



Handbook of Potash Exploration
and its assessment

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณ ทรัพยากรแร่โพแทช



กองทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี

รายงานวิชาการ
ฉบับที่ กทร 1/2567



คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ โพแทช

วิภาวี วิบูลย์อัฐพล
นุชิต ศิริทองคำ
วนิชฐยา ชัดศรี

กองทรัพยากรแร่
กรมทรัพยากรธรณี

อธิบดีกรมทรัพยากรธรณี

นายพิชิต สมบัติมาก

ผู้อำนวยการกองทรัพยากรแร่

นางสาวกฤตยา ปัทมालัย

ผู้อำนวยการส่วนมาตรฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่

นายธวัชชัย เชื้อเหล้าวานิช

จัดพิมพ์โดย

กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี
ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0-2621-9766

พิมพ์ครั้งที่ 1

กันยายน 2567
จำนวน 20 เล่ม

ข้อมูลการลงรายงานการบรรณานุกรม

วิภาวี วิบูลย์อัฐพล และคณะ

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช / โดย วิภาวี วิบูลย์อัฐพล

นุชิต ศิริทองคำ และวนัฐชยา ชัดศรี. กรุงเทพฯ: กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2567.

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

รายงานวิชาการ ฉบับที่ กพร 1/2567

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ.....	III
สารบัญรูป.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
คำขอบคุณ	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 แหล่งแร่โพแทชของประเทศไทย.....	2
บทที่ 2 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแร่โพแทช.....	7
2.1 แร่วิทยาของแร่โพแทช	7
2.2 แร่วิทยาของกลุ่มเพื่อนแร่โพแทช	9
2.3 การกำเนิดของแหล่งแร่โพแทช.....	12
2.4 รูปแบบการเกิดแร่โพแทชของประเทศไทย	16
2.5 การนำไปใช้ประโยชน์ของแร่โพแทช.....	24
บทที่ 3 การสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช.....	27
3.1 การกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจ	27
3.2 การสำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่.....	28
3.2.1 การสำรวจธรณีวิทยา	28
3.2.2 การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่.....	33
3.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์.....	34
3.3.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงโลก.....	34
3.3.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า.....	37
3.4 การเจาะสำรวจ	42
3.4.1 การกำหนดจุดเจาะสำรวจ.....	42
3.4.2 การเจาะสำรวจแบบเก็บแท่งตัวอย่าง (core samples drilling).....	43
3.5 การหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ	43
3.6 วิธีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชและเกลือหิน.....	45
3.7 กรณีศึกษาในการกำหนดจุดเจาะสำรวจพื้นที่ประทาย จังหวัดนครราชสีมา.....	48
บทที่ 4 หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อหลุมเจาะสำรวจ	51
4.1 การกำหนดชื่อหลุมเจาะภายใต้โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินในอดีต	51
4.2 การกำหนดชื่อหลุมเจาะภายใต้โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินในปัจจุบัน	52
บทที่ 5 การจัดเก็บแท่งตัวอย่างและการจัดเตรียมตัวอย่างส่งวิเคราะห์	53
5.1 การจัดเก็บแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ	53
5.1.1 การตรวจสอบวัดระดับความลึกของการเก็บแท่งตัวอย่าง	53
5.1.2 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง (label)	54

5.1.3 การจัดเรียงแท่งตัวอย่างลงในกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง	55
5.2 การถ่ายรูปแท่งตัวอย่าง.....	56
5.3 การบันทึกรายละเอียดของแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ	56
5.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์	58
5.4.1 การเตรียมตัวอย่างดินเหนียว	58
5.4.2 การเตรียมตัวอย่างโพแทชและเกลือหิน	58
5.5 การเก็บรักษาสภาพตัวอย่าง.....	60
บทที่ 6 โครงสร้างข้อมูลการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ.....	61
6.1 โครงสร้างข้อมูล	61
บทที่ 7 การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง.....	65
7.1 การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ	65
7.2 สถานภาพคลังตัวอย่าง.....	69
7.2.1 การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ	69
7.2.2 ตัวอย่างจากการเจาะสำรวจของโครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน	70
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	75

สารบัญรูป

	หน้า
1.1 แผนที่แสดงการกระจายตัวของแหล่งศักยภาพแร้โพแทชและเกลือหินของประเทศไทยในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร	3
2.1 แร้โพแทชชนิดต่าง ๆ และเพื่อนแร้โพแทช	10
2.2 แบบจำลองแอ่งเกลือระเหย เมื่อน้ำทะเลลดระดับต่ำกว่าสันดอนก้น มีอัตราการระเหยและค่าความเค็มของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น มวลน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยจะลอยเหนือมวลน้ำที่มีความหนาแน่นมาก และเกิดการตกลึกของแร่เกลือระเหยตามลำดับ	13
2.3 แผนภูมิภาพแสดงความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของสารละลายตั้งต้นในแอ่งเกลือระเหยที่มีสภาพแวดล้อมแบบปิดในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนเพื่อแสดงสภาพแวดล้อมและลำดับในการตกลึกของแร่เกลือระเหย	15
2.4 แสดงการไหลเข้ามาของน้ำทะเลสู่แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ซึ่งในขณะนั้นยังติดต่อกันเป็นแอ่งเดียวกัน โดยมีสันดอนปิดกั้นน้ำทะเลไม่ให้ไหลกลับออกไปอยู่ในบริเวณใดหรือหลายบริเวณ	17
2.5 แสดงเกลือหินชั้นล่างเริ่มตกละก่อนเมื่อเกิดกระบวนการระเหยน้ำ (evaporation) เกิดขึ้น โพแทชจะสะสมอยู่ตอนบนสุดของเกลือหิน เทือกเขาภูพานเริ่มโค้งตัวหรือแอ่ง 2 ข้างยุบตัวทีละน้อย	18
2.6 แสดงการถดถอยของน้ำทะเล ตะกอนขนาดละเอียดถูกพัดพามาจากพื้นที่ปบกคลุมอยู่บนเกลือหินชั้นล่างและโพแทช การยกตัวของเทือกเขาภูพานยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ	18
2.7 แสดงการท่วมทับของน้ำทะเลเกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และการหมุนเวียนเข้ามาทำให้เกิดการผสมระหว่างน้ำทะเลกับตะกอนดินจากพื้นที่ปบก 19	19
2.8 แสดงการตกละก่อนของเกลือหินชั้นกลางผสมกับตะกอนดินบ้าง ทำให้เกลือหินมีมลทินเพิ่มมากขึ้น สีเข้มขึ้น เทือกเขาภูพานยกตัวขึ้นและการยุบตัวของแอ่งยังคงมีอยู่ต่อไป	20
2.9 แสดงการสะสมตัวของเกลือหินชั้นกลาง น้ำทะเลได้ถดถอยลงไปอีกครั้งหนึ่ง ทำให้เกิดการสะสมของตะกอนดินอีกครั้งหนึ่งเหนือเกลือหินชั้นกลาง	20
2.10 แสดงการที่น้ำทะเลไหลเข้ามาวนเวียนและถูกกักเก็บไว้ในแอ่งเป็นครั้งที่ 3 ทำให้เกิดขึ้นเกลือหินตามวัฏจักร	21
2.11 แสดงเกลือหินชั้นบนซึ่งมีมลทินเหมือนกับเกลือหินชั้นกลาง จะเกิดทับบนตะกอนดินเป็นบางแห่ง โดยเฉพาะส่วนที่เกิดเป็นแอ่ง การเคลื่อนไหวของเทือกเขาภูพานและแอ่งทั้ง 2 ยังเกิดขึ้นเรื่อย ๆ.....	21
2.12 แสดงสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศเริ่มเปลี่ยนแปลงไปเป็นชายฝั่ง ทะเลเปิด การสะสมตะกอนจากพื้นที่ปบกเริ่มมีตะกอนขนาดหยาบ มีชั้นเฉียดระดับ อาจมีสภาพเป็นดินดอนสามเหลี่ยม (delta) แต่ตอนบนสุดอาจเปลี่ยนสภาพเป็นการสะสมด้วยลม	22
2.13 แสดงพื้นที่ของที่ราบสูงโคราช ยกตัวขึ้นจากสภาพเดิมเป็นสภาพปัจจุบัน และเมื่อมีกระบวนการ ของน้ำบาดาลมาเกี่ยวข้องจะทำให้บริเวณที่ปบกคลุมโดยเกลือยุบลงมาบ้างเป็นแอ่งน้ำต่าง ๆ มากมายอยู่บนที่ราบ	23
3.1 ชั้นหินทรายเนื้อละเอียด และหินทรายแป้ง สีนํ้าตาลอมม่วงของหมวดหินโคกกรวด บริเวณอำเภอเวียงน้อย จังหวัดขอนแก่น	29

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
3.2 พื้นที่ที่รองรับด้วยหมวดหินมหาสารคาม มักพบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่ทั่วไปบนผิวดิน	31
3.3 ลักษณะหินหมวดหินภูทอกในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	32
3.4 แบบจำลองแสดงโครงสร้างแร่โพแทชและเกลือหินในประเทศไทย.....	33
3.5 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าผิปกติบูเกอร์ แสดงพื้นที่ค่าผิปกติบูเกอร์ต่ำ ปานกลาง และสูง พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม	36
3.6 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง แสดงพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลก ตกค้างต่ำ ปานกลาง และสูงพื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม.....	37
3.7 แผนที่แสดงแนวตัดขวางข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง เพื่อสร้างแบบจำลองภาพตัดขวาง แนว A-A' พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม	38
3.8 แสดงลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินของแบบจำลองภาพตัดขวาง พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม แนว A-A'	38
3.9 แผนที่การแปลความหมายจากค่าผิปกติบูเกอร์ ในพื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม และการวางแผน สำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ในแนว L1, L2 และ L3	40
3.10 การแปลความหมายการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ แนวสำรวจที่ 1	41
3.11 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ K-212 ในพื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม จากข้อมูลการสำรวจวัดค่า ความโน้มถ่วงโลก (บน) ร่วมกับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (ล่าง)	42
3.12 ก้านเจาะสำรวจที่มีความยาว 3 เมตร (ซ้าย) และหัวเจาะชนิดทั้งสแตนคาร์ไบด์ (ขวา)	43
3.13 การเจาะสำรวจแบบเก็บแท่งตัวอย่าง.....	44
3.14 อุปกรณ์หยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ (ซ้าย) และหัวโพรบวัดค่าแกมมาธรรมชาติ (ขวา).....	44
3.15 ลำดับชั้นหินที่ได้จากการเจาะสำรวจ และการแปลความหมายการหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ.....	46
3.16 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง แสดงพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลก ตกค้างต่ำ ปานกลาง และสูง และตำแหน่งจุดเจาะสำรวจ (ดาวสีแดง)	49
3.17 รูปแบบจำลองบริเวณไฮโดรมที่มีรอยแตกของชั้นหิน/แร่ สูง ส่งผลให้การไหลของน้ำบาดาลตาม ไฮโดรมเกลือ เกิดการชะละลายออกของแร่โพแทช บริเวณ X (สีส้ม) ออกไปจากชั้นการสะสมตัว ของแร่จนหลงเหลือแต่เกลือหินชั้นล่าง	50
5.1 การต่อก้านเจาะเพื่อเพิ่มระดับความลึกของหลุมเจาะ	53
5.2 ป้ายคำอธิบายฝากล่อง.....	54
5.3 ตัวอย่างป้ายคำอธิบายด้านข้างกล่อง (ซ้าย) และตัวอย่างการติดป้ายอธิบายด้านข้างกล่อง (ขวา)	54
5.4 การจัดเรียงแท่งตัวอย่างลงกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง	55
5.5 ภาพถ่ายแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ.....	56
5.6 แสดงตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจ	57
5.7 การเตรียมตัวอย่างดินเหนียว/โพแทชและเกลือหิน	59
5.8 การเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกและบรรจุลงกล่องเก็บตัวอย่าง.....	60
5.9 ตัวอย่างที่ทำการเก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บแท่งตัวอย่าง (ซ้าย) การจัดเก็บแท่งตัวอย่าง ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (ขวา).....	60

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
6.1 QR code สำหรับดาวน์โหลดโครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการ เจาะสำรวจ.....	65
7.1 อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง.....	67
7.2 แปลนอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง.....	67
7.3 บริเวณชั้นจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ.....	68
7.4 QR code สำหรับดาวน์โหลดผังการจัดเก็บตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ.....	71

สารบัญตาราง

	หน้า
2.1 แร่โพแทชที่มักพบเป็นส่วนประกอบของแร่ชนิดต่าง ๆ ในหินอัคนี.....	8
2.2 สารประกอบหรือหินเกลือระเหยที่ตกผลึกเป็นชั้น ๆ ตามลำดับที่เรียงจากล่างขึ้นบน.....	14
6.1 ตัวอย่างโครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัย ทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง.....	62
7.1 ตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ.....	69
7.2 ตัวอย่างหลุมเจาะของโครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน ปิงบประมาณ พ.ศ. 2560-2567.....	70

คำขอบคุณ

คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชบับนี้ได้สำเร็จลงด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ คุณธวัชชัย เชื้อเหล่านิช ผู้อำนวยการส่วนมาตรฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่ ซึ่งให้คำแนะนำในการจัดทำคู่มือและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดทำคู่มือฉบับนี้ และขอขอบคุณ คณะกรรมการตรวจสอบรายงานและเอกสารวิชาการ กองทรัพยากรแร่ ได้แก่ คุณอารยา ชะมังชัย คุณขวัญใจ ยวงเดชกล้า และคุณอรพินท์ รุจิรานพวงศ์ สำหรับข้อเสนอแนะในการจัดทำรายงานให้มีความถูกต้องทางวิชาการ ซึ่งทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่หรือผู้สนใจสามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้จริง และเกิดประโยชน์สูงสุด สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทีมงานจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพิ่มเติม (โพแทช) ที่ได้กรุณาให้นำคลิปวิดีโอการสำรวจโพแทชมาเผยแพร่ในรายงานเล่มนี้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ตามกฎกระทรวงแบ่งส่วนราชการกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2561 ได้กำหนดให้กรมทรัพยากรธรณี โดยกองทรัพยากรแร่ มีหน้าที่จัดทำและกำหนดมาตรฐานด้านทรัพยากรแร่ของประเทศ โดยมีเป้าหมายประสงค์เพื่อกำหนดมาตรฐานทางธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั่วประเทศ เพื่อให้ได้มาซึ่งแหล่งข้อมูลสำหรับค้นคว้าและอ้างอิงทางวิชาการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี และนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดนโยบายในการบริหารจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีของประเทศ

การสำรวจแร่โพแทชของประเทศไทยเริ่มต้นในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2498-2505 กรมทรัพยากรธรณีได้ทำการเจาะสำรวจน้ำบาดาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าหลุมเจาะบางหลุมมีเศษชิ้นเกลือและพบน้ำบาดาลเค็ม ทำให้เกิดแนวคิดการสำรวจแร่เกลือหินเพื่อผลิตโซดาแอชในอุตสาหกรรมเคมีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินโครงการสำรวจแอ่งแม่โขงตอนล่าง โดยมีเป้าหมายสำรวจแร่หลายชนิด ซึ่งแร่เกลือหินเป็นหนึ่งในแร่เป้าหมายนั้น จากแนวคิดที่ว่าแร่โพแทชมักเกิดร่วมกับแร่เกลือหินและเป็นแร่ที่เกิดขึ้นในแอ่งเกลือระเหยที่พบในแหล่งใหญ่ ๆ ของโลก เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมัน และแคนาดา จึงได้มีการเจาะสำรวจจำนวน 5 หลุมที่จังหวัดชัยภูมิ ผลการเจาะสำรวจพบว่าชั้นเกลือหินมีความน่าสนใจ หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2513 Mr. Robert J. Hite ผู้เชี่ยวชาญด้านแร่โพแทชจาก USGS ได้ให้คำปรึกษาและศึกษาความเป็นไปได้ร่วมกับนักธรณีวิทยาจากกรมทรัพยากรธรณี โดยมีนายธวัช จาปะเกษตร หัวหน้าฝ่ายสำรวจแร่โลหะ กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา เป็นหัวหน้าโครงการ และโครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินของประเทศไทยได้เริ่มดำเนินการหลังจากนั้นอีก 3 ปี ในปี พ.ศ. 2516 และสิ้นสุดในปี พ.ศ. 2525 ซึ่งได้ทำการเจาะสำรวจทั้งสิ้น 194 หลุมทั้งในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร

ต่อมากรมทรัพยากรธรณี โดยกองทรัพยากรแร่ได้ดำเนินงานสำรวจทรัพยากรแร่โพแทชอีกครั้ง ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2563 ภายใต้โครงการกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจเพื่อการบริหารจัดการแร่ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ และมหาสารคาม และตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 จนถึงปัจจุบันได้ดำเนินการภายใต้โครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพื่อการบริหารจัดการอย่างสมดุล ในพื้นที่จังหวัดนครพนม และนครราชสีมา โดยวิธีการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช มีรายละเอียดขั้นตอนที่ต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบและถูกต้องตามหลักวิชาการ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทรัพยากรแร่และการจัดทำคลังตัวอย่างด้านทรัพยากรแร่ที่มีประสิทธิภาพ ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2567 กองทรัพยากรแร่โดยส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่จึงได้เล็งเห็นความสำคัญในการจัดทำคู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช เพื่อเป็นคู่มือในการปฏิบัติงาน ด้านการสำรวจ ประเมิน และจัดเก็บตัวอย่างให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน รวมทั้งสามารถนำไปใช้ศึกษาอ้างอิง เพื่อนำไปสู่ความเป็นมาตรฐานประมวลวิธีปฏิบัติในการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) จัดทำคู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถนำไปใช้ศึกษาอ้างอิงได้
- 2) เป็นคู่มือในการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช พร้อมทั้งการจัดเก็บตัวอย่างเข้าคลังข้อมูลด้านทรัพยากรแร่ ให้แก่บุคลากรผู้ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

คู่มือในการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชฉบับนี้สามารถนำไปใช้อ้างอิงทางวิชาการได้ และบุคลากรผู้ปฏิบัติงานด้านทรัพยากรแร่ ตลอดจนประชาชนและบุคคลผู้เกี่ยวข้องในการสำรวจทรัพยากรแร่โพแทชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานได้

1.4 แหล่งแร่โพแทชของประเทศไทย

แหล่งแร่โพแทชของประเทศไทยพบบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มักเกิดร่วมกับเกลือหินโดยกระจายตัวในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ครอบคลุมเนื้อที่รวม 50,000 ตารางกิโลเมตร จากข้อมูลการเจาะสำรวจแร่โพแทชจำนวน 212 หลุม (รูปที่ 1.1) พบว่าแหล่งแร่บริเวณนี้มีโครงสร้าง 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียว และมีเกลือหินล้วน คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 14,690 ตารางกิโลเมตร 2) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียวและมีโพแทชด้วย คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 3,350 ตารางกิโลเมตร 3) โครงสร้างที่มีเกลือหิน 2 ชั้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 22,680 ตารางกิโลเมตร และ 4) โครงสร้างที่มีเกลือหิน 3 ชั้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 9,280 ตารางกิโลเมตร และจากการสำรวจพบแหล่งแร่โพแทชที่สำคัญจำนวน 10 แหล่ง รายละเอียดดังนี้

1.4.1 แหล่งแร่โพแทชบำเหน็จณรงค์

แหล่งแร่โพแทชบำเหน็จณรงค์อยู่บริเวณขอบตะวันตกของแอ่งโคราช เนื้อที่ประมาณ 77 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่อยู่ทางทิศใต้ของอำเภอบำเหน็จณรงค์ และบางส่วนอยู่ในเขตอำเภोजัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ แหล่งโพแทชบำเหน็จณรงค์มีปริมาณทรัพยากรแร่รวม 9,560 ล้านเมตริกตัน โดยแบ่งเป็น คาร์เนลไลต์ 857 ล้านเมตริกตัน ซิลไวต์ 3 ล้านเมตริกตัน และเกลือหิน 8,700 ล้านเมตริกตัน ซึ่งปัจจุบันในพื้นที่แหล่งแร่มีประทานบัตรของบริษัท อาเซียนโปแตชชัยภูมิ จำกัด (มหาชน) ดำเนินการอยู่

1.4.2 แหล่งแร่โพแทชอุดรธานี

แหล่งแร่โพแทชอุดรธานีอยู่ห่างจากจังหวัดอุดรธานีไปทางทิศใต้ประมาณ 12 กิโลเมตร ในเขตอำเภอมืองอุดรธานี และอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ซึ่งแหล่งแร่โพแทชอุดรธานี แบ่งออกเป็น 2 แอ่งย่อย คือ แอ่งอุดรเหนือ และแอ่งอุดรใต้ มีปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชประมาณ 55 ล้านเมตริกตัน โดยแบ่งได้ดังนี้

- 1) แหล่งแร่โพแทชอุดรเหนือ บ้านหนองประจักษ์ อำเภอมืองอุดรธานี เนื้อที่ 5 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณทรัพยากรแร่ซิลิไต์ไม่น้อยกว่า 40 ล้านเมตริกตัน และมีปริมาณทรัพยากรแร่ที่สามารถทำเหมืองได้ไม่น้อยกว่าประมาณ 20 ล้านเมตริกตัน (ปกรณ์ สุวานิช, 2536)
- 2) แหล่งแร่โพแทชอุดรใต้ บ้านหนองไผ่ล้อม อำเภอมืองอุดรธานี เนื้อที่ 5 ตารางกิโลเมตร มีปริมาณทรัพยากรแร่ซิลิไต์ไม่น้อยกว่า 15 ล้านเมตริกตัน และมีปริมาณทรัพยากรแร่ที่สามารถทำเหมืองได้ไม่น้อยกว่าประมาณ 7 ล้านเมตริกตัน (ปกรณ์ สุวานิช, 2536)

แหล่งแร่โพแทชจากราชอยู่ห่างจากจังหวัดนครราชสีมาไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 16 กิโลเมตร ในเขตอำเภอนครราชสีมา มีการเจาะสำรวจ จำนวน 7 หลุม เนื้อที่ประมาณ 9 ตารางกิโลเมตร พบแร่ซิลิเกต และคาร์บอเนต แต่ไม่มีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ และพบว่าเกลือหินชั้นล่างวางตัวอยู่บนพื้นผิวที่ค่อย ๆ ลาดเอียงไปทางศูนย์กลางของแอ่งโคราช (ปกรณ์ สุวานิช, 2550)

แหล่งแร่ไฟแชะบ้านท่ม อยู่ห่างจากจังหวัดขอนแก่นไปทางทิศตะวันตกประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร ในเขตบ้านท่มและบ้านเหล่าเกวียนหัก ตำบลบ้านท่ม อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เนื้อที่ประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร มีการเจาะสำรวจ จำนวน 8 หลุม พบแร่ซิลิไต์ และคาร์เนลไลต์ แต่ไม่มีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ (ปกรณ์ สุวานิช, 2550)

1.4.5 แหล่งแร่โพแทชบ้านประจำ

แหล่งแร่โพแทชบ้านประจำ อยู่ในเขตอำเภอคง จังหวัดนครราชสีมา เนื้อที่ประมาณ 7 ตารางกิโลเมตร มีการเจาะสำรวจ จำนวน 11 หลุม พบแร่โพแทชชนิดคาร์แนลไลต์ประมาณ 4 ตารางกิโลเมตร มีความหนาเฉลี่ย 74 เมตร มีปริมาณทรัพยากรแร่ 28.42 ล้านเมตริกตัน แร่ซิลิไต์ประมาณ 0.5 ตารางกิโลเมตร มีความหนาเฉลี่ย 8 เมตร มีปริมาณทรัพยากรแร่ 3.18 ล้านเมตริกตัน (สถาพร กาวินทร และมลศิริ คำหิ๊งกอง, 2561)

1.4.6 แหล่งแร่โพแทชขอนแก่น

แหล่งแร่โพแทชขอนแก่น อยู่ในเขตอำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น เนื้อที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร มีการเจาะสำรวจ จำนวน 12 หลุม พบแร่ซิลิไต์และคาร์แนลไลต์ แต่ไม่มีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ (ปกรณ์ สุวานิช, 2550)

1.4.7 แหล่งแร่โพแทชนาเชือก

แหล่งแร่โพแทชนาเชือก อยู่ในเขตอำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม มีการเจาะสำรวจ จำนวน 6 หลุม เนื้อที่ประมาณ 6 ตารางกิโลเมตร (ปกรณ์ สุวานิช, 2550) ต่อมาในปี พ.ศ. 2562 ได้มีการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าคลื่นไหวสั่นสะท้อนแบบสะท้อน และทำการเจาะสำรวจเพิ่มเติมอีก 3 หลุม พบชั้นแร่ซิลิไต์และคาร์แนลไลต์ ประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ซิลิไต์ประมาณ 5 ล้านเมตริกตัน (นุชิต ศิริทองคำ และวิภาวี วิบูลย์อัฐพล, 2564)

1.4.8 แหล่งแร่โพแทชวานรนิวาส

แหล่งแร่โพแทชวานรนิวาส อยู่ในเขตอำเภอานรนิวาส จังหวัดสกลนคร มีการเจาะสำรวจ จำนวน 2 หลุม พบโดมเกลือที่มีไฮโดรมาตัสตัวเอียงลาดไปทางทิศเหนือ และพบแร่ซิลิไต์หนา 19 - 20 เมตร มีปริมาณสำรองที่สามารถทำเหมืองได้ไม่น้อยกว่า 17 ล้านเมตริกตัน (ปกรณ์ สุวานิช, 2550)

1.4.9 แหล่งแร่โพแทชด่านขุนทด

แหล่งแร่โพแทชด่านขุนทด ตำบลหนองไทร อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เป็นพื้นที่ที่กำหนดขึ้นมาใหม่ โดยกำหนดเป็นพื้นที่ที่พบแร่ซิลิไต์จากการสำรวจของบริษัท ไทคาลิ จำกัด ซึ่งปัจจุบันเป็นแปลงประทานบัตร มีเนื้อที่ 9,705 ไร่ 1 งาน 63 ตารางวา จากข้อมูลหลุมเจาะได้ประเมินปริมาณสำรองแร่โพแทชในพื้นที่ประทานบัตรไว้ประมาณ 103 ล้านเมตริกตัน และบริเวณใกล้บริษัท ไทคาลิ จำกัด ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของโครงการบริเวณบ้านโนนระเปียง ตำบลหนองบัวตะเกียด อำเภอด่านขุนทด เป็นพื้นที่ที่กรมทรัพยากรธรณีดำเนินการเจาะสำรวจ จำนวน 1 หลุม ไม่พบแร่โพแทช พบเพียงเกลือหินชั้นล่าง (ส่วนแร่โอไลท์, 2559)

1.4.10 แหล่งแร่โพแทชเรณูนคร

แหล่งแร่โพแทชเรณูนคร ครอบคลุมพื้นที่บ้านเห็บ ตำบลนาขาม อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม เนื้อที่ประมาณ 33 ตารางกิโลเมตร ดำเนินการสำรวจโดยกรมทรัพยากรธรณี ภายใต้โครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพื่อการบริหารจัดการอย่างสมดุล ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 โดยการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงโลกและการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า เพื่อสร้างแบบจำลองโครงสร้างโดมเกลือและการสะสมตัวของชั้นโพแทชของหมวดหินมหาสารคาม และทำการเจาะสำรวจเพิ่มจำนวน 1 หลุม (K-212)

ผลการสำรวจด้วยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงโลกและการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า พบโครงสร้างโดมเกลือเป็นแนวยาววางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ผลการเจาะสำรวจพบชั้นแร่อิลไลต์สะสมตัวบริเวณไหล่ของโดมเกลือ ที่ช่วงความลึก 207.6 - 255.0 เมตร มีความหนา 47.4 เมตร มีปริมาณทรัพยากรแร่อิลไลต์ 619 ล้านเมตริกตัน (ประณต รัตนา และคณะ, 2566)

บทที่ 2

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแร่โพแทช

โพแทช (Potash) เป็นคำทั่วไปสำหรับเรียกเกลือที่มีองค์ประกอบของธาตุโพแทสเซียม (K) ที่ผลิตขึ้นมาได้จากการทำเหมือง (Jasinski, 2011a) หรือสารประกอบที่ถูกใช้ในอุตสาหกรรม ในรูปแบบของโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมออกไซด์ (Neuendorf and others, 2005) โพแทชยังถูกใช้เป็นการเรียกของแร่และหินที่มีองค์ประกอบของธาตุโพแทสเซียมที่มีอยู่สูง ซึ่งต่อมาโพแทชถูกใช้เป็นการเรียกแร่โพแทชที่สะสมตัวในแอ่งเกลือ ในสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้ง ซึ่งมีอายุก่อนยุคควอเทอร์นารี และถูกปิดทับด้วยตะกอนเนื้อเม็ด (Hardie, 1991; Warren, 2010)

โพแทช (Potash) ตามพจนานุกรมศัพท์แร่และอัญมณี (ราชบัณฑิตยสถาน, 2554) ได้อธิบายความหมาย ดังนี้

1. สารประกอบโพแทสเซียมคาร์บอเนต มีสูตรเคมี K_2CO_3 คำว่า Potash รากศัพท์มาจากคำว่า pot และ ash ซึ่งหมายถึงขี้เถ้าไม้ได้หม้อเหล็ก
2. สารประกอบโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ที่เกิดเป็นแร่ในธรรมชาติและจากการสังเคราะห์ที่เป็นผลผลิตจากโรงงาน
3. แร่ที่เกิดในธรรมชาติ จากการระเหยของน้ำทะเล มักพบเกิดรวมอยู่กับเกลือธรรมชาติ โพแทชที่สำคัญ ได้แก่ ซิลไวด์ และคาร์นัลไลต์ จัดเป็นสินแร่ที่ให้โพแทสเซียมที่สำคัญคิดเป็นปริมาณร้อยละ 90 ของแร่ที่ผลิตได้ทั้งหมด ประโยชน์ใช้ผลิตปุ๋ยใช้ในการกสิกรรม เป็นต้น

2.1 แร่วิทยาของแร่โพแทช

โพแทชอาจใช้เรียกเป็นชื่อทั่ว ๆ ไปของสารประกอบโพแทสเซียมใด ๆ ที่พบในชั้นเปลือกโลก ซึ่งสารประกอบเหล่านี้อาจมีธาตุอื่นปนอยู่ก็ได้ และสามารถพบได้ทั่วไปไม่ว่าในหิน ดิน น้ำทะเล หรือน้ำจืด ในแม่น้ำหรือทะเลสาบ ฯลฯ ในชั้นเปลือกโลกมีธาตุโพแทสเซียมอยู่ประมาณร้อยละ 2.50 - 3.11 ธาตุโพแทสเซียมนี้พบอยู่ในหินอัคนีมากถึงร้อยละ 95 ของทั้งหมดในรูปของสารประกอบซิลิเกต นอกนั้นจะพบอยู่ในหินตะกอนเฉลี่ยประมาณร้อยละ 1.10 ในหินดินดานร้อยละ 2.70 และในหินปูนร้อยละ 0.27 ดังตารางที่ 2.1

แร่โพแทชที่พบในหินอัคนีตามตารางที่ 2.1 เป็นแร่ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพที่พองง่ายแล้วสลายตัวละลายน้ำได้ จากนั้นถูกพัดพาไปลงสู่ทะเล เหตุการณ์นี้ได้เกิดขึ้นนับตั้งแต่กำเนิดโลกจนมาถึงปัจจุบัน แร่โพแทชเป็นสารละลายอยู่ในน้ำทะเลเมื่อเกิดปรากฏการณ์ที่น้ำทะเลอยู่ในแอ่งระเหยในสภาพอากาศที่แห้งแล้งทำให้น้ำทะเลมีความเข้มข้นสูงขึ้น สารละลายจะตกผลึกกลายเป็นของแข็ง คือ กลายเป็นเกลือระเหยชนิดต่าง ๆ เกิดเป็นชั้นของเกลือระเหย ชั้นเกลือระเหยที่เกิดขึ้นแบบนี้ต่อมากลายเป็นแหล่งแร่โพแทชที่สำคัญของโลก เนื่องจากเป็นแหล่งแร่ที่รวบรวมแร่มาสะสมไว้นานตามหิมาและสามารถพัฒนาขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้

ตารางที่ 2.1 แร่โพแทชที่มักพบเป็นส่วนประกอบของแร่ชนิดต่าง ๆ ในหินอัคนี (Suwanich, 1986 อ้างถึงใน นุชิต ศิริทองคำ และวิภาวี วิบูลย์อัฐพล, 2564)

ชื่อแร่	สูตรเคมี	หมายเหตุ
Alunite	$KAl_3(OH)_3(SO_4)_2$	Usually massive, K_2O 14% Na may replace K
Biotite	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Black mica, Na, Ca, Ba, Pb
Carnotite	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot nH_2O$	Yellow
Glauconite	$K_2(Mg,Fe)_2Al_6(Si_2O_{10})_3(OH)_{12}$	In green sands, a variety of biotite
Kaersutite	Ca,Na,K,Mg,Fe,Ti,A Silicate	An Amphibole
Kalsilite	$K(AlSiO_4)$	AK-nepheline
Lepidolite	$K_2LiAl_3(AlSi_3O_{10})_2(OH,F)_4$	A pink white mica, Na, Rb, and Cs may replace K
Leucite	$K(AlSiO_6)$	In trapezohedrous, a feldspartoid, K_2O 21.5%
Microcline	$K(AlSi_3O_8)$	A potash-feldspar
Muscovite	$KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$	Na, Rb, Cs may replace K
Nepheline	$(Na,K)(AlSiO_4)$	Greasy luster
Orthoclase	$K(AlSi_3O_8)$	A potash feldspar K_2O 16.9%
Phlogopite	$KMg(AlSi_3O_{10})(OH)$	Brown mica, Rb, Cs and Ba may replace K

กลุ่มแร่โพแทชที่เกิดจากน้ำทะเลระเหยแห้งไปประกอบด้วยแร่ชนิดต่าง ๆ ดังนี้

1) ซิลไวต์ (sylvite : KCl)

ซิลไวต์เป็นแร่โพแทชที่สำคัญที่สุด เนื่องจากค่าวิเคราะห์ในรูปของโพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) มีค่าสูงที่สุดคือสูงถึงร้อยละ 63.17 หรือคิดเฉพาะค่าของ K จะสูงเท่ากับร้อยละ 52.44 ซิลไวต์ปกติจะมีสีขาวใสหรือไม่มีสีหรือขาวแบบขุ่นเมฆ แต่ถ้าไม่บริสุทธิ์เนื่องจากมีมลทินเข้ามาปะปนซึ่งพบได้เป็นประจำก็อาจจะมีสีอื่นได้ เช่น สีแดง เนื่องจากมีแร่ฮีมาไทต์ (Hematite : Fe_2O_3) มาแทรกปน บางครั้งอาจพบเป็นสีอื่น เช่น ม่วง น้ำเงิน เหลืองหรือเหลืองส้มได้ แร่ซิลไวต์มีประกายวาวคล้ายแก้ว ละลายนํ้าง่าย มีรสขม ถ้าเกิดแบบปฐมภูมิซิลไวต์จะมีรูปผลึกแบบ Isometric เป็นรูปลูกเต๋า (Cube) หรือรูป 8 เหลี่ยม แต่ซิลไวต์ที่เกิดแบบปฐมภูมิมักไม่ค่อยพบ โดยทั่วไปมักเกิดแบบทุติยภูมิมากกว่า โดยเกิดแทนที่ในคาร์แนลไลต์ ดังนั้นจึงทำให้พบรูปผลึกเทียมแร่คาร์แนลไลต์ (Pseudo-carnallite) หรือมีเนื้อแบบคล้ายตัวอะมีบา (Amoeboid texture) ซิลไวต์มักพบร่วมกับเกลือหินและคาร์แนลไลต์ หรือพบเป็นซิลวินต์ (Sylvinit) คือแร่ที่มีการผสมกันระหว่างซิลไวต์กับเกลือหิน

2) คาร์นัลไลต์ (carnallite : $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

คาร์นัลไลต์ ลักษณะทั่วไปมักมีสีแดงหรือสีส้มเนื่องจากมีแร่ฮีมาไทต์เข้ามาแทรกปน ผลึกคาร์นัลไลต์จะอยู่ในระบบ orthorhombic มีประกายวาวแบบ Nonmetallic คล้ายขี้ผึ้ง (Greasy) ค่าความแข็งประมาณ 1 ความถ่วงจำเพาะ 1.61 และละลายน้ำได้ง่ายแม้จะทิ้งไว้ในอากาศปกติ มักพบเป็นเม็ดเกาะอยู่กับเกลือหิน ค่าวิเคราะห์คาร์นัลไลต์ในรูปของ K_2O มีค่อนข้างต่ำคือร้อยละ 16.95 หรือค่า K เพียงร้อยละ 14.07 หากคิดเฉพาะค่า KCl จะมีอยู่เพียงร้อยละ 26.83 แต่บางกรณีพบว่าค่าวิเคราะห์ K_2O ในคาร์นัลไลต์ อาจสูงขึ้นถึงร้อยละ 18-20 ในบางครั้งอาจพบเม็ดคาร์นัลไลต์เกิดเป็นวง โดยชั้นในยังคงเป็นคาร์นัลไลต์อยู่แต่ชั้นนอกเปลี่ยนเป็นซิลิไต์แล้ว เนื่องจากคาร์นัลไลต์กำลังเริ่มถูกแทนที่ด้วยซิลิไต์ (Hurlbut, 1971)

การกำเนิดของคาร์นัลไลต์ปกติเป็นแบบปฐมภูมิ คือตกตะกอนจากน้ำทะเลโดยตรง มักเกิดร่วมกับเกลือหินและแอนไฮไดรต์หรือร่วมกับโบราไซต์บ้าง การนำเอาคาร์นัลไลต์มาใช้ประโยชน์ มักค่อนข้างยุ่งยากและมีต้นทุนสูง เนื่องจากต้องผ่านกระบวนการแยกสารประกอบแมกนีเซียม ซึ่งมีปริมาณมากออกไปก่อน นอกจากนั้นแมกนีเซียมที่แยกออกไปอาจมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและมีความยุ่งยากในการกำจัดด้วย

3) ไคไนต์ (kainite : $4\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{KCl} \cdot 11\text{H}_2\text{O}$)

ไคไนต์เป็นแร่โพแทชที่พบไม่บ่อยนัก มีประกายคล้ายแก้ว มีความถ่วงจำเพาะ 2.13 มีปริมาณ KCl ร้อยละ 29.94 หรือมี K_2O ร้อยละ 18.92 หรือ K ร้อยละ 15.71 มักมีสีขาวหรือไม่มีสี สามารถแทนที่เคียโซไรต์หรือคาร์นัลไลต์ได้เสมอ (Hurlbut, 1971)

4) โพลีเฮไลต์ (polyhalite : $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

โพลีเฮไลต์ส่วนใหญ่จะมีสีแดงเพราะมีเหล็กออกไซด์ปน มีความถ่วงจำเพาะ 2.78 มี K_2SO_4 ร้อยละ 28.90 หรือมี K_2O ร้อยละ 15.62 หรือ K ร้อยละ 12.9 โพลีเฮไลต์เป็นแร่ทุติยภูมิในเกลือหิน แต่พบเล็กน้อยร่วมกับคาร์นัลไลต์ (Hurlbut, 1971)

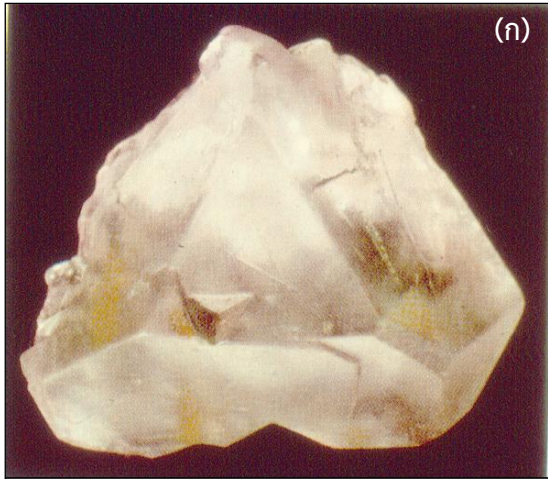
5) อาร์คาไนต์ (arcanite : K_2SO_4)

อาร์คาไนต์เป็นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.66 มีปริมาณ K_2O ร้อยละ 54.06 หรือ K ร้อยละ 44.88

นอกจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีแร่โพแทชที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีหรือเกิดจากการระเหยของน้ำอีกหลายชนิดแต่พบไม่บ่อยนัก เช่น แลงไบไนต์ (langbeinite : $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$) ที่ส่วนใหญ่เป็นแร่ไม่มีสี แต่สามารถพบเป็นสีแดงหรือสีเหลือง มีความถ่วงจำเพาะ 2.83 มีปริมาณ K_2SO_4 ร้อยละ 41.99 หรือ K_2O ร้อยละ 22.70 หรือ K ร้อยละ 18.84 โดยเกิดเป็นแร่ทุติยภูมิ มักพบร่วมกับเกลือหินหรือเคียโซไรต์ (kieserite) แอนไฮไดรต์ (anhydrite) และโพลีเฮไลต์ (polyhalite)

2.2 แร่วิทยาของกลุ่มเพื่อนแร่โพแทช

กลุ่มเพื่อนแร่ที่มักเกิดร่วมกับแร่โพแทช (รูปที่ 2.1) พบว่ามีมากมายหลายชนิดที่สำคัญและพบมากน้อยลงไปตามลำดับ รายละเอียดดังนี้



(ก)



(ข)



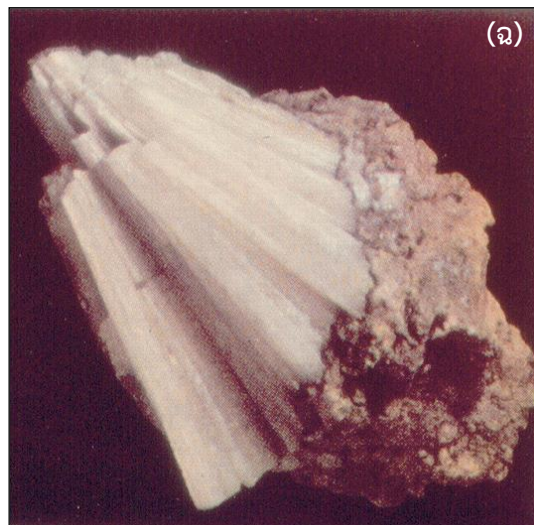
(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 2.1 แร่โพแทชชนิดต่าง ๆ และเพื่อนแร่โพแทช (สุพัตรา วุฒิชชาติวาณิช และคณะ, 2552)

- (ก) ซิลไวต์ (Sylvite, KCl)
- (ข) คาร์นัลไลต์ (Carnallite, $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)
- (ค) เฮไลต์ หรือเกลือหิน (Halite or rock salt, NaCl)
- (ง) ยิปซัม (Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- (จ) แอนไฮไดรต์ (Anhydrite, CaSO_4)
- (ฉ) อะราโกไนต์ (Aragonite, CaCO_3)

1) เฮไลต์หรือเกลือหิน (halite หรือ rock salt : NaCl)

เฮไลต์หรือเกลือหิน เป็นแร่ที่พบมากที่สุดในบรรดาหินเกลือระเหย เนื่องจากเป็นสารที่ละลายอยู่ในน้ำทะเลมากที่สุดถึงร้อยละ 80 ดังนั้นจึงมักพบชั้นเกลือหินที่ตกตะกอนบนเปลือกโลกหนามาก บางครั้งอาจหนามากกว่า 1,000 เมตร และแผ่กระจายเป็นวงกว้าง ถ้ามีเวลาตกผลึกเพียงพอ ผลึกของเกลือหินจะมีรูปเป็นแบบลูกเต๋าชัดเจน หรือเป็นรูปลูกเต๋าที่มีหน้าผลึกเป็นหลุมลึกลงไปเรียกว่า Hopper-shaped-form แต่ตามปกติมักพบเป็นเม็ดเกลือที่มีขนาดประมาณ 0.5-0.8 ซม. เกลือหินมีความแข็งประมาณ 2.5 มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.16 มีลักษณะโปร่งแสงและโปร่งใส เมื่อมีความบริสุทธิ์สูง จะมีสีขาวหรือสีขาวใส แต่ถ้ามีมลทินปนอาจมี สีแดง น้ำตาลแดง สีส้ม หรือเทาดำ ซึ่งสารที่ผสมในเกลืออาจเป็นได้ตั้งแต่ตะกอนดิน สารเหล็ก จนถึงสารคาร์บอนทำให้มีสีดำคล้ำควันเป็นชั้น บางครั้งเรียก Smoky dark bands halite บางครั้งเกลือหินเกิดเป็นชั้นสีน้ำตาลเหลืองคล้ายน้ำผึ้งเรียก Honey หรือ Yellowish brown halite อาจพบเกลือหินสีฟ้าหรือสีน้ำเงินได้บ้างแต่มีพบในชั้นที่เกิดร่วมกับซิลิเกตหรือคาร์บอเนต ถ้าเม็ดเกลือถูกบีบหรือเกิดแรงเฉือน อาจทำให้เกิดเป็นเกลือหินสีขาวขุ่นคล้ายนํานมเรียกว่า Milky white halite ทั้งนี้เกลือหินยังมีคุณสมบัติแบบพลาสติกคือเคลื่อนไหลและโค้งงอได้จากแรงกดทั้งในแนวดิ่งและทางด้านข้าง ในกรณีเช่นนี้จึงมักพบว่าเกลือหินสามารถเปลี่ยนรูปแบบตัวเองหลังจากสะสมเป็นชั้นได้ง่ายดาย เกลือหินสามารถดันตัวเองทะลุขึ้นหินที่ปิดทับอยู่ชั้นมาได้กลายเป็นโครงสร้างทางธรณีวิทยารูปแบบต่าง ๆ ซึ่งพบได้ทั่วไป เช่น โดมเกลือ (Salt Dome) หมอนเกลือ (Salt Pillow) สันเกลือ (Salt Ridge) ประทุนคว่ำเกลือ (Salt Anticline) และยอดเกลือ (Salt Diapir) ซึ่งในทางตรงกันข้ามสามารถพบชั้นเกลือหินเป็นแบบแอ่งเกลือ (Salt Basin) หรือประทุนหงายเกลือ (Salt Syncline) ได้

2) แทกไฮโดรต์ (tachyhydrite : $\text{CaCl}_2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)

แทกไฮโดรต์ เป็นแร่ที่ละลายน้ำได้เร็วที่สุดชนิดหนึ่งแม้จะเก็บไว้ในภาชนะปิดก็ตาม การที่แร่นี้สามารถละลายเป็นน้ำได้ง่าย เนื่องจากในตัวของมันเองมีน้ำประกอบอยู่ถึง 12 โมเลกุล แทกไฮโดรต์มักมีสีเหลือง สีส้ม หรือสีขาว ผลึกใหญ่อาจถึง 2-3 ซม. หรือใหญ่กว่า มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.66 ประกอบด้วย CaCl_2 ร้อยละ 21.44 H_2O ร้อยละ 41.77 และ MgCl_2 ร้อยละ 36.79 มักพบมีความบริสุทธิ์สูงและอยู่เดี่ยว ๆ หากพบปนกับแร่ชนิดอื่นส่วนใหญ่ได้แก่คาร์บอเนตและเกลือหิน ผลึกจะเล็กกว่าที่พบเดี่ยว ๆ

3) แอนไฮโดรต์ (anhydrite : CaSO_4)

แอนไฮโดรต์มีสีขาวหรือขาวปนเทา มีประกายไม่มากหรือประกายขุ่นถึงคล้ายไข่มุก ความแข็งประมาณ 3 ถึง 3.5 ความถ่วงจำเพาะ 2.89 ถึง 2.98 มีผลึกแบบ Orthorhombic แต่พบแบบเป็นผลึกได้ยาก อาจพบเป็นแผ่นแบน ๆ มีเส้นหรือเป็นเม็ดเนื้อแน่นสามารถเปลี่ยนไปเป็นยิปซัมได้ ถ้ามีน้ำบาดาลแช่อยู่นาน

4) ยิปซัม (Gypsum : $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

ยิปซัม มีสูตรทางเคมีคล้ายแร่แอนไฮโดรต์แต่น้ำเพิ่มเข้าไป 2 โมเลกุล ส่วนใหญ่เป็นสีขาวหรือสีขาวใสเมื่อเป็นผลึกและมักมีความบริสุทธิ์ แต่หากว่าความบริสุทธิ์ต่ำก็มักจะมีสารคาร์บอนเกิดปนอยู่ด้วยทำให้กลายเป็นสีเทาดำหรือสีเหลืองปนน้ำตาล ยิปซัมมีเนื้ออ่อนกว่าแอนไฮโดรต์ หรือมีความแข็งที่ระดับ 2 ตามโมห์สเกล ความถ่วงจำเพาะประมาณ 2.23 มีประกายตั้งแต่แบบแก้ว จนถึงวาวคล้ายมุก (Pearly) และวาวคล้ายไหม (Silky luster)

5) เคียเซอร์ไต์ (kieserite : $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

เคียเซอร์ไต์ เป็นแร่ที่มีสีขาวใสถึงเหลืองปนเขียวใส มีความถ่วงจำเพาะ 2.54 ประกอบด้วย MgSO_4 ร้อยละ 86.98 และ H_2O ร้อยละ 13.02 พบได้ทั้งแบบปฐมภูมิและทุติยภูมิ

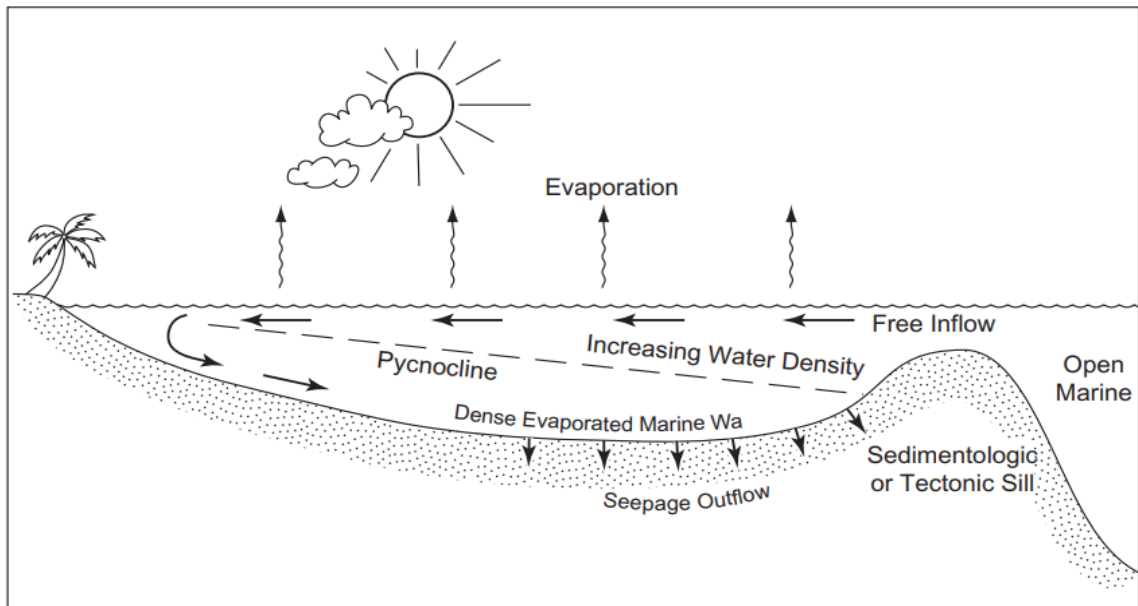
6) อะราโกไนต์ (aragonite : CaCO_3)

อะราโกไนต์ มีผลึกใสจนถึงขาวและสีเหลืองอ่อน ปรากฏแบบแก้ว ความแข็งประมาณ 3.5-4 มีความถ่วงจำเพาะ 2.95

2.3 การกำเนิดของแหล่งแร่โพแทช

แร่โพแทชสามารถพบรวมได้ทั้งในหินอัคนีและหินแปร แต่แหล่งแร่โพแทชขนาดใหญ่ โดยทั่วไปมักจะเกิดในรูปแบบของชั้นแร่เกลือระเหย (Evaporites) ที่เกิดจากการระเหยของน้ำเค็ม (brine) ที่พบทั้งน้ำเค็มบนพื้นดินและในรูปแบบของสารละลายน้ำเค็มใต้ดิน การระเหยของน้ำเค็ม ประกอบด้วย กระบวนการที่สารละลายมีการแลกเปลี่ยนไอออนกัน และกระบวนการทางชีวภาพร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความเค็ม อุณหภูมิ และปริมาณออกซิเจนในระดับความลึกต่างกัน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่า pH ในระดับต่าง ๆ แร่ที่ตกผลึกหลักคือเฮไลต์กับเพื่อนแร่ทั้งหลายชนิด ซึ่งจะมีลำดับของการตกผลึกของแร่แต่ละชนิดตามความเข้มข้นของสารละลายที่เพิ่มมากขึ้น โดยสารประกอบที่ละลายยากที่สุดจะตกผลึกก่อนและสะสมตัวอยู่ด้านล่างสุดของแอ่งเกลือระเหย ในขณะเดียวกันเมื่ออัตราการระเหยเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นและการลดลงของปริมาตรของน้ำที่ประกอบในสารละลายน้ำเกลือลดลงจะทำให้แร่อื่น ๆ ที่ตกผลึกตามมา คือ แร่โพแทช หรือแร่ที่มีองค์ประกอบของโพแทสเซียมตามมาหลังสุด

แหล่งแร่โพแทชขนาดใหญ่โดยทั่วไปจะเกิดจากสารละลายของสารประกอบโพแทสเซียมในน้ำทะเล เมื่อเกิดปรากฏการณ์ที่น้ำทะเลถูกปิดกั้นแยกออกจากมวลส่วนใหญ่และเกิดการระเหยแห้งจนมีความเข้มข้นสูงขึ้น สารละลายนี้จะค่อยตกผลึกเป็นของแข็งคือหินเกลือระเหย (Evaporites) ชนิดต่าง ๆ การตกผลึกจะเป็นไปตามลำดับจากกระบวนการทางเคมีกายภาพ น้ำที่มีสารละลายนี้เกิดอยู่บนผิวโลก และไม่มีอุณหภูมิสูงเหมือนน้ำที่มีสารละลายที่ได้รับมาจากหินหลอมละลายที่เรียกว่า Hydrothermal water น้ำเหล่านี้มักเรียกกันว่า Brine หรือ Saline water ซึ่งอาจจะอยู่ในแหล่งน้ำผิวดินบางแห่ง โดยมีความสัมพันธ์กับน้ำใต้ดิน กล่าวคือมีการละลายแร่ที่อยู่ใต้ผิวดินออกมา น้ำที่มีสารละลายชนิดนี้เรียกว่า Nonmarine water แต่ปกติแล้ว Saline water จะมาจากน้ำทะเล ตามประวัติทางธรณีวิทยาในบางยุค น้ำทะเลอาจไหลท่วมเข้ามาได้ไกลบนทวีปโดยเฉพาะในบริเวณที่ชายฝั่งมีลักษณะค่อนข้างราบ พื้นที่น้ำท่วมอาจติดต่อกันเป็นบริเวณกว้างขวาง บริเวณส่วนต่อระหว่างแผ่นดินกับน้ำทะเลมักมีแนวกันไม่ให้ น้ำทะเลที่ไหลเข้ามาแล้วสามารถไหลย้อนกลับออกไปได้ แนวกันเรียกว่า Sea barrier เมื่อน้ำทะเลที่ไหลเข้ามา ในขณะที่น้ำขึ้นสูงสุดถูกกักไว้ในแอ่ง ไม่สามารถจะไหลย้อนกลับไปแม้ระดับน้ำทะเลโดยทั่วไปจะลดลงแล้ว ประกอบกับมีปัจจัยสำคัญอีกหลายประการเกิดขึ้นตามมา ได้แก่ การที่ไม่มีน้ำจืดเติมเข้าไปในแอ่ง Saline water หมายถึงแอ่งกักเก็บน้ำจะต้องอยู่ในพื้นที่แห้งแล้งผืนดินน้อยแบบเดียวกับภูมิอากาศทะเลทราย กระบวนการระเหยน้ำจะเกิดขึ้นเนื่องจากความร้อนและแห้งแล้งอย่างเต็มที่ ทำให้ความเข้มข้นของน้ำสารละลายเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับจนถึงจุดวิกฤตที่ทำให้สารละลายในน้ำเริ่มตกผลึกลงมาตามลำดับ (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.2 แบบจำลองแอ่งเกลือระเหย เมื่อน้ำทะเลลดระดับต่ำกว่าสันดอนก้น มีอัตราการระเหยและค่าความเค็มของน้ำทะเลเพิ่มขึ้น มวลน้ำที่มีความหนาแน่นน้อยจะลอยเหนือมวลน้ำที่มีความหนาแน่นมาก และเกิดการตกผลึกของแร่เกลือระเหยตามลำดับ คัดลอกจาก (Moore et al., 2013)

สภาพทางธรรมชาติที่เหมาะสมกับการเป็นแหล่งเกิดเกลือระเหยยังต้องประกอบด้วยปัจจัยต่าง ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอีกหลายประการ ได้แก่ พื้นที่แอ่งจะต้องมีความเสถียรในระดับต้นเพื่อรองรับการสะสมตัวของน้ำที่มีสารละลายแร่ธาตุเหล่านั้นอยู่ได้เป็นระยะเวลายาวนาน การที่มีน้ำทะเลไหลเพิ่มเติมเข้ามาในแอ่งอย่างต่อเนื่องแต่ไม่สามารถไหลกลับได้อย่างสะดวกเนื่องจากมีแนวกันธรรมชาติกั้นเอาไว้ภูมิอากาศแห้งแล้งแบบทะเลทรายที่มีปริมาณฝนตกน้อยมาก น้ำทะเลระเหยแห้งงวดไปตามลำดับเกิดการตกผลึกของหินเกลือระเหยอย่างต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน และมีชั้นหินที่มากปิดด้านบนเพื่อป้องกันการถูกชะละลายกลับไปใหม่ เป็นต้น

ส่วนประกอบของน้ำทะเล โดยปกติในน้ำทะเลจะประกอบด้วยสารละลายต่าง ๆ มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 3.45 โดยน้ำหนัก สารละลายดังกล่าวจะอยู่ในรูปของสารละลายที่ซับซ้อนจนถึงอนุมูลอิสระ อย่างไรก็ตามประมาณร้อยละ 97.7 ของสารละลายทั้งหมดจะประกอบด้วยอนุมูลหลัก 7 ชนิด ได้แก่ อนุมูล Cl^- , Na^+ , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , K^+ และ HCO_3^- , นอกจากนี้ยังมีอนุมูลชนิดอื่น ได้แก่ อนุมูล Br^- , Fe^{2+} , CO_3^{2-} , Sr^{2+} เป็นต้น (Selly, 1976)

อนุมูลเหล่านี้สามารถตกผลึกกลายเป็นสารประกอบได้หลายชนิด และที่พบเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ สารประกอบดังต่อไปนี้

Sodium Chloride	(NaCl)	2.94 %
Magnesium Chloride	(MgCl_2)	0.32 %
Magnesium Sulfate	($\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	0.15 %
Calcium Sulfate	(CaSO_4)	9.14 %
Sodium Bromide	(NaBr)	0.06 %
Potassium Chloride	(KCl)	0.05 %
Calcium Carbonate	(CaCO_3)	0.01 %
Iron Oxide	(Fe_2O_3)	0.001 %

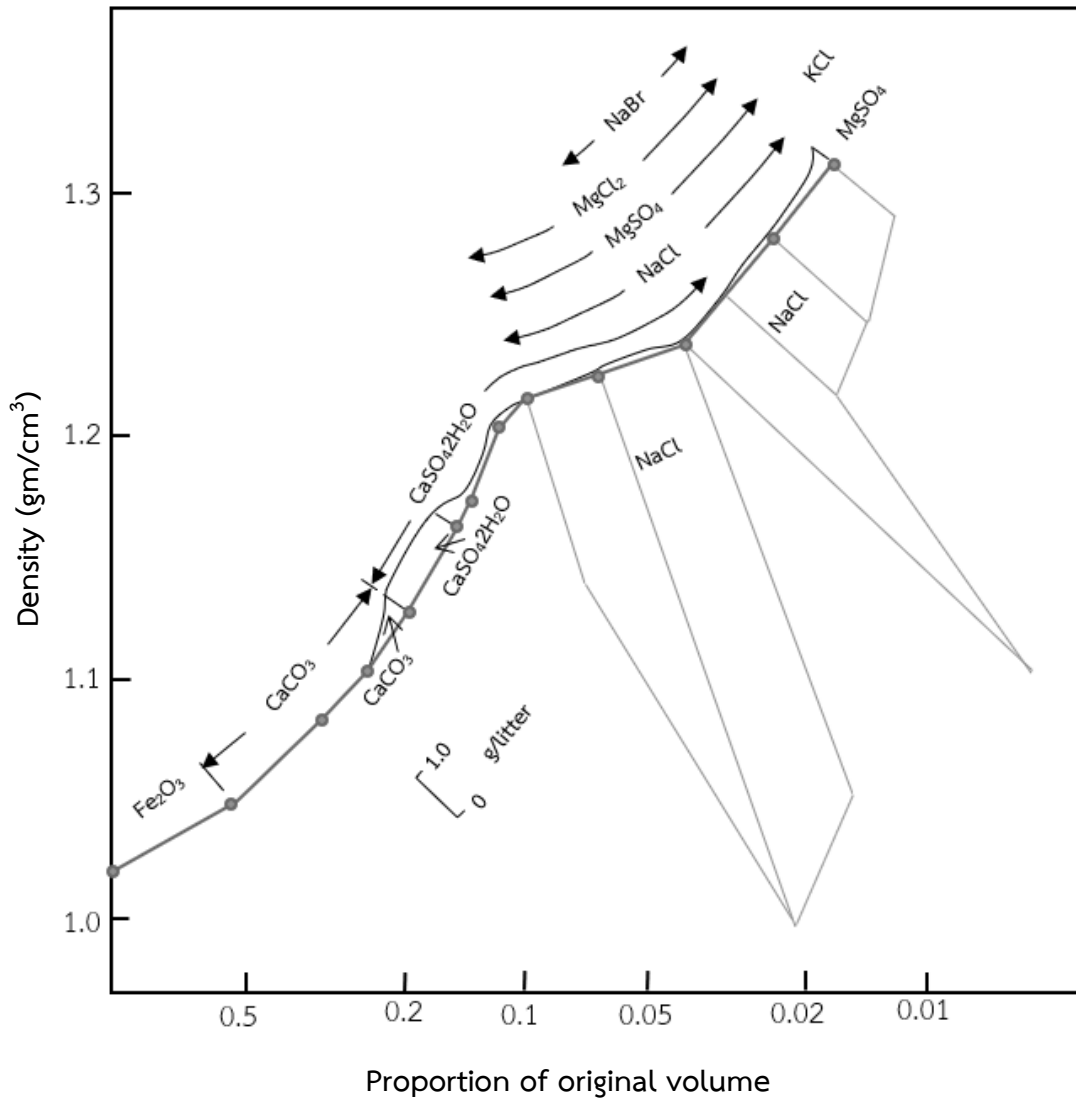
การตกผลึกจากน้ำทะเล

ถึงแม้ว่าในน้ำทะเลจะมีสารละลายอยู่หลายชนิด แต่เมื่อมีการตกผลึกแยกออกจากน้ำที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากการระเหยออกไป สารละลายจะมีการตกผลึกเป็นชนิด ๆ ไปตามลำดับ โดยไม่ปะปนในคราวเดียวกัน ทำให้เกิดสารประกอบหรือแร่แต่ละชนิดเป็นชั้น ๆ และสารประกอบในแต่ละชั้นสามารถบอกถึงความเข้มข้นของน้ำทะเลในขณะที่เกิดการตกผลึกสารประกอบนั้นได้ ซึ่งการทดลองใช้น้ำทะเลจากทะเลเมดิเตอร์เรเนียนมาระเหยออกไป จะพบว่าสารละลายหรือเกลือชนิดต่าง ๆ จะตกผลึกก่อนหลังตามลำดับความเข้มข้นหรือการวางตัวของน้ำทะเล เนื่องจากกระบวนการ Physico-chemical process (Usiglio, 1849) ซึ่งได้อธิบายไว้ว่า สารประกอบแรกที่พบ ได้แก่ เหล็กออกไซด์ชนิดฮีมาไทต์ (Hematite, Fe_2O_3) หลังจากนั้นแร่ในกลุ่มแคลเซียมคาร์บอเนต ได้แก่ อะราโกไนต์ (Aragonite, CaCO_3) และโดโลไมต์ (Dolomite, $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) และแคลเซียมซัลเฟต ได้แก่ ยิปซัม (Gypsum, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และแอนไฮไดรต์ (Anhydrite, CaSO_4) จะตกผลึกเมื่อปริมาตรของน้ำระเหยไปใน 1 ส่วน 3 จากปริมาตรตั้งต้น จากนั้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำเค็มเพิ่มขึ้น ปริมาตรของสารละลายในน้ำเค็มลดลงมากกว่าร้อยละ 5 จากปริมาณของน้ำเค็มตั้งต้นเหลือเพียงแค่หนึ่งในสิบจากการตกผลึกของสารประกอบที่ละลายอยู่ในน้ำเค็ม เฮไลต์จะเริ่มตกผลึก โพแทชจะเริ่มตกผลึกเมื่อสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้นและมีปริมาตรลดลงมากกว่า 1 ส่วน 12 ของสารละลายตั้งต้น โดย Mg-bearing sulfates จะเริ่มตกมาก่อนแล้วจึงตามด้วยคาร์แนลไลต์ และซิลไวต์ (รูปที่ 2.3) โดยสารประกอบที่ตกผลึกเรียงลำดับการตกผลึกก่อนไปจนถึงการตกผลึกทีหลังสุดและเกิดเป็นแร่ชนิดต่าง ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.2 (Krauskopf, 1967)

ดังนั้นในธรรมชาติ จึงพบการตกผลึกของสารประกอบหรือแร่ดังกล่าวข้างต้น เกิดเป็นชั้น ๆ เรียงตามลำดับจากชั้นล่างสุดถึงชั้นบนของแหล่งหินเกลือระเหยได้ ดังตารางที่ 2.2 สำหรับการอธิบายถึงสภาพแวดล้อมในการเกิดหินเกลือระเหยดังกล่าวข้างต้นในธรรมชาตินั้นมีลักษณะของลำดับขั้นตอนและปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ น้ำทะเลไหลเข้ามาในทวีปซึ่งก่อตัวเป็นแอ่งตื้น ๆ ขนาดใหญ่เวลาน้ำขึ้นและน้ำทะเลจะไม่สามารถไหลกลับออกไปได้เมื่อถึงเวลาน้ำลงเนื่องจากติดสันขอบแอ่งที่เกิดขึ้นเป็น Barrier น้ำในแอ่งจะถูกแผดเผาให้ระเหยออกไปในสภาพเดียวกับทะเลทราย น้ำทะเลที่เหลืออยู่ก็จะมีลักษณะเข้มข้นขึ้นเรื่อย ๆ ตามลำดับ จนสารละลายในน้ำทะเลดังกล่าวเริ่มตกผลึกตาม Physio-chemical process ที่ได้กล่าวถึงเบื้องต้นไปแล้ว

ตารางที่ 2.2 สารประกอบหรือหินเกลือระเหยที่ตกผลึกเป็นชั้น ๆ ตามลำดับที่เรียงจากล่างขึ้นบน (Krauskopf, 1967 อ้างถึงใน นุชิต ศิริทองคำ และวิภาวี วิบูลย์อัฐพล, 2564)

ลำดับ	สารประกอบ	แร่ที่ตกผลึก
6	potassium and magnesium	potassium-magnesium minerals
5	potassium chloride	sylvite
4	sodium chloride	halite
3	calcium sulfate	gypsum, anhydrite
2	calcium carbonate	limestone, dolomite
1	Iron oxide	hematite



รูปที่ 2.3 แผนภูมิภาพแสดงความหนาแน่นเมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนของสารละลายตั้งต้นในแอ่งเกลือระเหยที่มีสภาพแวดล้อมแบบปิดในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนเพื่อแสดงสภาพแวดล้อมและลำดับในการตกผลึกของแร่เกลือระเหย (ดัดแปลงจาก Usiglio, 1849)

สารประกอบชนิดแรกที่ตกผลึก ได้แก่ เหล็กออกไซด์แต่มีปริมาณน้อยมากสารประกอบในลำดับถัดมาที่ตกผลึก ได้แก่ แร่พวกแคลเซียมคาร์บอเนตหรือหินปูนและโดโลไมต์ สารประกอบในลำดับถัดมาที่ตกผลึก ได้แก่ ยิปซัมหรือแคลเซียมซัลเฟต ซึ่งขณะนี้น้ำทะเลจะมีความเข้มข้นประมาณ 3.5 เท่าของน้ำทะเลปกติ โดยน้ำทะเลสูญเสียปริมาตรไปแล้วประมาณร้อยละ 20 ของทั้งหมดจากจุดเริ่มต้น ส่วนแอนไฮไดรต์จะเริ่มตกผลึกก็ต่อเมื่อน้ำทะเลมีความเข้มข้นมากขึ้นประมาณ 5 เท่าจากจุดเริ่มต้น ถ้าอุณหภูมิของน้ำทะเลดังกล่าวสูงกว่า 34 องศาเซลเซียส แอนไฮไดรต์จะตกผลึกโดยไม่มียิปซัมเกิดร่วมด้วย แต่ถ้าอยู่ในสภาพที่เหมาะสมทั้งแอนไฮไดรต์และยิปซัมจะแผ่กระจายทั้งแอ่ง ส่วนพวกสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ หรือเฮไลต์ (เกลือหิน) ซึ่งมีส่วนประกอบในน้ำทะเลมากถึงร้อยละ 80 จะตกผลึกเมื่อร้อยละ 90 ของน้ำในน้ำทะเลเริ่มต้นได้ระเหยออกไปแล้ว หรือน้ำทะเลมีความเข้มข้นมากกว่าเดิมถึง 10 เท่า หากวัดความหนาแน่นจะพบว่าในขณะนั้นน้ำทะเลจะมีความหนาแน่นมากถึง

1.25 gm/cm^3 ในช่วงนี้ไฮไลต์หรือเกลือหินจะตกผลึกแม่เต็มแอ่งเป็นชั้นหนาปิดทับบนแอนไฮไดรต์หรือยิปซัมที่ตกผลึกไปก่อนแล้ว

สำหรับสารละลายที่ตกผลึกหลังสุดก่อนน้ำทะเลเข้มข้นที่เกลือจะแห้งหมดไป ซึ่งเป็นพวกสารละลายที่ละลายน้ำได้ดีที่สุด ได้แก่ กลุ่มอนุมูลโพแทสเซียมและแมกนีเซียม โดยธรรมชาติกว่าจะถึงความเข้มข้นในระดับที่อนุมูลโพแทสเซียมและแมกนีเซียมเริ่มตกผลึกจากน้ำทะเลนั้นเกิดขึ้นได้ยาก เนื่องจากในขณะนั้นน้ำทะเลจะต้องเข้มข้นและงวดมากจนน้ำระเหยออกไป จนความเข้มข้นของน้ำทะเลสูงขึ้นเรื่อย ๆ เท้าจากน้ำทะเลดั้งเดิม จากลักษณะดังกล่าวทำให้เกิดการสะสมตัวของแหล่งแร่โพแทชแหล่งใหญ่ ๆ บนทวีป

ดังนั้น การเกิดโพแทชในโลกนี้จึงมักจะมีสภาพการเกิดคล้ายคลึงกันคือน้ำทะเลจะไหลเข้ามาในแอ่งบนทวีปใกล้ฝั่งที่ค่อนข้างราบ เมื่อน้ำทะเลขึ้นก็จะไหลเข้ามาจากทะเลผ่านแนวกันที่เรียกว่า bar หรือ barrier ซึ่งทำหน้าที่ปิดกั้นไม่ยอมให้น้ำไหลกลับช่วงน้ำลง สภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่นั้นจะต้องแห้งแล้งฝนตกน้อยเพื่อป้องกันการละลายของเกลือและโพแทช ในขณะที่ตกผลึกสภาพแวดล้อมดังกล่าว น่าจะใกล้เคียงกับทะเลทรายในปัจจุบัน แต่อยู่ไม่ห่างจากชายฝั่งทะเลซึ่งในขณะนั้นพื้นที่เหล่านั้นมักอยู่ในเขตองศาที่ 5-20 องศาเหนือหรือใต้ น้ำทะเลจะถูกแสงแดดแผดเผาตลอดเวลาจนมีความเข้มข้นมากขึ้นตามลำดับและตกผลึกเป็นเกลือระเหยชนิดต่าง ๆ ตามที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้น

2.4 รูปแบบการเกิดแร่โพแทชของประเทศไทย

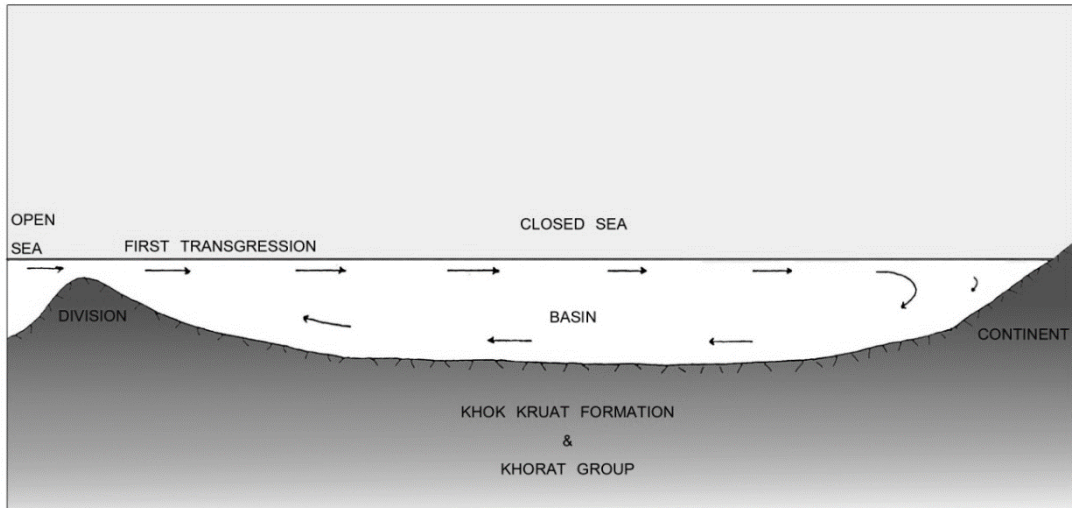
โพแทชและเกลือหิน เป็นกลุ่มแร่ที่เกิดจากการตกตะกอน โดยกระบวนการระเหยจากน้ำทะเล (evaporite minerals) ในแอ่งปิด ชั้นโพแทชและเกลือหิน จัดรวมอยู่ในหมวดหินมหาสารคาม ยุคครีเทเชียส ซึ่งอยู่ในกลุ่มหินตะกอน กลุ่มหินโคราช มหายุคมีโซโซอิก หมวดหินมหาสารคาม มีลำดับชั้นหินจากล่างสุดไปหาบนสุดดังนี้ **ชั้นแอนไฮไดรต์** วางตัวอยู่ด้านล่างสุดของชั้นเกลือหิน หนา 1 – 5 เมตร **ชั้นเกลือหินชั้นล่าง** ประกอบด้วย เกลือหิน หนาเฉลี่ย 100 – 500 เมตร และ **ชั้นโพแทช** ที่วางตัวอยู่ส่วนบนสุด หนาเฉลี่ย 3 เมตร **ชั้นดินดานชั้นล่าง** **ชั้นเกลือหินชั้นกลาง** ประกอบด้วย เกลือหิน หนาเฉลี่ย 60 – 80 เมตร **ชั้นดินดานชั้นกลาง** **ชั้นเกลือหินชั้นบน** ประกอบด้วย เกลือหิน หนาเฉลี่ย 20 – 40 เมตร และ **ชั้นแอนไฮไดรต์และยิปซัมด้านบนสุด** ส่วนใหญ่จะเป็นแร่ที่เหลือจากการละลาย

ปกรณ์ สุวานิช (2535) เขียนรายงานเศรษฐกิจธรณีวิทยา ฉบับที่ 4/2535 เรื่อง “โพแทช - เกลือหิน ธรณีประวัติ การวิวัฒนาการโครงสร้างของหินชุดมหาสารคาม และปริมาณแร่สำรอง” โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับธรณีวิทยาแหล่งแร่ และรูปแบบการกำเนิดแร่ ดังนี้

จากการศึกษาทางธรณีวิทยา หินที่รองรับหมวดหินมหาสารคาม ในกลุ่มหินโคราช เป็นหินที่กำเนิดบนพื้นทวีปทั้งสิ้น แต่เริ่มจะมีการเปลี่ยนแปลงระดับของน้ำทะเลปรากฏให้เห็นในหมวดหินโคกกรวดที่อยู่ติดกับหมวดหินมหาสารคามมากที่สุด เนื่องจากพบหินกรวดมนแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้าง

เมื่อมาถึงยุคที่เกลือหินในหมวดหินมหาสารคามจะเกิดขึ้น ภาคน้ำทวีปที่ค่อนข้างจะแบนเรียบของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในปัจจุบันก็กลายเป็นแอ่งปิดตื้น ๆ ที่มีน้ำทะเลท่วมถึง น้ำทะเลสามารถไหลเข้ามาในแอ่ง โดยผ่านสันดอนบริเวณใดบริเวณหนึ่งในขณะที่มีน้ำขึ้น เมื่อน้ำลงแอ่งปิดทำให้น้ำทะเลแอ่งปิดถูกกักกันไว้ คล้ายกับการทำนาเกลือในปัจจุบัน (รูปที่ 2.4)

ถึงแม้ว่าชั้นที่ติดอยู่กับเกลือหินด้านทิศใต้ จากการทดลองในห้องทดลอง จะต้องมีการตกตะกอนของชั้นหินปูนก่อนก็ตาม แต่จากการศึกษาชั้นหินกรวดมนของหมวดหินโคกกรวดที่อยู่ติดกับหมวดหินมหาสารคาม พบว่ามีปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตมากพอสมควร และจะค่อย ๆ เปลี่ยนไปเป็นซิลิเฟตมากขึ้น จนเข้าสู่ชั้นแอนไฮไดรต์ชั้นฐานของหมวดหินมหาสารคาม

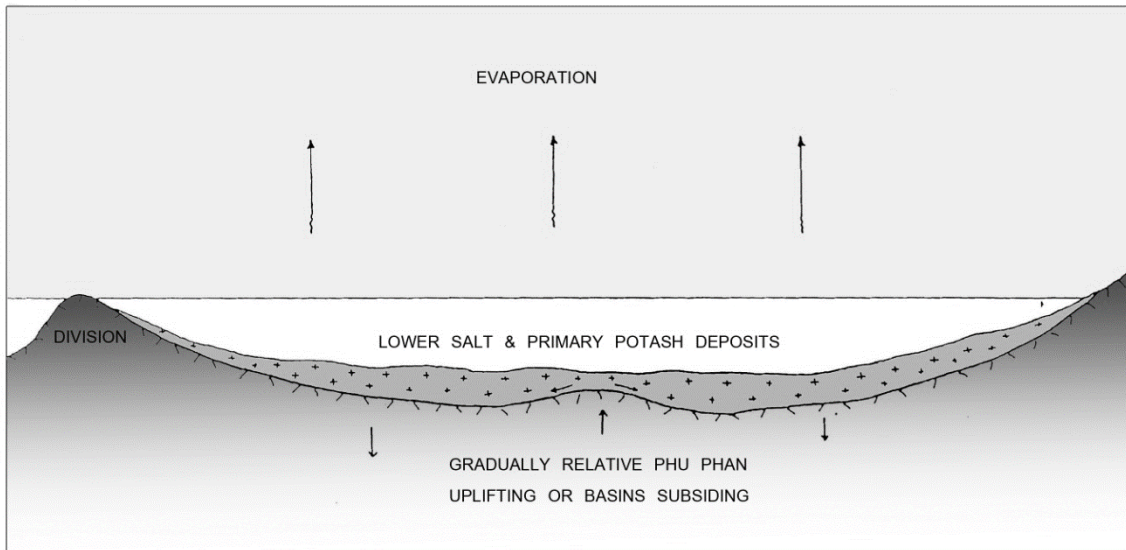


รูปที่ 2.4 แสดงการไหลเข้ามาของน้ำทะเลสู่แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ซึ่งในขณะนั้นยังติดต่อกันเป็นแอ่งเดียวกัน โดยมีสันดอนปิดกั้นน้ำทะเลไม่ให้น้ำไหลกลับออกไปอยู่ในบริเวณใดหรือหลายบริเวณ (ปรกรณ์ สุวานิช, 2535)

ในช่วงที่มีการเกิดเกลือหินชั้นล่างและชั้นโพแทช จะเกิดปิดทับอยู่บนชั้นแอนไฮไดรต์ชั้นฐาน เทือกเขาภูพานซึ่งเป็นตัวแบ่งแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครในปัจจุบันอาจจะเริ่มมีการโก่งตัวยกสูงขึ้นทีละน้อยหรือถ้ามองในแง่ความสัมพันธ์ อาจกล่าวได้ว่า แอ่งมีการทรุดตัวลงตลอดเวลาทีละน้อย ในขณะที่ตอนกลางแอ่งซึ่งมีสันฐานเป็นแนวยาวในแนวเกือบทิศตะวันออก - ทิศตะวันตก อันเป็นแนวของเทือกเขาภูพานในปัจจุบันไม่ทรุดตัวตามลงไป หรืออาจจะยกตัวพร้อมกับการทรุดตัวของแอ่งทั้งสอง แต่ในช่วงเวลานั้นเทือกเขาภูพานก็ได้ไต่ไต่ขึ้นจากระดับน้ำในแอ่งอย่างสมบูรณ์มีหลายบริเวณที่ยังปล่อยให้น้ำทั้งสองแอ่งยังคงติดต่อกันได้โดยสะดวก ผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าคลื่นไหวสะเทือน (seismic exploration) บริเวณเชิงเทือกเขาภูพาน แสดงให้เห็นการโก่งตัวของหินแบบค่อยเป็นค่อยไป โดยไม่มีการเลื่อนของชั้นหินแต่ประการใด

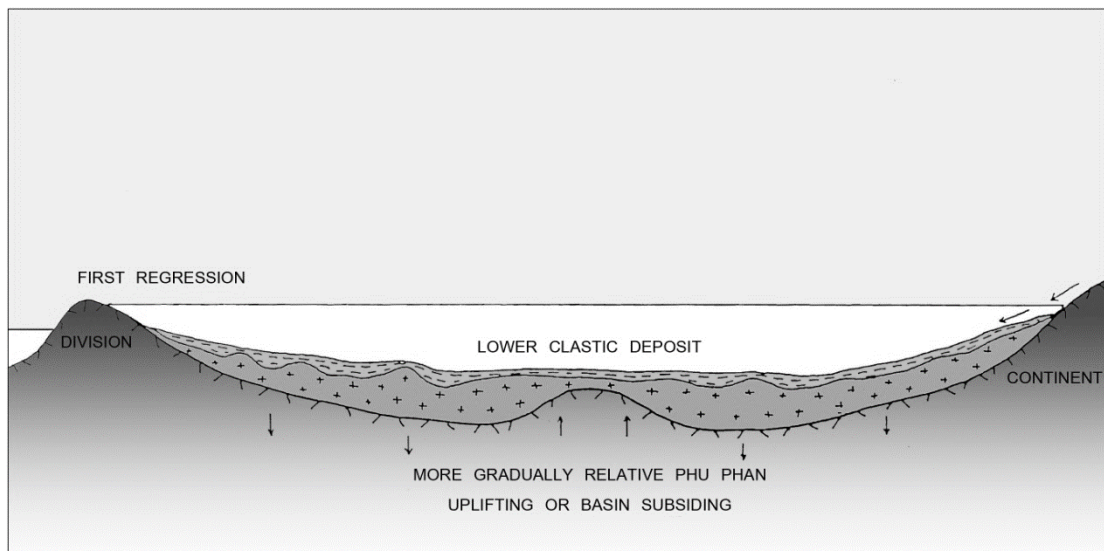
ผลการจมตัวของแอ่งหรือการดันขึ้นขึ้นมาของเทือกเขาภูพานจะกระทบต่อการไหลของชั้นเกลือหินที่ตกตะกอนแล้วเป็นชั้นหนา เนื่องจากเกลือหินเมื่อหนาจะแสดงคุณสมบัติทางพลาสติกออกมาอย่างชัดเจน เกลือหินจะไหลจากตอนกลางของแอ่งใหญ่ที่กำลังมีการก่อตัวของเทือกเขาภูพานมายังกลางแอ่งเล็กของแต่ละแอ่ง (รูปที่ 2.5)

เมื่อถึงช่วงที่น้ำทะเลมีการถดถอยลงไป ทำให้ไม่มีน้ำทะเลหนุนเข้ามาในแอ่งเป็นระยะเวลานานพอสมควร ตะกอนจากพื้นแผ่นดินก็เริ่มทับถมต่อเนื่องจากชั้นโพแทช ซึ่งในขณะนั้นควรจะเป็นคาร์บอเนตมากที่สุด ขณะนั้นผืนแอ่งทั้งสองจะมีลักษณะแบนแบบเดียวกับกระทะท้องแบน น้ำเกลือที่ยังตกค้างอยู่ในแอ่งจะมีปริมาณของโพแทสเซียมและแมกนีเซียมสูง เมื่อน้ำที่ไหลพัดพาเอาตะกอนที่มีขนาดละเอียดขนาดตะกอนดินเหนียว (clay size) เข้ามาจะมีการผสมกับน้ำเกลือในแอ่งเดิม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนซึ่งกันและกันแล้วเกิดเป็นสารใหม่ ๆ หรือสารเก่าถูกชะล้างแล้วมีสารชนิดเดิมหรือสารใหม่ตกตะกอนทับกลับไปมาอยู่เช่นนี้ อาจมีบางส่วนจมอยู่ในน้ำและบางส่วนไหลอยู่เหนือน้ำ และสัมผัสอากาศโดยตรง



รูปที่ 2.5 แสดงเกลือหินชั้นล่างเริ่มตกตะกอนเมื่อเกิดกระบวนการระเหยน้ำ (evaporation) เกิดขึ้น โพแทชจะสะสมอยู่ตอนบนสุดของเกลือหิน เทือกเขาภูพานเริ่มโค้งตัวหรือแอ่ง 2 ข้างยุบตัวที่ละน้อย (ปกรณ์ สุวานิช, 2535)

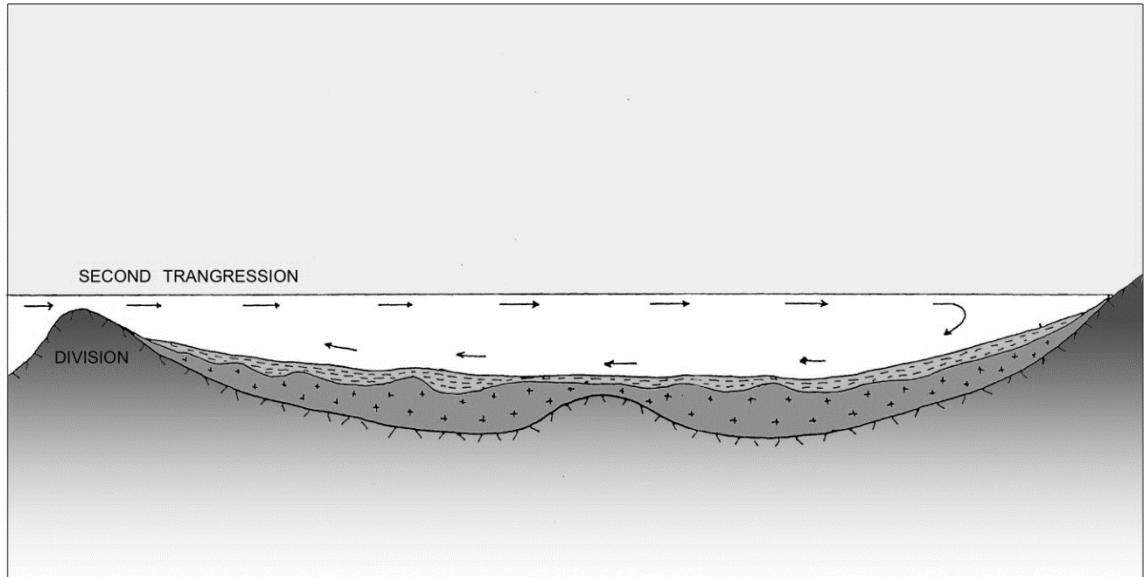
ตะกอนละเอียดขนาดดินเหนียวนี้จะไปสะสมในส่วนของแอ่งที่ลึกที่สุด ซึ่งได้แก่ ส่วนที่ผิวหน้าเกลือหินที่ยุบตัวลงไปเนื่องจากการไหลเพราะการดันตัวขึ้นมาของเทือกเขาภูพานทำให้ความหนาของตะกอนดินที่ทับถมใหม่ในแต่ละที่ที่ไม่เท่ากัน (รูปที่ 2.6) บางแห่งชั้นเกลือหินก็โผล่ขึ้นเหนือน้ำทำให้ไม่ถูกปกคลุมด้วยตะกอนดินนี้ ความหนาที่ไม่เท่ากันของชั้นดินที่ปกคลุมเหนือชั้นเกลือหินทำให้เกิดความแตกต่างของน้ำหนักที่ทับอยู่บนชั้นเกลือหินเป็นสาเหตุให้เกิดการเคลื่อนตัวของเกลือหินในแนวตั้งเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 2.6 แสดงการถดถอยของน้ำทะเล ตะกอนขนาดละเอียดถูกพัดพามาจากพื้นที่ทวีปปกคลุมอยู่บนเกลือหินชั้นล่างและโพแทช การยกตัวของเทือกเขาภูพานยังคงดำเนินต่อไปเรื่อย ๆ (ปกรณ์ สุวานิช, 2535)

เมื่อมีการท่วมทันของน้ำทะเลครั้งที่ 2 (รูปที่ 2.7) เกลือหินที่ตกตะกอนอีกครั้งบนชั้นตะกอนดิน มักจะมีความสกปรกเกิดขึ้นมากกว่าเกลือหินชั้นล่าง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเกลือหินชั้นที่สองหรือเกลือหินชั้นกลาง มีสีขุ่น สีแดง สีน้ำตาล ฯลฯ

ในช่วงของการเริ่มไหลเข้ามาใหม่ ๆ ของน้ำทะเลครั้งนี้บางส่วนของเกลือหินเดิมก็ถูกชะล้างออกไปบ้าง และเป็นที่แน่นอน บางส่วนของชั้นแร่โพแทชก็ถูกชะล้างไปด้วย หลังจากนั้นเมื่อน้ำจืดลงอีกครั้งหนึ่งก็จะพบว่ามียอรรอยของโพแทชสะสมเป็นเลนส์เล็ก ๆ อยู่ตอนล่างของเกลือหินชั้นกลาง



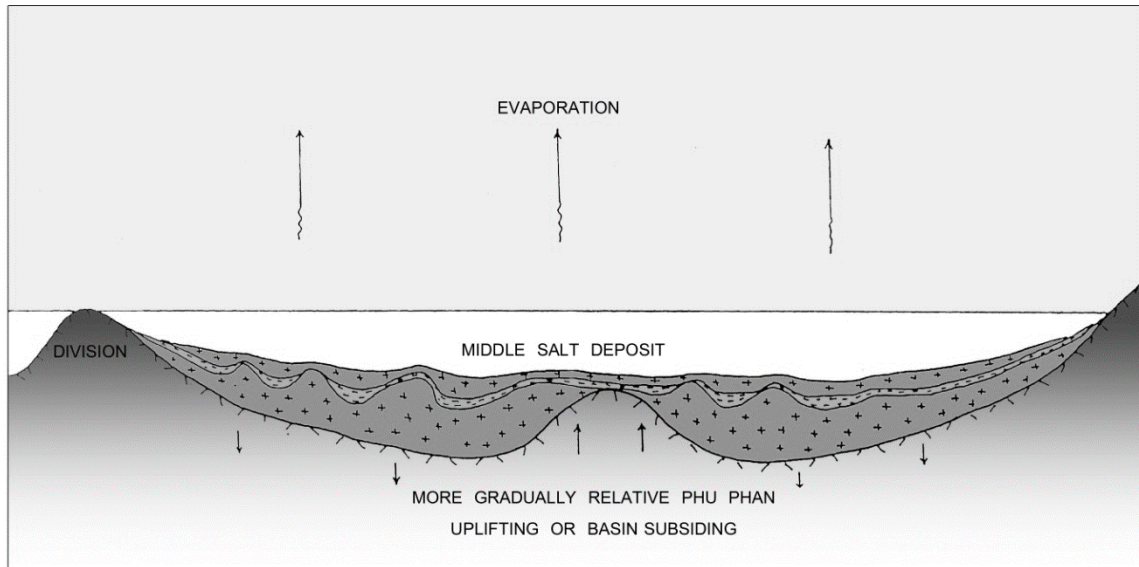
รูปที่ 2.7 แสดงการท่วมทันของน้ำทะเลเกิดขึ้นอีกครั้งหนึ่ง และการหมุนเวียนเข้ามาทำให้เกิดการผสมระหว่างน้ำทะเลกับตะกอนดินจากพื้นทวีป (ปกรณ์ สุวานิช, 2535)

ตอนบนของเกลือหินชั้นกลางนี้ไม่เคยพบว่ามีชั้นโพแทชสะสมเป็นชั้นที่ต่อเนื่องเลย ยกเว้นจากข้อมูลหลุมเจาะหลุมเดียวที่อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ แต่จากหลักฐานของปริมาณโบรมีนที่ประกอบอยู่ด้วยสามารถมองเห็นว่ามีแนวโน้มว่าจะมีโพแทชเกิดอยู่ตอนบน แต่อาจถูกชะล้างไปแล้วหรือไม่เคยตกตะกอนมาก่อน (รูปที่ 2.8)

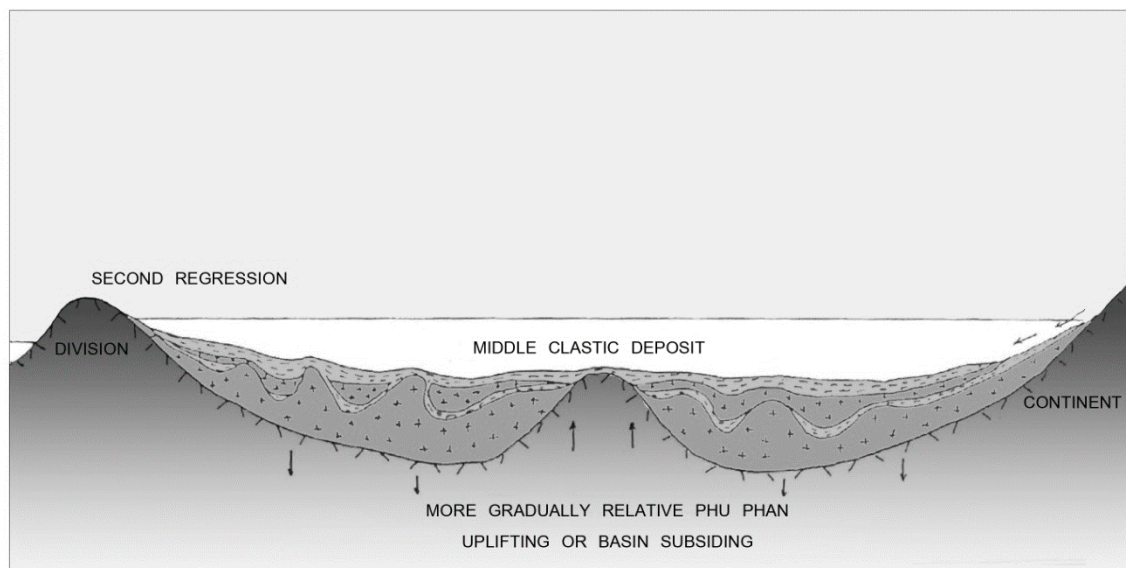
ตลอดเวลาที่มีการทับถม ไม่ว่าจะเป็นตะกอนดินเหนียวหรือชั้นเกลือหินชั้นกลาง เทือกเขาภูพานก็ยังคงก่อตัวสูงขึ้นเรื่อย ๆ อย่างช้า ๆ หรือแอ่งทั้งสองค่อย ๆ ยุบตัวลงอย่างช้า ๆ เหตุการณ์เช่นนี้ยังทำให้ชั้นเกลือหินมีความเคลื่อนไหวหรือไหลได้ตลอดเวลา โคมเกลือที่เคยเกิดขึ้นมาแล้วก็จะยิ่งดันตัวสูงขึ้นอีก บางครั้งอาจเลยชั้นเกลือหินชั้นกลางขึ้นมาได้ ดังนั้นในหลาย ๆ ที่เกลือหินชั้นกลางจึงดูเหมือนเกิดอยู่ในแอ่งเล็กบนแอ่งใหญ่ (รูปที่ 2.9)

โคมเกลือใหม่อาจเกิดขึ้นได้และทำให้ตะกอนดินบนชั้นเกลือหินชั้นล่างบางแห่งไม่ถูกทับโดยเกลือหินชั้นกลางแต่อาจจะเกิดติดกับตะกอนดินอีกยุคหนึ่งที่เกิดขึ้นหลังการสะสมตัวของเกลือหินชั้นกลางแล้ว หรือโคมเกลือบางโคมซึ่งเป็นเกลือหินชั้นล่างล้วน ๆ อาจดันตัวโผล่และทะลุขึ้นมาทุกชั้นหรือติดอยู่กับเกลือหินชั้นกลาง

ปลายยุคสะสมเกลือหินชั้นที่สองหรือเกลือหินชั้นกลาง แอ่งอาจจะแคบเข้า หลายบริเวณตื้นเขินเพราะถูกทับถมจากตะกอนดินจากแผ่นดินข้าง ๆ คล้ายกับการเกิดตะกอนดินเหนือชั้นเกลือหินชั้นล่าง



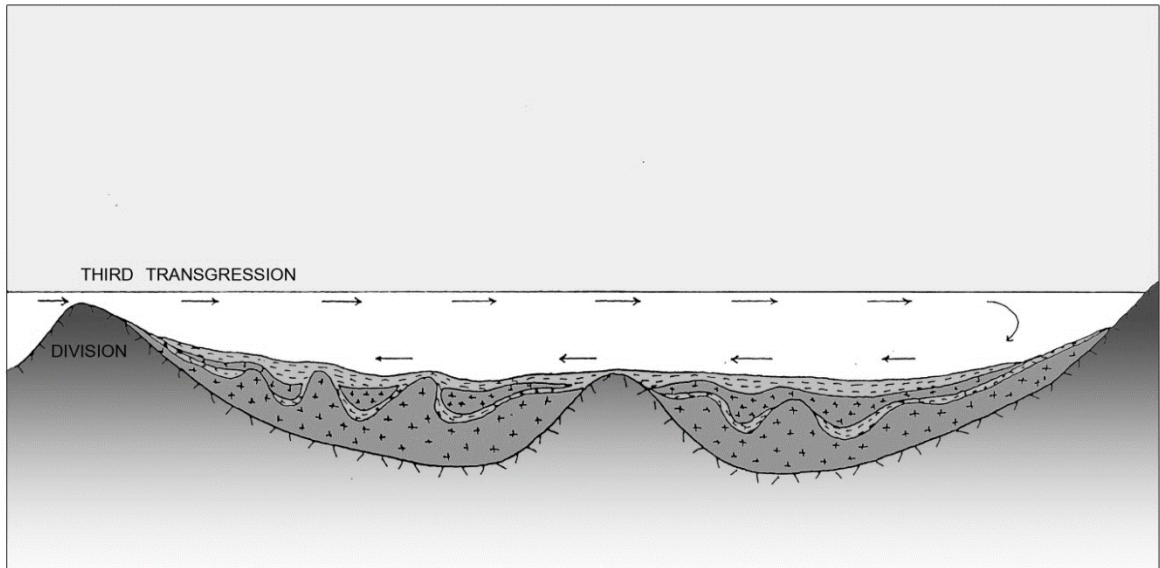
รูปที่ 2.8 แสดงการตกตะกอนของเกลือหินชั้นกลางผสมกับตะกอนดินบ้าง ทำให้เกลือหินมีมลทินเพิ่มมากขึ้น สีเข้มขึ้น เพื่อหาภาพแยกตัวขึ้นและการยุบตัวของแอ่งยังคงมีอยู่ต่อไป (ปกรณ สุวานิช, 2535)



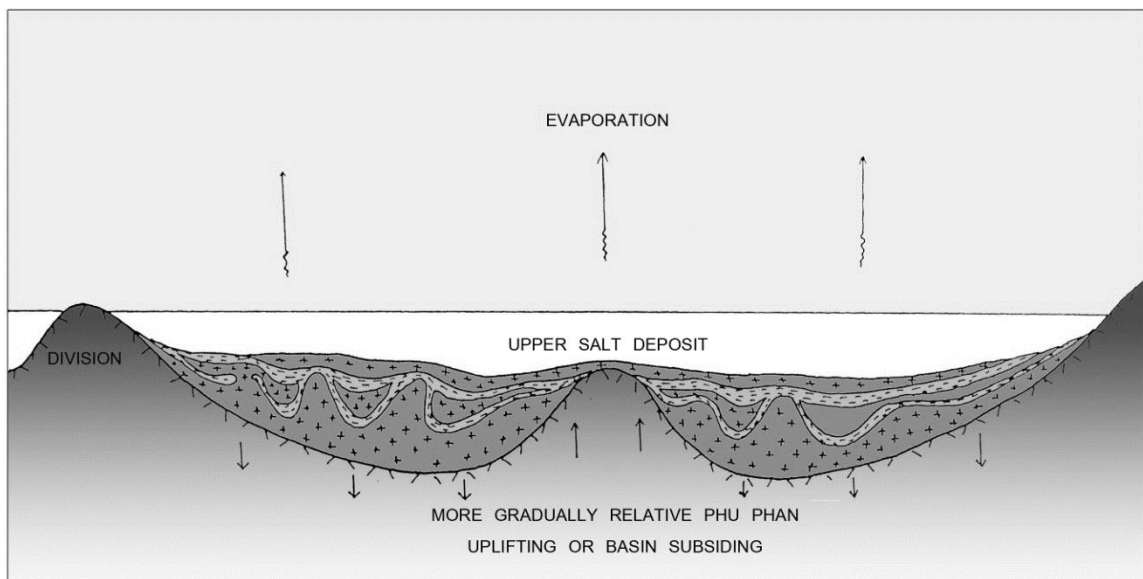
รูปที่ 2.9 แสดงการสะสมตัวของเกลือหินชั้นกลาง น้ำทะเลได้ถดถอยลงไปอีกครั้งหนึ่ง ทำให้เกิดการสะสมของตะกอนดินอีกครั้งหนึ่งเหนือเกลือหินชั้นกลาง (ปกรณ สุวานิช, 2535)

ยุคสุดท้ายที่น้ำทะเลท่วมท้นเข้ามาอีก (รูปที่ 2.10) จะเกิดการตกตะกอนของชั้นเกลือหินชั้นบนสุด แต่ตกอยู่เฉพาะในแอ่งเล็กที่อยู่ตรงกลาง ๆ ซึ่งเคยเป็นจุดที่ลึกที่สุด ดังนั้น การแผ่กระจายของเกลือหินชั้นบนจึงไม่กว้างนัก รูปร่างและส่วนประกอบของเกลือหินชั้นบนเกือบเหมือนกับเกลือหินชั้นกลาง คือ ค่อนข้างขุ่น เกลือหินมีสีแดง สีน้ำตาล หรือสีเหลือง เพราะผสมกับตะกอนดินเหนียว (รูปที่ 2.11)

การยกตัวของเทือกเขาภูพานยังคงมีอยู่ต่อไป และยังคงเป็นสาเหตุหลักของการเกิดโดมเกลือ ในทั้งสองแอ่ง จากหลักการนี้เกลือหินชั้นล่างอาจดันตัวขึ้นมาสัมผัสกับเกลือหินชั้นบนหรือทะเลเกลือหินชั้นบนเลยก็ได้ โดมเกลือที่พุ่งตัวขึ้นมาสูงมาก อาจมีลักษณะชั้นหินแบบคดโค้งตลบท้าย เช่น ที่อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม



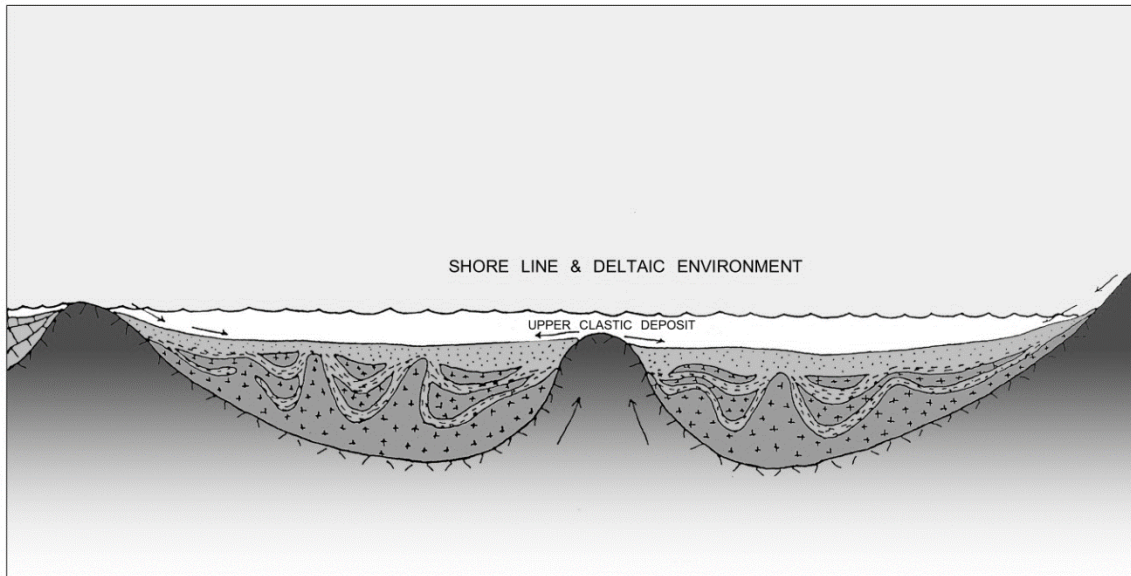
รูปที่ 2.10 แสดงการที่น้ำทะเลไหลเข้ามาวนเวียนและถูกกักเก็บไว้ในแอ่งเป็นครั้งที่ 3 ทำให้เกิดชั้นเกลือหินตามวัฏจักร (ปรกรณ์ สุวานิช, 2535)



รูปที่ 2.11 แสดงเกลือหินชั้นบนซึ่งมีผลหินเหมือนกับเกลือหินชั้นกลางจะเกิดที่บนตะกอนดินเป็นบางแห่ง โดยเฉพาะส่วนที่เกิดเป็นแอ่ง การเคลื่อนไหวของเทือกเขาภูพานและแอ่งทั้ง 2 ยังเกิดขึ้นเรื่อย ๆ (ปรกรณ์ สุวานิช, 2535)

บนเทือกเขาภูพานในปัจจุบันยังคงมีร่องรอยการสะสมชั้นเกลือหิน ซึ่งอาจเป็นชั้นเกลือหินหรือชั้นเกลือหินที่ถูกทำลายแล้วปรากฏอยู่ เช่น บ้านหนองโน หนองแวงเรือ อำเภอลำสนกวาง จังหวัดขอนแก่น เป็นต้น แต่ยังไม่เคยมีการเจาะสำรวจใด ๆ ในบริเวณดังกล่าว

หลังจากที่เกลือหินชั้นบนสะสมตัวแล้ว สภาพภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมได้เปลี่ยนไปจากแอ่งปิดมาเป็นแอ่งเปิดน้ำตื้นหรือชายฝั่ง ซึ่งค่อย ๆ พัฒนาไปเป็นทะเลทรายหรือกึ่งทะเลทรายภายหลัง ซึ่งทั้งหมดนี้ถูกบันทึกและเก็บสะสมไว้ในหมวดหินภูพานที่ปิดทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคามในปลายยุคเทอร์เชียรี (รูปที่ 2.12)



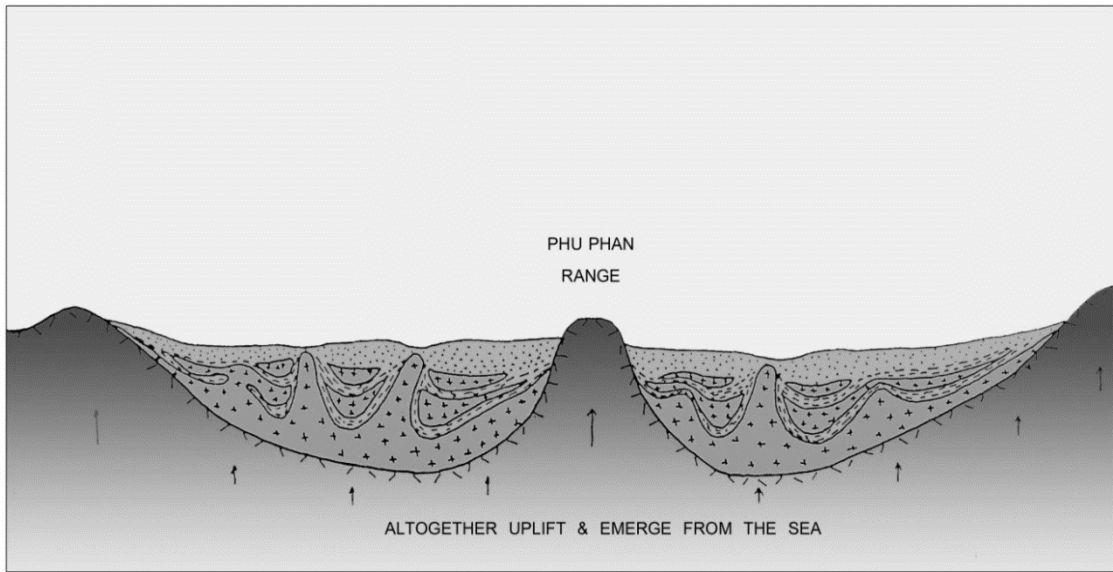
รูปที่ 2.12 แสดงสภาพแวดล้อมและภูมิประเทศเริ่มเปลี่ยนแปลงไปเป็นชายฝั่งทะเลเปิด การสะสมตะกอนจากพื้นทวีปเริ่มมีตะกอนขนาดหยาบ มีชั้นเฉียงระดับ อาจมีสภาพเป็นดินดอนสามเหลี่ยม (delta) แต่ตอนบนสุดอาจเปลี่ยนสภาพเป็นการสะสมด้วยลม (ปกรณ สุวานิช, 2535)

หมวดหินภูทอกนี้ประกอบด้วยหินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทราย เรียงลำดับจากล่างถึงบน ในหินดินดาน (หมู่หินนาหว้า) ที่เกิดติดกับชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม มักพบว่ามีก้อนทรงมน (nodules) ของแอนไฮไดรต์หรือยิปซัมเกิดรวมอยู่ด้วย บางครั้งเป็นเลนส์เล็ก ๆ บางครั้งเป็นสายแร่เล็ก ๆ แต่ตอนบน ๆ ถัดขึ้นไป แอนไฮไดรต์และยิปซัมจะค่อย ๆ หายไปในที่สุด

ตอนกลางของหมวดหินภูทอกส่วนใหญ่เป็นทรายแป้ง (หมู่หินคำตากล่า) มีเศษหินขนาดเล็กของหินดินดานเกิดรวมอยู่บ้างเป็นบางชั้นและเป็นชั้นบาง ๆ ส่วนตอนบนสุดเป็นหินทราย (หมู่หินภูทอกน้อย) ซึ่งมีขนาดเม็ดทรายสลับกัน 2 ชนิด คือชนิดหยาบและชนิดละเอียด ชนิดหยาบมีสีน้ำตาลแดงค่อนข้างเข้มจนถึงสีน้ำตาลม่วง ส่วนชนิดละเอียดมีสีน้ำตาลแดงอ่อนหรือสีน้ำตาลส้ม ชนิดหยาบมีสารซีเมนต์เป็นพวกฟอสเฟต (phosphate) และซิลิกา ซึ่งสารฟอสเฟตนี้มีปริมาณโดยเฉลี่ยประมาณ 500-800 ส่วนในล้านส่วน ในขณะที่ชนิดละเอียดมีสารซีเมนต์เป็นพวกแคลคาเรียส (calcareous) มากกว่าฟอสเฟตมาก ตอนบนใกล้ผิวดิน เนื้อหิวนค่อนข้างร่วน

ในตอนกลางแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร หมวดหินภูทอกมักไม่ค่อยโผล่ให้เห็น แต่จะก่อตัวเป็นเนินเล็ก ๆ อยู่ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร เนินเหล่านี้มักถูกปกคลุมด้วยเปลือกดินอีกชั้นหนึ่ง แต่ในบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของแอ่งสกลนคร หมวดหินภูทอกมักปรากฏให้เห็นเป็นหินโผล่ขนาดใหญ่ บริเวณภูทอก ภูวาว ภูสิงห์ อำเภอนาคู จังหวัดหนองคาย แต่เป็นตอนบนของหมวดหินภูทอก (หมู่หินภูทอกน้อย) ซึ่งประกอบด้วยหินทรายเป็นส่วนใหญ่ เนื้อหิวนค่อนข้างร่วน มีชั้นหินเฉียงระดับ (cross bedding) ขนาดใหญ่เห็นได้ชัด ชั้นหินมีการสลับกันระหว่างชั้นแข็งและชั้นไม่แข็ง (resistant and nonresistant beds) ที่เกิดจากลมเป็นตัวกระทำ

หลังจากหมวดหินภูทอกสะสมตัวแล้ว แอ่งทั้งสองรวมทั้งเทือกเขาภูพานก็ยกตัวขึ้นพร้อม ๆ กัน และก่อตัวเป็นที่ราบสูงโคราช การยกตัวขึ้นนี้อาจเป็นผลกระทบบางส่วนที่ทำให้ชั้นเกลือหินเคลื่อนไหวได้ต่อไปอีก (รูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 แสดงพื้นที่ของที่ราบสูงโคราชยกตัวขึ้นจากสภาพเดิมเป็นสภาพปัจจุบัน และเมื่อมีกระบวนการของน้ำบาดาลมาเกี่ยวข้อง จะทำให้บริเวณที่ปกคลุมโดมเกลือยุบลงมาบ้างเป็นแอ่งน้ำต่าง ๆ มากมายอยู่บนที่ราบ (ปกรณ์ สุวานิช, 2535)

เนื่องจากหมวดหินภูทอกเป็นชั้นหินที่ค่อนข้างจะมีรูพรุน น้ำซึมผ่านไปได้ไม่ยากนัก ดังนั้นในพื้นที่ที่โดมเกลือดันขึ้นมาใกล้ผิวดิน ประกอบกับหมวดหินภูทอกเป็นชั้นบาง และเป็นตัวนำน้ำบาดาลเข้ามาได้ ทำให้ส่วนยอดของโดมเกลือถูกชะล้างและละลายออกไปได้ พื้นที่ที่อยู่เหนือโดมเกลือจึงค่อย ๆ เกิดการยุบตัวลงไปทีละเล็กทีละน้อย กลายเป็นแอ่งน้ำใหญ่น้อยเกิดอยู่บนที่ราบสูงโคราช มาจนถึงปัจจุบัน เช่น หนองหาน เป็นต้น โดมเกลือจะเสถียรก็ต่อเมื่อไม่มีการกระทำใด ๆ ที่เป็นผลกระทบต่อน้ำบาดาลเค็มและอ้อมตัวรอบ ๆ บริเวณนั้น แต่ปัจจุบันน้ำเค็มเหล่านี้ถูกกระทบกระเทือน โดยการสูบน้ำขึ้นมาทำนาเกลือ ทำให้น้ำที่จัดกว่าไหลลงไปแทนที่ และละลายเกลือเป็นโพรง สิ่งที่เกิดตามมาภายหลังคือการพังทลายและยุบตัวของชั้นเปลือกดิน กลายเป็นหลุมใหญ่หรือกว้างขึ้นอยู่กับปริมาตรชั้นเกลือหินที่หายไป ดังนั้นบนผิวของแอ่งโคราชและแอ่งสกลนครที่มีหมวดหินมหาสารคาม จะมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเนินเตี้ย และเป็นแอ่งตื้นสลับกันกับเนินเตี้ย จะเป็นตัวชี้ว่าบริเวณนั้นชั้นเกลือหินจะอยู่ลึกลงไปจากผิวดิน อาจเป็นร้อย ๆ จนถึงพันเมตร ชั้นหินที่อยู่ถัดจากเปลือกดินลงไปจะเป็นหมวดหินภูทอก ส่วนแอ่งตื้นจะเป็นตัวชี้ว่าบริเวณนั้นมีชั้นเกลือหินอยู่ไม่ห่างจากผิวดินมากนัก ยิ่งแอ่งลึกและมีน้ำขัง ชั้นเกลือหินก็จะยิ่งตื้น อันเป็นลักษณะของโดมเกลือ บริเวณดังกล่าวมักไม่พบหมวดหินภูทอก หรืออาจพบเป็นชั้นบางมาก ๆ บางครั้งพบตะกอนดินทรายที่ยังไม่แข็งตัวสะสมอยู่กลายเป็นชั้นหนา ซึ่งถือว่าเป็นตะกอนที่เกิดในยุคควอเตอร์นารี (Quaternary) จนถึงยุคปัจจุบัน (Recent) ซึ่งอาจเป็นแนวทางน้ำโบราณ (Paleo channel) ตะกอนหินใหม่นี้ในบางบริเวณ เช่น อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม พบว่าเกิดเป็นชั้นหนาประมาณ 180 เมตร บางครั้งพบปริมาณของฟอสเฟตสูงผิดปกติกว่าบริเวณอื่น คาดว่าชั้นนี้อาจจะเกิดจากการพังทลายมาของหมวดหินภูทอก ซึ่งบางชั้นพบว่าปริมาณฟอสเฟตสูงกว่าปกติเช่นกัน หินชุดใหม่นี้แยกออกมาเป็นหมู่หินนาเชือก

2.5 การนำไปใช้ประโยชน์ของแร่โพแทช

โพแทชเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตเคมีภัณฑ์พื้นฐาน โดยจำแนกเป็นผลผลิตที่ได้จากการแต่งแร่โพแทชโดยตรง คือ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) และผลผลิตพลอยได้ คือ เกลือหินหรือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$) โดยที่โซเดียมคลอไรด์สามารถใช้เป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเคมีภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น โซดาแอชสังเคราะห์ ($NaCO_3$) แอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) ส่วนแมกนีเซียมคลอไรด์ ใช้เป็นวัตถุดิบผลิตโลหะแมกนีเซียม

โพแทสเซียมคลอไรด์เป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตปุ๋ย ซึ่งมีส่วนผสมของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (N-P-K) ในอุตสาหกรรมเคมีเกษตร และเคมีภัณฑ์ โพแทสเซียมในรูปแบบอื่น ๆ เช่น โพแทสเซียมเกรดอุตสาหกรรม (KCl) โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโพแทสเซียมคาร์บอเนต (KCO_3) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การผลิตปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

สินแร่โพแทชที่นำมาใช้ผลิตปุ๋ยมากที่สุดอยู่ในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์ ถ้าสินแร่มีปริมาณโพแทสเซียมร้อยละ 20 - 25 ของ K_2O ก็สามารถนำมาบดแล้วนำไปใช้ได้เลย หากแร่มีความบริสุทธิ์ต่ำกว่า ต้องแยกเอาเกลืออย่างอื่นที่ปะปนมาออกก่อน (refining)

2) การใช้โพแทสเซียมทำปุ๋ยผสม NPK

โพแทชหรือเกลือโพแทสเซียม มีประโยชน์ต่อพืชเพื่อการเจริญเติบโต และก็ได้ว่าเกลือโพแทสเซียมมีคุณค่าสูง และจำเป็นต่อพืช ซึ่งจัดเป็นแม่ปุ๋ยสำคัญตัวหนึ่ง สารประกอบหรือเกลือโพแทสเซียมจะนิยมวัดส่วนประกอบเป็นโพแทชในรูปของ K_2O

เกลือโพแทชหลายอย่างเป็นพื้นฐานและเป็นวัตถุดิบสำคัญในงานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เช่น นำไปทำสบู่ ผงซักฟอก อุตสาหกรรมแก้ว สี ดินระเบิดหรือดินปืน เป็นต้น

3) โพแทสเซียมเกรดอุตสาหกรรม

โพแทชเกรดอุตสาหกรรมเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ เช่น ใช้เป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์ผงดับเพลิง สี วัตถุระเบิด ยา และใช้ผสมทำซีเมนต์ชนิดแห้งเร็ว โพแทชเกรดอุตสาหกรรมสามารถผลิตได้จากการตกผลึกน้ำเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้นได้เป็นผลึกเกลือโพแทชที่มีความบริสุทธิ์สูง ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเคมีภัณฑ์อื่น ๆ เช่น โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโพแทสเซียมคาร์บอเนต (K_2CO_3)

4) ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟต

การพัฒนาการใช้ประโยชน์ปุ๋ยโพแทชเกรดอุตสาหกรรมในการผลิตโพแทสเซียมซัลเฟตเป็นวิธีการเพิ่มมูลค่าการใช้โพแทชได้ในอนาคต

ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตมีราคาแพงกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์ทำให้ปริมาณการใช้น้อย แต่มีข้อดีที่มีซัลเฟตเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปพืชต้องการซัลเฟตมากกว่าคลอไรด์ นอกจากนี้ยังมีดัชนีเกลือ (salt index) ต่ำกว่า ปุ๋ยโพแทสเซียมซัลเฟตสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยได้โดยตรง

5) ปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรด

ปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรดเหมาะที่จะใช้เป็นแม่ปุ๋ยสำหรับพืชที่ต้องการธาตุอาหารสูง เช่น ปุ๋ยกล้วยไม้ ปุ๋ยไม้ดอกไม้ประดับ เป็นต้น แต่ไม่เหมาะที่จะใช้ในไร่นา เนื่องจากราคาแพงเกินไป

6) ปุ๋ยโพแทสเซียมฟอสเฟต

ปุ๋ยโพแทสเซียมฟอสเฟตสามารถผลิตได้จากการสร้างมูลค่าเพิ่มโพแทชเกรดอุตสาหกรรมเช่นเดียวกับปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรด ซึ่งปุ๋ยโพแทสเซียมฟอสเฟตที่ผลิตได้มีสูตรปุ๋ยเป็น 0-52-35 มีข้อดีที่ให้ธาตุอาหารหลัก 2 ธาตุ มี critical humidity สูง (ร้อยละ 95.4 ที่ 25 องศาเซลเซียส) แต่มีราคาแพง

7) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

วัตถุดิบในการผลิตโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ประกอบด้วย ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ได้จากการทำเหมืองแร่โพแทชโดยนำโพแทสเซียมคลอไรด์ไปทำให้อยู่ในรูปสารละลายบริสุทธิ์เข้มข้น และนำเข้าสู่กระบวนการอิเล็กโทรไลซิส ซึ่งจะได้ผลผลิตเป็นก๊าซคลอรีนและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์นำไปใช้ประโยชน์ในการเป็นวัตถุดิบอุตสาหกรรมเคมี ยา สีย้อมผ้า น้ำยาล้างฟิล์มถ่ายรูป สบู่ ผงซักฟอก เครื่องสำอาง และการผลิตแก้ว

8) โพแทสเซียมคาร์บอเนต

เทคโนโลยีในการผลิตโพแทสเซียมคาร์บอเนต ประกอบด้วย การใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เกิดเป็นโพแทสเซียมคาร์บอเนตและน้ำ โดยนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแก้วชนิดพิเศษ และยังสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก อาหาร และเป็นส่วนผสมในน้ำยาทำความสะอาด

บทที่ 3

การสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช

3.1 การกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจ

ในอดีตกรมทรัพยากรธรณี โดยส่วนแร่โลหะ กองเศรษฐธรณีวิทยา ได้ทำการเจาะสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ถึง พ.ศ. 2525 ไปแล้วทั้งสิ้น 194 หลุม ซึ่งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ในแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร ในท้องที่จังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด มหาสารคาม กาฬสินธุ์ อุดรธานี หนองคาย นครพนม อุบลราชธานี ยโสธร สุรินทร์ บุรีรัมย์ และสกลนคร โดยการกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการเจาะสำรวจในอดีตได้กำหนดพื้นที่โดย

- 1) การใช้แผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร
- 2) ภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายดาวเทียม
- 3) แผนที่ธรณีฟิสิกส์ เช่น ความต้านทานไฟฟ้า ค่าความโน้มถ่วง และคลื่นไหวสะเทือน
- 4) จากข้อมูลการสำรวจแร่ที่มีมาก่อนในพื้นที่

อย่างไรก็ตามข้อมูลธรณีฟิสิกส์ที่นำมาใช้ร่วมในการกำหนดพื้นที่เจาะสำรวจมีข้อมูลน้อยมาก และเป็นพื้นที่ค่อนข้างแคบ การกำหนดหลุมเจาะสำรวจในอดีตจึงถูกกำหนดจากการคาดการณ์จากข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศเป็นหลัก ในบางพื้นที่มีการเจาะซ้ำจำนวนหลายหลุมในรายละเอียดเพื่อต้องการพิสูจน์ทราบถึงการวางตัวของชั้นแร่ ความต่อเนื่องของสายแร่โพแทช เช่น ที่อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม และอำเภอกง จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น โดยเฉพาะในพื้นที่อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ เป็นพื้นที่ที่ได้รับการพัฒนาเป็นเหมืองทดลองแร่โพแทช โดยกองเทคโนโลยีเหมืองแร่ กรมทรัพยากรธรณี ในขณะนั้น ได้มีการเจาะสำรวจเป็นจำนวนมากเพื่อหาปริมาณสำรองแร่ในพื้นที่ดังกล่าว

ภายหลังจาก ปี พ.ศ. 2560 การสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินภายใต้โครงการการกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจเพื่อการบริหารจัดการแร่ และโครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพื่อการบริหารจัดการอย่างสมดุล ได้มีการนำเทคโนโลยีในการสำรวจแร่ที่ทันสมัยเพื่อกำหนดขอบเขตและพื้นที่ศักยภาพแร่ รวมถึงกำหนดทิศทางการวางตัวของสายแร่เบื้องต้นเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดจุดเจาะเพื่อหาความหนาของชั้นแร่ต่อไป โดยวิธีการกำหนดพื้นที่เป้าหมายเพื่อทำการสำรวจ และกำหนดขอบเขตพื้นที่ศักยภาพแร่ มีขั้นตอนการดำเนินงานต่อไปนี้

1) ศึกษา รวบรวม และประมวลผลข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง และเตรียมความพร้อมในการดำเนินงาน มีรายละเอียดดังนี้

1.1) รวบรวมและประมวลผลข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง/ที่เคยทำมาก่อน เพื่อกำหนดพื้นที่ศักยภาพแร่เบื้องต้น

1.2) จำแนกเขตและจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่ศักยภาพแร่เพื่อใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ และเลือกสรรพื้นที่เป้าหมายสำหรับการตรวจสอบเพิ่มเติม (กรณีไม่มีข้อมูลหรือมีข้อมูลไม่สมบูรณ์) พร้อมทั้งวางแผนการดำเนินงาน

1.3) ประสานหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อชี้แจงรายละเอียดของการดำเนินงาน

2) สำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ที่มีศักยภาพแร่สูง มีรายละเอียดดังนี้

- 2.1) สำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาโครงสร้าง
- 2.2) สำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ พร้อมเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์และตรวจสอบ
- 2.3) วิเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติแร่/หิน ในห้องปฏิบัติการ
- 2.4) ประมวลผลข้อมูล เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่เลือกสรรสำหรับการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียด
- 3) สำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่ชั้นรายละเอียดในพื้นที่เลือกสรร เพื่อตรวจสอบและกำหนดขอบเขตของแหล่งแร่ และประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ มีรายละเอียดดังนี้
 - 3.1) สำรวจธรณีวิทยาในพื้นที่เลือกสรร พร้อมเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์และตรวจสอบ
 - 3.2) สำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่ในพื้นที่เลือกสรร พร้อมเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์และตรวจสอบ
 - 3.3) สำรวจธรณีฟิสิกส์ในพื้นที่เลือกสรร
 - 3.4) เจาะสำรวจในพื้นที่เลือกสรร ศึกษาธรณีวิทยาในหลุมเจาะ และหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ พร้อมเก็บตัวอย่างส่งวิเคราะห์และตรวจสอบ
 - 3.5) วิเคราะห์และตรวจสอบคุณสมบัติของแร่โพแทชและธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการ
 - 3.6) ประมวลผลข้อมูล เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่ศักยภาพแร่และประเมินปริมาณทรัพยากรแร่
- 4) ขนย้ายตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจไปจัดเก็บ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหินจังหวัดระยอง เพื่อจัดเก็บเป็นตัวอย่างอ้างอิง และการศึกษาวิจัยต่อยอดในอนาคตต่อไป
- 5) จัดทำข้อเสนอแนวทางและมาตรการเพื่อวางแผนการใช้ทรัพยากรแร่โพแทชหรือการกำหนดเขตแหล่งแร่เพื่อการทำเหมืองแร่โพแทช

3.2 การสำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่

3.2.1 การสำรวจธรณีวิทยา

ธรณีวิทยาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณพื้นที่แอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร มีการสะสมตัวของโพแทชและเกลือหินส่วนใหญ่เป็นกลุ่มหินตะกอนสีแดงที่เกิดจากการสะสมตัวบนภาคพื้นทวีปซึ่งประกอบด้วยหินแข็งอายุตั้งแต่ยุคครีเทเชียสจนถึงปัจจุบัน ได้แก่ หินแข็งจำพวกหินตะกอน หินตะกอนที่มีชั้นเกลือหินแทรกชั้นอยู่ และตะกอนที่ยังไม่แข็งตัวยุคควอเทอร์นารี ซึ่งในการสำรวจโพแทชและเกลือหินนั้นการลำดับชั้นหินตะกอนที่วางตัวรองรับและปิดทับตัวชั้นแร่อยู่นั้นมีความสำคัญต่อการสำรวจธรณีวิทยาเพื่อนำไปเชื่อมโยงกับธรณีวิทยาแหล่งแร่เป็นอย่างมาก โดยสามารถเรียงลำดับหมวดหินที่อยู่ล่างสุดไปหาบนสุดตามการลำดับชั้นหิน ดังนี้

3.2.1.1 หมวดหินโคกกรวด (Kkk)

ข้อมูลทั่วไป หมวดหินโคกกรวดตั้งชื่อตามบ้านโคกกรวด ตำบลโคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ถนนสายมิตรภาพ หมวดหินโคกกรวดมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังอยู่เป็นจำนวนมาก รวมทั้งซากดึกดำบรรพ์

หอยกาบคู่บริเวณอ่างเก็บน้ำน้ำพุ และมีการค้นพบซากไดโนเสาร์ปากนกแก้ว ชนิดซิดตาโกซอร์สสัตยารักษ์ที่อำเภอคอนสวรรค์ จังหวัดชัยภูมิ หมวดหินโคกกรวดมีอายุช่วงต้นของยุคครีเทเชียส

ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน โดยทั่วไปหมวดหินโคกกรวด ประกอบด้วย หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง มีแร่ไมกาปนอยู่ในเนื้อหิน หินทรายแบ่งสีน้ำตาลแดง สีม่วงแดง และในบางบริเวณพบชั้นของหินกรวดมนเม็ดเล็กร่วมด้วย (รูปที่ 3.1) และมีการวางชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก ความสัมพันธ์การลำดับชั้นหินหมวดหินโคกกรวดมีการวางตัวอยู่ระหว่างหมวดหินภูพานที่วางตัวอยู่ด้านล่างและหมวดหินมหาสารคามที่วางตัวอยู่ด้านบน โดยมีความสัมพันธ์แบบต่อเนื่องกับหมวดหินภูพานแต่ไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินมหาสารคาม โดยมีสภาวะแวดล้อมการตกตะกอนแบบทางน้ำโค้งวัดและสภาวะอากาศลักษณะกึ่งแห้งแล้งเป็นการสะสมตัวในสภาวะแวดล้อมหินทรายที่มีเนื้อละเอียดสามารถใช้เป็นแหล่งหินประดับและหินลับมีดได้ บริเวณที่ราบใกล้ภูเขหินทรายใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดี เนื่องจากดินมีแร่ธาตุที่อุดมสมบูรณ์พอสมควรสำหรับพืช ยกเว้นบริเวณที่เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ซึ่งจะมีแร่ธาตุค่อนข้างต่ำ ส่วนดินที่พุ่มมาจากหินดินดานจะมีแร่ธาตุอุดมสมบูรณ์พอสมควร โดยเฉพาะแร่ธาตุอาหารเสริมสำหรับพืชจึงสามารถใช้ประโยชน์ในด้านการเพาะปลูกได้ค่อนข้างดีแต่ดินอาจมีความร่วนซุยต่ำ



รูปที่ 3.1 ชั้นหินทรายเนื้อละเอียด และหินทรายแบ่ง สีน้ำตาลอมม่วงของหมวดหินโคกกรวด บริเวณอำเภอน้อย จังหวัดขอนแก่น

ความหนาและการแผ่กระจาย โดยทั่วไปความหนาของหมวดหินโคกกรวดแปรเปลี่ยนตั้งแต่ 430 - 700 เมตร แผ่กระจายให้เห็นในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตามขอบทั้งสองด้านที่มีโครงสร้างการวางตัวของแอ่งเป็นรูปประทุนคว่ำ (anticlinal structures) เช่น บริเวณอำเภอนามน อำเภอห้วยผึ้ง อำเภอกุฉินารายณ์ และอำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ อำเภอภูพาน อำเภอเต่างอย จังหวัดสกลนคร อำเภอแวงน้อย จังหวัดขอนแก่น และอำเภอดงหลวง จังหวัดมุกดาหาร และบริเวณเขื่อนน้ำพุงความหนาของหมวดหินโคกกรวดโผล่ให้เห็นประมาณ 100 เมตร

ความสัมพันธ์การลำดับชั้นหินของชั้นหินหมวดหินโคกกรวดกับหมวดหินภูพานที่วางตัวอยู่ล่างไม่โผล่ให้เห็นในพื้นที่บางแห่ง เนื่องจากถูกปกคลุมด้วยชั้นดินและชั้นตะกอนเป็นส่วนใหญ่ แต่จากข้อมูลการสำรวจบางพื้นที่ เช่น บริเวณอำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าหมวดหินโคกกรวดวางตัวเป็นชั้นต่อเนื่อง (conformable contact) กับหมวดหินภูพานแบบ sequence boundary ใน non-marine environment จาก braided river เป็น meandering river systems ถึงแม้ว่าความสัมพันธ์ของหมวดหินโคกกรวดและหมวดหินมหาสารคามที่วางตัวปิดอยู่ชั้นบนจะไม่พบหลักฐานของความสัมพันธ์ระหว่างหมวดหินทั้งสอง เนื่องจากถูกปกคลุมด้วยชั้นดินและชั้นตะกอนที่มีความหนา แต่จากการเปรียบเทียบกับรอยสัมผัสที่พบต่อเนื่องกัน พบว่าเป็น sharp contact กับ basal anhydrite ของหมวดหิน

มหาสารคาม (Hite, 1974; Hite and Japakasetr, 1979) และจาก seismic profiles (Sattayarak et al., 1991) ก็ยืนยันเช่นนั้น จึงอนุมานได้ว่าความสัมพันธ์ของหมวดหินโคกกรวดและหมวดหินมหาสารคามเป็นแบบต่อเนื่อง และความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนจากสภาวะแวดล้อมของการตกตะกอนแบบ meandering river systems ในสภาวะภูมิอากาศในสมัยโบราณจาก semi-arid เป็น arid conditions

3.2.1.2 หมวดหินมหาสารคาม (Kms)

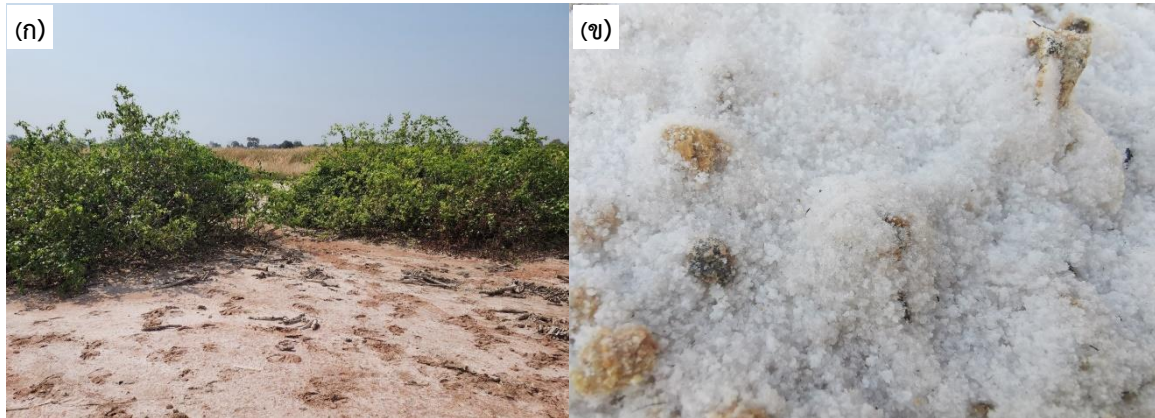
ข้อมูลทั่วไป หมวดหินมหาสารคามตั้งชื่อตามจังหวัดมหาสารคาม โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่หลุมเจาะน้ำบาดาลหมายเลข F-34 บริเวณบ้านเชียงเหียน อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม อายุของหมวดหินมหาสารคามได้จากลำดับชั้นหิน การศึกษาเรณูวิทยา และการศึกษาสนามแม่เหล็กโลก โบราณพบว่ามียุคครีเทเชียสตอนปลาย

ความหนาและการแผ่กระจาย ตามข้อมูลหลุมเจาะหมวดหินมหาสารคามมีความหนาทั้งหมด 610 เมตร แต่คาดว่าอาจจะหนาสูงสุดถึง 1,000 เมตรในบางแห่ง บริเวณที่หมวดหินมหาสารคามแผ่กระจายโผล่ให้เห็นมากที่สุด ได้แก่ บริเวณจังหวัดสกลนคร จังหวัดอุดรธานี จังหวัดขอนแก่น จังหวัดหนองคาย จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดยโสธร จังหวัดอำนาจเจริญ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดมหาสารคาม และจังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น บริเวณที่ชั้นเกลือ (โดมเกลือ) ของหมวดหินนี้โผล่ให้เห็นชัดเจน ได้แก่ บริเวณอำเภอบ้านดุง จังหวัดอุดรธานี อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม และอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา เป็นต้น

ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน จากข้อมูลหลุมเจาะต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน โดยเฉพาะหลุมเจาะสำรวจโพแทช 194 หลุม และข้อมูลที่มีผู้ศึกษามาก่อน หมวดหินมหาสารคามโดยรวมมีลักษณะทางกายภาพและลำดับชั้นหินจากล่างขึ้นบน ดังนี้

- 1) แอนไฮไดรต์ชั้นฐาน หนาประมาณ 1 - 3 เมตร
- 2) เกลือหินชั้นล่าง ประกอบด้วย เกลือหินและโพแทช ความหนารวมประมาณ 300 - 400 เมตร
- 3) หินโคลนชั้นล่าง สีนํ้าตาลแกมแดง นํ้าตาลแกมม่วง สีเทาดำ มีจุดสีเขียวอยู่ทั่วไป มีสายแร่คาร์เนลไลต์และเฮไลต์อยู่ทั่วไป ความหนาอยู่ระหว่าง 10 - 80 เมตร
- 4) เกลือหินชั้นกลาง ส่วนใหญ่ประกอบด้วย เฮไลต์ บางครั้งพบแอนไฮไดรต์หรือยิปซัมอยู่ด้วย ความหนาอยู่ประมาณ 20 - 80 เมตร
- 5) หินโคลนชั้นกลาง มีลักษณะคล้ายหินโคลนชั้นล่าง แต่ไม่มีสายแร่คาร์เนลไลต์ หนาประมาณ 20 - 70 เมตร
- 6) เกลือหินชั้นบน ประกอบด้วย เกลือหิน ยิปซัม และแอนไฮไดรต์ชั้นบางแทรก หนาประมาณ 5 - 20 เมตร

ขอบเขตของหมวดหินมหาสารคาม ส่วนใหญ่จะเป็นเขตพื้นที่ดินเค็ม เนื่องจากชั้นหินเคลย์ ซึ่งมีเกลืออยู่ในเนื้อหินเมื่อโผล่พ้นพื้นดิน เกลือที่อยู่ในเนื้อหินจะแยกตัวออกมา นอกจากนั้นชั้นเกลือหินของหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี มักจะเคลื่อนที่ไปตามรอยแตกของชั้นหินในสภาพของน้ำที่มีความเค็มสูงเข้ามาในชั้นน้ำใต้ดินและขึ้นสู่ผิวดิน เมื่อน้ำแห้งจะทิ้งคราบเกลือสีขาวพบเห็นได้ทั่วไป (รูปที่ 3.2)



รูปที่ 3.2 พื้นที่ที่รองรับด้วยหมวดหินมหาสารคาม มักพบคราบเกลือสีขาวปรากฏอยู่ทั่วไปบนผิวดิน
(ก) หนามพุดตอมักพบในพื้นที่ดินเค็มจัด (ข) รูปผลึกเกลือสีขาวปรากฏอยู่ทั่วไปบนพื้นที่ดินเค็ม

ความสัมพันธ์การลำดับชั้นหิน หมวดหินมหาสารคามมีการวางตัวอยู่ระหว่างหมวดหินโคกกรวดในตอนล่างและหมวดหินภูทอกในตอนบน โดยแสดงความสัมพันธ์แบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องกับหมวดหินโคกกรวด และแบบต่อเนื่องกับหมวดหินภูทอก จากลักษณะทางกายภาพ ลำดับชั้นหิน และชั้นเกลือรวม 3 ชั้น ยิปซัมและแอนไฮไดรต์ หมวดหินมหาสารคามเกิดจากการสะสมตัวที่มีน้ำเค็มไหลเข้ามาในแอ่งสะสมตัว ในสภาพอากาศแบบแห้งแล้ง

3.2.1.3 หมวดหินภูทอก (Kpt)

ข้อมูลทั่วไป หมวดหินภูทอกในความหมายเดิมเป็นหมวดหินที่ประกอบไปด้วยหินทรายเป็นส่วนใหญ่ โผล่ให้เห็นในพื้นที่บริเวณที่ราบสูงโคราชบริเวณขอบแอ่งด้านทิศเหนือของแอ่งอุดรธานี - สกลนคร โดยมีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ภูทอกน้อย อำเภอศรีวิไล จังหวัดหนองคาย ปัจจุบันพบหมวดหินภูทอกแผ่กระจายอย่างกว้างขวางบริเวณตอนกลางของที่ราบสูงโคราช เช่นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และมหาสารคาม

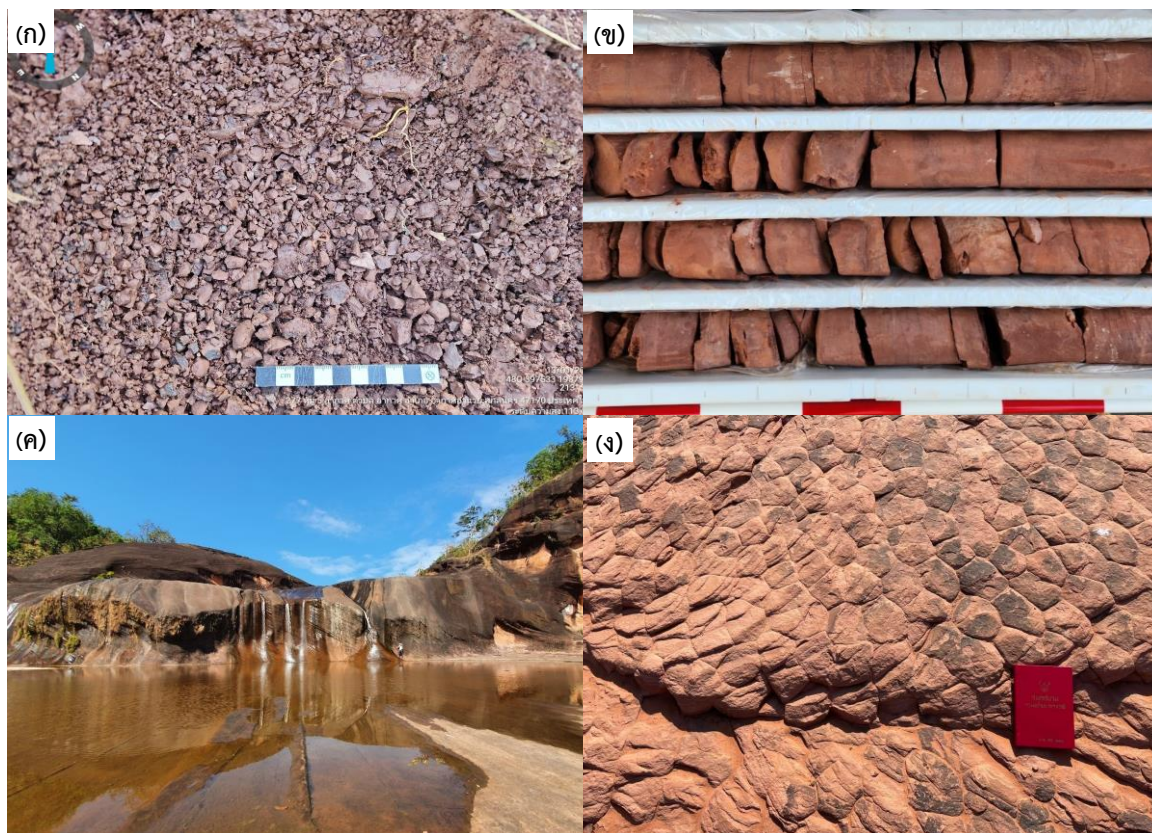
ลักษณะทางกายภาพของชั้นหิน จากการศึกษาของ สุวภาคย์ อัมสมุท (2540) โดยทั่วไปหมวดหินภูทอก ประกอบด้วย หินทรายสองชนิดคือหินทรายสีน้ำตาลแดงเนื้อหยาบปานกลางถึงละเอียด ชั้นหนามีการวางชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ แทรกสลับกับหินทรายสีแดงแกมน้ำตาลถึงแดงแกมม่วง เนื้อละเอียดมากถึงทรายแป้งมีเนื้อปูนผสมมีโครงสร้างแบบลอนคลื่น ภายหลังเด่นโชค มั่นใจ (2549) ได้ทำการแบ่งหมวดหินภูทอกออกเป็น 3 หมู่หิน (จากอายุแก่ถึงอ่อน) ดังนี้ (รูปที่ 3.3)

หมู่หินนาหว้า ประกอบด้วย หินโคลนสีน้ำตาลแกมม่วง สีน้ำตาลแดงแกมส้ม ไม่แสดงชั้นเนื้อหินมีการเชื่อมประสานด้วย calcareous cement และ silica cement

หมู่หินคำตากล้า ตอนล่างของหมู่หินประกอบด้วย หินทรายแป้งสีน้ำตาลแดงแกมม่วง พบโครงสร้างชั้นไม่สมบูรณ์ (Bioturbated bed) เป็นโครงสร้างชั้นตะกอนเด่นของหิน และพบโครงสร้างชั้นตะกอนอื่น เช่น รูซอนไซ โครงสร้างชั้นเฉียงระดับขนาดเล็ก และโครงสร้างน้ำหนกกดทับเกิดร่วมด้วย เนื้อหินมีการเชื่อมประสานด้วย calcareous cement และ silica cement และพบก้อน caliche กระจายอยู่ในเนื้อหินพอสมควร ตอนบนของหมู่หินเป็นหินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง สีน้ำตาลอ่อน ชั้นบางถึงหนาแสดงชั้นเฉียงระดับชัดเจน

หมู่หินภูทอกน้อย หินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง สีน้ำตาลแดงแกมส้ม ชั้นหนาถึงไม่แสดงชั้น การคัดขนาดดีมาก แสดงชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่อย่างเด่นชัด แทรกสลับด้วยหินทรายเนื้อละเอียดถึงปานกลาง สีน้ำตาลแดง แสดงโครงสร้างแบบลอนคลื่นเด่นชัด เนื้อหินมีการเชื่อมประสานด้วย calcareous cement และ silica cement

การแผ่กระจายของหมวดหินภูทอกมักพบอยู่เป็นภูเขาโดด ๆ และบริเวณที่เป็นที่ราบลอนคลื่น หมวดหินภูทอกแผ่กระจายทั่วไปในพื้นที่บริเวณภูทอกน้อย ภูทอกใหญ่ ภูสิงห์ ภูวัว ภูลังกา และบริเวณที่ราบลอนคลื่นทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ได้แก่ บริเวณอำเภopakคาคัด อำเภอบึงกาฬ อำเภอพรเจริญ อำเภอศรีวิไล อำเภอเซกา อำเภอบึงโขงหลง จังหวัดหนองคาย อำเภอบ้านแพง อำเภอท่าอุเทน อำเภอเรณูนคร และอำเภอธาตุพนม จังหวัดนครพนม อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร อำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น และอำเภอบรบือ อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม เป็นต้น



รูปที่ 3.3 ลักษณะหินหมวดหินภูทอกในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- (ก) หินโคลนของหมู่หินนาหว้า บริเวณอำเภออากาศอำนวย จังหวัดนครพนม
- (ข) หินทรายแป้งของหมู่หินคำตาก้า หลุมเจาะ K-213 บริเวณอำเภอประทาย จังหวัดนครราชสีมา
- (ค) หินทรายแสดงชั้นเฉียงระดับขนาดใหญ่ บริเวณน้ำตกภูถ้ำพระ อำเภอเซกา จังหวัดบึงกาฬ
- (ง) หินทรายแสดงรอยแตกหรือชั้นแครก บริเวณอำเภอเมืองพล จังหวัดขอนแก่น

3.2.1.4 หน่วยตะกอนน้ำพา (Qa)

พบแผ่กระจายบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำสายสำคัญต่าง ๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น แม่น้ำชี และแม่น้ำมูล ประกอบด้วย ตะกอนกรวด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เกิดจากน้ำพัดพา กรวด หิน ดิน ทราย ไปสะสมตัวลักษณะเป็นภูมิประเทศที่ราบริมแม่น้ำ พื้นที่ราบนี้มักเป็นแหล่งสะสมตัว

ของชั้นทรายแม่น้ำ โดยทั่วไปสภาพดินเป็นดินร่วนที่มีแร่ธาตุที่จำเป็นต่อพืชเหมาะต่อการเพาะปลูก แต่เนื่องจากเป็นที่ราบจึงมักประสบกับน้ำท่วมขังในช่วงฤดูฝนเป็นประจำ และในบางพื้นที่อาจมีสภาพเป็นดินเค็ม เนื่องจากถูกรองรับด้วยหมวดหินมหาสารคามซึ่งมีเกลือหินแทรกอยู่ และมีการแทรกซึมขึ้นมาของชั้นเกลือหิน ขึ้นมาสู่ผิวดิน โดยน้ำเกลือจากใต้ดินถูกดึงดูดขึ้นมาสู่ผิวดินด้วยกรรมวิธีทางธรรมชาติที่เรียกแรงดึงดูดผิว (capillary attraction) น้ำเกลือที่ถูกดึงดูดและค่อย ๆ แทรกซึมขึ้นมาทางช่องว่าง หรือถูกพาขึ้นมา โดยชั้นน้ำบาดาล

3.2.2 การสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่

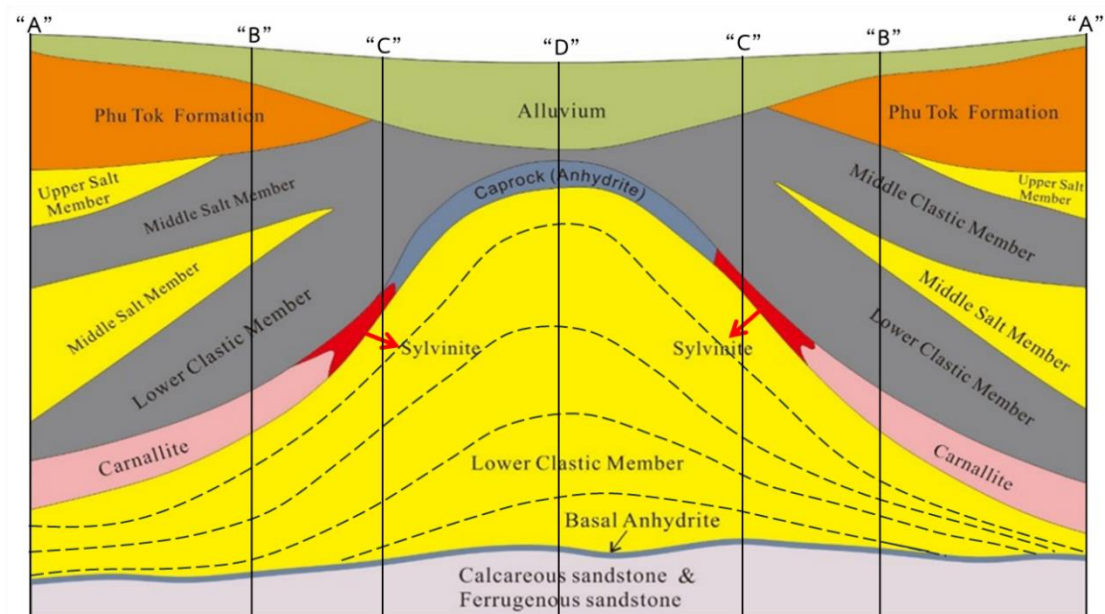
จากข้อมูลการเจาะสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินของกรมทรัพยากรธรณี จำนวน 194 หลุม สามารถนำมากำหนดรูปแบบจำลองโครงสร้างธรณีวิทยาแหล่งแร่โพแทชและเกลือหิน (รูปที่ 3.4) โดยพบรูปแบบที่สำคัญต่าง ๆ 4 แบบ ได้แก่

1) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียว คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 14,690 ตารางกิโลเมตร (“D”)
2) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียวและมีโพแทชด้วย คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 3,350 ตารางกิโลเมตร (“C”)

3) โครงสร้างที่มีเกลือหิน 2 ชั้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 22,680 ตารางกิโลเมตร (“B”)

4) โครงสร้างที่มีเกลือหิน 3 ชั้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 9,280 ตารางกิโลเมตร (“A”)

ลักษณะการสะสมตัวของโพแทชและเกลือหินทั้ง 4 รูปแบบนี้มีความสำคัญต่อการวางแผนในการสำรวจขั้นถัดไป เนื่องจากบางพื้นที่ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจธรณีวิทยาพื้นผิวสามารถกำหนดพื้นที่เบื้องต้นได้ว่าบริเวณไหนที่เป็นบริเวณโดมเกลือหรือโครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียว หรือ section “D” มักจะพบแต่เกลือหินอย่างเดียวไม่พบชั้นโพแทช หรือบริเวณไหนที่พบหินโผล่ของหมวดหินภูพานซึ่งคาดว่าจะตรงกับโครงสร้างที่มีเกลือหิน 3 ชั้น หรือ section “A” ซึ่งมักจะพบการสะสมตัวของโพแทชอยู่ข้างใต้เสมอ



แบบจำลองแสดงโครงสร้างแร่โพแทชและเกลือหินในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Suwanich, 1986)

รูปที่ 3.4 แบบจำลองแสดงโครงสร้างแร่โพแทชและเกลือหินในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก Suwanich, 1986)

การประมวลผลข้อมูลการสำรวจจากการสำรวจธรณีวิทยาร่วมกับข้อมูลธรณีวิทยาแหล่งแร่ จึงเป็นข้อมูลที่สำคัญที่เราจะใช้ในการกำหนดหรือการวางแผนสำรวจธรณีฟิสิกส์ในขั้นตอนถัดไป เพื่อให้ได้ขอบเขตการวางตัวของชั้นแร่ และการกำหนดจุดเจาะสำรวจเพื่อหาความหนาของชั้นแร่ต่อไป

3.3 การสำรวจธรณีฟิสิกส์

การสำรวจทรัพยากรแร่โพแทช สามารถประยุกต์ใช้การสำรวจธรณีฟิสิกส์ เช่น การวัดค่าความโน้มถ่วงโลก การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า เพื่อกำหนดขอบเขต รูปร่าง และการวางตัวของโพแทช และเกลือหิน

3.3.1 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงโลก

การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าความโน้มถ่วงโลก มีการดำเนินการสำรวจภาคสนาม ประกอบด้วย การรังวัดสำรวจ การสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วง และข้อมูลดิบที่ได้จากงานภาคสนาม ต้องนำไปประมวลผล และปรับทอนข้อมูล เพื่อปรับแก้ค่าความโน้มถ่วงโลกที่วัดได้ให้เหลือเพียงปัจจัยจากความแตกต่างทางสภาพธรณีวิทยาเพียงอย่างเดียว ซึ่งข้อมูลในส่วนนี้จะนำไปทำการประมวลผลแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกในรูปแบบแผนที่ค่าผิดปกติบูเกร์ (bouguer anomaly map) และแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง (residual anomaly map) และทำการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลก

บริเวณพื้นที่สำรวจที่มีลักษณะภูมิประเทศหรือระดับความสูงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก การแปลความหมายข้อมูลความโน้มถ่วงโลกเชิงคุณภาพ เป็นการแปลความหมายข้อมูลโดยดูจากขนาดค่าผิดปกติบูเกร์ รูปร่าง แนวการวางตัว ความถี่ - ความห่าง และอัตราการเปลี่ยนแปลงของเส้นชั้นค่าความโน้มถ่วงโลก แล้วแปลความหมายออกมาเทียบเคียงกับลักษณะธรณีวิทยา/ธรณีวิทยาโครงสร้างร่วมกับข้อมูลหลุมเจาะสำรวจเดิมที่มีในพื้นที่ จะได้ขอบเขตของการสะสมตัวของชั้นโพแทชและเกลือหินในเบื้องต้น และจากการหาความลึกของชั้นหินฐานโดยวิธี spectral analysis จากข้อมูลค่าผิดปกติบูเกร์ ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงของโลกเชิงปริมาณ จะพบความลึกของชั้นหินที่ได้อยู่ที่ระดับลึกที่สุดประมาณ 2 กิโลเมตร แปลความหมายได้ว่าค่าความโน้มถ่วงที่วัดได้จากการศึกษาสะท้อนถึงลักษณะธรณีวิทยาถึงลงไปถึงชุดหินโคราชสามารถแบ่งลักษณะปรากฏค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกร์ต่ำ พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกร์ปานกลาง และพื้นที่ค่าผิดปกติบูเกร์สูง โดยมีรายละเอียดการแปลความหมายของแต่ละค่าความผิดปกติของแต่ละพื้นที่ ดังนี้

1) **พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกร์ต่ำ (Low Bouguer Anomaly)** แสดงเป็นพื้นที่โซนสีเขียว - น้ำเงิน ในแผนที่ค่าผิดปกติบูเกร์ ส่วนใหญ่แปลความหมายเป็นบริเวณที่ชุดหินโคราชอยู่ระดับลึกที่สุดในพื้นที่สำรวจ ถูกปิดทับด้วยหมวดหินมหาสารคามที่มีความหนามากกว่าบริเวณอื่น ๆ หรืออีกนัยหนึ่งสามารถแปลความหมายถึงบริเวณที่มีชั้นตะกอนสะสมตัวหนามากกว่าบริเวณอื่น ๆ

2) **พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกร์ปานกลาง (Moderate Bouguer Anomaly)** แสดงเป็นพื้นที่โซนสีเขียว - ส้ม แปลความหมายเป็นบริเวณที่ชุดหินโคราชมีการเอียงเทไปทิศทางใดทิศทางหนึ่งจากจุดศูนย์กลาง บริเวณใกล้เคียงที่มีค่าผิดปกติบูเกร์ต่ำแปลความหมายว่าพื้นที่นี้จะมีค่าความลึกของชั้นหินชุดโคราชที่อยู่ในระดับลึกรองลงมาจากบริเวณที่ค่าผิดปกติบูเกร์ต่ำและถูกปิดทับด้วยหมวดหินมหาสารคามที่มีความหนา รองลงมาตามลำดับ

3) พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกอร์สูง (High Bouguer Anomaly) แสดงเป็นพื้นที่โซนส้ม - ชมพู แปลความหมายเป็นบริเวณที่ชุดหินโคราชซึ่งเป็นหินแข็งอยู่ที่ระดับตื้นที่สุดในพื้นที่สำรวจถูกปิดทับด้วยตะกอนของหมวดหินมหาสารคามที่มีความหนาน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ

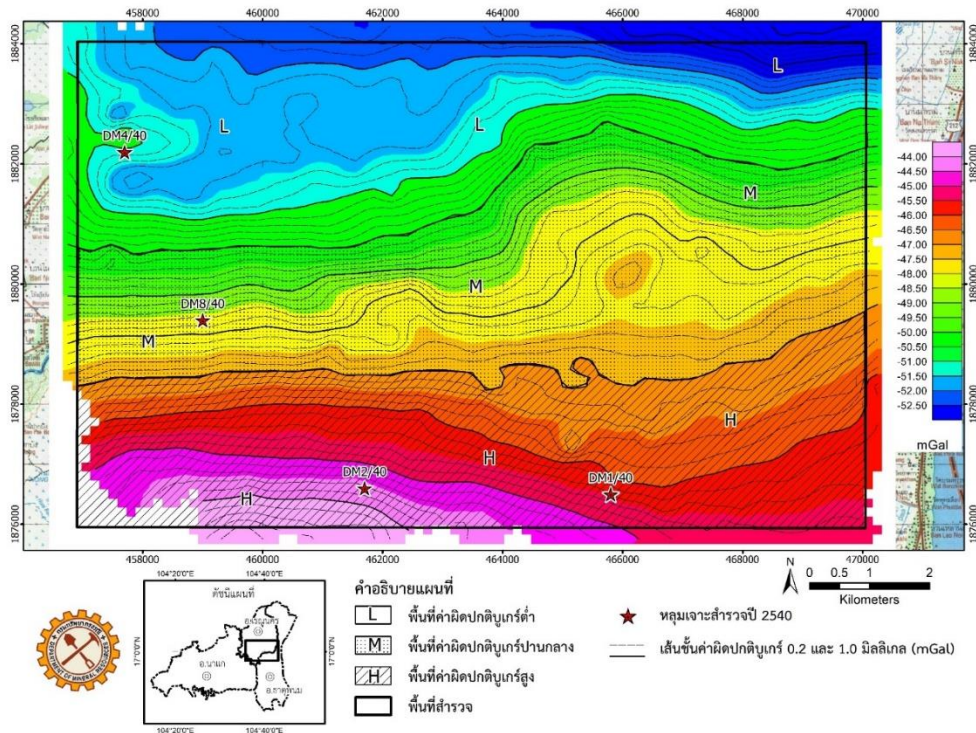
แต่อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการแปลความหมายข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกด้วยแผนที่ค่าผิดปกติบูเกอร์สะท้อนให้เห็นถึงลักษณะธรณีวิทยาทั้งระดับลึกและระดับตื้นไม่สามารถบ่งชี้ถึงบริเวณที่คาดว่าจะมีชั้นเกลือหิน แอ่งเกลือ หรือโดมเกลือในพื้นที่สำรวจได้อย่างชัดเจน จึงได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพข้อมูล ประมวลผลเป็นแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างที่สะท้อนถึงข้อมูลธรณีวิทยาระดับตื้นเพียงอย่างเดียว ซึ่งสัมพันธ์กับหมวดหินมหาสารคามและหมวดหินภูพานในพื้นที่ สามารถแบ่งลักษณะปรากฏของค่าความโน้มถ่วงตกค้างเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลาง และพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง โดยมีรายละเอียดการแปลความหมายของแต่ละพื้นที่ดังนี้

พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ (Low Residual Anomaly) แสดงเป็นพื้นที่โซนสีฟ้า - น้ำเงิน ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง จากข้อมูลการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างร่วมกับหลุมเจาะเดิมพบว่าโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีแปลความหมายเป็นชั้นเกลือหินชั้นเดียวหรือโดมเกลือ

พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลาง (Moderate Residual Anomaly) แสดงเป็นพื้นที่โซนสีส้ม - เขียว ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง พบปรากฏทั่วไปในพื้นที่สำรวจเป็นรอยต่อระหว่างพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูงและต่ำ แปลความหมายเป็นบริเวณขอบแอ่งเกลือ หรือส่วนที่เป็นไหล่ของโดมเกลือ หรือบริเวณที่หมวดหินภูพานอยู่ที่ระดับลึกกว่าบริเวณพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง โดยส่วนใหญ่แล้วบริเวณนี้จะพบเกลือหินชั้นเดียวที่มีการสะสมตัวของโพแทชชนิดซิลไวท์และ/หรือคาร์เนลไลต์เกิดร่วม หรือบางบริเวณพบเกลือหินสองชั้นที่มีการสะสมตัวของโพแทชทั้งสองชนิดเกิดร่วม

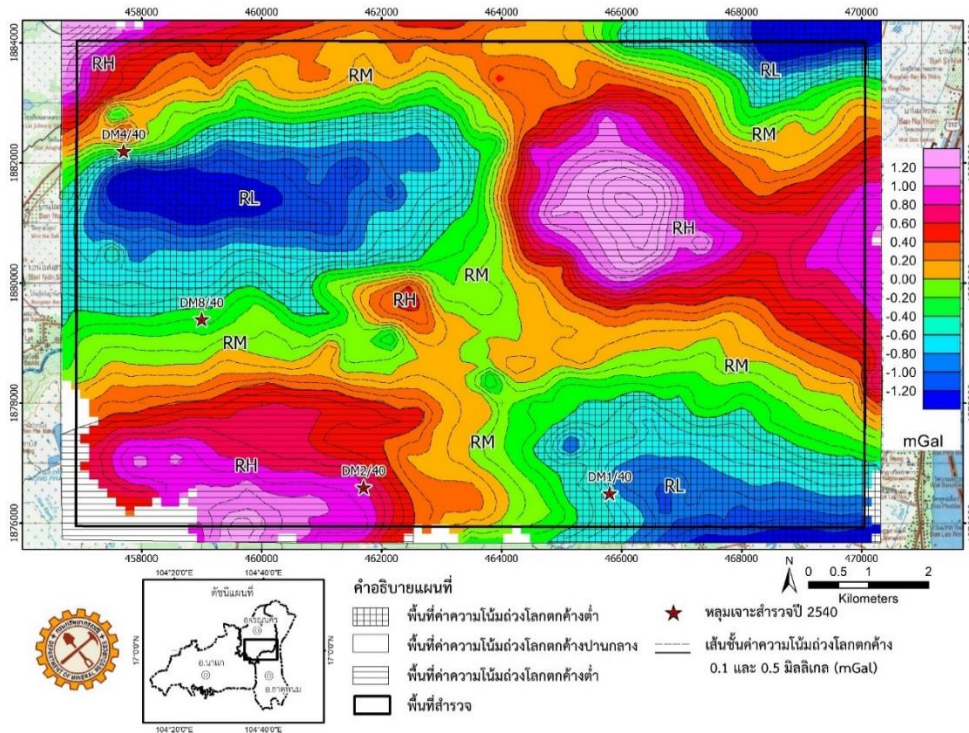
พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง (High Residual Anomaly) แสดงเป็นพื้นที่โซนแดง - ชมพู ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง แปลความหมายเป็นบริเวณที่หมวดหินภูพานปรากฏที่ระดับตื้นปิดทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งสันนิษฐานว่าหมวดหินภูพานบริเวณที่เป็นโซนสีชมพูมีความหนามาก โดยส่วนใหญ่แล้วบริเวณนี้จะพบเกลือหินสองชั้น หรือเกลือหินสามชั้นที่มีการสะสมตัวของโพแทชอยู่ด้วยเสมอ ซึ่งจะต่างจากบริเวณพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำที่แสดงเป็นโซนสีฟ้า-น้ำเงิน หรือพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลางที่แสดงเป็นโซนสีส้ม - เขียว ซึ่งอาจจะพบหมวดหินภูพานที่บางมากหรือไม่พบเลย

ตัวอย่างการแปลความหมายการสำรวจธรณีฟิสิกส์โดยการวัดค่าแรงโน้มถ่วงโลก พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 ดำเนินการโดยกองเทคโนโลยีธรณี กรมทรัพยากรธรณี ครอบคลุมพื้นที่เป้าหมาย 100 ตารางกิโลเมตร โดยวางจุดสำรวจแบบสุ่ม มีระยะห่างระหว่างจุดประมาณ 300 เมตร รวมจำนวนจุดสำรวจทั้งสิ้น 785 จุด พบว่าบริเวณพื้นที่สำรวจมีลักษณะภูมิประเทศหรือระดับความสูงที่ไม่แตกต่างกันมากนัก จึงเลือกใช้แผนที่ค่าผิดปกติบูเกอร์ โดยพบว่าค่าผิดปกติบูเกอร์ของทั้งพื้นที่สำรวจมีค่าอยู่ในช่วง -54.13 ถึง -43.04 มิลลิเกิล พบว่าความลึกของชั้นหินที่ได้อยู่ที่ระดับลึกที่สุดประมาณ 2 กิโลเมตร แปลความหมายได้ว่าค่าความโน้มถ่วงที่วัดได้จากการศึกษาในครั้งนี้สะท้อนถึงลักษณะธรณีวิทยาลึกลงไปถึงชุดหินโคราช สามารถแบ่งลักษณะปรากฏของค่าความโน้มถ่วงผิดปกติเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกอร์ต่ำ พื้นที่ค่าผิดปกติบูเกอร์ปานกลาง และพื้นที่ค่าผิดปกติบูเกอร์สูง โดยความลึกชั้นหินฐานที่รองรับหมวดหินมหาสารคาม มีการเอียงเทไล่ระดับจากทิศใต้ไปทางทิศเหนือตามค่าผิดปกติบูเกอร์ที่ไล่จากค่าผิดปกติสูงไปต่ำ (รูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าผิดปกติบูเกอร์ แสดงพื้นที่ค่าผิดปกติบูเกอร์ต่ำ ปานกลาง และสูง พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม

หลังจากนั้นได้ทำการประมวลผลโดยใช้ค่าความโน้มถ่วงแบบตกค้างเพื่อสะท้อนถึงข้อมูลธรณีวิทยาระดับตื้นเพียงอย่างเดียว เพื่อบ่งชี้ถึงบริเวณที่คาดว่าจะมีชั้นเกลือหิน แอ่งเกลือ หรือโดมเกลือในพื้นที่สำรวจได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลการแปลความหมายสัมพันธ์กับหมวดหินมหาสารคาม และหมวดหินภูทอกในพื้นที่สามารถแบ่งลักษณะของค่าความโน้มถ่วงตกค้างเป็น 3 พื้นที่ คือ พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ พื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลาง และพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง โดยพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ แสดงเป็นพื้นที่โซนสีฟ้า - น้ำเงิน ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างมีค่าต่ำกว่า -0.4 มิลลิเกิล พบปรากฏ 3 บริเวณ แปลความหมายเป็นชั้นตะกอนหนากว่าบริเวณอื่น ๆ รวมถึงบริเวณค่าความโน้มถ่วงต่ำทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมีลักษณะธรณีวิทยาเป็นชั้นตะกอนเช่นเดียวกัน ส่วนพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่สำรวจ แปลความหมายเป็นชั้นเกลือหินหรือ **โดมเกลือ** บริเวณพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลาง แสดงเป็นพื้นที่โซนสีส้ม - เขียว ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างมีค่าอยู่ในช่วง -0.4 ถึง 0.4 มิลลิเกิล พบปรากฏทั่วไปในพื้นที่สำรวจเป็นรอยต่อระหว่างพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูงและต่ำ แปลความหมายเป็นบริเวณขอบแอ่งเกลือ หรือส่วนที่เป็น **ไหล่ของโดมเกลือ** หรือบริเวณที่หมวดหินภูทอกอยู่ที่ระดับลึกกว่าบริเวณพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง และพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างสูง (high residual anomaly) แสดงเป็นพื้นที่โซนสีแดง - ชมพู ในแผนที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างมีค่ามากกว่า 0.4 มิลลิเกิล พบปรากฏทางตะวันตกเฉียงใต้ และตอนกลางของพื้นที่สำรวจแปลความหมายเป็นบริเวณที่หมวดหินภูทอกปรากฏที่ระดับตื้นปิดทับอยู่บนหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งสันนิษฐานว่า **หมวดหินภูทอกที่มีความหนา** มากกว่าบริเวณโซนสีชมพู สอดคล้องกับข้อมูลหลุมเจาะเดิม โดยหลุมเจาะ DM2/40 พบหมวดหินภูทอกอยู่ที่ระดับตื้นกว่าหลุมเจาะ DM1/40 ซึ่งถูกปิดทับด้วยดินชั้นบน ตะกอนกรวดทราย ยุคควอเทอร์นารีที่หนาแน่นกว่า (รูปที่ 3.6)

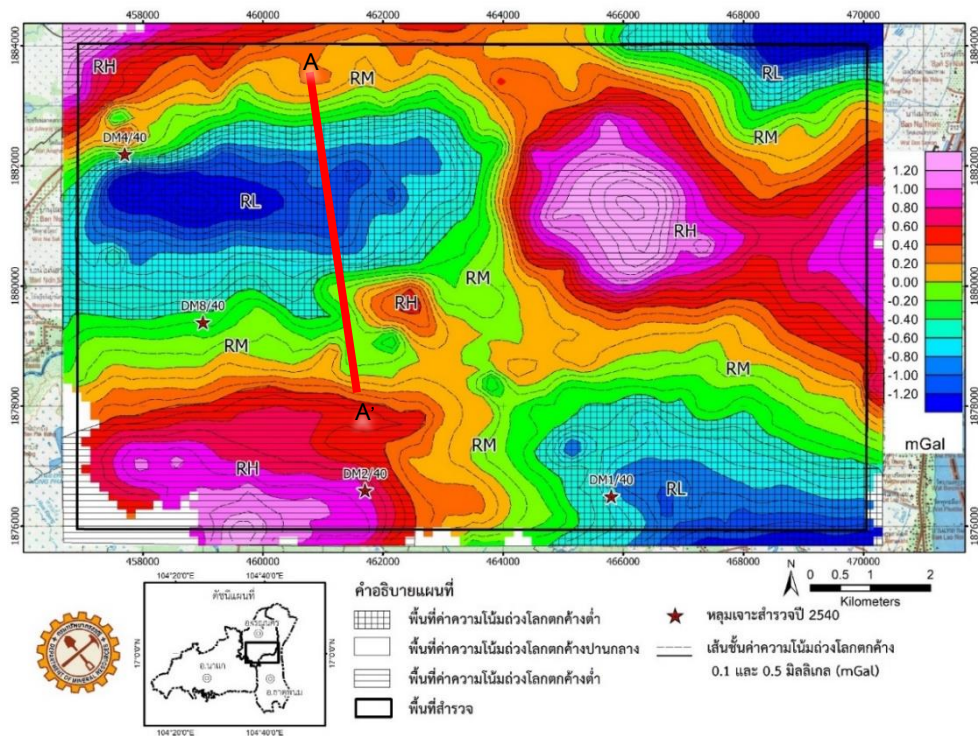


รูปที่ 3.6 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง แสดงพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ ปานกลาง และสูง พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม

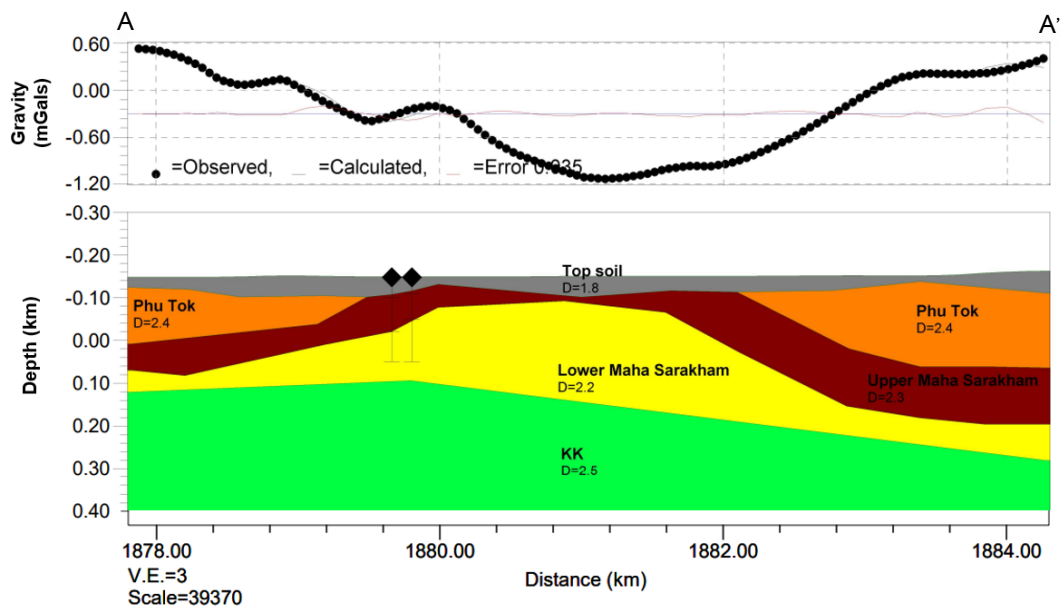
จากนั้นได้นำผลการสำรวจที่ได้ดังกล่าวไปสร้างภาพตัดขวางรูปแบบจำลองการสะสมตัวของแร่ และรูปแบบของโดมเกลือโดยใช้ข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างร่วมกับผลที่ได้จากการเจาะสำรวจ เพื่อแสดงให้เห็นการวางตัวของหมวดหินโคกกรวด (KK) หมวดหินมหาสารคามตอนล่าง (Lower Maha Sarakham) ที่สัมพันธ์กับชั้นเกลือหินชั้นล่างหรือโดมเกลือ หมวดหินมหาสารคามตอนบน (Upper Maha Sarakham) หมวดหินภูทอก (Phu Tok) และชั้นตะกอนปิดทับด้านบน (Top soil) โดยตำแหน่งที่คาดว่าจะมีความสัมพันธ์กับแหล่งแร่โพแทชคือไหล่ของโดมเกลือ บริเวณหมวดหินมหาสารคามตอนล่างลาดเอียงลงในแบบจำลอง ซึ่งเป็นพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างปานกลาง แต่ไม่สามารถกำหนดขอบเขตพื้นที่ศักยภาพแร่ที่ชัดเจนได้จากแบบจำลอง รูปร่าง ความหนา ความลึก การวางตัวของชั้นหิน รวมถึงขอบเขตการสะสมตัวของแหล่งแร่ ในแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหลุมเจาะหรือข้อมูลอื่น ๆ มาสนับสนุนเพิ่มเติม (รูปที่ 3.7 และ 3.8)

3.3.2 การสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า

การสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อกำหนดพื้นที่ศักยภาพแร่โพแทชและเกลือหิน นอกจากวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงโลกในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศักยภาพแร่โพแทชออกจากพื้นที่โดมเกลือ และกำหนดรูปแบบการสะสมตัว 2 มิติ เบื้องต้นแล้ว การวัดค่าความต้านทานไฟฟ้ายังสามารถช่วยยืนยันผลข้อมูลของแบบจำลอง 2 มิติ จากการแปลความหมายผลการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก ในการกำหนดรูปแบบการสะสมตัวของแหล่งแร่จากคุณสมบัติการต้านทานไฟฟ้าที่แตกต่างกันของแต่ละชั้นหิน/แร่ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของชั้นหิน/แร่ เช่น องค์ประกอบของแร่ต่าง ๆ รูปร่าง และของเหลวที่อยู่ในรูพรุน (น้ำจืด/น้ำเค็ม) เป็นต้น ทำให้สามารถกำหนดแบบจำลองบริเวณที่เป็นโดมเกลือ ไหล่โดม



รูปที่ 3.7 แผนที่แสดงแนวตัดขวางข้อมูลค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง เพื่อสร้างแบบจำลองภาพตัดขวาง แนว A-A' พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม



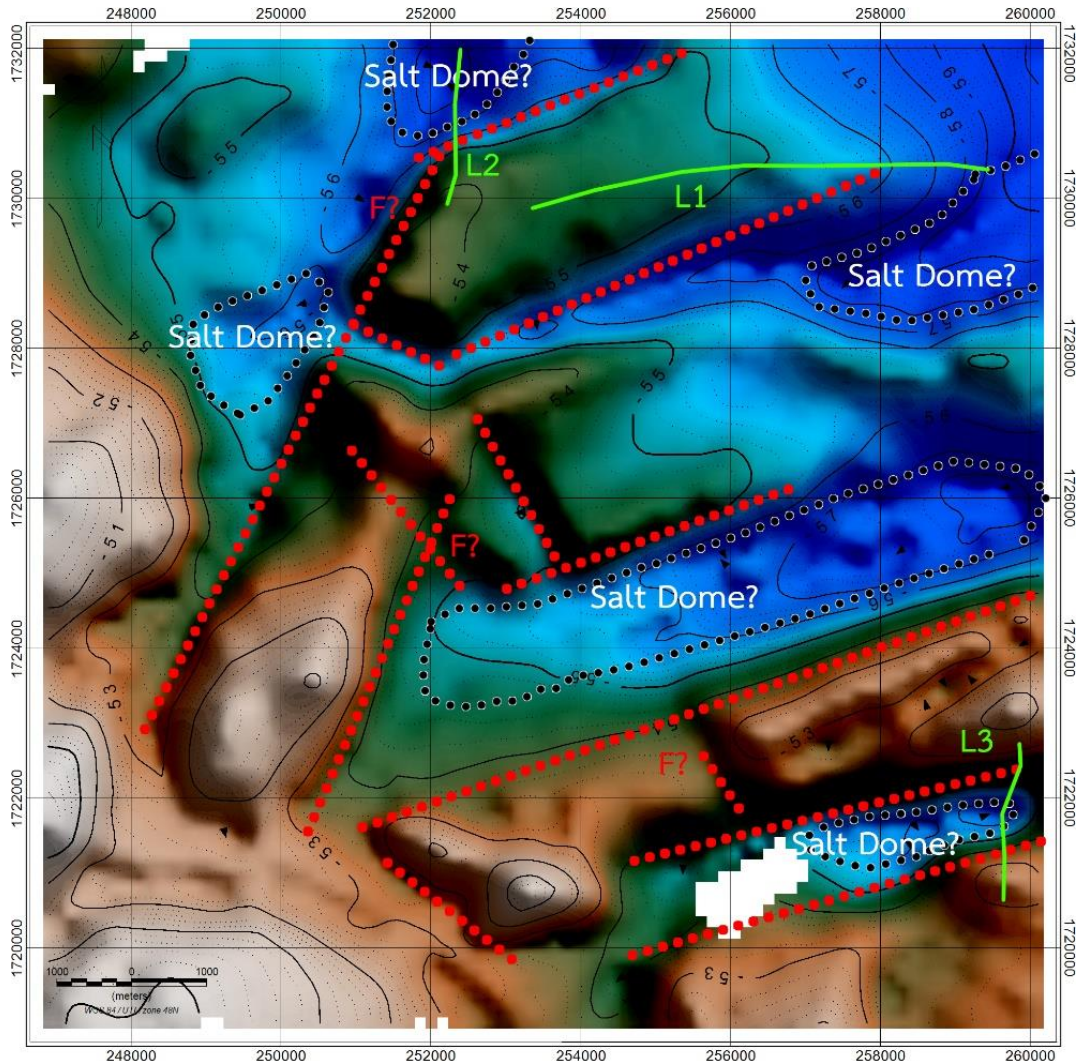
รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะธรณีวิทยาใต้ดินของแบบจำลองภาพตัดขวาง พื้นที่อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม แนว A-A'

หรือบริเวณที่เป็นแอ่งเกลือ เพื่อยืนยันผลการสำรวจและเพิ่มความเชื่อมั่นของข้อมูลที่ได้จากการสำรวจธรณีฟิสิกส์ ในการกำหนดจุดสำรวจในขั้นตอนต่อไป

โดยทั่วไปแล้วการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าในพื้นที่ศักยภาพแร้โพแทชและเกลือหิน จะดำเนินการวางแนวสำรวจแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ ซึ่งแนวสำรวจได้มีการวางขั้วสำรวจแบบโพล-ไดโพล (pole-dipole) เพื่อให้ได้ข้อมูลความลึกมากที่สุด โดยส่วนใหญ่จะได้รับความลึกที่ประมาณ 200 เมตรจากระดับผิวดิน ระยะทางสำรวจส่วนใหญ่จะเลือกตามแนวถนนผ่านที่มีความยาวแนวตรงของถนนมากกว่า 1 กิโลเมตร การวางตำแหน่งแนวสำรวจได้อาศัยข้อมูลจากการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก โดยวางแนวสำรวจผ่านบริเวณที่มีค่าความผิดปกติบูเกอร์จากค่าต่ำ - สูง และในบริเวณที่คาดว่าจะเป็ โครงสร้างโดมเกลือ เนื่องจากความต้านทานไฟฟ้าที่แตกต่างกันของชั้นหิน-ดิน ช่องว่าง รุพ-run และชนิดของเหลวที่แทรกอยู่ รวมถึงชั้นเกลือหินและโครงสร้างโดมเกลือ ความแตกต่างเหล่านี้จะทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่วัดได้มีความแตกต่างกันและสามารถบ่งบอกลักษณะธรณีวิทยาใต้ผิวดินได้เป็นอย่างดี ทำให้สามารถช่วยกำหนดขอบเขตหรือบริเวณที่เป็นส่วนยอดของโดมเกลือ โหลโดม หรือบริเวณที่เป็นน้ำเค็มได้เป็นอย่างดี

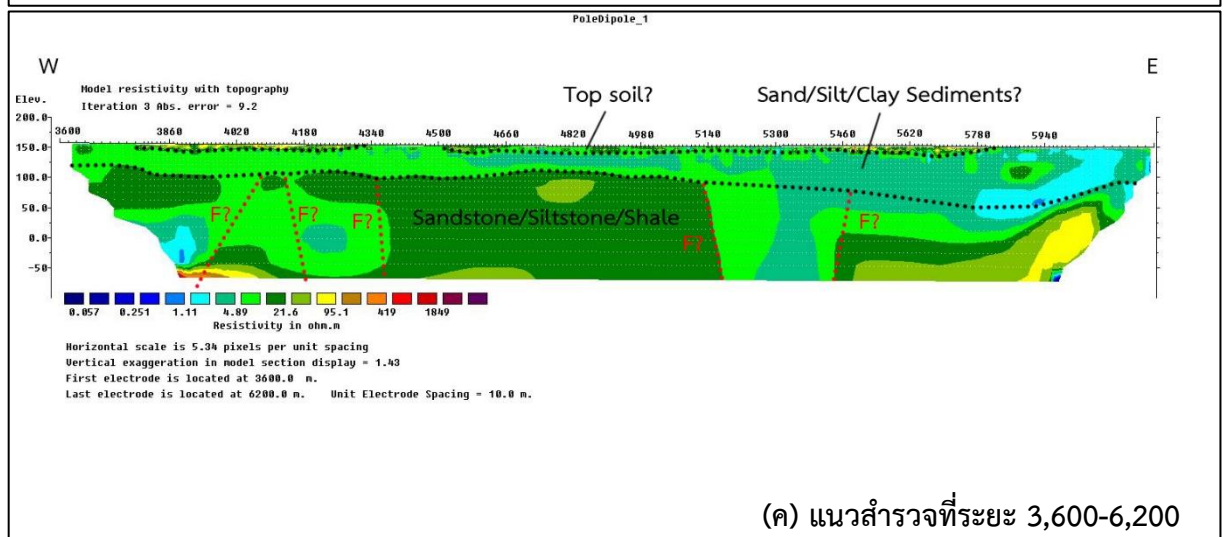
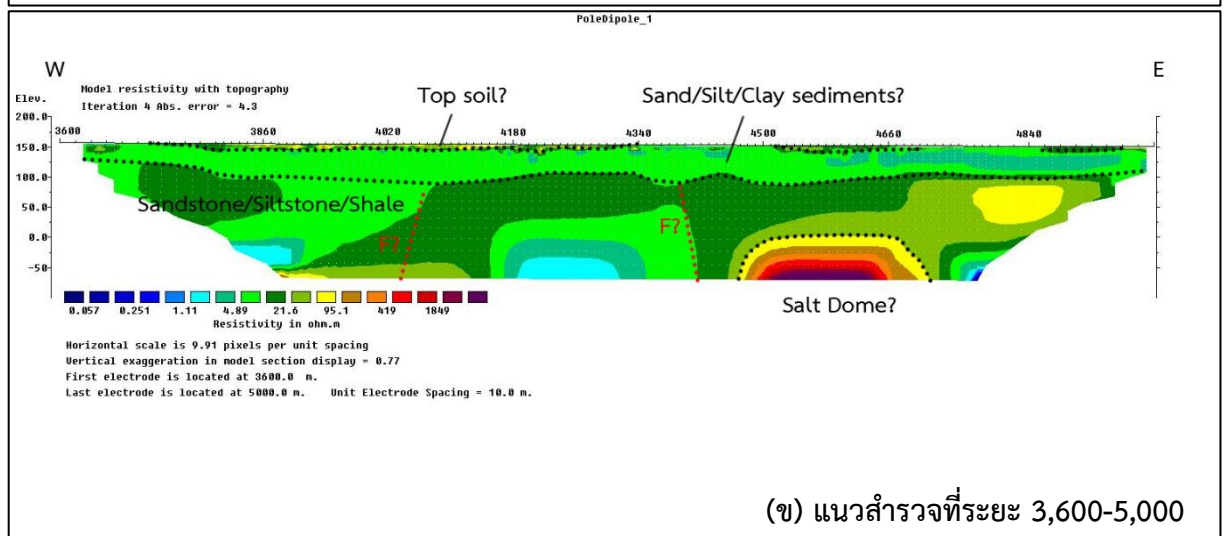
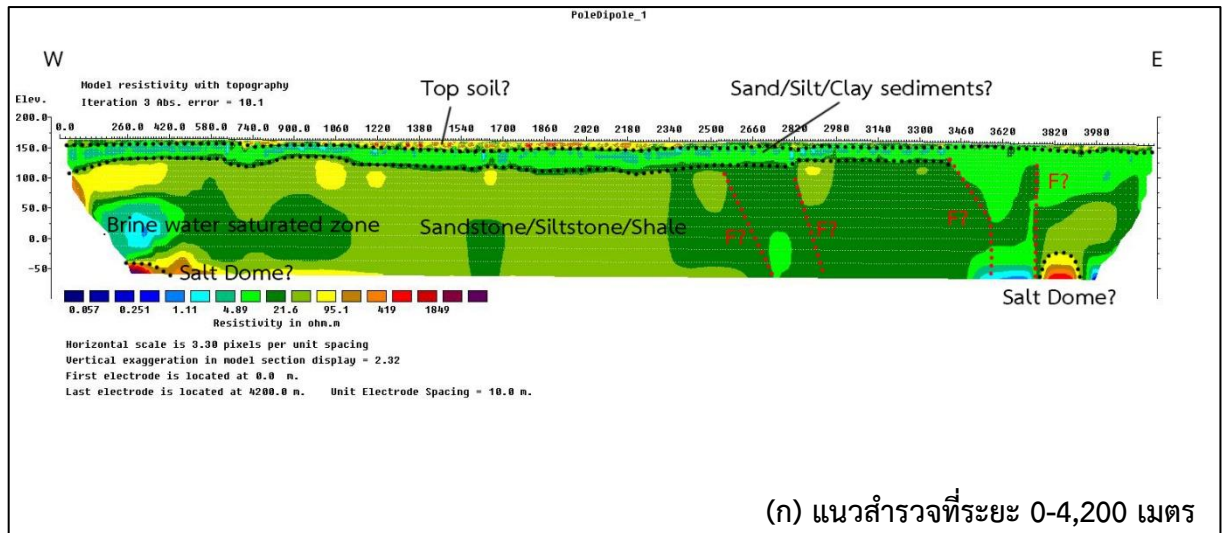
การแปลความหมายโดยการวิเคราะห์ค่าความต้านทานไฟฟ้าที่แตกต่างกันไปตามแต่ละพื้นที่และแต่ละชนิดดิน หิน แร่ ที่เป็นองค์ประกอบ ในพื้นที่แหล่งศักยภาพแร้โพแทชและเกลือหิน โดยทั่วไปแล้วค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ บ่งบอกถึงลักษณะธรณีวิทยาใต้ผิวดินพื้นที่สำรวจได้ว่าเป็นชั้นตะกอนทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เนื่องจากตะกอนเหล่านี้มีช่องว่าง และรุพ-run มาก และมักจะมีน้ำใต้ดินแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ ในขณะที่ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าปานกลาง บ่งบอกถึงชั้นหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน มีช่องว่างและรุพ-run และมักจะพบน้ำใต้ดินแทรกอยู่ระหว่างช่องว่าง แต่เนื่องจากสภาพที่เป็นหินทำให้ช่องว่างของชั้นหินจะมีน้อยกว่าชั้นตะกอนด้านบน ทำให้พบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าสูงกว่าชั้นปิดทับด้านบน นอกจากนี้บริเวณที่ผิดปกติและแปลความหมายว่าเป็นชั้นเกลือหินสันนิษฐานว่า เนื่องจากการตกผลึกของชั้นเกลือหินทำให้เกิดช่องว่างน้อยมาก และไม่มีของเหลวซึมผ่านได้ ทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของชั้นเกลือหินมีค่าสูง และในกรณีที่พบค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำมากปิดทับอยู่ด้านบนบ่งบอกลักษณะของรอยแตก รอยแยก โดยด้านบนของยอดโดมเกลือมักจะมีรอยแตก รอยแยก และมีน้ำเค็มและน้ำใต้ดินแทรกอยู่ทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ

ตัวอย่างการแปลความหมายของพื้นที่แหล่งศักยภาพแร้โพแทชและเกลือหิน พื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม โดยการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้ามีดังนี้ จากผลการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลก แสดงในแผนที่ค่าผิดปกติบูเกอร์ ซึ่งค่าผิดปกติบูเกอร์ในพื้นที่สำรวจมีค่าต่ำสุด -61.20 มิลลิแกล ไปจนถึงค่าสูงสุด -49.02 มิลลิแกล จากแผนที่ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ลักษณะธรณีวิทยาใต้ผิวดินในพื้นที่ศึกษา มีความหลากหลายและเป็นไปได้ว่าอาจมีโครงสร้างโดมเกลือ ผลจากการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วง จึงนำมาวางแผนสำหรับการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า โดยดำเนินการกำหนดแนวสำรวจครอบคลุมบริเวณที่มีค่าความโน้มถ่วงต่ำไปจนถึงค่าความโน้มถ่วงสูง ค่าความผิดปกติบูเกอร์ต่ำบริเวณทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่สำรวจสันนิษฐานได้น่าจะมีชั้นเกลือหินรองรับอยู่ด้านล่าง ค่าความผิดปกติบูเกอร์ปานกลาง - สูง บริเวณตรงกลางและทิศตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่สำรวจแปลความหมายได้ว่าเป็นชั้นหินตะกอนและชั้นตะกอนจำพวกทรายทรายแป้ง และดินดาน สันนิษฐานว่าบริเวณพื้นที่ผิดปกติดังกล่าวน่าจะมีชั้นหินตะกอนปิดทับค่อนข้างเป็นชั้นหนาอยู่บนชั้นเกลือหิน จึงได้ออกแบบแนวการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 แผนที่การแปลความหมายจากค่าผิดปกติบูเกอร์ ในพื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม และการวางแผนสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ในแนว L1, L2 และ L3 (คัดลอกจาก หนังสือน้ำ และคณะ, 2566)

ตัวอย่างผลการสำรวจวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าในแนวสำรวจที่ 1 (L 1) วางแนวสำรวจในทิศตะวันตก - ตะวันออก ระยะทาง 6,200 เมตร ตำแหน่งแนวสำรวจอยู่ที่บริเวณด้านทิศเหนือของพื้นที่สำรวจ ผลการประมวลผลค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ จากภาพตัดขวาง 2 มิติ พบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าต่ำ 5 - 10 โอห์ม-เมตร ปิดทับอยู่ด้านบนสุดที่มีความลึกไม่เกิน 50 เมตร แปลความหมายได้ว่าเป็นชั้นตะกอนทางน้ำปัจจุบัน จากนั้นที่ความลึกตั้งแต่ 50 - 200 เมตร พบว่าค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 20 - 80 โอห์ม-เมตร แปลความหมายได้ว่าเป็นชั้นหินทราย หินทรายแป้ง และหินดินดาน และที่ความลึก 200 เมตร ขึ้นไปพบค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 400 - 1,800 โอห์ม - เมตร แปลความหมายได้ว่าเป็นชั้นเกลือหินที่มีลักษณะโครงสร้างโดมเกลือและคาดว่าจะมีบริเวณสะสมตัวของแร่โพแทช ภาพตัดขวาง 2 มิติจากการแปลความหมายแล้วของแนวสำรวจที่ 1 (รูปที่ 3.10)

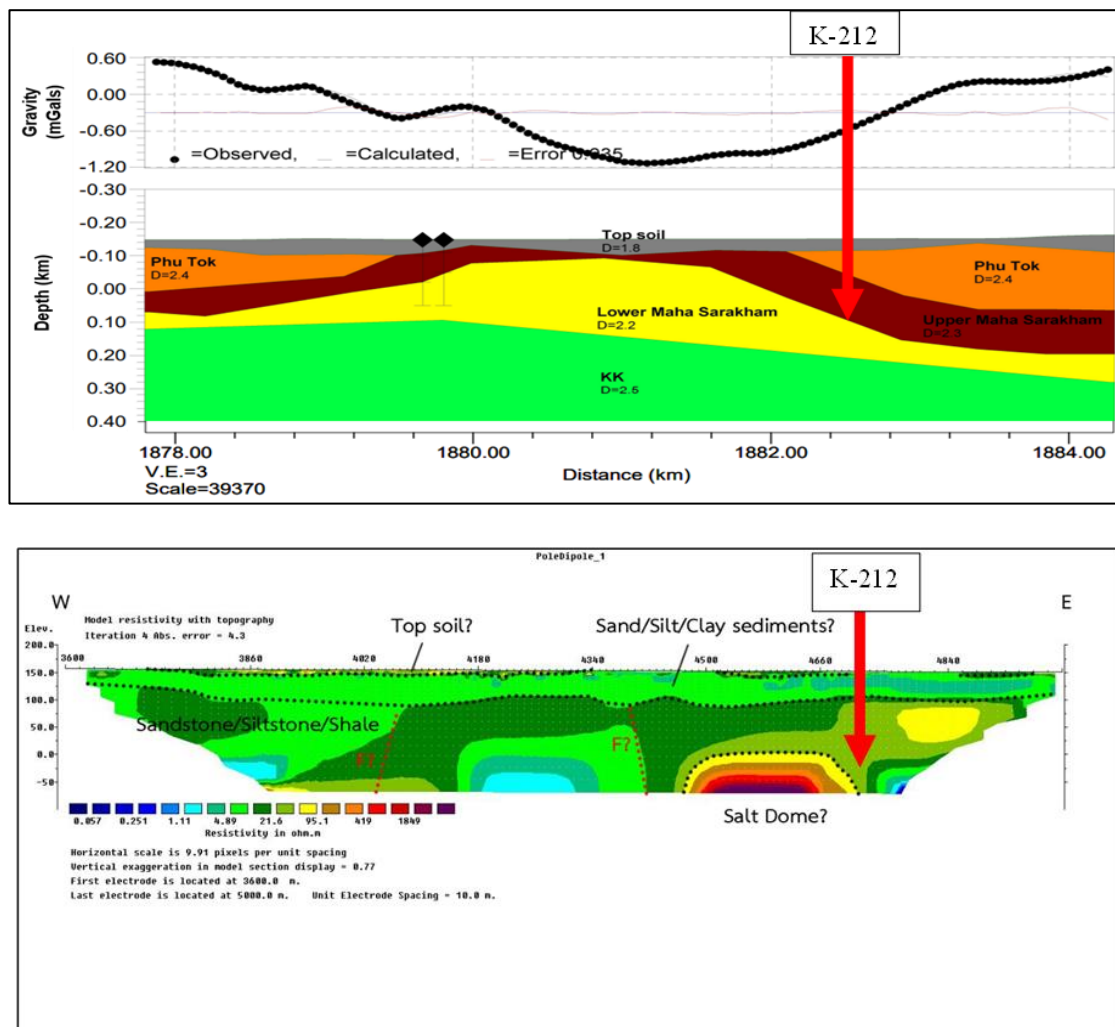


รูปที่ 3.10 การแปลความหมายการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ แนวสำรวจที่ 1 (คัดลอกจาก ถนัด สร้อยชา และคณะ, 2566)

3.4 การเจาะสำรวจ

3.4.1 การกำหนดจุดเจาะสำรวจ

ผลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ด้วยวิธีการวัดค่าความโน้มถ่วงโลกและการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า จะใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดขอบเขตแหล่งแร่โพแทชและเกลือหินในพื้นที่สำรวจ ผลการสำรวจจะสามารถกำหนดขอบเขตว่าบริเวณไหนน่าจะเป็นพื้นที่ที่พบแต่เกลือหินชั้นเดียว หรือเป็นโดมเกลือ บริเวณไหนที่เป็นส่วนของไฮโดรเกลือและมีการสะสมตัวของโพแทชร่วมด้วย หรือบริเวณไหนที่เป็นแอ่งโพแทชและเกลือหิน นอกจากนี้ข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ที่ได้ทั้งสองวิธี จะถูกนำมาประมวลผลร่วมกันในการกำหนดจุดเจาะสำรวจเพื่อหาความหนาที่แท้จริงของชั้นแร่ โดยส่วนใหญ่แล้วการดำเนินการเจาะสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีจะเลือกทำการเจาะสำรวจในบริเวณที่เป็นไฮโดรเนื่องจากมีความลึกของชั้นแร่ไม่มากนักเมื่อเทียบกับบริเวณที่เป็นแอ่งของโพแทชและเกลือหิน ประกอบกับงบประมาณที่ได้รับในการสำรวจแต่ละปีงบประมาณมีจำนวนจำกัด จึงได้ทำการคัดเลือกบริเวณดังกล่าวเป็นตำแหน่งเจาะสำรวจ ซึ่งความลึกมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะธรณีวิทยาแหล่งแร่ของแต่ละพื้นที่ ตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งหลุมเจาะในพื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม (รูปที่ 3.11)



รูปที่ 3.11 แสดงตำแหน่งหลุมเจาะ K-212 ในพื้นที่เรณูนคร จังหวัดนครพนม จากข้อมูลการสำรวจการวัดค่าความโน้มถ่วงโลก (บน) ร่วมกับการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (ล่าง)

3.4.2 การเจาะสำรวจแบบเก็บแท่งตัวอย่าง (core samples drilling)

การเจาะสำรวจแบบเก็บแท่งตัวอย่างจะใช้เครื่องเจาะหัวเพชร (diamond core drilling) และใช้น้ำโคลนในการหล่อลื่น และลดความร้อนของหัวเจาะ ส่วนประกอบหลักของเครื่องเจาะ ได้แก่ **หัวเจาะแบบเพชร** เป็นหัวเจาะแบบวงแหวนทำด้วยทังสเตนคาร์ไบด์แล้วฝังด้วยเพชร ซึ่งจะเป็เพชรเกรดอุตสาหกรรมมีความแข็งแรงรอบ ๆ หน้าวงแหวนจะทำหน้าที่กัดชั้นหิน ภายในก้านนำเจาะจะมีอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแท่งหินเรียกว่า **กระบอเก็บตัวอย่างแท่งหิน (core barrel)** มีความยาวมาตรฐานอยู่ที่ 3 เมตร (รูปที่ 3.12) ปลายด้านหนึ่งของกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหินในส่วนที่ติดกับปลายด้านหัวเจาะถูกติดตั้งอุปกรณ์วงแหวนบาง ๆ เป็นหยักอยู่ภายในกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหิน อุปกรณ์นี้เรียกว่า **ชุดยกตัวอย่างแท่งหิน (core lifter)** ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหินจะติดตั้งด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า **หัวตกระบอ (overshot head)** ซึ่งมีลักษณะคอคดตรงโคนแล้วมีปลายเรียวแหลม ตัวอย่างแท่งหินที่ถูกหัวเจาะกัดจะเข้าสู่กระบอเก็บแท่งตัวอย่าง โดยทั่วไปแล้วช่างเจาะจะวัดระยะบนก้านเจาะก่อนทุกครั้ง ด้วยตลับเมตรที่มีความยาว 1.5 เมตร แล้วจะทำเครื่องหมายไว้ เมื่อก้านเจาะเลื่อนลงเรื่อย ๆ จนถึงความลึกทุก ๆ 1.5 เมตร ที่กำหนดสัญลักษณ์ไว้ แท่งตัวอย่างก็จะเต็มกระบอเก็บตัวอย่างพอดี ช่างเจาะจะหย่อนลวดสลิงที่ส่วนปลายติดตั้งด้วยหัวตกระบอกลงไปสู่ก้นบ่อ เมื่อถึงส่วนต้นของกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหิน หัวตกระบอก็จะสวมได้พอดีกับหัวตกระบอ และช่างเจาะจะดึงกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหินขึ้นสู่ปากบ่อแล้วเก็บแท่งตัวอย่างบรรจุลงในลังสำหรับเก็บตัวอย่าง โดยจะทำการวัดขนาดแท่งตัวอย่างที่เก็บได้ว่ามีความยาวเต็ม 1.5 เมตร หรือไม่ และหลังจากนั้นกระบอเก็บตัวอย่างแท่งหินจะถูกทิ้งลงสู่ก้นบ่ออีกครั้งเพื่อเจาะต่อไปครั้งละ 1.5 เมตร ไปเรื่อย ๆ จนถึงความลึกที่กำหนด (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.12 ก้านเจาะสำรวจที่มีความยาว 3 เมตร (ซ้าย) และหัวเจาะชนิดทังสเตนคาร์ไบด์ (ขวา)

3.5 การหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ

การหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะในการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน เป็นการสำรวจวัดค่าธรณีฟิสิกส์หลังจากการเจาะสำรวจแล้วเสร็จในแนวตั้ง เพื่อนำค่าที่ได้มาประมวลผลร่วมกับแท่งตัวอย่างหิน/แร่ ที่ได้จากการเจาะสำรวจ นอกจากนั้นการหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะสามารถนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับหิน/แร่ ที่อาจจะหลุดหายหรือสูญเสียไประหว่างการเจาะ และทำให้ทราบค่าความลึกที่แท้จริงของชั้นหิน/แร่ ในแนวตั้งอีกด้วย (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.13 การเจาะสำรวจแบบเก็บแท่งตัวอย่าง



รูปที่ 3.14 อุปกรณ์ยังธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ (ซ้าย) และหัวโพรวัดค่าแกมมาธรรมชาติ (ขวา)

การวัดค่าการสำรวจโดยการหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะจะอาศัยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของ ชั้นดิน-ชั้นหินที่เจาะผ่านคุณสมบัติเหล่านั้น ได้แก่ ค่าความต้านทานไฟฟ้า (resistivity) การแผ่รังสีแกมมาธรรมชาติ (natural gamma) ค่าความต่างศักย์ธรรมชาติ (spontaneous potential : sp) และคุณสมบัติอื่น ๆ อีกหลายประการ แต่ในการสำรวจโพแทชและเกลือหินโดยกรมทรัพยากรธรณีจะทำการวัดค่าการแผ่รังสี แกมมาธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเท่านั้น เนื่องจากการวัดในก้านเจาะที่ป้องกันการถล่มของหลุมเจาะ และสามารถแยกความแตกต่างของชนิดหิน ชั้นตะกอนดินเหนียว โพแทช และเกลือหินได้เป็นอย่างดี

การหยั่งโดยการวัดค่าแผ่รังสีแกมมาธรรมชาติ อาศัยหลักการที่ว่าหินแต่ละชนิดจะมี ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่แตกต่างกัน การวัดค่าแผ่รังสีแกมมาธรรมชาติ จะได้ natural-gamma curve หรือ gamma-ray curve ซึ่งต่างจากการวัดการแผ่รังสีแกมมา-แกมมา (gamma-gamma) การวัดการแผ่ รังสีนิวตรอน (neutron) ซึ่งในที่นี้ จะกล่าวถึงเฉพาะการวัดค่าการแผ่รังสีแกมมาธรรมชาติ ในธรรมชาติ หินเกือบทุกชนิดจะปล่อย natural gamma ออกมาจากแร่ที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม ยูเรเนียม และทอเรียม ซึ่งปกติจะมีอยู่มากในชั้นดินเหนียว และหินดินดาน เมื่อเปรียบเทียบกับชั้นทราย หินทราย และหินปูน ในหน่วยหินที่มีรังสีแกมมาธรรมชาติอยู่มาก เช่น หินดินดาน หรือดินเหนียว และชั้น โพแทช เส้นกราฟที่วัดค่าได้จะเตะ (kick) ไปทางขวาเนื่องจากมีรังสีแกมมาธรรมชาติเดินทางถึงหัววัดใน ปริมาณที่มาก แต่ถ้าเส้นกราฟที่วัดค่าได้มีทิศทางเตะไปทางซ้าย แสดงว่าเป็นชั้นกรวดทราย หรือเป็นชั้น เกลือหิน ดังแสดงในรูปที่ 3.15 (มหิปปงส์ วรกุล, 2564)

3.6 วิธีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชและเกลือหิน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อนำมาประเมินปริมาณทรัพยากรแร่

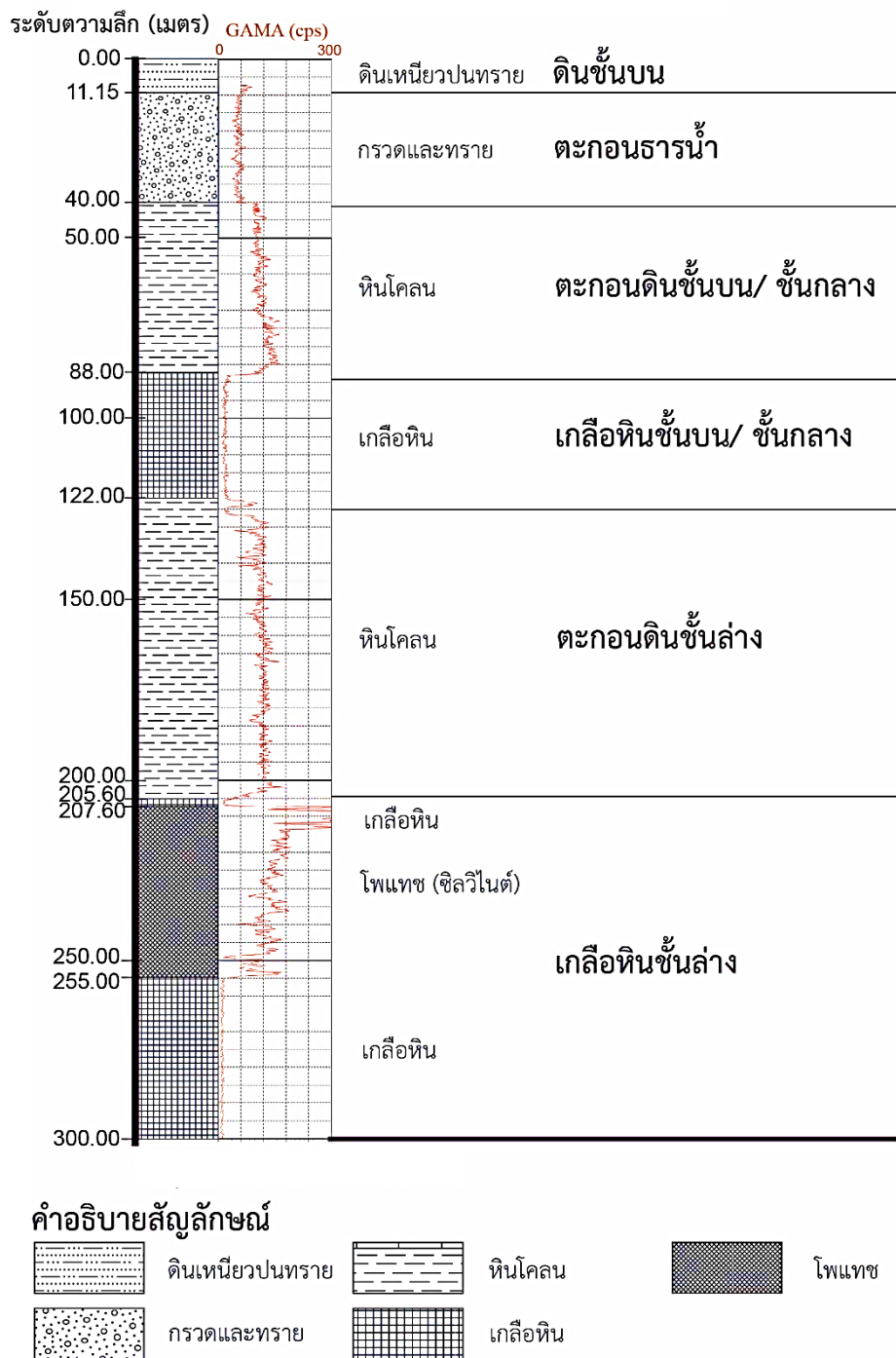
ปริมาณทรัพยากรแร่ (เมตริกตัน) = พื้นที่ (ตารางเมตร) X ความหนาเฉลี่ย (เมตร) X ความถ่วงจำเพาะ
X ร้อยละของแร่ที่ปนอยู่ในชั้นหิน

โดยความถ่วงจำเพาะที่นำมาใช้ในการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช ได้แก่
เกลือหิน = 2.16 ซิลไวต์ = 1.9 คาร์แนลไลต์ = 1.61 และแทกไฮโดรต์ = 1.66

ในการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชจะมีวิธีการประเมินแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชและเกลือหินในภาพรวมของทั้งประเทศ

การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชในภาพรวมของทั้งประเทศจะคิดจากพื้นที่ของ
1) แอ่งอุดร-สกลนคร ที่มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดหนองคาย อุดรธานี สกลนคร นครพนม มุกดาหาร ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 17,000 ตารางกิโลเมตร และ 2) แอ่งโคราช-อุบล ครอบคลุมพื้นที่บริเวณ จังหวัดนครราชสีมา ชัยภูมิ ขอนแก่น มหาสารคาม ร้อยเอ็ด บุรีรัมย์ กาฬสินธุ์ ยโสธร สุรินทร์ ศรีสะเกษ อุบลราชธานี และอำนาจเจริญ มีพื้นที่ประมาณ 33,000 ตารางกิโลเมตร คุณด้วยความหนาเฉลี่ยของชั้นแร่ ที่ได้มาจากข้อมูลหลุมเจาะของกรมทรัพยากรธรณีเดิมในปี พ.ศ. 2516 - 2527 จากจำนวนรวมทั้งสิ้น 194 หลุม โดยพบว่า 1) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียว และมีเกลือหินล้วน ๆ มีพื้นที่ประมาณ 14,690 ตารางกิโลเมตร 2) โครงสร้างที่มีเกลือหินชั้นเดียว และมีโพแทชด้วย มีพื้นที่ประมาณ 3,350 ตารางกิโลเมตร 3) โครงสร้างที่มี เกลือหิน 2 ชั้น มีพื้นที่ประมาณ 22,680 ตารางกิโลเมตร 4) โครงสร้างที่มีเกลือหิน 3 ชั้น มีพื้นที่ประมาณ 9,280 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.15 ลำดับชั้นหินที่ได้จากการเจาะสำรวจ และการแปลความหมายการหยั่งธรณีฟิสิกส์หลุมเจาะ (คัดลอกจาก ประณต รัตน และคณะ, 2566)

โดยความหนาเฉลี่ยของแต่ละชั้น ดังนี้

- 1) โครงสร้างที่มีเกลื้อหินชั้นเดียว และมีเกลื้อหินล้วน ๆ
 - เกลื้อหิน มีความหนาประมาณ 157.12 เมตร
- 2) โครงสร้างที่มีเกลื้อหินชั้นเดียว และมีโพแทชด้วย
 - เกลื้อหิน มีความหนาประมาณ 182.32 เมตร
 - ซิลไวต์ ชั้นบน มีความหนาประมาณ 5.30 เมตร
 - คาร์บิลไลต์ ชั้นล่าง มีความหนาประมาณ 25.46 เมตร
- 3) โครงสร้างที่มีเกลื้อหิน 2 ชั้น
 - เกลื้อหินชั้นกลาง มีความหนาประมาณ 64.89 เมตร
 - เกลื้อหินชั้นล่าง มีความหนาประมาณ 120.88 เมตร
 - คาร์บิลไลต์ ชั้นล่าง มีความหนาประมาณ 20.23 เมตร
 - แทกไฮโดรต์ มีความหนาประมาณ 8.77 เมตร
- 4) โครงสร้างที่มีเกลื้อหิน 3 ชั้น
 - เกลื้อหินชั้นบน มีความหนาประมาณ 20.98 เมตร
 - เกลื้อหินชั้นกลาง มีความหนาประมาณ 85.76 เมตร
 - เกลื้อหินชั้นล่าง มีความหนาประมาณ 61.88 เมตร
 - คาร์บิลไลต์ ชั้นล่าง มีความหนาประมาณ 14.20 เมตร
 - แทกไฮโดรต์ มีความหนาประมาณ 6.44 เมตร

โดยภาพรวมของปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชจากโครงสร้างทั้ง 4 แบบ ของทั้งประเทศ จึงได้จากปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชของทั้งสองแอ่งนำมารวมกัน ได้ปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชในภาพรวมของทั้งประเทศทั้งสิ้นโดยประมาณ 407,000 ล้านเมตริกตัน และเกลื้อหินประมาณ 18 ล้านล้านเมตริกตัน

2. การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชและเกลื้อหินแยกเป็นรายพื้นที่

การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชแยกเป็นรายพื้นที่ คิดจากการใช้ข้อมูลผลการสำรวจแร่โพแทชของกรมทรัพยากรธรณี และบริษัทเอกชน จนได้พื้นที่แหล่งศักยภาพแร่โพแทชที่มีศักยภาพสูง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการสำรวจจะมีความเชื่อมั่นทางธรณีวิทยาสูง และมีการกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศักยภาพแร่ที่ชัดเจน โดยปริมาณพื้นที่ของแหล่งศักยภาพแร่ที่ถูกกำหนดขอบเขตไว้แต่ละแหล่ง จะถูกนำมาใช้ร่วมกับข้อมูลการเจาะสำรวจของกรมทรัพยากรธรณี และบริษัทเอกชนในแต่ละแหล่งเพื่อหาความหนาของชั้นแร่ ซึ่งปัจจุบันมีแหล่งศักยภาพแร่โพแทชที่มีศักยภาพสูงและได้มีการกำหนดขอบเขตพื้นที่แหล่งแร่ที่ชัดเจนของทั้ง 2 แอ่ง อยู่ 10 พื้นที่ ได้แก่ 1) แหล่งบ่าเหน็จณรงค์ อำเภอบ่าเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ 2) แหล่งอุดรธานี อำเภอมืองอุดรธานี จังหวัดอุดรธานี 3) แหล่งจักราช อำเภอนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 4) แหล่งบ้านประคำ อำเภอดง จังหวัดนครราชสีมา 5) แหล่งบ้านทุ่ม อำเภอมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 6) แหล่งขอนแก่น อำเภอมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 7) แหล่งนาเชือก อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม 8) แหล่งวานรนิวาส อำเภอมืองนคร จังหวัดสกลนคร 9) แหล่งด่านขุนทด อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา และ 10) แหล่งเรณูนคร อำเภอมืองนคร จังหวัดนครพนม ซึ่งได้มีการประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชของทั้ง 10 แหล่ง มีปริมาณทรัพยากรแร่โพแทชรวมทั้งสิ้นอย่างน้อย 10,000 ล้านเมตริกตัน

3.7 กรณีศึกษาในการกำหนดจุดเจาะสำรวจพื้นที่ประทาย จังหวัดนครราชสีมา

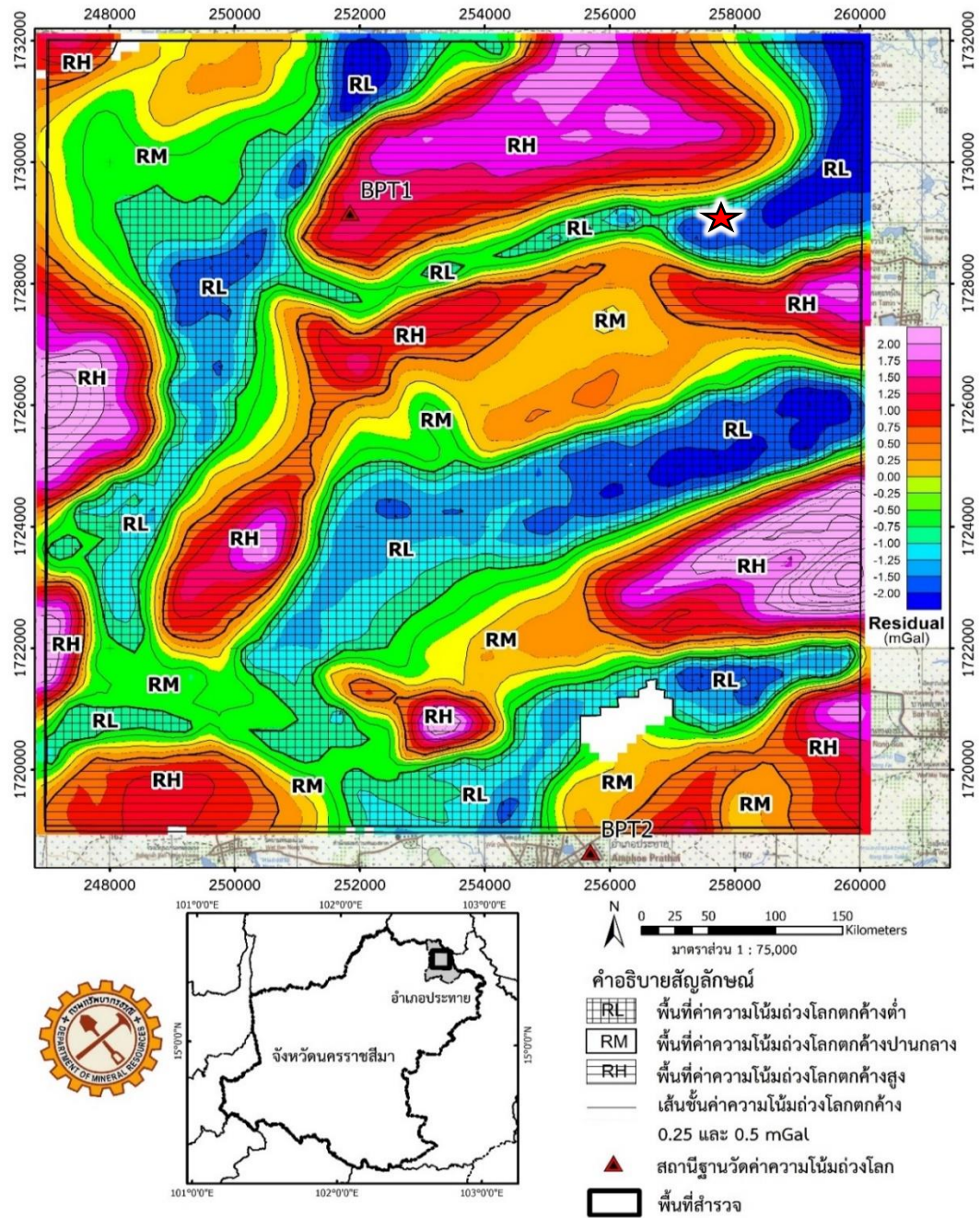
ในการกำหนดจุดเจาะสำรวจแร้วโพแทชและเกลือหินนั้น เนื่องจากภูมิประเทศของแอ่งโคราชและสกลนครส่วนใหญ่ถูกปิดทับด้วยชั้นตะกอนทราย มีลักษณะค่อนข้างราบเรียบทำให้การสำรวจธรณีวิทยาและธรณีวิทยาแหล่งแร่เป็นไปค่อนข้างลำบากเพราะหินโผล่มีให้เห็นไม่มากนัก การนำข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์เพื่อหาขอบเขตและรูปแบบการสะสมตัวใต้ดินจึงมีความสำคัญในการกำหนดจุดเจาะสำรวจเป็นอย่างยิ่ง

การวางจุดเจาะสำรวจเพื่อหาความหนาของชั้นโพแทชและเกลือหินส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงเพื่อหาขอบเขตของโดมเกลือก่อนในเบื้องต้น หลังจากนั้นจะสร้างแบบจำลองของชั้นดิน หิน แร่ เพื่อหารูปแบบการสะสมตัว และใช้ข้อมูลในการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าร่วมในการประมวลผลบริเวณที่เป็นโดมเกลือ หลังจากนั้นจะทำการกำหนดจุดเจาะในส่วนที่เป็นบริเวณไฮโดม

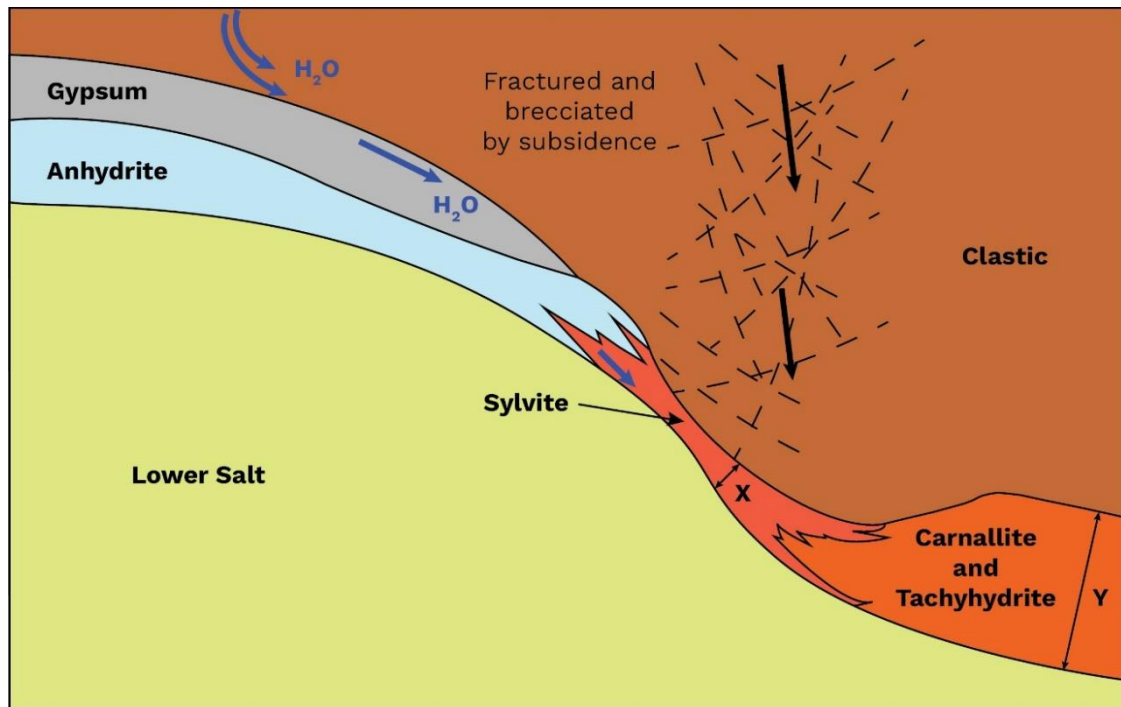
พื้นที่ศักยภาพแร้วโพแทชและเกลือหินประทาย จังหวัดนครราชสีมา ได้กำหนดพื้นที่ที่ทำการเจาะสำรวจโดยอาศัยข้อมูลค่าความผิดปกติบูเกอร์และค่าความโน้มถ่วงตกค้างในพื้นที่สำรวจ สามารถแปลความหมายได้ว่าลักษณะทางธรณีวิทยาใต้ผิวดินมีความแตกต่างกันและมีความหลากหลายของชนิดดิน-หิน ซึ่งเมื่อนำข้อมูลที่ได้ศึกษาในอดีตมาพิจารณาร่วมด้วย สามารถแปลความหมายได้ว่าลักษณะธรณีวิทยาใต้ผิวดินประกอบด้วยชั้นหินตะกอน หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และเกลือหิน นอกจากนี้อาจพบโครงสร้างโดมเกลือ รอยแตกและรอยแยกในพื้นที่สำรวจด้วย แผนที่การแปลความหมายจากการวัดค่าความโน้มถ่วงโลก หลังจากนั้นได้ทำการสำรวจวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าได้ดำเนินการวางแผนสำรวจแบบภาพตัดขวาง 2 มิติ พบความสอดคล้องกับผลที่ได้จากการสำรวจวัดค่าความโน้มถ่วงโลกในบริเวณที่คาดว่าจะเป็บริเวณที่เป็นโดมเกลือ จึงได้ทำการกำหนดจุดเจาะบริเวณด้านข้างของโดมเกลือหรือบริเวณไฮโดม (รูปที่ 3.16)

ผลการเจาะสำรวจหลุมเจาะ K-213 ความลึกทั้งสิ้น 366 เมตร พบโครงสร้างเกลือหินสองชั้นไม่พบโพแทช พบเกลือหินชั้นกลาง (183.15 - 259.00 เมตร) มีความหนา 75.85 เมตร และเกลือหินชั้นล่าง (319.95 - 366.00 เมตร) มีความหนา 46.05 เมตร แต่ยังไม่ทะลุเกลือหินชั้นล่างของหมวดหินมหาสารคาม

จากการประมวลผลข้อมูลการสำรวจธรณีฟิสิกส์ร่วมกับผลจากการเจาะสำรวจสันนิษฐานว่า พื้นที่เจาะสำรวจเป็นชั้นหินคดโค้งที่เป็นบริเวณแคบ ๆ ทำให้เกิดการบีบอัดสูงส่งผลทำให้เกิดรอยแตกในชั้นหินมาก และมีปริมาณน้ำบาดาลสูง ชั้นน้ำบาดาลอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 90 เมตร และ 120 เมตร ตามลำดับ ทำให้ชั้นแร้วโพแทชถูกน้ำบาดาลละลายหายไปจนเหลือเพียงชั้นเกลือหินข้อสังเกตในการกำหนดจุดเจาะสำรวจในครั้งถัดไปควรทำการกำหนดหลุมเจาะสำรวจในบริเวณที่เป็นไฮโดมที่มีความยาวของโดมค่อนข้างกว้างไม่เป็นบริเวณแคบ จะทำให้ไฮโดมบริเวณดังกล่าวพบการสะสมตัวของชั้นโพแทชรวมในเกลือหินชั้นล่าง (รูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.16 แผนที่ผลการแปลความหมายค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้าง แสดงพื้นที่ค่าความโน้มถ่วงโลกตกค้างต่ำ ปานกลาง และสูง และตำแหน่งจุดเจาะสำรวจ (ดาวสีแดง)



รูปที่ 3.17 รูปแบบจำลองบริเวณไหลโดมที่มีรอยแตกของชั้นหิน/แร่ สูง ส่งผลให้การไหลของ น้ำบาดาลตามไหลโดมเกลือ เกิดการชะละลายออกของแร่โพแทช บริเวณ X (สีส้ม) ออกไปจากชั้นการสะสมตัวของแร่จนหลงเหลือแต่เกลือหินชั้นล่าง

บทที่ 4

หลักเกณฑ์การกำหนดชื่อหลุมเจาะสำรวจ

4.1 การกำหนดชื่อหลุมเจาะภายใต้โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินในอดีต

ปี พ.ศ. 2516 - 2525 กรมทรัพยากรธรณีได้เริ่มดำเนินการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินในช่วงแรก ซึ่งได้มีการตั้งรหัสและหมายเลขเพื่อใช้เรียกชื่อหลุมเจาะจำนวนมาก บางหลุมเจาะได้ตั้งชื่อหลุมเจาะตามโครงการที่ได้รับในแต่ละปีงบประมาณนั้น ๆ หรือในปีงบประมาณใด ที่มีความร่วมมือกับบริษัทเอกชนการตั้งชื่อหรือรหัสหลุมเจาะก็จะมีเปลี่ยนแปลงไปตามโครงการที่เข้ามาในขณะนั้น เมื่อมีโครงการใหม่เข้ามารหัสตัวอักษรและหมายเลขหลุมเจาะก็จะถูกเปลี่ยนไป โดยในช่วงแรก กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการเจาะโดยกองวิศวกรรมและกองเศรษฐธรณีวิทยาได้ใช้รหัสเรียกชื่อหลุมเจาะ เช่น DHK-n ซึ่งย่อมาจาก

DH = Diamond-Drilled Holes

K = Potash

n = number of the holes

ต่อมาในปี พ.ศ. 2521 โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินถูกเปลี่ยนเป็นโครงการสำรวจเกลือหินและโซดาแอช ภายใต้เงินลงทุนจาก Asian Development Bank (ADB) และ องค์การความร่วมมือระหว่างประเทศแห่งญี่ปุ่น (JICA) ในพื้นที่บ่อน้ำเค็มจระเข้ม จังหวัดชัยภูมิ การตั้งชื่อหลุมเจาะได้มีการเปลี่ยนแปลงอีกครั้งตามชื่อบริษัทผู้ผลิตเครื่องเจาะแล้วจึงตามด้วยชื่อโครงการและหมายเลขหลุม เช่น DLY3-RS1.1 ย่อมาจาก

D = Diamond Drilling

LY = Longyear Rig

3 = Longyear Rig no.3

RS = Rock Salt or Rock Salt and Soda Ash Project

1.1 = number of the hole belong to the project

ภายใต้โครงการเดียวกันในระยะที่ 3 ได้ทำการสำรวจเพิ่มในพื้นที่จักราช จังหวัดนครราชสีมา การตั้งชื่อรหัสและหมายเลขหลุมถูกเปลี่ยนเป็น RS-3.n (n=หมายเลขหลุมที่ทำการเจาะสำรวจในพื้นที่) ภายหลังจากนั้นไม่กี่ปีต่อมากองเศรษฐธรณีวิทยาเห็นว่าการตั้งชื่อหมายเลขหลุมเจาะที่ผ่านมามีความยุ่งยาก และซับซ้อน ยากที่คนภายนอกจะเข้าใจ จึงได้มีการจัดเรียงชื่อเรียกหมายเลขหลุมภายใต้โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินทั้งหมดใหม่ เหลือภายใต้ตัวอักษร K (potash) ตัวอักษรเดียว แล้วตามด้วยหมายเลขหลุม ซึ่งมีการกระจายตัวของหลุมเจาะสำรวจทั้งหมดในทั้งสองแอ่งของที่ราบสูงโคราชโดยไม่ได้มีการลำดับหมายเลขหลุมเจาะตามพื้นที่หรือตามจังหวัดแต่อย่างใด โดยมีหลุมเจาะสำรวจในขณะนั้นทั้งสิ้นจำนวน 194 หลุม (Parkorn Suwanich, 1986)

4.2 การกำหนดชื่อหลุมเจาะภายใต้โครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินในปัจจุบัน

ภายหลังตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2560 เป็นต้นมา กรมทรัพยากรธรณีได้ดำเนินการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหินอีกครั้ง ภายใต้โครงการการกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจเพื่อการบริหารจัดการแร่ และโครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่ ในพื้นที่บ้านประคำ อำเภอกง จังหวัดนครราชสีมา พื้นที่บ้านตาล อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ พื้นที่นาเชือก อำเภอนาเชือก จังหวัดมหาสารคาม พื้นที่เรณูนคร อำเภอเรณูนคร จังหวัดนครพนม และพื้นที่ประทาย อำเภอประทาย จังหวัดนครราชสีมา การกำหนดชื่อหลุมเจาะยังคงมีการลำดับตามชื่อหลุมเจาะเดิมในรหัส K แล้วตามด้วยเลขลำดับซึ่งเรียงตามปีงบประมาณ ซึ่งปัจจุบันตัวอย่างเจาะสำรวจถูกจัดเก็บไว้ในคลังตัวอย่างเพื่อการศึกษาวิจัยและอ้างอิงในอนาคต ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง ดังจะกล่าวในบทที่ 7 ต่อไป

บทที่ 5

การจัดเก็บแท่งตัวอย่างและการจัดเตรียมตัวอย่างส่งวิเคราะห์

5.1 การจัดเก็บแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ

การจัดเก็บแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจจะดำเนินการโดยนักธรณีวิทยา กล่าวคือ หลังจากข่าเจาะได้นำแท่งตัวอย่างขึ้นจากหลุมเจาะแล้ว แท่งตัวอย่างจะถูกลำเลียงขึ้นมาใส่ในกล่องเก็บแท่งตัวอย่างตามลำดับความลึก และมีวิธีปฏิบัติในการจัดทำแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจจนถึงขั้นตอนการจัดเก็บตัวอย่าง รายละเอียดดังนี้

5.1.1 การตรวจสอบวัดระดับความลึกของการเก็บแท่งตัวอย่าง

ในการเจาะสำรวจนั้น โดยทั่วไปก้านเจาะแต่ละก้านจะมีความยาวประมาณ 3 เมตร (รูปที่ 5.1) ซึ่งต้องนำไปรวมกับความยาวของหัวเจาะของแต่ละชนิดที่มีความยาวแตกต่างกัน นักธรณีวิทยาที่ควบคุมการเจาะสำรวจต้องทำการสอบถามช่างเจาะว่าจำนวนก้านเจาะที่ได้ทำการเจาะลงไปแล้วมีจำนวนกี่ก้าน แล้วนำจำนวนก้านเจาะที่ใช้เจาะมาคำนวณค่าความลึกเพื่อเปรียบเทียบกับความลึกที่ได้ของแท่งตัวอย่างที่ขึ้นมาว่ามีระยะทางที่เท่ากันหรือไม่ ซึ่งนักธรณีวิทยาที่ควบคุมหลุมเจาะต้องตรวจสอบค่าระดับความลึกที่เจาะลงไปอยู่เสมอ หากมีข้อผิดพลาดจะได้ดำเนินการแก้ไขโดยเร่งด่วน



รูปที่ 5.1 การต่อก้านเจาะเพื่อเพิ่มระดับความลึกของหลุมเจาะ

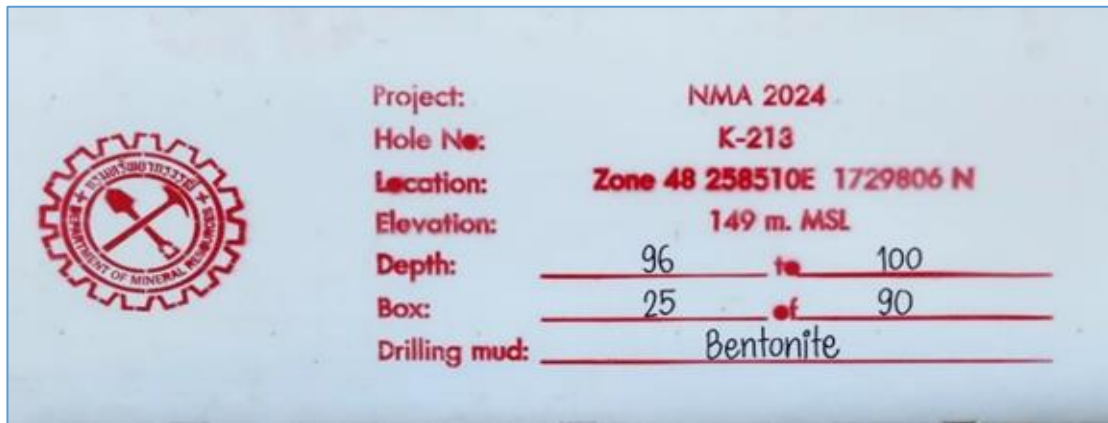
5.1.2 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง (label)

การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายกล่องตัวอย่าง ควรปรากฏทั้งฝากล่องด้านหน้าและด้านข้างกล่อง เพื่อให้สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน ถึงแม้จะนำกล่องตัวอย่างขึ้นเก็บยังชั้นเก็บตัวอย่างแล้ว โดยรายละเอียดการทำป้ายชื่อคำอธิบายมี ดังนี้

5.1.2.1 การจัดทำป้ายชื่อคำอธิบายฝากล่อง

การจัดทำป้ายคำอธิบายฝากล่อง ประกอบด้วยข้อมูล ดังนี้

1) ชื่อโครงการ (Project) 2) หมายเลขหลุมเจาะ (Hole No.) 3) ตำแหน่งหรือพิกัดเหนือและตะวันออก (Location) 4) ระดับความสูง (Elevation) 5) ความลึก (Depth) และ 6) ลำดับของกล่องจากจำนวนกล่องทั้งหมด (Box...of....) และ 7) ชนิดน้ำโคลนที่ใช้ในการเจาะ (Drilling Mud) โดยใช้วิธีการทำบล็อกป้ายอธิบายข้างต้นแล้วพ่นด้วยสีสเปรย์ลงบนฝากล่องทั้งฝากล่องด้านนอกและด้านใน และเขียนข้อมูลต่าง ๆ ด้วยปากกาเคมี (รูปที่ 5.2)

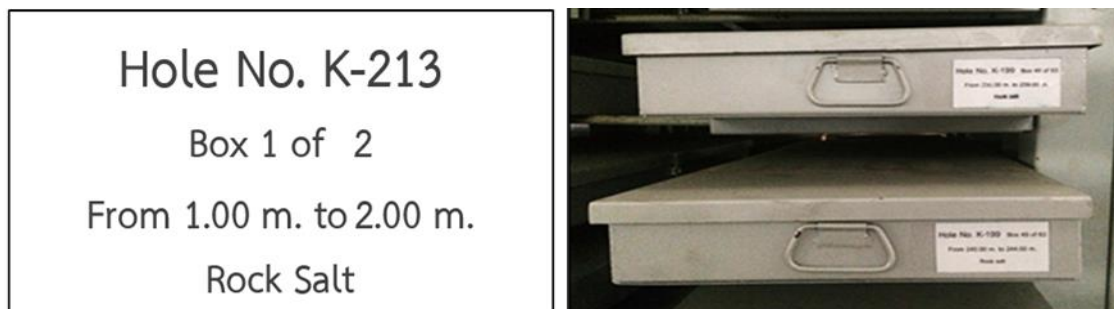


Project:	NMA 2024		
Hole No:	K-213		
Location:	Zone 48 258510E 1729806 N		
Elevation:	149 m. MSL		
Depth:	96	to	100
Box:	25	of	90
Drilling mud:	Bentonite		

รูปที่ 5.2 ป้ายคำอธิบายฝากล่อง

5.1.2.2 การจัดทำป้ายคำอธิบายด้านข้างกล่อง

การจัดทำป้ายคำอธิบายด้านข้างกล่องควรมีขนาดตามความเหมาะสม ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ 1) หมายเลขหลุมเจาะ (Hole No.) 2) ลำดับของกล่องจากจำนวนกล่องทั้งหมด (Box...of....) 3) ระดับความลึกตัวอย่าง (From.....m. to.....m.) และ 4) ชนิดของตัวอย่าง จากนั้นนำสติกเกอร์มาติดเพื่อหุ้มป้ายคำอธิบายด้านข้างกล่องหรือนำใส่ถุงร้อนใส เพื่อกันน้ำและความชื้นแล้วนำไปติดข้างกล่อง (รูปที่ 5.3)



รูปที่ 5.3 ตัวอย่างป้ายคำอธิบายด้านข้างกล่อง (ซ้าย) และตัวอย่างการติดป้ายอธิบายด้านข้างกล่อง (ขวา)

5.1.3 การจัดเรียงแท่งตัวอย่างลงกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง

การจัดเก็บแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ เมื่อตัวอย่างแท่งหินหรือแร่ ขึ้นมาจากหลุมเจาะสำรวจ ควรทำความสะอาดแท่งตัวอย่างจากการเปื้อนน้ำโคลนที่ใช้หล่อลื่นในการเจาะ หรือจารบีที่ใช้หล่อลื่นอุปกรณ์การเจาะ แล้วจะนำมาเก็บในกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง

โดย 1 กล่องจะมีความยาวช่องละ 1 เมตร และมีจำนวนช่องตามขนาดของแท่งตัวอย่าง เช่น ขนาด PQ จะมีช่องจัดเก็บจำนวน 3 ช่อง ขนาด HQ จำนวน 4 ช่อง และขนาด NQ มีจำนวน 5 ช่อง ทั้งนี้จำนวนช่องตัวอย่างจะขึ้นอยู่กับผู้ผลิตและจำหน่ายกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง

วิธีการเรียงแท่งตัวอย่างจะเรียงแท่งตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและบนลงล่างเสมอ และบริเวณขอบของกล่องจะต้องเขียนระยะความลึกของแท่งตัวอย่างกำกับไว้ด้วย (รูปที่ 5.4)



รูปที่ 5.4 การจัดเรียงแท่งตัวอย่างลงกล่องจัดเก็บแท่งตัวอย่าง

5.2 การถ่ายรูปแท่งตัวอย่าง

แท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจเมื่อถูกจัดเก็บในกล่องและทำความสะอาดเรียบร้อยแล้วจะนำมาเรียงตามลำดับความลึก และมีการบันทึกภาพถ่ายเก็บไว้ก่อนการตัดตัวอย่างส่งวิเคราะห์เพื่อบันทึกลักษณะเนื้อหินหรือองค์ประกอบทางแร่ โครงสร้างทางธรณีวิทยา สายแร่ที่ตัดผ่าน และเนื่องด้วยตัวอย่างแร่โพแทชและเกลือหินเป็นตัวอย่างแร่ที่ละลายได้ง่ายเมื่อเก็บไว้เป็นระยะเวลานาน การบันทึกภาพถ่ายเก็บไว้ขณะทำการเจาะสำรวจแล้วเสร็จใหม่ ๆ จึงมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง (รูปที่ 5.5)



รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ

5.3 การบันทึกรายละเอียดของแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ

การบันทึกรายละเอียดของแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ กรมทรัพยากรธรณีได้กำหนดแบบฟอร์มในการบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจ (รูปที่ 5.6) โดยรายละเอียดให้ระบุชื่อโครงการ ชื่อหลุมเจาะ ตำแหน่งที่ตั้ง พิกัด (utm) ความสูงจากระดับน้ำทะเล แสดงไว้อย่างชัดเจน โดยในช่องตารางบันทึกชั้นหินจะต้องระบุความลึกของชั้นหิน/แร่ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไว้แต่ละชั้น และในรายละเอียดของแต่ละชั้นส่วนใหญ่จะมีการบรรยายถึงลักษณะธรณีวิทยาทั่วไป เช่น ชนิดหิน/แร่ ขนาด รูปร่าง องค์ประกอบ ความแข็ง รอยแตกที่พบ สายแร่ที่ตัดผ่าน เป็นต้น

โดยทั่วไปการบันทึกรายละเอียดข้อมูลหลุมเจาะโพแทชและเกลือหินมักจะมีลำดับการสะสมตัวจากพื้นผิวลงไปถึงหมวดหินโคกกรวดที่รองรับหมวดหินมหาสารคาม ซึ่งเป็นชั้นที่สะสมตัวของโพแทชเกลือหิน โดยมีการเรียงลำดับจากตะกอนยูควอเตอร์นารีที่ปิดทับอยู่ชั้นบน แล้วตามด้วยหมวดหินภูทอก และหมวดหินมหาสารคามซึ่งเป็นชั้นที่มีการสะสมตัวของเกลือหินสามชั้นและแร่โพแทชที่สะสมตัวอยู่บนเกลือหินชั้นล่างสุด โดยแต่ละชั้นจะถูกค้นด้วยตะกอนดินเหนียวที่ยังไม่แข็งตัวตามลำดับ

[illegible]

Driller :

Inspector :

รูปที่ 5.6 แสดงตัวอย่างแบบบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจ

5.4 การเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์

การเตรียมตัวอย่างของแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นในชั้นหมวดหินมหาสารคาม เพื่อวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมี และทางกายภาพ ตัวอย่างจะถูกแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ ตัวอย่างตะกอนดินเหนียวแต่ละชั้น (clastic layers) เกลือหินแต่ละชั้น (rock salt layers) และ โพแทช (potash zone) จึงมีวิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์ตามชนิดตัวอย่าง ดังนี้

5.4.1 การเตรียมตัวอย่างดินเหนียว มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดังนี้ (รูปที่ 5.7)

- 1) เลือกแท่งตัวอย่างตามระยะที่สนใจศึกษา นำแท่งตัวอย่างเข้าเครื่องตัดหิน โดยผ่าแท่งตัวอย่างประมาณ 1/4 ของแท่งตัวอย่าง
 - 2) นำตัวอย่างที่ได้จากการผ่าไปบดให้มีขนาดเล็กลงแล้วนำไปตากแดดให้แห้ง แล้วนำมาบดละเอียดอีกครั้ง ให้ได้ขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตร
 - 3) แบ่งตัวอย่างออกเป็น 3 ส่วน แล้วเก็บตัวอย่างใส่ถุงซิปลงให้น้ำหนักถุงละประมาณ 200 - 300 กรัม จำนวน 3 ถุง
- ตัวอย่างที่ได้จำนวน 3 ถุง จากการเตรียมตัวอย่างในข้อ (3) จะนำมาส่งวิเคราะห์รายละเอียดดังนี้
- 1) เพื่อส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) จำนวน 1 ถุง
 - 2) เพื่อส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) จำนวน 1 ถุง
 - 3) เพื่อส่งวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก ชนิดแร่ สารประกอบ ด้วยวิธี X-ray diffraction (XRD) จำนวน 1 ถุง

5.4.2 การเตรียมตัวอย่างโพแทชและเกลือหิน

การเตรียมตัวอย่างโพแทชและเกลือหินทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่างดินเหนียวตามข้อที่ 5.4.1 แต่จะไม่นำตัวอย่างโพแทชและเกลือหินไปตากแดด หลังจากนั้นจะนำตัวอย่างมาส่งวิเคราะห์ รายละเอียดดังนี้

- 1) ตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีแบบเปียก (wet analysis) จำนวน 1 ถุง ประกอบด้วย (1) การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่โพแทช/เกลือหินของธาตุไอออนบวก ใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) จะได้ธาตุ Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Li^+ (2) การวิเคราะห์ตัวอย่างแร่โพแทช/เกลือหินของธาตุไอออนลบ โดยแบ่งเป็นการวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ในสารละลายตัวอย่าง โดยใช้วิธี Titrimetric method และการวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตโดยใช้วิธี UV-Vis Spectrophotometer
 - 2) ตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) และวิเคราะห์เคมีด้วยวิธี Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICP-MS) จำนวน 1 ถุง
 - 3) ตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์โครงสร้างของผลึก ชนิดแร่ สารประกอบ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโทมิเตอร์ X-ray diffractometer (XRD) จำนวน 1 ถุง
- นอกจากนี้หากมีตัวอย่างที่เหมาะสมให้ส่งวิเคราะห์ด้วยวิธี SEM-EDX เพื่อศึกษาชนิดแร่ จะเลือกเก็บตัวอย่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 2 เซนติเมตรขึ้นไปแล้วนำไปใส่ถุงซิปลงเพื่อส่งวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 5.7 การเตรียมตัวอย่างดินเหนียว/โพแทชและเกลือหิน

- (ก) การตัดแบ่งตัวอย่างจากแท่งตัวอย่าง
- (ข) ตัวอย่างที่ได้จากการตัดแบ่งแท่งตัวอย่าง
- (ค) การตากตัวอย่างดินเหนียวที่บดแล้ว
- (ง) การนำตัวอย่างใส่ถุงซีปเพื่อเตรียมส่งวิเคราะห์
- (จ) ตัวอย่างสำหรับส่งวิเคราะห์

5.5 การเก็บรักษาสภาพตัวอย่าง

หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการในการถ่ายรูป การบันทึกรายละเอียดและลำดับชั้นหิน และเก็บตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์แล้ว ตัวอย่างที่เหลือจะถูกเก็บไว้ในกล่องเก็บตัวอย่างโดยเรียงตามลำดับความลึก เพื่อรักษาสภาพ และก่อนการเก็บตัวอย่างลงกล่องต้องทำการห่อด้วยฟิล์มยืด (cling film) ในช่วงชั้นที่เป็นเกลือหิน โพแทช และตะกอนที่ไม่แข็งตัว แล้วนำไปใส่ในถุงพลาสติกอย่างหนา สำหรับใส่แท่งตัวอย่างแล้วซีลปิดหัวท้ายถุง และเขียนลูกศรบอกทิศทางระดับความลึกจากซ้ายไปขวามุมพลาสติกหนา (รูปที่ 5.8) เสร็จแล้วนำบรรจุลงกล่อง หลังจากนั้นนำกล่องตัวอย่างที่บรรจุแท่งตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจทั้งหมดเข้าสู่ระบบทะเบียนคลังตัวอย่างแร่ของกองทรัพยากรแร่ และนำไปเก็บไว้ที่ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (รูปที่ 5.9) ต่อไป



รูปที่ 5.8 การเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกและบรรจุลงกล่องเก็บตัวอย่าง



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างที่ทำการเก็บรักษาไว้ในกล่องเก็บแท่งตัวอย่าง (ซ้าย)

การจัดเก็บแท่งตัวอย่าง ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (ขวา)

บทที่ 6

โครงสร้างข้อมูลการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ

6.1 โครงสร้างข้อมูล

โครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง ประกอบด้วยข้อมูลดังนี้ (ตารางที่ 6.1)

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------|
| (1) ลำดับ | (16) จังหวัด |
| (2) ชื่อผู้ส่ง | (17) ชื่อระวาง 1:50,000 |
| (3) วัน/เดือน/ปี | (18) เลขระวาง 1:50,000 |
| (4) หมายเลขตู้ | (19) Drilling method |
| (5) หมายเลขชั้น | (20) Drilling direction |
| (6) ชื่อโครงการ | (21) Log |
| (7) หมายเลขหลุมเจาะ | (22) ผลวิเคราะห์ wet analysis |
| (8) ระยะความลึก (เมตร) | (23) ผลวิเคราะห์ XRD |
| (9) ระบบพิกัดตำแหน่ง (Datum) | (24) ผลวิเคราะห์เคมี ICP-MS |
| (10) เขตพิกัดกริด (UTM Zone) | (25) ศิลาวรรณนา (Petrography) |
| (11) เส้นกริดตะวันออก (Easting Grid) | (26) ภาพสถานที่เก็บตัวอย่าง |
| (12) เส้นกริดเหนือ (Northing Grid) | (27) หมายเหตุ |
| (13) สถานที่/หมู่บ้าน | |
| (14) ตำบล | |
| (15) อำเภอ | |

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างโครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (ต่อ)

หมายเลขหลุมเจาะ	ระยะความลึก (ม.)	ระบบพิกัด ตำแหน่ง (Datum)	เขตกริด (UTM Zone)	เส้นกริดตะวันออก (Easting Grid)	เส้นกริดเหนือ (Northing Grid)	หมู่บ้าน	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ชื่อระวาง (1:50,000)	เลขระวาง (1:50,000)
K206	0-5	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	5-10	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	10-15	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	15-20	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	20-25	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	25-30	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	30-35	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	35-40	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	40-45	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	45-50	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	50-55	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	55-60	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	60-65	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	65-70	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV
K206	70-75	WGS1984	48P	288531	1748402	บ้านเหล่าอีหมัน	หนองเม็ก	นาเชือก	มหาสารคาม	อำเภอนาเชือก	5640IV

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างโครงสร้างการบันทึกข้อมูลสำหรับจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง (ต่อ)

Drilling method	Drilling direction	Log	ผลวิเคราะห์ wet analysis	ผลวิเคราะห์ XRD	ผลวิเคราะห์เคมี ICP-MS	สีลาบรรณนา (Petrography)	ภาพสถานที่เก็บตัวอย่าง	หมายเหตุ
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_1	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_2	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_3	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_4	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_5	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_6	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_7	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_8	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_9	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_10	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_11	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_12	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_13	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_14	
diamond drilling		K206_Log	K206_wet analysis	K206_XRD	K206_ICP-MS		K206_15	

สำหรับโครงการบันทึกข้อมูลสำหรับการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง สามารถดาวน์โหลดได้จาก QR code ตามรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 QR code สำหรับดาวน์โหลดโครงการบันทึกข้อมูลสำหรับการจัดเก็บแท่งตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ

บทที่ 7

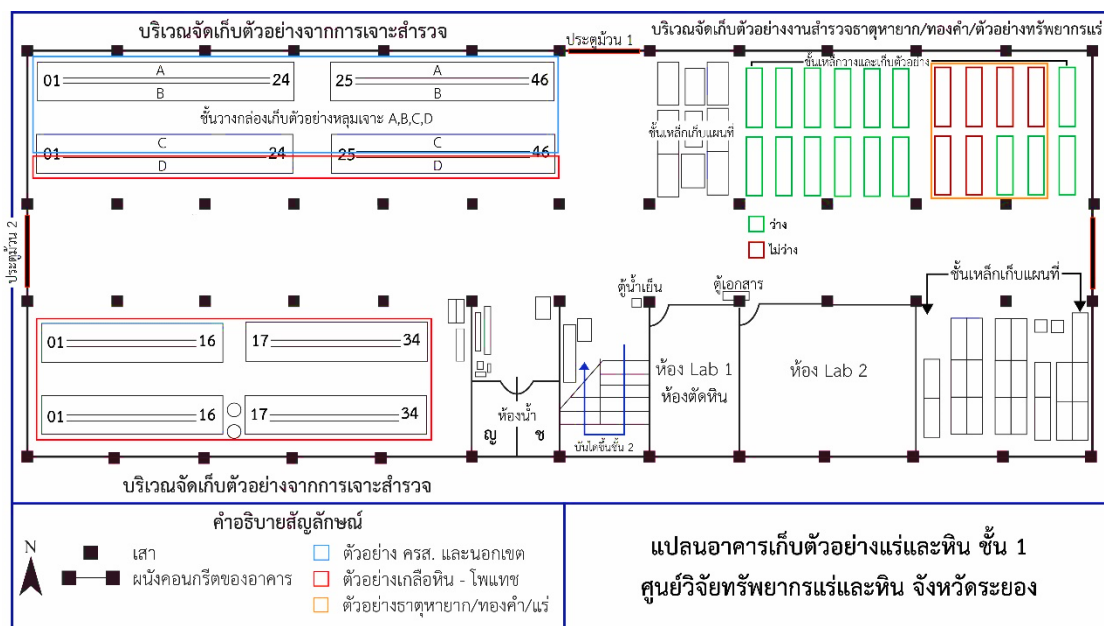
การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง

7.1 การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ

ตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจจะนำไปจัดเก็บให้เป็นระบบ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน ตำบลแกลง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยนำตัวอย่างไปจัดเก็บบริเวณอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ของอาคาร (รูปที่ 7.1) บริเวณชั้นเหล็กวางตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ ตามแปลนอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 (รูปที่ 7.2)



รูปที่ 7.1 อาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง



รูปที่ 7.2 แปลนอาคารเก็บตัวอย่างแร่และหิน ชั้น 1 ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง
(แก้ไขเพิ่มเติมจาก ส่วนมาตรฐานทรัพยากรแร่, 2560)



รูปที่ 7.3 บริเวณชั้นจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ

7.2 สถานภาพคลังตัวอย่าง

7.2.1 การจัดเก็บตัวอย่างที่ได้จากการเจาะสำรวจ ณ ศูนย์วิจัยทรัพยากรแร่และหิน จังหวัดระยอง มีจำนวนตัวอย่างจากการเจาะสำรวจรวมทั้งสิ้น 6,837 กล่องตัวอย่าง แบ่งเป็น 9 โครงการ รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 ตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ

ชื่องาน/โครงการ	จำนวน ตัวอย่าง (กล่อง)	ความลึก (เมตร)
โครงการเร่งรัดสำรวจและประเมินศักยภาพทรัพยากรแร่ (ครส.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2543-2549	4,037	11,275
โครงการสำรวจ จัดทำ และพัฒนาแหล่งวัตถุดิบสำรองสำหรับอุตสาหกรรม เซรามิก ปีงบประมาณ พ.ศ. 2546	305	1,500
โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมการทำเกลือจากน้ำเกลือใต้ดิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดอุดรธานี สกลนคร และนครราชสีมา) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548	253	1,002
โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมการทำเกลือจากน้ำเกลือใต้ดิน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปีงบประมาณ พ.ศ. 2549	229	1,115
โครงการจัดทำแนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรแร่โพแทช ปีงบประมาณ พ.ศ. 2551	174	1,000
โครงการการสำรวจและประเมินเพื่อกำหนดเขตแหล่งแร่ (แร่ตะกั่ว สังกะสี) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2554	120	600
โครงการศึกษาสภาพกำเนิดของหมวดหินภูทอกกับหน่วยหินตะกอนชั้นบนของหมวดหินมหาสารคาม	109	800
โครงการงานสำรวจโพแทชและเกลือหิน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2567	1,004	4,511
ตัวอย่างที่ไม่ทราบชื่อโครงการ	606	-
รวม	6,837	21,803

7.2.2 ตัวอย่างจากการเจาะสำรวจของโครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน
 ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2567 มีจำนวน 1,004 กล้องตัวอย่าง รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 7.2

ตารางที่ 7.2 ตัวอย่างจากการเจาะสำรวจของโครงการสำรวจแร่โพแทชและเกลือหิน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2560-2567

ชื่อโครงการ	หมายเลข หลุมเจาะ	จำนวนตัวอย่าง (ถัง)	ความลึก (เมตร)
โครงการจัดหาและกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจ ของประเทศ (โพแทช จังหวัดนครราชสีมา) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560	K198	70	350
	K199	63	315
	K200	46	230
โครงการจัดหาและกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจ ของประเทศ (โพแทช จังหวัดชัยภูมิ) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561	K201	40	200
	K202	30	150
	K203	63	315
	K204	30	150
	K205	28	140
โครงการจัดหาและกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจ ของประเทศ (โพแทช จังหวัดมหาสารคาม) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562	K206	80	400
	K207	80	400
	K208	80	400
โครงการจัดหาและกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจ ของประเทศ (ฟอสเฟต จังหวัดมหาสารคาม) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563*	K209	50	200
	K210	65	201
	K211	114	400
โครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพื่อการบริหาร จัดการอย่างสมดุล (แร่เพิ่มเติม; โพแทช จังหวัด นครพนม) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566	K212	75	300
โครงการจัดทำบัญชีทรัพยากรแร่เพื่อการบริหาร จัดการอย่างสมดุล (แร่เพิ่มเติม; โพแทช จังหวัด นครราชสีมา) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2567	K213	90	360
รวม		1,004	4,511

หมายเหตุ : *โครงการจัดหาและกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจของประเทศ (ฟอสเฟต จังหวัดมหาสารคาม) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เป็นแร่ฟอสเฟตที่สะสมตัวอยู่บนชั้นตะกอนที่ปิดทับหมวดหินมหาสารคามในพื้นที่แหล่งศักยภาพแร่โพแทชนาเชือก

ผังการจัดเก็บตัวอย่างจากการเจาะสำรวจสามารถดาวน์โหลดได้จาก QR code ตามรูปที่ 7.4



รูปที่ 7.4 QR code สำหรับดาวน์โหลดผังการจัดเก็บตัวอย่างจากการเจาะสำรวจ

เอกสารอ้างอิง

- จิตมนัส ทิพย์ศรีราช, นุชิต ศิริทองคำ, วณิชชญา ชัดศรี และมลศิริ คำหินกอง, 2566, สมุดแผนที่และข้อมูลทรัพยากรแร่ของไทย โพลแทซ (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ : กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 20 หน้า.
- ถนัด สร้อยชา, สุธารัตน์ สิริรอด และกฤตชนนท์ แนวบุญเนียร, 2566, การสำรวจวัดค่าสภาพด้านทานไฟฟ้า เพื่อกำหนดขอบเขตแหล่ง แร่โพลแทซ พื้นที่อำเภอประทาย จังหวัดนครราชสีมา, กรุงเทพฯ : กองเทคโนโลยีธรณี กรมทรัพยากรธรณี, 2566, 57 หน้า.
- นุชิต ศิริทองคำ และวณิชชญา ชัดศรี, 2564, การประเมินสถานภาพและกำหนดแหล่งแร่เพื่อใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ (แร่โพลแทซ จังหวัดชัยภูมิ), กรุงเทพฯ : กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 170 หน้า.
- นุชิต ศิริทองคำ และวิภาวี วิบูลย์อัฐพล, 2562, การกำหนดเขตแหล่งแร่เศรษฐกิจเพื่อการบริหารจัดการแร่ (แร่โพลแทซ จังหวัด มหาสารคาม), กรุงเทพฯ : กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 89 หน้า.
- นุชิต ศิริทองคำ และวิภาวี วิบูลย์อัฐพล, 2564, การประเมินสถานภาพและกำหนดแหล่งแร่เพื่อใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ (แร่โพลแทซ จังหวัดมหาสารคาม), กรุงเทพฯ : กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 144 หน้า.
- ปกรณ สุวานิช, 2535, โพลแทซ-เกลือหิน ธรณีประวัติ การวิวัฒนาการโครงสร้างของชุดหินมหาสารคาม และปริมาณแร่สำรอง : รายงานเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, ฉบับที่ 4, 34 หน้า.
- _____ 2536, การศึกษาพื้นที่ที่เป็นไปได้ในการทำเหมืองแร่โพลแทซชนิดซิลิไซด์, รายงานเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กองเศรษฐกิจธรณีวิทยา, กรมทรัพยากรธรณี, ฉบับที่ 4, 64 หน้า.
- _____ 2550, ธรณีวิทยาแหล่งแร่โพลแทซ-เกลือหินของไทย, บริษัท คัมภีร์วรรณ จำกัด, 195 หน้า.
- ประณต รัตน, นุชิต ศิริทองคำ, วณิชชญา ชัดศรี, วรณชนก จิตรกล้า และเอมมิกา โจนานันท์, 2566, การจัดทำบัญชีทรัพยากร แร่โพลแทซ จังหวัดนครพนม, กรุงเทพฯ : กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 138 หน้า.
- มหิพงษ์ศ วรรณกุล, 2564, แนวทางการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลอย่างยั่งยืน (Sustainable Groundwater Resources Management), กรุงเทพฯ: สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล, 292 หน้า.
- ราชบัณฑิตยสถาน, 2554, พจนานุกรมศัพท์แร่และอัญมณี ฉบับราชบัณฑิตยสถาน, พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- สถาพร กาวินทร และมลศิริ คำหินกอง, 2561, การสำรวจและประเมินเพื่อกำหนดแหล่งแร่โพลแทซเพื่อใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจ จังหวัดนครราชสีมา, สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2561, 133 หน้า
- สุภัตรา วุฒิชิตาภิวิช และคณะ, 2552, แร่, พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี, 320 หน้า.
- ส่วนแร่โลหะ, 2558, รายงานสถานการณ์แร่โพลแทซ : รายงานเผยแพร่, สำนักทรัพยากรแร่, กรมทรัพยากรธรณี, 44 หน้า.
- _____ 2559, การประเมินปริมาณทรัพยากรแร่ตามระบบการจำแนกของสหประชาชาติ 2009 (UNFC-2009) (แร่โพลแทซ-เกลือหิน), สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 98 หน้า.
- Hardie, L.A., 1991, The significance of evaporites: Annual review of Earth and Planetary Sciences, v. 19, p. 131–168.
- Krauskopf, K.B. (1967) Introduction to Geochemistry. McGraw-Hill Book Co., New York, 721 p.
- Moore, C. H., & Wade, W. J. (2013). Evaporative Marine Diagenetic Environment. Carbonate Reservoirs - Porosity and Diagenesis in a Sequence Stratigraphic Framework, 133–163.
- Neuendorf, K.K.E., Mehl, J.P., Jr., and Jackson, J.A., 2005, Glossary of Geology (5th ed.): Alexandria, Virginia, American Geological Institute, 799 p. (Also available online at <http://www.agiweb.org/pubs/glossary/>.)
- Suwanich, P., 1986, Potash and Rock Salt in Thailand: Nonmetallic Minerals Bulletin No. 2, Economic Geology Division, Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand.
- Usiglio, J., 1849. Analyse de L'eau de la Mediterranee sur les cotes de France: Annalen der Chemie, 27(92–107), 172–191.
- Warren, J.K., 2010, Evaporites through time Tectonic, climatic, and eustatic controls in marine and nonmarine deposits: Earth-Science Reviews, v. 98, no. 3–4, p. 217–268, doi:10.1016/j.earscirev.2009.11.004.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิดีโอการสำรวจโพแทช

วิดีโอการสำรวจโพแทช ประกอบด้วย 6 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1: ขั้นตอนการสำรวจแร่เกลือหินและโพแทช
 - ตอนที่ 2: น้ำโคลนสำหรับเจาะสำรวจโพแทช
 - ตอนที่ 3: การหยั่งธรณีหลุมเจาะ
 - ตอนที่ 4: การจัดเก็บและบรรจุตัวอย่างเกลือหินและโพแทช
 - ตอนที่ 5: การปรับพื้นที่หลุมเจาะสำรวจ
 - ตอนที่ 6: การแก้ไขปัญหาโคลนหายระหว่างการเจาะสำรวจโพแทช
- หมายเหตุ: **วิดีโอการสำรวจโพแทช**

พากย์เสียงโดย	นางสาวศศิวิมล อัครภูมิ
ถ่ายโดย	นายประณต รัตนนา
ตัดต่อโดย	นางสาวศศิวิมล อัครภูมิ

ทั้งนี้ สามารถดาวน์โหลดวิดีโอการสำรวจโพแทชได้จาก QR code (รูปที่ ก)



รูปที่ ก QR code วิดีโอการสำรวจโพแทช

ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจ

แบบบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจสามารถดาวน์โหลดได้จาก QR code (รูปที่ ข)



รูปที่ ข QR code สำหรับดาวน์โหลดแบบบันทึกข้อมูลการเจาะสำรวจ



(ชิตมนัส ทิพย์ราช และคณะ, 2566)



คู่มือการสำรวจและประเมินปริมาณทรัพยากรแร่โพแทช

กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
75/10 ถ.พระรามที่ 6 แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400
โทร 0 2621 9762 โทรสาร 0 2621 9773