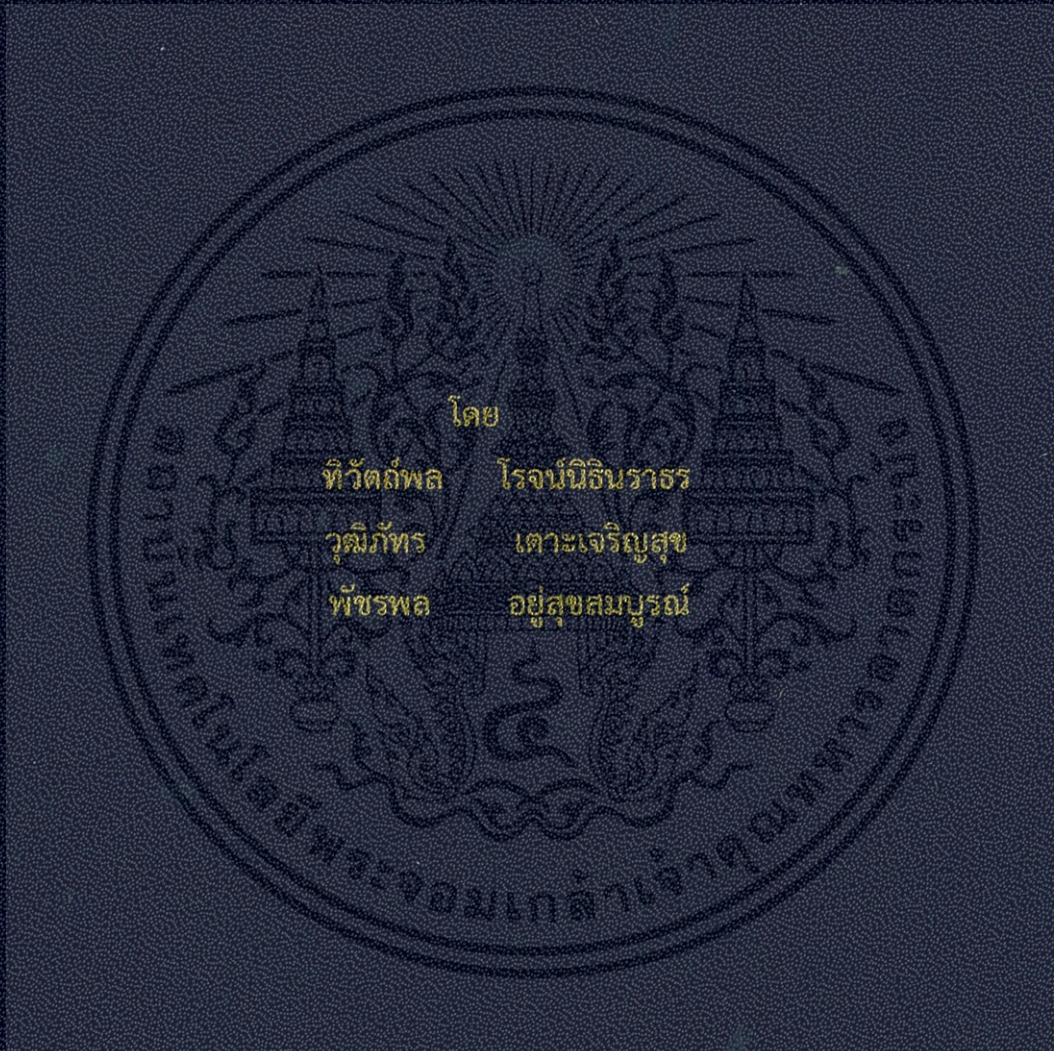


ผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากการทำเหมืองเกลือ
IMPACT OF UNDERGROUND SALT MINING ON GROUNDWATER FLOW



โดย

ทีวัดถ์พล โรจน์นิธินราธร
วุฒิกัทร เตาะเจริญสุข
พีชรพล อยู่สุขสมบูรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

ผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากการทำเหมืองเกลือ
IMPACT OF UNDERGROUND SALT MINING ON GROUNDWATER FLOW



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2556

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPACT OF UNDERGROUND SALT MINING ON GROUNDWATER FLOW



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

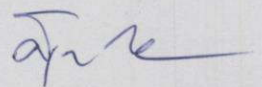
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงการพิเศษ

หัวข้อโครงการพิเศษ ผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากการทำเหมืองเกลือ
นักศึกษา นายทิวต์พล โรจน์นิธินราทร รหัสประจำตัว 53010934
นายวุฒิภัทร เตาะเจริญสุข รหัสประจำตัว 53011683
นายพัชรพล อยู่สุขสมบูรณ์ รหัสประจำตัว 54011585
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อูมา สีนุญเรือง
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
ปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบหัวข้อโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์อินเดช	
รศ.ดร.อูมา สีนุญเรือง	
ดร.ชลิตา อู่ตะเภา	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 21 มีนาคม 2557 เวลาสอบ 09:00 – 12:00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร CV ห้อง 203



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุพจน์ ศรีนิล)

ประธานสาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ ผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำบาดาล จากการทำเหมืองเกลือ

นักศึกษา นายทิวต์พล โรจน์นิธินราธร 53010934

นายวุฒิมัทธ เตาะเจริญสุข 53011683

นายพัชรพล อยู่สุขสมบูรณ์ 54011585

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. อูมา สีนุญเรือง

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา

ปีการศึกษา 2556

บทคัดย่อ

เกลือเป็นแร่ธาตุที่สำคัญต่อมนุษย์ นอกจากใช้ปรุงอาหารให้มีรสเค็ม ยังมีประโยชน์อีกหลายอย่าง คือใช้เป็นสารกันบูด ทำปลาเค็ม และในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีแร่เกลือหินอยู่ใต้ดินจำนวนมาก พบได้ทั้งระดับตื้น 5-50 เมตรและระดับลึกมากกว่า 500 เมตรจากพื้นดิน

ปัจจุบันมีกรรมวิธีการผลิตเกลืออยู่ 2 ลักษณะ คือโดยการสูบน้ำเกลือขึ้นมาต้มหรือตาก และโดยการทำเหมืองละลายแร่ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยีและเงินลงทุนค่อนข้างสูง แต่ก็ส่งผลกระทบต่อกรรมวิธีการผลิตน้อยกว่าวิธีแรก โดยผลกระทบที่เกิดในพื้นที่ที่มีการผลิตเกลือ คือ ดินเค็มไม่สามารถเพาะปลูกได้ และเกิดหลุมยุบ ซึ่งเกิดจากการผลิตที่ขาดการควบคุม จากปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีการศึกษา ออกแบบลักษณะโพรงเกลือที่เหมาะสมโดย รศ.ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ซึ่งเป็นการออกแบบด้านโครงสร้างความมั่นคงของโพรงเกลือ แต่ไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน งานวิจัยจึงคิดต่อยอดนำการออกแบบโพรงเกลือ มาจำลองโดยโปรแกรม Visual Modflow เพื่อเปรียบเทียบแรงดันและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล พื้นที่ที่ศึกษาบริเวณ บ้านหัวขัว อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ขั้นตอนการทำเริ่มจาก ศึกษาข้อมูลภูมิประเทศโดยแผนที่จากโปรแกรม Google Earth จากนั้นนำข้อมูลน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษามาทำแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับน้ำบาดาล เพื่อกำหนดขอบเขตของโมเดล และหาข้อมูลอุทกวิทยาเช่น ข้อมูลฝน,ค่าสัมประสิทธิ์การซึม(K),รายละเอียดแม่น้ำและอื่นๆ นำข้อมูลทั้งหมดมาออกแบบแบบจำลองมโนทัศน์ได้ลักษณะชั้นให้น้ำใต้ดินอิสระ(Unconfined aquifer) แล้วนำไปสร้างจำลองโดยโปรแกรม Visual Modflow กรณีศึกษาประกอบไปด้วย กรณีไม่มีบ่อเกลือในพื้นที่ จากนั้นค่อยๆเพิ่มจำนวนบ่อเกลือขึ้น เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อมีบ่อเกลือในพื้นที่มากขึ้น โดยการศึกษาแรงดันน้ำบาดาลที่เปลี่ยนแปลงพบว่าเมื่อมีบ่อเกลือในพื้นที่เพิ่มขึ้นแรงดันของน้ำบาดาลเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและรัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำบาดาลกว้างขึ้น เมื่อทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การซึมของชั้นเกลือจาก $k=10^{-11}$ เป็น 10^{-10} และ 10^{-9} เมตรต่อวินาที แรงดันของน้ำบาดาลมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่มีรัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันกว้างขึ้น ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาลเข้าและออกจากพื้นที่พบว่า เมื่อบ่อเกลือในพื้นที่เพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาลเปลี่ยนไปเล็กน้อยและเมื่อทำการเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การซึมของชั้นเกลือจาก $k=10^{-11}$ เป็น 10^{-10} และ 10^{-9} เมตรต่อวินาที การเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำบาดาลก็เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย จากผลการทำเหมืองเกลือ ตามการออกแบบลักษณะโพรงเกลือที่เหมาะสมโดย รศ.ดร.กิตติเทพ เพ็ญขจร ในบริเวณพื้นที่บริเวณ บ้านหัวขัว อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม มีการออกแบบที่เหมาะสม โพรงเกลือส่งผลกระทบต่อการใช้และแรงดันของน้ำบาดาลน้อยมาก

Title : IMPACT OF UNDERGROUND SALT MINING ON GROUNDWATER FLOW
Name : MR. THIWATPOL ROGNITHINARATHORN
MR. SITTIPONG TORCHAROENSUK
MR. PATCHARAPON YUSUKSOMBOON
Field : CIVIL ENGINEERING
Department : CIVIL ENGINEERING
Faculty : ENGINEERING
Advisor : ASSOC. PROF. DR. UMA SEEBOONRUANG

Abstract

Salt is a mineral that is important to humans. In addition to cooking salty, salt also has many other benefits such as preservation, e.g. dried salty fish and chemicals. In the northeast of Thailand, a large amount of underground salt rock is found at shallow depth of 5-50 meters and at more than 500 meters from ground surface.

Currently, there are 2 types of salt production techniques. The first method is pumping saline groundwater up to boil or dry. The second method is underground salt mining dissolution, which requires advanced technology and capital investment but the impact of the manufacturing process is less than the first method. The potential impacts in salt production areas are that soil may not be cultivated and the sink holes might be found. These problems occur due to the lack of production control and technique. Among the problems have been studied, Asst. Prof. Dr. Kittitap Founkajohn designed salt cavity features and considered structural stability of salt cavity. However, there is no study on the effects of such the underground salt mine on groundwater. This study investigates the mining impacts on the groundwater flow by using the computer program called Visual Modflow. The methodology investigates the pressure and direction of flow of groundwater at Huakur Village in Kantaravichai District in Maha-sarakham Province, the terrain maps from the program Google Earth, obtain local fundamental data such as hydrology, hydraulic conductivity, river flow rate. All information is used to formulate the conceptual model and boundary conditions. Visual Modflow is run according to several scenarios. First case is the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

baseline case assuming no salt cavity in the area. The other scenarios include a number of salt cavities, i.e. 1, 4, 9, 16 and 25. The result of the groundwater flow in all cases are compared. The results found that when the number of salt cavity increases, the pressure of ground water in layer 1,2, and 3 increases slightly and so the wider radius influence. When varying the hydraulic conductivity of the salt layers from $K=10^{-11}$ to 10^{-10} and 10^{-9} m/s, the flow of groundwater was slightly altered. In conclusion, salt mining characteristics designed by Asst. Prof. Dr. Kittitap Founkajohn in the study area is well designed such that the salt mining affects the flow and pressure of water very little.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่องผลกระทบจากการทำเหมืองละลายที่มีต่อการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล ส่งผลให้คณะจัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ เกี่ยวกับการจำลองโมเดลด้วยโปรแกรม Visual modflow และการใช้งานโปรแกรม Surfer เป็นอย่างมาก โครงการดังกล่าวพร้อมทั้งรายงาน ได้สำเร็จลงแล้ว ทั้งนี้ด้วยความร่วมมือและสนับสนุนจาก รศ.ดร. อума สีบุญเรือง (อาจารย์ ที่ปรึกษา โครงการ)

ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็นที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจเกี่ยวกับพื้นฐานการใช้งานโปรแกรม ซึ่งข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายทิวต์พล โรจน์นิธินราธร

นายวุฒิภัทร เตาะเจริญสุข

นายพัชรพล อยู่สุขสมบูรณ์

สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกในภาษาไทย	ก
	ปกในภาษาอังกฤษ	ข
	หน้าอำนวยการ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
	กิตติกรรมประกาศ	ช
	สารบัญ	ฌ
	สารบัญรูป	ฐ
	สารบัญตาราง	ณ
1	บทนำ	1
	1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 สมมุติฐาน	2
	1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
	1.4 ขอบเขตของการศึกษา	2
	1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	3
2	วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
	2.1 การผลิตเกลือ	6
	2.1.1 การผลิตเกลือจากการทำเหมืองละลาย	6
	2.1.2 แหล่งเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	6
	2.1.3 กรรมวิธีการผลิตภาพรวม	7
	2.2 การไหลของน้ำบาดาล	9
	2.2.1 ทฤษฎีการไหลของน้ำบาดาล	9
	2.2.2 การไหลคงที่	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
2.3.1.	รายงานการวิจัยการร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	10
2.3.2.	การจำลองแบบผลกระทบของแรงดันน้ำใต้ดินที่มีต่อการทำเหมืองระดับลึกที่เหมืองแม่เมาะ	12
2.3.3.	ระบบการไหลของน้ำบาดาลในเขต อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา	13
3	พื้นที่การศึกษา	14
3.1	ประวัติความเป็นมา	14
3.2	ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ	15
3.2.1.	ขนาดและที่ตั้ง	15
3.2.2.	ลักษณะภูมิประเทศ	15
3.2.3.	ลักษณะภูมิอากาศ	16
3.3	ธรณีวิทยา	16
3.3.1.	ธรณีวิทยาทั่วไป	16
3.3.2.	ลำดับชั้นหิน	16
3.4	อุทกวิทยาและอุทกธรณี	20
3.4.1.	ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล	20
3.4.2.	สภาพน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม	20
4	การจำลองการไหลของน้ำบาดาล	22
4.1	เก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษา	22
4.2	การสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ข้อมูลไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	4.2.1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง	25
	4.2.2. การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด	25
	4.3. การกำหนดขอบเขต (Boundary)	25
	4.3.1. แผนที่ Google earth	25
	4.3.2. แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล	26
	4.3.3. สรุบบอบเขตของโมเดล	27
	4.3.4. การกำหนดค่า Boundaries ต่างๆ	27
	4.4. แบบจำลองคณิตศาสตร์โดย Visual MODFLOW 4.2	28
	4.4.1. การสร้างโมเดล	28
	4.4.2. การออกแบบสถานการณ์จำลอง(Scenario)	41
	4.5 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์	43
5	ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	46
	5.1. แรงแดันน้ำกรณีไม่มีบ่อเกลือ (H0)	46
	5.2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เปรียบเทียบกับกรณีไม่มีบ่อเกลือ	47
	5.2.1. การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น	53
	5.2.2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เมื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ(k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s โดยกำหนดจำนวนบ่อเกลือคงที่ที่ 9 บ่อ	53
	5.3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล	57
	5.3.1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น	57
	5.3.2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล ในชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และผู้ใช้งานต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
	5.3.3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อบ่อเกลือคงที่ จำนวน 9 บ่อ และปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ (k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s	64
6	วิจารณ์ผลการศึกษา	65
	6.1 สรุปผลการศึกษา	65
	6.2 ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ	65
	6.3 การนำไปใช้ประโยชน์	66
	เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก		
	ภาคผนวก ก การใช้งานโปรแกรม Google earth เพื่อกำหนดขอบเขต (boundary)	ผก1
	ภาคผนวก ข การใช้โปรแกรม Surfer	ผข1

สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
1.1.	ขั้นตอนการศึกษา	4
2.1.	รูปแสดงบริเวณของแอ่งเกลือ	7
2.2.	รูปแสดงขบวนการผลิตเกลือ	7
2.3.	การวางท่อในหลุมเจาะ	11
3.1.	กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนสะสมในแต่ละเดือนของจังหวัดมหาสารคาม (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551)	21
4.1.	ข้อมูลหลุมเจาะ บ้านหัวขัว อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม	22
4.2.	กราฟ ความกว้างลำน้ำ และระดับแม่น้ำชี	24
4.3.	Conceptual Model บ้านหัวขัว	25
4.4.	แสดงขอบเขตแม่น้ำ	26
4.5.	แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล บริเวณบ้านหัวขัว	26
4.6.	ขอบเขตของโมเดลบ้านหัวขัว	27
4.7.	โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน	28
4.8.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline	28
4.9.	โปรแกรม Visual Modflow รายละเอียด Flow Option	29
4.10.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain	29
4.11.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย	30
4.12.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มแผนที่ Google earth	30
4.13.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มภาพแผนที่เสร็จแล้ว	31
4.14.	โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line	32
4.15.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	32
4.16.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	33
4.17.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	33
4.18.	โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว	34
4.19.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity	34
4.20.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
4.21.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Boundaries>Recharge	36
4.22.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head	37
4.23.	โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries> River	38
4.24.	โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program	39
4.25.	โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program	39
4.26.	โปรแกรม Visual Modflow ดูผลลัพธ์การจำลอง Output	40
4.27.	โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล	40
4.28.	โปรแกรม Visual Modflow ดูระดับ velocities น้ำบาดาล	41
4.29.	การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H0และ H1	42
4.30.	การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H4และ H9	42
4.31.	การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H16 และ H25	42
4.32.	การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน	43
4.33.	การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน	43
4.34.	การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน	44
4.35.	การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน ตั้งชื่อไฟล์	44
4.36.	ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดินจาก Export	45
4.37.	การนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม Microsoft Excel	45
5.1.	แรงดันกรณีไม่มีบ่อเกลือในพื้นที่	46
5.2.	ทิศทางการไหลของน้ำ กรณีไม่มีบ่อเกลือ	46
5.3.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H1 และชุดทดลอง H0 กับ H4	48
5.4.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H9 และชุดทดลอง H0 กับ H16	48
5.5.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H25	48
5.6.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	48
5.7.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H1 และชุดทดลอง H0 กับ H4	49
5.8.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H9 และชุดทดลอง H0 กับ H16	49
5.9.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H25	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และส่งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
5.10.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	50
5.11.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H1 และชุดทดลอง H0 กับ	51
5.12.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H9 และชุดทดลอง H0 กับ	51
5.13.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H25	51
5.14.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	51
5.15.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 โดย $k = 10^{-11}$ m/s และ $k = 10^{-10}$ m/s	53
5.16.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 และ $k = 10^{-9}$ m/s	53
5.17.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	53
5.18.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 โดย $k = 10^{-11}$ m/s และ $k = 10^{-10}$ m/s	54
5.19.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 และ $k = 10^{-11}$ m/s	54
5.20.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	54
5.21.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 โดย $k=10^{-11}$ m/s และ $k=10^{-10}$ m/s	55
5.22.	ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 และ $k=10^{-9}$ m/s	55
5.23.	สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ	55
5.24.	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และค่าการไหลของน้ำบาดาล	58

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
3.1	แสดงข้อมูลของบ่อน้ำบาดาล	20
4.1.	ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล	23
4.2.	ค่าสัมประสิทธิ์การซึมและสัมประสิทธิ์การเก็บกัก	23
4.3.	รายละเอียดชุดการทดลอง	41
5.1.	รายละเอียดชุดการทดลอง	47
5.2.	แสดงชุดการทดลองที่นำมาเปรียบเทียบแรงดันน้ำใต้ดิน	47
5.3.	สรุปผลการเปรียบเทียบที่ Layer 3 ระดับความลึก 62.5 - 110 เมตร จากผิวดิน	52
5.4.	สรุปผลการทดลอง	56
5.5.	Mass balance	57
5.6.	Zone Budget Flow	60
5.7.	Mass balance เมื่อบ่อเกลือคงที่จำนวน 9 บ่อ และปรับค่าสัมประสิทธิ์ การซึมผ่านของชั้นหิน	64

บทที่ 1

บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เกลือเป็นแร่ที่สำคัญต่อสิ่งมีชีวิต เป็นสารประกอบของโซเดียมกับคลอรีน มีชื่อทางเคมี “โซเดียมคลอไรด์” มีสูตรเคมี NaCl ลักษณะทั่วไปตามธรรมชาติจับตัวกันเป็นก้อนผลึก แต่เกลือที่ใช้ในชีวิตประจำวันเป็นเกลือบริสุทธิ์ถูกบดเป็นสีขาวละเอียดมีรสเค็ม แหล่งที่มีเกลือมากที่สุดในทะเล รองลงมาคือในดินบางแห่ง โดยเกลือที่ได้จากน้ำทะเลเรียก “เกลือสมุทร” ส่วนเกลือที่ได้จากใต้ดินเรียก “เกลือสินเธาว์” นอกจากใช้ปรุงอาหารให้มีรสเค็มแล้ว เกลือยังมีประโยชน์อีกหลายอย่างคือ ใช้เป็นสารกันบูด ทำปลาเค็ม เนื้อเค็ม ในอุตสาหกรรมผักดอง ใช้ถนอมหนังสดก่อนฟอก เป็นสารสำหรับทำเคมีภัณฑ์บางชนิดเช่น โซเดียมคาร์บอเนตที่เรียกกันว่า โซดาซักผ้า โซดาไฟ แก๊สคลอรีน กรดไฮโดรคลอริก ผงฟอกสี ฯลฯ

ภาคอีสานหรือภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบสูง มีชื่อเป็นที่ราบสูงโคราช ประกอบด้วยแอ่งกระทะขนาดใหญ่สองแอ่งคือ แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ทั้งสองแอ่งมีพื้นที่ครอบคลุมประมาณ 50,000 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 35% ของพื้นที่ทั้งภาคอีสาน ซึ่งใต้พื้นดินของทั้งสองแอ่งนี้ประกอบด้วยชั้นแร่ที่สำคัญมีปริมาณมหาศาลนั่นคือชั้นเกลือหิน นอกจากนี้ยังประกอบด้วยชั้นดินเหนียวและชั้นดินดาน โดยเกลือหินสามารถพบได้ทั้งในระดับตื้น ประมาณ 5-50 เมตรจากพื้นดิน หรือลึกลงไปมากกว่า 500 เมตรจากพื้นดิน เกลือหินสามารถพบได้ทั่วทั้งแอ่งและมีความลึกที่ไม่แน่นอน จากลักษณะโครงสร้างชั้นดินมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

ภาคอีสานมีการผลิตเกลือแบบสืบทอดกันมาอย่างยาวนานจากอดีตถึงปัจจุบัน เช่น บริเวณบ่อพันขัน เคยเป็นนาเกลือสินเธาว์ เนื้อที่กว่า 600 ไร่ ใจกลางทุ่งกุลารุ้ง จังหวัดร้อยเอ็ด ได้มีการพบร่องรอย อารยธรรมอายุกว่า 2000 ปี โดยกรรมวิธีในการผลิตเกลือเริ่มแรกคือ การนำเอาเกลือตามผิวดินหรือที่ชาวอีสานเรียกว่าซึ้ทา ที่พบเห็นอยู่ทั่วไปตามพื้นที่ไร่นา ซึ่งดินเค็มเหล่านี้เกิดจากการที่น้ำบาดาลจืดไหลผ่านเกลือหิน ทำละลายเกลือหินแล้วไหลกลับขึ้นสู่ผิวดินตามวัฏจักรของน้ำบาดาล เกลือปนดินจะถูกกวาดรวบรวม นำมาล้างน้ำให้ได้น้ำเค็ม แล้วน้ำเค็มจะถูกนำมาต้มเพื่อให้เกลือตกผลึก ซึ่งปัจจุบันการผลิตเกลือด้วยกรรมวิธีนี้ลดน้อยลงไปมาก แต่ก็ยังมีปรากฏให้เห็นอยู่บ้างในบางพื้นที่ การผลิตเกลือของภาคอีสานในปัจจุบันมีกรรมวิธีการผลิตอยู่ 2 ลักษณะคือ (1) โดยการสูบน้ำเกลือขึ้นมาต้มหรือตาก อาศัยพระราชบัญญัติโรงงานปี 2535 เป็นข้อกำหนดในการสูบน้ำเกลือ และ (2) โดยการทำเหมืองละลายแร่ อาศัยพระราชบัญญัติการทำเหมืองแร่ ปี 2510 เป็นข้อกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อกำหนดในกรรมวิธีของการสูบน้ำเกลือขึ้นมาต้มหรือตาก กำหนดให้ความลึกของบ่อสูบน้ำเกลือ จะต้องไม่ลึกถึงชั้นเกลือหิน ส่วนกรรมวิธีการทำเหมืองละลายแร่จะเจาะบ่อลงไปชั้นแร่เกลือหิน จากนั้นจะอัดน้ำลงไปละลายเกลือ แล้วนำน้ำเกลือขึ้นมาตากหรืออบแห้ง กระบวนการทำเหมืองละลายแร่ จำเป็นจะต้องมีเทคโนโลยีในการควบคุมโพรงที่เกิดจากการละลายเกลือ เพื่อไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินไปจนทำให้เกิดปัญหาแผ่นดินถล่มหรือหลุมยุบในบริเวณบ่อ ซึ่งจำเป็นจะต้องศึกษาชั้นดินทั่วทั้งแอ่ง เพื่อให้ได้ลักษณะธรณีวิทยาของชั้นเกลือในภาพรวม จากนั้นจะต้องติดตาม ตรวจสอบ ขนาดของโพรงเพื่อไม่ให้มีขนาดใหญ่เกินกว่าดินชั้นบนจะรับน้ำหนักไว้ได้ ซึ่งต้องใช้เทคโนโลยี และต้นทุนจำนวนมาก ผู้ประกอบการจึงมักละเลยข้อกำหนด ทำให้เกิดปัญหาหลุมยุบและดินเค็มตามมา

จากปัญหาหลุมยุบและดินเค็มที่เกิดขึ้น ได้มีการศึกษาด้านความเสถียรภาพของเหมืองละลายแร่ โดยรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ได้ออกแบบลักษณะโพรงเกลือที่เหมาะสม แต่ไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อน้ำใต้ดิน ว่ามีการเปลี่ยนแปลงการไหลและแรงดันน้ำบาดาลหลังจากการทำเหมืองเกลือละลาย ตามที่ได้ออกแบบไว้ ผู้จัดทำจึงทำการต่อยอดผลการศึกษาดังกล่าว กำหนดพื้นที่ศึกษาเพื่อทำการจำลอง สภาพการไหลของน้ำบาดาลเมื่อมีการทำเหมืองละลายในพื้นที่ และศึกษาผลกระทบต่อ การไหลของน้ำใต้ดินมีการเปลี่ยนแปลง แตกต่างจากอดีตก่อนทำเหมืองละลายหรือไม่

1.2. สมมุติฐาน

โพรงจากการทำเหมืองเกลือ มีผลกระทบต่อทิศทางการไหลและแรงดันของน้ำบาดาลอย่างไร

1.3. วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาผลกระทบจากการทำเหมืองละลายที่มีผลต่อการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล

1.4. ขอบเขตของการศึกษา

1.4.1. พื้นที่ศึกษาและลักษณะโพรงเกลือ จากเอกสาร“การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลาง และขนาดเล็ก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” จำนวน 1 แห่ง จึงเลือกพื้นที่บ้านหัวขัว ตำบลท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

1.4.2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์คือโปรแกรม Visual MODFLOW

1.4.3. พัฒนาแบบจำลองเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล โดยทำในรูปของ Steady state ไม่มี pumping ดูดน้ำในพื้นที่ ค่า K จากมาตรฐาน ระดับน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

1.5. ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1. เขียนโครงสร้างแบบเสนอโครงการ

1.5.2. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

- 1) ข้อมูลการไหลของน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา
- 2) ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา
- 3) ข้อมูลชั้นดินของพื้นที่ศึกษา

1.5.3. ทำแบบจำลองโมโนทัศน์ (Conceptual Model)

- 1) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์
 - 1.1) กำหนดขนาดของพื้นที่
 - 1.2) ทำ Contour ระดับน้ำใต้ดิน
 - 1.3) กำหนดชั้นดิน ค่า Conductivity
- 2) ทำการออกแบบแบบจำลอง

1.5.4. ทำแบบจำลองโปรแกรม Visual modflow

- 1) ออกแบบ Grid cell และชั้นดิน
- 2) กำหนด Boundaries, Conductivity

1.5.5. นำข้อมูลการไหลน้ำบาดาลมาวิเคราะห์แล้วนำไปใช้

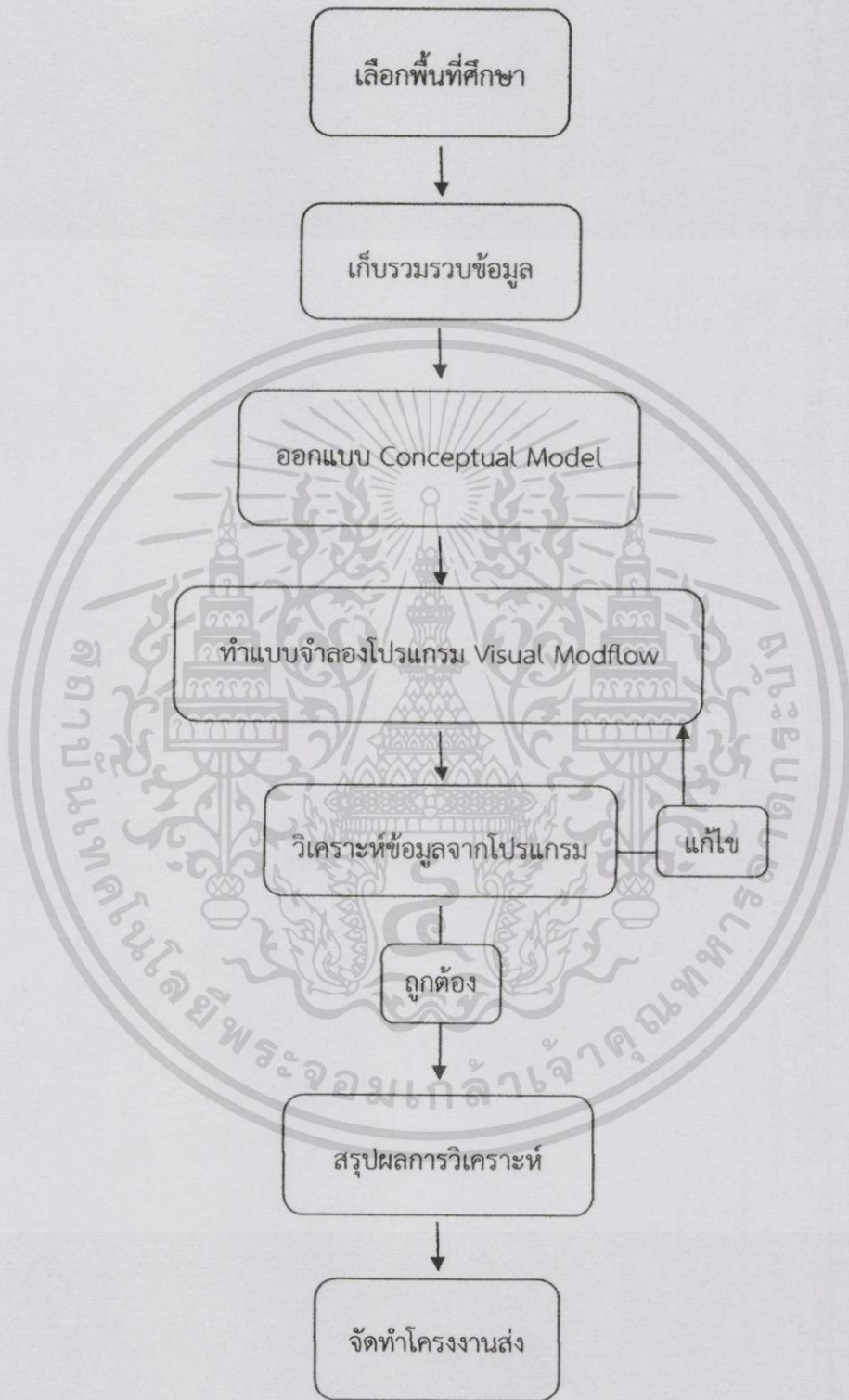
- 1) วิเคราะห์การไหลของน้ำบาดาล
- 2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำบาดาล

1.5.6. ทำการสรุปผลที่ได้จากการวิเคราะห์

1.5.7. จัดทำรายงานฉบับชั่วคราว

1.5.8. ทำการตรวจสอบและแก้ไข

1.5.9. ทำรายงานฉบับสมบูรณ์



รูปที่ 1.1. ขั้นตอนการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 4 องศาถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วรรณกรรมปริทัศน์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แหล่งเกลือที่สำคัญของคนไทยตั้งแต่สมัยโบราณ ได้แก่ จังหวัดสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสาคร และเพชรบุรี แต่หลังจากที่เกิดน้ำท่วมครั้งใหญ่ในภาคกลาง ตอนปี พ.ศ. 2513 ส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2514 เกิดปัญหาการขาดแคลนเกลือสมุทร ทำให้ราคาถีบตัวขึ้นสูง นักลงทุนจึงมองหาที่ทำนาเกลือใหม่ เกิดการย้ายฐานการผลิตไปอยู่ในภาคอีสาน ในช่วงปี พ.ศ. 2515 - 2523 ถือเป็นช่วงแห่งการค้นหาแหล่งทรัพยากรต่างๆในภาคอีสาน และเป็นยุคที่มีการค้นพบชั้นหินเกลือใต้ดินที่มีอยู่อย่างมหาศาลจาก 2 ใน 3 ของภาคอีสาน นำมาซึ่งการค้นพบวิธีการทำเหมืองละลาย คือ การอัดน้ำลงไปละลายที่ชั้นหินเกลือแล้วสูบกลับขึ้นมาผ่านกรรมวิธีต่างๆจนได้เป็นเกลือที่มีความบริสุทธิ์สูง ในช่วงปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน มีการขยายตัวของการทำเกลือแบบโบราณและการทำเหมืองละลาย เกิดขึ้นมากมายหลายที่ มีการแสวงหาแหล่งผลิตเกลือเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในการบริโภค เมื่อมีการทำมากขึ้นขาดซึ่งการฟื้นฟูพื้นแผ่นดิน ลำน้ำ ตามมาซึ่งผลกระทบอันเกิดจากการทำเกลือ ส่งผลในทางลบกับสิ่งแวดล้อม เช่น ดินเค็ม น้ำเค็ม สัตว์น้ำไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ เกษตรกรเสียหาย ไม่สามารถทำไร่ไถนาได้ เกิดกรณีพิพาทกัน แต่ก็ข้อดี คือเกิดการพัฒนาในด้านของเศรษฐกิจขึ้นมากเช่นกัน เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการผลิตเกลือแบบพื้นบ้าน สูบน้ำเกลือขึ้นมาต้มแล้วตากให้แห้ง ทำให้เกิดปัญหา ดินเค็ม น้ำเค็ม ทำลายธรรมชาติ เปลี่ยนแปลงรูปแบบไปทำเป็นเหมืองละลายที่เจาะลงใต้ดินกว่า 100 เมตร แล้วทำการอัดน้ำลงไปละลายชั้นหินเกลือ เป็นระบบปิดหน้าดินที่จะไม่รบกวนการทำไร่ทำนาของชาวเกษตรกร มีข้อเสียอย่างดีแก้ไขปัญหาเรื่องของดินเค็ม น้ำเค็มได้ แต่ก็นำมาซึ่งปัญหาในรูปแบบใหม่ คือการยุบตัวลงของดิน ในปัจจุบันนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเริ่มดีขึ้น แต่ก็ไม่ได้หมดไปซะทีเดียว อนาคตของการทำเหมืองเกลือในภาคอีสานยังมีอีกมาก เมื่อเกลือไม่ได้ถูกนำมาใช้เพิ่มบริโภคแต่ถูกนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมเคมี ผลิตภัณฑ์อื่นได้ เช่น การผลิตโซดาไฟ อุตสาหกรรมแก้ว พลาสติก สบู่ ผงซักฟอก คลอรีนใช้ผลิตยาง และพลาสติกสังเคราะห์ ยางฆ่าแมลง น้ำประปา กรดเกลือในอุตสาหกรรมเหล็กและรถยนต์ เป็นต้น

ในปัจจุบันจะมีการพัฒนาเหมืองและสำรวจอยู่ที่ประมาณ 654,145 ไร่ ซึ่งกระจายกันอยู่ใน 6 จังหวัดของภาคอีสาน ดังนี้ นครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ มหาสารคาม สกลนคร อุดรธานี ในปัจจุบันการผลิตเกลือส่วนใหญ่ได้จากเหมืองละลาย ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง และเงินทุนจำนวนมาก ทำให้สามารถผลิตเกลือได้มากแล้ว ยังไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมอันเป็นผลพลอยได้จากเทคโนโลยีที่มี ยังทำให้เกิดความยั่งยืนในอุตสาหกรรมเหมืองเกลือ ลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อมลงได้ (www.psc.co.th)

2.1. การผลิตเกลือ

ปัจจุบันจะมีการพัฒนาเหมือง และสำรวจอยู่ที่ประมาณ 654,145 ไร่ ซึ่งกระจายกันอยู่ใน 6 จังหวัดของภาคอีสาน ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น ชัยภูมิ มหาสารคาม สกลนคร และอุดรธานี ในปัจจุบันการผลิตเกลือส่วนใหญ่ได้จากเหมืองละลาย ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง และทุนจำนวนมากสามารถผลิตเกลือได้จำนวนมาก

2.1.1. การผลิตเกลือจากการทำเหมืองละลาย (Solution mining for salt)

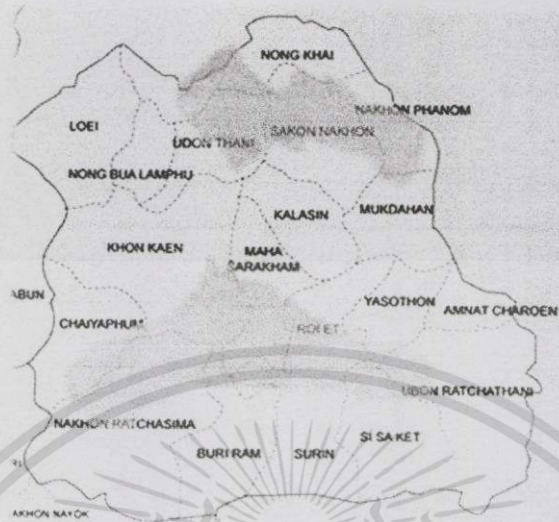
ในการผลิตเกลือจากวิธีการทำเหมืองละลายนั้น มีวิธีการทำคือ การเจาะดินลงไปให้ถึงชั้นหินเกลือหรือประมาณ 100 เมตรหรือตามสภาพธรณีวิทยาแล้วจึงทำการอัดน้ำลงไปเพื่อทำการละลายหินเกลือแล้วน้ำจะถูกอัดกลับขึ้นมาที่ปากท่อ ถ้าหากว่าเรามีเทคโนโลยีสมรรถภาพสูงจะสามารถนำเกลือขึ้นมาได้มากและมีระดับความปลอดภัยที่สูง การทำเหมืองละลายนั้นต้องมีการออกแบบที่ดี ต้องอาศัยข้อมูลหลายๆอย่างในการประกอบการออกแบบประกอบกัน การออกแบบต้องดูขนาดของโพลงที่ทำการเจาะลงไปแล้วคำนวณว่าสามารถละลายเกลือได้เท่าไร ต้องทำการทดสอบการละลายของเกลือในชั้นหินเกลือด้วย หลังจากนั้นใช้ข้อมูลเพื่อประกอบการออกแบบโพลง หลังจากนั้นนำเกลือขึ้นมาจนได้ขนาดโพลงที่ต้องการแล้วให้ทำการหยุดแล้วตรวจสอบว่าได้ขนาดแล้วหรือไม่เราสามารถทำการตรวจสอบได้โดยวิธี Sonar Survey ถ้าได้แล้วให้ทำการย้ายที่ใหม่และทำการอุดดินที่เจาะเติมผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการทำเหมืองละลาย อาจเกิดการยุบของดิน ดินเค็มหรือน้ำเค็ม ถ้าการป้องกันไม่ดีพอหรือ เทคโนโลยีในการผลิตมีสมรรถภาพไม่สูงพอที่จะทำงานหรือมีการชำรุดอาจเกลืออาจหลุดออกมาทำให้เกิดปัญหาขึ้นได้ และผลกระทบอันเกิดจากโพลงใต้ดินจะมีผลกระทบต่อการใช้ของน้ำบาดาล อาจทำให้เส้นทางน้ำเปลี่ยนแปลงไปได้ หรือผลกระทบจากการกระจายตัวของดินไปในแนวราบแพร่กระจายออกไปรอบๆ เมื่อการทำเหมืองละลาย และการอัดน้ำเกิดขึ้นใต้ดินเราสามารถทำการตรวจสอบได้ยากหรือจนกว่าปัญหาจะเกิดขึ้นแล้วนั้น (www.psc.co.th)

2.1.2. แหล่งเกลือในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือถูกรองรับด้วยชั้นเกลือหินที่มี ปริมาณถึง 18 ล้านล้านเมตริกตัน แหล่งเกลือหินเหล่านี้อยู่ใต้ผิวดินเพียง 30 เมตร ถึง 1,000 เมตร แบ่งได้ 2 แห่งใหญ่คือ

- 1) แอ่งเหนือ (สกลนคร) ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดอุดรธานี หนองคาย สกลนคร และนครพนม เป็นเนื้อที่ประมาณ 17,000 ตารางกิโลเมตร
- 2) แอ่งใต้ (โคราช) ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดขอนแก่น มหาสารคามกาฬสินธุ์ ร้อยเอ็ด ยโสธร อุบลราชธานี นครราชสีมา ชัยภูมิ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ เป็นเนื้อที่ประมาณ 33,000 ตารางกิโลเมตร

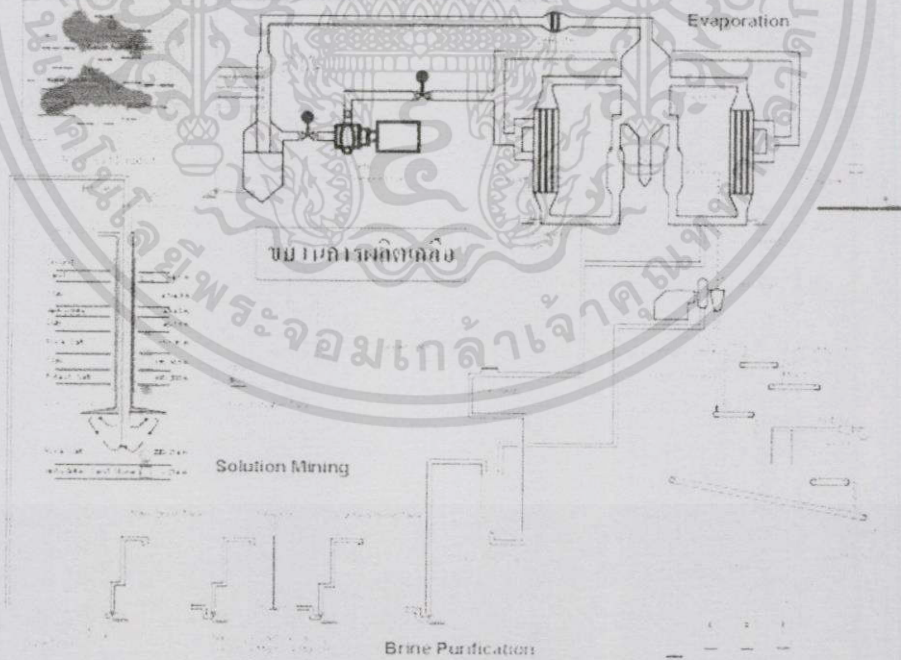
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1. รูปแสดงบริเวณของแองเกลือ

ที่มา: www.psc.co.th

2.1.3. กรรมวิธีการผลิตภาพรวม



รูปที่ 2.2. รูปแสดงขบวนการผลิตเกลือ

ที่มา: www.psc.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) การทำเหมืองละลาย (Solution Mining)

เป็นการผลิตน้ำเกลือด้วย การอัดน้ำจืดลงไปเพื่อละลายเกลือหิน (Leaching) น้ำเกลือที่เกิดจากการละลายจะถูกแรงดันย้อนขึ้นมาถึงปากบ่อ ทางบริษัทผลิต "เกลือบริสุทธิ์" โดยใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย ซึ่งสามารถนำเกลือขึ้นมาใช้ได้ปริมาณสูงสุด และมีระดับความปลอดภัยสูงสุด ซึ่งในการออกแบบการทำเหมืองละลายต้องอาศัยข้อมูลทางด้านธรณีวิทยา คุณสมบัติของชั้นดิน ชั้นหิน ชั้นเกลือ คุณสมบัติทางเคมีของเกลือที่สะสมอยู่

การสิ้นสุดการใช้บ่อเกลือ เมื่อนำเกลือขึ้นมาจากการละลายชั้นเกลือ จนมีขนาดโพรงใหญ่ตามที่ได้คำนวณและ ตรวจสอบแล้ว บ่อเกลือจะถูกปิดโดยขังน้ำเกลือที่มีความเข้มข้นอิ่มตัวไว้เต็มบ่อ เพื่อให้มีแรงดันของน้ำหนักดินที่อยู่บนโพรงไม่ให้เกิดการพังทลาย ในต่างประเทศจะมีการใช้โพรงเกลือใต้ดินในการเก็บน้ำมัน ก๊าซปิโตรเลียม หรือเก็บกากของเสียที่ไม่ละลายน้ำ รวมทั้งกากนิวเคลียร์

2) การทำน้ำเกลือให้บริสุทธิ์ (Brine Purification)

เป็นการนำน้ำเกลือเก็บไว้ในถังพักขนาดใหญ่ และถ่ายไปยังถังทำปฏิกิริยาเคมี (REACTORS) ซึ่งมีการเติมสารเคมีทำปฏิกิริยากับสารละลายในน้ำเกลือให้เกิดเป็นตะกอน (SLUDGE) ตกอยู่ก้นถัง เมื่อสูบน้ำตะกอนก้นถังออกไปก็จะเหลือน้ำเกลือบริสุทธิ์ (PURIFIED BRINE) ซึ่งจะถ่ายไปยังถังพักน้ำเกลือบริสุทธิ์ แล้วส่งไประบบเคี้ยวเกลือให้ได้เป็นเกลือบริสุทธิ์ต่อไป

3) การเคี้ยวเกลือ (Evaporation)

ระบบเคี้ยวเกลือประกอบด้วย ระบบย่อยหลายส่วนดังนี้

- ระบบแลกเปลี่ยนความร้อน (STEAM CHEST)

ประกอบด้วยท่อเล็กๆ จำนวนมากอยู่ในท่อใหญ่ (SHELL AND TUBE) น้ำเกลือบริสุทธิ์จะถูกปั๊มส่งเข้ามาในท่อจากด้านล่างเพื่อรับความร้อนจากไอ น้ำซึ่งอยู่รอบๆ ท่อเล็กๆ นั้น น้ำเกลือที่ออกจากส่วนบนของท่อจะเดือดและไหลเข้าไปยังหม้อเคี้ยว

- ระบบหม้อเคี้ยว (EVAPORATOR)

น้ำเกลือในหม้อเคี้ยวจะเดือดอย่างรุนแรง น้ำระเหยเป็นไอน้ำ และถูกดูดขึ้นไปในส่วนยอดของหม้อเคี้ยว ผลึกเกลือจะไหลลงส่วนล่างของหม้อเคี้ยวไปยังส่วนที่เก็บเกลือ (SALT LEG) น้ำเกลือส่วนหนึ่งจะไหลออกด้านข้างตามท่อที่ต่อกับปั๊มหมุนเวียน (CIRCULATION PUMP) มีการเติมน้ำเกลือเข้าที่ท่อนี้ให้หมุนเวียนขึ้นไปรับความร้อนจากไอน้ำที่ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อตกผลึกใหม่

- ระบบล้าง และระบบอัดไอน้ำ (VAPOUR SCRUBBER)

ไอน้ำที่ส่วนยอดของหม้อเคี้ยวถูกดูดไปยังเครื่องล้างไอน้ำ เพื่อทำความสะอาดไอน้ำจากนั้น ผ่านไปยังเครื่องอัดไอน้ำ (TURBO COMPRESSOR) ซึ่งอัดไอน้ำให้ร้อนขึ้น แล้วจึงส่งไปให้ความร้อนกับน้ำเกลือในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ไอน้ำเมื่อถ่ายเทความร้อนออกไปจะควบแน่นเป็นน้ำกลั่น

(CONDENSATE) ไหลออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน และนำไปละลายเกลือในโพรงน้ำเกลือ กลายเป็นน้ำเกลือกลับขึ้นมาใช้ใหม่หมุนเวียนไปเช่นนี้

- ระบบสะบัดแห้ง (CENTRIFUGE)

น้ำเกลือและเม็ดเกลือที่อยู่ในส่วนล่างของหม้อเคียว จะไหลมายังเครื่องสะบัดแห้ง เครื่องนี้ ภายในมีตะแกรง (BASKET) ดักเกลือติดอยู่ เมื่อเครื่องทำงานจะสะบัดน้ำเกลือ และเม็ดเกลือออกไป ด้านข้าง เกลือจะติดอยู่บนตะแกรง น้ำเกลือจะผ่านตะแกรงออกไปได้ และไหลไปยังถังน้ำเกลือ ซึ่งนำ กลับไปใช้ได้ อีก ส่วนเกลือที่ติดอยู่บนตะแกรงจะหลุดออกจากตะแกรง ได้เป็นผลผลิตเป็นเกลือบริสุทธิ์ (VACUUM SALT) ถึง 99.99% โดยมีความชื้น (MOISTURE) 2-2.5 % โดยน้ำหนัก

4) การลำเลียงและจัดเก็บ (Belt Conveyor / Warehouse)

เกลือที่ได้หลังจากผ่านระบบสะบัดแห้ง (CENTRIFUGE) ส่วนหนึ่งจะถูกลำเลียงด้วยสายพาน (BELT CONVEYOR) ไปเก็บไว้ในโรงเก็บเพื่อจำหน่ายต่อไป อีกส่วนหนึ่งจะผ่านสายพานลำเลียงที่มี เครื่องชั่งน้ำหนัก (BELT WEIGHER) เพื่อปรับอัตราการฉีดน้ำยาโปดัสเซียมไอโอเดต (KIO_3 SOLUTION) ลงบนเกลือก่อนนำไปอบแห้งผลิตเป็นเกลือใช้ประกอบอาหาร ซึ่งมีความเข้มข้น ของไอโอดีน 50 พีพีเอ็ม ตามมาตรฐานสากลซึ่งสามารถป้องกันโรคคอพอกและปัญญาอ่อนได้ (www.psc.co.th)

2.2. การไหลของน้ำบาดาล

พรชัย พงศ์พันธุ์ลาภ (2555) กล่าวว่าในธรรมชาติน้ำบาดาลจะมีการเคลื่อนที่ หรือไหลไป ตามช่องว่างของหินที่น้ำถูกกักเก็บสะสมตัวอยู่ การไหลของน้ำบาดาลเป็นการไหลผ่านตัวกลางที่มีรูพรุน (Porous media) ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำบาดาล ได้แก่ แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ความดันบรรยากาศ และความดันที่เกิดจากน้ำหนักของน้ำที่วางกดทับ รวมถึงแรงต้านที่ เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Molecular attraction) ระหว่างผิวของเม็ดตะกอน

น้ำใต้ดินถูกเก็บไว้ในรูพรุน และรอยแตกของหิน ดังนั้นชั้นหินอุ้มน้ำจะต้องมีความพรุนพอ โดยเฉพาะในส่วนของน้ำใต้ดินจะอึดตัวในชั้นหินอุ้มน้ำ ส่วนน้ำในดินจะอยู่ในโซนไม่อึดตัว

2.2.1. ทฤษฎีการไหลของน้ำบาดาล

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad 1)$$

สมการข้างต้นเป็นสมการคำนวณการไหลของน้ำบาดาล โดย K = ความเหนียวนำทางชล ศาสตร์ของน้ำบาดาล h = ระดับน้ำบาดาล S = ความจุจำเพาะของน้ำจืดในชั้นน้ำบาดาล t = เวลา

และ W = น้ำที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงภายในโมเดล ในการทำแบบจำลอง 3 มิติจะมีการปรับค่า K โดยจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารทส่งงานวิชาสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า K ในแต่ละแกน ค่า K_x เป็นความเหนียวนำทางชลศาสตร์แนวแกน X ค่า K_y เป็นความเหนียวนำทางชลศาสตร์แนวแกน Y ค่า K_z เป็นความเหนียวนำทางชลศาสตร์แนวแกน Z

2.2.2. การไหลคงที่ (Steady flow)

TODD (1980) กล่าวว่า การไหลคงตัว (Steady flow) หมายถึง การไหลของน้ำใต้ดินในสภาพต่างๆ คงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ลักษณะการไหลของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันไป ในกรณีของการไหลในชั้นหินอุ้มน้ำที่มีแรงดัน และชั้นหินอุ้มน้ำที่ไร้แรงดัน พิจารณาการไหลแต่ละชนิดแยกออกจากกัน

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_{zz} \frac{\partial h}{\partial z} \right) - W = 0 \quad (2)$$

2.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีการทำเหมืองเกลือโดยวิธีการละลายและเทคนิคต่างๆจากการศึกษาที่ผ่านมาได้มีงานวิจัยในด้านต่างๆที่เกี่ยวข้องเช่นทางด้านกลศาสตร์ปฐพีชลศาสตร์ รวมถึงผลกระทบต่างๆทางสิ่งแวดล้อม

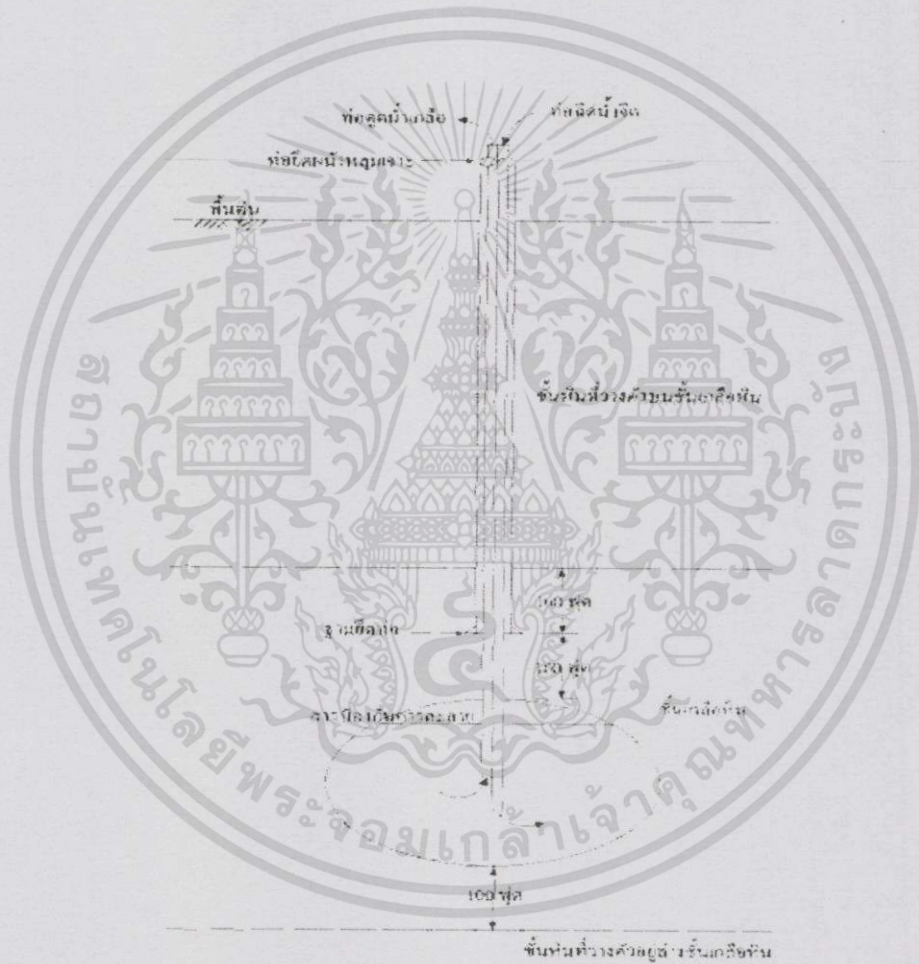
2.3.1. รายงานการวิจัยการร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (กิตติเทพ เพ็ญขจร, 2543)

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการทำเหมืองเกลือแบบละลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้นำมาศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม GEO พื้นที่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยได้ถูกเลือกขึ้นมาเป็นตัวอย่างเพื่อสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ได้แก่จังหวัดสกลนคร อุดรธานี มหาสารคาม นครราชสีมา ขอนแก่น ร้อยเอ็ด และยโสธร โดยได้แบ่งออกเป็น 5 กลุ่มใหญ่ๆตามความคล้ายคลึงของความหนาความลึกและจำนวนชั้นเกลือเป็นเกณฑ์แบบจำลองทั้ง 5 แบบจะสร้างมาจากภาพตัดในแนวดิ่ง

การวิเคราะห์ผลของการคำนวณโพรงต้องมีเสถียรภาพทางกลศาสตร์สูงและในระยะเวลายาวกว่า 50 ปี, ตัวโพรงที่ออกแบบจะต้องมีขนาดเหมาะสมในเชิงเศรษฐกิจ มีการทรุดตัวผิวดินน้อยที่สุดหรือไม่ควรเกิน 4 นิ้วในช่วง 50 ปีและการหดตัวของโพรงเนื่องจาก Creep Deformation น้อยที่สุด, ไม่มีการรั่วซึมระหว่างโพรง, ตัวโพรงจะถูกกำหนดเป็นรูปวงรีเรียงกันอยู่ในแนวราบโดยมีระยะห่างเท่ากัน

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ โพรงควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 260 ฟุตความสูงโพรง 200 ฟุตระยะห่างระหว่างโพรง 790 ฟุตปริมาตรของเกลือ 1.96×10^6 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางกิโลเมตรความลึกของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 10 องศาถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โพรงมีระยะแตกต่างกันออกไปตามพื้นที่ของชั้นหินเกลือในส่วนคู่มือการออกแบบโพรงในชั้นหินเกลือ จะมีการอธิบายส่วนการวางแผน เก็บข้อมูล การเจาะ การออกแบบโพรงและการละลายโพรง ในส่วน ขั้นตอนการเจาะง่ายคือ ดำเนินการเจาะถึงชั้นเกลือหินตามที่ออกแบบ เลยชั้นบนเกลือหินไป 100 ฟุต แล้วยึดด้วยฐานยึดท่อเทซีเมนต์เป็นตัวยึดเกาะกับผนังหลุมเริ่มละลายเกลือโดยฉีดน้ำเข้าท่อหลังจาก ได้นำเกลือแล้วดูดกลับเข้าท่อดูดน้ำเกลือควบคุมลักษณะโพรงโดยติดตั้งท่อฉีดน้ำจืดและท่อดูด น้ำเกลือเคลื่อนที่ขึ้น-ลงได้ทำการแยกน้ำเกลือแล้วผลิตเป็นเกลือสินเธาว์



รูปที่ 2.3. การวางท่อในหลุมเจาะ

ตัวอย่างการวางท่อ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อยึดผนังนอกสุดควรมีขนาด 15-18 นิ้วท่อยึดผนังหลุมเจาะที่ติดตั้งฐานยึดชั้นในสุดไม่ควรมีขนาดเล็กกว่า 7 นิ้วขนาดท่ออาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสภาพพื้นที่และการออกแบบ

2.3.2. การจำลองแบบผลกระทบของแรงดันน้ำใต้ดินที่มีต่อการทำเหมืองระดับลึกที่เหมืองแม่เมาะ (พรชัย พงศ์พันธุ์ลาภ, 2550)

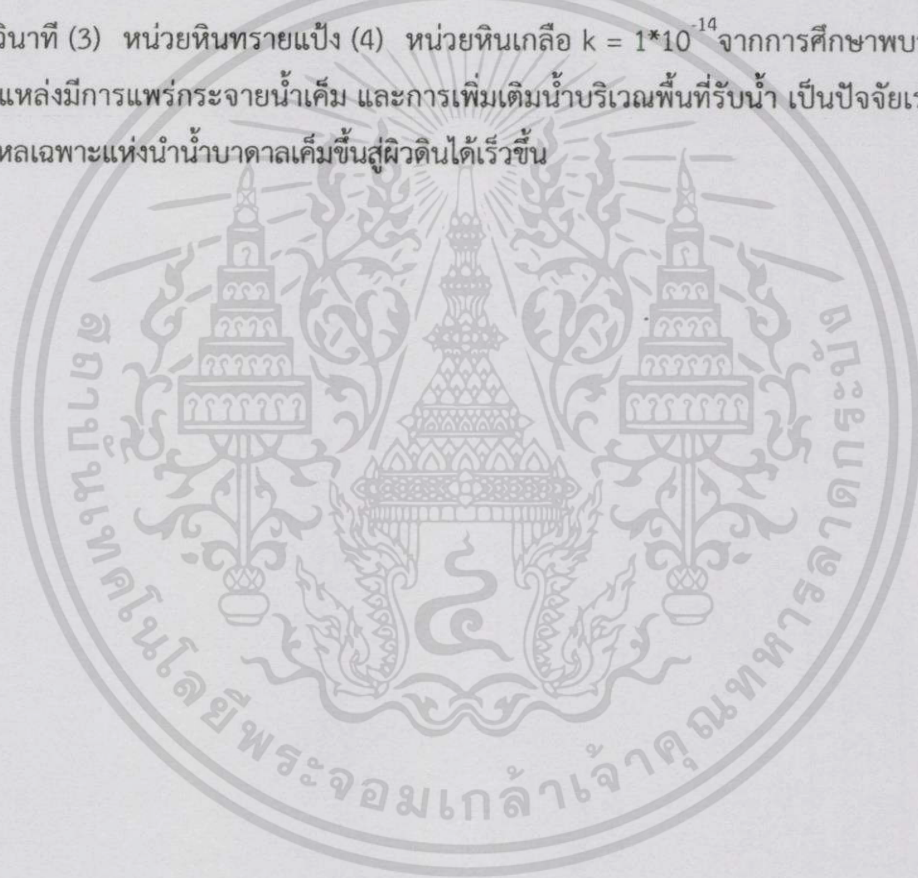
เป็นการศึกษาการจำลองแบบผลกระทบของแรงดันน้ำใต้ดินที่มีต่อการทำเหมืองระดับลึกที่เหมืองแม่เมาะสร้างรูปแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินแบบ 3 มิติกำหนดพื้นที่วิกฤตภายในบริเวณศึกษาและทำการพยากรณ์หาค่าปริมาณการสูบน้ำออกน้อยที่สุดโดยไม่ทำให้เกิดปัญหาต่อเสถียรภาพของบ่อเหมืองอันเนื่องมาจากแรงดันของน้ำใต้ดินพบว่าระดับแรงดันน้ำใต้ดินจากด้านล่างไหลขึ้นสู่ด้านบน พื้นที่สูญเสียน้ำอยู่ตอนกลางเหมือง จากหน้างานการทำเหมืองทำให้บ่อเหมืองอยู่ในระดับต่ำกว่าระดับแรงดันน้ำใต้ดินและพื้นที่เติมน้ำจะอยู่ทางขอบแอ่งที่เป็นภูเขา

การสร้างแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดินแบบ 3 มิติได้กำหนดแบ่งชั้นดินและหินเพื่อการจำลองออกเป็น 15 ชั้นแบ่งเป็นกริดย่อยจำนวน 100 แถว, 190 สดมภ์โดยกำหนดคุณลักษณะของแต่ละชั้นตามชั้นดิน/หินอุ้มน้ำหลัก 3 ชั้นและอีก 1 ชั้นหินที่บ่น้ำโดยเลือกใช้วิธีการคำนวณแบบจำลองด้วยวิธี Finite Difference โดยผลการคำนวณหาค่า Root Mean Square ที่ได้จากการปรับแก้แบบจำลองในสภาวะการไหลคงที่ได้ค่าเท่ากับ 5.44% ,ในสภาวะการไหลไม่คงที่ได้ค่าเท่ากับ 10.24% และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลเดิม 4134 วันได้ค่าเท่ากับ 15.66%

การกำหนดพื้นที่วิกฤตภายในบริเวณศึกษาได้จากการคำนวณหาค่าสัดส่วนความปลอดภัยตามแบบแผนการทำเหมืองสำหรับโรงไฟฟ้า 40 ปี พบว่า ในปี พ.ศ. 2550 พื้นที่วิกฤตอยู่ในช่วงพิกัดตามระวางการทำเหมือง N35-N40, W10-W23 และในปี พ.ศ. 2555 อยู่ในช่วงพิกัด N30-N40, W10-W23 โดยค่าระดับแรงดันน้ำที่ต้องการลดในปี พ.ศ. 2550 และ 2555 อยู่ที่ระดับ +200 เมตร รทก. เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดปัญหาต่อเสถียรภาพของบ่อเหมืองและให้ได้ค่าสัดส่วนความปลอดภัยมากกว่า 1.00 และผลการจำลองการระบายน้ำออกในปริมาณที่น้อยที่สุดจากหลุมระบายน้ำเท่ากับ 4000 ลบ.เมตร/วัน/หลุม จำนวน 3 หลุม เป็นระยะเวลา 5 ปี ค่าระดับแรงดันน้ำจึงจะลดลงมาอยู่ที่ระดับ +200 เมตร รทก. ได้พอดี

2.3.3. ระบบการไหลของน้ำบาดาลในเขต อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา (อัญชลี พงษ์สถิตย์พัฒน์, 2546)

เป็นการศึกษาระบบการไหลของน้ำบาดาล ในเขตอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา และการแพร่กระจายของน้ำเค็มในพื้นที่ จัดทำแบบจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน ทั้งยังมีการสำรวจภาคสนามวัดระดับน้ำและความเค็มของน้ำบาดาลและเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาชุดลักษณะทางเคมี ผลการศึกษาพบพื้นที่ศึกษารองรับด้วยหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา 4 หน่วยได้แก่ (1) หน่วยหินตะกอนน้ำพัดพา = 1×10^{-6} ถึง 1×10^{-4} เมตร/วินาที (2) หน่วยหินดินดาน $k = 5.5 \times 10^{-7}$ ถึง 1.5×10^{-7} เมตร/วินาที (3) หน่วยหินทรายแป้ง (4) หน่วยหินเกลือ $k = 1 \times 10^{-14}$ จากการศึกษาพบว่า การไหลเฉพาะแหล่งมีการแพร่กระจายน้ำเค็ม และการเพิ่มเติมน้ำบริเวณพื้นที่รับน้ำ เป็นปัจจัยเร่งให้ระบบการไหลเฉพาะแห่งนำน้ำบาดาลเค็มขึ้นสู่ผิวดินได้เร็วขึ้น



บทที่ 3 พื้นที่การศึกษา

จังหวัดมหาสารคามตั้งอยู่ใจกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีชนหลายเผ่า เช่น ชาวไทยพื้นเมืองพูดภาษาอีสาน ชาวไทยย้อ และชาวผู้ไท ใช้ชีวิตอย่างเรียบง่ายมีการไปมาหาสู่กัน ช่วยเหลือพึ่งพาอาศัยกันตามแบบของคนอีสานทั่วไป และเป็นศูนย์กลางทางด้านการศึกษาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้ชื่อว่าเป็น ดักศิลาแห่งอีสาน เนื่องจากมีสถาบันการศึกษาอยู่มากมายหลายแห่ง (www.mahasarakham.go.th)

จังหวัดมหาสารคาม ได้มีการผลิตเกลือสินเธาว์มาเป็นเวลานาน ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากตั้งอยู่ในพื้นที่ที่มีชั้นหินเกลือตามสภาพทางธรณีวิทยาของหน่วยหินมหาสารคาม หมวดหินมหาสารคาม มีอายุอยู่ในยุคครีเตเชียส ตอนปลาย พบบริเวณตอนกลางของแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช (นเรศ สัตยารักษ์และคณะ, 2530)

3.1. ประวัติความเป็นมา

มหาสารคามได้รับการแต่งตั้งเป็นเมือง เมื่อวันที่ 22 สิงหาคม 2408 แต่ก่อนจะตั้งเป็นเมืองมหาสารคาม บริเวณนี้เคยเป็นที่อยู่ของมนุษย์มานาน บางยุค บางสมัยก็รุ่งเรือง บางยุคสมัยก็เสื่อมโทรม ตามบันทึกของหลวงอภิสิทธิ์สารคาม (บุตรดี) ตลอดจนประวัติศาสตร์ภาคอีสานและเมืองมหาสารคาม ของ บุญช่วย อัดถากร ระบุว่า ท้าวมหาชัย (กวต) พาผู้คนออกจากเมืองร้อยเอ็ดมาทางทิศตะวันตก ประมาณ 1,000 เส้น จึงหยุดตั้งอยู่บริเวณที่ตอน แต่ราษฎรนิยมเรียกว่า “วัดข้าวฮ้าว” อยู่ได้ประมาณ 6 เดือน เห็นว่าขาดแคลนแหล่งน้ำ จึงย้ายมาตั้งระหว่างกุดยางใหญ่กับหนองท่ม ซึ่งเป็นที่ชุมชนที่มีผู้อาศัยอยู่บ้างแล้ว คือ บ้านจาน ประกอบกับห่างออกไปเล็กน้อยก็เป็นห้วยตะคาง จึงนับว่าเป็นชัยภูมิที่มีแหล่งน้ำสมบูรณ์ เมืองมหาสารคามเมื่อแรกตั้งอยู่ในความดูแลบังคับบัญชาของพระขัติยวงษา (จัน) เจ้าเมืองร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นผู้กราบบังคมทูลพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวขอรับพระราชทาน “บ้านลาด กุดยางใหญ่” เป็นเมือง ของท้าวมหาชัย (กวต) เป็นเจ้าเมือง

เมืองมหาสารคาม นับเป็นแหล่งรวมวัฒนธรรมของชาวอีสาน มีชุมชนโบราณมากมาย ไม่ว่าจะเป็นชุมชนบ้านเชียงเหียน หมู่บ้านปั้นหม้อของชาวบ้านหม้อ ตำบลเขวา อำเภอเมืองมหาสารคาม แหล่งโบราณสถาน และสถานที่สำคัญทางศาสนาก็มี พระธาตุนาตุน กู่สันตรัตน์ อำเภอนาตุน กู่บ้านแดง อำเภอวาปีปทุม ปรางค์กู่ ตำบลเขวา อำเภอเมืองมหาสารคาม ที่นำมาศึกษาหาความรู้ทางประวัติศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. ภูมิประเทศ และภูมิอากาศ

3.2.1. ขนาดและที่ตั้ง

จังหวัดมหาสารคามตั้งอยู่บริเวณตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศา 25 ลิปดา และ 16 องศา 40 ลิปดาเหนือ เส้นแวงที่ 102 องศา 50 ลิปดา และ 103 องศา 30 ลิปดาตะวันออก มีพื้นที่ 5,228.843 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,268,026.87 ไร่ ห่างจากกรุงเทพฯ ประมาณ 470 กิโลเมตร มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง (กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552) ดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อกับ จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดกาฬสินธุ์

ทิศใต้ ติดต่อกับ จังหวัดสุรินทร์ และจังหวัดบุรีรัมย์

ทิศตะวันออก ติดต่อกับ จังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดมหาสารคาม

ทิศตะวันตก ติดต่อกับ จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดบุรีรัมย์

3.2.2. ลักษณะภูมิประเทศ

กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(2552) ระบุว่าลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปของจังหวัดมหาสารคาม เป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด พื้นที่โดยทั่วไปมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 130 – 230 เมตร ด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือเป็นที่สูงในเขตอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืน และ อำเภอกันทรวิชัย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณครึ่งหนึ่งของพื้นที่จังหวัด และค่อยๆ ลาดเทมาทางทิศตะวันออกและทิศใต้ มีลำน้ำสำคัญหลายสายไหลผ่านสภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ

- 1) พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่ม เช่น ที่ราบลุ่มริมแม่น้ำชี ในบริเวณอำเภอเมืองมหาสารคาม อำเภอโกสุมพิสัย และ ทางตอนใต้ของจังหวัดแถบชายทุ่งกุลาร้องไห้
- 2) พื้นที่ค่อนข้างราบเรียบสลับกับลูกคลื่นลอนลาด พบทางบริเวณตอนเหนือของอำเภอพยัคฆภูมิพิสัย เป็นแนวยาวไปทางตะวันออกถึงเมืองมหาสารคาม
- 3) พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดสลับกับพื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน พบทางตอนเหนือและตะวันตกของจังหวัด บริเวณนี้มีเนื้อที่ประมาณครึ่งหนึ่งของเนื้อที่ของจังหวัด

3.2.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดมหาสารคามมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเมืองร้อน ในช่วงมรสุมฤดูร้อนจะได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดมาจากมหาสมุทรอินเดีย สภาพโดยทั่วไปจะมีลักษณะฝนตกสลับกับอากาศแห้ง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในปี 2549 ประมาณ 1304.7 มิลลิเมตร/ปี โดยมีจำนวนวันที่ฝนตกตลอดทั้งปีจำนวน 109 วัน ปริมาณฝนสูงสุดเมื่อวันที่ 21 กันยายน 2549 วัดได้ 81.7 มิลลิเมตร ในปี 2550 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนกรกฎาคม อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 34.80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 38.30 องศาเซลเซียส สำหรับฤดูต่างๆ มี 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมไปจนถึงเดือนมิถุนายน ฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมไปจนถึงเดือนตุลาคม และ ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนเป็นต้นไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (กรมทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

3.3. ธรณีวิทยา

3.3.1 ธรณีวิทยาทั่วไป

กรมทรัพยากรธรรมชาติและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(2552) ระบุว่าสภาพธรณีวิทยาของจังหวัดมหาสารคามรองรับด้วยหินตะกอนและตะกอนร่วนที่มีอายุตั้งแต่ยุคครีเทเชียสถึงยุคควอเทอร์นารี (ประมาณ 140 ล้านปีถึงปัจจุบัน) พบหินตะกอนครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดประมาณร้อยละ 80 ของพื้นที่นอกจากนั้นเป็นตะกอนร่วนลำดับชั้นหินที่พบในจังหวัดมหาสารคามเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มหินโคราช (The Khorat Group) ที่เป็นกลุ่มหินตะกอนสีแดงที่เกิดจากการสะสมตัวบนภาคพื้นทวีปซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะพบแผ่กระจายกว้างขวางบริเวณที่ราบสูงโคราช กลุ่มหินโคราชโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินทรายหินทรายแป้งและหินดินดานชั้นหินเอียงเทน้อยเฉลี่ยประมาณ 10 องศา

3.3.2. ลำดับชั้นหิน

กรมทรัพยากรธรรมชาติและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม(2552) ระบุว่าพื้นที่จังหวัดมหาสารคามพบหมวดหินย่อยของกลุ่มหินโคราช 3 หมวด หินและตะกอนร่วน 2 หน่วย เรียงลำดับหมวดหินที่อยู่ ล่างสุดไปหาบนสุดตามการลำดับชั้นหิน ดังนี้

1) หมวดหินโคกกรวด

ข้อมูลทั่วไป หมวดหินโคกกรวดตั้งชื่อตามบ้านโคกกรวด ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ถนนสายมิตรภาพ หมวดหินโคกกรวดมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอยู่เป็นจำนวนมาก รวมทั้งซากดึกดำบรรพ์หอยกาบคู่ บริเวณอ่างเก็บน้ำน้ำพุ และมีการค้นพบซากไดโนเสาร์ปากนกแก้ว ชนิด ซิตตาโกซอรัส สัตยารักษ์กั ที่อำเภอคอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ หมวดหินโคกกรวดมีอายุช่วงต้นของยุคครีเทเชียส

ความหนาและการแผ่กระจาย โดยทั่วไปหมวดหินโคกกรวดจะมีความหนาตั้งแต่ 430 – 700 เมตร พบการแผ่กระจายตัวของหมวดหินโคกกรวดบริเวณส่วนบนสุดของพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม บริเวณอำเภอชื่นชม มีระดับความสูงประมาณ 180 – 200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยวางตัวอยู่ในแนวตะวันออก – ตะวันตก เอียงเทไปทางทิศใต้

ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน โดยทั่วไปหมวดหินโคกกรวด ประกอบด้วย หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง มีแร่ไมกาปนอยู่ในเนื้อหิน หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดง สีม่วงแดง และในบางบริเวณ พบชั้นของหินกรวดมนเม็ดเล็กร่วมด้วย และมีการวางชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก

ความสัมพันธ์การลำดับชั้นหิน หมวดหินโคกกรวดมีการวางตัวอยู่ระหว่างหมวดหินภูพานที่วางตัวอยู่ด้านล่าง และหมวดหินมหาสารคามที่วางตัวอยู่ด้านบน โดยมีความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องกับหมวดหินภูพาน แต่ไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินมหาสารคามโดยมีสภาวะแวดล้อมการตกตะกอนแบบทางน้ำโค้งตัวและสภาวะอากาศลักษณะกึ่งแห้งแล้ง เป็นการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อม

หินทรายที่มีเนื้อละเอียดสามารถได้ค่อนข้างดี เนื่องจากดินมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์พอสมควร สำหรับพืช ยกเว้นบริเวณที่เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ซึ่งจะมีแร่ธาตุค่อนข้างต่ำ ส่วนดินที่ผุพังมาจากหินดินดานจะมีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควร โดยเฉพาะแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชจึงสามารถใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดี แต่ดินอาจมีความร้อนชุกต่ำ

2) หมวดหินมหาสารคาม

ข้อมูลทั่วไป หมวดหินมหาสารคาม ตั้งชื่อตามจังหวัดมหาสารคาม โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่หลุมเจาะน้ำบาดาลหมายเลข F-34 บริเวณบ้านเชียงเหียน อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม อายุของหมวดหินมหาสารคามได้จากลำดับชั้นหิน การศึกษาเรณูวิทยา และการศึกษาสนามแม่เหล็กโลกโบราณ พบว่ามีอายุครีเทเชียสตอนปลาย

ความหนาและการแผ่กระจาย พบการแผ่กระจายตัวในพื้นที่ราบที่ระดับความสูงประมาณ 170 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณอำเภอเชียงยืน อำเภอบรบือ อำเภอแกดำ อำเภอนาโพธิ์ อำเภอนาตุน และอำเภอพยัคฆภูมิพิสัย

ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน จากข้อมูลหลุมเจาะต่างๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยเฉพาะหลุมเจาะสำรวจโพแทช 194 หลุม และข้อมูลที่มีผู้ศึกษามาก่อน หมวดหินมหาสารคาม โดยรวมมีลักษณะทางกายภาพและลำดับชั้นหินจากล่างขึ้นบน ดังนี้ คือ

- 2.1) แอนไฮไดรต์ชั้นฐาน หนาประมาณ 1-3 เมตร
- 2.2) เกลือหินชั้นล่าง ประกอบด้วย แร่เกลือหินและแร้โพแตส ความหนา รวมประมาณ 300-400 เมตร

- 2.3) หินโคลนชั้นล่างสีน้ำตาลตามแกมแดง น้ำตามแกมม่วง สีเทาดำ มีจุดสีเขียวอยู่ทั่วไป มีสายแร่คาร์นาไลต์และเฮไลต์อยู่ทั่วไป ความหนาอยู่ระหว่าง 10-80 เมตร
- 2.4) เกลือหินชั้นกลาง ส่วนใหญ่ ประกอบด้วย แร่เฮไลต์ บางครั้งพบแร่แอนไฮไดรต์หรือแรยิปซัมอยู่ด้วย ความหนาอยู่ประมาณ 20-80 เมตร
- 2.5) หินโคลนชั้นกลาง มีลักษณะคล้ายหินโคลนชั้นล่าง แต่ไม่มีสารแร่คาร์นาไลต์ หนาประมาณ 20-70 เมตร
- 2.6) เกลือหินชั้นบน ประกอบด้วย เกลือหิน แรยิปซัมและแอนไฮไดรต์ชั้นบางแทรก หนาประมาณ 5-20 เมตร

ขอบเขตของหมวดหินมหาสารคาม ส่วนใหญ่จะเป็นเขตพื้นที่ดินเค็ม เนื่องจากชั้นหินเคลย์ซึ่งมีเกลืออยู่ในเนื้อหิน เมื่อไหลพื้นพื้นดินเกลือที่อยู่ในเนื้อหินจะแยกตัวออกมา นอกจากนั้นชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี มักจะเคลื่อนที่ไปตามรอยแตกของชั้นหินในสภาพของน้ำที่มีความเค็มสูงเข้ามาในชั้นน้ำใต้ดินและชั้นสูผิวดิน เมื่อน้ำแห้งจะทิ้งคราบเกลือสีขาว พบเห็นได้ทั่วไป หมวดหินมหาสารคามมีการวางตัวอยู่ระหว่างหมวดหินโคกกรวดในตอนล่างและหมวดหินภูทอกในตอนบน โดยแสดงความสัมพันธ์แบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินโคกกรวดและแบบต่อเนื่องกับหมวดหินภูทอก จากลักษณะทางกายภาพ ลำดับชั้นหินและชั้นเกลือ รวม 3 ชั้น แรยิปซัมและแร่แอนไฮไดรต์ หมวดหินมหาสารคามเกิดจากการสะสมตัวที่มีน้ำเค็มไหลเข้ามาในแอ่งสะสมตัว ในสภาพอากาศแบบ แห้งแล้ง

3) หมวดหินภูทอก

ข้อมูลทั่วไป หมวดหินภูทอกในความหมายเดิม เป็นหมวดหินที่ประกอบไปด้วยหินทรายเป็นส่วนใหญ่ ที่ไหลให้เห็นในพื้นที่บริเวณที่ราบสูงโคราช บริเวณขอบแอ่งด้านทิศเหนือ ขอบแอ่งอุดรธานี-สกลนคร โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ภูทอกน้อย อำเภอศรีวิไล จังหวัดหนองคาย ปัจจุบันพบหมวดหินภูทอกแผ่กระจายอย่างกว้างขวางบริเวณตอนกลางของที่ราบสูงโคราช เช่น ที่จิ้งซอนแก่นกาฬสินธุ์ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด รวมทั้ง จังหวัดมหาสารคาม

ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน หมวดหินภูทอกในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม ประกอบด้วย หินทราย แทรกชั้นอยู่กับหินทรายแป้ง หินโคลน และหินเคลย์ สีแดงอิฐ สีน้ำตาลแดง หินทรายขนาดเม็ดละเอียด ชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก และแถบชั้นบาง ขนาดชั้นปานกลางถึงหนา ประกอบด้วย ควอตซ์ ไมกา และเหล็ออกไซด์ ตัวเชื่อมประสานเป็นแร่เหล็ก

ความหนาและการแผ่กระจาย หมวดหินภูทอก เป็นหมวดหินที่พบแผ่กระจายบริเวณตอนกลางๆ ของพื้นที่จังหวัด ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 40% ของพื้นที่ มักพบเป็นพื้นที่เนินสูงต่ำ ที่

ระดับความสูงประมาณ 170 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลางขึ้นไป ในเขตพื้นที่อำเภอภูตรัง อำเภอศรีบ่อ อำเภอนาเชือก เป็นต้น

4) ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี

ตะกอนร่วน หมายถึง กรวด ทราย ดิน และดินเหนียว ที่ยังไม่แข็งตัวกลายเป็นหิน อายุ ประมาณ 1.8 ล้านปีจนถึงปัจจุบัน (ยุคควอเทอร์นารี) พบกระจายตัวเป็นบริเวณทางตอนเหนือของ จังหวัดตามแนวลำน้ำชี และแม่น้ำสาขา สามารถจำแนกตะกอนร่วนในพื้นที่ โดยอาศัยชนิดของ ตะกอน และสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอน ออกแน 2 หน่วยตะกอนย่อย คือ

4.1) หน่วยตะกอนตะพักลำน้ำ (Qt)

ตะกอนตะพักลำน้ำปรากฏเป็นพื้นที่เนินกระจายตัวในพื้นที่บริเวณอำเภอเชียงยืน ประกอบด้วย กรวด ศิลาแลง ไม้กลายเป็นหิน อุลกมณี (tektite) ปิดทับด้วยชั้นตะกอนกึ่งแข็งของ ตะกอนทรายปนทรายแป้ง มีสีแดงและสีเหลือง ดินที่พบบริเวณนี้มีธาตุอาหารอุดมสมบูรณ์พอสมควร ปลูกพืชไร่ พื้นที่บริเวณนี้ไม่อยู่ในเขตน้ำท่วมซึ่งเหมาะสำหรับเป็นที่อยู่อาศัย

4.2) หน่วยตะกอนน้ำพา

พบแผ่กระจายบริเวณที่ราบลุ่มของแม่น้ำชีเป็นส่วนใหญ่ในเขตอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเมือง มหาสารคาม และในบางส่วนเป็นตะกอนที่ราบลุ่มแม่น้ำมูลในพื้นที่อำเภอพยัคภูมิพิสัย ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เกิดจากน้ำพัดพา กรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัว ลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมแม่น้ำ พื้นที่ราบนี้มักเป็นแหล่งสะสมตัวของชั้นทรายแม่น้ำ โดยทั่วไปสภาพดินเป็นดินร่วนที่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชอุดมสมบูรณ์เหมาะต่อการเพาะปลูก แต่ เนื่องจากเป็นที่ราบ จึงมักประสบกับน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนเป็นประจำและในบางพื้นที่อาจมีสภาพ เป็นดินเค็ม เนื่องจากถูกรองรับด้วยหมวดดินมหาสารคาม ซึ่งมีเกลือหินแทรกอยู่

3.4. อุทกวิทยาและอุทกธรณี

3.4.1. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

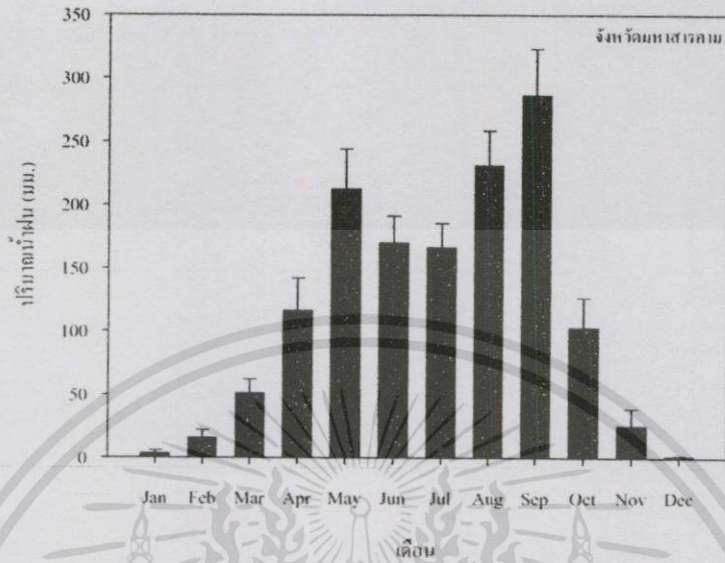
ตารางที่ 3.1. แสดงข้อมูลของบ่อน้ำบาดาล

หมายเลขบ่อ	โซน	พิกัด ออก	พิกัด เหนือ	ความลึกพัฒนา (m)	ระดับน้ำปกติ (m)	ระดับผิวดิน m(msl)
L310	48	316740	1799016	18	1.73	148
D1392	48	319500	1799104	18	5.70	148
D1658	48	315696	1796561	21	4.40	148
D1435	48	314490	1795425	15	1.60	145
D1556	48	320727	1795102	18	4.80	145
L309	48	318771	1795179	24	6.60	145
L278	48	320335	1793102	24	7.17	146
D797	48	320850	1792900	15	3.60	145

ที่มา: กรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ArcGis Explorer) และ Google earth

3.4.2. สภาพน้ำฝนในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม

สภาพน้ำฝน (pattern) ในแต่ละเดือนของจังหวัดมหาสารคาม (รูปที่ 5) แสดงให้เห็นถึงฤดูกาลที่โดยปกติจะเริ่มราวเดือนเมษายน โดยมีปริมาณน้ำฝน 116.48 ± 25.75 มิลลิเมตร (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551) ปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้นเป็น 212.63 ± 31.55 มิลลิเมตร ในเดือนพฤษภาคม ปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในเดือนสิงหาคม (231.33 ± 27.19 มิลลิเมตร) และ กันยายน (286.58 ± 36.69 มิลลิเมตร) ตามลำดับ ก่อนที่ปริมาณจะลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนตุลาคม และฤดูฝนสิ้นสุดในเดือนพฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ยรายเดือน 10 ปีย้อนหลัง พบว่าเดือนกันยายนมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสมมากที่สุด คือ 286.58 ± 36.69 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนทั้งปี 1384.27 ± 219.08 มิลลิเมตร (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)



รูปที่ 3.1. กราฟแสดงปริมาณน้ำฝนสะสมในแต่ละเดือนของจังหวัดมหาสารคาม (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 21 ภาษาอังกฤษถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การจำลองการไหลของน้ำบาดาล

พื้นที่ศึกษาในโครงการวิจัยได้ทำการวิเคราะห์จากงานวิจัย” การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (2543)” โดยเลือก บ้านหัวขัว ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ทำแบบจำลองโดยโปรแกรม Visual MODFLOW สร้างแบบจำลอง 3 มิติเพื่อจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดินโดยมีชั้นตอการศึกษาดังนี้

4.1. การเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นที่ศึกษา

ข้อมูลที่จำเป็นในการออกแบบจำลองในหลายสถานการณ์ ดังนี้

- 1) ข้อมูลทั่วไป เช่น แผนที่ภูมิประเทศ ข้อมูลหลุมเจาะ ระดับเส้นชั้นความสูงได้มาจาก Google maps

Depth(m)

0

23.16

49.68

52.42

107.44

109.42

447.93

Sand

Clay

Anhydrite

Clay

Anhydrite

Rock Salt

รูปที่ 4.1. ข้อมูลหลุมเจาะ บ้านหัวขัว อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม
(กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2543)

2) ข้อมูลระดับน้ำบาดาล บ่อสังเกตการณ์ และข้อมูลการใช้น้ำบาดาล บ่อบาดาลที่เจาะโดยหน่วยงานราชการได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

ตารางที่ 4.1. ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล

หมายเลข บ่อ	โซน	พิกัด ออก	พิกัด เหนือ	ความลึก พัฒนา (m)	ระดับน้ำ ปกติ (m)	ระดับผิวดิน m(msl)
L310	48	316740	1799016	18	1.73	148
D1392	48	319500	1799104	18	5.70	148
D1658	48	315696	1796561	21	4.40	148
D1435	48	314490	1795425	15	1.60	145
D1556	48	320727	1795102	18	4.80	145
L309	48	318771	1795179	24	6.60	145
L278	48	320335	1793102	24	7.17	146
D797	48	320850	1792900	15	3.60	145

หมายเหตุ ข้อมูล - น้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล (ArcGIS Explorer)

- ระดับผิวดิน จาก Google earth

3) ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านจากงานวิจัยในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.2. ค่าสัมประสิทธิ์การซึมและสัมประสิทธิ์การเก็บกัก

ชั้นหิน	สัมประสิทธิ์การซึม K(m/s)	สัมประสิทธิ์การเก็บกัก S
ดินเหนียว	5.5×10^{-7} ถึง 1.5×10^{-5}	5.25×10^{-4}
ตะกอนน้ำพา	10^{-6} ถึง 10^{-4}	5.9×10^{-3}
anhydrite	4×10^{-13} ถึง 2×10^{-8}	-
หินเกลือ	10^{-11}	-

ที่มา: “ระบบการไหลของน้ำบาดาล ในเขต อ.ขามทะเลสอ จ.นครราชสีมา” และ www.aqtesolv.com

4) ข้อมูลทางอุทกวิทยา

แม่น้ำที่ไหลผ่าน อ.กันทรวิชัยคือแม่น้ำชี ซึ่งเป็นแม่น้ำที่มีความยาวมากที่สุดในประเทศไทย ยาวถึง 765 กม. พื้นที่ลุ่มน้ำ 49480 ตร.กม. มีอัตราการไหล เฉลี่ย 290 ลบ.ม.ต่อวินาที สูงสุดที่ 3960 ลบ.ม.ต่อวินาที (<http://th.wikipedia.org/wiki/แม่น้ำชี>)

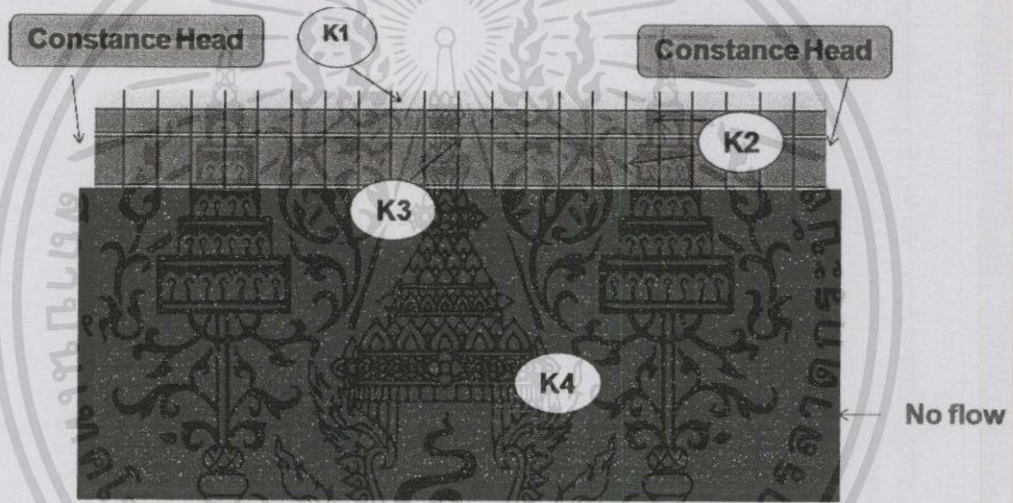
ปริมาณน้ำฝนทั้งปี 1400 มิลลิเมตรต่อปี (ค่าเฉลี่ย 10 ปี 2542-2551) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557)

4.2.1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการจำลอง

เป็นขั้นเริ่มต้นที่มีความสำคัญมากเพราะจะเป็นการระบุว่าแบบจำลองของเราเป็นแบบไหน ตอบคำถามแบบใดได้บ้าง คำถามหลักๆที่ผู้พัฒนาการจำลองควรตอบคำถามให้ชัดเจนคือ การคาดการณ์ล่วงหน้าถึงเหตุการณ์ในอนาคตที่จะเกิดขึ้นกับพื้นที่ศึกษา หรือตอบเฉพาะคำถามที่อยากรู้จากแบบจำลองแล้วแบบจำลองนี้เหมาะสมแล้วหรือยัง

4.2.2. การพัฒนาการจำลองเชิงแนวคิด

เป็นขั้นตอนที่ต้องอาศัยข้อมูลภาคสนาม เพื่อทำความเข้าใจสภาพพื้นที่และกำหนดในส่วนของพื้นที่ต่างใน Model แล้วจึงนำค่าต่างๆมาทำการจำลองซึ่งมีความซับซ้อนให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถทำการวิเคราะห์ได้



รูปที่ 4.3. Conceptual Model บ้านหัวข้าว

4.3. การกำหนดขอบเขต (Boundary)

ในการกำหนดขอบเขตหรือBoundary นั้นเราต้องดูจากลักษณะภูมิประเทศจริง เช่น แม่น้ำ ภูเขาและอื่นๆ ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจพื้นที่ที่เราจะทำการจำลอง โดยขอบเขตที่ผู้จัดทำใช้ในบริเวณบ้านหัวข้าว ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม อาศัยข้อมูลจากแผนที่ Google earth และแผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

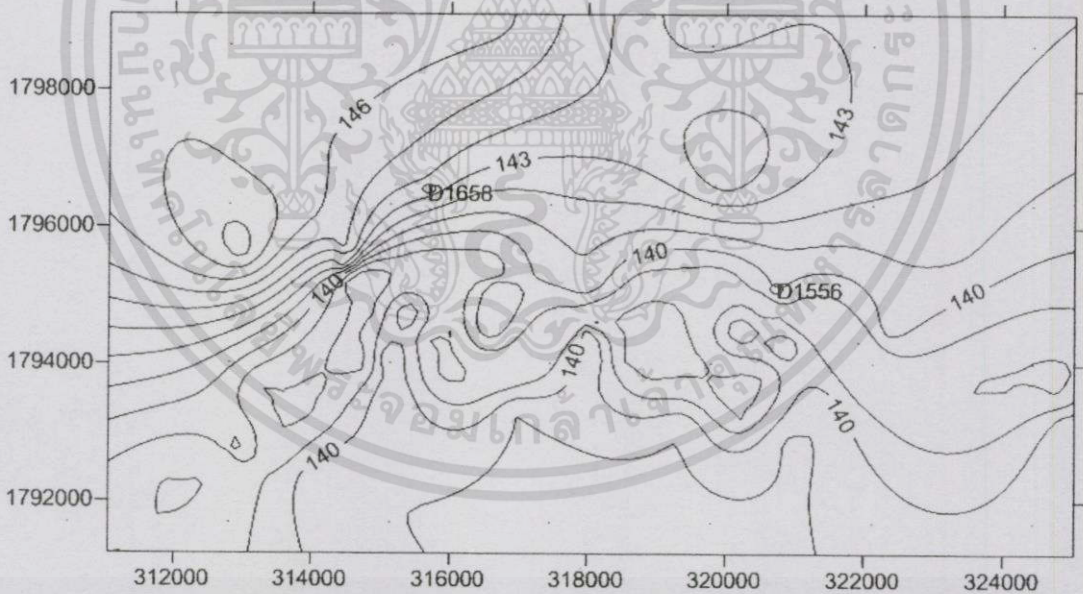
4.3.1. แผนที่ Google earth

จากรูปที่ 4.4. แผนที่ Google earth เราจะเห็นเส้นสีฟ้าคือแม่น้ำชี ซึ่งเป็นแม่น้ำไหลผ่านพื้นที่ เราจึงกำหนดขอบเขตด้านล่างเป็น แม่น้ำ (Boundary>River)



รูปที่ 4.4. แสดงขอบเขตแม่น้ำ

4.3.2. แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

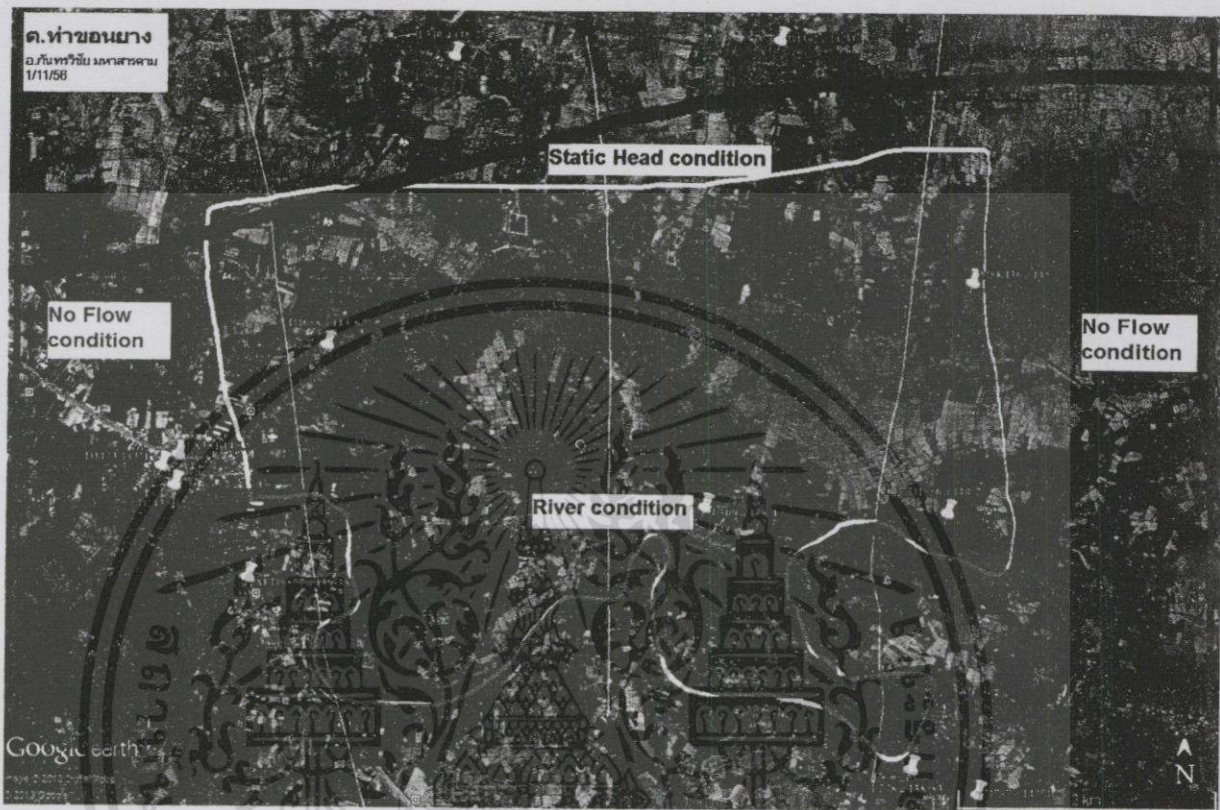


รูปที่ 4.5. แผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล บริเวณบ้านหัวขัว

จากรูปเส้นชั้นน้ำบาดาลจะเห็นได้ว่า ด้านข้างทั้งซ้ายและขวาของแผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาลมีลักษณะขนานกัน ทำให้น้ำบาดาลมีทิศทางการไหลจากด้านบนลงด้านล่าง จึงกำหนดขอบเขตด้านข้างทั้งซ้ายและขวาเป็นขอบเขตประเภท ไม่มีการไหล (No flow condition) ส่วนด้านบนของแผนที่กำหนดเป็นความดันคงที่ (Static Head condition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 26 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3. สรุปขอบเขตของโมเดล



รูปที่ 4.6. ขอบเขตของโมเดลบ้านหัวขัว

ขอบเขตเป็นดังรูป คือ ด้านล่าง River condition, ด้านข้าง No Flow condition และ ด้านบนเป็น Static Head condition โดยเส้น Static Head จะอ้างอิงตามเส้นของแผนที่เส้นชั้นน้ำบาดาล

Layer 10 ชั้น

Column 86 ชั้น

Row 74 ชั้น

X 314158 – 322004

Y 1792811 – 1798564

Z (-250) – 147

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 27 อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4. แบบจำลองคณิตศาสตร์โดย Visual MODFLOW 4.2

4.4.1. การสร้างโมเดล

1) เริ่มต้นการสร้างโมเดล

1.1) เริ่มสร้างโมเดลก่อนโดยเข้าโปรแกรม Visual ModFlow

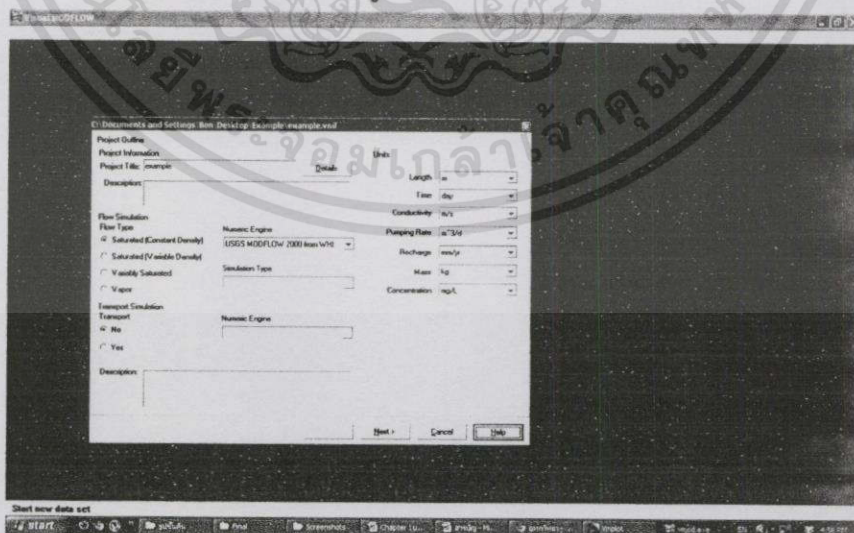
-เลือก File > New (ตั้งชื่อโมเดล) > save



รูปที่ 4.7. โปรแกรม Visual Modflow เริ่มต้นใช้งาน

1.2) ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Project Outline

-เลือกตั้งค่าต่างเปลี่ยนให้อยู่ในระบบ SI แล้วกด Next

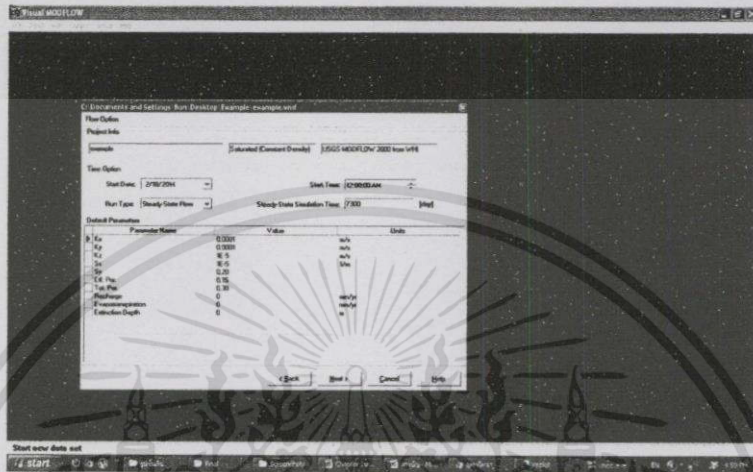


รูปที่ 4.8. โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Project Outline

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 28 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

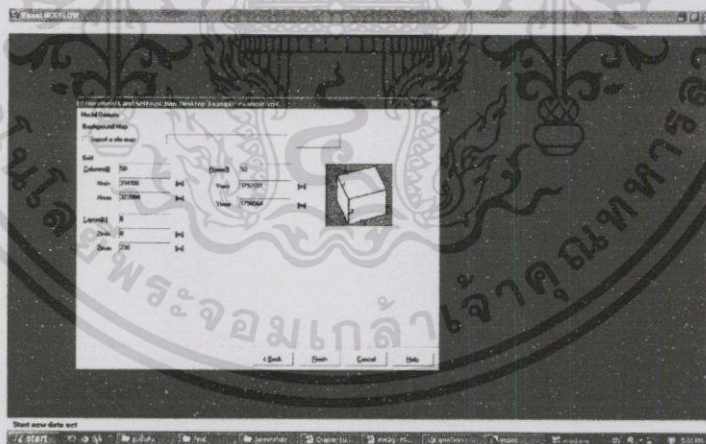
1.3) ต่อมาจะขึ้นหน้าต่าง Flow Option

-ปรับ Steady State Simulation Time เป็น 20 ปีหรือ 7300 วัน นอกจากค่าที่ปรับตรงนั้นแล้วนอกนั้นปล่อยให้ก่อนเพราะสามารถมาตั้งค่าที่หลังได้ แล้วกด Next



รูปที่ 4.9. โปรแกรม Visual Modflow รายละเอียด Flow Option

1.4) ต่อมาจะปรากฏหน้าต่าง Model Domain



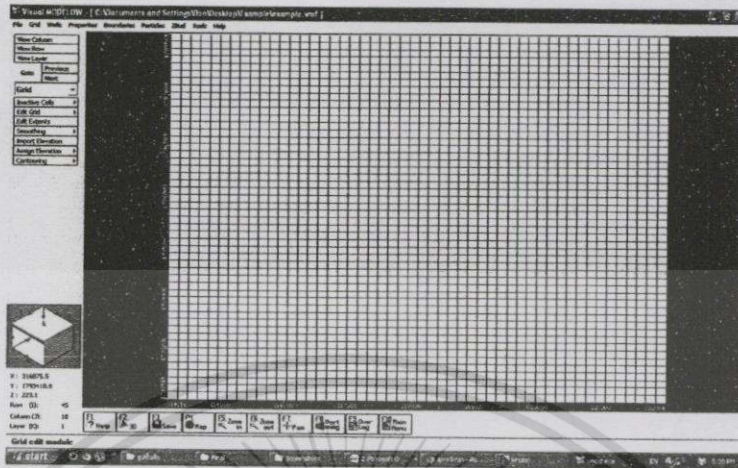
รูปที่ 4.10. โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain

- ให้เราตั้งค่าตามที่ออกแบบไว้

ยกตัวอย่าง Columns: 50 Xmax: 322004 Xmin: 314158
 Rows: 50 Ymax: 1798564 Ymin: 1792811
 Layer: 8 Zmax: 238 Zmin: 0

หลังจากนั้นกด Finish เป็นอันเสร็จเรียบร้อย

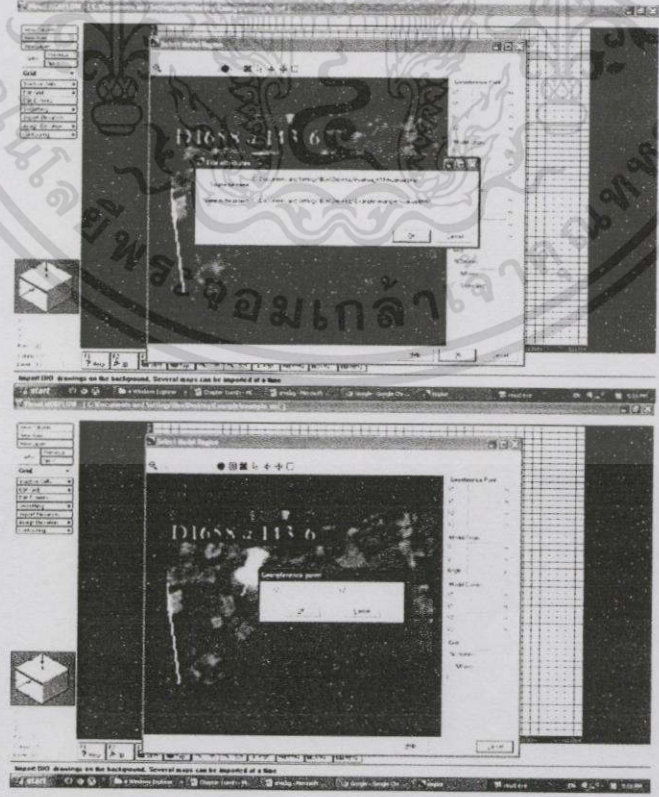
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11. โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Model Domain เรียบร้อย

1.5) ต่อมาจะเป็นการเพิ่ม แผนที่ภาพต่างๆ

ต่อมาเป็นการ Add Map สังเกตบริเวณด้านล่างใช้คำสั่ง Map (F4) ไปเลือกไฟล์ภาพที่เราจะใช้ โดยภาพที่เลือกจะต้องมีจุดสังเกตด้วยอย่างน้อย 2 จุดเพื่อใช้ในการกำหนดพิกัดของแผนที่เพื่อจะ
ได้ตรงกับความเป็นจริง โดยการใส่ค่าพิกัด X, Y ลงไป หลังจากนั้นกด OK ก็จะปรากฏภาพขึ้นมาใน
โมเดล



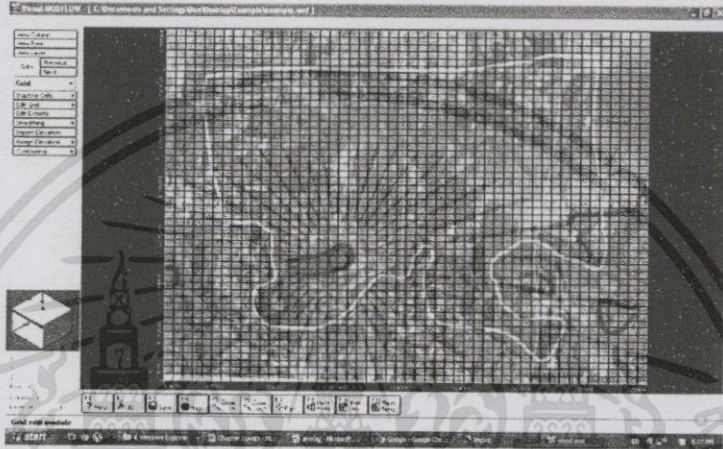
รูปที่ 4.12. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มแผนที่ Google earth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักศึกษาเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 30 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การกำหนด Grid Line

2.1) อธิบายเกี่ยวกับคำสั่งในหน้าจอด้านซ้าย

- View Column > การดูแถวในแนวตั้งของ Layers
- View Row > การดูแถวในแนวนอนของ Layers
- View Layer > การดูทีละชั้น



รูปที่ 4.13. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มภาพแผนที่เสร็จแล้ว

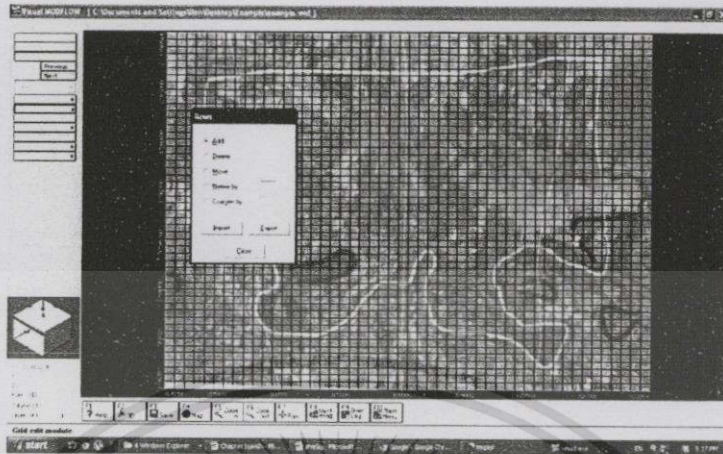
2.2) คำสั่ง Inactive Cells

เป็นคำสั่งที่ใช้คิดว่า จะนำ Cell มาใช้บ้างหรือไม่นำมาใช้เลย เป็นการเลือกดูเฉพาะจุดจะได้เป็นการเจาะจงลงไปได้มากกว่าเดิมว่าจะดูที่ไหน

2.3) คำสั่ง Edit Grid

เป็นคำสั่งที่ไว้ใช้แบ่งช่อง ลบช่อง เพิ่มช่อง รวมอยู่ในนี้หมดทุกคำสั่ง

- Add > เพิ่ม
- Delete > ลบ
- Move > ย้ายที่
- Reline by > แบ่งช่องว่างระหว่างเส้นสองเส้นให้มีที่ช่องใส่ลงไปได้เลย
- Coarsen by > เป็นการลบช่องระหว่างเส้นสองเส้น

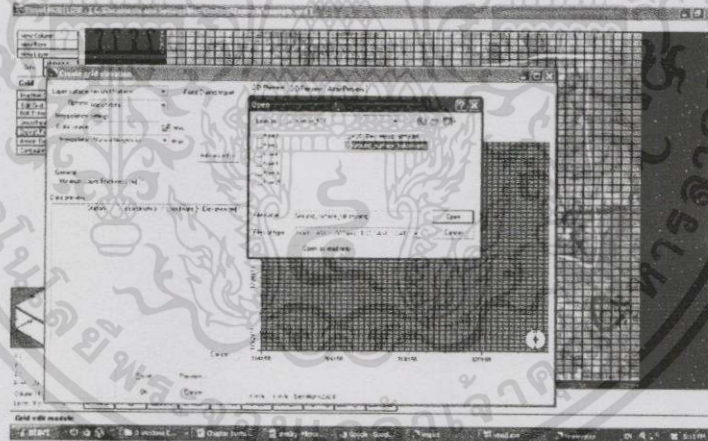


รูปที่ 4.14. โปรแกรม Visual Modflow การเพิ่ม-ลด Grid Line

2.4) คำสั่ง Import Elevation

เป็นการใช้กำหนดพื้นผิวมีความเหมือนจริงมากยิ่งขึ้นมีระดับมีความสูงต่ำตามผิวจริง ตัวอย่างก่อนตั้งค่า

Layer Surface > Ground Surface



รูปที่ 4.15. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

Option > Import Data

Data Source > เลือกไฟล์ข้อมูลผิวดินของเราออกมา (ขอแนะนำไฟล์เป็น "TXT." สามารถทำได้ง่ายและนำมาใช้ได้เหมือนกัน) กด Open จะขึ้นเป็นหน้าต่างของ Match fields ตั้งค่าตามด้านล่างเลย

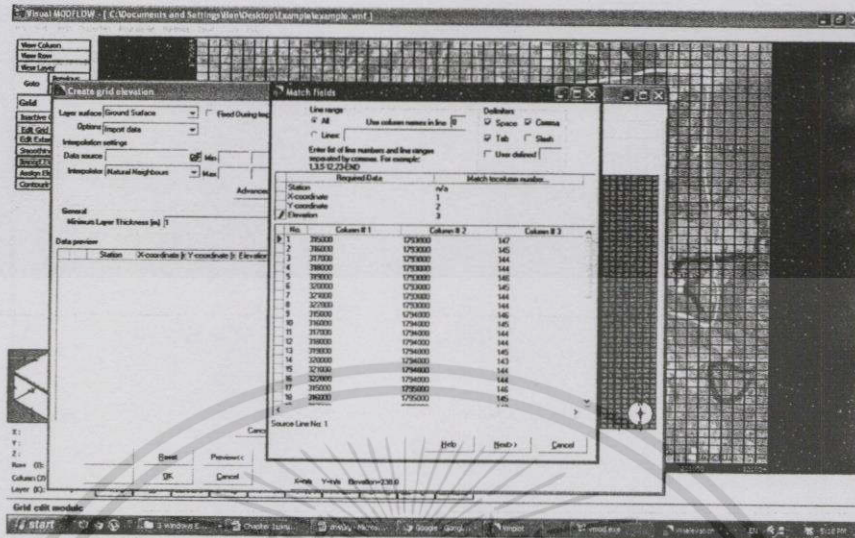
Station n/a

X coordinate 1

Y coordinate 2

Elevation 3

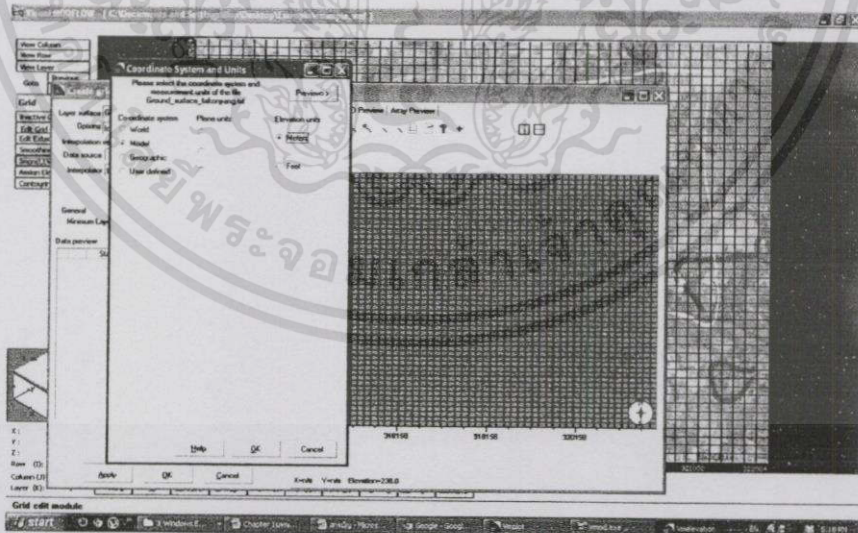
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ 32 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

กด Next > Data Validation เช็ค่าต่างๆว่าตรงกับช่องกับตารางใหม่หลังจากนั้นกด Finish > Coordinate System and Units ตั้งค่าตามนี้ แล้วกด OK

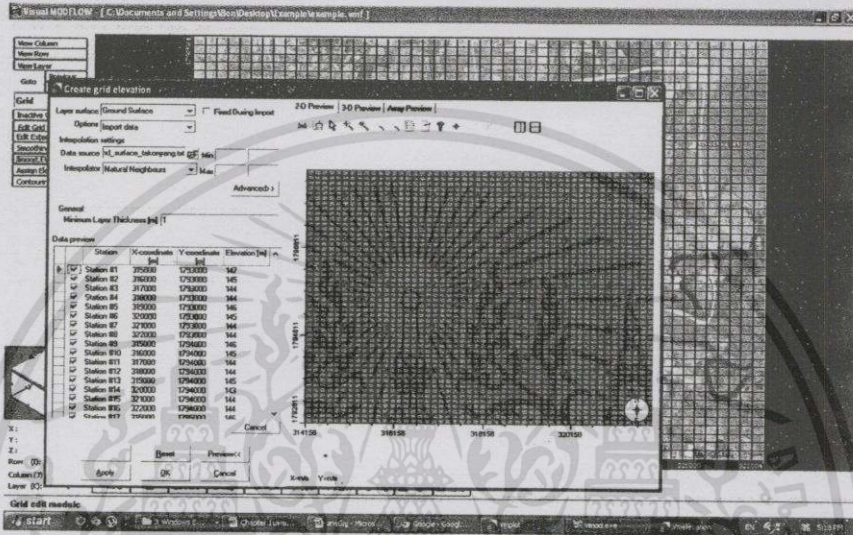
Coordinate System > Model
Elevation > Meters



รูปที่ 4.17. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

Inter polator > Natural Neighbors

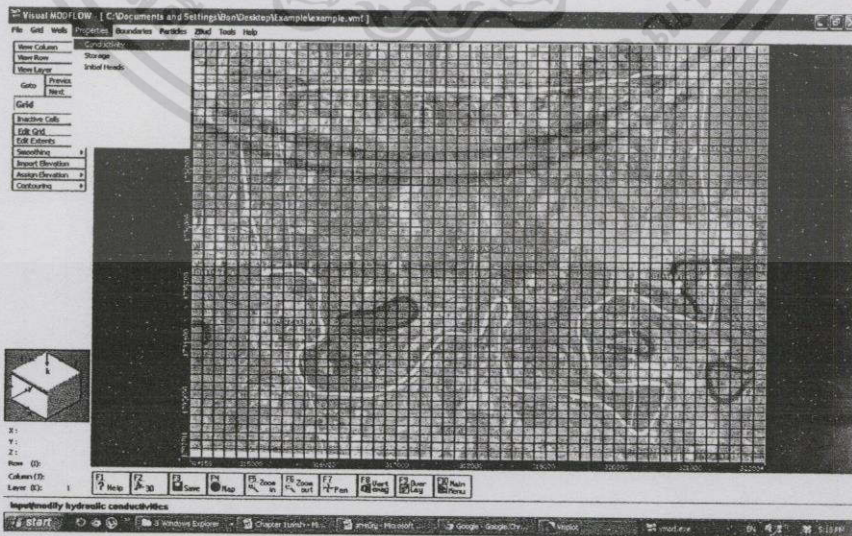
หลังจากนั้นกด OK ตามด้วย Yes สามารถกด View Column ดูผิวของพื้นผิวได้เลย แต่ภาพอาจจะเล็กไปหรือมองไม่เห็นใช้คำสั่ง Vert exag (F8) แล้วเปลี่ยนเลขให้มากขึ้น 5 เท่า 10 เท่าได้



รูปที่ 4.18. โปรแกรม Visual Modflow เพิ่มระดับพื้นผิว

3) การกำหนดค่า Conductivity

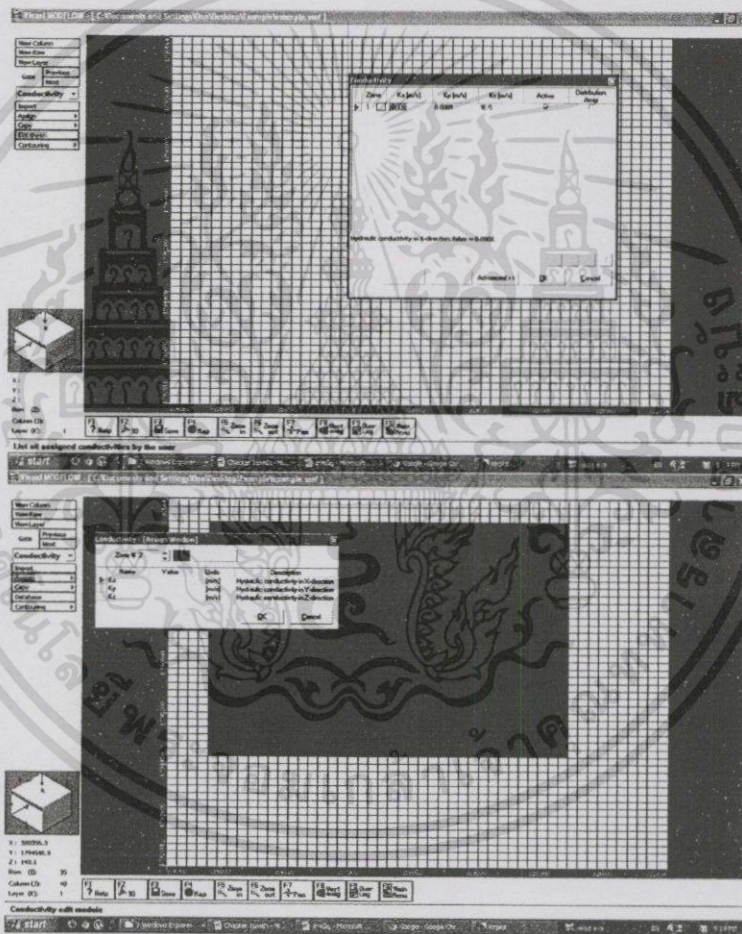
3.1) เลือก Properties > Conductivity > Yes



รูปที่ 4.19. โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

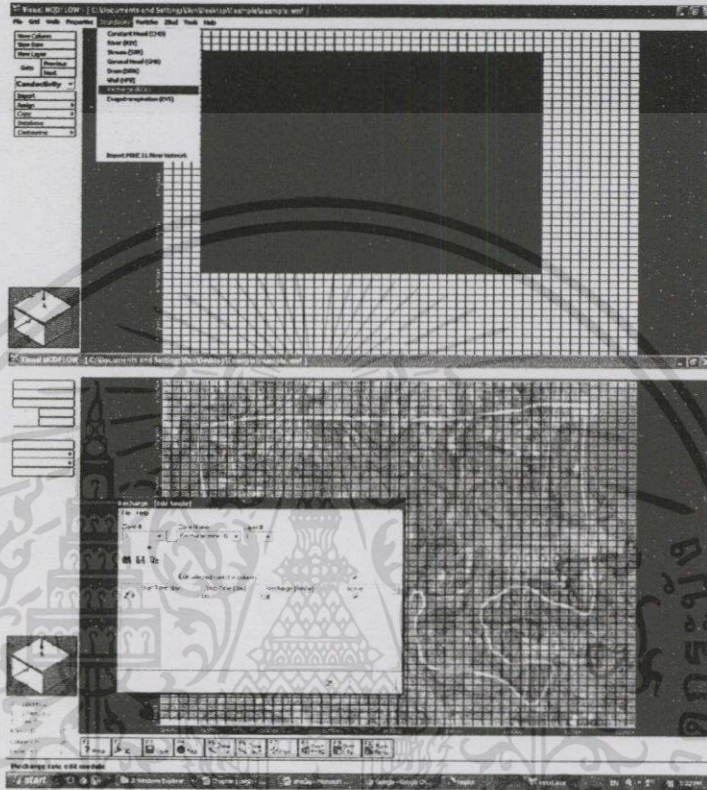
เนื่องจากในตอนแรก ๆ ของการสร้างโมเดลนั้น จะมีการกำหนดค่าต่างๆ รวมถึงค่า Conductivity ด้วย แต่เราไม่ได้ทำการตั้งค่าดังนั้นเราจึงเข้าคำสั่ง Database > กำหนดค่า Kx Ky Kz > OK ในชั้นแรก หลังจากนั้นจะเป็นการกำหนดค่า Conductivity ในชั้นต่างๆ โดยใช้คำสั่งต่อไปนี้ ก่อนอื่นเลือก Layer ชั้นอื่นใช้คำสั่ง Assign > Window กดครอบให้หมดทั้ง Layer ก็จะขึ้นหน้าต่าง Conductivity-Assign Window กด New แล้วกำหนดค่า Kx Ky Kz ตามความเป็นจริงเพราะดินแต่ละชั้นมีค่า Conductivity ที่ไม่เหมือนกัน แล้วทำแบบนี้ไปทุกชั้นดิน ชั้นไหนเหมือนกันสามารถใช้คำสั่ง Copy ได้



รูปที่ 4.20. โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Conductivity

4) การกำหนดค่า Boundaries

4.1) เลือก Boundaries > Recharge > Yes



รูปที่ 4.21. โปรแกรม Visual Modflow กำหนด Boundaries>Recharge

เป็นการกำหนดปริมาณของน้ำฝนที่ตกลงในพื้นที่ศึกษานี้ ส่วนใหญ่จะกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK

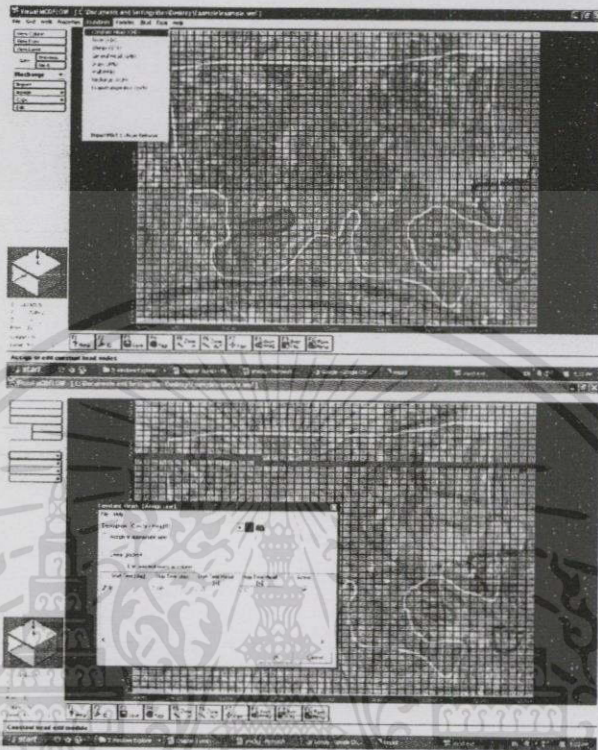
ตัวอย่าง

Start time 0

Stop time 7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)

Recharge ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่เกิดขึ้น

4.2) เลือก Boundaries > Constant head > Yes

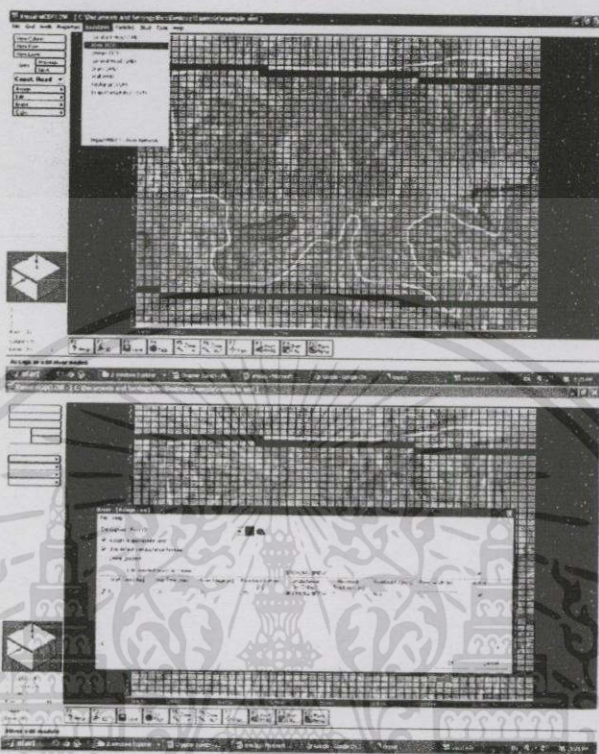


รูปที่ 4.22. โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries>Constant Head

เป็นการกำหนดการไหลของน้ำบาดาลโดยการกำหนดลงไปเป็นรูปแบบของระดับความสูงต่ำของระดับน้ำบาดาล ทำให้เกิดการไหลจากสูงมาต่ำ โดยมีขั้นตอนดังนี้ กด Assign > line ทำการลากเส้นตาม Contour ระดับน้ำบาดาลเมื่อได้แล้วให้ทำการกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK (โดยเราต้องทำการกำหนดอย่างน้อยสองเส้นเพื่อให้เกิดการไหล) จะปรากฏเส้นสีแดงมา ตามรูปตัวอย่าง

Start time	0
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
Start time head	ตาม Contour
Stop time head	ตาม contour

4.3) เลือก Boundaries > River > Yes



รูปที่ 4.23. โปรแกรม Visual Modflow กำหนดค่า Boundaries> River

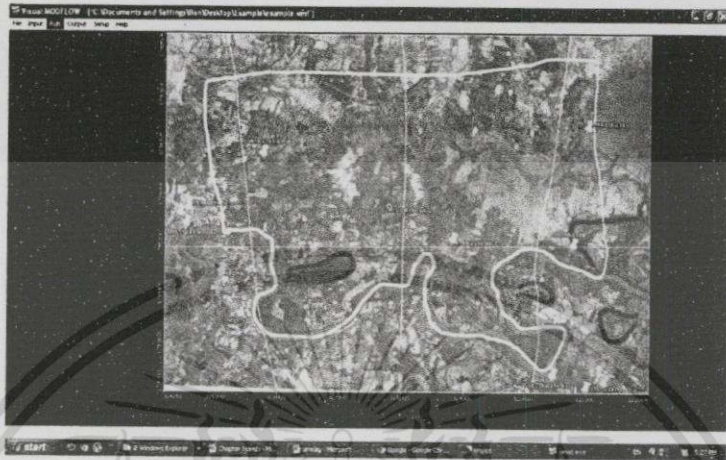
เป็นการกำหนดว่าเป็นแม่น้ำด้วยวิธีการทำจะเหมือนกับการทำ Constant head คือกด Assign > line ตามแผนที่ Google Earth ที่เป็นแม่น้ำแล้วกำหนดค่าต่างๆตามตัวอย่าง แล้วกด OK จะปรากฏสีน้ำเงินดังรูป

ตัวอย่าง

Start time	
Stop time	7300 (เป็นจำนวนของวันที่ใช้ในการคำนวณคือ 20 ปี)
River State Elevation	ระดับน้ำที่ผิว
River Bottom Elevation	ระดับท้องน้ำ
Riverbed Thickness	ความหนาของชั้นตะกอนใต้แม่น้ำ
Riverbed Kz	อัตราการรั่วซึมของชั้นตะกอน
River Width	ความกว้างของแม่น้ำ

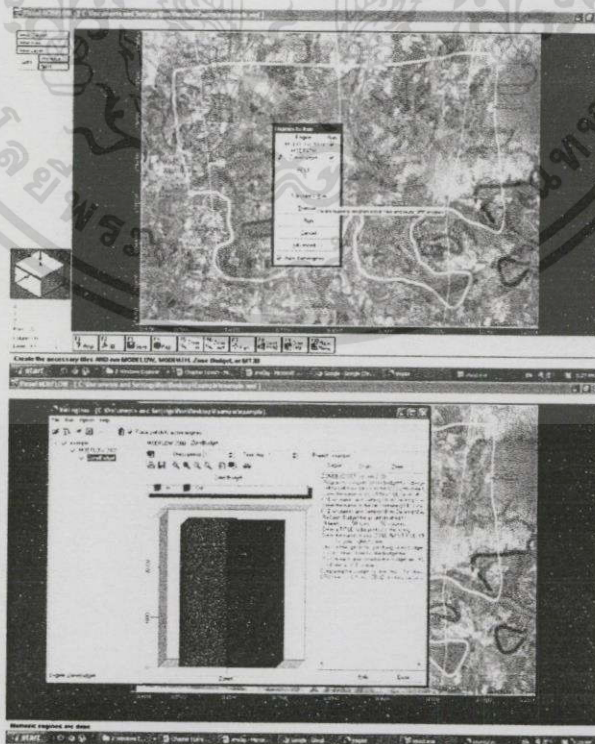
5) การ Run Program

5.1) กด Main Menu (บริเวณด้านล่าง หรือ F10) > Yes



รูปที่ 4.24. โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

เลือกคำสั่ง Run จาก Top bar > เลือก Run จะปรากฏหน้าต่างของ Engines to Run ให้เราทำการเลือก คำสั่งว่าจะ Run ในหัวข้อไหนบ้างโดยในที่นี้เราเลือก Run คือ MODFLOW 2000 และ Zone budget หลังจากนั้นเลือกคำสั่ง Translate & Run หลังจากนั้นเครื่องจะทำการประมวลผลตามโปรแกรมที่เราเลือกแล้วตรวจสอบดู กด Close

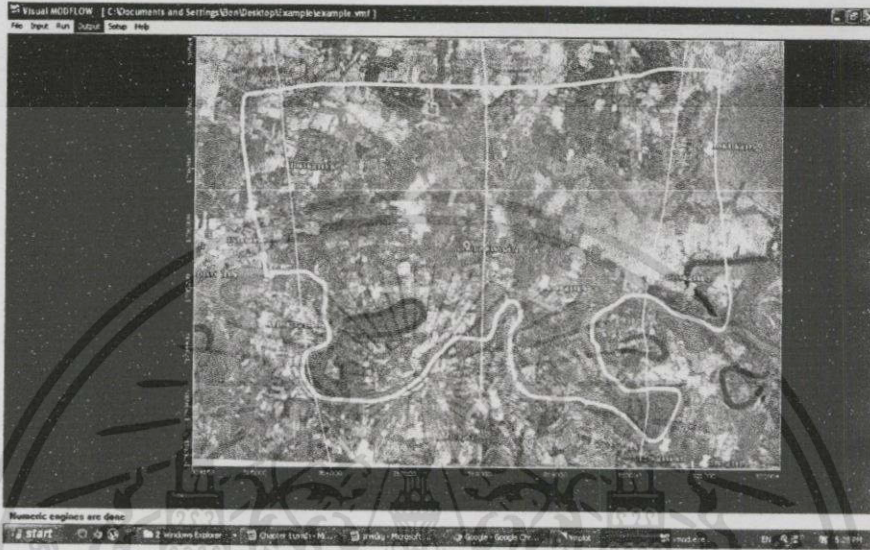


รูปที่ 4.25. โปรแกรม Visual Modflow การ Run Program

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 39 บ้างอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) แสดงผลการ Run Program

6.1) เลือกคำสั่ง Output บริเวณ Top bar



รูปที่ 4.26. โปรแกรม Visual Modflow ตูมผลลัพธ์การจำลอง Output

จะเกิดขึ้นมาเป็นรูปโมเดลตามที่เราได้กำหนดค่าต่างๆไปรวมถึงแสดงเส้นทางการไหลต่างๆของน้ำใต้ดินและเราสามารถเลือกดูสิ่งต่างๆได้เพิ่มมากขึ้นจาก Left bar ตรงคำสั่ง Head เราสามารถกดดูได้หลายอย่างจากการเปลี่ยน Head เป็นคำสั่งอย่างอื่น



รูปที่ 4.27. โปรแกรม Visual Modflow เลือกดูระดับ Head น้ำบาดาล



รูปที่ 4.28. โปรแกรม Visual Modflow ตูระดับ velocities น้ำบาดาล

4.4.2 การออกแบบสถานการณ์จำลอง (Scenario)

จากจุดประสงค์การศึกษา เพื่อศึกษาผลกระทบจากการทำเหมืองละลายที่มีผลต่อการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล คณะผู้จัดทำจึงออกแบบสถานการณ์จำลอง โดยเริ่มต้นไม่มีบ่อเกลือในพื้นที่ จากนั้นค่อยๆ เพิ่มบ่อเกลือขึ้นจำนวนต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.3. รายละเอียดชุดการทดลอง

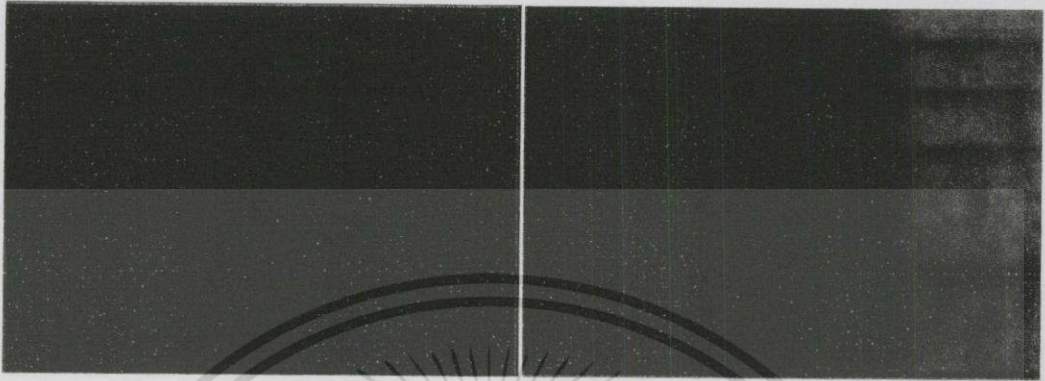
ตารางที่ 4.3. รายละเอียดชุดการทดลอง

สถานการณ์จำลอง	รายละเอียดของชุดการทดลอง
H0	เป็นพื้นที่ที่ยังไม่มีบ่อเกลือ
H1	มีบ่อเกลือ 1 บ่อ
H4	มีบ่อเกลือ 4 บ่อ
H9	มีบ่อเกลือ 9 บ่อ
H16	มีบ่อเกลือ 16 บ่อ
H25	มีบ่อเกลือ 25 บ่อ

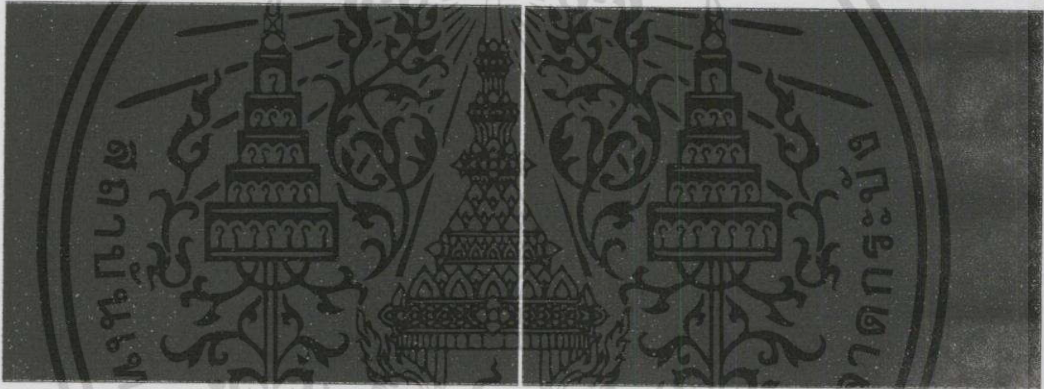
จากนั้นเรานำสถานการณ์จำลองทั้ง 6 มาปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่าน (K) ของชั้นหินเกลือ ให้มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม $K=10^{-11}$ เป็น $K=10^{-10}$ และ $K=10^{-9}$ หน่วยตามลำดับ จากนั้นดูผลกระทบที่มีต่อการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล เมื่อค่า K ของชั้นเกลือเปลี่ยนแปลงไป

รายละเอียดของบ่อเกลือ ความกว้าง 80 เมตร ความสูง 60 เมตร ระยะห่างระหว่างโพรง 240 เมตร ความลึกจากผิวดิน 315 เมตร

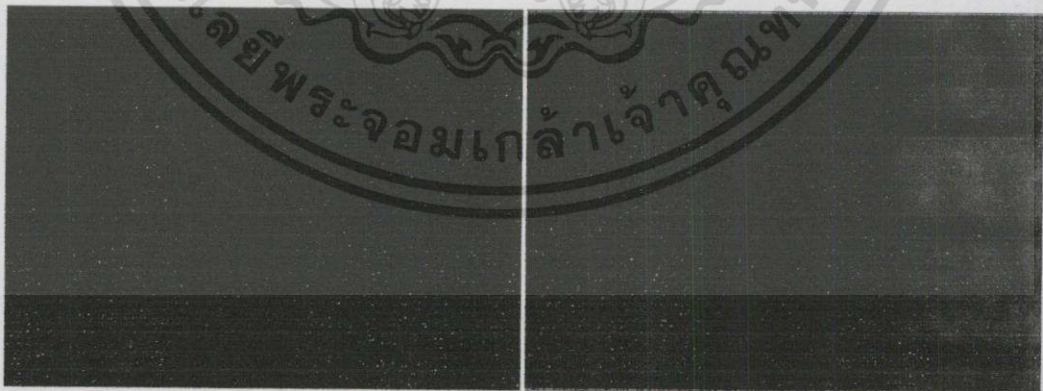
ตัวอย่างการกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง



รูปที่ 4.29. การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H0 และ H1



รูปที่ 4.30. การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H4 และ H9



รูปที่ 4.31. การกำหนดบ่อเกลือในสถานการณ์จำลอง H16 และ H25

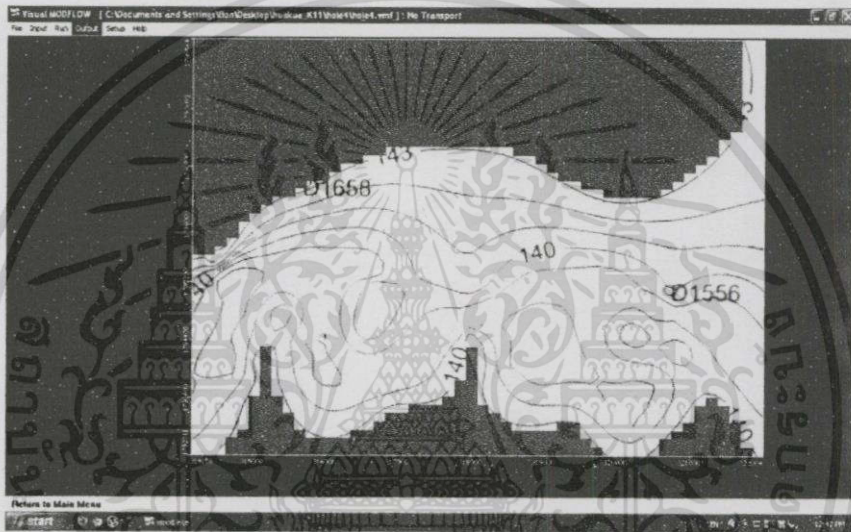
หมายเหตุ: (1) กริดสีแดงแทนบ่อเกลือ ซึ่งจะอยู่ที่ระดับความลึก 175-235 เมตรจากผิวดิน (Layer 8 และ 9) (2) กริดสีเขียวแทนชั้นดิน ภายในโมเดล (3) กริดสีฟ้าแทนชั้นดินนอกโมเดล ซึ่งจะไม่นำมาคำนวณ (Inactive Cell)

4.5 การนำข้อมูลไปวิเคราะห์

หลังจากทำการสร้างโมเดล โดยโปรแกรม Visual mudflow เรียบร้อยแล้ว ต่อไปจะเป็นการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel

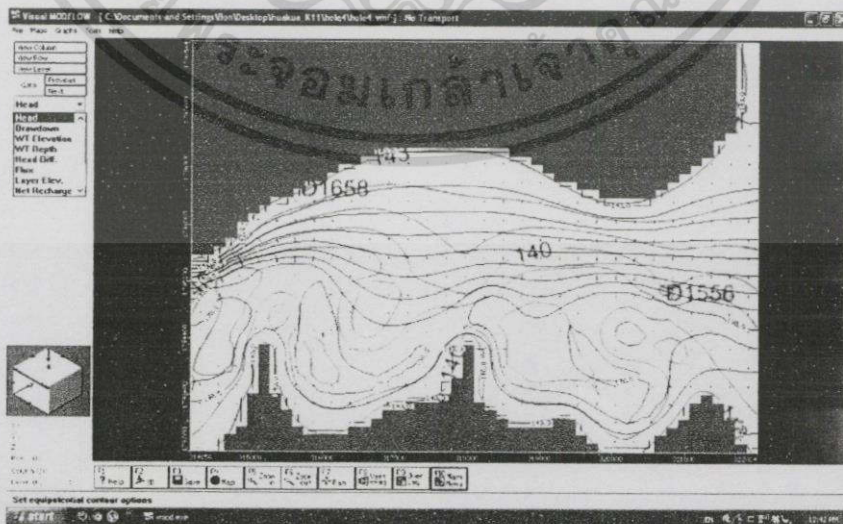
เริ่มต้นโดยดึงข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน จากโปรแกรม Modflow ออกมาเป็น .txt ไฟล์

1) ไปที่ Main Menu > Out put



รูปที่ 4.32. การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน

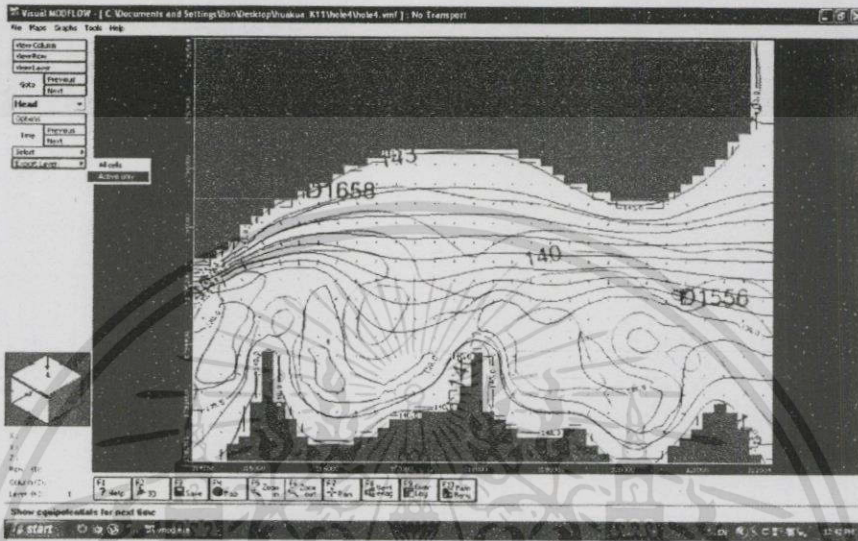
2) เลือกรายการด้านข้างซ้าย Head เพื่อดูแรงดันน้ำ



รูปที่ 4.33. การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน

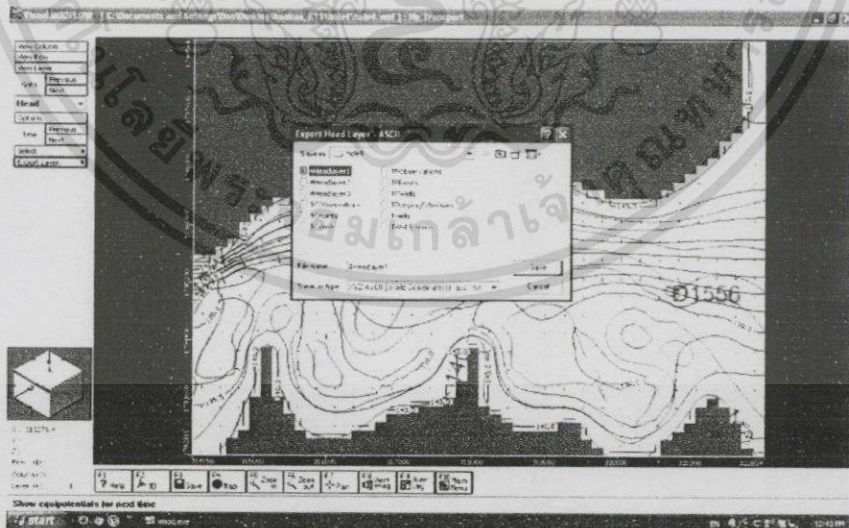
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) คลิกที่ Export Layer>Active only โดยสังเกตข้อมูลแรงดันน้ำ Layer ที่ Export คือ Layer ที่แสดงผลอยู่ปัจจุบัน



รูปที่ 4.34. การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน

4) ตั้งชื่อไฟล์ และเลือกพื้นที่จัดเก็บ



รูปที่ 4.35. การ Export ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดิน ตั้งชื่อไฟล์

5) ตรวจสอบข้อมูลที่จัดเก็บ โดย 2 แถวแรกจะเป็นข้อมูลพิกัดx,y แถวที่ 3 จะเป็นข้อมูลแรงดันน้ำ

321768.6	1798506	143
321925.5	1798506	143.0125
321768.6	1798391	143
321925.5	1798391	143.0125
321768.6	1798276	143
321925.5	1798276	143.0124
321768.6	1798161	143
321925.5	1798161	143.0124
321768.6	1798046	143
321925.5	1798046	143.0122
321768.6	1797931	143
321925.5	1797931	143.0119
321768.6	1797816	143
321925.5	1797816	143.0113
321768.6	1797701	143
321925.5	1797701	143.0101
321768.6	1797586	143
321925.5	1797586	143.0076
321768.6	1797471	143
321925.5	1797471	143.0024

รูปที่ 4.36. ข้อมูลแรงดันน้ำใต้ดินจาก Export

6) นำข้อมูลมาเปรียบเทียบโดยโปรแกรม Microsoft Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2			1 Hole	2 Hole	4 Hole	9 Hole	16 Hole	25 Hole	36 Hole	49 Hole	64 Hole	81 Hole	100 Hole	121 Hole	144 Hole	169 Hole	196 Hole	225 Hole	256 Hole	289 Hole	324 Hole
3	321768.6	1798506	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
4	321925.5	1798506	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125
5	321768.6	1798391	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
6	321925.5	1798391	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125	143.0125
7	321768.6	1798276	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
8	321925.5	1798276	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124
9	321768.6	1798161	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
10	321925.5	1798161	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124	143.0124
11	321768.6	1798046	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
12	321925.5	1798046	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122	143.0122
13	321768.6	1797931	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
14	321925.5	1797931	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119	143.0119
15	321768.6	1797816	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
16	321925.5	1797816	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113	143.0113
17	321768.6	1797701	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
18	321925.5	1797701	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101	143.0101
19	321768.6	1797586	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
20	321925.5	1797586	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076	143.0076
21	321768.6	1797471	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
22	321925.5	1797471	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024	143.0024
23	321768.6	1797356	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143
24	321925.5	1797356	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918	142.9918
25	321768.6	1797241	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143

รูปที่ 4.37. การนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยโปรแกรม Microsoft Excel

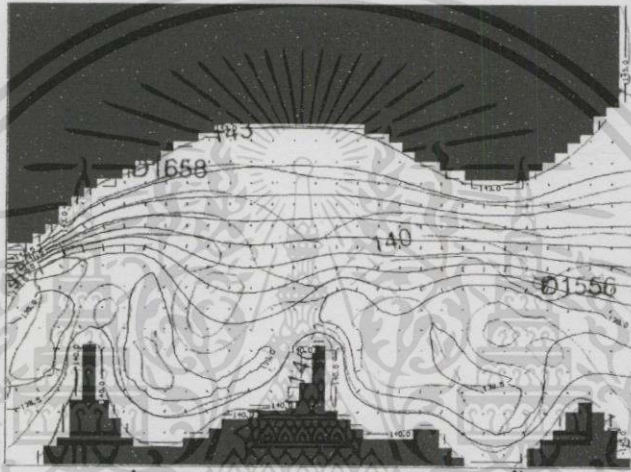
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ 45 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

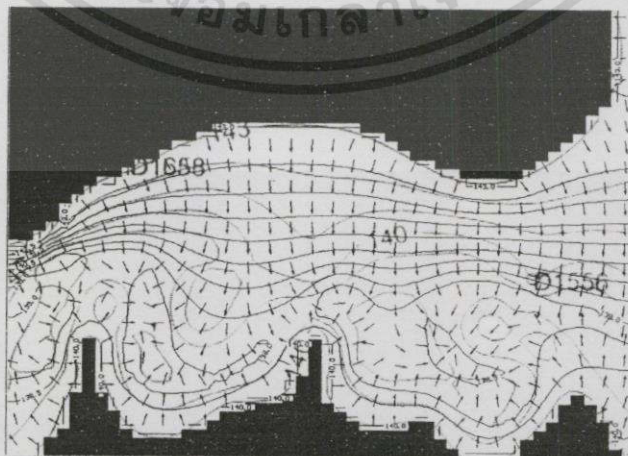
5.1. แร่งดันน้ำกรณีไม่มีบ่อเกลือ (H0)

เพื่อเป็นการทำความเข้าใจผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม ผู้จัดทำจะอธิบายในเรื่อง แร่งดันของน้ำใต้ดินและทิศทางการไหล ในกรณียังไม่มีบ่อเกลือในพื้นที่



รูปที่ 5.1. แร่งดันกรณีไม่มีบ่อเกลือในพื้นที่

ดังภาพเราจะสังเกตเห็นเส้นคอนทัวร์ (สีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นเส้นแสดงระดับแรงดันของน้ำใต้ดิน จะเห็นได้ว่าเส้นจะมีค่าสูงอยู่ที่ 143 เมตร เส้นบนสุดของภาพ จากนั้นระดับแรงดันจะค่อยๆ ลดลงมาเรื่อยๆ จนถึงใต้สุดภาพ ที่ระดับ 140 เมตร บริเวณเหนือเส้นดังกล่าวคือแม่น้ำชีไหลผ่านพื้นที่ ทำให้แรงดันต่ำสุดบริเวณแม่น้ำ เพราะน้ำจากชั้นน้ำบาดาลไหลลงแม่น้ำ



รูปที่ 5.2. ทิศทางการไหลของน้ำ กรณีไม่มีบ่อเกลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพให้สังเกตลูกศรสีแดง ซึ่งจะแสดงทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน โดยน้ำใต้ดินจะไหลจากด้านบนลงด้านล่างของภาพ ซึ่งคือแม่น้ำชี

5.2. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เปรียบเทียบกับกรณีไม่มีบ่อเกลือ

5.2.1. การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น

จากการทำแบบจำลองโดยโปรแกรม Visual Modflow 4.2 ได้แบ่งชุดทดลอง (scenario) เป็น 6 ชุด เพื่อเปรียบเทียบแรงดันของน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลง เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 5.1. รายละเอียดชุดการทดลอง

ชุดการทดลอง	รายละเอียดของชุดการทดลอง
H0	เป็นพื้นที่ที่ยังไม่มีบ่อเกลือ
H1	มีบ่อเกลือ 1 บ่อ
H4	มีบ่อเกลือ 4 บ่อ
H9	มีบ่อเกลือ 9 บ่อ
H16	มีบ่อเกลือ 16 บ่อ
H25	มีบ่อเกลือ 25 บ่อ

แสดงการเปรียบเทียบแรงดันน้ำใต้ดินดังตาราง

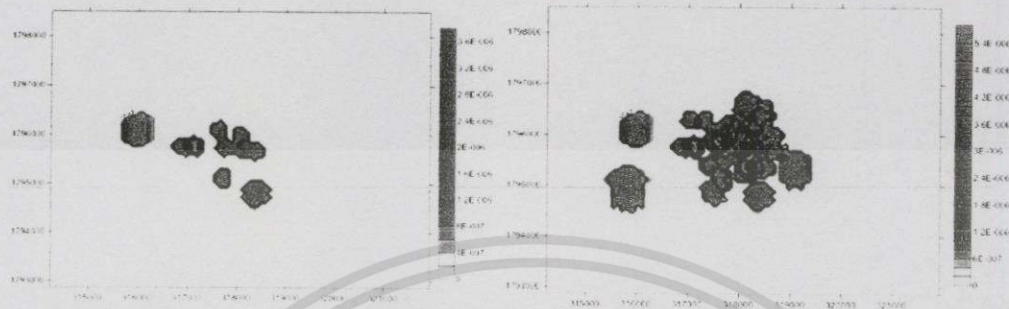
ตารางที่ 5.2. แสดงชุดการทดลองที่นำมาเปรียบเทียบแรงดันน้ำใต้ดิน

ชุดทดลองตั้งต้น	เปรียบเทียบกับชุดทดลอง
H0	H1
H0	H4
H0	H9
H0	H16
H0	H25

ในการเปรียบเทียบ จะเปรียบเทียบแรงดันน้ำเฉพาะชั้นดินที่ความลึก 0-110 เมตรจากผิวดิน เพราะมีการขุดเจาะน้ำบาดาลมาใช้อุปโภคบริโภค โดยที่ระดับความลึก 110 เมตรจากผิวดิน คือ Layer 1, Layer 2 และ Layer 3 ในชุดการทดลอง

ผลการเปรียบเทียบ

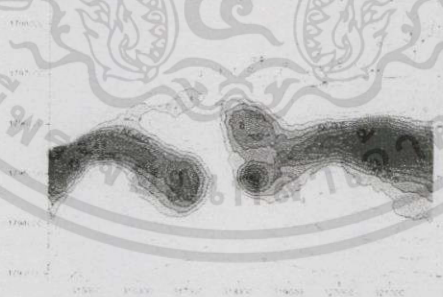
1.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 1 (ระดับความลึก 0-25 เมตรจากผิวดิน)



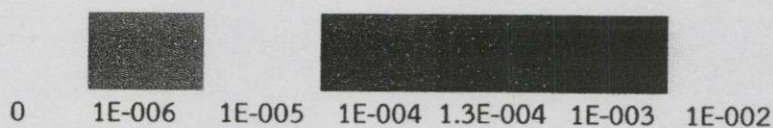
รูปที่ 5.3. ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H1 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H4 (รูปขวา)



รูปที่ 5.4. ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H9 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H16 (รูปขวา)



รูปที่ 5.5 ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 ชุดทดลอง H0 กับ H25



รูปที่ 5.6. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H1 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1200 เมตร (โดยวัดออกจากจุดศูนย์กลางภาพ) และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดัน 2×10^{-6} เปอร์เซ็นต์ (เฉลี่ยจากแถบสีกราฟด้านขวามือ)

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H4 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดัน 3×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H9 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 2500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดัน 5×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

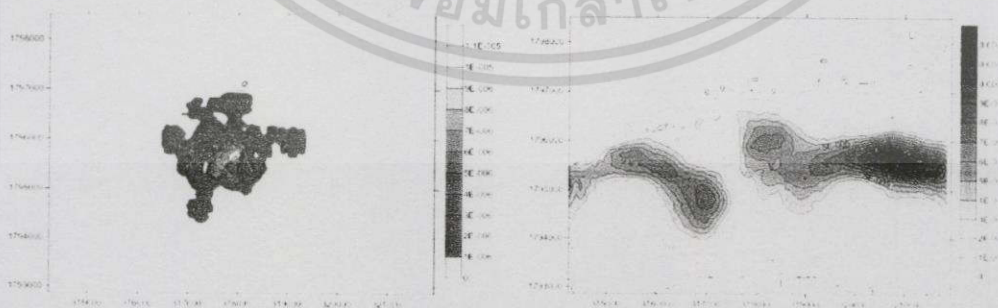
ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H16 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H25 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตรค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

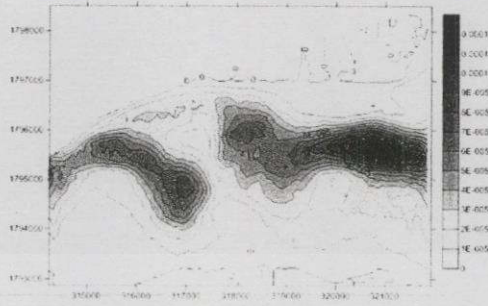
2.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 2 (ระดับความลึก 25-62.5 เมตรจากผิวดิน)



รูปที่ 5.7. ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H1 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H4 (รูปขวา)



รูปที่ 5.8. ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H9 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H16 (รูปขวา)



รูปที่ 5.9. ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 ชุดทดลอง H0 กับ H25



รูปที่ 5.10. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H1 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1200 เมตรและค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1.8×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

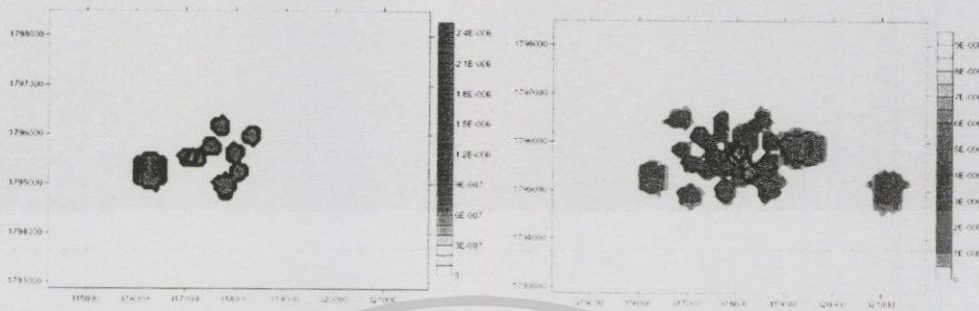
ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H4 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 4×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H9 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1700 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 6×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

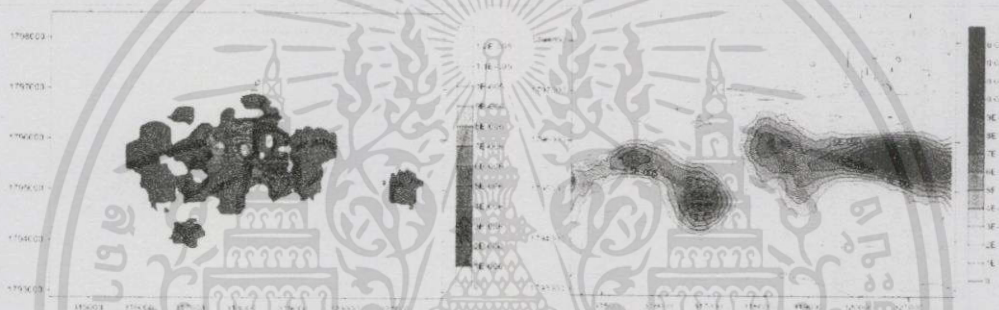
ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H16 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H25 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

3.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 3 (ระดับความลึก 62.5-110 เมตรจากผิวดิน)

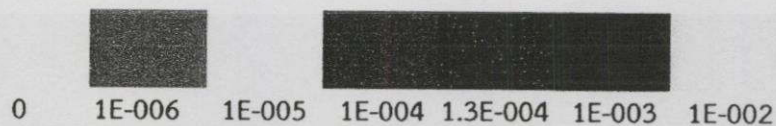


รูปที่ 5.11. ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H1 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H4 (รูปขวา)



รูปที่ 5.12. ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H9 (รูปซ้าย) และ ชุดทดลอง H0 กับ H16 (รูปขวา)

รูปที่ 5.13. ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 ชุดทดลอง H0 กับ H25



รูปที่ 5.14. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H1 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1000 เมตรและค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 1.2×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H4 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 5×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H9 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1800 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 6×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H16 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

ชุดการทดลอง H0 กับชุดการทดลอง H25 รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 7×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.3. สรุปผลการเปรียบเทียบที่ Layer 3 ระดับความลึก 62.5 - 110 เมตร จากผิวดิน

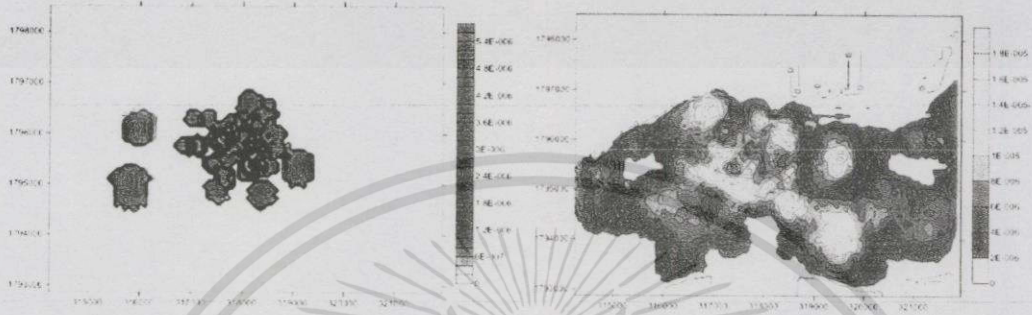
ชุดทดลอง	รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน เมตร			ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน		
	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 1	Layer 2	Layer 3
H0,H1	1200	1200	1200	2×10^{-6}	1.8×10^{-6}	1.2×10^{-6}
H0,H4	1500	1500	1500	3×10^{-6}	4×10^{-6}	5×10^{-6}
H0,H9	2500	1700	1800	5×10^{-6}	6×10^{-6}	6×10^{-6}
H0,H16	3500	3500	3500	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}
H0,H25	3500	3500	3500	7×10^{-5}	7×10^{-5}	7×10^{-5}

วิเคราะห์ผลการทดลอง

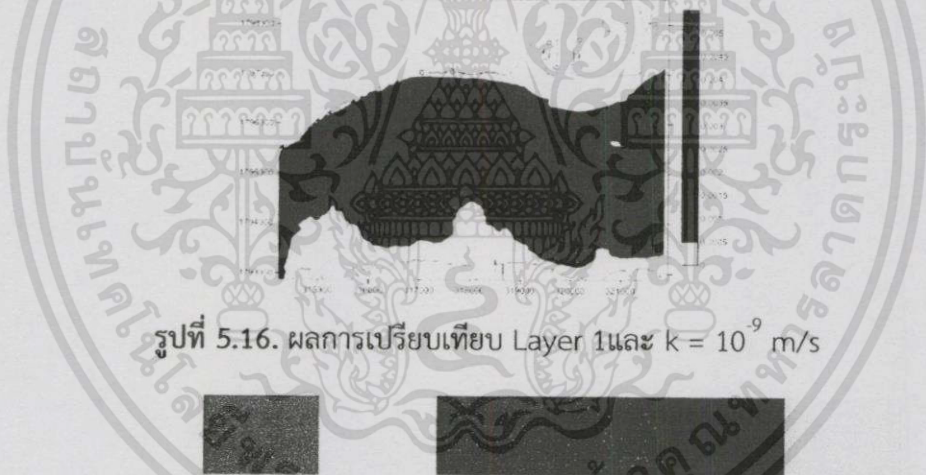
ผลการทดลองพบว่า เมื่อมีบ่อเกลือเปรียบเทียบกับไม่มีบ่อเกลือ การเปลี่ยนแปลงแรงดันน้ำบาดาลมีค่าน้อยมาก (10^{-5} เปอร์เซ็นต์ แรงดันน้ำบาดาลไม่เปลี่ยนแปลง) แต่เมื่อเพิ่มจำนวนบ่อเกลือขึ้น การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำบาดาลก็เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (แรงดันน้ำบาดาลยังคงไม่เปลี่ยนแปลง) แต่ทำให้รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันกว้างเพิ่มขึ้น

5.2.2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันของน้ำใต้ดิน เมื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ(k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s โดยกำหนดจำนวนบ่อเกลือคงที่ที่ 9 บ่อ

1.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 1 (ระดับความลึก 0-25 เมตรจากผิวดิน)



รูปที่ 5.15. ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 โดย $k = 10^{-11}$ m/s (รูปซ้าย) และ $k = 10^{-10}$ m/s (รูปขวา)



รูปที่ 5.16. ผลการเปรียบเทียบ Layer 1 และ $k = 10^{-9}$ m/s

0 1E-006 1E-005 1E-004 1.3E-004 1E-003 1E-002

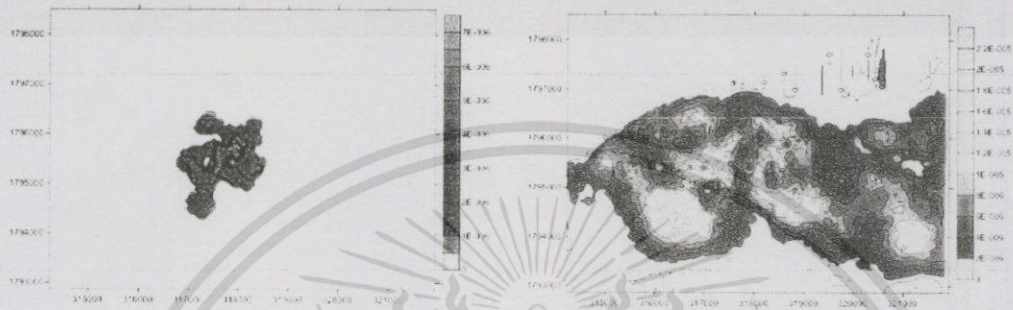
รูปที่ 5.17. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 1 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-11} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0 และ H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1300 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 3×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 1 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-10} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0 และ H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแรงดัน 1×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

จากการเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 1 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-9} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0 และ H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3×10^{-3} เปอร์เซ็นต์

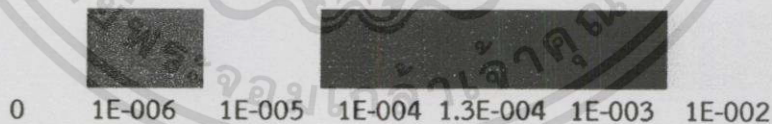
2.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 2 (ระดับความลึก 25-62.5 เมตรจากผิวดิน)



รูปที่ 5.18. ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 โดย $k = 10^{-11}$ m/s (รูปซ้าย) และ $k = 10^{-10}$ m/s (รูปขวา)



รูปที่ 5.19. ผลการเปรียบเทียบ Layer 2 และ $k = 10^{-11}$ m/s



รูปที่ 5.20. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 2 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-11} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1200 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 4×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

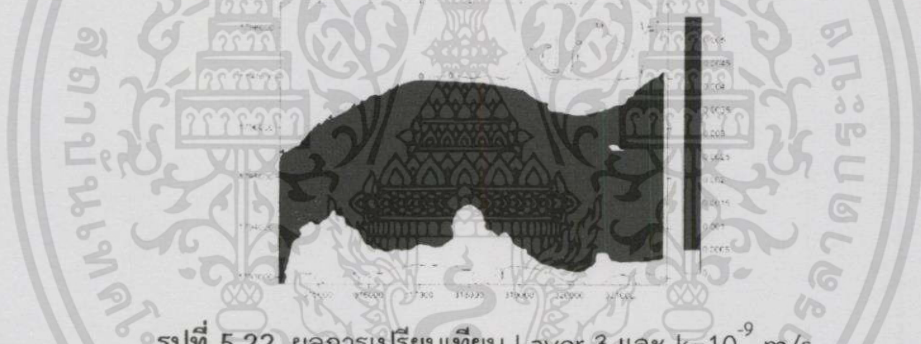
การเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 2 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-10} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1.2×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 2 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-9} m/s เปรียบเทียบระหว่าง ชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3×10^{-3} เปอร์เซ็นต์

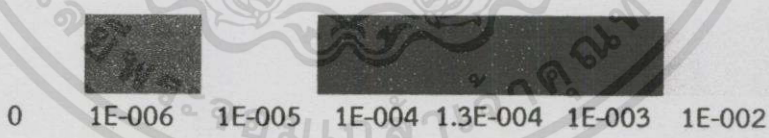
3.) ผลการเปรียบเทียบที่ Layer 3 (ระดับความลึก 62.5-110 เมตรจากผิวดิน)



รูปที่ 5.21. ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 โดย $k=10^{-11}$ m/s (รูปซ้าย) และ $k=10^{-10}$ m/s (รูปขวา)



รูปที่ 5.22. ผลการเปรียบเทียบ Layer 3 และ $k=10^{-9}$ m/s



รูปที่ 5.23. สเกลการอ่านค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของภาพ

จากการเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 3 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-11} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 4×10^{-6} เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 3 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-10} m/s เปรียบเทียบระหว่างชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 1×10^{-5} เปอร์เซ็นต์

การเปรียบเทียบที่ชั้นดิน Layer 3 เมื่อค่า k ชั้นเกลือเท่ากับ 10^{-9} m/s เปรียบเทียบระหว่าง ชุดทดลอง H0, H9 พบว่ารัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3500 เมตร และ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน 3×10^{-3} เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.4. สรุปผลการทดลอง

ชุดทดลอง	รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน เมตร			ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน		
	Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 1	Layer 2	Layer 3
$K = 10^{-11}$ m/s	1300	1200	1500	3×10^{-6}	4×10^{-6}	4×10^{-6}
$K = 10^{-10}$ m/s	3500	3500	3500	1×10^{-5}	1.2×10^{-5}	1×10^{-5}
$K = 10^{-9}$ m/s	3500	3500	3500	3×10^{-3}	3×10^{-3}	3×10^{-3}

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เมื่อค่า k ของบ่อเกลือในโมเดลมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเพิ่มขึ้นด้วย โดยค่า k เพิ่มจาก $k = 10^{-11}$ m/s เป็น $k = 10^{-10}$ m/s รัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันเพิ่มจาก 1300 เมตรเป็น 3500 เมตร และคงที่เท่ากับ 3500 เมตร เมื่อเพิ่ม $k = 10^{-9}$ m/s เพราะรัศมีการเปลี่ยนแปลงแรงดันครอบคลุมโมเดลแล้ว สำหรับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงแรงดัน เมื่อเพิ่มค่า k ขึ้น ค่าแรงดันก็ยิ่งเปลี่ยนแปลงมากขึ้น

5.3. ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล

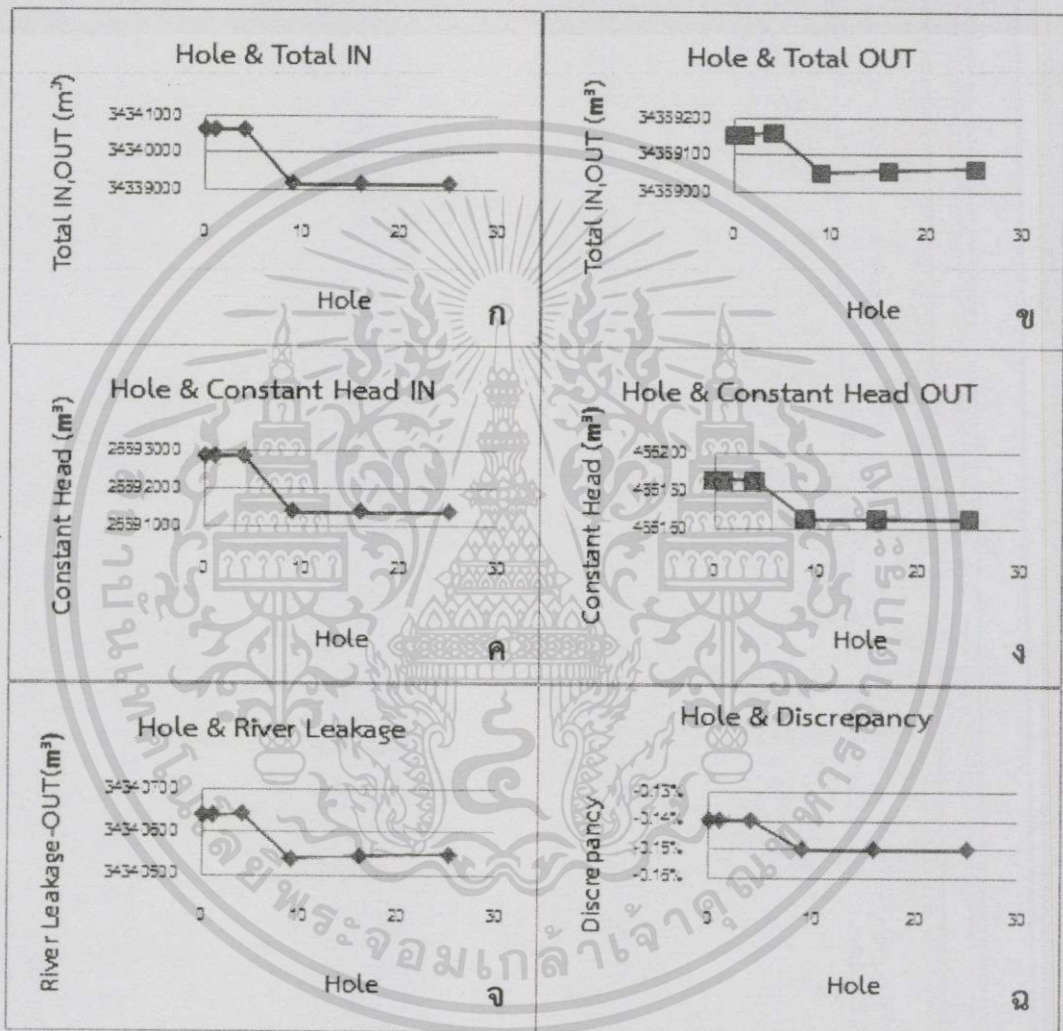
5.3.1. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.5. Mass balance เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น

Cumulative Volumes Report(m ³)						
IN						
Hole	0	1	4	9	16	25
Storage(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Constant Head(m ³)	268928576.00	268928576.00	268928544.00	268913920.00	268913856.00	268913792.00
Wells(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drains(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recharge(m ³)	74477960.00	74477960.00	74477960.00	74477960.00	74477960.00	74477960.00
ET(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stream Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GeneralHead(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total IN(m ³)	343406528.00	343406528.00	343406496.00	343391872.00	343391808.00	343391744.00
OUT						
Hole	0	1	4	9	16	25
Storage(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Constant Head(m ³)	485185.63	485185.63	485185.63	485165.41	485165.41	485165.41
Wells(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Drains(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Recharge(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ET(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
River Leakage(m ³)	343406400	343406400	343406432.00	343405376.00	343405440.00	343405472.00
Stream Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
GeneralHead(m ³)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total OUT(m ³)	343891584.00	343891584.00	343891616.00	343890528.00	343890592	343890624
IN-OUT(m ³)	-485056.00	-485056.00	-485120.00	-498656.00	-498784.00	-498880.00
Discrepancy%	-0.14%	-0.14%	-0.14%	-0.15%	-0.15%	-0.15%

เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลง เมื่อเพิ่มจำนวนบ่อเกลือเป็น 0, 1, 4, 9, 16 และ 25 บ่อ โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลน้ำบาดาล Constant Head, Recharge, River Leakage, General Head, Total (In-Out) และ Discrepancy มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 5.5 Mass balance เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น



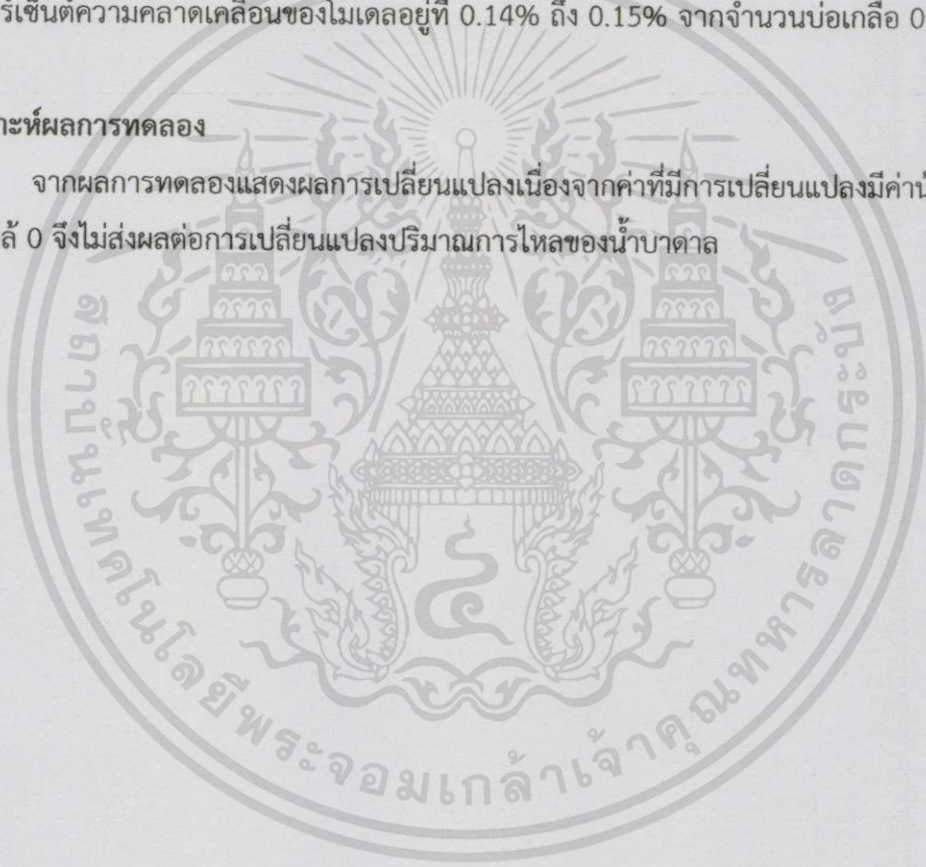
รูปที่ 5.24. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และค่าการไหลของน้ำบาดาล

- ก. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมด
- ข. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมด
- ค. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และ Constant Head IN
- ง. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และ Constant Head OUT
- จ. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือ และการรั่วซึมออกจากแม่น้ำ
- ฉ. กราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนบ่อเกลือและความคลาดเคลื่อน

จากตารางที่ 5.5 Mass balance เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น และ รูปที่ 5.24 พบว่า เมื่อเพิ่มจำนวนบ่อเกลือ ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำไหลเข้าทั้งหมดลดลงร้อยละ 0, 0, 9.32E-06, 0.00426, 0.00428, 0.00431 ตามลำดับ, ปริมาณน้ำไหลออกทั้งหมดลดลงร้อยละ 0, 0, 0, 0.003, 0.003, 0.003 ตามลำดับ, Constant Head เข้าลดลงจากเดิมร้อยละ 0, 0, 1.19E-05, 0.00545, 0.00546, 4.76E-05, 0.0027 ตามลำดับ, Constant Head ออก ลดลงจากเดิมร้อยละ 0, 0, 0, 0.00417, 0.00417, 0.00417 ตามลำดับ, การรั่วซึมออกจากแม่น้ำลดลงร้อยละ 0, 0, 0, 0.003, 0.003, 0.003 ตามลำดับ และ มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของโมเดลอยู่ที่ 0.14% ถึง 0.15% จากจำนวนบ่อเกลือ 0 ถึง 25 บ่อ

วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงผลการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงมีค่าน้อยมากจนเข้าใกล้ 0 จึงไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล



5.3.2. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล ในชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น

ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.6. Zone Budget Flow

Hole		0				1				4			
Layer		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Constant Head (m ³ /day)	in	0	35020	894.39	925.5	0	35020	894.39	925.5	0	35020	894.39	925.5
	out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage (m ³ /day)	in	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	out	0	0	47042	0	0	0	47042	0	0	0	47042	0
Recharge (m ³ /day)	in	0	10202	0	0	0	10202	0	0	0	10202	0	0
	out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To Layer 0 (m ³ /day)	in	-	-	0	0	-	-	-	0	-	-	-	0
	out	-	-	0	0	-	-	-	0	-	-	-	0
To Layer 1 (m ³ /day)	in	-	-	45163	-	-	-	45163	-	-	-	45163	-
	out	-	-	0	-	-	-	0	-	-	0	-	-
To Layer 2 (m ³ /day)	in	-	0	-	3426.2	-	0	-	3426.3	-	0	-	3426.3
	out	-	45163	-	4350.9	-	45163	-	4350.9	-	45163	-	4350.9
To Layer 3 (m ³ /day)	in	0	-	4350.9	-	0	-	4350.9	-	0	-	4350.9	-
	out	0	-	3426.2	-	0	-	3426.3	-	0	-	3426.3	-
Total (m ³ /day)	in	0	45222	50408	4351.7	0	45222	50408	4351.9	0	45222	50408	4351.9
	out	0	45227	50470	4351.9	0	45227	50470	4352.1	0	45227	50470	4352.1

Hole		9				16				25			
Layer		0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
Constant Head (m ³ /day)	in	0	35020	894.39	925.5	0	35018	894.37	925.49	0	35018	894.37	925.49
	out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
River Leakage (m ³ /day)	in	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	out	0	0	47042	0	0	0	47042	0	0	0	47042	0
Recharge (m ³ /day)	in	0	10202	0	0	0	10202	0	0	0	10202	0	0
	out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
To Layer 0 (m ³ /day)	in	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0
	out	-	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0
To Layer 1 (m ³ /day)	in	-	-	45163	-	-	-	45163	-	-	-	45163	-
	out	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	0	-
To Layer 2 (m ³ /day)	in	-	0	-	3426.3	-	0	-	3426.2	-	0	-	3426.2
	out	-	45163	-	4350.9	-	45163	-	4350.8	-	45163	-	4350.8
To Layer 3 (m ³ /day)	in	0	-	4350.9	-	0	-	4350.8	-	0	-	4350.8	-
	out	0	-	3426.3	-	0	-	3426.2	-	0	-	3426.2	-
Total (m ³ /day)	in	0	45222	50408	4351.9	0	45220	50408	4351.8	0	45220	50408	4351.8
	out	0	45227	50470	4352.1	0	45227	50469	4352	0	45227	50469	4352

หมายเหตุ

ชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค Layer 1 คือ ชั้นดินที่ระดับ 0 - 25 เมตร, Layer 2 คือ ชั้นดินที่ระดับ 25 - 62.5 เมตร และ Layer 3 คือ ชั้นดินที่ระดับ 62.5 - 110 เมตร

ส่วนที่เหลือ

Layer 0 คือ ชั้นดินที่ระดับ 110 - 400 เมตร

เครื่องหมาย "-" คือ ไม่มีการไหลผ่านพื้นที่นั้นๆ หรือ อีกนัยหนึ่งคือไม่มีการเชื่อมต่อ

จากตารางที่ 5.6. เปรียบเทียบผลการเปลี่ยนแปลงการไหลของน้ำบาดาลในชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค (Layer 1 - 3) เมื่อเพิ่มจำนวนบ่อเกลือเป็น 0, 1, 4, 9, 16 และ 25 บ่อ เมื่อพิจารณาที่ช่อง Hole จะประกอบด้วยช่อง Layer 0 - 3 โดยชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค (Layer 1 - 3) เมื่อ Layer 1 คือ ชั้นดินที่ระดับ 0 - 25 เมตร, Layer 2 คือ ชั้นดินที่ระดับ 25 - 62.5 เมตร และ Layer 3 คือ ชั้นดินที่ระดับ 62.5 - 110 เมตร ส่วนที่เหลือ Layer 0 คือ ชั้นดินที่ระดับ 110 - 400 เมตร โดยเครื่องหมาย "-" คือ ไม่มีการไหลผ่านพื้นที่นั้นๆ สามารถเลือกพิจารณาเปรียบเทียบการถ่ายเทปริมาณการไหลเข้าออกผ่านชั้นดินกับหัวข้อในช่องด้านซ้ายมือ คือ Constant Head, River Leakage, Recharge, To Layer 0, To Layer 1, To Layer 2, To Layer 3 และ Total ดังเช่น

เมื่อไม่มีจำนวนบ่อเกลือ (Hole 0) พบว่า

Layer 0 to Constant Head, River Leakage, Recharge, Layer 3 อัตราการไหลมีค่าน้อยมาก, Layer 0 to Layer 1 - 2 ไม่มีการไหลผ่าน

Layer 1 to Constant Head อัตราการไหลเข้า $35020 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออกมีค่าน้อยมาก, Layer 1 to River Leakage อัตราการไหลมีค่าน้อยมาก, Layer 1 to Recharge อัตราการไหลเข้า $10202 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออกมีค่าน้อยมาก, Layer 1 to Layer 0 และ 3 ไม่มีการไหลผ่าน, Layer 1 to Layer 2 การไหลเข้ามีค่าน้อยมาก อัตราการไหลออก $45163 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลเข้า Layer 1 ทั้งหมด (Total - IN) $45222 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลออกจาก Layer 1 ทั้งหมด (Total - OUT) $45227 \text{ m}^3/\text{day}$

Layer 2 to Constant Head อัตราการไหลเข้า $894.39 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออกมีค่าน้อยมาก, Layer 2 to River Leakage อัตราการไหลเข้ามีค่าน้อยมาก อัตราการไหลออก $47042 \text{ m}^3/\text{day}$, Layer 2 to Recharge อัตราการไหลมีค่าน้อยมาก, Layer 2 to Layer 0 ไม่มีการไหลผ่าน, Layer 2 to Layer 1 อัตราการไหลเข้า $45163 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออกมีค่าน้อยมาก, Layer 2 to Layer 3 อัตราการไหลเข้า $4350.9 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออก $3426.2 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลเข้า Layer 2 ทั้งหมด (Total - IN) $50408 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลออกจาก Layer 2 ทั้งหมด (Total - OUT) $50470 \text{ m}^3/\text{day}$

Layer 3 to Constant Head อัตราการไหลเข้า $925.5 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออกมีค่าน้อยมาก, Layer 3 to River Leakage, Recharge, Layer 0 อัตราการไหลมีค่าน้อยมาก, Layer 3 to Layer 1 ไม่มีการไหลผ่าน, Layer 3 to Layer 2 การไหลเข้า $3426.2 \text{ m}^3/\text{day}$ อัตราการไหลออก $4350.9 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลเข้า Layer 3 ทั้งหมด (Total - IN) $4351.7 \text{ m}^3/\text{day}$, อัตราการไหลออกจาก Layer 3 ทั้งหมด (Total - OUT) $4351.9 \text{ m}^3/\text{day}$

เมื่อพิจารณาทำการเปรียบเทียบจำนวนบ่อต่างๆ สามารถอ่านค่าเปรียบเทียบในตาราง ดังตัวอย่าง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล ในชั้นให้น้ำที่มีการใช้อุปโภค - บริโภค เมื่อมีจำนวนบ่อเกลือเพิ่มขึ้น จากตารางที่ 5.6. Zone Budget Flow พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล น้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลง ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล



5.3.3. การเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อบ่อเกลือคงที่จำนวน 9 บ่อ และปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ (k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.7. Mass balance เมื่อบ่อเกลือคงที่จำนวน 9 บ่อ และปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ (k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s

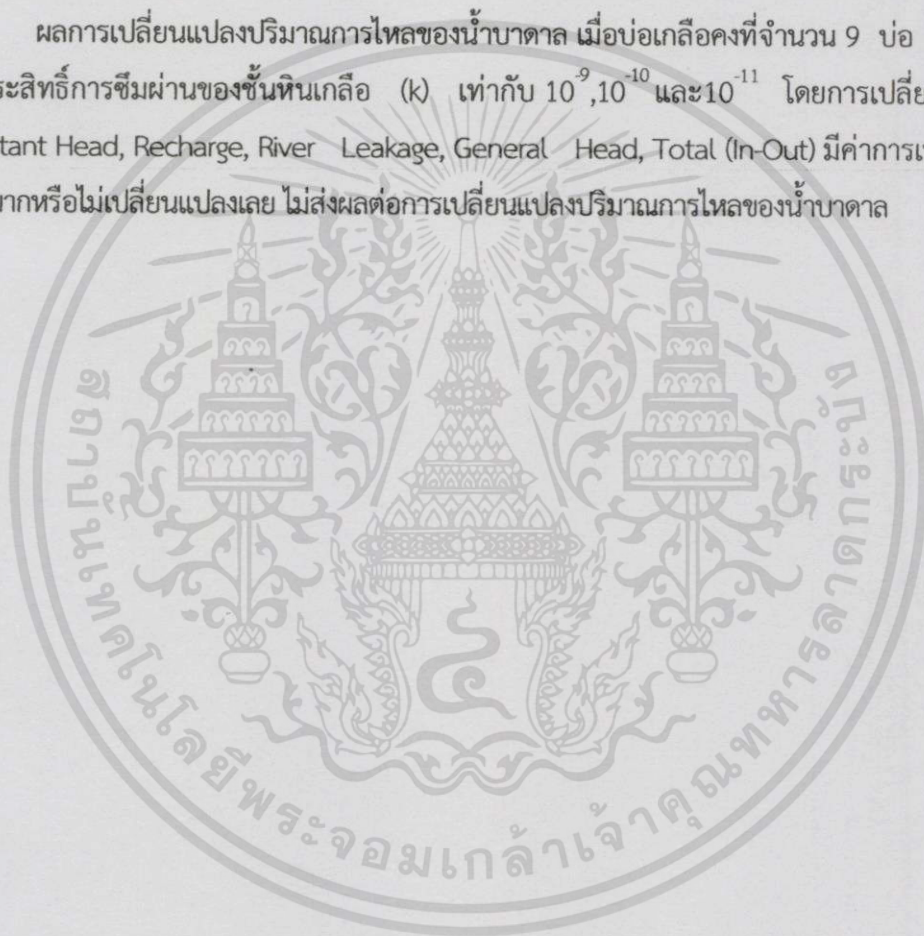
Cumulative Volumes Report (m³)

parameter K	10^{-9} m/s	10^{-10} m/s	10^{-11} m/s
IN			
Storage(m ³)	0.00	0.00	0.00
Constant Head(m ³)	26901734.00	268928448.00	268928480.00
Wells(m ³)	0.00	0.00	0.00
Drains(m ³)	0.00	0.00	0.00
Recharge(m ³)	74477960.00	74477960.00	74477960.00
ET(m ³)	0.00	0.00	0.00
River Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00
Stream Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00
GeneralHead(m ³)	0.00	0.00	0.00
Total IN(m ³)	343495296.00	343406400.00	343406432.00
OUT			
Storage(m ³)	0.00	0.00	0.00
Constant Head(m ³)	484936.78	485184.63	485185.00
Wells(m ³)	0.00	0.00	0.00
Drains(m ³)	0.00	0.00	0.00
Recharge(m ³)	0.00	0.00	0.00
ET(m ³)	0.00	0.00	0.00
River Leakage(m ³)	343374016.00	343407744.00	343406464.00
Stream Leakage(m ³)	0.00	0.00	0.00
GeneralHead(m ³)	0.00	0.00	0.00
Total OUT(m ³)	343858944.00	343892928.00	343891648.00
IN-OUT(m ³)	-363648.00	-486528.00	-485216.00
Discrepancy(%)	0.11	0.14	0.14

ตารางที่ 5.7. Mass balance เมื่อปล่อยเกลือคงที่จำนวน 9 บ่อ และปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ (k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} m/s โดยการเปลี่ยนแปลง Constant Head, Recharge, River Leakage, General Head, Total (In-Out), Discrepancy ซึ่งแสดงผลเปรียบเทียบข้างต้น ดังตาราง

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล เมื่อปล่อยเกลือคงที่จำนวน 9 บ่อ เมื่อปรับค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของชั้นหินเกลือ (k) เท่ากับ 10^{-9} , 10^{-10} และ 10^{-11} โดยการเปลี่ยนแปลงของ Constant Head, Recharge, River Leakage, General Head, Total (In-Out) มีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการไหลของน้ำบาดาล



บทที่ 6

สรุปผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

6.1. สรุปผลการศึกษา

จากการจำลองการทำเหมืองละลายเกลือโดยโปรแกรม Visual Modflow เพื่อศึกษาผลกระทบจากการทำเหมืองละลายที่มีผลต่อการไหลและแรงดันของน้ำบาดาลในพื้นที่บ้านหัวขวอ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม พบว่าการไหลและแรงดันของน้ำบาดาล มีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยมาก ไม่ส่งผลกระทบต่อน้ำบาดาลในพื้นที่

6.2. ปัญหาอุปสรรคและข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยครั้งนี้มีอุปสรรคในการทำงานต่างๆ ดังนี้

6.2.1 ข้อมูลในการทำวิจัย เนื่องจากพื้นที่ในการทำงานวิจัย กรมทรัพยากรน้ำบาดาลไม่มีการจดบันทึกข้อมูลระดับน้ำบาดาลโดยละเอียด ทำให้ข้อมูลระดับน้ำบาดาลที่นำมาใช้ในการออกแบบโมเดลเป็นค่าคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ทำให้โมเดลคลาดเคลื่อนจากความจริงไปบ้าง และไม่สามารถทำแคลิเบรชัน (Calibration) โมเดลได้

ข้อเสนอแนะ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น จึงควรมีการออกพื้นที่เก็บข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นเช่น ระดับน้ำบาดาล, ปริมาณฝน, ระดับน้ำแม่น้ำ, รายละเอียดของแม่น้ำ และอื่นๆ เพื่อให้ได้โมเดลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

6.2.2 การใช้งานโปรแกรม Visual Modflow 4.2 โปรแกรม Visual Modflow 4.2 เป็นโปรแกรมจำลองระบบน้ำบาดาล ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานให้เลือกหลากหลาย คณะผู้จัดทำจึงเกิดความสับสนในการเลือกใช้ฟังก์ชันต่างๆ แก้ปัญหาโดยศึกษาลักษณะการใช้งานฟังก์ชันจากคู่มือและสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะ การศึกษาการใช้งานโปรแกรม Visual Modflow 4.2 มีความสำคัญ ผู้ใช้งานควรมีความเข้าใจในข้อกำหนดและการใช้งานฟังก์ชันต่างๆ ของโปรแกรม เพื่อสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง

6.3. การนำไปใช้ประโยชน์

จากการศึกษาทำให้ทราบว่า ในพื้นที่บ้านหัวขัว ต.ท่าขอนยาง อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม การทำเหมืองเกลือใต้ดินที่มีมาตรฐานตาม “การร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย” โดยรองศาสตราจารย์ ดร.กิตติเทพ เฟื่องขจร ผลกระทบที่เกิดต่อระดับน้ำและแรงดันของน้ำบาดาลมีน้อยมาก สามารถนำงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการทำเหมืองเกลือในพื้นที่ได้



เอกสารอ้างอิง

- 1] กิตติเทพ เฟื่องขจร, 2543. รายงานการวิจัยการร่างคู่มือการทำเหมืองเกลือแบบละลายสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- 2] นเรศ สัตยารักษ์. 2530. อิทธิพลของชั้นเกลือหินที่มีต่อน้ำใต้ดินในภาคอีสาน. เอกสารประกอบคำบรรยายในการประชุมวิชาการประจำปี 2530 สมาคมธรณีวิทยาแห่งประเทศไทยเรื่อง “ธรณีวิทยากับการพัฒนาอีสานเขียว” ณ ห้องเพลินิจิตโรงแรมอิมพีเรียล ถนนวิทยุกรุงเทพฯ.
- 3] พรชัย พงศ์พันธุ์ลาภ, 2550. การจำลองแบบผลกระทบของแรงดันน้ำใต้ดินที่มีต่อการทำเหมืองระดับลึกที่เหมืองแม่เมาะ, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- 4] อัญชลี พงษ์สถิตย์พัฒน์, 2546. ระบบการไหลของน้ำบาดาลในเขต อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดนครราชสีมา.
- 5] 20 มกราคม 2553. กรรมวิธีการผลิตเกลือ, บริษัทเกลือพิมาย จำกัด.
ที่มา : www.psc.co.th [ออนไลน์]
- 6] 19 มีนาคม 2557. ประวัติเมืองมหาสารคาม
ที่มา : www.mahasarakham.go.th [ออนไลน์]
- 7] 19 มีนาคม 2557. ข้อมูลอุทกวิทยาจังหวัด มหาสารคาม, กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
ที่มา : www.dwr.go.th [ออนไลน์]
- 8] 19 มีนาคม 2557. ข้อมูลบ่อบาดาลในจังหวัด มหาสารคาม, กรมทรัพยากรธรณีและกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
ที่มา : http://www.dgr.go.th/well_web/Well_web.html [ออนไลน์]
- 9] 19 มีนาคม 2557. ข้อมูลอุทกนิยมนิคมวิทยา มหาสารคาม, กรมอุทกนิยมนิคมวิทยา.
ที่มา : www.tmd.go.th [ออนไลน์]
- 10] 19 มีนาคม 2557. ระดับผิวดินบ้านหัวขัว อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม, โปรแกรม Google earth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 11] 19 มีนาคม 2557. **แม่น้ำชี**, จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี
ที่มา : <http://th.wikipedia.org/wiki/แม่น้ำชี> [ออนไลน์]
- 12] Todd, D.K. 1980. **Groundwater Hydrology**, 2nd edition. John Wiley & Sons. New York.
- 13] Glenn M. Duffield, President, HydroSOLVE, Inc., 2014 ,**Representative Values of hydraulic Properties**,
ที่มา : http://www.aqtesolv.com/aquifer-tests/aquifer_properties.htm [ออนไลน์]





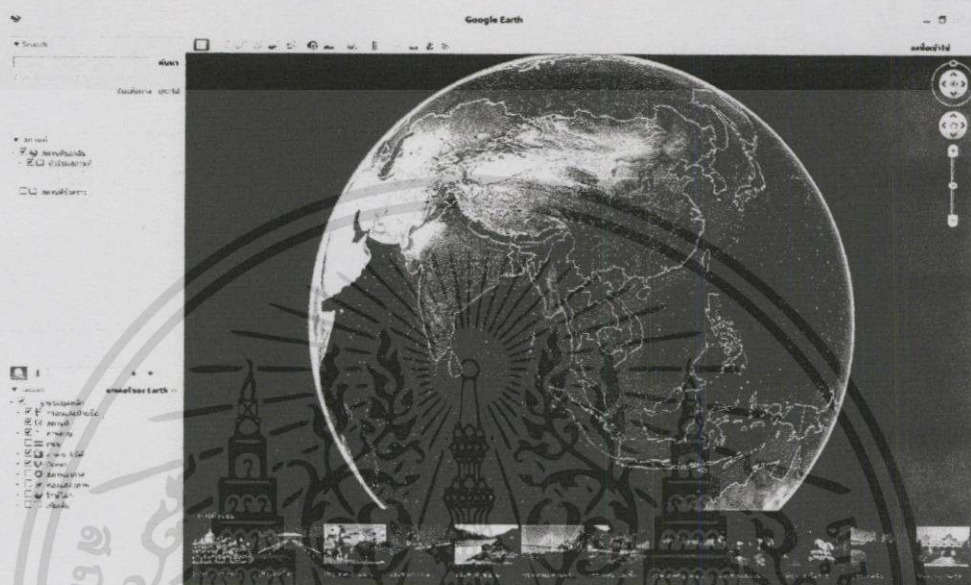
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



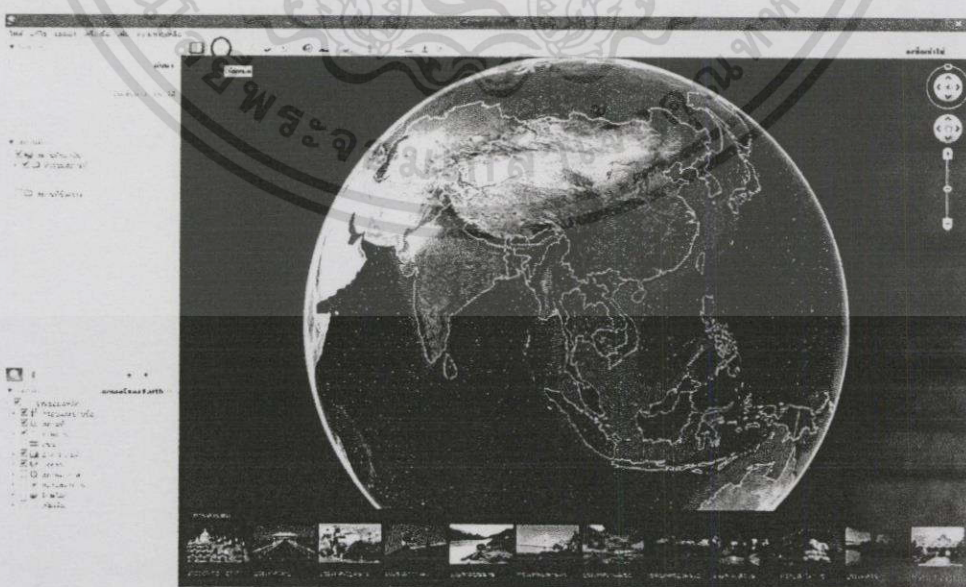
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโปรแกรม Google earth เพื่อกำหนดขอบเขต (boundary)

1. หลังจาก Install โปรแกรม Google earth เรียบร้อยแล้ว

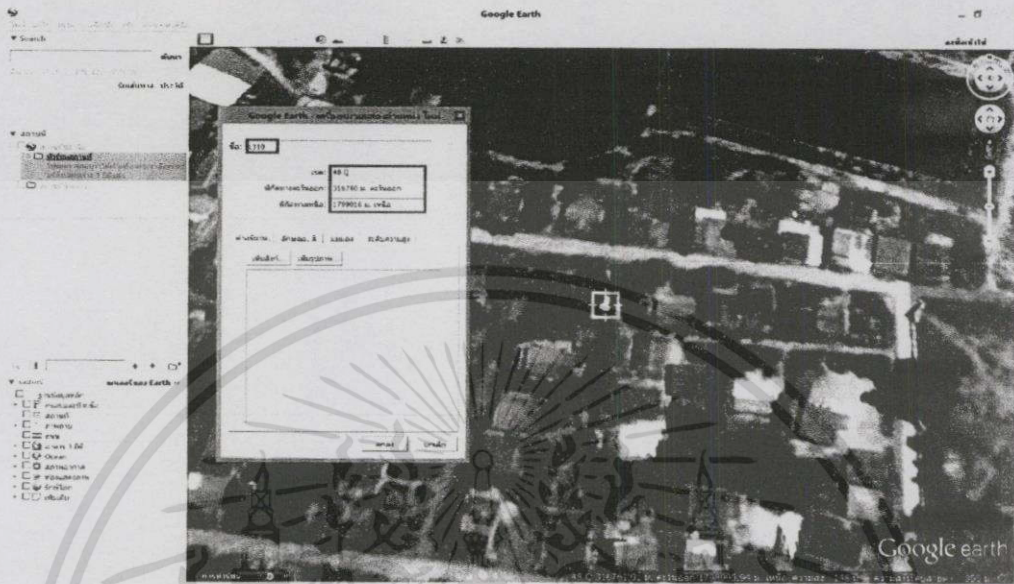


2. นำข้อมูลพิกัดบ่อน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ศึกษามากำหนดเพิ่มหมุดบน Google earth โดยการคลิก > เพิ่มหมุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ ผัก2 อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กรอกข้อมูลในกรอบสีแดง > ชื่อบ่อ และพิกัด UTM ของบ่อน้ำ



4. กำหนดหมุดเรียบร้อย หาระดับพื้นผิวดิน โดยนำเม้า์ไปวางที่หมุดที่ทำเสร็จ



ได้ระดับผิวดินของบ่อน้ำ 148 m msl นำไปหักลบกับระดับน้ำของบ่อบาดาลจากผิวดิน 2 m (ข้อมูลจากArcgis Explorer) ได้ระดับน้ำของบ่อบาดาลที่ 146 m msl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กำหนดหมุดต่างๆ เพิ่มจนครอบคลุมทั้งพื้นที่



6. นำรูปแผนที่ Google Earth ที่ได้ไปใช้ในการอ้างอิงพิกัดในโปรแกรม Visual Modflow และกำหนดขอบเขต(Boundary) เช่นในรูปเส้นสีฟ้าคือแม่น้ำ เรากำหนดขอบเขตด้านล่างเป็นแม่น้ำ

7. จากนั้นนำข้อมูลแม่น้ำ พิกัดและระดับน้ำของบ่อบาดาล ไปทำแผนที่ Contour น้ำบาดาลต่อไปเพื่อกำหนด ขอบเขตด้านอื่นๆ ของโมเดล



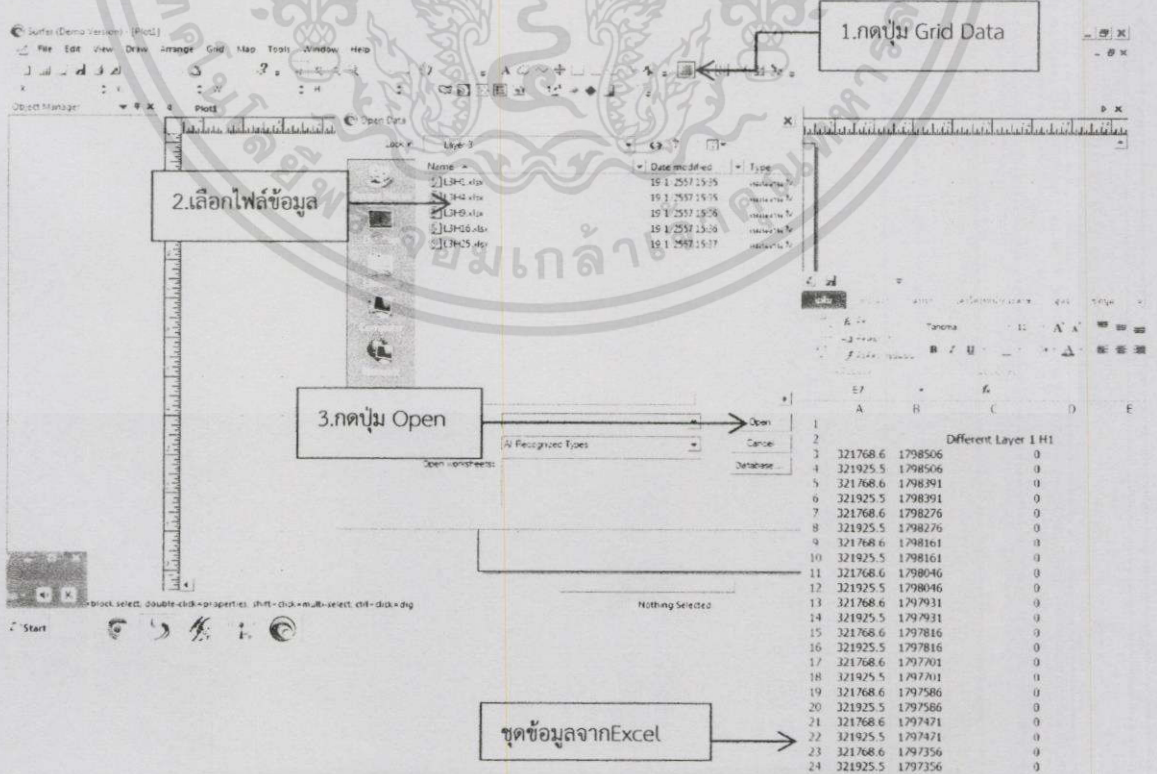
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้โปรแกรม Surfer

1. เมื่อเปิดหน้าต่างโปรแกรม Surfer



2. กดปุ่ม Grid Data เพื่อนำเข้าจากโปรแกรมข้อมูลอื่นๆ ในที่นี้จะนำข้อมูลจากExcel



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดค่า Grid Data

1. เลือก Local Polynomial

2. กดปุ่ม OK

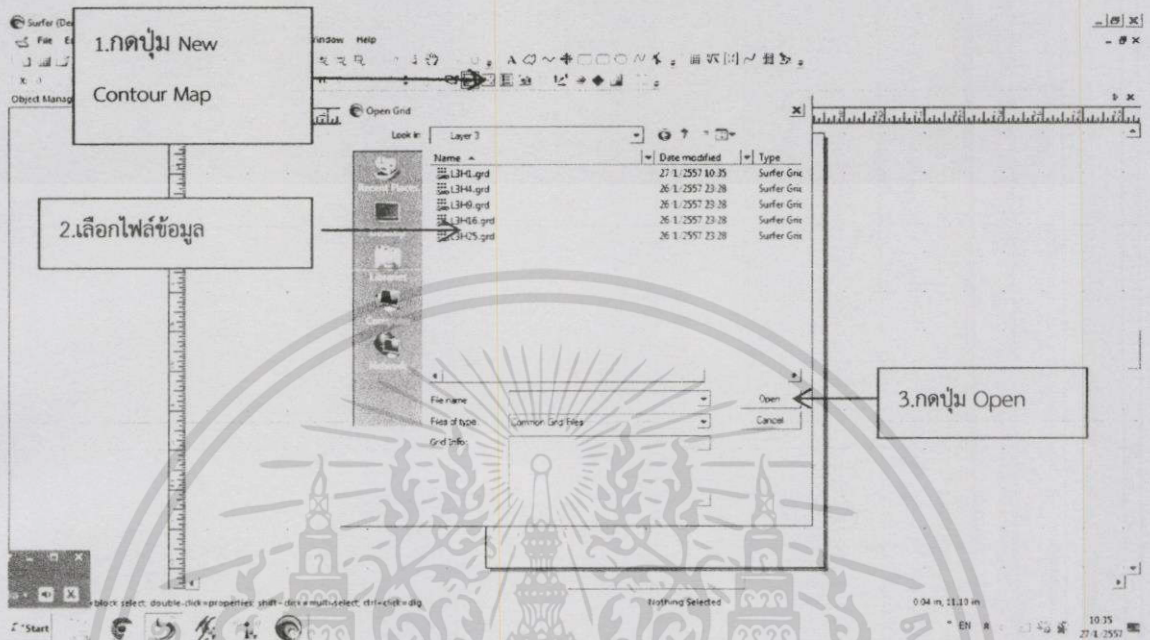
4. กดปุ่ม OK

Grid Line Geometry	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	314236.5	321925.5	77.56666667	100
Y Direction:	1792569	1298506	77.21917808	74

Grid file C:\Users\Zaku\Dropbox\Project\ระดระระพ่มุม\K-9\Layer 3\L3H1.grd has been created.

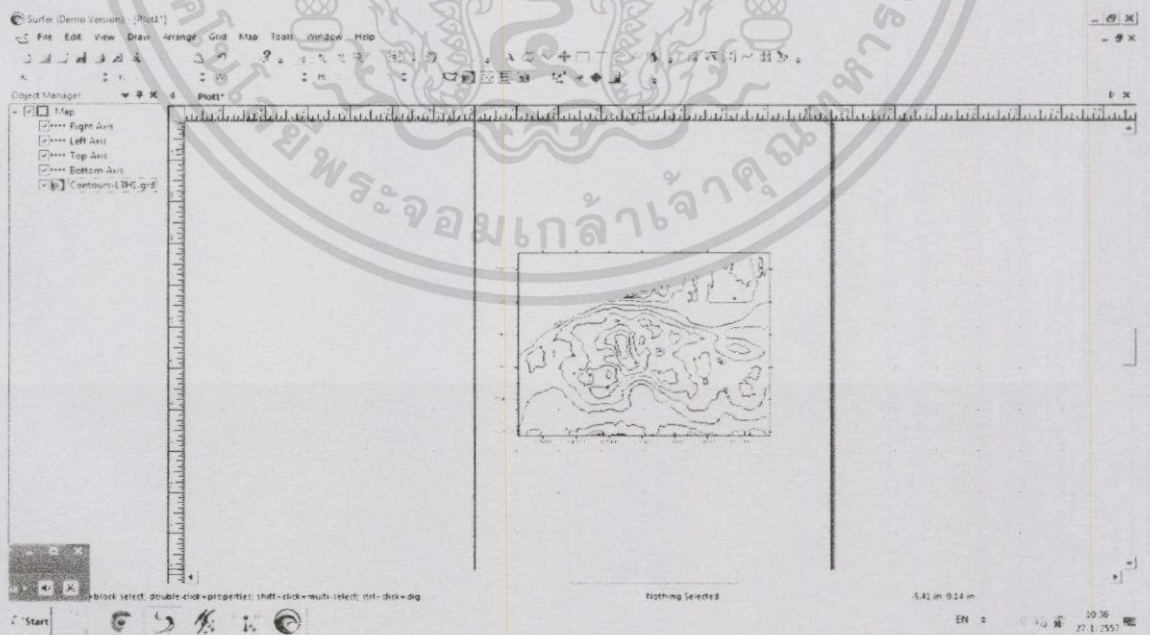
OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5. กดปุ่ม New Contour Map

6. โปรแกรมจะแสดงรูป Contour Map



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กำหนดค่าต่างๆของ Contour Map

1.ดับเบิลคลิก

2.สามารถปรับและใส่ค่าตัวแปรต่างๆได้ตามต้องการ

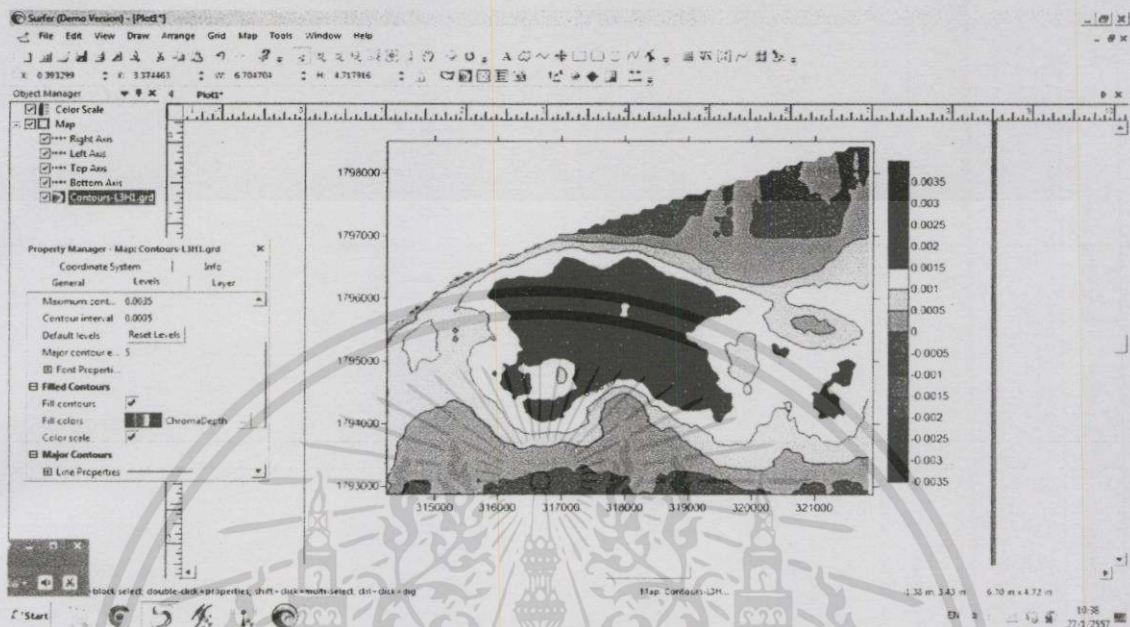
8. แสดงการปรับแต่ง โดยในที่นี้จะทำการใส่สี Contour Map

1.กดคลิกถูกในช่อง

2.กำหนดสีที่ต้องการและกดปุ่ม OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่ไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ได้รูปภาพ Contour Map ตามต้องการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และเผยแพร่อย่างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้