

การศึกษาศักยภาพการเกิดดินเค็มในดินบริเวณพื้นที่ : ฝายท่ากรรพัสลิต
พื้นที่ลุ่มน้ำจืดลุ่มน้ำล่าง จ. นครพนม

THE STUDY ON SOIL SALINITY POTENTIAL IN SHALLOW SOIL :
A CASE STUDY OF THE LOWER NAM KAM BASIN AREA,
NAKHON PANOM PROVINCE.

สงศักดิ์ วัฒนศักดิ์

SONGSAK WATTANASAK

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษากฎเหล็กสุทนต์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-EN-TH-090-000

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาศักยภาพการเกิดดินเค็มในดินระดับตื้น : ตัวอย่างกรณีศึกษา
พื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จ.นครพนม

THE STUDY ON SOIL SALINITY POTENTIAL IN SHALLOW SOIL:
A CASE STUDY OF THE LOWER NAM KAM BASIN AREA,
NAKHON PANOM PROVINCE.

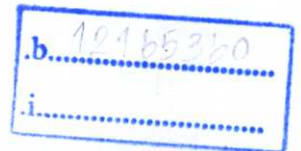


T105037

ส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์

SONGSAK WATTANASAK

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 105037
วันเดือนปี 12 พ.ศ. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2552

KMITL-2009-EN-M-090-030

**THE STUDY ON SOIL SALINITY POTENTIAL IN SHALLOW SOIL:
A CASE STUDY OF THE LOWER NAM KAM BASIN AREA,
NAKHON PANOM PROVINCE.**

SONGSAK WATTANASAK

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009
KMITL-2009-EN-M-090-030**

COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาศักยภาพการเกิดดินเค็มในดินระดับตื้น : ตัวอย่างกรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำตอนล่าง
จ.นครพนม

Thesis Title The Study on Soil Salinity Potential in Shallow Soil : A Case Study of the Lower
Nam Kam Basin Area, Nakhon Panom Province

นักศึกษา นายส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์

รหัสประจำตัว 49061513

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง

หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2009-EN-M-090-030

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ลายมือชื่อ

ผศ.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช

ผศ.ดร.สกุล ห่อวโนทยาน

ผศ.สมเกียรติ ขวัญพฤษย์

รศ.ดร.สุวัฒนา จิตตลดากร

ผศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง



วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพุธที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2552 เวลา 10.00-12.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2552

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การศึกษาศักยภาพการเกิดดินเค็มในดินระดับตื้น: ตัวอย่างกรณีศึกษาพื้นที่ลุ่มน้ำท่าคอนล่าง จ.นครพนม

นักศึกษา

นายส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์

รหัสนักศึกษา

49061513

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมโยธา

พ.ศ.

2552

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.อุมา สีบุญเรือง

บทคัดย่อ

จังหวัดนครพนมเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พื้นที่ส่วนใหญ่ถูกใช้เพื่อการเกษตร อย่างไรก็ตามพื้นที่บางส่วนในเขตอำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนครและอำเภอนาแกไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้เต็มที่เนื่องจากดินมีปัญหาด้านคุณภาพ เช่นปัญหาดินเค็มปัญหาดินเค็มอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ หากไม่มีการศึกษาอย่างละเอียดและป้องกันอย่างถูกต้องก็อาจเกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม จุดประสงค์ของการศึกษาคือ ต้องการทราบศักยภาพในการเกิดความเค็ม โดยวิธีที่ใช้เป็นการรวมระหว่างเทคนิคทางสถิติหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็ม(Salinity)ของดิน และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินและน้ำใต้ดิน และ process-based method ของการจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและระดับ Capillary ของชั้นดิน โดยการดำเนินงานประกอบไปด้วยการเก็บข้อมูลระดับความเค็ม ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของชั้นดินและน้ำใต้ดิน โดยในแต่ละจุดทำการขุดเจาะหลุมตื้นเพื่อเก็บตัวอย่างดินและน้ำใต้ดิน แล้วนำตัวอย่างที่เก็บมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีประกอบไปด้วย ความถ่วงจำเพาะ การหาขนาดของเม็ดดิน ค่าpH ค่าTDS ค่าความเค็ม และปริมาณออกซิเจนในน้ำ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการการทำนายค่าความเค็มสำหรับการป้องกันการแพร่กระจายความเค็มและใช้ประโยชน์พื้นที่ให้เหมาะสมกับการใช้พื้นที่ การเก็บตัวอย่างกระจายจุดเก็บให้ครอบคลุมพื้นที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ยังทำการวัดระดับน้ำใต้ดินเพื่อวิเคราะห์ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน ช่วงเวลาการเก็บตัวอย่างเก็บในช่วงต้นเดือนสิงหาคมและปลายเดือนตุลาคม ปี2549,2550และเดือนมีนาคม 2551 ซึ่งตัวอย่างและผลการทดลองที่ได้จะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีความสัมพันธ์เชิงพหุเพื่อหาสมการในการทำนายค่าความเค็ม ผนวกกับการวิเคราะห์โดยวิธี process-based method ใช้โปรแกรม GMS(T-PROGS) , Surfer และ GIS (Arc View) สำหรับการสร้างแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็มผิวดิน ซึ่งจากการศึกษาสามารถหาความสัมพันธ์ได้ดังสมการ $EC = 0.05 * GW \text{ TDS} + 1.79 * GW \text{ Level} - 30.39 * GW \text{ Depth} - 17,463.77 * \text{Slope} - 1.66 * \text{Sieve}$ โดยมีค่าความน่าเชื่อถือ 88.19 %

Thesis Title	The Study on Soil Salinity Potential in Shallow Soil: A Case Study of The Lower Nam Kam Basin Area, Nakhon Panom Province.
Student	Mr. Songsak Wattanasak
Student ID.	49061513
Degree	Master of Engineering
Program	Civil Engineering
Year	2009
Thesis Advisor	Assist.Prof.Dr.Uma Seeboonruang

ABSTRACT

Nakhonpanom province is located in the north-eastern part of Thailand. Most areas are applied for agricultural practices. However, parts of Amphoe Thatpanom, Renunakorn and Nakae are challenged with the problem on growing vegetation due to saline soils. There are several causes that can trigger the saline soil problem and the salty materials can spread widely when cautions are not well aware. Therefore, the objective of this study is to study the soil salinity potential in shallow soil. The method combines the statistics technique relating soil salinity and physical and chemical properties of soil and groundwater and the process-based method which simulates the groundwater flow and capillary rise in shallow soil. The subsurface investigation is comprises of drilling shallow holes, collecting soil and groundwater samples, and analyzed for physical and chemical properties. These properties are specific gravity, grain size distribution, pH, total dissolved solids, and oxygen content in order to predict the soil salinity for salinity spreading protection and prepare proper landuse management. The sampling locations are assigned such that they are distributed uniformly in the study area particularly among the salty zones. In addition, ground water levels at different locations are measured in order to determine the gradient and direction of ground water flow. The sample periods are during the early of August and the end of October 2006 and 2007. The results of these experiments are further analyzed for their relationships by multiple linear regressions and process-based method, GMS (T-PROGS), Surfer and GIS (Arc View), to find the soil salinity potential in shallow soil layer map. $EC = 0.05*GW\ TDS + 1.79*GW\ Level - 30.39*GW\ Depth - 17,463.77*Slope - 1.66*Sieve$, $R^2=88.19\ %$.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ศศ.ดร.อุมา สีนุญเรือง ที่ให้ความช่วยเหลือ ให้คำชี้แนะแก้ปัญหาตลอดจนให้ความรู้และประสบการณ์ที่ดีแก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณองค์กร กองทุนวิจัย สจล. และเงินงบประมาณรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ปี การศึกษา 2548 ที่ได้สนับสนุนเงินทุนในการทำงานวิจัยและวิทยานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณอาจารย์อุษะ สิริแก้ว อาจารย์ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในงานพิเศษครั้งนี้

ขอขอบคุณ หน่วยงานราชการทุกหน่วยงาน ที่ให้ข้อมูล และ อบต.ทุกตำบลในอำเภอธาตุพนม อำเภอเรณูนครที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับพื้นที่ในการ

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	X
สารบัญรูป.....	XIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 กล่าวนำ.....	1
1.2 ที่มาของปัญหา.....	1
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
1.5 วิธีการศึกษา.....	2
บทที่ 2 พื้นที่ทำการศึกษา.....	4
2.1 พื้นที่ทำการศึกษา.....	4
2.2 ลักษณะภูมิประเทศ.....	5
2.3 สภาพแวดล้อม.....	6
2.3.1 ทรัพยากรกายภาพ.....	6
2.3.2 ทรัพยากรนิเวศวิทยา.....	7
2.3.3 การใช้ประโยชน์ของมนุษย์.....	8
บทที่ 3 วรรณกรรมปริทัศน์.....	9
3.1 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม.....	9
3.1.1 ความเป็นมาของโครงการ.....	9
3.1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ.....	10
3.1.3 แผนปฏิบัติการลดผลกระทบและพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม.....	10
3.1.4 แผนการติดตามและประเมินผลด้านดินเค็ม.....	11
3.1.5 สรุปผลการศึกษา.....	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณ โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม.....	13
3.2.1 ขอบเขตการศึกษา.....	13
3.2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	14
3.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา.....	15
3.2.4 สรุปผล.....	17
3.3 จำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็ม ในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม.....	17
3.3.1 วัตถุประสงค์.....	17
3.3.2 การสำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์.....	18
3.3.3 สรุปผลการศึกษา.....	19
3.4 สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำท่าสำนักงานบริหาร โครงการ.....	19
3.4.1 วัตถุประสงค์.....	19
3.4.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายน้ำเค็มจากชั้นเกลือหิน.....	20
3.5 งานจ้างศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหิน และอุทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม.....	20
3.5.1 วัตถุประสงค์.....	20
3.5.2 ขอบเขตการศึกษา.....	21
3.5.3 วิธีการศึกษา.....	21
3.5.4 สรุปผลการศึกษา.....	22
3.6 การประเมินเชิงบูรณาการพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินเค็มในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือด้วยข้อมูลจาก ดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	23
3.6.1 วัตถุประสงค์.....	23
3.6.2 วิธีการศึกษา.....	23
3.6.3 ผลการศึกษา.....	26
3.6.4 สรุปผลการศึกษา.....	28
3.7 อ่างเก็บน้ำกับการแพร่กระจายดินเค็ม.....	29
3.7.1 ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มโดยอ่างเก็บน้ำ.....	29

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7.2 แนวทางและวิธีป้องกันการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มจากอ่างเก็บน้ำ.....	31
3.7.3 การแก้ไขและปรับปรุงคุณภาพของน้ำในอ่างที่เค็มให้สามารถ ใช้ประโยชน์ได้.....	32
3.7.4 กรมทรัพยากรธรณี.....	33
3.7.5 ลักษณะชั้นหินใต้ผิวดิน.....	33
3.7.6 สภาพปัญหา.....	35
3.8 Salinity and the discharge of salts from catchments in Australia.....	35
3.8.1 วัตถุประสงค์.....	35
3.8.2 การตรวจสอบพื้นที่รับน้ำ.....	36
3.8.3 การอธิบายโครงสร้างของดิน.....	36
3.8.4 ลักษณะการซึมผ่านและน้ำดิน.....	37
3.8.5 การแพร่กระจายเกลือใน vadose zone.....	37
3.8.6 การเพิ่มขึ้นของน้ำใต้ดิน.....	39
3.8.7 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและความสมดุลของเกลือและปฏิกิริยาตอบสนอง การปรับปรุง.....	39
3.8.8 โมเดลแนวคิดเพื่ออ่างเก็บน้ำที่มีความเค็มในออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้.....	40
3.8.9 การทำนายการแพร่กระจายของเกลือจากอ่างเก็บน้ำ.....	42
3.8.10 การทำนายพื้นที่ความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเกลือ.....	43
3.8.11 บทสรุป.....	45
บทที่ 4 หลักการและทฤษฎี.....	46
4.1 ความหมายและประเภทของดิน.....	46
4.1.1 รูปร่างของเม็ดดิน.....	47
4.1.2 สถานภาพของดิน.....	48
4.2 การจำแนกประเภทของดินในระบบ Unified.....	48
4.3 ดินเค็ม.....	54
4.3.1 การวัดค่าความเค็มของดิน.....	54
4.3.2 ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3.3 แหล่งกำเนิดเกลือ.....	56
4.3.4 สาเหตุการเกิดดินเค็ม.....	56
4.3.5 การแบ่งชั้นความเค็มของดิน.....	57
4.3.6 การแพร่กระจายดินเค็ม.....	59
4.4 คุณสมบัติของดิน.....	60
4.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน.....	60
4.4.2 คุณสมบัติทางเคมีของดิน.....	61
4.5 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ(Multiple Regression Analysis).....	62
4.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	62
4.5.2 การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร.....	62
4.5.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	63
4.5.4 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	63
4.5.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	63
บทที่ 5 วิธีการดำเนินการ.....	67
5.1 สถานที่ดำเนินการ.....	67
5.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง.....	67
5.2.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง.....	67
5.2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน.....	70
5.2.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน.....	73
5.3 การเก็บตัวอย่าง.....	74
5.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน.....	74
5.3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน.....	76
5.3.3 การสำรวจระดับพื้นที่.....	78
5.4 การทดสอบ.....	79
5.4.1 การทดสอบดิน.....	79
5.4.2 การทดสอบน้ำใต้ดิน.....	84

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.5 การใช้โปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	86
5.5.1 การใช้โปรแกรม GIS Arc View และ Surfer.....	86
5.5.2 วิธีหาค่า Slope.....	110
5.5.3 การใช้โปรแกรม T-PROGS.....	113
บทที่ 6 ผลการทดสอบ.....	121
6.1 ผลการทดสอบดิน.....	121
6.2 ผลการทดสอบน้ำใต้ดิน.....	125
บทที่ 7 การวิเคราะห์ผล.....	129
7.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองน้ำใต้ดิน.....	129
7.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่าน โปรแกรม Surfer กับ Arc View GIS.....	129
7.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับ ค่าแปรต่างๆ.....	139
7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของดิน.....	149
7.2.1 เลือกค่าแปรสำหรับการวิเคราะห์.....	149
7.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression)	149
7.3 การทำแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็มผิวดิน.....	162
7.3.1 Interpolate ค่าตัวแปร (ใช้ข้อมูลที่ไม่โดนตัดออก).....	162
7.3.2 การแสดงผลแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็ม.....	163
บทที่ 8 สรุปผล.....	167
8.1 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน.....	167
8.2 คุณภาพน้ำใต้ดิน.....	167

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

8.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน.....	168
8.3.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่ชลประทาน.....	168
8.3.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ.....	168
8.4 ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดิน และการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน.....	168
8.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ.....	169
8.6 แผนที่แสดงศักยภาพกานเกิดดินเค็ม.....	170
8.7 ข้อเสนอแนะ.....	170
บรรณานุกรม.....	171
ภาคผนวก.....	173
ภาคผนวก ก. ผลทดสอบดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ.....	174
ภาคผนวก ข. ผลทดสอบดินในพื้นที่ชลประทาน.....	183
ประวัติผู้เขียน.....	196

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินเค็ม.....	20
3.2 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินกร่อย.....	20
3.3 รายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการประเมินศักยภาพความเค็มของดิน.....	24
3.4 เงื่อนไขการจัดชั้นศักยภาพดินเค็ม.....	25
3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงกับแผนที่คราบเกลือ.....	28
4.1 ขนาดของเม็ดดิน.....	47
4.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified.....	49
4.3 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ.....	52
4.4 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด.....	53
4.5 ระดับความเค็มของดินที่มีอิทธิพลต่อพืช.....	58
4.6 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย.....	64
5.1 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 48) ความลึกเจาะและระดับน้ำใต้ดิน พร้อมทั้งค่าระดับจากระดับน้ำทะเล.....	68
5.2 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ต่าง (UTM48) พร้อมทั้งค่าระดับอ้างอิง.....	69
5.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน.....	71
5.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ.....	72
5.5 ความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ.....	82
5.6 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope แกน X.....	110
5.7 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope แกน Y.....	111
5.8 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope.....	112
5.9 แสดงการแบ่งชุดดิน.....	116
6.1 ตัวอย่างผลทดสอบดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ.....	122
6.2 ตัวอย่างผลทดสอบดินในพื้นที่ชลประทาน.....	123
6.3 ประเภทดินที่พบ.....	124
6.4 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น (UTM 48) ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนสิงหาคม 2550.....	125
6.5 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น (UTM 48) ครั้งที่ 2 ช่วงเดือนตุลาคม 2550.....	126
6.6 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น (UTM 48) ครั้งที่ 3 ช่วงเดือนมีนาคม 2551.....	127
7.1 ตารางเปรียบเทียบค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับต้น.....	140
7.2 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ WC (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	150

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.3 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GS (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	151
7.4 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ LL (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	151
7.5 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW TDS (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	151
7.6 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Sieve (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	151
7.7 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Slope (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	152
7.8 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Depth (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	152
7.9 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Level (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	152
7.10 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Level (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	152
7.11 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ WC (กรณี $\beta_0 = 0$).....	153
7.12 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GS (กรณี $\beta_0 = 0$).....	153
7.13 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ LL (กรณี $\beta_0 = 0$).....	153
7.14 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW TDS (กรณี $\beta_0 = 0$).....	153
7.15 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Sieve (กรณี $\beta_0 = 0$).....	154
7.16 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Slope (กรณี $\beta_0 = 0$).....	154
7.17 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Depth (กรณี $\beta_0 = 0$).....	154
7.18 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Level (กรณี $\beta_0 = 0$).....	154
7.19 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Level (กรณี $\beta_0 = 0$).....	155
7.20 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	155
7.21 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 = 0$).....	155
7.22 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	156
7.23 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 = 0$).....	157
7.24 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	157
7.25 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 = 0$).....	158
7.26 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	158
7.27 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 = 0$).....	159
7.28 แสดงค่า R Square การวิเคราะห์โดยวิธี stepwise (กรณี $\beta_0 \neq 0$).....	159
7.29 แสดงค่า R Square การวิเคราะห์โดยวิธี stepwise (กรณี $\beta_0 = 0$).....	159
7.30 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โดยวิธี Stepwise ตัวแปร 5 ตัว.....	160

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
7.31 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ดินที่ผ่านตระแกรงเบอร์ 200 กับค่าความนำไฟฟ้า (ข้อมูลทั้งหมด).....	162
7.32 เปรียบเทียบ เปอร์เซ็นต์ดินที่ผ่านตระแกรงเบอร์ 200 กับค่าความนำไฟฟ้า (ข้อมูลเฉพาะชุดที่มีตัวแปรครบใช้เพื่อวิเคราะห์หาสมการ).....	162
7.33 ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดดิน (Sieve) สำหรับดินแต่ละประเภท.....	163
7.34 ศักยภาพการเกิดดินเค็มจากปัจจัยสภาพดินและน้ำใต้ดิน.....	166

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 วิธีการศึกษางานวิจัย.....	3
2.1 พื้นที่ศึกษา.....	4
3.1 แผนที่ศักยภาพความเค็มของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.....	27
3.2 ตัวอย่างโครงสร้างชนิดคลอไรด์ในดินผิวหน้าจากออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้ the bulge ในโครงสร้างคลอไรด์ ใน vadose zone (ก่อนการปรับปรุง) ในตำแหน่งที่ อยู่ใต้เขตเกษตรกรรม.....	38
3.3 ปริมาณการไหล.....	40
3.4 โมเดลความคิดทางน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้ปรับปรุงแล้วในออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้.....	42
4.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified.....	49
4.1(ก) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ.....	50
4.1(ข) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด.....	51
5.1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน.....	72
5.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ.....	73
5.3 ทำการเจาะดินที่ระยะความลึกต่างๆ.....	74
5.4 ตัวอย่างดินที่ทำกรเจาะได้เก็บบรรจุใส่ P.V.C.เพื่อนำไปหาค่าปริมาณความชื้น.....	74
5.5 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน.....	75
5.6 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่หน้างาน.....	75
5.7 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำกรสำรวจ.....	76
5.8 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำกรสำรวจ.....	76
5.9 แสดงการวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำกรสำรวจ.....	77
5.10 แสดงการวัดค่าพิกัด GIS ของบ่อน้ำใต้ดินระดับต้นที่ทำกรสำรวจ.....	77
5.11 แสดงรูปแผนที่บริเวณที่จะทำจากการสำรวจ.....	78
5.12 แสดงการถ่ายระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น.....	78
5.13 แสดงการถ่ายระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น.....	79
5.14 กราฟแสดงสถานะต่างๆของดิน.....	80
5.15 เครื่องวัดค่า DO, pH, ค่าความต่างศักย์ ยี่ห้อ WTW รุ่น pH/Oxi340i/SET.....	84
5.16 เครื่องวัดค่า TDS, ค่าความนำไฟฟ้า, และค่าความเค็ม ยี่ห้อ Senso Direct Con200.....	85
5.17 เครื่องวัดค่าความเค็ม ยี่ห้อ EUTECH Salt Test.....	85

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.18 แสดงการเปิดโปรแกรม ArcView แล้วเปิดหน้าต่างเพิ่มข้อมูลในโปรแกรม.....	86
5.19-5.63 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม ArcView Surfer และ Excel.....	87
5.64 ภาพการกระจายตัวของสำรวจและข้อมูลชั้นดินในพื้นที่ศึกษา.....	116
5.65 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวตั้ง(z).....	117
5.66 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวราบ (Dip, Y).....	117
5.67 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวตั้ง(Strike, X).....	118
5.68 ภาพตัดขวางแบบจำลองความเป็นไปได้การกระจายตัวของชั้นดิน.....	119
5.69 ภาพจำลองความเป็นไปได้การกระจายตัวของชั้นดินที่ผิวดิน.....	120
7.1 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงในพื้นที่สำรวจ.....	129
7.2 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1.....	130
7.3 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2.....	131
7.4 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3.....	132
7.5 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1.....	133
7.6 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2.....	134
7.7 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3.....	135
7.8 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ สำรวจครั้งที่ 1.....	136
7.9 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ สำรวจครั้งที่ 2.....	137
7.10 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้นในพื้นที่ สำรวจครั้งที่ 3.....	138
7.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ระดับต้นครั้งที่ 1.....	139
7.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ระดับต้นครั้งที่ 2.....	140
7.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับต้น ครั้งที่ 1.....	141

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
7.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2.....	142
7.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1.....	143
7.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2.....	144
7.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 1.....	145
7.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 2.....	146
7.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูงผิวดิน (รทก) ครั้งที่ 1.....	147
7.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูงผิวดิน (รทก) ครั้งที่ 2.....	148
7.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับความนำไฟฟ้า.....	150
7.22 แสดงค่า GW TDS หลังจาก Interpolate.....	163
7.23 แสดงค่า GW Level หลังจาก Interpolate.....	164
7.24 แสดงค่า GW Depth หลังจาก Interpolate.....	164
7.25 แสดงค่า Slope หลังจาก Interpolate.....	165
7.26 แสดงค่า Sieve หลังจาก Interpolate.....	165
7.27 แสดงแผนที่ศักยภาพการเกิดดินเค็ม.....	166
8.1 แสดงแผนที่ศักยภาพการเกิดดินเค็มบริเวณพื้นที่ศึกษา.....	170

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำ

เนื่องจากประชาชนบริเวณสองฝั่งลำน้ำท่าประสบปัญหาอุทกภัยในฤดูฝน และปัญหาภัยแล้งอย่างรุนแรงในช่วงหน้าแล้งและยังมีปัญหาดินเค็มในบางพื้นที่ จึงทำให้ความเป็นอยู่ของประชาชนของสองฝั่งของลำน้ำมีคุณภาพชีวิตที่ไม่ดีทั้งทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ทรงมีพระราชดำริโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาคความเดือดร้อนของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณข้างลำน้ำทั้งสองฝั่ง แต่เนื่องจากบริเวณพื้นที่ของโครงการบางส่วนมีปัญหาดินเค็มอย่างรุนแรง จึงไม่สามารถใช้พื้นที่ในการเกษตรได้ ดังนั้นการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของดิน น้ำใต้ดินระดับตื้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรทราบและมีฐานข้อมูลเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของดินเค็มต่อไป

1.2 ที่มาของปัญหา

การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือมีน้ำใต้ดินเค็มทำให้เกิดการยกระดับของน้ำใต้ดินขึ้นมาทำให้พื้นที่โดยรอบและบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้ การชลประทานที่ขาดการวางแผนในเรื่องผลกระทบของดินเค็มมักก่อให้เกิดปัญหาต่อพื้นที่ซึ่งใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้นได้ แต่ถ้ามีการคำนึงถึงสภาพพื้นที่และศึกษาเรื่องปัญหาดินเค็มเข้าร่วมด้วย จะเป็นการช่วยบรรเทาปัญหาดินเค็ม และเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้ต้องพิจารณาจากสาเหตุการเกิด และปัญหาบางอย่างคือ การขาดข้อมูลขั้นพื้นฐาน เช่น ลักษณะของดิน คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของชั้นดิน ความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นและคุณภาพของน้ำใต้ดิน ข้อมูลเหล่านี้ จำเป็นต่อการประเมินความเหมาะสมที่ทำให้เกิดการสร้างอ่างเก็บน้ำ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาข้อมูลของดินเค็มและน้ำใต้ดิน ในบริเวณที่เป็นปัญหาเพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในการแก้ไขปัญหาคต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาคุณสมบัติของดินและน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ประสบปัญหาดินเค็ม ทางกายภาพและทางเคมี
2. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านกายภาพ(ลักษณะดิน , ค่า LL , ค่าความชื้นของดิน , ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน , ค่าเปอร์เซ็นต์ดินที่มีขนาดเล็กกว่าตระแกรง sieve เบอร์200) และเคมีต่างๆ(ค่าความเค็ม ค่าของแข็งแขวนลอยบอถึงปริมาณสิ่งปนเปื้อนในดิน ค่าความเป็นกรด ต่างของดิน และค่าความนำไฟฟ้าของดิน) ต่อความเค็มของดิน
3. ศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน
4. จัดทำแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็มในพื้นที่ศึกษา

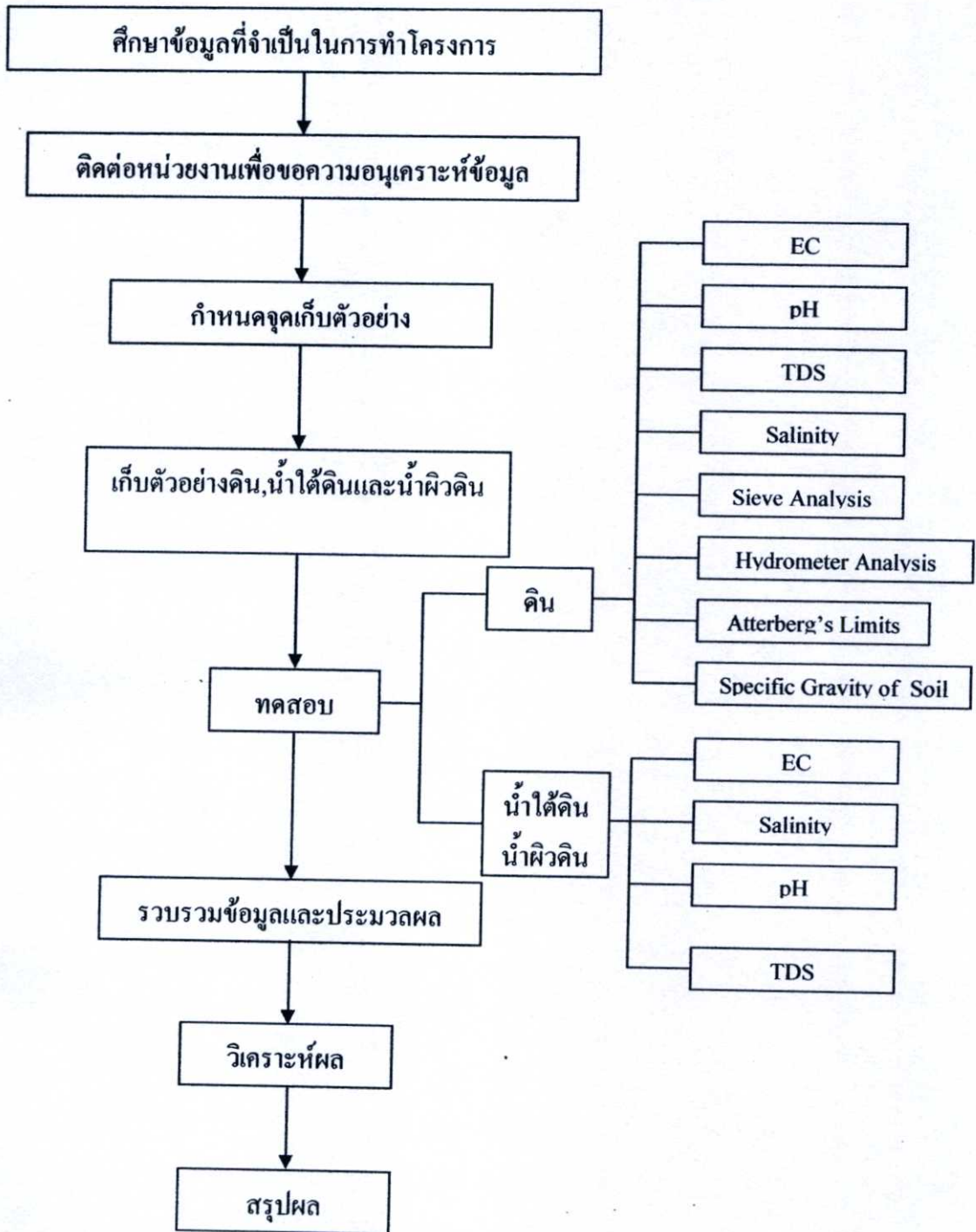
1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. พื้นที่ศึกษาคือพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำ และพื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
2. ทำการศึกษาคุณสมบัติด้านกายภาพ และเคมีของดินและน้ำใต้ดินที่มีผลต่อความเค็ม

1.5 วิธีการศึกษา

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
2. ติดต่อขอข้อมูลที่ต้องการและเตรียมตัวกำหนดจุดสำรวจ
3. เก็บตัวอย่างดิน น้ำใต้ดิน จากพื้นที่จริง
4. นำตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบหาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและทางเคมี
5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของดินกับค่าความเค็มของดิน
6. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาแสดงในรูปแบบที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็ม

วิธีการศึกษาของการวิจัยนี้มีรายละเอียดและสามารถสรุปเป็นผังขั้นตอนการศึกษาได้ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 วิธีการศึกษางานวิจัย

บทที่ 2

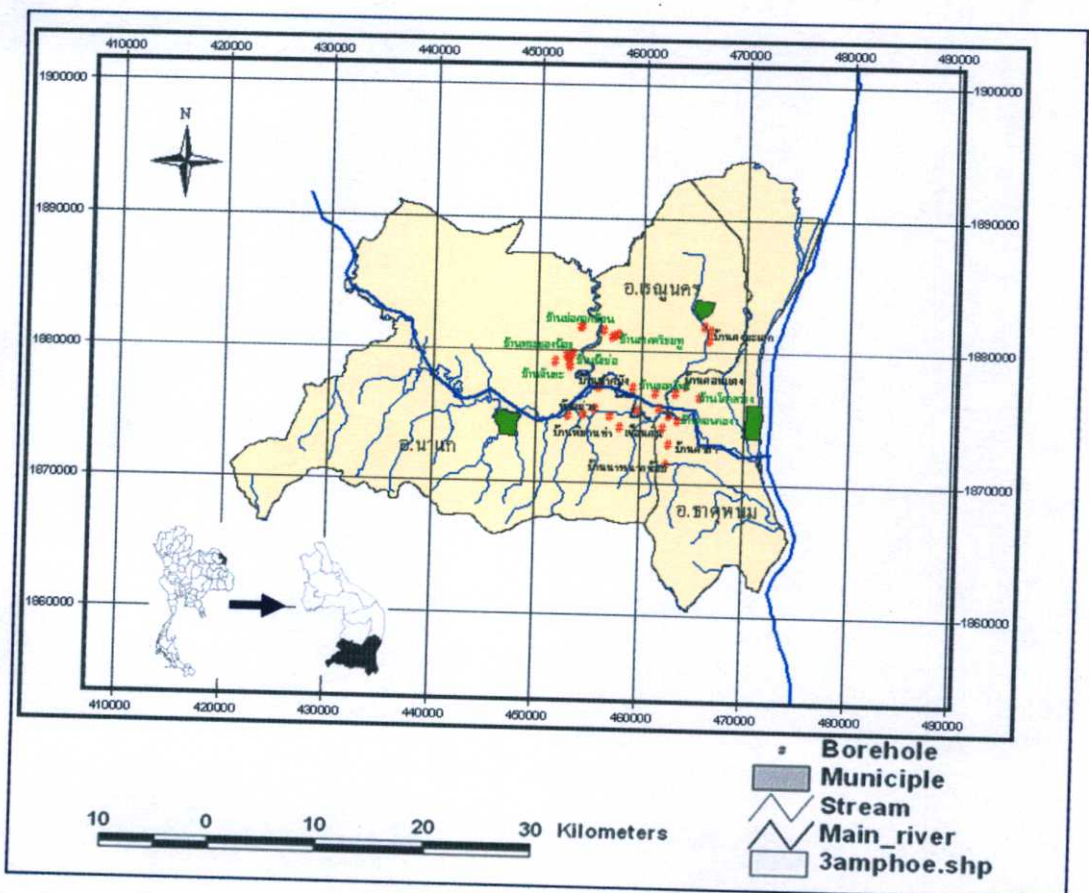
พื้นที่ทำการศึกษ

2.1 พื้นที่ทำการศึกษ

พื้นที่ทำการเก็บตัวอย่าง อยู่ในเขตลุ่มน้ำท่าซึ่งการเก็บตัวอย่างจะเก็บในเขตอำเภอนาแก เรณูนครและธาตุพนม รวมมีพื้นที่การศึกษาทั้งหมด 1,302.4 ตารางกิโลเมตร โดยที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) พื้นที่ในบริเวณอ่างเก็บน้ำในอนาคต (ระดับความสูงน้อยกว่า 138.5 ม. จากระดับน้ำทะเลกลาง) ที่เขื่อนดิน บ้านปากบัง บ้านโคกสว่าง บ้านพิมาน บ้านซอนกอง วัดสว่างอารมณ์ บ้านโพหนอง บ้านซอนกองใหม่ บ้านนางเลิศ บ้านหนองสิม และบ้านยอดโพธิ์

2) พื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง (ระดับความสูงมากกว่า 138.5 ม. จากระดับน้ำทะเลกลาง) ที่บ้านดงมะเข็ก บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านพระขงน้อย บ้านน้ำบ่อ บ้านจันทะ บ้านนาสีนวล บ้านคอนแดง บ้านนาหนาดน้อย บ้านพิมานท่า และบ้านลาดศรีชมพู



รูปที่ 2.1 พื้นที่ศึกษ

2.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำก่ำคอนล่าง ตั้งอยู่ในเขต อำเภอธาดุพนม อำเภอเรณูนคร และอำเภอนาแก จังหวัดนครพนม อยู่ระหว่างละติจูด $16^{\circ}50'00''$ และ $17^{\circ}04'00''$ เหนือ และลองจิจูดที่ $104^{\circ}30'50''$ และ $104^{\circ}45'00''$ ตะวันออก ลำน้ำก่ำมีต้นกำเนิดจากเทือกเขาภูพาน ในเขตจังหวัดสกลนคร ไหลผ่านหนองหานในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร แล้วไหลไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ผ่านอำเภอเมือง อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม ไปบรรจบลงสู่แม่น้ำโขงที่อำเภอธาดุพนม จังหวัดนครพนม รวมความยาวลำน้ำ ประมาณ 123 กิโลเมตร ลำน้ำก่ำมีลำน้ำสาขา ที่สำคัญอยู่ 2 สาขา คือลำน้ำพุงอยู่บนเทือกเขาภูพาน ซึ่งไหลลงมาบรรจบกับลำน้ำก่ำ ที่อำเภอนาแก จังหวัดนครพนม เนื้อที่รับน้ำฝนตรงจุดปลายน้ำก่ำ ก่อนไหลลงสู่แม่น้ำโขง มีเนื้อที่ประมาณ 3,440 ตารางกิโลเมตร ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปี ประมาณ 1,400 ล้านลูกบาศก์เมตร

ลักษณะภูมิประเทศที่เด่นชัดของพื้นที่โครงการชลประทานน้ำก่ำ (วีรพงษ์ คันสุวรรณ และนรรรัตน์ บุญกันภัย , 2540) ประกอบด้วย

1. ภูเขาและเนินเขา (Mountains and hills) เป็นลักษณะที่พบอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ ประกอบด้วยภูเขาและเนินเขายาวติดต่อกัน ในแนวตะวันออก-ตะวันตก ยอดเขาที่สูงที่สุดในบริเวณนี้คือภูสันหมากค่อม มีความสูง 500 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ภูเขาและเนินเขาบริเวณนี้ประกอบด้วยหินทราย หินทรายแป้ง ละหินดินดาน ซึ่งจัดอยู่ในชุดหินโคราช บนภูเขาประกอบด้วยป่าไม้เบญจพรรณที่มักถูกตัดโค่น บุกรุกทำไร่
2. พื้นที่ราบลอนลูกกระนาค (Undulated terrain) เป็นบริเวณที่มีลักษณะผิวพื้นสูงๆ ต่ำๆ พบอยู่ทางด้านตะวันตกละด้านเหนือของพื้นที่ สาเหตุเนื่องมาจากโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินฐาน (bed rock) ที่รองรับอยู่ข้างใต้ ในบริเวณนี้ประกอบด้วยตะกอนทรายปนทรายแป้ง มีความหนาไม่แน่นอน มักอยู่บนของหินพื้นๆในหมวดหินมหาสารคาม แต่ในบางพื้นที่ซึ่งมีระดับความสูงค่อนข้างมาก ชั้นกรวดลูกรังมักจะปรากฏไหลบนพื้นผิว ร่องรอยของสภาพป่าไม้เบญจพรรณยังคงมีเหลืออยู่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการทำนา ภายหลังฤดูเก็บเกี่ยวข้าว บางพื้นที่ใช้ปลูกยาสูบ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีระบบการชลประทานที่ดี การเลี้ยงสัตว์พบไม่มากนักเนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม
3. พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง (Flood plain) ได้แก่บริเวณฝั่งขวาของแม่น้ำโขงและบางสาขาของแม่น้ำโขง เช่น ลำน้ำก่ำ เป็นแอ่งที่ราบลุ่มกว้างใหญ่พบลักษณะการกวัดแกว่งของลำน้ำก่ำ และการเปลี่ยนทิศทางของแม่น้ำโขง อันได้แก่แนวสันริมตลิ่ง (natural levee) และที่ลุ่มต่ำ (swamp) ระหว่างสันดินริมตลิ่ง ซึ่งเป็นแนวยาวต่อเนื่องกัน ขนาดของลักษณะพื้นที่ราบน้ำท่วมถึงนี้ไม่กว้างมากนัก และรุกเข้าไปทางทิศตะวันตกเพียงเล็กน้อย เนื่องจากถูกปิดกั้น โดยลักษณะพื้นที่ราบลอนลูกกระนาค

เป็นพื้นที่นาข้าว ปลูกผักต่างๆ ตลอดจนการเลี้ยงสัตว์ พื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ บางบริเวณสามารถปลูกพืชได้ตลอดปี

2.3 สภาพแวดล้อม

2.3.1 ทรัพยากรกายภาพ

1. ธรณีวิทยาและแผ่นดินไหว สภาพธรณีวิทยาตามแนวลำน้ำเก่าที่ถูกเลือกเป็นที่ตั้งประตูละบายน้ำ พบแร่ซิงค์ ชั้นดินประกอบด้วย ดินเหนียว ทราย ทรายแป้ง และหินทรายซึ่งวางตัวอยู่ล่างสุด และจากสถิติของกรมอุตุวิทยามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Magnitude ของ Richter Sale 5.0 ในบริเวณประตูละบายน้ำละอ้งเก็บน้ำหรือรัศมี 50 กิโลเมตร จากบริเวณทั้งสอง

2. ทรัพยากรดิน สภาพธรณีสัณฐานของพื้นที่ศึกษาจำแนกได้ 3 ประเภท ดังนี้

ก. พื้นที่ราบน้ำท่วมถึง

1) พื้นที่สันดินริมน้ำ

2) พื้นที่ลุ่มหลังสันดินริมน้ำ

ข. ลานตะพักลำน้ำ

ค. พื้นที่ที่เกิดจากการทับถมของตะกอนที่ถูกชะล้างลงมาจากที่สูงตอนบน

3. คุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าคุณภาพโดยเฉลี่ยของลำน้ำในลำน้ำเก่าในบริเวณพื้นที่ศึกษา อยู่ในระดับที่สามารถใช้ประโยชน์ด้านต่างๆ ได้อย่างเหมาะสม ในฤดูแล้งพบว่าปริมาณโซเดียมคลอไรด์มีค่าสูงแต่ยังไม่เกินจากระดับความเหมาะสมสำหรับการใช้เพื่อการชลประทาน นอกจากนี้ยังพบร่องรอยของโลหะหนักบริเวณบ้านแก่งโพธิ์ ได้แก่ แคดเมียม และปรอท ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารปราบเชื้อราและวัชพืช

4. คุณภาพใต้ดิน ในฤดูแล้งคุณภาพน้ำใต้ดินอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม สำหรับการใช้เป็นน้ำบริโภค มีค่าความเป็นกรด - ด่าง (4.6 - 6.2) เท่านั้นที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ ส่วนใหญ่ในช่วงฤดูฝนก็ยังมีค่าความเป็น กรด - ด่าง ต่ำกว่าเกณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำใต้ดินบางบริเวณในพื้นที่ศึกษามีการปนเปื้อนของเกลือค่อนข้างสูง

5. ภูมิอากาศ สภาพอากาศบริเวณพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ จัดอยู่ในเขตมรสุมแถบร้อนถึงกึ่งแถบร้อน (Tropical to subtropical monsoon climate) มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิค่อนข้างมาก ปริมาณฝนตกต่ำสุดน้อยกว่า 10 มม. ในเดือนธันวาคม และปริมาณฝนตกสูงสุด 300 มม. ในระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงสิงหาคม สำหรับฤดูกาลแบ่งออกได้ 3 ฤดู คือ

1) ฤดูฝน เริ่มเมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศแล้ว คือตั้งแต่เดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป และไปสิ้นสุดในเดือนตุลาคม เมื่อลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พัดเข้ามาแทนที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

2) ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนไปจนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ในระยะนี้ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือได้พัดปกคลุมประเทศไทย ทำให้อุณหภูมิลดลงทั่วไป อากาศจะหนาวเย็น ปริมาณฝนตกน้อย

3) ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงเดือนพฤษภาคม ในระยะนี้ดวงอาทิตย์กำลังเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตรไปทางซีกโลกเหนือ พื้นดินจะสะสมความร้อนไว้และร้อนขึ้น ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีกำลังอ่อนและค่อนข้างแปรปรวน ฝน โดยทั่วไปยังคงมีปริมาณน้อย ทำให้อากาศร้อนอบอ้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเดือนเมษายน

2.3.2 ทรัพยากรนิเวศวิทยา

1. ทรัพยากรนิเวศวิทยาในแหล่งน้ำ

1) แพลงก์ตอน ชนิดของแพลงก์ตอนพืช มีมากกว่าแพลงก์ตอนสัตว์ และในฤดูฝนมีความชุกชุมมากกว่าในฤดูแล้ง และมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำอื่น

2) สัตว์หน้าดิน พบว่าปริมาณความชุกชุมในฤดูแล้งมีมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งมีกระแสน้ำพัดแรง สัตว์หน้าดินที่ทนน้ำประเภทที่มีการเกาะยึดไม่แน่นจะถูกพัดพาออกไปสู่ม่าน้ำโขง ความชุกชุมของสัตว์หน้าดินจว่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งน้ำทั่วไป

3) พันธุ์ไม้น้ำ สสำรวจพบมีทั้งพันธุ์ไม้น้ำจุ่มลอยน้ำ ในน้ำ และพวกชายตลิ่ง

2. การประมง เนื่องจากลำน้ำก้าเป็นลำน้ำที่เล็กและตื้นแม้มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง แต่มีปริมาณความชุกชุมของปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ ไม่มากนัก การประมงเป็นระดับเพื่อยังชีพเท่านั้น ส่วนฤดูทำการประมงจะทำตลอดปี โดยจะชุกชุมในหน้าแล้งเนื่องจากเครื่องมือขนาดเล็ก แต่ปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้ในฤดูฝนมีมากกว่าในฤดูแล้ง โดยเฉพาะบริเวณปากแม่น้ำในช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขงสูงขึ้น

3. นิเวศวิทยาบนบก

1) ป่าไม้ สภาพทรัพยากรป่าไม้ส่วนใหญ่เป็นป่าริมน้ำ ป่าแคระ ป่าไม้ในพื้นที่นาลุ่ม ป่าไม้ในพื้นที่นาดอน ป่าเต็งและพื้นที่อยู่อาศัย

2) สัตว์ป่า สัตว์ป่าที่สำรวจพบประกอบด้วย สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 9 ชนิด สัตว์เลื้อยคลาน 18 ชนิด นก 31 ชนิด และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 4 ชนิด พบว่าตะกวดเป็นสัตว์ชนิดเดียวที่มีสถานะภาพถูกคุกคาม

2.3.3 การใช้ประโยชน์ของมนุษย์

1. การใช้ที่ดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา แบ่งเป็น 8 ประเภท ได้แก่
 - 1) นาข้าว
 - 2) นาข้าวและพื้นที่ริมน้ำ
 - 3) พื้นที่ป่าริมน้ำ
 - 4) พื้นที่ป่าเต็งรังและพื้นที่ปลูกพืชไร่
 - 5) พื้นที่ป่าเต็งรังเสื่อมโทรมและนาข้าว
 - 6) พื้นที่อยู่อาศัยและปลูกไม้ผล
 - 7) พืชที่แหล่งน้ำ
 - 8) พืชที่ดินเค็มที่มีการทำนาเกลือ
2. การเกษตรและปศุสัตว์ ในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่ปลูกข้าวเหนียวมากกว่าข้าวเจ้า ละมีการปลูกพืชไร่ในฤดูแล้ง และมีการเลี้ยงปลาเพื่อการค้า ขณะที่เลี้ยงโค กระบือเพื่อใช้งานด้านการเกษตร เลี้ยงสุกรเป็นกึ่งการค้าและเลี้ยงเป็ด ไก่ ไข่บริโภคในครัวเรือน
3. การคมนาคม ถนนในบริเวณพื้นที่ศึกษามีทั้งทางหลวงแผ่นดิน ทางหลวงจังหวัด ถนนของสำนักงานเร่งรัดพัฒนาชนบท ส่วนการคมนาคมทางน้ำไม่มีในเชิงพาณิชย์
4. การใช้น้ำ สภาพการใช้น้ำและความต้องการใช้น้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำท่า ในปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำเพื่อ
 - 1) โครงการชลประทาน ของกรมชลประทาน
 - 2) การประปา
 - 3) โครงการสูบน้ำด้วยไฟฟ้า
 - 4) การประมง
 - 5) การผลิตกระแสไฟฟ้า

บทที่ 3

วรรณกรรมปริทัศน์

3.1 การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัด นครพนม (รายงานแผนแก้ไขลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและแผนติดตามตรวจสอบ , กรกฎาคม 2538)

3.1.1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง เป็นโครงการพัฒนาเกษตรชลประทานขนาดใหญ่ ที่มีหน่วยงานของรัฐหลายหน่วยงานให้ความสนใจและ ได้เคยทำการศึกษาสู่ทางการพัฒนาที่เหมาะสมมาแล้ว ตัวอย่างเช่น

- ในปี พ.ศ.2523 สำนักงานกลางคณะกรรมการประสานงานสำรวจลุ่มน้ำโขงตอนล่าง (ชั่วคราว) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาการเกษตรชลประทานในลุ่มน้ำท่า

- ในปี พ.ศ.2524 รัฐบาลสหพันธ์รัฐเยอรมันนี ได้ให้ความช่วยเหลือรัฐบาลไทย (กรมชลประทาน) ในด้านการเงินและวิชาการสำหรับการศึกษาขั้นความเหมาะสมโครงการชลประทานในลุ่มน้ำท่าตอนล่าง โดยว่าจ้างบริษัทที่ปรึกษา GITEC CONSULTANT GMBH (GITEC) จากสหพันธ์รัฐเยอรมันนีและคณะเป็นผู้ศึกษาโดยจัดทำรายงานการศึกษาแล้วเสร็จเมื่อ พฤษภาคม พ.ศ. 2527

หลังจากที่ GITEC ได้ทำการศึกษาแล้วเสร็จจนถึงปี พ.ศ. 2536 ก็ยังไม่มีการพัฒนาหรือก่อสร้างโครงการการพัฒนาด้านเกษตรกรรมที่ผ่านมาจึงอยู่ในวงจำกัด สภาพการณ์เช่นนี้ย่อมส่งผลกระทบต่อพัฒนาเศรษฐกิจและคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่ซึ่งส่วนใหญ่ คือ เกษตรกร ดังนั้นจึงสมควรพัฒนาด้านการเกษตรให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หนทางหนึ่งของการพัฒนาก็คือพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อให้สามารถใช้น้ำ ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญประการหนึ่งของการเกษตรกรรมให้มีประโยชน์สูงสุด

ด้วยเหตุนี้ กรมชลประทานจึงได้นำโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่างกลับมาพิจารณาใหม่ แต่เนื่องจากการศึกษาขั้นความเหมาะสมของโครงการโดย GITEC ได้แล้วเสร็จไปประมาณ 9 ปี ข้อมูลที่นำเสนอไว้จึงอาจไม่สอดคล้องกับสภาพปัจจุบัน จึงต้องทำการทบทวนผลการศึกษาความเหมาะสมที่ดำเนินโดย GITEC รวมทั้งศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและออกแบบรายละเอียดองค์ประกอบโครงการที่เหมาะสมด้วย

3.1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายของโครงการ

- 1) ปรับปรุงรายได้และมาตรฐานการครองชีพของราษฎรในพื้นที่ชลประทาน ให้อยู่ในระดับเดียวกับค่าเฉลี่ยของชาวชนบททั่วไปในประเทศไทย
- 2) เสริมสร้างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ รวมทั้งการสร้างความมั่นคงให้แก่พื้นที่ชายแดน

3.1.3 แผนปฏิบัติการลดผลกระทบและพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม

3.1.3.1 ทรัพยากรกายภาพ

จากการที่มีการสะสมความเค็มในอ่างเก็บน้ำในฤดูแล้งทำให้อาจมีการนำน้ำที่มีความเค็มปนเปื้อนสูงเข้าสู่พื้นที่ชลประทาน จึงมีมาตรการควบคุมโดยการตรวจวัดความนำไฟฟ้าของน้ำในอ่างเก็บน้ำทุกจุดสูบ และคลองส่งน้ำที่จุดสูบน้ำนั้น

3.1.3.2 ทรัพยากรนิเวศวิทยา

1) ผลกระทบด้านบวก คือ เป็นแหล่งพันธุ์ปลาและการประมงจึงได้มีมาตรการพัฒนาและอนุรักษ์สัตว์น้ำดังต่อไปนี้

- (1) สร้างบันไดปลาโจนที่อาคารประตูระบายน้ำ
- (2) ปล่อยพันธุ์ปลาลงในอ่างเก็บน้ำ

2) ผลกระทบด้านการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 16,929 ไร่ ได้มีมาตรการลดผลกระทบดังต่อไปนี้

ปลูกต้นไม้โตเร็วทดแทนป่าไม้ เช่น ไม้ยูคาลิปตัส ไม้กระถินเทพา ไม้กระถินณรงค์ ไม้สนปฏิพัทธ์ เป็นต้น บริเวณแนวรอบระดับกักเก็บน้ำ ตามแนวสองฝั่งคลองส่งน้ำชลประทานสายหลัก บริเวณรอบพื้นที่ป่าไม้ที่เป็นที่สาธารณะในเขตพื้นที่ชลประทาน และปลูกต้นไม้ทดแทนการใช้ไม้ฟันของราษฎรที่ถูกอพยพไปเพื่อเป็นไม้ใช้สอยในครัวเรือนในพื้นที่อพยพ โดยมีแผนแก้ไขและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ งานนำไม้ออกและงานแฉ้วางไม้ในพื้นที่ อ่างเก็บน้ำ

3.1.3.3 คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

น้ำจากอ่างเก็บน้ำจะท่วมถึงริมถนนสายพุ่มแก – หนองแค รวมทั้งท่วมสะพานข้ามลำน้ำเก่าที่บ้านแก่งโพธิ์ จึงได้มีแผนแก้ไขและลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม คือ ขยกระดับถนนให้สูงจากเดิม 1 เมตร และทำการป้องกันและเสริมความมั่นคงของลาดด้านข้างของถนน รวมทั้งสร้างสะพานถาวรแทนสะพานไม้เดิมที่ถูกน้ำท่วม

3.1.3.4 คุณค่าคุณภาพชีวิต

1) การมีโครงการอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของโรคที่มียุงและหอยเป็นพาหะจึงมีมาตรการป้องกันดังนี้

(1) สำหรับโรคที่มียุงเป็นพาหะให้ทำการเฝ้าระวังการเกิด/เพิ่ม/กระจายของยุงที่นำไข่มาเลเรีย รวมทั้งสนับสนุนให้ชาวบ้านใช้มุ้ง สุมไฟไล่ยุง ส่วนการควบคุมไข่เลือดออกให้กำหนดรูปแบบการควบคุมโรคและส่งเสริมสนับสนุนเจ้าหน้าที่ในการดำเนินงาน สำหรับใช้สมองอ๊กเสบให้เฝ้าระวัง และให้สุศึกษาแก่ชาวบ้านให้ตระหนักถึงภัยที่อาจเกิดจากไข่สมองอ๊กเสบ

(2) สำหรับโรคที่มีหอยเป็นพาหะ ให้มีการตรวจอุจจาระชาวบ้าน ปีละ 2 ครั้ง รวมทั้งให้การรักษาอย่างเพียงพอแก่ผู้ที่มีพยาธิใบไม้ตับในอุจจาระ และรณรงค์ให้ชาวบ้านเลิกกินปลาดิบและใช้ส้วมที่ถูกสุขาภิบาล

2) การดำเนินโครงการทำให้น้ำท่วมบ้านเรือนและที่ทำกินราษฎร 11 ครัวเรือน และพื้นที่ทำกินรวม 6,770 ไร่ จึงได้มีแผนแก้ไขและลดผลกระทบโดยการจ่ายค่าทดแทนทรัพย์สินและจัดตั้งถิ่นฐานใหม่ให้แก่ผู้ที่ได้รับผลกระทบ

3.1.4 แผนการติดตามและประเมินผลด้านดินเค็ม

3.1.4.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อสำรวจและจัดทำแผนที่ดินเค็ม น้ำใต้ดินที่เค็มและขอบเขตของดินเค็มที่ระดับความลึกต่างๆ
- 2) เพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือใต้ดินของพื้นที่ดินเค็ม
- 3) เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ของชั้นเกลือหินและ Salt Dome ที่อยู่ใต้พื้นที่ศึกษาว่ามีความต่อเนื่องและเป็นแหล่งต้นทุนเกลือให้แก่พื้นที่ดินเค็มบนผิวดินหรือไม่

4) เพื่อหามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในการที่จะยับยั้งการแพร่กระจายของดินเค็ม

5) เพื่อศึกษาและประสานงานด้านวิชาการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรมเนื่องจากดินเค็ม

3.1.4.2 วิธีการดำเนินการ

1) ตรวจสอบคุณสมบัติของดินอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลดินต่างๆ เช่น เนื้อดิน การระบายน้ำของดิน การนำไฟฟ้า และบริเวณเกลือ

2) ทดสอบหา Soil Permeability ในระดับความลึก 5 เมตร โดยทำการวัดอัตราการไหลซึมของน้ำในระดับต่างๆ กันคือ 1,2,3, และ 5 เมตร ตามลำดับ

3) ศึกษาการนำไฟฟ้าของ Substratum โดยเครื่องมือ EM 34 ในระดับความลึก 30 เมตร 15 เมตร และ 7.5 เมตรตามลำดับ เพื่อเอาข้อมูลเหล่านี้มาทำแผนที่น้ำเค็มใต้ดินเพื่อคำนวณหาปริมาณเกลือใต้ดินและขอบเขตของเกลือที่ครอบคลุมพื้นที่

4) ติดตั้งเครื่อง Piezometer ตามจุดต่างๆ

5) เจาะดินลึกประมาณ 7.5 เมตร เพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำใต้ดิน และเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 7.5 เมตร นำดินมาวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณการนำไฟฟ้าที่แท้จริง (ECe) ของดิน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับ ค่าที่เครื่องอ่านได้ (ECe)

6) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาประเมินคุณภาพของน้ำเค็มใต้ดิน ที่ความลึกระดับต่างๆ เพื่อคาดปริมาตรเกลือจากนอกระบบเข้าสู่ระบบชลประทาน ทั้งนี้เพื่อกำหนดมาตรการต่างๆ ในการป้องกันต่อไป

ด้านการป้องกันการแพร่กระจายดินเค็ม ควรจัดทำโครงการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยพิจารณาป้องกัน ยับยั้งการขยายตัวของดินเค็มด้วยวิธีการต่างๆ ที่เหมาะสมตามสภาพการเกิดของดินเค็ม และสภาพภูมิประเทศ เช่น

(1) วิธีทางวิศวกรรม ศึกษาออกแบบระบบระบายน้ำ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของน้ำใต้ดินในแต่ละฤดู โดยการเจาะบ่อ (Piezometer Well) ซึ่งได้รับจากแผนการควบคุมคุณภาพน้ำใต้ดิน

(2) วิธีทางชีววิทยา โดยการจัดวางระบบการปลูกพืชทนเค็ม พืชปุ๋ยสด พืชยืนต้นหรือไม้โตเร็วที่มีระบบรากลึกและดูดน้ำได้มาก เพื่อยับยั้งไม่ให้น้ำในดินไปละลายเกลือออกมา

3.1.5 สรุปผลการศึกษา

- 1) ผลประโยชน์จากโครงการ ได้แก่
 - (1) ช่วยส่งน้ำให้พื้นที่ชลประทานประมาณ 72,970 ไร่
 - (2) น้ำจากลำน้ำเก่าที่ไหลลงแม่น้ำโขงจะถูกกักเก็บลงในอ่างเก็บน้ำไว้ใช้ในหน้าแล้ง และประจวบเหมาะสามารถลดการทะลักของแม่น้ำโขงในช่วงที่ระดับน้ำในแม่น้ำโขงสูงกว่าระดับในลำน้ำเก่า
 - (3) เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ปลาและการประมง
- 2) ผลกระทบทางลบจากโครงการ ได้แก่
 - (1) ทำให้น้ำท่วมบ้านเรือนและที่ทำกิน 11 ครอบครัวยังเป็นพื้นที่ 6,770 ไร่
 - (2) ทำให้น้ำท่วมเส้นทางคมนาคมสาย พุ่มแก – หนองแด้ อย่างถาวร
- 3) ผลกระทบทั้งทางบวกและทางลบ ได้แก่
 - (3) น้ำผิวดินอาจมีปริมาณเกลือสูงขึ้นในหน้าแล้ง เนื่องจากชั้นน้ำเค็มจะสะสมตัวอยู่กัน อ่างจากการกักเก็บน้ำในฤดูแล้ง แต่การปล่อยน้ำออกไปในฤดูฝนจะช่วยชะล้างเกลือออกไปทุกปี
 - (4) ส่งเสริมคุณภาพชีวิตที่ดีแก่ชุมชนบริเวณรอบอ่างเก็บน้ำ แต่ก่อให้เกิดปัญหาการอพยพย้ายถิ่นจำนวน 11 ครอบครัวยัง

3.2 การศึกษาชั้นเกลือหินบริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำเก่าตอนล่าง จังหวัด นครพนม (รายงานวิชาการ ฉบับที่ 1/ 2541)

3.2.1 ขอบเขตการศึกษา

- 1) ศึกษาชั้นเกลือหินครอบคลุมพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำเก่าตอนล่าง จังหวัด นครพนม
- 2) ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยา ดังนี้
 - (1) ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป เพื่อหาขอบเขตของชั้นหินต่างๆ
 - (2) ศึกษาลักษณะทางธรณีฟิสิกส์ โดยการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า
 - (3) ศึกษาลักษณะทางธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะและทำการตรวจวัดค่า Formation Density Sounds ซึ่งต้องวัดค่า bulk density ของหินแต่ละชนิด เพื่อคำนวณหาความพรุนของหินแต่ละชนิด
- 3) ศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา โดยทำการ Long Term Pumping Test

3.2.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

3.2.2.1 วัตถุประสงค์ของการสำรวจ

- 1) เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้างใต้ผิวดิน และข้อมูลที่จะแปลความหมายถึงชั้นเกลือหรือชั้นน้ำเกลือ
- 2) เพื่อหาความลึกและความหนาของโครงสร้างชั้นหิน หรือชั้นเกลือหิน
- 3) เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนสำหรับการกำหนดตำแหน่งของจุดเจาะสำรวจต่อไป

3.2.2.2 การดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์

- 1) การรวบรวมข้อมูลลักษณะธรณีวิทยา และลักษณะภูมิประเทศ ทำให้คาดหมายว่า ลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้างที่รองรับพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่ปกคลุมอยู่ด้วยดินทั้งหมดนี้น่าจะอยู่ในแนวทิศตะวันตก-ตะวันออก ดังนั้นในการศึกษา โครงสร้างทางธรณีวิทยา จึงได้วางแผนของการสำรวจในทิศทางที่ตัดขวางกับโครงสร้างทางธรณีวิทยา คือในแนวทิศเหนือ-ใต้
- 2) การรังวัดตัดแนวสำรวจ ตามที่กำหนดทิศทางของการสำรวจในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยในแต่ละแนวสำรวจกำหนดจุดสำรวจในระยะห่างกัน 50 เมตร ในบริเวณที่จะเป็นอ่างเก็บน้ำ และห่างกัน 500 ถึง 1,000 เมตร ในบริเวณที่เป็นขอบอ่าง
- 3) การสำรวจวัดความต้านทานไฟฟ้าตามจุดสำรวจที่กำหนดต่างๆ ด้วยวิธีการสำรวจวัดหาข้อมูลตามแนวคิ่ง คือการขยไข้วไฟฟ้าเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยาตามแนวคิ่ง เพื่อหาชั้นความหนาและความลึกของชั้นธรณีวิทยาต่างๆ และใช้วิธีการวางขั้วไฟฟ้าเป็นแบบขลัมเบอร์เจอร์ (Shlumberger configuration) ทำการสำรวจทั้งในบริเวณอ่างเก็บน้ำ และขอบอ่างด้านทิศเหนือและใต้เพื่อเป็นเปรียบเทียบข้อมูลกัน

3.2.2.3 ผลการสำรวจและสรุป

ข้อมูลที่ได้จากการอ่านค่าในสนาม จะนำมาทำการคำนวณและประมวลผลขั้นต้นของแต่ละจุดสำรวจก่อนที่จะมีการเสนอข้อมูลในรูปแบบแผนที่แบบต่างๆที่นำมาแปลความหมายข้อมูลในลักษณะธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างต่อไป

ในการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบหาข้อมูลในแนวคิ่ง ลงไปในระดับความลึกประมาณ 100 เมตร โดยที่ตำแหน่งจุดของการสำรวจมีลักษณะต่อเนื่องเป็นเส้นสำรวจและครอบคลุมพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำ โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง แปลความหมายเป็นลักษณะธรณีวิทยาได้ว่า 1) บริเวณตอนกลางของอ่างเก็บน้ำ ในระดับตื้นๆจะรองรับอยู่ด้วย

ตะกอนกรวดทราย ลึกลงไปเป็นชั้นหินดินดาน โดยที่มีน้ำจืดจะสะสมตัวอยู่ในชั้นตะกอนกรวดทรายและแทรกอยู่ในรอยแตกทั่วไปของหินดินดานในระดับความลึกถึงประมาณ 50 เมตร ลึกลงไปกว่านั้นในชั้นหินดินดานจะเป็นการแทรกตัวอยู่ด้วยน้ำกร่อยหรือน้ำเค็ม และที่ลึกไปกว่า 100 เมตร ในบริเวณตอนกลางอ่างน้ำอาจจะรองรับอยู่ด้วยชั้นเกลือหิน หรือชั้นหินทราย 2) บริเวณด้านทิศใต้ของอ่างเก็บน้ำเป็นชั้นหินทรายที่รองรับอยู่ในระดับตื้น 3) บริเวณทางตอนเหนือของอ่างเก็บน้ำอาจเป็นหินดินดานที่มีการแทรกอยู่ด้วยปริมาณน้ำจืดและน้ำกร่อยไม่มากนัก ทั้งสามบริเวณนี้วางตัวอยู่ในแนวทิศประมาณตะวันออก-ตะวันตก

3.2.3 การสำรวจอุทกธรณีวิทยา

3.2.3.1 การเจาะบ่อสำรวจของกอน้ำบาดาล

ฝ่ายพัฒนาน้ำบาดาล 3 (จังหวัดขอนแก่น) ได้ดำเนินการเจาะบ่อสำรวจจำนวน 5 บ่อตามตำแหน่งจุดเจาะที่คณะทำงาน โครงการลุ่มน้ำก่ำ ได้กำหนดไว้ให้พร้อมทั้งเจาะบ่อสังเกตการณ์เพิ่มเติมอีก 1 บ่อ ทั้งนี้โดยใช้เครื่องเจาะแบบ Direct Rotary (Top Head Drive) ซึ่งจะได้ตัวอย่างดิน-หินจากการเจาะ (Cutting) เป็นเศษหิน (Chip Samples) ขึ้นมากับกระแสน้ำโคลนหรือกระแสน้ำแรงดันลม และดำเนินการจัดเก็บ Cutting ทุกระยะ 1.5 เมตร นอกเหนือจากนี้ กongsang กรมทรัพยากรธรณี ดังได้ดำเนินการเจาะบ่อทดสอบเพิ่มเติมอีก 2 บ่อ โดยการเจาะเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples)

3.2.3.2 การเจาะบ่อสำรวจของกongsang

กongsang กรมทรัพยากรธรณี ดำเนินการเจาะบ่อสำรวจเพิ่มเติมอีก 2 บ่อ โดยใช้วิธีการเจาะแบบเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples) และใช้ระบบหมุนเวียนด้วยน้ำมันดีเซล เพื่อให้สามารถเจาะเก็บตัวอย่างแท่งเกลือหินได้ ได้เลือกตำแหน่งที่น่าจะเจาะพบชั้นเกลือหินได้มากที่สุด โดยจุดเจาะจุดแรกบริเวณที่สาธารณะบ้านน้ำบ่อ ตำบลพระซองน้อย อำเภอเรณูนคร บริเวณพื้นที่ดังกล่าวเป็นห่อมพื้นที่ดินเค็ม ปกคลุมด้วยหิน Mudstone ของหมวดหินสารคาม น้ำผิวดินจากบ่อขุดมีความเค็มจัด ซึ่งในช่วงหน้าแล้ง ชาวบ้านสามารถสูบน้ำเค็มจากบ่อขุดไปต้มเกลือได้ ผลการเจาะบ่อสำรวจ ปรากฏว่า สามารถเจาะเก็บตัวอย่างแท่งหิน (Core Samples) ตลอดความลึกในการเจาะจากผิวดินถึงระดับความลึก 140 เมตร โดยไม่มีตัวอย่างแท่งหินขาดช่วง (Sample loss) และเจาะไม่พบชั้นเกลือแต่อย่างใด

3.2.3.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ

กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะด้วยหัวเจาะ(probe)2แบบ

1) หัววัด Formation density sounds (FDGS) เพื่อต้องการวัดค่า bulk density ของแต่ละชนิดของหิน และสามารถคำนวณหาความพรุนของแต่ละชนิดของหินได้

2) หัววัด Neutron-neutron, Self-potential and Single point resistance (NSPR) สำหรับ Neutron-Neutron เพื่อต้องการวัดความพรุนของแต่ละชนิดของหิน ถ้าหากว่ามีค่า count per second (cps) ค่า ก็แสดงว่าหินชนิดนั้นมีความพรุนของหินสูง การวัด Self-potential เป็นการวัดศักดาไฟฟ้าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ การวัด Single point resistance เป็นการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของหินแต่ละชนิดรอบๆหลุมเจาะนั้น

3.2.3.4 การตรวจสอบชั้นน้ำโดย Borehole logging

กองน้ำบาดาลโดยฝ่ายสำรวจน้ำบาดาล ฝ่ายอุทกธรณีวิทยา ได้ประสานกับภาควิชาเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในการจัดทำ Bore hole logging เพื่อตรวจสอบชั้นน้ำ และออกแบบก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล จากบ่อสำรวจต่างๆ

3.2.3.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างดินหินจากการเจาะ

จากการตรวจวิเคราะห์โดยละเอียด พบว่า ชั้นเกลือหินแสดงลักษณะ Micro Fibrous Structures ค่อนข้างเด่นชัด ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเป็นชั้นเกลือที่เกิดจากการตกตะกอนเกลือจากน้ำเค็ม (Brine) ที่น้ำละลายออกมาจาก Rock Salt layer ของหมวดหินมหาสารคาม และตกผลึกเกลือเป็นชั้นเกลืออีกครั้งในลักษณะ Secondary Salt layer ก็เป็นไปได้

3.2.3.6 การจัดทำ Pumping Test

กองน้ำบาดาล ได้ดำเนินการหาค่า Aquifer's Characteristics ของชั้นน้ำบาดาลต่างๆ ในบริเวณพื้นที่โครงการ โดยจัดทำ Pumping Test จากบ่อสำรวจต่างๆ ทั้งนี้มีเป้าหมายหลักที่จะหาค่า Permeability ของชั้นน้ำเจ้าพระยา (Flood - Plain Deposits) และชั้นน้ำโคราชตอนบน (Upper Khorat Aquifer) ทั้งค่า Permeability ของชั้นหิน Siltstone , Hard Shale และ Mudstone

3.2.4 สรุปผล

- 1) บริเวณพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม ประกอบด้วยชั้นหินของหมวดหินสารคาม และหมวดหินภูทอกรองรับอยู่ ประกอบด้วยชั้นหินทราย ชั้นหินดินดานหรือหินโคลน และชั้นเกลือหิน วางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตก
- 2) ข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์แสดงว่า มีแนวรอยเลื่อนระดับที่ลึกภายในบริเวณอ่างเก็บน้ำนี้ แต่ไม่น่าจะมีผลกระทบต่อกรกักเก็บน้ำ
- 3) การตรวจวัดค่าความซึมผ่าน (Permeability ; K) โดยวิธีการทำ Long Term Pumping Test สามารถตรวจวัดได้ในชั้นกรวดทรายตอนบนของพื้นที่ และชั้นหิน Siltstone ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ดี
- 4) ในบริเวณโครงการฯ จากผลการวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) พบว่าที่ระดับความลึกมากกว่า 50 เมตร มีน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มแทรกอยู่ในชั้นหินดินดาน และปิดทับด้วยชั้นน้ำจืด
- 5) พบชั้นหินซึ่งเทียบเคียงได้กับชั้นเกลือหินในบริเวณอ่างเก็บน้ำโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 108 เมตรลงไป
- 6) ไม่พบชั้นเกลือหินในส่วนบนของหมวดหินสารคาม หรือในหมวดหินอายุอ่อนกว่า และไม่พบว่ามีลักษณะ โคมเกลือจากส่วนล่างของหมวดหินสารคาม
- 7) บริเวณที่กำหนดเป็นอาคารชลประทานที่ตำแหน่งใหม่ ไม่พบว่ามีแอนไฮไดรต์หรือยิปซั่มในบริเวณดังกล่าว
- 8) การสร้างอ่างเก็บน้ำไม่น่าจะเกิดผลกระทบของน้ำกร่อยหรือน้ำเค็มขึ้นมาด้านบนได้
- 9) การสร้างอ่างเก็บน้ำ จะไม่มีผลกระทบต่อกรละลายของชั้นเกลือ เนื่องจากชั้นเกลืออยู่ในระดับลึกกว่า 100 เมตร โดยมีชั้นหินโคลนหรือหินดินดานปิดทับอยู่ข้างบน

3.3 การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม (รายงานฉบับสมบูรณ์ รายงานหลัก 2544 , ศูนย์วิจัยน้ำบาดาล , ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

3.3.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาสภาพธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และระบบอุทกธรณีวิทยา ของพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง

2) จำลองการไหลของน้ำใต้ดินเชิงมโนทัศน์ (conceptual groundwater flow modeling) และการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์ (numerical groundwater flow modeling) ในพื้นที่โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง

3) นำแบบจำลองที่เหมาะสมหลังจากการศึกษา มาจำลองสภาพการไหลของน้ำใต้ดิน และการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินใช้เป็นเครื่องมือในการคาดคะเนการเกิดน้ำใต้ดินและแนวโน้มการเกิดน้ำใต้ดิน

4) เพื่อนำแบบจำลองดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนงานชั้นรายละเอียด เพื่อการแก้ปัญหาหรือหลีกเลี่ยงผลกระทบและติดตามตรวจสอบการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินและดินใต้ดิน ที่อาจจะเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

3.3.2 การสำรวจทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์

3.3.2.1 ผลสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง ได้ทำการสำรวจวัดค่าความต้านทานกระแสไฟฟ้าและการวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ

ผลของหลุมเจาะที่เจาะลึก 300 เมตร จากผิวดินพบชั้นเกลือหินของหน่วยหินชุดมหาสารคามที่ระดับ 87.87 - 190.15 เมตร จากผิวดิน ถัดจากชั้นเกลือหินเป็นหินทรายแป้งและหินทรายของหน่วยหินชุดโคกกรวด เมื่อนำผลของหลุมเจาะมาเทียบเคียงกับผลการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อนกลับ พบชั้นเกลือหินที่แสดงคุณสมบัติความแตกต่างค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูงและสามารถแยกออกได้ชัดเจน

3.3.2.2 ผลสำรวจทางธรณีวิทยา

การศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปประกอบกับการศึกษาภาคสนาม ข้อมูลการเจาะสำรวจฐานรากประจูดระบายน้ำโครงการน้ำท่าตอนล่าง ข้อมูลจากบ่อบาดาล ข้อมูลการสำรวจโครงการน้ำท่าตอนล่างและข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ของกรมทรัพยากรธรณี พบว่าพื้นที่บริเวณน้ำท่าตอนล่างตั้งอยู่ในแอ่งน้ำท่า ซึ่งรองรับด้วยตะกอนที่ราบลุ่มน้ำท่วม และหินชุดมหาสารคาม ชั้นหินวางตัวประมาณ 10 องศา ไปทางตะวันออกเฉียงเหนือเข้าสู่กลางแอ่งน้ำท่า

3.3.3 สรุปผลการศึกษา

การจำลองการไหลของน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของน้ำเค็มซึ่งอาศัยข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยา เช่น อุทกวิทยา ธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา สภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 389.5 ตารางกิโลเมตร การสร้างแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่มีการปรับแก้ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของพื้นที่ที่เชื่อถือได้ในระดับหนึ่งแล้ว และได้นำแบบจำลองมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจำลองสภาพการกักเก็บของน้ำในอ่างเก็บน้ำอันเนื่องมาจากการกักเก็บของน้ำจากฝายที่คาดว่าจะสร้างในบริเวณบ้านโนนสังข์แก่งโพธิ์ซึ่งมีแผนการเก็บกักน้ำที่ระดับ +136.5 , +138.5 และ +140.5 เมตร รทก.

ผลการจำลองการแพร่กระจายของน้ำเค็มในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง พบว่าในกรณีที่ไม่มี การกักเก็บน้ำ พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มเพิ่มขึ้นจากเดิมบ้างเล็กน้อย แต่ไม่ปรากฏการแพร่กระจายของน้ำเค็ม จากปัจจุบันจนถึง 10 ปี และหลังจาก 10 ปีไปจนถึง 100 ปี จะพบพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มเพิ่มจากเดิม(บ้านพระของน้อย) ได้แก่ บริเวณบ้านพิมานท่า (พื้นที่ 250 ไร่) และบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของดงขุนคราม (พื้นที่ 325 ไร่) ส่วนการแพร่กระจายของน้ำใต้ดินกร่อย (ปริมาณสารละลายมวลรวมประมาณ 1,000-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร) ของพื้นที่ที่อยู่ในระดับความสูง 120-130 เมตร รทก. มีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นน้ำกร่อยภายในระยะเวลา 10 ปี จำนวน 5 แห่ง และหลังจาก 10 ปี ถึง 100ปี จำนวน 7 แห่ง ได้แก่ 1)บ้านพระของน้อยถึงบ้านพิมานท่า 2)บ้านหนองแต้ถึงบ้านคอนขาว 3)บ้านคอนแต้ 4)ลำน้ำท่าบริเวณบ้านโลกสว่าง และ5) บ้านศิลาถึงบ้านธาตุพนม

3.4 สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำท่าสำนักงานบริหารโครงการ(กรมชลประทานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ,2547)

3.4.1 วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อพัฒนาแหล่งน้ำในบริเวณโครงการ สำหรับช่วยเหลือราษฎรให้มีน้ำใช้ทำการเกษตรและอุปโภค บริโภค ในช่วงฤดูแล้งซึ่งราษฎรต้องประสบปัญหาขาดแคลนน้ำเป็นประจำทุกปี
- 2) เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาน้ำท่วมพื้นที่เพาะปลูกบริเวณสองฝั่งลำน้ำท่าในช่วงฤดูฝนให้เกิดความเสียหายน้อยที่สุด โดยพิจารณาก่อสร้างระบบระบายน้ำตามความเหมาะสม

3) เพื่อพัฒนาการเกษตรกรรม จัดการเกษตรแบบผสมผสาน ระดมการสนับสนุนการพัฒนาจากหน่วยงานต่างๆทั้งของรัฐและเอกชน รวมทั้งการให้ราษฎรในโครงการได้มีบทบาทและส่วนร่วมด้วย

4) เพื่อการพัฒนาสังคม และสิ่งแวดล้อม คุณภาพชีวิต

3.4.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายน้ำเค็มจากชั้นเกลือหิน

ตารางที่ 3.1 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินเค็ม(ไร่)

กรณี	ไม่มีอ่าง	136.5 ม.รทก.	137.5 ม.รทก.	138.5 ม.รทก.	140.5 ม.รทก.
ปัจจุบัน	850	850	850	850	850
อนาคต 10 ปี	850	780	820	860	860
อนาคต 100 ปี	1,425	1,430	1,280	1,130	1,331

ตารางที่ 3.2 แสดงพื้นที่ที่ศักยภาพน้ำใต้ดินกร่อย(ไร่)

กรณี	ไม่มีอ่าง	136.5 ม.รทก.	137.5 ม.รทก.	138.5 ม.รทก.	140.5 ม.รทก.
ปัจจุบัน	1,750	1,750	1,750	1,750	1,750
อนาคต 10 ปี	4,345	4,270	4,303	4,335	3,672
อนาคต 100 ปี	16,066	15,620	15,188	14,755	14,020

จากตารางที่ 3.1 และ 3.2 ทั้งแสดงศักยภาพน้ำใต้ดินเค็มและน้ำใต้ดินกร่อยแสดงให้เห็นว่าการสร้างอ่างเก็บน้ำจะไม่เป็นการเพิ่มการแพร่กระจายของความเค็มในช่วงเวลาอนาคต 100 ปี

3.5 งานจ้างศึกษาแก้ไขและพัฒนาสิ่งแวดล้อม ด้านธรณีวิทยาชั้นเกลือหิน ละอูทกธรณีวิทยา โครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม (รายงานฉบับสมบูรณ์ 2549 , มหาวิทยาลัยเชียงใหม่)

3.5.1 วัตถุประสงค์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงลักษณะของชั้นเกลือหิน และคุณสมบัติของชั้นน้ำบาดาลต่างๆในบริเวณพื้นที่โครงการฯที่สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์แบบจำลองคณิตศาสตร์ด้านอุทกธรณีวิทยา เพื่อประเมินถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น ในเรื่องการ

แพร่กระจายของน้ำบาดาลเดิม อันเนื่องมาจากการสร้างอ่างเก็บน้ำของโครงการชลประทานน้ำก่ำตอนล่าง

3.5.2 ขอบเขตการศึกษา

- 1) สำรวจ ศึกษา และประเมินสภาพธรณีวิทยา และสภาพอุทกธรณีวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับ การแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเดิมและน้ำเค็ม ในพื้นที่ศึกษา
- 2) ทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ เพื่อหาโครงสร้างและลักษณะของชั้นเกลือหินในพื้นที่ศึกษา
- 3) ทำการสำรวจอุทกธรณีวิทยา เพื่อหาจำนวนและคุณสมบัติของชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ ศึกษา
- 4) ศึกษาหาความสัมพันธ์ทางศาสตร์ของชั้นน้ำใต้ดินเดิมและจืดในพื้นที่ศึกษา

3.5.3 วิธีการศึกษา

- 1) ทำการสำรวจ ศึกษา และประเมินสภาพธรณีวิทยา และสภาพอุทกธรณีวิทยา ที่เกี่ยวข้องกับ การแพร่กระจายของน้ำใต้ดินเดิมและน้ำเค็ม ในพื้นที่ศึกษา
- 2) ทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธี Seismic Reflection Survey ระยะทางรวม 20 กิโลเมตร เพื่อหาขอบเขตการแพร่กระจาย ลักษณะการวางตัว ตลอดจนความลึก ละความหนาของชั้นเกลือหินในพื้นที่ศึกษา
- 3) ทำการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ (Resistivity Survey) 100 จุด เพื่อหาลักษณะของชั้นหินอุ้มน้ำ และจำนวนชั้นน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา
- 4) เจาะบ่อสำรวจระดับลึก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว แล้วทำการเก็บตัวอย่างแท่งหิน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ความลึกไม่น้อยกว่า 200 เมตร จำนวน 1 บ่อ ในพื้นที่ศึกษา
- 5) เจาะบ่อสำรวจระดับลึก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ความลึกไม่น้อยกว่า 100 เมตร จำนวน 4 บ่อ ในพื้นที่ศึกษา
- 6) เจาะบ่อสังเกตการณ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ความลึกไม่น้อยกว่า 40 เมตร จำนวน 6 บ่อ ในพื้นที่ศึกษา
- 7) ตรวจสอบชั้นน้ำบาดาลด้วยการทำ Borehole logging (Electric log และ Gamma-ray log) ในบ่อสำรวจและบ่อสังเกตการณ์ ในพื้นที่ศึกษา
- 8) ทำการสุบทดลอง เพื่อหาคุณสมบัติของชั้นหินอุ้มน้ำ และค่า Permeability ของชั้นน้ำต่าง ๆ ในบ่อสำรวจและบ่อสังเกตการณ์ ในพื้นที่ศึกษา
- 9) จัดทำรายงานการศึกษาและแผนที่ โดยมีรูปแบบและขนาดที่เหมาะสม ตามจำนวนที่ กำหนดในรายการการส่งงาน

3.5.4 สรุปผลการศึกษา

1) สภาพธรณีวิทยาบนพื้นผิวของบริเวณพื้นที่โครงการฯ และใกล้เคียง ประกอบด้วยพื้นที่น้ำท่วมถึง (flood plain) และพื้นที่ราบลอนลูกกระนาค (undulated terrain) ซึ่งตะกอนยุคควอเทอร์นารียังไม่แข็งตัวบริเวณพื้นที่ราบน้ำท่วมถึง แบ่งออกได้เป็น 6 หน่วยย่อย

2) สภาพธรณีวิทยาใต้พื้นผิวบริเวณพื้นที่โครงการฯ สามารถจำแนกหน่วยหินทางธรณีวิทยา ออกได้เป็น 7 หน่วยหิน คือ A1 , A2 , B1 , B2 , C , D และ E ตามลำดับจากอายุอ่อนถึงอายุแก่ โดยหน่วยหิน A1 มีความหนาประมาณ 6 เมตร ประกอบด้วยชั้นดิน ชั้นตะกอนโคลนปนทรายแป้ง ชั้นดินเหนียวปนทราย และทรายแป้ง หน่วยหิน A2 มีความหนาประมาณ 20 เมตร ส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นตะกอนทรายละเอียดมาก หน่วยหิน B1 มีความหนาประมาณ 14 เมตร ประกอบด้วยชั้นตะกอยทรายหยาบถึงหยาบมาก หน่วยหิน B2 เป็นหน่วยหินที่มีความหนาน้อยประมาณ 3 เมตร ประกอบด้วยชั้นตะกอนกรวดทั้งหมด ทั้งนี้หน่วยหิน B ของพื้นที่โครงการฯ สามารถเทียบได้กับหน่วยหิน Phu Thok Formation ของ Khorat Group หน่วยหิน C เป็นชั้นหินดินเหนียวสีน้ำตาลแดง มีความหนาทั้งหมดประมาณ 26 เมตร โดยส่วนบนมีลักษณะที่ยังไม่แข็งตัวมาก (semi consolidated) แต่ส่วนล่างมีลักษณะแข็งตัวดี (consolidated , hard) ทั้งนี้หน่วยหิน C ของพื้นที่โครงการฯสามารถเทียบได้กับหน่วยหิน Maha Sarakam Formation ของ Khorat Group หน่วยหิน D ประกอบด้วย ชั้นเกลือหินเกือบทั้งหมด ซึ่งสามารถเทียบได้กับ Maha Sarakam Formation หน่วยหิน E ประกอบด้วยหินทรายเนื้อละเอียดสีน้ำตาลแดง ซึ่งสามารถเทียบได้กับ Khok Kruat Formation ของ Khorat Group

3) สภาพธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่โครงการฯ มีลักษณะเป็นโครงสร้างรูปประทุนหงาย วางตัว ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยทางด้านใต้ติดต่อกับแนวชุดโครงสร้างรูปประทุนที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) บริเวณเทือกเขาภูพาน ด้านเหนือของพื้นที่โครงการฯประกอบด้วยกลุ่มโครงสร้างรูปประทุนขนาดเล็ก ที่วางตัวในทิศทางขนานกัน

4) ชั้นเกลือหิน (rock salt) การกระจายตัวของชั้นเกลือหินประเมินจากข้อมูลการเจาะสำรวจ และการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนแบบสะท้อน สามารถแสดงได้ในลักษณะของแผนที่สามมิติ โดยพบอยู่บริเวณด้านใต้ของพื้นที่โครงการฯ ในระดับที่ตื้นกว่าบริเวณอื่น

5) สภาพอุทกธรณีวิทยา สามารถแบ่งหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือชั้นน้ำเจ้าพระยา ละชั้นน้ำโคราชตอนบน ซึ่งชั้นน้ำเจ้าพระยานี้เป็นหินร่วนประเภทตะกอนรายลุ่มน้ำหลาก (flood plain deposits) ส่วนชั้นน้ำโคราชตอนบน ประกอบด้วยหินที่อยู่ใต้หินร่วนทั้งหมด

6) คุณสมบัติทางชลศาสตร์ คำนวณได้จากข้อมูลการสูบทดสอบ ทั้งแบบที่เป็น Pumping Test ระยะยาว ในชั้นน้ำเจ้าพระยา และชั้นน้ำภูตอก และแบบ Slug Test ในชั้นน้ำมหาสารคาม ซึ่งสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของชั้นน้ำเจ้าพระยา ในหน่วยหิน A2 มีค่าอยู่ช่วง 3.19 ถึง 21.33 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำอยู่ในช่วง 0.066 ถึง 0.10 สำหรับสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของชั้นน้ำภูตอก ในหน่วยหิน B1 มีค่าประมาณ 17.3 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 0.261 ส่วนสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำของชั้นหินภูตอก ในหน่วยหิน B2 มีค่าประมาณ 81.7 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 0.251 การทดสอบ Slug Test ของชั้นน้ำมหาสารคาม ในหน่วยหิน C ได้ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ ประมาณ 0.048 ตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บน้ำ 4.4×10^{-5}

7) ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน ทำการประเมินจากข้อมูลระดับน้ำ ซึ่งทำการวัดจากบ่อน้ำบริเวณพื้นที่โครงการฯ จำนวนทั้งสิ้น 70 จุด โดยระดับน้ำที่วัดได้มีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ตั้งแต่ 1.20 ถึง 7.70 เมตร จากผิวดิน เมื่อนำมาจัดทำแผนภาพตาข่ายการไหล พบว่าการไหลของน้ำใต้ดินระดับตื้นมีทิศทางเข้าสู่พื้นที่อ่างเก็บน้ำของโครงการชลประทานน้ำท่าตอนล่าง อันแสดงให้เห็นว่าพื้นที่อ่างเก็บน้ำเป็นโซนที่ได้รับน้ำจากน้ำใต้ดิน (Groundwater Discharge Zone)

3.6 การประเมินเชิงบูรณาการพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยข้อมูลจาก ดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ศูนย์ภูมิภาคเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ ,ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

3.6.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อแสดงการกระจายพื้นที่ศักยภาพความเค็มของดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประเทศไทย โดยบูรณาการข้อมูลภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
2. เพื่อใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อตรวจวัดความเป็นเกลือของดิน

3.6.2 วิธีการศึกษา

3.6.2.1 การวิเคราะห์ศักยภาพของดินด้วยGIS

โดยการนำข้อมูลเชิงพื้นที่ ซึ่งมีผลต่อการเกิดดินเค็ม มาวิเคราะห์เชิงบูรณาการพร้อมกัน ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้ใช้การบูรณาการข้อมูลทางด้านกรับรู้จากระยะไกล และ

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดินเค็มกับปัจจัยทางกายภาพที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดินเค็มในเขตชลประทาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การคัดเลือกข้อมูล ข้อมูลประกอบด้วย ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลน้ำใต้ดิน ข้อมูลภูมิสารสนเทศ ข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน/การใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ชลประทาน

2. การสร้าง Thematic layer และจัดกลุ่ม Attribute data ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ประกอบด้วยข้อมูลธรณีวิทยา น้ำใต้ดิน ภูมิสารสนเทศ และสิ่งปกคลุมดิน ขอบเขตพื้นที่ชลประทาน ได้รวบรวมข้อมูลเหล่านี้จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่วนใหญ่จัดเก็บข้อมูลไว้ในรูปแบบที่มาตรฐาน ส่วนที่แตกต่างกัน ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ถูกนำมาสร้างและจัดเก็บไว้ในรูป Thematic layer ส่วน Attribute data ของข้อมูลเชิงพื้นที่แต่ละประเภทได้นำมาจัดกลุ่มให้ใหม่ พร้อมทั้งกำหนดเป็นสัญลักษณ์ให้กับกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการประเมินศักยภาพความเค็มของดิน

Spatial Data			Attribute Data				
ข้อมูล	ชื่อ Layer	แหล่งที่มา	สัญลักษณ์	ข้อมูล			
ธรณีวิทยา	Geology	Geology Map(1:250,000) / Dep. Of Mineral Resource(1982)	Qa = Ms = Any =	Quaternary Maha Sarakham Formation Other Formations			
น้ำบาดาล	Aquifer	Aquifer Map (1:100,00) / DMR; Center of Geoinformatics for the Development of Northeast Thailand, KKU (2000)	TDS (mg/l of cl)	Yield (m ³ /hr)			
			< 750	W1	W1	W2	W2
			750-1500	W2	W2	W2	W3
			>1500	W2	W2	W3	W3
ภูมิสารสนเทศ	Landform	Terrain Map (1:50,000) / Center of Geoinformatics for the Development of Northeast Thailand, KKU (1992)	T1 = T2 =	Upper Terrace Lower Terrace			
สิ่งปกคลุมดิน	Landcover	Landuse Map (1:100,000) / Center of Geoinformatics for the Development of Northeast Thailand, KKU (2001)	Vegetation cover L4 = Slight L3 = Sparse L2 = Moderate L1 = Any	Landform type Lower Terrace Lower Terrace Lower Terrace Upper Terrace			
ชลประทาน	Irrigation	Irrigation Map (1:50,000) / Center of Geoinformatics for the Development of Northeast Thailand, KKU (2000)	IR = Irrigation Areas NIR = Non Irrigation Areas				

3. การวิเคราะห์และประมวลผล

- การวิเคราะห์นี้เป็นการสร้างหน่วยแผนที่ขึ้นมาจากชั้นข้อมูล Thematic layer ด้วยการนำชั้นข้อมูลต่างๆ มาซ้อนทับพร้อมกันซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เป็นชั้นข้อมูลใหม่ และนำไปประมวลผลในขั้นตอนต่อไป

- การประมวลผล เป็นการจัดชั้นศักยภาพดินเค็มให้กับหน่วยแผนที่ของชั้นข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ การจัดชั้นศักยภาพได้พิจารณาข้อมูลที่เป็นองค์ประกอบของแต่ละหน่วยแผนที่ เช่นในหน่วยแผนที่ประกอบด้วยข้อมูล Ms(Geology) + W3(Aquifer) + T2(Landform) + L4(Landcover) + AIR(Irrigation) จัดให้เป็นชั้นศักยภาพดินเค็มระดับสูง เงื่อนไขการจัดชั้นศักยภาพดินเค็มอื่นๆ ได้สรุปไว้ในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เงื่อนไขการจัดชั้นศักยภาพดินเค็ม

เงื่อนไข	ชั้นความเค็ม
Ms + W1 + T2 + L1 (L2, L3 or L4)	Low Salinity Potential (LS)
Ms + W1 + T2 + L1 (or L2)	
Ms + W3 + T2 + L1	
Ms + W1 + T2 + L1 (L2, L3 or L4) + IR	Moderate Salinity Potential (MS)
Ms + W1 + T2 + L1 (or L2) + IR	
Ms + W3 + T2 + L1 + IR	
Ms + W2 + T2 + L3 (or L4)	
Ms + W3 + T2 + L2	High Salinity Potential (HS)
Ms + W2 + T2 + L3 (or L4) + IR	
Ms + W3 + T2 + L2 + IR	
Ms + W3 + T2 + L3 (or L4)	Non Saline (NS)
Qa (or T1)	

4. ตรวจสอบผล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์และประมวลผล ได้ชั้นข้อมูลแสดงการกระจายตัวของดินที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มถูกนำมาพิมพ์เป็นแผนที่ฉบับร่างเพื่อใช้ตรวจสอบในภาคสนามหรือกับแผนที่ดินเค็มของหน่วยงานอื่นที่ได้มีการจัดทำไว้ก่อนแล้ว

3.6.2.2 การใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อตรวจวัดค่าความเป็นเกลือของดิน

1. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT 5, KJ 266318 ถ่ายภาพเมื่อวันที่ 22 มีนาคม พ.ศ. 2549 ความละเอียดของภาพ 2.5 เมตร

2. การประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม

(1) การประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) การปรับแก้ภาพ (Geometric Correction) ปรับแก้พิกัดตำแหน่ง (Coordinate Transformation) ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้น ปรับพิกัดตำแหน่งของภาพให้ถูกต้องตามพิกัดแผนที่ภูมิประเทศ 1: 50,000 ชุด L7071 ของกรมแผนที่ทหาร โดยในการศึกษานี้ กำหนดระบบพิกัดตำแหน่ง เป็นแบบ UTM 48(Universal Transverse Mercator) ให้กับข้อมูลเชิงตัวเลขของภาพถ่ายดาวเทียม ให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา และทำการประมาณค่าของจุดภาพด้วยวิธี Nearest Neighbor

(2) การเน้นข้อมูลภาพ (Enhancement)

(3) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Components Analysis-PCA) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้องค์ประกอบหลักและใช้องค์ประกอบหลักที่ 1 (PCA1)

(4) การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index-NDVI)

(5) ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT แบนด์ 2 (XS2) เป็นช่วงคลื่นสีแดง (0.61-0.68 μ m) สร้างภาพสีผสม NDVI, XS2 และ PCA1 (R G B)

(6) จำแนกภาพแบบ Supervised เลือกพื้นที่ตัวอย่างเฉพาะพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูง โคนกำหนดการแสดงผลภาพข้างต้น

(7) หาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงกับแผนที่ทราบเกลือเมื่อได้ผลการจำแนกภาพแล้วนำมาซ้อนทับกับแผนที่ดินเดิมของหน่วยงานอื่นที่ได้มีการจัดทำไว้ก่อนแล้ว โดยพิจารณาเฉพาะบริเวณที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ

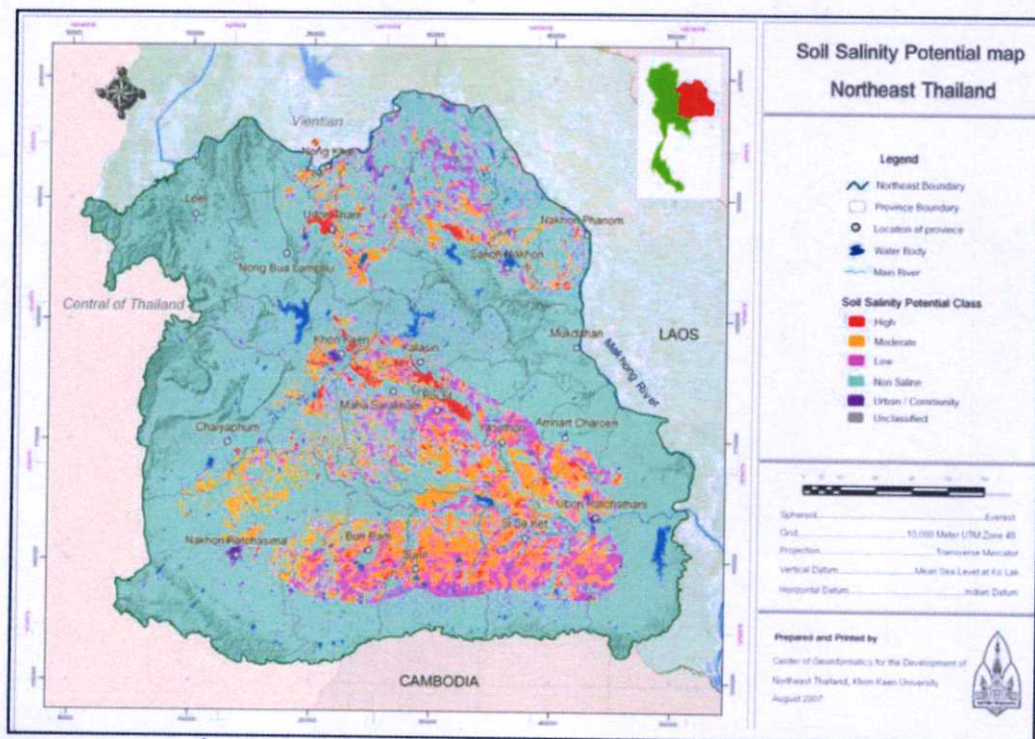
3.6.3 ผลการศึกษา

3.6.3.1 การวิเคราะห์ศักยภาพของดินเค็มด้วย GIS

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเนื้อที่ประมาณ 170,000 ตารางกิโลเมตร สามารถจำแนกเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มและไม่เกิดดินเค็ม มีเนื้อที่คิดเป็นร้อยละ 19.40 และ 77.16 ของเนื้อที่ภาค ตามลำดับ การกระจายตัวของพื้นที่ศักยภาพดินเค็ม ดังรูปที่ 3.1

พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็ม แบ่งได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่บริเวณที่มีศักยภาพสูง ปานกลาง และต่ำ มีเนื้อที่คิดเป็นร้อยละ 1.34, 9.46 และ 8.60 ของเนื้อที่ภาค ตามลำดับ พื้นที่ที่มีศักยภาพสูงพบน้อยสุดในกลุ่มของพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็ม และพบกระจุกกระจายบริเวณตอนกลางภาค ที่เป็นแอ่งโคราชและสกลนครบริเวณอ่างเก็บน้ำลำปาวพบเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ที่สุดถึง 188.22 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ที่มีศักยภาพปานกลางพบมากที่สุด โดยพบในแอ่งโคราชมากกว่าแอ่งสกลนคร พื้นที่ใหญ่ที่สุดของชั้นปานกลางนี้มีขนาดเนื้อที่ถึง 1,855.70 ตารางกิโลเมตร ส่วนพื้นที่

มีศักยภาพการเกิดดินเค็มในระดับต่ำ พบมากทางด้านตะวันออกของภาค ขนาดพื้นที่ใหญ่สุด มีเนื้อที่ประมาณ 1,266.63 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.1 แผนที่ศักยภาพความเค็มของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.6.3.2 การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจวัดความเป็นเกลือของดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงกับแผนที่คราบเกลือได้ทำการสุ่มพื้นที่ตัวอย่างจำนวน 12 ตัวอย่างที่มีขนาด 25 กม² เพื่อทดสอบว่ามีพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงตกอยู่ในแผนที่การแพร่กระจายของดินเค็ม (กรมพัฒนาที่ดิน, 2530) ปริมาณเท่าใด โดยคิดเฉพาะในพื้นที่ที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำเท่านั้น ดังตารางที่ 6 พบว่าตัวอย่างที่ 8 มีพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงถึง 14.49% ของพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งพบคราบเกลือบนผิวดิน > 50% ของพื้นที่ รองลงมาคือ 12.25% ในตัวอย่างที่ 9 และพบว่าในพื้นที่ตัวอย่างส่วนใหญ่พื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงจะตกในกลุ่มของบริเวณพบคราบเกลือบนผิวดิน < 1% ของพื้นที่และบริเวณที่สูงที่มีชั้นหินเกลือรองรับอยู่ข้างล่าง

ตารางที่ 3.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงกับแผนที่คราบเกลือ

Sample ID	Brightness Area (km ²)	% Salt Crust in Brightness Area					Unclassified
		1	2	3	4	5	
1	1.00	-	-	2.08	64.94	30.79	2.18
2	8.83	-	0.26	2.58	34.41	62.63	0.13
3	4.74	-	-	-	47.97	52.03	-
4	2.30	-	-	-	51.47	48.53	-
5	6.14	-	-	-	45.80	54.20	-
6	2.15	-	-	-	47.77	52.23	-
7	5.46	-	-	1.94	67.36	30.70	-
8	11.50	14.49	1.03	35.11	37.10	11.83	0.44
9	14.05	12.25	20.56	61.00	2.43	3.77	-
10	7.38	-	-	15.88	67.49	15.11	1.62
11	3.73	-	-	-	46.24	53.76	-
12	1.76	-	-	-	43.24	56.76	-

3.6.4 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาการกระจายตัวของพื้นที่ของศักยภาพดินเค็มด้วยการบูรณาการข้อมูลภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นี้ถือได้ว่าเป็นการประเมินศักยภาพดินเค็มที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในสถานการณ์ที่ต้องการข้อมูลอย่างเร่งด่วน เนื่องจากใช้ข้อมูลวิเคราะห์จำนวนน้อย แต่เป็นข้อมูลที่มีผลต่อการเกิดหรือส่งเสริมให้เกิดดินเค็มโดยตรง ได้แก่ข้อมูลธรณีวิทยา ปริมาณน้ำและคุณภาพน้ำใต้ดิน ภูมิสัณฐาน สิ่งปกคลุมดิน และขอบเขตพื้นที่ชลประทาน นอกจากนี้ต้องจัดเตรียมและตรวจสอบความถูกต้องข้อมูลก่อนการวิเคราะห์ ผลการศึกษาได้ข้อสนเทศเชิงพื้นที่แสดงศักยภาพของดินเค็มระดับสูง ปานกลาง และต่ำ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถแสดงข้อสนเทศได้ทั้งรูปแบบการกระจายตัวหรือแผนที่ และเนื้อหาของแต่ละระดับได้ง่าย ข้อมูลธรณีโดยเฉพาะหน่วยหินมหาสารคาม เป็นตัวกำหนดการแสดงการกระจายตัวของพื้นที่ศักยภาพดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ก็จะช่วยให้การจัดเก็บ และจัดการเรียกใช้ข้อมูลรวมทั้งสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แทนการประเมินศักยภาพดินเค็มได้สะดวกมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ผลการศึกษา มีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสนับสนุนการวางแผนการใช้ที่ดิน แต่ควรเป็นแผนการใช้ที่ดินในระดับภาค ด้วยเหตุที่ข้อจำกัดหรือความละเอียดข้อมูลต่ำเกินกว่าที่จะนำมาใช้กับการวางแผนระดับฟาร์ม โดยเฉพาะข้อมูลธรณีวิทยา(1:250,000)

ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ที่มีค่าความสว่างสูงกับแผนที่คราบเกลือมีแนวโน้มค่อนข้างสูงในบริเวณที่โล่งและไม่มีพืชพรรณปกคลุม แต่บริเวณที่มีคราบเกลือปรากฏมีคุณสมบัติการสะท้อนของข้อมูลเหมือนกับพื้นที่โล่งและพื้นที่หลังการเก็บเกี่ยว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ถ่ายภาพในช่วงที่ยังมีน้ำขังและอยู่ในฤดูเก็บเกี่ยว ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมของข้อมูลควรอยู่ในช่วงฤดูแล้งที่สุด

3.7 อ่างเก็บน้ำกับการแพร่กระจายดินเค็ม (ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และ ไพรัช พงษ์วิเชียร)

การจัดการแหล่งน้ำ นับเป็นงานที่สำคัญงานหนึ่งในการพัฒนาเขตชนบทยากจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากประชากรประสบกับปัญหาการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง ทั่วๆ ที่ปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยในรอบปีมีจำนวนถึง 1,200 – 1,400 มิลลิเมตร แต่การกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอ ปรากฏช่วงฤดูแล้งที่ยาวนานอีกทั้งลักษณะดินและหินไม่เอื้ออำนวยในการกักเก็บน้ำ การพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อใช้ในการอุปโภคและบริโภคจึงเป็นปัจจัยขั้นพื้นฐานที่จำเป็นอย่างมาก แต่จากการสำรวจโดยใช้การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศประกอบ ทั้งตรวจวัดคุณภาพของน้ำตามแหล่งน้ำโดยโครงการพัฒนา ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือหลายแหล่งมีปัญหาในเรื่องของน้ำในอ่างเก็บน้ำและเกิดดินเค็มบริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำ ทำให้ศักยภาพในการใช้น้ำและที่ดินลดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินเค็มจะก่อให้เกิดการยกระดับชั้นของน้ำใต้ดินที่เค็มนี้ให้อยู่ใกล้ผิวดินมากยิ่งขึ้น และเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำนี้ ในฤดูแล้งก็จะขึ้นมาสะสมอยู่บนผิวดินเห็นเป็นคราบเกลืออยู่ในบริเวณนั้น เป็นต้น จะเห็นได้ว่าปัญหาดินเค็มที่เกิดโดยอ่างเก็บน้ำนี้เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการกระทำของมนุษย์ โดยเร่งให้อัตราการเกิดดินเค็มเร็วขึ้นและการแพร่กระจายดินเค็มเกิดรวดเร็วขึ้น ดังนั้นสมควรอย่างยิ่งที่เราจะต้องยับยั้ง หรือระงับไม่ให้ดินเค็มเกิดขึ้นจากการกระทำจากน้ำมือของมนุษย์เอง

3.7.1 ลักษณะการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็มโดยอ่างเก็บน้ำ

กล่าวอย่างสรุปเกิดขึ้นได้ 3 กรณีคือ

1) การสร้างอ่างเก็บน้ำในบริเวณพื้นที่ที่ค่อนข้างราบเรียบ ซึ่งมีระดับน้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้น การสร้างอ่างเก็บน้ำจะทำให้ระดับน้ำใต้ดิน (Water table) มีการเปลี่ยนแปลงโดยระดับน้ำใต้ดินจะถูกยกตัวให้มีระดับใกล้ผิวดินมากขึ้น ทำให้เกลือสามารถขึ้นมาที่ผิวดินได้ง่ายขึ้น ในฤดูแล้งเกิดเป็นคราบเกลือหรือ ขุยเกลือบริเวณรอบๆ อ่างเก็บน้ำ

2) การสร้างอ่างเก็บน้ำบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชัน และมีชั้นของหินเกลือวางตัวอยู่ หรือมีดินเค็มและน้ำใต้ดินเค็มข้างใต้ที่ระดับความลึกไม่มากนัก ลักษณะของอ่างเก็บน้ำส่วนใหญ่จะเป็นอ่างเก็บน้ำที่สร้างเป็นคันดิน หรือคันคอนกรีตปิดกัน หรือขวางลำน้ำตามธรรมชาติเอาไว้ทำให้น้ำถูกกักเก็บไว้ด้านหน้าคันเขื่อน น้ำในอ่างเก็บน้ำจะไปเร่งการละลายของเกลือใต้ดิน เนื่องจากมีการรั่วซึม (Seepage) ของน้ำจากอ่างเก็บน้ำ และแรงกดดันจากน้ำในอ่างเก็บน้ำ ทำให้ระดับน้ำใต้ดินบริเวณท้ายคันเขื่อนยกระดับขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินมากขึ้น จึงเกิดเป็นดินเค็มบริเวณท้ายคันเขื่อนกักน้ำ (Saline seep) และน้ำใต้ดินนี้ก็จะไหลลงมาตามลาดเท ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก (Interflow) ทำให้สามารถนำเอาเกลือที่ละลายอยู่ไปสะสมอยู่ตามบริเวณที่ราบเชิงเนินและหุบเนิน เมื่อดินแห่งเกลือเหล่านี้สามารถจะเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่ผิวดินได้

3) อ่างเก็บน้ำที่สร้างในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินเค็ม หรือดินบริเวณพื้นที่รับน้ำเป็นดินเค็ม หรือมีระดับน้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้นเมื่ออายุของอ่างเพิ่มมากขึ้น หรือเมื่อเวลานานขึ้นคุณภาพของน้ำในอ่างก็จะต่ำลง นั่นคือน้ำมีความเค็มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณเกลือที่ไหลเข้าสู่อ่างมีจำนวนมากกว่าเกลือที่ไหลออกจากอ่าง ทำให้มีการสะสมตัวของเกลือขึ้นในอ่างนานวันเข้าน้ำนั้นก็จะมีเค็ม และไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ แต่ถ้ามีการชลประทานโดยให้น้ำที่มีความเค็มเหล่านี้ไปตามพื้นที่การเกษตร ในขณะที่ยังที่การจัดการและระบายน้ำของดินไม่ดีพอ เกลือเหล่านี้จะถูกพาไปโดยน้ำชลประทานสะสมตัวอยู่ตามพื้นที่ได้รับน้ำชลประทานนี้จนไม่สามารถที่จะทำการเพาะปลูกได้ หรือได้ผลผลิตลดน้อยลงในที่สุด

จากลักษณะทั้ง 3 กรณีข้างต้นพอที่จะสรุปปัจจัยที่อ่างเก็บน้ำทำให้เกิดการแพร่กระจายดินเค็มได้ดังนี้

1. ความเค็มของดิน หิน และน้ำใต้ดินบริเวณที่สร้างอ่างเก็บน้ำ
2. ระดับความลึกของดิน หิน และน้ำใต้ดินที่เค็ม
3. ลักษณะดินทางกายภาพ ได้แก่เนื้อดิน ค่าการ تراบซึมน้ำเป็นต้น
4. สภาพภูมิประเทศ บริเวณที่ตั้งอ่างเก็บน้ำ
5. ขนาดความจุและความลึกของอ่างเก็บน้ำ
6. อายุของอ่างเก็บน้ำ
7. การรั่วซึมของอ่างเก็บน้ำ (ประสิทธิภาพในการกักเก็บของอ่างเก็บน้ำ)
8. การใช้ที่ดินบริเวณรอบอ่าวเก็บน้ำ

3.7.2 แนวทางและวิธีป้องกันการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มจากอ่างเก็บน้ำ

ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับลักษณะและปัจจัยการเกิดและการแพร่กระจายดินเค็ม โดยอ่างเก็บน้ำสามารถนำมาสรุปเพื่อหาแนวทางและวิธีการป้องกันดังนี้คือ

- 1) หลีกเลี่ยงการสร้างอ่างเก็บน้ำในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินเค็มหรือมีน้ำใต้ดินเค็ม โดยการนำเอาแผนที่แสดงการแพร่กระจายดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาใช้ประกอบในการเลือกพื้นที่ในการจัดสร้างอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้จากการสำรวจและวิจัยโดยโครงการพัฒนาดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า อ่างเก็บน้ำที่จัดสร้างในบริเวณพื้นที่ที่เป็นดินเค็มจัด น้ำในอ่างเก็บน้ำจะมีค่าความเค็มสูงมากจนไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ได้ในทุกอ่างที่ได้สำรวจและอ่างเก็บน้ำที่จัดสร้างอยู่ในบริเวณที่เป็นดินเค็มปานกลางและน้อย ก็ปรากฏแนวโน้มเช่นเดียวกันแต่ความรุนแรงลดลงตามลำดับ ส่วนอ่างเก็บน้ำที่สร้างในบริเวณพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดดินเค็มในที่ลุ่มความเค็มของน้ำในอ่างจะไม่มีปัญหามากนัก แต่การสร้างอ่างในบริเวณนี้อาจทำให้ระดับน้ำใต้ดินยกระดับตัวสูงขึ้นสามารถที่จะนำเกลือซึ่งอยู่ใต้ดินให้ขึ้นมาอยู่ใกล้ผิวดินยิ่งขึ้นในฤดูแล้งเกลือก็จะเคลื่อนที่ตามแนวตั้งขึ้นสู่ผิวดินได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเนื้อดินด้วย แต่อ่างเก็บน้ำที่สร้างในพื้นที่ที่เป็นที่ราบสูงคือ มีศักยภาพในการเกิดเกลือ คือมีหินเกลืออยู่ข้างใต้ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในอ่าง (ค่าความเค็ม) จึงมีแนวโน้มที่มีค่าค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากน้ำใต้ดินจะไหลลงตามความลาดเทของพื้นที่จึงมีความเร็วและสามารถละลายเกลือที่เป็นองค์ประกอบอยู่ภายในดินและหินลงมาสะสมในบริเวณเชิงเนินและอ่างเก็บน้ำในที่สูงกว่าได้ สำหรับอ่างเก็บน้ำที่สร้างในบริเวณที่ไม่เป็นดินเค็ม จะไม่มีปัญหาในเรื่องของน้ำเค็มแต่อย่างใด
- 2) พัฒนาและปรับปรุงน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ไม่เค็มรวมทั้งकुคลอง ห้วย หนอง ต่างๆ ในการกักเก็บน้ำ และส่งเสริมให้มีการจัดทำบ่อน้ำขนาดเล็กเพื่อใช้ในไร่นา
- 3) เพิ่มประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำในอ่างเก็บน้ำโดยป้องกันการรั่วซึมของน้ำจากอ่าง ซึ่งอาจใช้การคาดอ่างด้วยดินเหนียว คอนกรีต หรือพลาสติก
- 4) ออกแบบและจัดสร้างอ่างเก็บน้ำให้มีการให้น้ำ หรือส่งน้ำจากส่วนล่างของอ่างเก็บน้ำ เพื่อเป็นการระบายน้ำที่มีความเค็มสูงกว่าออกจากอ่างเก็บน้ำไม่ให้เกิดการสะสมตัวของเกลือ
- 5) ให้มีการจัดระบบการระบายน้ำและการให้น้ำอย่างเหมาะสม ทั้งนี้ต้องได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรในพื้นที่
- 6) วางแผน และควบคุมการใช้ที่ดินในบริเวณพื้นที่เหนืออ่างน้ำ เช่น คูแลร์รักษาพื้นที่ที่เป็นเขตป่าสวน หรือไม่ให้มีการทำเกลือโดยวิธีการใดก็ตามในบริเวณนี้เพื่อป้องกันไม่ให้น้ำเค็มไหลเข้าสู่อ่างเก็บน้ำได้
- 7) ให้มีการปลูกต้นไม้ขึ้นต้น ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น สะเดา แคลบ้าน เลี่ยน กระจดิน ฅรงค์ ขี้เหล็ก ยูคาลิปตัส เป็นต้น บริเวณท้ายอ่างเก็บน้ำเพื่อช่วยปรับระดับใต้ดิน และไม่ให้พื้นที่

บริเวณทำอย่างเก็บน้ำนี้ถูกทอดทิ้งเกิดการชะล้างพังทลาย และถ้าเป็นไปได้ควรปลูกไม้ยืนต้นเหล่านี้โดยรอบอย่างเก็บน้ำ

8) ศึกษาและวิจัยรายละเอียดเกี่ยวกับสมดุลของเกลือในบริเวณพื้นที่ที่ให้หรือรับอิทธิพลของอย่างเก็บน้ำ

3.7.3 การแก้ไขและปรับปรุงคุณภาพของน้ำในอ่างที่เต็มให้สามารถใช้ประโยชน์ได้

สำหรับการแก้ไข หรือปรับปรุงคุณภาพของน้ำที่เต็มให้ดีขึ้นนี้เป็นสิ่งที่ยากมากและมีการลงทุนสูงพร้อมทั้งต้องได้รับความร่วมมือจากทุกๆ ฝ่าย พอดีจะสรุปวิธีการแก้ไขและปรับปรุงได้ดังนี้

1) นำเอาน้ำที่มีคุณภาพต่ำนั้นมาใช้แต่ต้องมีระบบการจัดการและควบคุมความเค็มของดินเป็นอย่างดี และดินบริเวณนั้นจะต้องมีการระบายน้ำดี พืชที่ปลูกต้องใช้พืชที่ทนความเค็มได้สูง การให้น้ำจะต้องให้น้ำมากกว่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชที่ปลูกเพื่อให้มีการชะล้างเกลือไม่ให้เกิดการสะสมภายในบริเวณรากพืช

2) ในกรณีที่น้ำในอ่างเก็บน้ำความเค็มสูงและสารละลายน้ำส่วนใหญ่คือ ธาตุโซเดียม ถ้าจะใช้น้ำควรมีการปรับปรุงคุณภาพของน้ำนั้นก่อน โดยผสมกับน้ำจืดก่อนนำไปใช้ กรณีที่ดินบริเวณที่จะใช้น้ำเป็นดิน โซดิกอาจจะผสมผงยิปซัมลงไปใต้น้ำเพื่อเพิ่มความซึมของดินให้สูงขึ้น

3) ในกรณีที่พื้นที่เหนืออ่างเก็บน้ำมีดินเค็มหรือน้ำใต้ดินเค็มควรป้องกันไม่ให้ น้ำที่เค็มนี้ไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ โดยทั้งนี้อาจทำเป็นคันหรือคูบนน้ำ

4) ปรับปรุงลักษณะการส่งน้ำออกจากอ่างเก็บน้ำ โดยพยายามในส่วนล่างของอ่างเก็บน้ำ เนื่องจากน้ำที่เค็มนี้จะมีน้ำหนักสูงกว่าน้ำที่เค็มน้อยกว่าจึงวางตัวอยู่ส่วนล่างของอ่างเก็บน้ำ

5) การแก้ไขและปรับปรุงน้ำที่เค็มโดยใช้เครื่องมือเครื่องประคิษฐ์ต่างๆ ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การกลั่น (distillation) การแพร่ผ่านเยื่อ โดยอาศัยแรงดัน (reverse osmosis) เป็นต้นวิธีการเหล่านี้เป็นวิธีที่ต้องลงทุนสูงมากทำให้ต้นทุนนี้ราคาสูงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ แต่ในกรณีเร่งด่วนและผลตอบแทนที่ได้มีประโยชน์ต่อประชากรหลายฝ่าย วิธีการนี้ก็ควรได้รับการพิจารณา เนื่องจากปัจจุบันมีการวิจัยและประยุกต์วิธีการเหล่านี้ให้เหมาะสมและมีราคาถูกลง

6) ในบริเวณที่พอจะหาน้ำจืดได้ เราสามารถที่จะนำมาผสมกับน้ำที่มีคุณภาพต่ำให้สามารถนำมาใช้ได้ แต่ต้องได้รับการควบคุมดูแลที่ดีไม่ให้คุณภาพน้ำต่ำเกินกว่าระดับที่จะเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้

วิธีการเหล่านี้นับว่าเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วให้ใช้ประโยชน์ได้จึงปฏิบัติได้ยาก ดังนั้นวิธีการแก้ไขที่ดีที่สุดคือ การป้องกันไม่ให้เกิดการสร้างอ่างเก็บน้ำที่ก่อให้เกิดปัญหาดินเค็ม

3.7.4 กรมทรัพยากรธรณี

ชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคามสะสมตัวอยู่ในแอ่งอุดร-สกลนคร มีลักษณะการวางตัวเป็นชั้นและตื้นจากผิวดิน ความเค็มของน้ำใต้ดินในอีสานมีความสัมพันธ์อยู่กับเกลือหินเหล่านี้ จากการศึกษาธรณีวิทยาใต้ผิวดินแบบกว้างๆ โดยอาศัยข้อมูลการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นหิน (Seismic) และข้อมูลการเจาะสำรวจแร่โปแตสในอีสาน เปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำใต้ดินในแต่ละบริเวณในแอ่งทั้งสอง ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความสัมพันธ์กับความลึก และการมีลำดับชั้นคราบของหมวดหินมหาสารคาม และการเคลื่อนตัวในแนวคิ่งของเกลือหินชั้นล่าง โดยการปลดแทรกขึ้นมาเป็นโคม

ปัญหาการพัฒนาใต้ดินในบริเวณแอ่งอุดร-สกลนคร คือความเค็มของน้ำใต้ดินซึ่งในจำนวนนี้บางพื้นที่ให้น้ำเค็มเป็นส่วนใหญ่ บางพื้นที่ให้น้ำจืดเกือบทั้งหมดในปริมาตรสูง การเจาะหาน้ำบาดาลและการเจาะสำรวจแร่โปแตสในภาคอีสานในปี พ.ศ. 2522 ได้ที่การสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน (Seismic) อย่างกว้างขวางทำให้ได้เห็นลักษณะการวางตัวของชั้นดินและหินใต้ผิวดิน รวมทั้งบริเวณที่ให้ลักษณะน้ำใต้ดินแต่ละแบบ

1) กลุ่มน้ำก้ำตั้งอยู่ในบริเวณแอ่ง อุดร-สกลนคร ได้แก่ที่ราบในบริเวณจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร และนครพนม แม่น้ำที่สำคัญในบริเวณนี้ได้แก่ แม่น้ำสงคราม และแม่น้ำอุบล ซึ่งไหลมาจากเทือกเขาภูพานขึ้นเหนือไปสู่แม่น้ำโขง

2) บริเวณโพธิพิสัย-บ้านแพง ได้แก่บริเวณเนินราบ และที่ราบในเขตพื้นที่อำเภอโพธิพิสัย โช้พิสัย ปากคาด บึงกาฬ และอำเภอลือเสาะ จังหวัดหนองคาย และอำเภอบ้านแพง จังหวัดนครพนม ลักษณะเป็นเนินของทรายหรือหินมีที่ราบลุ่มเล็กน้อย ทางด้านตะวันออกเป็นเทือกเขาซึ่งมีแนวยาวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ภูสิงห์ ภูทอก ภูวัว และภูถ้ำกา บริเวณสูงสุดได้แก่ ยอดภูถ้ำกาเหนือ คือประมาณ 563 เมตรจากระดับน้ำทะเล

3.7.5 ลักษณะชั้นหินใต้ผิวดิน

ชั้นเกลือหินใต้ผิวดินในภาคอีสานมีอยู่ในแอ่งอุดร-สกลนคร โดยทั่วไปจะอยู่ลึกไม่เกินกว่า 1,000 เมตรจากระดับผิวดิน ชั้นเกลือหินนี้คือ หมวดหินมหาสารคามซึ่งวางตัวอยู่หมวดหินโครครวและอยู่ใต้หมวดหินภูทอก สิ่งที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการวางตัวของชั้นเกลือหินใต้ดินคือการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกในระหว่างและภายหลังการสะสมตัวของชั้นเกลือหิน และการเคลื่อนตัวทั้งในแนวระนาบและแนวคิ่งของเกลือหินชั้นล่างสุด ลักษณะชั้นเกลือหินเหล่านี้แบ่งตามรูปร่างได้ คือ พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น โคมเกลือหิน และชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกคั่น

ก. พวกที่มีลักษณะเป็นชั้น

แบ่งออกได้เป็นพวกที่วางตัวในแนวระนาบซึ่งมีทั้งที่อยู่ในระดับตื้น และที่อยู่ในระดับลึก จากผิวดินกับพวกที่วางตัวเฉียงเทพวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับตื้นหมายถึงกลุ่มของชั้นเกลือหินซึ่งวางตัวในแนวระนาบ และส่วนบนสุดของชั้นเกลือหินจะอยู่ไม่ลึกนักจากระดับผิวดิน อาจจะมีชั้นเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น หรือมีชั้นกลางกับชั้นล่าง แต่โดยทั่วไปแล้วพวกนี้จะมีเกลือหินชั้นล่างเพียงชั้นเดียว ตัวอย่างเช่นใน Seismic ทั้ง 2 แนวพบว่ามีเฉพาะเกลือหินชั้นล่าง และอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 70 เมตร และ 170 เมตรตามลำดับเกลือหินชั้นกลางและชั้นบน ได้ถูกกัดเซาะหายไป

ข. พวกที่วางตัวในแนวระนาบอยู่ในระดับลึก

ชั้นเกลือหินจะอยู่ลึกจากระดับผิวดินและจะมีเกลือหินครบทั้ง 3 ชั้น ตัวอย่างเช่นใน Seismic ซึ่งจะพบชั้นเกลือหินที่ความลึกจากระดับผิวดินประมาณ 700 เมตรและ 550 เมตรตามลำดับวางตัวในแนวเกือบจะระนาบหรือคดโค้งหรือมีรอยเลื่อนตัดผ่านเนื่องจากการเคลื่อนตัวของเกลือชั้นล่างสุด

1) โคมเกลือหิน เป็นเกลือหินปูนที่ปูคแทรกขึ้นมา ซึ่งมีเห็นในภาพตัดขวางนั้นมีทั้งที่เป็นรูปร่างคล้ายหมอนและรูปร่างเหมือนทรงกระบอก และส่วนยอดของโคมก็มีทั้งที่อยู่ลึก และอยู่ตื้นจากระดับผิวดิน ขนาดที่เห็นได้ใน Seismic ก็แตกต่างกัน โคมเกลือหินเหล่านี้เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนตัวขึ้นที่สูงที่สุดในแนวคิงของเกลือชั้นล่างสุด และมักจะพบมากในบริเวณกลางแอ่ง ตัวอย่างเช่นใน Seismic โคมเกลือหินตัวใหญ่ที่ข้างซ้ายกว้างประมาณ 2.5 กิโลเมตร ส่วนยอดของโคมเกลือหินนี้ อยู่ใกล้กับผิวดินมาก คาดว่าเพียงไม่กี่สิบกิโลเมตร โคมเกลือหินตัวเล็กข้างขวา กว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ส่วนยอดของโคมเกลือหินนี้ คาดว่าจะอยู่ลึกจากระดับผิวดินประมาณ 540 เมตรระหว่างโคมเกลือหินทั้งสองนี้ จะเห็นเป็น โคมเกลือที่ปูคขึ้นมาอยู่ใกล้ระดับผิวดินมากๆ มักจะทำให้ระดับผิวดินในบริเวณนั้นต่ำกว่าบริเวณใกล้เคียง หรือเป็นที่ลุ่ม ทั้งนี้คาดว่าเนื่องจากน้ำใต้ดินละลายเอาเกลือหินส่วนที่ปูคขึ้นมาอยู่ใกล้กับระดับผิวดินออกไปจึงก่อให้เกิดการยุบตัวลงของชั้นดินและหินที่อยู่ข้างบน แต่ก็มีได้หมายความว่าในบริเวณที่ลุ่มจะแสดงถึงบริเวณยอดของโคมเกลือหินที่อยู่ใกล้ระดับผิวดินในทุกกรณี

2) ชั้นเกลือหินคดโค้งแทรกคั่น ชั้นหินต่างๆ ของหินชุดมหาสารคาม ก่อตัวเป็นชั้นหินคดโค้งคดลบทำให้ชั้นเกลือหินพุ่งขึ้นใกล้กับผิวดินและถูกทำลายโดยน้ำบาดาลละลายอยู่ตามผิวดิน และลึกลงไปอยู่ โดยทั่วไปชั้นหินดังกล่าวได้ข้อมูลจากการเจาะสำรวจ โพแทช และเกลือหินในบริเวณอำเภอนาเชือก และ โครงสร้างชั้นหินคดโค้งคดลบบีบได้จากการแปรและเปรียบเทียบ

3.7.6 สภาพปัญหา

ในระหว่างปี พ.ศ. 2497 ถึง 2508 กรมโลหกิจ (กรมทรัพยากรธรณีในปัจจุบัน) ด้วยความร่วมมือของสหรัฐอเมริกา ได้มีโครงการเจาะสำรวจหาแหล่งน้ำใต้ดินในภาคอีสาน ผลจากการสำรวจในครั้งนั้นได้ทำให้ทราบปริมาณและคุณภาพของน้ำในบริเวณต่างๆ ของภาคอีสาน และได้พบว่าสิ่งที่เป็นอุปสรรคและปัญหาอย่างยิ่งต่อการพัฒนาน้ำใต้ดินในภาคอีสานคือ ในบางบริเวณจะได้น้ำกร่อยถึงเค็มเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงได้มีการแบ่งภาคอีสานออกเป็นพื้นที่ตามโอกาสที่จะพบน้ำคุณภาพดี นอกจากนั้นยังได้พบว่าในแอ่งอุดร-สกลนคร และแอ่งโคราช-อุบลราชธานี มีชั้นเกลือหินสะสมตัวอยู่ข้างล่าง และเชื่อว่าชั้นเกลือนี้มีอิทธิพลต่อความเค็มของน้ำใต้ดินอีสาน นอกเหนือจากบริเวณที่ได้น้ำเค็มเป็นส่วนใหญ่แล้ว ยังพบว่าในบางบริเวณได้น้ำคุณภาพดี และมีปริมาณมากพบที่จะพัฒนาเพื่อการชลประทาน หรือการเกษตรกรรมได้ เช่น ที่ศูนย์เกษตรกรรมท่าพระ ขอนแก่น เป็นต้น

ในเวลาต่อมา ได้มีการขุดเจาะหาน้ำใต้ดินในภาคอีสานเป็นอันมาก ในปี พ.ศ. 1973 C. Phiancharoen ได้รวบรวมข้อมูลผลการเจาะน้ำบาดาลในอีสานจัดทำเป็นแผนที่อุทกธรณีวิทยาของภาคอีสานมาตราส่วน : 500,000 โดยได้แสดงให้เห็นถึงปริมาณและคุณภาพน้ำบาดาลและลักษณะหินที่ให้น้ำบาดาลในแต่ละบริเวณ

3.8 Salinity and the discharge of salts from catchments in Australia (Journal of Hydrology 272 (2003) 191–202)

3.8.1 วัตถุประสงค์

- 1) ระบุพื้นที่เสี่ยงที่จะกลายเป็นเขตดินเค็มซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าพื้นที่ค่าความเป็นไปได้นั้นมากกว่าระดับที่กำหนดไว้ (เช่น 75 %) ซึ่งผิวน้ำดินจะกลายเป็นเขตดินเค็มภายในระยะเวลาที่กำหนดไว้ เช่น 10 ปี
- 2) พัฒนาความเข้าใจในกระบวนการเกิดความเค็ม เพื่อข้อมูลที่เพียงพอในการเลือกตัวเลือกที่เป็นจริงในการพัฒนาการป้องกันและปรับปรุงดินที่ได้รับผลกระทบ
- 3) ประเมินผลกระทบของดินและน้ำเค็มในกระบวนการจัดการดินซึ่งจะนำมาพิจารณาให้มีการควบคุมที่มีประสิทธิภาพและปรับปรุงความเค็มที่เกิดจากมนุษย์ให้ดีขึ้น

3.8.2 การตรวจสอบพื้นที่รับน้ำ (Cathment investigation)

การตรวจสอบของดินเค็มที่เกิดจากมนุษย์ในออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้ที่อธิบายไว้ใน การศึกษาลบนี้ นำมาจากพื้นที่ทดลองในบริเวณ 100-350 เฮกเตอร์ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวถูกคัดเลือก ให้เป็นตัวอย่างของเขตที่มีปริมาณน้ำฝนสูงและกลางของภูมิภาค และในกลุ่มที่มีความคล้ายคลึง กันทางสภาพแวดล้อม , ภูมิอากาศ และการเกษตรกรรม

ภูมิศาสตร์ , geomorphology , วิชาแร่ ,ดินและการเกษตรกรรมของพื้นที่ ดังรายละเอียด มี 2 กลุ่มในเขตป่าดั้งเดิม (ป่ายูคาลิปตัสพื้นเมือง) ในเขตภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งได้รับ ปริมาณน้ำฝนประมาณ 1200 และ 800 mm นอกจากนี้ในเขตหินแกรนิตเป็นส่วนใหญ่และมีเขื่อน ดินซึ่งมีความลึกเฉลี่ยประมาณ 30 m. และดินตะกอนที่เกิดจากการกัดกร่อนและการสะสมของ ตะกอนใหม่ในหุบเขา และพื้นที่ถูกติดตั้งเครื่องมือการวัดในปี 1973 และ 1977 ซึ่งได้รับการ ปรับปรุงพัฒนาเพื่อการเกษตรกรรม

รูปแบบของดิน, การเกษตรกรรมและภูมิประเทศที่สัมพันธ์กัน 4 แบบ ในแต่ละพื้นที่ ซึ่ง สามารถกำหนดได้ว่าเป็น hydrological province ซึ่งได้รับเลือกให้ติดตั้งเครื่องมือวัดใน 5 site ใน แต่ละพื้นที่ที่มีชั้นหินเป็นใจกลางของหินฐานราก หรือ ซึ่คจำกัดของเครื่องมือที่ใช้ตรวจหาความ หนาแน่น, ความจุน้ำและส่วนประกอบที่มีอนุภาคประจุไฟฟ้า ของสารสกัด 1:5 จากตัวอย่าง นอกจากนี้ยังมีการบันทึกอย่างต่อเนื่องในส่วนของปริมาณน้ำฝนในแต่ละเดือน (โดยเครื่องมือ ปริมาณน้ำฝน) , ความชุ่มชื้นดิน(นิวตรอนเข้าถึงท่อที่ความลึก 6 ม.) ,ระดับน้ำใต้ดิน ,EC ,อัตรา การไหล เพื่ออธิบายอ่างเก็บน้ำในแต่ละแห่ง และได้มีการนำตัวอย่างจากลำน้ำและน้ำใต้ดินมา วิเคราะห์ทางเคมี นอกจากนี้ยังได้มีการเจาะ โพลงในพื้นที่ที่เลือกไว้เพื่ออธิบายน้ำใต้ดินให้ดีขึ้น และมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 1973 ถึงปี 1983 ต่อมา มีเพียงอัตราการไหลและECที่ ไหลออกจากอ่างเก็บน้ำเท่านั้นที่มีการติดตามผลซึ่งการติดตามจะเว้นช่วง 6 เดือน

3.8.3 การอธิบายโครงสร้างของดิน (Soil profile description)

การสะสมส่วนผิวดิน ซึ่งได้แก่ ทราย , ดินที่อุดมสมบูรณ์ (loams) และลูกรังsesquioxidic จาก 2-3 cm ทุกๆความลึก 1 m.

ในโครงสร้างทั่วไป ดินดังกล่าวอยู่เหนือ a mottled zone , pallid zone, weathering zone และฐานหิน ถึงแม้ว่าชั้นหินจะไม่สามารถแยกออกจากกัน ได้อย่างง่ายดาย) ตามปกติแล้ว เขต ต่างๆจะสลับกับเขตอื่นๆ โดยเฉพาะ mottled zone กับ pallid zone และ pallid zone กับ weathering zone การสลับเขตกันนี้เป็นลักษณะความผันผวนทางภูมิศาสตร์

basic rock weather จะผลิตผิวหน้าดินโดยดินเหนียว(ส่วนใหญ่เป็นดินขาว) ซึ่งมาจากอุปสรรคที่น้ำใต้ดิน และ ทั้งหินแกรนิตและหินพื้นฐานมาจาก pallid zone โดยหินที่มีความหนาแน่นต่ำ (มีรูพรุนสูง) ซึ่งช่วยป้องกันพื้นผิวของหินดั้งเดิม

3.8.4 ลักษณะการซึมผ่านและน้ำดิน (Infiltration characteristic and soil water)

sorptivity (s) และ saturated hydraulic conductivity at saturation (Ks) ในพื้นที่ทดลองคือ ในสภาพป่าดินมีความสามารถในการซึมผ่านสูงแต่ในบริเวณที่ถางเพื่อการเพาะปลูกและสร้างทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ดินไม่สามารถซึมผ่านได้ นอกจากนี้ ทั้งในบริเวณที่ถางแล้วและเป็นป่าค่า Ks สามารถลดค่า 10 เท่า และลด s ได้ 3 เท่า เพื่อให้มีการไหลออกของเกลือจากผืนดินให้น้อยลง

ดังนั้น การไหลออกของเกลือมาจากพื้นที่ที่มีน้ำซึมผ่าน จึงสรุปว่า การวิเคราะห์การซึมผ่านไม่ตรงกับ hydrologic province ที่ได้อธิบายไว้ในการทำแผนที่และ geomorphology

3.8.5 การแพร่กระจายเกลือใน vadose zone

การสะสมเกลือในดินผิวน้ำมาจากใจกลางเกลือที่อยู่หลายพื้นที่ในตะวันตกเฉียงใต้ของออสเตรเลียตะวันตก การสะสมเกลือไรต์ในอ่างเก็บน้ำทดลอง ส่วนใหญ่การเก็บสะสมเกลือไรต์มีค่าตั้งแต่ 1.6 ถึง 9.0 kg m⁻² (ค่าเฉลี่ย 5.0 kg m⁻²) ในอ่างเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำฝนสูงและในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำจะมีค่า 0.9-38.9 kg m⁻² (ค่าเฉลี่ย 23.2 kg m⁻²) นอกจากนี้เกลือในดิน (Chloride หมายถึง NaCl) ซึ่งในความลึก 1 ม.จะมีค่าความเค็ม 4.5 kg m⁻² หรือ 1.8 kg ของ Cl ต่อตารางเมตร นอกจากนั้น site ส่วนใหญ่ที่ได้ศึกษาจะมีการไหลแบบแนวตั้งภายในโครงสร้างเป็นผลมาจากความเค็ม

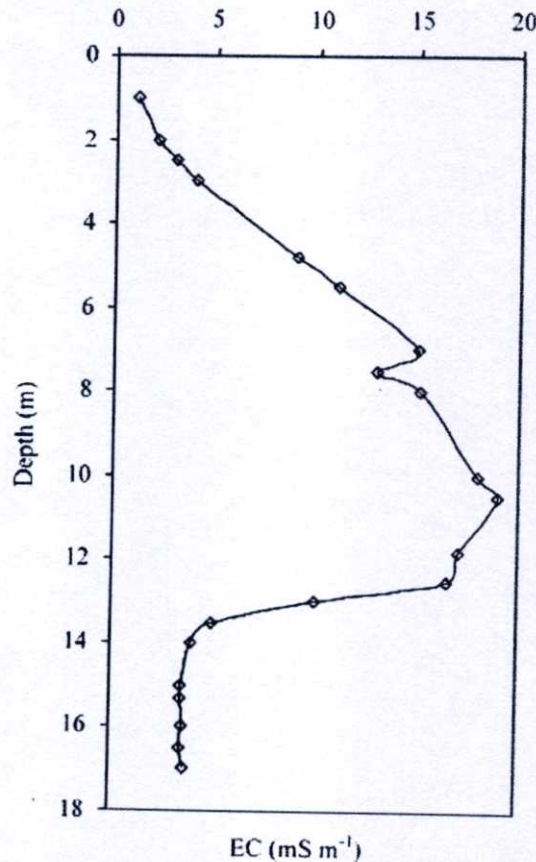
การแพร่กระจายของสารละลายเกลือในโครงสร้างได้ถูกจัดหมวดหมู่เป็น “bulge” หรือ “การเพิ่มขึ้นในระดับเดียว” (monotonically increasing) โดยที่ชนิดของ bulge จะมากกว่าปกติ

ในรูปที่ 3.2 ได้นำเสนอและให้ตัวอย่างดังนี้ สมมติฐานการไหลต่อเนื่อง 1 มิติ และความเข้มข้นของ chloride ion ใน โครงสร้างและในปริมาณน้ำฝนที่ได้ถูกนำไปใช้ร่วมกับตัวเลขสัมประสิทธิ์ของความชุ่มชื้นที่ขึ้นอยู่กับ การแพร่เกลือไรต์ในดิน (moisture-content dependent diffusion coefficient chloride in soil) เพื่อประเมินโครงสร้างของการไหลแบบแนวตั้ง ซึ่งสรุปได้ว่า ดินหยาบที่ผิวน้ำดินจะถูกชะล้างโดยน้ำฝนแต่ในส่วนดินเหนียวของ vadose zone การไหลของน้ำจะน้อยมาก ในภูมิภาคที่ปริมาณน้ำฝนต่ำการไหลของน้ำ (flux of water) จะอยู่ประมาณ 0.4 mm a⁻¹ และในภูมิภาคที่ปริมาณน้ำฝนสูงจะมีประมาณ 2-5 mm a⁻¹

นำการแพร่กระจายเกลือไรต์ใน vadose zone มาใช้ประเมินหาความหนาแน่นของการไหลในแนวตั้งในเขตป่า (forest site) ในออสเตรเลียตะวันตก

บทบาทของการแพร่กระจายการขนส่งสารละลายเกลือมีความสำคัญจาก 3 ใน 4 site และมีการเคลื่อนที่ เพราะความเข้มข้นไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นลักษณะเด่นในการเลือกของโครงสร้าง สรุปได้ว่า น้ำถูกดูดขึ้น โดยรากที่ถูกจำกัดให้มีความลึกน้อยกว่า 6 ม. ใน 3 ส่วนของ site นอกจากนี้รูปร่างของโครงสร้าง CI ที่อยู่ใต้ความเข้มข้นสูงเป็นผลมาจากระดับการไหลของน้ำที่สูงกว่าเพียงเล็กน้อยภายในโครงข่าย ของดินผิวหน้าซึ่งในช่วงฝนตกน้ำก็จะไหลผ่านทางเดินที่ดีกว่า (preferred pathways)

สภาพแวดล้อมความชุ่มชื้นดินในเขต vadose zone การระเหยจากผิวหน้าดินมีบทบาท ร่องในความเข้มข้นของสารละลายใน โครงสร้างดินและกระบวนการพิเศษในการสะสม สารละลายเกลือในเขต vadose zone คือ การแยกประจุบวกออกไปในขณะที่รากพืชดูดน้ำขึ้นไป



รูปที่ 3.2 ตัวอย่าง โครงสร้างชนิดคอลลอยด์ในดินผิวหน้าจากออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้ the bulge ใน โครงสร้างคอลลอยด์ ใน vadose zone (ก่อนการปรับปรุง) ในตำแหน่งที่อยู่ใต้เขต เกษตรกรรม

3.8.6 การเพิ่มขึ้นของน้ำใต้ดิน (Ground water recharge)

ผลของการติดตามระดับน้ำใต้ดินในความลึกระดับ aquifer ภายในพื้นที่ที่ตกลง (ในช่วง winter rainy, perched aquifer มาจากน้ำที่ซึมผ่านผิวหน้าดินในเขต pallid zone) ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนสูงมีการวัดระดับผิวหน้าเพิ่มขึ้นเป็น 1-4 ม. ในช่วงฤดู winter wet ซึ่งแสดงถึง น้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้น ส่วนข้อมูลอื่นจะแสดงถึงมีการไหลเล็กน้อยผ่าน โครงข่ายของ vadose zone ในเขตดังกล่าว ส่วนในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยจะมีระดับน้ำใต้ดินน้อยกว่า 1 ม. ในบาง site อาจไม่พบระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นเลย ซึ่งสรุปได้ว่า หลังจากมีการระเหยน้ำฝนแล้วจะมีการเพิ่มระดับน้ำใต้ดินในระบบ aquifer

นอกจากนี้จากการวางป่าและการสร้างทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ในบริเวณพื้นที่ที่ได้เลือกไว้ จะมีระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นในอัตราเฉลี่ย 2.6 mm a^{-1} ทั้งในเขตปริมาณน้ำฝนสูงและต่ำ แสดงให้เห็นถึงผลของระดับน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นในอัตรา $65-100 \text{ mm a}^{-1}$ หรือประมาณ 6-12 % ของปริมาณน้ำฝน

3.8.7 ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำและความสมดุลของเกลือและปฏิกิริยาตอบสนองการปรับปรุง

(Catchment scale water and salt balance response to clearing)

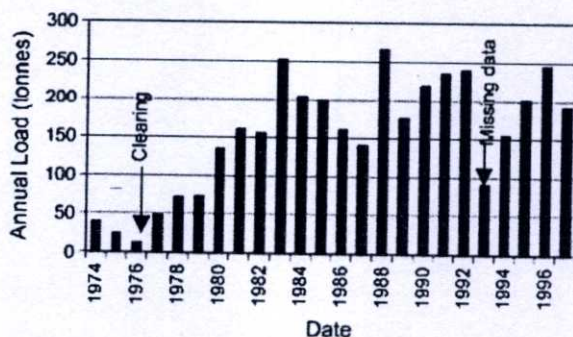
ผลที่เพิ่มขึ้นของน้ำและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของสายน้ำที่มาจาก การวางป่าได้ถูกบันทึกไว้จากทุกพื้นที่บน โลกแต่ก็ไม่มีที่ใดที่น่าสนใจดังเช่น ออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้ น้ำและความสมดุลของเกลือในพื้นที่ที่ตกลงในการวางป่าเพื่อการเกษตรกรรม ซึ่งในตอนแรก Peck and Hurle ได้แสดงถึงตาข่ายในการส่งออกคลอไรด์ จากแม่น้ำในออสเตรเลียตะวันตกซึ่งรวมถึงพื้นที่แยกย่อยในการเกษตรกรรมทำให้มีการวิเคราะห์ถึงการกรองเกลือที่เป็นพลวัตรจากพื้นที่เนื่องจากการพัฒนาเกษตรกรรมด้วย ในส่วนตัวเลือกของการจัดการเชิงกลยุทธ์รวมทั้งตัวเลือกที่ไม่ต้องทำอะไรเลย “do nothing” อาจจะไม่ถูกต้องนักถ้ามีการคิดใหม่เพื่อสร้างความสมดุลใหม่ที่ต้องใช้เวลา 10 ปี หรือ 100 ปี หรือ 1000 ปี

Peck and Hurle ได้อธิบายว่า การกรองจากพื้นที่เป็นกระบวนการแทนที่ที่มีมิติหลากหลายผสมกัน ส่วนเกลือจะสามารถกรองได้ในเฉพาะสถานการณ์พื้นฐานเท่านั้น นอกจากนี้มีการประเมินว่า การแพร่กระจายของน้ำใต้ดินใช้ตัวแบบพื้นฐานรวมกัน จากนั้นคุณสมบัติทางเวลาของการกรองอ่างเก็บน้ำจะเป็นอัตราส่วนของกลุ่มน้ำใต้ดินที่สะสมไว้ในอ่างเก็บน้ำกับอัตราการแพร่กระจายของน้ำใต้ดิน ผลที่ได้จากอ่างเก็บน้ำ 7 แห่งในออสเตรเลียตะวันตก มีระยะเวลา 30 – 400 ปี

รูปที่ 3.3 แสดงการแพร่กระจายเกลือรายปีในสายน้ำจากพื้นที่ที่ตกลง ซึ่งข้อมูลคำนวณมาจากการบันทึกการไหลและ EC อย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 3.3 แสดงการแพร่กระจายเกลือที่เพิ่มขึ้นจากอ่างเก็บน้ำในระยะเวลา 7 ปี หลังจากมีการวางป่า ต่อมาความผันผวนของการที่ฝนตกทุกปีและพลาดข้อมูลในปี 1993 ซึ่งได้ปิดบังแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงการใช้รูปแบบการกรอง (leaching model) ของ คุณสมบัติทางเวลาของการกรองจากพื้นที่ที่ถูก ประเมินไว้ประเมินไว้ประมาณ 10 ปี อย่างไรก็ตามหลังจากมีการวางป่าเป็นเวลา 20 ปี ที่ไม่มีการระบุนการเสื่อมลงของการแพร่กระจายในน้ำ ปัญหการกรองหลายมิติและการไหลอย่างต่อเนื่องผ่านรูปแบบ 2 มิติของ aquifer และ กระบวนการเสื่อมถอยโดยเลขพีชคณิต และ Peck ได้จำกัดการไหลดังกล่าวซึ่งมีอัตราความยาวและความหนของ aquifer มากกว่า5 ดังเช่นที่ โมเดลของ Raats (Raats model) ได้สร้างความเข้าใจระบบการขนส่งเกลือในพื้นที่และประโยชน์ของโมเดลดังกล่าวถูกจำกัดโดยสมมติฐานการไหลอย่างต่อเนื่องและรูปแบบคุณลักษณะของ aquifer

ส่วนเหตุผลที่ทำให้โมเดลการกรองโดยใช้เลขพีชคณิตล้มเหลว (the exponential leaching model) คือ ไม่มีการเคลื่อนที่ของระบบน้ำใต้ดินและระดับ aquifer เช่น ความผันผวนของค่า K ในชั้นหินและการแลกเปลี่ยนสารละลายระหว่างเมทริกซ์และทางเดินพิเศษสำหรับการเคลื่อนที่ของน้ำใน mottle, pallid และ weathering zone



รูปที่ 3.3 นำหนักการไหล หมายถึง การแพร่กระจายของเกลือจากพื้นที่(Wights) ที่ได้รับการปรับปรุงในเขตปริมาณฝนสูง (1200 mma²¹) และอ่างเก็บน้ำดังกล่าวได้รับการปรับปรุงในปี 1977 เพื่อเข้าถึงการเปลี่ยนแปลงในน้ำและเกลือ

3.8.8 โมเดลแนวคิดเพื่ออ่างเก็บน้ำที่มีความเค็มในออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้ (A conceptual model for saline catchment in southwest Australia)

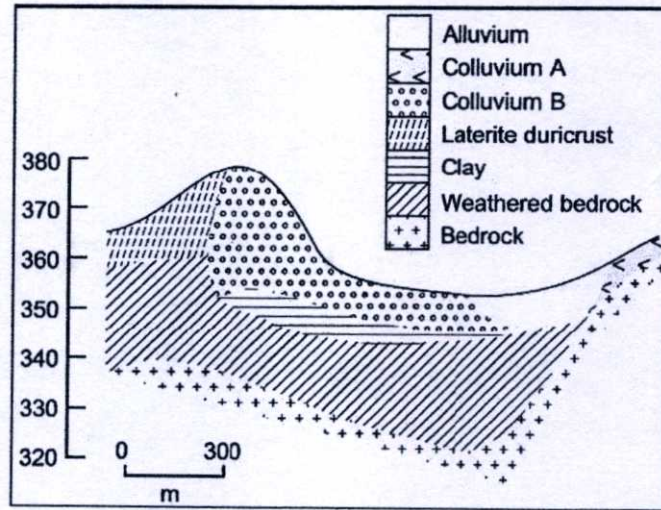
การควบคุมและกระบวนการเคลื่อนที่ของเกลือในระดับพื้นที่ซึ่งความซับซ้อนของการตอบสนองของเกลือในการปรับปรุงเป็นสิ่งสำคัญ Peck and Williamson สรุปว่า ความผันผวนในการแพร่กระจายของเกลือในน้ำใต้ดินไม่สามารถอธิบายได้ในสมการการขนส่งสารละลายเกลือ

โมเดลพฤติกรรมของเกลือในพื้นที่ที่เสียดุลยภาพที่ขึ้นอยู่กับความซับซ้อนและลักษณะของโมเดลความคิดในการสะสมเกลือ, การเคลื่อนที่และการขนส่งลงสู่แม่น้ำ

ในขณะที่ 1 ตัวอย่างก็สามารถจินตนาการถึงระดับความซับซ้อนซึ่งเป็นตัวแทนของภูมิประเทศที่มีเกลือและต่อมาได้พัฒนาการคำนวณที่คัดแยกกระบวนการเพื่อสร้างข้อมูลและความรู้ที่เหมาะสมดังนั้นจึงใช้โมเดลที่จำลองทางกายภาพ (e.g. WEC-C: Croton and Bari, 2001)

เส้นทางเกลือและการไหลของน้ำผ่านชั้นที่หลากหลายโดยมีการแพร่กระจายไปที่การเกษตรกรรม, ดินผิวหน้าและความผันผวนทางภูมิอากาศ ในส่วนการประเมิน ตัวแปรของปัจจัยมีปัญหาคือ มีความสับสนสูงซึ่งเป็นปัญหาสำคัญ รวมทั้งการที่ไม่มีรูปแบบที่เฉพาะเจาะจงและมีการประเมินคุณสมบัติที่ขึ้นต่อกันและกระบวนการสร้างตัวแปรและความคิดในโมเดลก็ยังหาข้อยุติไม่ได้ ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว โมเดลที่มีความซับซ้อน (complex model) ยังไม่สามารถใช้ในทางปฏิบัติได้ โมเดลที่มีความซับซ้อน (Complex model) ของการแพร่กระจายเกลือสามารถนำมาใช้ในการทดสอบความคิดได้โดยต้องมีพื้นฐานบนสูตรสมมติฐาน แต่ในความจริงแล้ว โมเดลดังกล่าวยังมีข้อมูลที่ได้จากการสำรวจไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในกระบวนการคิดหรือทางคณิตศาสตร์แต่ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการสังเกตที่เลียนแบบกันมา นอกจากนี้ข้อมูลทางกายภาพและทางเคมีที่มีจำกัดในภูมิภาคประเทศออสเตรเลียที่ได้รับความเสี่ยงจากการแพร่กระจายเกลือยังคงต้องการโมเดลอย่างง่ายที่เหมาะสม

ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของข้อมูลและความเข้าใจในกระบวนการและโมเดลความซับซ้อนได้ถูกนำมาเป็นตัวอย่างในการพัฒนาระดับน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายของเกลือในพื้นที่รุ่นแรกในออสเตรเลียตะวันตก ในกรณีนี้ ตัวแทนลักษณะตัวเลขของการไม่ต่อเนื่อง การไหลของน้ำใต้ดิน 2 มิติที่ไม่จำกัดและไม่เหมือนกันและ isotope aquifer ได้ถูกนำมาเป็นตัวแปรของอ่างเก็บน้ำที่ได้รับการปรับปรุงแล้ว โดยมีพื้นฐานอยู่บนข้อมูลจาก test pumping ที่จำกัด สมมติฐานค่าการเพิ่มน้ำและโมเดลการไหลอย่างง่าย อย่างไรก็ตาม โมเดลอย่างง่ายควรปรับให้ถูกต้องตามมาตรฐานและมีแนวโน้มต้องการทำให้มีการเปลี่ยนค่าตัวแปรที่เป็นจริงได้ ในการวิเคราะห์ดังกล่าวอธิบายถึงเวลาที่ใช้ในการสร้างดุลยภาพทางอุทกวิทยาระหว่างการเพิ่มน้ำใต้ดินและการแพร่กระจายเพื่อประเมินความพยายามของการแพร่กระจายความเค็ม ส่วน โมเดลสัมประสิทธิ์การเสื่อมถอยอย่างง่าย (Simplified exponential decay model) โดยมีพื้นฐานอยู่บนอัตราส่วนของการแพร่กระจายน้ำใต้ดินและการสะสมน้ำผิวดิน



รูปที่ 3.4 โมเดลความคิดทางน้ำในอ่างเก็บน้ำที่ได้ปรับปรุงแล้ว (A conceptual model of the hydrogeology of extensively cleared catchment) ในออสเตรเลียตะวันตกเฉียงใต้, จาก Salama et al. (1993a). หลังจากปรับปรุงระดับน้ำใต้ดินภายในชั้นหินใต้ดินจนกระทั่ง aquifer เกือบถูกจำกัด โดยดินเหนียว aquifer ดังกล่าวจะแพร่กระจายซึ่งสามารถเข้าถึงผิวหน้าดินและลำน้ำได้ นอกจากนี้ น้ำใต้ดินพัฒนาในหินทรายที่อยู่เหนือดินเหนียวและส่งน้ำตามฤดูกาลทางลำน้ำ

3.8.9 การทำนายการแพร่กระจายของเกลือจากอ่างเก็บน้ำ (Prediction of salt discharge from a catchments)

Peck ได้ใช้วิธีการตรงข้ามในการประเมินน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นภายใต้พื้นที่ที่ได้รับการปรับปรุงแล้วโดยใช้วิธีการบันทึกการไหลของแม่น้ำเพื่อทำนายการแพร่กระจายความเค็มหลังจากที่มีการพัฒนาเกษตรกรรม โดยวิธีดังกล่าวได้ถูกปรับปรุงเพื่อทำนายการตอบสนองที่เป็นพลวัตของการแพร่กระจายน้ำที่เพิ่มขึ้นและการทำเกษตรกรรมใหม่ภายในพื้นที่ย่อยของแม่น้ำ วิธีการล่าสุดได้รวมถึงกระบวนการสร้างตัวแทนของระบบน้ำใต้ดินเพื่อจัดทำเวลาระหว่างอ่างเก็บน้ำส่วนที่ปรับปรุงและการแพร่กระจายน้ำใต้ดินที่เพิ่มขึ้นเพื่อสร้างลำน้ำ

โมเดลอื่นๆ ได้ถูกพัฒนาเพื่อประเมินผลกระทบจากการปรับปรุงระดับความเค็มในลำน้ำในออสเตรเลียตะวันตก โดยในขั้นแรกใช้การสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างการปรับปรุง อัตราการไหลของน้ำและการแพร่กระจายเกลือภายในอ่างเก็บน้ำย่อยเพื่อตรวจสอบแผนการปรับปรุง ขั้นที่สอง ดำเนินการใช้โมเดลผสมอย่างง่าย ซึ่งประยุกต์โดย Peck (1976) เพื่อรวม aquifer ชั้นสองกับระดับความเข้มข้นค่าของเกลือ

ในการวิเคราะห์การแพร่กระจายเกลือจากพื้นที่ Wights (รูปที่ 3.3) นอกจากนี้พิจารณาโมเดลทางคณิตศาสตร์ 3 แบบ (three mathematical models) ของกระบวนการซึม ซึ่งมีดังนี้ 1. โมเดลการไหลแบบลูกสูบอย่างง่าย (simple piston flow model) 2. โมเดลอันดับหนึ่ง (first order

kinetic model) ซึ่งไม่ได้นำไปคำนวณในเรขาคณิตของพื้นที่และ 3. คือ จำนวนการแพร่กระจายชั้นแรกของเกลือภายในพื้นที่โมเดลเหล่านั้นไม่ได้มีการอธิบายไว้อย่างชัดเจนในกระบวนการกายภาพซึ่งเชื่อว่าจะได้เกิดขึ้นระหว่างมีการแทรกซึมของพื้นที่ โมเดลตัวแปรได้ถูกนำมาประเมินโดยติดตั้งการวัดข้อมูล โดยประยุกต์ใช้ตัวแปรที่หนึ่งซึ่งตัวแปรที่เหมาะสมจะไม่มีจุดร่วมกันกับค่าที่เสถียร(คงที่) แต่ได้สรุปถึงเวลาที่คาดหวังที่จะสร้างคุณภาพคลอไรด์ในพื้นที่ซึ่งประมาณ 64 +/- 50ปี

อย่างไรก็ตาม ตัวแปรหนึ่งของโมเดลที่สองควรมีข้อยกเว้นที่แม่นยำซึ่งก็คือ โมเดลที่สองไม่มีค่าเสถียร แสดงให้เห็นว่าการแทรกซึมจะมีประสิทธิภาพได้ต้องใช้เวลานาน นอกจากนี้การใช้ค่ามัธยฐาน (median value) ของตัวแปรเพื่อการประเมิน ค่าเคลื่อนที่ของเกลือ 37 % ของค่าสุดท้ายใน 45 ปีและ 87 % ใน 90 ปี อีกด้วย

3.8.10 การทำนายพื้นที่ความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเกลือ(prediction of areas at risk of salinity)

ภูมิประเทศส่วนใหญ่ของออสเตรเลียตะวันตกมีระดับปริมาณน้ำฝนรายปี 250 – 800 mm โดยที่ดินผิวน้ำมีความเป็นไปได้ที่จะเกิดดินเค็มหลังจากมีการถางป่าแล้ว อย่างไรก็ตามเขตดังกล่าวมีระดับความเค็มที่ผันผวนและกึ่งต่อด้านหน่วย hydrogeomorphic ซึ่งสามารถจัดลำดับจากดินเค็มที่ไม่รุนแรงซึ่งมีผลต่อผลิตภัณฑ์การเกษตรถึงการพัฒนาชั้นเกลือตามธรรมชาติโดยไม่มี การเกษตรกรรม ส่วน ความผันผวนที่คล้ายกันจะเพิ่มระดับกระบวนการสร้างดินเค็ม (National Land and Water Resource Audit , 2001) ความเข้าใจสาเหตุของการผันผวนเป็นพื้นฐานของการทำนายความเสี่ยงในพื้นที่

วิธีการมาตรฐานที่ใช้ทำนายความเสี่ยงของกระบวนการสร้างดินเค็มในออสเตรเลียมีพื้นฐานอยู่ที่ระดับน้ำใต้ดินที่ผิวดินและอัตราของการพัฒนา ; สมมติว่าระดับน้ำใต้ดินที่ผิวดิน (ประมาณ 1-2 ม.ใต้ระดับผิวดิน) มีความเสี่ยงที่จะเค็ม ดังนั้นการใช้หลักการร่วมกับการทำนายตำแหน่งคุณภาพของระดับน้ำใต้ดินมีพื้นฐานตามประวัติศาสตร์ National Land and Water Resource Audit , (2001), สรุปว่าในอนาคตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงดินเค็มสูงอาจจะเพิ่มสูงขึ้น 17 ล้านเฮกเตอร์ ในความเป็นจริง อธิบายว่า ระดับน้ำใต้ดินที่ผิวดินไม่ได้เป็นเงื่อนไขสำคัญกระบวนการสร้างดินเค็ม นอกจากนี้ การควบคุมความสมดุลของเกลือในดินผิวน้ำใกล้เคียงสร้างความเข้าใจที่สมเหตุสมผลในทางทฤษฎีแต่ทำนายยากในทางปฏิบัติ ความผันแปรมีผลสะท้อนต่อ aquifer , การจำกัด aquifer , การไหลผ่านผิวน้ำดิน, การชะล้างหน้าดินและระดับน้ำใต้ดินที่เปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลทำให้ความสมดุลของเกลือหน้าดินเบาบางและเข้มข้นรวมกันได้ซึ่งไม่น่าจะเป็นไปได้ว่าในอนาคตออสเตรเลียจะมีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากเกลือ 17 ล้านเฮกเตอร์

การทำนายระดับน้ำใต้ดินที่ไม่สมดุลกันในพื้นที่ที่มีความน่าสนใจโดยปราศจากความสมดุลของเกลือที่มีความซับซ้อนเพิ่มขึ้น ได้ทบทวนวิธีการใช้โมเดลที่หลากหลายที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์ดังกล่าว ดังนั้นวิธีการส่วนใหญ่ที่ใช้คือ โมเดล 2 หรือ 3 มิติมาตรฐาน (a standard 2 or 3 D groundwater model) ซึ่งพื้นที่ aquifer และการเพิ่มน้ำใต้ดินจะถูกกำหนดเฉพาะเจาะจงในด้านเวลาและบริเวณและระดับน้ำใต้ดินก็จะถูกทำนายไว้ นอกจากนี้ Hatton (1998) ยังได้ทบทวนอัตราการเพิ่มน้ำใต้ดินในพื้นที่ (catchments scale groundwater recharge model) ซึ่งมีจุดเด่น คือ ระบุเฉพาะเจาะจงอัตราค่าเฉลี่ยการเพิ่มของน้ำใต้ดินในเวลานานในพื้นที่ที่เจาะจง ส่วนโมเดลอื่นๆพยายามรวมดินที่ใช้ในการปลูกพืชเป็นขั้นตอนการคำนวณเพื่อให้โมเดลการเพิ่มน้ำใต้ดินเป็นหน้าที่ของภูมิอากาศและพื้นดิน ตัวอย่างเช่น TOPOG (Dawes et al , 1997 ;Zhang,19999) and WEC-C (Croton and Bari ,2001)

ท้ายที่สุดการทำนายระดับความเข้มข้นของเกลือในโลกแห่งความจริงต้องมีพื้นฐานอยู่บนโมเดลความคิดที่มีเหตุผลของระบบและมีข้อมูลที่ตรงกับปัญหาในระบบดังกล่าว ในการใช้วิธีข้างต้น Peck and Hurlle (1973) and Salama et al. (1993a) ได้ทำนายการพัฒนาหรือความพยายามของความเค็มที่จะแพร่กระจายในการสะสมของน้ำใต้ดิน และเกลือ, ปัจจัยนำเข้าของเกลือ และอัตราการแพร่กระจาย ความท้าทายที่สำคัญ คือ เพิ่มการประเมินที่มีเหตุผลในการประเมินระดับของการผสมน้ำใต้ดินในเขตดินเค็มและการเพิ่มการสะสมเกลือในพื้นที่ ทำให้มีความคาดหวังว่าจะสามารถทำให้การประเมินและตัวแปรมีความถูกต้องมากขึ้น

ส่วนการปรับปรุง โมเดลเพื่อพัฒนาความสัมพันธ์ตามทฤษฎีระหว่างตัวแปรต่างๆซึ่งปัจจุบันได้มีการนำมาปฏิบัติโดยไม่ขึ้นกับโมเดลก่อนๆ นอกจากนี้ปัญหาด้านน้ำ Salama et al. (1997) and Salama et al. (1999a) ได้โต้แย้งว่า วิวัฒนาการของระบบแผ่นดินในออสเตรเลียที่ได้นำลักษณะภูมิประเทศ, ความลึกของน้ำใต้ดิน, พื้นผิวที่ลาดเอียง และพื้นที่ aquifer เข้าด้วยกัน ซึ่งมีพื้นฐานมาจากแนวความคิดสมัยแรกของ Strahler (1956) and Toth (1963, 1978). ซึ่งนักเขียนดังกล่าวได้ประยุกต์หลักการทาง hydrogeomorphic ในการแก้ปัญหาและการระบุตัวแปรในน้ำใต้ดินที่มีความเค็มและใน โมเดล aquifer อีกด้วย

Eagleson (1982) พัฒนาความสมดุลของน้ำซึ่งเป็นวิธีที่ทำให้ตัวแปรมีค่าน้อยลงในความสัมพันธ์ทางทฤษฎีที่นำทฤษฎีทางนิเวศวิทยาทางน้ำ (ecohydrological theory) มาสร้างความสัมพันธ์ทางความชุ่มชื้นของน้ำ, จำนวนสารของสิ่งมีชีวิตต่อหน่วยพื้นที่เกษตรกรรม และการระบายน้ำมาประเมินผลภายใต้ตัวแปรทางกายภาพของดินซึ่งจำทำให้การวัดมีความเหมาะสม ได้ยาก Hatton et al. (1997) ทบทวนวิธีการดังกล่าวและเปรียบเทียบกับโมเดลทางอุทกวิทยามาตรฐาน (standard hydrological modeling approaches) ซึ่งมีพื้นฐานบนความสัมพันธ์ทางธรรมชาติกับค่าตัวแปรทาง geomorphology และนิเวศวิทยาทางน้ำ แสดงระบบที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมของระดับความเค็มที่ไม่สมดุลในพื้นที่ Salama and Eagleson วางแผนการควบคุมตามทฤษฎีแต่มีความเป็นไปได้ว่าจะมีผลในทางเกษตรกรรม, ภูมิประเทศและเกลือ ย้อนกลับมากขึ้น

ซึ่งจะนำพฤติกรรมที่สามารถควบคุมได้ในโมเดลสูตร (Model formulation) และการประเมินค่าตัวแปรมาใช้

3.8.11 บทสรุป (Conclusion)

ระดับความเค็มที่เกิดจากมนุษย์จากการวางป่าเพื่อการเกษตรกรรมเป็นปัญหาด้านสภาพแวดล้อมและเศรษฐกิจที่สำคัญ ซึ่งมีผลกระทบต่อดินและน้ำในออสเตรเลียอีกด้วย ในออสเตรเลียตะวันตก มีน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นใน aquifer ในหินซึ่งเป็นผลมาจากการพัฒนาที่ดินซึ่งทำให้น้ำใต้ดินระเหยไปหรือแพร่กระจายสู่แม่น้ำ นอกจากนี้ ปัญหาการจัดการความเสี่ยงที่จะเกิดความเค็ม คือ การประเมินอัตราการเพิ่มน้ำใต้ดินเฉลี่ยเหนือพื้นที่อย่างน้อยที่สุด 1 เฮกเตอร์ ที่ซึ่งมีการเคลื่อนที่แบบแนวคิ่งและไหลผ่านทางเดินของรากส่วนที่เหลือและไหลผ่าน โครงสร้างหินที่อยู่ในชั้นหินบน aquifer

ปริมาณเกลือที่สะสมใน vadose zone โดยกระบวนการทางธรรมชาติก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดความเค็ม เมื่อได้รับการแพร่กระจายเข้าไปใน โครงสร้างและน้ำดินในเขตการแพร่กระจาย ซึ่งส่งเสริมให้เกิดความเข้าใจในการสะสมและการส่งถ่ายเกลือและน้ำแต่ความซับซ้อนของภูมิประเทศไม่อำนวยความสะดวกให้ทำนวยกภาพและพลังน้ำของดิน นอกจากนี้การพัฒนาการทำนายมีพื้นฐานอยู่บนการหาค่าตัวแปรตามตามประสบการณ์(การประเมินตามประสบการณ์) หรือ การสร้างกระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ ซึ่งการวิเคราะห์อย่างง่ายมีประสิทธิภาพและใกล้เคียงเวลาที่ดีที่สุดแต่ไม่ได้สร้างความเข้าใจในกระบวนการที่ลึกซึ้ง

จากข้างต้นทำให้มีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการความซับซ้อนของภูมิประเทศและการตอบสนองซึ่งเป็นการอธิบายถึง พื้นที่ที่เกิดขึ้นในอ่างเก็บน้ำที่จะนำไปสู่กระบวนการตีความที่มีพื้นฐานอยู่บน ภายกายและพลังน้ำของดินตามระเบียบแบบแผน

บทที่ 4

หลักการและทฤษฎี

4.1 ความหมายและประเภทของดิน

ดินเกิดจากการกักกร่อน ผุพัง และแตกสลายของหินต่างๆ โดยธรรมชาติ ทั้งจากอิทธิพลของดินฟ้าอากาศ อุณหภูมิห้อง ความชื้น ความกดดัน แรงดึงดูดของโลก และการเปลี่ยนแปลงทางเคมีแล้ว มีการเคลื่อนย้ายพัฒนา โดยตัวกลางต่างๆ เช่น ลม น้ำ ธารน้ำแข็ง เป็นต้น นำไปตกตะกอนทับถมในที่ต่างๆ เป็นชั้นดินขึ้นมา ทำให้คุณสมบัติของดินในแต่ละชั้นแต่ละแห่งแตกต่างกันไปไม่เหมือนกันวิศวกรได้แบ่งวัสดุที่ตกตะกอนทับถมกันเป็นผิวโลกออกเป็นดินและหิน ดิน คือส่วนที่ตกตะกอนทับถมกันไม่แน่น สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เช่น นำไปละลายน้ำ เป็นต้น หิน คือ ส่วนที่แข็งและยึดจับตัวกันแน่นมาก ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ง่ายๆ เหมือนดิน ดังนั้น ความหมายของดินในทางวิศวกรรม คือ วัสดุอะไรก็ตามที่ตกตะกอนและทับถมกันไม่แน่น เช่น กรวด (Gravel) ทราย (Sand) ตะกอนทราย (Silt) และ ดินเหนียว (Clay) หรือ ส่วนผสมของสิ่งเหล่านี้ ซึ่งอาจเป็นพวกที่มีความเชื่อมแน่น (Cohesion) หรือ ไม่มีความเชื่อมแน่น (Cohesionless) ก็ได้ โดยมีประเภทของดินคือ Residual soil คือ ดินส่วนที่ยังไม่ถูกเคลื่อนย้ายหรืออยู่ไม่ห่างจากแหล่งกำเนิด

ดินประกอบด้วยเนื้อดินหรือเม็ดดินและช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งในช่องว่างอาจจะเต็มไปด้วยน้ำหรืออากาศ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมีทั้งน้ำและอากาศปนกัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า ดินประกอบด้วย

1. ของแข็ง คือเนื้อดินหรือเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นแร่ธาตุต่างๆ
2. ของเหลว ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นน้ำ
3. ก๊าซ ซึ่งอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน โดยปกติจะเป็นอากาศ

ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยอากาศเรียกว่า ดินแห้ง (Dry soil) ถ้าช่องว่างเต็มไปด้วยน้ำเรียกว่า ดินอิ่มตัว (Saturated soil) ถ้าช่องว่างมีทั้งน้ำและอากาศเรียกว่า ดินชื้นหรือดินเปียก (Partially saturated soil หรือ Moist soil หรือ Wet soil)

เม็ดดินมีหลายชนิด ตั้งแต่ขนาดหยาบ (Coarse grained) เช่น พวหิน (Boulder หรือ Cobble) กรวด และ ทราย จนถึงขนาดละเอียด (Fine grained) เช่น พวตะกอนทราย ดินเหนียว และพวแขวนลอย (Colloids) การแบ่งขนาดของเม็ดดินเหล่านี้ แต่ละสถาบันจะกำหนดขึ้นมาและใช้เป็นมาตรฐาน ซึ่งแตกต่างกันออกไป ดังตัวอย่างในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ขนาดของเม็ดดิน (มณเฑียร กังศิเทียม, 2547)

ชนิดของดิน	ช่วงของขนาดเม็ดดิน มม.
หิน	ใหญ่กว่า 75 (3")
กรวดหยาบ	75 – 19 (3/4")
กรวดละเอียด	19 – 4.75 (# 4)
ทรายหยาบ	4.75 – 2 (# 10)
ทรายปานกลาง	2 – 0.425 (# 40)
ทรายละเอียด	0.425 – 0.075 (# 200)
ตะกอนทราย	0.075 – 0.005 หรือ 0.002
ดินเหนียว	0.005 หรือ 0.002 – 0.001
แขวนลอย	เล็กกว่า 0.001

4.1.1 รูปร่างของเม็ดดิน

เนื่องจากเม็ดดินประกอบด้วยแร่ธาตุต่างๆ มารวมตัวกัน ดังนั้นจึงมีรูปร่างต่างกันออกไป รูปร่างของเม็ดดินจะมีอิทธิพลทำให้คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดินเปลี่ยนไป โดยทั่วไปส่วนใหญ่รูปร่างของเม็ดดินจะเป็นดังนี้

1) เป็นก้อนหรือเป็นเม็ด (Bulky หรือ Equidimension grains) อาจมีลักษณะกลม กลมมน เหลี่ยมมน และเหลี่ยมคม ดินพวกเม็ดหยาบ เช่น กรวด ทราย ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุพวก Quartz และ Feldspar ดินที่ประกอบด้วยรูปร่างของเม็ดดินชนิดนี้สามารถจะรับน้ำหนักได้มาก และยุบตัวน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้ารูปร่างเป็นแบบเหลี่ยมคม แรงสั่นสะเทือนและแรงกระแทกทำให้มันอัดตัวกันแน่นได้ง่าย

2) เป็นแผ่นหรือเป็นเกล็ด (Flakey หรือ Plate-like grains) มีลักษณะเป็นแผ่นแบนและบางคล้าย ใบไม้ ได้แก่ พวกเม็ดละเอียด เช่น ตะกอนทราย ดินเหนียว ซึ่งประกอบด้วยแร่ธาตุพวก Mica และ Clay minerals เช่น Kaolinite ดินที่ประกอบด้วยรูปร่างของเม็ดดินชนิดนี้จะถูกอัดและยุบตัวได้ง่ายภายใต้ น้ำหนักคงที่ คล้ายใบไม้แห้งหรือกระดาษหลวมๆ ในตะกร้า แต่จะมั่นคงต่อแรงกระแทกหรือแรงสั่นสะเทือนมากกว่า

3) เป็นเส้น (Elongated หรือ Needle-like grains) มีลักษณะยาวคล้ายเข็ม ส่วนมากจะเป็น รูปร่างของพวก Clay mineral ชนิด Halloysite พวกใยหิน ซีเมนต์ใยไฟบางชนิด และพวกอินทรีย์สารเช่น Peat

4.1.2 สถานภาพของดิน

ดินพวกเม็ดละเอียดโดยเฉพาะดินเหนียว จะมีคุณสมบัติเปลี่ยนไปตามจำนวนน้ำที่มีอยู่ในดิน และจำนวนน้ำในดินนี้จะมีผลต่อสถานภาพของดิน เพราะจะทำให้ดินอยู่ในสภาพต่างๆ กัน เช่น ดินอาจมีสถานภาพเป็นของเหลว (Liquid state) เมื่อมีน้ำมากจนกระทั่งเนื้อดินมีลักษณะคล้ายของเหลวข้น ไม่สามารถทรงรูปอยู่ได้ และเมื่อปริมาณน้ำลดลงดินก็จะมีสถานภาพเป็นพลาสติก (Plastic state) มีลักษณะเหนียว สามารถปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ง่ายโดยไม่มีรอยแตกร้าว และเมื่อปริมาณน้ำลดลงอีก ดินก็จะมีสถานภาพเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง (Semi-solid state) เพราะ ปั้นเป็นรูปต่างๆ ได้ยาก มักจะมีรอยแตกร้าว จนในที่สุดอาจมีสถานภาพเป็นของแข็ง (Solid state) เมื่อมีปริมาณน้ำน้อยมากหรือไม่มีเลย ปริมาณน้ำที่เป็นจุดแบ่งสถานภาพต่างๆ ของดินนี้เรียกว่า Consistency Limits หรือ Atterberg's Limits ได้แก่

1) Liquid Limit (L.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากของเหลวเป็น พลาสติก หรือคือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถไหลไปได้ด้วยน้ำหนักของดิน

2) Plastic Limit (P.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสถานภาพจากพลาสติกเป็นวัสดุกึ่งของแข็ง หรือคือปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ดินสามารถถูกคลึงเป็นเส้นกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.2 มม. (1/8 นิ้ว) ได้โดยไม่เกิดรอยแตกที่ผิว

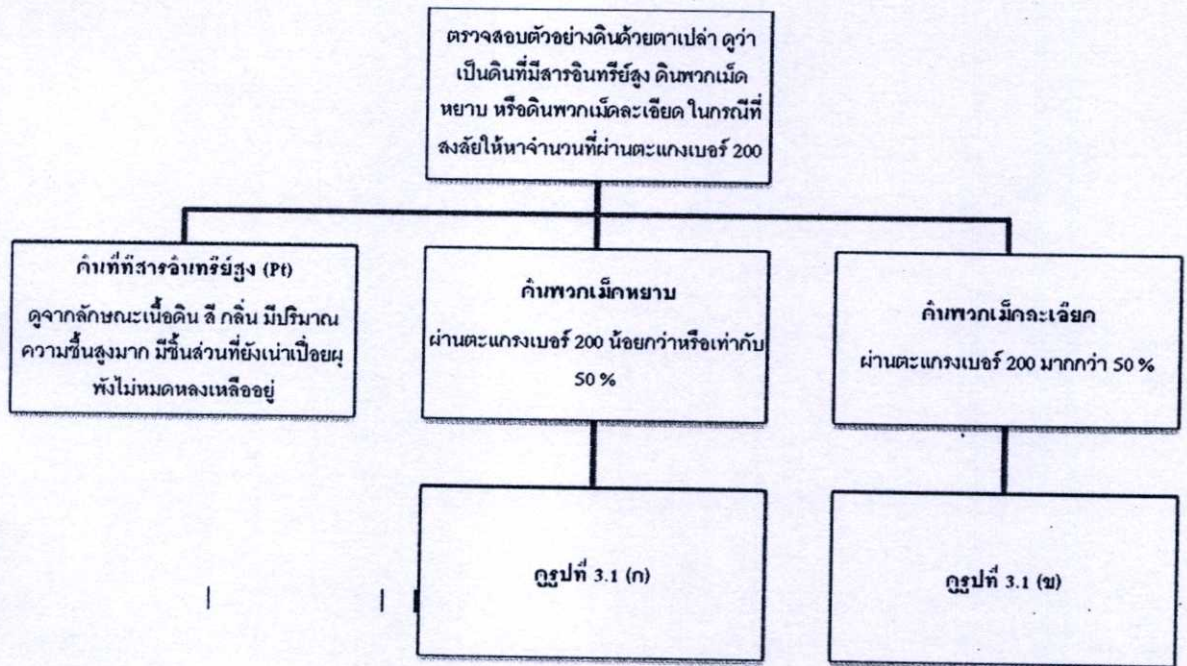
3) Shrinkage Limit (S.L.) คือปริมาณน้ำในดินที่จุดซึ่งดินเริ่มเปลี่ยนสภาพจากวัสดุกึ่งของแข็งเป็น ของแข็ง หรือคือปริมาณน้ำที่มากที่สุดซึ่งถึงแม้ว่าจะมีการสูญเสียน้ำอีกต่อไปก็ไม่ทำให้ดินหดตัวหรือลดปริมาตรลง

4.2 การจำแนกประเภทของดินในระบบ Unified

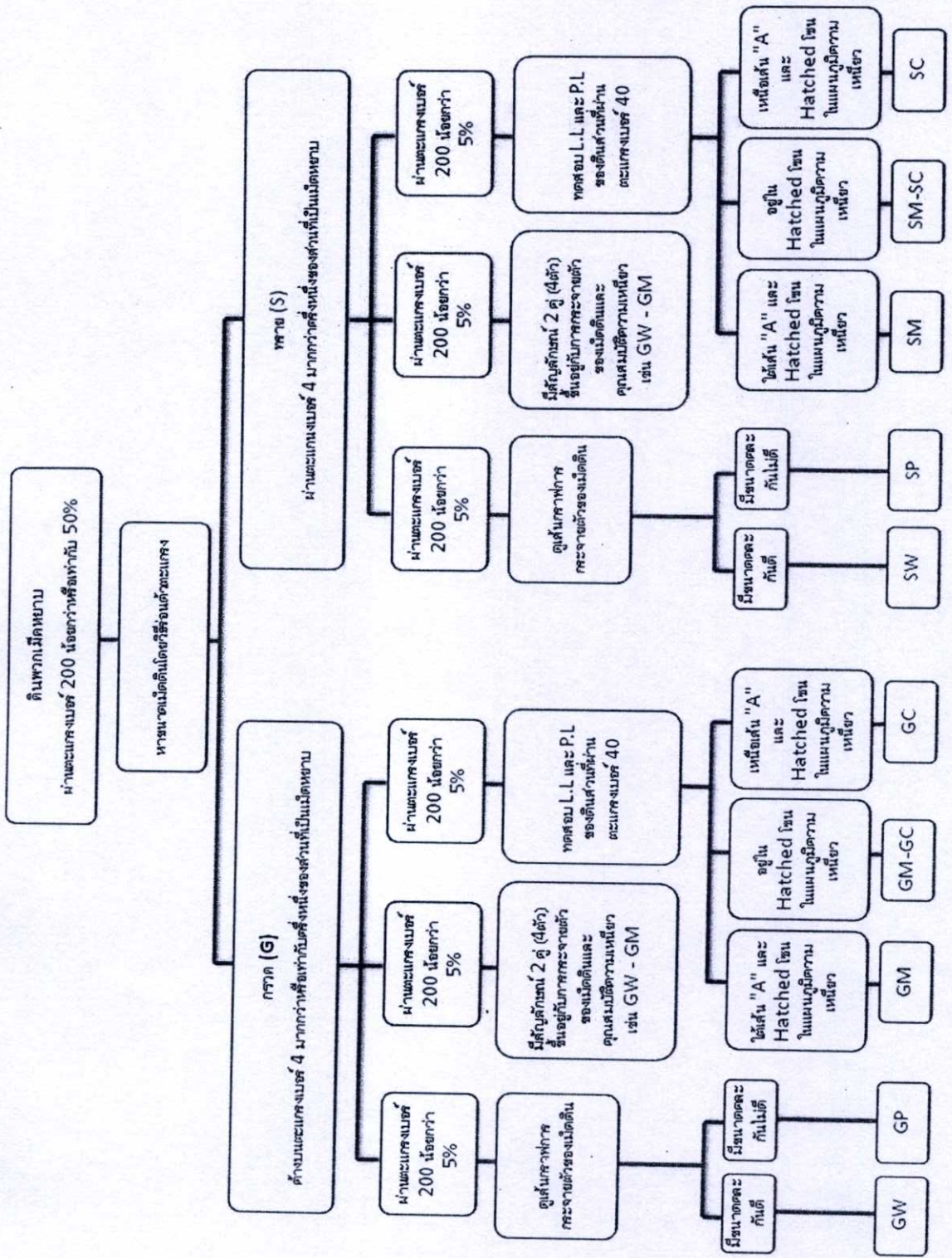
การจำแนกประเภทของดิน โดยวิธีนี้ เป็นที่นิยมแพร่หลายมากกว่าวิธีอื่น เหมาะกับงานวิศวกรรมทั่วไป เช่น งานดินถมและงานฐานราก เป็นต้น โดยแบ่งดินออกเป็นกลุ่มๆ ใช้อักษรภาษาอังกฤษเป็นสัญลักษณ์แทนชื่อกลุ่มของดิน แต่ละกลุ่มจะมีอักษรอย่างน้อย 2 ตัว ตัวแรกจะเป็นกลุ่มหลัก และตัวที่สองจะเป็นกลุ่มย่อยลงไป ซึ่งตัวอักษรแต่ละตัวจะมีความหมายในตัวของมันเอง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภทของดินโดยระบบ Unified (มณเฑียร กังสทิ
เทียม , 2547)

สัญลักษณ์	ลักษณะดิน	ย่อมาจาก
G	พวกกรวด	Gravel
S	พวกทราย	Sand
M	พวกตะกอนทราย	Mo = Silt
C	พวกดินเหนียว	Clay
O	พวกสารอินทรีย์	Organic
Pt	มีสารอินทรีย์สูง	Peat
W	มีขนาดคละกันดี	Well graded
P	มีขนาดคละกันไม่ดี	Poorly graded
L	L.L.น้อยกว่า 50%	Low Liquid Limit
H	L.L.มากกว่า 50%	High Liquid Limit

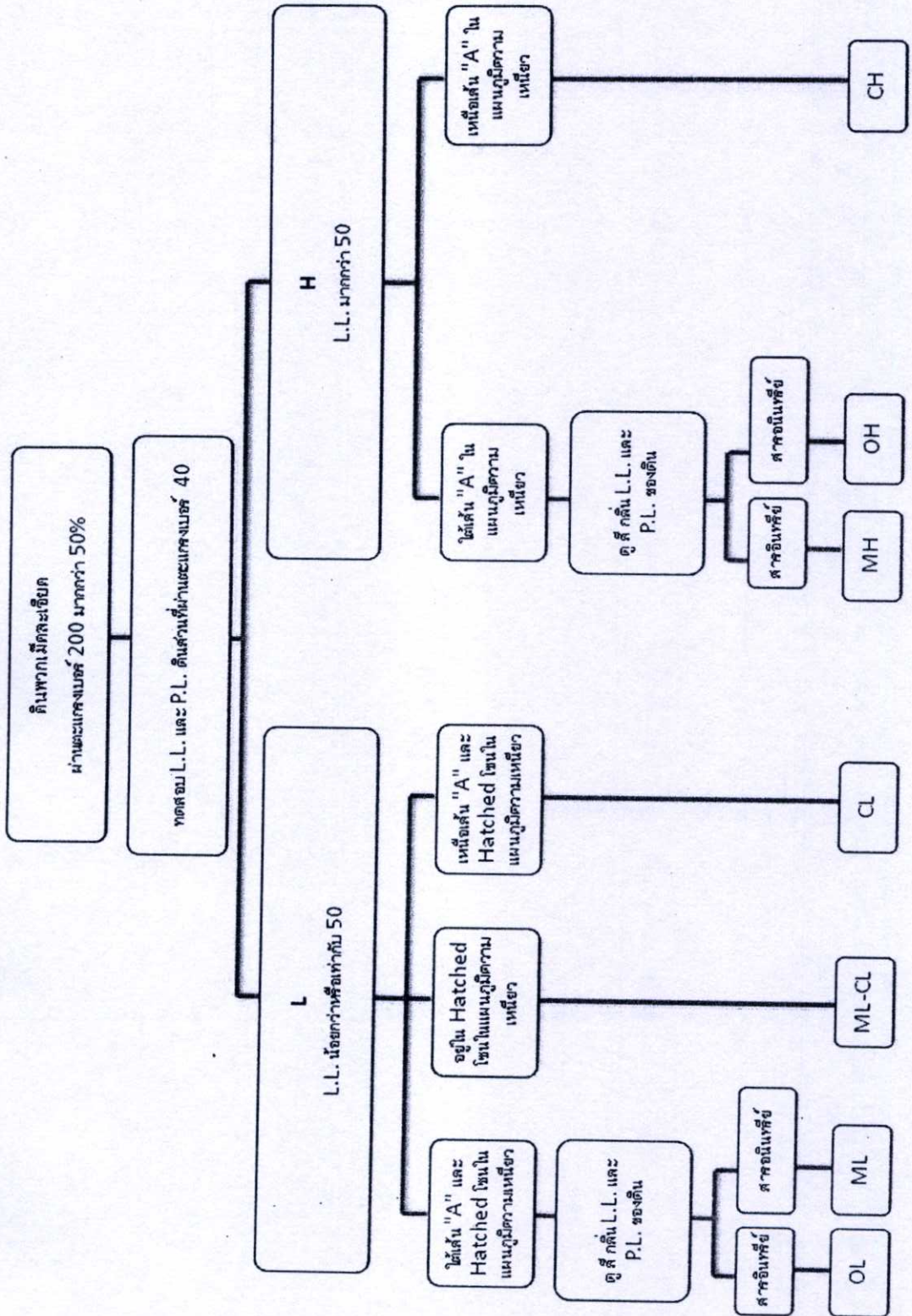


รูปที่ 4.1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทดินโดยระบบ Unified
(มณเฑียร กังสทิเทียม , 2547)



รูปที่ 4.1 (ก) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ

(มณฑล เชียงใหม่ , 2547)



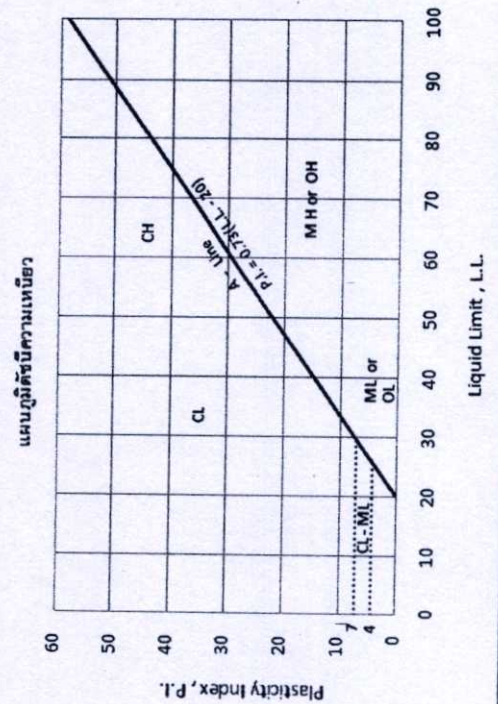
รูปที่ 4.1 (ข) แผนภูมิแสดงขั้นตอนการจำแนกประเภทของคินมีคละเขียด
(มณเฑียร กังศศิเทียม , 2547)

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดหยาบ (มณเฑียร กังศศิเทียม , 2547)

การจำแนกประเภททั่วไป		สัญลักษณ์ กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท				
ดินพวกเม็ดหยาบ ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50%	กรวด	กรวดสะอาด (มีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่เลย)	กรวดมีขนาดคละกันดี กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้าง หรือ ไม่มีเลย	$Cu = D_{60} / D_{10}$ มากกว่า 4 $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ อยู่ระหว่าง 1 - 3	ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท GW			
			กรวดมีขนาดคละกันไม่ดี กรวดผสมทราย มีเม็ดละเอียดปนบ้าง หรือ ไม่มีเลย					
		กรวดมีเม็ดละเอียดปน	กรวดมีตะกอนทรายปน กรวด - ทราย - ตะกอน ทรายผสมกัน		Atterberg limit อยู่ใต้เส้น "A" หรือ P.I. น้อยกว่า 4	Atterberg limit อยู่ใน Hatch โซน ถือว่าคาบเกี่ยวกับ ใช้สัญลักษณ์ 2 คู่		
			กรวดมีดินเหนียวปน กรวด - ทราย - ดินเหนียว ผสมกัน		Atterberg limit อยู่เหนือเส้น "A" หรือ P.I. มากกว่า 7			
		ทราย	ทรายสะอาด (มีเม็ดละเอียดปนอยู่บ้างหรือไม่เลย)		ทรายมีขนาดคละกันดี ทรายนกรวด มีเม็ดละเอียดบ้างหรือ ไม่มีเลย	$Cu = D_{60} / D_{10}$ มากกว่า 6 $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ อยู่ระหว่าง 1 - 3	ไม่เข้าเกณฑ์ประเภท SW	
					ทรายมีขนาดคละกันไม่ดี ทรายนกรวด มีเม็ดละเอียดบ้างหรือ ไม่มีเลย			
	ทรายมีเม็ดละเอียดปน		ทรายมีตะกอนทรายน ทราย - ตะกอนทราย ผสมกัน	Atterberg limit อยู่ใต้เส้น "A" หรือ P.I. น้อยกว่า 4	Atterberg limit อยู่ใน Hatch โซน ถือว่าคาบเกี่ยวกับ ใช้สัญลักษณ์ 2 คู่			
			ทรายมีดินเหนียวปน ทราย - ดินเหนียว ผสมกัน	Atterberg limit อยู่เหนือเส้น "A" หรือ P.I. มากกว่า 7				
	การจำแนกประเภทโดยอาศัย ปอร์เซนติฟวักเม็ดละเอียด ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 น้อยกว่า 5% : GW, GP, SW, SP ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 5% : GM, GC, SM, SC ผ่านตะแกรงเบอร์ 200 ระหว่าง 5 - 12% : คาบเกี่ยวกับใช้สัญลักษณ์ 2 คู่ (4 คู่)							

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการจำแนกประเภทของดินเม็ดละเอียด (มณฑล เชียงใหม่ , 2547)

การจำแนกประเภท ทั่วไป	สัญลักษณ์ กลุ่ม	ชื่อกลุ่มดิน	เกณฑ์การจำแนกประเภท	
ดินพวกเม็ดละเอียด ผ่านแกรนเบอร์ 200 มากกว่า 50%	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. น้อยกว่าหรือเท่ากับ 50	ML	ตะกอนทรายอินทรีย์และ ทรายละเอียดมาก หินฝุ่น ทรายละเอียดปนตะกอนทราย หรือดินเหนียว มีความเหนียวเล็กน้อย	
		CL	ดินเหนียวอินทรีย์มีความเหนียวต่ำถึงปานกลาง ดินเหนียวปนกรวด ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย ดินเหนียวล้วน	
		OL	ตะกอนทรายอินทรีย์และดินเหนียวปนตะกอนทรายอินทรีย์ มีความเหนียวต่ำ	
	ตะกอนทรายและดินเหนียว L.L. มากกว่า 50	MH	ตะกอนอินทรีย์ ทรายละเอียดหรือตะกอนทรายปนไมก้า หรือดินเบา ตะกอนทรายที่ยึดหยุ่น	
		CH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวสูง ดินเหนียวมีความหนืดสูง	
		OH	ดินเหนียวอินทรีย์ มีความเหนียวปานกลางถึงสูง ตะกอนทรายอินทรีย์	
	ดินพวกสารอินทรีย์สูง	PT	โคลนสีดำ และดินอินทรีย์สูงอื่นๆ	แยกได้โดย สี กลิ่น การสัมผัสและลักษณะเนื้อ



4.3 ดินเค็ม

ดินเค็มคือดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ปกติจะวัดเป็นหน่วยของค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดออกมาจากดินบริเวณรากพืชแห้งถึงเกินกว่า 2 มิลลิเมตรต่อเซนติเมตร หรือเคซิซิเมนต์ต่อเมตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส องค์ประกอบของเกลือในดินเค็มเกิดจากการรวมตัวของธาตุที่มีประจุบวก พวก โซเดียม แมกนีเซียม รวมทั้งธาตุที่ประจุลบ เช่นคลอไรด์ ซัลเฟต ไบคาร์บอเนต และไนเตรท ดินเค็มที่เกิดในภาคตะวันออกเฉียง อยู่ในรูปของ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) คล้ายคลึงกับดินเค็มชายทะเล ยกเว้นแต่ดินเค็มชายทะเลมีแมกนีเซียม อยู่ในรูปคลอไรด์ และซัลเฟต มากกว่าดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

4.3.1 การวัดค่าความเค็มของดิน

ความเค็มของดินสามารถประเมินได้จากการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity; EC) ซึ่งจะผันแปรตามปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ ปกติจะวัดความเค็มของดินจากค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะอิ่มตัว (Saturation) อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกอาจใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเช่น 1 : 2, 1 : 5 ซึ่งในการรายงานค่าต้องระบุอัตราส่วนของดินต่อน้ำด้วย

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้แล้วยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิขณะทำการวัดด้วย ในการวัดจะใช้ค่าที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่าเป็นมาตรฐาน ทั้งนี้เพราะค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2% ต่อองศาเซลเซียส

ดังที่ได้ทราบจากความรู้เรื่องไฟฟ้าว่า ความต้านทานไฟฟ้า (Electrical resistance; R) ซึ่งมีหน่วยเป็น ohm จะมีค่าเป็นส่วนตรงกันโดยตรงกับระยะทาง L ซม. ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดคู่ที่จุ่มในสารละลายหรือในสารละลายดิน และจะมีค่าผกผันกับพื้นที่หน้าตัด A ซม² ของสารละลาย ดังกล่าวที่อยู่ระหว่างขั้วอิเล็กโทรดคู่นั้น ดังนั้น $R = rL/A$ เมื่อ r คือค่าคงที่ที่เรียกว่า Electrical resistivity ซึ่งมีหน่วยเป็น โอห์ม-ซม. ค่าผกผันของ r หรือ $1/r$ ก็คือค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซึ่งมีหน่วยเป็น โมห์-ซม. (omh/cm) หรือเคซิซิเมนต์ต่อเมตร (dS/m) นอกจากนี้ยังมีหน่วยที่ใช้วัดอื่นๆ อีกเช่น 1 baume มีค่าประมาณ 12.6 mmhos/cm หรือ dS/m

การวัดค่าการนำไฟฟ้านอกจากจะใช้ในการบ่งบอกปริมาณเกลือในดินเค็มแล้วยังนำมาใช้ในการบ่งบอกคุณภาพของน้ำชลประทาน

$$EC_w \text{ ในน้ำ; } 1 \text{ dS/m} = 600 \text{ ppm}$$

$$EC_e \text{ ในดิน; } 1 \text{ dS/m} = 640 \text{ ppm}$$

สำหรับการสกัดส่วนปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลคำนวณจากน้ำหนักปริมาณเกลือทั้งหมดเป็นกรัมที่ละลายอยู่ในทะเล 1 กก. หรือวัดจากวิธีการไตรเตรท (tritate) โดยปฏิกิริยาเคมี หรือใช้มาตรวัดความเค็ม (salinometer) วัดค่าการนำไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าการนำไฟฟ้าในมหาสมุทร

ปกติอยู่ระหว่าง 35-37 % หรือค่าเฉลี่ยประมาณ 35 % หรือ 50-60 dS/m ในทะเลบางแห่งจะมีค่าสูงหรือปริมาณน้ำจืดที่เติมลงไปมากน้อยไม่เท่ากัน

4.3.2 ลักษณะพื้นที่ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ จากการสำรวจโดยใช้ภาพถ่ายเทียมใน พ.ศ. 2518 และ 2519 พบว่ามีพื้นที่ดินเค็มในจังหวัดนครราชสีมา ขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ ศรีสะเกษ ยโสธร อุบลราชธานี สกลนคร หนองคาย อุดรราชธานี และนครพนม ลักษณะของดินเค็มที่สังเกตได้คือ จะเห็นขุยเกลือขึ้นตามผิวดินและมักเป็นที่ว่างเปล่า ไม่มีเกษตรกรรมหรือถ้าไม่เห็นขุยเกลือขึ้นก็จะเป็นที่ว่างเปล่าไม่มีพืชอื่นขึ้น ได้ยกเว้นวัชพืชที่ชอบเกลือ เช่น หนามแดง หรือวัชพืชทนเค็ม เช่น หนามปี เป็นต้น พื้นที่ดินเค็มจัดบางแห่งมีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ตื้นประมาณ 1-2 เมตร จากผิวดิน ลักษณะของดินเค็มอีกประการหนึ่งคือ ความเค็มจะไม่มีความสัมพันธ์กันในพื้นที่เดียวกัน และความเค็มจะเปลี่ยนไปสะสมในชั้นของดินต่างๆ ไม่เท่ากันตามฤดูกาล ในฤดูฝนเกลือจะถูกชะล้างไปสะสมที่ชั้นล่างของดิน ในฤดูแล้งเกลือจะระเหยขึ้นมาทับน้ำสะสมอยู่ที่ดินชั้นบนสลับกัน ด้วยเหตุที่ลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินทราย การขึ้นลงของเกลือตามชั้นของดินจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเค็มไม่สม่ำเสมอมากกว่าดินเค็มชายทะเล เพราะความชื้นขั้วน้ำได้ดีกว่าจึงเปลี่ยนทิศทางการไหล และการสะสมของเกลือได้เร็วกว่า นอกจากนี้ดินเค็มบางแห่งมีสภาพเป็นกรดก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับธาตุอะลูมิเนียมเพิ่มเติมอีก ถ้ามีการจัดการดิน และน้ำให้พื้นที่ดินเค็มไม่ดีพอหรือทำโดยไม่ถูกวิธีจะทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจายดินเค็มอย่างรุนแรงได้ เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำในพื้นที่ดินเค็มและการทำลายป่าในบริเวณที่เป็นแหล่งแพร่กระจายเกลือ

ปัญหาโดยทั่วไปของเกษตรกรในเขตดินเค็ม คือ ปลูกพืชไม่ได้ ผลผลิตต่ำ พืชบางชนิดที่ขึ้นได้ก็จะมีลักษณะบางอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น ใบหนาขึ้น มีสารพวกไซเคิลอบหนาขึ้น พืชบางชนิดก็ใบไหม้ พืชส่วนมากที่ปลูกในดินเค็มให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำมาก ต้นข้าวในแปลงที่นาเป็นดินเค็มจะมีการเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอ ต้นแคระแกร็น ไม่แตกกอ ใบแสดงอาการขีดขาว แล้วไหม้ตายไปในที่สุด

4.3.3 แหล่งกำเนิดเกลือ

ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแหล่งกำเนิดมาจากสาเหตุใหญ่ๆ ดังนี้

- 1) ชั้นหินเกลือในหน่วยหินมหาสารคาม พบบริเวณตอนกลางของแอ่งสกลนคร และแอ่งโคราช ชั้นหินเกลือนี้อยู่ลึกห่างจากผิวดินมาก เกลือไม่สามารถซึมผ่านขึ้นมาบนผิวดินได้โดยแรงดึงดูดของน้ำ แต่ส่วนใหญ่จะขึ้นมาปรากฏด้วยวิธีการทำเหมืองเกลือ
- 2) การผุพังสลายของตัววัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินทรายและหินดินดาน ที่มีเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ไม่ห่างจากผิวดินมากนัก ในฤดูฝนจะถูกละลายชะล้างโดยน้ำ เมื่อน้ำระเหยออกมาจะเห็นคราบเกลือติดตามผิวดินในฤดูแล้ง
- 3) น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน ส่วนน้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ลึกจากดินนั้นจะถูกสูบขึ้นมาตากหรือต้มเพื่อทำเกลือ

4.3.4 สาเหตุการเกิดดินเค็ม

เกลือชนิดต่างๆ เป็นสารเคมีที่ละลายน้ำได้ดี ดังนั้นจึงเป็นตัวการหรือพาหนะในการนำเกลือไปด้วยและนำไปสะสมในที่ต่างๆ ที่น้ำไหลผ่าน สาเหตุของการเกิดการแพร่กระจายดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พอสรุปได้ดังนี้

ก. สาเหตุจากธรรมชาติ

- 1) หินหรือแร่สลายตัวผุพัง และเปลี่ยนแปลงสมบัติไป โดยขบวนการทางเคมี และทางกายภาพ ก็จะทำให้มีเกลือต่างๆ เกิดขึ้นมา เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่หรือสลายตัวไปกับน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นล่างแล้วกลับขึ้นมาชั้นได้ระเหยแห้งไปโดยใช้แสงแดดหรือถูกพืชนำไปใช้
- 2) มีน้ำใต้ดินเค็มอยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดิน เมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนดินก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วย ภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะทำให้มีเกลือเหลือสะสมอยู่บนดินได้
- 3) บางแห่งเป็นที่ต่ำเป็นเหตุให้น้ำไหลลงไปรวมกัน น้ำเหล่านี้ส่วนมากจะมีเกลือละลายอยู่ด้วย เมื่อน้ำระเหยไปจะมีเกลือสะสมอยู่ พื้นที่แห่งนั้นอาจเป็นหนองน้ำ หรือทะเลสาบมาก่อนก็ได้

ข. สาเหตุจากมนุษย์

1) การทำนาเกลือ ทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก หรือวิธีการขุดคราบเกลือจากผิวดินมา ต้ม เกลือที่อยู่ในน้ำทั้งจะมีปริมาณมากพอที่ทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็ม หรือ แหล่งน้ำเค็มได้

2) การสร้างอ่างเก็บน้ำบนดินเค็ม หรือมีน้ำใต้ดินเค็ม จะทำให้อ่างเก็บน้ำนั้นและพื้นที่ รอบๆ อ่างกลายเป็นน้ำเค็มและดินเค็ม เนื่องจากการยกระดับของน้ำใต้ดินที่เค็มขึ้นมาใกล้เคียงกับ ระดับน้ำในอ่างหรือใกล้ผิวดิน

3) การตัดไม้ทำลายป่า หรือการปล่อยพื้นที่บริเวณที่มีศักยภาพในการแพร่กระจายเกลือ ให้ว่างเปล่า ทำให้เกิดดินเค็มแพร่ไปในบริเวณเชิงเนิน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นนาข้าว

4) เกิดขึ้นจากการใช้น้ำชลประทาน น้ำชลประทานจากแหล่งต่างๆ ย่อมมีเกลือละลายอยู่ เป็นจำนวนมากน้อยต่างๆ กัน ดังนั้นการใช้น้ำชลประทานควรจะต้องมีความระมัดระวังให้ดี การ ตรวจดินอยู่เรื่อยๆ จะทำให้ไม่เกิดดินเกลือได้ และจะต้องพิจารณาอย่างยิงประกอบด้วย เช่น คุณภาพของน้ำ ปริมาณของน้ำที่พืชใช้ และอื่นๆ การระบายน้ำของดิน ชนิดของดิน พืชที่จะปลูก เป็นต้น เกลือจะมีการสะสมอยู่ในดินมากน้อยและรวดเร็วแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพของน้ำ หรือปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำและปริมาณน้ำที่ทคเข้าไปในไร่นาด้วย กรณีที่มีน้ำใต้ดินอยู่ไม่ ลึกมากนัก เมื่อมีการใช้น้ำชลประทานก็จะไปยกระดับน้ำเค็มให้ใกล้ผิวดิน

4.3.5 การแบ่งชั้นความเค็มของดิน

ดินเค็ม คือ ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ดินเค็มที่ พบโดยทั่วไป จำแนกได้ตามคุณสมบัติทางเคมีได้ดังนี้

1) ดินเค็ม (saline soil) คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจาก ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25°C เปอร์เซ็นต์โซเดียมที่ แลกเปลี่ยนได้ (ESP) น้อยกว่า 15 และ pH มักจะน้อยกว่า 8.5 เกลือที่พบมักเป็นเกลือคลอไรด์ และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

2) ดิน โซดิก หรือ ดินด่าง (sodic soil) คือดินที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยน ได้ (ESP) มากกว่า 15 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำต่ำกว่า 2 dS/m ที่ 25°C มีค่า pH ที่วัดได้ อยู่ระหว่าง 8.5-10.0 มักพบในเขตกึ่งแห้งแล้งและเขตแห้งแล้ง เกลือที่พบมักเป็นเกลือคาร์บอเนตของโซเดียมซึ่งก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของอนุภาคดิน ทำให้ ดินเปลี่ยนไปอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะกับการเคลื่อนที่ของน้ำและการไหลพรวน นอกจากนี้การ เคลื่อนย้ายของเกลือที่มากเกินไปจะเพิ่มการละลายของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ทำให้ pH เพิ่มขึ้น ในดินด่างจัดจะเกิดการฟุ้งกระจายและการละลายของอินทรีย์วัตถุออกมาที่ผิวดิน โดยการระเหย

ทำให้เกิดเป็นสีดำนขึ้น ถ้ามีเวลามากเพียงพอ สัณฐานของดินจะถูกพัฒนาไป เพราะบางส่วนของอนุภาคดินเหนียวที่อึดตัวด้วยโซเดียมจะเกิดการฟุ้งกระจายอย่างรุนแรงและอาจเคลื่อนที่ไปสะสมในดินล่าง ส่งผลให้ดินบนมีเนื้อหยาบร่วน แต่คุณสมบัติในการที่จะยอมให้น้ำผ่านของดินล่างลดลง อาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างดิน เช่น columnar และ prismatic structure อย่างไรก็ตามดินโซดิก ไม่จำเป็นต้องมี pH สูง เช่น ในอเมริกาตะวันตก ดินมีค่า ESP มากกว่า 15 แต่มีค่า pH ต่ำกว่า 6 ทั้งนี้เนื่องจากการที่มี exchangeable hydrogen แต่คุณสมบัติทางกายภาพของดินก็ยังถูกควบคุมโดยโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้และก็ยังจัดว่าเป็นดินโซดิก นอกจากนี้จะเกิดความไม่สมดุลของธาตุ โดยเฉพาะความเป็นพิษของ B และ Mo หรือการขาดธาตุสังกะสี เป็นต้น

การวัดความเค็มของดินสามารถใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity meter) วัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดจากดินขณะที่อึดตัวด้วยน้ำ อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกอาจใช้อัตราส่วนของดินต้ำ เช่น 1 : 2 หรือ 1 : 5 ซึ่งในการรายงานจะต้องระบุอัตราส่วนของดินต้ำด้วยเสมอ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) นั้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้แล้วยังขึ้นกับอุณหภูมิขณะวัดด้วย

ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สกัดได้จากดินขณะที่อึดตัวด้วยน้ำ (ECe) นำมาใช้ประเมินปริมาณเกลือและอิทธิพลของเกลือในดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชพอสมควรดังนี้

ตารางที่ 4.5 ระดับความเค็มของดินที่มีอิทธิพลต่อพืช (U.S. Soil Salinity Laboratory Staff 1954)

ECe ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็ม ของดิน	อิทธิพลต่อพืช
<2,000	< 0.1	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช
2,000 – 4,000	0.10 – 0.2	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม
4,000 – 8,000	0.2 – 0.4	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8,000 – 16,000	0.4 – 0.8	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นที่ยังเจริญเติบโตได้ดี
>16,000	> 0.8	เค็มจัด	พืชทนเค็มน้อยชนิดมากที่เจริญเติบโตได้

การวัดค่า ESP ต้องวิเคราะห์หาค่าโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ยุ่งยากซับซ้อน ดังนั้นจึงน่าจะใช้ค่า SAR (Sodium Absorption Ratio) แทน ซึ่งมีความสัมพันธ์ ESP

3) ดินเค็มน้อย หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.1 – 0.15 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 2 – 4 เดซิซีเมนต่อเมตร พืชที่ไม่ทนเค็มจะเริ่มแสดงอาการ เช่น การเจริญเติบโตลดลง ใบสีเข้มขึ้น ใบหนาขึ้น ปลายใบไหม้ ปลายใบม้วนงอ ผลผลิตลดลง แต่พืชทนเค็มบางชนิดสามารถขึ้นได้ตามปกติ เช่น ขึ้นฉ่าย ผักกาด แดงร้าน มะม่วง ส้ม กล้วย ฯลฯ

4) ดินเค็มปานกลาง หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.15 – 0.35 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 4 – 8 เดซิซีเมนต่อเมตร พืชสามัญธรรมดาโดยทั่วไปจะแสดงอาการบ้างเล็กน้อย เนื่องจากความเค็มในดิน ดังนั้นก่อนมีการปลูกพืชจึงต้องมีการปรับปรุงบำรุงดินเสียก่อนด้วยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด แต่ก็มีพืชบางชนิดที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีความเค็มปานกลางนี้ได้ เช่น ข้าวโพด หอมใหญ่ ผักกาดหอม แดงโม สับปะรด ผักชี มะกอก แคน

5) ดินเค็มมาก หมายถึง ดินที่มีปริมาณเกลือในดินประมาณ 0.5 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ วัดด้วยเครื่องมือวัดความเค็มได้ 8 – 16 เดซิซีเมนต่อเมตร มีพืชบางชนิดเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ พืชที่สามารถทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม 0.5 – 0.7% หรือ 8 – 12 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ ผักกาดหอม มะเขือเทศ ข้าวพันธุ์ที่ทนเค็ม มันเทศ ขี้เหล็ก มะม่วงหิมพานต์ พืชที่ทนต่อสภาพดินที่มีความเค็ม 0.75-1.0 เปอร์เซ็นต์ หรือ 12-16 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ หน่อไม้ฝรั่ง กระบี่ ผักบู่จีน ชะอม ผัก ละครูด พุทรา มะขาม สะเดา สน และพืชที่ขึ้นได้ในพื้นที่ที่มีสภาพความเค็มมากกว่า 1% หรือมากกว่า 16 เดซิซีเมนต่อเมตร ได้แก่ พืชชอบเกลือ เช่น ชะคราม สะเม็ค แสม โกงกาง จัดอยู่ในจำพวกทนเค็มจัด

4.3.6 การแพร่กระจายดินเค็ม

น้ำเป็นตัวการสำคัญในการแพร่กระจายดินเค็ม ลักษณะที่สำคัญของดินเค็มคือ การที่อยู่สภาพไม่คงที่มีการเคลื่อนที่อยู่เสมอ ตามสภาพการเคลื่อนที่ของน้ำ เมื่อพบกับสารประกอบเกลือซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำได้ก็จะนำพาไปตามส่วนต่างๆ และก่อให้เกิดปัญหาในพื้นที่บริเวณต่างๆ การแพร่กระจายแบ่งออกได้จากสาเหตุ การกระทำของมนุษย์ และสาเหตุจากธรรมชาติ

ก. สาเหตุจากธรรมชาติ

1) หินหรือแร่ที่เสื่อมเกลืออยู่เมื่อสลายตัวหรือพุงไปโดยขบวนการทางเคมีและทางกายภาพ ก็จะปลดปล่อยเกลือต่างๆออกมา เกลือเหล่านี้จะสะสมอยู่กับที่หรือเคลื่อนตัวไปกับน้ำแล้ว ซึมลงสู่ชั้นล่างหรือซึมกลับขึ้นมาบนพื้นดินได้โดยการระเหยของน้ำไปโดยพลังแสงแดดหรือถูกพืชนำไปใช้

2) น้ำใต้ดินเค็มที่อยู่ระดับตื้นใกล้ผิวดินเมื่อน้ำนี้ซึมขึ้นบนดิน ก็จะนำเกลือขึ้นมาด้วยภายหลังจากที่น้ำระเหยแห้งไปแล้วก็จะมีการทำให้เกลือเหลือสะสมอยู่บนดินได้

3) ที่ลุ่มต่ำที่เป็นแหล่งรวมของน้ำ น้ำเหล่านี้ส่วนมากจะมีเกลือละลายอยู่เพียงเล็กน้อยก็ได้นานๆ เข้าก็เกิดการสะสมของเกลือโดยการระเหยของน้ำ พื้นที่แห่งนี้อาจเป็นหนองน้ำหรือทะเลสาบเก่าก็ได้

ข. สาเหตุเกิดจากการกระทำของมนุษย์

- 1) การทำนาเกลือทั้งวิธีการสูบน้ำเค็มขึ้นมาตาก หรือวิธีการสูบคราบเกลือจากผิวดินมา ต้ม เกลือที่อยู่ในน้ำซึ่งจะมีปริมาณมากพอที่จะทำให้พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกลายเป็นพื้นที่ดินเค็ม หรือแหล่งน้ำเค็มได้
- 2) การสร้างอ่างเก็บน้ำบนพื้นที่ดินเค็ม หรือที่มีน้ำใต้ดินเค็มทำให้เกิดการยกระดับของน้ำ ใต้ดินขึ้นมาทำให้พื้นที่โดยรอบ และบริเวณใกล้เคียงเกิดเป็นพื้นที่ดินเค็มได้
- 3) การชลประทานที่ขาดการวางแผนในเรื่องผลกระทบของดินเค็ม มักจะก่อให้เกิดปัญหา ของพื้นที่ ซึ่งใช้ประโยชน์จากระบบชลประทานนั้นๆ แต่ถ้ามีการคำนึงถึงสภาพพื้นที่และ การศึกษาเรื่องปัญหาดินเค็มเข้าร่วมด้วย จะเป็นการช่วยแก้ไขปัญหาดินเค็มได้ด้วยวิธีหนึ่ง
- 4) การตัดไม้ทำลายป่าทำให้สภาพการรับน้ำของพื้นที่ไม่มีประสิทธิภาพทำให้เกิดปัญหา ตามมาอย่างมากมาย จากสภาพทางอุทกธรณีของน้ำเปลี่ยนแปลงไป แทนที่พืชจะใช้ประโยชน์กับ ไหลลงไปในระบบตรงน้ำใต้ดินเค็ม ทำให้เกิดปัญหาดินเค็มตามมา

4.4 คุณสมบัติของดิน

4.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

4.4.1.1 การหาค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil)

ในมวลดินจะมีส่วน ประกอบของแร่ธาตุสารต่างๆจะชนิดเดียวหรือต่างชนิดกันหลาย อย่าง ความถ่วงจำเพาะในมวลดิน G_s ก็คือค่าเฉลี่ยของความถ่วงจำเพาะของแร่ธาตุสารเหล่านั้น โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 2.60 ถึง 2.80 แล้วแต่แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบความถ่วงจำเพาะเป็น คุณสมบัติพื้นฐานของมวลดิน นำไปใช้ในการหาอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ความพรุน (Porosity) ความอิ่มตัว (Degree of Saturation) หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) และค่าอื่นๆได้ ค่า ความถ่วงจำเพาะของวัตถุใดๆคือค่าที่แสดงว่าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นเป็นกี่เท่าของน้ำ ซึ่งจะ เท่ากับอัตราส่วนของน้ำหนักของวัตถุในอากาศ ต่อ น้ำหนักน้ำที่อุณหภูมิ 4°C ที่มีปริมาตรเท่าวัตถุ นั้น

4.4.1.2 การหาขนาดของเม็ดดิน(Grain Size Analysis)

ขนาดของเม็ดดินนั้นจะมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆของมวลดินอย่างมาก เช่น มีผลต่อค่าความซึมน้ำ (Permeability) อัตราการทรุดตัว (Rate of Settlement) และความสามารถในด้านกำลัง (Strength) ของมวลดิน เป็นต้น มวลดินที่มีเม็ดหยาบอยู่มากจะทำให้น้ำไหลซึมผ่านได้ง่าย การหาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดดินทำได้หลายวิธี ตามความเหมาะสมของขนาดเม็ดดินและตามชนิดของดิน

- 1) วิธีร่อนผ่านตะแกรง(Sieve Analysis) สำหรับเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่
- 2) วิธีตกตะกอนด้วยไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) สำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200

4.4.1.3 การซึมผ่านของน้ำในดิน(Permeability Test)

ในมวลดินจะประกอบด้วยช่องว่างเล็กๆซึ่งเรียงตัวคดเคี้ยวไปมาต่อเนื่องกันระหว่างเม็ดดินเมื่อน้ำมีความดันน้ำก็จะไหลผ่านช่องว่างเหล่านี้ หากช่องว่างระหว่างเม็ดดินมีขนาดเล็กน้ำก็จะไหลซึมผ่านไปได้อย่างยากกว่าดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ ความสามารถของมวลดินที่ยอมให้น้ำไหลซึมผ่านไปได้เรียกว่า " ความซึมของดิน " (Permeability) ซึ่งค่าที่จะบ่งบอกถึงความซึมน้ำได้ในดินเรียกว่า " สัมประสิทธิ์ความซึมได้ " หรือ " Coefficient of Permeability ,k " ในดินพวกเม็ดละเอียดน้ำไหลซึมผ่านไปได้อย่างค่า k จะต่ำ

4.4.2 คุณสมบัติทางเคมีของดิน

ดินเค็ม คือ ดินที่ปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้มากเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืช ดินเค็มที่พบโดยทั่วไป จำแนกได้ตามคุณสมบัติทางเคมีได้ดังนี้

ความเค็ม (saline soil) คือ ที่มีค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน(ECe) ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำสูงกว่า 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปอร์เซ็นต์ของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้(ESP) น้อยกว่า 15 และ pH มักจะน้อยกว่า 8.5 เกลือที่พบบ่อยมักเป็นเกลือคลอไรด์และซัลเฟตของโซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม

4.5 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ(Multiple Regression Analysis)

4.5.1 ความหมายของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรหลายตัวแปร โดยประกอบด้วย

1. ตัวแปรตาม(Dependent variable) 1 ตัว ต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ ซึ่งหมายถึง ตัวแปรสเกลแบบช่วง (Interval scale) หรือสเกลอัตราส่วน(ratio scale)
2. ตัวแปรอิสระ(Independent variables) หรือตัวแปรต้นเหตุ จำนวน k ตัว ($k \geq 2$) โดยตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวนี้อาจเป็นตัวแปรเชิงปริมาณทั้ง k ตัว หรือมีตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงปริมาณและตัวแปรบางตัวเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มหรือตัวแปรเชิงคุณภาพก็ได้

4.5.2 การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

จากสมการซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระ k ตัวคือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e \quad \dots\dots\dots (1)$$

การใช้ตัวอย่างขนาด k ในการประมาณค่า $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ ด้วย a, b_1, b_2, \dots, b_k ตามลำดับ ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด

จากการประมาณค่า β_1 ด้วย b_1 และประมาณค่า β_0 ด้วย a จะทำให้สมการความถดถอยเชิงพหุ

$$\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$$

โดยที่ \hat{Y} = ค่าประมาณ หรือค่าพยากรณ์ของตัวแปรของ Y

ถ้า $e = Y - \hat{Y}$ = ค่าคลาดเคลื่อนหรือความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าพยากรณ์การประมาณ β_1 ด้วย b_1 และประมาณ β_0 ด้วย a จะใช้วิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method)

ซึ่งเป็นการหาค่า a, b_1, \dots, b_k ที่ทำให้ $\sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2$ = มีค่าต่ำสุด

4.5.3 วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1. เพื่อศึกษาว่าปัจจัยหรือตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่ส่งผลหรือมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามหรือกล่าวได้ว่า เพื่อศึกษาว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระใดบ้าง เช่น คาดว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อคะแนนความพึงพอใจ คือ อายุ รายได้ และจำนวนครั้งที่มาใช้บริการ ในที่มีตัวแปรตามคือคะแนนความพึงพอใจ (Y) ส่วนตัวแปรอิสระมี 3 ตัวคือ อายุ รายได้ และจำนวนครั้งที่เคยมาใช้บริการ สมการที่คาดไว้คือ คะแนนความพึงพอใจ = $a + b_1$ อายุ + b_2 รายได้ + b_3 จำนวนครั้งที่มาใช้บริการ

2. เพื่อประมาณหรือพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม เมื่อทราบค่าตัวแปรอิสระ จากวัตถุประสงค์ข้อแรก เมื่อตัดสินใจได้ว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม จะใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์ตัวแปรตาม จากตัวอย่างเรื่องความพึงพอใจ เมื่อตรวจสอบความสัมพันธ์หรือทดสอบแล้ว พบว่าคะแนนความพึงพอใจไม่ขึ้นกับอายุ สมการแสดงความสัมพันธ์จะกลายเป็น คะแนนความพึงพอใจ = $a + b_1$ รายได้ + b_2 จำนวนครั้งที่มาใช้บริการและจะใช้สมการดังกล่าวพยากรณ์หรือประมาณคะแนนความพึงพอใจของลูกค้า เมื่อทราบรายได้ และจำนวนครั้งที่ลูกค้ามาใช้บริการ

4.5.4 เงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1. ค่าความคลาดเคลื่อน (error or residual : e) จะต้องมีแจกแจงแบบปกติด้วยค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์
2. ค่าแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนต้องคงที่
3. ค่าคลาดเคลื่อนที่ i และ j ต้องเป็นอิสระกัน
4. ตัวแปรอิสระกันต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน กรณีที่ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันจะเรียกว่าเกิดปัญหา Multicollinearity

4.5.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

1. การพิจารณาว่าตัวแปรอิสระตัวใดบ้างที่จะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม
2. การสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ ถ้าคาดว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้นจะได้สมการดังนี้
 - กรณีใช้ประชากร : $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + e$
 - กรณีที่ใช้ตัวอย่าง : $\hat{Y} = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_k x_k$

3. การใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (1- WAY ANOVA) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X_1, \dots, X_k โดยตั้งสมการดังนี้

- H_0 : ตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว
- H_1 : ตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว

$$\text{สถิติทดสอบ } F = \frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Error"}} = \frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Residual"}}$$

ซึ่งค่า MS Regression และ MS Error ได้จากตาราง 1- WAY ANOVA ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 : 1-WAY ANOVA สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอย

แหล่งแปรปรวน	องศาอิสระ DF	ผลบวกกำลังสอง SS	ผลบวกกำลังสองเฉลี่ย MS = SS/DF	F
ตัวแปรอิสระทั้ง k ตัว	k	SS Regression	MS Regression	$\frac{\text{"MS Regression"}}{\text{"MS Residual"}}$
ค่าความคลาดเคลื่อน	n-k-1	SS Residual	MS Residual	
ผลรวม	n-1	SS Total		

การสรุปผลการทดสอบ

1) ถ้ายอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าไม่มีตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือตัวแปรตาม ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระทั้ง k ตัวจึงไม่ต้องทำต่อในขั้นที่ 4

2) ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 (ยอมรับสมมติฐาน H_1) แสดงว่ามีตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม หรือกล่าวได้ว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระอย่างน้อย 1 ตัว จึงต้องทำการทดสอบต่อไปในขั้นที่ 4 ว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวใดบ้าง

4. การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระครั้งละ 1 ตัว โดยต้องทำการทดสอบสมมติฐาน k ครั้ง สำหรับตัวแปรอิสระ k ตัว สำหรับการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง Y กับ X สามารถตั้งสมมติฐานเพื่อการทดสอบได้ดังนี้

H_0 : ตัวแปรตาม (Y) ไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i (X_i); $i = 1, 2, \dots, k$

H_1 : ตัวแปรตาม (X) ขึ้นกับตัวแปรอิสระตัวที่ i (X_i)

$$\text{สถิติทดสอบ } t = \frac{b_i - 0}{SE(b_i)}$$

$SE(b_i)$ = ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ b_i

การสรุปผลการทดสอบ

- ถ้ายอมรับสมมติฐาน H_0 แสดงว่าตัวแปรตามไม่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i
- ถ้าปฏิเสธสมมติฐาน H_0 แสดงว่าตัวแปรตามขึ้นกับตัวแปรอิสระ X_i

- ถ้า $k = 10$ และผลการทดสอบพบว่าจากตัวแปรอิสระ 10 ตัว มีเพียง 4 ตัวที่มีความสัมพันธ์กับ Y คือ X_1, X_4, X_7, X_9 สมการความถดถอยจะเป็น $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_4 X_4 + b_7 X_7 + b_9 X_9$

5. ศึกษาระดับความสัมพันธ์ จากขั้นที่ 4 ทำให้ทราบว่า มีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y จากนั้นจะต้องศึกษาความสัมพันธ์ ในที่นี้จะใช้ R^2 หรือ Adjusted R^2 ในการหาระดับความสัมพันธ์ โดยที่

$$R^2 = \frac{\text{"SS Regression"}}{\text{"SS Total"}} \quad \text{และ} \quad 0 \leq R^2 \leq 1$$

- ถ้าค่า R^2 หรือ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมาก

- แต่ถ้า R^2 หรือ Adjusted R^2 มีค่าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรอิสระชุดนั้นไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามหรือมีความสัมพันธ์น้อยมาก

6. การตรวจสอบเงื่อนไขของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ สมการความถดถอยที่ดีจะต้องเป็นสมการที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระที่จะทำให้ค่าพยากรณ์ของตัวแปรตาม Y ใกล้เคียงกับค่าจริงของ Y มากที่สุด

การเลือกตัวแปรอิสระ 4 เทคนิคดังนี้

6.1) Enter

เป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอย โดยผู้วิจัยจะต้องทำการทดสอบสมมติฐานเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม โดยใช้ F test จากตาราง ANOVA และ t-test ผู้วิจัยจะต้องสรุปผลการทดสอบเองว่าควรจะมีตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม โดยใช้ผลการทดสอบ F - test และ t-test ตามลำดับ

6.2) Forward Selection

เป็นวิธีการพิจารณาว่าตัวแปรอิสระใดบ้างที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามโดยจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการถดถอยครั้งละ 1 ตัว ซึ่งจะทำให้การเลือกหลาย ๆ ครั้ง ในแต่ละครั้งจะเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการเพียง 1 ตัว โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่ทำให้ความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y เพิ่มขึ้นมากที่สุด และจะหยุดนำตัวแปรอิสระเข้าสมการ

6.3) Backward Elimination

เป็นการเลือกตัวอย่างที่ตรงข้ามกับวิธี Forward Selection โดยจะทำการตัดตัวแปรอิสระที่ไม่มีความสัมพันธ์กับ Y ออกจากสมการถดถอยครั้งละ 1 ตัว

6.4) Stepwise

เป็นการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการ โดยใช้หลักการทั้งวิธี Forward Selection และวิธี Backward Elimination ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ใช้หลัก Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระที่สัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดและทดสอบแล้วพบว่ามีความสัมพันธ์จริง (ยอมรับ H1) ดังนั้นจึงมีตัวแปรอิสระในสมการ 1 ตัว

2. ใช้หลักการของวิธี Forward โดยเลือกตัวแปรอิสระตัวที่สองเข้าสมการซึ่งพิจารณาจากตัวแปรที่เหลือทั้งหมดว่าตัวใดมีความสัมพันธ์กับ Y มากที่สุดและทำการทดสอบความสัมพันธ์ด้วย

ขั้นต่อไปจะทำซ้ำขั้นที่ 2 คือเลือกตัวแปรอิสระจากที่เหลือเข้าสมการในขณะเดียวกันก็จะใช้หลักการของวิธี Backward ในการตรวจสอบว่าควรตัดตัวแปรอิสระใดที่อยู่ในสมการออกจากสมการความถดถอยบ้าง สำหรับหลักเกณฑ์ในการพิจารณาว่าควรตัดตัวแปรใดออกจะตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเองที่อยู่ในสมการถดถอย ในการตัดตัวแปรอิสระออกจากสมการ จนกระทั่งไม่สามารถเลือกตัวแปรอิสระใดเข้าและไม่สามารถตัดตัวแปรอิสระใดออกจากสมการได้อีก ก็จะหยุดและจะได้สมการความถดถอยที่เหมาะสม

บทที่ 5

วิธีการดำเนินการ

5.1 สถานที่ดำเนินการ

- 1) พื้นที่อ่างเก็บน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม
- 2) พื้นที่ชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอธาตุพนม อำเภอนาแก และอำเภอเรณูนคร จังหวัด นครพนม
- 3) เก็บตัวอย่างน้ำได้ดิน จากบ่อน้ำตามหมู่บ้านต่างๆและจากบ่อสำรวจในการเก็บตัวอย่างดิน

5.2 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและการเลือกตำแหน่งเก็บตัวอย่าง

5.2.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ในการดำเนินการ โครงการจะเป็นการดำเนินการขั้นแรกที่จะต้องทำ เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เลือกจุดเก็บตัวอย่างดินและน้ำได้ตรงกับขอบเขตที่ต้องการศึกษาได้ โดยข้อมูลที่ต้องทำการศึกษา รวบรวมในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย

- 1) ข้อมูลทางด้านแผนที่ภูมิศาสตร์ จากกรมแผนที่ทหาร
- 2) ข้อมูลลักษณะชั้นดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน
- 3) ข้อมูลปริมาณน้ำฝน จากกรมอุตุนิยมวิทยา
- 4) ข้อมูลคุณภาพน้ำผิวดิน จากกรมควบคุมมลพิษ
- 5) ข้อมูลทางด้านแผนที่ภูมิศาสตร์ จากกรมแผนที่ทหาร
- 6) ข้อมูลบ่อน้ำได้ดิน จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล
- 7) ข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดิน (UTM 48) ความลึกเจาะและระดับน้ำใต้ดิน
พร้อมทั้งค่าระดับจากระดับน้ำทะเล

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความลึกเจาะ (เมตร)	ระดับน้ำ ปกติ (เมตร)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (เมตร)
441040	1884150	โรงเรียนบ้านหนองนางค่อน	24.00	15.28	161.00
455500	1880250	บ้านสร้างเม็ก	24.00	4.27	141.00
457600	1881800	บ้านลาดศรีชมภู	21.00	5.10	150.00
459750	1879400	บ้านเห็บ	15.00	2.70	142.00
460790	1877500	บ้านหนองแค้	21.00	5.40	142.00
461790	1884050	โรงเรียนบ้านนาโคกใหม่	15.00	5.31	154.00
463140	1893000	บ้านนายน้อย	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	วัดบ้าน โลกสว่างพัฒนา	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	บ้านคำผักแพว	15.00	7.50	128.00
472600	1859900	โรงเรียนบ้านทรายมูล	15.00	6.00	132.00
473250	1885150	บ้านหมันหย่อน	21.00	9.60	141.00
473700	1888590	วัดบ้านดงขวาง	15.00	5.73	135.00

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลพิกัดตำแหน่งสถานที่ต่าง (UTM48) พร้อมทั้งค่าระดับอ้างอิง

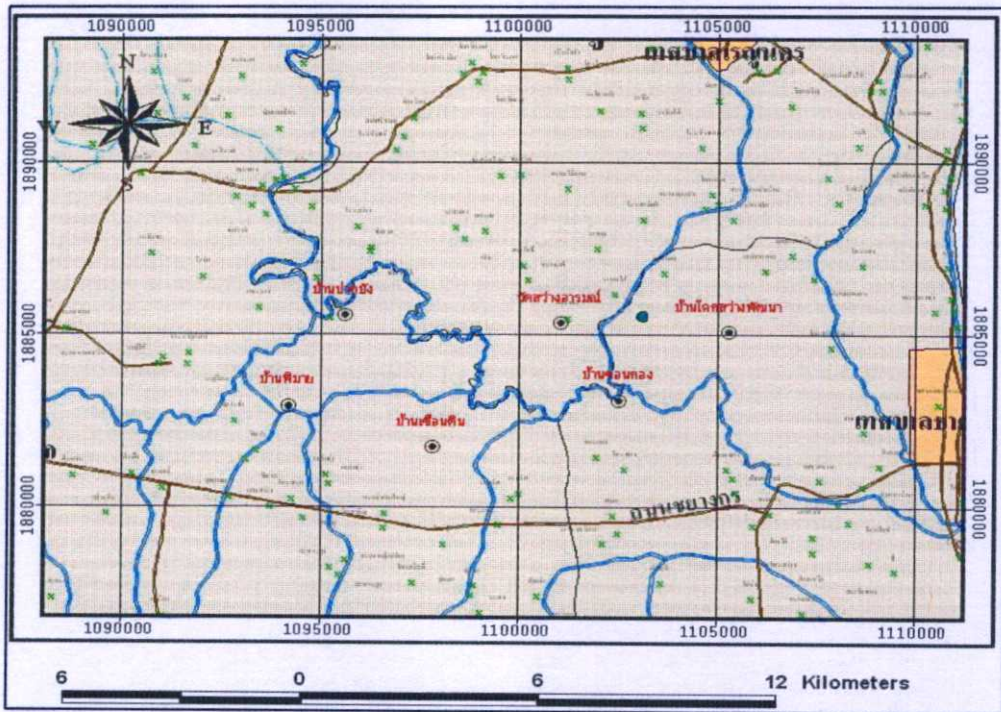
พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเล(เมตร)
441040	1884150	โรงเรียนบ้านหนองนางค่อน	161.00
455500	1880250	บ้านสร้างเม็ก	141.00
457600	1881800	บ้านลาดศรีชมภู	150.00
459750	1879400	บ้านเห็บ	142.00
460790	1877500	บ้านหนองแค	142.00
461790	1884050	โรงเรียนบ้านนาโคกใหม่	154.00
463140	1893000	บ้านนาขอน้อย	157.00
466290	1871050	บ้านสอนคอน	145.00
466500	1884750	วัดบูรพาภิราม(บ. โพนทอง)	140.00
470850	1884800	บ้านสร้างแห่ง	142.00
471140	1874900	วัดบ้านโคกสว่างพัฒนา	135.00
471600	1881900	บ้านนาทาม	142.00
471850	1882300	วัดบ้านนาทาม	142.00
471890	1858440	บ้านคำคักแพว	128.00
472600	1859900	โรงเรียนบ้านทรายมูล	132.00
473250	1885150	บ้านหมื่นหย่อน	141.00
473700	1888590	วัดบ้านคางขวาง	135.00
430250	1877050	ศูนย์พัฒนาบ้านคางขวาง	168.00
435290	1879900	บ้านคินคำ	155.00
435950	1877000	ที่ทำกรค้าปลค้าที่	154.00
436140	1886250	บ้านสามแยก	157.00
438500	1883190	บ้านหัวภูธร	153.00
444750	1884000	บ้านหนองสะโน	162.00
446640	1871440	บ้านนาปังครอง	147.00
446640	1884150	บ้านนาสมบูรณ์	159.00
448950	1881340	บ้านนาอุดม	152.00
451290	1879000	วัดบ้านฉันทะ	148.00
453525	1880825	โรงเรียนบ้านพระขงน้อย	145.00
460140	1890690	บ้านคำผาสุก	151.00
460850	1892690	บ้าน โนนสวรรค์	151.00
461250	1890800	บ้านศรีบุญเรือง	152.00
461390	1888300	โรงเรียนบ่อสะอาด	152.00
462250	1884090	บ้านนาโคกใหม่	151.00
466140	1890650	บ้านนางมได้	153.00
466390	1891190	บ้านนางมเหนือ	155.00
467350	1879550	บ้านหนองหัวขัวใต้	134.00
468500	1862090	บ้านยางคำ	164.00
471100	1891590	วัดบ้านหนองบัวโค้ง	144.00
474700	1893050	ตำบลบ้านถ่อน	130.00
474250	1893590	บ้านนาถ่อนทุ่ง	141.00
462450	1870090	บ้านนาหนาคน้อย	141.00
467250	1868300	วัดบ้านหนองเปง	139.00
470290	1862250	บ้านพัฒนาชาติไทย	170.00

5.2.2 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดิน

จากข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมได้ทั้งหมด โดย การนำข้อมูลรายงานสถานที่ที่พบปัญหาสภาพดินเค็มร่วมกับลักษณะของชั้นดินสภาพภูมิประเทศ เพื่อใช้ในการเลือกตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินทั้งในพื้นที่อ่างเก็บน้ำและพื้นที่ชลประทาน โดยตัวอย่างที่เก็บจะพยายามเก็บในจุดที่มีปัญหาดินเค็มแต่มีลักษณะชั้นดินที่แตกต่างกัน และจุดเก็บตัวอย่างต้องครอบคลุมพื้นที่การศึกษาให้มากที่สุด ซึ่งตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินแสดงดังตารางที่ 5.3 และ 5.4

ตารางที่ 5.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ชลประทาน

ตำแหน่ง	พิกัด (48 Q , UTM)	
	X	Y
คงมะเอก	466764	1882680
บ่อดอกซ้อน	456458	1882544
พระชองน้อย	453117	1879496
น้ำบ่อ1	453093	1880050
น้ำบ่อ2	453194	1879910
ฉันทะ	451787	1879519
คงมะเอก2	466764	1882680
บ้านคงมะเอก หลุมที่ 1	466135	1883106
บ้านคงมะเอก หลุมที่ 2	466599	1881769
บ้านบ่อดอกซ้อน หลุมที่ 1	454395	1882895
บ้านบ่อดอกซ้อน หลุมที่ 2	454243	1882894
บ้านพระชองน้อย หลุมที่ 1	453436	1880266
บ้านพระชองน้อย หลุมที่ 2	453231	1879094
บ้านคอนแดง	464435	1877409
บ้านนาหนาคน้อย	462568	1869740
พิมานท่า	453119	1874343
บ้านลาดศรีชมพู	457210	1882007
บ้านศาลา	462890	1871683
คงมะเอก	466163	1883129
พระชอง	452841	1880154
บ้านคอนแดง	457454	1882104
บ้านลาดศรีชมพู	457210	1882007
บ้านพระชองน้อย	453563	1880278
บ้านคอนแดง	457965	1878018
บ้านบ่อดอกซ้อน	454552	1882954
บ้านลาดศรีชมพู	457845	1882217
บ้านคงมะเอก	466135	1883106



รูปที่ 5.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

5.2.3 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

ศึกษาหาตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่ระดับตื้นจากข้อมูลเบื้องต้น เพื่อวางแผนการถ่ายระดับจากหมุดอ้างอิงเข้าสู่บ่อน้ำให้เกิดค่าระดับที่ถูกต้อง

ศึกษาหาตำแหน่งจากการขุดเจาะบ่อบาดาลเบื้องต้น ในตำแหน่งที่ไม่พบว่ามیب่อน้ำใต้ดินระดับตื้น รวมทั้งตำแหน่งที่ส่งผลกระทบต่อทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

เก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินในตำแหน่งที่ทำการเจาะสำรวจดิน พร้อมทำบ่อสังเกตการณ์ในบางตำแหน่ง

5.3 การเก็บตัวอย่าง

5.3.1 การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินในระยะความลึกที่เครื่องมือสามารถเจาะถึงระดับดินดานและทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน



รูปที่ 5.3 ทำการเจาะดินที่ระยะความลึกต่างๆ



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างดินที่ทำการเจาะได้เก็บบรรจุใส่ P.V.C. เพื่อนำไปหาค่าปริมาณความชื้น



รูปที่ 5.5 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

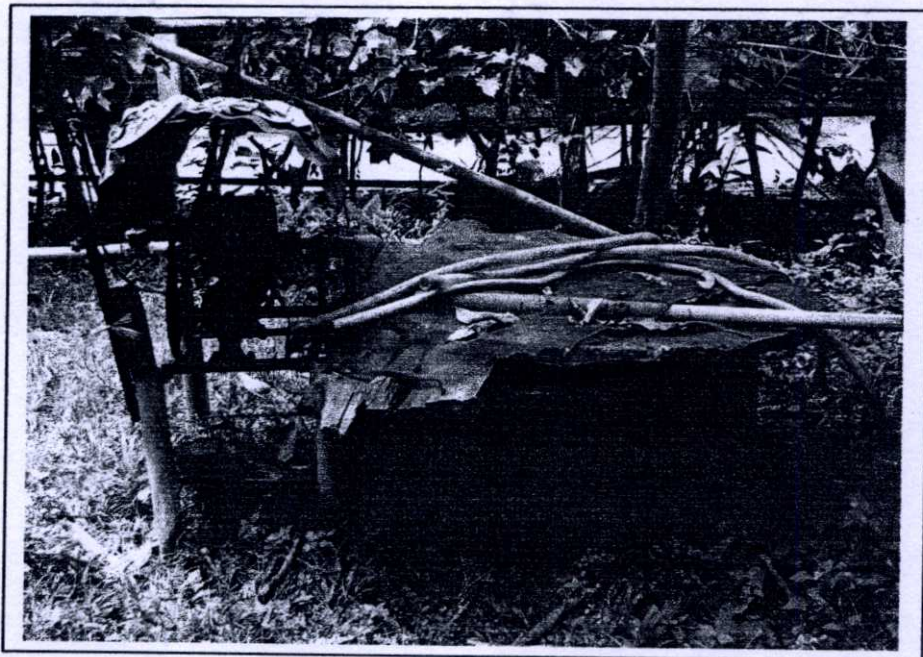


รูปที่ 5.6 ทำการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีของดิน ที่หน้างาน

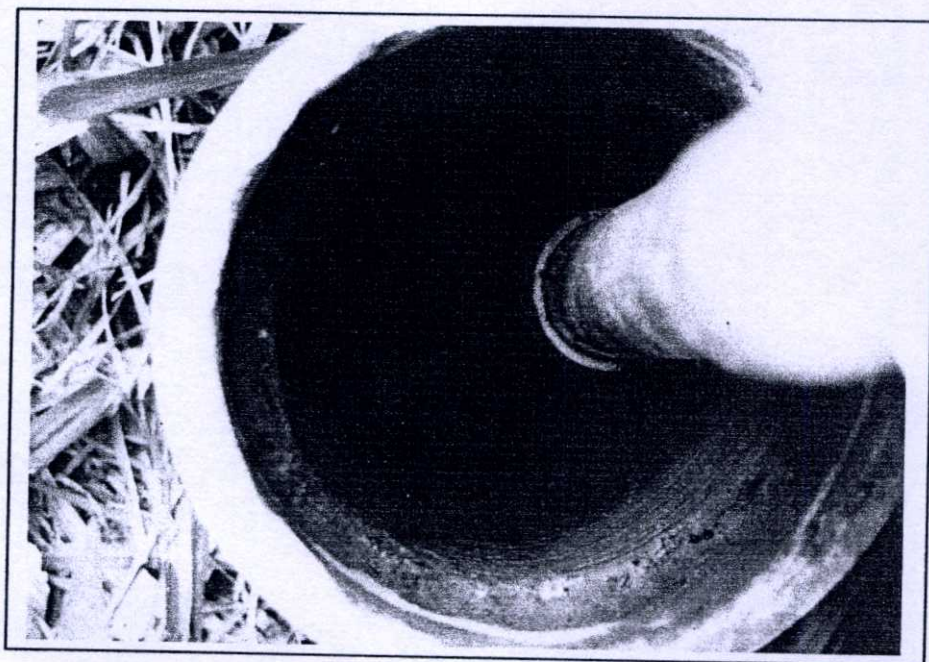
จากรูปที่ 5.6 เมื่อทำการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินแล้ว ทำการทดสอบหาค่าความเค็ม, ค่าการนำไฟฟ้า, ค่า pH และค่า TDS

5.3.2 การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน เก็บพร้อมกับการสำรวจดินและเก็บที่บ่อน้ำบาดาลในหมู่บ้าน



รูปที่ 5.7 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ



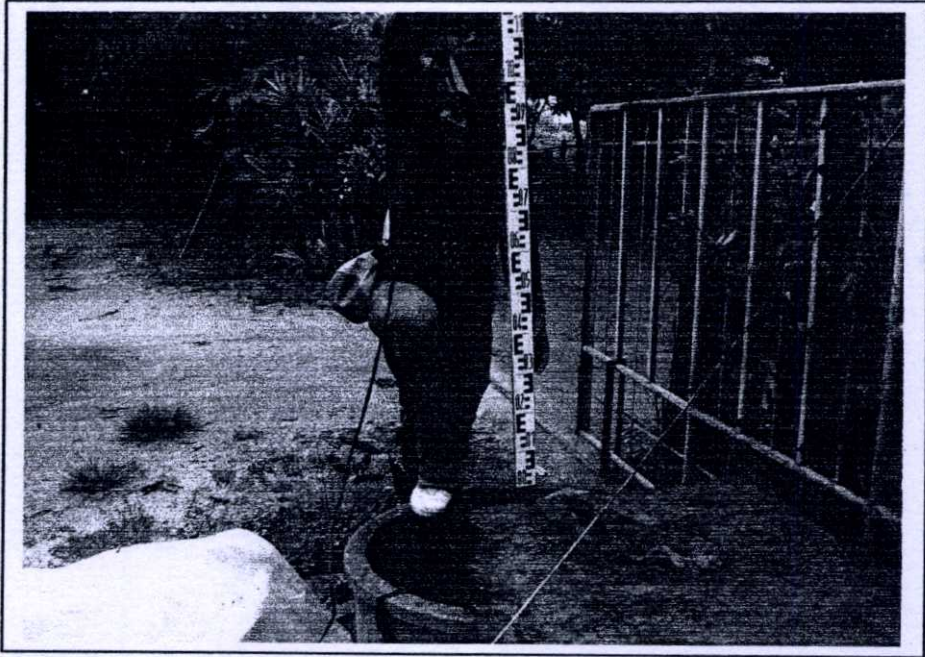
รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 5.9 แสดงการวัดค่าระดับน้ำใต้ดินจากบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 5.10 แสดงการวัดค่าพิกัด GIS ของบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่ทำการสำรวจ



รูปที่ 5.13 แสดงการถ่ายภาพระดับจากตำแหน่งที่ทราบค่าระดับไปยังตำแหน่งบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น

5.4 การทดสอบ

5.4.1 การทดสอบดิน

1) การทดสอบทางกายภาพ

(1.1) การหาพิกัดของอัคระเบิร์ก (ASTM D 4318 ASTM D 427)

ในปี ค.ศ. 1911 Atterberg นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดนได้เสนอจุดเปลี่ยนสถานะภาพ หรือลิมิตของมวลดิน (Atterberg's Limits) ขึ้นมา 5 ลิมิตสำหรับใช้ในงานเกษตรกรรม คือ Cohesion limit, Sticky limit, Shrinkage limit, Plastic limit และ Liquid limit ณ จุดเปลี่ยนสถานะภาพดังกล่าวมวลดินจะมีปริมาณน้ำและปริมาตรที่แตกต่างกัน 5 ลิมิต ดังกล่าวมีลักษณะและคุณสมบัติ ดังนี้

1. Cohesion limit คือ ปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้เศษดิน เริ่มมีการยึดเกาะเข้าด้วยกัน
2. Sticky limit คือ ปริมาณน้ำในมวลดินที่ทำให้มวลดินเริ่มมีการยึดเกาะตัวกับผิวของโลหะ เช่น Spatula blade

3. Shrinkage limit (W_s , W_{SL} หรือ S.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่มากที่สุดที่ไม่ทำให้มวลดินดังกล่าวเปลี่ยนปริมาตรเมื่อดินแห้งลงไปกว่านี้ หรือความชื้น ณ จุดซึ่งดินเปลี่ยนจากสภาพกึ่งของแข็งเป็นของแข็ง และจะไม่มีการหดตัวต่อไปอีกแล้ว ยิ่งปริมาณลดลงจากจุดนี้ไปอีกฟองอากาศจะเริ่มแทรก

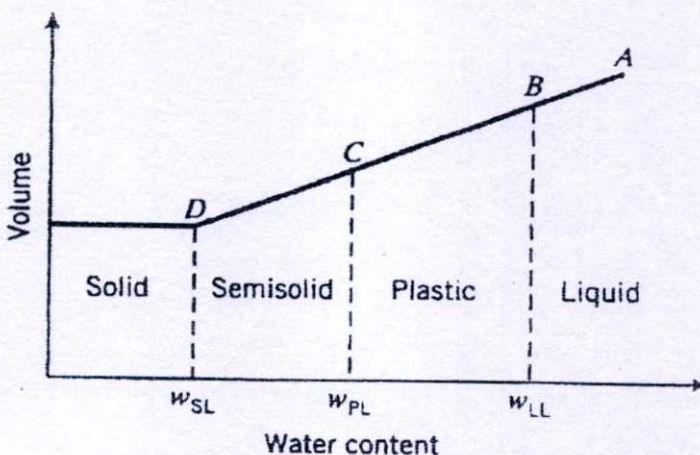
เข้าไปในมวลดิน (โดยที่ปริมาตรยังคงที่) และทำให้เกิดสถานะไม่อิ่มตัวเกิดขึ้น จนกระทั่งไม่มีความชื้นอยู่เลย และเมื่อปริมาณน้ำน้อยลง สีของมวลดินก็จะอ่อนลง

4. Plastic limit (W_p , W_{PL} หรือ P.L.) คือปริมาณน้ำในมวลดินที่มีเป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Semi-Solid ของดิน เมื่อดินใดๆ ก็ตามมีปริมาณน้ำเท่ากับ ดินนั้นจะมีสถานะอยู่ระหว่าง กับ สถานะ ถ้ามีปริมาณน้ำในมวลดินมากกว่าขีดจำกัดนี้ ดินจะอยู่ในสถานะเป็น Plastic แต่ถ้าปริมาณน้อยกว่านี้ ดินก็จะอยู่ในสถานะ Semi-Solid

5. Liquid limit (W_L , W_{LL} หรือ L.L.) คือ ปริมาณน้ำในดินที่เป็นขีดแบ่งระหว่างสถานะ Plastic กับสถานะ Liquid ของดิน หรือจะกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า เป็นปริมาณน้ำที่น้อยที่สุดที่ทำให้ดินอยู่ในสถานะไหลตัวได้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1932 ได้นำค่าพิคคมาประยุกต์ใช้ในด้านวิศวกรรมศาสตร์ของดิน โดยได้กำหนดรูปแบบเครื่องมือและวิธีการทดสอบ Liquid limit และ Plastic limit ซึ่งเป็นดัชนีที่สำคัญของดิน ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

ในปัจจุบันนิยมนำมาใช้เพียง 3 ลิมิตสุดท้ายเท่านั้น โดยเราสามารถนำค่า Liquid limit และ Plastic limit ไปใช้ในการจำแนกประเภทของดิน (Soil Classification) และคาดคะเนการทรุดตัว (Settlement) ของชั้นดิน คาดคะเนการซึมผ่านของน้ำในดิน (Permeability) ความสามารถในการอัดตัว (Compressibility) ของดิน รวมไปถึงใช้ในการเปรียบเทียบกำลังรับน้ำหนัก (Strength) ของดิน ส่วน Shrinkage limit จะบอกถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาตรจากสภาพเปียกเป็นแห้งของดิน เมื่อความชื้นในดินลดลง กำลังดินจะเพิ่มขึ้น แต่ปริมาตรของดินก็ลดลงเช่นกัน มีผลกระทบในการก่อสร้าง เช่น คันถนน คันทางรถไฟ เขื่อน เป็นต้น



รูปที่ 5.14 กราฟแสดงสถานะต่างๆของดิน

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปรุพีทกลศาสตร์ (สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธิ์ เรื่บ้านเกาะ, 2544)

(1.2) ความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (ASTM D 854)

ความถ่วงจำเพาะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของมวลดิน สามารถนำไปใช้ในการคำนวณหาอัตราส่วนช่องว่าง (Void Ratio) ความพรุน (Porosity) ความอิ่มตัว (Degree of Saturation) หน่วยน้ำหนัก (Unit Weight) และค่าอื่นๆ ได้ รวมทั้งใช้คาดคะเนแร่ธาตุซึ่งเป็นองค์ประกอบของมวลดินนั้น เช่น ดินที่มี Iron อยู่มากจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าดินที่มี Silicas เป็นส่วนประกอบ หรือดินเหนียวจะมีค่าความถ่วงจำเพาะมากกว่าทราย เนื่องจากดินเหนียวมีส่วนประกอบของแร่ธาตุซึ่งหนักกว่า (Quartz) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของทราย นอกจากนี้ค่าความถ่วงจำเพาะยังต้องนำไปใช้ในการทดลองอีกด้วย เช่น ใช้ในสูตรการตกตะกอนของเม็ดดินในการวิเคราะห์ขนาดเม็ดดินด้วย Hydrometer

ค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุใดๆ คือค่าที่แสดงให้เห็นว่าวัตถุนั้นมีความหนาแน่นเป็นกี่เท่าของน้ำ ซึ่งจะเท่ากับอัตราส่วนของน้ำหนักของวัตถุในอากาศ ต่อ น้ำหนักที่อุณหภูมิ 4 องศา ที่มีปริมาตรเท่าวัตถุนั้น

ดังนั้นค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน G_s มีค่าเท่ากับ

$$G_s = \frac{\text{น้ำหนักดิน}}{\text{น้ำหนักที่มีปริมาตรเท่ากับที่ 4 °C}} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w(\text{ที่ 4 °C})}$$

$$= \frac{W_s / V_s}{W_w(\text{ที่ 4 °C}) / V_s}$$

$$= \frac{W_s}{W_w(\text{ที่ 4 °C})}$$

เมื่อ γ = ความหนาแน่นเฉพาะเนื้อดินหรือน้ำ (ไม่รวมช่องว่าง)
 W_s = น้ำหนักของเนื้อดิน
 W_w = น้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับมวลดินที่อุณหภูมิ 4 องศา

ค่าความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน ที่ได้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงจะทำให้น้ำขยายตัว ดังนั้นปริมาณน้ำในขวดจะสูงขึ้น ซึ่งถ้าอุณหภูมิต่ำจะทำให้ปริมาณลดลงเช่นกัน เราต้องทำการปรับแก้ค่าปริมาณน้ำที่ขึ้นกับอุณหภูมิตามสภาวะที่ทำการทดลอง เนื่องจากน้ำหนักน้ำที่ล้นออกมานี้เป็นการทดสอบที่อุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ แต่เราต้องการน้ำหนักน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับมวลดินที่อุณหภูมิ 4 องศา เราจึงทำการปรับแก้ค่าปริมาณที่ขึ้นกับอุณหภูมิตามสภาวะที่ทำการทดลองนั้น

ตารางที่ 5.5 ความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ (ค่าองค์ประกอบปรับแก้อุณหภูมิจึง, G_p)

$^{\circ}\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998
10	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9991	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984
20	0.9982	0.9980	0.9978	0.9976	0.9973	0.9971	0.9986	0.9965	0.9963	0.9960
30	0.9957	0.9954	0.9951	0.9947	0.9944	0.9941	0.9937	0.9934	0.9930	0.9926
40	0.9922	0.9919	0.9915	0.9911	0.9907	0.9902	0.9898	0.9894	0.9890	0.9885
50	0.9881	0.9876	0.9872	0.9867	0.9862	0.9857	0.9852	0.9848	0.9842	0.9838
60	0.9832	0.9827	0.9822	0.9817	0.9811	0.9806	0.9800	0.9795	0.9789	0.9784
70	0.9778	0.9772	0.9767	0.9761	0.9755	0.9749	0.9743	0.9737	0.9731	0.9724
80	0.9718	0.9712	0.9706	0.9699	0.9693	0.9686	0.9680	0.9673	0.9667	0.9660
90	0.9653	0.9647	0.9640	0.9633	0.9626	0.9619	0.9612	0.9605	0.9598	0.9591

หมายเหตุ ค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ จะเท่ากับค่าความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ด้วย
ที่มา: คู่มือปฏิบัติการทดลองปฐพีกลศาสตร์

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปฐพีกลศาสตร์ (สุพจน์ ศรีนิล, แผลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธิ์ เร่บ้านเกาะ, 2544)

(L.3) การหาขนาดเม็ดดิน (ASTM D-422)

การหาขนาดและการกระจายตัวของเม็ดดินทำได้หลายวิธี ตามความเหมาะสมของของขนาดเม็ดดิน และตามชนิดของดิน ดังนี้

1. วิธีร่อนผ่านตะแกรง (Sieve Analysis) สำหรับเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่กว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่ (0.075 มม.)
2. วิธีตกตะกอนโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Analysis) สำหรับดินที่มีขนาดเล็กกว่าตะแกรงเบอร์ 200 เป็นส่วนใหญ่ (ขนาด 0.075 มม.) เช่น ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนตะกอน (Silty Clay)

สำหรับดินโดยทั่วไปจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันในการวิเคราะห์ขนาดของเม็ดดิน

หมายเหตุ วิธีการทดสอบโดยละเอียดศึกษาได้จาก คู่มือปฏิบัติการทดลอง ปรุพิทกลศาสตร์ (สุพจน์ ศรีนิล , แหลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธิ์ เร่บ้านเกาะ, 2544)

(1.4) การหาค่าความสามารถในการซึมผ่านของดิน(k)

ค่าความสามารถในการซึมผ่านของดินหาได้จากการคำนวณโดย $k = (D_{10})^2 / 100$

2) การทดสอบทางเคมี

การทดสอบทางค้ำเคมีต้องมีการเตรียมตัวอย่างดินก่อนใช้เครื่องมือวัดค่าโดยใช้ดินผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 ใช้แท่งแก้วคนดินให้ละลายน้ำจนหมด ทิ้งให้ตกตะกอนแล้วจึงทำการวัดค่าทางเคมี

(2.1) การทดสอบค่าการนำไฟฟ้าของดินและน้ำใต้ดิน

ค่าการนำไฟฟ้า ที่เรียกว่า Electrical Conductivity (EC) เป็นการวัดปริมาณไอออนของน้ำในรูปแบบของ Micromhos/CM. ซึ่งค่าการนำไฟฟ้านี้จะมีความสัมพันธ์กับค่า TDS มากทีเดียว โดยความสัมพันธ์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อตัวอย่างน้ำเปลี่ยนจากความเข้มข้นน้อยไปความเข้มข้นมาก โดยที่สภาพการนำไฟฟ้ามีความสำคัญเกี่ยวกับการกักครอนคือเมื่อค่า EC หรือ TDS มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความรุนแรงของการกักครอนก็ยิ่งมีมากขึ้น ทำให้จำเป็นต้องพิจารณาถึงค่านี้ด้วย ซึ่งค่า EC ยังบ่งบอกถึงความบริสุทธิ์ของน้ำได้ยังมีค่ามากแสดงว่ายังมีสารปนเปื้อนที่สามารถแตกตัวเป็นไอออนได้อยู่มาก โดยค่าการนำไฟฟ้าจะแปรผันตามค่าของ TDS

(2.1.1) การทดสอบหาค่า TDS ของดินและน้ำใต้ดิน

ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solids) (TDS) คือเป็นของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำ ไม่สามารถมองเห็นของแข็งประเภทนี้ได้ น้ำที่มีค่า TDS สูงๆอาจมีความใสมากก็ได้ ปริมาณสารเคมีหรือแร่ธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำเมื่อรวมกันทั้งหมดก็จะเป็นค่าที่ TDS ในหน่วยมก./ลิตร โดยอาจประกอบด้วยทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำอาจไปสัมพันธ์กับค่า BOD (Biochemical Oxygen Demand) ได้ และสารอนินทรีย์ก็จะมาจากพวก Alkalinity , Acidity , Salinity , Hardness และอื่นๆ อีกได้

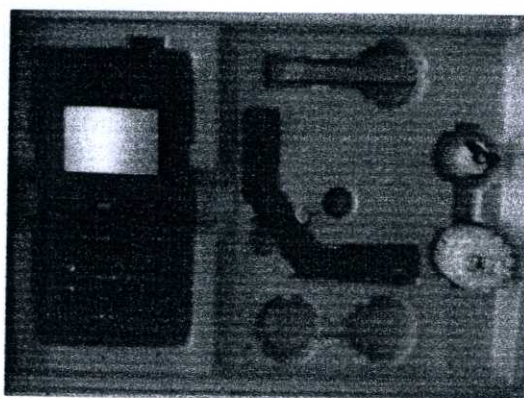
(2.1.2) การทดสอบหาค่า pH ของดินและน้ำใต้ดิน

ค่าพีเอช (pH) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ เกิดจากประจุบวกของ Ca^{+2} , Mg^{+2} และ K^{+2} จะเข้าไปสะเทินกับ H^+ ในสารละลายในดิน ทำให้ค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจะมีผลให้ค่า pH ของน้ำที่ไหลผ่านมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย pH เป็นค่าวัดความเป็นกรด-ด่างในน้ำทั่วไป โดยมีขนาดตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยค่า pH เท่ากับ 0 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นกรดมากๆ และค่า pH เท่ากับ 14 หมายถึงน้ำมีสภาพเป็นด่างมาก ซึ่งแน่นอนค่า pH เท่ากับ 7 หมายถึง น้ำที่มีสภาพเป็นกลาง ถ้าค่า pH ต่างกันเพียง 1 หน่วย จะหมายถึงการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่างถึง 10 เท่า ค่า pH จะมีผลต่อปฏิกิริยาทางเคมีในกระบวนการผลิตน้ำประปา จากมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง ค่า pH ของน้ำดื่มควรอยู่ในช่วง 6.8 ถึง 8.2

5.4.2 การทดสอบน้ำใต้ดิน

1) การทดสอบหาค่า Dissolved Oxygen (DO)

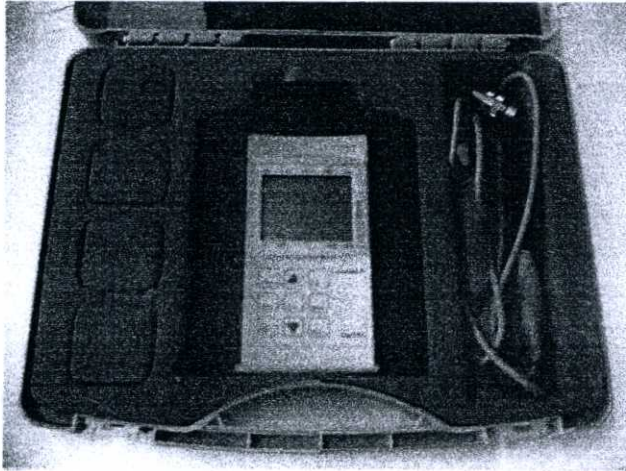
ในการทดสอบค่าเหล่านี้จะใช้เครื่องวัด pH Meter ซึ่งสามารถเปลี่ยนหัวเพื่อทำการวัดค่า Dissolved Oxygen (DO) และค่าความต่างศักย์ไปได้ในตัว การทดสอบนี้จะทำการทดสอบทันทีที่จุดเก็บตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อต้องการค่าที่ถูกต้องและคงความเป็นธรรมชาติเดิมของน้ำให้มากที่สุด โดยจะจุ่มหัวอ่านไปในน้ำตัวอย่างที่เก็บได้ จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้



รูปที่ 5.15 เครื่องวัดค่า DO, pH, ค่าความต่างศักย์ ยี่ห้อ WTW รุ่น pH/Oxi340i/SET

2) การทดสอบหาค่า TDS, ค่าการนำไฟฟ้า และค่าความเค็ม

การหาค่า Parameter ดังกล่าว จะทำการทดสอบที่หน้างานเช่นเดียวกับการหาค่า DO, pH และค่าความต่างศักย์ แต่จะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Senso Direct Con200 ทำการตรวจวัดน้ำที่เก็บมาได้จากแหล่งน้ำทันทีที่หน้างานเช่นเดียวกับการหาค่า DO, pH และค่าความต่างศักย์ โดยจะนำหัวสำหรับอ่านค่าจุ่มลงในตัวอย่างน้ำที่เก็บได้ จากนั้นทำการอ่านค่าที่ได้โดยกดเลือกฟังก์ชันที่ต้องการ แล้วบันทึกผล



รูปที่ 5.16 เครื่องวัดค่า TDS, ค่าการนำไฟฟ้า, และค่าความเค็มด้วยเครื่องยี่ห้อ Senso Direct Con200

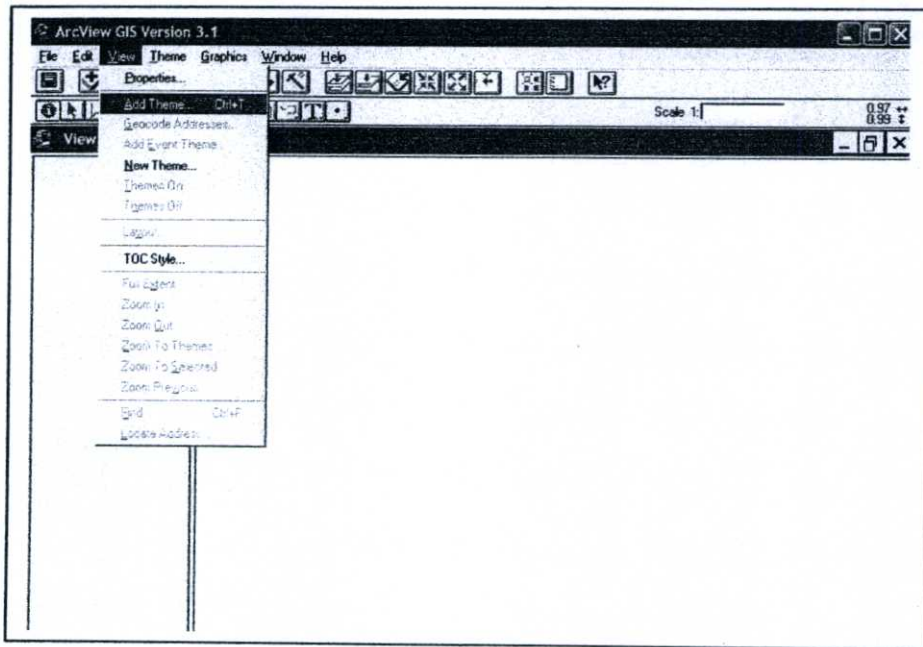


รูปที่ 5.17 เครื่องวัดค่าความเค็มด้วยเครื่อง ยี่ห้อ EUTECH Salt Test

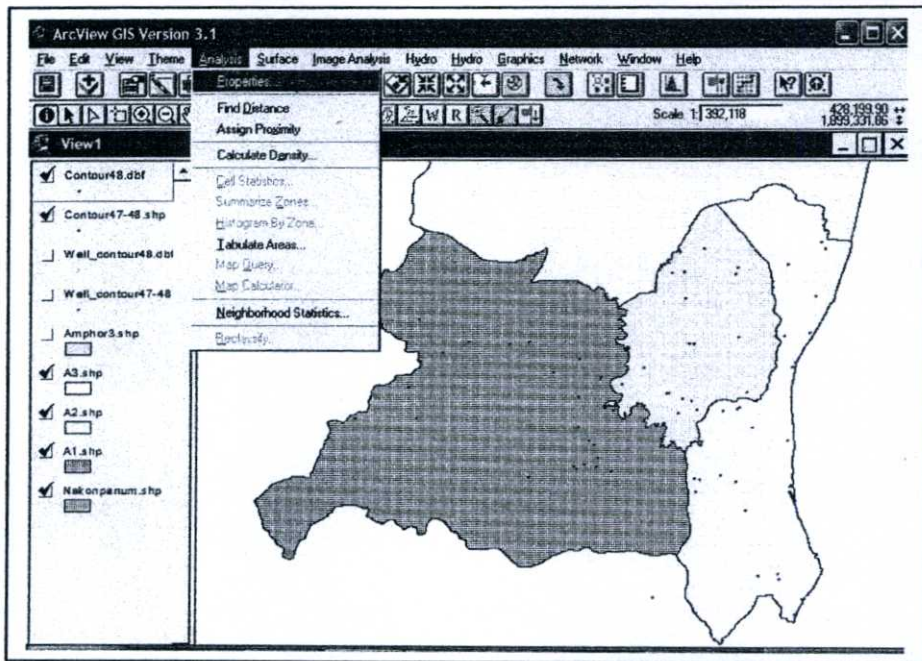
5.5 การใช้โปรแกรมในการช่วยวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.5.1 การใช้โปรแกรม GIS Arc View และ Surfer

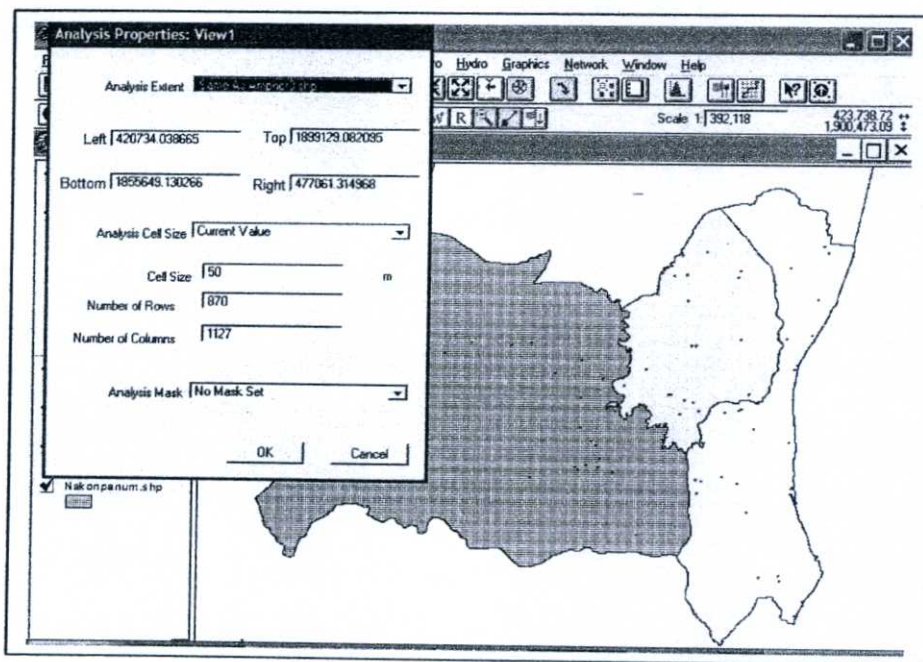
โปรแกรม GIS Arc View และ Surfer ใช้สำหรับการแสดงผลข้อมูลให้เป็นรูปภาพเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์และเข้าใจ



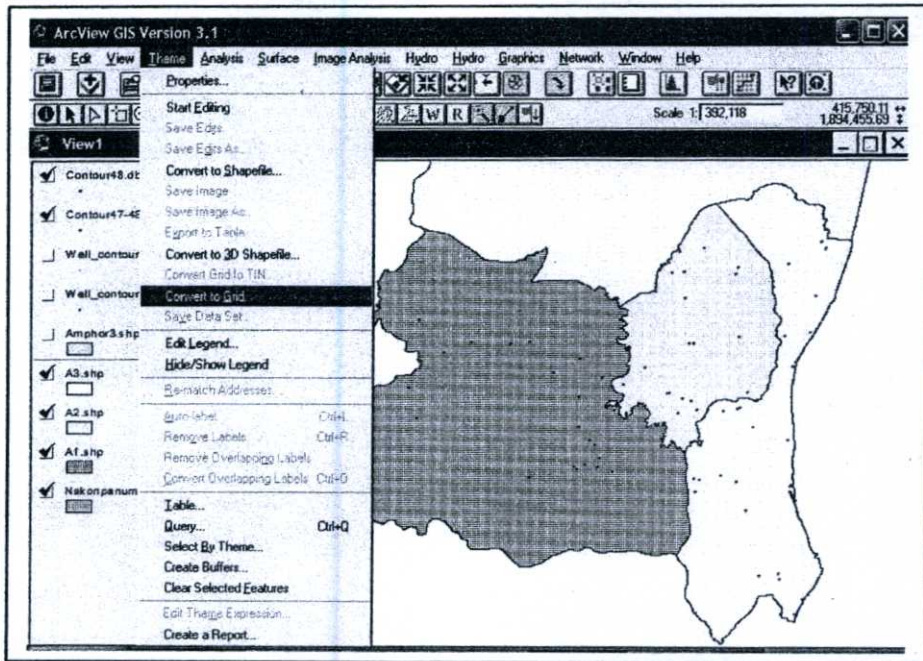
รูปที่ 5.18 แสดงการเปิดโปรแกรม ArcView แล้วเปิดหน้าต่างเพิ่มข้อมูลในโปรแกรม



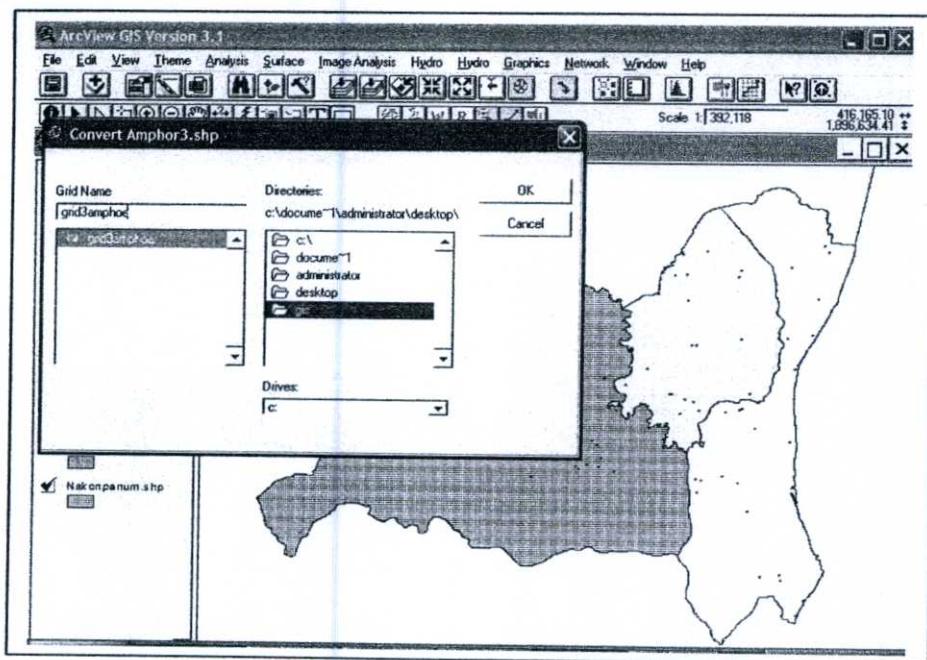
รูปที่ 5.19 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม ArcView โดยเลือกเมนู Analysis คำสั่ง Properties



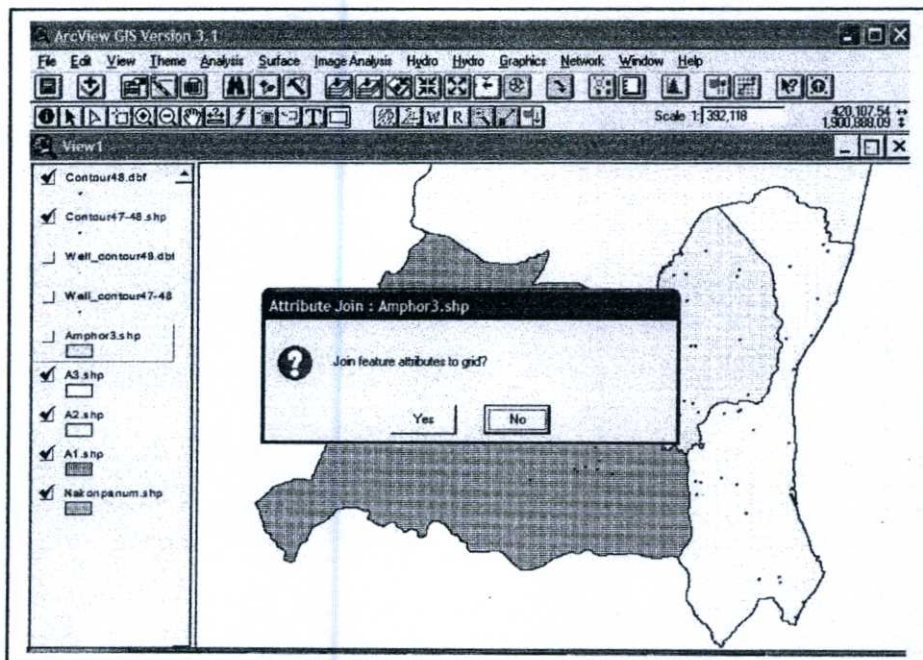
รูปที่ 5.20 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View ช่องบน Same As Amphoe3.shp Cell Size 50 กด Enter แล้วกด OK



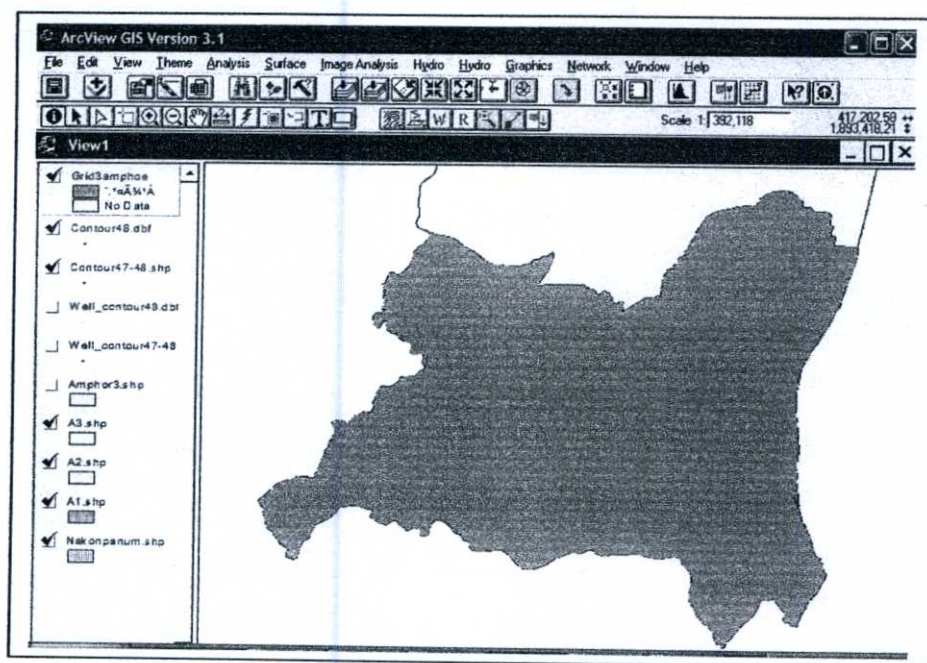
รูปที่ 5.21 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Themes คำสั่ง Convert to Grid



รูปที่ 5.22 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเซฟและตั้งชื่อไฟล์ แล้วกด OK



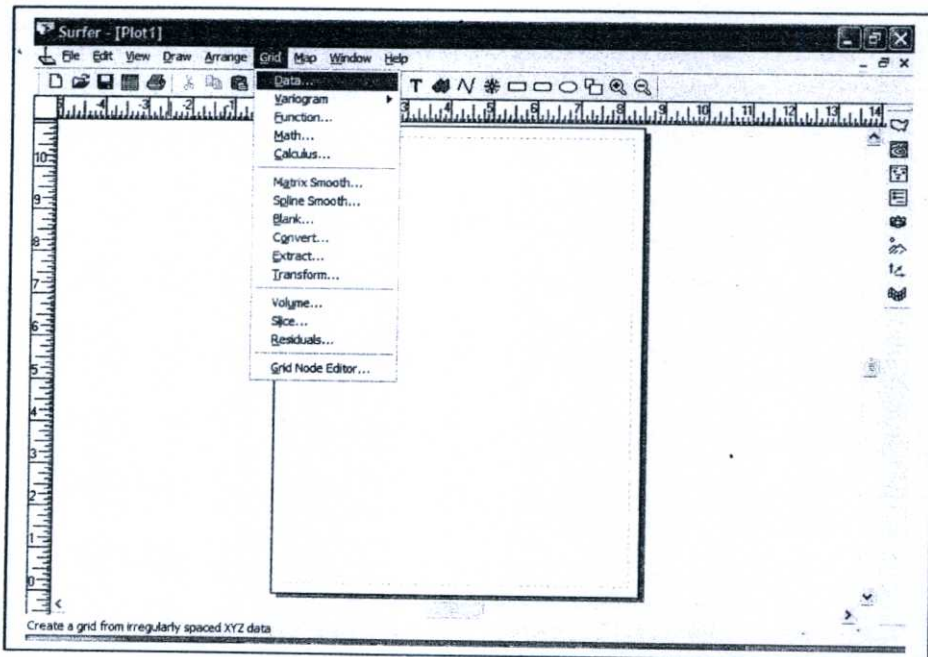
รูปที่ 5.23 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยกด Yes



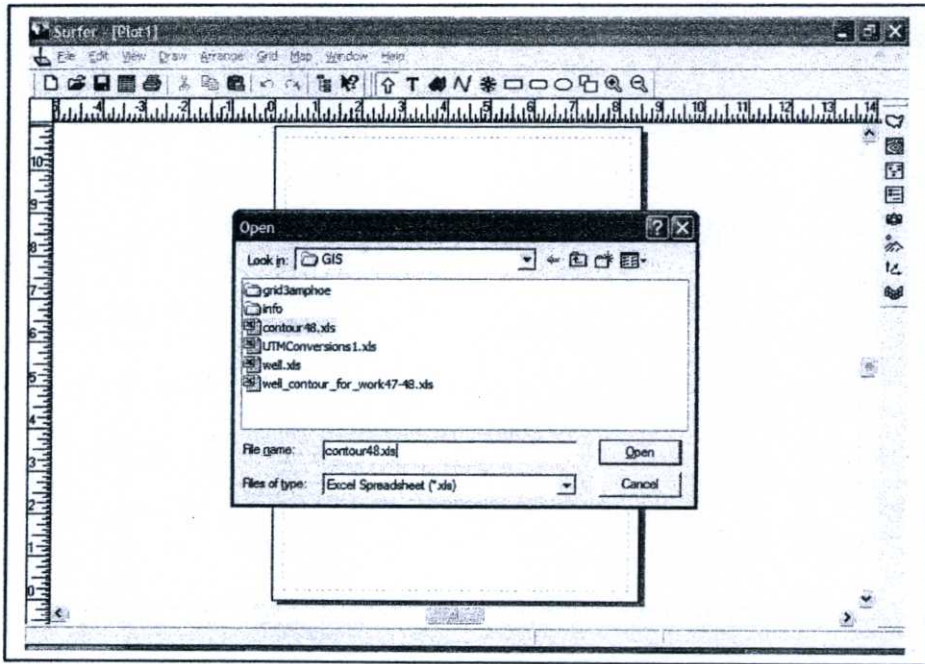
รูปที่ 5.24 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View จะได้ Grid ของ 3 อำเภอที่ทำการสำรวจ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	พิภค ออก - พก	พิภค เหนือ - ใต้	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)							
1										
2	441040	1884150	161.00							
3	455500	1880250	141.00							
4	457600	1881800	150.00							
5	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	1884750	140.00							
11	470850	1884800	142.00							
12	471140	1874900	135.00							
13	471600	1881900	142.00							
14	471850	1882300	142.00							
15	471890	1858440	128.00							
16	472600	1859900	132.00							
17	473250	1885150	141.00							
18	473700	1888590	135.00							
19	430250	1877050	168.00							
20	435290	1879900	155.00							
21	435950	1877000	154.00							

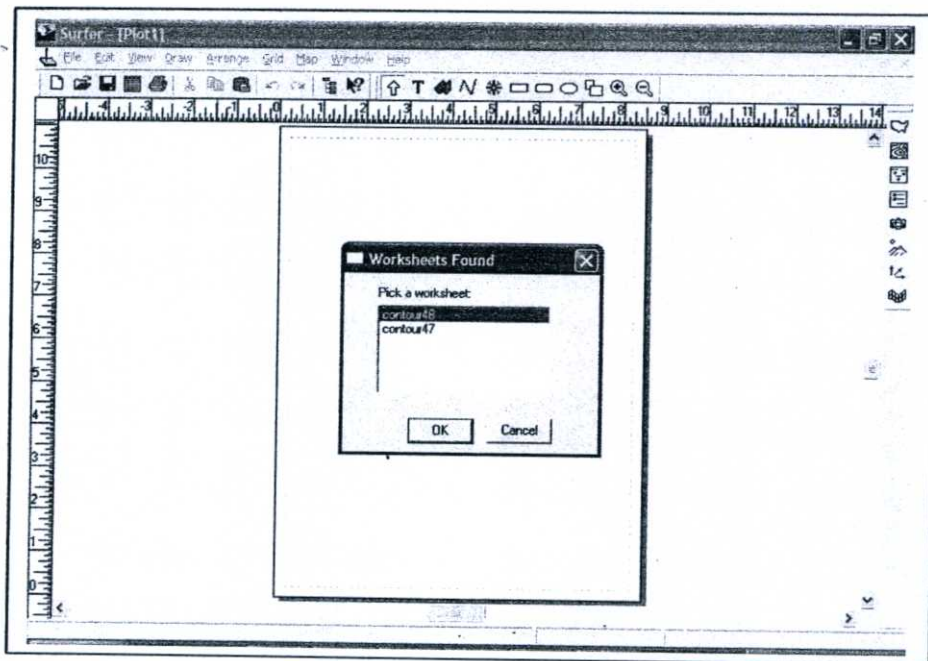
รูปที่ 5.25 แสดงขั้นตอนการแปลงพิภคที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยเปิด Excel เรียงข้อมูลพิภค กับความสูงจากระดับน้ำทะเล แล้ว save นามสกุล .xls



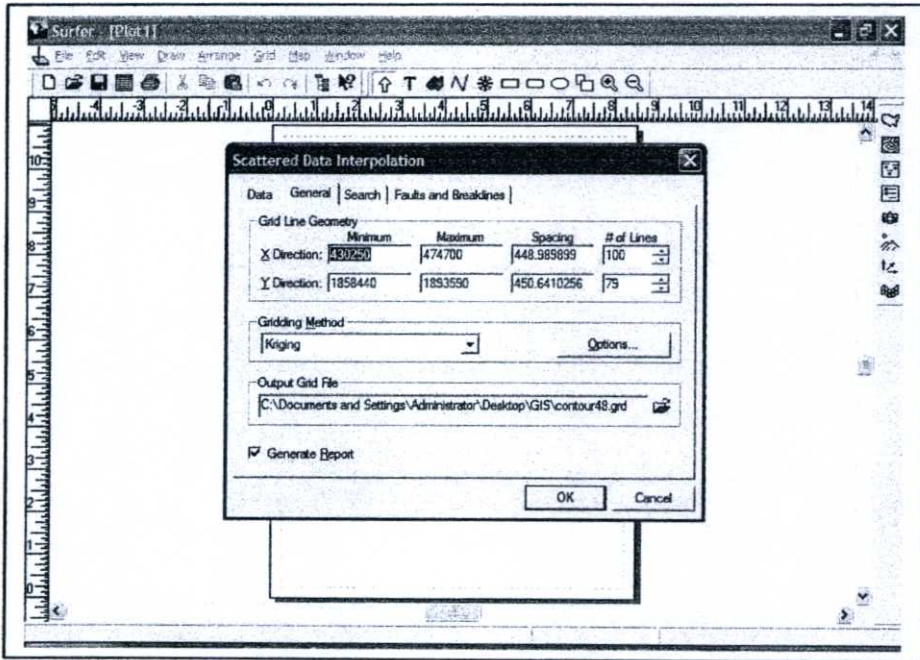
รูปที่ 5.26 แสดงขั้นตอนการแปลงพิภคที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเปิด Surfer เลือกเมนู Grid คำสั่ง Data



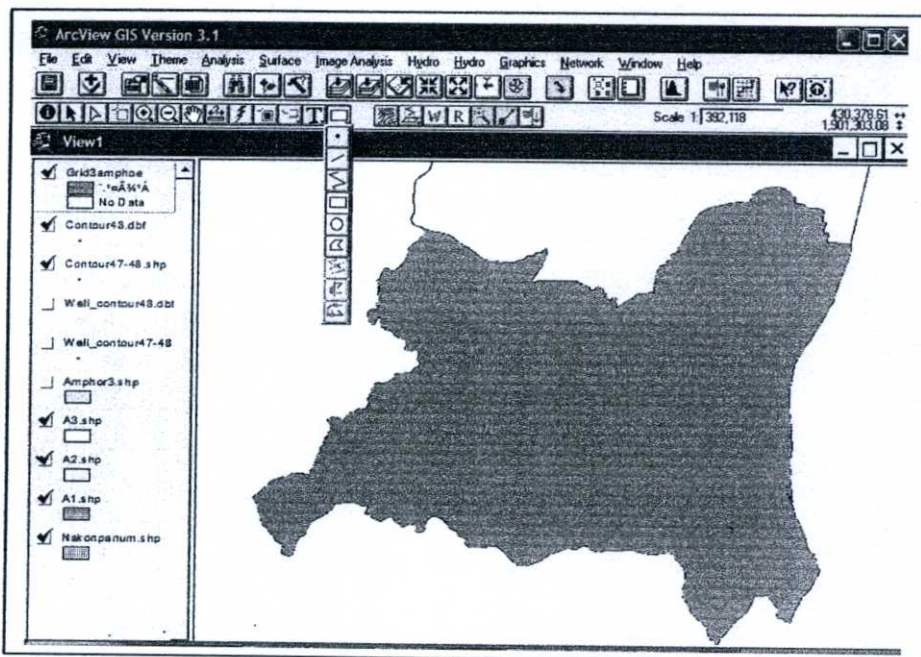
รูปที่ 5.27 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเปิดไฟล์ที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3.20



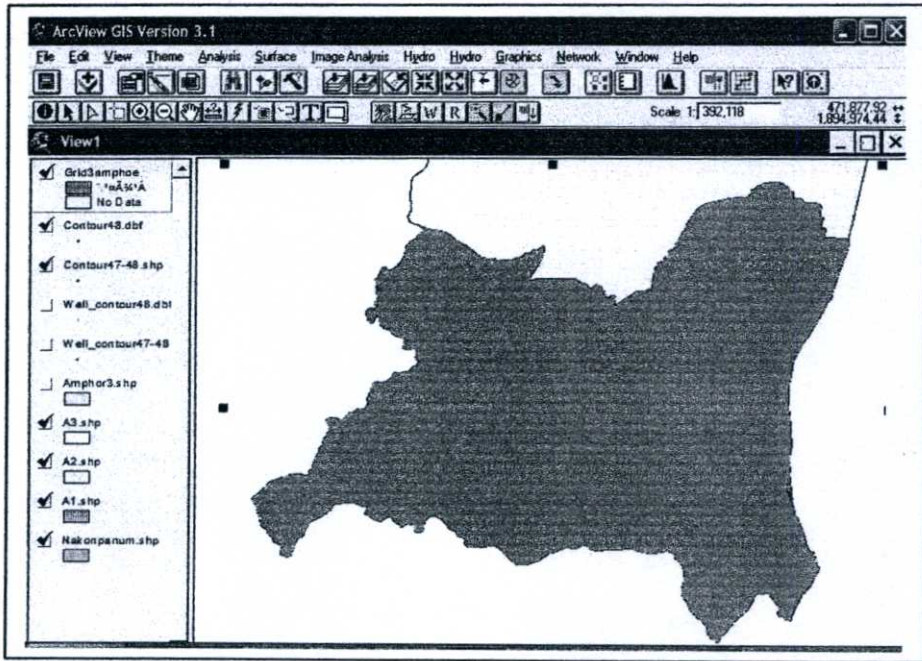
รูปที่ 5.28 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือก Contour 48



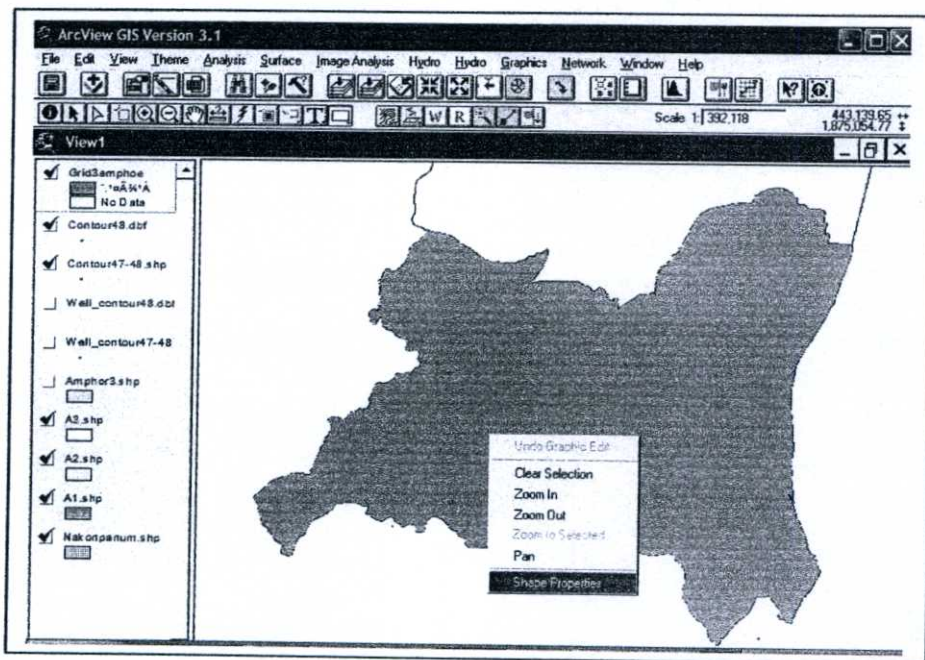
รูปที่ 5.29 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยจะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา เปิดค้างไว้ก่อนแล้วทำขั้นตอนต่อไป



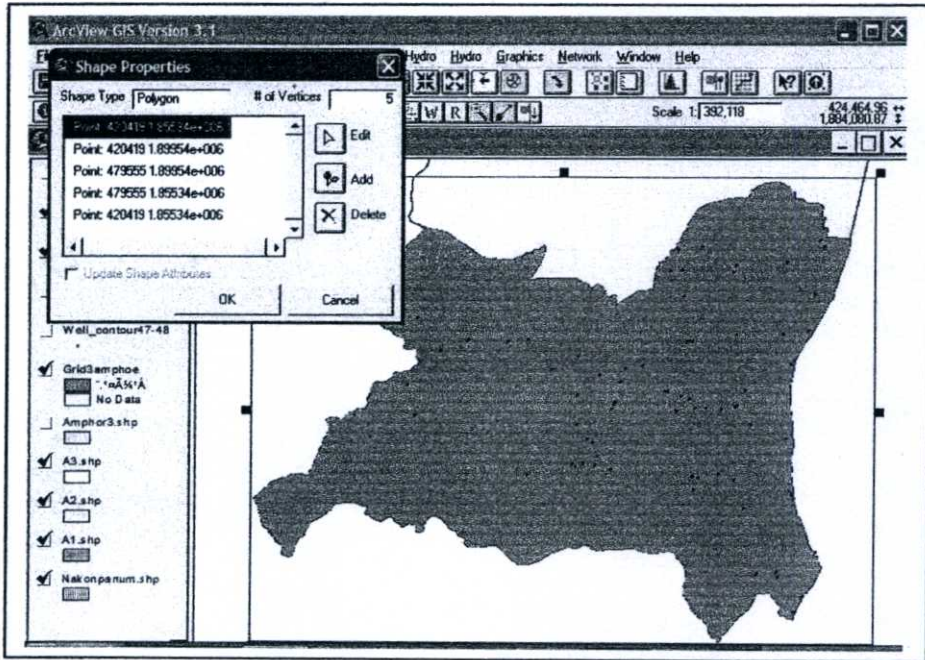
รูปที่ 5.30 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยคลิกไอคอนดังกล่าวค้างไว้แล้วเลือกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



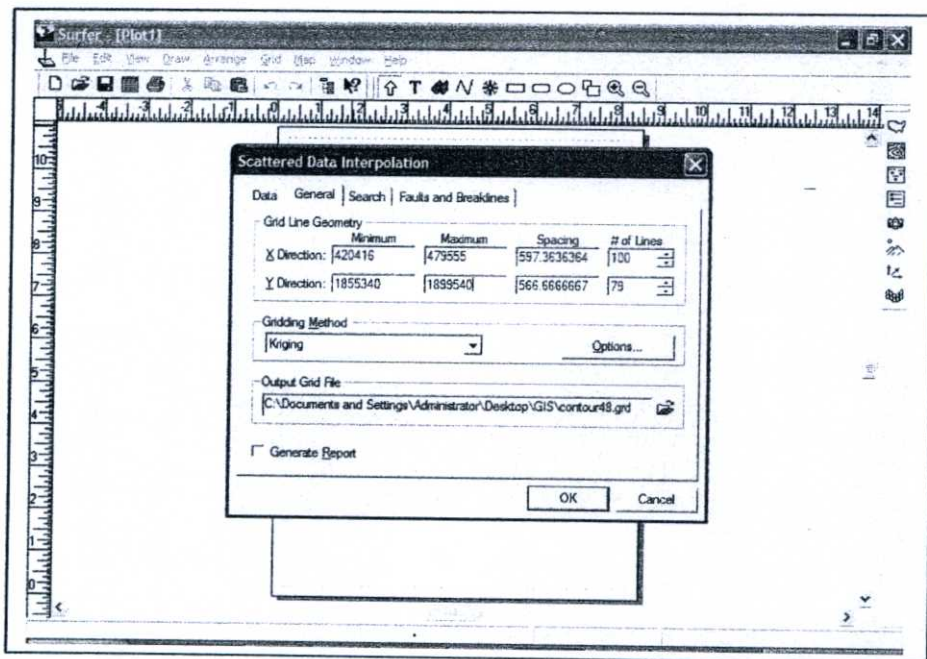
รูปที่ 5.31 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ 3 อำเภอทั้งหมด



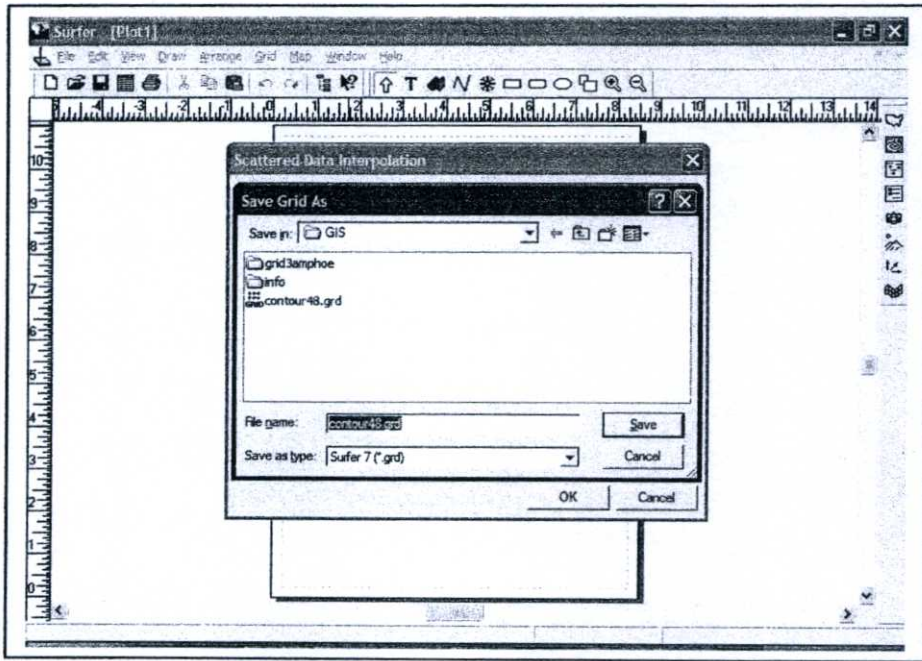
รูปที่ 5.32 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจากการลากกรอบสี่เหลี่ยมคลุมพื้นที่ทั้งหมดให้คลิกขวาเลือก Shape Properties



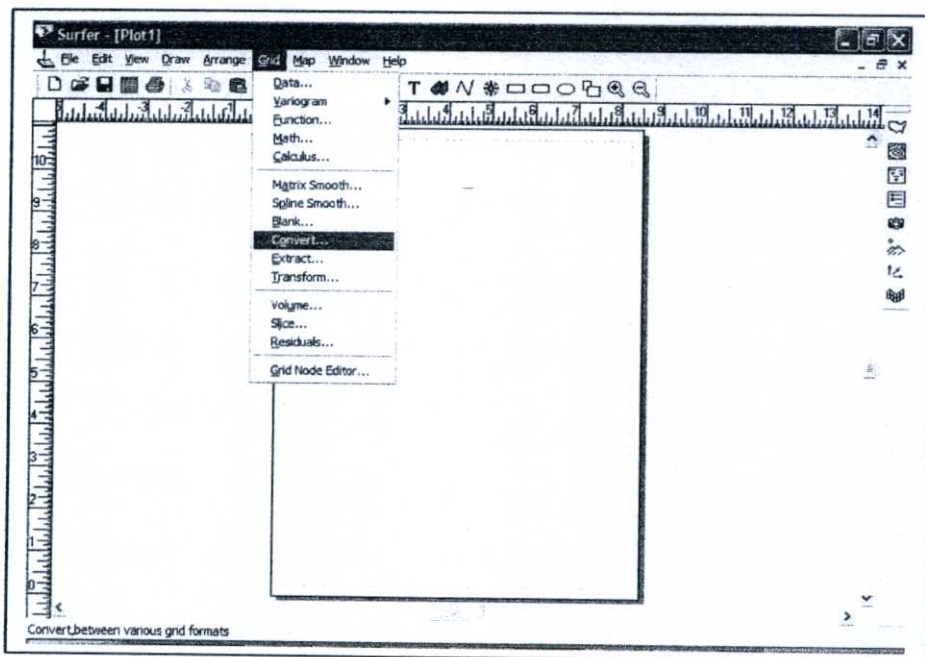
รูปที่ 5.33 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจะได้ค่าพิกัดตำแหน่งของมุมรอบทั้ง 4 มุม



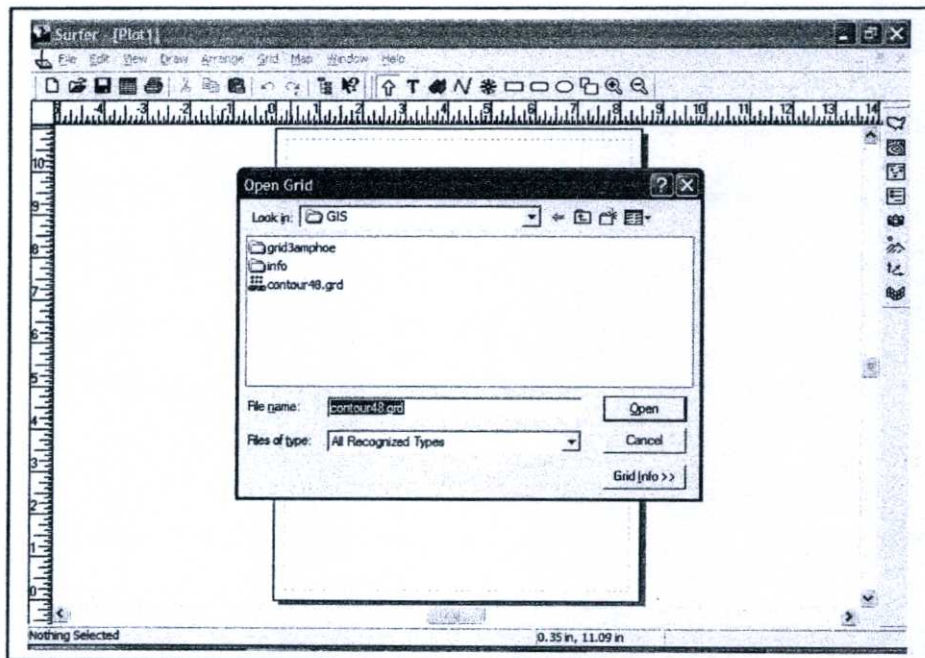
รูปที่ 5.34 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยจากรูปที่ 3.28 ให้นำค่าพิกัดแต่ละมุม มาใส่เป็นค่า X Y (min, max)



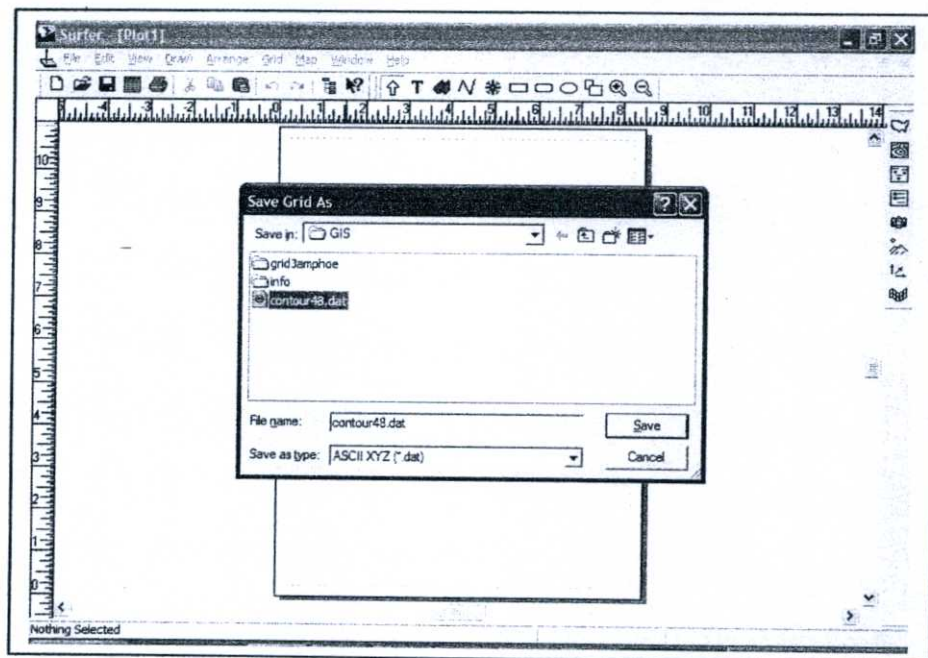
รูปที่ 5.35 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยใส่ค่า X Y (min, max) เสร็จแล้วก็ Save ไฟล์



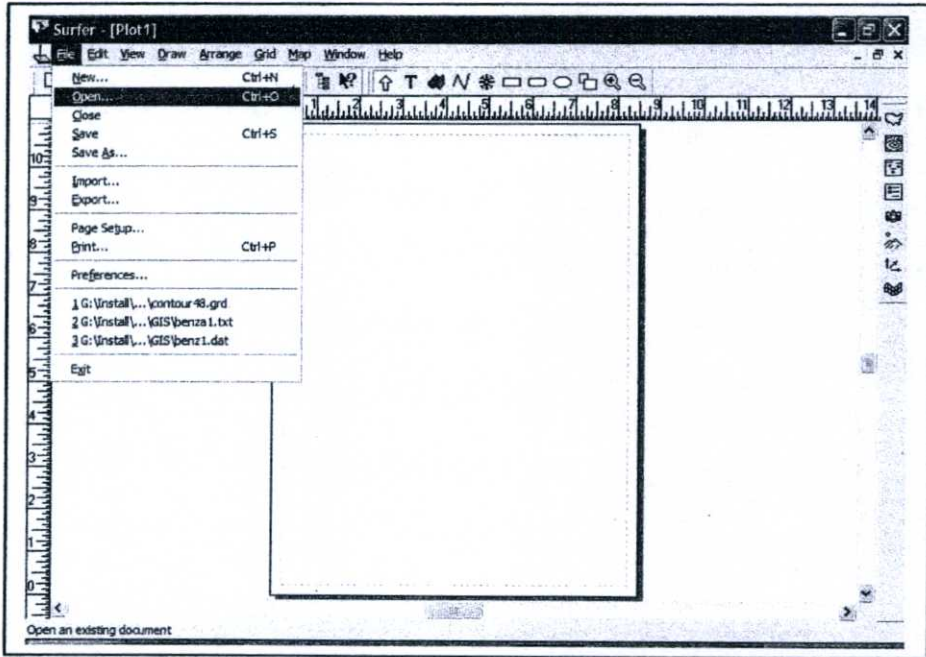
รูปที่ 5.36 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู Grid คำสั่ง Convert



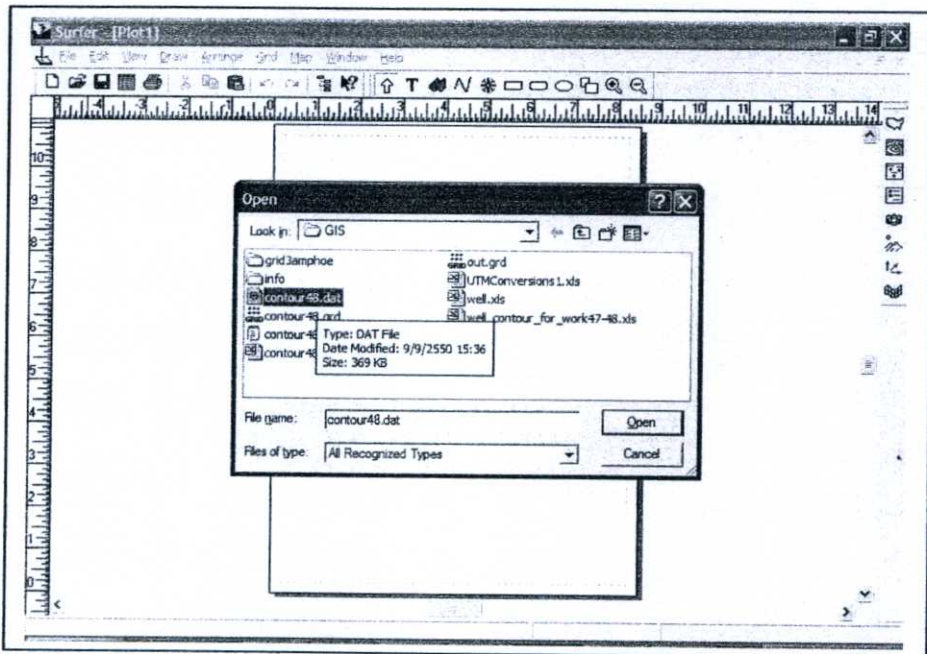
รูปที่ 5.37 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer



รูปที่ 5.38 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดย Save ไฟล์ไว้ในนามสกุลดังรูป



รูปที่ 5.39 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือกเมนู File คำสั่ง Open



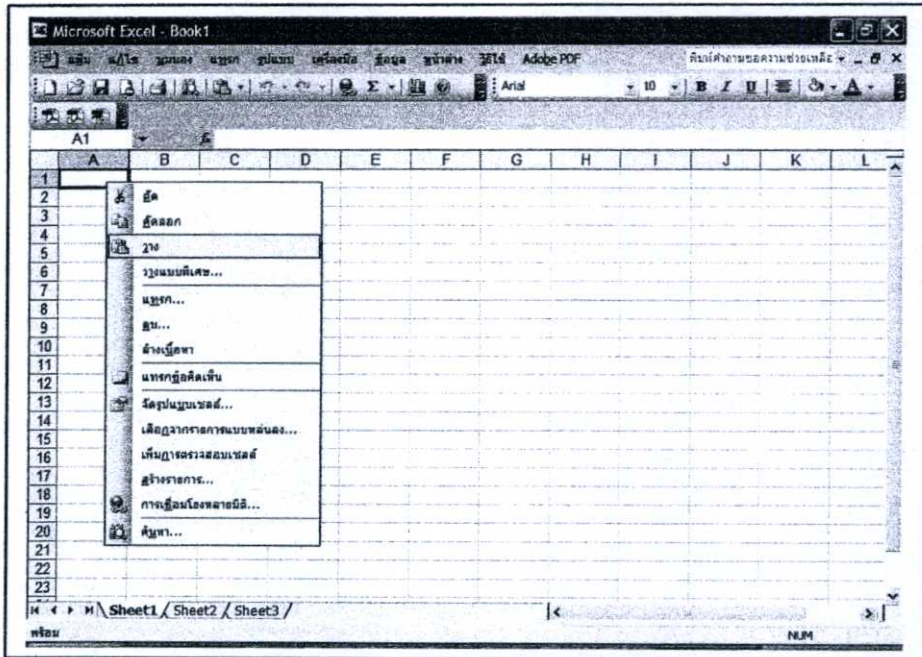
รูปที่ 3.40 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือกไฟล์ที่ Save ไว้ในนามสกุลดังรูป

	A1	420523										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	420523	1855450	159.62196									
2	421128.72	1855450	159.43324									
3	421734.43	1855450	159.23779									
4	422340.15	1855450	159.03560									
5	422945.87	1855450	158.82628									
6	423551.59	1855450	158.61005									
7	424157.30	1855450	158.38679									
8	424763.02	1855450	158.15648									
9	425368.74	1855450	157.91915									
10	425974.45	1855450	157.67485									
11	426580.17	1855450	157.42369									
12	427185.89	1855450	157.16578									
13	427791.61	1855450	156.90132									
14	428397.32	1855450	156.63051									
15	429003.04	1855450	156.35361									
16	429608.76	1855450	156.07092									
17	430214.47	1855450	155.78277									
18	430820.19	1855450	155.48956									
19	431425.91	1855450	155.19169									
20	432031.63	1855450	154.88961									
21	432637.34	1855450	154.58380									
22	433243.06	1855450	154.27478									
23	433848.78	1855450	153.96308									
24	434454.49	1855450	153.64925									
25	435060.21	1855450	153.33388									

รูปที่ 5.41 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยจะได้ค่าเป็นตารางเหมือน Excel แต่ค่าที่ได้จะมีจำนวนมากกว่า

	A1	420523										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
7877	466557.51	1899850	152.46547									
7878	467163.22	1899850	151.99327									
7879	467768.94	1899850	151.47380									
7880	468374.66	1899850	150.90991									
7881	468980.37	1899850	150.30479									
7882	469586.09	1899850	149.66176									
7883	470191.81	1899850	149.00399									
7884	470797.53	1899850	148.27445									
7885	471403.24	1899850	147.53610									
7886	472008.96	1899850	146.77774									
7887	472614.68	1899850	146.00408									
7888	473220.39	1899850	145.18003									
7889	473826.11	1899850	144.30330									
7890	474431.83	1899850	143.34261									
7891	475037.55	1899850	142.27716									
7892	475643.26	1899850	141.10715									
7893	476248.98	1899850	139.83115									
7894	476854.70	1899850	138.44915									
7895	477460.41	1899850	136.96115									
7896	478066.13	1899850	135.36715									
7897	478671.85	1899850	133.66715									
7898	479277.57	1899850	131.86115									
7899	479883.29	1899850	129.94915									
7900	480489.01	1899850	127.93115									
7901												

รูปที่ 5.42 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Surfer โดยเลือกข้อมูลทั้งแล้วเลือกคำสั่ง Copy



รูปที่ 5.43 แสดงขั้นตอนการแปลงฟังก์ชันที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยนำข้อมูลในขั้นตอนรูปที่ 3-37 มาวาง

	A	B	C
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	158.3968
8	424763	1855450	158.1866
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

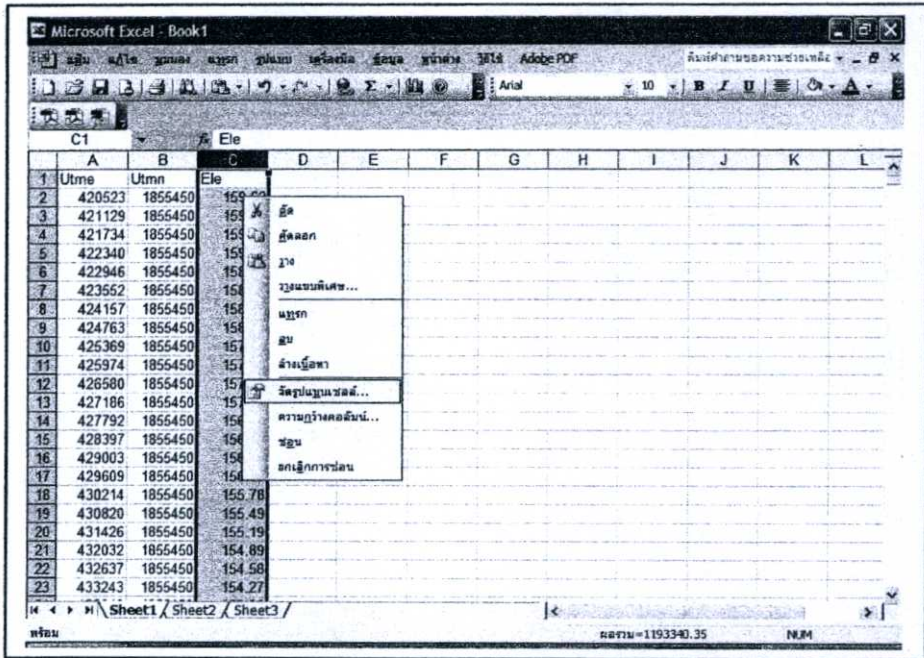
รูปที่ 5.44 แสดงขั้นตอนการแปลงฟังก์ชันที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยจะได้ข้อมูลจากขั้นตอนรูปที่ 3.38

	A	B	C
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	154.5836
22	433243.1	1855450	154.2748
23	433848.8	1855450	153.9631

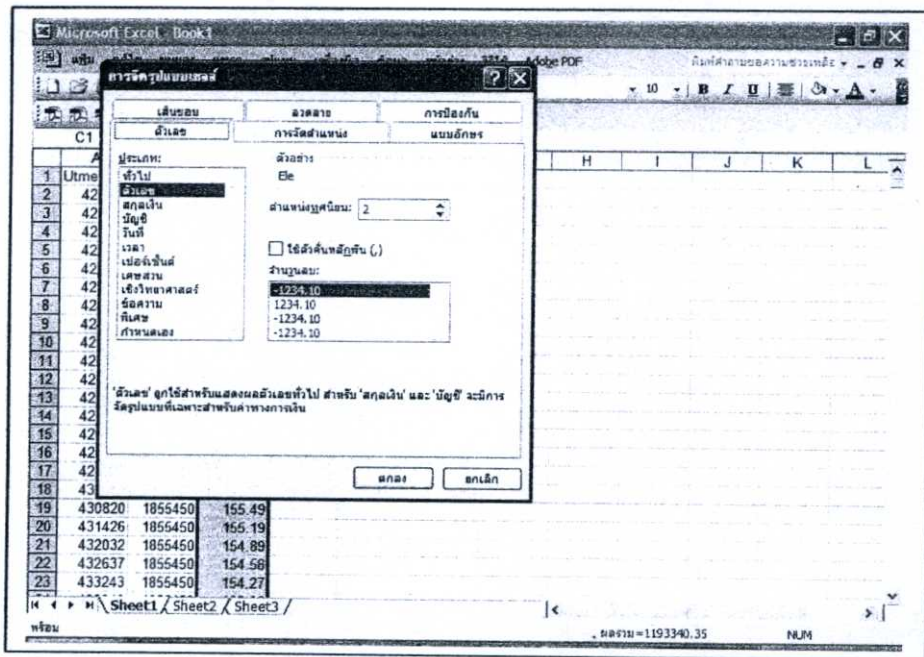
รูปที่ 5.45 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยแทรกแถวช่องบนสุด 1 ช่องเพื่อแทรกคำอธิบายแต่ละค่า

	A	B	C
1	Utme	Utmm	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

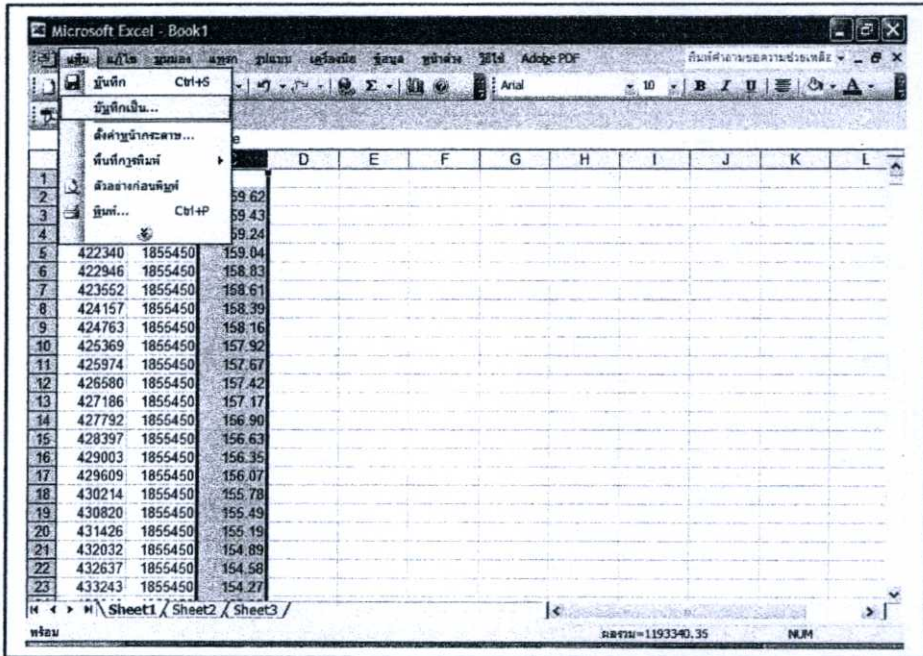
รูปที่ 5.46 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Excel โดยใส่คำอธิบายดังรูป



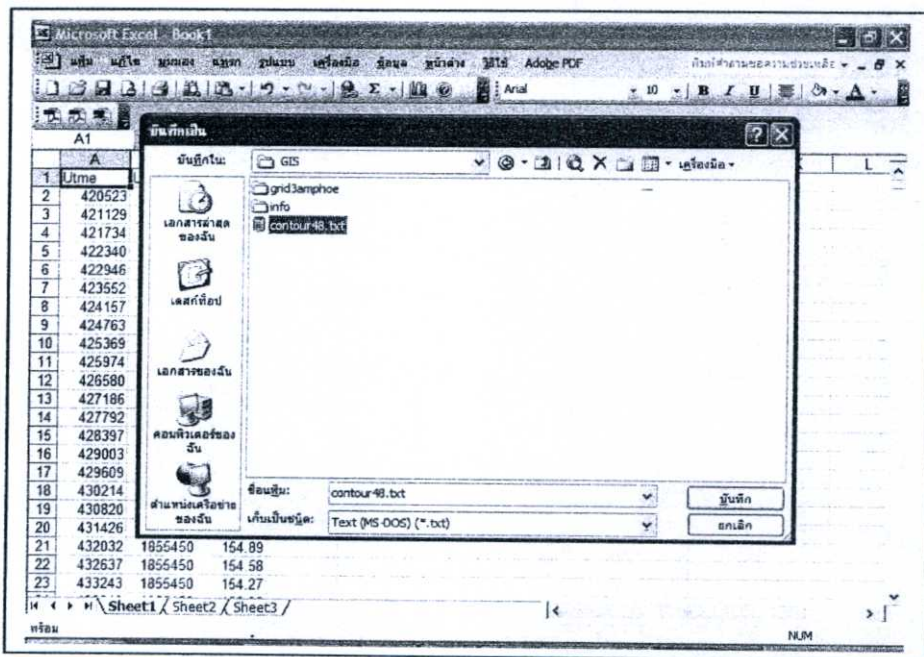
รูปที่ 5.47 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยทำการจัดรูปแบบเซลล์ของเลขข้อมูลแต่ละช่อง



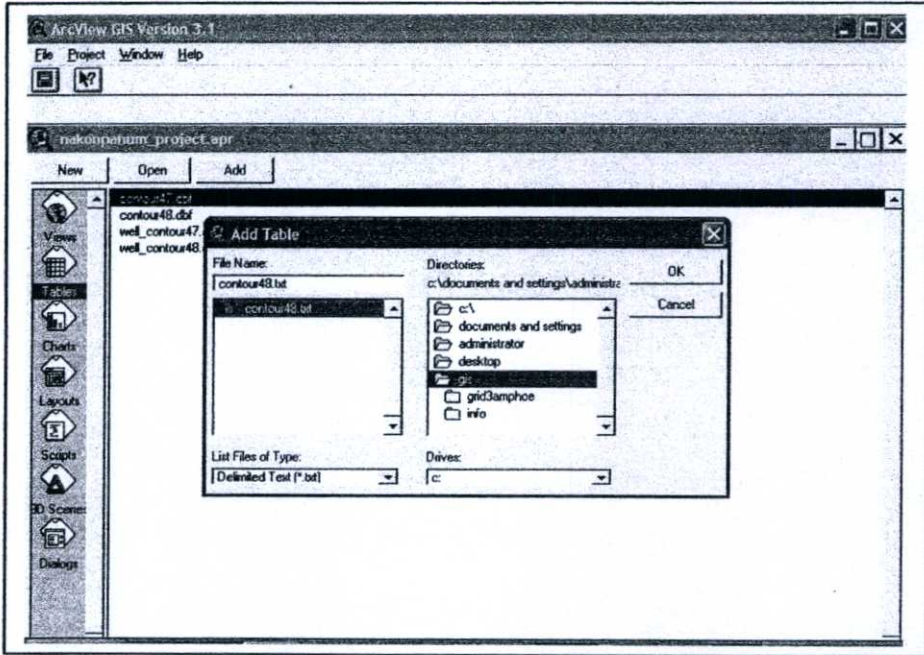
รูปที่ 5.48 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Excel โดยกำหนดตำแหน่งเลขทศนิยม 2 ช่องแรกเป็นศูนย์ ช่องที่ 3 ให้ใส่เลขทศนิยม 2 ตำแหน่ง



รูปที่ 5.49 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ที่ตั้งค่าเรียบร้อยแล้ว



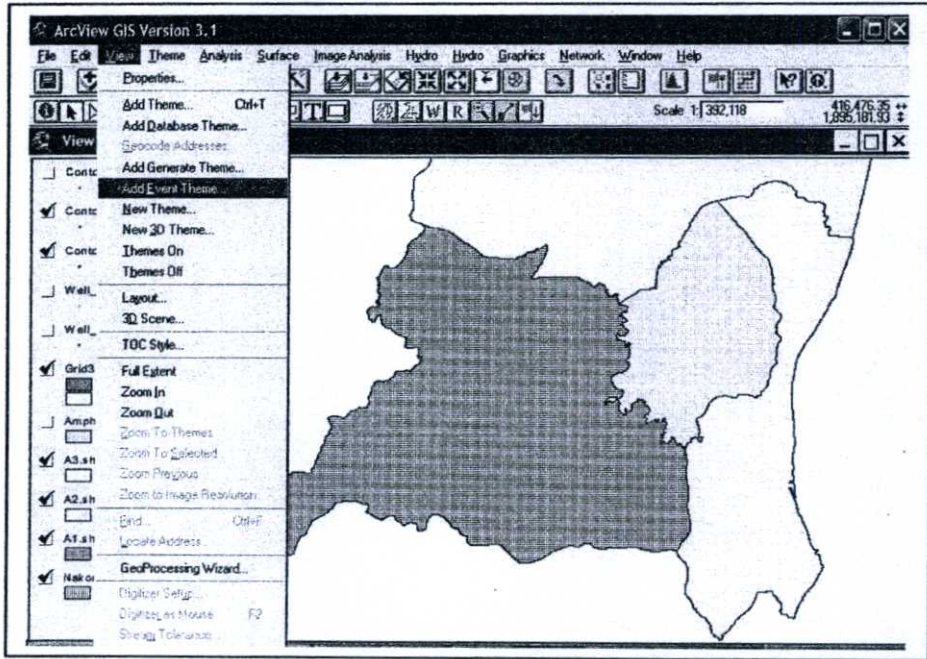
รูปที่ 5.50 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Excel โดย Save ไฟล์ในรูปนามสกุล .txt (Text MS-DOS)



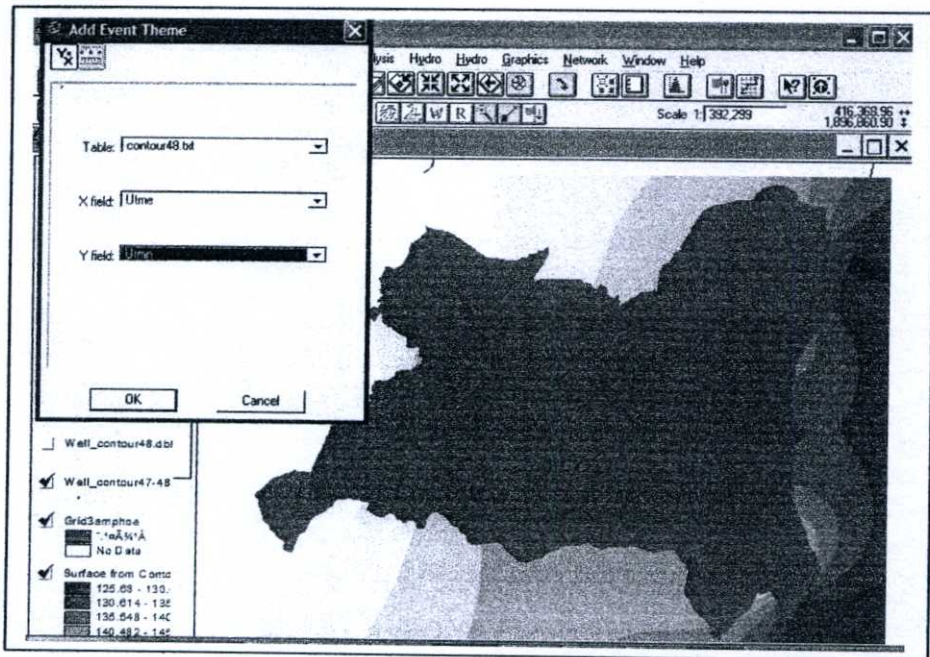
รูปที่ 5.51 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเพิ่มตารางของข้อมูลที่ Save ไว้ในขั้นตอนรูปที่ 3-45



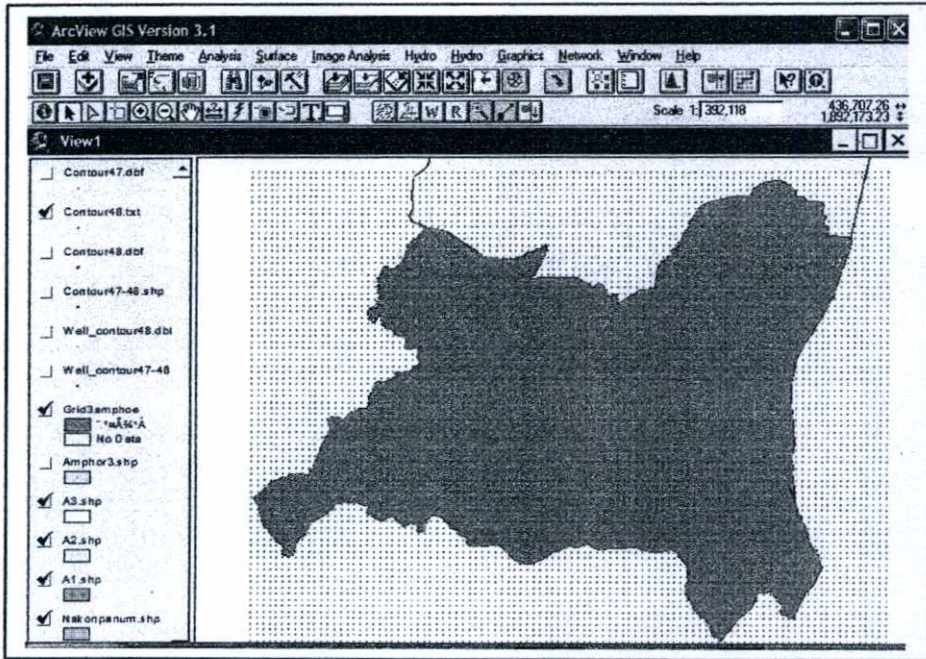
รูปที่ 5.52 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจะได้ตารางข้อมูลเพิ่มขึ้น 1 ตาราง



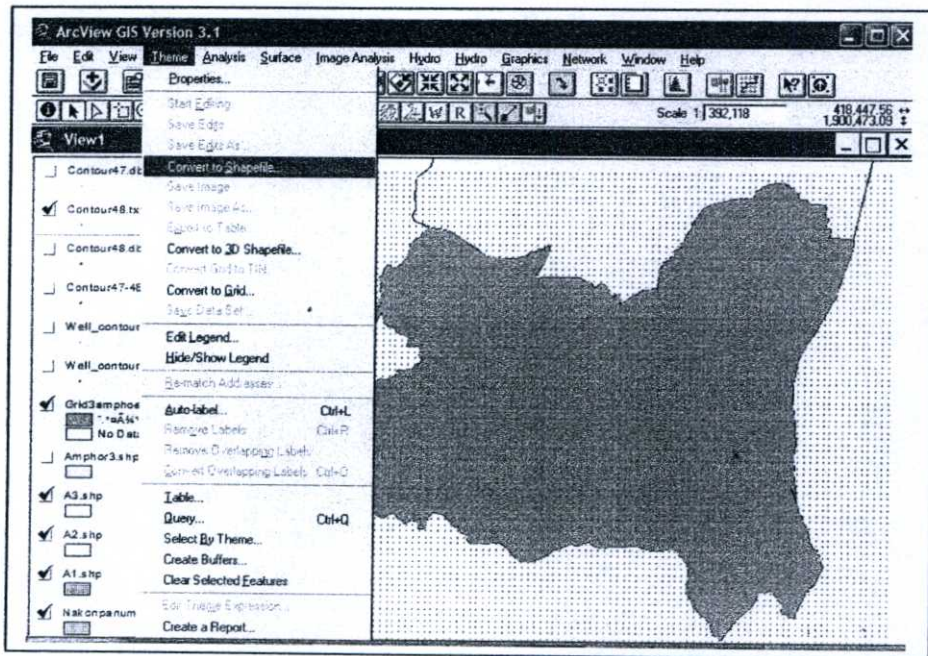
รูปที่ 5.53 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู View คำสั่ง Add Event Theme...



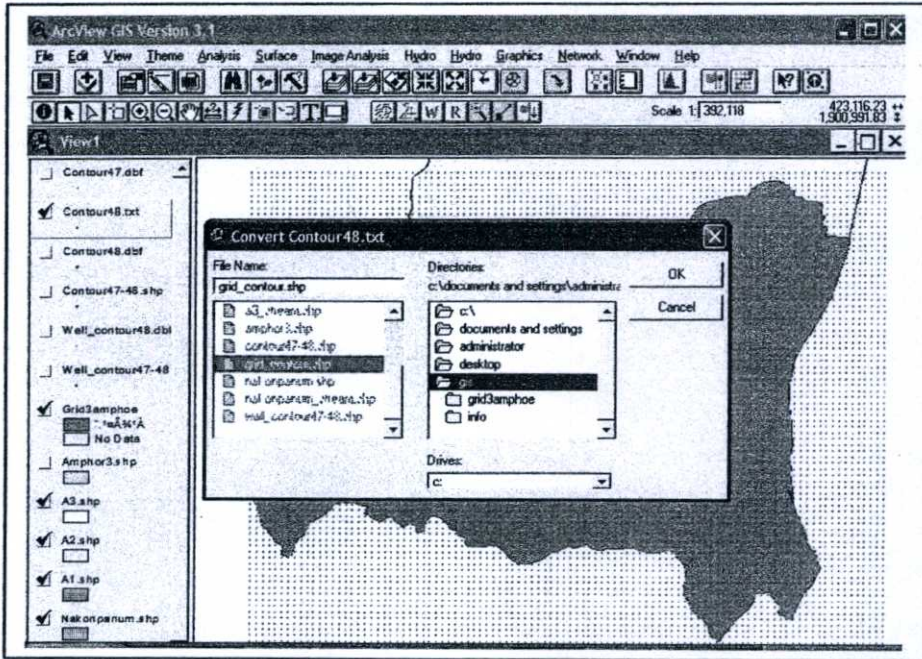
รูปที่ 5.54 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกช่อง Title เป็นชื่อ .txt ที่ Save ในขั้นตอนรูปที่ 3.45 แล้วช่องต่อไป Utime และ Utmnตามลำดับ



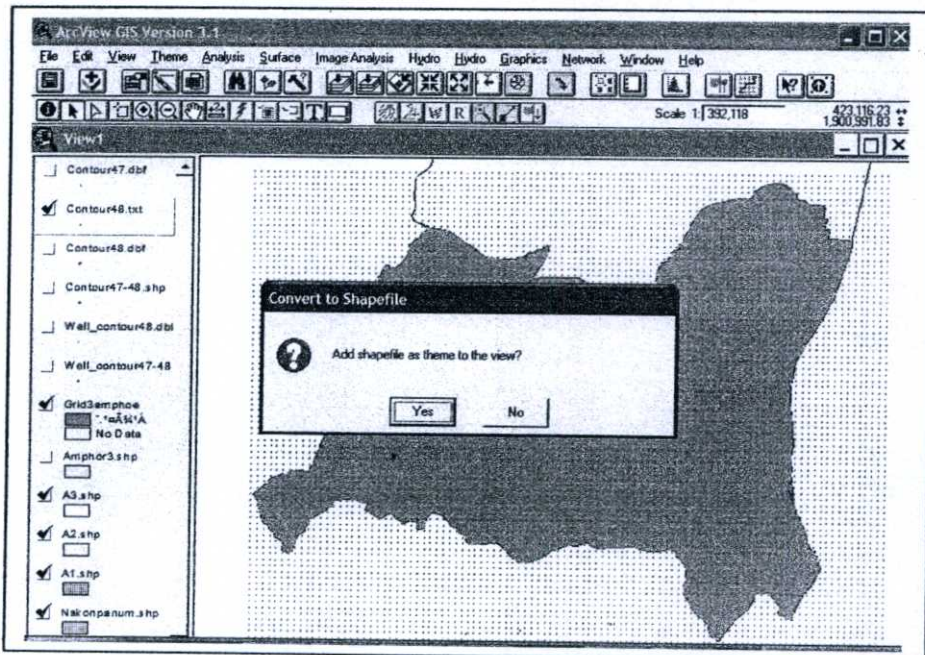
รูปที่ 5.55 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เป็นเส้น Grid ดังรูป



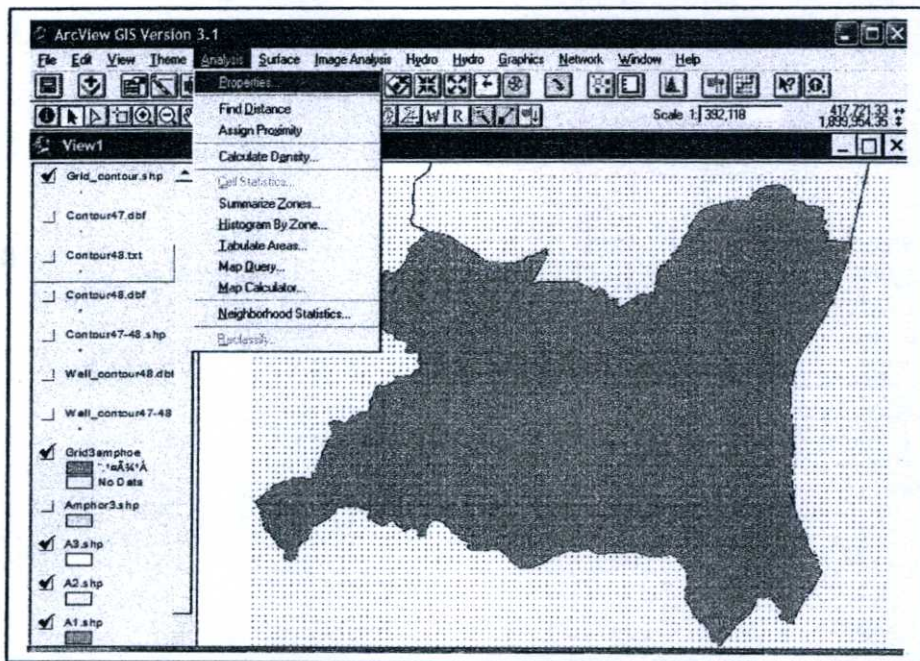
รูปที่ 5.56 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Theme คำสั่ง Convert to Shape file...



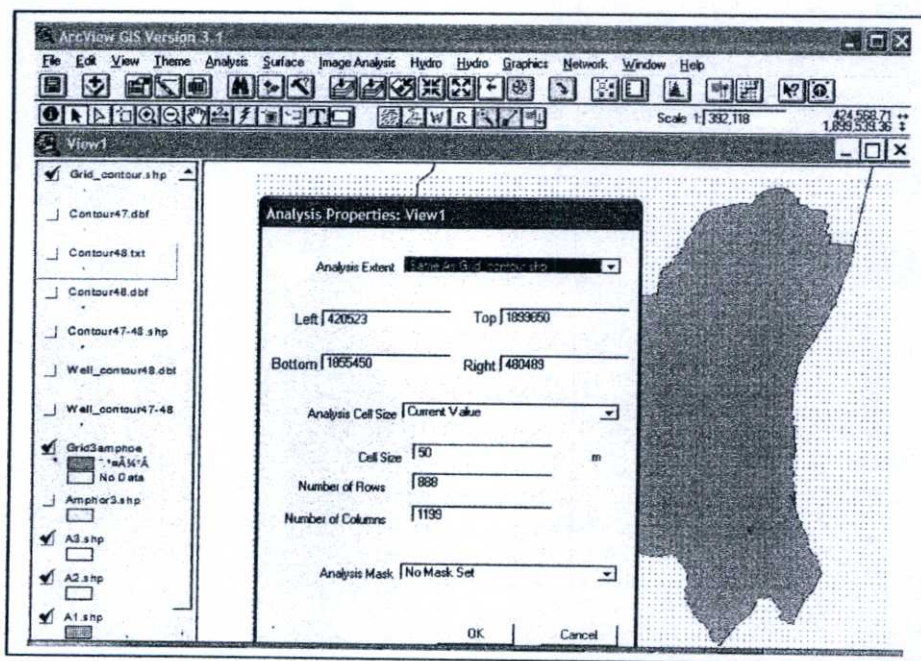
รูปที่ 5.57 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดย Save ไฟล์แล้วกด OK



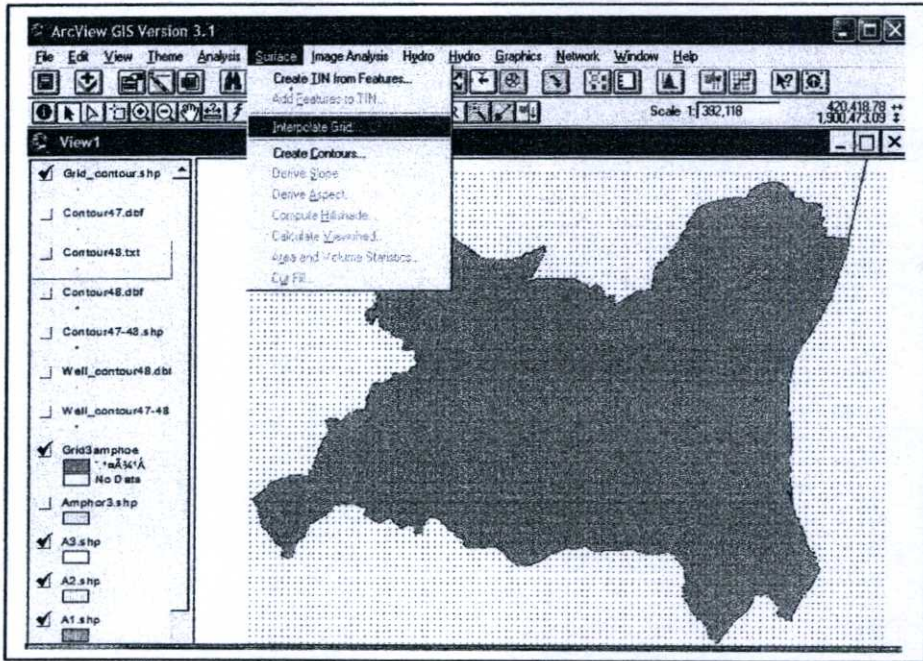
รูปที่ 5.58 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกกด Yes



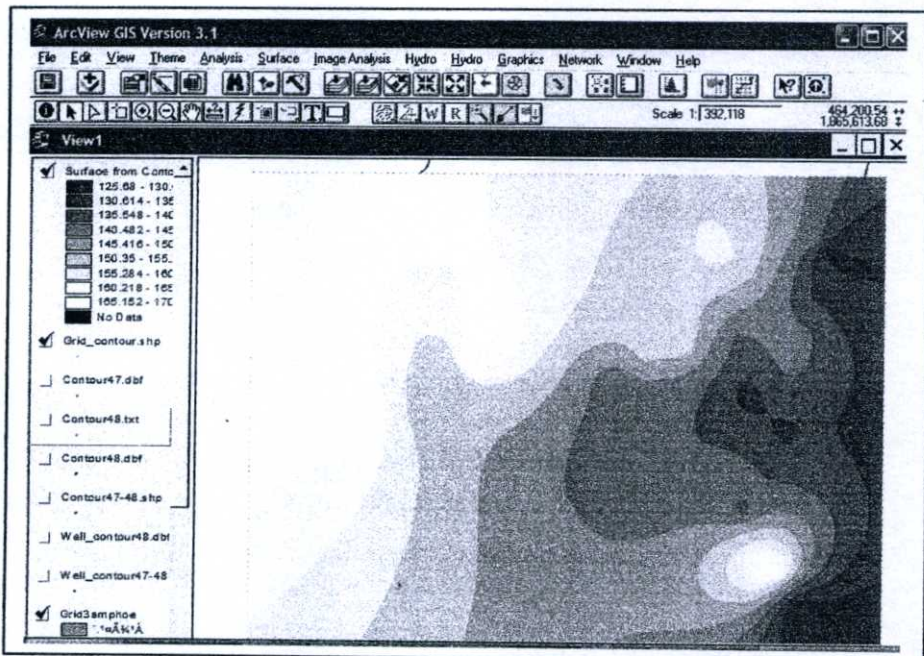
รูปที่ 5.59 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยเมนู Analysis คำสั่ง Properties



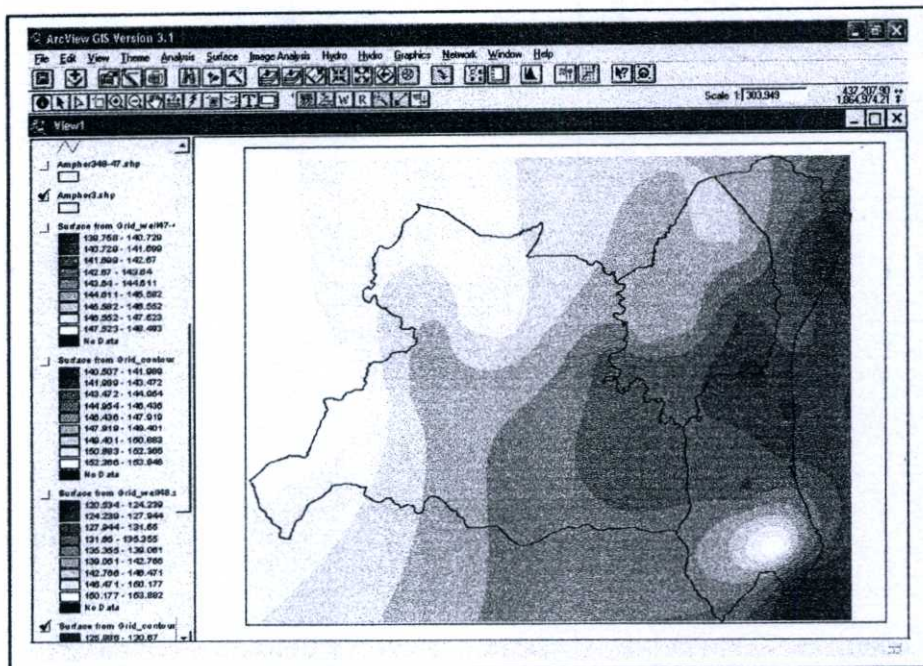
รูปที่ 5.60 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยช่องบนเลือก Save As Grid Contour



รูปที่ 5.61 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยเลือกเมนู Surface คำสั่ง Interpolate Grid



รูปที่ 5.62 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูงโดยผ่านโปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงออกมาตามข้อมูล



รูปที่ 5.63 แสดงขั้นตอนการแปลงพิกัดที่ได้เป็นเส้นชั้นความสูง โดยผ่าน โปรแกรม Arc View โดยจะได้เส้นชั้นความสูงเทียบกับตำแหน่งข้อมูลเส้นชั้นความสูงใน 3 อำเภอ

จากรูปที่ 5.18 – 5.63 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าที่ได้จากการเก็บข้อมูลในพื้นที่จริง ทำได้โดยนำข้อมูลไป Interpolate โดยใช้โปรแกรม Surfer แล้วนำค่าจากการ Interpolate เข้าไปแสดงในโปรแกรม ArcView GIS ซึ่งสามารถนำค่า TDS ค่าคลอไรด์ ความลึกระดับน้ำใต้ดิน ระดับผิวดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง และระดับน้ำใต้ดินเทียบกับระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นข้อมูลในการ Interpolate เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆในพื้นที่ที่ทำการสำรวจ

5.5.2 วิธีหาค่า Slope

ตารางที่ 5.6 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope แกน X

Utme	Utmn	WT1	Slope X
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	

ตารางที่ 5.7 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope แกน Y

Utme	Utmn	WT1	Slope Y
1060440	1864030	146.272	0.000010
1060440	1864732	146.265	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	

ตารางที่ 5.8 แสดงตัวอย่างการหาค่า Slope

Utme	Utmn	WT1	Slope X	Slope Y	Slope
1060440	1864030	146.272	0.000012	0.000000	0.000012
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			

จากตารางที่ 5.6 – 5.8 แสดงขั้นตอนการหา Slope ของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่ 3 อำเภอ ด้วยการนำค่าจากการ Interpolate โดยวิธี Kriging ครั้งที่ 1 มาใช้เป็นข้อมูลในการหาค่า Slope X และ Slope Y จากสมการ

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

จากตารางที่ 5.6

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

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

จากตารางที่ 5.7

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

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

จากตารางที่ 5.8

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

5.5.3 การใช้โปรแกรม T-PROGS

วัตถุประสงค์การสร้างแบบจำลองโดยวิธีสถิติธรณีวิทยาคือ การประยุกต์เอาความน่าจะเป็นเข้ามาช่วยในการหาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นดิน โดยโปรแกรม T-PROGS มีหลักการทำงานที่ใช้การเปลี่ยนแปลงของความน่าจะเป็นที่อยู่บนพื้นฐานของวิธีสถิติธรณีวิทยาที่เรียกว่า stochastic condition simulation มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงข้อมูลตามระยะทางที่เปลี่ยนแปลงไปในทุกทิศทาง พร้อมกับสร้างแบบจำลองลักษณะชุดข้อมูลทางธรณีวิทยาที่เสมือนจริง (Realizations) การทำงานของโปรแกรม T-PROGS มีขั้นตอนที่ต้องใช้ความรู้ทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

5.5.3.1 The Transition Probability Approach

วิธีการหาคำตอบทางหนึ่งสำหรับปัญหาทางด้านสถิติธรณีวิทยาสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ของตัวแปรในแบบจำลองเทียบกับค่าลักษณะที่สำรวจได้ของบ่อสำรวจ (Basic observation attribute) เช่นค่าการเปลี่ยนแปลงลำดับความต่อเนื่องของดินชนิดต่างๆที่ประกอบด้วย

- 1) ค่าสัดส่วนโดยปริมาตรของดิน (Volumetric proportions)
- 2) ค่าความต่อเนื่องของความหนาชั้นดิน (Mean length)
- 3) ค่าแนวโน้มการเกิดชั้นดินแต่ละประเภทในบริเวณใกล้เคียง (Juxtaposition tendencies)
- 4) ค่าความแตกต่างของชั้นดินในทิศทางต่างๆ (Anisotropy direction)
- 5) ค่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะชั้นดินตามระยะทาง (Spatial variations of the above)

ซึ่งค่า Transition probability $t_{jk}(h)$ แสดงในรูปสมการ 5.1

$$t_{jk}(h) = \Pr(k \text{ occurs at } x + h | j \text{ occurs at } x) \quad (5.1)$$

เมื่อค่า x คือตำแหน่งที่ตั้ง, h คือระยะห่างและ j, k แทนค่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องเช่นประเภทของชั้นดินเป็นต้น โดย $t_{jk}(h)$ มีหมายถึง ความเป็นไปได้ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน j ที่ตำแหน่ง x ไปเป็นชั้นดิน k ที่ระยะ $x+h$

The transition probability เป็นการใช้หลักการทางสถิติธรณีวิทยาที่พิจารณาค่าเปรียบเทียบกับข้อมูลความสัมพันธ์ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน the transition probability ใช้หลักความเป็นไปได้ของความไม่สมมาตร $t_{jk}(h) \neq t_{kj}(-h)$ คืออัตราความเป็นไปได้ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นดินในแต่ละทิศทางที่ไม่เท่ากันและพิจารณาลักษณะทางธรณีวิทยาหลายๆจุดที่แสดงความไม่สมมาตรเช่น แนวโน้มการกระจายตัวของชั้นดินซึ่งมีความสะดวกและแตกต่างจากวิธี Variogram approach (Deutsch and Journel, 1992)

5.5.3.2 Markov Chain Analysis

Markov Chain เป็นวิธีที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายให้เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงลักษณะชั้นดินแบบ Stochastic ที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างเช่นการวิเคราะห์ใน 1 มิติจะมีสมมุติฐานว่าผลที่ตำแหน่งที่พิจารณาจะขึ้นอยู่กับผลของข้อมูลที่ตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด

Spatial markov Chain หรือ MC เชิงพื้นที่ มักพิจารณาค่า transition probability ในทิศทางแกน z ณ ช่วงระยะห่างคงที่หรือระยะห่างที่ไม่ต่อเนื่องกัน (h_z) ในแบบ 1 มิติตามทิศทางในแกน z รูปของเมตริกที่สมบูรณระหว่างความสัมพันธ์สำหรับ K ตัวแปรจะแสดงในรูปเมตริก $K \times K$

$$T(h_z) \begin{pmatrix} t_{11}(h_z) & K & t_{1K}(h_z) \\ M & O & M \\ t_{K1}(h_z) & L & t_{KK}(h_z) \end{pmatrix} \quad (5.2)$$

โดยที่ $t_{kk}(h_z)$ หมายถึงความเป็นไปได้ที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน k ไปยังชั้นดิน k ซึ่งมีระยะห่างในแกน z เท่ากับ h ค่าในแนวเส้นทแยงมุมแสดงค่าความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนจากชั้นดิน k เป็นชั้นดิน k ชนิดเดียวกันและในแนวอื่นๆคือการเปลี่ยนจากชั้นดิน 1 เป็นชั้นดิน k เป็นต้น จากความรู้ทางทฤษฎีความน่าจะเป็นผลรวมของแต่ละแถวในเมตริกจะได้

$$\sum_{k=1}^k t_{jk}(h) = 1 \quad (5.3)$$

และสมมุติให้มีค่าคงที่จะได้ผลรวมของแต่ละแนวในเมตริกคือ

$$\sum_{k=1}^k p_j t_{jk}(h) = p_k \quad (5.4)$$

ในทางทฤษฎีค่าระยะห่างที่ไม่ต่อเนื่องกัน (Discrete lag) ใน แบบจำลอง Markov Chain สามารถกำหนดให้เป็นค่าต่อเนื่องได้และในทางคณิตศาสตร์เมื่อกำหนดให้ $T(h_z)$ เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับอัตราการเปลี่ยนแปลง (Transition Rate) เขียนในรูปแบบจำลอง Markov Chain ใน 1 มิติและในทิศทาง θ ได้ดังนี้

$$T(h_\theta) = \exp(R_\theta h_\theta) \quad (5.5)$$

โดย h_θ แทนค่าระยะห่างในแนวแกน θ และ R_θ คือเมตริกอัตราการเปลี่ยนแปลง

$$R_\theta = \begin{pmatrix} r_{11,\theta} & K & r_{1K,\theta} \\ M & O & M \\ r_{K1,\theta} & L & r_{KK,\theta} \end{pmatrix} \quad (5.6)$$

โดยที่ $r_{jk,\theta}$ แทนค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงจากตัวแปรหรือชั้นดิน j ไปสู่ตัวแปรหรือชั้นดิน k ต่อระยะทางในทิศทาง θ (Krumbein, 1968) และในการพัฒนาแบบจำลอง Markov Chain ซึ่งแสดงในเรื่องการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับระยะ โดยจะเน้นไปที่ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงซึ่งคือค่าความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและระยะทาง โดยค่าอัตราในเส้นทแยงมุมมักจะมีค่าเป็นลบและค่านอกจากแกนเส้นทแยงมุมนั้นจะมีค่าเป็นบวก และผลบวกของอัตราการเปลี่ยนแปลงในแถวเดียวกันจะมีค่าเท่ากับศูนย์

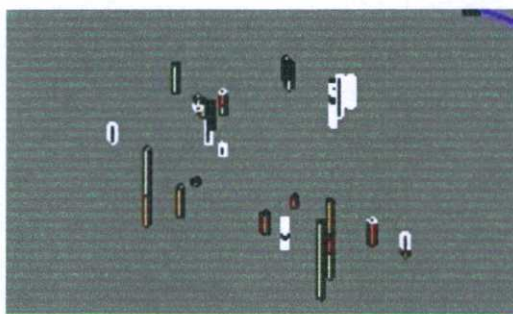
5.5.3.3 วิเคราะห์โดยโปรแกรม T-PROG

- 1) รวบรวมข้อมูล ลักษณะของชั้นดินจากการสำรวจในพื้นที่ศึกษา แสดงถึงลักษณะทางกายภาพและเคมีของดินในพื้นที่สำรวจที่ต้องการใช้ในการประมาณค่าโดยโปรแกรม T-PROG
- 2) แบ่งชุดข้อมูล ข้อมูลบ่อสำรวจแบ่งรายละเอียดของลักษณะชั้นดินออกเป็น 4 ชุดตามประเภทของดินดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 แสดงการแบ่งชุดดิน

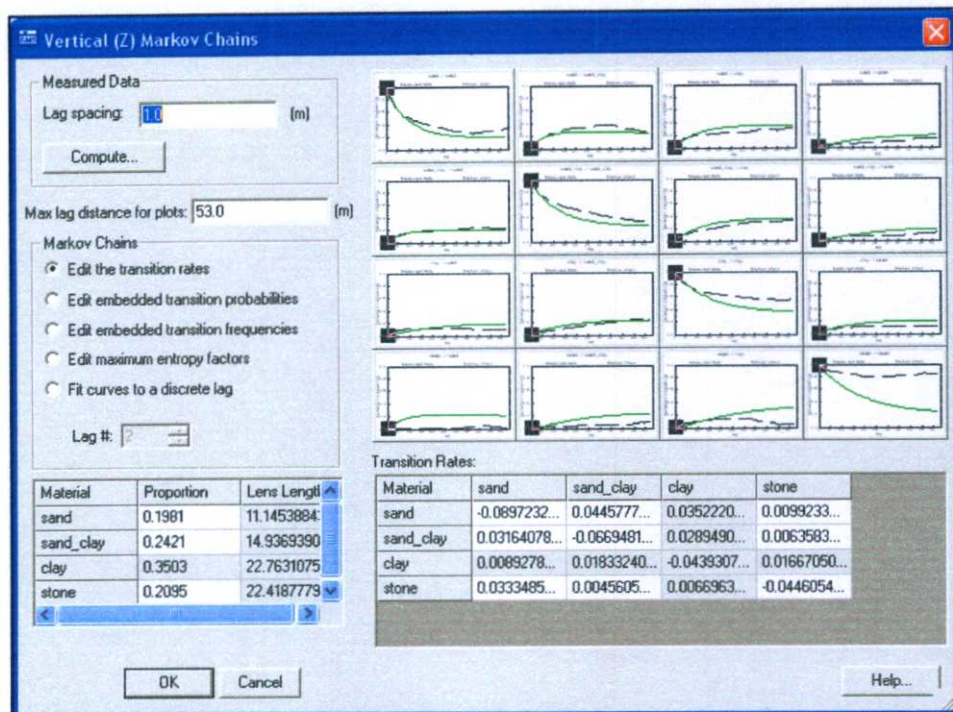
ชุดดิน	ประเภทดิน
1	SW , SP
2	SM , SC
3	ML , LL
4	CH , MH

- 3) ใส่ข้อมูลบ่อสำรวจ แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นตารางในแนวแกน x , y และ z ตามขนาดที่ต้องการ และใส่ข้อมูลลงตามพิกัดของบ่อสำรวจ ดังรูปที่ 5.64

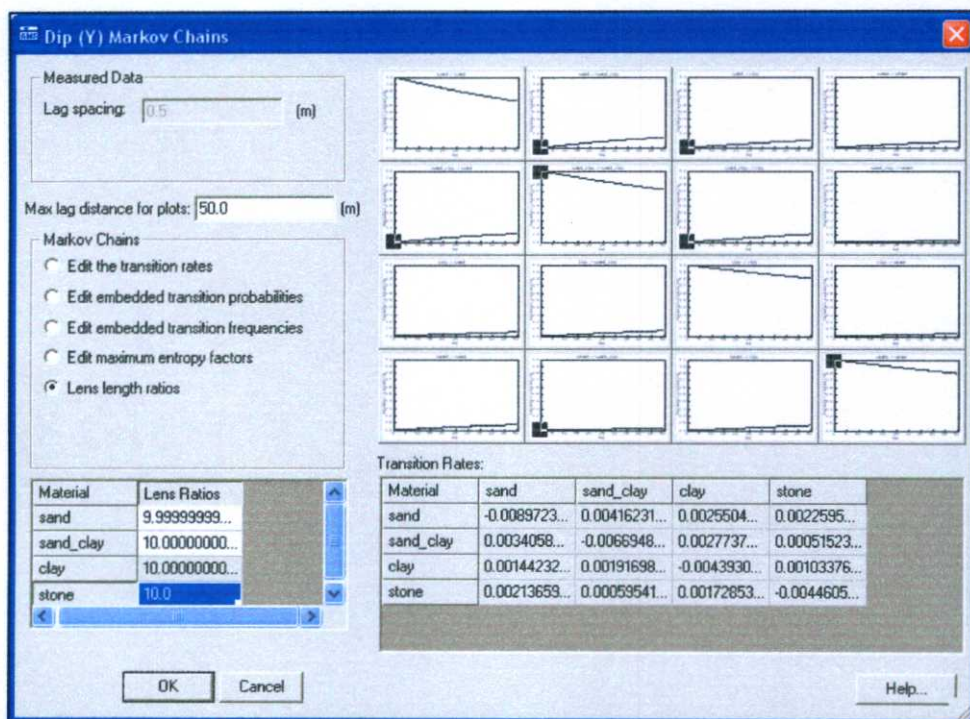


รูปที่ 5.64 ภาพการกระจายตัวบ่อสำรวจและข้อมูลชั้นดินในพื้นที่ศึกษา

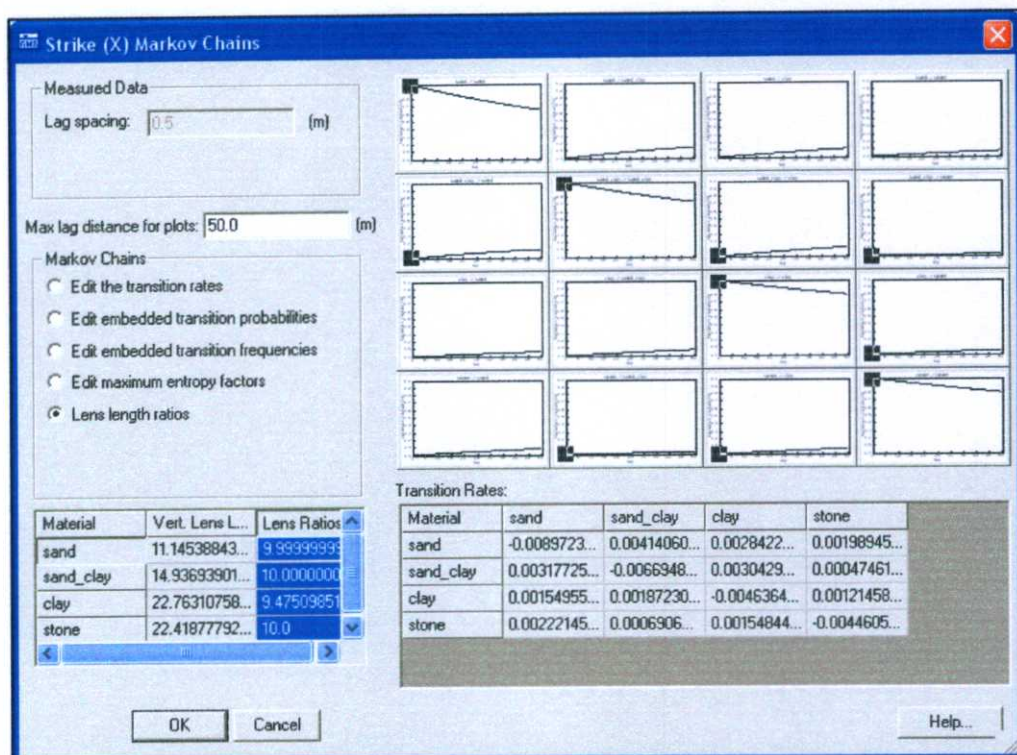
- 4) ปรับแต่งแบบจำลอง ในทิศทางแนวแกน x , y และ z เพื่อให้แบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลในพื้นที่มากที่สุด โดยการปรับเส้นประ (Makrov chain) ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจริงเป็นเส้นทึบ (Measured data) ในทิศทางแนวตั้งดังรูปที่ 5.65 และในทิศทางแนวราบทั้งแกน x และ y ในรูป 5.66 และ 5.67 ตามลำดับ



รูปที่ 5.65 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวตั้ง(z)

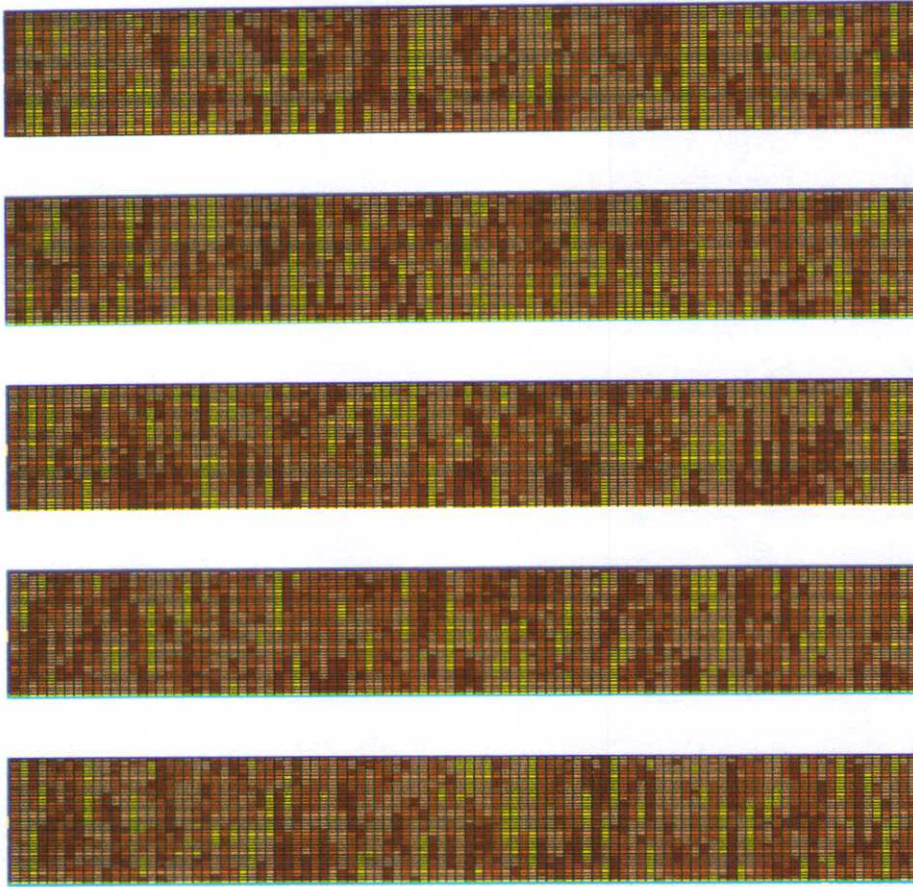


รูปที่ 5.66 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวราบ (Dip, Y)

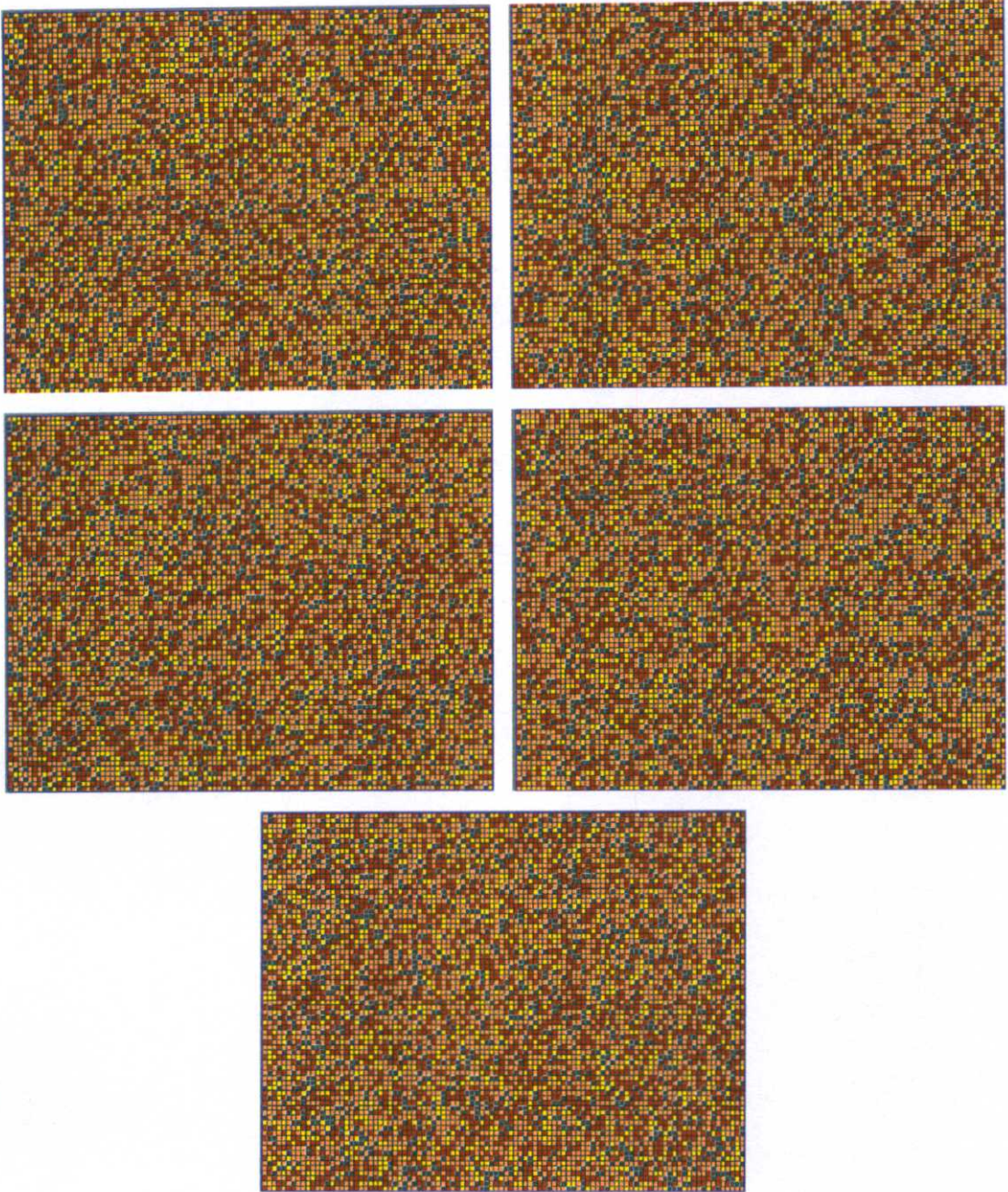


รูปที่ 5.67 ปรับแต่งแบบจำลองในทิศทางแนวคิ่ง(Strike, X)

5) แสดงแบบจำลอง สำหรับผลการสร้างแบบจำลองทางสถิติจะมีแบบจำลองความเป็นไปได้ 5 ดังตัวอย่างใน รูปที่ 5.68 และ แบบจำลองของพื้นผิวดังรูปที่ 5.69



ภาพที่5.68 ภาพตัดขวางแบบจำลองความเป็นไปได้การกระจายตัวของชั้นดิน



ภาพที่5.69 ภาพจำลองความเป็นไปได้การกระจายตัวของชั้นดินที่ผิวดิน

บทที่ 6

ผลการทดสอบ

6.1 ผลการทดสอบดิน

จากที่ได้ทำการเดินทางไปเก็บตัวอย่างดินและน้ำที่จังหวัดนครพนมที่มีพื้นที่ในการศึกษาทั้งหมด 1,302.4 ตารางกิโลเมตร เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบ โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินมาในบริเวณ 3 อำเภอ คือ อำเภอดงหลวง อำเภอเรณูนคร และอำเภอเรณูนคร รวมแล้ว 41 หลุมเจาะ

การเก็บตัวอย่างดินแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ตัวอย่างดินในบริเวณพื้นที่โครงการสำหรับสร้างอ่างเก็บน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ระดับต่ำกว่า 138.5 เมตรจากระดับน้ำทะเลกลาง รวม 14 หลุมเจาะ
2. ตัวอย่างดินในบริเวณพื้นที่ชลประทานรอบโครงการสร้างอ่างเก็บน้ำ โดยทำการเก็บตัวอย่างในพื้นที่ระดับสูงกว่า 138.5 เมตรจากระดับน้ำทะเลกลาง รวม 27 หลุมเจาะ

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างผลทดสอบดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้												
สิงหาคม 2549	ป่ามั่ง	456043	1877082	0.00-0.85	1.20	0	8	5.7	10.9	27.625	2.76	n/a	29	64.89	CL
				0.85-1.30	1.20	0	14	4.9	80.2	28.132	2.85	32.5	29	84.48	CL
				1.30-1.75	1.20	0	28	5.9	42.1	23.961	2.79	23	29	67.32	CL
				1.75-2.35	1.20	0	25	5.2	35.1	37.175	2.81	33.5	29	87.13	CL
				2.35-2.65	1.20	0	25	5.28	39.8	37.175	2.86	n/a	29	54.55	CL
				2.65-3.00	1.20	0	41	5.25	53.4	37.175	2.82	n/a	29	53.76	CL
				0.00-0.20	0.40	0	9.03	6.76	19.7	36.63	2.77	21	n/a	81.97	CL
สิงหาคม 2549	โคก สว่าง	465689	1876304	0.20-0.60	0.40	0	10.7	6.74	21.4	36.63	2.77	21	n/a	81.97	CL
				0.60-1.35	0.40	0	16.5	5.9	35.2	36.38	2.75	36	n/a	78.21	CL
				1.35-1.85	0.40	0	25.2	6.14	50.5	65.13	2.77	33	n/a	69.40	CL
				1.85-2.02	0.40	0	24	6.13	54.5	34.52	2.79	40	n/a	74.77	CL
				2.02-2.64	0.40	0	24	5.89	94.8	33.39	2.86	31.5	n/a	68.32	CL

*หมายเหตุ n/a หมายถึง ไม่มีข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมด均来自互联网จากภาคผนวก

ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างผลทดสอบดินในพื้นที่ชลประทาน

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	จักัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(us/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้												
ถึงหาคม 2549	บ่อดอก ซุ่ม	456458	1882544	0.00-0.15	1.50	200	290	4.78	359	33.018	2.60	40.80	9260	10.17	SC
				0.15-0.45	1.50	2300	2310	4.38	4500	29.92	2.60	40.80	9260	10.17	SC
				0.45-0.60	1.50	2000	2840	4.7	3880	34.668	2.60	40.80	9260	10.17	SC
				0.60-1.05	1.50	1400	1650	4.57	2750	35.788	2.66	48.10	9260	8.67	SC
				1.05-1.55	1.50	1500	2290	5.19	3400	29.21	2.66	48.10	9260	8.51	SC
				1.55-2.40	1.50	2800	2470	6.46	4200	45.18	2.75	48.10	9260	14.08	SC
				2.40-3.20	1.50	1200	1350	6.45	2100	27.414	2.72	48.10	9260	11.75	SC
				0.00-0.90	1.50	700	981	7.6	1407	46.322	2.76	49	18100	9.44	SW
				0.90-1.00	1.50	1300	1638	7.65	2110	48.568	2.76	49	18100	16.44	SW
				1.00-1.20	1.50	700	984	7.7	423	48.568	2.76	21	18100	16.44	SW
ถึงหาคม 2549	พระ ทอง น้อย	453117	1879496	1.20-1.65	1.50	700	895	7.71	1265	46.203	2.76	21	18100	16.44	SW
				1.65-1.95	1.50	300	347	8.32	498	27.957	2.78	26.20	18100	16.44	SW
				1.95-2.20	1.50	700	881	7.73	1258	29.223	2.78	26.20	18100	16.44	SW

*หมายเหตุ n/a หมายถึงไม่มีข้อมูล

ข้อมูลทั้งหมดดูได้จากภาคผนวก

จากตารางที่ 6.1 และ 6.2 ผลทดสอบของดินประกอบด้วย

1. ข้อมูลตำแหน่งเจาะสำรวจ ช่วงเวลาในการเก็บข้อมูล สถานที่การเก็บข้อมูลพร้อมพิกัดระบุตำแหน่งการเจาะเก็บตัวอย่างดิน (UTM 48) ระดับความลึกของตัวอย่างแต่ละช่วงโดยเก็บตัวอย่างดินหน้างานตามการเจาะแต่ละครั้ง ระดับน้ำใต้ดินในหลุมเจาะ
2. คุณสมบัติของดินทางกายภาพ โดยการทดสอบจะแบ่งตามลักษณะดินที่ใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย ค่า LL บอกลึค่าความเหนียวของดินตัวอย่าง (ค่า LL น้อยกว่า 35% มีความเหนียวน้อย ค่า LL 35-50% มีความเหนียวปานกลาง และค่า LL มากกว่า 50% มีค่าความเหนียวมาก) ค่าความชื้นของดิน ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน ค่าเปอร์เซ็นต์ดินที่มีขนาดเล็กกว่าตระแกรง sieve เบอร์ 200 (ขนาด 0.075 มม.) บอกลึขนาดของเม็ดดินว่ามีขนาดเม็ดดินหยาบหรือละเอียด
3. คุณสมบัติทางเคมี โดยการทดสอบจะแบ่งตามลักษณะดินที่ใกล้เคียงกัน ประกอบด้วย ค่าความเค็ม ค่าของแข็งแขวนลอยบอกลึปริมาณสิ่งปนเปื้อนในดิน ค่าความเป็นกรด ค่างของดิน และค่าความนำไฟฟ้าของดิน
4. ประเภทของดิน โดยแบ่งตามระบบ USC จากตัวอย่างดินแบ่งได้ 8 ประเภทดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 ประเภทดินที่พบ

Group Symbols	Typical Names
SW	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines
SP	Poorly graded sands and gravelly sands, little or no fines
SM	Silty sands , sand-silt mixtures
SC	Clayey sands, sand-clay mixtures
ML	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands
CL	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, elastic silt
CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clay

จากข้อมูลพื้นที่ที่พบความเค็มดินจะมีลักษณะเป็นดินเหนียวประเภท Silt และ Clay เป็นส่วนใหญ่ แต่ก็มีบางส่วนที่พบในชั้นทรายหรือชั้นกรวด และความเค็มที่พบจะพบตั้งแต่บริเวณหน้าดินไปจนถึงที่ความลึก 5.00 เมตร และความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค็มกับค่าการนำไฟฟ้า ในพื้นที่จะพบว่าค่าความเค็มมีแนวโน้มแปรผันตามค่าการนำไฟฟ้า

6.2 ผลการทดสอบน้ำใต้ดิน

ตารางที่ 6.4 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับดิน (UTM 48) ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนสิงหาคม 2550

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความ ลึกน้ำ (m)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (m)	ระดับน้ำ ใต้ดิน (m)	TDS (ppm)	คลอไรด์ (ppm)	ค่าความนำ ไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
466135	1883106	ดงมะเข็ก 1	0.80	139.117	138.317	734	99.74	1338
466599	1881769	ดงมะเข็ก 2	0.45	137.804	137.354	73.6	9.17	141.6
453436	1880266	พระขอมน้อย	0.80	142.306	141.506	2200	330.80	4390
453231	1879094	นาสีนวล	2.40	143.118	140.718	3470.0	522.33	6920
454395	1882895	บ่อดอกซ้อน 1	0.50	146.772	146.272	70	8.30	130.2
454243	1882894	บ่อดอกซ้อน 2	0.65	146.892	146.242	260	38.57	530
463731	1873940	บ้านโพหนอง	0.50	143.261	142.761	21.28	1.58	41.37
457088	1874307	บ้านเขื่อนดิน	0.40	139.559	139.159	27.52	2.62	55.10
462197	1873237	บ้านขอนแก่นใหม่	3.50	143.463	139.963	30.25	2.66	55.71
459838	1874922	บ้านนางเลิศ	0.20	137.636	137.436	25.97	0.00	5.05
463476	1876655	บ้านหนองสิม	2.60	140.110	137.510	1.78	0.00	4.58
459374	1877154	บ้านยอดโพธิ์	1.45	138.511	137.061	4.35	0.00	8.73
464005	1877809	ดอนแดง	0.75	138.315	137.565	2600	392.12	5200
453119	1874343	พิมานท่า	0.20	145.164	144.964	38.3	4.25	76.7
457758	1881805	ลาดศรีชมพู	1.10	149.347	148.247	2880.0	433.00	5740.00
462230	1871228	บ้านนายจันทร คนหมั่น	1.00	146.238	145.238	-	-	-
450981	1872515	บ้านจอมมณี	4.23	150.213	146.558	-	-	-
451316	1872158	ผู้ใหญ่บ้านจอมมณี	4.24	150.798	144.205	-	-	-
453258	1873230	บ้านนายชัน แสงบุญมี	0.50	144.705	142.283	-	-	-
451338	1876153	บ้านนายคำศักดิ์ พิภูลศรี	2.00	144.283	146.372	-	-	-
454887	1878229	บ้านนายเคน วงศ์ศรีชา	5.34	151.712	139.678	-	-	-
462230	1871228	บ้านโกล้วัดท่าแร่	4.12	143.798	138.855	-	-	-
466404	1878028	บ้านนางอุทา โกมล	3.30	142.155	138.773	-	-	-
465043	1877738	บ้านนายแสง ขอม กล่อง	2.00	140.773	138.107	-	-	-
462521	1877872	บ้านนายคำหลาย	3.15	141.257	140.295	-	-	-
461204	1878943	บ้านนางพรอำนาจ สุขสี	2.45	142.745	140.275	-	-	-
459954	1879412	บ้านนายคำเพียง โกมล	0.90	141.175	138.446	-	-	-
467877	1876198	บ้านนายสุข มุขสะเคอ	2.00	140.446	138.558	-	-	-
464797	1871623	หลัก กม. 68 หน้บ่ิม	-	145.583	-	-	-	-
462811	1871332	หลัก กม. 66	-	146.140	-	-	-	-
462387	1871333	บนถนนข้างศาลา	-	146.471	-	-	-	-

ตารางที่ 6.4 (ต่อ) แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (UTM 48) ครั้งที่ 1 ช่วงเดือนสิงหาคม 2550

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความ ลึกน้ำ (m)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (m)	ระดับน้ำ ใต้ดิน (m)	TDS (ppm)	คลอไรด์ (ppm)	ค่าความ นำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
455624	1871556	รร.บ้านหนองหอยใหญ่	-	146.325	-	-	-	-
454553	1872002	หมุดเสาไฟฟ้าโรงเรียน	-	147.502	-	-	-	-
452008	1872605	หมุดที่คูน้ำบ้านจอมมณี	-	146.225	-	-	-	-
451205	1872739	ฝักหมุดหน้าแยกศาลา	-	146.363	-	-	-	-
453146	1872381	แยกบ้านพิมาน	-	148.438	-	-	-	-
451338	1876265	หลัก กม.0	-	152.486	-	-	-	-
454686	1877827	สะพานบ้านเขนนาง	-	144.229	-	-	-	-
454954	1878430	โรงเรียนบ้านวังยาง	-	144.009	-	-	-	-

ตารางที่ 6.5 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (UTM 48) ครั้งที่ 2 ช่วงเดือนตุลาคม 2550

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความ ลึกน้ำ (m)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (m)	ระดับน้ำ ใต้ดิน (m)	TDS (ppm)	คลอไรด์ (ppm)	ค่าความ นำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
466181	1883363	บ้านดงมะเอก	0.70	139.258	138.558	784	95.80	1286
455579	1875171	บ้านเหล่าทุ่ง	0.15	139.313	139.308	79	7.40	118.3
452834	1880193	บ้านพระของน้อย	1.08	140.124	139.044	267	31.38	435
464083	1877805	บ้านคอนแดง	0.08	138.023	137.943	136	15.48	225
466180	1883366	ลึกบ้านดงมะเอก	0.50	139.143	138.643	211	24.57	345
457387	1882180	บ้านลาดศรีชมพู	0.20	146.237	146.037	83	8.70	135.4
459865	1876019	บ้านซอนกอง	0.43	135.191	134.766	74	6.84	110.9

ตารางที่ 6.6 แสดงข้อมูลบ่อน้ำใต้ดินระดับตื้น (UTM 48) ครั้งที่ 3 ช่วงเดือนมีนาคม 2551

พิกัด ออก - ตก	พิกัด เหนือ - ใต้	สถานที่	ความลึก น้ำ (m)	ความสูงจาก ระดับน้ำทะเล (m)	ระดับน้ำ ใต้ดิน (m)	TDS (ppm)	คลอไรด์ (ppm)	ค่าความ นำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
462230	1871228	นายจันทร์ คนหมั่น บ้าน ศาลาข้างศาลา	4.00	146.238	142.238	205.00	24.10	406.00
450981	1872515	บ้านจอมมณี	4.38	150.213	145.833	13.80	12.00	27.30
451316	1872158	ที่ทำกรผู้ใหญ่บ้าน บ้าน จอมมณี ต.พิมาน	3.68	150.798	147.118	39.80	19.70	79.20
453258	1873230	บ้านนายขัน แสงบุญมี บ้านพิมาน	2.54	144.705	142.165	28.50	13.20	56.30
451338	1876153	บ้านนายคำศักดิ์ พิภูลศรี บ้านพิมานท่า	4.30	144.283	139.983	251.00	Overrang e	496.00
454887	1878229	บ้านนายเด่น วงศ์ศรีธา บ้านนาคู่	6.20	151.712	145.512	161.00	Overrang e	314.00
466404	1878028	บ้านโกล้วัดท่าไร่ บ้าน วังยาง	6.24	143.798	137.558	243.00	Overrang e	483.00
465043	1877738	บ้านนางสุพา โกมล บ้าน เหล่ากกดาล	6.25	142.155	135.905	53.50	6.30	106.60
462521	1877872	บ้านนายแสง ขอชม กล่อง	6.18	140.773	134.593	62.30	3.60	124.50
461204	1878943	บ้านนายคำหลาย	5.80	141.257	135.457	132.00	Underran ge	264.00
459954	1879412	บ้านนางพรอานาจ สุขสี บ้านดอนชม	5.13	142.745	137.615	336.00	Overrang e	653.00
467877	1876198	บ้านนายคำเพียง โกมล	3.80	141.175	137.375	139.00	9.90	273.00
466181	1883363	บ่อน้ำตื้นบ้านดงมะเอก	0.87	139.258	138.388	1091.00	Overrang e	1088.00
466180	1883366	บ่อน้ำลึกบ้านดงมะเอก	1.04	139.143	138.103	548.00	Overrang e	1090.00
457387	1882180	บ่อน้ำบ้านลาดศรีชมพู	1.89	146.237	144.347	36.30	3.20	71.70
459865	1876019	บ่อน้ำบ้านขอนแก่น	1.75	135.191	133.441	87.80	11.50	174.80
455579	1875171	บ่อน้ำบ้านเหล่าทุ่ง	1.82	139.313	137.493	52.80	6.30	104.80
452834	1880193	บ่อน้ำบ้านพระขงน้อย	2.73	140.124	137.394	1.83	Overrang e	3.56
464083	1877805	บ่อน้ำบ้านดอนแดง	2.78	138.023	135.243	132.00	18.70	265.00

จากตารางที่ 6.4 , 6.5 และ 6.6 ประกอบด้วย

1. สถานที่ในการเก็บตัวอย่าง พร้อมพิกัดระบุตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (UTM 47) โดยจุดเก็บตัวอย่างเลือกใช้บ่อน้ำในหมู่บ้าน และจากหลุมเจาะที่ทำการเก็บตัวอย่างดิน โดยเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดิน
2. ระดับพื้นที่ ระดับปากบ่อสำรวจ และความลึกน้ำใต้ดินจากระดับพื้นผิว ซึ่งสามารถใช้ระดับความสูงของน้ำผิวดินจากระดับความสูงน้ำทะเลกลาง (รทก.)
3. คุณสมบัติทางเคมี ประกอบด้วยค่า TDS , ค่าความนำไฟฟ้า, และ ค่าคลอไรด์

บทที่ 7

การวิเคราะห์ผล

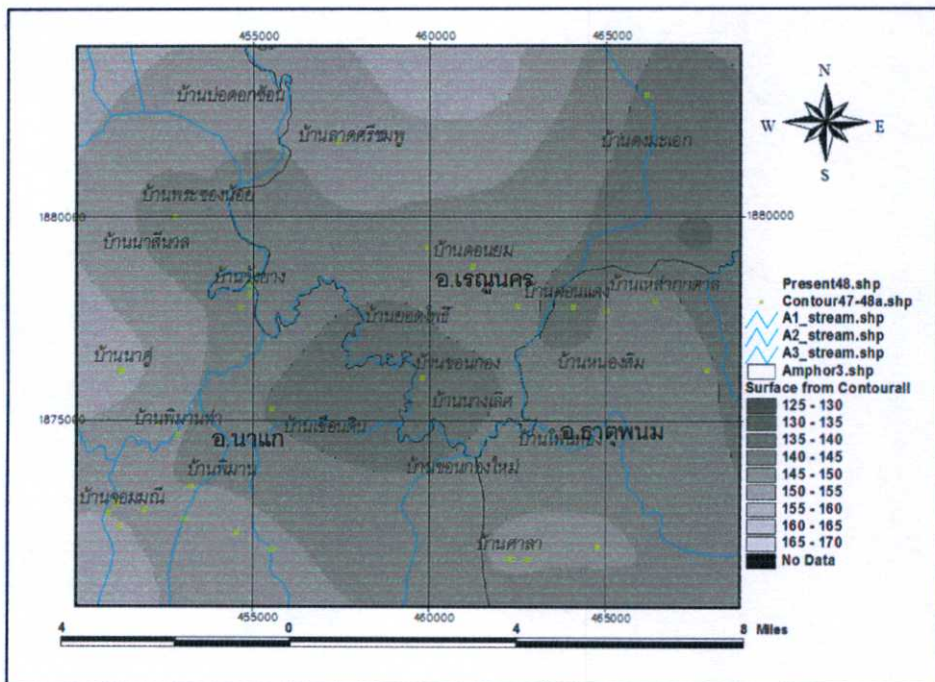
7.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองน้ำใต้ดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินแบ่งเป็น 3 ครั้ง คือ

- 1) ครั้งที่ 1 กลางเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550
- 2) ครั้งที่ 2 ปลายเดือนตุลาคม พ.ศ. 2550
- 3) ครั้งที่ 3 กลางเดือนมีนาคม พ.ศ. 2551

7.1.1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงผ่านโปรแกรม Surfer กับ Arc View GIS

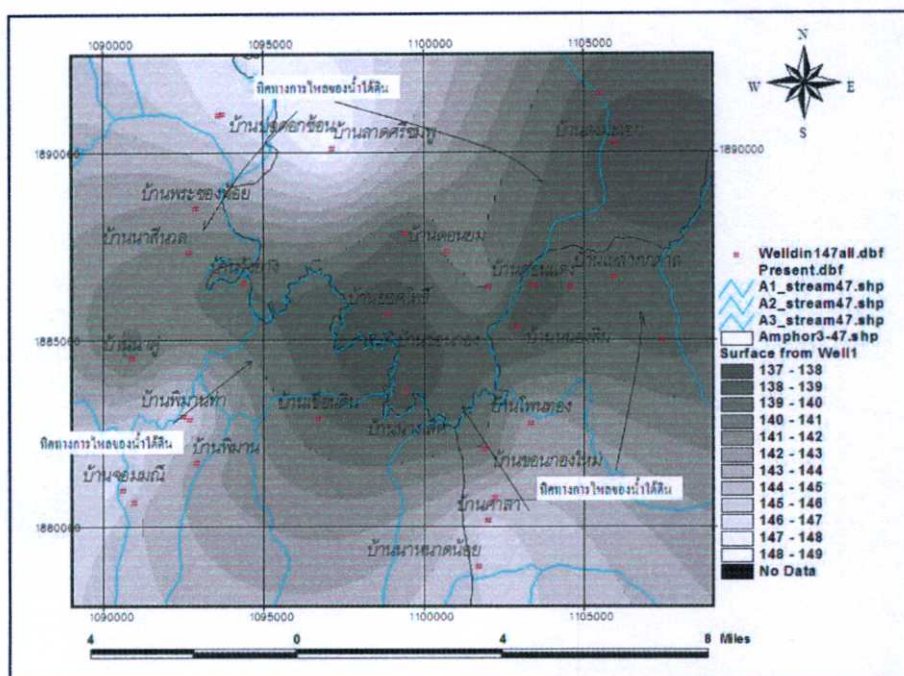
7.1.1.1 ระดับความสูงพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 7.1 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงในพื้นที่สำรวจ

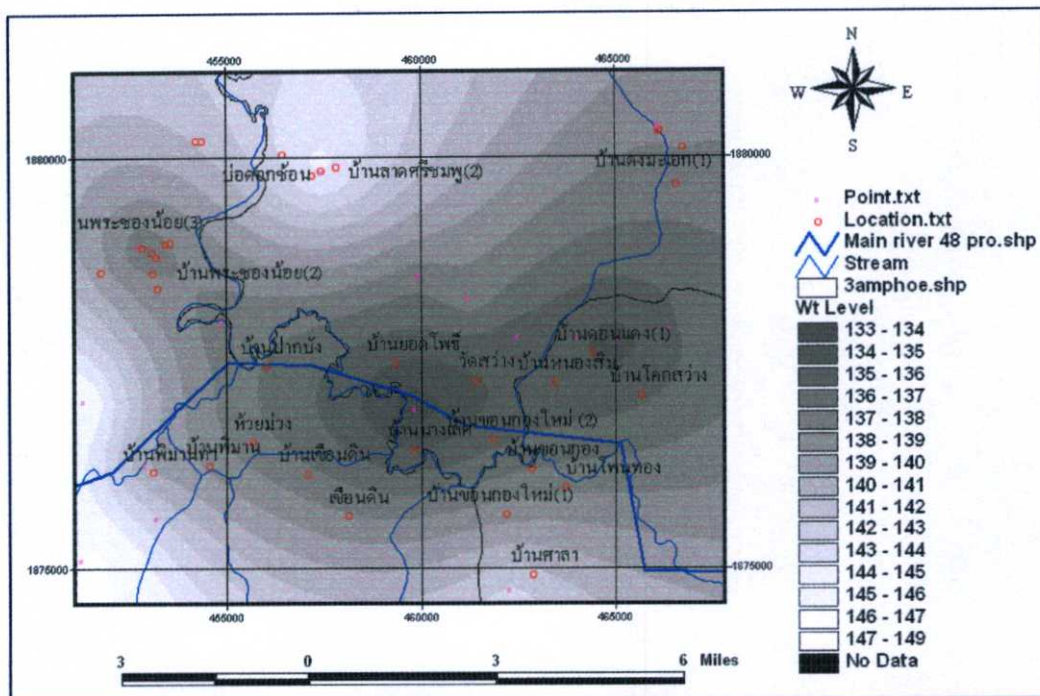
จากรูปที่ 7.1 แสดงเส้นชั้นความสูงโดยใช้ข้อมูลระดับความสูง ม.รทก. แล้วนำมาแสดงโดยผ่านโปรแกรม Arc View GIS พบว่าระดับความสูง (รทก) สูงสุด อยู่ที่ระดับ 152.486 เมตร บริเวณบ้านนาคู่ และระดับความสูง (รทก) ต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 137.636 เมตร บริเวณบ้านนางเลิศ

7.1.1.2 ระดับความสูงของน้ำใต้ดิน



รูปที่ 7.2 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1

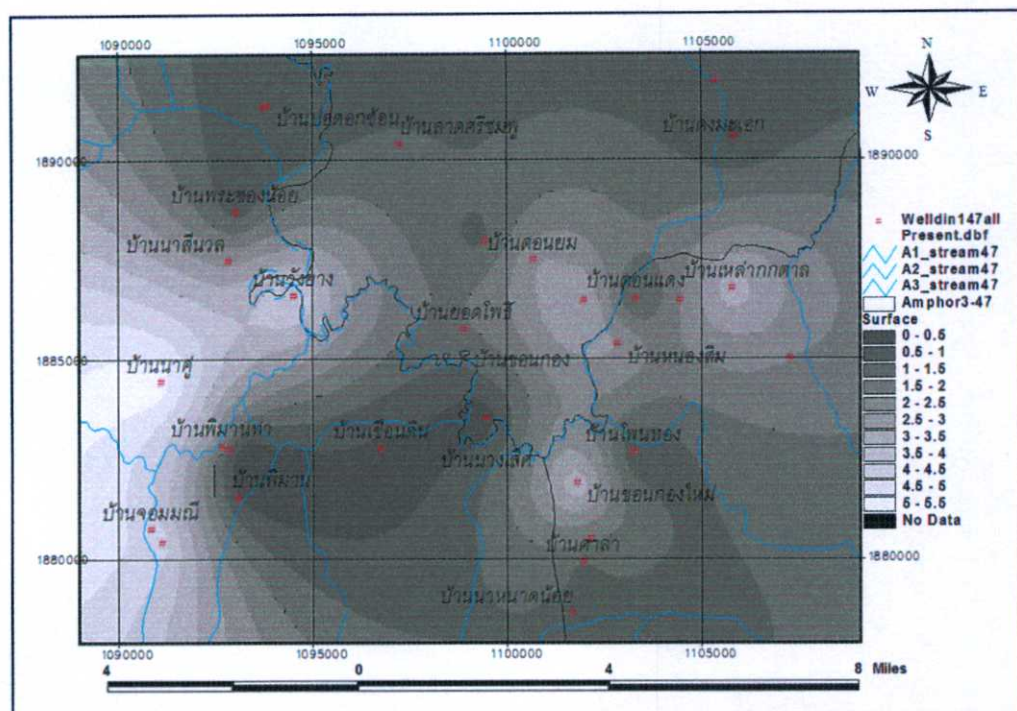
จากรูปที่ 7.2 แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1 พบว่าเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงสุดอยู่ที่ระดับ 148.247 เมตร บริเวณบ้านลาดศรีชมพู ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 137.061 เมตร บริเวณบ้านยอดโพธิ์ ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำก้ำตอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาหนาดน้อย และบ้านพิมานท่า ไปทางบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก้ำและลำน้ำบัง บริเวณบ้านยอดโพธิ์ บ้านขอนแก่น และบ้านคอนแดง และไหลลงสู่ลำน้ำโจง



รูปที่ 7.4 แผนที่แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3

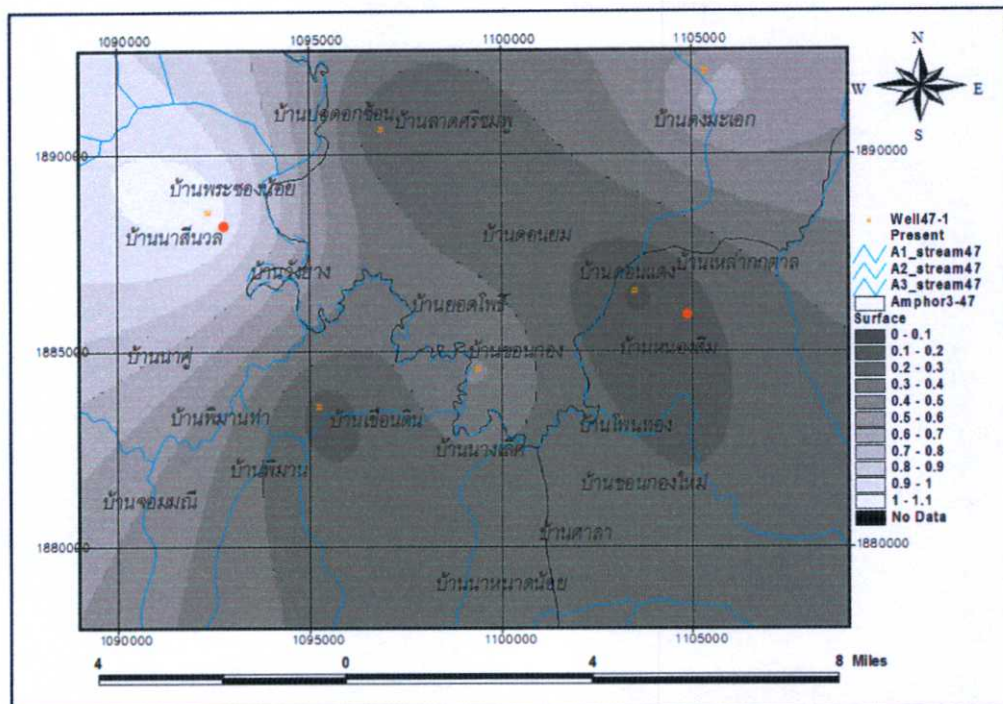
จากรูปที่ 7.4 แสดงเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3 พบว่าเส้นชั้นความสูงของระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงสุดอยู่ที่ระดับ 144.147 เมตร บริเวณบ้านลาดศรีชมพู ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำสุดอยู่ที่ระดับ 133.743 เมตร บริเวณเขื่อนกองใหม่ ทิศทางการไหลจะเป็นในลักษณะเดียวกับการสำรวจครั้งที่ 1 คือน้ำใต้ดินจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำก้ำตอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ไปทางบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำก้ำ ลุ่มน้ำบัง และไหลลงสู่ลำน้ำโขง

7.1.1.3 ความลึกของน้ำใต้ดิน



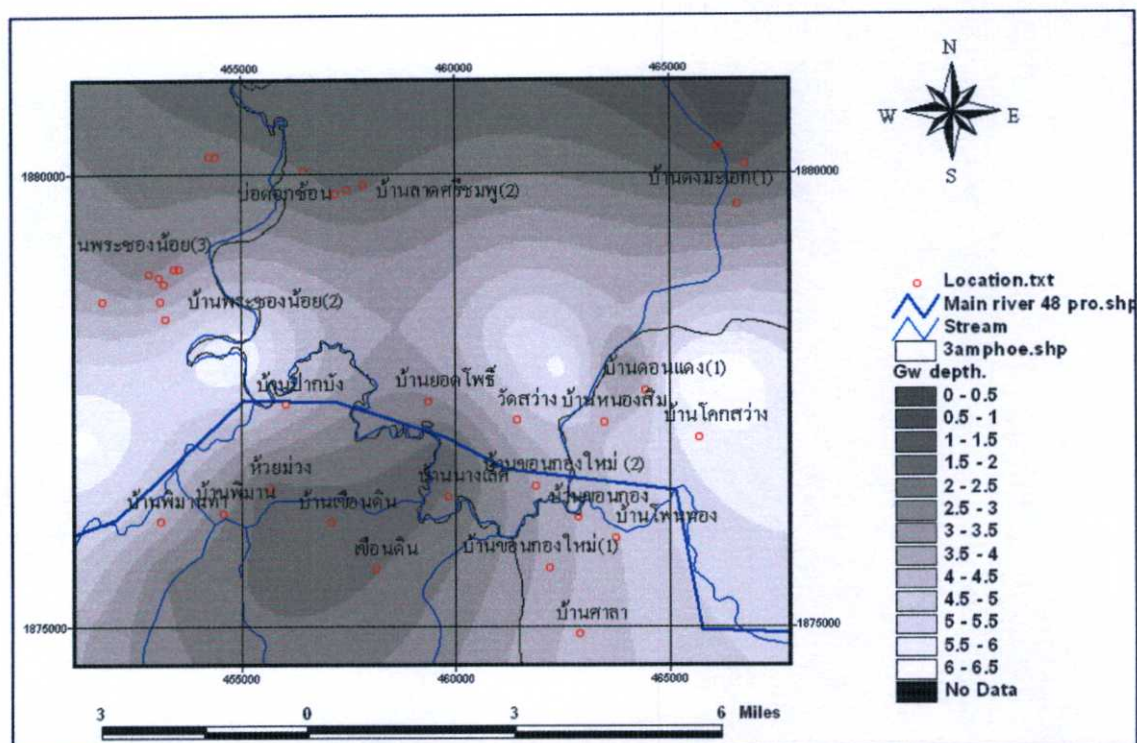
รูปที่ 7.5 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 1

จากรูปที่ 7.5 แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 1 ลักษณะของความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินเป็นบริเวณที่ไปทำการสำรวจซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินต่ำและบริเวณบ้านนาทุ่ระดับความสูง (รทก) ระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำ ส่งผลทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินสูง จะพบว่า บริเวณบ้านนางเส็ด พบว่า ความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.34 เมตร บริเวณบ้านนาทุ่และค่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 0.20 เมตร บริเวณบ้านพิมานท่า และบ้านนางเส็ด



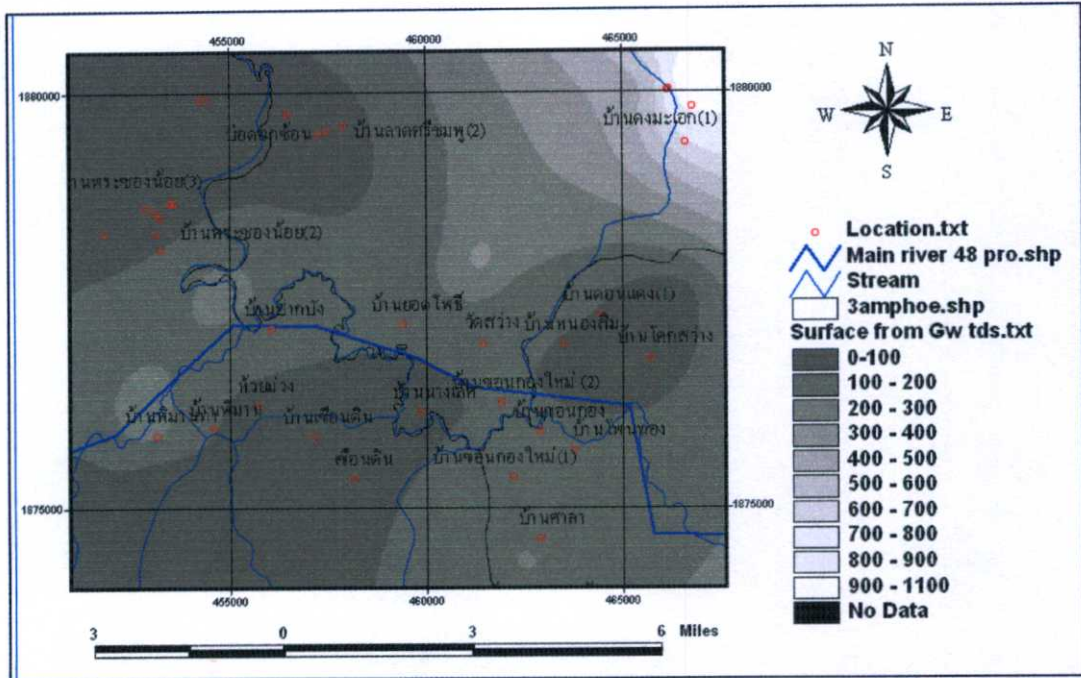
รูปที่ 7.6 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2

จากรูปที่ 7.6 แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 2 พบว่า ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงสุดมีค่าเท่ากับ 1.08 เมตร บริเวณบ้านพระขงน้อย และความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นต่ำสุดเท่ากับ 0.08 เมตร บริเวณบ้านคองแดง ลักษณะของความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นจะพบว่า บริเวณบ้านคองแดงเป็นบริเวณที่ไปทำการสำรวจซึ่งอยู่ใกล้แหล่งน้ำตามธรรมชาติ ทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินต่ำ และบริเวณบ้านพระขงน้อย มีระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ต่ำ ส่งผลทำให้ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นสูงซึ่งถ้านำค่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นมาเทียบกันเห็นว่า บริเวณบ้านพระขงน้อย ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.80 เมตร ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1.08 เมตร บริเวณบ้านคองแดง ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.75 เมตร ความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 0.08 เมตร จากความลึกของน้ำใต้ดินพบว่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับตื้นในการสำรวจทั้งสองครั้งต่างกันน้อย แนวโน้มหลักๆ คือ สภาพฝนที่ตกในพื้นที่แล้วไปเติมน้ำในชั้นดินให้น้ำจากข้อมูลพบว่า ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 1 อยู่ลึกกว่าระดับน้ำใต้ดินระดับตื้นครั้งที่ 2



รูปที่ 7.7 แผนที่แสดงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3

จากรูปที่ 7.7 แสดงเส้นชั้นความสูงความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินในพื้นที่สำรวจ ครั้งที่ 3 มีลักษณะของความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินใกล้เคียงกับการสำรวจครั้งที่ 1 พบว่า ความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินสูงสุดมีค่าเท่ากับ 6.27 เมตร บริเวณบ้านโคกสว่าง และค่าความลึกของน้ำใต้ดินระดับดินต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 1.822 เมตร บริเวณบ้านนางเลศ

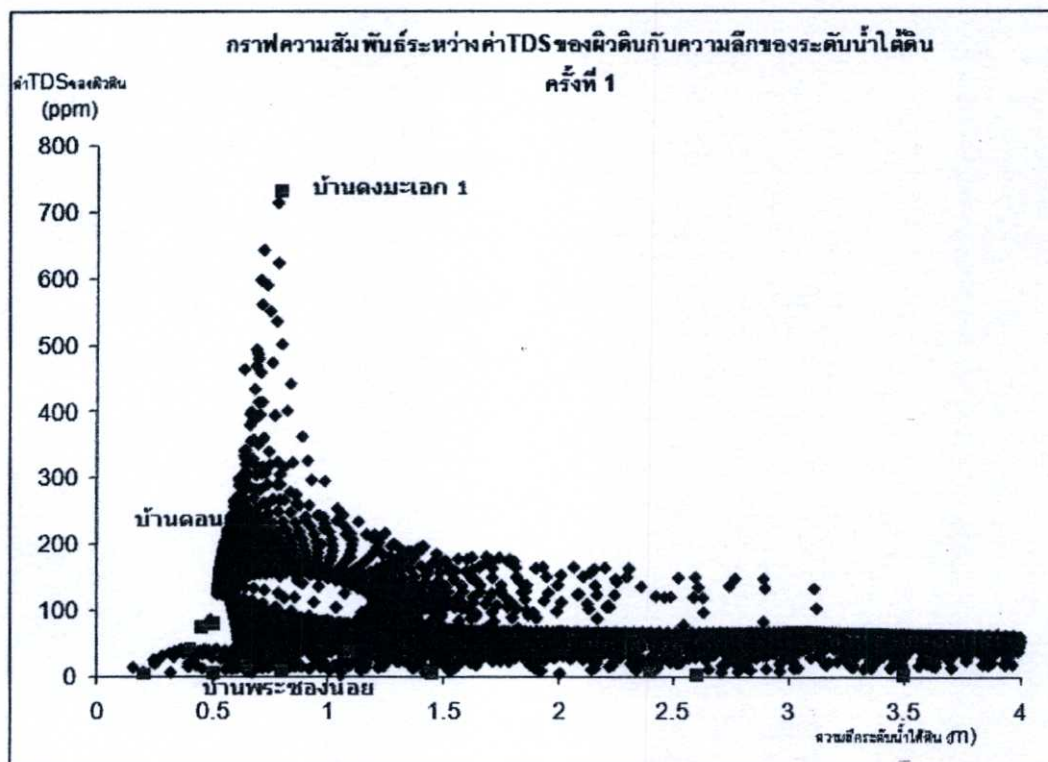


รูปที่ 7.10 แผนที่แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3

จากรูปที่ 7.10 แสดงลักษณะการกระจายตัวของค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นในพื้นที่สำรวจครั้งที่ 3 พบว่าค่า TDS ส่วนใหญ่ค่า อยู่ที่ 0-300 ppm โดยที่จะมีค่าค่อนข้างมากโดยมากกว่า 300 ppm อยู่ที่บริเวณบ้านดงมะเอก

7.1.2 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดิน กับตัวแปรต่างๆ

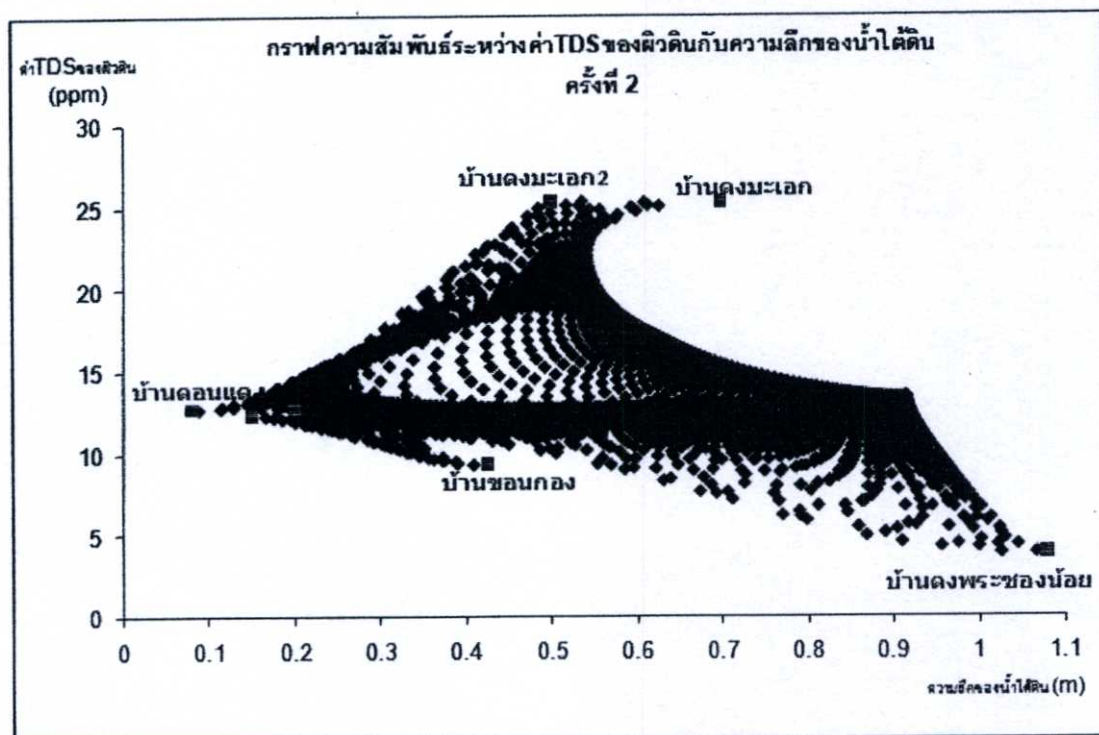
7.1.2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS กับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น



รูปที่ 7.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 7.11 บ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่มีข้อมูลความลึกของระดับน้ำใต้ดิน พบว่า ถ้าความลึกของระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะมีค่าลดลง เนื่องมาจากการแพร่กระจายความเค็มจากใต้ดินสู่ผิวดินจะแพร่มากับน้ำใต้ดิน

บางตำแหน่งที่มีความลึกของระดับน้ำใต้ดินน้อยกว่า 1 เมตร แต่อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน ได้แก่บริเวณบ้านพระซองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน อยู่ที่ 0.80 เมตร พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดิน 3470 ppm แต่ค่า TDS ของผิวดินเท่ากับ 7.40 ppm จากข้อมูลพบว่าสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย



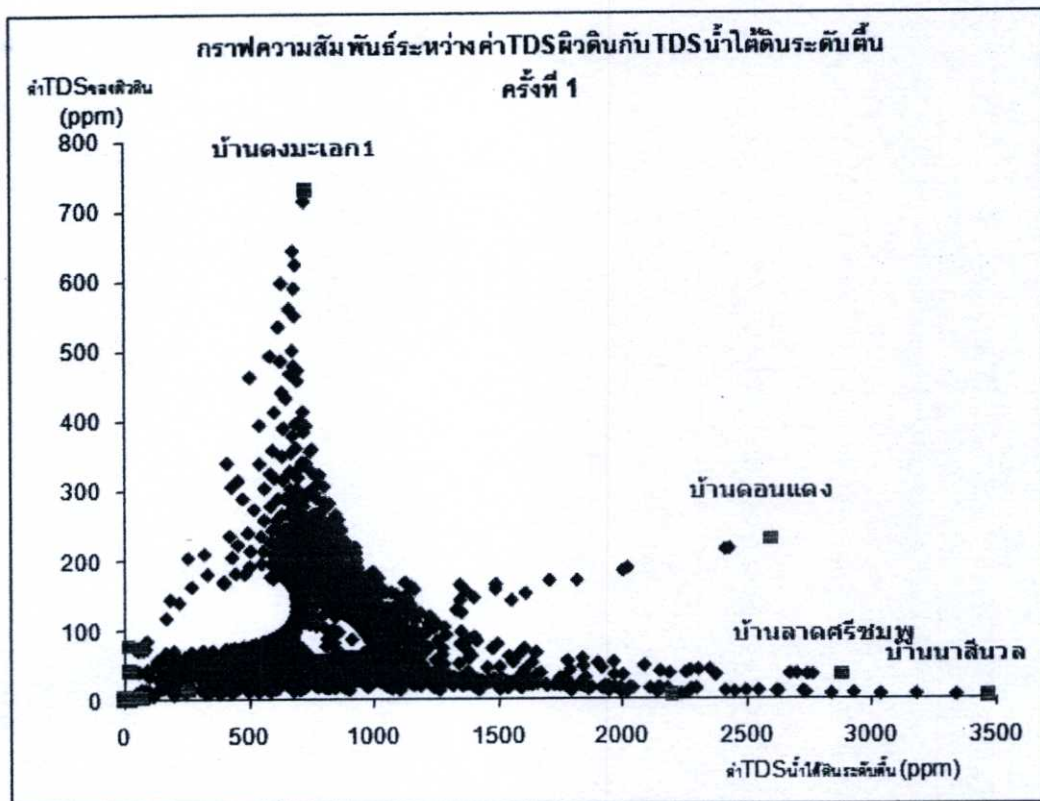
รูปที่ 7.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 7.12 บ่อน้ำใต้ดินระดับตื้นที่มีความลึกของระดับน้ำใต้ดิน 0-1 เมตร พบว่า ความลึกของระดับน้ำใต้ดินส่งผลต่อค่า TDS ผิวดินในลักษณะเดียวกับครั้งที่ 1 คือ ถ้าความลึกของระดับน้ำใต้ดินมากขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะมีค่าลดลง และจากกราฟจะสามารถเห็นความสัมพันธ์ได้ชัดเจนมากขึ้น

ตารางที่ 7.1 ตารางเปรียบเทียบค่า TDS ของผิวดินกับความลึกของระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น

สถานที่	ความลึกของระดับน้ำใต้ดิน (ม.)	TDS ผิวดิน (ppm)
บ้านขอนกอง	4.9	6.52
บ้านหนองสิม	2.6	2.10
บ้านดอนแดง	0.75	230
บ้านดงมะเอ็ก	0.8	732

7.1.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS กับ TDS น้ำใต้ดินระดับตื้น



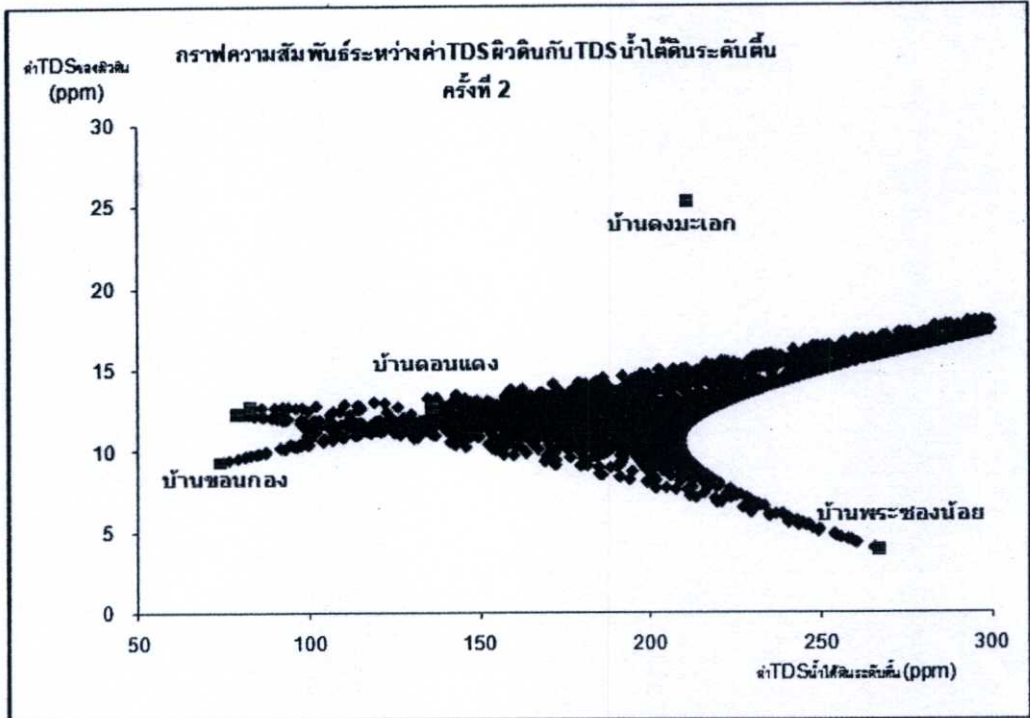
รูปที่ 7.13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น
ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 7.13 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น แต่มีบางตำแหน่งค่า TDS ของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน ซึ่งจากข้อมูลพบว่า

บ้านลาดศรีชมพู ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 1.10 เมตร ลักษณะชั้นดินเป็นทรายปน ตะกอนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

บ้านนาสีนวน ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 2.40 เมตร ลักษณะชั้นดินบริเวณชั้นของน้ำ ใต้ดิน สภาพดินเป็นหินทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

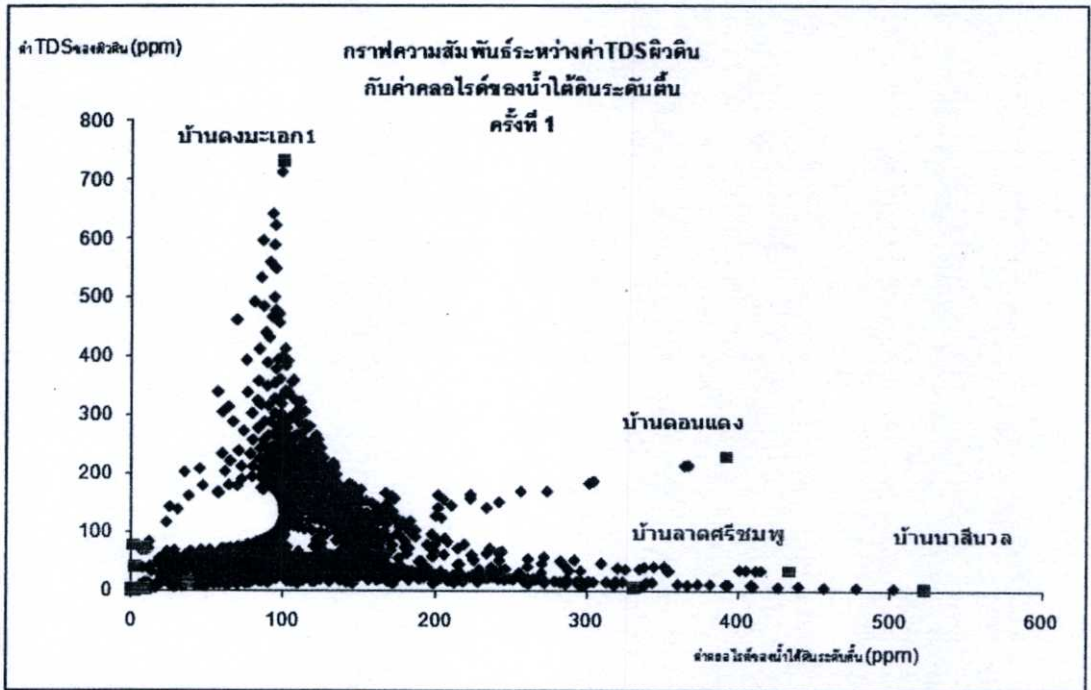
บ้านพระขื่อน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดิน ร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน



รูปที่ 7.14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น
ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 7.14 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้น และจากข้อมูลพบว่าบ้านพระชองน้อย ค่า TDS ของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลต่อค่า TDS ของผิวดิน เนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

7.1.2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS กับ ค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น



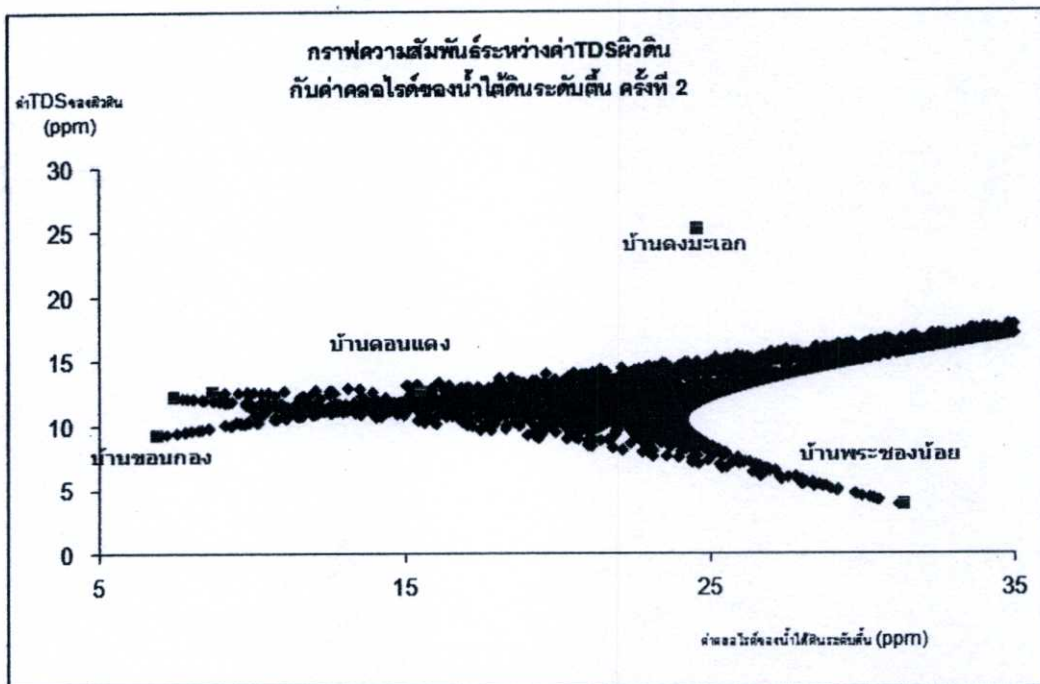
รูปที่ 7.15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 7.15 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดิน ระดับตื้นซึ่งมีบางตำแหน่งค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อค่า TDS ของผิวดิน ซึ่งจากข้อมูลพบว่า

บ้านลาดศรีชมพู ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 1.10 เมตร ลักษณะชั้นดินเป็นทรายปนตะกอนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

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

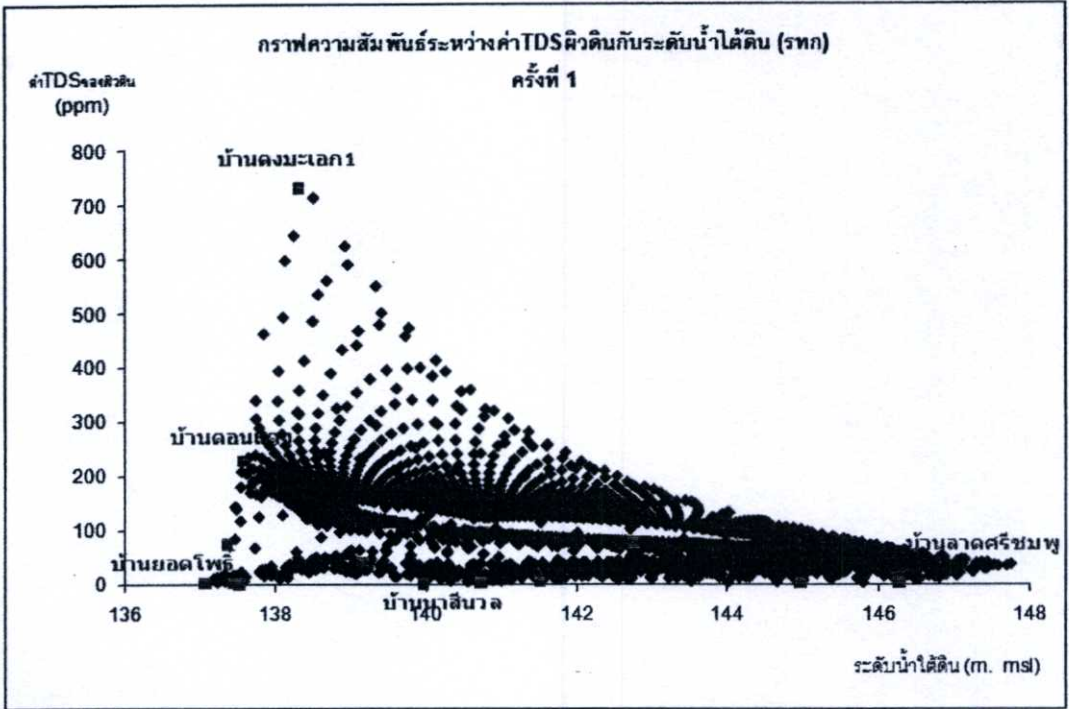
บ้านพระขอน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร สภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน



รูปที่ 7.16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้น ครั้งที่ 2

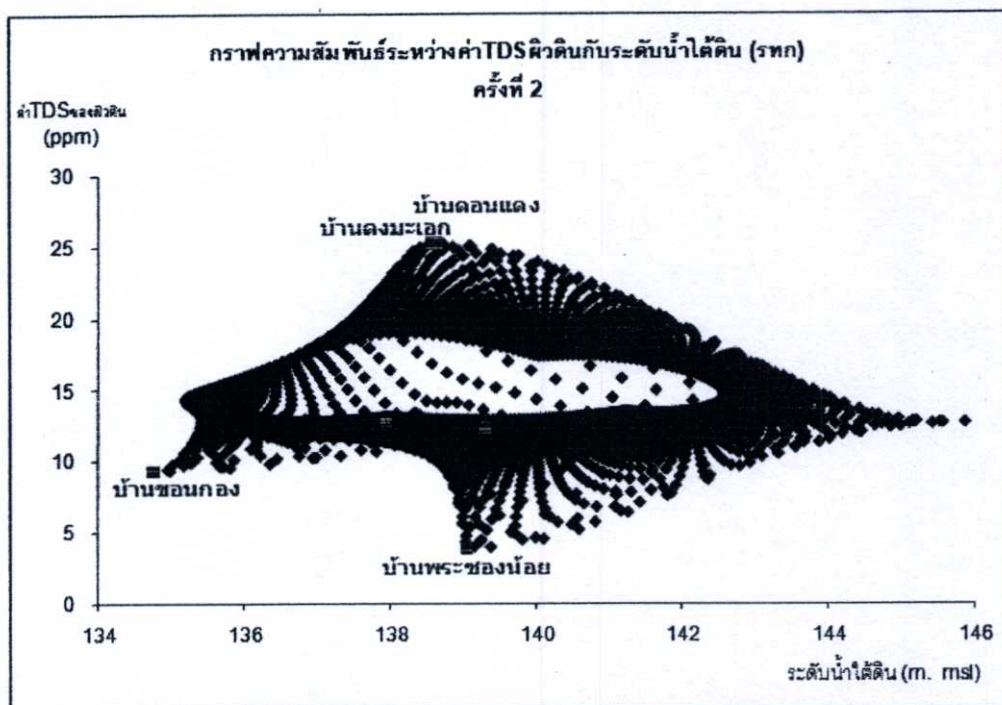
จากรูปที่ 7.16 ค่า TDS ของผิวดินส่วนใหญ่ จะแปรผันตามค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดิน ระดับตื้น และจากข้อมูลพบว่าบ้านพระขोन้อย ค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลต่อค่า TDS ของผิวดินเนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นไม่ส่งผลกระทบต่อผิวดิน

7.1.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS กับ ระดับน้ำใต้ดินระดับตื้น



รูปที่ 7.17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 1

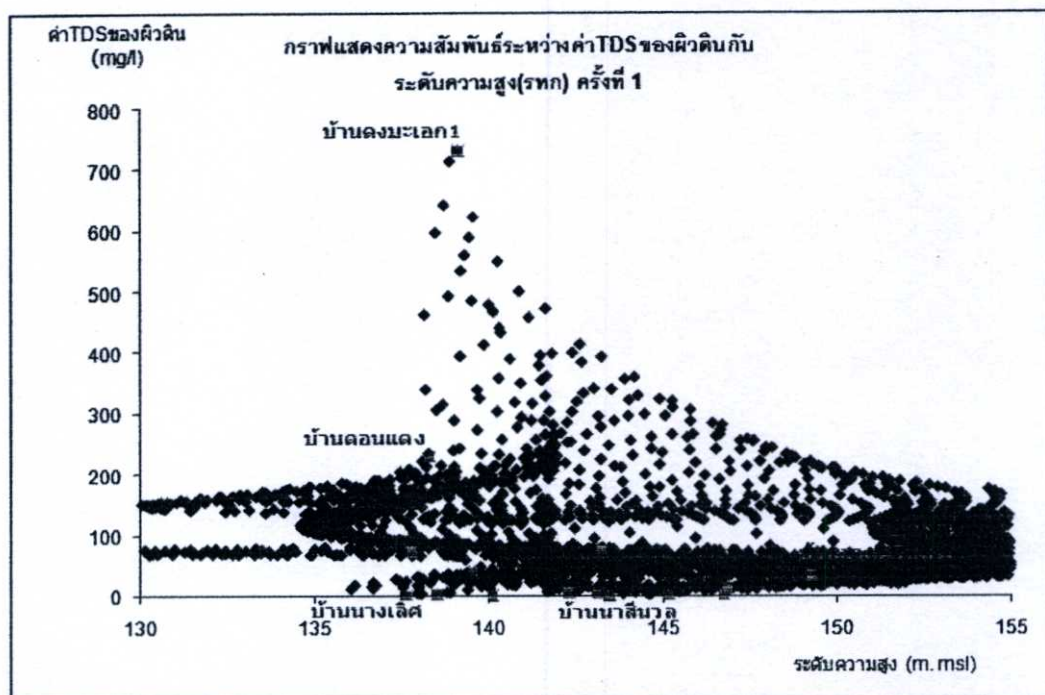
จากรูปที่ 7.17 ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะลดลง บริเวณที่ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ประมาณ 138-140 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะสูงซึ่งจากข้อมูลพบว่าบ้านดอนแดง ค่า TDS ของผิวดินมีค่าเท่ากับ 230 ppm และระดับน้ำใต้ดิน(รทก)ที่ระดับ 137.565 เมตรซึ่งสภาพดินบริเวณผิวดินเป็นดินเหนียวเม็ดละเอียดสีเทา



รูปที่ 7.18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ครั้งที่ 2

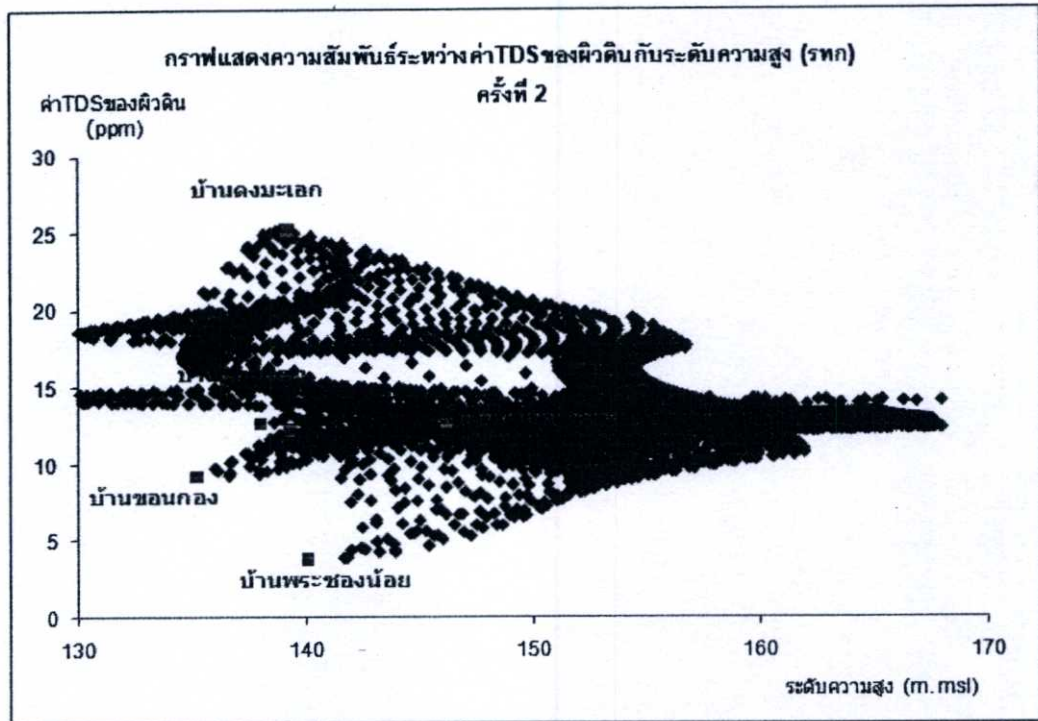
จากรูปที่ 7.18 ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) สูงขึ้น ค่า TDS ของผิวดินจะลดลง แต่บริเวณที่ค่าระดับน้ำใต้ดิน (รทก) ประมาณ 138-140 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะสูง ซึ่งจากข้อมูลพบว่าบ้านพระขोन้อยที่ระดับความสูง (รทก) 141.506 เมตร เนื่องจากสภาพดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อัทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อผิวดินน้อย ทำให้ค่า TDS ของผิวดินน้อย

7.1.2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS กับ ระดับความสูงของผิวดิน (m. msl)



รูปที่ 7.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูงผิวดิน (รทก) ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 7.19 ค่าระดับความสูง (รทก) ที่ระดับ 140-150 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะมีค่ามาก ณ ตำแหน่งที่ระดับความสูง(รทก) ต่ำ



รูปที่ 7.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับระดับความสูงผิวดิน (รทก) ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 7.20 ค่าระดับความสูง (รทก) ที่ระดับ 140-150 เมตร พบว่าค่า TDS ของผิวดินจะมีค่ามาก ณ ตำแหน่งที่ระดับความสูง (รทก) ต่ำ เนื่องจากผลกระทบของชั้นเกลือใต้ดินบริเวณที่ระดับความสูง (รทก) ต่ำ จากข้อมูลพบว่าบ้านพระชองน้อย ระดับ 142.306 เมตร เนื่องจากสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินระดับตื้นส่งผลกระทบต่อผิวดินน้อย ทำให้ค่า TDS ของผิวดินน้อย

7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองของดิน

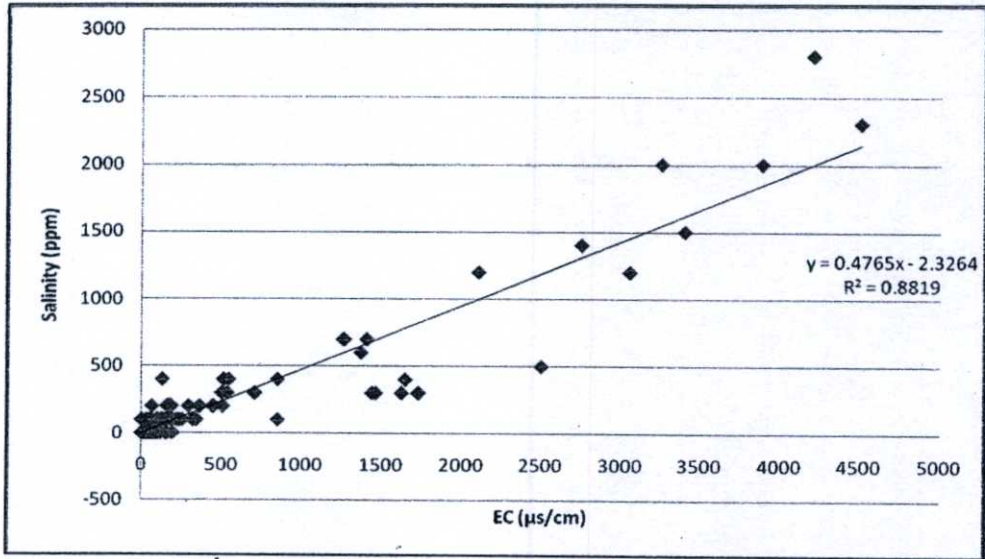
7.2.1 เลือกตัวแปรสำหรับการวิเคราะห์

ตัวแปรที่คาดว่าจะมีผลหรือความสัมพันธ์กับความเค็มที่ผิวดิน ประกอบด้วย

EC	=	ค่าความนำไฟฟ้า ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
WC	=	ค่าความชื้นของดิน (%)
GS	=	ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน
LL	=	ค่าความเหนียวของดิน (liquid limits) (%)
GW TDS	=	ค่า TDS ของน้ำใต้ดิน (ppm)
Sieve	=	ค่าเปอร์เซ็นต์ของดินที่เล็กกว่าขนาดรูของ ตระแกรง Sieve เบอร์ 200 (%)
Slope	=	ความลาดเอียงของน้ำใต้ดิน
GW Depth	=	ความลึกของน้ำใต้ดินจากผิวดิน (m)
Level	=	ระดับความสูงของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลกลาง (m. msl.)
GW Level	=	ระดับความสูงของน้ำใต้ดินจากระดับน้ำทะเล กลาง (Level – GW Depth) (m. msl.)

7.2.2 การวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิธีความถดถอยเชิงพหุ (Multiple Regression)

เนื่องจากเครื่องมือที่ใช้วัดค่าความเค็มมีความละเอียดค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในการวิเคราะห์ทางด้านสถิติจึงใช้ตัวแปรอื่นเป็นตัวแทนการหาค่าความเค็ม โดยในการวิเคราะห์ครั้งนี้ได้ใช้ค่าความนำไฟฟ้าเป็นตัวแปรในการวิเคราะห์แทนค่าความเค็ม เนื่องจาก ค่าความนำไฟฟ้ามีค่าแปรผันตรงกับค่าความเค็มของดินดังรูปที่ 7.21 ซึ่งระดับความเค็มดังตารางที่ 4.5



รูปที่ 7.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มกับความนำไฟฟ้า

ขั้นตอนในการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ที่รวมค่า β_0 และไม่รวมค่า β_0 เพื่อหาสมการที่เหมาะสมที่สุด

1. เลือกข้อมูล โดยการตัดข้อมูลชุดที่มีตัวแปรไม่ครบออกเช่น ข้อมูลบริเวณ เขื่อนดินจากการเก็บตัวอย่างในปี 2549 ที่ไม่มีข้อมูล WC , LL และ GW TDS (เหลือ 204 ข้อมูล)
2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นของตัวแปรต้นแต่ละตัวกับตัวแปรตาม โดยใช้การวิเคราะห์จากตาราง ANOVA พิจารณาที่ค่า Sig F เทียบกับค่านัยสำคัญที่กำหนด ($\alpha=0.05$) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบถ้าค่า Sig F จากตาราง ANOVA ของตัวแปรนั้นมีค่าน้อยกว่าค่านัยสำคัญ (α) ที่กำหนด แสดงว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับตัวแปรตาม ดังแสดงในตารางที่ 7.2 – 7.19

ตารางที่ 7.2 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ WC (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	2708766.141	1	2708766.141	5.033	0.026
Residual	108722328.341	202	538229.348		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.3 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GS (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	21665.131	1	21665.131	0.039	0.843
Residual	111409429.351	202	551531.828		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.4 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ LL (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	1443605.792	1	1443605.792	2.651	0.105
Residual	109987488.690	202	544492.518		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.5 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW TDS (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	22361134.458	1	22361134.458	50.712	0.000
Residual	89069960.024	202	440940.396		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.6 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Sieve (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	13443362.291	1	13443362.291	27.713	0.000
Residual	97987732.191	202	485087.783		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.7 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Slope (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	24127.070	1	24127.070	0.044	0.835
Residual	111406967.412	202	551519.641		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.8 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Depth (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	206771.241	1	206771.241	0.376	0.541
Residual	111224323.241	202	550615.462		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.9 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Level (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	2788192.867	1	2788192.867	5.184	0.024
Residual	108642901.616	202	537836.147		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.10 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Level (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	2827576.674	1	2827576.674	5.259	0.023
Residual	108603517.808	202	537641.177		
Total	111431094.482	203			

ตารางที่ 7.11 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ WC (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	22758476.064	1	22758476.064	42.493	0.000
Residual	108722617.510	203	535579.397		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.12 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GS (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	20069982.826	1	20069982.826	36.569	0.000
Residual	111411110.749	203	548823.206		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.13 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ LL (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	14582614.573	1	14582614.573	25.323	0.000
Residual	116898479.001	203	575854.576		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.14 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW TDS (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	37827510.293	1	37827510.293	81.993	0.000
Residual	93653583.281	203	461347.701		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.15 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Sieve (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	6121015.980	1	6121015.980	9.912	0.002
Residual	125360077.594	203	617537.328		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.16 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Slope (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	16976225.689	1	16976225.689	30.096	0.000
Residual	114504867.885	203	564063.389		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.17 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Depth (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	9766105.424	1	9766105.424	16.288	0.000
Residual	121714988.150	203	599581.222		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.18 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ Level (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	20346252.495	1	20346252.495	37.165	0.000
Residual	111134841.080	203	547462.271		
Total	131481093.574	204			

ตารางที่ 7.19 ตาราง ANOVA ระหว่าง EC กับ GW Level (กรณี $\beta_0 = 0$)

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig. F
Regression	20378632.613	1	20378632.613	37.235	0.000
Residual	111102460.961	203	547302.763		
Total	131481093.574	204			

จากตารางที่ 7.2-7.10 พิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรต่างๆ กับ EC โดยพิจารณากรณี $\beta_0 \neq 0$ มีตัวแปรที่แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ EC คือ WC, GW TDS, Sieve และ GW Level

จากตารางที่ 7.11-7.19 พิจารณาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรต่างๆ กับ EC โดยพิจารณากรณี $\beta_0 = 0$ มีตัวแปรที่แสดงว่ามีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ EC คือ WC, GS, LL, GW TDS, Sieve, Slope, GW Depth, Level และ GW Level

3. หาความสัมพันธ์ Multiple regression ได้ผลดังตารางที่ 7.20 และ 7.21

ตารางที่ 7.20 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.520	0.271	0.256	639.054	0.036	0.950

ตารางที่ 7.21 ค่า R Square การวิเคราะห์ ครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 = 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.596	0.355	0.346	649.353	0.164	0.901

4. เนื่องจากผลที่ได้มีค่า R^2 ที่น้อยและค่า Durbin-Watson มีค่าไม่ใกล้เคียง 2 จึงทำการปรับแก้ข้อมูลโดยการตัดข้อมูลที่มีค่า Error มากกว่า 2 เท่าของ Std. Error ออกแล้ว (ตัดออก 14 และ 13 ข้อมูล) หรือคิดเป็น 6.8 % และ 6 % ของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 7.22 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

Case Number	Std. Residual	EC	Predicted Value	Residual
19	4.93238	4500	1347.94	3152.06
20	3.9622	3880	1347.94	2532.06
21	2.10191	2750	1406.77	1343.23
22	3.11741	3400	1407.8	1992.2
23	4.42576	4200	1371.7	2828.3
31	3.18668	2500	463.54	2036.46
38	-2.2062	66.6	1476.46	-1409.9
110	2.55189	1650	19.2012	1630.8
111	2.01191	1440	154.279	1285.72
141	2.29666	1626	158.308	1467.69
158	2.23717	1731	301.327	1429.67
159	2.23717	1731	301.327	1429.67
195	4.7824	3250	193.787	3056.21
196	4.46944	3050	193.787	2856.21

ตารางที่ 7.23 แสดงข้อมูลที่คัดออกครั้งที่ 1 (กรณี $\beta_0 = 0$)

Case Number	Std. Residual	EC	Predicted Value	Residual
19	5.121	4500	1174.409	3325.591
20	4.167	3880	1174.409	2705.591
21	2.415	2750	1181.675	1568.325
22	3.415	3400	1182.450	2217.550
23	4.689	4200	1155.470	3044.530
31	3.118	2500	475.444	2024.556
38	-2.192	66.6	1489.931	-1423.331
110	2.146	1650	256.491	1393.509
141	2.185	1626	206.852	1419.148
158	2.080	1731	380.296	1350.704
159	2.080	1731	380.296	1350.704
195	4.876	3250	84.007	3165.993
196	4.568	3050	84.007	2965.993

จากตารางที่ 7.22 และ 7.23 ข้อมูลที่คัดออกส่วนใหญ่เป็นข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างในพื้นที่ชลประทานในปี 2549 ซึ่งอาจเกิดได้จากการเก็บข้อมูลที่ไม่เช่นการเก็บตัวอย่างและวัดค่าที่ไม่ละเอียดพอ

5. ทำการวิเคราะห์ Multiple regression ครั้งที่ 2 ได้ผลดังตารางที่ 7.24 และ 7.25

ตารางที่ 7.24 ค่า R Square การวิเคราะห์ครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.685	0.469	0.461	211.556	0.006	1.774

ตารางที่ 7.25 ค่า R Square การวิเคราะห์ครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 = 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.745	0.555	0.545	228.494	0.008	1.805

5. ปรับแก้ข้อมูลเหมือนขั้นตอนที่ 3 อีกครั้ง (ตัดออก 11 และ 9 ข้อมูล) หรือคิดเป็น 5.4 % และ 4% ของข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 7.26 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

Case Number	Std. Residual	EC	Predicted Value	Residual
7	2.72808	848	270.857	577.143
19	6.86321	2100	648.042	1451.96
22	-2.545	498	1036.4	-538.4
25	5.26063	1370	257.079	1112.92
26	2.13539	702	250.244	451.756
28	-3.2725	160.7	853.021	-692.32
29	2.88329	1463	853.021	609.979
30	-2.4419	362	878.605	-516.61
31	-2.0354	448	878.605	-430.61
171	2.01481	705	278.754	426.246
174	3.60196	849	86.9816	762.018

ตารางที่ 7.27 แสดงข้อมูลที่ตัดออกครั้งที่ 2 (กรณี $\beta_0 = 0$)

Case Number	Std. Residual	EC	Predicted Value	Residual
7	2.4128	848	296.695	551.305
19	6.2597	2100	669.705	1430.295
22	-2.3569	498	1036.541	-538.541
25	4.7823	1370	277.279	1092.721
28	-3.0437	160.7	856.160	-695.460
29	2.6558	1463	856.160	606.840
30	-2.2864	362	884.417	-522.417
103	5.2675	1440	236.420	1203.580
175	3.2682	849	102.245	746.755

จากตารางที่ 7.26 และ 7.27 ข้อมูลที่ตัดออกส่วนใหญ่เป็นข้อมูลจากการเก็บข้อมูลจากตัวอย่างในพื้นที่ชลประทานในปี 2549 เช่นเดียวกับการตัดข้อมูลออกในครั้งที่ 1 ซึ่งก็เป็นไปได้ว่าปัญหาบางส่วนเกิดจากการเก็บข้อมูลที่มีกับวัดค่าไม่ละเอียดพอ

6. ทำการวิเคราะห์ Multiple regression โดยวิธี Stepwise ได้ผลดังตารางที่ 7.28 และ 7.29

ตารางที่ 7.28 แสดงค่า R Square การวิเคราะห์โดยวิธี stepwise (กรณี $\beta_0 \neq 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.865	0.748	0.743	96.599	0.020	1.139

ตารางที่ 7.29 แสดงค่า R Square การวิเคราะห์โดยวิธี stepwise (กรณี $\beta_0 = 0$)

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig. F	Durbin-Watson
0.865	0.749	0.742	116.604	0.046	1.536

จากตารางที่ 7.28 และ 7.29 ได้ผลการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่า R^2 ที่น่าพอใจ แต่เมื่อพิจารณาที่ค่า Durbin Watson ผลที่ได้จากการวิเคราะห์(กรณี $\beta_0 = 0$) มีค่าที่ใกล้เคียง 2 มากกว่าจึงมีความน่าเชื่อถือมากกว่า และเมื่อพิจารณา ตารางที่ 7.2 -7.19 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างกับ EC เมื่อไม่แสดงค่า β_0 ตัวแปรต้นจะมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับ EC มากกว่าแสดงค่า β_0

ผลที่ได้มีตัวแปรต้นที่มีผลต่อค่า EC ดังตารางที่ 7.30 มีความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ 74.2 %

ตารางที่ 7.30 แสดงค่าสัมประสิทธิ์โดยวิธี Stepwise ตัวแปร 5 ตัว

Parameter	Coefficients	Beta	Sig.
GW TDS	0.05	0.678	0.000
GW Level	1.79	1.103	0.000
Sieve	-1.66	-0.559	0.000
GW Depth	-30.59	-0.229	0.000
Slope	-17,463.77	-0.184	0.046

7. เมื่อได้ค่า R^2 และค่า Durbin Watson ที่เหมาะสม จึงนำผลที่ได้เขียนสมการสำหรับการประมาณค่าความเค็ม โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรได้จากตารางที่ 7.30

$$EC = 0.05*GW TDS + 1.79*GW Level - 30.39*GW Depth - 17,463.77*Slope - 1.66*Sieve \dots(7.1)$$

โดยที่ค่าความเค็มสามารถหาได้จากค่า EC ดังสมการที่ 7.2 ซึ่งมีค่าความน่าเชื่อถือ 88.19 %

$$Sal = 0.4765*EC - 2.3264 \dots\dots\dots(7.2)$$

จากสมการ 7.1 สามารถบอกถึงลักษณะเบื้องต้นของพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเกิดดินเค็ม คือ

- 1) พื้นที่ที่มีน้ำใต้ดินเค็มจะมีศักยภาพการเกิดดินเค็มมากขึ้นกว่าพื้นที่ที่น้ำใต้ดินไม่เค็ม นั่นคือความเค็มที่ผิวดินมีสาเหตุหนึ่งมาจากเกลือที่ปนอยู่ในน้ำใต้ดิน
- 2) พื้นที่ที่จะมีศักยภาพการเกิดดินเค็มที่ผิวดินมากถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่สูงเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเลกลาง

- 3) พื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มมากขึ้นถ้าน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้น เนื่องจากความเค็มของน้ำใต้ดินสามารถแพร่กระจายสู่ผิวดินได้ง่าย
- 4) พื้นที่ที่มีSlopeของน้ำใต้ดินน้อย จะมีโอกาสเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มมาก เนื่องจากในมีความลาดเอียงของน้ำใต้ดินมากน้ำใต้ดินก็จะไหลเร็วทำให้เกลือที่มากับน้ำใต้ดินไม่สามารถแพร่กระจายสู่ผิวดินได้ดี
- 5) โดยปกติดินที่มีขนาดเม็ดเล็กจะมีโอกาสในการเกิดดินเค็มได้มากกว่าดินที่มีขนาดใหญ่(เนื่องจากดินที่วิเคราะห์ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว) แต่จากสมการค่า Sieve มีสัมประสิทธิ์คิดลบ ซึ่งหมายถึง ถ้าค่า Sieve ในสมการมีค่ามากก็จะมีค่าความเค็มน้อย เนื่องจากเมื่อพิจารณาข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ดัง ตารางที่ 7.31-7.32 จะเห็นได้ว่า ถ้าหากดินมีขนาดเม็ดที่เล็กเกินไปก็จะมีโอกาสเกิดดินเค็มน้อยลง อาจเนื่องจากดินที่มีขนาดเล็กมาก เกลือที่ละลายอยู่ในน้ำใต้ดินไม่สามารถแพร่กระจายสู่ผิวดินได้ดี

ตารางที่ 7.31 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ดินที่ผ่านตระแกรงเบอร์ 200 กับค่าความนำไฟฟ้า (ข้อมูลทั้งหมด)

EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	%pass sieve No.200	ระดับความเค็มของดิน
<2000	57.758	ไม่เค็ม
2000-4000	29.089	เค็มเล็กน้อย
4000-8000	12.125	เค็มปานกลาง
8000-16000	n/a	เค็มมาก
>16000	n/a	เค็มจัด

ตารางที่ 7.32 เปรียบเทียบ เฟอร์เซ็นต์ดินที่ผ่านตระแกรงเบอร์ 200 กับค่าความนำไฟฟ้า
(ข้อมูลเฉพาะจุดที่มีตัวแปรครบใช้เพื่อวิเคราะห์หาสมการ)

EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	%pass sieve No.200	ระดับความเค็มของดิน
2000	70.371	ไม่เค็ม
2000-4000	34.000	เค็มเล็กน้อย
4000-8000	12.122	เค็มปานกลาง
8000-16000	n/a	เค็มมาก
>16000	n/a	เค็มจัด

7.3 การทำแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็มผิวดิน

จากสมการที่ 7.1 สมการประมาณค่าความเค็มของผิวดินมีตัวแปรที่ใช้ในการประมาณ คือ GW TDS GW Level, Sieve, GW Depth และ Slope

7.3.1 Interpolate ค่าตัวแปร (ใช้ข้อมูลที่ไม่โดนตัดออก)

การประมาณค่าตัวแปรดำเนินการโดยใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้ง 5 ครั้งแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ

- 1) ตัวแปรที่ค่าไม่เปลี่ยนตามค่าความลึก ได้แก่ GW TDS , GW Level , GW Depth และ Slope จะใช้การ Interpolate โดยโปรแกรม Surfer
- 2) ตัวแปรที่ค่าเปลี่ยนตามค่าความลึก ได้แก่ Sieve จะใช้การ Interpolate โดยโปรแกรม T-PROG ใช้ค่า Sieve ของดินแต่ละประเภทโดยใช้ค่าเฉลี่ยดังตารางที่ 7.33

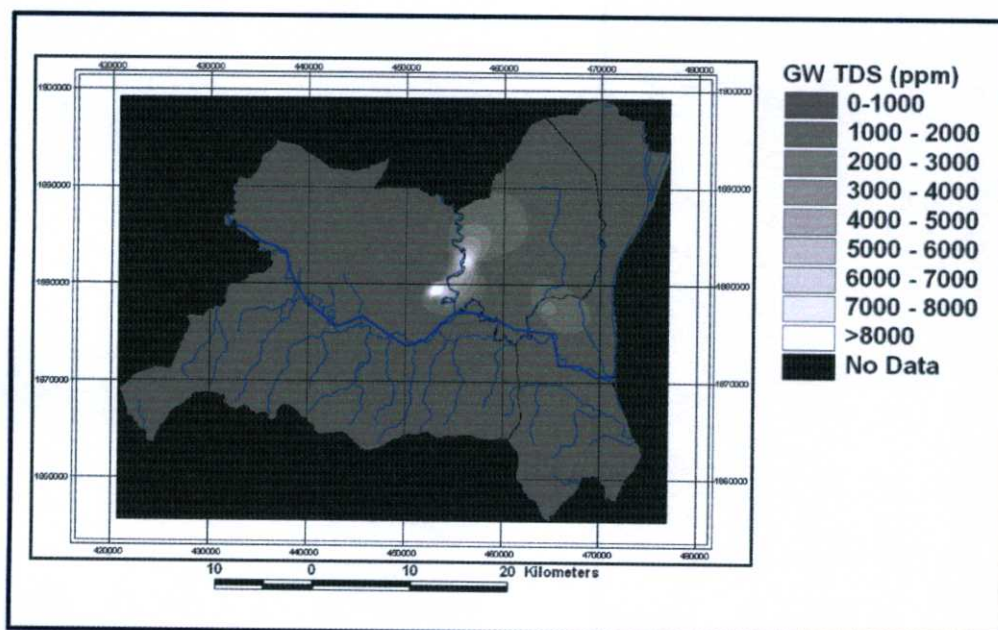
(รายละเอียดการใช้โปรแกรม Surfer, GIS และ T-PROG ดูได้จากหัวข้อ 5.58 – 5.63)

ตารางที่ 7.33 ค่าเฉลี่ยของขนาดเม็ดดิน (Sieve) สำหรับดินแต่ละประเภท

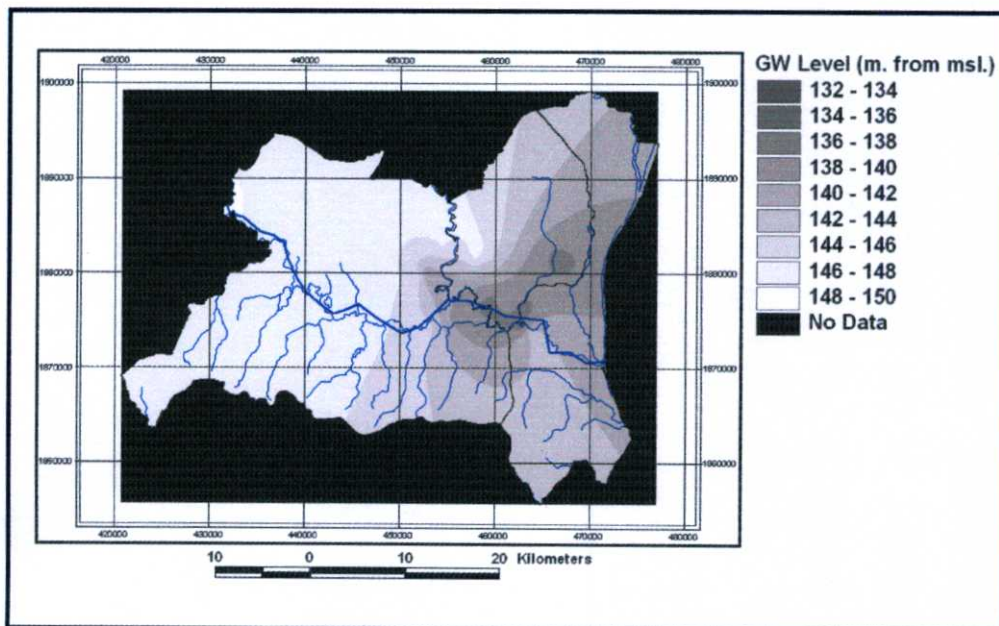
Type	Soil Type	SIEVE
1	SW , SP	12.8407
2	SM , SC	40.2863
3	ML , LL	69.8959
4	CH , MH	83.8170

7.3.2 การแสดงผลแผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็ม

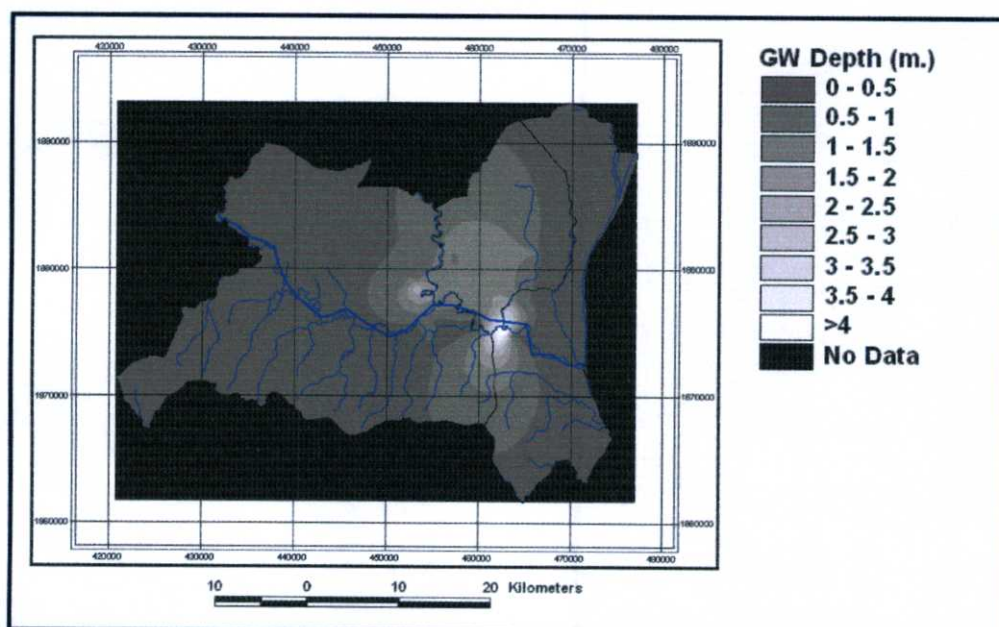
จากค่าตัวแปรทุกตัวที่ Interpolate ได้ ดังรูปที่ 7.22 – 7.26 โดยนำข้อมูลรวมกันตามสมการที่ 7.1 เพื่อหาค่า EC เพื่อใช้เปรียบเทียบหาศักยภาพการเกิดดินเค็มจากปัจจัยสภาพดินและน้ำใต้ดิน ดังตารางที่ 7.34 ซึ่งได้จากเทียบกับระดับความเค็มตามตารางที่ 4.5 และนำมาแสดงผลโดยโปรแกรม GIS ดังรูปที่ 7.27



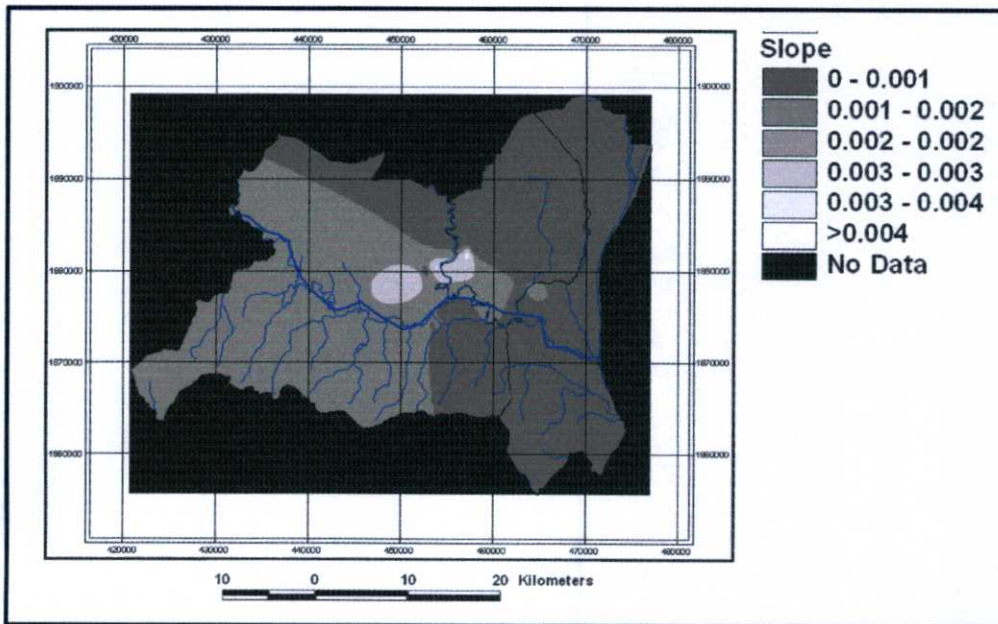
รูปที่ 7.22 แสดงค่า GW TDS หลังจาก Interpolate



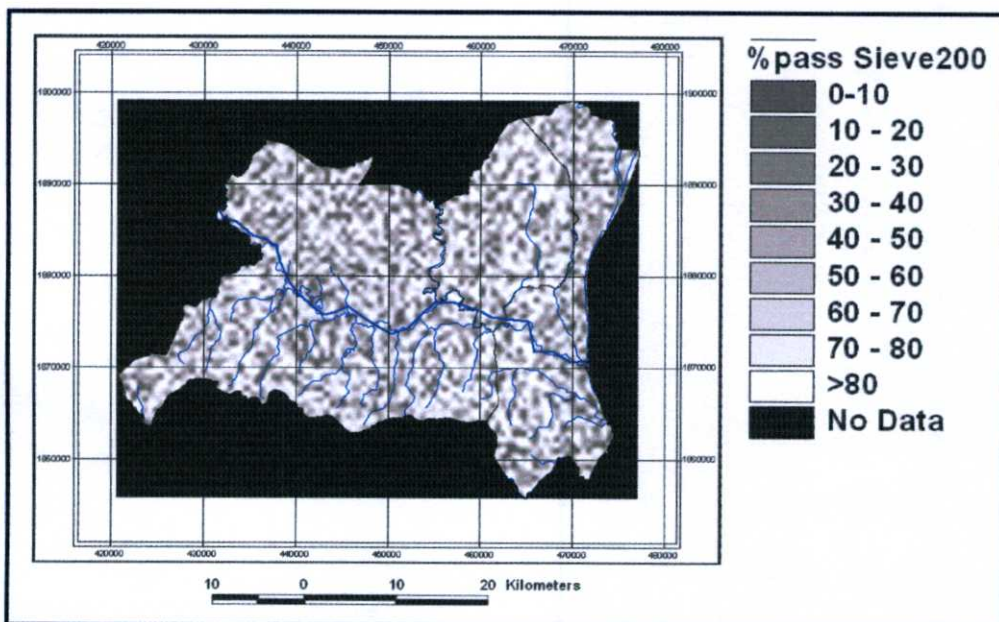
รูปที่ 7.23 แสดงค่า GW Level หลังจาก Interpolate



รูปที่ 7.24 แสดงค่า GW Depth หลังจาก Interpolate

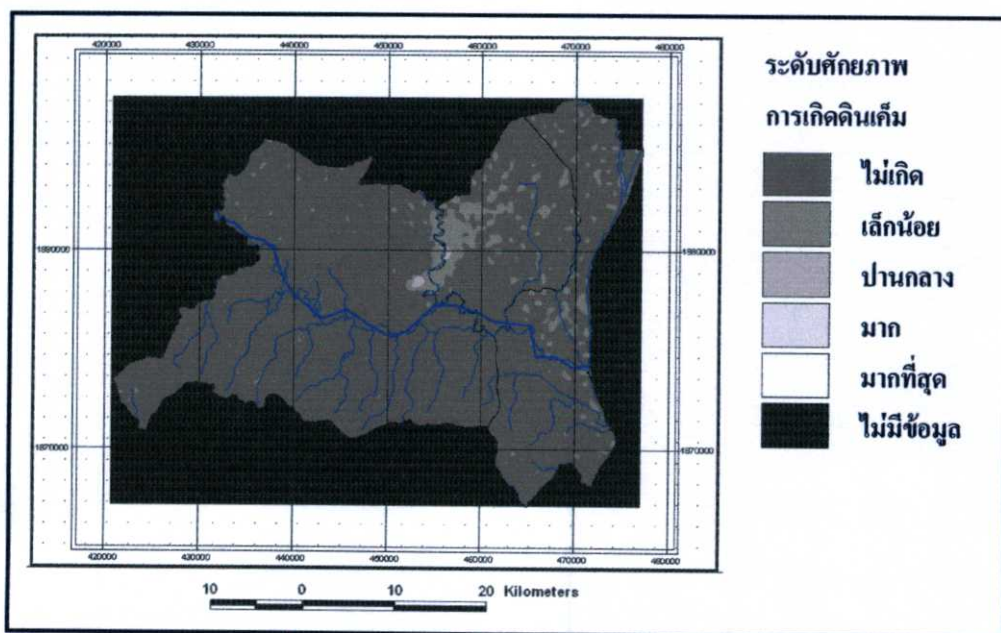


รูปที่ 7.25 แสดงค่า Slope หลังจาก Interpolate



รูปที่ 7.26 แสดงค่า Sieve หลังจาก Interpolate

หลังจากได้ข้อมูลหลังจากการ Interpolate ตัวแปรครบทุกตัว จึงนำข้อมูลทั้งหมดมาซ้อนทับกัน ตามสมการที่ 7.1 ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 7.27 และแบ่งระดับศักยภาพการเกิดดินเค็มที่ผิวดินดังตารางที่ 7.34



รูปที่ 7.27 แสดงแผนที่ศักยภาพการเกิดดินเค็ม

ตารางที่ 7.34 ศักยภาพการเกิดดินเค็มจากปัจจัยสภาพดินและน้ำใต้ดิน

EC ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	ระดับศักยภาพการเกิดดินเค็ม
<200	ไม่เกิด
200-400	เล็กน้อย
400-800	ปานกลาง
800-1600	มาก
>1600	มากที่สุด

จากรูปที่ 7.27 ผลที่ได้คือพื้นที่ที่มีระดับศักยภาพการเกิดดินเค็มมากที่สุดอยู่ระดับปานกลางถึงมาก อยู่บริเวณบ้านพระขงน้อย และมีระดับศักยภาพการเกิดดินเค็มระดับปานกลางที่บริเวณบ้านบ่อดอกซ้อน ซึ่งมีลักษณะตรงกับรายงานพื้นที่ดินเค็มที่มีรายงานมา

บทที่ 8

สรุปผล

8.1 ทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าคอนล่าง ซึ่งจากการทดสอบ 3 ครั้งโดยถือว่าทิศทางการไหลในครั้งที่ 1 ได้ค่าที่ถูกค้องที่สุด เพราะพิจารณาจากจำนวนบ่อน้ำใต้ดินและการกระจายตัวของบ่อน้ำใต้ดินระดับต้น ซึ่งจากการเก็บข้อมูลในการสำรวจพบว่า ทิศทางการไหลจะไหลจากบริเวณรอบๆ พื้นที่ลุ่มน้ำท่าคอนล่างทั้งทางทิศเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาหนาดน้อย และบ้านพิมานท่า ไปทางบริเวณพื้นที่ลำน้ำท่า และลำน้ำบัง บริเวณบ้านยอดโพธิ์ บ้านขอนแก่น และบ้านคอนแดง

8.2 คุณภาพน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาคุณภาพน้ำใต้ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำท่าคอนล่าง ซึ่งจากการทดสอบ 3 ครั้งโดยจากการเก็บข้อมูลในการสำรวจพบว่า ค่าความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเดือนสิงหาคม พบมากบริเวณบ้านพระขงน้อย บ้านนาสีนวล บ้านคอนแดง และบ้านลาดศรีชมพู และค่าความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเดือนตุลาคม พบมากบริเวณบ้านดงมะเอก และบ้านพระขงน้อย สัมพันธ์กับทิศทางการไหลคือคุณภาพน้ำใต้ดินจะแพร่กระจายไหลลงสู่ลำน้ำ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาคุณภาพน้ำผิวดิน พบว่าบริเวณลำน้ำบังและลำน้ำท่าพบความเค็มในปริมาณน้อย เนื่องจากเป็นลำน้ำสายใหญ่และมีปริมาณมาก แต่กลับตรวจพบค่าความเค็มในพื้นที่บริเวณลำธาร ห้วย และหนองน้ำขนาดเล็ก และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TDS ของผิวดินกับค่า TDS ของน้ำใต้ดิน และ ค่า TDS ของผิวดินกับค่าคลอไรด์ของน้ำใต้ดินพบว่าความเค็มของผิวดินส่วนใหญ่จะแปรผันตามความเค็มของน้ำใต้ดิน ซึ่งบางตำแหน่ง ได้แก่บริเวณบ้านลาดศรีชมพู บ้านนาสีนวล บ้านพระขงน้อย ลักษณะชั้นดินเป็นชั้นทรายตะกอนปนทราย ชั้นหินทราย และชั้นดินร่วนปนทราย ทำให้อิทธิพลของน้ำใต้ดินไม่ส่งผลกระทบกับผิวดิน และจากข้อมูลบริเวณบ้านดงมะเอกบริเวณผิวดินเป็นดินตะกอนสีเทาปนกรวด แต่ยังคงพบว่าบริเวณดินผิวดินมีค่าความเค็มค่อนข้างสูง

8.3 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดิน

8.3.1 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่ชลประทาน

ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มในบริเวณพื้นที่ชลประทาน จ. นครพนม จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและนำมาทดสอบหาค่าความเค็มและค่าต่างๆ พบว่าพื้นที่ในบางหมู่บ้านมีค่าความเค็มของดิน คือ บ้านพระซองน้อย บ้านบ่อดอกซ้อน บ้านฉันทะ และบ้านน้ำบ่อ จากข้อมูลลักษณะพื้นที่ที่พบความเค็มสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เบื้องต้นได้ว่า พื้นที่ที่มีโอกาสพบความเค็มได้มากคือ ดินที่มีลักษณะเม็ดละเอียดปนหยาบเล็กน้อย มีสารแขวนลอยปนเปื้อนในน้ำได้ดินมาก และจะพบค่าความเค็มในชั้นดินระดับต้นจะมีมากเมื่อความลึกของน้ำใต้ดินตื้น ซึ่งการแพร่กระจายของความเค็มอาจมีการแพร่กระจายสู่พื้นที่ข้างเคียงได้โดยน้ำใต้ดินหรือน้ำผิวดิน

8.3.2 ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มของดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

ผลการศึกษาการแพร่กระจายความเค็มในบริเวณอ่างเก็บน้ำท่าตอนล่าง จ. นครพนม จากการเจาะสำรวจและเก็บตัวอย่างดินและนำมาทดสอบหาค่าความเค็มและค่าต่างๆ พบว่าพื้นที่ที่มีความเค็มน้อยมากและมีศักยภาพการเกิดดินเค็มในระดับต่ำ

8.4 ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดิน และการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน

จากการศึกษาความเค็มของน้ำใต้ดินและการกระจายตัวของความเค็มบนชั้นดิน ซึ่งมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเค็มบนชั้นดิน คือ ความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดิน ความเค็มของน้ำใต้ดิน ขนาดเม็ดดิน และ slope ของน้ำใต้ดิน ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ความลึกของน้ำใต้ดิน ระดับน้ำใต้ดิน ระดับผิวดิน ถ้ามีค่าสูงทำให้ความเค็มบนชั้นดินมีน้อย จากข้อมูลบริเวณบ้านพระซองน้อย ความลึกของระดับน้ำใต้ดินอยู่ที่ 0.80 เมตร พบว่าค่า TDS ของน้ำใต้ดิน 3470 ppm แต่ค่า TDS ของผิวดินเท่ากับ 7.40 ppm พบว่าสภาพดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนทราย ทำให้น้ำใต้ดินส่งผลกระทบต่อความเค็มของดินบริเวณผิวดินน้อย และจากค่า slope ของน้ำใต้ดินสูงจะส่งผลกระทบทำให้ความเค็มของดินบริเวณผิวดินต่ำลง เนื่องจากน้ำใต้ดินบริเวณที่มี slope ของน้ำใต้ดินสูงจะมีการเคลื่อนที่จากที่สูงไปที่ต่ำ หากบริเวณนั้นมีชั้นเกลือใต้ดินก็จะเกิดการชะล้างของน้ำใต้ดินที่กระทำชั้นเกลือใต้ดินลงสู่ที่ต่ำ ทำให้บริเวณดังกล่าวส่งผลต่อความเค็มของน้ำใต้ดินน้อย และกรณีที่ slope ของน้ำใต้ดินต่ำ คือ

บริเวณที่เป็นราบลุ่มต่ำ ที่ราบลุ่มบริเวณลำนํ้า หรือที่ราบลุ่มสูง ซึ่งความเค็มของนํ้าใต้ดินอาจจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับปัจจัยว่าหากพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มบริเวณลำนํ้า หรือที่ราบลุ่มสูงความเค็มของนํ้าใต้ดินอาจจะส่งผลกระทบต่อความเค็มของนํ้าใต้ดินน้อย เนื่องจากลักษณะของทิศทางการไหลของนํ้าใต้ดิน และ ลักษณะดินราบลุ่มบริเวณศึกษาส่วนมากมักเป็นดินปนทราย ส่วนบริเวณที่เป็นราบลุ่มต่ำ ปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความเค็มของผิวดิน คือ ความเค็มของนํ้าใต้ดิน ความลึกของนํ้าใต้ดินและลักษณะของชั้นดิน หากความเค็มของนํ้าใต้ดินมากแต่ลักษณะของชั้นดินเป็นดินปนทราย ความเค็มของนํ้าใต้ดินจะระเหยไปไม่สะสมบริเวณผิวดิน ถึงแม้ว่าความลึกของนํ้าใต้ดินจะอยู่ในระดับตํ่าก็ตาม หากเกิดกรณีมีการสูบนํ้าใต้ดินขึ้นมาใช้บริเวณผิวดินที่มีความเค็มบนชั้นดินน้อยโดยไม่มีการควบคุม อาจทำให้มีปริมาณของความกระจายความเค็มบนชั้นดินเกิดเป็นบริเวณกว้างมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเกษตรกรรมและบริเวณพื้นที่อ่างเก็บนํ้าได้ต่อไป

8.5 สรุปผลการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ

จากการวิเคราะห์โดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุสามารถสรุปได้ว่าค่าค่า TDS ของนํ้าใต้ดิน (GW TDS) , ค่าระดับความสูงของนํ้าใต้ดินจากระดับนํ้าทะเลกลาง (GW Level) , ค่าเปอร์เซ็นต์ของดินที่เล็กกว่าขนาดรูของตระแกรง Sieve เบอร์ 200 (Sieve) , ค่าความลึกของนํ้าใต้ดินจากผิวดิน (GW Depth) และค่าความลาดเอียงของพื้นที่ (Slope) โดยสามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

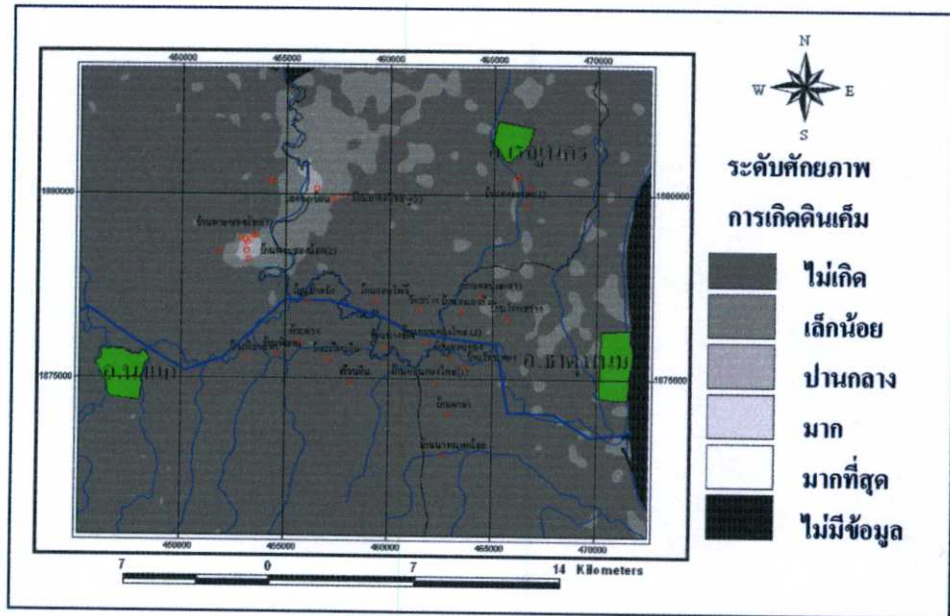
$$EC = 0.05 * GW \text{ TDS} + 1.79 * GW \text{ Level} - 1.66 * Sieve - 30.39 * GW \text{ Depth} - 17,463.77 * Slope$$

ซึ่งสมการดังกล่าวสามารถอธิบายความค่าความเค็มของดินได้ 74.2 %

ค่าความเค็มสามารถหาได้จากค่า EC ดังสมการ $Sal = 0.4765 * EC - 2.3264$ มีค่า R Square = 88.19%

สมการที่ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆที่ผลต่อศักยภาพการเกิดดินเค็มข้างต้นนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ดินมีลักษณะเม็ดเล็ก เป็นดินเหนียว เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว

8.6 แผนที่แสดงศักยภาพการเกิดดินเค็ม



รูปที่ 8.1 แสดงแผนที่ศักยภาพการเกิดดินเค็มบริเวณพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษาพื้นที่ที่มีศักยภาพการเกิดดินเค็มมากที่สุดของพื้นที่ศึกษาอยู่ที่บริเวณลุ่มน้ำบัง โดยเฉพาะที่บ้านพระซ่งน้อย สำหรับพื้นที่ศึกษาที่อยู่ในพื้นที่การสร้างอ่างเก็บน้ำมีระดับศักยภาพการเกิดดินเค็มในระดับน้อยมาก ดังนั้นการแพร่กระจายของความเค็มจากการสร้างอ่างเก็บน้ำจึงเป็นไปได้ยาก

8.7 ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาเพิ่มเติมต่อจากการศึกษาครั้งนี้ เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด ควรมีการจัดแบ่งการเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ออกเป็นฤดูกาล เพื่อจะได้ทราบถึงลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่กับระดับศักยภาพการเกิดดินเค็มได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] สุพจน์ ศรีนิล, แผลมทอง เหล่าคงถาวร, และ ชลธี เร่บ้านเกาะ, 2544. คู่มือปฏิบัติการทดลองปลูกพืชกลศาสตร์. กรุงเทพฯ. แผนกตำรา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [2] มณเฑียร กังศศิเทียม, 2538. กลศาสตร์ของดิน. กรุงเทพฯ: สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์.
- [3] มณเฑียร กังศศิเทียม, 2547. กลศาสตร์ของดินทางค้ำานวิศวกรรม. กรุงเทพมหานคร: สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์
- [4] เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ (ดินเค็ม), 2542 กลุ่มปรับปรุงดินเค็ม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [5] เอกสารสรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำก้ำานักบริหาร โครงการ, 2547 กรมชลประทานกระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- [6] กิรติ ลีวัจนกุล, 2543. อุทกวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.
- [7] กัมขริย์ ศรีพงศ์พันธุ์, มลพิษทางน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 3 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1). พิมพ์ที่ โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม.
- [8] โกศล วงศ์สวรรค์, สถิต วงศ์สวรรค์ และ สุธิลา ตูลยะเสถียร, มลพิษสิ่งแวดล้อม (ปัญหาสังคมไทย). พิมพ์ครั้งที่ 2. พิมพ์ที่ อมรการพิมพ์.
- [9] วริชา จิระพินทุ, ภิตินันต์ ชาตะโชติ และ สุเมธ สันต์ควัฒนา, 2548. การศึกษาคุณภาพน้ำผิวดินของจังหวัดนครนายก. ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [10] วิบูลย์ลักษณ์ วิสุทธิศักดิ์, ธงชัย พรรณสวัสดิ์, คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. พิมพ์ครั้งที่ 3. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.
- [11] สกุล ห่อวโนทยาน, ชลศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 1. แผนกตำราคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [12] กรมธรรมิ กระทรวงอุตสาหกรรม, 2541. การศึกษาชั้นหินเกลือ บริเวณ โครงการชลประทานลุ่มน้ำก้ำานตอนล่าง จังหวัดนครพนม. ฉบับที่ 1. พิมพ์ที่ บริษัท ประชาชน จำกัด.
- [13] รศ. ดร. กัลยา วานิชย์บัญชา, 2549 พิมพ์ครั้งที่ 2, สถิติสำหรับงานวิจัย

- [14] ศูนย์วิจัยน้ำบาดาลภาค วิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยีมหาวิทาลัยขอนแก่น , 2544, การศึกษาผลกระทบของโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง การจำลองน้ำใต้ดินเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อจัดการการแพร่กระจายน้ำเค็มและดินเค็ม พื้นที่ลุ่มน้ำท่าตอนล่าง อำเภอชาติพนม จังหวัดนครพนม
- [15] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2547, สรุปโครงการพัฒนาลุ่มน้ำท่า สำนักงานบริหารโครงการ
- [16] กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ,2541, การศึกษาชั้นเกลือหิน บริเวณโครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม
- [17] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2538 ,รายงานแผนแก้ไขลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมและแผนติดตามตรวจสอบ การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม
- [18] กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2538 ,รายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อม โครงการชลประทานลุ่มน้ำท่าตอนล่าง จังหวัดนครพนม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
ผลทดสอบดินในพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope			
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้																
สิงหาคม 2549	เขื่อนดิน	458135	1873201	0.00-0.85	0.84	0	6.9	7.35	11.18	n/a	2.76	n/a	n/a	57.21	CL	0.00030			
				0.85-1.40	0.84	0	7.31	5.72	16.51	n/a	2.78	n/a	n/a	n/a	39.00	SC	0.00030		
				1.40-1.90	0.84	0	4.12	5.76	8.39	n/a	2.78	n/a	n/a	n/a	n/a	39.00	SC	0.00030	
				1.90-2.40	0.84	0	6.07	5.43	12.53	n/a	2.70	n/a	n/a	n/a	n/a	28.45	SC	0.00030	
				2.40-2.60	0.84	0	5.58	5.93	10.81	n/a	2.62	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	41.69	SC	0.00030
				2.60-3.15	0.84	0	2.76	5.79	5.52	n/a	2.62	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	41.69	SC	0.00030
สิงหาคม 2549	ปากบึง	456043	1877082	0.00-0.85	1.20	0	8	5.7	10.9	27.625	2.76	n/a	29	64.89	CL	0.00170			
				0.85-1.30	1.20	0	14	4.9	80.2	28.132	2.85	32.5	29	84.48	CL	0.00170			
				1.30-1.75	1.20	0	28	5.9	42.1	23.961	2.79	23	29	67.32	CL	0.00170			
				1.75-2.35	1.20	0	25	5.2	35.1	37.175	2.81	33.5	29	87.13	CL	0.00170			
				2.35-2.65	1.20	0	25	5.28	39.8	37.175	2.86	n/a	29	54.55	CL	0.00170			
				2.65-3.00	1.20	0	41	5.25	53.4	37.175	2.82	n/a	29	53.76	CL	0.00170			

*หมายเหตุ n/a หมายถึง ไม่มีข้อมูล

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตค	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2549	โคกสว่าง	465689	1876304	0.0-0.20	0.40	0	9.03	6.76	19.7	36.63	2.77	21	n/a	81.97	CL	0.00056
				0.20-0.60	0.40	0	10.7	6.74	21.4	36.63	2.77	21	n/a	81.97	CL	0.00056
				0.60-1.35	0.40	0	16.5	5.9	35.2	36.38	2.75	36	n/a	78.21	CL	0.00056
				1.35-1.85	0.40	0	25.2	6.14	50.5	65.13	2.77	33	n/a	69.40	CL	0.00056
				1.85-2.02	0.40	0	24	6.13	54.5	34.52	2.79	40	n/a	74.77	CL	0.00056
				2.02-2.64	0.40	0	24	5.89	94.8	33.39	2.86	31.5	n/a	68.32	CL	0.00056
				2.64-2.96	0.40	0	28.6	6.21	59.6	39.13	2.81	30.5	n/a	69.25	ML	0.00056
				2.96-3.65	0.40	0	46.1	5.92	93.8	39.13	2.81	30.5	n/a	69.25	ML	0.00056
				3.65-3.90	0.40	0	30.9	6.05	71	39.13	2.81	30.5	n/a	69.25	ML	0.00056
				0.00-0.45	0.90	0	24.7	5.63	51.7	31.849	2.79	42.8	173	28.16	SP	0.00206
ตุลาคม 2549	พืมาท	454576	1874520	0.45-2.45	0.90	100	120	5.54	0.12	34.057	2.75	40.7	173	16.12	SP	0.00206
				2.45-6.45	0.90	0	10.5	6.08	20.7	29.391	2.54	n/a	2.09	SM	0.00206	
				6.45-8.45	0.90	200	255	7.04	504	51.285	2.80	32.9	173	24.38	SC	0.00206
				8.45-10.45	0.90	400	348	6.74	848	47.695	2.82	45.4	173	7.45	SC	0.00206

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตค	เหนือ-ใต้													
ตุลาคม 2549	ขอนแก่น	462870	1874424	0.00-1.45	4.90	0	6.52	6.16	13	6.88	2.66	37.5	24.23	31.51	SC	0.00128
				1.45-3.45	4.90	0	48.3	6.12	96.5	9.19	2.73	43.6	24.23	32.74	SC	0.00128
				3.45-4.45	4.90	0	61.7	5.96	122	7.28	2.79	38.2	24.23	22.95	SC	0.00128
				4.45-7.45	4.90	0	7.45	6.48	15.06	12.97	2.95	38.2	24.23	15.47	SC	0.00128
				7.45-10.45	4.90	0	4.11	6.57	8.47	3.41	2.75	38.2	24.23	3.46	SM	0.00128
				0.00-1.45	1.50	0	22.6	6.49	40.5	24.556	2.75	33.1	66.9	21.72	SW	0.00198
ตุลาคม 2549	วัดสว่าง	461447	1876694	1.45-4.45	1.50	0	16.3	6.32	31.6	26.678	2.72	33.5	66.9	15.60	SW	0.00198
				4.45-6.45	1.50	0	9.6	6.52	27.4	36.145	2.75	30	66.9	8.69	SM	0.00198
				6.45-8.45	1.50	0	24.3	6.34	25.4	38.453	2.69	27.3	66.9	11.21	SM	0.00198
				8.45-10.45	1.50	0	9.8	6.51	21.9	35.345	2.55	30	66.9	12.80	SM	0.00198

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานีที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	โพน ทอง	463731	1873940	0.00-0.30	0.5	0	78.8	4.45	157.5	31.37	2.61	77.8	21.28	99.58396672	MH	0.00136
				0.30-0.60	0.5	0	78.8	4.45	157.5	31.37	2.61	77.8	21.28	99.58396672	MH	0.00136
				0.60-0.90	0.5	0	34.9	5.2	69.7	29.42	2.62	62	21.28	99.658	MH	0.00136
				0.90-1.20	0.5	0	34.9	5.2	69.7	29.42	2.62	62	21.28	99.658	MH	0.00136
				1.20-1.50	0.5	0	13.3	5.2	26.5	29.42	2.62	62	21.28	99.658	MH	0.00136
				1.50-1.60	0.5	0	13.3	5.2	26.5	29.42	2.62	62	21.28	99.658	MH	0.00136
				1.60-1.80	0.5	0	13.3	5.2	26.5	29.42	2.62	62	21.28	99.658	MH	0.00136
				1.80-2.10	0.5	0	47.3	5.16	94.8	17.97	2.57	55.6	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				2.10-2.40	0.5	0	47.3	5.16	94.8	17.97	2.57	55.6	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				2.40-2.70	0.5	0	47.3	5.16	94.8	17.97	2.57	55.6	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				2.70-2.80	0.5	0	96.8	5.09	192.8	17.97	2.57	55.6	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				2.80-3.00	0.5	0	96.8	5.09	192.8	17.97	2.57	55.6	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				3.003.30	0.5	0	96.6	5.58	193.9	17.97	2.53	n/a	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				3.30-3.60	0.5	0	96.6	5.58	193.9	15.88	2.53	n/a	21.28	99.57797468	CH	0.00136
				3.60-4.00	0.5	0	96.6	5.58	193.9	15.88	2.53	n/a	21.28	99.57797468	CH	0.00136

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(us/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	เขื่อน ดิน	457088	1874307	0.00-0.80	0.40	0	41.7	4.69	83.2	n/a	n/a	n/a	27.52	n/a	MH	0.00145
				0.80-1.40	0.40	0	44.5	4.61	89.3	39.09	2.6	77.5	27.52	97.74	MH	0.00145
				1.40-1.45	0.40	0	51	4.43	102.2	26.61	2.61	60.3	27.52	96.91	CH	0.00145
				1.45-1.55	0.40	0	75.3	4.57	150.5	26.61	2.61	60.3	27.52	96.91	CH	0.00145
				0.00-0.30	3.50	0	1.09	5.83	2.18	31.65	2.68	49.75	30.25	86.77	ML	0.00171
				0.30-0.70	3.50	0	1.09	5.83	2.18	31.65	2.68	49.75	30.25	86.77	ML	0.00171
				0.70-1.20	3.50	0	1.23	5.8	5.34	29.35	2.66	49.7	30.25	71.93	ML	0.00171
				1.20-1.55	3.50	0	1.23	5.8	5.34	29.35	2.66	49.7	30.25	71.93	ML	0.00171
				1.55-1.65	3.50	0	1.23	5.8	5.34	29.35	2.66	49.7	30.25	71.93	ML	0.00171
				1.65-1.90	3.50	0	1.23	5.8	5.34	29.35	2.66	49.7	30.25	71.93	ML	0.00171
สิงหาคม 2550	ขอนแก่น ใหม่	462197	1873237	1.90-2.20	3.50	0	1.45	5.6	3.5	19.62	2.64	56.9	30.25	70.66	CH	0.00171
				2.20-2.60	3.50	0	1.45	5.6	3.5	19.62	2.64	56.9	30.25	70.66	CH	0.00171
				2.60-2.70	3.50	0	1.45	5.6	3.5	19.62	2.64	56.9	30.25	70.66	CH	0.00171
				2.70-3.00	3.50	0	1.88	5.44	3.78	14.27	2.65	42	30.25	57.57	CL	0.00171
				3.00-3.20	3.50	0	1.88	5.44	3.78	14.27	2.65	42	30.25	57.57	CL	0.00171
				3.20-3.40	3.50	0	1.88	5.44	3.78	14.27	2.65	42	30.25	57.57	CL	0.00171
				3.40-3.70	3.50	0	1.88	5.44	3.78	14.27	2.65	42	30.25	57.57	CL	0.00171
				3.70-3.90	3.50	0	1.88	5.44	3.78	21.55	2.66	37.7	30.25	7.91	CL	0.00171

เขตเก็บ ข้อมูล	สถานี	จุด UTN48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		๐๐๐-๐๐	๑๑๑๑-๑๑													
จังหวัด 2550	หนอง 459838	1874922	0.00-0.20	0.20	0	3.04	5.63	6.08	23.29	2.77	87.9	25.97	99.22	MH	0.00212	
			0.20-0.40	0.20	0	3.04	5.63	6.08	23.29	2.77	87.9	25.97	99.22	MH	0.00212	
			0.40-0.60	0.20	0	3.04	5.63	6.08	23.29	2.77	87.9	25.97	99.22	MH	0.00212	
			0.60-0.70	0.20	0	2.22	5.67	4.43	23.29	2.77	87.9	25.97	99.22	MH	0.00212	
			0.70-0.90	0.20	0	2.22	5.67	4.43	23.29	2.77	87.9	25.97	99.22	MH	0.00212	
			0.90-1.20	0.20	0	2.22	5.93	4.43	19.68	2.63	74.3	25.97	99.01	MH	0.00212	
			1.20-1.35	0.20	0	2.22	5.93	4.43	19.68	2.63	74.3	25.97	99.01	MH	0.00212	
			1.35-1.50	0.20	0	2.22	5.93	4.43	19.68	2.63	74.3	25.97	99.01	MH	0.00212	
			1.50-1.65	0.20	0	4.06	6.03	3.13	19.68	2.63	74.3	25.97	n/a	MH	0.00212	
			1.65-1.75	0.20	0	4.06	6.03	3.13	19.68	2.63	74.3	25.97	n/a	MH	0.00212	
			1.75-1.90	0.20	0	4.06	6.03	3.13	19.68	2.63	74.3	25.97	n/a	MH	0.00212	
			1.90-2.05	0.20	0	22.8	5.79	4.5	12.3	2.64	70.2	25.97	n/a	MH	0.00212	
			2.05-2.20	0.20	0	22.8	5.79	4.5	12.3	2.64	70.2	25.97	n/a	MH	0.00212	
			2.20-2.30	0.20	0	22.8	5.79	4.5	12.3	2.64	70.2	25.97	n/a	MH	0.00212	
			2.30-2.55	0.20	0	28.5	5.53	5.69	12.3	2.64	70.2	25.97	94.95	MH	0.00212	
			2.55-2.70	0.20	0	28.5	5.53	5.69	12.3	2.64	70.2	25.97	94.95	MH	0.00212	
			2.70-2.85	0.20	0	28.5	5.53	5.69	12.3	2.64	70.2	25.97	94.95	MH	0.00212	
			2.85-2.95	0.20	0	12.6	5.81	25.1	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212	
			2.95-3.10	0.20	0	12.6	5.81	25.1	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212	
			3.10-3.28	0.20	0	12.6	5.81	25.1	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212	
3.28-3.50	0.20	0	12.6	5.81	25.1	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212				
3.50-3.70	0.20	0	5.59	5.69	11.15	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212				
3.70-3.90	0.20	0	5.59	5.69	11.15	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212				
3.90-4.05	0.20	0	5.59	5.69	11.15	14.66	2.68	n/a	25.97	n/a	SM	0.00212				

เขตภูมิ จังหวัด	สถานที่	พื้นที่ UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		๓๓-๓๓	๓๓๖-๓๓													
จังหวัด ฉะเชิงเทรา 2550	บ้าน หนอง สีม	463476	1876655	0.00-0.10	2.60	0	2.1	5.64	4.5	19.57	2.58	29.1	1.78	82.26	CL	0.00114
				0.10-0.20	2.60	0	2.1	5.64	4.5	19.57	2.58	29.1	1.78	82.26	CL	0.00114
				0.20-0.40	2.60	0	1	5.71	2.5	21.68	2.72	61.8	1.78	80.39	CH	0.00114
				0.40-0.80	2.60	0	1.1	5.6	2.7	21.68	2.72	61.8	1.78	80.39	CH	0.00114
				0.80-1.05	2.60	0	2.3	5.56	2.7	21.68	2.72	61.8	1.78	80.39	CH	0.00114
				1.05-1.45	2.60	0	2.6	5.62	5.4	23.72	2.82	55.6	1.78	82.70	MH	0.00114
				1.45-2.15	2.60	0	2.9	5.53	6.5	23.72	2.82	55.6	1.78	82.70	MH	0.00114
				2.15-2.50	2.60	0	2.9	5.53	6.5	23.72	2.82	55.6	1.78	82.70	MH	0.00114
				2.50-2.70	2.60	0	2.2	5.58	4.9	23.72	2.82	55.6	1.78	85.31	MH	0.00114
				2.70-3.00	2.60	0	1.2	5.47	5.7	29.62	2.73	52.9	1.78	85.31	CH	0.00114
				3.00-3.30	2.60	0	0.6	5.47	6.2	29.62	2.73	52.9	1.78	85.31	CH	0.00114
				0.00-0.20	1.45	0	3.49	4.72	5	29.78	2.56	68.2	4.35	86.24	MH	0.00281
				0.20-0.60	1.45	0	4.26	4.76	8.54	31.42	2.93	70.7	4.35	91.61	MH	0.00281
				0.60-0.80	1.45	0	4.26	4.76	8.54	31.42	2.93	70.7	4.35	91.61	MH	0.00281
				0.80-1.20	1.45	0	4.26	4.76	8.54	31.42	2.93	70.7	4.35	91.61	MH	0.00281
1.20-1.40	1.45	0	2.12	4.74	4.24	34.58	2.61	90.6	4.35	97.14	MH	0.00281				
1.40-1.60	1.45	0	2.12	4.74	4.24	34.58	2.61	90.6	4.35	97.14	MH	0.00281				
1.60-1.80	1.45	0	2.1	4.91	3.24	34.58	2.63	77.4	4.35	97.14	MH	0.00281				
1.80-2.10	1.45	0	2.1	4.91	3.24	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.10-2.25	1.45	0	2.1	4.91	3.24	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.25-2.45	1.45	0	1.28	5.13	2.55	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.45-2.60	1.45	0	1.28	5.13	2.55	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.60-2.75	1.45	0	1.28	5.13	2.55	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.75-2.85	1.45	0	1.65	5.18	3.24	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				
2.85-2.90	1.45	0	1.65	5.18	3.24	33.52	2.63	77.4	4.35	92.64	MH	0.00281				

เวลาเก็บ ตัวอย่าง	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
ตุลาคม 2550	ห้วย ม่วง	455676	1875108	0.00-1.00	0.15	0	12.3	5.12	24.6	26.47	2.61	27.8	79	3.45	SP	0.00060
				1.00-2.00	0.15	100	60	5.62	119.9	35.74	2.60	68	79	0.00060		
				2.00-4.00	0.15	0	48.2	5.55	76.5	39.73	2.64	64	79	0.00060		
				4.00-6.00	0.15	0	17.3	5.51	34.6	18.15	2.19	n/a	79	0.00060		
				6.00-9.00	0.15	0	6.45	6.04	12.92	11.58	2.66	n/a	79	0.00060		
				9.00-12.00	0.15	0	11.5	6.12	23.1	23.72	1.00	n/a	79	0.00060		
				0.00-1.00	0.43	0	9.30	5.36	18.61	18.64	2.63	n/a	74	0.00060		
				1.00-2.00	0.43	0	12.90	5.28	25.90	23.83	2.64	n/a	74	0.00060		
				2.00-3.00	0.43	0	14.20	5.26	28.50	23.27	2.73	n/a	74	0.00060		
ตุลาคม 2550	ชุมชน คลอง โพธิ์ 2	461882	1875164	3.00-4.00	0.43	0	14.20	5.26	28.50	23.30	2.72	n/a	74	3.57	SP	0.00060
				4.00-7.00	0.43	0	8.65	5.08	17.34	20.65	2.67	n/a	74	0.00060		
				7.00-8.00	0.43	0	13.30	5.76	26.80	17.41	2.65	n/a	74	0.00060		
				8.00-12.00	0.43	0	23.50	5.79	54.60	27.52	2.67	n/a	74	0.00060		
				12.00-12.45	0.43	0	46.00	5.81	91.80	23.06	2.83	n/a	74	0.00060		

ภาคผนวก ข.
ผลทดสอบดินในพื้นที่ชลประทาน

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope		
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้															
สิงหาคม 2549	ดงมะ เือก	466764	1882680	0.00-0.20	n/a	0	18.5	6.01	65.2	29.862	2.79	n/a	n/a	9.43	SW	0.00115		
				0.20-0.45	n/a	0	49	6.39	97.3	24.396	2.88	n/a	n/a	n/a	9.57	SW	0.00115	
				0.45-0.70	n/a	100	337	6.52	856	17.919	2.62	n/a	n/a	n/a	n/a	7.35	SM	0.00115
				0.70-1.00	n/a	800	1730	8.88	3320	20.096	2.62	n/a	n/a	n/a	n/a	7.35	SM	0.00115
สิงหาคม 2549	บอดอก ชัน	456458	1882544	0.00-0.15	1.50	200	290	4.78	359	33.018	2.60	40.80	9260	10.17	SC	0.00167		
				0.15-0.45	1.50	2300	2310	4.38	4500	29.92	2.60	40.80	9260	10.17	SC	0.00167		
				0.45-0.60	1.50	2000	2840	4.7	3880	34.668	2.66	40.80	9260	10.17	SC	0.00167		
				0.60-1.05	1.50	1400	1650	4.57	2750	35.788	2.66	48.10	9260	8.67	SC	0.00167		
				1.05-1.55	1.50	1500	2290	5.19	3400	29.21	2.66	48.10	9260	8.51	SC	0.00167		
				1.55-2.40	1.50	2800	2470	6.46	4200	45.18	2.75	48.10	9260	14.08	SC	0.00167		
สิงหาคม 2549	พระ ซอง น้อย	453117	1879496	2.40-3.20	1.50	1200	1350	6.45	2100	27.414	2.72	48.10	9260	11.75	SC	0.00167		
				0.00-0.90	1.50	700	981	7.6	1407	46.322	2.76	49	18100	9.44	SW	0.00189		
				0.90-1.00	1.50	1300	1638	7.65	2110	48.568	2.76	49	18100	16.44	SW	0.00189		
				1.00-1.20	1.50	700	984	7.7	423	48.568	2.76	21	18100	16.44	SW	0.00189		
				1.20-1.65	1.50	700	895	7.71	1265	46.203	2.76	21	18100	16.44	SW	0.00189		
				1.65-1.95	1.50	300	347	8.32	498	27.957	2.78	26.20	18100	16.44	SW	0.00189		
1.95-2.20	1.50	700	881	7.73	1258	29.223	2.78	26.20	18100	16.44	SW	0.00189						

*หมายเหตุ n/a หมายถึง ไม่มีข้อมูล

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานีที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
ตุลาคม 2549	น้ำบ่อ1	453093	1880050	0.00-0.45	0.85	100	164	6.39	319	20.95	2.69	30.5	490	26.16	SC	0.00230
				0.45-1.10	0.85	600	701	6.66	1370	27.83	2.66	38.00	490	18.94	SW	0.00230
				1.10-2.30	0.85	500	628	6.72	2500	22.79	2.66	38.00	490	16.63	SW	0.00230
				2.30-2.45	0.85	300	341	9.3	702	11.85	2.77	40.44	490	21.55	SM	0.00230
				2.45-3.45	0.85	100	136	9.29	238	11.85	2.77	40.44	490	21.55	SM	0.00230
ตุลาคม 2549	น้ำบ่อ2	453194	1879910	0.00-1.10	0.90	100	75.7	8.82	160.7	26.19	2.76	27.20	14000	24.44	SC	0.00230
				1.10-2.10	0.90	300	411	8.1	1463	26.29	2.76	27.20	14000	24.44	SC	0.00230
				2.10-3.45	0.90	200	207	8.27	362	16.1	2.80	38.50	14000	14.67	SM	0.00230
				3.45-4.45	0.90	200	230	9.32	448	21.79	2.80	38.50	14000	14.67	SM	0.00230
				4.45-5.45	0.90	200	30.6	8.74	66.6	13.85	2.80	38.50	14000	14.67	SM	0.00230
ตุลาคม 2549	อ้นทะเล	451787	1879519	0.00-0.15	0.85	200	186	6.29	441	15.34	2.75	43.80	490	21.25	SP	0.00375
				0.15-0.45	0.85	100	159	6.42	229	19.22	2.75	43.80	490	21.25	SP	0.00375
				0.45-1.50	0.85	100	174	7.00	320	22.09	2.75	43.80	490	14.69	SP	0.00375
				1.50-2.30	0.85	100	106	7.08	227	22.473	2.80	40.00	490	14.69	SW	0.00375
				2.30-3.25	0.85	100	134	6.62	341	30.601	2.80	40.00	490	14.69	SW	0.00375
				3.25-4.00	0.85	100	115	7.11	215	16.496	2.80	40.00	490	14.69	SW	0.00375

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
ตุลาคม 2549	ดงมะ เอน2	466764	1882680	0.00-0.45	1.20	0	43	6.86	86.6	22.53	2.71	n/a	24.6	23.32	SP	0.00115
				0.45-1.50	1.20	0	25.8	7.39	49.8	40.95	2.64	n/a	24.6	6.60	SM	0.00115
				1.50-6.45	1.20	0	14.6	7.37	29.2	44.70	2.64	n/a	24.6	6.60	SM	0.00115
				6.45-11.00	1.20	0	83.3	6.72	177.4	24.82	2.73	n/a	24.6	4.60	SM	0.00115
				0.00-0.30	0.80	200	732	6.3	960	7.41	2.55	n/a	734	41.43	SC	0.00150
				0.30-0.60	0.80	300	914	7.68	817	11.58	2.55	n/a	734	41.43	SC	0.00150
สิงหาคม 2550	ดงมะ เอน หุมนที่ 1	466135	1883106	0.60-0.90	0.80	400	850	7.59	1530	20.36	2.55	n/a	734	41.43	SC	0.00150
				0.90-1.20	0.80	400	810	7.14	1650	26.27	2.03	28.645	734	63.92	CL	0.00150
				1.20-1.35	0.80	300	718	7.15	1440	22.6	2.5	21.475	734	35.64	SC	0.00150
				1.35-1.50	0.80	200	664	7.17	810	17.37	n/a	n/a	734	n/a	SP	0.00150
				1.50-1.60	0.80	200	74.1	5.96	770	14.75	n/a	n/a	734	n/a	SP	0.00150
				1.60-2.05	0.80	100	61.7	5.79	650	25.94	n/a	n/a	734	n/a	SP	0.00150
				2.05-2.10	0.80	100	48.2	6.54	270	14.98	2.63	n/a	734	5.57	SW	0.00150
				2.10-2.60	0.80	100	25.9	6.94	230	20	2.63	n/a	734	5.57	SW	0.00150
				2.60-3.00	0.80	100	33.2	6.81	310	20.73	2.63	n/a	734	5.57	SW	0.00150
				3.00-3.15	0.80	100	34.9	6.83	140	16.93	2.46	n/a	734	5.68	SP	0.00150

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope		
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้															
สิงหาคม 2550	บ้านดง มะเดื่อ หมู่ที่ 2	466599	1881769	0.00-0.45	0.45	100	74.2	5.02	168	7.37	2.6	23.745	73.6	55.07	CL	0.00111		
				0.45-0.60	0.45	200	758	5.6	1110	11.15	2.49	n/a	2.49	n/a	73.6	39.57	CL-ML	0.00111
				0.60-0.70	0.45	100	73.5	6.24	163	6.245	2.6	20.84	2.6	20.84	73.6	61.08	CL-ML	0.00111
				0.70-0.90	0.45	100	60.6	6.36	148	6.245	2.6	20.84	2.6	20.84	73.6	61.08	CL-ML	0.00111
				0.90-1.05	0.45	0	28.1	6.69	13.5	17.356	2.7	n/a	2.7	n/a	73.6	24.15	SP	0.00111
				1.05-1.15	0.45	100	61.6	6.49	164.6	17.356	2.7	n/a	2.7	n/a	73.6	24.15	SP	0.00111
				1.15-1.50	0.45	0	13.7	5.32	12	17.356	2.7	n/a	2.7	n/a	73.6	24.15	SP	0.00111
				1.50-1.85	0.45	0	13.7	5.32	12	17.356	2.7	n/a	2.7	n/a	73.6	24.15	SP	0.00111
				1.85-2.00	0.45	0	9.4	6.49	7	17.356	2.7	n/a	2.7	n/a	73.6	24.15	SP	0.00111
				0.10-0.20	0.50	0	3.92	5.66	7.83	17.14	2.73	n/a	2.73	n/a	70	n/a	SM	0.00157
สิงหาคม 2550	บ้าน บ่อดอก ซุ่ม หมู่ที่ 1	454395	1882895	0.20-0.40	0.50	0	3.92	5.66	7.83	17.14	2.73	n/a	70	n/a	SM	0.00157		
				0.40-0.50	0.50	0	2.67	5.9	5.33	17.44	2.69	36.15	2.69	36.15	70	84.73	SC	0.00157
				0.50-0.80	0.50	0	3.3	5.44	6.59	17.44	2.69	36.15	2.69	36.15	70	86.65	SC	0.00157
				0.80-1.80	0.50	0	2.23	5.23	4.45	18.33	2.82	46.23	2.82	46.23	70	86.65	SC	0.00157
				1.80-3.50	0.50	0	3.92	5.19	7.89	19.56	2.63	54.33	2.63	54.33	70	88.24	SC	0.00157
				3.50-4.00	0.50	0	3.18	6.18	6.37	22.28	2.63	54.33	2.63	54.33	70	88.24	SC	0.00157

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	บ้านบ่อ คอก ซ้อน หูกมที่ 2	454243	1882894	0.00-0.20	0.65	0	14.8	6.58	29.8	18.868	2.77	25.05	260	85.78	SC-SM	0.00157
				0.20-0.40	0.65	0	14.8	6.58	29.8	18.868	2.82	35.17	260	85.78	SC-SM	0.00157
				0.40-0.60	0.65	0	14.8	6.58	29.8	18.868	2.82	35.17	260	88.94	SC-SM	0.00157
				0.60-0.80	0.65	0	14.8	6.58	29.8	18.868	2.69	42.41	260	83.03	SC-SM	0.00157
				0.80-1.00	0.65	0	29.2	6.78	58.5	20.73	2.69	42.41	260	87.07	SC	0.00157
				1.00-1.20	0.65	0	29.2	6.78	58.5	20.73	2.69	42.41	260	87.07	SC	0.00157
				1.20-1.40	0.65	0	29.2	6.78	58.5	20.73	2.69	42.41	260	87.07	SC	0.00157
				1.40-1.65	0.65	0	20.7	6.73	41.3	25.68	2.72	52.4	260	87.07	SM	0.00157
				1.65-1.85	0.65	0	20.7	6.73	41.3	25.68	2.72	52.4	260	87.07	SM	0.00157
				1.85-2.05	0.65	0	20.7	6.73	41.3	25.68	2.72	52.4	260	87.07	SM	0.00157
				2.05-2.20	0.65	200	82	6.36	163.9	34.982	2.72	52.4	260	87.07	CH	0.00157
				2.20-2.35	0.65	200	82	6.36	163.9	34.982	2.72	52.4	260	87.07	CH	0.00157
				2.35-2.50	0.65	200	82	6.36	163.9	34.982	2.72	52.4	260	87.07	CH	0.00157
				2.50-2.65	0.65	200	82	6.36	163.9	34.982	2.72	52.4	260	87.07	CH	0.00157
				2.65-2.80	0.65	200	82	6.36	163.9	34.982	2.72	52.4	260	87.07	CH	0.00157

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-กค	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	บ้าน พระ ของ น้อย หมู่ที่ 1	453436	1880266	0.00-0.30	0.80	0	7.4	6.11	14.61	21.79	2.58	20.65	2200	64.07	CL-ML	0.00435
				0.30-0.40	0.80	100	51.2	6.03	102.1	28.87	2.49	54.116	2200	61.32	CH	0.00435
				0.40-0.70	0.80	100	51.2	6.03	102.1	28.87	2.49	54.116	2200	61.32	CH	0.00435
				0.70-1.00	0.80	100	51.2	6.03	102.1	28.77	2.62	55.6	2200	94.63	CH	0.00435
				1.00-1.10	0.80	200	91.6	7.25	183.3	28.77	2.62	55.6	2200	94.63	CH	0.00435
				1.10-1.30	0.80	200	91.6	7.25	183.3	28.77	2.62	55.6	2200	94.63	CH	0.00435
				1.30-1.80	0.80	300	81.4	8.5	1626	34.62	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435
				1.80-2.20	0.80	100	62.5	8.2	125	36.08	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435
				2.20-2.30	0.80	100	62.5	8.2	125	36.08	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435
				2.30-2.50	0.80	100	66.1	7.85	131.9	40.82	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435
				2.50-2.75	0.80	100	66.1	7.85	131.9	40.82	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435
				2.75-3.10	0.80	100	66.1	7.85	131.9	40.82	2.53	47.47	2200	99.04	SM	0.00435

เวลาที่ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	บ้าน พระ ของ น้อย หมู่ที่ 2	453231	1879094	0.30-0.45	2.40	0	32.9	5.53	65.6	50.45	2.63	48.33	3470	87.15	SC	0.00263
				0.45-0.65	2.40	0	32.9	5.53	65.6	50.45	2.63	48.33	3470	87.15	SC	0.00263
				0.65-0.80	2.40	0	32.9	5.53	65.6	38.74	2.68	86.25	3470	94.00	SC	0.00263
				0.80-0.95	2.40	0	32.9	5.53	65.6	38.74	2.68	86.25	3470	94.00	SC	0.00263
				0.95-1.20	2.40	200	84.3	6.39	168.4	38.74	2.68	86.25	3470	94.00	SC	0.00263
				1.20-1.30	2.40	200	84.3	6.39	168.4	38.74	2.68	86.25	3470	94.00	SC	0.00263
				1.30-1.40	2.40	200	84.3	6.39	168.4	49.68	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				1.40-1.60	2.40	200	88.2	6.84	176.4	49.68	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				1.60-1.80	2.40	200	88.2	6.84	176.4	18.96	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				1.80-2.00	2.40	200	92.5	6.96	184.9	18.96	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				2.00-2.10	2.40	200	92.5	6.96	184.9	18.96	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				2.10-2.40	2.40	300	866	7.22	1731	4.76	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263
				2.40-2.60	2.40	300	866	7.22	1731	4.76	2.8	43.995	3470	82.07	CL	0.00263

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	บ้าน ดอน แดง	464435	1877409	0.00-0.30	0.75	400.00	230.00	4.16	510.00	18.90	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				0.30-0.60	0.75	400.00	270.00	3.89	540.00	20.93	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				0.60-0.90	0.75	100.00	50.50	4.59	100.90	23.55	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				0.90-1.20	0.75	100.00	22.60	4.54	30.90	22.67	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				1.20-1.50	0.75	100.00	77.30	4.58	154.70	21.15	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				1.50-1.80	0.75	100.00	49.20	4.57	98.60	26.62	2.68	35.25	2600	86.27	ML	0.00234
				1.80-2.10	0.75	100.00	50.20	4.59	100.30	23.87	2.60	35.25	2600	81.36	ML	0.00234
				2.10-2.40	0.75	0.00	49.20	5.00	98.60	22.25	2.61	53.98	2600	88.16	CH	0.00234
				2.40-2.70	0.75	0.00	26.40	5.18	52.70	27.57	2.61	53.98	2600	88.16	CH	0.00234
				2.70-3.00	0.75	0.00	25.30	5.74	49.40	31.37	2.87	71.92	2600	81.80	CH	0.00234
สิงหาคม 2550	บ้านนา หนาด น้อย	462568	1869740	0.00-0.30	n/a	0.00	48.70	5.03	96.50	17.69	2.63	15.59	n/a	53.90	ML	n/a
				0.30-0.60	n/a	0.00	39.90	5.47	79.70	25.81	2.72	44.18	n/a	80.55	CL	n/a
				0.60-0.90	n/a	0.00	39.40	6.05	78.20	27.31	2.72	44.18	n/a	80.55	CL	n/a
				0.90-1.20	n/a	0.00	41.00	6.26	81.90	22.67	2.65	34.37	n/a	65.03	CL	n/a
				1.20-1.50	n/a	0.00	48.00	6.51	95.90	18.22	2.65	34.37	n/a	65.03	CL	n/a
				1.50-1.80	n/a	0.00	25.20	6.53	50.30	22.87	2.78	24.28	n/a	80.33	CL	n/a
				1.80-2.10	n/a	0.00	44.00	6.70	87.90	20.30	2.78	24.28	n/a	80.33	CL	n/a
				2.10-2.40	n/a	0.00	46.30	6.90	94.70	17.42	2.78	24.28	n/a	60.25	CL	n/a
				2.40-2.70	n/a	0.00	46.80	6.60	93.90	17.67	2.64	21.72	n/a	60.25	CL	n/a

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(µs/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
สิงหาคม 2550	พิมาน ท่า	453119	1874343	0.00-0.50	0.20	0.00	3.18	5.01	6.37	25.96	2.71	45.88	38.3	89.94	CL	0.00193
				0.50-1.50	0.20	0.00	4.90	5.26	9.80	31.26	2.71	45.88	38.3	89.94	CL	0.00193
				1.50-2.00	0.20	0.00	9.80	4.55	19.60	29.01	2.60	35.72	38.3	53.41	ML	0.00193
				2.00-2.40	0.20	0.00	7.90	4.53	15.90	21.95	2.60	35.72	38.3	53.41	ML	0.00193
				2.40-2.70	0.20	0.00	7.40	4.71	14.80	29.71	2.62	n/a	38.3	19.02	SM	0.00193
				2.70-3.05	0.20	0.00	5.20	4.88	10.50	23.64	2.78	n/a	38.3	16.25	SM	0.00193
				0.00-0.40	1.10	0.00	2000.00	7.14	7.90	18.82	2.63	n/a	2880	56.42	ML	0.00446
สิงหาคม 2550	บ้าน ลาดศรี ชมพู	457210	1882007	0.40-0.50	1.10	0.00	6.30	6.66	13.90	17.80	2.63	n/a	2880	56.42	ML	0.00446
				0.50-0.60	1.10	100.00	18.00	6.18	100.40	20.37	2.63	n/a	2880	56.42	ML	0.00446
				0.60-1.05	1.10	100.00	11.90	6.41	78.90	18.62	2.63	n/a	2880	56.42	ML	0.00446
				1.05-1.30	1.10	100.00	30.30	6.60	65.90	15.97	2.72	19.26	2880	89.33	ML	0.00446
				1.30-1.50	1.10	100.00	22.40	6.68	48.00	21.23	2.65	27.73	2880	88.31	ML	0.00446
				1.50-2.00	1.10	100.00	5.40	6.90	53.10	22.66	2.77	36.71	2880	88.43	CL	0.00446
				0.00-0.83	n/a	0.00	58.7	6.57	117.3	11.94	2.68	n/a	n/a	81.67	ML	n/a
สิงหาคม 2550	บ้าน ศาลา	462890	1871683	0.83-0.93	n/a	0.00	58.1	6.53	116.4	12.12	2.69	50.21	n/a	81.67	MH	n/a
				0.93-1.00	n/a	0.00	55.8	6.88	111.2	13.75	2.69	50.21	n/a	81.67	MH	n/a
				1.00-2.19	n/a	0.00	6.93	6.31	13.2	18.68	2.69	50.21	n/a	81.67	MH	n/a
				2.19-2.78	n/a	0.00	52.7	6.34	105.3	19.9	2.78	60.05	n/a	99.23	CH	n/a
				2.78-3.17	n/a	0.00	814	6.63	1622	22.06	2.78	60.05	n/a	99.23	CH	n/a
				3.17-4.00	n/a	0.00	828	6.72	1656	25.21	2.78	63.23	n/a	99.76	CH	n/a

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานีที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(us/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		๓๓๓-๓๓	๓๓๓๓-๓๓													
ตุลาคม 2550	ดงมะ เอน	466163	1883129	0.00-0.45	0.50	100.00	25.30	6.77	104.20	n/a	2.16	n/a	376.00	18.14	SC	0.00150
				0.45-1.45	0.50	200.00	94.40	6.97	294.00	17.01	2.93	28.06	376.00	18.45	SC	0.00150
				1.45-2.00	0.50	100.00	66.80	6.73	133.50	n/a	n/a	n/a	376.00	18.45	SC	0.00150
				2.00-5.45	0.50	0.00	23.60	6.55	47.00	23.73	2.65	n/a	376.00	4.30	SC	0.00150
				5.45-7.45	0.50	100.00	94.50	6.38	188.90	27.90	2.65	n/a	376.00	4.30	SC	0.00150
ตุลาคม 2550	พระ พุทธ	452841	1880154	0.00-0.45	1.08	0.00	3.85	5.16	7.71	18.1	2.46	29.56	267	7.41	CL	0.00105
				0.45-1.45	1.08	0.00	14.80	5.17	29.60	18.86	2.75	30.92	267	18.93	CL	0.00105
				1.45-2.45	1.08	0.00	23.30	6.82	46.60	21.96	2.5	28.45	267	23.89	CL	0.00105
				2.45-5.45	1.08	300.00	352.00	8.56	705.00	29.88	2.72	44.46	267	3.38	CL	0.00105
				0.00-1.45	0.08	0	12.7	6.89	25.4	19.26	2.78	42.45	136	82.04	ML	0.00446
ตุลาคม 2550	บ้าน ดอน แดง	457454	1882104	1.45-2.45	0.08	400	377	4.87	131.4	16.066	2.62	29.70	136	79.11	CL	0.00446
				2.45-3.45	0.08	100	36.6	5.77	849	18.482	2.75	34.00	136	89.23	ML	0.00446
				3.45-4.45	0.08	0	26.4	6.69	53	20.14	2.68	30.85	136	77.02	ML	0.00446
				4.45-5.45	0.08	0	9.78	6.45	68	30.05	2.8	33.98	136	84.61	ML	0.00446
				5.4-6.45	0.08	0	6.84	6.09	73.2	26.294	2.62	n/a	136	45.66	SM	0.00446
6.45-8.45	0.08	0	7.92	6.53	15.9	28.64	2.62	n/a	136	22.11	SM	0.00446				
8.45-12.45	0.08	0	11.4	6.15	13.74	23.34	2.6	n/a	136	16.44	SM	0.00446				

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(us/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ออก-ตก	เหนือ-ใต้													
ตุลาคม 2550	บ้าน ลาดศรี ชมพู	457210	1882007	0.00-0.45	0.20	0	12.7	6.89	25.4	17.658	2.67	n/a	83	35.78	SC	0.00437
				0.45-1.45	0.20	0	5.88	5.83	11.76	18.879	2.60	19.98	83	49.19	SC	0.00437
				1.45-2.45	0.20	0	3.3	5.92	6.61	18.615	2.62	40.65	83	86.86	ML	0.00437
				2.45-3.45	0.20	0	3.3	5.92	6.61	22.276	2.61	53.00	83	95.13	MH	0.00437
				3.45-4.45	0.20	0	5.02	5.3	10.06	21.895	2.63	31.68	83	90.40	ML	0.00437
				4.45-6.45	0.20	0	13.2	6.41	24.6	23.565	2.62	42.5	83	61.55	ML	0.00437
มีนาคม 2551	บ้านพระ ของน้อย	453563	1880278	6.45-7.13	0.20	0	7.92	6.53	15.9	16.605	2.69	45.2	83	73.33	ML	0.00437
				0.30-1.10	0.30	2000	1630	6.92	3250	31.08	2.87	66.04	9.81	91.14	MH	0.00353
				1.10-1.40	0.30	1200	1540	6.69	3050	33.52	2.87	66.04	9.81	91.14	MH	0.00353
				0.30-0.90	n/a	300.00	302.00	6.12	606.00	18.49	2.49	35.25	n/a	89.09	ML	n/a
				0.90-1.35	n/a	200.00	218.00	6.08	439.00	15.66	2.57	31.90	n/a	88.83	CL	n/a
				1.35-1.90	n/a	200.00	173.00	6.26	346.00	13.41	2.57	31.90	n/a	88.83	CL	n/a
มีนาคม 2551	บ้าน ดอน แดง	457965	1878018	1.90-2.55	n/a	100.00	141.00	7.00	283.00	26.07	2.52	36.51	n/a	93.06	ML	n/a
				2.55-2.70	n/a	100.00	83.30	6.27	167.30	18.32	2.52	36.51	n/a	93.06	ML	n/a
				2.70-4.00	n/a	0.00	42.90	6.48	88.10	19.87	2.48	37.31	n/a	81.70	ML	n/a
				0.20-0.40	n/a	100.00	49.50	6.03	98.80	10.02	2.45	44.18	n/a	84.85	CL	n/a
				0.40-0.60	n/a	100.00	54.20	6.30	109.00	12.27	2.51	34.37	n/a	73.73	CL	n/a
				0.60-1.30	n/a	100.00	66.70	6.24	132.90	29.44	2.55	24.28	n/a	52.42	CL	n/a
มีนาคม 2551	บ้านแม่ ดก ซ้อน	454552	1882954	1.30-1.70	n/a	100.00	67.20	6.68	134.40	26.52	2.55	24.28	n/a	52.42	CL	n/a
				1.70-2.10	n/a	100.00	98.30	7.36	197.10	24.29	2.59	21.72	n/a	49.27	SM	n/a
				2.10-2.30	n/a	100.00	81.60	7.14	163.30	17.09	2.59	21.72	n/a	49.27	SM	n/a

เวลาเก็บ ข้อมูล	สถานที่	พิกัด UTM48		Depth (m)	GW Depth (m)	Salinity (ppm)	Soil TDS(ppm)	pH	EC(μ s/cm)	water content (%)	GS	LL	GW TDS (ppm)	%pass sieve No.200	USC	Slope
		ชก-ชก	เหนือ-ใต้													
มีนาคม 2551	บ้าน ลาดศรี หนอง	457845	1882217	0.00-0.60	1.35	100.00	66.90	7.46	133.90	15.32	2.76	19.98	506	65.22	ML-CL	0.00093
				0.60-0.90	1.35	100.00	94.40	8.10	189.10	16.92	2.76	19.98	506	65.22	ML-CL	0.00093
				0.90-1.60	1.35	100.00	127.00	8.70	254.00	19.08	2.84	31.68	506	55.43	CL	0.00093
				1.60-2.40	1.35	100.00	97.80	7.92	195.80	22.41	2.84	31.68	506	55.43	CL	0.00093
				2.40-2.80	1.35	100.00	47.60	7.55	95.20	27.78	2.62	42.50	506	54.95	ML	0.00093
				2.80-3.30	1.35	100.00	49.20	6.89	100.90	25.34	2.62	42.50	506	54.95	ML	0.00093
				3.30-4.00	1.35	0.00	44.30	6.90	88.20	25.63	2.27	42.40	506	82.13	ML	0.00093
				0.00-0.30	1.10	200.00	167.00	6.23	335.00	5.57	2.47	n/a	905	55.06	SM	0.00150
				0.30-0.80	1.10	300.00	261.00	6.11	526.00	5.66	2.47	n/a	905	55.06	SM	0.00150
				0.80-1.10	1.10	300.00	265.00	5.78	516.00	5.72	2.47	n/a	905	55.06	SM	0.00150
มีนาคม 2551	บ้านดง มะเดื่อ	466135	1883106	1.10-1.70	1.10	300.00	271.00	5.97	531.00	19.27	2.26	27.73	905	74.50	CL	0.00150
				1.70-2.10	1.10	100.00	149.00	6.21	188.30	18.10	2.47	n/a	905	19.00	SM	0.00150

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้เขียน	นายส่งศักดิ์ วัฒนศักดิ์
วัน เดือน ปีเกิด	27 ตุลาคม 2526
ที่อยู่	492/5 ถ.กลางเมือง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000
ประวัติการศึกษา	2548 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	
2551	The Study on Soil Salinity Potential in Shallow Soil : A Case Study of The Lower Nam Kam Basin Area, Nakhon Panom Province.