



การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อความชื้นดิน

โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ



อภินันทนาการ

จาก

ศาสตราจารย์ ดร. ศาสตราจารย์ ดร. ม. มหิดล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

พ.ศ. 2542

ISBN 974-663-182-9

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยมหิดล

Copyright by Mahidol University

วพ

๙๙๘๗๗

2542

ด.3

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อความชื้นดิน

โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

โสภิตา ขนอม

นางสาวโสภิตา ขนอม

ผู้วิจัย



ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม กุลประดิษฐ์

ศส.บ., วท.ม.

ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



รองศาสตราจารย์(พิเศษ)พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์

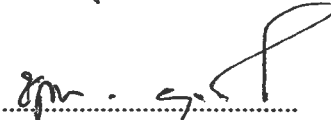
วท.บ., M.Sc.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



นายสถาพร ใจอารีย์ วท.บ., วท.ม.

กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



นายชุมพร ยูวรี วศ.บ., วท.ม.

ประธานกรรมการประจำหลักสูตร

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา

เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์



ศาสตราจารย์เลียงชัย ลิ้มล้อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อความชื้นดิน

โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร

วันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ.2542

โสภิตา ขนอม

นางสาวโสภิตา ขนอม

ผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม กุลประดิษฐ์
ศศ.บ., วท.ม.

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์(พิเศษ)พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์

วท.บ., M.Sc.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายสถาพร ใจอารีย์

วท.บ., วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์อนุชาติ พวงดำดี Ph.D.

คณบดี

คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์

มหาวิทยาลัยมหิดล

นายเกรียงศักดิ์ หงษ์โต

วท.บ., วท.ม.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

นายชัยพร ศิริพรไพบุลย์

วท.บ., Post. Grad.

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ศาสตราจารย์เกียรติยศ ถิ่นถ่อมวงศ์ Ph.D.

คณบดี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา ความช่วยเหลือจากบุคคล แวดล้อมที่มีคุณค่าทั้งหลาย ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกษม กุลประดิษฐ์ ประธานควบคุมและประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ (พิเศษ) พงศ์พิศน์ ปิยะพงศ์ กรรมการควบคุมและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์สถาพร ใจอารีย์ กรรมการควบคุมและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ คุณเกรียงศักดิ์ หงษ์โต ผู้อำนวยการศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ชัยพร ศิริพรไพบุลย์ หัวหน้าฝ่ายการสำรวจธรณีอุทกวิทยา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจทาน แก้ไข ตลอดจนให้ข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยครั้งนี้ตลอดมา ซึ่งช่วยให้การศึกษาวิจัยเสร็จสมบูรณ์ขึ้นเท่าที่ผู้วิจัยพึงกระทำได้

ขอขอบคุณ ผ.อ.เกรียงศักดิ์ หงษ์โต คุณสมุทธ คุณปริชา ในความกรุณา ช่วยเหลือ แนะนำ และอำนวยความสะดวกในเรื่อง ที่พักและยานพาหนะในช่วงของการเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา ขอขอบคุณพ่่นิกร ที่ อ็อค ที่ได้อำนวยความสะดวก และสละแรงกายในการสำรวจและเก็บข้อมูล ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ แม่บ้านของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ ทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในเรื่องของที่พักและอาหาร

ขอขอบคุณผู้อำนวยการกองปฐพีวิทยา หัวหน้าฝ่าย และพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ทุกท่านของกลุ่มงานวิจัย ปฐพีกายภาพ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์เนื้อดิน

ขอขอบคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ให้การดูแลจนสำเร็จการศึกษา

ขอขอบคุณทุกท่านของห้องโครงการวิจัยฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ อันได้แก่อาจารย์กวี ไกรระวี ที่ให้ความอนุเคราะห์ และอำนวยความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และสถานที่ ขอขอบคุณอาจารย์สุทธินันท์ นันทจิต ที่ได้ให้คำปรึกษา และแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ทางสถิติ ขอขอบคุณพี่ไ้ก พี่โม พี่อรรถ ที่คอยห่วงใย และถามไถ่ และขอขอบคุณอย่างยิ่งสำหรับพี่ตึก และพี่ดัน ที่ได้สละเวลาให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในเรื่องของการจัดทำแผนที่

ขอขอบคุณพี่ ๆ และเพื่อน ๆ ทีมงานสองโลกทุกท่าน อันได้แก่ พี่เทียน พี่ฮุ่ย พี่ต๋อย พี่โก้ ดุ้ย เอ็ม ไก่ และยุ สำหรับคำแนะนำ แรงกาย แรงใจ ความช่วยเหลือและความอดทนที่มอบให้ผู้วิจัยตลอดช่วงของการเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ AT รุ่นที่ 11 ทุกคน ที่คอยช่วยเหลือ และให้ความห่วงใย ถามไถ่เกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณพิเศษ คุณวิภู และครอบครัวบุญบันทุกท่าน สำหรับคำแนะนำ และความห่วงใย ที่ได้ให้ผู้วิจัยเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งสำหรับพ่อ แม่ และพี่ ๆ ที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น และกำลังใจ รวมถึงทุนทรัพย์ในการทำวิจัย และอดทนรอคอยความสำเร็จในครั้งนี้ด้วยความห่วงใยตลอดมา

ท้ายที่สุด ขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้ ที่ไม่สามารถเอ่ยชื่อนามได้ ณ ที่นี้

สำหรับความดีทั้งหลายอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน ในส่วนข้อบกพร่องและความผิดพลาดทั้งหมดที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยขอรับไว้แต่เพียงผู้เดียว



3937297 ENAT/M : สาขาวิชา : เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร ; วท.ม.

(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร)

คำสำคัญ : น้ำใต้ดิน / ความชื้นดิน / ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ / การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

โสภิตา ขนอม : การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (THE STUDY OF INFLUENCING ON GROUNDWATER TO SOIL - MOISTURE, APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND GEOPHYSICAL INVESTIGATION ; CASE STUDY : KAO HIN SORN ROYAL DEVELOPEMENT STUDY CENTRE). คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : เกษม กุลประดิษฐ์, วท.ม., พงศ์พิสน์ ปิยะพงศ์, M.Sc., สถาพร ใจอารีย์, วท.ม., 160 หน้า. ISBN 974-663-182-9

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินและปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความชื้นดิน และจัดทำแผนที่ความชื้นดิน พื้นที่ศึกษา คือ หมู่บ้านบวรราชของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยมีวิธีการศึกษา คือ การจัดทำระบบฐานข้อมูลเชิงพื้นที่เพื่อการวางแผนเก็บข้อมูล การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์และเก็บตัวอย่างดิน มาวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นดินกับค่าความหนาแน่นคอนกรีตและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ ส่วนการจัดทำแผนที่ความชื้นดินใช้โปรแกรม ILWIS โดยมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลบ่อนบาดาล ชุดดินมาบอบอน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระดับความลึก โดยทำการศึกษาในเดือนธันวาคม พ.ศ.2541 ซึ่งข้อมูลทั้งหมดได้จัดเก็บไว้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่ออกแบบไว้

ผลการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟความต้านทานไฟฟ้า สามารถสรุปข้อมูลทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาได้ 3 ลักษณะ คือ 1. ดินปนทราย ค่อนข้างแห้ง 2. ดินเหนียวปนทราย มีความชื้นสูง และพบลักษณะชั้นทราย (sand lens) ที่เป็นชั้นน้ำบาดาลหลักแทรกอยู่เป็นช่วงๆ 3. ชั้นหินแข็ง และจากการศึกษาความหนาแน่นคอนกรีตซึ่งได้จากการนำลักษณะที่ 1 และ 2 รวมกัน พบว่าพื้นที่ศึกษาด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้มีความหนาแน่นของชั้นคอนกรีตมากกว่าด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดิน พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อความชื้นดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ มี 6 ตัวแปร คือ พืชปกคลุมที่เป็นข้าว ระดับความลึกเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวสูง เป็นปัจจัยที่แปรผันตามความชื้นดิน ส่วนเนื้อดินที่มีอนุภาคดินทรายสูง พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นปัจจัยที่แปรผกผันกับความชื้นดิน โดยมีสมการแสดงความสัมพันธ์ดังนี้
$$Y = 11.493 - 0.068(\% \text{ sand}) + 5.305(\text{rice}) + 0.029(\text{depth}) + 0.127(\% \text{ clay}) - 1.266(\text{eucalyptus}) - 0.037(\text{high of mean sea level})$$
 โดยสมการสามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ร้อยละ 75.3 และมีความคลาดเคลื่อนในการพยากรณ์ 2.03 สำหรับปัจจัยความหนาแน่นของชั้นคอนกรีต พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เมื่อใช้ภาพตัดขวางแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา อธิบายร่วมกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่า ความหนาแน่นของชั้นคอนกรีตกับความชื้นดินแปรผันตามกัน และสามารถให้ความสัมพันธ์ดังกล่าวจัดทำเป็นแผนที่ความชื้นดินได้

แผนที่ความชื้นดินที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ สามารถใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อการวางแผนด้านการปลูกพืชและการพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาได้



3937297 ENAT/M : MAJOR : APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCES DEVELOPMENT ;
M.Sc. (APPROPRIATE TECHNOLOGY FOR RESOURCES DEVELOPMENT)
KEY WORD : GROUNDWATER / SOIL-MOISTURE / GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM
/ GEOPHYSICAL INVESTIGATION

SOPITA KHANOM : THE STUDY OF INFLUENCING ON GROUNDWATER TO SOIL -
MOISTURE, APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AND GEOPHYSICAL
INVESTIGATION ; CASE STUDY : KAO HIN SORN ROYAL DEVELOPEMENT STUDY CENTRE.
THESIS ADVISORS : KASEM KULPRADIT, M.Sc., PONGPIT PIYAPONG, M.Sc., SATHAPORN
JAIARREE, M.Sc. 160 p. ISBN 974-633-182-9

The objective of this study is to investigate the influence of groundwater and various factors that affect soil-moisture content. Additionally, a soil-moisture content map was created. The study area is located on Kaohinsorn Royal Development Study Centre and surrounding areas in Chacherngsao Province. The methodology used was to set up a database system in terms of the study area for data planning , geophysical investigation and analysis of soil samples in the study area. Analysis was performed to evaluate the relationships between soil-moisture content and thickness of unconsolidated rock layers and other relative factors by mean average and multiple regression analysis. The soil-moisture content map was created using the ILWIS program. Factors in this study were the elevation of land surface (msl) , geophysical characteristics and hydrogeological characteristics , groundwater well data , mabbon soil series and land use and soil depth. This study was conducted in December 1998. All data were stored and processed in terms of the geographic information system.

From data analysis and resistivity curve interpretation. The soil was categorized into geophysical and hydrogeological properties with three different types ; unit 1 dry sandy soil , unit 2 sandy clay loam with sporadic sand lens/layers and unit 3 granite bed rock. The thickness of the unconsolidated rock layers was the combined thickness of unit 1 and unit 2. The thickness of the unconsolidated rock layers in the Southwest was greater than that in the Northeast.

The relationship between various factors and soil-moisture content showed that the most effective factors had a 95% reliability level in terms of statistical significance. The following six factors were indicated ; 1) area cover with rice , 2) soil depth , 3) high percentage of clay particles , 4) high percentage of sand particles , 5) area was covered with eucalyptus and 6) the elevation of land surface. Their relationship is shown by the equation $Y = 11.493 - 0.068(\% \text{ sand}) + 5.305(\text{rice}) + 0.029(\text{depth}) + 0.127(\% \text{ clay}) - 1.266(\text{eucalyptus}) - 0.037(\text{high of mean sea level})$. This equation gave the variance of soil-moisture content at 75.3% with an error of prediction at 2.03. The thickness of the unconsolidated rock layers had no significant relationship to soil-moisture content at 95% reliability. However, its relation can be explained by analysis of geophysical and hydrogeological cross-section together with the height of land surface. The thickness of the unconsolidated rock layers conformmably varied to soil-moisture content. Consequently , that relationship was brought into the soil-moisture content map.

The soil-moisture content map from this study can be used as a database for planning plant cultivation and development of groundwater resources in this study area.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ.....	ค
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ซ
สารบัญภาพ.....	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 แนวคิดในการศึกษา.....	3
1.3 วัตถุประสงค์.....	4
1.4 ขอบเขตในการศึกษา.....	4
1.5 สมมติฐานในการศึกษา.....	5
1.6 คำจำกัดความ.....	6
1.7 กระบวนการในการศึกษา.....	6
1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ความรู้เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน.....	9
2.2 ความชื้นในดิน.....	16
2.3 ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน ความชื้น และผลผลิตพืช.....	20
2.4 การสำรวจน้ำใต้ดินจากผิวดิน.....	26
2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	42
บทที่ 3 พื้นที่ศึกษา	
3.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา.....	46
3.2 สภาพภูมิประเทศ.....	46
3.3 สภาพภูมิอากาศ.....	46
3.4 สภาพทางธรณีวิทยาและวัตถุดินกำเนิดดิน.....	47
3.5 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา.....	48

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 ดินและสภาพความชื้นดิน.....	52
3.7 พืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	53
3.8 แหล่งน้ำ.....	55
3.9 สภาพทางเศรษฐกิจ.....	55
บทที่ 4 วิธีการศึกษา	
4.1 ข้อมูลและอุปกรณ์ในการศึกษา.....	59
4.2 วิธีการศึกษา.....	61
4.3 ขั้นตอนการศึกษา.....	62
บทที่ 5 ผลการศึกษา	
5.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นดิน เนื้อดิน และค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	76
5.2 การวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	85
5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ กับความชื้นดิน.....	100
5.4 การจัดทำแผนที่ความชื้นดิน.....	108
บทที่ 6 อภิปรายผลการศึกษา	
6.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความชื้นดินและปัจจัยต่าง ๆ.....	115
6.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	117
6.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดิน.....	120
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
7.1 สรุปผลการศึกษา.....	125
7.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะของการศึกษา.....	129
เอกสารอ้างอิง.....	131
ภาคผนวก ก กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์.....	135
ภาคผนวก ข ข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา.....	146
ภาคผนวก ค กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความหนาแน่นตะกอนร่วน ค่าความชื้นดิน และค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 15 และ 60 เซนติเมตร.....	148
ภาคผนวก ง แผนภูมิแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของปัจจัยต่างๆ กับความชื้นดิน.....	154
ภาคผนวก จ แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากห้องปฏิบัติการ.....	158
ประวัติผู้วิจัย.....	160

สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

2.1	แสดงค่าความพรุน (Porosity) และความซึมได้ (Permeability) ของดินและหิน (Earth Materials) ประเภทต่าง ๆ.....	12
2.2	แสดงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่าง ๆ.....	19
3.1	แสดงปริมาณน้ำฝนต่อปีของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน พ.ศ.2524-2541.....	47
3.2	แสดงหน่วยที่ดินและชุดดินในพื้นที่ศึกษา.....	53
3.3	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา.....	56
3.4	แสดงพฤติกรรมการปลูกพืชที่ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว และยูคาลิปตัส.....	58
5.1	แสดงผลการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ศึกษา.....	77
5.2	แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ โดยมีความชื้นดินเป็นตัวแปรตาม กับตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติ.....	105

สารบัญภาพ

ภาพที่

หน้า

1.1	แผนภูมิแสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา.....	4
1.2	แผนภูมิแสดงกระบวนการในการศึกษา.....	7
2.1	แสดงวัฏจักรน้ำ.....	10
2.2	แสดงการแบ่งชั้นความชื้นใต้ผิวดินเหนือชั้นน้ำบาดาล.....	22
2.3	แสดงลักษณะน้ำชนิดต่าง ๆ ซึ่งคงอยู่ในช่องว่างของดิน.....	22
2.4	แสดงความหนาของแคลิฟิลาร์โซนในดินชนิดต่าง ๆ ของชั้นดินต่าง ๆ.....	23
2.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตพืชกับความลึกของระดับน้ำใต้ดิน ในดินชนิดต่าง ๆ.....	24
2.6	แสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านชั้นดินชั้นหินที่มีเนื้อเดียวกัน.....	29
2.7	แสดงการจัดขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner และแบบ Schlumberger.....	30
2.8	แสดงการบันทึกข้อมูลในระบบเวกเตอร์และราสเตอร์.....	38
3.1	แสดงขอบเขตของพื้นที่ศึกษา.....	50
3.2	แสดงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ.....	51
3.3	แสดงชุดดินของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ.....	54
3.4	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ.....	57
4.1	แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศและความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 โชน.....	66
4.2	แสดงชุดดินที่ทำการศึกษา คือ ดินชุดมาบบอน.....	67
4.3	แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นมันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส และข้าว.....	68
4.4	แสดงแผนที่พื้นฐานที่ใช้ในการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน.....	69
4.5	แสดงจุดเก็บสำรวจและเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา จำนวน 50 จุด.....	70
5.1	แสดงแนวทั้ง 4 แนวของแผนที่ภาพตัดขวางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา.....	92
5.2	แสดงแผนที่ภาพตัดขวางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 1.....	93
5.3	แสดงแผนที่ภาพตัดขวางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 2.....	94
5.4	แสดงแผนที่ภาพตัดขวางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 3.....	97
5.5	แสดงแผนที่ภาพตัดขวางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 4.....	98

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

5.6	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับระดับความลึกจากผิวดิน.....	101
5.7	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง.....	102
5.8	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับพีชปกคลุม.....	102
5.9	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับลักษณะเนื้อดิน.....	103
5.10	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับค่าความต้านทานไฟฟ้า.....	104
5.11	แสดงแผนที่ความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน.....	112
5.12	แสดงแผนที่ความชื้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร.....	113
5.13	แสดงแผนที่ความชื้นดินในพื้นที่ศึกษา.....	114

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การทำเกษตรหรือการเพาะปลูกในประเทศไทย ส่วนใหญ่ยังคงต้องอาศัยน้ำฝน ซึ่งถือเป็นแหล่งน้ำสำคัญของเกษตรกรไทย นอกจากนี้อาจมีการใช้น้ำจากแหล่งอื่น เช่น แม่น้ำ บึง อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น แต่แหล่งน้ำบนดินเหล่านี้มีขอบเขตจำกัด (1) นอกจากนี้แหล่งน้ำบนดินที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้แล้วนั้น ยังมีแหล่งน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน เช่น ใช้น้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค หรือเพื่อการเกษตร เลี้ยงสัตว์ และอุตสาหกรรม(2)

การเกษตรกรรมหรือการเพาะปลูกพืชจะได้ผลผลิตเป็นที่น่าสนใจหรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจได้ก็คือ การเจริญเติบโตของพืช โดยพืชจะเจริญเติบโตได้มันขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น การเตรียมดินที่ดีก่อนปลูก การดูแลรักษาในขณะที่ปลูก และที่สำคัญต้องมีน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต เพราะเมื่อใดที่น้ำหรือความชื้นไม่เพียงพอส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชได้

โดยน้ำหรือความชื้นจะเป็นประโยชน์ในทางสรีรวิทยาของพืช เช่น ละลายแร่ธาตุในดิน เป็นวัตถุดิบของการสังเคราะห์แสง เป็นต้น เหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช โดยน้ำดังกล่าวจะเป็นน้ำฝนส่วนที่ซึมลงไปดิน หรือที่เราเรียกว่าน้ำใต้ดิน โดยส่วนหนึ่งจะซึมอยู่ในดินลึกเท่าที่รากพืชจะหยั่งลงไปถึง น้ำชนิดนี้จะมีประโยชน์โดยตรงสำหรับการเกษตรกรรมและการยังชีพของพืชนานาชนิด ซึ่งเราเรียกน้ำประเภทนี้ว่า “น้ำในดิน”(3) เห็นได้ว่าน้ำใต้ดินหรือน้ำในดินเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำ ทำให้น้ำในแม่น้ำมีน้ำไหลตลอดปี และยังช่วยส่งเสริมให้ดินมีความชุ่มชื้นที่เพียงพอ เนื่องจากน้ำใต้ดินจะเป็นตัวช่วยเสริมให้ น้ำชั้น (Capillary Water) ซึ่งเป็นความชื้นชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดไม่ให้ขาดแคลน อันจะทำให้พืชได้รับน้ำเพียงพอและเจริญงอกงามดี (4) ดังนั้นหากดินยังคงมีความชุ่มชื้นอยู่ก็สามารถเพาะปลูกพืช และทำให้พืชเจริญเติบโตได้และยังใช้ในการวางแผนการพัฒนาพื้นที่ลุ่มโทรมให้มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีขึ้นได้

พื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นพื้นที่หนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่อย่างเห็นได้ชัด จากเดิมที่เคยเป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ กระทั่งเมื่อได้รับการพัฒนาทั้งในด้าน ป่าไม้ น้ำ และดินจากหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐ ทำให้ปัจจุบันกลายเป็นพื้นที่ที่สามารถนำมาใช้เป็นพื้นที่สาธิตการพัฒนาในด้านการเกษตร ปศุสัตว์ ประมง ตลอดจนการพัฒนาด้านสังคมได้ ปัจจุบันหากจะพิจารณาในด้านศักยภาพของพื้นที่ จะพบว่า ศักยภาพพื้นที่อยู่ในขั้นสามารถใช้เป็นพื้นที่ตัวอย่างที่ได้รับการพัฒนาได้ เนื่องจากพื้นที่มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น สามารถทำการเพาะปลูกได้ ดินไม่เจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งกลายเป็นพื้นที่สีเขียว โดยการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีนี้ ย่อมมีสาเหตุที่ทำให้เห็นผลของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งคาดว่าส่วนหนึ่งเกิดจากการที่ดินในพื้นที่มีความชุ่มชื้นสะสมอยู่ โดยความชุ่มชื้นนี้อาจได้รับอิทธิพลบางส่วนมาจากน้ำใต้ดิน หรือน้ำในดิน

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของความชื้นดิน ที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับการสำรวจทางธรณีสัณฐานโดยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้า เนื่องจากวิธีการสำรวจทางธรณีสัณฐานโดยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าเป็นวิธีการสำรวจน้ำใต้ดินที่ได้รับความนิยมกันอย่างแพร่หลายทั่วโลก โดยเป็นวิธีที่สามารถนำมาใช้เพื่อสำรวจและประเมินศักยภาพของแหล่งน้ำใต้ดินได้ เพราะสามารถตรวจสอบลักษณะของชั้นน้ำใต้ดิน รวมไปถึงการประเมินถึงคุณภาพของน้ำใต้ดินได้ นอกจากการสำรวจทางธรณีสัณฐานจะสามารถแปลความหมายในส่วนที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินและด้านธรณีวิทยาแล้ว ยังสามารถนำมาแปลความหมายเกี่ยวกับความชื้นดินได้ โดยแปลจากค่าความต้านทานไฟฟ้าที่แตกต่างกันในพื้นที่ศึกษา เช่น ในกรณีทั่ว ๆ ไปนั้น หากพบค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำจะแสดงให้เห็นว่าพื้นที่นั้นต้องมีน้ำหรือมีความชื้นสะสมอยู่ในดิน เนื่องจากการที่มีน้ำอยู่จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี ความต้านทานไฟฟ้าก็จะต่ำ แต่ถ้าค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง แสดงว่ากระแสไฟฟ้าผ่านได้ไม่ดี พื้นที่นั้นน่าจะเป็นพื้นที่ที่แห้งกว่า และมีความชื้นในดินต่ำกว่า

จากข้างต้นจะทำให้ทราบความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน จากการพิจารณาค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีสัณฐานโดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า กับการกระจายตัวของความชื้นในดิน โดยนำปัจจัยต่าง ๆ เช่น ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล เนื้อดิน และพืชปกคลุม มาจัดทำเป็นฐานข้อมูล และนำค่าความต้านทานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ผลทางด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ได้แก่

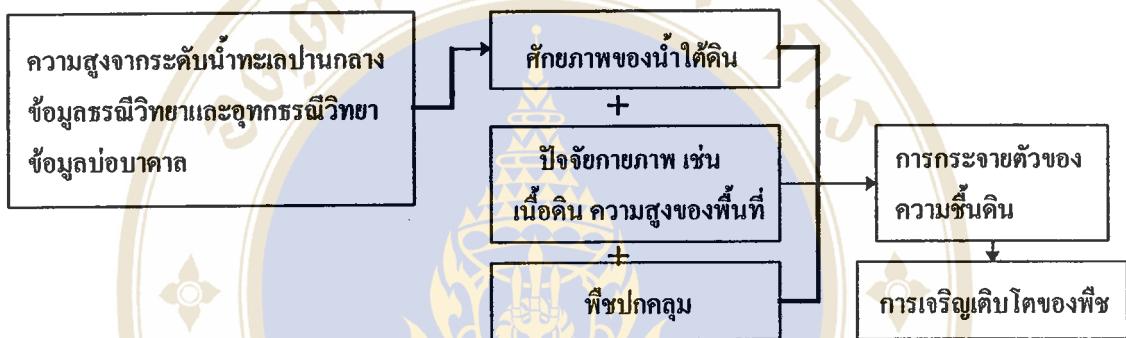
ความลึกหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนและลักษณะชั้นน้ำใต้ดิน มาจัดทำเป็นแผนที่แสดงความลึกหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน และนำค่าความชื้นดินมาจัดทำเป็นแผนที่แสดงความชื้นดิน ตามลำดับ ซึ่งแผนที่นี้สามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของความชื้นดิน และความลึกหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนได้ จึงถือได้ว่าเป็นการนำเทคโนโลยีและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง มาใช้ประโยชน์ในการจัดการข้อมูล โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะทำให้เห็นถึงการกระจายตัวของความชื้นดิน สามารถนำมาใช้ในการประเมินศักยภาพของพื้นที่ว่ามีความชื้นในดินอยู่บริเวณไหน และมีการกระจายตัวเช่นไร ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้วางแผนการปลูกพืช นอกจากนี้ยังได้ข้อมูลเกี่ยวกับน้ำใต้ดินในส่วนของคุณสมบัติของชั้นดินหรือชั้นตะกอนร่วน ความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน เป็นต้น โดยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทั้งในส่วนของการกระจายตัวของความชื้นดิน และข้อมูลน้ำใต้ดิน สามารถนำมาวางแผนการพัฒนาพื้นที่ได้อย่างตรงประเด็นและสอดคล้องกับทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่

1.2 แนวคิดในการศึกษา

เนื่องจากน้ำหรือความชื้นที่สะสมอยู่ในดิน เป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งในการเจริญเติบโตของพืช โดยความชื้นที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชนั้นส่วนหนึ่งได้มาจากการที่น้ำใต้ดินเป็นตัวช่วยส่งเสริมน้ำขับ (Capillary Water) ไม่ให้ขาดแคลน

ดังนั้นการศึกษาถึงอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่มีต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน โดยการวิเคราะห์และแปลความหมายจากค่าความต้านทานไฟฟ้า จำเป็นต้องอาศัยตัวแปรต่าง ๆ มาใช้ในการศึกษา เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลบ่อบาด เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะหรือศักยภาพของน้ำใต้ดิน มาพิจารณาร่วมกับปัจจัยกายภาพอื่น เช่น ลักษณะเนื้อดิน เป็นต้น และพืชปกคลุม จะทำให้ทราบถึงการกระจายตัวของความชื้นดินที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินและปัจจัยอื่น ๆ ได้ โดยนำปัจจัยดังกล่าวข้างต้นมาจัดทำเป็นฐานข้อมูลตามวิธีการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และการเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปหาค่าความชื้นดินและลักษณะเนื้อดิน เพื่อศึกษาถึงศักยภาพของน้ำใต้ดินและปัจจัยอื่น ๆ ที่จะส่งผลต่อการกระจายตัวของความชื้นดินในพื้นที่ศึกษา และจัดทำออกมาเป็นแผนที่แสดงการกระจายตัวของความชื้นดิน ซึ่งสามารถใช้แสดง

ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของความชื้นดินกับลักษณะความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนและปัจจัยอื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปวิเคราะห์เกี่ยวกับความชื้นดินที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินในพื้นที่ และยังเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ด้านทรัพยากรน้ำใต้ดิน หรือด้านการเกษตร ในการนำแผนที่ดังกล่าวไปประยุกต์ใช้เพื่อการวางแผนหรือจัดการพื้นที่ในส่วนของการพิจารณาหาพื้นที่เพาะปลูก หรือการนำน้ำใต้ดินมาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ให้สอดคล้องกับศักยภาพของน้ำใต้ดิน และปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน ตลอดจนทรัพยากรอื่นที่มีอยู่ในพื้นที่ได้ จากแนวคิดข้างต้นสามารถสร้างเป็นกรอบแนวคิดได้ดังนี้



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิแสดงกรอบแนวคิดในการศึกษา

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดิน และปัจจัยอื่น ๆ ที่มีต่อความชื้นดิน

1.3.2 จัดทำแผนที่การกระจายตัวของความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า

1.4 ขอบเขตในการศึกษา

1.4.1 พื้นที่ศึกษาเป็นหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จำนวน 15 หมู่บ้าน ซึ่งอยู่ในลุ่มน้ำโจน มีพื้นที่ประมาณ 113,214 ไร่ ตั้งอยู่ในเขตตำบลเขาหินซ้อน และตำบลเกาะขนุน อำเภอนมสารตาม จังหวัดฉะเชิงเทรา

1.4.2 น้ำใต้ดินที่จะทำการศึกษาเป็นส่วนของน้ำใต้ดินที่เรียกว่า ชั้นน้ำปกติ (Unconfined Aquifers)

1.4.3 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

- ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ความสูงมากกว่า 40 เมตร, 20-40 เมตร และ ต่ำกว่า 20 เมตร
- ลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา
- ข้อมูลความลึก ระดับน้ำปกติ และระดับน้ำลดของบ่อบาดาลในพื้นที่ศึกษา
- ลักษณะทางกายภาพของดิน ทำการศึกษาเฉพาะดินชุดมาบบอน
- พืชปกคลุมหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน 3 ชนิด คือ มันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส และข้าว
- ระดับความลึกของดิน แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ความลึก 15 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร
- เวลาในการศึกษา เป็นช่วงฤดูแล้ง คือ เดือนธันวาคม

นำปัจจัยในการศึกษา คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชุดดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นฐานข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดทำแผนที่พื้นฐาน เพื่อใช้ในการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความชื้นดิน

1.5 สมมติฐานในการศึกษา

1.5.1 น้ำใต้ดิน ปัจจัยทางกายภาพ และพืชพรรณ มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน

1.5.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า จะทำให้การศึกษาความชื้นดินมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.6 คำจำกัดความ

1.6.1 น้ำใต้ดิน หมายถึง น้ำชนิดหนึ่งของแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามสภาพธรรมชาติ และเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำ เกิดจากน้ำฝนที่ตกลงมาสู่พื้นดินและไหลซึมผ่านชั้นดินลงไปกักเก็บอยู่ใต้ดิน

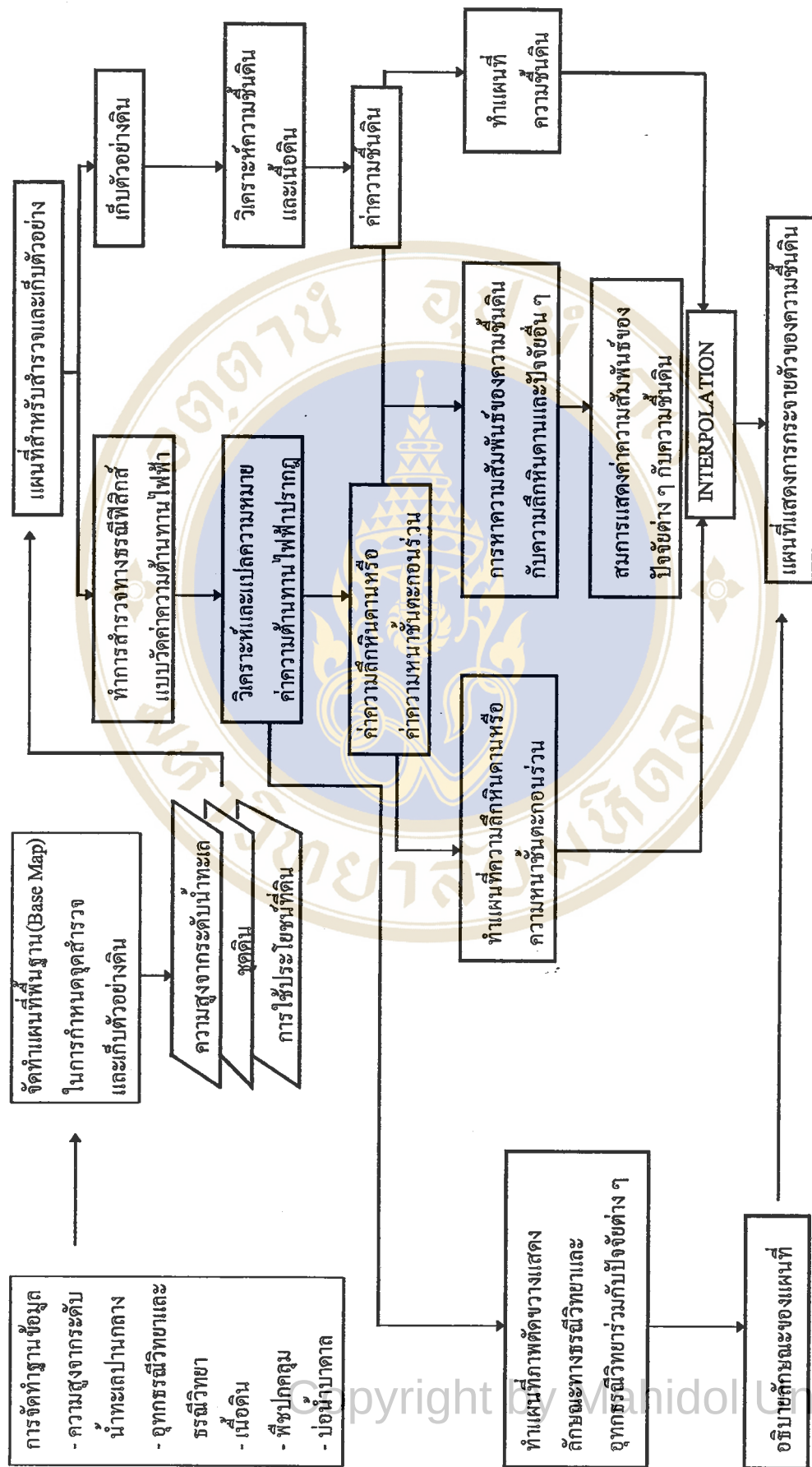
1.6.2 ชั้นน้ำปกติ หรือชั้นหินอุ้มน้ำอิสระ หมายถึง ชั้นน้ำที่ไม่ได้อยู่ภายใต้ความกดดัน และมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ตอนบนของส่วนที่อิ่มตัวด้วยน้ำ ระดับน้ำใต้ดินนี้จะมี ความลาดชันไม่แน่นอน อาจจะสูงขึ้นหรือต่ำลง ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บอยู่ในส่วนที่อิ่มตัว และจะมีทิศทางการไหลสัมพันธ์กับลักษณะภูมิประเทศ คือ จะไหลไปตามความดันน้ำ และแรงดึงดูดของโลกในพื้นที่ที่ต่ำกว่า

1.6.3 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบที่มีการนำกระบวนการทางคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการ เชื่อมโยง และวิเคราะห์ฐานข้อมูลทั้งเชิงพื้นที่และเชิงบรรยาย ให้ อยู่ในรูปแบบที่สามารถอ้างอิงกับระบบภูมิศาสตร์ได้ โดยมีวัตถุประสงค์ คือ เป็นการจัดการกับข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจหรือวางแผนพัฒนา

1.6.4 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า หมายถึง วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ตรวจวัดหรือตรวจจับหาค่าความแตกต่างเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพใต้ผิวโลก โดยใช้การวัดความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งมีหลักการและวิธีการ คือ ปล่องกระแสไฟฟ้าลงไปในชั้นดินหรือหินแต่ละชั้น แล้วใช้เทคนิคหรือเครื่องมือวัดหาความต้านทานกระแสไฟฟ้า แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟให้สัมพันธ์กับความลึกที่ได้ทำการวัด จากนั้นนำกราฟที่ได้มาแปลความหมายทางด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา หรือความชื้นได้ต่อไป

1.7 กระบวนการในการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่มีต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ มีกระบวนการในการศึกษาเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์และวิธีการในการศึกษาดังนี้



ภาพที่ 1.2 แผนภูมิแสดงกระบวนการในการศึกษา

1.8 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.8.1 ทำให้ทราบว่าน้ำใต้ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

1.8.2 แผนที่แสดงการกระจายตัวของความชื้นดิน และแผนที่แสดงลักษณะความหนาของชั้นตะกอนร่วน ที่ได้จากการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

1.8.3 ผลจากการวิเคราะห์และจัดทำออกมาในรูปแบบของแผนที่ สามารถเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้งาน เพื่อการวางแผนด้านการเกษตร และพัฒนาทรัพยากรน้ำใต้ดินของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในบทนี้จะกล่าวถึงเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญ 6 ส่วน ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน ความชื้นในดิน ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน ความชื้น และผลผลิตพืช การสำรวจน้ำใต้ดินจากผิวดิน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับ โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

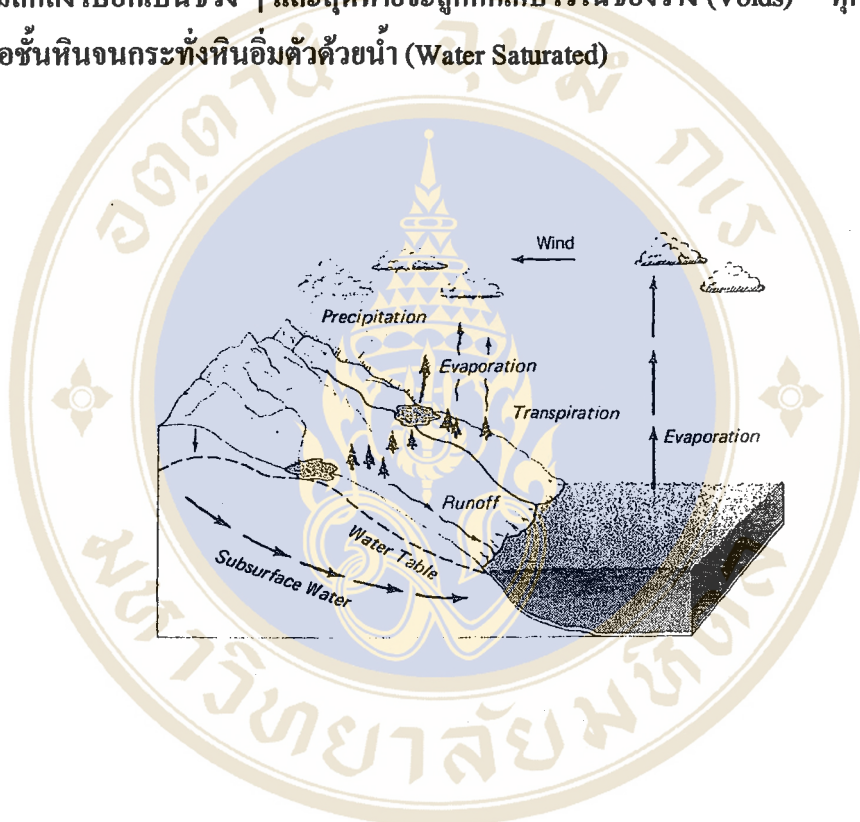
2.1 ความรู้เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน

2.1.1 การเกิดน้ำใต้ดิน

น้ำเป็นสิ่งหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ สัตว์ และพืช ซึ่งได้มีผู้ประเมินไว้ว่า บนโลกที่เราอาศัยอยู่ มีพื้นที่ที่เป็นน้ำอยู่ถึง 3 ใน 4 ส่วน และจากน้ำทั้งหมดที่อยู่บนโลกเราแบ่งเป็นน้ำที่อยู่ในทะเล มหาสมุทรซึ่งอยู่ในรูปของน้ำเค็มถึงร้อยละ 97 ที่เหลืออีกร้อยละ 3 เป็นน้ำจืด โดยการกระจายตัวของน้ำจืดทั้งหมดในโลก จะกระจายอยู่ในแหล่งต่าง ๆ ดังนี้ น้ำแข็งที่ขั้วโลกร้อยละ 84.9 น้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลร้อยละ 14.1 ทะเลสาบและอ่างเก็บน้ำร้อยละ 0.54 ความชื้นในดินร้อยละ 0.29 ไอน้ำหรือเมฆในอากาศร้อยละ 0.049 และ น้ำในแม่น้ำลำคลองร้อยละ 0.04 (5) เห็นได้ว่าสัดส่วนของน้ำใต้ดินที่เป็นแหล่งน้ำจืดบนโลกนั้นมีอยู่ในปริมาณมากเป็นอันดับ 2 ซึ่งถือได้ว่ามีบทบาทต่อมนุษย์ สัตว์ และพืชมากพอสมควร ดังนั้นควรที่จะทราบว่า น้ำใต้ดินเกิดขึ้นมาได้อย่างไร

การเกิดและการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ผิวดินนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างทางธรณีของดิน น้ำใต้ผิวดินเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามสภาพธรรมชาติ และเป็นส่วนหนึ่งของ

วัฏจักรน้ำ (ภาพที่ 2.1) โดยเกิดจากน้ำฝนส่วนที่ตกถึงพื้นดินจะเริ่มซึมลงไปได้ผิวดินด้วยแรงดึงดูดของเม็ดดินในลักษณะที่เรียกว่า การซึมสู่ผิวดินหรือการซึมผ่านผิวดิน (Infiltration) และจะกลายเป็นน้ำที่ไหลในดิน เรียกว่า Subsurface Runoff และเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำก็就会被แรงดึงดูดของโลก ดึงให้ซึมลึกลงไปอีก เรียกว่า Percolation (2) โดยน้ำส่วนนี้จะถูกเก็บกักไว้ทั้งในดินและในหิน น้ำที่ซึมซาบอยู่ในดิน จะมีประโยชน์โดยตรงกับการยังชีพของพืช ส่วนน้ำที่เหลือจากที่ดินดูดคอมไว้จะไหลซึมลึกลงไปอีกเป็นช่วง ๆ และสุดท้ายจะถูกกักเก็บไว้ในช่องว่าง (Voids) ทุกประเภทในเนื้อหินหรือชั้นหินจนกระทั่งหินอิ่มตัวด้วยน้ำ (Water Saturated)



ภาพที่ 2.1 แสดงวัฏจักรน้ำ

ที่มา : Keller E.A. (1988, น.37)

น้ำใต้ดินมีระดับผิวเช่นเดียวกับน้ำในแม่น้ำลำคลอง เรียกว่า ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงขึ้นลงตามฤดูกาล แต่การเปลี่ยนแปลงนี้จะไม่รวดเร็วเหมือนระดับน้ำในแม่น้ำ (3) น้ำใต้ดินนี้มีหลายระดับชั้น ซึ่งจะค่อย ๆ ไหลตามความลาดเทของชั้นดินไปสู่ที่ต่ำ อาจเป็นแหล่งขังน้ำใต้ดินอยู่ หรืออาจไหลออกสู่แม่น้ำลำธารที่อยู่ระดับต่ำกว่า หรือออกสู่ทะเลโดยตรงก็มี (2)

ระดับน้ำของน้ำใต้ดินสามารถแบ่งน้ำใต้ดินออกเป็นโซนได้ดังนี้ ชั้นดินที่อยู่เหนือเส้นระดับน้ำใต้ดิน เรียกว่า Vadose Zone หรือ Aeration Zone น้ำที่อยู่ในชั้นดินนี้เรียกว่า Vadose Water หรือ Soil Moisture ความหนาของชั้นดินนี้จะแปรผันไปตามโครงสร้างทางธรณีของดิน คือจะหนาเท่ากับศูนย์ เมื่ออยู่ในบริเวณบ่อ หนอง บึง และจะหนามากเมื่ออยู่บริเวณเหนือระดับน้ำทะเลมาก ๆ เป็นต้น ถัดจาก Aeration Zone ลงมาเรียกว่า Phreatic Zone หรือ Ground Water Zone หรือ Saturation Zone ซึ่งในบางครั้งโซนนี้จะเกิดขึ้นบนชั้นดินที่น้ำไม่สามารถซึมผ่านได้ เรียกน้ำที่อยู่ในชั้นดินนี้ว่า Perched Ground Water ในบางครั้งน้ำใต้ดินอาจถูกบังคับให้อยู่ในชั้นดินแบบ Confined Aquifer ซึ่งจะมีชั้นดินที่น้ำซึมผ่านได้ยากทั้งข้างบนและข้างล่าง น้ำที่อยู่ใน Confined Aquifer นี้จะอยู่ภายใต้ความดัน ถ้าหากเราเจาะบ่อบาดาลลงไปถึงชั้นนี้ น้ำในบ่อจะซึมขึ้นมาถึงระดับ Piezometric Level ซึ่งมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ (2)

2.1.2 คุณสมบัติของแหล่งน้ำใต้ดิน

คุณสมบัติหรือลักษณะสำคัญของแหล่งน้ำใต้ดิน จะเป็นตัวการที่ชี้ให้เห็นถึงปริมาณและการพัฒนาน้ำใต้ดินได้ จากที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า น้ำใต้ดินจะเกิดอยู่ในชั้นดินหรือหินที่อึดตัวด้วยน้ำ โดยคุณสมบัติที่สำคัญที่ดินหรือหินจะเก็บน้ำไว้จนอึดตัวได้ขึ้นอยู่กับ

2.1.2.1 ช่องว่าง (Voids หรือ Interstices) ที่เกิดขึ้นในหิน

ช่องว่างในหินมีอยู่หลายประเภท เช่น ช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนที่มาสะสมกัน ช่องว่างอันเป็นรอยต่อระหว่างชั้นต่อชั้นของหิน ช่องว่างอันเกิดจากรอยแตกของหิน ช่องว่างประเภทโพรงและถ้ำในหิน เป็นต้น หินที่จะเก็บน้ำได้ดีมีปริมาณมากจะต้องมีจำนวนช่องว่างมาก ช่องแต่ละช่องต้องมีขนาดใหญ่ และติดต่อกันเพื่อให้ น้ำบาดาลไหลถ่ายเทได้

2.1.2.2 ความพรุน (Porosity) และความซึมได้ (Permeability)

ความพรุนเป็นมาตรการที่ชี้ให้เห็นว่าหินจะกักเก็บน้ำได้มากหรือน้อย หรือหมายถึง อัตราส่วนระหว่างช่องว่าง (Pore Volume) ของดินต่อปริมาตรของดินทั้งหมด ส่วนความซึมได้ ถือเป็นมาตรการที่ชี้ถึงการยอมให้น้ำไหลผ่านไปได้เร็วหรือช้าของชั้นหิน โดยชั้นหิน

อุ้มน้ำที่มีความพรุนมาก และความซึมได้มาก สามารถจะพัฒนาเอาน้ำบาดาลขึ้นมาให้ได้มาก ซึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดความพรุน ได้แก่ รูปร่างและการเรียงตัวของเม็ดตะกอน การคัดขนาดของตะกอน การประสานของตะกอน การละลายออกของแร่บางชนิด เป็นต้น

ในทางอุทกวิทยาเรียกหินอุ้มน้ำที่สามารถจะจ่ายน้ำให้ได้ปริมาณมากเพียงพอต่อวัตถุประสงค์แห่งการพัฒนาแหล่งน้ำได้ว่า ชั้นน้ำ หรือ Aquifer (3) หรืออาจกล่าวได้ว่า ชั้นน้ำคือ ชั้นกรวดทรายหรืออื่น ๆ ที่มีน้ำบรรจุอยู่ระหว่างช่องว่างเต็มไปหมด และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนี้สามารถเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ด้วยปริมาณมากเกินพอจนสามารถพัฒนาสูบมาใช้ได้โดยคู่กับการลงทุน (2)

ชั้นน้ำอย่างดีย่อมต้องมีค่าความซึมได้สูง และหินที่จะมีความซึมได้สูง จะต้องต้องมีช่องว่างขนาดใหญ่ หรือมีเม็ดสารประกอบขนาดใหญ่ มีการเรียงตัวและคลุกเคล้ากันอย่างมีระเบียบ นอกจากนี้ยังพบว่าดินหรือหินแต่ละชนิดจะมีค่าความพรุน และความซึมได้ที่แตกต่างกันไป (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความพรุน (Porosity) และความซึมได้ (Permeability) ของดินและหิน (Earth Materials) ประเภทต่าง ๆ

Materials	Porosity (%)	Permeability ($\text{m}^3/\text{day}/\text{m}^2$)
Unconsolidated		
- Clay	45	0.041
- Sand	35	32.8
- Gravel	25	205.0
- Gravel and Sand	20	82.0
Rock		
- Sandstone	15	28.7
- Dense Limestone or Shale	5	0.041
- Granite	1	0.0041

ที่มา : Keller E.A. (1988, น.38)

2.1.2.3 การไหลหลังของน้ำใต้ดิน

การไหลหลังของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล มีลักษณะและทิศทางเหมือนกับน้ำในแม่น้ำลำธาร คือ ไหลไปสู่ที่ซึ่งมีระดับต่ำ และมีทะเลเป็นจุดสุดท้าย อัตราการไหลเป็นไปอย่างเชื่องช้าเพราะต้องไหลผ่านหิน เนื่องจากการไหลของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล มีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณน้ำ และประเภทของหินอุ้มน้ำ โดยการไหลของน้ำบาดาล มีสาเหตุเนื่องจาก

1) ระดับน้ำใต้ดิน (Water Table) โดยทั่วไปแล้วกรณีที่เป็นชั้นน้ำแบบอิสระหรือชั้นน้ำปกติ (Unconfined Aquifers) ระดับน้ำใต้ดินมักจะมีการเอียงเทขนานไปกับสภาพความสูง-ต่ำของภูมิประเทศ หรือความลาดเอียงของพื้นที่ กล่าวคือระดับน้ำใต้ดินในส่วนที่อยู่บนที่ลาดชันมักจะมีระดับน้ำอยู่สูงกว่า ระดับน้ำใต้ดินในส่วนที่อยู่ในพื้นที่ต่ำกว่า ทำให้มีการไหลของน้ำใต้ดินจากที่สูงลงไปสู่ที่ต่ำ ทั้งนี้จะอยู่ภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก

ส่วนกรณีที่เป็นชั้นหินอุ้มน้ำแบบมีแรงดัน (Confined Aquifers) ระดับน้ำใต้ดินจะขึ้นอยู่กับระดับความดันน้ำ (Piezometric Level หรือ Potentiometric Level) ซึ่งมักจะมีพื้นที่เติมน้ำ (Recharge Area) อยู่ในบริเวณดันน้ำตามภูเขา หรือพื้นที่สูง

2) การวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ในระหว่างหินเนื้อแน่น หรือหินกั้นน้ำ (Confining Bed) ปรากฏการณ์ชนิดนี้เปรียบได้กับท่อน้ำซึ่งมีน้ำไหลทางเดียว คือ ไหลจากปลายท่อด้านสูงลงไปสู่ปลายท่อด้านต่ำ ทั้งนี้เพราะความกดดันที่ปลายท่ทั้งสองไม่เท่ากัน ในกรณีน้ำบาดาลอยู่ในหินอุ้มน้ำซึ่งวางตัวอยู่ในระหว่างหินเนื้อแน่นนั้น แนวทางการไหลก็จะเป็นไปในการทำงานเดียวกัน แต่แรงดันอันเป็นเหตุแห่งการไหลนั้น บางส่วนจะเกิดจากน้ำหนักของชั้นดินหรือชั้นหินที่กดทับอยู่ด้านบนด้วย

3) การขุดบ่อน้ำบาดาลแล้วสูบน้ำออก จะมีผลทำให้ความดันในชั้นน้ำตรงที่ขุดบ่อ และระดับน้ำบาดาลรอบ ๆ บ่อลดลงอีกอย่างหนึ่ง จึงทำให้น้ำบริเวณใกล้เคียงต้องไหลเข้าไปแทนที่น้ำที่สูบน้ำออก เพื่อปรับระดับให้สม่ำเสมอ

ด้วยวิธีการไหลดังกล่าว แหล่งน้ำแต่ละแห่ง จะมีน้ำไหลเข้าและออกอยู่ตลอดเวลา การไหลเข้าเกิดได้จากทั้งโดยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งการไหลเข้าโดย

ธรรมชาติ อาจเนื่องจากน้ำฝน หรือระดับน้ำบาดาลอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำจากแม่น้ำก็ไหลซึมเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาลได้ ส่วนการไหลเข้าที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์นั้นส่วนใหญ่เกิดจากเทคนิคใหม่ ๆ ที่จะเพิ่มน้ำเข้าสู่แหล่งน้ำบาดาล สำหรับการไหลออกของน้ำบาดาลก็เกิดจากทั้งโดยธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์เช่นกัน คือ ในบริเวณที่ระดับน้ำบาดาลอยู่สูงกว่าระดับน้ำในแม่น้ำลำคลอง น้ำบาดาลก็จะไหลลงสู่แม่น้ำโดยตรง ส่วนการไหลออกเพราะกิจกรรมของมนุษย์เกิดจากการสูบน้ำออกมาใช้โดยตรงเป็นส่วนใหญ่ (3)

2.1.3 ชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ

ชั้นน้ำบาดาล (Aquifer) หรือชั้นหินอุ้มน้ำบาดาล คือ ชั้นหิน ชั้นตะกอน หรือชั้นดิน ซึ่งให้น้ำออกมาได้เป็นปริมาณที่มากเพียงพอต่อการใช้อย่างมีนัยสำคัญ (Significant) โดยทั่วไปชั้นหินอุ้มน้ำที่พัฒนาเอาน้ำขึ้นไปใช้ได้ประมาณร้อยละ 90 จะเป็นน้ำจากชั้นหินร่วนของพวกกรวดทราย ดังนั้นสามารถแบ่งชั้นหินอุ้มน้ำออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ (7)

2.1.3.1 ชั้นอุ้มน้ำจากชั้นตะกอนร่วน

ก) ชั้นกรวดทรายได้แม่น้ำ (Water Courses) เป็นชั้นหินอุ้มน้ำ ประกอบด้วยตะกอนแม่น้ำ ซึ่งทับถมอยู่ภายใต้ลำธารขยายไปถึงเขตระหว่างฝั่งแม่น้ำกับที่ราบน้ำท่วมถึง ชั้นน้ำบาดาลจะได้น้ำเพิ่มเติมจากลำธารหรือแม่น้ำ ทำให้บ่อน้ำบาดาลที่เจาะลงในชั้นน้ำชนิดนี้ให้น้ำมาก

ข) ชั้นกรวดทรายทับถมในหุบเขาเก่า (Abandoned or Buried Valley) เป็นหุบเขาขนาดใหญ่ที่กรวดทรายมาทับถมจนหนา บริเวณผิวดินจะปราศจากแม่น้ำ ลักษณะกรวดทรายจะคล้ายกับชนิดแรก แต่ชั้นน้ำจะให้น้ำน้อยกว่าเพราะปริมาณน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำมีจำกัด และหุบเขามีขนาดเล็กกว่า

ค) ชั้นตะกอนใต้ที่ราบกว้างใหญ่น้ำท่วมถึง (Flood Plains) ชั้นน้ำบาดาลส่วนใหญ่ประกอบไปด้วย หินร่วน ในบางบริเวณจะมีชั้นกรวดทราย ทำให้ได้น้ำในปริมาณที่พอเพียง ในบางพื้นที่ก็จะมีชั้นกรวดทรายบาง ๆ สลับกับชั้นดินเหนียวและทรายแป้ง ทำให้ได้น้ำปริมาณจำกัด บางบริเวณจะให้บ่อน้ำตื้นสำหรับครวเรือนและเลี้ยงสัตว์ ชั้นน้ำบาดาลชนิดนี้ได้ปริมาณน้ำเพิ่มเติมจากแม่น้ำสายเล็ก ๆ ซึ่งแห้งในฤดูแล้งและน้ำฝนเป็นหลัก

ง) กรวดทรายหุบเขา (Intermontane Valley) ชั้นตะกอนจะได้จากกระบวนการชะล้างพังทลายจากบริเวณภูเขาที่อยู่รอบ ๆ หุบเขา น้ำจะพัดพาเอาตะกอนกรวดทรายทรายแป้ง และดินเหนียว มาทับถมในหุบเขาและเชิงเขา ทำให้ได้เป็นชั้นน้ำบาดาลขึ้น หุบเขาอาจจะเป็นหุบเขาเดี่ยวหรือหลาย ๆ หุบเขาติดต่อกันไปโดยมีน้ำเพิ่มเติมจากน้ำฝนและลำธารที่ไหลลงสู่ที่ราบเชิงภูเขาารูปคล้ายพัดแล้วเข้าสู่หุบเขา

2.1.3.2 ชั้นน้ำจากหินแข็ง

ชั้นน้ำจากหินแข็งจะมีปริมาณน้ำน้อยกว่าชั้นน้ำจากหินร่วน โดยส่วนใหญ่จะใช้ในการอุปโภคและบริโภคในครัวเรือน มากกว่าที่จะนำมาใช้ในการเกษตร หรืออุตสาหกรรมได้ ซึ่งแยกออกเป็นชั้นน้ำจากหินต่าง ๆ ได้ดังนี้

ก) หินตะกอน ชั้นหินตะกอนเป็นชั้นน้ำบาดาลที่สำคัญ ส่วนใหญ่บ่อน้ำในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะได้น้ำจากหินชนิดนี้ โดยทั่วไป ชั้นหินที่ให้น้ำจะเป็นชั้นหินที่มีการเชื่อมตัวไม่สมบูรณ์หรือกึ่งเชื่อมตัว (Semiconsolidated) และมีรอยแตก รอยแยกหรือรูโพรง และช่องว่างต่าง ๆ

- หินกรวดมน หรือกรวดเหลี่ยม และหินทราย พวกนี้จะมีโอกาสให้น้ำได้มาก ถ้าเปอร์เซ็นต์การเชื่อมตัวต่ำ แต่ถ้ามีการเชื่อมตัว (Cementing) สมบูรณ์ก็จะไม่ให้น้ำ นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่ได้จะมากขึ้นถ้าหินดังกล่าวมีรอยแตก รอยแยก หรือรูโพรงมาก

- หินทรายแป้งและหินดินดาน ชั้นหินทั้งสองนี้ส่วนใหญ่จะเป็นชั้นที่บ้น้ำแต่มีโอกาเป็นชั้นหินอุ้มน้ำได้ ถ้ามีรอยแตก รอยแยกมาก

- หินปูนและหินโดโลไมท์ ปกติชั้นหินเหล่านี้จะไม่ให้น้ำบาดาลถ้าเนื้อแน่น แต่ถ้าหินพวกนี้มีรอยแตกและรูโพรงจะให้น้ำบาดาลได้มาก บริเวณดังกล่าวจะมีน้ำพุ น้ำพุคอยู่มาหลาย นอกจากนี้ยังพบว่าดินแม่น้ำหลายสายมักจะกำเนิดจากบริเวณเทือกเขาหินปูน เพราะเป็นแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ที่จะให้น้ำกับแม่น้ำได้

- หินโคลน ส่วนใหญ่จะเป็นชั้นที่บ้น้ำ จะให้น้ำได้ต้องมีเนื้อแน่นและมีรอยแตก รอยแยก จึงจะเป็นแหล่งน้ำบาดาลได้ ส่วนใหญ่จะให้บ่อน้ำตื้นที่มีปริมาณน้ำจำกัดในฤดูแล้ง

ข) หินอัคนี ส่วนใหญ่จะเป็นชั้นหินแข็งที่ไม่ได้น้ำบาดาล แต่จะมีโอกาสให้น้ำได้ในกรณีมีรูอากาศ รอยแตก และชั้นหินผุ

- หินบะซอลท์ พิวไมท์ และสคอเรีย เป็นชั้นหินที่มีรูอากาศ ดังนั้น ปริมาณน้ำบาดาลที่ได้จะขึ้นอยู่กับปริมาณรูอากาศ และการติดต่อกัน หรือความต่อเนื่องของรูอากาศ ถ้ามีมากก็ได้น้ำมาก นอกจากนี้ยังรวมถึงรอยแตก รอยแยก และการผุพัง ถ้ามีมากก็จะได้น้ำมากหรือถ้าได้น้ำเพิ่มเติมจากฝนหรือลำธารก็จะได้น้ำเพิ่มขึ้น

- หินแกรนิต แอนดิไซท์ ไดโอไรท์ ไรโอไรท์ และอื่น ๆ เป็นพวกหินแข็ง ไม่มีโอกาสเป็นชั้นน้ำบาดาลเลย แต่ถ้าเป็นหินผุหรือมีรอยแตก ก็จะให้น้ำบาดาลได้บ้าง

- หินทัฟฟ์ เป็นหินแข็งเช่นกัน แต่ถ้าเปอร์เซ็นต์การเชื่อมตัวดำ (Cementing) ก็จะสามารถเก็บน้ำบาดาลได้ และถ้ามีรอยแตกก็จะทำให้เก็บน้ำได้มากขึ้น

ค) หินแปร หินชนิดนี้คล้ายกับหินอัคนี กล่าวคือ ส่วนใหญ่จะเป็นหินแข็ง จะมีโอกาสให้น้ำบาดาลก็เฉพาะหินที่มีรอยแตก รอยแยก และหินผุ ปริมาณน้ำก็น้อยขึ้นอยู่กับปริมาณและความต่อเนื่องของรอยแตก รวมทั้งลักษณะการผุพังของหิน ถ้าผุมากก็ให้น้ำได้มาก เช่น หินไนท์ หินชนวน หินฟิลไลต์ หินอ่อน หินชีตซ์ เป็นต้น

2.2 ความชื้นในดิน

ในสภาพธรรมชาติดินส่วนใหญ่จะมีความชื้นหรือน้ำอยู่เสมอไม่มากก็น้อย ซึ่งความชื้นหรือน้ำในดินนี้นับได้ว่าเป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ และทางด้านเคมีของดิน ดังนั้นจึงถือได้ว่าความชื้นในดินเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชทั้งทางตรงและทางอ้อม

จากลักษณะดังกล่าว จึงได้มีผู้ให้ความหมายของความชื้นในดินว่า หมายถึง อนุ (Molecule) ของน้ำเล็ก ๆ ที่เกาะติดอยู่กับอนุภาคของดิน เป็นประโยชน์ที่รากพืชจะได้รับ ความชื้นเกณฑ์พอดี 55-100% ส่วนความชื้นที่พืชเอากิน 40-54% ความชื้นที่พืชต้องการขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วย เช่น พืชใบกว้าง 50-75% พืชใบแคบ 25-50% (8)

2.2.1 ชนิดของน้ำในดิน

ความชื้นหรือน้ำในดินนั้น โดยทั่ว ๆ ไปแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ (9)

1) น้ำเชื้อ หรือ Hygroscopic Water เป็นน้ำซึ่งถูกยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลกและแรงดูดซับ จึงเป็นน้ำในดินที่ไม่มีประโยชน์ต่อการปลูกพืช

2) น้ำขับ หรือ Capillary Water เป็นน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลก อาจจะยังคงมีการเคลื่อนที่อยู่ด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force) โดยน้ำในดินชนิดนี้จะมีการเคลื่อนที่ช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ จึงนับได้ว่าเป็นน้ำที่มีประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด

3) น้ำอิสระ หรือ Gravitational Water หรือ Free Water เป็นน้ำที่ไหลในดินได้ด้วยแรงดึงดูดของโลกลงสู่ที่ต่ำกว่า ที่เป็นเช่นนี้ได้เนื่องจากผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและน้ำต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก เป็นน้ำในดินที่มีประโยชน์ต่อพืชในการเป็นตัวช่วยเสริม Capillary Water ไม่ให้ขาดแคลน

2.2.2 ประโยชน์ของความชื้นในดินต่อพืช

ก่อนที่จะทราบได้ว่าความชื้นในดินมีประโยชน์ต่อพืชอย่างไร ควรมีการทำความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับความชื้น ได้แก่ ความจุความชื้นในสนาม (Field Capacity) จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) เสียก่อน เนื่องจากสิ่งเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับความชื้นเป็นประโยชน์ของความชื้นต่อพืช

2.2.2.1 ความจุความชื้นในสนาม

เมื่อฝนตกหรือมีการให้น้ำแก่ผิวดินในปริมาณที่มากพอที่จะทำให้ดิน ในช่วงความลึกประมาณ 6 นิ้วแรกอิ่มตัวด้วยน้ำ จะพบว่าบางส่วนของน้ำจะซึมลงสู่ดินและบางส่วนจะระเหยสู่บรรยากาศ หากเราวัดความชื้นของดินในช่วงระดับความลึกดังกล่าว จะพบว่าระดับความชื้นของดินจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไป โดยที่อัตราการลดลงจะมากในระยะแรก ๆ แล้วค่อย ๆ น้อยลง จนกระทั่งเกือบเท่ากับศูนย์ในที่สุด ระดับความชื้นของดินช่วงความลึกนั้นจะค่อนข้างคงที่ เรียกว่า เป็นความชื้นที่ Field Capacity จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาเป็นค่าตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากยังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำขยับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลง

ความชื้นไม่มากนัก ในทางปฏิบัติมักจะถือว่าในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ปริมาณความชื้นของดินหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity ส่วนดินเนื้อละเอียดหรือมีชั้นดินแน่นระยะเวลาจะนานกว่านี้

ความจุความชื้นในสนามเป็นสิ่งที่ถือว่าเป็นระดับความชื้นสูงสุดของดินชนิดหนึ่ง ๆ ที่อยู่ในภาวะธรรมชาติซึ่งจะดูดยึดความชื้นไว้ได้ไม่เกินความจุความชื้นในสนามของดินชนิดนั้น ความชื้นส่วนที่เกินความจุความชื้นในสนามจะเป็นความชื้นเกินความจำเป็น (Superfluous Moisture) ดังนั้น ความจุความชื้นในสนามจึงเป็นพิกัดบนของช่วงระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

2.2.2.2 จุดเหี่ยวเฉาถาวร

เมื่อพืชไม่สามารถดูดความชื้นในดินมาใช้ให้เพียงพอ สำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เรียกว่า เป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) หลังจากที่มีความชื้นของดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชยังสามารถดูดความชื้นจากดินได้แต่เป็นปริมาณไม่มาก เนื่องจากความชื้นที่มีอยู่ไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช แต่จะทำให้พืชมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ในระยะเวลาดัง ๆ จนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม หากไม่มีการให้น้ำแก่พืชน้ำในดินก็จะเหลือแต่น้ำเยื่อ ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ ในที่สุดพืชจะตายไป ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่ออยู่นี้ เรียกว่า เป็นความชื้นที่ Ultimate Wilting Point และความชื้นของดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวร ถึง Ultimate Wilting Point เรียกว่า Wilting Range

สรุปความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ก็คือ น้ำซึ่งอยู่ระหว่างความจุความชื้นในสนามกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร ดังนั้น ผลต่างระหว่างความชื้นของดินสองค่านี้ก็คือ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อดินหรือชนิดของเม็ดดิน จะมีผลต่อปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ เช่น ในดินที่มีเนื้อละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ อย่างไรก็ตามดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียว ทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมาก ๆ จะมีน้ำยึดอยู่รอบ ๆ เม็ดดิน ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ (ตารางที่ 2.2)

ตารางที่ 2.2 แสดงความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	นํ้า/พุดิน	มม.น้ำ/ชม.ดิน
- เนื้อหยาบมาก เช่น ทรายหยาบมาก	0.40-0.75	0.35-0.65
- เนื้อหยาบ เช่น ทรายหยาบ ทรายละเอียด และทรายปนดินร่วน	0.75-1.25	0.65-1.00
- เนื้อค่อนข้างหยาบ เช่น ดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนทรายละเอียด	1.25-1.75	1.00-1.50
- เนื้อปานกลาง เช่น ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน และดินร่วนปนตะกอนทราย	1.50-2.30	1.20-1.90
- เนื้อค่อนข้างละเอียด เช่น ดินร่วนปนดินเหนียว ดินร่วนปนดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินร่วนปนดินเหนียวปนทราย	1.75-2.50	1.50-2.10
- เนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนตะกอนทราย และดินเหนียว	1.60-2.50	1.30-2.10
- ดินที่เกิดจากการเน่าผุของพืชและมูลสัตว์	2.00-3.00	1.70-2.50

ที่มา : วิบูลย์ (2526, น.22)

2.2.3 การหาปริมาณความชื้นในดิน

การหาความชื้นหรือวิธีการตรวจวัดความชื้นในดิน มีหลายวิธีด้วยกัน แต่วิธีที่ง่ายและอุปกรณ์หาได้สะดวก คือ วิธีใช้เครื่องอบตัวอย่างดิน ซึ่งเป็นวิธีหาเปอร์เซ็นต์ของความชื้น โดยปฏิบัติ ดังนี้ (8)

- 1) การหาความชื้นหรือตรวจวัดค่าความชื้นในดิน ให้จัดทำก่อนให้น้ำและหลังให้น้ำ
- 2) เก็บตัวอย่าง ลงไปจนถึงความลึกของรากพืชแต่ละชนิด
- 3) ใช้ตัวอย่างดินประมาณ 100 กรัม เข้าเตาอบ โดยใช้ความร้อนในเตาอบ 220 องศาฟาเรนไฮต์ นาน 24-36 ชั่วโมง
- 4) คำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน ดังนี้

ก. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก ใช้สำหรับหาความชื้นดิน เมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมาหรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) ของดินแล้ว โดยใช้สมการ

$$P_w = \frac{W_w \times 100}{W_s}$$

เมื่อ P_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยเตาอบ

ข. เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร มีประโยชน์ในการใช้งานมากกว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก การคำนวณใช้สมการ

$$P_v = \frac{V_w \times 100}{V}$$

เมื่อ P_v = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรของดินทั้งก้อน

V_w = ปริมาตรของน้ำในดิน

V = ปริมาตรของก้อนดิน

2.3 ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน ความชื้น และพืช

2.3.1 การกระจายตัวของความชื้นเหนือระดับน้ำใต้ดิน

สภาพความชื้นตั้งแต่ผิวดินลงไปจนถึงระดับน้ำใต้ดินนั้นอาจแบ่งได้เป็น 2 โซนใหญ่ ๆ คือ ดังภาพที่ 2.2

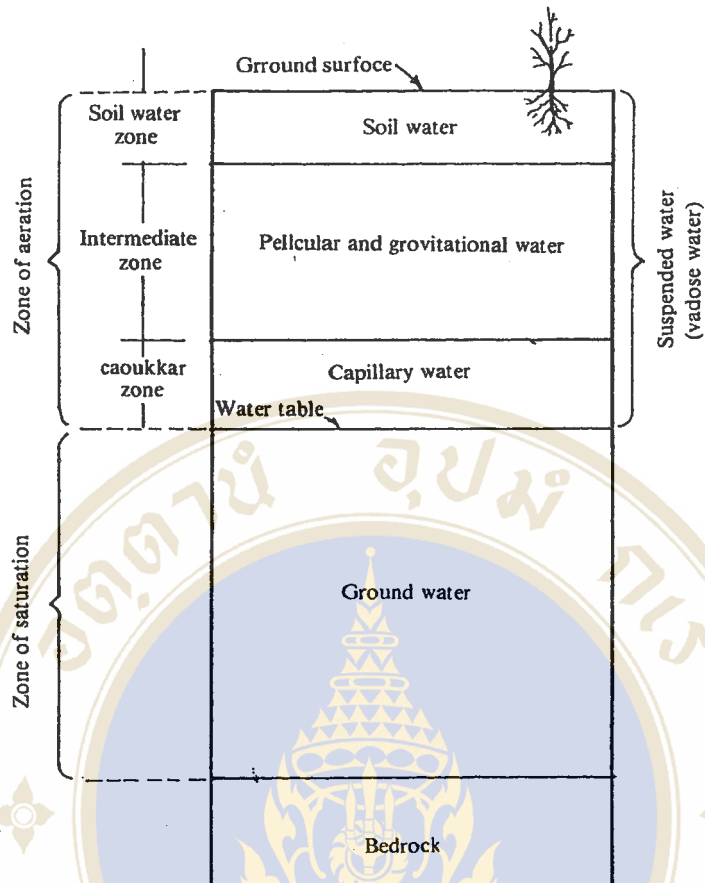
1) โซนอากาศ หรือ โซนเหนือระดับน้ำใต้ดิน (Aeration Zone หรือ Vadose Zone) ซึ่งช่องว่างระหว่างอนุภาคดินบางส่วนจะบรรจุด้วยอากาศ และบางส่วนจะบรรจุด้วยน้ำ โดยโซนนี้จะอยู่เหนือโซนน้ำบาดาล นับจากระดับน้ำใต้ดินขึ้นไปจนถึงผิวดิน และสามารถแบ่งเป็นโซนย่อยได้ 3 โซนตามลำดับ นับจากผิวดินลงไปคือ

- โซนรากพืช (Soil Water Zone) บริเวณของโซนนี้จะเริ่มจากผิวดินลงไปประมาณความลึกของรากพืช ซึ่งความลึกของโซนนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดพืช ฉะนั้นโซนนี้จึงมีอิทธิพลต่อการเกษตร ในบางครั้งโซนนี้อาจอึดตัวด้วยน้ำ เช่น หลังฝนตกใหม่ ๆ และในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาถึงผิวดิน การคงอยู่ของน้ำตามช่องว่างของดินในโซนนี้มีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่ น้ำไฮโกรสโคปิก (Hygroscopic Water) น้ำส่วนนี้จะเป็ฟิล์มบาง ๆ อยู่รอบอนุภาคดินด้วยแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค (Adhesive Force) พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ น้ำชนิดที่สองเป็นน้ำที่อยู่ด้วยแรงดึงดูดแคพิลลารี (Capillary) เป็นน้ำที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคดินด้วยแรงดึงดูด ซึ่งน้ำส่วนนี้ส่วนใหญ่พืชดูดไปใช้ได้ น้ำชนิดสุดท้ายเป็นน้ำที่อยู่ในช่องว่าง แล้วสามารถเคลื่อนย้ายได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เรียก Gravitational Water ดังภาพที่ 2.3

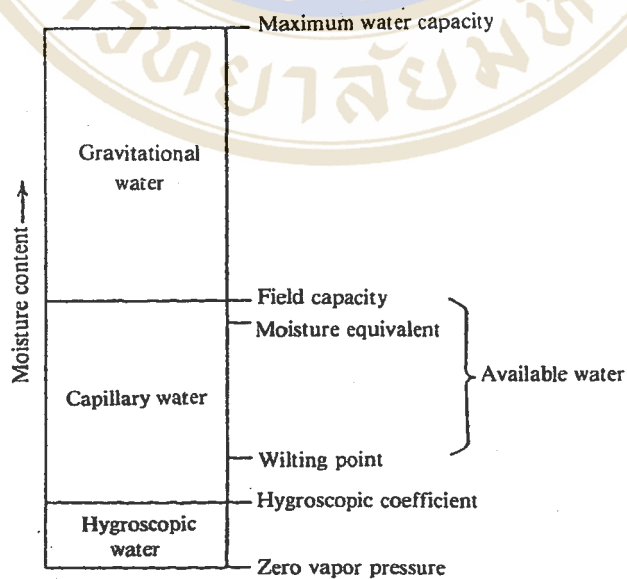
- โซนเชื่อมต่อ (Intermediate Zone) เป็นโซนที่ครอบคลุมบริเวณตั้งแต่ต่อจากล่างสุดของโซนรากพืชลงไปจนถึงส่วนบนสุดของแคพิลลารีโซน ความหนาของโซนนี้อาจมีตั้งแต่ศูนย์ ในกรณีที่ระดับน้ำใต้ดินขึ้นมาอยู่ระดับต้นที่โซนรากพืชไปจนถึงความหนาหลาย ๆ ร้อยเมตร กรณีที่ระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ความชื้นในโซนนี้ส่วนใหญ่เป็นน้ำไฮโกรสโคปิก และน้ำแคพิลลารี

- แคพิลลารีโซน (Capillary Zone) เริ่มจากระดับน้ำใต้ดินไปจนถึงระดับสูงสุดของความชื้นที่จะถูกดึงขึ้นไปด้วยแรงดึงดูดประเภทแรงดึงดูดผิว การคงอยู่ของน้ำตามช่องว่างของดินในโซนนี้จะเกี่ยวกับแรงดึงดูดผิว (Surface Tension) แรงยึดแคพิลลารี (Capillary Force) และพลังงานผิว (Surface Energy)

2) โซนซึ่งอึดตัวด้วยน้ำหรือโซนน้ำบาดาล พบว่าช่องว่างของดินทุกช่องจะถูกบรรจุด้วยน้ำอยู่ภายใต้แรงดันน้ำ (Hydrostatic Pressure) โดยส่วนล่างอาจรองรับหรือกั้นด้วยชั้นหินที่บีบอัด ส่วนบนของโซนนี้ ถ้าไม่กั้นด้วยชั้นหินที่บีบอัด ก็จะเป็นระดับน้ำใต้ดิน เป็นแนวบอกจุดที่ความดันเท่ากับความดันบรรยากาศของชั้นน้ำ ถ้าจุดบ่อบาดาลลงไปชั้นหินอุ้มน้ำนี้ก็จะพบระดับน้ำใต้ดินในบ่อดังกล่าว (7)



ภาพที่ 2.2 แสดงการแบ่งชั้นความชื้นใต้ผิวดินเหนือชั้นน้ำบาดาล
ที่มา : Todd D.K. (1959) อ้างใน กลอง (2538, น.11)

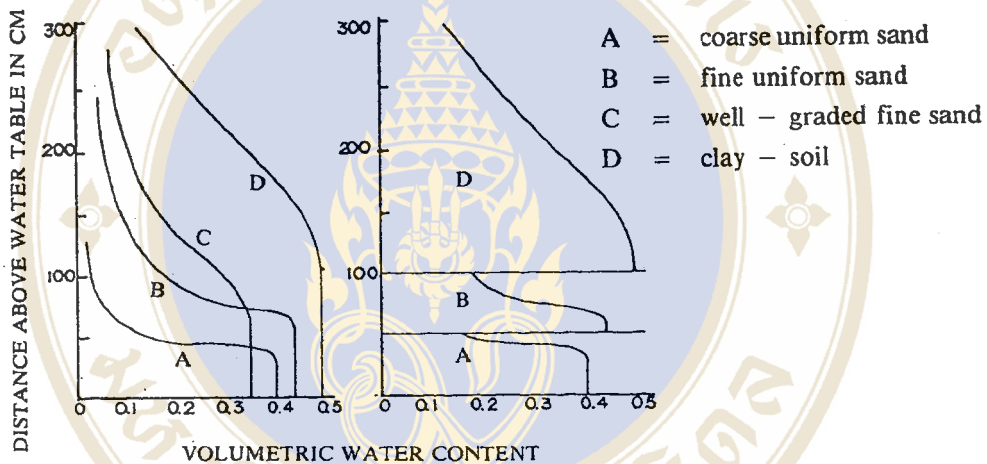


ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะน้ำชนิดต่างๆ ซึ่งคงอยู่ในช่องว่างของดิน

ที่มา : Todd D.K. (1959) อ้างใน กลอง (2538, น.12)

2.3.2 คุณลักษณะของน้ำในดิน (Soil Water Characteristic)

เป็นความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินและความดันของน้ำในดิน ซึ่งส่วนใหญ่ความสัมพันธ์จะแสดงออกมาในรูปของกราฟระหว่างความชื้นในดินและระยะทางเหนือระดับน้ำใต้ดิน โดยลักษณะของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างน้ำในดิน ระดับน้ำใต้ดิน และชนิดดินจะมีลักษณะแตกต่างกันไป ถ้าดินที่มีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียด (Heavy Textured Soil) จะมีความกว้างของแคพิลลารีโซนมากกว่าในดินเนื้อหยาบ (Light Textured Soil) ดังภาพที่ 2.4 (7)



ภาพที่ 2.4 แสดงความหนาของแคพิลลารีโซนในดินชนิดต่าง ๆ ของชั้นดินต่าง ๆ

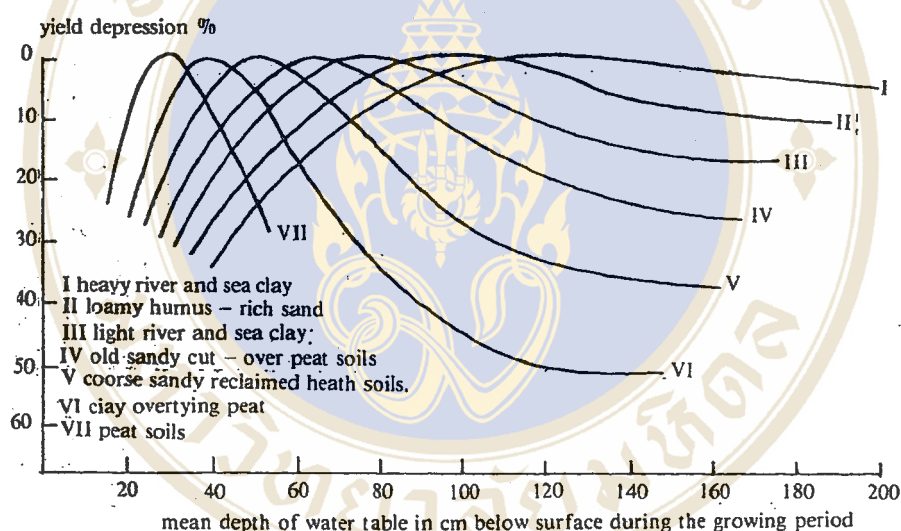
ที่มา : Bouwer H. (1978, น.25)

2.3.3 ความลึกของระดับน้ำใต้ดินและผลผลิตของพืช

ในสภาพสนามระบบดิน ความชื้นดิน และพืชจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการสำรวจเกี่ยวกับผลกระทบของสภาพทางกายภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งปัจจัยอันหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชก็คือความลึกจากผิวดินของระดับน้ำใต้ดินระดับดิน ถึงแม้ความลึกของระดับน้ำใต้ดินจะไม่มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่จะมีผลโดยทางอ้อมเกี่ยวกับสภาพความชื้นในดินในบริเวณรากพืช เพราะฉะนั้นจึงมีอิทธิพลเกี่ยวกับการจัดหาสภาพอากาศในดิน และคุณสมบัติเกี่ยวกับความร้อนในดิน

อิทธิพลของระดับน้ำใต้ดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น ขึ้นอยู่กับชนิดดิน และ ชนิดพืช เพราะดินชนิดต่างกันจะทำให้เกิดความหนาของแคลฟิลลารีโซนต่างกัน และพืชก็ขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืชจะให้ลักษณะราก รวมทั้งการคายระเหยของน้ำที่แตกต่างกันไป ดังภาพที่ 2.5

นอกจากนี้ระดับน้ำใต้ดินโดยเฉพาะ น้ำใต้ดินแบบ Unconfined Aquifer จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะภูมิประเทศและความลาดชัน ซึ่งเป็นตัวควบคุมทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในระดับต้น หรือที่เรียกว่า Interflow ซึ่งหากพบว่ามีพื้นที่ใดอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าพื้นที่ข้างเคียง พื้นที่หรือจุดนั้น ก็จะกลายเป็นแหล่งรวมน้ำ และจะมีระดับน้ำใต้ดินตื้น (ใกล้ผิวดิน) มากกว่าส่วนของชั้นดินที่อยู่ ในระดับสูงกว่า



ภาพที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตพืชกับความลึกของระดับน้ำใต้ดินในดินชนิดต่าง ๆ
ที่มา : Van Schilfhaarde J. (1974) อ้างใน จดอง (2538, น.17)

จากรูปจะเห็นว่าผลผลิตของพืชจะเพิ่มขึ้น เมื่อความลึกของระดับน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตก็จะเพิ่มสูงสุดที่ระดับน้ำใต้ดินเหมาะสม จุดใดจุดหนึ่ง ต่อจากนั้นผลผลิตของพืชก็จะลดลง เมื่อระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลงไปเรื่อย ๆ สาเหตุอันนี้เป็นเพราะว่าที่ระดับน้ำใต้ดินตื้นมาก ๆ พืชจะขาดอากาศในดิน ในขณะที่ระดับน้ำใต้ดินลึก ๆ พืชจะขาดน้ำเนื่องจากระดับความชื้นในดินต่ำมีผลทำให้ผลผลิตลดลง (7)

2.3.4 พืชและการใช้น้ำของพืช

โดยปกติรากพืชจะแผ่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในคอนบนของเขตราก และในบริเวณโคนต้น ดังนั้นนอกจากดินจะสูญเสียความชื้นโดยพืชดูดไปใช้แล้วยังสูญเสียความชื้นไปโดยการระเหยจากผิวดินอีกด้วย แรงดึงดูดความชื้นของดินในระดับบนจะเพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตจึงต้องมาจากดินในระดับต่ำลงมา

ในดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอและมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ตลอดความลึกของเขตราก พืชจะใช้น้ำจากคอนบนของเขตรากอย่างรวดเร็วและใช้ในปริมาณมากกว่าตอนล่างลงไป โดยพืชเกือบทุกชนิดที่ปลูกในดินที่มีเนื้อดินสม่ำเสมอ และมีความชื้นมากพอกับความต้องการของพืช พบว่าตลอดความลึกจะมีลักษณะการดูดน้ำจากดินชั้นต่าง ๆ ดังนี้คือ ถ้าแบ่งความลึกของเขตรากออกเป็นสี่ส่วนเท่า ๆ กัน จะได้ว่าร้อยละ 40 ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ทั้งหมดมาจากดินในชั้นแรกนับจากผิวดินลงมา ร้อยละ 30 จากดินในชั้นที่สอง ร้อยละ 20 จากดินในชั้นที่สาม และร้อยละ 10 จากดินในชั้นที่สี่ตามลำดับ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการคือ

- 1) สภาพภูมิอากาศรอบต้นพืช ได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นของอากาศ และความเร็วลม เป็นต้น
- 2) พืช ได้แก่ ชนิดและอายุของพืช โดยพืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน สำหรับพืชชนิดเดียวกันการใช้น้ำจะน้อยเมื่อเริ่มปลูก และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากที่สุดเมื่อถึงวัยขยายพันธุ์ ซึ่งพืชโตเต็มที่ และจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง
- 3) ดิน ได้แก่ ปริมาณความชื้นในดิน เนื้อดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เป็นต้น
- 4) องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืช และความลึกที่ให้ในแต่ละครั้ง การดูแล การเพาะปลูก การไถพรวน การคลุมดิน เป็นต้น (9)

2.4 การสำรวจน้ำใต้ดินจากผิวดิน

การสำรวจน้ำใต้ดินบนผิวดิน แม้จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งน้ำใต้ดินไม่สมบูรณ์เต็มที่ แต่ก็สามารถสรุปภาพคร่าว ๆ เกี่ยวกับแหล่งน้ำใต้ดินให้เห็นก่อน นิยมใช้สำหรับการสำรวจขั้นแรก เนื่องจากค่าใช้จ่ายต่ำ และใช้เวลาน้อยกว่าการสำรวจใต้ผิวดิน การสำรวจประเภทนี้ประกอบด้วยวิธีต่าง ๆ ดังนี้

2.4.1 การสำรวจด้วยวิธีอุทกธรณีวิทยา

วิธีนี้ประกอบด้วยการเก็บข้อมูลในสนามเกี่ยวกับธรณีวิทยาของชั้นหิน สภาพภูมิประเทศ การตีความข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม ลักษณะลำน้ำ น้ำพุ บ่อน้ำบาดาล ประกอบด้วยที่ตั้ง ลักษณะการใช้น้ำ ความลึกของชั้นน้ำ ระดับน้ำบาดาล ปริมาณน้ำบาดาล คุณภาพน้ำบาดาล ข้อมูลหลุมเจาะ การเพิ่มเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาล และข้อมูลที่มีอยู่อื่น ๆ เพื่อสรุปสภาพอุทกธรณีวิทยาของแหล่งน้ำบาดาลนั้น ๆ ก่อนที่จะดำเนินการสำรวจวิธีอื่น ๆ ต่อไป

ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาจะให้ภาพคร่าว ๆ เกี่ยวกับลักษณะชั้นหินอุ้มน้ำ ชั้นที่บ่อน้ำ แนวขอบเขตของชั้นน้ำบาดาล พื้นที่เพิ่มเติมน้ำบาดาล และวิธีที่จะใช้สำหรับขุดเจาะและสร้างบ่อน้ำบาดาล สำหรับภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายดาวเทียม และแผนที่ภูมิประเทศ จะให้ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะภูมิประเทศ น้ำพุ ทางระบายน้ำ และอื่น ๆ ส่วนข้อมูลเกี่ยวกับบ่อน้ำบาดาลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการขุดเจาะและออกแบบบ่อน้ำบาดาล อีกทั้งกำหนดตำแหน่งที่จะเจาะบ่อน้ำบาดาลเพิ่มเติม

การสำรวจด้วยวิธีอุทกวิทยาจะต้องทำการเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

- ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยที่ตั้ง ขอบเขต และการเดินทางเข้าสู่พื้นที่ ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ ซึ่งที่นิยมใช้ได้แก่ มาตรฐาน 1:50,000

- ลักษณะภูมิฐานวิทยา เป็นลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะพื้นผิวดิน รูปร่างของผิวดิน ลักษณะทางน้ำ และภูเขา เป็นต้น ได้จากแผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายดาวเทียม และภาพถ่ายทางอากาศ

- **ธรณีวิทยา** เป็นข้อมูลเกี่ยวกับชั้นหิน ชนิดหิน การวางตัว โครงสร้าง แหล่งทรัพยากรต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะได้จากแผนที่ธรณีวิทยา แผนที่แหล่งแร่ ข้อมูลหลุมเจาะและอื่น ๆ
- **ดิน** เป็นข้อมูลชนิดดิน การใช้ที่ดิน ส่วนใหญ่จะได้จากแผนที่ดิน แผนที่การจำแนกชนิดดิน และแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น
- **ภูมิอากาศ** เป็นข้อมูลเกี่ยวกับ ปริมาณน้ำฝน ความชื้น และอุณหภูมิ จากสถานีตรวจอากาศในพื้นที่โครงการ ที่เวลาต่าง ๆ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน
- **ทรัพยากรน้ำผิวดิน** ส่วนใหญ่ ได้แก่ ปริมาณน้ำท่าในแม่น้ำ และปริมาณการซึมของน้ำสู่ชั้นดิน และปริมาณน้ำไหลบ่า ข้อมูลเหล่านี้ได้จากสถานีตรวจระดับน้ำ และอัตราการไหลของแม่น้ำต่าง ๆ ในพื้นที่โครงการ ที่เวลาต่าง ๆ จากอดีตจนถึงปัจจุบัน
- **น้ำบาดาล** ข้อมูลประกอบด้วยลักษณะต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น โดยข้อมูลพวกนี้อาจหาได้จากแผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่ธรณีวิทยา รายงานการเจาะและแบบบ่อน้ำบาดาล รายงานการใช้น้ำบาดาล และรายงานวิจัยอื่น ๆ
- **ข้อมูลการใช้น้ำ** ประกอบด้วยพื้นที่การปลูกพืช ชนิดพืช การปลูกสัตว์ จำนวนประชากร และลักษณะอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่เพื่อประเมินความต้องการน้ำทั้งในปัจจุบันและในอนาคต
- **ข้อมูลอื่น ๆ** การสำรวจน้ำบาดาลอาจต้องการข้อมูลอื่น ๆ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่สำคัญ ได้แก่ การกำจัดของเสียและน้ำเสียทั้งปริมาณและวิธีการ เป็นต้น (7)

2.4.2 การสำรวจด้วยธรณีฟิสิกส์

การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นวิธีทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดคุณสมบัติทางกายภาพของผิวโลก เพื่อค้นหาการสะสมตัวของแหล่งแร่ แหล่งน้ำมันปิโตรเลียม หรือลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา วิธีนี้เป็นการตรวจวัดหรือตรวจจับหาค่าความแตกต่างเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ ได้ผิวโลก ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) สนามแม่เหล็ก (Electromagnetic) ความยืดหยุ่น (Seismic) และความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) โดยคุณสมบัติทางกายภาพที่ตอบสนองแตกต่างกัน นำมาแปลความหมายเป็นโครงสร้างธรณีวิทยา ชนิดของหิน ช่องว่าง ความชื้น และคุณภาพของน้ำ เป็นต้น ซึ่งวิธีทางธรณีฟิสิกส์ที่นิยมใช้ในการสำรวจน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลกันมากในปัจจุบัน ได้แก่

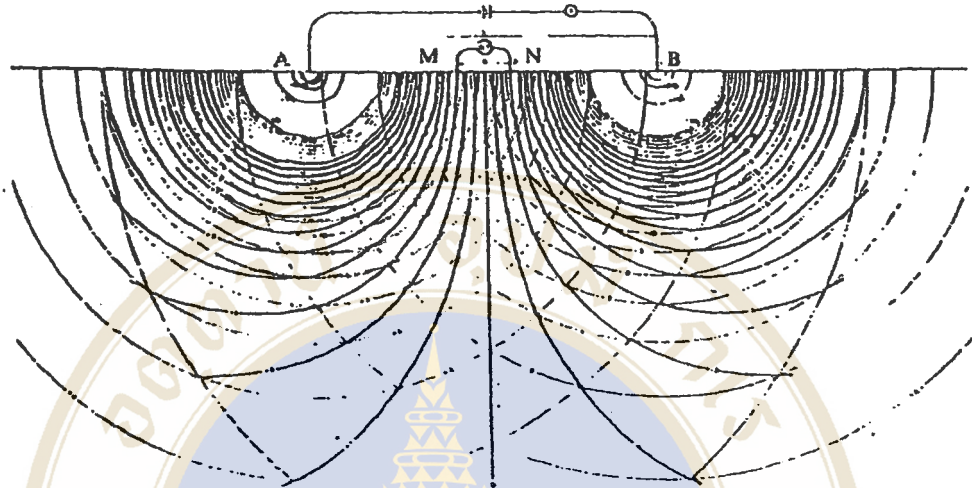
2.4.2.1 สำรวจโดยวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า (Resistivity Survey)

หลักการใหญ่ในการสำรวจนี้ได้แก่ การปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปในชั้นดินชั้นหิน แล้วจึงใช้เทคนิค และเครื่องมือวัดหาความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าของชั้นหินแต่ละชั้น (ภาพที่ 2.6) หลักการขั้นต้นในการแปลค่าตัวเลขที่วัดได้ออกมามีอยู่ว่า หินแต่ละชนิดมีค่าความต้านทานไฟฟ้าแตกต่างกัน เช่น หินอัคนี และหินแปรให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10^2 ถึง 10^8 โอห์ม-เมตร หรือ หินตะกอนและหินร่วนให้ค่าอยู่ระหว่าง 10^0 ถึง 10^4 โอห์ม-เมตร เป็นต้น ความแตกต่างนี้ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบ ความหนาแน่น ความพรุน ขนาดและรูปร่างของช่องว่างในหิน ปริมาณและคุณภาพของของเหลวในเนื้อหิน เหล่านี้เป็นต้น ฉะนั้นหินต่างชนิดกัน หรือแม้แต่วิธีเดียวกัน ถ้ามีของเหลวอยู่ภายในแตกต่างกัน เช่น ชั้นน้ำมีน้ำส่วนอีกชั้นหนึ่งมีน้ำมัน ก็จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าแตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการสำรวจด้วยวิธีนี้ก็เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานกระแสไฟฟ้า และความลึกของชั้นดินข้างใต้ ข้อมูลที่ได้จะใช้วิเคราะห์ค่าสภาพทางธรณีวิทยาที่จำเป็นอย่างยิ่งเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดของน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล นอกจากนี้ยังสามารถที่จะทำรายละเอียดภาคตัดขวางของชั้นดินข้างใต้ได้ รวมถึงการเอียงลาดของชั้นหิน แนวบิดโค้งของชั้นหิน และรอยแตกแยกในชั้นหินที่เป็นแหล่งกำเนิดของน้ำใต้ดิน (11)

ในการประยุกต์วิธีธรณีฟิสิกส์แขนงนี้เข้ากับการสำรวจน้ำบาดาล จึงถือหลักว่า หินแน่นหรือหินร่วนซึ่งไม่มีน้ำ จะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง แต่ถ้ามีน้ำจะมีค่าต่ำ ค่าที่ต่ำลงนี้จะแปรเปลี่ยนไปตามคุณภาพน้ำ น้ำที่มีแร่ธาตุละลายปนอยู่มากหรือมีความเค็มมาก จะเป็นสื่อไฟฟ้าทำให้มีความต้านทานต่ำ ในทางตรงกันข้าม ถ้าน้ำมีแร่ธาตุปนอยู่น้อย หรือเป็นน้ำจืด ค่าความต้านทานก็จะเพิ่มสูงขึ้น ส่วนหินที่มีความพรุนสูง แต่ความชื้นได้ต่ำ ค่าความต้านทานจะต่ำ

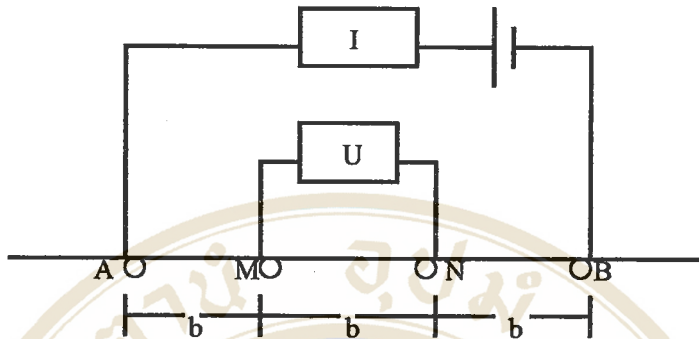
ด้วยวิธีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ประกอบกับการสำรวจทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาแล้ว สามารถนำมาหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาพแหล่งน้ำใต้ดินได้หลายอย่าง เช่น จะทำให้ทราบว่าบริเวณที่สำรวจนั้นมีน้ำหรือไม่ เป็นน้ำจืดหรือน้ำเค็ม ชั้นน้ำบาดาลเป็นหินชนิดใด รวมทั้งระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาล เป็นต้น อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการสำรวจด้วยวิธีนี้ยังไม่แน่นอนร้อยเปอร์เซ็นต์ ถ้าจะให้แน่นอนต้องสำรวจเพิ่มเติมด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น วิธีเจาะสำรวจ เป็นต้น



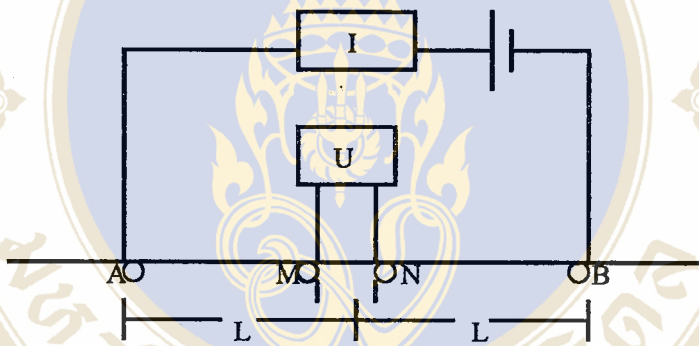
ภาพที่ 2.6 แสดงการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านชั้นดินชั้นหินที่มีเนื้อเดียวกัน

การสำรวจโดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้านี้มีหลักการทำงานพอจะอธิบายอย่างสังเขปได้ดังนี้ คือ กระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรง (DC Current) จากเครื่องมือจะถูกปล่อยลงไปในชั้นดินผ่านขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Electrodes) ซึ่งอยู่คู่กันนอก คือ ขั้ว A และขั้ว B ในขณะที่เดียวกันจะมีการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (Electrical Potential) ของชั้นดินที่อยู่ระหว่างขั้ววัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential Electrodes) คู่ใน คือ ขั้ว M และขั้ว N และสามารถนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน และหิน ในระดับความลึกต่าง ๆ ได้ โดยการขยายระยะห่างระหว่างขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้าทั้งสอง โดยการจัดขั้วกระแสไฟฟ้า (Electrodes Configuration) ในการใช้สำรวจในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้ คือ การจัดขั้วไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ (Wenner Configuration) สำหรับการสำรวจในระดับตื้น และการจัดขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger' configuration) ในการสำรวจในบางจุดที่ต้องการทำในระดับที่ลึกกว่า (12) ดังภาพที่ 2.7

(ก) แบบ Wenner



(ข) แบบ Schlumberger



ภาพที่ 2.7 แสดงการจัดขั้วไฟฟ้าแบบ Wenner และแบบ Schlumberger

คำอธิบาย

A และ B คือ ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Electrodes)

M และ N คือ ขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (Potential Electrodes)

ค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity, ρ_a) ที่วัดได้ มีหน่วยเป็น Ohm-m ซึ่งสูตรสำหรับคำนวณ คือ

$$\rho_a = K \cdot R$$

โดยที่ค่า K (Geometric Constant ของระยะขั้วไฟฟ้า ซึ่งขึ้นกับรูปแบบการจัดขั้วไฟฟ้าและระยะความยาวของขั้ว)

- สำหรับการจัดขั้วแบบ Wenner = $2\pi b$

- สำหรับการจัดขั้วแบบ Schlumberger = $\frac{3.14 \times AM \times AN}{MN}$ หรือ $= \frac{\pi(L^2 - a^2)}{4a}$

และ ค่า R = ค่าความต้านทานที่วัดได้ในแต่ละการวัด (โอห์ม)

การสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้า สามารถสำรวจหาความแตกต่างทั้งทางด้านลึก (Vertical Depth Sounding) และด้านระนาบ (Horizontal Profiling) โดยการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏที่ระยะของขั้วไฟฟ้าคงที่อันหนึ่ง แล้วนำมาเขียนเป็นแผนที่หรือกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏของพื้นที่ (3)

การแปลความหมายของค่าความต้านทานไฟฟ้าในเชิงคุณภาพอย่างง่ายนั้น มีตัวการเกี่ยวข้องที่สำคัญที่สุดได้แก่รูปร่างของกราฟ (Curve) ซึ่งจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ โดยที่รูปร่างของกราฟ จะขึ้นอยู่กับจำนวนของชั้นดินหรือหินที่มีอยู่และยังขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ตลอดจนความหนาของแต่ละชั้น

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการแปลความหมายค่าความต้านทานไฟฟ้าในกรณีที่มี 2 ชั้นขึ้นไป เนื่องจากในทางปฏิบัติพบว่าหากมากที่เราจะพบบริเวณที่มีชั้นหินเพียงชั้นเดียว ที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด เพราะอย่างน้อยชั้นดินบาง ๆ ที่ปิดทับอยู่ด้านบนก็สามารถแยกออกเป็นอีกชั้นได้ และปกติเรามักจะพบว่าใน Formation หนึ่ง ๆ จะประกอบขึ้นด้วยชั้นหินหลายชั้น ดังนั้นกราฟจึงเป็นแบบ Multi-layer Curve และที่ง่ายที่สุดก็เห็นจะได้แก่ 2-layer Curve หากพิจารณาในกรณีของ Alluvial Formation ที่มีชั้นบนสุดของรูปแบบ เป็นชั้นดินเหนียว และชั้นถัดลงไปเป็นชั้นทราย เราจะพบว่าเป็นไปได้อยู่ 3 กรณีด้วยกันคือ

1. ชั้นทรายเป็นชั้นที่อมน้ำจืด สำหรับกรณีนี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าจะอยู่ประมาณที่ 10-15 โอห์ม-เมตร ขณะที่ชั้นดินเหนียวปกติจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าประมาณ 5 โอห์ม-เมตร ลักษณะของกราฟจะเปลี่ยนไปคือ เมื่อความลึกมีค่าน้อย กราฟจะคงที่อยู่ในช่วงค่าความต้านทานของชั้นดินเหนียว และเมื่อความลึกมากขึ้น ก็จะกลับไปคงที่ในช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นทรายอมน้ำ และส่วนที่แสดงรอยต่อของชั้นหิน จะเป็นส่วนของกราฟ ที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่างไปจากค่าเดิมอย่างเห็นได้ชัด คือ จะอยู่บริเวณที่กราฟเริ่มจะบิดและเห็นได้ชัดแล้ว

2. ชั้นทรายเป็นชั้นที่อมน้ำกร่อย กรณีนี้ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จะประมาณเท่ากับหรือน้อยกว่าชั้นดินเหนียว ซึ่งโดยปกติจะมีค่าประมาณ 3-5 โอห์ม-เมตร ในกรณีนี้กราฟที่ได้เกือบจะไม่แตกต่างกันเลย ในระหว่างชั้นดินเหนียวกับชั้นดินทราย ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาในการสำรวจเพื่อหาแหล่งน้ำจืด

3. ชั้นทรายแห้งและไม่มีน้ำ กรณีนี้ความแตกต่างของค่าความต้านทานไฟฟ้า จะทำให้กราฟที่ได้ต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งค่าความต้านทานอาจสูงถึงระดับ 100 โอห์ม-เมตร และถ้าหากว่าได้ชั้นดินเหนียว เป็นพวกหินแข็งและไม่มีน้ำ กราฟในส่วนนี้จะเปลี่ยนโดยจะกลายเป็นเส้นตรง ทำมุม 45 องศา กับแกนความลึกทันทีแสดงให้เห็นว่าค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงมาก (13)

จากหลักการข้างต้นของการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านวิศวกรรมโดยใช้มาตรฐานของ ASTM (Americans Standard of Testing Material) ฉบับที่ G57-78 โดยใช้ชื่อเรียกว่า วิธีมาตรฐานของการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของดินในภาคสนามโดยการใช้การจัดขั้วแบบเวนเนอร์แบบ 4 ขั้ว ซึ่งมาตรฐานอันนี้ครอบคลุมในเรื่องอุปกรณ์และกระบวนการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของดิน เพื่อนำไปสู่การใช้เป็นข้อมูลในการควบคุมการพูนของท่อที่ฝังในดิน ทั้งนี้การจัดขั้วแบบเวนเนอร์แบบ 4 ขั้วนี้ ต้องการใช้ ขั้วโลหะ 4 ขั้ว โดยแยกแต่ละขั้วให้เท่า ๆ กัน จากนั้นต่อเข้ากับสายไฟแล้วจัดแต่ละขั้วให้เป็นเส้นตรงโดยใช้ความลึกไม่เกินร้อยละ 5 ของขั้วไฟฟ้าที่แยกไว้ต่ำสุด ทั้งนี้การแยกขั้วไฟฟ้าสามารถเลือกพิจารณาได้จากชั้นดินที่เราสนใจ โดยผลที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า จะแสดงเป็นค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยของดินตามขั้วไฟฟ้าที่ได้แยกไว้ ซึ่งวิธีมาตรฐานอันนี้มีกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติในภาคสนามดังนี้ คือ

- เลือกเส้นทางที่จะวัดโดยพิจารณาจากรูปแบบลักษณะภูมิประเทศ จำกัดระยะกว้างของขั้ว โดยเส้นทางที่จะวัดควรหลีกเลี่ยงพวกหินแข็งก้อนโต ๆ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะไม่ได้แสดงให้เห็นเกี่ยวกับดินที่เราสนใจจริง ๆ โดยระยะกว้างของขั้วจะประมาณครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างขั้วแต่ละขั้ว

- การแยกขั้วพิจารณาจากโครงสร้างที่เราสนใจ โดยต่อท่อที่ระดับความลึกจาก 1.5 เมตร ถึง 4.5 เมตร โดยเว้นช่องระหว่างขั้วเป็น 1.5 , 3.0 และ 4.5 เมตร ซึ่งเป็นระยะปกติที่ใช้กัน โดยระยะขั้วที่จัดให้เท่ากันนี้ สามารถทำได้เท่ากับระดับความลึกที่เราสนใจ

- เมื่อจัดระยะขั้วได้แล้ว ให้ต่อสายไฟเข้ากับขั้วโดยแยกเป็น 2 ขั้วใหญ่ ๆ คือ ขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า มี 2 ขั้วโดยให้อยู่ก้นนอก และอีกขั้วคือ ขั้ววัดความต่างศักย์ไฟฟ้า 2 ขั้ว โดยให้อยู่คู่ในของการจัดขั้ว รวมทั้งหมด 4 ขั้ว ซึ่งมีระยะห่างระหว่างขั้วเท่ากันหมด เมื่อจัดขั้วเสร็จก็ทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าก็จะไหลลงสู่ได้ดินในแต่ละชั้น จากนั้นเครื่องที่ทำการวัดก็จะแสดงตัวเลขค่าความต้านทานไฟฟ้า จึงทำการจดบันทึกค่านั้นไว้



- ขั้นตอนต่อมาคือ ทำการบันทึกลักษณะอื่น ๆ ที่อยู่ในบริเวณจุดสำรวจเพิ่มเติม เช่น ระยะของการจัดขั้วไฟฟ้า ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่อ่านได้จากเครื่องวัด วันที่ เวลา อุณหภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน และปัจจัยอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ประกอบการแปลความหมาย ให้สะดวกยิ่งขึ้นต่อไป (14)

2.4.2.2 การสำรวจโดยการวัดคลื่นสั่นสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Method)

หลักการขั้นต้นที่ต้องทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้นที่ผิวดิน โดยการระเบิดหรือใช้วัตถุหนักทุบลงบนดิน การระเบิดหรือการทุบดินนี้ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน (Shock Wave) วิ่งผ่านชั้นหินแต่ละชั้น ในลักษณะเดียวกับการเดินทางของแสง ฉะนั้นเมื่อคลื่นวิ่งผ่านหินชั้นหนึ่งไปถึงรอยสัมผัสกับอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งมีความแข็งและหนาแน่นแตกต่างกัน และมีคุณสมบัติให้คลื่นวิ่งผ่านได้เร็วช้ากว่ากัน ก็จะผ่านหรือหักเหเข้าไปหาหินชั้นต่าง ๆ เสียบางส่วน อีกบางส่วนจะสะท้อนกลับเข้าหาชั้นหินเดิม และหักเหกลับมาจนถึงพื้นดินอีก การสะท้อนกลับนั้น เป็นไปตามหลักของแสงและเสียง คือ มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ถ้าเราวางเครื่องบันทึกการเดินทางกลับของคลื่นไว้ตามผิวดิน และบันทึกเวลาตั้งแต่เกิดการระเบิด จนถึงคลื่นเดินทางกลับมายังผิวดินอีกครั้งหนึ่ง เวลาหรือความเร็วที่คลื่นเดินทางนั้น สามารถจะนำไปคำนวณหาโครงสร้างของหิน และความลึกของหินแต่ละชั้นได้

คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งทำให้คลื่นสั่นสะเทือนวิ่งผ่านหินได้เร็วหรือช้าต่างกัน คือ น้ำที่ถูกลักเก็บอยู่ในชั้นหิน น้ำในชั้นหินทำให้ความเร็วของคลื่นที่ผ่านหินเปลี่ยนแปลงไป ฉะนั้นถ้าพอจะทราบลักษณะหรือชนิดชั้นหินจากการสำรวจอย่างอื่นมาก่อน ก็สามารถจะบอกได้โดยการสำรวจวิธีนี้ว่าชั้นน้ำอยู่ที่ระดับลึกเท่าใด และระดับน้ำอยู่ตรงไหน

2.4.2.3 การสำรวจแรงโน้มถ่วงและสนามแม่เหล็ก (Gravity and Magnetic Method)

วิธีการสำรวจแรงโน้มถ่วง เป็นวิธีทางธรณีฟิสิกส์ซึ่งวัดค่าความแตกต่างเกี่ยวกับความหนาแน่นของเปลือกโลก ซึ่งอาจจะบ่งชี้เกี่ยวกับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา เนื่องจากวิธีนี้เสียค่าใช้จ่ายแพงและความแตกต่างของค่าความหนาแน่นอันเนื่องมาจากน้ำ ความชื้น บรรจุอยู่ในช่องว่างของหิน ไม่ค่อยจะพบเมื่อวัดค่าความถ่วงจำเพาะที่ผิวโลก ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่ค่อยจะมีการใช้สำรวจ

แหล่งน้ำบาดาล นอกจากบริเวณที่มีลักษณะธรณีวิทยาเฉพาะ เช่น หุบเขาตะกอนขนาดใหญ่ ซึ่งจะ
สามารถตรวจจับหาชั้นตะกอนอุ้มน้ำได้

ส่วนวิธีสนามแม่เหล็ก เป็นวิธีการสำรวจเกี่ยวกับสนามแม่เหล็กของโลก แต่แหล่ง
น้ำบาดาลไม่ค่อยมีผลเกี่ยวข้องกับความแตกต่างในสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้น ซึ่งวิธีนี้ไม่ค่อยได้ใช้ในการ
การสำรวจแหล่งน้ำบาดาล แต่อาจใช้วิธีนี้สำรวจหาลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาอื่นที่
เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาล เช่น แนว รอยเลื่อน รอยแตกของหิน หรือเขตสิ้นสุดของ
หินปะชอลท์ เป็นต้น (5)

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้อย่างได้เลือกใช้วิธีการสำรวน้ำบาดาลทางผิวดิน โดยวิธี
การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการนำไป
ใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาจะกล่าวถึงในบทที่ 4

2.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.5.1 คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ได้มีผู้บรรยายและให้คำจำกัดความของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ไว้ในลักษณะ
ต่าง ๆ กันดังนี้

Burrough,P.A (15) “ระบบฐานข้อมูลซึ่งข้อมูลส่วนมากถูกจัดเก็บ และให้ดัชนีไว้ตาม
ตำแหน่งพื้นที่ การจัดเก็บนี้เอื้ออำนวยให้สามารถตอบคำถามเกี่ยวกับพื้นที่นั้น ๆ ได้

ESRI (16) “ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบไปด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ระบบ
โปรแกรม สารสนเทศภูมิศาสตร์ และบุคลากรซึ่งมีหน้าที่จัดการในสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวม
สารสนเทศที่ต้องการ เพื่อทำการแปลงเข้าจัดเก็บในระบบ การปรับปรุง การจัดการ การ
วิเคราะห์ และการแสดงสารสนเทศภูมิศาสตร์เหล่านั้น ในรูปแบบที่มีการอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์
ได้ตามต้องการ”

Jeffrey and John (17) “ระบบฐานข้อมูลที่ถูกออกแบบให้ทำงานกับข้อมูลเชิงพื้นที่หรือกับพิกัดทางภูมิศาสตร์”

สุระ (18) “ขบวนการของการใช้คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซอฟต์แวร์ (Software) ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ (Geographic Data) และการออกแบบ (Personnal Design) ในการเสริมสร้างประสิทธิภาพของการจัดเก็บข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณ และการวิเคราะห์ข้อมูล ให้แสดงผลในรูปของข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้ในทางภูมิศาสตร์ หรือหมายถึง การใช้สมรรถนะของเครื่องคอมพิวเตอร์ในการจัดเก็บ และการใช้ข้อมูลเพื่ออธิบายสภาพต่าง ๆ บนพื้นผิวโลกโดยอาศัยลักษณะทางภูมิศาสตร์เป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ”

สัญญา และ ชัยยุทธ (19) “เป็นระบบเบ็ดเสร็จที่ใช้สำหรับการจัดเก็บ จัดการ และวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยผ่านกระบวนการทางคอมพิวเตอร์”

สรุป ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบที่มีการนำกระบวนการทางคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการ เชื่อมโยง และวิเคราะห์ฐานข้อมูลทั้งเชิงพื้นที่และเชิงบรรยายให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถอ้างอิงกับระบบภูมิศาสตร์ได้ โดยมีวัตถุประสงค์คือเป็นการจัดการกับข้อมูล เพื่อนำมาใช้ในการตัดสินใจหรือวางแผนพัฒนา

2.5.2 กระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูล

กระบวนการในการวิเคราะห์ข้อมูลมี 2 แบบ คือ

2.5.2.1 Manual Approach เป็นวิธีการนำข้อมูลในรูปของแผนที่หรือลายเส้นต่าง ๆ ถ่ายลงบนแผ่นใส แล้วนำมาซ้อนทับกันในแต่ละปัจจัยเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามต้องการ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนแผ่นใสที่จะนำมาซ้อนทับกัน ทั้งนี้เนื่องจากความสามารถในการวิเคราะห์ด้วยสายตา จะกระทำได้ในจำนวนของแผ่นใสที่ค่อนข้างจำกัด และต้องใช้เนื้อที่และวัสดุในการเก็บข้อมูลค่อนข้างมาก

2.5.2.2 Computer Assisted Approach เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบของตัวเลขหรือดิจิทัล (Digital) โดยการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลแผนที่หรือลายเส้นให้อยู่ในรูปแบบของตัวเลขแล้วทำการซ้อนทับกันโดยการนำหลักคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์เข้ามาช่วย วิธีนี้จะช่วยให้ลดเนื้อที่ในการเก็บข้อมูลลง และสามารถเรียกมาแสดงหรือทำการวิเคราะห์ได้โดยง่าย (18)

2.5.3 องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

องค์ประกอบที่สำคัญของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีดังนี้

- คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์ (Computer Hardware) ใช้เพื่อการเตรียม การจัดเก็บ และการแสดงสารสนเทศเชิงพื้นที่ (20) ประกอบด้วย หน่วยประมวลผลกลาง เครื่องอ่านพิกัด (Digitizer) หรือ เครื่องกราดตรวจ (Scanner) หรืออุปกรณ์อื่นที่สามารถแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลได้ และเครื่องวาดรูป (Plotter) หรือเครื่องมือแสดงผลแบบอื่น ๆ
- คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ (Computer Software) ใช้เพื่อจัดระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยมอดูลทางเทคนิคพื้นฐาน 5 หน่วย คือ 1) การนำเข้าข้อมูลและทวนสอบความถูกต้อง 2) การเก็บข้อมูลและจัดการฐานข้อมูล 3) การคำนวณ วิเคราะห์ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูล 4) การแสดงผลข้อมูลและการนำเสนอ และ 5) การโต้ตอบกับผู้ใช้หรือความสัมพันธ์กับผู้ใช้ (21)
- ข้อมูลหรือสารสนเทศภูมิศาสตร์ ที่ได้มีการแปลงให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- ผู้ชำนาญการหรือองค์กรในการดำเนินงาน ที่ต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และมีศักยภาพในการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้เพื่อใช้สำหรับพัฒนา ใช้และรักษาระบบ (20)

2.5.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขั้นตอนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย

2.5.4.1 การป้อนข้อมูล (Data Input) เป็นกระบวนการนำเข้าสู่ข้อมูลเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ จากข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงบรรยาย เช่น จากข้อมูลแผนที่ดินแบบ ข้อมูลดาวเทียม และภาพถ่ายทางอากาศ เป็นต้น จะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปตัวเลข (Digital) ที่เครื่องสามารถทำงานได้ โดยการนำเข้าสู่ข้อมูลมี 5 วิธี คือ Keyboard Entry, Coordinate Geometry, Manual Digitizing, Scanning, และ Existing Digital Files ซึ่งการเลือกใช้การนำเข้าวิธีใดนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของข้อมูล โดยลักษณะของข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) ข้อมูลเชิงบรรยายหรือข้อมูลเชิงคุณสมบัติ (Attribute Characteristics) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะต่าง ๆ ของพื้นที่ หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่นั้น เป็นข้อมูลที่มีการแปรผันของสถานที่หนึ่ง ๆ ในช่วงเวลาที่จำกัด อาจเป็นข้อมูลที่มีความต่อเนื่อง (Continuous) เช่น เส้นชั้นระดับความสูง หรือข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่อง (Discontinuous) เช่น จำนวนพลเมือง เป็นต้น โดยการวัดข้อมูลจะออกมาในรูปตัวเลข (Numeric) ได้ 3 ระดับ คือ

- Nominal Level เป็นการวัดข้อมูลอย่างหยาบ โดยจะกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ เพื่อจำแนกคุณลักษณะของสิ่งต่าง ๆ เท่านั้น เช่น จังหวัดชลบุรี = 1 หรืออาจแสดงโดยชื่อของข้อมูล เช่น ชื่อจังหวัดต่าง ๆ เป็นต้น การจัดการข้อมูลได้แก่ การดูความถี่ ยังไม่มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์

- Ordinal Level เป็นการวัดข้อมูลอย่างละเอียดขึ้น โดยเริ่มมีการจัดชั้นหรือแบ่งช่วงของข้อมูล มีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การหาค่ามัธยฐาน เป็นต้น

- Interval-Ratio Level เป็นระดับการวัดข้อมูลที่มีความละเอียดมากที่สุด โดยจะมีการกำหนดการจัดชั้นเพื่อเปรียบเทียบกัน มีการวิเคราะห์และการคำนวณทางคณิตศาสตร์ เช่น การวิเคราะห์สมการการถดถอย ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต เป็นต้น

2) ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Characteristics) เป็นข้อมูลที่สังเกตลักษณะได้ เรียก Spatial Features ประกอบด้วยลักษณะที่ต่าง ๆ กัน 3 รูปแบบ คือ

- รูปแบบจุด (Points) ใช้เป็นตัวแทนอธิบายตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูล เช่น ที่ตั้งของจังหวัด สนามบิน เป็นต้น

- รูปแบบเส้น (Line Feature) ใช้แสดงลักษณะของพื้นที่ที่มีลักษณะแคบ ๆ ที่เป็นเส้นตรง เส้นหักมุม หรือเส้นโค้ง ซึ่งรูปร่างของเส้นเหล่านี้จะอธิบายถึงลักษณะต่าง ๆ โดยอาศัยขนาดทั้งความกว้างและความยาว เช่น ถนน หรือแม่น้ำ เส้นชั้นความสูง เป็นต้น

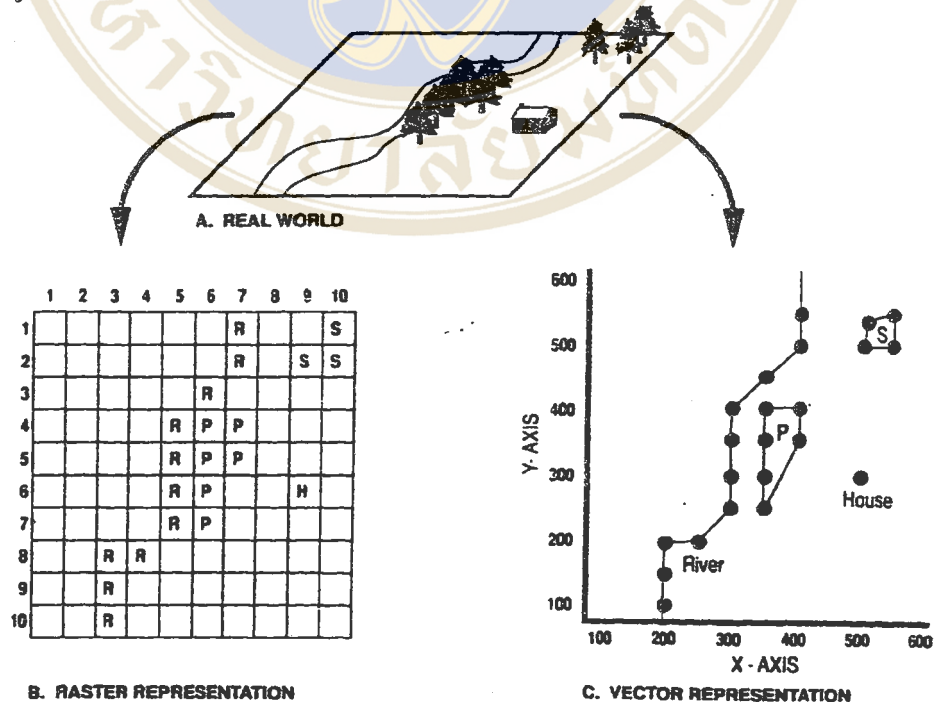
- รูปแบบพื้นที่ (Area Feature) ใช้แสดงลักษณะขอบเขตของพื้นที่ในรูปปิดหรือที่เรียกว่า Polygon ใช้แสดงขอบเขตของพื้นที่เช่น ขอบเขตเมือง พื้นที่อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น

2.5.4.2 การเก็บบันทึกและการเรียกค้นข้อมูล (Data Storage and Retrieval) โดยทั่วไปการเก็บบันทึกข้อมูล ที่ใช้ในการแสดงตำแหน่งของข้อมูลทางภูมิศาสตร์มี 3 วิธี คือ

1) วิธีเวกเตอร์ (Vector Format) เป็นการป้อนข้อมูลจากวัตถุในสภาพพื้นที่จริง ที่ถูกแสดงในรูปแบบที่เป็นจุด เส้น หรือพื้นที่ปิด โดยใช้พิกัด X และ Y เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง แล้วผ่านกระบวนการที่เรียกว่า “Generalization” เพื่อให้ได้ลักษณะมาตราส่วน และรายละเอียดตามต้องการ โดยซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการของระบบนี้ ได้แก่ ARC/INFO เป็นต้น

2) วิธีราสเตอร์ (Raster Format) เป็นการป้อนข้อมูลให้อยู่ในรูปตัวเลขใส่ลงในช่องตารางกริด ขนาดของตารางกริดขึ้นอยู่กับ ก)ความต้องการของผู้ใช้ ข)ขนาดที่เหมาะสมของพื้นที่ศึกษา ค)ระบบที่จะใช้ประมวลผล และ ง)ข้อจำกัดรายละเอียด (Resolution) ของข้อมูลซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการของระบบนี้ ได้แก่ ILWIS เป็นต้น (ภาพที่ 2.7)

3) วิธีควอดทรี (Quadtree Format) คล้ายการทำงานของแบบราสเตอร์ แต่ขนาดของกริดจะถูกแบ่งขนาดให้เล็กลงไปเป็นกริดย่อย ๆ 4 กริด ทำให้ข้อมูลมีรายละเอียดที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซอฟต์แวร์ที่ใช้หลักการของระบบนี้ ได้แก่ SPAN เป็นต้น



ภาพที่ 2.8 แสดงการบันทึกข้อมูลในระบบเวกเตอร์และราสเตอร์

ที่มา : Aronoff (1991, น.164) Copyright by Mahidol University

2.5.4.3 การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Manipulation and Analysis) เป็นการนำวิธีการต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของข้อมูล หรือค่าของกริดที่มีอยู่ให้สามารถนำไปผสมผสานกับข้อมูลอื่น ๆ ทำให้ข้อมูลอยู่ในลักษณะที่สะดวกต่อการเรียกค้น การวิเคราะห์ข้อมูลนั้น ทำให้เกิดผลลัพธ์ต่าง ๆ เช่น การนำข้อมูลมาสร้างเป็นภาพพิมพ์แผนที่ การย่อส่วน การขยายแผนที่ การทำภาพซ้อน เป็นต้น กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นขั้นตอนที่สำคัญคือ กระบวนการแปลงข้อมูล (Spatial Data Transformation) ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ

1) กระบวนการแปลงข้อมูลที่ประยุกต์ใช้กับกริดเพียงกริดเดียว (Single-Grid Transformation) สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็น Attribute และ Spatial-Attribute โดยใช้หลักทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ ในการคำนวณหรือเปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูลในกริด ๆ เดียว

2) กระบวนการเปลี่ยนแปลงข้อมูลของกริดหลายกริด (Multi-Grid Transformation) เป็นการนำข้อมูลในแต่ละกริดมาผสมผสานกัน โดยผ่านกระบวนการทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์เช่นเดียวกับ Single-Grid Transformation แต่แตกต่างตรงวิธีนี้เป็นการใช้ความสัมพันธ์และลักษณะของกริดต่าง ๆ มาดำเนินการร่วมกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของข้อมูลที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์

นอกจากการแปลงข้อมูลแล้วยังมีเทคนิคที่สำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การใช้หลักการเรียงซ้อนกันของข้อมูล หรือแผนที่ (Map Overlay Analysis) โดยอาศัยความสัมพันธ์จากสูตรต่อไปนี้

$$U = f(A,B,C,...)$$

โดยที่ U = ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์
 A,B,C = เป็นข้อมูลหรือแผนที่ที่นำมาเรียงซ้อนกัน

นอกจากนี้ยังแบ่งลักษณะการวิเคราะห์ โดยอาศัยหลักการเรียงซ้อนกัน (Overlay Analysis) ออกตามลักษณะของข้อมูล ได้แก่ จุดข้อมูล (Point) กลุ่มข้อมูล (Region) และจุดข้อมูลที่อยู่รอบ ๆ (Neighbour Hoods)

2.5.4.4 การรายงานผลข้อมูล (Data Output and Reporting) การแสดงผลข้อมูลเป็นกระบวนการในการนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์คำนวณ ให้อยู่ในรูปแบบที่ผู้ใช้สามารถ

เข้าใจและถ่ายเทข้อมูลไปยังระบบคอมพิวเตอร์อื่น ๆ ได้ ซึ่งรูปแบบการรายงานผลข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) Hardcopy Output เป็นการแสดงผลออกมาในรูปแบบที่ต่าง ๆ โดยมีอุปกรณ์ช่วยในการแสดงผล เช่น Pen Plotter, Line Printer, Electrostatic Plotter และ Optical Film Writers เป็นต้น

2) Softcopy Output เป็นการแสดงผลออกทางจอคอมพิวเตอร์อาจเป็นข้อมูลที่เป็นตัวหนังสือ หรือรูปภาพ

2.5.5 ประโยชน์ของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ในด้านผลประโยชน์จากการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์นั้น เป็นเรื่องยากที่จะดีค่าออกมาได้ แต่ก็ได้มีการดีค่าหรือแบ่งผลประโยชน์ออกเป็น 2 ส่วน คือ (20)

- 1) ผลประโยชน์ที่จับต้องได้ (Tangible Benefits) ได้แก่
 - ประหยัดเวลาในการผลิตและปรับปรุงแผนที่ให้ทันสมัย
 - ประหยัดเวลาในการบำรุงรักษาอุปกรณ์เครื่องมือ
 - การบำรุงรักษาทำได้ดีกว่า
 - วางแผนและวิศวกรรมได้ดีกว่า
 - ประหยัดเวลา และก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการบริหารได้สูงกว่า
 - ข้อมูลมีความทันสมัย และการเข้าถึงข้อมูลทำได้ดีกว่า
- 2) ผลประโยชน์ที่จับต้องไม่ได้ (Intangible Benefits) ได้แก่
 - มีข้อมูลมากขึ้น
 - วิเคราะห์ได้ดีขึ้นโดยใช้เวลาน้อยลง
 - เพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์
 - วิเคราะห์ในสิ่งไม่เคยทำมาก่อนได้
 - การตัดสินใจและวางแผนที่ดีกว่า
 - เพิ่มความเข้าใจและการวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนได้ดีขึ้น

2.5.6 การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในงานด้านต่าง ๆ

ปัจจุบันหน่วยงานต่าง ๆ ในประเทศไทย ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน กรมที่ดิน สำนักงานสถิติแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กรมป่าไม้ กรมวิชาการเกษตร สถาบันเพื่อการพัฒนาประเทศไทย เป็นต้น และตามมหาวิทยาลัยต่าง ๆ เช่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นต้น รวมทั้งงานวิจัยในสาขาต่าง ๆ ได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มาใช้เพื่อช่วยในการตัดสินใจในงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ

ตัวอย่างกรณีศึกษาด้านต่าง ๆ ที่ได้มีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ ได้แก่

- ใช้ในงานด้านการเกษตร ส่วนใหญ่จะเป็นการใช้หาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกพืชเกษตรแต่ละชนิด เช่น การทำแผนที่สำหรับการปลูกข้าวโพด โดยใช้ทฤษฎีการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน, การกำหนดเขตของพื้นที่ที่จะสามารถให้ผลกำไรจากการปลูกกาแฟได้ดีที่สุด
- งานด้านป่าไม้และสัตว์ป่า เช่น การกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกสร้างสวนป่าทั้งในแง่เศรษฐกิจและการรักษาความสมดุลของระบบนิเวศ, การศึกษาความสามารถในการรองรับของพื้นที่ป่าไม้ในการนำไม้ออกจากป่า, การวางแผนและการจัดการอุทยานแห่งชาติ เป็นต้น สำหรับงานด้านสัตว์ป่า เช่น การประเมินลักษณะถิ่นอาศัยของกวาง, การศึกษาการวางท่อน้ำมันผ่านป่าโดยไม่มีผลกระทบต่อการใช้เส้นทางของสัตว์ป่า เป็นต้น
- งานด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการรองรับขยะของเมืองต่าง ๆ การศึกษาผลกระทบของสนามบินต่อคุณภาพการได้ยินของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบสนามบิน, การวิเคราะห์ผลเสียที่เกิดจากความแห้งแล้งของโลก, การทำนายผลกระทบที่เกิดจากปรากฏการณ์เรือนกระจก เป็นต้น (18)
- งานด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน
- งานด้านการพัฒนาแหล่งพลังงาน
- งานด้านการวิจัยการประมงและมหาสมุทร
- งานด้านการวิจัยด้านการตลาด
- อื่น ๆ (TYDAC)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความชื้นในดิน และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ดังนี้

D.S. Lin, E.F. Wood, K. Beven และ S. Saatchi ได้ศึกษาการประมาณความชื้นของดินโดยใช้ข้อมูลจากระบบเรดาร์ (Synthetic Aperture Radar) สัมพันธ์กับการเก็บข้อมูลปัจจัยทางพื้นที่และปัจจัยทางภูมิอากาศ เช่น ความชื้นดิน ความลึก พืชปกคลุม สภาพพื้นผิวของพื้นที่ ผลการศึกษาสรุปได้ว่า การทำนายสภาพความชื้นของดินบนพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ ให้ผลดีโดยการใช้สมการการถดถอย และทำการผลิตแผนที่แสดงความชื้นของดินโดยใช้ความสัมพันธ์ตามที่กำหนดไว้ (23)

รมณีย์ ทองคารา ได้ทำการศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน ได้ว่าผลจากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีต่อปริมาณความชื้นของดิน โดยใช้สมการการถดถอย พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลึกของดิน เนื้อดิน ฤดูกาล ปริมาณน้ำฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นของดิน และจากสมการประมาณค่าความชื้นของดินสามารถจัดทำเป็นแผนที่ความชื้นของดิน เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบหรือวางแผนการเพาะปลูกหรือการให้น้ำแก่พืชได้ (24)

สุนทรียังชัชวาลย์ ได้ทำการศึกษาเรื่องการผันแปรในรอบปีของความชื้นของดิน และค่าน้ำไฟฟ้าของสารละลายดินในชุดดินกำแพงแสน ซึ่งปรากฏมีปัญหาดินเค็ม ผลการศึกษาพบว่า น้ำชลประทานเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีมาก คือมีปริมาณเกลือต่ำ ค่าน้ำไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งปีอยู่ในช่วง 0.24-0.26 dS/m เท่านั้น เหมาะสมสำหรับใช้ล้างเกลือในดิน การมีบ่อเก็บน้ำขนาดใหญ่ที่มีระดับน้ำสูงทำให้ระดับน้ำใต้ดินในแปลงทดลองรอบด้านขึ้นมาอยู่ที่สูงถึง 20-40 ซม. จากผิวดินในช่วงหน้าฝนและอยู่ที่ประมาณ 60-80 ซม. ในช่วงหน้าแล้ง ทั้งนี้ น้ำใต้ดินจะมีปริมาณเกลือในน้ำสูง โดยมีค่าน้ำไฟฟ้าของน้ำเฉลี่ย 3.5-9.9 dS/m ความชื้นในดินมีค่าร้อยละเชิงมวลเฉลี่ยอยู่ในช่วง 14.7-21.4 และค่าน้ำไฟฟ้าของสารละลายดินอยู่ในช่วง 0.4-7.9 dS/m ซึ่งเป็นระดับน้ำที่จัดว่าเค็ม โดยที่ดินชั้นล่างมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งปี ในขณะที่ดินบนมีความชื้นผันแปรตามสภาพฝนและการให้น้ำแก่ดิน การศึกษาความสัมพันธ์ของค่าที่วัด ได้ต่าง ๆ ให้ผลสรุปว่า ค่าน้ำไฟฟ้าของน้ำใต้ดินและของ

สารละลายดิน จะมีการกระจายแบบปกติหลังจากการแปรรูปเป็นค่าลอการิทึมแล้ว นอกจากนี้ระดับน้ำใต้ดินมีความต่อเนื่องกันทุกจุดที่ได้ทำการศึกษา ทั้งยังสัมพันธ์กับค่านำไฟฟ้าของน้ำนั้น โดยค่านำไฟฟ้าของน้ำจะมีค่าสูงเมื่อระดับน้ำใต้ดินลดต่ำจากผิวดินลงไป และน้ำใต้ดินที่ติดต่อกันเป็นผืนใหญ่และอยู่ตื้นนี้ยังมีความสัมพันธ์กับความชื้นของดินและค่านำไฟฟ้าของสารละลายดินอีกด้วย (25)

บุปผา คงมอญ ได้ทำการศึกษาเรื่องการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่ว 3 ชนิดที่ปลูกตามข้าว ในนาซึ่งมีความชื้นในดินที่ต่างกัน 3 ระดับ พบว่า ถั่วพุ่มสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่นาทั้ง 3 ระดับ คือ นาดอนดอนบน (ความชื้นในดินต่ำ) นาดอนดอนกลาง (ความชื้นในดินปานกลาง) และนาลุ่ม (ความชื้นในดินสูง) และให้ผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน สำหรับถั่วลิสงนั้นเจริญเติบโตดีที่สุด และให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงสุดเมื่อปลูกในพื้นที่นาลุ่ม ส่วนถั่วเหลืองที่ปลูกบนพื้นที่นาดอนดอนกลางและนาลุ่มมีอายุเก็บเกี่ยวยาวนานกว่า และให้ผลผลิตสูงกว่าถั่วเหลืองที่ปลูกบนพื้นที่นาดอนดอนบน และจากการศึกษานี้สามารถใช้พื้นที่นาลุ่มปลูกพืชตระกูลถั่วได้ทั้ง 3 ชนิดแล้วให้ผลผลิตสูง ทั้งนี้เพราะพื้นที่นาลุ่มมีระดับความชื้นในดินที่พอเหมาะตลอดอายุพืช โดยไม่มีช่วงที่ระดับความชื้นต่ำกว่าค่า FC หรือมากกว่าค่า FC นานเกินไป (26)

ธนินทร์ พงศ์มาศ ได้ทำการศึกษาเรื่องการสำรวจพื้นที่ทางธรณีวิทยา และธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนดขอบเขตที่เหมาะสมของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ พบว่า การสำรวจหาชั้นหินด้วยการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบเวนเนอร์ในพื้นที่ 25 ตารางกิโลเมตร โดยมีความหนาแน่นของสถานี 1.36 พื้นที่ส่วนมากปกคลุมด้วยดินสีน้ำซึ่งผุกร่อนมาจากหินบะซอลต์ มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.20 โอห์ม-เมตร ส่วนบริเวณที่เป็นผืนละอองสีเทาหามีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าระหว่าง 30-200 โอห์ม-เมตร ที่ระดับความลึกต่างกันมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าตั้งแต่ 90-1351 โอห์ม-เมตร ซึ่งคาดว่าจะเป็นที่ดินที่มีความพรุนมากและความพรุนน้อย และเมื่อแสดงภาพตัดขวาง จะทำให้เห็นถึงภูมิลักษณะเป็นแอ่งที่สามารถใช้กักเก็บน้ำใต้ดินได้มีอยู่ 2 แอ่ง (27)

จากการทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับหลักการและทฤษฎีในเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปเนื้อหาพอสังเขปได้ดังนี้

(1) ความรู้เกี่ยวกับน้ำใต้ดิน สรุปได้ว่าน้ำใต้ดินเป็นส่วนหนึ่งของแหล่งน้ำที่มีอยู่ตามธรรมชาติ และเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรน้ำ โดยเกิดจากน้ำฝนที่ซึมลงสู่ผิวดินด้วยแรงโน้มถ่วงของ

โลก และจะถูกเก็บไว้ตามช่องว่างของดินและหิน ซึ่งถือเป็นคุณสมบัติอันหนึ่งเกี่ยวกับน้ำใต้ดิน รวมถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับความพรุน ซึ่งจะชี้ให้เห็นว่าหินจะเก็บน้ำได้มากหรือน้อย และความซึมได้ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงการที่น้ำจะสามารถซึมผ่านไปได้เร็วหรือช้า รวมถึงการไหลของน้ำใต้ดิน ซึ่งพบว่า จะไหลจากที่สูงไปสู่ที่มีระดับต่ำกว่า โดยมีอัตราการไหลค่อนข้างช้า โดยการไหลจะขึ้นกับระดับน้ำใต้ดิน การวางตัวของชั้นหินอุ้มน้ำในหินเนื้อแน่น และการขุดบ่อ เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ก็มีความเกี่ยวข้องกับชนิดของชั้นหินอุ้มน้ำ โดยสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ชั้นหินอุ้มน้ำจากชั้นหินตะกอนร่วน ซึ่งพบว่าจะมีน้ำที่ถูกกักเก็บแล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์อยู่ในปริมาณที่มากกว่า ชั้นน้ำจากหินแข็ง

(2) ความชื้นในดิน เป็นเรื่องที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับน้ำใต้ดิน เพราะถือได้ว่าความชื้นในดินเป็นส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดิน โดยในสภาพธรรมชาติในดินจะมีความชื้นสะสมอยู่เสมอไม่มากนัก และความชื้นที่อยู่ในดินนี้เองที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยความชื้นในดินจะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ น้ำเชื้อ ซึ่งไม่มีประโยชน์ต่อพืช เนื่องจากถูกยึดติดแน่นกับเม็ดดิน น้ำขับ ถือว่าเป็นน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด และน้ำอิสระ เป็นประโยชน์ต่อพืชในทางอ้อม โดยเป็นตัวช่วยเสริมไม่ให้น้ำขังขาดแคลน ทั้งนี้ความเป็นประโยชน์ของความชื้นดินต่อพืช ก็คือ น้ำขับที่อยู่ระหว่างความจุความชื้นในสนามกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร หรือ คือผลต่างระหว่างความชื้นดินของค่าความจุความชื้นกับจุดเหี่ยวเฉาถาวร โดยสามารถหาความชื้นได้โดยวิธีการที่ง่าย และนิยมใช้กันมาก คือ วิธีใช้เครื่องอบตัวอย่างดิน

(3) ความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดิน ความชื้นดิน และพืช ได้กล่าวถึง การกระจายตัวของความชื้นเหนือระดับน้ำใต้ดิน ซึ่งแบ่งเป็น 2 โซนใหญ่ ๆ คือ โซนอากาศหรือโซนเหนือระดับน้ำใต้ดิน โดยโซนนี้อนุภาคของดินจะมีอากาศและน้ำบรรจุอยู่ในช่องว่างของดินและหิน และโซนซึ่งอึดตัวน้ำหรือโซนน้ำบาดาล พบว่าช่องว่างของดินหรือหินจะถูกบรรจุด้วยน้ำที่อยู่ภายใต้แรงดันน้ำ นอกจากนี้ความลึกของระดับน้ำใต้ดินก็มีความสัมพันธ์กับผลผลิตพืช ถึงแม้ว่าระดับน้ำใต้ดินจะไม่มีผลกระทบโดยตรง แต่จะมีผลโดยอ้อมในแง่ของสภาพความชื้นในดินบริเวณรากพืช รวมถึงความสัมพันธ์ของพืชและการใช้น้ำของพืช ซึ่งปกติแล้วความชื้นส่วนบนที่ติดกับผิวดินจะมีการสูญเสียไปได้ง่าย ดังนั้นความชื้นที่พืชนำไปใช้เพิ่มเติมนั้นมาจากความชื้นที่อยู่ในชั้นล่างลงไป โดยความชื้นในชั้นล่างที่สะสมอยู่นั้นจะมาจากอิทธิพลจากน้ำใต้ดิน

(4) การสำรวจน้ำใต้ดินจากผิวดิน เป็นการสำรวจเบื้องต้นที่สามารถสรุปภาพคร่าว ๆ เกี่ยวกับน้ำใต้ดินได้ โดยมีหลายวิธี เช่น การสำรวจโดยวิธีอุทกธรณีวิทยา และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ซึ่งประกอบด้วย 3 วิธี คือ (ก) การสำรวจโดยวัดความต้านทานกระแสไฟฟ้า มีหลักการ คือ ปลอຍกระแสไฟฟ้าลงไปในพื้นที่ดินหรือหิน แล้วใช้เทคนิคหรือเครื่องมือวัดหาความต้านทานกระแสไฟฟ้าในพื้นที่ดินหรือหินแต่ละชั้น แล้วนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟให้สัมพันธ์กับความลึกที่ได้ทำการวัด จากนั้นนำกราฟที่ได้มาแปลความหมายทางด้านธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาต่อไป โดยวิธีนี้จะเกี่ยวข้องโดยตรงกับน้ำที่อยู่ในช่องว่างของดินหรือหิน เนื่องจากกระแสไฟฟ้าจะถูกนำไปได้นั้นต้องมีสื่อในการนำ ซึ่งก็คือน้ำนั่นเอง นอกจากวิธีข้างต้นแล้วยังมี (ข) การสำรวจโดยการวัดคลื่นสะท้อนแบบหักเห และ (ค) การสำรวจแรงโน้มถ่วงและสนามแม่เหล็ก ซึ่งยกตัวอย่างให้เห็นรายละเอียดพอสังเขป

(5) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สรุปได้ว่า เป็นระบบของอุปกรณ์เครื่องมือคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเชื่อมโยง จัดเก็บ วิเคราะห์ และจัดการกับฐานข้อมูลทั้งในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่และเชิงคุณสมบัติ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ทางภูมิศาสตร์ เป็นประโยชน์ในการนำมาจัดการและวางแผนการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนของระบบพอสังเขป ดังนี้ การป้อนข้อมูล โดยข้อมูลที่จะป้อนต้องอยู่ในรูปแบบของตัวเลข การเก็บ บันทึกและเรียกค้นข้อมูล โดยการบันทึกข้อมูล มี 3 วิธี คือ วิธีเวกเตอร์ โดยใช้พิกัด X และ Y เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง วิถีราสเตอร์ จะใช้ช่องตารางกริดสำหรับป้อนข้อมูลตัวเลขลงไป และวิธีควอเทอรี ซึ่งคล้ายกับวิถีราสเตอร์ แต่ขนาดกริดจะถูกแบ่งย่อย ๆ ลงไปอีก ขั้นตอนต่อไปคือ การจัดการและวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะใช้วิธี เรียงซ้อนกันของข้อมูล และขั้นตอนสุดท้าย คือ การรายงานหรือการแสดงผลข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงผลเป็นแผนที่ หรือรูปภาพที่อยู่บนจอคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

จากเรื่องต่าง ๆ ทั้ง 5 เรื่องที่ได้รวบรวมและสรุป รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวนี้ ถือได้ว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่งในการที่จะนำเนื้อหา และรายละเอียดในบางส่วนที่เป็นหลักการสำคัญไปใช้เป็นแนวทางในการประกอบในส่วน of รายละเอียดของวิธีการศึกษาต่อไป

บทที่ 3

พื้นที่ศึกษา

3.1 ที่ตั้งของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาดังอยู่ในขอบเขตของหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประกอบด้วยหมู่บ้านจำนวน 15 หมู่บ้าน ตั้งอยู่ในเขตตำบลเขาหินซ้อน และตำบลเกาะขนุน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ประมาณ 113,214 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 13 องศา 40 ลิปดา - 13 องศา 48 ลิปดา เหนือ และเส้นแวงที่ 101 องศา 22 ลิปดา - 101 องศา 38 ลิปดา ตะวันออก (ดังภาพที่ 3.1)

3.2 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศ มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชันประมาณ 2-5% พื้นที่ตรงกลางค่อนข้างไปทางตะวันออกเป็นพื้นที่สูง และค่อย ๆ ลาดต่ำลงมาทางทิศตะวันตกและใต้จนถึงบริเวณที่เป็นลำน้ำ สำหรับพื้นที่บริเวณใกล้แหล่งน้ำจะค่อนข้างเรียบ

3.3 สภาพภูมิอากาศ

ภูมิอากาศของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,302.72 มิลลิเมตรต่อปี ฤดูแล้งเริ่มจากเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม มีฝนตกเฉลี่ย 18.67 มิลลิเมตรต่อเดือน ฤดูฝนเริ่มจากเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม เดือนที่เหมาะสมในการปลูกพืชเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เนื่องจากมีการแพร่กระจายของฝนอย่างสม่ำเสมอ คือ 191.89 มิลลิเมตร

ต่อเนื่อง ความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูแล้งประมาณ 60-68 เปอร์เซ็นต์ ฤดูฝนประมาณ 77-83 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียส (ปริมาณน้ำฝนต่อปีดูได้จากตารางที่ 3.1)

ตารางที่ 3.1 แสดงปริมาณน้ำฝนต่อปีของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน พ.ศ. 2524-2541

พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝน
2524	1,111.4
2525	1,165.5
2526	1,797.3
2527	1,300.2
2528	1,220.3
2529	1,377.6
2530	1,209.6
2531	1,254.1
2532	973.4
2533	1,287.5
2534	1,439.5
2535	1,111.9
2536	1,267.1
2537	1,445.8
2538	1,563.9
2539	1,457.8
2540	1,001.6
2541	1,334.3

3.4 สภาพทางธรณีวิทยาและวัตถุดินกำเนิดดิน

ธรณีวิทยาและวัตถุดินกำเนิดดิน มีความเกี่ยวข้องกับการเกิดของดินและมีความสัมพันธ์กับสภาพพื้นที่ โดยสามารถแบ่งสภาพการเกิดได้เป็น 4 ลักษณะ คือ

1. ดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต ส่วนใหญ่จะพบบริเวณที่สูงของเนิน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหรือร่วนเหนียวปนทราย และเป็นดินลึก
2. ดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิตที่ถูกพัดพามาทับถมกัน พบบริเวณส่วนต่ำของเนิน หรือบริเวณที่ราบต่ำระหว่างเนิน เนื้อดินเป็นดินทราย

3. ดินที่เกิดจากอนุภาคทรายที่ได้จากการสลายตัวของหินแกรนิต ถูกพัดพามาทับถมกันบริเวณที่ต่ำ และมีน้ำท่วมขังในฤดูฝน เนื้อดินเป็นดินเหนียวในทราย เป็นดินลึก และมีการระบายน้ำแล้ว

4. ดินที่เกิดจากการพัดพามาทับถมของตะกอนลำน้ำ พบบริเวณห้วยน้ำโจน เกิดจากตะกอนลำน้ำพัดพามาทับถมเป็นแนวแคบๆ เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวหรือร่วนเหนียวปนทราย (28)

3.5 ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา

ลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่จะมีชนิดของหินที่กักเก็บน้ำบาดาล 3 ประเภท คือ (1) กรวด ทราย มีความลึกเฉลี่ย 15-40 เมตร และ 25-70 เมตร (บางแห่ง) (2) หินแกรนิต ความลึกเฉลี่ย 15-40 เมตร และ 20-60 เมตร (บางแห่ง) และ (3) หินชีสต์ หินไนส์ หินฟิลไลต์ ความลึกเฉลี่ย 20-40 เมตร และ 15-25 เมตร (บางแห่ง) สำหรับระดับน้ำปกติโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2-11 เมตร

ชนิดของชั้นหินให้น้ำ สามารถจำแนกได้เป็น 3 ประเภท คือ

- ชั้นน้ำบาดาลในหินร่วนประเภทตะกอนน้ำพา และตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเคลย์ จากชนิดหินให้น้ำจะทำให้ทราบถึงแหล่งที่จะพบน้ำบาดาล คือ น้ำบาดาลถูกกักเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างกรวด และทรายที่สะสมตัวอยู่ในที่ราบลุ่มน้ำท่วมถึง ประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาลหลายชั้น ตั้งแต่ความลึก 20-140 เมตร

- ชั้นน้ำบาดาลในหินร่วนประเภทตะกอนตะพักลุ่มน้ำ ได้แก่ กรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเคลย์ บางแห่งเป็นดินแลง สีลาแลง และหิน จากชนิดหินให้น้ำจะทำให้ทราบถึงแหล่งที่จะพบน้ำบาดาล คือ น้ำบาดาลจะถูกเก็บอยู่ในช่องว่างระหว่างกรวดและทราย ที่สะสมตัวอยู่ตามทางน้ำเก่า และบริเวณหินผุ ความลึกของชั้นน้ำบาดาลอยู่ระหว่าง 10-40 เมตร

- ชั้นน้ำบาดาลในหินแข็ง ซึ่งก็คือ หินแกรนิต ได้แก่ หินไบโอไทต์ มัสโคไวต์ โดยมีลักษณะเป็นสีเทาอ่อน เนื้อหยาบถึงปานกลาง บางแห่งเนื้อดอก สายเพกมาไทต์ และพองหิน

ควอดซ์ โดยน้ำบาดาลจะสะสมตัวอยู่ในรอยแตก รอยแยกของหิน ความลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 15-40 เมตร

จากชนิดหินให้น้ำทั้ง 3 ประเภท พบว่า มีปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ อยู่ในช่วงน้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง ถึง มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง โดยสามารถจัดกลุ่มของข้อมูลข้างต้นออกเป็น 7 กลุ่ม (ดังภาพที่ 3.2) ได้แก่

กลุ่มที่ 1 ชนิดหินให้น้ำเป็นหินแกรนิต ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

กลุ่มที่ 2 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

กลุ่มที่ 3 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนน้ำพาและตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

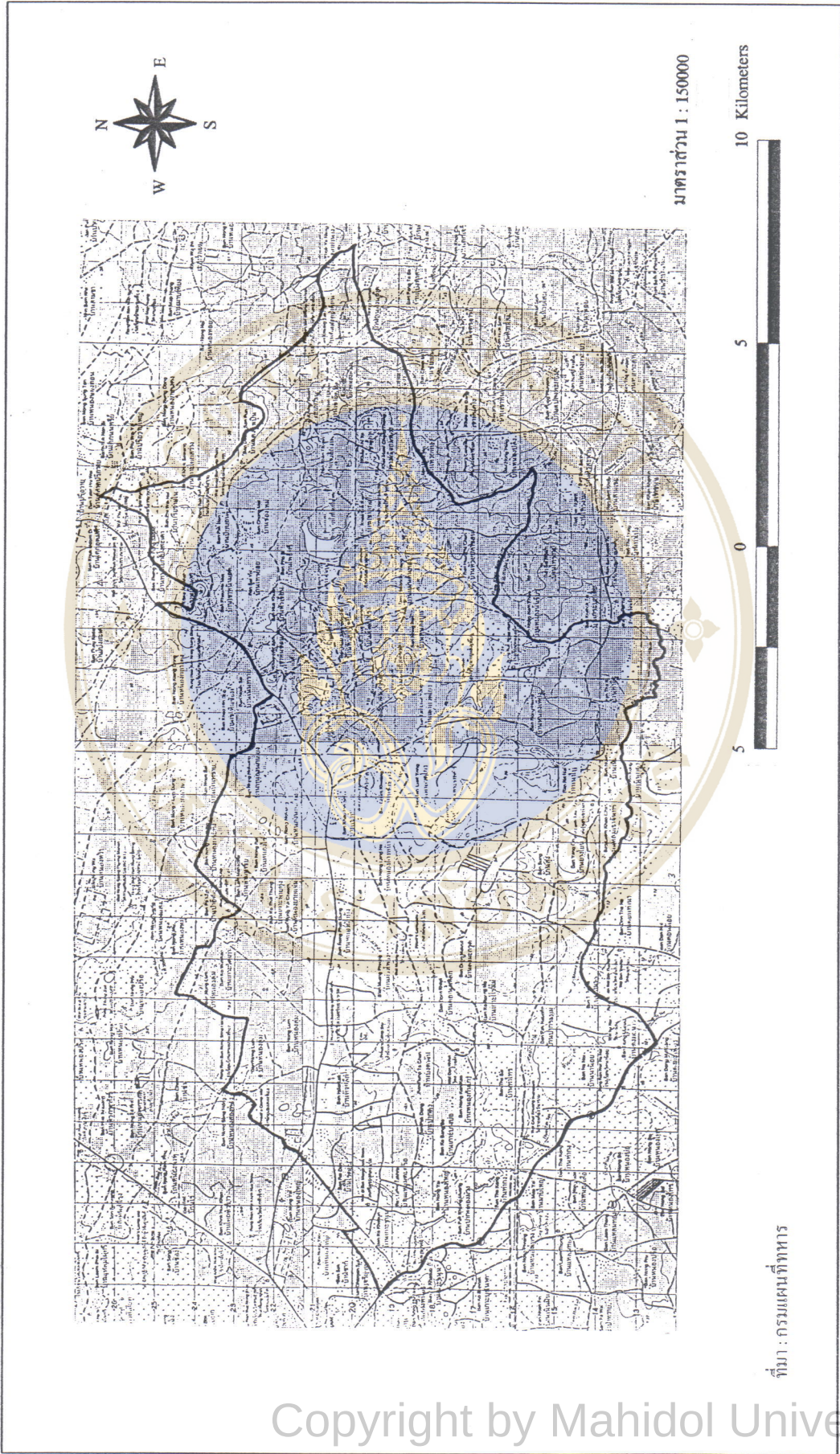
กลุ่มที่ 4 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ มากกว่า 10 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

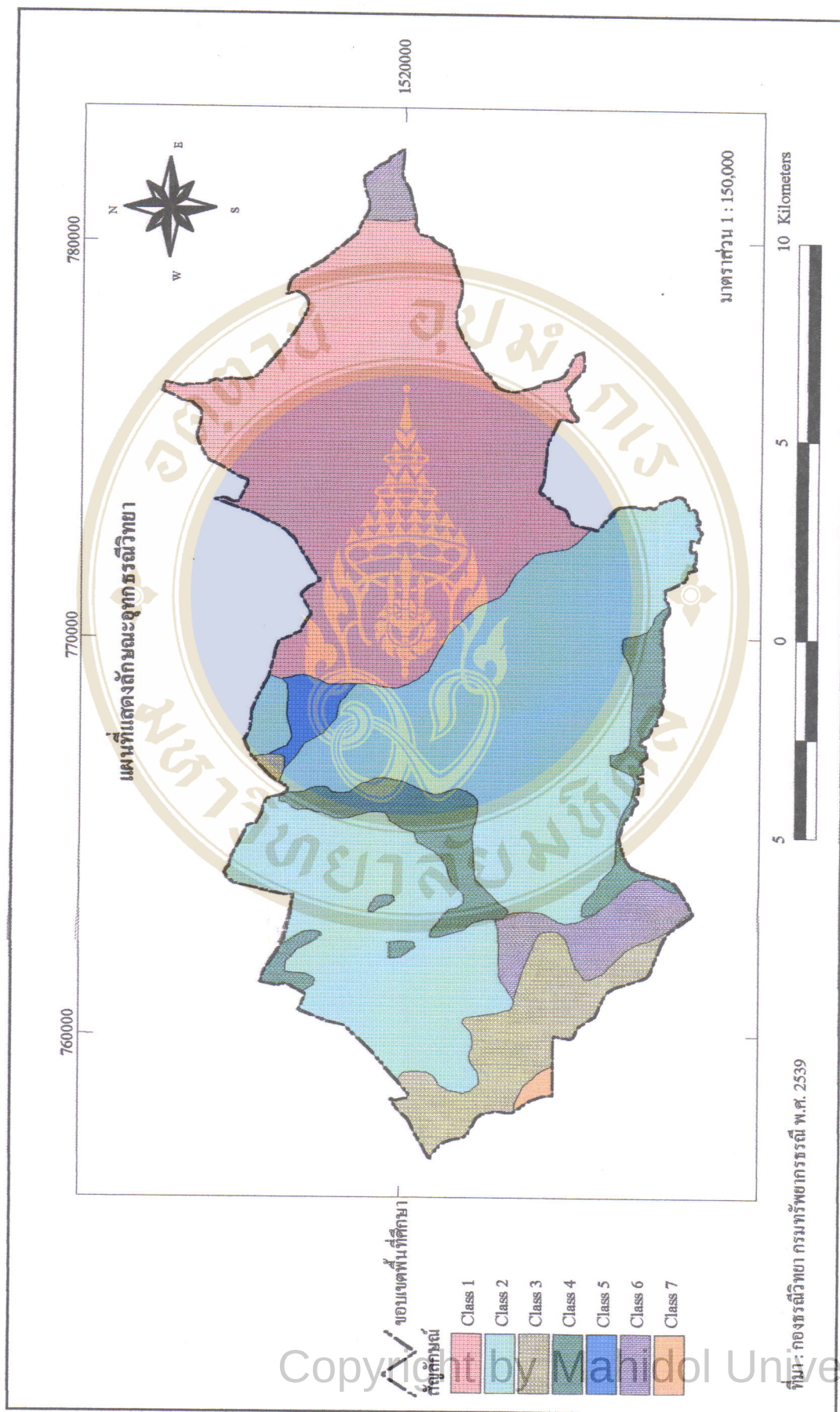
กลุ่มที่ 5 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ 2-5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

กลุ่มที่ 6 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนน้ำพาและตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ 2-5 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ น้อยกว่า 750 มิลลิกรัม/ลิตร

กลุ่มที่ 7 ชนิดหินให้น้ำเป็นตะกอนน้ำพาและตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ปริมาณน้ำที่คาดว่าจะพัฒนาได้ น้อยกว่า 2 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง และมีปริมาณสารทั้งหมดที่ละลายในน้ำ 750-1,500 มิลลิกรัม/ลิตร

สำหรับด้านคุณภาพของน้ำบาดาล พบว่า มีปริมาณคลอไรด์อยู่ในระดับ น้อยกว่า 200 ppm ความกระด้างอยู่ในช่วง 200-600 ppm ปริมาณเหล็ก น้อยกว่า 1 ppm และปริมาณไนเตรต มากกว่า 45 ppm (29)





ภาพที่ 3.2 แสดงลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

3.6 ดินและสภาพความชื้นดิน

ชนิดดินและสภาพความชื้นดิน พบว่าดินส่วนใหญ่ในพื้นที่อยู่ในอันดับอุลติโซล (Ultisols) และเอนติโซล (Entisols)

สภาพระบอบความชื้นดินแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.6.1 Ustic Moisture Regime หมายถึง สภาพความชื้นดินในรอบปีมีช่วงแห้งของดินมากกว่า 90 วัน

3.6.2 Aquic Moisture Regime หมายถึง สภาพความชื้นในรอบปีดินจะมีการอิ่มตัวด้วยน้ำในช่วงระยะเวลาหนึ่งอย่างเด่นชัด (30)

ชุดดินในพื้นที่ศึกษา คือ ดินชุดมาบบอน ซึ่งเป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินแกรนิต และหินควอตไซต์ที่เกิดอยู่กับที่ สภาพพื้นที่มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันประมาณ 3-6 เปอร์เซ็นต์ ดินชุดนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี ดินมีความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง มีการไหลบ่าของน้ำผิวดินเร็วถึงเร็วปานกลาง ตามปกติระดับน้ำใต้ดินจะลึกกว่า 2 เมตรตลอดปี

ดินบนมีความลึกไม่เกิน 20 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีพื้นเป็นสีน้ำตาล หรือสีน้ำตาลปนเหลือง ไม่มีจุดประสี ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง ค่าความเป็นกรดค่า (pH) ประมาณ 6.0-7.0 ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหยาบปนหินควอตไซต์ มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลเข้ม หรือสีเหลืองปนแดง ปฏิกริยาเป็นกรดแก่จนถึงเป็นกลาง pH ประมาณ 5.0-7.0 ดินชุดนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลาง และมีคุณสมบัติทางกายภาพดีพอควร (31) คูณหน่วยที่ดินและชุดดินในพื้นที่ศึกษาได้ดังตารางที่ 3.2 และภาพที่ 3.3

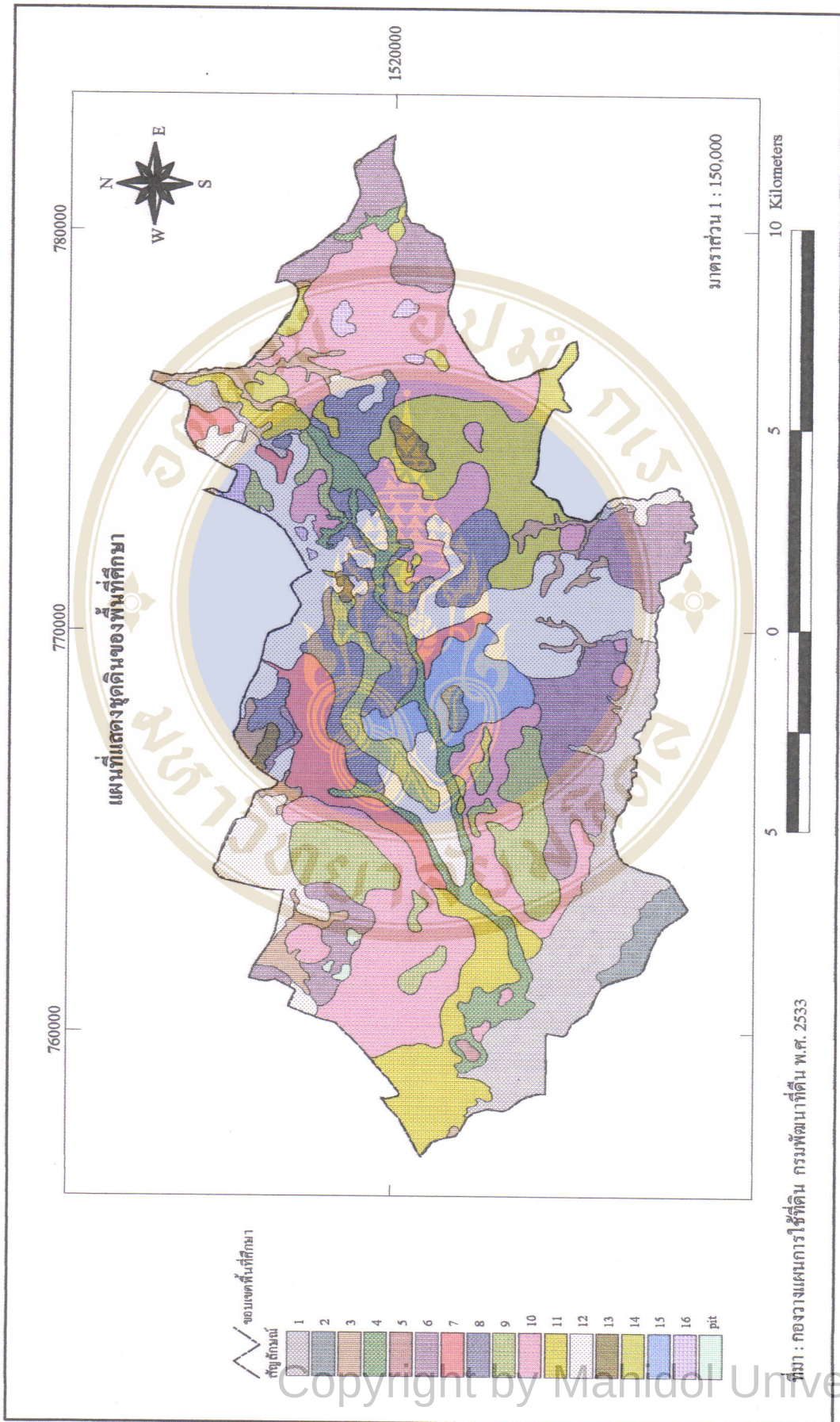
3.7 พืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

พืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนมากเกิดขึ้นจากการดำเนินงานของโครงการจากหน่วยราชการ เช่น การสร้างสวนป่าสมุนไพรของชมรมสมุนไพร การอนุรักษ์ดินและน้ำของกรมพัฒนาที่ดิน การปลูกยางพารา ไม้ผล พืชไร่ และป่าไม้ในพื้นที่ส่วนพระองค์ ส่วนพื้นที่เอกชนมีการทำการเกษตร เช่น มันสำปะหลัง พืชไร่ นาข้าว ไม้ผลบริเวณรอบพื้นที่อาศัย และมีการทำบ่อทราย บ่อลูกรัง (รายละเอียดเพิ่มเติมดูได้จากตารางที่ 3.3 และภาพที่ 3.4)

ตารางที่ 3.2 แสดงหน่วยที่ดินและชุดดินในพื้นที่ศึกษา

หน่วยที่	ชุดดิน	สัญลักษณ์	คำอธิบาย
1	ชุดดินบางรา	Ba-cl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียว ความลาดชัน 0-2%
2	ชุดดินเชียงราย	Cr-cl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียว ความลาดชัน 0-2%
3	ชุดดิน โลกเคียน	Ko-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 0-2%
4	หน่วยรวมของชุดดิน โลกเคียนและเขาชัย	Ko-Kyo-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 0-2%
5	ชุดดินนครปฐม	Np-cl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนเหนียว ความลาดชัน 0-2%
6	ชุดดินบางกล้า	Bka-sl, 2-5%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 2-5%
7	ชุดดินจันทึก	Cu-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินทรายปนร่วน ความลาดชัน 0-2%
8	ชุดดินมาบบอง	Mb-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินทรายปนร่วน ความลาดชัน 0-2%
9	ชุดดินมาบบอง	Mb-sl, 2-5%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 2-5%
10	ชุดดินมาบบอง	Mb-sl, 2-5%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ความลาดชัน 2-5%
11	ชุดดินมาบบอง	Mb-br-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาล ความลาดชัน 0-2%
12	ชุดดินมาบบอง	Mb-br-sl, 2-5%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาล ความลาดชัน 2-5%
13	ชุดดินมาบบอง	Mb-br-cos-sl, 0-2%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหยาบ มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาล ความลาดชัน 0-2%
14	ชุดดินมาบบอง	Mb-br-cos-sl, 2-5%	เนื้อดินบนเป็นดินร่วนหยาบ มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาล ความลาดชัน 2-5%
15	ชุดดินมาบบอง	Mb-br-m-sl, 2-5%	มีจุดประสีเทา เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาล ความลาดชัน 2-5%
16		Slope Complex	พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน
17		Laterite Pit	บ่อลูกรัง

ที่มา : แผนที่ดิน มาตราส่วน 1:15,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน (2533)



ภาพที่ 3.3 แสดงชุดดินของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

3.8 แหล่งน้ำ

แหล่งน้ำที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรและด้านอื่น ๆ ประกอบด้วย อ่างเก็บน้ำ 9 แห่ง บ่อน้ำ สระเก็บน้ำ คลองส่งน้ำ และลำน้ำที่สำคัญ 4 แห่ง ได้แก่ ห้วยเจ็ก ห้วยสำโรงเหนือ ห้วยสำโรงใต้ และห้วยน้ำโจน ห้วยเหล่านี้จะมีน้ำไหลในช่วงฤดูฝนเท่านั้น ส่วนใหญ่ในฤดูแล้งจะไม่มีน้ำ สำหรับในส่วนของน้ำใต้ดิน พบว่า บริเวณพื้นที่ดอนและเป็นลูกคลื่นลอนลาดระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ลึกประมาณ 1.8 เมตร และบริเวณพื้นที่ลุ่มต่ำระดับน้ำใต้ดินจะลึกประมาณ 80-90 เซนติเมตร (28)

3.9 สภาพทางเศรษฐกิจ

เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายซึ่งเหมาะแก่การปลูกพืชไร่ และบางพื้นที่เป็นที่ลุ่มเนื้อดินจะเป็นดินเหนียวเหมาะแก่การทำนา ดังนั้นสภาพทางเศรษฐกิจของประชากรจึงขึ้นกับการกสิกรรม โดยพืชไร่ที่เกษตรกรในพื้นที่ได้ทำการปลูก ได้แก่ มันสำปะหลัง อ้อย บางพื้นที่ทำการปลูกไม้ผล เช่น มะม่วง ขนุน มะพร้าว เป็นต้น

ตารางที่ 3.3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

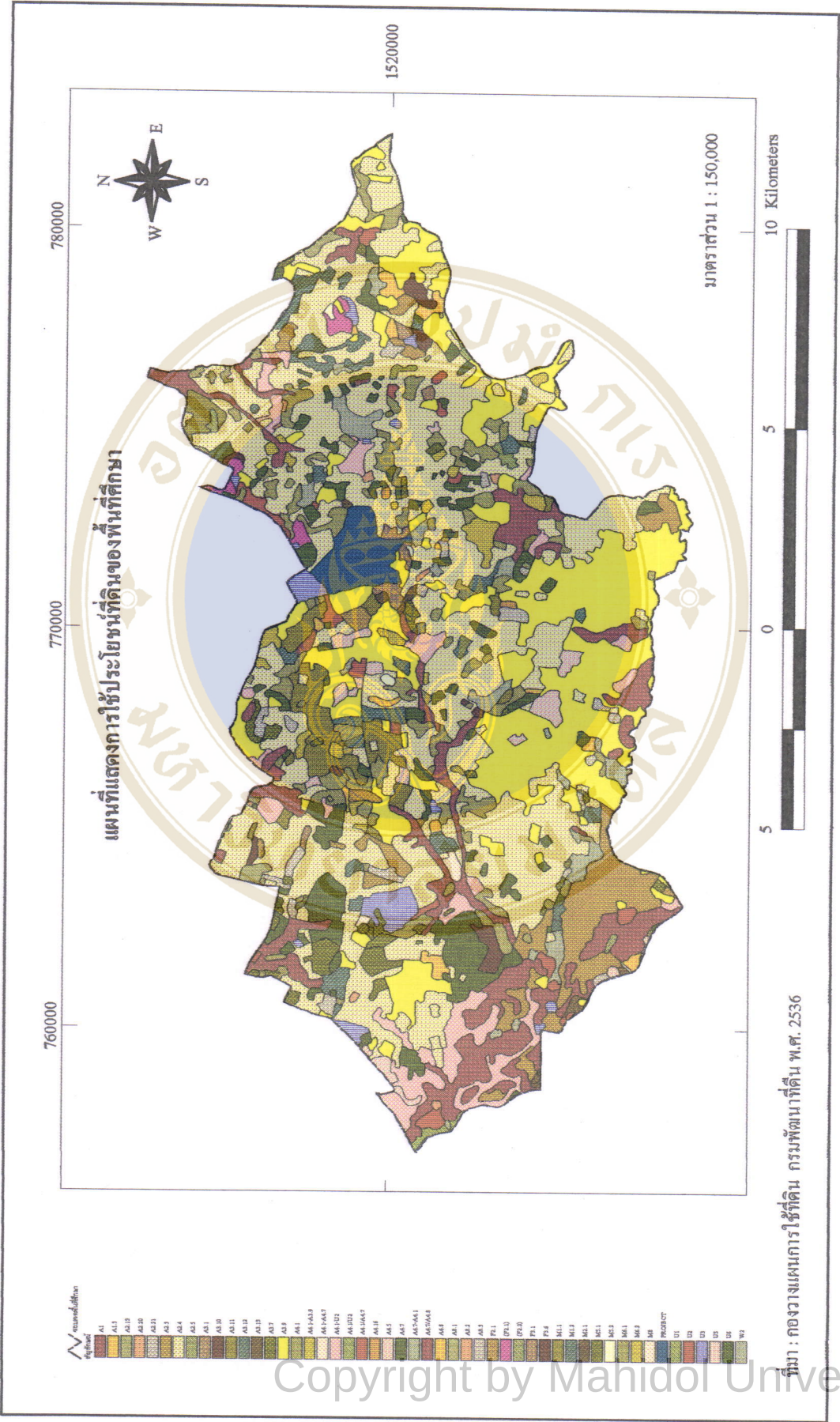
การใช้ประโยชน์ที่ดิน			
รหัส A	พื้นที่เกษตรกรรม	A4.1/U2	ไม้ผลผสม/หมู่บ้าน
A1	นาข้าว	A4.7-A4.1	มะม่วง-ไม้ผลผสม
A1.3	นาไร่	A4.7/A4.8	มะม่วง-มะม่วงหิมพานต์
A2.3	อ้อย	รหัส B	พื้นที่อยู่อาศัย
A2.4	มันสำปะหลัง	U1	ตัวเมืองและย่านการค้า
A2.5	สับปะรด	U2	หมู่บ้าน
A2.13	ข้าวโพด	U3	สถานที่ราชการ
A2.20	แดงโม	U5	พื้นที่อุตสาหกรรม
A2.21	พื้นที่ทิ้งร้าง	U6	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ
A3.1	ไม้ยืนต้น	รหัส M	พื้นที่อื่น ๆ
A3.7	ไผ่	M1.1	ทุ่งหญ้า
A3.9	ชุกาฬิปัตต	M1.2	ทุ่งหญ้าสลับพุ่มไม้เตี้ย
A3.10	สน	M2.1	ที่ลุ่มน้ำขัง
A3.11	ตึก	M5.1	บ่อลูกรัง
A3.12	ประดู่	M5.2	บ่อลูกรังร้าง
A3.13	ตะเคียน	M6.1	บ่อทราย
A4.1	ไม้ผลรวม	M6.2	บ่อทรายร้าง
A4.5	มะพร้าว	M8	พื้นที่ทิ้งขยะ
A4.7	มะม่วง	รหัส F	พื้นที่ป่าไม้
A4.8	มะม่วงหิมพานต์	F2.1	ป่าเบญจพรรณ
A4.16	ขนุน	F(2.1)	ป่าเบญจพรรณเสื่อมโทรม
A8.1	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ผสม	F(2.2)	ป่าแดง ป่าเต็งรังเสื่อมโทรม
A8.2	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	F3.1	สวนป่าผสม
A8.3	โรงเรือนเลี้ยงสุกร	F3.6	กระดี่นัยักษ์
A4.1-A3.9	ไม้ผลผสม-ชุกาฬิปัตต	รหัส W	พื้นที่แหล่งน้ำ
A4.1-A4.7	ไม้ผลผสม-มะม่วง	W2	แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น
A4.1-U2	ไม้ผลผสม-หมู่บ้าน	Project	ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ
A4.1/A4.7	ไม้ผลผสม/มะม่วง		

หมายเหตุ

X-Y หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินสองชนิดในอัตราส่วนประมาณ 70:30

XY หมายถึง การใช้ประโยชน์ที่ดินสองชนิดในอัตราส่วนประมาณ 50:50

ที่มา : กองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2536)



จากพืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้ทราบว่าในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะมีการเกษตรประเภทพืชไร่มากที่สุด พืชไร่ที่ปลูกมากที่สุดได้แก่ มันสำปะหลัง และข้าว นอกจากนี้ยังมีไม้ไผ่ที่พบว่าปลูกมากในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ชูชาติปดัส ซึ่งพืชทั้ง 3 ชนิดนี้มีรูปแบบหรือปฏิทินการปลูกพืช ดังนี้

ตารางที่ 3.4 แสดงปฏิทินการปลูกพืชที่ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ มันสำปะหลัง ข้าว และชูชาติปดัส

เดือน ชนิดพืช	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
มันสำปะหลัง	*											
									*			
											*	
												*
ข้าว												
- ข้าวนาปี					*	*	*	*	*	*		
- ข้าวนาปรัง	*			*						*	*	
ชูชาติปดัส												

- *

หมายถึง

เริ่มต้นปลูก
- หมายถึง

เก็บเกี่ยว
- >

หมายถึง

ไม่ขึ้นต้น หรือพืชที่อายุเกิน 5 ปีขึ้นไป

ที่มา : จตุกร (32)
สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (33)

บทที่ 4

วิธีการศึกษา

จากวัตถุประสงค์ แนวคิด และขอบเขต ในการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่มีต่อความชื้นดิน ดังที่กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการศึกษา ซึ่งจะกล่าวถึงขั้นตอน และวิธีการจัดการกับข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาดังต้องการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ข้อมูล และอุปกรณ์ในการศึกษา

ผู้ศึกษาได้แบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งได้จากหน่วยงานต่างๆ ที่ได้จัดเก็บข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เอาไว้แล้ว และ ข้อมูลปฐมภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจในภาคสนาม โดยรายละเอียดของข้อมูลในแต่ละประเภทมีดังนี้

4.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

4.1.1.1 ข้อมูลด้านลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่

- แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ราวที่ 5236I (อำเภอโคกปีบ) , 5236II (อำเภอนมสารคาม) , 5336III (บ้านชำป่างาม) และ 5336IV (อำเภอกบินทร์บุรี)

4.1.1.2 ข้อมูลด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ได้แก่

- แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี
- แผนที่น้ำบาดาล มาตราส่วน 1:100,000 ของกรมทรัพยากรธรณี

4.1.1.3 ข้อมูลบ่อน้ำบาดาล จังหวัดฉะเชิงเทรา ของกรมโยธาธิการ

4.1.1.4 ข้อมูลดิน จากรายงานการสำรวจดินฉบับที่ 344 และ 358 ของกรมพัฒนาที่ดินปี 2526

4.1.1.5 ข้อมูลพืชปกคลุมหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2536

4.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data)

ในส่วน of ข้อมูลปฐมภูมิที่จะทำการเก็บสำรวจในพื้นที่ศึกษา เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจทางธรณีสัณฐานโดยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งข้อมูลจะอยู่ในลักษณะข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินหรือชั้นหิน และข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความชื้นดินและเนื้อดิน ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการนำมาทำการแปลผลและวิเคราะห์ต่อไป

4.1.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

4.1.3.1 กระป๋องใส่ตัวอย่างดินสำหรับอบพร้อมฝาปิด

4.1.3.2 ตู้อบ

4.1.3.3 เครื่องชั่ง

4.1.3.4 ระบบดาวเทียมบอกพิกัด (GPS : Global Positioning System)

4.1.3.5 ชุดเครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Meter)

4.1.3.6 อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ประกอบด้วย

1) Computer Hardware ได้แก่

- ชุดประมวลผลกลาง (Central Processing Unit)
- จอภาพ (VGA Colour)
- เครื่องวาดภาพ (Digitizer) หรือเครื่องกราดตรวจ (Scanner)
- เมาส์ (Mouse)
- แป้นพิมพ์ (Keyboard)

2) Computer Software ได้แก่ ซอฟต์แวร์ ILWIS

4.2 วิธีการศึกษา

สำหรับวิธีการศึกษาของการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวความชื้นดิน มีดังนี้

4.2.1 การจัดทำระบบฐานข้อมูล โดยการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ ข้อมูลภูมิประเทศ (แสดงเส้นชั้นความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง) ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลอุทกธรณีวิทยา ข้อมูลดิน ข้อมูลพืชปกคลุมหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น โดยนำข้อมูลทั้งหมดมาจัดทำฐานข้อมูล และนำเข้าข้อมูลทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลคุณลักษณะ

4.2.2 การจัดทำแผนที่พื้นฐาน (Base Map) เพื่อใช้ในการกำหนดจุดสำรวจทางธรณีฟิสิกส์และเก็บตัวอย่างความชื้นของดิน โดยการคัดเลือกปัจจัยต่าง ๆ ที่จะมีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน อันได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง หาดิน และพืชปกคลุม มาทำการวิเคราะห์และจัดทำแผนที่โดยกระบวนการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.2.3 การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความชื้นดิน โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน จากจุดสำรวจทั้งสิ้น 50 จุดที่ได้สุ่มตัวอย่างมาจากระบบตารางกริดขนาด 1*1 ตารางกิโลเมตรร่วมกับการสุ่มแบบสามเหลี่ยมบนแผนที่พื้นฐานที่ได้จัดทำไว้

4.2.4 การวิเคราะห์ผลจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยการนำผลจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์มาจัดทำเป็นกราฟ แล้วทำวิเคราะห์และแปลความหมายเกี่ยวกับกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูล แล้วจัดทำแผนที่แสดงความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วน และการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ความชื้นดิน โดยวิเคราะห์ความชื้นดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อจัดทำเป็นฐานข้อมูลและจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน

4.2.5 การหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นของดิน และความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วน รวมถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระโดยสมการถดถอย และการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากฐานข้อมูลทั้งหมดที่ได้จัดทำไว้

4.2.6 การจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของความขึ้นดิน โดยกระบวนการ
วิเคราะห์ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.3 ขั้นตอนการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยรายละเอียดของขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

4.3.1 การคัดเลือกรวบรวมข้อมูลและวางแผนจัดเก็บข้อมูล

จากลักษณะของข้อมูลที่ได้แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ทำให้มีวิธีการในการเก็บรวบรวม
ดังนี้

4.3.1.1 ข้อมูลทุติยภูมิ

มีวิธีการเก็บรวบรวมจากหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมทรัพยากรธรณี กรม
พัฒนาที่ดิน กรมโยธาธิการ เป็นต้น ที่ได้เก็บรวบรวมไว้ ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในลักษณะของข้อมูลเชิง
พื้นที่ โดยเป็นข้อมูลที่สามารถทำให้อยู่ในรูปของแผนที่หรือแผนภาพได้ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่ง
เป็นข้อมูลที่อยู่ในลักษณะการอธิบาย โดยอาจมีการนำเสนอในรูปของตารางหรือคำอธิบาย ทั้งนี้
เพื่อใช้ประกอบการใช้แผนที่หรือแผนภาพ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์หรือเตรียมข้อมูล
ก่อนทำการสำรวจในภาคสนาม

4.3.1.2 ข้อมูลปฐมภูมิ

ใช้วิธีเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจในภาคสนาม แต่เนื่องจากการ
สำรวจไม่สามารถทำการสำรวจได้ทุกตารางกิโลเมตร เพราะจะทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และ
ค่าใช้จ่าย ผู้ศึกษาจึงจำเป็นต้องสุ่มตัวอย่างจุดสำรวจ และจัดทำแผนที่พื้นฐานสำหรับการใช้ในการ
สำรวจทางธรณีสัณฐานและเก็บตัวอย่างความขึ้นดิน ทั้งนี้เพื่อใช้วางแผนการเก็บข้อมูล โดยมีวิธีใน
การวางแผนและเก็บรวบรวมข้อมูล แบ่งเป็น 3 ขั้นตอนใหญ่ คือ



ก) จัดทำแผนที่พื้นฐานเพื่อใช้ในการกำหนดจุดสำรวจ และเก็บตัวอย่างดิน โดยการกำหนดปัจจัยที่ใช้ในการศึกษา อันได้แก่ 1) ความสูงจากระดับน้ำทะเล 2) ชุดดิน และ 3) การใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งทั้ง 3 ปัจจัยที่ได้กำหนดและคัดเลือกนี้สามารถแสดงในรูปแผนที่ เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ ซึ่งการจัดทำแผนที่เพื่อใช้ในการกำหนดจุดสำรวจและเก็บตัวอย่าง โดยใช้วิธีการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

นำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งแสดงให้เห็นรายละเอียดเกี่ยวกับเส้นความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางหลาย ๆ ระดับ มาทำการคัดเลือกและแบ่งเป็นโซนเฉพาะความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ต้องการศึกษา คือ โซนที่ 1 มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร โซนที่ 2 มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 20-40 เมตร โซนที่ 3 มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง น้อยกว่า 20 เมตร และจัดทำเป็นแผนที่แสดงลักษณะความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (ภาพที่ 4.1) โดยการตัดข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระดับอื่น ๆ ออก มีวิธีการ คือ สร้างตารางเพื่อกำหนดค่าของข้อมูลที่ได้แบ่งไว้ เช่น กำหนดให้โซนที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1 โซนที่ 2 มีค่าเท่ากับ 2 และโซนที่ 3 มีค่าเท่ากับ 3 ส่วนความสูงในระดับอื่น ๆ กำหนดให้มีค่าเป็น 0 แล้วสร้างแผนที่โดยการคำนวณด้วยตาราง

สำหรับการจัดทำแผนที่ชุดดิน ทำโดยการนำข้อมูลชุดดินซึ่งประกอบด้วย 17 ชุดดิน ดังรายละเอียดที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 มาทำการคัดเลือกเฉพาะชุดดินที่ต้องการศึกษา คือ ชุดดินมาบบอน แล้วสร้างเป็นแผนที่แสดงชุดดินมาบบอน มีวิธีการคือ กำหนดค่าของชุดดินมาบบอนเป็น 1 และชุดดินอื่น ๆ เป็น 0 ซึ่งมีวิธีการในการสร้างแผนที่และคำนวณเช่นเดียวกับการจัดทำแผนที่แสดงความสูงจากระดับน้ำทะเล ผลจากการคำนวณจะได้แผนที่แสดงชุดดินในส่วนของชุดดินมาบบอน (ภาพที่ 4.2) รวมถึงการจัดทำแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินในส่วนที่เป็นข้าว มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส จะใช้วิธีการเช่นเดียวกับแผนที่ทั้ง 2 ที่ได้จัดทำแล้ว โดยจะมีการกำหนดค่าข้อมูลในแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2536 ใหม่ ด้วยการกำหนดให้การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นข้าว มีค่าเท่ากับ 1 การใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นมันสำปะหลังมีค่าเท่ากับ 2 และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นยูคาลิปตัสมีค่าเท่ากับ 3 ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งผลจากการคำนวณจะทำให้ได้แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพืชทั้ง 3 ชนิด (ภาพที่ 4.3)

เมื่อได้จัดทำแผนที่ของปัจจัยที่กำหนดไว้ครบทั้ง 3 แผนที่ คือ แผนที่แสดงความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 3 ระดับ คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มาก

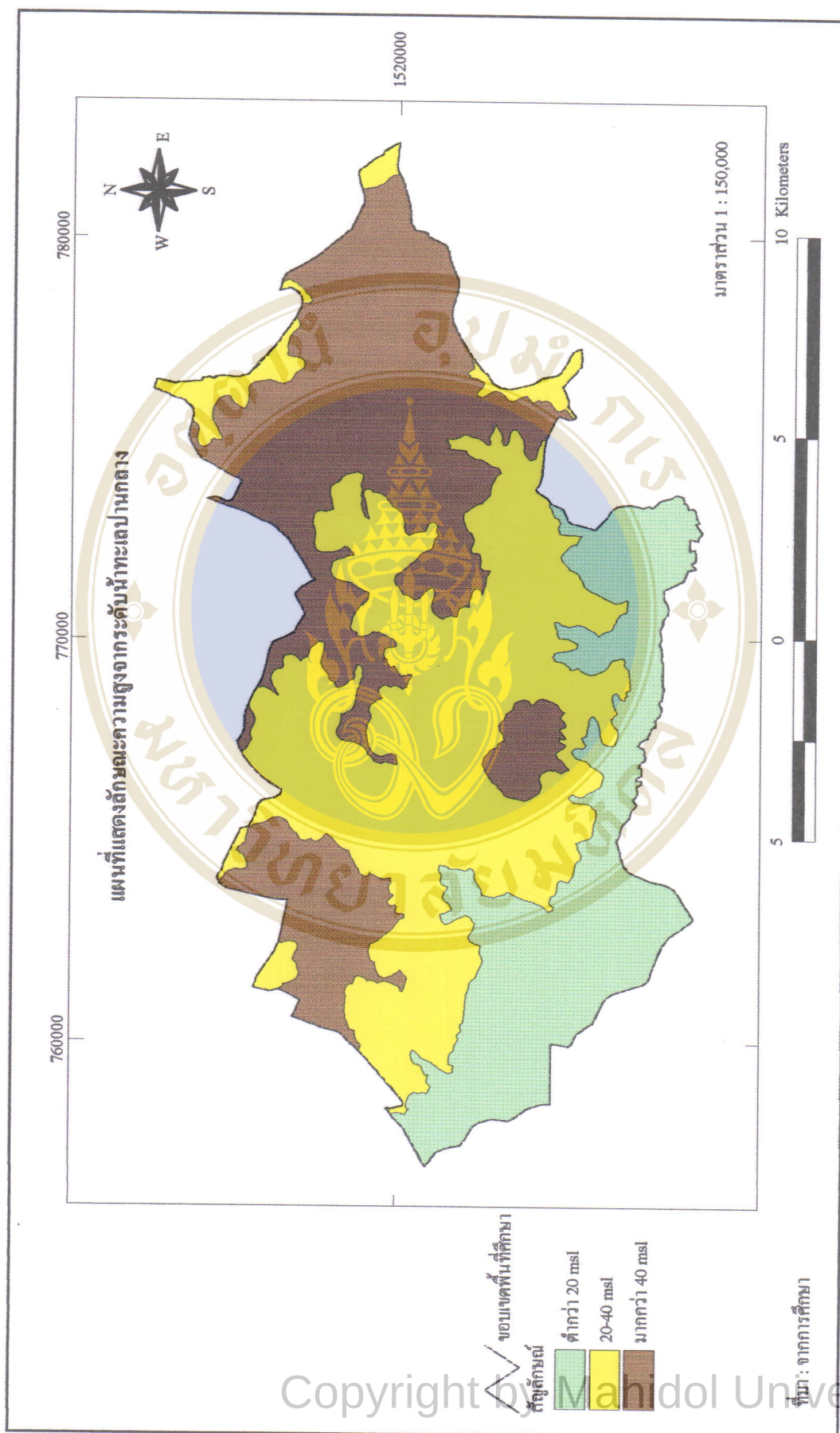
กว่า 40 เมตร , 20-40 เมตร , และ ต่ำกว่า 20 เมตร แผนที่แสดงชุดดินมาบบอน และแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพืช 3 ชนิด คือ ข้าว มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส ขั้นตอนต่อมาคือ นำแผนที่ทั้ง 3 มาทำการซ้อนทับ (Overlay) โดยใช้ Crossing Function เพื่อจัดทำแผนที่พื้นฐานสำหรับกำหนดจุดสำรวจและเก็บตัวอย่าง (ภาพที่ 4.4) ซึ่งผลจากการคำนวณทำให้สามารถแบ่งหน่วยย่อยของแผนที่พื้นฐานได้เป็น 9 หน่วย คือ

- 1) หน่วยที่ 1 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ มันสำปะหลัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร
- 2) หน่วยที่ 2 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ข้าว มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร
- 3) หน่วยที่ 3 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ยูคาลิปตัส มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร
- 4) หน่วยที่ 4 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ มันสำปะหลัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 20-40 เมตร
- 5) หน่วยที่ 5 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ข้าว มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 20-40 เมตร
- 6) หน่วยที่ 6 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ยูคาลิปตัส มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 20-40 เมตร
- 7) หน่วยที่ 7 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ มันสำปะหลัง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ต่ำกว่า 20 เมตร
- 8) หน่วยที่ 8 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ข้าว มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ต่ำกว่า 20 เมตร
- 9) หน่วยที่ 9 หมายถึง กลุ่มของแผนที่ที่มีชุดดินเป็นดินมาบบอน การใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ยูคาลิปตัส มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ต่ำกว่า 20 เมตร

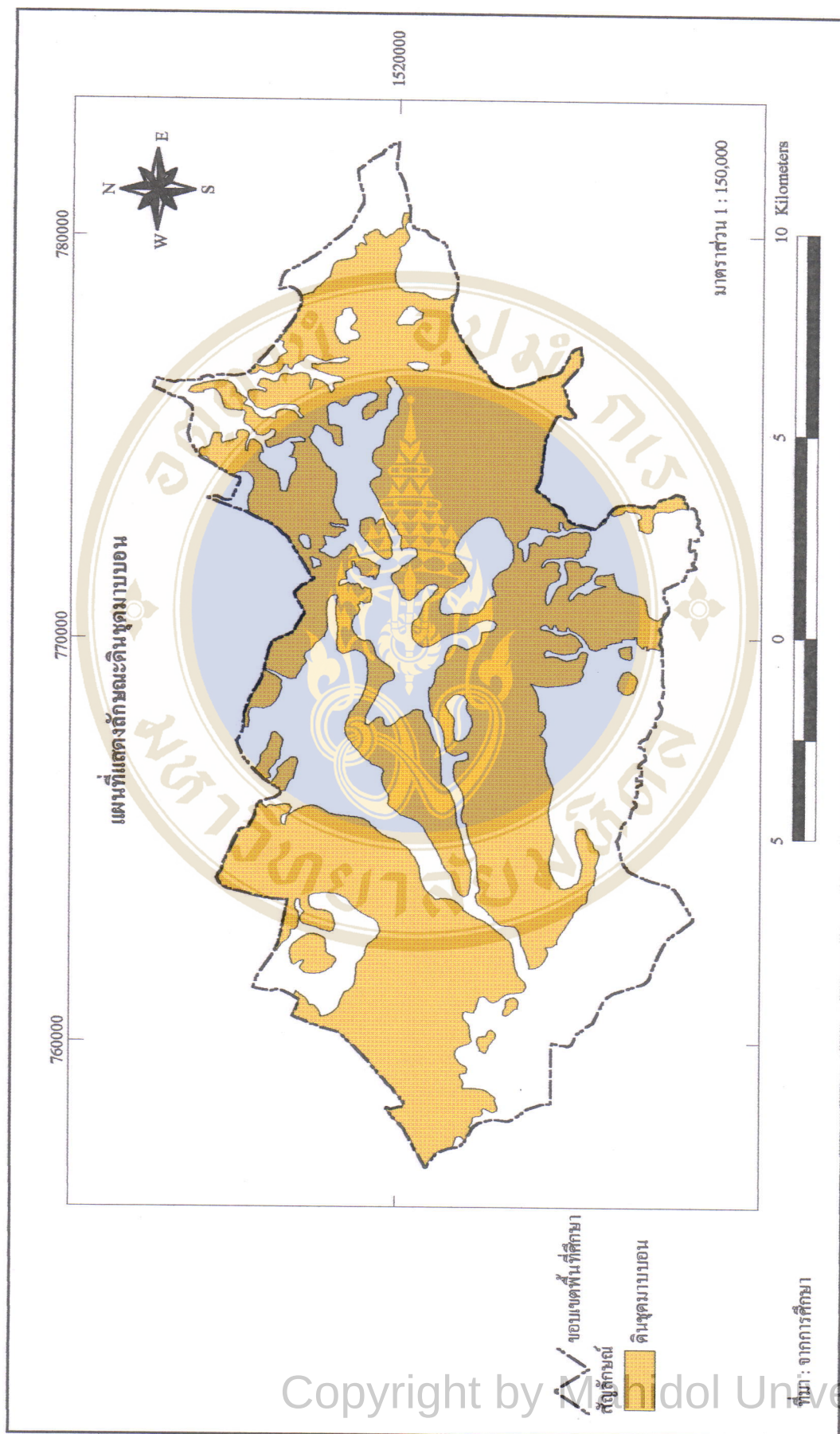
ข) ทำการสุ่มตัวอย่างจุดสำรวจในแต่ละหน่วยของแผนที่พื้นฐาน โดยการสุ่มตัวอย่างตำแหน่งจุดสำรวจจะยึดหลักการทำตารางกริดในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ซึ่งแต่ละตารางจะมีขนาด 1*1 ตารางกิโลเมตร และจะทำการสุ่มแบบมีชั้นภูมิ (Stratified Sampling) โดยจะกำหนดจุดสำรวจคือ คอกลมภ์เว้นคอกลมภ์ และ แถวเว้นแถว ซึ่งพบว่าจุดสำรวจที่กำหนดค่อนข้างครอบคลุมพื้นที่ศึกษาในทุกหน่วยที่ได้แสดงไว้ในแผนที่พื้นฐาน แต่จะมีบางจุดของการสุ่มตัวอย่างไม่ได้

อยู่ในพื้นที่ที่จะใช้เป็นจุดสำรวจ จึงต้องมีการขยับจุดดังกล่าวโดยยึดหลักรูปแบบสามเหลี่ยมเข้ามาใช้ร่วมกับระบบตารางกริด จากการสุ่มแบบดังกล่าวจะได้จุดสำรวจและเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 50 จุด (ดังภาพที่ 4.5) และจากสภาพของพื้นที่ศึกษา พบว่า พื้นที่บางจุดไม่สามารถทำการสำรวจทางธรณีสัณฐานแบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ที่มีการจัดขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ ซึ่งใช้ในการสำรวจในระดับลึก (2-150 เมตร) ได้ จึงมีการกำหนดจุดสำรวจ 20 จุด จากจำนวนจุดสำรวจทั้งสิ้น 50 จุด เพื่อใช้ในการทำการสำรวจด้วยวิธีดังกล่าวข้างต้น

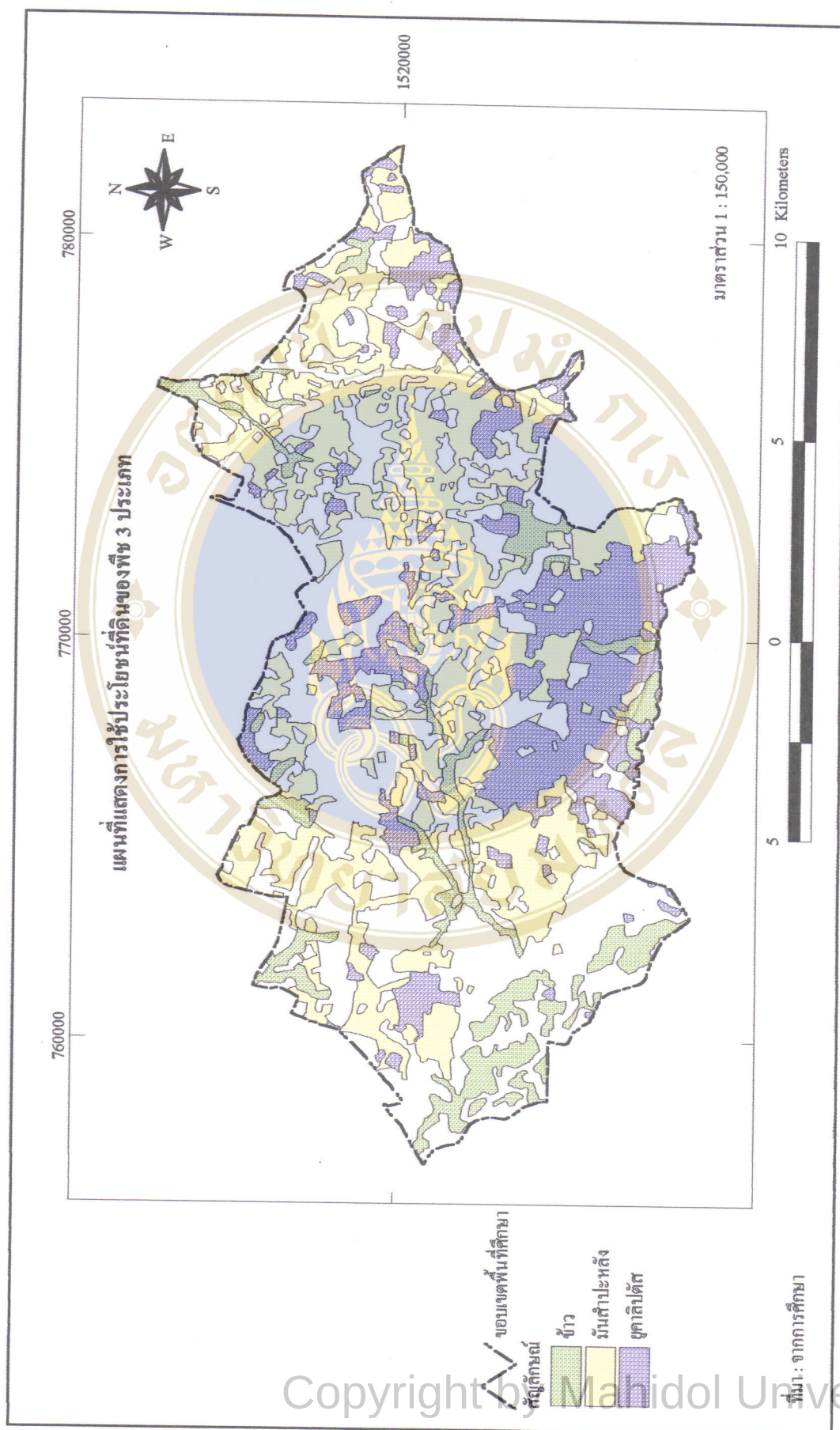
ค) เมื่อได้จุดสำรวจแล้วทำการสำรวจในด้านธรณีวิทยา อุทกธรณีวิทยา และพืชปกคลุมดินบนพื้นที่ศึกษา แล้วจึงทำการสำรวจทางด้านธรณีสัณฐานแบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า และเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปทำการวิเคราะห์ความชื้นดินและเนื้อดิน โดยจะทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึกจากผิวดิน 2 ระดับ คือ 15 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร ซึ่งจะได้จำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง โดยการเลือกระดับที่ทำการสำรวจ จะพิจารณาถึงระยะลึกของรากพืชที่ปลูกในพื้นที่ เนื่องจากรากพืชเป็นตัวนำน้ำหรือความชื้นในดินไปใช้ในการเจริญเติบโต โดยพบว่าพืชที่ปลูกในพื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นพืชไร่ ได้แก่ ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย เป็นต้น และยังมีไม้ยืนต้น เช่น ยูคาลิปตัส เป็นต้น ซึ่งพืชเหล่านี้จะมีระยะลึกใช้การของรากพืชที่ปลูกในดินปานกลาง เนื้อดินสม่ำเสมอ และลึก เมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ประมาณ 45-180 เซนติเมตร (8) โดยการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าและเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าความชื้นของดินกระทำในระหว่างวันที่ 7-18 เดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง มีฝนตกน้อย ซึ่งจะช่วยให้นักศึกษาสามารถกำจัดปัจจัยในเรื่องของน้ำฝนที่อาจส่งผลกระทบต่อความชื้นของดินทำให้ผลการศึกษาในเรื่องของน้ำได้ดินที่มีต่อความชื้นดินคลาดเคลื่อนได้ นอกจากนี้ในการสำรวจและเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดสำรวจจะต้องทำการตรวจวัดพิกัดของจุดสำรวจด้วย เพื่อเป็นการตรวจสอบจุดสำรวจให้ตรงกับจุดที่ได้กำหนดไว้ในแผนที่พื้นฐาน



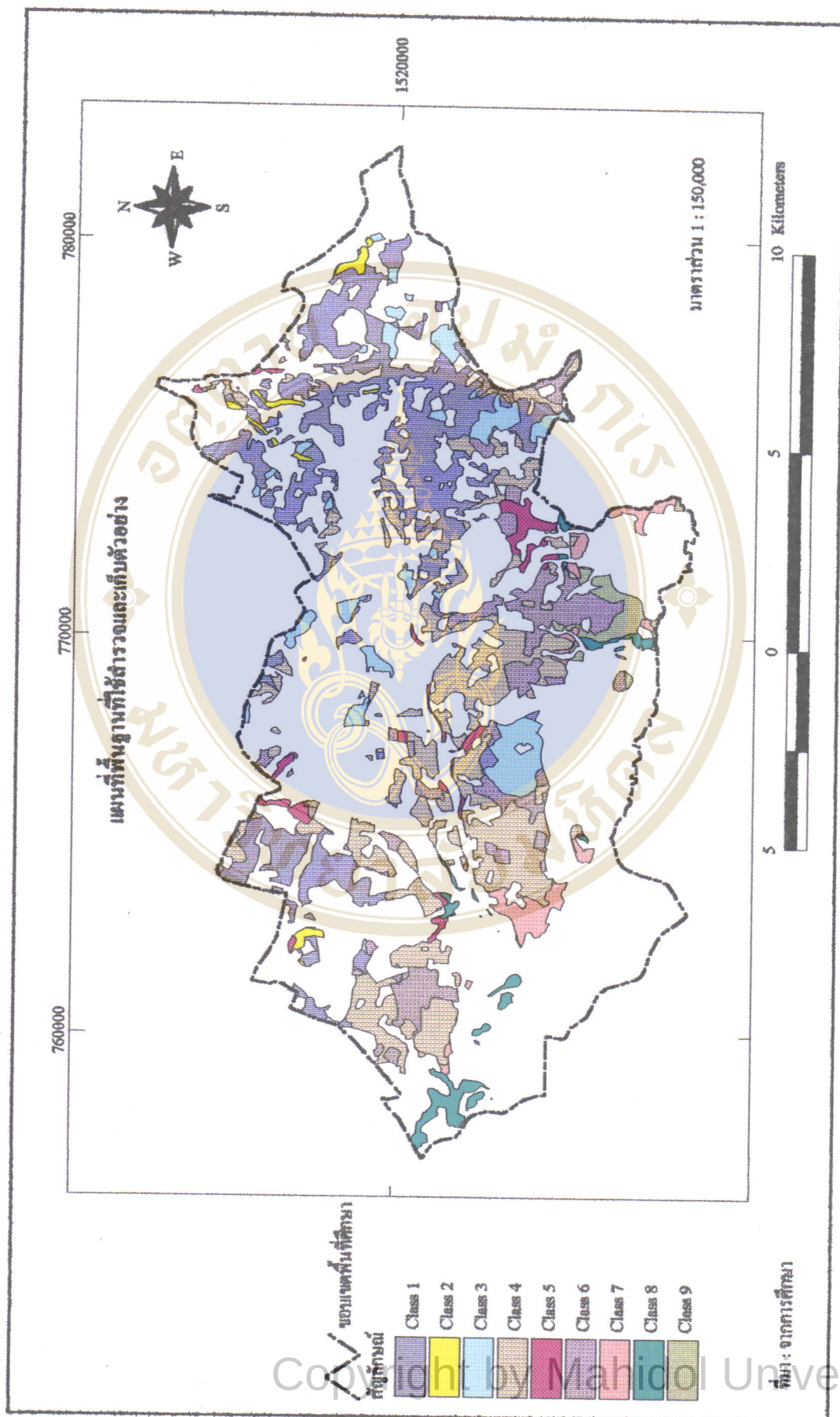
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ได้แบ่งเป็น 3 โซน



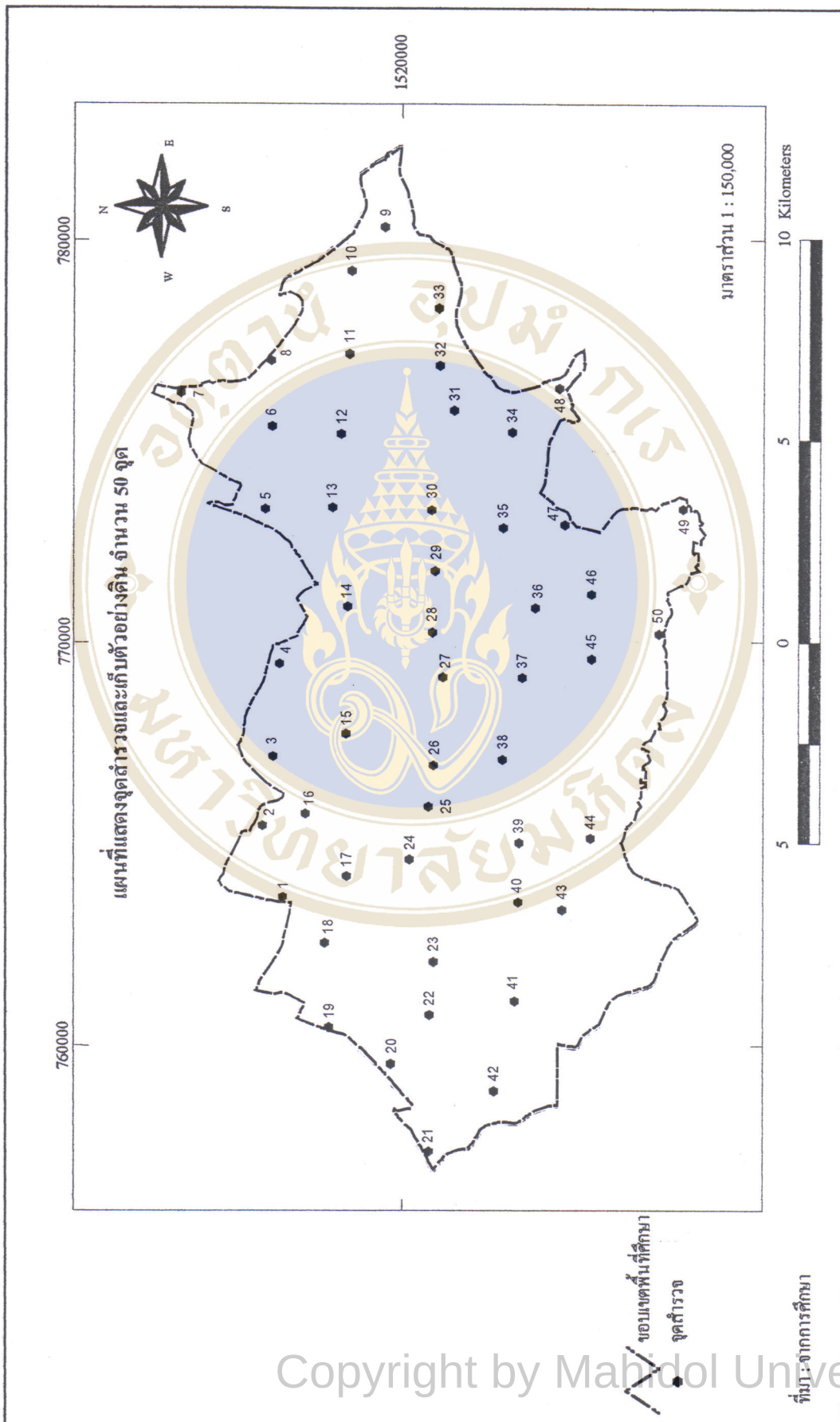
ภาพที่-4.2 แสดงจุดศึกษาที่ทำการศึกษา คือ จุดดินนาบhorn



ภาพที่ 4.3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เป็นมันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส และข้าว



ภาพที่ 4.4 แสดงแผนที่พื้นฐาน (base map) ที่ใช้ในการสำรวจและเก็บตัวอย่างดิน



ภาพที่ 4.5 แสดงจุดสำรวจและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา จำนวน 50 จุด

4.3.2 การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์

การเตรียมข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ สามารถแบ่งออกเป็น

4.3.2.1 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity) ของชั้นดินหรือชั้นหินที่ได้จากการสำรวจ โดยใช้สูตร

$$Pa = K \cdot R$$

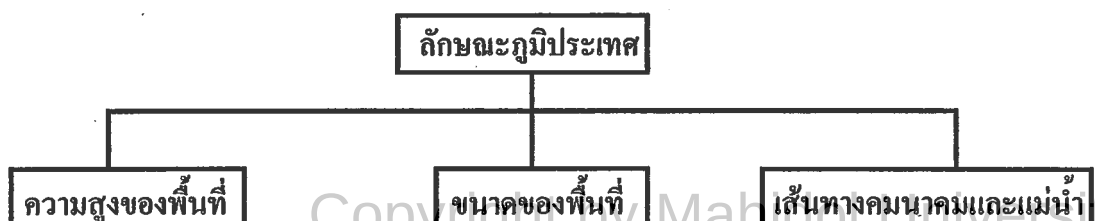
เมื่อ Pa = ค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ มีหน่วยเป็น โอห์ม-เมตร
 K = ค่า Geometric constant ของระยะขั้วไฟฟ้า
 R = ค่าความต้านทานที่วัดได้ในแต่ละการวัด มีหน่วยเป็น โอห์ม

โดยค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้จะถูกนำไปคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และอาจสร้างเป็นกราฟแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Curve) ที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Resistivity) กับค่าความลึก (Depth) หรือข้อมูลอาจถูกเก็บในลักษณะของตัวเลขแสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ เพื่อนำไปใช้ในการสร้างเป็นแผนที่ต่อไป

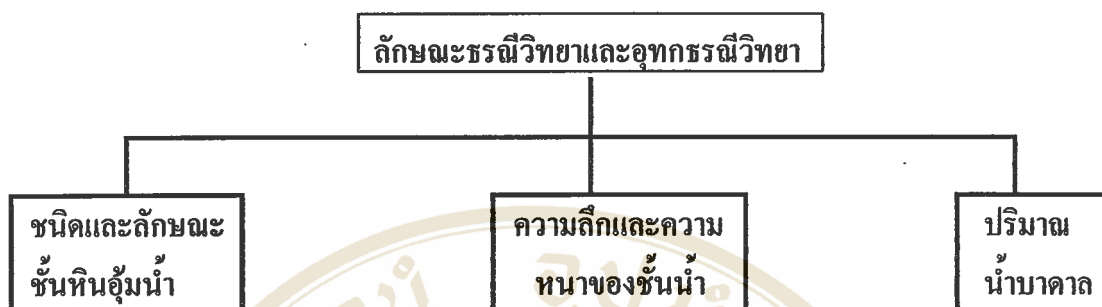
4.3.2.2 จัดทำฐานข้อมูล

ในการจัดทำฐานข้อมูลสามารถแบ่งออกเป็นส่วนต่าง ๆ ของแต่ละฐานข้อมูลได้ดังนี้

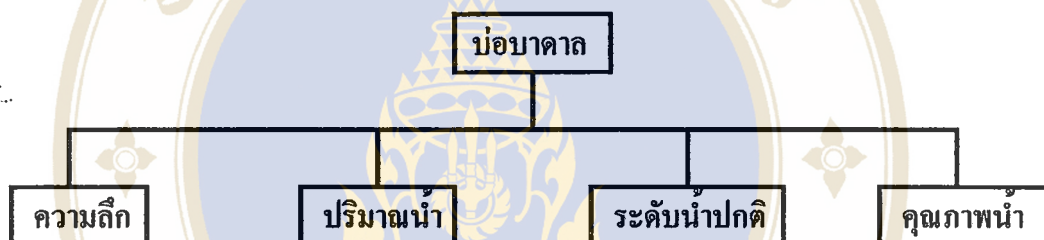
1) ฐานข้อมูลลักษณะภูมิประเทศ



3) ฐานข้อมูลอุทกธรณีวิทยา



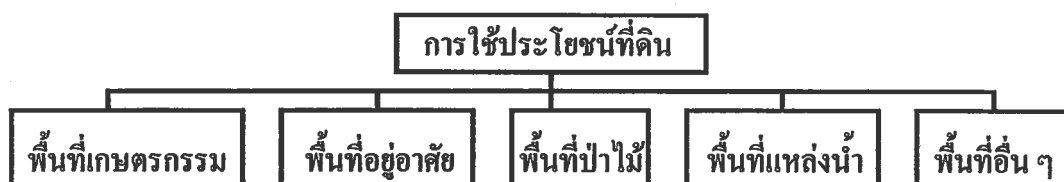
4) ฐานข้อมูลบ่อน้ำบาดาล



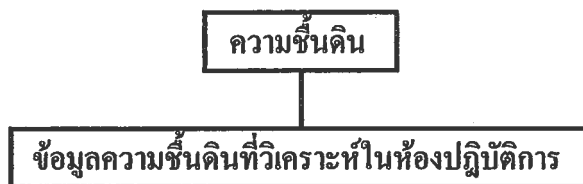
5) ฐานข้อมูลดิน



6) ฐานข้อมูลพืชปกคลุม



7) ฐานข้อมูลความชื้นดิน



4.3.3 การวิเคราะห์และการแปลความหมายของข้อมูล

4.3.3.1 การวิเคราะห์และแปลความหมายของกราฟความต้านทานไฟฟ้า

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟ (Resistivity Curve) โดยพิจารณาวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้า และรูปร่างของกราฟตามระดับความลึกในระดับต่าง ๆ เพื่อหาค่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ความหนา (Thickness) และความลึก (Depth) ของชั้นค่าความต้านทานไฟฟ้า (Electrical Resistivity Layer) ต่าง ๆ แล้วนำมาแปลความหมาย (Interpretation) ให้เป็นข้อมูลทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยา

หลังจากได้ทำการแปลความหมายข้อมูลจากผลการสำรวจในพื้นที่ศึกษาแล้ว เมื่อนำมาประกอบกับข้อมูลด้านธรณีวิทยาผิวดิน และข้อมูลการเจาะบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ รวมถึงข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา สามารถแสดงผลการแปลความหมายได้ดังนี้ คือ

- ชนิดของชั้นดินหรือชั้นตะกอนร่วน (Unconsolidate Sediment) ได้แก่ Sand, Silt, Clay, Gravel เป็นต้น และชั้นหินหรือหินแข็งประเภทต่าง ๆ
- ความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน
- ความชื้น ที่ได้จากการแปลความหมายจากค่าความต้านทานไฟฟ้าที่วัดและคำนวณได้ โดยความสัมพันธ์ของความชื้นกับค่าความต้านทานไฟฟ้าจะเป็นในทิศทางที่ตรงกันข้ามกัน คือ ถ้าค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำจะได้ว่าค่าความชื้นจะสูง เนื่องจากที่ที่มีความชื้นหรือมีน้ำในดินมาก จะทำให้กระแสไฟฟ้าสามารถผ่านได้ดี ค่าความต้านทานไฟฟ้าจึงต่ำ ในทางตรง

กันข้าม หากค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง ค่าความชื้นก็จะต่ำ หรือทั้งนี้เนื่องจากโดยทั่วไปช่องว่างต่าง ๆ ที่มีอยู่ในชั้นดินหรือชั้นหินจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ก็ต่อเมื่อมีของเหลว หรือน้ำแร่อยู่ซึ่งจะทำให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นหินลดลง โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากของเหลวที่ปนอยู่ในชั้นหินหรือชั้นดินนั้นจะไม่เหมือนกัน เช่น หินแกรนิต หรือดินทรายจะมีค่าความต้านทานสูงเพราะมีความชื้นน้อย ในทางตรงกันข้ามพวกดินเหนียวที่มีน้ำเจือปนจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าน้อยกว่า เป็นต้น (13)

4.3.3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนที่ได้จัดเตรียมเป็นฐานข้อมูล

เป็นขั้นตอนการนำข้อมูล จากการเปลี่ยนเป็นรูปแบบตัวเลขของข้อมูลแต่ละชั้น (Layer) ในแต่ละโครงสร้างฐานข้อมูล ให้มาผสมผสานกัน

4.3.3.3 การวิเคราะห์ความชื้นดินในห้องปฏิบัติการ

โดยนำตัวอย่างดินจำนวน 100 ตัวอย่างที่ได้จากภาคสนาม มาวิเคราะห์หาค่าความชื้นดินในห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดิน โดยการศึกษาครั้งนี้มีปัจจัยที่กำหนดไว้ดังนี้ คือ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชุดดิน พีชปกคลุม ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

4.3.4 การหาความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับค่าความต้านทานไฟฟ้า ที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ซึ่งได้จากจุดที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 50 จุด โดยจะใช้วิธีการทางสถิติในการหาความสัมพันธ์ คือ การหาค่าเฉลี่ย และการหาทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) ของความชื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ตัวแปรอิสระ) ซึ่งปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดินที่นำมาใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ชุดดิน พีชปกคลุม ค่าความต้านทานไฟฟ้าจากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์

4.3.5 การนำเสนอและการแสดงผลข้อมูล

การแสดงผลข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้จะแสดงผลใน 2 ลักษณะ คือ

4.3.5.1 แผนที่แสดงลักษณะต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์และแปลผล
ได้แก่

- แผนที่การกระจายตัวของความชื้นดิน ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความชื้นดิน และปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดิน

- แผนที่แสดงลักษณะความลึกของชั้นหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนในพื้นที่ศึกษา

4.3.5.2 ข้อมูลทางธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยา เกี่ยวกับรายละเอียดชั้นดินหรือชั้นหินของจุดที่ได้ทำการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ คือทำการสำรวจในระดับความลึกตั้งแต่ 2-150 เมตร โดยเป็นผลที่ได้มาจากการแปลความหมายจากกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าปรากฏ ซึ่งสามารถนำมาใช้เชื่อมโยงกับแผนที่ข้างต้นได้

ซึ่งผลดังกล่าวจะสามารถแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของแหล่งน้ำใต้ดิน ที่มีต่อการกระจายตัวของความชื้นดินในพื้นที่ศึกษาได้

บทที่ 5

ผลการศึกษา

จากวิธีการศึกษาที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 เมื่อได้ทำการสำรวจภาคสนาม และการทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สามารถแสดงผลการศึกษาของข้อมูลในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้ คือ

- 5.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นดิน เนื้อดิน และค่าความต้านทานไฟฟ้า
- 5.2 การวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า
- 5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษากับความชื้นดิน
- 5.4 การจัดทำแผนที่ความชื้นดิน

5.1 ผลการวิเคราะห์ความชื้นดิน เนื้อดิน และค่าความต้านทานไฟฟ้า

จากการสำรวจในภาคสนามและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการของตัวอย่างทั้งหมด 100 ตัวอย่าง จากจุดสำรวจ 50 จุดในพื้นที่ศึกษา ได้ข้อมูลต่าง ๆ ดังตารางที่ 5.1 คือ

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับความลึก (cm.)	ความชื้นดิน (%)	พืชปกคลุม	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	ความต้านทานไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
1	บ้านหนองสองห้อง	763684 1522904	15 60	5.54 10.53	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (52)	113.77 30.71	80.61 63.70	7.26 7.96	12.13 28.34	sandy loam sandy clay loam	-
2	บ้านลำหาชัย	765464 1523390	15 60	8.46 9.47	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (42)	221.85 125.81	80.16 72.46	6.69 5.90	13.15 21.64	sandy loam sandy clay loam	-
3	บ้านหนองกรรพ้อ	767191 1523130	15 60	7.35 7.59	ยูคาลิปตัส	20-40 (36)	536.72 293.68	83.33 75.16	4.93 0.24	11.74 24.60	loamy sand sandy clay loam	มีปอทรายล้อมรอบ
4	บ้านเขาหินซ้อน	769493 1522982	15 60	9.20 12.73	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (50)	91.29 32.87	72.78 61.98	5.65 2.52	21.57 35.50	sandy clay loam sandy clay	-
5	บ้านเขาหนามอด	773350 1523323	15 60	1.70 4.69	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (60)	2219.70 573.84	95.12 95.93	3.82 2.95	1.06 1.12	sand sand	-
6	บ้านปึกบน	775400 1523156	15 60	3.91 6.85	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (45)	250.11 145.86	88.27 89.50	8.18 5.90	3.55 4.60	sand sand	-
7	วัดปรีธขวายนาราม	776233 1525429	15 60	11.72 18.29	ข้าว	20-40 (39)	98.40 44.98	64.50 52.65	25.80 28.85	9.70 18.50	sandy loam sandy loam	-
8	บ้านแดงต้นปิ่น	777326 1523427	15 60	5.01 8.12	มันสำปะหลัง	20-40 (39)	155.02 82.75	82.49 79.14	11.76 9.91	5.75 10.95	loamy sand sandy loam	ดินล่างเป็นลูกรัง
9	บ้านคลองตะเคียน	780360 1520454	15 60	4.10 6.95	ยูคาลิปตัส	มากกว่า 40 (60)	148.13 71.10	54.15 59.96	25.53 18.29	20.32 21.75	sandy loam sandy clay loam	อยู่ใกล้อ่างเก็บน้ำ

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับ ความลึก (cm.)	ความชื้น ดิน (%)	พืชปกคลุม	ความสูง จากระดับน้ำทะเล ปานกลาง (เมตร)	ความต้าน ทานไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
10	บ้านคลองตะเคียน	779263 1521261	15 60	9.17 9.50	ข้าว	มากกว่า 40 (50)	240.12 124.96	83.82 86.64	7.28 6.55	8.90 6.81	loamy sand loamy sand	-
11	เขาอีดวน	777200 1521313	15 60	1.98 3.01	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (60)	1312.99 600.45	83.86 85.94	8.82 8.03	7.32 6.03	loamy sand loamy sand	มีหิน โคล
12	อ่างเก็บน้ำ หัวน้ำโจนแห่งที่ 2	775205 1521513	15 60	3.63 4.48	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (45)	1160.20 462.73	91.11 88.83	7.46 7.42	1.43 3.75	sand sand	อยู่บนที่สูง เหนืออ่างเก็บน้ำ
13	บ้านหัวซื่อน	773385 1521725	15 60	4.96 5.34	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (45)	353.63 53.59	85.53 81.27	8.44 5.17	6.03 13.56	loamy sand sandy loam	ดินล่างแข็ง
14	อ่างเก็บน้ำห้วยจึก	770921 1521347	15 60	6.83 8.35	ยูคาลิปตัส	มากกว่า 40 (58)	846.30 379.76	73.72 69.89	6.49 5.21	19.79 24.90	sandy clay loam sandy clay loam	ดินบนและล่าง แข็งมาก
15	บ้านหนองนกเอี้ยง	767757 1521386	15 60	7.43 13.45	ยูคาลิปตัส	มากกว่า 40 (42)	274.34 74.48	79.17 65.51	4.79 6.51	16.04 27.98	sandy loam sandy clay loam	ปัจจุบันเป็นที่ รกร้าง
16	บ้านท้ายทุ่ง	765758 1522372	15 60	9.57 14.72	ข้าว	20-40 (34)	471.99 207.75	91.48 93.07	5.50 5.07	3.02 1.86	sand sand	-
17	บ้านห้วยสาม	764211 1521379	15 60	10.90 13.33	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (50)	160.45 73.99	73.33 60.86	9.55 8.09	17.12 31.05	sandy loam sandy clay loam	-
18	บ้านหนองลุ่ม	762557 1521915	15 60	14.32 14.57	ข้าว	มากกว่า 40 (44)	308.87 103.52	77.87 76.91	18.23 15.99	3.90 7.10	loamy sand sandy loam	-

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับความลึก (cm.)	ความชื้นดิน (%)	พืชปกคลุม	ความสูงจากระดับน้ำปานกลาง (เมตร)	ความต้านทานไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
19	บ้านหนองใหญ่	760450 1521815	15 60	4.67 6.60	ยูคาลิปตัส	มากกว่า 40 (43)	2343.10	78.06 74.91	9.14 8.03	12.80 17.06	sandy loam sandy loam	ดินล่างแข็ง
20	บ้านไร่ดอน	759530 1520298	15 60	6.04 7.47	มันสำปะหลัง	20-40 (38)	586.34 268.10	73.64 69.58	11.39 8.78	14.97 21.64	sandy loam sandy clay loam	ดินค่อนข้างแข็ง สีดินเปลี่ยน
21	บ้านเจริญสุข	757372 1519355	15 60	12.87 20.13	ข้าว	น้อยกว่า 20 (12)	46.10 27.44	61.67 57.93	27.66 24.45	10.67 17.62	sandy loam sandy loam	-
22	บ้านไร่ดอน	760755 1519345	15 60	7.33 7.36	ยูคาลิปตัส	20-40 (34)	693.22 361.16	66.67 64.62	10.04 9.12	23.29 26.26	sandy clay loam sandy clay loam	ดินแข็ง
23	บ้านหัวขี้ก	762083 1519242	15 60	7.07 9.35	มันสำปะหลัง	20-40 (31)	670.58 254.67	77.01 66.20	8.71 11.21	14.28 22.59	sandy loam sandy clay loam	-
24	บ้านม่วงโพรง	764628 1519844	15 60	6.86 10.82	มันสำปะหลัง	20-40 (31)	442.26 190.06	83.35 82.18	6.99 9.54	9.66 8.28	loamy sand loamy sand	-
25	บ้านม่วงโพรง	765940 1519366	15 60	7.89 9.35	มันสำปะหลัง	20-40 (26)	222.15 40.98	80.02 67.99	5.37 7.22	14.61 24.79	sandy loam sandy clay loam	-
26	สะพานเลือก	766967 1519237	15 60	11.32 12.36	มันสำปะหลัง	20-40 (30)	211.35 42.11	72.87 64.03	6.70 6.01	20.43 29.96	sandy clay loam sandy clay loam	-
27	บ้านช้างวาง	769165 1519012	15 60	9.29 12.43	ข้าว (นาไร่)	20-40 (42)	1369.20 339.30	81.70 91.88	12.08 3.35	6.22 4.77	loamy sand sand	นาไร่

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับความลึก (cm.)	ความชื้นดิน (%)	พืชปกคลุม	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	ความต้านทานไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
28	บ้านข้าววาง	770270 1519270	15 60	6.94 9.39	มันสำปะหลัง	20-40 (34)	270.45 105.51	76.62 63.39	7.70 7.05	16.04 29.56	sandy loam sandy clay loam	-
29	อ่างเก็บน้ำหัวมื่นปลา	771809 1519203	15 60	7.92 13.72	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (48)	239.56 112.02	77.37 57.31	4.98 2.34	17.65 40.35	sandy loam sandy clay	พื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด และอยู่เหนืออ่างเก็บน้ำ
30	บ้านห้วยสำโรงใต้	773330 1519294	15 60	8.77 13.74	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (60)	333.44 151.59	78.68 56.77	6.43 3.78	14.89 39.45	sandy loam sandy clay	อยู่บนเนิน
31	บ้านห้วยหิน	775787 1518739	15 60	3.67 8.69	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (50)	280.98 66.07	86.65 77.96	9.57 11.15	3.78 10.89	loamy sand sandy loam	-
32	เขามณีจอมทอง	776909 1519088	15 60	7.46 9.23	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (60)	257.50 128.69	84.22 83.33	10.19 11.97	5.59 4.70	loamy sand loamy sand	-
33	เขาซื่อ	778334 1519119	15 60	7.09 15.29	มันสำปะหลัง	มากกว่า 40 (70)	371.00 151.42	68.19 34.62	5.46 6.58	26.35 58.80	sandy clay loam clay	อยู่บนที่ดอน ดินต่างเป็นชั้นดาน
34	บ้านห้วยปลาซ่อน	775247 1517267	15 60	3.51 6.14	มันสำปะหลัง	20-40 (40)	1010.20 305.01	88.14 83.27	7.12 10.78	4.74 5.95	sand loamy sand	พื้นที่ปลูกเป็นที่ลาดเชิงทางเขา
35	บ้านหนองปูน	772884 1517495	15 60	0.76 3.51	ยูคาลิปตัส	20-40 (24)	2748.69 1266.6	95.30 95.94	4.20 1.89	0.50 2.17	sand sand	มีบ่อทรายล้อมรอบ ดินต่างแข็ง
36	บ้านหนองเหียง	770882 1516683	15 60	5.60 6.23	ยูคาลิปตัส	20-40 (38)	297.66 114.67	74.54 72.38	10.18 9.23	15.28 18.39	sandy loam sandy loam	ดินต่างแข็งมาก

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับความลึก (cm.)	ความชื้นดิน (%)	พืชปกคลุม	ความสูงจากระดับน้ำปานกลาง (เมตร)	ความลึกทางไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
37	บ้านตลาดโง	769155 1517013	15 60	3.95 7.69	ยูคาลิปตัส	20-40 (36)	850.25 203.20	77.68 66.19	11.03 10.41	11.29 23.40	sandy loam sandy clay loam	ดินแข็ง
38	บ้านเจริญสุข	767105 1517514	15 60	8.95 9.88	ยูคาลิปตัส	มากกว่า 40 (50)	285.31 126.07	62.45 56.59	10.53 11.56	27.02 31.85	sandy clay loam sandy clay loam	-
39	บ้านดงมะกรูด	765035 1517091	15 60	6.99 12.49	มันสำปะหลัง	20-40 (38)	256.07 118.95	76.42 60.79	7.33 6.98	16.25 32.23	sandy loam sandy clay loam	ดินลูกรัง
40	บ้านดอนขี้เหล็ก	763562 1517123	15 60	5.88 4.71	มันสำปะหลัง	น้อยกว่า 20 (18)	565.91 241.69	85.78 89.03	10.24 9.43	3.98 1.54	loamy sand sand	-
41	บ้านหนองคันคา	761101 1517212	15 60	10.36 10.52	ข้าว	น้อยกว่า 20 (11)	294.84 288.56	75.44 80.99	16.85 13.20	7.71 5.81	sandy loam loamy sand	-
42	บ้านหนองใหญ่	758877 1517734	15 60	18.36 21.01	ข้าว	น้อยกว่า 20 (16)	193.94 164.29	14.23 27.90	42.54 29.92	43.23 42.18	silty clay clay	น้ำรั่วปกคลุมด้วยหญ้า สัตว์เปลี่ยน
43	บ้านป่ากระบม	763370 1516018	15 60	11.67 13.83	มันสำปะหลัง	น้อยกว่า 20 (14)	152.47 69.23	79.11 74.24	12.55 11.95	8.34 31.85	loamy sand sandy loam	-
44	บ้านป่ากระบม	765156 1515296	15 60	5.86 6.37	มันสำปะหลัง	20-40 (24)	570.23 288.40	66.77 63.68	11.62 12.43	21.61 23.89	sandy clay loam sandy clay loam	อยู่บนเนินดินลูกรัง มีหินปน
45	บ้านแหลมเขา	769607 1515280	15 60	6.93 10.01	ยูคาลิปตัส	น้อยกว่า 20 (12)	147.42 43.56	80.37 74.20	8.36 9.91	11.27 15.89	sandy loam sandy loam	ดินแข็ง

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

จุดที่	ชื่อสถานที่	พิกัด UTM	ระดับ ความลึก (cm.)	ความชื้น ดิน (%)	หีรชปกคลุม	ความสูง จากระดับน้ำ ทะเล ปานกลาง (เมตร)	ความต้าน ทานไฟฟ้า (ohm-m)	ลักษณะเนื้อดิน				หมายเหตุ
								%sand	%silt	%clay	เนื้อดิน	
46	บ้านหนองเหียง	771227 1515280	15 60	8.48 11.54	ยูคาลิปตัส	20-40 (24)	181.01 92.54	71.41 76.91	18.23 15.99	3.90 7.10	loamy sand sandy loam	-
47	บ้านหนองเหียง	772955 1515955	15 60	4.37 6.55	มันสำปะหลัง	น้อยกว่า 20 (14)	953.02 182.45	90.87 91.36	8.38 6.69	0.75 1.95	sand sand	-
48	บ้านหนองปลิง	776342 1516091	15 60	1.27 4.67	ยูคาลิปตัส	20-40 (35)	6271.60 1536.40	91.64 95.77	6.95 3.28	1.41 0.95	sand sand	-
49	บ้านกระบกเตี้ย	773526 1512639	15 60	11.57 12.74	ยูคาลิปตัส	น้อยกว่า 20 (13)	163.29 101.01	40.63 29.95	33.88 47.51	25.49 22.54	loam loam	ปกคลุมด้วยหญ้า
50	บ้านนาโน	770230 1513574	15 60	8.86 9.19	ยูคาลิปตัส	น้อยกว่า 20 (10)	157.91 80.04	65.38 60.99	19.27 18.02	15.35 20.99	sandy loam sandy clay loam	เป็นที่ลุ่ม น้ำท่วมทุกปี

หมายเหตุ : ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่อยู่ใน () คือ ค่าที่ได้จากการวัดในแผนที่ลักษณะภูมิประเทศมาตราส่วน 1 : 50,000

จากตาราง 5.1 พบว่ามีรายละเอียด ดังนี้

1. การหาความชื้นผิวดิน ทำใน 2 ระดับความลึก คือ 15 และ 60 เซนติเมตร โดยทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 50 จุดสำรวจ ได้จำนวนตัวอย่าง 100 ตัวอย่าง โดยความชื้นดินที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เป็นดังนี้

- ความชื้นที่ระดับ 15 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 0.76-18.36 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ความชื้นที่ระดับ 60 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 3.01-21.01 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

โดยจุดที่มีความชื้นของดินทั้งในระดับความลึก 15 และ 60 เซนติเมตรมากที่สุด คือ จุดที่ 42 บ้านหนองใหญ่ โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินคือ ปลูกข้าว และอยู่ในพื้นที่ลุ่ม มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง น้อยกว่า 20 เมตร จึงทำให้มีความชื้นสูงที่สุด

2. พืชปกคลุมที่ทำการสำรวจ มี 3 ประเภท คือ มันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส และข้าว โดยมีจำนวนจุดสำรวจ ดังนี้

- มันสำปะหลัง 27 จุด คิดเป็น 54 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดสำรวจทั้งหมด
- ยูคาลิปตัส 15 จุด คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดสำรวจทั้งหมด
- ข้าว 8 จุด คิดเป็น 16 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนจุดสำรวจทั้งหมด

พบว่า พืชปกคลุมที่ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาคือ มันสำปะหลัง รองลงมาคือ ยูคาลิปตัส และข้าว ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาให้ปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกัน พบว่าพืชปกคลุมที่เป็นข้าวจะมีความชื้นในดินมากที่สุด รองลงมาคือ มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส ตามลำดับ โดยเฉพาะพื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัส ดินค่อนข้างแข็งมาก อาจเป็นชั้นดาน ลักษณะเช่นนี้จะส่งผลต่อความชื้นในดินได้ คือ จะทำให้ความชื้นในดินจะต่ำ

3. ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์แบบวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า โดยมีการจัดชั้นแบบเวเนอร์ พบว่า

- ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 46.1-6271.6 โอห์ม-เมตร
- ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร อยู่ในช่วง 27.4-1536.4 โอห์ม-เมตร

โดยจุดที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำสุด คือ จุดที่ 21 เนื่องจากพื้นที่มีการปลูกข้าว และเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งเก็บน้ำได้ดีกว่าดินทราย ประกอบกับอยู่ในที่ลุ่ม จึงทำให้มีน้ำซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าอยู่ในดินมาก ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ ส่วนจุดที่มีค่าความต้านทาน

ไฟฟ้าสูงสุดคือ จุดที่ 48 เนื่องจากปลูกยูคาลิปตัส ทำให้ดินค่อนข้างแห้ง ประกอบกับเนื้อดินเป็นดินทราย ซึ่งเก็บน้ำได้ไม่ดี ระเหย และลงสู่ด้านล่างค่อนข้างเร็ว ประกอบกับอยู่ในพื้นที่ค่อนข้างสูง ทำให้มีน้ำอยู่ในดินน้อย ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง

4. เนื้อดินที่ได้ทำการศึกษาเป็นดินชุดมาบบอนเพียงชนิดเดียว เมื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ในพื้นที่ศึกษามีเนื้อดินที่ระดับความลึก 15 และ 60 เซนติเมตร ทั้งหมด 8 ประเภท ดังนี้

- เนื้อดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร มี 6 ประเภท ได้แก่ ดินทราย (sand) ดินทรายร่วน (loamy sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วน (loam) และดินเหนียวปนซิลต์ (silty clay) โดยส่วนใหญ่ดินในระดับความลึก 15 เซนติเมตรมีเนื้อดินจัดอยู่ในกลุ่ม ดินร่วน ได้แก่ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วน คิดเป็น 56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ ได้แก่ ดินทราย และ ดินทรายร่วน คิดเป็น 42 เปอร์เซ็นต์ และดินเนื้อละเอียด ได้แก่ ดินเหนียวปนซิลต์ คิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์

- เนื้อดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มี 7 ประเภท ได้แก่ ดินทราย (sand) ดินทรายร่วน (loamy sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินร่วน (loam) ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) และดินเหนียว (clay) โดยส่วนใหญ่ดินในระดับความลึก 60 เซนติเมตรมีเนื้อดินจัดอยู่ในกลุ่ม ดินร่วน คิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ คิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ และดินเนื้อละเอียด คิดเป็น 12 เปอร์เซ็นต์

สรุป เนื้อดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร ส่วนใหญ่จะเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนเนื้อดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย

5. ลักษณะอื่น ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ การพบชั้นดานโดยเป็นชั้นดานที่เกิดจากการไถพรวนโดยใช้รถไถติดต่อกันเป็นเวลานาน จนทำให้ดินล่างเกิดความแน่นทึบ (prown pan) ในบางจุด ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัส และพบลักษณะเป็นดินถูกรังในบางจุด โดยพื้นที่ดังกล่าวข้างต้นจะทำการปลูกมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ และพบลักษณะของหินโผล่ในบางจุด โดยจุดดังกล่าวนี้จะมีผิวดินค่อนข้างต่ำมาก เนื่องจากการทำการเกษตรกรรมทำได้ดีลำบาก ดินค่อนข้างแข็ง และมีความพรุนน้อย

5.2 การวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์และแปลความหมายของกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้าในระดับลึก (2-150 เมตร) ใช้การจัดจำแนกไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์ ได้ทำการสำรวจทั้งสิ้น 20 จุด (ดูกราฟจากภาคผนวก ก) สามารถแสดงข้อมูลทางปฐพีวิทยา ธรณีวิทยา และอุทกธรณีวิทยาได้ดังนี้ คือ

จุดที่ 2	ความลึก 0-4.5 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย
	ความลึก 4.5-7 เมตร	เป็นดินเหนียว และมีลูกกรัง (laterite) ปนอยู่
	ความลึก 7-30 เมตร	เป็นดินร่วนสลับทราย และแห้ง
	ความลึก 30-100 เมตร	เป็นดินร่วนสลับทราย และชื้น
	ความลึก 100-150 เมตร	เป็นดินร่วนสลับทราย มีหินผุ และพบว่ามีน้ำบาดาล

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 4	ความลึก 0-10 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย
	ความลึก 10-20 เมตร	เป็นดินเหนียว
	ความลึก 20-30 เมตร	เป็นดินทรายปนกรวด
	ความลึก 30-70 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย
	ความลึก 70-150 เมตร	เป็นหินแข็ง

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 70 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 15 เมตร

จุดที่ 5	ความลึก 0-2 เมตร	เป็นดินปนทราย แห้งมาก
	ความลึก 2-10 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย มีความชื้นมากขึ้น
	ความลึก 10-150 เมตร	เป็นหินแข็ง (แกรนิต)

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 10 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 3 เมตร

- | | | |
|----------|---------------------|---|
| จุดที่ 7 | ความลึก 0-3 เมตร | เป็นดินทรายปนร่วน และแห้ง |
| | ความลึก 3-10 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมาจึ้น |
| | ความลึก 10-15 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย และมีเศษหินผุ พบว่ามีน้ำบาดาล |
| | ความลึก 15-150 เมตร | เป็นหินแข็ง (แกรนิต) |

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 15 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 5 เมตร

- | | | |
|----------|---------------------|--|
| จุดที่ 8 | ความลึก 0-4.5 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง |
| | ความลึก 4.5-20 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย และชื้น พบว่ามีน้ำบาดาลเล็กน้อย ชั้นน้ำอยู่ประมาณระดับที่ 15-20 เมตร |
| | ความลึก 20-150 เมตร | เป็นหินแข็ง และ ไม่มีรอยแตก |

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 20 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 5 เมตร

- | | | |
|-----------|---------------------|---|
| จุดที่ 11 | ความลึก 0-3 เมตร | เป็นดินทรายร่วน และแห้ง |
| | ความลึก 3-10 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมาขึ้น |
| | ความลึก 10-15 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย และมีเศษหินผุ พบว่ามีน้ำบาดาล |
| | ความลึก 15-150 เมตร | เป็นหินแข็ง (แกรนิต) |

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 15 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 5 เมตร

- | | | |
|-----------|---------------------|--|
| จุดที่ 17 | ความลึก 0-7 เมตร | เป็นดินร่วนปนทราย |
| | ความลึก 7-10 เมตร | เป็นดินเหนียว |
| | ความลึก 10-150 เมตร | เป็นดินเหนียวสลับทราย ชั้นน้ำอยู่ประมาณ 100-130 เมตร |

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 19 ความลึก 0-15 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง
 ความลึก 15-35 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
 ความลึก 35-45 เมตร เป็นดินเหนียว
 ความลึก 45-130 เมตร เป็นดินเหนียวสลับทราย พบว่ามีชั้นน้ำบาดาลประมาณ
 100-130 เมตร

ความลึก 130-150 เมตร เป็นหินแข็ง
 มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 130 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 21 ความลึก 0-3 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย
 ความลึก 3-20 เมตร เป็นดินเหนียว มีเศษหินปูน
 ความลึก 20-130 เมตร เป็นดินร่วนสลับทราย มีความชื้นสูงมาก
 ความลึก 130-150 เมตร เป็นหินแข็ง

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 130 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 23 ความลึก 0-4.5 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง
 ความลึก 4.5-30 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
 ความลึก 30-45 เมตร เป็นชั้นดานแข็ง (hardpan) เกิดจากดินทรายอัดแน่น
 ความลึก 45-150 เมตร เป็นดินเหนียวสลับชั้นทราย มีความชื้นสูงมาก

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 26 ความลึก 0-10 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย
 ความลึก 10-45 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย
 ความลึก 45-120 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย มีความชื้น
 ความลึก 120-150 เมตร เป็นดินทรายสลับชั้นดินเหนียว พบว่ามีชั้นน้ำบาดาล
 ประมาณ 100-130 เมตร

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 30 เมตร

จุดที่ 29	ความลึก 0-3 เมตร	เป็นดินทรายร่วน และแห้ง
	ความลึก 3-25 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย
	ความลึก 25-60 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
	ความลึก 60-150 เมตร	เป็นดินทรายสลับชั้นดินเหนียว พบว่ามีชั้นน้ำบาดาล ประมาณ 100-130 เมตร

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 15 เมตร

จุดที่ 31	ความลึก 0-3 เมตร	เป็นดินทรายปนร่วน และแห้ง
	ความลึก 3-10 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
	ความลึก 10-15 เมตร	เป็นดินเหนียว และมีชั้นดานแข็ง
	ความลึก 15-20 เมตร	เป็นหินผุ มีความชื้น
	ความลึก 20-150 เมตร	เป็นหินแข็ง

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 20 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 5 เมตร

จุดที่ 33	ความลึก 0-3 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง
	ความลึก 3-10 เมตร	เป็นดินเหนียว มีลูกรัง (laterite) ปน และแห้ง
	ความลึก 10-70 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย และมีเศษหินผุ
	ความลึก 70-150 เมตร	เป็นหินแข็ง

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 70 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 34	ความลึก 0-7 เมตร	เป็นดินทรายร่วน และแห้ง
	ความลึก 7-25 เมตร	เป็นดินทรายร่วน ขึ้นมากขึ้น
	ความลึก 25-90 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย
	ความลึก 90-150 เมตร	เป็นชั้นทรายสลับชั้นกรวด พบว่ามีชั้นน้ำบาดาลประมาณ 100-130 เมตร

มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร

มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 36 ความลึก 0-3 เมตร เป็นดินทรายร่วน และแห้ง
 ความลึก 3-25 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
 ความลึก 25-150 เมตร เป็นดินทรายปนดินร่วน และมีน้ำบาดาลในบางช่วง
 มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 39 ความลึก 0-10 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย
 ความลึก 10-25 เมตร เป็นดินเหนียว มีหินผุปนอยู่ ค่อนข้างแข็ง
 ความลึก 25-150 เมตร เป็นหินแข็งมีรอยแตก และมีหินผุ
 มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 41 ความลึก 0-7 เมตร เป็นดินทรายร่วน
 ความลึก 7-15 เมตร เป็นดินเหนียว ค่อนข้างแน่น
 ความลึก 15-150 เมตร เป็นหินผุ มีรอยแตก และมีชั้นน้ำบาดาล
 มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า 150 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 20 เมตร

จุดที่ 44 ความลึก 0-7 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง
 ความลึก 7-20 เมตร เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
 ความลึก 20-45 เมตร เป็นชั้นดานแข็ง อาจเป็นหินผุ
 ความลึก 45-130 เมตร เป็นดินร่วนสลับทราย
 ความลึก 130-150 เมตร เป็นดินเหนียว
 มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน 130 เมตร
 มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล 30 เมตร

จุดที่ 46	ความลึก 0-3 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย และแห้ง
	ความลึก 3-20 เมตร	เป็นดินร่วนปนทราย ขึ้นมากขึ้น
	ความลึก 20-40 เมตร	เป็นดินทรายปนดินร่วน
	ความลึก 40-150 เมตร	เป็นดินเหนียว พบว่ามีชั้นน้ำบาดาลประมาณ 100-130 เมตร
มีค่าความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน มากกว่า		150 เมตร
มีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาล		10 เมตร

หมายเหตุ : ค่าความหนาชั้นน้ำบาดาลของจุดสำรวจดังกล่าวข้างต้น คือ เป็นชั้นน้ำบาดาลหลัก ๆ
ณ.จุดที่สำรวจ ที่สามารถตรวจสอบได้จากการทำการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า แต่ยัง
มีชั้นน้ำขนาดเล็กในความลึกอื่น ๆ อีก ณ.จุดเดียวกัน

สำหรับทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการพิจารณาฐานข้อมูลบ่อบาดาล โดยดูจากระดับน้ำใต้ดินจากบ่อบาดาล ที่หน่วยงานราชการได้ขุดไว้ในพื้นที่ศึกษา (ภาคผนวก ข) ถึงแม้ว่าจะมีข้อมูลค่อนข้างน้อย และในบางบ่อพบว่าไม่มีน้ำ แต่เมื่อมองภาพโดยรวมแล้วพบว่า น้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาจะมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เป็นที่สูง ลงมาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นที่ต่ำกว่า

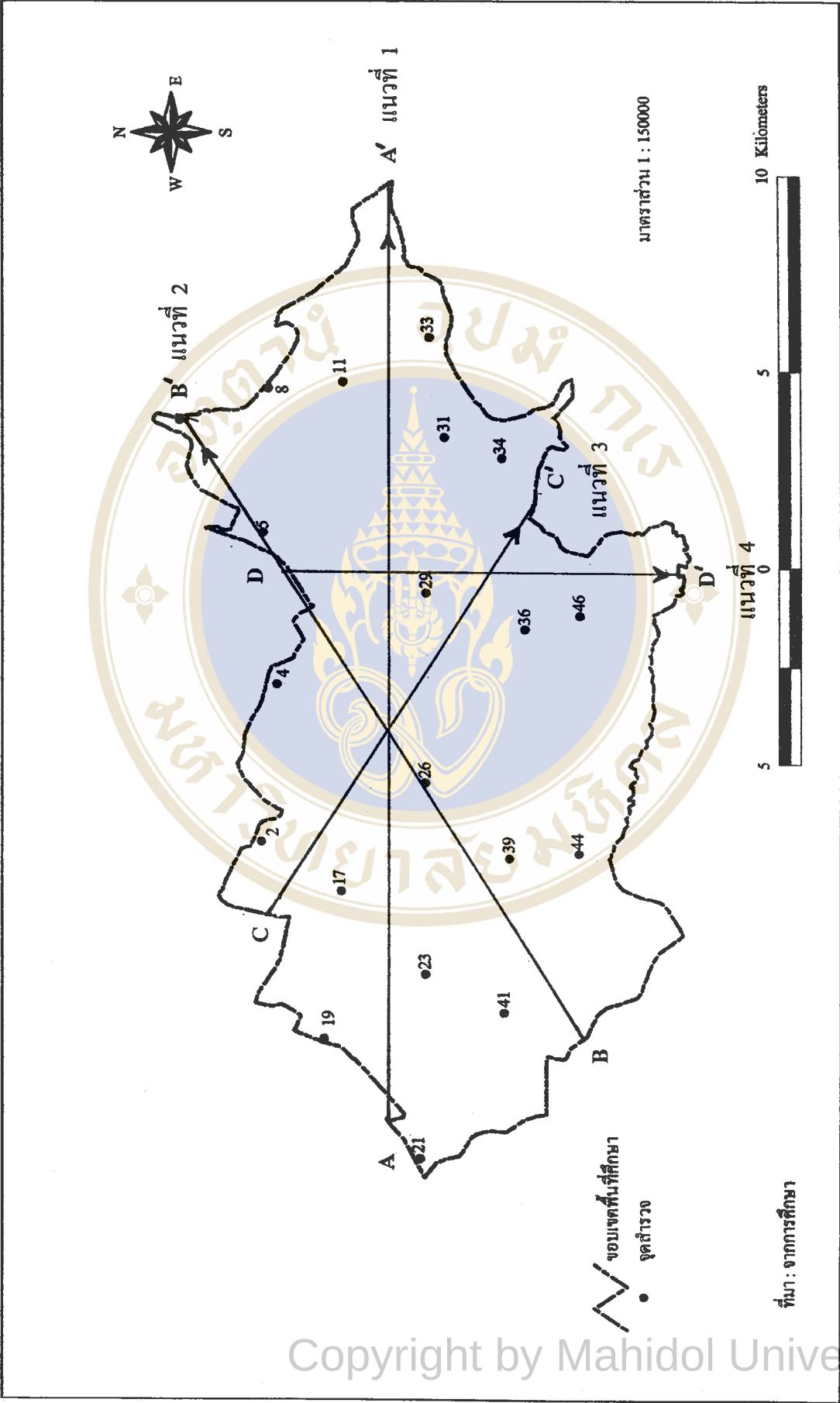
ผลที่ได้จากการแปลความหมายจากกราฟข้างต้น สามารถนำมาเขียนเป็นแผนที่ภาพตัดขวางแสดงลักษณะทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยาได้ โดยได้ทำการแบ่งแนวของจุดสำรวจที่อยู่ในพื้นที่ศึกษาออกเป็น 4 แนว (ภาพที่ 5.1) เพื่อทำให้เห็นโครงสร้างทางธรณีวิทยา และลักษณะชั้นน้ำในหลายทิศทาง ได้ชัดเจนและมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยแนวทั้ง 4 มีรายละเอียดดังนี้

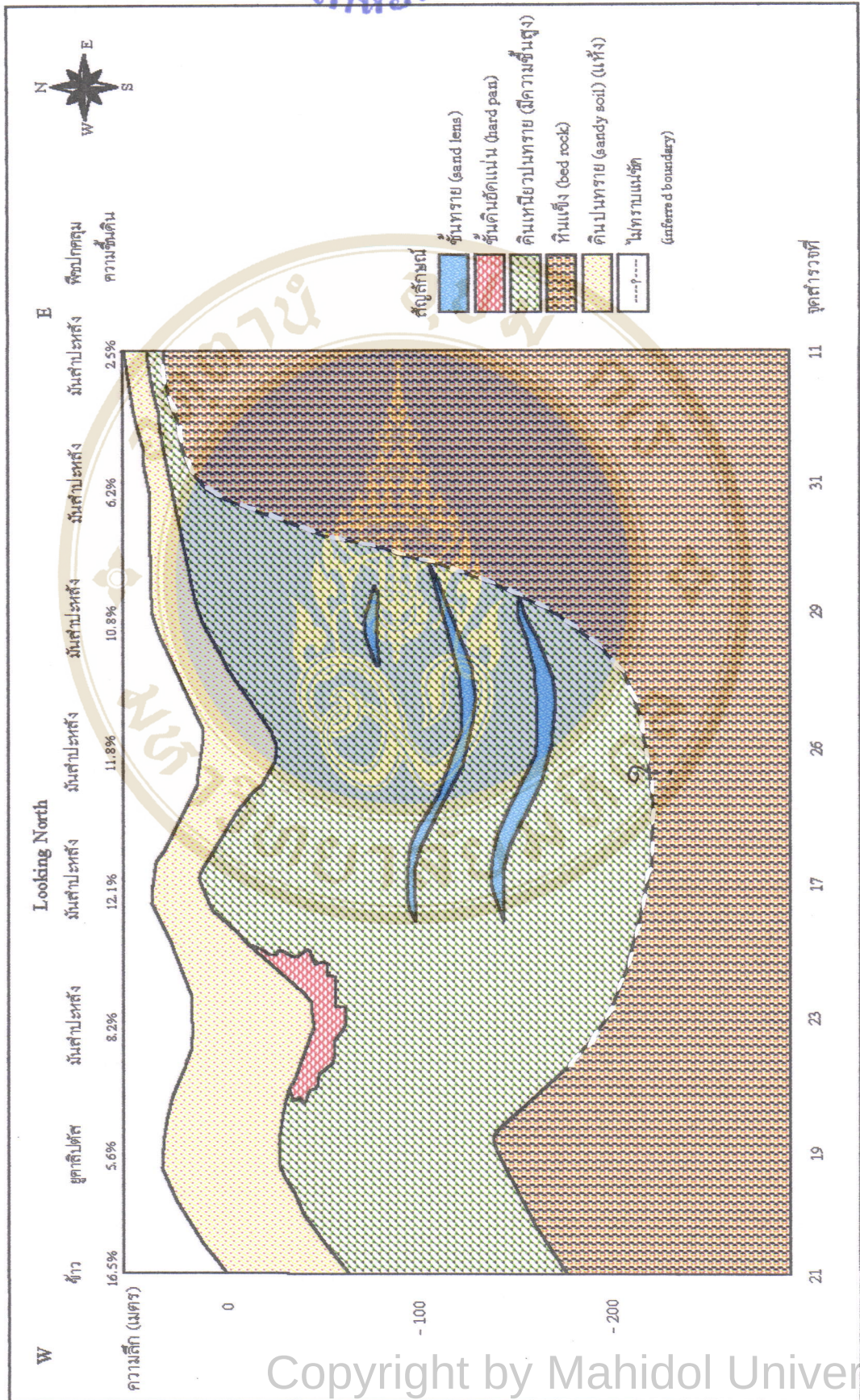
แนวที่ 1 เป็นแนวที่อยู่ในทิศตะวันตกไปตะวันออก (A-A') ประกอบด้วยจุดสำรวจทั้งสิ้น 8 จุดเรียงตามลำดับ คือ 21, 19, 23, 17, 26, 29, 31 และ 11 (ภาพที่ 5.2)

แนวที่ 2 เป็นแนวที่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ไปตะวันออกเฉียงเหนือ (B-B') ประกอบด้วยจุดสำรวจทั้งสิ้น 6 จุดเรียงตามลำดับ คือ 41, 39, 26, 4, 5, และ 7 (ภาพที่ 5.3)

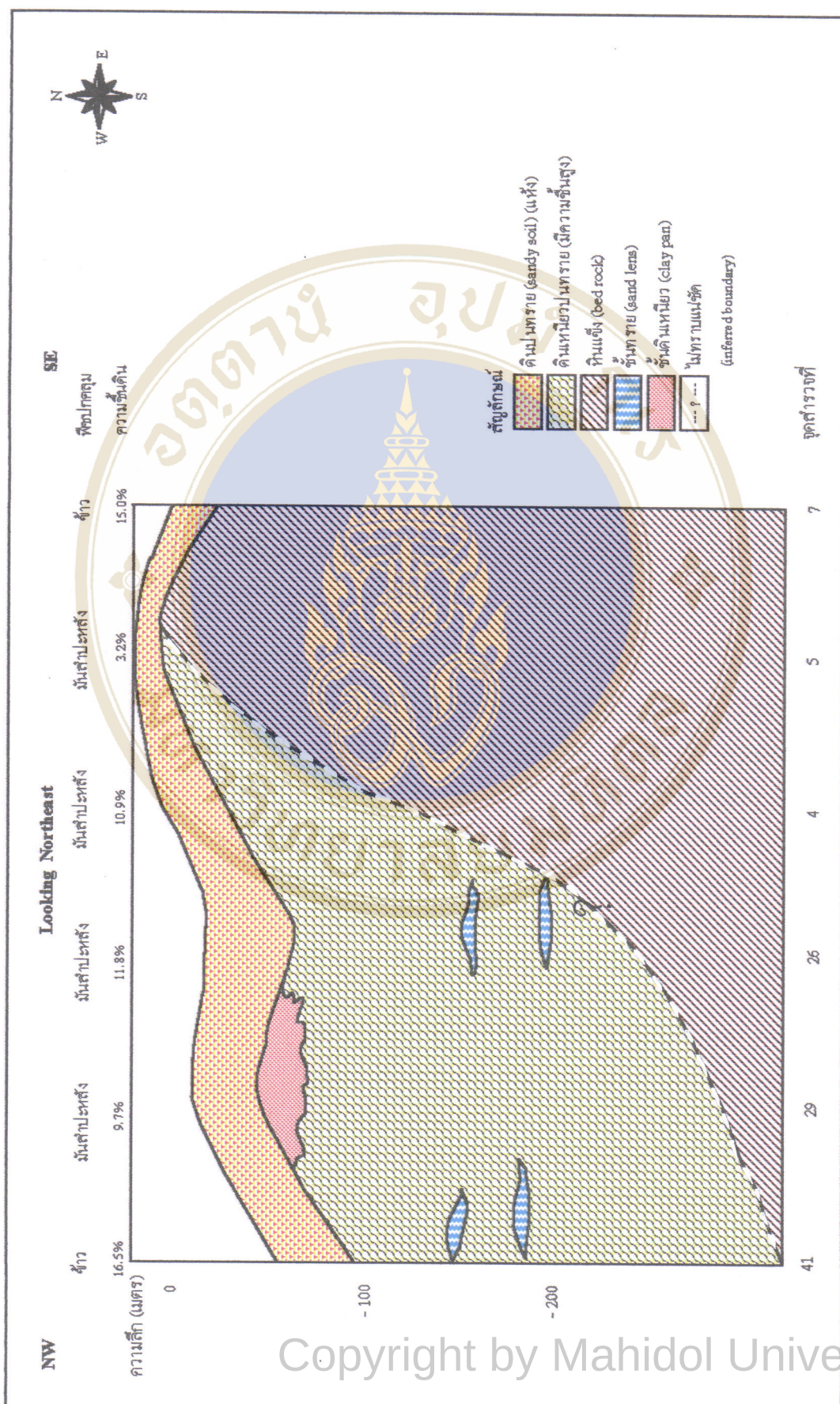
แนวที่ 3 เป็นแนวที่อยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปตะวันออกเฉียงใต้ (C-C') ประกอบด้วยจุดสำรวจทั้งสิ้น 5 จุดเรียงตามลำดับ คือ 2, 17, 26, 29, และ 34 (ภาพที่ 5.4)

แนวที่ 4 เป็นแนวที่อยู่ในทิศเหนือไปใต้ (D-D') ประกอบด้วยจุดสำรวจทั้งสิ้น 4 จุดเรียงตามลำดับ คือ 5, 29, 36, และ 46 (ภาพที่ 5.5)





ภาพที่ 5.2 แสดงแผนที่ภาพถ่ายทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแผนที่ 1



ภาพที่ 5.3 แสดงแผนภาพพัฒนากล้องทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 2

จากแผนที่ภาพตัดขวางแสดงลักษณะทางปฐพีวิทยาและธรณีวิทยาของแนวที่ 1 พบว่าพื้นที่จะค่อนข้างต่ำในทิศตะวันตก และจะสูงต่ำสลับกันไปตามทิศตะวันออก โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 15-60 เมตร ซึ่งมีลักษณะได้ผิวดินคือ ชั้นดินและหินจะแบ่งเป็น 3 ชั้นใหญ่ ๆ คือ ชั้นที่ 1 เป็นดินทราย ค่อนข้างแห้ง มีความหนาของชั้นดินประมาณ 10-45 เมตร ถัดลงไปเป็นชั้นที่ 2 เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินเหนียวมีดินทรายปนเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบชั้นทราย (sand lens) แทรกอยู่ในบางจุด โดยบางช่วงจะเห็นว่าชั้นทราย จะต่อกันเป็นแนวยาวซึ่งแนวนี้จะถือได้ว่าเป็นชั้นน้ำบาดาลหลักของพื้นที่นี้ และยังพบว่าในบางจุดมีชั้นดินที่อัดตัวกันแน่น (hard pan) แทรกอยู่ จึงอาจส่งผลต่อการไหลผ่านชั้นลงของน้ำที่อยู่ในดิน ชั้นที่ 3 เป็นชั้นหินแข็ง โดยอยู่ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 130 เมตร แต่จะเห็นว่าในบางช่วงหรือบางจุดในแผนที่ไม่สามารถบอกถึงระดับความลึกที่ชัดเจนของชั้นหินแข็งได้ (แสดงเป็นเครื่องหมาย ? ไว้) แต่คาดว่าจะอยู่ที่ระดับความลึกมากกว่า 150 เมตร

นอกจากลักษณะของชั้นดินและหินแล้ว ในแผนที่ภาพตัดขวางนี้ยังแสดงให้เห็นถึงความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน ซึ่งพบว่าความหนาของชั้นตะกอนร่วนในแต่ละจุดไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศของแต่ละจุด ซึ่งมีความสูงต่ำไม่เท่ากัน แต่โดยส่วนใหญ่แล้วถ้าเป็นพื้นที่สูงหรือเป็นเนิน จะมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ในที่ลุ่มหรือพื้นที่ต่ำกว่า

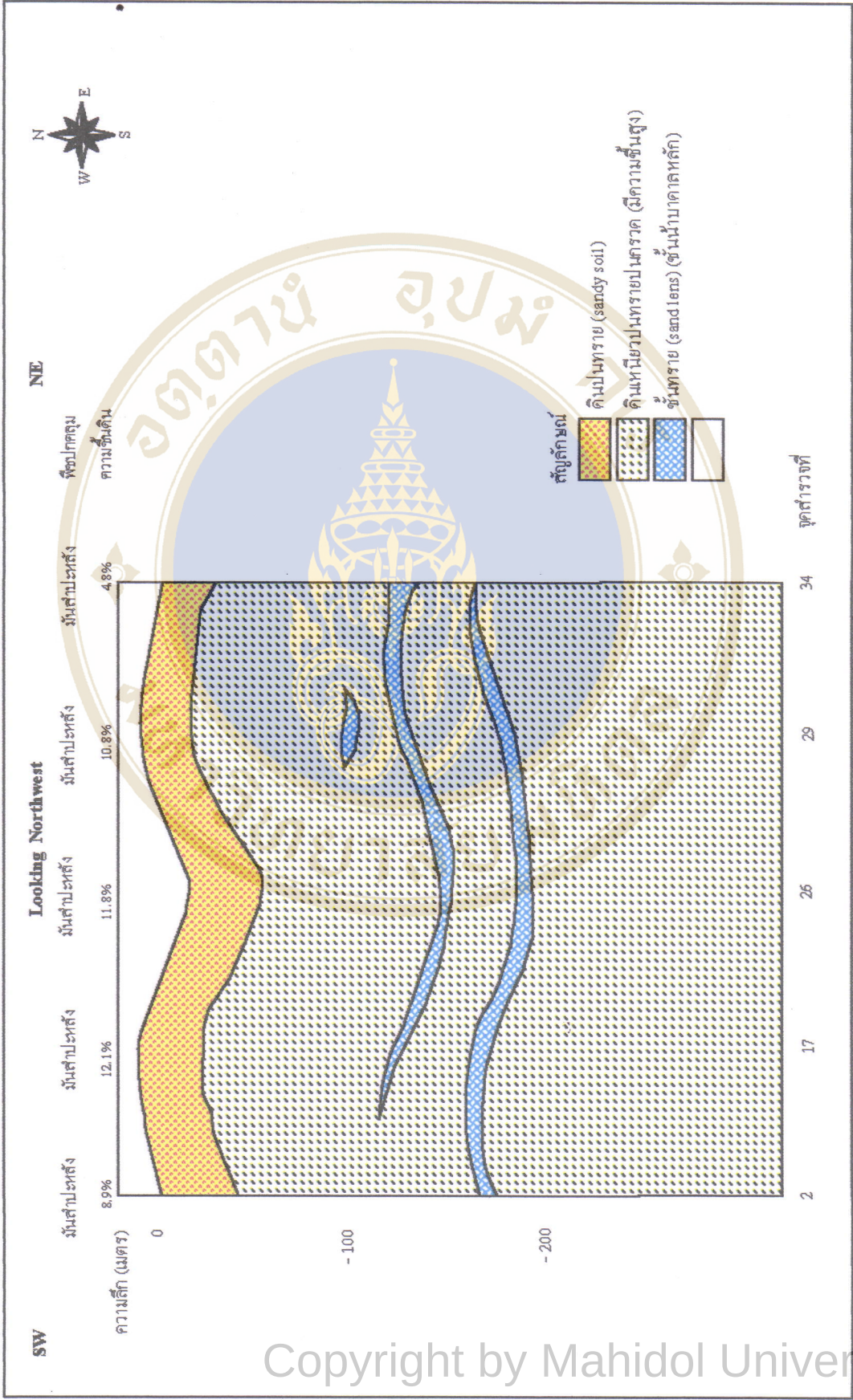
เมื่อนำลักษณะดังกล่าวข้างต้นมาอธิบายประกอบกับปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ค่าความชื้นดิน พืชปกคลุม และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พบว่า บางจุดหรือบางช่วงที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากส่วนใหญ่มักจะมีความชื้นดินสูงกว่าจุดที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย แต่มีบางจุดที่ไม่เป็นตามลักษณะดังกล่าว คือ ในจุดที่ 21 และ 19 ซึ่งเห็นได้ว่าทั้ง 2 จุดมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนเท่า ๆ กัน แต่เหตุใดความชื้นดินค่อนข้างแตกต่างกันมาก ทั้งนี้เนื่องจาก มีพืชปกคลุมที่แตกต่างกัน โดยพืชปกคลุมแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างด้านสรีระวิทยา การปลูก และการดูแลรักษา พื้นที่หรือจุดที่มีพืชปกคลุมเป็นข้าวจะมีความชื้นสูงกว่า จุดที่มีพืชปกคลุมเป็นมันสำปะหลัง หรือยูคาลิปตัส ถึงแม้ว่าจุดที่ปลูกข้าวจะเป็นช่วงที่ได้ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ข้าวเป็นพืชที่ทำการปลูกในพื้นที่ลุ่ม มีน้ำขังตลอดช่วงของการเจริญเติบโต จึงทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินมีค่อนข้างมากที่ระดับผิวดินคือดินอ้อมตัว 100 เซนติเมตร ประกอบกับข้าวเป็นพืชที่มีระบบรากตื้น ดังนั้นการดูดน้ำจากดินไปใช้ในการเจริญเติบโตส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณผิวดิน และพื้นที่ที่ปลูกข้าวในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่จะเป็นที่ลุ่ม อยู่ที่สูงจากระดับน้ำ

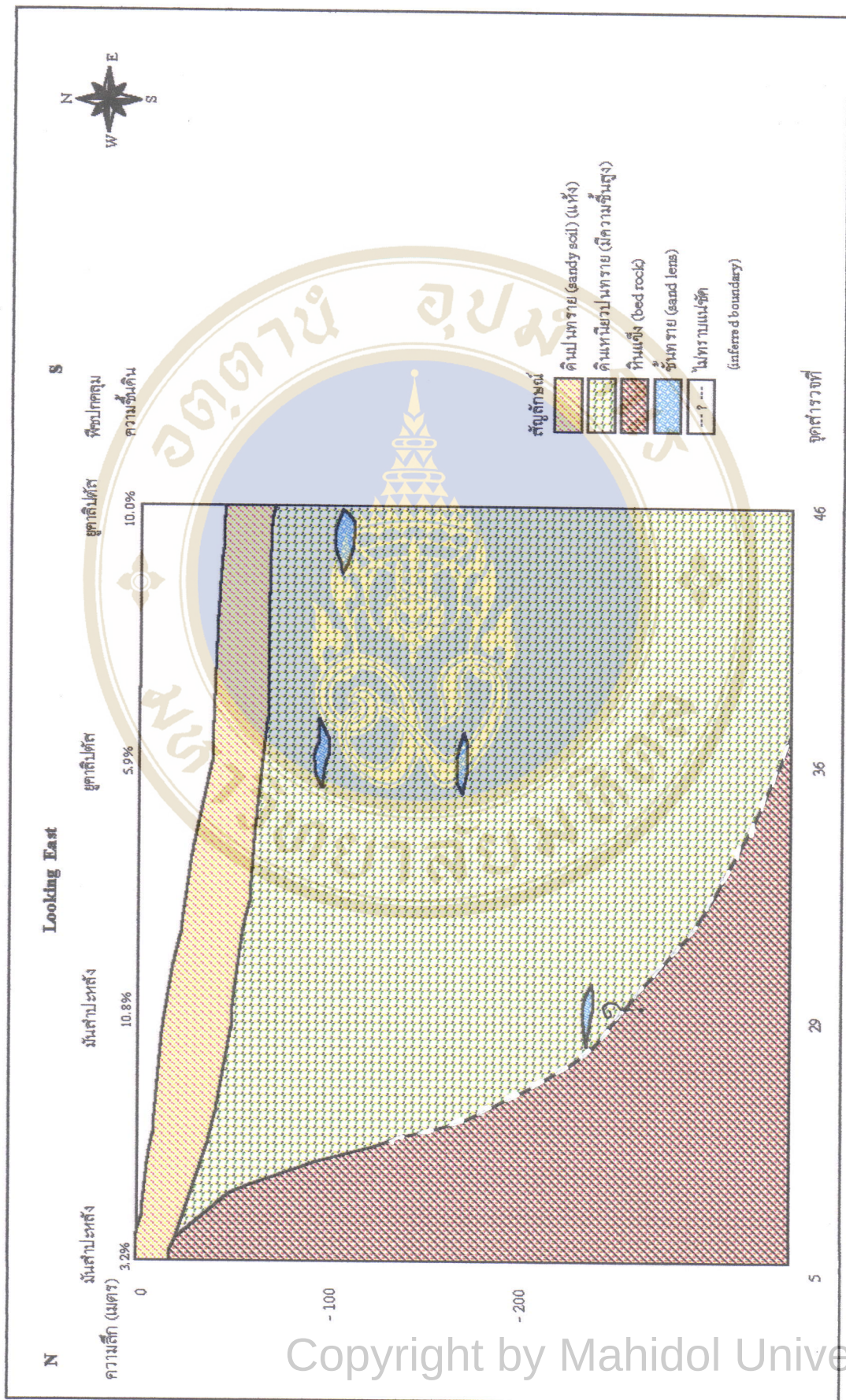
ทะเลปานกลางไม่มากนัก คือ 15 msl โดยแตกต่างจากจุดที่มีการปลุกยูคาลิปตัสซึ่งเป็นพืชที่มีระบบรากลึก การดูดน้ำไปใช้จึงดูดทั้งจากผิวดินและใต้ดินที่ลึกลงไป จึงทำให้น้ำใต้ดินที่จะส่งขึ้นมาหล่อเลี้ยงผิวดินน้อยลงไป ประกอบกับเป็นพืชที่ดูดน้ำจากดินไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตสูงมาก จึงทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินบริเวณที่มีพืชปกคลุมเป็นยูคาลิปตัสค่อนข้างจะต่ำกว่าพืชชนิดอื่น นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าในพื้นที่หรือจุดที่อยู่ในที่ลุ่มจะมีความชื้นดินสูงกว่าจุดที่อยู่ในที่ดอน เมื่อมีปัจจัยอื่น ๆ ใกล้เคียงกัน

แนวที่ 2 พบว่าพื้นที่ที่จะค่อนข้างสูงและต่ำในทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และจะลาดต่ำลงมาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และพื้นที่ที่จะเป็นที่ลุ่มและที่ดอน มีลักษณะได้ระดับผิวดินลงไปจะเป็นชั้นดินและหินที่แบ่งได้เป็น 3 ชั้นเช่นเดียวกับแนวที่ 1 คือ ชั้นที่ 1 จะเป็นดินทรายค่อนข้างแห้ง โดยดินชั้นนี้มีความหนาอยู่ในช่วง 10-30 เมตร ถัดลงไปเป็นชั้นที่ 2 เป็นดินเหนียวปนกับดินทราย โดยมีชั้นทรายแทรกอยู่เป็นเป็นแนวสั้น ๆ ไม่สามารถต่อเนื่องเป็นแถบยาวได้เหมือนกับแนวที่ 1 จึงอาจส่งผลให้แนวนี้มีน้ำบาดาลน้อยกว่า นอกจากนี้ยังพบชั้นของดินเหนียวซึ่งค่อนข้างหนาพอสมควรในบางจุด (จุด 39) ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะส่งผลต่อการไหลของน้ำที่อยู่ในดินได้ คือเป็นตัวกั้นทำให้น้ำไหลได้ไม่ค่อยดี สำหรับชั้นสุดท้ายคือชั้นที่ 3 จะเป็นชั้นหินแข็ง โดยความลึกของหินแข็งจากผิวดินในแนวนี้อยู่ที่ระดับ 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตร

ในส่วนของความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนอยู่ในช่วง 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตร เช่นกัน โดยพบว่ามีความหนาน้อยในด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากเป็นที่สูง และจะมีความหนาเพิ่มขึ้นในด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีพื้นที่ต่ำกว่า

เมื่อนำมาอธิบายร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ คือ ความชื้นดิน และพืชปกคลุม พบว่ามีลักษณะเหมือนหรือใกล้เคียงกับที่ได้อธิบายในแนวที่ 1 แต่จะมีบางส่วนที่แตกต่างออกไป คือ บางจุด (จุด 7) จะเห็นว่าความชื้นดินค่อนข้างสูงกว่าจุดอื่น ๆ ทั้งที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย เหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และสภาพภูมิประเทศ มีผลต่อความชื้นดิน คือ พืชปกคลุมของจุดนี้เป็นข้าว ประกอบกับพื้นที่อยู่ในที่ลุ่ม โดยการอยู่ในที่ลุ่มนี้จะทำให้พื้นที่กลายเป็นแหล่งสะสมน้ำ เนื่องจากน้ำที่อยู่ในที่สูงกว่าจะไหลลงมารวมกันในที่ลุ่ม จึงทำให้น้ำสะสมอยู่ในดินค่อนข้างมาก ความชื้นในดินจึงสูงกว่าจุดอื่น ๆ





ภาพที่ 5.5 แสดงแผนที่ภาพถ่ายทางลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของแนวที่ 4

แนวที่ 3 พื้นที่เป็นที่สูงต่ำสลับกันไป โดยวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือไป ตะวันออกเฉียงใต้ โดยทั้งแนวมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 30 เมตร ถึง 50 เมตร และมีลักษณะได้ผิวดินลงไปเป็นชั้นดินและหินที่แบ่งเป็น 2 ชั้นอย่างชัดเจน โดยชั้นที่ 1 เป็น ชั้นดินทราย มีความหนาประมาณ 20-30 เมตร ชั้นที่ 2 เป็นดินเหนียวสลับกับดินทราย และกรวด ในบางจุด ซึ่งการที่มีกรวดสลับดินเหนียวนี้จะทำให้เนื้อดินค่อนข้างแข็งและแน่น โดยจะพบว่ามี ชั้นของดินทรายที่ต่อกันเป็นแถบยาวถึง 2 แถบตลอดแนว ซึ่งแถบของชั้นดินทรายบางนี้จะอยู่ที่ ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 100 เมตร และ 130 เมตร ตามลำดับ ลักษณะเช่นนี้จะพบว่ามีน้ำ บาดลอยู่ในแถบดังกล่าวนี้ สำหรับชั้นหินแข็งของแนวนี้คาดว่าจะอยู่ลึกมากกว่า 150 เมตร และ ในแนวนี้ยังพบว่ามีความลึกหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 2 แนว ที่กล่าวข้างต้น โดยคาดว่าจะมีความลึกหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 150 เมตร

เมื่อนำลักษณะดังกล่าวข้างต้นมาอธิบายร่วมกับความชันดิน และพืชปกคลุม พบว่า ความชันดินในแนวนี้จะอยู่ในช่วง 9-12 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และทุกจุดที่อยู่ในแนวนี้มีพืชปกคลุมเป็นมันสำปะหลัง โดยในพื้นที่ลุ่มจะมีความชันสูงกว่าพื้นที่ดอน แต่พบว่าในบางจุด (จุด 34) มีความชันดินต่ำกว่าจุดอื่น ๆ มาก คือประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ทั้งที่ไปจยอื่น ๆ เหมือนกับจุดอื่นที่อยู่ในแนวเดียวกัน เนื่องจากลักษณะเนื้อดินในชั้นที่ 2 ของจุดนี้มีกรวดปนอยู่ในดินเหนียว โดยเป็น กรวดที่มีดินเหนียวหรือลูกรังแทรกอยู่ระหว่างเม็ดกรวด หรือเป็นชั้นดานที่เกิดจากดินลูกรัง จึงทำให้เนื้อดินค่อนข้างแข็งและแน่นกว่าจุดอื่น ๆ ซึ่งลักษณะเช่นนี้อาจส่งผลกระทบต่อการใช้ของน้ำที่อยู่ใน ดิน โดยเฉพาะน้ำใต้ดินที่อยู่ในแถบชั้นทรายบาง ๆ อาจไหลขึ้นสู่ผิวดินได้ยาก จึงส่งผลให้ความชื้น ที่ระดับผิวดินค่อนข้างต่ำ

แนวที่ 4 พื้นที่มีลักษณะสูงทางด้านทิศเหนือ และลาดต่ำลงไปทางด้านทิศใต้ โดยมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 30 เมตร ถึง 60 เมตร ลักษณะของชั้นดินและหินที่อยู่ใต้ระดับผิวดินลงไปแบ่งเป็น 3 ชั้นใหญ่ ๆ คือ ชั้นที่ 1 เป็นดินทราย มีความหนาประมาณ 10-25 เมตร ชั้นที่ 2 เป็นดินเหนียวปนทราย และมีชั้นทรายบาง ๆ แทรกอยู่เป็นแถบสั้น ๆ กระจายอยู่ตลอดแนว ชั้นที่ 3 เป็นชั้นหินแข็งโดยอยู่ที่ระดับความลึกตั้งแต่ 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตร และมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนตั้งแต่ 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตรเช่นกัน

เมื่อนำลักษณะข้างต้นมาอธิบายประกอบกับค่าความชื้นดิน พีชปกคลุม และลักษณะภูมิประเทศแล้ว พบว่า พีชปกคลุมที่ปลูกในแนวนี้ส่วนใหญ่จะเป็นมันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส โดยจุดที่ปลูกมันสำปะหลังบนที่ดอน มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย จะมีความชื้นดินน้อยกว่าจุดที่ปลูกมันสำปะหลังในที่ลุ่ม ซึ่งมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพีชปกคลุมที่แตกต่างกัน คือ มันสำปะหลังกับยูคาลิปตัส ในขณะที่มีปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกัน ไม่ว่าจะเป็นความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือลักษณะภูมิประเทศที่ไม่แตกต่างกันเท่าที่ควร พบว่า จุดที่ปลูกมันสำปะหลังจะมีความชื้นดินสูงกว่าจุดที่ปลูกยูคาลิปตัส ทั้งนี้เนื่องจากระบบรากที่แตกต่างกันของพืชทั้ง 2 ชนิด จึงทำให้ความสามารถในการดูดน้ำจากดิน และอัตราการใช้น้ำของพืชแตกต่างกัน โดยยูคาลิปตัสเป็นพืชที่มีระบบรากลึกกว่ามันสำปะหลัง จึงทำให้มีการใช้น้ำเพื่อการเจริญเติบโตมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้พื้นที่ที่มีพีชปกคลุมเป็นยูคาลิปตัสมีความชื้นในดินต่ำกว่าพื้นที่ที่มีพีชปกคลุมเป็นมันสำปะหลัง

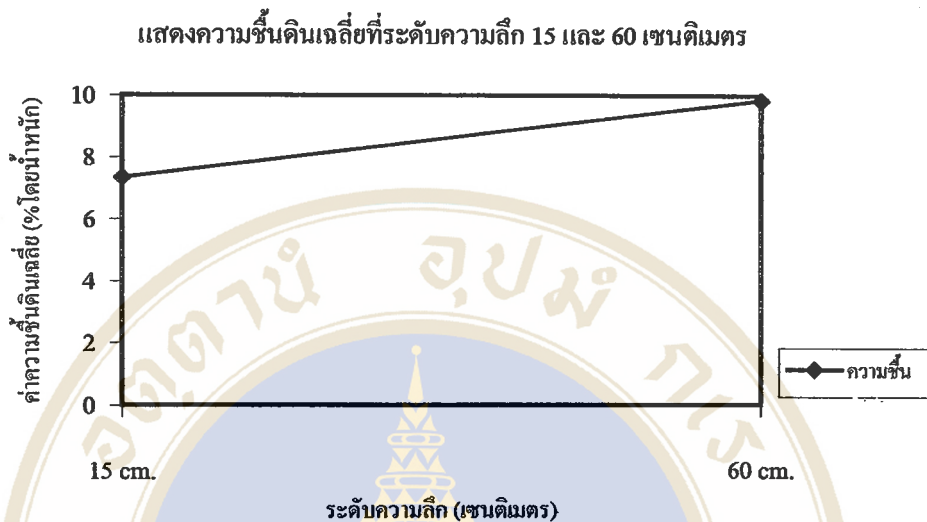
5.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษากับความชื้นดิน

5.3.1 การวิเคราะห์โดยใช้ค่าความชื้นดินโดยเฉลี่ยของปัจจัยต่าง ๆ

จากข้อมูลการสำรวจและวิเคราะห์ความชื้นดิน (ตารางที่ 5.1) เมื่อนำมาหาค่าความชื้นดินโดยเฉลี่ยของปัจจัยแต่ละประเภทที่คาดว่าน่าจะมีการสัมพันธ์กับความชื้นดิน พบว่า

1. ความชื้นดินกับระดับความลึกจากผิวดิน

จะเห็นได้ว่าความชื้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ซึ่งมีความชื้นดินเฉลี่ย 9.84 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะมากกว่าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร โดยมีความชื้นดินเฉลี่ย 7.35 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อมีปัจจัยอื่น ๆ ใกล้เคียงกัน ดังภาพที่ 5.6



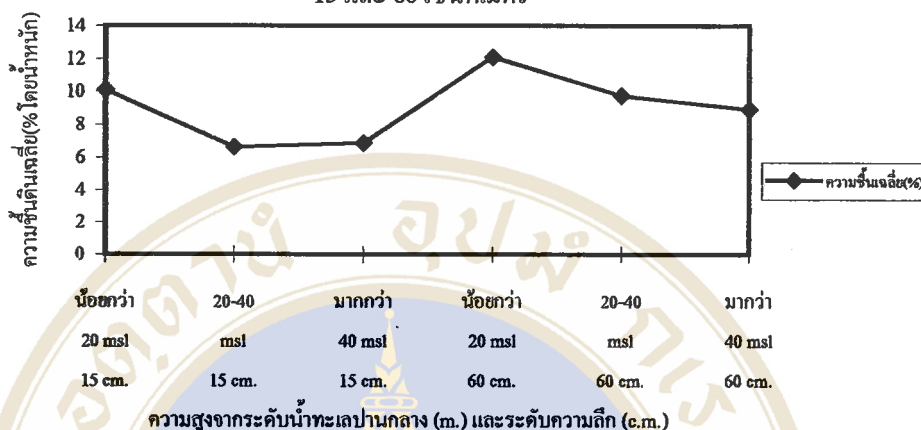
ภาพที่ 5.6 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชันดินกับระดับความลึกจากผิวดิน

2. ความชันดินกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

จากทฤษฎีแล้วพบว่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางในระดับที่สูงขึ้น จะส่งผลต่อความชันดิน คือ จะทำให้ความชันดินมีน้อยลง และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางลดต่ำลง ซึ่งหากพิจารณาจากความชันเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ได้แบ่งเป็น 3 โซน คือ โซนที่ 1, 2 และ 3 มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร, 20-40 เมตร และ น้อยกว่า 20 เมตรตามลำดับ จะมีค่าความชันดินเฉลี่ยในระดับความลึก 15 เซนติเมตร คือ 6.85 6.65 และ 10.10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะเห็นว่าความชันดินโดยเฉลี่ยของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางของโซนที่ 1 มากกว่าโซนที่ 2 แสดงว่าที่ความลึกจากผิวดินที่ค่อนข้างตื้น คือ 15 เซนติเมตร ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางจะไม่มีอิทธิพลต่อความชันดิน และสำหรับที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีความชันดินโดยเฉลี่ย คือ 9.28 9.40 และ 12.08 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีอิทธิพลต่อความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร โดยมีลักษณะความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน และในที่สูงมักเป็นพื้นที่ลาดเอียง (slope) จึงทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินในระดับตื้นไปทางด้านข้างแบบ inflow ดังภาพที่ 5.7

แสดงค่าความขึ้นดินเฉลี่ยของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่ระดับความลึก

15 และ 60 เซนติเมตร



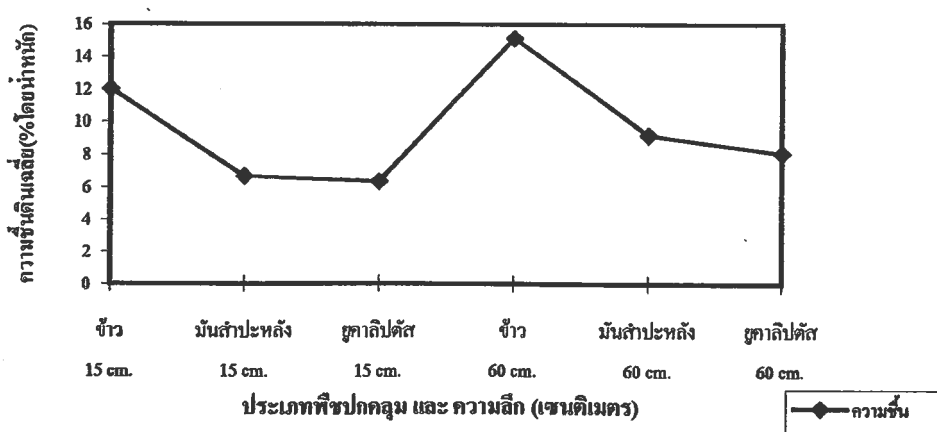
ภาพที่ 5.7 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความขึ้นดินกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

3. ความขึ้นดินกับพืชปกคลุม

พืชปกคลุมทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าว มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส มีความสัมพันธ์กับความขึ้นดินดังนี้ คือ พืชปกคลุมที่เป็นข้าวจะมีความขึ้นดินมากที่สุด รองลงมาได้แก่มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัสมีความขึ้นดินน้อยที่สุด โดยมีค่าความขึ้นดินเฉลี่ยในระดับความลึก 15 เซนติเมตรเรียงตามชนิดของพืชดังกล่าวข้างต้น คือ 11.99 , 6.47 และ 6.46 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ และที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร คือ 15.12 , 9.19 และ 8.19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ ดังภาพที่ 5.8

แสดงค่าความขึ้นดินเฉลี่ยของพืชปกคลุมทั้ง 3 ประเภท

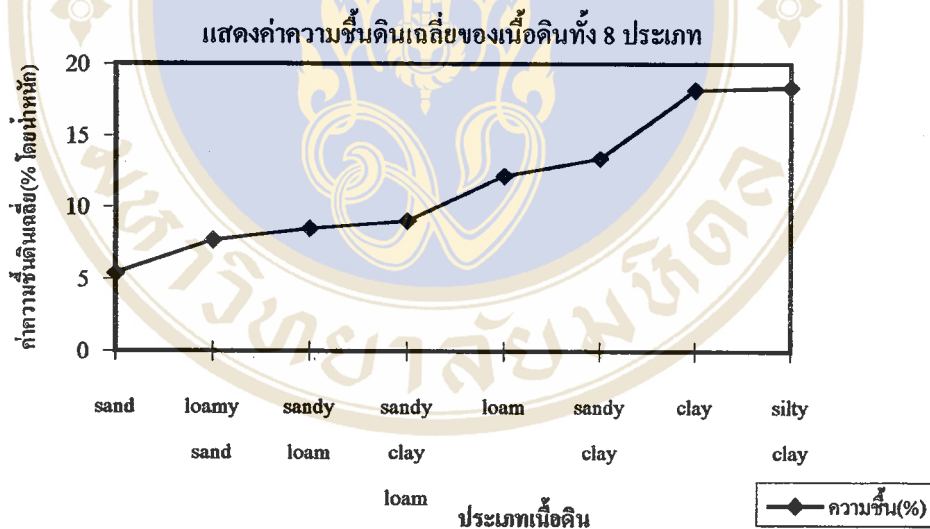
ที่ระดับความลึก 15 และ 60 เซนติเมตร



ภาพที่ 5.8 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความขึ้นดินกับพืชปกคลุม

4. ความชื้นดินกับลักษณะเนื้อดิน

จากลักษณะเนื้อดินทั้งหมด 8 ประเภทที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เมื่อนำมาพิจารณาในด้านความสัมพันธ์กับความชื้นดิน พบว่า เนื้อดินที่มีความชื้นดินมากที่สุด คือ ดินเหนียวปนซิลท์ (silty clay) มีความชื้นดินเฉลี่ย 18.36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ดินเหนียว (clay) มีความชื้นดินเฉลี่ย 18.15 เปอร์เซ็นต์ , ดินเหนียวปนทราย (sandy clay) มีความชื้นดินเฉลี่ย 13.40 เปอร์เซ็นต์ , ดินร่วน (loam) มีความชื้นดินเฉลี่ย 12.16 เปอร์เซ็นต์ , ดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีความชื้นดินเฉลี่ย 9.00 เปอร์เซ็นต์ , ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) มีความชื้นดินเฉลี่ย 8.67 เปอร์เซ็นต์ , ดินทรายร่วน (loamy sand) มีความชื้นดินเฉลี่ย 7.67 เปอร์เซ็นต์ และดินทราย (sand) มีความชื้นดินเฉลี่ย 5.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า เนื้อดินที่มี %clay อยู่ในสัดส่วนที่มาก จะมีความชื้นดินสูงกว่าเนื้อดินที่มี %silt และ %sand อยู่ในสัดส่วนที่มาก ดังภาพที่ 5.9

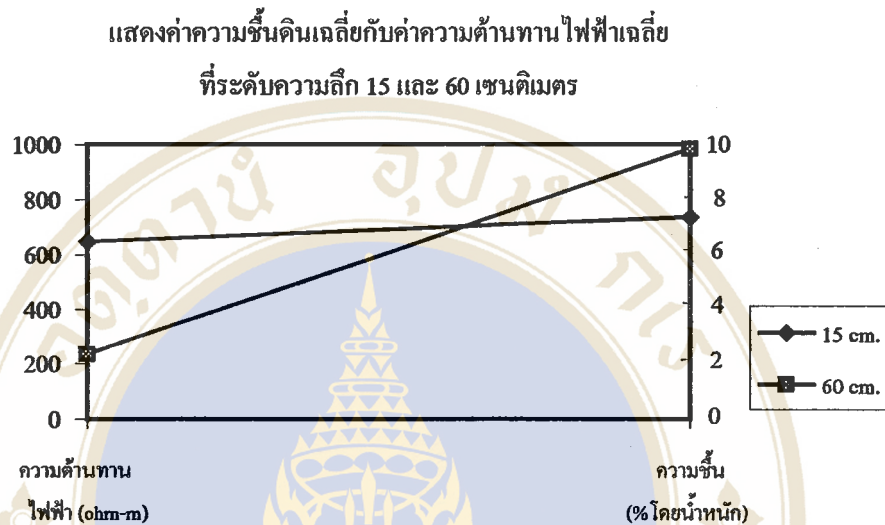


ภาพที่ 5.9 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับเนื้อดิน

5. ความชื้นดินกับค่าความต้านทานไฟฟ้า

ความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ชนิดนี้ เป็นลักษณะแปรผกผันกัน คือ เมื่อระดับความลึกจากผิวดินมากขึ้นความชื้นดินจะสูงขึ้น แต่ความต้านทานไฟฟ้าจะลดต่ำลง พิจารณาจากความชื้นดินเฉลี่ย และค่าความต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยในระดับความลึก 15 เซนติเมตร จะมีค่า

7.35 เปอร์เซ็นต์ และ 648.02 โอห์ม-เมตร ตามลำดับ และในระดับความลึก 60 เซนติเมตร คือ 9.84 เปอร์เซ็นต์ และ 233.08 โอห์ม-เมตร ตามลำดับ ดังภาพที่ 5.10



ภาพที่ 5.10 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับค่าความต้านทานไฟฟ้า

5.3.2 การวิเคราะห์หาขนาด ทิศทาง และรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดิน

การวิเคราะห์หารูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัว ในที่นี้ได้แก่ เนื้อดิน ใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว และเปอร์เซ็นต์ดินทรายที่มีอยู่ในเนื้อดิน , ความลึกจากระดับผิวดิน , ค่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง , และพืชปกคลุม แยกออกเป็น 3 ประเภท คือ ข้าว มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส และตัวแปรตาม คือ ค่าความชื้นของดิน โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (Stepwise Multiple Regression) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์ผลของตัวแปรอิสระว่ามีประสิทธิภาพในการอธิบาย, การประมาณค่าหรือการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้มากน้อยเท่าใด โดยตัวแปรที่จะได้รับการนำเข้าสู่แบบจำลองความสัมพันธ์ในแต่ละขั้นตอน จะพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation) โดยตัวแปรอิสระที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดหรือกล่าวได้ว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม ซึ่งในที่นี้คือค่าความชื้นดินมากที่สุดจะถูกนำไปสร้างสมการถดถอยเป็นตัวแรกของสมการและในขั้น

ที่สองจะหาตัวแปรที่สองที่นำมารวมกับตัวแปรแรกแล้วสามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้มากขึ้น ต่อมาก็หาตัวแปรอิสระอื่น ๆ ที่ยังคงเหลืออยู่เข้าสมการต่อ ๆ ไป ตามลำดับความสามารถในการอธิบายการผันแปรของตัวแปรตาม

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวข้างต้น กับค่าความชื้นของดิน โดยใช้ตัวอย่างทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง ที่ได้จากจุดสำรวจทั้งหมด 50 จุด มีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณโดยมีความชื้นดินเป็นตัวแปรตาม และตัวแปรอิสระที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ตัวแปรอิสระ	R	R ²	R ² change	สัมประสิทธิ์การถดถอย		T	Sig T
				B	Beta		
1.เนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินทรายสูง	0.652	0.426	0.426	-0.068	-0.258	-2.262	0.026
2.พืชปกคลุมที่เป็นข้าว	0.806	0.650	0.224	5.305	0.492	8.046	0.000
3.ความลึกจากผิวดิน	0.835	0.697	0.047	0.029	0.167	3.062	0.003
4.เนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง	0.850	0.723	0.026	0.127	0.368	3.176	0.002
5.พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส	0.858	0.737	0.014	-1.266	-0.147	-2.610	0.011
6.ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง	0.868	0.753	0.016	-0.037	-0.141	-2.490	0.015
7.ค่าคงที่				11.493			

F = 47.313

Sig F = 0.000

จากการวิเคราะห์พบว่า ตัวแปรอิสระที่มีผลต่อตัวแปรตามคือความชื้นดิน (Y) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95.0 เปอร์เซนต์ (ค่านัยสำคัญ $F < 0.05$) มี 6 ตัวแปร เรียงตามลำดับความสำคัญ ซึ่งพิจารณาจากค่า Beta คือ พืชปกคลุมที่เป็นข้าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้นดินมากที่สุด (Beta = 0.492) รองลงมาคือเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง (Beta = 0.368) เนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินทรายสูง (Beta = 0.258) ความลึกจากระดับผิวดิน (Beta = 0.167)

พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส ($Beta = 0.147$) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ($Beta = 0.141$) ตามลำดับ โดยแต่ละตัวแปรสามารถอธิบายผลการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินดังนี้คือ ตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความชื้นดิน ได้แก่ พืชปกคลุมที่เป็นข้าว (X_1) ความลึกจากผิวดิน (X_2) และเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง (X_3) หมายความว่า ถ้าพื้นที่มีลักษณะของปัจจัยชนิดใดชนิดหนึ่งในสามปัจจัยนี้ในปริมาณมาก จะมีผลทำให้ค่าความชื้นดินมากขึ้น โดยปัจจัย 3 ประเภทสามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ร้อยละ 22.4 (ค่า $R^2\text{change} = 0.224$) ร้อยละ 4.7 (ค่า $R^2\text{change} = 0.047$) และร้อยละ 2.6 (ค่า $R^2\text{change} = 0.026$) ตามลำดับ สำหรับตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามกับความชื้นดิน ได้แก่ เนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินทรายสูง (X_4) พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส (X_5) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (X_6) หมายความว่า ถ้าพื้นที่มีลักษณะของปัจจัยชนิดใดชนิดหนึ่งใน 3 ปัจจัยปริมาณมากจะส่งผลให้ค่าความชื้นดินลดลงได้ โดยปัจจัย 3 ประเภทสามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ร้อยละ 42.6 (ค่า $R^2\text{change} = 0.426$) ร้อยละ 1.6 (ค่า $R^2\text{change} = 0.016$) และร้อยละ 1.4 (ค่า $R^2\text{change} = 0.014$) ตามลำดับ และเมื่อรวมค่า $R^2\text{change}$ ของตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดินทั้ง 6 ตัวแปร จะได้ว่าตัวแปรทั้ง 6 ตัวแปรสามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ร้อยละ 75.3 (ค่า $R^2 = 0.753$) ส่วนที่เหลือร้อยละ 24.7 ($100.0-75.3$) เป็นผลมาจากสาเหตุอื่น ๆ และจากผลการวิเคราะห์ดังกล่าวข้างต้นสามารถเขียนเป็นสมการพยากรณ์ได้ดังนี้

$$Y = 11.493 - 0.068X_4 + 5.305X_1 + 0.029X_2 + 0.127X_3 - 1.266X_5 - 0.037X_6$$

จะเห็นได้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (ค่า B) ของตัวแปรอิสระ สามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ โดยตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก ได้แก่ พืชปกคลุมที่เป็นข้าว (X_1) ความลึกจากผิวดิน (X_2) และเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง (X_3) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย 5.305 , 0.029 และ 0.127 ตามลำดับ แสดงว่า เมื่อพื้นที่ศึกษามีลักษณะหรือขนาดของตัวแปร 3 ประเภท เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 หน่วย มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความชื้นดินเพิ่มขึ้นหรือลดลง 5.305 , 0.029 และ 0.127 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ สำหรับตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ได้แก่ เนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินทรายสูง (X_4) พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส (X_5) และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (X_6) มีค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย -0.068 , -1.266 และ -0.037 ตามลำดับ แสดงว่า เมื่อพื้นที่ศึกษามีลักษณะหรือขนาดของตัวแปร 3 ประเภทเพิ่มขึ้น 1 หน่วย จะมีผลทำให้ความชื้นดินลดลง 0.068 , 0.126 และ 0.037 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ แต่ถ้าพื้นที่ศึกษามี

ลักษณะหรือขนาดของตัวแปร 2 ประเภทลดลง 1 หน่วย จะมีผลทำให้ความชื้นดินเพิ่มขึ้น 0.068 , 0.126 และ 0.037 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

5.3.3 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา กับ ความชื้นดิน

ปัจจัยด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาในที่นี้คือ ความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน โดยสภาพความเป็นจริงแล้วปัจจัยชนิดนี้จะมีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน แต่เมื่อนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ โดยแปลงออกมาเป็นค่าความลึกของหินดาน (bed rock) หรือค่าความหนาชั้นตะกอนร่วน มาหาความสัมพันธ์กับความชื้นดิน โดยใช้ความชื้นดินที่ระดับ 60 เซนติเมตร ซึ่งค่อนข้างมีความสม่ำเสมอมากกว่าความชื้นดินที่ระดับ 15 เซนติเมตร โดยใช้สถิติการถดถอยในการหาความสัมพันธ์ เช่นเดียวกับการหาความชื้นดินกับปัจจัยอื่น ๆ ข้างต้น พบว่า ความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนไม่มีอิทธิพลต่อความชื้นดิน หรือกล่าวได้ว่า ปัจจัย 2 ประเภทไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของปัจจัยทั้ง 2 ประเภทนี้ได้ โดยใช้ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นตัวเชื่อมโยงความสัมพันธ์ เนื่องจากทั้งความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนและความชื้นดิน มีความสัมพันธ์หรือได้รับอิทธิพลจากความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยมีรูปแบบของความสัมพันธ์ ดังนี้

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางกับความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีผลต่อความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่า $Beta = -0.867$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน หมายความว่า ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากจะส่งผลให้ความลึกของหินดาน (bed rock) ตื้น หรือมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย โดยสามารถอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนได้ร้อยละ 64.9 (ค่า $R^2 = 0.649$)

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางกับความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร พบว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีผลต่อความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยมีค่า $Beta = -0.592$ แสดงว่ามีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกัน หมายความว่า ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากจะส่งผลให้ความชันดินน้อย โดยสามารถอธิบายผลของการเปลี่ยนแปลงความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วนได้ร้อยละ 74.3 (ค่า $R^2 = 0.743$)

จะเห็นว่าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางจะแปรผันตรงข้าม กับความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วน และความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ดังนั้นน่าจะสรุปได้ว่า ความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความชันดิน หมายความว่า ถ้าความลึกของหินดานอยู่ลึกหรือมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมาก จะส่งผลทำให้ความชันดินสูง แต่ถ้าความลึกของหินดานอยู่ตื้นหรือมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย จะส่งผลทำให้ความชันดินต่ำ

5.4 การจัดทำแผนที่ความชันดิน

จากการหาความสัมพันธ์ของค่าความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนกับค่าความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร สามารถจัดทำแผนที่ความชันดินโดยใช้วิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การทำ Interpolation ซึ่งเป็นการจัดทำแผนที่ได้จากการประมาณค่าจากค่าของจุดที่ได้จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างจำนวน 20 จุด โดยแบ่งเป็นการทำแผนที่แสดงความชันดิน และแผนที่แสดงความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน ดังนี้

5.4.1 การจัดทำแผนที่ความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน

การจัดทำแผนที่จะใช้ค่าความลึกของหินดาน (bed rock) หรือค่าความหนาชั้นตะกอนร่วน ที่ได้จากการแปลความหมายกราฟความต้านทานไฟฟ้า พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 10 ถึง มากกว่า 150 เมตร โดยได้จัดระดับเป็น 3 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 มีความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนน้อย คือ น้อยกว่า 46 เมตร

ระดับที่ 2 มีความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนปานกลาง คือ อยู่ระหว่าง 46 ถึง 93 เมตร

ระดับที่ 3 มีความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วนมาก คือ มากกว่า 93 เมตร

จากแผนที่แสดงความลึกของหินดาน (bed rock) หรือความหนาชั้นตะกอนร่วน พบว่า ในพื้นที่ศึกษาบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นพื้นที่สูง คือ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มากกว่า 40 เมตร จะมีความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วนน้อย และความลึกของหินดานหรือความหนาของชั้นตะกอนร่วนจะเพิ่มมากขึ้นลงมาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นพื้นที่ต่ำกว่า คือ อยู่ในความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 20-40 เมตร และ น้อยกว่า 20 เมตร (ดังภาพที่ 5.11)

5.4.2 การจัดทำแผนที่ความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร

ค่าความชันดินที่ใช้ในการทำแผนที่เป็นค่าความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร และเนื่องจากค่าของความชันมีความผันแปรค่อนข้างกว้าง คือ 4.49 ถึง 32.77 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จึงได้แบ่งระดับของความชันดินออกเป็น 5 ระดับ คือ

ระดับที่ 1 มีความชันดินต่ำที่สุด คือ น้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ระดับที่ 2 มีความชันดินต่ำ คือ อยู่ระหว่าง 9-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

- ระดับที่ 3 มีความชันดินปานกลาง คือ อยู่ระหว่าง 14-19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ระดับที่ 4 มีความชันดินสูง คือ อยู่ระหว่าง 19-24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
- ระดับที่ 5 มีความชันดินสูงมาก คือ อยู่ระหว่าง มากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

จากแผนที่ความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร พบว่า ในพื้นที่ศึกษาจะมีความชันดินในระดับที่สูง และสูงมาก อยู่บริเวณรอบนอก ใกล้กับขอบเขตของพื้นที่ศึกษา ซึ่งบริเวณนี้จะมีสภาพพื้นที่ไม่สูงมากนัก และเป็นที่ลุ่ม คือ อยู่ที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 20-40 เมตร โดยพบทางด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออก และความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ต่ำกว่า 20 เมตร พบทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ และความชันดินจะลดต่ำลงมาทางด้านในของพื้นที่ศึกษา โดยความชันดินที่อยู่ในระดับต่ำสุดส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงเหนือ และพบความชันดินดับปานกลาง อยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่ (ดังภาพที่ 5.12)

5.4.3 การจัดทำแผนที่ความชันดิน

จากแผนที่ความชันดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร และแผนที่ความลึกของหินดาน หรือความหนาของชั้นตะกอนร่วน สามารถนำมาจัดทำแผนที่ความชันดินในพื้นที่ศึกษาที่ได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาได้ โดยการนำแผนที่ดังกล่าวข้างต้นมาซ้อนทับกัน (Crossing Calculation) จะได้รายละเอียดของแผนที่ทั้งหมด 15 ลักษณะ (ดังภาพที่ 5.13) ดังนี้

Class 1 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่า 46 เมตร และมีความชันดินมากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 2 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่า 46 เมตร และมีความชันดิน 19-24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 3 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่า 46 เมตร และมีความชันดิน 14-19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 4 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่า 46 เมตร และมีความชันดิน 9-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 5 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อยกว่า 46 เมตร และมีความชันดินน้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 6 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 93 เมตร และมีความชันดินน้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 7 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 93 เมตร และมีความชันดิน 9-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 8 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วน 46-93 เมตร และมีความชันดินน้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 9 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วน 46-93 เมตร และมีความชันดิน 9-14 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 10 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 93 เมตร และมีความชันดิน 14-19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 11 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วน 46-93 เมตร และมีความชันดิน 14-19 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 12 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วน 46-93 เมตร และมีความชันดิน 19-24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

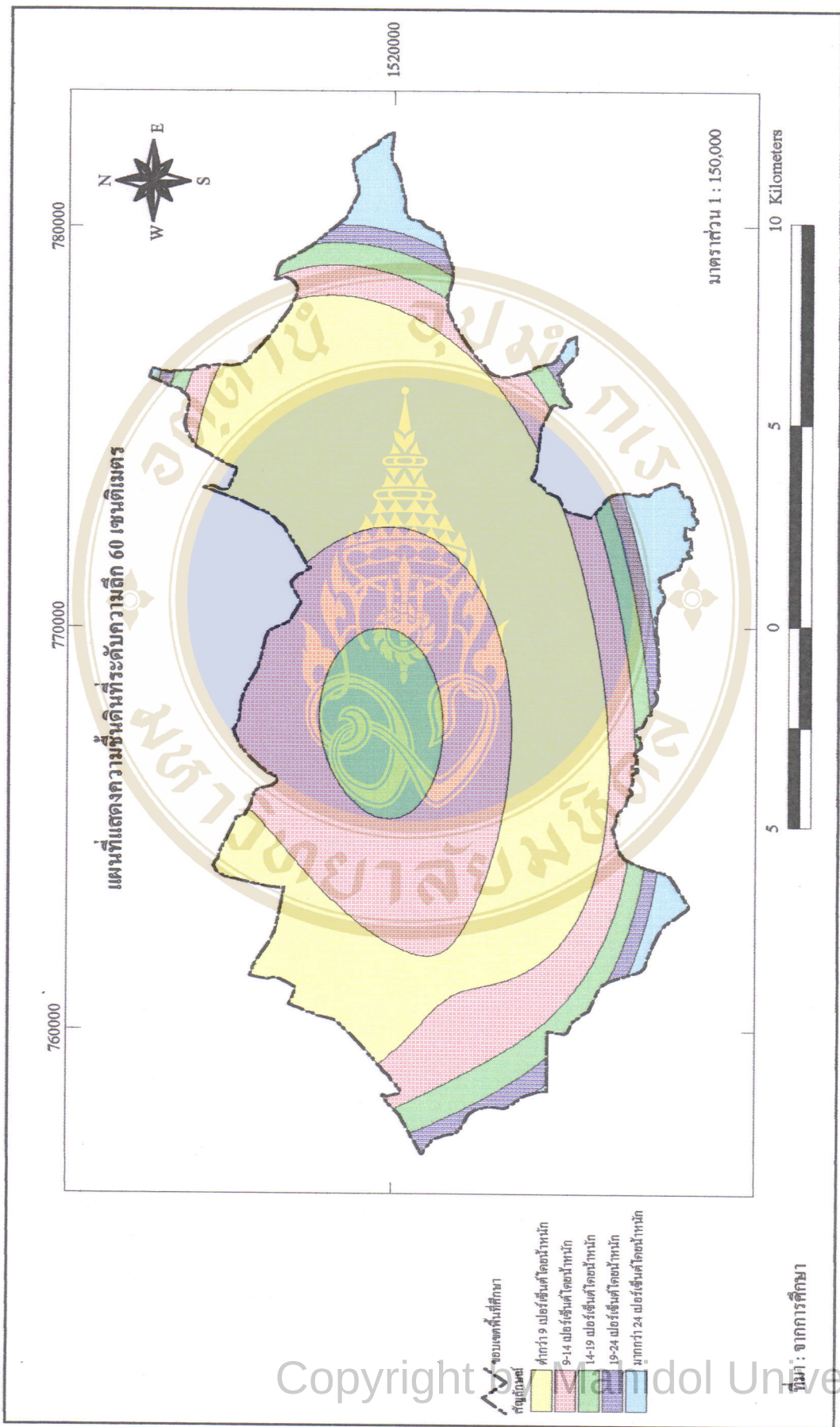
Class 13 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วน 46-93 เมตร และมีความชันดินมากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

Class 14 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 93 เมตร และมีความชันดิน 19-24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

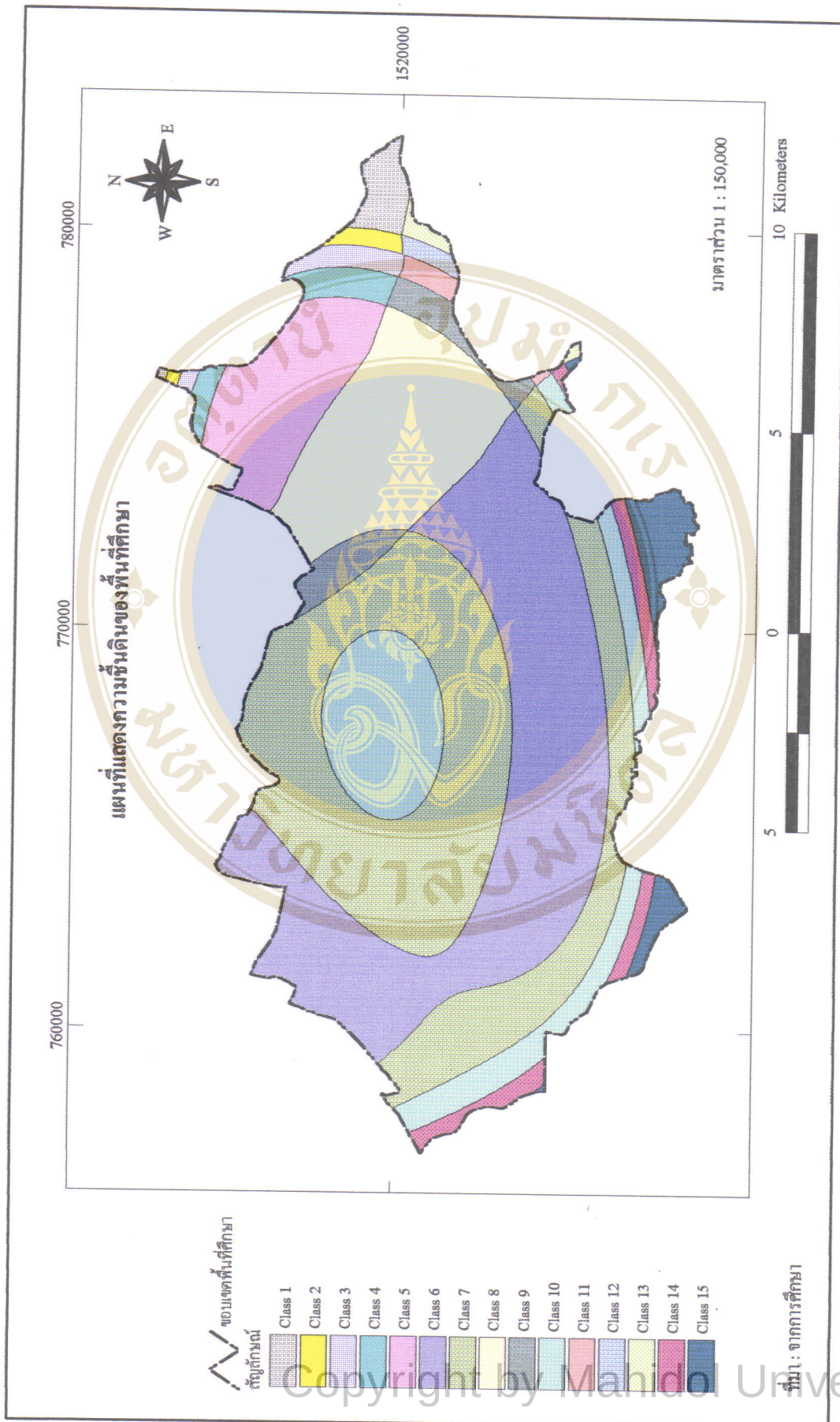
Class 15 หมายถึง มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า 93 เมตร และมีความชันดินมากกว่า 24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก



ภาพที่ 5.11 แสดงแผนที่ความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วน



ภาพที่-5.12 แสดงแผนที่ความเข้มข้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร



ภาพที่ 5.13 แสดงแผนที่ความชื้นดินในพื้นที่ศึกษา

บทที่ 6

อภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษาที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 5 สามารถนำมาอภิปรายผลการศึกษา โดยใช้เหตุผลต่าง ๆ ประกอบ เพื่อแสดงให้เห็นถึงงานวิจัยที่ได้ศึกษามีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ทำมาหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นของงานวิจัย โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

- 6.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความชื้นดิน และปัจจัยอื่น ๆ
- 6.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า
- 6.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอื่นๆ ที่ศึกษากับความชื้นดิน

6.1 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความชื้นดิน และปัจจัยอื่น ๆ

1. ความชื้นดินที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา ทำใน 2 ระดับความลึกจากผิวดิน คือ ที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร และ 60 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อต้องการหาความสัมพันธ์ของความชื้นดินกับความลึกจากระดับผิวดิน จากการพิจารณาผลการศึกษาที่ได้จากการสำรวจและวิเคราะห์ในตารางที่ 5.1 พบว่าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรจะมีความชื้นดินมากกว่าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร และจุดที่มีความชื้นดินมากที่สุด คือ จุดที่ 42 บ้านหนองใหญ่ เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือ การปลูกข้าว และอยู่ในพื้นที่ลุ่ม จึงทำให้ความชื้นดินสูงที่สุด โดยจะกล่าวถึงความสัมพันธ์อย่างละเอียดในหัวข้อต่อไป

2. พืชปกคลุมที่ได้ทำการสำรวจ พบว่ามันสำปะหลังเป็นพืชปกคลุมที่มีการปลูกมากที่สุด และส่วนใหญ่จะปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 40 เมตร และ 20-40 เมตร เช่นเดียวกับยูคาลิปตัส แต่สำหรับข้าวจะปลูกในที่ลุ่มหรือพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อยกว่า 20 เมตร เป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้ผู้วิจัยคาดว่าการทำงานในที่ลุ่มน่าจะให้ผลผลิตที่ดีกว่าการทำงานในที่ดอน เนื่องจากพื้นที่ลุ่มจะมีระดับความชื้นในดินที่พอเหมาะตลอดอายุพืช และพบว่าพืชปกคลุมที่เป็นข้าวจะมีความชื้นดินสูงกว่า มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส ตามลำดับ โดยเฉพาะพื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัส ดินค่อนข้างแข็ง อาจเป็นชั้นดานประเภท brown pan ลักษณะเช่น

นี้จะส่งผลต่อความชื้นในดิน คือ ความชื้นในดินที่ระดับผิวดินจะต่ำ เนื่องจากชั้นดานจะเป็นตัวกั้นทำให้การไหลของน้ำในดินทั้งขึ้นและลงไม่ดีเท่าที่ควร โดยเฉพาะในฤดูแล้งจะทำให้ความชื้นในดินที่ระดับผิวดินต่ำ เนื่องจากน้ำในดินไม่สามารถซึมขึ้นสู่ด้านบนได้ เพราะมีชั้นดานกั้นไว้

3. ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำสุด อยู่ที่จุดที่ 21 เนื่องจากพื้นที่ที่มีการปลูกข้าว โดยเป็นพืชที่ใช้น้ำมากในการเจริญเติบโต และเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งเก็บน้ำได้ค่อนข้างดี ประกอบกับอยู่ในที่ลุ่ม จึงทำให้มีน้ำซึ่งเป็นตัวนำไฟฟ้าอยู่ในดินมาก ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำ และจุดที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงสุด คือ จุดที่ 48 เนื่องจากปลูกยูคาลิปตัส ทำให้ดินค่อนข้างแห้ง ประกอบกับเนื้อดินเป็นดินทราย ซึ่งเก็บน้ำได้ไม่ดี ทำให้มีการระเหยสู่บรรยากาศเมื่อโดนลม และแสงแดด และไหลซึมลงสู่ด้านล่างค่อนข้างเร็ว อีกทั้งอยู่ในพื้นที่ดอน ทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินน้อย ส่งผลให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง

4. เนื้อดินที่พบในพื้นที่ศึกษา พบว่า เนื้อดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร ส่วนใหญ่จะเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนเนื้อดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย จะเห็นว่าเมื่อดินลึกมากขึ้นจะมีอนุภาคดินเหนียวปนอยู่ในเนื้อดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวจะมีการสะสมตัวอยู่ในดินระดับล่างมากกว่า ดินระดับต้น

5. ลักษณะอื่น ๆ ที่พบในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ การพบชั้นดานในดินล่าง การพบดินลูกรัง และการพบหินโผล่ในบางจุด ลักษณะดังกล่าวจะทำให้ความชื้นดินค่อนข้างต่ำ เนื่องจากการทำการเกษตรกรรมทำได้ลำบาก ดินแข็ง มีความพรุนน้อย ซึ่งลักษณะที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีความสอดคล้องกับรายงานการสำรวจดินที่กรมพัฒนาที่ดิน (28) ได้ทำไว้ แต่ลักษณะต่าง ๆ เหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างในปัจจุบัน เช่น การพบชั้นดานอาจจะมากขึ้น เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาได้ทำการปลูกยูคาลิปตัส ซึ่งจากจุดสำรวจส่วนมากพื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัสดินจะแข็งมากในระดับความลึกมากกว่า 15 เซนติเมตร จึงกล่าวได้ว่าเป็นพืชที่ทำให้ดินล่างเกิดเป็นชั้นดานได้เพิ่มมากขึ้น หรือการพบหินโผล่น้อยลง เพราะได้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ในการทำการเกษตรมากขึ้น และพบว่า พื้นที่ศึกษาบางส่วนที่เคยทำการเพาะปลูกได้มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น พื้นที่ที่เคยปลูกยูคาลิปตัสได้กลายเป็นพื้นที่ว่างเปล่าและบ่อทราย เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของดินได้เสียไป คือ ดินแข็ง และเป็นทรายจัดไม่เหมาะกับการเพาะปลูก ส่วนพื้นที่ที่เคยปลูกมันสำปะหลังไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงเท่าที่ควร คือ ยังคงเพาะปลูกมันสำปะหลังเหมือนเดิม เนื่องจากเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีในสภาพเนื้อดินที่เป็นดินทราย และมีความทนแล้งได้ดี ประกอบกับเป็นพืชที่ไม่ต้องดูแลรักษามาก เกษตรกรจึง

ยังคงทำการเพาะปลูกอยู่เช่นเดิม สำหรับพื้นที่ที่เคยปลูกข้าว มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย คือ กลายเป็นนาไร่ เนื่องจากพื้นที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินทรายปนอยู่ในสัดส่วนที่มาก ซึ่งไม่เหมาะกับการทำนา

6.2 อภิปรายผลการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ในภาคสนาม พบว่า ในพื้นที่ศึกษามีรายละเอียดด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาจากระดับผิวดินลงไป ดังนี้ ลักษณะด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะกว้าง ๆ คือ

ลักษณะที่ 1 เป็นชั้นดินปนทราย ค่อนข้างแข็ง โดยชั้นนี้จะมีความหนาประมาณ 10-45 เมตร โดยจะอยู่ชั้นบนสุดของภาพตัดขวางของลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา

ลักษณะที่ 2 เป็นดินเหนียวปนทราย มีความชื้นค่อนข้างสูง โดยในชั้นนี้จะพบลักษณะของชั้นทราย หรือผลึกทราย (sand lens) ที่ถือเป็นชั้นน้ำบาดาลหลักแทรกอยู่เป็นช่วง ๆ มีทั้งเป็นช่วงสั้น ๆ และที่ต่อกันเป็นแนวยาว ซึ่งจะทำให้ทราบถึงค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาลที่ค่อนข้างแน่นอนได้ ดังเช่นแนวที่ 1 และแนวที่ 3 มีค่าความหนาชั้นน้ำบาดาลอยู่ในช่วง 15-20 เมตร และอยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 90-130 เมตร (ภาพที่ 5.1 และ 5.3) โดยชั้นทรายนี้อาจทำหน้าที่เก็บน้ำที่อยู่ในดินไว้ ดังนั้นหากมีการขุดเจาะบ่อน้ำบาดาลควรจะทำในแนวที่ 1 และแนวที่ 3 จะทำให้โอกาสที่จะได้น้ำสูงกว่าแนวที่ 2 และแนวที่ 4 เนื่องจากมีค่าความหนาของชั้นน้ำบาดาลค่อนข้างกว้าง ซึ่งลักษณะดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อความชื้นผิวดินได้เช่นกัน คือ ถ้าชั้นน้ำบาดาลมีความหนามาก และอยู่ไม่ลึกจากผิวดินมากนัก จะทำให้ความชื้นดินค่อนข้างสูงกว่าบริเวณอื่น ๆ ในพื้นที่ศึกษาได้

ลักษณะที่ 3 เป็นชั้นหินแข็ง โดยพบที่ระดับความลึก 130 เมตรจากผิวดิน แต่ในบางจุดสำรวจอาจจะอยู่ตื้น คือ อยู่ที่ระดับความลึก 10-15 เมตรจากผิวดิน แต่ส่วนใหญ่จะไม่พบชั้นหินแข็ง ซึ่งคาดว่าน่าจะอยู่ที่ระดับความลึก มากกว่า 150 เมตรจากผิวดิน ทั้งนี้จากการวิเคราะห์และแปลผลการศึกษาพบว่า ยังคงเป็นชั้นของเนื้อดินอยู่ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจเพียงแค่ 150 เมตร จึงทำให้ไม่ทราบถึงความลึกของชั้นหินแข็งในบางจุด และเนื่องจากการขาดความชำนาญของ

ผู้สำรวจ คือ ไม่สามารถแปลผลได้ในขณะทำการสำรวจ ประกอบกับในบางจุดสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยให้ทำการสำรวจได้ยาวมากกว่า 150 เมตร

เมื่อนำลักษณะที่ 1 และ 2 มารวมเข้าด้วยกันจะทำให้ได้ข้อมูลลักษณะความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) พบว่า ในพื้นที่ศึกษาที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) อยู่ในช่วงประมาณ 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตร โดยพื้นที่ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือจะมีความหนาหรือความลึกน้อย คือ อยู่ในช่วง 10-70 เมตร เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่สูง อยู่ที่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 40 เมตร และ 20-40 เมตร ประกอบกับดินที่เกิดขึ้นในบริเวณนี้ส่วนใหญ่มาจากการที่หินสลายตัวผุพังอยู่กับที่ และการเป็นพื้นที่สูงหรือเป็นเนิน อาจทำให้ดินถูกชะล้างลงสู่ที่ต่ำกว่าได้เมื่อมีฝนตกลงมา ส่งผลให้ความหนาของชั้นตะกอนร่วนมีความหนาไม่มาก โดยความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) จะหนามากขึ้นลงมาจากด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นที่ลุ่ม อยู่ที่สูงน้อยกว่า 20 เมตร ประกอบกับดินที่เกิดในบริเวณนี้เกิดจากตะกอนที่ถูกน้ำพัดพาและตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง ทำให้ความหนาของดินบริเวณนี้ค่อนข้างหนามากหรือมีความลึกของหินดาน (bed rock) อยู่ลึกมาก (ดูกราฟที่ภาคผนวก ค-1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอุดม (34) ที่ได้อธิบายว่า ดินที่เกิดบนพื้นที่ส่วนที่สูงที่สุดของแต่ละพื้นที่ เกิดจากวัตถุเคลื่อนย้ายมาทับถมระยะใกล้ ๆ และ/หรือเคลื่อนย้ายลงมาโดยแรงโน้มถ่วงของโลก ลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ทับถมอยู่บนชั้นดินที่สลายตัวอยู่กับที่ โดยความหนาของตะกอนดินที่เคลื่อนย้ายมาทับถมจะหนาขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อพื้นที่มีความสูงลาดต่ำลงมา

และเมื่อนำความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน (bed rock) มาพิจารณาร่วมกับความชื้นดินทั้งในระดับ 15 และ 60 เซนติเมตร (ดูกราฟที่ภาคผนวก ค-2 ,ค-3) พบว่า ด้านที่มีความลึกของหินดาน (bed rock) ตื้น หรือมีความหนาชั้นตะกอนร่วนน้อยจะมีความชื้นต่ำกว่าด้านที่มีความลึกของหินดาน (bed rock) ลึก หรือมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมาก ทั้งนี้เนื่องจากชั้นหินดาน (bed rock) ที่อยู่ตื้น น้ำใต้ดินจะไหลขึ้นสู่ผิวดินได้จริง แต่อาจจะระเหยสู่บรรยากาศได้ง่ายเมื่อโดนลมและแสงแดด จึงทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินต่ำ และเนื่องจากลักษณะของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาจะมีทั้งชั้นน้ำแบบ Un-confined Aquifers ซึ่งจะอยู่ใกล้ผิวดิน และชั้นน้ำบาดาลแบบ Confined Aquifers จะอยู่ในระดับลึก โดยชั้นน้ำชนิดหลังนี้ โดยธรรมชาติแล้วมักเป็นชั้นที่เป็นชั้นน้ำบาดาลที่มีการรั่วซึม (Leaky Aquifers) ดังนั้น จึงมีน้ำบางส่วนไหลซึมไปตามรอยรั่วขึ้นไปด้านบนสู่ชั้น Un-confined Aquifers และมีแรงของน้ำช่วยดัน

น้ำใต้ดินชั้นผิวดิน จึงทำให้ผิวดินมีความชุ่มชื้นสะสมอยู่ โดยการไหลของน้ำใต้ดินมักจะไม่ใช่ไหลขึ้นไปด้านบนในแนวตั้ง เหมือนน้ำในท่อกรุ (casing) ของบ่อน้ำบาดาล แต่จะไหลไปตามชั้นดินหรือหิน ที่มี Permeability สูงกว่าบริเวณข้างเคียง และกลไกดังกล่าวของชั้นน้ำบาดาลจะก่อให้เกิดระบบการไหลเวียนของน้ำบาดาลในระดับปานกลาง (Intermediate Flow) และระดับย่อย (Local Flow) ต่าง ๆ จึงเป็นเหตุให้ในบางบริเวณที่อยู่ใกล้ผิวดินบางจุดมีความชื้นสูงกว่าบริเวณข้างเคียงที่มีระดับความสูงเท่า ๆ กัน หรือบริเวณที่มีลักษณะชั้นดิน หรือพืชปกคลุมที่คล้าย ๆ กันได้

ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าความหนาของชั้นตะกอนร่วนและลักษณะของชั้นน้ำบาดาลจะมีอิทธิพลต่อความชื้นที่ระดับผิวดินได้

เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวข้างต้นมาอธิบายร่วมกับข้อมูลอื่น ๆ ที่ได้ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา นอกเหนือจากความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน (bed rock) เช่น พืชปกคลุม ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และเนื้อดิน เป็นต้น เนื่องจากความชื้นในดินจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลาย ๆ อย่างประกอบกัน ไม่ได้ขึ้นกับปัจจัยอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงชนิดเดียว พบว่า การมีพืชปกคลุมที่แตกต่างกันในแต่ละจุดสำรวจจะส่งผลต่อความชื้นในดินที่แตกต่างกันด้วย เช่น พื้นที่ที่ปลูกยูคาลิปตัสส่วนใหญ่ความชื้นในดินจะต่ำกว่า พื้นที่ที่ปลูกมันสำปะหลัง และข้าว เนื่องจาก เป็นพืชที่ใช้น้ำในการเจริญเติบโตมาก ทำให้มีการดูดน้ำที่สะสมอยู่ในดินไปใช้ค่อนข้างสูง แต่สำหรับพื้นที่ที่ปลูกข้าวจะมีความชื้นมากกว่าพืชชนิดอื่น ๆ เนื่องจากในขั้นตอนของการปลูกข้าวหรือการเจริญเติบโตของข้าวจะต้องมีน้ำขังอยู่ตลอดเวลา ถึงแม้จะทำการเก็บเกี่ยวไปแล้ว ยังคงทำให้ความชื้นในดินมีสูงอยู่ ส่วนมันสำปะหลังความชื้นจะอยู่ในช่วงไม่สูงและไม่ต่ำจนเกินไป นอกจากปัจจัยพืชปกคลุมแล้วยังมีปัจจัยด้านความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่จะส่งผลต่อความชื้นดินด้วยเช่นกัน คือ พื้นที่สูงจะมีความชื้นน้อยกว่าพื้นที่ที่อยู่ในที่ต่ำหรือที่ลุ่ม เนื่องจากในพื้นที่สูงจะมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนค่อนข้างน้อยทำให้โอกาสที่น้ำในดินจะระเหยสู่บรรยากาศเมื่อโดนแสงแดดและลมสูง โดยเฉพาะในฤดูแล้ง สำหรับปัจจัยด้านเนื้อดิน พบว่า เนื้อดินที่แตกต่างกันย่อมทำให้ความชื้นแตกต่างกันด้วย เช่น ดินทรายจะมีความชื้นน้อยกว่าดินร่วนและดินเหนียว เนื่องจากดินทรายมีอนุภาคของเม็ดดินที่ค่อนข้างใหญ่เก็บน้ำไว้ได้ไม่ค่อยดี ทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินมีน้อย

สรุปว่า พืชปกคลุมที่เหมือนกัน แต่ถ้าปลูกในสภาพพื้นที่ที่ต่างกัน จะทำให้ความชื้นในดินแตกต่างกันได้ เช่น มันสำปะหลังซึ่งเป็นพืชที่ปลูกมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ค่อนข้างสูง หรือปลูกในที่ดอน จะมีความชื้นในดินต่ำกว่า

มันสำปะหลังที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มหรือมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในพื้นที่ลุ่มจะมีน้ำซึ่งไหลจากที่สูงกว่ามาสะสมอยู่ในดินในปริมาณมากกว่า โดยเฉพาะน้ำใต้ดินที่อยู่ในชั้นน้ำปกติ (Un-confined Aquifer) ที่มีการไหลจากที่สูงกว่าไปยังที่ต่ำกว่าอยู่เสมอ จึงทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินมีมากกว่า นอกจากนี้ยังพบว่ามันที่ปลูกในดินที่เป็นดินเนื้อหยาบ ได้แก่ ดินทราย (sand) และดินทรายร่วน (loamy sand) จะมีความชื้นในดินต่ำกว่ามันที่ปลูกในดินที่มีเนื้อละเอียดกว่า ได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย เนื่องจากดินเนื้อหยาบจะเก็บน้ำได้ไม่ดี

6.3 อภิปรายผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษากับความชื้นดิน

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ ที่ศึกษา ได้แก่ ความลึกจากระดับผิวดิน ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง พืชปกคลุม คือ ข้าว มันสำปะหลัง และยูคาลิปตัส เนื้อดิน กับความชื้นของดิน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ทั้งการใช้ค่าเฉลี่ยของความชื้นดิน และการหาความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย เพื่อหาขนาด ทิศทาง และรูปแบบของความสัมพันธ์ พบว่า

ดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีความชื้นมากกว่าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร และการที่ความชื้นในดินล่างสูงกว่าดินบนนั้นเนื่องจากการได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินที่สะสมอยู่ในชั้นน้ำปกติ (Unconfined Aquifer) โดยทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ของปัจจัยความลึกจากระดับผิวดินกับความชื้นดินจะแปรผันในทิศเดียวกัน คือ ถ้าความลึกจากระดับผิวดินมาก ความชื้นดินจะมากด้วย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรมณีย์ (24) ที่ได้กล่าวถึง ปัจจัยความลึกจากระดับผิวดินเป็นหนึ่งในปัจจัยในหลายปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน

ดินจะมีความชื้นลดลงเมื่อความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางสูงขึ้น เนื่องจากในที่สูงมักจะเป็นพื้นที่ลาดเอียงส่วนใหญ่ จึงทำให้เกิดการไหลของน้ำใต้ดินในระดับดินลงสู่ทางด้านล่าง จึงส่งผลให้ความชื้นผิวดินลดลงหากพื้นที่นั้นมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางสูงขึ้น โดยความสัมพันธ์ของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางกับความชื้นดิน จะเห็นได้ชัดเจนในดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มากกว่าดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร เนื่องจาก ดินชั้นล่างมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอทั้งปี และจะถูกครอบคลุมจากปัจจัยแสงแดด ลม และกิจกรรมของมนุษย์ น้อยหรือแทบไม่ถูกครอบคลุม ซึ่งแตกต่างจากดินชั้นบนที่ความชื้นดินจะแปรผันค่อนข้างมากตามสภาพฝน และการให้น้ำแก่ดิน และมักถูกครอบคลุมจากปัจจัยแสงแดด ลม และกิจกรรมของมนุษย์

เช่น การให้น้ำแก่พืชในการทำการเกษตร ทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินระเหยสู่บรรยากาศได้ง่าย ดังนั้นการพิจารณาถึงอิทธิพลของความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่จะส่งผลต่อความชื้นดิน ควรพิจารณาดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตรจะทำให้ได้รูปแบบความสัมพันธ์ที่ดีกว่าที่ระดับ 15 เซนติเมตร โดยทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ของปัจจัยความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางกับความชื้นดินจะแปรผันในทิศทางตรงข้ามกัน คือ ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมาก หรือสภาพพื้นที่เป็นที่ดอน จะส่งผลให้ความชื้นดินน้อย แต่ถ้าความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อย หรือสภาพพื้นที่เป็นที่ลุ่ม จะทำให้ความชื้นดินมาก โดยการวิจัยถึงปัจจัยดังกล่าวข้างต้น พบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของรมณีย์ (24) ที่ได้กล่าวว่า ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน และงานวิจัยของD.S. Lin, E.F. Wood และคณะ (23) ที่ได้กล่าวว่า สภาพพื้นผิวของพื้นที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน

พืชปกคลุมดินเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความชื้นดิน โดยการศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจพืชปกคลุม 3 ประเภท คือ มันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส และข้าว เนื่องจากเป็นพืชที่เกษตรกรได้ทำการปลูกมากเป็น 3 อันดับแรกในพื้นที่ศึกษา จากการวิเคราะห์พบว่า พื้นที่ที่มีการปลูกข้าวจะมีความชื้นดินสูงที่สุด มันสำปะหลัง มีความชื้นดินปานกลาง และยูคาลิปตัสจะมีความชื้นดินต่ำที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากพืชปกคลุมทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างด้านสรีระวิทยา การปลูก และการดูแลรักษา ดังนี้

ข้าวเป็นพืชที่ทำการปลูกในพื้นที่ลุ่มเป็นส่วนใหญ่ และจะมีน้ำขังตลอดในช่วงของการเจริญเติบโต หรืออาจกล่าวได้น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของต้นข้าว โดยข้าวจะมีพื้นที่เป็นน้ำอยู่ร้อยละ 80 (35) และจากการศึกษาของ เกรียงศักดิ์ (8) พบว่าการใช้น้ำของข้าวในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว จะมีช่วงของการใช้น้ำ 3-5 เดือน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์ข้าว โดยข้าวจะมีการใช้น้ำประมาณ 1,083 ลบ.ม./ไร่ (36) จึงทำให้มีน้ำสะสมอยู่ในดินมาก แม้จะทำการเก็บเกี่ยวแล้ว ส่งผลให้ความชื้นดินสูงที่สุดด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับพืชปกคลุมอีก 2 ประเภท โดยพืชปกคลุมที่เป็นข้าวมีทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับความชื้นดิน

มันสำปะหลังพบว่าปลูกได้ทั้งในที่ลุ่ม และที่ดอนของพื้นที่ศึกษา และเป็นพืชที่ปลูกมากที่สุด มีความชื้นดินอยู่ในช่วงปานกลางระหว่างข้าว และยูคาลิปตัส สาเหตุที่ในพื้นที่ศึกษาปลูกมันสำปะหลังมากที่สุด เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ลงทุนน้อย ดูแลรักษาไม่มาก เจริญเติบโตได้ในสภาพแห้งแล้งหรือมีความชื้นในดินน้อย และที่สำคัญสามารถเจริญเติบโตขึ้นได้ดีใน

ดินร่วนปนทรายและดินทราย โดยเป็นดินที่พบในบริเวณกว้างของพื้นที่ศึกษา และใช้น้ำในการเจริญเติบโตไม่มาก โดยมันสำปะหลังมีระยะเวลาการใช้น้ำ 3-5 เดือน (8) ซึ่งมีการใช้น้ำตลอดช่วงของการเจริญเติบโตประมาณ 660 ลบ.ม./ไร่ (36) จึงทำให้ความชื้นที่สะสมอยู่ในดินไม่สูงและไม่ต่ำจนเกินไป ดังนั้นมันสำปะหลังจึงไม่ค่อยมีผลต่อความชื้นดิน และจากการศึกษาทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ พบว่า มันสำปะหลังไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดินที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่มันสำปะหลังอาจส่งผลกระทบต่อปัจจัยอื่นได้ เช่น เนื้อดิน ซึ่งจากการวิจัยของชุมพลและคณะ (37) พบว่า การปลูกมันสำปะหลังเพียงอย่างเดียวเป็นเวลานานติดต่อกันประมาณ 4 ปี จะทำให้สภาพทางกายภาพของดินในรูปของความหนาแน่นของดิน (bulk density) เพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นถึงการที่ดินขาดความโปร่งตัว ร่วนซุย ดินอุ้มน้ำไม่ดี ดินมีความแน่นทึบ น้ำซึมผ่านได้ยาก ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อความชื้นดินได้เช่นกัน โดยลักษณะเนื้อดินที่จะส่งผลกระทบต่อความชื้นดินจะกล่าวถึงในส่วนต่อไป

และสำหรับพืชปลูกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส ถือได้ว่าเป็นพืชที่ส่งผลกระทบต่อความชื้นดินค่อนข้างมาก และมีความสามารถในการแก่งแย่งความชื้นในดินสูง โดยเฉพาะในดินที่ระดับไทรพรวน (30 เซนติเมตร) ดังนั้นในฤดูแล้งยูคาลิปตัสจะดูดความชื้นในดินจนส่งผลกระทบต่อพืชข้างเคียงได้อย่างเด่นชัด (38) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ที่ได้ทำการสำรวจในฤดูแล้ง ซึ่งเห็นได้ชัดว่าความชื้นดินในจุดที่ทำการปลูกยูคาลิปตัสจะค่อนข้างน้อย และเนื่องจากยูคาลิปตัสเป็นพืชที่ใช้น้ำปริมาณมากในการเจริญเติบโตประมาณ 562 ลบ.ม./ปี (24) โดยจะมีอัตราการใช้น้ำสูงอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 4-6 ปี (39) นอกจากนี้พิทยา (40) ยังได้กล่าวถึงผลกระทบของยูคาลิปตัสไว้ว่า ยูคาลิปตัสยังส่งผลกระทบต่อระดับน้ำใต้ดิน คือ ทำให้ระดับน้ำใต้ดินลดต่ำลงในช่วง 5-10 ปี ของการเจริญเติบโต โดยจะลดลงประมาณ 1.21 เมตรในช่วง 3 เดือนของฤดูแล้ง ดังนั้นอาจส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำได้ หากมีการปลูกชิดแหล่งน้ำมากเกินไป ซึ่งการที่ระดับน้ำใต้ดินลดลงเช่นนี้จึงส่งผลให้ความชื้นในดินที่ระดับผิวดินลดลงได้ เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดิน นอกจากจะส่งผลกระทบต่อความชื้นดินทางตรงแล้ว ยูคาลิปตัสยังส่งผลกระทบต่อความชื้นดินในทางอ้อม โดยส่งผลกระทบต่อลักษณะทางกายภาพของดินได้ด้วย โดยการศึกษาของสุนทร(41) พบว่า การปลูกยูคาลิปตัสจะทำให้เนื้อดินไม่ค่อยดี มักมีเนื้อหยาบ เป็นดินทราย และอาจมีการสะสมของดินเหนียวในดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับงานสำรวจและวิจัยในครั้งนี้ คือ จุดที่มีการปลูกยูคาลิปตัสส่วนใหญ่พื้นที่จะเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินทราย และดินจะแข็งในตอนล่าง ซึ่งคาดว่าอาจมีสะสมของดินเหนียวจนกลายเป็นชั้นดาน แต่ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของจักกฤษณ์และคณะ (42) ที่กล่าวว่า คุณสมบัติด้านเนื้อดินไม่ได้รับผลกระทบจากยูคาลิปตัส โดยมีการกระจาย

ของอนุภาคดินขนาด sand ,silt และclay อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จากลักษณะดังกล่าวข้างต้นจึงส่งผลให้ปริมาณความชื้นดินในจุดที่ทำการปลูกยูคาลิปตัสต่ำกว่าพืช ปกคลุมอีก 2 ประเภทข้างต้น โดยพืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัสมีทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์ กับความชื้นดินในทิศตรงข้ามกัน

เนื้อดินเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อความชื้นดินเช่นกัน โดยเนื้อดินประกอบด้วย อนุภาค 3 ชนิด ได้แก่ อนุภาคทราย (sand) อนุภาคตะกอน (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) พบว่าเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวในสัดส่วนที่สูงหรือดินเนื้อละเอียด ได้แก่ sandy clay ,silty clay และ clay มีความชื้นในดินที่พืชสามารถใช้ได้มากที่สุด รองลงมาเป็นกลุ่มดินร่วน ได้แก่ sandy loam และ sandy clay loam และดินที่มีความชื้นในดินน้อยที่สุดคือกลุ่มดินเนื้อหยาบ ได้แก่ loamy sand และ sand เนื่องจากการที่เนื้อดินยังมีความละเอียดเท่าใด อัตราการเก็บอุ้มความชุ่มชื้นที่พืชใช้ได้ก็ ยิ่งมากขึ้นเท่านั้น แต่ดินทรายบางชนิดมักจะเก็บอุ้มน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ดีกว่าดินเหนียวบางชนิด ทั้งนี้เนื่องจากในดินที่มีเนื้อละเอียด น้ำจำนวนมากจะจับเกาะอยู่บนอนุภาคของดิน ดินทรายที่มีการระบายน้ำดี จะมีการอุ้มน้ำที่จุดดินอุ้มน้ำ (field capacity) ต่ำ โดยช่องว่างในดินทรายมักมีอากาศ บรรจุอยู่เต็ม ดังนั้นดินจึงมีความชุ่มชื้นเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย ซึ่งดินทรายหรือดินเนื้อหยาบจะมีน้ำที่ พืชนำไปใช้ได้ประมาณ 0.4-1.25 นิ้วต่อดิน 1 ฟุต ส่วนดินร่วนหรือกลุ่มดินร่วน โดยทั่วไปมีการอุ้มน้ำดีเนื่องจากเม็ดดินมีขนาดสม่ำเสมอ และจะปล่อยความชื้นที่มีอยู่ออกมาเกือบหมด ซึ่งมีน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ประมาณ 1.25-2.5 นิ้วต่อดิน 1 ฟุต แต่ลักษณะดังกล่าวของดินตะกอนก็ไม่ได้เป็นเช่นนี้ เสมอไป ขึ้นกับขนาดของเม็ดดิน และในดินเหนียวหรือดินกลุ่มเนื้อละเอียด ตามธรรมชาติมักมีน้ำที่ พืชจะนำไปใช้ได้ประมาณ 1.6-2.5 นิ้วต่อดิน 1 ฟุต และยังสามารถอุ้มน้ำในระดับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) ที่พืชไม่อาจนำไปใช้ได้อีกเป็นจำนวนมาก (43) โดยเนื้อดินจะมีทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์กับความชื้นดิน ดังนี้ ในเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวอยู่ในสัดส่วนที่สูงประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ ถึง มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จะมีความสัมพันธ์ในทิศทาง เดียวกับความชื้นดิน คือ ถ้าดินมีอนุภาคดินเหนียวในสัดส่วนที่มากจะทำให้ความชื้นดินสูง สำหรับเนื้อดินที่มีอนุภาคทรายอยู่ในสัดส่วนที่สูงประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะมีความสัมพันธ์ในทิศตรงกันข้ามกับความชื้นดิน คือ ถ้าดินมีอนุภาคดินทรายในสัดส่วนที่มากจะทำให้ความชื้นดินลดลง

สำหรับปัจจัยด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา ซึ่งในที่นี้คือ ความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน โดยถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งหรือมีความเกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินนั้น พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดินโดยตรงหรือโดยการหาค่าทางสถิติ แต่จะส่งผลต่อ

ความขึ้นดินโดยอ้อม โดยการพิจารณาจากแผนที่ภาพถ่ายทางอากาศ (ภาพที่ 5.1 ถึง ภาพที่ 5.4) ที่ได้จากการแปลผลการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ร่วมกับสภาพของพื้นที่หรือความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และแผนที่ความขึ้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่าบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษามีความขึ้นในระดับปานกลางและระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับแผนที่ภาพถ่ายทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยา โดยเฉพาะแนวที่ 1 คือ ตอนกลางของพื้นที่ที่จะมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากและลักษณะของชั้นหินดาน (bed rock) อยู่ลึกและเป็นแอ่งบริเวณใต้ผิวดิน จึงทำให้ตอนกลางของพื้นที่เป็นแหล่งสะสมน้ำ เมื่อนำข้อมูลต่าง ๆ ข้างต้นมาพิจารณาประกอบกัน พบว่าข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่จะแสดงให้เห็นว่า ความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดานมีอิทธิพลต่อความขึ้นดิน เนื่องจากการที่พื้นที่ที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย ความจุในการเก็บน้ำมีน้อย ส่งผลให้ความขึ้นที่สะสมอยู่ในดินน้อย โดยความขึ้นดินในบริเวณดังกล่าวจะสูญเสียไปกับการใช้เพื่อการเจริญเติบโตของพืชปกคลุม และระเหยสู่บรรยากาศได้รวดเร็วกว่า พื้นที่ที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมาก ซึ่งมีความจุในการเก็บน้ำมาก ความขึ้นดินจึงสูงกว่า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าความหนาของชั้นตะกอนร่วนแปรผันตามความขึ้นดินได้ คือ ถ้าชั้นตะกอนร่วนมีความหนามาก ความขึ้นดินย่อมมากกว่า การที่ชั้นตะกอนร่วนมีความหนาน้อย

จากลักษณะของปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น สามารถแสดงให้เห็นถึงรูปแบบความสัมพันธ์กับความขึ้นดินได้ โดยใช้การวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน จะทำให้ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความขึ้นดิน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนค่าความขึ้นดินในพื้นที่ศึกษา ได้ดังนี้

$$Y = 11.493 - 0.068X_4 + 5.305X_1 + 0.029X_2 + 0.127X_3 - 1.266X_5 - 0.037X_6$$

เมื่อ	Y	=	ค่าความขึ้นดิน
	X ₁	=	พืชปกคลุมที่เป็นข้าว
	X ₂	=	ความลึกจากผิวดิน
	X ₃	=	เนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวสูง
	X ₄	=	เนื้อดินที่มีอนุภาคทรายสูง
	X ₅	=	พืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส
	X ₆	=	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

บทที่ 7

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาที่ได้จากวิธีการศึกษาและกระบวนการศึกษา ดังที่กำหนดไว้ในการศึกษา ถึงอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่มีต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

7.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่มีต่อความชื้นดิน โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ในพื้นที่หมู่บ้านบวรของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาคิชฌกูฏ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 113,214 ไร่ โดยพื้นที่ศึกษาดังกล่าวนี้ประสบปัญหาเกี่ยวกับลักษณะของเนื้อดิน ที่เป็นดินทรายจัดอยู่ในบริเวณกว้าง ทำให้การทำการเพาะปลูกไม่ดีเท่าที่ควร และไม่สามารถทำการปลูกพืชได้หลากหลายชนิด จากการศึกษา พบว่าเกษตรกรในพื้นที่ศึกษาจะทำการปลูกมันสำปะหลังเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นพืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง และขึ้นได้ในดินที่มีสภาพดังกล่าวย่างดี แต่ปัญหาสภาพความแห้งแล้งในฤดูแล้งมิได้ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่ศึกษา ทั้งนี้เนื่องจากการมีน้ำใต้ดินและปัจจัยอื่น ๆ เป็นตัวส่งเสริมให้ระดับผิวดินยังคงมีความชุ่มชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้สะสมอยู่

การศึกษาถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความชื้นดินนั้น ต้องมีการพิจารณาหลาย ๆ ปัจจัยประกอบกัน เนื่องจากความชื้นดินได้รับอิทธิพลจากหลาย ๆ ปัจจัย ทั้งปัจจัยที่อยู่บนดิน และปัจจัยที่อยู่ใต้ดิน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

7.1.1 การวิเคราะห์และแปลความหมายกราฟความต้านทานไฟฟ้า

ถือได้ว่าเป็นขั้นตอนหนึ่งของการประยุกต์ใช้การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ศึกษา จนกระทั่งนำมาสู่การแปลผล ทำให้ได้ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา 3 ลักษณะดังนี้

ลักษณะที่ 1 เป็นดินปนทราย ค่อนข้างแห้ง มีความหนาประมาณ 10-45 เมตร โดยอยู่ใต้น้ำบาดาลของภาพหน้าตัดดิน

ลักษณะที่ 2 เป็นดินเหนียวปนทราย มีความชื้นค่อนข้างสูง มีความหนาไม่แน่นอนขึ้นกับลักษณะของพื้นที่ โดยในชั้นนี้จะพบลักษณะของชั้นทรายหรือผลึกทราย (sand lens) ที่ถือเป็นชั้นน้ำบาดาลหลักแทรกอยู่เป็นช่วง ๆ

ลักษณะที่ 3 เป็นชั้นหินแข็ง พบที่ระดับความลึกตั้งแต่ 10 เมตร ถึง 130 เมตร แต่ส่วนใหญ่ในพื้นที่ลุ่ม ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 20-40 เมตร และน้อยกว่า 20 เมตร จะไม่พบชั้นหินแข็ง คาดว่าน่าจะอยู่ที่ระดับความลึกมากกว่า 150 เมตร

เมื่อนำลักษณะที่ 1 และลักษณะที่ 2 มารวมเข้าด้วยกัน จะได้ข้อมูลความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน โดยพบว่าพื้นที่ศึกษามีความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดานอยู่ในช่วง 10 เมตร ถึง มากกว่า 150 เมตร โดยพื้นที่ทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษาจะมีความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดานน้อย เนื่องจากเป็นพื้นที่สูง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 40 เมตร และความหนาจะเพิ่มมากขึ้นมาทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นพื้นที่ต่ำกว่า มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ในช่วง 20-40 เมตร และน้อยกว่า 20 เมตร

จากการพิจารณาโดยใช้ภาพตัดขวางแสดงลักษณะทางธรณีวิทยาและอุทกธรณีวิทยาร่วมกับลักษณะสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา พบว่า ความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดานซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินจะมีอิทธิพลต่อความชื้นดินได้ โดยพื้นที่ที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนน้อย จะทำให้มีน้ำในดินหรือน้ำใต้ดินสะสมอยู่น้อย ย่อมส่งผลให้ความชื้นที่ระดับผิวดินหรือความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ น้อยกว่าพื้นที่ที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนมากกว่า

7.1.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดิน

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดิน พบว่ามีปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความชื้นดิน ดังนี้

- ความลึกจากระดับผิวดิน
- ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง
- พืชปกคลุม ได้แก่ ข้าว และยูคาลิปตัส
- ลักษณะเนื้อดิน ได้แก่ เนื้อดินที่มีอนุภาคดินทรายสูง กับเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวสูง
- ความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกของหินดาน (bed rock)

โดยปัจจัยข้างต้นมีทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์กับความชื้นดิน ดังนี้

- ความลึกจากระดับผิวดินจะแปรผันตามความชื้นดิน คือ ถ้ามีความลึกจากระดับผิวดินมาก ความชื้นดินจะมาก แต่ถ้ามีความลึกน้อย ความชื้นดินจะน้อย
- ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางแปรผกผันกับความชื้นดิน คือ ถ้าพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมาก จะทำให้ความชื้นดินน้อย แต่ถ้าพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางน้อย จะทำให้ความชื้นดินมาก
- พืชปกคลุมที่เป็นข้าวจะแปรผันตามความชื้นดิน คือ ถ้าพื้นที่มีการปลูกข้าว จะทำให้ความชื้นดินสูง แต่ถ้าพื้นที่ไม่ได้ปลูกข้าว ความชื้นดินจะน้อย สำหรับพืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัสจะแปรผกผันกับความชื้นดิน คือ ถ้าพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัส จะทำให้ความชื้นดินน้อย แต่ถ้าพื้นที่ไม่ได้ปลูกยูคาลิปตัส ความชื้นดินจะมาก
- เนื้อดินที่มีอนุภาคดินทรายอยู่ในสัดส่วนที่สูงจะแปรผกผันกับความชื้นดิน คือ ถ้าเนื้อดินมีอนุภาคดินทรายสูง ประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะส่งผลให้ความชื้นดินต่ำ แต่ถ้าเนื้อดินมีอนุภาคดินทรายต่ำ จะส่งผลให้ความชื้นดินสูง สำหรับเนื้อดินที่มีอนุภาคดินเหนียวอยู่ในสัดส่วนที่สูงจะแปรผันตามความชื้นดิน คือ ถ้าเนื้อดินมีอนุภาคดินเหนียวสูง ประมาณ 27 ถึง มากกว่า 40

เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้ความชื้นดินสูง แต่ถ้าเนื้อดินมีอนุภาคดินเหนียวต่ำ หรืออยู่ในสัดส่วนที่น้อย กว่าข้างต้น จะส่งผลให้ความชื้นดินต่ำด้วย

- ความหนาชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) พบว่า ไม่มีทิศทางและรูปแบบความสัมพันธ์กับความชื้นดินโดยตรง หรือจากการหาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ แต่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ได้ โดยใช้ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นตัวเชื่อมความสัมพันธ์ โดยพบว่า ทั้งความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) และความชื้นดินจะแปรผกผันกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน จะแปรผันตามความชื้นดิน คือ ถ้าพื้นที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) น้อย จะทำให้ความชื้นดินต่ำ แต่ถ้าพื้นที่มีความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) มาก จะทำให้ความชื้นดินสูงขึ้น

จากการหาทิศทาง และรูปแบบความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ กับความชื้นดินดังกล่าวข้างต้น สามารถจัดทำเป็นสมการ โดยให้ความชื้นดินเป็นตัวแปรตาม และปัจจัยอื่น ๆ เป็นตัวแปรอิสระ ดังนี้

$$Y = 11.493 - 0.068(\% \text{ sand}) + 5.305(\text{rice}) + 0.029(\text{depth}) + 0.127(\% \text{ clay}) - 1.266(\text{eucalyptus}) - 0.037(\text{high of mean sea level})$$

โดยสมการที่ได้นี้ สามารถนำไปใช้ในการคาดคะเนความชื้นดินของพื้นที่ศึกษาได้ โดยปัจจัยที่อยู่ในสมการสามารถอธิบายความผันแปรของความชื้นดินได้ร้อยละ 75.3 (ค่า R square = 0.753) และมีความคลาดเคลื่อนในการคาดคะเนหรือพยากรณ์ความชื้นดินมีค่าเท่ากับ 2.03 (ค่า Standard Error of the Estimate = 2.03)

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวข้างต้น สามารถจัดความชื้นดินในพื้นที่ศึกษาออกมาในรูปแบบของแผนที่โดยใช้กระบวนการของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้มีความสะดวกในการนำไปใช้งาน เพราะสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย และเก็บเป็นฐานข้อมูลไว้ใช้ในการวิเคราะห์งานด้านต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษาได้

แม้ว่าการศึกษาค้างนี้จะไม่สามารถวิเคราะห์ผลหรือแปลผลที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ เป็นข้อมูลของระดับน้ำใต้ดินที่แน่นอนได้ ซึ่งจะทำให้ทราบถึงอิทธิพลของน้ำใต้ดินที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของความชื้นดินได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เนื่องจากระดับน้ำใต้ดินเป็นปัจจัยส่วนหนึ่งของน้ำใต้ดินที่จะส่งผลต่อความชื้นดินได้ คือ ถ้าระดับน้ำใต้ดินอยู่ตื้นหรือใกล้ผิวดิน จะทำให้น้ำใต้ดินไหลซึมขึ้นสู่ผิวดินมีมาก ส่งผลให้ความชื้นที่ระดับผิวดิน หรือความชื้นที่ระยะใช้การของพืชมีมาก แต่ผลการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบข้อมูลความหนาของชั้นตะกอนร่วนหรือความลึกหินดาน (bed rock) ที่เป็นส่วนหนึ่งหรือมีความเกี่ยวข้องกับน้ำใต้ดินเช่นกัน โดยลักษณะดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นถึงการกระจายตัวของความชื้นดินได้เช่นเดียวกัน

ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นสามารถแสดงให้เห็นว่า การศึกษาความชื้นดินที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำใต้ดินและปัจจัยต่าง ๆ สามารถนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์มาประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาวิจัยได้ โดยความรู้ความเข้าใจตลอดผลที่ได้จากการศึกษาที่นำเสนอในรูปแบบที่ความชื้นดินในพื้นที่ศึกษา สามารถนำมาใช้เป็นฐานข้อมูล เพื่อการวางแผนด้านการปลูกพืช และด้านอุทกธรณีวิทยาหรือน้ำบาดาลได้ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ สามารถเรียกค้นเพื่อแก้ไขหรือปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัยอยู่เสมอ และเมื่อต้องการผลการวิเคราะห์ในเชิงเทคนิควิธีการต่าง ๆ ก็สามารถนำมาแสดงผลได้ทันที และถือได้ว่าเป็นการแสดงผลที่กล่าวไว้ในส่วนของที่มาและความสำคัญของปัญหาว่าเหตุใดในช่วงหน้าแล้งพืชยังคงเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการศึกษา โดยได้ผลการศึกษาในระดับที่น่าพอใจระดับหนึ่ง ซึ่งคุณภาพ ความถูกต้อง และประโยชน์ของผลการศึกษา จะขึ้นกับ ชนิด ลักษณะของข้อมูล เวลาที่ทำการศึกษา และสถานที่ในการศึกษา รวมถึงความชำนาญของผู้วิจัยในการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ให้เกิดประโยชน์

7.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะของการศึกษา

1. การประยุกต์ใช้การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ของการศึกษาค้างนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเพียง 150 เมตร ซึ่งพบว่าไม่สามารถได้ข้อมูลที่แน่นอนของความลึกหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วน เนื่องจากในบางจุดสภาพพื้นที่ไม่เอื้ออำนวยให้ทำการศึกษาได้มากกว่าระยะ 150 เมตร ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไปถ้าจะใช้การสำรวจทางด้านนี้ควรทำการศึกษาที่ระยะมาก

กว่า 150 เมตร โดยนำสภาพของพื้นที่มาพิจารณาประกอบการวางแผนการศึกษาก่อนที่จะทำการสำรวจจริง

2. จากที่ได้กล่าวแล้วว่า การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถวิเคราะห์หรือแปลผลการศึกษาที่ได้จากการประยุกต์ใช้การสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ออกมาในรูปแบบของระดับน้ำใต้ดินได้ จึงทำให้ไม่ทราบทิศทางการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ศึกษาที่แน่นอนได้ ซึ่งคิดว่าการทราบถึงค่าระดับน้ำใต้ดินที่แน่นอน จะช่วยให้เห็นถึงลักษณะหรือศักยภาพของน้ำใต้ดิน ที่จะส่งผลต่อการกระจายตัวของความชื้นดินได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรจะทำการติดตั้งท่อศึกษาน้ำใต้ดิน(piezometer) ที่ระดับความลึกต่าง ๆ หรือพิจารณาจากบ่อน้ำบาดาลที่ได้ขุดไว้ในพื้นที่ศึกษา โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 3 ระดับกว้าง ๆ คือ บ่อลึกมาก (ถึงชั้นหิน) บ่อลึกปานกลาง และบ่อตื้นเป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้ได้ระดับน้ำใต้ดินที่แน่นอนของแต่ละจุดที่ทำการสำรวจควบคู่ไปด้วย

3. ปัจจัยด้านความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ที่ผู้วิจัยได้แบ่งเป็นโซนกว้าง ๆ 3 โซนนั้น พบว่า ข้อมูลที่นำมาใช้เพื่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความชื้นดินไม่ดีเท่าที่ควร ซึ่งทำให้ผลการศึกษามีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงได้ เนื่องจากในแต่ละจุดสำรวจนั้นมีระยะห่างกันประมาณ 2 ก.ม. โดยทำให้แต่ละจุดต้องมีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่แตกต่างกัน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งต่อไป ควรจะทำการเก็บข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่แท้จริงในทุกจุดที่ทำการสำรวจพื้นที่ศึกษาด้วย ซึ่งจะช่วยให้ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มีความแน่นอน และถูกต้องมากขึ้น

4. ควรมีการศึกษาในส่วนของการใช้ปุ๋ยของพืช ที่ปลูกเป็นส่วนมากในพื้นที่ศึกษา เช่น มันสำปะหลัง ยูคาลิปตัส ข้าว และไม้ผล เป็นต้น เนื่องจากการใช้ปุ๋ยของพืชจะส่งผลต่อความชื้นดินด้วย ซึ่งการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนนี้จะช่วยให้เห็นถึงสภาพความชื้นดินในพื้นที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

5. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับสมดุลของน้ำ (Water balance) ในลุ่มน้ำที่อยู่ในพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลที่ได้อาจจะเป็นประโยชน์ในการนำไปใช้วางแผนเกี่ยวกับการจัดการน้ำในพื้นที่ศึกษาได้

เอกสารอ้างอิง

1. วิชัย ศรีบุญถือ. แหล่งน้ำใต้ดินเพื่อการเกษตร. ขอนแก่น: งานผลิตเอกสารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2529.
2. วีระพล เต็มสมบัติ. หลักอุทกวิทยา. กรุงเทพฯ: ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, 2528.
3. เจริญ เพ็ชรเจริญ. น้ำบาดาล-บ่อบาดาล. กรุงเทพฯ: กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2540.
4. จักรพงษ์ เจริญศิริ และ วิสูตรี วีรสาร. ความเป็นประโยชน์ของความชื้นในดินต่อพืช. ใน: กรมวิชาการเกษตร, บรรณาธิการ. เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เล่ม 3 (น้ำสำหรับการเกษตร). กรุงเทพฯ: งานวิจัยเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กองเกษตรเคมี, 2520.
5. กรมโยธาธิการ. ความรู้พื้นฐานการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลและเทคนิคการเจาะบ่อบาดาล. กรุงเทพฯ: กองพัฒนาบ่อบาดาล, 2539.
6. Edward A. Keller, *Environmental Geology* fifth edition. Ohio: Merrill Publishing Company, 1988.
7. หลอง บัวพันธ์. น้ำบาดาล. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 2538.
8. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี. การให้น้ำและการระบายน้ำ. คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ: บริษัทประมวณมิตรจำกัด, 2527.
9. วิบูลย์ บุญขจรโรกุล. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: เอเชีย, 2526.
10. Herman Bouwer, *Groundwater Hydrology*. McGraw-Hill, 1978.
11. สุริยา ธนวัฒน์เดช. ระบบสารสนเทศทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศไทย [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2537.
12. ชัยพร ศิริพรไพบูลย์. รายงานการประเมินศักยภาพแหล่งน้ำบาดาลโดยการสำรวจทางด้านธรณีฟิสิกส์ บริเวณเกาะหนูใน อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่. กรุงเทพฯ: กลุ่มงานอุทกธรณีวิทยา กองพัฒนาบ่อบาดาล กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย, 2539.

13. Shamvanth Pratap Mathur. การสำรวจหาตำแหน่งชั้นน้ำบาดาลในระดับดิน. กรุงเทพฯ: องค์การอนามัยโลก, 2524.
14. ASTM. Standard Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method. Annual Book of ASTM Standards Designation: G 57 - 78, 1990.
15. Burrough, P.A. Principle of Geographic Information System for Land Resource Assessment, Monographic on Soil and Resource Survey No.12. Oxford Science Publication, 1986.
16. ESRI, Understanding GIS, 1990.
17. Star Jeffrey and Estes J.E. Geographic Information System and Introduction. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1990.
18. สุระ พัฒนเกียรติ. หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2533.
19. สัญญา สราภิรมย์ และ ชัยยุทธ ชันทปราบ. GIS สำหรับงานธรณีวิทยา. วารสารนิเวศวิทยา 2537; ปีที่ 21 (ฉบับที่ 3): 36-47.
20. สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย. โครงการจัดทำแผนหลักการจัดตั้งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. กรุงเทพฯ: ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2536.
21. ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินค่าทรัพยากรที่ดิน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, 2537.
22. Aronoff Stanley. Geographic Information System: A Management Perspective. Ottawa: WDL Publication, 1991.
23. Lin,D.S., Wood,E.F., Beven,K. and Saatchi,S. Soil Moisture Estimation over Grass-Covered Areas Using AIRSAR. International Journal of Remote Sensing 1994; Vol 15, (No.11): 2323-2343.
24. รณิษฐ์ ทองคารา. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสำรวจระยะไกล ในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน กรณีศึกษา ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาน้ำร้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2540.



25. สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. การผันแปรในรอบปีของความชื้นของดินและค่าน้ำไฟฟ้าของสารละลายดินในชุดดินกำแพงแสน. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2533.
26. บุญผา คงมอญ. การเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่ว 3 ชนิดที่ปลูกตามข้าว ในนาซึ่งมีความชื้นในดินที่ต่างกัน 3 ระดับ. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชศาสตร์]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2537.
27. ชรินทร์ พงศ์มาศ. การสำรวจพื้นที่ทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนดขอบเขตที่เหมาะสมของแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.
28. เกรียงศักดิ์ จันทโททัย, พิพัฒน์ สุวัชรังกูร, อุดม พูลสวัสดิ์, สุรพล เจริญพงศ์ และบุญญะ เผ่าศรีคำ. รายงานการสำรวจดิน ฉบับที่ 358. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2526.
29. ละเชิงเทรา [แผนที่น้ำบาดาล]. กรุงเทพฯ: ฝ่ายแผนที่ธรณีวิทยา กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 2539.
30. รัตนา จินดาพล. การศึกษาแบบจำลองทางอุทกวิทยา บริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2531.
31. เขตสำรวจดินที่ 2. รายงานการสำรวจดิน ฉบับที่ 344. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2526.
32. จตุกร ศรีดิษฐ์. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการออกแบบระบบการปลูกพืชและประเมินผลผลิตพืชในเขตเกษตรน้ำฝน กรณีศึกษา บ้านไร่แผ่นดินทอง ตำบลเขาหินซ้อน อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2539.
33. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. รายงานผลการสำรวจข้าวรายจังหวัดปี 2538. กรุงเทพฯ: ศูนย์สถิติการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2539.
34. อุดม พูลสวัสดิ์. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตภายใต้สภาพความชื้นดินแบบยูติกในจังหวัดจันทบุรี และแบบอูสติกในจังหวัดฉะเชิงเทรา. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2529.

35. อัมมาร สยามวาลา และ วิโรจน์ ณ ระนอง. ประมวลความรู้เรื่องข้าว. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, 2533.
36. กรมชลประทาน. เอกสารวิชาการเล่ม 4: ข้อมูลการใช้น้ำของพืชต่าง ๆ ในภาคตะวันออก. กรุงเทพฯ: ฝ่ายเกษตรชลประทาน กองจัดสรรน้ำและบำรุง, 2539.
37. ชุมพล คนศิลป์, สมศักดิ์ ชัยนา และ ประดับศรี ตฤสุข. การทดสอบการจัดปลูกทุ่งหญ้าสลับมันสำปะหลังในชุดดินน้ำพอง เพื่อรักษาสภาพการผลิตของดินแบบยั่งยืน. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวิชาการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 5 กรมพัฒนาที่ดิน, 2539.
38. คณะทำงานศึกษาทางวิชาการเกี่ยวกับการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและมันสำปะหลัง. ผลกระทบของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสและมันสำปะหลังต่อดิน ระบบนิเวศ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2539.
39. อิทธิฤทธิ์ อึ้งวิเชียร และ คณะ. ปัญหาและผลกระทบที่ยูคาลิปตัสมีต่อสภาพแวดล้อม. กรุงเทพฯ: สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2529.
40. พิทยา เพชรมาก และ จักรพล จักรพลวรฤทธิ์. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสตามลาดชันโดยระบบวนเกษตร. กรุงเทพฯ: ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้, 2534.
41. สุนทร คำยอง. การศึกษาผลกระทบของการปลูกไม้ยูคาลิปตัสที่มีต่อขบวนการ mineralization ของไนโตรเจนและNitrification ในดิน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์]. เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536.
42. จักรกฤษณ์ หอมจันทร์, ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์ และ เทพฤทธิ์ ตูลาพิทักษ์. รายงานการวิจัยเรื่องผลกระทบของการปลูกยูคาลิปตัสต่อคุณสมบัติดิน และการปลูกพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ขอนแก่น: สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2532.
43. กรมพัฒนาที่ดิน. คู่มือการวางแผนระบบการให้น้ำในไร่นาและความสัมพันธ์ระหว่างดิน พืช และน้ำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บำรุงนุกฎกิจ, 2525.

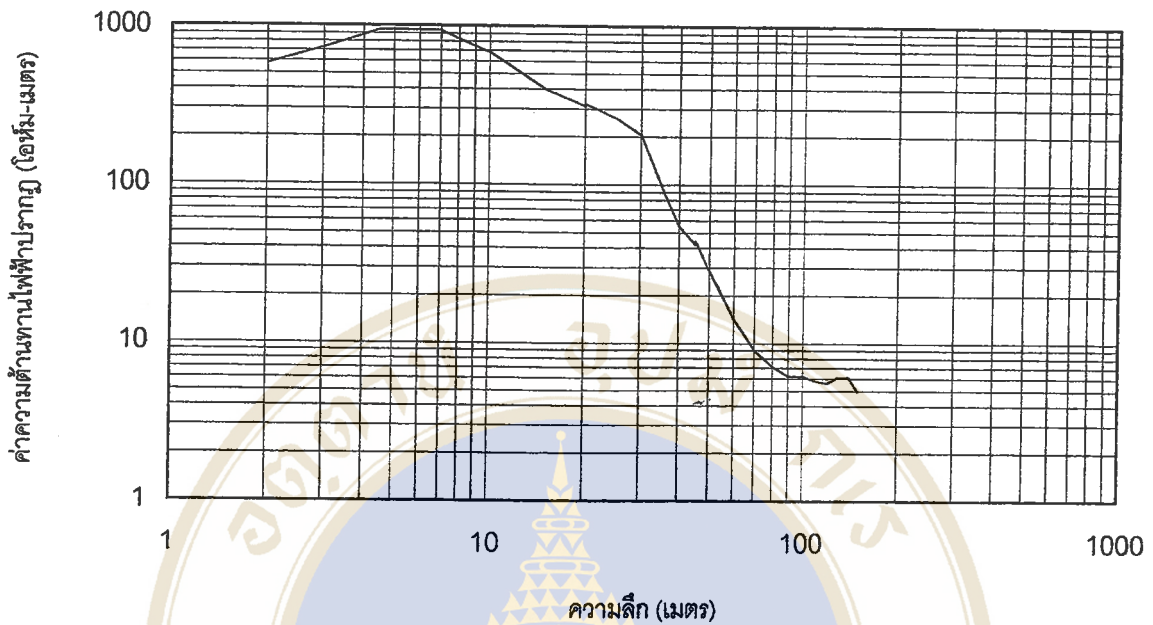
ภาคผนวก ก

กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์
โดยใช้การจัดขั้วไฟฟ้าแบบขั้วเบอร์เจอร์ ของพื้นที่ศึกษา จำนวน 20 จุด



จุดที่ 2 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

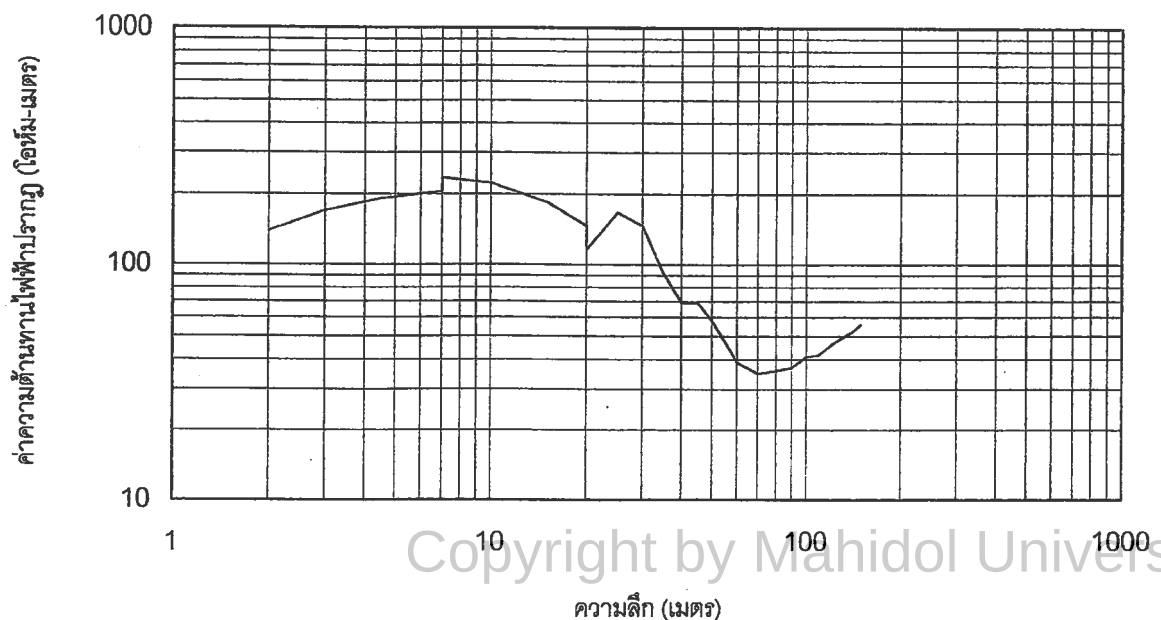
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 4 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

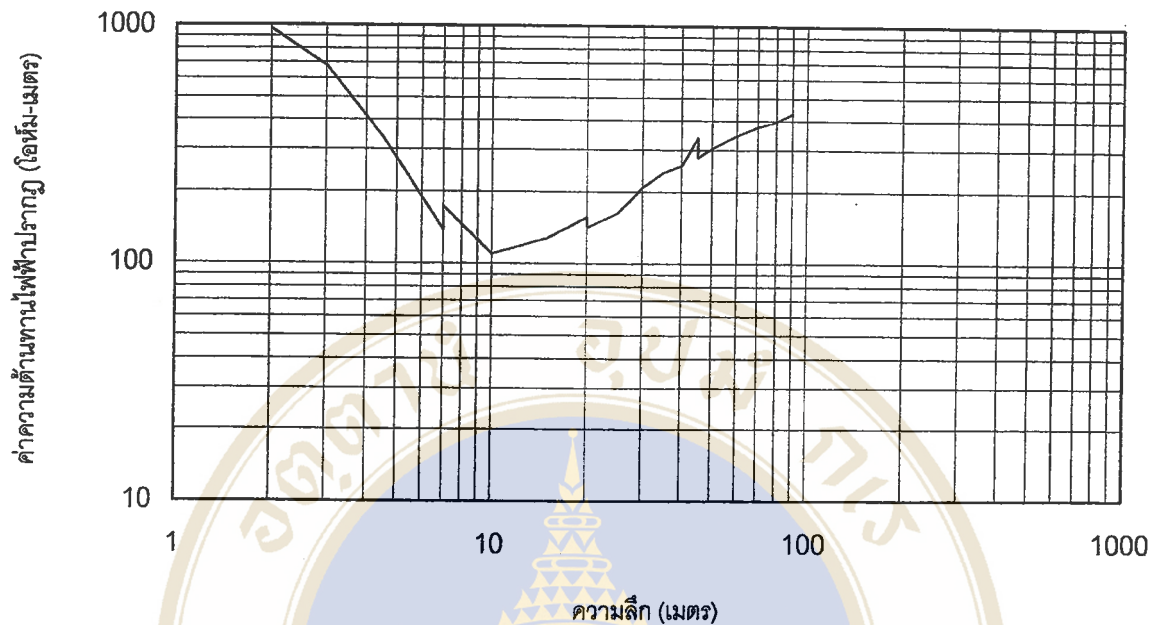
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 5 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

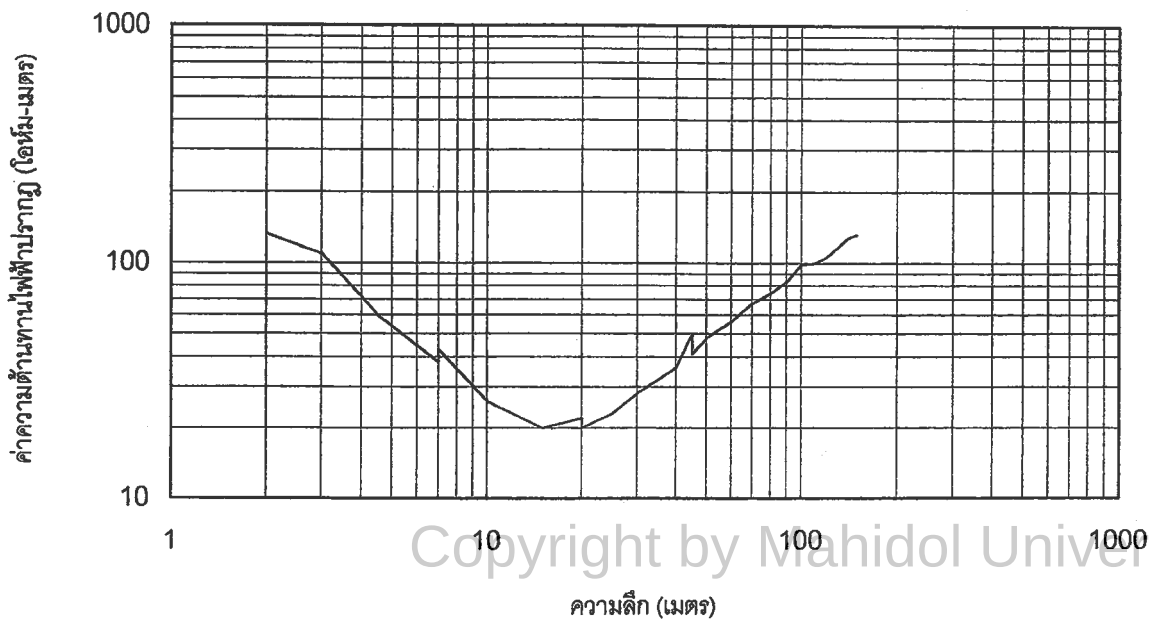
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GISและการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 7 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

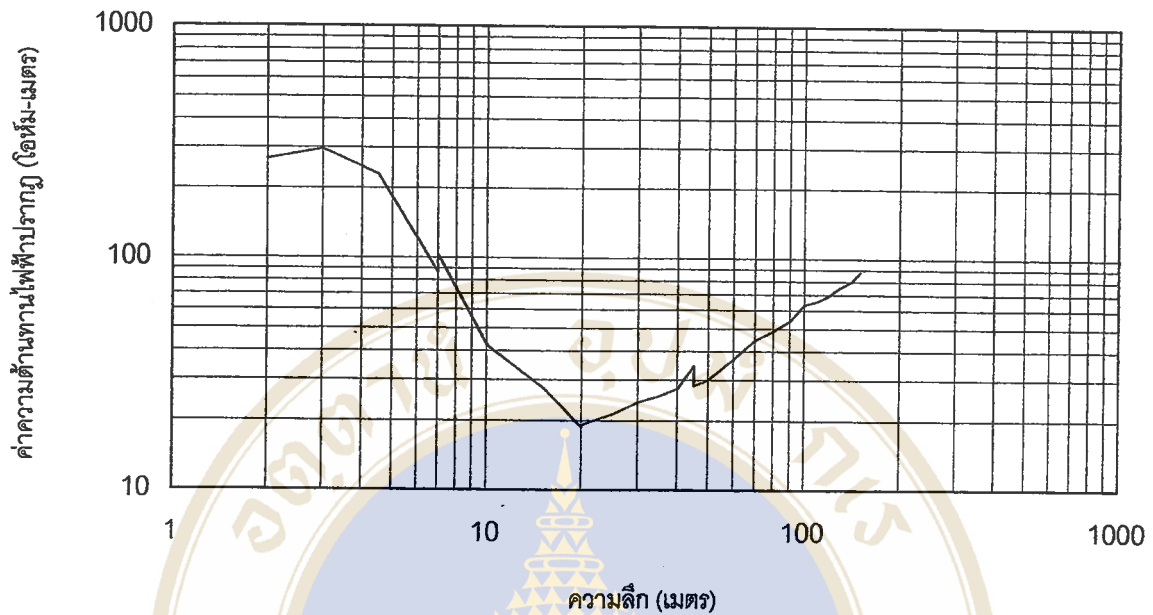
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GISและการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 8 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

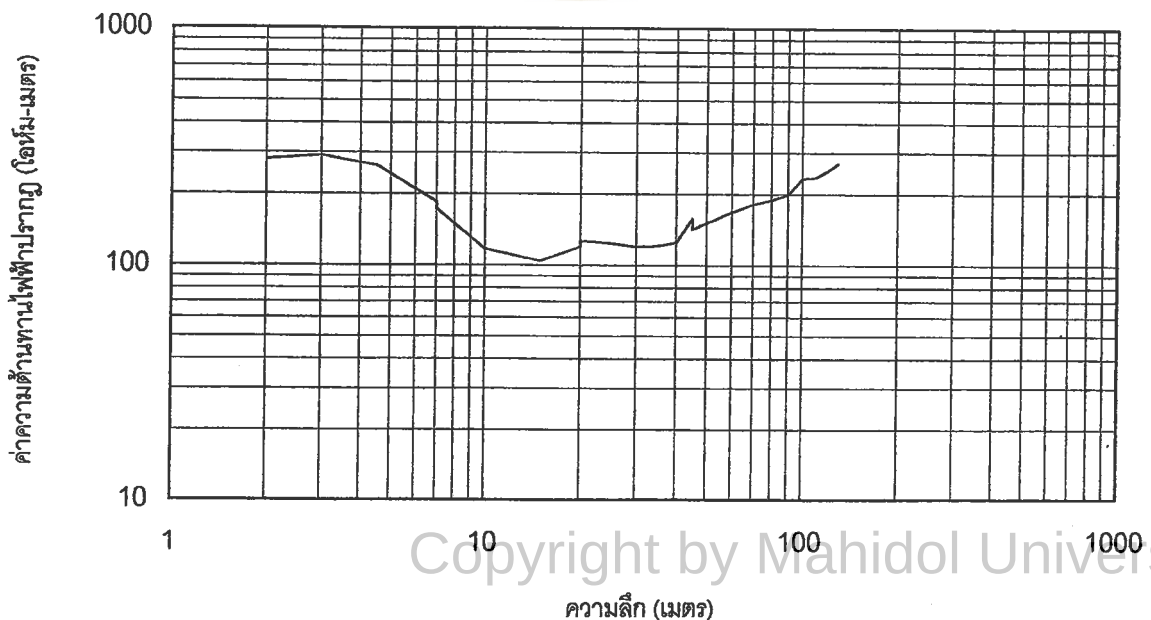
บริเวณหมู่บ้านบริหารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 11 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

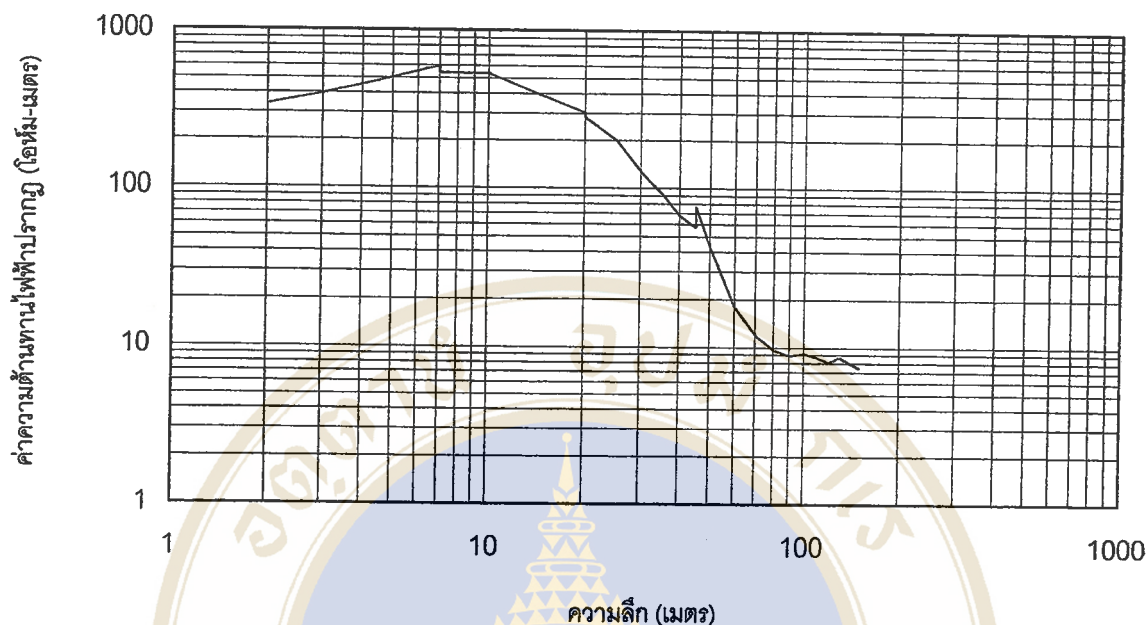
บริเวณหมู่บ้านบริหารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 17 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลบเบอร์เจอร์

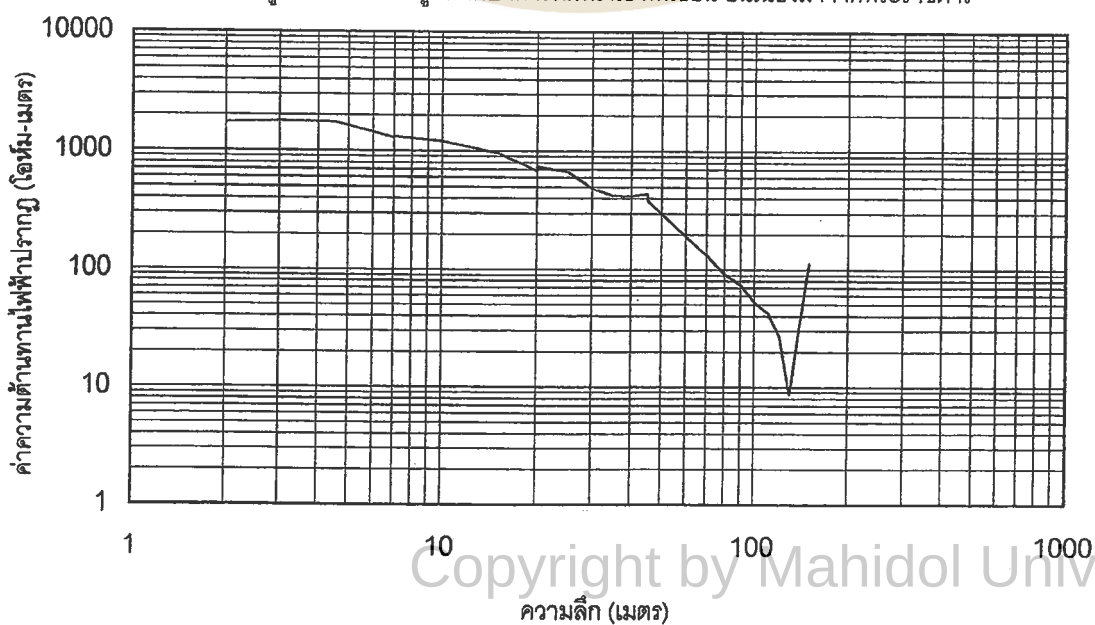
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 19 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลบเบอร์เจอร์

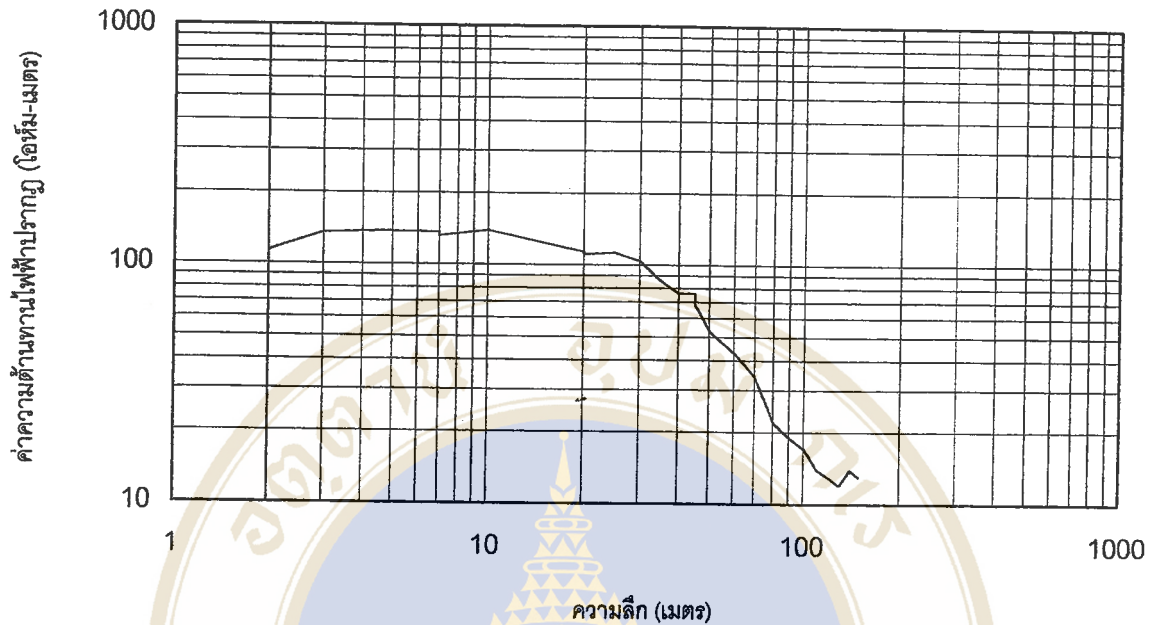
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 21 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

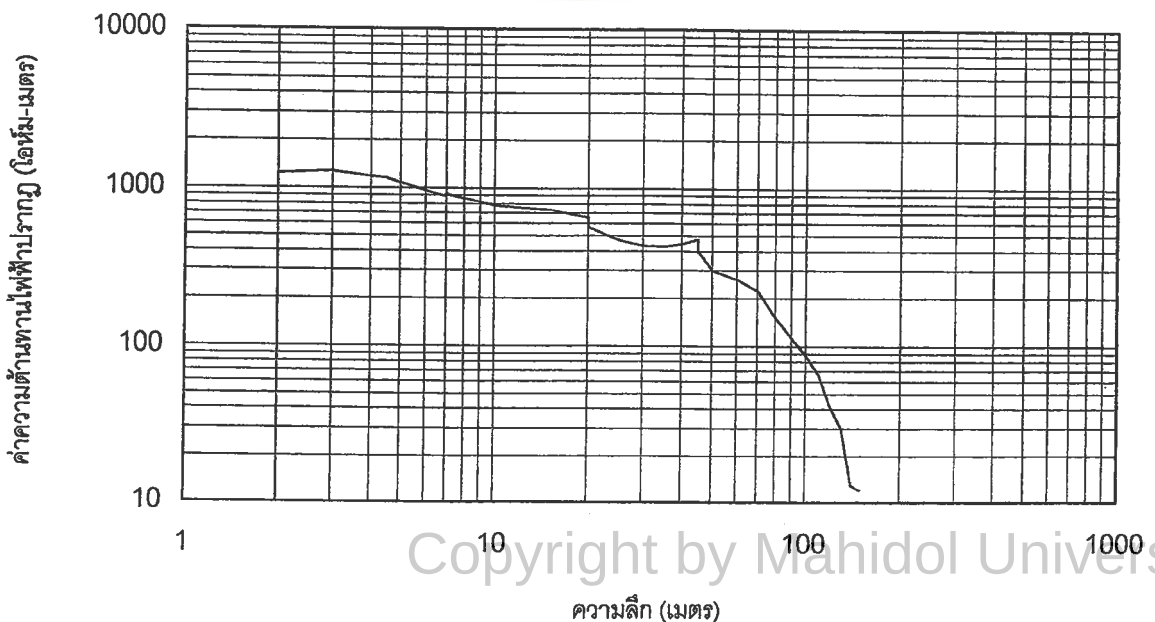
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 23 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

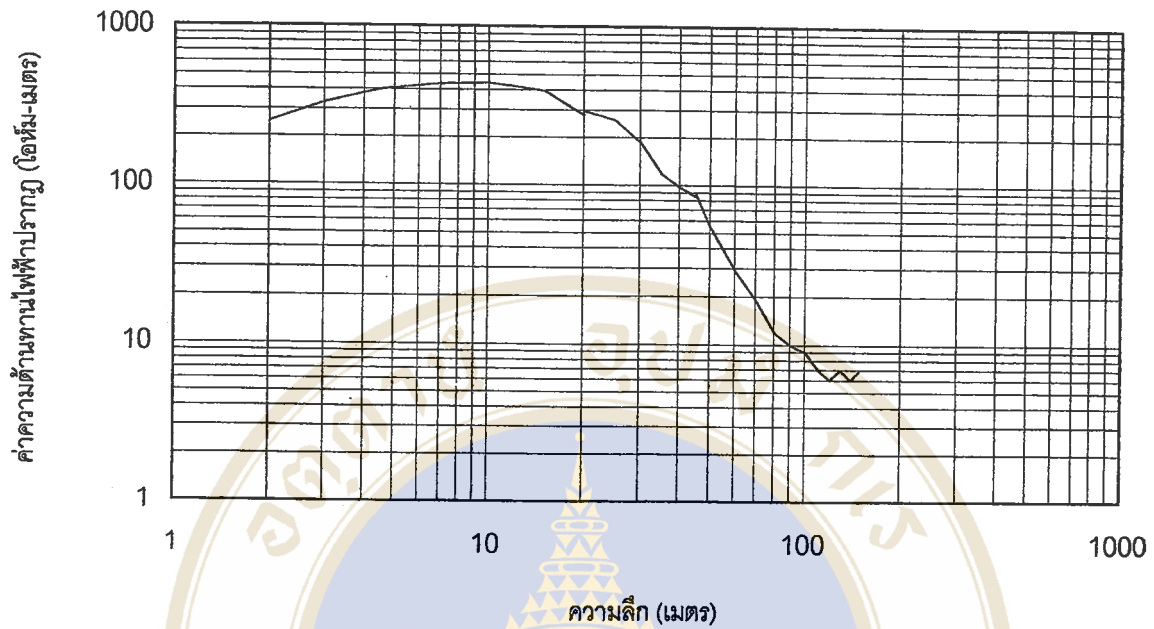
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 26 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วมเบอร์เจอร์

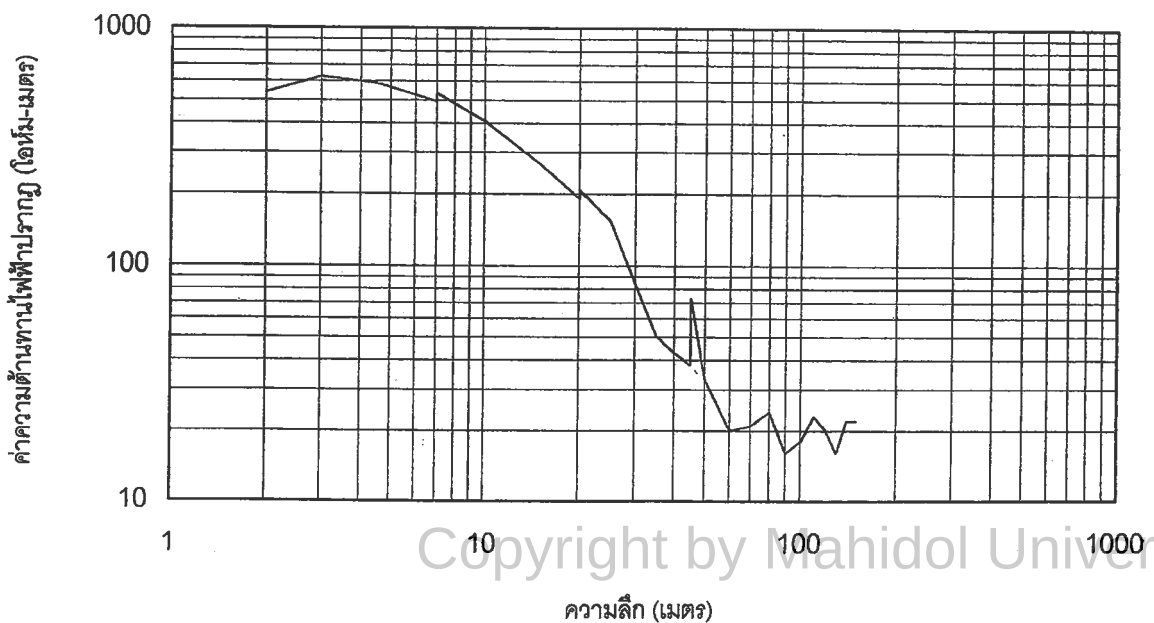
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 29 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วมเบอร์เจอร์

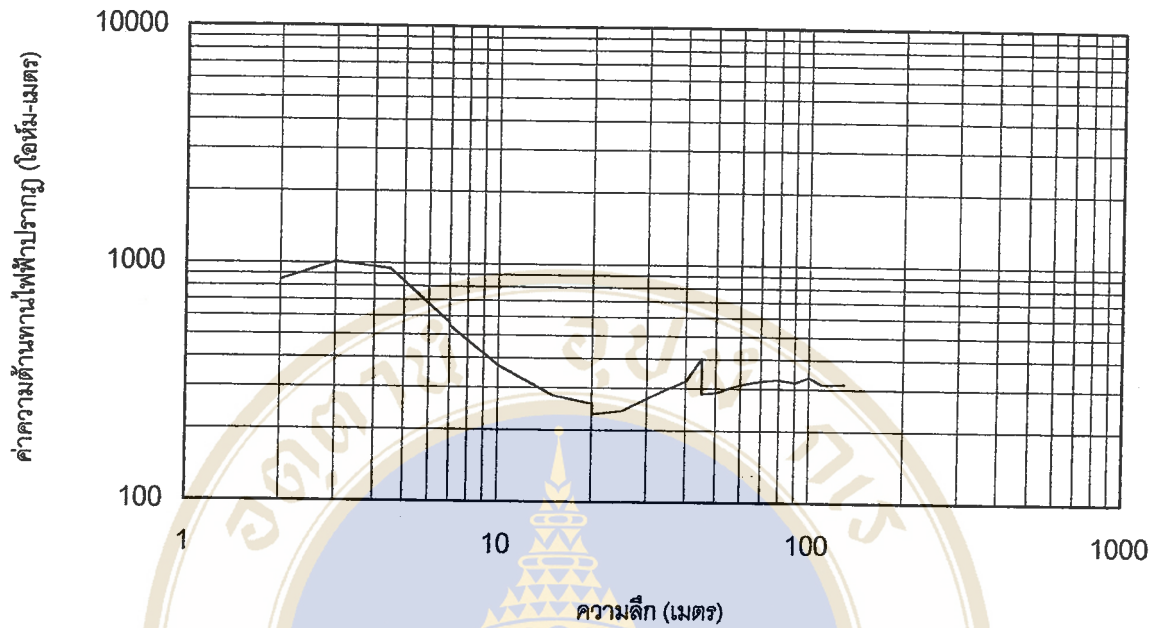
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 31 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

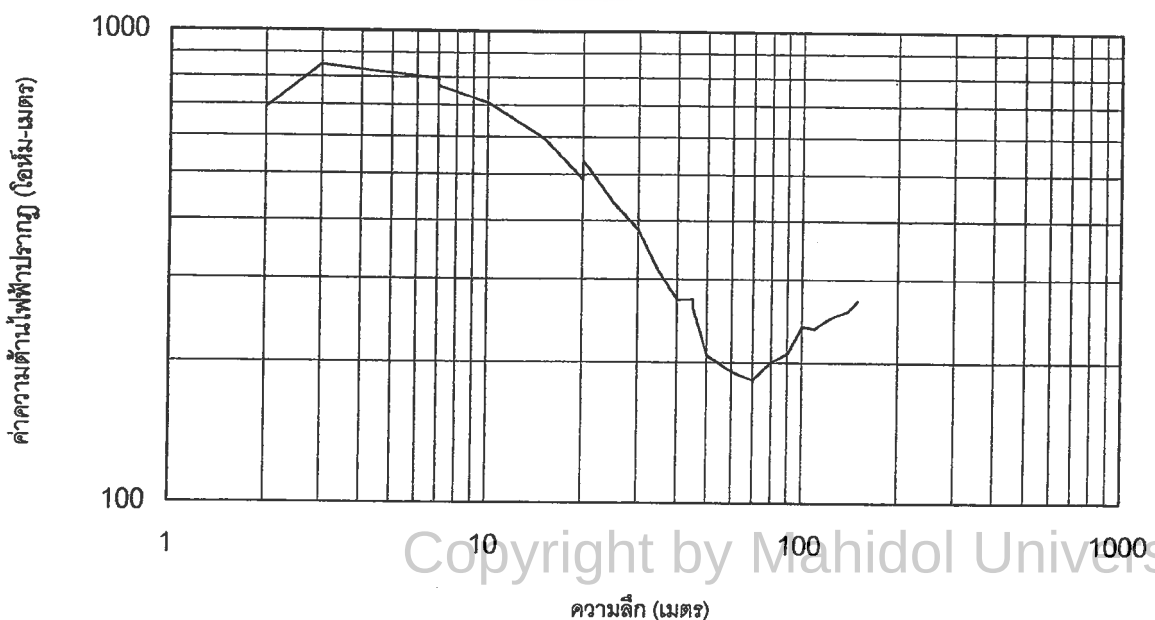
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 33 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

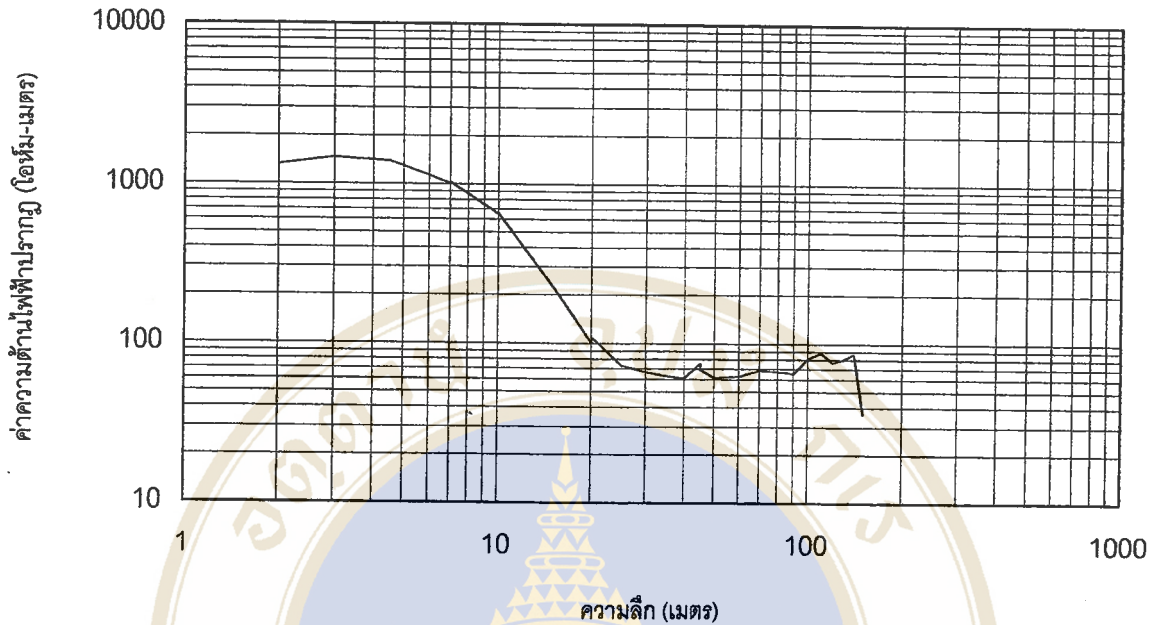
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 34 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

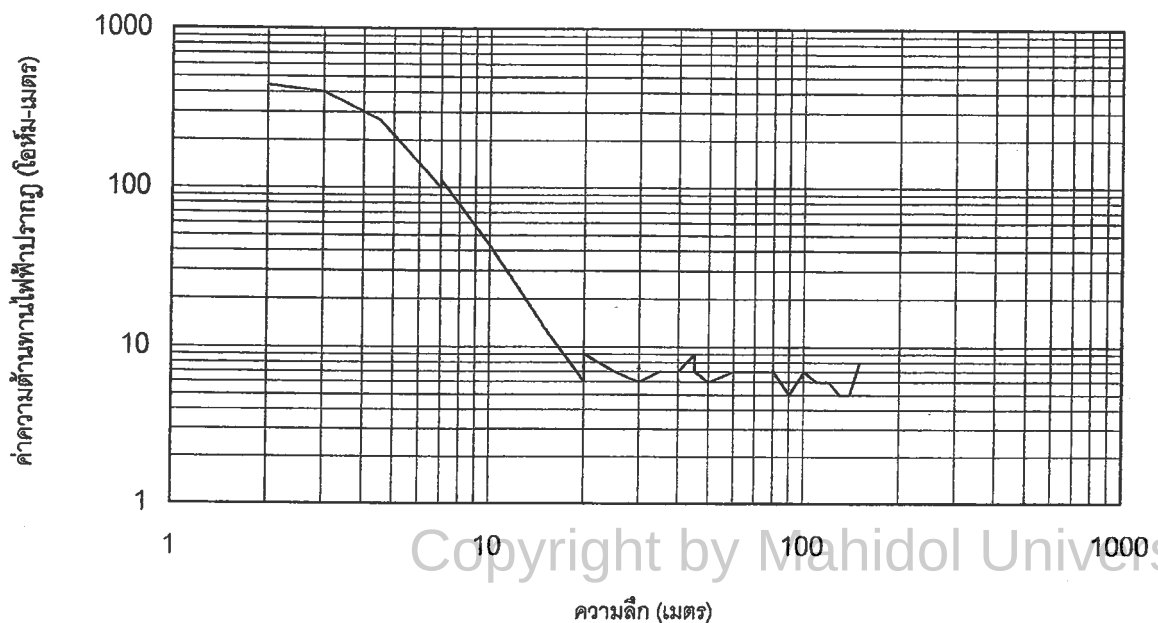
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 36 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบซัลมเบอร์เจอร์

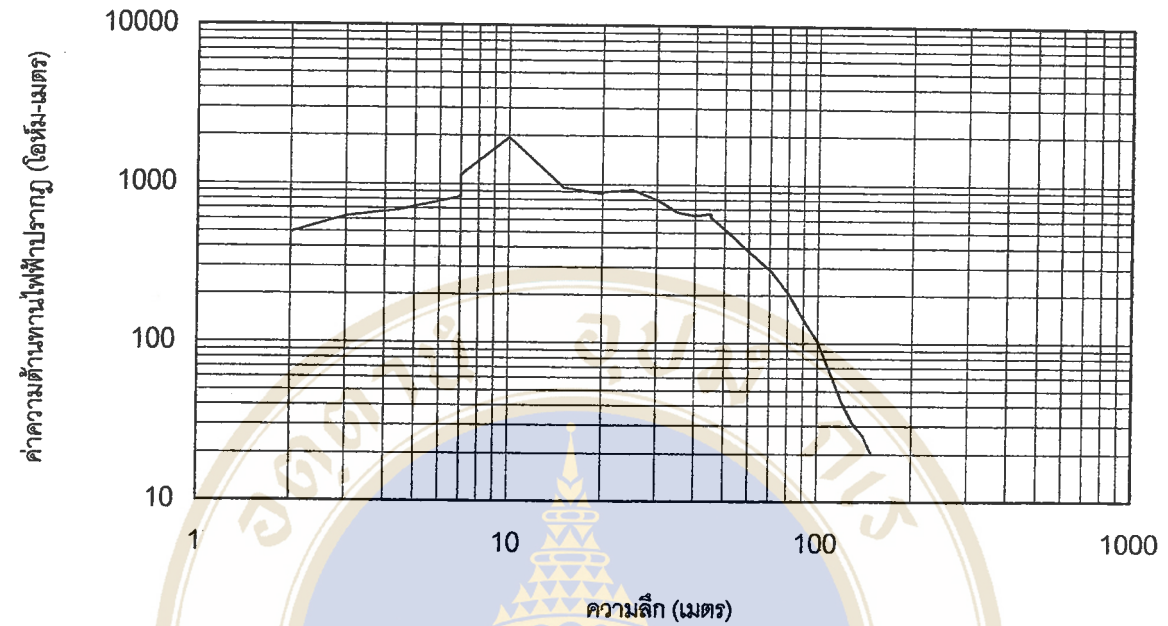
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 39 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลบเบอร์เจอร์

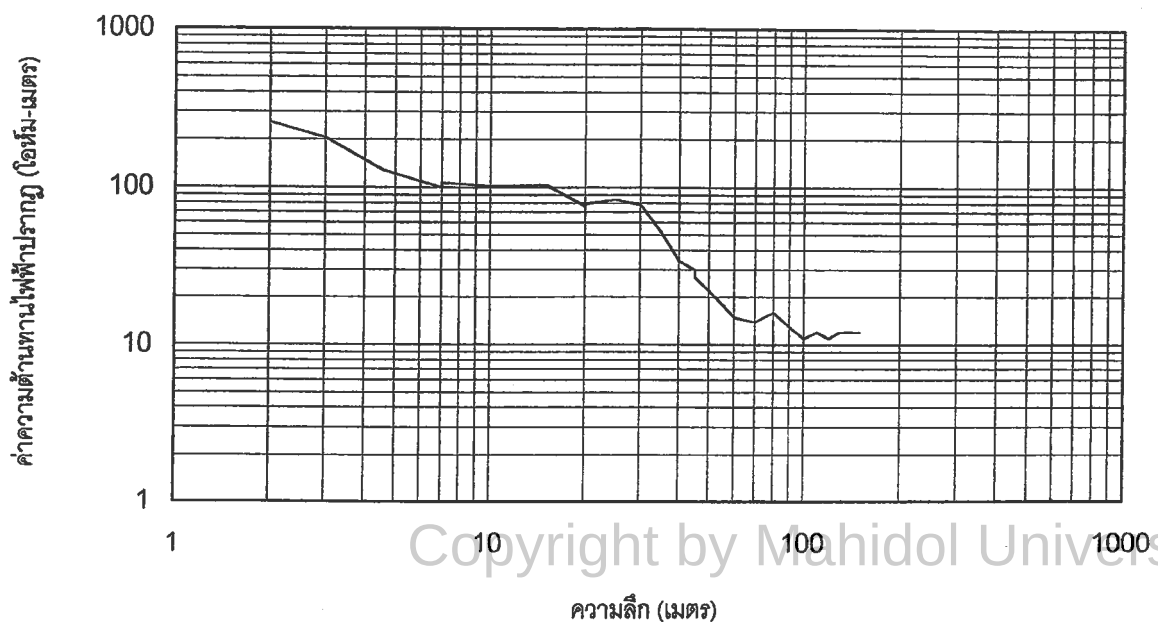
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 41 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลบเบอร์เจอร์

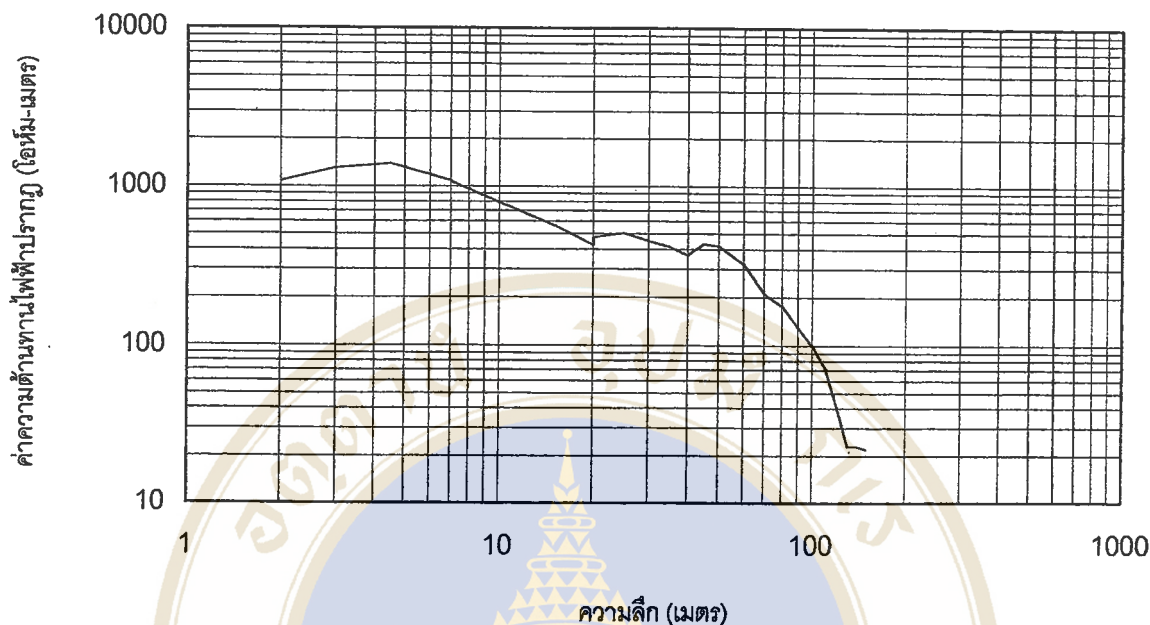
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 44 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

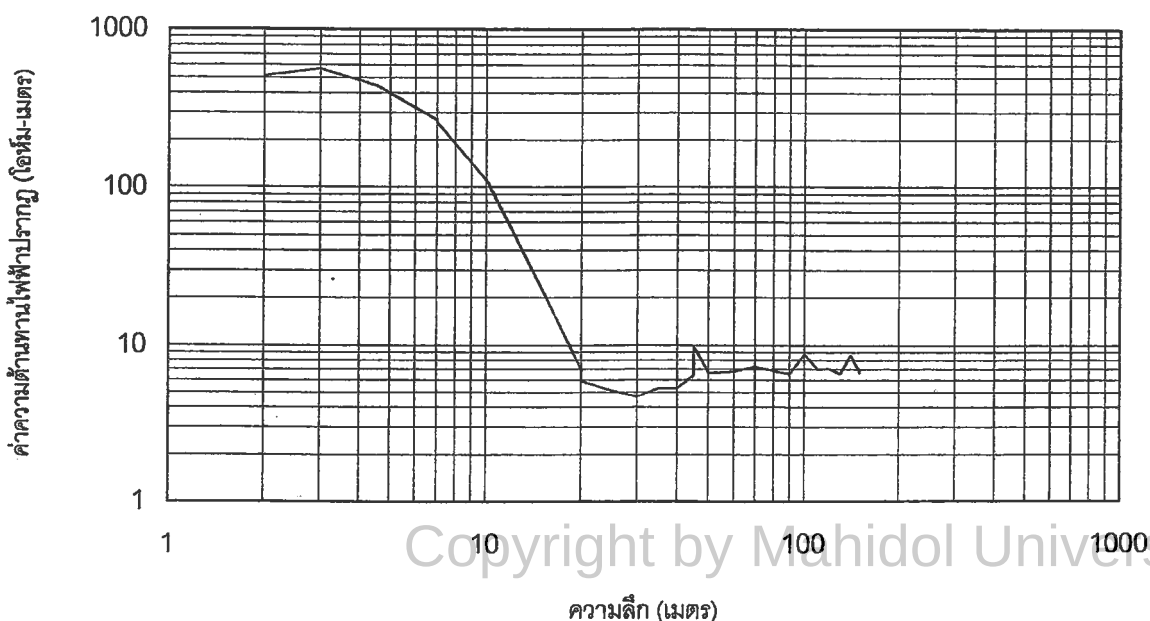
บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

จุดที่ 46 : การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าแบบขั้วลัมเบอร์เจอร์

บริเวณหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ



การประยุกต์ใช้ GIS และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำใต้ดินต่อการกระจายตัวของความชื้นดิน

ภาคผนวก ข

แสดงข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนฯ



ตารางผนวก ข-1 แสดงข้อมูลบ่อน้ำบาดาลในหมู่บ้านบริวารของศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน
อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ประกอบด้วย ต.เขาหินซ้อน และต.เกาะขนุน
อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา

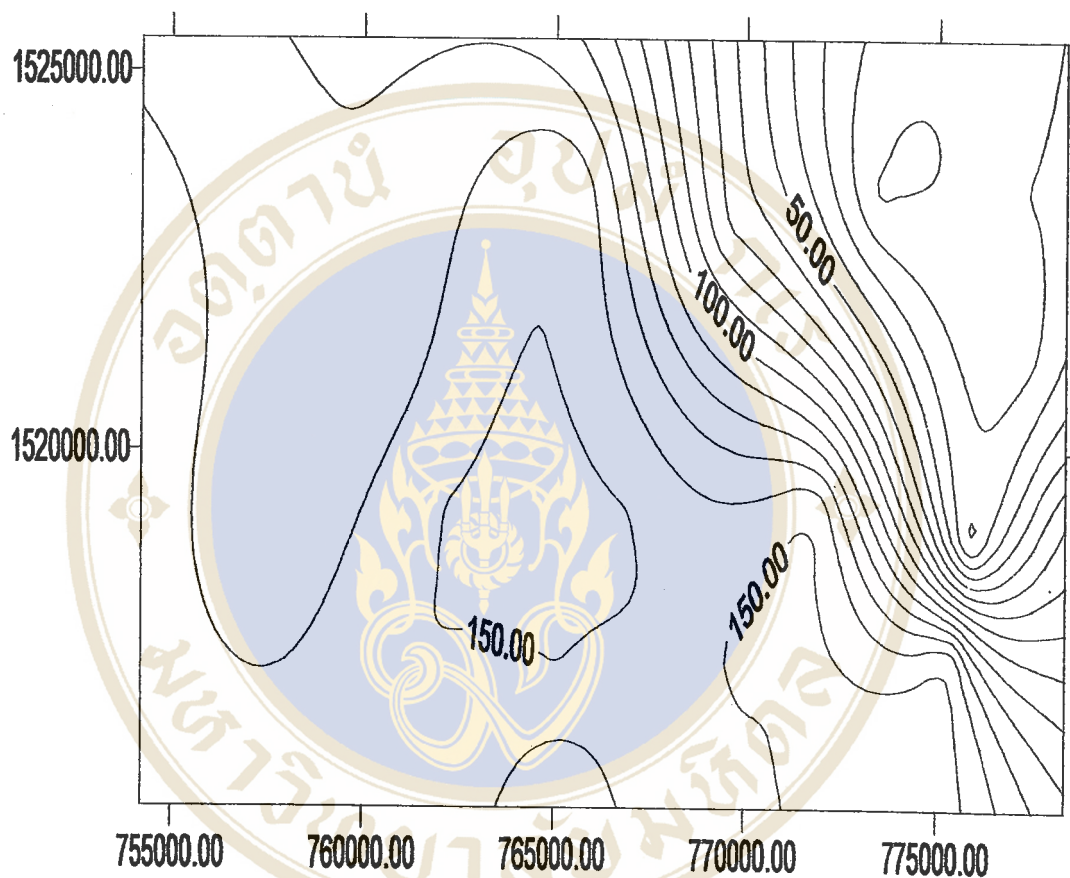
ตำบล	สถานที่	ความลึก (เมตร)	ปริมาณน้ำ (ลบม./ชม.)	ระดับน้ำปกติ (เมตร)	ระดับน้ำลด (เมตร)	คุณภาพน้ำ			หมายเหตุ
						เหล็ก (ppm)	คลอไรด์ (ppm)	กระด้าง (ppm)	
เขาหินซ้อน	ร.ร.บ้านห้วยหิน	25.00	1.50	0	0	0	0	0	ติดหินแข็ง ติดหินแข็ง ติดหินแข็ง ติดหินแข็ง ติดหินแข็ง บ่อแห้ง ติดหินแข็ง ติดหินแข็ง
	บ้านหนองหว้านเหลือง	24.50	2.00	0	0	0	0	0	
	ร.ร.บ้านหนองปรือ	37.00	5.00	2	12	0	11	174	
	บ้านหนองหว้านเหลือง	37.05	1.00	4	15	0	12	164	
	ร.ร.บ้านหนองหินซ้อน	7.00	0.00	0	0	0	0	0	
	วัดปรือวาช	10.00	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านโพธิ์ศรี	9.50	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านเขาหินน้ำมอด	9.00	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านไทรย้อย	13.20	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านเขาหินซ้อน	53.00	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านเขาแหลมจันทร์	22.00	8.00	4	0	1	8	130	
	หน่วยปฏิบัติการพิเศษ	83.00	1.50	3	25	0	14	44	
	วัดลำหาชัย	108.00	4.00	9	29	0	1740	1110	
	บ้านหนองลุ่ม	149.00	4.00	3	32	0	8	268	
	ร.ร.บ้านหนองหว้านเหลือง	39.00	2.00	7	16	0	8	148	
	บ้านหนองกลางดง	16.00	0.00	0	0	0	0	0	
	บ้านหนองสองห้อง	79.50	18.00	25	5	0	22	40 T	
	ร.ร.กระบกเตี้ย	45.00	0.00	0	0	0	0	0	
เกาะขนุน	ต.เกาะขนุน	14.10	36.00	4	14	1	38	74	
	บ้านแหลมทอง	45.00	1.60	4	6	0	49	132	
	ร.ร.หนองอีโถน	24.00	1.50	3	14	0	17	170	
	วัดดอนขี้เหล็ก	37.00	1.00	1	17	0	10	116	
	ร.ร.วัดท่าลาดเหนือ	21.30	18.00	4	0	0	125	64	
	บ้านห้วยลึก	31.00	5.00	5	0	1	12	170	
	วัดหนองอีโถน	30.00	1.50	5	0	0	12	0	
	บ้านแหลมตะคร้อ	37.00	1.50	2	0	0	14	5	
	บ้านเกาะวังป่อ	46.00	2.00	4	0	1	22	0	
	บ้านหนองเสือ	30.00	2.00	1	0	1	28	0	
	บ้านห้วยน้อย	91.50	0.00	0	0	0	0	0 F	
	บ้านดอนขี้เหล็ก	39.00	1.00	7	9	0	0	0	

ที่มา : งานสำรวจอุทกธรณีวิทยา กองพัฒนาบ่อน้ำบาดาล กรมโยธาธิการ พ.ศ. 2535

ภาคผนวก ก

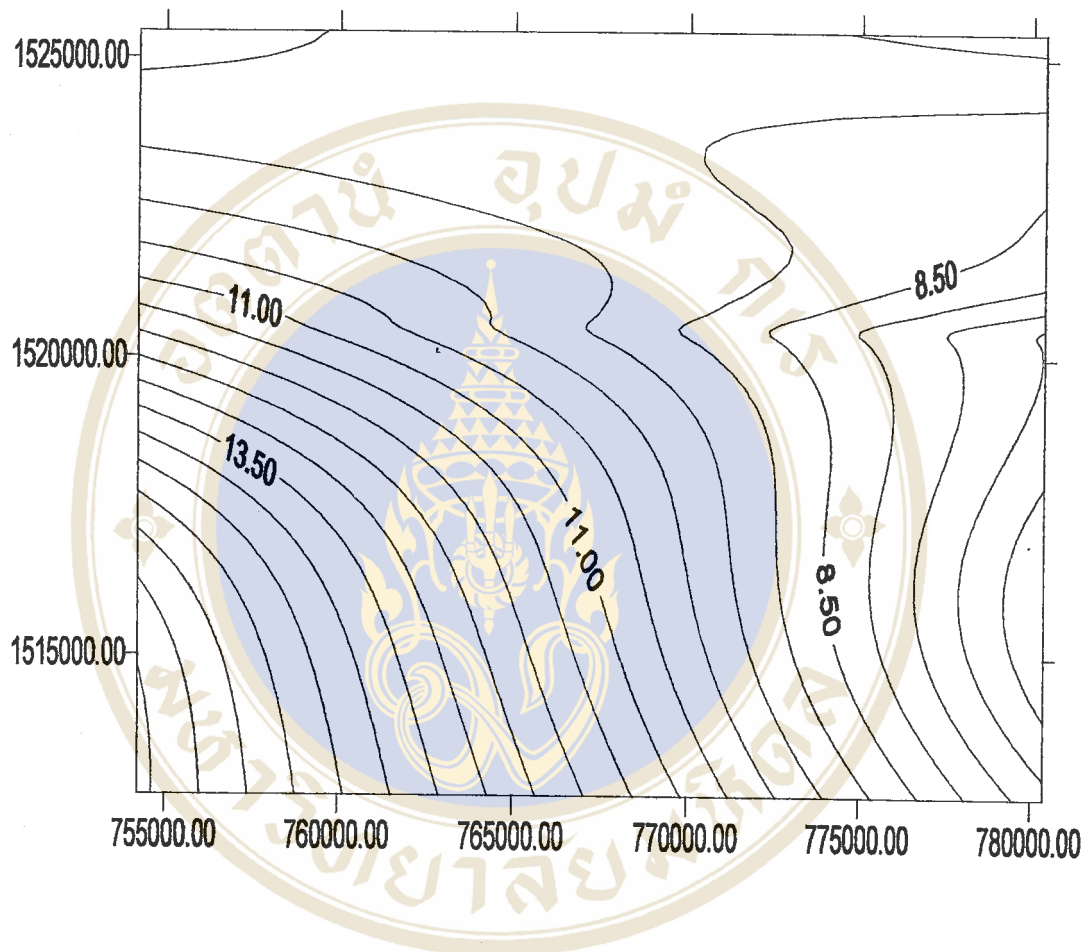
กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าความลึกหินดาน หรือค่าความหนาชั้นตะกอนร่วน,
ค่าความชื้นดิน และค่าความต้านทานไฟฟ้า ที่ระดับความลึก 15 และ 60 เซนติเมตร
ตามลำดับ โดยใช้โปรแกรม Surfer





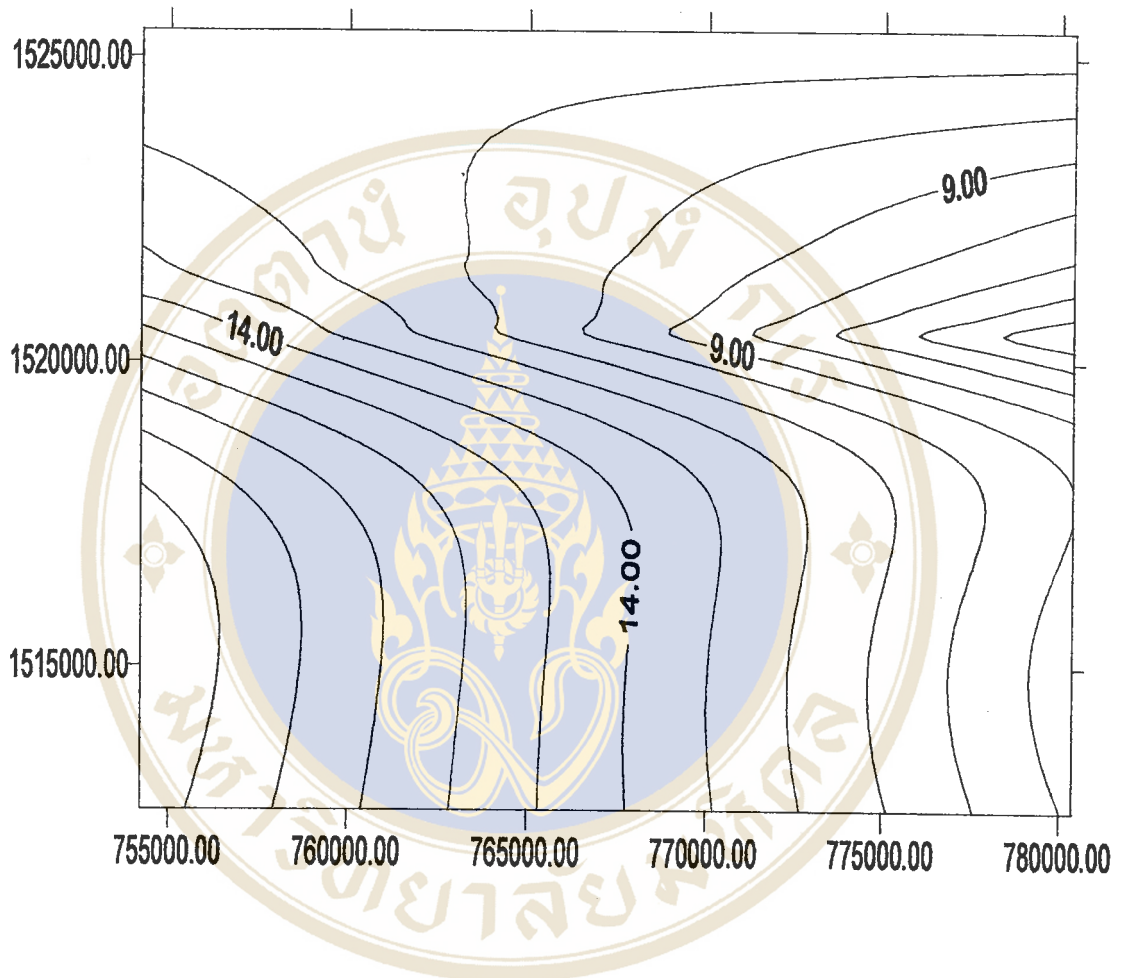
จากภาพ จะเห็นว่าความลึกของหินดานหรือความหนาชั้นตะกอนร่วนจะต่ำในทาง
ด้านทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และจะมีความหนาเพิ่มมากขึ้นลงมาทางด้านทิศตะวัน
ตกเฉียงใต้

ภาพผนวก ค-1 แสดงการกระจายตัวของค่าความลึกหินดานหรือค่าความหนาชั้นตะกอนร่วน



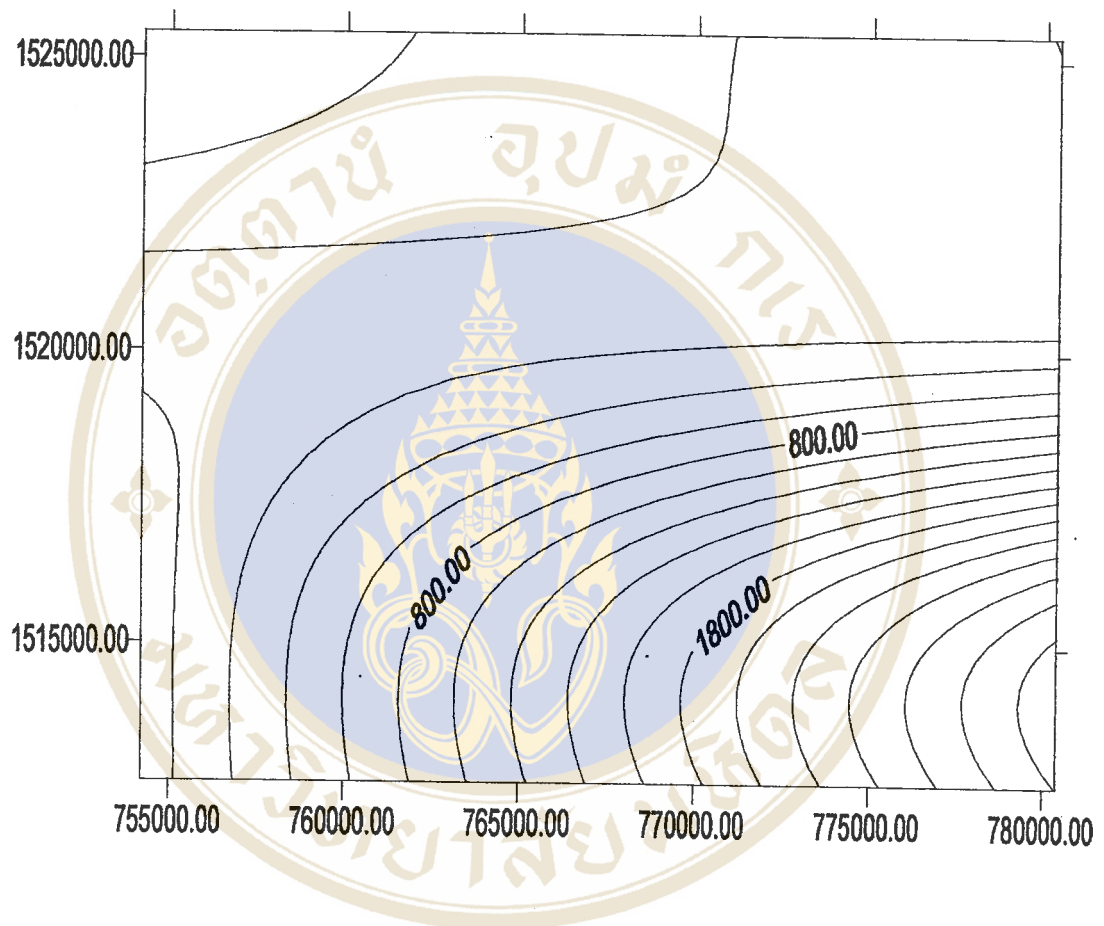
จากภาพ พบว่า การกระจายตัวของความชันดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร จะค่อนข้างต่ำในทิศตะวันออก และจะมีความชันเพิ่มมากขึ้นไปทางด้านทิศตะวันตก

ภาพผนวก ค-2 แสดงการกระจายตัวของค่าความชันดินที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร



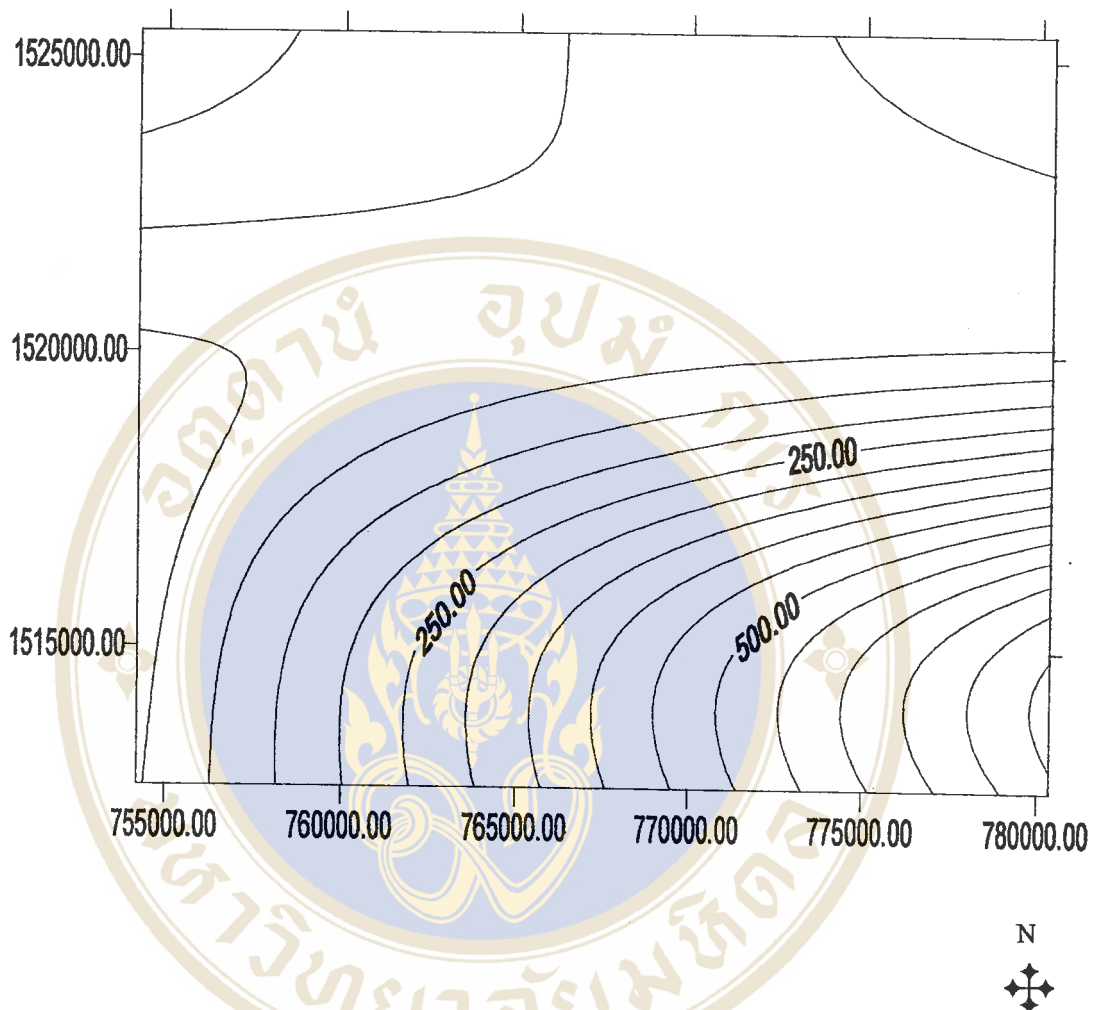
จากภาพ พบว่า การกระจายตัวของความขึ้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีลักษณะของการกระจายตัวเหมือนกับที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร คือจะค่อนข้างต่ำในทิศตะวันออก และจะมีความขึ้นเพิ่มมากขึ้นไปทางด้านทิศตะวันตก โดยค่าความขึ้นดินโดยเฉลี่ยที่ระดับ 60 เซนติเมตร จะมีค่าสูงกว่า ที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร

ภาพผนวก ค-3 แสดงการกระจายตัวของค่าความขึ้นดินที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร



จากภาพ พบว่า การกระจายตัวของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร จะสูงในทิศตะวันออก ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ และจะลดลงในทิศตะวันตก ไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

ภาพผนวก ค-4 แสดงการกระจายตัวของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร



จากภาพ พบว่า การกระจายตัวของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร มีลักษณะคล้ายคลึงกับที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร คือ จะสูงในทิศตะวันออก และทิศตะวันออกเฉียงใต้ และจะลดลงในทิศตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ แต่ค่าความต้านทานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร จะต่ำกว่าที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร

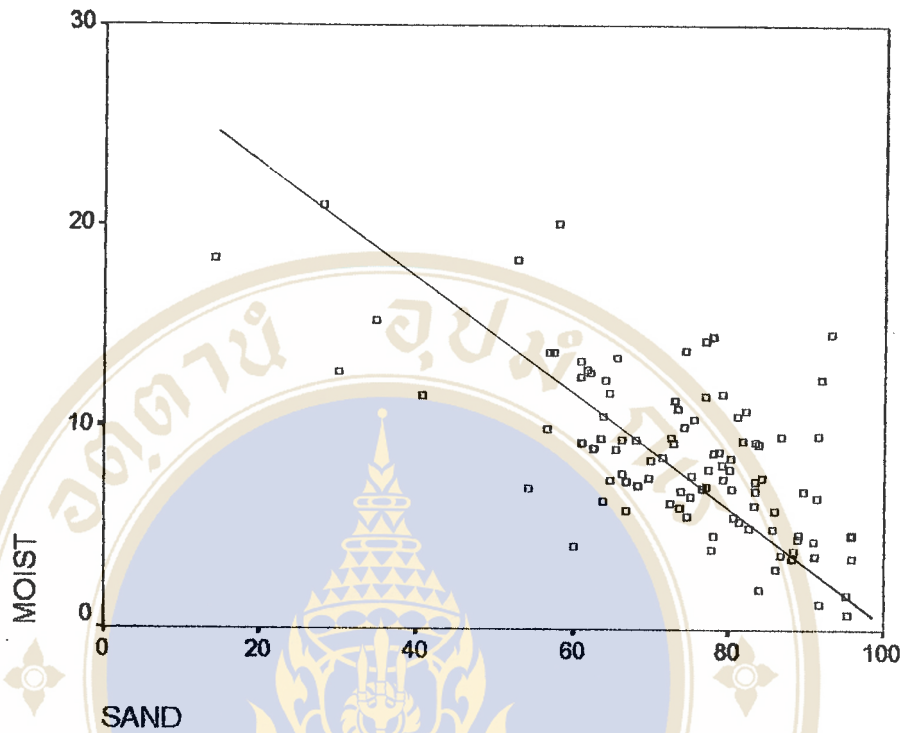
ภาพผนวก ค-5 แสดงการกระจายตัวของค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ระดับความลึก 60 เซนติเมตร

สรุป จาก 5 ภาพ โดยเฉพาะ 3 ภาพหลัง สามารถแบ่งพื้นที่หลักๆ เป็น 2 ส่วน โดยใช้แนวพิกัดในแนวนอน คือ พิกัดที่ 1520000N 756000E เป็นเส้นกึ่งกลาง พบว่า ด้านบนเหนือเส้นกึ่งกลางจะเป็นพื้นที่สูงมากกว่าด้านล่าง ตามหลักการทางธรณีวิทยาแล้ว น่าจะเป็นแนวที่ใช้ออกสภาพความแตกต่างด้านธรณีวิทยาของพื้นที่หลัก 2 ส่วนได้ กล่าวคือ อาจจะเป็นรอยเลื่อนแบบหักเหหรือรอยเลื่อน (Fault Scarp) ที่ฝังอยู่ใต้ดิน

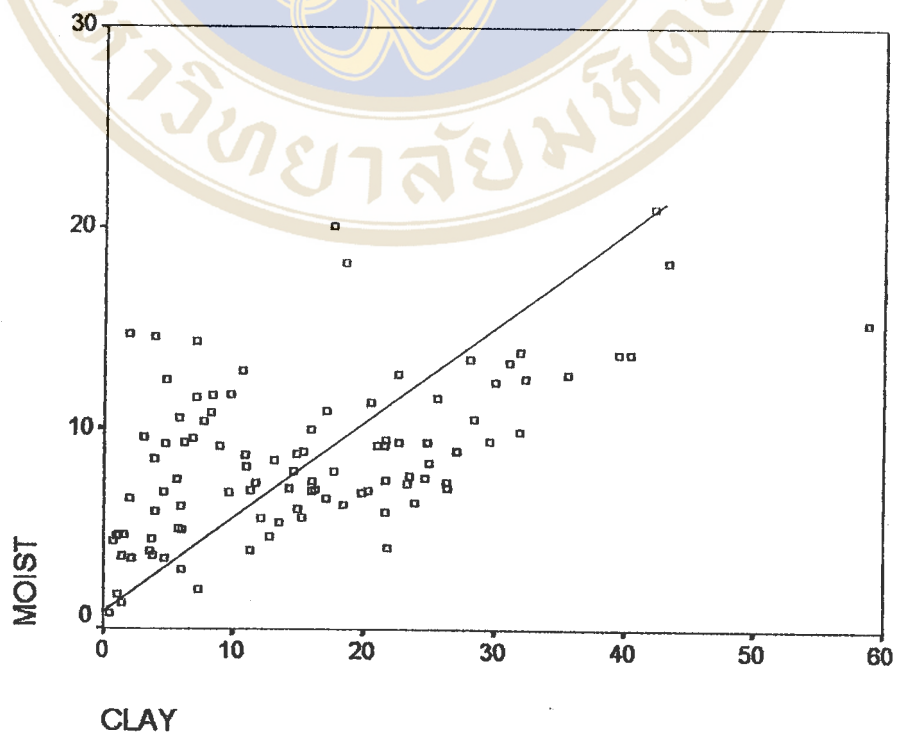
ภาคผนวก ง

แผนภูมิแสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear Relationship)
ของปัจจัยต่าง ๆ กับความขึ้นดิน

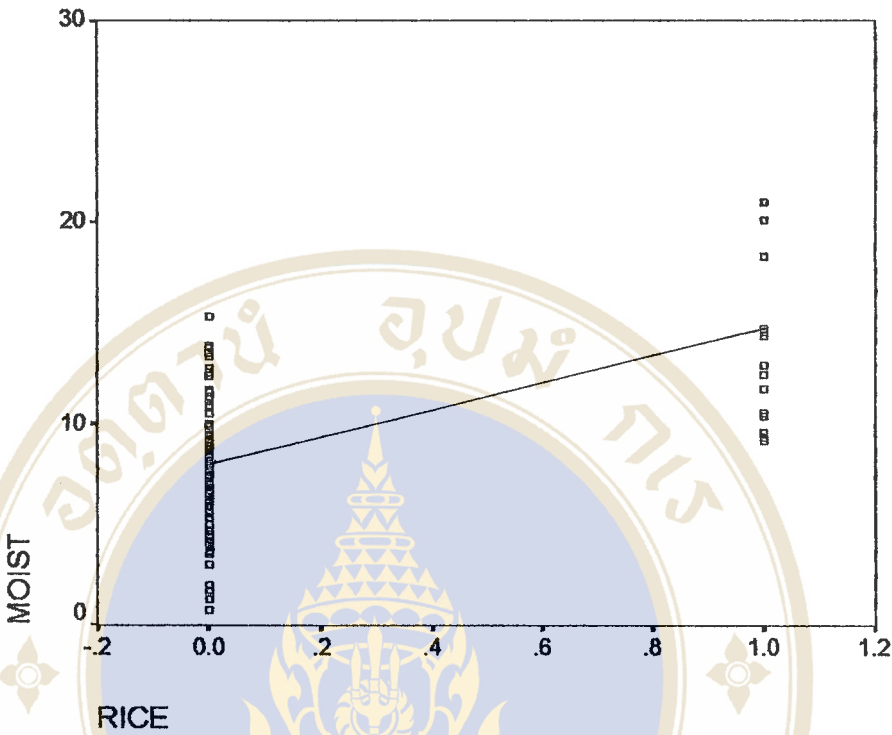




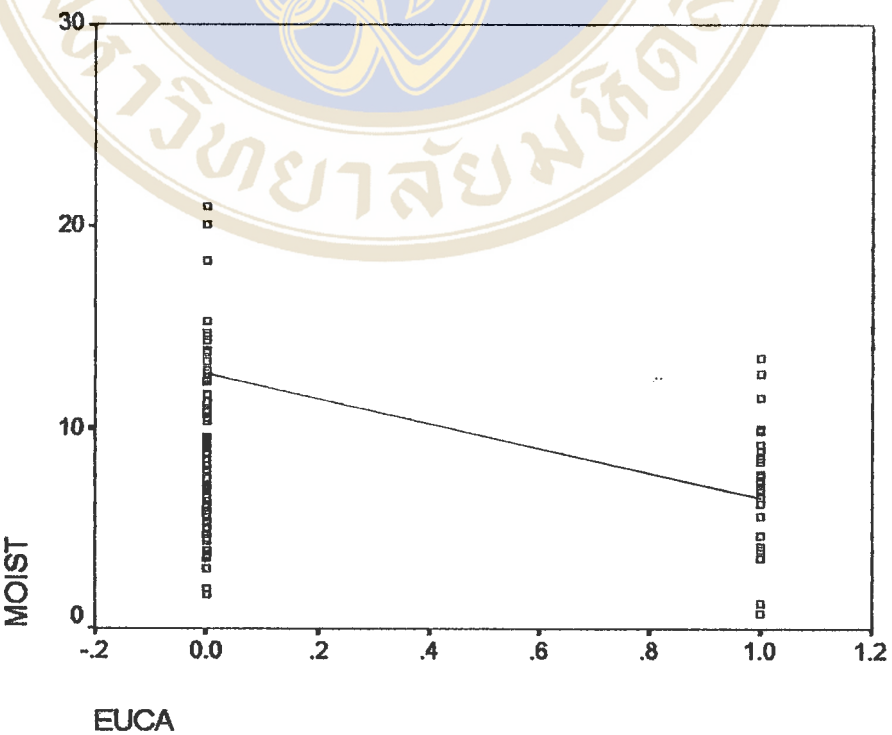
ภาพที่ 1 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ทรายสูง



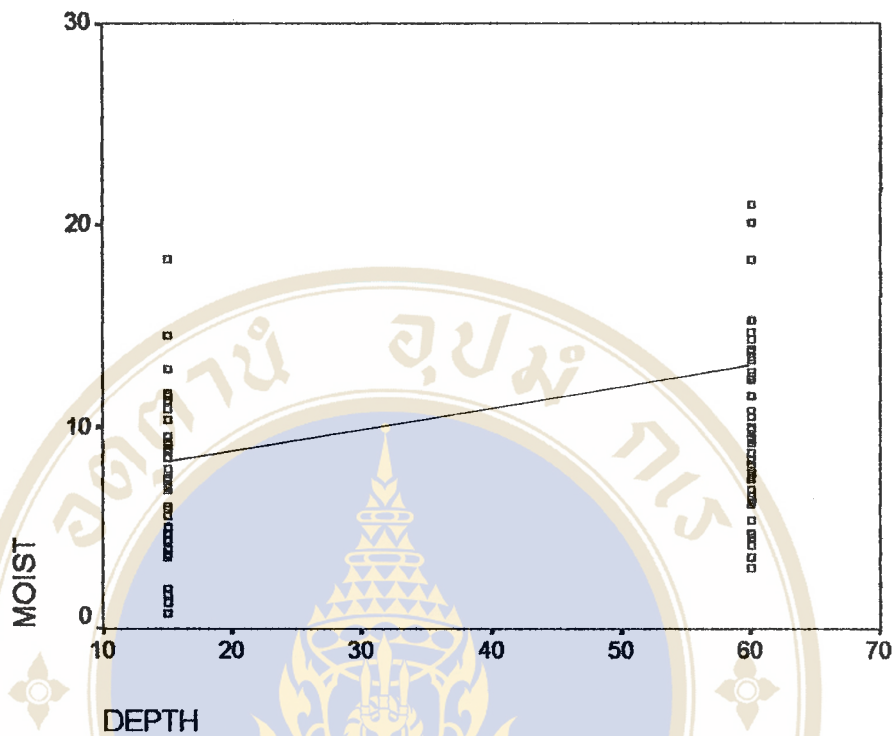
ภาพที่ 2 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวสูง



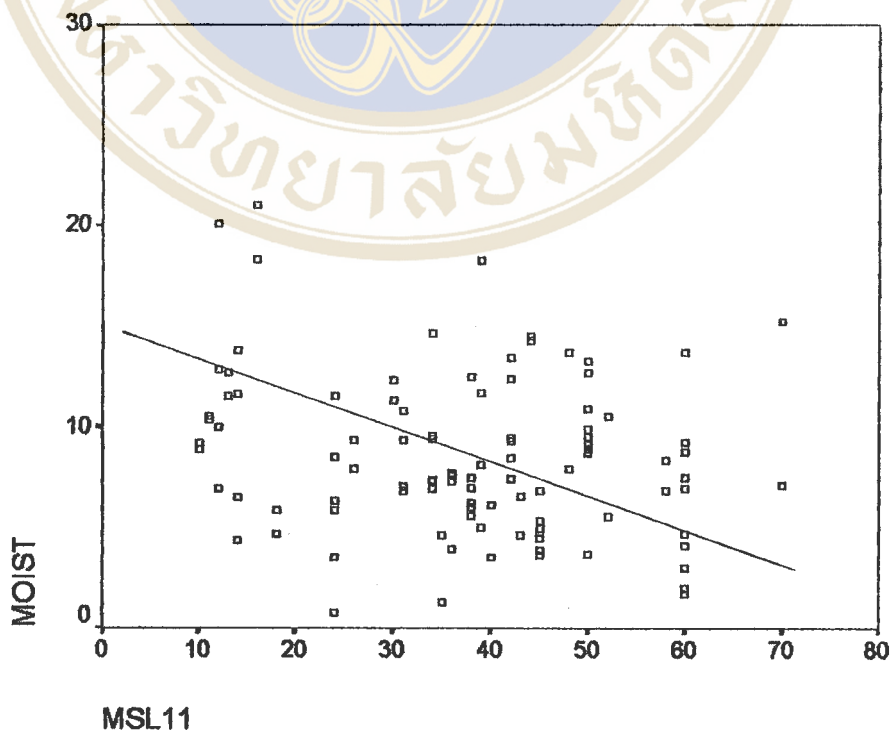
ภาพที่ 3 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับพืชปกคลุมที่เป็นข้าว



ภาพที่ 4 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับพืชปกคลุมที่เป็นยูคาลิปตัส



ภาพที่ 5 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับความลึกจากระดับผิวดิน



ภาพที่ 6 แสดงแนวโน้มความสัมพันธ์แบบเส้นตรงของความชื้นดินกับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง

ภาคผนวก จ

แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดิน ที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ



ตารางผนวก จ-1 แสดงค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินในพื้นที่ศึกษา ที่ได้จากการวิเคราะห์ใน
ห้องปฏิบัติการ จำนวน 50 จุด

จุดที่	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	pH	จุดที่	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	pH	จุดที่	ระดับความลึก (เซนติเมตร)	pH
1	15 60	5.22 4.82	18	15 60	4.72 6.05	35	15 60	5.81 6.36
2	15 60	5.33 5.07	19	15 60	4.65 5.48	36	15 60	5.21 5.19
3	15 60	5.59 4.62	20	15 60	4.97 5.66	37	15 60	4.77 4.58
4	15 60	4.97 5.85	21	15 60	5.06 5.17	38	15 60	6.04 6.10
5	15 60	5.56 5.90	22	15 60	4.66 5.01	39	15 60	5.29 5.22
6	15 60	5.11 4.94	23	15 60	4.63 4.64	40	15 60	4.93 6.10
7	15 60	5.51 5.61	24	15 60	5.18 5.11	41	15 60	4.76 5.08
8	15 60	5.34 6.03	25	15 60	5.10 5.16	42	15 60	4.85 5.02
9	15 60	5.59 5.83	26	15 60	4.87 4.49	43	15 60	5.36 5.61
10	15 60	5.59 6.10	27	15 60	5.32 5.68	44	15 60	5.02 5.71
11	15 60	5.23 5.66	28	15 60	4.88 5.09	45	15 60	5.53 5.92
12	15 60	5.29 6.23	29	15 60	5.08 4.64	46	15 60	5.74 5.07
13	15 60	5.71 5.75	30	15 60	4.77 4.74	47	15 60	5.52 5.83
14	15 60	5.05 4.74	31	15 60	5.06 5.81	48	15 60	5.38 6.22
15	15 60	4.88 5.23	32	15 60	4.94 5.63	49	15 60	5.19 5.36
16	15 60	5.33 5.43	33	15 60	5.12 4.68	50	15 60	5.00 4.67
17	15 60	5.13 4.67	34	15 60	5.08 5.39			

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวโสภิตา ขนอม
วัน เดือน ปี เกิด	18 พฤษภาคม 2516
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) (เกียรตินิยมอันดับ 2) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, พ.ศ. 2535-2539 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร) มหาวิทยาลัยมหิดล, พ.ศ. 2539-2542