

ลักษณะอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลย่อยบริเวณอำเภอศรีราชา  
และอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

นางสาว ภััสสร วิวัฒนาธรรม

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2554

HYDROGEOLOGIC CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER SUBBASIN IN AMPHOE  
SRIRACHA AND AMPHOE BANGLAMUNG CHANGWAT CHONBURI

MISS PATSORN WIWATTANATHUM

A REPORT SUBMITTED IN FULFILLMENT OF THE  
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE  
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE  
CHULALONGKORN UNIVERSITY 2011

วันที่ส่ง .....

วันที่อนุมัติ .....

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์)

## ลักษณะอุทกธรณีวิทยาของแอ่งน้ำบาดาลย่อยบริเวณอำเภอศรีราชาและ

### อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

นางสาว ภัศรา วิวัฒนาธรรม

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โทร.085-0223989 อีเมลล์: po\_ke\_jung@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

เขตพื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออก บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของนิคมอุตสาหกรรมและเขตอุตสาหกรรมจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ในบริเวณนี้มีความต้องการการใช้น้ำเพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม โดยแหล่งน้ำที่สำคัญที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้คือแหล่งน้ำบาดาล ดังจะเห็นได้จากการปฏิบัติการของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการแก้ไขปัญหาภัยแล้งของพื้นที่ในภาคตะวันออกในปี พ.ศ. 2548 ในการศึกษาครั้งนี้มีพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี ในการศึกษาเน้นศึกษาสมบัติของชั้นน้ำบาดาลโดยใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์ ข้อมูลหลุมเจาะจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตลอดจนข้อมูลสุบทดสอบ เพื่อประกอบกับการสร้างภาพตัดขวางและแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) ในพื้นที่ดังกล่าวซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวางแผนการบริหารจัดการการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืนต่อไป เมื่อนำข้อมูลต่างๆมาจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำตามลักษณะของตะกอนและคุณสมบัติทางธรณีฟิสิกส์สามารถแบ่งชั้นน้ำในพื้นที่ศึกษาได้เป็น 2 ชั้นน้ำหลักดังนี้ 1. ชั้นหินให้น้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอนวางตัวอยู่ด้านบนสุดประกอบด้วยทราย ดินเหนียว กรวด ไม่มีการแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆ เพราะช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนมักจะถูกอุดตันด้วยชั้นดินเหนียวตกตะกอนทับอยู่ด้วยกัน มีระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาลประมาณ 10-40 เมตร 2. ชั้นหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers) วางตัวอยู่ชั้นล่างสุด มีระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาลประมาณ 40-80 เมตร โดยมีคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินในน้ำบาดาลอันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำ (Transmissivity, T) ดังนี้ ในชั้นตะกอนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำตั้งแต่ 0.420 -1.070 m<sup>2</sup>/d ส่วนในชั้นหินแข็งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การให้น้ำตั้งแต่ 0.200 -1.270 m<sup>2</sup>/d สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) ในชั้นตะกอนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 0.052 -0.268 m/d ส่วนในชั้นหินแข็งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน 0.013 -0.159 m/d และจากแบบจำลองเชิงแนวคิดของอุทกธรณีวิทยาชั้นหินอุ้มน้ำทั้งชั้นตะกอนและชั้นหินแข็งมีทิศทางการไหลส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

# Hydrogeologic characteristics of groundwater subbasin in Amphoe Sriracha and Amphoe Banglamung, Changwat Chonburi

Patsorn Wiwattanathum\* and Dr. Srilert Chotpantararat  
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University;  
Tel: 085-022-3989, e-mail: po\_ke\_jung@hotmail.com

---

## **Abstract**

In eastern industrial area, coastal watershed is important for the economical system of Thailand. In this area, there is the distribution of industrial estates that cause of increasing of water demand, particular for groundwater served for huge amount of water usage. The study areas of this research locate in Amphoe Sriracha and Amphoe Banglamung, Changwat Chonburi. The objectives of this study aimed to 1) describe the hydrogeologic characteristics of groundwater aquifer by interpretating the 1-D resistivity data, borehole logging, lithologic logs and pumping test and 2) create cross section and conceptual model that will be applicable for groundwater resources management plan. As a result of data interpretation, the aquifers in this area can be divided into 2 types: colluvium aquifer and fractured granite aquifer. The colluvium aquifers, the uppermost sediment which lied over the granite aquifer and is composed of sand, clay and, gravel that their inter-granular pores are filled by clay. The depth of colluvium aquifer commonly varies from 10 to 40 meters. The depth of the granite aquifer varies from 40 to 80 meters. According to pumping test data analyzed by Theis, Cooper-Jacop, Neuman and Hantush methods, the transmissivity values ranged from approximately 0.420 to 1.070 m<sup>2</sup>/d and 0.200 to 1.270 m<sup>2</sup>/d in colluvium aquifer and fractured granite aquifer, respectively. The hydraulic conductivity ranged from approximately 0.052 to 0.268 m/d and 0.013 to 0.159 m/d in colluvium aquifer and fractured granite aquifer, respectively. Finally, the conceptual models of colluvium aquifers and granite aquifers showed there charge/discharge system and groundwater direction generally moves from eastern recharge area toward western discharge area.

**Keywords:** Sriracha, Banglamung, Groundwater, Hydrogeologic characteristics

## กิตติกรรมประกาศ

สิ่งแรกดิฉันขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้เงินและอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยนี้

ดิฉันขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ศรีเลิศ โชติพันธรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ผู้ซึ่งช่วยเหลือตั้งแต่ต้นจนจบ อาจารย์เป็นผู้ที่ให้ความรู้ในเรื่องวิชาน้ำบาดาลและให้คำแนะนำคำปรึกษาต่างๆ และขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ จันทร์แก้วที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ

ขอขอบคุณบริษัทจีเอ็มทีคอร์ปอเรชั่นที่ช่วยอนุเคราะห์ข้อมูลทั้งข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก ข้อมูลเกี่ยวกับชั้นดินหินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) ข้อมูลเคมีของน้ำ และข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง พร้อมทั้งให้คำแนะนำและสอนวิธีการใช้โปรแกรม

ขอขอบคุณเพื่อนๆธรณีวิทยา รุ่นที่ 52 ทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือและคอยให้กำลังใจ และทำที่สุคนธ์ขอขอบคุณครอบครัวของดิฉันที่อยู่เคียงข้างดิฉันตลอดมา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ง
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
ที่มา ปัญหา และความสำคัญของงานวิจัย	1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
ขอบเขตงานวิจัย	2
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
พื้นที่ศึกษา	2
บทที่ 2 เอกสาร งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	17
วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย	17
การรวบรวมข้อมูล	17
การวิเคราะห์ข้อมูล	20
บทที่ 4 ผลและการแปลความหมายข้อมูล	21
ผลและการแปลความหมายข้อมูลกรณีฟิสิกส์	21
ผลและการแปลความหมายข้อมูลหลุมเจาะบ่อบาดาล	24
ผลและการแปลความหมายข้อมูลสูบทดสอบปริมาณน้ำ	34
ผลและการแปลความหมายข้อมูลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาล	40
ผลและการแปลความหมายข้อมูลระดับน้ำของบ่อบาดาล	42
บทที่ 5 สรุปผล ปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะ	47
สรุปผล	47
ปัญหาและอุปสรรค	48
ข้อเสนอแนะ	48
เอกสารอ้างอิง	

## สารบัญรูปภาพ

		หน้า
รูปที่ 1.1	แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอศรีราชาและ อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี	3
รูปที่ 2.1	วงจรไฟฟ้าของการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ	7
รูปที่ 2.2	แผนภูมิไปเปอร์โตอะแกรม	15
รูปที่ 2.3	แผนภูมิไปเปอร์โตอะแกรม	16
รูปที่ 3.1	แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่มีข้อมูล ชั้นดินชั้นหิน ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอน หินแข็ง ข้อมูลการสูบ ทดสอบปริมาณน้ำ ข้อมูลธรณีฟิสิกส์	19
รูปที่ 4.1	ตัวอย่างกราฟระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้ากับความลึก ณ จุดสำรวจ ที่ RS_CB 50	22
รูปที่ 4.2	การแปลผลชนิดและความหนาชั้นดินหิน	23
รูปที่ 4.3	แสดงการแบ่งแยกชั้นหินอุ้มน้ำจากข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ Spontaneous (Self) Potential logging	26
รูปที่ 4.4	แสดงการแบ่งแยกชั้นน้ำจากข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ Natural-Gamma logging และ Resistivity logging	27
รูปที่ 4.5	แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่มีข้อมูลชั้นดิน ชั้นหิน ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอน หินแข็ง ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำ ข้อมูลธรณีฟิสิกส์	28
รูปที่ 4.6	ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE	29
รูปที่ 4.7	ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE	30
รูปที่ 4.8	ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE	31
รูปที่ 4.9	ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NE-SW	32
รูปที่ 4.10	ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NE-SW	33
รูปที่ 4.11	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นตะกอน (Unconfined Aquifer) โดยวิธี Neuman's Method ของบ่อ NBV-MWU-CB-004	34
รูปที่ 4.12	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (Confined Aquifer) โดยวิธี Theis Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004	35



รูปที่ 4.13	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer) โดยวิธี Cooper&Jacob Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004	35
รูปที่ 4.14	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer) โดยวิธี Huntush's Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004	36
รูปที่ 4.15	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นตะกอน (Unconfined Aquifer) โดยวิธี Neuman's Method ของบ่อ NBV-MWU-CB-005	37
รูปที่ 4.16	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (Confined Aquifer) โดยวิธี Theis Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-005	37
รูปที่ 4.17	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer) โดยวิธี Cooper&Jacob Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-005	38
รูปที่ 4.18	กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer) โดยวิธี Huntush's Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-005	38
รูปที่ 4.19	แผนภูมิไปเปอร์แสดงผลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาลในชั้นตะกอน	40
รูปที่ 4.20	แผนภูมิไปเปอร์แสดงผลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง	41
รูปที่ 4.21	แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินให้น้ำตะกอน เศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอน	43
รูปที่ 4.22	แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers)	44
รูปที่ 4.23	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 2 มิติ	45
รูปที่ 4.24	แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม Rock Work ซึ่งทราย กรวด ดินเหนียวจะมีการแทรก สลับกันไม่สามารถแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆได้และจะมีแกรนิตอยู่ด้านล่างสุด	46

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	แสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าของหินแต่ละชนิด	8
ตารางที่ 4.1	แสดงค่าสมบัติทางกลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำบาดาลในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง ด้วยวิธีการคำนวณในแบบต่างๆ	39

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มา ปัญหา และความสำคัญของงานวิจัย

เขตพื้นที่อุตสาหกรรมภาคตะวันออก บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำชายฝั่งทะเลตะวันออกเป็นพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของนิคมอุตสาหกรรมและเขตอุตสาหกรรมจำนวนมาก ทำให้พื้นที่ในบริเวณนี้มีความต้องการการใช้น้ำเพื่อรองรับการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม โดยแหล่งน้ำที่สำคัญที่สามารถตอบสนองความต้องการนี้ได้คือแหล่งน้ำบาดาล ดังจะเห็นได้จากการปฏิบัติการกิจของกรมทรัพยากรน้ำบาดาลในการแก้ไขปัญหาภัยแล้งของพื้นที่ในภาคตะวันออกในปี พ.ศ. 2548

น้ำบาดาลเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญมากต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะปัจจุบันมีการพัฒนาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประโยชน์กันอย่างแพร่หลายเนื่องมาจากน้ำผิวดินมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งการพัฒนาเพื่อนำน้ำบาดาลขึ้นมาใช้หากทำในลักษณะที่ไม่ถูกต้องจะทำให้ระดับน้ำบาดาลลดลงอย่างมากและไม่สมดุลกับการเพิ่มเติมของน้ำบาดาลตามธรรมชาติ ก่อให้เกิดผลกระทบต่อปริมาณเก็บกักของแอ่งน้ำบาดาลในอนาคต ดังนั้นจึงควรที่จะรู้ลักษณะของแหล่งน้ำบาดาลเพื่อที่จะได้มีข้อมูลที่ต้องการเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป น้ำบาดาลมีลักษณะเด่นคือมีอุณหภูมิและคุณภาพที่ค่อนข้างคงที่ ไม่ค่อยแปรผันตามฤดูกาล และมีการลงทุนต่อปริมาณน้ำที่ดีต่ำกว่าน้ำผิวดิน ดังนั้นควรใช้น้ำบาดาลให้เกิดประโยชน์สูงสุดและป้องกันคุณภาพของน้ำบาดาลไปพร้อมกัน

ลักษณะอุทกธรณีวิทยาของจังหวัดชลบุรีเป็นชั้นหินกักเก็บน้ำประเภทหินแข็ง (consolidated rock) ประมาณร้อยละ 65 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 35 เป็นชั้นหินกักเก็บน้ำประเภทชั้นตะกอน (unconsolidated rock) ปริมาณน้ำจะสามารถกักเก็บได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับขนาดของช่องว่างที่มีอยู่ในเนื้อหินและความต่อเนื่องของช่องว่างที่น้ำฝนหรือน้ำผิวดินไหลซึมลงไปเก็บกักอยู่ได้ หินแข็งที่ไม่ค่อยมีรอยแตกรอยร้าวจะเป็นบริเวณที่หาน้ำได้ยากมากตั้งแต่จังหวัดชลบุรีจนถึงจังหวัดระยอง และจันทบุรี และจะมีคุณภาพน้ำที่เป็นน้ำกร่อยส่วนบ่อบาดาลที่เจาะในรอยแตกรอยร้าวของหินแกรนิตจะให้น้ำจืดและเป็นน้ำที่มีคุณภาพดี

ในการศึกษานี้มีพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง โดยการศึกษาเน้นศึกษาสมบัติของชั้นน้ำบาดาลโดยใช้วิธีทางธรณีฟิสิกส์ ข้อมูลหลุมเจาะจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ตลอดจนข้อมูลสุบทดสอบ เพื่อประกอบกับการสร้างภาพตัดขวางและ

แบบจำลองเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Model) ในพื้นที่ดังกล่าวซึ่งนำไปใช้ในการวางแผนการบริหารจัดการการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาและสมบัติการกักเก็บน้ำของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

1.2.2 เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

## 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ใช้ข้อมูลที่รวบรวมจาก

- การสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบแนวตั้ง ข้อมูลหลุมเจาะในพื้นที่ศึกษามาช่วยในการแปลความหมายเพื่อหาลักษณะของชั้นน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา

- ข้อมูลการสูบทดสอบน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) เพื่อหาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำ

## 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

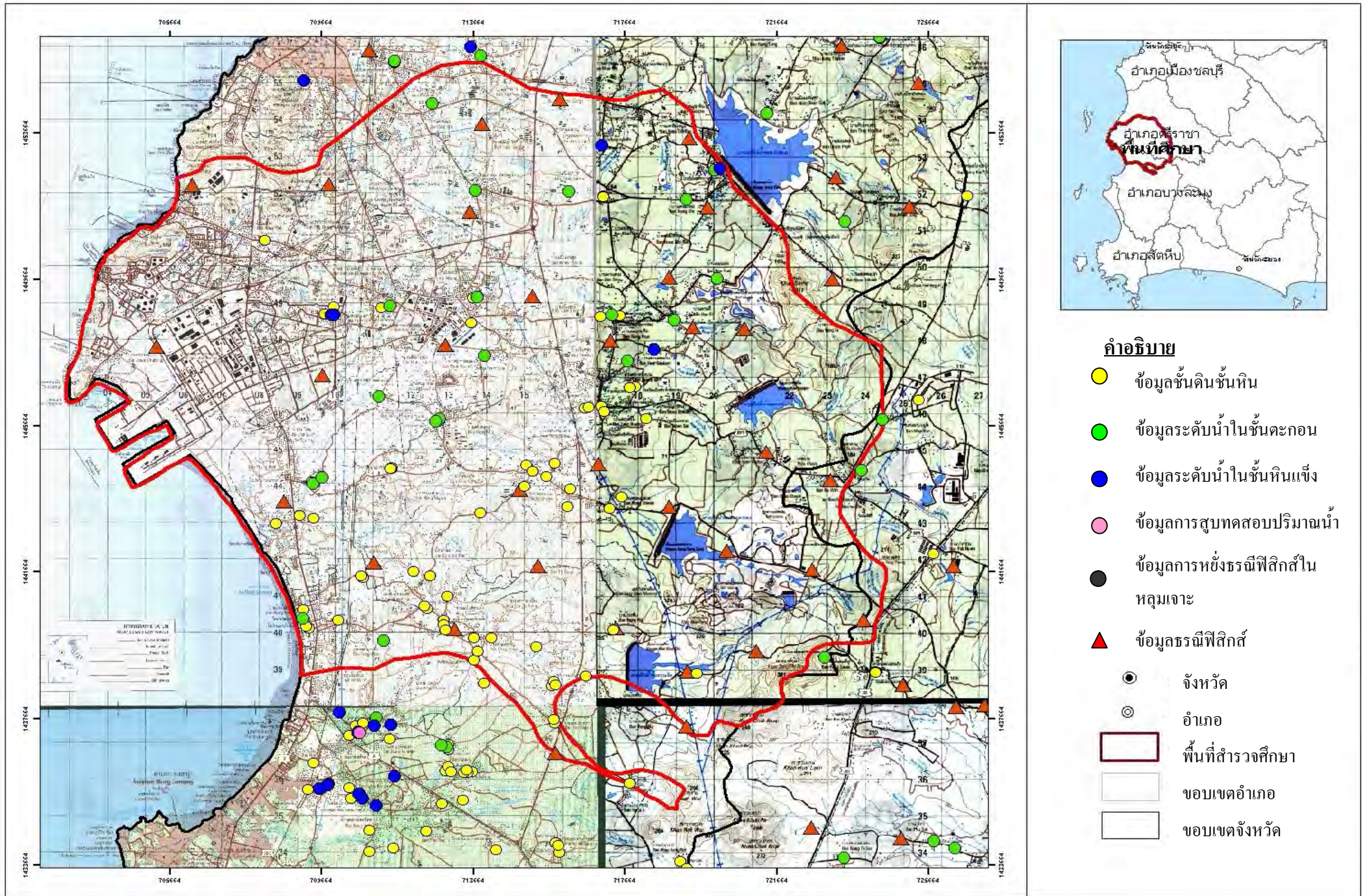
1.4.1 อธิบายลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาและสมบัติการกักเก็บน้ำของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

1.4.2 สร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์และแสดงทิศทางการไหลของน้ำของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

## 1.5 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี รูปที่ 1.1 อยู่ในแอ่งน้ำบาดาลย่อยซึ่งอยู่บริเวณตอนกลางของแอ่งน้ำชลบุรี เป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรม เขตประกอบการอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรม และสถานที่กำจัดขยะมูลฝอย ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 270 ตารางกิโลเมตร มีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ	ติดกับ	อ.เมืองชลบุรี
ทิศใต้	ติดกับ	อ.สัตหีบ
ทิศตะวันออก	ติดกับ	อ.ปลวกแดง
ทิศตะวันตก	ติดกับ	อ่าวไทย



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

## บทที่ 2

### เอกสาร งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. พรเลิศ (2010) ศึกษาเรื่องลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร โดยใช้ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดินด้วยวิธีการวัดความต้านทานไฟฟ้าแบบแนวตั้ง และใช้ข้อมูลหลุมเจาะในพื้นที่ศึกษามาช่วยในการแปลความหมายเพื่อหาลักษณะของชั้นน้ำในบริเวณพื้นที่ศึกษา ทำการสุบทดสอบปริมาณน้ำทั้งในระยะสั้น (12 ชั่วโมง) และระยะยาว (72 ชั่วโมง) เพื่อหาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำ นำข้อมูลระดับน้ำในบ่อมาสร้างแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแต่ละชั้นน้ำ นอกจากนี้ยังนำข้อมูลผลวิเคราะห์เคมีในน้ำบาดาลมาวิเคราะห์หาลักษณะอุทกธรณีของชั้นน้ำบาดาล ผลการศึกษาสรุปว่า

- I. ในพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอพรานกระต่าย มีชั้นหินอุ้มน้ำอยู่ 3 ชั้นหลักๆ ประกอบไปด้วย 1.ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะกัณ้ำยุคใหม่ ( $Q_n$ ) 2.ชั้นหินอุ้มน้ำตะกอนตะกัณ้ำยุคเก่า ( $Q_o$ ) 3.ชั้นหินอุ้มน้ำในชั้นหินแข็ง (หินตะกอนกึ่งแปรสภาพ, SDmm) โดยมีสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำพบว่าชั้นน้ำที่มีศักยภาพให้น้ำบาดาลมากที่สุด คือ ชั้นหินอุ้มน้ำในชั้นหินแข็ง (หินตะกอนกึ่งแปรสภาพ, SDmm) เนื่องจากมีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ที่สูง
- II. จากผลด้านอุทกเคมีพบว่าลักษณะของรูปแบบทางเคมีของน้ำบาดาลในพื้นที่เป็นแบบ Calcium-Sodium Bicarbonate type หรือ Sodium-Calcium Bicarbonate type เป็นส่วนใหญ่ทำให้ทราบว่าในพื้นที่ศึกษา น้ำบาดาลจะค่อนข้างมีความกระด้างอยู่ ซึ่งเป็นผลจากในบริเวณพื้นที่ศึกษาอาจจะมีพวกหินที่มีส่วนประกอบเป็นพวกแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่บริเวณใกล้เคียง และถ้าจะนำน้ำมาใช้บริโภคจะต้องมีการปรับปรุงคุณภาพเพื่อลดความกระด้างลง
- III. จากแบบจำลองเชิงแนวคิดเชิงอุทกธรณีวิทยา (Conceptual model) พบว่าชั้นหินอุ้มน้ำทุกชั้นมีทิศทางการไหลส่วนใหญ่ (Intermediate flow system) ไปในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือจะพบบ้างในบางบริเวณที่มีทิศทางการไหลที่แตกต่างกัน ทำให้พบลักษณะของกรวยน้ำลด (Cone of depression) ในแผนที่แสดงทิศทางการไหลอันเนื่องมาจากการสูบน้ำขึ้นมาใช้

2. Baranwal และ Sharma (2005) ได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับรอยแตกของชั้นให้น้ำในหิน โดยใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่ำ (very low frequency electromagnetic, VLF) และค่าการต้านทานไฟฟ้า (resistivity) ที่เมือง Purulia ทางด้านตะวันตกของอ่าว Bengal ประเทศอินเดีย โดยการนำข้อมูลจาก VLF เพื่อหาพื้นที่ศักยภาพทางน้ำบาดาลซึ่งผลการสำรวจพบว่า ทางด้านเหนือของพื้นที่มีรอยแตกระดับในตื้นและไม่กว้างมากนักเนื่องจากค่า VLF แสดงค่าผิดปกติในระดับวงแคบส่วนทางด้านใต้นั้นค่า VLF แสดงค่าผิดปกติในระดับไพศาล จึงทำให้มั่นใจได้ว่าควรทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ทางใต้ โดยสำรวจด้วยค่าการต้านทานไฟฟ้า ผลจากการสำรวจพบว่าพื้นที่ทางใต้นั้นพบค่าการต้านทานไฟฟ้าในระดับต่ำจึงสรุปได้ว่าทางด้านใต้นั้นน่าจะมีน้ำใต้ดินไหลผ่านที่บริเวณนี้

3. Chandra และคณะ (2010) ศึกษาเรื่องแบบจำลองธรณีฟิสิกส์ของชั้นหินแกรนิตให้น้ำที่ไม่ต่อเนื่องโดยวิธีการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในพื้นที่ขนาดย่อม ข้อมูลที่ได้จาก electrical resistivity tomography (ERT) สามารถแยกชั้นหินแกรนิตได้หลายลักษณะ เช่น หินแกรนิตที่ยังไม่ถูกกระบวนการแปรสภาพ หรือหินแกรนิตที่ผ่านการแปรสภาพมาแล้ว และหินแกรนิตที่มีการแปรสภาพซ้ำซ้อน จากนั้นคัดเลือกและแบ่งพื้นที่เพื่อใช้ค่าความต้านทานไฟฟ้าในการสำรวจชั้นตอนต่อไป โดยที่ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จะมีช่วงที่สามารถบ่งบอกได้ถึงสภาวะแวดล้อมของชั้นหินแกรนิตบริเวณนั้นๆ ได้ แต่เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวไม่สามารถนำไปเทียบสัมพันธ์กับหินแกรนิตที่อื่นได้ทำให้ข้อมูลที่ได้มีการจำกัดการใช้ข้อมูลเฉพาะแห่ง ผลสรุปจากข้อมูลข้างต้นได้ผลว่าสายแร่ควอตซ์นั้นมีค่าเหมาะสมที่จะให้เป็นแหล่งชั้นน้ำบาดาลในหินแกรนิตบริเวณนี้

4. Edet และ Okereke (2002) ศึกษาการแปลความหมายน้ำบาดาลระดับตื้นบริเวณทรายที่ราบชายฝั่ง พื้นที่คาลาบาประเทศไนจีเรีย (Calabar area southern Nigeria) โดยใช้ข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้าและข้อมูลทางอุทกธรณีวิทยา (hydrogeological data) จากผลการสำรวจทำให้สามารถแยกชั้นข้อมูลออกมาได้ โดยใช้การบูรณาการข้อมูลที่ได้จากหลุมเจาะเทียบสัมพันธ์กับข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้าทำให้ทราบช่วงของค่าความต้านทานไฟฟ้าว่าช่วงค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้มานั้นเป็นหน่วยใด เพื่อใช้ในกรณีที่แนวการแบ่งชั้นน้ำบาดาล ทั้งนี้หลังจากแบ่งชั้นน้ำบาดาลแล้วจึงทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำบาดาลในแต่ละหน่วยเพื่อเก็บข้อมูลและแบ่งช่วงค่าของสัมประสิทธิ์การซึมผ่านเพื่อแสดงให้เห็นว่าบ่อน้ำบาดาลนั้นๆ มีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านในแต่ละหน่วยมีค่าเท่าไร

5. Lee Cheng-Chao และคณะ (2008) ศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมทางอุทกธรณีวิทยาพื้นที่ Lishan landslide ประเทศไต้หวัน โดยใช้ข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้า (image resistivity

profile) และข้อมูลหลุมเจาะ (bore hole data) เพื่อใช้ในการสร้างโมเดลใต้ผิวดิน (subsurface) ทำให้มองเห็นการวางตัวของชั้นหินเพื่อคาดเดาทิศทางการไหลของน้ำ จากผลการสำรวจทำให้สามารถแยกชั้นข้อมูลออกมาได้เป็น 3 หน่วยคือ หน่วยคือ บริเวณเศษหินตะกอนเชิงเขาและรอยแตกของหินชนวน (colluvium and fracture of slate A) บริเวณรอยเฉือน (shear zone B) และหินชนวน (slate C) โดยใช้การบูรณาการข้อมูลที่ได้จากหลุมเจาะเทียบสัมพันธ์กับข้อมูลค่าความต้านทานไฟฟ้าทำให้ทราบช่วงของค่าความต้านทานไฟฟ้าว่าช่วงค่าความไฟฟ้าที่ได้มานั้นเป็นหน่วยใด เพื่อใช้ในกรณีที่แนวการสำรวจค่าความต้านทานไฟฟ้างดงกล่าวไม่มีข้อมูลหลุมเจาะเทียบเคียงก็สามารถใช้ข้อมูลจากบริเวณข้างเคียงมาแปลผลได้

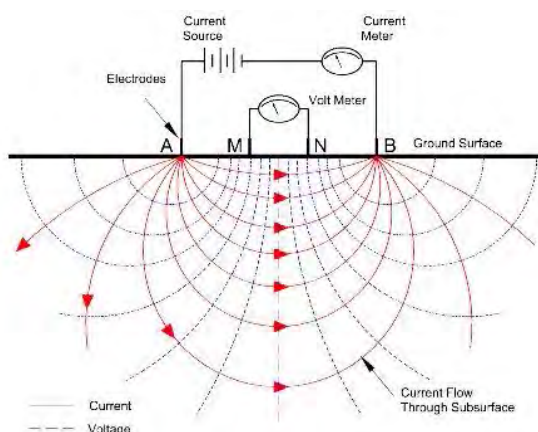
6. Stefan และ Vitaly (2005) ศึกษาเรื่องอิทธิพลของความแตกต่างของชั้นน้ำและผลการแปลความหมายของค่าการไหลคืนจากผลการทดลองสูบ (return flow pumping test) โดยใช้ระดับน้ำลดเทียบกับเวลา (time-drawdown) และค่าสมมติฐานการระบายน้ำฉับพลัน (assumption instantaneous drainage) เพื่อนำมาสร้างกราฟหาค่าการไหลผ่านของน้ำบริเวณนั้นๆ จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าผลกระทบจากการไหลกลับของชั้นน้ำส่งผลกับระยะน้ำลดและค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ (Hydraulic conductivity) นอกจากนี้ความหลากหลายของชั้นน้ำ (Aquifer heterogeneity) เป็นเหตุผลสำคัญที่ทำให้เกิดความแปรปรวนสูงในการคาดคะเนปริมาณน้ำบาดาลและค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำในแนวตั้ง (Vertical hydraulic conductivity)

## 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### หลักการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

การสำรวจโดยวิธี Resistivity เป็นการสำรวจอีกวิธีหนึ่งของการสำรวจด้วยวิธีการทางธรณีฟิสิกส์ ในการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ทุกประเภทจะไม่สามารถตรวจวัดชนิดของดิน หิน หรือแร่ได้โดยตรงเหมือนกับการเจาะสำรวจ แต่เป็นการตรวจหาค่าซึ่งเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เช่น หาความหนาแน่น (Density) ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical Property) ของชั้นดิน หิน แร่ ที่อยู่ใต้ผิวดิน ในบริเวณนั้น ดังนั้นการสำรวจ โดยวิธีนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อวัดค่าความผันแปรของความต้านทานกระแสไฟฟ้าของชั้นตะกอนใต้ผิวดิน ทั้งในแนวด้านข้าง เช่น ตามแนวสำรวจ และแนวตั้งหรือความลึก แล้วจึงนำผลที่ได้ขึ้นมาแปลความหมาย (Interpretation) ให้เป็นข้อมูลด้านธรณีวิทยา เช่น ชนิดและโครงสร้างของหิน หรือชั้นตะกอน อีกที่หนึ่ง ในการสำรวจวัดค่าในสนามจะปล่อยกระแสไฟฟ้า (I) ลงไปในพื้นผิวดิน โดยผ่านทางขั้ว Electrode 2 ขั้ว ที่วางห่างกัน แล้ววัดค่าของความต่างศักย์ของกระแสไฟฟ้า (V) จากขั้ว Electrode อีกคู่หนึ่ง ดังรูปที่ 2.1





รูปที่ 2.1 วงจรไฟฟ้าของการสำรวจด้วยวิธีวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะ

ที่มา : [http://www.nga.com/Geo\\_ser\\_DC\\_tech.htm](http://www.nga.com/Geo_ser_DC_tech.htm)

ทฤษฎีพื้นฐานจาก Ohm's Law เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านวัตถุต่างๆจะมีความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า ตามสมการ

$$R = V / I$$

โดยที่

R	คือ	ความต้านทาน มีหน่วยเป็น โอห์ม
V	คือ	ค่าความต่างศักย์ มีหน่วยเป็น โวลท์
I	คือ	ค่ากระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์

เครื่องมือสำรวจเก็บข้อมูลในสนามสำหรับงานสำรวจ Resistivity ประกอบด้วย

ก. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งอาจใช้แบตเตอรี่รถยนต์ (DC) หรือเครื่องปั่นไฟฟ้า (AC) ที่มีขนาดของกำลังตั้งแต่ 5 วัตต์ ถึง หลายกิโลวัตต์ กระแสไฟที่ใช้ในการวัดค่ามีขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิแอมแปร์ จนถึงหลายแอมแปร์

ข. เครื่องวัดค่าความต่างศักย์ของกระแส หรือ โวลท์มิเตอร์ ที่สามารถวัดค่าให้รายละเอียดสูง ซึ่งอาจเป็นแบบใช้เข็ม หรือตัวเลข

ค. ขั้วอิเล็กโทรด (Electrode) อาจจะเป็น แป้นน้ำโลหะ หรือ ถ้วยกระเบื้องเซรามิค

ง. อุปกรณ์อื่นๆ เช่น สายไฟ สายเทปวัดระยะ วิทยุมือถือ กระป๋องน้ำเกลือ เป็นต้น

ตารางที่ 1.1 แสดงค่าความต้านทานไฟฟ้าของหินแต่ละชนิด

Material	Resistivity
Wet to moist clayey soil and wet clay	1s to 10s
Wet to moist silty soil and silty clay	Low 10s
Wet to moist silty and sandy soils	10s to 100s
Sand and gravel with layers of silt	Low 1000s
Coarse dry sand and gravel deposits	High 1000s
Well-fractured to slightly fractured rock with moist-soil-filled cracks	100s
Slightly fractured rock with dry, soil-filled cracks	Low 1000s
Massively bedded rock	High 1000s

ที่มา : After Burger 1992

#### หลักการหยังธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ

การตรวจสอบชั้นน้ำบาดาล ด้วยเครื่องหยังธรณีฟิสิกส์เป็นการตรวจสอบชั้นน้ำบาดาลในหลุมเจาะ ที่ยังมีได้ใส่ท่อกรูบ่อ (Casing) ด้วยการหย่อนเครื่องหยังธรณี (Loggers) จากปากบ่อจนถึงก้นบ่อ เพื่อตรวจสอบชั้นดินชั้นหิน และ ชั้นน้ำบาดาล เพื่อใช้เป็นข้อมูลการออกแบบก่อสร้างบ่อน้ำบาดาล (Well design) ทำให้สามารถกำหนดช่วง ความลึกของท่อกรอง และช่วงการอุดปิดกั้นชั้นน้ำเค็ม โดยวิธีการหยังธรณีที่นำมาใช้มี หลักการดังนี้

1) Resistivity log เป็นการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นหิน โดยหลักการแล้ว เครื่องมือจะส่งกระแสไฟฟ้าเข้าไปในชั้นหินและวัดการตอบสนองของชั้นหินที่มีต่อกระแสไฟฟ้าที่ส่งเข้าไป โดยใช้ขั้วไฟฟ้า (Electrodes) จำนวน 4 ตัว โดยขั้วไฟฟ้า 2 ตัวจะทำหน้าที่เป็นตัวปล่อยและรับกระแสไฟฟ้า (Current electrodes) และทำการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วไฟฟ้าอีก 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ Potential electrodes การจัดขั้วไฟฟ้าทั้ง 4 ตัวนี้จะจัดเป็น 2 รูปแบบคือ Short normal และ Long normal ซึ่งจะมีการวางตำแหน่งของขั้วไฟฟ้าและระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าที่แตกต่างกัน การจัดรูปแบบขั้วไฟฟ้าทั้งสองรูปแบบก็จะมีผลต่อความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะที่อ่านออกมาได้ การที่ระยะห่างระหว่าง Current electrodes มีค่ามากก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในชั้นหินรอบๆ หลุมเจาะได้ลึกกว่าในกรณีที่มีระยะห่างไม่มากนัก ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากการจัดรูปแบบ

ขั้วไฟฟ้าต่างๆ ก็จะช่วยเสริมกันในการแปลความหมาย Resistivity logging จะช่วยในการบ่งบอกลักษณะของหิน (Lithology) ที่หลุมเจาะผ่านช่วยแยกชั้นน้ำจืดและน้ำเค็มออกจากกัน

2) Spontaneous (Self) Potential logging (SP log) เป็นการวัดค่าความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดใดๆ ในหลุมเจาะที่มีสาเหตุจากเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ โดยในหลุมเจาะจะต้องมีน้ำโคลนที่สามารถนำไฟฟ้าได้ (Conductive mud) SP log ไม่สามารถทำในหลุมเจาะที่ใช้โคลนแบบน้ำมัน (Oil-base mud) หลุมเจาะที่ไม่มีน้ำโคลน (Empty holes) หรือหลุมเจาะที่ลึงท่อกรู (Case holes) สาเหตุเกิดจากในหลุมเจาะซึ่งมีน้ำโคลนที่สามารถนำไฟฟ้าได้มักมีความเข้มข้นของสารละลายน้อยกว่าน้ำที่อยู่ในชั้นหินเป็นผลให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างชั้นหินต่างๆและน้ำโคลนในหลุมเจาะทำให้เกิดค่าผิดปกติขึ้นบนกราฟของ SP มีประโยชน์ในการช่วยพิจารณาหาชั้นหินเนื้อพูน หรือชั้นหินอุ้มน้ำซึ่งปกติจะแสดงค่าศักย์ไฟฟ้าธรรมชาติที่มีค่าสูง (ค่าลบ)

3) Natural-Gamma logging เป็นการวัดค่ากัมมันตรังสีแกมมา (Gamma-ray) ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในชั้นหินซึ่งต้นกำเนิดที่สำคัญได้แก่ ไอโซโทปของโพแทสเซียม (K) ยูเรเนียม (U) และทอเรียม (Th) ซึ่งจะพบมากในแร่ดินเหนียวในชั้นหินดินดาน (Shale, Clay) เพราะฉะนั้นค่าที่อ่านได้จะสะท้อนถึงปริมาณของหินดินดานหรือแร่ดินในชั้นหิน เนื่องจากธาตุกัมมันตรังสีมักสะสมตัวอยู่ในชั้นดินเหนียวและชั้นหินดินดาน ชั้นที่ไม่มีดินเหนียวปนอยู่จึงมีระดับของกัมมันตรังสีต่ำ (ยกเว้นหินที่มีธาตุกัมมันตรังสีเกิดรวมด้วยเช่น ถ้ำภูเขาไฟ (Volcanic ash) หินแกรนิตที่ผุพัง (Granite wash) Natural-Gamma logging มีประโยชน์ในการช่วยหาชั้นหินดินดาน บอกสัดส่วนชั้นหินดินดาน ใช้แยก Shale ออกจาก Non-shale นอกจากนี้ยังนำมาใช้หาค่าสัมประสิทธิ์ค่าความชื้นได้ แต่บางครั้งหินทรายก็มีค่า Gamma-ray สูงได้เนื่องจากมี Clay มาปนมากหรือมีพวกแร่ Feldspar มาปนมาก

#### หลักการสูบทดสอบปริมาณน้ำ

การสูบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน จำแนกได้ 3 วิธี คือ

1. การสูบทดสอบแบบต่อเนื่องระยะสั้น (Short term pumping test)
2. การสูบทดสอบแบบต่อเนื่องระยะยาว (Long term pumping test)
3. การสูบทดสอบแบบปรับอัตราทดสอบ (Step draw down test)

3.1 กรณีสูบทดสอบแบบที่ 1 เป็นการสูบน้ำที่อัตราคงที่ เช่น 50ลบ.ม/ชม. ต่อเนื่องไปจนระดับน้ำในบ่อสูบคงที่เป็นระยะเวลาติดต่อกันอย่างน้อย 1 ชั่วโมง (วัด 3 ครั้ง)

3.2 การสูบทดสอบแบบที่ 2 เป็นการสูบน้ำในอัตราคงที่ เช่น 80 ลบ.ม/ชม. ต่อเนื่องไปตามระยะเวลาที่ได้วางแผนไว้แล้ว เช่น 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง 72 ชั่วโมง 7 วัน หรือ 10 วัน เป็นต้น ทั้งสองแบบทดสอบจะต้องวัดระดับน้ำในบ่อสูบและบ่อสังเกตการณ์ เมื่อหยุดสูบต้องวัดระดับคืนตัวจนถึงระดับปกติ หรือไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

3.3 กรณีสูบทดสอบแบบที่ 3 เป็นการสูบทดสอบปริมาณจากบ่อบาดาลโดยเริ่มจากอัตราสูบน้ำน้อยไปมาก เช่น 10, 20, 30, 40 ลบ.ม/ชม. โดยที่อัตราสูงสุดคือ 120% หรือ 150 % ของศักยภาพบ่อและอัตราต่ำสุดคือ ประมาณ 50% ของศักยภาพบ่อ การสูบน้ำอัตรา 120% หรือ 150% เป็นภาวะการรื้อน้ำออกจากบ่อบาดาลและชั้นน้ำบาดาลเพื่อให้เกิดจุดเปลี่ยนระหว่าง Laminar flow และ Turbulent flow มีประโยชน์ต่อการคำนวณหา Well lost และ Formation lost

นำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์เพื่อคำนวณหาคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำโดยใช้สูตรหรือสมการที่สอดคล้องกับเงื่อนไขของการสูบทดสอบและของข้อมูลที่ใช้ต่อไป ดังนี้

#### 1. การสูบทดสอบในสภาวะสมดุล (Steady state conditions)

ในกรณีการสูบทดสอบดำ เนินการไปจนถึงสภาวะสมดุล กล่าวคือ ระดับน้ำจะไม่ลดลงต่อไปอีกแล้ว สามารถทำการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินอุ้มน้ำตามกรณีและเงื่อนไขดังนี้

1.1 กรณีชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดัน (Confined aquifer) โดยใช้ Theim equation ตามสมการ

$$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad (2.1)$$

1.1 กรณีชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดัน (Unconfined aquifer) โดยใช้ Theim equation ตามสมการ

$$K = \frac{Q}{\pi(b_2^2 - b_1^2)} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) \quad (2.2)$$

โดยมี  $T$  = Aquifer transmissivity ( $L^2/T$ ;  $m^2/d$  or  $ft^2/d$ )

$K$  = Aquifer hydraulic conductivity ( $L/T$ ;  $m/d$  or  $ft/d$ )

$Q$  = Constant pumping rate ( $L^3/T$ ;  $m^3/d$  or  $ft^3/d$ )

$h_1$  = Head at distance  $r_1$  from the pumping well ( $L$ ;  $m$  or  $ft$ )

$h_2$  = Head at distance  $r_2$  from the pumping well (L; m or ft)

$b_1$  = Saturated thickness at distance  $r_1$  from the pumping well (L; m or ft)

$b_2$  = Saturated thickness at distance  $r_2$  from the pumping well (L; m or ft)

2. การสูบน้ำทดสอบในสภาวะไม่สมดุล (Non-steady state or Non-equilibrium conditions)

โดยทั่วไป การสูบน้ำทดสอบเพื่อให้ถึงสภาวะสมดุลอาจจะใช้เวลานานมากและในหลาย ๆ กรณีจะไปถึงสภาวะสมดุล ดังนั้นการใช้ข้อมูลการสูบน้ำทดสอบในสภาวะไม่สมดุล (Non-equilibrium หรือ Transient conditions) จึงใช้ประโยชน์ได้กว้างขวางมากกว่า ข้อมูลที่สำคัญคือ Time-drawdown data จากบ่อสังเกตการณ์ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่า  $K$ ,  $T$  และ  $S$  ของชั้นหินอุ้มน้ำที่เจาะผ่านได้ ในขณะที่ข้อมูลจากหลุมทดสอบเองสามารถนำมาวิเคราะห์หาค่า  $K$  และ  $T$  ได้ แต่ไม่สามารถหาค่า  $S$  ได้ การวิเคราะห์ข้อมูลการสูบน้ำทดสอบสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

### 2.1 ชั้นน้ำภายใต้แรงดัน (Confined aquifer)

#### 2.1.1 Theis Method

(1) นำค่า  $W(u)$  กับ  $1/u$  จากตารางมาตรฐานมาเขียนลงบนกระดาษกราฟที่มี Logarithmic scale ซึ่งกราฟนี้จะมีรูปร่างคล้ายกรวยน้ำลด (Cone of depression)

(2) นำค่าระยะน้ำลด (drawdown,  $h_0-h$ ) และค่าเวลาหลังการสูบที่สัมพันธ์กัน ( $t$ , Time after pumping) มาเขียนลงบนกระดาษกราฟอีกแผ่นหนึ่ง โดยมี Logarithmic scale ขนาดเดียวกับ Type curve

(3) นำกระดาษกราฟทั้งสองมาวางทับกัน โดยให้แกนขนานกันทั้งแกนตั้งและแกนนอน และพยายามทำให้เส้นกราฟทั้งสองทับกันให้สนิทมากที่สุด

(4) บนกราฟที่ทับกันสนิทแล้ว โดยทั้งแกนตั้งและแกนนอนขนานกัน ตลอดเลือกจุดใดจุดหนึ่งบนเส้นกราฟหรือบนกระดาษกราฟ เรียกจุดนี้ว่า Match point ลากเส้นระนาบและเส้นตั้งจาก Match point ไปตัดกับแกนของกราฟทั้งสอง ซึ่งจากจุดตัดกับแกนของกราฟทั้งสองรูปนี้จะให้ค่าออกมาทั้งหมด 4 ค่าคือ  $W(u)$ ,  $1/u$ ,  $h_0-h$  และ  $t$  การเลือก Match point จะเลือกที่ตำแหน่งไหนก็ได้ ในกรณีที่เลือก Match point ที่ตำแหน่งตัดกันของ  $W(u) = 1$  และ  $1/u = 1$  จะทำให้การวิเคราะห์ผลสะดวกขึ้นและนำค่าต่างๆที่ได้มาคำนวณตามสมการ

$$\text{Transmissivity } T = \frac{Q}{4\pi(h_0-h)} W(u) \quad (2.3)$$

$$\text{Storativity} \quad S = \frac{4Tut}{r^2} \quad (2.4)$$

โดยมี

T = Aquifer transmissivity ( $L^2/T$ ;  $m^2/d$  or  $ft^2/d$ )

S = Aquifer storativity (Dimensionless)

Q = Constant pumping rate ( $L^3/T$ ;  $m^3/d$  or  $ft^3/d$ )

$h_0-h$  = Drawdown (L; m or ft)

W(U) = Well function of 4 (Dimensionless)

T = Time since pumping began (T; d)

r = Radial distance from the pumping well (L; m or ft)

u = Dimensionless constant

### 2.1.2 Cooper-Jacob Method

(1) นำข้อมูลระยะน้ำลด (Drawdown,  $h_0-h$ ) ไปพล็อตเทียบกับเวลาที่ทำการวัด (t) ในกราฟ Semi-log จะได้เป็นเส้นตรง โดยกราฟ Log จะเป็นแกนของเวลา

(2) ทำการเลือกระยะน้ำลด (Drawdown,  $h_0-h$ ) ต่อ Log cycle ของเวลา (เลือกเวลาที่ 10 กับ 100 เพื่อสะดวกในการวิเคราะห์) และหาค่าผลต่างของระยะน้ำลด และนำค่าต่างๆมาคำนวณ

$$\text{Transmissivity} \quad T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta h_s - h_v} \quad (2.5)$$

$$\text{Storativity} \quad S = \frac{2.25Tt_i}{r^2} \quad (2.6)$$

### 2.1.3 Huntush inflection – Point Method

วิธีนี้เหมาะสำหรับชั้นหินที่มีการรั่วซึม ใช้ในการหาจุด inflection สำหรับการทำการ pumping test ที่ใช้ 1 observation well มีขั้นตอนดังนี้

(1) plot drawdown ใน log scale โดยเป็น function ของเวลา ตั้งแต่เริ่มทำการสูบน้ำทดสอบ ถ้าถึงจุด equilibrium จะได้ค่า maximum drawdown =  $(h_0-h)_{\max}$  แต่ถ้ายังมีการเกิด drawdown อยู่ให้ทำการคำนวณค่าจากกราฟเพื่อหา  $(h_0-h)_{\max}$

(2) drawdown ที่จุด inflection point =  $(h_0-h)_i$  โดย drawdown จะมีค่าเท่ากับ 1/2 ของ maximum drawdown =  $(h_0-h)_{\max}$

(3) จากกราฟที่เวลาใดๆ  $t_i$  เมื่อ  $(h_0-h)_i$  จะสัมพันธ์กับ slope ของ drawdown curve ที่จุด inflection point =  $m_i$

$$T = \frac{QK_0(r/b)}{2\pi(h_0 - h)_{\max}} \quad (2.7)$$

$$S = 4t_i T / 2rB \quad (2.8)$$

$$K' = \frac{Tb'}{B^2} \quad (2.9)$$

โดยมี	T	=	Aquifer transmissivity ( $L^2/T$ ; $m^2/d$ or $ft^2/d$ )
	S	=	Aquifer storativity (Dimensionless)
	Q	=	Constant pumping rate ( $L^3/T$ ; $m^3/d$ or $ft^3/d$ )
	$h_0 - h$	=	Drawdown (L; m or ft)
	r	=	Radial distance from the pumping well (L; ft or m)
	b	=	Saturated thickness (L; m or ft)

## 2.2 ชั้นน้ำไร้แรงดัน (Unconfined aquifer)

### 2.2.1 Neuman Method

การไหลของน้ำในชั้นหินอุ้มน้ำไม่มีแรงดันจะสามารถอธิบายด้วยสมการของ Neuman & Witherspoon (1969) ซึ่งสมการมีดังต่อไปนี้

$$K_r \frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{K_r}{r} \frac{\partial h}{\partial r} + K_v \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = S_s \frac{\partial h}{\partial t} \quad (2.10)$$

โดยมี	h	=	Saturated thickness of the aquifer (L; ft or m)
	r	=	Radial distance from the pumping well (L; ft or m)
	z	=	Elevation above the base of the aquifer (L; ft or m)
	$S_s$	=	Specific storage (1/L; 1/ft or 1/m)
	$K_r$	=	Radial hydraulic conductivity (L/t; ft/d or m/d)
	$K_v$	=	Vertical hydraulic conductivity (L/t; ft/d or m/d)
	t	=	Time (T; d)

น้ำที่มาจากชั้น water table aquifer จะมาจาก 2 กระบวนการ ถ้าเป็นชั้นหินอุ้มน้ำมีแรงดันการลดลงของความดันจะเกิดในชั้น aquifer yields water เพราะว่ามาจากค่า elastic storage ของ aquifer storativity ( $S_s$ ) การลดลงของระดับน้ำยังสัมพันธ์กับการที่มันลดลงภายใต้แรงโน้มถ่วงจากตะกอนซึ่งอยู่ในรูปของ specific yield ( $S_y$ ) สมการข้างต้นจะใช้สำหรับ radial flow ในบริเวณที่มีการบีบอัด

จะมี 3 ช่วงของ time-drawdown relations ในระดับน้ำในบ่อ จะทำการวัดการตอบสนองของ typical annular region ของ aquifer ที่ตั้งอยู่ในระยะคงที่จากบ่อสูบทดสอบ หลังจากที่มีการเริ่มสูบน้ำค่าความดันใน annular region จะลดลง ที่จุดที่ความดันเริ่มลดลง aquifer จะตอบสนองโดยการกระจายตัวของน้ำที่มีปริมาตรเพียงเล็กน้อยซึ่งเป็นผลมาจากการแผ่ขยายของน้ำและการบีบอัดในชั้น aquifer ช่วงระหว่างนี้ aquifer จะมีพฤติกรรมเป็น artesian aquifer และค่าของ time-drawdown จะแปรตาม Theis nonequilibrium curve สำหรับค่า elastic storativity (S)

การไหลจะเป็นในแนวราบในช่วงนี้และน้ำจะมาจากความหนาของชั้น aquifer ทั้งหมด หลังจากช่วงแรกนี้ระดับน้ำใต้ดินเริ่มที่จะลดลง น้ำจะไหลมาจากแรงโน้มถ่วงของ aquifer และจะมีการไหลทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ความสัมพันธ์ของเวลากับระยะน้ำลดจะเป็น function ของสัดส่วนของค่าความนำไฟฟ้าของแนวตั้ง-แนวนอน และระยะทางถึงบ่อสูบทดสอบ และความหนาของชั้น aquifer

เมื่อเวลาผ่านไปอัตราของระยะน้ำลดจะลดลงและการกระจายของ particular annular region จนถึงทั่วๆหลุม discharge จะลดลง การไหลจะไหลในแนวนอนและกราฟข้อมูลของระยะเวลากับระยะน้ำลดจะเป็นไปตาม Theis type curve กราฟ Theis จะสัมพันธ์กับค่า storativity ความสัมพันธ์กับการไหลในแนวตั้งจะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของ drawdown ซึ่งจะสัมพันธ์กับขนาดของสัดส่วน  $S_y/S_s$  เมื่อค่าของ  $S_s$  เข้าใกล้ 0 ช่วงเวลาของ stage แรกของ drawdown จะเข้าใกล้ 0 ด้วยเมื่อค่า  $S_y$  เข้าใกล้ 0 ความยาวช่วง stage แรกจะเพิ่มดังนั้น  $S_y = 0$  aquifer จะประพฤติตาม artesian ของ  $S_s$  Neuman ได้ทำการแก้สมการ 2 ส่วนคือ

1. สำหรับเวลาที่เพิ่มหลังจากการ pumping ได้เริ่มและน้ำมาจาก specific storage
2. เมื่อเวลาผ่านไปสักระยะหนึ่งน้ำมาจาก gravity drainage กับ storativity = specific yield

ใช้สมการของ Neuman เมื่อ

1. เป็นชั้นไร้แรงดัน (Unconfined aquifer)
2. ชั้นไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (vadose zone) ไม่ส่งผลต่อระยะน้ำลด (drawdown)
3. สูดทำยนน้ำมาจาก storage เนื่องจาก gravity drainage ของช่องรูพรุนที่เชื่อมต่อกัน
4. ระยะน้ำลด ไม่สำคัญเมื่อเทียบกับความหนาของชั้นที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated aquifer)
5. specific yield มากกว่าหรือเท่ากับ 10 เท่าของ elastic storage



$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} W(\mu_A, \mu_B, T) \quad (2.11)$$

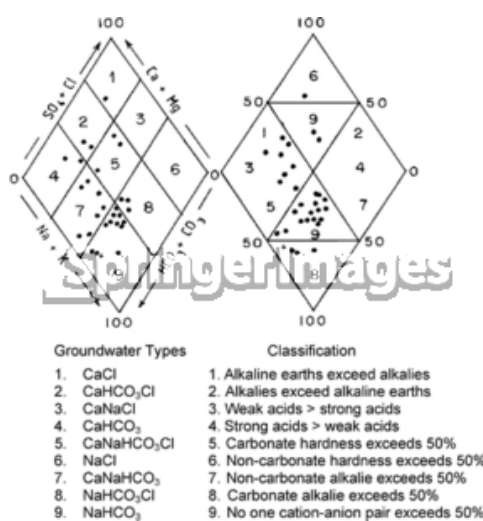
$$\mu_A = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (\text{for early drawdown data}) \quad (2.12)$$

$$\mu_B = \frac{r^2 S_y}{4Tt} \quad (\text{for late drawdown data}) \quad (2.13)$$

$$T = \frac{r^2 K_h}{b^2 K_v} \quad (2.14)$$

โดยมี	$h_0 - h$	=	Drawdown (L; m or ft)
	Q	=	Constant pumping rate ( $L^3/T$ ; $m^3/d$ or $ft^3/d$ )
	T	=	Transmissivity ( $L^2/T$ ; $m^2/d$ or $ft^2/d$ )
	r	=	Radial distance from the pumping well (L; m or ft)
	S	=	Storativity (Dimensionless)
	$S_y$	=	Specific yield (Dimensionless)
	t	=	Time (T; d)
	$K_h$	=	Horizontal hydraulic conductivity (L/t; ft/d or m/d)
	$K_v$	=	Vertical hydraulic conductivity (L/t; ft/d or m/d)
	b	=	Initial saturated thickness of the aquifer (L; m or ft)

### หลักการวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาล



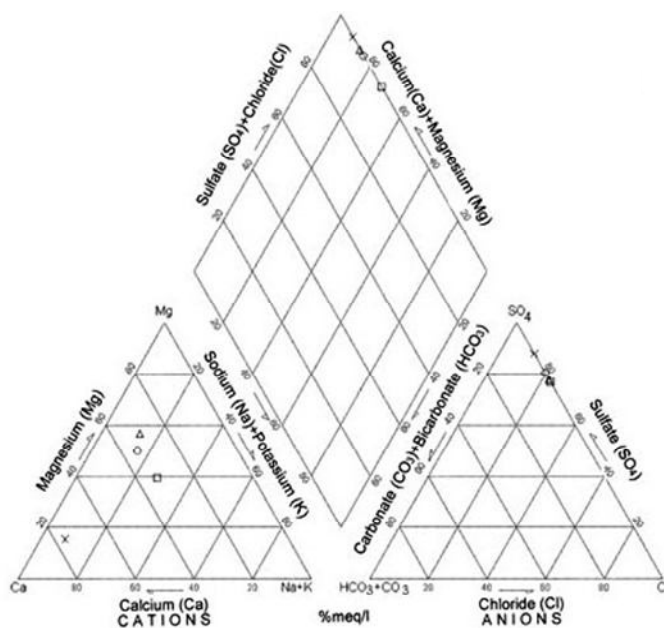
รูปที่ 2.2 แผนภูมิไปเปอร์โตอะแกรม

ที่มา : Gollaway&Kaiser 198

ในการจำแนกรูปแบบทางเคมีของน้ำบาดาลจะใช้แผนภูมิไปเปอร์ (Gollaway&Kaiser 1980) โดยการตรวจวัดปริมาณแคทไอออนและแอนไอออนในน้ำตัวอย่าง ได้แก่

- ไบคาร์บอเนต(Bicarbonate,  $\text{HCO}_3^-$ )
- คาร์บอเนต(Carbonate,  $\text{CO}_3^{2-}$ )
- คลอไรด์(Chloride,  $\text{Cl}^-$ )
- ซัลเฟต( $\text{SO}_4^{2-}$ )
- แคลเซียม (Calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ )
- แมกนีเซียม (Magnesium,  $\text{Mg}^{2+}$ )
- โซเดียม (Sodium,  $\text{Na}^+$ )
- โพแทสเซียม (Potassium,  $\text{K}^+$ )

โดยค่าที่ได้มาเริ่มต้นจะมีหน่วยเป็น mg/l แล้วทำการเปลี่ยนหน่วยธาตุแต่ละธาตุเป็น meq/l โดยนำค่า mg/l มาคูณประจุไอออนแล้วหารด้วยมวลโมเลกุลจะได้หน่วยเป็น meq/l ต่อมาหาเปอร์เซ็นต์ของธาตุทั้งหมดโดยการคูณ 100 แล้วหารด้วยผลรวมทั้งหมดของ meq/l โดยคิดแยก Anion และ Cation ค่าที่นำมาพล็อตในสามเหลี่ยมจะนำค่าเปอร์เซ็นต์ของธาตุทั้งหมดมาพล็อต ซึ่งต้องมีการตรวจสอบว่าค่าที่ได้สามารถที่จะใช้ได้หรือไม่โดยนำเอาค่าผลรวมของ Anion และ Cation มาลบกัน โดยตัวมากลบตัวน้อยแล้วหารด้วยตัวน้อยทั้งหมดคูณ 100 ค่าที่ไม่เกิน 10% เป็นค่าที่ใช้ได้



รูปที่ 2.3 แผนภูมิไปเปอร์ไดอะแกรม

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานวิจัย

#### 3.1 วิธีดำเนินการศึกษาและวิจัย

3.1.1 ศึกษางานวิจัยและข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประกอบในรายงานการวิจัย

3.1.2 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาล ได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่ภูมิประเทศ รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ได้แก่ แผนที่น้ำบาดาล ข้อมูลสถานภาพบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์บนผิวดิน ข้อมูลการเจาะบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล ข้อมูลสถานภาพบ่อ และข้อมูลประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง

3.1.3 นำข้อมูลการสุบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) ในพื้นที่เพื่อหาสมบัติทางศาสตร์ของชั้นหินในน้ำบาดาลอันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S)

3.1.4 วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูล

(1) จัดทำภาพตัดขวาง (Cross section) โดยการนำมาข้อมูลหลุมเจาะและข้อมูลธรณีฟิสิกส์มาจัดทำภาพตัดขวาง (Cross section) และใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อสร้าง Fence diagram และจัดทำแบบจำลองมโนทัศน์

(2) วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลเพื่อหาสมบัติทางศาสตร์ของชั้นน้ำบาดาลต่างๆ โดยใช้ข้อมูลการสุบทดสอบปริมาณน้ำ 72 ชั่วโมง

(3) วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลเพื่อหาทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในแต่ละชั้นน้ำโดยใช้ข้อมูลของระดับน้ำในบ่อต่างๆ ที่เจาะและพัฒนาในแต่ละชั้นน้ำ

(4) วิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาล

3.1.5 จัดทำแบบจำลองเชิงมโนทัศน์แสดงลักษณะชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่และทิศทางการไหลของน้ำ

3.1.6 อภิปราย สรุปผลข้อมูลและจัดทำรายงาน

#### 3.2 การรวบรวมข้อมูล

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับน้ำบาดาล ได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา แผนที่อุทกธรณีวิทยา แผนที่ภูมิประเทศ และขอความอนุเคราะห์ข้อมูลด้านต่างๆ จากกรมทรัพยากรน้ำและบริษัทจีเอ็มทีคอร์เปอเรชั่นจำกัดได้แก่ แผนที่น้ำบาดาล ข้อมูลสถานภาพบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่ ข้อมูลการสำรวจธรณี

ฟิสิกส์บนผิวดิน ข้อมูลการเจาะบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล ข้อมูลสถานภาพบ่อ และข้อมูลประกอบอื่นที่เกี่ยวข้อง ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก (vertical electrical resistivity sounding) โดยการจัดวางขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger Configuration) ทั้งหมด 30 จุด แสดงในรูปที่ 3.1

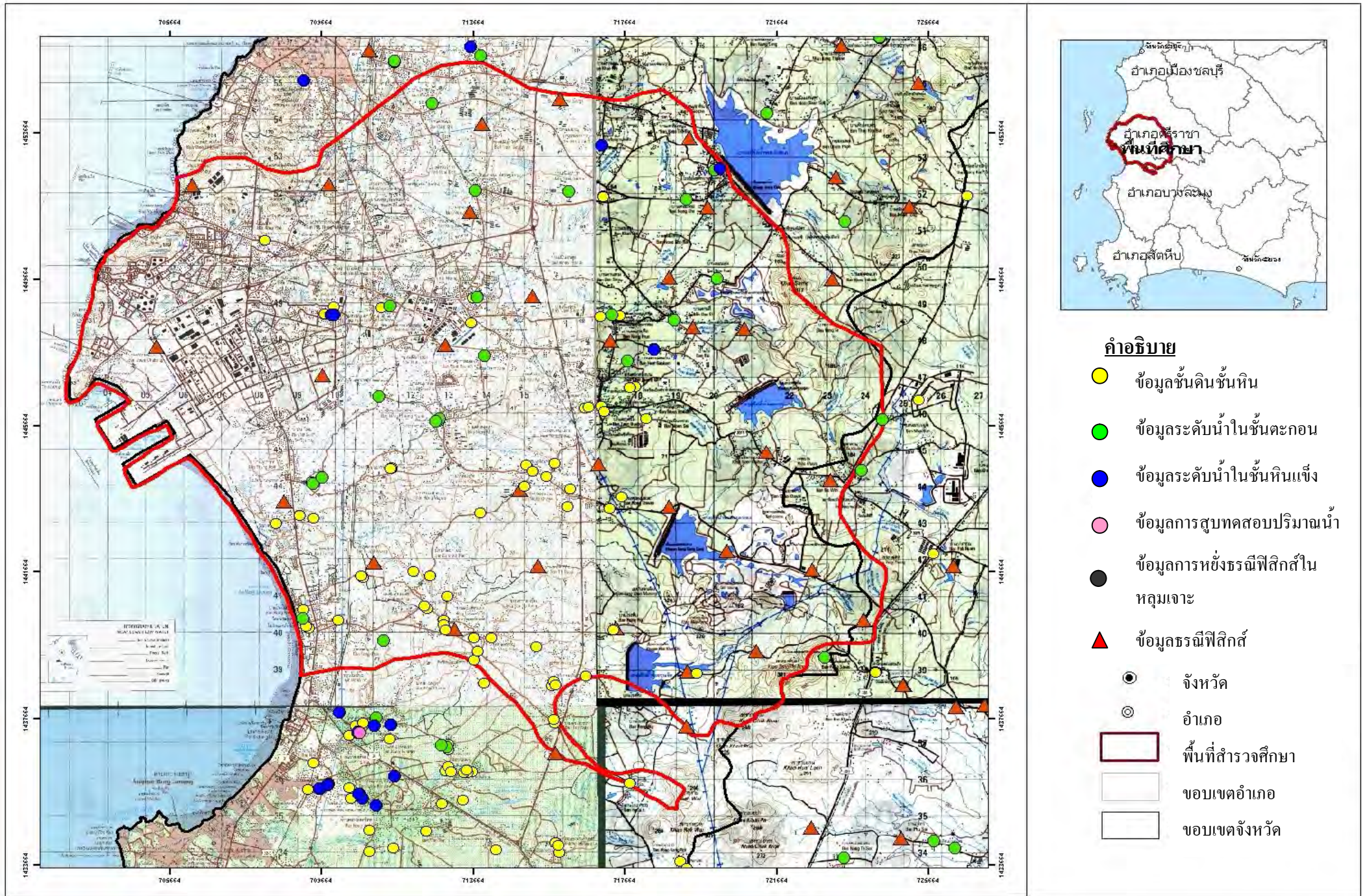
3.2.2 ข้อมูลลักษณะชนิดของหินที่ระดับความลึกต่างๆ ที่ได้จากการเจาะบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลแบบเก็บตัวอย่างเศษหิน (Cutting) หรือข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างแท่งหิน (Core logging) พร้อมผลวิเคราะห์ตัวอย่างแท่งหิน ทั้งหมด 69 บ่อ แสดงในรูปที่ 3.1

3.2.3 ข้อมูลเกี่ยวกับชนิด ความลึกและความหนาของชั้นดินหิน จากการเจาะเก็บแท่งหิน ตัวอย่างและการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ (Bore hole logging) โดยประกอบไปด้วย Resistivity logging, Spontaneous (Self) Potential logging (SP log) และ Natural-Gamma logging ทั้งหมด 1 บ่อ แสดงในรูปที่ 3.1

3.2.4 ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) โดยเป็นข้อมูลที่ทำกรสูบทดสอบบ่อในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 2 บ่อคือสูบทดสอบในชั้นตะกอน 1 บ่อและสูบทดสอบในชั้นหินแข็ง 1 บ่อ แสดงในรูปที่ 3.1

3.2.5 ข้อมูลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาลในชั้นตะกอน 4 บ่อและชั้นหินแข็ง 2 บ่อ

3.2.6 ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง ซึ่งข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอนมีทั้งหมด 13 บ่อ และข้อมูลระดับน้ำในชั้นหินแข็งมีทั้งหมด 20 บ่อ แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่มีข้อมูลชั้นดินชั้นหิน ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอน หินแข็ง ข้อมูลการสุบทดสอบปริมาณน้ำ ข้อมูลธรณีฟิสิกส์

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 วิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก ข้อมูลเกี่ยวกับชั้นดินหินที่ระดับความลึกต่างๆและข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะเพื่อนำมาจัดทำภาพตัดขวาง 5 แนว ด้วยกันคือแนว NW-SE 3 แนวและแนว NE-SW 2 แนว โดยเป็นการทำภาพตัดขวางครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาเพื่อจำแนกหน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยาต่างๆ ออกจากกันและนำข้อมูลไปวิเคราะห์หาชั้นหินที่สามารถให้น้ำได้ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Visio ในการจัดทำภาพตัดขวาง

3.3.2 วิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) โดยเป็นข้อมูลที่ทำการสูบทดสอบบ่อในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 2 บ่อคือสูบทดสอบในชั้นตะกอน 1 บ่อและสูบทดสอบในชั้นหินแข็ง 1 บ่อ เพื่อนำมาหาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินในน้ำบาดาลอันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) โดยนำข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำมาคำนวณในโปรแกรม Aquifer Test เพื่อหาวิธีที่จะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

3.3.3 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเคมีน้ำบาดาลในแต่ละบ่อมาจำแนกเป็นผลวิเคราะห์น้ำบาดาลของแต่ละชั้นหินอุ้มน้ำและนำแต่ละผลวิเคราะห์น้ำบาดาลมาคำนวณหาค่า Milliequivalent (meq./l) จากนั้นนำค่า meq./l ของอิออนบวกและอิออนลบทุกตัว ไบคาร์บอเนต(Bicarbonate,  $\text{HCO}_3^-$ ), คาร์บอเนต(Carbonate,  $\text{CO}_3^{2-}$ ), คลอไรด์(Chloride,  $\text{Cl}^-$ ), ซัลเฟต( $\text{SO}_4^{2-}$ ), แคลเซียม (Calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ ), แมกนีเซียม (Magnesium,  $\text{Mg}^{2+}$ ), โซเดียม (Sodium,  $\text{Na}^+$ ) และโพแทสเซียม (Potassium,  $\text{K}^+$ ) มาพล็อตในไปเปอร์โดแกรม (Gollaway&Kaiser 1980) เพื่อหาประเภทน้ำบาดาลตามคุณสมบัติทางอุทกเคมีโดยใช้โปรแกรม Aquachem

3.3.4 ทำการวิเคราะห์หาระดับและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลแต่ละชั้นโดยแบ่งเป็นชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง โดยนำข้อมูลระดับน้ำและข้อมูลความสูงของบ่อจากระดับน้ำทะเลมาพิจารณาซึ่งข้อมูลต้องอยู่ในชั้นให้น้ำเดียวกันและมีการตรวจวัดในเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้โปรแกรม Surfur เพื่อนำมาจัดทำเป็นแผนที่แสดงแสดงเส้นชั้นระดับน้ำบาดาล (Groundwater level or piezometric level) และทิศทางการไหลของน้ำบาดาล โดยใช้โปรแกรม Surfur

3.3.5 นำข้อมูลทั้งหมดข้างต้นมาจัดทำเป็นแบบจำลองเชิงมโนทัศน์เพื่อแสดงสภาพโดยรวมของพื้นที่ศึกษาเพื่ออธิบายลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา สมบัติการกักเก็บน้ำของชั้นน้ำบาดาลและทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

## บทที่ 4

### ผลและการแปลความหมายข้อมูล

นำข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก ข้อมูลเกี่ยวกับชั้นดินหินที่ระดับความลึกต่างๆ ข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) ข้อมูลเคมีของน้ำ และข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็งมาแปลผลการศึกษาเพื่อศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยา สมบัติการกักเก็บน้ำของชั้นน้ำบาดาลและเพื่อสร้างแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ ของชั้นน้ำบาดาลในบริเวณอำเภอศรีราชาและอำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

#### 4.1 ผลและการแปลความหมายข้อมูลธรณีฟิสิกส์

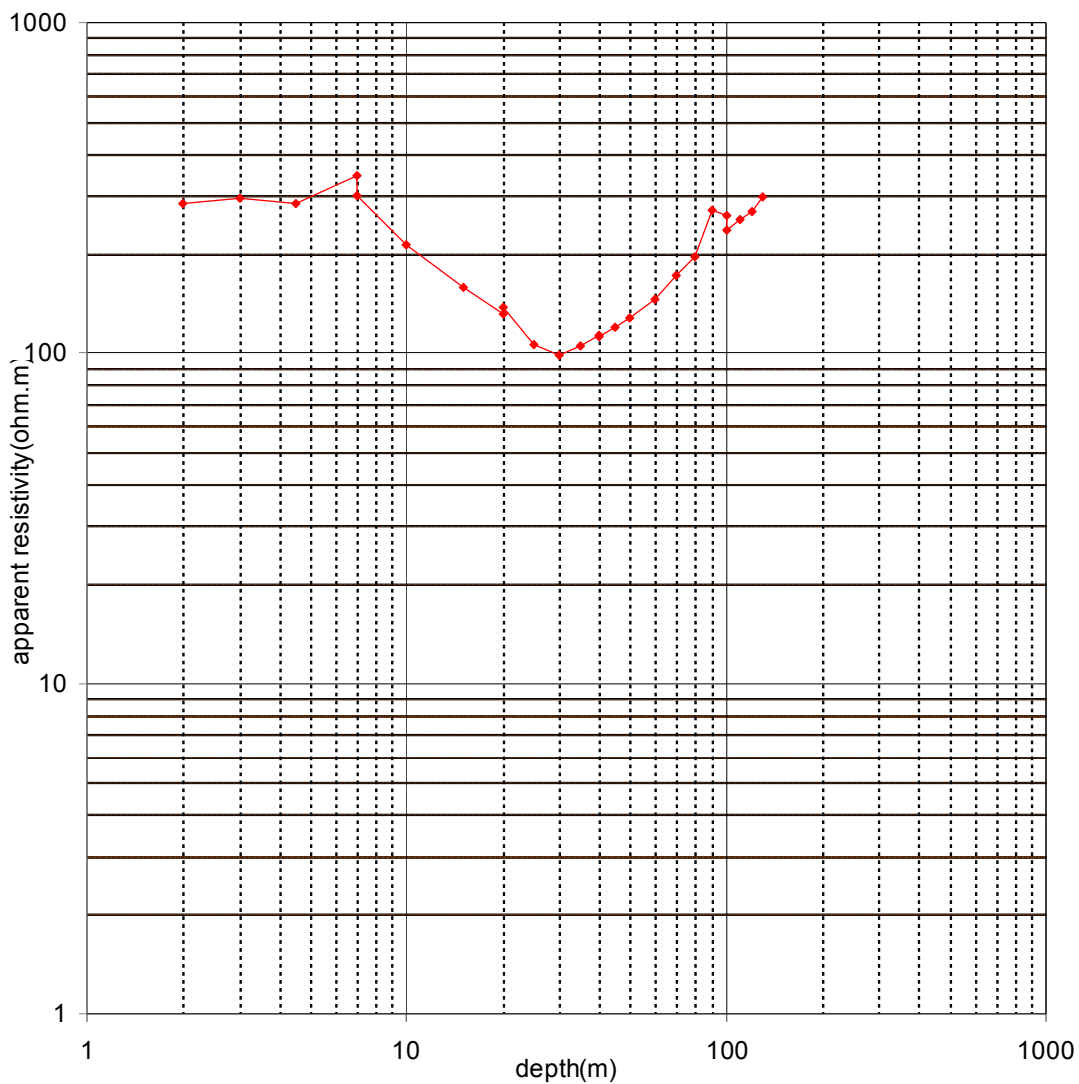
หินทุกชนิดมีค่าการนำไฟฟ้าต่างกัน (Conductivity) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีอยู่ในเนื้อหิน เช่น องค์ประกอบของแร่ คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ที่สำคัญคือคุณสมบัติของ ๆ เหลวที่แทรกตัวอยู่ในหินนั้น ๆ เช่น หินทราย ( $\text{SiO}_2$ ) และหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) มีคุณสมบัติทางกายภาพคล้ายกันคือเป็นของแข็ง แต่ค่าการนำไฟฟ้าต่างกัน เพราะมีคุณสมบัติตามธรรมชาติของน้ำที่แทรกอยู่ภายในเนื้อหินและเนื้อแร่แต่ละชนิดต่างกัน หินที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง (resistivity)

หินทรายที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงอาจเป็นได้ทั้งน้ำบาดาลจืดหรือเป็นแหล่งน้ำมันและก๊าซธรรมชาติ ส่วนหินทรายที่มีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำคือชั้นน้ำกร่อยและเค็ม หินดินดานจะมีค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำเนื่องจากไม่มีน้ำโคลนไหลแทรก (invasion) เข้าไปอยู่ในเนื้อของหินดินดาน ค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ำที่วัดได้ในหินดินดานมีที่มาที่สำคัญอีกประการหนึ่งคือมีน้ำเค็มแทรกอยู่ในเนื้อของหินดินดานตั้งแต่เกิดการตกตะกอนจัดเป็น connate water

หินแข็งเนื้อแน่นมักมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงเพราะไม่มีรูพรุนให้น้ำหรือของเหลวใด ๆ แทรกอยู่เช่น หินแกรนิต ควอร์ตไซต์ แอนไฮไดรต์ หินปูน ยิปซัม เซิร์ต ถ่านหิน ในทางกลับกันถ้าหินมีน้ำมันหรือก๊าซธรรมชาติแทรกเต็มอยู่ในรูพรุนจะให้ค่าความต้านทานไฟฟ้าสูงเช่นกัน ทั้งนี้เพราะน้ำมันและก๊าซธรรมชาติเป็นองค์ประกอบของ Hydrocarbons ไม่ใช่สารละลาย (Electrolytes) จึงไม่นำไฟฟ้า โดยค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ปรากฏในหินต่างชนิดกันแสดงในรูปที่ 4.1

VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING  
SCHLUMBERGER CONFIGURATION

Date	20 ม.ค.54	UTME	720834
Location	ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี	UTMN	1448298
Remark	RS_CB 50	Elevation	79 m



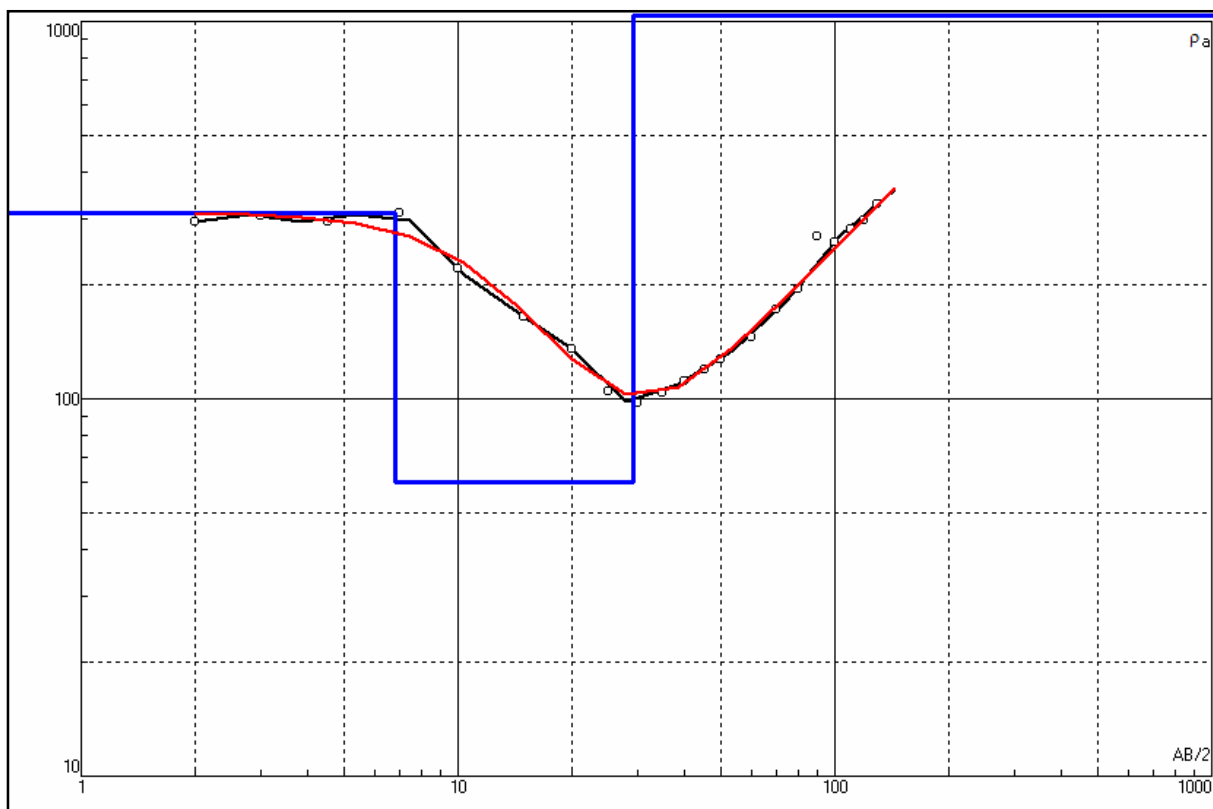
รูปที่ 4.1 ตัวอย่างกราฟระหว่างค่าความต้านทานไฟฟ้ากับความลึก ณ จุดสำรวจที่ RS\_CB 50

จากนั้นนำกราฟที่ได้มาใช้โปรแกรม IPI2WIN เพื่อที่จะได้ช่วยในการแปลผลชนิดและความหนาชั้นดินหินในพื้นที่ศึกษาแสดงในรูปที่ 4.2



VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING  
SCHLUMBERGER CONFIGURATION

จุดสำรวจที่ RS\_CB50      Location      ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี  
 Zone      47P      Easting      720834      Northing      1448298  
 Line bearing      N-S      การใช้ประโยชน์ที่ดิน      ป่าสัก



ความลึก (เมตร)	ความหนา (เมตร)	ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะจริง (โอห์ม-เมตร)	ลักษณะของชั้นดิน - ชั้นหิน
0-6.79	6.79	311	Top soil
6.79- 29.3	22.51	60	sand, gravel, clay and clayey gravel
>29.3	Infinity	599	Hard rock

รูปที่ 4.2 การแปลผลชนิดและความหนาชั้นดินหิน

#### 4.2 ผลและการแปลความหมายข้อมูลหลุมเจาะบ่อบาดาล

จากข้อมูลเกี่ยวกับชั้นดินหินที่ระดับความลึกต่างๆ ที่ได้จากการเจาะบ่อบาดาลบ่อบาดาลแบบเก็บตัวอย่างเศษหิน (Cutting) ข้อมูลที่ได้จากตัวอย่างแท่งหิน (Core logging) และข้อมูลเกี่ยวกับชนิด ความลึกและความหนาของชั้นดินหินจากการเจาะเก็บแท่งหินตัวอย่างและการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ (Bore hole logging) โดยประกอบไปด้วย Spontaneous (Self) Potential logging (SP log), Natural-Gamma logging และ Resistivity logging (รูปที่ 4.3 และ 4.4)

Spontaneous (Self) Potential logging (SP log) เป็นการวัดค่า SP ซึ่งวัดค่าการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในหลุมเจาะอันเนื่องมาจากการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านของเหลวที่ไม่นำไฟฟ้าในหลุมเจาะ ซึ่งชั้นหินทรายจะมีค่า SP ต่ำกว่าชั้นหินดินดานและหินแกรนิต

Natural-Gamma logging โดยการวัดความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสีแกมมาที่ถูกปล่อยออกมาจากชั้นหินเองตามธรรมชาติซึ่งโดยปกติแล้วต้นกำเนิดที่สำคัญจะได้แก่ ไอโซโทปของโปแตสเซียม ยูเรเนียม และธอเรียม ซึ่งจะพบมากในแร่ดินเหนียวในชั้นหินดินดาน บริเวณที่มีกัมมันตรังสีสูงก็จะบ่งบอกถึงจำนวนของ ปริมาณดินเหนียวในชั้นหินนั้น ๆ ในธรรมชาติแล้ว หินดินดาน หินแกรนิตจะมีกัมมันตภาพรังสีแกมมาสูง ในขณะที่หินทราย หินปูน โดโลไมต์จะมีกัมมันตภาพรังสีแกมมาต่ำ

Resistivity log จะช่วยในการบ่งบอกลักษณะของหินที่หลุมเจาะผ่านช่วยบ่งบอกระหว่างชั้นน้ำเค็มและน้ำจืดออกจากกัน ในกรณีบ่อบาดาลเก่าจะสามารถชี้บอกตำแหน่งของท่อกรุดและท่อกรองได้ ในส่วนของชั้น Shale จะอ่านค่าได้ต่ำที่สุดและทั้งถ่านและหินทรายก็สามารถอ่านค่าความต้านทานได้ต่ำเช่นเดียวกันส่วนหินแข็งเช่นหินแกรนิตเนื้อแน่นมักมีค่าความต้านทานไฟฟ้าสูง

โดยนำข้อมูลต่างๆ มาจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำตามลักษณะของตะกอนและคุณสมบัติทางธรณีฟิสิกส์ได้ออกเป็น 2 ชั้นน้ำหลักดังนี้

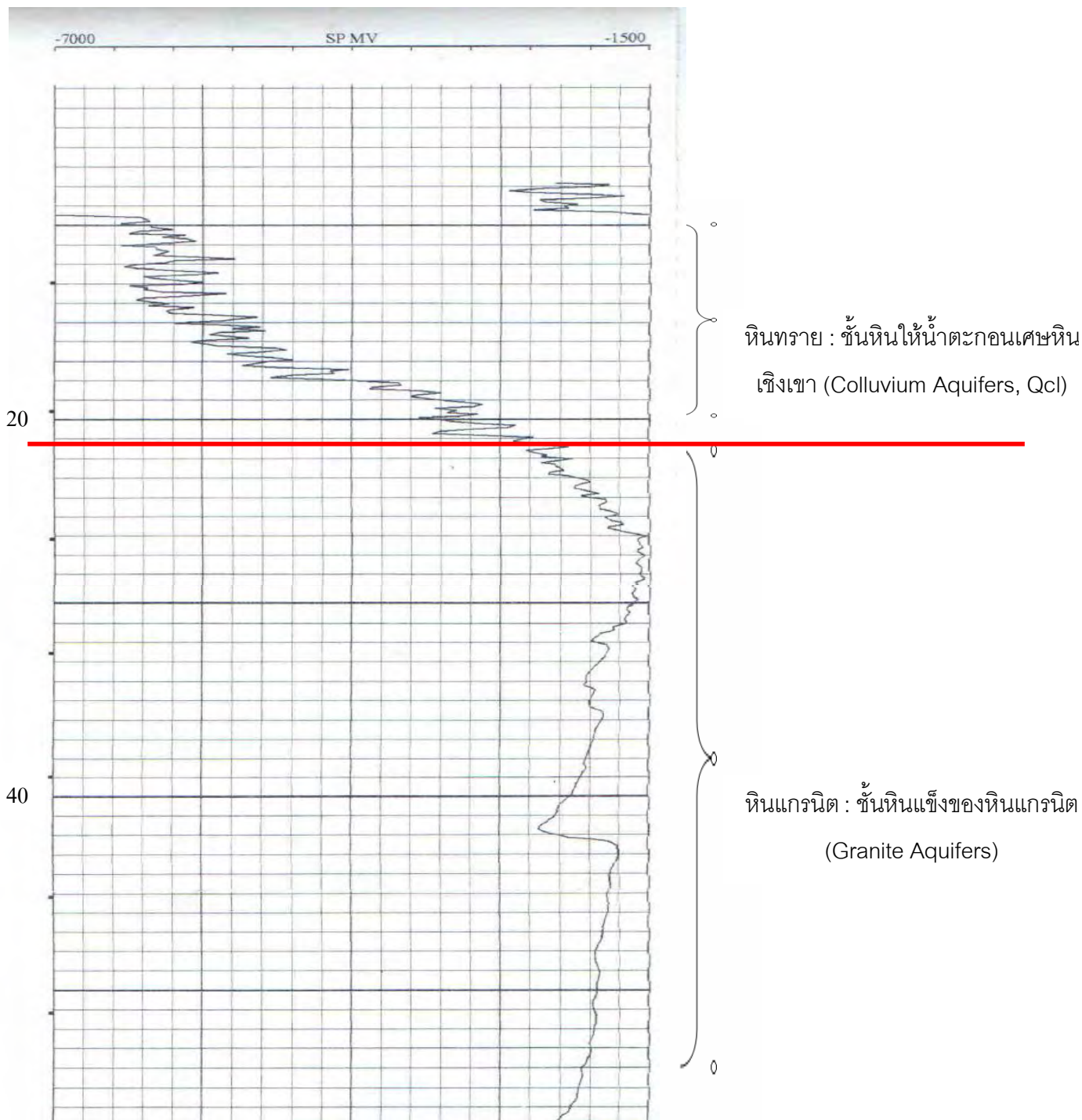
1. ชั้นหินให้น้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอนวางตัวอยู่ด้านบนสุดประกอบด้วยทราย ดินเหนียว กรวด ไม่มีการแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆ เหมือนกับตะกอนน้ำพาเพราะช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนมักจะถูกอุดตันด้วยชั้นดินเหนียวตกตะกอนทับอยู่ด้วยกัน มีระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาลประมาณ 10-40 เมตร

2. ชั้นหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers) วางตัวอยู่ชั้นล่างสุด มีระดับความลึกของชั้นน้ำบาดาลประมาณ 40-80 เมตร

จากการแปลผลข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการสำรวจแบบหยั่งลึก ข้อมูลเกี่ยวกับ  
ชั้นดินหินที่ระดับความลึกต่างๆและข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะแล้วนำมาจัดทำ  
ภาพตัดขวาง 5 แนว ด้วยกันคือแนว NW-SE 3 แนวและแนว NE-SW 2 แนว โดยเป็นการทำ  
ภาพตัดขวางครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visio ในการจัดทำภาพตัดขวาง  
ซึ่งแต่ละแนวแสดงผลในรูปที่ 4.5-4.10

WELL A03 Spontaneous (Self) Potential logging (SP log)

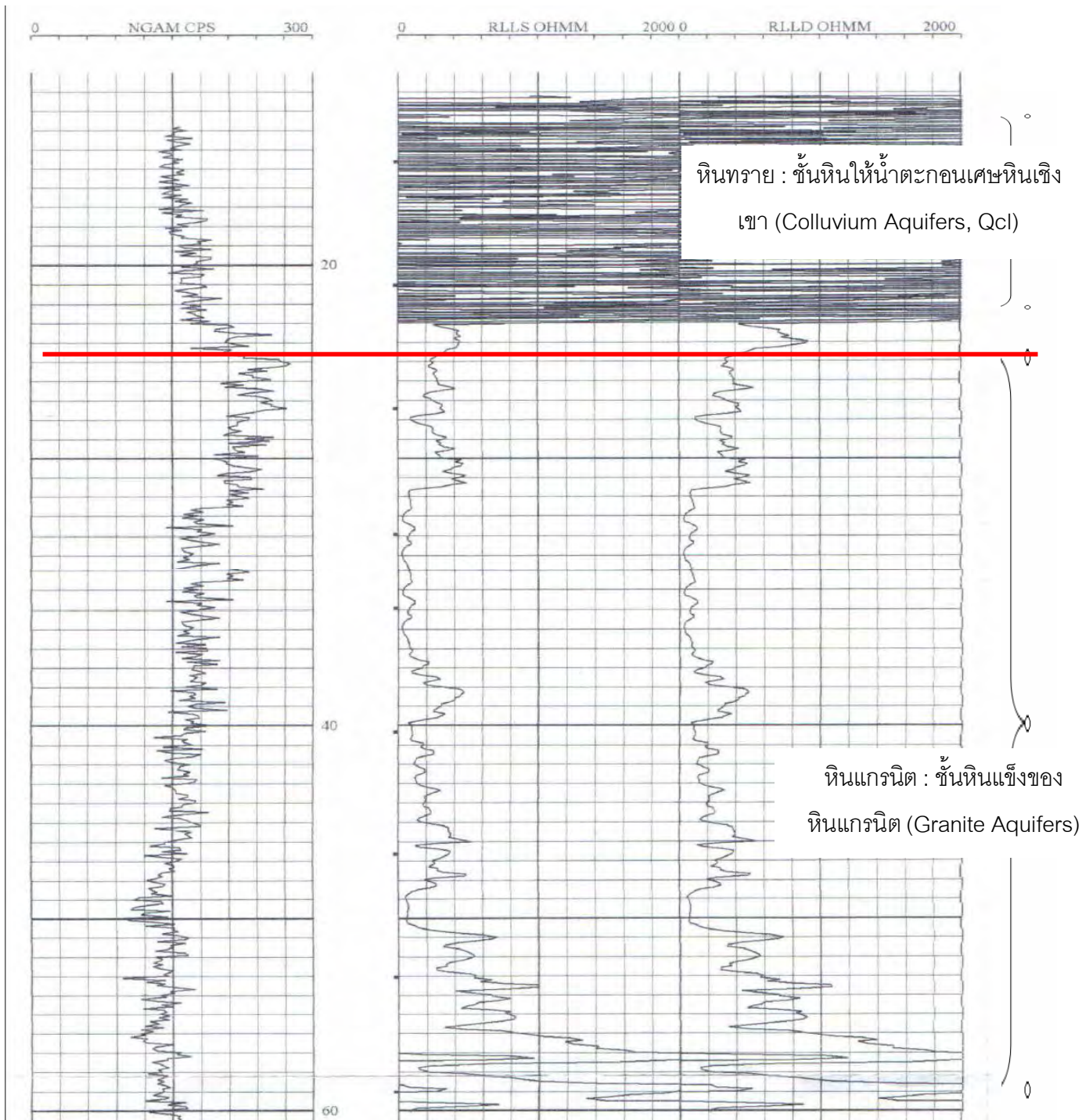
Location: วัดจุกกระแอม ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี UTME: 714579 UTMN: 1447459



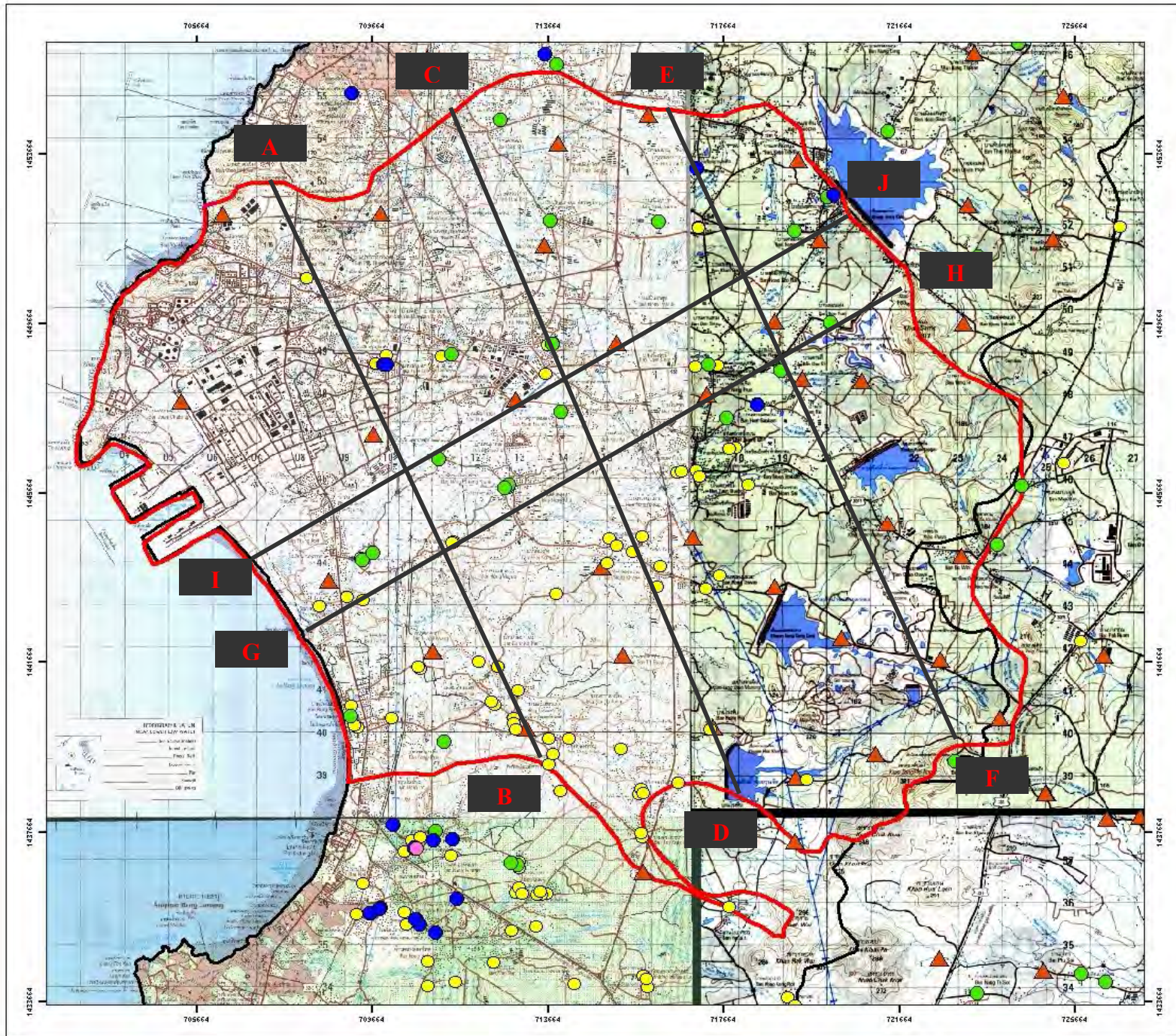
รูปที่ 4.3 แสดงการแบ่งแยกชั้นหินอุ้มน้ำจากข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ Spontaneous (Self) Potential logging

WELL A03 Natural-Gamma logging และ Resistivity logging

Location: วัดจุกกระแฉก ต.บึง อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี UTME: 714579 UTMN: 1447459



รูปที่ 4.4 แสดงการแบ่งแยกชั้นน้ำจากข้อมูลการหยั่งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ Natural-Gamma logging และ Resistivity logging



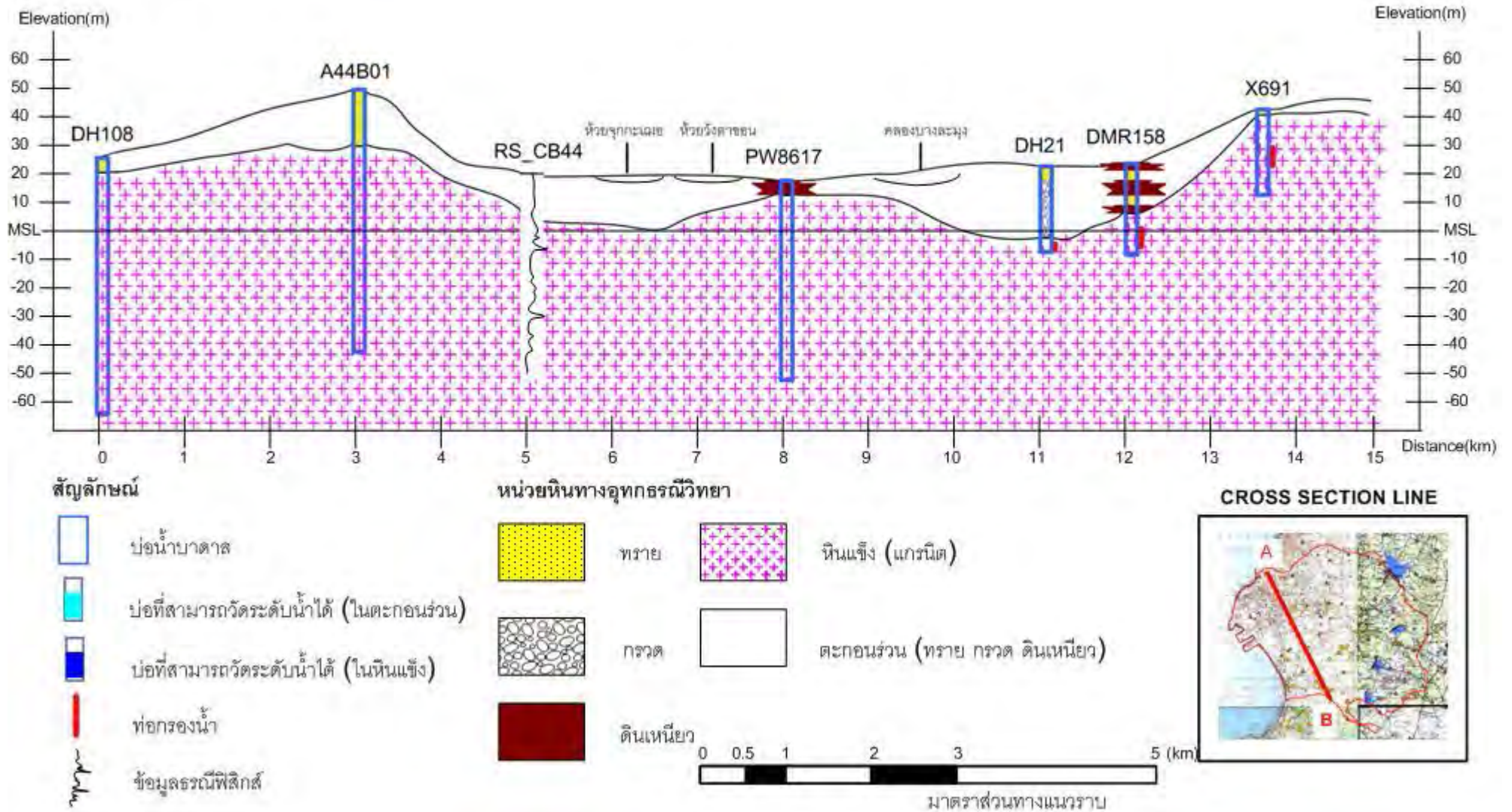
**คำอธิบาย**

- ข้อมูลชั้นดินชั้นหิน
- ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอน
- ข้อมูลระดับน้ำในชั้นหินแข็ง
- ข้อมูลการสุบทดสอบปริมาณน้ำ
- ข้อมูลการขั้งธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ
- ▲ ข้อมูลธรณีฟิสิกส์
- จังหวัด
- อำเภอ
- พื้นที่สำรวจศึกษา
- ขอบเขตอำเภอ
- ขอบเขตจังหวัด

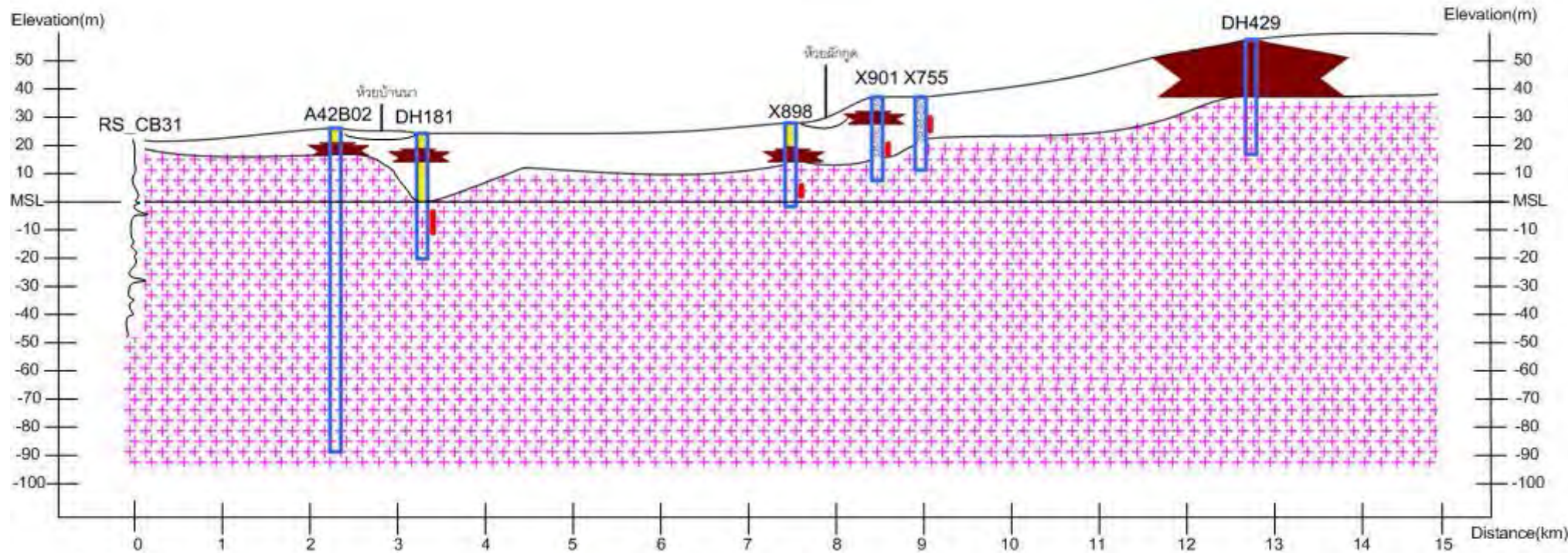
รูปที่ 4.5 แผนที่แสดงบริเวณพื้นที่ศึกษาและตำแหน่งบ่อน้ำบาดาลที่มีข้อมูลชั้นดินชั้นหิน ข้อมูลระดับน้ำในชั้นตะกอน หินแข็ง ข้อมูลการสุบทดสอบปริมาณน้ำ ข้อมูลธรณีฟิสิกส์

A(NW)






B(SE)








รูปที่ 4.6 ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE



สัญลักษณ์

-  บ่อน้ำบาดาล
-  บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในตะกอนร่วน)
-  บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในหินแข็ง)
-  ท่อกรองน้ำ
-  ข้อมูลธรณีฟิสิกส์

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

-  ทราย
-  กรวด
-  ดินเหนียว
-  หินแข็ง (แกรนิต)
-  ตะกอนร่วน (ทราย กรวด ดินเหนียว)



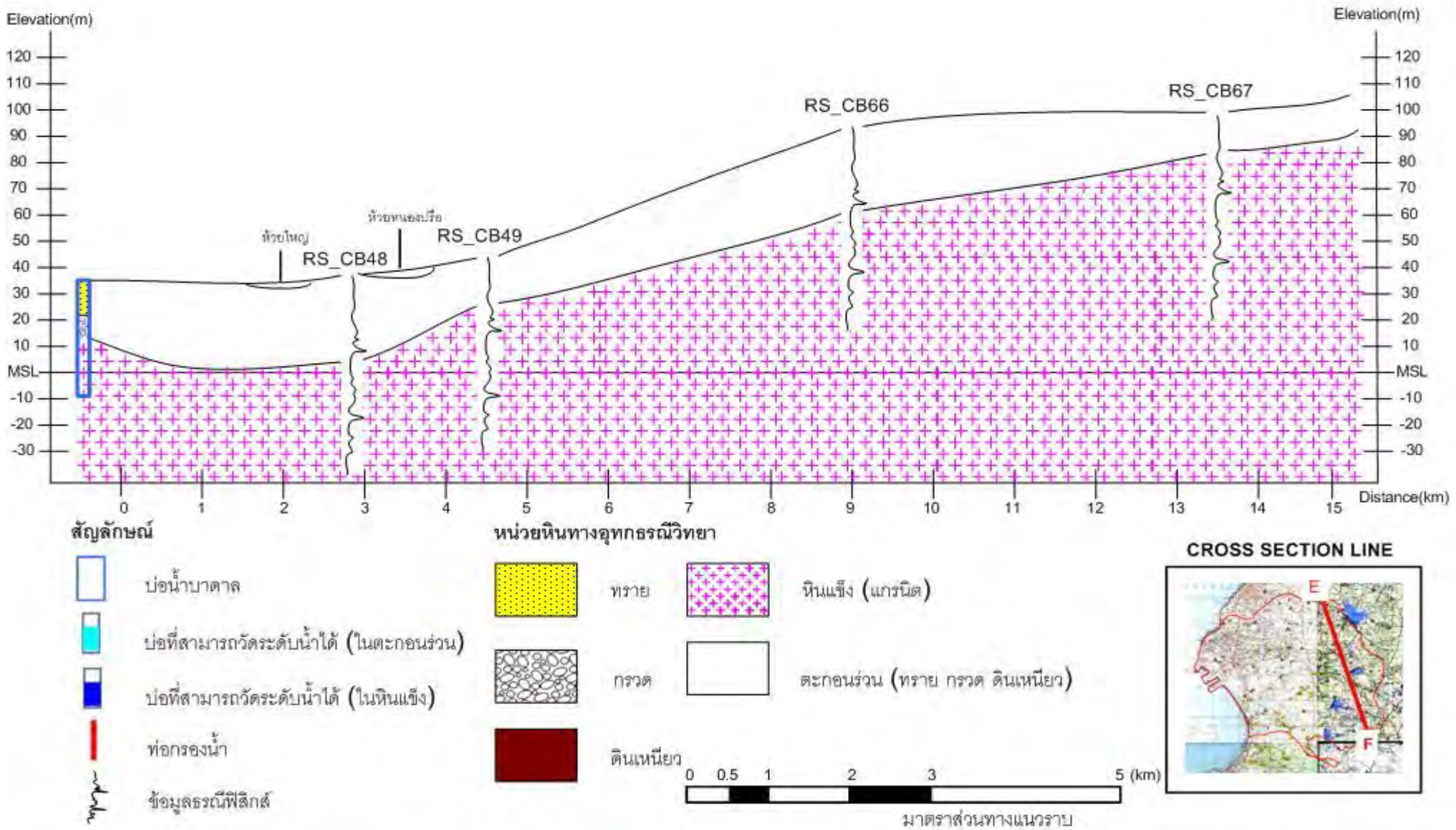
มาตราส่วนทางแนวราบ

CROSS SECTION LINE



รูปที่ 4.7 ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE

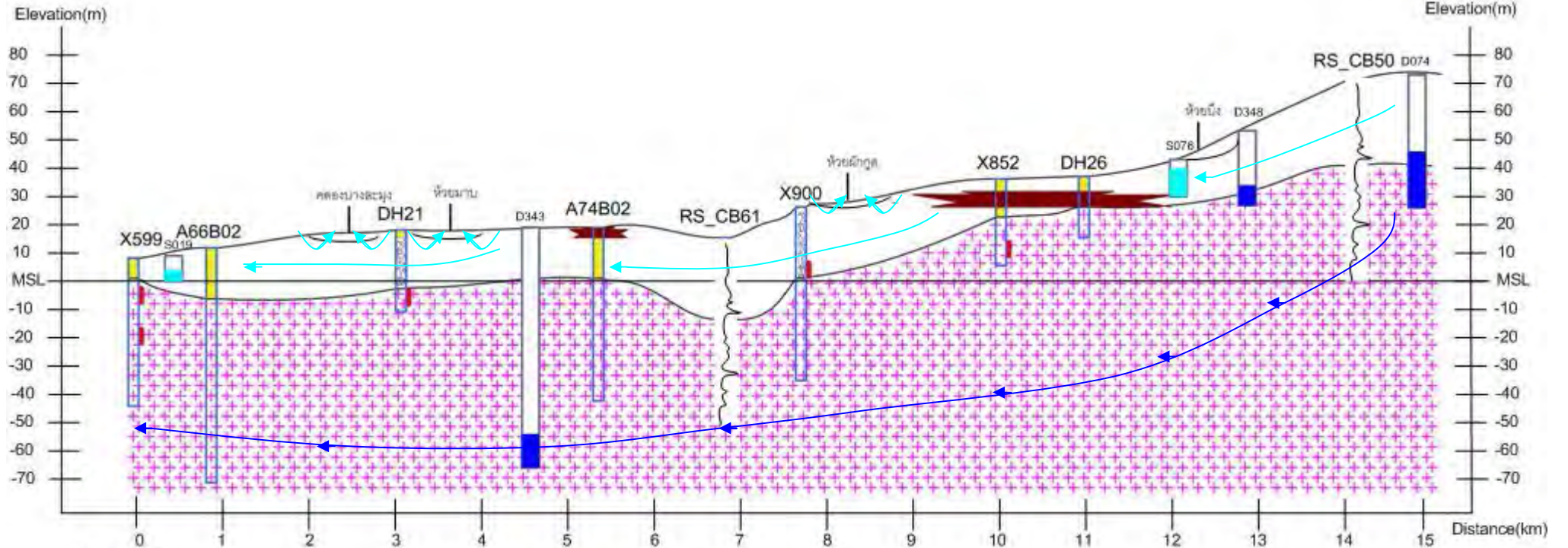




รูปที่ 4.8 ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NW-SE

G(SW)

H(NE)

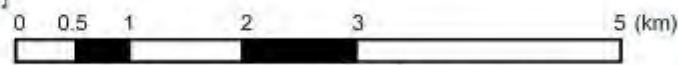


สัญลักษณ์

- บ่อน้ำบาดาล
- บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในตะกอนร่วน)
- บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในหินแข็ง)
- ท่อกรองน้ำ
- ข้อมูลธรณีฟิสิกส์

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

- ทราย
- หินแข็ง (แกรนิต)
- กรวด
- ตะกอนร่วน (ทราย กรวด ดินเหนียว)
- ดินเหนียว



มาตราส่วนทางแนวราบ

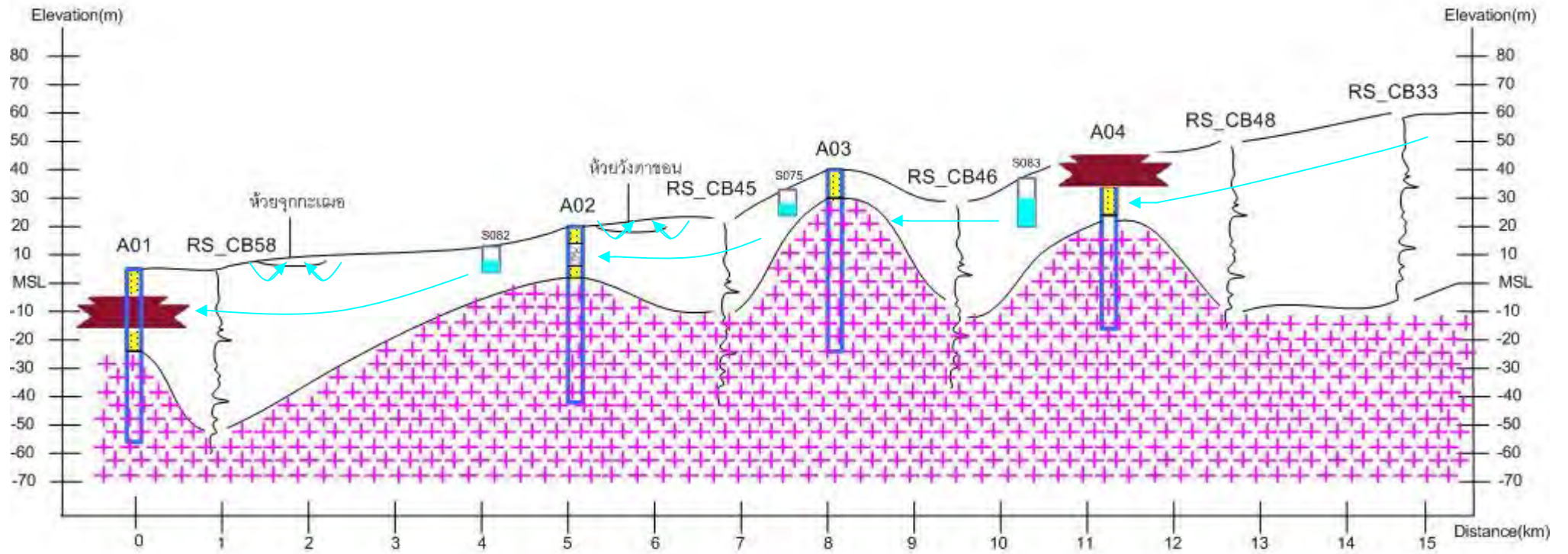
CROSS SECTION LINE



รูปที่ 4.9 ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NE-SW

I(SW)

J(NE)

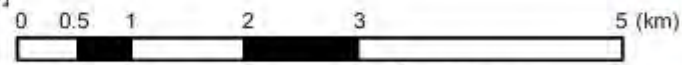


สัญลักษณ์

- บ่อน้ำบาดาล
- บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในตะกอนร่วน)
- บ่อที่สามารถวัดระดับน้ำได้ (ในหินแข็ง)
- ท่อกรองน้ำ
- ข้อมูลธรณีฟิสิกส์
- ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ในหลุมเจาะ

หน่วยหินทางอุทกธรณีวิทยา

- ทราย
- หินแข็ง (แกรนิต)
- กรวด
- ตะกอนร่วน (ทราย กรวด ดินเหนียว)
- ดินเหนียว



มาตราส่วนทางแนวราบ

CROSS SECTION LINE



รูปที่ 4.10 ภาพตัดขวางแสดงการจำแนกชั้นหินอุ้มน้ำแนว NE-SW

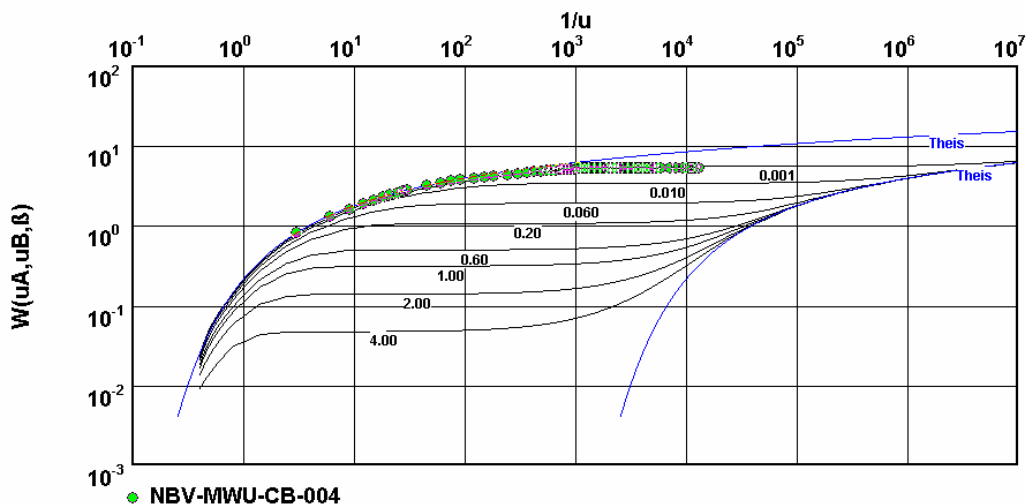
### 4.3 ผลและการแปลความหมายข้อมูลสูบทดสอบปริมาณน้ำ

ในการวิเคราะห์ข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำในระยะยาว (72 ชั่วโมง) โดยเป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาสูบทดสอบบ่อในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 2 บ่อคือสูบทดสอบในชั้นตะกอน 1 บ่อและสูบทดสอบในชั้นหินแข็ง 1 บ่อ เพื่อนำมาหาสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินในน้ำบาดาลอันได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity, K) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) โดยนำข้อมูลการสูบทดสอบปริมาณน้ำมาคำนวณในโปรแกรม Aquifer Test เพื่อหาวิธีที่จะได้ข้อมูลที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด โดยชั้นตะกอนร่วน (Unconfined Aquifer) จะเลือกใช้วิธีของ Neuman's Method ส่วนชั้นหินแข็ง (Confined Aquifer) จะเลือกใช้วิธี Theis Method, Cooper&Jacob Method และ Huntush's Method โดยการที่ชั้นหินแข็งใช้ 3 วิธีเพื่อเป็นการเปรียบเทียบค่าต่างๆ

โปรแกรม Aquifer Test จะเป็นการนำเข้าข้อมูลเวลา-นาที่ตั้งแต่เริ่มสูบ ระดับน้ำเริ่มต้น ระดับน้ำตั้งแต่เริ่มสูบจนถึงหยุดสูบ ความลึกบ่อ ระยะชั้นหินให้น้ำ อัตราการสูบน้ำ และข้อมูลระยะห่างระหว่างบ่อสูบถึงบ่อสังเกตการณ์ โดยทุกข้อมูลเป็นข้อมูลของบ่อสูบทดสอบ

#### บ่อ NBV-MW-CB-004

##### NEUMAN's method



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $1.07 \times 10^0$

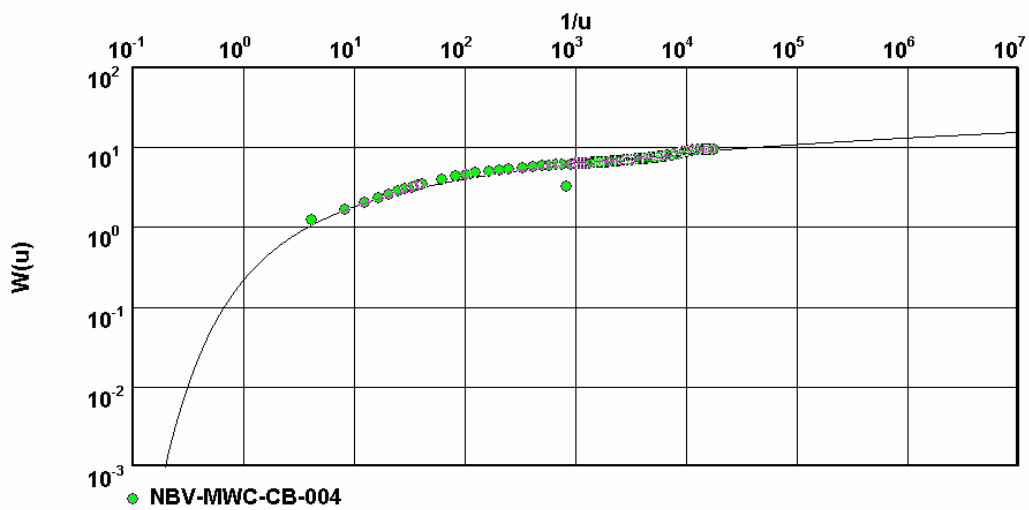
Storativity:  $1.75 \times 10^{-1}$

Hydraulic conductivity [m/d]:  $2.68 \times 10^{-1}$

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นตะกอน (Unconfined Aquifer)

โดยวิธี Neuman's Method ของบ่อ NBV-MWU-CB-004

Theis analysis method - Confined aquifer



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $1.27 \times 10^0$

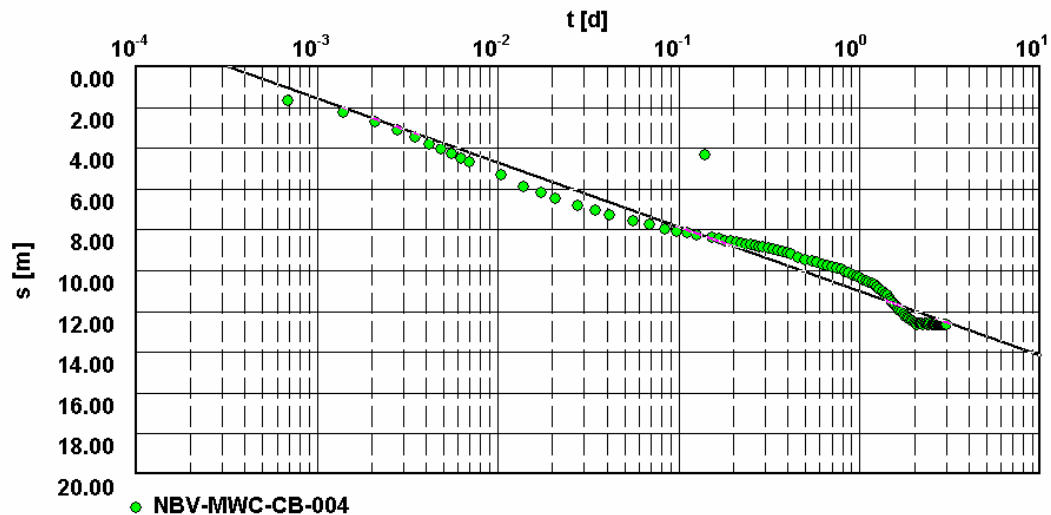
Storativity:  $1.52 \times 10^{-1}$

Hydraulic conductivity [m/d]:  $1.59 \times 10^{-1}$

รูปที่ 4.12 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (Confined Aquifer)

โดยวิธี Theis Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004

Analysis after COOPER & JACOB I - Confined aquifer



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $1.25 \times 10^0$

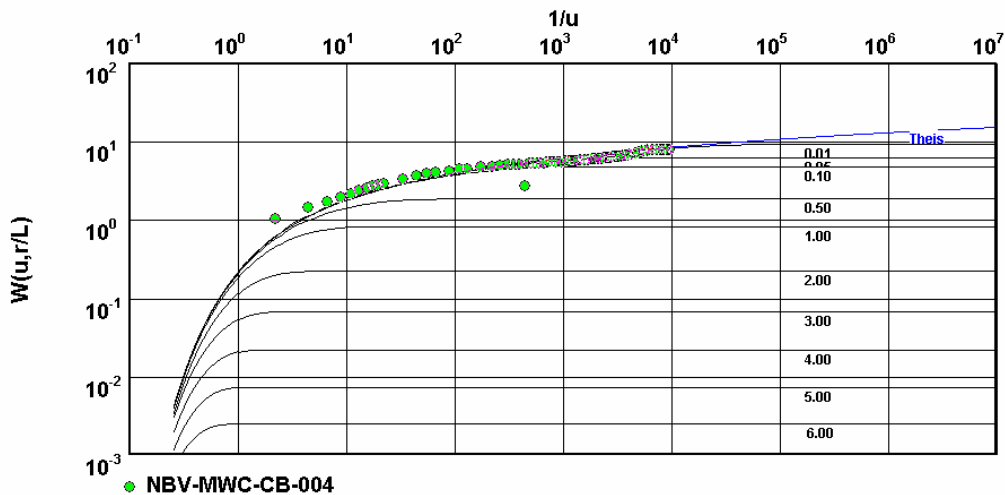
Storativity:  $1.60 \times 10^{-1}$

Hydraulic conductivity [m/d]:  $1.57 \times 10^{-1}$

รูปที่ 4.13 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer)

โดยวิธี Cooper&Jacob Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004

HANTUSH's method - Leaky aquifer, no aquitard storage



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $1.08 \times 10^0$

Storativity:  $2.43 \times 10^{-1}$

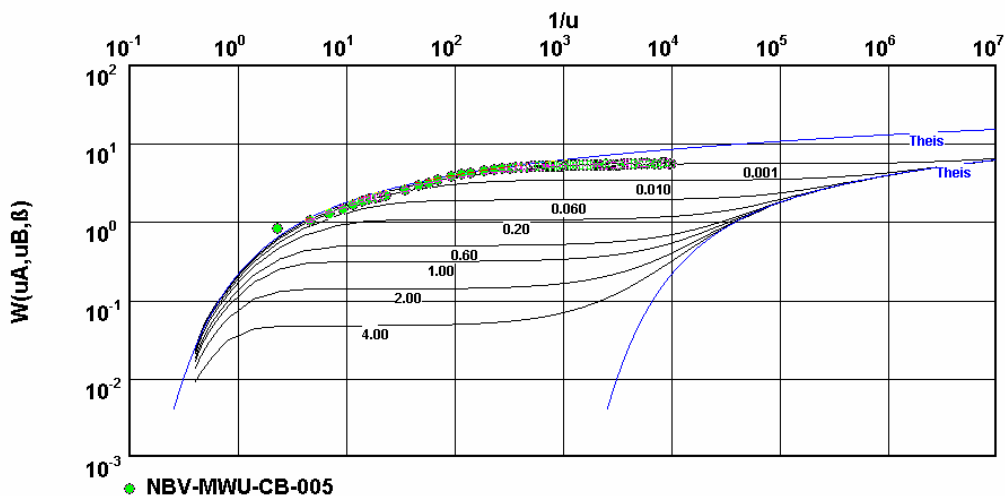
Hydraulic conductivity [m/d]:  $1.35 \times 10^{-1}$

รูปที่ 4.14 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer)

โดยวิธี Huntush's Method ของบ่อ NBV-MWC-CB-004

บ่อบาดาล NBV-MW-CB-005

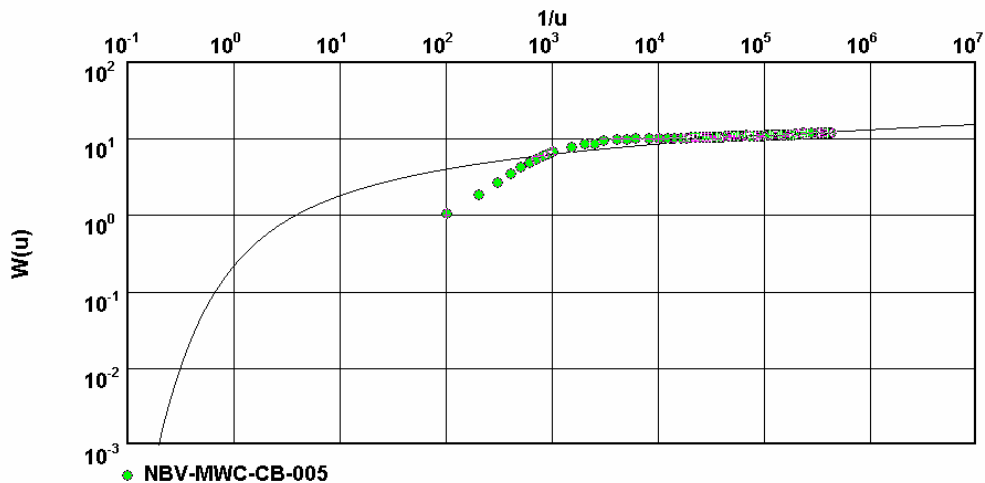
NEUMAN's method



Transmissivity [ $m^2/d$ ]:  $4.16 \times 10^{-1}$       Storativity:  $8.92 \times 10^{-2}$   
 Hydraulic conductivity [ $m/d$ ]:  $5.21 \times 10^{-2}$

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นตะกอน (Unconfined Aquifer)  
 โดยวิธี Neuman's Method ของบ่อบาดาล NBV-MWU-CB-005

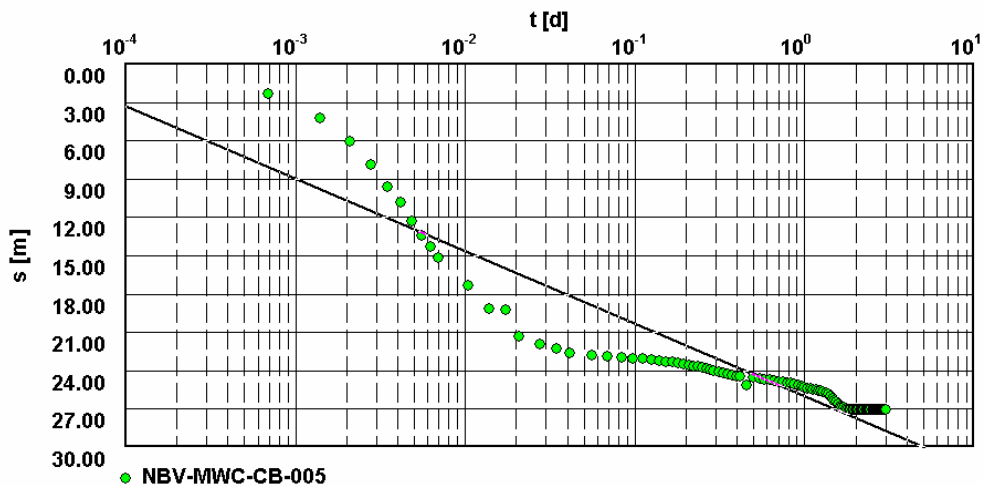
Theis analysis method - Confined aquifer



Transmissivity [ $m^2/d$ ]:  $1.17 \times 10^0$       Storativity:  $5.66 \times 10^{-3}$   
 Hydraulic conductivity [ $m/d$ ]:  $7.36 \times 10^{-2}$

รูปที่ 4.16 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (Confined Aquifer)  
 โดยวิธี Theis Method ของบ่อบาดาล NBV-MWC-CB-005

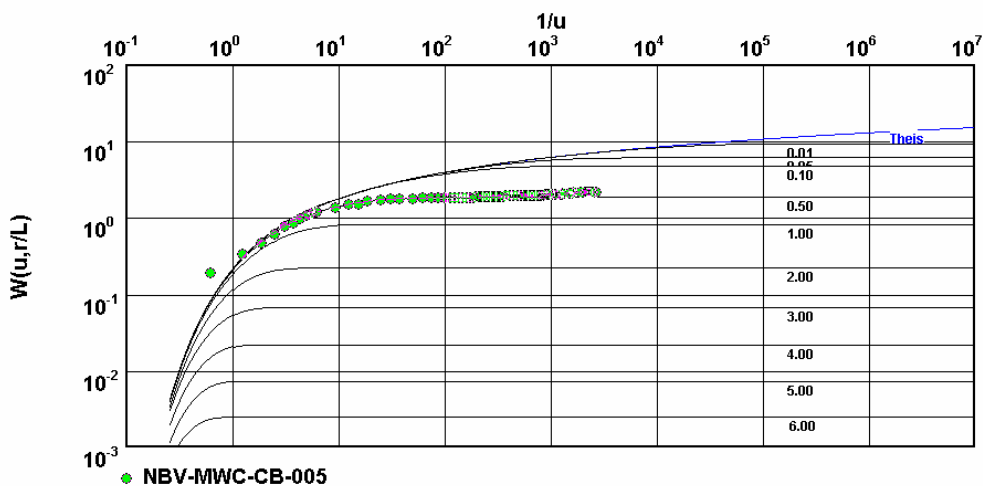
Analysis after COOPER & JACOB I - Confined aquifer



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $1.08 \times 10^0$       Storativity:  $1.12 \times 10^{-2}$   
 Hydraulic conductivity [m/d]:  $6.78 \times 10^{-2}$

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer)  
 โดยวิธี Cooper&Jacob Method ของบ่อบาดาล NBV-MWC-CB-005

HANTUSH's method - Leaky aquifer, no aquitard storage



Transmissivity [m<sup>2</sup>/d]:  $2.12 \times 10^{-1}$       Storativity:  $1.69 \times 10^{-1}$   
 Hydraulic conductivity [m/d]:  $1.32 \times 10^{-2}$

รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการพล็อตในชั้นหินแข็ง (confined aquifer)  
 โดยวิธี Hantush's Method ของบ่อบาดาล NBV-MWC-CB-005



หมายเลขบ่อชั้น ตะกอน	ชั่วโมง	ค่า Transmissivity (T) (m <sup>2</sup> /d)	ค่า Hydraulic Conductivity (K) (m/d)
		Neuman	
NBV-MWU-CB-004	72	1.07	0.268
NBV-MWU-CB-005	72	0.42	0.052

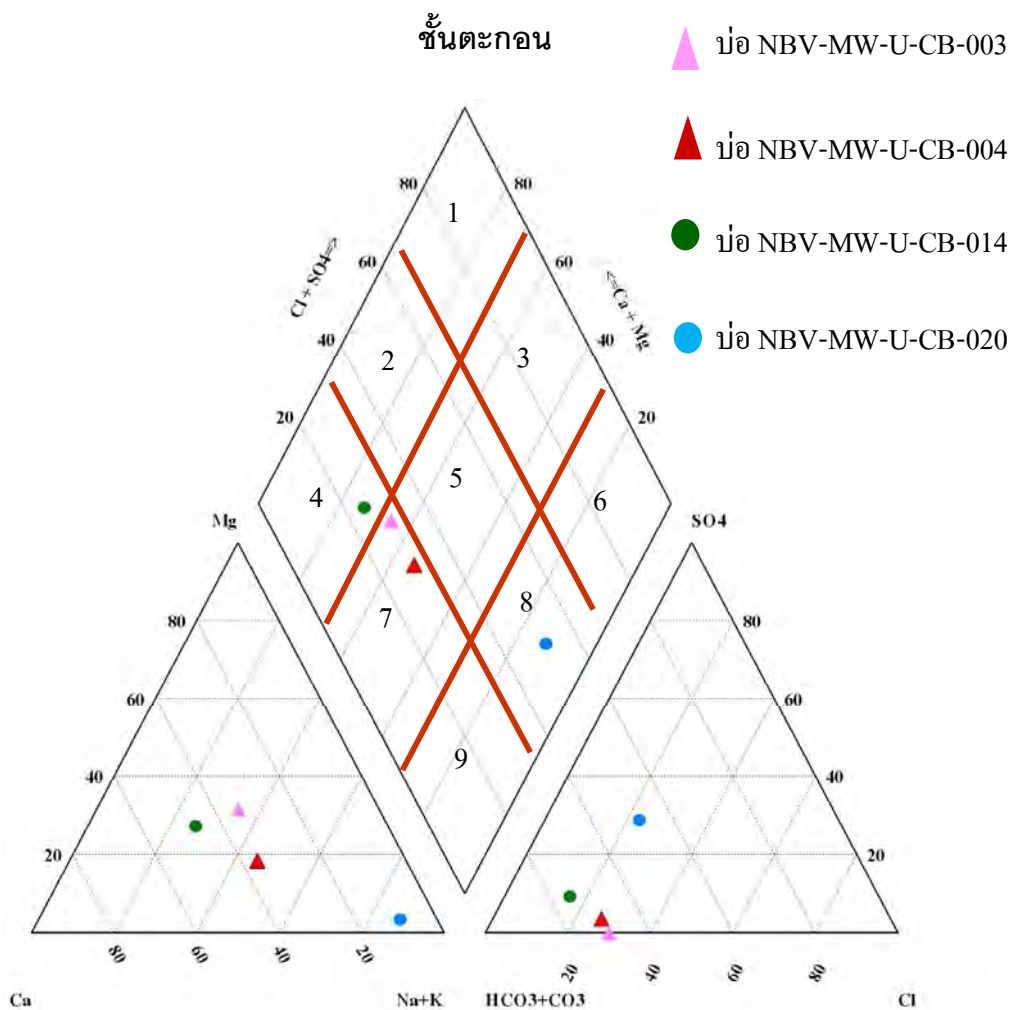
หมายเลข บ่อชั้นหิน แข็ง	ชั่วโมง	ค่า Transmissivity (T) (m <sup>2</sup> /d)			ค่า Hydraulic Conductivity (K) (m/d)		
		Thies	Cooper- Jacob	Hantush	Thies	Cooper- Jacob	Hantush
NBV-MWC- CB-004	72	1.270	1.250	1.080	0.159	0.157	0.135
NBV-MWC- CB-005	72	1.170	1.080	0.200	0.074	0.068	0.013

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าสมบัติทางชลศาสตร์ของชั้นหินให้น้ำบาดาลในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง  
ด้วยวิธีการคำนวณในแบบต่างๆ

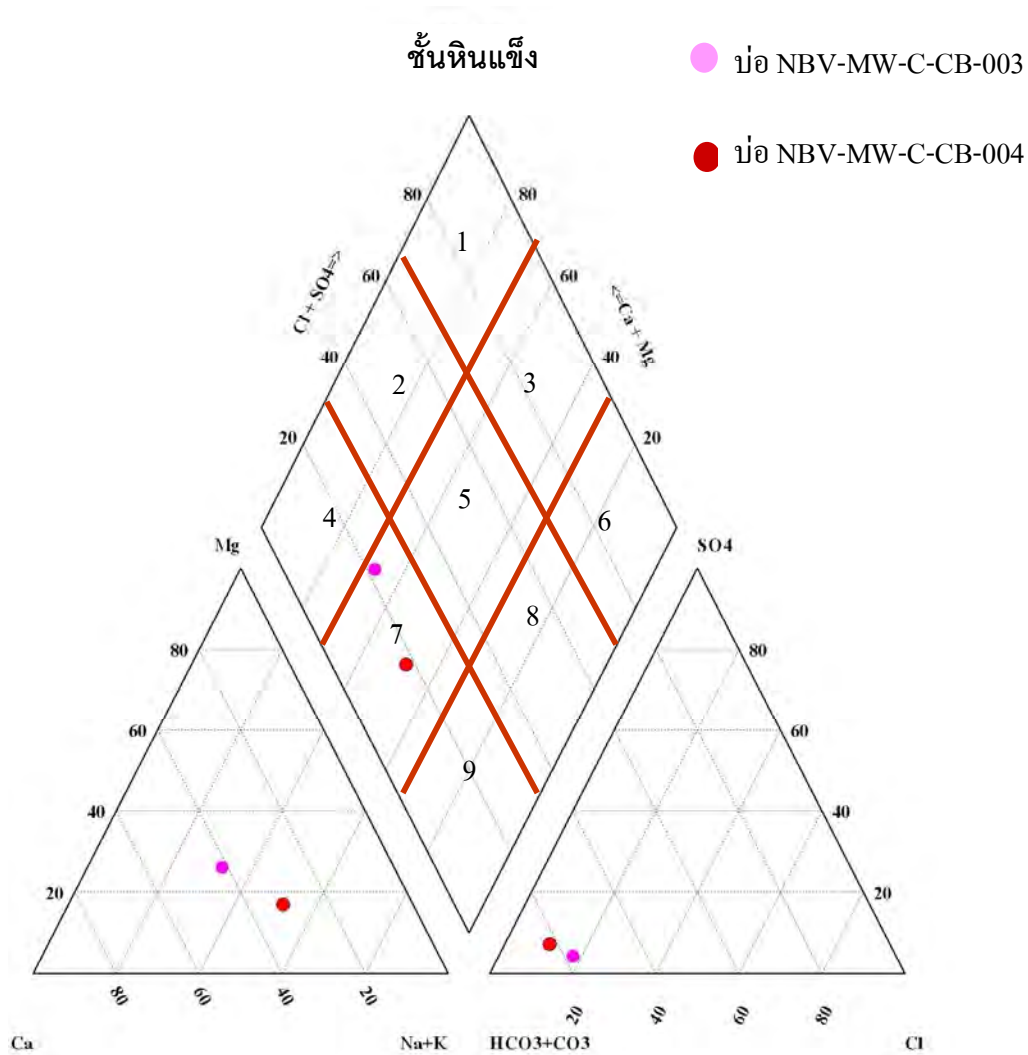
#### 4.4 ผลและการแปลความหมายข้อมูลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาล

ในการจำแนกรูปแบบทางเคมีของน้ำบาดาลจะใช้แผนภูมิไปเปอร์ (Gollaway&Kaiser, 1980) โดยการตรวจวัดปริมาณแคทไอออนและแอนไอออนในน้ำตัวอย่าง ได้แก่

- ไบคาร์บอเนต (Bicarbonate,  $\text{HCO}_3^-$ )
- คาร์บอเนต (Carbonate,  $\text{CO}_3^{2-}$ )
- คลอไรด์ (Chloride,  $\text{Cl}^-$ )
- ซัลเฟต ( $\text{SO}_4^{2-}$ )
- แคลเซียม (Calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ )
- แมกนีเซียม (Magnesium,  $\text{Mg}^{2+}$ )
- โซเดียม (Sodium,  $\text{Na}^+$ )
- โพแทสเซียม (Potassium,  $\text{K}^+$ )



รูปที่ 4.19 แผนภูมิไปเปอร์แสดงผลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาลในชั้นตะกอน



รูปที่ 4.20 แผนภูมิไปเปอร์แสดงผลวิเคราะห์เคมีของน้ำบาดาลในชั้นหินแข็ง

#### ชั้นตะกอน

เป็นแคลเซียม ไบคาร์บอเนต(Ca-HCO<sub>3</sub>) และเป็นแคลเซียม โซเดียม ไบคาร์บอเนต (Ca-Na-HCO<sub>3</sub>) : น้ำบาดาลที่เกิดใหม่ มีอายุน้อย เป็นกรดอ่อนๆ และพบในบริเวณที่รับน้ำฝน

เป็นโซเดียม ไบคาร์บอเนต คลอไรด์ (Na-HCO<sub>3</sub>-Cl) คุณภาพน้ำบาดาลมักเป็นน้ำจืดเป็น

ส่วนใหญ่

#### ชั้นหินแข็ง

เป็นแคลเซียม โซเดียม ไบคาร์บอเนต(Ca-Na-HCO<sub>3</sub>) น้ำบาดาลที่เกิดใหม่ มีอายุน้อย เป็นกรดอ่อนๆและพบในบริเวณที่รับน้ำฝน

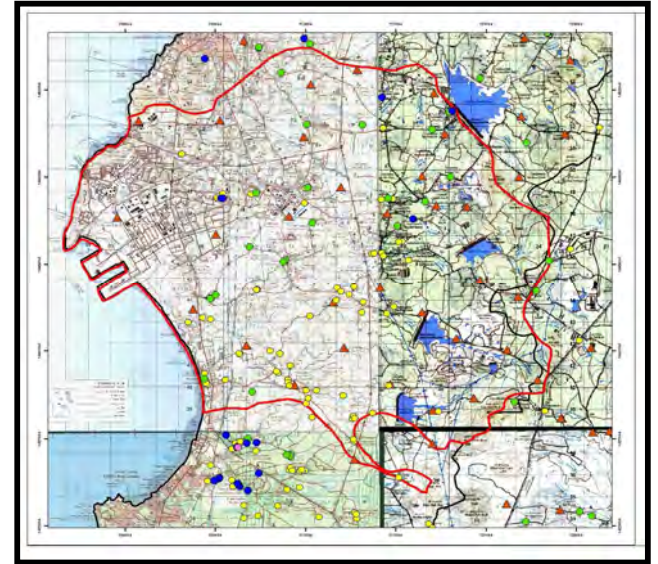
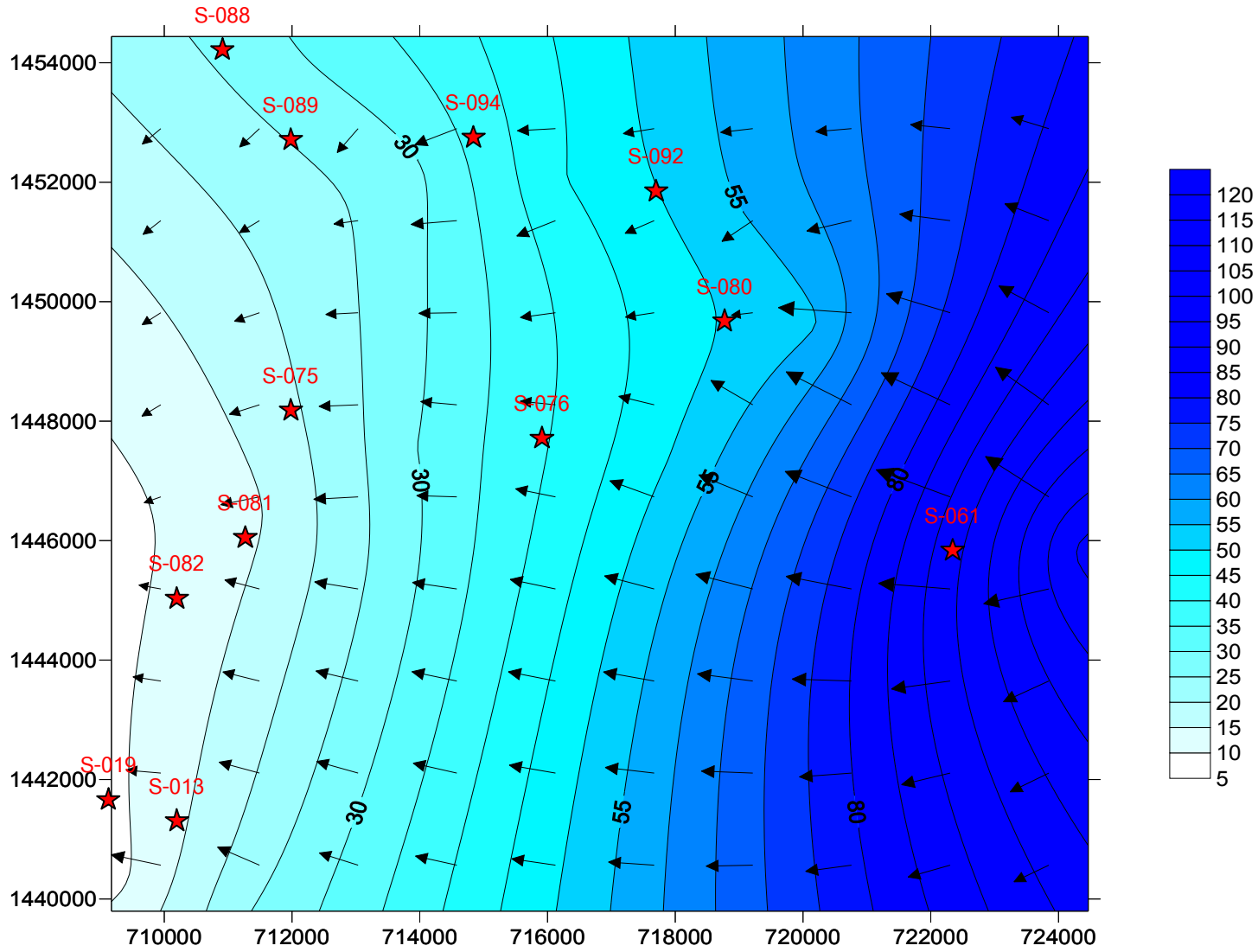
#### 4.5 ผลและการแปลความหมายข้อมูลระดับน้ำของบ่อบาดาล

นำข้อมูลระดับน้ำและข้อมูลความสูงของบ่อจากระดับน้ำทะเลมาพิจารณาเพื่อหาระดับและทิศทางการไหลของน้ำบาดาลแต่ละชั้นโดยแบ่งเป็นชั้นตะกอนและชั้นหินแข็ง โดยข้อมูลต้องอยู่ในชั้นให้น้ำเดียวกันและมีการตรวจวัดในเวลาใกล้เคียงกัน โดยใช้โปรแกรม Surfur เพื่อนำมาจัดทำเป็นแผนที่แสดงแสดงเส้นชั้นระดับน้ำบาดาล (Groundwater level or piezometric level) และทิศทางการไหลของน้ำบาดาล (Direction of groundwater flow)

ชั้นหินให้น้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอนจะมีทิศทางการไหลของน้ำส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกเพื่อไหลลงสู่ทะเล โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในตะกอนทั้งหมด 13 บ่อ ดังแสดงในรูป 4.21

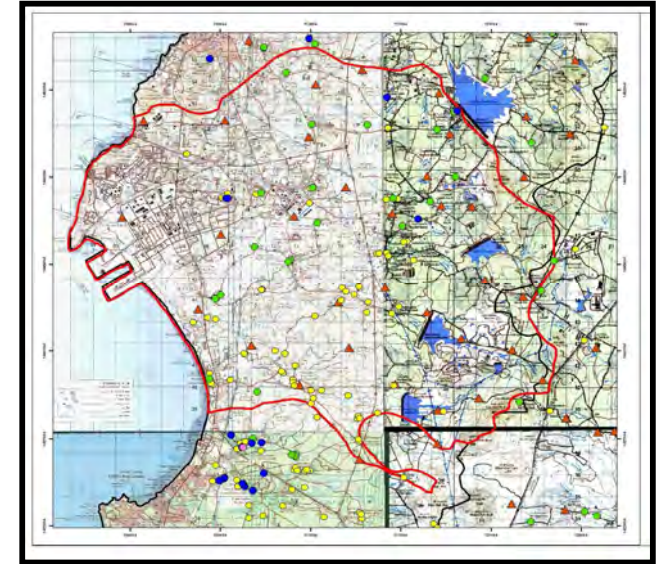
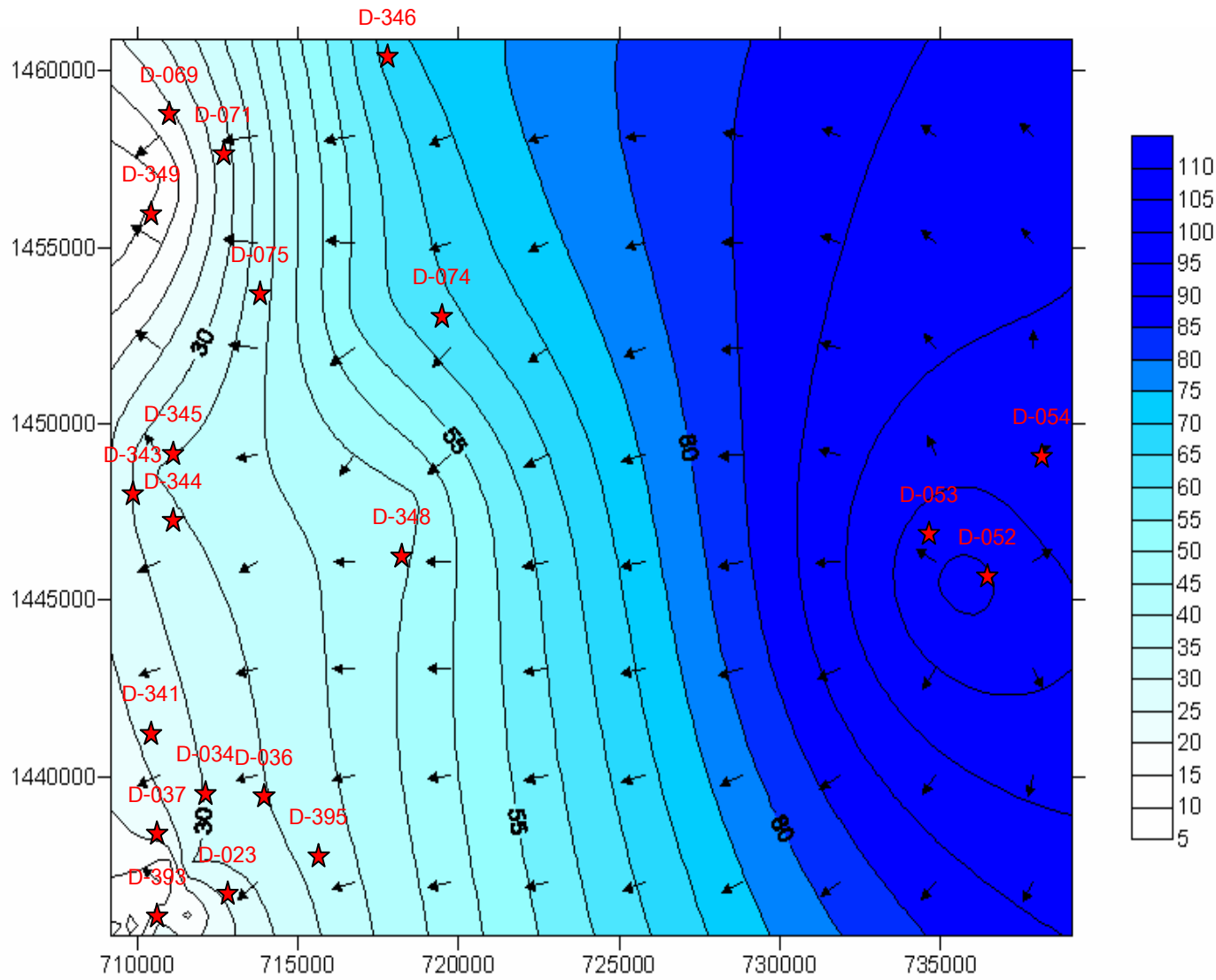
ชั้นหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers) จะมีทิศทางการไหลของน้ำส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตกเพื่อไหลลงสู่ทะเลเช่นเดียวกับชั้นตะกอน โดยใช้ข้อมูลระดับน้ำในชั้นหินแข็งทั้งหมด 20 บ่อ ดังแสดงในรูป 4.22

รูปที่ 4.23 แสดงแบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 2 มิติ และรูปที่ 4.24 แสดงแบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม Rock Work



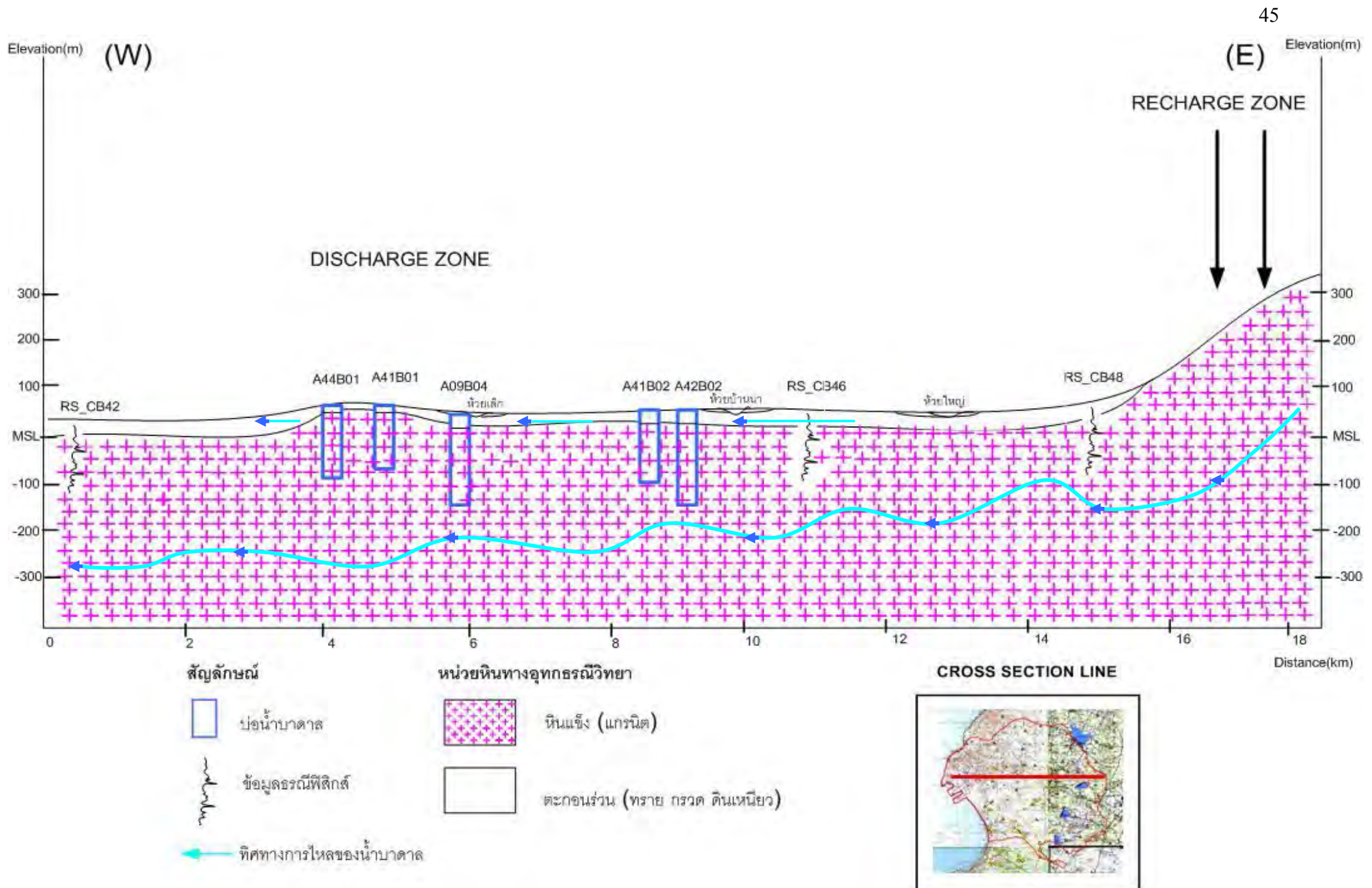
- คำอธิบายสัญลักษณ์
- ★ บ่อน้ำบาดาลชั้นตะกอนร่วน
  - ← ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

รูปที่ 4.21 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินให้น้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอน

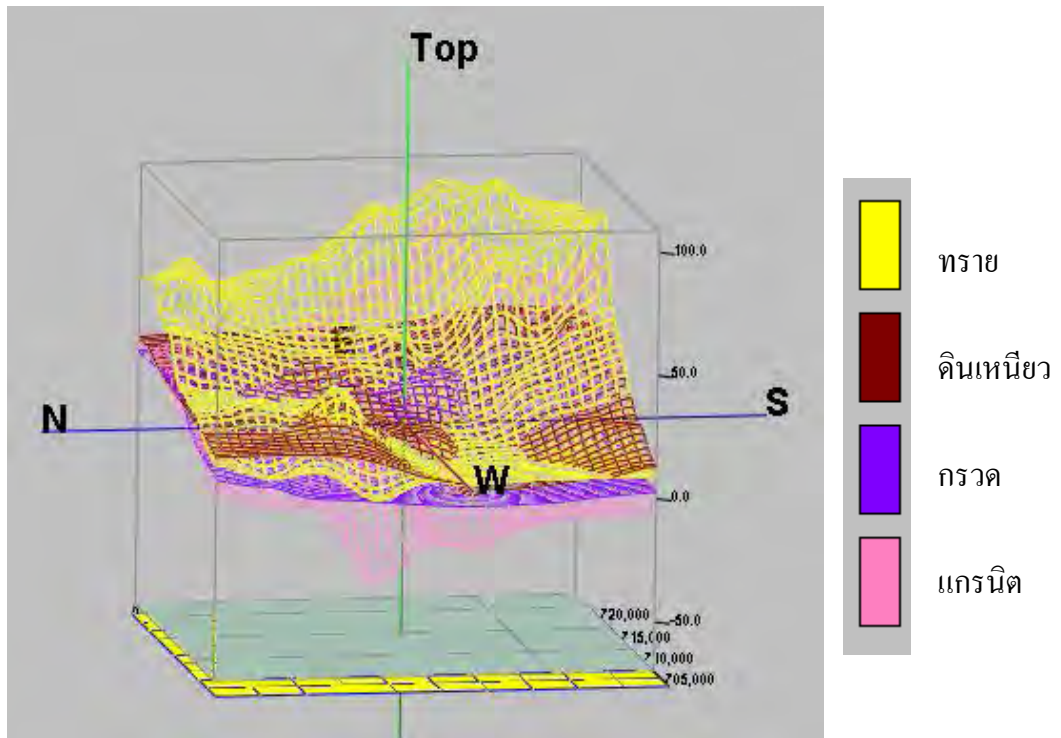


- คำอธิบายสัญลักษณ์
- ★ บ่อน้ำบาดาลชั้นหินแข็ง
  - ← ทิศทางการไหลของน้ำบาดาล

รูปที่ 4.22 แผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers)



รูปที่ 4.23 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 2 มิติ



รูปที่ 4.24 แบบจำลองเชิงแนวคิดของชั้นน้ำบาดาล (Conceptual Model) 3 มิติ โดยใช้โปรแกรม Rock Work ซึ่งทราย กรวด ดินเหนียวจะมีการแทรกสลับกันไม่สามารถแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆได้ และจะมีแกรนิตอยู่ด้านล่างสุด



## บทที่ 5

### สรุปผล ปัญหาและอุปสรรค ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

##### 5.1.1 พื้นที่ศึกษามี 2 ชั้นน้ำหลักคือ

- ชั้นหินให้น้ำตะกอนเศษหินเชิงเขา (Colluvium Aquifers, Qcl) หรือชั้นตะกอนวางตัวอยู่ด้านบนสุดประกอบด้วยทราย ดินเหนียว กรวด ไม่มีการแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆ เหมือนกับตะกอนน้ำพาเพราะช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนมักจะถูกอุดตันด้วยชั้นดินเหนียวตกตะกอนทับอยู่ด้วยกัน
- ชั้นหินแข็งของหินแกรนิต (Granite Aquifers) วางตัวอยู่ชั้นล่างสุด

##### 5.1.2 ชั้นหินอุ้มน้ำในชั้นตะกอนและชั้นหินแข็งมีศักยภาพในการให้น้ำบาดาลมีค่า

ใกล้เคียงกันคือ

- ชั้นตะกอนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำตั้งแต่ 0.420 -1.070 m<sup>2</sup>/d  
ชั้นหินแข็งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำตั้งแต่ 0.200 -1.270 m<sup>2</sup>/d
- ชั้นตะกอนจะมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำตั้งแต่ 0.052 -0.268 m/d  
ชั้นหินแข็งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำตั้งแต่ 0.013 -0.159 m/d

##### 5.1.3 ข้อมูลเคมีของน้ำบาดาล

###### ชั้นตะกอน

เป็นแคลเซียม ไบคาร์บอเนต(Ca-HCO<sub>3</sub>) และเป็นแคลเซียม โซเดียม ไบคาร์บอเนต(Ca-Na-HCO<sub>3</sub>) : น้ำบาดาลที่เกิดใหม่ มีอายุน้อย เป็นกรดอ่อนๆและพบในบริเวณที่รับน้ำฝน

เป็นโซเดียม ไบคาร์บอเนต คลอไรด์(Na-HCO<sub>3</sub>-Cl)คุณภาพน้ำบาดาลมักเป็นน้ำจืดเป็นส่วนใหญ่

###### ชั้นหินแข็ง

เป็นแคลเซียม โซเดียม ไบคาร์บอเนต(Ca-Na-HCO<sub>3</sub>) : น้ำบาดาลที่เกิดใหม่ มีอายุน้อย เป็นกรดอ่อนๆและพบในบริเวณที่รับน้ำฝน

5.1.4 จากแบบจำลองเชิงมโนทัศน์ของอุทกธรณีวิทยาชั้นหินอุ้มน้ำทั้งชั้นตะกอนและชั้นหินแข็งมีทิศทางการไหลส่วนใหญ่จากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก

## 5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ข้อมูลที่ได้มาจากหลายแหล่งทำให้ต้องมีการปรับข้อมูลให้มีความสอดคล้องกัน

5.2.2 การออกภาคสนามต้องเดินทางพร้อมกับทางบริษัทจีเอ็มทีคอร์ปอเรชั่นเนื่องจากงบประมาณที่จำกัดส่งผลให้เวลาในการออกภาคสนามตรงกับเวลาเรียน

5.2.3 ในการไปออกภาคสนามเพื่อวัดระดับน้ำในบ่อน้ำบาดาลพบว่าบ่อที่มีข้อมูลส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าไปวัดระดับน้ำได้เนื่องจากบ่อเกิดความชำรุด บ่อเลิกใช้งานไปแล้วหรือบางบ่อถูกอุดกอลบ

5.2.4 ในขั้นตอนการตัดภาพตัดขวางนั้นไม่สามารถลากเส้นเชื่อมต่อแบ่งชั้นน้ำได้ชัดเจนเนื่องจากชั้นตะกอนซึ่งวางตัวอยู่ด้านบนสุดประกอบด้วยทราย ดินเหนียว กรวด ไม่มีการแบ่งแยกตะกอนเป็นชั้นๆ เพราะช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนมักจะถูกอุดตันด้วยชั้นดินเหนียวตกตะกอนทับอยู่ด้วยกัน จึงต้องใช้ข้อมูลเพิ่มเติมทั้งข้อมูลการเจาะสำรวจและข้อมูลธรณีฟิสิกส์มาพิจารณา

5.2.5 การใช้โปรแกรม Rock Work ซึ่งใช้ในการทำภาพตัดขวางของชั้นน้ำบาดาล ซึ่งภาพที่แสดงออกมานั้นสื่อความหมายการวางตัวของชั้นหินไม่ชัดเจนเนื่องจากข้อมูลที่ได้ไม่เพียงพอ ทำให้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Visio ในการจัดทำภาพตัดขวางของชั้นน้ำบาดาล

5.2.6 การใช้โปรแกรม Aquifer Test ต้องเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมกับข้อมูลที่นำมาเพื่อหาค่าของค่าสัมประสิทธิ์การจ่ายน้ำ (Transmissivity, T) ค่าสัมประสิทธิ์การยอมให้น้ำซึมผ่าน (Hydraulic conductivity) และค่าสัมประสิทธิ์การกักเก็บ (Storativity, S) จะออกมาใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด

5.2.7 การจัดทำแผนที่แสดงทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในชั้นหินหินแข็งของหินแกรนิตนั้นข้อมูลของบ่อน้ำบาดาลในพื้นที่มีปริมาณไม่เพียงพอจึงได้นำข้อมูลของบ่อน้ำบาดาลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษามาพิจารณาประกอบกันเพื่อที่จะได้เห็นทิศทางการไหลของน้ำบาดาลโดยรวม

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยนี้ถือได้ว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้คาดหวังไว้ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถที่จะเป็นแนวทางในการศึกษาลักษณะทางอุทกธรณีวิทยาและสมบัติการกักเก็บน้ำของชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่อื่นต่อไปและควรจะมีการศึกษาต่อยอดเพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยควรจะมีข้อมูลดังต่อไปนี้

5.3.1 ควรจะมีบ่อที่ทำการศึกษาการสูบน้ำในพื้นที่มากกว่านี้เพื่อที่จะได้ค่าสมบัติทางชลศาสตร์ของน้ำที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น

5.3.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องของสมดุลของแหล่งน้ำบาดาล

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2539. กอน้ำบาดาล. **แผนที่น้ำบาดาลจังหวัดชลบุรี** มาตรฐาน 1:100,000
- กรมทรัพยากรธรณี. 2542. กอนธรณีวิทยา. **แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย** มาตรฐาน 1:1,000,000
- กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. 2548. **การสำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่จังหวัดระยองและจังหวัดชลบุรี: โครงการแก้ไขวิกฤตการณ์ขาดแคลนน้ำภาคตะวันออก**
- เพียงตา สาทรรักษ์. 2550. ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน. ขอนแก่น: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พรเลิศ เจียมจรัสรังสี. 2553. ลักษณะทางอุทกธรณีและอุทกธรณีเคมีของชั้นน้ำบาดาลบริเวณอำเภอ พรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2544. พจนานุกรมศัพท์ธรณีวิทยา ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. จำนวน 3,000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- Atwia, M.G., Hassan, A.A. and Ibrahim, Sh. A. 1995. Hydrogeology, Log Analysis, and Hydrochemistry of Unconsolidated Aquifers South of El-Sadat City, Egypt. Hydrogeology Journal Vol.5, No.2, 1997: p. 27-38.
- Bal, A.A., Burgisser, H.M., Herber, M.A., Rigby, S.M., Thumprasertwong, S. and Winkler, F.J. 1992. The Tertiary Phitsanulok Lacustrine Basin, Thailand. Proceedings of a National Conference on Geologis Resources of Thailand: Potential for Future Development. 247-258. Bangkok:Derpartment of Mineral Resources.
- Baranwal, V.C., Sharma, S.P. 2005. Delineation of groundwater-bearing fracture zones in a hard rock area integrating very low frequencyelectromagnetic and resistivity data. Journal of Applied Geophysics: p.155-166.
- Chandra, S., Dewandel, B., Dutta, S. 2010. Geophysical model of geological discontinuities in a granitic aquifer: Analyzing small scale variability of electrical resistivity for groundwater occurrences. Journal of Applied Geophysics: p.137-148.

- Edet, A.E., Okereke, C.S. 2002. Delineation of shallow groundwater aquifers in the coastal plain sands of Calabar area (Southern Nigeria) using surface resistivity and hydrogeological data. Journal of African Earth Sciences: p.433-443.
- Hajalilou, B. and Khaleghi, F. 2009. Investigation of hydrogeochemical factors and groundwater quality assessment in Marand Municipality, northwest of Iran: A multivariate statistical approach. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.7 (3&4): p. 930-937.
- Hossain, G., Howladar, M.F., Nessa, L., Ahmed, S.S. and Quamruzzaman, C. 2010. Hydrochemistry and Classification of Groundwater Resources of Ishwardi Municipal Area, Pabna District, Bangladesh. Geotech Geol Eng Vol.28, April 2010: p. 671-679.
- Lee, C., Liu, H., Yang, C., Wen, K. 2008. A Study of the hydrogeological environment of the lishan landslide area using resistivity image profiling and borehole data. Engineering Geology: p.115-125.
- Stefan, J. Kollet, Vitaly, A. Zlotnik. 2005. Influence of aquifer heterogeneity and return flow on Pumping test data interpretation. Journal of Hydrology: p.267-285.

## ภาคผนวก

## วิธีการทำ Aquifer Test

### 1. เลือกโปรแกรม Aquifer Test 2.5

# AquiferTest

For Windows

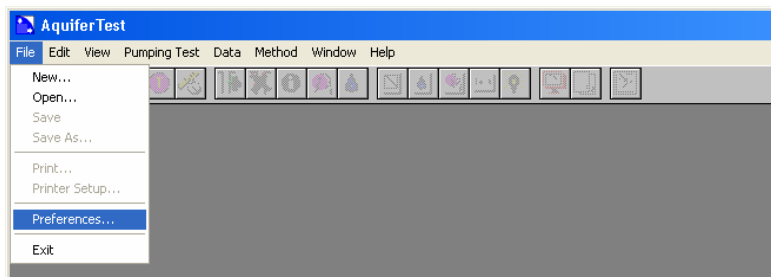
Version 2.5



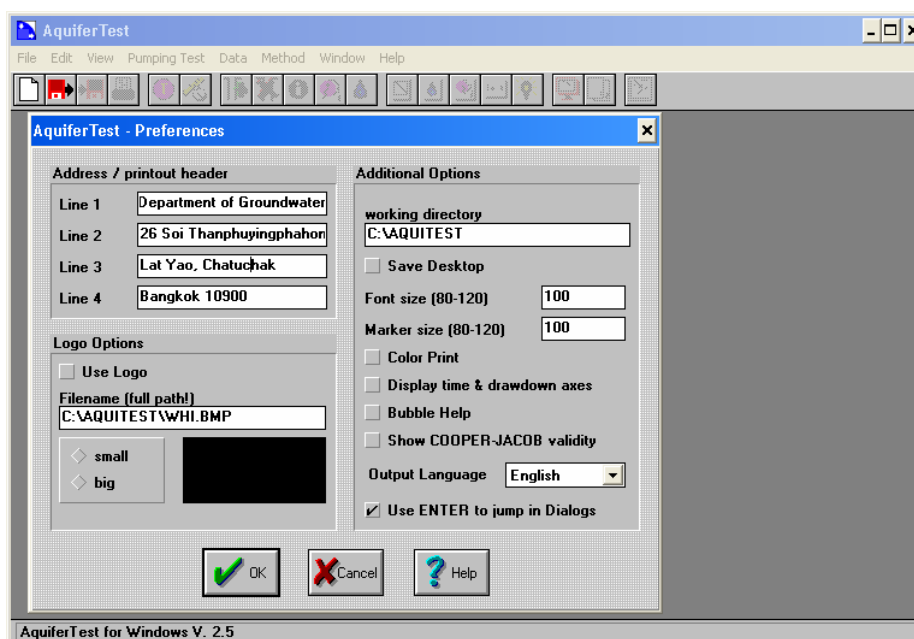
by Thomas Röhrich, all rights reserved

2. Select File menu and Preferences เพื่อใส่ที่อยู่ของผู้จัดทำข้อมูล Aquifer Test นี้ ซึ่งเดิมเจ้าของ Software คือ Waterloo Hydrogeologic Inc. Canada เราต้องเปลี่ยน Address/printout header เป็นกรมทรัพยากรน้ำบาดาลเสียก่อน กรณีเปลี่ยน Preference จะได้เฉพาะเครื่องคอมฯ หรือ Software เท่านั้น เมื่อมีการย้ายข้อมูลไปคอมฯ ตัวอื่น ก่อนสั่งพิมพ์ควรทำการ Set Preference ของ Aquifer Test ทุกครั้ง ส่วนนี้จะแสดงในหัวกระดาษรายงานที่มุมซ้ายแล้ว click

OK

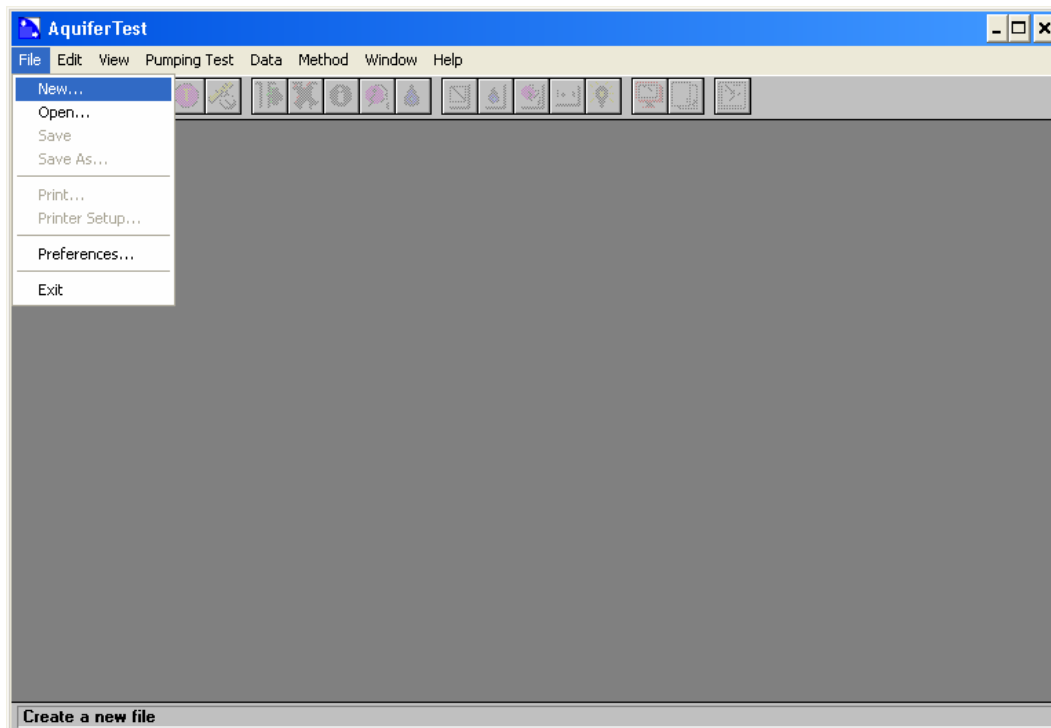


ใส่ที่อยู่ตามด้านล่าง

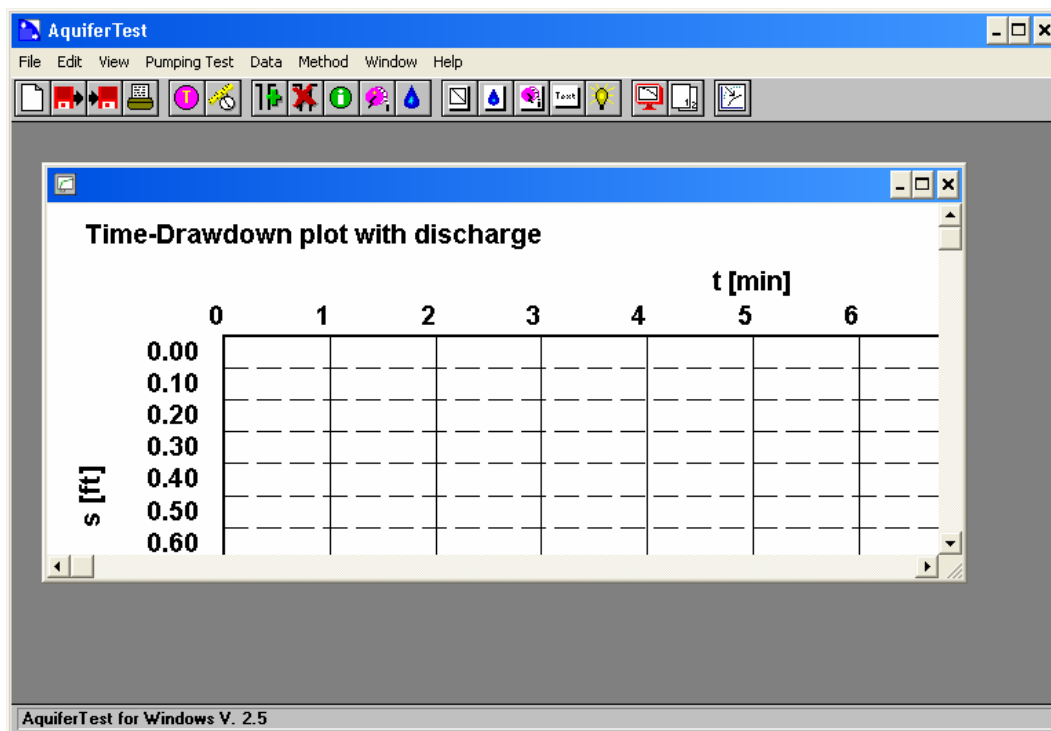


3. Select File menu and New (a.) จะได้ new Aquifer Test form (b.)

(a.)

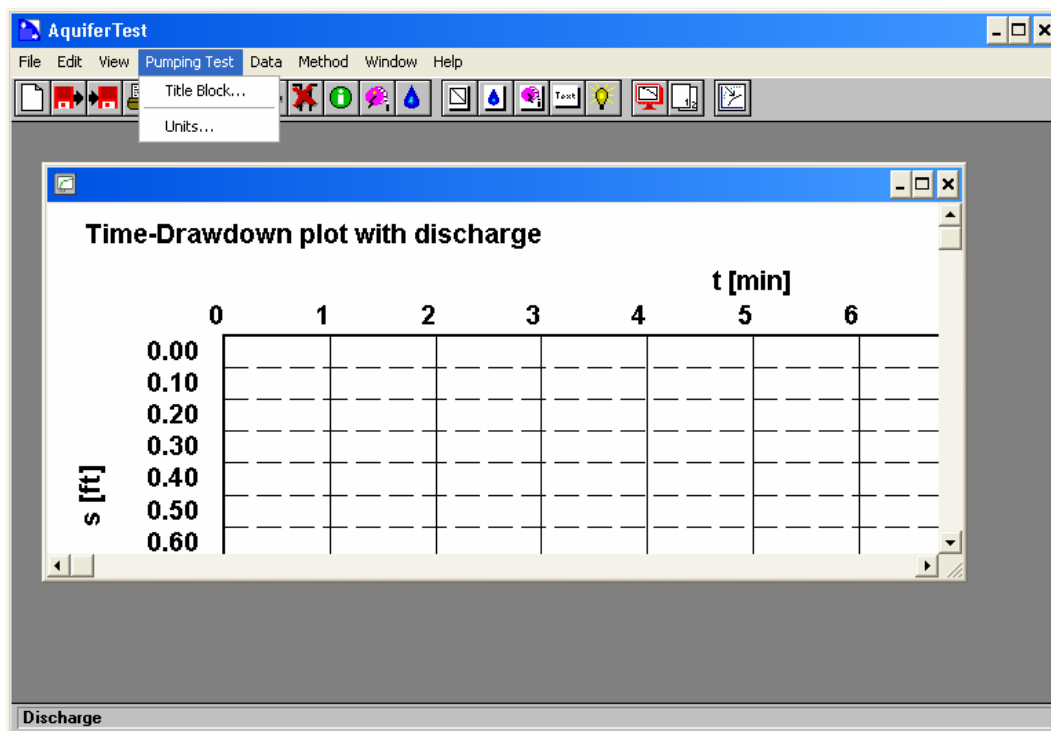


(b.)



4. Input data of pumping test. Select Pumping Test menu (a.) เลือกทั้ง Title Block (b) และ Units (c) ตามลำดับ

(a.) Pumping Test



(b.) Title Block

หมายเลขบ่อ →  
ชนิดเครื่องสูบ →  
วันทำการสูบ →  
ชื่อคนทำ →

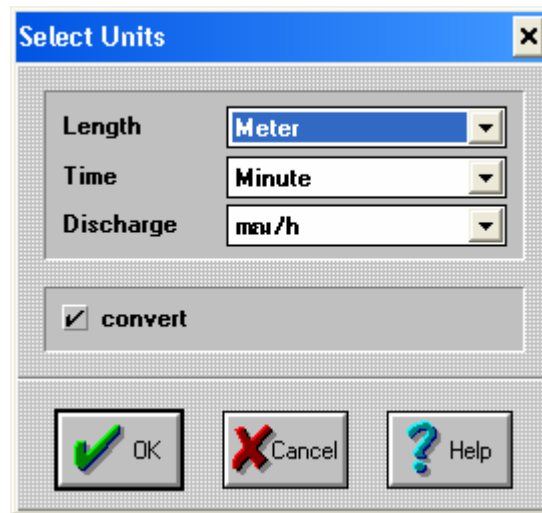
The 'Pumping test - Title block' dialog box contains the following fields:

Project	Gw Potential Assessment
Well	A09B06
Enclosure	Submersible
Pumping test No.	A09B06
Test conducted on	01.01.2012
Evaluated by	Patsorn
Evaluation date	30.03.2012

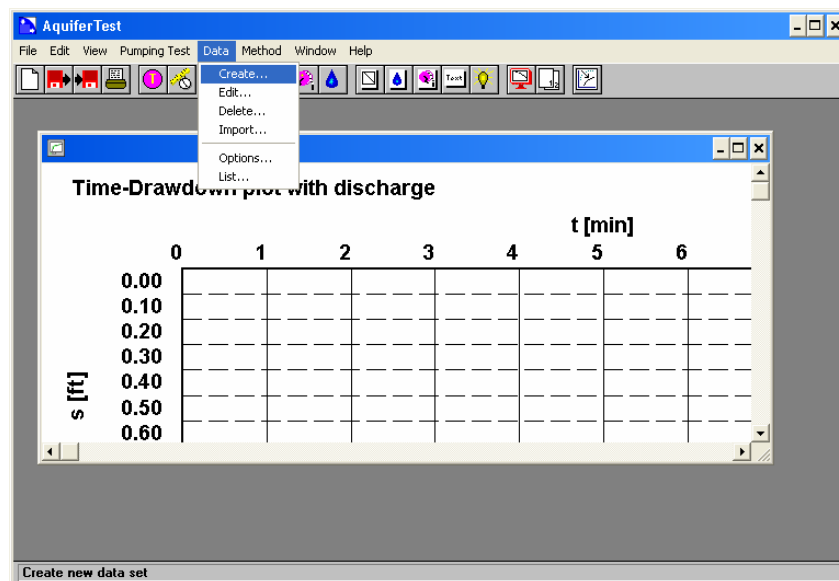
Buttons: OK, Cancel, Help



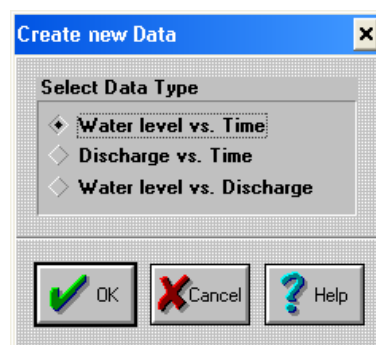
(c.) Units



5. เลือก Data menu and Creat



เลือกความสัมพันธ์ Water vs. Time แล้วคลิก OK



ขั้นตอนลงรายละเอียดข้อมูลบ่อ

$b$  (m) = ความลึกบ่อ - ระดับน้ำก่อนสูบ

$L$  (m) = ระยะชั้นหินให้น้ำ (ระยะท่อกรอง หรือ ช่วงที่เปิดให้น้ำเข้าบ่อ)

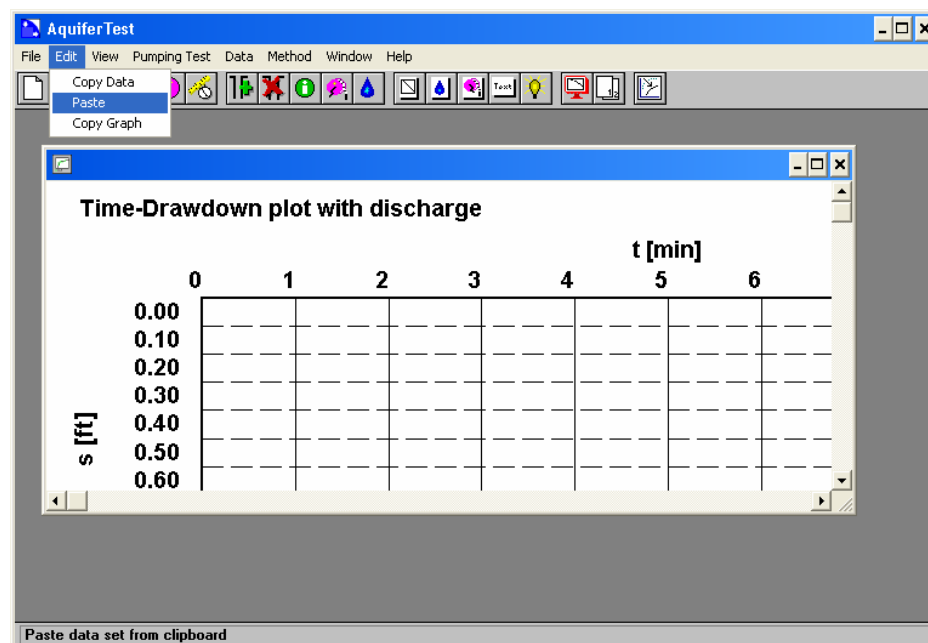
กรอกข้อมูลครบแล้วกด OK

6. ต่อไปเป็นการนำข้อมูล X-cell เข้าโปรแกรม ให้ปิดหน้าจอ Edit data ก่อน แล้วไป copy ข้อมูล จาก file x-cell เริ่มวินาทีที่หนึ่งถึงวินาทีสุดท้าย (รวมช่วงการคืนตัวของน้ำด้วย)

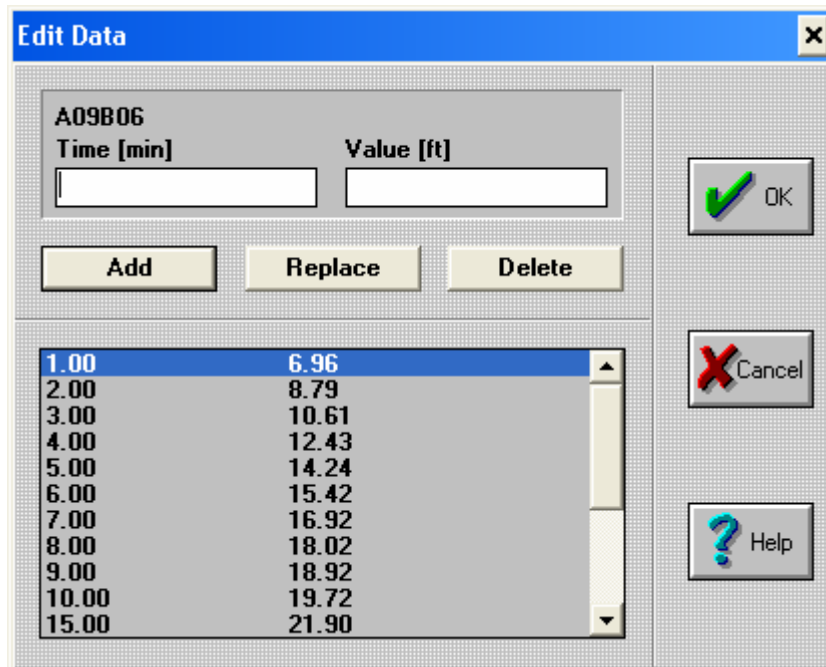
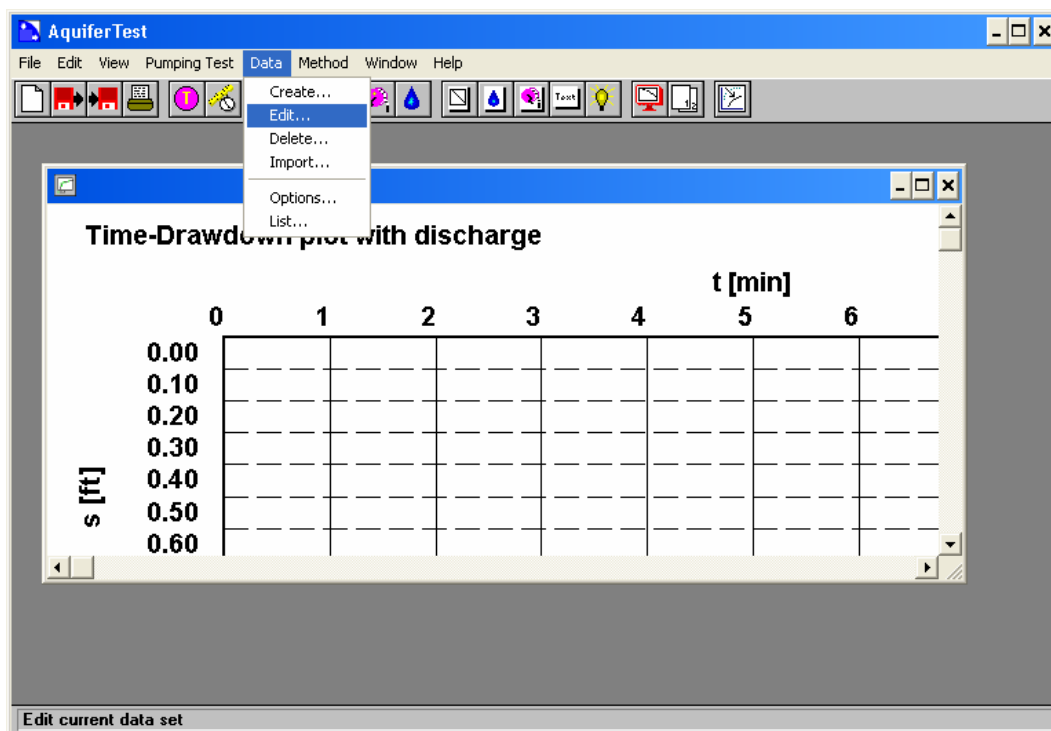
เตรียมข้อมูล X-cell ให้ใช้ตาราง “เวลา-นาที่ ตั้งแต่เริ่มสูบ (t)” กับ “ระดับน้ำ (เมตร)” อ้างอิงจากแบบฟอร์มการสุบทดสอบ แล้ว copy ทั้งสองคอลัมน์มาติดกัน พร้อมทั้งข้อมูลช่อง เวลา-นาที่ ตั้งแต่เริ่มสูบทำการต่อเนื่องเวลาระหว่างช่วงสูบกับช่วงน้ำคืนตัวและช่องระดับน้ำหักลบความสูงปากบ่อเรียบร้อยแล้ว

เวลา-นาที่	ระดับน้ำ
ตั้งแต่	น้ำ
เริ่มสูบ (t)	(เมตร)
0	5.46
1	6.96
2	8.79
3	10.61
4	12.43
5	14.24
6	15.42
7	16.92
8	18.02
9	18.92
10	19.72
15	21.9
20	23.7
25	23.84

หลังจาก Copy แล้ว มาเข้าโปรแกรม แล้วเลือก Menu edit กด Paste (วาง)

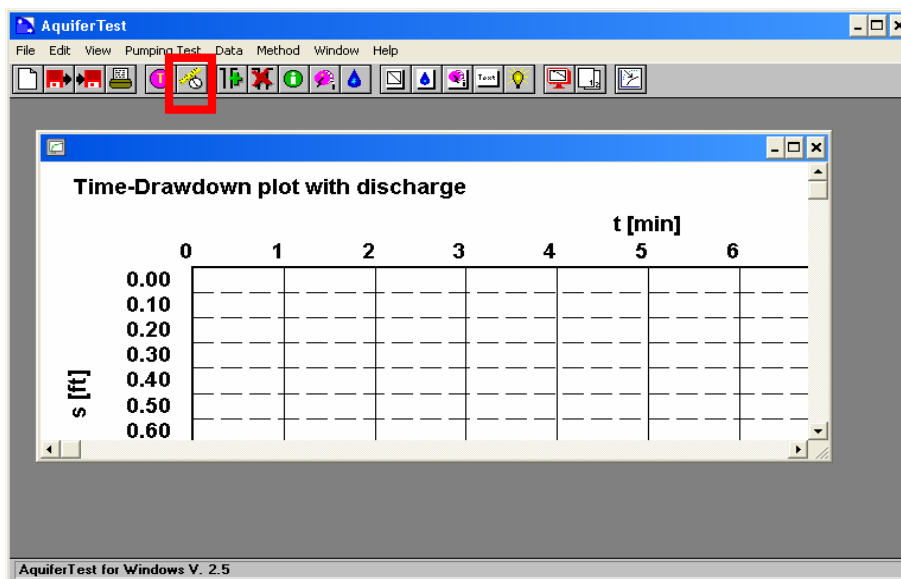


ถัดมาเลือก Menu data แล้วเลือก edit



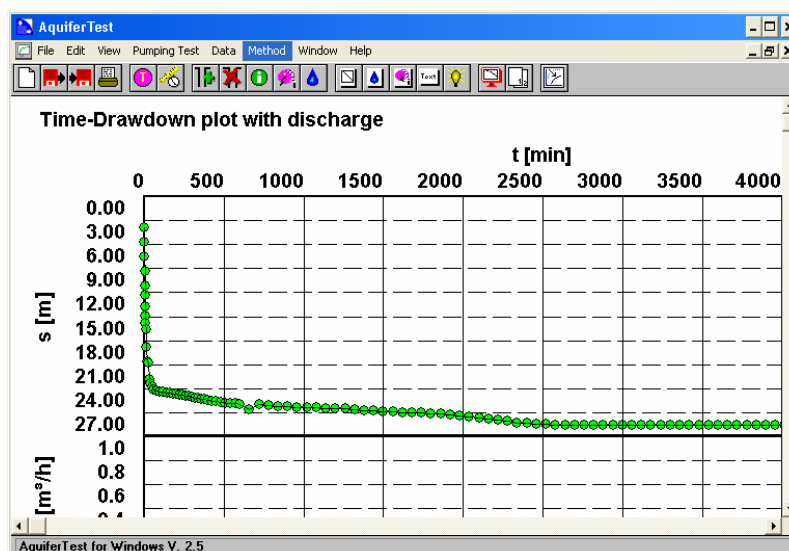
ข้อมูลที่ป้อนทาง X-cell เข้าทางโปรแกรมแล้วกด OK

7. แปลงข้อมูลตัวเลขพล็อตเป็นกราฟ เลือกเมนูภาพคลิกที่นี้

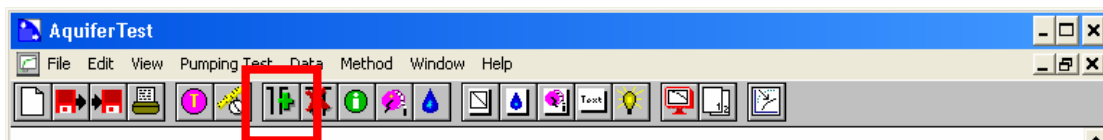


ถามถึงหน่วยอีกครั้ง

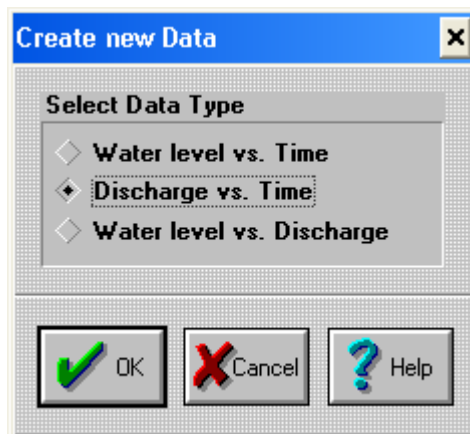
กราฟที่ได้เป็นวิธีที่ไม่ต้องการ



8.เตรียมใส่ข้อมูลอัตราการสูบ เลือก



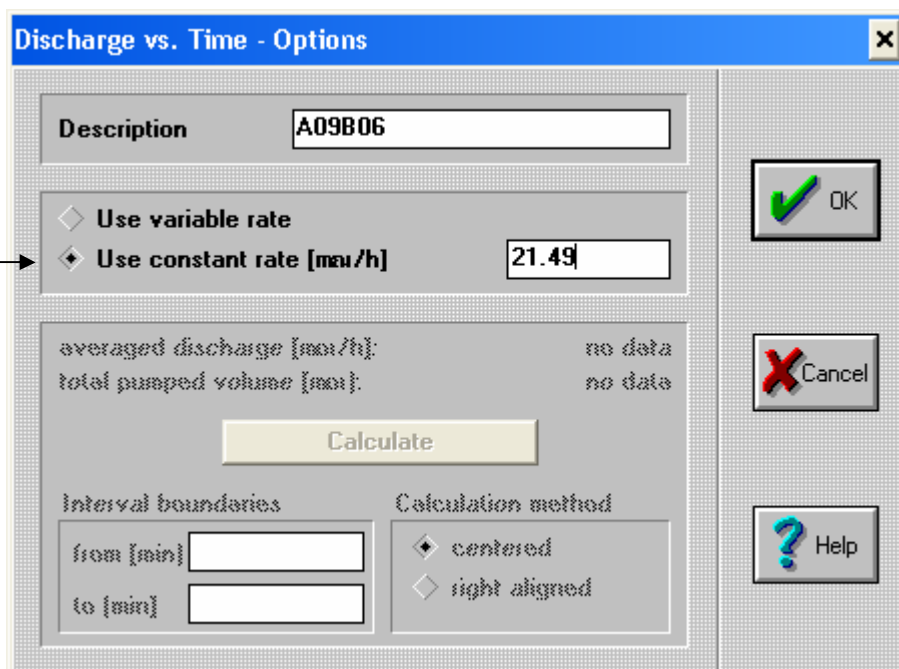
เลือกความสัมพันธ์ Discharge vs. Time แล้วคลิก OK



หมายเลขบ่อ →

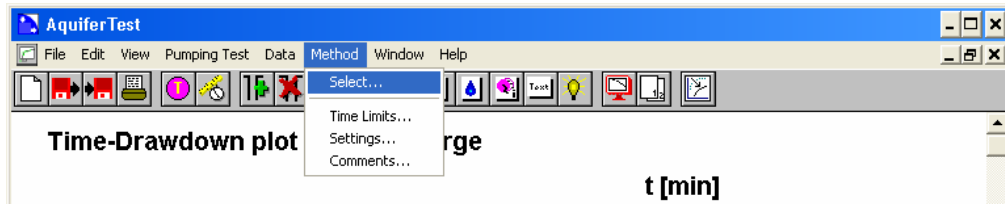
อัตราการสูบที่ได้ หน่วย

ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง



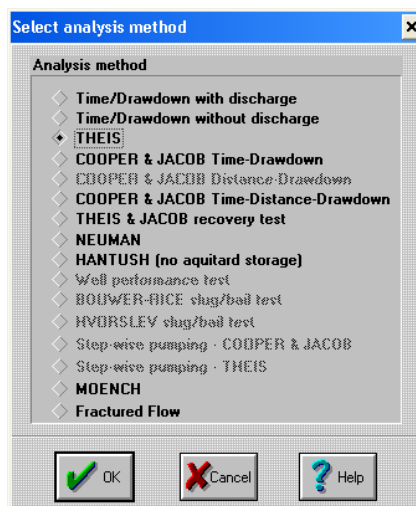
กรอกเสร็จแล้วคลิก OK

9. เมื่อกรอกข้อมูลของบ่อทั้งหมดแล้วต่อไปเป็นการเลือกวิธีการคำนวณเลือก Menu Method แล้ว Select

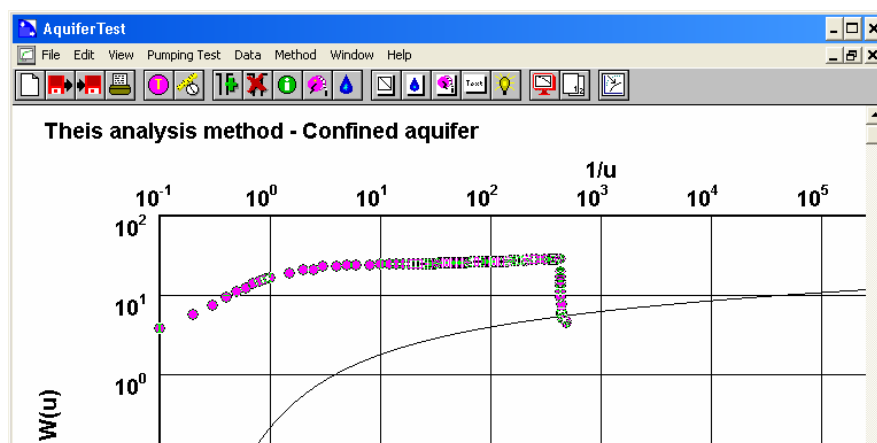


การคำนวณหาค่า Aquifer Test นั้นมีหลายวิธี ได้แก่ Theis, Cooper & Jacob Time-Drawdown, Huntush และ Neuman

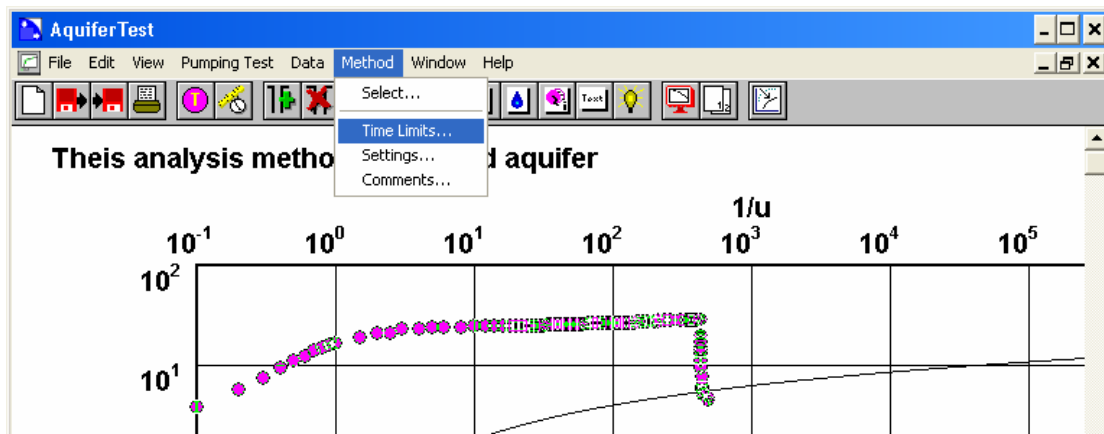
9.1 เลือก Theis แล้วเลือก OK



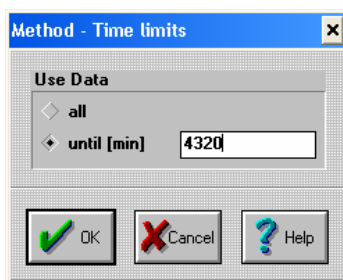
กราฟที่ได้ (วงกลมสีชมพู) มีทั้งแนวอนและแนวตั้ง ซึ่งข้อมูลแนวอนมาจากช่วงทำการสูบทดสอบส่วนข้อมูลแนวตั้งมาจากช่วงรอน้ำคืนตัว นั่นเป็นข้อมูลที่น่าเข้าตอนต้นจาก X-cell ทั้งหมด โดยวิธี Theis ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณค่าต้องการช่วงทำการสูบทดสอบน้ำออกจากชั้นหินให้น้ำเท่านั้น นั่นคือกราฟแนวอนนั่นเอง



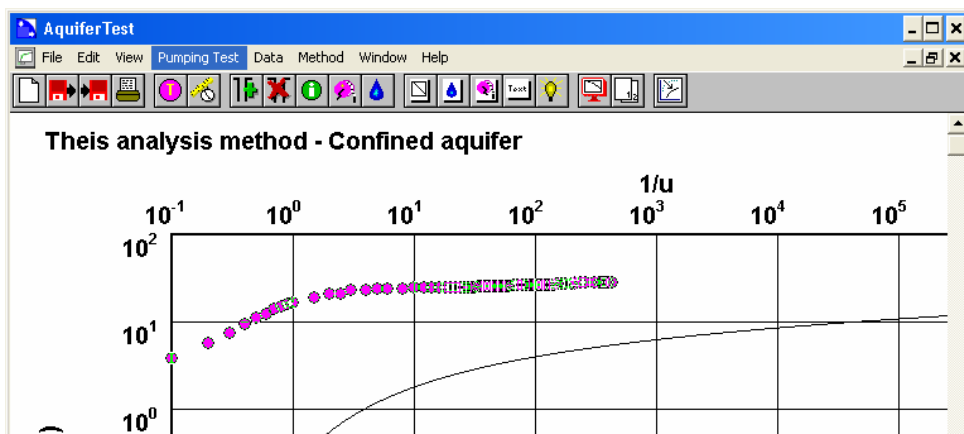
เราต้องใส่ข้อจำกัดของช่วงข้อมูลที่โปรแกรมต้องใช้เพื่อข้อมูลที่ถูกต้องตามชนิดวิธีคำนวณต้องการ  
เลือก Menu Method แล้วคลิก Time Limits



เลือก unit (min) และใส่เวลาสุดท้ายที่ทำการสูบทดสอบ กรณีที่ทำการสูบหยุดที่ นาที 4320 แล้ว  
คลิก OK



กราฟที่ได้ช่วงข้อมูลการสูบทดสอบและค่า Transmissivity (T) ซึ่งยังขาดค่า Storativity (S) และ  
Hydraulic conductivity (K) ที่ต้องหาเพิ่ม

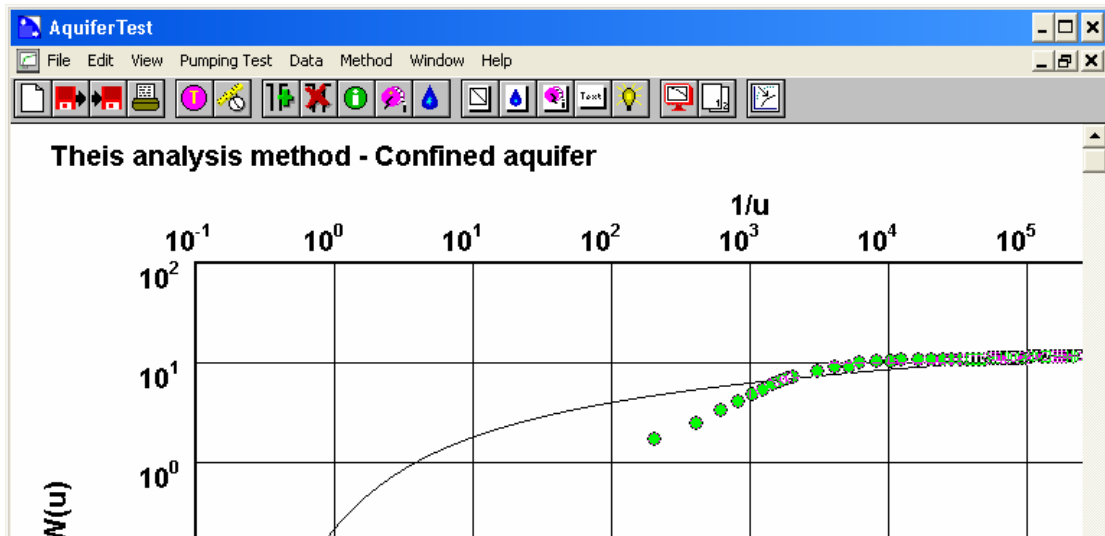


เพื่อวางกราฟข้อมูลให้ทับกับกราฟมาตรฐานของ Theis เลือก

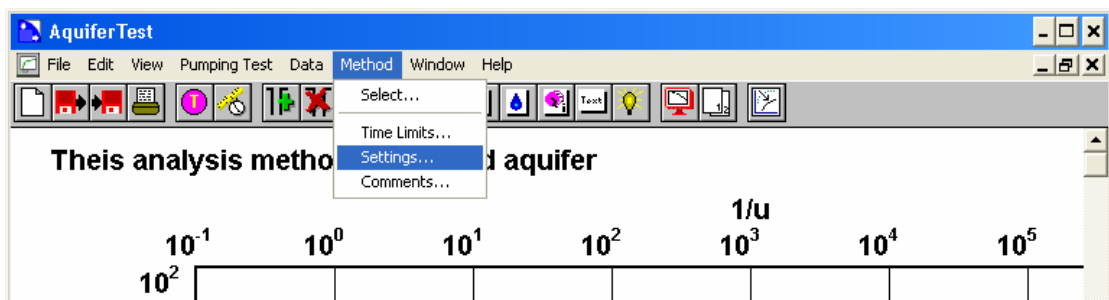




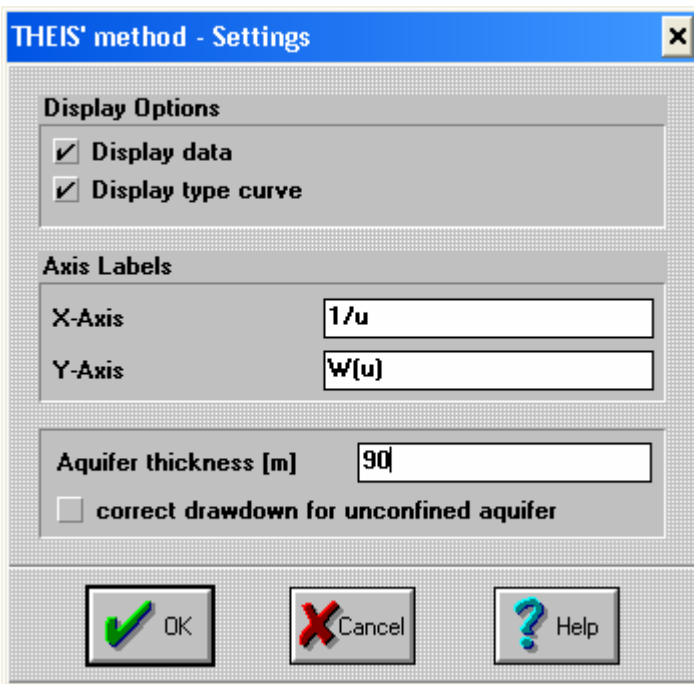
โดยโปรแกรมทำการทาบกราฟอ่านค่าแบบอัตโนมัติ บางกรณีกราฟข้อมูลทาบกราฟมาตรฐานได้ค่า error หรือเกินที่จะรับได้ ก็สามารถปรับค่าด้วยลูกศรที่เป็นคีย์บอร์ดให้เหมาะสม



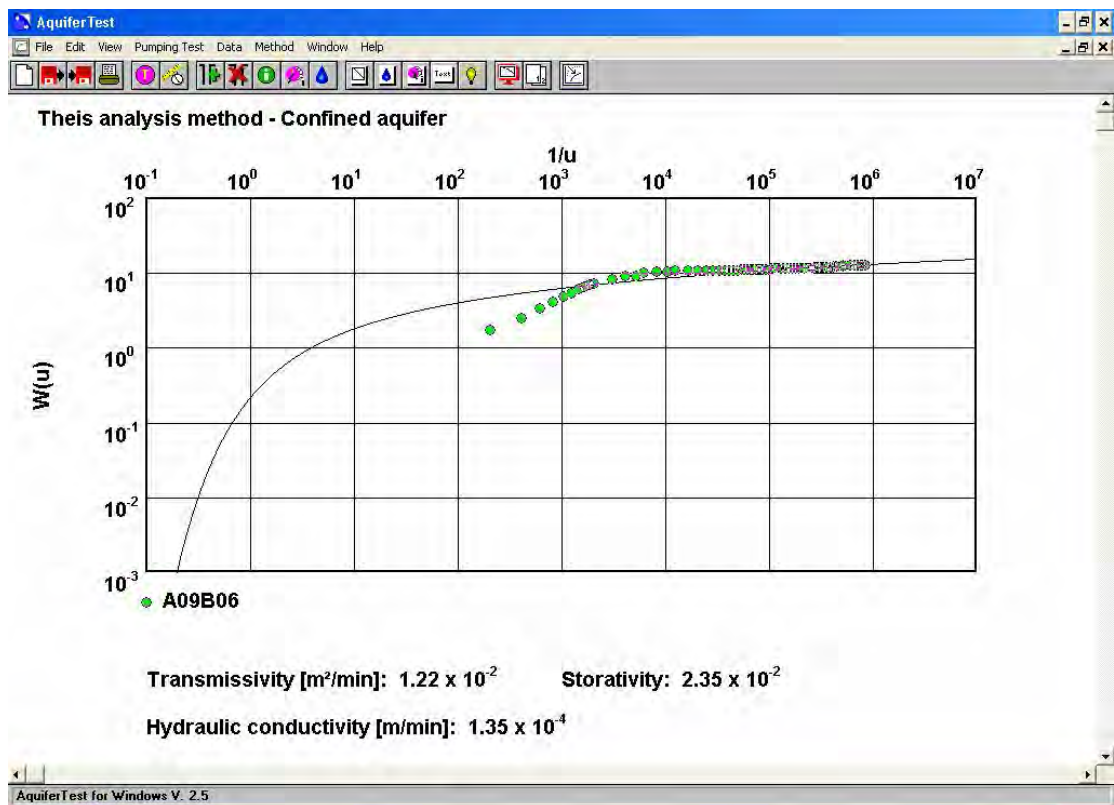
ทำการหาค่า Hydraulic Conductivity (K)



ความหนาของชั้นหินให้น้ำ  
หรือระยะที่รองรับน้ำหรือ  
ระยะที่เปิดรับน้ำ



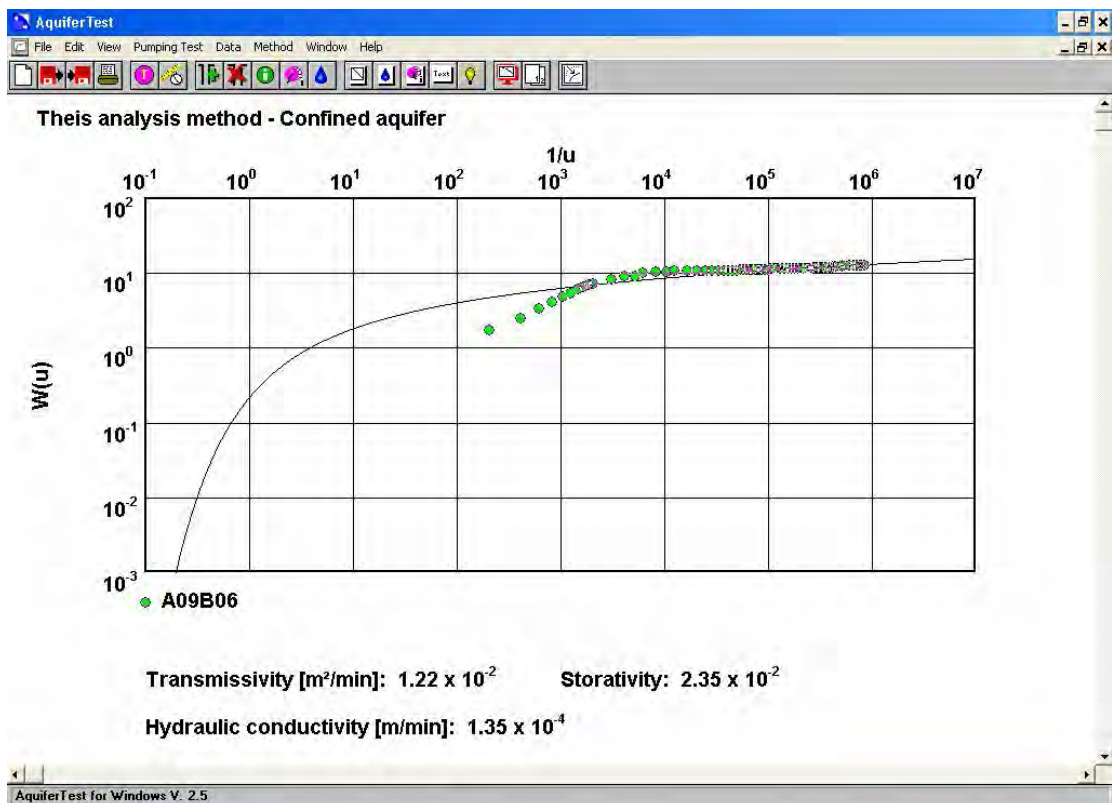
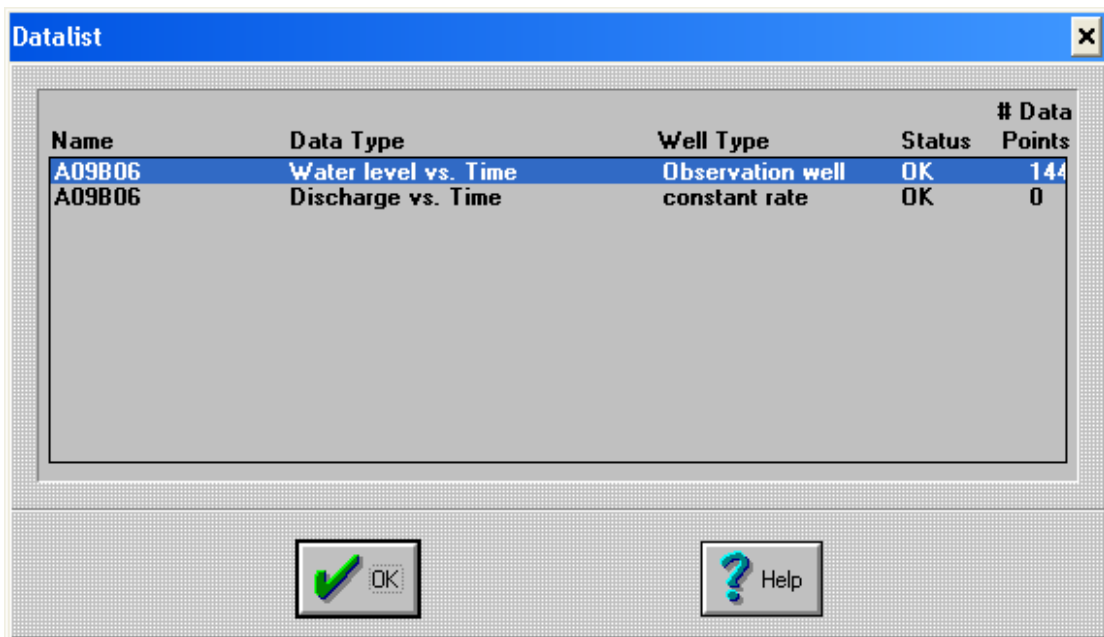
ข้อมูลที่ได้เพิ่มคือค่า Hydraulic Conductivity (K)



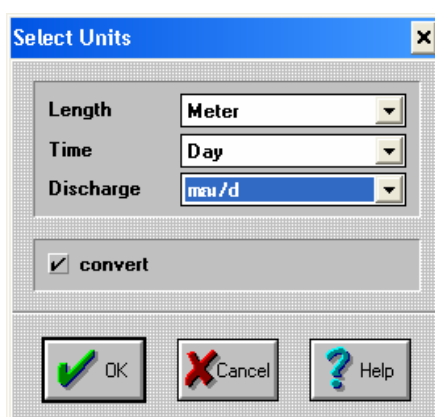
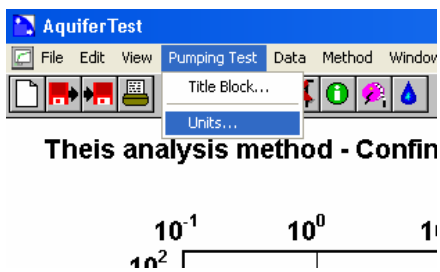
ทำการหาค่า Storativity (S)

ไปที่ Menu Data แล้วเลือก List จะได้กรอก Datalist มาให้เลือก Water level vs. time แล้ว OK

หรือคลิกที่แถวข้อมูล (จากแถวข้อมูลสีชมพูเปลี่ยนเป็นสีเขียว) ทำได้เหมือนกัน ซึ่งเราต้องใช้ข้อมูลจาก Data Type นี้เพื่อหาค่า S

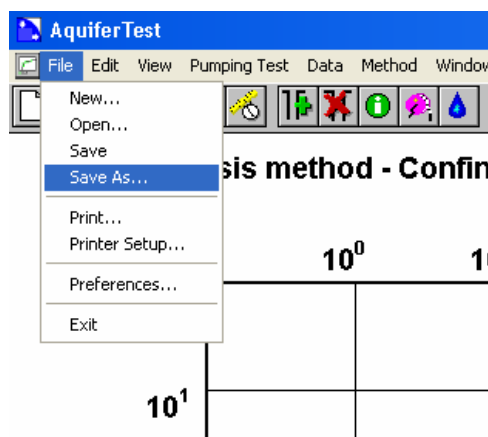


จากข้างต้นจะได้ค่า T,K,S ครบแล้ว แต่หน่วยยังเป็น เมตร/นาที่ ต้องเปลี่ยนหน่วยให้เป็นสากลที่ยอมรับได้นั้นคือ เมตร/วัน โดยเปลี่ยนที่ Menu Pumping Test แล้วเลือก Units

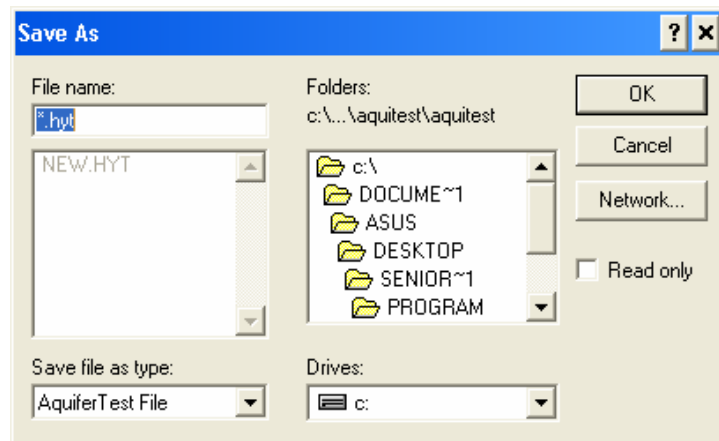


แล้วคลิก OK

ขั้นตอนการจัดเก็บ



ไปที่ Menu File แล้วเลือก Save As จัดเก็บใน Folder ที่เตรียมไว้ ควรมีชื่อวิธีกำกับต่อท้ายเพื่อป้องกันการสับสน

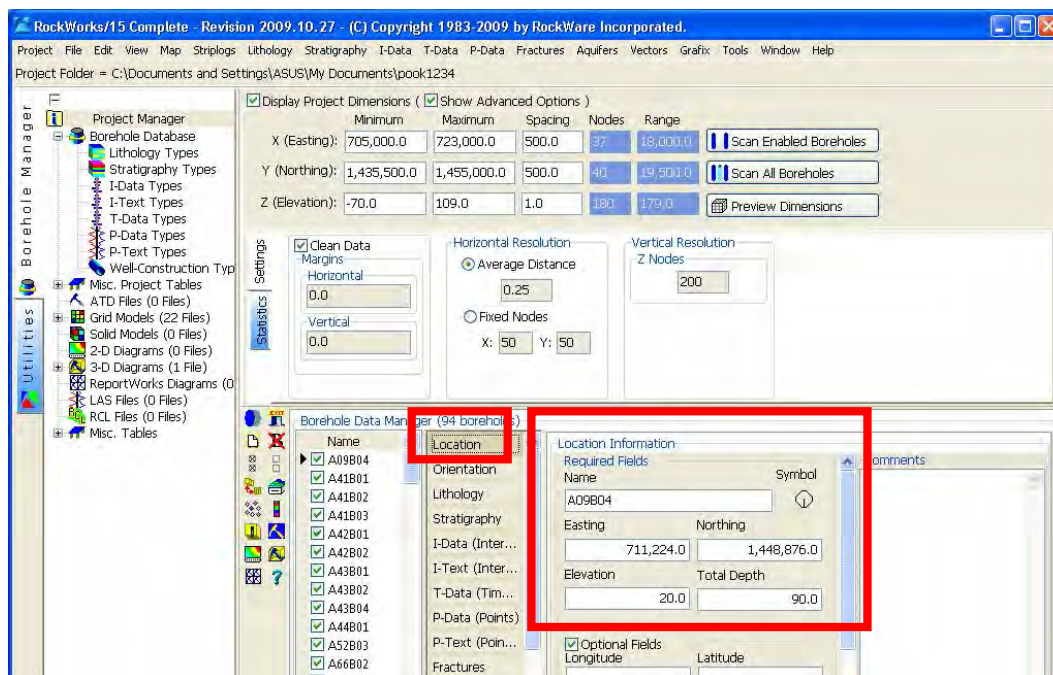


ในวิธีอื่นๆจะมีการนำเข้าข้อมูลแบบเดียวกันดังนั้นเมื่อนำเข้าข้อมูลตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วไปที่ Menu Method แล้วเลือก Select และสามารถที่จะเลือกวิธีถัดไปได้เลย

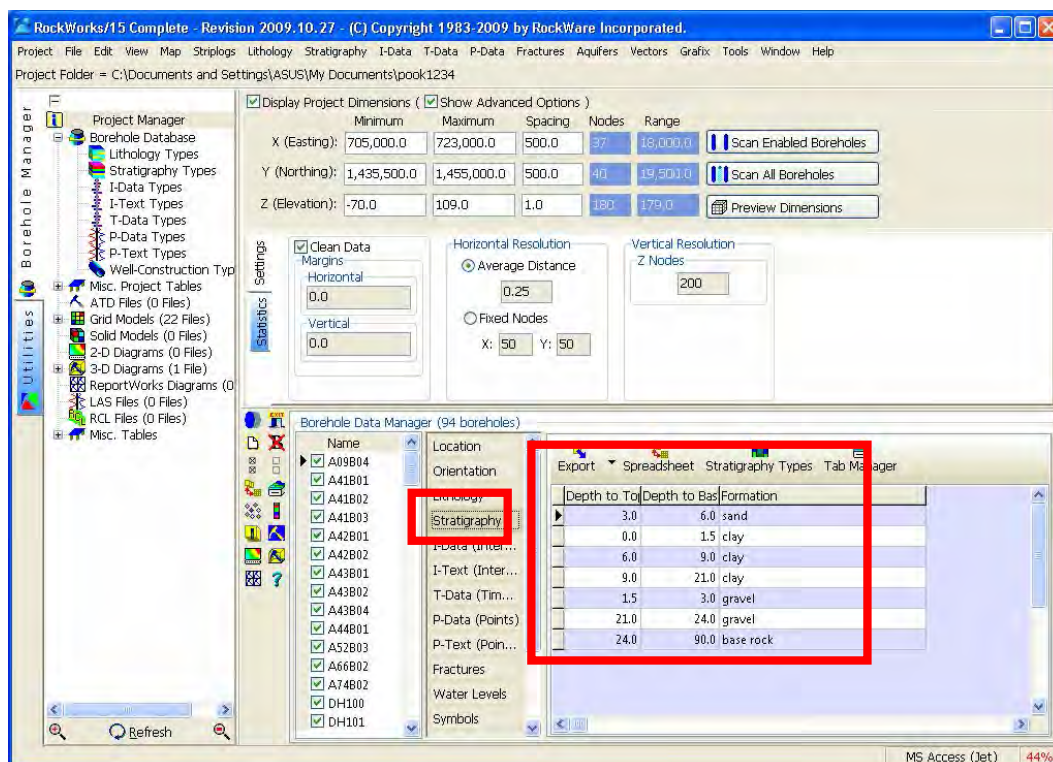


## วิธีการทำ Rock Work

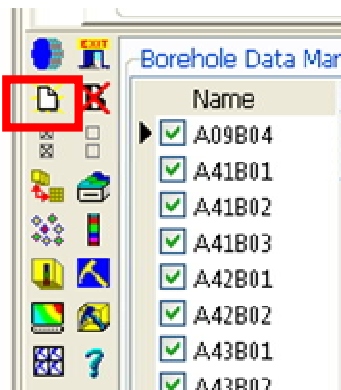
1. เปิดโปรแกรม rock work แล้วกรอกข้อมูล Location โดยใส่ Name, Easting, Northing, Elevation, Total Depth



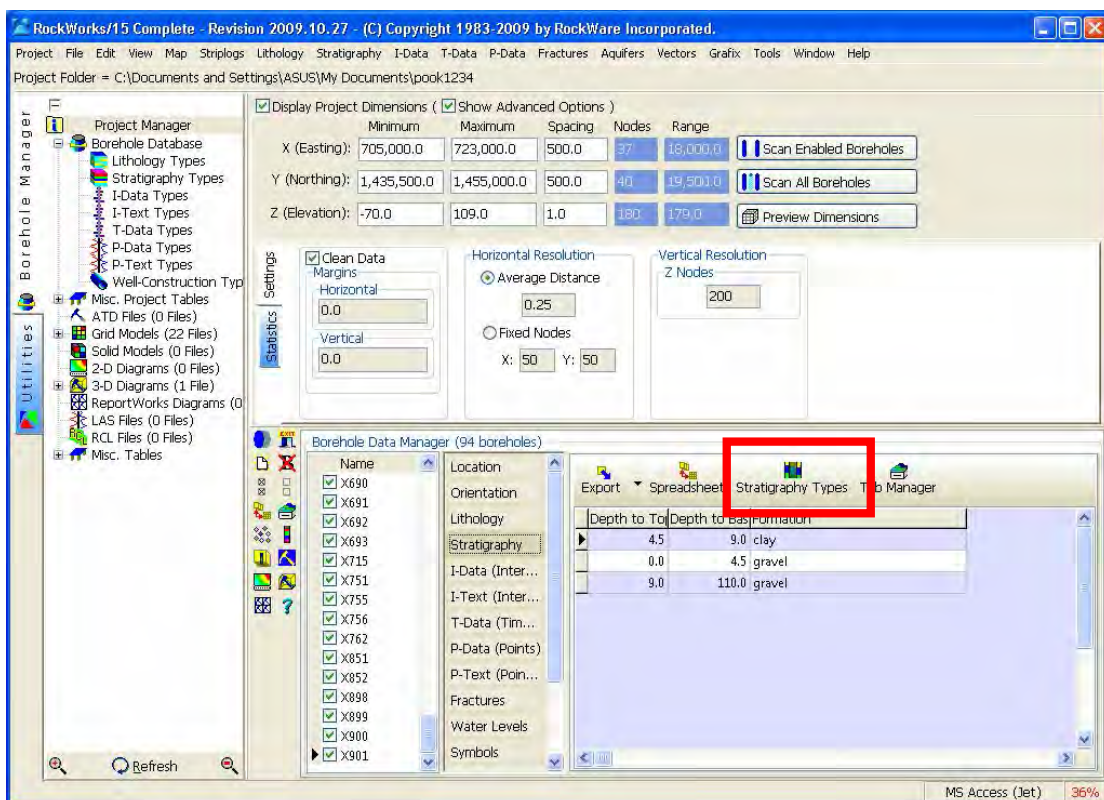
2. กรอกข้อมูลในส่วนของ Stratigraphy โดยกรอกข้อมูล Depth (ความลึก) และ Formation (ชนิดหิน)



3. กรอกข้อมูลให้ครบทุกบ่อในพื้นที่ทั้ง Location และ Stratigraphy โดยเวลาจะเพิ่มข้อมูลบ่อใหม่ให้กด



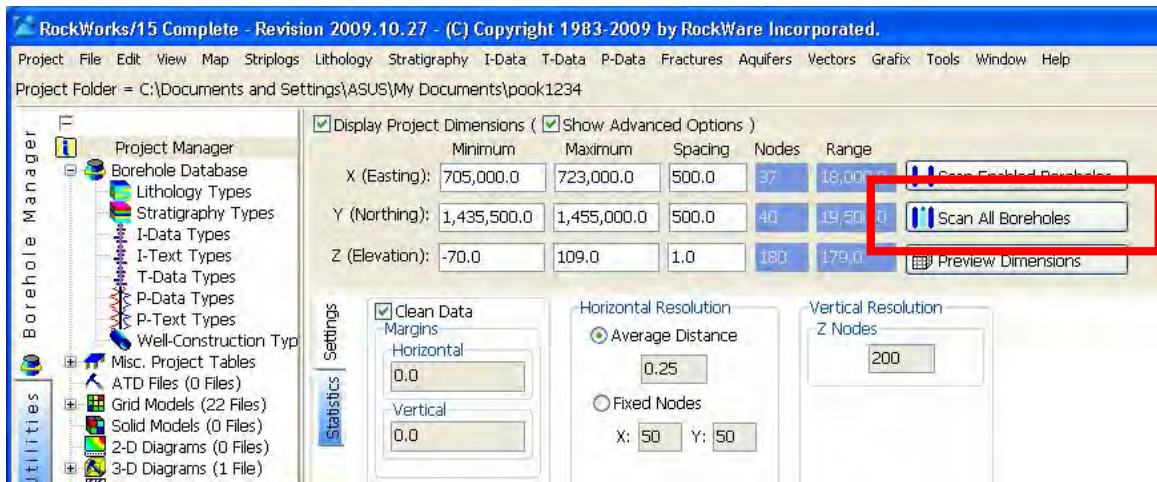
สามารถที่จะเปลี่ยนสัญลักษณ์ชนิดของหินได้ โดย Click Stratigraphic Types



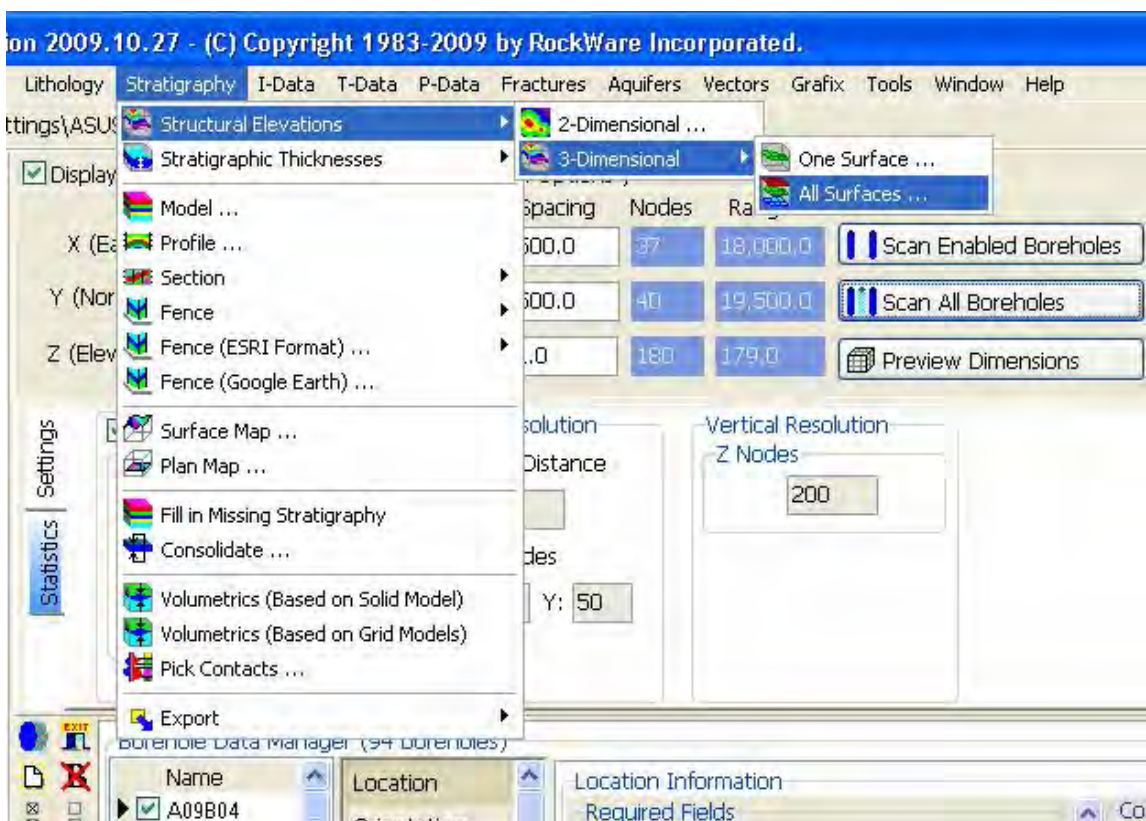
Double Click ที่แต่ละสัญลักษณ์เพื่อเปลี่ยนรูปแบบ

Formation	Symbol	Fill Percent	Density	Color	Stratigraphic Legend
sand		100	1.0	1.0	✓
clay		100	1.0	2.0	✓
gravel		100	1.0	3.0	✓
base rock		100	1.0	4.0	✓

4. เมื่อกรอกข้อมูลครบแล้วให้กด Scan All Boreholes

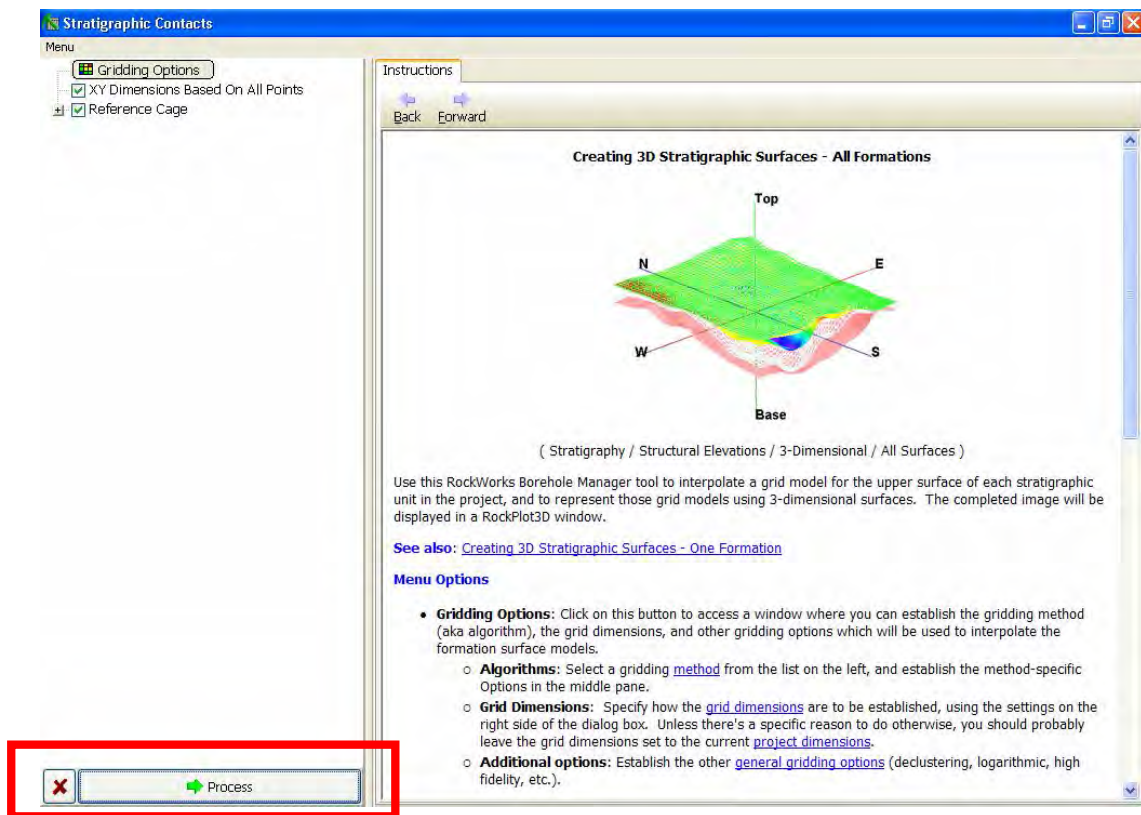


5. หลังจากนั้นกด Stratigraphy -----> Structural Elevations -----> 3Dimensional -----> All Surfaces

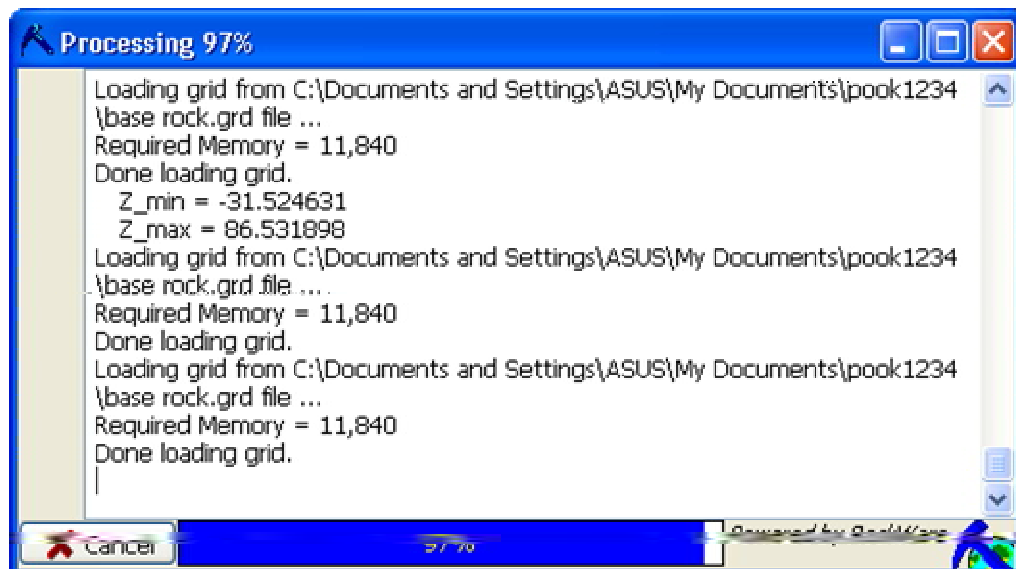




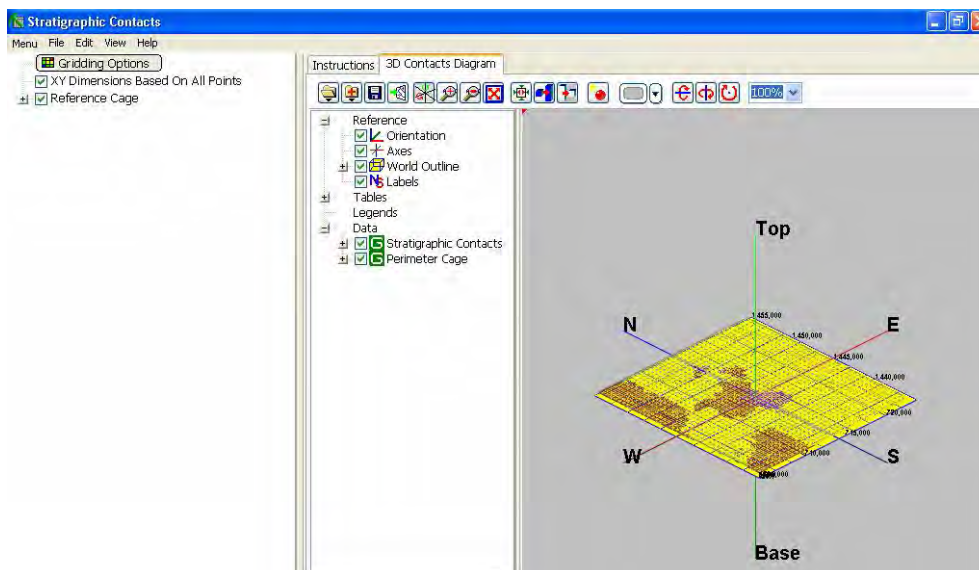
## 6. จะปรากฏหน้าต่างนี้ขึ้นมา คลิก Process



## 7. รอให้โปรแกรม run ข้อมูลเสร็จ



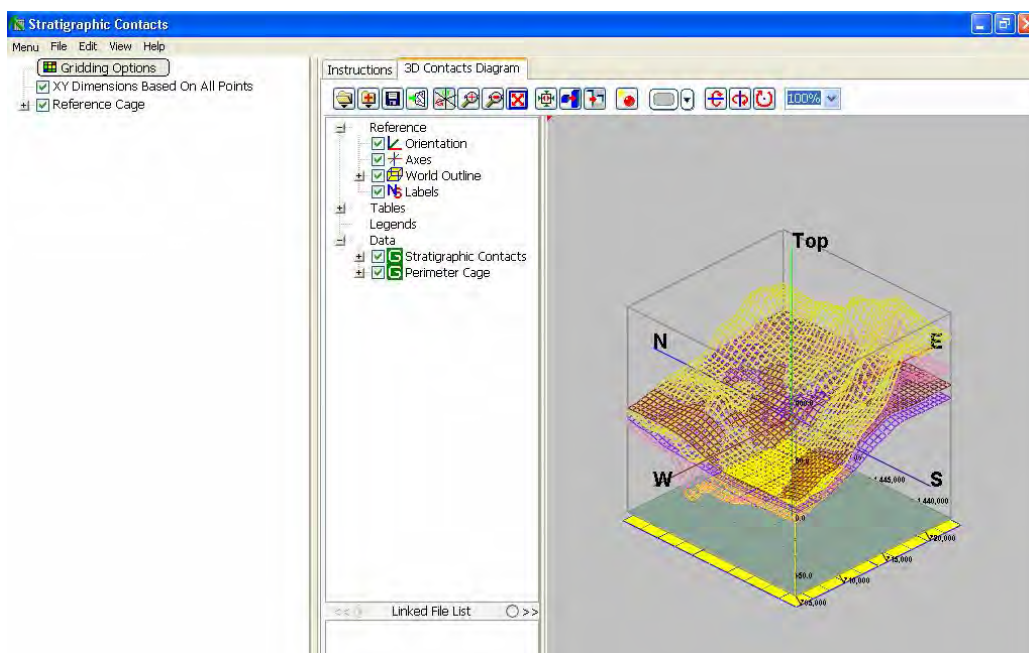
8. เมื่อ run ข้อมูลเสร็จแล้วจะปรากฏหน้าจอดังภาพ



9. กดเครื่องหมายตามรูปเพื่อให้ Model ขยายขึ้น



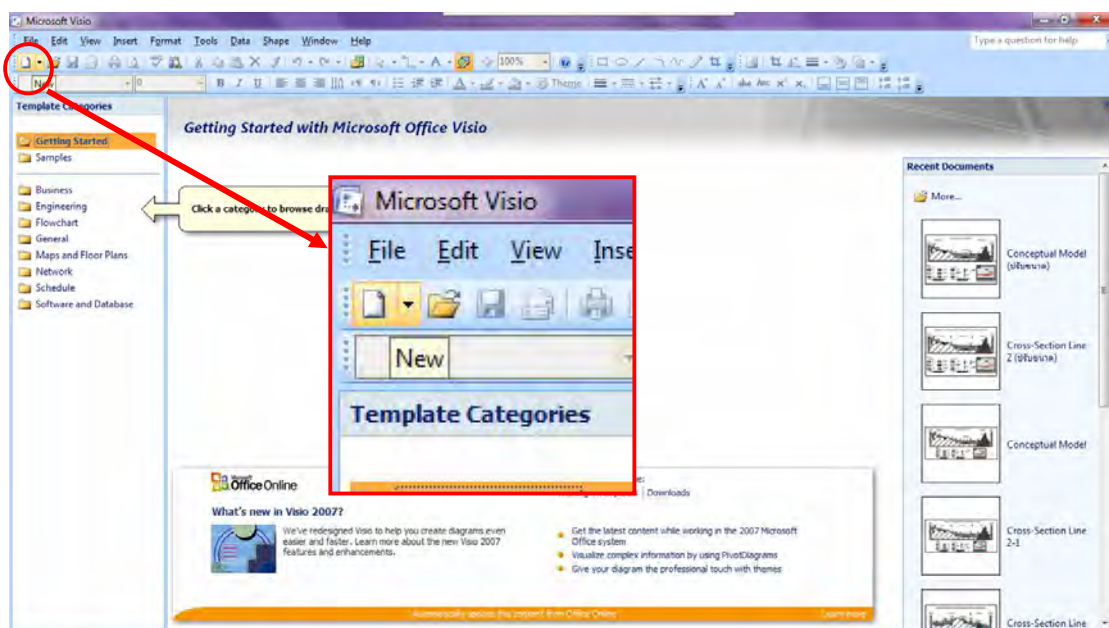
10. จะได้ Model 3 มิติออกมา และสามารถ click mouse ให้ดูได้ 360 องศา



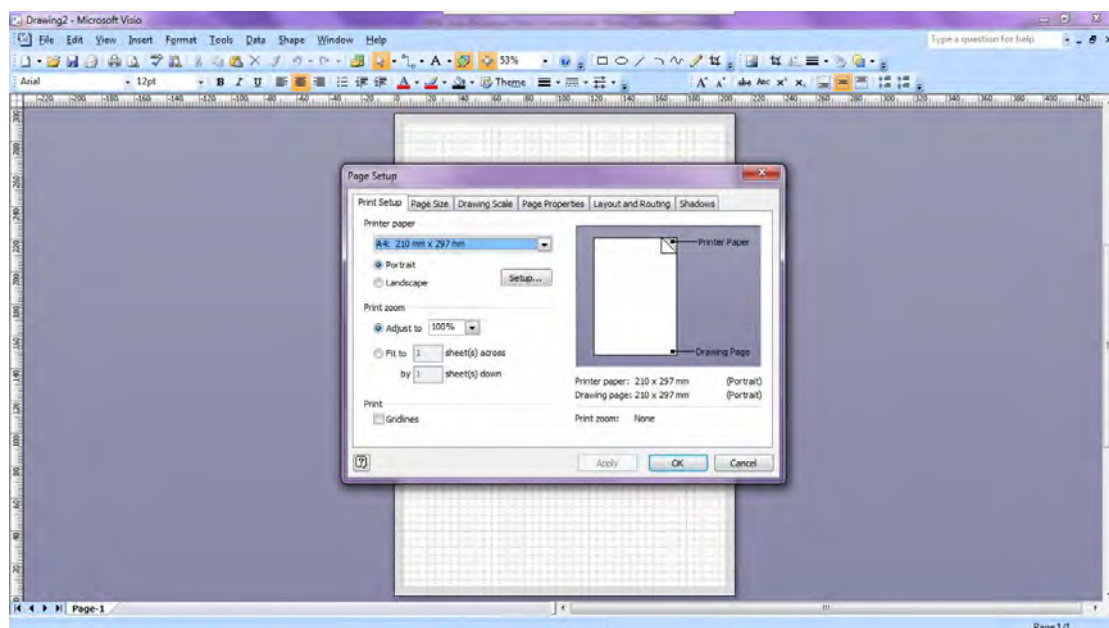
## วิธีการใช้ Microsoft Office Visio 2007

โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่อยู่ใน Microsoft Office 2007 ซึ่งโปรแกรมนี้จะช่วยสร้างรูปภาพออกมา ซึ่งในงานวิจัยนี้จะใช้ในการสร้างภาพตัดขวางในรูปแบบ 2 มิติ โดยทำขั้นตอนดังต่อไปนี้

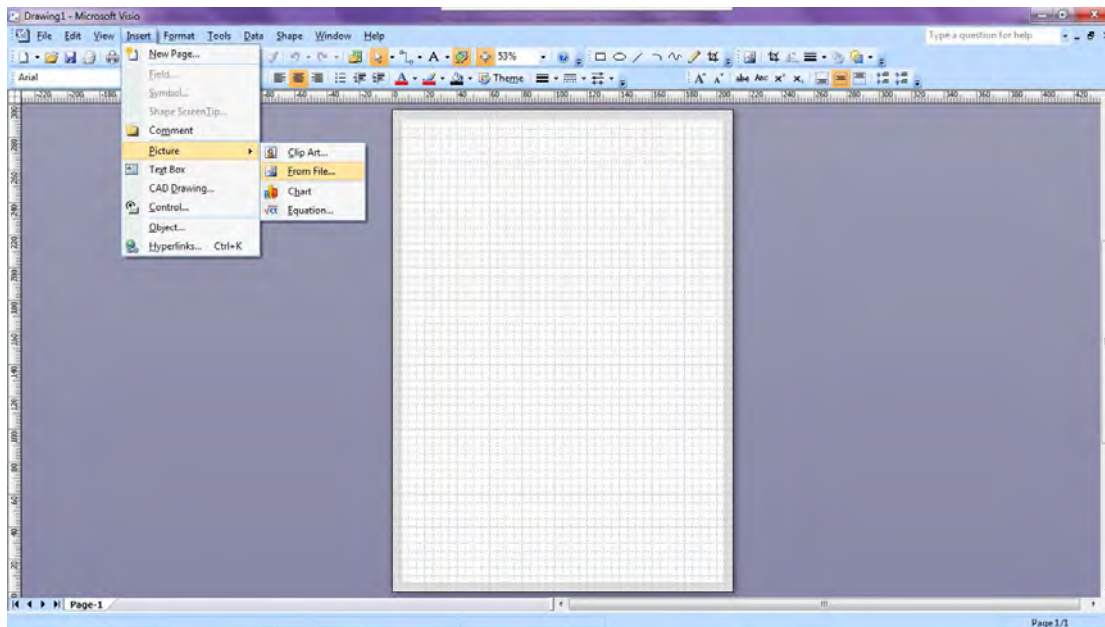
1. วาดภาพตัดขวางในกระดาษกราฟแล้วสแกนภาพลงไปเครื่องคอมพิวเตอร์
2. เปิดโปรแกรม Microsoft Office Visio 2007 และคลิก New เพื่อสร้างงานใหม่



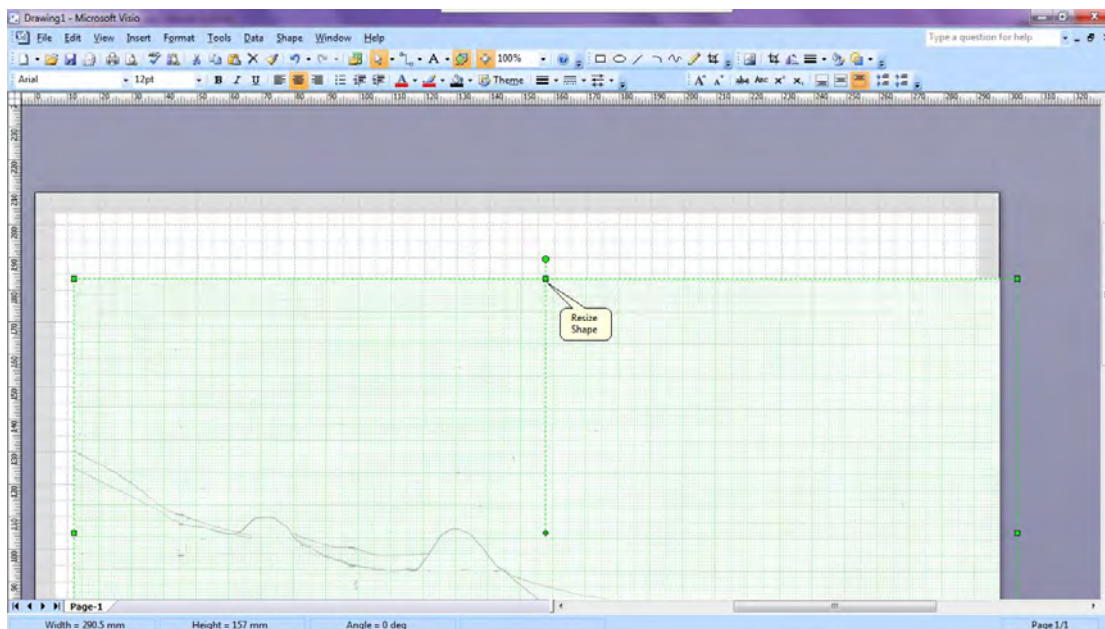
3. Click File> Page setup เพื่อกำหนดขนาดของกระดาษ



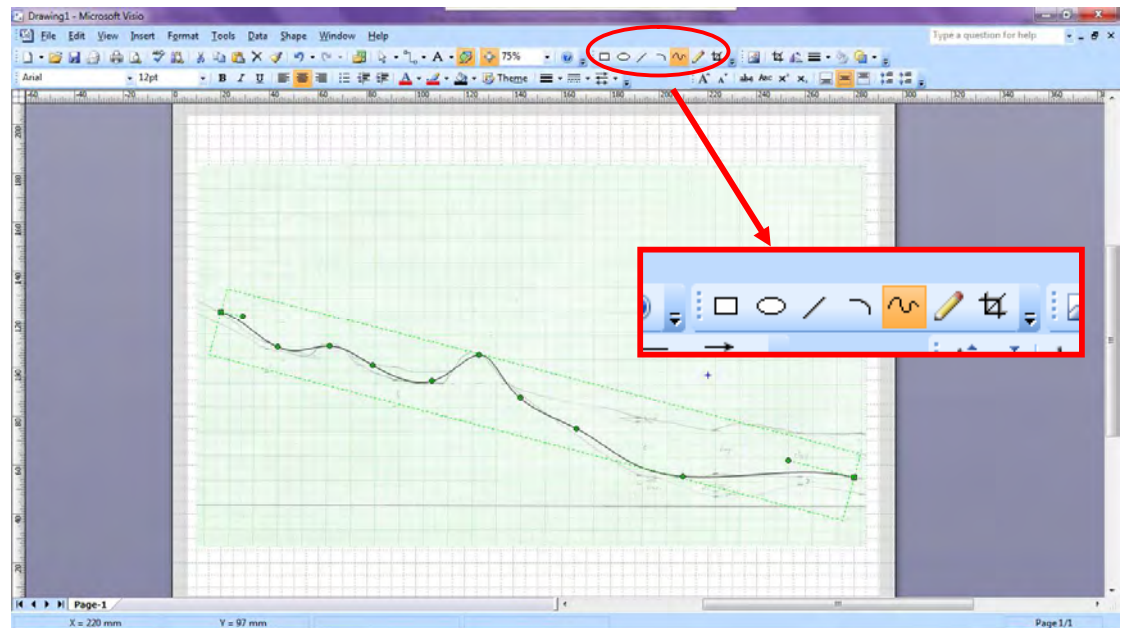
4. ใส่ภาพ cross-section ที่สแกนเข้าไปโดย click Insert> Picture> From file...> เลือกไฟล์ที่ต้องการ > Open.



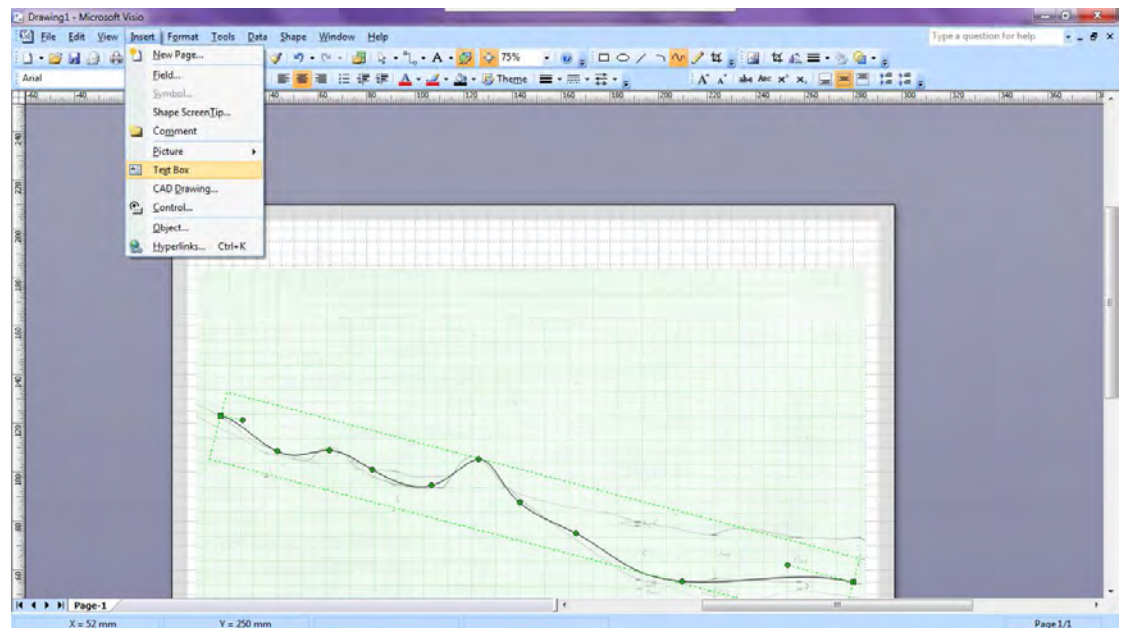
5. กำหนด scale ในโปรแกรมให้เท่ากับ cross section ที่วาด



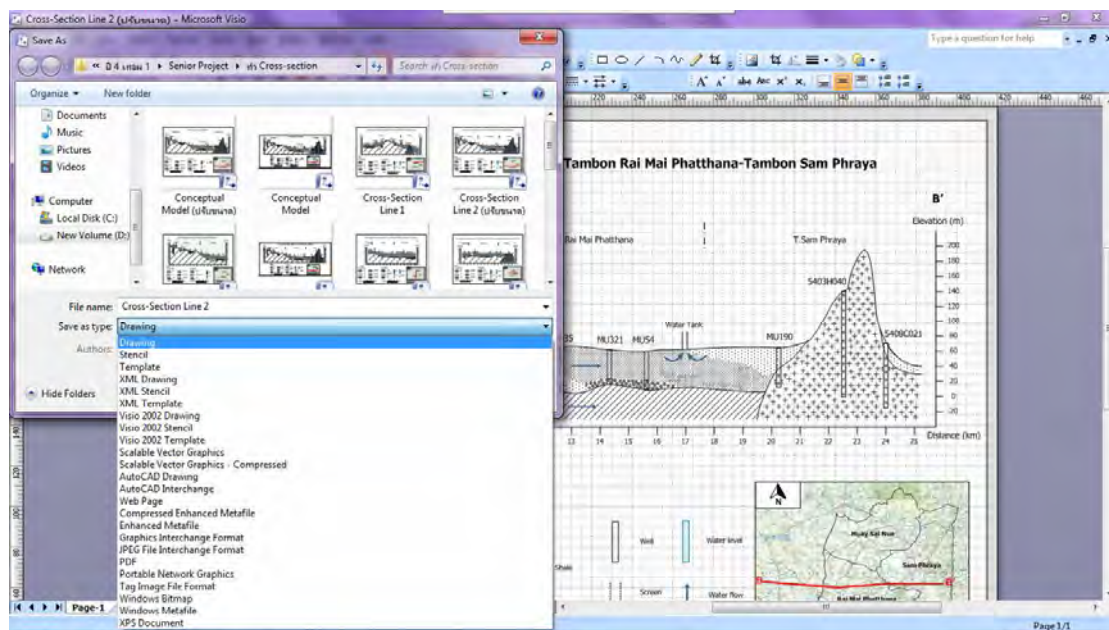
6. วาดรูปตามภาพที่เราได้สแกนเข้ามาโดยใช้เครื่องมือดังรูป



7. เขียนข้อความโดย click Insert> Text box> Type words.



8. การใช้เส้นและข้อความเหมือนกับใน Microsoft Office Word 2007 หรือ Microsoft Office PowerPoint 2007
9. เมื่อทำงานเสร็จแล้วให้ลบภาพต้นแบบออก และกด save file โดย Click File> Save as...> เลือก Folder และตั้งชื่อ File พร้อมกับเลือกชนิด File

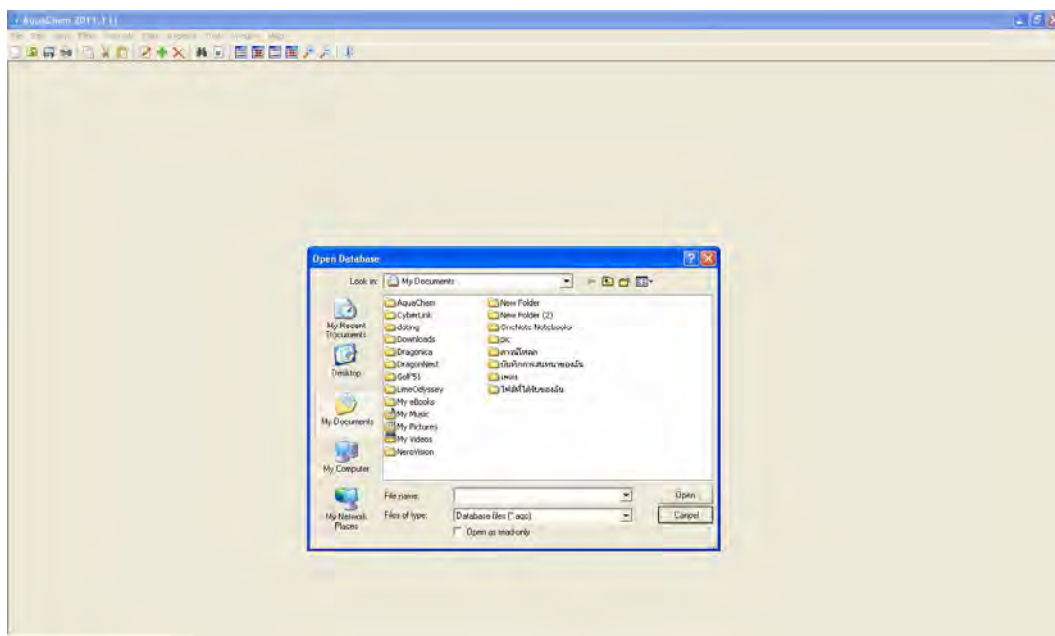


## วิธีการทำ AquaChem 2011.1

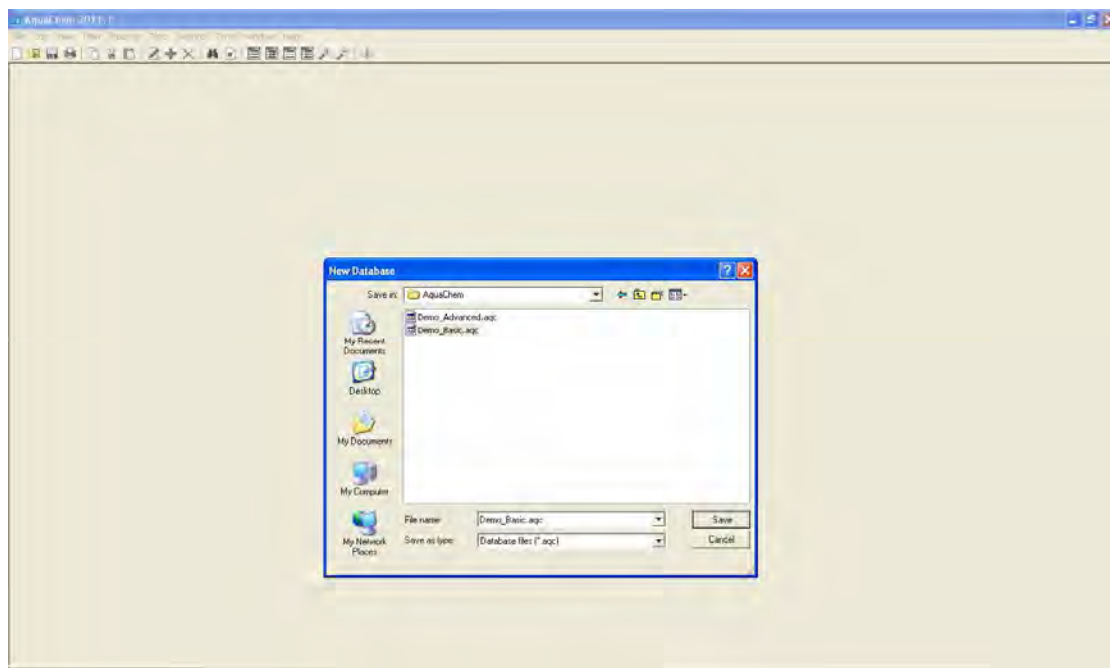
AquaChem 2011.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของน้ำ และสามารถใช้สร้างแผน  
ที่ แผนภูมิไปเปอร์โตอะแกรม ภาพตัดขวาง เป็นต้น โดยมีวิธีทำต่อไปนี้

เตรียมข้อมูลคุณภาพน้ำใน Microsoft Office Excel ข้อมูลควรประกอบไปด้วยไอออน  
พื้นฐานตาม Galloway and Kaiser (1980) ประกอบไปด้วย Sodium ion ( $\text{Na}^+$ ), Magnesium  
ion ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potassium ion ( $\text{K}^+$ ), Chloride ion ( $\text{Cl}^-$ ), Sulfate ion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), Nitrate ion  
( $\text{NO}_3^-$ ), Bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) and Carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), ในหน่วย milligram ต่อ liter (mg/l).

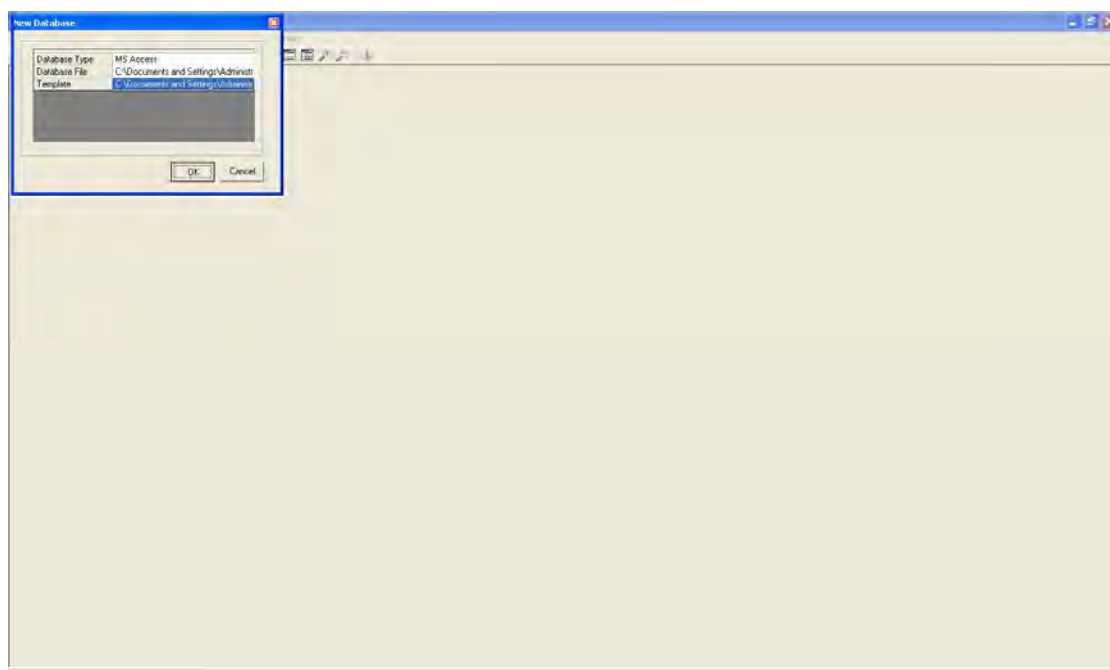
1. เปิดโปรแกรม AquaChem 2011.1 จะปรากฏหน้าต่าง Open database แล้ว click  
Cancel.



2. Click File> New จะมีหน้าต่างงานใหม่ขึ้นมา > เลือก AquaChem (มาพร้อมกับการลงโปรแกรม)> เลือก Demo\_Basic.aqc> click Save

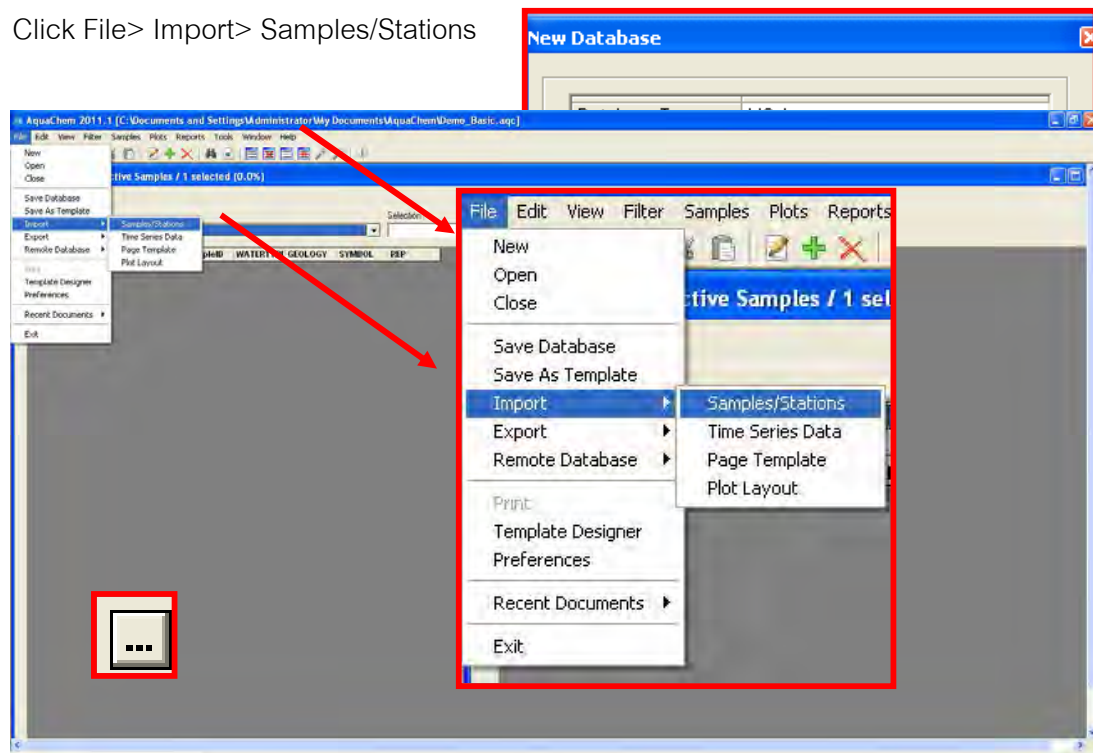


3. Click Database File> Demo\_Basic> click Template> browse Basic\_Template > OK

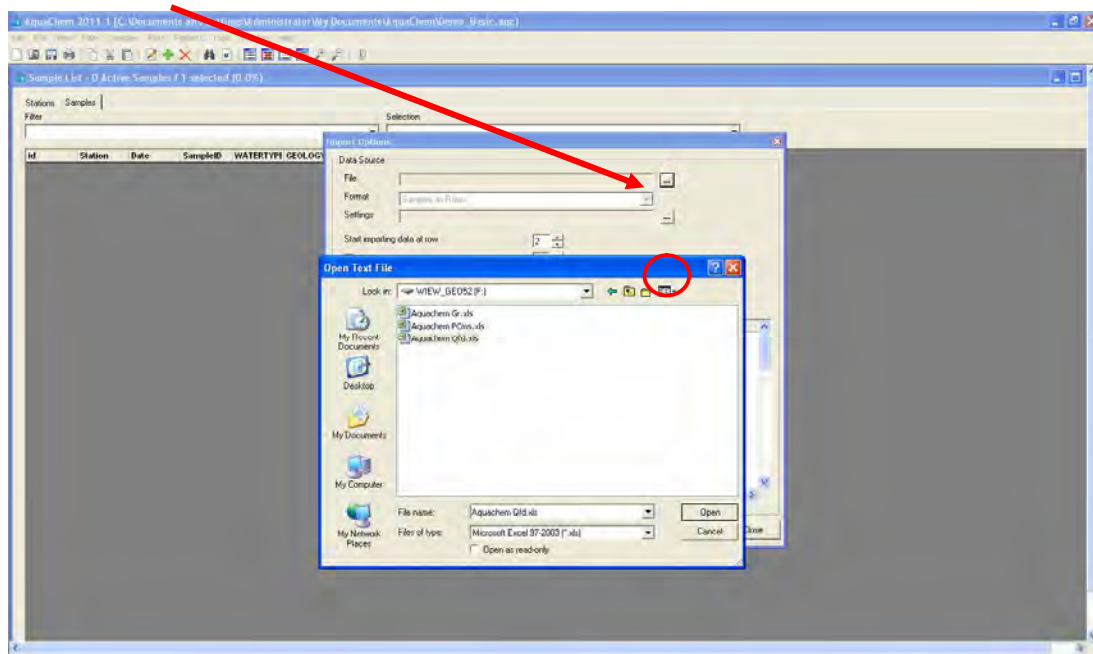




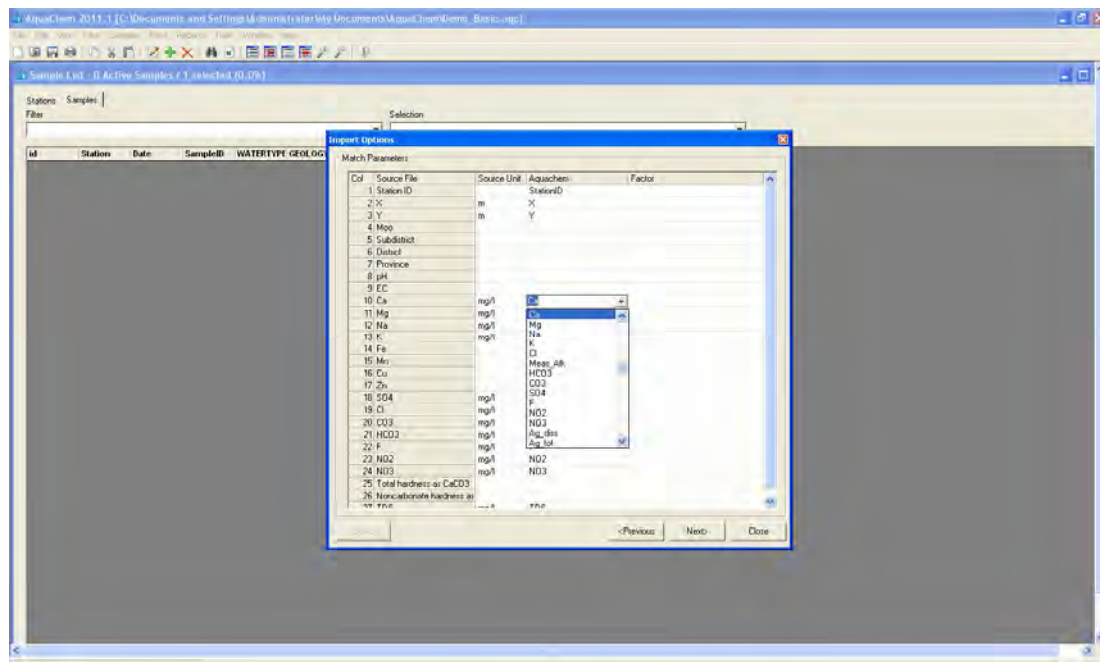
4. Click File> Import> Samples/Stations



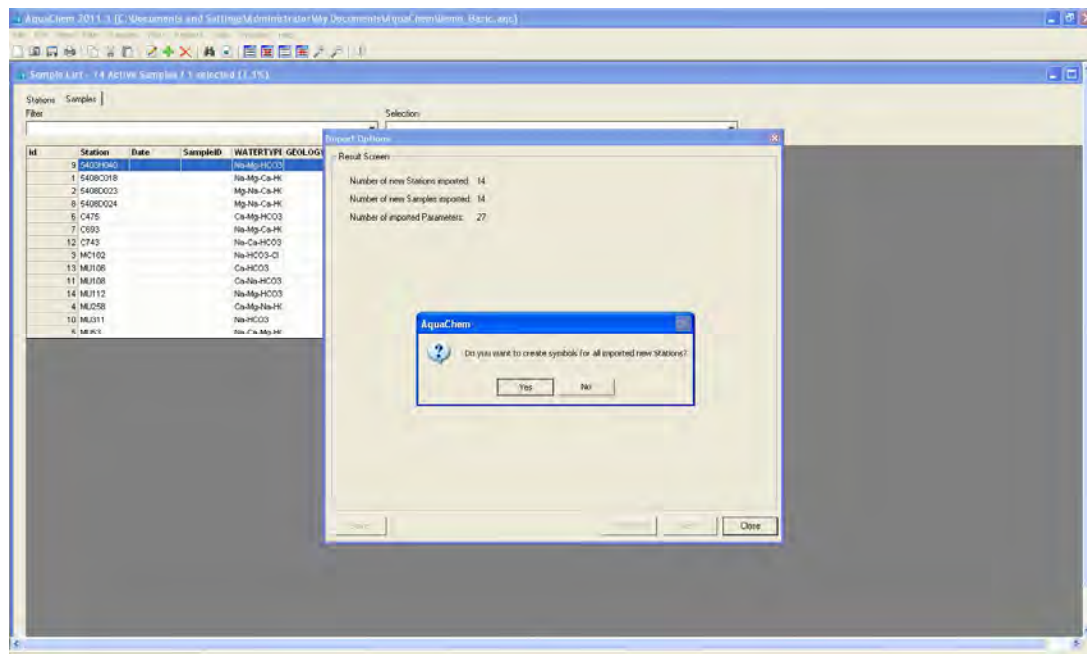
5. Click icon > browse ไฟล์งานที่อยู่ใน Excel > Open



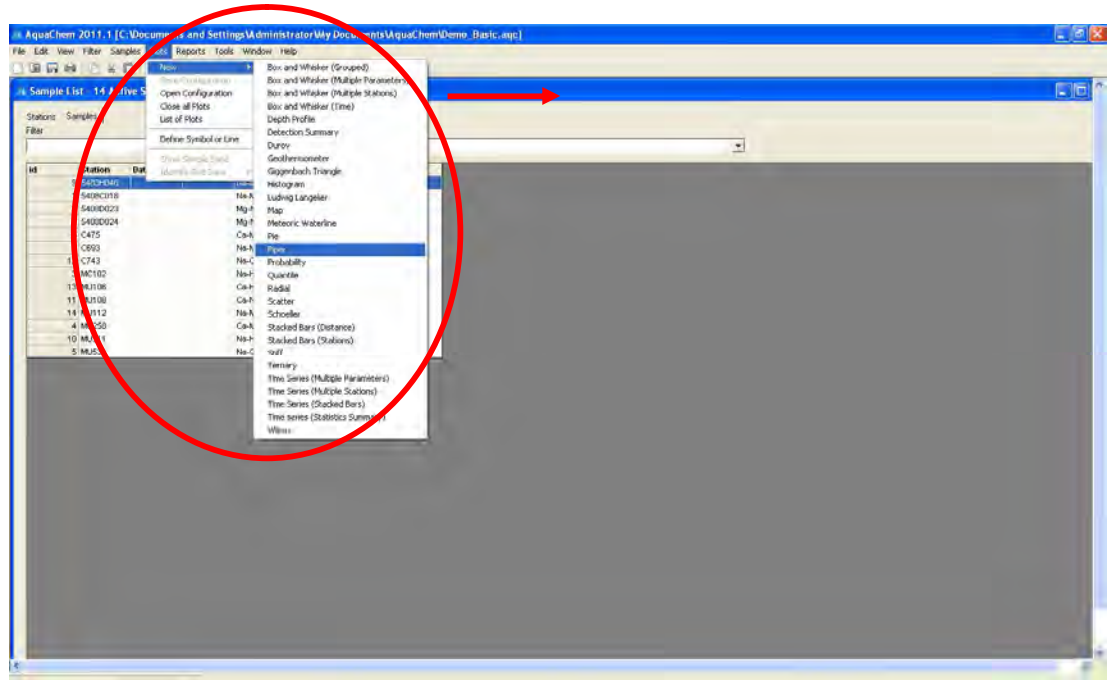
6. Match ข้อมูลให้เข้ากับโปรแกรม > Next> Next



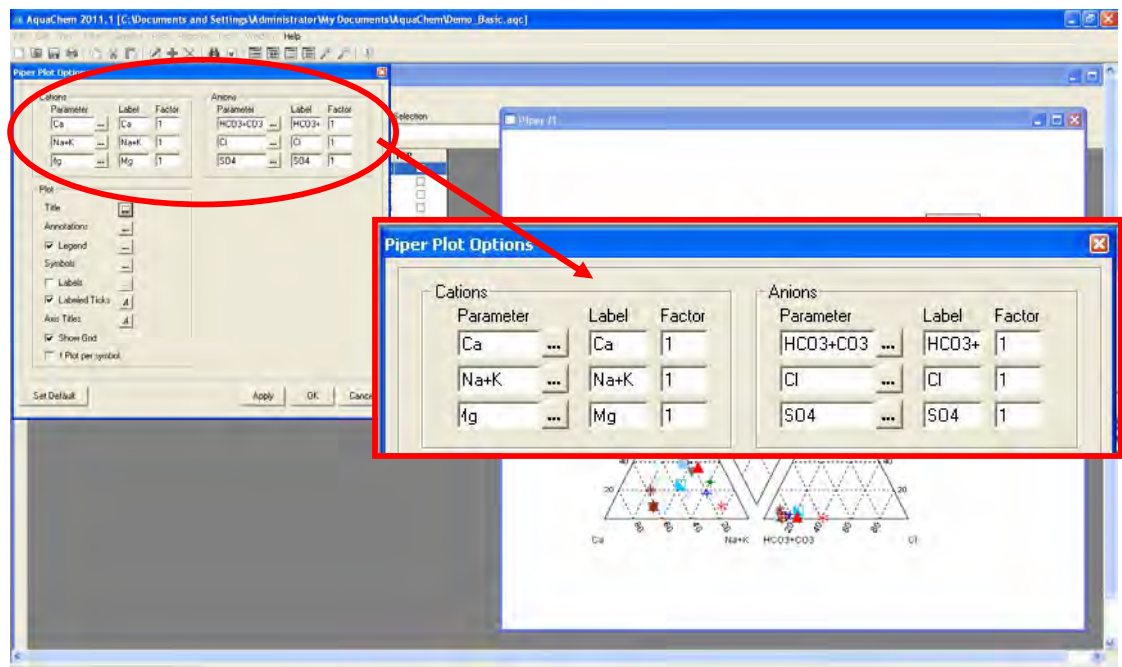
7. หน้าต่าง Import options จะปรากฏขึ้น > click Yes> Close



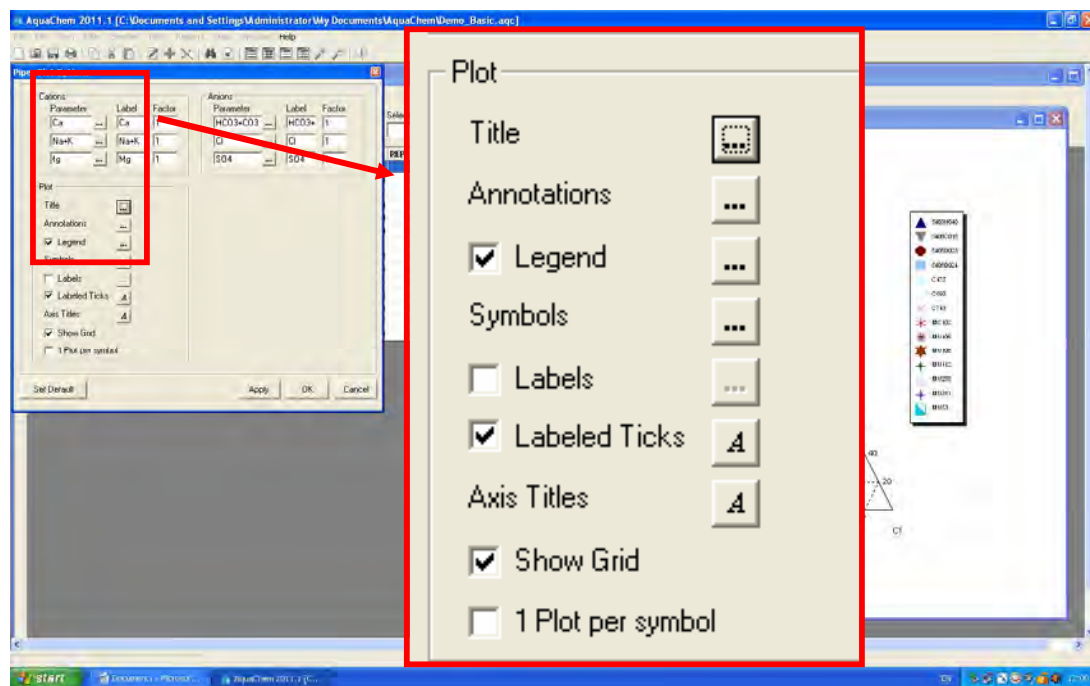
8. Click Plots> New> Piper



9. เปลี่ยนข้อมูลตามภาพ (ตามการศึกษาของ Galloway and Kaiser, 1980)> click Apply



10. สามารถที่จะเปลี่ยน font และ size, legend ตามภาพ > click Apply



11. จะได้ piper diagram > click File > Export > Image > Save

