

**สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง**

**โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินระดับตื้น  
พื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม**

**THE STUDY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SHALLOW  
GROUND WATER IN LOWER NAM KAM BASIN AREAS IN  
NAKHON PHANOM PROVINCE**



โดย  
นายภาณุวัฒน์ โรจน์ปิติสุนทร  
นายกรุพงษ์ พลพิมพ์พัฒน์  
นายสถาพร ครี้นน้ำใจ  
นายสุรียา จุลสำราญ

เลขที่.....  
เลขทะเบียน..... **82935**  
วันเดือนปี..... **29 ก.ค. 2551**

b. **11๙ ๕๙๔๕1**  
i.....

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2550**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินระดับตื้น  
พื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม

THE STUDY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SHALLOW  
GROUND WATER IN LOWER NAM KAM BASIN AREAS IN  
NAKHON PHANOM PROVINCE



โดย  
นายภาณุวัฒน์ วิจารณ์ปิติสุนทร  
นายกรุพงษ์ พลพิมพ์  
นายสถาพร ครี้น้ำใจ  
นายสุรียา จุลสำราญ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**THE STUDY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF  
SHALLOW GROUND WATER IN LOWER NAM KAM BASIN AREAS IN  
NAKHON PHANOM PROVINCE**



MR. PANUVAT ROJPITISOONTORN  
MR. PURIPONG PONPIMONPAT  
MR. SATHAPORN KURENNUMJAI  
MR. SURIYA JULSAMRAN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENT FOR DEGREE BACHELOR OF CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING,  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2007


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองโครงการพิเศษ

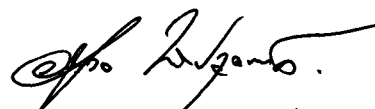
หัวข้อโครงการพิเศษ โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินระดับตื้น  
พื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม

นักศึกษา นายภาณุวัฒน์ โรจน์ปีติสุนทร รหัสประจำตัว 47010563  
นายภูริพงษ์ พลพิมพ์พัฒน์ รหัสประจำตัว 47010579  
นายสถาพร ครื้นน้ำใจ รหัสประจำตัว 47010795  
นายสุริยา จุลสำราญ รหัสประจำตัว 47010904

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา  
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา  
อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.อูมา สีนุญเรือง

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สฤต ห่อวโนทยาน ดร.อูมา สีนุญเรือง อ.อุบะ ศิริแก้ว อ.ชลิตา อู่ตะเภา	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

  
(รศ.อำนวยการ พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 11 เดือน มีนาคม พ.ศ.2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินระดับตื้น พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม		
	THE STUDY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SHALLOW GROUND WATER IN LOWER NAM KAM BASIN AREAS IN NAKHON PHANOM PROVINCE		
นักศึกษา	นายภาณุวัฒน์	โรจน์ปิติสุนทร	รหัสประจำตัว 47010563
	นายภูริพงษ์	พลพิมลพัฒน์	รหัสประจำตัว 47010579
	นายสถาพร	ครี้นน้ำใจ	รหัสประจำตัว 47010795
	นายสุรียา	จุลสาราญ	รหัสประจำตัว 47010904
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.อุมา สีนุญเรือง		
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา		
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์		
ปีการศึกษา	2550		

## บทคัดย่อ

เนื่องด้วยโครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม เป็นโครงการเพื่อแก้ไขปัญหาคความเค็มครึ้นของราษฎรบริเวณสองข้างลำน้ำ รวมทั้งยังมีการพัฒนาพื้นที่ที่เหมาะสมกับสภาพความเป็นอยู่ของชาวบ้าน ปัญหามุ่งเน้นทางด้านเกษตรเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปัญหาที่สำคัญที่สุดคือปัญหาคคุณภาพน้ำใต้ดิน จุดประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดินระดับตื้นของพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง จังหวัดนครพนม เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นฐานข้อมูลสำหรับการป้องกันและแก้ไขปัญหาคที่เกิดจากกระจายตัวของดินเค็ม เนื่องจากผลกระทบบของน้ำใต้ดินที่อาจจะเกิดในอนาคต โดยจะทำการวัดระดับน้ำใต้ดิน พร้อมกับเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินที่จะทำการทดสอบจากบ่อน้ำใต้ดินของชาวบ้าน และทำการขุดเจาะหลุมตื้น แล้วนำตัวอย่างมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประกอบด้วย ค่า pH ค่าTDS ค่าความเค็ม และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆเหล่านี้ จากการศึกษาพบว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความเค็มของดิน คือ ความเค็มของน้ำใต้ดิน ความลึกของน้ำใต้ดิน และลักษณะชั้นดิน บริเวณที่พบความเค็มของน้ำใต้ดินคือ บ้านพระซองน้อย บ้านนาสีนวล บ้านดอนแดง บ้านลาดศรีชมพู และบ้านดงมะเอก ส่วนบริเวณที่ความเค็มของดินได้รับผลกระทบจากความเค็มของน้ำใต้ดินคือบ้านดงมะเอก และบ้านดอนแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	THE STUDY ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF SHALLOW GROUND WATER IN LOWER NAM KAM BASIN AREAS IN NAKHON PHANOM PROVINCE
Name	MR. PANUVAT ROJPITISOONTORN MR. PURIPONG PONPIMONPAT MR. SATHAPORN KURENNUMJAI MR. SURIYA JULSAMRAN
Field	CIVIL ENGINEERING
Department	CIVIL ENGINEERING
Faculty	ENGINEERING
Advisor	DR. UMA SEEBOONRUANG

## ABSTRACT

Because the Lower Nam Kam Basin Irrigation Project in Nakhon Panom Province aims to resolve problems belonging to people living along the river and to manage the suitable land use pattern. The main problems in this area mostly relate to agricultures and one of these is the quality of groundwater. Therefore, the objective of this research is to study the physical and chemical properties of shallow groundwater in the lower Nam Kam Basin in Nakhon Panom Province. The benefit of this study is to serve as the fundamental database for protection and resolution planning for salinity distribution in the future. The procedure includes measuring groundwater table and collecting groundwater samples from constructed and villagers' shallow wells, analyzing for phesical and chemical properties such as pH, TDS, and salinity, and investigation for their relationships. From the study, it is found that the factors that can affect the soil salinity are groundwater salinity, groundwater depth, and the soil profile textures. Brackish groundwater is found at Bann Prasongnai, Bann Na Sri Nuan, Bann Don Dang, Bann Lad Sri Chompoo, and Bann Dong Ma Eak. The areas that are affected by the saline groundwater are Bann Dong Ma Eak and Bann Don Dang.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มิได้เกิดจากผู้เขียนเพียงลำพัง จึงใคร่ขอกราบพระคุณบุคคลที่มีส่วนร่วมในรายงานฉบับนี้ที่ทำให้โครงการพิเศษบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ซึ่งมีรายชื่อดังนี้

บุพการีที่คอยให้กำลังใจและให้การสนับสนุนด้านทุนทรัพย์

อาจารย์อุมา สีบุญเรือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ โครงการพิเศษในครั้งนี้จะไม่ดำเนินได้ถ้าขาดอาจารย์ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ

ดร.สกล ห่อวโนทยาน อาจารย์อุษะ ศิริแก้ว อาจารย์ชลิดา อยู่ตะเถา อาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในงานพิเศษครั้งนี้

กองทุน สจล. ที่อนุเคราะห์เงินทุนในการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้อย่างเต็มที่  
อบต.ทุกตำบลในอำเภอหาดูพนม และ อำเภอเรณูนครที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับพื้นที่ในการทำงาน

เพื่อนๆที่ร่วมโครงการพิเศษในกลุ่มน้ำก่ำ จังหวัดนครพนม ทุกคนที่ร่วมช่วยกันทำงานช่วยเหลือ เหน็ดเหนื่อยในการเจาะดิน และช่วยในการทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วง

จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนช่วยในโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และกราบขออภัยบุคคลผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้กล่าวถึง ณ ที่นี้แต่ยังคงระลึกถึงตลอด

นายภาณุวัฒน์ โรจน์ปิติสุนทร

นายภูริพงษ์ พลพิมลพัฒน์

นายสถาพร ครั้นน้ำใจ

นายสุริยา จุลสำราญ

ผู้ประพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทที่	เรื่อง	หน้า
	ปกใน ( ภาษาไทย )	ก
	ปกใน ( ภาษาอังกฤษ )	ข
	หน้าอนุมัติ	ค
	บทคัดย่อภาษาไทย	ง
	บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
	กิตติกรรมประกาศ	ฉ
	สารบัญ	ช
	สารบัญตาราง	ญ
	สารบัญรูป	ฎ
1	บทนำ	
1.1	ความเป็นมา	1
1.2	ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.3	วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.4	ขอบเขตโครงการวิจัย	2
1.5	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6	วิธีการศึกษา	3
2.	วรรณกรรมปริทัศน์	
2.1	นิยามและความหมาย	4
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	5
2.2.1	ลักษณะสำคัญของน้ำใต้ดิน	5
2.2.2	การแบ่งชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ผิวดิน	6
2.2.3	การไหลของน้ำใต้ดิน	11
2.2.4	คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำใต้ดิน	12
2.2.5	คุณสมบัติทางเคมีของน้ำใต้ดิน	14
2.2.6	ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
2.2	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	19
2.2.7	ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม	19
2.2.8	ลักษณะชั้นเกลือใต้ผิวดิน	20
2.2.9	คุณสมบัติทางแบคทีเรีย	22
2.2.10	ศักยภาพน้ำใต้ดิน	22
2.2.11	วิธีการสร้างบ่อน้ำ	25
2.3	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	29
2.3.1	โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม (พ.ศ.2549)	29
2.3.2	โครงการศึกษาวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน และการแพร่กระจายของน้ำเค็ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (พ.ศ. 2544)	29
2.3.3	โครงการศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง บริษัทที่ปรึกษาGITEC CONSURTANT GMBH (มีนาคม พ.ศ.2541)	30
2.3.4	โครงการการศึกษาการกระจายความเค็มของดินเค็มกรมชลประทาน (พ.ศ.2537)	30
2.3.5	โครงการการศึกษาธรณีฟิสิกส์ ในบริเวณพื้นที่ตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ กรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ.2540)	31
3.	วิธีการทดลอง	
3.1	รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการ	32
3.1.1	กิจกรรมที่วางแผนไว้	32
3.1.2	กิจกรรมที่ทำได้จริง	32
3.2	ขั้นตอนการดำเนินการ	33
3.2.1	ศึกษาหาข้อมูลและทฤษฎีเบื้องต้น	33
3.2.2	ศึกษาหาข้อมูลจากหน่วยงานราชการ	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	เรื่อง	หน้า
3.2	ขั้นตอนการดำเนินการ	
3.2.3	วางแผนการทำงานเบื้องต้น	35
3.2.4	การทำสำรวจในพื้นที่จริง	35
3.2.4.1	ลักษณะการทำงานสำรวจพื้นที่จริง	35
3.2.5	การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากพื้นที่จริง	40
3.2.5.1	ตัวอย่างการทำสำรวจหาค่าระดับในพื้นที่จริง	40
3.2.5.2	การทดสอบหาค่า TDS, pH, ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเค็ม	41
3.2.6	การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากพื้นที่จริง	42
3.2.6.1	ขั้นตอนการใช้โปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง	43
3.2.6.2	ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ค่า Gradient	67
3.2.7	สรุปผลข้อมูลและทำรูปเล่มรายงาน	70
4.	<b>ผลการทดลองและการอภิปรายผล</b>	
4.1	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริง	71
4.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่านโปรแกรม Surfer กับ ArcView GIS	72
4.3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่านโปรแกรม Excel	96
5.	<b>สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1	ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริง	108
5.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่าน	108
5.3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่านโปรแกรม Excel	109
	<b>เอกสารอ้างอิง</b>	110

# สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1	Conversion factor สำหรับแปลงผลการวิเคราะห์จาก mg/l (ppm) เป็น meq/l (epm)	13
ตารางที่ 2.2	การแบ่งประเภทของน้ำตามระดับความกระด้าง (จาก Todd, 1980)	15
ตารางที่ 3.1	แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 48) ความลึกเจาะและระดับน้ำใต้ดิน พร้อมทั้งค่าระดับจากระดับน้ำทะเล	31
ตารางที่ 3.2	แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ต่าง (UTM48) พร้อมทั้งค่าระดับอ้างอิง	32
ตารางที่ 3.3	แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการสำรวจหาค่าระดับในพื้นที่จริง	39
ตารางที่ 3.4	แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient แกน X	67
ตารางที่ 3.5	แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient แกน Y	68
ตารางที่ 3.6	แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient	69
ตารางที่ 4.1	แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 47) ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ระดับความสูง (รทก) และผลการทดสอบคุณภาพน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนสิงหาคม 2550	71
ตารางที่ 4.2	แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 47) ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ระดับความสูง (รทก) และผลการทดสอบคุณภาพน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 2 ช่วงเดือนตุลาคม 2550	72

# สารบัญรูป

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 1.1	วิธีการศึกษางานวิจัย	3
รูปที่ 2.1	แหล่งน้ำใต้ดิน	5
รูปที่ 2.2	การแบ่ง เขตชั้นน้ำ และประเภทของน้ำใต้ดินในเขตต่างๆ	7
รูปที่ 2.3	ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer)	8
รูปที่ 2.4	ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) บ่อน้ำบาดาลมีแรงดัน (Artesian well) และบ่อน้ำพุ (Flowing well)	9
รูปที่ 2.5	ชั้นหินอุ้มน้ำปริ่ม (Perched aquifer)	10
รูปที่ 2.6	แผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย (จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2544)	23
รูปที่ 2.7	ลักษณะของบ่อน้ำบาดาลชนิดบ่อขุด (Dug well)	25
รูปที่ 2.8	ลักษณะของหัวเจาะ โดยวิธีการเจาะด้วยสว่าน	26
รูปที่ 2.9	วิธีการเจาะด้วยสว่านแบบ Bucket augers	26
รูปที่ 2.10	Well-points systems เพื่อช่วยระบายน้ำบริเวณขุดเจาะ	27
รูปที่ 2.11	ลักษณะของบ่อดอก (Driven well)	28
รูปที่ 2.12	หัวเจาะโดยใช้น้ำพ่นลักษณะต่าง ๆ (Jetting drill bits)	28
รูปที่ 3.1	รูปแผนที่บริเวณที่จะทำการสำรวจ	35
รูปที่ 3.2	การถ่ายระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น	36
รูปที่ 3.3	การถ่ายระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น	36
รูปที่ 3.4	ลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	37
รูปที่ 3.5	ลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	37
รูปที่ 3.6	การวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	38
รูปที่ 3.7	การวัดค่าพิกัด GIS ของบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	38
รูปที่ 3.8	การวัดค่า pH ของน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	39
รูปที่ 3.9	การวัดค่า TDS ค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ	39

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.10	ตัวอย่างการหาค่าระดับแบบสูง-ต่ำ	40
รูปที่ 3.11	การวัดค่า TDS, ค่าความนำไฟฟ้า และค่าความเค็มเครื่องยี่ห้อ Senso Direct Con200	41
รูปที่ 3.12	การวัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง ยี่ห้อ EUTECH SaltTestr	42
รูปที่ 3.13	แสดงการเปิดโปรแกรม ArcView แล้วเปิดหน้าต่าง เพิ่มข้อมูลใน โปรแกรม	43
รูปที่ 3.14	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม ArcView โดยเลือกเมนู Analysis คำสั่ง Properties	43
รูปที่ 3.15	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View ช่องบน Same As Amphoe3.shp Cell Size 50 กด Enter แล้วกด OK	44
รูปที่ 3.16	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Themes คำสั่ง Convert to Grid	44
รูปที่ 3.17	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเซฟและตั้งชื่อไฟล์ แล้วกด OK	45
รูปที่ 3.18	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยกด Yes	45
รูปที่ 3.19	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View จะได้ Grid ของ 3 อำเภอที่ทำการสำรวจ	46
รูปที่ 3.20	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยเปิด Excel เรียงข้อมูลพิกัดกับความสูง จากระดับน้ำทะเล แล้ว save นามสกุล .xls	46
รูปที่ 3.21	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Surfer เลือกเมนู Grid คำสั่ง Data	47

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.22	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเปิดไฟล์ที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3.20	47
รูปที่ 3.23	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือก Contour 48	48
รูปที่ 3.24	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมาเปิดค้างไว้ก่อนแล้วทำขั้นตอนต่อไป	48
รูปที่ 3.25	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยคลิกไอทอนดังกล่าวค้างไว้แล้วเลือกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า	49
รูปที่ 3.26	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ 3 อำเภอทั้งหมด	49
รูปที่ 3.27	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจากการลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ทั้งหมดให้คลิกขวาเลือก Shape Properties	50
รูปที่ 3.28	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้ค่าพิกัดตำแหน่งของมุมกรอบทั้ง 4 มุม	50
รูปที่ 3.29	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยจากรูปที่ 3.28 ให้นำค่าพิกัดแต่ละมุมมาใส่เป็นค่า X Y (min, max)	51
รูปที่ 3.30	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยใส่ค่า X Y (min, max) เสร็จแล้วก็ Save ไฟล์	51
รูปที่ 3.31	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู Grid คำสั่ง Convert	52

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.32	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกไฟล์ที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3.31	52
รูปที่ 3.33	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดย Save ไฟล์ไว้ในนามสกุลดั่งรูป	53
รูปที่ 3.34	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู File คำสั่ง Open	53
รูปที่ 3.35	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกไฟล์ที่ Save ไว้ในนามสกุลดั่งรูป	54
รูปที่ 3.36	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยจะได้ค่าเป็นตารางเหมือน Excel แต่ค่าที่ได้จะมีจำนวนมากกว่า	54
รูปที่ 3.37	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกข้อมูลทิ้งแล้วเลือกคำสั่ง Copy	55
รูปที่ 3.38	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยนำข้อมูลในขั้นตอนรูปที่ 3-37 มาวาง	55
รูปที่ 3.39	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยจะได้ข้อมูลจากขั้นตอนรูปที่ 3.38	56
รูปที่ 3.40	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยแทรกแถวช่องบนสุด 1 ช่องเพื่อแทรกคำอธิบายแต่ละค่า	56
รูปที่ 3.41	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยใส่คำอธิบายดั่งรูป	57
รูปที่ 3.42	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยทำการจัดรูปแบบเซลล์ของ ข้อมูลแต่ละช่อง	57
รูปที่ 3.43	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Excel โดยกำหนดตำแหน่งเลขทศนิยม 2 ช่องแรกเป็นศูนย์ ช่องที่ 3 ให้ใส่เลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง	58

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.44	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว	58
รูปที่ 3.45	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ในรูปแบบสกุล .txt	59
รูปที่ 3.46	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเพิ่มตารางของข้อมูลที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3-45	59
รูปที่ 3.47	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้ตารางข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ตาราง	60
รูปที่ 3.48	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู View คำสั่ง Add Event Theme...	60
รูปที่ 3.49	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกช่อง Title เป็นชื่อ .txt ที่ Save ในขั้นตอนรูปที่ 3.45 แล้วช่องต่อไป Utmx และ Utmn ตามลำดับ	61
รูปที่ 3.50	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เป็นเส้น Grid ดังรูป	61
รูปที่ 3.51	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Theme คำสั่ง Convert to Shape file...	62
รูปที่ 3.52	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดย Save ไฟล์แล้วกด OK	62
รูปที่ 3.53	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกกด Yes	63
รูปที่ 3.54	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเมนู Analysis คำสั่ง Properties	63

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 3.55	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยช่องบนเลือก Save As Grid Contour	64
รูปที่ 3.56	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Surface คำสั่ง Interpolate Grid	64
รูปที่ 3.57	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงออกมาตามข้อมูล	65
รูปที่ 3.58	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงเทียบกับตำแหน่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงใน 3 อำเภอ	65
รูปที่ 3.59	แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงเทียบกับตำแหน่งข้อมูลป้อนน้ำใต้ดินระดับต้นใน 3 อำเภอ	66
รูปที่ 4.1	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	72
รูปที่ 4.2	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	73
รูปที่ 4.3	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	74
รูปที่ 4.4	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	75
รูปที่ 4.5	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	76
รูปที่ 4.6	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	77

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.7	แผนที่แสดงระดับผลต่างเส้นชั้นความสูงของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับ ครั้งที่ 2	77
รูปที่ 4.8	แผนที่แสดงระดับผลต่างเส้นชั้นความสูงของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับ ครั้งที่ 2	78
รูปที่ 4.9	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	78
รูปที่ 4.10	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	79
รูปที่ 4.11	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	79
รูปที่ 4.12	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	80
รูปที่ 4.13	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	81
รูปที่ 4.14	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	81
รูปที่ 4.15	แผนที่แสดงผลต่างของลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ของครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	82

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.16	แผนที่แสดงผลต่างของลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	82
รูปที่ 4.17	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	83
รูปที่ 4.18	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	83
รูปที่ 4.19	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	84
รูปที่ 4.20	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	85
รูปที่ 4.21	แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power	85
รูปที่ 4.22	แผนที่แสดงผลต่างลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	86
รูปที่ 4.23	แผนที่แสดงผลต่างลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ ในพื้นที่ 3 อำเภอด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	86
รูปที่ 4.24	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	87

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.25	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	88
รูปที่ 4.26	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	88
รูปที่ 4.27	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	89
รูปที่ 4.28	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของผลต่างความลึกของน้ำใต้ดิน ในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	90
รูปที่ 4.29	แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของผลต่างความลึกของน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ 3 อำเภอด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2	91
รูปที่ 4.30	แผนที่แสดง Gradient ของระดับผิวดินในพื้นที่สำรวจ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	91
รูปที่ 4.31	แผนที่แสดง Gradient ของระดับผิวดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	92
รูปที่ 4.32	แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	92
รูปที่ 4.33	แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	93
รูปที่ 4.34	แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	94
รูปที่ 4.35	แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging	95
รูปที่ 4.36	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึก ของระดับน้ำใต้ดิน ครั้งที่ 1	96

## สารบัญรูป ( ต่อ )

รูปที่	ชื่อรูป	หน้า
รูปที่ 4.37	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ครั้งที่ 2	97
รูปที่ 4.38	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดิน ครั้งที่ 1	98
รูปที่ 4.39	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดิน ครั้งที่ 2	99
รูปที่ 4.40	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า Clorics ของน้ำใต้ดินครั้งที่ 1	100
รูปที่ 4.41	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า Clorics ของน้ำใต้ดินครั้งที่ 2	101
รูปที่ 4.42	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางครั้งที่ 1	102
รูปที่ 4.43	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางครั้งที่ 2	103
รูปที่ 4.44	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับผิวดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางครั้งที่ 1	104
รูปที่ 4.45	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับผิวดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลางครั้งที่ 2	105
รูปที่ 4.46	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับ Gradient ของน้ำใต้ดินครั้งที่ 1	106
รูปที่ 4.47	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับ Gradient ของน้ำใต้ดินครั้งที่ 1	107

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

เนื่องจากประชาชนบริเวณสองฝั่งลำน้ำท่าประสบปัญหาอุทกภัยในฤดูฝน และปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงในช่วงหน้าแล้งและยังมีปัญหาดินเค็มในบางพื้นที่ จึงทำให้ความเป็นอยู่ของประชาชนของสองฝั่งของลำน้ำมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้น พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระราชดำริ โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาคความเค็มครึ้นของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณข้างลำน้ำทั้งสองฝั่ง แต่เนื่องจากบริเวณพื้นที่ของโครงการบางส่วนที่มีปัญหาดินเค็มอย่างรุนแรง จึงไม่สามารถใช้พื้นที่ในการเกษตรได้ ดังนั้นการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของดินและน้ำใต้ดินระดับตื้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรทราบและมีฐานข้อมูลเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มต่อไป

### 1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง เป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมในช่วงหน้าฝน และปัญหาขาดแคลนน้ำอย่างรุนแรงในช่วงหน้าแล้ง ดังนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ พระราชทานพระราชดำริโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม เพื่อแก้ไขปัญหาคความเค็มครึ้นของราษฎรบริเวณสองข้างลำน้ำ รวมทั้งยังมีการพัฒนาพื้นที่ที่เหมาะสมกับสภาพความเป็นอยู่ของชาวบ้าน ปัญหาที่มุ่งเน้นด้านเกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งปัญหาที่สำคัญที่สุดคือปัญหาคุณภาพน้ำใต้ดิน เนื่องจากบางพื้นที่ประกอบด้วยชั้นเกลือหิน ซึ่งบางบริเวณชั้นเกลือหินอยู่ในระดับตื้น บางบริเวณมีลักษณะโครงสร้างเป็นภูเขาเกลือใต้ดินที่อยู่ไม่ลึกจากผิวดินมากนัก จึงส่งอิทธิพลต่อแหล่งน้ำใต้ดินโดยเกลือที่ละลายมากับน้ำใต้ดิน จะถูกพัดพาแพร่กระจายไปตามทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินและน้ำผิวดิน ทำให้เกิดคราบเกลือสีขาวระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งในธรรมชาติน้ำใต้ดิน จะมีการเคลื่อนที่หรือไหลไปตามช่องว่างของหินที่มันกักเก็บสะสมตัวอยู่ด้วยอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและหลักการทางศาสตร์การไหลของน้ำบาดาลเป็นการ ไหลในลักษณะผ่านตัวกลางที่มีรูพรุน (Porous media) พลังงานหรือแรงที่มีอิทธิพลต่อการไหลของน้ำบาดาลที่สำคัญ ได้แก่ แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ความดันบรรยากาศ และความดันที่เกิดจากน้ำหนักของน้ำที่วางกดทับอยู่ตลอดจนแรงต้านที่เกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Molecular attraction) ระหว่างผิวของเม็ดตะกอนและน้ำที่คอยต้านการไหลของน้ำบาดาล และเพื่อศึกษาข้อมูลและปัญหาเหล่านี้ จึงต้องมีการหา

เอกสารเป็นเอกสารที่ลงนามไว้แล้วหรือมีการแก้ไขในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลพื้นฐาน เช่น ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ระดับต้นและคุณภาพของน้ำใต้ดิน เพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาต่อไป

### 1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- ศึกษาคุณสมบัติของน้ำใต้ดินในพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็มทั้งทางกายภาพ และทางเคมี
- ศึกษาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน
- ศึกษาความสัมพันธ์ระดับน้ำใต้ดิน ความเค็มของน้ำใต้ดิน และการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน

### 1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

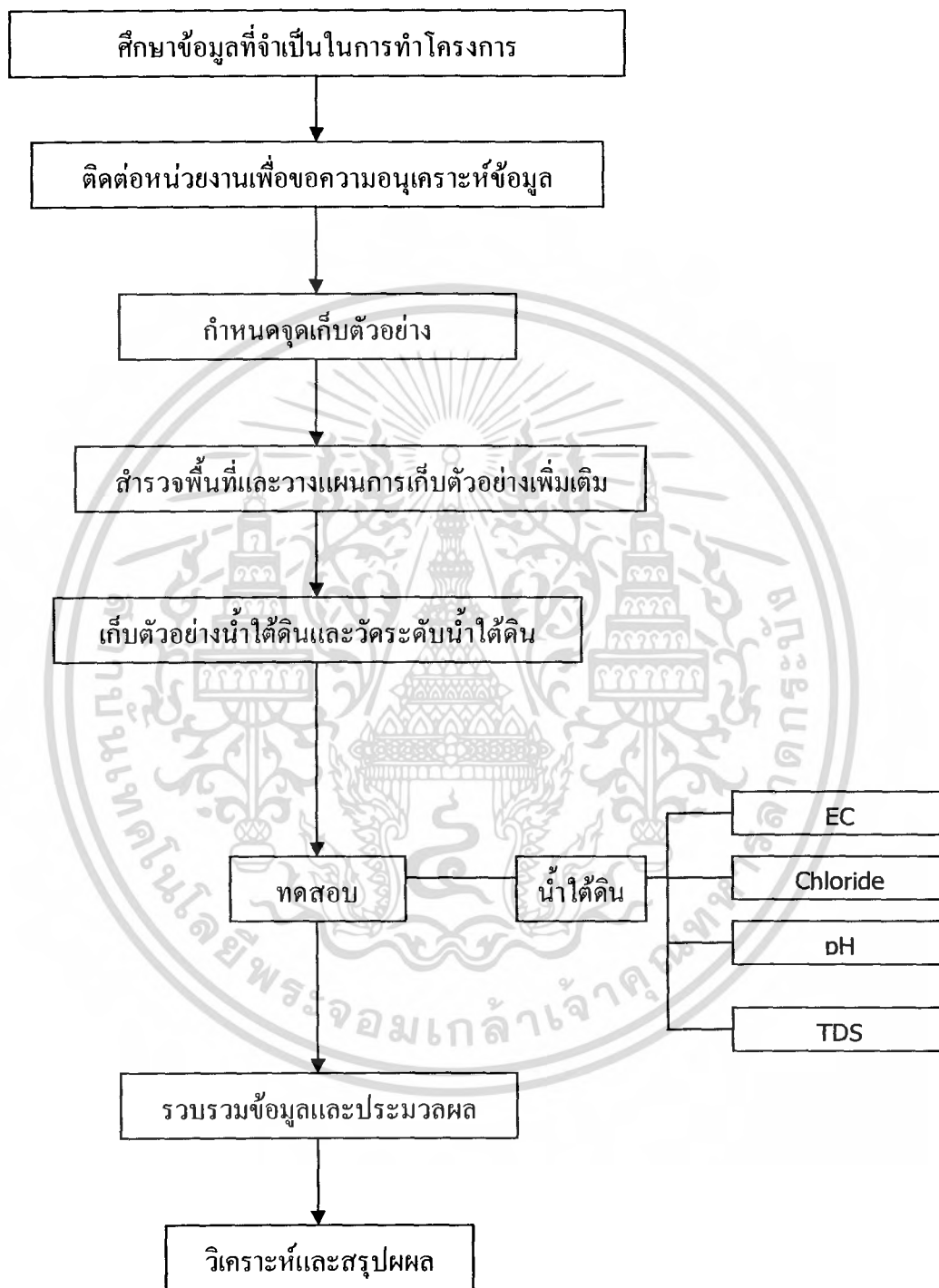
โครงการการศึกษาจะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินชั้นแรก โดยการทำบ่อสังเกตการณ์เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพรวมทั้งคุณสมบัติทางเคมีของน้ำใต้ดินในพื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง ตำบลน้ำท่า จังหวัดนครพนม จะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อยู่อาศัยเพื่อนำข้อมูลคุณสมบัติของน้ำใต้ดินในพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็มทั้งทางกายภาพ และทางเคมี รวมทั้งข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินที่ได้นั้นไปประกอบกับข้อมูลอื่นๆ เช่น ระดับน้ำใต้ดิน ความเค็มของน้ำใต้ดิน และการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน เพื่อทำการศึกษาในการลดผลกระทบจากปัญหาความเค็มของน้ำใต้ดินต่อไป

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในเรื่องทิศทางการไหล และคุณสมบัติของน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม ที่มีการสำรวจและเก็บข้อมูลของระดับน้ำใต้ดิน รวมทั้งคุณภาพน้ำใต้ดิน จะก่อให้เกิดผลดีต่อพื้นที่ในการใช้ประโยชน์จากการศึกษาผลกระทบเบื้องต้นในโครงการชลประทานนี้ ซึ่งทำให้พื้นที่โดยรอบและบริเวณใกล้เคียงบรรเทาปัญหาการขาดแคลนน้ำของชาวบ้านและเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายของน้ำที่เกิดจากปัญหาดินเค็มเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 วิธีการศึกษา



รูปที่ 1.1 วิธีการศึกษางานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### วรรณกรรมปริทัศน์

#### 2.1 นิยามและความหมาย

“น้ำใต้ดิน” คือ น้ำที่อยู่ในระดับใต้ดิน เกิดจากการดูดซับน้ำลงสู่ใต้ดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ น้ำตื้น (Unconfined groundwater) ได้แก่ น้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นกรวดระดับตื้น และ น้ำบาดาล (confined groundwater) ได้แก่ น้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นกรวดดินทรายระหว่างชั้นน้ำที่บสองชั้น หรือ น้ำใต้ดินที่อยู่ในรอยแตกของหิน ซึ่งแหล่งน้ำใต้ดินที่นำมาใช้ประโยชน์ได้มากคือ น้ำบาดาล

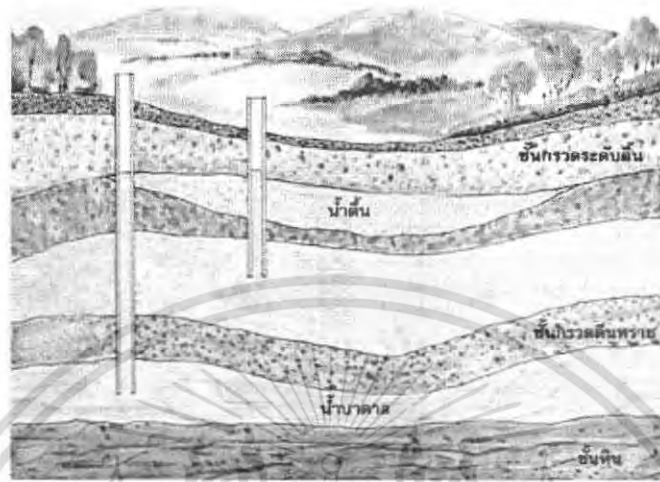
“คุณภาพน้ำ” หมายถึง ความเหมาะสมของน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมเฉพาะของมนุษย์ คุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปัจจัยของสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ได้แก่ สภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ลักษณะของธรณีวิทยา พืชพรรณธรรมชาติ รวมถึงกิจกรรมของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

“pH” หมายถึง ตัววัดค่าของอนุมูลไฮโดรเจนอิสระในน้ำ น้ำธรรมชาติมีพีเอช 6-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.2.1 ลักษณะสำคัญของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 2.1 แหล่งน้ำใต้ดิน

น้ำใต้ดินเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมาใช้อย่างแพร่หลาย และทวีความสำคัญขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อการพัฒนาแหล่งน้ำผิวดินขนาดใหญ่เพื่อการอุปโภค บริโภค และการชลประทาน โดยการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำเริ่มมีข้อจำกัดในเรื่องของสถานที่ที่เหมาะสม และผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อม ทำให้มนุษย์เราให้ความสำคัญในการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลมากขึ้น ประกอบกับเมื่อพิจารณาในภาพรวมแล้ว น้ำบาดาลจะมีข้อดีหรือข้อได้เปรียบน้ำผิวดินหลายประการด้วยกัน ดังนี้

1) น้ำใต้ดิน มักจะปราศจากจุลินทรีย์ซึ่งเป็นพาหะเชื้อโรคต่างๆ เนื่องจากจากน้ำใต้ดินจะไหลซึมผ่านตามช่องว่างของชั้นดินและหินต่างๆ ทำให้เกิดกระบวนการกรองตามธรรมชาติ(Natural filtration) เมื่อดตะกอนดินจะช่วยดูดซับเอาพวกจุลินทรีย์ต่างๆ ไปได้

2) อุณหภูมิของน้ำใต้ดินมักจะคงที่ เนื่องจากน้ำใต้ดินกักเก็บในช่องว่างของหินซึ่งอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนผิวดินจะไม่ส่งผลต่ออุณหภูมิของน้ำใต้ดิน ในขณะที่น้ำผิวดินตามแม่น้ำ ลำธาร จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำได้ง่ายกว่าและไม่คงที่

3) ความขุ่นและสีของน้ำใต้ดินจะมีน้อยมาก กระบวนการกรองตามธรรมชาติช่วยให้ น้ำใต้ดินมีความใส เพราะไม่มีตะกอน ในขณะที่น้ำผิวดินจะมีความขุ่นด้วยตะกอนที่ปะปนอยู่และแปรเปลี่ยนได้ง่าย สีของน้ำผิวดินอาจจะมาจากสารเคมีที่ได้จากพืชบางชนิดที่น้ำไหลผ่าน

4) คุณสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีมักจะคงที่ การที่น้ำใต้ดินกักเก็บอยู่ใต้ผิวดิน ทำให้มีโอกาสที่ถูกปนเปื้อนน้อยกว่าน้ำผิวดินจึงทำให้คุณสมบัติและส่วนประกอบทางเคมีคงที่

5) ปริมาณของน้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บไว้ในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง มักจะมากกว่าปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำผิวดินในบริเวณนั้นๆ เมื่อพิจารณาปริมาณของช่องว่างที่น้ำใต้ดินกักเก็บอยู่ในชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป ซึ่งอาจลึกลงไปถึงหลายร้อยเมตร ทำให้ปริมาณของน้ำใต้ดินที่กักเก็บอยู่ในบริเวณนั้นๆ จะมากกว่า ปริมาณของน้ำผิวดินตามแม่น้ำ ลำธารต่างๆ

6) แหล่งน้ำใต้ดิน จะเป็นแหล่งที่ทำให้สกปรกได้ยากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำ ผิวดิน ซึ่งเปิดโอกาสให้สารปนเปื้อนต่างๆ เข้าถึงได้โดยตรง ในขณะที่สารปนเปื้อนจะต้องไหลซึม ผ่านชั้นดินชั้นหินลงไปก่อนที่จะถึงระดับชั้นน้ำใต้ดิน สารปนเปื้อนจึงถูกกระบวนการกรองตาม ธรรมชาติช่วยกักกรองออกไปจำนวนหนึ่ง

7) แหล่งน้ำใต้ดิน มักจะมีหรือพบได้ในบริเวณที่อาจจะไม่มีน้ำผิวดินเลย น้ำใต้ดินเกิด จากน้ำฝนที่ซึมผ่านชั้นดินชั้นหินลงไปกักเก็บอยู่ในช่องว่างต่างๆ ใต้ผิวดินลงไปในพื้นที่หนึ่งๆ และ ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ในอดีตกาลอาจมีสภาพภูมิอากาศที่เปียกชื้น มีฝนตกต่อเนื่องและซึมผ่านลงไปกัก เก็บในช่องว่างใต้ผิวดินลงไป เมื่อเวลาผ่านไป สภาพภูมิอากาศของพื้นที่นั้นอาจเปลี่ยนแปลงไปเป็น สภาพภูมิอากาศที่แห้งแล้ง ทำให้ไม่มีน้ำผิวดินที่กักเก็บอยู่หรือมีเป็นช่วงระยะเวลาสั้นๆ ที่ฝนตกลงมา อาทิ ภูมิภาคประเทศแบบทะเลทราย หรือกึ่งทะเลทราย ซึ่งใต้ผิวดินลงไปมีโอกาสพบน้ำ บาดาล ซึ่งเกิดจากน้ำฝนอดีตกาลซึมลงไปกักเก็บอยู่ในปริมาณที่มากพอมาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ บริเวณใดๆ ที่ปัจจุบันอาจดูแห้งแล้ง ไม่มีน้ำผิวดิน แต่ใต้ดินลงไปมีโอกาสที่จะพบน้ำ บาดาลกักเก็บอยู่

## 2.2.2 การแบ่งชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ผิวดิน [10]

### 2.2.2.1 เขตอิมอากาศ (Zone of aeration or Vadose zone)

เขตอิมอากาศ หมายถึง ส่วนที่อยู่ติดกับผิวดิน ในเขตนี้ช่องว่างบางส่วนจะมีน้ำกักเก็บ อยู่ และบางส่วนมีฟองอากาศแทรกอยู่น้ำใต้ดินที่ถูกกักเก็บในเขตอิมอากาศนี้ เรียกรวมกันว่าน้ำ แขนวลอย ถึงแม้ปริมาณน้ำที่แทรกอยู่ในช่องว่างเหล่านี้จะมีปริมาณมาก แต่น้ำไม่สามารถสูบน้ำ ขึ้นมาใช้ได้ เนื่องจากน้ำจะถูกยึดอยู่ในช่องว่างด้วยแรงดึงดูดคาпилลารี เขตอิมอากาศสามารถแบ่งย่อยได้ 3 ส่วน

1) Belt of soil water เป็นส่วนอยู่บนสุดของเขตอิมอากาศ ประกอบไปด้วยดิน วัสดุ อินทรีย์ และอินทรีย์ต่างๆ น้ำที่ถูกกักเก็บในส่วนนี้ เรียกว่า ความชื้นในดิน เป็นน้ำที่ใช้สำหรับการ เกษตรกรรม และยังชีพของพืชและต้นไม้ต่างๆ น้ำบางส่วนอาจสูญเสียบกลับคืนสู่บรรยากาศโดยตรง โดยกระบวนการการระเหยและการคายน้ำ

2) Capillary fringe เป็นส่วนที่อยู่เหนือถัดขึ้นมาจากเขตอิมน้ำขึ้นไปจนถึงจุดที่สูงสุด ที่น้ำซึมขึ้นไปด้วยแรงคาпилลารี น้ำที่ถูกกักเก็บในส่วนนี้ เรียกว่า น้ำคูดูด ความหนาของส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับแรงดึงดูดคาпилลารี ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างของดิน ถ้าช่องว่างมีขนาดเล็กส่วนนี้จะหนามาก ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่องว่างมีขนาดใหญ่ส่วนนี้ก็จะไม่หนามาก ซึ่งเปรียบเทียบกับน้ำที่ขึ้นไปในหลอดดูดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก เทียบกับในหลอดดูดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่

3) Intermediate belt เป็นส่วนที่อยู่ระหว่าง Belt of soil water กับ Capillary fringe ไม่ค่อยมีความสำคัญมากนัก เพราะเป็นเพียงทางผ่านของน้ำที่ซึมผ่านลงไปเท่านั้น น้ำในส่วนนี้เรียก Intermediate vadose water ในแต่ละสภาพธรณี ส่วนนี้อาจจะมีหรือไม่มีก็ได้ ขึ้นอยู่กับความลึกของเขตอิมม่าน กล่าวคือ ถ้าเขตอิมม่านอยู่ไม่ลึกจากผิวดิน ส่วนของ Intermediate belt อาจจะไม่มีเลย เพราะเขตอิมม่านอากาศจะมีความหนาไม่มาก ในขณะที่ถ้าเขตอิมม่านอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน ความหนาของเขตอิมม่านอากาศก็จะมากไปด้วย ทำให้ส่วนของ Intermediate belt ก็จะมี ความหนา มาก ไปด้วย

### 2.2.2.2 เขตอิมม่าน (Zone of saturation or Phreatic Zone)

ในเขตอิมม่านนี้ ทุกช่องว่างที่มีอยู่ในดินและหิน จะมีน้ำแทรกอยู่เต็มไปหมดหรืออีกนัยหนึ่งจะอิมม่านไปด้วยน้ำ น้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในเขตอิมม่านนี้ เรียกว่า น้ำบาดาล ระดับบนสุดของเขตอิมม่าน เรียกว่า ระดับน้ำบาดาล (Water table) ณ ตำแหน่งของระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำในช่องว่าง (Pore water pressure) จะเท่ากับ ความดันบรรยากาศ ณ ตำแหน่งที่ลึกต่ำลงไปจากระดับน้ำบาดาล ความดันของน้ำก็จะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากน้ำหนักของตัวน้ำที่กดทับด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถสูบน้ำบาดาลจากเขตอิมม่านน้ำขึ้นมาใช้ เนื่องจากความดันที่สูงกว่าความดันบรรยากาศนั่นเอง

เขตอิมม่านอากาศ Zone of aeration (Vadose zone)	น้ำเข้านอกดิน (Vadose water)	ความชื้น Soil water	Belt of soil water	ระดับน้ำบาดาล Water table
		Intermediate vadose water	Intermediate belt	
		น้ำดูดซึม Capillary water	Capillary fringe	
เขตอิมม่านน้ำ Zone of saturation (Phreatic zone)		น้ำบาดาล Ground water		

รูปที่ 2.2 การแบ่ง เขตชั้นน้ำ และประเภทของน้ำใต้ดินในเขตต่างๆ

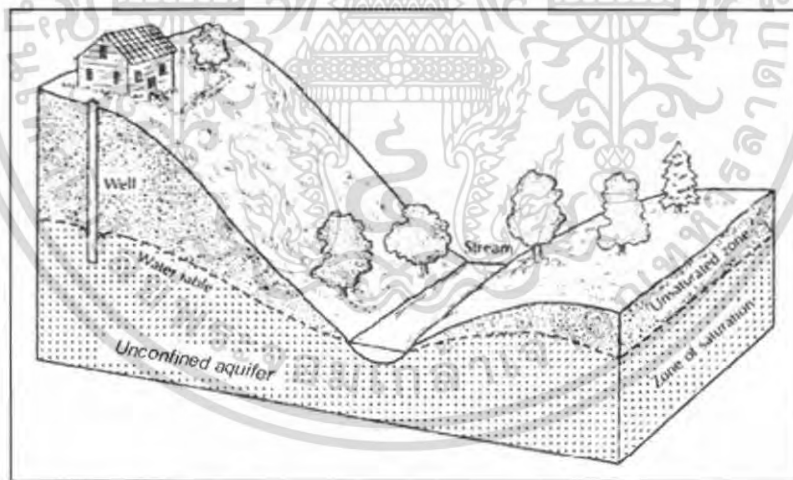
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.2.3 ชั้นหินอุ้มน้ำ

โดยสภาพธรณีวิทยาแล้ว หินประเภทต่างๆ ที่พบบนเปลือกโลก ไม่ว่าจะเป็นหินร่วน พากกรวด ทราย ตะกอนธารน้ำหรือหินแข็งที่มีรูพรุนอาทิ หินทราย หินที่มีรอยแตก หรือหินที่ละลายน้ำได้ อาทิ หินปูน หินโคลไมต์ ต่างก็มีช่องว่างที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้ เรียกรวมกันว่า หินกักเก็บน้ำ แต่หินกักเก็บน้ำนี้อาจจะจ่ายน้ำได้ไม่เพียงพอในการสูบขึ้นมาใช้สอย จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางอุทกธรณีของหินเหล่านั้นเป็นสำคัญ ชั้นหินหรือกลุ่มของชั้นหินที่อึดตัวด้วยน้ำและสามารถปล่อยน้ำบาดาลให้ได้เป็นปริมาณมากและเพียงพอต่อการสูบน้ำขึ้นมาใช้สอย เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำ (Aquifer)

ชั้นหินอุ้มน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด ขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีและแรงดัน

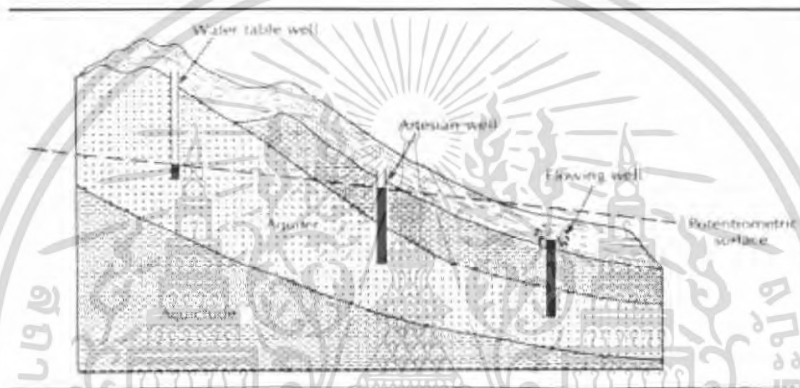
1) ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่ไม่ได้อยู่ภายใต้แรงดัน กล่าวคือ ไม่มีชั้นหินกั้นน้ำปิดทับอยู่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ถัดจากผิวดินลงไป มีระดับน้ำบาดาลอยู่ตลบนบนสุดของชั้นหินอุ้มน้ำ ความหนาของเขตอึดน้ำก็คือ ความหนาของชั้นหินอุ้มน้ำชนิดนี้ระดับน้ำบาดาลจะมีระดับและความลาดชันที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันนี้ จะได้รับน้ำลงไปเพิ่มเติมจากน้ำฝนที่ซึมผ่านเขตอึดอากาศลงไปโดยตรง ถ้าเจาะบ่อบาดาลลงไปชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันนี้ ระดับน้ำในบ่อจะแสดงระดับน้ำบาดาลรอบๆบ่อ ซึ่งอยู่ในระดับเดียวกัน



รูปที่ 2.3 ชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer)

2) ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน หมายถึง ชั้นหินอุ้มน้ำที่มีชั้นหินกั้นน้ำปิดทับอยู่ อาจเฉพาะด้านบนหรือรวมทั้งปิดทับด้านบนและรองรับด้านล่าง ทำให้น้ำบาดาลและชั้นหินอุ้มน้ำนี้ อยู่ภายใต้แรงดันที่มากกว่าแรงดันบรรยากาศ ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันอาจจะได้รับน้ำลงไปเพิ่มเติมจากน้ำฝนที่ซึมผ่านส่วนของชั้นหินอุ้มน้ำที่โผล่ที่ผิวดินหรือจากที่น้ำฝนซึมผ่านชั้นหินกั้นน้ำลงไป ถ้าเจาะบ่อบาดาลผ่านชั้นหินกั้นน้ำเข้าไปในตัวชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันนี้ ระดับน้ำในบ่ออาจจะขึ้นไปสูงกว่าเอกสาร์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับของชั้นหินอุ้มน้ำ ซึ่งแสดงว่า น้ำบาดาลนี้จะอยู่ภายใต้แรงดัน ระดับน้ำในบ่อดังกล่าวจะแสดงระดับแรงดันของน้ำบาดาลในชั้นหินอุ้มน้ำ และจะมีระดับสูงกว่าส่วนที่อมน้ำด้วยเสมอ เรียกแนวหรือระดับที่เป็นสมมติแสดงระดับแรงดันนี้ว่า ระดับแรงดันน้ำ (Potentiometric surface) ในกรณีที่เจาะบ่อบาดาลในตำแหน่งที่มีระดับแรงดันน้ำอยู่เหนือระดับผิวดิน น้ำในบ่อก็จะพุหรือพุ่งขึ้นมาเอง โดยไม่ต้องมีการสูบ เรียกบ่อบาดาลนี้ว่าบ่อน้ำพุ (Flowing well) โดยระดับที่น้ำพุ่งขึ้นมาจะขึ้นไปจนถึงระดับแรงดันที่มีอยู่ในชั้นหินอุ้มน้ำ ในกรณีที่เจาะบ่อบาดาลในตำแหน่งที่ระดับแรงดันน้ำอยู่ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับผิวดิน จะได้บ่อบาดาลมีแรงดัน (Artesian well) ซึ่งระดับน้ำในบ่อก็จะอยู่สูงกว่าระดับของชั้นหินอุ้มน้ำแต่ไม่มีน้ำพุออกมา

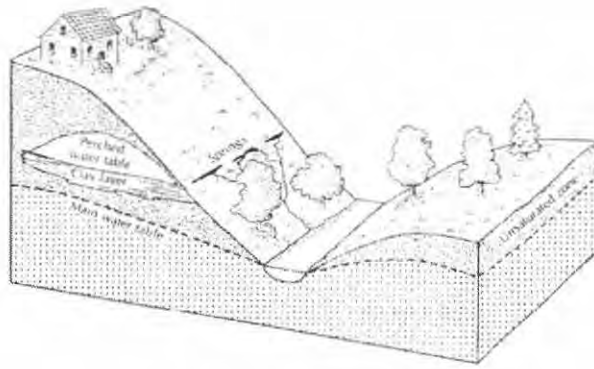


รูปที่ 2.4 ชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) บ่อน้ำบาดาลมีแรงดัน (Artesian well) และบ่อน้ำพุ (Flowing well)

3) ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม

ในบางกรณีในเขตอิมอากาศ อาจจะมีชั้นของหินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก วางตัวลักษณะโค้งงอคล้ายแอ่งเกิดรวมอยู่ด้วย เมื่อน้ำฝนซึมผ่านลงมาจากผิวดิน น้ำส่วนหนึ่งจะถูกกักเก็บไว้เหนือ ชั้นหินเนื้อแน่น ในขณะที่น้ำฝนอีกส่วนหนึ่งจะไหลซึมผ่านลงไปสู่เขตอิมน้ำที่อยู่ด้านล่างลักษณะเช่นนี้จะทำให้มีส่วนหนึ่งอิมตัวด้วยน้ำวางตัวอยู่บนชั้นหินเนื้อแน่นและอยู่ในระดับที่เหนือกว่าเขตอิมน้ำ เรียกว่า ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม ระดับของน้ำบาดาล เรียกว่า ระดับของน้ำบาดาลปลอม น้ำบาดาลนี้ จะมีการไหลเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และไหลซึมลงสู่เขตอิมน้ำหรือชั้นหินอุ้มน้ำ ไม่มีแรงดันที่วางตัวอยู่ด้านล่างหรืออาจจะไหลออกที่ผิวดินในรูปของน้ำพุ ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ตะกอนธารน้ำแข็ง ซึ่งมักจะมีเลนซ์ของดินเหนียว หรือในบริเวณที่มีหินภูเขาไฟ ซึ่งมักจะมีชั้นของถ้ำภูเขาไฟที่น้ำซึมผ่านได้ยาก แทกรองรับอยู่ในชั้นของหินบะซอลต์ ปกติชั้นหินอุ้มน้ำปลอมมักจะเป็นขนาดเล็กเพียงพอสำหรับการใช้ในครัวเรือนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ชั้นหินอุ้มน้ำปลอม (Perched aquifer)

#### 2.2.2.4 ชั้นหินกั้นน้ำ

ชั้นหินที่เนื้อหินเป็นวัสดุกั้นน้ำ คือ ชั้นหินที่มีคุณสมบัติไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน หรือซึมผ่านได้น้อยและชั้นหินนี้ปิดหรือกั้นที่อยู่บนชั้นหินอุ้มน้ำ หรืออาจวางตัวอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของชั้นหินอุ้มน้ำ การระบุคุณสมบัติว่า ไม่ยอมให้น้ำซึมผ่านหรือซึมผ่านได้น้อยเป็นการระบุเชิงเปรียบเทียบกับชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่รวมกัน อาทิ ชั้นของทรายแป้ง(Silt) ที่วางตัวปิดทับชั้นทราย(Sand) ชั้นทรายแป้งจะถือเป็นชั้นหินกั้นน้ำ ในขณะที่ชั้นทรายจะถือเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ในขณะที่ชั้นของทรายแป้งชั้นเดียวกันนี้ ถ้าเกิดอยู่ร่วมกับชั้นดินเหนียว (Clay) ชั้นทรายแป้งนี้อาจจะถือว่าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำ เพราะอาจจะสามารถจ่ายน้ำให้กับบ่อบาดาลขนาดเล็กได้ และชั้นดินเหนียวก็จะเป็นชั้นหินกั้นน้ำ ดังนั้นกรณีของชั้นหินกั้นน้ำถือเป็นกรณีเปรียบเทียบและขึ้นอยู่กับสภาพอุทกธรณีของแต่ละบริเวณที่พิจารณา ปกติน้ำบาดาลสามารถซึมไหลผ่านชั้นหินกั้นน้ำได้ แต่ด้วยอัตราที่ช้ามากๆ ชั้นหินกั้นน้ำยังสามารถพิจารณาแยกได้เป็น

1) ชั้นหินกั้นน้ำ ซึ่งเป็นชั้นหินเนื้อแน่นและไม่ยอมให้น้ำซึมผ่าน (Impermeable) หรือปล่อยน้ำออกมา เนื่องจากไม่มีช่องว่างที่ต่อเนื่อง อาทิ หินแกรนิต

2) ชั้นหินซึมน้ำ ซึ่งเป็นชั้นหินที่ยอมให้น้ำซึมผ่านได้บ้างและมีความสามารถในการดูดซึมน้ำเข้าไปในตัวอย่างช้า ๆ เนื่องจากช่องว่างที่มีอยู่ขนาดเล็กมาก

3) ชั้นหินด้านน้ำ เป็นชั้นหินที่มีคุณสมบัติชะลอความเร็วของการไหล หรือ การไหลหรือด้านการไหลของน้ำบาดาลไว้ แต่ไม่ป้องกันการไหลผ่านของน้ำบาดาลจากชั้นหินอุ้มน้ำหนึ่งไปยังอีกชั้นหินอุ้มน้ำที่อยู่ต่อเนื่องติดกันกล่าวคือ ชั้นหินด้านน้ำนี้ ปกติจะหมายถึง ชั้นหินกั้นน้ำที่อยู่ติดกับชั้นหินอุ้มน้ำเดี่ยวๆ หรือชั้นหินอุ้มน้ำหลายๆ ชั้นแทรกสลับกัน น้ำบาดาลสามารถไหลผ่านชั้นหินด้านน้ำนี้ได้แต่ด้วยอัตราที่ช้ามาก เปรียบเสมือนการรั่วซึมผ่าน จึงเรียกชั้นหินด้านน้ำในลักษณะนี้ว่า ชั้นหินกั้นน้ำที่รั่วซึม ในกรณีที่ชั้นหินอุ้มน้ำหลายๆ ชั้นที่มีชั้นหินกั้นน้ำที่รั่วซึมได้แทรกสลับอยู่ น้ำบาดาลจากชั้นหินอุ้มน้ำแต่ละชั้น สามารถรั่วซึมถึงกันและกันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.3 การไหลของน้ำใต้ดิน [10]

ในธรรมชาติ น้ำใต้ดินจะมีการเคลื่อนที่ หรือไหลไปตามช่องว่างของหินที่มันกักเก็บสะสมตัวอยู่ด้วยอัตราความเร็วที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและหลักการทางชลศาสตร์การไหลของน้ำใต้ดินเป็นการไหลในลักษณะผ่านตัวกลางที่มีรูพรุน (Porous media) พลังงานหรือแรงที่มีอิทธิพลการไหลของน้ำใต้ดินที่สำคัญ ได้แก่ แรงโน้มถ่วงของโลก (Gravity) ความดันบรรยากาศ และความดันที่เกิดจากน้ำหนักของน้ำวางกดทับอยู่ ตลอดจนแรงต้านทานเกิดจากแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล (Molecular attraction) ระหว่างผิวของเม็ดตะกอนและน้ำที่คอยต้านทานการไหลของน้ำบาดาล ปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการไหลของน้ำบาดาลทิศทางการไหลและตาข่ายการไหล (Flow-directions and flow nets)

การวัดความดันชลศาสตร์ ณ ตำแหน่งใดๆ ในชั้นหินอุ้มน้ำ สามารถทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า เพียโซมิเตอร์ (Piezometer) โดยมีหลักการทำงานคล้ายบ่อเจาะ มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดเล็ก ปลายด้านล่างมีรูเปิดลักษณะเป็นรูตาข่าย (Screened) ให้น้ำไหลเข้ามาในบ่อ ซึ่งจะแสดงความดันชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำ ณ จุดนั้นๆ

ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน ในชั้นหินอุ้มน้ำสามารถแสดงได้โดยเส้นทิศทางการไหล (Flow lines) ซึ่งเป็นเส้นสมมติที่เขียนขึ้นเพื่อแสดงทิศทางการไหล แผนที่ที่ประกอบด้วยเส้นทิศทางการไหลและเส้นที่มีระดับแรงดันเท่ากัน (Equipotential lines) เรียกว่าตาข่ายการไหล (Flow nets) ซึ่งให้ประโยชน์ในการพิจารณาภาพรวมของการเคลื่อนที่หรือทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่นั้นๆ พื้นที่ระหว่างเส้นทิศทางการไหลสองเส้นที่อยู่ติดกัน เรียกว่า ช่องการไหล (Flow channel)

## 2.2.4 คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำใต้ดิน [10]

คุณสมบัติทางกายภาพของน้ำใต้ดินที่สำคัญ ได้แก่

1) อุณหภูมิ (Temperature) ซึ่งเป็นตัวกลางสำคัญในการเร่งปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในน้ำบาดาล แต่โดยปกติ อุณหภูมิของน้ำบาดาลมักจะคงที่

2) รสและกลิ่น (Taste and Odour) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากอินทรีย์สารต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาลนั้น ๆ เช่น Phenols, H<sub>2</sub>S

3) สี (Color) สีในน้ำบาดาลอาจแยกเป็น 2 พวก คือ (ก) สีในตัวหรือสีจริง ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากเกลือแร่ต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำบาดาลจะคล้ายกับในน้ำธรรมชาติ จากหุบเขาสูงที่มีสีเหลืองอ่อนๆ เนื่องมาจากกรดอินทรีย์บางตัว ซึ่งไม่เป็นโทษเช่นเดียวกับกรดแทนนิก (Tannic- acid) ในน้ำชา และ (ข) สีปรากฏซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากสารแขวนลอยต่างๆ ในน้ำ

4) ความขุ่น (Turbidity) เนื่องมาจากสารแขวนลอย (Colloidal and suspended solids) ซึ่งอาจมีหรือไม่มีโทษ แต่โดยปกติน้ำบาดาลเป็นน้ำที่ใส น้ำที่ขุ่นจะแสดงถึงสารปนเปื้อน

5) การนำไฟฟ้า (Electrical conductance, EC) การนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลขึ้นอยู่กับปริมาณของสารละลายเกลือแร่ทั้งหมด (Total dissolved solids, TDS) ดังนั้น การวัดการนำไฟฟ้าจึงเป็นวิธีการที่ง่ายและรวดเร็ว เพื่อบอกปริมาณของ TDS ที่พบในน้ำบาดาล หน่วยวัดของ EC คือ Microsiemens/cm ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) หรือ Micromhos/cm ในกรณีทั่วไปการประมาณค่า TDS อย่างหยาบๆ จะคูณค่า EC ด้วยค่าคงที่ 0.7 อย่างไรก็ตาม การหาค่า TDS ที่ถูกต้องควรต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ น้ำกลั่นในห้องปฏิบัติการมีค่า EC ระหว่าง 0.5-5.0  $\mu\text{S}$  น้ำฝนอยู่ระหว่าง 5.0-30  $\mu\text{S}$  น้ำบาดาลทั่วไป อยู่ระหว่าง 30-2,000  $\mu\text{S}$

Chemical Constituent	Conversion Factor
Aluminum ( $Al^{+3}$ )	0.11119
Ammonium ( $NH_4^+$ )	0.05544
Barium ( $Ba^{+2}$ )	0.01456
Beryllium ( $Be^{+2}$ )	0.33288
Bicarbonate ( $HCO_3^-$ )	0.01639
Bromide ( $Br^-$ )	0.01251
Cadmium ( $Cd^{+2}$ )	0.01779
Calcium ( $Ca^{+2}$ )	0.04990
Carbonate ( $CO_3^{+2}$ )	0.03333
Chloride ( $Cl^-$ )	0.02821
Cobalt ( $Co^{+2}$ )	0.03394
Copper ( $Cu^{+2}$ )	0.03148
Fluoride ( $F^-$ )	0.05264
Hydrogen ( $H^+$ )	0.99209
Hydroxide ( $OH^-$ )	0.05880
Iodide ( $I^-$ )	0.00788
Iron ( $Fe^{+2}$ )	0.03581
Iron ( $Fe^{+3}$ )	0.05372
Lithium ( $Li^+$ )	0.14411
Magnesium ( $Mg^{+2}$ )	0.08226
Manganese ( $Mn^{+2}$ )	0.03640
Nitrate ( $NO_3^-$ )	0.01613
Nitrite ( $NO_2^-$ )	0.02174
Phosphate ( $PO_4^{+3}$ )	0.03159
Phosphate ( $HPO_4^{+2}$ )	0.02084
Phosphate ( $H_2PO_4^-$ )	0.01031
Potassium ( $K^+$ )	0.02557
Rubidium ( $Rb^+$ )	0.01170
Sodium ( $Na^+$ )	0.04350
Strontium ( $Sr^{+2}$ )	0.02283
Sulfate ( $SO_4^{+2}$ )	0.02082
Sulfide ( $S^{+2}$ )	0.06238
Zinc ( $Zn^{+2}$ )	0.03060

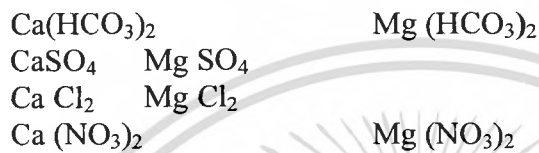
ตารางที่ 2.1 Conversion factor สำหรับแปลงผลการวิเคราะห์จาก  
mg/l (ppm) เป็น meq/l (epm)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2.5 คุณสมบัติทางเคมีของน้ำใต้ดิน [10]

### 2.2.5.1 ความกระด้าง (Hardness)

ความกระด้างในน้ำเป็นผลเนื่องมาจาก Ca, Mg ที่ละลายอยู่ ซึ่งอาจอยู่ในรูปแบบต่างๆ กัน อีออนบวกที่อาจเป็นผลทำให้เกิดความกระด้าง ได้มีอยู่หลายตัวด้วยกัน กล่าวคือ Ca, Mg, Fe, Mn, Sr, Na ในขณะที่อีออนลบที่สำคัญได้แก่  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , Cl ความกระด้างปกติอยู่ในรูปแบบ



ความกระด้าง (มก/ล)	ประเภท
0-75	น้ำอ่อน (Soft water)
75-150	น้ำกระด้างปานกลาง (Moderately hard water)
150-300	น้ำกระด้าง (Hard water)
>300	น้ำกระด้างมาก (Very hard water)

ตารางที่ 2.2 การแบ่งประเภทของน้ำตามระดับความกระด้าง (จาก Todd, 1980)

### 2.2.5.2 Alkalinity

ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากคาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตที่ละลายอยู่ Alkalinity เป็นตัวช่วยควบคุมความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำใต้ดิน ซึ่งอยู่กับปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ละลายอยู่ด้วย กล่าวคือ ถ้าในน้ำนั้นมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่มากและจำนวนของไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตน้อยคาร์บอนไดออกไซด์จะทำปฏิกิริยากับน้ำให้กรดคาร์บอนิก ทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรดมาก แต่ถ้ามีไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนตอยู่มาก กรดคาร์บอนิกก็จะเข้าทำปฏิกิริยากับไบคาร์บอเนตและคาร์บอเนต ทำให้ได้ความกระด้างแทน และลดความเป็นกรดของน้ำ

Alkalinity มีอยู่ 2 ประเภท คือ

- 1) Carbonate alkalinity ในน้ำ ที่มี pH มากกว่า 8.2
- 2) Bicarbonate alkalinity ในน้ำ ที่มี pH ตั้งแต่ 4.5-8.2

เนื่องจากค่า pH ในน้ำบาดาลจะอยู่ระหว่าง 6.7-7.2 ดังนั้นส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ Bicarbonate alkalinity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

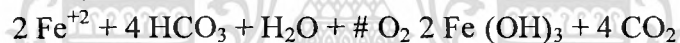
### 2.2.5.3 pH

ในน้ำใต้ดิน pH มีความสำคัญในแง่ของการกัดกร่อนท่อกรรและท่อกรอง น้ำที่มีฤทธิ์เป็นกรด (pH น้อยกว่า 7) จะเป็นอันตรายต่ออายุการใช้งานของบ่อ นอกจากนี้ปฏิกิริยาทางเคมีและทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นก็ถูกควบคุมโดยค่า pH

### 2.2.5.4 เหล็ก (Fe)

เหล็กนับว่าเป็นปัญหาสำคัญอันหนึ่งของน้ำใต้ดินที่พบเกือบทุกแห่ง ในประเทศไทย ทั้งนี้ เพราะสภาพภูมิอากาศที่อานวยให้ ปัญหาที่สำคัญก็คือ น้ำที่มีเหล็กมาก มักจะมีสีแดงขุ่น น่ารังเกียจ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดคราบสนิมเคลือบตามเครื่องสุขภัณฑ์และอื่นๆ ถ้าใช้ซักผ้าก็มักจะทำให้ผ้าเหลือง และมักตกตะกอนอุดตันตามช่องว่างของท่อกรร ท่อกรอง และภายใน

เครื่องสูบน้ำเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำใต้ดิน มีอยู่ 2 แบบ คือ Fe<sup>2+</sup> (Ferrous) และ Fe<sup>3+</sup> (Ferric) Fe<sup>2+</sup> สามารถละลายน้ำได้และไม่คงที่ (Unstable) เมื่อถูกอากาศจะเปลี่ยนไปเป็นรูปของ Fe<sup>3+</sup> ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้และจะตกเป็นตะกอน เห็นได้จากการที่เราสูบน้ำที่มีเหล็กมากๆ ใส่ลงในขวดในตอนแรกน้ำจะใส แต่เมื่อทิ้งไว้สักครู่ น้ำจะกลายเป็นสีน้ำตาลขุ่น และมีตะกอนของสนิมเหล็กนอนก้นดังปฏิกิริยา



### 2.2.5.5 ซิลิกา (SiO<sub>2</sub>)

ในน้ำใต้ดินปกติพบซิลิกาเป็นจำนวนน้อย กล่าวคือ ในช่วง 5-40 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้ เพราะต้นกำเนิดของซิลิกา ได้แก่ พวกแร่ซิลิเกต หรือควอตซ์ เป็นพวกที่ละลายน้ำได้ยาก ในน้ำที่มีซิลิกามาก ถ้านำไปใช้ในหม้อต้มน้ำ จะทำให้เกิดเป็นตะกรัน (Scale) เคลือบอยู่และอาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ ถ้าความดันสูงพอ

### 2.2.5.6 ซัลเฟต (SO<sub>4</sub>)

ในน้ำใต้ดินถ้ามีซัลเฟตละลายปนอยู่มาก จะทำให้มีรสขมและอาจจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดท้องร่วงได้ ต้นกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ แร่ยิปซัม (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) และแร่แอนไฮไดรต์ (CaSO<sub>4</sub>) นอกจากนั้น หินดินดานที่มีสารอินทรีย์มากอาจเป็นตัวให้ซัลเฟต เนื่องจาก Oxidation ของแร่มาร์คาไซต์ (Marcasite) และไพไรต์ (Pyrite) ในน้ำใต้ดินที่มี Sulphur bacteria อยู่ด้วย อาจช่วยกำจัดซัลเฟตออกมาได้บ้าง ทั้งนี้เพราะแบคทีเรียนี้จะต้องใช้ซัลเฟตในการดำรงชีวิตของมัน และปล่อยออกมาในรูปของ H<sub>2</sub>S ซึ่งถ้ามีปริมาณมากก็อาจทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด และมีกลิ่นเหม็นได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าในน้ำบาดาลนั้นมีเหล็กละลายอยู่จำนวนมาก H<sub>2</sub>S ที่ปล่อยออกมาอาจเข้าทำปฏิกิริยากับเหล็ก และให้ FeS<sub>2</sub> ออกมาในรูปของการตกตะกอน ซึ่งเป็นการช่วยกำจัดทั้งซัลเฟตและเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.5.7 แคลเซียม (Ca)

ในน้ำใต้ดินทั่วไป จะพบอยู่ในเกณฑ์ประมาณ 10-100 มิลลิกรัม /ลิตร ดันกำเนิดที่สำคัญ ได้แก่ แร่พวกแคลไซต์ อาราโกไนต์ โดโลไมต์ แอนไฮไดรต์ ยิปซัม อะพาไทต์ ฟลูออไรต์ เฟลด์สปาร์ แอมฟิโบล และไพรอกซีน มีความเชื่อกันว่าน้ำที่มี Ca อยู่เป็นปริมาณมาก เมื่อใช้บริโภคมากๆ อาจทำให้เกิดเส้นเลือดแข็งตัว หรือเกิดโรคกับตับไตได้ แต่ยังไม่มียข้อพิสูจน์ที่แน่ชัด

### 2.2.5.8 แมกนีเซียม (Mg)

ปกติพบเป็นปริมาณน้อยกว่า Ca เนื่องจากดันกำเนิดสำคัญของ Mg ซึ่งได้แก่ โดโลไมต์ (CaMgCo<sub>3</sub>) ละลายน้ำได้ช้าและยากกว่าพวกแคลไซต์นอกจากนี้ ในเปลือกโลกก็จะมีปริมาณของ Ca อยู่เป็นจำนวนมากกว่า Mg อยู่แล้ว ปริมาณที่พบโดยทั่วไป จะอยู่ในเกณฑ์ 1-40 มิลลิกรัม/ลิตร ดันกำเนิดตัวอื่นๆ อาจได้แก่ โอลิวีนไบโอไทต์ สอร์เน็เบลนด์ ออไรต์ เซอร์เพนทีน หลาก และไดออปไซด์

### 2.2.5.9 โซเดียม (Na)

ในน้ำใต้ดินปกติพบในเกณฑ์ประมาณ 1-20 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจจะสูงถึง 100 มิลลิกรัม/ลิตรได้ ถ้าน้ำนั้นมี Total dissolved solids สูงตั้งแต่ 1,000 มิลลิกรัม/ลิตรขึ้นไป ดันกำเนิดที่สำคัญได้จาก แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ เฮไลต์ และแร่ดินเหนียวบางตัว ในน้ำบาดาลถ้ามีโซเดียมเป็นจำนวนมาก และบริโภคเป็นประจำ อาจมีโทษต่อหัวใจ ไต และลำไส้ได้

### 2.2.5.10 โพแทสเซียม (K)

มักพบเป็นปริมาณน้อย ไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร บริเวณที่พบปริมาณสูงๆ มักจะเป็นบริเวณใกล้ๆ กับที่มี Evaporite deposits เช่น ซิลไวต์ (KCl) หรือ บริเวณที่มีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในการเกษตรกรรมมากๆ นอกจากนี้ ดันกำเนิดอาจได้จาก พวกออร์โท-เคลส ไมโครไคลน์ และไบโอไทต์

### 2.2.5.11 คลอไรด์ (Cl)

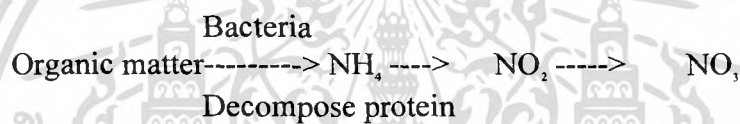
น้ำใต้ดินทั่วไปมีคลอไรด์อยู่ไม่เกิน 30 มิลลิกรัม/ลิตร ถ้ามีมากจะทำให้ น้ำกร่อย ดันกำเนิดที่สำคัญ จะได้แก่ (ก) น้ำตกร้าง (Connate water) ของน้ำทะเล (ข) Evaporite - deposits (ค) จากน้ำฝนหรือหิมะ (ง) จากบรรยากาศ เช่น Volcanic gases ดันกำเนิดที่สำคัญได้มาจากคลอไรด์ที่ถูกพัดพาไปโดยน้ำฝน ทั้งนี้ ในน้ำทะเล เมื่อเกิดการระเหยจะได้ผลึกเกลือ (Salt-nuclei) เป็นจำนวนมากมาย ซึ่งมีขนาดเล็กมากและถูกพัดพาขึ้นไปในบรรยากาศ ไอน้ำที่มีอยู่ในบรรยากาศ เมื่อเกิดการกลั่นตัวก็มักจะกลั่นตัวหรือเกาะอยู่รอบๆ ผลึกเกลือพวกนี้ เมื่อฝนถูกพัด

## ตำหนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

พาเข้ามาในแผ่นดิน ก็จะนำเอาคลอไรด์เข้ามาด้วย และเมื่อฝนตกลงสู่ผิวดินก็นำเอาคลอไรด์ตกลงมาด้วย พบว่าปริมาณของคลอไรด์ที่มีอยู่ในน้ำฝนตามบริเวณชายฝั่งทะเล จะมีถึง 3-6 มิลลิกรัม/ลิตร และลดลงเหลือประมาณ 1 มิลลิกรัม/ลิตรเมื่อห่างจากชายฝั่งทะเลประมาณ 100 ไมล์ เนื่องจากคลอไรด์เป็นพวกที่ละลายน้ำได้ง่าย และเป็นพวกที่ค่อนข้างเฉื่อย (Inert) ในการแลกเปลี่ยนหรือทำปฏิกิริยา ดังนั้นเมื่อเข้าไปอยู่ในน้ำบาดาลแล้วก็จะอยู่อย่างนั้นโดยไม่สูญหายไปตามกระบวนการหรือกรรมวิธีทางธรรมชาติ

### 2.2.5.12 ไนเตรต ( $\text{NO}_3$ )

ต้นกำเนิดที่สำคัญของไนเตรต ได้แก่ สารอินทรีย์ทั้งหลายที่มีการผุพังทำลาย เช่น ต้นไม้ ต้นหญ้า หรือจากสารเคมี หรือน้ำเสียที่ออกจากโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากนี้ ก็อาจได้จากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตรกรรม ในกรณีที่มีการใช้มากเกินไปเกินความต้องการของพืช ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นดังนี้



ดังนั้นเมื่อน้ำฝนซึมผ่านผิวดินลงไปสู่ชั้นกักเก็บน้ำบาดาลก็จะละลายเอาไนเตรตลงไป ในน้ำบาดาลปกติจะมีไนเตรตประมาณ 0.1-10 มิลลิกรัม/ลิตร แต่อาจสูงถึง 500-600 มิลลิกรัม/ลิตรได้ในบริเวณที่มีการใช้ปุ๋ยไนเตรตมาก ในน้ำที่มีไนเตรตเป็นปริมาณสูงและถ้านำไปใช้สำหรับการบริโภคของทารกเป็นระยะเวลานานๆ จะเป็นอันตรายต่อทารก กล่าวคือ ทำให้ผิวแห้งขี้เป็นจ้ำๆ สีม่วงคล้ำ ที่เรียกว่า Blue baby disease

### 2.2.5.13 ฟลูออไรด์ (F)

ปกติพบน้อยมากในน้ำใต้ดิน มักมีไม่เกิน 10 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณที่พบอยู่โดยปกติประมาณ 0.1 – 0.5 มิลลิกรัม/ลิตร ต้นกำเนิดที่สำคัญของฟลูออไรด์ ได้จากแร่ฟลูออไรด์ ( $\text{CaF}_2$ ) และอาจได้จาก Volcanic gases ด้วย ในน้ำบาดาลที่มีฟลูออไรด์ละลายอยู่มากกว่า 1.7 มิลลิกรัม/ลิตรขึ้นไป ใช้ดื่มกินนานๆ เข้าจะทำให้เกิดโรคฟันผุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็ก แต่ถ้ามีปริมาณที่เหมาะสม กล่าวคือ 0.7 มิลลิกรัม/ลิตร สามารถช่วยป้องกันโรคฟันผุได้

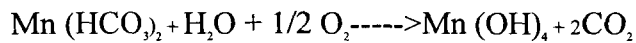
### 2.2.5.14 แมงกานีส (Mn)

ปกติพบเป็นปริมาณน้อย น้ำใต้ดินทั่วไปมีแมงกานีสน้อยกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร ต้นกำเนิดที่สำคัญมาจากผลของการผุพังของแร่แมงกานีสทั้งหลาย น้ำที่มีแมงกานีสมากจะทำให้เครื่องสุขภัณฑ์เป็นคราบสีดำ ถ้านำไปใช้ซักผ้าจะทำให้ผ้าเป็นจุดดำ และทำให้เกิดการอุดตันตามรูเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
82935

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และช่องว่างของท่อกรู ท่อกรอง ลักษณะของแมงกานีสที่อยู่ในน้ำใต้ดินจะคล้ายกับเหล็กมากกล่าวคือ เมื่อถูก Oxidized จะเกิดเป็นตะกอนที่ไม่ละลายน้ำ ดังสมการ



(ละลาย) (ไม่ละลาย)

#### 2.2.5.15 Dissolved gases

ในน้ำใต้ดินมีก๊าซละลายปนอยู่ด้วย ส่วนใหญ่ได้แก่  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  และ  $\text{NH}_3$  ซึ่งถ้ามีปริมาณสูง จะทำให้น้ำมีฤทธิ์เป็นกรด กัดกร่อนท่อกรู ท่อกรองได้ง่าย และบางครั้งจะทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็น ปริมาณของก๊าซจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการละลายของก๊าซแต่ละตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันอีกด้วย Dissolved  $\text{O}_2$  ที่มีในน้ำบาดาลปกติจะน้อย ทั้งนี้ เพราะบางส่วนถูกไปใช้โดยพืช ต้นไม้ ต้นหญ้า ในขณะที่น้ำบาดาลไหลซึมผ่านส่วนสัมผัสอากาศลงไป สำหรับ Dissolved  $\text{H}_2\text{S}$  ถ้ามีถึง 1 มิลลิกรัม/ลิตร ทำให้กลิ่นรุนแรงและอาจไปทำปฏิกิริยากับเหล็กให้  $\text{Fe}_2\text{S}$ , อดตันตามรูเปิดของท่อกรู ท่อกรอง ทำให้ประสิทธิภาพของการจ่ายน้ำของบ่อลดลง Dissolved  $\text{CO}_2$  ที่มีอยู่อาจไปทำปฏิกิริยากับพวก  $\text{HCO}_3$  และให้ตะกอนของ  $\text{CaCO}_3$  ซึ่งลดความกระด้างของน้ำลงไปได้บ้าง

#### 2.2.6 ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ [2]

ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้คือ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดินและมักเป็นที่ว่างเปล่า ไม่มีเกษตรกรรม หรือถ้าไม่เห็นขุยเกลือขึ้นก็จะเป็นที่ว่างเปล่า ไม่มีพืชอื่นขึ้น ได้ยกเว้นวัชพืชที่ชอบเกลือ เช่น หนามแดง หรือ วัชพืชทนเค็ม เช่น หนามปี เป็นต้น พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้นประมาณ 1-2 เมตร จากผิวดิน ลักษณะของดินเค็มอีกประการหนึ่งคือ ความเค็มจะไม่มีความสัมพันธ์กันในพื้นที่เดียวกัน และความเค็มจะเปลี่ยนไปสะสมในชั้นของดินต่างๆ ไม่เท่ากันตามฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ในฤดูแล้งเกลือจะระเหยขึ้นมากับน้ำสะสมอยู่ที่ดินชั้นบนสลับกันด้วยเหตุที่ลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย การขึ้นลงของเกลือตามชั้นของดินจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีความเค็มไม่สัมพันธ์กันมากกว่าดินเค็มชายทะเล เพราะความซาบซึมน้ำดีกว่าจึงเปลี่ยนทิศทางการไหลและการสะสมของเกลือได้เร็วกว่า นอกจากนี้ดินเค็มบางแห่งมีสภาพเป็นกรดก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุอะลูมิเนียมเพิ่มเติมอีก ถ้ามีการจัดการดิน และน้ำให้พื้นที่ดินเค็มไม่ดีพอ หรือทำโดยไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มอย่างรุนแรงได้ เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ดินเค็มและการทำลายป่าในบริเวณที่เป็นแหล่งแพร่กระจายเกลือ

ปัญหาโดยทั่วไปของเกษตรกรในเขตดินเค็ม คือ ปลูกพืชไม่ได้ ผลผลิตต่ำ พืชบางชนิดที่ขึ้นได้ก็จะมีลักษณะบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น ใบหนาขึ้น มีสารพวกไขเคลือบหนาขึ้น พืชบางชนิดก็ใบไหม้ พืชส่วนมากที่ปลูกในดินเค็มให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำมาก ต้นข้าวในแปลงนาที่เป็นดินเค็มจะมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ต้นแคระแกร็น ไม่แตกกอ ใบแสดงอาการขีดขาว แล้วไหม้ตายไปในที่สุด ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแหล่งกำเนิดมาจากสาเหตุใหญ่ๆ ดังนี้

1) ชั้นหินเกลือในหน่วยหินมหาสารคาม พบบริเวณตอนกลางของแอ่งสกลนคร และแอ่งโคราช ชั้นหินเกลือนี้อยู่ลึกห่างจากผิวดินมาก เกลือไม่สามารถซึมผ่านขึ้นมาบนผิวดินได้โดยแรงดึงดูดของน้ำ แต่ส่วนใหญ่จะขึ้นมาปรากฏด้วยวิธีการทำเหมืองเกลือ

2) การผุพังสลายตัวของวัตถุดินกำเนิดดินที่เป็นหินทรายและหินดินดาน ที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ไม่ห่างจากผิวดินมากนัก ในฤดูฝนจะถูกละลายชะล้างโดยน้ำ เมื่อน้ำระเหยออกมาจะเห็นคราบเกลือตามผิวดินในฤดูแล้ง

3) น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน ส่วนน้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ลึกจากดินนั้นจะถูกสูบขึ้นมาตากหรือต้มเพื่อทำเกลือ

## 2.2.7 ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายของดินเค็ม [2]

น้ำเป็นตัวการสำคัญในการแพร่กระจายดินเค็ม ลักษณะที่สำคัญของดินเค็มคือการที่อยู่ในสภาพไม่คงที่มีการเคลื่อนที่อยู่เสมอตามสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำ เมื่อพบกับสารประกอบเกลือซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ก็จะนำพาไปตามส่วนต่างๆ และก่อให้เกิดปัญหาแก่พื้นที่บริเวณต่างๆ การแพร่กระจายแบ่งออกได้จากสาเหตุการกระทำของมนุษย์และสาเหตุจากธรรมชาติ

### 2.2.7.1 สาเหตุจากธรรมชาติ

1) หินหรือแร่สลายตัวหรือผุพังและเปลี่ยนคุณสมบัติไป โดยขบวนการทางเคมี และทางกายภาพ ก็จะทำให้มีเกลือต่างๆ เกิดขึ้นมาเกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่หรือสลายตัวไปกับน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นล่างแล้วกลับขึ้นมาสะสมอยู่บนดินชั้นบนอีก โดยน้ำที่ซึมขึ้นมาชั้นนี้ได้ระเหยแห้งไปโดยใช้แสงแดดหรือถูกพืชนำไปใช้

2) มีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน เมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนดินก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วย ภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะทำให้มีเกลือเหลือสะสมอยู่บนดินได้

3) บางแห่งเป็นที่ต่ำ เป็นเหตุให้น้ำไหลลงไปรวมกัน น้ำเหล่านี้ส่วนมากจะมีเกลือละลายอยู่ด้วย เมื่อน้ำระเหยไปจะมีเกลือสะสมอยู่ พื้นที่แห่งนี้อาจเป็นหนองน้ำ หรือทะเลสาบมาก่อนก็ได้

### 2.2.7.2 สาเหตุจากมนุษย์

1) การทำนาเกลือ ทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก หรือวิธีการขุดคราบเกลือจากผิวดินมาต้มเกลือที่อยู่ในน้ำทิ้งจะมีปริมาณมากพอ ที่ทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็มหรือแหล่งน้ำเค็มได้

2) การสร้างอ่างเก็บน้ำบนดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม จะทำให้อ่างเก็บน้ำนั้นและพื้นที่รอบๆ อ่างกลายเป็นน้ำเค็มและดินเค็ม เนื่องจากการยกระดับของน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาใกล้เคียงกับระดับน้ำในอ่างหรือใกล้ผิวดิน

3) การตัดไม้ทำลายป่า หรือการปล่อยพื้นที่บริเวณที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายเกลือให้ว่างเปล่า ทำให้เกิดดินเค็มแพร่ไปในบริเวณเชิงเนิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนาข้าว

4) เกิดขึ้นจากการใช้น้ำชลประทาน น้ำชลประทานจากแหล่งต่างๆ ย่อมมีเกลือละลายอยู่เป็นจำนวนมากน้อยต่างๆ กัน ดังนั้นการใช้น้ำชลประทานควรจะต้องมีความระมัดระวังให้ดี การตรวจดินอยู่เรื่อยๆ จะทำให้ไม่เกิดดินเกลือได้ และจะต้องพิจารณาอย่างซึ่งประกอบด้วย เช่น คุณภาพของน้ำ ปริมาณของน้ำที่พืชใช้และอื่นๆ การระบายน้ำของดิน ชนิดของดิน พืชที่จะปลูกเป็นต้น เกลือจะมีการสะสมอยู่ในดินมากน้อยและรวดเร็วแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ หรือปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำและปริมาณน้ำที่รดเข้าไปในไร่นาด้วย กรณีที่มีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ไม่ลึกนัก เมื่อมีการใช้น้ำชลประทานก็จะไปยกระดับน้ำเค็มให้ใกล้ผิวดิน ทำให้เกิดดินเค็ม

## 2.2.8 ลักษณะชั้นเกลือใต้ผิวดิน [1]

ชั้นเกลือหินใต้ดินในภาคอีสานมีอยู่ในแอ่งอุดร-สกลนคร และแอ่งโคราช-อุบล โดยทั่วไปจะอยู่ลึกไม่เกินกว่า 1,000 เมตร จากระดับผิวดิน ชั้นเกลือหินนี้คือหมวดหินมหาสารคามซึ่งวางตัวอยู่บนหมวดหินโคกกรวด และอยู่ใต้หมวดหินภูทอก ซึ่งมีอิทธิพลต่อลักษณะการวางตัวของชั้นเกลือหินใต้ดิน คือการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในระหว่างและภายหลังการสะสมตัวของชั้นเกลือหิน และการเคลื่อนตัวทั้งในแนวระนาบและแนวตั้งของเกลือหินชั้นล่างสุด ลักษณะชั้นเกลือหินเหล่านี้แบ่งตามรูปร่างได้ คือ พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น โคมเกลือหิน และชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกคั่น

### 2.2.8.1 พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น

แบ่งออกได้เป็นพวกที่วางตัวในแนวระนาบ ซึ่งมีทั้งที่อยู่ในระดับตื้น และที่อยู่ในระดับลึกจากผิวดินกับพวกที่วางตัวเอียงเท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) พวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับตื้น หมายถึงกลุ่มของชั้นเกลือหินซึ่งวางตัวในแนวระนาบ และส่วนบนสุดของชั้นเกลือหินจะอยู่ไม่ลึกนักจากระดับผิวดิน อาจจะมีชั้นเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น หรือมีชั้นกลางกับชั้นล่าง แต่โดยทั่วไปแล้วพวกนี้จะมีเกลือหินชั้นล่างเพียงชั้นเดียว

ตัวอย่างเช่นใน Seismic พบว่ามีเฉพาะเกลือหินชั้นล่าง และอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 70 เมตร และ 170 เมตร ตามลำดับ เกลือหินชั้นกลางและชั้นบนได้ถูกกัดเซาะหายไป

2) พวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับลึก หมายถึงชั้นเกลือหินจะอยู่ลึกจากระดับผิวดินและจะมีเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น ตัวอย่างเช่นใน Seismic ซึ่งจะพบชั้นเกลือหินที่ความลึกจากระดับผิวดินประมาณ 700 เมตร และ 550 เมตรตามลำดับ วางตัวในแนวเกือบจะระนาบ หรือคดโค้งหรือมีรอยเลื่อนตัดผ่านเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเกลือชั้นล่างสุด

3) พวกที่วางตัวเอียงเท หมายถึงชั้นเกลือหินจะวางตัวเอียงเททำมุมกับชั้นหินที่ปิดทับอยู่ข้างบน โดยส่วนหนึ่ง หรือทั้งหมดของชั้นเกลือหินที่อยู่ต้นจะถูกกัดเซาะหายไป ตัวอย่างเช่นใน Seismic และบริเวณที่จะพบลักษณะเช่นนี้ ได้แก่ บริเวณระหว่างขอบแอ่ง และกลางแอ่ง

#### 2.2.8.1 โคมเกลือหิน

เป็นเกลือหินที่ปูดแทรกดันขึ้นมา ซึ่งมีเห็นทั้งที่เป็นรูปร่างคล้ายหมอน และรูปร่างเหมือนทรงกระบอก และส่วนยอดของโคมก็มีทั้งที่อยู่ลึก และอยู่ตื้นจากระดับผิวดินขนาดที่เห็นได้ใน Seismic ก็แตกต่างกัน โคมเกลือหินเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนตัวขึ้นสู่ที่สูงในแนวตั้งของเกลือชั้นล่างสุดและมักจะพบมากในบริเวณกลางแอ่ง ตัวอย่างเช่นใน Seismic แนว โคมเกลือหินตัวใหญ่ที่ข้างซ้ายกว้างประมาณ 2.5 กิโลเมตร ส่วนยอดของโคมเกลือหินนี้ อยู่ใกล้กับผิวดินมาก คาดว่าเพียงไม่กี่สิบลเมตร โคมเกลือหินตัวเล็กข้างขวากว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ส่วนยอดของโคมเกลือหินนี้ คาดว่าจะอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 540 เมตร ระหว่างโคมเกลือหินทั้งสองนี้ จะเห็นเป็นโคมเกลือหินที่ค่อนข้างราบขาวมีรูปร่างคล้ายหมอน โคมเกลือหินที่ปูดขึ้นมาอยู่ใกล้กับผิวดินมากๆ มักจะทำให้ระดับผิวดินในบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียงหรือเป็นที่ลุ่ม ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจากน้ำใต้ดินละลายเอาเกลือหินส่วนที่ปูดขึ้นมาอยู่ใกล้กับระดับผิวดินออกไป จึงก่อให้เกิดการยุบตัวลงของชั้นดินและหินที่อยู่ข้างบน แต่ก็มีได้หมายความว่าในบริเวณที่ลุ่มจะแสดงถึงบริเวณยอดของ โคมเกลือหินที่อยู่ใกล้ระดับผิวดินในทุกกรณี

### 2.2.8.3 ชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกดัน

ชั้นหินต่างๆ ของหินชุดมหาสารคาม ก่อตัวเป็นชั้นหินคดโค้งตลบทับทำให้ชั้นเกลือหินพุ่งขึ้นใกล้กับผิวดินและถูกทำลายโดยน้ำบาดาลละลายอยู่ตามผิวน้ำดิน และลึกลงไปอยู่โดยทั่วไป ชั้นหินดังกล่าวได้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจโพแทช เกลือหินในบริเวณอำเภอนาเชือก และโครงสร้างชั้นหินคดโค้งตลบทับ ได้จากการแปลและเปรียบเทียบชั้นหิน จากหลุมเจาะต่างๆ ดังกล่าว

### 2.2.9 คุณสมบัติทางแบคทีเรีย [10]

การวิเคราะห์แบคทีเรียในน้ำบาดาลมีความสำคัญ ที่ช่วยบ่งบอกว่าในน้ำนั้นถูกปนเปื้อนจากแบคทีเรียที่อาจจะมีโทษต่อร่างกายหรือไม่อย่างไร เนื่องจากแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโทษหรือโรคร้ายต่อร่างกายส่วนใหญ่ มักจะมาจากมนุษย์หรือสัตว์ แต่การวิเคราะห์และแยกประเภทของแบคทีเรียในน้ำบาดาลเป็นเรื่องที่ยาก ดังนั้น จึงมีการวิเคราะห์โคลีฟอร์มแบคทีเรีย ซึ่งเป็นกลุ่มที่แยกออกค่อนข้างง่าย และเป็นกลุ่มแบคทีเรียที่ถูกขับหรือมีต้นตอมาจากสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ดังนั้นถ้าผลการวิเคราะห์มีการพบโคลีฟอร์มแบคทีเรีย ก็เป็นสิ่งบ่งชี้ว่าน้ำนั้นถูกปนเปื้อนมาจากของเสียหรือสิ่งขับถ่ายของมนุษย์ ผลการวิเคราะห์จะรายงานในรูปของ MPN หรือ จำนวนที่น่าจะเป็นไปได้ ของโคลีฟอร์มแบคทีเรียที่พบในน้ำต่อปริมาตรหนึ่งๆ

### 2.2.10 สักยภาพน้ำใต้ดิน [2]

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Northern region) มีพื้นที่เป็น 1 ใน 3 ของประเทศไทย คิดเป็นเนื้อที่ประมาณ 168,854 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 106 ล้านไร่ ตั้งอยู่บนละติจูดที่ 14 ถึง 18 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 101 ถึง 106 องศาตะวันออก ประกอบด้วยพื้นที่การปกครองรวมทั้งหมด 19 จังหวัด ดังนี้คือ เลย ชัยภูมิ ขอนแก่น บุรีรัมย์ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ อุดรธานี สกลนคร นครพนม หนองบัวลำภู มุกดาหาร สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี ยโสธร อำนาจเจริญ มหาสารคาม และหนองคาย ด้านทิศเหนือและตะวันออกจดลำน้ำโขง ด้านทิศใต้จดเทือกเขาพนมดงรักและเขตกั้นแดนระหว่างไทยและกัมพูชา ด้านทิศตะวันตกจดเทือกเขาตองพญาเย็นและเทือกเขาเพชรบูรณ์ มีระดับความสูงระหว่าง 130 - 1,300 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง สามารถแบ่งลักษณะภูมิประเทศออกเป็น 3 พื้นที่หลักดังนี้คือ แอ่งอีสานตอนบนหรือแอ่งสกลนคร แอ่งอีสานตอนล่างหรือแอ่งโคราช โดยทั้งสองแอ่งเป็นที่ราบมีเทือกเขาภูพานเป็นแนวแบ่งเขต หรือเรียกรวมกันว่า ที่ราบสูงโคราช และแอ่งเลย-ชัยภูมิ ซึ่งภูมิประเทศจะประกอบด้วย แนวภูเขาสลับที่ราบลุ่ม ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,460 มิลลิเมตร หรือ 246,500 ล้านลูกบาศก์เมตร และปริมาณน้ำท่าทั้งปีเฉลี่ย 36,680 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยจะมีปริมาณฝนตกมากในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม จากร่องลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

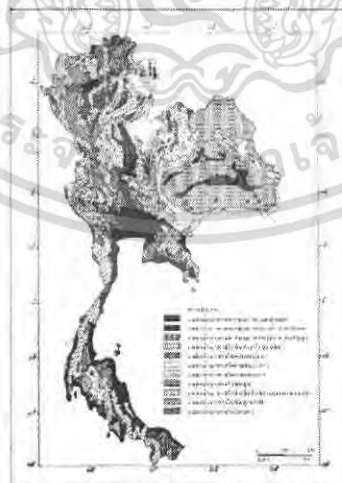
และลมจรหรือพายุหมุนจากมหาสมุทรแปซิฟิกและในทะเลจีนใต้ อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั้งปี 26 องศาเซลเซียส

ศักยภาพของน้ำใต้ดินในหินร่วน มีดังนี้

1) ตะกอนน้ำพา ประกอบด้วยตะกอนหินร่วนของชั้นกรวดและทราย โดยการนำพาของทางน้ำในอดีตและปัจจุบัน ดังนั้นชั้นน้ำบาดาลจะได้แก่ พื้นที่ราบลุ่มของแม่น้ำสายสำคัญ เช่น แม่น้ำโขง แม่น้ำชี และแม่น้ำมูล รองลงมาได้แก่ แม่น้ำเลย แม่น้ำศรีสงคราม และลำห้วยสายใหญ่ เป็นต้น ในส่วนของพื้นที่ริมแม่น้ำโขง มักจะเป็นชั้นกรวดขนาดใหญ่และชั้นทรายปริมาณน้ำโดยเฉลี่ย 6-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 20-35 เมตร บางพื้นที่สามารถพัฒนาน้ำบาดาลได้ 20-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง การวางตัวของชั้นตะกอนเหล่านี้ไม่แน่นอน บ้างก็มีความกว้าง 5 กิโลเมตรจากขอบตลิ่งแม่น้ำ บ้างก็อยู่ตามขอบของแม่น้ำ ซึ่งมักจะเป็นตะกอนที่งอกใหม่

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของน้ำ บริเวณพื้นที่ที่พบ ได้แก่ เขตอำเภอศรีเชียงใหม่ ท่าวบ่อ เมือง โพนพิสัย จังหวัดหนองคาย เขตอำเภอท่าอุเทน เมืองธาตุพนม จังหวัดนครพนม

สำหรับลำแม่น้ำมูล ชั้นตะกอนจะแผ่ตัวคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้างและยาวตลอดแม่น้ำเริ่มตั้งแต่เขตอำเภอเมืองนครราชสีมา จนถึงอำเภอเมืองอุบลราชธานี การแผ่ตัวอาจจะกว้างไกลถึง 40 กิโลเมตร ได้แก่ พื้นที่เขตอำเภอท่าตูม สุวรรณภูมิ และรามัญไศล หรือที่เรียกว่า ทุ่งกุลาร้องไห้ ซึ่งชั้นตะกอน กรวด และทราย จะมีความหนาไม่แน่นอน ทำให้มีขีดจำกัด



รูปที่ 2-6 แผนที่อุทกธรณีวิทยาประเทศไทย (จาก กรมทรัพยากรธรณี, 2544)

ในเรื่องของปริมาณน้ำ โดยทั่วไปมักจะมีปริมาณน้ำ 2-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงที่ระดับความลึก 15-30 เมตร บางพื้นที่สามารถให้ปริมาณน้ำมากกว่า 20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง เช่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขตอำเภอเมืองนครราชสีมา และอำเภอเมืองอุบลราชธานี อย่างไรก็ตาม น้ำบาดาลในบางพื้นที่มักจะเป็นน้ำเค็ม เนื่องจากประการแรก เกิดการสะสมตัวของตะกอนพร้อมกับเกลือเกลือ และประการที่สอง อาจ จะเกิดจากการแผ่กระจายของน้ำเค็มจากแหล่งชั้นเกลือระดับตื้นเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล

ในส่วนของลำนน้ำชีก็เช่นเดียวกับลำนน้ำมูล แต่อาณาเขตของการวางตัวของชั้นตะกอนกรวด และทราย มักจะเป็นบริเวณแคบ เริ่มตั้งแต่เขตอำเภอชนบท เมืองขอนแก่น เมืองมหาสารคาม และอำเภอเมืองยโสธร มาบรรจบกันที่ราบลุ่มของลำนน้ำมูลที่อำเภอเมืองอุบลราชธานี ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำก็เช่นเดียวกัน ส่วนใหญ่มักจะเป็นน้ำเค็ม นอกจากนั้น พื้นที่ราบลุ่มของลำนน้ำสายเล็กๆก็มักจะพบชั้นน้ำบาดาลจากชั้นกรวดและทรายบ้าง เป็นพื้นที่แคบๆ เช่น อำเภอเมืองเลย ซึ่งให้ปริมาณน้ำได้ถึง 10-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง คุณภาพน้ำดี ที่ราบลุ่มลำนน้ำโขงในเขตอำเภอบ้านผือและศรีเชียงใหม่ ก็พบชั้นน้ำบาดาลชนิดนี้เช่นกัน แต่ส่วนใหญ่เป็นน้ำเค็ม

2) ตะกอนตะกัปลำนน้ำ เป็นชั้นน้ำบาดาลที่ได้จากชั้นกรวดและทรายเช่นเดียวกัน แต่ลักษณะการวางตัวในแง่ของสภาพภูมิประเทศจะมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดกับตะกอนน้ำพา ซึ่งเป็นบริเวณของชั้นตะกอนที่ปรากฏในบริเวณที่ไม่ได้สอดคล้องกับลำนน้ำปัจจุบัน ซึ่งหมายถึงเป็นชั้นตะกอนที่สะสมตัวตามร่องน้ำหรือที่ลุ่มต่ำในอดีตกาล มักพบเป็นหย่อมๆ ตามขอบด้านภายในแอ่งโคราช เช่น เขตอำเภอเมือง กระนวน น้ำพอง จังหวัดขอนแก่น เขตอำเภอเมืองสกลภูมิ จังหวัดกาฬสินธุ์ และบริเวณพื้นที่ตอนใต้ของลำนน้ำมูล เริ่มตั้งแต่เขตอำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมาจนถึงจังหวัดอุบลราชธานี รวมถึงการสะสมตัวของตะกอนที่เกิดจากการสึกกร่อนและผุพังอยู่กับที่หรือมีการพัดพาไม่ไกลนักจากแหล่ง โดยทั่วไปชั้นตะกอนเหล่านี้มักจะทำให้ปริมาณน้ำน้อยถึงปานกลาง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเรียงตัวและคัดขนาดของชั้นกรวดและทราย ความหนาของตะกอนชนิดนี้เฉลี่ย 30-100 เมตร บริเวณที่เป็นแหล่งน้ำบาดาลที่ดีจะอยู่ในบริเวณพื้นที่ขอบแอ่งด้านใต้ของแอ่งโคราชขนานไปกับลำนน้ำมูล ตั้งแต่จังหวัดนครราชสีมาจนถึงจังหวัดสุรินทร์ บริเวณนี้จะมีปริมาณน้ำบาดาลในเกณฑ์ 20-50 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง มีค่าการซึมผ่าน 200-300 ตารางเมตรต่อวัน ลักษณะของชั้นน้ำบาดาลเป็นชนิดภายใต้แรงดันและในหลายพื้นที่ เช่น บริเวณจังหวัดบุรีรัมย์และสุรินทร์จะเป็นน้ำพุ โดยมีน้ำพุทั้งแบบธรรมชาติและน้ำพุโดยการเจาะน้ำบาดาลสำหรับในพื้นที่บริเวณด้านเหนือของแม่น้ำชี บริเวณจังหวัดขอนแก่น และจังหวัดกาฬสินธุ์ ความหนาของตะกอนเฉลี่ย 30-50 เมตร มีปริมาณน้ำที่สูบขึ้นมาใช้ได้ ในเกณฑ์ 5-20 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงมีค่าการซึมผ่าน 100-200 ตารางเมตรต่อวันสำหรับคุณภาพน้ำบาดาลในตะกอนน้ำพายุคเก่านี้ ส่วนใหญ่คุณภาพน้ำดี มีปริมาณมวลสารรวม 500-700 มิลลิกรัมต่อลิตร นอกจากนี้ในบริเวณของหินบะซอลต์ผุโดยเฉลี่ยมักจะ ได้ปริมาณน้ำ 5-10 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ที่ระดับความลึก 15-30 เมตร ในส่วนของหินแข็ง น้ำบาดาลจะกักเก็บตามรอยแตก รอยแยก โพรงและรอยต่อ ระหว่างชั้นหินแข็งเป็นหลัก ปริมาณน้ำมักจะ ไม่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและขนาดของ โครงสร้างเหล่านี้ ซึ่งสามารถจำแนกชั้นน้ำบาดาลตามลักษณะของชั้นหินแข็งและภูมิประเทศ

### 2.2.11 วิธีการสร้างบ่อตื้น (Constructing shallow wells) [10]

บ่อตื้น (Shallow wells) โดยทั่วไปจะหมายถึง บ่อที่มีความสามารถในการจ่ายน้ำได้น้อย และความลึกไม่เกิน 15 เมตร วิธีการสร้างบ่อตื้น สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) วิธีการขุด (Digging method) โดยการขุดด้วยมือ จอบ หรือพลั่ว ความลึกไม่มากนักปกติจะไม่เกิน 20 เมตร ขึ้นอยู่กับความลึกของระดับน้ำบาดาล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 60 เซนติเมตร ไปจนถึงใหญ่กว่า 2 เมตร ซึ่งก็คือ บ่อน้ำชาวบ้านที่เห็นทั่วไป เรียกบ่อชนิดนี้ว่าบ่อขุด (Dug well) ตอนบนของบ่ออาจจะกรุผนังด้วยไม้ ซึ่งจะทำบ่อเป็นรูปสี่เหลี่ยมหรืออาจกรุด้วยอิฐ ซึ่งจะให้บ่อในลักษณะกลม หรืออาจกรุด้วยท่อซีเมนต์ที่มีขายตามท้องตลาด โดยทำการสกัดให้มีรูรอบๆ ท่อสำหรับ สำหรับท่อนที่กรุในระดับที่ต่ำกว่าระดับน้ำบาดาลเพื่อให้น้ำไหลเข้าในบ่อ บ่อขุดนี้จะให้ น้ำน้อยกว่า 500 ลูกบาศก์เมตร/วัน



รูปที่ 2.7 ลักษณะของบ่อน้ำบาดาลชนิดบ่อขุด (Dug well)

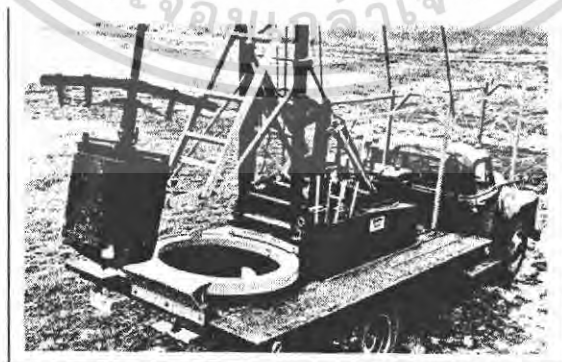
2) วิธีการเจาะด้วยสว่าน (Boring method) การเจาะด้วยวิธีนี้จะใช้ได้เฉพาะในกรณีหินร่วน และระดับน้ำบาดาลอยู่ตื้น มีค่าใช้จ่ายน้อย บ่อที่เจาะโดยวิธีนี้เรียก บ่อเจาะด้วยสว่าน (Boring well) การเจาะบ่อด้วยสว่านนี้อาจจะใช้แรงคนหรือเครื่องจักรช่วย รูปร่างของสว่านมีหลายรูปแบบและหลายขนาด อาจจะเป็นรูปกระบอกมีใบมีดอยู่ส่วนล่างสุดหรือเป็นรูปดอกสว่านมีค้ำมค่อเป็นท่อนๆ ขาวท่อนละ 1-2 เมตร การเจาะกระทำโดยเอากระบอกเจาะ เจาะหมุนไปตามเข็มนาฬิกา ใบมีดก็จะทำหน้าที่ตัดเจาะลงไป เมื่อเศษดินหรือขี้เจาะเต็มกระบอกหรือเต็มเกลียวสว่านก็จะนำขึ้นมาเทออก แล้วจึงเอาลงไปเจาะต่อเรื่อยๆ จนถึงชั้นน้ำ การเจาะด้วยแรงคนวิธีนี้ ปกติเส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อจะไม่เกิน 20 เซนติเมตร และลึกไม่เกิน 15 เมตร ในกรณีที่ใช้เครื่องยนต์เข้ามาช่วยเป็นตัวหมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจจะได้หลุมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 1 เมตร และลึกมากกว่า 30 เมตรได้ ในกรณีนี้หัวเจาะจะมีลักษณะเป็นกระบอกทรงกลม มีใบมีดอยู่ด้านล่างยึดติด กับก้านเจาะซึ่งหมุน โดยเครื่องยนต์ เมื่อเสียดินหรือซีเมนต์เข้าไปเต็มในหัวเจาะก็จะดึงขึ้นมาเพื่อนำมาเททิ้ง หรือเก็บตัวอย่างข้างบน หลังจากนั้นก็หย่อนหัวเจาะกลับลงไปและเจาะต่อ ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงความลึกที่ต้องการ ในกรณีที่มีตัวคว้าน (Reamer) ก็จะสามารถช่วยคว้านให้รูเจาะมีขนาดใหญ่ได้แสดง Bucket auger ซึ่งติดตั้งกับรถสามารถทำการเจาะบ่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ลึกกว่า 10 เมตร ได้ภายในเวลาไม่กี่ชั่วโมง โดยเฉพาะในฤดูฝนซึ่งชั้นดินจะอ่อนและร่วน การเจาะโดยวิธีนี้เหมาะในหินร่วนที่ไม่ทรุดเป็นโพรง (Caving) ได้ง่าย เพราะจะทำให้บ่อบัง ในระหว่างการเจาะอาจจะจำเป็นต้องมีการลงท่อกรุเพื่อเป็นท่อกันพัง และเมื่อเจาะถึงระดับความลึกที่ต้องการ ก็จะนำท่อกรุหรือท่อกรองใส่ลงไป แล้วดึงท่อกันพังขึ้นมา ช่องว่างที่มีอยู่ก็จะใส่กรวดกลับลงไปให้เต็ม



รูปที่ 2.8 ลักษณะของหัวเจาะ โดยวิธีการเจาะด้วยสว่าน



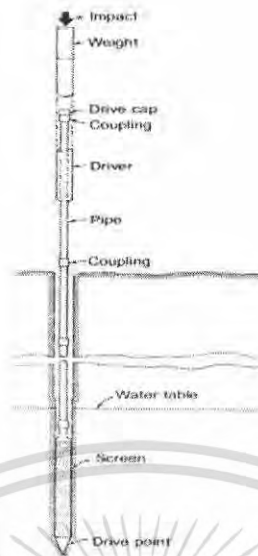
รูปที่ 2.9 วิธีการเจาะด้วยสว่านแบบ Bucket augers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วิธีการตอกบ่อ (Driven method) การเจาะด้วยวิธีนี้จะใช้ท่อทรงหรือท่อเจาะเจาะร่องติดไว้ตรงปลายท่อกรู และที่ส่วนปลายของท่อทรง หรือท่อเจาะเจาะร่องจะติดด้วยปลายแหลมเพื่อช่วยในการทะลุทะลวงขณะตอก ท่อกรูก็จะต่อทีละท่อน แต่ละท่อนอาจจะยาวตั้งแต่ 1 ถึง 2 เมตร ทำการตอกไปเรื่อย ๆ จนถึงชั้นน้ำบาดาล เรียกบ่อบาดาลนี้ว่า บ่อตอก (Driven well) เส้นผ่าศูนย์กลางของบ่อตอกจะมีขนาดเล็กกระหว่าง 3 ถึง 10 เซนติเมตร และความลึกน้อยกว่า 15 เมตร วิธีการตอกบ่อจะได้ผลดีในชั้นหินร่วนและทรุดเป็นโพรงง่าย ถ้าเป็นหินแข็งจะตอกไม่ลงและท่ออาจจะคด โดยทั่วไปแล้ววิธีการตอกบ่อจะมีค่าใช้จ่ายต่ำและใช้เวลาน้อย ระดับน้ำบาดาลบริเวณนั้นควรจะอยู่ตื้นระดับ 3 ถึง 5 เมตร จากผิวดิน ปริมาณน้ำที่ได้จากบ่อตอกจะอยู่ระหว่าง 100-250 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน บ่อตอกใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างดีในงานทางวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อช่วยลดระดับน้ำบาดาลหรือลดปริมาณน้ำในบริเวณที่ต้องมีการขุดเจาะและมีน้ำมาก โดยการใช้บ่อตอกจำนวนหลายๆ บ่อ หรือที่เรียกว่า Well-points systems



รูปที่ 2.10 Well-points systems เพื่อช่วยระบายน้ำบริเวณขุดเจาะ



รูปที่ 2.11 ลักษณะของบ่อดก (Driven well)

4) วิธีการเจาะด้วยการพ่นน้ำ (Jetting method) เป็นวิธีการเจาะที่ใช้เครื่องอัดน้ำแล้วฉีดออกที่ปลายหัวเจาะ ดินที่ถูกเป่าก็จะพุ่งออกเป็นรู ทำให้สามารถหย่อนท่อกรู ท่อกรอง ตามหัวเจาะลงไปได้เรื่อย ๆ ตัวอย่างที่เจาะก็จะขึ้นสู่ผิวดิน โดยน้ำเป็นตัวพาขึ้นมา เรียกบ่อเจาะนี้ว่า บ่อเจาะโดยใช้น้ำพ่น (Jetted well) โดยปกติจะได้บ่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 3 ถึง 10 เซนติเมตร และมีความลึกมากกว่า 15 เมตร ในกรณีที่เป็นชั้นดินเหนียวแข็ง ก็จะกระทุ้งหัวเจาะให้หินแตก ฉีดอัดน้ำลงไปด้วยพร้อม ๆ กับหมุนหัวเจาะเพื่อให้บ่อตรง แสดงบ่อเจาะโดยใช้น้ำพ่นในลักษณะสำเร็จรูปหรือ Self-jetting well ซึ่งตอนปลายของท่อจะประกอบด้วยท่อกรองและมีรูเจ็ทปลายแหลม (Jetting nozzle) ต่ออยู่ปลายสุด เมื่อเจาะโดยการฉีดพ่นน้ำผ่านรูเจ็ทถึงระดับความลึกที่ต้องการ ก็สามารถให้หัวเจาะนี้เป็นบ่อน้ำสูบน้ำขึ้นมาได้เลย โดยไม่ต้องดึงขึ้นมาอีก ช่องว่างระหว่างหัวเจาะกับผนังบ่อก็จะมีกรวดโดยรอบเพื่อการใช้งานต่อไป



รูปที่ 2.12 หัวเจาะโดยใช้น้ำพ่นลักษณะต่าง ๆ (Jetting drill bits)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.3.1 โครงการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำกุ่มกลาง จังหวัดนครพนม (พ.ศ.2549) [5]

จังหวัดนครพนมเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้เพื่อการเกษตร อย่างไรก็ตามพื้นที่บางส่วนในเขตอำเภอธาตุพนม และอำเภอเรณูนครไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้เต็มที่เนื่องจากดินมีปัญหาด้านคุณภาพ เช่นปัญหาดินเค็ม ปัญหาดินเค็มอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ และหากไม่มีการศึกษาอย่างละเอียดและป้องกันอย่างถูกต้องก็อาจเกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม จุดประสงค์ของการศึกษารั้งนี้เพื่อศึกษาลักษณะของดินเค็มในระดับตื้นของพื้นที่ศึกษา ซึ่งประกอบไปด้วยการเก็บข้อมูลระดับความเค็ม ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของชั้นดินและน้ำใต้ดิน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นฐานข้อมูลสำหรับการป้องกัน และแก้ไขปัญหาที่เกิดจากดินเค็มที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต การเก็บข้อมูลเป็นการเก็บข้อมูลในพื้นที่สูงกว่าระดับ 138 เมตรจากระดับน้ำทะเลกลาง โดยในแต่ละส่วนทำการขุดเจาะหลุมตื้นเพื่อเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน แล้วนำตัวอย่างที่เก็บมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีประกอบไปด้วย ความถ่วงจำเพาะ การหาขนาดของเม็ดดิน ค่า pH ค่า TDS ค่าความเค็ม และปริมาณออกซิเจนในน้ำ การเก็บตัวอย่างกระจายจุดเก็บให้ครอบคลุมพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งตัวอย่างและผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติ จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่พบสภาพพื้นที่ดินเค็มที่บ้านดงมะเอก บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านพระขोनน้อย บ้านน้ำบ่อ และบ้านฉันทะ จังหวัดนครพนม

### 2.3.2 โครงการศึกษาวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดิน และการแพร่กระจายของน้ำเค็ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (พ.ศ. 2544) [9]

ได้ทำการศึกษาริชัยโดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้น เพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของน้ำเค็ม ในแนวระนาบและแนวตั้ง ครอบคลุมพื้นที่โครงการ 389.5 ตร.กม. ศึกษาถึงสภาวะปกติที่ไม่มีการเก็บกักน้ำ ระยะเวลาจากปัจจุบันจนถึง 10 ปีข้างหน้า ยังไม่มีพื้นที่ที่มีศักยภาพจะเกิดดินเค็ม แต่หลังจาก 10 ปีไปจนถึง 100 ปีข้างหน้า จะมีพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินและดินเค็ม 3 แห่ง คือ บริเวณบ้านพระขोनน้อย บ้านพิมานท่า และทิศตะวันตกเฉียงเหนือบ้านดงขุนคราม มีพื้นที่รวม 1,425 ไร่ และบริเวณที่จะเกิดน้ำใต้ดินกร่อย มีพื้นที่รวม 16,066 ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่มีการสร้างประตุน้ำโนนสังข์ ที่ระดับ +138.5 ม.รทก. พบว่าในช่วงระยะเวลา 10 ปีแรก การแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเค็มและพื้นที่ที่จะเกิดดินเค็มยังไม่ปรากฏแน่ชัด จาก 100 ปีข้างหน้า จะมีพื้นที่เกิดการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเค็ม 4 แห่ง คือบริเวณบ้านพระชองน้อย บ้านพิมาน บ้านดงขุนคราม และบ้านดอกขาว คิดเป็นพื้นที่รวม 1,130 ไร่ และพื้นที่ที่เกิดการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินกร่อย 13 แห่ง คิดเป็นพื้นที่รวม 14,755 ไร่

จากการศึกษาทั้ง 2 กรณี สรุปว่า

- การสร้างอ่างเก็บน้ำ จะทำให้พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดน้ำใต้ดินเค็มและดินเค็มน้อยกว่าการไม่สร้างอ่างเก็บน้ำ 295 ไร่
- การสร้างอ่างเก็บน้ำจะทำให้เกิดพื้นที่น้ำใต้ดินกร่อยน้อยกว่าไม่สร้างอ่างเก็บน้ำ 1.3 ไร่

### 2.3.3 โครงการศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง บริษัทที่ปรึกษา GITEC CONSURTANT GMBH (มีนาคม พ.ศ.2541) [7]

ได้ทำการศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณ โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม กรมทรัพยากรธรณี มีนาคม 2541 จากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้

- การสร้างอ่างเก็บน้ำตามโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม ไม่น่าจะเกิดผลกระทบของน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มขึ้นมาด้านบนได้ เนื่องจากระดับน้ำที่เก็บกักไว้มีระดับต่ำ ชั้นเกลือหินอยู่ลึกกว่า 100 เมตร โดยประมาณ และความลึกของชั้นน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มมีระดับที่ลึกประมาณ (ประมาณ 50 เมตร)
- การสร้างอ่างเก็บน้ำตามโครงการฯ จะไม่มีผลกระทบต่อการละลายของชั้นเกลือ เนื่องจากชั้นเกลืออยู่ในระดับลึกกว่า 100 เมตร โดยชั้นหินโคลนหรือหินดินดานปิดทับอยู่ข้างบน

### 2.3.4 โครงการการศึกษาการกระจายความเค็มของดินเค็ม กรมชลประทาน (พ.ศ.2537) [4]

ได้ทำการศึกษาการกระจายความเค็มของดินเค็ม มีผลสรุปที่น่าสนใจคือ ได้พบว่าพื้นที่ดินเค็มใน 3 หมู่บ้านคือ บ้านพระชองน้อย บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านดงมะเือก

- บ้านพระชองน้อย พบดินเค็มบริเวณห้วยบ่อ อยู่บริเวณทางทิศใต้ของหมู่บ้าน ลำห้วยนี้มีทิศทางการไหลของน้ำลงสู่ลำน้ำบัง ซึ่งเป็นสาขาของลำน้ำท่า พื้นที่พบดินเค็มคือ 1.5 – 2.5 เมตร
- บ้านบ่อดอกซ้อน บริเวณที่พบดินเค็มอยู่ในน้ำบัง และลำน้ำสาขาทางทิศตะวันออกของบ้านบ่อดอกซ้อน ซึ่งอยู่ทางทิศเหนือของอ่างเก็บน้ำ ชั้นดินชั้นหินคล้ายกับที่ห้วยน้ำบ่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- บ้านดงมะเอก อยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอเรณูนคร และอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษา ปัจจุบันพื้นที่นี้ถูกตัดแปลงเป็นอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กไม่มีการทำนาเกลือเนื่องจากน้ำท่วมพื้นที่ดินเค็มไปแล้ว แต่ในฤดูแล้งน้ำจะเค็ม

### 2.3.5 โครงการการศึกษาธรณีฟิสิกส์ ในบริเวณพื้นที่ตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ กรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ.2540) [8]

จากการศึกษาธรณีฟิสิกส์ โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ได้ทำการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า จำนวน 3 แนว ในบริเวณพื้นที่ตอนล่างของอ่างเก็บน้ำคือ บริเวณบ้านดอนขาว บ้านฝั่งแดง บ้านนางเลิส และบ้านนาขาม ผลการสำรวจพบว่า

- บริเวณตอนล่างของอ่างเก็บน้ำในระดับตื้นๆรองรับด้วยตะกอนกรวดทราย ลึกลงไปประมาณ 50 เมตร เป็นหินดินดานมีน้ำจืดแทรกอยู่ในรอยแตกลึกลงไปกว่า 50 เมตรในชั้นหินดินดานมีน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มแทรกตัวอยู่ และลึกกว่า 100 เมตร ลงไปจะรองรับด้วยชั้นหินเกลือหรือหินทราย
- บริเวณทิศใต้ของอ่างเก็บน้ำเป็นชั้นหินทรายที่รองรับอยู่ในระดับตื้น
- บริเวณทางตอนเหนือของอ่างเก็บน้ำอาจเป็นหินดินดานที่มีน้ำจืด และน้ำกร่อยแทรกตัวอยู่ในปริมาณไม่มาก

จากการสำรวจประเมินว่า อาจจะมีชั้นเกลือหินในระดับที่ลึกกว่า 100 เมตร จึงคาดหมายได้ว่า การเก็บกักน้ำของอ่างเก็บน้ำท่าตอนล่างนี้ไม่น่าจะมีผลต่อชั้นน้ำเกลือหรือน้ำกร่อยที่รองรับอยู่

# บทที่ 3

## วิธีการทดลอง

### 3.1 รายละเอียดผลการดำเนินงานของโครงการ

#### 3.1.1 กิจกรรมที่วางแผนไว้

ขั้นตอนดำเนินการ	2550						2551						
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
1.ศึกษาข้อมูลการทำโครงการ	↔												
2.สำรวจหน้างาน รวบรวมข้อมูล		↔											
3.เก็บตัวอย่าง		↔		↔					↔				
4.ทดสอบทางกายภาพและเคมี			↔		↔					↔			
5.ประมวลผลข้อมูล						↔					↔		
6.สรุปผลการวิจัย							↔				↔		
7.ทำรายงานฉบับ โครงร่าง ส่ง รายงานฉบับ โครงร่าง							↔						
8.ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์									↔			↔	

#### 3.1.2 กิจกรรมที่ทำได้จริง

ขั้นตอนดำเนินการ	2550						2551						
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	
1.ศึกษาข้อมูลการทำโครงการ	↔												
2.สำรวจหน้างาน รวบรวมข้อมูล		↔											
3.เก็บตัวอย่าง		↔		↔					↔				
4.ทดสอบทางกายภาพและเคมี			↔		↔					↔			
5.ประมวลผลข้อมูล			↔			↔					↔		
6.สรุปผลการวิจัย							↔				↔		
7.ทำรายงานฉบับ โครงร่าง ส่ง รายงานฉบับ โครงร่าง							↔						
8.ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์									↔			↔	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2 ขั้นตอนการดำเนินการ

#### 3.2.1 ศึกษาหาข้อมูลและทฤษฎีเบื้องต้น

- ลักษณะสำคัญของน้ำใต้ดิน
- การไหลของน้ำใต้ดิน
- คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดิน
- ศักยภาพน้ำใต้ดิน

#### 3.2.2 ศึกษาหาข้อมูลจากหน่วยงานราชการ

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 48)  
ความลึกเจาะและระดับน้ำใต้ดิน พร้อมทั้งค่าระดับจากระดับน้ำทะเล [2]

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความลึกเจาะ ( เมตร )	ระดับน้ำปกติ ( เมตร )	ความสูงจากระดับน้ำทะเล ( เมตร )
441040	1884150	โรงเรียนบ้านหนองนางดอน	24.00	15.28	161.00
455500	1880250	บ้านสร้างเม็ก	24.00	4.27	141.00
457600	1881800	บ้านลาดศรีชมพู	21.00	5.10	150.00
459750	1879400	บ้านเห็บ	15.00	2.70	142.00
460790	1877500	บ้านหนองแด	21.00	5.40	142.00
461790	1884050	โรงเรียนบ้านนาโดนใหม่	15.00	5.31	154.00
463140	1893000	บ้านนายอนน้อย	24.00	3.18	157.00
466290	1871050	บ้านสอนคอน	15.00	5.29	145.00
466500	1884750	วัดบูรภาราม(บ.โพนทอง)	15.00	2.93	140.00
470850	1884800	บ้านสร้างแห่ทุ่ง	15.00	6.71	142.00
471140	1874900	วัดบ้านโคกสว่างพัฒนา	21.00	6.30	135.00
471600	1881900	บ้านนาทาม	21.00	10.50	142.00
471850	1882300	วัดบ้านนาทาม	21.00	3.60	142.00
471890	1858440	บ้านคำฝักแพว	15.00	7.50	128.00
472600	1859900	โรงเรียนบ้านทรายมูล	15.00	6.00	132.00
473250	1885150	บ้านหมื่นหย่อน	21.00	9.60	141.00
473700	1888590	วัดบ้านดงขวาง	15.00	5.73	135.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ต่าง (UTM48) พร้อมทั้งค่าระดับอ้างอิง [2]

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเล ( เมตร )
441040	1884150	โรงเรียนบ้านหนองนางดอน	161.00
455500	1880250	บ้านสร้างเม็ก	141.00
457600	1881800	บ้านลาดศรีชมพู	150.00
459750	1879400	บ้านเห็บ	142.00
460790	1877500	บ้านหนองแด้	142.00
461790	1884050	โรงเรียนบ้านนาโดนใหม่	154.00
463140	1893000	บ้านนายอน้อย	157.00
466290	1871050	บ้านสอนคอน	145.00
466500	1884750	วัดบูรภาราม(บ.โพนทอง)	140.00
470850	1884800	บ้านสร้างแห่ทุ่ง	142.00
471140	1874900	วัดบ้านโคกสว่างพัฒนา	135.00
471600	1881900	บ้านนาทาม	142.00
471850	1882300	วัดบ้านนาทาม	142.00
471890	1858440	บ้านคำฝักแพว	128.00
472600	1859900	โรงเรียนบ้านทรายมูล	132.00
473250	1885150	บ้านหมื่นหย่อน	141.00
473700	1888590	วัดบ้านดงขวาง	135.00
430250	1877050	ศูนย์พัฒนาบ้านดงขวาง	168.00
435290	1879900	บ้านดินดำ	155.00
435950	1877000	ที่ทำการตำบลคำพิ	154.00
436140	1886250	บ้านสามแยก	157.00
438500	1883190	บ้านหัวภูธร	153.00
444750	1884000	บ้านหนองสะโน	162.00
446640	1871440	บ้านนาป่งครอง	147.00
446640	1884150	บ้านนาสมบรม	159.00
448950	1881340	บ้านนาอุดม	152.00
451290	1879000	วัดบ้านเงินทะเล	148.00
453525	1880825	โรงเรียนบ้านพระซองน้อย	145.00
460140	1890690	บ้านคำผาสก	151.00
460850	1892690	บ้านโนนสวรรค์	151.00
461250	1890800	บ้านศรีบุญเรือง	152.00
461390	1888300	โรงเรียนป่อสะอาด	152.00
462250	1884090	บ้านนาโดนใหม่	151.00
466140	1890650	บ้านนางามใต้	153.00
466390	1891190	บ้านนางามเหนือ	155.00
467350	1879550	บ้านหนองหัวขัวใต้	134.00
468500	1862090	บ้านยางคำ	164.00
471100	1891590	วัดบ้านหนองบัวโค้ง	144.00
474700	1893050	ตำบลบ้านนาถ่อน	130.00
474250	1893590	บ้านนาถ่อนทุ่ง	141.00
462450	1870090	บ้านนาหนาดน้อย	141.00
467250	1868300	วัดบ้านหนองเปง	139.00
470290	1862250	บ้านพัฒนาชาติไทย	170.00

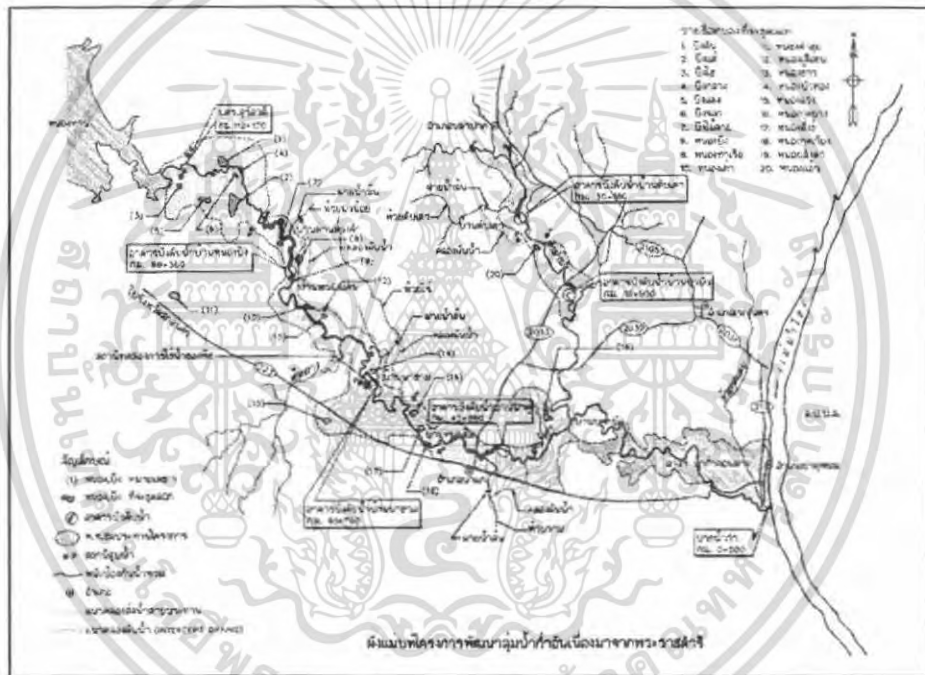
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 วางแผนการทำงานเบื้องต้น

- ศึกษาหาตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ระดับตื้นจากข้อมูลเบื้องต้น เพื่อวางแผนการถ่ายระดับจากหมุดอ้างอิงเข้าสู่บ่อน้ำให้เกิดค่าระดับที่ถูกต้อง
- ศึกษาหาตำแหน่งจากการเจาะบ่อบาดลเบื้องต้น ในตำแหน่งที่ไม่พบว่ามีย่านน้ำใต้ดินระดับตื้น รวมทั้งตำแหน่งที่ส่งผลกระทบต่อทิศทางกรไหลของน้ำใต้ดิน

### 3.2.4 การทำสำรวจในพื้นที่จริง

#### 3.2.4.1 ลักษณะการทำงานสำรวจพื้นที่จริง



รูปที่ 3.1 แสดงรูปแผนที่บริเวณที่จะทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการถ่ายภาพระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับ ไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น



รูปที่ 3.3 แสดงการถ่ายภาพระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับ ไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงการวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ

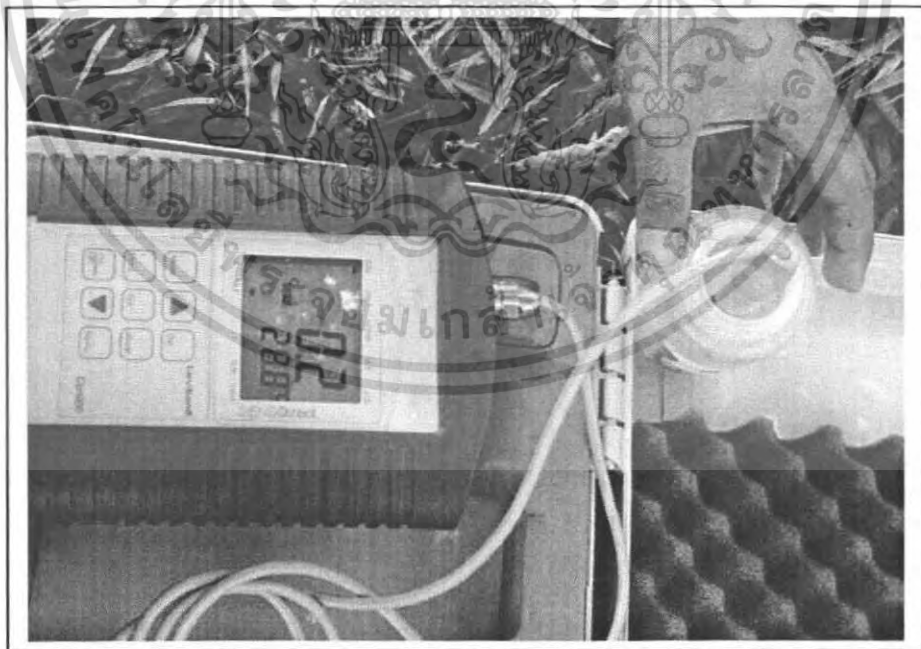


รูปที่ 3.7 แสดงการวัดค่าพิกัด GIS ของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงการวัดค่า pH ของน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับดินที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 3.9 แสดงการวัดค่า TDS ค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินบ่อน้ำใต้ดินระดับดินที่ทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 – 3.9 แสดงลักษณะการทำงานในพื้นที่จริง โดยที่ข้อมูลจะเป็นดังต่อไปนี้

- ทำการถ่ายค่าระดับจากหมุดอ้างอิงไปสู่บ่อน้ำใต้ดินระดับต้น พร้อมทั้งเก็บค่าพิคคอบที่มีในพื้นที่ที่จะทำการสำรวจศึกษาระดับน้ำใต้ดิน

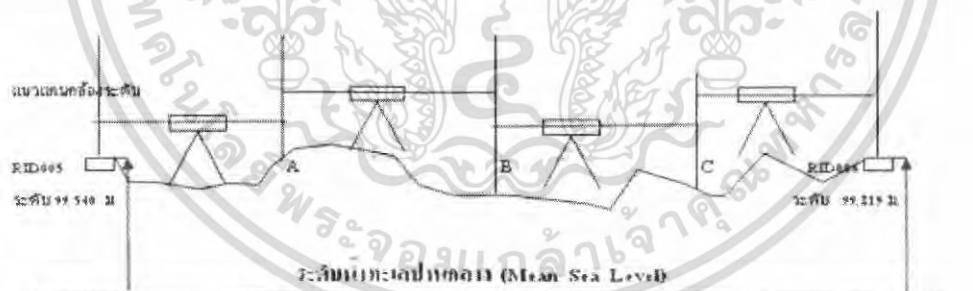
- เก็บข้อมูลระดับเพื่อนำไปคำนวณหาค่าระดับที่ปากบ่อที่เราทำการทดสอบ
- เก็บข้อมูลค่าระดับน้ำใต้ดินจากการเจาะบ่อที่มีในพื้นที่ที่ทำการเจาะสำรวจในแต่ละบ่อ
- เก็บข้อมูลตัวอย่างน้ำภายในแต่ละบ่อมาทดสอบคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางเคมี

### 3.2.5 การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากพื้นที่จริง

#### 3.2.5.1 ตัวอย่างการทำสำรวจหาค่าระดับในพื้นที่จริง

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการบันทึกข้อมูลการทำสำรวจหาค่าระดับในพื้นที่จริง

ชื่อหมุด	ไม้หลัง	ระดับแกนกล้อง	ไม้หน้า	ค่าระดับ	Remark
RID995	1.105	100.645		99.540	ระดับแกนกล้อง
A	1.505	100.748	1.402	99.243	=
B	1.430	100.313	1.865	98.883	ค่าระดับ
C	1.555	100.718	1.150	99.163	+
RID996			0.899	99.819	ไม้หลัง



รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างการหาค่าระดับแบบสูง-ต่ำ

จากรูปที่ 3.10 และ ตารางที่ 3.3 แสดงการหาค่าระดับแบบสูง-ต่ำ โดยตั้งกล้องระดับ (อยู่ระหว่างหมุดที่ทราบค่าระดับ RID005 และจุด A) ปรับกล้องระดับให้ได้ระดับ อ่านค่าไม้เมตรที่หมุดที่ทราบค่าระดับ (ในที่นี้คือหมุดRID005) บันทึกค่า 1.205 ม. ไม้ที่ช่องไม้หลัง อ่านค่าไม้เมตรที่จุด A และบันทึกค่า 1.402 ม. เป็นค่าไม้หน้าขั้นตอนี้เราจะทราบค่าระดับที่จุด A เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางค่าระดับที่จุด A เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง = ค่าระดับที่หัวหมุดที่ทราบค่าระดับ RID005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+ ค่าของค่าไม้เมตรไม้หลัง(RID005) – ค่าไม้เมตรไม้หน้า (A) เมตร. ต่อมาย้ายกล้องระดับมาตั้งระหว่างจุดA กับจุดB ปรับระดับกล้องระดับ...อ่านค่าระดับที่ไม้เมตรที่วางบนหัวมุม A บันทึกค่า 1.505ม. ไม้ที่ช่องไม้หลัง อ่านค่าระดับที่ไม้เมตรที่จุดB บันทึกค่า 1.865 ม. ไม้ที่ช่องไม้หน้า ขั้นตอนนี้สามารถทราบค่าระดับเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางที่จุดB ค่าระดับเหนือน้ำทะเลปานกลางที่จุดB = ค่าระดับที่มุมA เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง + ค่าของไม้เมตรไม้หลัง(จุดA) – ค่าไม้เมตรไม้หน้า (จุดB)) ทำให้สามารถทราบค่าระดับที่จุด C และมุมRID006 ใช้วิธีคำนวณเดียวกัน

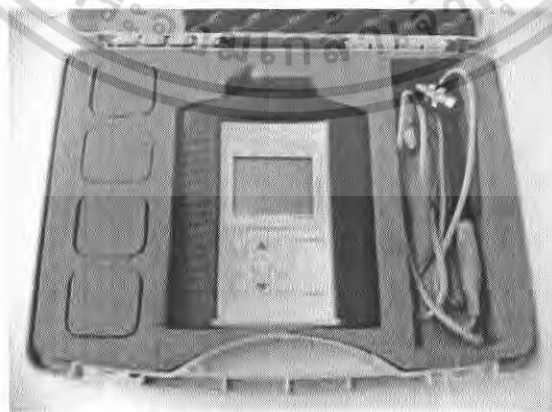
เกณฑ์งานระดับชั้นที่  $3 \pm 12$  มม.  $\sqrt{K}$

(K) ระยะทางเป็นกิโลเมตร เป็นระยะทางทั้งหมดในการสำรวจระดับ

ดังนั้นหากทราบค่าระดับที่มุม RID006 เหนือระดับน้ำทะเลปานกลางแล้ว ความแตกต่างของค่าระดับที่มุม RID006 ที่ได้จากการคำนวณกับที่กำหนดไว้หรือทราบค่าแล้ว ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในงานระดับชั้นที่3 กำหนดให้มีค่าความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 12 มิลลิเมตร  $\sqrt{K}$  หมายความว่าระยะทาง 1 กิโลเมตรยินยอมให้แตกต่างกันได้ไม่เกิน 12 มิลลิเมตร (0.012 เมตร) ถ้าตรวจสอบแล้วค่าความแตกต่าง ไม่เกินก็ทำการปรับแก้หรือเฉลี่ยค่าแก้ไขเท่าๆกัน สรุปว่าการทำระดับด้วยวิธีนี้ต้องทำการตรวจสอบและปรับแก้ค่าระดับก่อนนำค่าไปใช้งาน

### 3.2.5.2 การทดสอบหาค่า TDS, pH, ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเค็ม

การทดสอบที่หน้างานจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Senso Direct Con200 และ เครื่องยี่ห้อ EUTECH SaltTestr ตามตัวอย่างรูปที่ 3.11 – 3.12 แล้วทำการตรวจวัดน้ำที่เก็บมาได้จากแหล่งน้ำทันทีที่หน้างาน โดยจะนำหัวสำหรับอ่านค่าจุ่มลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้โดยกดเลือกฟังก์ชันที่ต้องการ แล้วบันทึกผล



รูปที่ 3.11 การวัดค่า TDS, ค่าการนำไฟฟ้า, และค่าความเค็ม เครื่องยี่ห้อ Senso Direct Con200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



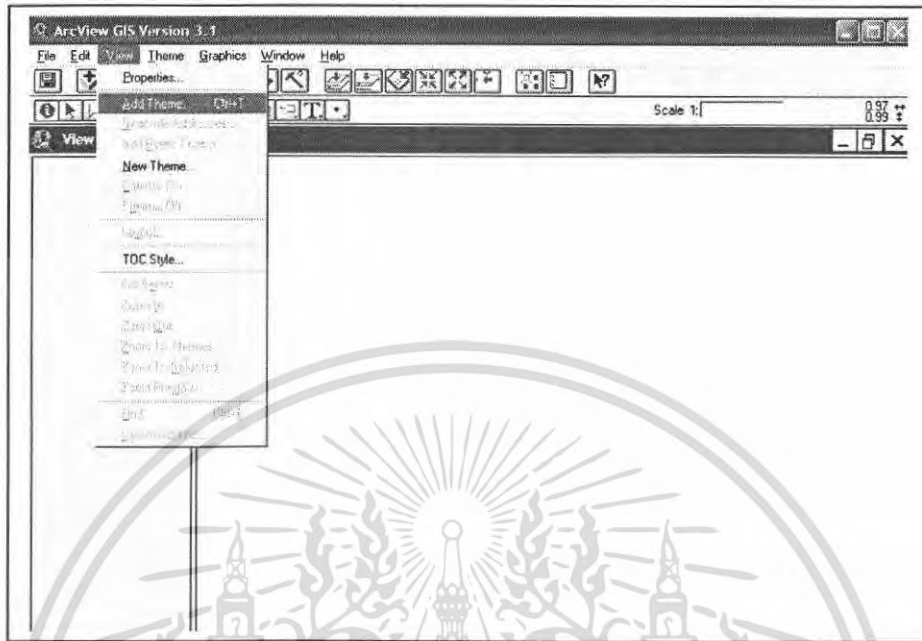
รูปที่ 3.12 การวัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง ยี่ห้อ EUTECH SaltTestr

### 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากพื้นที่จริง

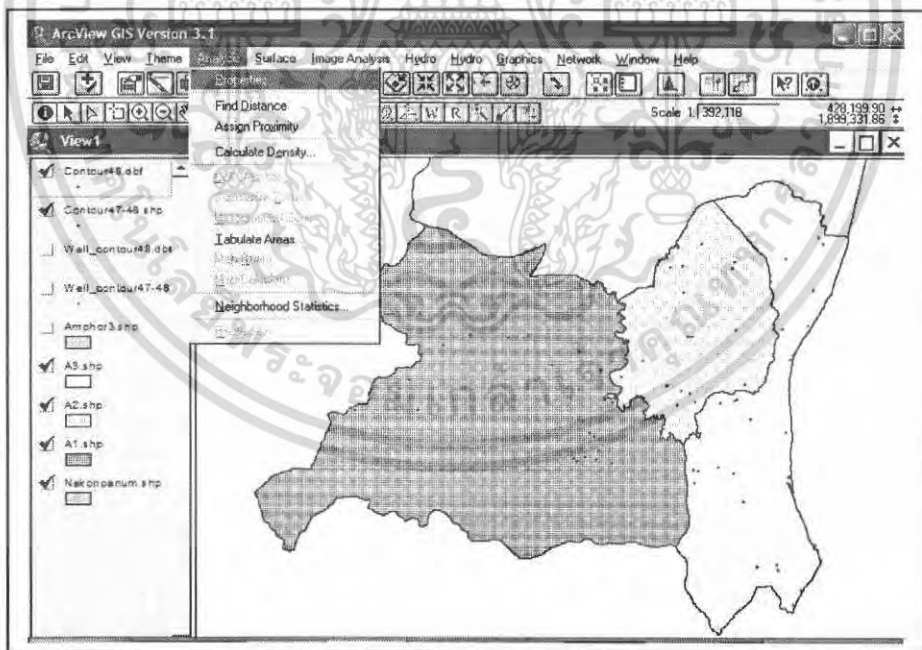
- นำข้อมูลระดับน้ำใต้ดินแต่ละจุดมาวิเคราะห์ทิศทางการไหล เนื่องจากน้ำจะไหลจากค่าระดับที่สูงไปยังค่าระดับที่ต่ำโดยผ่าน โปรแกรม Surfer และ GIS ทำให้ทราบทิศทางการไหลของน้ำบาดาลบริเวณพื้นที่ที่ทำการสำรวจส่วนใหญ่ในพื้นที่ที่วางแผนไว้ เนื่องจากค่าระดับที่อ้างอิงจากกรมที่ดินจากการไปขอข้อมูลภายหลังพบว่าทางกรมที่ดินไม่ได้ถ่าระดับไว้ในหมุดอ้างอิง
- นำข้อมูลคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางเคมีมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาคุณภาพน้ำบริเวณพื้นที่ที่ทำการสำรวจทั้งหมด
- นำข้อมูลคุณภาพน้ำทั้งทางกายภาพและทางเคมี มาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลทิศทางการไหลของน้ำว่าคุณภาพน้ำบริเวณใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6.1 ขั้นตอนการใช้โปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง

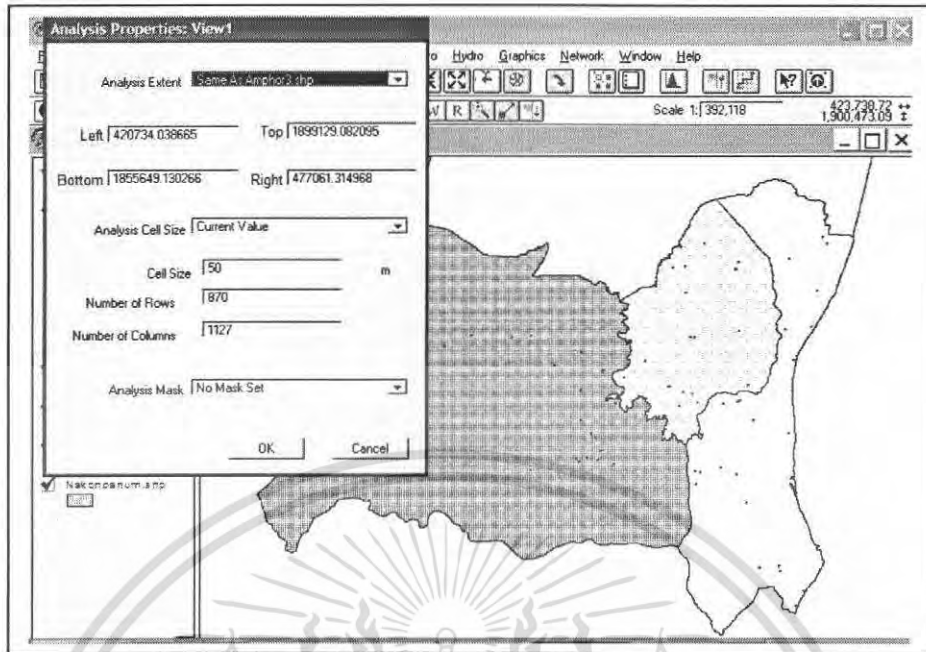


รูปที่ 3.13 แสดงการเปิดโปรแกรม ArcView แล้วเปิดหน้าต่างเพิ่มข้อมูลในโปรแกรม

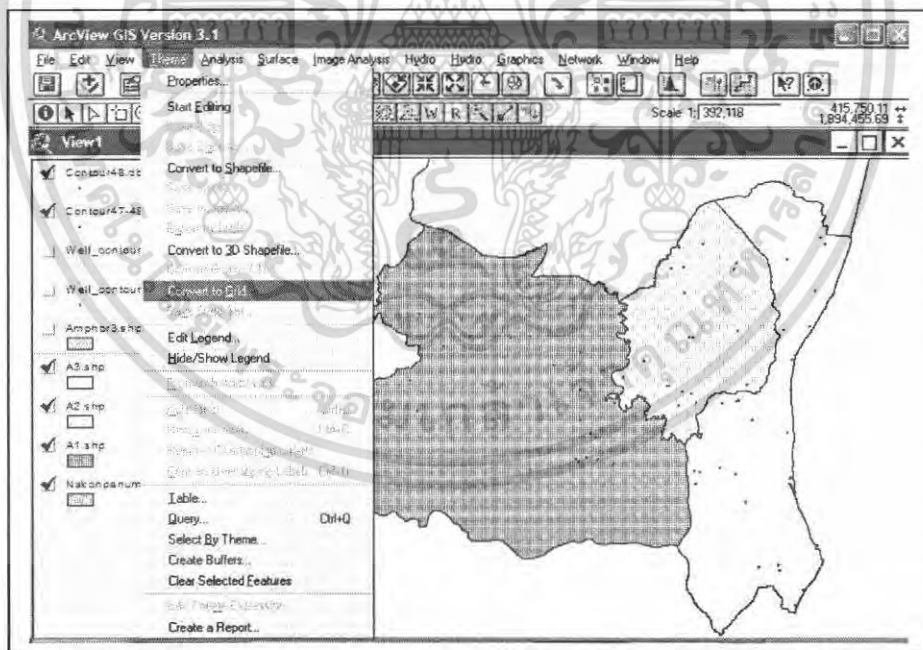


รูปที่ 3.14 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม ArcView โดยเลือกเมนู Analysis คำสั่ง Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

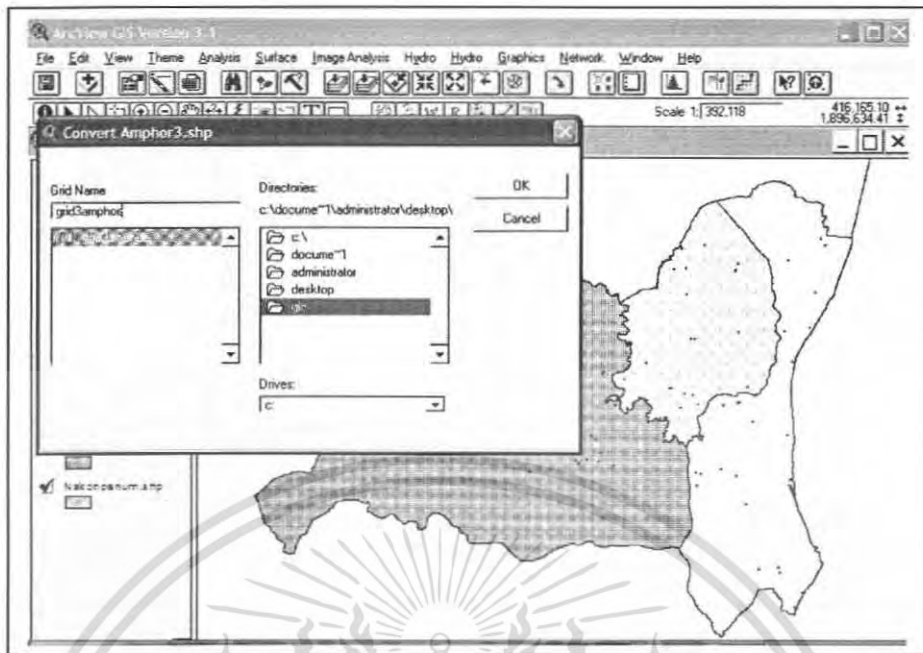


รูปที่ 3.15 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View  
 ช่องบน Same As Amphoe3.shp Cell Size 50 กด Enter แล้วกด OK

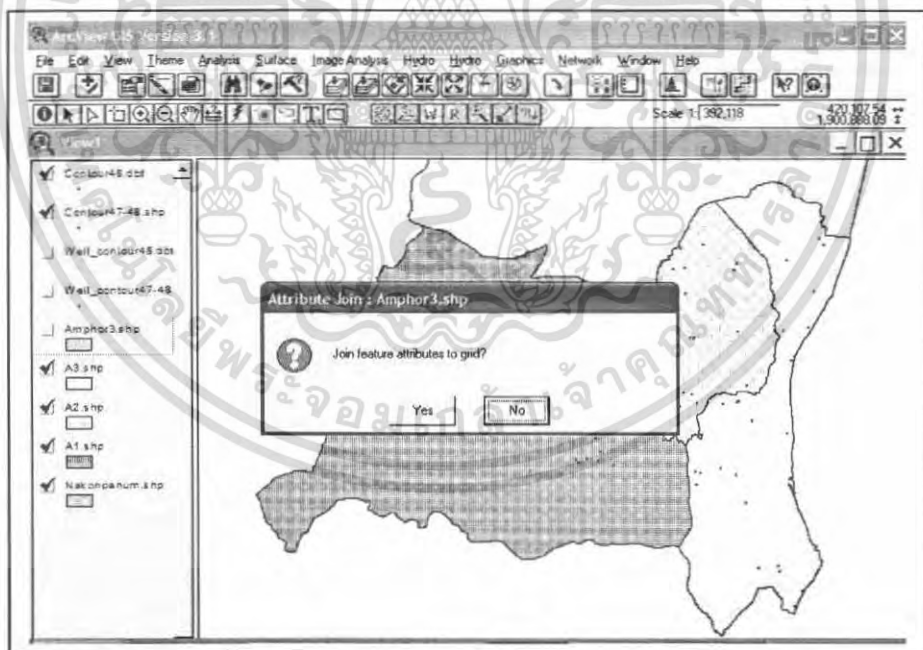


รูปที่ 3.16 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View  
 โดยเลือกเมนู Themes คำสั่ง Convert to Grid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

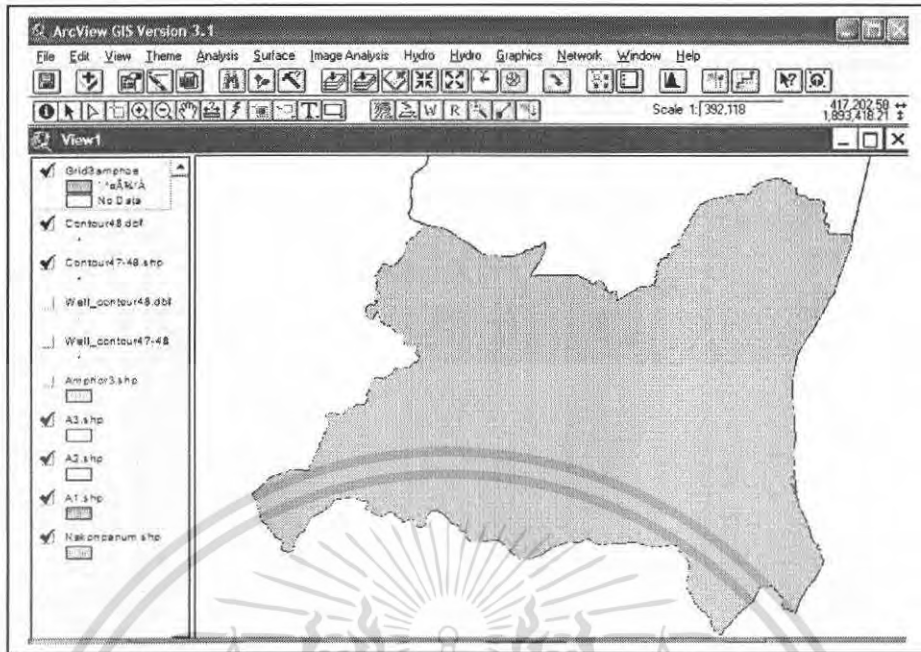


รูปที่ 3.17 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเซฟและตั้งชื่อไฟล์แล้วกด OK



รูปที่ 3.18 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยกด Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

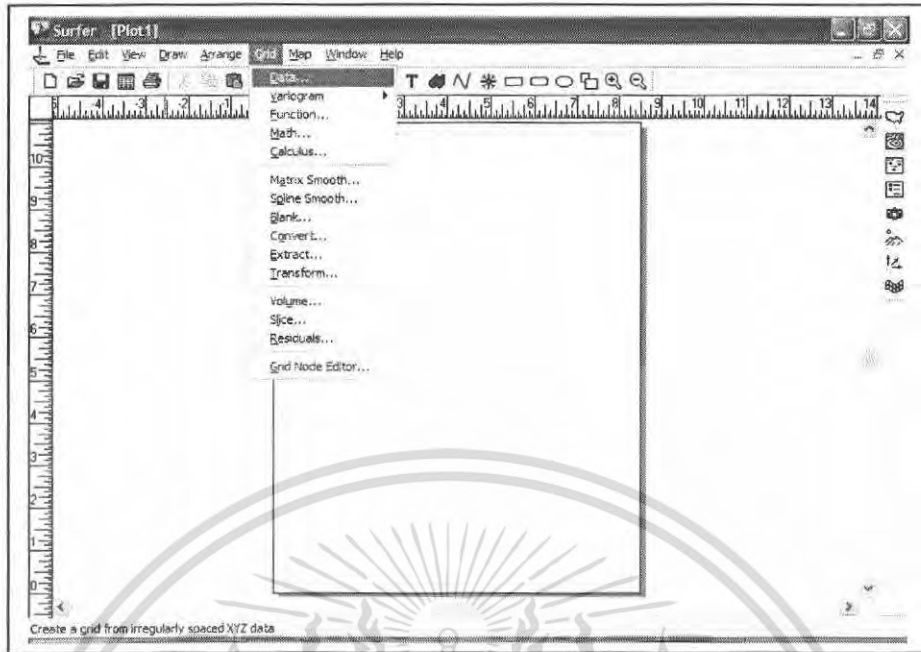


รูปที่ 3.19 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View  
จะได้ Grid ของ 3 อำเภอที่ทำการสำรวจ

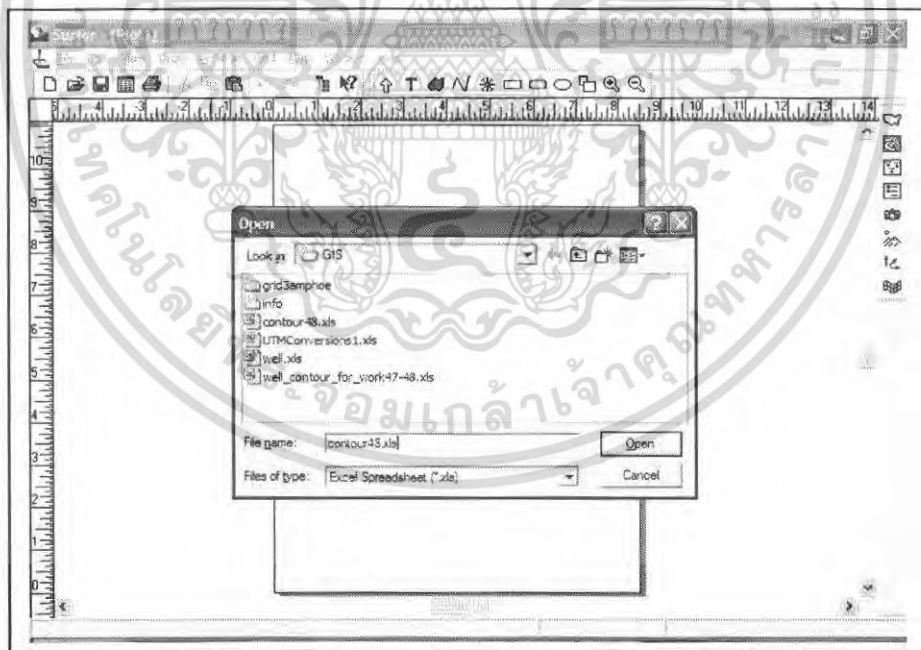
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	พิกัดออก - ตก	พิกัดเหนือ - ไต้	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)							
2	441040	1884150	161.00							
3	455500	1880250	141.00							
4	457600	1881800	150.00							
6	459750	1879400	142.00							
6	460790	1877500	142.00							
7	461790	1884050	154.00							
8	463140	1893000	157.00							
9	466290	1871050	145.00							
10	466500	1894750	140.00							
11	470850	1894600	142.00							
12	471140	1874900	135.00							
13	471600	1881900	142.00							
14	471850	1882300	142.00							
15	471890	1858440	126.00							
16	472600	1859900	132.00							
17	473250	1885150	141.00							
18	473700	1886590	135.00							
19	430250	1877050	168.00							
20	435290	1879900	155.00							
21	435950	1877000	154.00							

รูปที่ 3.20 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel  
โดยเปิด Excel เรียงข้อมูลพิกัด กับความสูงจากระดับน้ำทะเล แล้ว save นามสกุล .xls

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

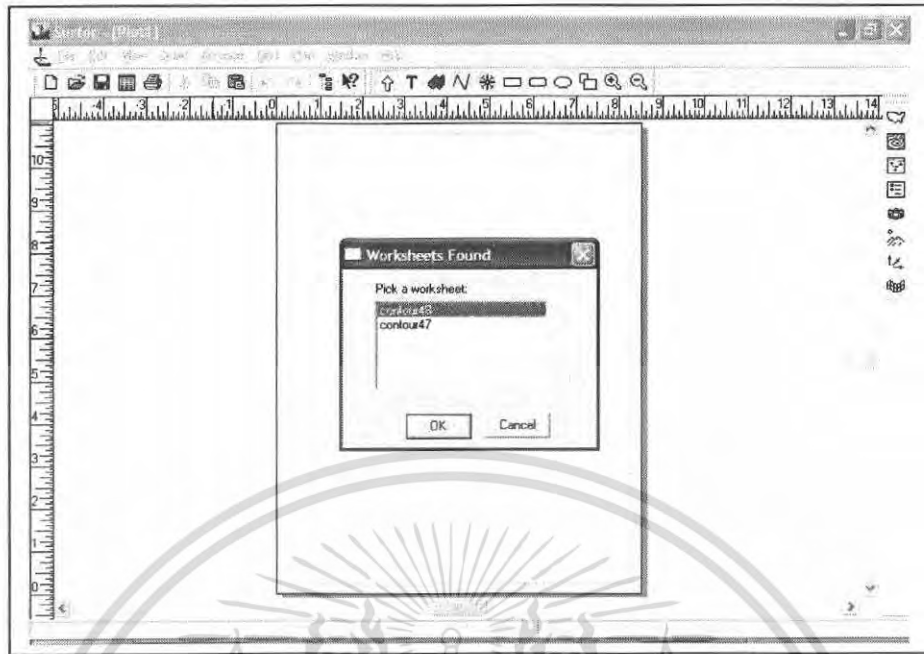


รูปที่ 3.21 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer  
โดยเปิด Surfer เลือกเมนู Grid คำสั่ง Data

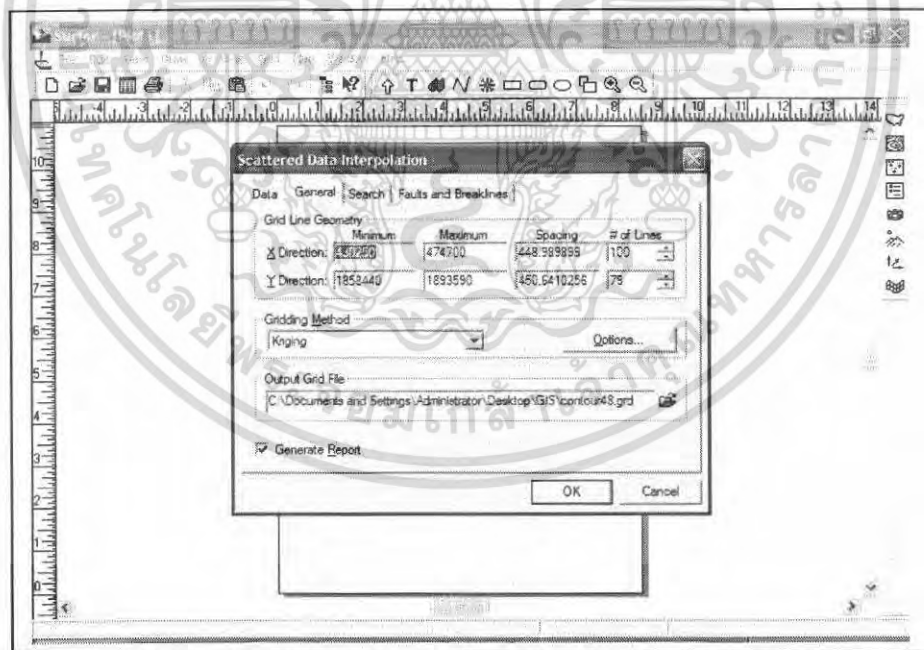


รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer  
โดยเปิด ไฟล์ที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

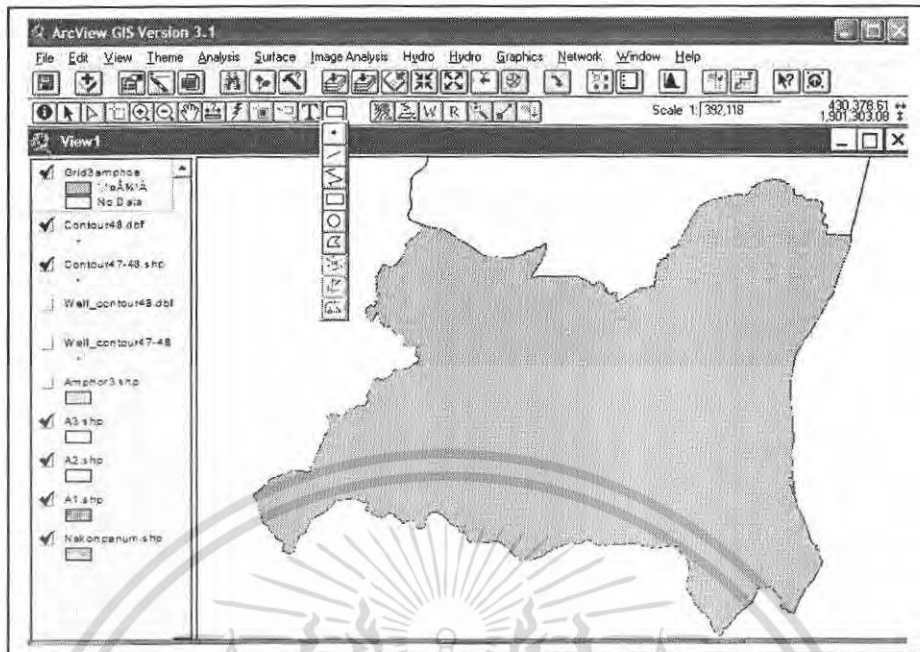


รูปที่ 3.23 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือก Contour 48

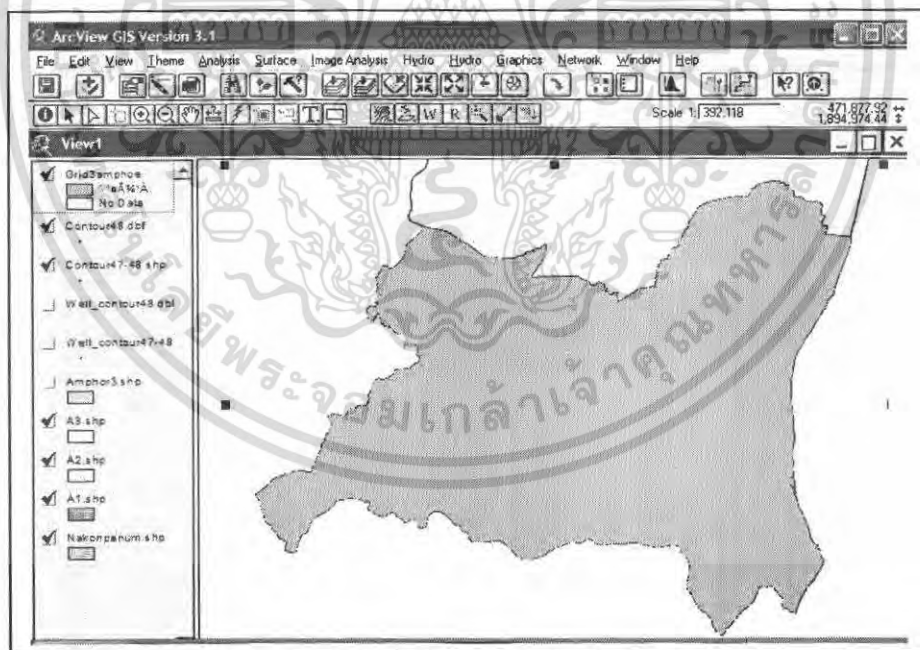


รูปที่ 3.24 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา เปิดค้างไว้ก่อนแล้วทำขั้นตอนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

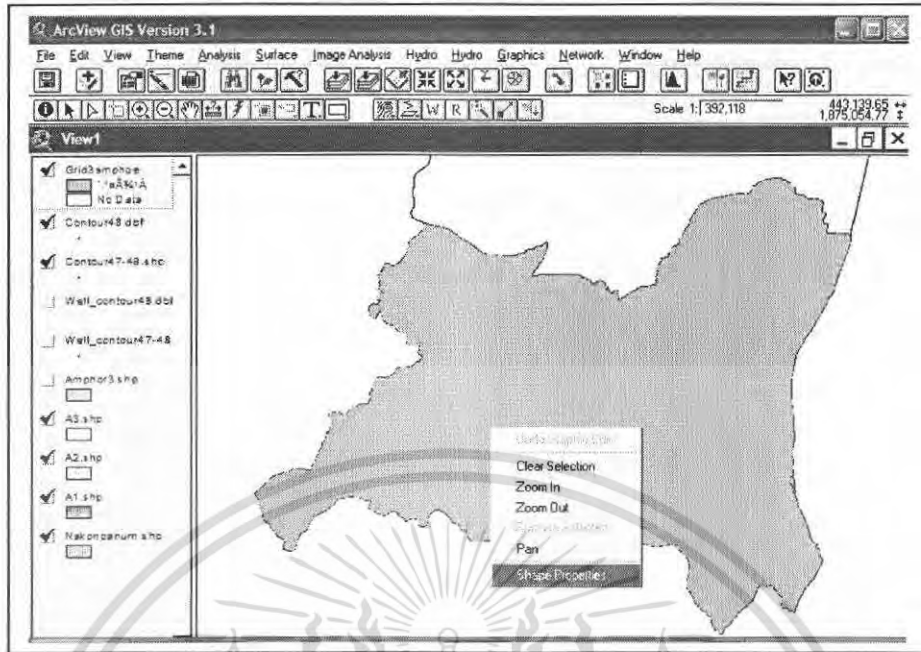


รูปที่ 3.25 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยคลิกไอคอนดังกล่าวข้างไว้ แล้วเลือกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

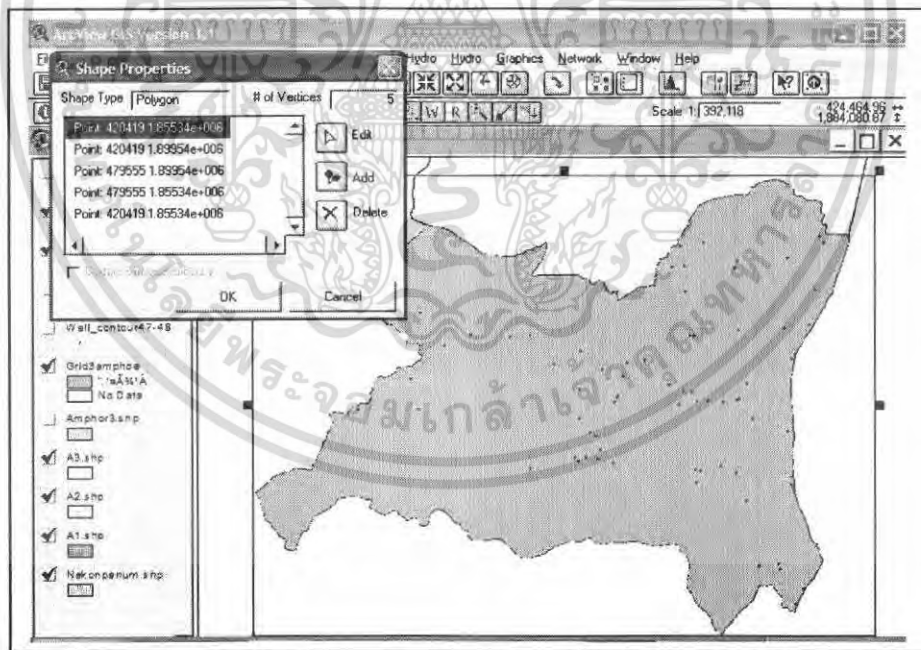


รูปที่ 3.26 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ 3 อำเภอทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

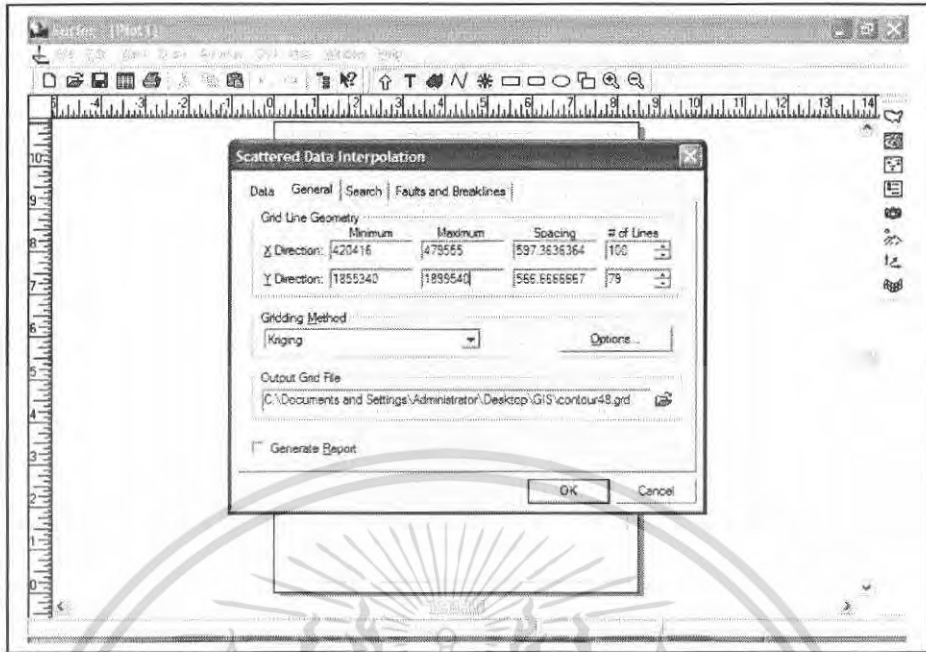


รูปที่ 3.27 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจากการลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ทั้งหมดให้คลิกขวาเลือก Shape Properties

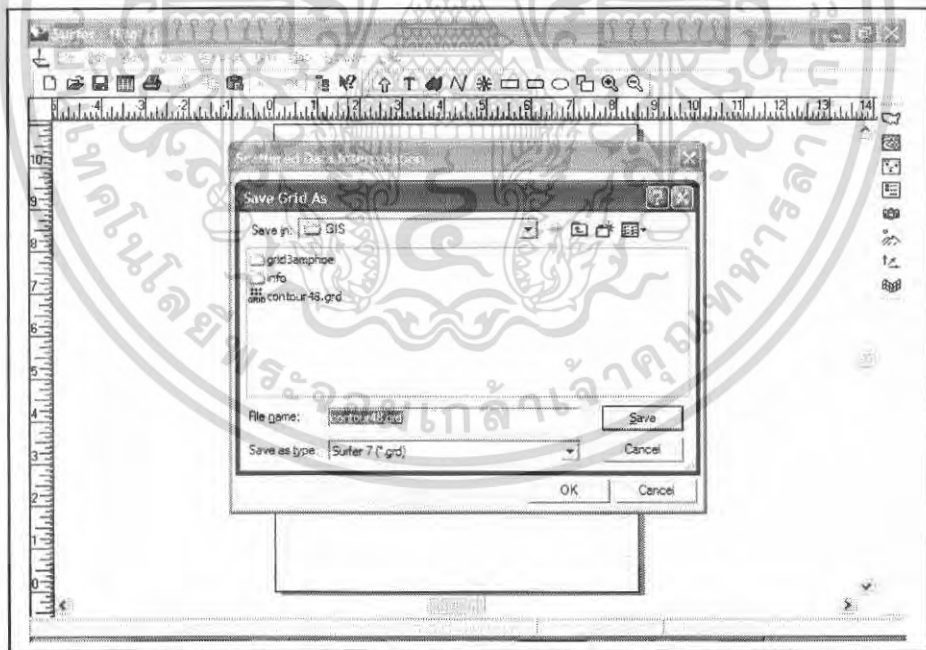


รูปที่ 3.28 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจะได้ค่าพิกัดตำแหน่งของมุมรอบทั้ง 4 มุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.29 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยจากรูปที่ 3.28 ให้นำค่าพิกัดแต่ละมุม มาใส่เป็นค่า X Y (min, max)

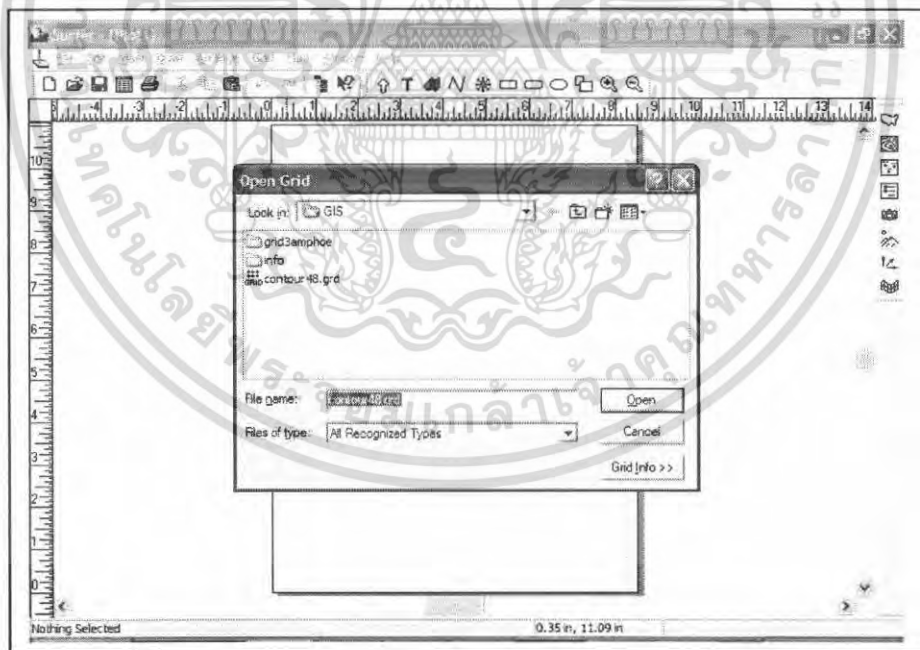


รูปที่ 3.30 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยใส่ค่า X Y (min, max) เสร็จแล้วก็ Save ไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

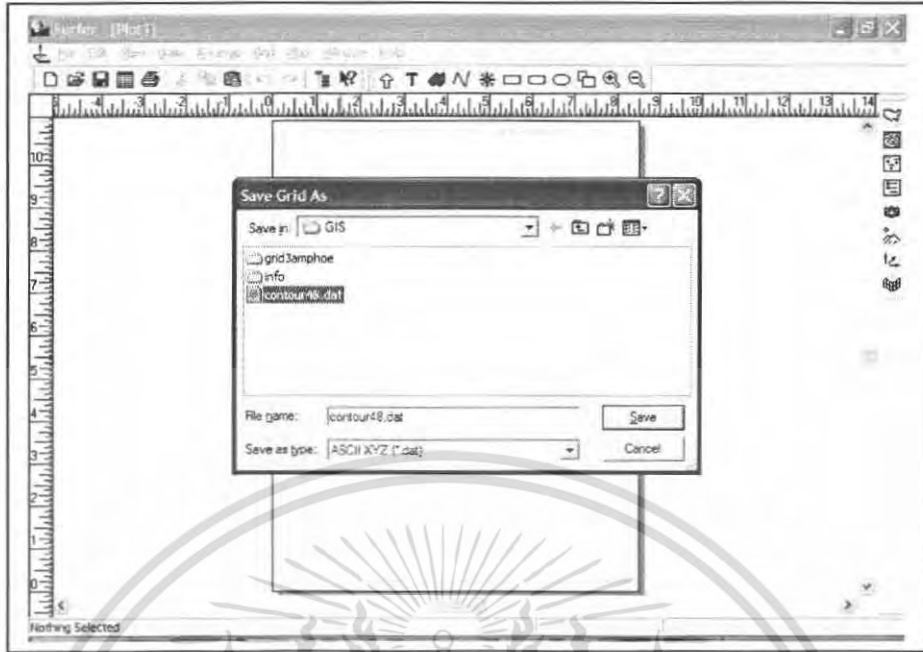


รูปที่ 3.31 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู Grid คำสั่ง Convert

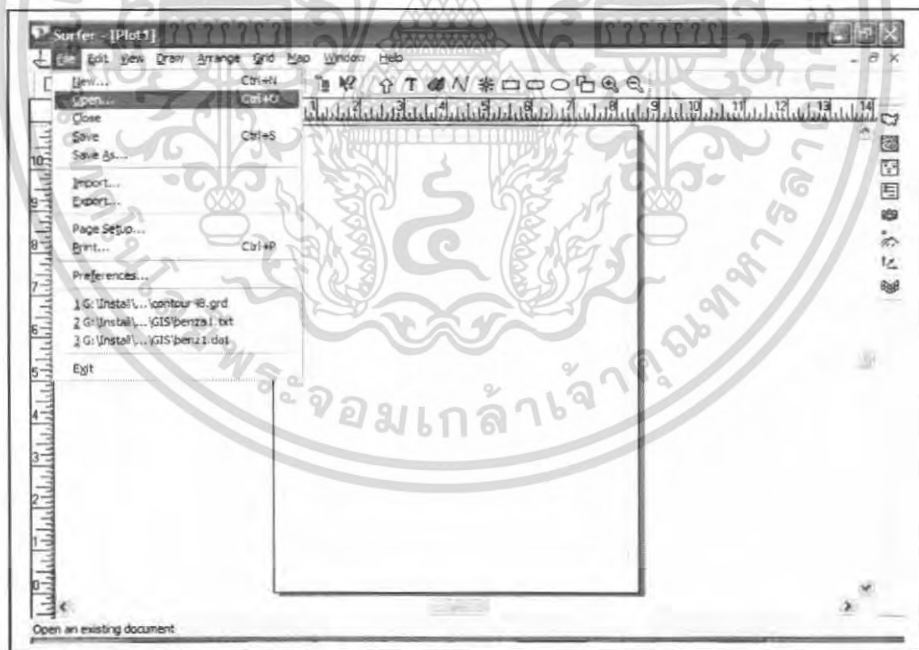


รูปที่ 3.32 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือกไฟล์ที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

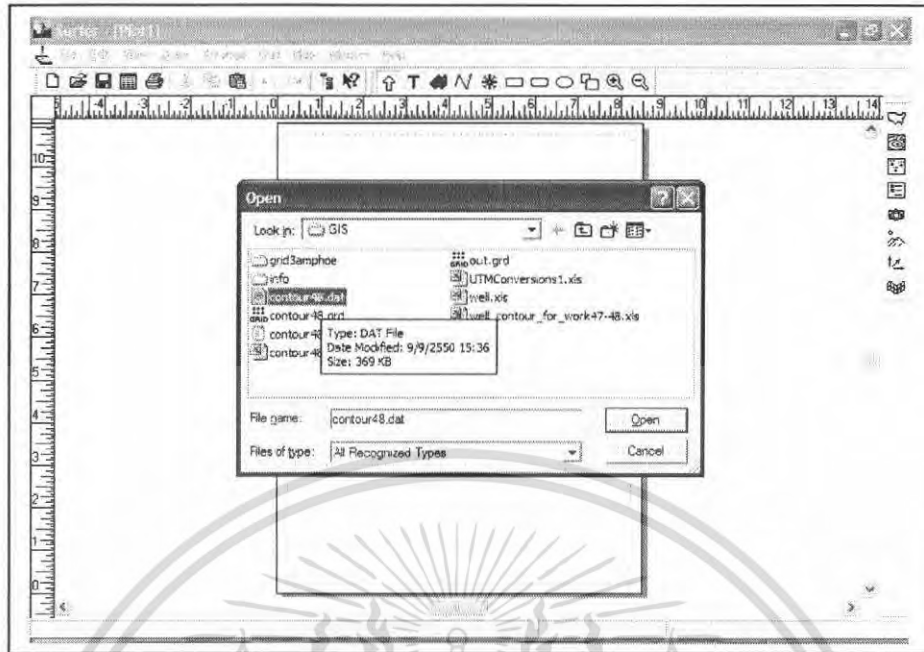


รูปที่ 3.33 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดย Save ไฟล์ไว้ในนามสกุลดั่งรูป



รูปที่ 3.34 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู File คำสั่ง Open

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

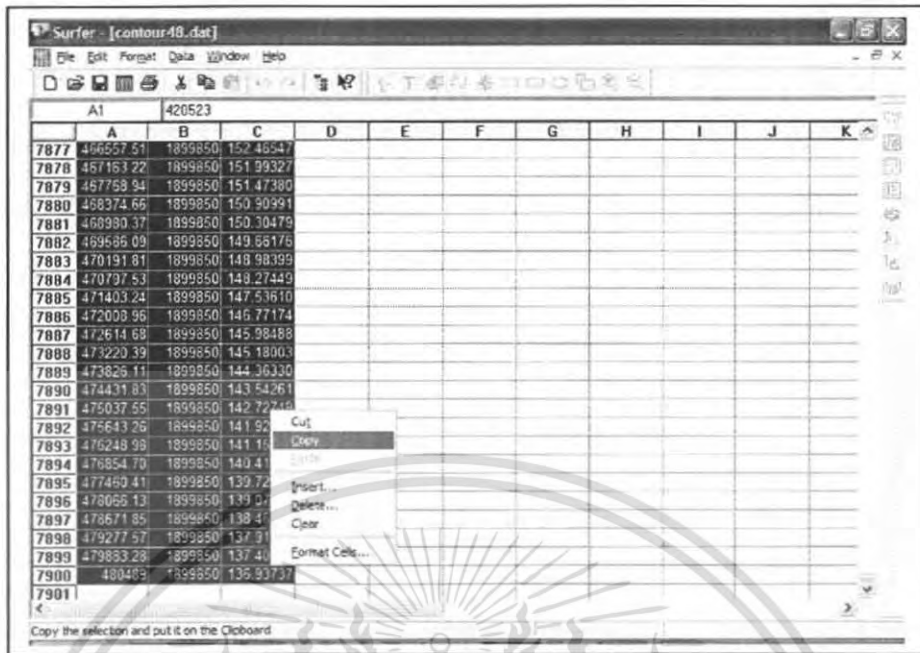


รูปที่ 3.35 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือกไฟล์ที่ Save ไว้ในนามสกุลดังรูป

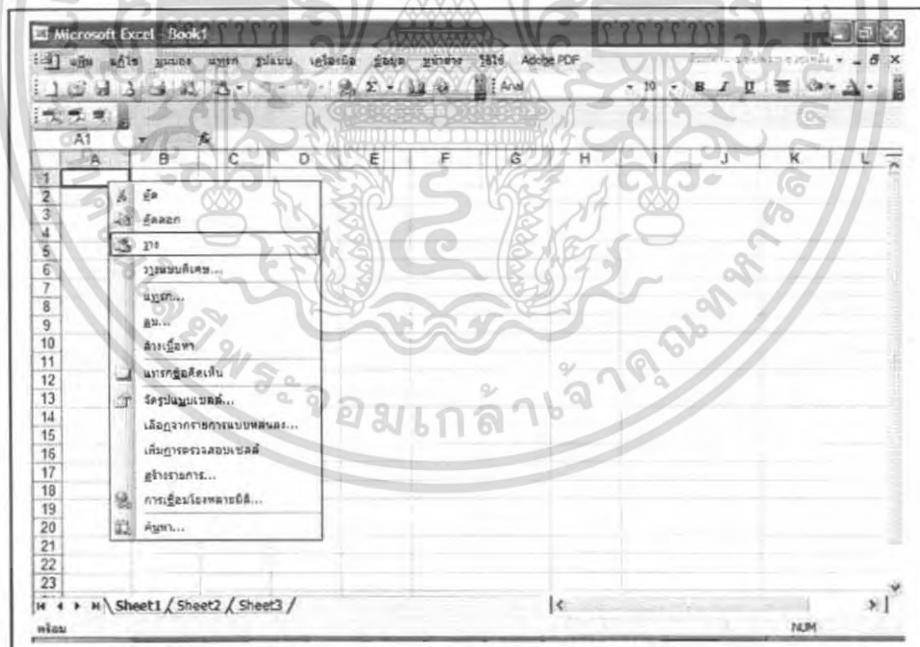
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	420523	1855450	159.62196								
2	421126.72	1855450	159.43324								
3	421734.43	1855450	159.23779								
4	422340.15	1855450	159.03550								
5	422945.67	1855450	158.82628								
6	423551.59	1855450	158.61005								
7	424157.30	1855450	158.39679								
8	424763.02	1855450	158.18548								
9	425368.74	1855450	157.97145								
10	425974.45	1855450	157.76485								
11	426580.17	1855450	157.56369								
12	427185.89	1855450	157.36578								
13	427791.61	1855450	157.17132								
14	428397.32	1855450	156.98051								
15	429003.04	1855450	156.79361								
16	429608.76	1855450	156.61092								
17	430214.47	1855450	156.43277								
18	430820.19	1855450	156.25856								
19	431425.91	1855450	156.08769								
20	432031.63	1855450	155.92061								
21	432637.34	1855450	155.75780								
22	433243.06	1855450	155.60000								
23	433848.78	1855450	155.44769								
24	434454.49	1855450	155.30038								
25	435060.21	1855450	153.33388								

รูปที่ 3.36 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยจะได้ค่าเป็นตารางเหมือน Excel แต่ค่าที่ได้จะมีจำนวนมากว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.37 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกข้อมูลทั้งหมดแล้วเลือกคำสั่ง Copy



รูปที่ 3.38 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยนำข้อมูลในขั้นตอนรูปที่ 3-37 มาวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	420523	1855450	159.622									
2	421128.7	1855450	159.4332									
3	421734.4	1855450	159.2378									
4	422340.2	1855450	159.0355									
5	422945.9	1855450	158.8263									
6	423551.6	1855450	158.6101									
7	424157.3	1855450	158.3868									
8	424763	1855450	158.1565									
9	425368.7	1855450	157.9192									
10	425974.5	1855450	157.6749									
11	426580.2	1855450	157.4237									
12	427185.9	1855450	157.1658									
13	427791.6	1855450	156.9013									
14	428397.3	1855450	156.6305									
15	429003	1855450	156.3536									
16	429608.8	1855450	156.0709									
17	430214.5	1855450	155.7828									
18	430820.2	1855450	155.4896									
19	431425.9	1855450	155.1917									
20	432031.6	1855450	154.8896									
21	432637.3	1855450	154.5838									
22	433243.1	1855450	154.2748									
23	433848.8	1855450	153.9631									

รูปที่ 3.39 แสดงขั้นตอนการแปลงพิคัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยจะ ได้ข้อมูลจากขั้นตอนรูปที่ 3.38

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	420523	1855450	159.622									
2	421128.7	1855450	159.4332									
3	421734.4	1855450	159.2378									
4	422340.2	1855450	159.0355									
5	422945.9	1855450	158.8263									
6	423551.6	1855450	158.6101									
7	424157.3	1855450	158.3868									
8	424763	1855450	158.1565									
9	425368.7	1855450	157.9192									
10	425974.5	1855450	157.6749									
11	426580.2	1855450	157.4237									
12	427185.9	1855450	157.1658									
13	427791.6	1855450	156.9013									
14	428397.3	1855450	156.6305									
15	429003	1855450	156.3536									
16	429608.8	1855450	156.0709									
17	430214.5	1855450	155.7828									
18	430820.2	1855450	155.4896									
19	431425.9	1855450	155.1917									
20	432031.6	1855450	154.8896									
21	432637.3	1855450	154.5838									
22	433243.1	1855450	154.2748									
23	433848.8	1855450	153.9631									

รูป 3.40 แสดงขั้นตอนการแปลงพิคัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยแทรกแถวช่องบนสุด 1 ช่องเพื่อแทรกคำอธิบายแต่ละค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

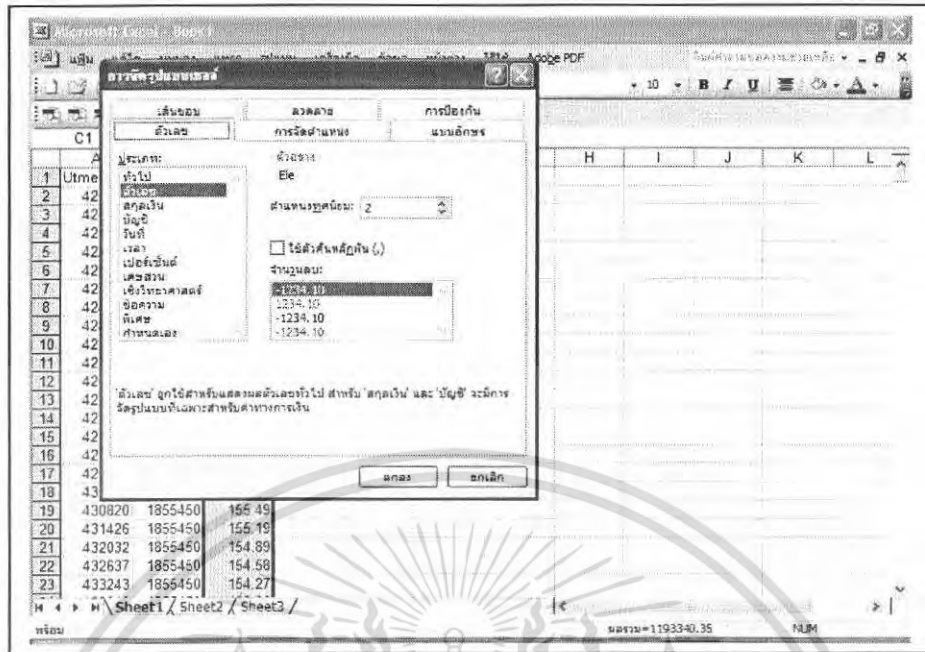
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Utme	Utmn	Ele									
2	420523	1855450	159.62									
3	421129	1855450	159.43									
4	421734	1855450	159.24									
5	422340	1855450	159.04									
6	422946	1855450	158.83									
7	423552	1855450	158.61									
8	424157	1855450	158.39									
9	424763	1855450	158.16									
10	425369	1855450	157.92									
11	425974	1855450	157.67									
12	426580	1855450	157.42									
13	427186	1855450	157.17									
14	427792	1855450	156.90									
15	428397	1855450	156.63									
16	429003	1855450	156.35									
17	429609	1855450	156.07									
18	430214	1855450	155.78									
19	430820	1855450	155.49									
20	431426	1855450	155.19									
21	432032	1855450	154.89									
22	432637	1855450	154.58									
23	433243	1855450	154.27									

รูปที่ 3.41 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยใส่คำอธิบายดังรูป

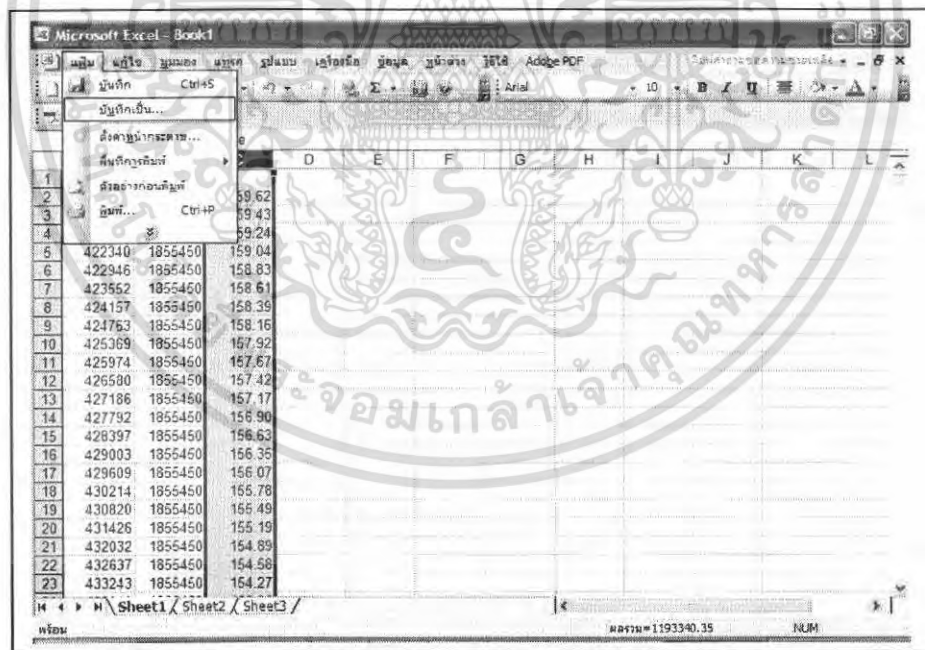
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Utme	Utmn	Ele									
2	420523	1855450	159.62									
3	421129	1855450	159.43									
4	421734	1855450	159.24									
5	422340	1855450	159.04									
6	422946	1855450	158.83									
7	423552	1855450	158.61									
8	424157	1855450	158.39									
9	424763	1855450	158.16									
10	425369	1855450	157.92									
11	425974	1855450	157.67									
12	426580	1855450	157.42									
13	427186	1855450	157.17									
14	427792	1855450	156.90									
15	428397	1855450	156.63									
16	429003	1855450	156.35									
17	429609	1855450	156.07									
18	430214	1855450	155.78									
19	430820	1855450	155.49									
20	431426	1855450	155.19									
21	432032	1855450	154.89									
22	432637	1855450	154.58									
23	433243	1855450	154.27									

รูปที่ 3.42 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยทำการจัดรูปแบบเซลล์ของเลขข้อมูลแต่ละช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

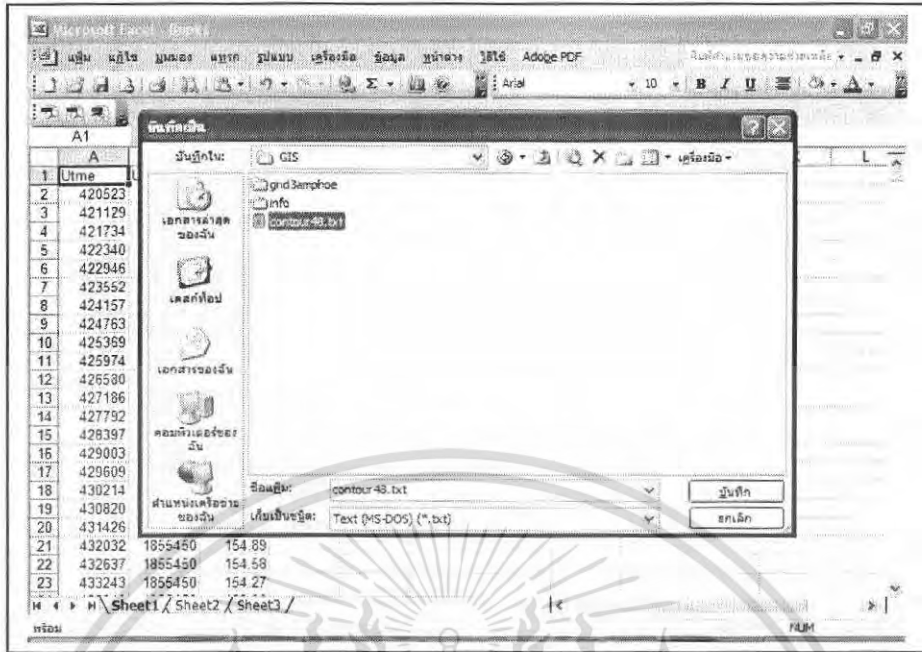


รูปที่ 3.43 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยกำหนดตำแหน่งเลขทศนิยม 2 ช่องแรกเป็นศูนย์ ช่องที่ 3 ให้ใส่เลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง

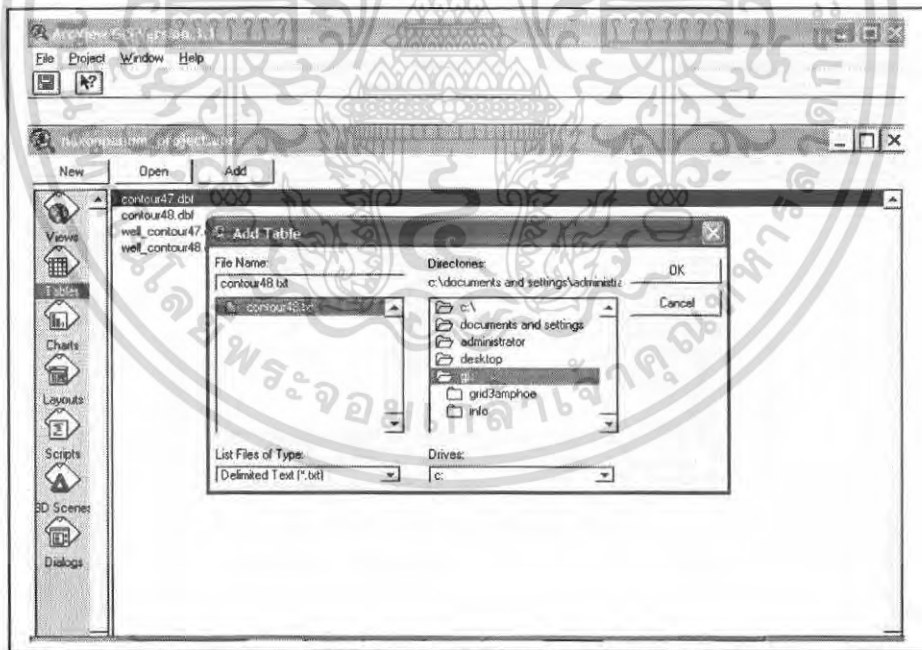


รูปที่ 3.44 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

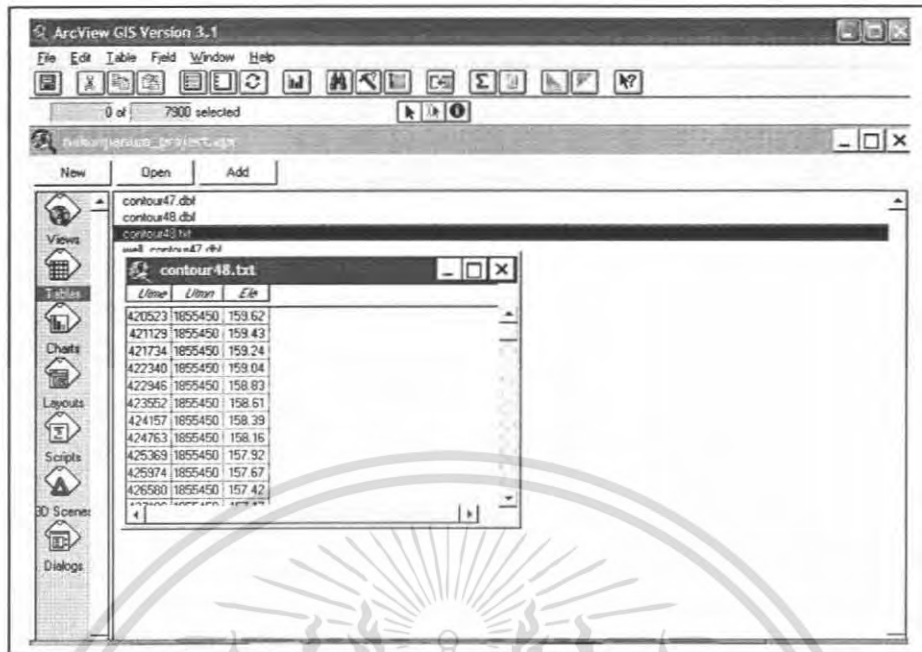


รูปที่ 3.45 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ในรูปแบบสกุล .txt (Text MS-DOS)

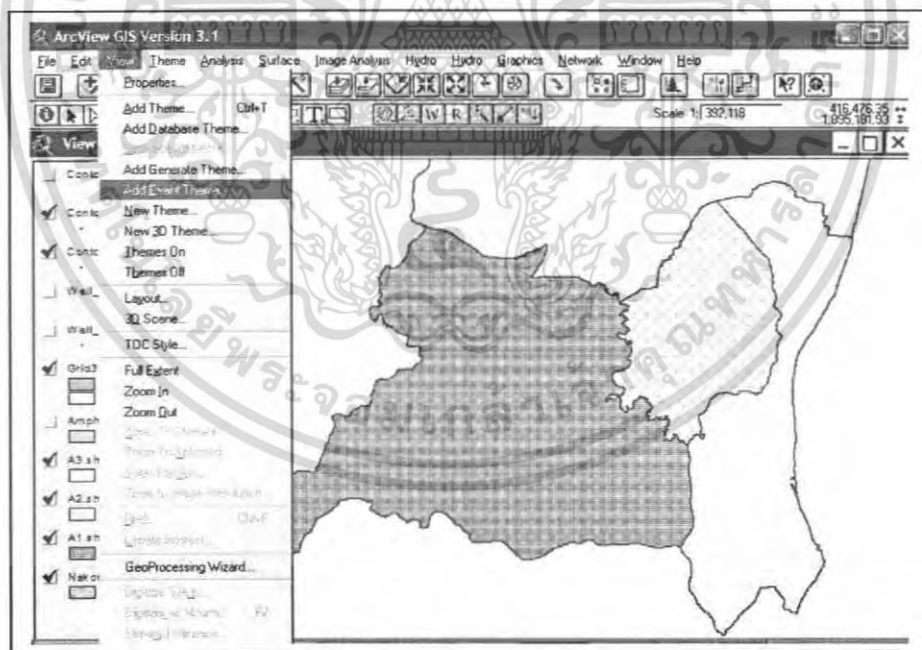


รูปที่ 3.46 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเพิ่มตารางของข้อมูลที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3-45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

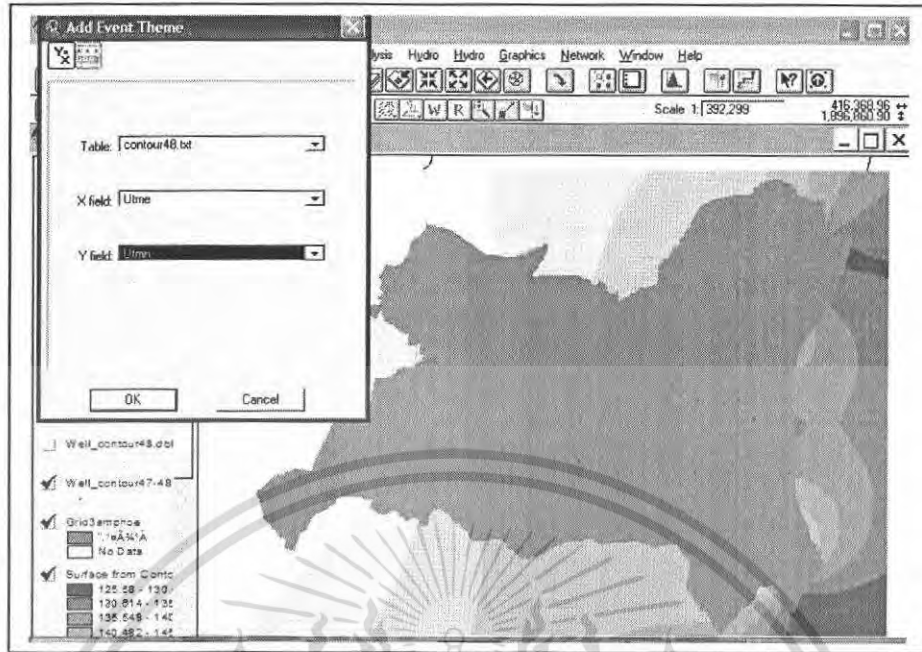


รูปที่ 3.47 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจะได้ตารางข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ตาราง

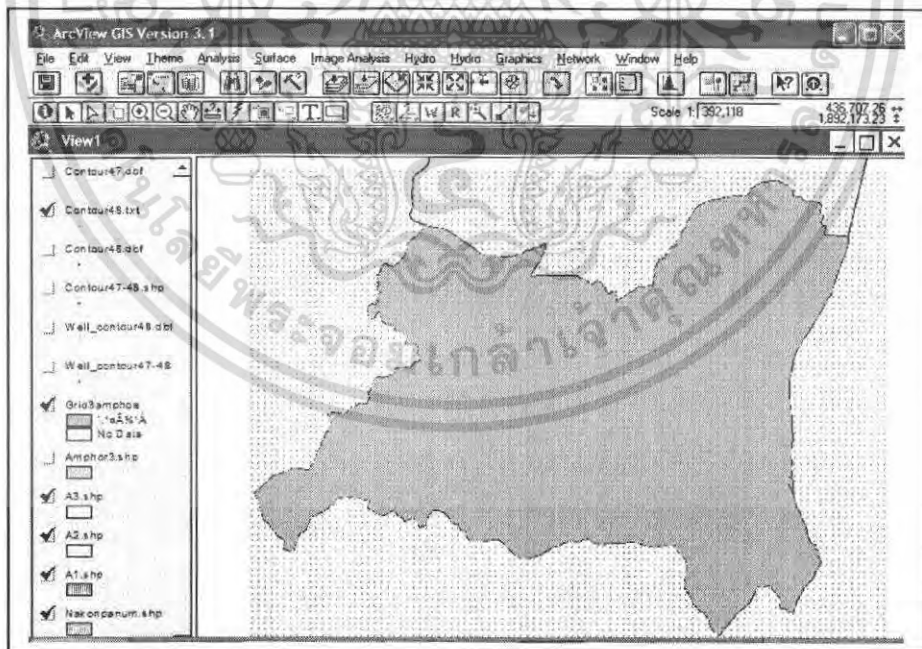


รูปที่ 3.48 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู View คำสั่ง Add Event Theme...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

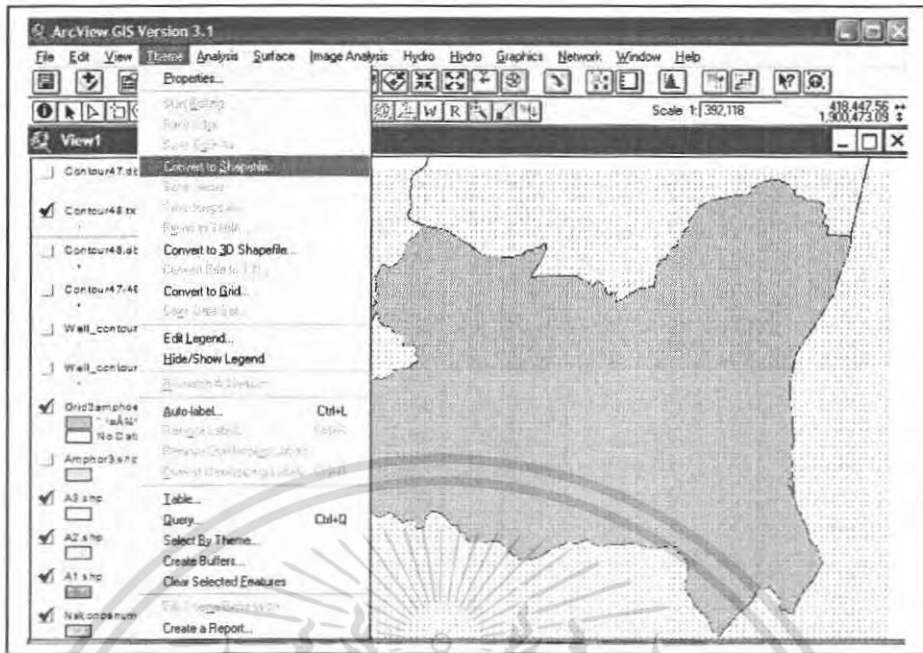


รูปที่ 3.49 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกช่อง Title เป็นชื่อ .txt ที่ Save ในขั้นตอนรูปที่ 3.45 แล้วช่องต่อไป Utme และ Utmn ตามลำดับ

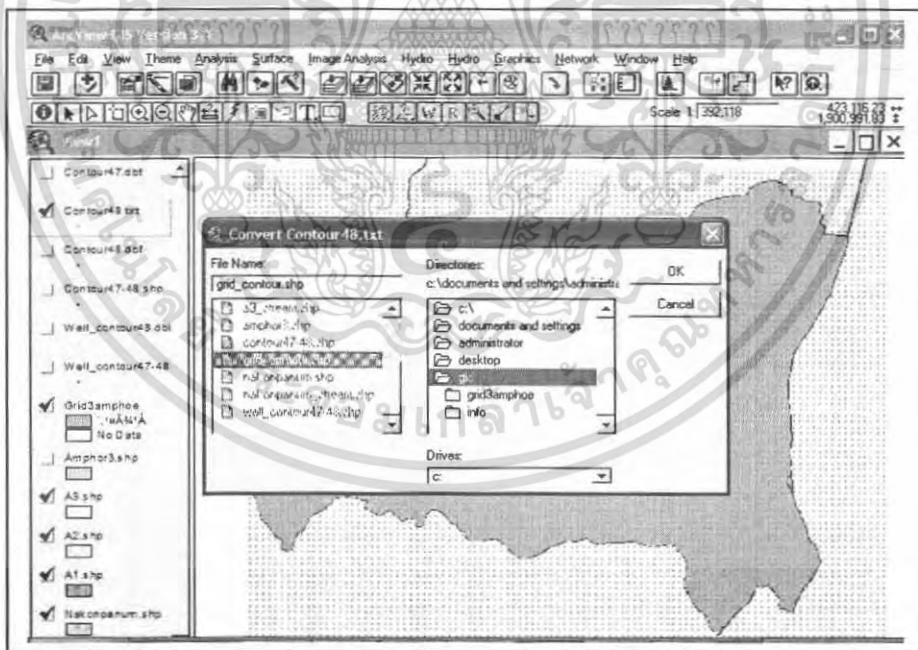


รูปที่ 3.50 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เป็นเส้น Grid ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

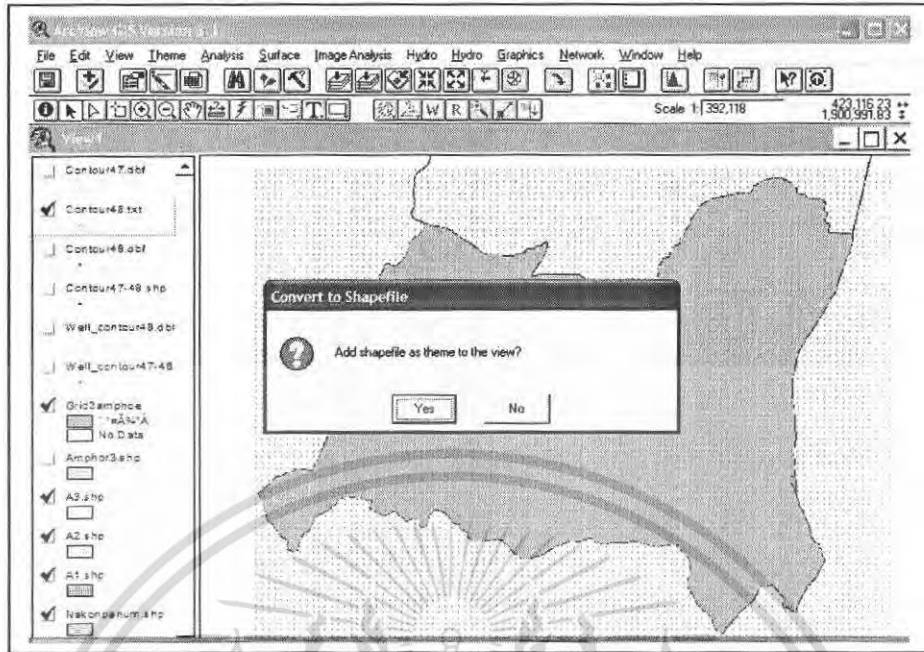


รูปที่ 3.51 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Theme คำสั่ง Convert to Shape file...

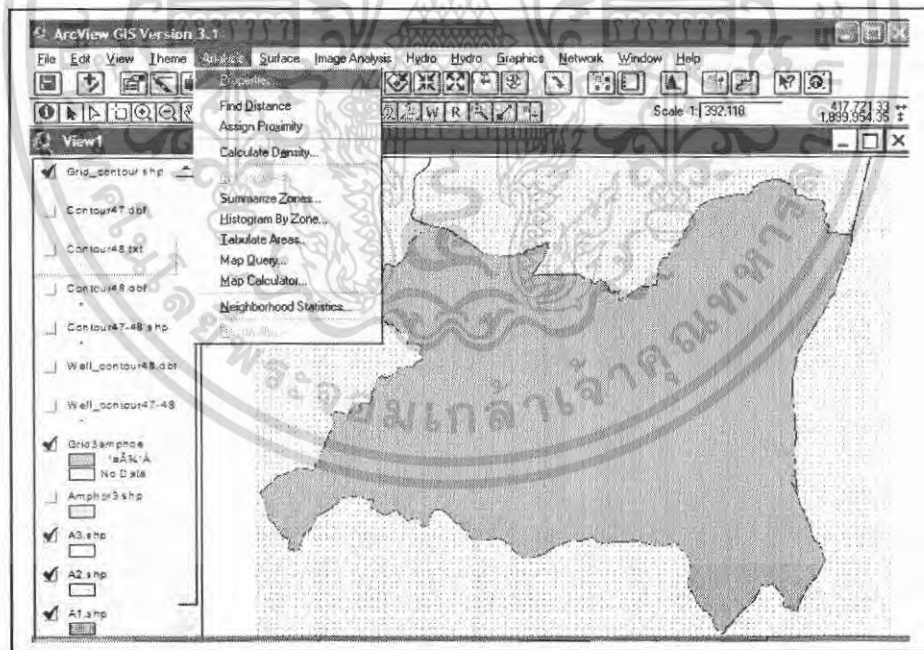


รูปที่ 3.52 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดย Save ไฟล์แล้วกด OK

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

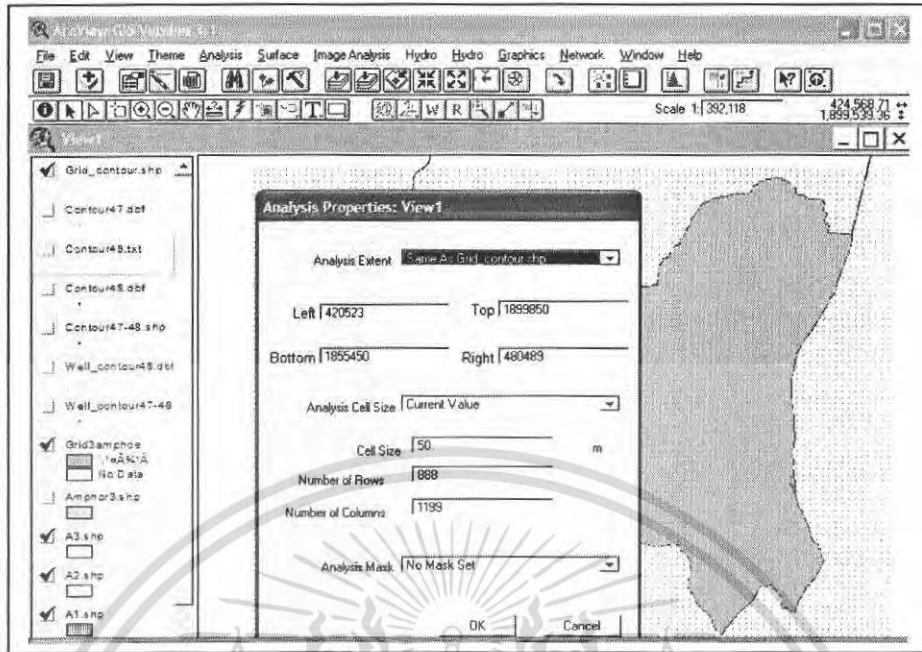


รูปที่ 3.53 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเลือกกด Yes

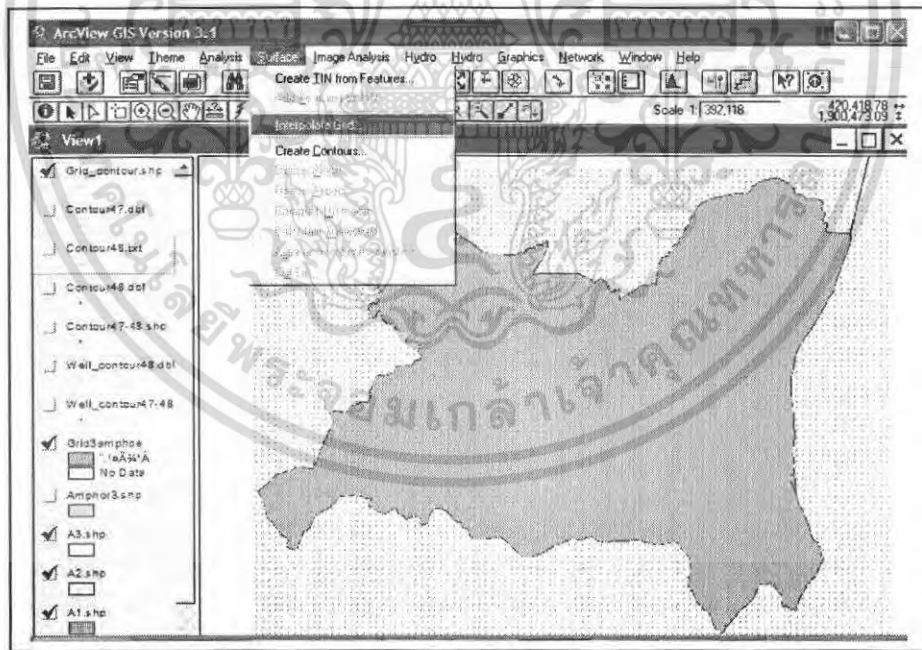


รูปที่ 3.54 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเมนู Analysis คำสั่ง Properties

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

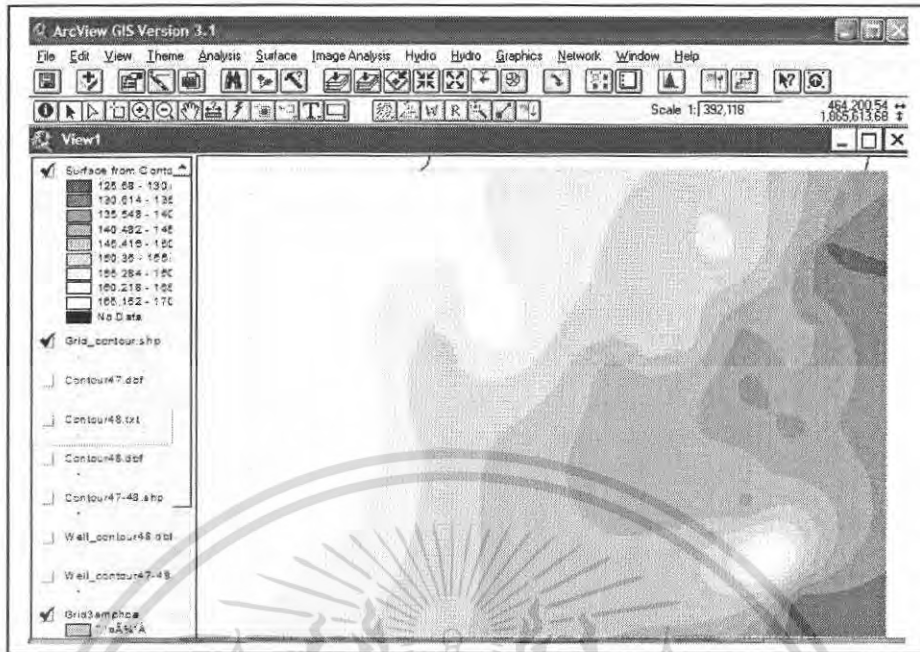


รูปที่ 3.55 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยชื่อบนเลือก Save As Grid Contour

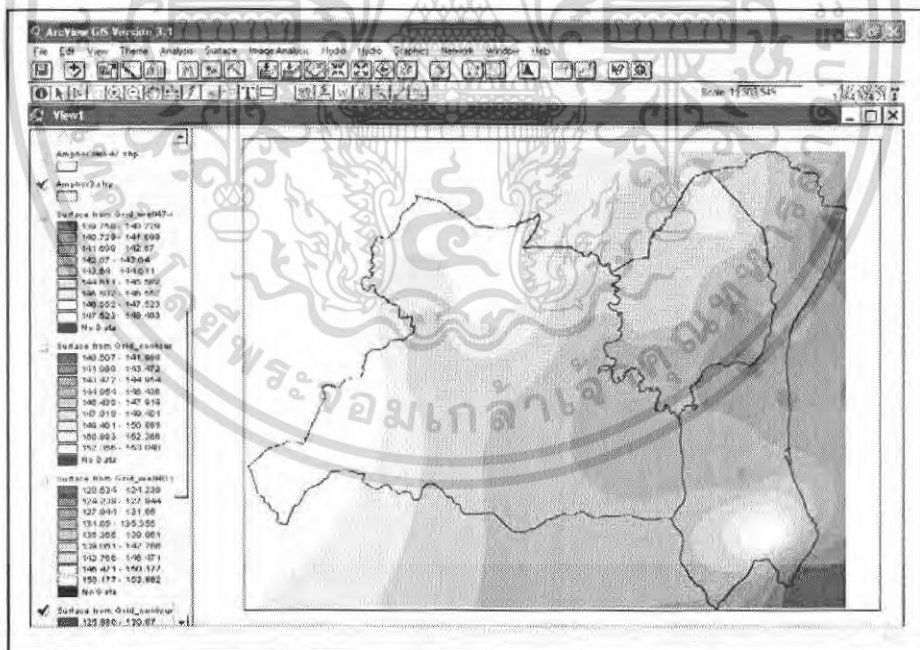


รูปที่ 3.56 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Surface คำสั่ง Interpolate Grid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

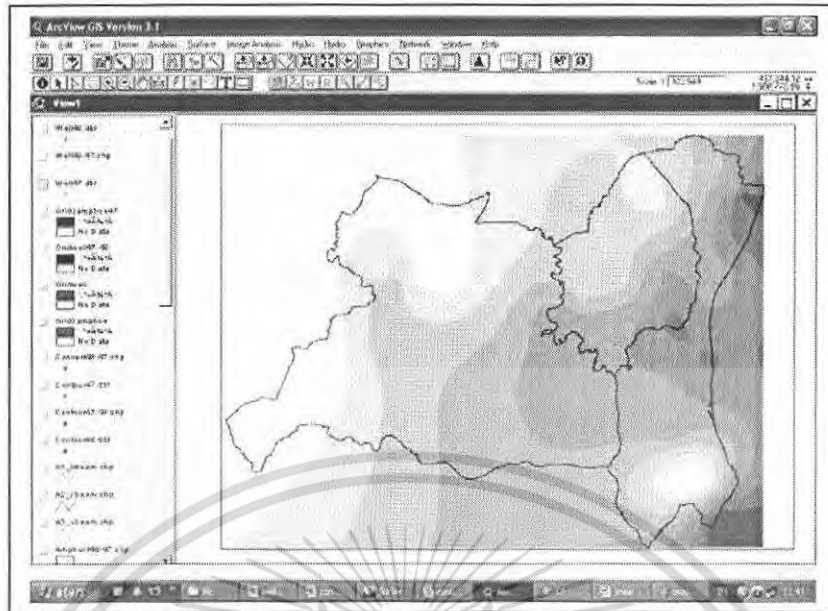


รูปที่ 3.57 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงออกมาตามข้อมูล



รูปที่ 3.58 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงเทียบกับตำแหน่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงใน 3 อำเภอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.59 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงเทียบกับตำแหน่งข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นใน 3 อำเภอ

จากรูปที่ 3.13 – 3.59 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่จริง ทำได้โดยนำข้อมูลไป Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer แล้วนำค่าจากการ Interpolate เข้าไปแสดงในโปรแกรม ArcView GIS ซึ่งสามารถนำค่า TDS ค่าคลอไรด์ ความลึกระดับน้ำใต้ดิน ระดับผิวดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง และระดับน้ำใต้ดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นข้อมูลในการ Interpolate เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆในพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.6.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้ค่า Gradient

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient แกน X ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการนำค่าจากการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1

Utme	Utmn	WT1	GradientX
1060440	1864030	146.272	0.000012
1061002	1864030	146.265	0.000014
1061564	1864030	146.257	0.000014
1062127	1864030	146.249	0.000014
1062689	1864030	146.241	0.000014
1063251	1864030	146.233	0.000014
1063813	1864030	146.225	0.000015
1064376	1864030	146.217	0.000015
1064938	1864030	146.209	0.000015
1065500	1864030	146.200	0.000015
1066062	1864030	146.192	0.000015
1066624	1864030	146.183	0.000015
1067187	1864030	146.175	0.000016
1067749	1864030	146.166	0.000016
1068311	1864030	146.157	0.000016
1068873	1864030	146.148	0.000016
1069436	1864030	146.139	0.000016
1069998	1864030	146.130	0.000016
1070560	1864030	146.121	0.000017
1071122	1864030	146.111	0.000017
1071684	1864030	146.102	0.000017
1072247	1864030	146.092	0.000017
1072809	1864030	146.082	0.000018
1073371	1864030	146.072	0.000018
1073933	1864030	146.062	0.000018
1074496	1864030	146.052	0.000019
1075058	1864030	146.042	0.000019
1075620	1864030	146.031	0.000019
1076182	1864030	146.020	0.000020
1076744	1864030	146.009	0.000020
1077307	1864030	145.997	0.000021
1077869	1864030	145.986	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient แกน Y ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการนำค่าจากการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1

Utme	Utmn	WT1	GradientY
1060440	<b>1864030</b>	<b>146.272</b>	<b>0.000010</b>
1060440	<b>1864732</b>	<b>146.265</b>	0.000011
1060440	1865434	146.257	0.000013
1060440	1866137	146.248	0.000013
1060440	1866839	146.239	0.000013
1060440	1867541	146.230	0.000013
1060440	1868243	146.221	0.000014
1060440	1868946	146.211	0.000014
1060440	1869648	146.201	0.000016
1060440	1870350	146.190	0.000016
1060440	1871052	146.179	0.000016
1060440	1871754	146.168	0.000016
1060440	1872457	146.157	0.000017
1060440	1873159	146.145	0.000016
1060440	1873861	146.134	0.000017
1060440	1874563	146.122	0.000017
1060440	1875266	146.110	0.000017
1060440	1875968	146.098	0.000017
1060440	1876670	146.085	0.000017
1060440	1877372	146.073	0.000017
1060440	1878074	146.061	0.000017
1060440	1878777	146.049	0.000017
1060440	1879479	146.037	0.000017
1060440	1880181	146.025	0.000017
1060440	1880883	146.013	0.000017
1060440	1881586	146.001	0.000016
1060440	1882288	145.990	0.000016
1060440	1882990	145.979	0.000015
1060440	1883692	145.968	0.000015
1060440	1884394	145.957	0.000014
1060440	1885097	145.947	0.000014
1060440	1885799	145.937	0.000013
1060440	1886501	145.928	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.6 แสดงตัวอย่างการหาค่า Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ  
ด้วยการนำค่าจากการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1

Utme	Utmn	WT1	GradientX	GradientY	Gradient
1060440	1864030	146.272	<b>0.000012</b>	<b>0.000000</b>	<b>0.000012</b>
1061002	1864030	146.265	0.000014	0.000000	0.000014
1061564	1864030	146.257	0.000014	0.000000	0.000014
1062127	1864030	146.249	0.000014	0.000000	0.000014
1062689	1864030	146.241	0.000014	0.000000	0.000014
1063251	1864030	146.233	0.000014	0.000000	0.000014
1063813	1864030	146.225	0.000014	0.000000	0.000014
1064376	1864030	146.217	0.000014	0.000000	0.000014
1064938	1864030	146.209	0.000016	0.000000	0.000016
1065500	1864030	146.200	0.000014	0.000000	0.000014
1066062	1864030	146.192	0.000016	0.000000	0.000016
1066624	1864030	146.183	0.000014	0.000000	0.000014
1067187	1864030	146.175	0.000016	0.000000	0.000016
1067749	1864030	146.166	0.000016	0.000000	0.000016
1068311	1864030	146.157			
1060440	1864030	146.272	0.000000	0.000010	0.000010
1060440	1864732	146.265	0.000000	0.000011	0.000011
1060440	1865434	146.257	0.000000	0.000013	0.000013
1060440	1866137	146.248	0.000000	0.000013	0.000013
1060440	1866839	146.239	0.000000	0.000013	0.000013
1060440	1867541	146.230	0.000000	0.000013	0.000013
1060440	1868243	146.221	0.000000	0.000014	0.000014
1060440	1868946	146.211	0.000000	0.000014	0.000014
1060440	1869648	146.201	0.000000	0.000016	0.000016
1060440	1870350	146.190	0.000000	0.000016	0.000016
1060440	1871052	146.179	0.000000	0.000016	0.000016
1060440	1871754	146.168	0.000000	0.000016	0.000016
1060440	1872457	146.157	0.000000	0.000017	0.000017
1060440	1873159	146.145	0.000000	0.000016	0.000016
1060440	1873861	146.134	0.000000	0.000017	0.000017
1060440	1874563	146.122	0.000000	0.000017	0.000017
1060440	1875266	146.11			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.4–3.6 แสดงขั้นตอนการหา Gradient ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการนำค่าจากการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลในการหาค่า Gradient X และ Gradient Y จากสมการ

$$\text{Gradient X} = \left| \frac{(Z_2 - Z_1)}{(Y_2 - Y_1)} \right|$$

จากตารางที่ 3.3

$$0.000012 = \left| \frac{(146.265 - 146.272)}{(1061002 - 1060440)} \right| \frac{(m)}{(m)}$$

$$\text{Gradient Y} = \left| \frac{(Z_2 - Z_1)}{(X_2 - X_1)} \right|$$

จากตารางที่ 3.4

$$0.000010 = \left| \frac{(146.265 - 146.272)}{(1864732 - 1864030)} \right| \frac{(m)}{(m)}$$

$$\text{Gradient} = \sqrt{(\text{Gradient X})^2 + (\text{Gradient Y})^2}$$

จากตารางที่ 3.5

$$0.000012 = \sqrt{(0.000012)^2 + (0.000000)^2}$$

### 3.2.7 สรุปผลข้อมูลและทำรูปเล่มรายงาน

- ได้ทราบทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจากค่าระดับของน้ำใต้ดินบริเวณพื้นที่ที่ทำการสำรวจส่วนใหญ่ที่ทราบค่าระดับแน่นอนแล้ว เพื่อนำไปศึกษาผลกระทบของน้ำใต้ดินจากการทดสอบคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของน้ำใต้ดิน

- สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลว่าบริเวณใดบ้าง ที่มีผลกระทบเนื่องจากทิศทางการไหลและคุณภาพของน้ำใต้ดินและจะมีวิธีการที่สามารถควบคุม หรือแก้ไขผลกระทบเหล่านั้นได้อย่างไร เพื่อนำไปเป็นแนวทางการป้องกันการแพร่กระจายความเค็มของดินต่อไป

- จัดทำรูปเล่มรายงาน รวบรวมข้อมูลตั้งแต่การศึกษาหาข้อมูลทั้งหมด การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่ รวมทั้งการสรุปผลข้อมูลและวิธีการที่สามารถควบคุมหรือแก้ไขจากข้อมูลที่ได้ทั้งหมด

# บทที่ 4

## ผลการทดลองและการอภิปรายผล

### 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริง

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น (UTM 47) ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ระดับความสูง (รทก) และผลการทดสอบคุณภาพน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนสิงหาคม 2550

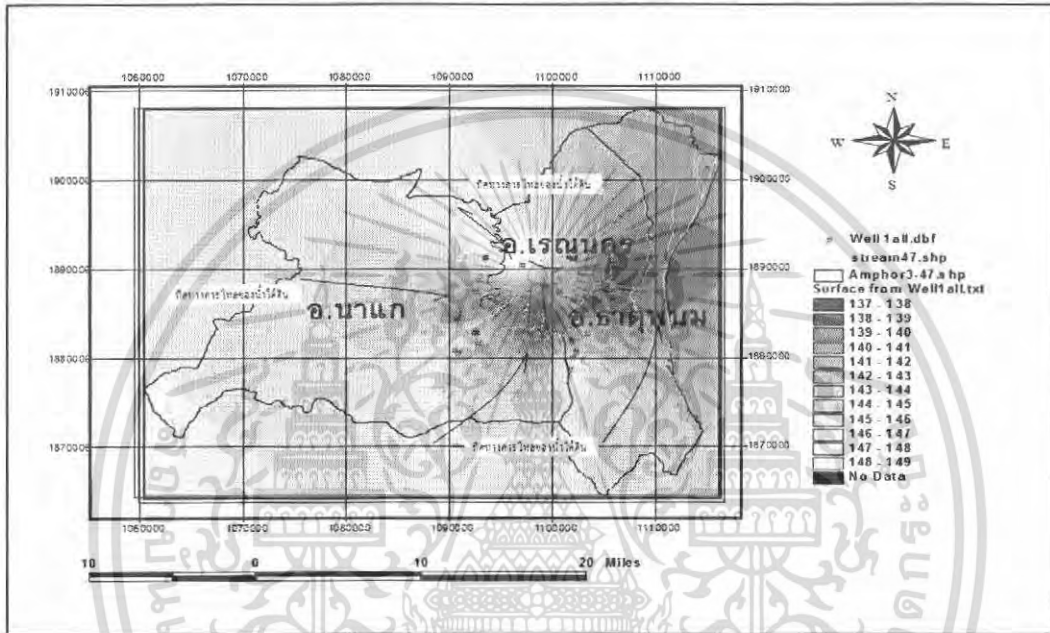
พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ไต้	สถานที่	ความลึกน้ำ (m)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล(m)	ระดับน้ำ ใต้ดิน (m)	TDS (mg/l)	คลอไรด์ (mg/l)	ค่าความนำ ไฟฟ้า (µs)
1105496	1891897	ดงมะเขก 1	0.80	139.117	138.317	734	99.74	1338
1106005	1890548	ดงมะเขก 2	0.45	137.804	137.354	73.6	9.17	141.6
1092858	1888689	พระขอมน้อย	0.80	142.306	141.506	2200	330.80	4390
1092655	1887463	นาสีนวล	2.40	143.118	140.718	3470.0	522.33	6920
1093699	1891337	ป่าดอกซ้อน 1	0.50	146.772	146.272	70	8.30	130.2
1093576	1891319	ป่าดอกซ้อน 2	0.65	146.892	146.242	260	38.57	530
1103350	1882655	บ้านโพนทอง	0.50	143.261	142.761	21.28	1.58	41.37
1096674	1882777	บ้านเขื่อนดิน	0.40	139.559	139.159	27.52	2.62	55.10
1101883	1881897	บ้านขอนก่องใหม่	3.50	143.463	139.963	30.25	2.66	55.71
1099462	1883535	บ้านนางเลิศ	0.20	137.636	137.436	25.97	0.00	5.05
1102935	1885369	บ้านหนองสิม	2.60	140.110	137.510	1.78	0.00	4.58
1098900	1885735	บ้านยอดโพธิ์	1.45	138.511	137.061	4.35	0.00	8.73
1103424	1886518	ดอนแดง	0.75	138.315	137.565	2600	392.12	5200
1092688	1882753	พิมานท่า	0.20	145.164	144.964	38.3	4.25	76.7
1097163	1890382	ลาดศรีชมพู	1.10	149.347	148.247	2880.0	433.00	5740.00
1102013	1879894	บ้านนายจันพร คนหมั่น	1.00	146.238	145.238	-	-	-
1090611	1880740	บ้านจอมมณี	4.23	150.213	146.558	-	-	-
1090930	1880399	ผู้ใหญ่บ้านจอมมณี	4.24	150.798	144.205	-	-	-
1092900	1881527	บ้านนายชัน แสงบุญมี	0.50	144.705	142.283	-	-	-
1092496	1882845	บ้านนายดำศักดิ์ พิภลศรี	2.00	144.283	146.372	-	-	-
1090874	1884451	บ้านนายเด่น วงศ์ศรีษา	5.34	151.712	139.678	-	-	-
1094392	1886599	บ้านใกล้วัดท่าเรือ	4.12	143.798	138.855	-	-	-
1105950	1886755	บ้านนางยุพา โกมล	3.30	142.155	138.773	-	-	-
1104562	1886472	บ้านนายแสง ขอมขมกล่อง	2.00	140.773	138.107	-	-	-
1102039	1886477	บ้านนายคำหลาย	3.15	141.257	140.295	-	-	-
1100716	1887483	บ้านนางพรอำนาจ สุขสี	2.45	142.745	140.275	-	-	-
1099430	1887967	บ้านนายคำเพียง โกมล	0.90	141.175	138.446	-	-	-
1107474	1885002	บ้านนายสุข มุขสะเดอ	2.00	140.446	138.558	-	-	-
1104516	1880286	หลัก กม. 68 หน้าบึง	-	145.583	-	-	-	-
1102544	1879902	หลัก กม. 66	-	146.140	-	-	-	-
1102071	1879910	บนถนนข้างศาลา	-	146.471	-	-	-	-
1095272	1879932	ร.บ้านหนองหอยใหญ่	-	146.325	-	-	-	-
1094253	1880357	หมุดเสาไฟฟ้าโรงเรียน	-	147.502	-	-	-	-
1091633	1880866	หมุดที่คูน้ำบ้านจอมมณี	-	146.225	-	-	-	-
1090827	1880995	ฝักหมุดหน้าแยกศาลา	-	146.363	-	-	-	-
1092800	1880655	แยกบ้านพิมาน	-	148.438	-	-	-	-
1091922	1883126	ปลายสะพาน	-	146.712	-	-	-	-
1090862	1884505	หลัก กม.0	-	152.486	-	-	-	-
1094199	1886194	สะพานบ้านเขื่อนนาง	-	144.229	-	-	-	-
1094466	1886840	โรงเรียนบ้านวังยาง	-	144.009	-	-	-	-

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





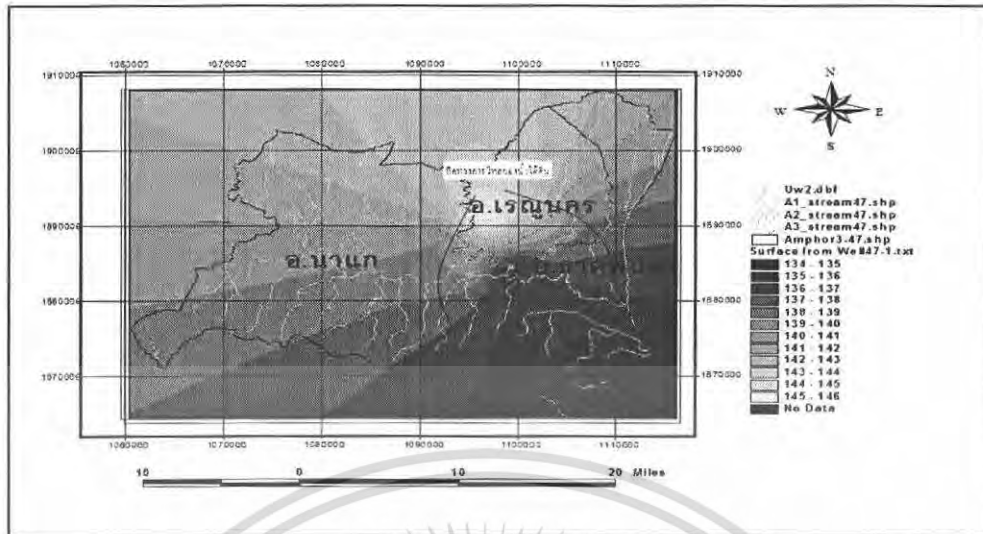
จากรูปที่ 4.3 แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 พบว่าเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงสุดอยู่ที่ระดับ 148.247 เมตร บริเวณบ้านลาดศรีชมพู ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 137.061 เมตร บริเวณบ้านยอดโพธิ์ ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำก้ำตอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาหานาคน้อย และบ้านพิมานท่า ไปทางบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก้ำและลำน้่าบั้ง บริเวณบ้านยอดโพธิ์ บ้านxonกอง และบ้านดอนแดง



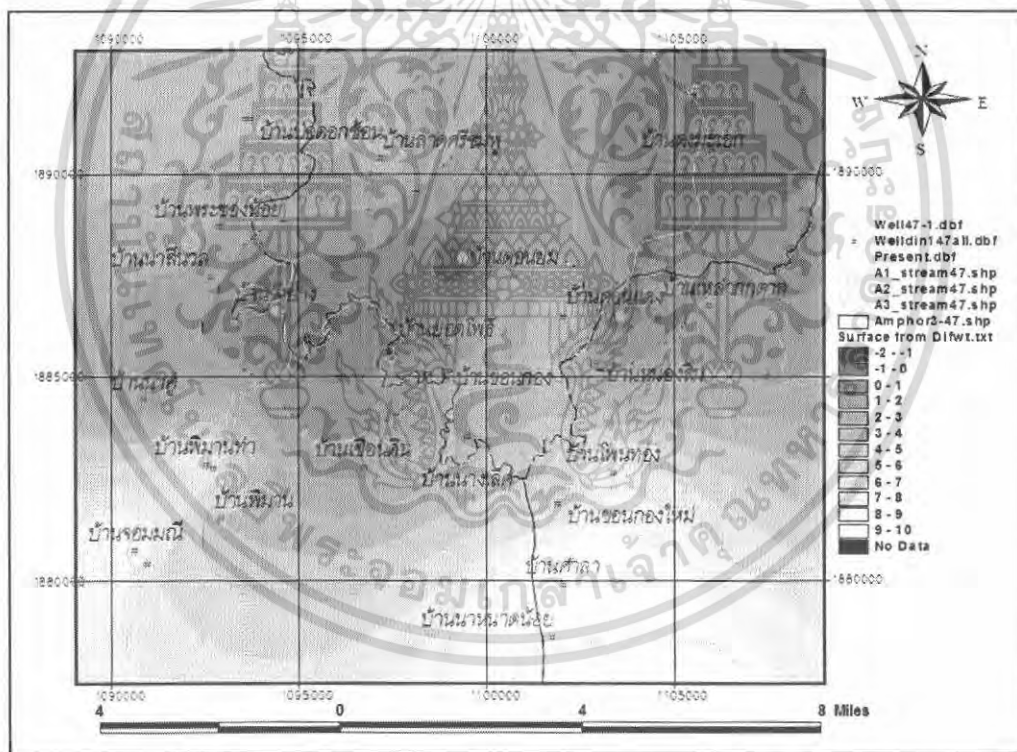
รูปที่ 4.4 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

จากรูปที่ 4.4 แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำก้ำตอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ไหลไปทางบริเวณลุ่มน้ำก้ำและลำน้่าบั้ง ไหลลงแม่น้ำโขงบริเวณอำเภอธาตุพนมต่อไป





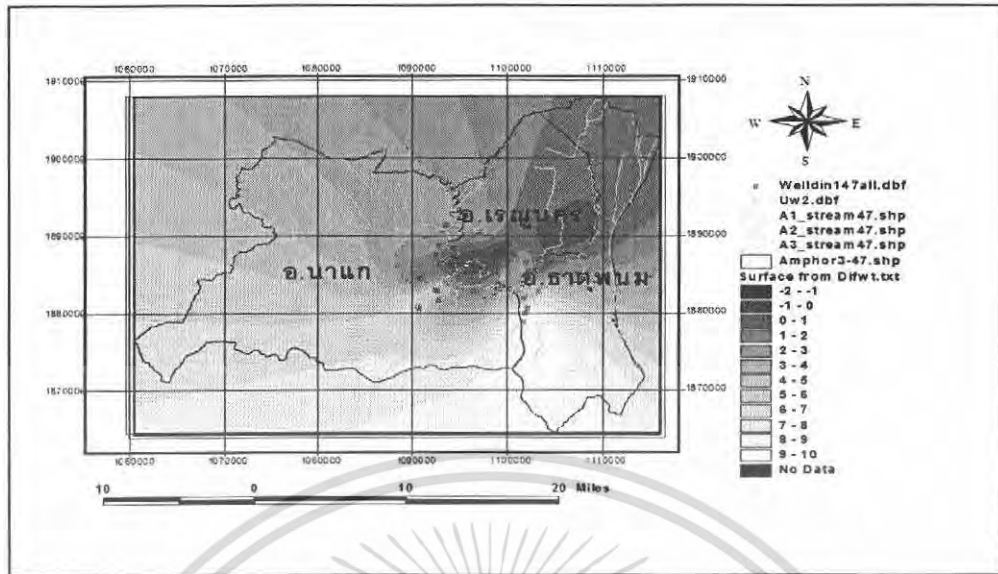
รูปที่ 4.6 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging



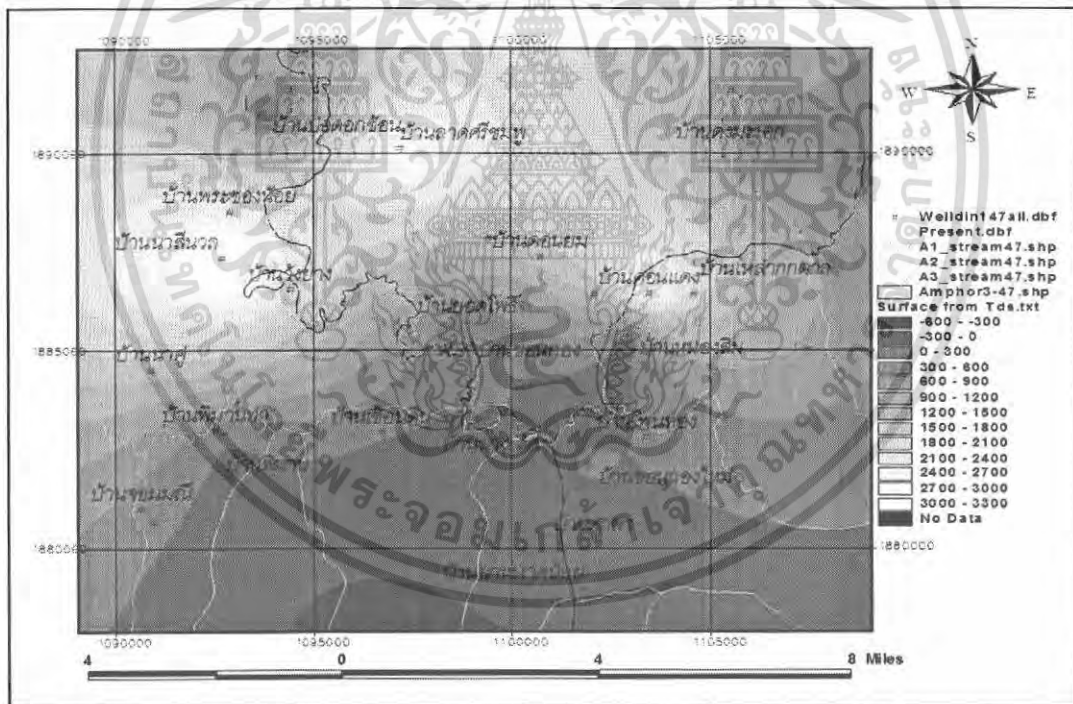
รูปที่ 4-7 แผนที่แสดงระดับผลต่างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับ ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.7 – 4.8 แสดงระดับผลต่างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของครั้งที่ 1 เปรียบเทียบกับ ครั้งที่ 2 พบว่าครั้งที่ 1 ส่วนใหญ่ค่าความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) มากกว่าครั้งที่ 2 ยกเว้นบางตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณบ้านวังยาง บ้านคองแดง และบ้านคองขม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



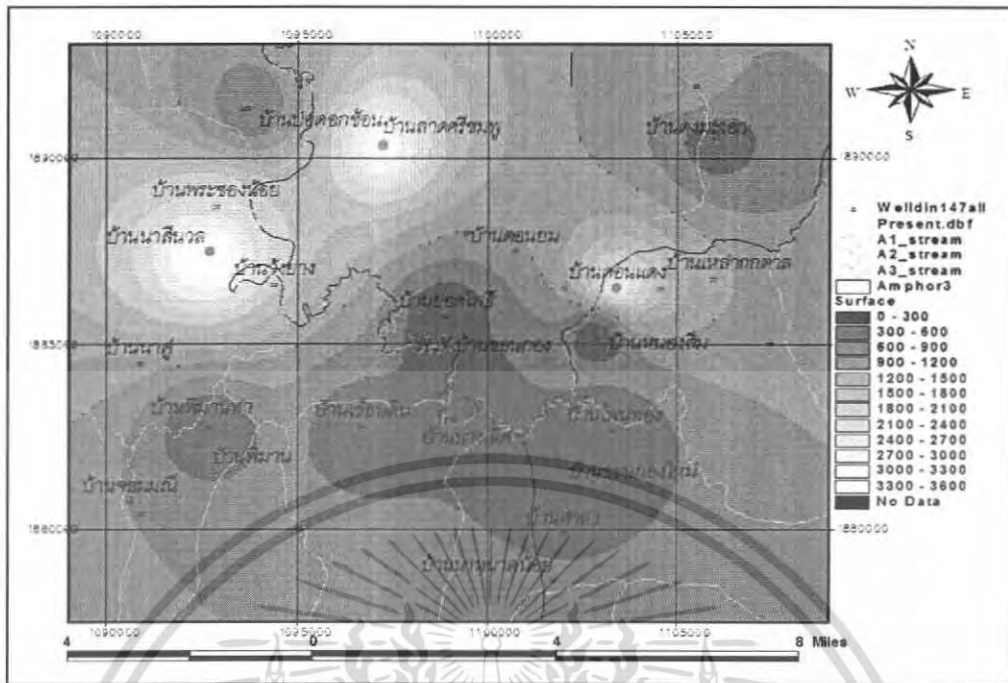
รูปที่ 4.8 แผนที่แสดงระดับผลต่างเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2



รูปที่ 4.9 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

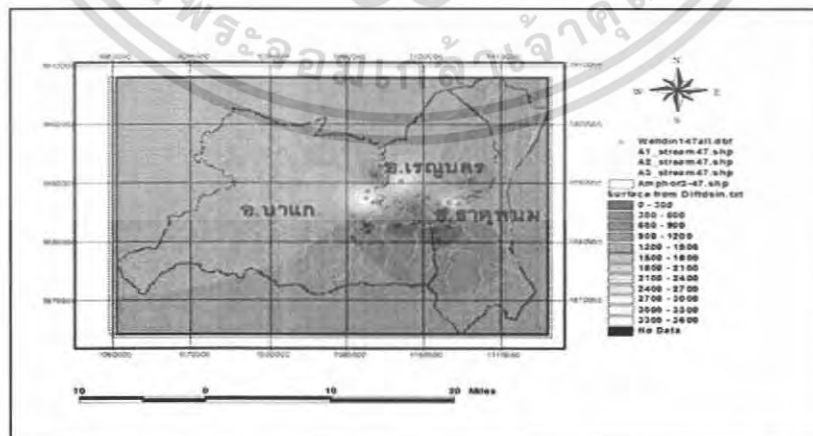
จากรูปที่ 4.9 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 พบว่าการ Interpolate โดยวิธี Kriging ของโปรแกรม Surfer ทำให้เกิดค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นที่เป็นค่าลบ เนื่องจากค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจมีค่าแตกต่างกันมาก จึงต้องใช้การ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ตามรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นข้อผิดพลาดในการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power

จากรูปที่ 4.10–4.11 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ลักษณะการกระจายตัวพบมากบริเวณบ้านนาสีนวล บ้านคอนแดง และบ้านลาดศรีชมพู พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3470 mg/l บริเวณบ้านนาสีนวล และค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.78 mg/l บริเวณบ้านหนองสิม ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ต่ำทำให้มีค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นค่อนข้างต่ำ

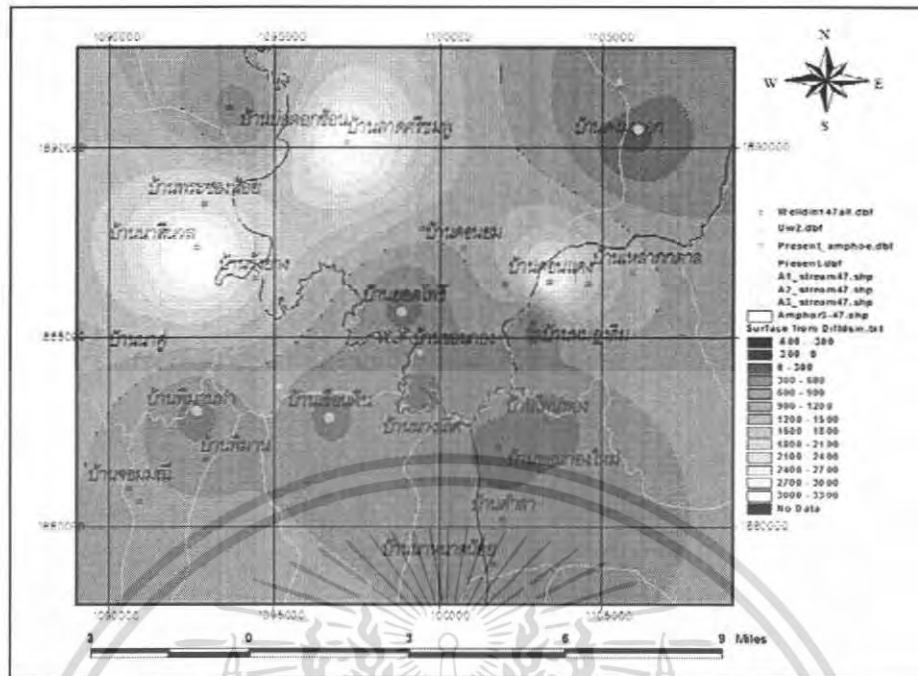


รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

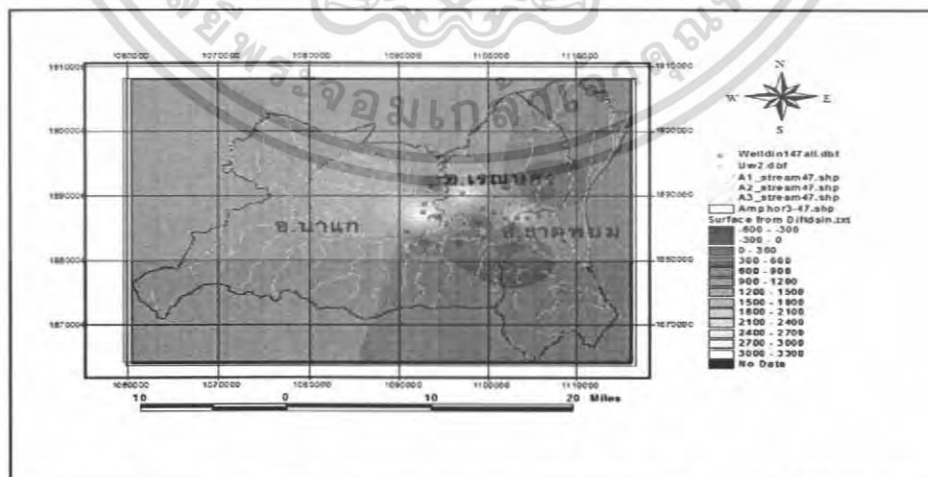






รูปที่ 4.15 แผนที่แสดงผลต่างของลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ของครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.15-4.16 แสดงผลต่างของลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ของครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2 พบว่าครั้งที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นมากกว่าครั้งที่ 2 ยกเว้นบางตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณบ้านพิมานท่า บ้านเขื่อนดิน บ้านยอดโพธิ์ และบ้านคมะเอก

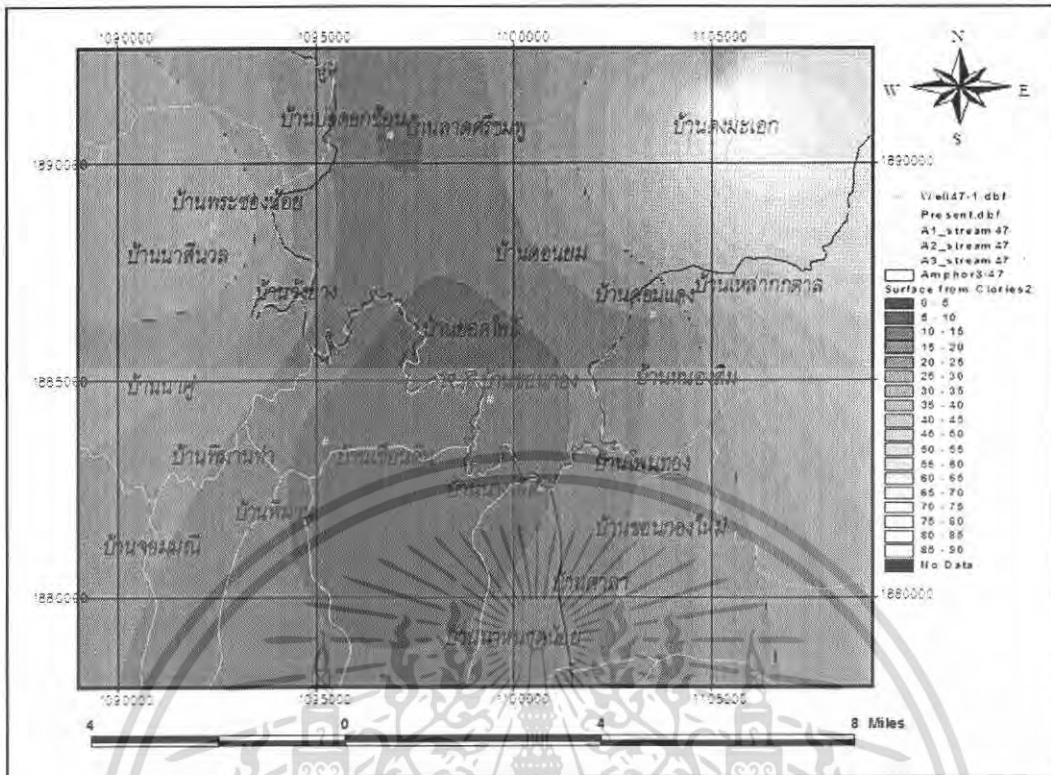


รูปที่ 4.16 แผนที่แสดงผลต่างของลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ 3 อำเภอด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power

ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

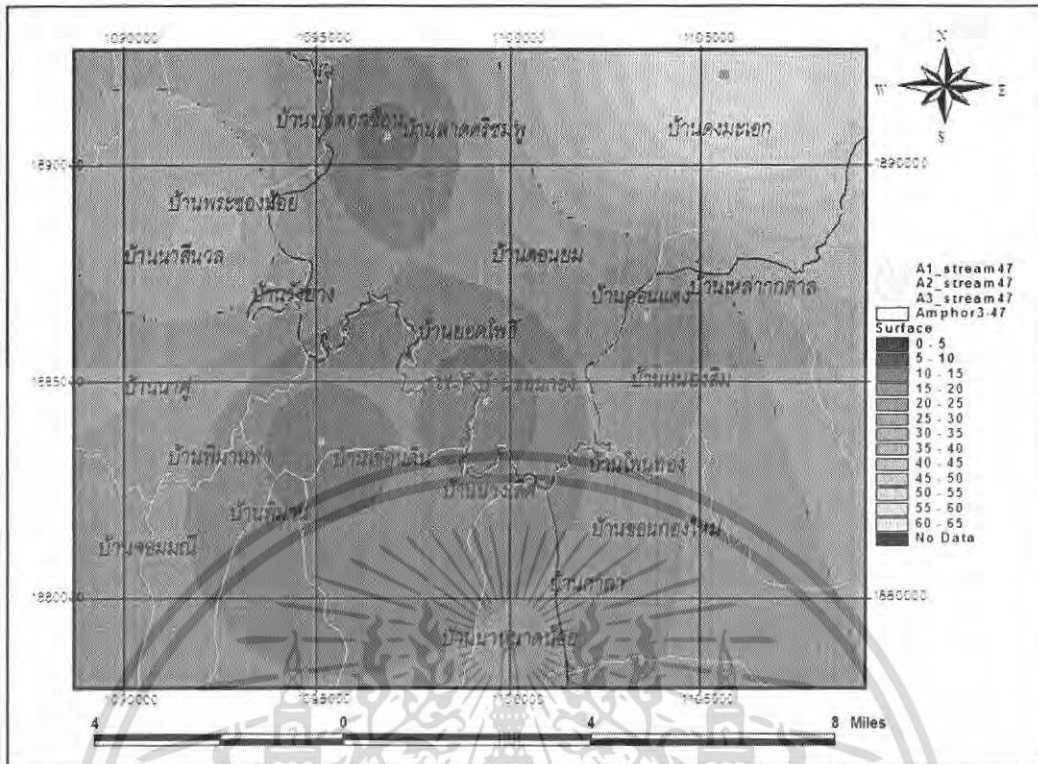




รูปที่ 4.19 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

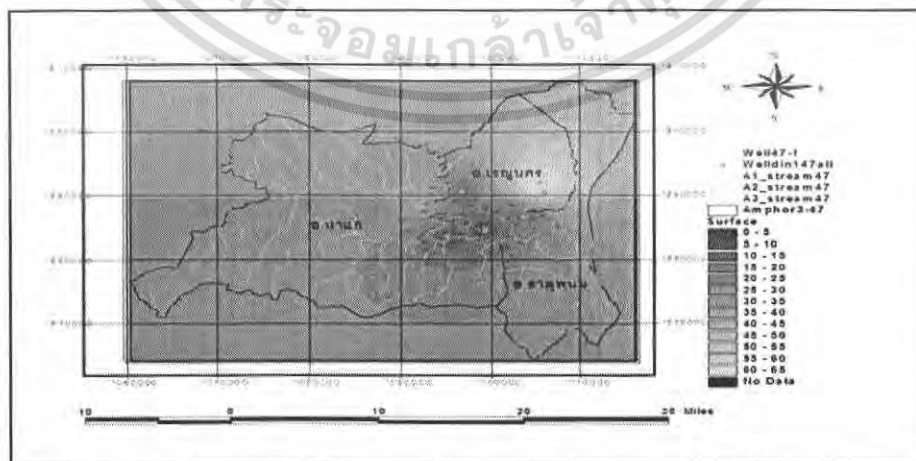
จากรูปที่ 4.19 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging พบว่าค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 95.80 mg/l บริเวณบ้านดงมะเอ็ก และค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 7.40 mg/l บริเวณบ้านเหล่าทุ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power

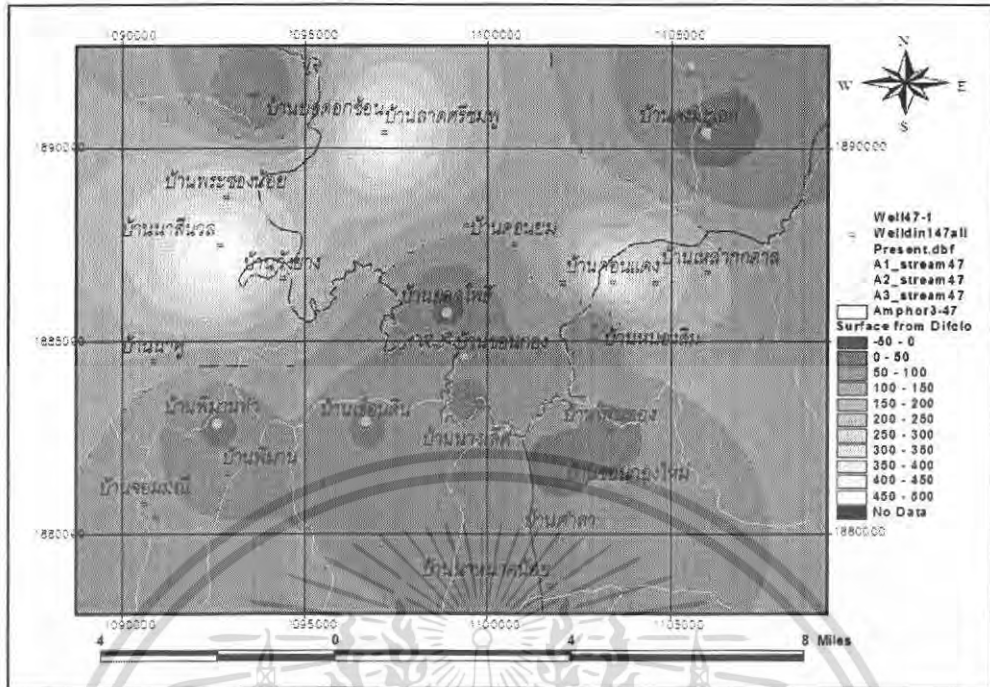
จากรูปที่ 4.20 - 4.21 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power พบว่า ค่าคลอไรด์ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power จะได้ค่าคลอไรด์อยู่ที่ 0 - 70 mg/l ซึ่งบริเวณที่พบว่ามีค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับต้นมากจะอยู่บริเวณบ้านดงมะเอก ลักษณะการกระจายตัวพบมากบริเวณบ้านนาสีนวล บ้านพระชนงน้อย บ้านดงมะเอก



รูปที่ 4.21 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับต้น

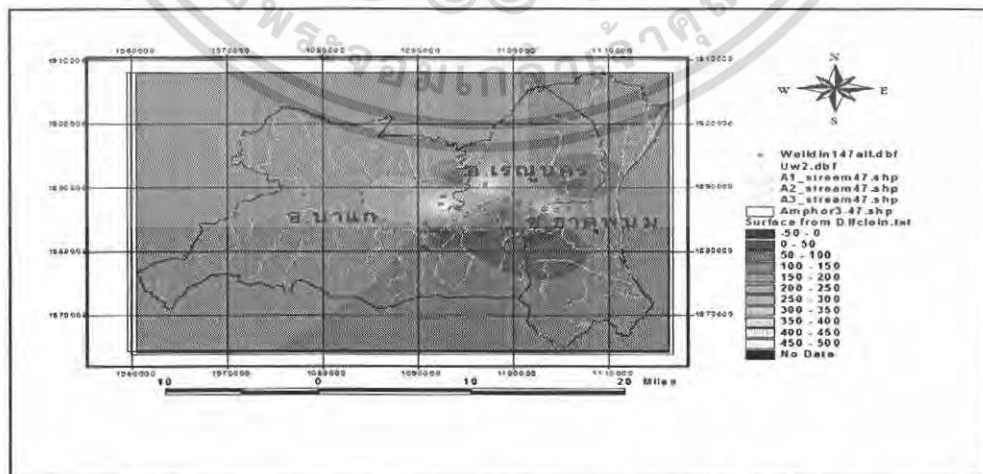
ในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



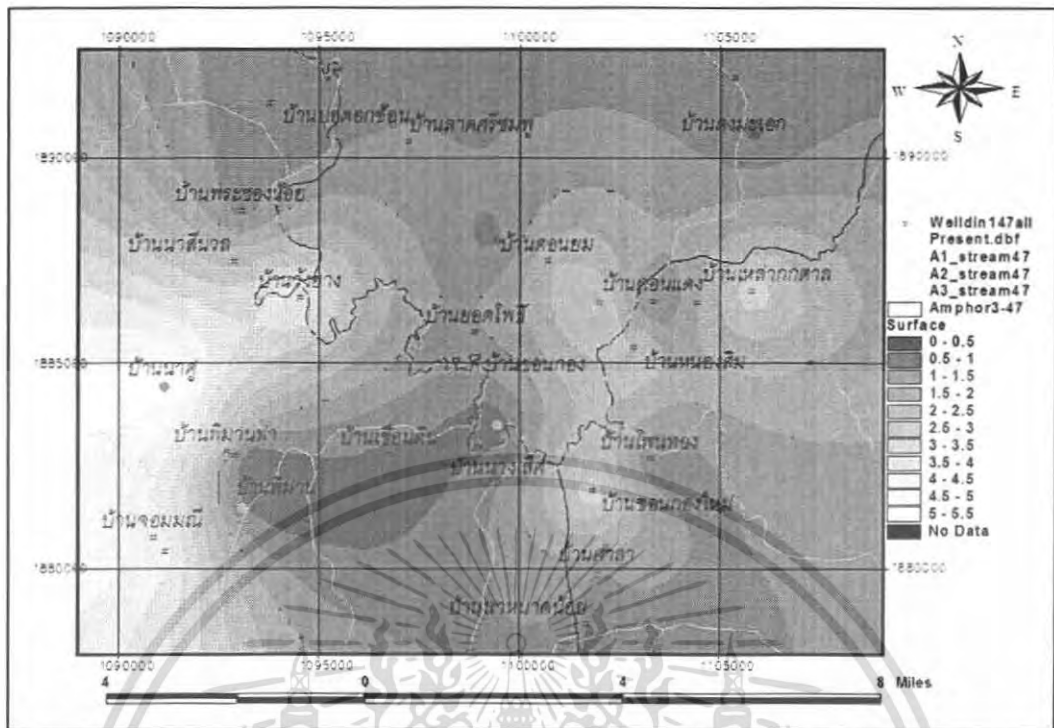
รูปที่ 4.22 แผนที่แสดงผลต่างลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.22-4.23 แสดงผลต่างลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2 พบว่า ครั้งที่ 1 ส่วนใหญ่มีค่าลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นมากกว่าครั้งที่ 2 ยกเว้นบางตำแหน่ง ได้แก่ บริเวณบ้านพิมานท่า บ้านเขื่อนดิน บ้านยอดโพธิ์ และบ้านดงมะเอก



รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงผลต่างลักษณะการกระจายตัวของค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Inverse Distance to a Power ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



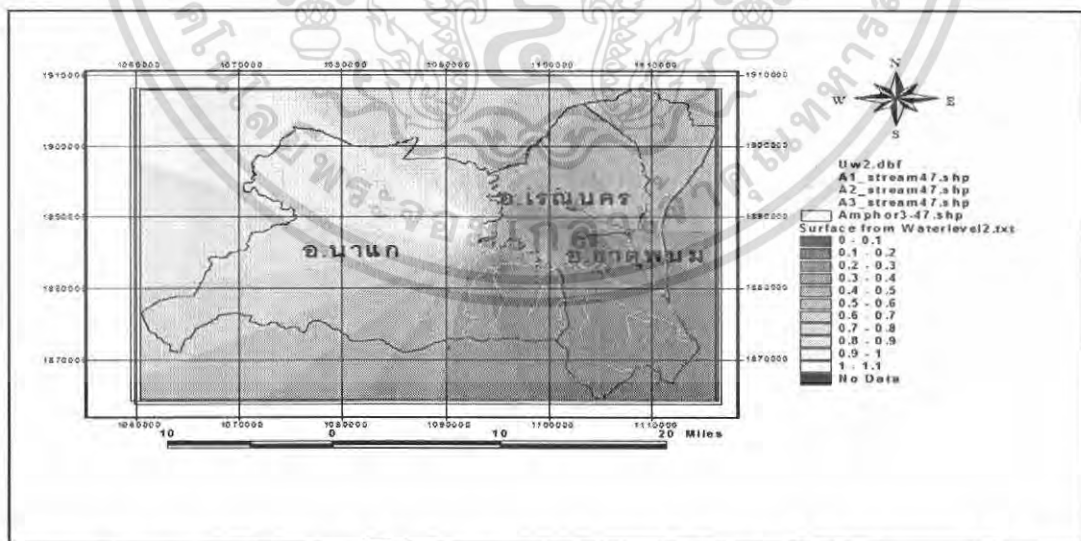
รูปที่ 4.24 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

จากรูปที่ 4.24-4.25 แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ลักษณะของความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินเป็นบริเวณที่ไปทำการสำรวจซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินต่ำ และบริเวณบ้านนาคู่ระดับความสูง (รทก) ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำ ส่งผลทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินสูง จะพบว่า บริเวณบ้านนางเลิศ พบว่า ความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.34 เมตร บริเวณบ้านนาคู่ และค่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.20 เมตร บริเวณบ้านพิมานท่า และบ้านนางเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จากรูปที่ 4.26-4.27 แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging พบว่า ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.08 เมตร บริเวณบ้านพระขงน้อย และความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำสุดเท่ากับ 0.08 เมตร บริเวณบ้านคอนแดง ลักษณะของความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นจะพบว่า บริเวณบ้านคอนแดงเป็นบริเวณที่ไปทำการสำรวจซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินต่ำ และบริเวณบ้านพระขงน้อย ระดับความสูง (รทก)สูง ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำ ส่งผลทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงซึ่งถ้านำค่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นมาเทียบกันเห็นว่า บริเวณบ้านพระขงน้อย ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.80 เมตร ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.08 เมตร บริเวณบ้านคอนแดง ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.75 เมตร ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.08 เมตร จากความลึกของน้ำใต้ดินพบว่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นในการสำรวจทั้งสองครั้งต่างกันน้อย แนวโน้มหลักๆ คือ สภาพฝนที่ตกในพื้นที่แล้วไปเติมน้ำในชั้นดินให้น้ำจากข้อมูลพบว่า ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 อยู่ลึกกว่าระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 โดยในช่วงเดือนสิงหาคมเป็นช่วงปลายฤดูฝน น่าจะทำให้ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 อยู่ตื้นกว่าระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 แต่สาเหตุอาจมาจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินปนทราย ทำให้น้ำซึมผ่านไหลลงไปแล้วน้ำดังกล่าวมาเติมเป็นน้ำในชั้นให้น้ำซ้ำ ทำให้การสำรวจครั้งที่ 2 ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นอยู่ตื้นกว่าระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1

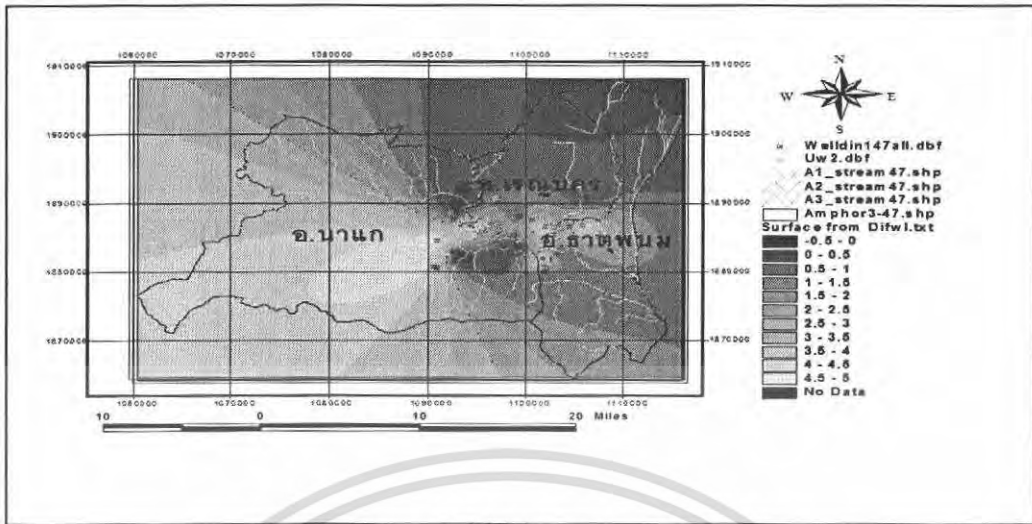


รูปที่ 4.27 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 2

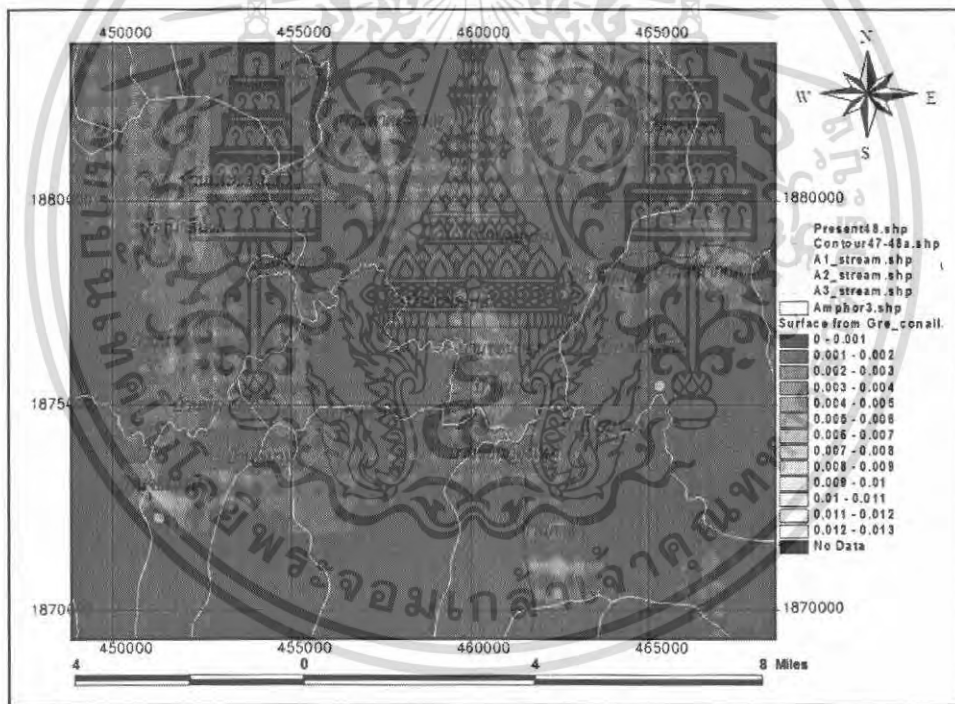
ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





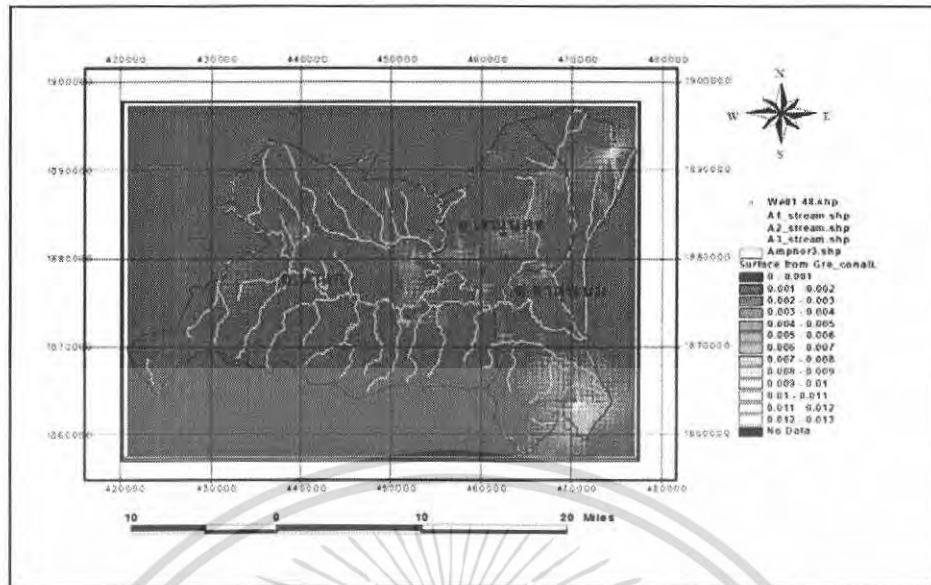
รูปที่ 4.29 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของผลต่างความลึกของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1 เทียบกับ ครั้งที่ 2



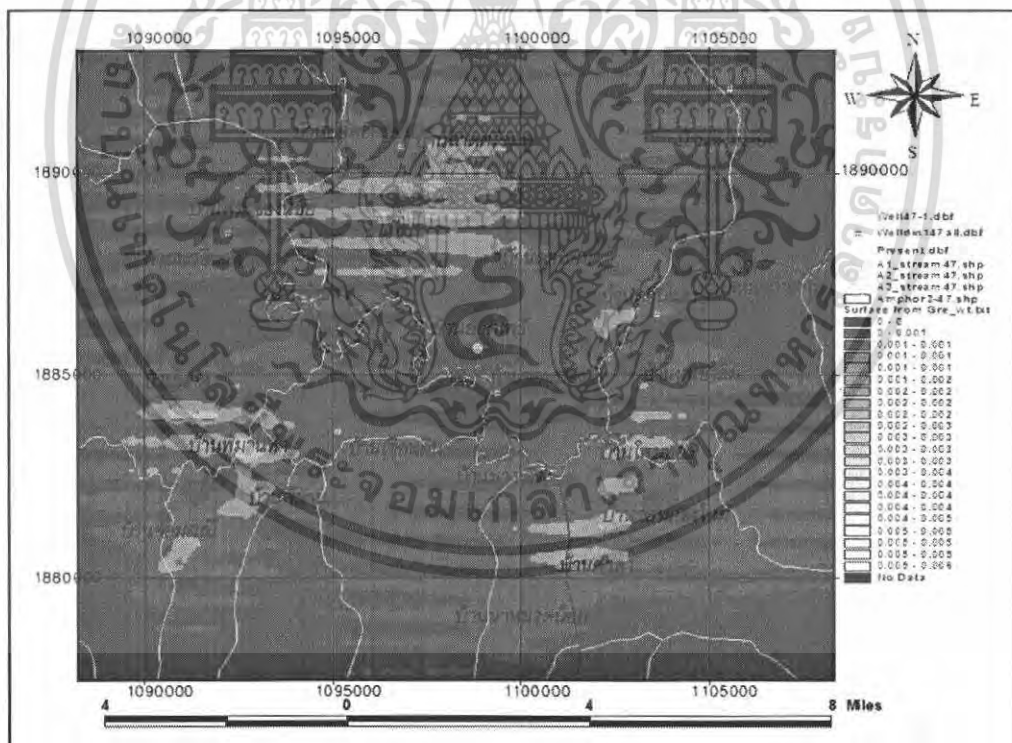
รูปที่ 4.30 แผนที่แสดง Gradient ของระดับผิวดินในพื้นที่สำรวจ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

จากรูปที่ 4.30-4.31 แผนที่แสดง Gradient ของระดับผิวดินในพื้นที่สำรวจด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging พบว่าค่า Gradient ของระดับผิวดินอยู่ที่ 0 – 0.013 พบว่า Gradient มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 บริเวณบ้านหนองสิม Gradient มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.00613 บริเวณบ้านจอมมณี ซึ่งค่า Gradient บ่งบอกถึงความชันของพื้นที่ ถ้า Gradient มีค่ามากความชันของพื้นที่จะมากหากพื้นที่ถ้า Gradient มีค่าน้อยความชันของพื้นที่จะน้อย หรือพื้นที่บริเวณนั้นเป็นที่พื้นที่ราบเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



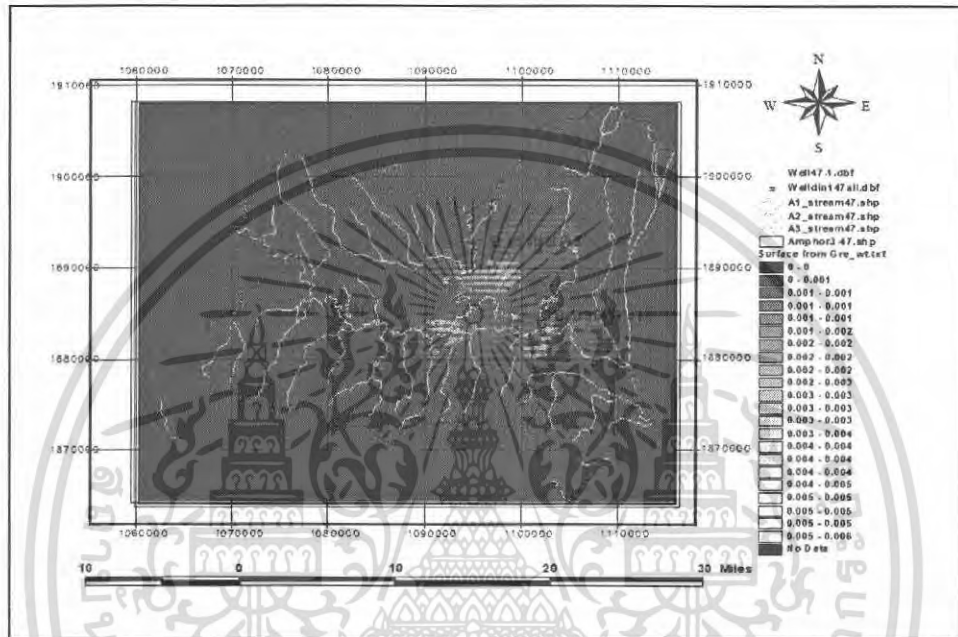
รูปที่ 4.31 แผนที่แสดง Gradient ของระดับผิวดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging



รูปที่ 4.32 แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

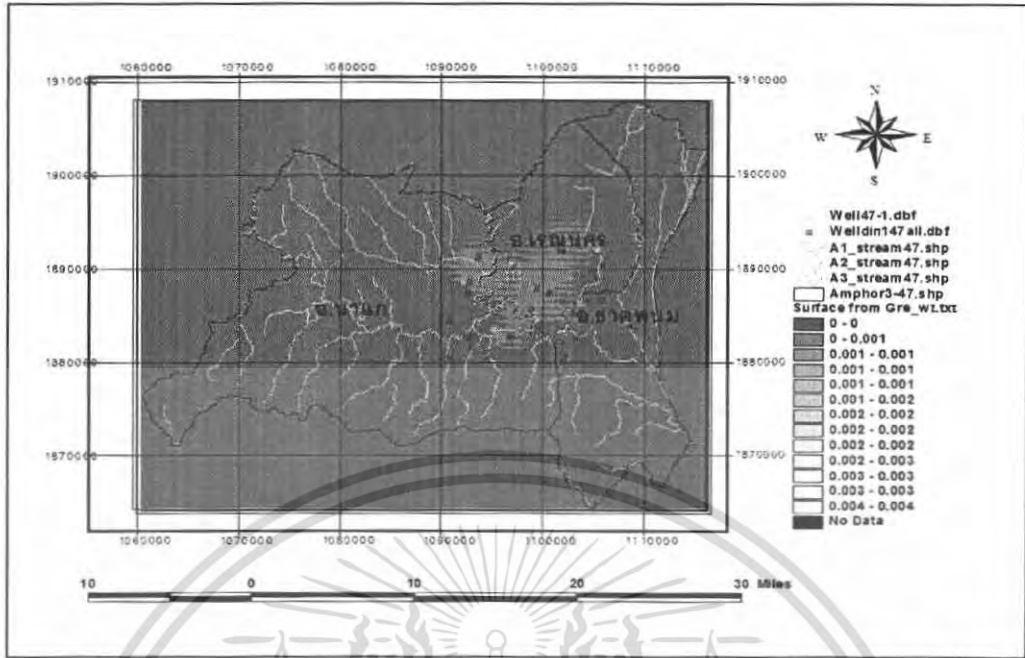
จากรูปที่ 4.32-4.33 แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging พบว่าค่า Gradient ของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0 – 0.006 พบว่า Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้นมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0 บริเวณบ้านยอดโพธิ์ Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้นมีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.00347 บริเวณบ้านพิมานท่า ซึ่งค่า Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้นบ่งบอกถึงความชันของระดับน้ำใต้ดิน



รูปที่ 4.33 แผนที่แสดง Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ 3 อำเภอครั้งที่ 1 ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

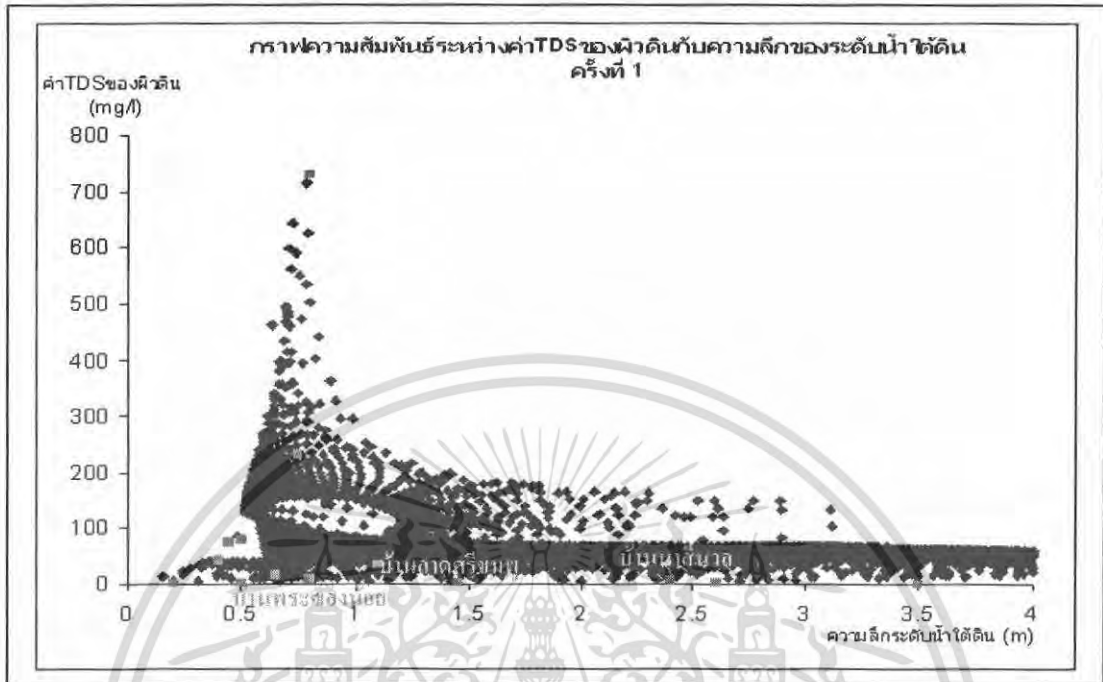




รูปที่ 4.35 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของ Gradient ของระดับน้ำใต้ดินระดับต้น  
ในพื้นที่ 3อำเภอครั้งที่ 2ด้วยการ Interpolate โดยวิธี Kriging

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่านโปรแกรม Excel และ Surfer



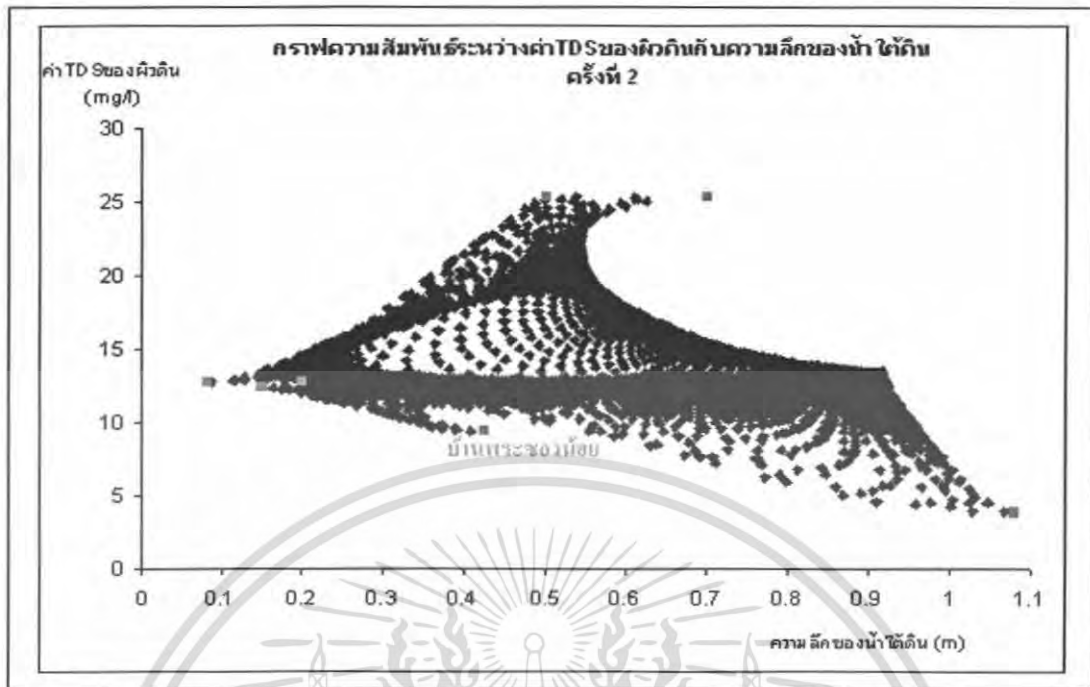
รูปที่ 4.36 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดิน กับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.36 บ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่มีความลึกของระดับน้ำใต้ดิน พบว่า ถ้าความลึกของระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะมีค่าลดลง เนื่องจากลักษณะชั้นดินแต่ละตำแหน่งของบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำการสำรวจ จากข้อมูลพบว่า

บ้านลาดศรีชมพู ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 1.10 เมตร ลักษณะชั้นดินเป็นทรายปนตะกอนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

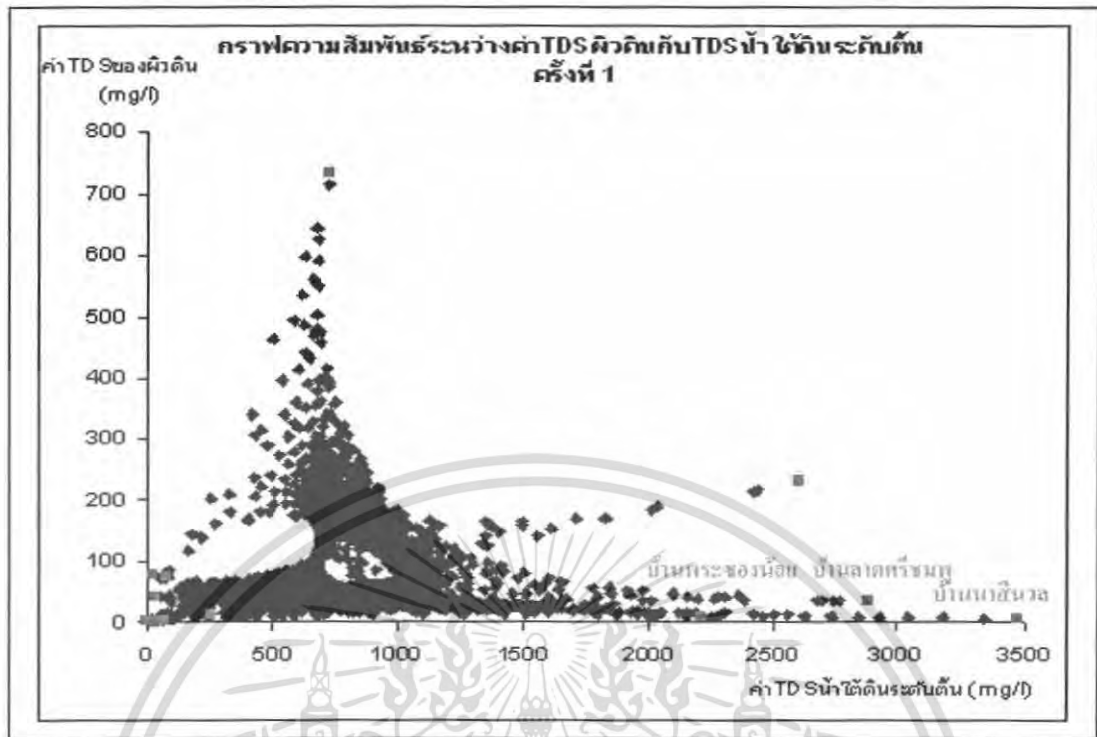
บ้านนาสีนวล ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 2.40 เมตร ลักษณะชั้นดินตั้งแต่ระดับ 0-2.40 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนตะกอน ดินเหนียวปนลูกรัง และหินทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

ซึ่งบางตำแหน่งที่มีความลึกของระดับน้ำใต้ดินน้อยกว่า 1 เมตร แต่อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน ได้แก่บริเวณบ้านพระซองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน อยู่ที่ 0.80 เมตร พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดิน 3470 mg/l แต่ค่า TDS ของผิวดินเท่ากับ 7.40 mg/l จากข้อมูลพบว่าสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย



รูปที่ 4.37 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดิน  
กับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.37 บ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่มีความลึกของระดับน้ำใต้ดิน 0-1 เมตร พบว่า ปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้ความลึกของระดับน้ำใต้ดินที่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน ได้แก่ ลักษณะชั้นดินผิวดิน ตำแหน่งที่ตั้งว่าบริเวณนั้นมีชั้นเกลือใต้ดินหรือไม่ จากข้อมูลพบว่าบริเวณ บ้านพระซองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.43 เมตร พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดิน 267 mg/l แต่ค่า TDS ของผิวดินเท่ากับ 3.85 mg/l พบว่าสภาพดินเป็นดินเหนียวปนทรายเม็ดเล็ก ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจึงไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน



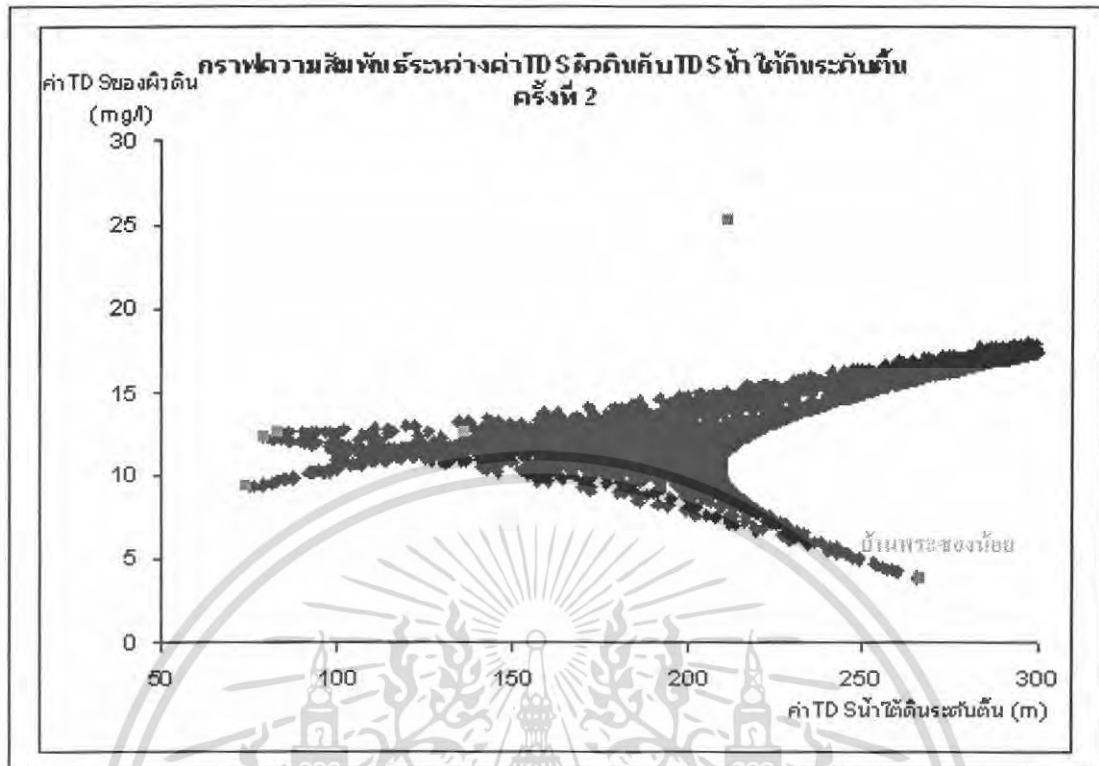
รูปที่ 4.38 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.38 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น แต่มีบางตำแหน่งค่า TDS ของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน ซึ่งจากข้อมูลพบว่า

บ้านลาดศรีชมพู ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 1.10 เมตร ลักษณะชั้นดินเป็นทรายปนตะกอนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน

บ้านนาสีนวล ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 2.40 เมตร ลักษณะชั้นดินบริเวณชั้นของน้ำใต้ดิน สภาพดินเป็นหินทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน

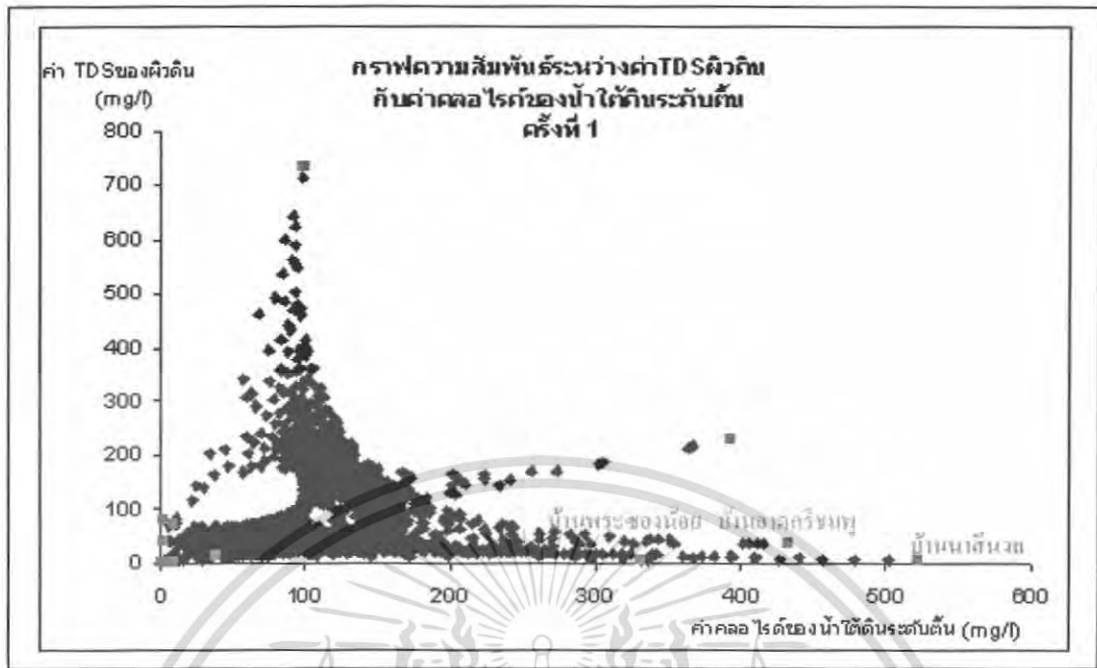
บ้านพระซองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน



รูปที่ 4.39 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.39 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น และจากข้อมูลพบว่าบ้านพระซองน้อย ค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลต่อค่า TDS ของผิวดิน เนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อธิพพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



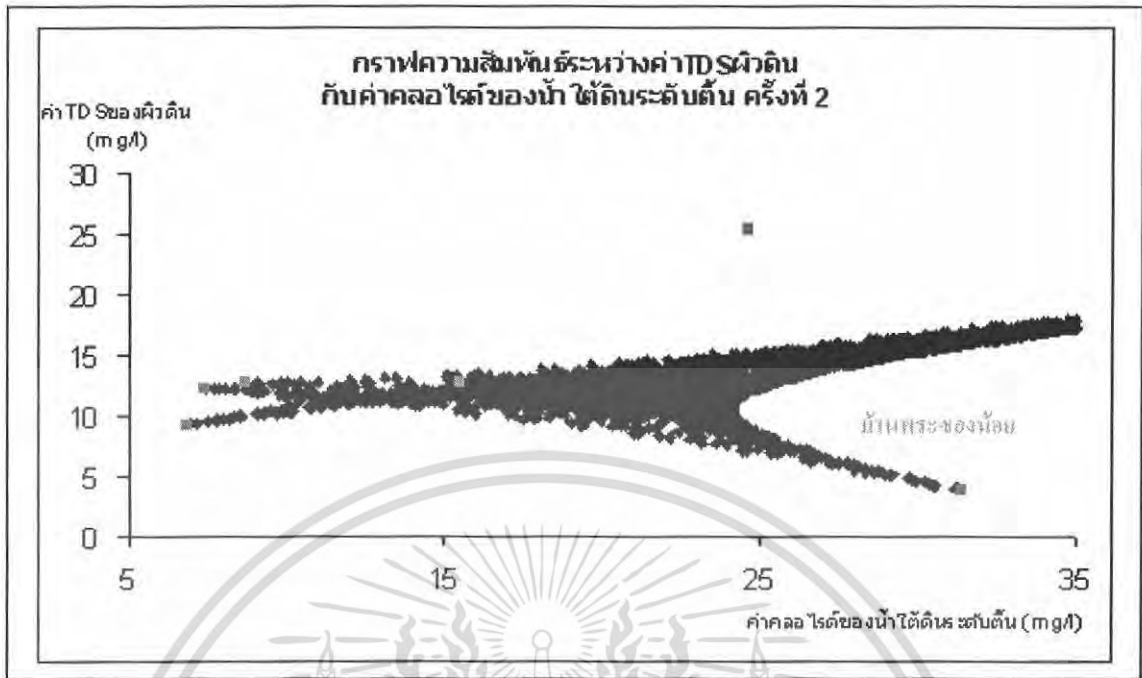
รูปที่ 4.40 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.40 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นซึ่งมีบางตำแหน่งค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน ซึ่งจากข้อมูลพบว่า

บ้านลาดศรีชมพู ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 1.10 เมตร ลักษณะชั้นดินเป็นทรายปนตะกอนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน

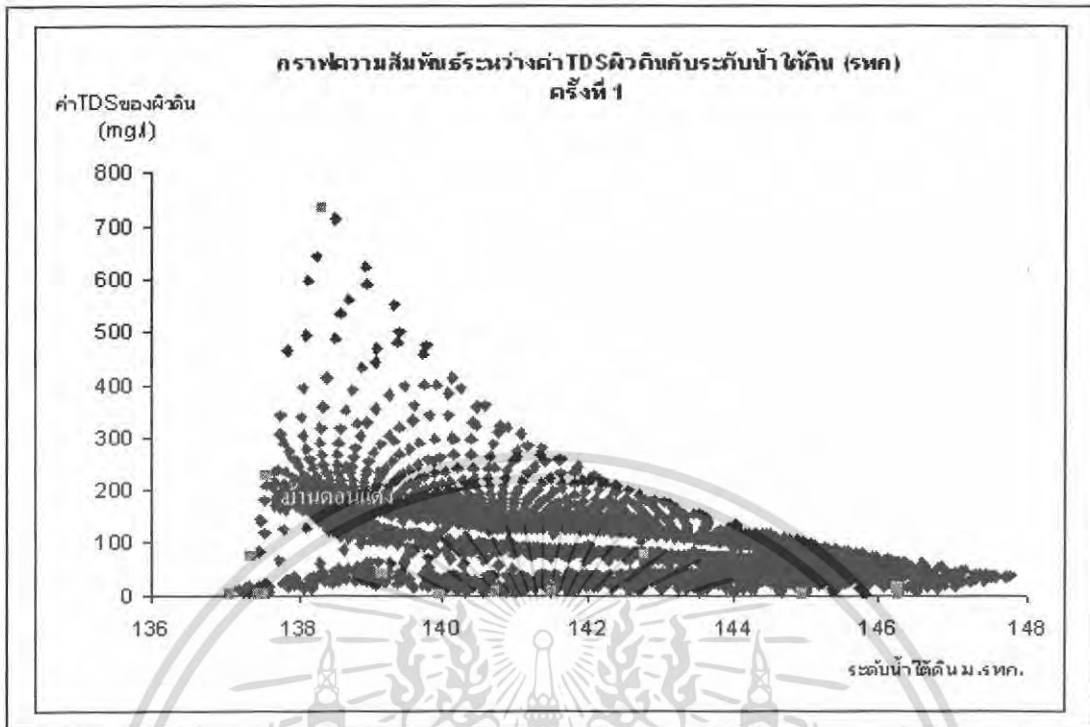
บ้านนาสีนวล ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 2.40 เมตร ลักษณะชั้นดินตั้งแต่ระดับ 0-2.40 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนตะกอน ดินเหนียวปนลูกรัง และหินทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน

บ้านพระชองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน



รูปที่ 4.41 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 2

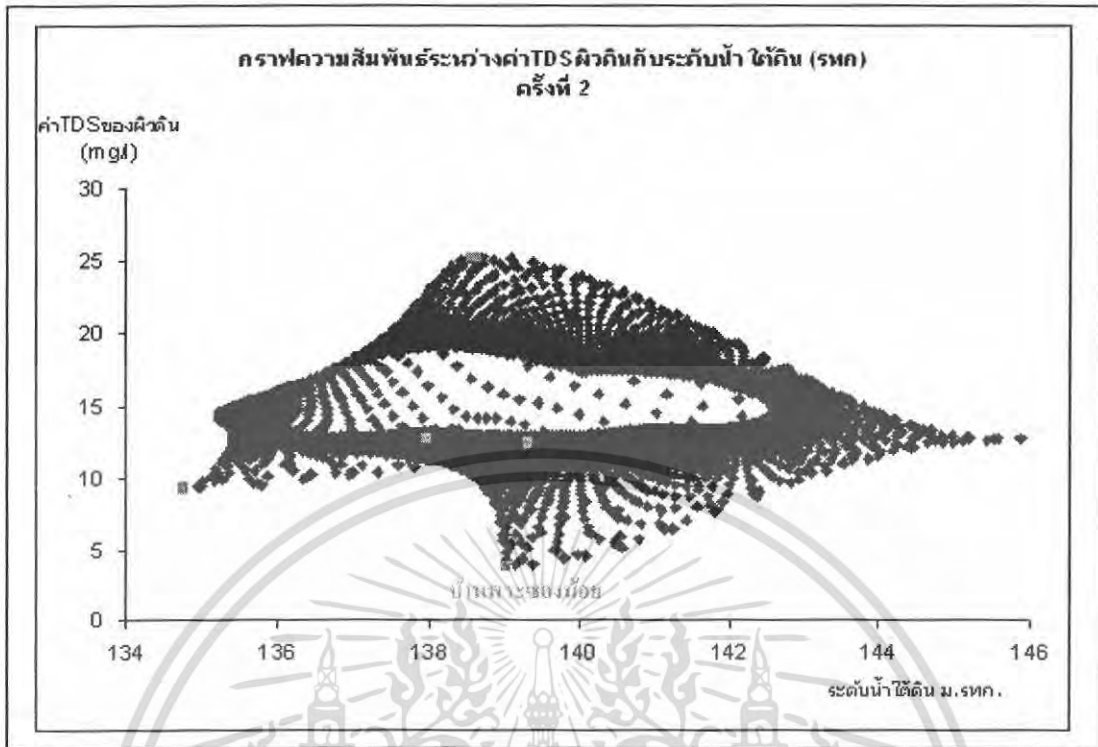
จากรูปที่ 4.41 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่ จะแปรผันตามค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น และจากข้อมูลพบว่าบ้านพระขงน้อย ค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ไม่ส่งผลต่อค่า TDS ของผิวดินเนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน



รูปที่ 4.42 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 1

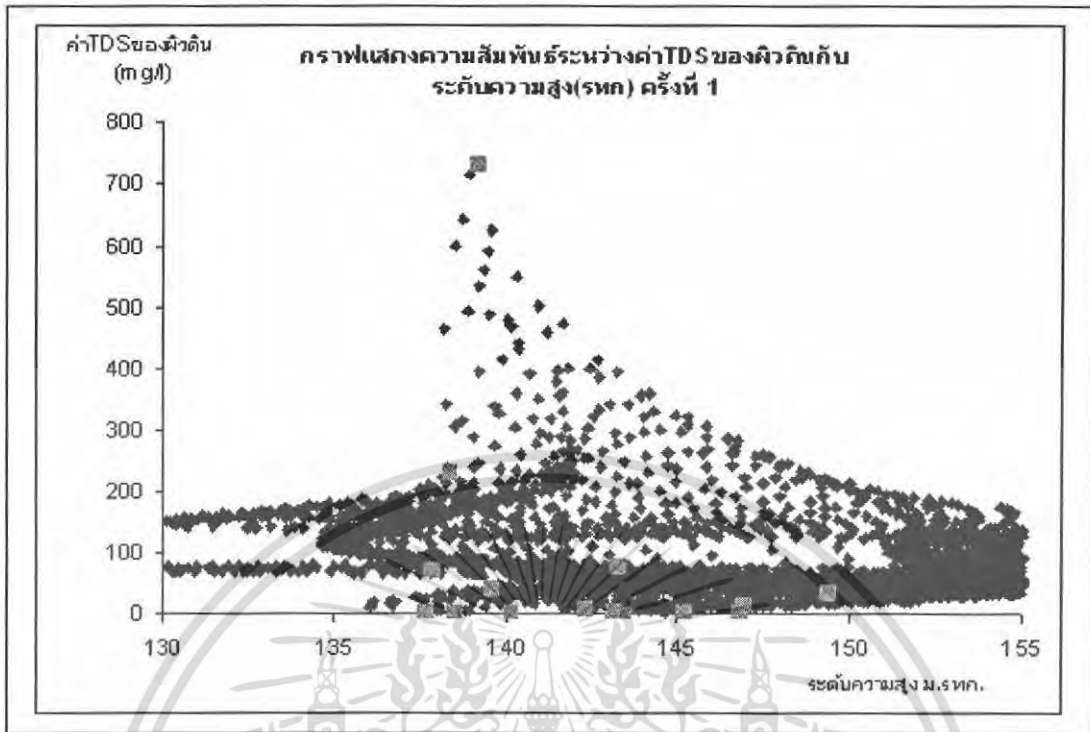
จากรูปที่ 4.42 ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะลดลง แต่บริเวณที่ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ประมาณ 138-140 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะสูงซึ่งจากข้อมูลพบว่าบ้านดอนแดง ค่า TDS ของผิวดินมีค่าเท่ากับ 230 mg/l และระดับน้ำใต้ดิน(รทก)ที่ระดับ 137.565 เมตรซึ่งสภาพดินบริเวณผิวดินเป็นดินเหนียวเม็ดละเอียดสีเทาและอาจเกิดจากผลกระทบของชั้นเกลือใต้ดิน ซึ่งอาจส่งผลให้ค่า TDS ของผิวดินมีค่าสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



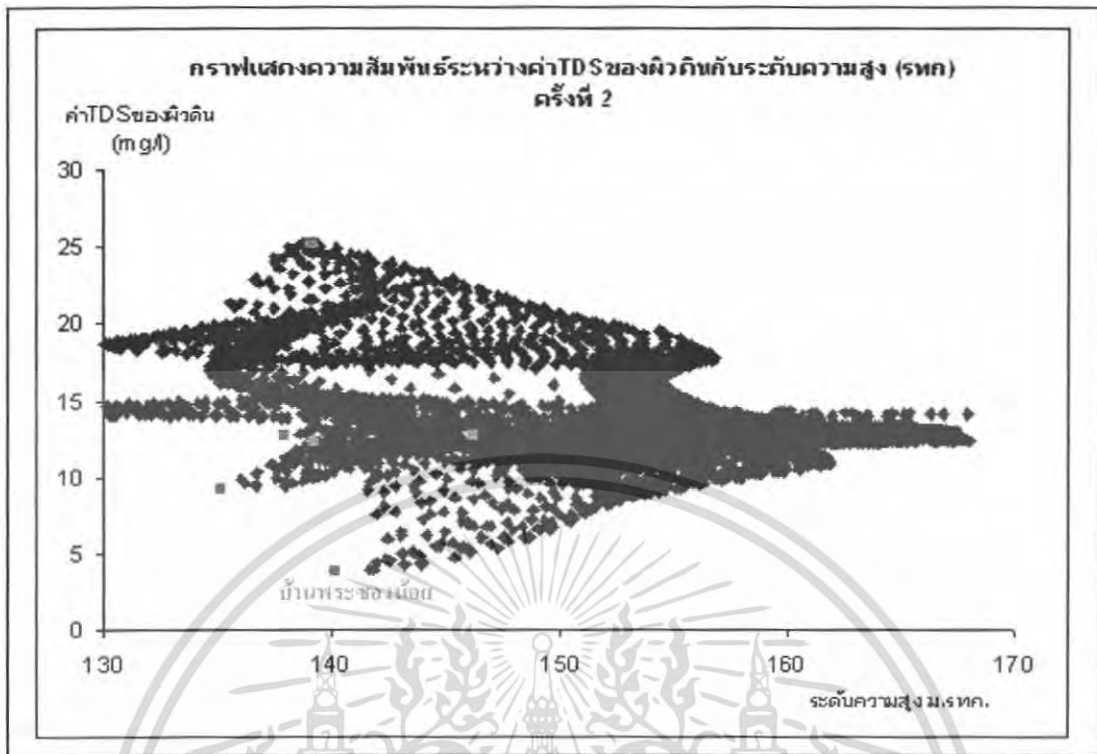
รูปที่ 4.43 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.43 ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะลดลง แต่บริเวณที่ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ประมาณ 138-140 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะสูง ซึ่งจากข้อมูลพบว่า บ้านพระชนงน้อยที่ระดับความสูง (รทก) 141.506 เมตร เนื่องจากสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อผิวดินน้อย ทำให้ค่า TDS ของผิวดินน้อย



รูปที่ 4.44 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูง (รทก) ครั้งที่ 1

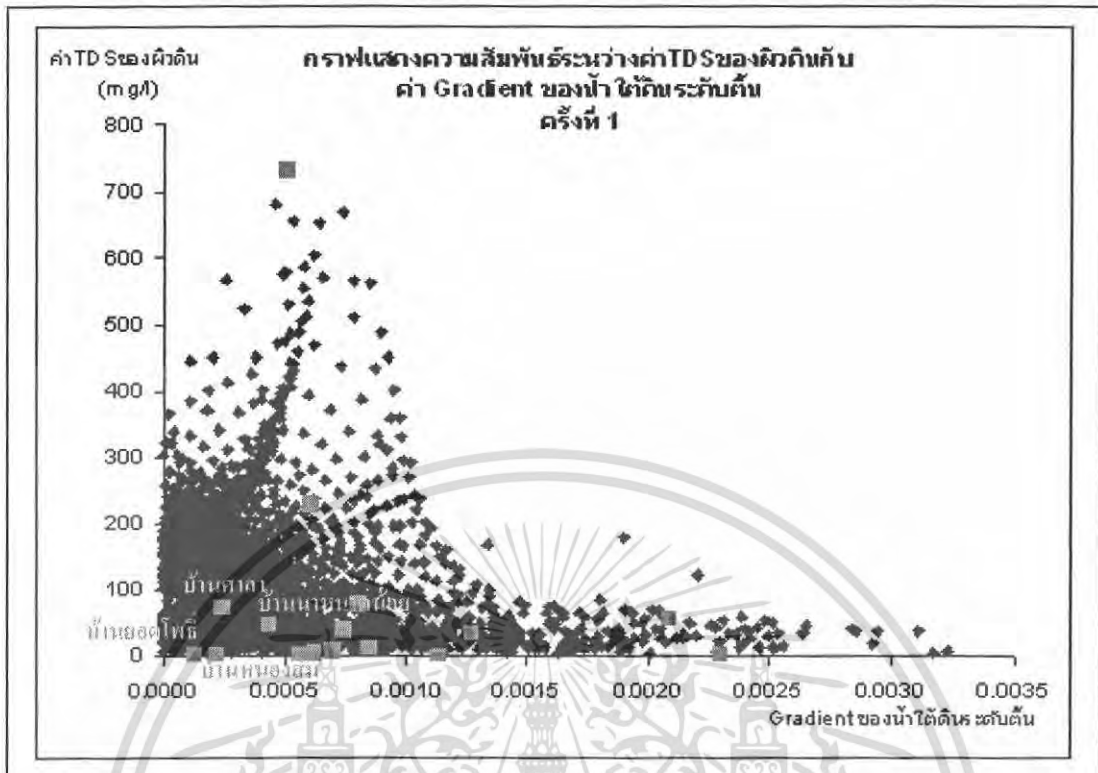
จากรูปที่ 4.44 ค่าระดับความสูง (รทก) ที่ระดับ 140-150 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะมีค่ามาก ณ ตำแหน่งที่ระดับความสูง(รทก) ต่ำ เนื่องจากผลกระทบของชั้นเกลือใต้ดินบริเวณที่ระดับความสูง (รทก) ต่ำ



รูปที่ 4.45 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูง (รทก) ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.45 ค่าระดับความสูง (รทก) ที่ระดับ 140-150 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะมีค่ามาก ณ ตำแหน่งที่ระดับความสูง (รทก) ต่ำ เนื่องจากผลกระทบของชั้นเกลือใต้ดินบริเวณที่ระดับความสูง (รทก) ต่ำ จากข้อมูลพบว่าบ้านพระขอน้อย ระดับ 142.306 เมตร เนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อผิวดินน้อย ทำให้ค่า TDS ของผิวดินน้อย

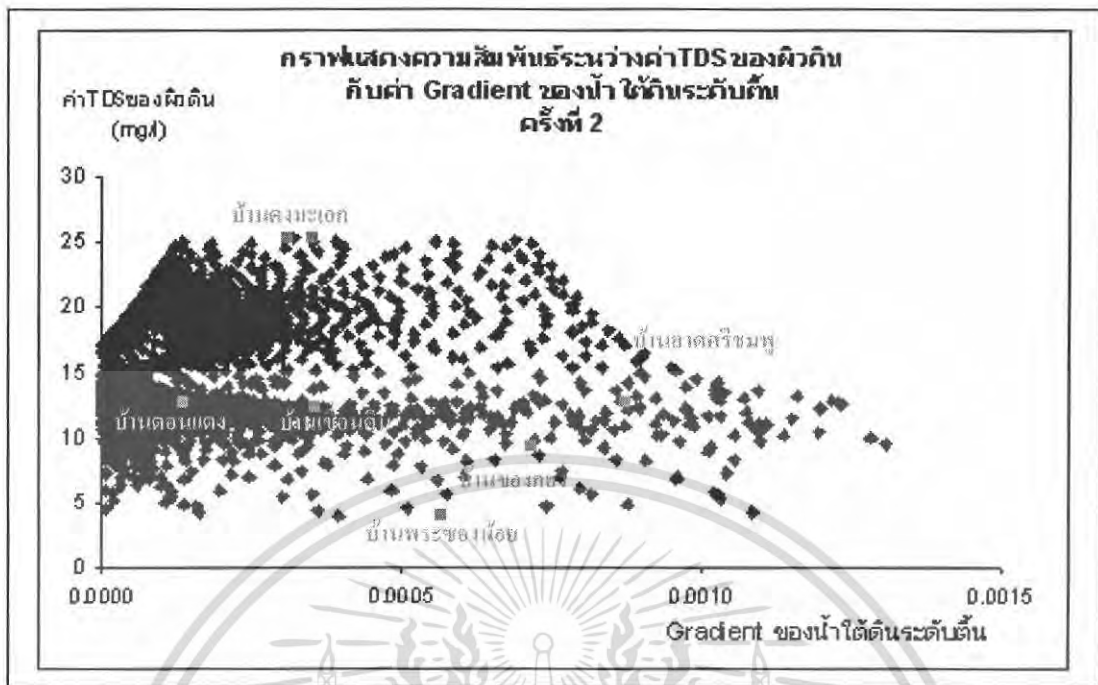
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับ Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.46 พบว่าค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงจะส่งผลกระทบต่อทำให้ค่า TDS ของผิวดินต่ำลง ยกเว้นที่ตำแหน่งบ้านหนองสิม และบ้านยอดโพธิ์ ซึ่งบริเวณดังกล่าวค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำและค่า TDS ของผิวดินต่ำด้วยเนื่องจากบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำอยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ แต่บริเวณบ้านศาลา และบ้านนาหนาดน้อย พบว่าค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำและค่า TDS ของผิวดินต่ำด้วย ซึ่งจากข้อมูลพบว่าบริเวณดังกล่าวที่พื้นที่สูง ทำให้ชั้นเกลือใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อของค่า TDS ของผิวดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับ Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.47 จากกราฟพบว่าค่า TDS ของผิวดินบริเวณบ้านดงมะเอ็กมีค่าสูง ซึ่งมีค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำ เป็นเพราะเนื่องจากได้รับผลกระทบจากชั้นเกลือใต้ดินแต่บริเวณตำแหน่งบ้านดอนแดง บ้านเขื่อนดิน และบ้านของกง ซึ่งบริเวณดังกล่าวค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำ และค่า TDS ของผิวดินต่ำด้วยเนื่องจากบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ หรืออยู่ใกล้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ส่วนบริเวณบ้านลาดศรีชมพูพบว่าค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นค่อนข้างสูงและค่า TDS ของผิวดินต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ซึ่งได้จากรูปที่ 4.46 ซึ่งพบว่าค่า Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงจะส่งผลกระทบทำให้ค่า TDS ของผิวดินต่ำลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลโครงการและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบทั้งสองครั้ง สามารถสรุปผลตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาได้ดังต่อไปนี้

#### 5.1 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น

จากการศึกษาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ซึ่งจากการทดสอบสองครั้ง โดยถือว่าทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นในครั้งที่ 1 ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด เพราะพิจารณาจากจำนวนบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นและการกระจายตัวของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในการสำรวจพบว่า ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาหนาดน้อย และบ้านพิมานท่า ไปทางบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำ และลุ่มน้ำบัง บริเวณบ้านยอดโพธิ์ บ้านหนอง และบ้านคอนแดง ดังรูปที่ 4.3

#### 5.2 คุณภาพน้ำใต้ดินระดับตื้น

จากการศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ลุ่มน้ำก่ำตอนล่าง ซึ่งจากการทดสอบสองครั้ง โดยจากการเก็บข้อมูลในการสำรวจพบว่า ค่าความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นในช่วงเดือนสิงหาคม พบมากบริเวณบ้านพระชนงน้อย บ้านนาสีนวล บ้านคอนแดง และบ้านลาดศรีชมพู และค่าความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นในช่วงเดือนตุลาคม พบมากบริเวณบ้านดงมะเอก และบ้านพระชนงน้อย ซึ่งสัมพันธ์กับทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น คือ คุณภาพน้ำใต้ดินระดับตื้นจะแพร่กระจายไหลลงสู่ลำน้ำ ซึ่งจากการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน [6] พบว่า บริเวณลำน้ำบังและลำน้ำก่ำพบความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นในปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นลำน้ำสายใหญ่และมีปริมาณมาก แต่กลับตรวจพบค่าความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่บริเวณลำธาร ห้วย และหนองน้ำขนาดเล็ก และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น และ ค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นพบว่าความเค็มของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้น ซึ่งบางตำแหน่ง ได้แก่บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาสีนวล บ้านพระชนงน้อย ลักษณะชั้นดินเป็นชั้นทรายตะกอนปนทราย ชั้นหินทราย และชั้นดินร่วนปนทราย ทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน และจากข้อมูลบริเวณบ้านดงมะเอกบริเวณผิวดินเป็นชั้นดินตะกอนสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทาปนกรวด แต่ยังคงพบว่าบริเวณดินผิวดินมีค่าความเค็มค่อนข้างสูงอาจเกิดจากชั้นเกลือใต้ดินที่ทำให้น้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อความเค็มของดินบริเวณผิวดินโดยตรง

### 5.3 ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้น และการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน

จากการศึกษาความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นและการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน ซึ่งมีปัจจัยในการส่งผลกระทบต่อความเค็มบนชั้นดิน คือ ความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น ความเค็มของน้ำใต้ดิน ระดับผิวดิน และ Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดิน(รทก) และ ระดับความสูง(รทก) ถ้ามีค่าสูงทำให้ความเค็มบนชั้นดินมีน้อย แต่ถ้าจากข้อมูลที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 5.2 พบว่าบริเวณบ้านดงมะเอก ความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดิน(รทก) และระดับความสูง(รทก) อยู่ในเกณฑ์ต่ำ แต่ยังคงพบว่าบริเวณดินผิวดินมีค่าความเค็มค่อนข้างสูงอาจเกิดจากชั้นเกลือใต้ดินที่ทำให้น้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อความเค็มของดินบริเวณผิวดินโดยตรง ส่วนค่าความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้น จะแปรผันตรงตามความเค็มบนชั้นดิน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะชั้นดิน และความลึกของน้ำใต้ดิน จากข้อมูลบริเวณบ้านพระขอน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น 3470 mg/l แต่ค่า TDS ของผิวดินเท่ากับ 7.40 mg/l พบว่าสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย ทำให้น้ำใต้ดินมีการส่งผลกระทบต่อความเค็มของดินบริเวณผิวดินน้อย และจากค่า Gradient ของน้ำใต้ดินสูงจะส่งผลกระทบทำให้ความเค็มของดินบริเวณผิวดินต่ำลง เนื่องจากน้ำใต้ดินบริเวณที่มี Gradient ของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงจะมีการเคลื่อนที่จากที่สูงไปที่ต่ำ หากบริเวณนั้นมีชั้นเกลือใต้ดินก็จะเกิดการชะล้างของน้ำใต้ดินระดับตื้นที่กระทำชั้นเกลือใต้ดินลงสู่ที่ต่ำ ทำให้บริเวณดังกล่าวส่งผลกระทบต่อความเค็มของน้ำใต้ดินน้อย และกรณีที่ Gradient ของน้ำใต้ดินต่ำ คือ บริเวณที่เป็นราบลุ่มต่ำ ที่ราบลุ่มบริเวณลำน้ำ หรือที่ราบลุ่มสูงซึ่งความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นอาจจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัยว่าหากพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มบริเวณลำน้ำ หรือที่ราบลุ่มสูงความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้น อาจจะส่งผลกระทบต่อความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นน้อย เนื่องจากลักษณะของทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้น ชั้นเกลือใต้ดินวางตัวอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และ ลักษณะดินราบลุ่มบริเวณลำน้ำส่วนมากมักเป็นดินปนทราย ส่วนบริเวณที่เป็นราบลุ่มต่ำ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความเค็มของผิวดิน คือ ความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้น ชั้นหินเกลือใต้ดิน ความลึกของน้ำใต้ดิน และลักษณะของชั้นดิน หากความเค็มของน้ำใต้ดินมากแต่ลักษณะของชั้นดินเป็นดินปนทราย ความเค็มของน้ำใต้ดินระดับตื้นก็จะไม่ส่งผลกระทบต่อบริเวณผิวดิน ถึงแม้ว่าความลึกของน้ำใต้ดินจะอยู่ในระดับต่ำก็ตาม หากเกิดกรณีมีการสูบน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้บริเวณผิวดินที่มีความเค็มบนชั้นดินน้อยโดยไม่มีการควบคุม อาจทำให้มีปริมาณของความกระจายความเค็มบนชั้นดินเกิดเป็นบริเวณกว้างมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเกษตรกรรมและบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำได้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. ข้อมูลจากกรมทรัพยากรธรณี Available: [www.dmr.go.th/index00.htm](http://www.dmr.go.th/index00.htm)
2. ข้อมูลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล Available: [www.dgr.go.th](http://www.dgr.go.th)
3. ข้อมูลจากกรมแผนที่ทหาร Available: [www.rtsd.mi.th/section/Boundary/Boundary.html](http://www.rtsd.mi.th/section/Boundary/Boundary.html)
4. โครงการการศึกษาการกระจายความเค็มของดินเค็ม กรมชลประทาน (พ.ศ.2537)
5. โครงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินและน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ชลประทานของอ่างเก็บน้ำน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม (พ.ศ.2549)
6. โครงการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน ลุ่มน้ำท่า จังหวัดสกลนคร - นครพนม (พ.ศ.2549)
7. โครงการศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง บริษัทที่ปรึกษา GITEC CONSURTANT GMBH (มีนาคม พ.ศ.2541)
8. โครงการการศึกษาธรณีฟิสิกส์ในบริเวณพื้นที่ตอนล่างของอ่างเก็บน้ำ กรมทรัพยากรธรณี (พ.ศ.2540)
9. โครงการศึกษาวิจัยโดยการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ขึ้นเพื่อจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของน้ำเค็ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น (พ.ศ. 2544)
10. ทวีศักดิ์ ระมิงค์วงศ์, น้ำบาดาล : ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้