

2. วิธีการวิจัย

วิธีวิจัยที่นำมาใช้เพื่อกำหนดลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ผิวดินในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนไชยาประกอบด้วย การสำรวจธรณีวิทยา การวัดค่าสนามโน้มถ่วงและการวัดการหยั่งลึกสภาพต้านทานทางไฟฟ้าของดิน ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยหินที่ประกอบขึ้นเป็นในโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ผิวดินมีความหนาแน่นหรือค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแตกต่างกัน โดยการวิจัยมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 การสำรวจธรณีวิทยา

2.1.1 การเตรียมการในสำนักงาน

2.1.1.1. การศึกษาและรวบรวมข้อมูล เอกสาร แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 รายงานการสำรวจ ผลงานทางวิชาการที่ดำเนินการมาแล้วของกรมทรัพยากรธรณี

2.1.1.2. การแปลความหมายแผนที่ธรณีวิทยา การประมาณตำแหน่งเก็บตัวอย่างการรวบรวมข้อมูลการหยั่งธรณีวิทยาหลุมเจาะจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ข้อมูลต่าง ๆ ลงบนแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานภาคสนาม

2.1.1.3. การเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์สำหรับการปฏิบัติการงานภาคสนาม

2.1.2. การปฏิบัติงานภาคสนาม

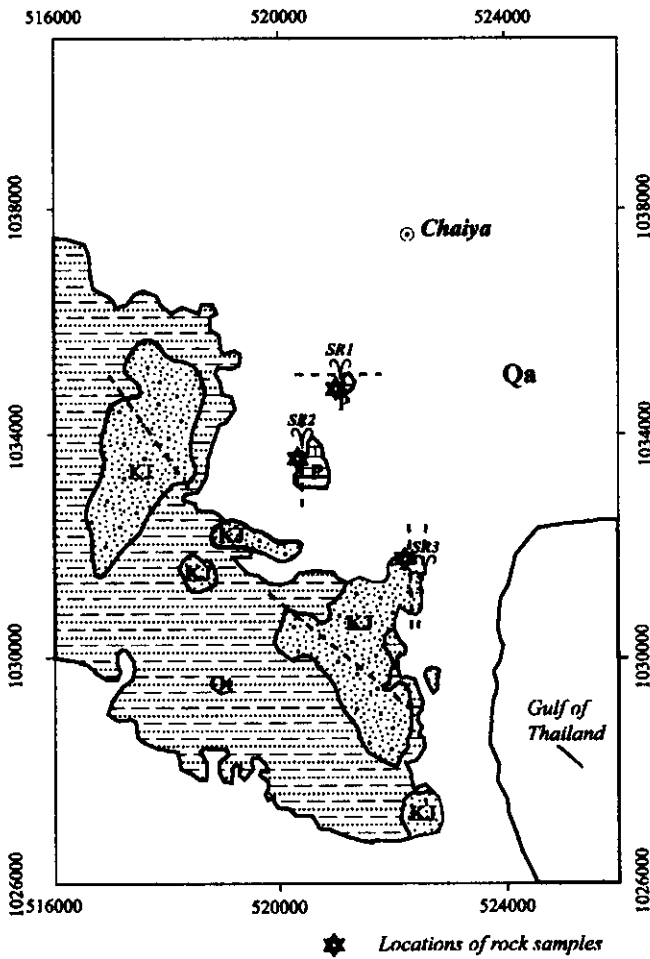
การสำรวจธรณีวิทยา เพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่น้ำพุร้อนที่ไหลและเก็บตัวอย่างน้ำร้อนจากที่ไหลขึ้นมา รวมทั้งชนิดหินบริเวณนั้น

2.1.3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของตัวอย่าง

ตัวอย่างหินจะนำไปตรวจวัดความหนาแน่น ส่วนตัวอย่างน้ำจากพุร้อนนั้นนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

2.1.3.1. นำตัวอย่างหินโผล่มีมวลไม่เกิน 3 kg มาวัดค่าความหนาแน่นในห้องปฏิบัติการ โดยตัวอย่างหินในงานวิจัยนี้มีจำนวน 38 ตัวอย่างจาก 3 ตำแหน่ง (รูปที่ 8) โดยเป็นตัวอย่างหินปูนโคโลไมต์ยุคเพอร์เมียน จำนวน 25 ตัวอย่างจาก 3 ตำแหน่ง และเป็นหินทรายยุคจูแรสซิก-ครีเทเชียสจำนวน 13 ตัวอย่างจาก 2 ตำแหน่ง

ความหนาแน่นคำนวณจากอัตราส่วนของมวลต่อปริมาตร สำหรับกรณีของหินตัวอย่างซึ่งไม่ได้มีรูปร่างเรขาคณิตอย่างง่าย โดยปริมาตรของตัวอย่างหินสามารถหาได้โดยการประยุกต์ใช้หลักการของอาร์คิมิดีสคือการชั่งตัวอย่างหินเมื่อตัวอย่างหินอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นน้ำ ซึ่งปริมาตรของหินจะมีค่าเป็นตัวเลขเท่ากับผลต่างของน้ำหนักของหินที่ชั่งในอากาศกับน้ำหนักของหินก่อนเติมน้ำที่ชั่งในน้ำ เมื่อน้ำมีความหนาแน่นเท่ากับ 1



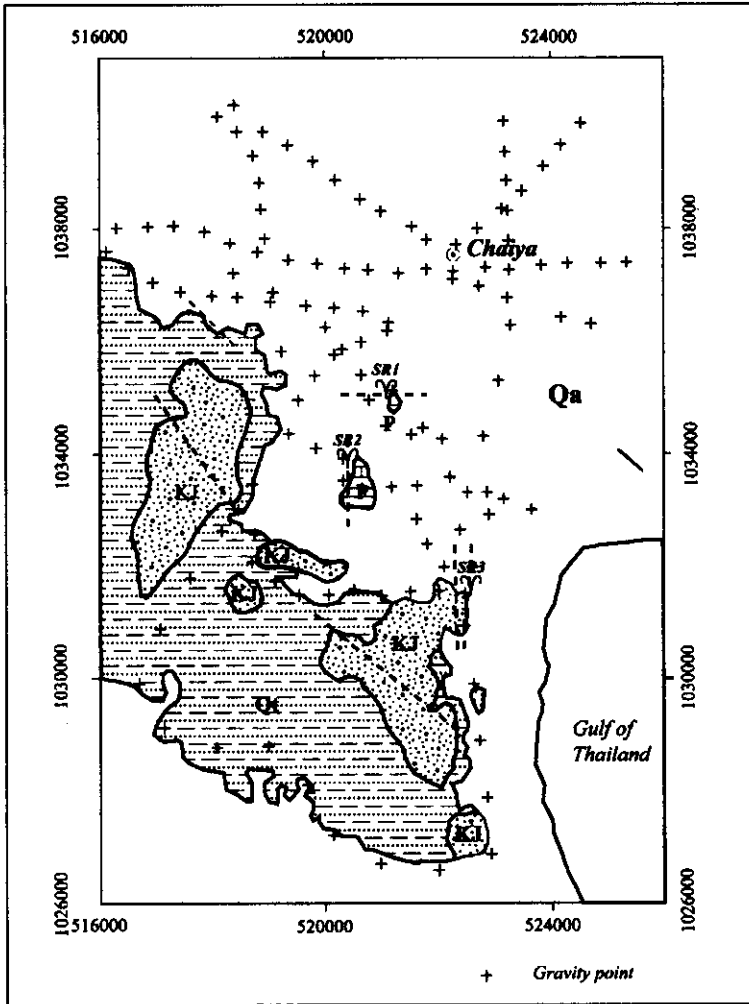
รูปที่ 8. ตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างหิน

2.1.3.2. นำตัวอย่างน้ำร้อนจากแหล่งน้ำพุร้อนทั้งสามมาตรวจวัดค่าปริมาณของสารละลายที่มีอยู่ในน้ำร้อนเหล่านั้น เช่น ค่าความเป็นกรดด่าง (ค่าพีเอช) ปริมาณโซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) แคลเซียม (Ca) และ คลอรีน (Cl) เพื่อศึกษาเกี่ยวกับแหล่งน้ำดิบซึ่งป้อนให้กับแหล่งน้ำพุร้อนทั้งสาม โดยเก็บตัวอย่างน้ำมาแหล่งละประมาณ 2.0 ลิตร และทำการตรวจวิเคราะห์โดยศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

2.2 การวัดค่าสนามโน้มถ่วง

2.2.1. กำหนดจุดวัดค่าสนามโน้มถ่วงตามแนวเส้นทางคมนาคมในพื้นที่ศึกษา โดยสำหรับเส้นทางคมนาคมในแนวตะวันออก-ตะวันตกใช้ระยะห่างระหว่างจุดวัดเท่ากับ 1 กิโลเมตร และสำหรับเส้นทางคมนาคมในแนวเหนือ-ใต้ ใช้ระยะห่างระหว่างจุดวัดเท่ากับ 2 กิโลเมตร ซึ่งจำนวนจุดวัดค่าแกรวดิในพื้นที่ศึกษานี้ทั้งหมดเท่ากับ 126 จุด (รูปที่ 9)

2.2.2. ทำการวัดค่าสนามโน้มถ่วงและระดับความสูงของจุดวัดแบบวงรอบปิดที่ต่อเนื่อง โดยที่จุดวัดหนึ่งๆ ทำการวัดและบันทึก (1) ค่าสนามโน้มถ่วงโดย LaCoste & Romberg Gravimeter model G-565 ที่อ่านค่าได้ละเอียด 0.1 $\mu\text{m}/\text{s}^2$ (2) ค่าระดับความสูงของจุดวัด โดยอัลติมิเตอร์ Americal Paulin System Altimeter model MDM-5 ที่มีค่าละเอียดที่สุดเท่ากับ 0.5 m (3) วัดอุณหภูมิของอากาศในที่ร่ม (ambient temperature) โดยเทอร์โมมิเตอร์ที่อ่านค่าได้ละเอียด 1°C (4) เวลาที่ทำกรวัด และ (5) พิกัดภูมิศาสตร์ของจุดวัด ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 9. ตำแหน่งของจุดวัดค่าสนามโน้มถ่วงในพื้นที่ศึกษา

2.2.3. ปรับแก้ข้อมูลค่าระดับความสูงของจุดวัด ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้อิทธิพลของ อุณหภูมิและการปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์ ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งหลังจากการปรับแก้ อิทธิพลทั้งสองแล้วจะได้ค่าระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลของจุดวัดเพื่อใช้ในการปรับแก้ค่า สนามโน้มถ่วงต่อไป

2.2.3.1. เนื่องจากอัลติมิเตอร์ยี่ห้อ American Paulin System ที่ใช้ถูกปรับเทียบไว้ที่อุณหภูมิของอากาศเท่ากับ 10°C และในกรณีที่อุณหภูมิของอากาศสูงกว่าหรือต่ำกว่า 10°C จึงต้องมีการปรับแก้ค่าระดับความสูงที่อ่านได้จากอัลติมิเตอร์ดังนี้

$$\Delta h_n = (h_n - h_{n-1}) \left(1 + 0.0036 \left(\left(\frac{T_n + T_{n-1}}{2} \right) - 10 \right) \right) \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ Δh_n แทนผลต่างของความสูงระหว่างจุดวัดที่ n เทียบกับจุดวัดที่ n-1 หลังจากปรับแก้อิทธิพลของอุณหภูมิแล้ว h_n, h_{n-1} แทนความสูงของจุดวัดที่ n และจุดวัดที่ n-1 ก่อนการปรับแก้อิทธิพลของอุณหภูมิ ในขณะที่ T_n, T_{n-1} แทนอุณหภูมิของอากาศในหน่วยองศาเซลเซียสที่จุดวัดที่ n และจุดวัดที่ n-1 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลสถานีหม้อถ่วงและระดับความสูงของจุดวัดในวงรอบที่บันทึกในสนาม

Date	Station	Location of station		Time (hr:min)	Gravimeter reading	Altimeter reading (m)	Temp (°C)
		East	North				
27/4/2547	*A1	519504	1034920	11:35	1768.325	150.00	36.00
	A2	520143	1035693	12:05	1769.592	147.50	31.00
	A3	521075	1036120	12:28	1768.985	150.50	30.50
	A4	521300	1037151	12:42	1768.620	149.40	31.00
	A5	520350	1037227	12:58	1769.310	154.50	31.00
	A6	519318	1037393	13:12	1768.320	153.50	30.00
	A7	519050	1036812	13:27	1767.940	158.50	29.00
	A8	519211	1035756	13:46	1767.460	157.00	27.00
	*A1	519504	1034920	13:59	1768.261	154.40	27.00

2.2.3.2. ระดับความสูงของจุดวัดที่ได้รับการปรับแก้อิทธิพลของอุณหภูมิแล้วจะถูกปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์เพื่อให้ค่าความสูงของจุดวัดมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาดังนี้

$$h_{dc} = h_{tc} - \text{drift_rate} * \Delta t \dots\dots\dots (2)$$

และเมื่อกำหนดให้ค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดวัด A1 เท่ากับ 17.0 m ค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดต่าง ๆ (H_{abs}) จะเป็นดังนี้

$$H_{abs} = h_{dc} + 17.0 \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ Δt แทนช่วงเวลาระหว่างจุดวัดนั้นในวงรอบกับจุดวัดเริ่มต้นของวงรอบ หรือ

$$\Delta t = (t^{STATION} - t^{BEGIN}) \quad \dots\dots\dots (4)$$

และ drift_rate คำนวณได้จากอัตราส่วนของผลต่างของระดับความสูงของจุดวัดสุดท้าย และจุดวัดแรกของวงรอบต่อช่วงเวลาที่ใช้ระหว่างการอ่านค่าอัลติมิเตอร์ที่จุดสุดท้ายกับจุดแรกของวงรอบ ดังนี้

$$drift_rate \text{ (m/hr)} = (h_{tc}^{END} - h_{tc}^{BEGIN}) / (t^{END} - t^{BEGIN}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการปรับแก้ข้อมูลความสูงของจุดวัดในวงรอบหนึ่งๆ

Station	Time (hr:min)	Time (hr)	Altimeter reading (m)	Temp. (°C)	$h_n - h_{n-1}$ (m)	Δh_n	h_{tc} (m)	h_{dc} (m)	H_{abs} (m)	drift_rate (m/hr)
A1	11:35	11.58	150.00	36			0	0	17.00	1.973
A2	12:05	12.08	147.50	31	-2.50	-2.71	-2.71	-3.69	13.31	
A3	12:28	12.47	150.50	30.5	3.00	3.22	0.51	-1.23	15.77	
A4	12:42	12.70	149.40	31	-1.10	-1.18	-0.67	-2.87	14.13	
A5	12:58	12.97	154.50	31	5.10	5.48	4.82	2.08	19.08	
A6	13:12	13.20	153.50	30	-1.00	-1.07	3.74	0.55	17.55	
A7	13:27	13.45	158.50	29	5.00	5.35	9.09	5.41	22.41	
A8	13:46	13.77	157.00	27	-1.50	-1.59	7.49	3.19	20.19	
A1	13:59	13.98	154.40	27	-2.60	-2.76	4.74	0	17.0	

2.2.4. ปรับแก้ข้อมูลค่าสนามโน้มถ่วง ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์ (ตารางที่ 3) อิทธิพลของละติจูด อิทธิพลของระดับความสูงและอิทธิพลของภูมิประเทศ (ตารางที่ 5) ดังขั้นตอนข้างล่างนี้

2.2.4.1. สำหรับแกรวิมิเตอร์ LaCoste & Romberg gravimeter model G565 ค่าตัวนับที่อ่านได้จากแกรวิมิเตอร์ในช่วง 1700 ถึง 1800 จะถูกปรับเปลี่ยนเป็นค่าที่อ่านได้ในหน่วย mGal ($10 \mu\text{m/s}^2$) โดยความสัมพันธ์ดังนี้

$$g_reading(\text{mGal}) = 1730 + 1.01874 * (\text{counter reading} - 1700) \quad \dots\dots\dots (6)$$

2.2.4.2. ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดภายในวงรอบใดๆ จะถูกปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์และอิทธิพลเกี่ยวกับน้ำขึ้นน้ำลง (tides) เพื่อให้ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดใดไม่แปรผันตามเวลาดังนี้

$$g_drift_corrected = g_reading - drift_rate * \Delta t \quad \dots\dots\dots (7)$$

เมื่อ Δt แทนช่วงเวลาระหว่างจุดวัดนั้นในวงรอบกับจุดวัดเริ่มต้นของวงรอบ หรือ

$$\Delta t = (t^{STATION} - t^{BEGIN}) \quad \dots\dots\dots (8)$$

และ $drift_rate$ คำนวณได้จากอัตราส่วนของผลต่างของค่าสนามโน้มถ่วงที่อ่านได้ระหว่างจุดวัดสุดท้ายของวงรอบและจุดวัดแรกของวงรอบต่อช่วงเวลาที่ไ้ระหว่างการอ่านค่าสนามโน้มถ่วงที่จุดสุดท้ายของวงรอบกับจุดแรกของวงรอบ ดังนี้

$$drift_rate = (g^{END}_reading - g^{BEGIN}_reading) / (t^{END} - t^{BEGIN}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์บนข้อมูลสนามโน้มถ่วงของจุดวัดในวงรอบหนึ่งๆ

Station	Time (hr:min)	Time (hr)	Counter Reading	g_reading (mGal)	g_drift corrected (mGal)	gobs ($\mu\text{m/s}^2$)	driftrate (mGal/hr)
A1	11:35	11.583	1768.325	1800.565	1800.565	9782139	-0.027
A2	12:05	12.083	1769.592	1801.856	1801.870	9782152	
A3	12:28	12.467	1768.985	1801.238	1801.262	9782146	
A4	12:42	12.700	1768.620	1800.866	1800.896	9782142	
A5	12:58	12.967	1769.310	1801.569	1801.606	9782149	
A6	13:12	13.200	1768.320	1800.560	1800.604	9782136	
A7	13:27	13.450	1767.940	1800.173	1800.224	9782139	
A8	13:46	13.767	1767.460	1799.684	1799.744	9782130	
A1	13:59	13.983	1768.261	1800.500	1800.565	9782139	

2.2.4.3. ภายหลังจากการปรับแก้อิทธิพลของดริฟท์แล้ว ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดต่างๆภายในพื้นที่ศึกษาจะถูกปรับเทียบเป็นค่าแกรวิตีสัมบูรณ์ (gobs) โดยการวัดผูกโยงค่ากับจุดวัดอ้างอิงที่จังหวัดสงขลา (ละติจูด $7^{\circ}12'$ เหนือ และลองจิจูด $100^{\circ}36'$ ตะวันออก) ของสถาบันวิทยาแห่งชาติ ซึ่งมีค่าสนามโน้มถ่วงสัมบูรณ์เท่ากับ $9781205.686 \pm 0.268 \mu\text{m/s}^2$ (อ้างถึงใน www.nimt.or.th)

2.2.4.4. ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดต่างๆภายในพื้นที่ศึกษาจะถูกปรับแก้อิทธิพลของละติจูด โดยการห้กลับค่าสนามโน้มถ่วงสัมบูรณ์ของจุดวัดเหล่านั้นด้วยค่าสนามโน้มถ่วงสัมบูรณ์ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง (g_{ϕ}) ซึ่งคำนวณโดยสูตรของ

International Association of Geodesy ปี ค.ศ. 1971 (IAG, 1971) ที่ความแม่นยำ $\pm 1 \mu\text{m/s}^2$ (อ้างถึงใน Parasnis, 1997) ดังนี้

$$g_p = 9780318(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi) \quad \mu\text{m/s}^2 \dots\dots\dots (10)$$

2.2.4.5. ภายหลังจากการปรับแก้อิทธิพลของละติจูดแล้ว ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดต่างๆภายในพื้นที่ศึกษาจะได้รับการปรับแก้อิทธิพลของความสูง ซึ่งประกอบด้วย การปรับแก้ฟรีแอร์ (Free-air correction, FC) และ การปรับแก้บูร์แกร์ (Bouguer correction, BC) เพื่อปรับแก้ค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดต่างๆลงมาอยู่ที่ระดับอ้างอิง ซึ่งในการศึกษาค้างนี้ได้ใช้ระดับน้ำทะเลปานกลางเป็นระดับอ้างอิง โดยนำค่าปรับแก้ฟรีแอร์ (FC) ไปบวกเพิ่ม แต่นำค่าปรับแก้บูร์แกร์ (BC) ไปหักลบออกจากค่าสนามโน้มถ่วงของจุดวัดใดๆเมื่อจุดวัดนั้นอยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง ค่าปรับแก้ฟรีแอร์และค่าปรับแก้บูร์แกร์คำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้ (Parasnis, 1997)

$$\begin{aligned} FC &= 3.072 \cdot h && \mu\text{m/s}^2 \\ BC &= 0.4191 \times 10^{-3} \cdot \rho \cdot h && \mu\text{m/s}^2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (11)$$

เมื่อ h แทนความสูงของจุดวัดเหนือระดับอ้างอิงในหน่วย m และ ρ แทนความหนาแน่นของดินหรือหินที่วางตัวอยู่ระหว่างจุดวัดกับระดับอ้างอิงในหน่วย kg/m^3

2.2.4.6. การปรับแก้อิทธิพลของภูมิประเทศ (TC) ได้ใช้แผนภูมิแฮมเมอร์ (Hammer chart) ร่วมกับแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ซึ่งแบ่งพื้นที่โดยรอบจุดวัดออกเป็นห้องๆ (compartments) โดยแต่ละห้องถูกปิดล้อมด้วยวงแหวนที่มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ตำแหน่งของจุดวัด และมุม θ ที่จุดศูนย์กลางของวงแหวนที่รองรับห้องแต่ละห้อง (ตารางที่ 4) ระดับความสูงเฉลี่ยของภูมิประเทศในแต่ละห้องซึ่งสัมพันธ์กับระดับความสูงของจุดวัด (z) จะถูกประเมินโดยไม่สนใจเครื่องหมาย และค่าปรับแก้ภูมิประเทศสำหรับจุดวัดใดๆจะเป็นผลรวมของค่าปรับแก้ของทุกห้อง ค่าปรับแก้ภูมิประเทศของแต่ละห้องจะคำนวณจากสมการข้างล่างนี้

$$TC = G\rho\theta(r_o - r_i + \sqrt{r_i^2 + z^2} - \sqrt{r_o^2 + z^2}) \quad \dots\dots\dots (12)$$

เมื่อ $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ kg}^{-1} \text{ m}^3 \text{ s}^{-2}$ ในขณะที่ r_i และ r_o แทนรัศมีภายในและรัศมีภายนอกของวงแหวนที่ล้อมรอบห้อง และ ρ แทนความหนาแน่นของมวลหินที่ประกอบขึ้นเป็นภูมิประเทศ ซึ่งในการศึกษาค้างนี้กำหนดใช้ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหิน

โดยรอบพื้นที่ศึกษาเท่ากับ $2,450 \text{ kg/m}^3$ ในการคำนวณค่าปรับแก้อิทธิพลของภูมิประเทศ และ $\theta = 2\pi/n$ เมื่อ n แทนจำนวนห้องที่มีขนาดเท่ากันในวงแหวนแต่ละวง

ตารางที่ 4 ขอบเขตของแผนภูมิแฮมเมอร์

วงแหวน	r_i (m)	r_o (m)	n	การประเมินความสูงสัมพันธ์ z
B	2.0	16.6	4	ในสนาม
C	16.6	53.3	6	ในสนาม
D	53.3	170.0	6	ในสนาม
E	170.0	390	8	ในสนาม
F	390	895	8	แผนที่สเกล 1:50000
G	895	1530	12	แผนที่สเกล 1:50000
H	1530	2615	12	แผนที่สเกล 1:50000
I	2615	4454	12	แผนที่สเกล 1:50000

2.2.4.7 ค่าสนามโน้มถ่วงที่ปรับแก้อิทธิพลต่าง ๆ ข้างต้นแล้วเป็นค่าสนามโน้มถ่วงที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง ซึ่งเรียกว่าค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ หรือ ค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติ (Δg_B) ดังนี้

$$\Delta g_B = g_{obs} - g_\phi + FC - BC + TC \quad \dots\dots\dots (13)$$

ตัวอย่างการคำนวณค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติของจุดวัดแกรวิตีในวงรอบของการวัดหนึ่งๆแสดงไว้ในตารางที่ 5 สำหรับข้อมูลค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติของจุดวัดทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาได้นำเสนอไว้ในภาคผนวก ก.

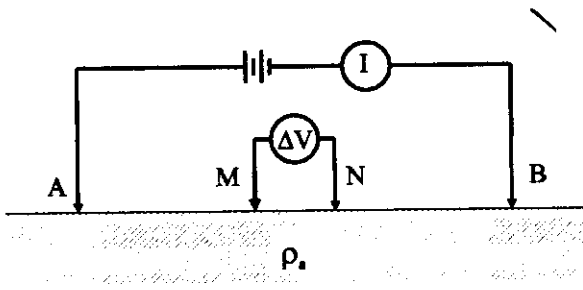
ตารางที่ 5 ตัวอย่างการคำนวณค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติในวงรอบหนึ่งๆ

Station	E (m)	N (m)	ϕ (degree)	g_{obs} ($\mu\text{m/s}^2$)	g_ϕ ($\mu\text{m/s}^2$)	H (m)	FAC ($\mu\text{m/s}^2$)	BC ($\mu\text{m/s}^2$)	TC ($\mu\text{m/s}^2$)	BA ($\mu\text{m/s}^2$)
A1	519504	1034920	9.3652	9782139	9781685	17.0	52	18	15	503
A2	520143	1035693	9.3722	9782152	9781687	13.3	41	14	7	498
A3	521075	1036120	9.3760	9782146	9781688	15.8	48	17	5	494
A4	521300	1037151	9.3853	9782142	9781691	14.1	43	15	2	482
A5	520350	1037227	9.3860	9782149	9781691	19.1	59	20	2	499
A6	519318	1037393	9.3875	9782136	9781692	17.6	54	18	6	488
A7	519050	1036812	9.3823	9782139	9781690	22.4	69	23	4	495
A8	519211	1035756	9.3727	9782130	9781687	20.2	62	21	12	496

2.2.6. นำค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติของพื้นที่ศึกษามาพล็อตเป็นแผนที่ โดยแผนที่ค่าสนามโน้มถ่วงผิดปกติที่ได้จะสะท้อนการกระจายของมวลผิดปกติได้ระดับน้ำทะเลปานกลางในพื้นที่ศึกษา และโดยการใช้โปรแกรม GeoVista Gravity and Magnetic Modelling version 1.3.1 เราสามารถสร้างแบบจำลอง 2.5 มิติของมวลผิดปกติได้ระดับน้ำทะเลปานกลางได้ และในการสร้างแบบจำลองของมวลผิดปกติได้ใช้ข้อมูลธรณีวิทยาพื้นผิว ข้อมูลตัวอย่างดินและหินในหลุมเจาะน้ำบาดาล และแบบจำลองทางไฟฟ้าของชั้นดินที่ได้จากการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินในพื้นที่ศึกษาเป็นตัวควบคุมการสร้างแบบจำลองของมวลผิดปกติ

2.3. การวัดการหยังลึกลับสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน

2.3.1 สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินได้ใช้วิธีวัดการหยังลึกลับทางไฟฟ้าของชั้นดิน และเลือกใช้การจัดรูปขบวนขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger configuration ดังรูปที่ 10 โดยกำหนดใช้ระยะห่างระหว่างขั้วกระแส (AB) มากที่สุดเท่ากับ 700 m และมีจำนวนจุดวัดทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 35 จุดวัด (รูปที่ 11) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เครื่องมือ ABEM Terrameter SAS1000 สำหรับวัดค่าความต้านทานของดิน



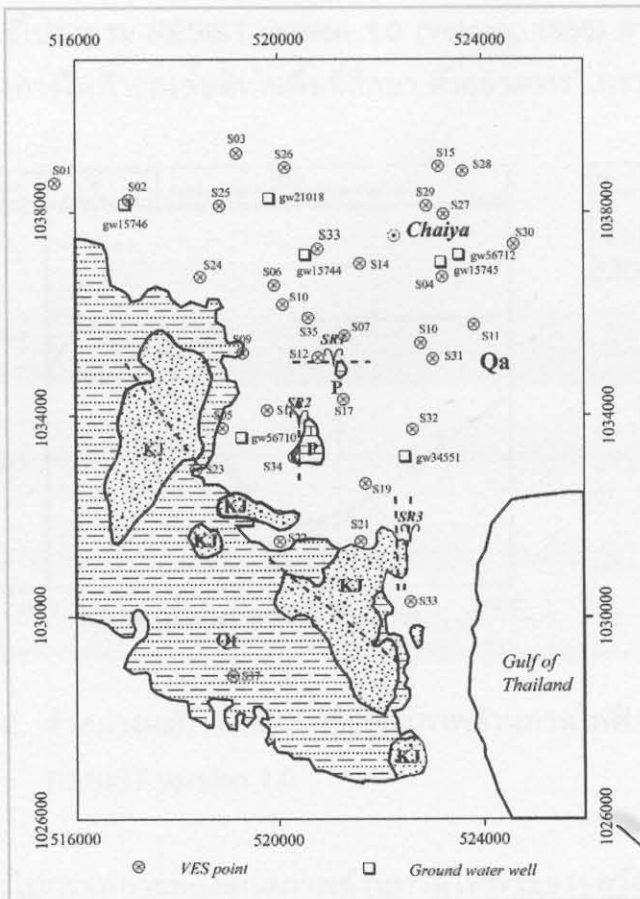
รูปที่ 10. รูปขบวนขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger สำหรับการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน

สำหรับการจัดรูปขบวนขั้วไฟฟ้าแบบ Schlumberger ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏ (ρ_a) คำนวณได้จากสมการข้างล่างนี้

$$\rho_a = k \cdot \frac{\Delta V}{I} \dots\dots\dots (14)$$

เมื่อ $k = \pi \cdot \frac{(L^2 - \ell^2)}{2\ell}$ โดยที่ $L = AB/2, \ell = MN/2$

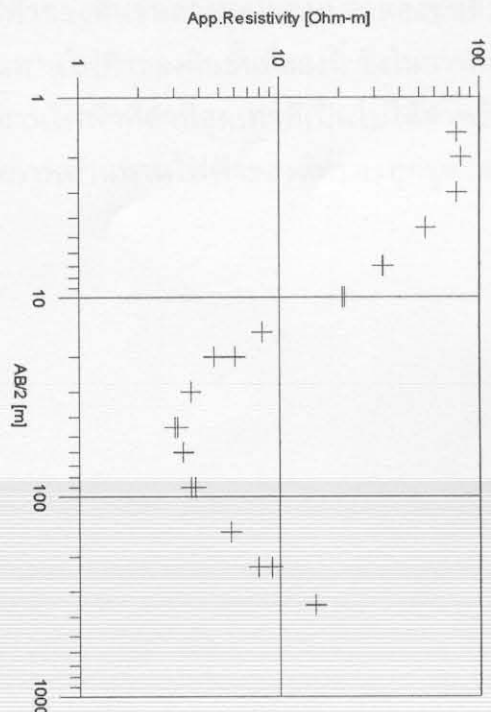
ตัวอย่างข้อมูลสนามที่ได้จากการหยังลึกลับสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินในพื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 6



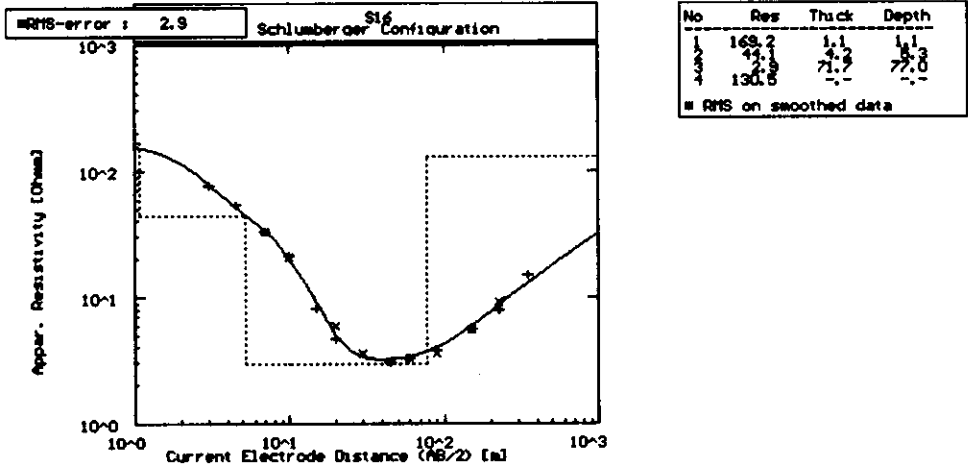
รูปที่ 11. ตำแหน่งของจุดวัดการหยั่งลึกสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน และตำแหน่งของหลุมเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 6. ตัวอย่างข้อมูลสนามการหยั่งลึกสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน

Survey no. S16	Location: S21142E, 1033437N		Date: 05/03/47	
Line no.	Operator: Apichai		Time: 13:00	
Electrode spacing in meters		Reading in Ohm	k	ρ_a ohm-m
AB/2	(MN/2)	$\Delta V/l$		
1.5	0.5	12.280	6.3	77.4
2.0	0.5	6.880	11.8	81.2
3.0	0.5	2.810	27.5	77.3
4.5	0.5	0.816	62.8	54.1
7.0	0.5	0.216	153.2	33.1
7.0	2.0	0.932	35.3	32.9
10.0	0.5	0.066	313.4	20.7
10.0	2.0	0.284	75.4	21.3
15.0	2.0	0.048	173.6	8.2
20.0	2.0	0.015	311	4.7
20.0	6.0	0.063	95.3	6
30.0	6.0	0.016	226.2	3.6
45.0	6.0	0.006	520.7	3.1
45.0	10.0	0.011	302.4	3
60.0	10.0	0.006	549.8	3.3
60.0	20.0	0.013	251.3	3.3
90.0	20.0	0.007	604.8	3.6
90.0	30.0	0.011	377	3.8
150.0	30.0	0.005	1131	5.7
150.0	50.0	0.009	628.3	5.7
225.0	50.0	0.007	1511.9	9.1
225.0	30.0	0.003	2603.6	7.8
350.0	50.0	0.004	3769.9	15



2.3.2 ใช้โปรแกรม RESIST version 1.0 (Velpen, 1988) สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลองทางไฟฟ้าของชั้นดินในพื้นที่ศึกษา ตัวอย่างการวิเคราะห์ที่แสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินโดยโปรแกรม RESIST version 1.0

โดยทั่วไปกราฟการหยั่งลึกสภาพต้านทานไฟฟ้าของจุดวัดในพื้นที่ศึกษามีลักษณะคล้ายรูปถ้วย (bowl shape) ดังรูปที่ 12 ซึ่งมีความหมายว่าดินชั้นบนและดินชั้นล่างสุดมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าดินชั้นที่สองหรือดินที่อยู่ตอนกลาง และโดยเหตุที่ข้อมูลสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินชั้นที่สองมีค่าต่ำกว่า 80 โอห์ม-เมตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีค่าต่ำกว่า 10 โอห์ม-เมตร ในบริเวณด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลการหยั่งลึกสภาพต้านทานไฟฟ้า ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินชั้นล่างสุดในแบบจำลองชั้นดินจึงอาจกำหนดให้มีค่าอะไรก็ได้ที่สูงกว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินชั้นที่สองนี้ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้พิจารณาเลือกกำหนดใช้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้สำหรับดินชั้นล่างสุด ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลการหยั่งลึกสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินของทุกจุดวัดในพื้นที่ศึกษาแสดงไว้ในภาคผนวก ข.