

การสำรวจหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

นางสาวภณสา อินทริต

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

INVESTIGATION OF SUITABLE DETENTION BASIN SITES NEAR YOM RIVER,
CHANGWAT SUKHOTHAI

MISS PANASA INTARIT

A report submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
For the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2015

วันที่ส่ง

____/____/____

วันที่อนุมัติ

____/____/____

ลงชื่อ _____

(_____)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

|

หัวข้องานวิจัย	: การสำรวจหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณ ริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย
ผู้ทำการวิจัย	: นางสาวภณศา อินทริต
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐานบ ธิติมากร
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: รองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์
ภาควิชา	: ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	: 2558

บทคัดย่อ

จังหวัดสุโขทัยประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำในฤดูฝน เนื่องจากลักษณะของลำน้ำยมที่คดลง
ในตอนล่าง ทำให้เกิดปัญหาน้ำล้นตลิ่งในกรณีที่ตอนบนรับน้ำมาเต็มความจุ แต่ในขณะที่เดียวกันจังหวัด
สุโขทัยก็ประสบปัญหาภัยแล้งในฤดูแล้ง ดังนั้นหากมีพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำที่เกินความจุดังกล่าว นอกจาก
จะช่วยลดปัญหาอุทกภัย ยังอาจทำให้มีปริมาณน้ำสำรองเพิ่มขึ้นด้วย แนวคิดนี้จึงเป็นที่มาของการศึกษา
ปริณญาานิพนธ์

การหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำประกอบด้วย การศึกษาแผนที่ภูมิประเทศ
ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่อุทกภัย และการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบ 1
มิติ ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุด คือบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยมของอำเภอศรีสำโรง มีขนาดประมาณ 18
ตารางกิโลเมตร และจากผลการแปรข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ทั้งหมด 15 จุด พบว่าข้อมูล ณ จุดศึกษาที่ 9
บ้านคลองยายสาย สามารถเทียบกับข้อมูลลำดับชั้นดินและชั้นหินในบริเวณใกล้เคียงและได้ผลสรุปว่า ที่
ระดับความลึกไม่เกิน 54 เมตร ชั้นดินของพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นผิวดิน ชั้นดินโคลน และ
ชั้นตะกอนกรวด โดยเมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลน้ำบาดาล พบว่าความลึกที่เหมาะสมในการขุดพื้นที่
หนองน้ำคือ 5 เมตร ซึ่งจะให้มีศักยภาพในการรองรับน้ำอยู่ที่ 90 ล้านลูกบาศก์เมตร

Project title : INVESTIGATION OF SUITABLE DETENTION BASIN SITES
NEAR YOM RIVER, CHANGWAT SUKHOTHAI

Researcher : MISS PANASA INTARIT

Advisor : ASST. PROF. DR.THANOP THITIMAKORN

Co-Advisor : ASSOC. PROF. DR. SRILERT CHOTPANTARAT

Department : GEOLOGY

Academic Year : 2015

ABSTRACT

The decreased capacity of the lower part of Yom River causes flood problem in every monsoon season. In the other hand, this province also get drought problem in every dry season. So, if this area has a detention basin, it might be able to reduce flood problem and has more water supply during dry season.

The suitable site for detention basin was investigated by integrating several data such as topographic map, aerial photograph, flood map and 1D resistivity data. Finally, the result has shown that the best location is located near Yom River in Sri Samrong district. The resistivity profile of station 9 (from 15 stations) is well correlated with the lithology log from nearest borehole. So, it can be concluded that study area consists of 3 soil layers. The first layer is top soil. The second layer is clay and the third layer is sand and gravel. The groundwater level in this area is about 5 meters below surface. So, the depth of detention basin should be no deeper than 5 meters. This detention basin will be able to collect the water around 90 million cubic meters.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีเนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากหลายท่าน ก่อนอื่น ข้าพเจ้าใคร่ขอขอบคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทั้งสองท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐานบ ธิติมากร และรองศาสตราจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ และคอยชี้แนะตลอดระยะเวลาดำเนินงาน

ขอขอบคุณกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลชั้นหินและชั้นดิน ข้อมูลระดับชั้นน้ำบาดาล ในพื้นที่อำเภอศรีสัชชนาลัย อำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย เพื่อประกอบการศึกษา

ขอขอบคุณนางสาวรัชดาภรณ์ จินตประสาธ นายณรงค์ศักดิ์ ราชูการ และนายศุภณัฐ คุ้มโหมด ที่คอยให้คำปรึกษา และความช่วยเหลือเป็นอย่างดีตลอดการออกภาคสนาม

ขอขอบคุณนายวิศรุต เตชะสุวรรณวงศ์ นายกิตติภพ กวางทอง นายไกร วิเศษณัฐ นายกรันต์ ตา ระกา และนางสาววิวิวรรณ โรจน์บวรวิทยา ที่คอยให้คำปรึกษาเรื่องการทำงาน คำแนะนำเรื่องข้อมูล และการใช้โปรแกรมตลอดการดำเนินงาน

และขอขอบคุณเพื่อน รุ่นพี่ รุ่นน้อง อาจารย์ บุคลากรทุกท่าน ที่ช่วยสนับสนุนให้การศึกษา ปริญญานิพนธ์เรื่องนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 พื้นที่ศึกษา	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ระยะเวลาการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ	3
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ	6
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจพื้นที่	8
2.4 ทฤษฎีการคำนวณกราฟน้ำไหลโดยวิธี Level pool	9
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	11
3.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น	12
3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	13
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด	14
3.4 การศึกษาภาคสนามและเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ผล	15
3.5 การประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ	19
บทที่ 4 ผลการศึกษาและการอภิปราย	20
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	21
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด	26
4.3 ผลการศึกษาภาคสนาม	33
4.4 ผลการประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ	36
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา	38

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ	9
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์สำหรับการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ	16
รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ	17
รูปที่ 4.1 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งพื้นที่ศึกษาทั้ง 5 จุดศึกษา	21
รูปที่ 4.2 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 1 บริเวณบ้านเกาะน้อย 2	22
รูปที่ 4.3 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 2 บริเวณบ้านป่ากุ่มเกาะ 2	23
รูปที่ 4.4 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 3 บริเวณอำเภอเมืองสวรรคโลก	24
รูปที่ 4.5 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 4 บริเวณอำเภอศรีสำโรง	25
รูปที่ 4.6 ลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลหมายเลข MB0456SKT137	27
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงจุดศึกษาที่ 2 บริเวณบ้านป่ากุ่มเกาะ 2	28
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายทางอากาศแสดงจุดศึกษาที่ 4 บริเวณอำเภอศรีสำโรง	29
รูปที่ 4.9 แผนที่อุทกภัยแสดงจุดศึกษาที่ 2 บริเวณบ้านป่ากุ่มเกาะ 2	30
รูปที่ 4.10 แผนที่อุทกภัยแสดงจุดศึกษาที่ 4 บริเวณอำเภอศรีสำโรง	31
รูปที่ 4.11 แผนที่แสดงตำแหน่งการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ	33
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบกราฟความต้านทานตำแหน่งที่ 9 และลำดับชั้นดินชั้นหิน	34
รูปที่ 4.13 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวเหนือ-ใต้ของจุดศึกษาที่ 4	35
รูปที่ 4.14 ภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออก-ตะวันตกของจุดศึกษาที่ 4	36
รูปที่ 4.15 กราฟน้ำไหลเปรียบเทียบอัตราการน้ำไหลออกกรณีไม่มีพื้นที่หนองน้ำและมีพื้นที่หนองน้ำ	37

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการศึกษา	2
ตารางที่ 2.1 สรุปขั้นตอนและวิธีการประเมินเชิงปริมาณ	8
ตารางที่ 3.1 แสดงผลการวิเคราะห์เบื้องต้น	14
ตารางที่ 3.2 แสดงผลการวิเคราะห์โดยละเอียด	15
ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกผลการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ	18
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์เบื้องต้น	26
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์โดยละเอียด	32

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

สุโขทัยเป็นจังหวัดที่ประสบปัญหาอุทกภัยเป็นประจำทุกปี สาเหตุเนื่องจากลักษณะของลำน้ำยมที่แคบลงในตอนล่าง จากเขตอำเภอศรีสัชชนาลัยซึ่งตั้งอยู่ทางตอนเหนือสุด ลำน้ำมีความจุประมาณ 2,319 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (กรมชลประทาน, 2558) แต่เมื่อเข้าสู่เขตอำเภอเมืองสุโขทัย ความจุลำน้ำกลับลดเหลือเพียงประมาณ 565 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที (กรมชลประทาน, 2558) ปริมาณน้ำที่เกินความจุของแต่ละช่วงเป็นเหตุให้เกิดน้ำล้นตลิ่งและปัญหาอุทกภัยตามมา แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูร้อนหลายพื้นที่ในจังหวัดสุโขทัยกลับประสบปัญหาภัยแล้ง เนื่องจากสภาพอากาศและปริมาณน้ำสำรองไม่เพียงพอ ซึ่งจากสรุปสถานการณ์พิบัติภัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2557 ถึงเมษายน 2558 สุโขทัยเป็นจังหวัดหนึ่งที่ถูกประกาศให้เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากภาวะฝนแล้ง (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2558)

ด้วยเหตุนี้จากปัญหาข้างต้นจึงนำมาสู่การศึกษาเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย เพื่อใช้เป็นพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำในฤดูฝน โดยการศึกษาประกอบไปด้วย การศึกษาแผนที่ภูมิประเทศ การวิเคราะห์ลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลในพื้นที่ การศึกษาภาพถ่ายทางอากาศ และการศึกษาแผนที่อุทกภัย ซึ่งบริเวณที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำมากที่สุด จะถูกนำไปศึกษาภาคสนามด้วยวิธีสำรวจวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ เพื่อวิเคราะห์ลักษณะชั้นดินในบริเวณนั้น สุดท้ายจึงประเมินขนาดและศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่จังหวัดสุโขทัยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย
- เพื่อประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ที่มีความเหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำ ผ่านการศึกษาแผนที่ภูมิประเทศ ลำดับชั้นดินและชั้นหิน ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่อุทกภัย โดยพื้นที่ที่มีความเหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำมากที่สุดจะถูกนำไปศึกษาภาคสนามด้วยวิธีสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ และประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำผ่านกราฟน้ำไหล (Hydrograph)

1.4 พื้นที่ศึกษา

บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ซึ่งประกอบไปด้วย 5 อำเภอ ได้แก่ อำเภอศรีสัชชนาลัย อำเภอสวรรคโลก อำเภอศรีสำโรง อำเภอเมืองสุโขทัย อำเภอกงไกรลาศ

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย
- ศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

1.6 ระยะเวลาการศึกษา

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาการศึกษา

ขั้นตอนการวิจัย	เดือน									
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
	58	58	58	58	58	58	58	58	58	58
1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษา	—	—	—							
2. กำหนดขอบเขตการศึกษาและพื้นที่ศึกษา		—	—							
3. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น		—	—	—						
4. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น				—	—					
5. วิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด					—	—				
6. ศึกษาภาคสนาม เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ผล						—	—	—		
7. ประเมินศักยภาพของพื้นที่ศึกษา								—	—	
8. อภิปรายและสรุปผล								—	—	—
9. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอ							—	—	—	—

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ

Bell (1980) ได้เขียนบทความเรื่องอ่างกักเก็บน้ำ (reservoir) ไว้ในหนังสือ Engineering geology and geotechnics (หน้า 249 – 274) โดยคัดลอกและสรุปมาเพียงบางส่วนที่สำคัญต่อการประยุกต์ใช้สำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ และเพื่อประโยชน์ในเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ของปริญญาโท ดังนี้

2.1.1 การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างอ่างกักเก็บน้ำ

ปัจจุบันอ่างกักเก็บน้ำถูกสร้างขึ้นเพื่อหลายวัตถุประสงค์ เช่น เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค เพื่อบริหารจัดการน้ำ หรือเพื่อช่วยลดปัญหาน้ำท่วม เป็นต้น โดยอ่างกักเก็บน้ำสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ อ่างกักเก็บน้ำเพื่อการสำรองน้ำ (direct supply) อ่างกักเก็บน้ำเพื่อการบริหารจัดการน้ำ (regulating storage) และอ่างกักเก็บน้ำเพื่อการสูบกลับ (pumped storage)

การสร้างอ่างกักเก็บน้ำมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ สิ่งที่สำคัญที่สุดประการแรกคือการเลือกพื้นที่ตั้ง ประการถัดมาที่ควรพิจารณาคือลักษณะเส้นทางการไหลของน้ำในพื้นที่ที่สนใจ วัตถุประสงค์ของการสร้างอ่างกักเก็บน้ำ ความสามารถในการเติมน้ำของลำน้ำบริเวณใกล้เคียง อัตราการตกตะกอนในอ่างกักเก็บน้ำ คุณภาพน้ำ และในกรณีของอ่างกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ การก่อสร้างจำเป็นต้องคำนึงถึงเรื่องการรองรับแรงไหวสะเทือนด้วย

ซึ่งหลังจากการประเมินตัวแปรดังกล่าวข้างต้น หากพื้นที่สำหรับสร้างอ่างกักเก็บน้ำไม่สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์พื้นที่ในขณะนั้น หรือถูกคัดค้านจากสังคม วัตถุประสงค์ของการสร้างอ่างกักเก็บน้ำจะต้องถูกนำมาเป็นเหตุผลในการพิจารณาเพื่อหาข้อสรุป

2.1.2 ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการศึกษารเลือกพื้นที่และการออกแบบอ่างกักเก็บน้ำ

ข้อมูลพื้นฐานที่ควรนำมาประกอบการศึกษา คือ แผนที่ภูมิประเทศที่มีความละเอียดเพียงพอ และบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับอุทกธรณีวิทยา เนื่องจากการเลือกพื้นที่สำหรับการสร้างอ่างกักเก็บน้ำเพื่อการสำรองน้ำมีความเกี่ยวข้องกับสภาพทางภูมิศาสตร์เป็นอย่างมาก เพราะการประเมินขั้นต้นถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำจะสามารถคำนวณได้จากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียม

ส่วนการศึกษาแนวโน้มของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างอ่างกักเก็บน้ำ ควรพิจารณาผลรวมของปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน (run off) ปริมาณการแทรกซึมของน้ำลงสู่ชั้นดิน

(infiltration) และการคายระเหย (evapotranspiration) นอกจากนี้สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ปัจจัยทางธรณีวิทยา รวมถึงพืชที่ปกคลุมผิวดินอยู่ในบริเวณนั้น ก็เป็นสิ่งที่ควรถูกนำมาพิจารณาดูด้วยเช่นกัน

ข้อมูลน้ำท่า สามารถนำมากำหนดวัตถุประสงค์ในการกักเก็บน้ำให้สอดคล้องกับสภาพพื้นที่ เช่น สถิติน้ำท่าวมสูงสุดและปริมาตรของน้ำตามความต้องการของผู้บริโภค สามารถนำมาใช้คำนวณหาปริมาตรของอ่างกักเก็บน้ำที่สมดุลกับอุปสงค์ เพื่อการบริหารจัดการน้ำท่าและกำหนดเส้นทางการระบายน้ำอื่นๆ ซึ่งนอกจากข้อมูลเหล่านี้ ข้อมูลสถิติปริมาณน้ำฝนยังเป็นส่วนเสริมที่สำคัญอีกประการหนึ่ง โดยการคำนวณอุปสงค์สูงสุดของปริมาณน้ำที่ต้องการกักเก็บอาจถูกพิจารณาผ่านกราฟฟลูท (hydrograph) ของน้ำท่า หรือโค้งสะสม (mass curve)

ปริมาณน้ำที่สูญเสีย การคำนวณปริมาณน้ำที่สูญเสียไประหว่างส่วนซึมลึกในชั้นใต้ดิน (percolation) และจากการคายระเหย (evapotranspiration) เป็นส่วนสำคัญสำหรับการสำรวจทางอุทกธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำสำรอง เพราะอ่างกักเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำน้อยและถูกกักเก็บไว้นานกว่าหนึ่งปี จะมีโอกาสที่อัตราการคายระเหยจะสูงกว่าอ่างกักเก็บน้ำที่มีปริมาณน้ำมากและถูกกักเก็บไว้น้อยกว่าหนึ่งปี แต่ทั้งนี้ฤดูกาลก็มีผลต่ออัตราการระเหยด้วย โดยทั่วไปแล้วปริมาณการสูญเสียน้ำจากการคำนวณจะสามารถบอกถึงอัตราการถูกถ่ายเทของน้ำได้อย่างคร่าวๆ

กระแสคลื่นในอ่างกักเก็บน้ำ สามารถส่งผลกระทบต่อพื้นที่บริเวณขอบหรือตลิ่งที่ถูกสร้างขึ้นมา การศึกษาเกี่ยวกับเกิดคลื่นจึงเป็นหัวข้อหนึ่งที่ต้องถูกพิจารณาร่วมกับการออกแบบอ่างกักเก็บน้ำ ซึ่งความสูงและความเร็วของคลื่นจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วลมและปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ ในขณะที่ความลึกของน้ำก็สามารถส่งผลกระทบต่อขนาดและการเกิดคลื่นได้เช่นกัน โดยในน้ำลึกคลื่นที่เกิดจะมีขนาดสั้นกว่า แต่ปัญหาที่เกี่ยวกับคลื่นจะถูกยกขึ้นมาเป็นวาระสำคัญก็ต่อเมื่อ ระดับน้ำมีความสูงใกล้เคียงกับระดับน้ำสูงสุดที่อ่างกักเก็บน้ำสามารถรองรับได้ ดังนั้นอัตราเร็วลมสูงสุดในแต่ละฤดูกาลจึงต้องถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วย

อัตราสะสมตัวของตะกอน แม้จะไม่ใช่ว่าแปรสำคัญสำหรับการเลือกพื้นที่เพื่อสร้างอ่างกักเก็บน้ำ แต่สำหรับพื้นที่ที่ลำน้ำพัดพาเอาตะกอนมาตกสะสมเป็นจำนวนมาก อัตราการสะสมตัวของตะกอนควรได้รับการประเมินเพื่อศึกษาผลกระทบต่ออ่างกักเก็บน้ำ

2.1.3 ปัจจัยในการเลือกพื้นที่

การศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับโครงสร้างและน้ำบาดาลของพื้นที่ที่สนใจ เช่น ความสามารถในการกักเก็บน้ำของแอ่ง (basin) ความเสถียรของตลิ่งกั้นน้ำ นัยสำคัญของการสูญเสียน้ำ (water loss) และลาดชลศาสตร์ (hydraulic gradient) จะสามารถนำไปสู่การประเมินความเป็นไปได้และความสามารถในการกักเก็บของอ่างกักเก็บน้ำ

ส่วนใหญ่แล้วพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างอ่างกักเก็บน้ำจะตั้งอยู่ในบริเวณลุ่มน้ำ โดยน้ำในแม่น้ำจะถูกเขื่อนกักเอาไว้ ซึ่งพื้นที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการสร้างอ่างกักเก็บน้ำขนาดใหญ่ คือพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำที่ถูกล้อมรอบโดยหุบเขา เพราะการสร้างตลิ่งกั้นบริเวณกระแสน้ำไหลออก (outfall) จะทำให้เขื่อนขนาดเล็กสามารถกักเก็บน้ำเอาไว้ได้ในปริมาณมาก แต่มีการสูญเสีย น้ำในปริมาณน้อย

2.1.4 การรั่วไหลของน้ำ (leakage)

การรั่วไหลของน้ำจากอ่างกักเก็บน้ำ คือ การที่มีปริมาณน้ำทางท้ายน้ำของอ่างกักเก็บน้ำ มีการเพิ่มขึ้นอย่างกะทันหัน โดยอาจเกิดเป็นน้ำผุดในแม่น้ำ หรือเกิดน้ำผุดขึ้นมาบริเวณลุ่มน้ำ ทั้งนี้การรั่วไหลดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับข้อบกพร่องของโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น อ่างกักเก็บน้ำวางตัวอยู่ในเขตรอยเลื่อน (fault zone) หรือตั้งอยู่ในบริเวณ buried channel เป็นต้น

แต่ถึงอย่างไรการรั่วไหลในปริมาณมากของอ่างกักเก็บน้ำอาจถูกยอมรับในบางกรณี เช่น บริเวณพื้นที่ที่ผลการคำนวณปริมาณน้ำรั่วไหลเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่สูญเสียไปในแต่ละช่วงของฤดูกาล พบว่าเป็นอัตราส่วนที่น้อยมาก หรือกรณีของอ่างกักเก็บน้ำที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำ การรั่วไหลในปริมาณมากอาจไม่ได้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์

ซึ่งสาเหตุของการเกิดการรั่วไหลอาจเกิดจากน้ำมีแรงดัน (water under pressure) ที่ซึมผ่านลงไปดินเศษตะกอนในบริเวณนั้นให้เปิดทางออก จนกลายเป็นช่องว่างที่ทำให้เกิดการรั่วไหล และหากช่องว่างดังกล่าวไม่ถูกตรวจพบ นั่นอาจกลายเป็นสาเหตุทำให้เกิดการทรุดตัวของพื้นที่บริเวณใกล้ๆ อ่างกักเก็บน้ำในเวลาถัดมาได้

หรือในอีกกรณีหนึ่งคืออ่างกักเก็บน้ำวางตัวอยู่ในบริเวณ Buried channel ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกประสานด้วยตะกอนของเม็ดกรวด หรือเป็นลำน้ำที่เกิดจากการตกตะกอนของเม็ดกรวด หรือลำน้ำที่เกิดจากการตกตะกอนของตะกอนธารน้ำแข็งในยุคแรก ซึ่งปกติแล้วการรั่วไหลที่เกิดจาก buried channel จะมีนัยสำคัญมากกว่าการรั่วไหลจากลำน้ำกระแสหลัก ดังนั้นการสะสมตัวของชั้นหินพื้น (bedrock) จึงควรถูกพิจารณาเพื่อประเมินแนวโน้มของการรั่วไหล และเพื่อการปรับปรุงพื้นผิวของอ่างกักเก็บน้ำให้อยู่ในกรอบของความเสียหายที่สามารถยอมรับได้

อย่างไรก็ตามโดยปกติแล้วบริเวณที่มีการสะสมตัวของพวกตะกอนทรายและกรวด (outwash deposit) ซึ่งมีความสามารถในการซึมผ่าน (permeability) จะไม่ค่อยนิยมใช้เป็นพื้นที่สำหรับสร้างอ่างกักเก็บน้ำ ในทางกลับกัน buried channel ที่ถูกประสานด้วยตะกอนธารน้ำแข็งไม่แสดงชั้น (till) จะนิยมใช้เป็นพื้นที่สำหรับสร้างอ่างกักเก็บน้ำมากกว่า เพราะมีประสิทธิภาพในการกักเก็บน้ำที่ดี

แต่สำหรับชั้นผิวบางๆ ที่ไม่ยอมให้มีการซึมผ่าน (impermeability) ไม่ได้มีนัยสำคัญต่อการป้องกันการรั่วซึมของน้ำ เพราะตัวแปรควบคุมที่สำคัญในกรณีนี้คือแรงดันของชั้นน้ำบาดาล

(ground water pressure) ที่อยู่ใต้พื้นผิวนั้น โดยเฉพาะในบริเวณที่มีปัจจัยเรื่องแรงดัน (artesian condition) น้ำที่ถูกดันขึ้นมาอาจทำลายชั้นผิวส่วนนั้นจนเกิดความเสียหาย หรือเมื่อระดับน้ำใต้ดิน (water table) ภายใต้อ่างกักเก็บผิวถูกแรงกดดันมากจะทำมากขึ้น น้ำหนักของน้ำในอ่างกักเก็บอาจทำให้เกิดการทรุดตัวของโครงสร้างภายใต้ผิวดิน นอกจากนี้ในการเติมน้ำเข้าสู่อ่างกักเก็บก็อาจส่งผลให้เกิดการพังทลายของชั้นหินที่วางอยู่ข้างใต้ได้เช่นกัน

จากการศึกษาพบข้อสรุปว่า บริเวณที่ประกอบด้วยดินลมหอบ (loess) และเนินทราย (sand dune) แม้จะยอมให้มีการซึมผ่านของน้ำ แต่พื้นที่ซึ่งเกิดจากการสะสมตัวของตะกอนดังกล่าวจะไม่ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องการรั่วไหลมากเกินไป และการปรับปรุงพื้นที่ เช่น บริเวณห้องของอ่างกักเก็บด้วยวัสดุที่ช่วยลดการซึมผ่านของน้ำ จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ของชั้นดินลมหอบให้มีความสามารถในการควบคุมน้ำอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และการซึมผ่านที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้นยังช่วยเรื่องการเติมน้ำสู่ชั้นน้ำบาดาลด้วย

การรั่วไหลในบริเวณใกล้เคียง โดยทั่วไปแล้วไม่ใช่ปัญหาที่น่ากังวลหากอ่างกักเก็บน้ำในพื้นที่ดังกล่าวถูกสร้างให้มีความสัมพันธ์กันกับเส้นทางการไหลของน้ำ แต่อย่างไรก็ตามในการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำจะถูกพิจารณาต่างออกไป โดยเฉพาะในเขตรอยเลื่อนที่มีการสะสมตัวของหินกรวดเหลี่ยมที่ยอมให้มีการซึมผ่าน แต่ในกรณีของอ่างกักเก็บน้ำ เมื่อได้รับความดันอุทก (hydrostatic pressure) ตะกอนบางส่วนอาจได้รับผลกระทบและก่อให้เกิดการรั่วไหล หากเป็นในบริเวณเขตรอยเลื่อนอาจแก้ไขปัญหานี้ด้วยการยาปูน (grout) หรือขุดลอกตะกอนเดิมออกแล้วนำดินเหนียวมาถมแทนในกรณีที่มีปัญหาดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้าง

ทั้งนี้สาเหตุของการสูญเสียที่สำคัญอีกประการหนึ่งอาจเป็นเพราะผลกระทบจากสภาพอากาศ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบแห้งแล้งและสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งแห้งแล้งจะมีอัตราการระเหยที่มากกว่าพื้นที่ในบริเวณอื่น นอกจากนี้อัตราการระเหยยังแปรผันกับขนาดพื้นที่ผิวหน้าของอ่างกักเก็บน้ำ เพราะในปริมาตรที่เท่ากัน อ่างกักเก็บที่มีขนาดผิวหน้ามากจะส่งผลให้เกิดการระเหยในอัตราที่มากกว่า และผลจากการดึงน้ำไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสงของพืชในบริเวณใกล้เคียงก็สามารถส่งผลต่อปริมาณน้ำได้ด้วยเช่นกัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ

Forzieri et al. (2007) ได้ศึกษาแนวทางการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนผิวดินและเขื่อนใต้ดินขนาดเล็กในพื้นที่แห้งแล้ง โดยงานวิจัยชิ้นนี้มีแนวคิดสอดคล้องกับทฤษฎีของ Bell (1980) คือ สภาพภูมิอากาศแบบแห้งแล้งจะมีอัตราการคายระเหยค่อนข้างสูง

Forzieri และคณะได้ทำการวิจัยกรณีศึกษา ณ เมืองคีตา ประเทศมาลี ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง และมีอัตราการระเหยของน้ำสูงมากจนปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บเหลือน้อยกว่าความต้องการในการอุปโภคบริโภค การศึกษาของ Forzieri และคณะจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยลดปัญหาดังกล่าว โดยการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนใหญ่ เรียงตามลำดับการพิจารณา คือ

1. การประเมินศักยภาพเชิงคุณภาพ

เป็นการศึกษาเพื่อหาพื้นที่เหมาะสมสำหรับการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยใช้ข้อมูลจากแผนที่และภาพถ่ายดาวเทียม พิจารณาร่วมกับคุณสมบัติอื่น ดังนี้

- 1.1 บริเวณที่เหมาะสมที่สุดคือพื้นที่บริเวณคอคอดลำน้ำ
- 1.2 บริเวณที่สนใจไม่ควรอยู่ใกล้รอยเลื่อน
- 1.3 ชั้นดินที่รองรับชั้นน้ำจากการกักเก็บต้องเป็นชั้นดินที่ไม่ยอมให้มีการซึมผ่าน
- 1.4 มีระยะห่างจากชุมชนในระดับที่เหมาะสม โดยในงานวิจัยระบุว่าสำหรับกรณีศึกษา
นี้ควรเลือกสร้างเขื่อนห่างจากชุมชนประมาณ 15 กิโลเมตร

การศึกษาในขั้นตอนนี้เป็นการเลือกพื้นที่ทั้งหมด ที่มีแนวโน้มเหมาะสมในการใช้เป็นพื้นที่สำหรับการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยใช้คุณสมบัติข้างต้นในการพิจารณา

2. การประเมินศักยภาพเชิงปริมาณ

เป็นการนำพื้นที่ศึกษาซึ่งผ่านการประเมินเชิงคุณภาพมาพิจารณาความเหมาะสมในเชิงปริมาณ ว่าการสร้างเขื่อนกักเก็บน้ำในพื้นที่ศึกษาบริเวณใดจะสามารถตอบสนองต่ออุปสงค์และอุปทานได้ดีที่สุด ซึ่งขั้นตอนการศึกษาเป็นไปตามลำดับ ดังนี้

2.1 ดัชนีแบบแผนของตะกอนน้ำพา หรือ alluvial plan index (α)

คืออัตราส่วนระหว่างปริมาณน้ำที่เขื่อนสามารถกักเก็บได้ตามศักยภาพ $V_s(\text{eff})$ เทียบกับปริมาตรของเขื่อน (V)

$$\alpha = \frac{V_s(\text{eff})}{V}$$

การประเมินในขั้นแรกนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาว่าขนาดของเขื่อนที่สามารถสร้างได้ในพื้นที่ศึกษา เมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนกับกระแสน้ำไหลเข้าทั้งหมด (total inflow) มีความเหมาะสมหรือไม่

2.2 ผลรวมสัมประสิทธิ์ หรือ combine coefficient (β)

คือค่าที่บอกถึงประสิทธิภาพของพื้นที่ โดยพิจารณาจากความน่าจะเป็นที่น้ำฝนจะเติมลงสู่แหล่งน้ำ (P) ร่วมกับค่าดัชนีแบบแผนของตะกอนน้ำพา (α) ที่ได้มาตอนต้น

$$\beta = \alpha \times P$$

การประเมินในขั้นตอนนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาว่าปริมาณน้ำสนับสนุน เช่น ปริมาณน้ำฝน มีความเหมาะสมหรือไม่

2.3 ความสามารถในการกักเก็บน้ำ (water-holding capacity)

คือการประเมินความสามารถในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ศึกษา โดยสามารถพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณหรือ NDVI ได้โดยตรง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศโดยรวมของประเทศคีตาจะปกคลุมด้วยทรายและหิน ดังนั้นในบริเวณที่มีการเจริญเติบโตของพืชพรรณได้ดีหรือมีค่า NDVI สูง จึงหมายถึงพื้นดินบริเวณนั้นมีความสามารถในการกักเก็บน้ำสูงด้วย ซึ่งการประเมินในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนและยืนยันผลการประเมินในหัวข้อที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 สรุปขั้นตอนและวิธีการประเมินเชิงปริมาณ ขั้นแรกคือการประเมินดัชนีแบบแผนของตะกอนน้ำพา หรือ alluvial plan index (α) ขั้นที่สองคือการประเมินผลรวมสัมประสิทธิ์ หรือ combine coefficient (β) และขั้นที่สามคือการประเมินความสามารถในการกักเก็บน้ำจากค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI

Quantitative Selection	Method
1. Alluvial plan index (α)	$\alpha = \frac{V_s(eff)}{V}$
2. Combine coefficient (β)	$\beta = \alpha \times P$
3. Water-holding capacity	NDVI

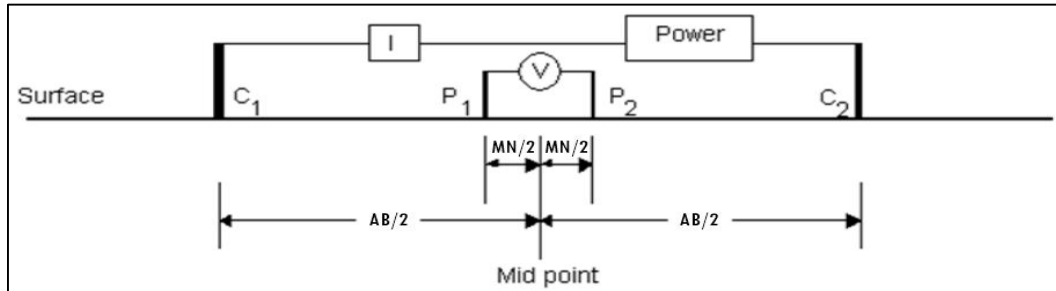
2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจพื้นที่

การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity survey) หรือ การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ นิยมทำการสำรวจในระดับตื้นหรือที่ความลึกไม่เกิน 1 กิโลเมตรเท่านั้น โดยในการสำรวจ จะทำการปล่อยกระแสไฟฟ้าลงสู่พื้นดิน เพื่อตรวจวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้าของดินแต่ละชั้นความลึก แล้วนำไปวิเคราะห์ผลหาลักษณะชั้นดินที่อยู่ใต้ผิวดิน

2.3.1 การจัดวางขั้วแบบชลัมเบอร์เจอร์

บริเวณกึ่งกลาง (mid-point) จะเป็นจุดวางเครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ตำแหน่ง P1 และ P2 คือขั้วรับกระแสไฟฟ้า ส่วน C1 และ C2 คือขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า โดยระยะ MN/2 เท่ากับ ระยะห่างครึ่งหนึ่งของระยะของขั้วรับกระแสไฟฟ้าที่ต่อสายมาจากขั้ว P1 และ P2 ส่วน

ระยะ $AB/2$ เท่ากับ ระยะห่างครึ่งหนึ่งของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า ที่ต่อมาจากขั้ว C_1 และ C_2 ทั้งนี้ระยะ $MN/2$ จะเปลี่ยนแปลงตามระยะห่าง $AB/2$



รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า แบบ 1 มิติ การจัดวางอิเล็กโทรด แบบซิมเบอร์เจอร์ (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)

2.3.2 การคำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้า

ค่ากระแสไฟฟ้า (I) และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) ที่ได้จากภาคสนามจะสามารถนำมาคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าได้ตามสมการ 2.1 ดังนี้

1. นำค่า V ที่อ่านได้มาคูณกับ RANGE ที่ตั้งไว้ขณะทำการอ่าน
2. ค่า I จะอ่านได้โดยตรงจากเครื่องวัดค่าความต้านทาน
3. แทนค่าลงในสมการโดยค่า K จะขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้วไฟฟ้าและการวางขั้วแบบต่างๆ ซึ่งในการคำนวณจะยึดค่า K ตามตาราง 3.3

$$\text{ค่าความต้านทาน} = \frac{V}{I} \times K \quad \text{สมการ 2.1}$$

2.4 ทฤษฎีการคำนวณกราฟน้ำไหลโดยวิธี Level pool

วิธี Level pool เป็นการวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของมวลน้ำไหลผ่านอ่างเก็บน้ำ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้หาค่าสภาพในการลดปริมาณน้ำไหลออกของพื้นที่หนองน้ำ โดยในการคำนวณจำเป็นต้องทราบปริมาตรของพื้นที่กักเก็บ แล้วจึงนำมาหา Storage Function เป็นอันดับแรกตามสมการ

$$(2S/\Delta t) + (O) \quad \text{สมการ 2.2}$$

ซึ่งจากนิยาม	S	คือ ปริมาตรของพื้นที่กักเก็บ
	Δt	คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงไป หน่วย วินาที
	O	คือ อัตราการไหลออกของน้ำ หน่วย ลูกบาศก์เมตร/วินาที

หลังจากได้ Storage Function ลำดับถัดไปจะเป็นการคำนวณอัตราการไหลออกของน้ำ โดยจำเป็นต้องทราบอัตราการไหลเข้าของน้ำ แล้วจึงนำมาหาคำนวณตามสมการ

$$(2S_{i+1}/\Delta t) + O_{i+1} = (I_i + I_{i+1}) + [(2S_i/\Delta t) - O] \quad \text{สมการ 2.3}$$

ซึ่งจากนิยาม	S	คือ ปริมาตรของพื้นที่กักเก็บ
	Δt	คือ เวลาที่เปลี่ยนแปลงไป หน่วย วินาที
	O	คือ อัตราการไหลออกของน้ำ หน่วย ลูกบาศก์เมตร/วินาที
	I	คือ อัตราการไหลเข้าของน้ำ หน่วย ลูกบาศก์เมตร/วินาที

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาแบ่งออกเป็น 9 ขั้นตอน โดยข้อมูลในส่วนของทฤษฎีและงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษาเอาไว้ ขอบเขตการศึกษาและขอบเขตพื้นที่ศึกษา ได้ถูกกล่าวถึงไว้แล้วในบทที่ 1 และ 2 จึงไม่นำมากล่าวซ้ำในบทที่ 3 แต่เมื่อเรียบเรียงวิธีการศึกษาทั้งหมดจะสามารถสรุปลำดับขั้นตอนได้ ดังนี้

1. ศึกษาทฤษฎีและข้อมูลงานวิจัยที่เคยมีผู้ศึกษาเอาไว้
 - 1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ
 - 1.2 ศึกษาทฤษฎีการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ
2. กำหนดขอบเขตการศึกษาและขอบเขตของพื้นที่ศึกษา
 - 2.1 กำหนดขอบเขตของการศึกษาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์
 - 2.2 กำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาสำหรับงานวิจัย
3. รวบรวมข้อมูลเบื้องต้น
 - 3.1 แผนที่ภูมิประเทศ
 - 3.2 ภาพถ่ายทางอากาศ
 - 3.3 แผนที่อุทกธรณี
 - 3.4 ข้อมูลบ่อนบาดาล
4. วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น
 - 4.1 ศึกษาพื้นที่จากแผนที่ภูมิประเทศ
 - 4.2 เลือกพื้นที่ศึกษาที่มีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำ
5. วิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด
 - 5.1 ศึกษาข้อมูลลำดับชั้นดินและชั้นหิน
 - 5.2 ศึกษาข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ
 - 5.3 วิเคราะห์ข้อมูลอุทกภัยและแผนที่อุทกธรณี
 - 5.4 เลือกพื้นที่ศึกษาที่มีแนวโน้มเป็นพื้นที่หนองน้ำที่ดี
6. การศึกษาภาคสนามและเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล
 - 6.1 เก็บข้อมูลสภาพความต้านทานไฟฟ้าของพื้นที่ศึกษา
 - 6.2 จัดทำแผนภาพจำลองของชั้นดินบริเวณพื้นที่ศึกษา
 - 6.3 วิเคราะห์ผลข้อมูล
7. ประเมินศักยภาพในการรองรับน้ำของพื้นที่หนองน้ำ
8. อภิปรายและสรุปผล
9. เขียนรายงานฉบับสมบูรณ์และนำเสนอในรูปแบบสัมมนา

3.1 การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

การศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ ควรศึกษาภาพรวมของพื้นที่ผ่านข้อมูลแผนที่ชนิดหยาบ แผนที่ชนิดละเอียด และข้อมูลทางธรณีวิทยาทั่วไปที่เกี่ยวข้อง ก่อนทำการเลือกพื้นที่สำหรับศึกษาภาคสนาม ทั้งนี้ข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญต่อการศึกษาคั้งนี้ประกอบไปด้วย แผนที่ภูมิประเทศ ภาพถ่ายทางอากาศ แผนที่อุทกธรณี ข้อมูลบ่อนบาดาล

3.1.1 แผนที่ภูมิประเทศ

แผนที่ภูมิประเทศที่ใช้สำหรับการศึกษา คือแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSD โดยกรมแผนที่ทหาร จำนวนทั้งหมด 10 ระวัง ได้แก่ ระวังแผนที่ 4942 I อำเภอกีรีมาศ ระวังแผนที่ 4942 IV บ้านลานหอย ระวังแผนที่ 4943 I อำเภอสวรรคโลก ระวังแผนที่ 4943 II จังหวัดสุโขทัย ระวังแผนที่ 4943 III อำเภอบ้านด่านลานหอย ระวังแผนที่ 4943 IV อำเภอกงสุราษฎร์ ระวังแผนที่ 4944 I บ้านบ่อแก้ว ระวังแผนที่ 4944 II อำเภอกีรีสนาลัย ระวังแผนที่ 4944 III บ้านดอนระเปียง และระวังแผนที่ 4944 IV อำเภอวังชัน

3.1.2 ภาพถ่ายทางอากาศ

ภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่สามารถศึกษาได้ผ่านโปรแกรม Google Map ข้อดีของภาพถ่ายทางอากาศคือมีความละเอียดสูง และใกล้เคียงปัจจุบันมากกว่าแผนที่ภูมิประเทศ โดยขอบเขตของพื้นที่ศึกษาคือบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยมจังหวัดสุโขทัย

3.1.3 แผนที่อุทกธรณี

มีลักษณะเป็นไฟล์ชั้นข้อมูล (shapefile) ที่เป็นผลจากการรวบรวมข้อมูลอุทกภัยของประเทศไทย โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ หรือ GISTDA สำหรับไฟล์ชั้นข้อมูลที่น่าสนใจคือช่วงปี 2554 ซึ่งเป็นปีที่เกิดอุทกภัยใหญ่ครั้งล่าสุดของประเทศไทย โดยไฟล์ชั้นข้อมูลดังกล่าวจะถูกศึกษาผ่านโปรแกรม Google Earth เพื่อวิเคราะห์บริเวณพื้นที่ลุ่มที่มีแนวโน้มในการเกิดอุทกภัยบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

3.1.4 ข้อมูลบ่อนบาดาล

ข้อมูลบ่อนบาดาลที่ใช้ประกอบการศึกษา คือ ข้อมูลชั้นหินและชั้นดิน (lithologic log) ข้อมูลระดับชั้นน้ำบาดาล (groundwater level) ในเขตพื้นที่อำเภอกีรีสนาลัย อำเภอสวรรคโลก อำเภอกีรีสำโรง อำเภอมืองสุโขทัย จังหวัดสุโขทัย ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจะเป็นการศึกษาพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ผ่านแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อคัดกรองพื้นที่ในเบื้องต้น และทำการเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำ โดยมีเกณฑ์ในการเลือก 4 ข้อ ดังต่อไปนี้

3.2.1 พื้นที่ราบขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร

ทั้งนี้โดยทั่วไปการสร้างพื้นที่หนองไม่ได้มีการกำหนดขนาดขั้นต่ำของพื้นที่ไว้อย่างชัดเจน ส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับสภาพของแต่ละพื้นที่ แต่สำหรับพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า เมื่อเทียบขนาดความลึกกับพื้นที่หนองน้ำเดิมคือ 5 เมตร ที่ขนาดพื้นที่ที่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร จะไม่มีนัยสำคัญในการบรรเทาอุทกภัยใหญ่

3.2.2 ไม่ใช่พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่หรือป่าสงวน

จากหลักการสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Bell, 1980) ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ ข้อกำหนดนี้ยังมีความสำคัญ เนื่องจากหากพื้นที่หนองน้ำซ้อนทับกับพื้นที่ชุมชน การก่อสร้างจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเวนคืนพื้นที่ ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากแม่น้ำยมตัดผ่านบริเวณกลางชุมชนของจังหวัดสุโขทัย การพิจารณาเลือกพื้นที่จึงจำกัดเพียงแค่ ‘หลีกเลี่ยงพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่’ แต่ในส่วนของพื้นที่ป่าสงวนควรหลีกเลี่ยงโดยไม่มีข้อยกเว้น เพราะประกอบด้วยไม้ป่าและสัตว์หายากที่ประเมินค่าไม่ได้

3.2.3 มีระยะห่างจากแม่น้ำยมไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร (ขอบเขตของพื้นที่ชุมชนจากริมแม่น้ำยม)

ทั้งนี้ระยะห่างจากแม่น้ำยมถูกกำหนดขึ้นจากพิจารณาของการศึกษาเบื้องต้น กล่าวคือ บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย มีการตั้งชุมชน วัดจากริมฝั่งแม่น้ำออกมาอยู่ที่ระยะตั้งแต่ 0.5 – 3 กิโลเมตร ซึ่งการสร้างพื้นที่หนองน้ำไม่ควรทับซ้อนกับพื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ (ข้อ 3.2.2) แต่ระยะห่างจากแม่น้ำที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างคลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงพิจารณาให้มีระยะห่างไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร เพราะเหตุผลอีกประการหนึ่ง คือ ขอบเขตของพื้นที่ชุมชนที่มากกว่า 1.5 กิโลเมตร ส่วนใหญ่จะเป็นชุมชนใหญ่

3.2.4 ไม่มีถนนสายหลักตัดผ่าน

จากหลักการสร้างเขื่อนและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Bell, 1980) ซึ่งเมื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการสร้างพื้นที่หนองน้ำ ข้อกำหนดนี้ยังมีความสำคัญ เนื่องจากการสร้างพื้นที่หนองน้ำซ้อนทับกับถนนจะส่งผลให้การจราจรมีปัญหา แต่เนื่องจากสุโขทัยเป็นจังหวัดที่มีถนนตัดผ่านเป็นจำนวนมาก การพิจารณาเลือกพื้นที่จึงจำกัดเพียงแค่ ‘หลีกเลี่ยงถนนสายหลัก’ เพื่อป้องกันปัญหาจราจรในเส้นทางสำคัญ เช่น ถนนสายเอเชียสู่ภาคเหนือ เป็นต้น

พื้นที่ที่ผ่านการคัดเลือกจะถูกระบุตำแหน่งลงบนแผนที่ทางภูมิศาสตร์ และบันทึกข้อมูลต่อไปนี้ ขนาดพื้นที่ศึกษา ระยะห่างจากแม่น้ำยม และการใช้พื้นที่ ลงในตาราง 3.1 เพื่อทำการวิเคราะห์ผล

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย จากการวิเคราะห์ผ่านแผนที่ภูมิศาสตร์

จุดศึกษา ที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ระยะห่างจากแม่น้ำยม (กม.)	การใช้พื้นที่

จุดศึกษาที่มีขนาดพื้นที่มากที่สุด 2 อันดับแรกจะถูกนำไปวิเคราะห์โดยละเอียดอีกครั้งในขั้นตอนถัดไป ซึ่งจะเป็นการศึกษาผ่านภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่อุทกวิทยา

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดจะเป็นการศึกษาพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด 2 อันดับแรก ผ่านลำดับชั้นดินและชั้นหิน ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่อุทกวิทยา เพื่อทำการเลือกพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการเป็นพื้นที่หนองน้ำที่ดีที่สุด กล่าวคือ นอกจากจะเป็นพื้นที่ราบขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร ไม่ใช่พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ยังควรเป็นพื้นที่ลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเมื่อเกิดอุทกภัยด้วย

3.3.1 การศึกษาลำดับชั้นดินและชั้นหิน

เป็นการศึกษาลักษณะชั้นดินและชั้นหินในพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น ผ่านข้อมูลลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลในพื้นที่ เพื่อดูว่าในบริเวณพื้นที่สนใจพบชั้นดินโคลนวางตัวอยู่ที่ระดับความลึกประมาณกี่เมตร เพื่อประเมินแนวโน้มความสามารถในการกักเก็บน้ำ

3.3.1 การศึกษาภาพถ่ายทางอากาศ

เป็นการลงรายละเอียดข้อมูลให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น ประกอบด้วย ขนาดพื้นที่ ระยะห่างจากแม่น้ำยม และการใช้พื้นที่ของพื้นที่ศึกษา โดยพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คือ พื้นที่ราบที่มีลักษณะเป็นพื้นที่เปล่า รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม เพราะพื้นที่ลักษณะดังกล่าวจะเสียค่าใช้จ่ายในการเวนคืนพื้นที่ไม่มากนัก (ข้อ 3.2.2) มีระยะห่างจากแม่น้ำยมไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสร้างคลองส่งน้ำหรือท่อส่งน้ำ (ข้อ 3.2.3) โดยการศึกษาจะกระทำผ่านโปรแกรม Google Map ซึ่งสามารถให้รายละเอียดของพื้นที่ได้ดีกว่าแผนที่ภูมิศาสตร์

3.3.2 การศึกษาผ่านแผนที่อุทกวิทยา

เป็นการวิเคราะห์พื้นที่ศึกษาว่าในช่วงขณะที่เกิดอุทกภัย พื้นที่ดังกล่าวได้รับความเสียหายมาน้อยเพียงใด และหากบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ลุ่มซึ่งทำหน้าที่รองรับน้ำอยู่แล้ว จะค่อนข้างมีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำมากกว่า เพราะน้ำที่ล้นตลิ่งจะผันมายังพื้นที่หนองน้ำได้ตามธรรมชาติ โดย

การศึกษาจะเป็นการนำไฟล์ชั้นข้อมูลที่เป็นผลการรวบรวมข้อมูลอุทกภัยของประเทศไทย โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) มาศึกษาผ่านโปรแกรม Google Earth

หลังจากศึกษาข้อมูลโดยละเอียด ข้อมูลขนาดพื้นที่ ระยะห่างจากแม่น้ำยม การใช้พื้นที่ สภาพพื้นที่เมื่อเกิดอุทกภัย จะถูกบันทึกลงตาราง 3.2 เพื่อทำการวิเคราะห์ผล

ตารางที่ 3.2 แสดงลักษณะทางกายภาพจากการวิเคราะห์โดยละเอียด ของพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

จุดศึกษาที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ระยะห่างจากแม่น้ำยม (กม.)	การใช้พื้นที่	สภาพพื้นที่เมื่อเกิดอุทกภัย

พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จะถูกนำไปศึกษาภาคสนามโดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ เพื่อตรวจสอบสภาพชั้นหินและชั้นดินภายใต้ผิวดินอีกครั้ง หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ผลและประเมินศักยภาพของพื้นที่ ซึ่งเป็นขั้นตอนการศึกษาถัดไปตามลำดับ

3.4 การศึกษาภาคสนามและเก็บข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ผล

พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากที่สุดจากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด จะถูกนำมาศึกษาภาคสนามด้วยการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity Survey) แบบ 1 มิติ ซึ่งเป็นการสำรวจแบบหยั่งลึก (sounding) และการจัดวางอิเล็กโทรดแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger Array)

สำหรับการเก็บข้อมูลภาคสนาม สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 การเตรียมตัวก่อนการศึกษาภาคสนาม

ศึกษาแผนที่ภูมิประเทศและภาพถ่ายทางอากาศของพื้นที่ศึกษาที่ถูกเลือก แล้วกำหนดตำแหน่งในการเก็บข้อมูล ซึ่งจะแบ่งออกเป็นสองแนว คือ แนวเหนือ-ใต้ ทั้งหมด 10 จุด และแนวตะวันออก-ตะวันตก ทั้งหมด 5 จุด โดยแต่ละจุดควรมีความยาวของพื้นที่สำหรับลากสายวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 250 เมตร จุดปลายของแต่ละแนวควรวางให้อยู่ใกล้ขอบของพื้นที่ศึกษามากที่สุด และจุดสำรวจที่อยู่ด้านในควรกำหนดให้มีระยะห่างเท่าๆ กัน

เตรียมอุปกรณ์สำหรับออกภาคสนาม ซึ่งประกอบไปด้วย

1. เครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า
2. แบตเตอรี่ 35 Ah 12 V
3. แท่งหมุดโลหะ สำหรับขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า (current electrodes) จำนวน 2 แท่ง
4. แท่งหมุดโลหะ สำหรับขั้วรับกระแสไฟฟ้า (potential electrodes) จำนวน 2 แท่ง

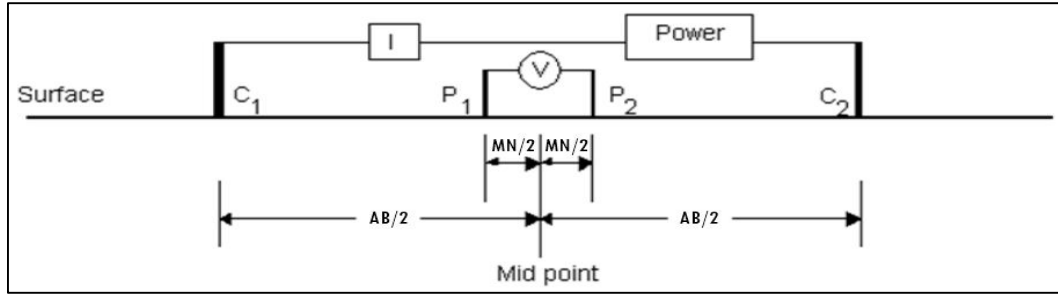
5. สายไฟเส้นเดี่ยว ความยาวอย่างน้อย 200 เมตร พร้อมในที่ม้วน จำนวน 2 ชุด
6. เทปวัดระยะ ความยาวอย่างน้อย 50 เมตร จำนวน 2 ชุด
7. สายเชื่อมต่อและปากคีบ จำนวน 2 ชุด
8. วิทยุสื่อสาร จำนวน 4 เครื่อง
9. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS)
10. ค้อนสำหรับตอกแท่งหมุด



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์สำหรับการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ โดยสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า แบบ 1 มิติ การจัดวางอิเล็กโทรดแบบซิมเบอร์เจอร์

3.4.2 ระหว่างการศึกษาภาคสนาม

ความเหมาะสมของพื้นที่สำหรับเก็บข้อมูลภาคสนาม คือ ควรเป็นพื้นที่ราบ สามารถวางสายอุปกรณ์ในแนวเส้นตรงได้เป็นระยะไม่ต่ำกว่า 250 เมตร พื้นดินมีความชุ่มชื้นพอประมาณ เพื่อที่กระแสไฟฟ้าจากขั้วกระแสจะสามารถเดินทางไปยังขั้วรับกระแสได้สะดวก ซึ่งทั้งนี้หากพื้นที่แห้งเกินไปสามารถรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นได้ โดยการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์จะเป็นไปดังรูป 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการจัดวางอุปกรณ์การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า แบบ 1 มิติ การจัดวางอิเล็กโทรด แบบซุ่มเบอร์เจอร์ (ดัดแปลงจาก กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 2554)

จากภาพ บริเวณกึ่งกลาง (mid-point) จะเป็นจุดวางเครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ตำแหน่ง P1 และ P2 คือขั้วรับกระแสไฟฟ้า ส่วน C1 และ C2 คือขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า โดยระยะ MN/2 เท่ากับระยะห่างครึ่งหนึ่งของระยะของขั้วรับกระแสไฟฟ้าที่ต่อสายมาจากขั้ว P1 และ P2 ส่วนระยะ AB/2 เท่ากับ ระยะห่างครึ่งหนึ่งของขั้วปล่อยกระแสไฟฟ้า ที่ต่อมาจากขั้ว C1 และ C2 ทั้งนี้ระยะ MN/2 และ AB/2 จะเปลี่ยนแปลงตามตาราง 3.3

ค่ากระแสไฟฟ้า (I) และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) จะถูกบันทึกลงตาราง 3.3 เพื่อนำไปคำนวณหาค่าความต้านทานไฟฟ้าและสร้างภาพตัดขวาง หลังจากเสร็จสิ้นการเก็บข้อมูลภาคสนาม

3.4.3 หลังการศึกษาภาคสนาม

ค่ากระแสไฟฟ้า (I) และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า (V) ที่ถูกบันทึกลงตาราง 3.3 จะถูกนำมาคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าเฉลี่ย และค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเฉลี่ย ของระยะห่างขั้วแต่ละระดับ หลังจากนั้นจึงนำค่าดังกล่าวมาคำนวณตามวิธีการต่อไปนี้

1. นำค่า V ที่อ่านได้มาคูณกับ RANGE ที่ตั้งไว้ขณะทำการอ่าน
2. ค่า I จะอ่านได้โดยตรงจากเครื่องวัดค่าความต้านทาน
3. แทนค่าลงในสมการ 3.1 โดยค่า K จะขึ้นอยู่กับระยะห่างของขั้วไฟฟ้าและการวางขั้วแบบต่างๆ ซึ่งในการคำนวณจะยึดค่า K ตามตาราง 3.3

$$\text{ค่าความต้านทาน} = \frac{V}{I} \times K \quad \text{สมการ 3.1}$$

ผลการคำนวณค่าความต้านทานจะถูกนำไปวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม RES1D เพื่อสร้างภาพตัดขวาง และวิเคราะห์ลักษณะของชั้นหินและชั้นดินภายใต้พื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกผลการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า แบบ 1 มิติ

วันที่ มกราคม พ.ศ. 2559 จุดสำรวจที่												
UTM												
AB/ 2	MN/ 2	k	0.0001	0.001	0.01	0.1	I1	V1	I2	V2	I3	V3
1	0.5	2.36										
1.5	0.5	6.29										
2	0.5	11.79										
3	0.5	27.50										
3	2.0	3.39										
5	2.0	16.50										
7	2.0	35.36										
10	2.0	75.43										
10	5.0	23.57										
15	5.0	62.86										
20	5.0	117.86										
25	5.0	188.57										
30	5.0	275.00										
35	5.0	377.14										
40	5.0	495.00										
45	5.0	628.57										
50	5.0	777.86										
50	20.0	165.00										
60	20.0	251.43										
70	20.0	353.57										
80	20.0	471.43										
90	20.0	605.00										
100	20.0	754.29										
110	20.0	919.29										
125	20.0	1196.25										
135	20.0	1400.54										
150	20.0	1736.43										

3.5 การประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดจะทำให้ทราบขนาดที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำ และการศึกษาภาคสนามจะทำให้ทราบลักษณะของชั้นหินและชั้นดินภายใต้ผิวดิน จึงสามารถประเมินความลึกที่เหมาะสมแก่การสร้างพื้นที่หนองน้ำได้โดยคร่าว ซึ่งทั้งนี้เมื่อนำขนาดของพื้นที่หนองน้ำมาคูณด้วยความลึก ก็จะได้ความจุของพื้นที่หนองน้ำ หรือความสามารถในการรองรับน้ำโดยประมาณ ตามสมการที่ 3.2

$$\text{ความสามารถในการรองรับน้ำ} = \text{ขนาดของพื้นที่หนองน้ำ} \times \text{ความลึก} \quad \text{สมการ 3.2}$$

ศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำจะถูกประเมินผ่านกราฟน้ำไหล (Hydrograph) ด้วยวิธี Level pool เพื่อศึกษาอัตราการไหลออกของน้ำ (outflow) ในช่วงการเกิดอุทกภัยปี 2554 เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำไหลออกในกรณีที่มีพื้นที่หนองน้ำ ณ ปริมาณน้ำท่าไหลเข้า (inflow) เท่ากัน

บทที่ 4

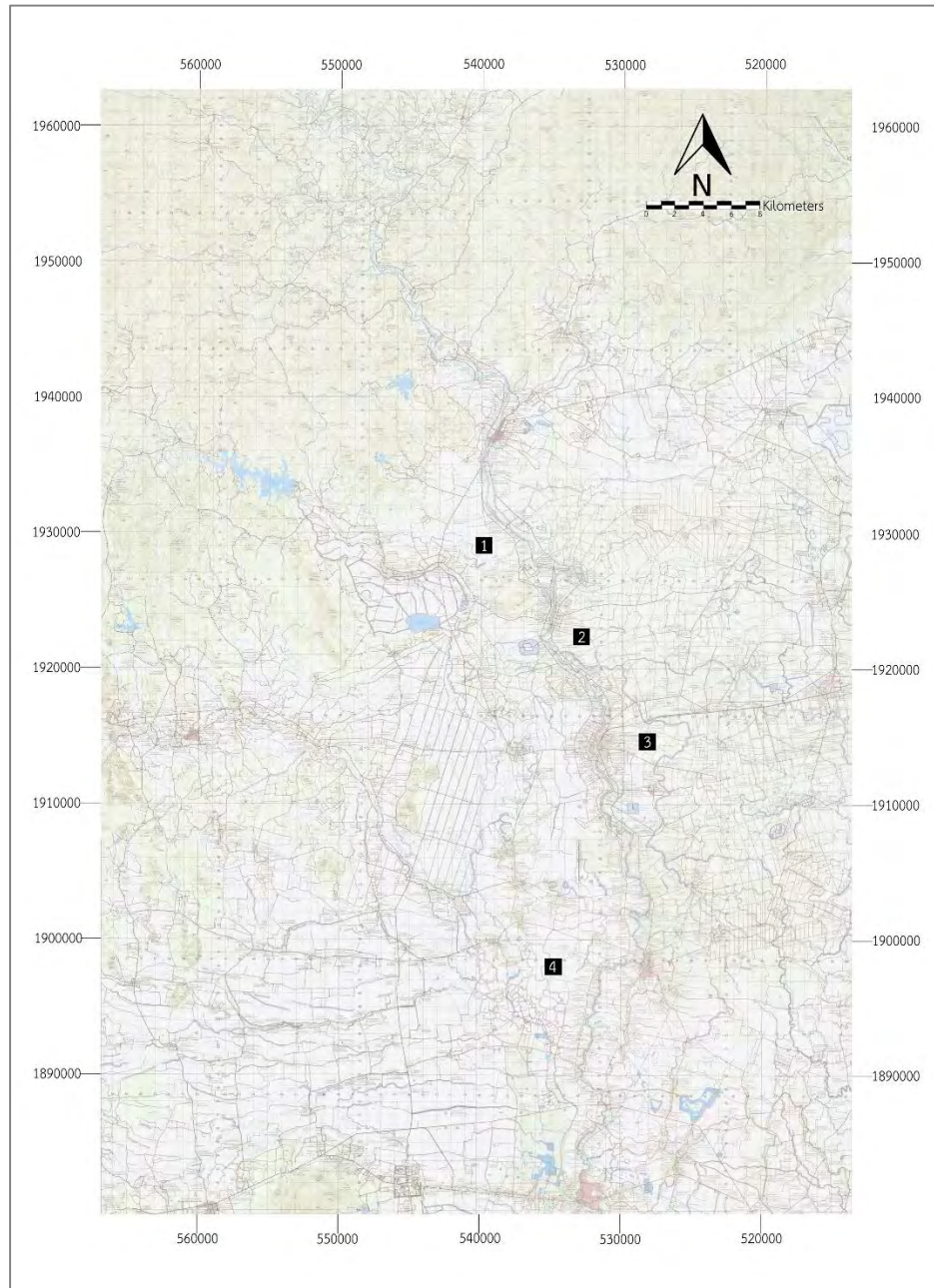
ผลการศึกษาและการอภิปราย

ผลการศึกษาทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด ผลการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ และผลการประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวจะถูกนำเสนอในรูปแบบของตารางข้อมูล กราฟแสดงผล และแผนภาพ ตามความเหมาะสมเป็นลำดับขั้นตอนสอดคล้องกับระเบียบวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

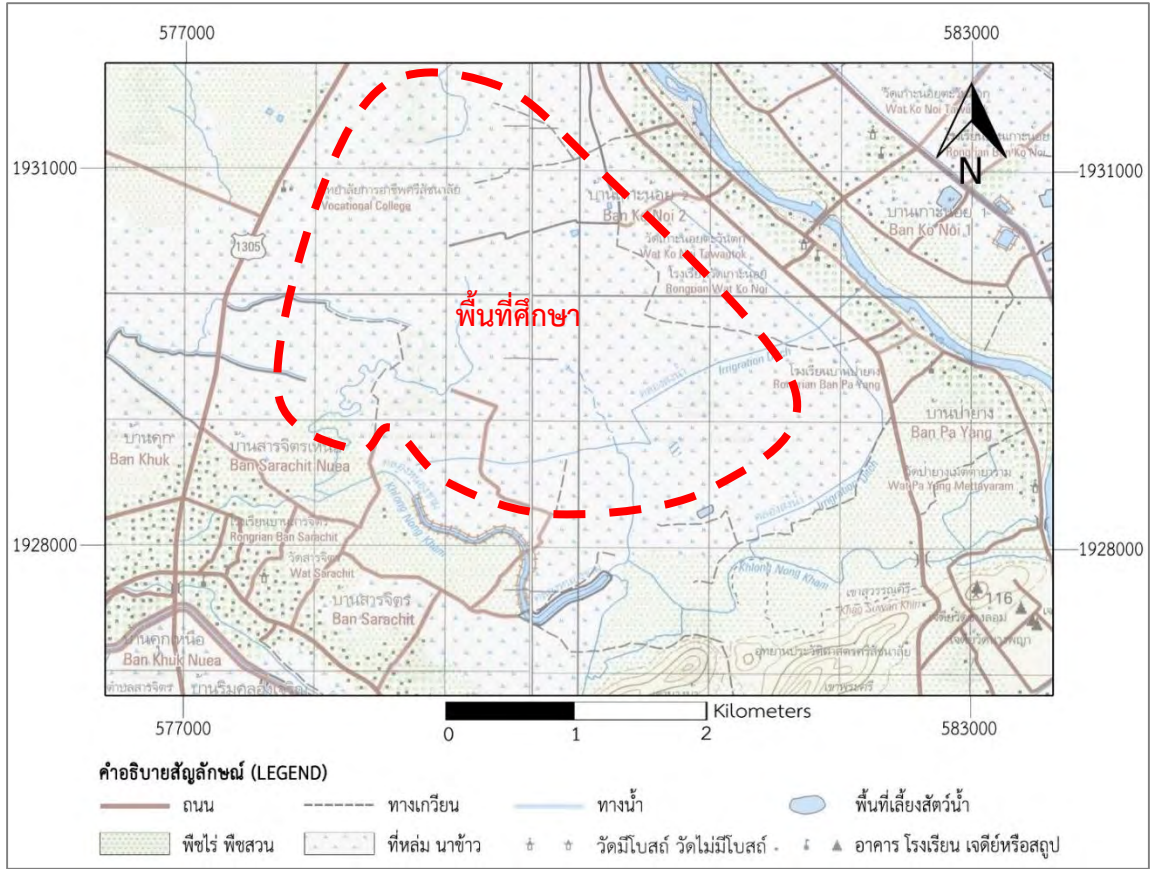
1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น
 - 1.1 ผลการศึกษาพื้นที่จากแผนที่ภูมิประเทศ
 - 1.2 พื้นที่ศึกษาที่มีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำ
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด
 - 2.1 ผลการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ
 - 2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลอุทกภัยและแผนที่อุทกธรณี
 - 2.4 พื้นที่ศึกษาที่มีแนวโน้มเป็นพื้นที่หนองน้ำที่ดี
3. ผลการศึกษาภาคสนามและการวิเคราะห์ผล
 - 3.1 แผนภาพจำลองชั้นดินของพื้นที่ศึกษา
4. ผลการประเมินศักยภาพในการรองรับน้ำของพื้นที่หนองน้ำ

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจะเป็นผลการศึกษาพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ผ่านแผนที่ภูมิประเทศเพื่อคัดกรองพื้นที่ในเบื้องต้น โดยมีเกณฑ์ในการเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำ คือ เป็นพื้นที่ราบขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร และไม่ใช่น้ำที่ชุมชนขนาดใหญ่

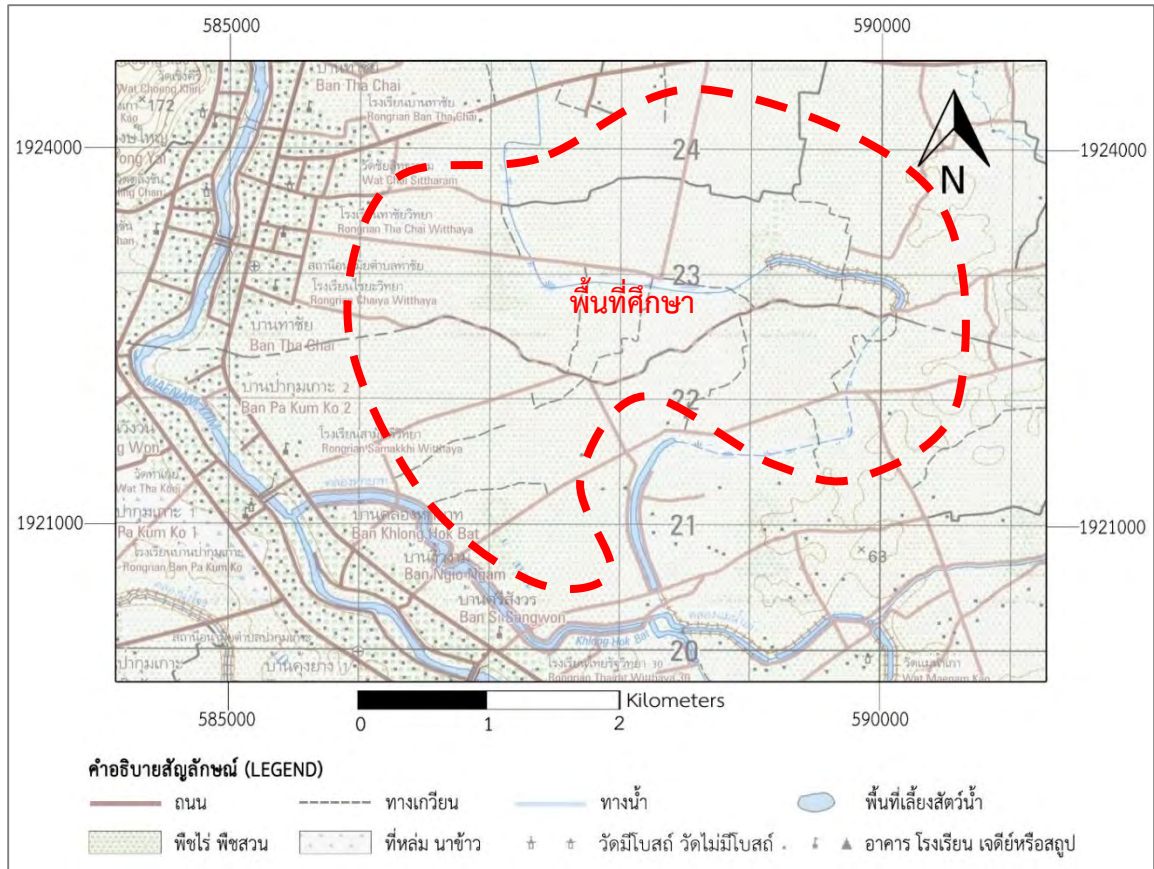


รูปที่ 4.1 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงตำแหน่งพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำทั้ง 5 จุดศึกษา กระจายตัวอยู่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย



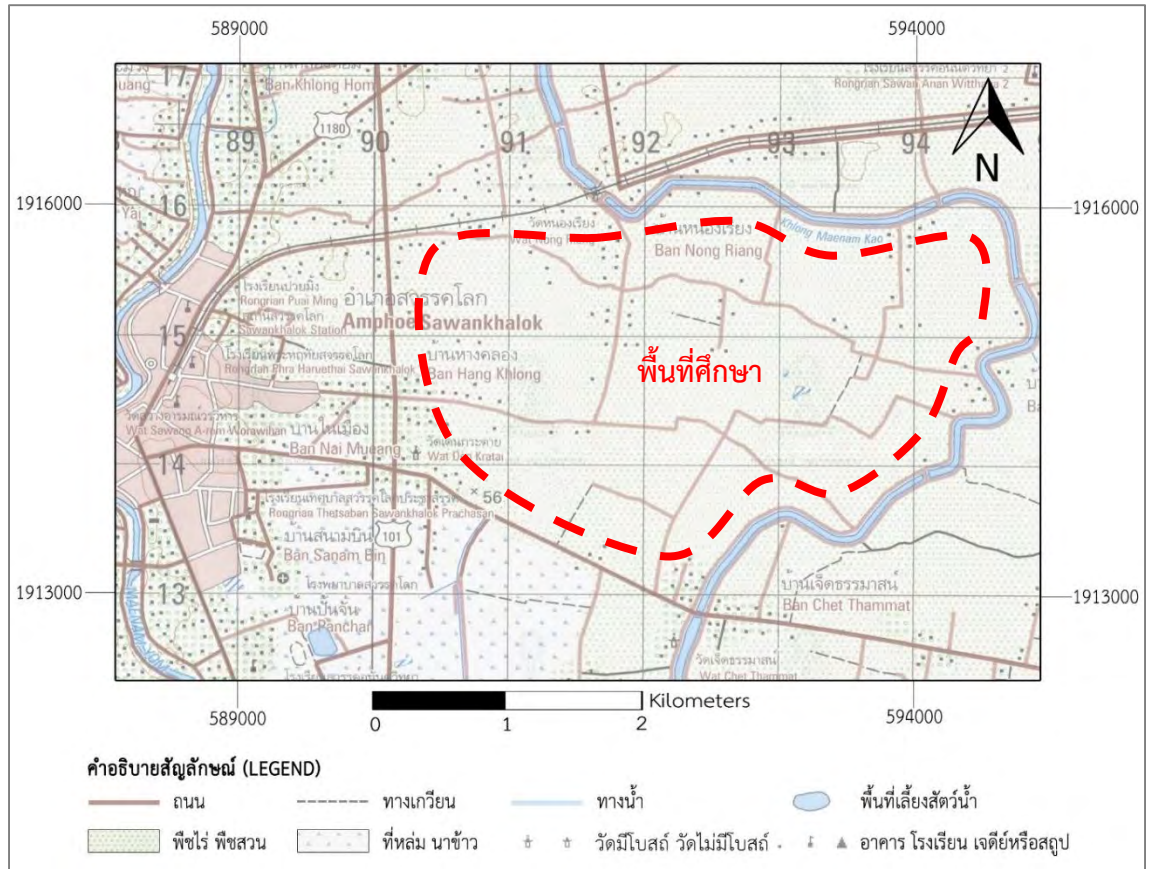
รูปที่ 4.2 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 1 บริเวณบ้านเกาะน้อย 2

จุดศึกษาที่ 1 ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของแม่น้ำยม บริเวณบ้านเกาะน้อย อำเภอศรีสัชชนาลัย ระหว่างทางหลวงหมายเลข 1305 และ 1201 มีขนาดพื้นที่ประมาณ 8 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 0.5 กิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน มีคลองถนนชนบท ถนน 1 ช่องทาง และทางเกวียนตัดผ่าน



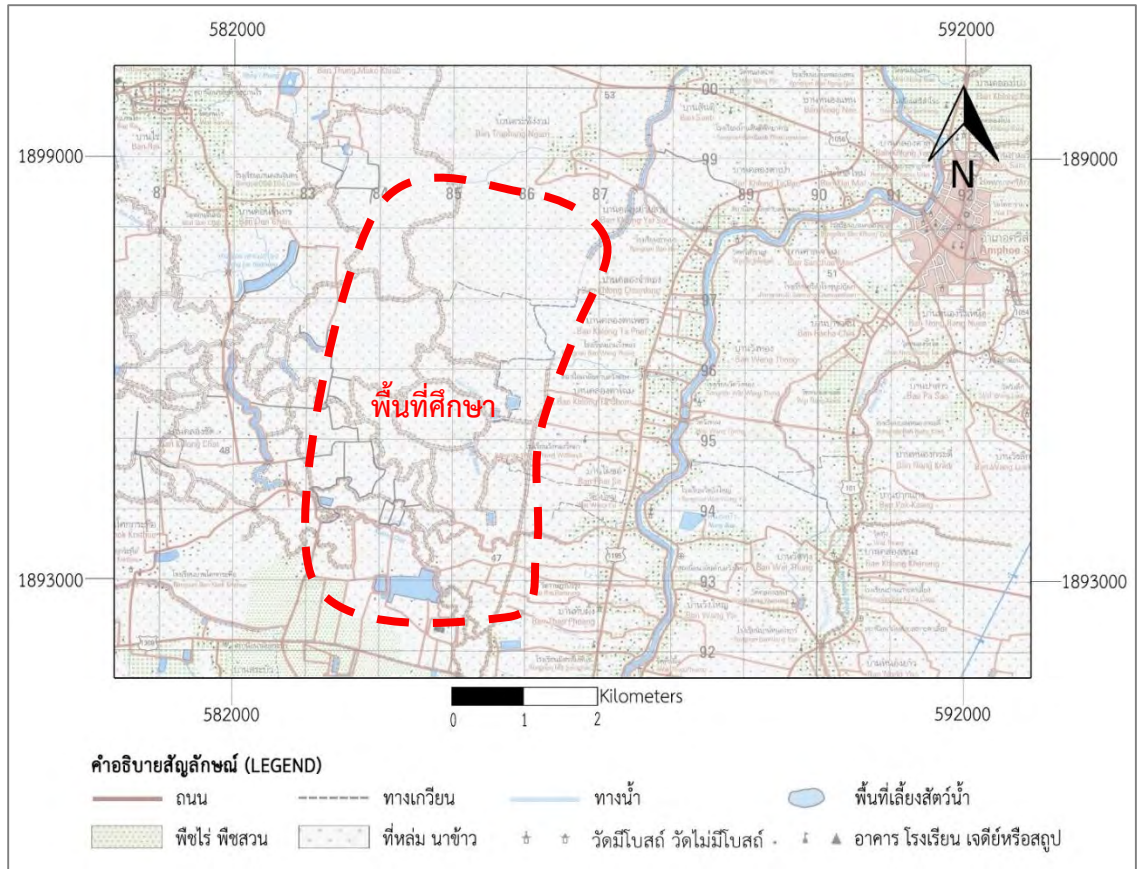
รูปที่ 4.3 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 2 บริเวณบ้านป่ากุ่มเกาะ 2

จุดศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตกของแม่น้ำยม บริเวณบ้านป่ากุ่มเกาะ 2 ระหว่างรอยต่อเขตอำเภอศรีสะเกษและอำเภอสุวรรณภูมิ มีขนาดพื้นที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 1 กิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมพืชไร่พืชสวน มีคลอง ถนนชนบท ถนน 1 ช่องทาง และทางเวียนตัดผ่าน



รูปที่ 4.4 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 3 บริเวณเขตอำเภอเมืองสวรรคโลก

จุดศึกษาที่ 3 ตั้งอยู่บริเวณอำเภอสวรรคโลก มีขนาดพื้นที่ประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร ระยะห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 1.5 กิโลเมตร มีถนนทางหลวงหมายเลข 101 ตัดผ่านทางทิศตะวันตก ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมพืชไร่พืชสวน มีชุมชนขนาดเล็กตั้งอยู่ประปราย และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน



รูปที่ 4.5 แผนที่ภูมิศาสตร์แสดงจุดศึกษาที่ 4 บริเวณเขตอำเภอสรีสำโรง

จุดศึกษาที่ 4 ตั้งอยู่บริเวณเขตอำเภอสรีสำโรง ระหว่างทางหลวงหมายเลข 1195 1056 และ 1308 ขนาดพื้นที่ประมาณ 15 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยมประมาณ 1.5 กิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน มีชุมชนขนาดเล็ก คลอง ทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

จุดศึกษาที่	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ระยะห่างจากแม่น้ำยม (กม.)	การใช้พื้นที่
1	8	0.5	เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน มีคลอง ถนนชนบท ถนน 1 ช่องทาง และทางเกวียนตัดผ่าน
2	12	1	เกษตรกรรมพืชไร่พืชสวน มีคลอง ถนนชนบท ถนน 1 ช่องทาง และทางเกวียนตัดผ่าน
3	9	1.5	เกษตรกรรมพืชไร่พืชสวน มีชุมชนขนาดเล็กตั้งอยู่ประปราย และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน
4	15	1.5	เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน มีชุมชนขนาดเล็ก คลอง ทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน

จากตาราง 4.1 พบว่าจุดศึกษาที่มีขนาดพื้นที่มากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ จุดศึกษาที่ 2 และ 4 ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 12 และ 15 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ โดยจุดศึกษาดังกล่าวจะถูกนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดอีกครั้งในขั้นตอนถัดไป

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด

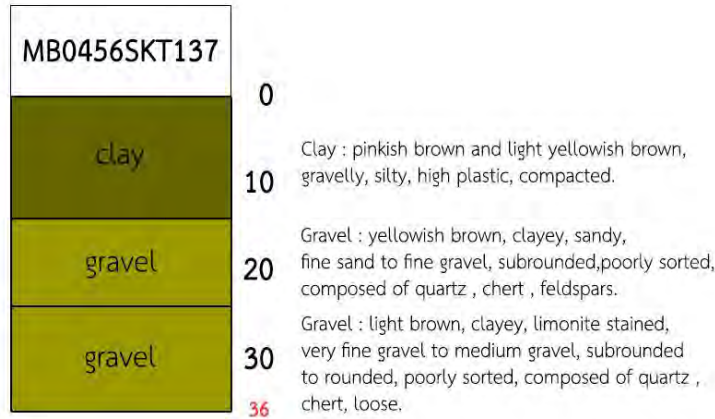
การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด คือ การศึกษาพื้นที่ที่มีขนาดมากที่สุด 2 อันดับแรกที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น ผ่านการศึกษาลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาล ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่อุทกวิทยา เพื่อทำการเลือกพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการเป็นพื้นที่หนองน้ำที่ดีที่สุด กล่าวคือ นอกจากเป็นพื้นที่ราบขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร ไม่ใช่พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ยังควรเป็นพื้นที่ลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรงเมื่อเกิดอุทกภัย และพบการสะสมตัวของดินโคลนใกล้กับบริเวณผิวดิน

โดยพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการเป็นพื้นที่หนองน้ำที่ดีที่สุด จะถูกนำไปศึกษาภาคสนามเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของชั้นดินบริเวณนั้น และประเมินศักยภาพในการรองรับน้ำของพื้นที่หนองน้ำต่อไป

4.2.1 ผลการศึกษาลำดับชั้นดินและชั้นหิน

จากข้อมูลลำดับชั้นดินและชั้นหินจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 2 ไม่พบข้อมูลชั้นดินและชั้นหินของบ่อบาดาล และไม่สามารถประเมินสภาพรวมโดยคร่าวได้จากการสร้างภาพตัดขวางทางธรณีวิทยา โดยอาศัยลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลในบริเวณใกล้เคียง เนื่องจากบริเวณนั้นมีความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมสูง

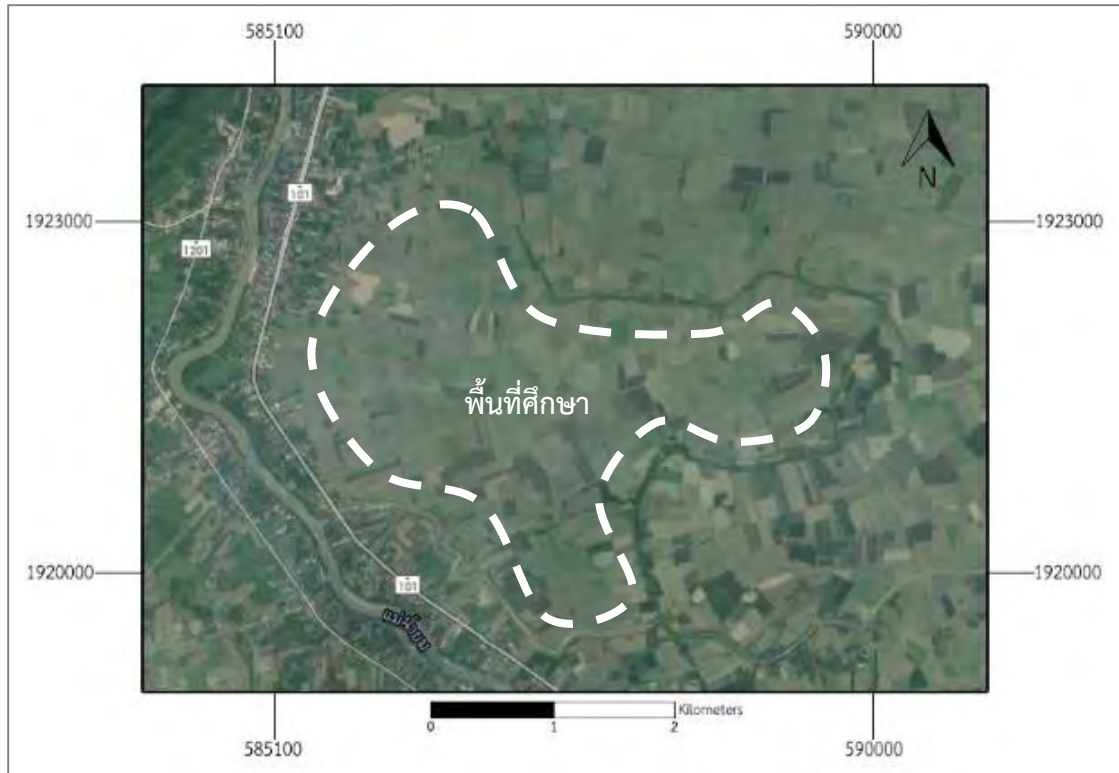
แต่ทั้งนี้บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 4 พบลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลในพื้นที่ บริเวณใกล้กับ บ้านคลองยายสาย ซึ่งมีความลึกของชั้นดินโคลนอยู่ที่ประมาณ 14 เมตร โดยแสดงผลดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ลำดับชั้นดินและชั้นหินจากบ่อบาดาลหมายเลข MB0456SKT137 ซึ่งมีระดับความลึกของชั้นดินโคลนอยู่ที่ประมาณ 14 เมตร

4.2.1 ผลการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศ

จากการศึกษาผ่านโปรแกรม Google Map เพื่อตรวจสอบ 2 พื้นที่ศึกษาจากข้อ 4.1 พบว่าพื้นที่ศึกษาบางส่วนสามารถขยายขอบเขตเพิ่มขึ้นจากการวิเคราะห์ผ่านแผนที่ภูมิประเทศได้ เนื่องจากลักษณะของภูมิประเทศที่เปลี่ยนแปลงไป และทั้งนี้การศึกษาผ่านภาพถ่ายทางอากาศสามารถให้ข้อมูลที่ละเอียดและเป็นปัจจุบันมากกว่า โดยได้ผลการศึกษาดังรูปที่ 4.7 และ 4.8



รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายทางอากาศของจุดศึกษาที่ 2 บริเวณบ้านป่ากุมเกาะ 2 (ภาพจาก Google Map เก็บภาพเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2559)

จากการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศของจุดศึกษาที่ 2 ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของแม่น้ำยม พบว่ามีพื้นที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างออกไปประมาณ 0.3 – 0.6 กิโลเมตร ซึ่งมีทางหลวงหมายเลข 101 ตัดขนานคั่นกลางอยู่ระหว่างแม่น้ำและพื้นที่สนใจ บริเวณดังกล่าวพบการกระจายตัวของชุมชนค่อนข้างหนาแน่น

บริเวณพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน พบชุมชนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือใกล้ทางหลวงหมายเลข 101 บริเวณพบชุมชนกระจายตัวอยู่เบาบาง แต่ในพื้นที่บริเวณตอนกลางมีทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน



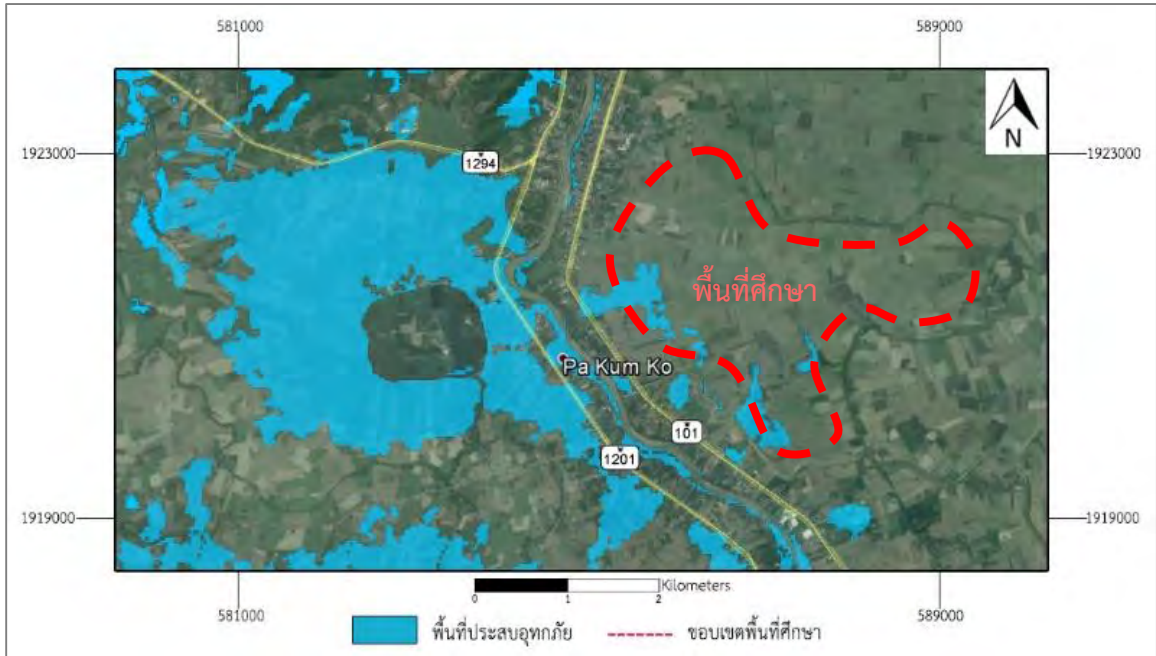
รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายทางอากาศของจุดศึกษาที่ 4 บริเวณอำเภอศรีสำโรง (ภาพจาก Google Map เก็บภาพเมื่อวันที่ 5 มีนาคม 2559)

จากการศึกษาภาพถ่ายทางอากาศของจุดศึกษาที่ 4 ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของแม่น้ำยม พบว่าสามารถขยายพื้นที่ออกไปได้ถึง 18 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยมตั้งแต่ 0.2 – 1.2 กิโลเมตร ทางด้านทิศตะวันออกติดกับแม่น้ำยมมีถนนทางหลวงหมายเลข 1195 ตัดขนานไปกับแม่น้ำ ซึ่งระหว่างบริเวณดังกล่าวพบการกระจายตัวของชุมชนหนาแน่นบางช่วง

ในบริเวณที่สนใจส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน พบชุมชนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่บริเวณขอบเพียงเล็กน้อย และมีทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน

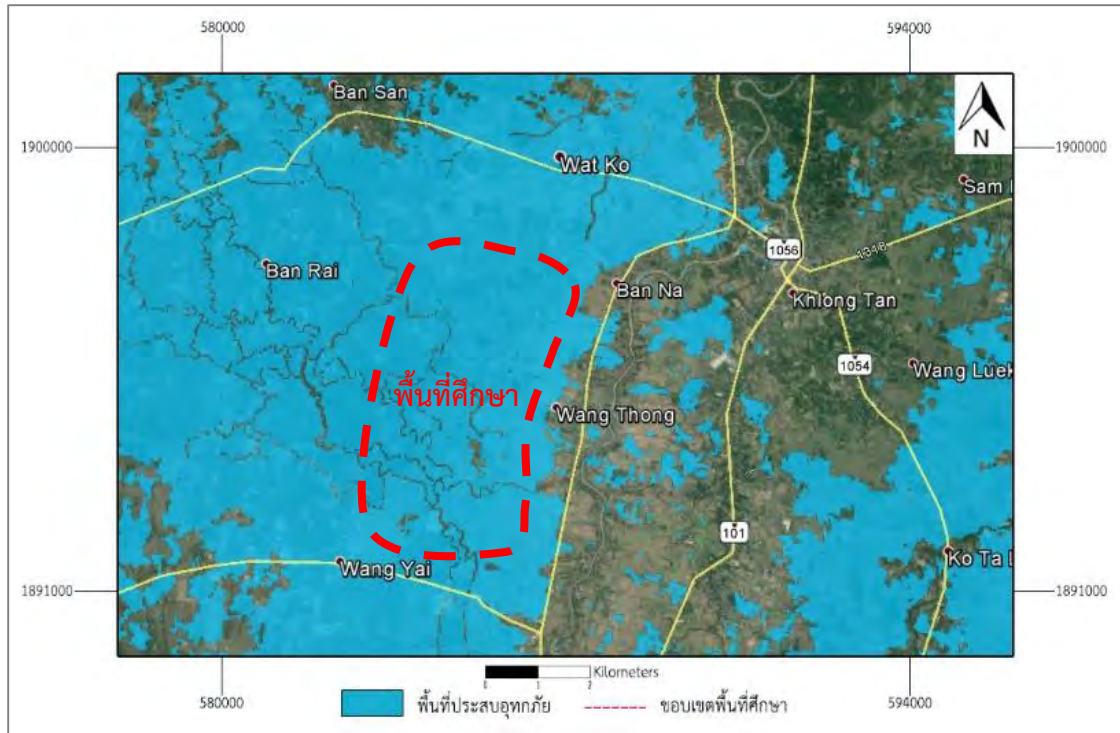
4.2.2 ผลการศึกษาแผนที่อุทกวิทยา

จากการนำไฟล์ชั้นข้อมูลที่เป็นผลการรวบรวมข้อมูลอุทกภัยของประเทศไทยปี 2554 โดยสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (GISTDA) มาศึกษาผ่านโปรแกรม Google Earth พบว่า 3 พื้นที่ศึกษาจากข้อ 4.1 เมื่อเกิดอุทกภัย แต่ละพื้นที่ได้รับผลกระทบแตกต่างกัน ดังรูป



รูปที่ 4.9 แผนที่อุทกภัยปี 2554 บริเวณจุดศึกษาที่ 2 และพื้นที่ใกล้เคียง (GISTDA, 2554)

จากแผนที่อุทกภัยปี 2554 พบว่าบริเวณจุดศึกษาที่ 2 ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ด้านตะวันตกของแม่น้ำยม ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวไม่ใช่พื้นที่ลุ่มต่ำ จึงทำให้ไม่ได้รับผลกระทบจากมวลน้ำที่มากเกินความจุของลำน้ำในบริเวณนั้น ดังนั้นหากสร้างพื้นที่หน่วงน้ำบริเวณจุดศึกษาที่ 2 อาจจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องมือเพื่อดึงมวลน้ำเข้าสู่พื้นที่กักเก็บ เพราะโดยปกติน้ำจะไหลไปสะสมทางด้านทิศตะวันออกมากกว่า



รูปที่ 4.10 แผนที่อุทกภัยปี 2554 ของบริเวณจุดศึกษาที่ 4 และพื้นที่ใกล้เคียง (GISTDA, 2554)

จากแผนที่อุทกภัยปี 2554 พบว่าบริเวณจุดศึกษาที่ 4 ได้รับผลกระทบจากการเกิดอุทกภัยมากกว่าพื้นที่ทางด้านทิศตะวันออกของแม่น้ำยม ซึ่งอาจเป็นเพราะบริเวณนั้นเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำ จึงทำให้ได้รับผลกระทบค่อนข้างมากจากมวลน้ำที่มากเกินความจุของลำน้ำ ดังนั้นหากสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณจุดศึกษาที่ 4 มวลน้ำจะสามารถเคลื่อนเข้าสู่พื้นที่กักเก็บได้โดยธรรมชาติ เพราะน้ำจะไหลมาสะสมในบริเวณนี้เป็นปกติ

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์โดยละเอียด เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย

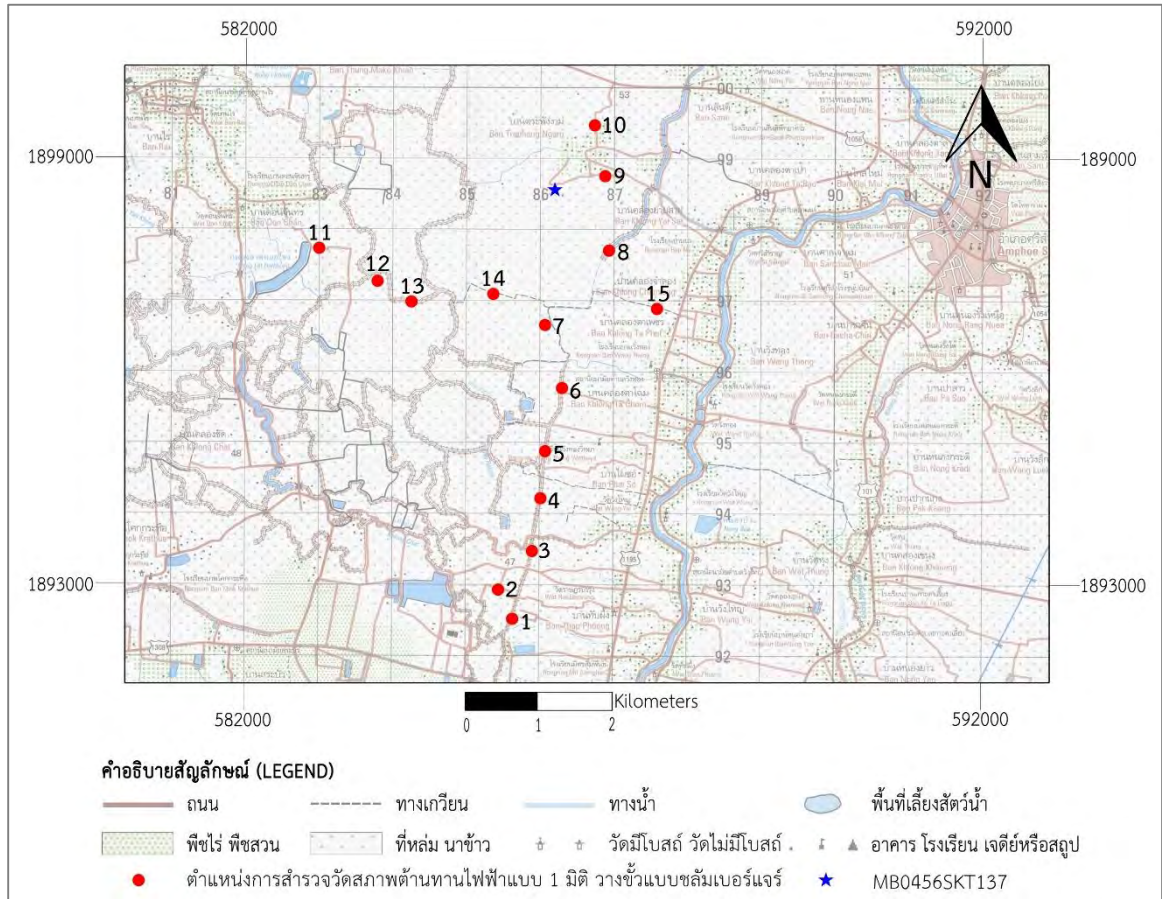
จุดศึกษาที่	ลำดับชั้นดิน และชั้นหิน	ขนาดพื้นที่ (ตร.กม.)	ระยะห่างจาก แม่น้ำยม (กม.)	การใช้พื้นที่	สภาพพื้นที่ เมื่อเกิดอุทกภัย
2	ไม่พบข้อมูล	12	0.3 – 0.6	พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พบชุมชนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือใกล้ทางหลวงหมายเลข 101 ส่วนบริเวณอื่นพบชุมชนกระจายตัวอยู่เพียงเล็กน้อย แต่พื้นที่ตอนกลางมีคลอง ทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน	ไม่ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย
4	ชั้นดินโคลน อยู่ถัดจากผิวดิน ความหนา 14 เมตร	18	0.2 – 1.2	พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่หล่มนาข้าวและพืชไร่พืชสวน พบชุมชนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่บริเวณขอบเพียงเล็กน้อย และมีคลอง ทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่าน	ได้รับผลกระทบจากอุทกภัย

จากการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีแนวโน้มเหมาะสมสำหรับการสร้างพื้นที่หนองน้ำคือบริเวณจุดศึกษาที่ 4 เนื่องจากในบริเวณดังกล่าวพบชุมชนขนาดเล็กกระจายตัวอยู่บริเวณขอบเพียงเล็กน้อย พบคลอง ทางเกวียน ถนนชนบท และถนน 1 ช่องทางตัดผ่านบ้าง แต่ไม่ใช่ถนนสายหลัก นอกจากนี้บริเวณพื้นที่ดังกล่าวยังได้รับผลกระทบโดยตรงจากอุทกภัย ดังนั้นเมื่อปริมาณน้ำมากเกินความจุของลำน้ำยมในบริเวณนั้น มวลน้ำจะถูกเคลื่อนย้ายเข้าสู่พื้นที่หนองน้ำได้ ด้วยเหตุนี้จุดศึกษาที่ 4 จึงมีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำมากที่สุด

ทั้งนี้จุดศึกษาที่ 4 จะถูกนำไปศึกษาภาคสนามเป็นลำดับถัดไป เพื่อวิเคราะห์ลักษณะของชั้นดินบริเวณนั้น และประเมินศักยภาพในการรองรับน้ำของพื้นที่หนองน้ำ

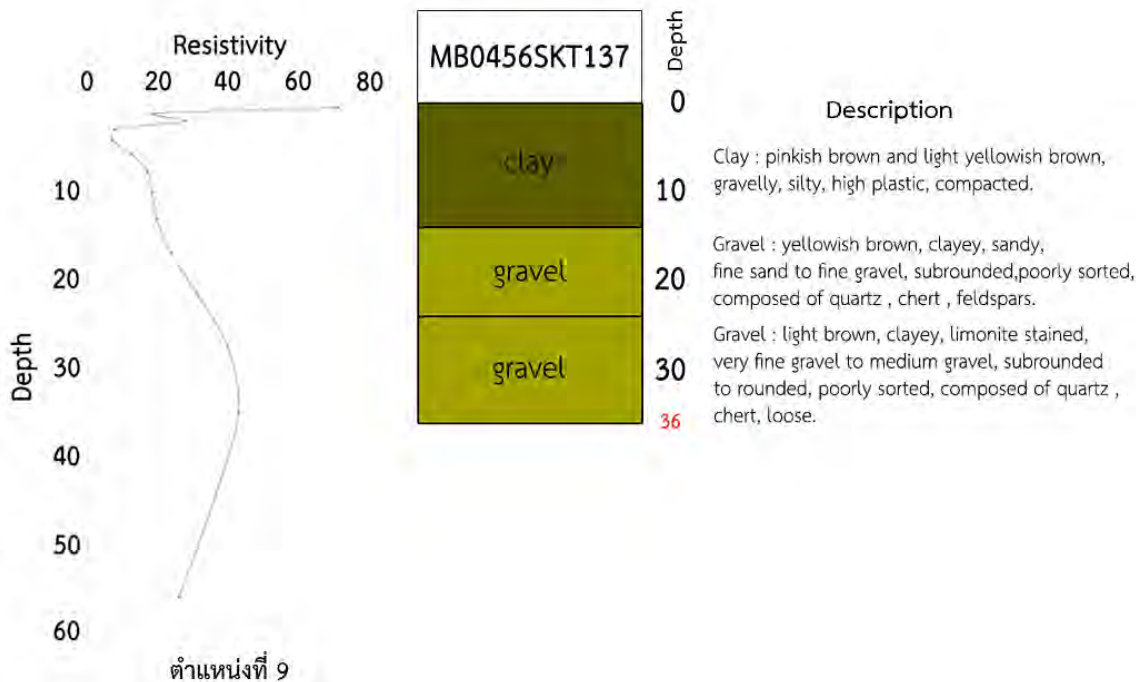
4.3 ผลจากการศึกษาภาคสนาม และเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ผล

ผลจากการศึกษาภาคสนามของจุดศึกษาที่ 4 โดยวิธีทางธรณีฟิสิกส์ ด้วยการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ จัดวางอิเล็กโทรดแบบซลัมเบอร์แเจอร์ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองแนว คือ แนวเหนือ-ใต้ ทั้งหมด 10 จุด และแนวตะวันออก-ตะวันตก ทั้งหมด 5 จุด ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งการสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ

จากการนำข้อมูลภาคสนามมาคำนวณหาค่าความต้านทาน และวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม RES1D พบว่ากราฟความต้านทาน ณ ตำแหน่งที่ 9 บ้านคลองยายสาย เมื่อนำไปเทียบกับข้อมูลชั้นดินและชั้นหิน จากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล สามารถหาความเชื่อมโยงได้ดังนี้



รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความต้านทาน ณ ตำแหน่งที่ 9 บ้านคลองยายสาย และ ข้อมูลชั้นหินและชั้นดิน MB045SKT137 ที่ตั้งอยู่ ณ บริเวณใกล้เคียง

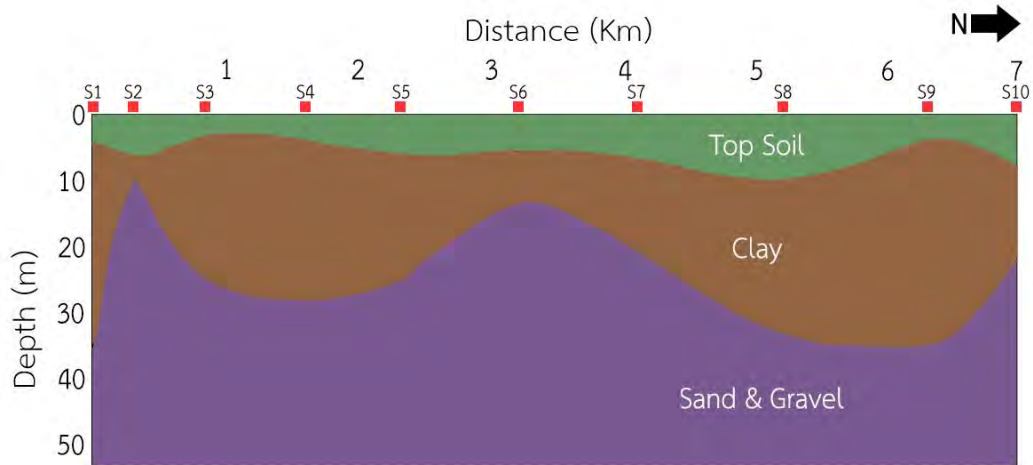
กราฟความต้านทาน ณ ตำแหน่งที่ 9 ประกอบด้วย 3 ช่วง ตามจุดเปลี่ยนความชันที่มีนัยสำคัญ 2 จุด คือที่ความลึกประมาณ 3 เมตร และ 32 เมตร จากความลึกทั้งหมด 54.5 เมตร ซึ่งแต่ละจุดที่ค่าความชันของความต้านทานเปลี่ยนแปลงสามารถตีความได้ว่า ณ ความลึกดังกล่าว ชั้นดินที่อยู่ลึกเป็นลำดับถัดไปมีลักษณะแตกต่างไปจากชั้นดินที่อยู่ด้านบน จึงแสดงค่าความต้านทานเปลี่ยนไป

โดยเมื่อนำมาเทียบเคียงกับข้อมูลชั้นดินและชั้นหินของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่อยู่ห่างออกไปประมาณ 1 กิโลเมตร ซึ่งระบุว่าที่ความลึก 36 เมตร ประกอบด้วยชั้นดินทั้งหมด 2 ชั้น คือ ชั้นดินโคลน และชั้นตะกอนกรวด จะสามารถพิจารณาเทียบเคียงให้ ณ ตำแหน่งที่ 9 ที่ความลึก 0 - 3 เมตรเป็นชั้นผิวดิน ที่ความลึกตั้งแต่ 3 - 32 เมตรเป็นชั้นดินโคลน และที่ความลึกตั้งแต่ 32 - 54.5 เป็นชั้นทรายและตะกอนกรวด

ทั้งนี้ข้อมูลชั้นหินและชั้นดินดังกล่าวถูกบันทึกตั้งแต่ปี 2500 ดังนั้นเมื่อนำมาเทียบกับกราฟความต้านทาน ความลึกของชั้นดินแต่ละชนิดอาจมีค่าแตกต่างกัน เพราะระยะเวลาในการบันทึกข้อมูลแตกต่าง

กันมาก และระยะห่างของตำแหน่งวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้าและจุดที่บันทึกข้อมูลชั้นหินและชั้นดิน อยู่ห่างกันถึง 1 กิโลเมตร

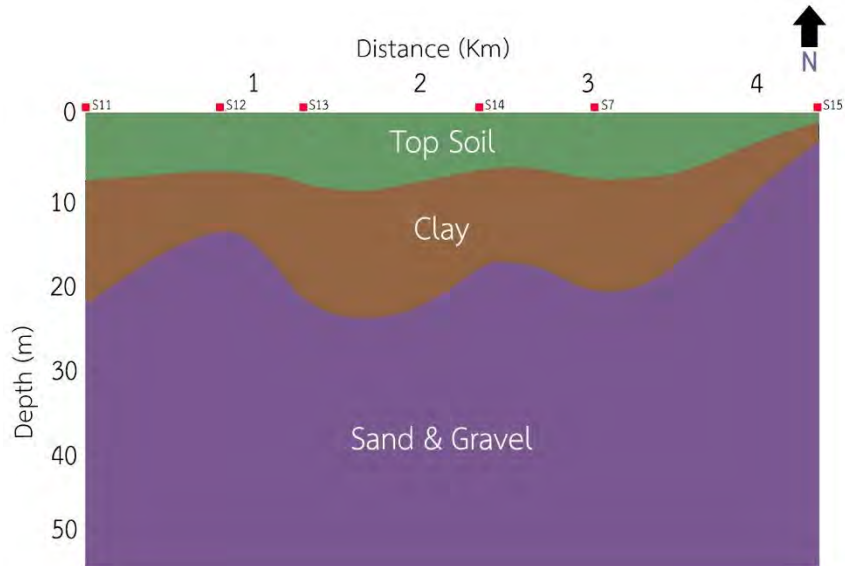
แต่เมื่อพิจารณารูปภาพความต้านทานของทั้ง 15 จุด พบว่ากราฟของแต่ละจุดมีลักษณะคล้ายกัน คือประกอบด้วย 3 ช่วง ตามจุดเปลี่ยนความชันที่มีนัยสำคัญ 2 จุด ซึ่งระดับความลึกของจุดเปลี่ยนความชันจะแตกต่างกันออกไปในแต่ละตำแหน่ง แต่ทั้งนี้ยังสามารถพิจารณาให้ชั้นดินบริเวณจุดศึกษาที่ 5 ประกอบไปด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นผิวดิน ชั้นดินโคลน และชั้นทรายและตะกอนกรวด ตามการเทียบเคียงระหว่างข้อมูลชั้นดินและชั้นหินของกรมทรัพยากรน้ำบาดาล และตำแหน่งวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้าที่ 9 โดยเมื่อสร้างภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาจากข้อมูลการสำรวจวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้า ของบริเวณจุดศึกษาที่ 5 ในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันออก-ตะวันตก จะได้ผลดังรูปที่ 4.15 และ 4.16



รูปที่ 4.13 แสดงภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวเหนือ-ใต้ของจุดศึกษาที่ 4

จะเห็นว่าความลึกน้อยที่สุดของชั้นดินโคลนในแนวเหนือ-ใต้อยู่ที่ประมาณ 10 เมตร ส่วนความลึกน้อยที่สุดของชั้นดินโคลนในแนวตะวันออก-ตะวันตก อยู่ที่ประมาณ 5 เมตร แต่ ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 15 อยู่ใกล้กับบริเวณถนนใหญ่มากทำให้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล จึงประเมินให้ความลึก 15 เมตร ของตำแหน่งศึกษาที่ 12 เป็นความลึกน้อยที่สุดของชั้นดินโคลนแทน

แต่ทั้งนี้ในการสร้างพื้นที่สำหรับกักเก็บน้ำ นอกจากการประเมินความลึกของชั้นดินโคลน เพื่อกำหนดความลึกของพื้นที่กักเก็บให้มีความลึกน้อยกว่าระดับความลึกน้อยที่สุดของชั้นดินโคลนแล้ว ท้องของพื้นที่กักเก็บควรมีระดับความลึกสูงกว่าระดับน้ำบาดาลในฤดูฝนด้วย เพื่อป้องกันการรบกวนของน้ำบาดาลที่เอ่อขึ้นมาในพื้นที่กักเก็บ



รูปที่ 4.14 แสดงภาพตัดขวางทางธรณีวิทยาในแนวตะวันออก-ตะวันตกของจุดศึกษาที่ 4

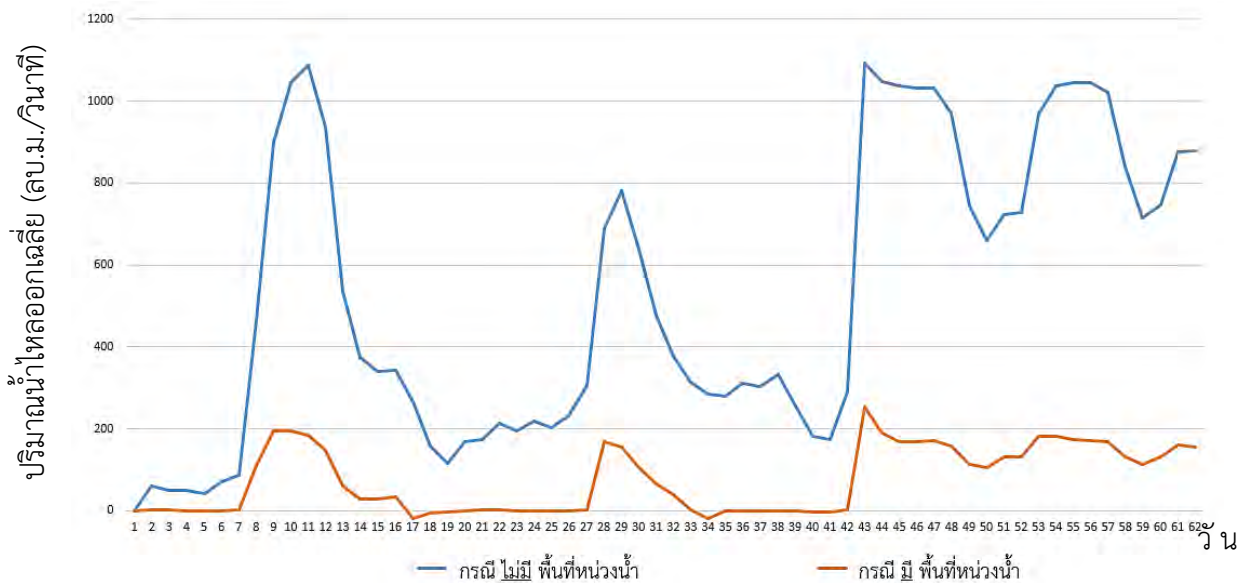
ซึ่งเมื่อพิจารณาข้อมูลระดับน้ำที่ถูกบันทึกไว้เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2500 พบว่าระดับน้ำบาดาลในขณะนั้นอยู่ที่ 5.1 เมตรโดยประมาณ แต่เนื่องจากปัจจุบันระดับน้ำบริเวณจังหวัดสุโขทัยลดลงกว่าแต่ก่อน (สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล, 2556) และเมื่อเทียบกับระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำทุ่งทะเลหลวง ซึ่งมีความลึก 5 เมตร (โครงการชลประทานสุโขทัย, 2551) จึงประเมินให้ระดับความลึกที่เหมาะสมในการขุดพื้นที่หนองน้ำบริเวณจุดศึกษาที่ 4 ควรมีความลึกไม่เกิน 5 เมตร

4.4 การประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำ

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียดทำให้ทราบขนาดที่เหมาะสมสำหรับสร้างพื้นที่หนองน้ำในบริเวณจุดศึกษาที่ 4 คือ 18 ตารางกิโลเมตร และการศึกษาภาคสนามจะทำให้ทราบลักษณะของชั้นหินและชั้นดินภายใต้ผิวดิน จึงสามารถประเมินความลึกที่เหมาะสมแก่การสร้างพื้นที่หนองน้ำได้คือ 5 เมตร ซึ่งเมื่อนำขนาดของพื้นที่หนองน้ำมาคูณด้วยความลึกก็จะได้ความจุของพื้นที่หนองน้ำ หรือความสามารถในการรองรับน้ำโดยประมาณ ตามสมการที่ 3.2

$$\begin{aligned}
 \text{ความสามารถในการรองรับน้ำ} &= \text{ขนาดของพื้นที่หนองน้ำ} \times \text{ความลึก} && \text{สมการ 3.2} \\
 &= 3 \text{ [กิโลเมตร]} \times 6 \text{ [กิโลเมตร]} \times 5 \text{ [เมตร]} \\
 &= 3,000 \text{ [เมตร]} \times 6,000 \text{ [เมตร]} \times 5 \text{ [เมตร]} \\
 &= 90,000,000 \text{ ลูกบาศก์เมตร} \\
 &= 90 \text{ ล้านลูกบาศก์เมตร}
 \end{aligned}$$

การสร้างพื้นที่หนองน้ำบริเวณจุดศึกษาที่ 4 เมื่อขุดอ่างกักเก็บที่มีขนาดความกว้าง 3 กิโลเมตร ความยาว 6 กิโลเมตร และความลึก 5 เมตร จะได้พื้นที่หนองน้ำที่มีศักยภาพในการกักเก็บประมาณ 90 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อนำความจุดังกล่าวมาศึกษาผ่านกราฟน้ำไหล (สมการ 2.3) เปรียบเทียบระหว่าง ปริมาณน้ำไหลออกในช่วงการเกิดอุทกภัยปี 2554 กับปริมาณน้ำไหลออกในกรณีที่มีพื้นที่หนองน้ำ ณ ปริมาณน้ำไหลเข้าเท่ากัน พบว่าศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำเป็นไปตามรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.15 กราฟน้ำไหลเปรียบเทียบปริมาณน้ำไหลออกในช่วงการเกิดอุทกภัยปี 2554 กับปริมาณน้ำไหลออกในกรณีที่มีพื้นที่หนองน้ำ ณ ปริมาณน้ำไหลเข้าเท่ากัน

จากกราฟพบว่าในกรณีที่มีพื้นที่หนองน้ำ ปริมาณน้ำไหลออกจะลดลงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ หากใช้ท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จำนวน 10 ท่อ แต่ทั้งนี้ระยะเวลาการไหลออกของน้ำในหน่วยวันไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงสรุปว่าหากมีการสร้างพื้นที่หนองน้ำ ณ จุดศึกษาที่ 4 จะสามารถช่วยบรรเทาอุทกภัยได้โดยการลดปริมาณน้ำไหลออก แต่ระยะเวลาการไหลออกของน้ำยังคงเท่าเดิม

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นซึ่งเป็นการศึกษาพื้นที่บริเวณริมฝั่งแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ผ่านแผนที่ภูมิประเทศเพื่อคัดกรองพื้นที่ในเบื้องต้น และทำการเลือกพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการสร้างพื้นที่หนองน้ำ โดยมีเกณฑ์ในการเลือก คือ ต้องเป็นพื้นที่ที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย ไม่เกิน 1.5 กิโลเมตร และไม่ใช้พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ จากการศึกษาได้พื้นที่ที่ผ่านการคัดเลือกทั้งหมด 4 จุดศึกษา โดย 2 จุดศึกษาที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ จุดศึกษาที่ 2 และ 4 ซึ่งมีขนาดพื้นที่ 11 และ 15 ตารางกิโลเมตร จะถูกนำไปศึกษาวิเคราะห์โดยละเอียดเป็นลำดับถัดไป

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยละเอียด ผ่านลำดับชั้นดินและชั้นหิน ภาพถ่ายทางอากาศ และแผนที่อุทกวิทยา พบว่าจุดศึกษาที่ 4 ซึ่งสามารถขยายขอบเขตออกไปได้ถึง 18 ตารางกิโลเมตร มีแนวโน้มเหมาะสมในการเป็นพื้นที่หนองน้ำ เพราะนอกจากจะเป็นพื้นที่ที่มีขนาดไม่ต่ำกว่า 5 ตารางกิโลเมตร มีระยะห่างจากแม่น้ำยม จังหวัดสุโขทัย 0.2 – 1.2 กิโลเมตร ไม่ใช่พื้นที่ชุมชนขนาดใหญ่ ยังเป็นพื้นที่ลุ่มที่ได้รับผลกระทบโดยตรงจากอุทกภัย และพบว่ามีชั้นดินโคลนหนา 14 เมตรจากผิวดิน

พื้นที่จุดศึกษาที่ 4 ถูกนำไปศึกษาภาคสนามด้วยวิธีสำรวจวัดสภาพความต้านทานไฟฟ้าแบบ 1 มิติ พบว่าพื้นที่ดังกล่าวประกอบด้วยชั้นดินทั้งหมด 3 ชั้น คือ ชั้นผิวดิน ชั้นดินโคลน และชั้นทรายและตะกอนกรวด ซึ่งข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้เมื่อวันที่ 21 เมษายน 2500 ระบุว่าระดับน้ำบาดาลในขณะนั้นอยู่ที่ 5.1 เมตรโดยประมาณ แต่เนื่องจากปัจจุบันพบว่าระดับน้ำบริเวณจังหวัดสุโขทัยลดลงกว่าแต่ก่อน (สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล, 2556) และเมื่อเทียบกับระดับความลึกของอ่างเก็บน้ำทุ่งทะเลหลวงซึ่งมีความลึก 5 เมตร (โครงการชลประทานสุโขทัย, 2551) จึงประเมินให้ระดับความลึกที่เหมาะสมในการขุดพื้นที่หนองน้ำบริเวณจุดศึกษาที่ 5 ควรมีความลึกไม่เกิน 5 เมตร

ดังนั้นจากการประเมินศักยภาพของพื้นที่หนองน้ำจึงพบว่า การขุดอ่างกักเก็บที่มีขนาดความกว้าง 3 กิโลเมตร ความยาว 6 กิโลเมตร และความลึก 5 เมตร บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 4 จะได้พื้นที่หนองน้ำที่มีความจุ 90 ล้านลูกบาศก์เมตร ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับเขื่อนกัวลม และสามารถลดปริมาณน้ำไหลออกได้ 80 เปอร์เซ็นต์ กรณีใช้ท่อระบายน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 เมตร จำนวน 10 ท่อ

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 1

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V × range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.017	252	0.017	253	0.018	254	253	0.01733	0.253	34.4469
1.5	0.5	6.29	0.001	0.020	112	0.021	111	0.020	112	111.667	0.02033	0.11167	34.5434
2	0.5	11.79	0.001	0.025	66	0.024	66	0.024	66	66	0.02433	0.066	31.9784
3	0.5	27.50	0.001	0.028	29	0.028	29	0.028	29	29	0.028	0.029	28.4821
3	2.0	3.39	0.001	0.028	240	0.028	241	0.028	241	240.667	0.028	0.24067	29.1379
5	2.0	16.50	0.001	0.025	30	0.025	30	0.025	32	30.6667	0.025	0.03067	20.24
7	2.0	35.36	0.0001	0.021	109	0.021	109	0.021	109	109	0.021	0.0109	18.3535
10	2.0	75.43	0.0001	0.012	30	0.012	28	0.012	29	29	0.012	0.0029	18.2289
10	5.0	23.57	0.0001	0.012	104	0.012	105	0.012	29	79.3333	0.012	0.00793	15.5824
15	5.0	62.86	0.0001	0.018	62	0.018	58	0.018	60	60	0.018	0.006	20.9533
20	5.0	117.86	0.0001	0.018	36	0.018	36	0.018	35	35.6667	0.018	0.00357	23.3537
25	5.0	188.57	0.0001	0.027	36	0.026	36	0.026	37	36.3333	0.02633	0.00363	26.0179
30	5.0	275.00	0.0001	0.014	14	0.013	15	0.013	15	14.6667	0.01333	0.00147	30.25
35	5.0	377.14	0.0001	0.025	20	0.025	17	0.025	18	18.3333	0.025	0.00183	27.6569
40	5.0	495.00	0.0001	0.018	10	0.017	10	0.017	10	10	0.01733	0.001	28.5577
45	5.0	628.57	0.0001	0.032	15	0.032	16	0.032	17	16	0.032	0.0016	31.4285
50	5.0	777.86	0.0001	0.036	13	0.036	13	0.036	14	13.3333	0.036	0.00133	28.8096
50	20.0	165.00	0.0001	0.036	68	0.036	19	0.036	68	51.6667	0.036	0.00517	23.6806
60	20.0	251.43	0.0001	0.039	52	0.038	50	0.037	51	51	0.038	0.0051	33.7446
70	20.0	353.57	0.0001	0.033	32	0.034	30	0.033	31	31	0.03333	0.0031	32.882
80	20.0	471.43	0.0001	0.036	21	0.036	23	0.035	21	21.6667	0.03567	0.00217	28.6383
90	20.0	605.00	0.0001	0.041	17	0.042	19	0.041	17	17.6667	0.04133	0.00177	25.8589
100	20.0	754.29	0.0001	0.043	13	0.043	15	0.043	14	14	0.043	0.0014	24.5583
110	20.0	919.29	0.0001	0.040	11	0.040	11	0.039	10	10.6667	0.03967	0.00107	24.7204
125	20.0	1196.25	0.0001	0.066	13	0.066	13	0.066	13	13	0.066	0.0013	23.5625

ตารางที่ 2 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 2

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.0001	0.026	1405	0.025	1394	0.025	1383	1394	0.0253	0.1394	12.986
1.5	0.5	6.29	0.0001	0.012	315	0.012	316	0.012	318	316.33	0.012	0.0316	16.581
2	0.5	11.79	0.0001	0.019	208	0.019	209	0.019	210	209	0.019	0.0209	12.969
3	0.5	27.50	0.0001	0.026	99	0.026	101	0.027	103	101	0.0263	0.0101	10.547
3	2.0	3.39	0.0001	0.027	1090	0.026	1095	0.026	1085	1090	0.0263	0.109	14.032
5	2.0	16.50	0.0001	0.030	233	0.030	232	0.029	236	233.67	0.0297	0.0234	12.996
7	2.0	35.36	0.0001	0.023	90	0.023	91	0.023	92	91	0.023	0.0091	13.99
10	2.0	75.43	0.0001	0.032	79	0.032	79	0.032	79	79	0.032	0.0079	18.622
10	5.0	23.57	0.0001	0.032	248	0.032	248	0.032	250	248.67	0.032	0.0249	18.316
15	5.0	62.86	0.0001	0.034	129	0.034	132	0.034	132	131	0.034	0.0131	24.22
20	5.0	117.86	0.0001	0.032	73	0.033	80	0.033	79	77.333	0.0327	0.0077	27.902
25	5.0	188.57	0.0001	0.032	57	0.034	58	0.034	59	58	0.0333	0.0058	32.811
30	5.0	275.00	0.0001	0.027	33	0.029	36	0.029	36	35	0.0283	0.0035	33.971
35	5.0	377.14	0.0001	0.029	26	0.029	26	0.029	25	25.667	0.029	0.0026	33.379
40	5.0	495.00	0.0001	0.019	13	0.019	14	0.019	13	13.333	0.019	0.0013	34.737
45	5.0	628.57	0.0001	0.023	14	0.023	12	0.023	14	13.333	0.023	0.0013	36.439
50	5.0	777.86	0.0001	0.040	19	0.041	18	0.041	18	18.333	0.0407	0.0018	35.067
50	20.0	165.00	0.0001	0.040	97	0.040	97	0.040	97	97	0.04	0.0097	40.013
60	20.0	251.43	0.0001	0.050	79	0.050	78	0.050	78	78.333	0.05	0.0078	39.391
70	20.0	353.57	0.0001	0.056	56	0.057	57	0.055	56	56.333	0.056	0.0056	35.567
80	20.0	471.43	0.0001	0.083	54	0.083	56	0.083	56	55.333	0.083	0.0055	31.429
90	20.0	605.00	0.0001	0.066	28	0.066	28	0.066	27	27.667	0.066	0.0028	25.361
100	20.0	754.29	0.0001	0.053	18	0.054	19	0.055	19	18.667	0.054	0.0019	26.074
110	20.0	919.29	0.0001	0.074	19	0.074	19	0.074	20	19.333	0.074	0.0019	24.017
125	20.0	1196.25	0.0001	0.092	16	0.092	17	0.092	17	16.667	0.092	0.0017	21.671

ตารางที่ 3 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 3

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.037	1319	0.036	1313	0.036	1327	1319.67	0.03633	1.31967	85.7178
1.5	0.5	6.29	0.001	0.036	384	0.036	380	0.036	378	380.67	0.036	0.38067	66.5109
2	0.5	11.79	0.001	0.025	102	0.025	99	0.025	98	99.67	0.025	0.09967	47.0028
3	0.5	27.50	0.001	0.028	32	0.027	31	0.027	31	31.33	0.02733	0.03133	31.5244
3	2.0	3.39	0.001	0.028	321	0.027	321	0.027	320	320.67	0.02733	0.32067	39.7705
5	2.0	16.50	0.001	0.028	36	0.029	37	0.029	37	36.67	0.02867	0.03667	21.1047
7	2.0	35.36	0.0001	0.020	107	0.019	105	0.019	105	105.67	0.01933	0.01057	19.3261
10	2.0	75.43	0.0001	0.022	59	0.022	58	0.022	58	58.33	0.022	0.00583	20.0004
10	5.0	23.57	0.0001	0.022	172	0.021	172	0.022	175	173	0.02167	0.0173	18.8197
15	5.0	62.86	0.0001	0.022	70	0.022	69	0.021	68	69	0.02167	0.0069	20.0185
20	5.0	117.86	0.0001	0.020	38	0.020	37	0.020	37	37.33	0.02	0.00373	22.0005
25	5.0	188.57	0.0001	0.022	28	0.021	27	0.022	29	28	0.02167	0.0028	24.369
30	5.0	275.00	0.0001	0.021	21	0.022	20	0.021	19	20	0.02133	0.002	25.7813
35	5.0	377.14	0.0001	0.044	31	0.042	32	0.041	31	31.33	0.04233	0.00313	27.9143
40	5.0	495.00	0.0001	0.030	17	0.029	17	0.029	17	17	0.02933	0.0017	28.6875
45	5.0	628.57	0.0001	0.033	15	0.033	14	0.033	14	14.33	0.033	0.00143	27.3015
50	5.0	777.86	0.0001	0.034	13	0.034	13	0.033	12	12.67	0.03367	0.00127	29.266
50	20.0	165.00	0.0001	0.034	58	0.034	59	0.033	59	58.67	0.03367	0.00587	28.7525
60	20.0	251.43	0.0001	0.019	24	0.019	23	0.019	25	24	0.019	0.0024	31.7596
70	20.0	353.57	0.0001	0.027	22	0.026	23	0.027	22	22.33	0.02667	0.00223	29.6115
80	20.0	471.43	0.0001	0.027	16	0.027	17	0.027	18	17	0.027	0.0017	29.6826
90	20.0	605.00	0.0001	0.030	14	0.030	14	0.029	15	14.33	0.02967	0.00143	29.2303
100	20.0	754.29	0.0001	0.049	19	0.049	18	0.049	19	18.67	0.049	0.00187	28.7349
110	20.0	919.29	0.0001	0.049	14	0.049	15	0.049	15	14.67	0.049	0.00147	27.5162
125	20.0	1196.25	0.0001	0.074	17	0.073	17	0.073	17	17	0.07333	0.0017	27.7313

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 4

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.0001	0.011	1825	0.010	1780	0.010	1772	1792.33	0.01033	0.17923	40.9346
1.5	0.5	6.29	0.0001	0.023	1158	0.023	1140	0.023	1142	1146.67	0.023	0.11467	31.3588
2	0.5	11.79	0.0001	0.018	453	0.018	447	0.018	446	448.667	0.018	0.04487	29.3877
3	0.5	27.50	0.0001	0.011	119	0.010	119	0.011	119	119	0.01067	0.0119	30.6797
3	2.0	3.39	0.0001	0.010	1141	0.010	1162	0.010	1157	1153.33	0.01	0.11533	39.098
5	2.0	16.50	0.0001	0.023	479	0.023	472	0.022	472	474.333	0.02267	0.04743	34.5287
7	2.0	35.36	0.0001	0.015	113	0.015	113	0.014	112	112.667	0.01467	0.01127	27.1629
10	2.0	75.43	0.0001	0.023	66	0.023	67	0.023	65	66	0.023	0.0066	21.6451
10	5.0	23.57	0.0001	0.012	134	0.012	135	0.012	134	134.333	0.012	0.01343	26.3853
15	5.0	62.86	0.0001	0.016	56	0.016	57	0.016	55	56	0.016	0.0056	22.001
20	5.0	117.86	0.0001	0.021	37	0.021	37	0.020	36	36.6667	0.02067	0.00367	20.9106
25	5.0	188.57	0.0001	0.040	51	0.039	52	0.039	51	51.3333	0.03933	0.00513	24.61
30	5.0	275.00	0.0001	0.013	13	0.013	12	0.013	14	13	0.013	0.0013	27.5
35	5.0	377.14	0.0001	0.037	27	0.038	27	0.037	28	27.3333	0.03733	0.00273	27.612
40	5.0	495.00	0.0001	0.039	21	0.038	22	0.038	22	21.6667	0.03833	0.00217	27.9783
45	5.0	628.57	0.0001	0.026	11	0.025	11	0.025	13	11.6667	0.02533	0.00117	28.9473
50	5.0	777.86	0.0001	0.035	14	0.036	14	0.035	14	14	0.03533	0.0014	30.8209
50	20.0	165.00	0.0001	0.036	62	0.036	63	0.035	63	62.6667	0.03567	0.00627	28.9907
60	20.0	251.43	0.0001	0.022	26	0.022	27	0.021	25	26	0.02167	0.0026	30.1716
70	20.0	353.57	0.0001	0.044	36	0.044	39	0.044	38	37.6667	0.044	0.00377	30.2677
80	20.0	471.43	0.0001	0.026	18	0.026	16	0.025	17	17	0.02567	0.0017	31.2246
90	20.0	605.00	0.0001	0.036	19	0.036	21	0.037	20	20	0.03633	0.002	33.3028
100	20.0	754.29	0.0001	0.078	32	0.079	32	0.079	33	32.3333	0.07867	0.00323	31.0026
110	20.0	919.29	0.0001	0.036	15	0.037	14	0.038	15	14.6667	0.037	0.00147	36.4403
125	20.0	1196.25	0.0001	0.049	13	0.050	15	0.049	14	14	0.04933	0.0014	33.9476

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 5

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.016	388	0.016	386	0.016	387	387	0.016	0.387	57.0825
1.5	0.5	6.29	0.001	0.020	156	0.019	153	0.019	151	153.333	0.01933	0.15333	49.8862
2	0.5	11.79	0.001	0.018	64	0.018	63	0.018	64	63.6667	0.018	0.06367	41.7017
3	0.5	27.50	0.001	0.019	22	0.018	21	0.018	21	21.3333	0.01833	0.02133	32
3	2.0	3.39	0.001	0.018	175	0.018	177	0.018	178	176.667	0.018	0.17667	33.2722
5	2.0	16.50	0.0001	0.017	284	0.017	276	0.017	276	278.667	0.017	0.02787	27.0471
7	2.0	35.36	0.0001	0.024	136	0.023	137	0.023	135	136	0.02333	0.0136	20.6098
10	2.0	75.43	0.0001	0.024	58	0.025	57	0.024	59	58	0.02433	0.0058	17.9792
10	5.0	23.57	0.0001	0.024	212	0.023	215	0.024	217	214.667	0.02367	0.02147	21.379
15	5.0	62.86	0.0001	0.019	64	0.018	59	0.018	60	61	0.01833	0.0061	20.9152
20	5.0	117.86	0.0001	0.011	25	0.011	25	0.011	25	25	0.011	0.0025	26.7864
25	5.0	188.57	0.0001	0.019	32	0.018	32	0.018	32	32	0.01833	0.0032	32.914
30	5.0	275.00	0.0001	0.028	35	0.028	34	0.028	34	34.3333	0.028	0.00343	33.7202
35	5.0	377.14	0.0001	0.018	18	0.017	17	0.018	17	17.3333	0.01767	0.00173	37.0024
40	5.0	495.00	0.0001	0.015	12	0.015	12	0.015	12	12	0.015	0.0012	39.6
45	5.0	628.57	0.0001	0.028	18	0.029	18	0.029	19	18.3333	0.02867	0.00183	40.1992
50	5.0	777.86	0.0001	0.023	13	0.023	13	0.022	13	13	0.02267	0.0013	44.6126
50	20.0	165.00	0.0001	0.023	57	0.022	56	0.023	58	57	0.02267	0.0057	41.4926
60	20.0	251.43	0.0001	0.029	49	0.029	48	0.028	48	48.3333	0.02867	0.00483	42.3923
70	20.0	353.57	0.0001	0.035	45	0.035	45	0.034	44	44.6667	0.03467	0.00447	45.5561
80	20.0	471.43	0.0001	0.019	17	0.018	16	0.019	19	17.3333	0.01867	0.00173	43.7756
90	20.0	605.00	0.0001	0.098	59	0.097	61	0.098	62	60.6667	0.09767	0.00607	37.5802
100	20.0	754.29	0.0001	0.025	14	0.025	14	0.026	14	14	0.02533	0.0014	41.6844
110	20.0	919.29	0.0001	0.047	16	0.047	16	0.046	16	16	0.04667	0.0016	31.5185
125	20.0	1196.25	0.0001	0.053	17	0.054	17	0.054	17	17	0.05367	0.0017	37.8936

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 6

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.012	443	0.012	440	0.012	440	441	0.012	0.441	86.73
1.5	0.5	6.29	0.001	0.017	163	0.017	161	0.016	160	161.333	0.01667	0.16133	60.8872
2	0.5	11.79	0.001	0.017	78	0.017	77	0.017	78	77.6667	0.017	0.07767	53.8641
3	0.5	27.50	0.001	0.033	44	0.032	42	0.030	41	42.3333	0.03167	0.04233	36.7632
3	2.0	3.39	0.001	0.031	369	0.031	367	0.029	354	363.333	0.03033	0.36333	40.6055
5	2.0	16.50	0.0001	0.047	891	0.047	892	0.047	895	892.667	0.047	0.08927	31.3383
7	2.0	35.36	0.0001	0.046	304	0.046	302	0.045	303	303	0.04567	0.0303	23.4615
10	2.0	75.43	0.0001	0.082	223	0.082	225	0.082	223	223.667	0.082	0.02237	20.5746
10	5.0	23.57	0.0001	0.082	727	0.082	725	0.082	725	725.667	0.082	0.07257	20.8585
15	5.0	62.86	0.0001	0.049	182	0.048	182	0.048	182	182	0.04833	0.0182	23.67
20	5.0	117.86	0.0001	0.019	45	0.018	45	0.018	46	45.3333	0.01833	0.00453	29.1436
25	5.0	188.57	0.0001	0.017	30	0.016	28	0.017	30	29.3333	0.01667	0.00293	33.1883
30	5.0	275.00	0.0001	0.032	37	0.032	39	0.031	37	37.6667	0.03167	0.00377	32.7105
35	5.0	377.14	0.0001	0.024	22	0.024	20	0.023	22	21.3333	0.02367	0.00213	33.9957
40	5.0	495.00	0.0001	0.029	21	0.029	21	0.029	21	21	0.029	0.0021	35.8448
45	5.0	628.57	0.0001	0.022	13	0.021	13	0.021	12	12.6667	0.02133	0.00127	37.3213
50	5.0	777.86	0.0001	0.033	15	0.032	15	0.032	15	15	0.03233	0.0015	36.0863
50	20.0	165.00	0.0001	0.032	69	0.031	69	0.031	70	69.3333	0.03133	0.00693	36.5106
60	20.0	251.43	0.0001	0.024	35	0.025	38	0.024	37	36.6667	0.02433	0.00367	37.8867
70	20.0	353.57	0.0001	0.023	24	0.022	23	0.022	25	24	0.02233	0.0024	37.9956
80	20.0	471.43	0.0001	0.025	20	0.027	22	0.026	21	21	0.026	0.0021	38.077
90	20.0	605.00	0.0001	0.023	13	0.023	13	0.023	14	13.3333	0.023	0.00133	35.0725
100	20.0	754.29	0.0001	0.033	15	0.032	14	0.032	14	14.3333	0.03233	0.00143	33.4376
110	20.0	919.29	0.0001	0.056	19	0.056	19	0.056	19	19	0.056	0.0019	31.1902
125	20.0	1196.25	0.0001	0.045	11	0.045	11	0.044	11	11	0.04467	0.0011	29.4599

ตารางที่ 7 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 7

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.019	548	0.019	548	0.018	545	547	0.01867	0.547	69.1564
1.5	0.5	6.29	0.001	0.016	153	0.015	153	0.015	153	153	0.01533	0.153	62.7633
2	0.5	11.79	0.001	0.019	67	0.019	67	0.019	65	66.3333	0.019	0.06633	41.1616
3	0.5	27.50	0.001	0.018	21	0.019	21	0.019	21	21	0.01867	0.021	30.9375
3	2.0	3.39	0.001	0.018	186	0.019	189	0.019	191	188.667	0.01867	0.18867	34.2632
5	2.0	16.50	0.001	0.026	33	0.026	34	0.025	35	34	0.02567	0.034	21.8571
7	2.0	35.36	0.001	0.043	22	0.043	22	0.043	23	22.3333	0.043	0.02233	18.3653
10	2.0	75.43	0.001	0.049	11	0.048	11	0.048	10	10.6667	0.04833	0.01067	16.6466
10	5.0	23.57	0.001	0.048	32	0.048	32	0.048	33	32.3333	0.048	0.03233	15.877
15	5.0	62.86	0.001	0.043	12	0.042	12	0.043	11	11.6667	0.04267	0.01167	17.1883
20	5.0	117.86	0.001	0.089	15	0.089	15	0.089	13	14.3333	0.089	0.01433	18.9812
25	5.0	188.57	0.0001	0.020	26	0.019	27	0.019	26	26.3333	0.01933	0.00263	25.6845
30	5.0	275.00	0.0001	0.017	18	0.017	17	0.017	17	17.3333	0.017	0.00173	28.0392
35	5.0	377.14	0.0001	0.018	15	0.018	15	0.018	15	15	0.018	0.0015	31.4283
40	5.0	495.00	0.0001	0.016	11	0.015	10	0.016	11	10.6667	0.01567	0.00107	33.7021
45	5.0	628.57	0.0001	0.024	14	0.024	13	0.024	15	14	0.024	0.0014	36.6666
50	5.0	777.86	0.0001	0.035	15	0.035	16	0.035	17	16	0.035	0.0016	35.5593
50	20.0	165.00	0.0001	0.035	59	0.035	62	0.035	57	59.3333	0.035	0.00593	27.9714
60	20.0	251.43	0.0001	0.030	35	0.030	34	0.030	36	35	0.03	0.0035	29.3335
70	20.0	353.57	0.0001	0.030	25	0.029	26	0.029	26	25.6667	0.02933	0.00257	30.9374
80	20.0	471.43	0.0001	0.030	20	0.030	20	0.031	21	20.3333	0.03033	0.00203	31.6014
90	20.0	605.00	0.0001	0.040	23	0.039	22	0.039	21	22	0.03933	0.0022	33.839
100	20.0	754.29	0.0001	0.052	22	0.052	22	0.051	22	22	0.05167	0.0022	32.1182
110	20.0	919.29	0.0001	0.075	25	0.075	25	0.075	26	25.3333	0.075	0.00253	31.0516
125	20.0	1196.25	0.0001	0.065	18	0.064	18	0.064	16	17.3333	0.06433	0.00173	32.2306

ตารางที่ 8 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 8

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.025	251	0.025	249	0.025	248	249.333	0.025	0.24933	23.5371
1.5	0.5	6.29	0.001	0.026	83	0.026	80	0.026	80	81	0.026	0.081	19.5958
2	0.5	11.79	0.0001	0.020	316	0.020	315	0.020	316	315.667	0.02	0.03157	18.6086
3	0.5	27.50	0.0001	0.032	168	0.032	168	0.032	165	167	0.032	0.0167	14.3516
3	2.0	3.39	0.0001	0.032	1347	0.032	1350	0.031	1349	1348.67	0.03167	0.13487	14.4378
5	2.0	16.50	0.0001	0.036	279	0.035	275	0.034	275	276.333	0.035	0.02763	13.0271
7	2.0	35.36	0.0001	0.072	246	0.071	248	0.071	249	247.667	0.07133	0.02477	12.2769
10	2.0	75.43	0.0001	0.029	48	0.029	47	0.029	48	47.6667	0.029	0.00477	12.3983
10	5.0	23.57	0.0001	0.028	150	0.028	150	0.028	152	150.667	0.028	0.01507	12.6829
15	5.0	62.86	0.0001	0.044	89	0.043	88	0.044	87	88	0.04367	0.0088	12.668
20	5.0	117.86	0.0001	0.027	30	0.026	29	0.026	29	29.3333	0.02633	0.00293	13.1287
25	5.0	188.57	0.0001	0.037	29	0.037	30	0.037	30	29.6667	0.037	0.00297	15.1196
30	5.0	275.00	0.0001	0.032	19	0.031	19	0.031	18	18.6667	0.03133	0.00187	16.383
35	5.0	377.14	0.0001	0.045	21	0.045	21	0.045	21	21	0.045	0.0021	17.5999
40	5.0	495.00	0.0001	0.089	32	0.089	32	0.088	32	32	0.08867	0.0032	17.8647
45	5.0	628.57	0.0001	0.069	21	0.070	21	0.070	21	21	0.06967	0.0021	18.9473
50	5.0	777.86	0.0001	0.070	19	0.070	19	0.069	18	18.6667	0.06967	0.00187	20.8422
50	20.0	165.00	0.0001	0.038	44	0.037	46	0.038	46	45.3333	0.03767	0.00453	19.8584
60	20.0	251.43	0.0001	0.042	35	0.042	33	0.042	34	34	0.042	0.0034	20.3539
70	20.0	353.57	0.0001	0.039	24	0.038	24	0.039	22	23.3333	0.03867	0.00233	21.3361
80	20.0	471.43	0.0001	0.034	16	0.034	15	0.034	16	15.6667	0.034	0.00157	21.7228
90	20.0	605.00	0.0001	0.056	23	0.059	23	0.062	23	23	0.059	0.0023	23.5847
100	20.0	754.29	0.0001	0.055	17	0.056	16	0.056	16	16.3333	0.05567	0.00163	22.1319
110	20.0	919.29	0.0001	0.058	12	0.058	14	0.058	13	13	0.058	0.0013	20.6048
125	20.0	1196.25	0.0001	0.062	11	0.062	10	0.062	11	10.6667	0.062	0.00107	20.5806

ตารางที่ 9 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 9

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.031	621	0.031	622	0.031	623	622	0.031	0.622	47.3523
1.5	0.5	6.29	0.001	0.019	94	0.018	93	0.018	92	93	0.01833	0.093	31.9075
2	0.5	11.79	0.001	0.028	60	0.028	60	0.028	60	60	0.028	0.06	25.2643
3	0.5	27.50	0.0001	0.028	218	0.028	220	0.027	218	218.667	0.02767	0.02187	21.7349
3	2.0	3.39	0.001	0.027	237	0.028	238	0.027	239	238	0.02733	0.238	29.5178
5	2.0	16.50	0.001	0.025	27	0.025	27	0.025	27	27	0.025	0.027	17.82
7	2.0	35.36	0.0001	0.022	108	0.022	109	0.021	108	108.333	0.02167	0.01083	17.68
10	2.0	75.43	0.0001	0.037	87	0.036	87	0.037	88	87.3333	0.03667	0.00873	17.9661
10	5.0	23.57	0.0001	0.036	266	0.036	269	0.036	267	267.333	0.036	0.02673	17.5029
15	5.0	62.86	0.0001	0.032	98	0.032	99	0.031	95	97.3333	0.03167	0.00973	19.3212
20	5.0	117.86	0.0001	0.034	61	0.032	60	0.033	60	60.3333	0.033	0.00603	21.5481
25	5.0	188.57	0.0001	0.025	34	0.025	33	0.024	32	33	0.02467	0.0033	25.2276
30	5.0	275.00	0.0001	0.076	70	0.076	70	0.076	72	70.6667	0.076	0.00707	25.5702
35	5.0	377.14	0.0001	0.036	26	0.035	26	0.036	25	25.6667	0.03567	0.00257	27.14
40	5.0	495.00	0.0001	0.021	13	0.021	11	0.021	14	12.6667	0.021	0.00127	29.8571
45	5.0	628.57	0.0001	0.035	17	0.034	15	0.033	17	16.3333	0.034	0.00163	30.196
50	5.0	777.86	0.0001	0.062	23	0.060	24	0.059	23	23.3333	0.06033	0.00233	30.083
50	20.0	165.00	0.0001	0.061	97	0.059	98	0.059	100	98.3333	0.05967	0.00983	27.1927
60	20.0	251.43	0.0001	0.055	66	0.054	64	0.052	63	64.3333	0.05367	0.00643	30.1404
70	20.0	353.57	0.0001	0.044	38	0.043	38	0.044	38	38	0.04367	0.0038	30.7687
80	20.0	471.43	0.0001	0.041	27	0.041	28	0.041	28	27.6667	0.041	0.00277	31.8119
90	20.0	605.00	0.0001	0.039	19	0.038	19	0.039	20	19.3333	0.03867	0.00193	30.25
100	20.0	754.29	0.0001	0.056	21	0.055	22	0.055	22	21.6667	0.05533	0.00217	29.5355
110	20.0	919.29	0.0001	0.037	12	0.036	12	0.035	12	12	0.036	0.0012	30.643

ตารางที่ 10 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 10

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.022	695	0.022	693	0.022	693	693.667	0.022	0.69367	74.4115
1.5	0.5	6.29	0.001	0.024	289	0.024	285	0.023	284	286	0.02367	0.286	76.0115
2	0.5	11.79	0.001	0.021	140	0.020	139	0.021	150	143	0.02067	0.143	81.5792
3	0.5	27.50	0.001	0.018	47	0.018	46	0.018	46	46.3333	0.018	0.04633	70.787
3	2.0	3.39	0.001	0.018	352	0.018	355	0.018	355	354	0.018	0.354	66.67
5	2.0	16.50	0.001	0.024	90	0.024	87	0.023	87	88	0.02367	0.088	61.3521
7	2.0	35.36	0.001	0.021	22	0.020	22	0.020	22	22	0.02033	0.022	38.2584
10	2.0	75.43	0.0001	0.020	72	0.020	71	0.020	71	71.3333	0.02	0.00713	26.9034
10	5.0	23.57	0.0001	0.014	211	0.014	216	0.014	213	213.333	0.014	0.02133	35.9162
15	5.0	62.86	0.0001	0.023	70	0.022	69	0.022	68	69	0.02233	0.0069	19.4209
20	5.0	117.86	0.0001	0.024	40	0.024	41	0.022	41	40.6667	0.02333	0.00407	20.5413
25	5.0	188.57	0.0001	0.019	25	0.018	24	0.019	23	24	0.01867	0.0024	24.2447
30	5.0	275.00	0.0001	0.026	25	0.025	24	0.025	24	24.3333	0.02533	0.00243	26.4145
35	5.0	377.14	0.0001	0.025	19	0.024	19	0.024	18	18.6667	0.02433	0.00187	28.9313
40	5.0	495.00	0.0001	0.052	30	0.053	31	0.052	32	31	0.05233	0.0031	29.3217
45	5.0	628.57	0.0001	0.033	17	0.033	17	0.033	17	17	0.033	0.0017	32.3809
50	5.0	777.86	0.0001	0.062	25	0.060	25	0.060	24	24.6667	0.06067	0.00247	31.6273
50	20.0	165.00	0.0001	0.030	49	0.030	49	0.030	48	48.6667	0.03	0.00487	26.7667
60	20.0	251.43	0.0001	0.019	21	0.019	23	0.019	21	21.6667	0.019	0.00217	28.6718
70	20.0	353.57	0.0001	0.024	20	0.023	19	0.023	20	19.6667	0.02333	0.00197	29.8009
80	20.0	471.43	0.0001	0.030	19	0.029	18	0.029	19	18.6667	0.02933	0.00187	30.0001
90	20.0	605.00	0.0001	0.059	28	0.054	25	0.057	26	26.3333	0.05667	0.00263	28.1147
100	20.0	754.29	0.0001	0.062	23	0.061	23	0.062	22	22.6667	0.06167	0.00227	27.7253
110	20.0	919.29	0.0001	0.094	28	0.094	27	0.093	28	27.6667	0.09367	0.00277	27.1534

ตารางที่ 11 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 11

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.016	240	0.015	235	0.015	233	236	0.01533	0.236	36.3235
1.5	0.5	6.29	0.001	0.012	61	0.012	60	0.012	60	60.3333	0.012	0.06033	31.6247
2	0.5	11.79	0.0001	0.011	253	0.011	246	0.011	240	246.333	0.011	0.02463	26.4025
3	0.5	27.50	0.0001	0.022	169	0.021	163	0.021	160	164	0.02133	0.0164	21.1406
3	2.0	3.39	0.0001	0.013	918	0.012	914	0.013	907	913	0.01267	0.0913	24.4348
5	2.0	16.50	0.0001	0.019	242	0.019	244	0.019	245	243.667	0.019	0.02437	21.1605
7	2.0	35.36	0.0001	0.024	131	0.024	131	0.023	128	130	0.02367	0.013	19.4231
10	2.0	75.43	0.0001	0.019	52	0.019	52	0.019	50	51.3333	0.019	0.00513	20.3793
10	5.0	23.57	0.0001	0.019	186	0.019	185	0.019	185	185.333	0.019	0.01853	22.9911
15	5.0	62.86	0.0001	0.020	84	0.020	83	0.020	85	84	0.02	0.0084	26.4012
20	5.0	117.86	0.0001	0.021	57	0.021	54	0.020	54	55	0.02067	0.0055	31.366
25	5.0	188.57	0.0001	0.038	75	0.038	75	0.037	73	74.3333	0.03767	0.00743	37.2134
30	5.0	275.00	0.0001	0.034	54	0.033	55	0.033	52	53.6667	0.03333	0.00537	44.275
35	5.0	377.14	0.0001	0.028	39	0.029	41	0.029	39	39.6667	0.02867	0.00397	52.1857
40	5.0	495.00	0.0001	0.028	32	0.028	33	0.028	32	32.3333	0.028	0.00323	57.1607
45	5.0	628.57	0.0001	0.035	36	0.034	36	0.034	34	35.3333	0.03433	0.00353	64.6878
50	5.0	777.86	0.0001	0.044	40	0.043	41	0.043	39	40	0.04333	0.004	71.8025
50	20.0	165.00	0.0001	0.012	56	0.012	55	0.012	55	55.3333	0.012	0.00553	76.0833
60	20.0	251.43	0.0001	0.018	59	0.017	57	0.017	56	57.3333	0.01733	0.00573	83.1653
70	20.0	353.57	0.0001	0.014	35	0.014	34	0.014	35	34.6667	0.014	0.00347	87.5507
80	20.0	471.43	0.0001	0.011	19	0.011	19	0.011	19	19	0.011	0.0019	81.4288
90	20.0	605.00	0.0001	0.011	14	0.010	14	0.010	15	14.3333	0.01033	0.00143	83.9194
100	20.0	754.29	0.0001	0.012	13	0.012	13	0.011	13	13	0.01167	0.0013	84.0495
110	20.0	919.29	0.0001	0.017	14	0.017	13	0.016	13	13.3333	0.01667	0.00133	73.5432
125	20.0	1196.25	0.0001	0.021	12	0.021	13	0.020	13	12.6667	0.02067	0.00127	73.3185

ตารางที่ 12 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 12

AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.040	793	0.040	795	0.039	795	794.333	0.03967	0.79433	47.2595
1.5	0.5	6.29	0.001	0.026	133	0.026	133	0.026	134	133.333	0.026	0.13333	32.2564
2	0.5	11.79	0.001	0.023	63	0.023	63	0.023	63	63	0.023	0.063	32.2943
3	0.5	27.50	0.001	0.033	36	0.033	35	0.032	35	35.3333	0.03267	0.03533	29.7449
3	2.0	3.39	0.001	0.032	255	0.033	255	0.032	252	254	0.03233	0.254	26.6307
5	2.0	16.50	0.001	0.031	51	0.030	50	0.030	50	50.3333	0.03033	0.05033	27.3791
7	2.0	35.36	0.001	0.029	27	0.029	27	0.029	27	27	0.029	0.027	32.9214
10	2.0	75.43	0.0001	0.034	179	0.033	179	0.033	178	178.667	0.03333	0.01787	40.4305
10	5.0	23.57	0.0001	0.033	537	0.033	540	0.033	538	538.333	0.033	0.05383	38.4501
15	5.0	62.86	0.0001	0.030	256	0.029	254	0.029	254	254.667	0.02933	0.02547	54.5739
20	5.0	117.86	0.0001	0.032	180	0.031	177	0.033	176	177.667	0.03203	0.01777	65.3688
25	5.0	188.57	0.0001	0.031	129	0.029	125	0.030	129	127.667	0.03	0.01277	80.247
30	5.0	275.00	0.0001	0.028	87	0.028	86	0.027	87	86.6667	0.02767	0.00867	86.1446
35	5.0	377.14	0.0001	0.030	77	0.030	76	0.030	78	77	0.03	0.0077	96.7993
40	5.0	495.00	0.0001	0.024	48	0.024	48	0.024	46	47.3333	0.024	0.00473	97.625
45	5.0	628.57	0.0001	0.030	46	0.030	49	0.030	48	47.6667	0.03	0.00477	99.8728
50	5.0	777.86	0.0001	0.032	40	0.032	39	0.031	40	39.6667	0.03167	0.00397	97.4372
50	20.0	165.00	0.0001	0.032	183	0.032	182	0.032	183	182.667	0.032	0.01827	94.1875
60	20.0	251.43	0.0001	0.049	184	0.047	182	0.048	183	183	0.048	0.0183	95.8577
70	20.0	353.57	0.0001	0.033	89	0.033	88	0.033	89	88.6667	0.033	0.00887	94.9996
80	20.0	471.43	0.0001	0.028	50	0.027	48	0.027	48	48.6667	0.02733	0.00487	83.9375
90	20.0	605.00	0.0001	0.042	52	0.041	51	0.040	50	51	0.041	0.0051	75.2561
100	20.0	754.29	0.0001	0.027	25	0.027	24	0.027	24	24.3333	0.027	0.00243	67.9792
110	20.0	919.29	0.0001	0.025	17	0.025	17	0.024	17	17	0.02467	0.0017	63.3565
125	20.0	1196.25	0.0001	0.039	21	0.038	19	0.039	21	20.3333	0.03867	0.00203	62.9063

ตารางที่ 13 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 13

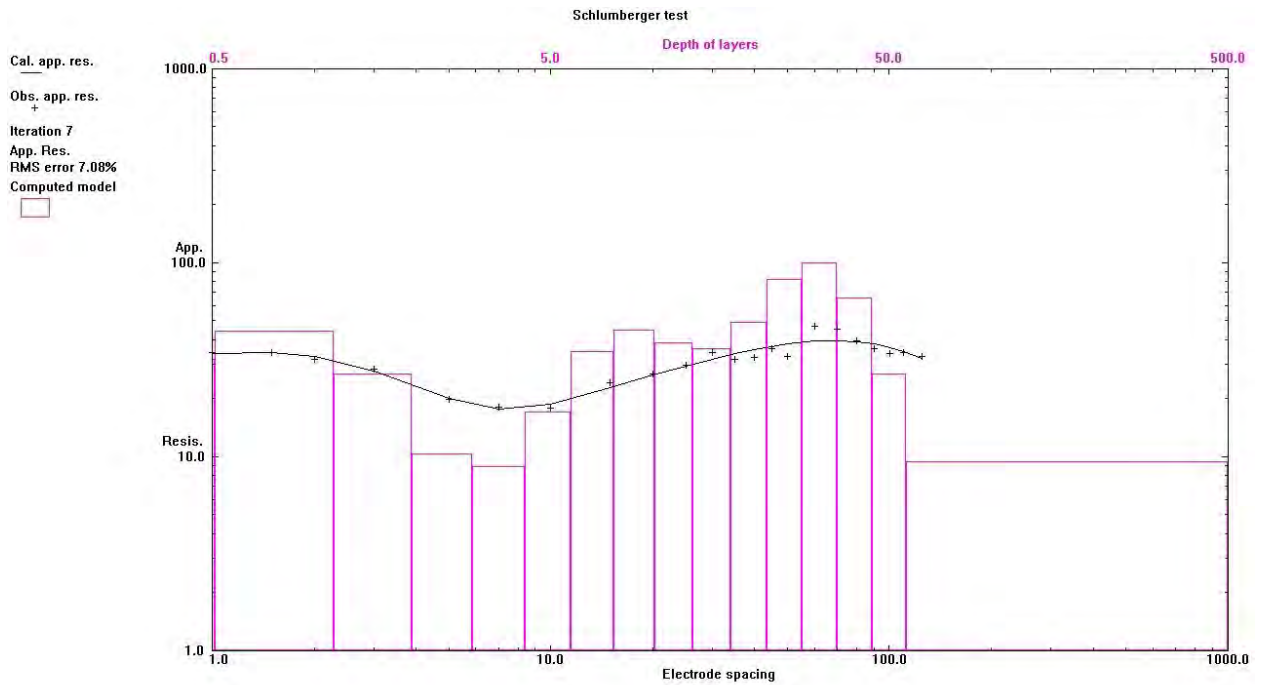
AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.027	437	0.027	435	0.027	435	435.667	0.027	0.43567	38.0805
1.5	0.5	6.29	0.001	0.023	90	0.023	90	0.023	90	90	0.023	0.09	24.613
2	0.5	11.79	0.001	0.030	56	0.030	56	0.029	55	55.6667	0.02967	0.05567	22.1228
3	0.5	27.50	0.001	0.018	13	0.018	13	0.018	12	12.6667	0.018	0.01267	19.3519
3	2.0	3.39	0.001	0.022	138	0.022	137	0.022	137	137.333	0.022	0.13733	21.1618
5	2.0	16.50	0.001	0.026	29	0.025	29	0.026	28	28.6667	0.02567	0.02867	18.4286
7	2.0	35.36	0.0001	0.025	122	0.026	123	0.026	123	122.667	0.02567	0.01227	16.8993
10	2.0	75.43	0.0001	0.028	63	0.028	64	0.028	62	63	0.028	0.0063	16.9718
10	5.0	23.57	0.0001	0.028	218	0.028	217	0.028	215	216.667	0.028	0.02167	18.2387
15	5.0	62.86	0.0001	0.030	97	0.030	96	0.030	96	96.3333	0.03	0.00963	20.185
20	5.0	117.86	0.0001	0.029	59	0.030	60	0.029	60	59.6667	0.02933	0.00597	23.9738
25	5.0	188.57	0.0001	0.037	60	0.037	60	0.037	61	60.3333	0.037	0.00603	30.7488
30	5.0	275.00	0.0001	0.028	35	0.029	37	0.029	36	36	0.02867	0.0036	34.5349
35	5.0	377.14	0.0001	0.023	23	0.023	24	0.023	23	23.3333	0.023	0.00233	38.2606
40	5.0	495.00	0.0001	0.025	22	0.025	20	0.025	21	21	0.025	0.0021	41.58
45	5.0	628.57	0.0001	0.025	19	0.025	18	0.025	17	18	0.025	0.0018	45.257
50	5.0	777.86	0.0001	0.025	15	0.025	17	0.025	15	15.6667	0.025	0.00157	48.7459
50	20.0	165.00	0.0001	0.025	67	0.025	67	0.025	66	66.6667	0.025	0.00667	44
60	20.0	251.43	0.0001	0.019	38	0.019	37	0.019	38	37.6667	0.019	0.00377	49.8449
70	20.0	353.57	0.0001	0.024	35	0.024	34	0.023	34	34.3333	0.02367	0.00343	51.2925
80	20.0	471.43	0.0001	0.024	26	0.024	26	0.023	26	26	0.02367	0.0026	51.7909
90	20.0	605.00	0.0001	0.025	21	0.025	20	0.025	21	20.6667	0.025	0.00207	50.0133
100	20.0	754.29	0.0001	0.019	12	0.018	13	0.018	12	12.3333	0.01833	0.00123	50.7431
110	20.0	919.29	0.0001	0.029	15	0.027	13	0.026	14	14	0.02733	0.0014	47.0856
125	20.0	1196.25	0.0001	0.032	12	0.037	15	0.033	12	13	0.034	0.0013	45.739

ตารางที่ 14 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 14

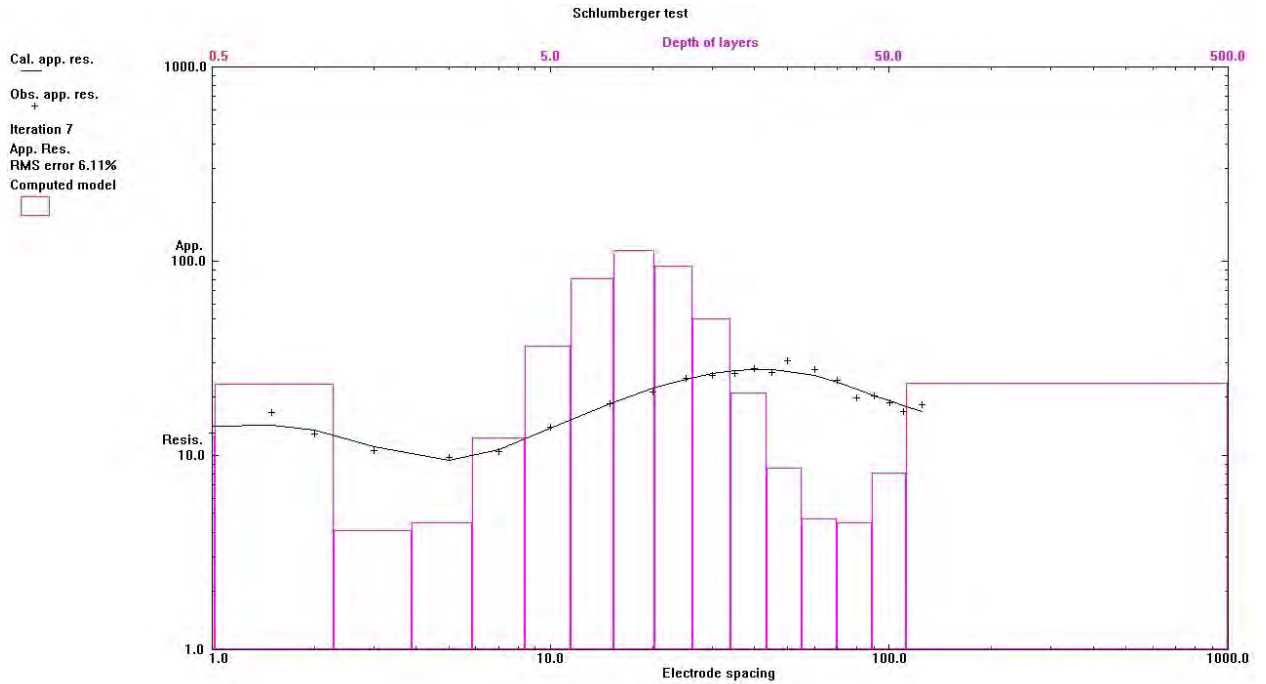
AB/2	MN/2	k	range	l1	V1	l2	V2	l3	V3	V (avg)	l (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.016	418	0.016	418	0.016	420	418.667	0.016	0.41867	61.7533
1.5	0.5	6.29	0.001	0.010	79	0.010	76	0.010	77	77.3333	0.01	0.07733	48.6427
2	0.5	11.79	0.001	0.016	46	0.016	46	0.016	46	46	0.016	0.046	33.8963
3	0.5	27.50	0.0001	0.021	233	0.021	232	0.021	232	232.333	0.021	0.02323	30.4246
3	2.0	3.39	0.001	0.021	217	0.021	217	0.021	217	217	0.021	0.217	35.03
5	2.0	16.50	0.0001	0.014	284	0.014	280	0.014	283	282.333	0.014	0.02823	33.275
7	2.0	35.36	0.0001	0.065	438	0.065	437	0.065	436	437	0.065	0.0437	23.7728
10	2.0	75.43	0.0001	0.050	135	0.050	135	0.049	135	135	0.04967	0.0135	20.5028
10	5.0	23.57	0.0001	0.050	476	0.050	477	0.050	477	476.667	0.05	0.04767	22.4701
15	5.0	62.86	0.0001	0.048	155	0.048	156	0.047	156	155.667	0.04767	0.01557	20.5284
20	5.0	117.86	0.0001	0.014	30	0.014	29	0.014	31	30	0.014	0.003	25.2557
25	5.0	188.57	0.0001	0.049	76	0.049	78	0.049	76	76.6667	0.049	0.00767	29.5041
30	5.0	275.00	0.0001	0.025	29	0.025	29	0.025	28	28.6667	0.025	0.00287	31.5333
35	5.0	377.14	0.0001	0.036	31	0.036	33	0.037	31	31.6667	0.03633	0.00317	32.87
40	5.0	495.00	0.0001	0.025	18	0.024	17	0.024	17	17.3333	0.02433	0.00173	35.2603
45	5.0	628.57	0.0001	0.060	36	0.060	33	0.059	34	34.3333	0.05967	0.00343	36.1691
50	5.0	777.86	0.0001	0.025	13	0.025	12	0.024	13	12.6667	0.02467	0.00127	39.9442
50	20.0	165.00	0.0001	0.024	55	0.025	55	0.024	55	55	0.02433	0.0055	37.2945
60	20.0	251.43	0.0001	0.051	74	0.051	77	0.051	75	75.3333	0.051	0.00753	37.1393
70	20.0	353.57	0.0001	0.024	24	0.023	26	0.024	24	24.6667	0.02367	0.00247	36.851
80	20.0	471.43	0.0001	0.044	24	0.043	36	0.043	33	31	0.04333	0.0031	33.7254
90	20.0	605.00	0.0001	0.034	20	0.033	20	0.032	19	19.6667	0.033	0.00197	36.0556
100	20.0	754.29	0.0001	0.053	24	0.052	24	0.051	25	24.3333	0.052	0.00243	35.2969
110	20.0	919.29	0.0001	0.043	16	0.042	16	0.042	17	16.3333	0.04233	0.00163	35.4687
125	20.0	1196.25	0.0001	0.071	19	0.068	18	0.066	19	18.6667	0.06833	0.00187	32.678

ตารางที่ 15 แสดงข้อมูลภาคสนาม ณ ตำแหน่งศึกษาที่ 15

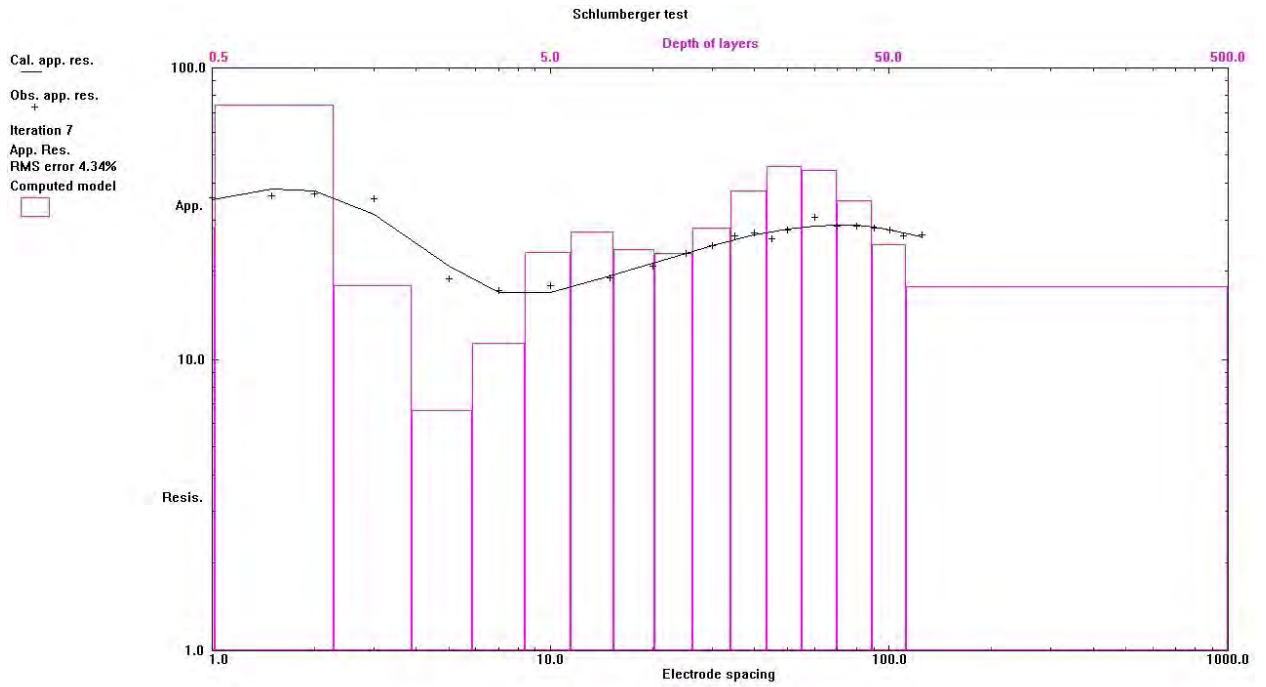
AB/2	MN/2	k	range	I1	V1	I2	V2	I3	V3	V (avg)	I (avg)	V x range	RES
1	0.5	2.36	0.001	0.015	550	0.014	548	0.014	545	547.667	0.01433	0.54767	90.174
1.5	0.5	6.29	0.001	0.036	169	0.036	168	0.036	168	168.333	0.036	0.16833	29.4116
2	0.5	11.79	0.0001	0.021	319	0.021	317	0.022	318	318	0.02133	0.0318	17.5745
3	0.5	27.50	0.0001	0.038	214	0.038	214	0.038	215	214.333	0.038	0.02143	15.511
3	2.0	3.39	0.0001	0.038	1560	0.037	1565	0.037	1563	1562.67	0.03733	0.15627	14.1896
5	2.0	16.50	0.0001	0.069	730	0.069	734	0.068	732	732	0.06867	0.0732	17.5893
7	2.0	35.36	0.0001	0.055	316	0.055	319	0.056	321	318.667	0.05533	0.03187	20.364
10	2.0	75.43	0.0001	0.061	181	0.061	181	0.061	181	181	0.061	0.0181	22.3817
10	5.0	23.57	0.0001	0.062	542	0.062	544	0.061	547	544.333	0.06167	0.05443	20.8053
15	5.0	62.86	0.0001	0.074	251	0.075	253	0.074	253	252.333	0.07433	0.02523	21.3386
20	5.0	117.86	0.0001	0.058	104	0.057	106	0.055	102	104	0.05667	0.0104	21.6308
25	5.0	188.57	0.0001	0.064	73	0.064	74	0.064	74	73.6667	0.064	0.00737	21.7052
30	5.0	275.00	0.0001	0.090	63	0.090	67	0.089	65	65	0.08967	0.0065	19.9349
35	5.0	377.14	0.0001	0.072	39	0.072	40	0.072	39	39.3333	0.072	0.00393	20.603
40	5.0	495.00	0.0001	0.056	25	0.056	24	0.055	24	24.3333	0.05567	0.00243	21.6377
45	5.0	628.57	0.0001	0.058	20	0.057	20	0.057	19	19.6667	0.05733	0.00197	21.5614
50	5.0	777.86	0.0001	0.050	14	0.049	12	0.049	13	13	0.04933	0.0013	20.4977
50	20.0	165.00	0.0001	0.051	55	0.050	58	0.050	58	57	0.05033	0.0057	18.6854
60	20.0	251.43	0.0001	0.072	55	0.071	55	0.071	55	55	0.07133	0.0055	19.386
70	20.0	353.57	0.0001	0.081	45	0.080	45	0.080	47	45.6667	0.08033	0.00457	20.0992
80	20.0	471.43	0.0001	0.035	15	0.035	16	0.035	15	15.3333	0.035	0.00153	20.6531
90	20.0	605.00	0.0001	0.051	19	0.051	19	0.051	19	19	0.051	0.0019	22.5392
100	20.0	754.29	0.0001	0.045	12	0.046	13	0.046	13	12.6667	0.04567	0.00127	20.9219
110	20.0	919.29	0.0001	0.062	15	0.061	14	0.061	15	14.6667	0.06133	0.00147	21.983
125	20.0	1196.25	0.0001	0.083	15	0.087	16	0.087	16	15.6667	0.08567	0.00157	21.8769



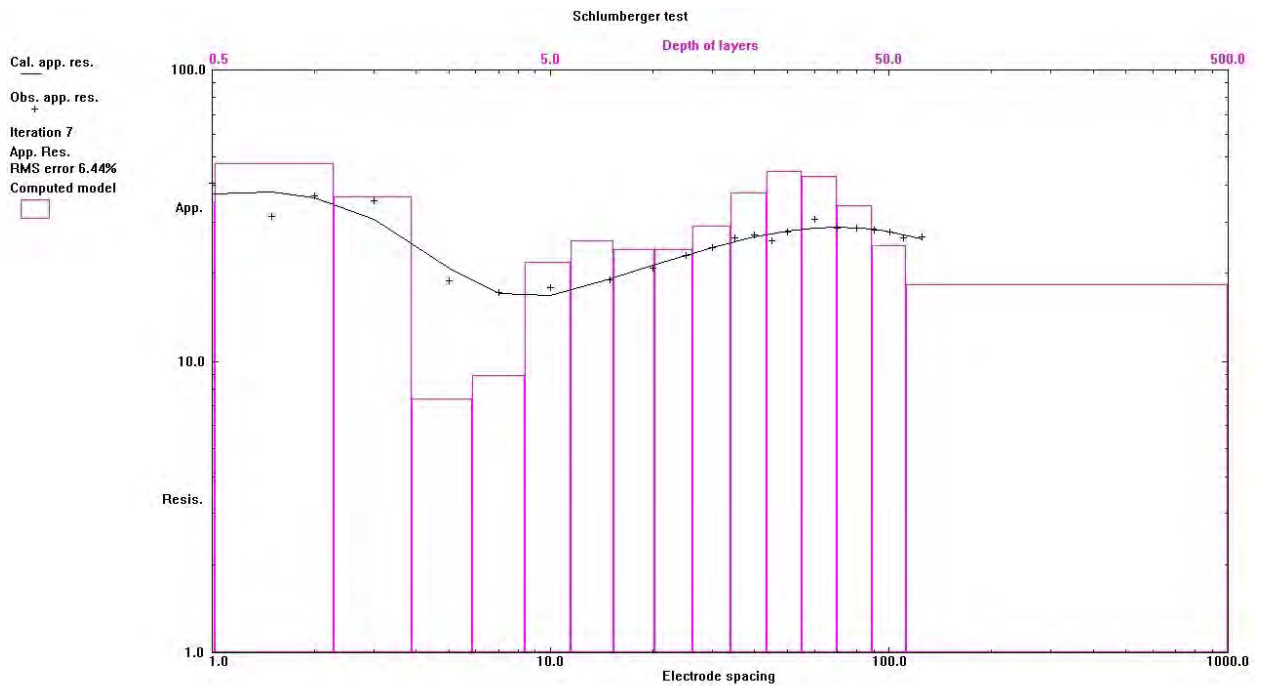
รูปที่ 1 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 1 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



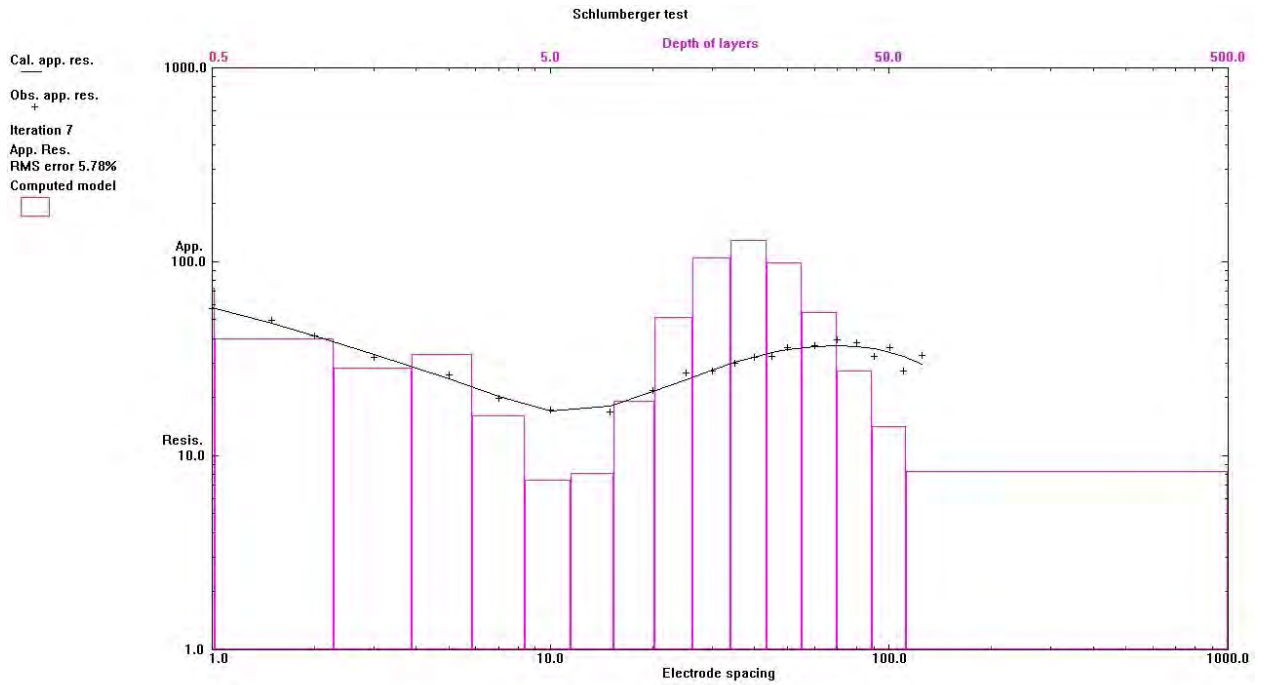
รูปที่ 2 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 2 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



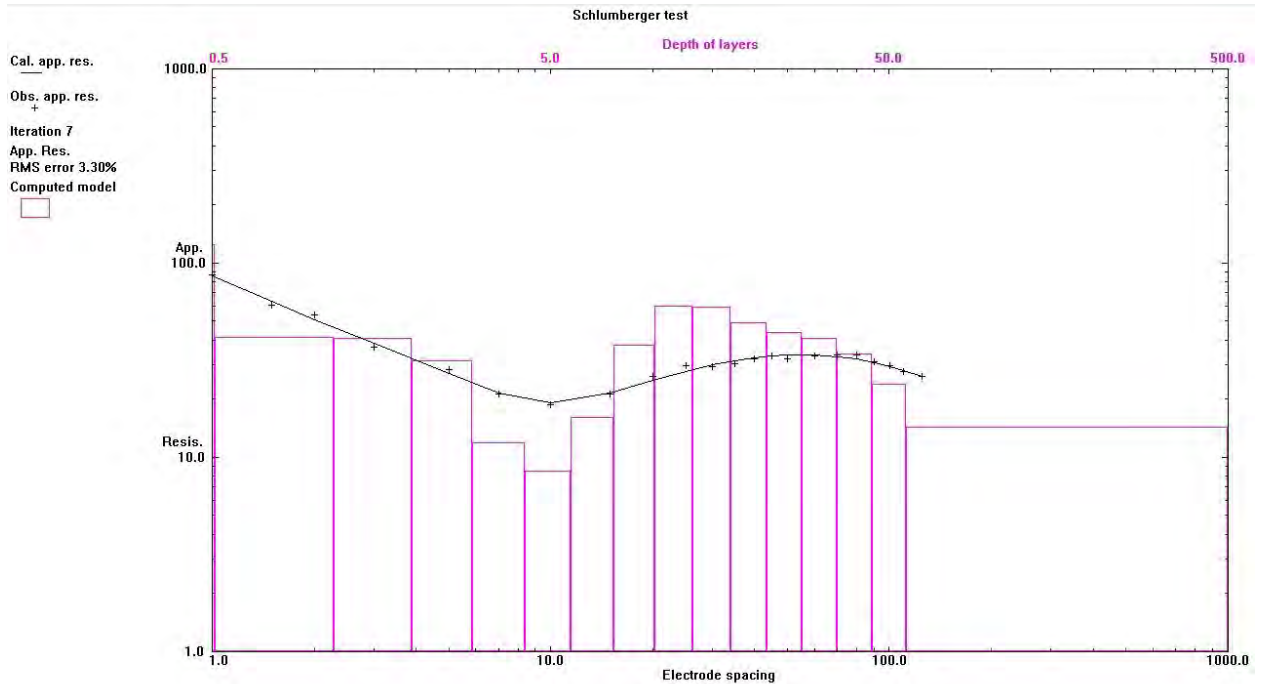
รูปที่ 3 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 3 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



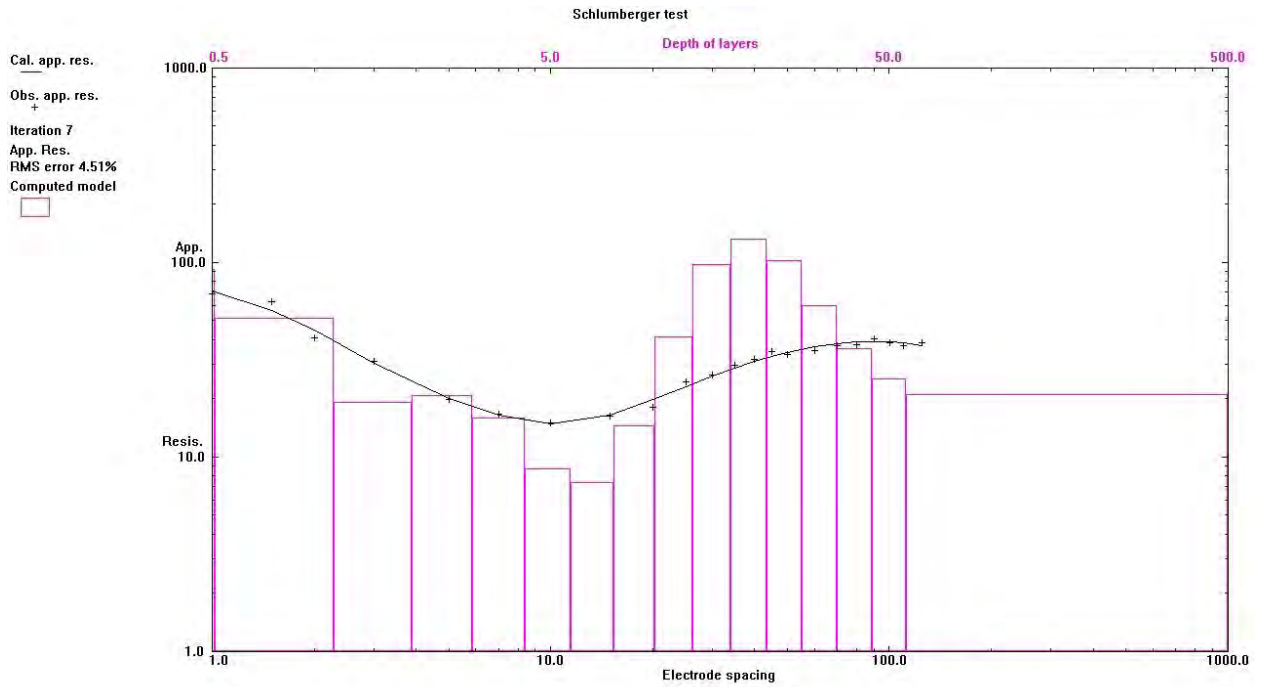
รูปที่ 4 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 4 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



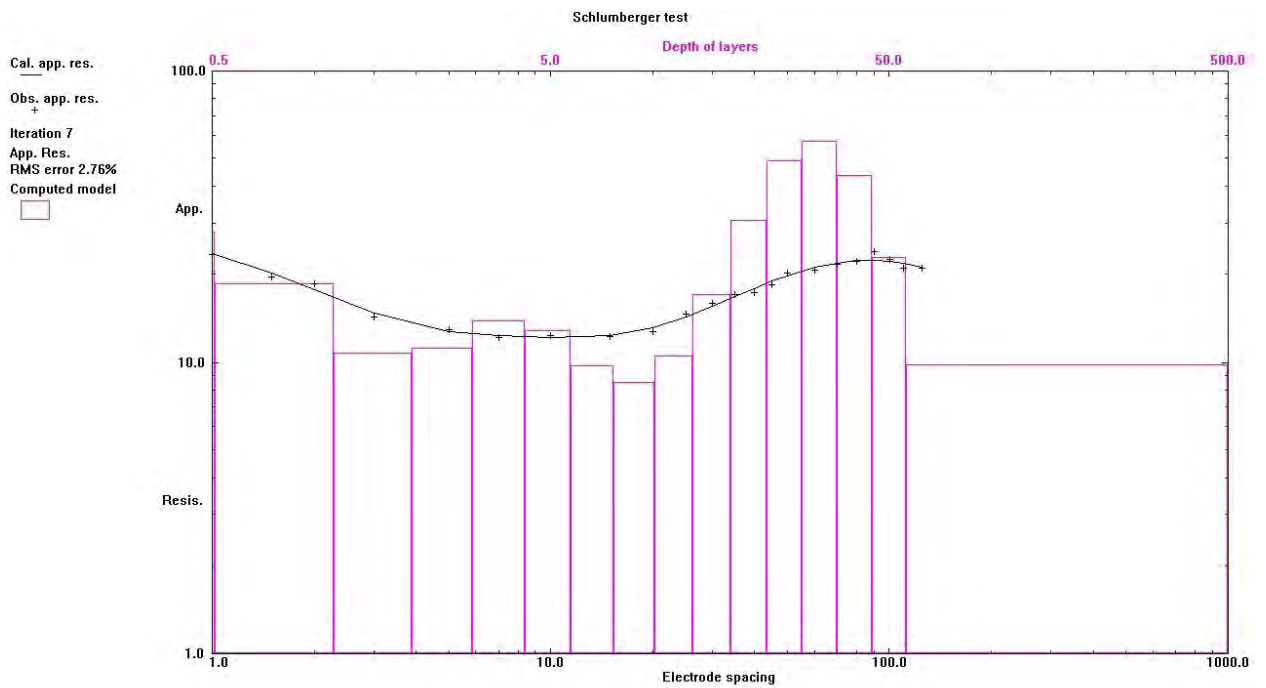
รูปที่ 5 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 5 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



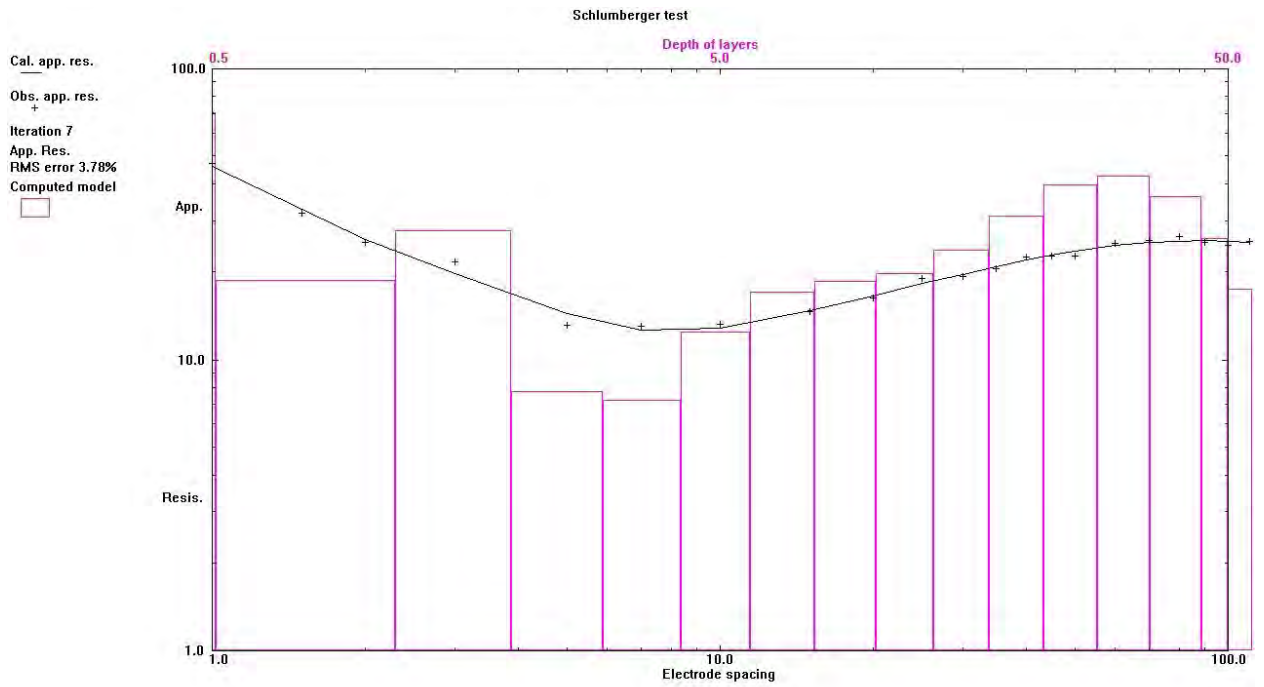
รูปที่ 6 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 6 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



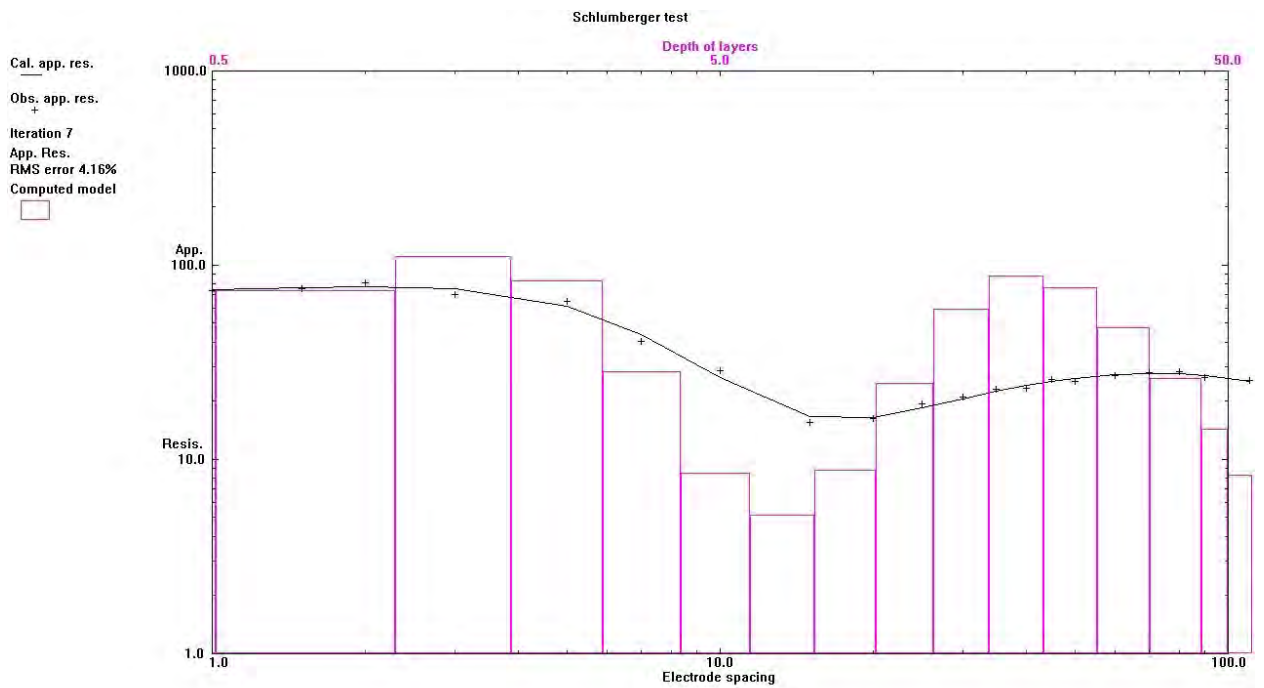
รูปที่ 7 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 7 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



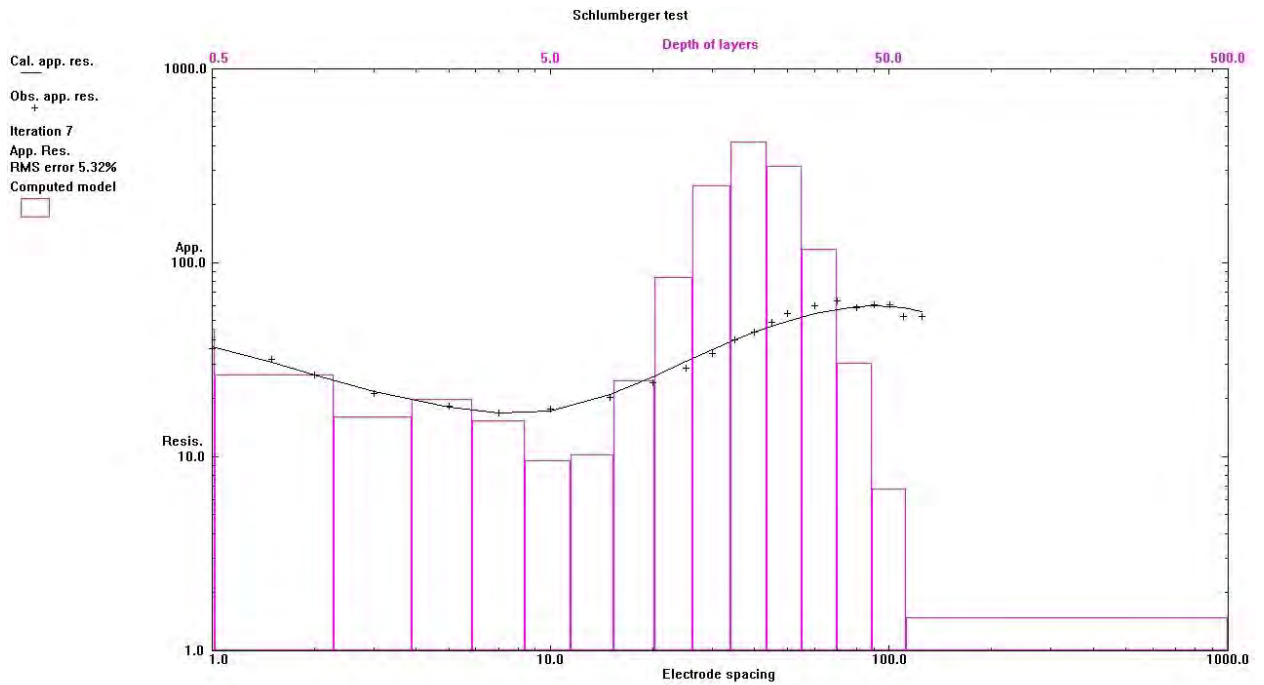
รูปที่ 8 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 8 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



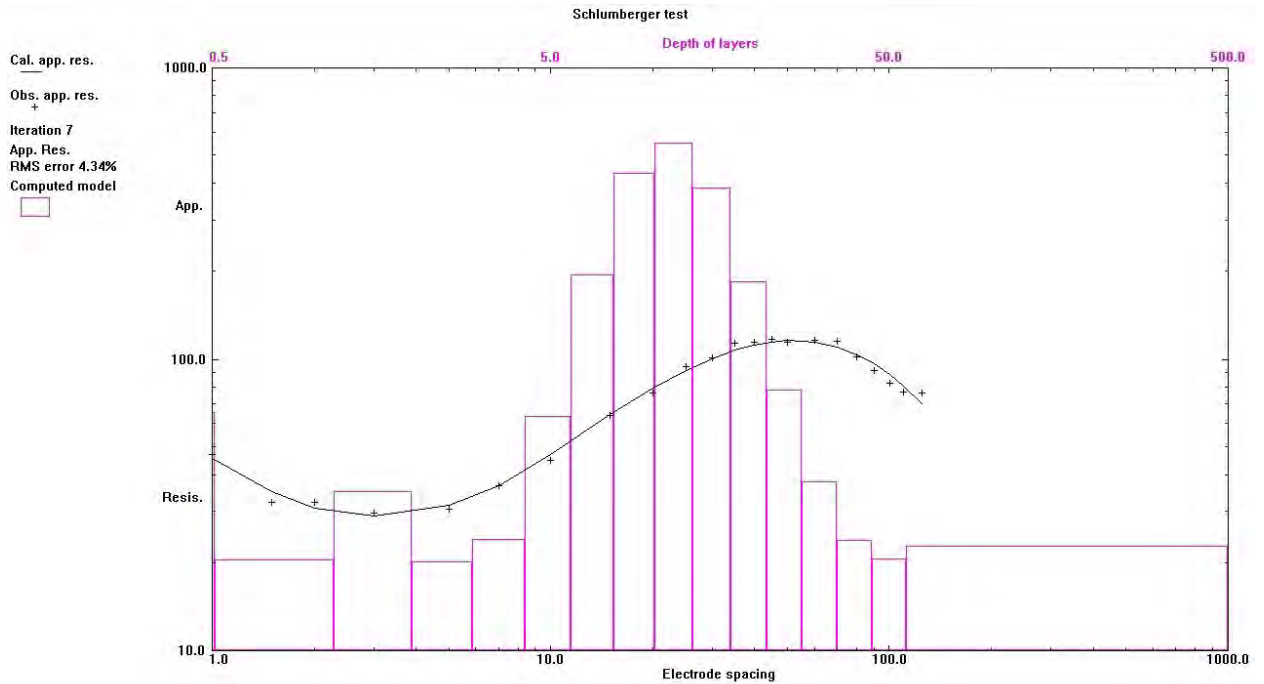
รูปที่ 9 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 9 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



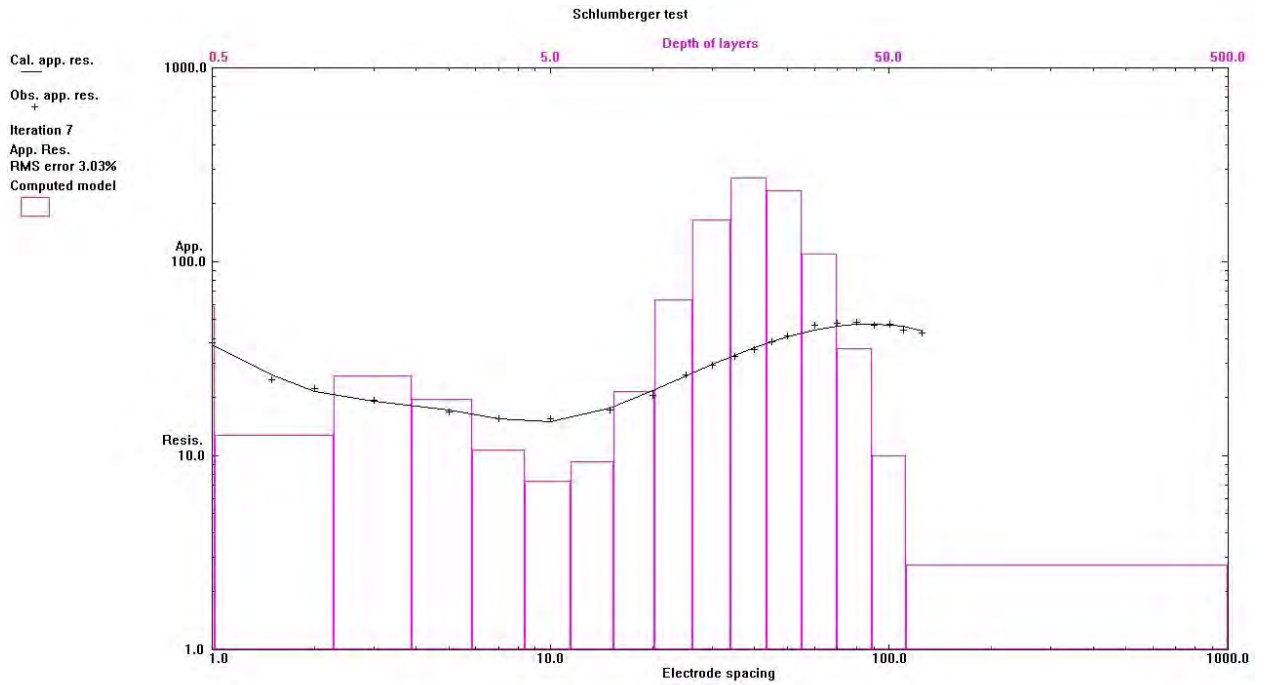
รูปที่ 10 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 10 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



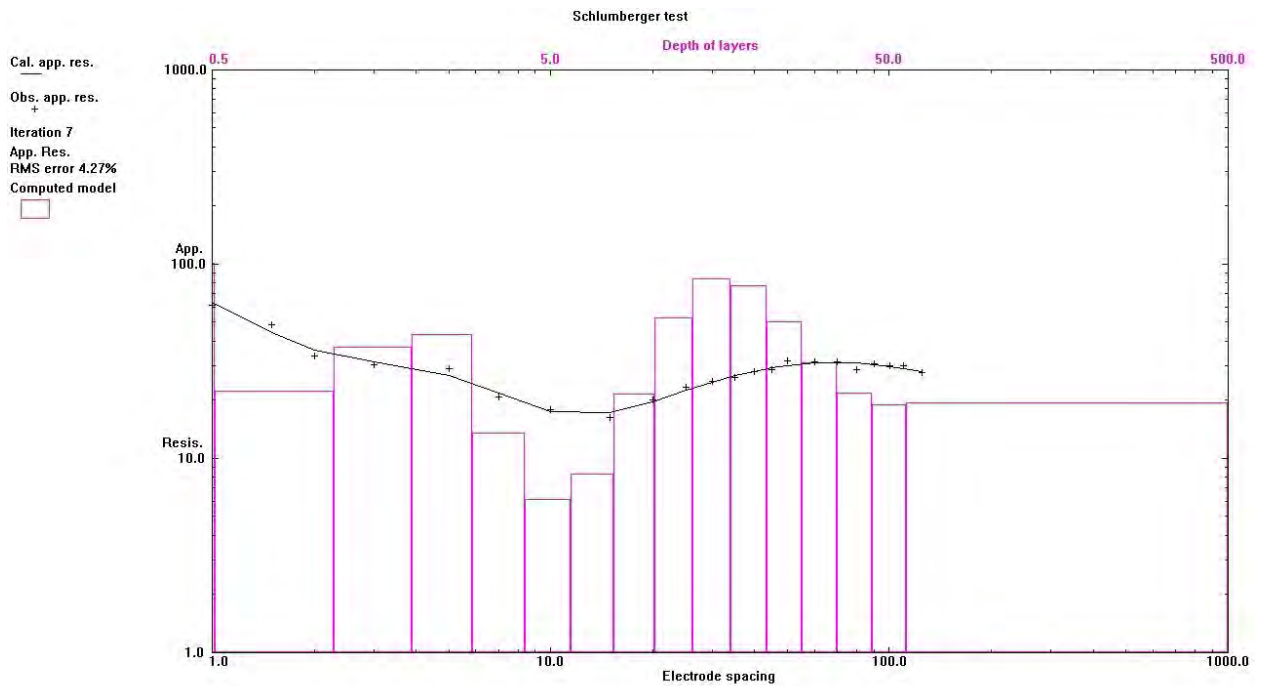
รูปที่ 11 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 11 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



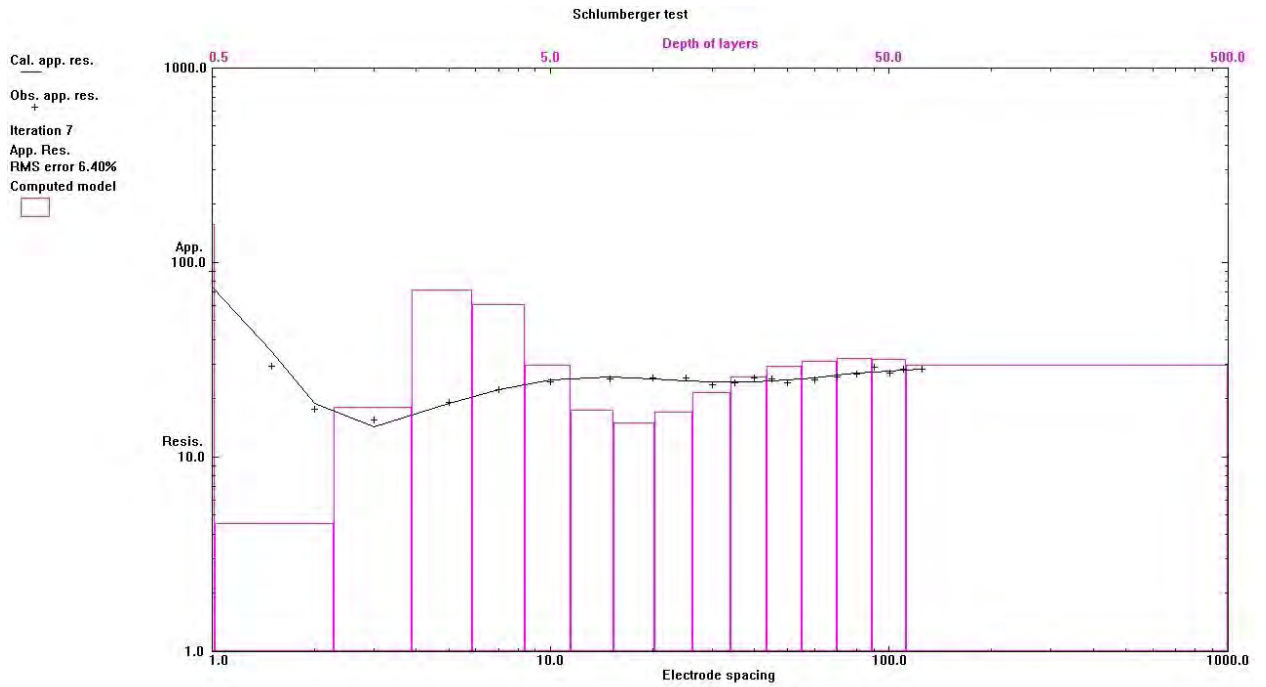
รูปที่ 12 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 12 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



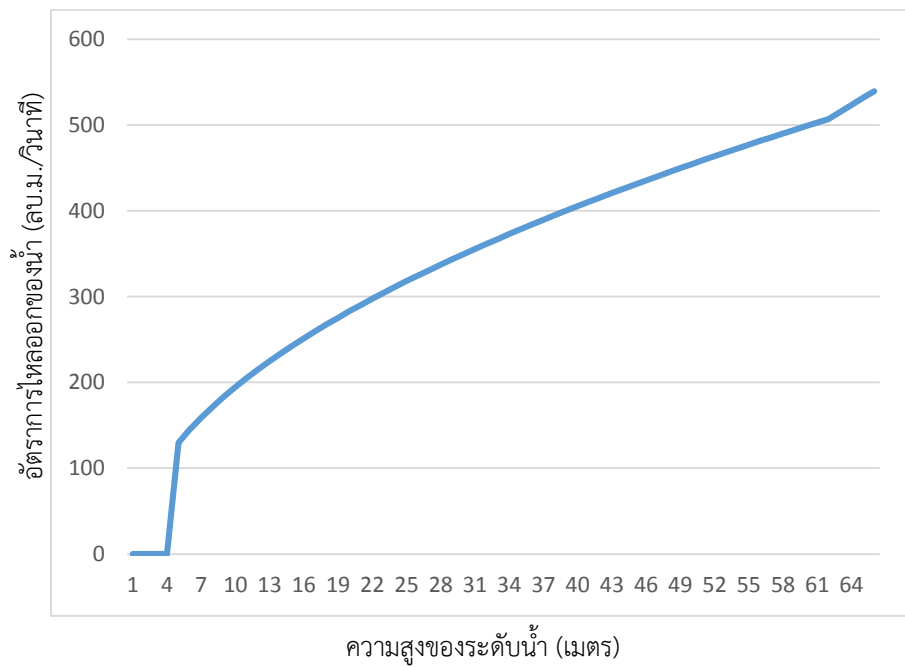
รูปที่ 13 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 13 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



รูปที่ 14 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 14 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



รูปที่ 15 กราฟค่าความต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่ 15 จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม RES1D



รูปที่ 16 กราฟ storage function ของพื้นที่หนองน้ำ

ตารางที่ 16 แสดงค่า storage function ของพื้นที่หนองน้ำ

H(m)	S (m ³)	Q (m ³ /s)	G (m ³ /s)	H(m)	S (m ³)	Q (m ³ /s)	G (m ³ /s)
0	0	0	0	16	288000000	367.1834	160367.2
0.5	9000000	0	5000	16.5	297000000	372.8765	165372.9
1	18000000	0	10000	17	306000000	378.484	170378.5
1.5	27000000	0	15000	17.5	315000000	384.0096	175384
2	36000000	129.8189	20129.82	18	324000000	389.4568	180389.5
2.5	45000000	145.142	25145.14	18.5	333000000	394.8289	185394.8
3	54000000	158.9951	30159	19	342000000	400.1289	190400.1
3.5	63000000	171.7343	35171.73	19.5	351000000	405.3595	195405.4
4	72000000	183.5917	40183.59	20	360000000	410.5236	200410.5
4.5	81000000	194.7284	45194.73	20.5	369000000	415.6234	205415.6
5	90000000	205.2618	50205.26	21	378000000	420.6615	210420.7
5.5	99000000	215.2804	55215.28	21.5	387000000	425.6399	215425.6
6	108000000	224.853	60224.85	22	396000000	430.5607	220430.6
6.5	117000000	234.0344	65234.03	22.5	405000000	435.426	225435.4
7	126000000	242.869	70242.87	23	414000000	440.2375	230440.2
7.5	135000000	251.3933	75251.39	23.5	423000000	444.9969	235445
8	144000000	259.6379	80259.64	24	432000000	449.706	240449.7
8.5	153000000	267.6286	85267.63	24.5	441000000	454.3663	245454.4
9	162000000	275.3876	90275.39	25	450000000	458.9793	250459
9.5	171000000	282.9338	95282.93	25.5	459000000	463.5464	255463.5
10	180000000	290.284	100290.3	26	468000000	468.0689	260468.1
10.5	189000000	297.4526	105297.5	26.5	477000000	472.5481	265472.5
11	198000000	304.4524	110304.5	27	486000000	476.9853	270477
11.5	207000000	311.2949	115311.3	27.5	495000000	481.3815	275481.4
12	216000000	317.9902	120318	28	504000000	485.738	280485.7
12.5	225000000	324.5474	125324.5	28.5	513000000	490.0558	285490.1
13	234000000	330.9747	130331	29	522000000	494.3358	290494.3
13.5	243000000	337.2795	135337.3	29.5	531000000	498.5791	295498.6
14	252000000	343.4686	140343.5	30	540000000	502.7866	300502.8
14.5	261000000	349.5482	145349.5	30.5	549000000	506.9592	305507
15	270000000	355.5238	150355.5	31.5	567000000	515.203	315515.2
15.5	279000000	361.4007	155361.4	32.5	585000000	523.3169	325523.3
16	288000000	367.1834	160367.2	33.5	603000000	531.3069	335531.3
16.5	297000000	372.8765	165372.9	34.5	621000000	539.1786	345539.2

ตารางที่ 17 แสดงผลการคำนวณด้วยวิธี Level pool

จ 2524	time (s)	I (cms)	I1 + I2	S/day (cm)	ระดับน้ำในบ่อ (m)	H	Q (cms)	A	G (3+7)	out flow (cms)
	0	0	0	0	0		0	0	0	0
20110622	86400	60.5	60.5	5227200	0.2904	0	0	0	60.5	1.573
20110623	172800	50.2	110.7	4337280	0.24096	0	0	0	110.7	1.3052
20110624	259200	49.8	100	4302720	0.23904	0	0	0	100	-0.2782
20110625	345600	41	90.8	3542400	0.1968	0	0	0	90.8	-0.23314663
20110626	432000	72	113	6220800	0.3456	0	0	0	113	0.575436512
20110627	518400	86.5	158.5	7473600	0.4152	0	0	0	158.5	1.179731414
20110628	604800	463.9	550.4	40080960	2.22672	0.72672	187.809641	739.9904	1290.39	217.1640002
20110629	691200	899.6	1363.5	77725440	4.31808	2.81808	369.837535	1429.362	2792.862	408.8093888
20110630	777600	1045.6	1945.2	90339840	5.01888	3.51888	413.272546	1677.927	3623.127	434.8114608
20110701	864000	1087	2132.6	93916800	5.2176	3.7176	424.781561	1749.218	3881.818	431.493387
20110702	950400	937	2024	80956800	4.4976	2.9976	381.43555	1492.564	3516.564	371.9579366
20110703	1036800	535.4	1472.4	46258560	2.56992	1.06992	227.881978	842.918	2315.318	196.7092516
20110704	1123200	373.6	909	32279040	1.79328	0.29328	119.309644	627.8904	1536.89	99.10762156
20110705	1209600	341	714.6	29462400	1.6368	0.1368	81.4849448	600.5151	1315.115	75.7289573
20110706	1296000	342.1	683.1	29557440	1.64208	0.14208	83.0425738	601.1574	1284.257	82.24164091
20110707	1382400	265	607.1	22896000	1.272	0	0	0	607.1	-17.57710989
20110708	1468800	159.1	424.1	13746240	0.76368	0	0	0	424.1	-4.750408162
20110709	1555200	115.4	274.5	9970560	0.55392	0	0	0	274.5	-3.883573503
20110710	1641600	167.5	282.9	14472000	0.804	0	0	0	282.9	0.218070876
20110711	1728000	173.8	341.3	15016320	0.83424	0	0	0	341.3	1.516171181
20110712	1814400	214.6	388.4	18541440	1.03008	0	0	0	388.4	1.222846784
20110713	1900800	194.8	409.4	16830720	0.93504	0	0	0	409.4	0.545236686

จ 2524	time (s)	I (cms)	I1 + I2	S/day (cm)	ระดับน้ำในบ่อ (m)	H	Q (cms)	A	G (3+7)	out flow (cms)
20110714	1987200	220	414.8	19008000	1.056	0	0	0	414.8	0.140208126
20110715	2073600	202.9	422.9	17530560	0.97392	0	0	0	422.9	0.210318372
20110716	2160000	232.6	435.5	20096640	1.11648	0	0	0	435.5	0.327170936
20110717	2246400	305	537.6	26352000	1.464	0	0	0	537.6	2.651191996
20110718	2332800	689	994	59529600	3.3072	1.8072	296.167525	1081.832	2075.832	336.1112014
20110719	2419200	780.5	1469.5	67435200	3.7464	2.2464	330.200611	1230.799	2700.299	346.4166777
20110720	2505600	637.6	1418.1	55088640	3.06048	1.56048	275.209506	999.9905	2418.09	267.8809853
20110721	2592000	478.2	1115.8	41316480	2.29536	0.79536	196.479027	759.921	1875.721	182.3942529
20110722	2678400	378.4	856.6	32693760	1.81632	0.31632	123.907517	632.8925	1489.492	113.877365
20110723	2764800	314.6	693	27181440	1.51008	0.01008	22.1189544	607.081	1300.081	17.1999461
20110724	2851200	284	598.6	24537600	1.3632	0	0	0	598.6	-18.21776405
20110725	2937600	280	564	24192000	1.344	0	0	0	564	-0.898592232
20110726	3024000	311.3	591.3	26896320	1.49424	0	0	0	591.3	0.709016451
20110727	3110400	303	614.3	26179200	1.4544	0	0	0	614.3	0.597349222
20110728	3196800	332.2	635.2	28702080	1.59456	0	0	0	635.2	0.54281679
20110729	3283200	257	589.2	22204800	1.2336	0	0	0	589.2	-1.194733593
20110730	3369600	182.8	439.8	15793920	0.87744	0	0	0	439.8	-3.880340648
20110731	3456000	173.1	355.9	14955840	0.83088	0	0	0	355.9	-2.179149364
20110801	3542400	290	463.1	25056000	1.392	0	0	0	463.1	2.784360027
20110802	3628800	1092.4	1382.4	94383360	5.24352	3.74352	426.259828	1758.54	3140.94	495.8135898
20110803	3715200	1047.4	2139.8	90495360	5.02752	3.52752	413.779594	1681.02	3820.82	431.4388971
20110804	3801600	1036.6	2084	89562240	4.97568	3.47568	410.727914	1662.472	3746.472	408.7967581
20110805	3888000	1031.2	2067.8	89095680	4.94976	3.44976	409.193539	1653.206	3721.006	408.5320766
20110806	3974400	1031.2	2062.4	89095680	4.94976	3.44976	409.193539	1653.206	3715.606	409.0532742
20110807	4060800	971	2002.2	83894400	4.6608	3.1608	391.681298	1550.319	3552.519	387.4450486

จ 2524	time (s)	I (cms)	I1 + I2	S/day (cm)	ระดับน้ำในบ่อ (m)	H	Q (cms)	A	G (3+7)	out flow (cms)
20110808	4147200	743	1714	64195200	3.5664	2.0664	316.695231	1169.305	2883.305	299.3120405
20110809	4233600	659	1402	56937600	3.1632	1.6632	284.123113	1033.877	2435.877	272.5008211
20110810	4320000	723.5	1382.5	62510400	3.4728	1.9728	309.439575	1137.56	2520.06	311.6263299
20110811	4406400	729.5	1453	63028800	3.5016	2.0016	311.690075	1147.31	2600.31	313.7746576
20110812	4492800	969.3	1698.8	83747520	4.65264	3.15264	391.175384	1547.425	3246.225	407.9539897
20110813	4579200	1036.6	2005.9	89562240	4.97568	3.47568	410.727914	1662.472	3668.372	421.6939242
20110814	4665600	1043.8	2080.4	90184320	5.01024	3.51024	412.764874	1674.835	3755.235	415.0213108
20110815	4752000	1043.8	2087.6	90184320	5.01024	3.51024	412.764874	1674.835	3762.435	412.9519097
20110816	4838400	1020.4	2064.2	88162560	4.89792	3.39792	406.107399	1634.693	3698.893	404.4567312
20110817	4924800	839.2	1859.6	72506880	4.02816	2.52816	350.297151	1328.103	3187.703	337.0176846
20110818	5011200	716	1555.2	61862400	3.4368	1.9368	306.603222	1125.397	2680.597	293.4297412
20110819	5097600	746	1462	64454400	3.5808	2.0808	317.796783	1174.203	2636.203	316.643529
20110820	5184000	875.8	1621.8	75669120	4.20384	2.70384	362.263702	1389.336	3011.136	372.0037661
20110821	5270400	879.2	1755	75962880	4.22016	2.72016	363.355344	1395.045	3150.045	366.9639498

เอกสารอ้างอิง

- Bell, Frederic Gladstone. 1980. Reservoir. *Engineering geology and geotechnics*: 249-274.
- Forzieri, Gardenti, Caparrini and Castelli. 2007. A methodology for the pre-selection of suitable sites for surface and underground small dams in arid areas: A case study in the region of Kidal, Mali. *Physics and Chemistry of the Earth* 33 (2008): 74–85.
- Hydrologic Routing. [Online]. Abstract from: <http://www.ce.utexas.edu/prof/maidment/CE374KSpring2011/Visual/HydrologicRouting.pptx>.
- เพียงตา สาทรรักษ์. 2550. การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า. *ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน*: 223-252.