

รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สทธ 21/2556

การสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีวัดค่า
ความโน้มถ่วงของโลกระดับไพศาล
จังหวัดนครสวรรค์



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

รายงานวิชาการ
ฉบับที่ สทธ 21/2556

การสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วย
วิธีวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก
ระดับไพศาล จังหวัดนครสวรรค์

วันวิษา บุญสูงเนิน
ณัด สร้อยชา
ภาควิต ศรืวังพล
พงษ์ทรัพย์ จันทรัง



สำนักเทคโนโลยีธรณี

เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายปรานีต ร้อยบาง

ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีธรณี

นายรังสิโรจน์ วงศ์พรหมเมฆ

ผู้อำนวยการส่วนธรณีฟิสิกส์ .

นายกำปนาท แหลมพุลทรัพย์

จัดพิมพ์โดย

สำนักเทคโนโลยีธรณี

กรมทรัพยากรธรณี ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400

โทรศัพท์ 0262-19614 โทรสาร 0262-19612

พิมพ์ครั้งที่ 1

กันยายน 2556

จำนวน 5 เล่ม

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

วันวิษา บุญสูงเนิน ถนัด สร้อยชา ภควัต ศรีวังพล พงษ์ทรัพย์ จันทรง .

การสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกระดับไพศาล จังหวัด
นครสวรรค์

โดย วันวิษา บุญสูงเนิน ถนัด สร้อยชา ภควัต ศรีวังพล พงษ์ทรัพย์ จันทรง กรุงเทพฯ :

สำนักเทคโนโลยีธรณี กรมทรัพยากรธรณี , 2556

42 หน้า : ภาพประกอบ : แผนที่ : ตาราง ; 30 ซม.

รายงานวิชาการ ฉบับที่ สทธ 21/2556



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

การสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก ระดับไพศาล จังหวัดนครสวรรค์

โดย ชื่อ วันวิษา บุญสูงเนิน ภูนัด สร้อยชา ภาควัต ศรีวังพล พงษ์ทรัพย์ จันทรัฐ

บทคัดย่อ

ในปีงบประมาณ 2556 กรมทรัพยากรธรณี ได้ทำการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกแบบไพศาล โดยมีระยะห่างระหว่างจุดสำรวจ 2-3 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย โดยมีขอบเขตพื้นที่อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศา 00 ลิปดา ถึง 17 องศา 45 ลิปดา เหนือ และเส้นแวงที่ 99 องศา 00 ลิปดา ถึง 101 องศา 00 ลิปดา ตะวันออก ครอบคลุมแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ทั้งหมด 49 ระวัง มีจุดสำรวจทั้งหมดประมาณ 4,388 จุด โดยอยู่ในเขตจังหวัดนครสวรรค์ 1,388 จุด พิจิตร 679 จุด พิษณุโลก 1,082 จุด สุโขทัย 744 จุด และจังหวัดอื่นๆ ใกล้เคียง 495 จุด

พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์ แสดงค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเชิงบวก (ค่าสูง-สูงมาก) ทางด้านตะวันตก ตอนกลาง บ่งชี้ว่าเป็นบริเวณที่มีชั้นหินแข็งความหนาแน่นสูงโผล่ปรากฏ หินอัคนี แทรกซอนที่ระดับตื้นที่สุด ประมาณ 500 เมตร หรือมีชั้นหินฐานที่ระดับตื้นที่สุด ประมาณ 1-3 กิโลเมตร ส่วนบริเวณที่มีค่าความโน้มถ่วงสูงที่พบทางตอนใต้ของจังหวัดบริเวณอำเภอตากฟ้า ตาคลี และพยุหะคีรี และทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอแม่วงก์ บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือ หินดินดาน โผล่ปรากฏบนผิวดิน นอกจากนี้ยังพบทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอแม่วงก์ วางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือหินดินดาน โผล่ปรากฏ ทางด้านตะวันตกของจังหวัด มีค่าความโน้มถ่วงผิดปกติทางบวก (ค่าต่ำมาก) บ่งชี้ว่าเป็นหินแกรนิต ส่วนบริเวณที่แสดงค่าผิดปกติเชิงลบ มีค่าความโน้มถ่วงต่ำ-ต่ำมาก พบบริเวณอำเภอลาดยาว ชุมแสง และชุมตาบง บ่งชี้ว่าเป็นแอ่งสะสมตะกอนที่ลึกที่สุดประมาณ 3-4 กิโลเมตร ส่วนบริเวณที่มีค่าความโน้มถ่วงปานกลาง ที่พบทางตอนใต้ของจังหวัด เป็นแนวยาวในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณอำเภอโกรกพระ คาดว่าบริเวณนี้เป็นแอ่งสะสมตะกอนที่ตื้นกว่า มีความลึกประมาณ 1.5-3 กิโลเมตร แนวโครงสร้างจากการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลก พบรอยเลื่อนผิดปกติ ซึ่งมีการวางตัว 2 ทิศทาง เช่นเดียวกับที่ได้จากข้อมูลการบินสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กกล่าวคือ พบรอยเลื่อนที่วางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนที่มีทิศวางตัวเป็นทิศเหนือ-ใต้ อยู่หลายบริเวณ โดยเฉพาะตอนกลางของจังหวัด และมีความสัมพันธ์การเกิดแอ่งสะสมตะกอนในพื้นที่ส่วนใหญ่จะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เช่นกัน



คำสำคัญ : การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกขั้นไพศาล, ชั้นหินฐาน, แอ่งสะสมตะกอน

เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณรังสิโรจน์ วงศ์พรหมเมฆ ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีธรณี ที่ทำให้การสนับสนุนการทำงาน คุณศักดา ธรรมวิทวัส ผู้อำนวยการกลุ่มงานพัฒนาระบบบริหาร ที่ให้คำแนะนำในด้านต่างๆ ทั้งวิธีการทำงานและแนวทางการจัดทำรายงาน คุณอภิชาติ ไพยารมณ รวมถึงท่านอื่น ที่กรุณาให้ข้อมูลและคำปรึกษาทางวิชาการ อันเป็นประโยชน์ต่อการทำงานและเขียนรายงานฉบับนี้

ขอขอบคุณสมาชิกทีมงานทุกท่าน ที่ได้ร่วมแรงร่วมมจดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบคุณทีมงานธุรการสำนักเทคโนโลยีธรณี ที่ให้การสนับสนุนและเป็นผู้อยู่เบื้องหลังความสำเร็จของการทำงานมาโดยตลอด



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
คำขอบคุณ.....	II
สารบัญ.....	III
สารบัญรูปภาพ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา.....	1
1.2 พื้นที่ดำเนินการ.....	2
1.3 วัตถุประสงค์.....	2
1.4 ระยะเวลาการสำรวจและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน.....	2
1.5 ลักษณะภูมิประเทศและการคมนาคม.....	3
บทที่ 2 ธรณีวิทยา.....	7
บทที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก.....	10
3.1 ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากการบินสำรวจ.....	10
3.2 การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก.....	10
บทที่ 4 . การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล.....	13
4.1 การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลภาคสนาม.....	14
4.1.1 การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก.....	14
4.1.2 การรังวัดสำรวจ.....	16
4.2 การปรับทอนข้อมูล.....	20
4.3 ลำดับของการแก้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้จากสนาม.....	20
4.4 การประมวลผลข้อมูล.....	21
4.5 การประมวลผลแผนที่.....	22



บทที่ 5 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล	27
5.1 การแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกเชิงคุณภาพ (Qualitative interpretation).....	27
5.2 การแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงของโลกเชิงปริมาณ (Quantitative interpretation)	28
5.3 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลเชิงคุณภาพ	28
5.4 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลเชิงปริมาณ.....	31
5.4.1 ผลการหาความลึกของชั้นหินฐานด้วยวิธี Spectral Analysis.....	31
5.4.2 ผลการทำ Inversion หาความลึกของวัตถุแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลภาพตัดขวาง.....	33
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	39
6.1 สรุปผลการสำรวจและแปลความหมาย	39
6.2 ข้อเสนอแนะการประยุกต์ใช้ประโยชน์ข้อมูล.....	40
6.3 ข้อเสนอแนะ	41
เอกสารอ้างอิง.....	42
ภาคผนวก ก หลักการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก และการปรับทอนข้อมูล	
ภาคผนวก ข รายละเอียดการสัมภาษณ์เรื่อง งานจัดทำแผนที่ธรณีวิทยาใต้ดินเพื่อสนับสนุนข้อมูลการก่อสร้างโครงการขนาดใหญ่ จังหวัดนครสวรรค์	



สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 ดัชนีแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหารครอบคลุมพื้นที่โครงการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินประจำปีงบประมาณ 2556	4
รูปที่ 2 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศพื้นที่โครงการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินปี 2555 จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งข้อมูลชั้นความสูงได้จากข้อมูลดาวเทียม STRM.....	5
รูปที่ 3 เส้นทางคมนาคมจังหวัดนครสวรรค์และพื้นที่ข้างเคียง (ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ด้านคมนาคม : http://motfgds.mot.go.th)	6
รูปที่ 4 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ (คัดลอกจาก กรมทรัพยากรธรณี 2550)	8
รูปที่ 5 แผนที่แสดงค่าสนามแม่เหล็กโลกทางอากาศและผลการแปลความหมาย จังหวัดนครสวรรค์	12
รูปที่ 6 สถานีฐานซึ่งทำการรังวัดแบบสถิต (static) และจุดสำรวจซึ่งทำการรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) ในพื้นที่สำรวจของปีงบประมาณ 2556	15
รูปที่ 7 เครื่อง GPS Topcon รุ่น GB1000 และเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วงโลก ของบริษัท Scintrex รุ่น CG-5 (Autograv Gravity Meter).....	16
รูปที่ 8 A แสดงการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) ในการทำโครงข่าย โดย ▲ เป็นหมุดบังคับ ★ เป็นหมุดสำรวจแบบสถิต ● เป็นหมุดที่ได้จากการสำรวจแบบจลน์ B แสดงการสำรวจแบบจลน์ ซึ่งจะใช้จุดสำรวจรังวัดแบบสถิตเป็นฐาน	18
รูปที่ 9 แผนที่เส้นชั้นความสูงพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จากการรังวัดสำรวจด้วย GPS ความละเอียดสูง..	19
รูปที่ 10 แผนที่แสดงค่าผิดปกติบูเกอร์ พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (Bouguer Anomaly Map).....	23
รูปที่ 11 แผนที่แสดงค่าผิดปกติฟรีแอร์ พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (Free Air Anomaly Map)	24
รูปที่ 12 แผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (Regional Gravity Map)	25
รูปที่ 13 แผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (Residual Gravity Map).....	26
รูปที่ 14 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์	30
รูปที่ 15 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์	32
รูปที่ 16 แสดงผลการหาความลึกของชั้นหินฐาน	33
รูปที่ 17 พื้นที่ศึกษาและแปลความหมายข้อมูลเชิงปริมาณของพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์	34

เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 18 แบบจำลองภาพตัดขวาง B1-B1'	36
รูปที่ 19 แบบจำลองภาพตัดขวาง B2-B2'	36
รูปที่ 20 แบบจำลองภาพตัดขวาง B3-B3'	36
รูปที่ 21 แบบจำลองภาพตัดขวาง H1-H1'	37
รูปที่ 22 แบบจำลองภาพตัดขวาง H2-H2'	37
รูปที่ 23 แบบจำลองภาพตัดขวาง A-A'	38
รูปที่ 24 แบบจำลองภาพตัดขวาง B-B'	38



สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของหินชนิดต่างๆ.....	13
ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลค่าความโน้มถ่วงสัมบูรณ์ของสถานีฐาน.....	21
ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลรังวัด ค่าพิกัดฉากและค่าความสูง ของจุดสำรวจ	21
ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดในสนามจากเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วง ก่อนการประมวลผล ปรับแก้ค่า	21
ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการประมวลด้วยโปรแกรม Geosoft version 6.3 Gravity & Terrain correction ในรูป xyz file	22



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปีงบประมาณ 2556 ส่วนธรณีฟิสิกส์ สำนักเทคโนโลยี ได้ดำเนินการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีทางธรณีฟิสิกส์วัดค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล ในพื้นที่ภาคกลางตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก (Gravity) เป็นการนำเอาหลักการทางฟิสิกส์เรื่องแรงโน้มถ่วงของโลกตามกฎแรงโน้มถ่วงของนิวตันมาประยุกต์ใช้ จากกฎของนิวตันแรงโน้มถ่วงของโลกบริเวณต่างๆ มีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย สำหรับการสำรวจด้วยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกนั้น นำมาประยุกต์ใช้กับชั้นหิน ชั้นดิน ที่มีความหนาแน่นต่างกัน ดังนั้นในการประมวลผลต้องมีการปรับแก้ค่าการสำรวจค่าความโน้มถ่วงของโลกเพื่อให้เหลือเพียงปัจจัยเดียวคือความหนาแน่นเพื่อนำมาศึกษา

ในการสำรวจค่าความโน้มถ่วงของโลก เป็นการวัดหาส่วนต่างๆที่ซ่อนอยู่ใต้ผิวโลก ไม่ว่าจะเป็นชั้นดิน-หิน แหล่งแร่ แหล่งปิโตรเลียม และวัตถุอื่นๆใต้ดิน โดยอาศัยหลักการที่ว่าวัตถุต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติความหนาแน่นที่ต่างกัน โดยในการสำรวจ ดำเนินการโดยนำเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกสำรวจตรวจวัดที่ผิวดิน แล้วแปลความหมายไปที่ระดับความลึกต่างๆใต้ผิวดิน

นอกจากนี้การสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์ยังมีอีกหลายวิธี เช่น การสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กโลก การสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า การสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน และการสำรวจวัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นต้น

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล จะได้ข้อมูลธรณีวิทยาใต้ดินตั้งแต่ระดับตื้นจนถึงระดับลึก และเป็นการสำรวจที่รวดเร็วและให้ผลที่ถูกต้อง ซึ่งการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล ร่วมกับข้อมูลการสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กทางอากาศ จะทำให้การจัดทำแผนที่ธรณีวิทยามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น และจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการนำไปพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ตามนโยบายของรัฐบาล เช่น การก่อสร้างทางรถไฟความเร็วสูง การสร้างเขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ การวางท่อส่งใต้ดินขนาดใหญ่ และการบริหารจัดการเรื่องน้ำ (Water Grid) ได้เป็นอย่างดี

ในรายงานฉบับนี้ในแต่ละบทจะกล่าวถึง ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ดำเนินการ ข้อมูลธรณีวิทยา การสำรวจและแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศ การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก การแปลความหมายข้อมูล และ สรุปผล



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

1.2 พื้นที่ดำเนินการ

ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก และจังหวัดสุโขทัย โดยรายงานฉบับนี้เป็นผลสำรวจในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์

พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์มีขอบเขตอยู่ระหว่าง เส้นรุ้งที่ 15 องศา ถึง 16 องศา 15 ลิปดาเหนือ และเส้นแวงที่ 99 องศา ถึง 101 องศา ตะวันออก พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์อยู่ในแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 250, 000 กรมแผนที่ทหารระหว่าง ระวาง ND 47-3 และบางส่วนอยู่ในระวาง ND47-4 และแผนที่ภูมิศาสตร์ มาตรฐานของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 1 RTSD มาตรฐาน 1:50,000 จำนวน 19 ระวาง

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ผิวดิน บริเวณพื้นที่ศึกษา
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการสำรวจและศึกษาต่อไปในชั้นรายละเอียดทั้งในส่วนของการสำรวจแหล่งแร่ แหล่งปิโตรเลียม และการประยุกต์ใช้ข้อมูลในด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. เพื่อเผยแพร่ข้อมูลให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการนำไปพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ตามนโยบายของรัฐบาล เช่น การก่อสร้างทางรถไฟความเร็วสูง การสร้างเขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ การวางท่อส่งใต้ดินขนาดใหญ่ การบริหารจัดการเรื่องน้ำ (Water Grid) และเป็นการเสริมสร้างองค์ความรู้ให้แก่ประชาชนในทุกภาคส่วน

1.4 ระยะเวลาการสำรวจและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติงาน

การดำเนินการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินด้วยวิธีการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล ในปีงบประมาณ 2556 มีบุคลากรร่วมดำเนินการสำรวจภาคสนามดังนี้

- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. นางสาววันวิสา บุญสูงเนิน | นักธรณีวิทยาชำนาญการ |
| 2. นายภควัต ศรีวังพล | นักธรณีวิทยาชำนาญการ |
| 3. นายถนัด สร้อยชา | นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ |
| 4. นายพงษ์ทรัพย์ จันทรงู | นักธรณีวิทยา |
| 5. นายเจริญชัย สุขุมคัมภีรภาพ | นายช่างสำรวจชำนาญงาน |
| 6. นายสมชาย ยิ้มสวัสดิ์ | นายช่างสำรวจชำนาญงาน |
| 7. นายเอกชัย ครุฑโยธิน | นายช่างสำรวจชำนาญงาน |



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

8. นายเฉลิมพงศ์ นาคี	พนักงานขับรถยนต์
9. นายชยุต มิ่งเจริญ	พนักงานขับรถยนต์
10. นายอำนาจ ธารี	ช่างยนต์
11. นายนันทพล ดำนิล	ผู้ช่วยช่างสำรวจ
12. นายสุวิษ พุกพูน	ช่างเจาะสำรวจ

ซึ่งสามารถแบ่งเป็นสองทีมสำรวจ ทีมแรกดำเนินการสำรวจรังวัดด้วย GPS ที่มีความละเอียดสูงเพื่อวัดค่าตำแหน่งโดยละเอียดจุดสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกที่ได้กำหนดไว้แล้ว โดยเชื่อมโยงกับจุดอ้างอิงฐาน (Base station) ของกรมพัฒนาที่ดิน หรือกรมแผนที่ทหาร อีกทีมหนึ่งดำเนินการวัดค่าความโน้มถ่วงของโลกตามจุดที่กำหนด

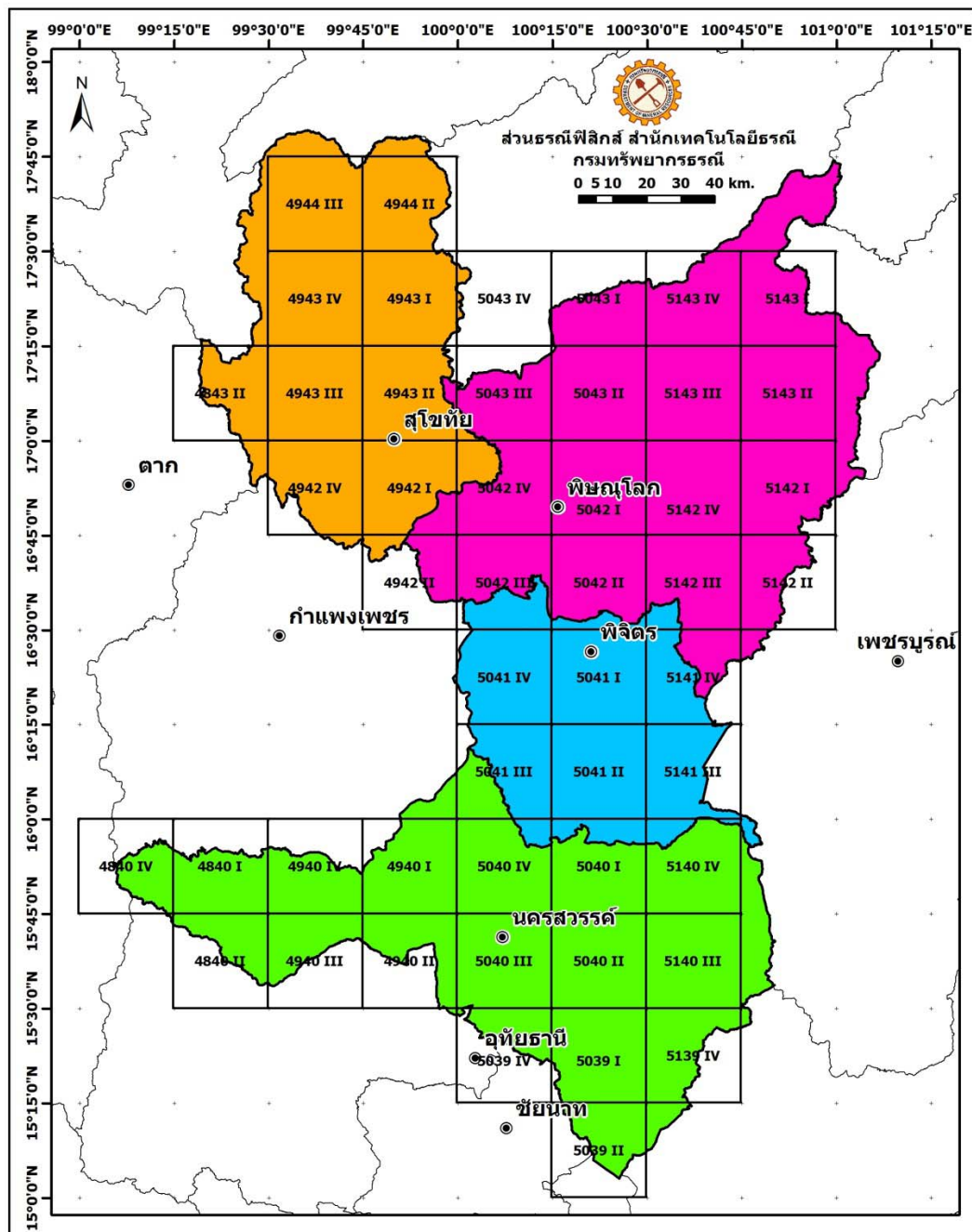
1.5 ลักษณะภูมิประเทศและการคมนาคม

จังหวัดนครสวรรค์ เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ระหว่างตอนล่างของภาคเหนือและตอนบนของภาคกลาง มีพื้นที่ประมาณ 9,597 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่ติดต่อกับหลายจังหวัด ได้แก่ ด้านเหนือ ติดต่อกับจังหวัดพิจิตรและกำแพงเพชร ทางตะวันออกติดกับจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ด้านใต้ติดกับจังหวัดสิงห์บุรี ชัยนาท และอุทัยธานี ส่วนด้านตะวันตกติดกับจังหวัดตาก

ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์เป็นที่ราบลุ่ม บริเวณตอนกลางของจังหวัด ซึ่งเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำปิง วัง ยม และน่าน ที่ไหลผ่านจังหวัดกำแพงเพชร พิจิตร ลงมาบรรจบกันเป็นแม่น้ำเจ้าพระยาที่บริเวณปากน้ำโพ จังหวัดนครสวรรค์ นอกจากนี้ยังมีภูเขากระจายตัวอยู่ทางด้านตะวันออกและตะวันตกของจังหวัด พื้นที่รอยต่อระหว่างภูเขากับที่ราบลุ่มจะมีภูมิประเทศเป็นที่ลาดลอนคลื่น ที่ลาดเชิงเขา บางบริเวณมีเนินเขาเตี้ย และเขาโดดกระจัดกระจายอยู่ด้วย

การเดินทางไปยังจังหวัดนครสวรรค์ สามารถเดินทางได้สะดวกโดยทางรถยนต์จากกรุงเทพมหานคร ไปตามทางหลวงหมายเลข 1 (ถนนพหลโยธิน) แล้วเปลี่ยนไปใช้ทางหลวงหมายเลข 32 (สายเอเชีย) ที่อำเภอวังน้อย จังหวัดสระบุรี ผ่านจังหวัดพระนครศรีอยุธยา อ่างทอง สิงห์บุรี ชัยนาท และอุทัยธานีถึงจังหวัดนครสวรรค์ รวมระยะทางประมาณ 240 กิโลเมตร

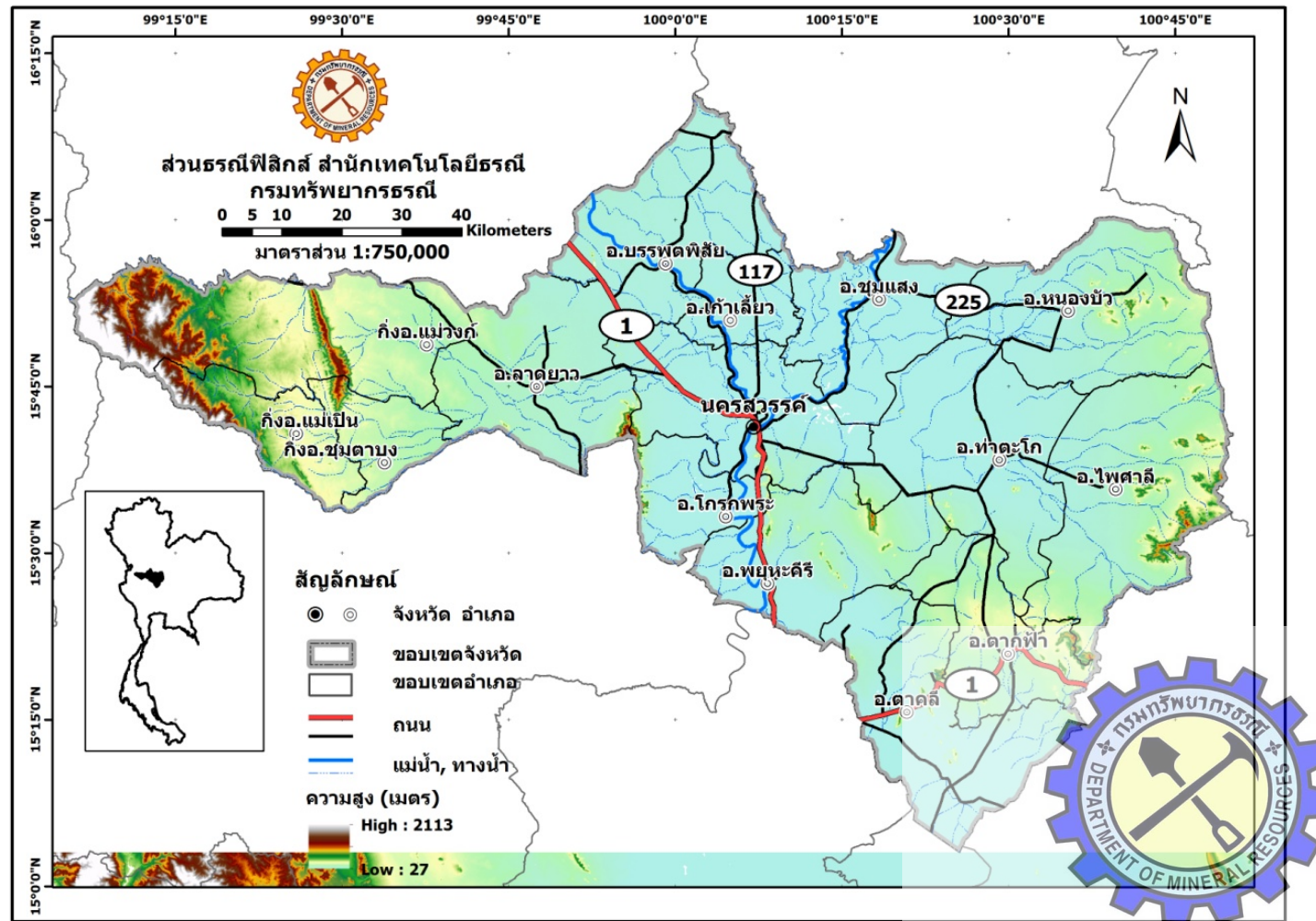




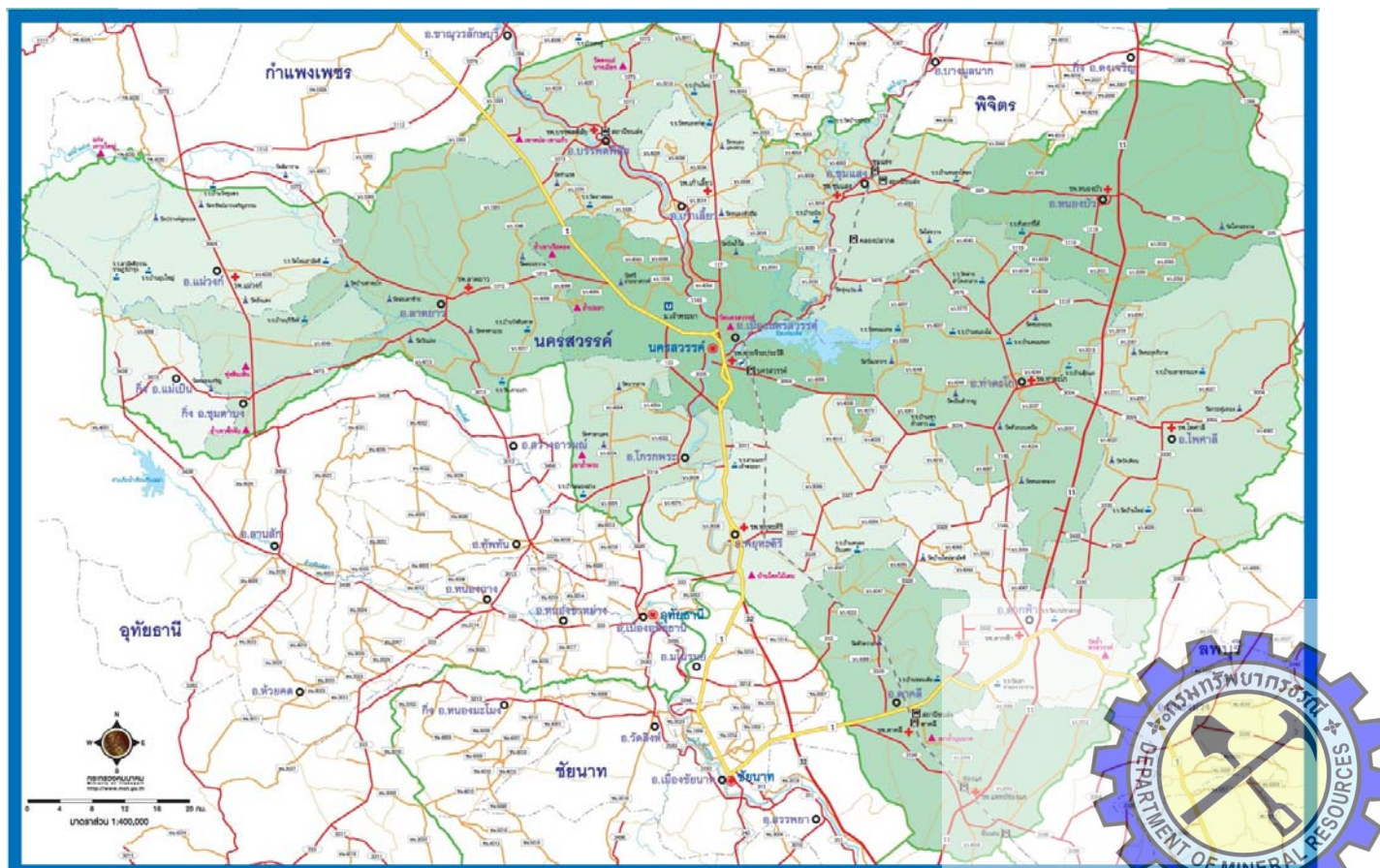
รูปที่ 1 ดัชนีแผนที่มาตราส่วน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหารครอบคลุมพื้นที่โครงการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินประจำปีงบประมาณ 2556



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 2 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศพื้นที่โครงการสำรวจธรณีวิทยาใต้ดินปี 2555 จังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งข้อมูลชั้นความสูงได้จากข้อมูลดาวเทียม STRM
เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 3 เส้นทางคมนาคมจังหวัดนครสวรรค์และพื้นที่ข้างเคียง (ชุดข้อมูลพื้นฐานเชิงพื้นที่ด้านคมนาคม : <http://motgds.mot.go.th>)

เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

บทที่ 2 ธรณีวิทยา

ธรณีวิทยาพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ในรายงานฉบับนี้ สรุปรมาจากรายงานมาจากรายงาน จำแนกเขตจังหวัดนครสวรรค์ ประกอบด้วยหิน หินตะกอนและหินแปร 7 หน่วย ได้แก่ หินยุคพรีแคมเบรียน หินยุคแคมเบรียน หินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส หินยุคเพอร์เมียน หินยุคไทรแอสสิก หินยุคจูแรสสิก ตอนกลางโดยส่วนใหญ่เป็นตะกอนยุคควอเตอร์นารี และนอกจากนี้ยังพบหินอัคนี แชนซอน และหินอัคนีพุ

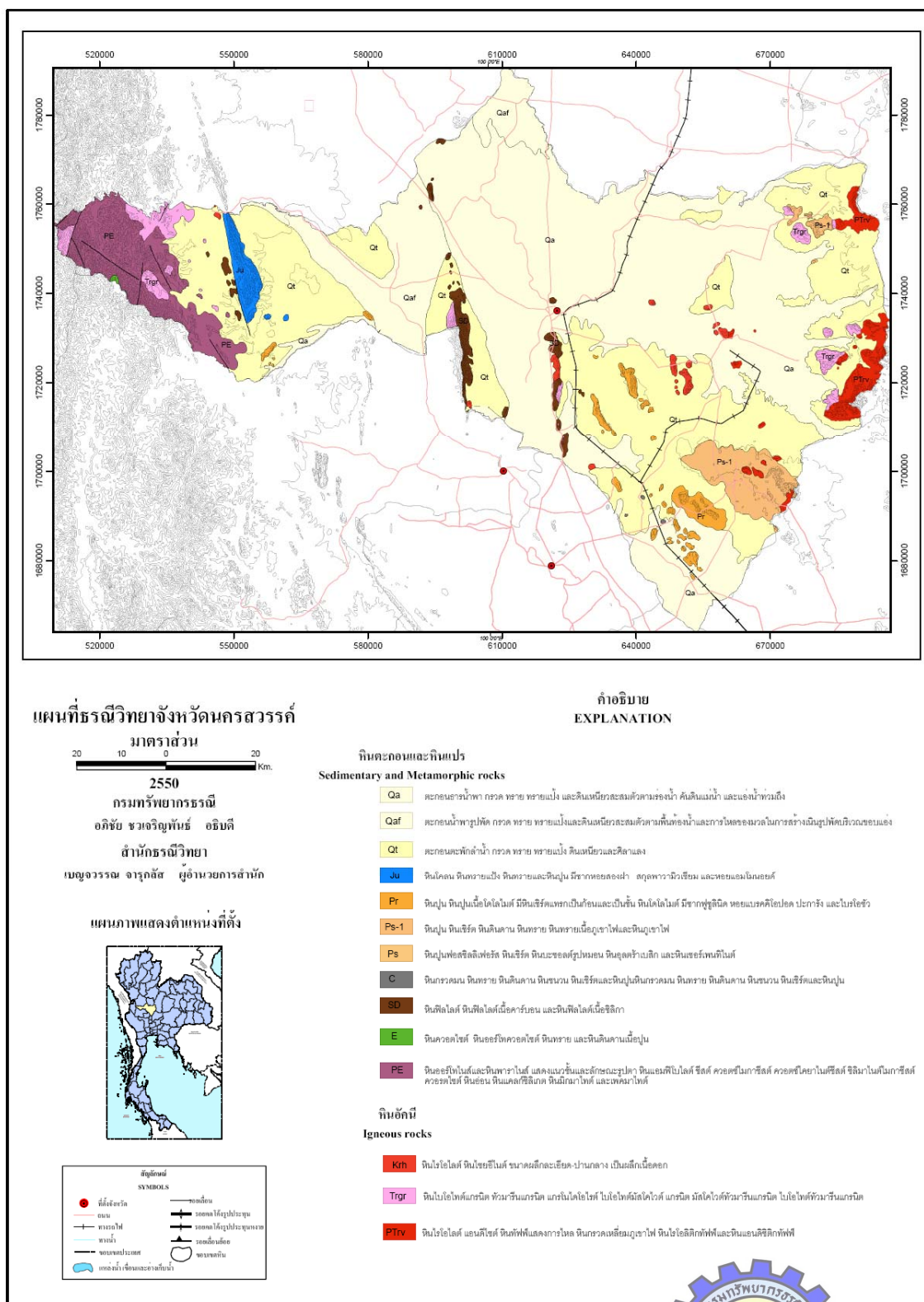
หินแปรที่พบในพื้นที่นี้ ได้แก่ หินยุคพรีแคมเบรียน (PE) และ หินยุคแคมเบรียน (E) ซึ่งประกอบด้วยหินออร์โทไนส์ หินพิราไนส์หินควอตซ์ชีสต์ หินควอตซ์-ไมกาชีสต์ หินไมกาชีสต์ หินแคล์ซิลิเกต หินควอร์ตไซต์ หินฟิลไลต์ และหินควอตซ์-ไบโอไทต์ชีสต์ นอกจากนี้ยังพบหินแปรเกรดต่ำซึ่งได้แก่หินยุคไซลูเรียน - ดีโวเนียน (SD) ซึ่งพบหินถ้ำภูเขาไฟเกิดร่วมด้วย ประกอบด้วย หินถ้ำภูเขาไฟ หินทรายเนื้อถ้ำภูเขาไฟ หินฟิลไลต์ หินถ้ำภูเขาไฟเนื้อฟิลไลต์ และหินชีสต์

หินตะกอนที่พบในพื้นที่นี้ ได้แก่ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C) หินยุคเพอร์เมียน (P) หินยุคไทรแอสสิก (TR) หินยุคจูแรสสิก (J) หินอายุคาร์บอนิเฟอรัสในพื้นที่นี้เรียกว่า กลุ่มหินกลุ่มหินดำนานหอย ประกอบด้วย หินทรายเนื้อควอตซ์ และหินโคลน มีสีเทาแกมเหลืองถึงสีน้ำตาลแกมเหลือง ชั้นบางเนื้อประสานซิลิกาดี หินเพอร์เมียนในพื้นที่นี้ ได้แก่ กลุ่มหินสระบุรี ซึ่งเป็นหินปูน พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์พบหมวดหินย่อยของกลุ่มหินสระบุรีจำนวน 2 หมวดหิน คือหมวดหินเขาขาด (Pkd) ประกอบด้วย หินปูน หินปูนเนื้อโดโลไมต์ และหินโดโลไมต์มีสีเทา หมวดหินซับบอน (Ps) ประกอบด้วย หินดินดานและหินเชิร์ตแทรกสลับด้วยหินปูนเลนส์ หินทรายเกรย์แวก หินทัฟฟ์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ และสองหน่วยสุดท้ายได้แก่ หินทราย ซึ่งเป็นหินยุคไทรแอสสิก (Tr) และ หินยุคจูแรสสิก (J)

ตะกอนร่วนยุคควอเตอร์นารี (Q)ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ประมาณร้อยละ 80 สามารถจำแนกโดยอาศัยชนิดของตะกอนและสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอนออกเป็น 8 หน่วยตะกอนย่อย คือ 1) ตะกอนน้ำพา (Qa) ตะกอนตะกัก (Qt) ตะกอนเศษหินเชิงเขาและตะกอนผุพังอยู่กับที่ (Qc) ตะกอนเนินรูปพัด (Qfa) 5) ตะกอนร่องน้ำ (Qfc) ตะกอนคันดินธรรมชาติ (Qfl) ตะกอนที่ลุ่มน้ำขัง (Qfw) ตะกอนที่ราบน้ำท่วมถึง (Qff)

หินอัคนี ที่พบในพื้นที่เป็นสามหน่วยด้วยกัน ได้แก่ ยุคเพอร์เมียน - ไทรแอสสิก (PTRV) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินเดไซต์ และหินทัฟฟ์ หินอัคนีแปรสภาพเป็นหินแกรนิต ยุคไทรแอสสิก (Trgr) ประกอบด้วย หินไบโอไทต์แกรนิต หินไบโอไทต์-มัสโคไซด์แกรนิต และหินแกรโนไดโอไรต์ ที่มีสีเทาจากและมีพองหินควอตซ์ และหินภูเขาไฟ ยุคจูแรสสิก (Jv) ประกอบด้วย หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ





รูปที่ 4 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดนครสวรรค์ (คัดลอกจาก กรมทรัพยากรธรณี 2550)



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

การวางตัวของชั้นหิน ชั้นหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียนมีแนวของชั้นหินอยู่ในทิศทาง ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่หินยุคจูแรสซิก มีแนวของชั้นหินอยู่ในทิศทางเกือบเหนือ-ใต้ เอียงเทไปทางทิศตะวันออก

รอยเลื่อน พบว่ามีรอยเลื่อนสัมผัสระหว่างหินยุคพรีแคมเบรียนกับหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกทางด้านตะวันตกของจังหวัด และที่บริเวณเขาหลวงพบรอยเลื่อนสัมผัสระหว่างหมวดหินทัฟฟ์เขาหลวง ยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสซิก กับหมวดหินอ่อนเขามะโน ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน

รอยแตก ส่วนใหญ่จะอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ขนานกับรอยเลื่อนแม่น้ำปิง แต่บริเวณอำเภอตากลีและอำเภอตากฟ้ายังพบว่ามีรอยแตกในทิศทาง ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ให้เห็นอย่างเด่นชัด



บทที่ 3 การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก

ความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นการสำรวจธรณีฟิสิกส์ที่ใช้คุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กของชั้นดินและชั้นหิน โดยที่แร่หลักที่มีความเป็นแม่เหล็กและมีอยู่มากบนพื้นผิวโลกได้แก่ แมกนีไทต์ ซึ่งในหินอัคนีชนิดแมฟิก จะให้ค่าความเป็นแม่เหล็กสูงกว่าเฟลสิก นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้วหินตะกอนจะมีความเป็นแม่เหล็กต่ำ ในขณะที่ข้อมูลความโน้มถ่วงของโลกหินอัคนีก็มีแนวโน้มค่าความโน้มถ่วงของโลกที่สูงกว่าหินตะกอนเช่นเดียวกัน ทั้งข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กและความโน้มถ่วงของโลกเป็นการวัดคุณสมบัติที่อยู่ใต้ดินเช่นเดียวกัน ต่างกันที่คุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่ใช้

ดังนั้นในบทนี้ได้ทำการประมวลผลและแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงของของระดับไพศาลที่ได้จากการสำรวจในพื้นที่

3.1 ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากการบินสำรวจ

ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ เป็นข้อมูลการบินสำรวจที่กรมทรัพยากรธรณี ได้ดำเนินการสำรวจธรณีฟิสิกส์ทางอากาศทั่วประเทศ ในระหว่างปี 2527-2531 ภายใต้โครงการพัฒนาทรัพยากรธรณี โดยว่าจ้าง บริษัท Kenting Earth Sciences International Limited ประเทศแคนาดา ดำเนินการสำรวจ

ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกจากการบินสำรวจ ที่มีความเหมาะสมในการนำมาศึกษา และแปลความหมายร่วมกับการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก สำหรับพื้นที่ศึกษานี้ เป็นข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกชนิด Residual Magnetic Field ที่ทำการประมวลผลรวมไว้ทั่วประเทศ จึงได้นำข้อมูลมาทำการประมวลผลเป็นแผนที่สี่ โดยใช้ Grid Cell Size 425 เมตร และทำเส้นชั้นข้อมูล (contour) เท่ากับ 5, 25 และ 100 นาโนเทสลา แสดงข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกคงค้างที่จัดทำใหม่เป็นแผนที่สี่ ดัง รูปที่ 5

3.2 การแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก

การแปลความหมายข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กโลกรวม โดยใช้ความแตกต่างของคุณสมบัติของข้อมูลค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก แบ่งขอบเขตของค่าผิดปกติความเข้มสนามแม่เหล็กเป็นกลุ่มต่างๆ (zoning) ซึ่งเป็นการแปลความหมายเชิงคุณภาพจะได้เป็นแผนที่ธรณีวิทยาเสมือนเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับให้เข้ากับชนิดหิน ส่วนโครงสร้างทางธรณีวิทยา ความไม่ต่อเนื่อง รอยสัมผัส รอยเลื่อน และชั้นหินคดโค้ง จะสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของลักษณะค่าผิดปกติของข้อมูลทางด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง แล้วลากเส้นแสดงแนวโครงสร้าง จากข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กได้ จากแผนที่ข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กโลกรวมที่ทำการประมวลผลใหม่ สามารถแบ่งส่วนข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

ทางอากาศ ออกเป็น 4 หน่วย จาก M1-M4 (รูปที่ 5) โดยมีรายละเอียดดังนี้

M1 ครอบคลุมเนื้อที่ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 50-60 โดยพบทางด้านตะวันตกและทางตอนกลางของจังหวัดเป็นส่วนใหญ่ โดยมีลักษณะความเข้มสนามแม่เหล็กราบเรียบ บ่งชี้ถึงบริเวณที่เป็นหินตะกอน

M2 ปรากฏอยู่ 2 บริเวณ คือ ทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอแม่วังก์และอำเภอลาดยาว และทางตอนใต้ของจังหวัดบริเวณอำเภอพยุหะคีรี มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสนามแม่เหล็กปานกลาง มีค่าความยาวคลื่นสั้น ค่าแอมพลิจูดต่ำ บ่งชี้ว่า บริเวณนี้เป็นหินตะกอนที่มีหินอัคนีหรือแร่เหล็กแทรกตัวเข้ามาเป็นหย่อมๆ แต่อยู่ลึกจากผิวดิน โดยมีลักษณะความเข้มของสนามแม่เหล็กปานกลาง แสดงถึงหินอัคนีแทรกซอน (intrusive rock) ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนเนื่องจากหน่วย M2 จะอยู่ติดหรือใกล้เคียงกับแนวรอยเลื่อน

M3 ปรากฏอยู่เป็นหย่อมๆทางด้านตะวันตก และเป็นแนวยาวทางตอนกลางของจังหวัด โดยมีลักษณะความเข้มของสนามแม่เหล็กสูงกว่า หน่วย M2 มีค่าความยาวคลื่นสั้น ค่าแอมพลิจูดสูง เป็นคู่เล็กๆเรียงตัวกัน ในแนวเกือบเหนือ-ใต้ น่าจะเป็นบริเวณที่มีหินอัคนีแทรกดันเข้ามาและมีพวกแร่เหล็กหรือเฟืองแทรกตัวฝังประในหินตะกอน ที่ระดับตื้นกว่าหน่วย M2 หรือโผล่ปรากฏบนผิวดิน ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อนเนื่องจากหน่วย M3 จะอยู่ติดหรือใกล้เคียงกับแนวรอยเลื่อน

M4 ปรากฏอยู่ทางด้านตะวันตกและทางตอนกลางของจังหวัด บริเวณอำเภอบรรพตพิสัยและอำเภอเก้าเลี้ยว มีการเปลี่ยนแปลงของค่าสนามแม่เหล็กค่อนข้างสูง แสดงลักษณะค่าผิดปกติทางความเข้มสนามแม่เหล็กรุนแรง มีค่าความยาวคลื่นสั้น ค่าแอมพลิจูดสูง น่าจะมีความสัมพันธ์กับหินภูเขาไฟที่อาจจะโผล่ปรากฏบนผิวดิน หรือระดับตื้นอยู่ไม่ลึกจากผิวดินมากนัก หรือมีหินอัคนีแทรกซอนที่ระดับตื้นกว่าหน่วย M3

แนวโครงสร้างจากการแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็กทางอากาศพบว่า แนวโครงสร้างหลักส่วนใหญ่จะอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พบทั่วไปในพื้นที่ โดยมีรอยเลื่อนที่มีทิศทางเกือบจะเป็นทิศเหนือ-ใต้ อยู่หลายบริเวณ โดยเฉพาะตอนกลางของจังหวัด และพบว่ามีแนวรอยเลื่อนในทิศทางตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทางตะวันตกของตัวจังหวัด



บทที่ 4. การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล

การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกสามารถประยุกต์ใช้ในการสำรวจและแปลความหมายสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้ โดยหลักการที่ว่า ถ้าสภาพธรณีวิทยาใต้ดินของพื้นที่สำรวจ มีความแตกต่างของชั้นดินชั้นหิน ทั้งในแนวตั้งและแนวนอนอย่างมีนัยสำคัญแล้ว ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้จะแตกต่างกัน ซึ่งค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้ ณ จุดใดๆจะมีความสัมพันธ์กับมวลของชั้นดินชั้นหิน ณ จุดนั้น มวลของชั้นดิน-หิน จะมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของชั้นดิน-หิน ค่าความหนาแน่นของชั้นดิน-หินจะมีความสัมพันธ์กับ ชนิด เนื้อ แร่ประกอบ ช่องว่างหรือรูพรุน และของเหลวที่แทรกในรูพรุนของดิน-หิน โดยที่ดิน หิน แร่ แต่ละชนิดจะมีค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกัน ตารางที่ 1 ที่แสดงค่าความหนาแน่นของตะกอน หินตะกอน และหินอัคนี ที่พบแพร่กระจายเป็นส่วนใหญ่ในพื้นที่สำรวจ ซึ่งหินที่มีความหนาแน่นมากจะมีค่าความโน้มถ่วงโลกมากกว่าหินที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า และหินชนิดเดียวกันที่อยู่ใกล้ผิวดินจะให้ค่าความโน้มถ่วงโลกมากกว่าหินที่อยู่ลึกกว่า การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกจึงเป็นการสำรวจหาค่าความแตกต่างกันของค่าความหนาแน่นของชั้นดิน-หินในเปลือกโลก ค่าความโน้มถ่วงโลกผิดปกติที่วัดได้จะสามารถแปลความถึงสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินของพื้นที่สำรวจได้

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของหินชนิดต่างๆ

วัตถุ	พิสัยความหนาแน่น (g/cm ³)	ความหนาแน่นเฉลี่ย (g/cm ³)
อากาศ (air)	0.001	0.001
น้ำ (water)	1.0	1.0
ดินตะกอนแม่น้ำ (alluvium)	1.9-2.0	2.0
ตะกอนทราย (sands)	1.7-2.3	2.0
ตะกอนดินเหนียว (clays)	1.6-2.6	2.2
ตะกอนทรายแป้ง (silts)	1.8-2.2	1.9
ตะกอนดิน (soils)	1.2-2.4	1.9
หินทราย (sandstone)	1.6-2.8	2.4
หินดินดาน (shale)	1.8-3.2	2.4
หินทรายแป้ง (siltstone)	1.8-2.8	2.5
หินปูน (limestone)	1.9-2.9	2.6
หินโดโลไมต์ (dolomite)	2.2-2.9	2.7
หินแกรนิต (Granite)	2.5-2.8	2.6
หินแอนดีไซต์ (Andesite)	2.4-2.8	2.6
หินไรโอไรต์ (Rhyolite)	2.4-2.7	2.5
หินบะซอลต์ (Basalt)	2.7-3.3	3.0



ที่มา: เพ็ญตา สาตรักษ์ (2550) ดัดแปลงจาก <http://www.dmr.go.th> (1990) ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

ลำดับขั้นตอนในงานการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงชั้นไพศาล ประกอบด้วย การดำเนินการสำรวจภาคสนามซึ่งมี 2 งานสำรวจ การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วง และการรังวัดสำรวจ ข้อมูลที่ได้จากงานภาคสนาม ต้องนำไปจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการประมวล และปรับทอนข้อมูล เพื่อปรับแก้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้ให้เหลือเพียงปัจจัยจากความแตกต่างทางสภาพธรณีวิทยาใต้ดินเพียงอย่างเดียว ซึ่งผลลัพธ์ของข้อมูลในส่วนนี้ จะนำไปทำการประมวลผลแสดงเป็นแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกและทำการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกต่อไป โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

4.1 การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลภาคสนาม

การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลในครั้งนี้ ได้ทำการกำหนดจุดสำรวจแบบสุ่มบนถนนหรือเส้นทางที่รถยนต์สามารถเข้าถึงได้ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดสำรวจประมาณ 2-3 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่สำรวจธรณีวิทยาใต้ดินปี 2556 มีจุดสำรวจทั้งหมดประมาณ 4,388 จุด ดังรูปที่ 6 โดยมีจุดสำรวจในพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ 1,388 จุด ซึ่งการเก็บข้อมูลในการสำรวจภาคสนามแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล และการรังวัดจุดสำรวจเพื่อหาค่าพิกัดฉากและความสูง

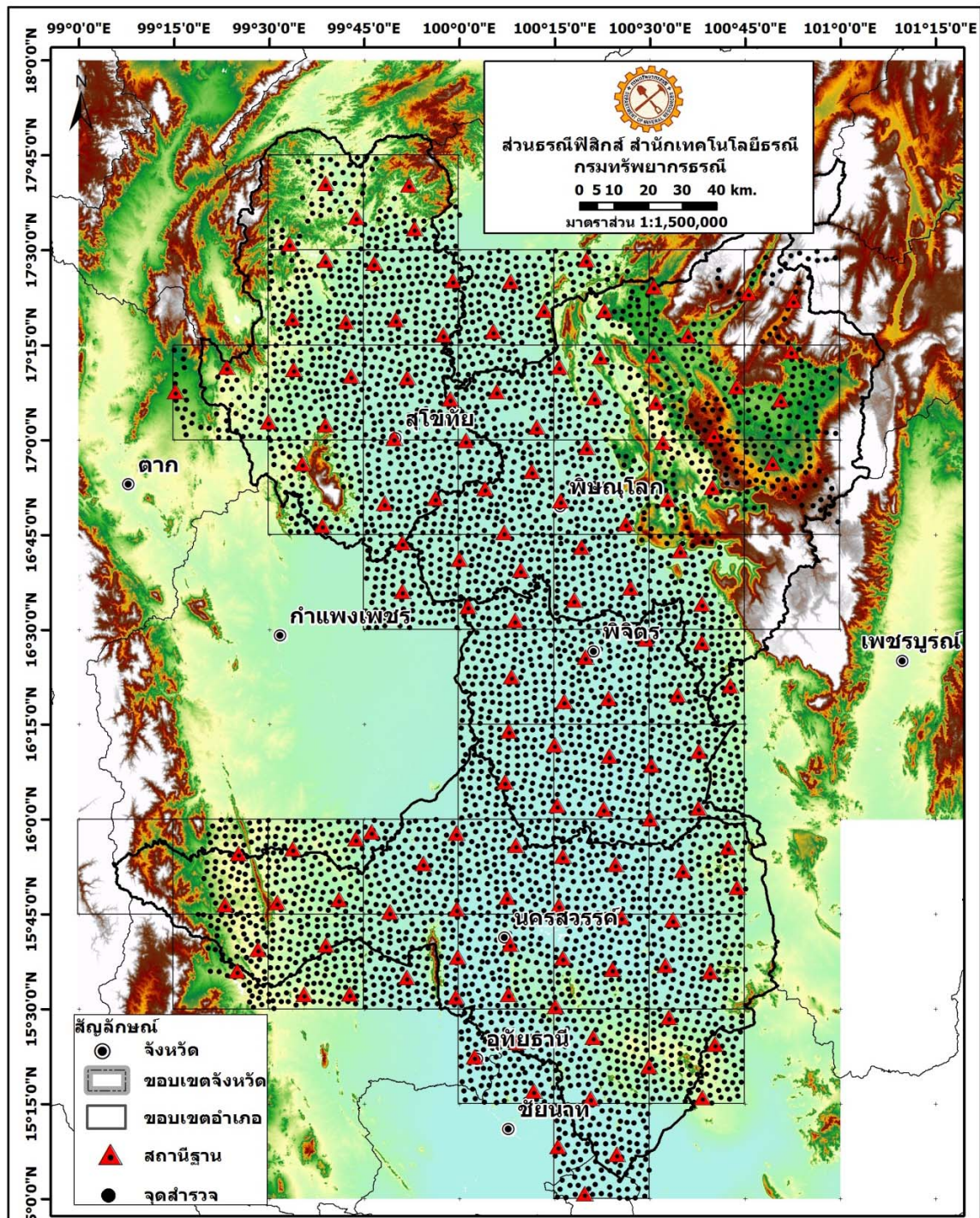
4.1.1 การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก

การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก ใช้เครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วงโลก (Gravimeter) ของบริษัท Scintrex รุ่น CG-5 (Autograv Gravity Meter) ดังรูปที่ 7

4.1.1.1 ขั้นตอนการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก

ขั้นตอนแรกในงานการเก็บข้อมูลคือ การกำหนดหรือเลือกจุดที่จะใช้เป็นสถานีฐาน (Gravity Base Station) ในพื้นที่สำรวจ เพื่อการแก้ค่าความคลาดเคลื่อนที่ทำให้การวัดค่าความโน้มถ่วงโลก ณ จุดเดิม ในเวลาที่ต่างกัน แต่ได้ค่าต่างกันอันเนื่องจาก 2 ปัจจัยหลักคือ ปัจจัยการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา และปัจจัยจากเครื่องมืออันเนื่องมาจากผลการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ประกอบเครื่องมือ เช่น สปริงมีการล้าหรือหดตัว เป็นต้น โดยการอ่านค่าความโน้มถ่วงโลกที่สถานีฐาน แล้วไปวัดที่จุดสำรวจจากนั้นจะต้องกลับมายังสถานีฐานในเวลาที่กำหนดเพื่ออ่านค่าผลความแตกต่างของค่าความโน้มถ่วงโลกที่เวลาแตกต่างกัน แล้วนำไปปรับแก้ค่าอื่นๆของจุดสำรวจ ซึ่งการสำรวจครั้งนี้ได้กำหนดสถานีฐานจำนวน 1-2 สถานี ต่อหนึ่งแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 ให้อยู่ตอนกลางแผนที่และเดินทางไปได้สะดวก แต่เนื่องจากสถานีฐานที่กำหนดเองเป็นสถานีฐานที่ตั้งสมมุติขึ้นสำหรับใช้ในการทำงานในพื้นที่จึงไม่มีค่าความโน้มถ่วงสมบูรณ์ประจำวัน จะต้องทำการโยยัดค่าจากสถานีฐานที่มีค่าความโน้มถ่วงสมบูรณ์อยู่แล้ว โดยทำการโยยัดจากสถานีฐานของกรมแผนที่ทหาร G39 ที่วัดจอมศรีนครพรต อำเภอเมือง จังหวัดนครสวรรค์ ในส่วนของการวัดค่าความโน้มถ่วงโลกตามจุดสำรวจต่างๆจะเริ่มวัดค่าจากสถานีฐานในพื้นที่ แล้วทำการวัดค่าตามจุดสำรวจต่างๆโดยใช้เวลาวัดจุดละ 90 วินาที และสุดท้ายจะกลับมาวัดค่าที่สถานีฐานเดิม โดยใช้เวลาในแต่ละวันรวม (รวม) ของการวัดประมาณ 4 ชั่วโมง นอกจากนี้ยังตรวจสอบความถูกต้องในการสำรวจโดยทำการวัดซ้ำจุดเดิมที่ได้วัดไปแล้ว (Check point) เพื่อเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงระหว่างจุดวัดซ้ำและสถานีฐาน

เลือกสถานีฐานเป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 6 สถานีฐานซึ่งทำการรังวัดแบบสถิต (static) และจุดสำรวจซึ่งทำการรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) ในพื้นที่สำรวจของปีงบประมาณ 2556



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 7 เครื่อง GPS Topcon รุ่น GB1000 และเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วงโลก ของบริษัท Scintrex รุ่น CG-5 (Autograv Gravity Meter)

4.1.2 การรังวัดสำรวจ

ในปัจจุบันการรังวัดหาค่าพิกัดจุดสำรวจแรงโน้มถ่วงของโลกที่ต้องการความละเอียดหรือความถูกต้องมากๆ สามารถทำได้เครื่องอ่านพิกัดดาวเทียมความละเอียดสูง (GPS) ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าเครื่อง GPS ที่ใช้บอกตำแหน่ง หรือใช้เส้นทางทั่วไป โดยที่ในการวัดต้องใช้เครื่องรับอย่างน้อย 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งจะต้องอยู่บนจุดที่ทราบพิกัดแน่นอน อีกเครื่องจะตั้งอยู่บนจุดที่ต้องการทราบค่าพิกัด ทั้งสองเครื่องจะต้องทำการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน และต้องรับสัญญาณดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวง

4.1.2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจ

เครื่องอ่านพิกัดดาวเทียมความละเอียดสูง (GPS) เป็นเครื่องมือที่มีคุณสมบัติที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเครื่อง GPS ที่ใช้กันโดยทั่วไป และต้องมีอุปกรณ์เพิ่มเติมอื่นๆ เพื่อให้รับสัญญาณในปริมาณมาก และ เพื่อความถูกต้องในการวัด ซึ่งในการรังวัดสำรวจ



ขอสงวนลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

13. GPS ของบริษัท TOPCON และ ของ Leica รุ่น SR20
14. ตัวรับสัญญาณ Receiver GB-1000 รุ่น T224105, Receiver GB-1000 รุ่น T224102
15. เส้าอากาศ PG-A1 PN 01-840201-06 SN 308-2050, เส้าอากาศ PG-A1 PN 01-840201-05 SN 308-2398
16. สามเส้า 2 ตัว
17. ขากล้อ 2 ขา
18. ตลับเมตร 2 ตลับ

4.1.2.2 ขั้นตอนการรังวัดสำรวจด้วย GPS

ในการรังวัดสำรวจแบ่งเป็นการดำเนินการ ได้ 5 ขั้นตอนคือ 1) เลือกหมุดบังคับ โดยหมุดบังคับ ใช้หมุดหลักฐานถาวรของทางราชการที่ทราบค่าพิกัดและความสูงอยู่แล้ว ซึ่งเป็นหมุดหลักฐานของหน่วยงานราชการ เช่น กรมที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรมโยธาธิการและผังเมือง 2) ออกแบบโครงข่ายเป็นจุดสำรวจที่ทำเป็นโครงข่ายเพื่อเป็นเส้นฐานของพื้นที่โดยโยงยึดกับหมุดบังคับ 3) วัดสัญญาณดาวเทียม แบ่งเป็นสองแบบ ได้แก่ การวัดแบบสถิต (Static) และ การวัดแบบจลน์ (Kinematic) 4) การประเมินความถูกต้อง

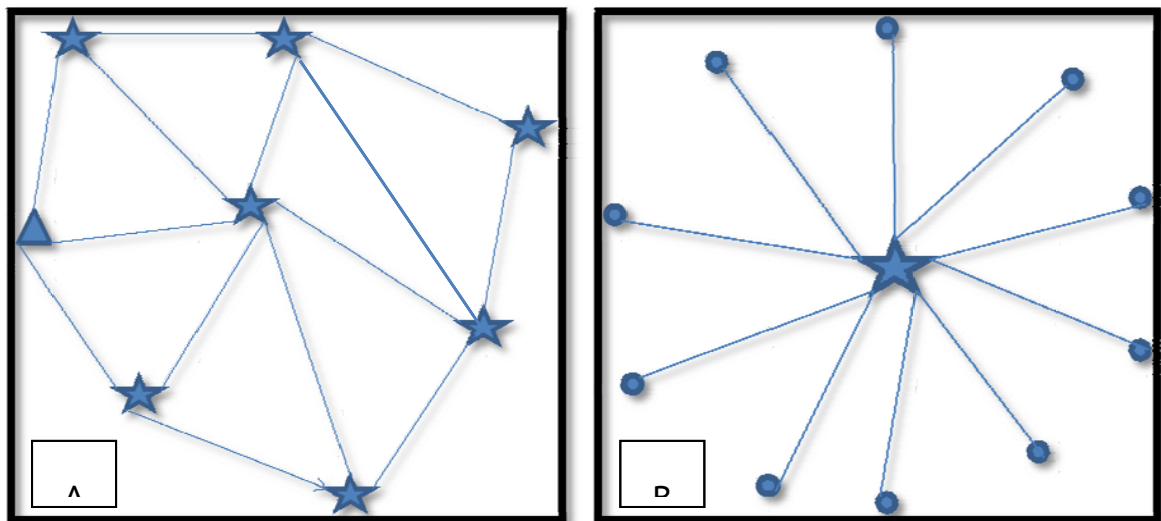
การวัดสัญญาณดาวเทียมในพื้นที่ศึกษาใช้ทั้งสองวิธีการ คือ การวัดแบบสถิต (Static) ซึ่งเป็นการสำรวจในการทำโครงข่าย และการวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) เป็นการวัดเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่รวดเร็ว โดยเชื่อมโยงจากจุดที่วัดแบบสถิต โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การรังวัดแบบสถิต (Static Survey) เป็นการวัดเพื่อสร้างโครงข่ายรูปสามเหลี่ยม เพื่อเป็นฐานสำหรับการวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) ซึ่งการวัดในลักษณะนี้จะใช้เวลารังวัดแต่ละครั้งนานไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง โดยใช้เทคนิคการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ โดยเริ่มแรกเครื่องหนึ่งทำการวัดจากหมุดบังคับที่ได้ทำการเลือกไว้ สำหรับพื้นที่นี้ได้แก่ BG56-1 เป็นจุดฐาน ย้ายเครื่องรังวัด ไปตามจุดรังวัดในรูปโครงข่าย จนครบทุกจุด จากนั้นจึงถ่ายข้อมูลฐานดังกล่าวไปที่จุดต่างๆที่ได้กำหนดไว้แล้วให้เป็นสถานีฐานในพื้นที่สำรวจ โดยกำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทั้งทางราบและทางตั้ง ในพื้นที่นี้กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนทางราบ ± 0.007 เมตร ค่าความคลาดเคลื่อนทางตั้ง ± 0.010 เมตร ค่าพิกัดของสถานีฐานตามระวางต่างๆที่วัดได้ จะนำไปรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) สำหรับจุดสำรวจต่อไป ทั้งนี้แต่ละจุดสำรวจภายในโครงข่ายนี้มีระยะห่างกันไม่เกิน 25 กิโลเมตร

การรังวัดแบบจลน์ (Kinematic Survey) เป็นการรังวัดที่ใช้เวลาในการวัดรวดเร็วกว่าการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) โดยการรังวัด GPS ที่จุดสำรวจต่างๆ โดยใช้สถานีฐานที่ได้จากการ

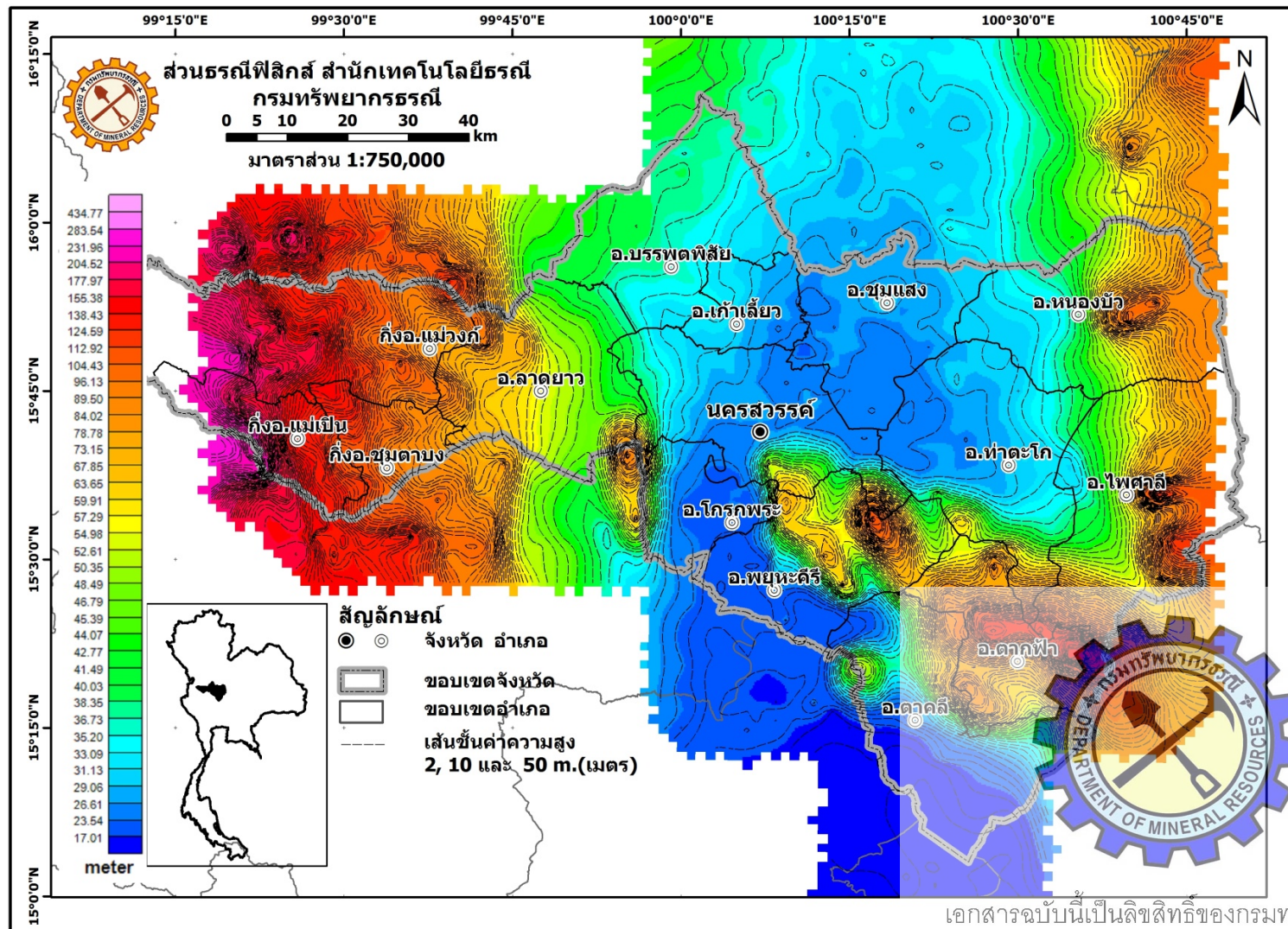
เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

รังวัดแบบสถิต โดยการตั้งเครื่องรังวัด GPS ที่สถานีฐาน (Base) ของพื้นที่สำรวจ ทำการรังวัดแบบต่อเนื่อง และตั้งเครื่อง GPS แบบเคลื่อนที่ (Rover) คู่กับเครื่องรังวัด GPS ที่สถานีฐาน เรียกว่า Initialization โดยตั้งนั่งรับสัญญาณ ประมาณ 15-20 นาที เพื่อให้ได้ข้อมูลเพียงพอสำหรับประมวลค่า Ambiguity จากนั้นย้ายเครื่อง GPS แบบเคลื่อนที่ (Rover) ไปรังวัดจุดอื่นๆ ที่ต้องการทราบค่าต่อเนื่อง ใช้เวลารังวัดจุดละ 4 นาที และต้องรับสัญญาณดาวเทียมไม่น้อยกว่า 4 ดวง ตลอดเวลา หากมีการหลุดของสัญญาณต้องทำ Initialization ใหม่ จนครบทุกจุด กำหนดค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ คือ ค่า PP Kinematic Horizontal Precision เท่ากับ 0.1 เมตร และค่า PP Kinematic Vertical Precision เท่ากับ 0.3 เมตร ระยะเส้นฐานไม่ควรเกิน 15 กม. และนำข้อมูลมาประมวลผล ค่าพิกัดฉากและค่าความสูงของจุดสำรวจที่วัดได้ จะใช้ในการปรับแก้ค่าความโน้มถ่วงต่อไป ดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 A แสดงการรังวัดแบบสถิต (Static Survey) ในการทำโครงข่าย โดย ▲ เป็นหมุดบังคับ
 ★ เป็นหมุดสำรวจแบบสถิต ● เป็นหมุดที่ได้จากการสำรวจแบบจลน์ B แสดงการสำรวจแบบจลน์
 ซึ่งจะใช้จุดสำรวจรังวัดแบบสถิตเป็นฐาน





รูปที่ 9 แผนที่เส้นชั้นความสูงพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จากการรังวัดสำรวจด้วย GPS ความละเอียดสูง
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

4.2 การปรับทอนข้อมูล

ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้จากสนาม ไม่ได้เกิดจากปัจจัยของความแตกต่างทางสภาพธรณีวิทยาเพียงประการเดียว โดยค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญๆ 6 ประการ คือ (1) ปัจจัยจากตำแหน่งละติจูด (latitude) (2) ปัจจัยจากความสูง-ต่ำและภูมิประเทศที่อยู่รอบข้าง (3) ปัจจัยจากผลการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเลและเครื่องมือ (4) ปัจจัยจากกรณีทำการสำรวจแบบมีการเคลื่อนที่ เช่น การบินสำรวจหรือสำรวจทางเรือ (5) ปัจจัยจากสภาพความหนาแน่นมวลรวมของเปลือกโลกหรือไอโซสเทซี และ (6) ปัจจัยจากค่าความหนาแน่นมวลรวมของสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดิน ปัจจัยในข้อสุดท้ายคือปัจจัยที่สนใจและต้องการตรวจวัด เพื่อนำมาแปลความหมายหาสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินจากการที่มีความหนาแน่นของมวลรวมมากหรือน้อยผิดปกติไปจากข้างเคียง แต่ผลที่มีต่อค่าความโน้มถ่วงโลก จากปัจจัยนี้ มีค่าน้อยกว่าผลที่เกิดจากปัจจัยในลำดับที่ 1-5 รวมกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้ผลจากปัจจัยทั้ง 5 ประการดังกล่าว ออกจากค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้ก่อนที่จะแปลความหมาย เพราะถ้าหากไม่ปรับแก้ อาจทำให้การแปลความหมายสภาพธรณีวิทยาใต้ผิวดินไม่ถูกต้อง โดยมีรายละเอียดของปัจจัยต่างๆ สมการการแก้ค่า และค่าตัวแปรที่ใช้ในการปรับทอนข้อมูล ในภาคผนวก

4.3 ลำดับของการแก้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้จากสนาม

ลำดับของการแก้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้จากสนาม (observed gravity หรือ gobs) ที่ต้องนำมาปรับแก้ค่า g ก่อนการแปลความหมายมี 3 ลักษณะ คือ (1) ปรับแก้เนื่องจากเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง ประกอบด้วย การปรับแก้จากการขึ้น-ลงของระดับน้ำทะเล และผลของเครื่องมือ (2) ปรับแก้เนื่องจากระยะทางเข้ามาเกี่ยวข้อง ประกอบด้วย การแก้ค่าละติจูด การแก้ค่าพรีแอร์ การแก้ค่าบูเกอร์ และการแก้ค่าภูมิประเทศกรณีที่มีสภาพเป็นหุบเขาหรือเทือกเขา (4) ปรับแก้สภาพความหนาแน่นมวลรวมของเปลือกโลกกรณีทำการสำรวจด้วยมาตราส่วนขั้นไพศาล ค่าความผิดปกติของความโน้มถ่วงโลกที่ผ่านการปรับแก้มาแล้ว เรียกว่า “ค่าความผิดปกติบูเกอร์สมบูรณ์ (Complete Bouguer anomaly, Δg_B)”

การวัดค่าความโน้มถ่วงของโลก ณ จุดใดๆ มีหน่วยการวัดแบบ SI unit (Standard International Units) เป็น m/s^2 ซึ่งนักธรณีสัณฐานได้กำหนดให้ ค่า 1 cm/s^2 เท่ากับ 1 Gal ซึ่งค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงโลก ที่ผิวโลกมีค่าประมาณ 9.8 m/s^2 หรือ 980 แกล (Gal) แต่ในงานสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกนั้น การเปลี่ยนแปลงของค่าความโน้มถ่วงโลก มีค่าน้อยมาก (ประมาณ 1 ใน 10 ล้าน แกล หรือ น้อยกว่า) ฉะนั้นจึงใช้หน่วยเป็นมิลลิแกล (milligal, mGal) ซึ่งเท่ากับ $1/1000$ แกล (หรือ 10^{-5} m/s^2) เป็นหน่วยในงานสำรวจ ซึ่งหน่วยของค่าความโน้มถ่วงของโลก (gravity unit หรือ gu) มีค่าเท่ากับ 10^{-6} m/s^2 หรือ 0.1 มิลลิแกล (mGal)



4.4 การประมวลผลข้อมูล

ทำการประมวลผลข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกด้วย โปรแกรมสำเร็จรูป Geosoft version 6.3 Gravity & Terrain correction โดยมีขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลคือ นำเข้าข้อมูลสถานีฐาน, ข้อมูลรังวัด และข้อมูลวัดค่าความโน้มถ่วงโลกในสนาม ดังตารางที่ 2-4 ตามลำดับ แล้วกำหนดตัวแปรต่างๆ เช่น ระบบพิกัดของแผนที่ ค่าความหนาแน่นที่รองรับบริเวณที่ทำการสำรวจเท่ากับ 2.67 g/cc ซึ่งเป็นค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของโลกที่นิยมใช้ในกรณีที่ไม่มีทราบค่าความหนาแน่นจริง โปรแกรมจะแก้ค่า drift ของข้อมูล และปรับทอนค่าปัจจัยต่างๆดังหัวข้อที่ 4.2 และ 4.3 โดยผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของ xyz file ดังตารางที่ 5 ซึ่งจะนำไปประมวลผลทำแผนที่และแสดงผลในรูปแบบอื่นๆต่อไป

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลค่าความโน้มถ่วงสัมบูรณ์ของสถานีฐาน

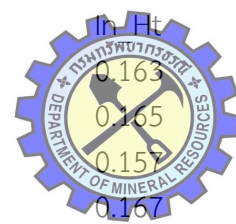
Station	Absolute Gravity (มิลลิเกิล)	Longitude	Latitude	Elevation
BG56-15	978400.283	100.08.50.64	15.55.55.78	28.763
BG56-51	978422.967	100.19.48.02	16.25.38.40	37.289
BG56-83	978435.173	100.15.52.81	16.50.24.53	45.654

ตารางที่ 3 ตัวอย่างข้อมูลรังวัด ค่าพิกัดฉากและค่าความสูง ของจุดสำรวจ

Station	X	Y	Elevation
CNW1	622728.844	1732316.333	36.343
CNW2	624205.301	1729158.416	46.254
CNW3	623152.077	1727008.330	64.731
CNW4	626398.940	1728022.363	56.096
CNW5	628863.480	1727452.783	44.035

ตารางที่ 4 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการวัดในสนามจากเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วง ก่อนการประมวลผลปรับแก้ค่า

grav-56-20121123			
dt=2012/11/23			
Stn	Time	Rdng	In Ht
BG56-15	8:18:14	3127.057	0.163
CNW1	8:30:10	3124.926	0.165
CNW2	8:45:43	3120.119	0.157
CNW3	9:04:13	3115.991	0.167
CNW4	9:22:19	3116.675	0.165



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

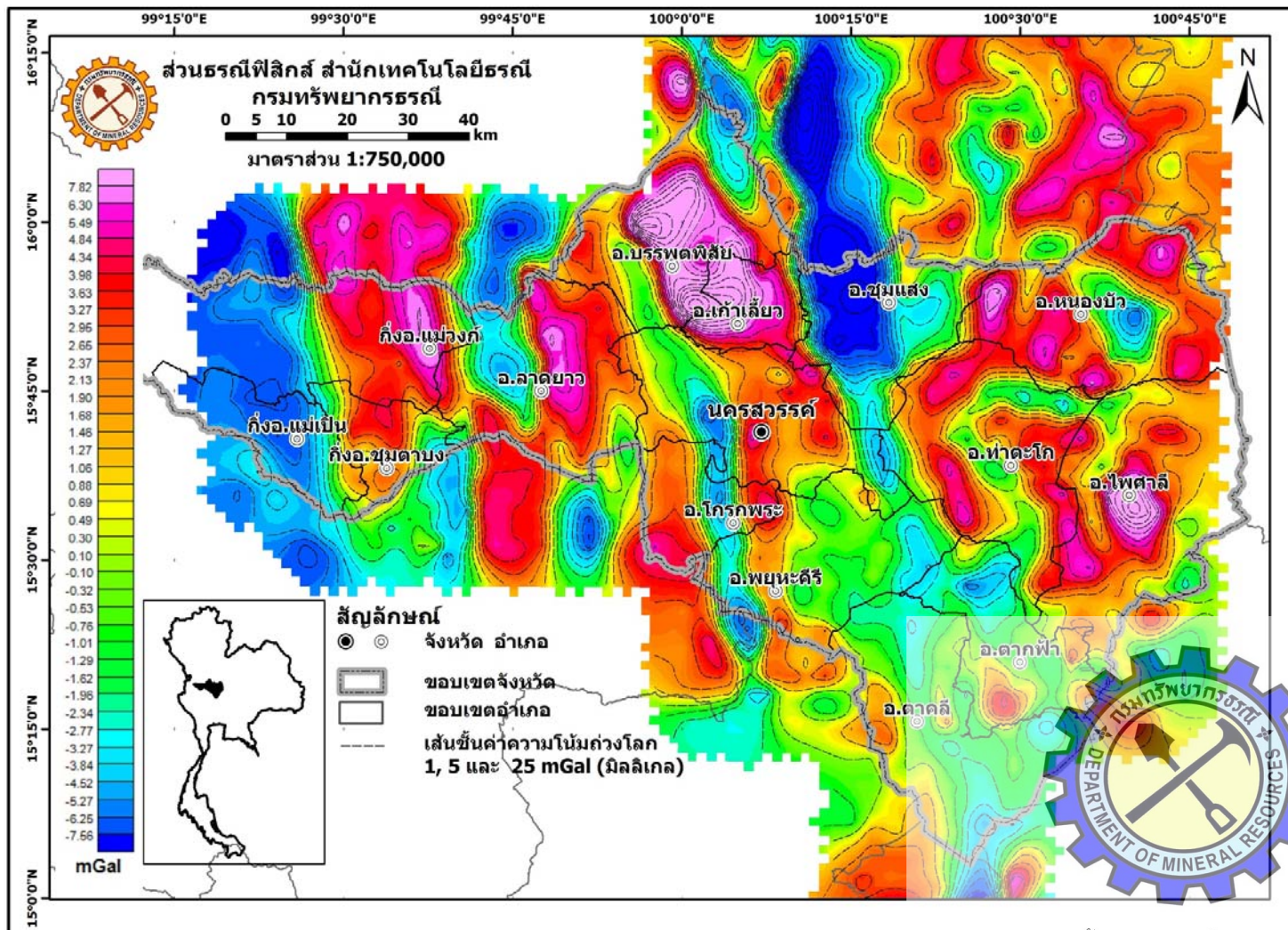
ตารางที่ 5 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการประมวลด้วยโปรแกรม Geosoft version 6.3 Gravity & Terrain correction ในรูป xyz file

Station	X	Y	Elevation	Gravity	FreeAir	Bouguer
CNW1	622728.844	1732316.333	36.343	978388.979	-9.071	-13.137
CNW2	624205.301	1729158.416	46.254	978384.177	-9.474	-14.649
CNW3	623152.077	1727008.330	64.731	978380.042	-7.000	-14.243
CNW4	626398.940	1728022.363	56.096	978380.715	-9.413	-15.689
CNW5	628863.480	1727452.783	44.035	978381.342	-12.262	-17.189
CNW6	629597.044	1724861.100	51.604	978377.828	-12.343	-18.117
CNW7	631757.035	1726969.930	40.403	978381.745	-12.768	-17.289

4.5 การประมวลผลแผนที่

นำค่า Bouguer Anomaly และ Free Air ที่ได้จากการประมวลผลข้อมูล ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 5 มาทำการประมวลผลแผนที่ ด้วยการสร้าง grid file แบบ Rangrid ที่มีขนาดของ grid cell size เท่ากับ 1500 เมตร (หรือขนาด 1 ใน 2 ของระยะห่างจุดสำรวจ) และสร้างเส้นชั้นค่าข้อมูล เท่ากับ 1, 5 และ 25 mGal (มิลลิเกล) ได้เป็นแผนที่แสดงค่าผิดปกติบูเกอ (Bouguer Anomaly Map) รูปที่ 10 และแผนที่แสดงค่าผิดปกติฟรีแอร์ (Free Air Anomaly Map) รูปที่ 11 นอกจากนี้ยังทำการการประมวลผลข้อมูลในเชิงวิเคราะห์ เนื่องจากการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกนั้น ค่าที่วัดได้จะเกิดจากชั้นหินที่อยู่ใกล้ผิวโลกจนถึงชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป ฉะนั้นการศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาในระดับลึกต่างๆ จึงต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์ โดยการปรับระดับของข้อมูลให้อยู่สูงจากผิวดินมากๆ เพื่อตัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากข้อมูลธรณีวิทยาในระดับตื้น เราเรียกวิธีนี้ว่า Upward Continuation ซึ่งจากการทำการทดลองที่ความสูงต่างๆ ปรากฏว่าที่ระดับความสูง 4,000 เมตร เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด แสดงเป็นแผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล (Regional Gravity Map) รูปที่ 12 ในส่วนของการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาในระดับตื้นนั้น สามารถศึกษาได้จากแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกที่ตกค้าง (Residual Gravity Map) รูปที่ 12 ซึ่งได้จากการหักลบค่าความผิดปกติบูเกอด้วยค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล (Kearey and Brooks, 1988)





รูปที่ 13 แผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง พื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ (Residual Gravity Map) (กรมทรัพยากรธรณี)

ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

บทที่ 5 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล

5.1 การแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกเชิงคุณภาพ (Qualitative interpretation)

การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกนั้น ค่าที่วัดได้จะเกิดจากชั้นหินที่อยู่ใกล้ผิวโลกจนถึงชั้นหินที่อยู่ลึกลงไป ฉะนั้นการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดิน จึงสามารถศึกษาได้ทั้งในระดับลึกและระดับตื้น ซึ่งสามารถทำการศึกษาและแปลความหมายจากแผนที่ค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์ (Complete Bouguer Anomaly Map) การศึกษาลักษณะธรณีวิทยาในระดับลึกได้จากแผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล (Regional Gravity Map) และในส่วนของการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาในระดับตื้นนั้น สามารถศึกษาได้จากแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกที่ตกค้าง (Residual Gravity Map) โดยมีรายละเอียดของแผนที่แต่ละชนิดดังนี้

แผนที่ค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์ (Complete Bouguer Anomaly Map) เป็นแผนที่แสดงผลการสำรวจค่าความโน้มถ่วงที่ผ่านการปรับทอนข้อมูลต่างๆเรียบร้อยแล้ว ซึ่งผลการสำรวจที่ได้จะสะท้อนถึงลักษณะธรณีวิทยา/ธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดินโดยตรง ค่าผิดปกติของข้อมูลจะแบ่งออกเป็นค่าผิดปกติเชิงบวก (ค่ามากกว่า) และค่าผิดปกติเชิงลบ (ค่าน้อยกว่า) ซึ่งบริเวณใดที่มีลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินมีชั้นหินที่มีความหนาแน่นสูงกว่า ปรากฏในระดับที่ตื้นกว่า จะแสดงค่าผิดปกติเชิงบวก แต่บริเวณใดที่มีลักษณะเป็นแอ่งสะสมตะกอน ชั้นตะกอนที่มีความหนาแน่นน้อยเป็นชั้นหนาปิดทับชั้นหินฐานที่มีความหนาแน่นสูงกว่า บริเวณนั้นจะแสดงค่าผิดปกติเชิงลบ หรือแสดงถึงชั้นหินฐานที่รองรับมีความหนาแน่นแตกต่างกันโดยชั้นหินฐานที่มีความสูงจะแสดงค่าผิดปกติเชิงบวก

แผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาล เป็นแผนที่แสดงค่าที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลในเชิงวิเคราะห์จากผลการคำนวณข้อมูลค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์ ด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ ที่เรียกว่า Upward Continuation ซึ่งเป็นการการปรับระดับข้อมูลให้อยู่สูงจากผิวดินมากๆ เพื่อตัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากข้อมูลธรณีวิทยาในระดับตื้น จากการทำการทดลองที่ความสูงจากผิวดินที่ระดับต่างๆ ปรากฏว่าที่ความสูง 4,000 เมตร เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษาข้อมูลในระดับลึกของพื้นที่นี้ แผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกระดับไพศาลจึงมีความเหมาะสมสำหรับการแปลความหมายลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินในระดับลึก ทั้งในส่วนของแนวโครงสร้างใหญ่ แนวรอยเลื่อนหลักหรือแนวสัมผัส โดยดูจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นชั้นความสูงค่าความโน้มถ่วง

แผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง เป็นแผนที่แสดงค่าความโน้มถ่วงที่ได้จากการหักลบค่าผิดปกติบูเกอร์สัมบูรณ์ ด้วยค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล (Kearey and Brooks, 1988) เป็นแผนที่ที่ใช้ในการแปลความหมายลักษณะธรณีวิทยา/ธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ดินในระดับตื้นได้ชัดเจนกว่าแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาล



รอยเลื่อน ระดับต้น อีกทั้งยังใช้ในการศึกษาชั้นเกลือหินหรือโดมเกลือ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีความสัมพันธ์กับแนวรอยแตก รอยเลื่อน และแสดงค่าผิดปกติความโน้มถ่วงเชิงลบ

5.2 การแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงของโลกเชิงปริมาณ (Quantitative interpretation)

การแปลความหมายในเชิงปริมาณ มีจุดประสงค์เพื่อหาความลึก ขนาด รูปร่างและตำแหน่งของวัตถุที่ทำให้เกิดค่าผิดปกติของค่าความโน้มถ่วง ซึ่งการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงของโลกในเชิงปริมาณของพื้นที่นี้ ทำการศึกษา 2 วิธี คือ การหาความลึกของชั้นหินฐานโดยวิธี Spectral Analysis และการทำ Inversion หาความลึกถึงวัตถุแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลภาพตัดขวางด้วยโปรแกรม Encom model vision pro ver.7

5.3 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลเชิงคุณภาพ

การแปลความหมายข้อมูลความโน้มถ่วงโลกเชิงคุณภาพ เป็นการแปลความหมายข้อมูลการสำรวจโดยดูจากรูปร่าง แนวการวางตัว ความถี่-ความห่าง และอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นชั้นค่าความโน้มถ่วงโลก แล้วแปลความหมายออกมาเทียบเคียงกับลักษณะธรณีวิทยา/ธรณีวิทยาโครงสร้างออกมาเป็นแบบลักษณะนาม โดยใช้แผนที่ต่างๆที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น สามารถแบ่งลักษณะปรากฏของค่าความโน้มถ่วงผิดปกติในพื้นที่เป็น 5 หน่วย คือ หน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติสูงมาก (H1) หน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติสูง (H) หน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติปานกลาง (M) หน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติต่ำ (L) และหน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติต่ำมาก (L1) โดยมีรายละเอียดผลการแปลความหมายของพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ ดังนี้ (รูปที่ 14)

บริเวณที่ 1 มีค่าความโน้มถ่วงต่ำในหน่วย L (สีฟ้า-น้ำเงิน) พบทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอแม่วงก์ และกิ่งอำเภอแม่เปิน บ่งชี้ว่าเป็นหินแกรนิต

บริเวณที่ 2 มีค่าความโน้มถ่วงต่ำในหน่วย L (สีฟ้า-น้ำเงิน) พบบริเวณอำเภอลาดยาว และอำเภอชุมแสง บ่งชี้ว่าเป็นแอ่งสะสมตะกอน ที่วางตัวในแนวเหนือใต้

บริเวณที่ 3 มีค่าความโน้มถ่วงปานกลางในหน่วย M (สีเขียว) พบทางตอนใต้ของจังหวัดและพบเป็นแนวยาวในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณอำเภอโกรกพระ คาดว่าบริเวณนี้เป็นแอ่งสะสมตะกอนที่ตื้นกว่าบริเวณพื้นที่ที่ 2

บริเวณที่ 4 มีค่าความโน้มถ่วงสูงมากในหน่วย H1 (สีชมพู) พบทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอหนองบัว ท่าตะโก และไพศาล รวมถึงบริเวณตอนกลางทางเหนือในเขตอำเภอเก้าเลี้ยวและบรรพตพิสัย บ่งชี้ว่ามีหินอัคนีแทรกซอนหรือหินภูเขาไฟที่มีค่าความโน้มถ่วงสูงถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนที่ระดับต้น หรือโผล่ปรากฏบนผิวดิน



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

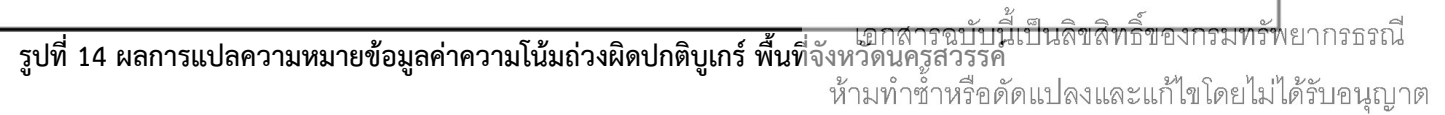
บริเวณที่ 5 มีค่าความโน้มถ่วงสูงในหน่วย H (สีเหลือง-แดง) พบทางตอนใต้ของจังหวัด บริเวณอำเภอตากฟ้า ตาคีลี และพยุหะคีรี บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือหินดินดาน โผล่ปรากฏบนผิวดิน

บริเวณที่ 6 มีค่าความโน้มถ่วงสูงในหน่วย H (สีเหลือง-แดง) พบทางตะวันตกของจังหวัด บริเวณอำเภอแม่วงก์ วางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือ หินดินดาน โผล่ปรากฏบนผิวดิน ตามแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณนี้เป็นหินทรายของหมวดหินเขาชนกันในยุค จูแรสซิก

บริเวณที่ 7 มีค่าความโน้มถ่วงสูง-สูงมากในหน่วย H-H1 (สีแดง-ชมพู) พบทางตอนกลาง ของจังหวัด เป็นแนวยาวในแนวเหนือใต้ จากอำเภอเมืองลงมาจนถึงอำเภอพยุหะคีรี และบริเวณอำเภอ โกรกพระ และอำเภอลาดยาว บ่งชี้ว่ามีหินที่มีค่าความโน้มถ่วงค่อนข้างสูงปรากฏอยู่ หรืออาจจะมีหินอัคนี แทรกซอนอยู่ที่ระดับลึกและถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนที่หนากว่าบริเวณพื้นที่ที่ 4

แนวโครงสร้างจากการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลก พบรอยเลื่อนผิดปกติ ซึ่งมีการวางตัว 2 ทิศทาง เช่นเดียวกับที่ได้จากข้อมูลการบินสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กกล่าวคือ พบรอย เลื่อนที่วางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนที่มีทิศทางเกือบจะเป็นทิศเหนือ-ใต้ อยู่หลายบริเวณ โดยเฉพาะตอนกลางของ จังหวัด และมีความสัมพันธ์การเกิดแอ่งสะสมตะกอนในพื้นที่ส่วนใหญ่จะวางตัวในแนวเหนือ- ใต้ เช่นกัน





5.4 ผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกชั้นไพศาลเชิงปริมาณ

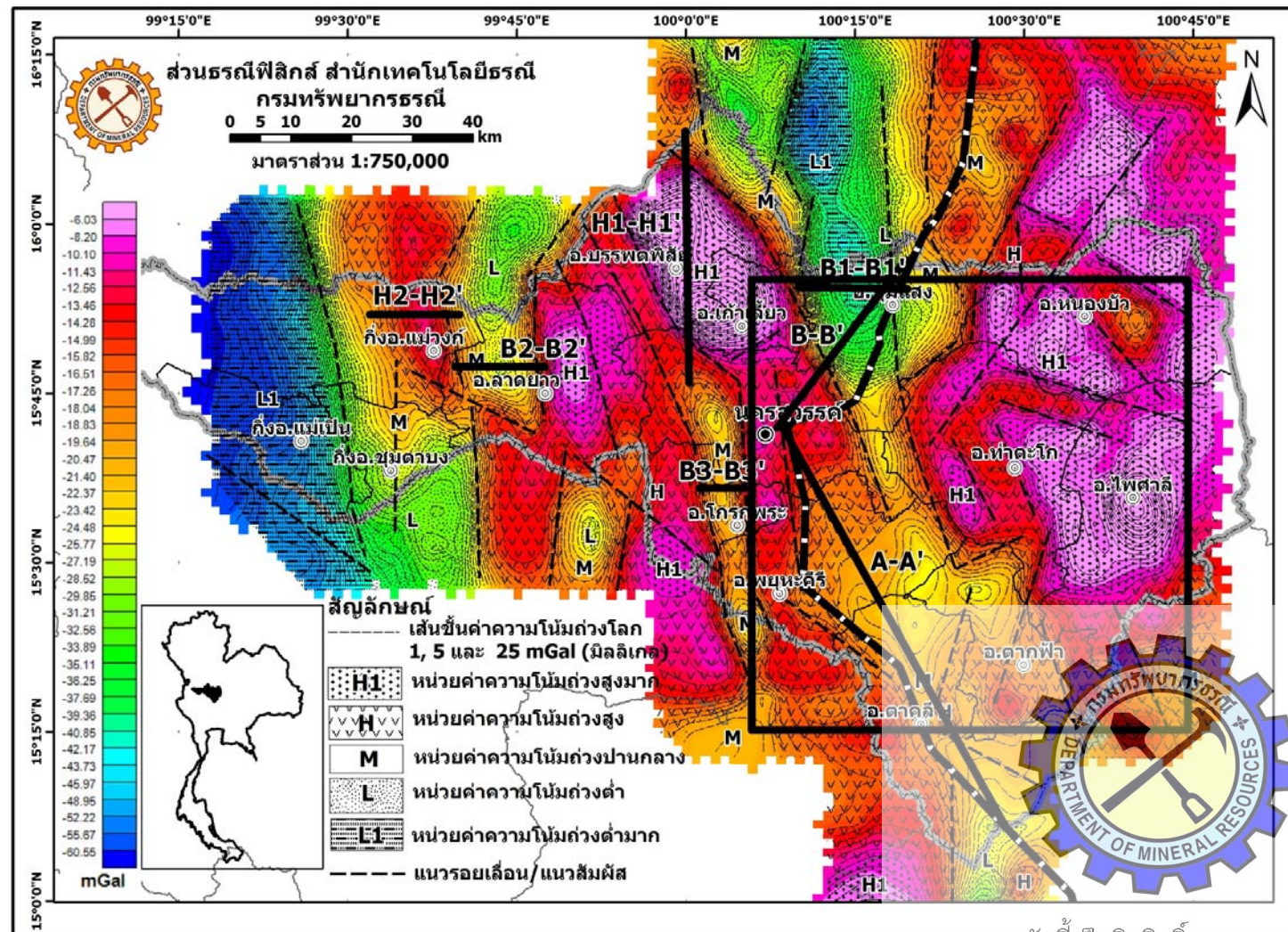
การแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงของโลกในเชิงปริมาณของพื้นที่นี้ ทำการศึกษา 2 วิธี คือ การหาความลึกของชั้นหินฐานโดยวิธี Spectral Analysis และการทำ Inversion หาความลึกถึงวัตถุแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลภาพตัดขวางด้วยโปรแกรม Encom model vision pro ver.7 โดยทำการแปลความข้อมูลในส่วนนี้ทั้งพื้นที่ศึกษาในปิงบประมาณ 2556 ครอบคลุมทั้งจังหวัด นครสวรรค์ พิจิตร พิษณุโลก และสุโขทัย

5.4.1 ผลการหาความลึกของชั้นหินฐานด้วยวิธี Spectral Analysis

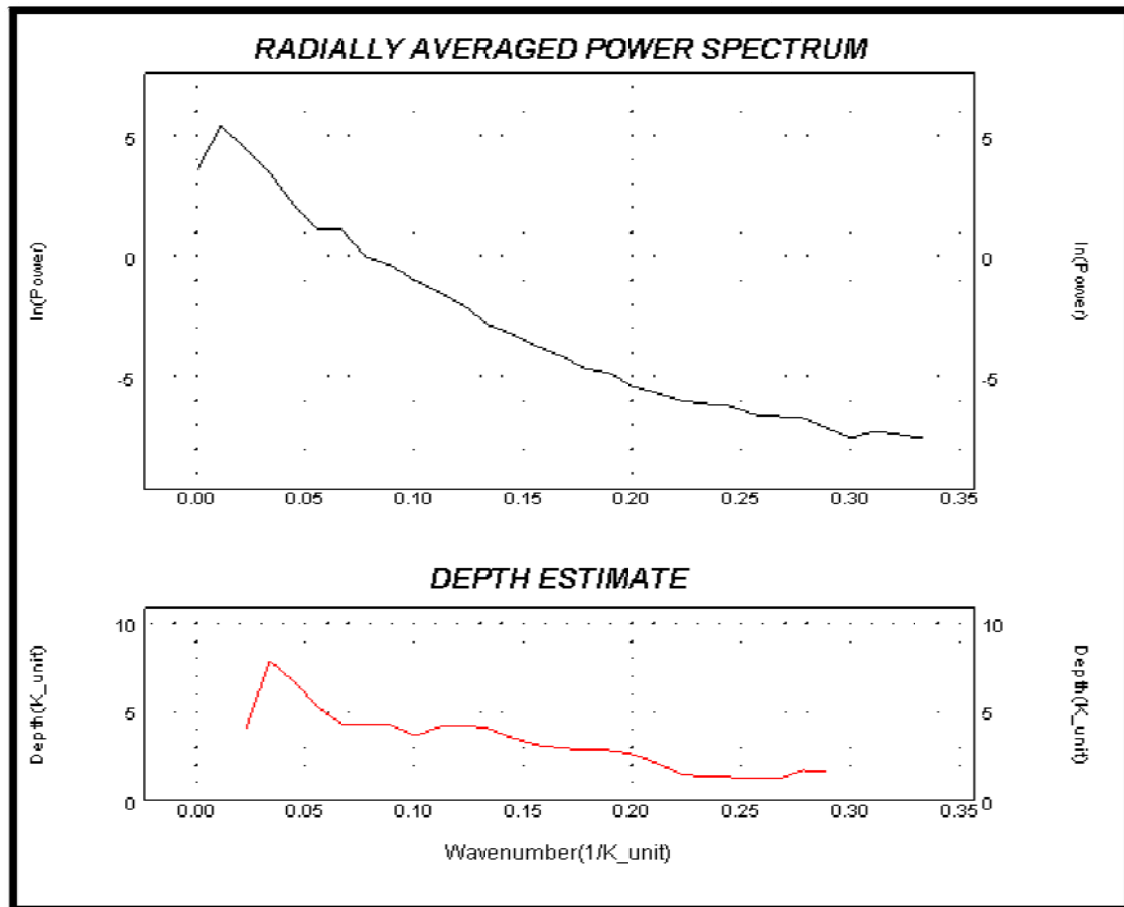
การหาความลึกของส่วนบนของหินฐานด้วยวิธี radially averaged power spectrum ได้จากสมการ $h = -\text{slope of power}/(4\pi)$ ซึ่งค่าความชันของเส้นกราฟพลังงานที่ความถี่ต่ำจะสะท้อนมาจากมวลหินที่อยู่ระดับลึก ในขณะที่ค่าความชันของเส้นกราฟพลังงานที่ความถี่สูงจะเกิดจากมวลหินที่อยู่ระดับตื้นได้ (จรินทร์, 2544) ทำการศึกษาทั้งพื้นที่สำรวจ ซึ่งผลที่ได้จะนำไปประกอบการแปลความหมายเชิงคุณภาพเพื่อบอกข้อมูลในแนวตั้งหรือระดับความลึกของชั้นหินฐานในพื้นที่ที่เราสนใจ และเป็นข้อมูลประกอบการสร้างแบบจำลองภาคตัดขวาง

ผลการหาความลึกของชั้นหินฐาน (รูปที่ 16) พบว่าค่าความลึกของหินฐานที่รองรับที่จำนวนคลื่นที่ต่ำที่สุด 0.00-0.05 ชั้นหินฐานมีความลึกที่สุดประมาณ 10-25 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่ปรากฏหน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติต่ำ-ต่ำมาก (L-L1) และในส่วนของบริเวณที่ค่าความลึกของหินฐานที่รองรับที่จำนวนคลื่นที่สูงที่สุด 0.25-0.30 ชั้นหินฐานอยู่ที่ระดับตื้นที่สุดประมาณ 7.5-2.5 กิโลเมตร เป็นบริเวณที่ปรากฏหน่วยค่าความโน้มถ่วงผิดปกติสูง-สูงมาก (H-H1)





เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต



รูปที่ 16 แสดงผลการหาความลึกของชั้นหินฐาน

5.4.2 ผลการทำ Inversion หาความลึกของวัตถุแบบอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลภาพตัดขวาง

ทำการแปลความหมาย โดยใช้โปรแกรม Encom model vision pro ver.7 โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เห็นลักษณะธรณีวิทยาใต้ดิน การวางตัวของชั้นหิน ความหนาแน่น ความลึกที่ปรากฏ และแนวโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน ทำการสร้างแบบจำลองภาคตัดขวางตัดผ่านบริเวณที่แสดงค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเชิงลบ ที่บ่งชี้ว่าเป็นแอ่งสะสมตะกอน จำนวน 3 แนว และบริเวณที่แสดงค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเชิงบวก ที่บ่งชี้ว่าชั้นหินฐานหรือหินแข็งอยู่ที่ระดับตื้น จำนวน 2 แนว

นอกจากนี้ยังทำการสร้างแบบจำลองภาพตัดขวาง แสดงลักษณะธรณีวิทยาใต้ผิวดินของบริเวณใกล้เคียงกับแนวทางรถไฟความเร็วสูงตัดผ่านพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 2 แนว คือ แนว A-A' และแนว B-B'



5.4.2.1 ลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินจากการสร้างแบบจำลองภาคตัดขวาง

ลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินที่สร้างแบบจำลองยึดข้อมูลจากลักษณะธรณีวิทยาผิวดิน และใช้ข้อมูลจากผลการแปลความหมายค่าสนามแม่เหล็กโลก และค่าความลึกของหินฐานในหัวข้อที่แล้ว ประกอบการสร้างแบบจำลอง ส่วนค่าความหนาแน่นของชั้นหินอ้างอิงจากรายค่าเป็นมาตรฐานทั่วไป (ดูตารางที่ 1) การสร้างแบบจำลองภาพตัดขวางตัดผ่านบริเวณที่แสดงค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเชิงลบ และบวก สมมติให้ ชั้นตะกอน มีความหนาแน่น 2.2 g/cc และชั้นหินฐาน หรือหินอัคนี มีความหนาแน่น 3.0 g/cc

ภาพตัดขวาง B1-B1' (รูปที่ 18) วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก อยู่บริเวณอำเภอชุมแสง มีค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 2-3 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 20 มิลลิเกิล แสดงแบบจำลองภาพตัดขวางของแอ่งสะสมตะกอน มีความหนาแน่นประมาณ 3.0-4.0 กิโลเมตร

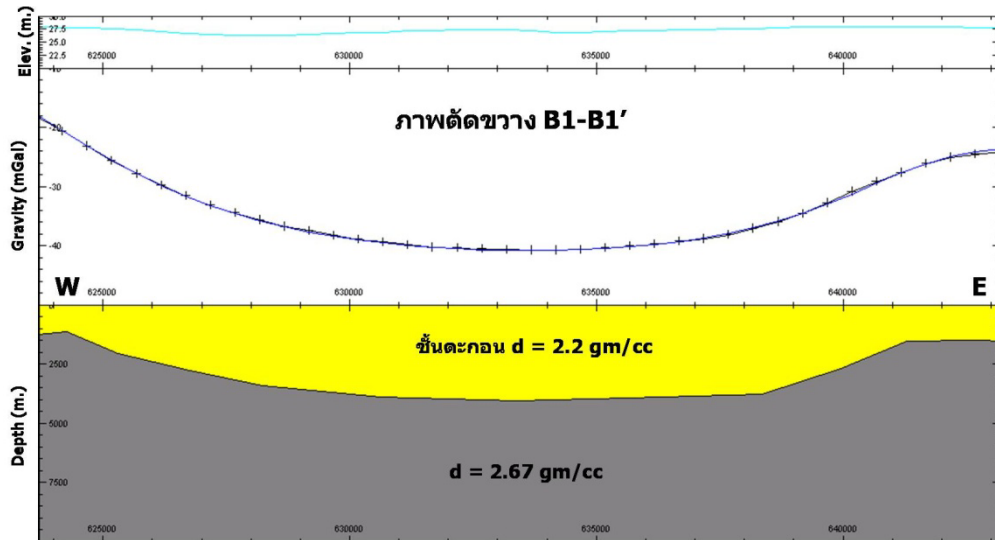
ภาพตัดขวาง B2-B2' (รูปที่ 19) วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก อยู่บริเวณอำเภอลาดยาว มีค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 20 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 10 มิลลิเกิล แสดงแบบจำลองภาพตัดขวางของแอ่งสะสมตะกอน มีความหนาแน่นประมาณ 1.5-2.0 กิโลเมตร

ภาพตัดขวาง B3-B3' (รูปที่ 20) วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก อยู่บริเวณอำเภอโกรกพระ มีค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 10 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 8 มิลลิเกิล แสดงแบบจำลองภาพตัดขวางของแอ่งสะสมตะกอน มีความหนาแน่นประมาณ 2.5-3.0 กิโลเมตร

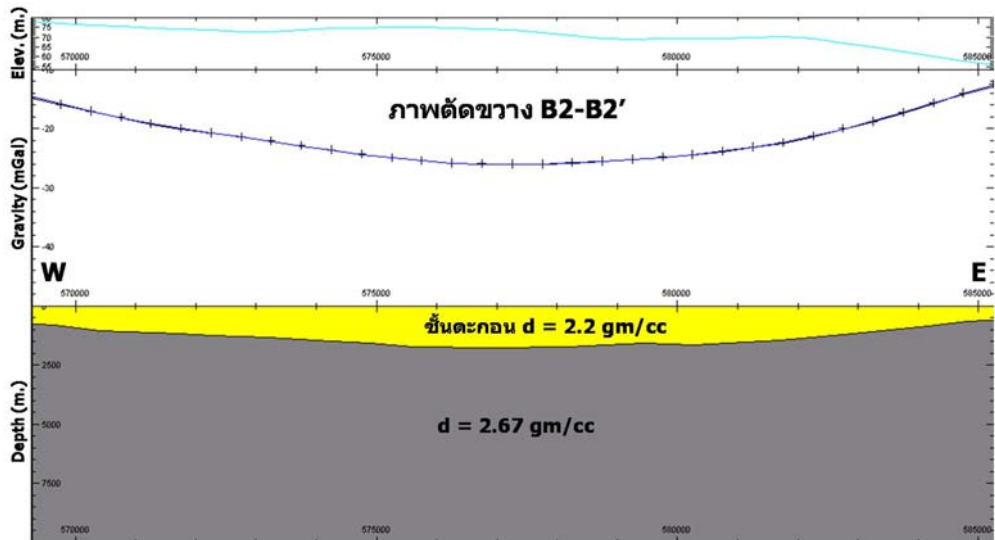
ภาพตัดขวาง H1-H1' (รูปที่ 21) วางตัวในแนวใต้-เหนือ อยู่บริเวณอำเภอเก้าเลี้ยวและบรรพตพิสัย มีค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 10 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 26 มิลลิเกิล แสดงแบบจำลองภาพตัดขวางของชั้นหินฐานหรือหินอัคนี อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 500 เมตร

ภาพตัดขวาง H2-H2' (รูปที่ 22) วางตัวในแนวตะวันตก-ตะวันออก อยู่บริเวณอำเภอแม่รัง มีค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 20 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 16 มิลลิเกิล แสดงแบบจำลองภาพตัดขวางของชั้นหินฐานหรือหินอัคนี อยู่ลึกจากผิวดินประมาณ 1.0-1.5 กิโลเมตร

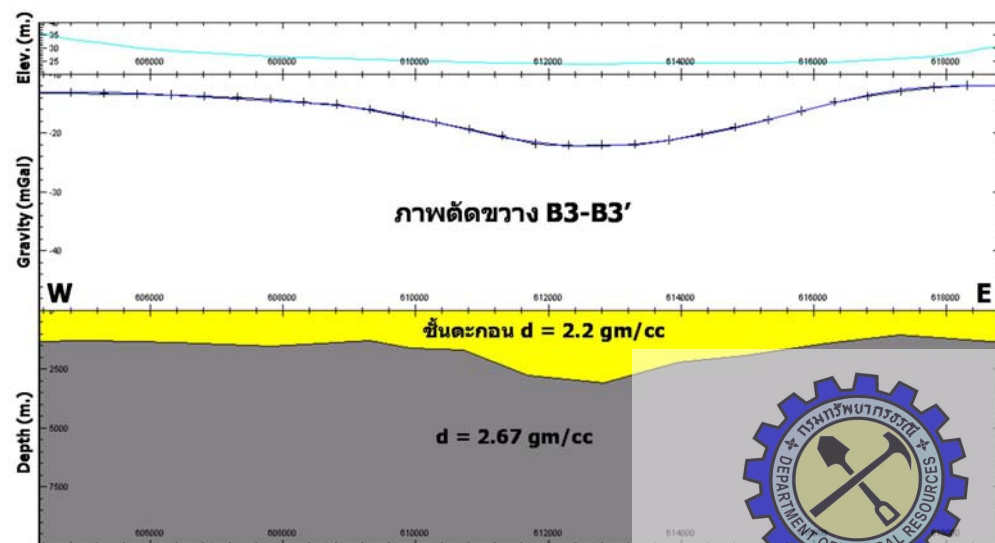




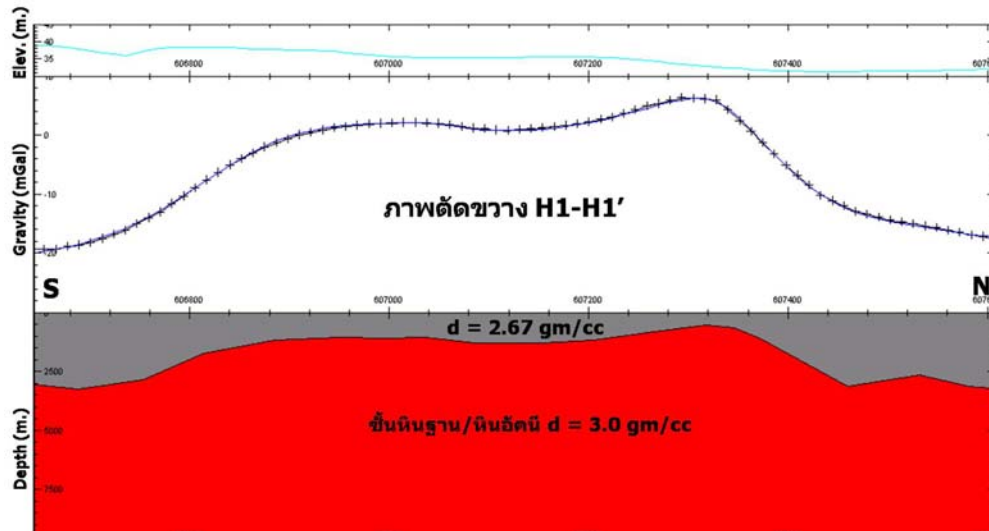
รูปที่ 18 แบบจำลองภาพตัดขวาง B1-B1'



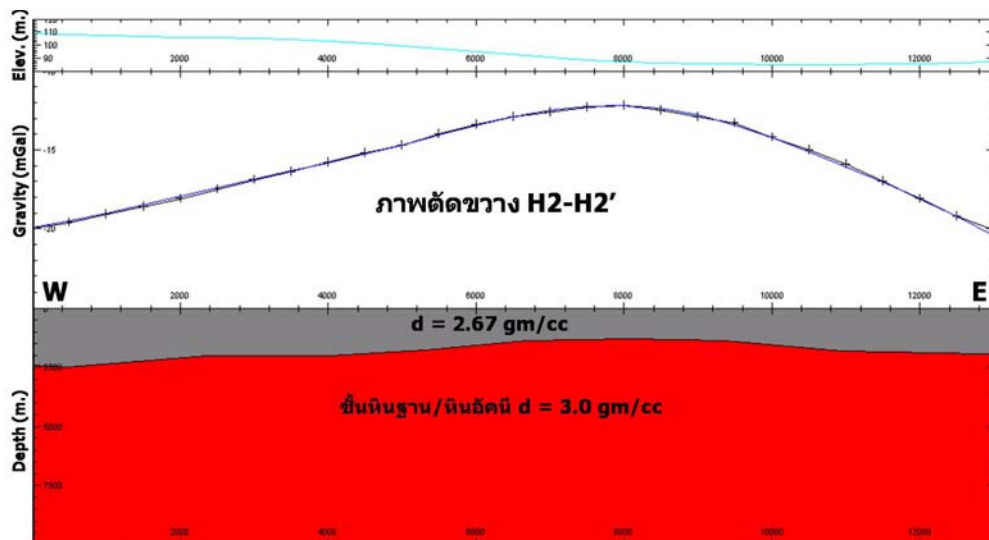
รูปที่ 19 แบบจำลองภาพตัดขวาง B2-B2'



รูปที่ 20 แบบจำลองภาพตัดขวาง B3-B3'



รูปที่ 21 แบบจำลองภาพตัดขวาง H1-H1'



รูปที่ 22 แบบจำลองภาพตัดขวาง H2-H2'

การสร้างแบบจำลองตามแนวทางรถไฟความเร็วสูง แบ่งชั้นดิน-หินเป็น 3 ชั้น โดยเรียงลำดับจากล่างขึ้นบนคือ ชั้นหินฐาน (หินอัคนี) มีความหนาแน่น 3.0 g/cc, หินตะกอน ซึ่งเป็นตัวแทนของ หินแปรยุคคาร์บอนิเฟอรัส หินปูนยุคเพอร์เมียน และกลุ่มหินทรายชุดหินโคราช มีความหนาแน่น 2.6 g/cc และชั้นตะกอน มีความหนาแน่น 2.2 g/cc

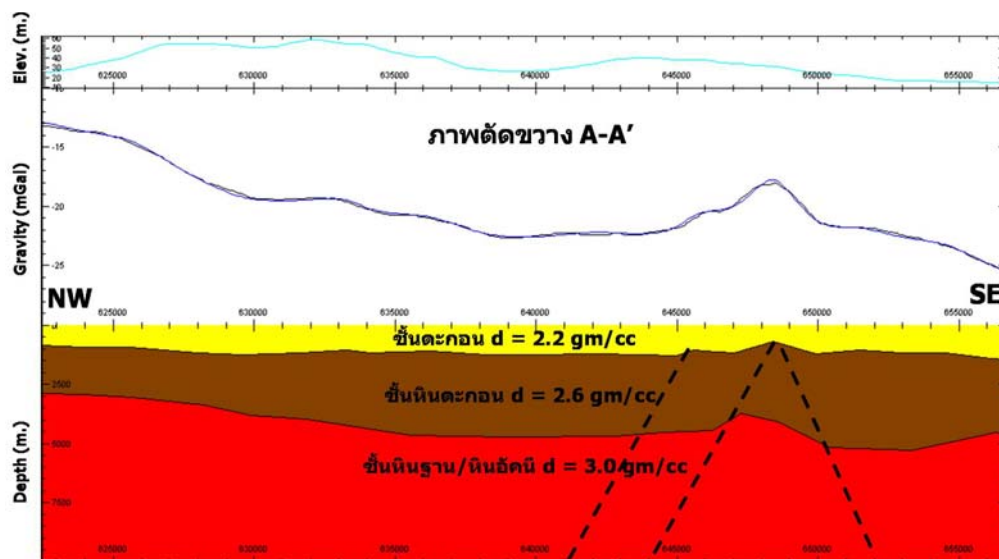
แบบจำลองภาคตัดขวาง A-A'-แนวภาคตัดขวางวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตกเฉียงใต้ พาดผ่านจากอำเภอเมือง ไปยังอำเภอตาคลี และพยุหะคีรี ค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 40 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 12 มิลลิแกล

ชั้นหินฐาน (Basement) /หินอัคนี อยู่ที่ระดับลึกสุดประมาณ 5 กิโลเมตร และตื้นสุดประมาณ 3

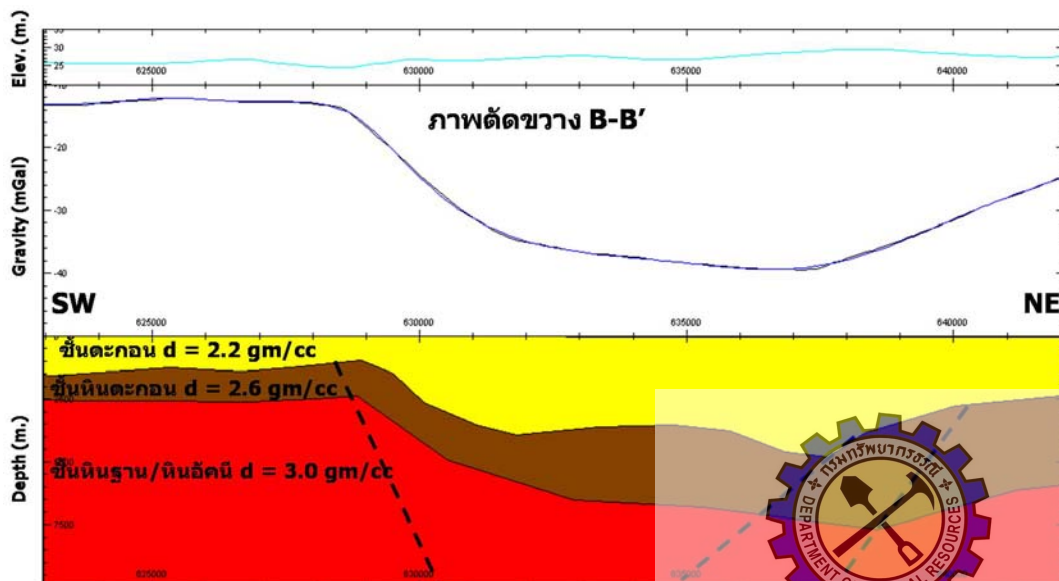
เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

กิโลเมตร ส่วนชั้นตะกอนมีความหนามากที่สุดประมาณ 1 กิโลเมตร ชั้นดิน-หินส่วนใหญ่วางตัวค่อนข้างราบเรียบ พบแนวรอยเลื่อนที่ชัดเจน บริเวณพิกัดที่ 645000-650000 ตะวันออก

แบบจำลองภาคตัดขวาง B-B' แนวภาคตัดขวางวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ พาดผ่านจากอำเภอเมืองไปยังอำเภอชุมแสง ค่าความสูงต่ำของพื้นที่แตกต่างกันประมาณ 5 เมตร ค่าความโน้มถ่วงผิดปกติบูเกอร์ มีการเปลี่ยนแปลงประมาณ 28 มิลลิแกลล ชั้นหินฐาน (Basement) /หินอัคนี อยู่ที่ระดับลึกที่สุดประมาณ 7.5 กิโลเมตร และตื้นสุดประมาณ 2.5 กิโลเมตร ส่วนชั้นตะกอนมีความหนามากที่สุดประมาณ 5 กิโลเมตร พบแนวรอยเลื่อนที่ชัดเจน บริเวณพิกัดที่ 628000-629000 ตะวันออก และ 635000-640000 ตะวันออก ซึ่งเป็นแนวรอยเลื่อนที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดแอ่งสะสมตะกอน



รูปที่ 23 แบบจำลองภาพตัดขวาง A-A'



รูปที่ 24 แบบจำลองภาพตัดขวาง B-B'

เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการสำรวจและแปลความหมาย

ในปีงบประมาณ 2556 ทำการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกทั้งหมดประมาณ 4,388 จุด โดยมีจุดสำรวจในพื้นที่จังหวัดสกลนคร 1,388 จุด จากผลการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลก ทั้งในส่วนของผลการแปลความหมายเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ ประกอบกับผลการแปลความหมายข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กโลก ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะธรณีวิทยา/ธรณีวิทยาโครงสร้างใต้ผิวดิน บริเวณพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ สามารถสรุปผลการแปลความหมายได้ดังนี้

1.พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนครสวรรค์ แสดงค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเชิงบวก โดยมีค่ามีความโน้มถ่วงสูง-สูงมาก ในหน่วย H-H1 (สีแดง-สีชมพู) พบกระจายทั่วไปทั้งจังหวัด บริเวณทางด้านตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอหนองบัว ท่าตะโก และไพสาลี รวมถึงบริเวณตอนกลางทางเหนือในเขตอำเภอเก้าเลี้ยวและบรรพตพิสัย และทางตอนกลางของจังหวัด เป็นแนวยาวในแนวเหนือใต้ จากอำเภอเมืองลงมาถึงอำเภอพยุหะคีรี และบริเวณอำเภอโกรกพระ และอำเภอลาดยาว บ่งชี้ว่ามีชั้นหินที่มีค่าความหนาแน่นสูงปรากฏอยู่ที่ระดับตื้น ซึ่งจากข้อมูลค่าสนามแม่เหล็กโลก บ่งชี้ว่าบริเวณนี้เป็น หินอัคนีแทรกซอนหรือหินภูเขาไฟ ถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนที่ระดับตื้น หรือโผล่ปรากฏบนผิวดิน จากการสร้างแบบจำลองพบว่าชั้นหินนี้อยู่ที่ระดับตื้นที่สุดประมาณ 500 เมตร หรืออาจจะบ่งชี้ถึงบริเวณที่มีชั้นหินฐานที่ระดับตื้นที่สุด ประมาณ 1-3 กิโลเมตร ส่วนบริเวณที่มีค่าความโน้มถ่วงสูงในหน่วย H (สีเหลือง-แดง) พบทางตอนใต้ของจังหวัดบริเวณอำเภอตากฟ้า ตาคลี และพยุหะคีรี บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือหินดินดาน โผล่ปรากฏบนผิวดิน นอกจากนี้ยังพบทางตะวันตกของจังหวัดบริเวณอำเภอแม่วงก์ วางตัวในแนวเกือบเหนือ-ใต้ บ่งชี้ว่ามีหินตะกอน จำพวก หินปูน หินทราย หรือหินดินดาน โผล่ปรากฏบนผิวดิน ตามแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณนี้เป็นหินทรายของหมวดหินเขาชนกันในยุคจูแรสซิก จากการสร้างแบบจำลองพบว่าชั้นหินนี้อยู่ที่ระดับตื้นที่สุดประมาณ 1-1.5 กิโลเมตร

2.บริเวณอำเภอแม่วงก์ และกิ่งอำเภอแม่เปิน ทางด้านตะวันตกของจังหวัด แสดงค่าผิดปกติเชิงลบ โดยมีค่าความโน้มถ่วงต่ำมากในหน่วย L1 พบ บ่งชี้ว่าเป็นหินแกรนิต



3.บริเวณที่แสดงค่าผิดปกติเชิงลบ มีค่าความโน้มถ่วงต่ำ-ต่ำมากในหน่วย L-L1 (สีเขียว-ฟ้า น้ำเงิน) พบบริเวณอำเภอลาดยาว ชุมแสง และชุมตาบง แสดงว่าบริเวณนี้เป็นแอ่งสะสมตะกอน ชั้นตะกอนสะสมตัวเป็นชั้นหนามากกว่าบริเวณอื่นๆ หรือชั้นหินฐานที่รองรับอยู่ที่ระดับลึกที่สุดในบริเวณนี้ จากการสร้างแบบจำลองพบว่า แอ่งสะสมตะกอนมีความลึกที่สุดประมาณ 3-4 กิโลเมตร ส่วนบริเวณที่มีค่าความโน้มถ่วงปานกลางในหน่วย M (สีเขียว) ที่พบทางตอนใต้ของจังหวัด เป็นแนวยาวในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณอำเภอโกรกพระ คาดว่าบริเวณนี้เป็นแอ่งสะสมตะกอนที่ตื้นกว่า มีความลึกประมาณ 1.5-3 กิโลเมตร

4.แนวโครงสร้างจากการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลก พบรอยเลื่อนผิดปกติ ซึ่งมีการวางตัว 2 ทิศทาง เช่นเดียวกับที่ได้จากข้อมูลการบินสำรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กกล่าวคือ พบรอยเลื่อนที่วางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนที่มีทิศทางเกือบจะเป็นทิศเหนือ-ใต้ อยู่หลายบริเวณ โดยเฉพาะตอนกลางของจังหวัด และมีความสัมพันธ์การเกิดแอ่งสะสมตะกอนในพื้นที่ส่วนใหญ่จะวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เช่นกัน

6.2 ข้อเสนอแนะการประยุกต์ใช้ประโยชน์ข้อมูล

1. ประยุกต์ใช้ในศึกษาหาขอบเขตการวางตัวของชั้นดิน-หิน แนวโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน

แผนที่ค่าผิดปกติความโน้มถ่วงจะแปลความหมายออกมาเป็นรูปลักษณะทางกายภาพใต้ผิวดินที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางธรณีวิทยา โดยสามารถนำมาใช้ประกอบกับข้อมูลธรณีวิทยา ธรณีโครงสร้าง และธรณีวิทยาแหล่งแร่ และอื่นๆที่โผล่ปรากฏบนผิวดิน อนุมานให้เห็นถึงสิ่งที่อยู่ใต้ดิน ด้วยการสร้างแบบจำลองให้เห็นลักษณะธรณีวิทยาใต้ดิน ทำให้ประหยัดงบประมาณในการเจาะสำรวจ

2. ใช้สำหรับหาความลึกชั้นหินฐาน หาขอบเขตโครงสร้างของแอ่งสะสมตะกอน และความหนาของตะกอนที่สะสมตัวในแอ่ง และการวางตัวของชั้นหิน ในพื้นที่ราบลุ่มที่ถูกปิดทับด้วยตะกอนไม่มีหินโผล่ปรากฏ

3. ประยุกต์ใช้สำหรับการบริหารจัดการน้ำ เช่น การจัดสร้างแหล่งเก็บน้ำ รวมถึงการเจาะน้ำบาดาล เป็นผลสืบเนื่องการแปลความหมายข้อมูลถึงบริเวณที่เป็นแอ่งสะสมตะกอน น่าจะมีชั้นตะกอนให้น้ำอยู่ในบริเวณนี้

4. ประยุกต์ใช้สำหรับหาแหล่งปิโตรเลียม เป็นข้อมูลพื้นฐานในการหาโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน มีความสัมพันธ์กับแหล่งปิโตรเลียม และสามารถสร้างแบบจำลองลักษณะใต้ดินที่สัมพันธ์กับข้อมูลการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน ในบริเวณที่น่าสนใจที่คาดว่าจะเป็แหล่งปิโตรเลียมได้ ซึ่งเป็นวิธีการสำรวจที่สามารถทำได้รวดเร็วและประหยัดงบประมาณในการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นเมื่อเทียบกับการสำรวจด้วยวิธีอื่นๆ



5. ประยุกต์ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการนำไปพัฒนาและบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามนโยบายของรัฐบาล เช่น การสร้างเขื่อน หรืออ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่ การวางท่อส่งน้ำใต้ดินขนาดใหญ่ หรือการวางท่อแก๊ส การบริหารจัดการเรื่องน้ำ (Water Grid) และการสร้างทางรถไฟความเร็วสูง จากแบบจำลองภาพตัดขวางตามแนวทางรถไฟความเร็วสูง จำทำให้ทราบถึงลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถออกแบบก่อสร้างโครงสร้างที่มีความเหมาะสม ในแต่ละบริเวณ และควรจะหลีกเลี่ยงบริเวณที่มีแนวรอยแตกรอยเลื่อน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้น หรือเพิ่มค่าความปลอดภัยในการก่อสร้าง

6.3 ข้อเสนอแนะ

1. แบบจำลองภาคตัดขวางจากข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกเป็นแบบจำลองในเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ เช่น ลำดับชั้นหิน ค่าความหนาแน่นของชั้นหิน ถ้าตัวแปรเหล่านี้มีการเปลี่ยนแปลงไปภาพตัดขวางที่ได้ก็จะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงต้องมีข้อมูลต่างๆมาสนับสนุนให้เกิดความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น เช่น ข้อมูลหลุมเจาะ ข้อมูลการสำรวจวัดคลื่นไหวสะเทือน และการศึกษาค่าความหนาแน่นจริงของชั้นหินต่างๆ ในพื้นที่ เป็นต้น

3. การประยุกต์ใช้ข้อมูลในการหาขอบเขตโครงสร้างของแอ่งสะสมตะกอน และความหนาของตะกอนที่สะสมตัวในแอ่ง และการวางตัวของชั้นหิน รวมถึงการหาแหล่งน้ำ เป็นเพียงข้อมูลหรือขอบเขตเบื้องต้นจากผลการแปลความหมายข้อมูล ซึ่งจะต้องดำเนินการสำรวจเพิ่มเติมในชั้นรายละเอียดทั้งการสำรวจด้วยวิธีธรณีฟิสิกส์อื่นๆหรือเจาะสำรวจเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

6.4 ปัญหาและอุปสรรค

1. การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกขึ้นไพศาล รถยนต์ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทำงาน จะต้องวิ่งรถสำรวจตลอดทั้งวันและใช้งานหนัก ซึ่งรถยนต์ที่ใช้จะต้องมีสภาพที่ดีและสมบูรณ์พอสมควร แต่รถยนต์ที่ใช้ทำงานมีสภาพเก่าทรุดโทรม ทำให้ต้องเสียเวลาซ่อมแซมเมื่อรถพัง ทำให้การทำงานล่าช้า จึงควรจัดหารถยนต์ให้เพียงพอและเหมาะสมต่อการใช้งาน และจำเป็นจะต้องจัดสรรงบประมาณในการบำรุงรักษา และซ่อมแซมรถยนต์ที่ใช้ในการสำรวจด้วย

2. การเกิดแผ่นดินไหว จะมีผลกระทบกับการวัดค่าของเครื่องมือสำรวจ ทำให้ไม่สามารถเก็บข้อมูลในช่วงที่เกิดแผ่นดินไหวได้ ทำให้การทำงานล่าช้า หรืออีกนัยหนึ่งคือเครื่องมือวัดค่าความโน้มถ่วงโลกสามารถตรวจจับแผ่นดินไหวได้เช่นกัน

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการสำรวจเมื่อใช้งานแล้วจำเป็นต้องมีการดูแลรักษา และตรวจเช็คค่าความถูกต้องของเครื่องมือ จึงจำเป็นจะต้องมีการจัดสรรงบประมาณในส่วนนี้ด้วยเช่นกัน



เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2544, ธรณีวิทยาประเทศไทย กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 556 หน้า
- จรินทร์ ตูลยาทิพย์, 2544, การบินสำรวจ และแปลความหมายข้อมูลความเข้มสนามแม่เหล็ก, รายงานวิชาการ ฉบับที่ กศ. 10/2544, กองเศรษฐกิจธรณี กรมทรัพยากรธรณี.
- พิษณุ วงศ์พรชัย, 2548, ธรณีฟิสิกส์ประยุกต์, ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 5-10.
- เพ็ญตา สาทรักษ์, 2550, ธรณีฟิสิกส์เพื่อการสำรวจใต้ผิวดิน: ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, หน้า 17-118.
- Geosoft, 2006, montaj Gravity & terrain Correction, Gravity data extension for oasis montaj v6.31, Tutorial and User guide, Geosoft Inc., Toronto Canada.
- Encom Technology Pty Ltd, 2006, Encom ModelVision Pro, The 3D workbench for Magnetic and Gravity Interpretation, User Guide, New South Wales, Australia
- Japakasetr, T., and Suwanich, P., 1982, Potash and Rock salt in Thailand Appendix A: Nonmetallic Minerals Bulletin No.2, DMR, 252 p.
- Kearey, T., and Brooks, M., 1984, An Introduction to Geophysical Exploration Geoscience texts in Gravity surveying: Blackwell Science Ltd.
- Kenting Earth Science International Ltd., 1989. International Report for Airborne Geophysical Survey of The Mineral Resources Development Project: Department of Mineral Resource, Thailand
- Telford, W. M., gelgart, L.P., and Sheriff, R.E., 1990, Applied Geophysics (2nded): Cambridge, Cambridge University



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

ภาคผนวก ก

หลักการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก และการปรับทอนข้อมูล



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

1.1 หลักการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก

การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกเป็นการสำรวจหาค่าความโน้มถ่วงผิดปกติ (Gravity anomaly) ของพื้นที่ที่สนใจ โดยเงื่อนไขที่ว่าถ้าหากโลกของเรามีความเป็นเนื้อเดียวกันทั้งหมดค่าความโน้มถ่วงที่วัดได้จะมีค่าเดียวกันตลอด แต่ในความเป็นจริงแล้ว ไม่ได้เป็นเช่นนั้น ค่าความโน้มถ่วงที่วัดได้ในแต่ละที่จะไม่เท่ากัน โดยมีการเปลี่ยนแปลงหรือมีค่าผิดปกติของค่าความโน้มถ่วงที่แตกต่างกันออกไปทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง อันเนื่องมาจาก เนื้อโลก แกนโลกชั้นนอก แกนโลกชั้นใน และชั้นดิน-หิน ในเปลือกโลก ไม่ได้เป็นเนื้อเดียวกันตลอด โดยเฉพาะชั้นดิน-หินที่เปลือกโลกจะมีความแตกต่างมากที่สุด การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก จะใช้เครื่องมือวัดที่ออกแบบให้มีมวลติดที่ปลายสปริง บริเวณใดที่มีมวลหรือแรงดึงดูดจากชั้นดิน-หินใต้ผิวดินแตกต่างกัน การยืดหดของสปริงที่มีมวลติดอยู่จะแตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นการวัดเชิงเปรียบเทียบสัมพันธ์ อาศัยทฤษฎีพื้นฐานจาก กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (Newton's law of gravity) และกฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน (Newton's Second Law of Motion) ที่ว่า แรงระหว่าง 2 อนุภาคใดๆ ซึ่งมีมวล m_1 และ m_2 และอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง r เป็นแรงดึงดูด ซึ่งกระทำตามแนวเส้นตรง ที่โยงอนุภาคทั้งสอง และแรงนี้มีขนาดโดยความสัมพันธ์

$$F = G m_1 m_2 / r^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ G = universal gravitational constant ซึ่งมีค่าเท่ากัน สำหรับอนุภาคทุก ๆ คู่ มวล m_2 เป็นมวลของเครื่องวัดค่าความโน้มถ่วง ซึ่งถูกกระทำโดยมวลของหิน m_1 และจากกฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตัน ในกรณีของการเคลื่อนที่ของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก

$$F = m_1 g \quad \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ g คือค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง เนื่องจากแรง F ทั้งสองสมการเป็นแรงเดียวกัน ฉะนั้น

$$F = G m_1 m_2 / r^2 = m_1 g \quad g = G m_2 / r^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

จากสมการ ดังกล่าว $g \propto m_2$ และ $m_2 \propto \rho$ ฉะนั้น $g \propto \rho$ เมื่อ ρ คือค่าความหนาแน่น มีหน่วยเป็น กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

1.2 การปรับทอนข้อมูล

1.2.1 ปัจจัยเนื่องจาก ตำแหน่ง ละติจูดที่แตกต่างกัน

โลกมีรูปร่างกลมแป้น และมีการหมุนรอบตัวเองรอบแกนเหนือ-ใต้ โดยมีความเร็วเชิงมุม (angular velocity) ที่ตำแหน่งละติจูดต่างๆ ไม่เท่ากัน ประกอบกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางของโลกถึงผิวโลกที่เส้นศูนย์สูตรยาวกว่าถึงขั้วโลก ทำให้ความโน้มถ่วงโลกที่ละติจูดต่างๆ ไม่เท่ากัน ค่าความโน้มถ่วง



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

โลกที่ระดับน้ำทะเลที่ตำแหน่งต่างๆ ตามทฤษฎีสามารถคำนวณได้ด้วย 1980 International Gravity Formula:-

$$g_{t,h} = 978032.7(1+0.00553024\sin^2\gamma-0.0000058\sin^2 2\gamma)m/s^2$$

$$\text{หรือ } g_{t,h} = 978.0327(1+0.0053024\sin^2\gamma-0.0000058\sin^2 2\gamma) \text{ Gals}$$

โดยที่ γ = ละติจูด

การเปลี่ยนแปลงของค่าความโน้มถ่วงโลกเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของละติจูด (Δg_L) ตามสมการ

$$\begin{aligned}\Delta g_L / \Delta S &= 1.305 \sin 2\phi \text{ มิลลิเกิล/mile} \\ &= 0.811 \sin 2\phi \text{ มิลลิเกิล/km}\end{aligned}$$

เมื่อ ΔS = ระยะทางตามแนวเหนือ-ใต้

ϕ = เป็นค่าละติจูดของสถานีนีฐาน

1.2.2 ปัจจัยเนื่องจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์และดวงจันทร์ที่มีต่อโลก และความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือสำรวจ

เนื่องจากแรงดึงดูดของดวงอาทิตย์ และดวงจันทร์ ที่มีต่อโลก ประกอบกับการหมุนรอบตัวเองและการโคจรของดวงจันทร์และโลก ทำให้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่ตำแหน่งใดๆเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีลักษณะเป็นรอบ (cycle) มีระยะเวลาประมาณรอบละ 12:30 ชั่วโมง และมีค่าเปลี่ยนแปลงประมาณ 0.3 มิลลิเกิล ต่อรอบ การเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งละติจูด, ลองติจูด และเวลา เรียกว่า Earth tide ซึ่งสามารถคำนวณได้ (พิชญ์ วงศ์พรชัย, 2548) ดังสมการ

$$\Delta g_{ET} = 3/2(1.16GR[M_m/r_m(\cos 2\theta_m + 1/3) + (M_s/r_s(\cos 2\theta_s + 1/2))]$$

เมื่อ

R = รัศมีของโลก

M_m = มวลของดวงจันทร์

r_m = ระยะทางจากศูนย์กลางโลกถึงศูนย์กลางของดวงจันทร์

θ_m = ค่ามุมระหว่างเส้นที่ลากจากศูนย์กลางโลกถึงจุดวัด กับเส้นที่ลากจากศูนย์กลางของโลกถึงศูนย์กลางของดวงจันทร์

M_s = มวลของดวงอาทิตย์



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

r_s = ระยะทางจากศูนย์กลางโลกถึงศูนย์กลางของดวงอาทิตย์

θ_s = ค่ามุมระหว่างเส้นที่ลากจากศูนย์กลางโลกถึงจุดวัด กับเส้นที่ลากจากศูนย์กลางของโลกถึงศูนย์กลางของดวงอาทิตย์

นอกจากนี้ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก (gravity meter) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายเครื่องมือสำรวจตลอดเวลา มีส่วนทำให้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่จุดใดๆ ที่เวลาต่างกันไม่เท่ากันอีกด้วย เรียกว่า Instrument drift

1.2.3 ปัจจัยเนื่องจากระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกัน

ที่ตำแหน่งใดๆ ค่าความโน้มถ่วงโลก ที่ระดับความสูงที่ต่างกันจะไม่เท่ากัน เนื่องจากสาเหตุสองประการดังนี้:-

1.2.3.1 Free air effect

เป็นค่าความเปลี่ยนแปลงของความโน้มถ่วงโลกที่เกิดจากความสูง กล่าวคือที่ระดับสูงขึ้นไปจะอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของโลกมากขึ้นทำให้ค่าความโน้มถ่วงโลกมีค่าน้อยลง

ให้ g_o = ค่า g ที่ระดับน้ำทะเล

g_h = ค่า g ที่ระดับความสูงใดๆ

และ m_2 = m_e (มวลของโลก) และ R = รัศมีของโลก

จะได้ค่า Free air effect ($g_h - g$) หรือ $(\Delta g_F) = -2hg_o/R + 3h^2 g_o/R^2$

เมื่อแทนค่าระดับความสูง (h) = 1 เมตร ฉะนั้นค่า g_o จะขึ้นอยู่กับ ความยาวของรัศมีของโลกที่ขั้วโลกความยาวของรัศมีของโลก $R = 6,366$ กิโลเมตร จะได้ค่า $g_o = 9.83 \text{ m/s}^2$ และค่า Free air effect (Δg_F) จะมีค่าเท่ากับ -0.3088 มิลลิเกล/ม และที่เส้นศูนย์สูตร ความยาวของรัศมีของโลก $R = 6,378$ กิโลเมตร ค่า $g_o = 9.78 \text{ m/s}^2$ และค่า Free air effect ($g_h - g_o$) ที่เส้นศูนย์สูตรจะมีค่าเท่ากับ -0.3072 มิลลิเกล/ม

โดยทั่วไปนิยมใช้ค่า Free air effect (Δg_F) = -0.308596 มิลลิเกล/ม

กล่าวคือ ค่าความโน้มถ่วงโลกจะมีค่าลดลง 0.308596 มิลลิเกล เมื่อความสูงที่จุดสำรวจเพิ่มขึ้น 1 เมตร



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

1.2.3.2 Bouguer effect

เป็นค่าความเปลี่ยนแปลงของความโน้มถ่วงโลกที่เกิดจากมวลของเปลือกโลกที่รองรับ ณ บริเวณจุดสำรวจ กล่าวคือที่ระดับสูงขึ้นจากระดับน้ำทะเลจะมีมวลของเปลือกโลกรองรับอยู่ ทำให้มีค่าความโน้มถ่วงโลกสูงขึ้นเนื่องจากแรงดึงดูดของมวลที่เพิ่มขึ้น เมื่อสมมุติว่ามีมวลใดๆ หนาเท่าระดับความสูงของจุดสำรวจจากระดับน้ำทะเล และมีขนาดกว้างยาวเป็นอนันต์ (เรียกว่า Bouguer Slab) รองรับ บริเวณจุดสำรวจจะสามารถคำนวณ Bouguer effect ที่จุดสำรวจได้ตามสมการ

$$\Delta g_B = 2\pi\rho Gh$$

โดยที่ G = Universal Gravitational Constant = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$

ρ = ความหนาแน่น และ h = ระดับความสูงจากน้ำทะเล

หรือ ที่ระดับความสูงเปลี่ยนไป 1 เมตร ค่า = 0.04191ρ มิลลิเกิล/ม

โดยทั่วไปถ้าไม่ทราบค่าความหนาแน่นของหินที่รองรับบริเวณที่ทำการสำรวจ นิยมใช้ความหนาแน่นเฉลี่ยของโลกคือ 2.67 ton/m^3 ในการคำนวณ ซึ่งจะได้ค่า Bouguer effect = 0.1119 มิลลิเกิล/ม คือมีค่าเพิ่มขึ้น 0.1119 มิลลิเกิล ต่อความสูงที่เพิ่มขึ้น 1 เมตร แต่สำหรับพื้นที่นี้เลือกใช้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2.67 ton/m^3

การปรับทอนค่า Free air effect และ Bouguer effect อาจรวมเข้าด้วยกันเรียกว่า การปรับทอนเนื่องจากระดับความสูง (elevation correction) ตามสมการ

$$\Delta g_B = \Delta g_F - \Delta g_B = (0.308596 - 0.04191\rho) \text{ มิลลิเกิล/ม}$$

1.2.4 ปัจจัยเนื่องจากแรงดึงดูดของมวลของหินในภูมิประเทศที่แตกต่างกัน

ผลกระทบจากแรงดึงดูดของมวลรอบๆ จุดสำรวจ จะทำให้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่อ่านได้ต่ำกว่าความเป็นจริง กล่าวคือค่าความโน้มถ่วงโลกที่อ่านได้ด้วยเครื่องวัดค่าความโน้มถ่วงโลก เป็นค่าแรงดึงดูดลงในแนวดิ่ง ในบริเวณที่เป็นภูเขาซึ่งสูงกว่าระดับของจุดสำรวจ จะมีค่าความโน้มถ่วงโลกเพิ่มขึ้นเนื่องจากมวลหินเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันบริเวณที่เป็นหุบซึ่งต่ำกว่าระดับของจุดสำรวจ จะมีค่าความโน้มถ่วงโลกลดลงเนื่องจากมวลหินที่ขาดหายไป ซึ่งทั้งสองสาเหตุมีผลเหมือนกัน คือทำให้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่อ่านได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ดังนั้นการปรับแก้ภูมิประเทศ (terrain correction) จึงเป็นการบวกเพิ่มค่าความโน้มถ่วงโลกที่ขาดหายไปเข้าไปในค่าความโน้มถ่วงโลกที่ผ่านการแก้ค่าอื่นๆ แล้ว หรือ Bouguer anomaly แล้ว ผลที่ได้เรียกว่า Complete bouguer anomaly หรือ Extended bouguer anomaly ดังสมการ

$$S_{cba} = S_{ba} + S_{tc}$$



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต

เมื่อ g_{cba} = Complete Bouguer Anomaly มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล
 g_{ba} = Bouguer Anomaly มีหน่วยเป็น มิลลิเกิล
 g_{tc} = Terrain correction มีหน่วยเป็นมิลลิเกิล



เอกสารฉบับนี้เป็นลิขสิทธิ์ของกรมทรัพยากรธรณี
ห้ามทำซ้ำหรือดัดแปลงและแก้ไขโดยไม่ได้รับอนุญาต