



การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของอำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา
ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์

A Regional Study of Geological Structure in Amphoe Nathawi Changwat Songkhla
with Geophysical Method

สมพร ศรีอากานนท์
Somporn Sriapanon

Order Key 28302
BIB Key 176075

เลขหมู่ 0CSA1 543
เลขทะเบียน 9543 2.2
2.07พ.ค. 2545

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Physics

Prince of Songkla University

2543

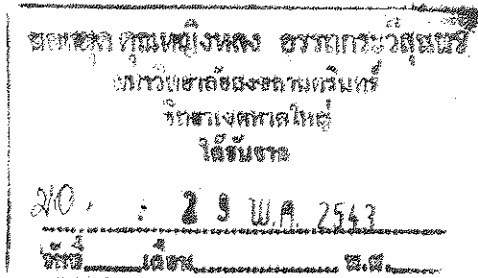
(1)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของอำเภอนาหว้า จังหวัดสงขลา
 ด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์

ผู้เขียน นายสมพร ศรีอาภาภานนท์

สาขาวิชา ฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2542



บทคัดย่อ

ได้ทำการวัดค่าความถ่วงของโลกเชิงภูมิภาค และแปลความข้อมูลธรณีฟิสิกส์ที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศในพื้นที่อำเภอนาหว้า จังหวัดสงขลา หรือระหว่างละติจูด $6^{\circ}28' N - 6^{\circ}47' N$ และลองจิจูด $100^{\circ}30'E - 100^{\circ}46'E$ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของพื้นที่ศึกษา

ผลการศึกษาได้ตรวจพบค่าผิดปกติบิวรีแกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำกว่า 75 g.u. ในบริเวณพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแนวหินแกรนิตตามแผนที่ธรณีวิทยาปี พ.ศ. 2528 และมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องไปทางตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ของหินแกรนิต หินตะกอนไทรแอสซิก และตะกอนควาเทอร์นารี นอกจากนี้ยังตรวจพบวาทิตเซียม ยูเรเนียม สมอง และทอเรียมสมองมีความเข้มข้นสูงในพื้นที่ซึ่งมีค่าผิดปกติบิวรีแกร์สัมบูรณ์ต่ำกว่า 75 g.u. และค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกในพื้นที่ศึกษามีค่าน้อยกว่า 24 nT

การแปลความภาคตัดขวางความถ่วงได้กำหนดแบบจำลองโครงสร้างธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาไว้ 2 แบบคือ แบบจำลองที่ 1 และแบบจำลองที่ 2 โดยในแบบจำลองที่ 1 ได้กำหนดให้หินโพล์แกรนิต ($2,550 \text{ kg/m}^3$) และหินตะกอนไทรแอสซิก ($2,550 \text{ kg/m}^3$) วางอยู่บนหินแกรนิตชุดล่าง ($2,620 \text{ kg/m}^3$) และชั้นหินเปลือกโลก (crustal material) ที่มีความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$ หินโพล์แกรนิตและหินตะกอนไทรแอสซิกนี้วางอยู่ใต้ชั้นตะกอนควาเทอร์นารี ในแบบจำลองที่ 2 ได้กำหนดให้หินแกรนิต ($2,620 \text{ kg/m}^3$) มีลักษณะเป็น granitic plume แทรกซอนหินตะกอนไทรแอสซิก ($2,550 \text{ kg/m}^3$) ซึ่งวางอยู่บนหิน Paleozoic metasediments ($2,800 \text{ kg/m}^3$) โดยส่วนบนของ granitic plume ได้กำหนดให้มีความหนาแน่น $2,550 \text{ kg/m}^3$ เนื่องจากอิทธิพลของการยุบ

จากการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดขอบเขตใหม่ของแนวหินแกรนิตที่ตำแหน่งละติจูด $6^{\circ}28' N - 6^{\circ}33' N$ และลองจิจูด $100^{\circ}38'E - 100^{\circ}44'E$ หรือพื้นที่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแนวหินแกรนิตเดิม ขอบเขตใหม่ของแนวหินแกรนิตเป็นบริเวณซึ่งมีค่าผิดปกติบิวรีแกร์สัมบูรณ์ต่ำกว่า 75 g.u. และความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสี K, eU และ eTh สูงกว่า 1.2%, 4 ppm และ 14 ppm ตามลำดับ และขอบเขตใหม่ได้รับการตรวจสอบและยืนยันกับการสำรวจธรณีวิทยาในภาคสนาม

Thesis Title A Regional Study of Geological Structure in Amphoe Nathawi
 Changwat Songkhla with Geophysical Method
Author Mr. Somporn Sriapanon
Major Program Physics
Academic Year 1999

Abstract

A regional gravity measurement and airborne geophysical data interpretation were carried out in the study area of Amphoe Nathawi Changwat Songkhla, between latitudes $6^{\circ}28' N$ - $6^{\circ}47' N$ and $100^{\circ}30' E$ - $100^{\circ}46' E$. The objective of the present work is to delineate geological boundaries of the study area.

Results obtained from the present work showed absolute Bouguer anomaly of less than 75 g.u. to the southeast of granite shown by the 1985 geological map. The Bouguer anomaly gradually increases towards north and northwest, areas covered with Triassic sedimentary rocks and Quaternary sediments. In addition, high contents of K, eU and eTh were also shown on this low absolute Bouguer anomaly area. Low magnetic anomaly was observed in the study area.

Two geological models of the study area were constructed; namely, model 1 and model 2 from gravity interpretation. In Model 1, the granite of $2,550 \text{ kg/m}^3$ and Triassic sedimentary rocks of $2,550 \text{ kg/m}^3$, which were overlain by Quaternary sediments, were underlain by lower granite ($2,620 \text{ kg/m}^3$) and then crustal material of $2,800 \text{ kg/m}^3$. In model 2, granitic plume of $2,620 \text{ kg/m}^3$ intruded Triassic sedimentary rocks ($2,550 \text{ kg/m}^3$) which were underlain by Paleozoic metasediment of $2,800 \text{ kg/m}^3$. The upper part of this granitic plume was modeled with $2,550 \text{ kg/m}^3$, probably due to weathering.

New horizontal boundary of granite was drawn at latitudes $6^{\circ}28' N$ - $6^{\circ}33' N$ and longitudes $100^{\circ}38' E$ - $100^{\circ}44' E$, southeast of its previous boundary. It enclosed an area where absolute Bouguer anomaly was less than 75 g.u. and K, eU and eTh radioactivity were higher than 1.2%, 4 ppm, and 14 ppm respectively. This new boundary of granite was confirmed by field geological survey.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัย สถาบัน IPPS มหาวิทยาลัย Uppsala ประเทศสวีเดน สำหรับเครื่องมือวิจัย กรมทรัพยากรธรณี สำหรับข้อมูลการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วรุฒิ โลหะวิจารณ์ รศ.ชงชัย พึ่งรัมย์ ผศ.ไตรภพ ผ่องสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ติดตามแก้ไข และให้แนวคิดอันเป็นประโยชน์แก่งานวิจัย ทำให้ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ ความรู้ จนสำเร็จตามจุดประสงค์

ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้คำชี้แนะ และตรวจแก้ไขฉบับร่างวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ เป็นเล่มดังปรากฏนี้

ขอขอบคุณอาจารย์อภิชาติ พัฒนวิริยะพิศาล อาจารย์จตุพร สุคติศรี ครูสมยศ วิชชวลัญช์ คุณแคชา ปัตถวรรณ คุณวิศิษฐ์ อ่อนแก้ว และเพื่อน ๆ นักศึกษาปริญญาโทหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิตสาขาฟิสิกส์ทุกคน ที่ให้กำลังใจ คำแนะนำทางวิชาการ งานภาคสนาม และงานใน ห้องปฏิบัติการ

สุดท้ายผู้วิจัยขอขอบคุณคณะผู้บริหาร คณะครูโรงเรียนพูนพิทยาคม รวมถึงคุณพ่อคุณแม่ และพี่ ๆ น้อง ตระกูล “ศรีอาภาภานนท์” ที่ให้โอกาส และกำลังใจด้วยดีตลอดมา จนกระทั่งประสบความสำเร็จในวันนี้

สมพร ศรีอาภาภานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	1
บทนำตั้งเรื่อง	1
การตรวจเอกสาร	6
วัตถุประสงค์	10
2. วิธีการวิจัย	11
วัสดุ	11
อุปกรณ์	12
วิธีการดำเนินการ	20
3. ผลและอภิปรายผล	51
4. บทวิจารณ์และสรุป	115
บรรณานุกรม	120
ภาคผนวก	124
ประวัติผู้เขียน	187

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1. ตัวอย่างการบันทึกค่าปรับแก้ภูมิประเทศในโซน B ถึง E	23
2. ค่าที่ใช้ปรับแก้ภูมิประเทศในโซน B ถึง E	23
3. ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลความถ่วงและความสูงในภาคสนาม	24
4. ตัวอย่างตารางบันทึกค่าสภาพด้านทานไฟฟ้า	28
5. ตัวอย่างการปรับแก้ครีฟท์ค่าความสูง	31
6. ตัวประกอบปรับเทียบ (calibration factor) ของเกรวิติมิเตอร์แบบลาคอสท์ และรอมเบิร์ต รุ่น G-565.....	33
7. ตัวอย่างการปรับแก้ครีฟท์ของความถ่วง	35
8. ค่าที่ใช้ปรับแก้ภูมิประเทศในโซน F ถึง J	40
9. ตัวอย่างตารางบันทึกค่าที่ใช้ปรับแก้ภูมิประเทศในโซน F ถึง J	41
10. ตัวอย่างการคำนวณค่าผิดปกติบูร์แกร์	43
11. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา	52
12. ค่าสภาพด้านทานไฟฟ้าของดินชั้นต่างๆ ที่จุดวัด A, B, C และ D	109

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1. ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาวิจัย	2
2. ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	3
3. แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาวิจัย	4
4. ตำแหน่งเหมืองแร่	5
5. แกรวิตีมิเตอร์แบบลาโคสท์และรอมเบิร์ก	13
6. เข้าโครงของแกรวิตีมิเตอร์แบบลาโคสท์และรอมเบิร์ก	13
7. มาตรฐานระดับความสูงชนิดความดัน	15
8. เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก Kappabridge รุ่น KLY-3S	16
9. เครื่องมือวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินยี่ห้อ ABEM TERRAMETER SAS 300B	17
10. เครื่องมือวัดคลื่นไหวสะเทือนรุ่น SmartSeis™ S-24	18
11. กล้องวัดระดับและไม้วัดระดับความสูง	18
12. ตำแหน่งวัดความถ่วงและความสูง	22
13. ตัวอย่างวงรอบของการวัดค่าความถ่วงและความสูง โดยใช้วงลางรอบละ 1-3 ชั่วโมง	24
14. ตำแหน่งจุดตรวจสอบชนิดของหิน	26
15. ตำแหน่งจุดตรวจสอบความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบน ของหินแกรนิต	27
16. การจัดวางขั้วขบวนไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์	28
17. การปรับแก้ฟรี-แอร์ของจุดวัดที่ระดับความสูง h เหนือระดับอ้างอิง	37
18. การปรับแก้บูร์แกร์	37
19. ลักษณะภูมิประเทศซึ่งมีผลต่อค่าความถ่วง	38
20. แผนที่ภูมิแฮมเมอร์	40
21. ตำแหน่งของตัวอย่างหิน	53
22. การกระจายความหนาแน่นตัวอย่างหินแต่ละชนิด	54
23. การกระจายความหนาแน่นของตัวอย่างหินแกรนิตกับหินชนิดอื่น ๆ	55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
24. แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ซ้อนทับบนแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา	57
25. แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	58
26. แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก (Survey B&C) ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	60
27. ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	61
28. ค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	62
29. แผนที่คอนทัวร์โพแทสเซียม(K) ในหน่วย % ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	65
30. แผนที่คอนทัวร์ยูเรเนียมสมมูล(eU) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	66
31. แผนที่คอนทัวร์ทอเรียมสมมูล(eTh) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	67
32. ขนาดเนื้อหินของตัวอย่างหิน โพลีแกรนิตบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ ในหน่วย g.u. ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	71
33. แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่ปรากฏแนวรอยเลื่อนของพื้นที่ศึกษา	72
34. แผนที่แสดงชนิดของหินจากการสำรวจธรณีวิทยาในบริเวณที่เป็นขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถ่วง	73
35. แผนที่แสดงขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการตรวจสอบชนิดของหินและการสำรวจทางธรณีวิทยาซ้อนทับบนแผนที่ภูมิประเทศ	74
36. แผนที่แสดงขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการศึกษาวิจัยซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยา	75
37. แนวตัดขวางซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย	77

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
38. แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้	78
39. แสดง Granitic Plume ที่เกิดเนื่องจากการชนกันของจุดทวีป	79
40. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว AA'	82
41. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว BB'	85
42. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว CC'	88
43. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว DD'	91
44. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว EE'	94
45. แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว FF'	97
46. แนวภาคตัดขวางบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลก ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย	99
47. กราฟแสดงค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลกในแนวภาคตัดขวาง OO' และ PP'	100
48. ตำแหน่งจุดเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยา ที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย	103
49. ตำแหน่งวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน	104
50. กราฟแสดง VES-CURVE ของจุดวัด A	105
51. กราฟแสดง VES-CURVE ของจุดวัด B	106
52. กราฟแสดง VES-CURVE ของจุดวัด C	107
53. กราฟแสดง VES-CURVE ของจุดวัด D	108
54. ตำแหน่งวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิตด้วยวิธี วัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน	111
55. กราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ A	112
56. กราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ B	113
57. กราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ C	114

บทที่ 1

บทนำ

จังหวัดสงขลาและจังหวัดใกล้เคียงในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างนี้ มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว จึงมีหน่วยงานของรัฐและเอกชนจำนวนมากทำการศึกษาค้นคว้า วิจัย และสำรวจ เพื่อที่จะรองรับโครงการต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เช่น โครงการสามเหลี่ยมเศรษฐกิจ เป็นต้น ดังนั้นทรัพยากรธรรมชาติที่อยู่ในภูมิภาคนี้ จึงมีความสำคัญที่จะถูกนำมาใช้ในการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมดังกล่าว

หินแกรนิตเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ เป็นแหล่งกำเนิดแร่โลหะ โดยเฉพาะแร่ดีบุก เป็นแหล่งหินสำหรับการก่อสร้างและอื่นๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศไทย ดังนั้นการศึกษาและสำรวจโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคเพื่อค้นหาขอบเขตของหินแกรนิตจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง อันจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะเป็นประโยชน์ในการพิจารณาวางแผนการพัฒนาอย่างสอดคล้อง และให้ได้ผลอย่างเต็มที่ในอนาคต

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ใช้วิธีธรณีฟิสิกส์ด้านความถ่วง (อาศัยความแตกต่างของค่าความหนาแน่น) การแปลความสนามแม่เหล็ก กัมมันตภาพรังสี และการตรวจสอบโครงสร้างทางธรณีวิทยา เพื่อเป็นการยืนยันผลซึ่งกันและกัน

บทนำด้านเรื่อง

พื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่บนคาบสมุทรมไทยครอบคลุมเขตอำเภอนาทวี บางส่วนของอำเภอสะเดา จังหวัดสงขลาหรือระหว่างละติจูด $6^{\circ}28' N-6^{\circ}47' N$ ($716000N-750000N$) และลองจิจูด $100^{\circ}30' E-100^{\circ}46' E$ ($656000E-694000E$) รวมพื้นที่ประมาณ 1200 ตารางกิโลเมตร ไม่รวม

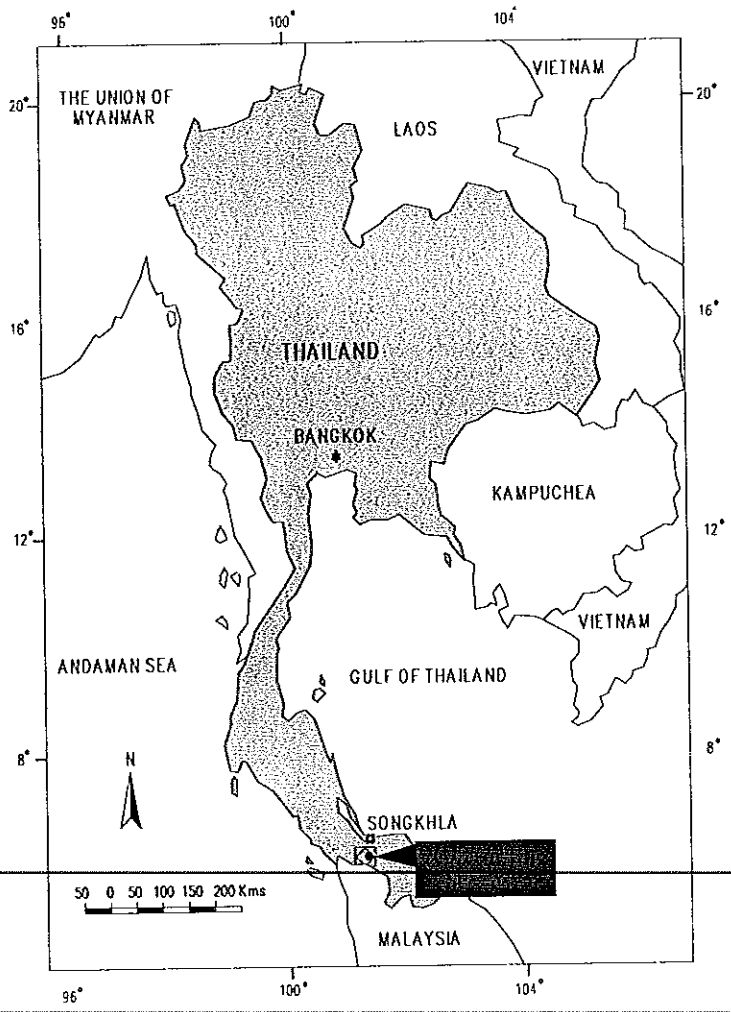
พื้นที่ที่เป็นส่วนของประเทศมาเลเซีย (ภาพประกอบ 1)

ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา (ภาพประกอบ 2) สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

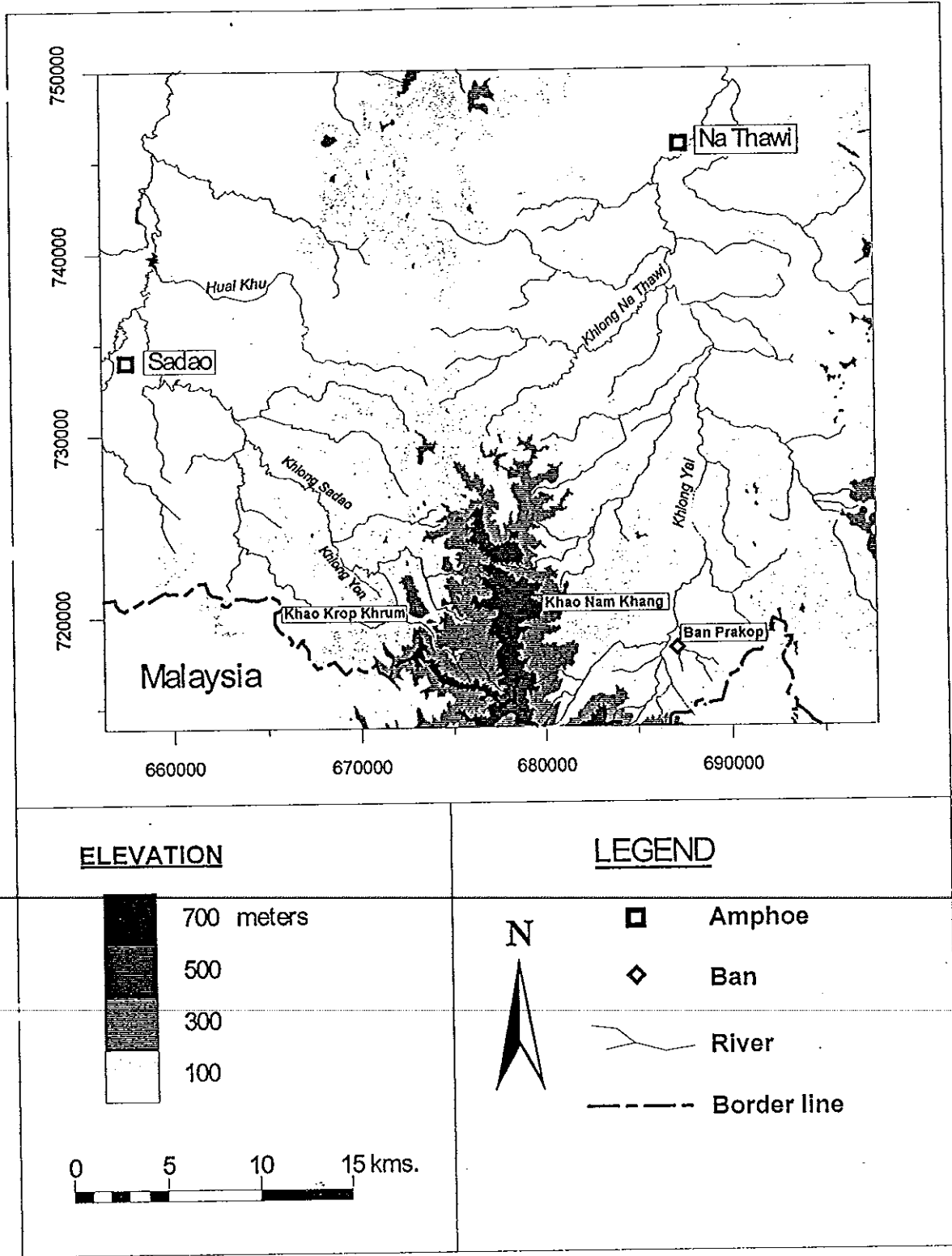
1. ส่วนที่เป็นที่สูงและภูเขา จะวางตัวอยู่บริเวณตอนกลาง และขอบด้านตะวันออกไปจนจรดแนวเทือกเขาทางตอนใต้ที่กั้นขวางประเทศไทยและประเทศมาเลเซีย โดยมีภูเขาที่สำคัญคือ เขาน้ำค้าง ซึ่งเป็นที่ตั้งของอุทยานแห่งชาติเขาน้ำค้าง เขากรอบคริม ควนลิเหริ่ง เป็นต้น ซึ่งบริเวณนี้จะเป็นแหล่งกำเนิดของลำน้ำที่สำคัญของจังหวัดสงขลา รวมพื้นที่ประมาณ 400 ตารางกิโลเมตร

2. ส่วนที่เป็นที่ราบลุ่ม อยู่บริเวณด้านตะวันตกและระหว่างแนวเทือกเขาตอนกลางและแนวขอบตะวันออก ครอบคลุมพื้นที่อำเภอนาทวีและอำเภอสะเดา มีลำน้ำสำคัญที่ไหลผ่าน เช่น คลองนาทวี คลองสะเดา คลองใหญ่ ห้วยคู เป็นต้น รวมพื้นที่ประมาณ 800 ตารางกิโลเมตร

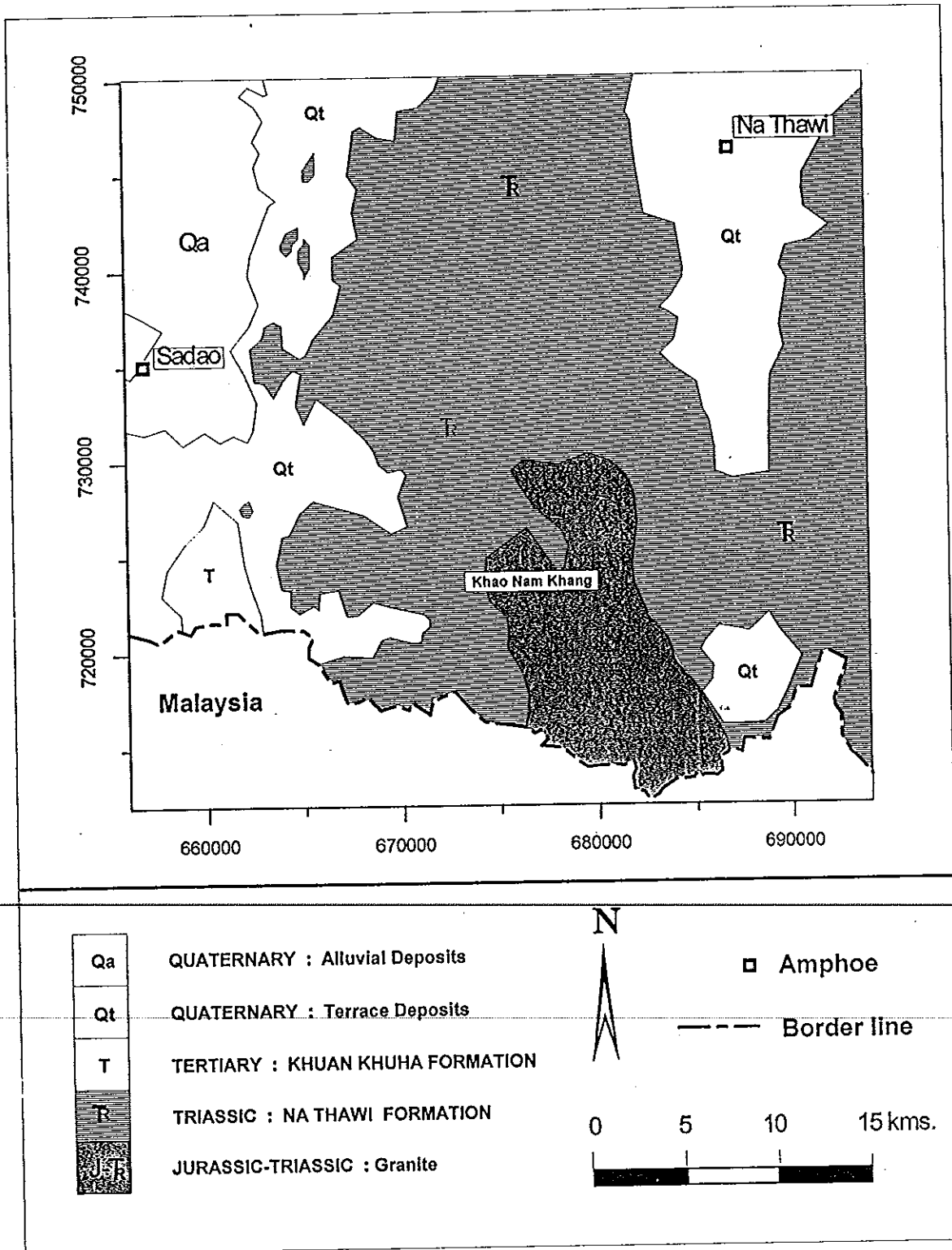
ภาพประกอบ 1 ตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาวิจัย



ภาพประกอบ 2 ลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา
(ที่มา : กรมแผนที่ทหาร, 2529)

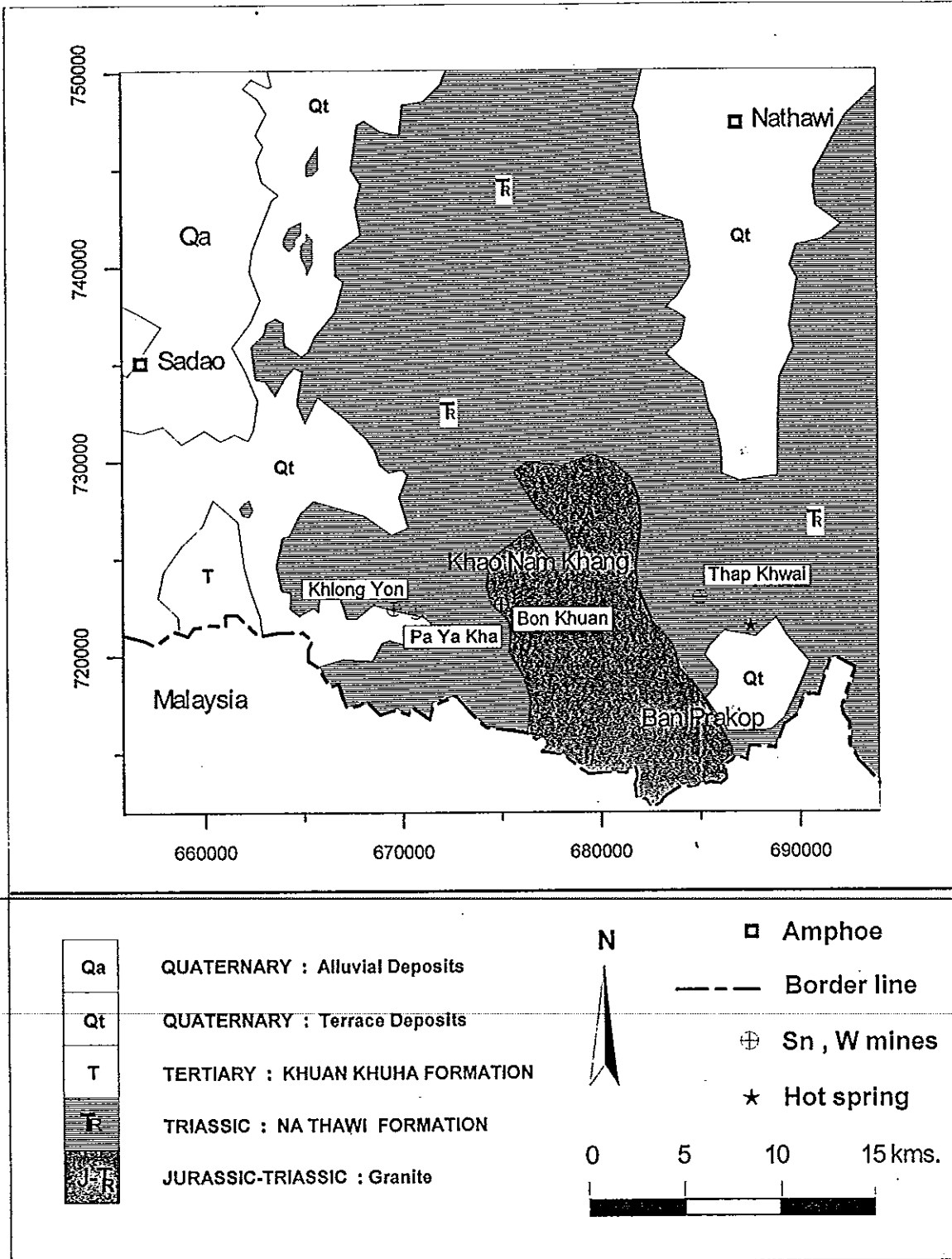


ภาพประกอบ 3 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา
(ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2528)



ภาพประกอบ 4 ตำแหน่งเหมืองแร่

(ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2528 ; ธงชัย พึ่งรัศมี, 2541)



ลักษณะธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) บริเวณเทือกเขาน้ำค้าง และใกล้เคียงประกอบด้วยหินตะกอน หินแปร และหินอัคนี หินตะกอนและหินแปรซึ่งอยู่ทางเหนือของพื้นที่ศึกษาบริเวณตะกอนลุ่มน้ำ มีอายุประมาณ Middle ถึง Late Triassic หินอัคนีชนิดแกรนิตครอบคลุมพื้นที่ของเทือกเขาน้ำค้าง อายุประมาณ Late Triassic ถึง Early Jurassic เรียกแกรนิตบริเวณนี้ว่า พลูตอนเขาน้ำค้าง และที่ราบดินตะกอนยุคควาเทอร์นารี (ภาพประกอบ 3) มีการทำเหมืองแร่หลายแห่งในบริเวณนั้น ได้แก่ ที่ขอบเขตด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแกรนิตมวลไพศาลบริเวณเทือกเขาน้ำค้าง มีการทำเหมืองแร่ในบริเวณลำธารคลองขน คลองน้ำขึ้น และคลองต้นสะท้อน ได้แก่ เหมืองคลองขน (669550E , 722450N) และเหมืองป่าหญ้าคา (670660E , 722300N) ได้แร่ดีบุก-พลูแฟรม จาก alluvial placer ส่วนอีกบริเวณหนึ่งเรียกเหมืองบนควน (675000E , 722650N) เป็นการทำเหมืองบนเขาจาก alluvial placer สายแร่ควอร์ตซ์ และสายแร่ควอร์ตซ์-เฟลด์สปาร์ ที่มีดีบุก-พลูแฟรมที่ตัดหินดินดาน หินทราย และหินควอร์ตไซต์ (ขงยุทธ ตรังคศาสตร์, 2523 และ Pungrassami, 1986) โดยพื้นที่บริเวณนี้ขึ้นอยู่กับตำบลสำนักแคว อำเภอสระเคา จังหวัดสงขลา ส่วนที่ขอบเขตด้านตะวันออกของเทือกเขาน้ำค้าง มีการทำเหมืองแร่ในบริเวณลำธารคลองทับช้างและคลองทับควาย ได้แก่ เหมืองทับควาย (685000E , 723000N) ผลิตแร่ดีบุก-พลูแฟรม จาก alluvial placer บริเวณนั้น เหมืองทับควายตั้งอยู่ที่บ้านทับช้าง อำเภอนาทวี (ภาพประกอบ 4) ผลผลิตของแร่ดีบุกและแร่พลูแฟรมที่ได้จากพื้นที่เทือกเขาน้ำค้าง ระหว่างปี พ.ศ.2518-2520 และ พ.ศ.2528-2531 ไม่น้อยกว่า 296.88 และ 35.64 เมตริกตัน ตามลำดับ (ธงชัย พึ่งรัมย์, 2541)

การตรวจเอกสาร

แร่ดีบุกและพลูแฟรมมีต้นกำเนิดสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินแกรนิต โดยมักจะเกิดอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณสัมผัสของหินแกรนิตส่วนบนกับหินที่อยู่ข้างเคียง โดยธาตุดีบุกและพลูแฟรมที่อยู่ในสภาพแก๊สหรือสารละลายร้อน บางส่วนพุ่งผ่านหินแกรนิตเข้าไปตกผลึกเป็นสายควอร์ตซ์ และสายควอร์ตซ์ที่มีแร่ดีบุกปนกับพลูแฟรมอยู่ในรอยแตกของหินข้างเคียง เช่น หินทรายหรือหินควอร์ตไซต์ในส่วนของที่ถูกแปรสภาพโดยความร้อนจากหินแกรนิต แร่ดีบุกและพลูแฟรมบางส่วนจะเกิดร่วมกับสายควอร์ตซ์หรือเกิดฝังประในหินแกรนิต ต่อมาเมื่อหินข้างเคียงหรือหินแกรนิตที่มีแร่ดีบุกและพลูแฟรมเกิดการผุพังทำลายไป สายควอร์ตซ์ที่มีแร่ซึ่งมีความทนต่อการผุพังได้ดีกว่าหินที่มันแทรกตัวอยู่ก็จะตกหลุดออกมาจากสายเดิม และบางส่วนของแร่ดีบุกและพลูแฟรมจะแตกหลุดออกมาจากสายควอร์ตซ์ พวกแร่และหินเหล่านี้จะถูกพัดพาไปสู่ที่ต่ำกว่าเกิดเป็นแหล่งแร่พลัดตกตามท้องห้วยใกล้หินต้นกำเนิด (ขงยุทธ ตรังคศาสตร์, 2523)

โดยที่แร่ดีบุกและแร่พลูมมักเกิดอยู่ใกล้เคียงกับบริเวณสัมผัสของหินแกรนิต กับหินที่อยู่ข้างเคียง ดังนั้นถ้าเราสามารถกำหนดขอบเขตที่แน่นอนของแกรนิตพลูตอนเขาน้ำค้าง จะทำให้เราสามารถประเมินตำแหน่งสะสมตัวของแหล่งแร่ดีบุกและแร่พลูมได้ถูกต้อง การศึกษาเพื่อกำหนดขอบเขตของแกรนิตพลูตอนในประเทศไทยสามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การศึกษาด้านธรณีวิทยา (ซงชัย พึ่งรัมย์, 2535) การวัดค่าความถ่วงและแปลความแผนที่กัมมันตภาพรังสีทางอากาศ (พวงทิพย์ รุ่งเล็ก, 2538, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก, 2539 และ สุรศักดิ์ แก้วอ่อน, 2539)

หินแกรนิตในบริเวณพื้นที่ศึกษา จัดเป็นแนวหินแกรนิตตอนกลาง ซึ่งปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่ภาคเหนือของประเทศเกือบทั้งหมด ยกเว้นทางตะวันตกของภาคเหนือผ่านเรื่อยลงมาทางตอนกลางของประเทศ และผ่านภาคใต้ของประเทศไทย ต่อเลยไปจนถึงคาบสมุทรไทย-มาเลเซีย โดยหินแกรนิตในแนวนี้ประมาณมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เป็นหินที่แสดงลักษณะและส่วนประกอบที่จัดว่าเป็นแกรนิตจริง ๆ (true granite) มีแร่ฮอร์นเบลนด์และแร่ไบโอไทต์อยู่ไม่มากนัก ส่วนแร่มีสโตไวต์จะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาทางธรณีวิทยาของหินแกรนิตในแนวนี้พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่สะสมตัวอยู่เดิมในเปลือกโลกหรือที่เรียกว่า S-type ซึ่งปัจจุบัน เชื่อว่าการหลอมละลายที่เกิดขึ้นเกิดในช่วงอายุประมาณปลายยุคไทรแอสซิกถึงต้นยุคจูแรสซิก อันเป็นผลเนื่องจากการชนกันของจุลทวีปฉานไทยและอินโดจีน (Moore and Fairbride, 1997 ; สุรศักดิ์ แก้วอ่อน, 2539)

หินแกรนิตบริเวณทางภาคใต้ของไทย มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กน้อยกว่า 6.3×10^{-4} SI ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตบริเวณนี้ประมาณ $2.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ และมีปริมาณกัมมันตภาพรังสีสูงซึ่งได้แก่ ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียม และทอเรียมมีค่าเฉลี่ยเป็น 5.7% 46 ppm และ 91 ppm ตามลำดับ (Sano et al., 1985)

สำหรับการศึกษาด้านธรณีฟิสิกส์ เพื่อกำหนดขอบเขตของหินแกรนิตแทรกซอนนั้น ได้แก่

Enmark (1980) ได้ศึกษาแกรนิตบริเวณอาร์วิดส์เจอร์ (Arvidsjaur) ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน โดยใช้ประโยชน์จากแผนที่การบินสำรวจความเข้มสนามแม่เหล็กโลก ในการกำหนดขอบเขตระหว่างหินตะกอนภูเขาไฟและหินแกรนิต และกำหนดความลึก จากการศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยา พบว่ามีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 25 กิโลเมตร และมีหินแกรนิตอยู่ตรงกลางของโครงสร้างนี้ รูปร่างของหินแกรนิตมีลักษณะคล้ายภาชนะอ่าง และมีรอยเลื่อนในลักษณะตรงลงไป แต่จากการศึกษาข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์พบว่า แกรนิตมีความลึกบริเวณศูนย์กลางมากกว่ามีรูปร่างตรงลงไป และยังสามารถกำหนดรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในแนวเฉียงและอยู่ห่างไปจากตำแหน่งเดิมประมาณ 2-3 กิโลเมตร

Enmark and Parasnis (1980) ศึกษาโครงสร้างบริเวณจอร์นบัสตุแทรค (Jorn-Bastutrask) ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน บริเวณนี้มีแกรนิต 2 ชนิดคือ แกรนิตจอร์น (Jorn Granite) มีความหนาแน่น $2,680 \text{ kg/m}^3$ แกรนิตรีปซัน (Revsund Granite) มีความหนาแน่น $2,660 \text{ kg/m}^3$ โดยแกรนิตจอร์นมีอายุมากกว่าแกรนิตรีปซัน จากการศึกษาข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ โดยการวัดค่าความถ่วงและนำมาสร้างแบบจำลองของแกรนิตมีทั้งหมด 4 แบบ ซึ่งสอดคล้องกับแบบจำลองที่ได้จากศึกษาข้อมูลทางธรณีวิทยา

Enmark and Nisca (1982) ได้ศึกษาบริเวณแกรนิตเกลลีจาร์ (Gallejaur Granite) ซึ่งอยู่ทางตอนเหนือของประเทศสวีเดน จากข้อมูลทางธรณีวิทยาบริเวณแกรนิตเกลลีจาร์นี้ หินแกรนิตจัดอยู่ในมหายุคพรีแคมเบรียน รูปร่างค่อนข้างกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10-12 กิโลเมตร รอบ ๆ แกรนิตเกลลีจาร์เป็นหินแกรนิตเรียกว่า เกลลีจาร์แกบโบ (Gallejaur gabbro) จากการศึกษาทางธรณีวิทยาแสดงว่า แกรนิตมีความลึกประมาณ 1 กิโลเมตร มีหินภูเขาไฟชนิดเบสิก (basic volcanics) เป็นฐานรองรับหินแกรนิตนี้ สำหรับด้านข้างลึกลงไปใต้ดินเป็นหินภูเขาไฟชนิดไรโอลิติก-แอนดีซิติก (Rhyolitic-andesitic volcanics) จากการศึกษาทางด้านธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กโลก และการสร้างแบบจำลองพบว่า มีลักษณะเช่นเดียวกับแบบจำลองของข้อมูลทางธรณีวิทยา กล่าวคือ มีลักษณะเป็นรูปเห็ดขนาดใหญ่ มีแร่เหล็กและแมกนีเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ส่วนสูงที่สุดมีลักษณะเป็นรูปหมวกแคบ ๆ ความลึกมากที่สุดของโครงสร้างนี้ประมาณ 3.5-4.5 กิโลเมตร แกรนิตอยู่ในระดับตื้นคือ ลึกประมาณ 250 เมตร มีหินภูเขาไฟชนิดเบสิกและหินไรโอลิติก-แอนดีซิติกมารองรับเป็นฐานอีกชั้นหนึ่ง และต่อลึกลงไปข้างใต้

Al-Rawi and Brooks (1992) ได้ศึกษาความลึกของชั้นเปลือกโลก ซึ่งอยู่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศอังกฤษ หินตะกอนภูเขาไฟบริเวณนี้มีอายุมหายุคพาเลโอโซอิก มีหินแกรนิตพลูตอนยุคปลายของคาร์บอนิเฟอรัส ซึ่งมีลักษณะแคบและลึก เกิดจากมวลหินอัคนีมวลไพศาล (batholith) แทรกดันตัวขึ้นมาในตะกอนนี้ คาดหมายว่าหินแกรนิตนี้หนาประมาณ 10-15 กิโลเมตร อยู่ลึกประมาณ 13-15 กิโลเมตร จากการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าความถ่วงและความเข้มสนามแม่เหล็กโลกพบว่ามีความหนาประมาณ 6 กิโลเมตรและอยู่ลึก 24-30 กิโลเมตร

Loke (1992) ได้ศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของคาบสมุทรมาเลเซีย โดยวิธีวัดค่าความถ่วง พบว่า ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าเป็นลบครอบคลุมเหนือหินแกรนิตมวลไพศาล (granite batholiths) และสร้างแบบจำลองโครงสร้างของชั้นเปลือกโลกที่สอดคล้องกับข้อมูลค่าผิดปกติความถ่วงจำนวน 2 แบบจำลอง ในแต่ละแบบจำลองใช้หิน Paleozoic metasediments เป็นหินฐานโดยมีค่าความหนาแน่นแตกต่างกันคือ มีความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$ และ $2,750 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ ส่วนหินแกรนิตมีความหนาแน่น $2,650 \text{ kg/m}^3$

Moores and Fairbridge (1997) ได้ศึกษาการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณประเทศพม่าและประเทศไทยพบว่า แผ่นเปลือกโลกอินเดียได้มีการเคลื่อนตัวเข้าสู่แผ่นธรณีจาน-ไทย (Shan-Thai block) โดยเปลือกโลกภาคพื้นสมุทรเคลื่อนตัวมุดเข้าใต้เปลือกโลกภาคพื้นทวีปในแนวทำมุม 45 องศา การเสียดสีระหว่างแผ่นเปลือกโลกทั้งสองทำให้เกิดความร้อนจำนวนมากมหาศาลขึ้น ความร้อนนี้จะหลอมละลายเปลือกโลกภาคพื้นทวีป และเปลือกโลกภาคพื้นทวีปที่ละลาย จะเคลื่อนตัวขึ้นสู่ด้านบนพร้อมกับเย็นตัวลง ซึ่งเป็นลักษณะที่เรียกว่า Granitic plume

พวงทิพย์ รุ่งเล็ก (2538) ได้ทำการศึกษาหินแกรนิตพลูตอนลิวง จังหวัดสงขลา ซึ่งอยู่ห่างจากพลูตอนเขาน้ำค้างไปทางตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 25 กิโลเมตร ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตบริเวณนี้ประมาณ $2,536 \pm 17 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งมีค่าน้อยกว่าของหินแกรนิตทั่วไป ทำให้ค่าผิดปกติของความถ่วงเหนือบริเวณพลูตอนลิวงไม่สูงอย่างเด่นชัด แต่สามารถกำหนดขอบเขตของพลูตอนลิวงได้จากบริเวณที่คอนทิวร์ค่าผิดปกติของความถ่วงมีค่าประมาณ 201-230 g.u. โดยแกรนิตลิวงจะวางตัวอยู่บนแกรนิตสงขลาซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า ($2,620 \text{ kg/m}^3$) และแกรนิตลิวงมีปริมาณแก๊สมันตภาพรังสีสูงซึ่งได้แก่ ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูลมีค่าเฉลี่ยเป็น $6.4 \pm 0.05\%$, $19.63 \pm 0.41 \text{ ppm}$ และ $32.17 \pm 4.24 \text{ ppm}$ ตามลำดับ

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก (2539) ได้ทำการศึกษาหินแกรนิตบริเวณจังหวัดสงขลา พัทลุง และตรัง ซึ่งเป็นแกรนิตยุคยูเรสซิก-ไทรแอสซิก พบว่ามีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กน้อยกว่า $6.2 \times 10^{-4} \pm 2.2 \times 10^{-4} \text{ SI}$ ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตบริเวณนี้ประมาณ $2,577 \pm 61 \text{ kg/m}^3$ และพบว่าค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (ประมาณ -60 ถึง 140 g.u.) เหนือบริเวณหินแกรนิต ส่วนค่าผิดปกติความถ่วงสูง (ประมาณ 220-420 g.u.) จะครอบคลุมเหนือบริเวณตะกอนควาเทอร์นารีที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และได้สร้างแบบจำลองโครงสร้างธรณีวิทยาให้มีหินฐานที่มีความหนาแน่นมากรองรับหินแกรนิตในระดับลึก และรองรับตะกอนควาเทอร์นารีในระดับตื้น และพบว่าหินแกรนิตในบริเวณนี้มีปริมาณแก๊สมันตภาพรังสีสูงซึ่งได้แก่ ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูลมีค่าเฉลี่ยเป็น $2.27 \pm 0.21\%$, $8.78 \pm 0.24 \text{ ppm}$ และ $19.94 \pm 0.84 \text{ ppm}$ ตามลำดับ

สุรศักดิ์ แก้วอ่อน (2539) ได้ทำการศึกษาหินแกรนิตบริเวณจังหวัดสงขลา และสตูล พบว่า แกรนิตที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงจะวางตัวอยู่ในระดับตื้น ส่วนแกรนิตที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กต่ำ ($1.0 \times 10^{-6} \text{ SI}$) จะวางตัวอยู่ในระดับลึก ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินแกรนิตบริเวณนี้ประมาณ $2,619 \pm 44 \text{ kg/m}^3$ และพบว่าค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (ประมาณ -50 ถึง 100 g.u.) จะครอบคลุมเหนือบริเวณหินแกรนิต ส่วนค่าผิดปกติความถ่วงสูง (ประมาณ 100-350 g.u.) จะครอบคลุมเหนือบริเวณตะกอนควาเทอร์นารีที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และได้สร้างแบบจำลองโครงสร้างธรณีวิทยา ให้มีหินฐานที่มีความหนาแน่นมากรองรับหินแกรนิตในระดับลึก และรองรับตะกอนควาเทอร์นารีในระดับตื้น และพบว่าหินแกรนิตในบริเวณนี้มีปริมาณ

กัมมันตภาพรังสีสูงซึ่งได้แก่ ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูลมีค่าเฉลี่ย เป็น $2.14 \pm 0.17\%$, 6.48 ± 0.08 ppm และ 17.63 ± 0.07 ppm ตามลำดับ

จะเห็นว่าธรณีฟิสิกส์เหมาะสมสำหรับการกำหนดลักษณะ โครงสร้างทางธรณีวิทยา ของหินแกรนิต เช่น การใช้วิธีการวัดค่าความถ่วงและความเข้มของสนามแม่เหล็ก เพื่อกำหนด โครงสร้างทางธรณีวิทยาในแนวดิ่ง และการใช้วิธีกัมมันตภาพรังสี เพื่อช่วยกำหนดขอบเขตของ หินแกรนิตในแนวราบ ดังนั้นการใช้วิธีการศึกษาธรณีฟิสิกส์จึงเหมาะสมสำหรับการกำหนด โครงสร้างทางธรณีวิทยาของพืดตอนเขาน้ำค้าง ซึ่งเคยเป็นแหล่งแร่ดีบุกและแร่พลูมแฟรม จะ สามารถกำหนดขอบเขตที่แน่ชัดของหินแกรนิตพืดตอนเขาน้ำค้าง และโครงสร้างทางธรณีวิทยา ในระดับลึกของพื้นที่ดังกล่าว เพื่อจะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาในบริเวณนี้และใกล้เคียง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและกำหนดลักษณะ โครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคระดับลึกของ พื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย โดยวิธีการวัดความโน้มถ่วงโลกและความเข้มสนามแม่เหล็ก
2. เพื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้ โดยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงโลก การแปลความค่ากัมมันตภาพรังสีที่ได้จากการบินสำรวจ การตรวจสอบ โครงสร้างทางธรณีวิทยาในภาคสนาม และแผนที่ธรณีวิทยา

บทที่ 2

วิธีการวิจัย

วิธีการวิจัยประกอบด้วย

- 1) การวัดข้อมูลความถ่วงและเก็บตัวอย่างหินในภาคสนาม
- 2) การวัดความหนาแน่นของตัวอย่างหิน
- 3) การวิเคราะห์ข้อมูลความถ่วง
- 4) การวิเคราะห์ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ
- 5) กำหนดโครงสร้างธรณีเชิงภูมิภาคของพื้นที่ศึกษา
- 6) ตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ได้กำหนด

โดยได้ใช้วัสดุ อุปกรณ์ และระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

วัสดุ

วัสดุทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แสดงตามหัวข้อต่อไปนี้ คือ

1. วัสดุที่ต้องใช้สำหรับศึกษาค่าความถ่วง และความสูง ประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้
 - 1.1 ตะปูขนาด 3 นิ้ว สำหรับทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งของจุดวัดค่าความถ่วงและความสูงบนเส้นทางคมนาคม
 - 1.2 สีน้ำมัน/สีพลาสติก (สีแดง) สำหรับเขียนรหัสของจุดวัดไว้บนเส้นทางคมนาคม หรือต้นไม้ หรือเสาไฟฟ้า ที่อยู่ใกล้จุดวัดมากที่สุด
 - 1.3 ฝาขวดน้ำอัดลม สำหรับรองหัวตะปูที่ใช้ทำเครื่องหมายแสดงตำแหน่งของจุดวัดค่าความถ่วงและความสูง
2. วัสดุที่ต้องใช้สำหรับศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างหิน ประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้
 - 2.1 ตัวอย่างหิน โผล่ ซึ่งเก็บมาจากพื้นที่ศึกษา ตำแหน่งละ 2-10 ก้อน ๆ ละไม่เกิน 3,000 กรัม
 - 2.2 น้ำเปล่า สำหรับใช้ในการหามวลของตัวอย่างหินในน้ำ
3. วัสดุที่ต้องใช้สำหรับวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) ของตัวอย่างหิน โผล่ในข้อ 2.1
 - 3.1 กล้องพลาสติกสำหรับใส่ตัวอย่างหิน โผล่ที่ใช้ฉีอนและจะมีขนาดเล็ก ซึ่งเขียนชนิดของหิน และรหัสแสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างหินไว้เรียบร้อยแล้ว

4. วัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกัน

4.1 ตารางบันทึกค่าปรับแก้ภูมิประเทศและอื่น ๆ

4.2 สมุดบันทึก

4.3 แผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก

4.4 แผนที่ภูมิประเทศ (กรมแผนที่ทหาร, 2529) มาตรฐาน 1:50,000 ระวังต่าง ๆ ดังนี้

4.4.1 ระวัง 5022 I บ้านคลองแงะ

4.4.2 ระวัง 5022 II อำเภอสะเดา

4.4.3 ระวัง 5121 I บ้านบาโฮย

4.4.4 ระวัง 5121 IV บ้านประกอบตก

4.4.5 ระวัง 5122 I อำเภอเทพา

4.4.6 ระวัง 5122 II อำเภอชะบ้าย้อย

4.4.7 ระวัง 5122 III อำเภอนาทวี

4.4.9 ระวัง 5122 IV อำเภอจะนะ

4.5 แผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) มาตรฐาน 1:250,000 ระวัง NB 47-7
จังหวัดสตูล และระวัง NB 47-8,5 จังหวัดนราธิวาสและอำเภอตากใบ

อุปกรณ์

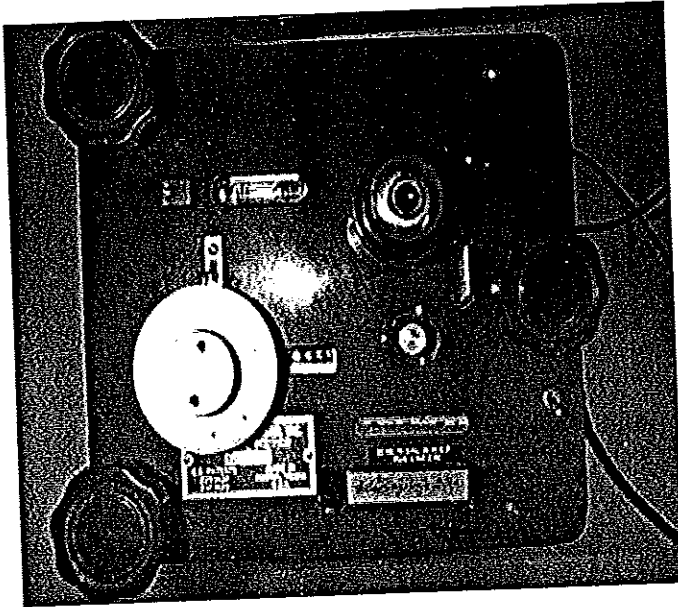
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งอุปกรณ์ต่าง ๆ แยกตามประเภทของแต่ละ
ส่วนการวิจัย ดังแสดงในหัวข้อต่อไปนี้

1. อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับวัดค่าความถี่และความสูง ดังต่อไปนี้

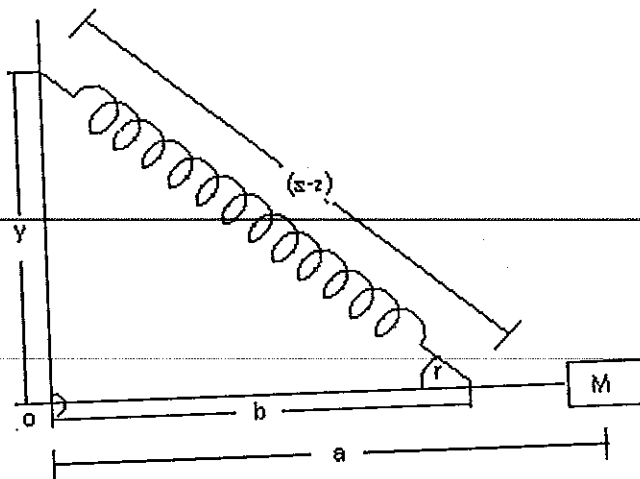
1.1 จานร่อนระดับ เพื่อปรับให้แกรวิติมิเตอร์อยู่ในแนวระดับอย่างเหมาะสม

1.2 เครื่องแกรวิติมิเตอร์ (gravity meter) แบบไมโครอิเล็กทรอนิกส์และรอมเบิร์ก (LaCoste & Romberg) รุ่น G-565 มีความแม่นยำถึง 0.01 มิลลิเกิล เพื่อใช้วัดค่าความถี่สัมพัทธ์ระหว่างจุดวัดผลิตโดยบริษัท Lacoste & Romberg, inc. Austin, Texas, U.S.A. (ภาพประกอบ 5) แกรวิติมิเตอร์ชนิดนี้ อาศัย zero-length spring คือ สปริงที่แรงดึงของตัวสปริงเองเป็นปฏิภาคกับความยาวของสปริง

ภาพประกอบ 5 แกร่วิติมิเตอร์แบบลาคอสท์และรอมเบิร์ต



ภาพประกอบ 6 แก้วโครงของแกร่วิติมิเตอร์แบบลาคอสท์และรอมเบิร์ต
(ที่มา : กิตติชัย วัฒนานิกกร, 2536)



หลักการทํางานของ Lacoste & Romberg gravimeter ได้แสดงไว้ดังภาพประกอบ 6 โดย

กำหนดให้ $k(s-z)$ แทนแรงคึงของสปริง

k แทนค่าคึงที่ของสปริง

s แทนความยาวของสปริงเมื่อมีแรงภายนอกกระทำ

z แทนความยาวของสปริงเมื่อไม่มีแรงภายนอกกระทำ

ในกรณี zero-length spring ค่าของ z จะน้อยมาก และถ้าให้จุดหมุนอยู่ที่จุด O สามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} Mga &= k(s-z)b \sin \gamma \\ &= k(s-z)\frac{by}{s} \end{aligned}$$

นั่นคือ

$$g = \frac{k}{M} \frac{b}{a} \left(1 - \frac{z}{s}\right) y$$

เมื่อ g เปลี่ยนไป dg ความยาวของสปริงเปลี่ยนไป ds ดังนี้

$$dg = \left(\frac{k}{M}\right) \left(\frac{b}{a}\right) \left(\frac{z}{s}\right) \left(\frac{y}{s}\right) ds$$

1.3 นาฬิกาจับเวลา สำหรับอ่านเวลาขณะทำการวัดค่าความถ่วง เพื่อนำไปปรับแก้ไขค่า

ครีฟท์

1.4 เครื่องอ่านพิกัด (GPS) ยี่ห้อ Trimble Basic Pathfinder สำหรับอ่านตำแหน่งของจุดวัดค่า

ความถ่วงและความสูง

1.5 เทอร์โมมิเตอร์ปรอท (0-100°C) สำหรับวัดอุณหภูมิของอากาศขณะทำการวัดค่าความสูง

1.6 มาตรวัดระดับความสูง (altimeter) ประเภทความดันบรรยากาศสำหรับวัดระดับความสูง

ของจุดวัดค่าความถ่วง เพื่อนำไปปรับแก้ค่าความถ่วง ผลิตใน U.S.A. โดยบริษัท American Paulin

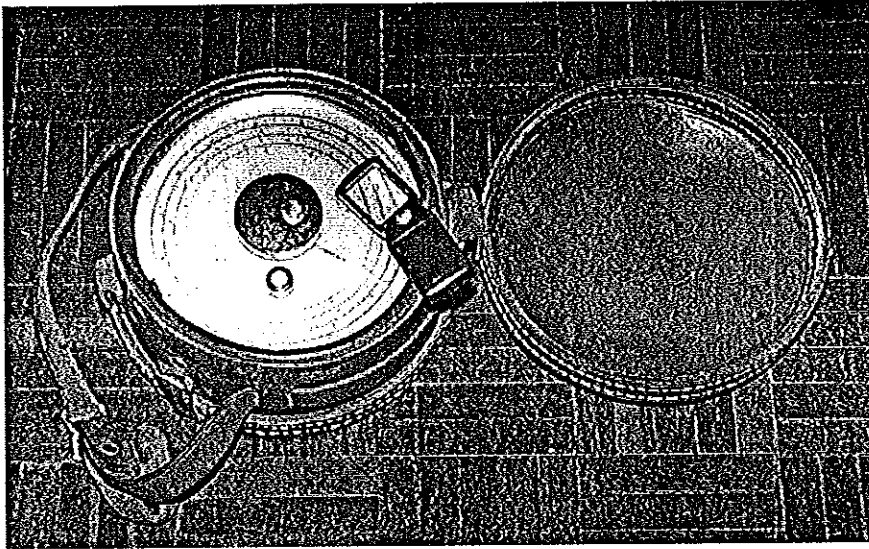
System รุ่น MDM-5 ซึ่งมีพิสัยการวัด -100 ถึง 2,500 เมตร และค่าความละเอียดสุด 0.5 เมตร

(ภาพประกอบ 7)

สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของมาตรระดับความสูงนี้ พวงทิพย์ รุ่งเล็ก (2538) ได้เปรียบเทียบผลการวัดจากมาตรระดับความสูงและการทำรังวัดระดับ จากจำนวนจุดวัดเปรียบเทียบ 8-10 จุดวัด มีพิสัยของความคลาดเคลื่อน -4 ถึง +4 เมตร มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 0.2 เมตร มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3 เมตร และลักษณะภาคตัดขวางที่ได้จากการใช้มาตรวัดระดับความสูงและการทำรังวัดระดับคล้ายกัน เพียงแต่ระดับของค่าความถ่วงต่างกัน

โดยค่าความถ่วงซึ่งค่าความสูงของจุดวัด ได้จากการทำรังวัดระดับ มีค่าสูงกว่าค่าความถ่วงซึ่งความสูงของจุดวัด ได้จากการใช้มาตรระดับความสูงประมาณ 40 g.u.

ภาพประกอบ 7 มาตรวัดระดับความสูงชนิดความดัน



2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาค่าความหนาแน่น ประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้

2.1 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบตัวเลขหือ METTLER รุ่น BB3000 ผลิตโดยบริษัท Mettler Toledo AG Switzerland มีพิกัดจำกัด 3,000 กรัม และมีความละเอียดสุด 0.1 กรัม สำหรับชั่งมวลตัวอย่าง หิน และคัดแปลงให้สามารถชั่งมวลในน้ำได้ โดยมีเซนพิเศษสำหรับเกี่ยวห่วงตะแกรงที่ใส่ ตัวอย่างหินให้จมอยู่ในน้ำ

2.2 ภาชนะบรรจุน้ำ ขนาดความจุ 16 ลิตร สำหรับใช้ใส่น้ำขณะที่ทำการวัดมวลตัวอย่างหิน ในน้ำ

2.3 ฝ้อน สำหรับใช้เกาะหินจากมวลก้อนขนาดใหญ่ ณ ตำแหน่งที่เก็บ เพื่อนำมาเป็นตัวอย่าง หินวัดค่าความหนาแน่น และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก

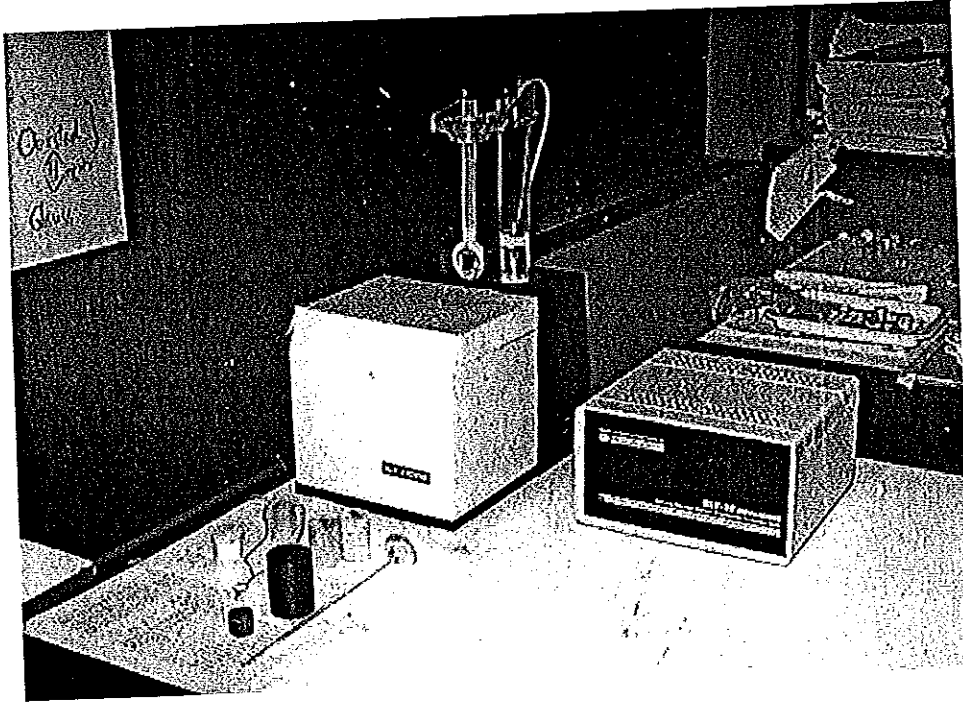
2.4 สก๊ต สำหรับเจาะจัดหินออกจากมวลก้อนขนาดใหญ่

3. อุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการศึกษาสนามแม่เหล็ก ประกอบด้วยสิ่งต่อไปนี้

3.1 เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Kappabridge) ผลิตในประเทศสาธารณรัฐเชค โดยบริษัท Geophysical Instrument & Supply รุ่น KLY-3S สำหรับวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (magnetic susceptibility) ของตัวอย่างหิน โผล่ (ภาพประกอบ 8)

3.2 ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกจากการบินสำรวจที่ระยะ 400 ฟุต จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ของกรมทรัพยากรธรณี ปี พ.ศ. 2532 ซึ่งบันทึกไว้ในแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก

ภาพประกอบ 8 เครื่องวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก (Kappabridge) รุ่น KLY-3S



4. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับตรวจสอบความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต สำหรับการตรวจสอบความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ได้ดำเนินการทั้งสิ้น 2 วิธี โดยมีอุปกรณ์ในแต่ละวิธี ดังนี้

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน โดยใช้เครื่องมือวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ยี่ห้อ ABEM TERRAMETER SAS 300B (ภาพประกอบ 9)

4.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจคลื่นไหวสะเทือนชนิดหักเห

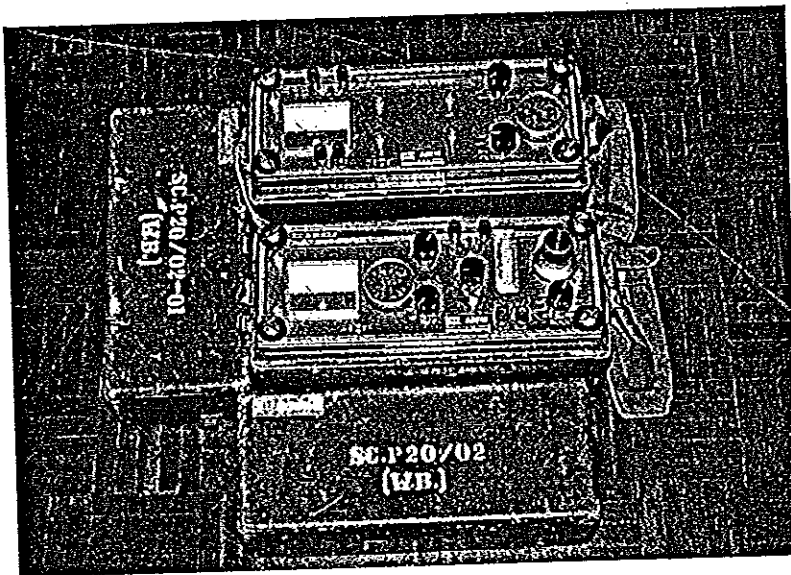
4.2.1 SmartSies™ S-24 Seismograph (ภาพประกอบ 10) เป็นอุปกรณ์บันทึกคลื่นไหวสะเทือน ซึ่งสามารถแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอ และมีโปรแกรมที่ช่วยในการแปลความหมาย

4.2.2 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์

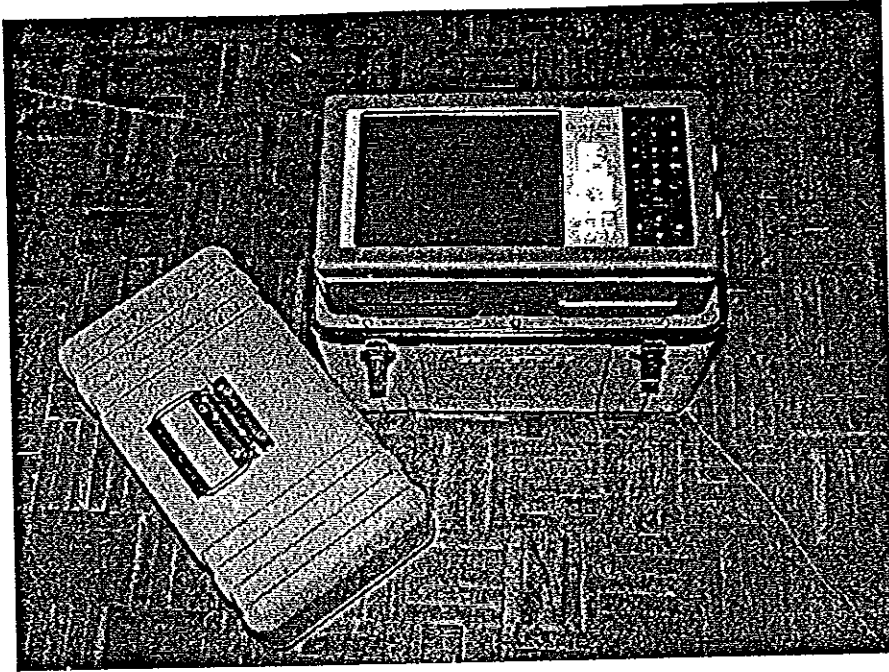
4.2.3 จีไอโฟน จำนวน 24 ตัว

- 4.2.4 สาย cable จำนวน 2 จุด
- 4.2.5 อุปกรณ์กำเนิดคลื่น ในที่นี้ใช้แผ่นเหล็กกับฉนวน
- 4.2.6 ตะปูและฝาขวดน้ำอัดลม ใช้สำหรับทำเครื่องหมายจุดที่จะปักจีไอโฟน
- 4.3 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการวัดค่าความสูงของพื้นที่สำรวจ (ภาพประกอบที่ 11)
 - 4.3.1 กิ่งงวัดระดับ สำหรับอ่านค่าความสูงของจุดวัด
 - 4.3.2 ไม้สตาฟ
 - 4.3.3 เทปวัดระยะ

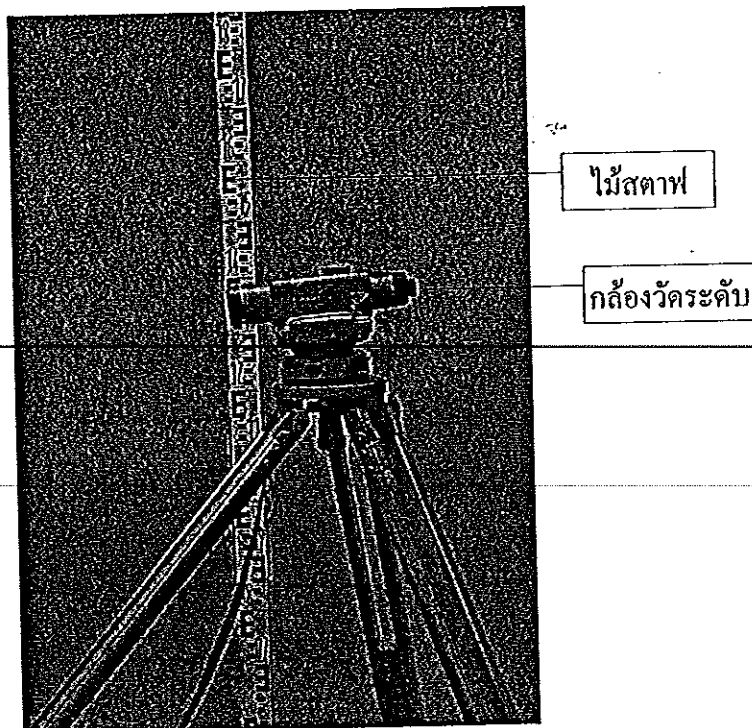
ภาพประกอบ 9 เครื่องมือวัดสภาพค่าต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ยี่ห้อ ABEM TERRAMETER
SAS 300B



ภาพประกอบ 10 เครื่องมือวัดคลื่นไหวสะเทือนรุ่น SmartSies™ S-24



ภาพประกอบ 11 กล้องวัดระดับและไม้วัดระดับความสูง



5. อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ร่วมกัน

5.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

5.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้วิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล

5.2.1 โปรแกรม Microsoft Excel version 7.0 สำหรับการปรับแก้ค่าต่าง ๆ และวิเคราะห์ข้อมูล

5.2.2 โปรแกรม Winsurf version 5.0 สำหรับทำแผนที่คอนทัวร์และภาคตัดขวางความถ่วง ความเข้มสนามแม่เหล็ก และกัมมันตภาพรังสีที่ได้จากการบินสำรวจ

5.2.3 โปรแกรม Grapher version 1.22 สำหรับทำกราฟและแผนภาพโครงสร้างทางธรณีวิทยา ตามที่ได้จากแบบจำลองภาคตัดขวางความถ่วง

5.2.4 โปรแกรม Geo Vista AB-GMM, version 1.31 สำหรับสร้างแบบจำลอง ภาคตัดขวางตามข้อมูลความถ่วง

5.2.5 โปรแกรม GEOMAG version 2.1 สำหรับหาค่าความเข้มของสนามแม่เหล็กโลกที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลก

5.2.6 โปรแกรม ABEM SUPER-VES สำหรับหาจำนวนชั้นดิน ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า และความหนาของดินแต่ละชั้น

5.2.7 โปรแกรม SIP (Seismic Interpretation Program) สำหรับหาจำนวนชั้นดิน ความเร็วคลื่นไหวสะเทือนในชั้นดินแต่ละชั้น และความหนาของชั้นดิน

วิธีดำเนินการ

ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 การดำเนินการวิจัยในภาคสนาม

ตอนที่ 2 การดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการ

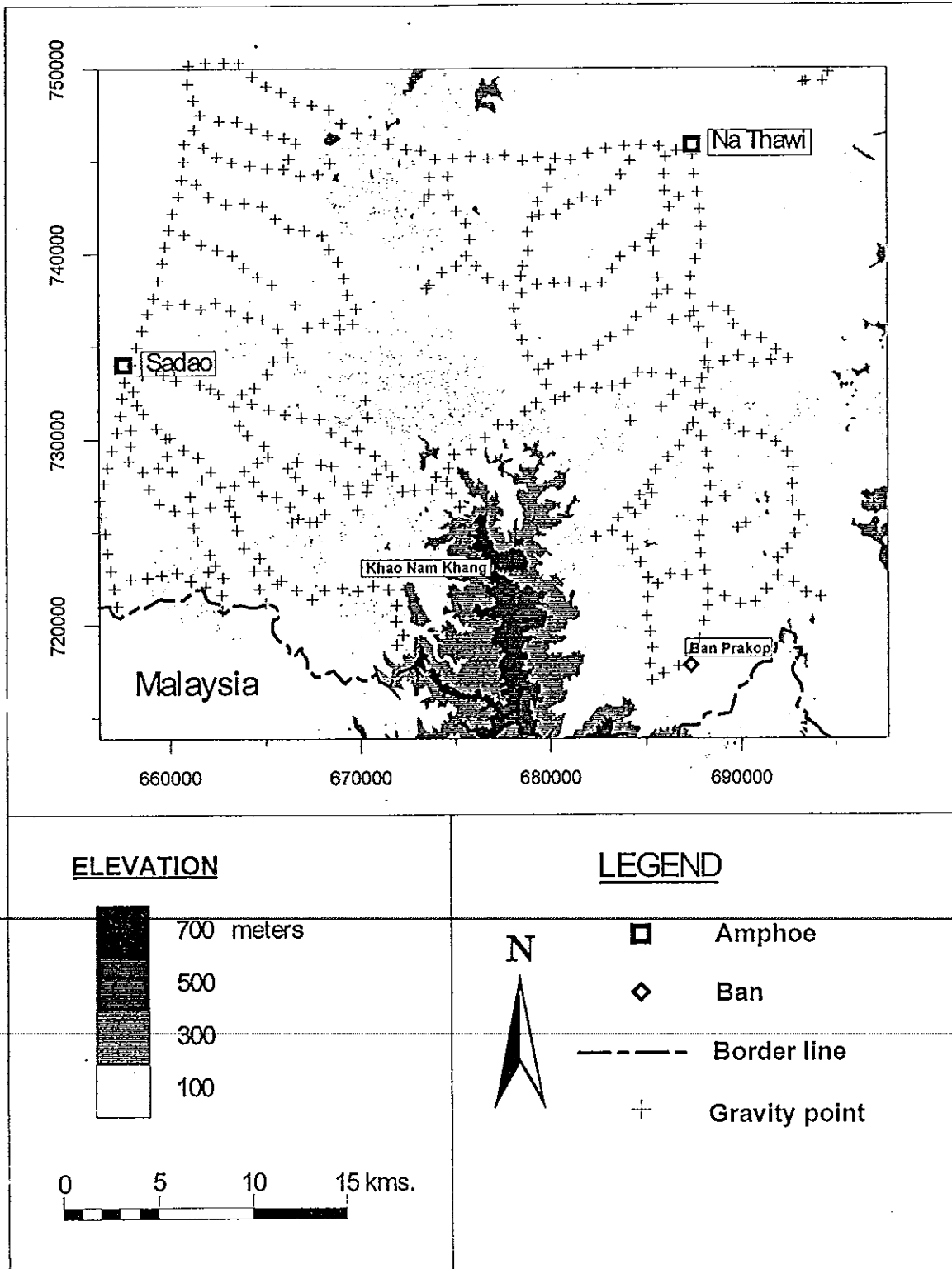
ตอนที่ 1 การดำเนินการวิจัยในภาคสนาม

การดำเนินการวิจัยในภาคสนาม มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจุดวัดค่าความถ่วงบนเส้นทางคมนาคมที่มีอยู่เดิมในพื้นที่ที่ศึกษา ดังภาพประกอบ 12 และกำหนดให้ระยะห่างระหว่างจุดวัดเท่ากับ 1 กิโลเมตร รวม 430 จุดวัด (Station) คือ ตั้งแต่รหัส SG1 ถึง S408 (ภาคผนวก ก) ตำแหน่งของจุดวัดกำหนดโดยเครื่องอ่านพิกัด GPS และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 5022 I บ้านคลองแงะ, ระวัง 5022 II อำเภอสะเตาะ, ระวัง 5121 I บ้านบาโฮย, ระวัง 5121 IV บ้านประกอบตล, ระวัง 5122 I อำเภอเทพา, ระวัง 5122 II อำเภอสะบ้าย้อย, ระวัง 5122 III อำเภอนาทวี และระวัง 5122 IV อำเภอจะนะ (กรมแผนที่ทหาร, 2529)
2. ทำเครื่องหมายของจุดวัดลงบนเส้นทางคมนาคม โดยใช้ตะปูซึ่งมีฝาขวดน้ำอัดลมรองหัวตะปู แล้วเขียนรหัสของจุดวัดด้วยสีน้ำมันลงบนเส้นทางคมนาคม หรือต้นไม้ หรือเสาไฟฟ้าที่อยู่ใกล้จุดวัดมากที่สุด เพื่อความสะดวกในการทำการวัดซ้ำจุดเดิมเมื่อครบวงรอบ
3. วางจากรักษาระดับคร่อมเครื่องหมายของจุดวัด ปรับลูกน้ำรักษาระดับให้อยู่ตรงกลาง แล้วจึงยกแกรวิตีมิเตอร์ออกจากกล่อง มาวางบนจากรักษาระดับ ปรับลูกน้ำทั้งซ้ายขวาให้สมดุล หลังจากนั้นจึงเปิดปุ่มสวิตช์ไฟและคลายปุ่มล็อกมวต (Clamp) ปรับสเกลให้ได้ตรงตำแหน่งเส้นอ่าน (reading line) แล้วจึงบันทึกรหัสของจุดวัด เวลาขณะทำการวัด ค่าที่อ่านได้จากมิเตอร์ของแกรวิตีมิเตอร์ และอุณหภูมิ หลังจากนั้นล็อกมวต ปิดสวิตช์ไฟ เก็บแกรวิตีมิเตอร์เข้ากล่อง
4. วางมาตรระดับความสูงลงบนจากรักษาระดับ ปรับเข็มที่อ่านค่าให้ตรงกับจุดศูนย์ แล้วบันทึกค่าความสูงที่อ่านได้
5. ทำการบันทึกค่าความสูงเฉลี่ยของภูมิประเทศ ลงในตารางบันทึกค่าปรับแก้ภูมิประเทศ ดังตัวอย่างในตาราง 1 โดยทำการบันทึกในโซน B ถึง E โดยแต่ละโซน เป็นการบันทึกค่าความแตกต่างของค่าความสูงเฉลี่ย ของแต่ละห้องของโซนต่าง ๆ กับความสูงของจุดวัด โดยที่รัศมีและจำนวนห้องของแต่ละโซน แสดงไว้ในตาราง 2

6. เก็บเครื่องมือขึ้นรถ แล้ววัดระยะกับมาตรวัดระยะทางของรถ เพื่อที่จะกำหนดจุดวัดต่อไป ตามที่ได้กำหนดไว้แล้วในข้อ 1.
7. เมื่อทำการวัดนานประมาณ 2-3 ชั่วโมง ต้องกลับไปวัดที่จุดอ้างอิง (Base station) ก็จะได้จุดที่ทำการวัดเป็นวงรอบ ดังภาพประกอบที่ 13 ซึ่งในวงรอบที่ 1 SG1 เป็นจุดอ้างอิง S01-S05 เป็นจุดที่วัดค่าความถ่วง ส่วนในวงรอบที่ 2 SG1 และ S02 เป็นจุดอ้างอิง S06-S09 เป็นจุดที่วัดค่าความถ่วง และในวงรอบที่ 3 S08 และ S05 เป็นจุดอ้างอิง S10-S14 เป็นจุดที่วัดค่าความถ่วง โดยในแต่ละวงรอบมีช่วงเวลาไม่เกิน 3 ชั่วโมง และตัวอย่างผลที่บันทึกแสดงได้ดังตาราง 3
8. เก็บตัวอย่างหินโผล่ประมาณ 2-10 ก้อนในแต่ละบริเวณที่มีมวลหินโผล่ ก้อนละไม่เกิน 3,000 กรัม เพื่อนำไปวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก และค่าความหนาแน่น โดยจะทำการเก็บตัวอย่างหินหลังจากทำการวัดค่าความถ่วง และความสูงในพื้นที่ศึกษาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ทั้งนี้เพื่อลดเวลาสำหรับวัดค่าความถ่วงในแต่ละวงรอบ
9. เขียนรหัสของจุดวัดติดไว้ที่ตัวอย่างหินทุก ๆ ก้อน ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการกำหนดตำแหน่งของตัวอย่างหินนี้ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000

ภาพประกอบ 12 ตำแหน่งวัดความถี่และความสูง



ตาราง 1 ตัวอย่างการบันทึกค่าปรับแก้ภูมิประเทศในโซน B ถึง E

PROJECT....การศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาค อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา.....

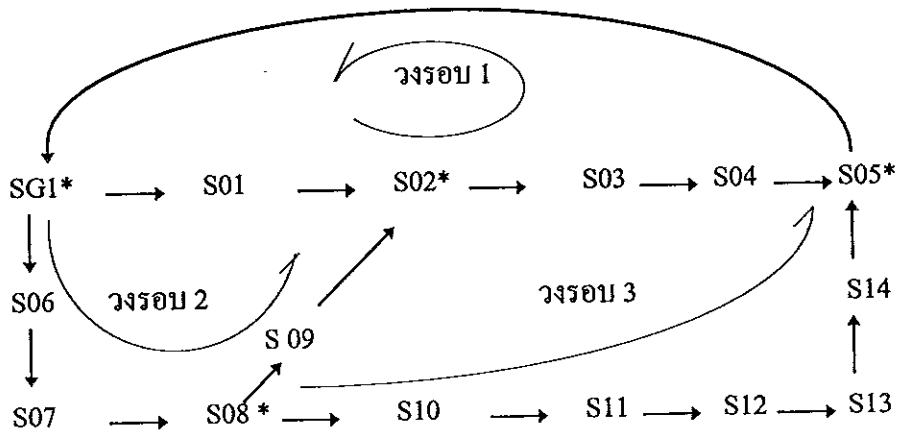
AREA...เขาน้ำค้าง.... OBSERVER...นายสมพร ศรีอากานนท์.... DATE 08/08/2540

STATION....S06.....		ALTITUDE.....180.5 m.....		TOTAL CORRECTION.....					
		1	2	3	4	5	6	7	8
ZONE									
A									
	ALT.								
B	DIF.								
	COR.	0	0	0	0				
	ALT.								
C	DIF.								
	COR.	-0.5	-1	-5	1	10	-10		
	ALT.								
D	DIF.								
	COR.	-1	-1	-50	15	40	-15		
	ALT.								
E	DIF.								
	COR.	-50	-50	-100	-100	20	40	-10	-15

ตาราง 2 ค่าที่ใช้ปรับแก้ภูมิประเทศในโซน B ถึง E

โซน	รัศมีวงใน (m)	รัศมีวงนอก (m)	จำนวนห้อง
B	2.0	16.6	4
C	16.6	53.3	6
D	53.3	170.1	6
E	170.1	390.1	8

ภาพประกอบ 13 ตัวอย่างวงรอบของการวัดค่าความถ่วงและความสูง โดยใช้เวลา
วงรอบละ 1-3 ชั่วโมง



ตาราง 3 ตัวอย่างการบันทึกข้อมูลความถ่วงและความสูงในภาคสนาม

วันที่	รหัส	E	N	เวลา (hr:min)	ค่ามิเตอร์ (mgal)	ความสูง (m)	อุณหภูมิ (°C)
31 ส.ค. 40	SG1*	658567	733449	09.33	1662.430	25.5	27.7
	S29	658273	731860	09.54	1659.320	29.0	30.0
	S30	659298	730606	10.02	1659.943	30.0	29.7
	S31	660691	729454	10.12	1658.765	33.8	30.4
	S32	662106	728246	10.19	1655.012	51.0	31.3
	S33	663085	726724	10.29	1657.240	41.3	31.0
	S34	663484	725122	10.38	1655.928	45.0	31.3
	S35	664654	723611	10.49	1654.870	48.0	31.5
	S36	664644	721949	11.01	1653.110	57.2	30.8
	S37	664982	721199	11.19	1651.162	74.0	31.2
	SG1*	658567	733449	11.58	1662.280	28.5	31.5

10. กำหนดจุดตรวจสอบลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ได้กำหนด โดยตรวจสอบ 2 วิธี คือ

10.1 ตรวจสอบชนิดของหินในบริเวณรอยสัมผัส ที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติบูร์แกร์หรือค่าผิดปกติความถ่วงของพื้นที่ศึกษา จำนวน 28 จุด โดยเป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บหินตัวอย่างในบริเวณนั้น (แทนด้วยสัญลักษณ์ \square) จำนวน 10 จุด ข้อมูลจากการสำรวจขอบเขตหินแกรนิตและข้อมูลเพิ่มเติม (แทนด้วยสัญลักษณ์ \bullet) จำนวน 18 จุด (ธงชัย พึ่งรัมย์, การติดต่อส่วนบุคคล) ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 14 ซึ่งอ่านตำแหน่งของจุดวัดโดยเครื่องอ่านพิกัด GPS และแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 5122 III อำเภอนาทวี, ระวัง 5121 IV บ้านประกอบตก และระวัง 5122 II อำเภอสะบ้าย้อย (กรมแผนที่ทหาร, 2529)

10.2 กำหนดตำแหน่งตรวจสอบความหนาของชั้นดิน หรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิตในบริเวณที่ได้วิเคราะห์และออกแบบว่า เป็นตะกอนควาเทอร์นารีปกคลุมหินแกรนิตอยู่ โดยเป็นตำแหน่งที่ทราบพิกัดและความสูงสมบูรณ์แล้วจำนวน 4 ตำแหน่ง ดังภาพประกอบ 15 การตรวจสอบความหนาของชั้นตะกอนควาเทอร์นารีนี้ ใช้ทั้งวิธีวัดสภาพด้านทานไฟฟ้าของชั้นดินและวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

10.2.1 วิธีวัดสภาพด้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน (Electrical Method)

10.2.1.1 จัดวางขบวนขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger configuration) ดังภาพประกอบ 16 โดยเริ่มต้นกำหนดขั้วไฟฟ้าศักย์ M และ N ห่างกัน 0.2 เมตร และขั้วกระแส A และ B ห่างจากจุดกึ่งกลาง MN เท่ากับ 1.5 เมตร ($AB/2$)

10.2.1.2 ปลดอยกระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งบันทึกค่าที่วัดได้ ลงในตารางบันทึกค่าสภาพด้านทานไฟฟ้า ดังตาราง 4

10.2.1.3 เพิ่มระยะระหว่างขั้วกระแส ($AB/2$) เป็น 1.5, 2, 3, ..., 300 เมตร แล้วทำซ้ำข้อ 10.2.1.2 เมื่อค่าที่วัดได้มีค่าน้อย ก็เพิ่มระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าศักย์ M และ N เป็น 2 และ 10 เมตร ตามลำดับ

10.2.2 วิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห (Seismic Refraction Method)

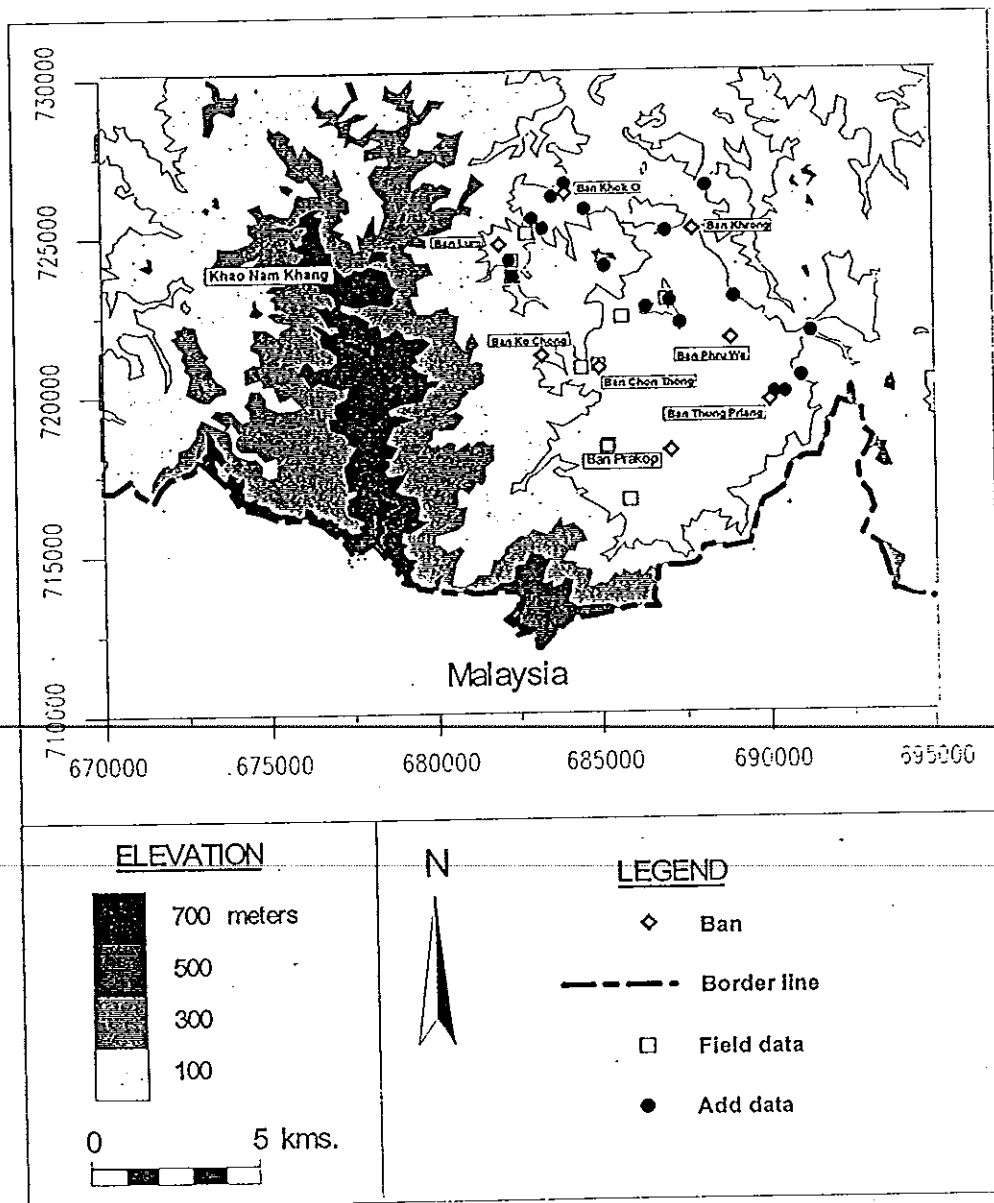
10.2.2.1 วางแนวสำรวจโดยใช้จีโอโฟน 24 ตัว (G_1 ถึง G_{24}) โดยแต่ละตัววางห่างกัน 5 เมตร กำหนดจุดกำเนิดสัญญาณ 7 จุด ให้ S_1, S_2, \dots, S_7 เป็นจุดกำเนิดสัญญาณจุดที่ 1, 2, ..., 7 ตามลำดับ จุด S_1 และ S_2 อยู่ห่างจากตำแหน่งจีโอโฟนตัวที่ 1 (G_1) เป็นระยะ 32.5 และ 2.5 เมตร ตามลำดับ ส่วนจุด S_3, S_4, \dots, S_7 วางห่างจาก S_2 ไปทางจีโอโฟนตัวที่ 24 (G_{24}) เป็นระยะ 30, 60, ..., 150 เมตร ตามลำดับ

10.2.2.2 ทำการกำเนิดสัญญาณคลื่น Seismic ที่จุดกำเนิดสัญญาณ S_1 พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลที่ได้

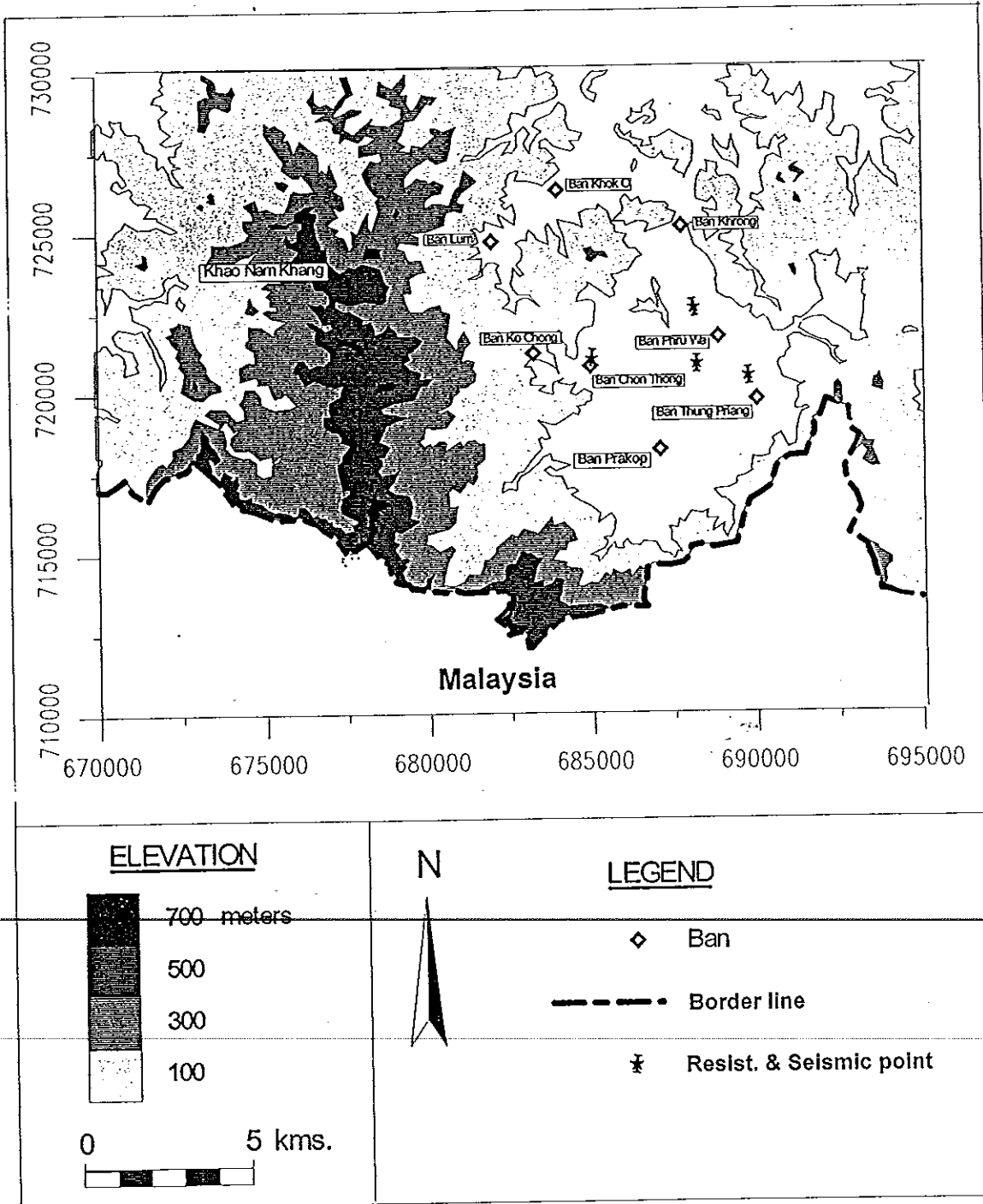
10.2.2.3 ทำซ้ำข้อ 10.2.2.2 โดยเปลี่ยนจุดกำเนิดสัญญาณเป็น S_2, S_3, \dots, S_7 ตามลำดับ

10.2.2.4 ทำการรังวัดระดับ (Levelling) ในตำแหน่งจุดที่วางจีไอโฟน และตำแหน่งจุดกำเนิดสัญญาณ

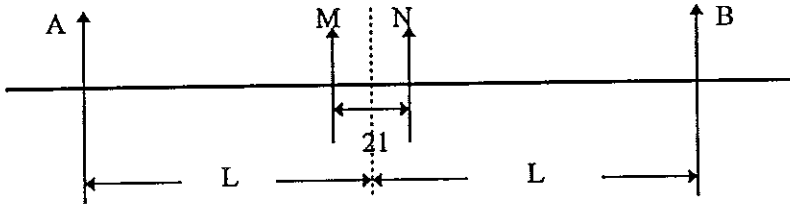
ภาพประกอบ 14 ตำแหน่งจุดตรวจสอบชนิดของหิน



ภาพประกอบ 15 ตำแหน่งจุดตรวจสอบความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต



ภาพประกอบ 16 การจัดวางขั้วขบวนไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์



ตาราง 4 ตัวอย่างตารางบันทึกค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า

Job I.D. Line D			Location E688229 N720857				Date
Instrument no.			Survey no.		Operator นายสมพร		10/10/2541
Electrode spacing in meters			TERRAMETER Reading in Ohms		Calculated Apparent Res. In Ohm-Meters		Comments
$C_1C_2/2$ AB/2	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₁	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₂	R_1	R_2	ρ_{a_1}	ρ_{a_2}	
1.5	0.2		16.28				
2	0.2		11.83				
3	0.2		7.70				
4.5	0.2		4.83				
7	0.2		2.73				
10	0.2		1.58				
15	0.2	2	0.766	5.48			
20	0.2	2	0.398	2.86			
30	0.2	2	0.148	1.054			
45		2		0.363			
70		2		0.0985			
100	10	2	0.164	0.0342			
150	10	2	0.0573	0.01352			
200	10	2	0.0331	0.00726			
300	10		0.01486				

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และการศึกษาในห้องปฏิบัติการ

สำหรับการศึกษาในห้องปฏิบัติการนี้ เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในภาคสนาม มาทำการวิเคราะห์ปรับแก้ข้อมูล โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 6 หัวข้อ ดังนี้

1. การปรับแก้ข้อมูลค่าความสูง
2. การคำนวณค่าความถ่วง
3. การวัดค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่าง
4. การวัดค่าสภาพปรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินตัวอย่าง
5. การวิเคราะห์ความเข้มของสนามแม่เหล็กโลกและกัมมันตภาพรังสีที่ได้จากการบินสำรวจ
6. การคำนวณหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต

1. การปรับแก้ข้อมูลค่าความสูง

เนื่องจากค่าระดับความสูงที่อ่านได้จากในสนาม จะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิอากาศ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้เพื่อหาค่าความสูงจริง ซึ่งจะนำไปใช้ในการปรับแก้ค่าความถ่วงต่อไป การปรับแก้ค่าความสูงมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

1.1 หาค่าความสูงที่แตกต่างของจุดวัดที่อยู่ติดกัน โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้ (Parasnis, 1986)

$$\Delta H_n = (H_{obs_n} - H_{obs_{n-1}}) \times \left\{ 1 + 0.0036 \times \left[\left(\frac{T_n + T_{n-1}}{2} \right) - 10 \right] \right\} \quad (1)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

ΔH_n คือ ค่าความสูงที่ปรับเทียบกับอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น เมตร

$H_{obs_n}, H_{obs_{n-1}}$ คือ ค่าความสูงที่อ่านได้จากมาตรวัดระดับความสูงที่จุด n และ $n-1$ ตามลำดับ มีหน่วยเป็น เมตร

T_n, T_{n-1} คือ อุณหภูมิขณะทำการวัดที่จุด n และ $n-1$ ตามลำดับ มีหน่วยเป็น องศาเซลเซียส

1.2 คำนวณค่าความสูงขณะที่ทำการวัดของแต่ละจุดที่เวลาใด ๆ เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิง เริ่มต้น ดังสมการ

$$H_n^T = \Delta H_n^T + H_{n-1}^T \quad (2)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

H_n^T, H_{n-1}^T คือ ค่าความสูงที่เวลาใดๆ ที่ทำการวัดที่จุด n และ $n-1$ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงเริ่มต้น มีหน่วยเป็น เมตร

1.3 จากข้อ 1.1 และ 1.2 นำมาคำนวณหาค่าคริฟท์ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Drift} = \frac{H_B^T - H_B^T + Dr}{t_E - t_B} \quad (3)$$

เมื่อ Drift คือ ค่าคริฟท์ของการวัดในวงรอบนี้ มีหน่วยเป็น เมตรต่อชั่วโมง

H_B^T คือ ค่าความสูงที่ปรับเทียบแล้วของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้น มีหน่วยเป็น เมตร

H_E^T คือ ค่าความสูงที่ปรับเทียบแล้วของจุดอ้างอิงที่สิ้นสุดการวัด มีหน่วยเป็น เมตร

Dr คือ ค่าความแตกต่างของความสูงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้นและสิ้นสุดการวัดของวงรอบ ตามลำดับ มีหน่วยเป็น เมตร

t_B, t_E คือ เวลาของการวัดความสูงของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้น และสิ้นสุดการวัดของวงรอบ ตามลำดับ มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

1.4 คำนวณค่าความสูงที่ปรับแก้คริฟท์แล้วของจุดวัดใดๆ โดยการนำค่าความสูงที่ปรับเทียบกับจุดวัดเริ่มต้นแล้ว มาหักลบกับค่าคริฟท์ของเวลาใด ๆ แล้วจึงรวมกับค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงหลัก ดังสมการ

$$H_n^D = H_n^T - [\text{Drift} \times (t_n - t_B)] + H_{sc} \quad (4)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

H_n^D คือ ค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดวัดใดๆ ที่ปรับแก้คริฟท์แล้ว มีหน่วยเป็น เมตร

H_n^T คือ ค่าความสูงใดๆ ที่ปรับเทียบแล้วกับจุดอ้างอิงที่เริ่มต้น มีหน่วยเป็น เมตร

t_n, t_B คือ เวลาของจุดวัดใด ๆ และจุดอ้างอิงที่เริ่มต้นของวงรอบ มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

H_{sc} คือ ค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงหลักที่ใช้ มีหน่วยเป็น เมตร

สำหรับการวัดค่าความถ่วงในการวิจัยครั้งนี้ ได้อ้างอิงค่าความสูงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงหลัก (จุด SC) ที่หน้าอาคารภาควิชาภาษาต่างประเทศ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (กริด 666000E, 774637N) ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 24.35 เมตร โดยมีตัวอย่างการปรับแก้ครีฟที่ค่าความสูง ดังตาราง 5

ตาราง 5 ตัวอย่างการปรับแก้ครีฟที่ค่าความสูง

รหัส	เวลา	ความสูง	อุณหภูมิ	เวลา	ความแตกต่าง	ความสูง	ความสูงสัมบูรณ์	ครีฟ
Stn	T (hr:min)	H _{obs} (m)	T (°C)	Δt (hr)	ΔH^T (m)	H ^T (m)	H ^D (m)	Drift (m/hr)
SC*	8.26	24.0	27.5	0.00		0.00	24.35	4.3
S45	9.15	33.0	28.5	0.82	8.69	8.69	29.52	
S46	9.28	33.2	30.3	1.03	0.19	8.89	28.77	
S47	9.36	33.2	30.0	1.17	0.00	8.89	28.20	
S48	9.42	30.5	32.5	1.27	-2.61	6.27	25.15	
S49	9.49	33.5	31.5	1.38	2.89	9.16	27.53	
S50	9.56	29.0	31.6	1.50	-4.34	4.82	22.69	
S51	10.03	29.5	31.7	1.62	0.48	5.30	22.67	
S52	10.09	32.0	33.0	1.72	2.42	7.72	24.65	
S53	10.14	37.8	31.8	1.80	5.58	13.30	29.87	
SC*	10.49	34.7	33.0	2.38	-3.00	10.30	24.35	

2. การคำนวณค่าความถ่วง

การเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงระหว่างจุดอ้างอิงและจุดอื่น ๆ จะเป็นผลมาจากปัจจัยหลายประการ นอกเหนือไปจากการเปลี่ยนแปลงสภาพธรณีวิทยาใต้ดิน ปัจจัยที่สำคัญได้แก่ การเปลี่ยนแปลงของค่าที่อ่านได้โดยแกรวิติมิเตอร์ที่ตำแหน่งเดิมเมื่อเวลาผ่านไป รูปทรงของโลกเป็นทรงกลมแบนขั้ว (oblate spheroid) ระดับความสูงที่ต่างกันของจุดวัด และลักษณะภูมิประเทศในบริเวณสำรวจ ด้วยเหตุนี้ค่าความถ่วงระหว่างจุดอ้างอิง (base station) และจุดอื่น ๆ ต้องได้รับการปรับแก้ เพื่อตัดการเปลี่ยนแปลงค่าความถ่วงเนื่องจากสาเหตุที่ไม่เกี่ยวข้องกับสภาพโครงสร้างธรณีวิทยาใต้ดินออกไป ได้แก่ การปรับแก้ครีฟท์ (drift correction) การปรับแก้ละติจูด (latitude correction) การปรับแก้ฟรี-แอร์ (free-air correction) การปรับแก้บูร์แกร์ (Bouguer correction) และการปรับแก้ลักษณะภูมิประเทศ (terrain correction)

การคำนวณค่าความถ่วง ประกอบด้วย

- 2.1 การปรับแก้ครีฟท์ความถ่วง
- 2.2 การปรับแก้ละติจูด
- 2.3 การแก้ไขระดับความสูง
- 2.4 ค่าผิดปกติบูร์แกร์

2.1 การปรับแก้ครีฟท์ความถ่วง มีขั้นตอนดังนี้

2.1.1 เปลี่ยนเวลาในหน่วย ชั่วโมง:นาที ให้เป็นหน่วยชั่วโมง

2.1.2 นำค่าที่อ่านได้จากตัวนับ (counter) ของแกรวิติมิเตอร์ คูณด้วยตัวประกอบปรับเทียบ (calibration factor) ของแกรวิติมิเตอร์ ดังตาราง 6 เพื่อเปลี่ยนเป็นค่าความถ่วงในหน่วย มิลลิเกิล (milligal) สำหรับทุก ๆ จุด โดยใช้ความถ่วงสัมพัทธ์ดังนี้

$$g_{\text{obs}} = \{(S-A) \times B\} + C \quad (5)$$

เมื่อ g_{obs} คือ ค่าความถ่วง มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล (10^{-5} m/s^2)

S คือ ค่าที่อ่านได้จากตัวนับบนแกรวิติมิเตอร์

- A คือ พิสัยการอ่านของแกรวิติมิเตอร์แบบลาออสท์และรอมเบิร์ก รุ่น G-565
 B, C คือ ค่าคงที่ ซึ่งขึ้นกับค่าของ A

ตาราง 6 ตัวประกอบปรับเทียบ (calibration factor) ของแกรวิติมิเตอร์แบบลาออสท์และรอมเบิร์ก รุ่น G-565

A	B	C
1600-1699	1629.10	1.01860
1700-1799	1730.96	1.01874

2.1.3 จากข้อ 2.1.1 และ 2.1.2 นำมาคำนวณหาค่าคริฟท์ โดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{Drift} = \frac{(g_{\text{obsE}} - g_{\text{obsB}}) + Dr}{t_E - t_B} \quad (6)$$

เมื่อ Drift คือ ค่าคริฟท์ของการวัดในวงรอบนี้ มีหน่วยเป็น มิลลิเคลต่อชั่วโมง

g_{obsB} คือ ค่าความถ่วงของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้นวัด มีหน่วยเป็น มิลลิเคล

g_{obsE} คือ ค่าความถ่วงของจุดอ้างอิงที่สิ้นสุดการวัด มีหน่วยเป็น มิลลิเคล

Dr คือ ค่าความแตกต่างของความถ่วงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้นวัดกับ

จุดอ้างอิงที่สิ้นสุดการวัดของวงรอบ มีหน่วยเป็น มิลลิเคล

t_B, t_E คือ เวลาของการวัดความถ่วงของจุดอ้างอิงที่เริ่มต้นวัดกับจุดอ้างอิงที่

สิ้นสุดการวัดของวงรอบ ตามลำดับ มีหน่วยเป็น ชั่วโมง

2.1.4 นำค่าคริฟท์ที่คำนวณได้ไปหักลบค่าความถ่วงของจุดวัดใด ๆ ในวงรอบ เพื่อให้ได้ค่าความถ่วงที่เวลาเดียวกันทั้งหมด

$$g_n^{\text{cor}} = g_n - \text{Drift} \times (t_n - t_B) \quad (7)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

g_n^{cor} คือ ค่าความถ่วงใด ๆ ที่ปรับแก้ครีฟท์แล้ว มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล

g_n คือ ค่าความถ่วงจุดใด ๆ มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล

t_B, t_E คือ เวลาของจุดวัดใด ๆ และจุดวัดเริ่มต้นของวงรอบ ตามลำดับ มีหน่วย

เป็น ชั่วโมง

2.1.5 คำนวณค่าความถ่วงสัมบูรณ์ของจุดวัดใด ๆ โดยการหาค่าความแตกต่างของความถ่วงที่ปรับแก้ครีฟท์แล้วของจุดวัดและจุดอ้างอิง แล้วมารวมกับค่าความถ่วงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิง ดังสมการ

$$g_n = (g_n^{cor} - g_{n-1}^{cor}) \times 10 + g_{n-1} \quad (8)$$

เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

g_n, g_{n-1} คือ ค่าความถ่วงสัมบูรณ์ของจุดวัดที่ n และ $n-1$ ตามลำดับ

มีหน่วยเป็น g.u.

g_n^{cor}, g_{n-1}^{cor} คือ ค่าความถ่วงที่ปรับแก้ครีฟท์ของจุดวัดที่ n และ $n-1$ ตามลำดับ

มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล

สำหรับการวัดค่าความถ่วงในการวิจัยครั้งนี้ ได้อ้างอิงค่าความถ่วงสัมบูรณ์ของจุดอ้างอิงหลัก (จุด SC) ที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (กริด 666000, 774637) ซึ่งมีค่าความถ่วงสัมบูรณ์เท่ากับ 9781219.8 g.u. ($\mu\text{m/s}^2$) ดังตาราง 7

ตาราง 7 ตัวอย่างการปรับแก้ครีฟท์ความถ่วง

รหัส	เวลา	ค่าที่อ่าน	เวลา	ความถ่วงที่ จุดวัดใดๆ	ค่าที่ปรับแก้ ครีฟท์แล้ว	ค่าถ่วง สัมบูรณ์	ค่าครีฟท์
Stn	t (hr:min)	S (mgal)	Δt (hr)	g_{obs} (mgal)	g^{cor} (mgal)	g (g.u.)	Drift (mgal/hr)
SC*	8.26	1663.109	0.00	1693.383	1693.38	9781219.8	-0.042311
S45	9.15	1658.520	0.82	1688.708	1688.74	9781173.4	
S46	9.28	1660.215	1.03	1690.435	1690.48	9781190.8	
S47	9.36	1660.437	1.17	1690.661	1690.71	9781193.1	
S48	9.42	1663.629	1.27	1693.912	1693.97	9781225.6	
S49	9.49	1662.548	1.38	1692.811	1692.87	9781214.7	
S50	9.56	1662.952	1.50	1693.223	1693.29	9781218.8	
S51	10.03	1662.845	1.62	1693.114	1693.18	9781217.8	
S52	10.09	1663.379	1.72	1693.658	1693.73	9781223.3	
S53	10.14	1662.765	1.80	1693.032	1693.11	9781217.1	
SC*	10.49	1663.010	2.38	1693.282	1693.38	9781219.8	

2.2 การปรับแก้ละติจูด

ค่าความถ่วงเปลี่ยนแปลงตามละติจูดเนื่องจากโลกมีรูปร่างทรงกลมแบนขั้ว และเนื่องจากความเร็วเชิงมุมของจุดบนผิวโลกมีค่าลดลงจากค่ามากที่สุดที่ศูนย์สูตร จนเป็นศูนย์ที่ขั้วโลก ความเร่งสู่ศูนย์กลางที่เกิดจากการหมุนนี้จะมียอดประกอบในแนวรัศมี โดยมีค่าเป็นลบ ทำให้ค่าความถ่วงลดลงจากขั้วโลกไปยังบริเวณศูนย์สูตร (วรวิทย์ โลหะวิจารณ์, 2537) ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแก้อิทธิพลดังกล่าว โดยใช้ความสัมพันธ์ (Parasnis, 1998) ดังนี้

$$g_{\phi} = 97803185 \times (1 + 0.005278895(\sin^2 \phi) + 0.000023462(\sin^4 \phi)) \quad (9)$$

เมื่อ g_{ϕ} คือ ค่าความถ่วงที่ละติจูด ϕ ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง มีหน่วยเป็น g.u.

ϕ คือ ค่าละติจูดของจุดวัด

2.3 การแก้ไขระดับความสูง

การปรับแก้อิทธิพลของระดับความสูงที่มีต่อค่าความถ่วงของจุดวัด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ

2.3.1 การปรับแก้ฟรี-แอร์ (free-air correction, FAC)

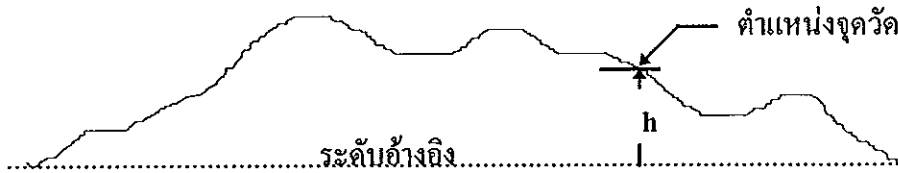
เป็นการปรับแก้การลดลงของค่าความถ่วงกับความสูงในอากาศอิสระ ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของระยะทางจากจุดศูนย์กลางของโลก จากภาพประกอบ 17 สามารถคำนวณค่าปรับลดสำหรับจุดวัดที่ระดับความสูง h มายังระดับอ้างอิง (Parasnis, 1998) โดยใช้สมการ

$$FAC = 3.072 \times h \quad (10)$$

เมื่อ FAC คือ ค่าปรับแก้ฟรี-แอร์ จะมีค่าเป็นบวกสำหรับจุดวัดที่อยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง มีหน่วยเป็น $g.u. (\mu m/s^2)$

h คือ ค่าความสูงของจุดวัดเหนือระดับอ้างอิง มีหน่วยเป็น เมตร

ภาพประกอบ 17 การปรับแก้ฟรี-แอร์ของจุดวัดที่ระดับความสูง h เหนือระดับอ้างอิง



2.3.2 การปรับแก้บูร์แกร์ (Bouguer correction, BC)

เป็นการปรับแก้อิทธิพลโน้มถ่วงเนื่องจากความหนาแน่น ρ ระหว่างชั้นหินมีลักษณะเป็นแผ่นมวลขนาดใหญ่และวางอยู่ในแนวอน และมีความหนาเท่ากับ h วางอยู่ ดังภาพประกอบ 18 ค่าปรับแก้คำนวณได้จากความสัมพันธ์ (Parasnis, 1998)

$$BC = 0.0004191 \times \rho \times h \quad (11)$$

เมื่อ BC คือ ค่าปรับแก้บูร์แกร์ มีหน่วยเป็น g_u

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของหินใต้จุดวัด มีหน่วยเป็น kg/m^3

h คือ ค่าระดับความสูงของจุดวัดเหนือระดับอ้างอิง มีหน่วยเป็น m

ค่าปรับแก้ BC จะมีค่าเป็นลบ เมื่อ h เป็นบวก (จุดวัดอยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง)

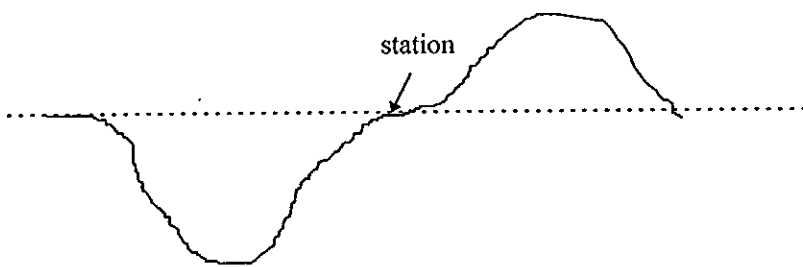
ภาพประกอบ 18 การปรับแก้บูร์แกร์



2.3.3 การปรับแก้ภูมิประเทศ (Terrain correction, TC)

ในกรณีที่ภูมิประเทศมีลักษณะสูงต่ำและอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับจุดวัด คังภาพประกอบ 19 มีผลทำให้ค่าสนามโน้มถ่วงผิดไปจากค่าที่ได้จากการคำนวณตามทฤษฎี เช่น การวัดค่าความถ่วงใกล้ภูเขา มวลของภูเขาจะก่อให้เกิดแรงดึงดูดในแนวตั้งขึ้น ทำให้ค่าสนามโน้มถ่วงที่อ่านได้น้อยไป และในทำนองเดียวกันถ้าจุดวัดอยู่ใกล้กับหุบเหวหรือหุบเขาซึ่งมวลในหุบเขานั้นหายไป จึงทำให้ค่าสนามโน้มถ่วงที่อ่านได้น้อยไปจากความจริง เพราะฉะนั้นการปรับแก้ภูมิประเทศจึงมีจุดมุ่งหมายเพื่อเอาอิทธิพลของภูเขาและแอ่งหุบเหวเหล่านี้ มาพิจารณาแก้ไขค่าความโน้มถ่วงที่อ่านได้ โดยในการแก้ไขจำเป็นต้องนำเอาปริมาณการแก้ไขลักษณะภูมิประเทศ (TC) ที่ได้ไปบวกเข้ากับค่าที่อ่านได้ ณ สถานีวัดเสมอ ไม่ว่าจะเป็นการแก้ไขเนื่องจากภูเขาหรือแอ่งหุบเหวกก็ตาม

ภาพประกอบ 19 ลักษณะภูมิประเทศซึ่งมีผลต่อค่าความถ่วง
(ที่มา : Parasnis, 1986)



การปรับแก้ภูมิประเทศ มีขั้นตอนดังนี้

2.3.1.1 การบันทึกข้อมูลปรับแก้ภูมิประเทศในภาคสนาม ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วใน

การดำเนินการวิจัยภาคสนาม

2.3.1.2 การบันทึกข้อมูลปรับแก้ภูมิประเทศในห้องปฏิบัติการมีรายละเอียดดังนี้

ก. ใช้แกรตูลวงกลม (circular graticule) ซึ่งแบ่งเป็นห้อง ๆ โดยมีรัศมีและเส้นรอบวงของวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน โดยมีค่ารัศมีและจำนวนห้องของแต่ละโซน กำหนดดังตาราง 8 และเรียกแกรตูลวงกลมนี้ว่า แผนที่ภูมิแฮมเมอร์ (Hammer chart) คังภาพประกอบ 20 วางลงบนแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 โดยให้จุดศูนย์กลางของแผนที่อยู่ที่ตำแหน่งจุดวัด แล้วทำการประเมินค่าระดับความสูงเฉลี่ยในแต่ละห้องของแกรตูลวงกลมบันทึกลงในตารางบันทึกข้อมูล ดังตาราง 9

ข. คำนวณอิทธิพลด้านความถ่วงของห้องทุกห้องบนแกรตูล

คังสมการ

$$T = 0.0004191 \left(\frac{\rho}{n} \right) \left\{ r_2 - r_1 + \left(\sqrt{r_1^2 + z^2} \right) - \left(\sqrt{r_2^2 + z^2} \right) \right\} \quad (12)$$

เมื่อ T คือ ค่าปรับแก้ภูมิประเทศของแต่ละโซน มีหน่วยเป็น g.u.

ρ คือ ค่าความหนาแน่นของแผ่นมวลหินใต้จุดวัดเหนือระดับอ้างอิง มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

n คือ จำนวนห้องของแต่ละโซน

r_2, r_1 คือ รัศมีวงนอกและวงในของแต่ละโซน ตามลำดับ มีหน่วยเป็น เมตร

z คือ ค่าความสูงเฉลี่ยรวมเหนือระดับอ้างอิงของแต่ละโซน มีหน่วยเป็น

เมตร

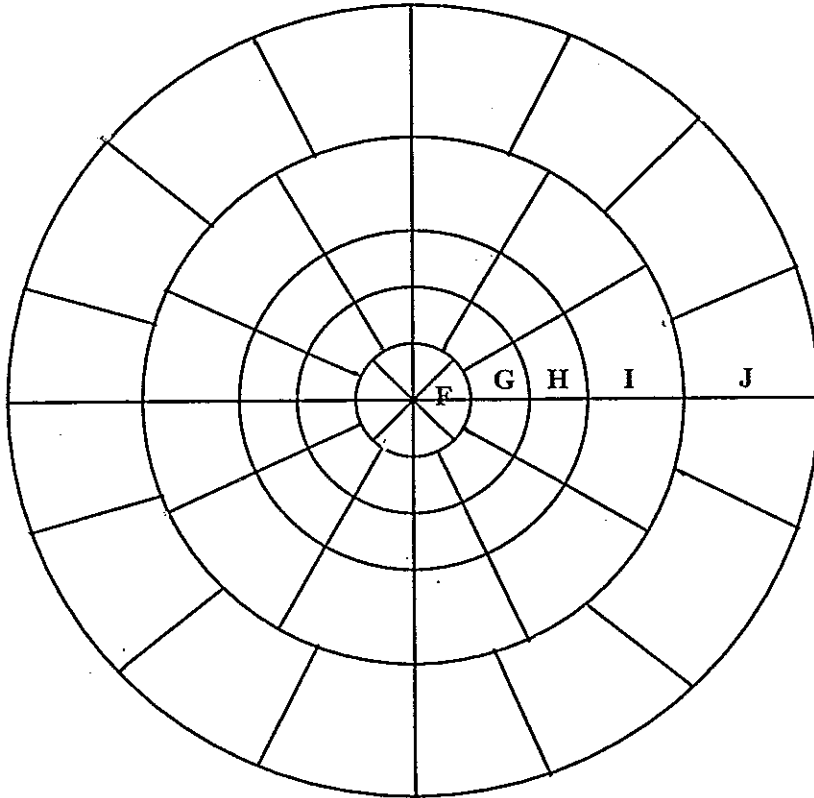
ก. นำค่าปรับแก้ภูมิประเทศของแต่ละแกรตูลที่ได้ในข้อ ข. มารวมเป็นค่าปรับแก้ภูมิประเทศของจุดวัด คังสมการ

$$TC = T_B + T_C + T_D + T_E + T_F + T_G + T_H + T_I + T_J \quad (13)$$

เมื่อ TC คือ ค่าปรับแก้ภูมิประเทศของจุดวัด มีหน่วยเป็น g.u.

$T_B, T_C, T_D, T_E, T_F, T_I, T_J$ คือ ค่าปรับแก้ภูมิประเทศของแต่ละแกรตูลตั้งแต่ B ถึง J ตามลำดับ มีหน่วยเป็น g.u.

ภาพประกอบ 20 แผนภูมิแฮมเมอร์



ตาราง 8 ค่าที่ใช้ปรับแก้ภูมิประเทศในโซน F ถึง J

โซน	รัศมีวงใน (m)	รัศมีวงนอก (m)	จำนวนห้อง
F	390.1	894.8	8
G	894.8	1529.4	12
H	1529.4	2641.4	12
I	2641.4	4468.8	12
J	4468.8	6652.5	16

ตาราง 9 ตัวอย่างตารางบันทึกค่าปรับแก้ภูมิประเทศในโซน F ถึง J

PROJECT..การศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาค อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา...

AREA..ต.สำนักแต้ว อ.สะเดา...OBSERVER.นายสมพร ศรีอากานนท์...DATE..10 / 11 / 2540..

STATION...S31...ALTITUDE.....33.8 m.....TOTAL CORRECTION.....																	
COMPARTMENT		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ZONE																	
	ALT.																
F	DIF.																
	COR.	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10	-10								
	ALT.																
G	DIF.																
	COR.	-10	-10	-5	-10	-5	5	10	15	-10	20	0	-5				
	ALT.																
H	DIF.																
	COR.	-10	-8	-2	10	10	20	20	10	10	30	20	0				
	ALT.																
I	DIF.																
	COR.	-12	-5	0	5	10	25	20	20	10	5	0	-10				
	ALT.																
J	DIF.																
	COR.	-16	-12	-10	-5	10	10	10	50	40	70	50	30	30	20	40	10

2.4 ค่าผิดปกติบูร์แกร์ (Bouguer anomaly)

2.4.1 เป็นการนำค่าความถ่วงที่ได้รับการปรับแก้อิทธิพลของละติจูด ระดับความสูง และภูมิประเทศแล้ว เรียกว่า ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ (Bouguer anomaly) แสดงได้ดังตาราง 10 ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$BA = g_{obs} - g_{\phi} + FAC - BC + TC \quad (14)$$

เมื่อ BA คือ ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ มีหน่วยเป็น g.u.

g_{obs} คือ ค่าความถ่วงสัมบูรณ์ มีหน่วยเป็น g.u.

g_{ϕ} คือ ค่าปรับแก้ละติจูด มีหน่วยเป็น g.u.

FAC คือ ค่าปรับแก้ฟรี-แอร์ มีหน่วยเป็น g.u.

BC คือ ค่าปรับแก้บูร์แกร์ มีหน่วยเป็น g.u.

TC คือ ค่าปรับแก้ภูมิประเทศ มีหน่วยเป็น g.u.

2.4.2 นำค่าพิกัดของจุดวัดและค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ที่ได้จากข้อ 2.4.1 มาเขียนแผนที่คอนทัวร์ความถ่วงสัมบูรณ์ มาตรฐาน 1:500,000 โดยใช้โปรแกรม Winsurf version 5.0 (วิธีการแบบ Inverse Distance Power Two, Search Type: Quadrant, Search radius : 7,000 m, Data Per Sectors : 6, Minimum Total Data : 5, Max Empty Sectors : 4, Spacing : 1,000 m.)

2.4.3 ตัดภาคตัดขวางความถ่วงผ่านแผนที่คอนทัวร์ความถ่วงสัมบูรณ์ มาตรฐาน 1:500,000 ในแนว AA' (720000N) , BB' (725000N), CC' (730000N), DD' (735000N), EE' (740000N) และ FF' (750000N)

2.4.4 นำภาคตัดขวางความถ่วงที่ได้ในข้อ 2.5.3 มาสร้างแบบจำลองภาคตัดขวางด้วยโปรแกรม Geo Vista AB-GMM, version 1.31

ตาราง 10 ตัวอย่างการคำนวณค่าผิดปกติบูร์แกร์

รหัส	E	N	ละติจูด ϕ (degree)	ค่าปรับแก้ ละติจูด $G\phi$ (g.u.) 978xxxx.x	ความถ่วง สัมบูรณ์ G_{obs} (g.u.) 9781xxx.x	ความสูง ของ จุดวัด H (m)	ค่าปรับแก้ ภูมิภาค TC (g.u.)	ค่า ผิดปกติ บูร์แกร์ BA (g.u.)
SG1	658567	733449	6.633	1015.9	211.6	25.5	0.00	273
S29	658273	731860	6.618	1013.0	180.1	29.0	0.01	250
S30	659298	730606	6.607	1010.6	186.5	30.0	0.02	260
S31	660691	729454	6.596	1008.5	174.6	33.8	0.01	258
S32	662106	728246	6.586	1006.2	136.5	51.0	0.02	255
S33	663085	726724	6.572	1003.4	159.3	41.3	0.05	261
S34	663484	725122	6.557	1000.4	146.0	45.0	0.06	258
S35	664654	723611	6.544	0997.6	135.4	48.0	0.08	256
S36	664644	721949	6.528	0994.6	117.6	57.2	0.02	258
S37	664982	721199	6.522	0993.2	097.9	74.0	0.03	272
SG1	658567	733449	6.633	1015.9	211.6	28.5	0.00	273

3. การวัดค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่าง

การวัดความหนาแน่นของตัวอย่างหินของหิน โสล์ จะนำไปใช้สำหรับแปลความหมายค่าความถ่วง โดยการสร้างแบบจำลองวัตถุผิดปกติได้สี่วิธี

หลักของอาร์คิมิดีส (Archimedes) กล่าวไว้ว่า “เมื่อวัตถุทั้งก้อนหรือเพียงบางส่วนจมในของเหลว ของเหลวจะออกแรงในทิศขึ้นกระทำต่อวัตถุ มีขนาดเท่ากับขนาดน้ำหนักของของเหลวซึ่งถูกแทนที่ และแรงนี้คือแรงพยุงของของเหลวนั้นเอง” (พีสิกส์ 1, 2538) นั่นคือ แรงพยุงของของเหลวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่จมนั้น และเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ

ถ้าวัตถุนั้นจมอยู่ในของเหลว จะได้ว่า

$$F = \rho_w V g \quad (14)$$

เมื่อ F คือ ขนาดของแรงพยุงในของเหลว มีหน่วยเป็น นิวตัน

ρ_w คือ ความหนาแน่นของของเหลว มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

V คือ ปริมาตรของก้อนวัตถุในของเหลว มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร

และความหนาแน่นของวัตถุ ρ_d หาได้จาก

$$\rho_d = \frac{M}{V} \quad (15)$$

เมื่อ ρ_d คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างหิน มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

M คือ มวลของวัตถุ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

สำหรับการวัดความหนาแน่นของตัวอย่างหินของหิน โสล์ในห้องปฏิบัติการ มีขั้นตอนการวัดดังนี้

3.1 นำตัวอย่างหินที่มีมวลไม่เกิน 3,000 กรัม มาทำความสะอาดให้เศษหินและฝุ่นที่เกาะติดอยู่ภายนอกหลุดออกไป

3.2 นำเครื่องชั่งน้ำหนักวางบนโต๊ะที่มีความแข็งแรงและพื้นราบเรียบ ปรับให้ได้ระดับแล้วทำการชั่งมวลของตัวอย่างหินในอากาศ โดยบันทึกค่าเป็น W_1

3.3 นำตัวอย่างหินที่ผ่านขั้นตอนข้อ 3.2 แล้ว มาแช่ให้จมน้ำในภาชนะตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน เมื่อครบกำหนดแล้วนำตัวอย่างหินมาชั่งในน้ำ บันทึกค่าเป็น W_2

3.4 นำผลที่ได้ในข้อ 3.2 และ 3.3 มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นตามสมการ

$$\rho_d = W_1 / (W_1 - W_2) \times \rho_w \quad (16)$$

เมื่อ ρ_d คือ ความหนาแน่นของตัวอย่างหิน มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ρ_w คือ ค่าความหนาแน่นของน้ำที่ใช้ในการชั่งตัวอย่างหินในน้ำ มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

W_1 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหินที่ชั่งในอากาศ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

W_2 คือ น้ำหนักของตัวอย่างหินที่ชั่งในน้ำ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม

4. การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก

การวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินของหิน โผล่ มีวิธีดำเนินการดังนี้

4.1 นำหินตัวอย่างมาทำการเคาะให้กลายเป็นหินก้อนขนาดเล็กพอที่จะบรรจุลงในกระปุก โดยเคาะตัวอย่างหินละ 3-10 ก้อน

4.2 ชั่งน้ำหนักหินแต่ละก้อนทั้งในอากาศและในน้ำ ตามขั้นตอนข้อ 3.2 และ 3.3 หลังจากทิ้งไว้จนหินแห้งสนิท บรรจุลงในกระปุก ปิดฝาให้สนิท เขียนรหัสไว้ข้างกระปุก

4.3 นำไปวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก โดยใช้เครื่องมือ KAPPABRIDGE รุ่น KLY-3S ของ AGICO ประเทศสาธารณรัฐเชค

5. การวิเคราะห์ความเข้มของสนามแม่เหล็กโลกและกัมมันตภาพรังสีที่ได้จากการบินสำรวจ

การบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศดำเนินการโดยกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งได้ว่าจ้างบริษัท KENTING EARTH SCIENCES INTERNATIONAL LIMITED (KESIL) ทำการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ขึ้นในปี พ.ศ. 2527 ถึง พ.ศ. 2530 ประกอบด้วยการบินสำรวจวัดความเข้มสนามแม่เหล็กโลก การบินสำรวจวัดกัมมันตภาพรังสี และการบินวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วประเทศ พื้นที่จังหวัดสงขลา ก็เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่สำรวจ SURVEY B&C ซึ่งบินสูงประมาณ 400 ฟุต เหนือพื้นดิน (MTC) โดยทำการบินสำรวจในทิศเหนือ-ใต้ มีเส้นสำรวจการบินห่างกัน 1 กิโลเมตร และมีเส้นควบคุมด้วยระยะห่าง 14 กิโลเมตร

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน

- 5.1 การวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลก
- 5.2 การวิเคราะห์กัมมันตภาพรังสี

5.1 การวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กที่ได้รับจากกรมทรัพยากรธรณี (2532) อยู่ในรูปแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก โดยข้อมูลจะบันทึกไว้ในพื้นที่มาตราส่วน 1:50,000 ตามระวางแผนที่ภูมิประเทศซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในส่วนที่เป็นอุปกรณ์ข้างต้น โดยจะบันทึกไว้ระวางละ 1 แผ่น บันทึกข้อมูลแม่เหล็ก รวมทั้งสิ้น 8 แผ่น ดังนั้นการวิเคราะห์ความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจึงมีขั้นตอนดังนี้

5.1.1 ทำการกริดข้อมูลออกมาเป็นตารางข้อมูล ให้ครอบคลุมพื้นที่แต่ละระวาง ซึ่งมีระยะห่างกันเท่ากับ 1 กิโลเมตร แล้วรวมเป็นข้อมูลชุดเดียวกัน เพื่อจะได้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด

5.1.2 สำหรับความเข้มสนามแม่เหล็กโลกผิดปกติ ได้จากผลต่างของความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมกับความเข้มเนื่องจากสนามไดโพล และความเข้มเนื่องจากสนามไดโพลที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวโลกขึ้นอยู่กับค่าละติจูดและลองจิจูดดังนี้ (Parkinson, 1983)

เมื่อ x, y, z แทนองค์ประกอบของสนามแม่เหล็กโลกในแนวทิศเหนือ, ทิศตะวันออก และแนวตั้ง ตามลำดับ

$$x = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \{ (b_n^m + g_n^m) \cos(m\phi) + (c_n^m + h_n^m) \sin(m\phi) \} \left(\frac{d}{d\theta} \right) P_n^m(\cos \theta)$$

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \{ m(b_n^m + g_n^m) \sin(m\phi) - m(c_n^m + h_n^m) \cos(m\phi) \} \left\{ \frac{P_n^m(\cos \theta)}{\sin \theta} \right\}$$

$$z = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \{ [nb_n^m - (n+1)g_n^m] \cos(m\phi) + [nc_n^m - (n+1)h_n^m] \sin(m\phi) \} P_n^m(\cos \theta)$$

โดยระบบพิกัดแบบทรงกลม r, θ, ϕ เมื่อ r คือรัศมีของโลก θ คือค่าละติจูด และ ϕ คือค่าลองจิจูด

เมื่อ a คือ รัศมีของโลก และ $b_n^m, c_n^m, g_n^m, h_n^m$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์

เนื่องจากสัมประสิทธิ์ b และ c มีค่าน้อยกว่า g และ h มาก จึงไม่นำ b และ c

มาคำนวณ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ในภาคผนวก ข

ดังนั้น จะได้สนามโคโพลรวมที่ θ, ϕ ตำแหน่งใดๆ บนผิวโลกดังนี้

$$F = (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}$$

นำความเข้มสนามแม่เหล็กนี้ไปลบออกจากความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ได้จากการบินสำรวจ จะได้ค่าผิดปกติของความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษา

5.1.3 นำค่าพิกัดของจุดวัดและค่าผิดปกติของความเข้มสนามแม่เหล็กรวมของโลก มาทำแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก มาตรฐาน 1:500,000 โดยใช้โปรแกรม Winsurf version 5.0 (วิธีการแบบ Inverse Distance Power Two, Search Type : Quadrant, Search radius : 7,000 m., Data Per Sectors : 6, Minimum Total Data : 5, Max Empty Sectors : 4, Spacing : 1,000 m.)

5.1.4 ตัดภาคตัดขวางสนามแม่เหล็กผ่านแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก มาตรฐาน 1:500,000 ในแนวเหนือ-ใต้ จำนวน 2 แนว

5.1.5 แปลความภาคตัดขวางสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ได้ในข้อ 5.1.4 เพื่อหาวัตถุต้นเหตุ (Causative Bodies) ที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก

5.2 การวิเคราะห์กัมมันตภาพรังสี

ข้อมูลกัมมันตภาพรังสีถูกบันทึกอยู่ในแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็กเช่นเดียวกับข้อมูลสนามแม่เหล็ก แต่อยู่ในมาตราส่วน 1:250,000 ราว NB 47-3 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล อย่างละ 1 แผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็ก ดังนั้นการวิเคราะห์กัมมันตภาพรังสีจึงมีขั้นตอนดังนี้

5.2.1 นำค่าพิคคของจุดวัดและค่ากัมมันตภาพรังสี มาทำแผนที่คอนทัวร์ค่ากัมมันตรังสีมาตราส่วน 1:500,000 โดยใช้โปรแกรม Winsurf version 5.0 (วิธีการแบบ Inverse Distance Power Two, Search Type : Quadrant, Search radius : 7,000 m., Data Per Sectors : 6, Minimum Total Data : 5, Max Empty Sectors : 4, Spacing : 1,000 m.)

5.2.2 นำแผนที่คอนทัวร์ค่ากัมมันตรังสี มาซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) เพื่อแปลความค่ากัมมันตรังสีที่ปรากฏเหนือหินชนิดต่าง ๆ

6. การคำนวณหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต

การคำนวณเพื่อหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ได้ดำเนินการทั้งสิ้น 2 วิธี ดังนี้

6.1 วิธีวัดสภาพด้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน

โดยปกติแล้วหินหรือแร่ประกอบหินโดยทั่ว ๆ ไป มีสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า แต่เนื่องจากหินและดินทั่ว ๆ ไป นั้นมักจะมีช่องว่าง ซึ่งมีน้ำหรือสารละลายแทรกหรือเก็บกักอยู่ อาจจะเป็นในลักษณะเพียงบางส่วนหรืออ้อมตัวทั้งหมด สารละลายหรือน้ำเหล่านี้มีเกลือแร่ละลายอยู่จึงสามารถนำกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไปมาในหินหรือดินต่าง ๆ ได้ ดังนั้นค่าสภาพด้านทานไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนกลับของสภาพนำไฟฟ้า จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับชนิดของหิน ขนาด ความหนา และการพุ่งของหิน หินที่มีเนื้อแน่น เช่น หินปูน หินอัคนี โดยทั่วไปจะมีค่าสภาพด้านทานไฟฟ้าสูงกว่าหินหรือดินที่มีลักษณะเป็นชั้นบาง ๆ ซึ่งอาจจะมี ความชื้น หรือสารละลายบางส่วนเข้าไปแทรกอยู่ ทำให้ค่าสภาพด้านทานไฟฟ้าต่ำ

สำหรับการสำรวจเพื่อหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต โดยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าทำได้โดยอาศัยขั้วไฟฟ้า 4 ขั้ว โดยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าสําคัญ และขั้วไฟฟ้าอีก 2 ขั้ว ทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้ากระแส และจัดวางขบวนขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger) คํงภาพประกอบที่ 16 ขั้วไฟฟ้าสําคัญ M, N จะอยู่ภายในระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแส A, B ซึ่งถูกจัดวางอย่างสมมาตรรอบจุดกึ่งกลางของขบวนขั้วไฟฟ้า และกำหนดให้ $MN (=2l) \ll AB (=2L)$

ที่จุด P ใด ๆ ซึ่งอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแนววัด AMNB เป็นระยะ x จะได้

$$V = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{L+x} - \frac{1}{L-x} \right)$$

และ

$$\frac{dV}{dx} = -\frac{I\rho}{2\pi} \left[\frac{1}{(L+x)^2} + \frac{1}{(L-x)^2} \right]$$

ที่จุดกึ่งกลาง ($x=0$) จะได้

$$\frac{dV}{dx} = -\frac{I\rho}{\pi L^2}$$

และสภาพต้านทานปรากฏจะเป็น

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{I} \left(-\frac{dV}{dx} \right)$$

ถ้าระยะ MN สั้นมาก เราอาจกำหนดให้

$$\left(-\frac{dV}{dx} \right) = \frac{\Delta V}{2l}$$

เมื่อ ΔV เป็นค่าความต่างศักย์ระหว่าง M และ N ดังนั้น

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{2l} \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

เมื่อ $\frac{\pi L^2}{2l}$ เป็นค่าคงตัวของขบวนไฟฟ้า

ในการสำรวจเพื่อหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดสภาพด้านทานไฟฟ้า มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

6.1.1 กำหนดจุดวัดความหนาของชั้นดิน ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2529) ดังภาพประกอบ 15

6.1.2 จัดวางขบวนขั้วไฟฟ้าแบบชลัมเบอร์เจอร์ (Schlumberger) ทำการปล่อยกระแสไฟฟ้า แล้ววัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน ด้วยเครื่อง ABEM TERRAMETER SAS 300B

6.1.3 ทำการรังวัดระดับหาความสูงของจุดวัด โดยการใช้กล้องรังวัดระดับ

6.1.4 นำข้อมูลในข้อ 6.1.1 และ 6.1.2 ไปทำการแปลความ เพื่อกำหนดแบบจำลองของชั้นดิน ด้วยโปรแกรม ABEM SUPER-VES จะได้จำนวนชั้นดิน ค่าสภาพด้านทานไฟฟ้า และความหนาของดินแต่ละชั้น

6.2 วิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห

วิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห อาศัยหลักการที่ว่าความเร็วของคลื่นสั้นสะเทือน (Seismic wave) ที่เคลื่อนที่ผ่านชั้นดินและหินขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพ คือ ความยืดหยุ่น (Elasticity) และความหนาแน่นของดินและหินเป็นสำคัญ ดังนั้นถ้าทำให้เกิดคลื่นสั้นสะเทือนขึ้นที่ผิวดิน หรือจุดวัดถูกระเบิด แล้ววัดเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่จากจุดกำเนิดไปยังจุดรับคลื่น ที่รู้ตำแหน่งแน่นอน โดยอาศัยตัวรับคลื่นที่เรียกว่า จีไอโฟน ก็สามารถวัดความเร็วของคลื่นที่วัดได้ แปลความหมายถึง สภาพทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินในบริเวณที่ทำการสำรวจได้

ในการสำรวจเพื่อหาความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนแบบหักเห มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

6.2.1 กำหนดจุดวัดความหนาของชั้นดิน ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2529) ดังภาพประกอบ 15

6.2.2 วางแนวของจีไอโฟน กำหนดตำแหน่งของจุดกำเนิดสัญญาณ ระยะห่างระหว่างจีไอโฟน แล้ววัดสัญญาณคลื่นสั้นสะเทือนที่เกิดจากการใช้หมอนทุบที่จุดกำเนิดคลื่น ด้วยเครื่อง Seismograph

6.2.3 ทำการรังวัดระดับหาความสูงของจุดวัด โดยการใช้กล้องรังวัดระดับ

6.2.4 นำข้อมูลในข้อ 6.2.2 และ 6.2.3 ไปทำการแปลความ เพื่อกำหนดแบบจำลองของชั้นดิน ด้วยโปรแกรม SIP (Seismic Interpretation Program) จะได้จำนวนชั้นดิน ความเร็วคลื่นในชั้นดินแต่ละชั้น และความหนาของดินแต่ละชั้น

บทที่ 3

ผลและอภิปรายผล

สำหรับบทนี้ได้แสดงผลการศึกษาและอภิปรายผลการวิจัย โดยเสนอผลการศึกษาตามลำดับดังนี้

1. ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหิน
2. ผลการศึกษาค่าความถ่วงของพื้นที่ศึกษา
3. ผลการศึกษาแผนที่ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษา
4. ผลการศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีและการวิเคราะห์ ปริมาณ โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล
5. การแปลความแผนที่ค่าผิดปกติความถ่วง ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก และค่าผิดปกติกัมมันตภาพรังสี
6. ผลการศึกษาค่าความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า และวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน

1. ผลการศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหิน

การศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าความหนาแน่นของหมวดหินชนิดต่าง ๆ ที่กระจายภายในพื้นที่ศึกษา และเพื่อกำหนดแบบจำลองของโครงสร้างธรณีวิทยาในระดับลึก

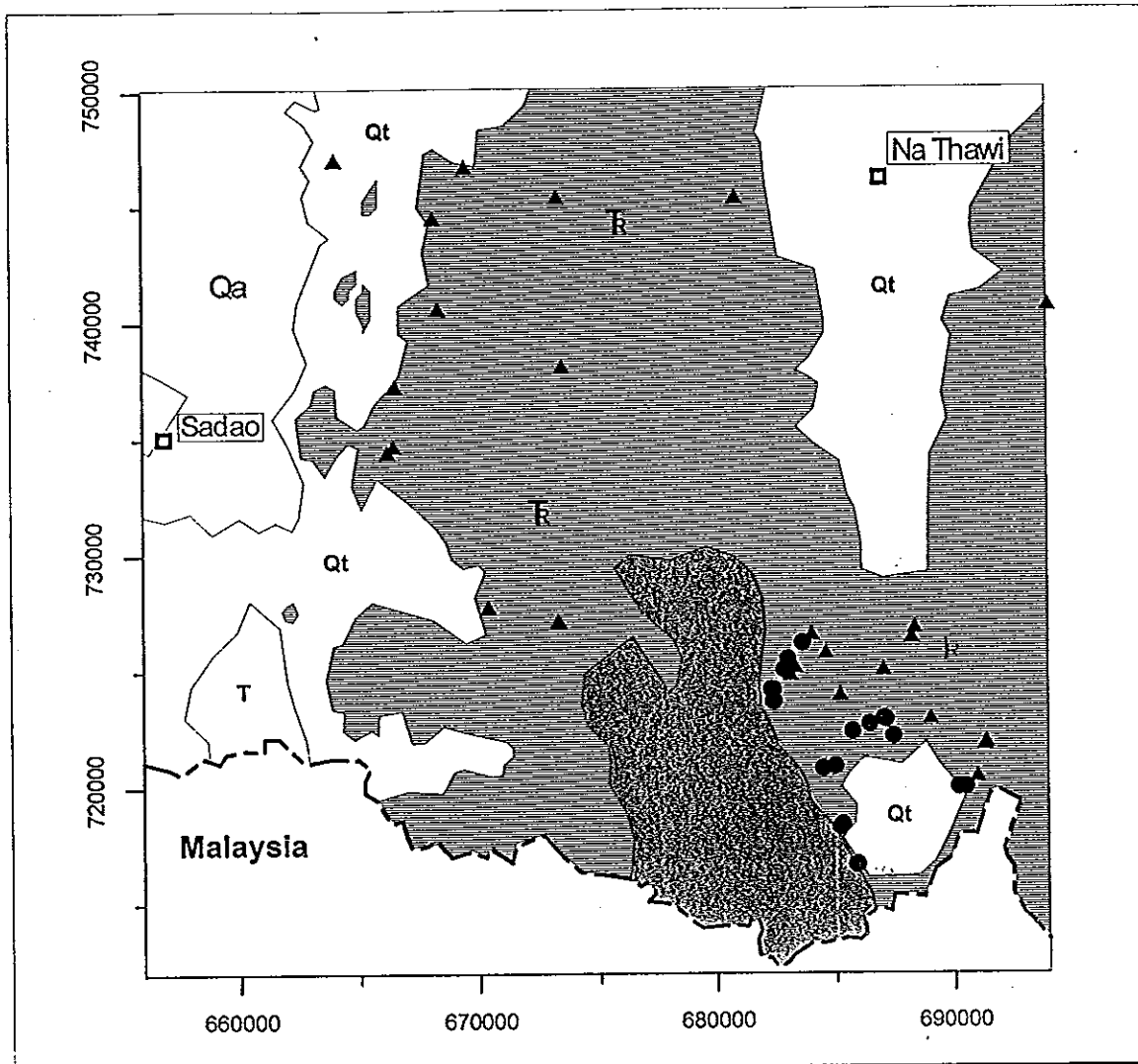
สำหรับตัวอย่างหิน ได้รวบรวมจากหินโผล่ตามเส้นทางที่ทำการวัดค่าความถ่วงซึ่งปรากฏอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศ (กรมแผนที่ทหาร, 2529) จำนวน 27 ตำแหน่ง รวม 123 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็นหิน 2 ชนิดด้วยกัน คือ หินแกรนิตยุคจูแรสซิก-ไทรแอสซิก จำนวน 8 ตำแหน่ง รวม 37 ตัวอย่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $2,548 \pm 55 \text{ kg/m}^3$ และหินตะกอนยุคไทรแอสซิก จำนวน 19 ตำแหน่ง 86 ตัวอย่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $2,551 \pm 68 \text{ kg/m}^3$ แบ่งเป็น หินทรายยุคไทรแอสซิก จำนวน 15 ตำแหน่ง รวม 78 ตัวอย่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $2,565 \pm 53 \text{ kg/m}^3$ และหินดินดานยุคไทรแอสซิก จำนวน 4 ตำแหน่ง รวม 8 ตัวอย่าง มีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ $2,419 \pm 60 \text{ kg/m}^3$ ดังแสดงไว้ในตาราง 11 โดยมีตำแหน่งของตัวอย่างหินบนแผนที่ธรณีวิทยา ดังภาพประกอบ 21

เมื่อเปรียบเทียบการกระจายค่าความหนาแน่นของหินแกรนิตกับหินตะกอนชนิดต่าง ๆ ดังภาพประกอบ 22 และ 23 จะเห็นได้ว่า หินแกรนิตมีการกระจายค่าความหนาแน่นใกล้เคียงกับ หินทรายยุคไทรแอสซิก และหินตะกอนยุคไทรแอสซิก โดยค่าความหนาแน่นส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 2,550 - 2,600 kg/m³

ตาราง 11 ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา

ชนิดหิน ยุค	ค่าความหนาแน่น (kg/m ³) พิสัยของความหนาแน่น	จำนวน ตำแหน่ง	จำนวนตัวอย่างหิน รวม
หินแกรนิต จูแรสซิก-ไทรแอสซิก	2548 ± 55 2338 - 2652	8	37
- หินดินดาน ไทรแอสซิก	2419 ± 60 2333 - 2519	4	8
- หินทราย ไทรแอสซิก	2565 ± 53 2397 - 2666	15	78
รวม หินตะกอน ไทรแอสซิก	2551 ± 68 2333 - 2666	19	86

ภาพประกอบ 21 ตำแหน่งของตัวอย่างหิน



- Qa QUATERNARY : Alluvial Deposits
- Qt QUATERNARY : Terrace Deposits
- T TERTIARY : KHUAN KHUHA FORMATION
- R TRIASSIC : NA THAWI FORMATION
- J-R JURASSIC-TRIASSIC : Granite
(DMR Granite boundary)



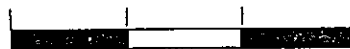
□ Amphoe

--- Border line

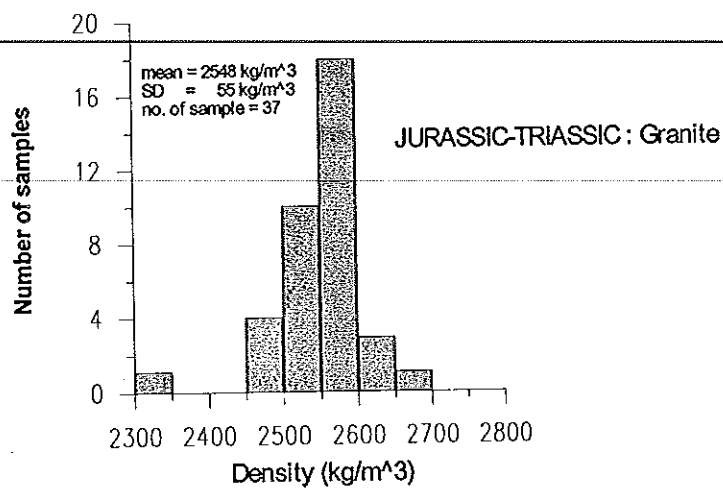
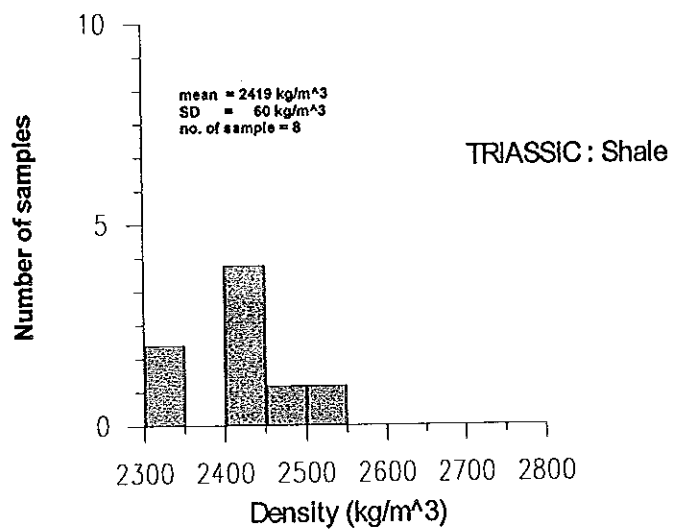
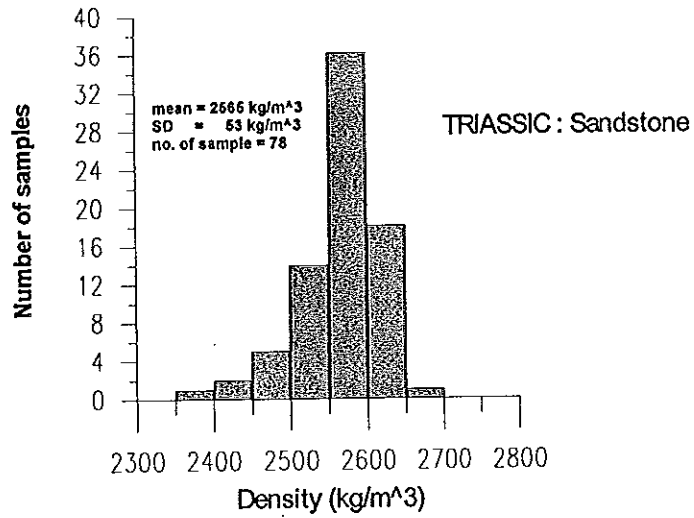
● Granite, Sampling sites

▲ Non Granite, Sampling sites

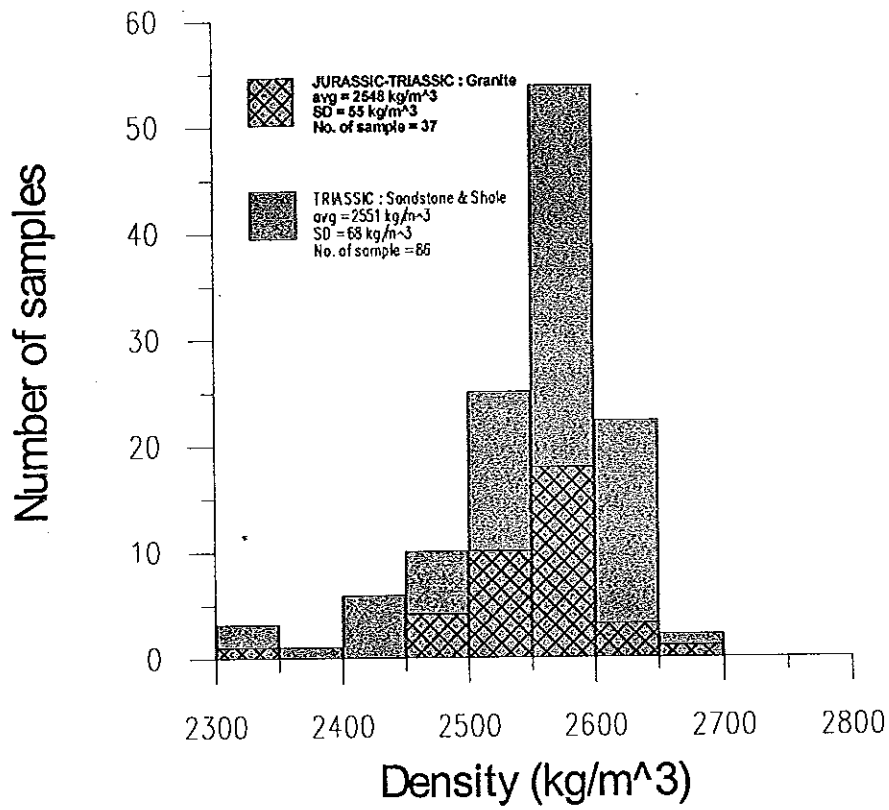
0 5 10 15 kms.



ภาพประกอบ 22 การกระจายความหนาแน่นตัวอย่างหินแต่ละชนิด



ภาพประกอบ 23 การกระจายความหนาแน่นของตัวอย่างหินแกรนิตกับหินชนิดอื่น ๆ



2. ผลการศึกษาค่าความถ่วงของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาค่าความถ่วงนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดโครงสร้างและขอบเขตด้านธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของพื้นที่ศึกษา

สำหรับผลการศึกษาค่าความถ่วงของพื้นที่ศึกษา ซึ่งแสดงด้วยแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ซ้อนทับแผนที่ภูมิประเทศ โดยทำการกริดข้อมูลแบบ Inverse Distance Power two ซึ่งใช้ Search Type แบบ Quadrant และ Search radius = 7 กิโลเมตร โดยใช้ระยะห่างระหว่างเส้นกริดเท่ากับ 1 กิโลเมตร ดังภาพประกอบ 24 พบว่า

1. ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าสูง (75-350 g.u.) จะปรากฏครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอนาหวีและอำเภอสะเคา ทั้งที่เป็นที่ราบลุ่มและเทือกเขาตั้งแต่ด้านตะวันตก (656000E-678000E) และบริเวณตอนกลางขึ้นไปด้านเหนือตลอดทั้งแนวของพื้นที่ศึกษา (722000N-750000N)

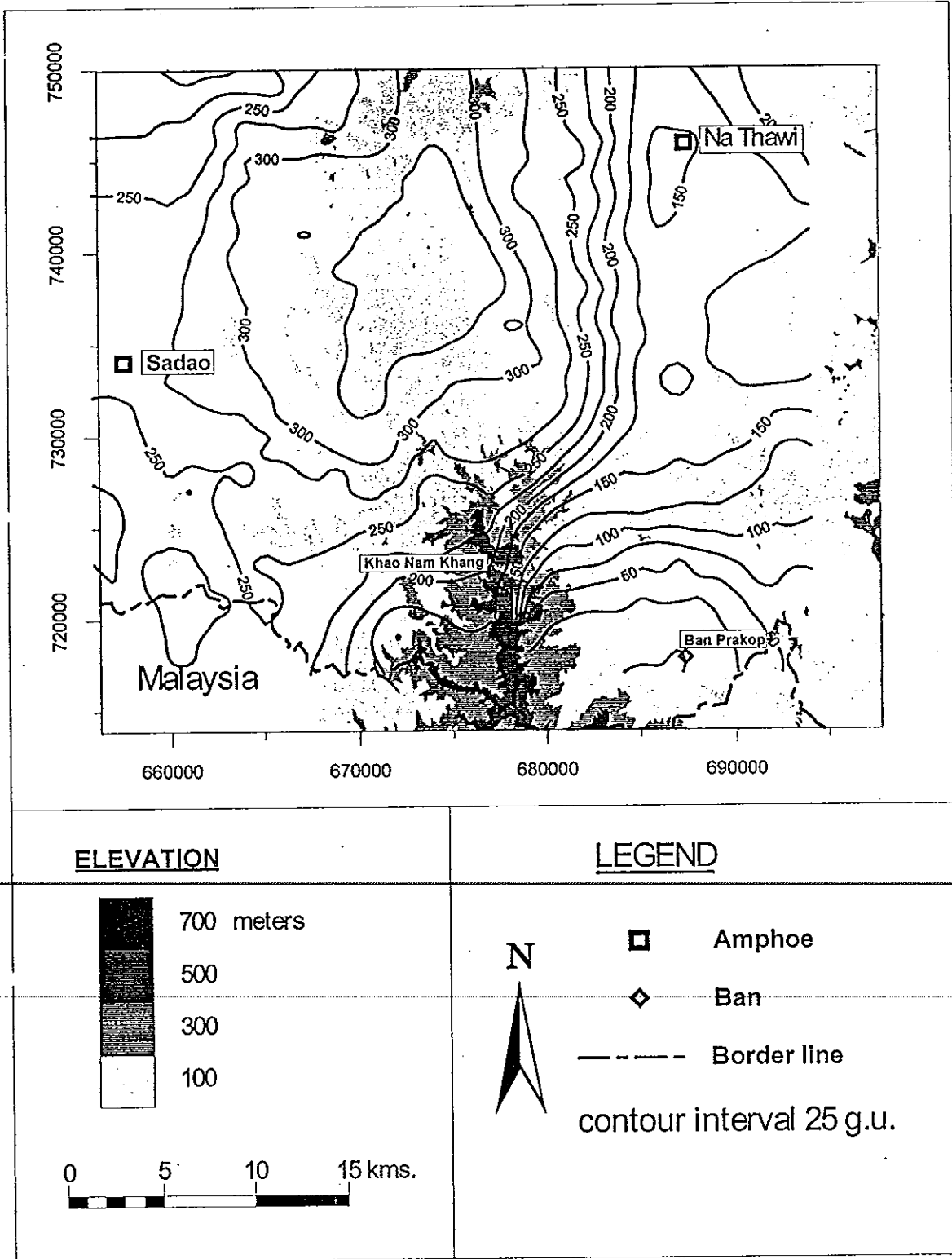
2. ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำ (0-75 g.u.) จะปรากฏบริเวณด้านตะวันออกตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา (678000E-694000E และ 713900N-722000N) ครอบคลุมบ้านประกอบ บ้านเกาะจง บ้านพรุหาว และบ้านทุ่งเปรีบง อำเภอนาหวี เลยไปจนถึงชายแดนไทย-มาเลเซีย

เมื่อเปรียบเทียบค่าผิดปกติของความถ่วงกับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา โดยการนำเอาคอนทัวร์ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยา ดังภาพประกอบ 25 พบว่า

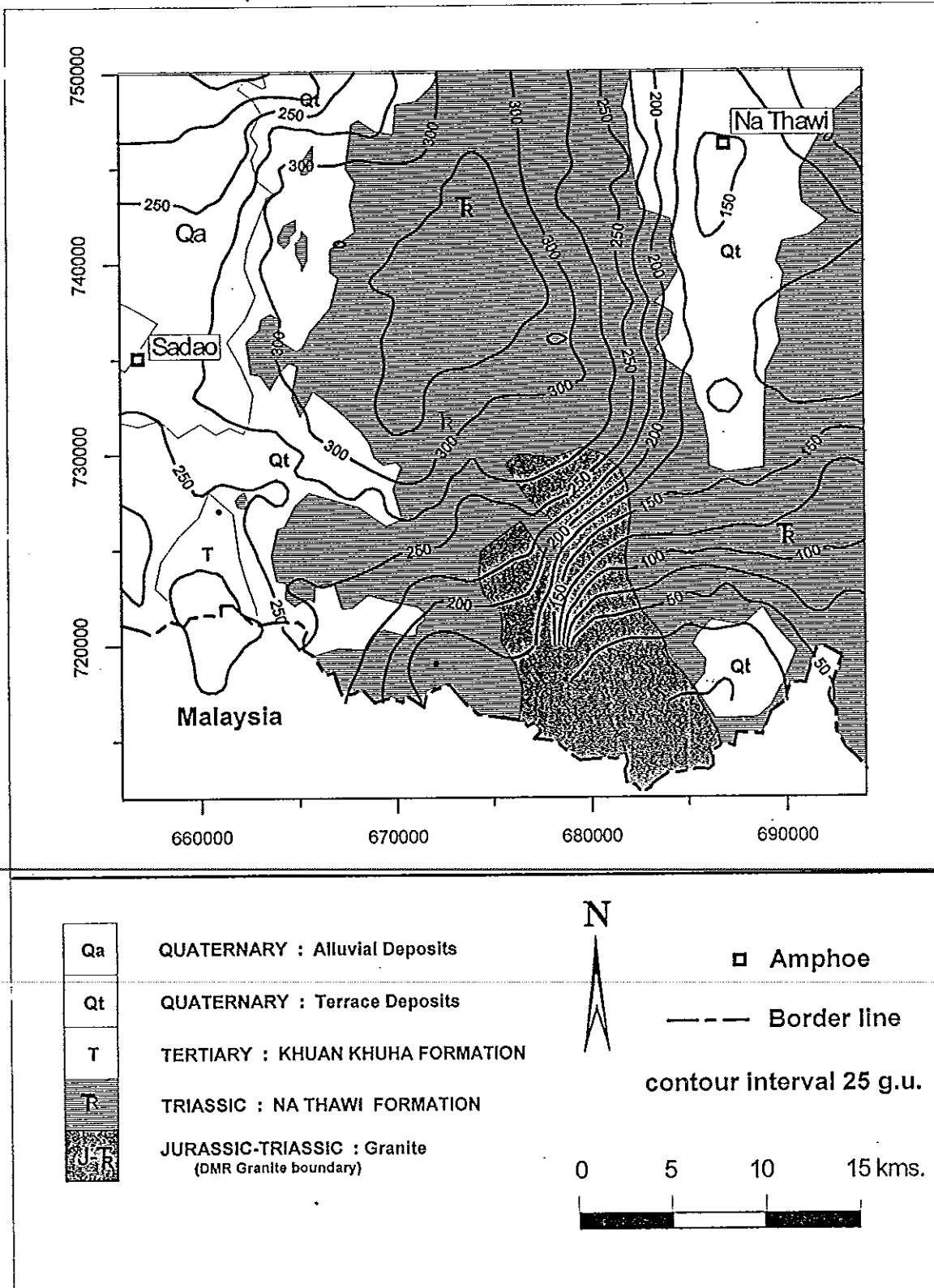
1. ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าสูง (75 -350 g.u.) ปรากฏอยู่เหนือหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิกบริเวณด้านตะวันตกและด้านเหนือ พื้นที่ส่วนใหญ่ของหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี

2. ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำ (0-75 g.u.) ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ด้านตะวันออกตอนล่างของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก และตะกอนควาเทอร์นารีตอนล่าง โดยมีลักษณะปรากฏเป็นรูปครึ่งวงกลมติดชายแดนไทย-มาเลเซีย

ภาพประกอบ 24 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ชั้นทับบนแผนที่ภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 25 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบิวร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ชั้นทับบน
แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



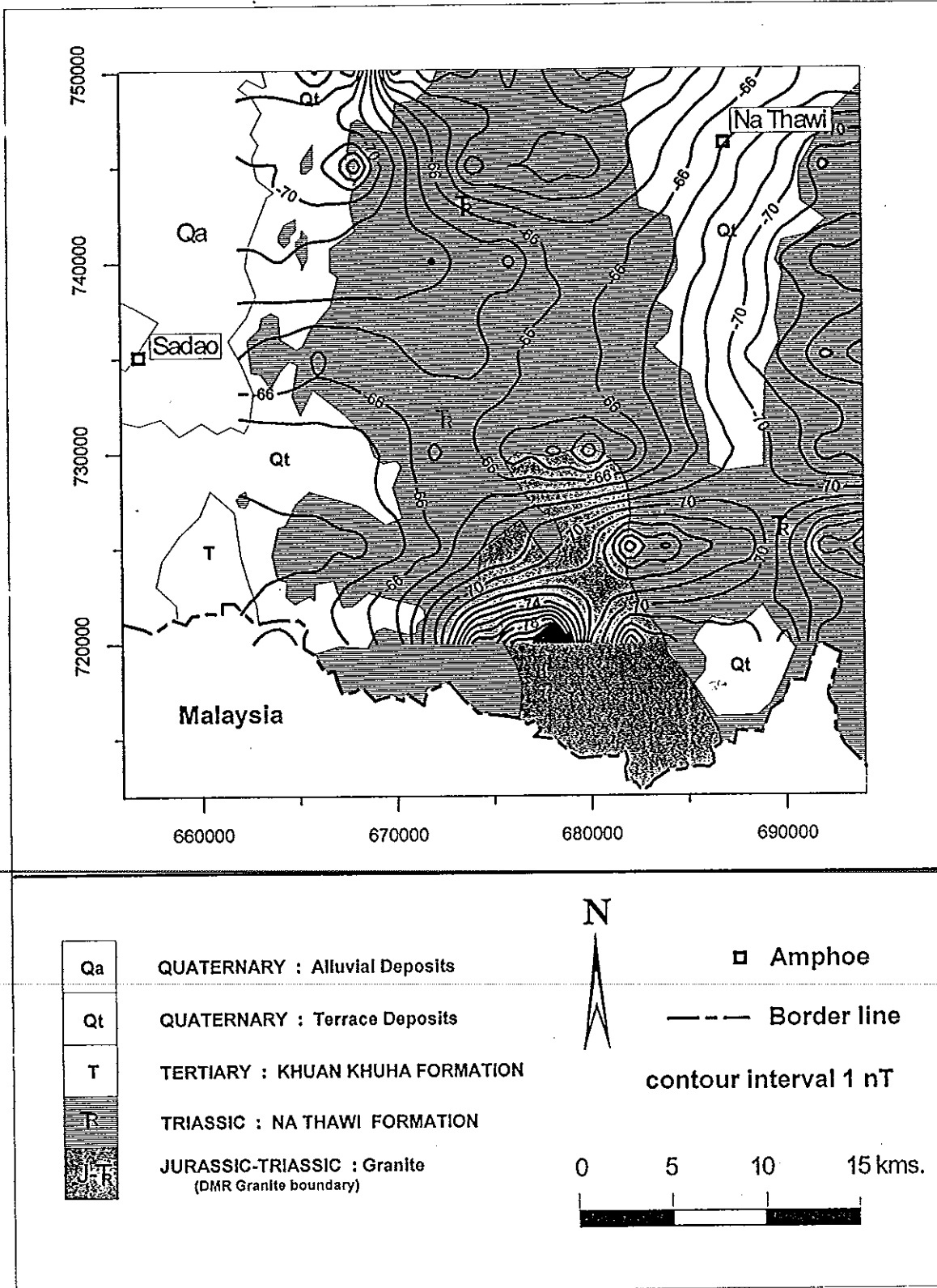
3. ผลการศึกษาแผนที่ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาแผนที่ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อกำหนดโครงสร้างธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

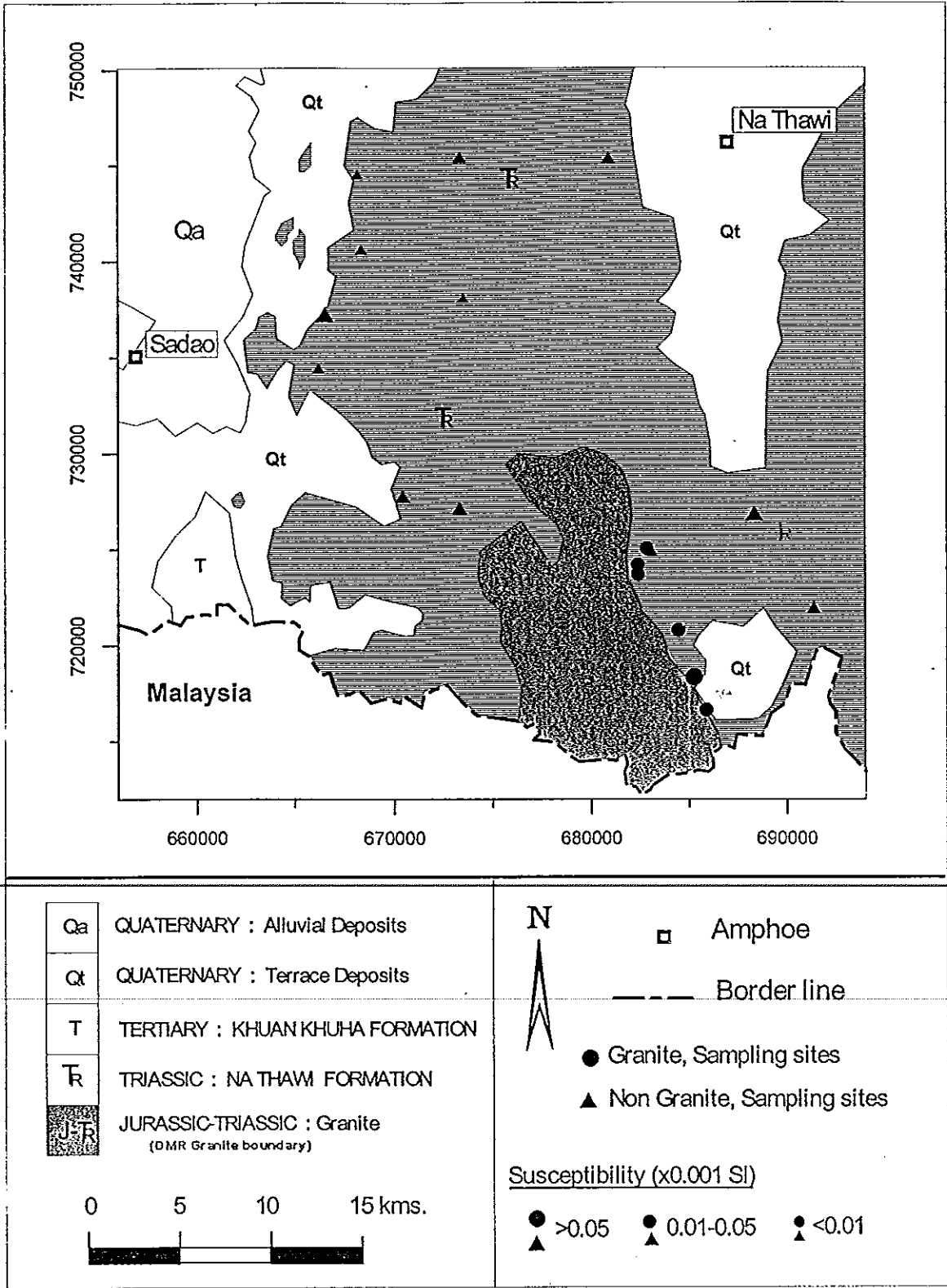
เมื่อนำแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก (SURVEY B&C) ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา โดยมีระยะห่างระหว่างเส้นชั้นค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กของโลกเท่ากับ 1 nT ดังแสดงในภาพประกอบ 26 พบว่า ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกในพื้นที่ศึกษามีค่า -61 nT ถึง -85 nT โดยเส้นคอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกช่วงที่มีค่า -70 nT ถึง -85 nT ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ตั้งแต่ตอนกลางลงไปของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก และพื้นที่ที่ปกคลุมด้วยตะกอนควาเทอร์นารีทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา (672000E-689000E และ 719000N-727000N) ส่วนเส้นคอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกช่วงที่มีค่า -61 nT ถึง -70 nT ปรากฏอยู่ด้านเหนือของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก และพื้นที่ที่เป็นหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี ซึ่งเป็นบริเวณส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา

สำหรับผลการวัดค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในภาพประกอบ 27 พบว่า หินที่มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กสูงที่สุด คือ หินแกรนิตมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย $50.79 \times 10^6 \pm 57.6 \times 10^6$ SI รองลงมาคือ หินทราย ซึ่งมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย $28.48 \times 10^6 \pm 37.0 \times 10^6$ SI และหินดินดาน มีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย $5.63 \times 10^6 \pm 8.37 \times 10^6$ SI ตามลำดับ และเมื่อนำตำแหน่งและค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหิน มาซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลก ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 28 พบว่าค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินแกรนิตที่มีค่าสูงกว่า 50×10^6 SI จะอยู่ภายในตำแหน่งที่มีค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลก -70 nT ถึง -85 nT และค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของหินทรายและหินดินดานซึ่งมีค่าน้อยแทบทั้งหมดจะอยู่ในตำแหน่งที่มีค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลก -61 nT ถึง -70 nT

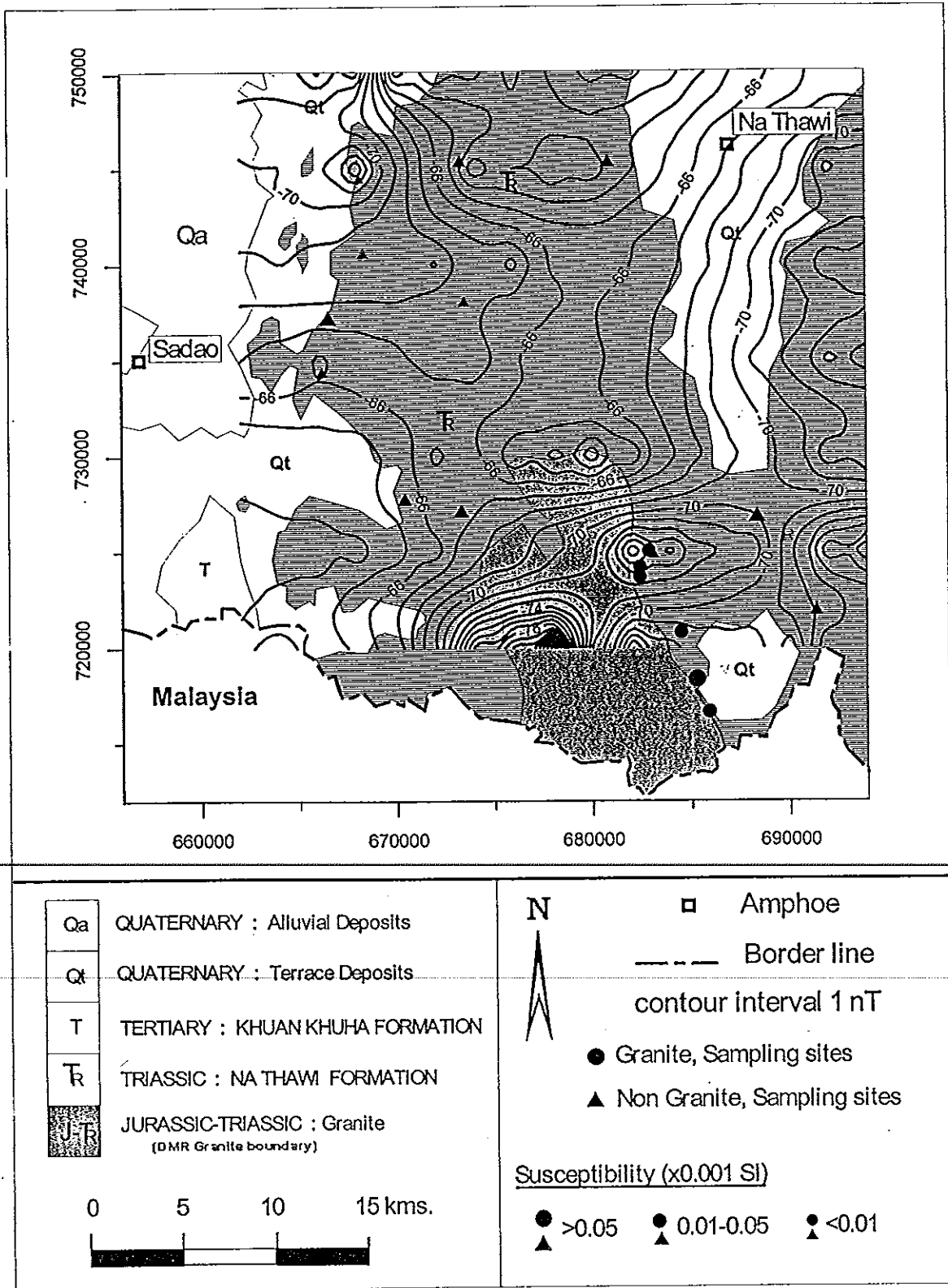
ภาพประกอบ 26 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก (SURVEY B&C)
 ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 27 ค่าสภาพรับได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยา
ของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 28 คำสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหินบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก (SURVEY B&C) ชั้นทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



4. ผลการศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีและการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล

การศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสีและการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม (K) ยูเรเนียมสมมูล (eU) และทอเรียมสมมูล (eTh) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมวดชั้นหินต่าง ๆ กับปริมาณความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสี

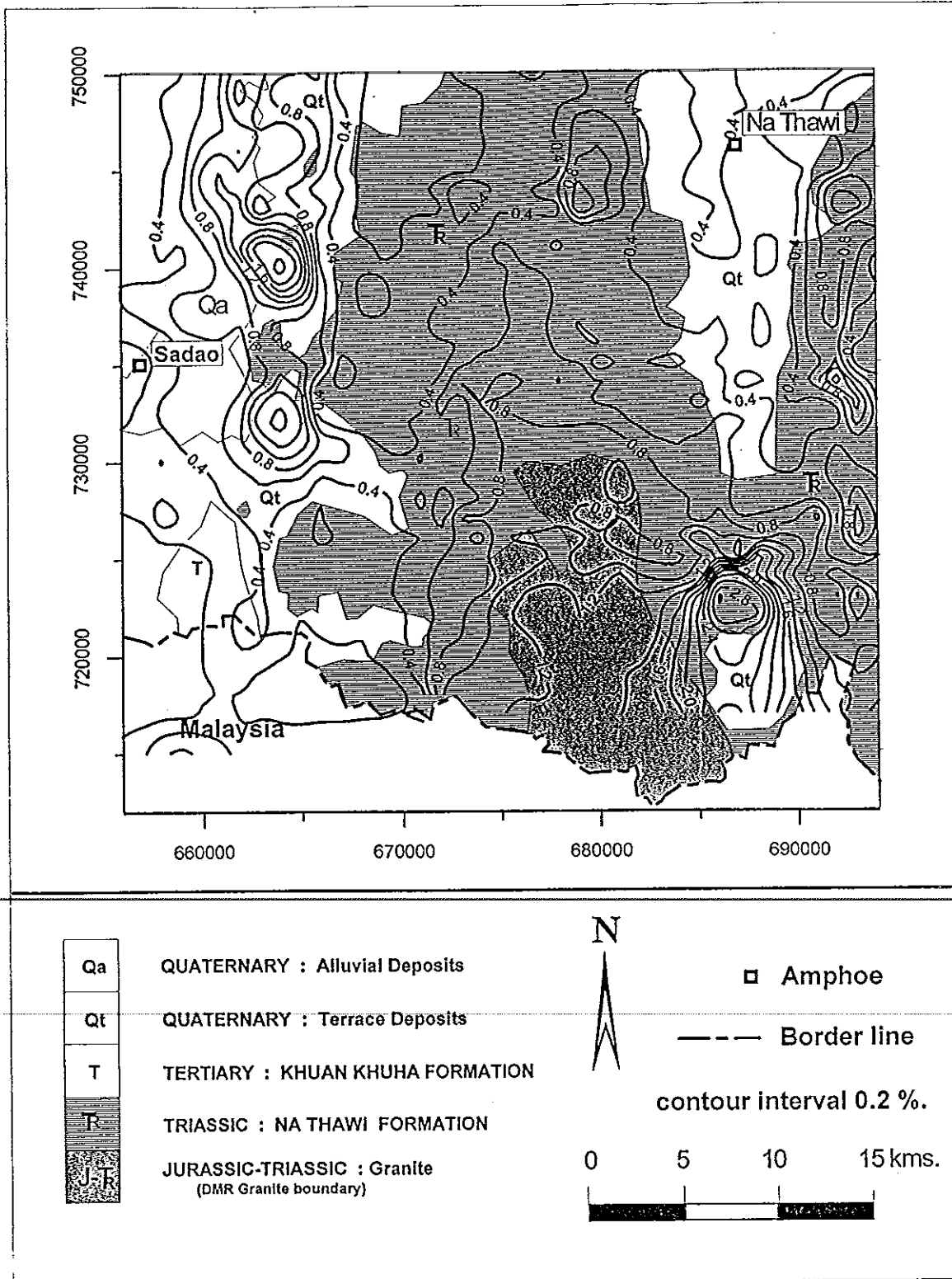
ผลการศึกษาแผนที่กัมมันตภาพรังสี จากการบินสำรวจทางอากาศที่ระดับความสูง 400 ฟุต ของกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2532 พบว่าพื้นที่ศึกษาเป็นบริเวณที่มีความเข้มข้นโพแทสเซียม (K) มีค่า 0.04-3.01 % ปริมาณความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล (eU) มีค่า 0.77-8.29 ppm และปริมาณความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล (eTh) มีค่า 3.63-25.61 ppm โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 เมื่อนำแผนที่คอนทัวร์โพแทสเซียม (K) ในหน่วย % ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) โดยมีระยะห่างระหว่างเส้นชั้นแสดงความเข้มข้นของโพแทสเซียมเท่ากับ 0.2% ดังภาพประกอบ 29 พบว่าเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มข้นของโพแทสเซียมมากกว่า 1.2 % ปรากฏอยู่บริเวณตะวันออกทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมเหนือบริเวณตอนกลางและตอนใต้ของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก หินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี (676000E-690000E และ 715000N-724000N) ส่วนเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มข้นของโพแทสเซียมน้อยกว่า 1.2 % ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารีและตอนเหนือของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก

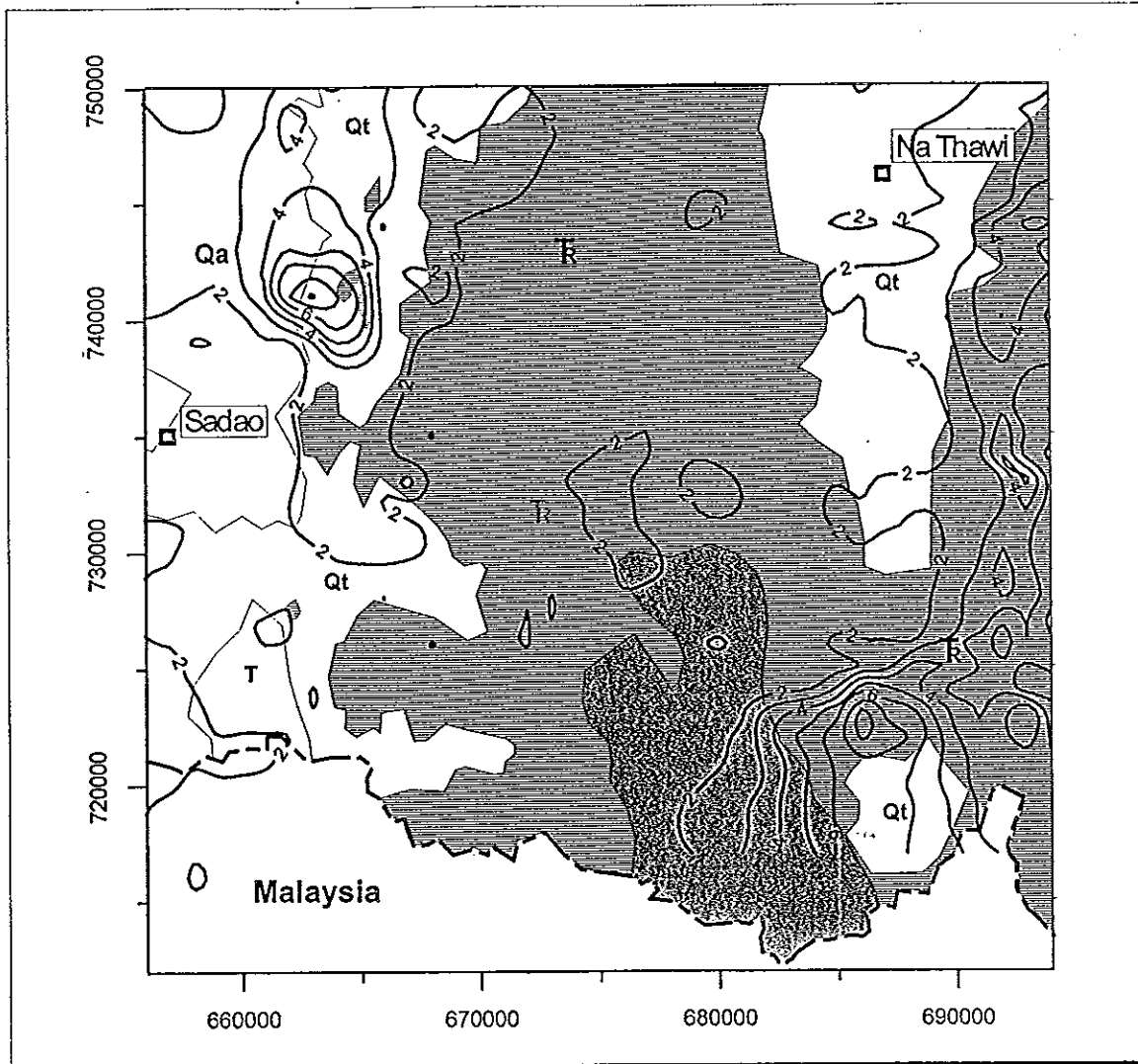
4.2 เมื่อนำแผนที่คอนทัวร์ยูเรเนียมสมมูล (eU) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) โดยมีระยะห่างระหว่างเส้นชั้นแสดงความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูลเท่ากับ 1 ppm ดังภาพประกอบ 30 พบว่าเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูลมีค่ามากกว่า 4 ppm ปรากฏอยู่บริเวณตะวันออกทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมเหนือบริเวณตะวันออกตอนใต้ของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก หินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี (682000E-691000E และ 715000N-725000N) ส่วนเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูลมีค่าน้อยกว่า 4 ppm ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี ยกเว้นด้านตะวันออกตอนใต้ของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก

4.3 เมื่อนำแผนที่คอนทัวร์ทอเรียสมมูล (eTh) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) โดยมีระยะห่างระหว่างเส้นชั้นแสดงความเข้มของทอเรียสมมูลเท่ากับ 2 ppm ดังภาพประกอบ 31 พบว่าเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มของทอเรียสมมูลมีค่ามากกว่า 14 ppm ปรากฏอยู่บริเวณตะวันออกทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมเหนือบริเวณตะวันออกตอนใต้ของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก หินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี (678000E-690000E และ 715000N-725000N) ส่วนเส้นคอนทัวร์ที่แสดงความเข้มของทอเรียสมมูลมีค่าน้อยกว่า 14 ppm ปรากฏอยู่เหนือพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งครอบคลุมหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี ยกเว้นด้านตะวันออกตอนใต้ของหินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิก

ภาพประกอบ 29 แผนที่คอนทัวร์โทเทสซึม (K) ในหน่วย % ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 30 แผนที่คอนทัวร์ยูเรเนียมสมมูล (eU) ในหน่วย ppm ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



Qa	QUATERNARY : Alluvial Deposits
Qt	QUATERNARY : Terrace Deposits
T	TERTIARY : KHUAN KHUHA FORMATION
R	TRIASSIC : NA THAWI FORMATION
JR	JURASSIC-TRIASSIC : Granite (DMR Granite boundary)

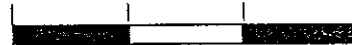


□ Amphoe

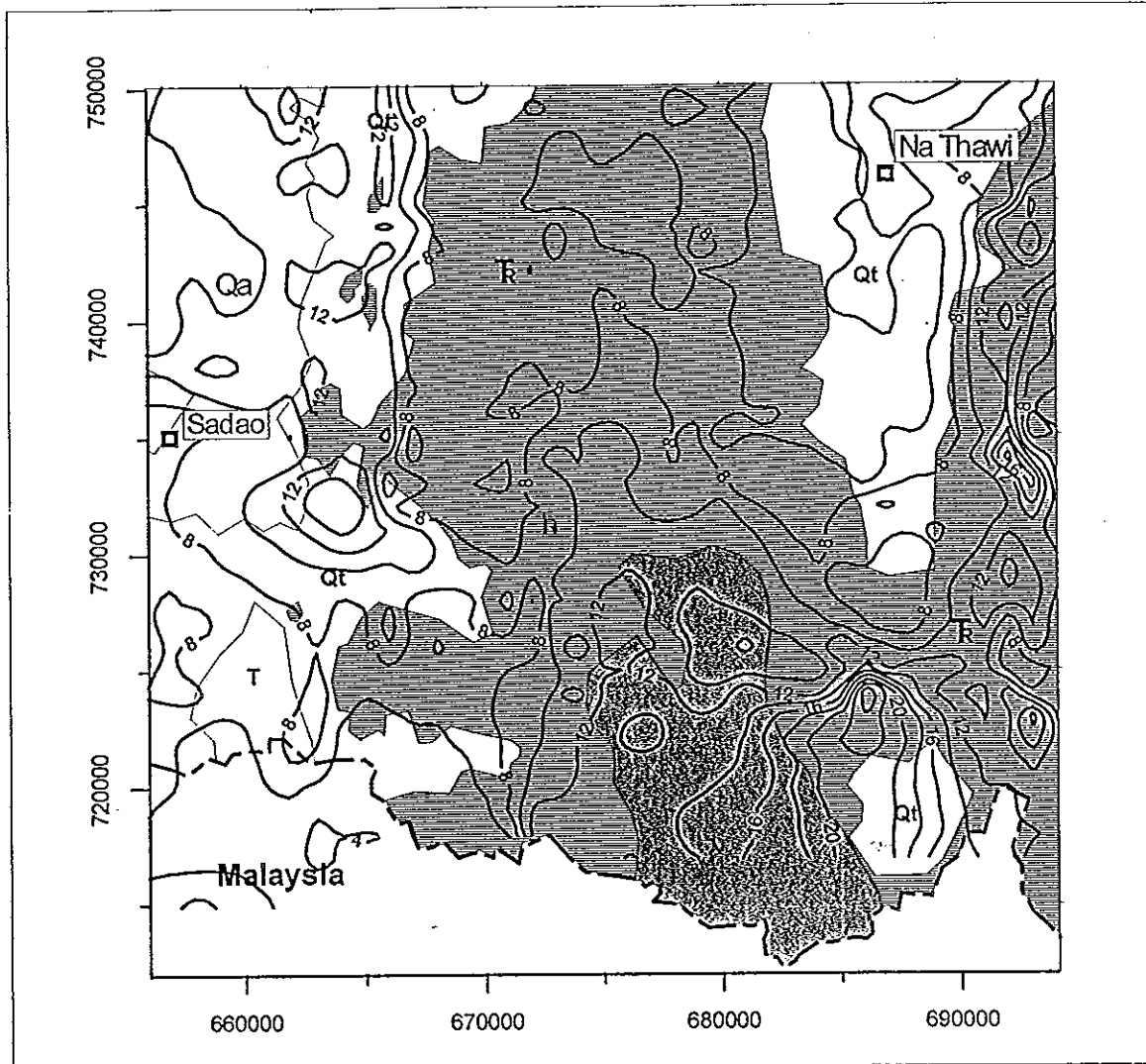
--- Border line

contour interval 1 ppm.

0 5 10 15 kms.



ภาพประกอบ 31 แผนที่คอนทัวร์ทอเรียมสมมูล (eTh) ในหน่วย ppm ชั้นทับแผนที่ธรณีวิทยา
ของพื้นที่ศึกษา



- | | |
|-----|---|
| Qa | QUATERNARY : Alluvial Deposits |
| Qt | QUATERNARY : Terrace Deposits |
| T | TERTIARY : KHUAN KHUHA FORMATION |
| R | TRIASSIC : NA THAWI FORMATION |
| J-T | JURASSIC-TRIASSIC : Granite
(DMR Granite boundary) |

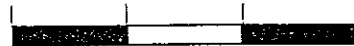


□ Amphoe

--- Border line

contour interval 2 ppm.

0 5 10 15 kms.



5. การแปลความแผนที่ค่าผิดปกติความถ่วง ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลกและค่าผิดปกติ กัมมันตภาพรังสี

การแปลความผลการศึกษาค่าผิดปกติความถ่วง ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลก และค่าผิดปกติกัมมันตภาพรังสี มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคใน แนวราบและแนวตั้งของพื้นที่ศึกษา

5.1 โครงสร้างธรณีวิทยาในแนวราบ

เมื่อนำแผนที่แสดงขนาดเนื้อหินของตัวอย่างหิน โผล่แกรนิตในพื้นที่ศึกษา ซ้อนทับบน แผนที่ธรณีวิทยาและแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ ดังภาพประกอบ 32 พบว่า ตำแหน่งที่พบหินโผล่แกรนิต (ในบริเวณที่มีเส้นทางคมนาคมเข้าถึง) จะปรากฏอยู่บนหิน ตะกอนบริเวณตอนล่างและด้านตะวันออกของขอบเขตหินแกรนิต (682000E-687000E และ 716000N-725000N) และเมื่อพิจารณาคอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์พบว่า ตำแหน่งที่พบ หินแกรนิตโผล่ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่มีค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ต่ำ (0-75 g.u.) และเป็นหิน แกรนิตโผล่ที่มีเนื้อหินมีขนาดกลางถึงเม็ดหยาบ (medium grained - coarse grained)

ธงชัย พึ่งรัมย์ (2531) กล่าวว่า เนื้อหิน (texture) ที่มีขนาดต่างกันของหิน โผล่แกรนิต แบ่งได้เป็นเนื้อหินเม็ดเล็ก เนื้อหินเม็ดกลาง และเนื้อหินเม็ดหยาบ ขนาดของเนื้อหินที่ต่างกันนี้ มีผลจากสภาพแวดล้อมขณะที่หินหนืดเย็นตัวคือ ขณะที่หินหนืดแทรกขึ้นสู่เบื้องบนจะเย็นตัวลง อย่างช้า ๆ ทำให้ได้ผลึกแร่เม็ดหยาบ เกิดเป็นหินอัคนีแทรกซอน (intrusive igneous rocks) หรือ โผล่พื้นเปลือกโลกขึ้นมาแข็งตัวบนผิวโลก ในกรณีนี้การเย็นตัวเป็นไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ได้ผลึก แร่เม็ดละเอียด เกิดเป็นหินอัคนีพุ (extrusive igneous rocks) โดยเนื้อหินเม็ดเล็กพบในหินอัคนี ระดับต้น เนื้อหินเม็ดหยาบพบในหินอัคนีระดับลึก

ขอบเขตด้านตะวันออกของพื้นที่ศึกษา ซึ่งอยู่ในพื้นที่อำเภอสะบ้าย้อย ตามแผนที่ธรณี วิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) มาตราส่วน 1:250,000 ราว NB 47-8,5 จังหวัดนราธิวาสและ อำเภอตากใบ เป็นบริเวณที่ปกคลุมไปด้วยหินตะกอนไทรแอสซิกขนาดใหญ่ ซึ่งค่าผิดปกติบูร์แกร์ สัมบูรณ์ที่ปรากฏเหนือหินตะกอนไทรแอสซิกบริเวณนี้มีค่าสูง (Lohawijarn, 1992) เช่นเดียวกัน กับค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ที่ปรากฏเหนือหินตะกอนไทรแอสซิกในพื้นที่ศึกษา และหินตะกอน ไทรแอสซิกด้านตะวันตกตอนใต้ที่ต่อเนื่องเข้าไปในประเทศมาเลเซีย (Loke, 1992)

จากค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลกพบว่า ค่าผิดปกติตั้งแต่ -70 nT ถึง -85 nT ปรากฏในบริเวณขอบของเส้นคอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำ (0-75 g.u.) และเมื่อนำคอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ ซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยาที่ปรากฏแนวรอยเลื่อน

(กรมทรัพยากรธรณี, 2528) มาตรฐาน 1:250,000 ราว NB 47-8,5 จังหวัดนราธิวาสและอำเภอตากใบ ดังภาพประกอบ 33 พบว่าแนวรอยเลื่อน A และ B สัมพันธ์กับบริเวณเส้นคอนทิวร์ที่มีความชันมาก ซึ่งคาดว่ารอยเลื่อนนี้เกิดจากการแทรกคั่นขึ้นมาของหินแกรนิตในหินตะกอนไทรแอสซิก และจากการตรวจสอบบริเวณดังกล่าวพบหินกรวดเหลี่ยมรอยเลื่อน (fault breccia) (ธงชัย พึ่งรัศมี, การติดต่อส่วนบุคคล)

และจากแผนที่คอนทิวร์โพแทสเซียม (K) ยูเรเนียมสมมูล (eU) และทอเรียมสมมูล (eTh) พบว่าปริมาณโพแทสเซียม (K) ที่มีค่ามากกว่า 1.2% ยูเรเนียมสมมูล (eU) ที่มีค่ามากกว่า 4 ppm และทอเรียมสมมูล (eTh) ที่มีค่ามากกว่า 14 ppm ปรากฏอยู่ในบริเวณเดียวกันคือ บริเวณที่มีค่าผิดปกติยูเรเนียมที่มีค่าต่ำ (0-75 g.u.)

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จึงคาดว่าหินแกรนิตยูเรเนียม-โพแทสเซียมในบริเวณนี้ มีขอบเขตเลื่อนไปทางตะวันออกของขอบเขตเดิมตามแผนที่ธรณีวิทยา โดยมีขอบเขตอยู่ในบริเวณที่มีค่าผิดปกติยูเรเนียมที่มีค่าต่ำ (0-75 g.u.) จึงได้มีการสำรวจชนิดของหินในบริเวณขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถ่วง ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก และค่าผิดปกติกัมมันตภาพรังสีนี้ ดังภาพประกอบที่ 34 เพื่อตรวจสอบแนวขอบเขตที่แน่ชัดของหินแกรนิต (เฉพาะตามเส้นทางคมนาคมที่สามารถเข้าไปถึงได้) พบว่ามีแนวสัมผัสระหว่างหินแกรนิตยูเรเนียม-โพแทสเซียมกับหินตะกอนไทรแอสซิก ซึ่งขอบเขตของหินแกรนิตครอบคลุมพื้นที่บริเวณนี้จนถึงชายแดนไทย-มาเลเซีย ตลอดไปถึงพื้นที่ประเทศมาเลเซียที่ต่อเนื่องกัน สำหรับขอบเขตด้านตะวันตก ได้จากการสังเกตจากลักษณะด้านธรณีสัณฐานของชั้นหินตะกอนและหินแกรนิตในพื้นที่ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกัน (ธงชัย พึ่งรัศมี, 2541)

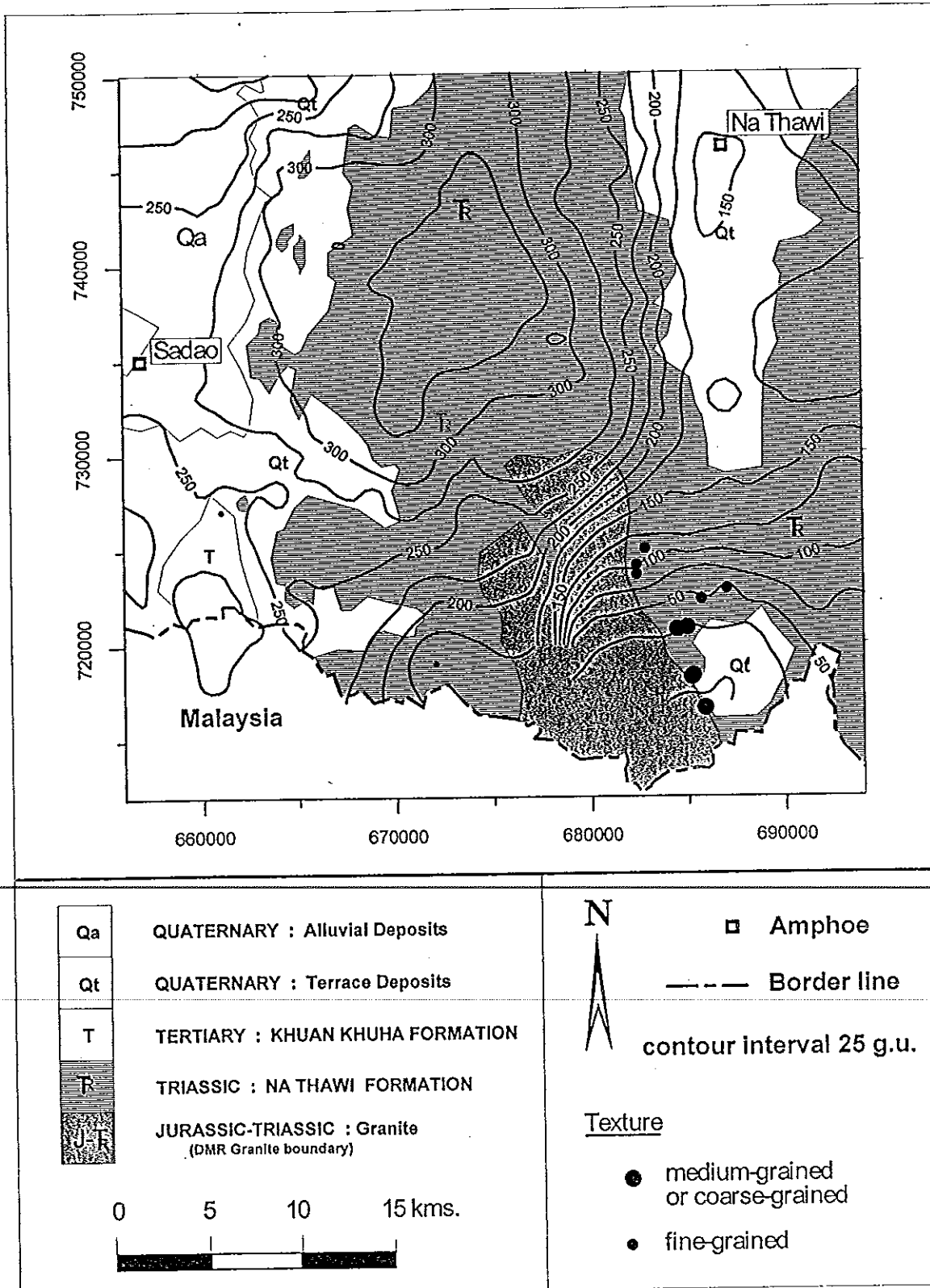
บริเวณหินแกรนิตโผล่มีลักษณะเป็นหินอัคนีมวลไพศาล (batholith) มีพื้นที่ประมาณ 100 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็น 2 บริเวณ ดังภาพประกอบ 35

1) บริเวณทางเหนือ อยู่ที่บ้านโลกเอาะ (684000E,726300N) เป็นบริเวณเล็ก ๆ มีพื้นที่ประมาณ 1-5 ตารางกิโลเมตร

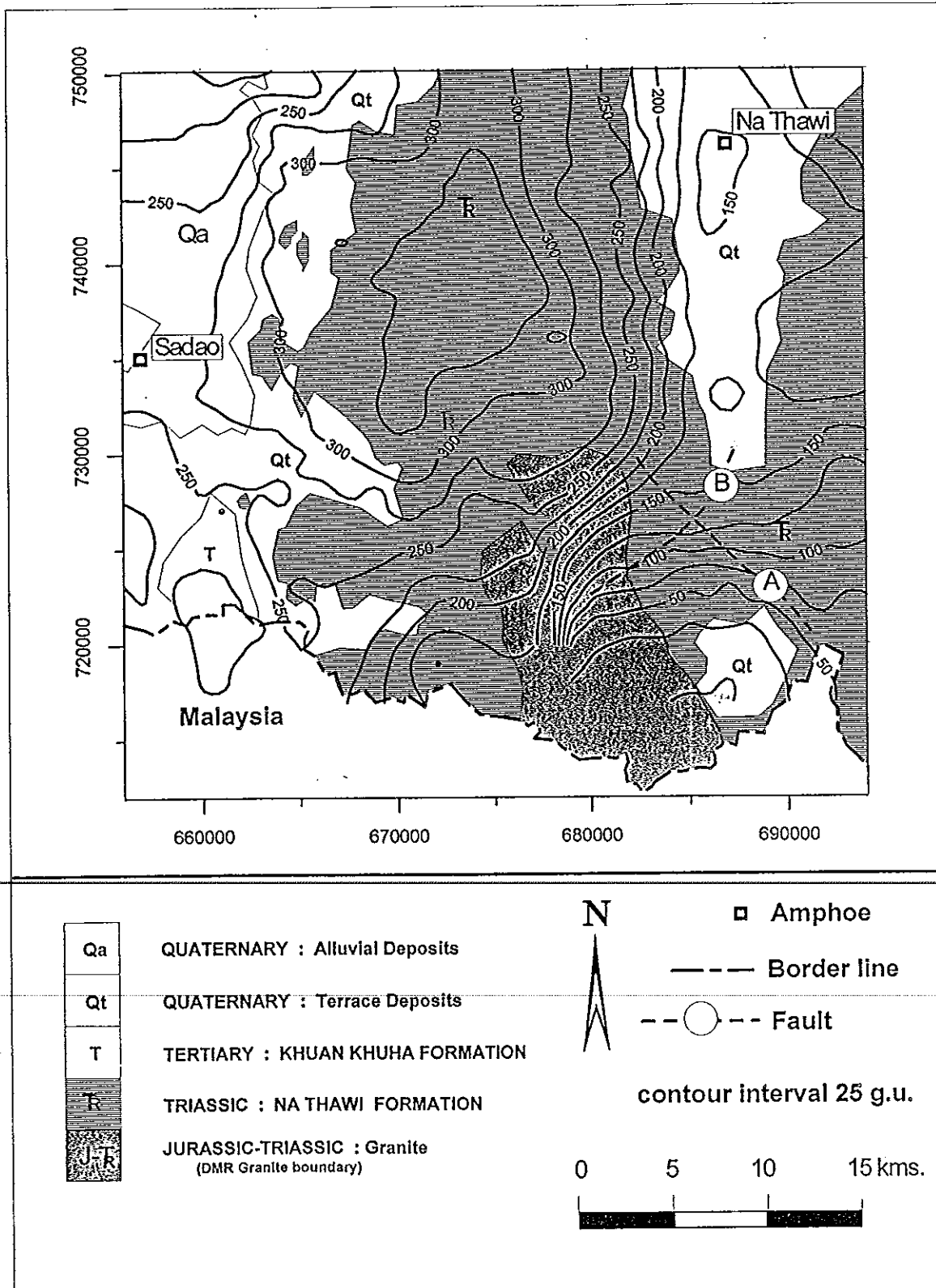
2) บริเวณทางใต้ ตั้งแต่บ้านลุ่ม (ด้านตะวันออก) (682000E,724700N) และบ้านโครง (ด้านตะวันออก) (687800E,725150N) โผล่ในแนวเหนือ-ใต้ ผ่านบ้านประกอบ (687100E,718200N) เข้าสู่ประเทศมาเลเซีย ขอบเขตด้านตะวันออกอยู่บริเวณบ้านพรวา (688900E,721700N) และบ้านทุ่งเป็รียง (690050E,719750N) ขอบเขตด้านตะวันตกอยู่เลยบ้านเกาะจง (683250E,721200N) ไปทางทิศตะวันตก

ซึ่งขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการสำรวจทางธรณีวิทยาในภาคสนามสอดคล้องกับ
ขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถี่ ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวม
ของโลก และค่าผิดปกติกัมมันตภาพรังสี มีขอบเขตเลื่อนไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของ
ขอบเขตเดิมตามแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) ประมาณ 5 กิโลเมตร (681000E-
691000E และ 712000N-724000N) ดังภาพประกอบ 36

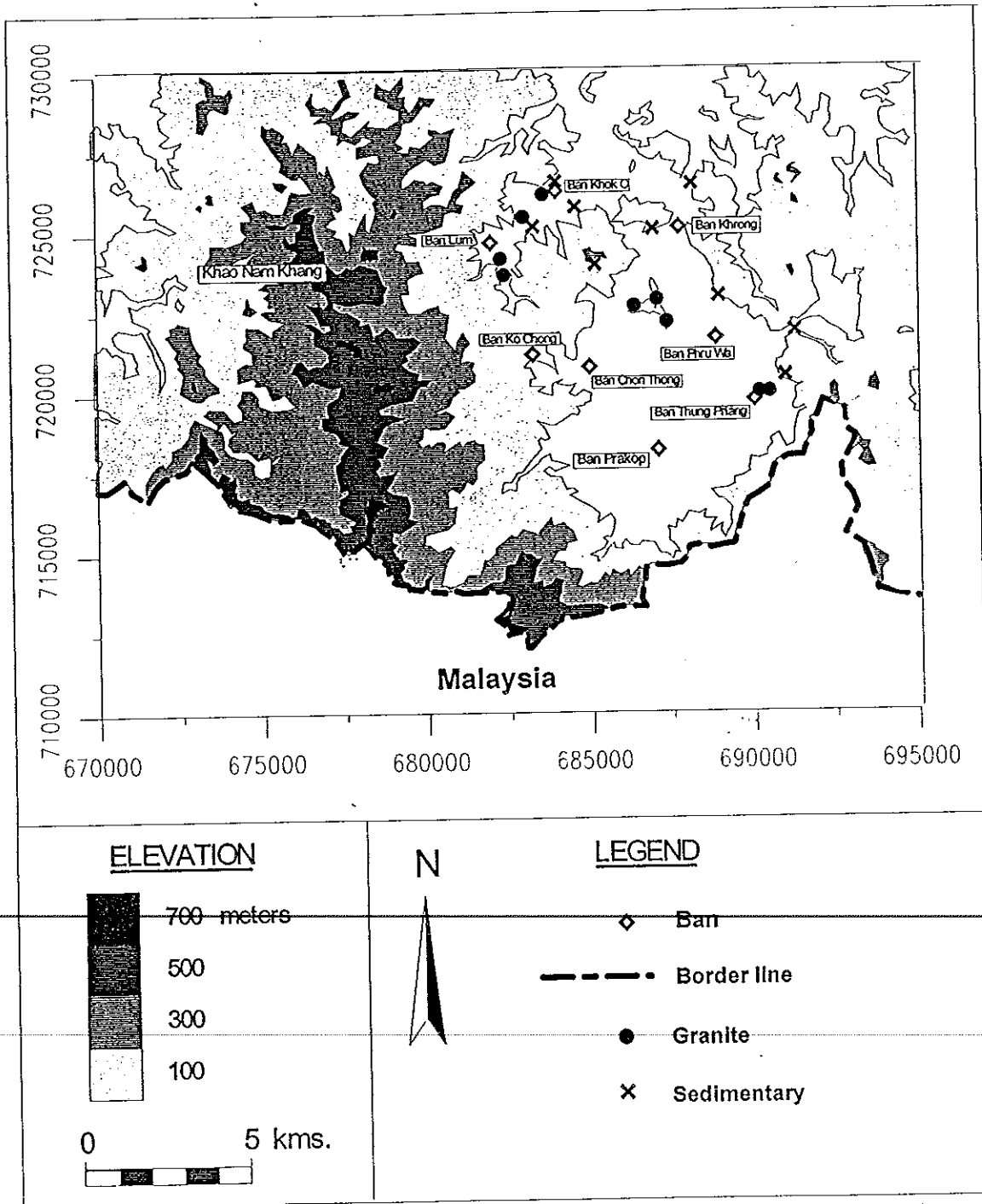
ภาพประกอบ 32 ขนาดเนื้อหินของตัวอย่างหิน โผล่แกรนิตบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์ สัมบูรณ์ ในหน่วย g.u. ชั้นทับบนแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา



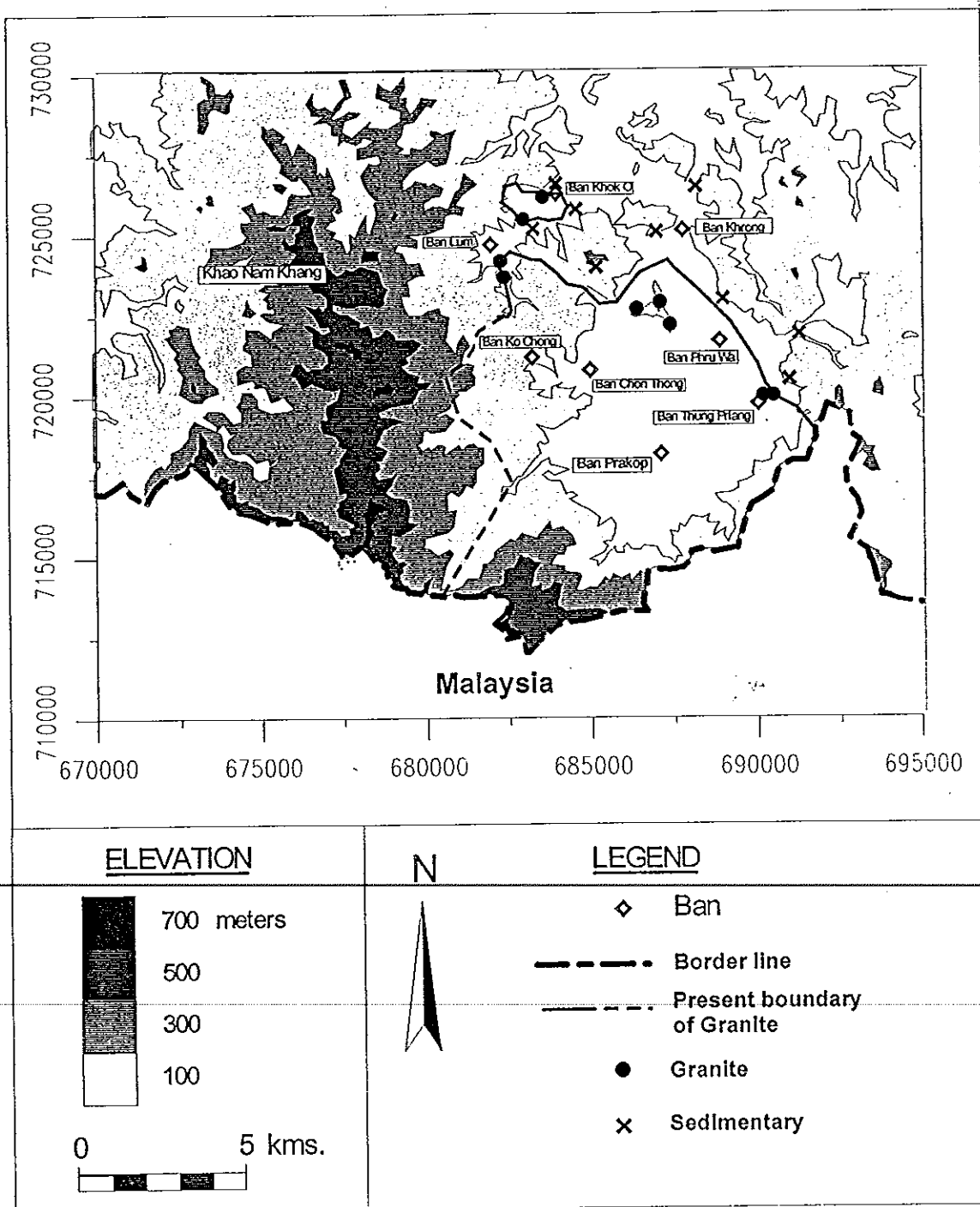
ภาพประกอบ 33 แผนที่คอนทัวร์ค่าคิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่ปรากฏแนวรอยเลื่อนของพื้นที่ศึกษา



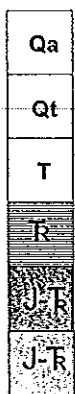
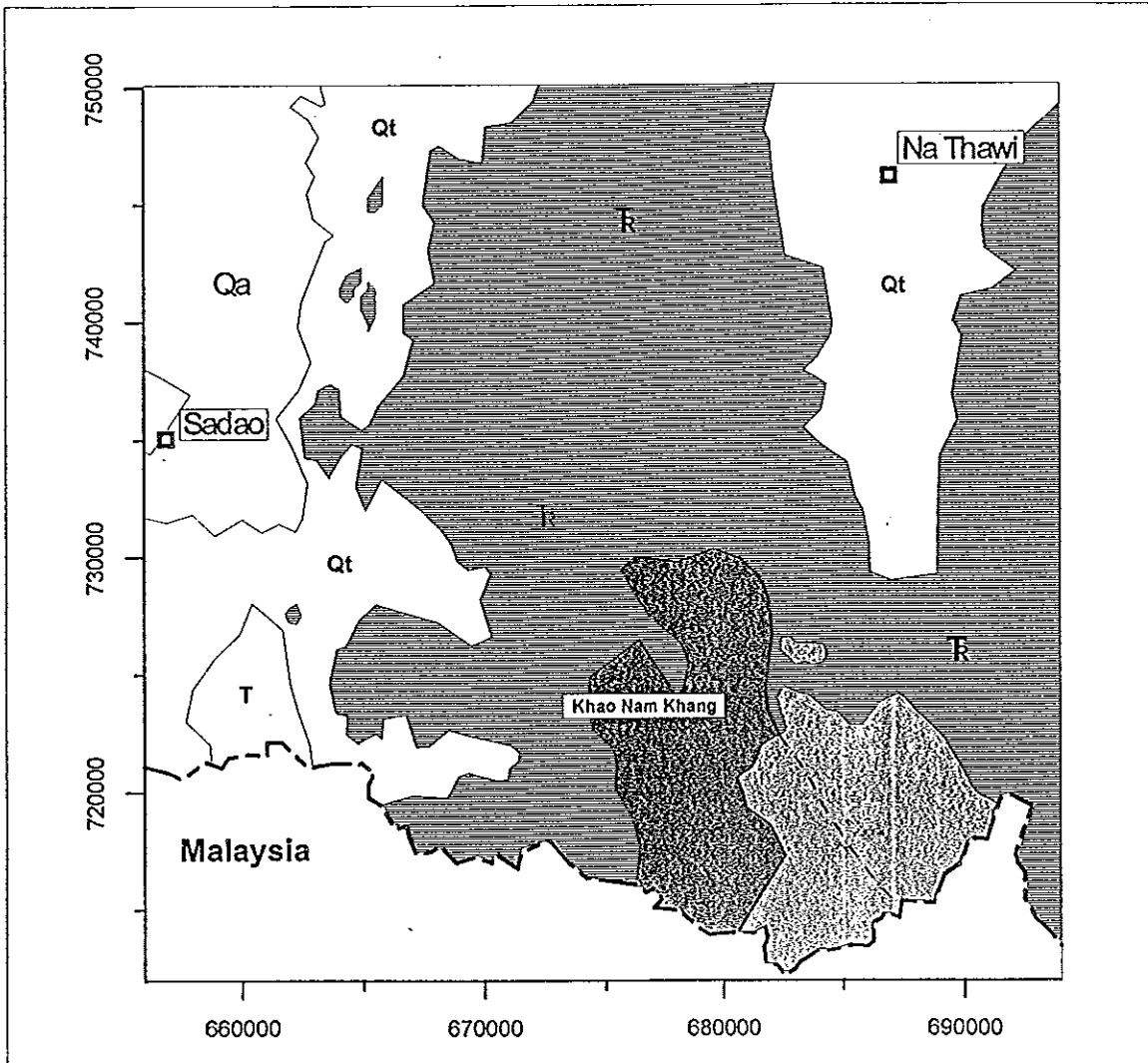
ภาพประกอบ 34 แผนที่แสดงชนิดของหินจากการสำรวจทางธรณีวิทยาในบริเวณที่เป็นขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถ่วง



ภาพประกอบ 35 แผนที่แสดงขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการตรวจสอบชนิดของหิน
และการสำรวจทางธรณีวิทยา ซ้อนทับบนแผนที่ภูมิประเทศ
(ธงชัย พึ่งรัมย์, 2541)



ภาพประกอบ 36 แผนที่แสดงขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการศึกษาวิจัยซ้อนทับแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528 และ ธงชัย ฟิ่งรัมย์, 2541)



Qa QUATERNARY : Alluvial Deposits
Qt QUATERNARY : Terrace Deposits
T TERTIARY : KHUAN KHUHA FORMATION
R TRIASSIC : NA THAWI FORMATION
J-R JURASSIC-TRIASSIC : Granite (DMR granite boundary)
J-R JURASSIC-TRIASSIC : Granite (present granite boundary)



□ Amphoe

--- Border line

0 5 10 15 kms.



5.2 โครงสร้างธรณีวิทยาในแนวดิ่ง

5.2.1 การแปลความค่าผิดปกติความถ่วง

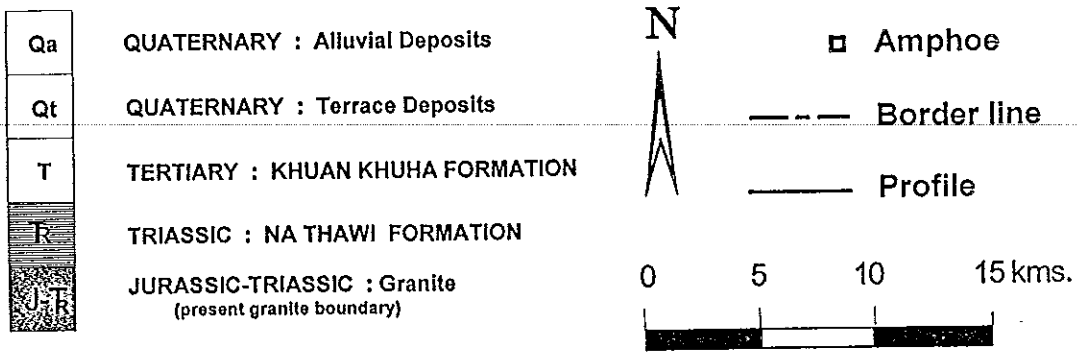
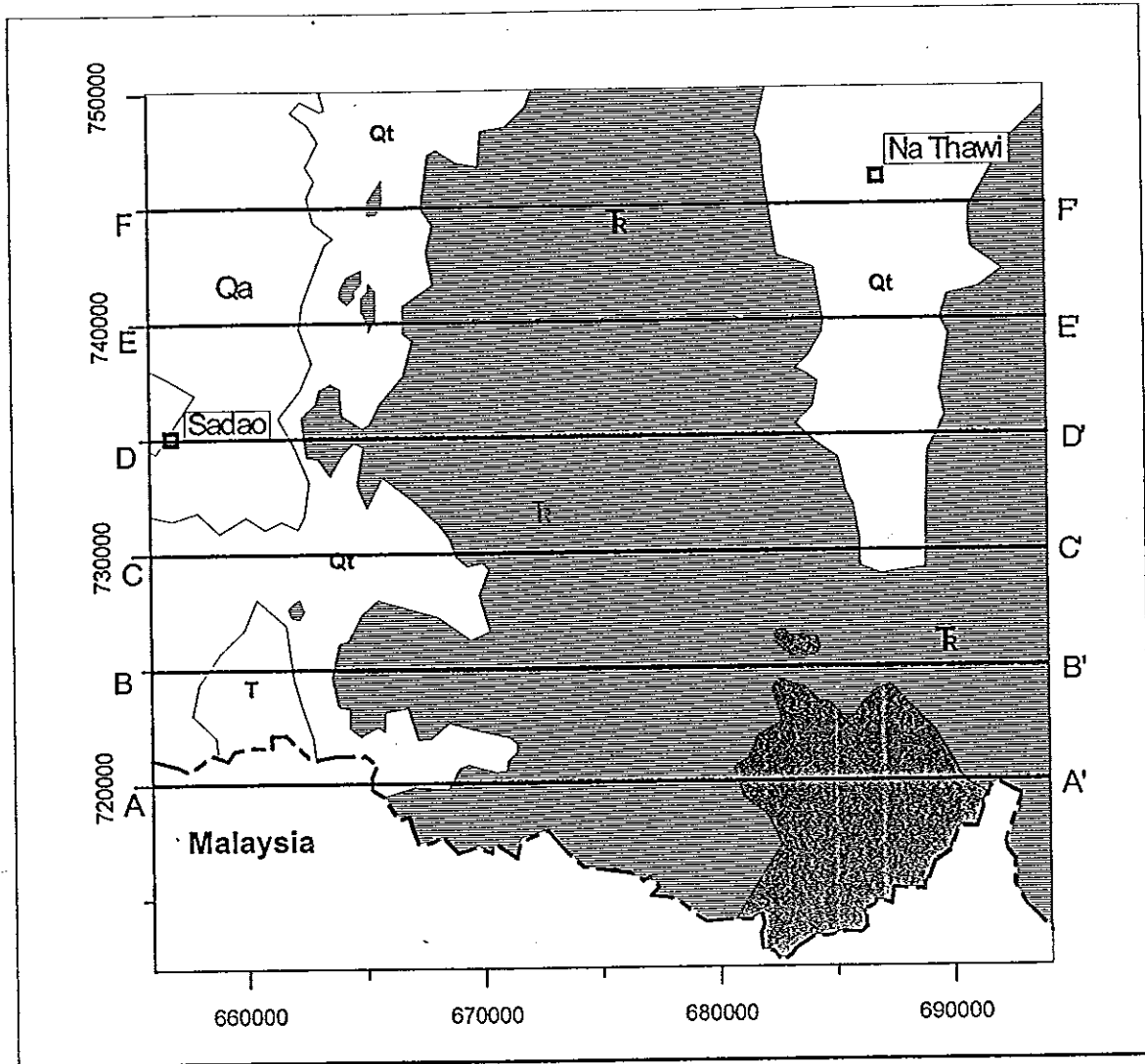
จากแผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา ได้กำหนดแนวภาคตัดขวางขนานกันในแนวตะวันออกและตะวันตก เพื่อสร้างแบบจำลองธรณีวิทยาได้ระดับน้ำทะเลปานกลาง จำนวน 6 แนว คือ แนว AA' (720000N) , BB' (725000 N), CC' (730000N), DD' (735000N), EE' (740000N) และ FF' (745000N) โดยมีระยะห่างระหว่างแนวเท่ากับ 5 กิโลเมตร ดังภาพประกอบ 37

เมื่อพิจารณาค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ที่ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ดังภาพประกอบ 38 พบว่าค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์เหนือบริเวณหินแกรนิต จะมีค่าต่ำกว่าค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์เหนือบริเวณหินตะกอน และตะกอนควอเตอร์นารี ทั้ง ๆ ที่หินแกรนิตมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับหินตะกอนและมีความหนาแน่นมากกว่าตะกอนควอเตอร์นารี แสดงว่าน่าจะมีหินที่มีความหนาแน่นสูงกว่าหินแกรนิต หินตะกอนและตะกอนควอเตอร์นารี เป็นหินฐานวางตัวอยู่ด้านล่าง โดยวางตัวอยู่ในระดับลึกในบริเวณที่เป็นหินแกรนิต และอยู่ตื้นในบริเวณที่เป็นหินตะกอนและตะกอนควอเตอร์นารี

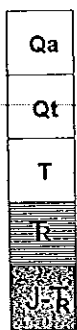
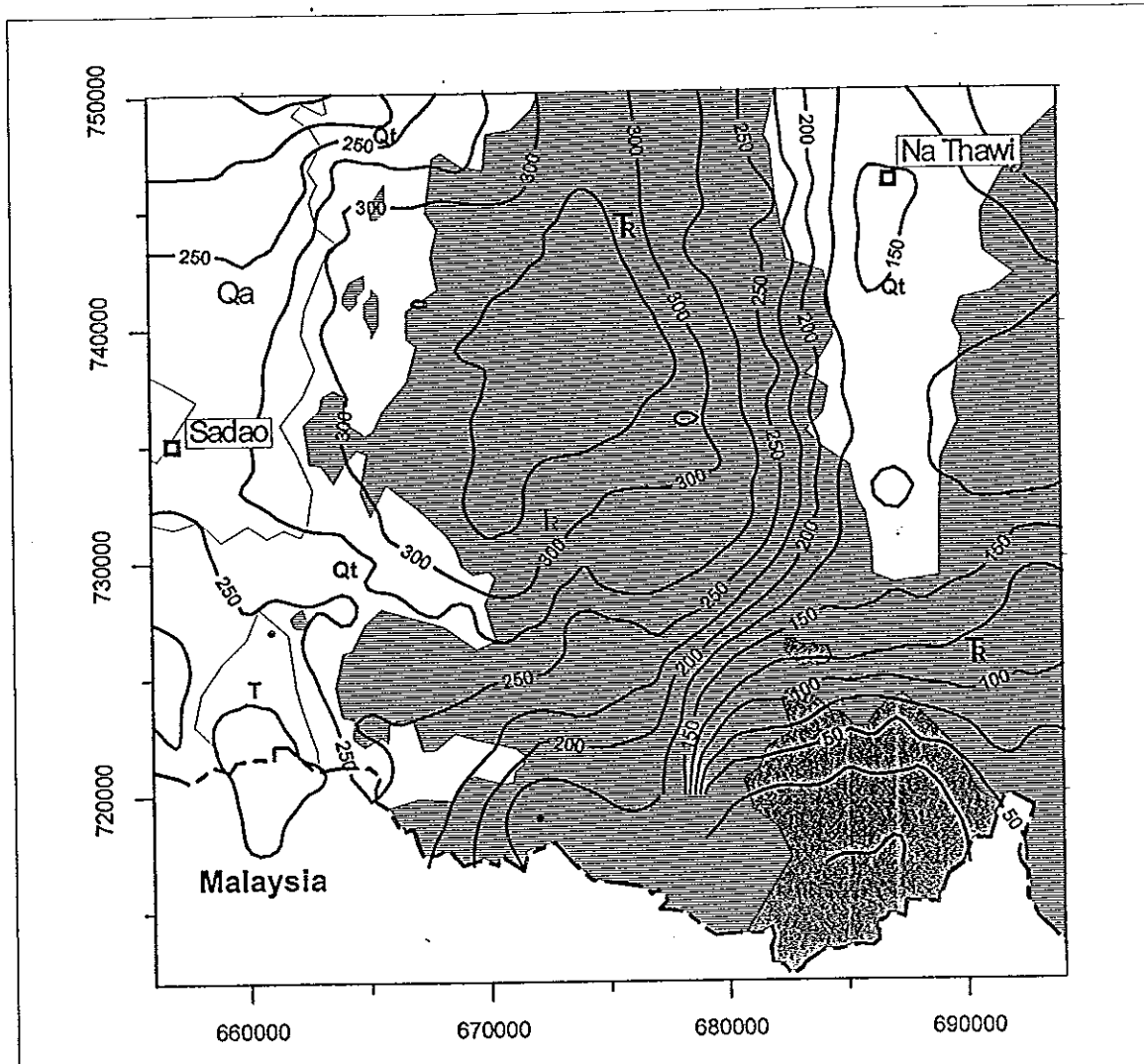
สุรศักดิ์ แก้วอ่อน (2539) และสุวิทย์ เพชรห้วยลึก (2539) รายงานว่า ค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำในพื้นที่จังหวัดสตูล จังหวัดสงขลา จังหวัดพัทลุง และจังหวัดตรัง ปรากฏเหนือบริเวณที่เป็นหินแกรนิต และค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าสูงปรากฏเหนือบริเวณหินตะกอน สามารถสร้างแบบจำลองธรณีวิทยาได้ระดับน้ำทะเล จากภาคตัดขวางของค่าผิดปกติบัวร์แกร์สัมบูรณ์ โดยให้หินที่มีความหนาแน่นเท่ากับ $2,800 \text{ kg/m}^3$ เป็นหินฐานรองรับหินแกรนิต และหินตะกอนที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า คือ $2,620 \text{ kg/m}^3$ และ $2,400 \text{ kg/m}^3$ ตามลำดับ โดยหินฐานจะวางตัวอยู่ในระดับลึกกว่า 10 กิโลเมตร ในบริเวณที่รองรับหินแกรนิต และวางตัวอยู่ในระดับตื้นในบริเวณที่รองรับหินตะกอน

จากการศึกษาทางธรณีวิทยาของหินแกรนิตในแนวนอนนี้ เชื่อว่าส่วนใหญ่เกิดจากการหลอมละลายบางส่วนของหินที่สะสมตัวอยู่เดิมในเปลือกโลก ในช่วงอายุประมาณปลายยุคไทรแอสซิกถึงต้นยุคจูแรสซิก อันเป็นผลเนื่องจากการชนกันของจุลทวีปฉานไทยและอินโดจีน (Moore and Fairbridge, 1997 ; สุรศักดิ์ แก้วอ่อน, 2539) ซึ่งสอดคล้องกับช่วงอายุของหินแกรนิตเขาน้ำค้าง จึงสันนิษฐานว่าแกรนิตเขาน้ำค้างอาจเกิดจากการหลอมเหลวของเปลือกโลกภาคพื้นทวีปหรือหินตะกอนที่มีอยู่เดิม ทำให้เกิดการแปรสภาพเป็นหินแกรนิต (granitization) มีลักษณะที่เรียกว่า Granitic plume ดังภาพประกอบ 39 เคลื่อนที่ดันขึ้นมา เกิดเป็นหินพวกแกรนิตมวลไพศาล

ภาพประกอบ 37 แนวภาคตัดขวางชั้นทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย



ภาพประกอบ 38 แผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบอร์เกอร์สัมบูรณ์ในหน่วย g.u. ที่ซ้อนทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้



Qa QUATERNARY : Alluvial Deposits
Qt QUATERNARY : Terrace Deposits
T TERTIARY : KHUAN KHUHA FORMATION
R TRIASSIC : NA THAWI FORMATION
J+T+R JURASSIC-TRIASSIC : Granite
 (present granite boundary)



□ Amphoe

--- Border line

contour interval 25 g.u.



แบบจำลองที่ 2 กำหนดตามข้อมูลความถ่วงบริเวณคาบสมุทรมาเลเซีย (Loke, 1992) และการเกิด Granitic Plume เนื่องจากการชนกันของจุลทวีปฐานไทยและอินโดจีน โดยให้ตะกอนควาเทอร์นารีมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2,000 \text{ kg/m}^3$ หินตะกอนยุคไทรแอสซิกมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2,550 \text{ kg/m}^3$ วางตัวอยู่บนหินแปร (metasediments) ที่เป็นหินชั้นเปลือกโลก (crustal material) ที่มีความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$ ส่วนหินแกรนิตมีลักษณะที่เรียกว่า Granitic Plume ลอยแทรกซอนหินตะกอนและตะกอนควาเทอร์นารีขึ้นมา โดยมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2,620 \text{ kg/m}^3$ บริเวณส่วนบนของ Granitic Plume เป็นหินแกรนิตที่มีมีความหนาแน่นเฉลี่ย $2,550 \text{ kg/m}^3$

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น เมื่อนำไปสร้างแบบจำลองภาคตัดขวางมวลผิดปกติได้ระดับน้ำทะเลในแต่ละแนว จึงมีลักษณะดังนี้

5.2.1.1 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว AA' (720000N) (ภาพประกอบ 40) (ที่ระยะ 656000E-666000E ไม่มีข้อมูล เนื่องจากอยู่ในเขตประเทศมาเลเซีย)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติความถ่วงในแนว AA' นี้มีค่าผิดปกติความถ่วงสูง ($> 75 \text{ g.u.}$) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกที่ระยะประมาณ 656000E-677000E และค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ ($< 75 \text{ g.u.}$) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันออก ที่ระยะประมาณ 680000E-694000E ซึ่งรอยต่อของสองบริเวณคือ ที่ระยะ 677000E-680000E เส้นกราฟของค่าผิดปกติความถ่วงจะมีความชันมาก

5.2.1.1.1 แบบจำลองที่ 1

ได้สร้างแบบจำลองให้มีการแทรกดันตัวของหินฐานขึ้นมาถึงที่ระดับความลึก 1,000-2,000 เมตร ที่ระยะ 666000E-676000E ของแนวภาคตัดขวางนี้ ส่วนที่ระยะประมาณ 678000E-692000E ซึ่งเป็นบริเวณที่มีหินแกรนิตไหล ได้สร้างแบบจำลองให้หินฐานวางตัวอยู่ในระดับลึก โดยที่ระยะ 656000E-676000E ได้สร้างแบบจำลองให้หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาแน่นประมาณ 500-1,500 เมตร ที่ระยะ 676000E-694000E กำหนดแบบจำลองให้หินแกรนิตชุดนี้มีความหนาแน่นประมาณ 5,000-7,000 เมตร วางตัวที่ระดับลึกประมาณ 5,000-7,500 เมตร และมีความลึกมากที่สุดประมาณ 7,470 เมตร ที่ระยะ 688000E-689000E

ส่วนบริเวณเป็นหินแกรนิตชุดบนคือ หินแกรนิตไหล ที่ระยะ 675000E-688000E ได้สร้างแบบจำลองให้หินแกรนิตชุดนี้แทรกซอนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกขึ้นมา และมีความหนาแน่นประมาณ 150-350 เมตร

สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 170-220 เมตร ที่ระยะ 666000E-674000E และมีความหนาประมาณ 300-600 เมตร ที่ระยะ 687000E- 694000E

และได้สร้างแบบจำลองให้ตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-664000E และที่ระยะ 679000E-688000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 30 เมตร

สำหรับค่าผิดพลาดความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดพลาดความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.06

5.2.1.1.2 แบบจำลองที่ 2

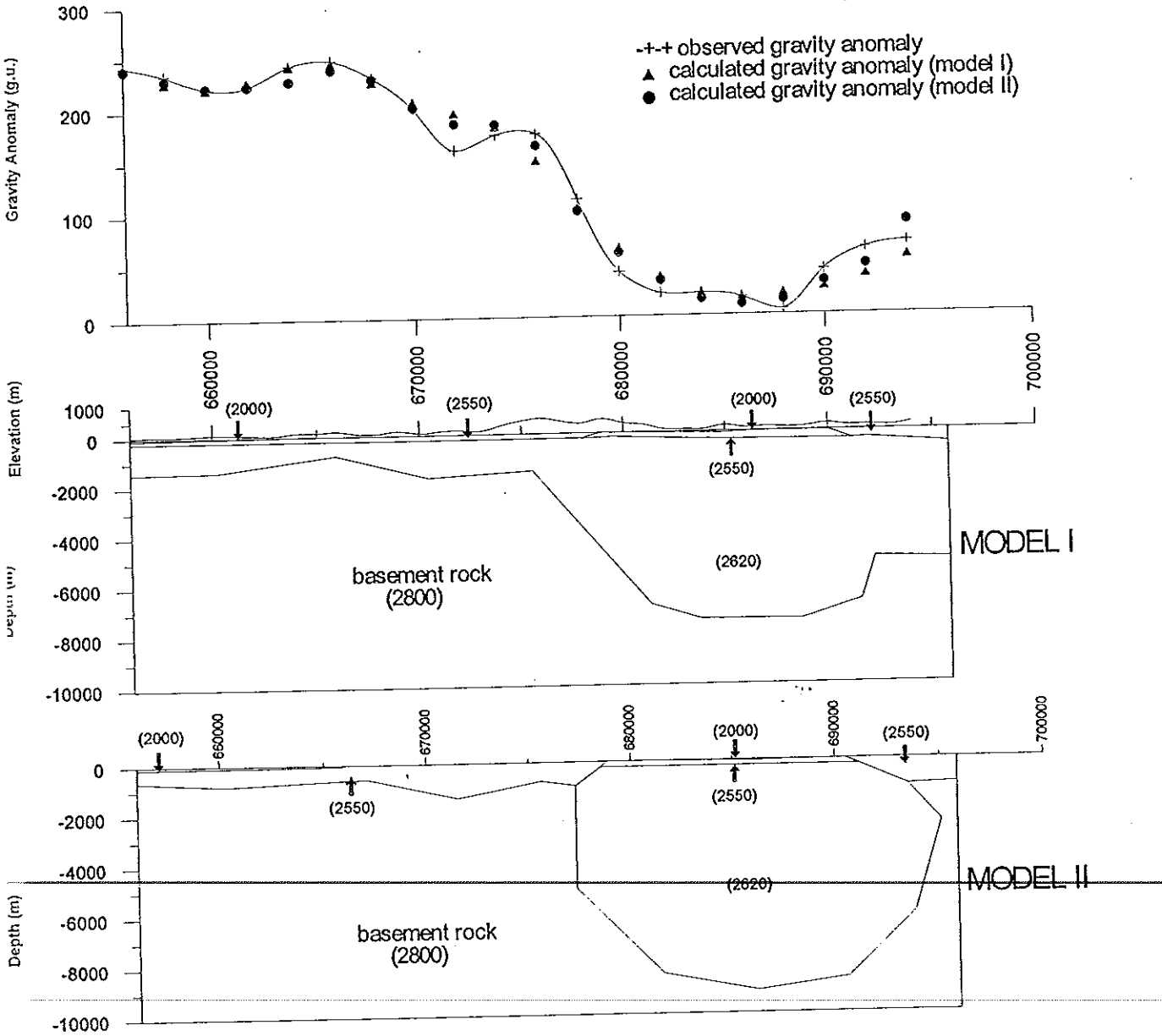
ได้สร้างแบบจำลองให้หินแกรนิต "Granitic Plume" แทรกซ้อนหินตะกอนไทรแอสซิกขึ้นมาที่ระยะ 679000E-691000E โดยมีความหนาประมาณ 8,000-9,000 เมตร และส่วนบนมีลักษณะเป็นแกรนิตผุ มีความหนาประมาณ 100-230 เมตร Granitic Plume นี้วางตัวอยู่บนหินแปร (metasediments) ซึ่งเป็นหินฐาน สำหรับหินฐานวางตัวในระดับตื้นคือ มีความลึก 500-1,500 เมตร ที่ระยะ 656000E-678000E และที่ระยะ 693000E-694000E ส่วนบริเวณที่รองรับ Granitic Plume หินฐานวางตัวอยู่ในระดับลึกประมาณ 8,000-9,000 เมตร

สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 500-1,500 เมตร โดยปรากฏที่ระยะ 666000E-679000E และที่ระยะ 691000E-694000E

สำหรับตะกอนควาเทอร์นารีได้สร้างแบบจำลองให้ปรากฏที่ระยะ 656000E-666000E และวางตัวอยู่บนหินตะกอนไทรแอสซิก มีความลึกไม่เกิน 65 เมตร ส่วนที่ระยะ 680000E-691000E วางตัวอยู่บนหินแกรนิตผุ โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 50 เมตร

สำหรับค่าผิดพลาดความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดพลาดความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.09

ภาพประกอบ 40 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว AA'



5.2.1.2 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว BB' (725000N) (ภาพประกอบ 41)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติความถ่วงในแนว BB' นี้มีค่าผิดปกติความถ่วงสูง (> 75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกที่ระยะประมาณ 656000E-678000E และค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (< 75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันออก ที่ระยะประมาณ 682000E-694000E ซึ่งรอยต่อของสองบริเวณคือ ที่ระยะ 678000E-682000E เส้นกราฟของค่าผิดปกติความถ่วงมีความชันค่อนข้างมาก

5.2.1.2.1 แบบจำลองที่ 1

บริเวณตอนกลางของแนวนี้ ได้สร้างแบบจำลองให้หินฐานคันทินแกรนิตชุดล่างขึ้นมาที่ระดับลึกประมาณ 1,500-2,800 เมตร โดยหินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 1,500-2,500 เมตร ที่ระยะ 656000E-675000E ส่วนที่ระยะ 678000E-694000E หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 4,000-5,000 เมตร วางตัวที่ระดับลึกประมาณ 4,000-4,500 เมตร และหินฐานวางตัวที่ระดับลึก 4,000-5,000 เมตร

ส่วนบริเวณที่หินแกรนิตโผล่คือ ที่ระยะ 674000E-688000E หินแกรนิตชุดนี้แทรกซอนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกขึ้นมา โดยมีความหนาประมาณ 100-200 เมตร

สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกมีความหนาประมาณ 200-300 เมตร ที่ระยะ 656000E-675000E ส่วนที่ระยะ 687000E-694000E มีความหนาประมาณ 200-500 เมตร

สำหรับตะกอนควาเทอร์นารี ปรากฏที่ระยะ 656000E-664000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 33 เมตร

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.16

5.2.1.2.2 แบบจำลองที่ 2

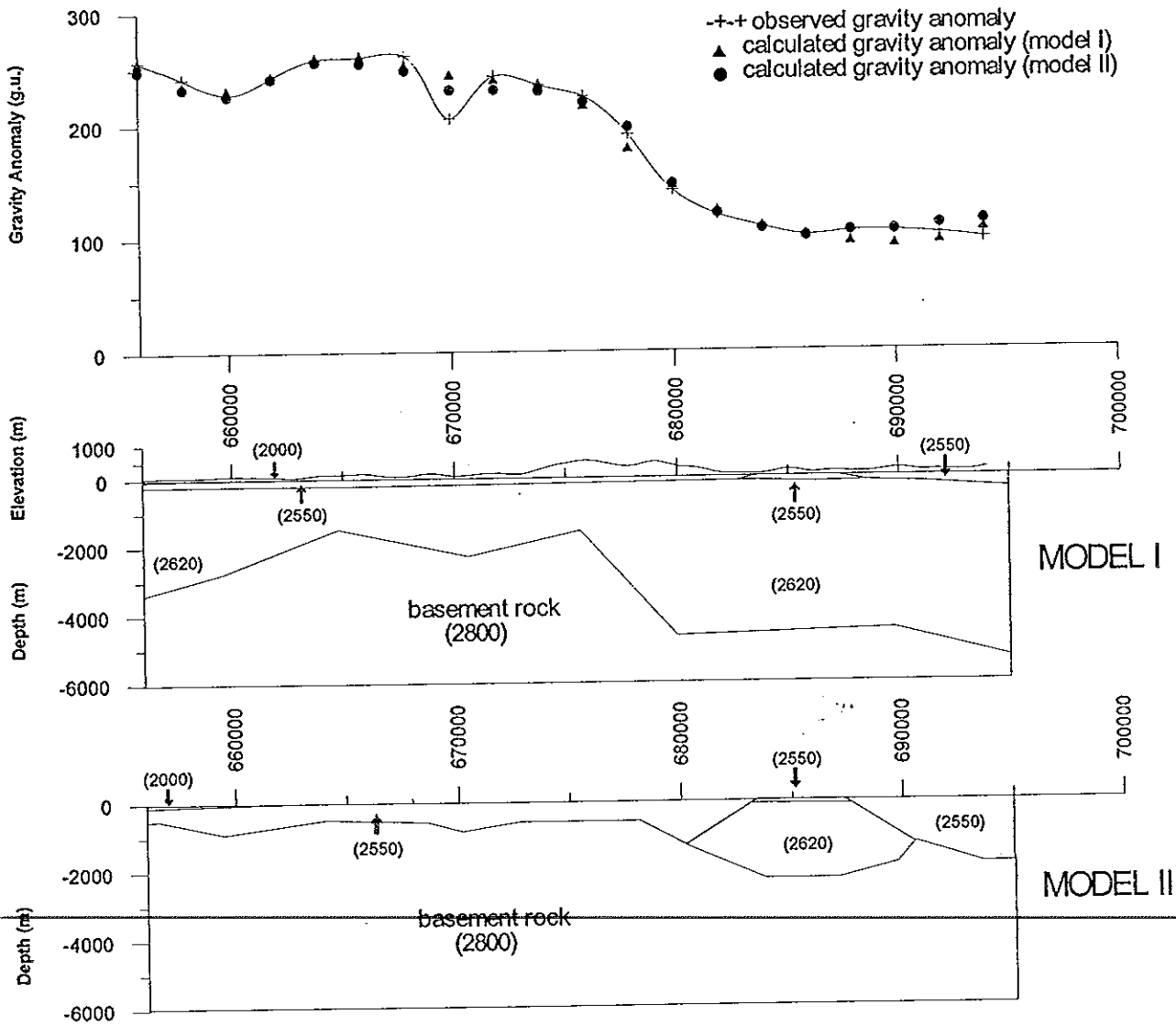
หินแกรนิต "Granitic Plume" แทรกซอนหินตะกอนไทรแอสซิกขึ้นมาที่ระยะ 683000E-688000E โดยมีความหนาประมาณ 2,300 เมตร และส่วนบนเป็นแกรนิตผุ มีความหนาประมาณ 100-120 เมตร โดย Granitic Plume นี้วางตัวอยู่บนหินแปร metasediments ซึ่งเป็นหินฐาน โดยหินฐานวางตัวในระดับตื้นคือ ที่ระยะ 656000E-683000E มีความลึกประมาณ 500-1,300 เมตร และที่ระยะ 693000E-694000E หินฐานวางตัวที่ระดับลึกประมาณ 1,200-1,900 เมตร ส่วนบริเวณที่รองรับ Granitic Plume หินฐานวางตัวอยู่ในระดับลึกประมาณ 1,500-2,500 เมตร

สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้
ปรากฏที่ระยะ 663000E-683000E โดยมีความหนาประมาณ 500-1,300 เมตร และที่ระยะ
688000E- 694000E มีความหนาประมาณ 1,200-1,900 เมตร

สำหรับตะกอนควาเทอร์นารี ปรากฏที่ระยะ 656000E-
663000E โดยวางตัวอยู่บนหินตะกอนไทรแอสซิก และมีความลึกไม่เกิน 55 เมตร

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้
สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.41

ภาพประกอบ 41 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว BB'



5.2.1.3 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว CC' (730000N) (ภาพประกอบ 42)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติความถ่วงในแนว CC' นี้ มีค่าผิดปกติความถ่วงสูง (> 75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกและตอนกลาง หรือที่ระยะประมาณ 656000E-683000E และค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (< 75 g.u.) ไม่ปรากฏอยู่ในแนวนี้เลย

5.2.1.3.1 แบบจำลองที่ 1

ที่บริเวณตอนกลางของแนวนี้คือ ที่ระยะ 656000E-680000E ได้สร้างแบบจำลองให้หินฐานคั่นหินแกรนิตชุดล่างขึ้นมาที่ระดับลึกประมาณ 1,000-2,000 เมตร โดยหินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 700-1,000 เมตร ส่วนบริเวณด้านข้างคือ ที่ระยะ 656000E-665000E และ 680000E-694000E หินแกรนิตชุดนี้มีความหนาประมาณ 2,000-4,000 เมตร โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 4,000 เมตร ที่ระยะ 693000E-694000E

ส่วนหินตะกอนยุคไทรแอสซิก ได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 300-400 เมตร ที่ระยะ 656000E-672000E และที่ระยะ 682000E-694000E มีความหนาประมาณ 700-1,000 เมตร

สำหรับตะกอนควาเทอร์นารี ปรากฏที่ระยะ 656000E-667000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 33 เมตร และที่ระยะ 683000E-687000E มีความลึกมากที่สุดประมาณ 20 เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหินแกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิตไหล

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.23

5.2.1.3.2 แบบจำลองที่ 2

หินแปร metasediments ซึ่งเป็นหินฐานรองรับหินตะกอนไทรแอสซิก มีลักษณะค่อนข้างโป่งนูนบริเวณตอนกลางของแนวภาคตัดขวางนี้ โดยที่ระยะ 668000E-680000E หินฐานอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 400-800 เมตร ส่วนบริเวณด้านข้างคือ ที่ระยะ 656000E-668000E และที่ระยะ 680000E-694000E หินฐานวางตัวที่ระดับลึกประมาณ 800-2,000 เมตร

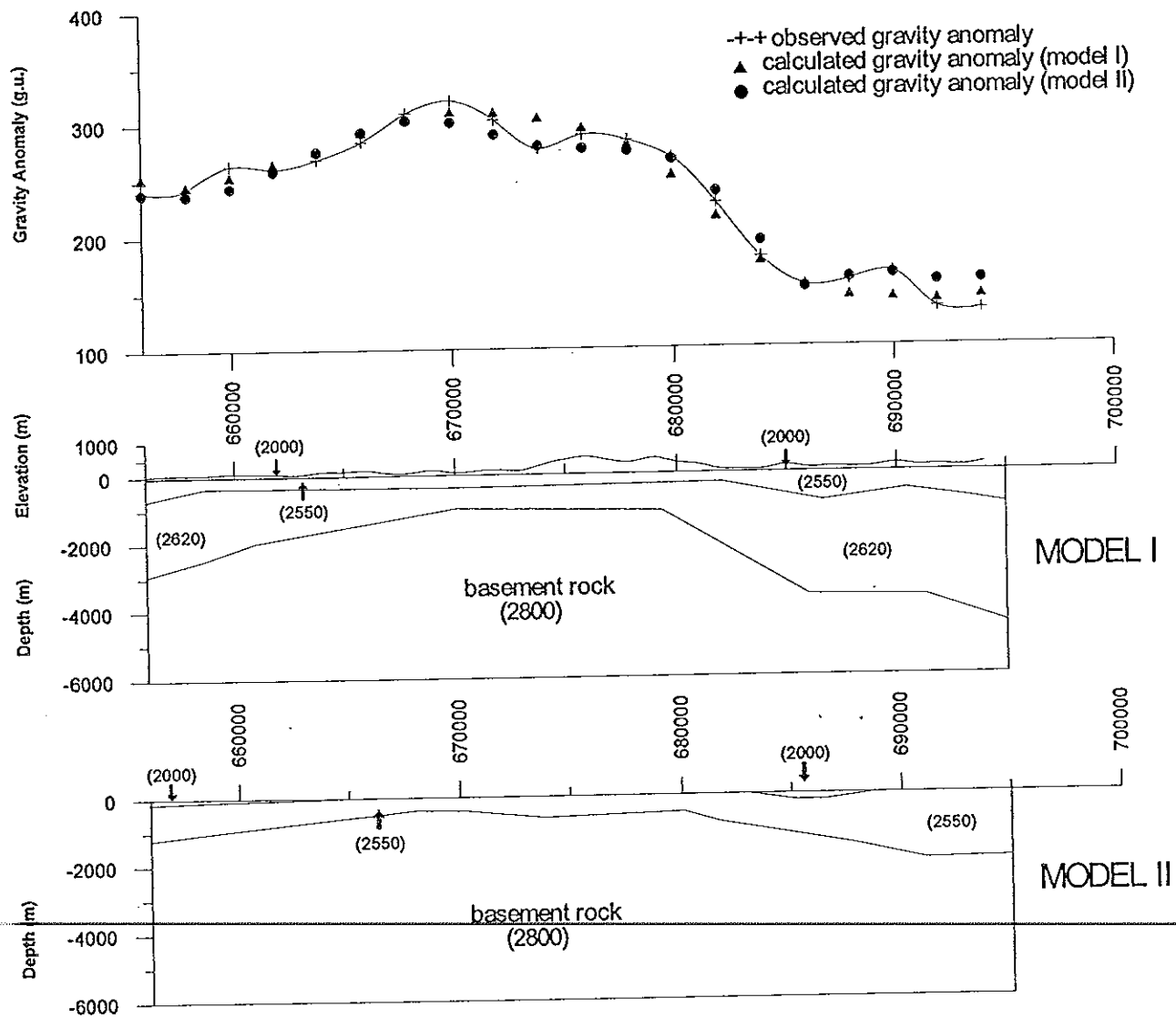
สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกซึ่งวางตัวอยู่บนหินฐาน ได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 400-800 เมตร ที่ระยะ 656000E-683000E และที่ระยะ 683000E-694000E มีความหนาประมาณ 800-2,000 เมตร

สำหรับตะกอนควาเทอร์นารี ปรากฏที่ระยะ 656000E-663000E โดยมีความลึกไม่เกิน 110 เมตร และที่ระยะ 683000E-689000E มีความลึกไม่เกิน 200 เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหินแกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิตโผล่

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.05

ภาพประกอบ 42 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว CC'



5.2.1.4 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว DD' (735000N) (ภาพประกอบ 43)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติความถ่วงในแนว DD' นี้มีค่าผิดปกติความถ่วงสูง (> 75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกและตอนกลาง หรือที่ระยะประมาณ 656000E-684000E และค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (< 75 g.u.) ไม่ปรากฏอยู่ในแนวนี้เลย

5.2.1.4.1 แบบจำลองที่ 1

ได้สร้างแบบจำลองให้บริเวณตอนกลางของแนวนี้คือ ที่ระยะ 665000E-680000E หินฐานคันหินแกรนิตชุดล่างขึ้นมาที่ระดับลึกประมาณ 1,000-2,000 เมตร โดยที่ระยะ 656000E-680000E หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 1,000-2,000 เมตร และที่ระยะ 680000E-694000E หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 2,500-3,500 เมตร โดยหินแกรนิตชุดล่างนี้มีความลึกมากที่สุดประมาณ 4,400 เมตร ที่ระยะ 688000E-689000E

ส่วนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 400-600 เมตร ที่ระยะ 656000E-672000E และที่ระยะ 665000E-682000E มีความหนาประมาณ 200-300 เมตร ส่วนที่ระยะ 682000E-692000E มีความหนาประมาณ 1,500-2,000 เมตร

และตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-664000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 35 เมตร และที่ระยะ 680000E-689000E มีความลึกมากที่สุดประมาณ 60 เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหินแกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิตโผล่

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.33

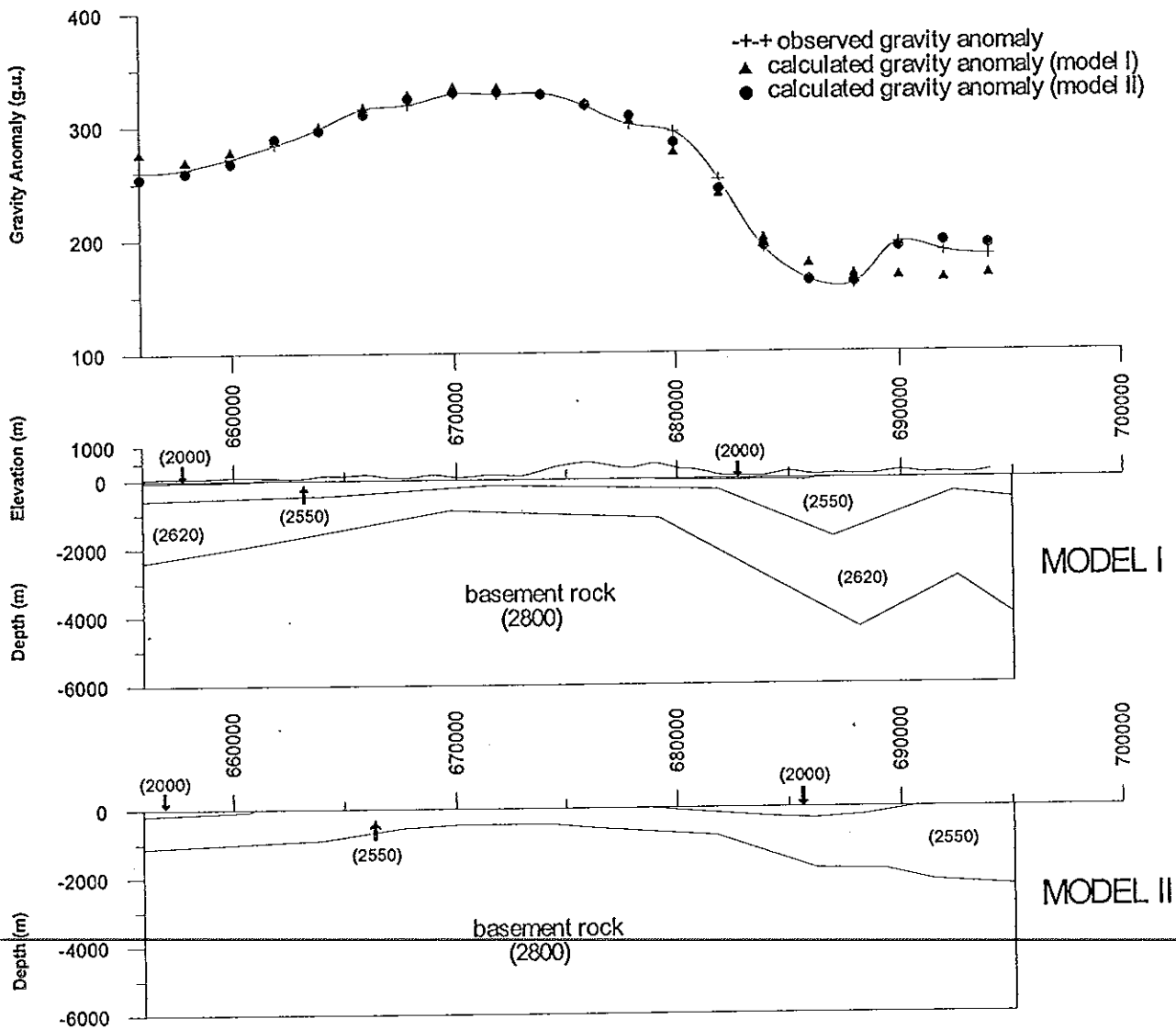
5.2.1.4.2 แบบจำลองที่ 2

หินแปร metasediments ซึ่งเป็นหินฐานรองรับหินตะกอนไทรแอสซิก มีลักษณะค่อนข้างโป่งนูนบริเวณตอนกลางของแนวภาคตัดขวางนี้ โดยบริเวณตอนกลางคือ ที่ระยะ 664000E-682000E หินฐานอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 400-800 เมตร ส่วนบริเวณด้านข้างคือ ที่ระยะ 656000E-664000E และที่ระยะ 682000E-694000E หินฐานวางตัวที่ระดับลึกประมาณ 800-2,200 เมตร

สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกซึ่งวางตัวอยู่บนหินฐาน ที่ระยะ 656000E-683000E มีความหนาประมาณ 400-800 เมตร และที่ระยะ 685000E-694000E มีความหนาประมาณ 1,000-2,000 เมตร

และตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-661000E
โดยมีความลึกไม่เกิน 120 เมตร และที่ระยะ 6790000E-6900000E มีความลึกไม่เกิน 300 เมตร
สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหิน
แกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิต โผล่
สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้
สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.02

ภาพประกอบ 43 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว DD'



5.2.1.5 ภาคตัดขวางของมวลลึกลับในแนว EE' (74000N) (ภาพประกอบ 44)

ภาคตัดขวางค่าลึกลับความถ่วงในแนว EE' นี้ มีค่าลึกลับความถ่วงสูง (>75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกและตอนกลาง ที่ระยะประมาณ 656000E-683000E และค่าลึกลับความถ่วงต่ำ (< 75 g.u.) ไม่ปรากฏอยู่ในแนวนี้เลย

5.2.1.5.1 แบบจำลองที่ 1

บริเวณตอนกลางของแนวนี้คือ ที่ระยะ 665000E-679000E ได้สร้างแบบจำลองให้หินฐานคั่นหินแกรนิตชุดล่างขึ้นมาที่ระดับลึกประมาณ 800-1,500 เมตร โดยที่ระยะ 656000E-678000E หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 1,000-2,500 เมตร และที่ระยะ 680000E-694000E หินแกรนิตชุดนี้มีความหนาประมาณ 3,000-4,000 เมตร โดยหินแกรนิตชุดล่างนี้มีความลึกมากที่สุดประมาณ 6,860 เมตร ที่ระยะ 687000E-688000E

ส่วนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 200-600 เมตร ที่ระยะ 656000E-684000E และที่ระยะ 685000E-692000E มีความหนาประมาณ 1,700-2,200 เมตร

และตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-664000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 35 เมตร และที่ระยะ 680000E-689000E มีความลึกมากที่สุดประมาณ 80 เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหินแกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิตไหล

สำหรับค่าลึกลับความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าลึกลับความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.01

5.2.1.5.2 แบบจำลองที่ 2

หินแปร metasediments ซึ่งเป็นหินฐานรองรับหินตะกอนไทรแอสซิก มีลักษณะค่อนข้างโป่งนูนบริเวณตอนกลางของแนวภาคตัดขวางนี้คือ ที่ระยะ 667000E-676000E หินฐานอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 380-600 เมตร ส่วนบริเวณด้านข้างคือ ที่ระยะ 656000E-664000E และที่ระยะ 682000E-694000E หินฐานวางตัวที่ระดับลึกประมาณ 1,000-1,900 เมตร

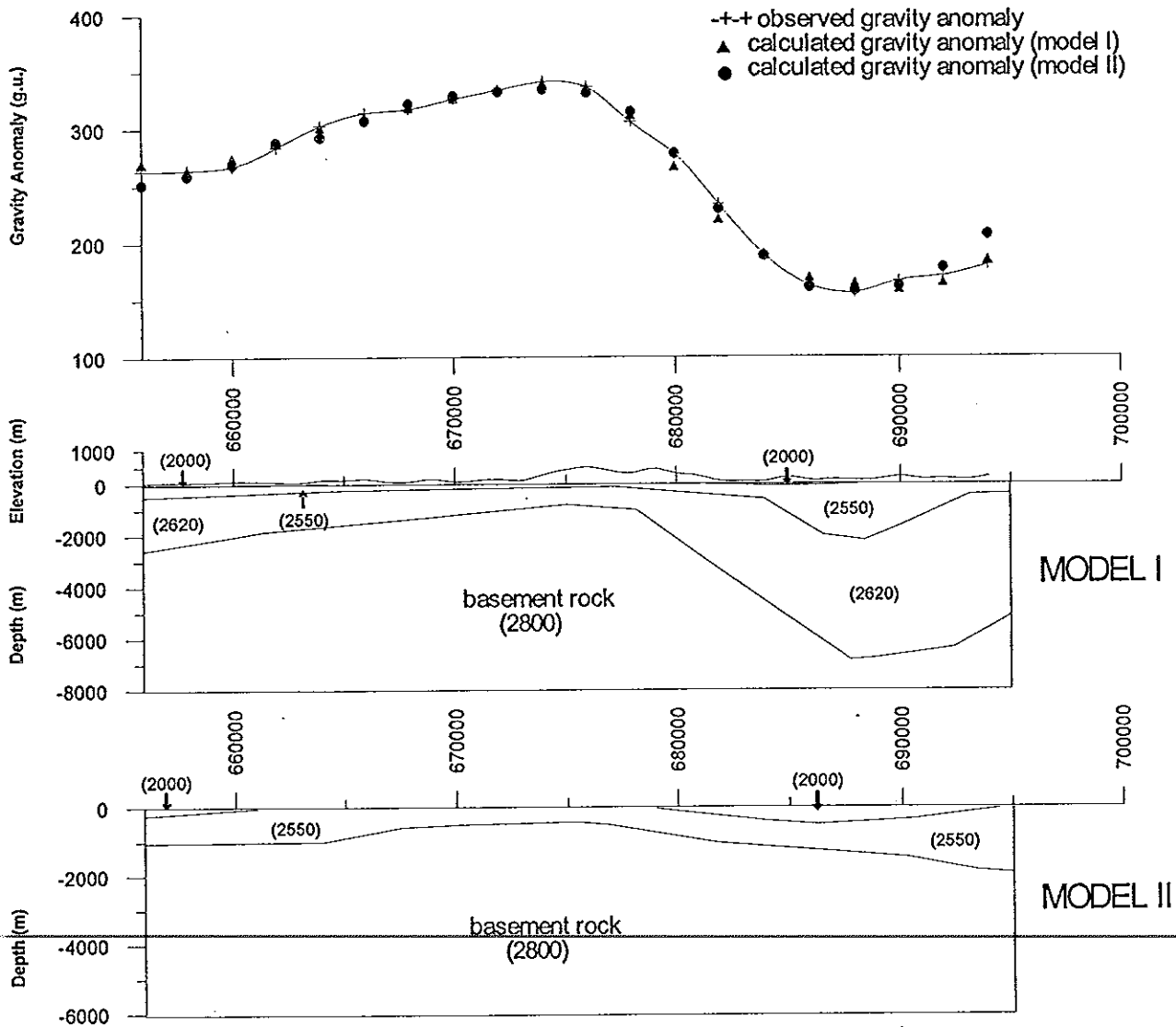
สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกซึ่งวางตัวอยู่บนหินฐาน ได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 800-1,000 เมตร ที่ระยะ 656000E-664000E ส่วนที่ระยะ 665000E-680000E มีความหนาประมาณ 400-800 เมตร และที่ระยะ 680000E-694000E มีความหนาประมาณ 800-1,900 เมตร

และตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-661000E
โดยมีความลึกไม่เกิน 230 เมตร และที่ระยะ 6790000E-694000E มีความลึกประมาณ 300-500
เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหิน
แกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิต โผล่

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้
สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.05

ภาพประกอบ 44 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว EE'



5.2.1.6 ภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแนว FF' (745000N) (ภาพประกอบ 45)

ภาคตัดขวางค่าผิดปกติความถ่วงในแนว FF' นี้ มีค่าผิดปกติความถ่วงสูง (>75 g.u.) ปรากฏอยู่บริเวณด้านตะวันตกและตอนกลาง ที่ระยะประมาณ 656000E-684000E และค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (< 75 g.u.) ไม่ปรากฏอยู่ในแนวนี้เลย

5.2.1.6.1 แบบจำลองที่ 1

ได้สร้างแบบจำลองให้บริเวณตอนกลางของแนวนี้คือ ที่ระยะ 668000E-682000E หินฐานคันหินแกรนิตชุดล่างขึ้นมาที่ระดับลึกประมาณ 800-1,500 เมตร โดยที่ระยะ 656000E-665000E และที่ระยะ 685000E-694000E หินแกรนิตชุดล่างนี้มีความหนาประมาณ 2,000-3,000 เมตร และที่ระยะ 665000E-685000E มีความหนาประมาณ 600 - 2,000 เมตร และมีความลึกมากที่สุดประมาณ 4,100 เมตร ที่ระยะ 687000E-688000E

ส่วนหินตะกอนยุคไทรแอสซิกได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 200-500 เมตร ที่ระยะ 656000E-665000E ส่วนที่ระยะ 665000E-686000E มีความหนาประมาณ 100-300 เมตร และที่ระยะ 686000E-694000E มีความหนาเฉลี่ยประมาณ 1,000-1,300 เมตร

และตะกอนควาเทอร์นารีปรากฏที่ระยะ 656000E-666000E โดยมีความลึกมากที่สุดประมาณ 80 เมตร และที่ระยะ 678000E-686000E มีความลึกมากที่สุดประมาณ 50 เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหินแกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิตโผล่

สำหรับค่าผิดปกติความถ่วงที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 1 นี้ สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.13

5.2.1.6.2 แบบจำลองที่ 2

หินแปร metasediments ซึ่งเป็นหินฐานรองรับหินตะกอนไทรแอสซิก มีลักษณะค่อนข้างโป่งนูนบริเวณตอนกลางของแนวภาคตัดขวางนี้คือ ที่ระยะ 667000E-676000E หินฐานอยู่ที่ระดับลึกประมาณ 400-600 เมตร ส่วนบริเวณด้านข้างคือ ที่ระยะ 656000E-665000E และที่ระยะ 682000E-694000E หินฐานวางตัวที่ระดับลึกประมาณ 800-1,800 เมตร

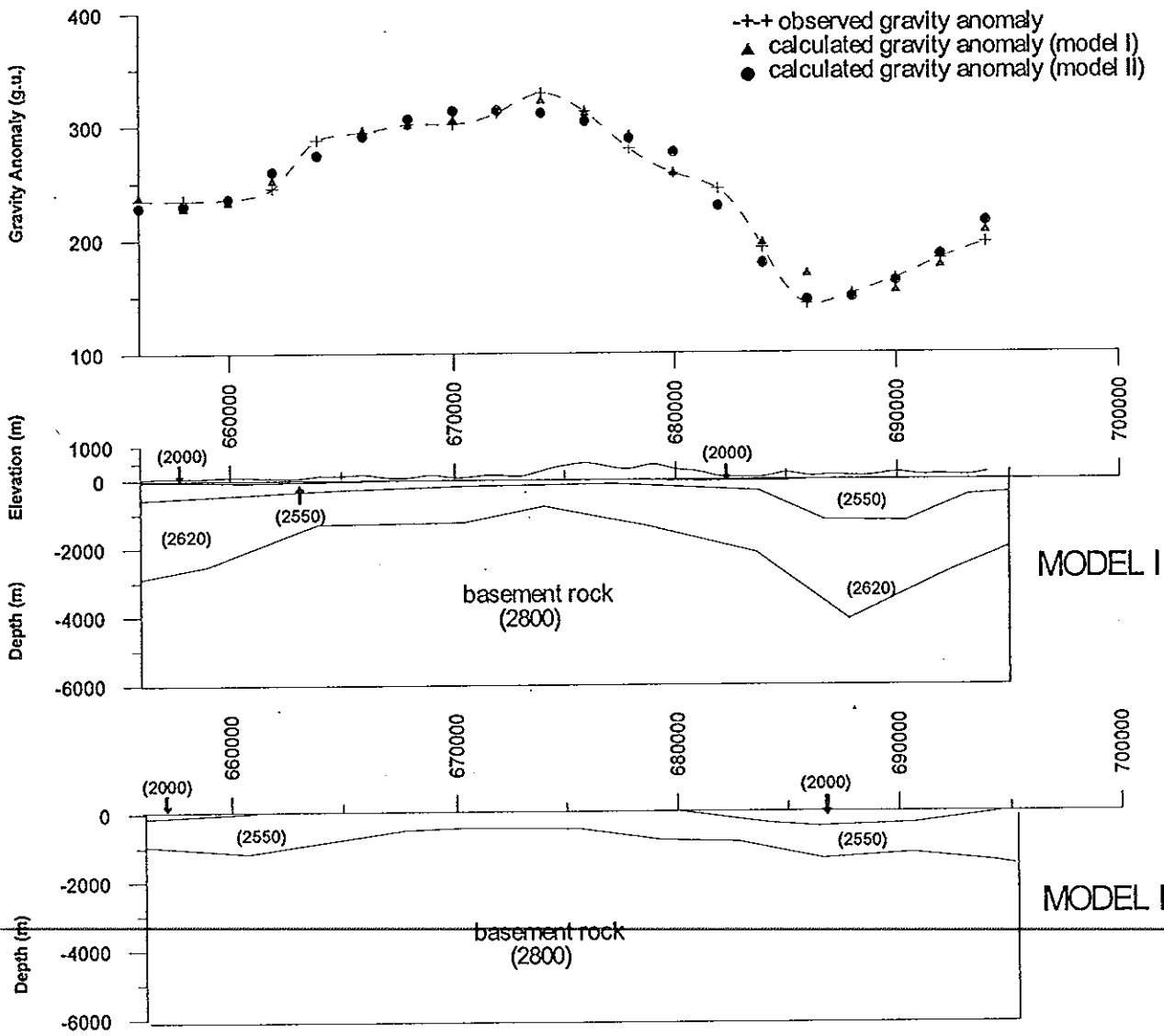
สำหรับหินตะกอนยุคไทรแอสซิกซึ่งวางตัวอยู่บนหินฐาน ได้สร้างแบบจำลองให้มีความหนาประมาณ 400-600 เมตร ที่ระยะ 666000E-676000E ส่วนที่ระยะ 656000E-665000E และที่ระยะ 680000E-694000E มีความหนาประมาณ 800-1,500 เมตร

และตะกอนความถี่ปรากฏที่ระยะ 656000E-661000E
โดยมีความลึกไม่เกิน 230 เมตร และที่ระยะ 6800000E-694000E มีความลึกประมาณ 300-500
เมตร

สำหรับในแนวภาคตัดขวางนี้ไม่ได้สร้างแบบจำลองของหิน
แกรนิตเนื่องจากตรวจไม่พบหินแกรนิต โผล่

สำหรับค่าผิดปกติความถี่ที่คำนวณได้จากแบบจำลองที่ 2 นี้
สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถี่ที่วัดได้ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน (Error rms) เท่ากับ 0.09

ภาพประกอบ 45 แบบจำลองภาคตัดขวางในแนว FF'

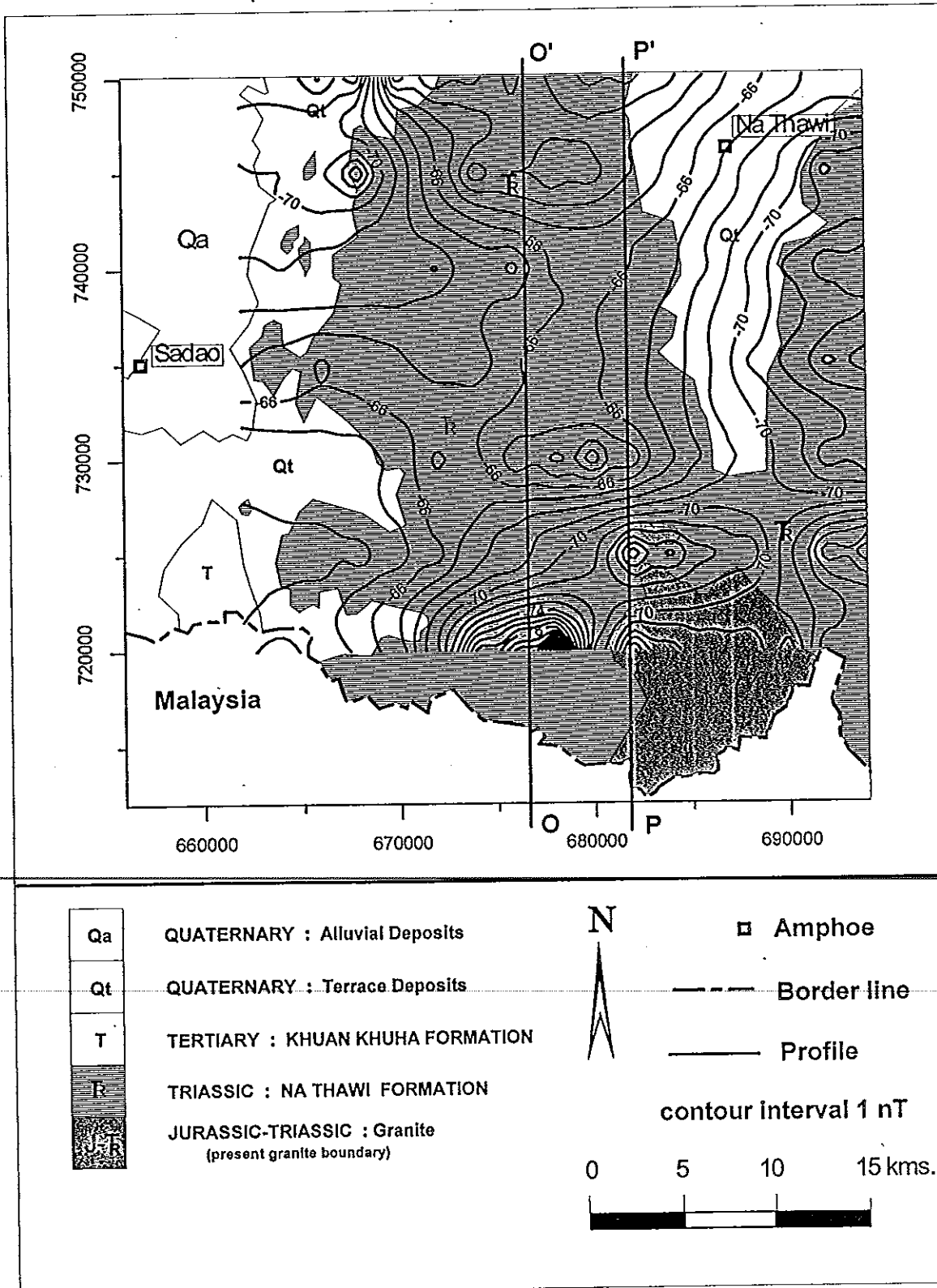


สำหรับแบบจำลองทั้ง 3 แบบนี้ ได้สร้างขึ้นโดยแปลความตามข้อมูลที่ เกี่ยวข้องและข้อมูลที่เป็นผลงานของนักธรณีฟิสิกส์และนักธรณีวิทยาในปัจจุบัน ซึ่งทุกแบบ-จำลองในส่วนค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ที่มีค่าต่ำ (< 75 g.u.) เป็นอิทธิพลจากการแทรกซอนของ หินแกรนิตจูแรสซิก-ไทรแอสซิกในหินตะกอนยุคไทรแอสซิกที่มีอายุมากกว่า และระดับความลึก ของหินฐานที่รองรับแกรนิตกล่าวคือ ถ้าบริเวณใดที่หินฐานอยู่ในระดับตื้น เช่น บริเวณที่ปกคลุม ด้วยหินตะกอนและตะกอนควาเทอร์นารี จะทำให้ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์บริเวณนั้นมีค่าสูง ส่วนบริเวณใดที่หินฐานอยู่ในระดับลึก ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์บริเวณนั้นจะมีค่าต่ำ

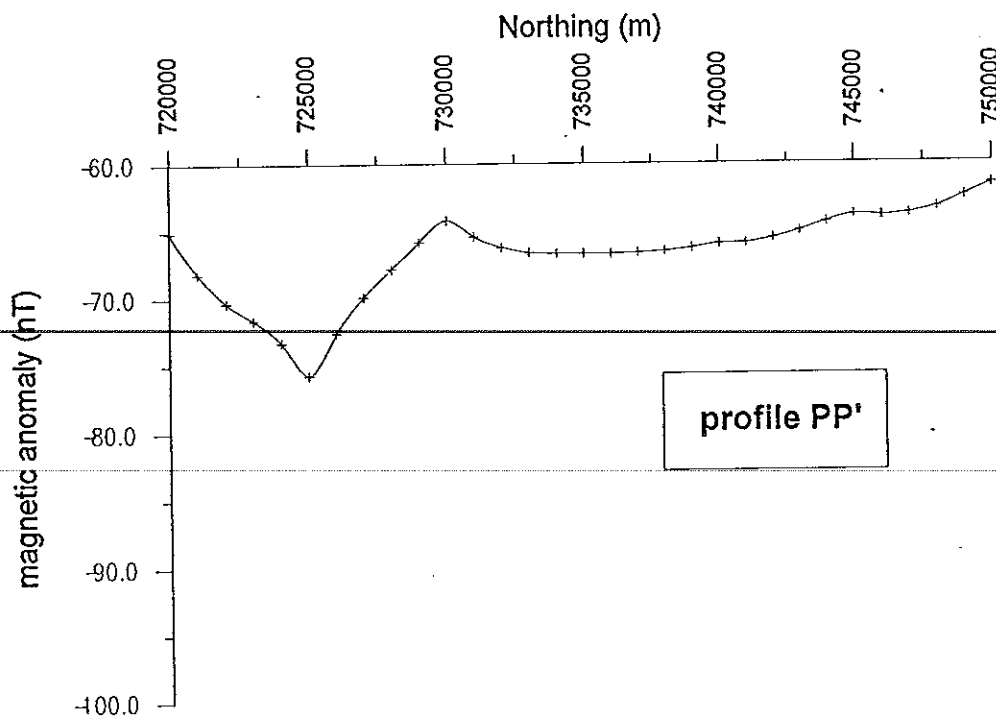
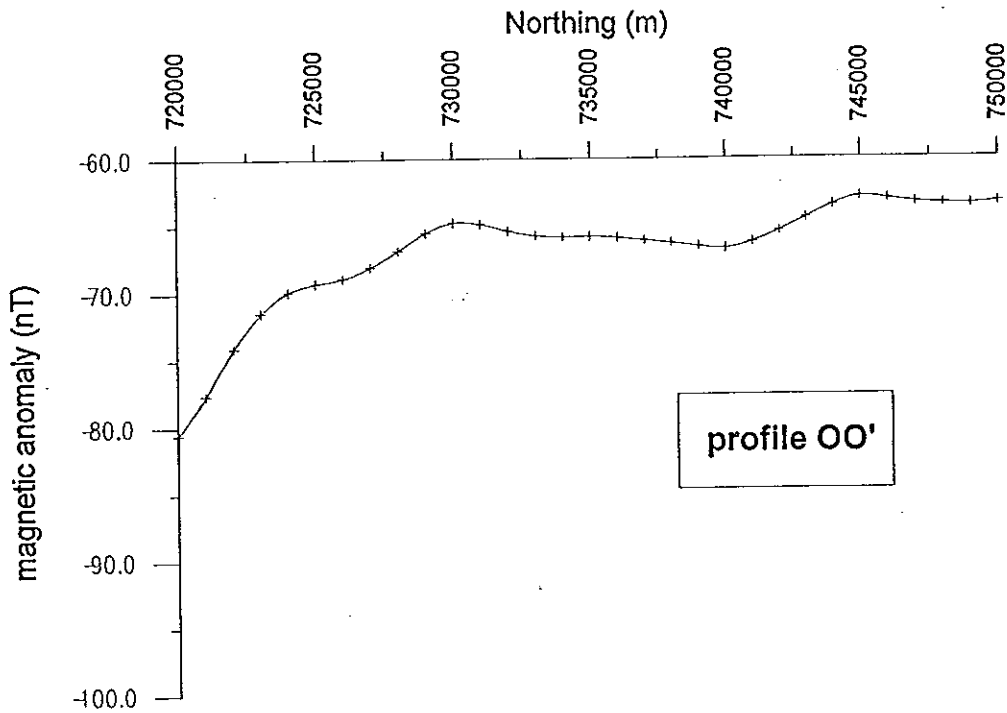
5.2.2 การแปลความค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลก

จากแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้กำหนดแนวภาคตัดขวางขนานกันในแนวทิศเหนือและทิศใต้ เพื่อหาความลึกของวัตถุต้นเหตุใต้ระดับ ผิวดินที่ส่งผลให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กในบริเวณพื้นที่ศึกษา จำนวน 2 แนว คือ แนว OO' (แนว 677000E) และแนว PP' (แนว 682000E) ดังภาพประกอบ 46 โดยกราฟแสดงค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลกในแนวภาคตัดขวางทั้งสอง ดังภาพประกอบ 47 ซึ่งผลการแปลความภาคตัดขวางค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลกด้วยวิธี The Peters' half-slope method (Lohawijarn, 1998) ในแนวภาคตัดขวาง OO' พบว่า วัตถุต้นเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง 720000N-723000N ตามแนวภาคตัดขวางนี้ และอยู่ในระดับลึก 2,650-4,400 เมตร ส่วนในแนวภาคตัดขวาง PP' พบว่า วัตถุต้นเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง 726000N-728000N ตามแนวภาคตัดขวางนี้ และอยู่ในระดับลึก 1,900 - 3,200 เมตร

ภาพประกอบ 46 แนวภาคตัดขวางบนแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก
 ชั้นทับบนแผนที่ธรณีวิทยาที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย



ภาพประกอบ 47 กราฟแสดงค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กโลกในแนวภาคตัดขวาง OO' และ PP'



6. ผลการศึกษาค่าความหนาของชั้นดินหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานทางไฟฟ้าและวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน

การศึกษาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินและวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความหนาของชั้นดิน หรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต

จากการสำรวจภาคสนามในบริเวณที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถ่วง ว่าเป็นหินแกรนิตพบว่า ในบริเวณดังกล่าวมีโอกาสที่จะพบหินแกรนิตตื้นน้อยมาก และหินแกรนิตที่พบโดยมากจะมีพื้นผิวที่ผุ หรือมีการเปลี่ยนแปลงไปทั้งสิ้น โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ในบริเวณนี้จะปกคลุมไปด้วยดินตะกอน ดังนั้นในการหาความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิตในบริเวณนี้ จึงควรจะต้องทราบความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิตนั้น ประกอบกับข้อมูลที่ได้การเจาะเจาะน้ำบาดาลในบริเวณนี้มีเพียงไม่กี่หลุมเจาะ (กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2535) ดังภาพประกอบ 48 ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลความหนาของชั้นดินตะกอนที่ชัดเจน จึงได้กำหนดตำแหน่งวัดความหนาของชั้นดินตะกอน ดังแสดงไว้ในภาพประกอบที่ 49 โดยตำแหน่ง A, B และ C เป็นตำแหน่งที่มีการวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินและวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือน ส่วนตำแหน่ง D เป็นตำแหน่งที่มีการวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดินเท่านั้น สำหรับการวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิตทั้ง 2 วิธี มีผลการวัดเป็นดังนี้

6.1 ผลการวัดค่าความหนาของชั้นดินที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน

จากข้อมูลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของตำแหน่งที่วัดความหนาของชั้นดิน ดังภาคผนวก จ เมื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม ABEM Super-VES แล้ว ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏของชั้นดิน ความหนาของชั้นดิน และ VES-CURVE ในแต่ละจุดวัดเป็นดังนี้

กราฟสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดวัด A แสดงไว้ในภาพประกอบ 50 โดยแนวการวัดอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแสแสมากสุดเท่ากับ 600 เมตร (หรือ $AB/2 = 300$ เมตร) กราฟมีลักษณะสูง-ต่ำ สลับกัน แสดงชั้นดินจำนวน 4 ชั้น โดยดินชั้นแรกมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าดินชั้นที่สอง ดินชั้นที่สองมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำกว่าดินชั้นที่สาม และดินชั้นที่สามมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าดินชั้นล่างสุด จากการแปลความเชิงปริมาณจะได้ว่า ดินชั้นแรกซึ่งหนาประมาณ 1.6 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าประมาณ 850 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สองมีความหนาประมาณ 8.0 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าประมาณ 398 โอห์ม-เมตร

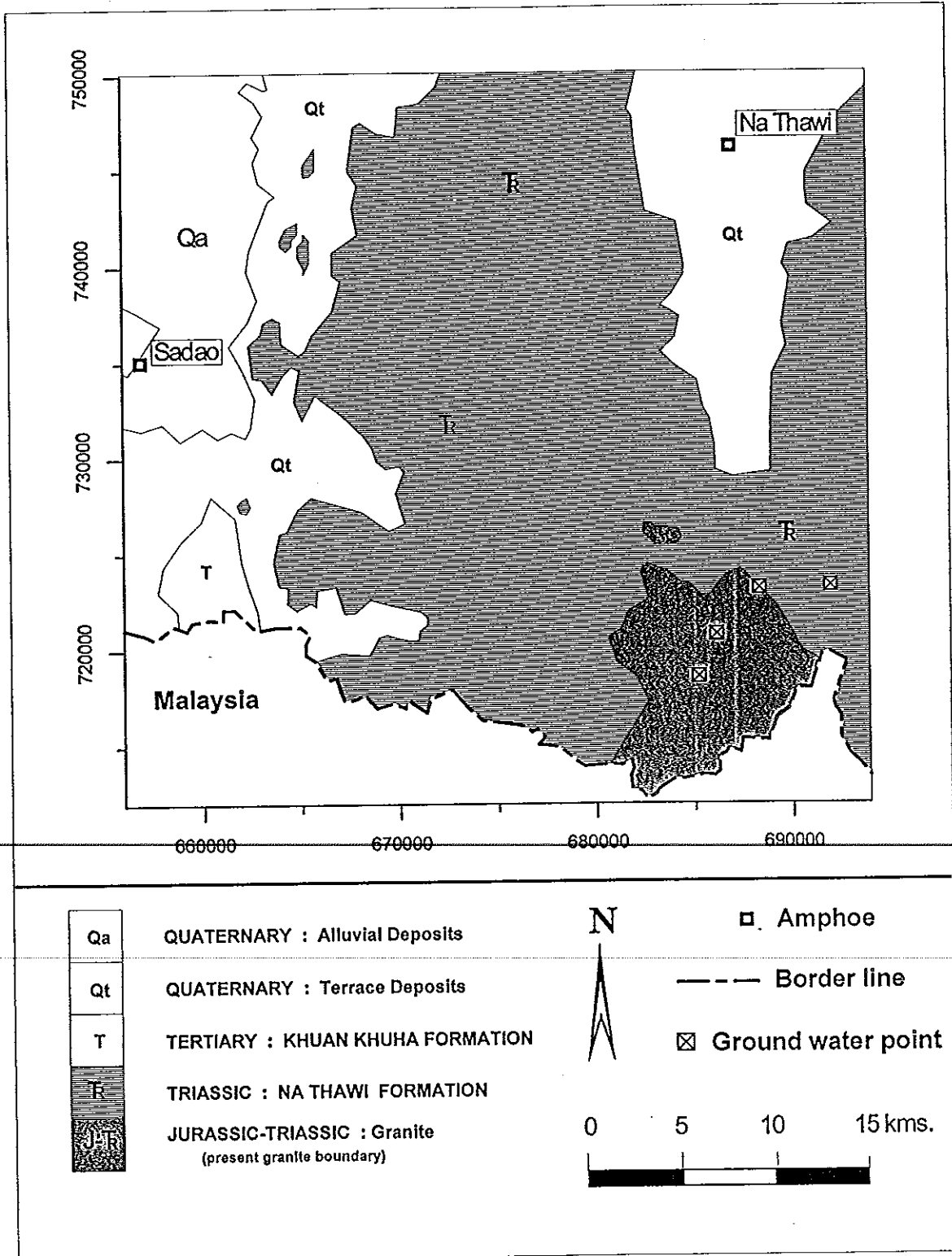
ดินชั้นที่สามมีความหนาประมาณ 80.4 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าประมาณ 1,542 โอห์ม-เมตร และดินชั้นล่างสุดมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 124 โอห์ม-เมตร

กราฟสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดวัด B แสดงไว้ในภาพประกอบ 51 โดยแนวการวัดอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแสแรกสุดเท่ากับ 600 เมตร (หรือ $AB/2 = 300$ เมตร) กราฟมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงชั้นดินจำนวน 4 ชั้น โดยดินชั้นที่สองมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงที่สุด จากการแปลความเชิงปริมาณจะได้ว่า ดินชั้นแรกมีความหนาประมาณ 0.4 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 46 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สองมีความหนาประมาณ 5.0 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 1,279 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สามมีความหนาประมาณ 16.0 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 58 โอห์ม-เมตร และดินชั้นล่างสุดมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 94 โอห์ม-เมตร

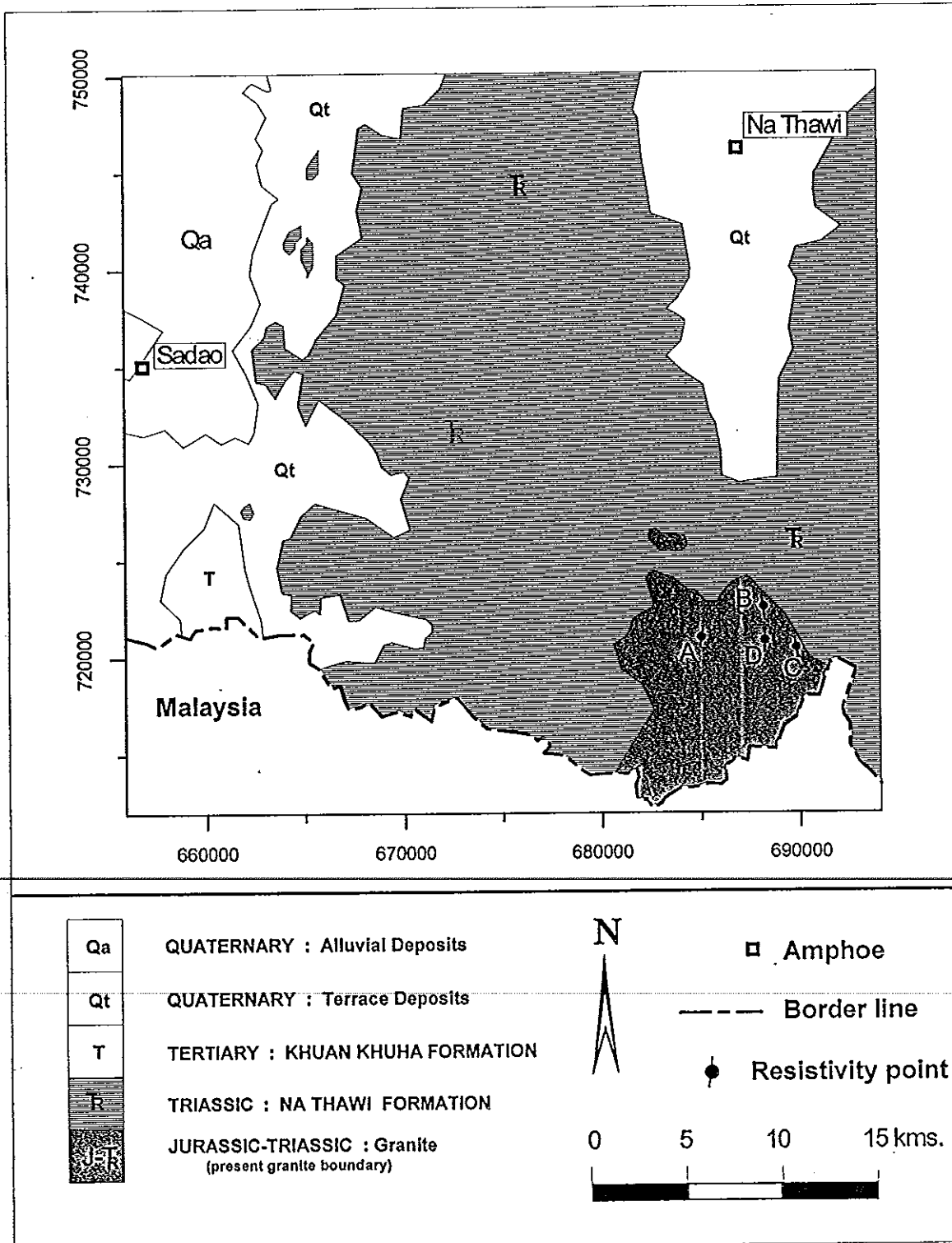
กราฟสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดวัด C แสดงไว้ในภาพประกอบ 52 โดยแนวการวัดอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแสแรกสุดเท่ากับ 600 เมตร (หรือ $AB/2 = 300$ เมตร) กราฟมีสูง-ต่ำสลับกัน แสดงชั้นดินจำนวน 5 ชั้น โดยดินชั้นที่สองมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงที่สุด จากการแปลความเชิงปริมาณจะได้ว่า ดินชั้นแรกมีความหนาประมาณ 0.4 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 751 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สองมีความหนาประมาณ 1.5 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 3,194 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สามมีความหนาประมาณ 9.1 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 862 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สี่มีความหนาประมาณ 50.5 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 375 โอห์ม-เมตร และดินชั้นล่างสุดมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 818 โอห์ม-เมตร

กราฟสภาพต้านทานไฟฟ้าปรากฏของจุดวัด D แสดงไว้ในภาพประกอบ 53 โดยแนวการวัดอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้ากระแสแรกสุดเท่ากับ 600 เมตร (หรือ $AB/2 = 300$ เมตร) กราฟมีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงชั้นดินจำนวน 3 ชั้น โดยดินชั้นที่สองมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าดินชั้นแรกและดินชั้นที่สาม จากการแปลความเชิงปริมาณจะได้ว่า ดินชั้นแรกมีความหนาประมาณ 0.1 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 21 โอห์ม-เมตร ดินชั้นที่สองมีความหนาประมาณ 6.7 เมตร มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 3,377 โอห์ม-เมตร และดินชั้นล่างสุดมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า 286 โอห์ม-เมตร

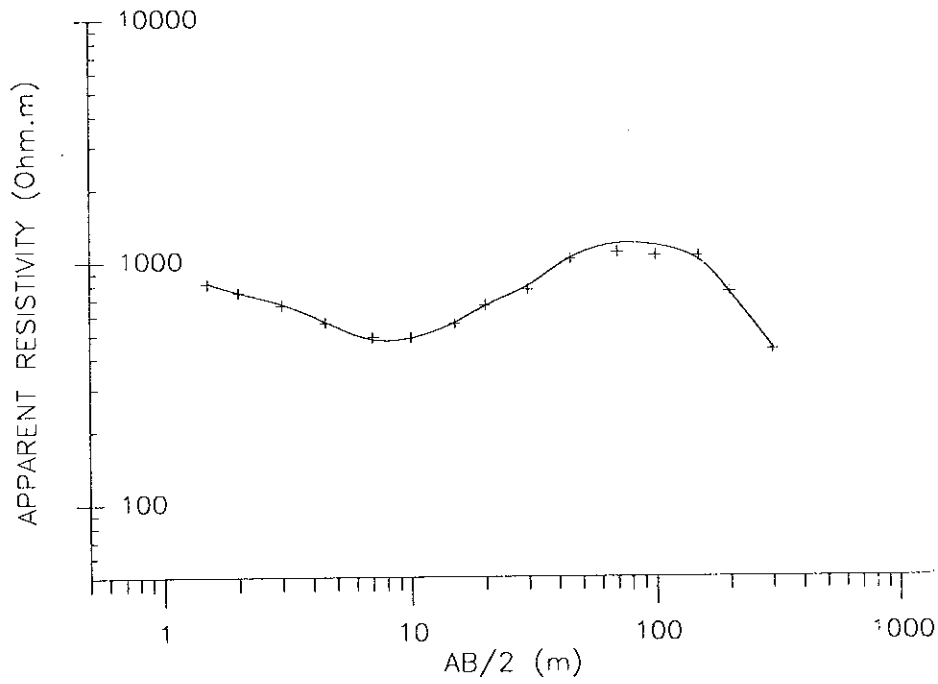
ภาพประกอบ 48 ตำแหน่งจุดเจาะน้ำบาดาลในพื้นที่ศึกษาชั้นทับบนแผนที่ธรณีวิทยา
 ที่กำหนดจากการศึกษาวิจัย
 (กองน้ำบาดาล กรมทรัพยากรธรณี, 2535)



ภาพประกอบ 49 ตำแหน่งวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นดิน



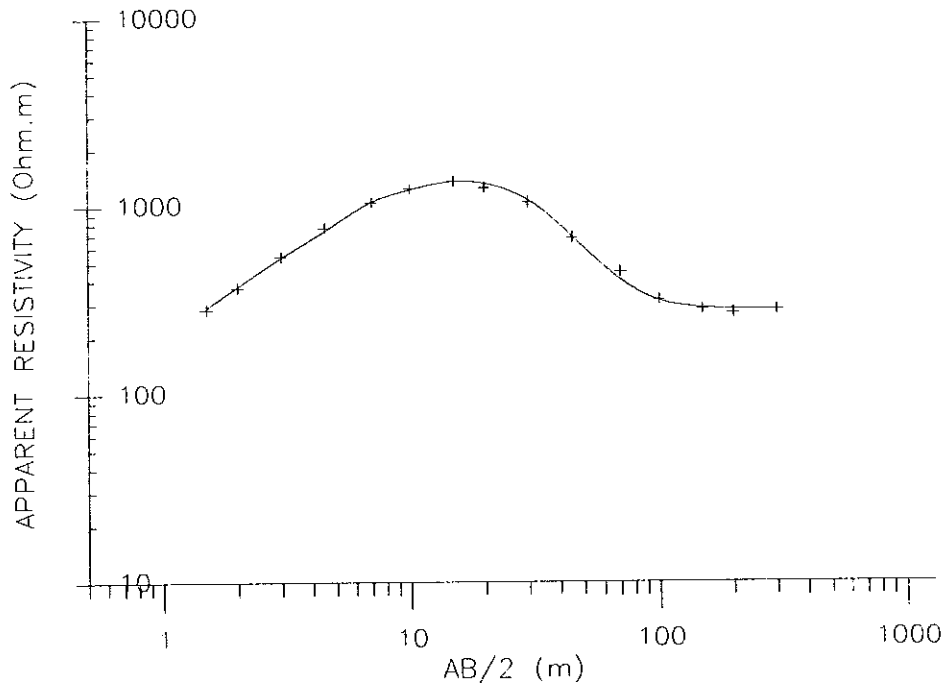
ภาพประกอบ 50 แสดง VES-CUEVE ของจุดวัด A
(พิกัด 685038E 721016N)



การแปลความแบบจำลองสภาพต้านทานไฟฟ้า

ดินชั้นที่	ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	ความหนาของดินแต่ละชั้น (เมตร)	ความลึกจากผิวดิน (เมตร)
1	849.63	1.6	1.6
2	379.85	8.0	9.6
3	1541.65	80.4	90.0
4	123.67		

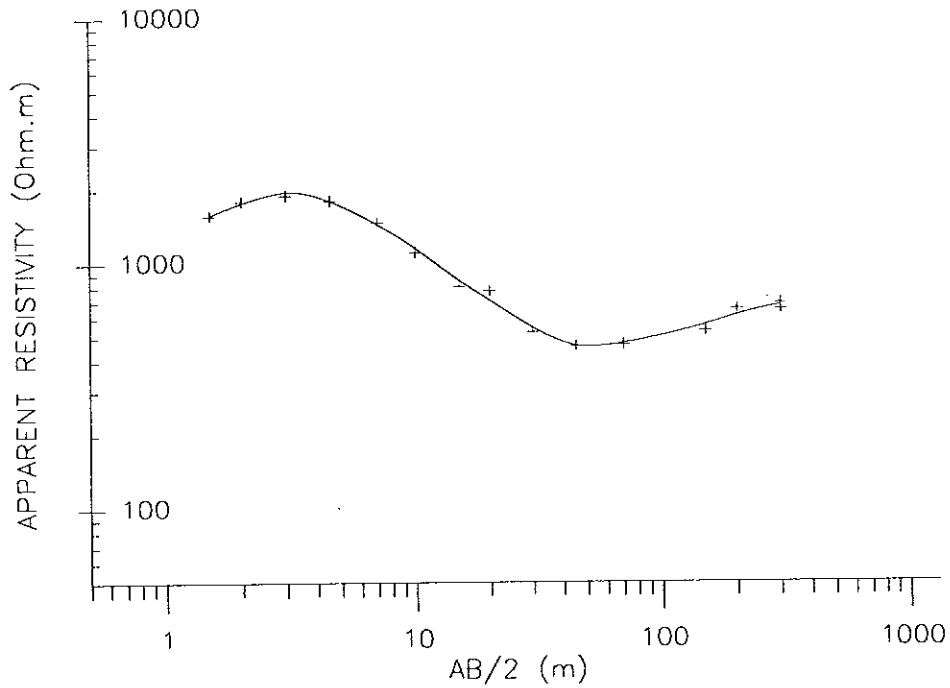
ภาพประกอบ 51 แสดง VES-CUEVE ของจุดวัด B
(พิกัด 688155E 722397N)



การแปลความแบบจำลองสภาพต้านทานไฟฟ้า

ดินชั้นที่	ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	ความหนาของดินแต่ละชั้น (เมตร)	ความลึกจากผิวดิน (เมตร)
1	20.59	0.1	0.1
2	3376.51	6.7	6.8
3	285.94		

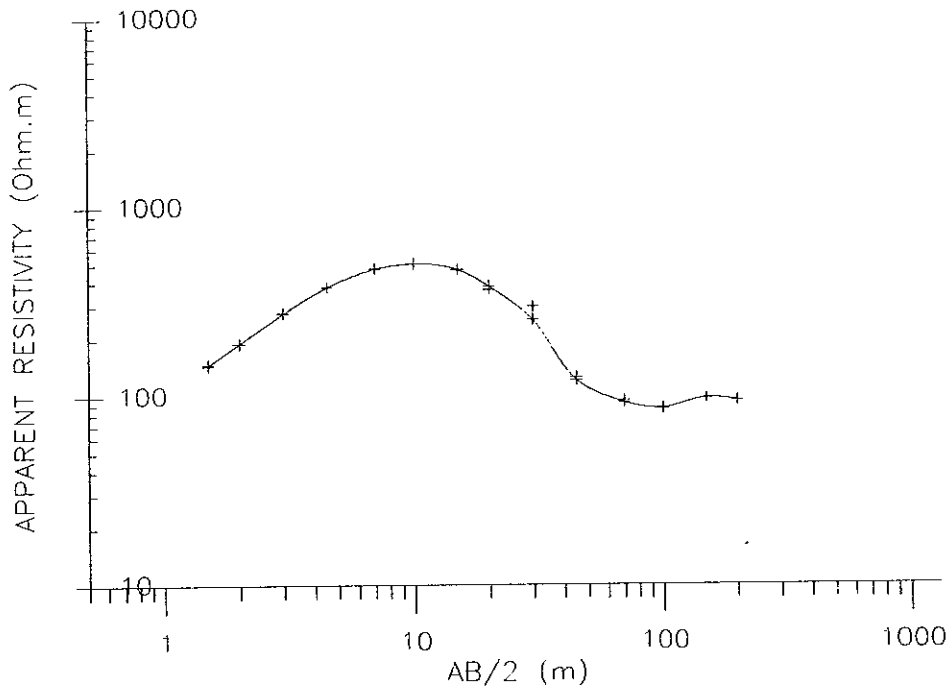
ภาพประกอบ 52 แสดง VES-CUEVE ของจุดวัด C
(พิกัด 689805E 720485N)



การแปลความแบบจำลองสภาพต้านทานไฟฟ้า

ดินชั้นที่	ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	ความหนาของดินแต่ละชั้น (เมตร)	ความลึกจากผิวดิน (เมตร)
1	750.82	0.4	0.4
2	3194.33	1.5	1.9
3	861.91	9.1	11.0
4	374.56	50.5	61.5
5	817.63		

ภาพประกอบ 53 แสดง VES-CUEVE ของจุดวัด D
(พิกัด 688229E 720857N)



การแปลความแบบจำลองสภาพต้านทานไฟฟ้า

ดินชั้นที่	ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (โอห์ม-เมตร)	ความหนาของดินแต่ละชั้น (เมตร)	ความลึกจากผิวดิน (เมตร)
1	45.93	0.4	0.4
2	1278.52	5.0	5.4
3	57.28	16.0	21.4
4	93.73		

ตาราง 12 ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินชั้นต่าง ๆ ที่จุดวัด A , B ,C และ D

ลำดับ ชั้นดินที่	A		B		C		D	
	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)	ρ ($\Omega.m$)	t (m)
1	850	1.6	21	0.1	751	0.4	46	0.4
2	398	8.0	3377	6.7	3194	1.5	1279	5.0
3	1542	80.4	286		862	9.1	57	16.0
4	124				375	50.5	94	
5					818			

ผลการแปลความการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินแต่ละจุดวัด แสดงไว้ดังตาราง 12 โดยได้ตรวจพบชั้นดินที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่า 1,200 โอห์ม-เมตร โดยมีความลึกที่จุดวัด A เท่ากับ 9.6 เมตร ที่จุด B มีความลึก 0.1 เมตร ที่จุด C มีความลึก 0.4 เมตร และที่จุด D มีความลึก 0.4 เมตร ชั้นที่มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงนี้คาดว่าเป็นชั้นของหินแกรนิต

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ชั้นดินชั้นที่ 1 และ 2 ของจุดวัด A และชั้นดินชั้นที่ 1 ของจุดวัด B, C และ D มีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ซึ่งอาจเกิดชั้นดินมีลักษณะของแกรนิตที่ผุพังหรือเป็นชั้นดินตะกอน ดังนั้นในพื้นที่บริเวณนี้จึงแทบจะไม่มีโอกาสพบหินสดเลย

6.2 ผลการวัดค่าความหนาของชั้นดินที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน

จากข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดินจำนวน 3 แนว คือ แนวสำรวจ ในตำแหน่ง A, B และ C ดังแสดงในภาพประกอบ 54 ผลการแปลความเชิงปริมาณพบว่า

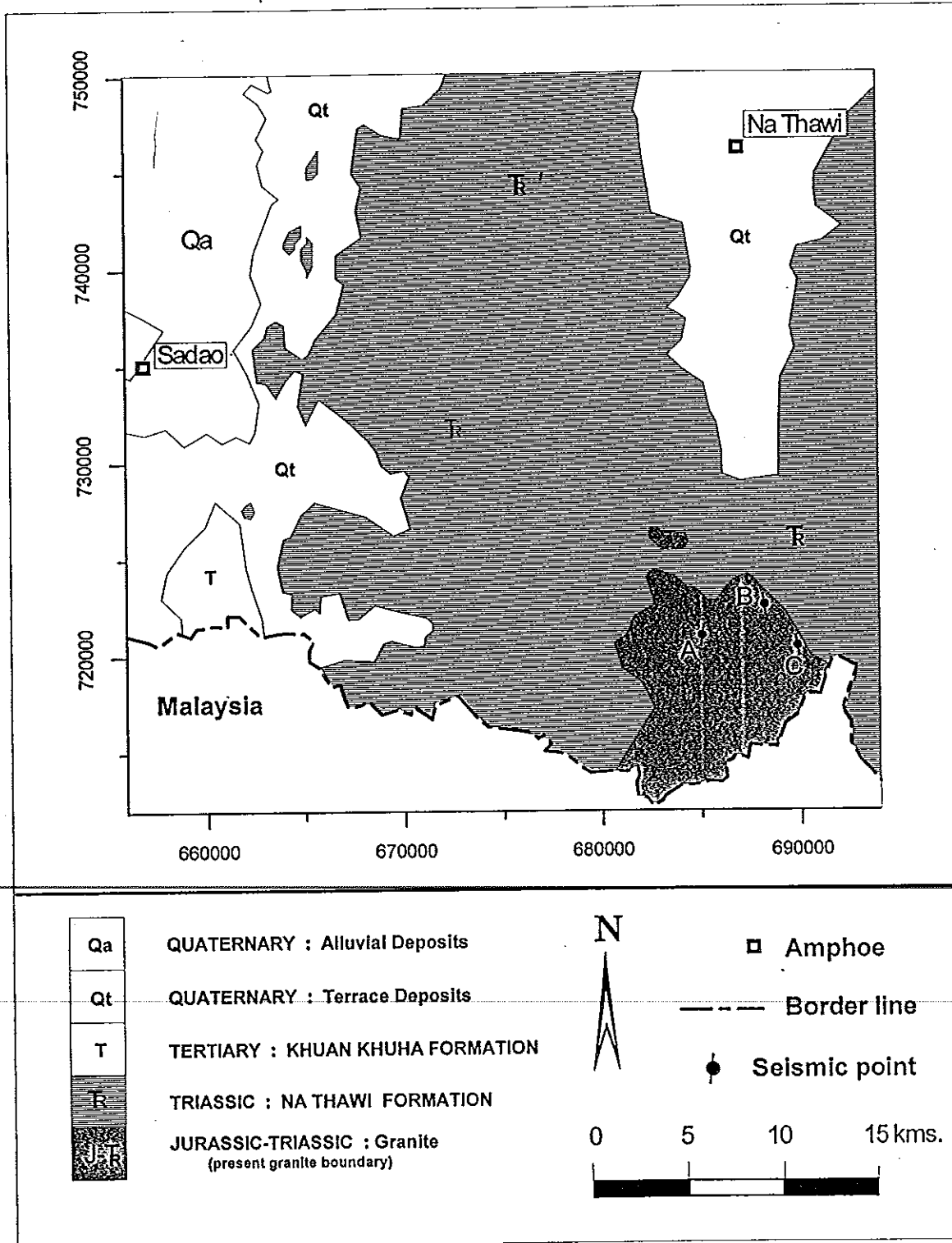
แนวสำรวจ A ซึ่งมีแนวการสำรวจอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ แสดงชั้นดินจำนวน 2 ชั้น ดังภาพประกอบ 55 โดยความเร็วคลื่นในดินชั้นแรกมีค่า 835 เมตร/วินาที และความเร็วคลื่นในดินชั้นที่สองมีค่า 2,816 เมตร/วินาที จาก depth model ดินชั้นที่สองที่คาดว่าเป็นชั้นหินแกรนิตมีความลึกจากผิวดินประมาณ 10-18 เมตร

แนวสำรวจ B ซึ่งมีแนวการสำรวจอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ตรวจพบชั้นดินจำนวน 3 ชั้น ดังภาพประกอบ 56 โดยความเร็วคลื่นในดินชั้นแรกมีค่า 638 เมตร/วินาที และความเร็วคลื่นในดินชั้นที่สองมีค่า 1,510 เมตร/วินาที และความเร็วคลื่นในดินชั้นที่สามมีค่า 3,006 เมตร/วินาที จาก depth model ดินชั้นที่สามที่คาดว่าเป็นชั้นหินแกรนิตมีความลึกประมาณ 20-25 เมตร

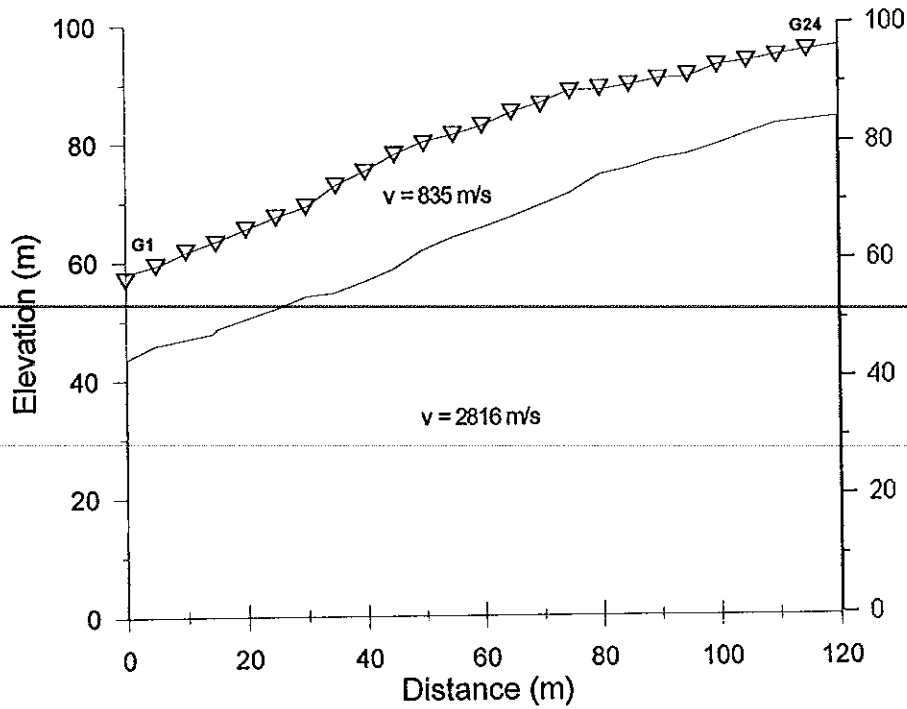
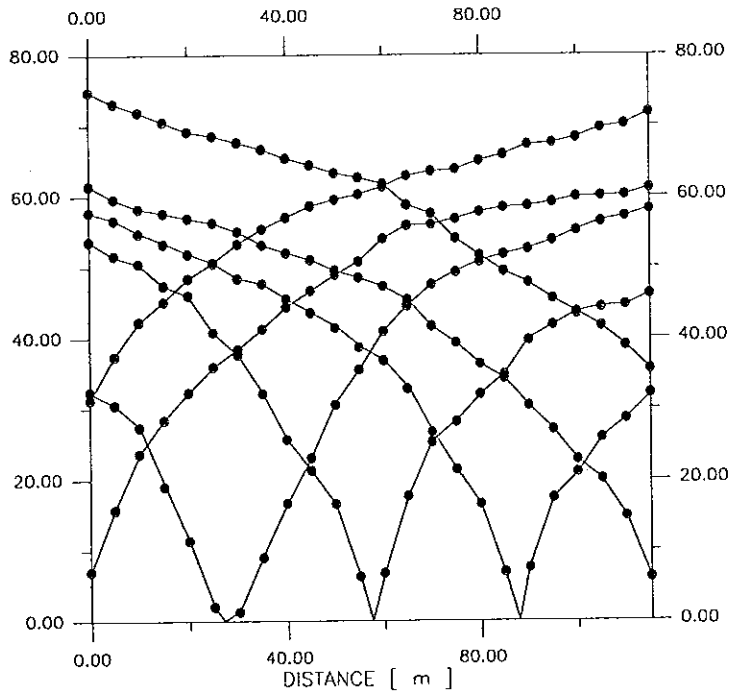
แนวสำรวจ C ซึ่งมีแนวการสำรวจอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ตรวจพบชั้นดินจำนวน 3 ชั้น ดังภาพประกอบ 57 โดยความเร็วคลื่นในดินชั้นแรกมีค่า 948 เมตร/วินาที และความเร็วคลื่นในดินชั้นที่สองมีค่า 1,562 เมตร/วินาที และความเร็วคลื่นในดินชั้นที่สามมีค่า 4,983 เมตร/วินาที จาก depth model ดินชั้นที่สามที่คาดว่าเป็นชั้นหินแกรนิตมีความลึกประมาณ 10-14 เมตร

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น ชั้นดินในส่วนที่วัดค่าความเร็วคลื่นในดินได้ค่าน้อย คือ ดินชั้นแรกของแนวสำรวจ A ดินชั้นแรกและชั้นที่สองของแนวสำรวจ B และ C ซึ่งเกิดเนื่องจากความหนาแน่นในชั้นดินนั้นมีค่าน้อย คาดว่าเป็นชั้นหินแกรนิตที่ผุพังหรือชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมชั้นดินที่มีค่าความหนาแน่นมากกว่า และวัดค่าความเร็วคลื่นในดินได้ค่าสูงกว่าคือ ชั้นที่สองของแนวสำรวจ A และชั้นที่สามของแนวสำรวจ B และ C ซึ่งคาดว่าเป็นชั้นหินแกรนิต โดยขอบบนของชั้นหินแกรนิตนี้มีความลึกจากผิวดินไม่เกิน 25 เมตร

ภาพประกอบ 54 ตำแหน่งวัดค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต ด้วยวิธีวัดคลื่นไหวสะเทือนของชั้นดิน

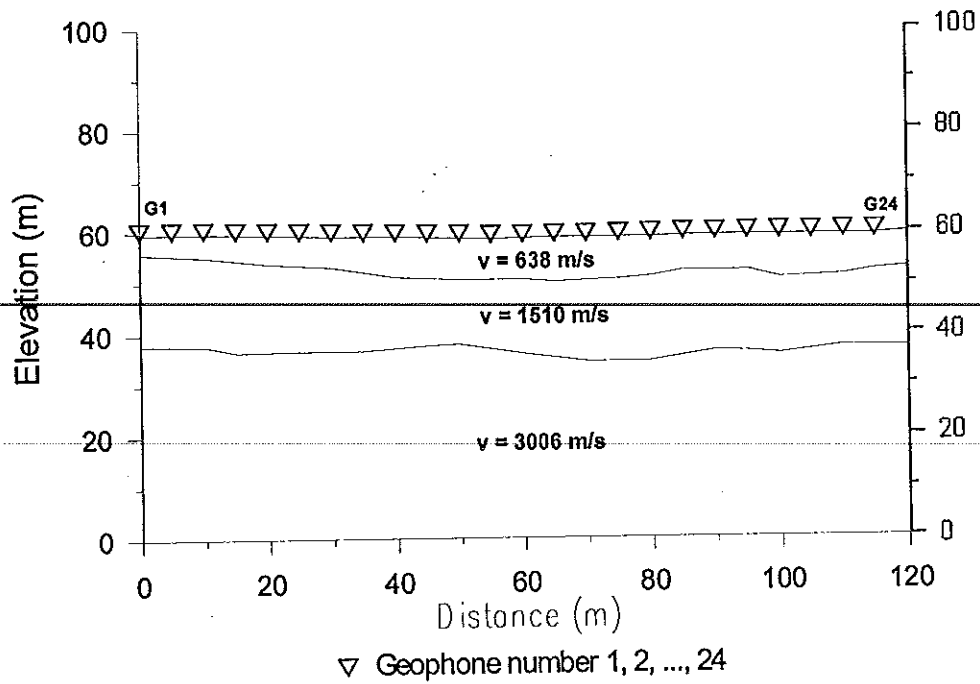
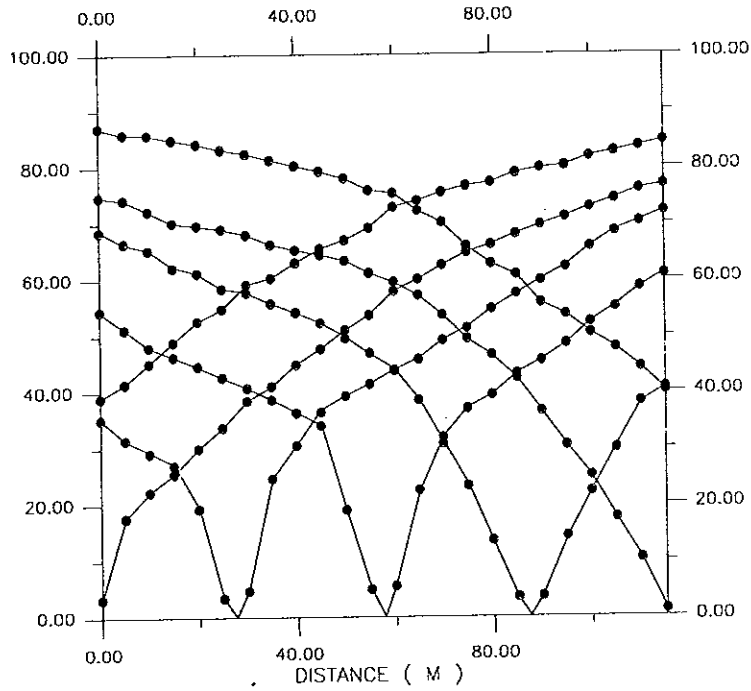


ภาพประกอบ 55 แสดงกราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ A

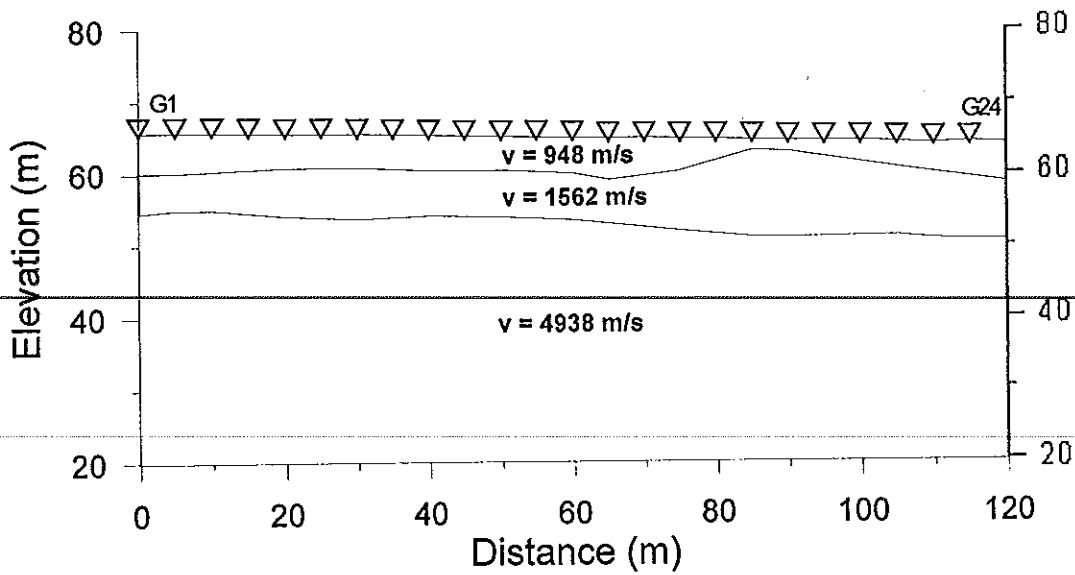
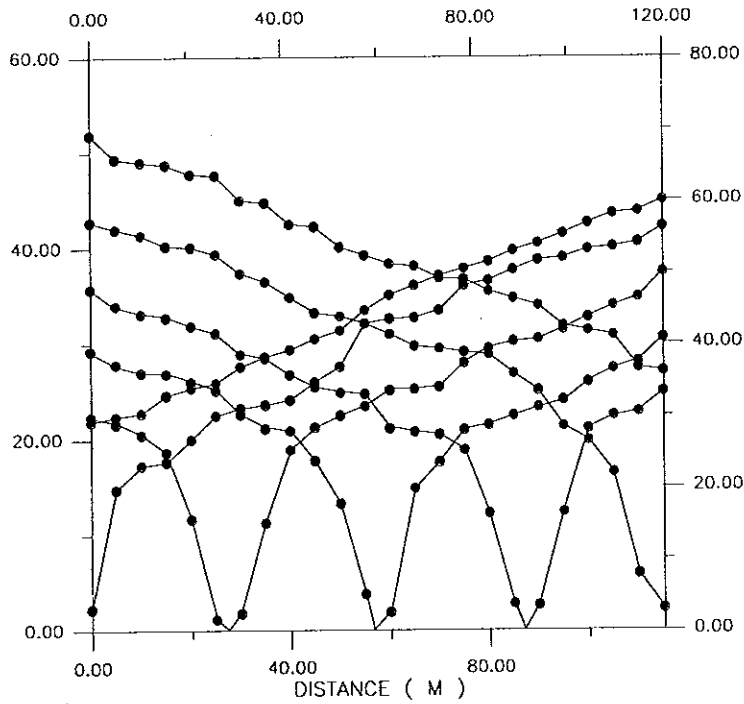


▽ Geophone number 1, 2, ..., 24

ภาพประกอบ 56 แสดงกราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ B



ภาพประกอบ 57 แสดงกราฟเวลา-ระยะทาง (Time-distance graphs) และ depth model ของแนวสำรวจ C



▽ Geophone number 1, 2, ..., 24

บทที่ 4

บทวิจารณ์และสรุป

ได้จำแนกบทวิจารณ์และสรุปผลออกเป็นข้อๆ ดังต่อไปนี้

1. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา
2. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของความถ่วง
3. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก
4. ข้อวิจารณ์แผนที่กัมมันตภาพรังสี
5. ข้อวิจารณ์ผลการแปลความค่าผิดปกติของความถ่วง และค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก
6. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาแน่นของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต หรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต
7. ข้อวิจารณ์ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย

1. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา

จากผลความหนาแน่นของตัวอย่างหิน ซึ่งเก็บมาจากหินโผล่ในบริเวณพื้นที่ศึกษา จำนวน 27 ตำแหน่ง รวม 123 ตัวอย่าง เป็นดังนี้ หินทรายยุคไทรแอสซิกมีความหนาแน่นเท่ากับ $2,565 \pm 53 \text{ kg/m}^3$ หินแกรนิตยุคจูแรสซิก-ไทรแอสซิก มีความหนาแน่นเท่ากับ $2,548 \pm 55 \text{ kg/m}^3$ และหินดินดานยุคไทรแอสซิกมีความหนาแน่นเท่ากับ $2,419 \pm 60 \text{ kg/m}^3$

จะเห็นได้ว่าหินแกรนิตยุคจูแรสซิก-ไทรแอสซิกในพื้นที่ศึกษา มีความหนาแน่นใกล้เคียงกับหินตะกอนยุคไทรแอสซิก และแกรนิตพลูตอนลิวงที่อยู่ห่างกันประมาณ 25 กิโลเมตร คือมีความหนาแน่น $2,536 \pm 17 \text{ kg/m}^3$ (พวงทิพย์ รุ่งเล็ก, 2538)

2. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติของความถ่วง

ค่าผิดปกติความถ่วงในพื้นที่ศึกษามีค่าประมาณ 0 ถึง 350 g.u. โดยค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ (ประมาณ 0 ถึง 75 g.u.) จะครอบคลุมเหนือบริเวณหินแกรนิตและตะกอนควาเทอร์นารีที่ปกคลุมหินแกรนิตอยู่ ส่วนค่าผิดปกติความถ่วงสูง (ประมาณ 75 ถึง 350 g.u.) จะครอบคลุมเหนือบริเวณหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี โดยที่หินแกรนิตมีความหนาแน่น

ใกล้เคียงกับหินตะกอน และแตกต่างจากตะกอนควาเทอร์นารี ดังนั้นค่าผิดปกติความถ่วงที่ครอบคลุมเหนือบริเวณหินแกรนิตและหินตะกอน จึงไม่ควรมีค่าแตกต่างกัน จึงคาดว่าสาเหตุที่ค่าผิดปกติความถ่วงปรากฏในลักษณะเช่นนี้ เกิดจากหินที่มีความหนาแน่นมากกว่าหินแกรนิต หินตะกอนไทรแอสซิก และตะกอนควาเทอร์นารีวางอยู่ข้างล่างหินเหล่านี้

3. ข้อวิจารณ์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่ได้จากการบินสำรวจทางอากาศ (SURVEY B&C) ในพื้นที่ศึกษามีค่า -61 nT ถึง -85 nT ซึ่งไม่สามารถกำหนดโครงสร้างทางธรณีวิทยาได้ชัดเจน เนื่องจากหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษามีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กน้อยคือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 50.79×10^{-6} SI (จากการวัดจำนวน 7 ตำแหน่ง รวม 88 ตัวอย่าง) และมีค่าแตกต่างจากหินชนิดอื่น ๆ ก่อนข้างน้อยเช่น หินทรายมีค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กเฉลี่ย 28.48×10^{-6} SI (จากการวัดจำนวน 11 ตำแหน่ง รวม 129 ตัวอย่าง) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าคอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่มีค่า -70 nT ถึง -85 nT ปรากฏอยู่เหนือบริเวณหินแกรนิต ส่วนคอนทัวร์ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกที่มีค่า -61 nT ถึง -70 nT ปรากฏอยู่เหนือบริเวณหินตะกอนและตะกอนควาเทอร์นารี

4. ข้อวิจารณ์แผนที่กัมมันตภาพรังสี

แผนที่กัมมันตภาพรังสีทั้ง 3 ชนิดคือ โพแทสเซียม ยูเรเนียมสมมูล และทอเรียมสมมูล ในพื้นที่ศึกษามีค่า $0.04-3.01$ % , $0.77-8.29$ ppm และ $3.63-25.61$ ppm ตามลำดับ ซึ่งแผนที่กัมมันตภาพรังสีทั้ง 3 ชนิด สามารถกำหนดขอบเขตของแกรนิตในแนวราบได้ชัดเจน กล่าวคือ มีคอนทัวร์ค่าผิดปกติของโพแทสเซียมที่มีค่ามากกว่า 1.2 % คอนทัวร์ค่าผิดปกติยูเรเนียมสมมูลที่มีค่ามากกว่า 4 ppm และคอนทัวร์ค่าผิดปกติทอเรียมสมมูลที่มีค่ามากกว่า 14 ppm ปรากฏอยู่เหนือบริเวณหินแกรนิตที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

5. ข้อวิจารณ์ผลการแปลความค่าผิดปกติของความถ่วง และค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก

ผลจากการศึกษาด้านความถ่วง ความผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก ได้แสดงเป็นแผนที่คอนทัวร์ค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ (ค่าผิดปกติของความถ่วง) และแผนที่คอนทัวร์ของค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลก ซึ่งแต่ละแผนที่ประกอบด้วยเส้นคอนทัวร์ที่ลากผ่านจุดต่าง ๆ ที่มีค่าผิดปกติบูร์แกร์สัมบูรณ์ ค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กรวมของโลกเท่ากัน

ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาในแนวโค้ง ได้จากการแปลความหมายค่าผิดปกติของความถ่วงของพื้นที่ศึกษาวิจัยบนภาคตัดขวางซึ่งมีทิศอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก จำนวน 6 แนว โดยแต่ละแนวห่างกัน 5 กิโลเมตร แล้วสร้างแบบจำลองภาคตัดขวางของมวลผิดปกติในแต่ละแนว เป็นวัตถุปริซึมรูปทรง 2.5 มิติ โดยใช้โปรแกรม GMM, version 1.31 และข้อมูลทางธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

แบบจำลองที่ได้จากการแปลความ แสดงโครงสร้างธรณีวิทยาในระดับลึกที่สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงได้ 2 แบบจำลอง คือ

4.1 แบบจำลองที่ 1

กำหนดให้หินฐานหรือหินชั้นเปลือกโลก (ความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$) รองรับหินแกรนิตชุดล่างหรือหินแกรนิตระดับลึก (ความหนาแน่น $2,620 \text{ kg/m}^3$) และหินแกรนิตชุดล่างรองรับหินแกรนิตชุดบนหรือหินแกรนิตระดับตื้น (ความหนาแน่น $2,550 \text{ kg/m}^3$) หินตะกอนไทรแอสซิก (ความหนาแน่น $2,550 \text{ kg/m}^3$) และตะกอนควาเทอร์นารี (ความหนาแน่น $2,000 \text{ kg/m}^3$) โดยหินฐานวางตัวในระดับลึกประมาณ 5,000 - 7,500 เมตร ในบริเวณที่ปกคลุมด้วยหินแกรนิต ส่วนบริเวณอื่นที่ปกคลุมด้วยหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี หินฐานหรือหินชั้นเปลือกโลกจะแทรกดันขึ้นมาอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 1,000 - 3,000 เมตร

4.2 แบบจำลองที่ 2

กำหนดให้ตะกอนควาเทอร์นารี (ความหนาแน่น $2,000 \text{ kg/m}^3$) หินตะกอนยุคไทรแอสซิก (ความหนาแน่น $2,550 \text{ kg/m}^3$) วางตัวอยู่บนหินแปร Metasediments ที่เป็นหินฐานหรือหินชั้นเปลือกโลก (ความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$) ส่วนหินแกรนิตมีลักษณะที่เรียกว่า Granitic Plume (ความหนาแน่น $2,620 \text{ kg/m}^3$) แทรกซอนหินตะกอนไทรแอสซิกขึ้นมา บริเวณส่วนบนของ Granitic Plume เป็นหินแกรนิตผุ (ความหนาแน่น $2,550 \text{ kg/m}^3$) ในบริเวณที่รองรับหินแกรนิต Granitic Plume หินฐานวางตัวในระดับลึกประมาณ 8,000 - 9,000 เมตร ส่วนบริเวณอื่นที่ปกคลุมด้วยหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควาเทอร์นารี หินฐานจะแทรกดันขึ้นมาอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 500 - 2,000 เมตร

สำหรับการตรวจหาวัตถุต้นเหตุได้ระดับผิวดินที่ส่งผลให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กในบริเวณพื้นที่ศึกษา ได้จากการแปลความหมายค่าผิดปกติของสนามแม่เหล็กรวมของโลก บนแนวภาคตัดขวางซึ่งมีทิศอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ จำนวน 2 แนว พบว่า วัตถุต้นเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง $720000\text{N}-723000\text{N}$ ตามแนวพิกัด 677000E และอยู่ในระดับลึก 2,650-4,400 เมตร ส่วนแนวพิกัด 682000E พบว่า วัตถุต้นเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กอยู่ที่ตำแหน่ง $726000\text{N}-728000\text{N}$ และอยู่ในระดับลึก 1,900 - 3,200 เมตร

6. ข้อวิจารณ์ค่าความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิตหรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิต

ในบริเวณที่มีค่าผิดปกติความถ่วงต่ำ เป็นพื้นที่ซึ่งหินแกรนิตแทรกซอนขึ้นมาในระดับตื้นและปกคลุมด้วยตะกอนควอเตอร์นารี จากการตรวจสอบหาความหนาของดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิต หรือความลึกถึงขอบบนของหินแกรนิตพบว่า ความหนาของชั้นดินตะกอนที่ปกคลุมหินแกรนิตมีความหนาไม่เกิน 25 เมตรจากผิวดิน และชั้นหินที่รองรับชั้นดินตะกอนไม่ใช่หินแกรนิตสด ซึ่งตรงกับแบบจำลองโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่ได้จากการแปลความค่าผิดปกติความถ่วง และข้อมูลดังกล่าวยืนยันได้โดยข้อมูลการเจาะบ่อบาดาลในพื้นที่ดังกล่าว

7. ข้อวิจารณ์ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย

ผลที่ได้จากการแปลความข้อมูลต่าง ๆ ในภาคสนามและการดำเนินการวิจัยในห้องปฏิบัติการพบว่า ขอบเขตที่แน่ชัดของหินแกรนิตในพื้นที่ศึกษามีขอบเขตแตกต่างไปจากขอบเขตเดิมตามแผนที่ธรณีวิทยา (กรมทรัพยากรธรณี, 2528) กล่าวคือ ขอบเขตของหินแกรนิตที่พบ (ละติจูด $6^{\circ}28'N-6^{\circ}33'N$, ลองจิจูด $100^{\circ}38'E-100^{\circ}44'E$) อยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของขอบเขตเดิม (ละติจูด $6^{\circ}28'N-6^{\circ}36'N$, ลองจิจูด $100^{\circ}35'E-100^{\circ}40'E$) และได้รับการยืนยันโดยการสำรวจทางธรณีวิทยาในพื้นที่ดังกล่าว (ธงชัย พึ่งรัศมี, 2541)

สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ในครั้งนี้ พบว่า ค่าผิดปกติความถ่วงสัมบูรณ์ต่ำ (0 ถึง 75 g.u.) ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของเทือกเขาน้ำค้าง ซึ่งเดิมกรมทรัพยากรธรณีจัดทำแผนที่โดยกำหนดพื้นที่เขาน้ำค้างเป็นหินแกรนิต (ละติจูด $6^{\circ}28'N-6^{\circ}36'N$, ลองจิจูด $100^{\circ}35'E-100^{\circ}40'E$) แต่จากการสำรวจธรณีวิทยาในภาคสนาม (ธงชัย พึ่งรัศมี, 2541) ได้ตรวจพบหิน โสล์แกรนิตในบริเวณที่มีค่าผิดปกติความถ่วงสัมบูรณ์ต่ำ (0 ถึง 75 g.u.) แต่ไม่พบหิน โสล์แกรนิตบนเทือกเขาน้ำค้าง อีกทั้งค่าผิดปกติสนามแม่เหล็กกรวมของโลก ขนาด -70 nT ถึง -85 nT และค่าผิดปกติของกัมมันตภาพรังสีทั้ง 3 ชนิด คือ ค่าผิดปกติของโพแทสเซียมที่มีค่ามากกว่า 1.2 % ค่าผิดปกติยูเรเนียมสมมูลที่มีค่ามากกว่า 4 ppm และค่าผิดปกติทอเรียมสมมูลที่มีค่ามากกว่า 14 ppm ปรากฏเหนือบริเวณค่าผิดปกติความถ่วงสัมบูรณ์ต่ำ

(0 ถึง 75 g.u.) จากข้อมูลที่ขึ้นชั้นทั้งหมด จึงได้กำหนดขอบเขตของหินแกรนิตที่ได้จากการศึกษาวิจัย (ละติจูด $6^{\circ}28'N-6^{\circ}33'N$, ลองจิจูด $100^{\circ}38'E-100^{\circ}44'E$) ซึ่งอยู่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของตำแหน่งเดิม

สำหรับโครงสร้างทางธรณีวิทยาในแนวคิง ได้สร้างแบบจำลองโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สอดคล้องกับค่าผิดปกติความถ่วงสัมบูรณ์จำนวน 2 แบบจำลอง โดยแบบจำลองที่ 1 กำหนดตามแบบจำลองธรณีวิทยาได้ระดับน้ำทะเลในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษา คือ ให้หินแกรนิตชุดล่างวางตัวอยู่บนหินชั้นเปลือกโลก โดยรองรับหินตะกอนไทรแอสซิกและหินแกรนิตชุดบน และแบบจำลองที่ 2 กำหนดตามข้อมูลความถ่วงบริเวณคาบสมุทรมาเลเซีย และผลจากการเคลื่อนที่ชนกันของจุลทวีปงานไทยและอินโดจีน คือ หินแกรนิต "Granitic Plume" แทรกซอนหินตะกอนไทรแอสซิกและตะกอนควอเตอร์นารีขึ้นมา โดยหินตะกอนไทรแอสซิกวางตัวอยู่บนหินแปร (metasediments) ที่เป็นหินชั้นเปลือกโลก ซึ่งมีความหนาแน่น $2,800 \text{ kg/m}^3$

วิธีการศึกษาทางธรณีฟิสิกส์ในครั้งนี้ ซึ่งประกอบด้วยระเบียบวิธีด้านความถ่วง โดยใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงของค่าความหนาแน่น ระเบียบวิธีแม่เหล็กซึ่งใช้ประโยชน์จากการเปลี่ยนแปลงค่าสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก และระเบียบวิธีกัมมันตภาพรังสีซึ่งใช้ประโยชน์จากปริมาณกัมมันตภาพรังสีจากหินและแร่จากการบินสำรวจทางอากาศ เมื่อนำมาใช้สำหรับการกำหนดขอบเขตโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของพื้นที่ศึกษาทั้งในแนวราบและแนวคิง พบว่าระเบียบวิธีด้านความถ่วงสามารถกำหนดโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคทั้งในแนวราบและแนวคิงได้ชัดเจนกว่าระเบียบวิธีแม่เหล็ก ส่วนระเบียบวิธีกัมมันตภาพรังสีสามารถกำหนดขอบเขตในแนวราบ (ระดับผิวดิน) ได้ค่อนข้างชัดเจน โดยปรากฏอยู่เหนือบริเวณที่มีหินโคลงของหินแกรนิตและบริเวณข้างเคียง

บรรณานุกรม

กิตติชัย วัฒนานิกร. 2536. ธรณีฟิสิกส์ โครงสร้าง รูปทรงและสมบัติของโลก. พิมพ์ครั้งที่ 1.

เชียงใหม่ : สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. คณะวิทยาศาสตร์. ภาควิชาฟิสิกส์. 2538. ฟิสิกส์ 1. กรุงเทพฯ.

ทรัพยากรธรณี, กรม. 2528. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ระวัง NB 47-8,5 จังหวัดนราธิวาสและอำเภอตากใบ. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.

_____ . 2528. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ระวัง NB 47-7 จังหวัดสตูล. กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.

_____ . 2536. ข้อมูลกัมมันตรังสีและสนามแม่เหล็กกรวมของโลก Survey B&C. (แผ่นบันทึกข้อมูล) กรุงเทพฯ : กรมทรัพยากรธรณี.

ธงชัย พึ่งรัมย์. 2531. ธรณีวิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 1 . กรุงเทพฯ : โอ.เอส.พรีนติ้งเฮ้าส์.

_____ . 2535. “ธรณีวิทยาแหล่งแร่ดีบุกบริเวณหินแกรนิตลิว อําเภอจะนะ-นาทวี-เทพา จังหวัดสงขลา”. สงขลา : ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

_____ . 2541. “รายงานการสำรวจธรณีวิทยาและแหล่งแร่บริเวณเทือกเขานํ้าค้างและใกล้เคียง อําเภอนาทวี จังหวัดสงขลา”. (สำเนา).

ปัญญา จารุศิริ, วสันต์ พงศาพิชญ์ และชัยยุทธ ขันทปราม. 2534. “แนวหินแกรนิตในประเทศไทย : หลักฐานใหม่ $^{40}\text{Ar} / ^{39}\text{Ar}$ ”, ข่าวสารการธรณี.

36 (มกราคม 2534) , หน้า 43-62.

แผนที่ทหาร, กรม. 2529. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวัง 5022I-5022II, 5121I, 5121IV และ 5122I-5122IV. กรุงเทพฯ : กรมแผนที่ทหาร.

พวงทิพย์ รุ่งเล็ก. 2538. "การศึกษาพฤติคอนกรีต จังหวัดสงขลา ด้วยวิธีสถิติฟีลิกส์", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

บงกช ตรีงคชสาร. 2523. ธรณีวิทยาและแหล่งแร่ในบริเวณจังหวัดสงขลา. สงขลา : สำนักงานทรัพยากรธรณีเขตสงขลา.

วรวิทย์ โลหะวิจารณ์. 2537. "การสำรวจแกรวิต". สงขลา : ห้องปฏิบัติการธรณีฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

_____ .2537. "การสำรวจวัดสภาพต้านทานไฟฟ้า", เอกสารประกอบการฝึกอบรม ห้องสัมมนา บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) กรุงเทพมหานคร, หาดใหญ่, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, หน้า 1-10.

สวัสดิ์ ยอดขยัน. 2540. "การตรวจหาความลึกถึงชั้นหินดานโดยเทคนิคคลื่นไหวสะเทือนระดับตื้น", โครงการงานทางฟิสิกส์ สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก. 2539. "การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคในจังหวัดสงขลา พัทลุง และตรัง ด้วยวิธีสถิติฟีลิกส์", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

สุรศักดิ์ แก้วอ่อน. 2539. "การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคในจังหวัดสตูลและจังหวัดสงขลา ด้วยวิธีสถิติฟีลิกส์", วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (สำเนา).

Al-Rawi,F.and Brooks,M. 1992. "A deep crustal model to explain regional aeromagnetic and gravity anomalies in southwest England", Tectonophysics. 212(1992), p.109-115.

Enmark,T.1980. "A preliminary model of the deep structure of the Arvidsjaur granite intrusion in Northern Sweden," In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden. (1980), p.36-76.

Enmark,T and Nisca,D.H. 1982. "The Gallejaur Intrusion in Northern Sweden A Geophysical Study", In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden. (1982), p.36-76.

Enmark,T.and Parasnis,D.S.1980. "Ambiguity in gravity interpretation and the deep structure of the Jörn-Bastutrask area of the skellefte field in Northern Sweden", In Development of Optimization Procedures for Gravity and Magnetic Interpretation and Their Application to Some Geological Structures in Northern Sweden. (1980), p.26-35.

Lohawijarn, W. 1992. "Regional gravity and auxiliary geophysical measurements in the Songkhla, Yala and Pattani Provinces in Peninsular Thailand and their geological interpretation", Ph.D. Applied geophysics, Lulea University of Technology.

_____ 1998. "Geophysics for Engineers" : Prince of Songkla University, p.41-42.

Loke, M.H. 1992. "Gravity Surveys in Peninsular Malaysia by Universiti Sains Malaysia" : University Science Malaysia.

Moore, E.M. and Fairbridge, R.W. 1997. Encyclopedia of European and Asian Regional Geology. p.109-121, 718-727.

Parkinson, W.D. 1983. Introduction to Geomagnetism. London : Scottish Academic Press Ltd.

Parasnis, D.S. 1986. Principle of Applied Geophysics. 4 th ed. USA : Chapman and Hall.

_____. 1997. Principle of Applied Geophysics. 5 th ed. USA : Chapman and Hall.

Sano,S.,Sato,K. and Saito,T. 1985. "Physical Properties of Tin Granitoids in Southeast Asia Document Submitted at the eighth meeting of the Governing Lounail of ESCAP/RMDRC, Baudung",p.169-193.

Stacey, F.D. 1977. Physics of the Earth. 2 nd ed. USA : John Wiley & Sons.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ข้อมูลความถ่วงที่ได้จากการวัดในเขตพื้นที่ศึกษาวิจัย

gravimeter : LACOSTE & ROMBERGE G-565

 $g_{lat} : 9780327 \times (1 + 0.0052790414(\sin^2 \phi) + 0.0000232718(\sin^4 \phi) + (0.0000001232(\sin^6 \phi)))$

FC : 3.072×H

BC : 0.0004191×density×H

BA : (g_obs)-(g_lat)+FC-BC+TC

density : 2000 kg/m³

STN	X-GRID	Y-GRID	H	lat	g_lat	FC	BC	TC	g_obs	BA
			(m)	(deg)	(gu)	(gu)	(gu)	(gu)	(gu)	(gu)
SG1*	658567	733449	38.0	6.6	9781015.9	116.7	39.8	0.0	9781211.6	273
S01	662107	732740	45.1	6.6	9781014.6	138.5	47.2	0.1	9781218.9	296
S02	664033	730226	39.0	6.6	9781009.9	119.7	40.8	0.0	9781200.6	270
S03	666672	728787	71.2	6.6	9781007.2	218.6	74.6	0.0	9781157.1	294
S04	669370	727055	77.8	6.6	9781004.0	238.8	81.5	0.0	9781247.1	401
S05	671681	728001	77.8	6.6	9781005.8	238.9	81.5	0.6	9781152.6	305
S06	673970	727948	181.4	6.6	9781005.7	557.2	190.0	0.4	9780893.0	255
S07	676572	730060	87.0	6.6	9781009.6	267.1	91.1	1.3	9781123.2	291
S08	679253	731942	72.9	6.6	9781013.1	223.9	76.4	0.1	9781158.5	293
S09	682449	732695	54.5	6.6	9781014.5	167.5	57.1	0.0	9781147.8	244
S10	685315	733508	41.3	6.6	9781016.1	126.9	43.3	0.1	9781081.1	149
S11	687843	732668	40.6	6.6	9781014.5	124.6	42.5	0.0	9781079.7	147
S12	688166	729271	47.0	6.6	9781008.1	144.2	49.2	0.1	9781079.3	166
S13	687979	725591	51.0	6.6	9781001.3	156.6	53.4	0.2	9781023.4	125
S14	688219	721922	57.9	6.5	9780994.5	177.8	60.7	0.1	9780925.5	48
S15	687259	718460	80.4	6.5	9780988.2	247.0	84.2	0.1	9780834.7	9
S0.5	660311	733157	40.5	6.6	9781015.4	124.4	42.4	0.0	9781217.1	284
S1.5	663319	731774	41.1	6.6	9781012.8	126.2	43.1	0.0	9781211.8	282
S2.5	665111	729065	46.3	6.6	9781007.8	142.2	48.5	0.1	9781195.5	282

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S3.5	668466	728552	80.0	6.6	9781006.8	245.8	83.8	0.1	9781144.4	300
S4.5	670355	727532	91.8	6.6	9781004.9	282.1	96.2	0.1	9781105.8	287
S5.5	672851	727250	161.0	6.6	9781004.4	494.5	168.6	0.4	9780932.8	255
S6.5	674949	729172	119.2	6.6	9781008.0	366.2	124.9	0.2	9781049.3	283
S7.5	677975	730754	70.0	6.6	9781010.9	214.9	73.3	0.7	9781150.2	282
S8.5	680757	732242	55.1	6.6	9781013.7	169.2	57.7	0.1	9781181.3	279
S9.5	683923	732930	59.1	6.6	9781015.0	181.6	61.9	0.0	9781084.1	189
S10.5	687064	733007	38.9	6.6	9781015.1	119.4	40.7	0.1	9781071.7	135
S16	674794	727079	138.1	6.6	9781004.1	424.4	144.7	1.0	9780964.8	241
S17	675235	726345	161.6	6.6	9781002.7	496.5	169.3	0.9	9780896.3	222
S11.5	687490	730833	44.6	6.6	9781011.1	136.9	46.7	0.1	9781078.6	158
S12.5	688378	727444	50.0	6.6	9781004.7	153.4	52.3	0.3	9781040.0	137
S13.5	687851	723834	59.1	6.5	9780998.1	181.5	61.9	0.1	9780961.9	84
S14.5	688022	720208	60.5	6.5	9780991.4	185.8	63.4	0.1	9780871.3	2
S15.5	686228	722714	80.6	6.5	9780996.0	247.6	84.4	0.1	9780893.0	60
S16.5	685068	721489	85.1	6.5	9780993.7	261.3	89.1	0.1	9780843.5	22
S17.5	685190	719657	95.8	6.5	9780990.4	294.4	100.4	0.1	9780813.3	17
S18.5	685160	717920	87.1	6.5	9780987.2	267.6	91.3	0.2	9780821.1	10
S19	686742	729605	46.3	6.6	9781008.8	142.1	48.5	0.2	9781068.0	153
S20	685505	728324	46.1	6.6	9781006.4	141.6	48.3	0.2	9781066.3	153
S21	684656	726955	54.4	6.6	9781003.8	167.0	56.9	0.2	9781035.5	142
S22	683545	725739	74.2	6.6	9781001.6	227.9	77.7	0.3	9780999.5	148
S23	682384	724742	79.6	6.6	9780999.7	244.6	83.4	0.7	9780952.6	115
S24	684957	726423	63.5	6.6	9781002.8	195.0	66.5	0.2	9781016.3	142
S25	684288	724040	106.4	6.5	9780998.4	326.8	111.4	1.1	9780860.1	78
S26	685092	722523	93.7	6.5	9780995.6	287.7	98.1	0.0	9780856.7	51
S27	685789	731692	51.8	6.6	9781012.7	159.3	54.3	0.1	9781065.3	158
S28	684208	730928	62.2	6.6	9781011.2	191.0	65.2	0.0	9781074.3	189
S29	658273	731860	41.0	6.6	9781013.0	125.9	42.9	0.0	9781180.1	250
S30	659298	730606	41.8	6.6	9781010.6	128.3	43.8	0.0	9781186.5	260

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S31	660691	729454	45.2	6.6	9781008.5	138.9	47.4	0.0	9781174.6	258
S32	662106	728246	61.7	6.6	9781006.2	189.5	64.6	0.0	9781136.5	255
S33	663085	726724	52.2	6.6	9781003.4	160.2	54.6	0.1	9781159.3	261
S34	663484	725122	55.5	6.6	9781000.4	170.6	58.2	0.1	9781146.0	258
S35	664654	723611	58.2	6.5	9780997.6	178.8	61.0	0.1	9781135.4	256
S36	664644	721949	66.8	6.5	9780994.6	205.3	70.0	0.0	9781117.6	258
S37	664982	721199	82.7	6.5	9780993.2	254.0	86.6	0.0	9781097.9	272
S38	665820	722384	60.1	6.5	9780995.4	184.8	63.0	0.0	9781122.0	248
S39	667419	721389	67.9	6.5	9780993.5	208.5	71.1	0.0	9781096.5	240
S40	669021	722003	73.3	6.5	9780994.7	225.1	76.8	0.1	9781083.5	237
S41	670636	722107	72.2	6.5	9780994.9	221.8	75.6	0.3	9781084.2	236
S42	671881	721057	88.3	6.5	9780992.9	271.3	92.5	1.7	9780996.9	184
S43	672209	719476	109.3	6.5	9780990.0	335.7	114.5	1.5	9780916.6	149
S44	671886	718952	130.2	6.5	9780989.1	399.8	136.4	0.8	9780873.2	148
SB***	666001	774637	24.4	7.0	9781095.2	74.8	25.5	0.0	9781219.8	
S45	660995	750163	29.5	6.8	9781047.6	90.7	30.9	0.0	9781173.4	186
S46	660945	749177	28.8	6.8	9781045.7	88.4	30.1	0.0	9781190.8	203
S47	661234	748294	28.2	6.8	9781044.0	86.6	29.5	0.0	9781193.1	206
S48	661581	747478	25.1	6.8	9781042.5	77.3	26.4	0.0	9781225.6	234
S49	661275	746678	27.5	6.8	9781040.9	84.6	28.8	0.0	9781214.7	229
S50	660780	745909	22.7	6.7	9781039.5	69.7	23.8	0.0	9781218.8	225
S51	660740	744959	22.7	6.7	9781037.7	69.6	23.7	0.0	9781217.8	226
S52	660617	743995	24.7	6.7	9781035.8	75.7	25.8	0.0	9781223.3	237
S53	660450	743091	29.9	6.7	9781034.1	91.8	31.3	0.0	9781217.1	243
S54	660142	742179	28.3	6.7	9781032.4	87.0	29.7	0.0	9781225.7	251
S55	659966	741284	30.5	6.7	9781030.7	93.8	32.0	0.0	9781235.3	266
S56	659741	740375	31.9	6.7	9781029.0	98.0	33.4	0.0	9781233.7	269
S57	659610	739500	31.9	6.7	9781027.3	98.0	33.4	0.0	9781225.9	263
S58	659382	738545	31.0	6.7	9781025.5	95.2	32.5	0.0	9781226.7	264
S59	659155	737610	31.9	6.7	9781023.8	97.9	33.4	0.0	9781224.9	266

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S60	658842	736777	31.9	6.7	9781022.2	97.9	33.4	0.0	9781221.3	264
S61	658545	735852	36.0	6.7	9781020.5	110.6	37.7	0.0	9781213.9	266
S62	658259	734944	37.2	6.6	9781018.8	114.4	39.0	0.0	9781209.5	266
S63	657940	734027	38.6	6.6	9781017.0	118.5	40.4	0.0	9781198.7	260
S64	657627	733091	51.7	6.6	9781015.3	158.8	54.2	0.0	9781163.9	253
S65	657490	732243	54.9	6.6	9781013.7	168.6	57.5	0.0	9781151.7	249
S66	657408	731288	56.2	6.6	9781011.9	172.5	58.8	0.0	9781142.4	244
S67	657240	730387	48.7	6.6	9781010.2	149.7	51.1	0.0	9781150.8	239
S68	656960	729408	58.5	6.6	9781008.4	179.7	61.3	0.0	9781126.0	236
S69	656734	728500	54.9	6.6	9781006.7	168.6	57.5	0.0	9781136.1	240
S70	656521	727627	64.3	6.6	9781005.1	197.6	67.4	0.0	9781121.0	246
S71	656304	726721	60.0	6.6	9781003.4	184.4	62.9	0.0	9781137.4	256
S72	656425	725850	62.1	6.6	9781001.8	190.9	65.1	0.0	9781140.1	264
S73	656605	724944	60.0	6.6	9781000.1	184.2	62.8	0.0	9781142.2	263
S74	656720	723896	70.8	6.5	9780998.2	217.5	74.2	0.0	9781110.0	255
S75	656895	722930	66.7	6.5	9780996.4	204.9	69.9	0.0	9781115.7	254
S76	657076	721976	71.6	6.5	9780994.6	219.8	75.0	0.0	9781099.4	250
S77	657212	721042	81.8	6.5	9780992.9	251.3	85.7	0.0	9781072.1	245
S78	661866	750322	32.1	6.8	9781047.9	98.6	33.6	0.0	9781171.1	188
S79	662834	750314	39.2	6.8	9781047.9	120.3	41.0	0.0	9781156.5	188
S80	663630	750292	42.7	6.8	9781047.9	131.0	44.7	0.0	9781156.3	195
S81	664344	749552	53.4	6.8	9781046.4	164.1	56.0	0.0	9781143.1	205
S82	665057	749036	61.1	6.8	9781045.5	187.6	64.0	0.0	9781137.7	216
S83	665860	748687	58.1	6.8	9781044.8	178.5	60.9	0.0	9781135.3	208
S84	666566	748187	56.3	6.8	9781043.8	172.8	59.0	0.0	9781176.8	247
S85	667493	748007	65.0	6.8	9781043.5	199.7	68.1	0.1	9781194.4	283
S86	668395	747755	58.2	6.8	9781043.0	178.8	61.0	0.1	9781183.0	258
S87	669031	747040	76.9	6.8	9781041.6	236.2	80.5	0.1	9781153.4	268
S88	669872	746509	86.2	6.8	9781040.6	264.7	90.3	0.3	9781161.6	296
S89	670799	746411	95.0	6.8	9781040.4	292.0	99.6	0.6	9781133.9	286

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S90	671527	745899	116.6	6.7	9781039.5	358.3	122.2	0.1	9781098.3	295
S91	672468	745612	92.6	6.7	9781038.9	284.6	97.1	0.3	9781162.1	311
S92	673234	745532	77.4	6.7	9781038.8	237.6	81.0	0.3	9781198.9	317
S93	673985	745070	83.9	6.7	9781037.9	257.9	88.0	0.1	9781208.1	340
S94	674923	745110	70.1	6.7	9781038.0	215.2	73.4	0.3	9781220.6	325
S95	675870	745218	71.6	6.7	9781038.2	219.8	75.0	0.2	9781222.2	329
S96	676767	745070	50.9	6.7	9781037.9	156.3	53.3	0.2	9781214.3	280
S97	677648	745253	46.6	6.7	9781038.2	143.1	48.8	0.1	9781212.1	268
S98	678575	744955	52.3	6.7	9781037.7	160.8	54.8	0.1	9781215.8	284
S99	679392	745154	48.9	6.7	9781038.0	150.3	51.3	0.0	9781219.6	281
S100	680305	745080	37.5	6.7	9781037.9	115.3	39.3	0.2	9781223.6	262
S101	681122	744999	48.5	6.7	9781037.8	149.0	50.8	0.3	9781203.7	264
S102	682027	745350	41.1	6.7	9781038.4	126.1	43.0	0.1	9781221.0	266
S103	682965	745631	34.7	6.7	9781039.0	106.5	36.3	0.0	9781206.2	237
S104	683933	745746	33.1	6.7	9781039.2	101.7	34.7	0.0	9781167.9	196
S105	684780	745793	29.1	6.7	9781039.3	89.5	30.5	0.0	9781147.7	167
S106	685709	745730	18.7	6.7	9781039.1	57.4	19.6	0.0	9781138.1	137
S107	686650	745491	25.0	6.7	9781038.7	76.8	26.2	0.0	9781137.1	149
POST	687480	745270	18.9	6.7	9781038.3	58.0	19.8	0.0	9781149.5	149
S108	687550	744218	17.9	6.7	9781036.3	55.0	18.8	0.0	9781148.7	149
S109	687730	743265	29.6	6.7	9781034.5	90.8	31.0	0.0	9781145.4	171
S110	687842	742344	30.3	6.7	9781032.7	93.1	31.8	0.0	9781137.5	166
S111	687918	741384	30.8	6.7	9781030.9	94.5	32.2	0.0	9781128.2	160
S112	687920	740450	32.6	6.7	9781029.1	100.1	34.1	0.0	9781118.1	155
S113	687633	739633	36.4	6.7	9781027.6	111.9	38.2	0.0	9781103.2	149
S114	687365	738715	33.9	6.7	9781025.8	104.1	35.5	0.0	9781101.1	144
S115	687348	737768	36.8	6.7	9781024.1	112.9	38.5	0.0	9781099.5	150
S116	687530	736832	39.5	6.7	9781022.3	121.4	41.4	0.0	9781097.7	155
S117	687786	735986	36.6	6.7	9781020.7	112.5	38.4	0.0	9781100.5	154
S118	688250	735103	41.0	6.6	9781019.0	126.0	43.0	0.0	9781106.9	171

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S119	688120	734154	39.2	6.6	9781017.3	120.6	41.1	0.0	9781098.1	160
S120	687952	733221	41.1	6.6	9781015.5	126.1	43.0	0.0	9781085.8	153
S121	679792	732912	61.6	6.6	9781014.9	189.2	64.5	0.1	9781191.9	302
S122	679386	733722	55.3	6.6	9781016.5	170.0	58.0	0.1	9781211.9	307
S123	678820	734446	51.9	6.6	9781017.8	159.3	54.3	0.1	9781218.6	306
S124	678516	735295	55.3	6.6	9781019.4	169.8	57.9	0.1	9781218.9	311
S125	678193	736145	58.1	6.7	9781021.0	178.6	60.9	0.0	9781196.3	293
S126	678115	737015	74.8	6.7	9781022.6	229.7	78.4	0.0	9781184.7	313
S127	678495	737844	56.2	6.7	9781024.2	172.7	58.9	0.0	9781226.4	316
S128	678453	738762	62.5	6.7	9781025.9	192.1	65.5	0.0	9781203.0	304
S129	678568	739305	59.9	6.7	9781027.0	184.1	62.8	0.1	9781201.2	296
S130	678856	740106	49.4	6.7	9781028.5	151.7	51.7	0.0	9781217.2	289
S131	678824	741124	54.5	6.7	9781030.4	167.5	57.1	0.1	9781211.6	292
S132	679057	741927	48.1	6.7	9781031.9	147.8	50.4	0.0	9781214.6	280
S133	679367	742758	41.7	6.7	9781033.5	128.1	43.7	0.1	9781203.6	255
S134	679896	743533	35.0	6.7	9781035.0	107.5	36.7	0.1	9781211.2	247
S135	680045	744473	27.8	6.7	9781036.8	85.5	29.2	0.1	9781220.4	240
S136	673678	744122	81.9	6.7	9781036.1	251.6	85.8	0.2	9781211.8	342
S137	673662	743182	79.1	6.7	9781034.3	243.0	82.9	0.2	9781195.3	321
S138	673412	742818	90.9	6.7	9781033.6	279.2	95.2	0.3	9781176.6	327
S139	674634	744150	76.4	6.7	9781036.1	234.7	80.0	0.1	9781216.0	335
S140	674673	743155	84.9	6.7	9781034.2	260.7	88.9	0.2	9781203.7	341
S141	675075	742276	95.0	6.7	9781032.6	291.9	99.5	0.2	9781171.6	332
S142	675585	741610	94.9	6.7	9781031.3	291.5	99.4	0.5	9781171.0	332
S143	675801	740719	78.7	6.7	9781029.6	241.7	82.4	0.8	9781206.5	337
S144	675625	739855	78.7	6.7	9781028.0	241.9	82.5	0.2	9781204.0	336
S145	675074	739316	84.9	6.7	9781027.0	260.9	89.0	0.6	9781194.8	340
S146	674304	738949	107.5	6.7	9781026.3	330.3	112.7	0.7	9781154.5	347
S147	673649	738282	127.2	6.7	9781025.0	390.7	133.3	0.7	9781125.4	358
S148	673510	738113	135.3	6.7	9781024.7	415.8	141.8	0.3	9781099.6	349

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S149	676138	739315	93.7	6.7	9781027.0	287.8	98.2	0.1	9781183.7	346
S150	676727	738655	77.5	6.7	9781025.7	238.2	81.2	0.1	9781265.0	396
S151	677555	738240	76.3	6.7	9781025.0	234.3	79.9	0.0	9781212.6	342
S152	679318	738318	47.3	6.7	9781025.1	145.4	49.6	0.3	9781230.2	301
S153	680225	738356	51.3	6.7	9781025.2	157.7	53.8	0.0	9781199.9	279
S154	681031	738414	44.2	6.7	9781025.3	135.9	46.3	0.1	9781205.1	269
S155	681904	738150	42.9	6.7	9781024.8	131.9	45.0	0.2	9781199.0	261
S156	682733	738392	40.1	6.7	9781025.2	123.3	42.0	0.2	9781178.2	234
S157	683265	739123	47.0	6.7	9781026.6	144.4	49.3	0.1	9781139.8	208
S158	683706	739787	43.8	6.7	9781027.9	134.7	45.9	0.2	9781133.0	194
S159	684466	740324	36.0	6.7	9781028.9	110.5	37.7	0.1	9781129.2	173
S160	685259	740773	34.0	6.7	9781029.7	104.6	35.7	0.0	9781124.0	163
S161	686764	743013	26.3	6.7	9781034.0	80.7	27.5	0.1	9781123.3	143
S162	686228	742441	25.5	6.7	9781032.9	78.4	26.7	0.1	9781113.2	132
S163	685924	741521	29.1	6.7	9781031.2	89.5	30.5	0.0	9781114.1	142
S164	685361	740989	29.3	6.7	9781030.1	90.1	30.7	0.0	9781120.5	150
S165	685437	740061	30.8	6.7	9781028.4	94.7	32.3	0.1	9781119.8	154
S166	686008	743339	22.3	6.7	9781034.6	68.6	23.4	0.0	9781125.0	136
S167	685985	744234	22.0	6.7	9781036.3	67.6	23.0	0.0	9781132.7	141
S168	686066	745163	16.3	6.7	9781038.1	50.1	17.1	0.0	9781136.2	131
S169	684224	744951	29.2	6.7	9781037.7	89.5	30.5	0.0	9781157.6	179
S170	683729	744194	27.2	6.7	9781036.2	83.5	28.5	0.0	9781172.1	191
S171	683202	743366	34.8	6.7	9781034.6	106.8	36.4	0.0	9781179.2	215
S172	682488	742774	35.1	6.7	9781033.5	107.9	36.8	0.0	9781206.5	244
S173	681729	742987	37.6	6.7	9781033.9	115.6	39.4	0.1	9781206.9	249
S174	681018	742608	38.3	6.7	9781033.2	117.7	40.1	0.0	9781214.2	259
S175	680353	742077	38.7	6.7	9781032.2	118.8	40.5	0.1	9781217.6	264
S176	679446	742042	40.0	6.7	9781032.1	122.9	41.9	0.1	9781217.9	267
S177	679928	733995	53.7	6.6	9781017.0	165.0	56.3	0.1	9781207.5	299
S178	680896	734422	51.7	6.6	9781017.8	158.9	54.2	0.0	9781209.8	297

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S179	681655	734487	53.2	6.6	9781017.9	163.5	55.8	0.2	9781176.3	266
S180	682540	734993	45.9	6.6	9781018.8	141.1	48.1	0.0	9781174.3	248
S181	683186	735463	48.8	6.7	9781019.7	149.9	51.1	0.0	9781135.2	214
S182	684105	735797	45.9	6.7	9781020.4	141.1	48.1	0.0	9781110.4	183
S183	684514	736528	45.5	6.7	9781021.7	139.7	47.7	0.0	9781102.7	173
S184	685295	737040	38.6	6.7	9781022.7	118.6	40.4	0.0	9781116.5	172
S185	685600	737755	41.4	6.7	9781024.0	127.1	43.4	0.0	9781111.4	171
S186	685636	738657	38.3	6.7	9781025.7	117.7	40.2	0.0	9781117.0	169
S187	686413	736377	37.3	6.7	9781021.4	114.7	39.1	0.0	9781109.6	164
S188	687342	736534	38.9	6.7	9781021.7	119.4	40.7	0.0	9781100.3	157
S189	688539	737065	41.5	6.7	9781022.7	127.5	43.5	0.0	9781112.1	173
S190	689366	736847	46.5	6.7	9781022.3	142.8	48.7	0.1	9781130.2	202
S191	689618	736125	43.4	6.7	9781021.0	133.4	45.5	0.1	9781141.8	209
S192	690237	735498	46.1	6.7	9781019.8	141.5	48.3	0.0	9781127.2	201
S193	691089	735381	49.1	6.7	9781019.6	150.8	51.4	0.1	9781113.5	193
S194	691881	734749	56.3	6.6	9781018.4	172.9	59.0	0.8	9781088.2	185
S195	692517	734269	57.3	6.6	9781017.5	176.0	60.0	0.1	9781084.9	183
S196	691614	734203	53.0	6.6	9781017.4	162.8	55.5	0.1	9781098.2	188
S197	690679	734037	49.3	6.6	9781017.0	151.5	51.7	0.1	9781121.5	204
S198	689855	734444	41.5	6.6	9781017.8	127.5	43.5	0.0	9781133.0	199
S199	689104	734143	38.5	6.6	9781017.2	118.2	40.3	0.0	9781129.3	190
S200	688299	733759	38.0	6.6	9781016.5	116.9	39.9	0.0	9781100.6	161
S201	687621	731736	44.6	6.6	9781012.7	137.0	46.7	0.0	9781078.2	156
S202	687876	730123	49.3	6.6	9781009.7	151.4	51.6	0.0	9781068.6	159
S203	688278	728386	49.8	6.6	9781006.5	152.9	52.2	0.2	9781059.0	154
S204	688163	726580	52.6	6.6	9781003.1	161.5	55.1	0.9	9781020.4	124
S205	687766	724771	53.0	6.6	9780999.8	162.8	55.5	1.1	9780998.6	107
S206	688053	722920	59.0	6.5	9780996.4	181.2	61.8	0.1	9780937.7	61
S207	688212	721025	65.4	6.5	9780992.9	200.9	68.5	0.0	9780883.5	23
S208	687785	719267	73.2	6.5	9780989.6	225.0	76.7	0.0	9780835.1	-6

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S209	686661	717787	86.0	6.5	9780986.9	264.1	90.1	0.2	9780802.9	-10
S210	685853	717399	79.6	6.5	9780986.2	244.6	83.4	0.2	9780825.3	1
S211	685280	717016	81.5	6.5	9780985.5	250.4	85.4	0.3	9780812.6	-8
S212	687166	730457	38.6	6.6	9781010.4	118.5	40.4	0.0	9781072.5	140
S213	686132	729015	46.0	6.6	9781007.7	141.2	48.2	0.2	9781066.6	152
S214	685115	727515	51.9	6.6	9781004.9	159.3	54.3	0.1	9781059.6	160
S215	684071	726278	60.1	6.6	9781002.6	184.6	62.9	0.1	9781016.8	136
S216	683240	725047	68.6	6.6	9781000.3	210.7	71.9	0.2	9780967.9	107
S217	684421	725951	56.1	6.6	9781002.0	172.5	58.8	0.6	9781017.5	130
S218	685278	727068	48.5	6.6	9781004.0	149.1	50.9	0.1	9781045.2	139
S219	684014	724728	67.9	6.6	9780999.7	208.6	71.1	0.6	9780959.3	98
S220	684698	723343	110.9	6.5	9780997.1	340.6	116.2	0.2	9780822.1	50
S221	685003	720494	68.9	6.5	9780991.9	211.5	72.1	0.1	9780868.1	16
S222	685315	718765	75.9	6.5	9780988.7	233.0	79.5	0.2	9780831.5	-4
S223	687109	722643	76.5	6.5	9780995.9	235.0	80.2	0.2	9780874.0	33
S224	685580	722216	84.2	6.5	9780995.1	258.8	88.3	0.1	9780869.3	45
S225	689100	721514	62.0	6.5	9780993.8	190.4	64.9	0.1	9780916.6	48
S226	689924	721131	63.7	6.5	9780993.1	195.8	66.8	0.1	9780911.7	48
S227	690720	721232	69.8	6.5	9780993.2	214.5	73.2	0.1	9780909.0	57
S228	691315	721912	80.6	6.5	9780994.5	247.5	84.4	2.3	9780911.6	83
S229	691937	722617	79.9	6.5	9780995.8	245.5	83.7	0.2	9780919.9	86
S230	692761	722278	85.7	6.5	9780995.2	263.3	89.8	0.2	9780889.0	68
S231	693421	721746	102.5	6.5	9780994.2	315.0	107.4	0.5	9780841.8	56
S232	694201	721511	119.3	6.5	9780993.8	366.5	125.0	1.0	9780829.6	78
S233	691942	723573	90.3	6.5	9780997.6	277.5	94.6	0.2	9780915.9	101
S234	692421	724049	89.7	6.5	9780998.4	275.5	94.0	0.1	9780908.0	91
S235	692853	724885	88.4	6.6	9781000.0	271.5	92.6	0.1	9780922.1	101
S236	693065	725841	78.6	6.6	9781001.8	241.4	82.3	0.1	9780941.6	99
S237	692729	726644	76.4	6.6	9781003.3	234.7	80.0	0.2	9780960.2	112
S238	692723	727545	71.7	6.6	9781004.9	220.3	75.1	0.2	9780979.0	119

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S239	692774	728448	65.1	6.6	9781006.6	199.9	68.2	0.1	9780992.9	118
S240	692472	729291	55.3	6.6	9781008.2	169.8	57.9	0.3	9781009.9	114
S241	691856	729829	51.9	6.6	9781009.2	159.3	54.3	0.4	9781036.7	133
S242	691094	730211	55.2	6.6	9781009.9	169.4	57.8	0.2	9781051.4	153
S243	690146	730349	50.8	6.6	9781010.2	155.9	53.2	0.2	9781078.6	171
S244	689377	730756	47.8	6.6	9781010.9	146.8	50.1	0.1	9781089.6	176
S245	688620	731380	42.5	6.6	9781012.1	130.6	44.5	0.0	9781089.6	164
S246	687971	731847	42.1	6.6	9781013.0	129.2	44.1	0.1	9781089.1	161
S247	661394	743752	23.9	6.7	9781035.4	73.4	25.1	0.0	9781235.0	248
S248	662021	743050	27.6	6.7	9781034.0	84.9	29.0	0.0	9781247.3	269
S249	662948	742668	28.7	6.7	9781033.3	88.1	30.0	0.0	9781273.3	298
S250	663904	742716	29.8	6.7	9781033.4	91.4	31.2	0.0	9781286.7	314
S251	664840	742540	35.9	6.7	9781033.1	110.3	37.6	0.0	9781274.6	314
S252	665541	741889	40.6	6.7	9781031.8	124.8	42.5	0.0	9781265.1	315
S253	666250	741335	40.5	6.7	9781030.8	124.4	42.4	0.0	9781265.8	317
S254	667077	741237	46.1	6.7	9781030.6	141.6	48.3	0.1	9781265.5	328
S255	668022	740970	52.7	6.7	9781030.1	161.8	55.2	0.2	9781247.6	324
S256	668388	740213	55.4	6.7	9781028.7	170.2	58.1	0.2	9781229.9	314
S257	668838	739536	55.3	6.7	9781027.4	169.8	57.9	0.0	9781242.8	327
S258	669126	738654	61.2	6.7	9781025.7	188.0	64.1	0.0	9781230.1	328
S259	669320	737765	80.5	6.7	9781024.1	247.3	84.3	0.1	9781181.2	320
S260	669764	737004	86.2	6.7	9781022.6	264.7	90.3	0.0	9781174.4	326
S261	669605	736175	71.1	6.7	9781021.1	218.3	74.4	0.2	9781211.6	335
S262	668922	735909	74.7	6.7	9781020.6	229.5	78.3	0.1	9781191.3	322
S263	668082	736246	71.1	6.7	9781021.2	218.4	74.5	0.1	9781194.1	317
S264	667228	736010	45.9	6.7	9781020.8	140.9	48.1	0.2	9781251.1	323
S265	668890	736680	53.4	6.7	9781022.0	164.0	55.9	0.2	9781231.8	318
S266	666581	737246	53.2	6.7	9781023.1	163.5	55.8	0.3	9781227.9	313
S267	686154	738013	49.2	6.7	9781024.5	151.1	51.5	0.1	9781243.6	319
S268	665335	738319	45.7	6.7	9781025.1	140.3	47.9	0.0	9781240.8	308

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S269	664582	738752	36.9	6.7	9781025.9	113.3	38.7	0.0	9781265.8	315
S270	663860	739246	34.9	6.7	9781026.8	107.1	36.5	0.0	9781261.3	305
S271	663281	739900	35.2	6.7	9781028.1	108.1	36.9	0.0	9781259.6	303
S272	662482	740195	36.0	6.7	9781028.6	110.5	37.7	0.0	9781249.2	293
S273	661625	740481	31.5	6.7	9781029.2	96.8	33.0	0.0	9781237.4	272
S274	660755	741018	29.5	6.7	9781030.2	90.6	30.9	0.0	9781233.3	263
S275	659896	737260	30.9	6.7	9781023.1	95.1	32.4	0.0	9781229.5	269
S276	660784	737319	34.0	6.7	9781023.2	104.5	35.6	0.0	9781227.7	273
S277	661612	737008	36.1	6.7	9781022.6	111.0	37.9	0.0	9781235.1	286
S278	662377	737355	42.8	6.7	9781023.3	131.4	44.8	0.0	9781229.7	293
S279	663171	736933	55.3	6.7	9781022.5	169.9	57.9	0.1	9781197.1	287
S280	664073	736568	54.5	6.7	9781021.8	167.5	57.1	0.0	9781209.5	298
S281	664840	736451	53.5	6.7	9781021.6	164.2	56.0	0.0	9781218.2	305
S282	665659	735946	60.1	6.7	9781020.6	184.5	62.9	0.0	9781214.6	316
S283	666130	735175	78.5	6.6	9781019.2	241.1	82.2	0.0	9781180.6	320
S284	666184	734434	90.4	6.6	9781017.8	277.9	94.8	0.0	9781155.0	320
S285	665423	734180	85.2	6.6	9781017.3	261.9	89.3	0.0	9781162.6	318
S286	665066	733509	68.8	6.6	9781016.1	211.2	72.0	0.0	9781184.3	307
S287	664412	732758	52.4	6.6	9781014.7	160.8	54.9	0.0	9781198.8	290
S288	663744	732422	45.4	6.6	9781014.0	139.5	47.6	0.0	9781208.9	287
S289	664268	731914	47.4	6.6	9781013.1	145.5	49.6	0.0	9781206.4	289
S290	665149	731600	45.5	6.6	9781012.5	139.6	47.6	0.0	9781224.1	304
S291	666022	731323	68.5	6.6	9781012.0	210.5	71.8	0.0	9781180.0	307
S292	666891	731152	67.6	6.6	9781011.7	207.5	70.8	0.0	9781188.6	314
S293	667827	731070	68.5	6.6	9781011.5	210.5	71.8	0.0	9781197.5	325
S294	668454	730368	71.9	6.6	9781010.2	220.9	75.3	0.0	9781184.2	320
S295	669211	729861	65.6	6.6	9781009.2	201.6	68.8	0.1	9781193.1	317
S296	669814	730457	72.7	6.6	9781010.4	223.2	76.1	0.2	9781192.4	329
S297	670364	731165	114.8	6.6	9781011.7	352.6	120.3	0.7	9781105.6	327
S298	670256	732075	89.8	6.6	9781013.4	275.7	94.0	0.2	9781173.9	342

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S299	669951	729510	73.9	6.6	9781008.6	227.0	77.4	0.1	9781184.4	326
S300	670745	729121	78.2	6.6	9781007.9	240.3	82.0	0.1	9781169.0	320
S301	671332	728577	81.6	6.6	9781006.9	250.7	85.5	0.1	9781155.3	314
S302	659669	733480	33.7	6.6	9781016.0	103.5	35.3	0.0	9781224.8	277
S303	661523	732940	36.1	6.6	9781015.0	110.8	37.8	0.0	9781220.0	278
S304	662521	732426	34.6	6.6	9781014.0	106.2	36.2	0.0	9781208.6	265
S305	663605	730756	33.6	6.6	9781010.9	103.2	35.2	0.0	9781207.3	264
S306	664909	729648	37.0	6.6	9781008.8	113.6	38.8	0.0	9781200.2	266
S307	666162	728461	55.3	6.6	9781006.6	169.9	58.0	0.0	9781166.3	272
S308	667922	728625	65.9	6.6	9781006.9	202.6	69.1	0.0	9781152.8	279
S309	669330	727495	70.2	6.6	9781004.8	215.8	73.6	0.1	9781143.5	281
S310	670310	727160	72.1	6.6	9781004.2	221.4	75.5	0.3	9781131.0	273
S311	670842	728135	84.5	6.6	9781006.0	259.7	88.6	0.1	9781121.6	287
S312	672205	727173	81.6	6.6	9781004.2	250.5	85.4	0.7	9781107.6	269
S313	673783	727286	231.2	6.6	9781004.5	710.1	242.2	0.3	9780739.8	204
S314	674634	728428	114.6	6.6	9781006.6	351.9	120.0	1.2	9781038.0	265
S315	674543	727716	118.8	6.6	9781005.2	365.0	124.5	0.9	9781023.8	260
S316	675838	729433	85.4	6.6	9781008.4	262.3	89.4	1.8	9781126.5	293
S317	677263	730749	71.3	6.6	9781010.9	219.1	74.7	0.6	9781167.7	302
S318	678669	731459	72.7	6.6	9781012.2	223.4	76.2	0.2	9781158.6	294
S319	680271	732094	59.1	6.6	9781013.4	181.5	61.9	0.2	9781183.4	290
S320	681526	732750	55.7	6.6	9781014.6	171.0	58.3	0.0	9781177.7	276
S321	683258	732812	61.4	6.6	9781014.8	188.6	64.3	0.1	9781120.1	230
S322	684600	733543	58.9	6.6	9781016.1	180.9	61.7	0.0	9781074.5	178
S323	686331	733448	45.8	6.6	9781015.9	140.8	48.0	0.0	9781064.7	142
S324	686427	732334	41.5	6.6	9781013.9	127.6	43.5	0.0	9781062.7	133
S325	689145	726893	76.1	6.6	9781003.7	233.8	79.7	0.3	9780994.1	145
S326	669815	726189	64.0	6.6	9781002.4	196.5	67.0	1.6	9781009.8	138
S327	689802	725213	73.8	6.6	9781000.6	226.8	77.3	2.2	9780967.0	118
S328	690214	725472	81.8	6.6	9781001.1	251.3	85.7	1.8	9780937.5	104

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S329	657829	728842	60.6	6.6	9781007.3	186.1	63.5	0.0	9781130.7	246
S330	658572	728261	69.2	6.6	9781006.3	212.6	72.5	0.0	9781107.5	241
S331	658910	727340	64.4	6.6	9781004.6	197.8	67.5	0.0	9781115.8	242
S332	659429	726534	63.3	6.6	9781003.1	194.5	66.3	0.0	9781104.1	229
S333	660236	726172	85.4	6.6	9781002.4	262.5	89.5	0.0	9781057.2	228
S334	661156	726072	64.8	6.6	9781002.2	199.1	67.9	0.0	9781113.4	242
S335	661206	725272	66.4	6.6	9781000.7	204.1	69.6	0.0	9781094.7	228
S336	661412	724540	71.2	6.6	9780999.4	218.6	74.5	0.0	9781077.3	222
S337	662033	723807	66.5	6.5	9780998.0	204.4	69.7	0.0	9781105.2	242
S338	662338	723217	68.9	6.5	9780996.9	211.8	72.2	0.0	9781093.8	236
S339	662732	722564	63.7	6.5	9780995.7	195.8	66.8	0.0	9781119.6	253
S340	662672	721635	73.5	6.5	9780994.0	225.7	77.0	0.0	9781081.2	236
S341	662702	720802	99.6	6.5	9780992.5	306.1	104.4	0.0	9781001.9	211
S342	662079	726359	69.0	6.6	9781002.7	211.9	72.3	0.0	9781110.0	247
S343	663055	726417	54.5	6.6	9781002.8	167.4	57.1	0.0	9781157.6	265
S344	661444	729016	55.4	6.6	9781007.7	170.1	58.0	0.0	9781155.5	260
S345	659996	730084	50.7	6.6	9781009.7	155.7	53.1	0.0	9781171.0	264
S346	658622	731389	42.2	6.6	9781012.1	129.5	44.2	0.0	9781185.8	259
S347	658077	732601	41.4	6.6	9781014.4	127.2	43.4	0.0	9781176.3	246
S348	659294	733719	34.6	6.6	9781016.5	106.3	36.3	0.0	9781225.1	279
S349	660238	733770	33.8	6.6	9781016.5	103.8	35.4	0.0	9781217.0	269
S350	661158	734179	42.8	6.6	9781017.3	131.4	44.8	0.0	9781213.5	283
S351	661769	745723	19.0	6.7	9781039.1	58.3	19.9	0.0	9781221.4	221
S352	662455	745221	32.1	6.7	9781038.2	98.7	33.7	0.0	9781228.1	255
S353	663264	744909	47.7	6.7	9781037.6	146.5	50.0	0.0	9781219.4	278
S354	664195	744740	44.6	6.7	9781037.3	136.9	46.7	0.0	9781256.8	310
S355	665116	744574	44.3	6.7	9781036.9	136.0	46.4	0.0	9781263.1	316
S356	662581	747133	35.2	6.8	9781041.8	108.3	36.9	0.0	9781227.5	257
S357	663533	747108	41.0	6.8	9781041.8	126.0	43.0	0.0	9781241.3	283
S358	664288	746756	42.4	6.8	9781041.1	130.1	44.4	0.0	9781248.3	293

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S359	665143	746379	50.5	6.8	9781040.4	155.3	53.0	0.0	9781227.8	290
S360	666021	746231	69.2	6.7	9781040.1	212.6	72.5	0.0	9781176.4	276
S361	666617	745921	65.3	6.7	9781039.5	200.5	68.4	0.1	9781187.5	280
S362	666241	745086	57.4	6.7	9781037.9	176.2	60.1	0.1	9781228.9	307
S363	665989	744545	43.6	6.7	9781036.9	134.0	45.7	0.1	9781260.2	312
S364	666854	744195	48.4	6.7	9781036.2	148.8	50.7	0.0	9781250.7	313
S365	667785	744264	54.7	6.7	9781036.4	167.9	57.3	0.3	9781240.5	315
S366	668442	744853	64.1	6.7	9781037.5	197.0	67.2	1.2	9781217.8	311
S367	657928	722487	77.1	6.5	9780995.6	237.0	80.8	0.0	9781067.5	228
S368	658811	722565	84.7	6.5	9780995.7	260.2	88.7	0.1	9781039.4	215
S369	659544	722684	90.8	6.5	9780995.9	278.9	95.1	0.6	9781020.9	209
S370	660349	722837	99.1	6.5	9780996.2	304.3	103.8	1.9	9780998.9	205
S371	661071	722385	108.5	6.5	9780995.4	333.4	113.7	1.9	9780970.3	197
S372	661829	722073	95.3	6.5	9780994.8	292.8	99.9	0.5	9781024.6	223
S373	661977	722890	83.5	6.5	9780996.3	256.5	87.5	0.0	9781063.0	236
S374	662623	727448	51.4	6.6	9781004.8	157.9	53.8	0.0	9781158.3	258
S375	661014	726945	68.4	6.6	9781003.8	210.2	71.7	0.0	9781088.2	223
S376	668629	727783	65.2	6.6	9781005.4	200.2	68.3	0.0	9781113.7	240
S377	660106	728281	57.0	6.6	9781006.3	175.2	59.8	0.0	9781147.2	256
S378	659838	729118	59.5	6.6	9781007.9	182.9	62.4	0.0	9781147.2	260
S379	659792	730056	48.0	6.6	9781009.6	147.6	50.3	0.0	9781178.4	266
S380	657933	730530	57.8	6.6	9781010.5	177.5	60.5	0.0	9781135.0	241
S381	657930	729648	53.0	6.6	9781008.8	162.9	55.6	0.0	9781139.5	238
S382	659382	728486	55.3	6.6	9781006.7	170.0	58.0	0.0	9781145.4	251
S383	661650	727818	67.3	6.6	9781005.4	206.9	70.6	0.0	9781102.0	233
S384	663381	725870	56.6	6.6	9781001.8	174.0	59.3	0.0	9781154.3	267
S385	663835	724144	59.8	6.5	9780998.6	183.6	62.6	0.1	9781138.7	261
S386	664366	722945	61.9	6.5	9780996.4	190.2	64.9	0.0	9781128.4	257
S387	665571	722239	57.8	6.5	9780995.1	177.6	60.6	0.0	9781126.3	248
S388	666612	721889	59.2	6.5	9780994.5	181.8	62.0	0.0	9781115.9	241

STN	X-GRID	Y-GRID	H (m)	lat (deg)	g_lat (gu)	FC (gu)	BC (gu)	TC (gu)	g_obs (gu)	BA (gu)
S389	668087	721872	69.2	6.5	9780994.4	212.6	72.5	0.1	9781090.2	236
S390	669826	721840	71.7	6.5	9780994.4	220.3	75.1	0.1	9781075.6	227
S391	671452	721915	85.3	6.5	9780994.5	262.2	89.4	0.8	9781013.3	192
S392	671840	720214	88.7	6.5	9780991.4	272.5	92.9	1.8	9780969.7	160
S393	665140	722949	49.0	6.5	9780996.4	150.5	51.3	0.1	9781140.0	243
S394	663355	727522	41.3	6.6	9781004.9	127.0	43.3	0.0	9781160.7	239
S395	663876	728299	34.5	6.6	9781006.3	106.0	36.1	0.0	9781174.1	238
S396	664560	728752	44.9	6.6	9781007.2	137.9	47.0	0.0	9781162.0	246
S397	664346	727726	53.1	6.6	9781005.3	163.3	55.7	0.0	9781131.7	234
S398	664785	726974	54.3	6.6	9781003.9	166.9	56.9	0.0	9781149.5	256
S399	665557	726904	55.2	6.6	9781003.7	169.6	57.8	0.1	9781149.4	257
S400	666280	726388	58.0	6.6	9781002.8	178.3	60.8	0.0	9781154.5	269
S401	666388	725537	66.0	6.6	9781001.2	202.7	69.1	0.1	9781132.9	265
S402	666708	725715	61.7	6.6	9781001.5	189.5	64.6	0.1	9781151.9	275
S403	667302	725550	62.9	6.6	9781001.2	193.1	65.9	0.0	9781143.7	270
S404	667686	725562	64.0	6.6	9781001.3	196.5	67.0	0.1	9781115.8	244
S405	668129	725990	53.0	6.6	9781002.0	162.9	55.6	0.1	9781167.2	273
S406	667802	726860	46.9	6.6	9781003.7	144.0	49.1	0.0	9781181.5	273
S407	666936	727268	43.3	6.6	9781004.4	133.0	45.4	0.0	9781187.3	271
S408	666565	727967	53.8	6.6	9781005.7	165.3	56.4	0.0	9781171.5	275
p57	693500	749250	20.1	6.8	9781045.9	61.8	21.1	1.0	9781219.3	215
p58	693350	749200	17.2	6.8	9781045.8	53.0	18.1	0.8	9781231.3	221

ภาคผนวก ข

สัมประสิทธิ์ g_n^m และ h_n^m ในหน่วย nT
(ที่มา : Parkinson, 1983)

n	m	g_n^m	h_n^m	n	m	g_n^m	h_n^m
1	0	-30001		5	3	-66	-149
1	0	-1950	5634	5	4	-173	-71
				5	5	-52	101
2	0	-2038					
2	1	3035	-2136	6	0	51	
2	2	1652	-179	6	1	57	-15
				6	2	47	98
3	0	1293		6	3	-194	75
3	1	-2156	-38	6	4	6	-44
3	2	1244	261	6	5	17	2
3	3	851	-235	6	6	-104	27
4	0	919		7	0	65	
4	1	777	189	7	1	-55	-71
4	2	411	-265	7	2	7	-24
4	3	-428	69	7	3	17	9
4	4	224	-289	7	4	-17	8
				7	5	-1	12
5	0	-216		7	6	16	-17
5	1	354	74	7	7	9	-14
5	2	261	147				

n	m	g_n^m	h_n^m	n	m	g_n^m	h_n^m
8	0	13		8	5	0	10
8	1	8	12	8	6	-1	7
8	2	-4	-21	8	7	10	-13
8	3	-5	11	8	8	3	-13
8	4	-12	-20				

ภาคผนวก ก

ความหนาแน่นของหินตัวอย่างในพื้นที่ทำการศึกษาวิจัย

รหัส	X-GRID	Y-GRID	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หิน
SP03-1	682824	725041	2582	หินแกรนิต
SP03-2	— " —	— " —	2599	— " —
SP03-3	— " —	— " —	2568	— " —
SP03-4	— " —	— " —	2649	— " —
SP03-5	— " —	— " —	2458	— " —
SP03-6	— " —	— " —	2546	— " —
SP03-7	— " —	— " —	2492	— " —
SP03-8	— " —	— " —	2559	— " —
SP03-9	— " —	— " —	2626	— " —
SP03-10	— " —	— " —	2557	— " —
SP03-11	— " —	— " —	2532	— " —
SP03-12	— " —	— " —	2562	— " —
SP04-1	682375	724192	2572	— " —
SP04-2	— " —	— " —	2550	— " —
SP04-3	— " —	— " —	2580	— " —
SP04-4	— " —	— " —	2564	— " —
SP04-5	— " —	— " —	2552	— " —
SP05-1	682375	723697	2523	— " —
SP05-2	— " —	— " —	2517	— " —
SP05-3	— " —	— " —	2533	— " —
SP05-4	— " —	— " —	2560	— " —
SP05-5	— " —	— " —	2529	— " —
SP05-6	— " —	— " —	2555	— " —
SP06-1	683105	724886	2594	หินทราย
SP06-2	— " —	— " —	2607	— " —
SP06-3	— " —	— " —	2580	— " —

รหัส	X-GRID	Y-GRID	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หิน
SP06-6	— " —	— " —	2628	— " —
SP08-1	684451	720802	2567	หินแกรนิต
SP08-2	— " —	— " —	2652	— " —
SP09-1	685258	718362	2563	— " —
SP09-2	— " —	— " —	2338	— " —
SP09-3	— " —	— " —	2562	— " —
SP09-4	— " —	— " —	2463	— " —
SP10-1	685203	718287	2615	— " —
SP10-2	— " —	— " —	2558	— " —
SP10-3	— " —	— " —	2554	— " —
SP11-1	685875	716660	2549	— " —
SP11-2	— " —	— " —	2559	— " —
SP11-3	— " —	— " —	2524	— " —
SP11-4	— " —	— " —	2534	— " —
SP12-1	680891	745413	2519	หินดินดาน
SP12-2	— " —	— " —	2416	— " —
SP12-3	— " —	— " —	2437	— " —
SP13-1	673328	745445	2333	— " —
SP13-2	— " —	— " —	2343	— " —
SP14-1	668150	744560	2556	หินทราย
SP14-2	— " —	— " —	2613	— " —
SP14-3	— " —	— " —	2666	— " —
SP14-4	— " —	— " —	2628	— " —
SP14-5	— " —	— " —	2666	— " —
SP15-1	668335	740636	2620	— " —
SP15-2	— " —	— " —	2566	— " —
SP15-3	— " —	— " —	2595	— " —
SP15-4	— " —	— " —	2593	— " —
SP15-5	— " —	— " —	2601	— " —
SP15-6	— " —	— " —	2612	— " —
SP15-7	— " —	— " —	2615	— " —

รหัส	X-GRID	Y-GRID	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หิน
SP17-1	666192	734465	2570	— " —
SP17-2	— " —	— " —	2585	— " —
SP17-3	— " —	— " —	2580	— " —
SP17-4	— " —	— " —	2586	— " —
SP17-5	— " —	— " —	2574	— " —
SP17-6	— " —	— " —	2644	— " —
SP17-7	— " —	— " —	2599	— " —
SP17-8	— " —	— " —	2591	— " —
SP18-1	670422	727784	2553	— " —
SP18-2	— " —	— " —	2561	— " —
SP18-3	— " —	— " —	2517	— " —
SP18-4	— " —	— " —	2580	— " —
SP18-5	— " —	— " —	2551	— " —
SP19-1	673297	727157	2512	— " —
SP19-2	— " —	— " —	2456	— " —
SP19-3	— " —	— " —	2535	— " —
SP19-4	— " —	— " —	2397	— " —
SP19-5	— " —	— " —	2411	— " —
SP20-1	673367	727109	2477	— " —
SP20-2	— " —	— " —	2438	— " —
SP20-3	— " —	— " —	2482	— " —
SP20-4	— " —	— " —	2480	— " —
SP21-1	691382	721972	2440	หินดินดาน
SP21-2	— " —	— " —	2454	— " —
SP22-1	688337	726894	2514	หินทราย
SP22-2	— " —	— " —	2535	— " —
SP22-3	— " —	— " —	2597	— " —
SP22-4	— " —	— " —	2552	— " —
SP22-5	— " —	— " —	2557	— " —
SP22-6	— " —	— " —	2545	— " —
SP148-1	673510	738113	2620	— " —

รหัส	X-GRID	Y-GRID	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หิน
SP148-2	— " —	— " —	2632	— " —
SP148-3	— " —	— " —	2624	— " —
SP148-4	— " —	— " —	2618	— " —
SP284-1	666184	734434	2563	— " —
SP284-2	— " —	— " —	2563	— " —
SP284-3	— " —	— " —	2563	— " —
SP284-4	— " —	— " —	2588	— " —
SP284-5	— " —	— " —	2565	— " —
SP284-6	— " —	— " —	2555	— " —
SP284-7	— " —	— " —	2579	— " —
H004-1	666446	734717	2580	— " —
H004-2	— " —	— " —	2595	— " —
H004-3	— " —	— " —	2552	— " —
H004-4	— " —	— " —	2556	— " —
H004-5	— " —	— " —	2609	— " —
H004-6	— " —	— " —	2586	— " —
H004-7	— " —	— " —	2552	— " —
H004-8	— " —	— " —	2568	— " —
H329-1	669497	746751	2544	— " —
H329-2	— " —	— " —	2453	— " —
H329-3	— " —	— " —	2626	— " —
H329-4	— " —	— " —	2529	— " —
H329-5	— " —	— " —	2616	— " —
H329-6	— " —	— " —	2532	— " —
H331-1	664033	747074	2608	— " —
H331-2	— " —	— " —	2597	— " —
H331-3	— " —	— " —	2501	— " —
H331-4	— " —	— " —	2511	— " —
H331-5	— " —	— " —	2543	— " —

รหัส	X-GRID	Y-GRID	ความหนาแน่น (kg/m ³)	หิน
* A9	694100	740750	2411	หินดินดาน
* A15	694650	748250	2502	หินทราย
* A30	694550	743750	2482	หินแกรนิต
* A36	692200	745750	2533	หินทราย

หมายเหตุ * ที่มา (พวงทิพย์ ร้างเล็ก, 2538)

ภาคผนวก ง

พารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองโครงสร้างทางธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคของพื้นที่
ศึกษา ด้วยโปรแกรม Geo Vista AB-GMM, version 1.31 ทั้ง 2 แบบจำลอง มีดังต่อไปนี้

1) แบบจำลองที่ 1

27					;Total number of bodies in model
41139.0					;Magnitude of terrestrial field
-5.5					;Inclination of terrestrial field
-0.5					;Declination of terrestrial field
2800.0					;Surrounding density
.000001					;Surrounding susceptibility
1					;Internal body number
2620.0					;density of body, 0=surrounding
.000001					;suscept. of body, 0=surrounding
.0000					;Remanent/induced magnetization
.0					;Inclination of remanence, positive down
.0					;Declination of remanence, pos. clockwise
21					;Surrounding body, = 21 if none
6500.0					;strike length
719250.0					;Y-coordinate of body reference point
.0					;strike angle from y-axis anti-clockwise
13					;Number of corners in body
653342.1	.0				;X-coord & depth of corner 1
697310.6	.0				; --- " --- 2 (with strike=0.0)
697310.6	5227.8				; --- " --- 3 -- " --
692171.4	5064.7				; --- " --- 4 -- " --
691518.8	6735.7				; --- " --- 5 -- " --

688663.6	7469.3	;	---	"	---	6	--	"	--
683687.6	7428.6	;	---	"	---	7	--	"	--
681240.4	6858.0	;	---	"	---	8	--	"	--
675530.3	1478.2	;	---	"	---	9	--	"	--
670391.1	1682.0	;	---	"	---	10	--	"	--
665904.5	744.6	;	---	"	---	11	--	"	--
660194.3	1396.7	;	---	"	---	12	--	"	--
653342.1	785.4	;	---	"	---	13	--	"	--

2									
	2550.0								
	.000001								
	.0000								
	.0								
	.0								
1									
	6500.0								
	719250.0								
	.0								

5									
	653260.4	.0							
	678877.6	.0	;	---	"	---	2	(with strike=0.0)	
	677980.3	214.8	;	---	"	---	3	--	"
	665904.5	214.8	;	---	"	---	4	--	"
	653342.1	174.0	;	---	"	---	5	--	"

3									
	2550.0								
	.000005								

.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
1		;Surrounding body, = 21 if none
6500.0		;strike length
719250.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise
7		;Number of corners in body
678877.6	.0	;X-coord & depth of corner 1
687032.2	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
688174.3	337.1	; --- " --- 3 -- " --
685841.8	328.1	; --- " --- 4 -- " --
683381.3	284.1	; --- " --- 5 -- " --
679527.4	176.3	; --- " --- 6 -- " --
677980.1	174.0	; --- " --- 7 -- " --
<hr/>		
4		;Internal body number
2550.0		;density of body, 0=surrounding
.000001		;suscept. of body, 0=surrounding
.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
1		;Surrounding body, = 21 if none
6500.0		;strike length
719250.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise
5		;Number of corners in body
687032.2	.0	;X-coord & depth of corner 1

697229.0	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
697310.6	581.6	;	---	"	---	3 -- " --
691926.6	296.3	;	---	"	---	4 -- " --
688011.1	337.1	;	---	"	---	5 -- " --

5						;Internal body number
2000.0						;density of body, 0=surrounding
.000000						;suscept. of body, 0=surrounding
.0000						;Remanent/induced magnetization
.0						;Inclination of remanence, positive down
.0						;Declination of remanence, pos. clockwise
2						;Surrounding body, = 21 if none
6500.0						;strike length
719250.0						;Y-coordinate of body reference point
.0						;strike angle from y-axis anti-clockwise

5						;Number of corners in body
654745.1	.0					;X-coord & depth of corner 1
663261.4	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
663055.9	18.6	;	---	"	---	3 (with strike=0.0)
658856.4	33.3	;	---	"	---	4 (with strike=0.0)
654715.8	18.6	;	---	"	---	5 " "

6						;Internal body number
2000.0						;density of body, 0=surrounding
.000000						;suscept. of body, 0=surrounding
.0000						;Remanent/induced magnetization
.0						;Inclination of remanence, positive down
.0						;Declination of remanence, pos. clockwise
3						;Surrounding body, = 21 if none

5000.0 ;strike length
 719250.0 ;Y-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from y-axis anti-clockwise

6 ;Number of corners in body
 678995.5 .0 ;X-coord & depth of corner 1
 690257.6 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 686542.8 18.6 ; --- " --- 3 -- " --
 684810.1 33.3 ; --- " --- 4 -- " --
 682637.0 33.3 ; --- " --- 5 -- " --
 680493.2 18.6 ; --- " --- 6 -- " --

7 ;Internal body number
 2620.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000001 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 21 ;Surrounding body, = 21 if none
 5000.0 ;strike length
 725000.0 ;Y-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from y-axis anti-clockwise

10 ;Number of corners in body
 654728.8 .0 ;X-coord & depth of corner 1
 697310.6 .0 ; --- " --- 2 (with strike=0.0)
 697310.6 7021.0 ; --- " --- 3 -- " --
 689805.8 4494.2 ; --- " --- 4 -- " --
 679935.3 4697.9 ; --- " --- 5 -- " --
 675367.1 1722.8 ; --- " --- 6 -- " --

2000.0		;density of body, 0=surrounding
.000000		;suscept. of body, 0=surrounding
.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
2		;Surrounding body, = 21 if none
5000.0		;strike length
725000.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise
<hr/>		
5		;Number of corners in body
654745.1	.0	;X-coord & depth of corner 1
663261.4	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
663055.9	18.6	; --- " --- 3 -- " --
658856.4	33.3	; --- " --- 4 -- " --
654715.8	18.6	; --- " --- 5 -- " --
<hr/>		
12		;Internal body number
2620.0		;density of body, 0=surrounding
.000001		;suscept. of body, 0=surrounding
.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
21		;Surrounding body, = 21 if none
5000.0		;strike length
730000.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise
<hr/>		
10		;Number of corners in body
654728.8	.0	;X-coord & depth of corner 1

697310.6	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
697310.6	5105.0	;	---	"	---	3 -- " --
691274.1	3679.0	;	---	"	---	4 -- " --
685971.8	3638.0	;	---	"	---	5 -- " --
679282.6	1111.4	;	---	"	---	6 -- " --
669983.2	989.2	;	---	"	---	7 -- " --
660928.4	1967.3	;	---	"	---	8 -- " --
658481.2	2497.1	;	---	"	---	9 -- " --
654484.1	3026.9	;	---	"	---	10 -- " --

13						;Internal body number
	2550.0					;density of body, 0=surrounding
	.000001					;suscept. of body, 0=surrounding
	.0000					;Remanent/induced magnetization
	.0					;Inclination of remanence, positive down
	.0					;Declination of remanence, pos. clockwise
12						;Surrounding body, = 21 if none
	5000.0					;strike length
	730000.0					;Y-coordinate of body reference point
	.0					;strike angle from y-axis anti-clockwise

11						;Number of corners in body
----	--	--	--	--	--	----------------------------

654728.8	.0					;X-coord & depth of corner 1
697229.0	.0	;	---	"	---	2 (with strike=0.0)
697310.6	1315.2	;	---	"	---	3 -- " --
693068.7	785.4	;	---	"	---	4 -- " --
690458.3	540.8	;	---	"	---	5 -- " --
686624.3	866.9	;	---	"	---	6 -- " --
682056.2	296.3	;	---	"	---	7 -- " --
674796.1	337.1	;	---	"	---	8 -- " --

.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
17		;Surrounding body, = 21 if none
5000.0		;strike length
735000.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise
5		;Number of corners in body
654751.6	.0	;X-coord & depth of corner 1
660977.4	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
660625.0	33.3	; --- " --- 3 -- " --
655162.8	48.0	; --- " --- 4 -- " --
654751.6	48.0	; --- " --- 5 -- " --

19		;Internal body number
2000.0		;density of body, 0=surrounding
.000000		;suscept. of body, 0=surrounding
.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
17		;Surrounding body, = 21 if none
5000.0		;strike length
735000.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise

6		;Number of corners in body
679005.3	.0	;X-coord & depth of corner 1
686258.9	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
685818.4	62.7	; --- " --- 3 -- " --
683938.9	48.0	; --- " --- 4 -- " --
681472.1	48.0	; --- " --- 5 -- " --

679152.1	33.3	; --- " ---	6 -- " --
20		;Internal body number	
2620.0		;density of body, 0=surrounding	
.000001		;suscept. of body, 0=surrounding	
.0000		;Remanent/induced magnetization	
.0		;Inclination of remanence, positive down	
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise	
21		;Surrounding body, = 21 if none	
5000.0		;strike length	
740000.0		;Y-coordinate of body reference point	
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise	
10		;Number of corners in body	
654728.8	.0	;X-coord & depth of corner 1	
697310.6	.0	; --- " ---	2 (with strike=0.0)
697310.6	4249.6	; --- " ---	3 -- " --
692416.1	6368.9	; --- " ---	4 -- " --
688745.3	6817.2	; --- " ---	5 -- " --
678140.6	989.2	; --- " ---	6 -- " --
675040.8	785.4	; --- " ---	7 -- " --
668351.7	1315.2	; --- " ---	8 -- " --
661336.3	1845.0	; --- " ---	9 -- " --
654402.5	2782.4	; --- " ---	10 -- " --

21		;Internal body number	
2550.0		;density of body, 0=surrounding	
.000001		;suscept. of body, 0=surrounding	
.0000		;Remanent/induced magnetization	
.0		;Inclination of remanence, positive down	

4			;Number of corners in body
654719.0	.0		;X-coord & depth of corner 1
664145.8	.0	; --- " ---	2 (with strike=0.0)
657567.6	33.0	; --- " ---	3 -- " --
654719.0	33.0	; --- " ---	4 -- " --
<hr/>			
23			;Internal body number
2000.0			;density of body, 0=surrounding
.000000			;suscept. of body, 0=surrounding
.0000			;Remanent/induced magnetization
.0			;Inclination of remanence, positive down
.0			;Declination of remanence, pos. clockwise
21			;Surrounding body,
5000.0			;strike length
740000.0			;Y-coordinate of body reference point
.0			;strike angle from y-axis anti-clockwise
6			;Number of corners in body
680998.9	.0		;X-coord & depth of corner 1
688497.3	.0	; --- " ---	2 (with strike=0.0)
686529.7	62.7	; --- " ---	3 -- " --
683935.6	77.3	; --- " ---	4 -- " --
<hr/>			
682026.8	48.0	; --- " ---	5 -- " --
680969.6	18.6	; --- " ---	6 -- " --
<hr/>			
24			;Internal body number
2620.0			;density of body, 0=surrounding
.000001			;suscept. of body, 0=surrounding
.0000			;Remanent/induced magnetization
.0			;Inclination of remanence, positive down

11		;Number of corners in body
654728.8	.0	;X-coord & depth of corner 1
697310.6	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
697310.6	459.3	; --- " --- 3 -- " --
693150.3	459.3	; --- " --- 4 -- " --
690376.8	1233.7	; --- " --- 5 -- " --
686705.9	1192.9	; --- " --- 6 -- " --
683769.3	337.1	; --- " --- 7 -- " --
677243.3	133.3	; --- " --- 8 -- " --
670554.2	174.0	; --- " --- 9 -- " --
664925.6	255.6	; --- " --- 10 -- " --
654728.8	622.4	; --- " --- 11 -- " --
<hr/>		
26		;Internal body number
2000.0		;density of body, 0=surrounding
.000000		;suscept. of body, 0=surrounding
.0000		;Remanent/induced magnetization
.0		;Inclination of remanence, positive down
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise
25		;Surrounding body,
7500.0		;strike length
746250.0		;Y-coordinate of body reference point
.0		;strike angle from y-axis anti-clockwise

8		;Number of corners in body
654725.6	.0	;X-coord & depth of corner 1
665943.6	.0	; --- " --- 2 (with strike=0.0)
665826.1	33.3	; --- " --- 3 -- " --
662860.1	62.7	; --- " --- 4 -- " --
660510.8	77.3	; --- " --- 5 -- " --

658396.4	48.0	;	---	"	---	6	--	"	--
655048.6	48.0	;	---	"	---	7	--	"	--
654725.6	48.0	;	---	"	---	8	--	"	--

27									
	2000.0								
	.000000								
	.0000								
	.0								
	.0								
25									
	7500.0								
	746250.0								
	.0								
6									
	678378.8		.0						
	685984.8		.0						
	684868.9		33.3						
	683106.8		48.0						
	681462.3		48.0						
	679024.9		33.3						

690295.2	51.8	; --- " ---	3
685890.1	51.8	; --- " ---	4
682300.9	11	; --- " ---	5
<hr/>			
5		;Internal body number	
2550.0		;density of body, 0=surrounding	
0.000001		;suscept. of body, 0=surrounding	
.0000		;Remanent/induced magnetization	
.0		;Inclination of remanence, positive down	
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise	
21		;Surrounding body, = 21 if none	
6500.0		;strike length	
719250.0		;N-coordinate of body reference point	
.0		;strike angle from North anti-clockw.	
4		;Number of corners in body	
690497.5	0	;E-coord & depth of corner 1	
703317.4	0	; --- " ---	2
703317.4	822.4	; --- " ---	3
693511	1052.9	; --- " ---	4
<hr/>			
6		;Internal body number	
2000.0		;density of body, 0=surrounding	
.000000		;suscept. of body, 0=surrounding	
.0000		;Remanent/induced magnetization	
.0		;Inclination of remanence, positive down	
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise	
2		;Surrounding body, = 21 if none	
6500.0		;strike length	

719250.0					;N-coordinate of body reference point
.0					;strike angle from North anti-clockw.
4					;Number of corners in body
653668.3	0				;E-coord & depth of corner 1
666067.6	0			; --- " ---	2
665822.9	51.8			; --- " ---	3
653668.3	62.7			; --- " ---	4
<hr/>					
7					;Internal body number
2620.0					;density of body, 0=surrounding
0.000001					;suscept. of body, 0=surrounding
0.0000					;Remanent/induced magnetization
.0					;Inclination of remanence, positive down
.0					;Declination of remanence, pos. clockwise
21					;Surrounding body, = 21 if none
6500.0					;strike length
719250.0					;N-coordinate of body reference point
.0					;strike angle from North anti-clockw.
7					;Number of corners in body
683405.9	.0				;E-coord & depth of corner 1
687369.0	.0			; --- " ---	2
690539.9	1274.5			; --- " ---	3
689724.1	1845.0			; --- " ---	4
687113.8	2293.3			; --- " ---	5
683769.3	2293.3			; --- " ---	6
680016.8	1274.5			; --- " ---	7

.000001					;suscept. of body, 0=surrounding
.0000					;Remanent/induced magnetization
.0					;Inclination of remanence, positive down
.0					;Declination of remanence, pos. clockwise
21					;Surrounding body, = 21 if none
5000.0					;strike length
735000.0					;N-coordinate of body reference point
.0					;strike angle from North anti-clockw.
13					;Number of corners in body
653668.3	0				;E-coord & depth of corner 1
703317.9	0				; --- " --- 2
703317.4	2378.4				; --- " --- 3
691437.2	2130.3				; --- " --- 4
689234.7	1845				; --- " --- 5
686134.9	1804.3				; --- " --- 6
681747.8	822.4				; --- " --- 7
676427.6	581.6				; --- " --- 8
674306.6	459.3				; --- " --- 9
670227.9	459.3				; --- " --- 10
667535.9	540.8				; --- " --- 11
663946.7	907.7				; --- " --- 12
653586.8	1274.5				; --- " --- 13

16					;Internal body number
2000.0					;density of body, 0=surrounding
.000000					;suscept. of body, 0=surrounding
.0000					;Remanent/induced magnetization
.0					;Inclination of remanence, positive down

.0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 13 ;Surrounding body, = 21 if none
 5000.0 ;strike length
 735000.0 ;N-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from North anti-clockw.

4 ;Number of corners in body
 653668.3 0 ;E-coord & depth of corner 1
 660977.4 0 ; --- " --- 2
 660625.9 63.8 ; --- " --- 3
 653668.3 121.8 ; --- " --- 4

17 ;Internal body number
 2000.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 13 ;Surrounding body, = 21 if none
 5000.0 ;strike length
 735000.0 ;N-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from North anti-clockw.

5 ;Number of corners in body
 679005.3 0 ;E-coord & depth of corner 1
 690458.3 0 ; --- " --- 2
 688255.8 238.7 ; --- " --- 3
 686094.1 300.1 ; --- " --- 4
 684085.8 268.1 ; --- " --- 5

.0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 4 ;Surrounding body, = 21 if none
 5000.0 ;strike length
 740000.0 ;N-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from North anti-clockw.

4 ;Number of corners in body
 653668.3 0 ;E-coord & depth of corner 1
 660977.4 0 ; --- " --- 2
 660625.9 63.8 ; --- " --- 3
 653635.7 224 ; --- " --- 4

20 ;Internal body number
 2000.0 ;density of body, 0=surrounding
 .000000 ;suscept. of body, 0=surrounding
 .0000 ;Remanent/induced magnetization
 .0 ;Inclination of remanence, positive down
 .0 ;Declination of remanence, pos. clockwise
 4 ;Surrounding body, = 21 if none
 5000.0 ;strike length
 740000.0 ;N-coordinate of body reference point
 .0 ;strike angle from North anti-clockw.

5 ;Number of corners in body
 679005.3 .0 ;E-coord & depth of corner 1
 694383.3 .0 ; --- " --- 2
 690507.7 320.5 ; --- " --- 3
 686216.8 458.9 ; --- " --- 4

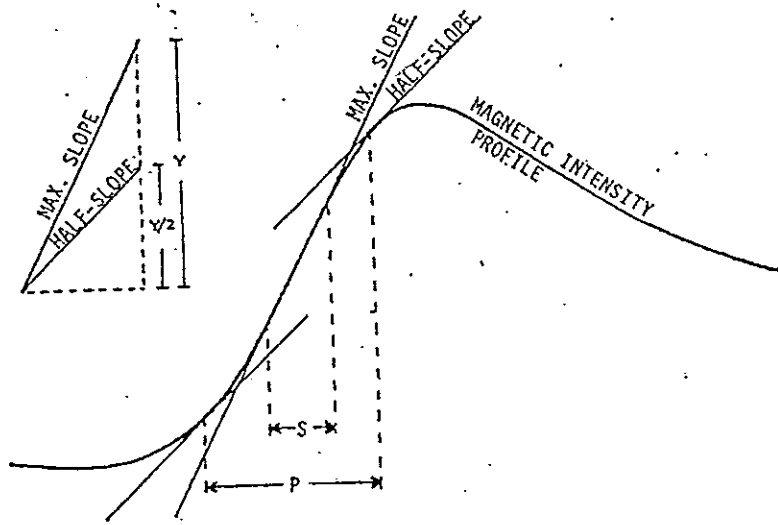
683932.9	355.1	; --- " ---	5
21		;Internal body number	
2550.0		;density of body, 0=surrounding	
.000001		;suscept. of body, 0=surrounding	
.0000		;Remanent/induced magnetization	
.0		;Inclination of remanence, positive down	
.0		;Declination of remanence, pos. clockwise	
21		;Surrounding body, = 21 if none	
7500.0		;strike length	
746250.0		;N-coordinate of body reference point	
.0		;strike angle from North anti-clockw.	
14		;Number of corners in body	
653668.3	.0	;E-coord & depth of corner 1	
697497.6	.0	; --- " ---	2
697566.8	1876.5	; --- " ---	3
694047.6	1437.5	; --- " ---	4
690376.8	1233.7	; --- " ---	5
686379.6	1396.7	; --- " ---	6
682627.2	907.7	; --- " ---	7
679119.5	826.1	; --- " ---	8
675448.6	500.1	; --- " ---	9
670227.9	459.3	; --- " ---	10
667535.9	540.8	; --- " ---	11
663946.7	907.7	; --- " ---	12
660602.1	1233.7	; --- " ---	13
653586.8	907.7	; --- " ---	14

5				;Number of corners in body
680098.4	.0			;E-coord & depth of corner 1
694383.3	.0	:	--- " ---	2
690507.7	320.5	:	--- " ---	3
686216.8	458.9	:	--- " ---	4
683932.9	355.1	:	--- " ---	5

ภาคผนวก จ

The Peters' half-slope method

(after Sheriff, 1978)



จากรูป

$$\text{the distance to the magnetic body} = \frac{S}{0.7 \text{ to } 1}$$

$$\text{the depth to the magnetic body} = \frac{S}{1.2 \text{ to } 2}$$

ภาคผนวก ก

ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่จุดวัด A, B, C และ D

ตารางบันทึกค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่จุดวัด A

RESISTIVITY SOUNDING

Job I.D. Line A			Location E685038 N721016				Date
Instrument no.			Survey no.		Operator นายสมพร		10/10/2541
Electrode spacing in meters			TERRAMETER Reading in Ohms		Calculated Apparent Res. In Ohm-Meters		Comments
$C_1C_2/2$ AB/2	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₁	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₂	R_1	R_2	ρ_{a_1}	ρ_{a_2}	
1.5	0.2		46.8				
2	0.2		23.9				
3	0.2		9.41				
4.5	0.2		3.53				
7	0.2		1.267				
10	0.2		0.617				
15	0.2	2	0.314	3.860			
20	0.2	2	0.210	2.390			
30	0.2	2	0.108	1.181			
45		2		0.625			
70		2		0.275			
100	10	2	0.582	0.1307			
150	10	2	0.223	0.0579			
200	10	2	0.0875	0.0231			
300	10		0.0321				

ตารางบันทึกค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่จุดวัด B

RESISTIVITY SOUNDING

Job I.D. Line B			Location E688155 N722597				Date
Instrument no.			Survey no.		Operator นายสมพร		10/10/2541
Electrode spacing in meters			TERRAMETER Reading in Ohms		Calculated Apparent Res. In Ohm-Meters		Comments
$C_1C_2/2$ AB/2	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₁	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₂	R_1	R_2	ρ_{a_1}	ρ_{a_2}	
1.5	0.2		8.38				
2	0.2		6.11				
3	0.2		3.93				
4.5	0.2		2.38				
7	0.2		1.223				
10	0.2		0.638				
15	0.2	2	0.264	2.85			
20	0.2	2	0.1164	1.317			
30	0.2	2	0.042	0.382			
45		2		0.1086			
70		2		0.0339			
100	10	2	0.0856	0.015			
150	10	2	0.0362	0.00756			
200	10	2	0.01804	0.00412			
300	10		0.00839				

ตารางบันทึกค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่จุดวัด C

RESISTIVITY SOUNDING

Job I.D. Line C			Location E689805 N720485				Date
Instrument no.			Survey no.		Operator นายสมพร		10/10/2541
Electrode spacing in meters			TERRAMETER Reading in Ohms		Calculated Apparent Res. In Ohm-Meters		Comments
$C_1C_2/2$ AB/2	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₁	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₂	R_1	R_2	ρ_{a_1}	ρ_{a_2}	
1.5	0.2		90.3				
2	0.2		57.7				
3	0.2		27.0				
4.5	0.2		11.36				
7	0.2		3.82				
10	0.2		1.1412				
15	0.2		0.454				
20	0.2		0.246				
30	0.2	3	0.0742	0.766			
45	0.2	3	0.0289	0.294			
70	0.2	3	0.01207	0.1098			
100		3		0.0584			
150	10	3	0.0782	0.0299			
200	10	3	0.0512	0.0207			
300	10	3	0.0241	0.00913			

ตารางบันทึกค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่จุดวัด D

RESISTIVITY SOUNDING

Job I.D. Line D			Location E688229 N720857				Date
Instrument no.			Survey no.		Operator นายสมพร		10/10/2541
Electrode spacing in meters			TERRAMETER Reading in Ohms		Calculated Apparent Res. In Ohm-Meters		Comments
$C_1C_2/2$ AB/2	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₁	$P_1P_2/2$ (MN/2) ₂	R_1	R_2	ρ_{a_1}	ρ_{a_2}	
1.5	0.2		16.28				
2	0.2		11.83				
3	0.2		7.70				
4.5	0.2		4.83				
7	0.2		2.73				
10	0.2		1.58				
15	0.2	2	0.766	5.48			
20	0.2	2	0.398	2.86			
30	0.2	2	0.148	1.054			
45		2		0.363			
70		2		0.0985			
100	10	2	0.164	0.0342			
150	10	2	0.0573	0.01352			
200	10	2	0.0331	0.00726			
300	10		0.01486				

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสมพร ศรีอาภาภานนท์

วัน เดือน ปี เกิด 28 มกราคม 2509

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ศึกษาศาสตร์)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2530

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

อาจารย์ 2 ระดับ 6 โรงเรียนพุนพินพิทยาคม อำเภอพุนพิน จังหวัดสุราษฎร์ธานี