40
รูปที่ 3.20 แสดงภาพหลังจากที่ได้ใส่ข้อมูลใน Visual Modflow 4.2	41
รูปที่ 3.21 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 2.15 วัน	42
รูปที่ 3.22 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 60.31 วัน	42
รูปที่ 3.23 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 168.69 วัน	43
รูปที่ 3.24 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 187.27 วัน	43

บทที่ 1 บทนำ

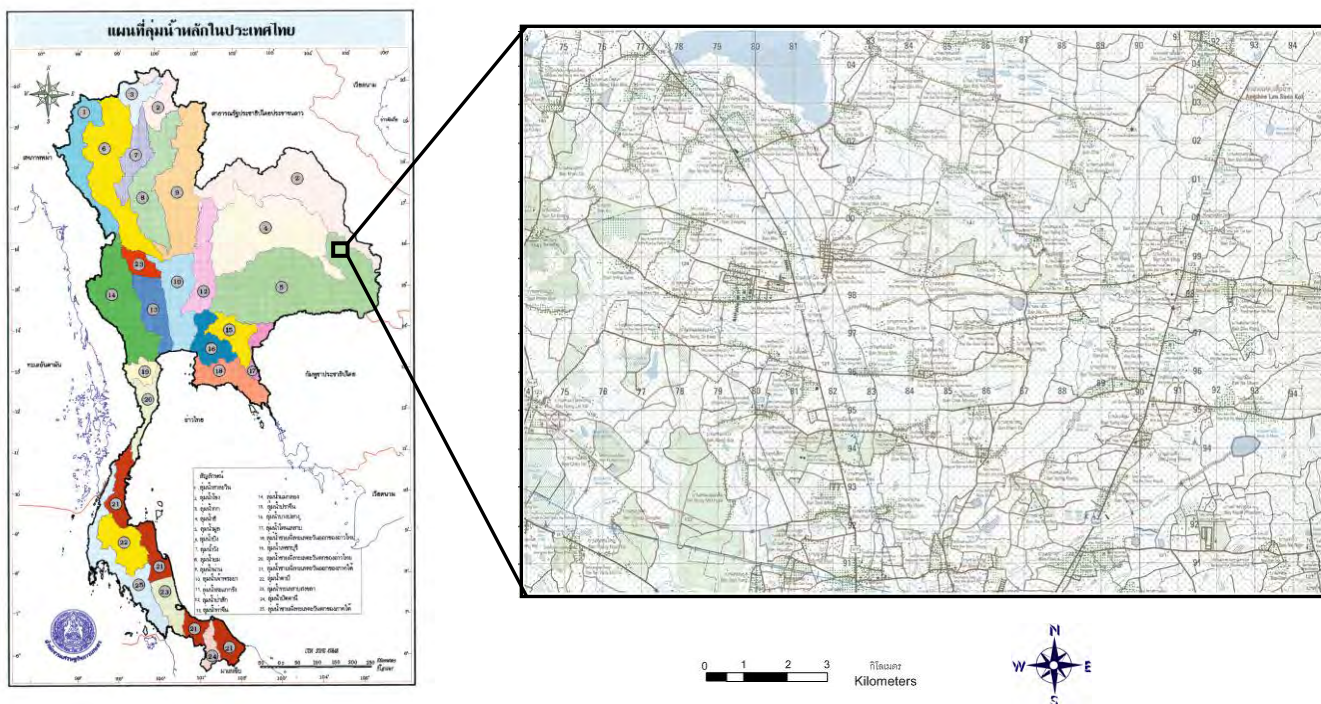
1.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันประชากรโลกมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ประเทศปากีสถาน มีการเพิ่มจาก 87 เป็น 134 ล้านคน ระหว่างปี 1982 ถึง 1999 ซึ่งจะส่งผลต่อความต้องการน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน เพื่อใช้ในการเกษตรที่มากขึ้น (Khan และ Gabriel, 2008) สำหรับทรัพยากรน้ำบาดาลในไทยถือว่าเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ และมีความสำคัญต่อการดำรงชีพของประชาชนในประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากน้ำบาดาลเป็นแหล่งน้ำจืดที่จัดได้ว่ามีความสำคัญและเหมาะสม ที่จะนำไปใช้ในการอุปโภค บริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชนบท จะใช้น้ำบาดาลในการอุปโภค เพราะเชื่อว่าแหล่งน้ำบาดาล เป็นแหล่งที่มีความสะอาดกว่าน้ำผิวดิน (Canter, 1987) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ห่างไกลจากระบบชลประทาน ส่วนใหญ่นำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งน้ำบาดาลระดับตื้น ประกอบกับเศรษฐกิจไทยในปัจจุบันมีการเจริญเติบโตและพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้มีความจำเป็นต้องใช้น้ำบาดาลมากขึ้น เพื่อประกอบกิจกรรมต่างๆ และเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอกับความต้องการทางตลาด จึงมีการใช้น้ำบาดาล ปุ๋ยเคมี และยาฆ่าแมลง ในปริมาณที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงส่งผลให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยเคมี และโลหะหนักยังเป็นมลพิษที่ยากต่อการสลายตัวในกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งมีโอกาสที่จะปนเปื้อนลงสู่ชั้นน้ำบาดาล โดยการบริโภคน้ำที่ปนเปื้อนเหล่านี้จะก่อให้เกิดโทษแก่ร่างกาย เช่น ตะกั่ว (Pb) มีผลในการยับยั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้างเม็ดเลือดแดง ก่อให้เกิดมะเร็ง และความพิการแต่กำเนิด ส่วน ทองแดง (Cu) ทำให้เกิดการระคายเคืองอวัยวะที่ตา ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ถ้าได้รับในปริมาณที่มากจะทำให้เกิดการคลื่นไส้ อาเจียน ทำให้ผิวหนัง และผมเปลี่ยนสีได้ อีกทั้งจะส่งผลให้เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ และเป็นโรคโลหิตจางได้ (Sawyer et al., 2003)

สำหรับพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ที่ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ประชาชนส่วนใหญ่ทำเกษตรกรรม พื้นที่ส่วนใหญ่ปลูกข้าวและพริก และมีความจำเป็นที่จะต้องใช้น้ำ ในกิจกรรมการเกษตรดังกล่าว แต่เนื่องจากอาชีพเหล่านั้นต้องใช้น้ำเป็นจำนวนมาก บางครั้งในช่วงที่ฝนเกิดการทิ้งช่วง หรือในฤดูร้อน ที่มักจะมีน้ำไม่เพียงพอต่อการทำเกษตรกรรม จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ปริมาณมาก ดังนั้นโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการไหลของน้ำบาดาล และประเมินการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น เพื่อประเมินโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 พื้นที่ศึกษา

บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี ครอบคลุมแผนที่
ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000 ราวาง 59391



รูปที่ 1.1 แผนที่ขอบเขตพื้นที่ศึกษา บริเวณตำบลหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี

1.2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณที่เรียกว่า แอ่งโคราช (Khorat basin) โดยสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ยประมาณ 120 เมตร ลักษณะโดยทั่วไปเป็นที่สูงต่ำ เป็นที่ราบสูงเอียงไปทางตะวันออกมีแม่น้ำโขง เป็นแนวกั้นจังหวัดอุบลราชธานีกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว มีแม่น้ำชีไหลมาบรรจบกับแม่น้ำมูลซึ่งไหลผ่านกลางจังหวัด จากทิศตะวันตกมายังทิศตะวันออกแล้วไหลลงสู่แม่น้ำโขง ที่อำเภอโขงเจียม และมีลำน้ำใหญ่ๆ อีกหลายสาย ได้แก่ ลำเซบก ลำโดมใหญ่ ลำโดมน้อย และมีภูเขาทางตอนใต้ของตัวจังหวัด เช่น เขอกเขาบรรทัด และเขอกเขาพนมดงรัก ซึ่งกั้นอาณาเขตระหว่างอุบลราชธานีกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และกัมพูชา

1.2.2 ลักษณะภูมิอากาศ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของจังหวัดอื่นๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดู ได้แก่

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่ประมาณเดือนพฤษภาคม จนถึงปลายเดือนตุลาคม และฝนมักจะทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายน ถึงเดือนกรกฎาคม แต่ระยะเวลาการทิ้งช่วงมักจะไม่เหมือนกันในแต่ละปี และในช่วงปลายฤดูฝนมักจะมีพายุดีเปรสชัน อาจทำให้ฝนตกหนักจนเกิดน้ำท่วม

ฤดูหนาว ได้รับอิทธิพลลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลงตั้งแต่เดือนตุลาคม และสิ้นสุดปลายเดือนมกราคม

ฤดูร้อน ส่วนใหญ่อากาศจะเริ่มอบอ้าวและร้อนจัด ในเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงประมาณต้นเดือนพฤษภาคม อาจจะมีฝนตกในช่วงปลายเดือนเมษายน แต่ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูก

1.2.3 ลักษณะธรณีวิทยา

พื้นที่ศึกษาอยู่ในหมวดหินมหาสารคาม (Maha Sarakham Formation) ส่วนบนเป็นหินทรายแป้ง สีน้ำตาลแดง สีส้ม ลักษณะหินจะผุมาก สลับหินโคลนสีน้ำตาลแดง ลักษณะเป็นชั้นหนา มีชั้นทรายแทรก หมวดหินนี้จะกระจายตัวระหว่างหมวดหินโคกกรวดและหมวดหินภูทอก

1.2.4 ศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดอุบลราชธานี

ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วยตะกอนหินร่วนของชั้นกรวดและทรายโดยการนำพาของทางน้ำในอดีต และปัจจุบัน ดังนั้นชั้นน้ำบาดาลจะได้แก่ พื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำสายสำคัญ เช่น แม่น้ำโขง แม่น้ำชี และแม่น้ำมูล รองลงมาได้แก่ แม่น้ำเลย แม่น้ำศรีสงคราม และลำห้วยสายใหญ่ เป็นต้น สำหรับอำเภอเมืองอุบลราชธานี จะได้รับอิทธิพลจากแม่น้ำมูล ซึ่งชั้นตะกอน กรวด และทราย จะมีความหนาแน่นไม่แน่นอน ทำให้มีขีดจำกัดในเรื่องของปริมาณน้ำ

ตะกอนตะกัปลำน้ำ เป็นชั้นน้ำบาดาลที่ได้จากชั้นกรวด และทราย ซึ่งจะเป็นบริเวณของชั้นตะกอนที่ปรากฏในบริเวณที่ไม่สอดคล้องกับลำน้ำปัจจุบัน หมายถึงเป็นตะกอนที่สะสมตามร่องน้ำหรือที่ลุ่มต่ำในอดีต มักพบเป็นหย่อมๆ ตามขอบด้านภายในแอ่งโคราช รวมถึงการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากการสึกกร่อนและผุพังอยู่กับที่หรือมีการพัดพามาไม่ไกลจากแหล่ง โดยทั่วไปชั้นตะกอนเหล่านี้มักจะทำให้ปริมาณน้ำน้อยถึงปานกลาง ขึ้นอยู่กับการคัดขนาดและเรียงตัวของชั้นกรวดและทราย

1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Aynew และคณะ (2008) ทำแบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล ที่ตอนกลางของประเทศอียิปต์ พบว่าการไหลของเส้นทางน้ำหลักมีความลึกไม่เกิน 50 เมตรและถูกจำกัดการไหลโดยแนวรอยเลื่อน และ รอยแตกในชั้นหิน ชั้นระดับน้ำตื้นยังถูกควบคุมจากสภาพภูมิประเทศ และ ความแตกต่างของชั้นน้ำ ส่งผลให้เกิดสภาพแบบน้ำพุบริเวณตอนเหนือ, ตะวันตก, ตะวันตกเฉียงเหนือในเขตพื้นที่ ที่สำคัญถ้ายังคงมีการ ปนเปื้อนของน้ำผิวดินอยู่ และหากมีการสูบน้ำบาดาลในปริมาณที่สูงเช่นเดิม จะส่งผลกระทบต่อ การปนเปื้อนของชั้นน้ำบาดาลได้ในอนาคต

Tsou และ Whittemore (2001) ศึกษาการเชื่อมโยงระหว่างโปรแกรม GIS กับ โปรแกรม Modflow ผลการศึกษาพบว่าโปรแกรม GIS ช่วยในการจัดการวิเคราะห์และแสดงภาพของข้อมูลต่างๆ และสามารถ แสดงค่าพารามิเตอร์ของโมเดลและผลลัพธ์ อีกทั้งสร้างข้อมูลสำหรับช่วยในการตัดสินใจ และหาคำตอบของ โมเดล

Wang และคณะ (2007) ประยุกต์ใช้โปรแกรม Modflow เพื่อศึกษาการไหลของน้ำบาดาล จัดทำ โดยนักธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกาชื่อ McDonald และ Harbaugh ในปี 1984 และยังมีพัฒนาต่อมา ในปี 1996, 1998 และ 2000 อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับโปรแกรมภาษา C และโปรแกรม GIS มีการ ใช้แบบจำลองการไหลของน้ำบาดาล โดยใช้ในบริเวณที่ราบทางเหนือของประเทศจีน พบว่ามีระดับความ ลึกของน้ำบาดาลอยู่ที่ระดับ -60 ถึง -90 เมตร มีปริมาณการเติมน้ำสูงถึง 49,374 ล้านลบ.ม.

กรมโยธาธิการ (2538) ใช้แบบจำลอง Modflow ในการจำลองสภาพน้ำใต้ดินในจังหวัด กำแพงเพชรเพื่อหาความเหมาะสมในการเติมน้ำลงในชั้นหินอุ้มน้ำ พร้อมทำการทดลองเติมน้ำด้วย สระภาคสนาม สรุปได้ว่า ชั้นหินอุ้มน้ำมีความเหมาะสมและน้ำดิบที่มีอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ แต่มีตะกอน ปะปนเล็กน้อย

ปัทมา (2553) ปริมาณการเคลื่อนที่ของตะกั่วและทองแดง มีความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การ ดูดซับ (K_d) โดยหากค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับมาก จะทำให้การเคลื่อนตัวของโลหะหนักช้า และ จะพบการ ปนเปื้อนในน้ำบาดาลในปริมาณที่น้อย แต่ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การดูดซับมีค่าน้อย โลหะหนักจะเคลื่อนตัวได้ เร็ว และจะพบการปนเปื้อนในน้ำบาดาลในปริมาณที่สูง

พิศาล และ บัญชา (2547) ประยุกต์ใช้โปรแกรม Modflow เมื่อเปรียบเทียบกับโปรแกรม SGDP และ MIKE SHE พบว่ามีความน่าเชื่อถือมากกว่า มีความยืดหยุ่น และสะดวกในการเพิ่มเติมหรือปรับแก้ไข ข้อมูล อีกทั้งเป็นโปรแกรมสาธารณะ จึงมีความประหยัด ส่วนการศึกษาน้ำบาดาลบริเวณจังหวัดสุโขทัย พบว่าการสูบน้ำที่ปลอดภัยจะอยู่ในช่วง 35-40 ลูกบาศก์เมตรปี ซึ่งจะไม่ทำให้สมดุลของชั้นน้ำเปลี่ยนแปลง ไป แต่ในปัจจุบันมีอัตราการสูบน้ำต่างๆ กันในแต่ละปี ตั้งแต่ 35-55 ลูกบาศก์เมตร

สุทธาสินี (2553) วิเคราะห์โลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ นิกเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และ ตะกั่ว (Pb) พบว่าน้ำบาดาลระดับตื้นบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี มีการปนเปื้อนของธาตุทองแดง (Cu) > สังกะสี (Zn) > ตะกั่ว (Pb) > นิกเกิล (Ni) เมื่อเทียบกับมาตรฐานน้ำจากกรมควบคุมมลพิษ และ เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของโลหะหนักในน้ำบาดาล พบว่าบริเวณที่ค่าความชันทางชลศาสตร์ (Hydraulic gradient) น้อย เมื่อเกิดการชะล้างของปุ๋ยลงไป ทำให้มีการสะสมตัวของโลหะหนักในปริมาณที่มาก ส่วนบริเวณที่ค่าความชันทางชลศาสตร์มาก จะมีปริมาณความเข้มข้นของโลหะน้อย เนื่องจากน้ำที่ไหลไป

1.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองน้ำบาดาล (Groundwater Models) เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินและคำนวณผล โดยประมาณของข้อมูลภาคสนาม หรือใช้เป็นเครื่องมือจำลองสภาพต่างๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่ทำการทดลองและคาดคะเนเหตุการณ์ต่างๆ ในปัจจุบันและอนาคต (เกรียงศักดิ์, 2543) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) ใช้ในการจำลองการไหลของน้ำโดยใช้กล่องที่มีการจำลองชั้นดินและหิน มีการเติมน้ำและสารเคมีโดยการควบคุมตัวแปรทางชลศาสตร์

2. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model) ใช้คำนวณทิศทาง ขนาดการไหลของน้ำบาดาล และการเคลื่อนที่ของมวลสารในน้ำโดยใช้วิธีทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ ปัจจุบันได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาเป็นเครื่องมือร่วมกับวิธีการทางคณิตศาสตร์ในการทำแบบจำลอง

การประยุกต์ใช้แบบจำลองน้ำบาดาล

1. เริ่มจากการสร้างแบบจำลองเชิงโมเดล (Conceptual Model) โดยการนำข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ข้อมูลสภาพภูมิประเทศ, ข้อมูลธรณีวิทยา, ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา และข้อมูลสภาพดินฟ้าอากาศ เพื่อนำไปเป็นตัวแปรที่ควบคุมการไหลของน้ำ

2. การเลือกคอมพิวเตอร์โปรแกรม โปรแกรม Visual Modflow-4.2 สามารถคำนวณการไหลของน้ำบาดาลร่วมกับระบบอุทกธรณีวิทยา และยังรวมเอาโปรแกรม Modpath ไว้ด้วย ซึ่งมีประโยชน์ในการวิเคราะห์การแพร่กระจายของการปนเปื้อนของมวลสารในน้ำบาดาล

3. การออกแบบ (Model Design) เป็นการเลือกช่วงเวลาของการคำนวณ และขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

4. การปรับค่าตัวแปร (Calibration) ข้อมูลสนามที่ใช้ในแบบจำลองไม่สามารถจะทราบความถูกต้องได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ ดังนั้น เมื่อผลการคำนวณจากไม่ตรงกับความเป็นจริงจำเป็นต้องมีการปรับค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่าแน่นอน เช่น ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน หรือ ขอบเขตของแบบจำลอง เพื่อให้ผลการคำนวณเปรียบเทียบกับข้อมูลในภาคสนามได้

5. การแก้ไขและปรับปรุงโปรแกรม (Model Verification) โดยใช้แบบจำลองที่ปรับแก้ค่าตัวแปรแล้ว ทำการจำลองผลการตอบสนองของลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาที่ทราบแน่นอนแล้ว แล้วเช็คว่าความผิดพลาดระหว่างข้อมูลนั้นยอมรับได้โดยไม่จำเป็นต้องปรับแก้ค่าพารามิเตอร์อีก แสดงว่าแบบจำลองนั้นผ่านการตรวจสอบและสามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนผลได้

6. แสดงผลการจำลอง (Presentation of Results) จะแสดงผลการจำลอง การนำมาซึ่งข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การออกแบบ การปรับแก้ค่า การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร ผลการคำนวณออกมา

1.5 นิยามปัญหา

1. การไหลของน้ำบาดาลระดับตื้นเป็นอย่างไร
2. การไหลของน้ำบาดาลมีผลต่อการเคลื่อนตัวของโลหะหนักหรือไม่

1.6 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสำรวจและจำลองทิศทางการไหลของชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น บริเวณบ้านหัวเรือ
2. เพื่อประเมินการเคลื่อนตัวของโลหะหนักทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb) จากพื้นที่เกษตรกรรมในพื้นที่ศึกษา

1.7 สมมติฐานในการวิจัย

1. การไหลของน้ำบาดาลระดับตื้นเปลี่ยนแปลงตามระดับความสูง และลักษณะของดินบริเวณนั้น
2. การไหลของน้ำบาดาลมีผลต่อการเคลื่อนตัวของโลหะหนัก

1.8 ขอบเขตของการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างและวัดระดับน้ำบาดาล ในเดือนพฤษภาคม 2554 อีกทั้งทำการวัดระดับน้ำบาดาลในเดือนสิงหาคม 2554 บริเวณพื้นที่เกษตรกรรม ตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี
2. ส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ที่ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. นำข้อมูลระดับน้ำและค่าโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ มาวิเคราะห์โดยใช้ โปรแกรม Visual Modflow-4.2 จะศึกษาเฉพาะการไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น รวมทั้งดูการเคลื่อนตัวของโลหะหนัก ทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb)

1.9 ตารางดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ตารางดำเนินงาน

ขั้นตอนการวิจัย	เดือน											
	เม.ย. 2554	พ.ค. 2554	มิ.ย. 2554	ก.ค. 2554	ส.ค. 2554	ก.ย. 2554	ต.ค. 2554	พ.ย. 2554	ธ.ค. 2554	ม.ค. 2555	ก.พ. 2555	มี.ค. 2555
ค้นหาข้อมูล ที่เกี่ยวกับงานวิจัย		■	■	■								
รวบรวมข้อมูลเพื่อ นำมาวิเคราะห์			■	■	■							
ออกภาคสนาม		■			■							
ประมวลผลข้อมูล ที่ได้จากภาคสนาม			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
สรุปผล และเตรียม นำเสนอ											■	■

1.10 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

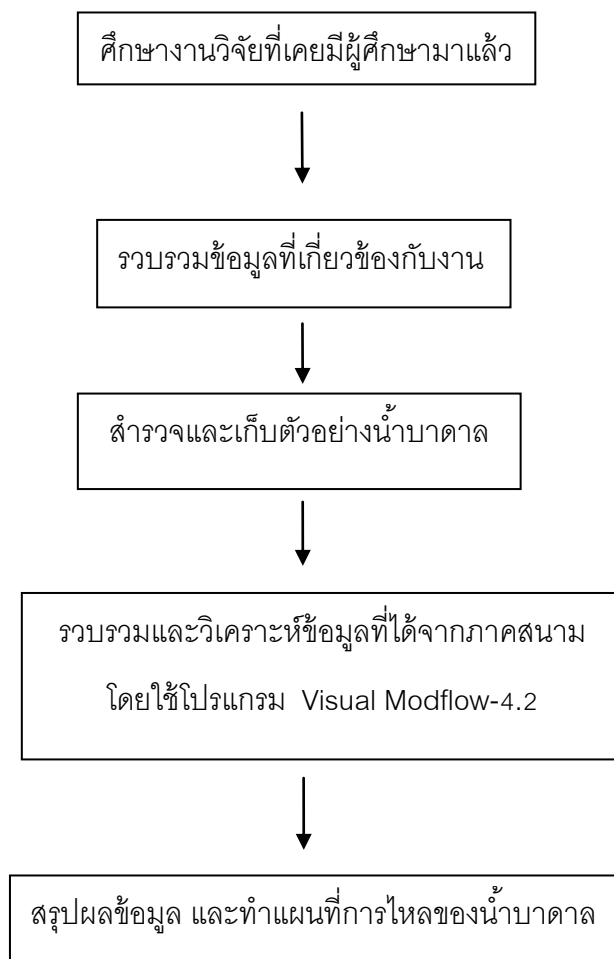
- 1.แผนที่แสดงการการไหลของน้ำบาดาลบริเวณบ้านหัวเรือ อำเภอเมือง จังหวัดอุบลราชธานี
- 2.อธิบายได้ว่าบริเวณใดมีน้ำบาดาล และอยู่ในความลึกระดับเท่าใด

บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วิธีดำเนินงานวิจัย

- 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐาน และข้อมูลศึกษาเบื้องต้น
 - 1.1 ศึกษารายงานและการวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษามาแล้ว
 - 1.2 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากรายงานที่เกี่ยวข้องแล้วนำมาประยุกต์ใช้กับงานวิจัยที่จะทำการศึกษา
- 2) ทำการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
 - 2.1 แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่ภูมิประเทศ
 - 2.2 ข้อมูลจำนวนบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลและตำแหน่งที่ตั้งของบ่อบาดาล
 - 2.3 ข้อมูลปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่
- 3) ขั้นตอนการสำรวจและเก็บตัวอย่าง
 - 3.1 เลือกบ่อบาดาลชั้นตื้น ทำ Slug test ในบ่อที่สนใจ
 - 3.2 ทำการวัดระดับน้ำ รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำ
- 4) รวบรวมข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและวิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.1 ส่งตัวอย่างน้ำไปวิเคราะห์ที่ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 - 4.2 นำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลโดยใช้โปรแกรม ดังนี้
 - Visual Modflow-4.2 เพื่อวิเคราะห์การไหลของน้ำบาดาลระดับตื้น และดูการเคลื่อนตัวของโลหะหนักทองแดง (Cu) และตะกั่ว (Pb)
 - ArcView GIS 3.2a เพื่อศึกษาลักษณะทางน้ำ, ระดับความสูงของพื้นที่ รวมทั้งบ่อสังเกตการณ์
 - Microsoft Office Excel 2007 เพื่อวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity) จากการวัดระดับในพื้นที่ศึกษา
 - Microsoft Office Visio 2007 เพื่อทำภาพตัดขวางของพื้นที่ศึกษา (Cross Section)
 - Surfer 8 เพื่อจำลองทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน
- 5) อภิปราย สรุปผลการวิจัย เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ และนำเสนอผลงาน

ระเบียบวิธีวิจัย



รูปที่ 2.1 ระเบียบวิธีวิจัย

2.2 การรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

ออกภาคสนามเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 2 ครั้ง โดยการออกภาคสนามครั้งที่ 1 ในวันที่ 23 พฤษภาคม 2554 ซึ่งเป็นช่วงปลายฤดูปลูกพริก ครั้งที่ 2 วันที่ 12 สิงหาคม 2554 เป็นระยะพักดิน มีการปลูกพืชหมุนเวียน มีรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา ดังนี้



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างสภาพแวดล้อมที่ได้จากการออกภาคสนามทั้ง 2 ครั้ง

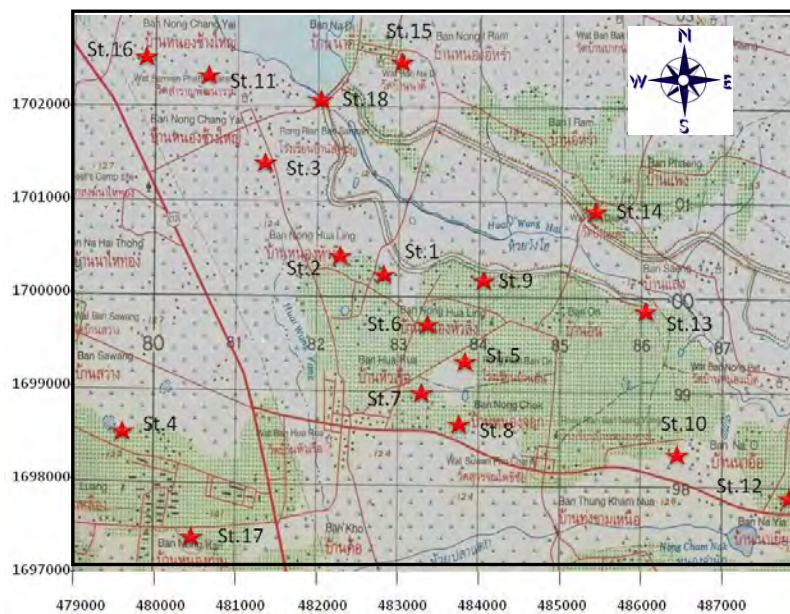
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของบริเวณที่ทำการศึกษา

Location	Grid (x)	Grid (y)	Elevation*(m)	Name
1	482812	1700165	128	บ้านผู้ใหญ่สุขดี
2	482543	1700207	127	นายทองดี สายแวง
3	481453	1701522	129	นายสำราญ
4	479820	1698338	127	โรงเรียนนารีนุกูล 2
5	483759	1699328	128	นายคำภา อบอุ่น
6	483222	1699754	126	ร้านขายเคมีเกษตร
7	483161	1699093	132	นายประกาศ
8	483585	1698922	123	นางละมุด สายสุพรรณ
9	484090	1700227	133	นายวิรัช
10	486497	1698418	129	นายมนู แสงทอง
11	480619	1702592	130	นายยุทธนา เขาเงิน
12	487852	1697750	124	นายนาเีย
13	486098	1699933	129	นายปรีชา หงส์ดำ
14	485292	1701054	128	บ้านแดง
15	483049	1702664	131	บ้านนาดี
16	479866	1702552	132	นายไพจิตร ภิญโญ
17	480606	1697746	123	โรงเรียนบ้านหนองก้านคำไผ่
18	481768	1702312	130	อ่างเก็บน้ำหนองข้างใหญ่

หมายเหตุ * ความสูงจากระดับน้ำทะเล

2.2.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างน้ำในบ่อบาดาล

1. เลือกตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 2.3 จำนวน 18 บ่อ ซึ่งเป็นบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นอยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม
2. เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในภาคสนาม เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าความสามารถในการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC)
3. บำน้ำขึ้นมาประมาณ 5 นาที เพื่อดูหน้าที่ขังในบ่อออก หลังจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำและนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอออน ที่กลุ่มงานพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กรมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



รูปที่ 2.3 แผนที่แสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างบริเวณ บ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี



รูปที่ 2.4 แสดงการวัดค่า (pH) และค่าความสามารถในการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC)

2.2.2 ขั้นตอนการวัดระดับน้ำบาดาล

1. เลือกตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังรูปที่ 2.3 จำนวน 18 บ่อ ซึ่งเป็นบ่อน้ำบาดาลระดับตื้นอยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม
2. เตรียมเครื่องมือที่ใช้ในภาคสนาม เครื่องมือวัดความลึกของน้ำใต้ดิน
3. วัดระดับน้ำ ดังรูปที่ 2.4 ในแต่ละช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มบ่ม จนได้ค่าอัตราส่วน ระหว่างระดับน้ำเริ่มต้นกับระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยกว่า 0.4 เพื่อจะนำไปแทนค่าในสมการสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K)



รูปที่ 2.5 แสดงการวัดระดับน้ำ

สมการสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านสามารถหาได้จากสมการ

$$K = \frac{r^2 \ln\left(\frac{L_e}{R}\right)}{2LK_e t_{37}} \quad (1)$$

K_1 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (เซนติเมตร/วินาที)

L_e = ความยาวท่อกรอง (เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น (วินาที)

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของหิน (Fetter, 2001)

หิน	K_1 (darcys)	K (cm/s)
clay	10^{-6} - 10^{-3}	10^{-9} - 10^{-6}
Silt, sandy silts, clayey sands, till	10^{-3} - 10^{-1}	10^{-6} - 10^{-4}
Silty sands, fine sands	10^{-2} -1	10^{-5} - 10^{-3}
Well-sorted sands, glacial outwash	1- 10^2	10^{-3} - 10^{-1}
Well-sorted gravel	10 - 10^3	10^{-2} -1

2.2.3 การสร้างแบบจำลองเชิงแนวความคิด (conceptual model)

การสร้างแบบจำลองแนวความคิดเป็นการรวบรวมข้อมูลด้านอุทกธรณีวิทยาร่วมกับข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ข้อมูลระดับน้ำใต้ดิน ลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำ ลักษณะ ลักษณะภูมิประเทศ การใช้ที่ดิน ปริมาณน้ำฝน ข้อมูลการใช้น้ำบาดาล โดยใช้ข้อมูลเหล่านี้สร้างแผนที่ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา และสร้างแผนที่จำลองการไหลของน้ำบาดาลตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. สร้างภาพตัดขวางจากการแปลความหมายจากข้อมูลหลุมเจาะจำนวน 9 หลุม
2. การแบ่งเส้นกริด ในแบบจำลองนี้กำหนดตามแนวแกน X มีระยะทาง 21 กิโลเมตร แกน Y มีระยะทาง 14 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 294 ตารางกิโลเมตร ส่วนในแนวแกน Z แบ่งเป็น 1 ชั้น เนื่องจากศึกษาเฉพาะชั้นน้ำบาดาลระดับตื้น และคุณสมบัติของชั้นดินไม่มีความแตกต่างกันมากนัก
3. โปรแกรมสำเร็จรูป Visual MODFLOW 4.2 ซึ่งในชุดของโปรแกรมจะประกอบด้วย MODFLOW 2000, MODPATH, ZoneBudget, MT3DMS, PEST ซึ่งเป็นการพัฒนาของ Waterloo Hydrologic Inc.

2.2.3.1 การกำหนดขอบเขตและเงื่อนไขเริ่มต้น

การสร้างแบบจำลองนี้ได้กำหนดขอบเขตของแบบจำลองตามสภาพภูมิประเทศ โดยมีลำน้ำเล็กๆ ไหลจากตอนกลางของพื้นที่ ไปทางตะวันออก และสามารถกำหนดรายละเอียดของแบบจำลองได้ดังนี้

1. ขอบเขตที่ไม่มีกรไหลของน้ำบาดาล (no-flow boundary) กำหนดให้ด้านทิศตะวันตกและทิศตะวันออก ของพื้นที่ศึกษา ตั้งแต่ทิศเหนือลงมาถึงทิศใต้
2. ขอบเขตที่มีระดับน้ำคงที่ (constant-head boundary) กำหนดให้แกว่งกลางสุดของพื้นที่ ตั้งแต่ทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก ให้มีระดับน้ำคงที่ 120 เมตร
3. ขอบเขตที่มีระดับน้ำไม่คงที่ (general-head) กำหนดให้แกว่งบนสุดของพื้นที่ ตั้งแต่ทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก ให้มีระดับน้ำประมาณ 130 เมตร
4. บ่อ (well) แบ่งเป็นข้อมูลจากการวัดระดับน้ำบ่อจำนวน 17 บ่อ และวัดระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำหนองช้างใหญ่

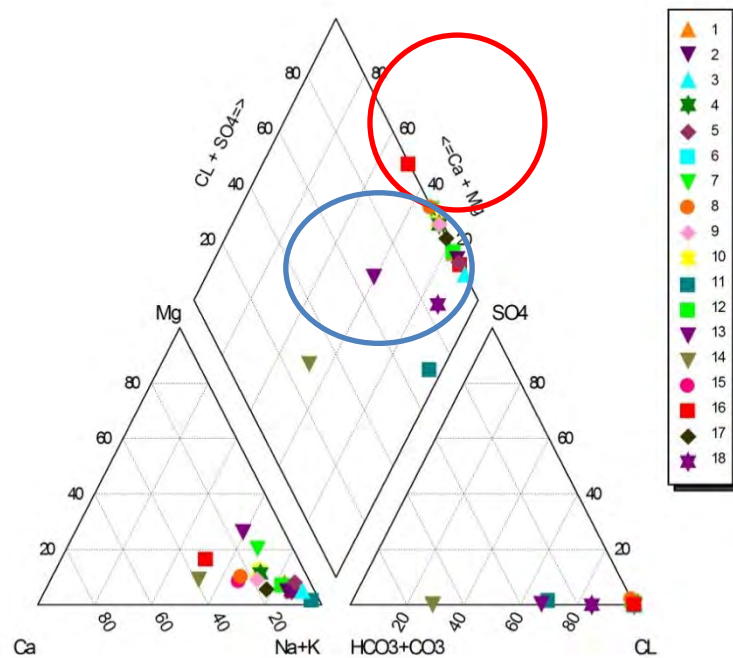
บทที่ 3 ผลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาล

จากการออกภาคสนามในครั้งที่ 1 ได้ทำการวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC) และ เครื่องมือวัดค่าความเป็นกรดต่าง (pH) รวมทั้งวัดระดับน้ำทั้ง 2 ช่วงเวลา จะได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของน้ำบาดาลและอ่างเก็บน้ำ

Location	Grid (x)	Grid (y)	Water level in May (m)	Water level in August (m)	Conductivity in May	pH in May
1	482812	1700165	2	1.11	195	4.18
2	482543	1700207	4.3	3.10	73.5	4.14
3	481453	1701522	4.54	2.66	203	4.13
4	479820	1698338	3.8	3.10	77.7	4.33
5	483759	1699328	3.10	2.65	56.4	4.45
6	483222	1699754	4.3	3.00	193	3.75
7	483161	1699093	3.85	3.34	201	3.94
8	483585	1698922	3.38	2.00	97.5	4.08
9	484090	1700227	3.45	2.40	48.5	4.5
10	486497	1698418	3.25	1.22	182	4.0
11	480619	1702592	5.8	2.3	1483	7.96
12	487852	1697750	3.8	2.17	129	4.6
13	486098	1699933	4.85	3.13	637	6.36
14	485292	1701054	4.6	2.69	482	6.87
15	483049	1702664	3.18	2.98	64.5	4.79
16	479866	1702552	3.15	2.65	178.8	4.23
17	480606	1697746	2.9	1.4	55.0	4.38
reservoir	481768	1702312	2	1.29	80.7	7.27



รูปที่ 3.1 แสดงค่าไอออนที่ได้จากการวิเคราะห์น้ำบาดาลทั้ง 18 บ่อ

จากรูปที่ 3.1 ค่าการเคลื่อนตัวของไอออนที่ได้ในบ่อส่วนใหญ่ (วงกลมสีแดง) จะมีค่าโซเดียมและโพแทสเซียม (Na+K) ในปริมาณที่สูง ส่วนไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตในปริมาณต่ำ เนื่องจากได้รับปริมาณไอออนเหล่านี้จากปุ๋ยที่ใส่ในพื้นที่เกษตรกรรม ส่วนบ่อที่เหลือ คือ บ่อ 11,13,14 และ 18 (วงกลมสีน้ำเงิน) มีความแตกต่างจากบ่ออื่นๆ เนื่องจากไม่อยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม อีกทั้งอยู่ในบริเวณทางต้นน้ำก่อนที่จะไหลผ่านในบริเวณที่มีการปนเปื้อนจากพื้นที่เกษตรกรรม

3.2 ผลการดำเนินการวิเคราะห์ระดับน้ำบาดาล

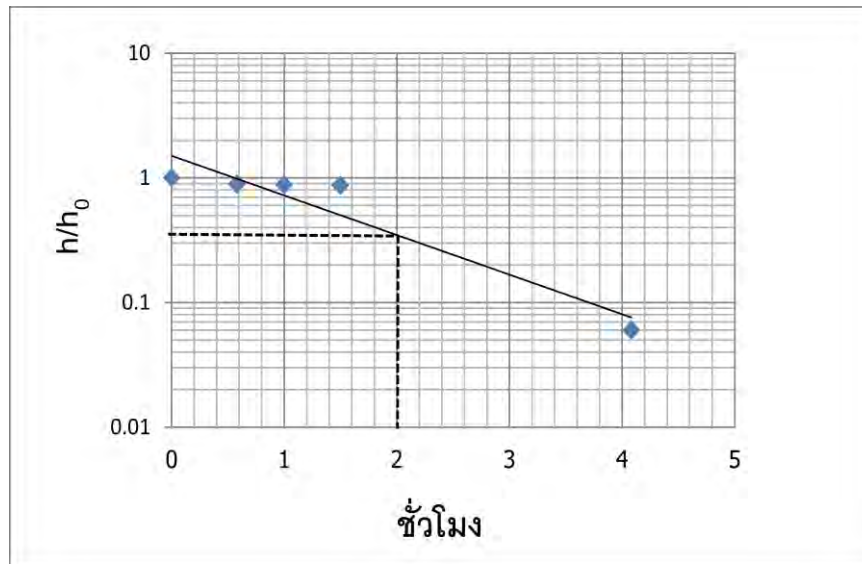
จากการออกภาคสนามทั้งหมด 2 ครั้ง ได้ทำการวัดระดับน้ำและทำการพล็อตกราฟ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) จะได้ค่าดังนี้

Location 1 Grid (x): 482812 Grids (y): 1700165

ตารางที่ 3.2 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 1

เวลา (ชั่วโมง)	ระดับน้ำ (เมตร)	ระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลง (เมตร)	อัตราส่วน ระหว่าง h/h_0
ระดับน้ำคงที่	2.00		
0	3.80	1.80 (h_0)	1.00
0.35	3.60	1.60	0.89
1	3.58	1.58	0.88
1.30	3.57	1.57	0.87
4.05	2.10	0.10	0.06

จากตารางที่ 3.2 ระดับน้ำมีการเปลี่ยนแปลงช้า ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวัดโดยใช้เวลานาน เพื่อจะได้เห็นการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างชัดเจน



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 1

K = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (2 เมตร = 200 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{37} = 7200$ วินาที)

จากสมการที่ (1)

$$K = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{200}{5.09}\right)}{2 \times 200 \times 7200}$$

$$K = \frac{14.52 \times 3.67}{2880000}$$

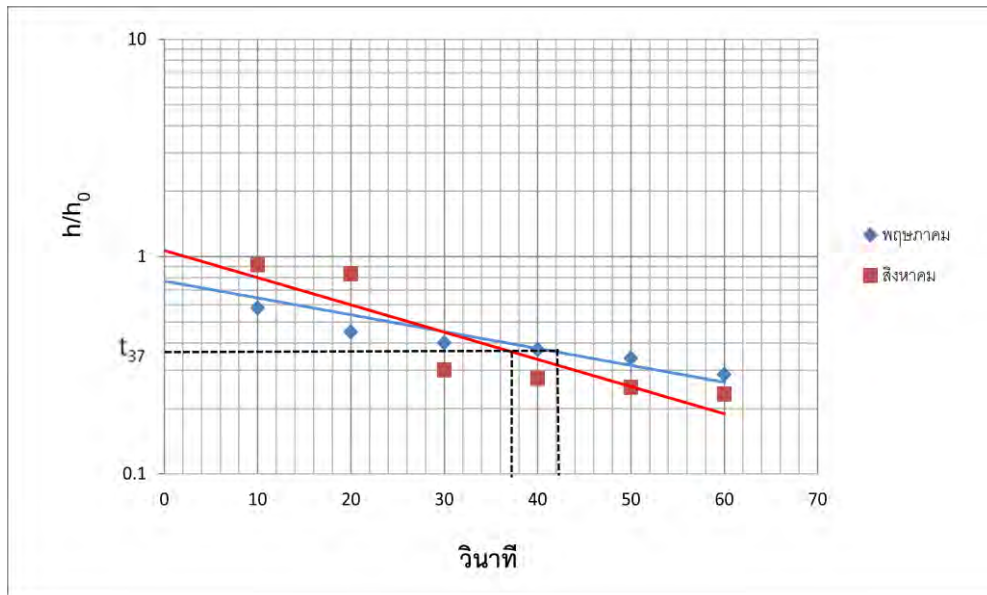
$$K = 1.85 \times 10^{-5} \text{ เซนติเมตร/วินาที} \quad \text{หรือ} \quad 1.6 \text{ เซนติเมตร/วัน}$$

ดังนั้น บ่อนี้เป็นดินทรายและดินโคลน (Sandy silts)

Location 3 Grid (x): 481453 Grid (y): 1701522

ตารางที่ 3.3 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 3

เวลา (วินาที)	ระดับน้ำ เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำ เดือนสิงหาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนสิงหาคม (เมตร)	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนสิงหาคม
ระดับน้ำคงที่	4.54	2.70				
0	5.45	3.90	0.91 (h_0)	1.2 (h_0)	1.00	1.00
10	5.07	3.80	0.53	1.1	0.58	0.917
20	4.95	3.70	0.41	1.0	0.45	0.833
30	4.90	3.06	0.36	0.36	0.40	0.30
40	4.88	3.03	0.34	0.33	0.373	0.275
50	4.85	3.00	0.31	0.30	0.341	0.25
60	4.80	2.98	0.26	0.28	0.286	0.233



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 3

K_1 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

K_2 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนสิงหาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (6 เมตร = 600 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{\text{พฤษภาคม}} = 42$ วินาที, $t_{\text{สิงหาคม}} = 37$

วินาที) จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{14.52 \times 4.77}{50400}$$

$$K_1 = 1.37 \times 10^{-3} \text{ เซนติเมตร/วินาที หรือ } 118.73 \text{ เซนติเมตร/วัน}$$

จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{600}{5.09}\right)}{2 \times 600 \times 37}$$

$$K_2 = \frac{14.52 \times 4.77}{44000}$$

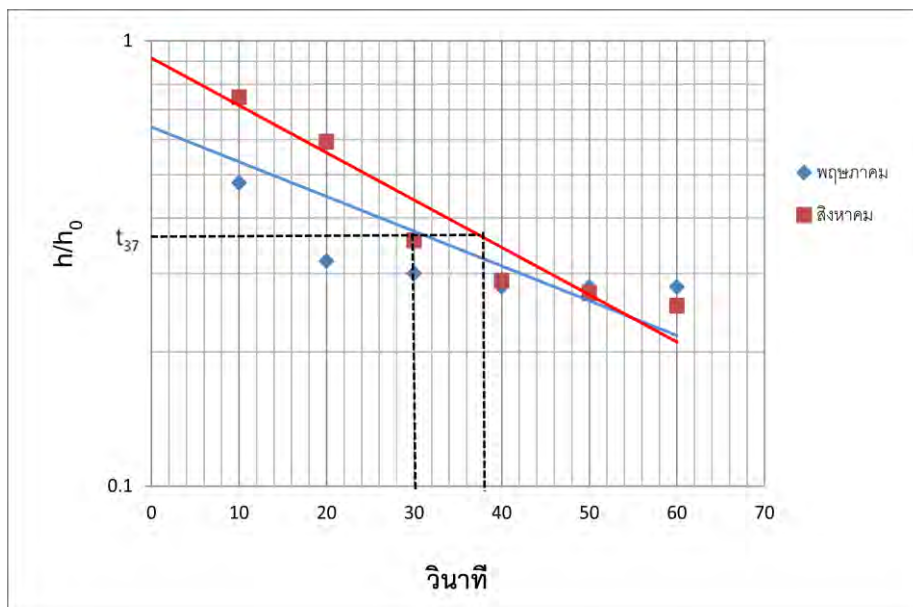
$$K_2 = 1.57 \times 10^{-3} \text{ เซนติเมตร/วินาที หรือ } 135.65 \text{ เซนติเมตร/วัน}$$

ดังนั้น บ่อนี้เป็นดินทรายที่มีการคัดขนาดดี (Well-sorted sands)

Location 6 Grid (x): 483222 Grid(y): 1699754

ตารางที่ 3.4 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 6

เวลา (วินาที)	ระดับน้ำ เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำ เดือนสิงหาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนสิงหาคม (เมตร)	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนสิงหาคม
ระดับน้ำคงที่	4.30	3.10				
0	5.30	3.69	1.00 (h_0)	0.59 (h_0)	1.00	1.00
10	4.78	3.54	0.48	0.44	0.48	0.746
20	4.62	3.45	0.32	0.35	0.32	0.593
30	4.6	3.31	0.30	0.21	0.30	0.356
40	4.58	3.27	0.28	0.17	0.28	0.289
50	4.58	3.26	0.28	0.16	0.28	0.271
60	4.58	3.25	0.28	0.15	0.28	0.254



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 6

K_1 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

K_2 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนสิงหาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (6 เมตร = 600 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{\text{พฤษภาคม}} = 30$ วินาที, $t_{\text{สิงหาคม}} = 38$ วินาที)

จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{600}{5.09}\right)}{2 \times 600 \times 30}$$

$$K_1 = \frac{14.52 \times 4.77}{36000}$$

$K_1 = 1.92 \times 10^{-3}$ เซนติเมตร/วินาที หรือ 165.89 เซนติเมตร/วัน

จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{600}{5.09}\right)}{2 \times 600 \times 38}$$

$$K_2 = \frac{14.52 \times 4.77}{45600}$$

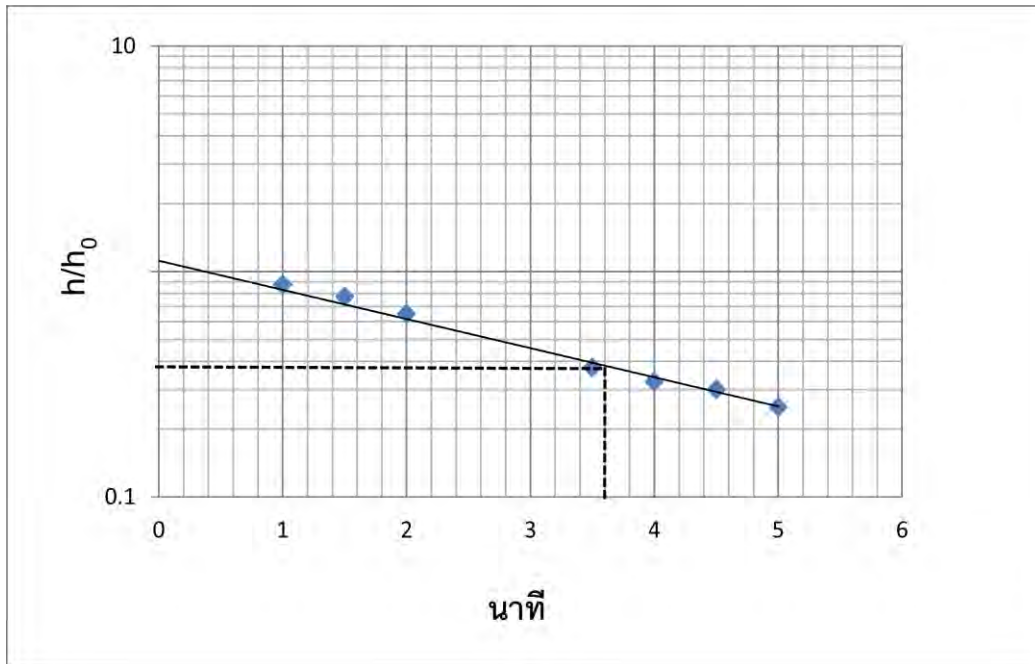
$K_2 = 1.52 \times 10^{-3}$ เซนติเมตร/วินาที หรือ 131.33 เซนติเมตร/วัน

ดังนั้น บ่อนี้เป็นดินทรายที่มีการคัดขนาดดี (Well-sorted sands)

Location 9 Grid (x): 484090 Grid (y): 1700227

ตารางที่ 3.5 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 9

เวลา (นาที)	ระดับน้ำ (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง (เมตร)	อัตราส่วน ระหว่าง h/h_0
ระดับน้ำคงที่	3.45		
0	3.85	0.4 (h_0)	1.00
1	3.80	0.35	0.875
1.3	3.76	0.31	0.775
2	3.71	0.26	0.65
3.3	3.60	0.15	0.375
4	3.58	0.13	0.325
4.3	3.57	0.12	0.3
5	3.55	0.10	0.25



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 9

K = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (1 เมตร = 100 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{37} = 216$ วินาที)

จากสมการที่ (1)

$$K = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{100}{5.09}\right)}{2 \times 100 \times 216}$$

$$K = \frac{14.52 \times 2.98}{43200}$$

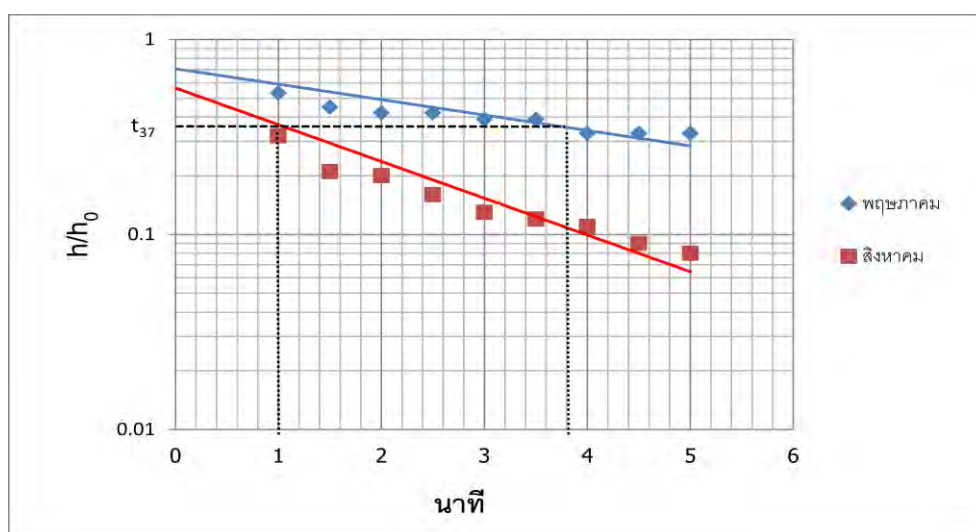
$K = 1 \times 10^{-3}$ เซนติเมตร/วินาที หรือ 86.54 เซนติเมตร/วัน

ดังนั้น บ่อนี้เป็นดินทรายที่มีการคัดขนาดดี (Well-sorted sands)

Location 10 Grid (x): 486497 Grid (y):1698418

ตารางที่ 3.6 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 10

เวลา (นาทื)	ระดับน้ำ เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำ เดือนสิงหาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนสิงหาคม (เมตร)	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนสิงหาคม
ระดับน้ำคงที่	3.25	1.22				
0	3.85	1.98	0.6 (h_0)	0.76 (h_0)	1.00	1.00
1	3.57	1.46	0.32	0.24	0.53	0.32
1.3	3.52	1.38	0.27	0.16	0.45	0.21
2	3.50	1.37	0.25	0.15	0.42	0.20
2.3	3.50	1.34	0.25	0.12	0.42	0.16
3	3.48	1.32	0.23	0.10	0.39	0.13
3.3	3.48	1.31	0.23	0.09	0.39	0.12
4	3.45	1.30	0.20	0.08	0.33	0.11
4.3	3.45	1.29	0.20	0.07	0.33	0.09
5	3.45	1.28	0.20	0.06	0.33	0.08



รูปที่ 3.6 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 10

K_1 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

K_2 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนสิงหาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (4 เมตร = 400 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซ็นต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{พฤษภาคม} = 228$ วินาที, $t_{สิงหาคม} = 60$ วินาที)

จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{400}{5.09}\right)}{2 \times 400 \times 228}$$

$$K_1 = \frac{14.52 \times 4.36}{182400}$$

$K_1 = 3.47 \times 10^{-4}$ เซนติเมตร/วินาที หรือ 30 เซนติเมตร/วัน

จากสมการที่ (1)

$$K_2 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{400}{5.09}\right)}{2 \times 400 \times 60}$$

$$K_2 = \frac{14.52 \times 4.36}{48000}$$

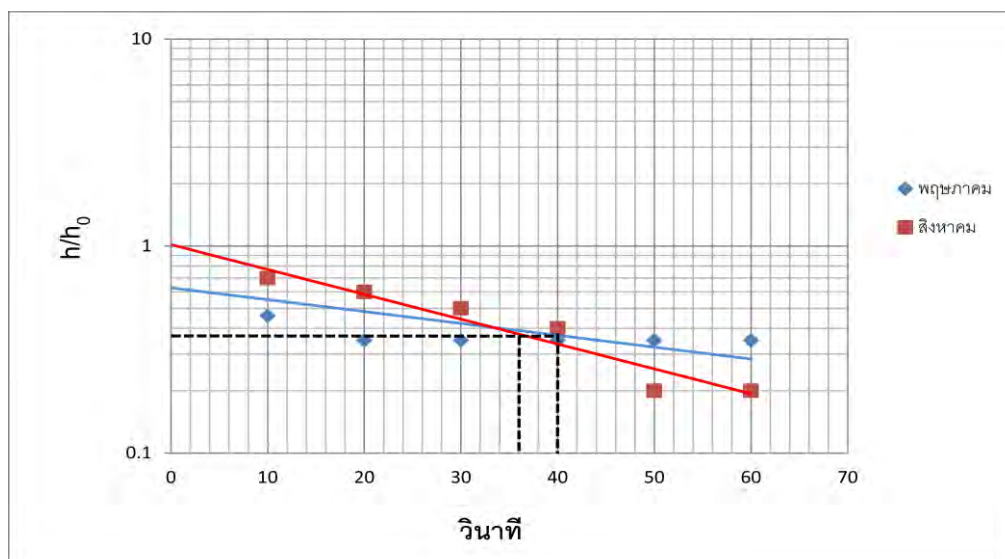
$K_2 = 1.32 \times 10^{-3}$ เซนติเมตร/วินาที หรือ 114 เซนติเมตร/วัน

ดังนั้น บ่อศึกษาที่ 10 เป็นดินทรายที่มีการคัดขนาดดี (Well-sorted sands) และ ดินทรายละเอียด (Fine sands)

Location 13 Grid (x): 486098 Grid (y):1699933

ตารางที่ 3.7 แสดงการสำรวจของบ่อศึกษาที่ 13

เวลา (วินาที)	ระดับน้ำ เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำ เดือนสิงหาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนพฤษภาคม (เมตร)	ระดับน้ำที่ เปลี่ยนแปลง เดือนสิงหาคม (เมตร)	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนพฤษภาคม	อัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เดือนสิงหาคม
ระดับน้ำคงที่	4.85	3.11				
0	5.22	3.16	0.37 (h_0)	0.05 (h_0)	1.00	1.00
10	5.02	3.15	0.17	0.04	0.46	0.8
20	4.98	3.15	0.13	0.04	0.35	0.8
30	4.98	3.14	0.13	0.03	0.35	0.6
40	4.98	3.13	0.13	0.02	0.35	0.4
50	4.98	3.12	0.13	0.01	0.35	0.2
60	4.98	3.12	0.13	0.01	0.35	0.2



รูปที่ 3.7 กราฟแสดงอัตราส่วนระหว่าง h/h_0 เปรียบเทียบระหว่างเดือนพฤษภาคมและสิงหาคม บริเวณบ่อศึกษาที่ 13

K_1 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนพฤษภาคม

K_2 = สัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่านเดือนสิงหาคม

L_e = ความยาวท่อกรอง (32 เมตร = 3200 เซนติเมตร)

R = รัศมีท่อกรอง (5.09 เซนติเมตร) , r = รัศมีท่อกรู (3.81 เซนติเมตร)

t_{37} = เวลาระดับน้ำขึ้นหรือลงที่ 37 เปอร์เซนต์ของอัตราเริ่มต้น ($t_{\text{พฤษภาคม}} = 40$ วินาที, $t_{\text{สิงหาคม}} = 36$ วินาที)

จากสมการที่ (1)

$$K_1 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{3200}{5.09}\right)}{2 \times 3200 \times 40}$$

$$K_1 = \frac{14.52 \times 6.44}{256000}$$

$$K_1 = 3.65 \times 10^{-4} \text{ เซนติเมตร/วินาที} \quad \text{หรือ} \quad 31.56 \text{ เซนติเมตร/วัน}$$

จากสมการที่ (1)

$$K_2 = \frac{(3.81)^2 \ln\left(\frac{3200}{5.09}\right)}{2 \times 3200 \times 36}$$

$$K_2 = \frac{14.52 \times 6.44}{230400}$$

$$K_2 = 4.06 \times 10^{-4} \text{ เซนติเมตร/วินาที} \quad \text{หรือ} \quad 35.07 \text{ เซนติเมตร/วัน}$$

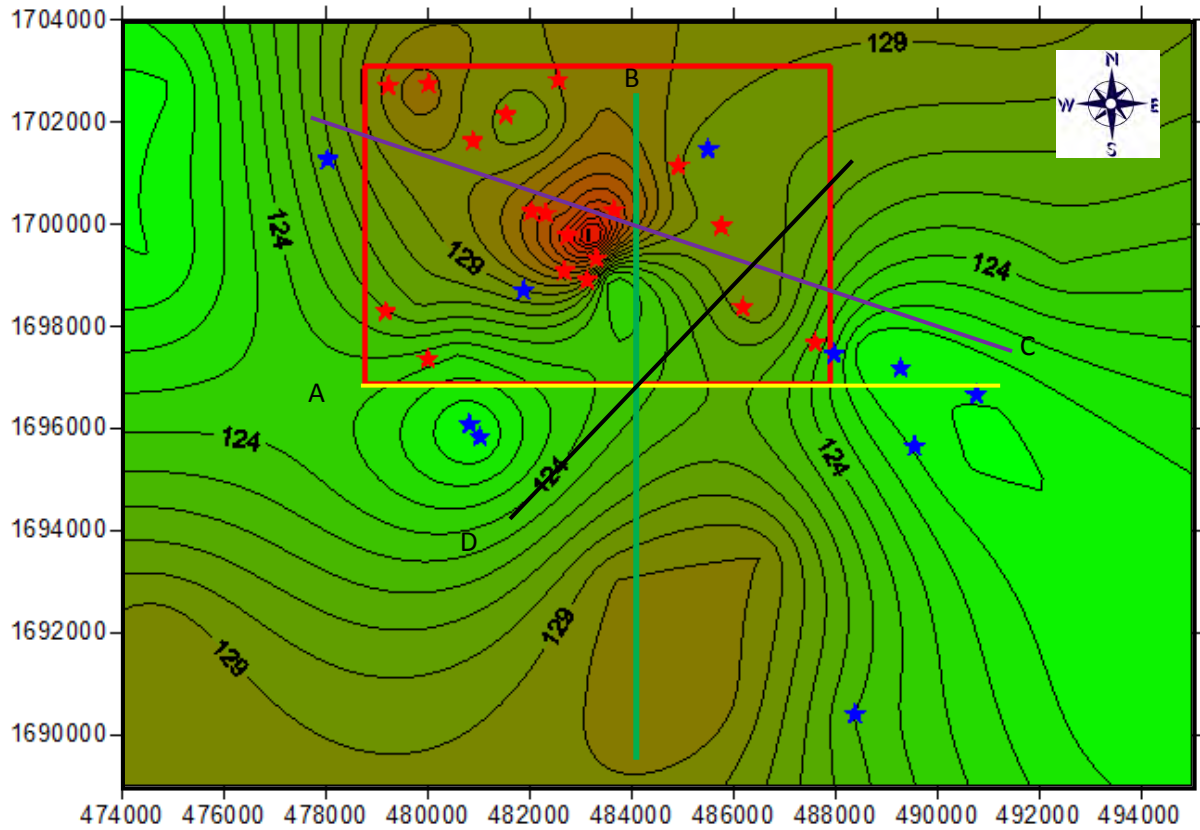
ดังนั้น บ่อนี้เป็นดินทรายละเอียด (Fine sands)

ตารางที่ 3.8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K)

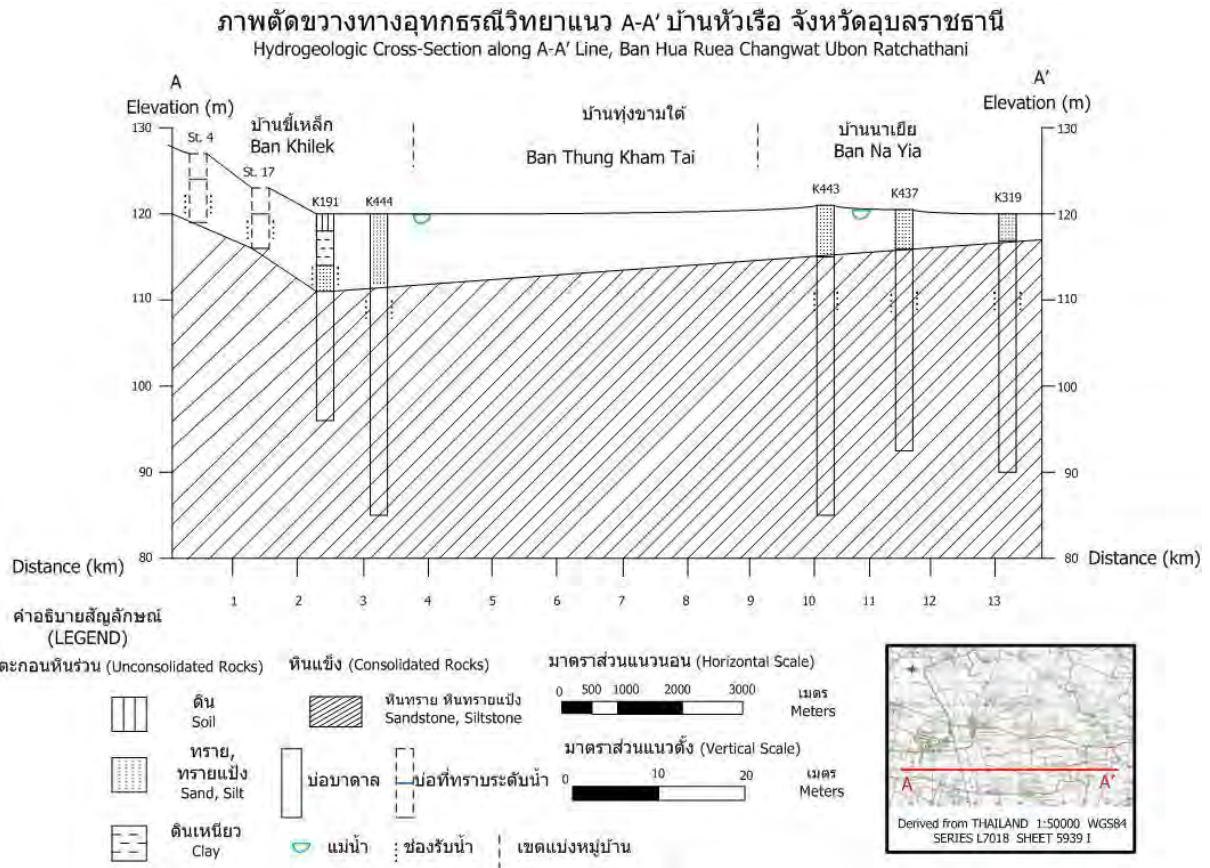
Location	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน
	เดือนพฤษภาคม (เมตร/วินาที)	เดือนสิงหาคม (เมตร/วินาที)
1	1.85×10^{-7}	-
3	1.37×10^{-5}	1.57×10^{-5}
6	1.92×10^{-5}	1.52×10^{-5}
9	1×10^{-5}	-
10	3.47×10^{-6}	1.32×10^{-5}
13	3.65×10^{-6}	4.06×10^{-6}

3.3 ผลการทำแผนภาพตัดขวาง

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 294 ตารางกิโลเมตร จากข้อมูลที่ได้รับมาได้นำมาทำภาพตัดขวาง เพื่อดูสภาพธรณีวิทยาในระดับต้น โดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Visio 2007 ได้ผลลัพธ์ดังรูป

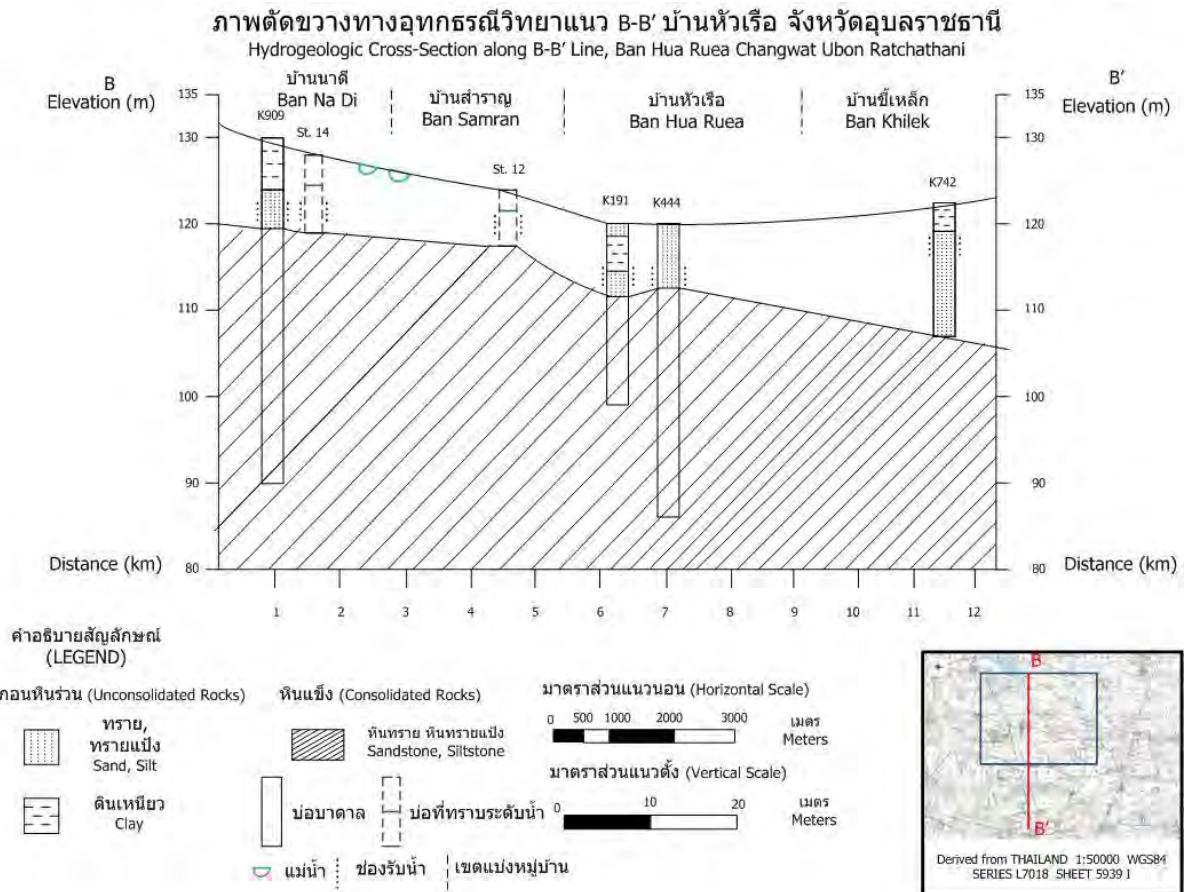


รูปที่ 3.8 แสดงความสูงของภูมิประเทศ และบริเวณที่ทำการตัดภาพตัดขวาง ได้แก่ A, B, C และ D



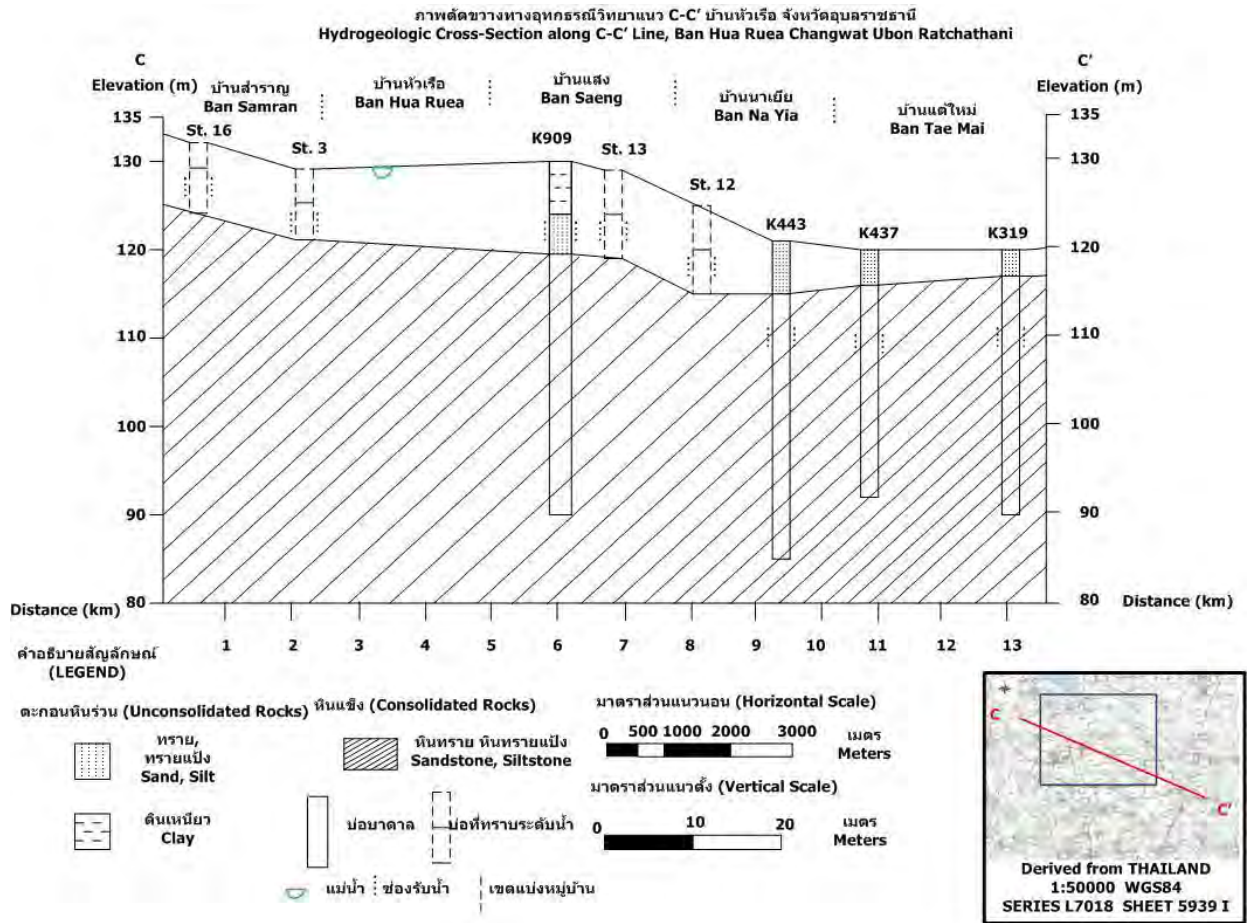
รูปที่ 3.9 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว A-A' บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

จากภาพจะเห็นว่าระดับน้ำมีการไหลจากซ้ายมาตรงกลางของรูปภาพ และระดับน้ำมีการไหลใน 2 ชั้นหิน คือ ชั้นดินทราย และชั้นหินทราย



รูปที่ 3.10 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยา แนว B-B'บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

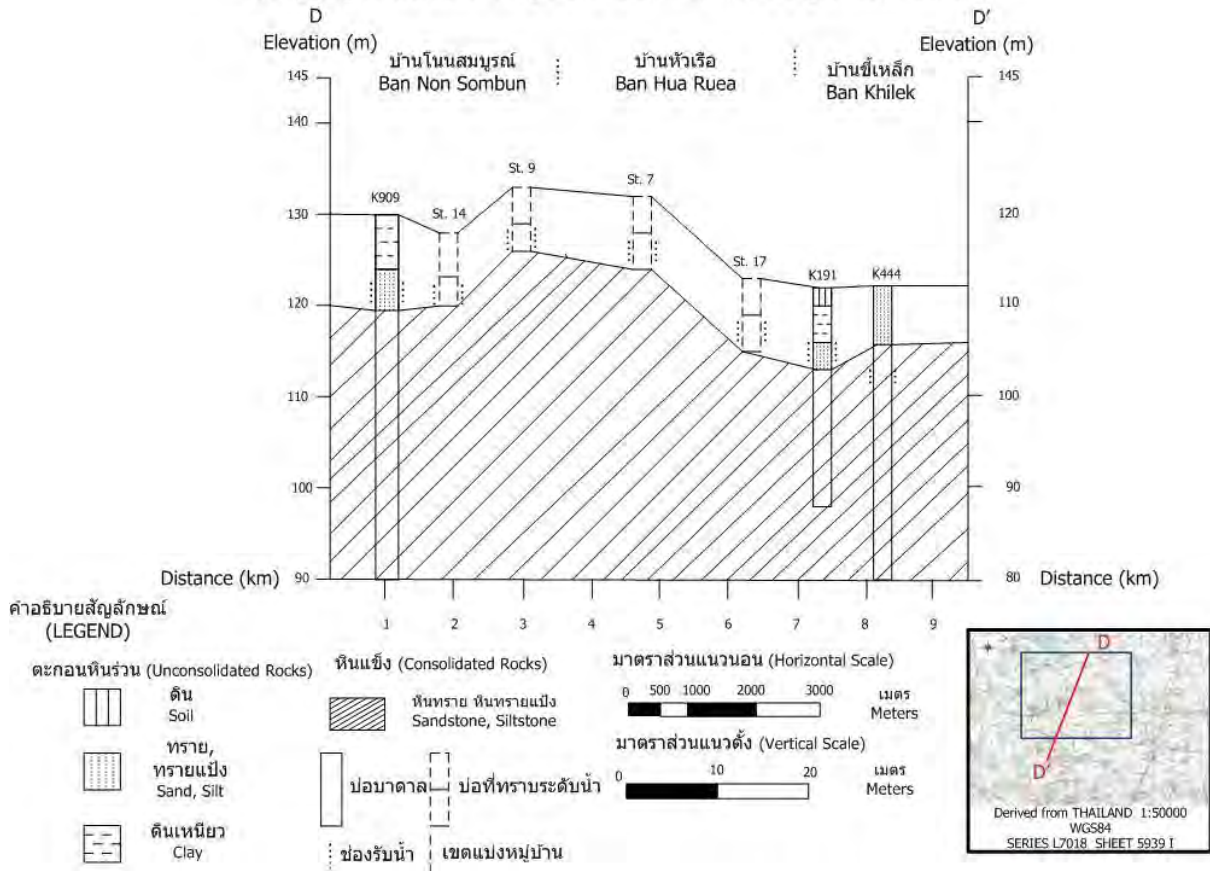
จากภาพจะเห็นว่าระดับน้ำมีการไหลจากซ้ายมาขวาของรูปภาพ หรือถ้าในแผนที่มีการไหลจากบนลงล่าง และระดับน้ำมีการไหลในชั้นดินทราย



รูปที่ 3.11 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว C-C' บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

จากภาพจะเห็นว่าระดับน้ำมีการไหลจากซ้ายมายังด้านขวาของรูปภาพ และระดับน้ำมีการไหลใน 2 ชั้นหิน คือ ชั้นดินทราย และชั้นหินทราย

ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว D-D' บ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี
Hydrogeologic Cross-Section along D-D' Line, Ban Hua Ruea Changwat Ubon Ratchathani

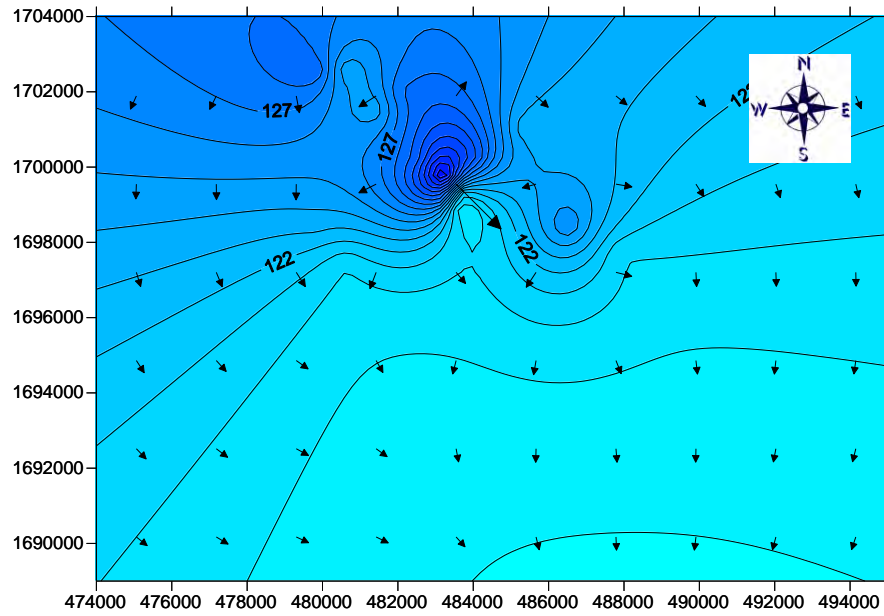


รูปที่ 3.12 ภาพตัดขวางทางอุทกธรณีวิทยาแนว D-D'บริเวณบ้านหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี

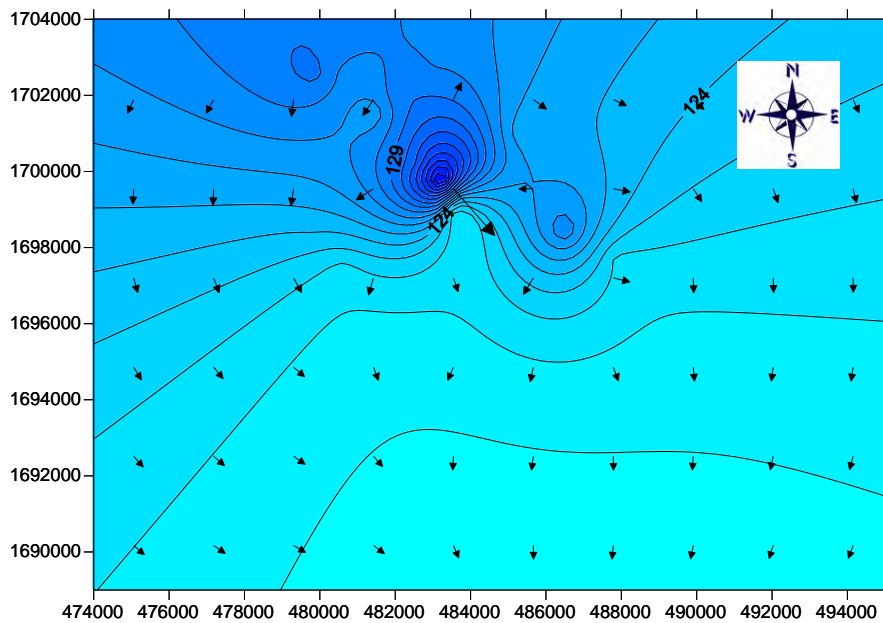
จากภาพจะเห็นว่าระดับน้ำมีการไหลจากตรงกลางออกไปทั้งทางซ้ายและทางขวาของรูปภาพ และระดับน้ำมีการไหลใน 2 ชั้นหิน คือ ชั้นดินทราย และชั้นหินทราย

3.4 ผลการจำลองการไหลของน้ำบาดาล

การใช้โปรแกรม Surfer 8 จำลองการไหลของน้ำบาดาลใน 2 ช่วงเวลา คือ เดือนพฤษภาคม 2554 และ เดือนสิงหาคม 2554



รูปที่ 3.13 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล เดือนพฤษภาคม 2554



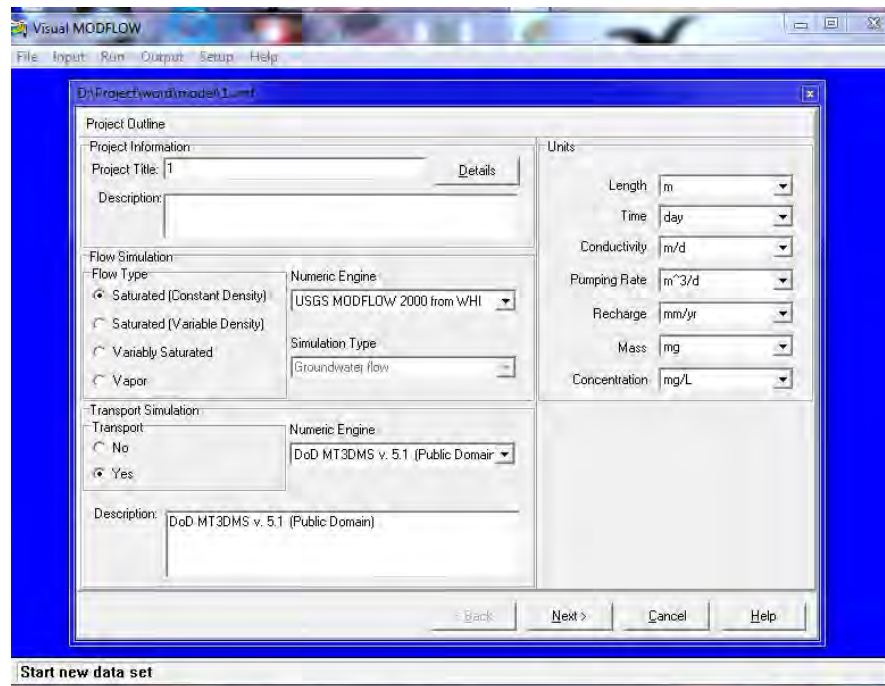
รูปที่ 3.14 แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาล เดือนสิงหาคม 2554

จาก รูปที่ 3.13 และ รูปที่ 3.14 แสดงการเปรียบเทียบ ระหว่างระดับการไหลของน้ำใน เดือนพฤษภาคม 2554 และเดือนสิงหาคม 2554 และพบว่าระดับน้ำในเดือนสิงหาคม มีค่าสูงกว่าเฉลี่ยประมาณ 2 เมตร มีการไหลของน้ำจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้

จำลองการไหลของน้ำบาดาล โดยใช้โปรแกรม Visual Modflow-4.2

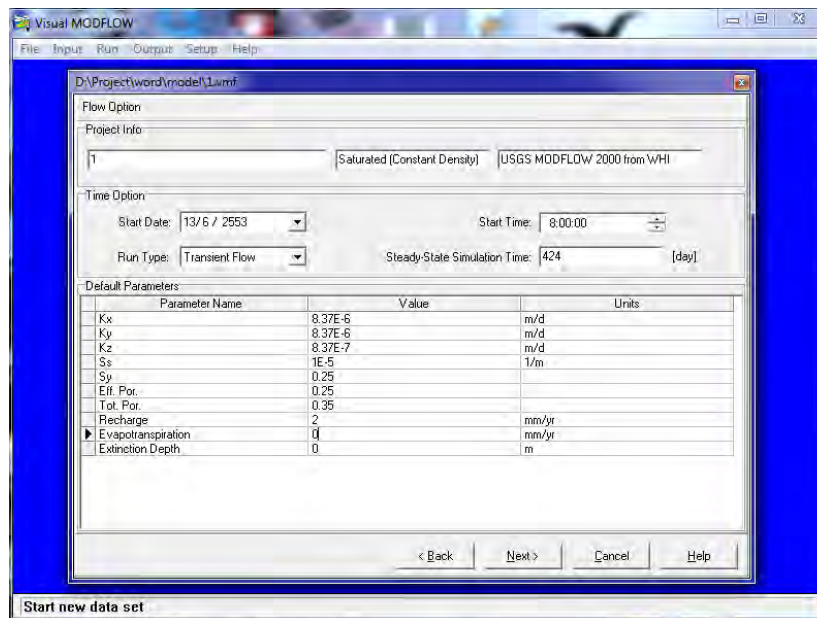
ตารางที่ 3.9 ข้อมูลเบื้องต้นที่ใส่ลงในโปรแกรม Visual Modflow-4.2

สัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (Hydraulic Conductivity, K)	8.37×10^{-6} เมตร/วินาที และ 1.21×10^{-5} เมตร/วินาที
สัมประสิทธิ์การกักเก็บจำเพาะ (Specific Storage, S_s)	0.00001 เมตร ⁻¹
สัมประสิทธิ์การกักเก็บของหินอุ้มน้ำไร้แรงดัน (Specific Yield, S_y)	0.25
ความพรุนต่อเนื่องในหิน (Effective Porosity)	0.25
ความพรุนรวม (Total Porosity)	0.35
การเติมน้ำในพื้นที่ (Recharge)	2 มิลลิเมตร/ปี
กำหนดให้บริเวณที่มีระดับน้ำคงตัว (constant head)	120 เมตร
กำหนดให้บริเวณที่มีระดับน้ำไม่คงตัว (general head)	เฉลี่ยประมาณ 130 เมตร

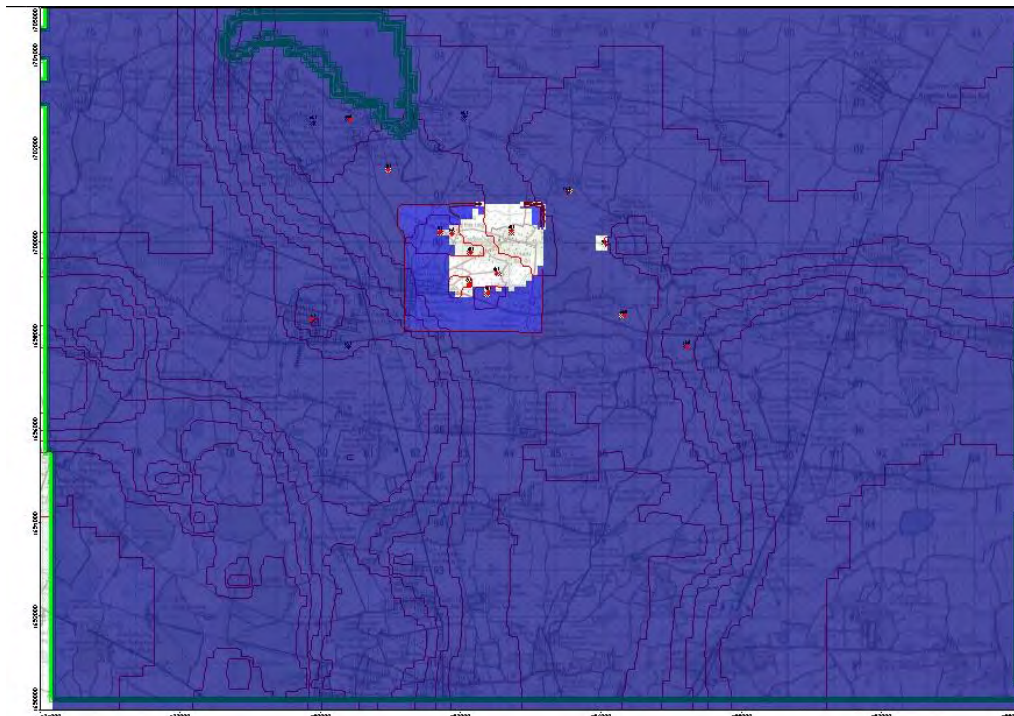


รูปที่ 3.15 แสดงการใส่หน่วยของข้อมูล

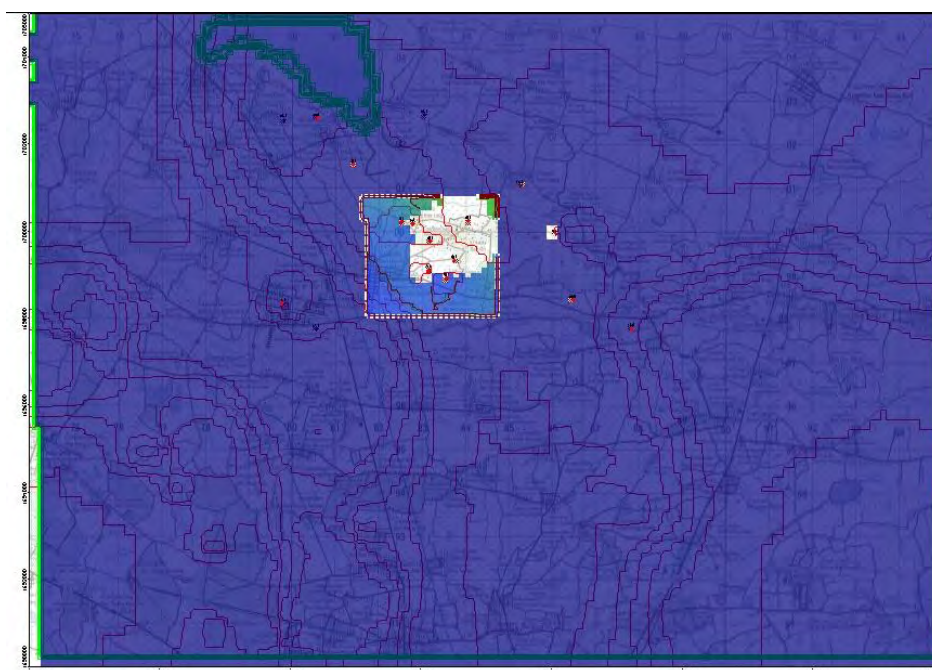
ข้อมูลที่ใส่ อาทิเช่น ความยาวมีหน่วย เป็นเมตร เวลา มีหน่วยเป็นวัน ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน มีหน่วยเป็น เมตร/วัน อัตราการสูบน้ำ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วัน อัตราการเติมน้ำในพื้นที่ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ปี ค่าไลหะหนัก มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม และค่าความเข้มข้นของโลหะหนัก มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร



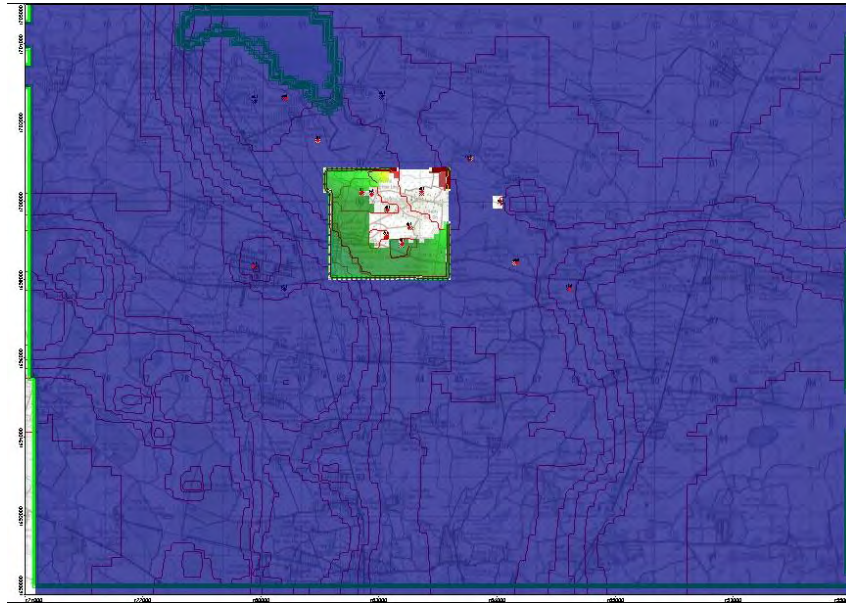
รูปที่ 3.16 แสดงการใส่ข้อมูลในแบบจำลอง



รูปที่ 3.17 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในเวลาเริ่มต้น

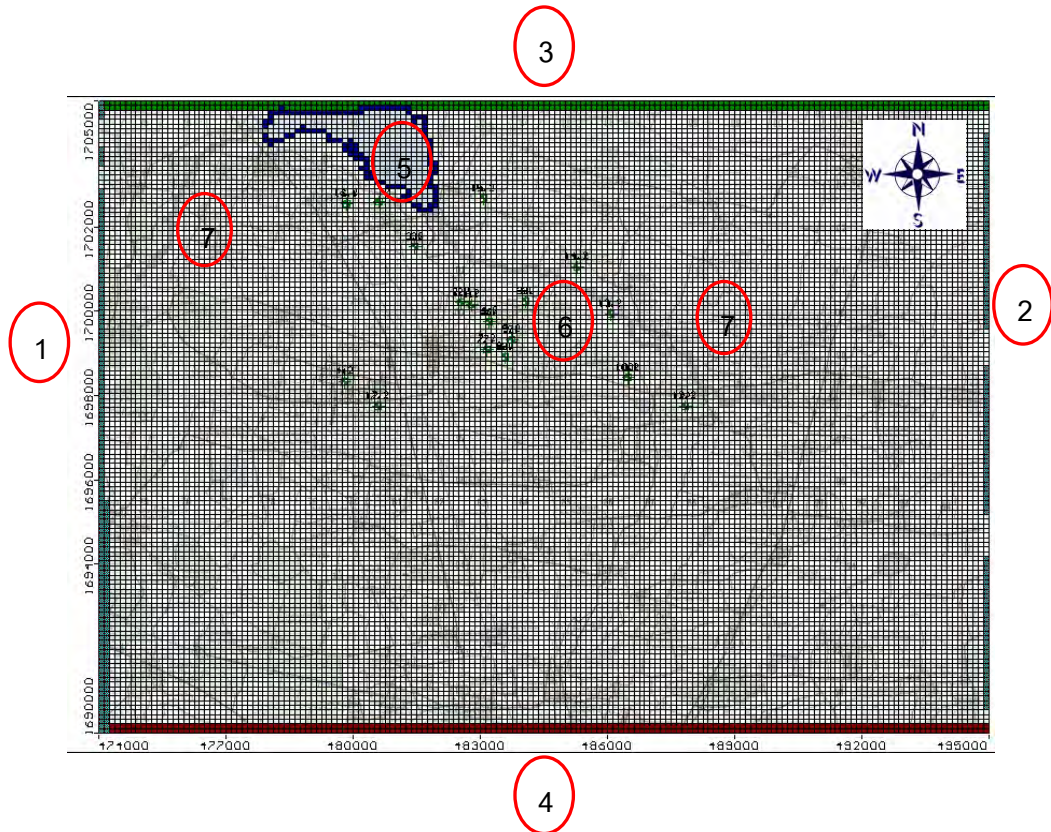


รูปที่ 3.18 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักเมื่อเวลาผ่านไป 56 วัน



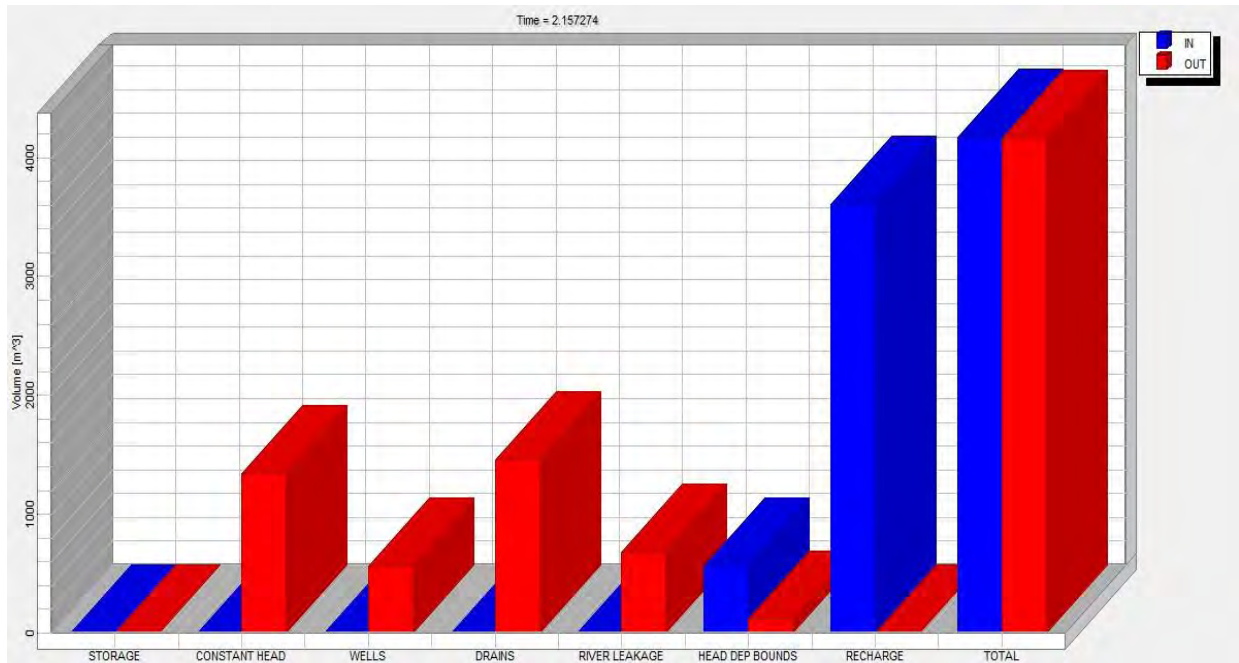
รูปที่ 3.19 แสดงการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในเวลาผ่านไป 344 วัน

การเคลื่อนตัวของโลหะหนักมีการแพร่กระจายออกจากพื้นที่ในบริเวณที่มีการเกษตรกรรมมาก ตามเวลาที่ผ่านมา จะเห็นได้จากสีเขียวอ่อนในพื้นที่ ที่เพิ่มปริมาณมากขึ้นตามเวลาที่ผ่านมา

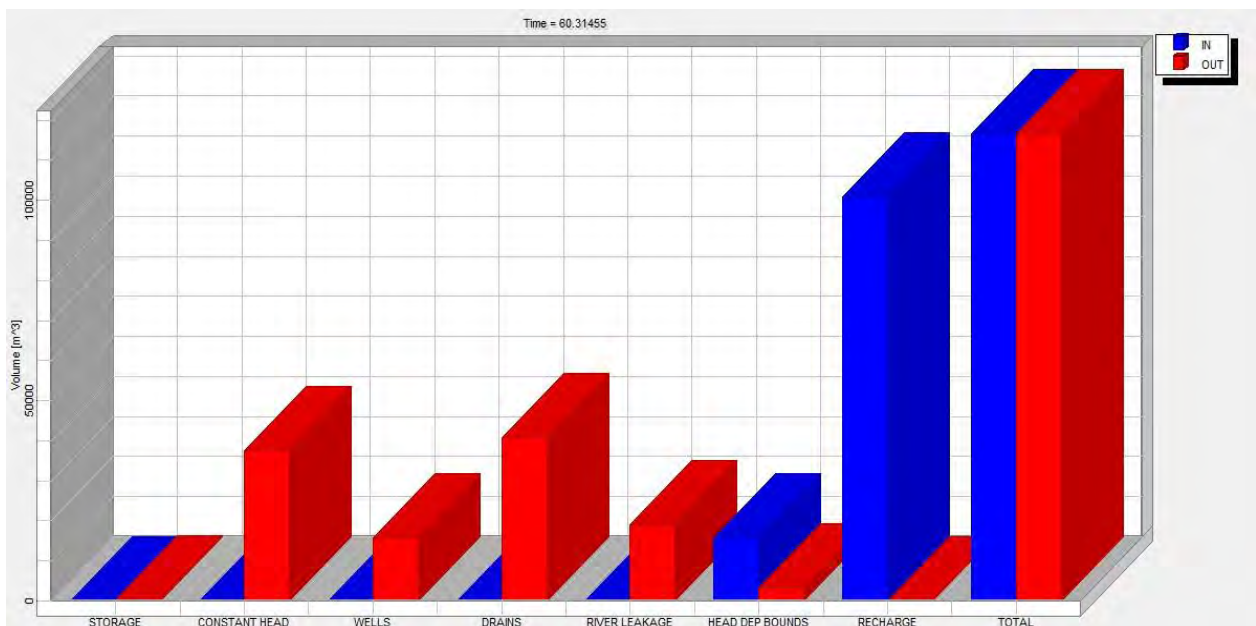


รูปที่ 3.20 แสดงภาพหลังจากที่ได้ใส่ข้อมูลใน Visual Modflow 4.2

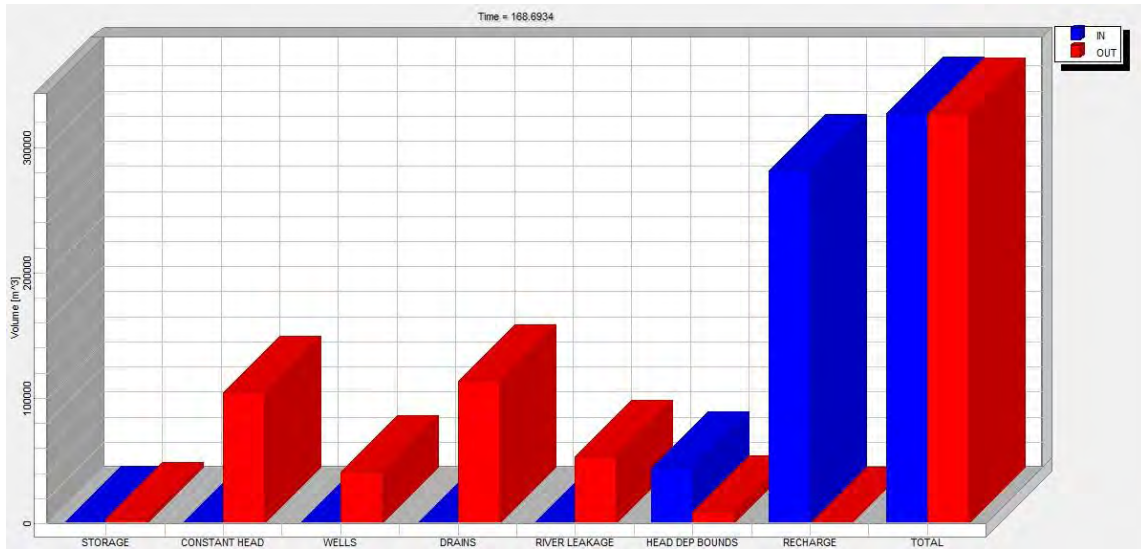
จากรูปที่ 3.15 ตำแหน่งที่ 1 และ 2 แสดงการใส่ค่าบริเวณที่กำหนดให้ไม่มีการไหลของน้ำ เพื่อกำหนดเป็นขอบเขตของแบบจำลอง โดยกำหนดให้เป็น inactive cell ตำแหน่งที่ 3 กำหนดให้เป็นบริเวณที่มีระดับน้ำไม่คงที่ (general head) ส่วนตำแหน่งที่ 4 กำหนดให้เป็นบริเวณที่มีระดับน้ำคงตัว (constant head) เนื่องจากอยู่ไม่ไกลจากแม่น้ำที่อยู่นอกพื้นที่มากนัก ตำแหน่งที่ 5 กำหนดให้เป็นบริเวณอ่างเก็บ



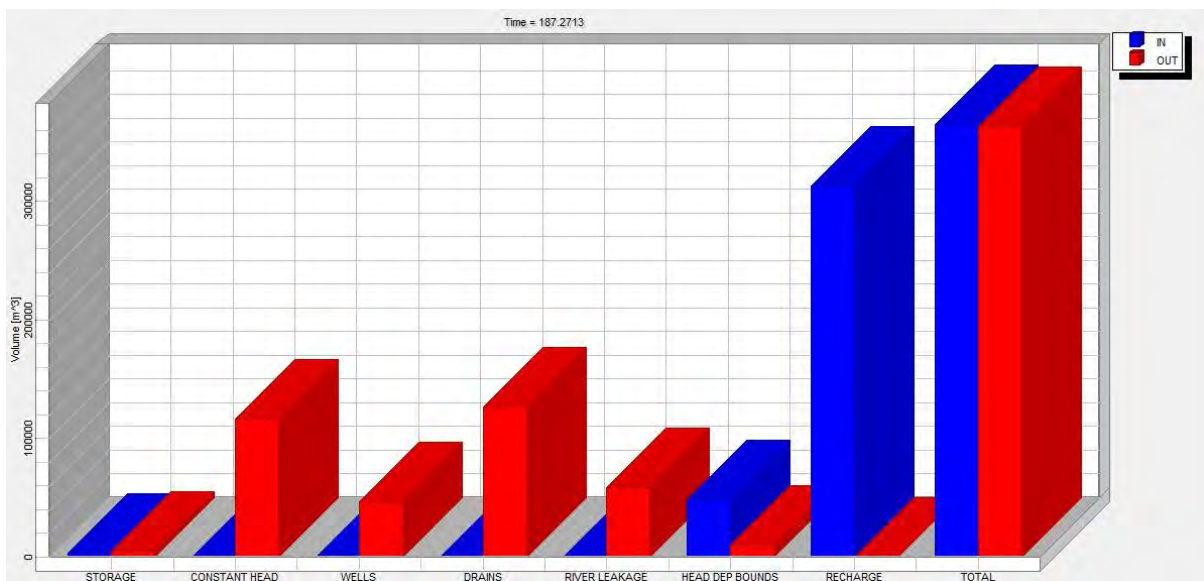
รูปที่ 3.21 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 2.15 วัน



รูปที่ 3.22 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ใส่เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 60.31 วัน



รูปที่ 3.23 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ได้เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 168.69 วัน



รูปที่ 3.24 แสดงข้อมูลน้ำบาดาล ที่ได้เข้าสู่ระบบเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ออกจากระบบที่เวลา 187.27 วัน

จากการเปรียบเทียบปริมาณน้ำเข้าและออกจากระบบ พบว่ามีอัตราส่วนที่เท่าๆ กัน แต่จะเห็นได้ว่าบริเวณนี้มีการตกสะสมของน้ำในปริมาณที่สูง (Recharge) แต่ไม่สามารถกักเก็บไว้ได้ จะมีการไหลของน้ำออกจากระบบในแหล่งอื่นๆ ตลอด เช่น การที่น้ำไหลออกกลายเป็นแม่น้ำ หรือการที่น้ำมีการกระจายตัวลงสู่ชั้นน้ำใต้ดินและมีการเคลื่อนตัวไปยังแหล่งน้ำอื่นๆ ต่อไป

บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการทำการศึกษาในภาคสนามทั้ง 2 ช่วงเวลา พบว่า ระดับน้ำมีการไหลจากทิศเหนือลงมาสู่ทิศใต้ โดยช่วงเวลาเดือนสิงหาคมมีระดับน้ำมากกว่าเดือนพฤษภาคมเฉลี่ยประมาณ 1.3 เมตร ซึ่งเนื่องมาจากเป็นฤดูฝนทำให้มีระดับน้ำที่สูงมากกว่า และเดือนสิงหาคม สำหรับการทำ slug test ในพื้นที่พบว่าเดือนพฤษภาคมมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านประมาณ 8.37×10^{-6} เมตร/วัน สำหรับเดือนสิงหาคมมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านประมาณ 1.21×10^{-5} เมตร/วัน แสดงว่าการซึมผ่านของน้ำในฤดูฝนผ่านชั้นผิวดินมีปริมาณที่สูงมากกว่า และมีการเคลื่อนที่ของน้ำบาดาลผ่านชั้นใต้ดินในอัตราส่วนที่มากกว่า ส่วนปริมาณโลหะหนักมีมากในแหล่งที่มีการเกษตรกรรมอย่างหนาแน่น เช่น ปริมาณไอออนของโซเดียมและโพแทสเซียม และพบการกระจายตัวของโลหะหนักจากบริเวณนี้ ไปสู่แหล่งน้ำบาดาลเคียง ตามทิศทางการไหลของน้ำบาดาล รวมทั้งการสูบน้ำในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลต่อการแพร่กระจายตัวของโลหะหนัก ซึ่งไหลในชั้นดินทรายหรือหินทรายเป็นหลัก โดยอัตราการไหลเข้าและออกของน้ำในระบบมีค่าคงที่

จากการเปรียบเทียบข้อมูลกับนางสาวสุธาสิณี ชื้อสัจย์ พบว่ามีความสอดคล้องในการเคลื่อนตัวของสารเคลื่อนตัวของโลหะหนัก และมีการแพร่กระจายสอดคล้องกับชั้นน้ำผิวดิน

จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้สามารถคาดการณ์การแพร่กระจายของโลหะหนักที่จะปนเปื้อนในอนาคต รวมทั้งหาแนวทางป้องกันที่จะไม่ให้เกิดการแพร่กระจายออกไปในบริเวณกว้าง

4.1 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการปรับเทียบค่าในแบบจำลองเพิ่มเติม เพื่อความถูกต้องมากขึ้น และควรวางแผนการออกภาคสนาม เพื่อเหตุการณ์ที่ไม่คาดฝัน เช่น ฝนตก เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมโยธาธิการ. 2538. โครงการศึกษาความเหมาะสมโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูน้ำใต้ดิน
จ.กำแพงเพชร.
- พิศาล ชัยสายัณห์ และ บัญชา ขวัญเย็น, 2547. การจำลองการเคลื่อนตัวของน้ำใต้ดินของโครงการ
น้ำใต้ดินสุโขทัยโดยใช้โปรแกรม Modflow. วิทยาสารกำแพงแสน. ปีที่ 2. ฉบับที่ 1.
หน้า 61-71.
- ปัทมา โชติภวิน, 2553. การดูดซับและการจำลองการเคลื่อนตัวของตะกั่วและทองแดงในชั้นดินที่ไม่
อิ่มตัวด้วยน้ำ กรณีศึกษาตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี.
- สุธาสิณี ซื่อสัตย์, 2553. การกระจายตัวและศักยภาพในการเคลื่อนตัวของโลหะหนักในดินและชั้น
น้ำบาดาลระดับ ตื้นบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม กรณีศึกษาตำบลหัวเรือ จังหวัดอุบลราชธานี.
- Aynew, T., Demlie, M. and Wohnlich, S., 2008. Application of Numerical Modeling for
Groundwater Flow System Analysis in the Akaki Catchment, Central Ethiopia.
Mathematical Geosciences. Vol. 40. p. 887-906.
- C.W. Fetter, 2001. Applied Hydrogeology. 4th Ed, prentice hall.
- McDonald, M.G. and Harbaugh, A.W., 1988. Techniques of water-resources investigations of
the United States geological survey. Book 6.
- Mohsin, K., Hamendra, R., Gabriel, H. F. and Ullah, M.H., 2008. Hydrogeologic assessment of
escalating groundwater exploitation in the Indus Basin, Pakistan. Hydrogeology Journal.
Vol.16. p. 1635-1654.
- Shiqin, W., Shao, J., Xianfang, S., Yongbo, Z., Zhibin, H. and Xiaoyuan, Z., 2007. Application of
modelflow and geographic information system to Groundwater flow simulation in North
China Plain, China. Environmental Geology. Vol.55.p. 1449-1462.
- Tsou, M. and Whittlemore, D., 2001. User Interface for Ground – Water Modeling,
Arcview Extension. Journal of Hydrologic Engineering. Vol.6. p. 251-257.