

ลำดับชั้นหินทางกายภาพและการวิเคราะห์กระแสน้ำบรรพกาลของหมวดหินภูพาน

บริเวณสามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี

นาย ภูวน ชัยขจรวัฒน์

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2556

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจากความช่วยเหลือจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาสินีย์ เจริญจิตร์รัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาและยังคอยตักเตือนสั่งสอน ตลอดจนให้การดูแลในทุกๆด้านของการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนงานสำเร็จลุล่วง

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. มนตรี ชูวงษ์ และ ดร. สันติ ภัยหลบลี้ ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนวความคิดในการทำการวิจัย รวมไปถึงการดูแลให้ความช่วยในด้านการศึกษาและเก็บข้อมูลในภาคสนาม ที่บริเวณผาชัน-สามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี

ขอขอบคุณพี่สุเมธ พันธุ์วงศ์ราช (พี่ต้น) และพี่ธนกฤต ทองขาว (พี่เบน) สำหรับความช่วยเหลือของข้อมูลแผนที่และข้อมูล GIS ของพื้นที่ศึกษา ตลอดจนการให้ความช่วยเหลือและการดูแลตลอดการเก็บข้อมูลในภาคสนาม

ขอขอบคุณนายสหพล พงษ์เพียรสกุล และนายปภณ รักษาธรรม สำหรับความช่วยเหลือในการออกภาคสนามและการร่วมทำงานวิจัยร่วมกันตลอดหนึ่งปีเต็ม ของพื้นที่ศึกษาผาชัน-สามพันโบก

ขอขอบคุณพี่ชวนชวาย ดารานนท์ (พี่แก้ว Geo#53) สำหรับภาพถ่ายของพื้นที่ศึกษาสวยๆ และน้องนิตา สุขชี (น้องนิตา Geo#55) สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ขอขอบคุณคณาจารย์และบุคลากรของภาควิชาธรณีวิทยาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่ได้คอยอบรมให้ความรู้ คำแนะนำ และคอยตักเตือนสั่งสอน ตลอดจนการดูแลให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ตลอดช่วงเวลาที่เรียนอยู่ที่นี้

ขอขอบคุณเพื่อน พี่-น้อง ชาวธรณีวิทยาทุกคนที่คอยให้คำแนะนำและเป็นกำลังใจให้ สำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้มาโดยตลอด

และขอขอบคุณครอบครัวและคนใกล้ชิดทุกท่าน สำหรับกำลังใจและการสนับสนุนในการศึกษา
งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี ด้วยความซาบซึ้งสำหรับความช่วยเหลือของทุกท่านที่กล่าวมา จึงขอขอบคุณมาใน ณ ที่นี้

หัวข้อ	ลำดับชั้นหินทางกายภาพและการวิเคราะห์กระแสน้ำบรรพกาลของ หมวดหินภูพาน บริเวณสามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี
ชื่อ-สกุล	นายภูวน ชัยขจรวัฒน์
รหัสนิสิต	5332726023
ภาควิชา	ธรณีวิทยา
ปีการศึกษา	2556
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฐาสินี เจริญฐิติรัตน์

บทคัดย่อ

สามพันโบกจังหวัดอุบลราชธานี เป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงจากความสวยงามของภูมิทัศน์ และเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจทั้งด้านการท่องเที่ยวและการศึกษาทางธรณีวิทยา โดยหินบริเวณนี้จัดอยู่ในหมวดหินภูพาน ของกลุ่มหินโคราช วัตถุประสงค์ของการศึกษาเพื่อทราบถึงลำดับชั้นหินทางกายภาพ ทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลและปัจจัยการเกิดภูมิทัศน์ โดยเก็บข้อมูลโทรสัมผัส ตัวอย่างหินและโครงสร้างหินตะกอนในพื้นที่ศึกษา พบว่าสามพันโบกเป็นหินแข็งที่ตั้งอยู่บริเวณหัวโค้งน้ำส่วนนอกของแม่น้ำโขง มีลักษณะทางกายภาพของหินเป็นหินทรายปนกรวดสลับกับหินทรายปนกรวดเนื้อไมก้า สีขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงหยาบมาก การคัดขนาดไม่ดี ความเป็นทรงกลมและกลมมนปานกลางถึงดี และมีโครงสร้างหินตะกอนเป็นแบบ ชั้นเฉียงระดับ มีการคัดขนาดตะกอนแบบปกติ (Normal grading) และการคัดขนาดตะกอนแบบไม่ปกติ (Reverse grading) ชั้นหินมีการวางตัวในแนวเกือบระนาบ มีการพัฒนาของแนวรอยแตกหลักในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ผลจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ศึกษามีสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนแบบทางน้ำประสานสาย มีทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และสามารถแบ่งรูปแบบภูมิทัศน์ได้เป็น 4 รูปแบบ คือ ภูมิทัศน์แบบปกติ แนวเส้นตรง แบบซ้ำซ้อน และแบบฝาแฝด โดยปัจจัยการเกิดขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง การวางตัวของชั้นหินและระยะเวลาของการกัดเซาะที่ต่างกัน

คำสำคัญ: กระแสน้ำบรรพกาล สามพันโบก หมวดหินภูพาน ภูมิทัศน์ อุบลราชธานี

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	III
บทที่ 1 บทนำ	
- 1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
- 1.2 พื้นที่ศึกษา	1
- 1.3 นิยามปัญหา	2
- 1.4 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
- 1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2-3
- 1.6 สมมติฐาน	3
- 1.7 ขอบเขตการวิจัย	3
- 1.8 ระเบียบวิธีวิจัย	3-4
- 1.9 แผนผังขั้นตอนการทำวิจัย	4
- 1.10 ตารางปฏิบัติงาน	4
บทที่ 2 ผลการศึกษาและแปลความหมาย	
- 2.1 ผลการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่	5-7
- 2.2 ผลการศึกษาข้อมูลลักษณะหิน	8-16
- 2.3 ผลการศึกษาข้อมูลภายใต้กล้องจุลทรรศน์	17-22
- 2.4 ผลการศึกษาลักษณะกุ่มกมลักษณะ	23-29
บทที่ 3 สรุปผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง	
- 3.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่	30
- 3.2 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน	30
- 3.3 ทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรพภาค	31
- 3.4 ประเภทของกุ่มกมลักษณะ	31
- 3.5 ปัจจัยการเกิดลักษณะกุ่มกมลักษณะ	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33-47

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูป 1.1	ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษา สามพันโบก อ.โพธิ์ไทร จ.อุบลราชธานี	1
รูป 1.2	แผนผังขั้นตอนการวิจัย	4
รูป 2.1	ภาพถ่ายดาวเทียมข้อมูลเชิงพื้นที่ ของพื้นที่ศึกษา	5
รูป 2.2	ภาพถ่ายดาวเทียม แสดงแนวแตกในแนว NE-SW, NW-SE และ E-W	6
รูป 2.3	Rose diagram แสดงการวางตัวของรอยแตกในพื้นที่ศึกษา	6
รูป 2.4	ภาพถ่ายดาวเทียม ลักษณะกุ่มกมลลักษณะสัมพันธ์กับแนวแตกในแนว NE-SW	7
รูป 2.5	แนวรอยแตกหลัก NW-SE บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา	7
รูป 2.6	แนวรอยแตกหลัก NW-SE ที่สัมพันธ์กับการเกิดกุ่มกมลลักษณะ	7
รูป 2.7	สะพานหินธรรมชาติที่สัมพันธ์กับแนวรอยแตกหลัก	7
รูป 2.8	แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	8
รูป 2.9	กุ่มกมลลักษณะ	9
รูป 2.10	สะพานหินธรรมชาติ	9
รูป 2.11	ชั้นกรวดและชั้นหินหลุด	9
รูป 2.12	ภาพขยายชั้นกรวดและชั้นหินหลุด	9
รูป 2.13	Graded bedding	9
รูป 2.14	Blocky shape	9
รูป 2.15	Coset ของ Planar cross-bedding	10
รูป 2.16	Planar cross-bedding	10
รูป 2.17	Planar cross-bedding ชั้น C และ D	10
รูป 2.18	Trough cross-bedding ของชั้น K	10
รูป 2.19	Trough cross-bedding แสดงทิศ Paleocurrent	10
รูป 2.20	แผนที่แสดงจุดศึกษาข้อมูลลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษา	11
รูป 2.21	Lithostratigraphic column 1	12
รูป 2.22	Rose diagram แสดงทิศทาง Paleocurrent ของ Stratigraphic column 1	13
รูป 2.23	Lithostratigraphic column 2	14
รูป 2.24	Rose diagram แสดงทิศทาง Paleocurrent ของ Stratigraphic column 2	15
รูป 2.25	Correlation column	16
รูป 2.26	แผ่นหินบาง G1	17
รูป 2.27	แผ่นหินบาง D1-1	18
รูป 2.28	แผ่นหินบาง D1-2	18

รูป 2.29	แผ่นหินบาง A1-1	19
รูป 2.30	แผ่นหินบาง F2	19
รูป 2.31	แผ่นหินบาง D1-3	20
รูป 2.32	แผ่นหินบาง I2	20
รูป 2.33	แผ่นหินบาง A1-2	21
รูป 2.34	แผ่นหินบาง A1-3	21
รูป 2.35	แผ่นหินบาง D1-1	22
รูป 2.36	แผ่นหินบาง A2	22
รูป 2.37	ระดับการพัฒนาของกุมภลักษณ์ ดัดแปลงจาก Lorence et. al. (1994)	24
รูป 2.38	แบบจำลองแสดงการจำแนกของกุมภลักษณ์	24
รูป 2.39	แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณ์แบบปกติ	25
รูป 2.40	แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณ์แนวเส้นตรง	26
รูป 2.41	แบบจำลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกุมภลักษณ์กับการวางตัวของชั้นหิน	27
รูป 2.42	แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณ์แบบซ้ำซ้อน	28
รูป 2.43	แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณ์ฝาแฝด	29
รูป 3.1	แบบจำลองสภาพการสะสมตะกอนแบบทางน้ำประสานสาย ของNicole, 2009	30
รูป ก-1	การวางตัวของชั้นหิน 1	39
รูป ก-2	การวางตัวของชั้นหิน 2	39
รูป ก-3	การวางตัวของชั้นหิน 3	39
รูป ก-4	การวางตัวของชั้นหิน 4	39
รูป ก-5	การวางตัวของชั้นหิน 5	39
รูป ก-6	การวางตัวของชั้นหิน 6	39
รูป ก-7	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed A	40
รูป ก-8	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed B	40
รูป ก-9	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed C	40
รูป ก-10	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed D	40
รูป ก-11	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed E	41
รูป ก-12	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed F	41
รูป ก-13	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed G	41
รูป ก-14	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed H	41
รูป ก-15	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed I	42

รูป ก-16	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed J	42
รูป ก-17	Paleocurrent Stratigraphic column 1 Bed K	42
รูป ก-18	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed A	43
รูป ก-19	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed B	43
รูป ก-20	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed C	43
รูป ก-21	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed D	43
รูป ก-22	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed E	44
รูป ก-23	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed F	44
รูป ก-24	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed G	44
รูป ก-25	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed H	44
รูป ก-26	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed I	45
รูป ก-27	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed J	45
รูป ก-28	Paleocurrent Stratigraphic column 2 Bed K	45
รูป ก-29	การกัดเซาะตามแนวรอยแตก	46
รูป ก-30	การพัฒนาภูมิภาคลักษณะตามแนวรอยแตก	46
รูป ก-31	การเริ่มต้นการพัฒนาของภูมิภาคลักษณะ	46
รูป ก-32	ภูมิภาคลักษณะแบบซ้ำซ้อน	46
รูป ก-33	การเริ่มการพัฒนาภูมิภาคลักษณะแผด	46
รูป ก-34	ภูมิภาคลักษณะแบบแผด	47
รูป ก-35	การพัฒนาภูมิภาคลักษณะแบบซ้ำซ้อน	47
รูป ก-36	ลักษณะก่อนกรวดที่เป็นตัวขัดถู (Grinder)	47
รูป ก-37	การพัฒนาภูมิภาคลักษณะแบบซ้ำซ้อนแบบกัดลึก	47

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 ตารางปฏิบัติการ	4
ตาราง ก-1 ข้อมูล Paleocurrent ของ Stratigraphic column 1	33-35
ตาราง ก-2 ข้อมูล Paleocurrent ของ Stratigraphic column 2	36-38

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

สามพันโบกเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงจากความสวยงามของลักษณะภูมิภคลักษณะและสะพานหินธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นในหินทรายปนกรวดสีขาว ที่แสดงลักษณะชั้นเฉียงระดับหลายทิศทางของหมวดหินภูพาน ซึ่งไม่พบในบริเวณหมวดหินอื่นที่แม่น้ำโขงตัดผ่าน พื้นที่ดังกล่าวจึงเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจทั้งในด้านการท่องเที่ยวและการศึกษาทางธรณีวิทยา ปัจจุบันข้อมูลธรณีวิทยาเชิงลึกในพื้นที่สามพันโบกยังมีไม่มากพอทำให้ผู้วิจัยมีแนวความคิดในการศึกษาสภาพธรณีวิทยาในพื้นที่ดังกล่าว ทั้งการลำดับชั้นหินทางกายภาพและการวิเคราะห์กระแสน้ำบรรพกาล เพื่อบอกสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนและทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาล ในหมวดหินภูพาน บริเวณพื้นที่สามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อให้ประกอบการวิเคราะห์การเกิดลักษณะภูมิภคลักษณะในพื้นที่ และจัดทำข้อมูลเชิงลึกสำหรับการจัดทำอุทยานธรณีผาชัน-สามพันโบกในอนาคต

1.2 พื้นที่ศึกษา

สามพันโบก ตั้งอยู่ในพื้นที่บ้านโป่งเป่า ตำบลเหล่างาม อำเภอโพธิ์ไทร จังหวัดอุบลราชธานี บริเวณเส้นละติจูดที่ 15 องศา 47 ลิปดา 22.563 ฟลิปดา และเส้นลองจิจูดที่ 105 องศา 24 ลิปดา 16.254 ฟลิปดา ในแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50000 ระวังอำเภอโพธิ์ไทร (6040 I) บริเวณริมแม่น้ำโขงฝั่งประเทศไทย



รูป 1.1 ภาพดาวเทียมแสดงพื้นที่ศึกษา สามพันโบก อ.โพธิ์ไทร จ.อุบลราชธานี ชายแดนประเทศไทย - แขวงสาละวัน สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

(Google Earth™ mapping service)

1.3 นิยามปัญหา

ข้อมูลลำดับชั้นหินและแผนภูมิแสดงทิศทางการไหลของของกระแสน้ำบรรพกาล จะสามารถบ่งบอกสภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอน และทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลของหมวดหินภูพานได้หรือไม่ และสามารถวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดลักษณะภูมิลักษณะของพื้นที่ศึกษาได้อย่างไร

1.4 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาลักษณะหิน ลำดับชั้นหินและโครงสร้างหินตะกอน เพื่อแปลสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและหาทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาล ของหมวดหินภูพาน บริเวณพื้นที่สามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี และวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดลักษณะภูมิลักษณะในพื้นที่ศึกษาดังกล่าว

1.5 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Ward และ Bunnag (1964) ได้ตั้งหมวดหินภูพานเป็นครั้งแรก เป็นหมวดหินที่แสดงการวางตัวต่อเนื่องอยู่บนหมวดหินเสาขัวพบตามเทือกเขาขอบแอ่งโคราชและบริเวณส่วนบนของเขายอดราบ ตามแนวเทือกเขาภูพาน ประกอบด้วยหินทรายสีเทาปนขาว ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางจนถึงเม็ดขนาดกรวดมน แสดงชั้นเฉียงระดับ มักพบเม็ดกรวดขนาดปานกลางในเนื้อหิน มีความหนาประมาณ 183 เมตร มีชั้นหินแบบฉบับอยู่ที่ภูผาผึ้ง อำเภอภูผินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์

Chonlakmani และ Sattayarak (1978), Sattayarak (1983), Hahn (1982) และ Mouret (1994) ศึกษาลักษณะการสะสมตะกอนของแอ่งตะกอนโคราช พบว่าเริ่มมีการสะสมตัวแบบ Fluvio-lacustrine มาตั้งแต่หมวดหินห้วยหินลาดจนถึงหมวดหินน้ำพอง จากนั้นเปลี่ยนเป็นแบบลำน้ำโค้งตวัด และเนินตะกอนน้ำพารูปพัด ผสมเข้ามาในหมวดหินภูกระดึง จากนั้นสะสมตัวในแบบลำน้ำประสานสาย ในหมวดหินภูพาน ในสภาพอากาศที่ร้อน กึ่งแห้งแล้ง

Lorenc et al.(1994) ศึกษาวิวัฒนาการของภูมิลักษณะ ในหินแกรนิตของประเทศสเปน และแบ่งลำดับวิวัฒนาการของภูมิลักษณะ ออกเป็น 6 ชั้น ตามลักษณะรูปร่างและระยะเวลาของการพัฒนาของการเกิดภูมิลักษณะ ซึ่งสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ภาวะสมบูรณ์ (Maturity) ของแม่น้ำได้

Meesook et al. (1995) แบ่งกลุ่มหินโคราชออกเป็น 9 หมวดหินโดยเรียงอายุจากเก่าไปอ่อนคือ 1) หมวดหินห้วยหินลาด 2) หมวดหินน้ำพอง 3) หมวดหินภูกระดึง 4) หมวดหินพระวิหาร 5) หมวดหินเสาขัว 6) หมวดหินภูพาน 7) หมวดหินโคกกรวด 8) หมวดหินมหาสารคาม 9) หมวดหินภูทอก และกล่าวว่หมวดหินภูพาน มีความหนาประมาณ 114 เมตรประกอบด้วย หินทรายและชั้นหนาของหินกรวดมน ในสภาพแวดล้อมแบบลำน้ำประสานสาย หรืออาจเกิดจากลำน้ำโค้งตวัด ในสภาพภูมิอากาศค่อนข้างกึ่งแห้งแล้ง

1.6 สมมติฐาน

การเกิดลักษณะภูมิอากาศ น่าจะสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพและโครงสร้างของหิน ในหมวดหินภูพาน เช่น การวางตัวของชั้นหิน ความเป็นเนื้อเดียวกันของชั้นหิน การค้ำขนาดเม็ดตะกอน การเรียงตัวของเม็ดตะกอน

1.7 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอนและทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาล จากการศึกษาลำดับชั้นหินตามลักษณะทางกายภาพของหินและเก็บข้อมูลโครงสร้างหินตะกอนต่างๆ ประมาณ 100 ตัวอย่าง ที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาฝั่งประเทศไทย เพื่อจัดทำข้อมูลสภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน ทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลและวิเคราะห์ปัจจัยการเกิดลักษณะภูมิอากาศจากการศึกษาข้อมูลบริเวณพื้นที่สามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี

1.8 ระเบียบวิธีวิจัย

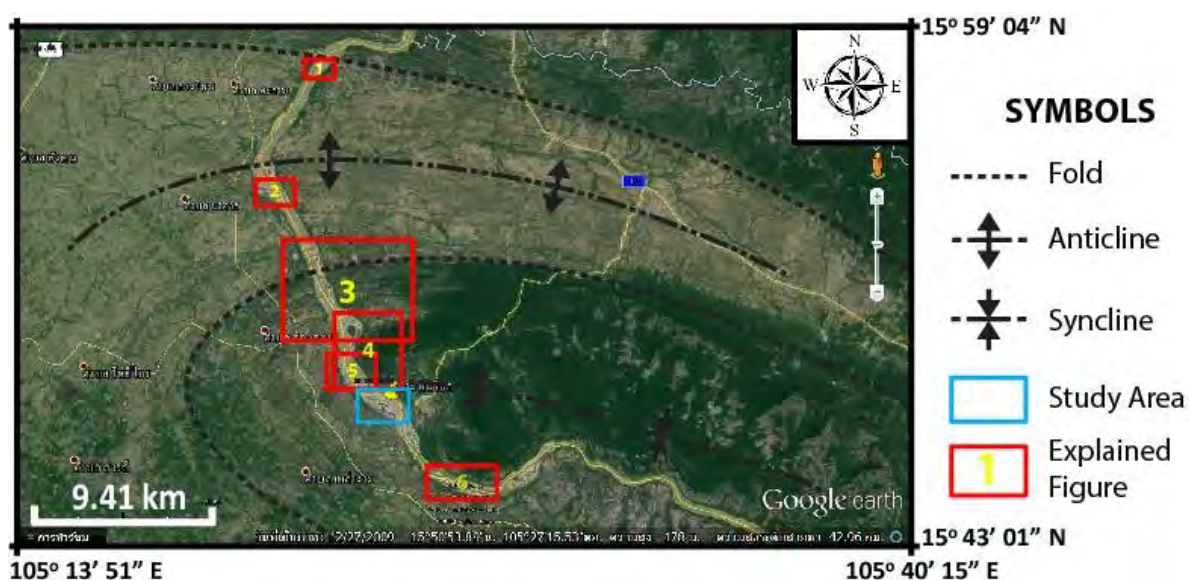
1. ศึกษางานวิจัยเก่าและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. เก็บข้อมูลพื้นที่การศึกษาศึกษา
 - 2.1 เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม ภาพถ่ายทางอากาศและข้อมูลเชิงพื้นที่
 - 2.2 เก็บข้อมูลลักษณะหิน เช่น ขนาดตะกอน ชนิดหิน โครงสร้างหินตะกอนและตัวอย่างหิน
3. ปฏิบัติการ
 - 3.1 รวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่
 - 3.2 ศึกษาข้อมูลภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ศึกษาตัวอย่างหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์
4. วิเคราะห์ข้อมูล
 - 4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่
 - 4.2 วิเคราะห์สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน
 - 4.3 วิเคราะห์ทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาล
5. วิเคราะห์ปัจจัยการเกิดลักษณะภูมิอากาศ
6. เก็บข้อมูลภาคสนามเพิ่มเติม
7. สรุปผลรายงานการวิจัยและเตรียมนำเสนองานวิจัย
 - 7.1 สรุปข้อมูลสภาพแวดล้อมการสะสมตัวและทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลของหมวดหินภูพาน บริเวณพื้นที่สามพันโบก จังหวัดอุบลราชธานี
 - 7.2 เตรียมนำเสนองานวิจัย

บทที่ 2 ผลการศึกษาและแปลความหมาย

2.1 ผลการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่

ธรณีวิทยาโครงสร้าง:

บริเวณพื้นที่สามพันโบกมีพื้นที่ขนาดประมาณ 2 ตารางกิโลเมตร โดยตั้งอยู่ใกล้แกนกับแกนกลางของลักษณะชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย (Syncline) ของหมวดหินภูพาน มีแนวการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ด้วยมุมเอียงเทต่ำประมาณ 3-7 องศา จนเกือบแนวระนาบ (Sub-horizontal bedding) โดยมีแม่น้ำโขงตัดผ่านการวางตัวของชั้นหิน ทำให้เห็นลักษณะการวางตัวของชั้นหินได้อย่างชัดเจน ดูได้จากหลักฐานภาพถ่ายดาวเทียม (ภาคผนวก: รูป ก-1 ถึง ก-6) ซึ่งสัมพันธ์กับแนวแตกหลักในแนว NE-SW ของพื้นที่ศึกษา



รูป 2.1 ภาพถ่ายดาวเทียมข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นที่ศึกษา

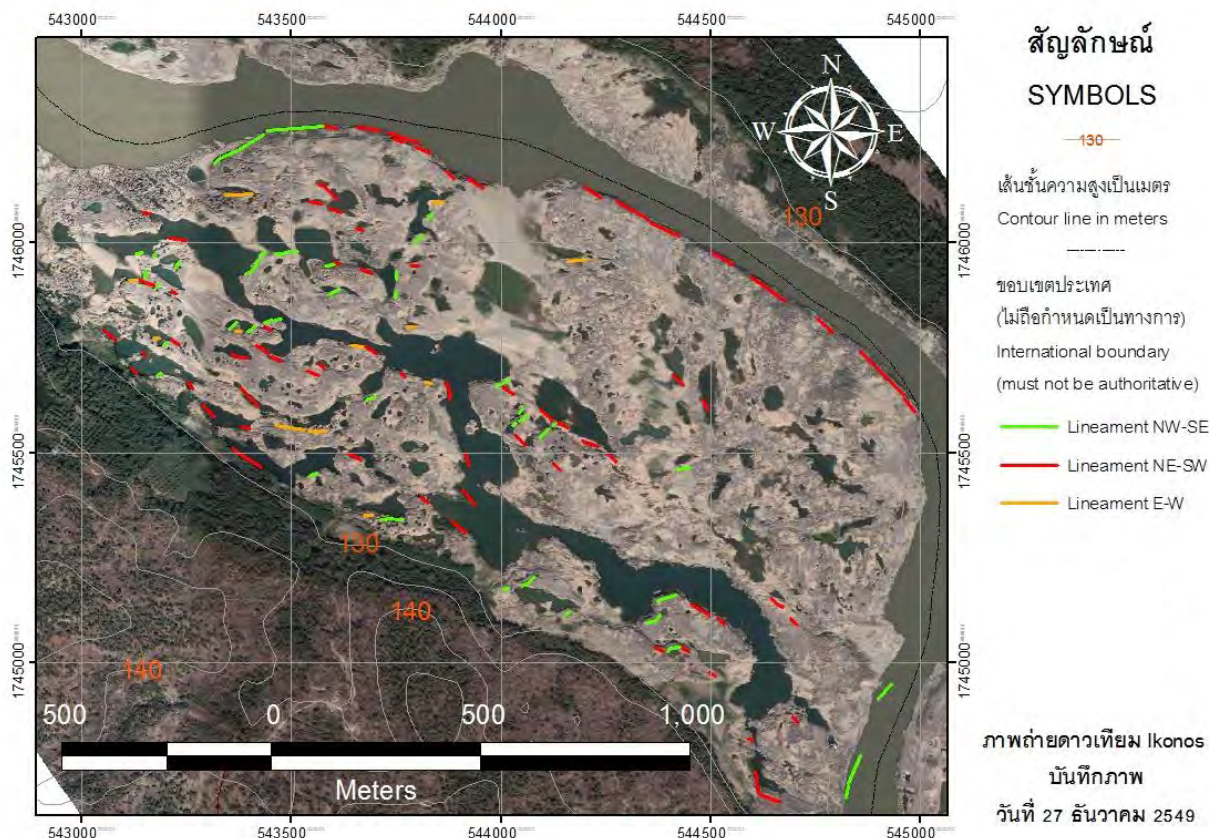
แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างแบบชั้นหินโค้งรูปประทุนคว่ำและชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย

ภาพประกอบคำอธิบายที่ 1 - 6 (ภาคผนวก: รูป ก-1 ถึง ก-6)

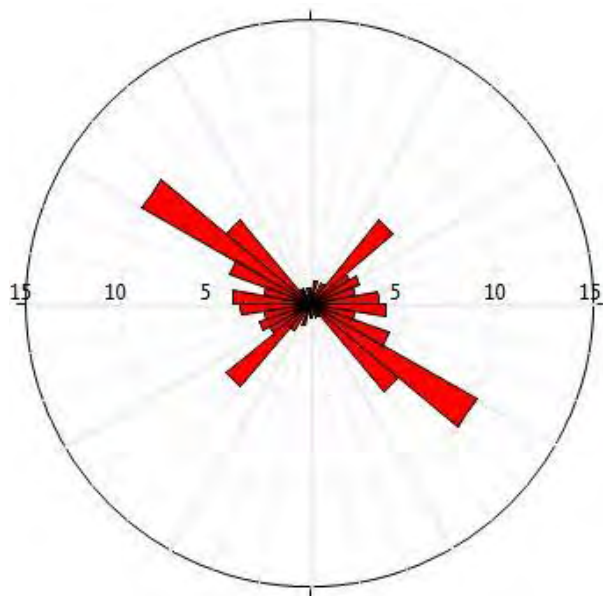
(Google Earth™ mapping service)

แนวแตก: NE-SW, NW-SE และ E-W

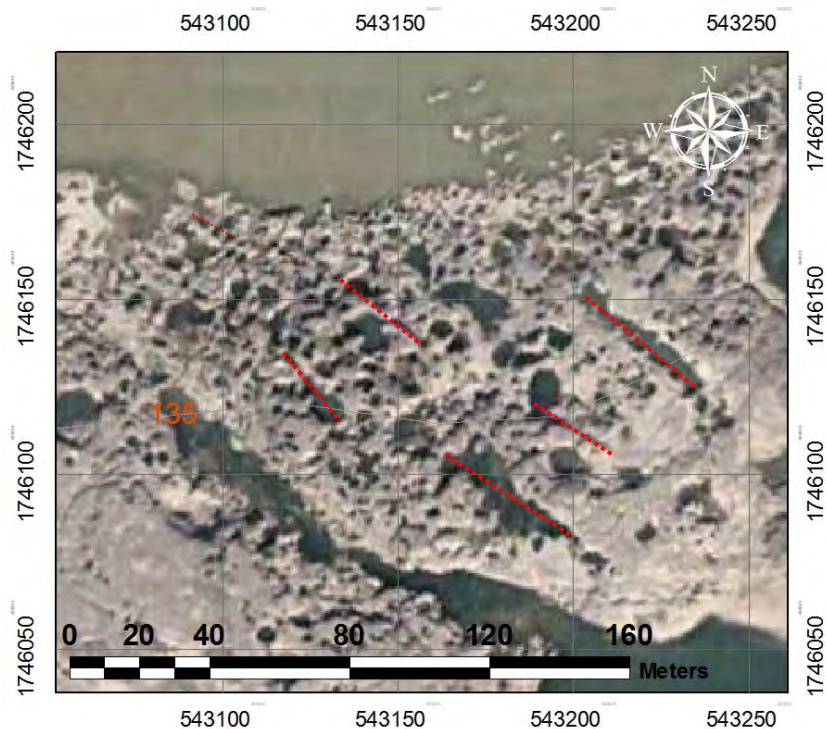
จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม จากดาวเทียม IKONOS (ความละเอียด 1x1 เมตร) พบลักษณะของแนวแตกที่ชัดเจน วางตัว 3 แนว คือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันออก-ตะวันตก ที่แสดงในแผนภูมิ Rose diagram (รูป 2.3) ซึ่งสัมพันธ์กับแนวการวางตัวของกุ่มลักษณะ (รูป 2.4) และสะพานหินธรรมชาติ (รูป 2.7 และ 2.8)



รูป 2.2 ภาพถ่ายดาวเทียม แสดงแนวแตกหลักในแนว NE-SW และแนวแตกรองในแนว NW-SE และ E-W
(Google Earth™ mapping service)



รูป 2.3 Rose diagram แสดงการวางตัวของรอยแตกในพื้นที่ศึกษา
จาก 123 ข้อมูล แสดงแนวรอยแตกหลักในแนว NW-SE และแนวรอยแตกรอง NE-SW และ E-W



รูป 2.4 ภาพถ่ายดาวเทียม ลักษณะภูมิภคัษณ์สัมพันธ์กับแนวแตกในแนว NE-SW
(Google Earth™ mapping service)



รูป 2.5 แนวรอยแตกหลัก NW-SE บริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (ภาพมองไปทางทิศ NW)



รูป 2.6 แนวรอยแตกหลัก NW-SE ที่สัมพันธ์กับการเกิดภูมิภคัษณ์ (ภาพมองไปทางทิศ N)

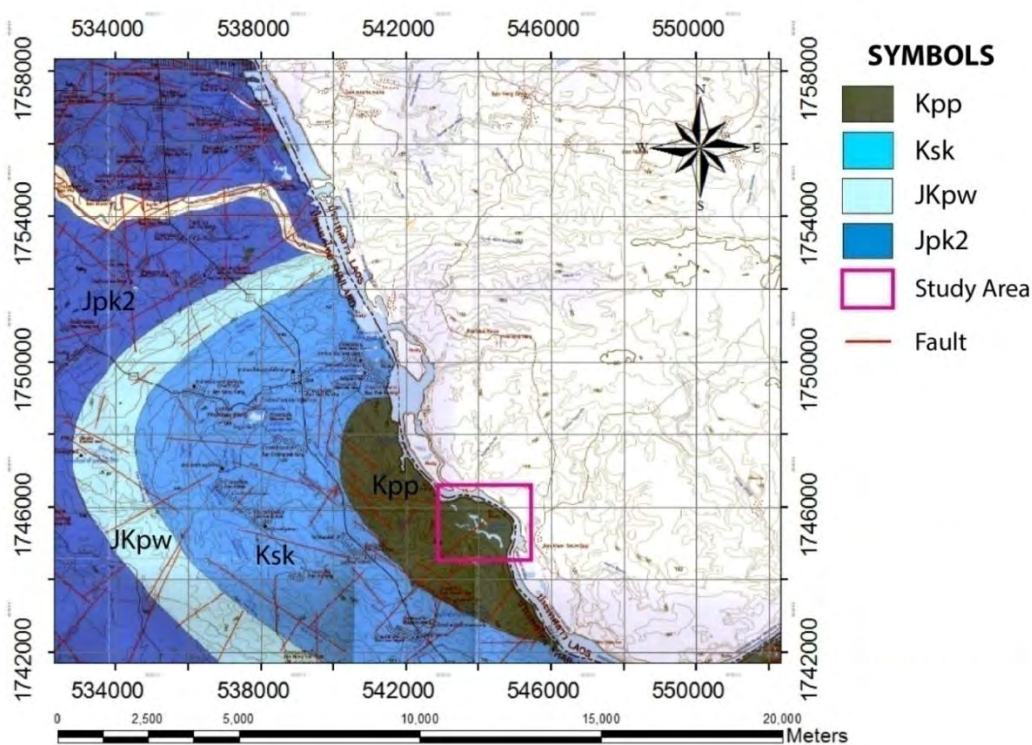


รูป 2.7 สะพานหินธรรมชาติที่สัมพันธ์กับแนวรอยแตกหลัก (ภาพมองไปทางทิศ SW)
แสดงลักษณะการเกิดสะพานหินธรรมชาติที่เกิดเนื่องจากการกัดเซาะตามแนวรอยแตกที่ขนานกัน และเกิดการกัดเซาะต่อเนื่องไปจนกระทั่งด้านล่างของชั้นหินมีการทะลุเชื่อมต่อกัน

2.2 ผลการศึกษาข้อมูลลักษณะหิน

หินในพื้นที่ศึกษามีลักษณะเป็นหินทรายปนกรวดสลับกับหินทรายปนกรวดเนื้อไมกา สีสดเป็นสีเขียว และมีสีฝุ่นน้ำตาลเหลือง โดยพบเม็ดกรวดขนาด 0.5 - 4 เซนติเมตร ปนอยู่ในเนื้อหิน มีวัตถุเชื่อมประสานเป็นแบบเนื้อดิน ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงหยาบมาก การคัดขนาดไม่ดี ความเป็นทรงกลมและกลมมนปานกลางถึงดี และมีโครงสร้างหินตะกอนเป็นแบบ ชั้นเฉียงระดับ มีการคัดขนาดตะกอนแบบปกติ (Normal grading) และการคัดขนาดตะกอนแบบไม่ปกติ (Reverse grading) โดยมีร่องค้ำประกอบหลักคือแรมควอตซ์และหินเศษชิ้น และมีร่องค้ำประกอบรองคือแรมัสโคไวด์

ข้อมูลลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษามี 2 จุดศึกษาคือ ลำดับชั้นหินที่ 1 (พิกัดละติจูดที่ $15^{\circ} 47' 21.8453''$ ลองจิจูดที่ $105^{\circ} 24' 16.5549''$) และลำดับชั้นหินที่ 2 (พิกัดละติจูดที่ $15^{\circ} 47' 21.2714''$ ลองจิจูดที่ $105^{\circ} 24' 16.6121''$) ซึ่งเมื่อนำมาหาความสัมพันธ์ (Correlation) จากลักษณะเนื้อหิน ร่องค้ำประกอบความหนาชั้นหิน โครงสร้างหินตะกอนและทิศทางของกระแสน้ำบรรพกาล พบว่ามีความสูงรวม 12 เมตร แสดงทิศทางของกระแสน้ำบรรพกาลที่ไหลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปทิศตะวันตกเฉียงเหนือ เทียบความสัมพันธ์ได้กับลักษณะหินในหมวดหินภูพาน ที่มีการสะสมตัวในช่วง Lower Cretaceous ตามการศึกษาของ Ward and Bunnag (1964)



รูป 2.8 แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

(ดัดแปลงจากแผนที่ธรณีวิทยา 1:50,000 ระวังอำเภอโพนธิไทร กรมทรัพยากรธรณี 2551)



รูป 2.9 กุ่มกลักษณ์

แสดงลักษณะกุ่มกลักษณ์แบบชำซ้อน วางตัวแนว (SW-NE) (ภาพมองไปทางทิศ NW)



รูป 2.10 สะพานหินธรรมชาติ

แสดงลักษณะสะพานหินธรรมชาติที่เกิดจากการพัฒนาของกุ่มกลักษณ์ (คนในภาพสูง 163 ซม.) (ภาพมองไปทางทิศ SW)



รูป 2.11 ชั้นกรวดและชั้นหินหลุด

แสดงลักษณะของชั้นกรวดหนา 2 เซนติเมตร (เม็ดกรวดขนาด 0.5-4 เซนติเมตร) ที่แทรกตัวอยู่ในชั้นหินทราย สีเทาขาว เห็นแนวการกัดเซาะตามรอยต่อของชั้นกรวด



รูป 2.12 ภาพขยายชั้นกรวดและชั้นหินหลุด



รูป 2.13 Graded bedding

ลักษณะ Graded bedding ของชั้นหิน (ชั้น J ลำดับชั้นหินที่ 2)



รูป 2.14 Blocky shape

แสดงลักษณะการเปลี่ยนขนาดตะกอนจากตะกอนขนาดเล็กไปขนาดใหญ่อย่างฉับพลัน (ลำดับชั้นหินที่ 2)

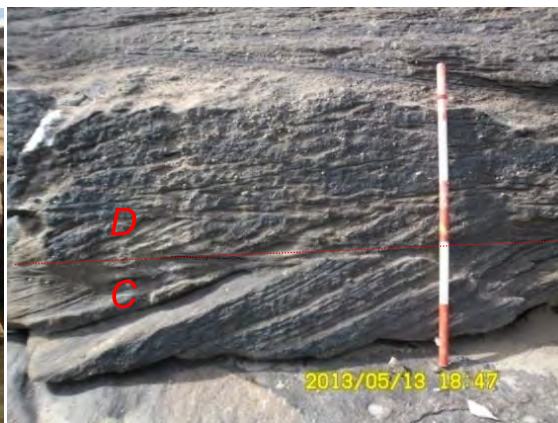


รูป 2.15 Coset ของ Planar cross-bedding

แสดงลักษณะของชั้นหินที่มีลักษณะของสร้างหินตะกอนเป็น Planar cross-bedding ชั้นหนา (หนา 20-25 เซนติเมตร) สลับชั้นหินบาง (หนา 2-3 เซนติเมตร) (ภาพมองไปทางทิศ NE)



รูป 2.16 Planar cross-bedding



รูป 2.17 Planar cross-bedding ชั้น C และ D

แสดงลักษณะโครงสร้างหินชั้นแบบ Planar cross-bedding มีการวางตัวเอียงเทไปทางทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยมุมประมาณ 30 องศา (รูป 2.17 ชั้นหิน C และ D ลำดับชั้นที่ 1)

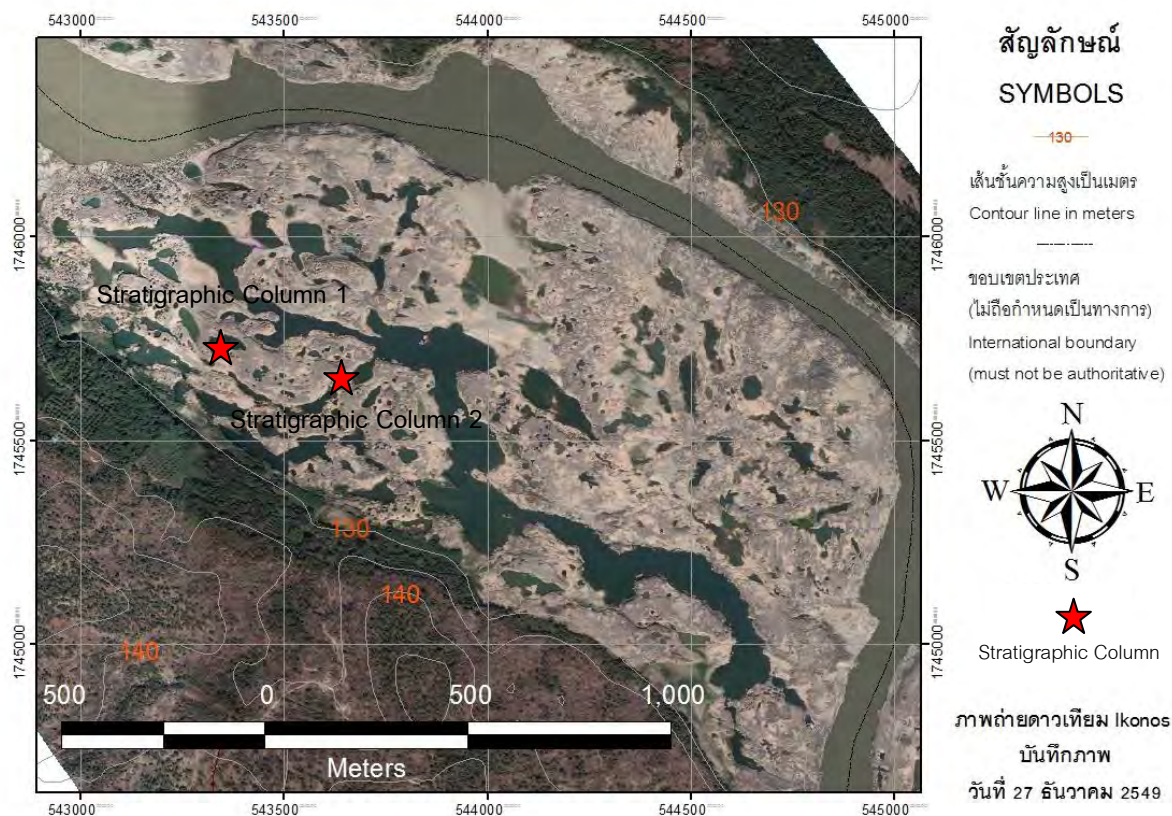


รูป 2.18 Trough cross-bedding ของชั้น K



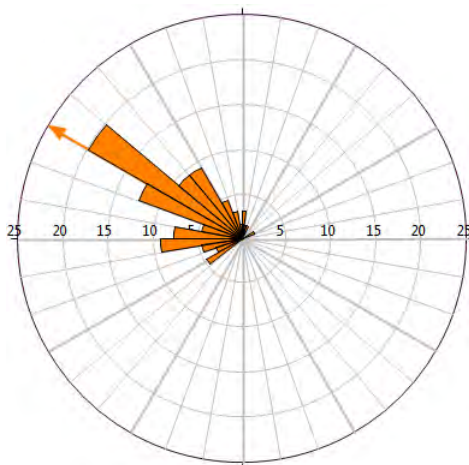
รูป 2.19 Trough cross-bedding แสดงทิศ Paleocurrent

ลักษณะ Trough cross-bedding แสดงทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ ไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ด้วยมุมเอียงเทประมาณ 30 องศา



รูป 2.20 แผนที่แสดงจุดศึกษาข้อมูลลำดับชั้นหินในพื้นที่ศึกษา (Google Earth™ mapping service)

แสดงจุดศึกษาข้อมูลลำดับชั้นหิน ลำดับชั้นหินที่ 1 ลำดับชั้นหินที่ 1 (พิกัด 15.7894014648119 เหนือ 105.404598595122 องศา ตะวันออก) และลำดับชั้นหินที่ 2 (พิกัด 105.40767002182754 เหนือ 15.789242041945035 องศา ตะวันออก)



รูป 2.22 Rose diagram แสดงทิศทาง Paleocurrent ของ Stratigraphic column 1

ช่วงมุมที่มากที่สุด = 19.69697% ระหว่าง 301° ถึง 310°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 300.3° (NW) ความยาวเฉลี่ย = 0.8217

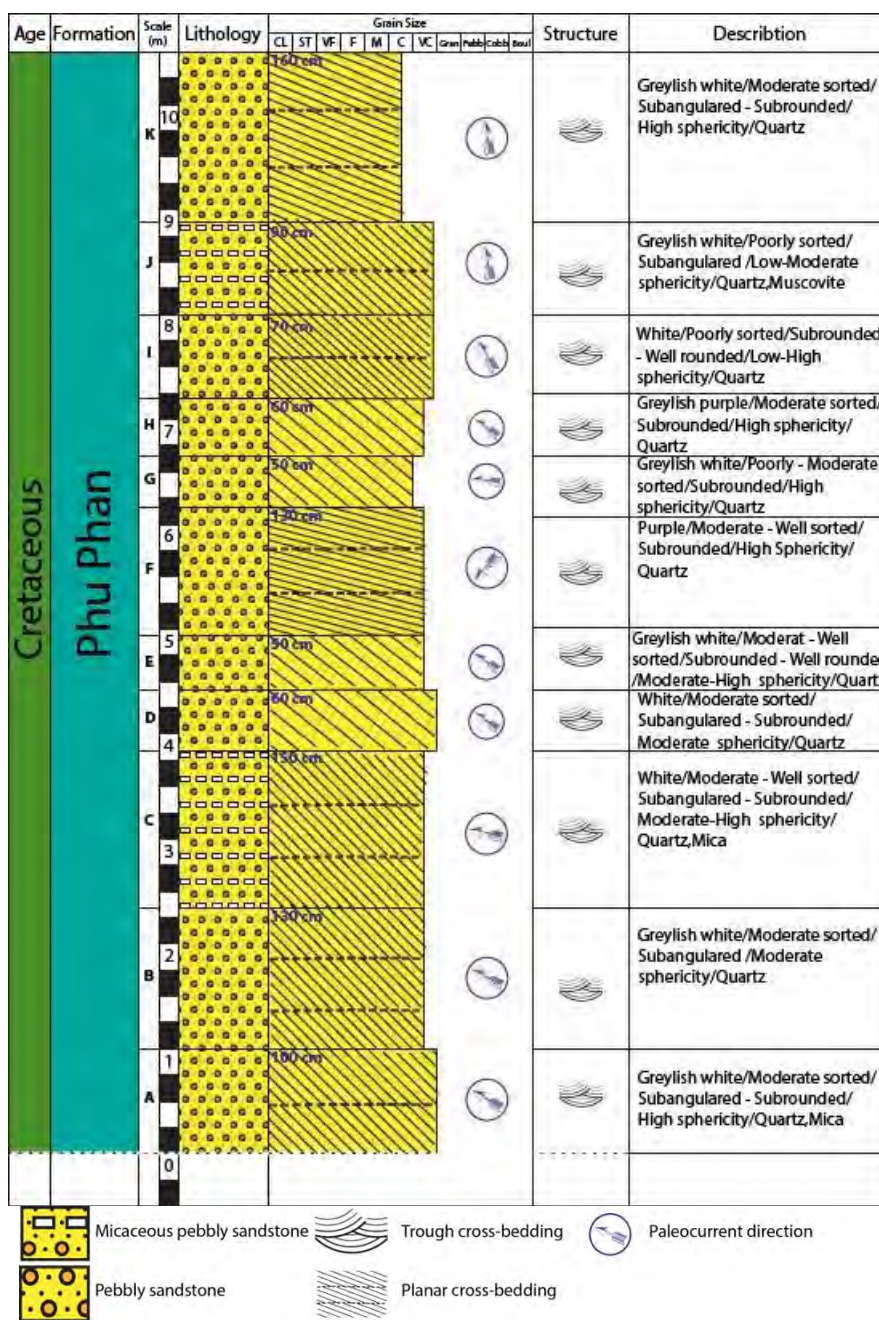
Rose Diagram (66 ตัวอย่าง)

จากข้อมูล Trough cross-bedding และ Planar cross-bedding ทั้งหมด 66 ตัวอย่างภายในบริเวณพื้นที่ศึกษา Stratigraphic column 1 พบว่าทิศทางของกระแสน้ำบรรพกาล ขณะมีการสะสมตัวของหินทรายปนกรวดของหมวดหินภูพาน ในยุคครีเทเชียส มีทิศทางไหลไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 300.3° (NW Trending) และแสดงลักษณะทิศทางการไหลมากกว่า 1 ทาง ไปทางทิศตะวันออก

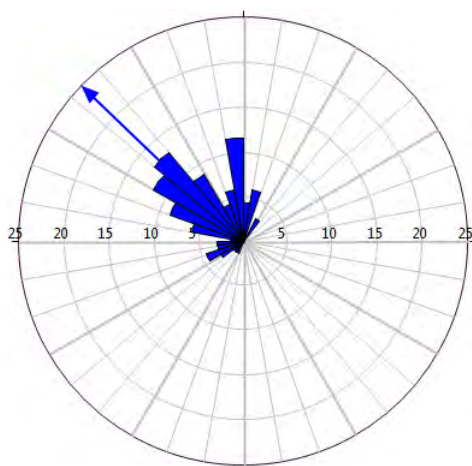
Stratigraphic Column 2

Grid Reference: ละติจูด 15° 47' 21.2714" ลองจิจูด 105° 24' 16.6121" (0543660 N 1745653 E)

เป็นหินทรายเนื้อกรวดสลับกับหินทรายเนื้อไมกา สีขาว มีความสูงรวม 10.25 เมตร ขนาดเม็ดตะกอนปานกลางถึงหยาบมาก การคัดขนาดตั้งแต่ดีจนถึงแย่มาก ความเป็นทรงกลมและกลมมนปานกลางถึงดี แสดงโครงสร้างหินตะกอนแบบ Trough cross-bedding, Planar cross-bedding และพบลักษณะการ Grading ในบางชั้นหิน และมีการเปลี่ยนขนาดตะกอนจากปานกลางเป็นหยาบระหว่างชั้น G และ H มีทิศทางการแปรสัณฐานบรพกาลไหลจากทิศตะวันออกเฉียงใต้ไปยังตะวันตกเฉียงเหนือ (เฉลี่ยจาก 70 ซ้ำมุม)



รูป 2.23 Lithostratigraphic column 2



รูป 2.24 Rose diagram แสดงทิศทาง Paleocurrent ของ Stratigraphic column 2

ช่วงมุมที่มากที่สุด = 12.85714% ระหว่าง 311° ระหว่าง 320°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 313.9° (NW) ความยาวเฉลี่ย = 0.7463

Rose Diagram (70 ตัวอย่าง)

จากข้อมูล Trough cross-bedding และ Planar cross-bedding ทั้งหมด 70 ตัวอย่างภายในบริเวณพื้นที่ศึกษา Stratigraphic column 2 พบว่าทิศทางของกระแสน้ำบรรพกาล ขณะมีการสะสมตัวของหินทรายปนกรวดของหมวดหินภูพาน ในยุคครีเทเชียส มีทิศทางไหลไปยังทิศตะวันตกเฉียงเหนือ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 313.9° (NW Trending) และแสดงลักษณะทิศทางการไหลมากกว่า 1 ทาง ไปทางทิศเหนือ

Correlation

จากการเทียบความสัมพันธ์ (Correlation) ของลำดับชั้นหินทั้งสองลำดับชั้นหิน สามารถเทียบความสัมพันธ์ชั้นหินได้จากข้อมูลลักษณะเนื้อหิน แร่องค์ประกอบ ความหนาชั้นหิน โครงสร้างหินตะกอน และทิศทางของกระแสน้ำบรรพกาล ได้เป็นชั้นหินที่มีความสูงรวม 12 เมตร โดยเทียบความสัมพันธ์ได้จากชั้นหิน 4 ชุดหิน คือ

1. ชั้นหิน A ของลำดับชั้นหิน 1 กับชั้นหิน C ของลำดับชั้นหิน 2
2. ชั้นหิน E ของลำดับชั้นหิน 1 กับชั้นหิน F ของลำดับชั้นหิน 2
3. ชั้นหิน F ของลำดับชั้นหิน 1 กับชั้นหิน G ของลำดับชั้นหิน 2
4. ชั้นหิน I ของลำดับชั้นหิน 1 กับชั้นหิน K ของลำดับชั้นหิน 2

โดยชั้นหินที่สามารถเทียบเคียงได้เป็นชั้นหินที่มีความหนามากกว่า 100 เซนติเมตร เนื่องจากชั้นหินในพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนแปลงความหนาและชุดลักษณะในแนวระนาบค่อนข้างมาก ชั้นหินที่มีความหนาน้อย จึงมีการกระจายตัวได้น้อยกว่าชั้นหินที่มีความหนา

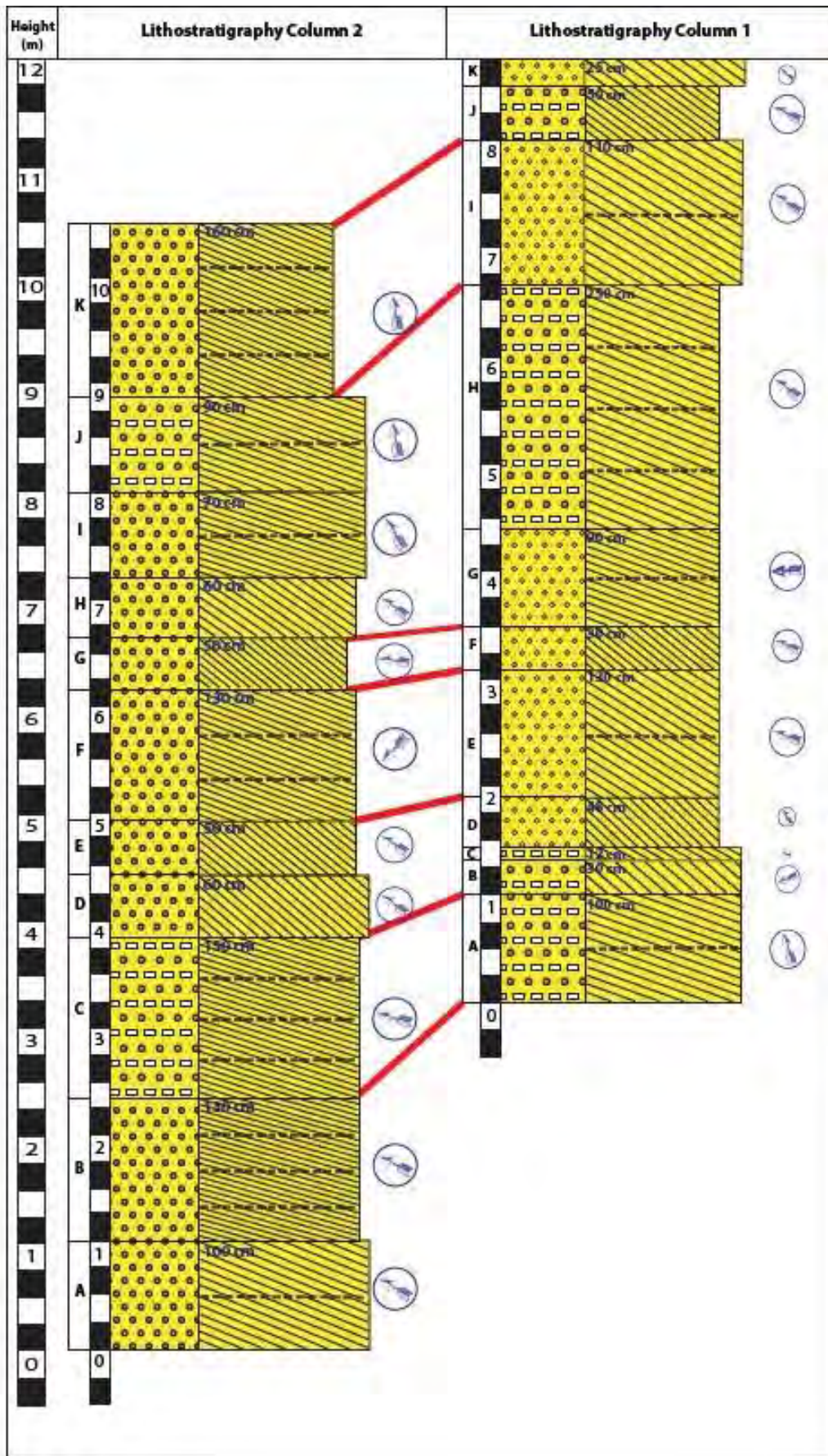
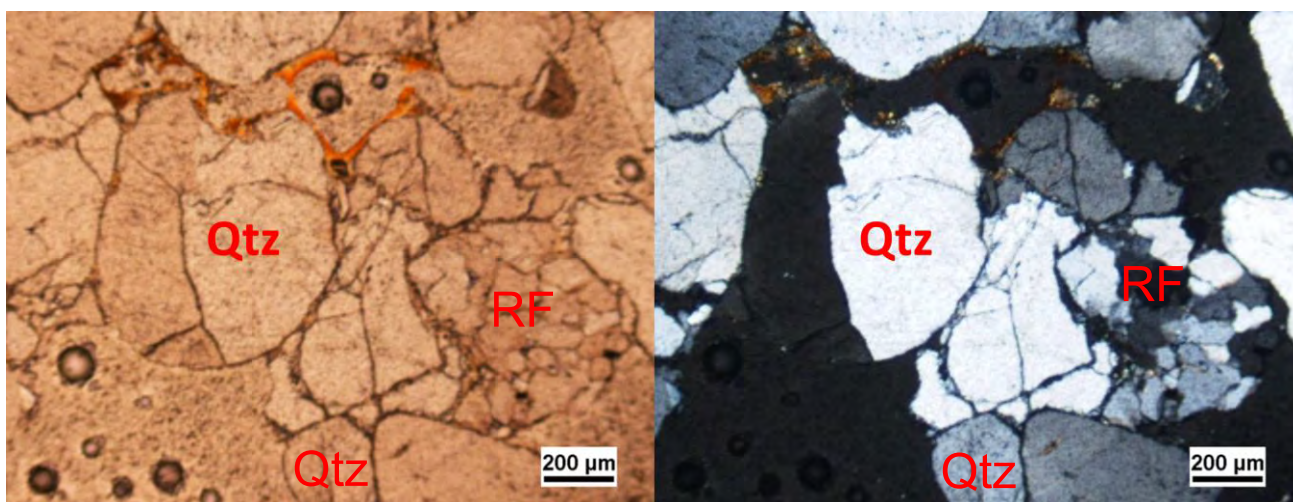


Figure 2.25 Correlation column

2.3 ผลการศึกษาข้อมูลภายใต้กล้องจุลทรรศน์

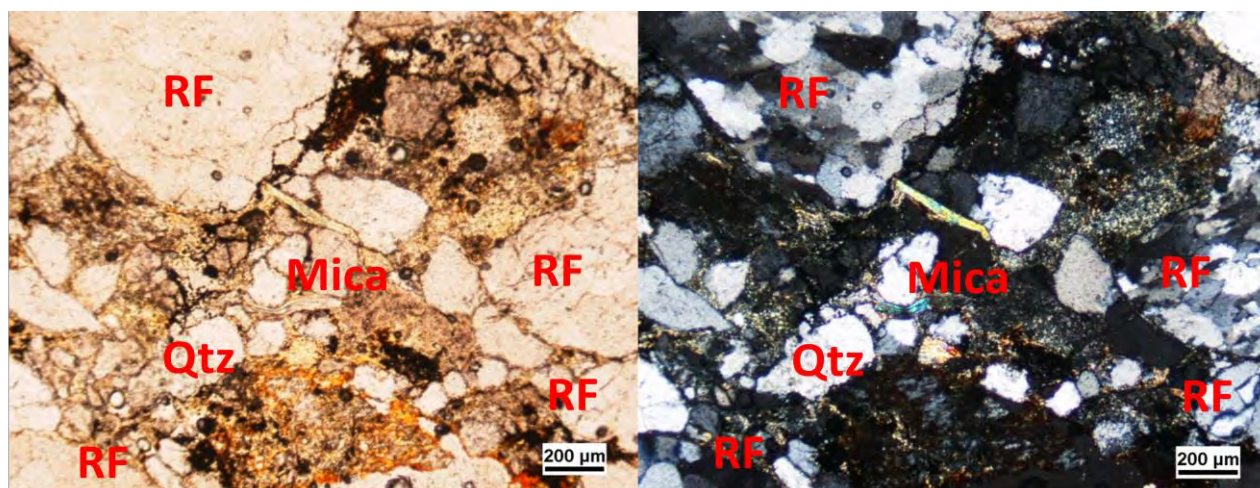
จากการศึกษาแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จำนวน 20 ตัวอย่าง สามารถจำแนกหินในพื้นที่ศึกษาได้เป็นหิน Lithic arenite ตามการจำแนกของ Dott (1964) มีลักษณะของเม็ดตะกอนเฉลี่ย 1 มิลลิเมตร และพบเม็ดกรวดขนาด 0.5-4 มิลลิเมตร ปนอยู่ทั่วไปในเนื้อหิน มีปริมาณเนื้อพื้น (Matrix) คิดเป็นร้อยละ 10 มีวัตถุเชื่อมประสานปฐมภูมิเป็นแบบเนื้อดิน (Argillaceous) และบางส่วนพบวัตถุเชื่อมประสานทุติยภูมิเป็นแบบเนื้อเหล็ก (Ferruginous) โดยมีแร่องค์ประกอบหลักคือควอตซ์คิดเป็นร้อยละ 59.23% หินเศษชิ้น (Rock fragment) คิดเป็นร้อยละ 34.34% เฟลด์สปาร์คิดเป็นร้อยละ 1.21% และมีแร่อื่นๆเป็นแร่องค์ประกอบร่วม เช่น มัสโคไวท์ เอพิโดต และแร่ไพรอกซีน คิดเป็นร้อยละ 5.22% โดยหินเศษชิ้นที่พบเป็นหินที่มีต้นกำเนิดมาจากหินทราย หิน ควอตซ์ไซต์ หินโคลนและหินโคลนกึ่งแปรสภาพ

ลักษณะเนื้อหินที่พบแสดงลักษณะชั้นหินบาง (Lamination) การคัดขนาดแบบปกติ (Normal grading) การคัดขนาดแบบไม่ปกติ (Reverse grading) เนื้อหินที่มีรอยแตก (Cracking) และพบลักษณะเนื้อหินแปรสภาพ (Metamorphic texture) ในเม็ดตะกอนของหินเศษชิ้น ที่แสดงลักษณะการถูกแปรสภาพของหินต้นกำเนิดก่อนถูกพัดพามาสะสมตัวใหม่



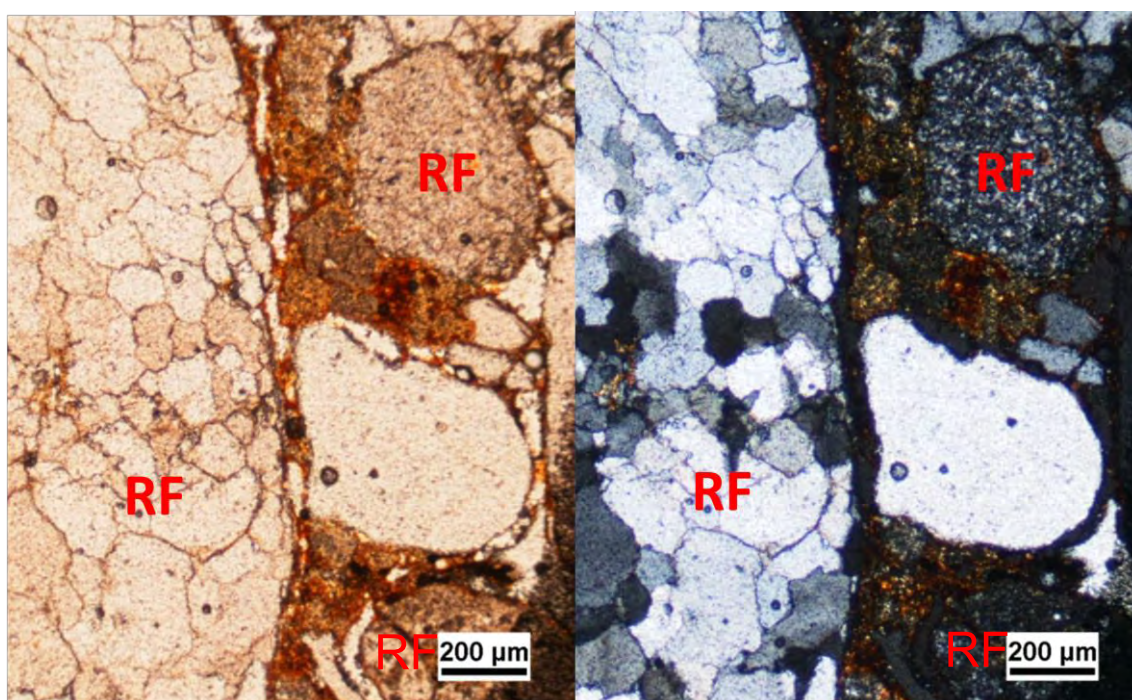
รูป 2.26 แผ่นหินบาง G1

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น G แผ่นที่ 1 (ควอตซ์ 54.7% หินเศษชิ้น 43.1% เฟลด์สปาร์ 2.2%) แสดงลักษณะเม็ดควอตซ์ที่แตกหักและมีหินเศษชิ้นของแร่ควอตซ์ปนอยู่ในเนื้อหิน ที่มีรูพรุนค่อนข้างสูงจากลักษณะการแทนที่ของกาบิลซิมที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดตะกอน และพบลักษณะการแทนที่จากสารละลายเหล็กออกไซด์ (สีน้ำตาลส้มในภาพ PPL) บริเวณช่องว่างของเม็ดตะกอน



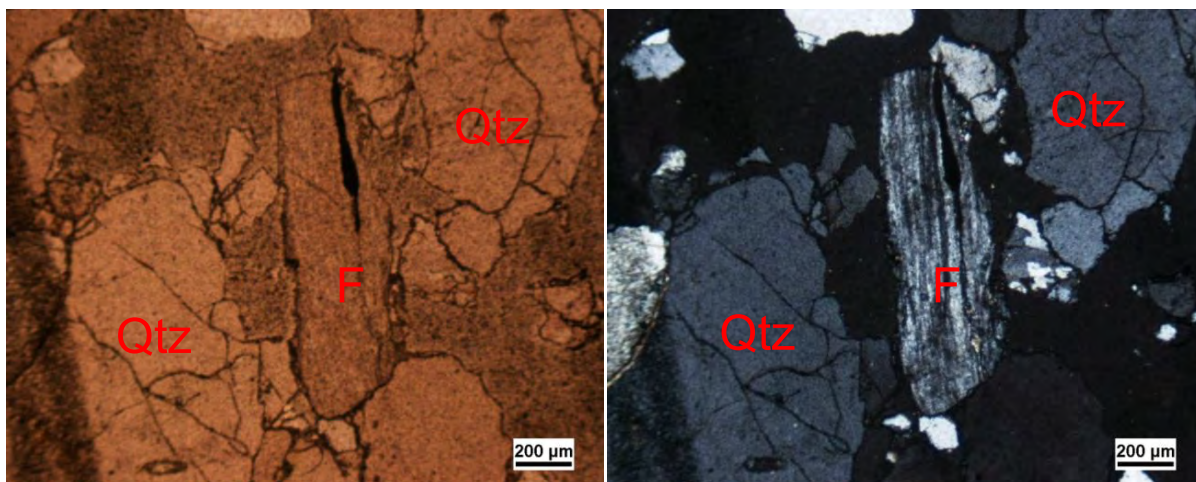
รูป 2.27 แผ่นหินบาง D1-1

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น D แผ่นที่ 1 (ควอตซ์ 55.3% หินเศษชิ้น 43.2% เฟลด์สปาร์ 1.1%) มีแร่ไมกาปนอยู่ในเนื้อหิน แสดงลักษณะการคัดขนาดแย มีเนื้อพื้นประมาณ 10% มีหินเศษชิ้นของแร่ควอตซ์ที่แสดงลักษณะการแปรสภาพแบบ Subgrain Rotation บ่งบอกสภาพการแปลที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียส ขณะที่ยังเป็นหินต้นกำเนิดก่อนการถูกพัดพามาสะสมตัวใหม่ในพื้นที่ศึกษา



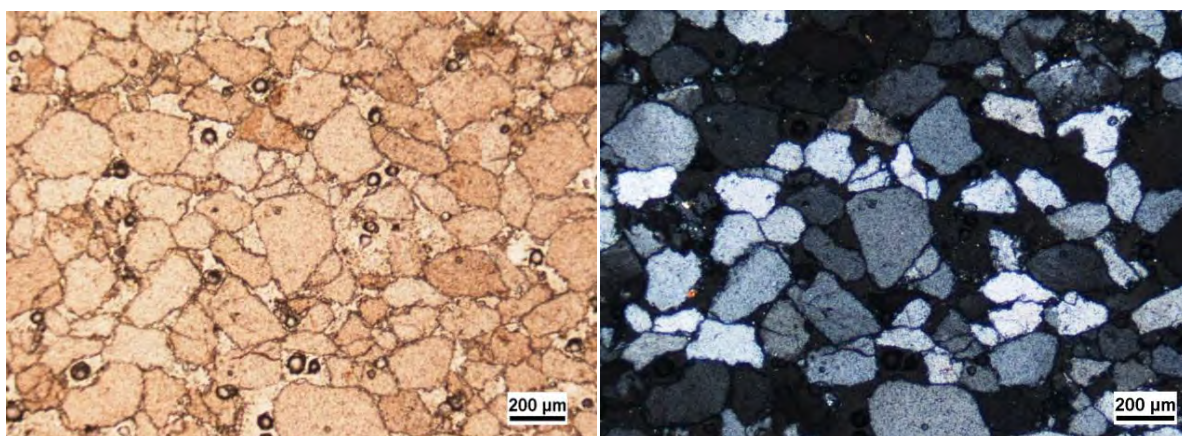
รูป 2.28 แผ่นหินบาง D1-2

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น D แผ่นที่ 2 (ควอตซ์ 48.3% หินเศษชิ้น 47.5% เฟลด์สปาร์ 2.1%) แสดงลักษณะการคัดขนาดแย มีเนื้อพื้นประมาณ 7% มีหินเศษชิ้นของแร่ควอตซ์ขนาดใหญ่ (2 เซนติเมตร: ทางขวามือของรูป) ที่แสดงลักษณะเนื้อหินที่มีรอยแตก และหินเศษชิ้นของหินโคลนปะปนอยู่ และพบลักษณะการแทนที่จากสารละลายเหล็กออกไซด์ (สีน้ำตาลส้มในภาพ) บริเวณช่องว่างของเม็ดตะกอน



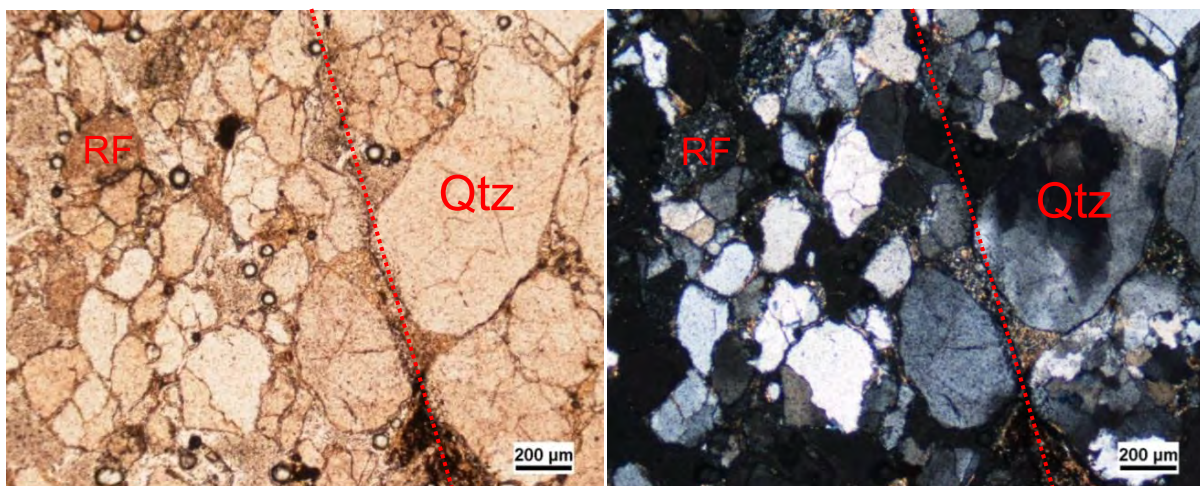
รูป 2.29 แผ่นหินบาง A1-1

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น A แผ่นที่ 1 (ควอตซ์ 52.3% หินเศษชิ้น 41.4% เฟลด์สปาร์ 5.3%) แสดงลักษณะเม็ดควอตซ์ที่แตกหักและมีแร่เฟลด์สปาร์ (F) ที่แสดงลักษณะ Twin ชัดเจนปนอยู่ในเนื้อหิน ที่มีรูพรุนค่อนข้างสูงจากลักษณะการแทนที่ของกาบิลซัมที่แทรกอยู่ระหว่างเม็ดตะกอน



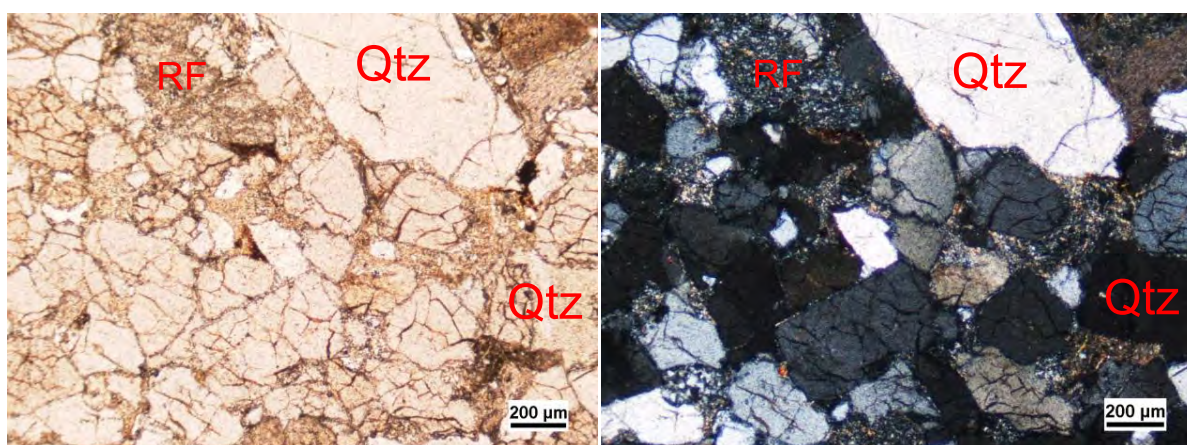
รูป 2.30 แผ่นหินบาง F2

หิน Quartz arenite: ลำดับชั้นหินที่ 2 ชั้น G (ควอตซ์ 77.9% หินเศษชิ้น 21.6% เฟลด์สปาร์ 0.5%) มีเม็ดควอตซ์ที่มีการคัดขนาดดี (0.2-0.4 เซนติเมตร) มีความกลมมนและความเป็นทรงกลมค่อนข้างสูง แสดงลักษณะชั้นหินบาง ของชั้นเดียวระดับ ขนานไปกับแนวอนของภาพ



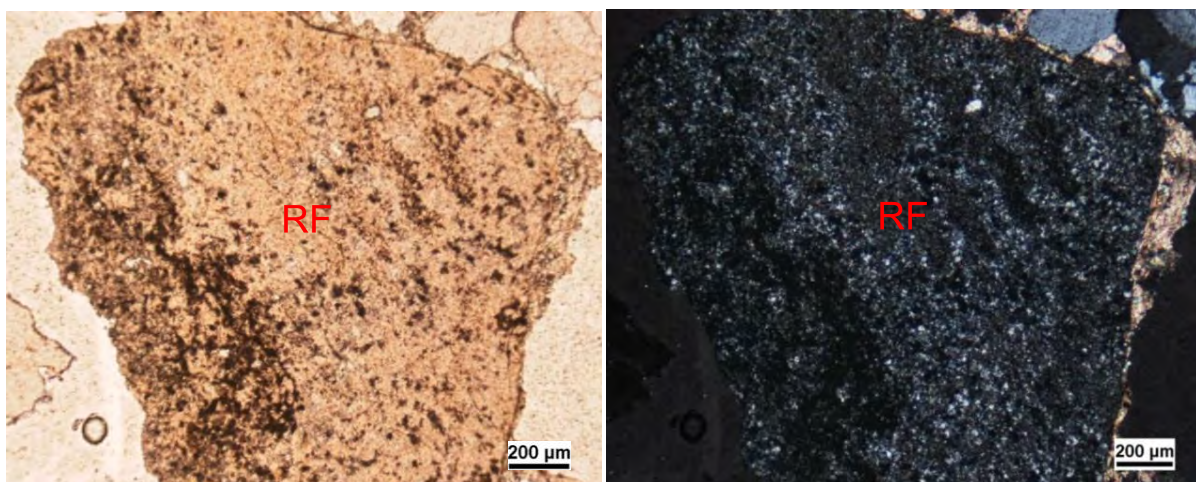
รูป 2.31 แผ่นหินบาง D1-3

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น D แผ่นที่ 3 (ควอตซ์ 63.4% หินเศษชิ้น 36.6% เฟลด์สปาร์ 0%) มีเม็ดควอตซ์ที่แตกหักและมีหินเศษชิ้นของแร่ควอตซ์และหินโคลนปนอยู่ในเนื้อหิน มีเม็ดตะกอนสองขนาด คือตะกอนขนาดหยาบ (1-2 เซนติเมตร) อยู่ทางขวามือของรูปและมีตะกอนขนาดปานกลาง (0.5 เซนติเมตร) อยู่ทางซ้ายมือ โดยด้านบนของหินอยู่ทางด้านซ้ายมือของภาพและมีด้านล่างของหินอยู่ทางด้านขวามือ แสดงลักษณะ Reverse grading



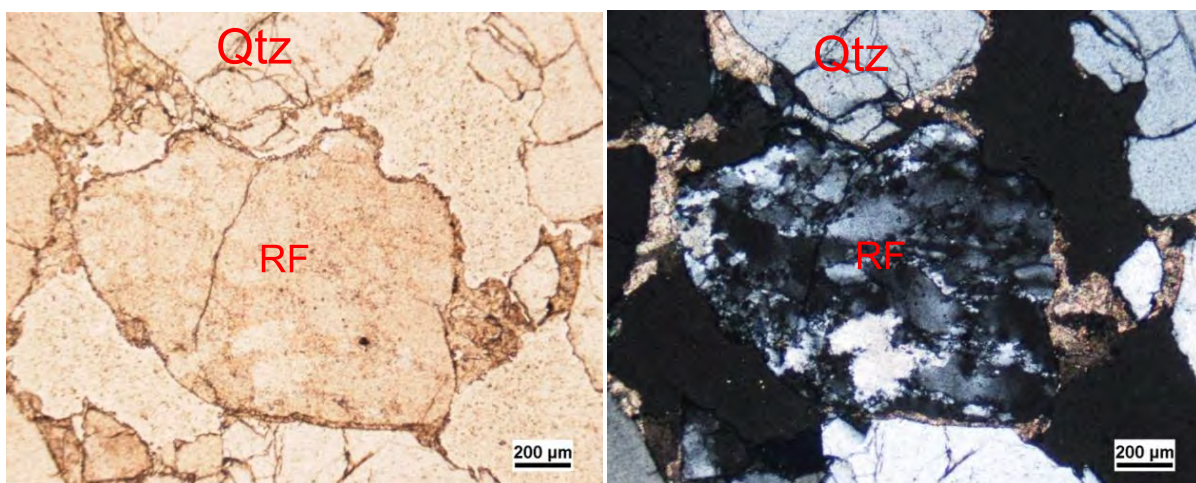
รูป 2.32 แผ่นหินบาง 12

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 2 ชั้น I (ควอตซ์ 34.6% หินเศษชิ้น 65.4% เฟลด์สปาร์ 0%) แสดงลักษณะเม็ดควอตซ์และหินเศษชิ้นของทั้งหินทรายและหินโคลนและที่แตกหัก มีการัดขนาดไม่ดี มีความกลมมนและความเป็นทรงกลมต่ำ



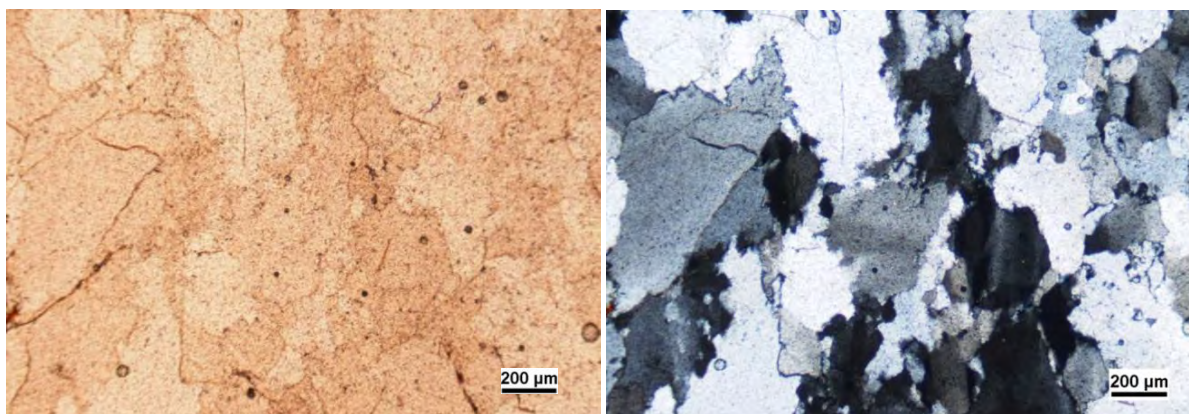
รูป 2.33 แผ่นหินบาง A1-2

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น A แผ่นที่ 2 (ควอตซ์ 44.3% หินเศษชิ้น 55.7% เฟลด์สปาร์ 0%) แสดงหินเศษชิ้นของหินโคลน ขนาด 2 เซนติเมตร ที่แสดงลักษณะการแปรสภาพเห็นการเรียงตัวของแร่เป็นแนวขนานชัดเจน



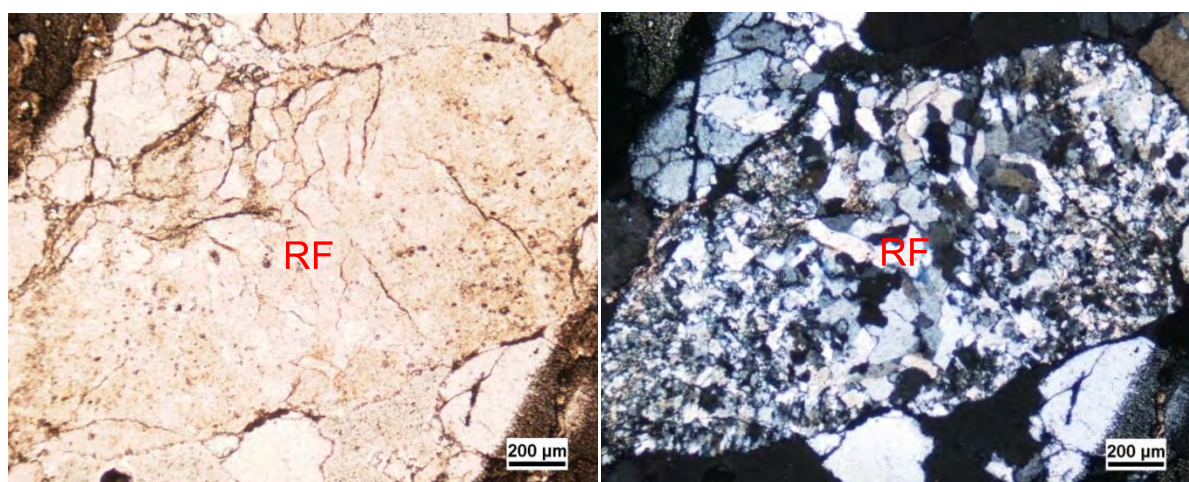
รูป 2.34 แผ่นหินบาง A1-3

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น A แผ่นที่ 2 (ควอตซ์ 54.3% หินเศษชิ้น 43.7% เฟลด์สปาร์ 1.3%) แสดงลักษณะหินเศษชิ้นของเม็ดควอตซ์ที่มีลักษณะเนื้อหินแบบ Subgrain Rotation ที่มีลักษณะการถูกกัดกร่อนบริเวณผิวของเม็ดตะกอน และพบลักษณะการแทนที่ของแร่แคลไซต์ (สีชมพูส้มในภาพ XPL) บริเวณขอบของเม็ดตะกอน



รูป 2.35 แผ่นหินบาง D1-1

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น D แผ่นที่ 1 (ควอตซ์ 48.3% หินเศษชิ้น 47.5% เฟลด์สปาร์ 2.1%) แสดงเนื้อหินของหินเศษชิ้นของเม็ดควอตซ์ (ขนาด 4 เซนติเมตร) ที่แสดงเนื้อหินแบบ Grain boundary migration ที่บ่งบอกการแปรสภาพที่อุณหภูมิ มากกว่า 500 องศาเซลเซียส ขณะที่ยังเป็นหินต้นกำเนิดก่อนการถูกพัดพามาสะสมตัวใหม่ในพื้นที่ศึกษา



รูป 2.36 แผ่นหินบาง A2

หิน Lithic arenite: ลำดับชั้นหินที่ 1 ชั้น A (ควอตซ์ 53.4% หินเศษชิ้น 46.6% เฟลด์สปาร์ 0%) แสดงเม็ดตะกอนของหินเศษชิ้นของหินควอตไซต์ (ขนาด 1 เซนติเมตร) ที่แสดงลักษณะเนื้อหินแบบ Subgrain Rotation แบบไม่เท่ากัน เห็นเป็นแนวการแปรสภาพในแนวตั้ง ที่บ่งบอกสภาพการแปรที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียส ขณะที่ยังเป็นหินต้นกำเนิดก่อนการถูกพัดพามาสะสมตัวใหม่ในพื้นที่ศึกษา การแปรสภาพ

2.4 ผลการศึกษาลักษณะกุมภลักษณ์

จากการศึกษาลักษณะของกุมภลักษณ์ในภาคสนาม สามารถจำแนกลักษณะของกุมภลักษณ์ได้เป็น 4 ลักษณะ คือ กุมภลักษณ์แบบปกติ แนวเส้นตรง แบบซ้ำซ้อน และแบบผ่าแผลด ตามลักษณะรูปร่างที่พบ ซึ่งแต่ละรูปแบบมีปัจจัยควบคุมที่แตกต่างกันออกไป เช่น การวางตัวของชั้นหิน แนวรอยแตก หรือพื้นที่การกัดเซาะ ซึ่งแต่ละลักษณะก็สัมพันธ์กับการพัฒนาของกุมภลักษณ์ตามการศึกษาของ Lorence et. al. (1994) ที่ได้จัดลำดับการพัฒนาของกุมภลักษณ์ออกเป็น 5 ระดับ ตามลักษณะระดับการกัดเซาะ คือ Type A - E ดังนี้

Type A: Initial stage

เริ่มเกิดลักษณะการกัดเซาะเป็นหลุมตื้นๆ จากการที่พื้นผิวของหินมีลักษณะขรุขระ หรือมีก้อนกรวดหลุดออกไป ทำให้เกิดพื้นที่ในการกัดเซาะ และมีก้อนกรวดเข้ามาเป็นตัวขัดถู (grinder) ภายในหลุม

Type B: Progressive stage

เริ่มมีการพัฒนาของหลุมในแนวตั้งมากขึ้น หลุมมีลักษณะเป็นรูปกรวย โดยความลึกยังพัฒนาไม่ถึงที่สุดและผิวกุมภลักษณ์ยังขรุขระอยู่

Type C: Mid stage

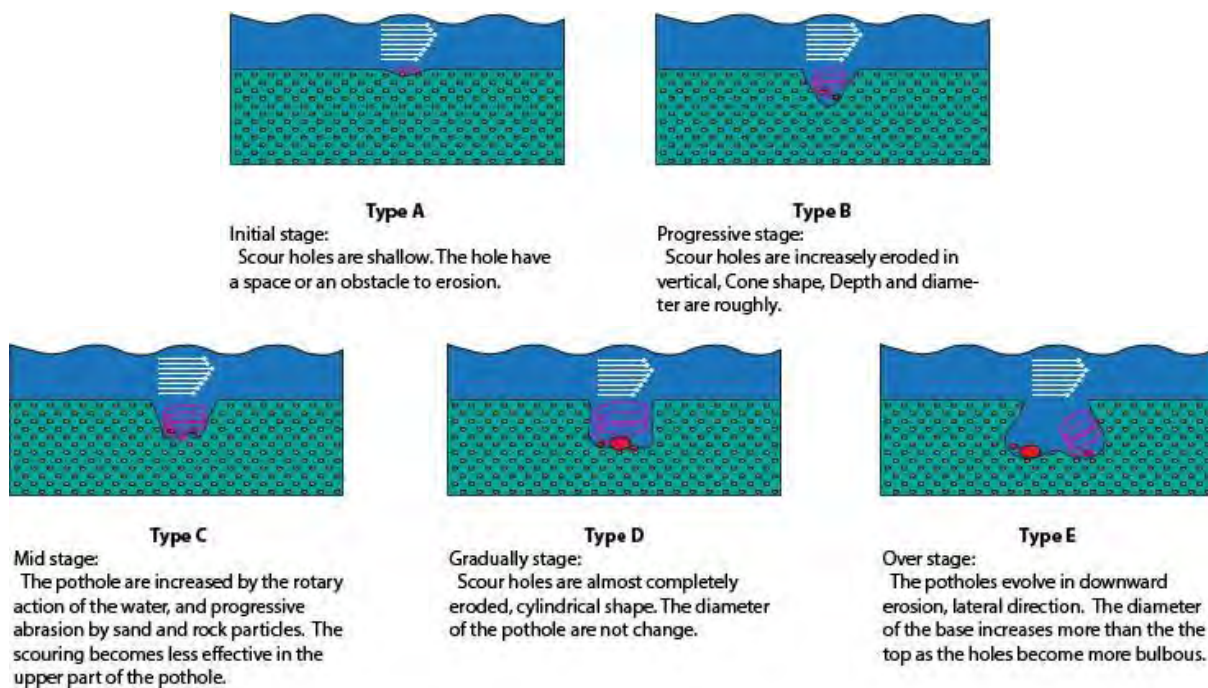
กุมภลักษณ์มีการขยายมากขึ้นจนก้อนกรวดที่เป็นตัวขัดถู สามารถขัดผิวรอบๆ กุมภลักษณ์ได้อย่างเต็มที่ จากแรงหมุนที่เกิดจากการกระทำของน้ำ และบริเวณด้านบนของกุมภลักษณ์เริ่มมีการกัดเซาะลดลง

Type D: Gradually stage

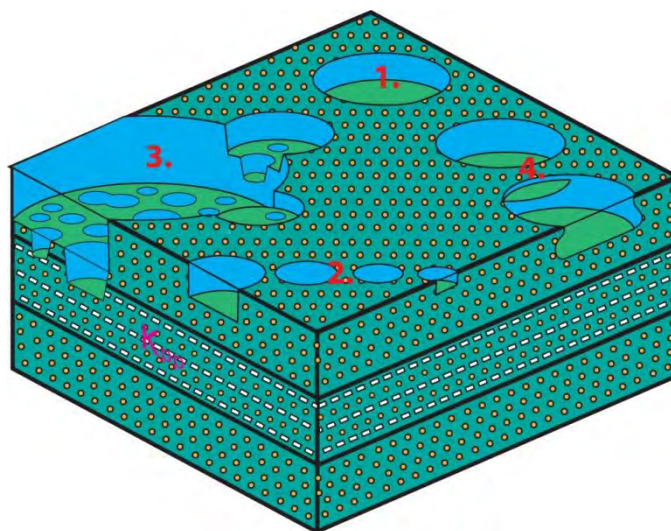
กุมภลักษณ์มีการพัฒนาจนอยู่ในสภาวะสมดุล มีลักษณะของหลุมเป็นรูปทรงทรงกระบอก ตามความสมดุลของแรงกระทำของน้ำ ผิวตามแนวตั้งมีความเรียบเสมอกัน

Type E: Over stage

มีการพัฒนาตามทิศทางของทิศทางการไหลของกระแสน้ำ เกิดการพัฒนาในแนวระดับมากกว่าแนวตั้ง โดยผิวด้านที่อยู่ฝั่งปลายน้ำจะมีลักษณะการกัดกร่อนมากกว่าฝั่งต้นน้ำ สามารถเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางของกระแสน้ำได้



รูป 2.37 ระดับการพัฒนาของกุ่มวลักษณะ ดัดแปลงจาก Lorence et. al. (1994)



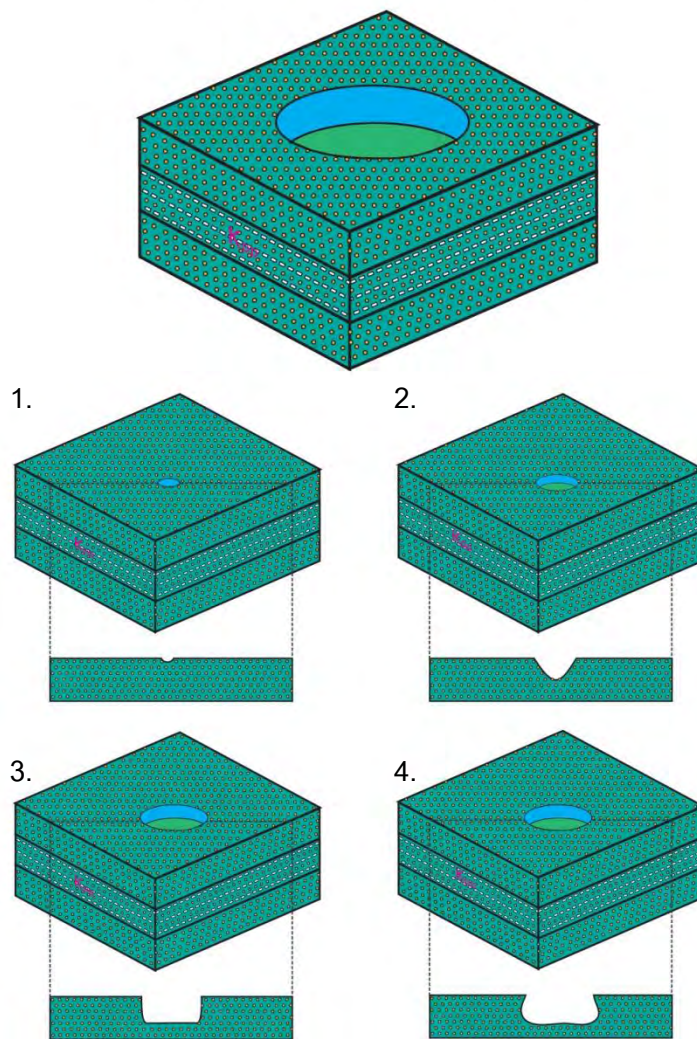
รูป 2.38 แบบจำลองแสดงการจำแนกของกุ่มวลักษณะ

- 1. กุ่มวลักษณะแบบปกติ
- 2. กุ่มวลักษณะแนวเส้นตรง
- 3. กุ่มวลักษณะแบบซ้ำซ้อน
- 4. กุ่มวลักษณะแบบฝาแฝด

1. กุ้มวลลักษณะแบบปกติ

ลักษณะกุ้มวลลักษณะที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีลักษณะของปากหลุมเป็นวงกลมหรือเกือบวงกลม มีลักษณะรูปทรงของหลุมหลายลักษณะตามลำดับการพัฒนาของกุ้มวลลักษณะของ Lorence et. al. (1994)

Common Pothole



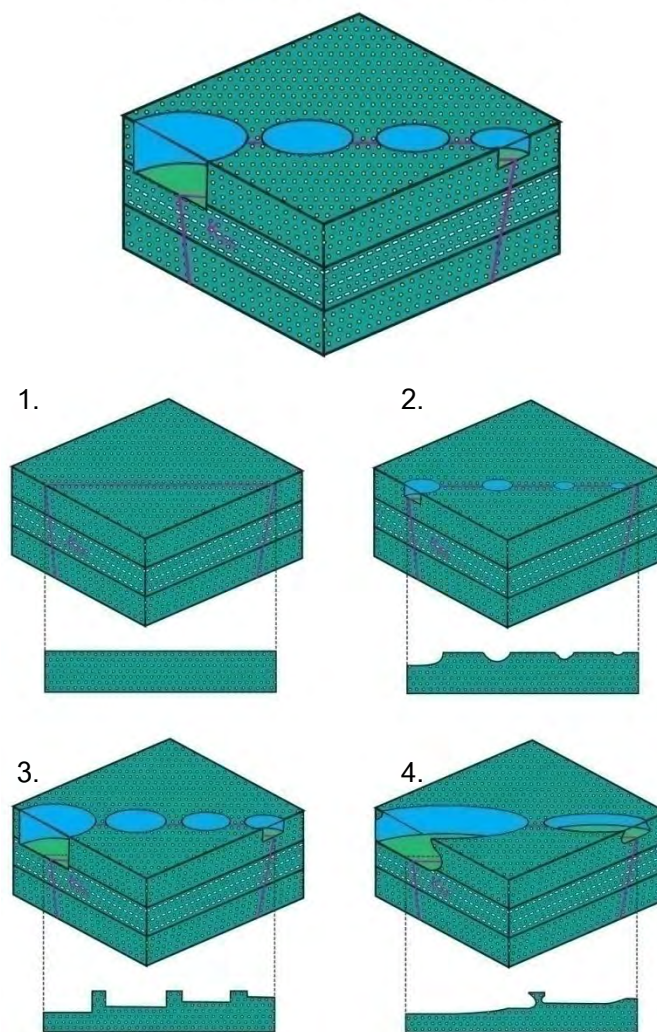
รูป 2.39 แบบจำลองแสดงการเกิดกุ้มวลลักษณะแบบปกติ

1. เริ่มเกิดการพัฒนากุ้มวลลักษณะ สัมพันธ์กับ Type A
2. กุ้มวลลักษณะเริ่มมีลักษณะการกัดเซาะเป็นรูปโค่น สัมพันธ์กับ Type B
3. กุ้มวลลักษณะเริ่มมีการกัดเซาะเป็นทรงกระบอก สัมพันธ์กับ Type D
4. กุ้มวลลักษณะเกิดการกัดเซาะในแนวระดับรุนแรงกว่าแนวตั้ง ทำให้หลุมมีขนาดใหญ่และเป็นรูปหม้อ สัมพันธ์กับ Type E

2. กุมภลักษณะแนวเส้นตรง

ลักษณะกุมภลักษณะหลายๆแห่ง ที่มีการเกิดเรียงตัวกันเป็นแนวเส้นตรง สัมพันธ์กับลักษณะแนวแตกหรือการวางตัวของชั้นหิน (ภาคผนวก: รูป ก1-ก6) เนื่องจากการกัดเซาะจะกัดเซาะบริเวณที่เป็นรอยต่อของชั้นหินหรือแนวรอยแตกได้ง่ายกว่าบริเวณอื่น ทำให้เกิดแนวของกุมภลักษณะตามแนวโครงสร้างดังกล่าว และสามารถพัฒนาไปเป็นลักษณะของสะพานหินธรรมชาติได้

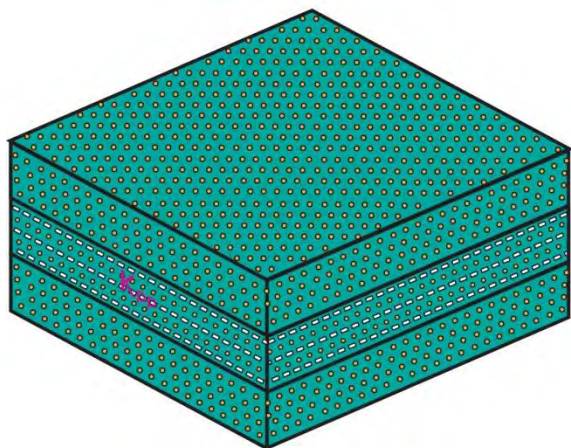
Linearment Pothole



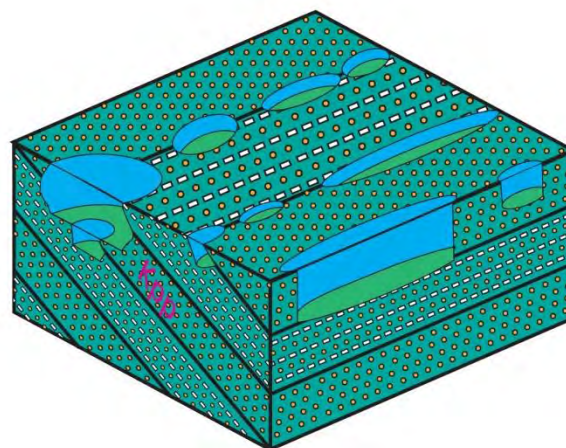
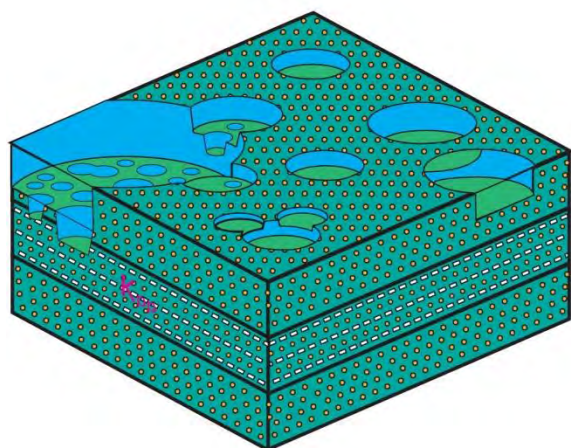
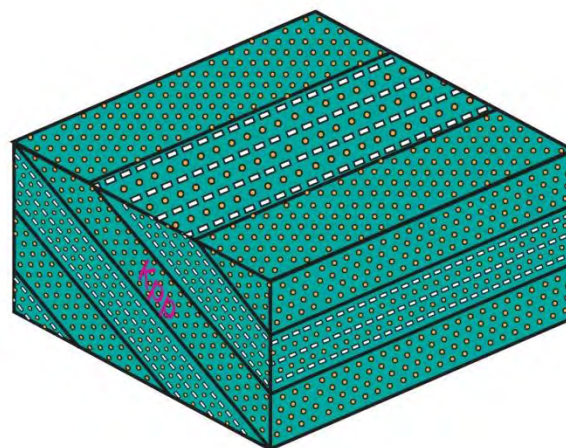
รูป 2.40 แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณะแนวเส้นตรง

1. เริ่มเกิดการพัฒนาของกุมภลักษณะตามแนวรอยแตกหรือการวางตัวของชั้นหิน สัมพันธ์กับ Type A
2. กุมภลักษณะเริ่มมีลักษณะการกัดเซาะเป็นรูปโคน สัมพันธ์กับ Type B
3. กุมภลักษณะเริ่มมีการกัดเซาะเป็นทรงกระบอก สัมพันธ์กับ Type D
4. กุมภลักษณะเกิดการกัดเซาะในแนวระดับรุนแรงกว่าแนวตั้ง ทำให้กุมภลักษณะที่อยู่ในแนวเดียวกันเชื่อมต่อกัน กลายเป็นแนวกัดเซาะตามการวางตัวของแนวรอยแตกหรือการวางตัวของชั้นหิน สัมพันธ์กับ Type E (ภาคผนวก: รูป ก-29 และ ก-30)

Horizontal bedding



Dip bedding



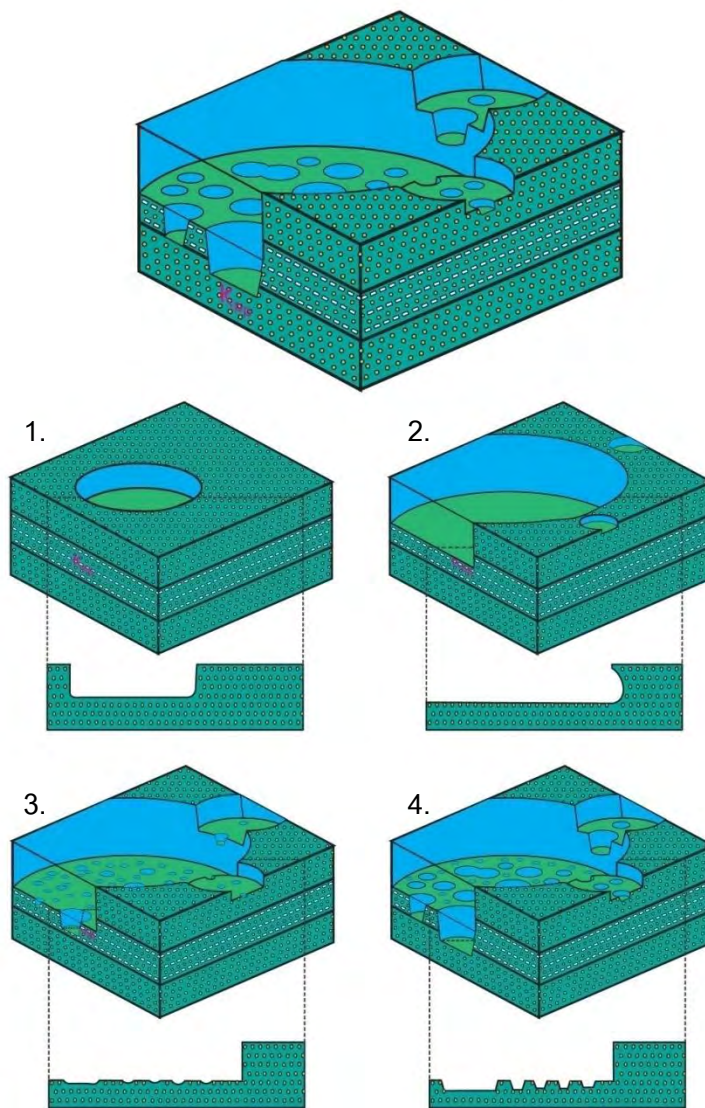
รูป 2.41 แบบจำลองเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของมุมลักษณะกับการวางตัวของชั้นหิน

แสดงการเปรียบเทียบการเกิดลักษณะของมุมลักษณะของชั้นหินที่วางตัวในแนวระดับกับชั้นหินที่มีมุมเอียงสูง โดยพบว่าชั้นหินที่วางตัวในแนวระดับ จะมีพื้นผิวที่เกิดการกัดเซาะเป็นชั้นหินเดียวกัน ทำให้เกิดลักษณะมุมลักษณะได้ทั่วไปทั้งพื้นผิว เนื่องจากชั้นหินเดียวกันมีลักษณะทางกายเหมือนกัน จึงมีโอกาสเกิดการกัดเซาะได้เท่าๆกัน ส่วนชั้นหินที่มีมุมเอียงสูง จะมีการเกิดกัดเซาะเป็นแนวเส้นตรงตามการวางตัวของชั้นหิน เนื่องจากบริเวณแนวรอยต่อของชั้นหินเป็นพื้นที่ที่สามารถเกิดการกัดเซาะได้ง่ายและมี พื้นผิวที่เกิดการกัดเซาะเป็นชั้นหินคนละชั้นกัน จึงทำให้เกิดการกัดเซาะไม่เท่ากันในแต่ละชั้นหิน (ภาคผนวก: รูป ก-1 และ ก-6)

3. กุ้มวลลักษณะแบบซ้ำซ้อน

ลักษณะกุ้มวลลักษณะที่แสดงลักษณะการการเกิดกุ้มวลลักษณะขนาดเล็กจำนวนมากอยู่ในลักษณะกุ้มวลลักษณะที่ขนาดใหญ่กว่า เกิดจากการที่มีการพัฒนาของกุ้มวลลักษณะที่มีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้เกิดกระแสน้ำวนภายในกุ้มวลลักษณะ และเริ่มกระบวนการพัฒนาของกุ้มวลลักษณะขนาดเล็กใหม่

Multiple Pothole

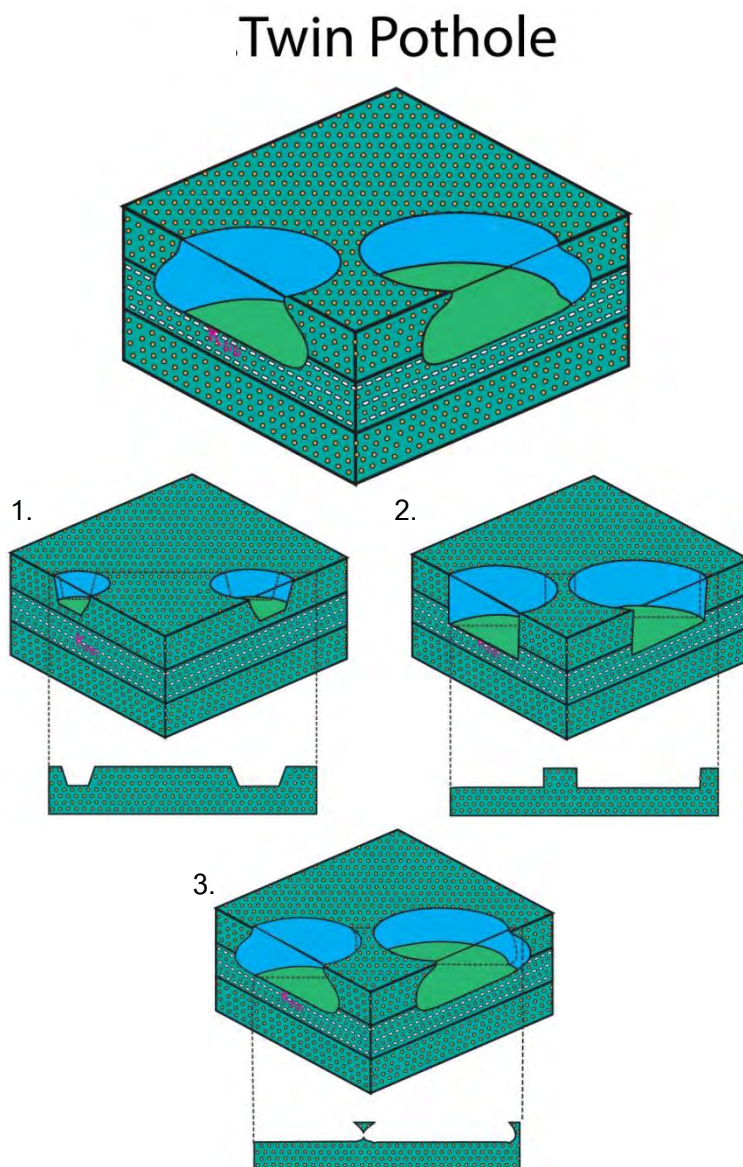


รูป 2.42 แบบจำลองแสดงการเกิดกุ้มวลลักษณะแบบซ้ำซ้อน

1. เกิดการพัฒนาของกุ้มวลลักษณะตามลำดับ สัมพันธ์กับ Type A-D
2. กุ้มวลลักษณะเริ่มขยายขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆจากการกัดเซาะในแนวระดับ สัมพันธ์กับ Type E
3. กุ้มวลลักษณะขยายขนาดจนมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะทำให้เกิดกระแสน้ำวนภายในกุ้มวลลักษณะ และเริ่มกระบวนการพัฒนาของกุ้มวลลักษณะขนาดเล็กใหม่ สัมพันธ์กับ Type A
4. กุ้มวลลักษณะขนาดเล็กเริ่มมีการพัฒนาจนถึงจุดสมดุลใหม่ของกระบวนการกัดเซาะ สัมพันธ์กับ Type B-D (รูป 2.10 ภาคผนวก: รูป ก-32 และ ก-35)

4. กุมภลักษณ์ฝาแฝด

ลักษณะกุมภลักษณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ติดกันและมีการพัฒนาควบคู่กันไปอย่างเท่าๆกัน ทั้งในด้านความกว้างและความลึก เมื่อมีการพัฒนา ในระดับ Type E กุมภลักษณ์จะเกิดการเชื่อมต่อกันที่ส่วนด้านล่างของกุมภลักษณ์เนื่องจากที่ด้านล่างมีการกัดกร่อนในแนวระดับมากกว่าแนวตั้ง เกิดเป็นลักษณะสะพานหินธรรมชาติ



รูป 2.43 แบบจำลองแสดงการเกิดกุมภลักษณ์ฝาแฝด

1. เกิดการพัฒนาของกุมภลักษณ์ตามลำดับ โดยกุมภลักษณ์มีการพัฒนาไปพร้อมกันและมีขนาดเท่าๆกัน สัมพันธ์กับ Type A-C
2. กุมภลักษณ์เริ่มมีการพัฒนาจนเข้าสู่ภาวะสมดุล กุมภลักษณ์ที่เป็นแฝดกันอยู่ติดกัน มีขนาดเท่าๆกัน สัมพันธ์กับ Type D
3. กุมภลักษณ์ที่เป็นฝาแฝดกันเริ่มเกิดการกัดเซาะในแนวระดับพร้อมๆกัน จนมีการเชื่อมต่อกัน เกิดเป็นลักษณะของสะพานหินธรรมชาติ สัมพันธ์กับ Type E (รูป 2.11)

บทที่ 3 สรุปผลการศึกษาและอภิปรายผลการศึกษา

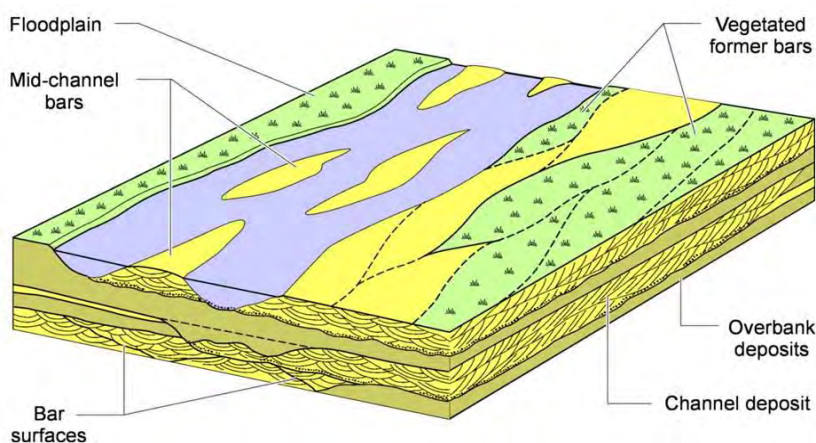
3.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่

จากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและการเก็บข้อมูลภาคสนามพบว่า หนองน้ำในพื้นที่ศึกษาสามพันโบก มีลักษณะเป็นชั้นหินโค้งรูปประทุนหงายสลับกับชั้นหินโค้งรูปประทุนคว่ำที่มีการวางตัวในแนวแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูป/ 2.1) โดยตั้งอยู่ใกล้กับแกนกลางชั้นหินโค้งรูปประทุนหงาย ที่มีมุมเอียงเทต่ำบริเวณทิศตะวันออกของจังหวัดอุบลราชธานี มีการวางตัวของชั้นหินในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ สัมพันธ์กับแรงที่มากกระทำในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีโครงสร้างเป็นแนวแตกสามแนว โดยมีแนวแตกหลักวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือ และมีแนวแตกรองในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกและแนวตะวันออก-ตะวันตก (รูป/ 2.2 และ 2.3)

โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่พบความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดลักษณะภูมิภคลักษณะและสะพานหินธรรมชาติ บางส่วนวางตัวสัมพันธ์กับแนวแตกหลัก (รูป/ 2.4 2.7 และ 2.8)

3.2 สภาพแวดล้อมการสะสมตะกอน

สภาพแวดล้อมของการสะสมตะกอนในพื้นที่ศึกษาสามพันโบก มีการสะสมตัวในระบบแม่น้ำ (fluvial system) แสดงลักษณะของชั้นหินทรายปนกรวดหนาประมาณ 10 เมตร ไม่มีชั้นหินดินดานแทรก เนื้อหินเป็นหินทรายปนกรวด เนื้อปานกลางถึงหยาบมาก ส่วนใหญ่มีการคัดขนาดแย มี ความกลมมนค่อนข้างต่ำ มีร่องศัประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์และหินเศษชิ้น โดยพบหินเศษชิ้นของแร่ควอตซ์ที่แสดงลักษณะการแปรสภาพ (รูป/ 2.37 ถึง 2.38) พบการความต่อเนื่องของชั้นหินค่อนข้างเป็นแบบ blocky shape (รูป/ 2.22) พบลักษณะ graded bedding และแสดงลักษณะชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ trough cross-bedding และ planar cross-bedding (รูป/ 2.16 2.17 และ 2.19) ไปในทิศทางที่เกือบจะเป็นทิศทางเดียวกันของทั้ง 2 stratigraphic column จึงทำให้ผู้ทำการวิจัยสันนิษฐานจากหลักฐานที่มีว่าพื้นที่ศึกษาสามพันโบก มีการสะสมตัวในสภาพแวดล้อมแบบทางน้ำประสานสาย (braided stream system)



รูป 3.1 แบบจำลองสภาพการสะสมตะกอนแบบทางน้ำประสานสาย ของ Nicole (2009)

3.3 ทิศทางการไหลของกระแสน้ำบรรพกาล

จากข้อมูลชั้นเฉียงระดับทั้งแบบ trough cross-bedding และ planar cross-bedding ภายใต้อันที่ศึกษาพบว่าขณะการสะสมตะกอนกระแสน้ำบรรพกาลมีการไหลไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตก ทิศเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีทิศทางหลักไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

3.4 ประเภทของกุ่มลักษณะ

จากการศึกษาลักษณะของกุ่มลักษณะในภาคสนาม สามารถจำแนกลักษณะของกุ่มลักษณะได้เป็น 4 ลักษณะ คือ กุ่มลักษณะแบบปกติ แนวเส้นตรง แบบซ้ำซ้อน และแบบฝาแฝด ตามลักษณะรูปร่างที่พบ ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะของธรณีวิทยาโครงสร้างและการวางตัวของชั้นหินและระยะเวลาของการกัดเซาะของระบบทางน้ำ

3.5 ปัจจัยการเกิดลักษณะกุ่มลักษณะ

จากข้อมูลพื้นที่ศึกษาพบว่าลักษณะของกุ่มลักษณะสัมพันธ์กับแนวแตกในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้-ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รูป 2.2 และ 2.4) และแนวการวางตัวของชั้นหินที่วางตัวเกือบจะเป็นแนวระดับ ประกอบกับพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ที่ตั้งอยู่บริเวณโค้งน้ำส่วนนอก (cut bank) จึงถูกกระแสน้ำของแม่น้ำโขงกัดเซาะบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือมากกว่าทิศตะวันออกเฉียงใต้ที่เป็นพื้นที่ปลายน้ำ โดยกลไกการเกิดเป็นกุ่มลักษณะสันนิษฐานว่าเกิดจากลักษณะของเนื้อหินที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (Heterogeneous texture) ที่เป็นลักษณะสำคัญของหมวดหินภูพาน ทำให้บนพื้นผิวเกิดการกัดเซาะแบบไม่เท่ากัน ส่งผลให้มีพื้นผิวมีลักษณะขรุขระ ทำให้กระแสน้ำในแม่น้ำโขงประพุดตัวเป็นลักษณะกระแสน้ำปั่นป่วน (turbulence flow) ก่อให้เกิดกระแสน้ำวนทำให้ก้อนกรวดหรือเม็ดตะกอนที่ถูกพัดพามากับกระแสน้ำขัดถูกับพื้นผิวของหินเกิดการกัดกร่อนจนเป็นลักษณะการพัฒนากุ่มลักษณะตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2553. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัด อุบลราชธานี. กรุงเทพฯ.
- สมชัย เตริยมิชานนท์, ไพรัตน์ ศักดิ์พิสุทธิพงศ์และสุชีพ ตันติวุฒพงษ์. 2551. แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:50000 ะวางอำเภอโพธิ์ไทร, กรมทรัพยากรธรณี 2551.
- Chenrai, P. 2011, Paleocurrent Analysis of the Sao Khua Formation, Khorat Group, Nong Bua Lamphu region, NE Thailand. *Arab J Sci Eng*, pp. 37:115.120
- Chuaviroj, S., 1997, Deformation in Khorat plateau, In; Proc. Int. Conf. on Stratigraphy and Tectonic Evolution of SE Asia and South Pacific (eds. Dheeradilok, P. et al.), 19-24 August 1997, Bangkok, Thailand, pp. 321.325
- Lorenc, M. W., Barco, P.D. and Saavedra, J. 1994, The evolution of potholes in granite bedrock, W Spain, *Catena 22 (1994) 265.274.*
- Miall, A.D., 1977, A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci. Rev.*
- Miall, A.D., 1985, Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Sci. Rev.*
- Meesook, A., Suteethorn, V., Chaodumrong, P., Teerarungsikul N., Sardsud A., and Wongprayoon T. 1995, Non-marine Mesozoic Rock in the Vicinity of Khorat Plateau. *Proceedings of the Symposium on Geology of Thailand 26-31 August 2002, Bangkok, Thailand*, pp. 102.110
- Mouret, C., Heggemann, H., Gouadain, J. and Krisadasima, S., 1993, Geological History of of the siliciclastic Mesozoic strata of the Khorat Group in the Phu Phan Range area, Northeastern Thailand. *In Sym. On Biostratigraphy of Mainland Southeast Asia: Facies and Paleontology, Chiangmai, Thailand*, pp. 23.49
- Passchier, C.W., and Trouw, R.A.J., 2006, 2nd edn. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ward, D.E. and Bunnag, D. 1964, Stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group in Northern Thailand; Rep. Invest. DMR. , Bangkok, No.6 95 pp

ภาคผนวก

ข้อมูลกระแสน้ำบรรพกาล

Stratigraphic column 1 Grid Reference: 0543329 N 1745681 E

ตาราง ก-1 ข้อมูล Paleocurrent ของ Stratigraphic column 1

Bed no.	Bed	X UTM Grid	Y UTM Grid	Strike	Dip angle	Dip direction	Dip direction
11	K	0543351	1745724	233	21	NW	323
		0543348	1745722	210	14	NW	300
		0543356	1745724	222	6	NW	312
		0543356	1745728	216	5	NW	306
		0543351	1745730	217	9	NW	307
				219.60	11	NW	309.60
10	J	0543337	1745712	189	12	W	279
		0543333	1745713	202	13	NW	292
		0543335	1745714	208	12	NW	298
		0543349	1745713	210	18	NW	300
		0543344	1745709	210	6	NW	300
		0543342	1745706	208	12	NW	298
		0543341	1745704	215	11	NW	305
		0543342	1745705	195	10	NW	285
				204.62	11.75	NW	294.62
9	I	0543337	1745707	179	15	W	269
		0543333	1745709	217	16	NW	307
		0543332	1745711	237	19	NW	327
		0543329	1745714	220	13	NW	310
				213.25	15.75	NW	303.25
8	H	0543337	1745701	205	15	NW	295
		0543339	1745701	187	13	W	277
		0543338	1745701	213	20	NW	303

		0543323	1745716	204	14	NW	294
		0543322	1745716	264	11	NW	354
		0543321	1745715	179	11	W	269
		0543322	1745715	245	13	NW	335
				213.85	13.85	NW	303.85
7	G	0543325	1745707	203	12	NW	293
		0543325	1745704	168	8	SW	258
		0543332	1745704	189	8	NW	279
		0543344	1745700	174	16	SW	264
		0543341	1745700	156	14	SW	246
				178	11.6	W	268
6	F	0543355	1745693	275	18	N	005
		0543328	1745704	220	9	NW	310
		0543330	1745701	170	11	SW	260
		0543306	1745700	146	8	NW	236
				202.75	11.50	NW	292.75
5	E	0543328	1745702	217	8	NW	307
		0543344	1745701	164	17	SW	254
		0543326	1745702	226	16	NW	316
		0543329	1745700	175	11	W	265
		0543341	1745700	195	12	NW	285
		0543317	1745703	204	18	SW	294
		0543349	1745695	197	17	NW	287
		0543308	1745702	184	12	W	274
		0543305	1745703	225	22	NW	315
				198.55	14.77	NW	288.55
4	D	0543330	1745701	254	18	NW	344
		0543330	1745702	254	18	NW	344

		0543312	1745704	239	2	NW	329
		0543306	1745703	215	24	NW	305
		0543311	1745703	238	20	NW	328
				240	16.4	NW	330
3	C	0543325	1745702	158	22	SW	248
		0543323	1745702	167	18	SW	257
		0543328	1745702	245	24	NW	335
		0543338	1745700	239	24	NW	329
		0543348	1745970	206	16	NW	296
				203	20.80	NW	293
2	B	0543328	1745701	142	21	SW	232
		0543337	1745697	172	20	W	262
		0543333	1745699	189	26	NW	279
		0543330	1745699	140	23	SW	230
				160.75	22.5	SW	250.75
1	A	0543334	1745682	225	16	NW	315
		0543327	1745685	215	4	NW	305
		0543324	1745690	274	8	N	004
		0543317	1745686	230	10	NW	320
		0543319	1745680	286	15	N	016
		0543330	1745679	274	4	N	004
		0543341	1745676	247	10	NW	337
		0543357	1745680	217	14	NW	307
		0543354	1745688	212	9	NW	302
		0543326	1745700	332	12	NE	062
				251.2	10.2	NW	341.2

Section 2 Grid Reference: 0543660 N 1745653 E

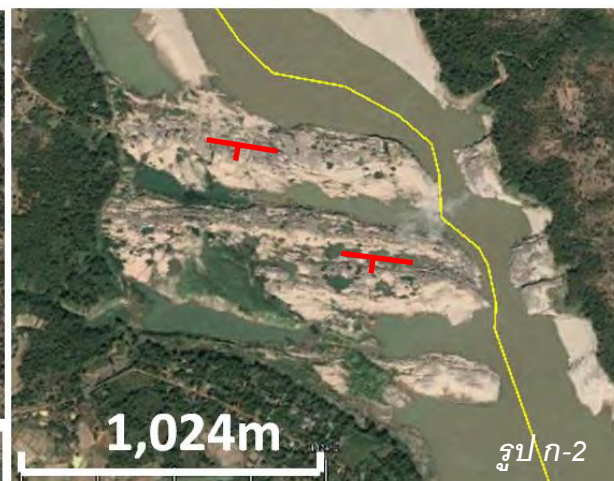
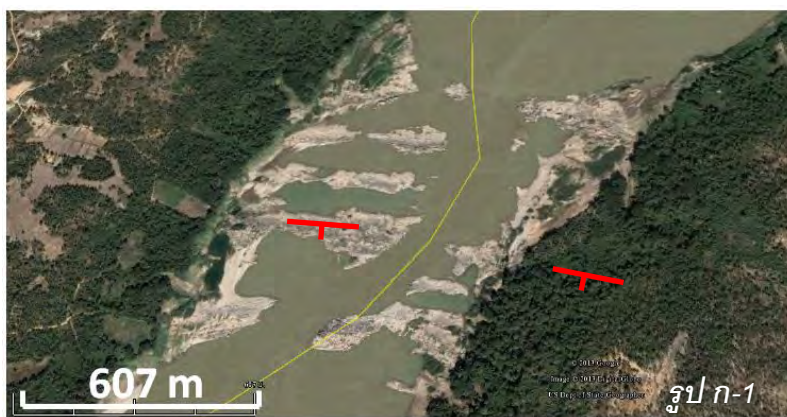
ตาราง ก-1 ข้อมูล Paleocurrent ของ Stratigraphic column 1

Bed no.	Bed	X UTM Grid	Y UTM Grid	Strike	Dip angle	Dip direction	Dip direction
11	K	0543620	1745676	272	14	N	002
		0543626	1745676	250	6	NW	340
		0543622	1745674	228	14	SW	318
		0543627	1745671	288	18	NE	018
		0543625	1745672	257	8	NW	347
		0543627	1745680	275	27	N	005
		0543625	1745677	230	6	NW	320
		0545626	1745683	285	9	NE	015
		0543623	1745684	268	15	NW	358
		0545614	1745670	220	15	NW	310
		0543616	1745686	279	14	N	009
		0543616	1745672	285	16	NE	015
				261.43	13.50	NW	351.43
10	J	0543627	1745666	305	24	NE	035
		0543616	1745672	302	28	NE	032
		0545614	1745671	229	16	NW	319
		0545614	1745676	267	17	N	357
		0543630	1745674	284	16	NE	014
		0543630	1745671	265	16	N	355
		0543614	1745671	225	15	NW	315
		0543612	1745677	265	13	N	355
		0543630	1745679	225	8	NW	315
		0543630	1745682	234	11	NW	324
				260.10	16.40	NW	350.10
9	I	0543625	1745662	260	7	NW	350

		0543628	1745668	222	8	NW	312
		0543629	1745666	244	11	NW	334
		0543616	1745662	237	12	NW	327
		0542617	1745666	250	10	NW	340
		0543630	1745671	231	8	NW	321
				240.6	9.33	NW	330.67
8	H	0543627	1745660	248	28	NW	338
		0543627	1745658	228	12	NW	318
		0543630	1745656	265	12	N	355
		0543635	1745672	219	16	NW	309
		0543626	1745662	169	16	SW	259
		0543627	1745656	213	11	NW	303
		0543636	1745672	237	18	NW	327
		0543635	1745679	220	10	NW	310
		0543636	1745681	155	7	SW	245
		0543633	1745672	214	14	NW	304
				216.80	14.40	NW	306.80
7	G	0543627	1745657	192	28	SW	282
		0543629	1745667	244	8	NW	334
		0543627	1745667	144	12	SW	234
		0543622	1745667	200	12	NW	290
		0543630	1745669	156	12	SW	246
				187.20	14.40	W	277.20
6	F	0543635	1745660	142	21	SW	232
		0543629	1745660	150	14	SW	240
		0543625	1745657	124	11	SW	214
		0543623	1745660	115	21	SW	205
		0543625	1745660	135	16	SW	225

5	E	0543646	1745664	133.20	16.60	SW	223.20
				211	28	NW	301
		0543646	1745665	200	46	NW	290
		0543648	1745672	229	18	NW	319
		0543646	1745666	214	22	NW	304
				213.50	28.50	NW	303.50
4	D	0543644	1745663	202	24	NW	292
		0543646	1745665	200	25	NW	290
		0543641	1745664	260	27	N	350
		0543644	1745662	206	14	NW	296
				217	22.50	NW	307
3	C	0543649	1745662	192	27	NW	282
		0543647	1745659	164	30	SW	254
		0543644	1745656	174	12	W	264
		0543641	1745632	182	10	W	272
		0543643	1745663	260	20	NW	350
				194.40	19.80	NW	284.40
2	B	0543652	1745656	170	11	W	260
		0543652	1745653	215	24	NW	305
		0543644	1745650	254	19	NW	344
		0543642	1745650	196	17	NW	286
				208.75	17.75	NW	298.75
1	A	0543660	1745653	216	12	NW	306
		0543657	1745657	212	18	NW	302
		0543652	1745663	203	14	NW	293
		0543659	1745666	196	21	NW	286
		0543663	1745665	236	8	NW	326
				212.60	14.60	NW	302.60

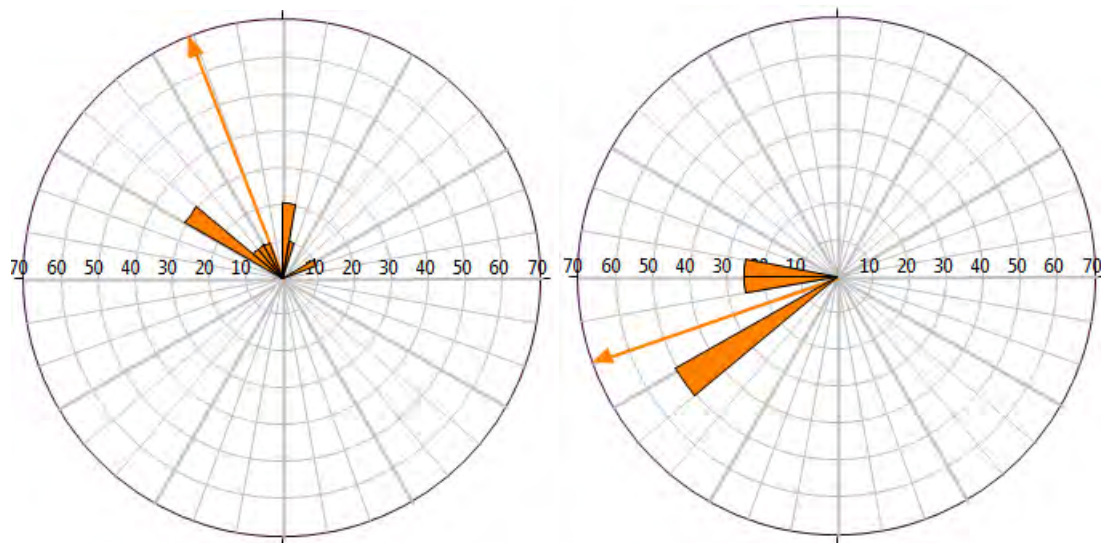
ภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth ขยายรูป ก-1 - ก-6 แสดงแนวการวางตัวของชั้นหิน



ภาคผนวก รูป ก1 - ก-6

แสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหิน ในแต่ละช่วงของแม่น้ำ
โขง ที่สัมพันธ์กับแนวชั้นหินคดโค้ง และลักษณะการกัด
เซาะโดยกระบวนการกลางทางน้ำของแม่น้ำโขง

Rose diagram แสดงทิศทาง *Paleocurrent* ของ Stratigraphic column 1



รูป ๗-7 Stratigraphic column 1 Bed A

จำนวนตัวอย่าง 10

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 301° ถึง 310°

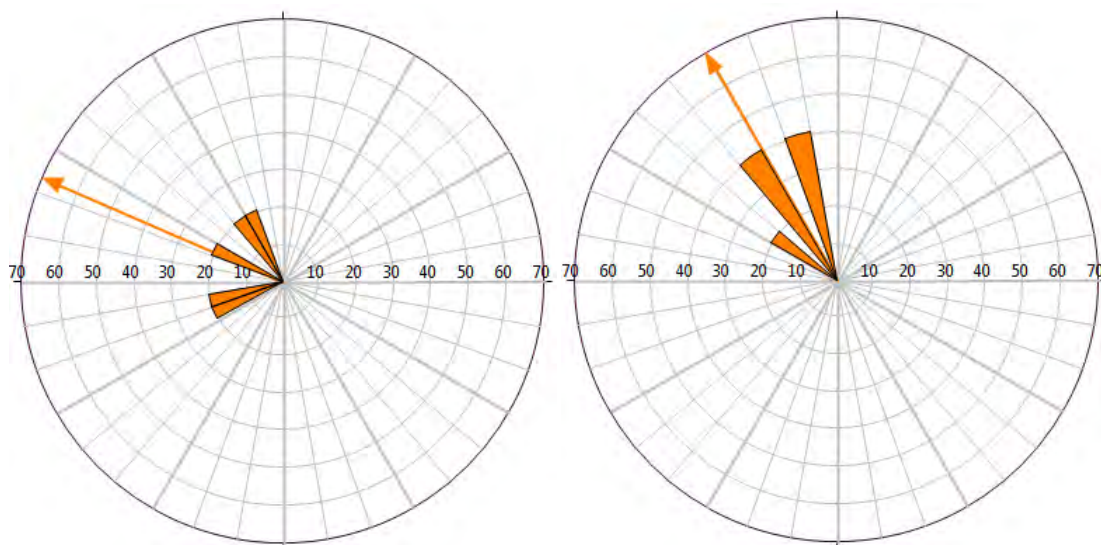
เวกเตอร์เฉลี่ย = 338.9° (NW)

รูป ๗-8 Stratigraphic column 1 Bed B

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 231° ถึง 240°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 250.6° (NW)



รูป ๗-9 Stratigraphic column 1 Bed C

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 241° ถึง 250°

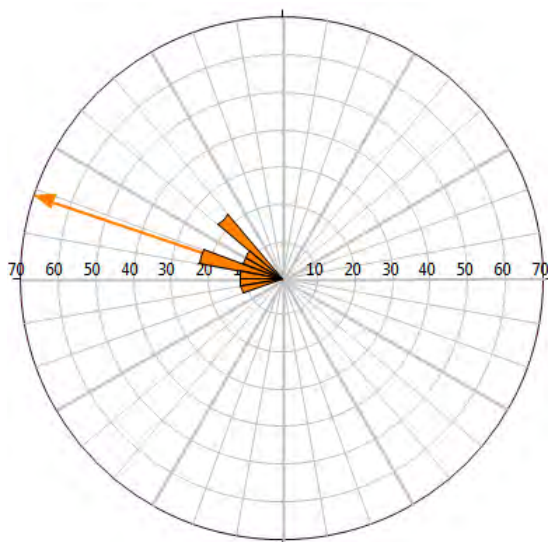
เวกเตอร์เฉลี่ย = 293.3° (NW)

รูป ๗-10 Stratigraphic column 1 Bed D

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 321° ถึง 330°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 330.1° (NW)

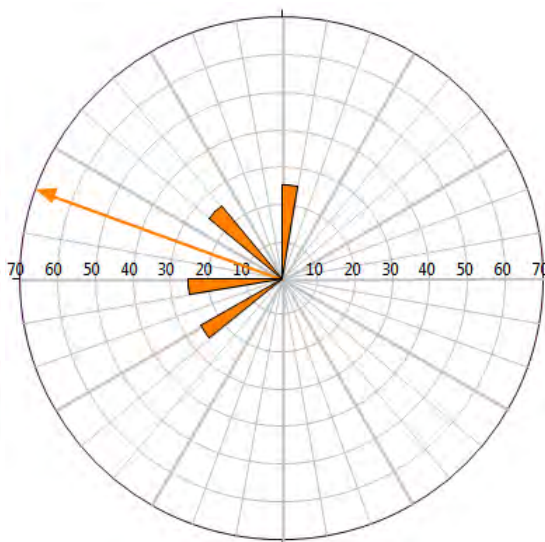


รูป ก-11 Stratigraphic column 1 Bed E

จำนวนตัวอย่าง 9

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 281° ถึง 290°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 288.6° (NW)

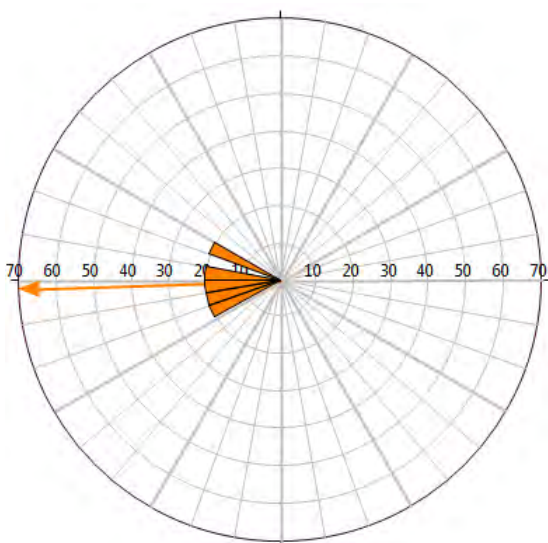


รูป ก-12 Stratigraphic column 1 Bed F

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 001° ถึง 010°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 290.0° (NW)

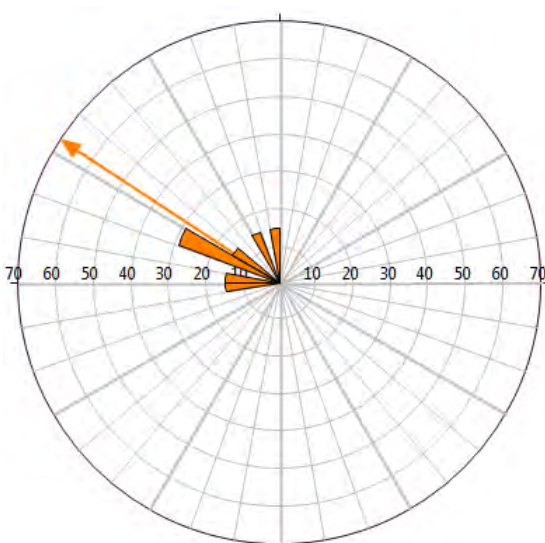


รูป ก-13 Stratigraphic column 1 Bed G

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 241° ถึง 250°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 267.9° (NW)

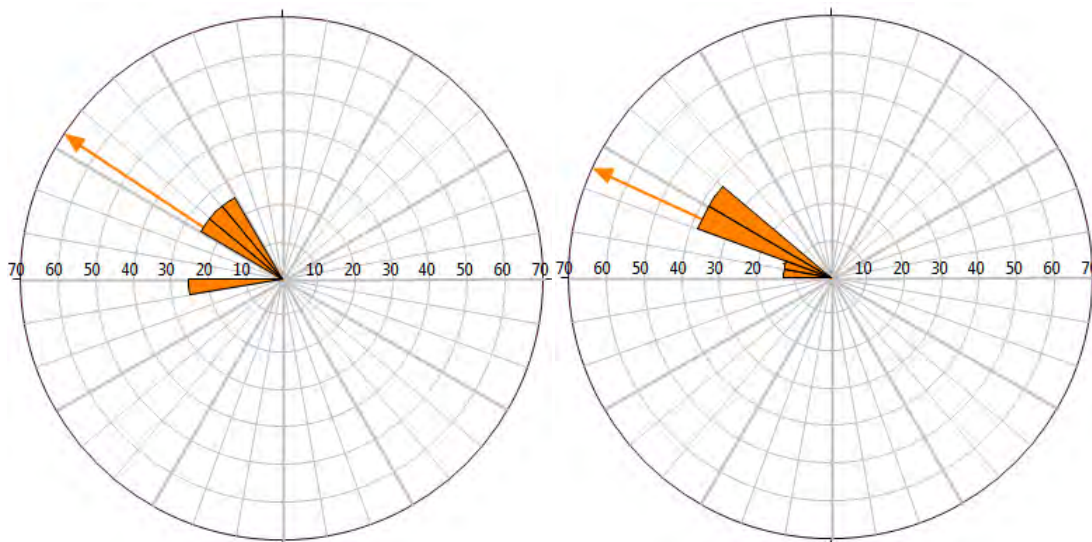


รูป ก-14 Stratigraphic column 1 Bed H

จำนวนตัวอย่าง 7

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 291° ถึง 300°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 303.1° (NW)



รูป ก-15 Stratigraphic column 1 Bed I

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 261° ถึง 270°

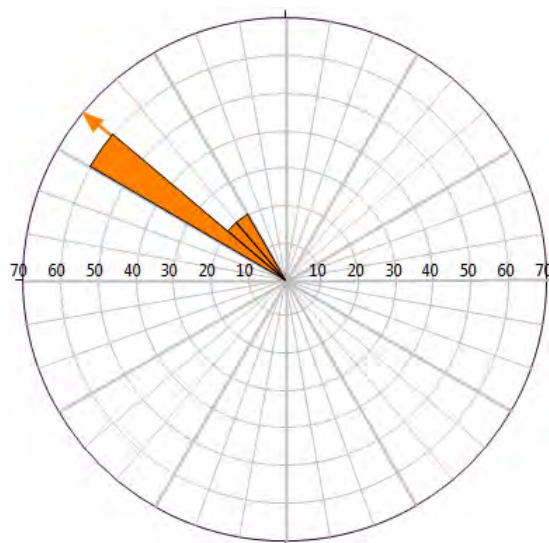
เวกเตอร์เฉลี่ย = 303.6° (NW)

รูป ก-16 Stratigraphic column 1 Bed J

จำนวนตัวอย่าง 8

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 291° ถึง 300°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 294.6° (NW)



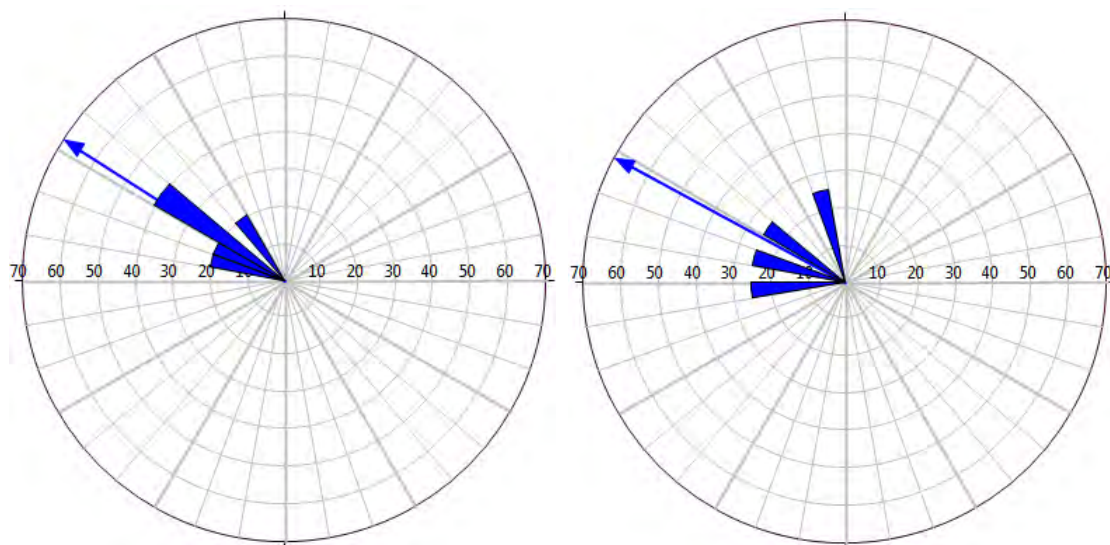
รูป ก-17 Stratigraphic column 1 Bed K

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 301° ถึง 310°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 309.6° (NW)

Rose diagram แสดงทิศทาง *Paleocurrent* ของ Stratigraphic column 2



รูป ก-18 Stratigraphic column 2 Bed A

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 301° ถึง 310°

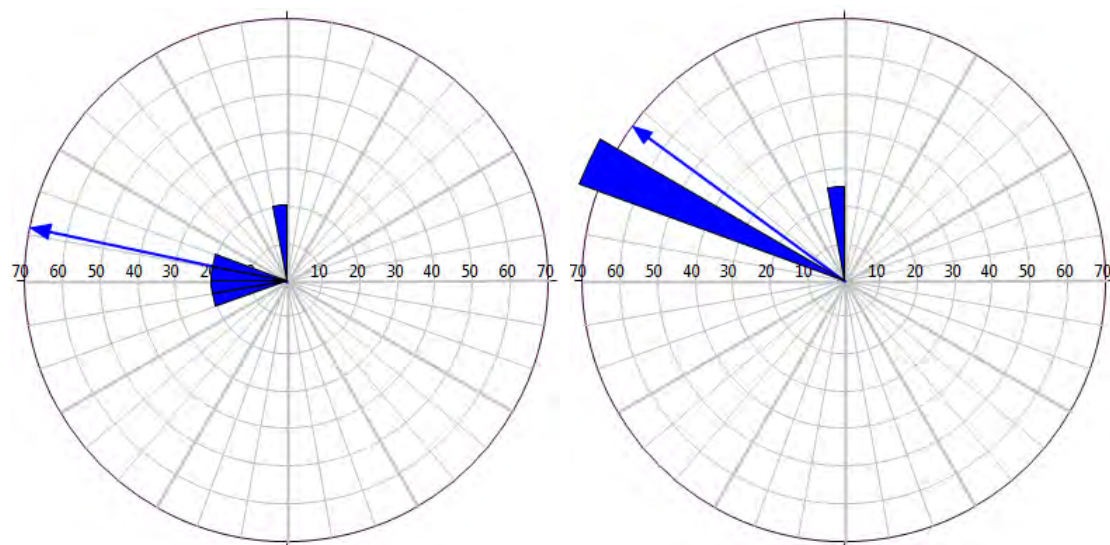
เวกเตอร์เฉลี่ย = 302.5° (NW)

รูป ก-19 Stratigraphic column 2 Bed B

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 261° ถึง 270°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 298.3° (NW)



รูป ก-20 Stratigraphic column 2 Bed C

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 251° ถึง 260°

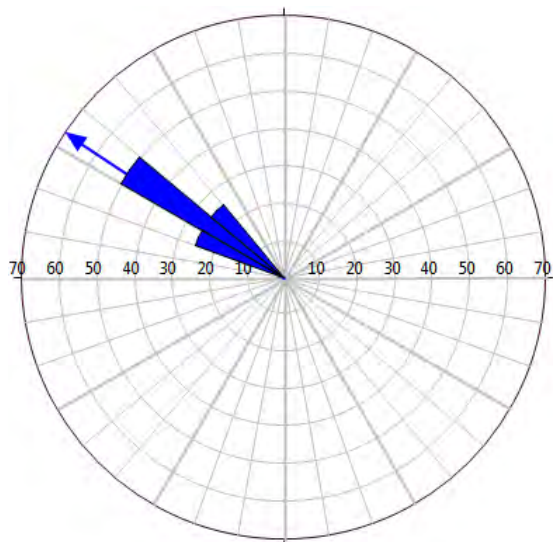
เวกเตอร์เฉลี่ย = 281.7° (NW)

รูป ก-21 Stratigraphic column 2 Bed D

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 291° ถึง 300°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 306.1° (NW)

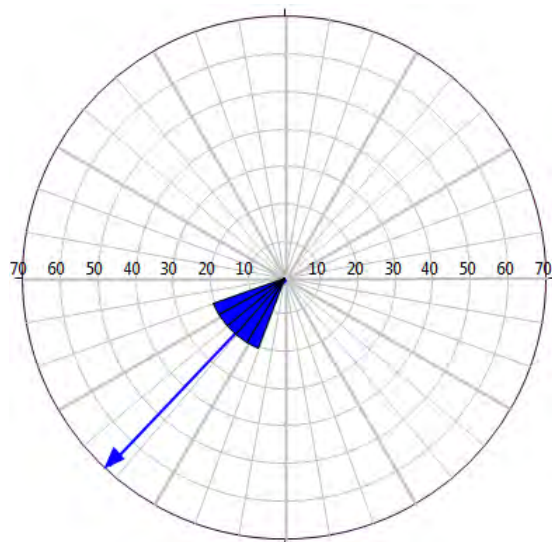


รูป ก-22 Stratigraphic column 2 Bed E

จำนวนตัวอย่าง 4

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 301° ถึง 310°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 303.5° (NW)

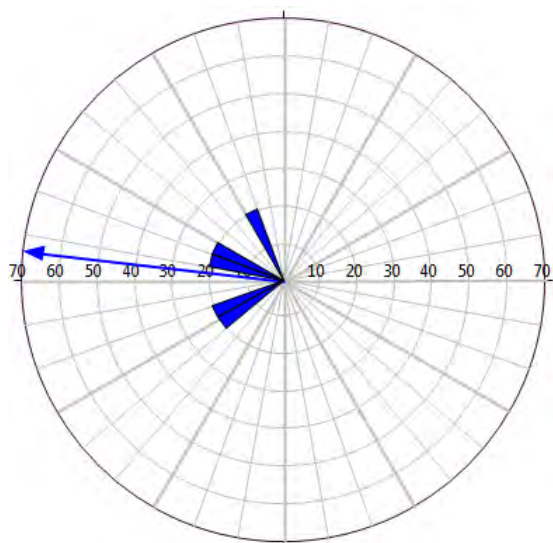


รูป ก-23 Stratigraphic column 2 Bed F

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 201° ถึง 210°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 223.2° (NW)

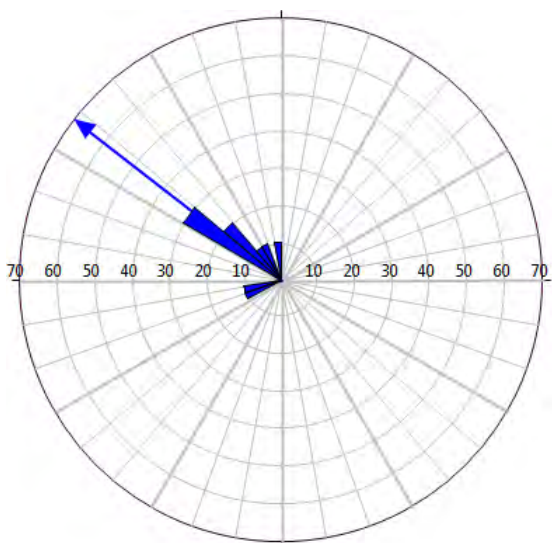


รูป ก-24 Stratigraphic column 2 Bed G

จำนวนตัวอย่าง 5

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 231° ถึง 240°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 276.4° (NW)

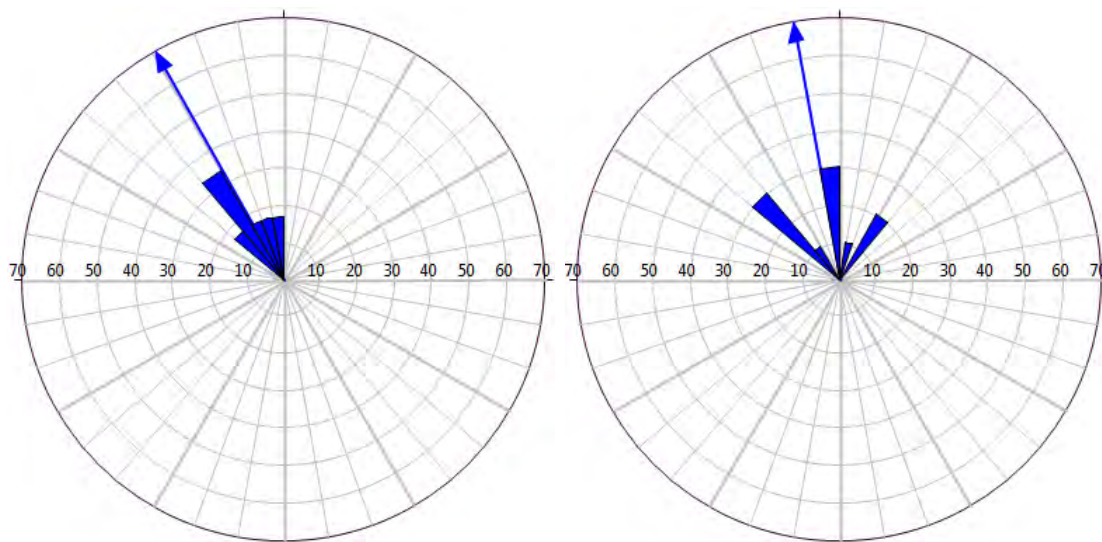


รูป ก-25 Stratigraphic column 2 Bed H

จำนวนตัวอย่าง 10

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 301° ถึง 310°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 307.9° (NW)



รูป ๓-26 Stratigraphic column 2 Bed I

จำนวนตัวอย่าง 6

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 321° ถึง 330°

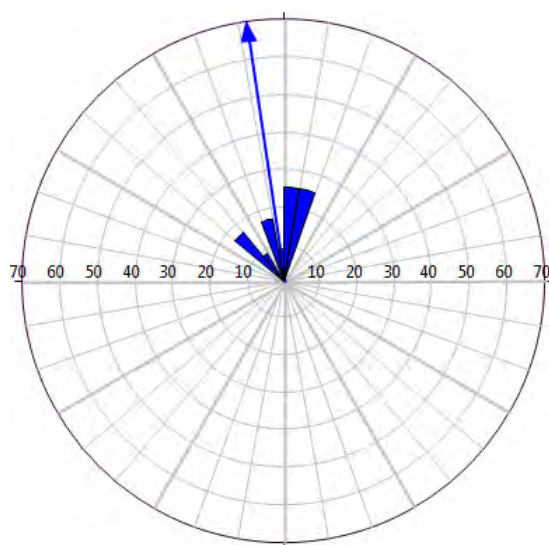
เวกเตอร์เฉลี่ย = 330.7° (NW)

รูป ๓-27 Stratigraphic column 2 Bed J

จำนวนตัวอย่าง 10

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 311° ถึง 320°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 349.9° (NW)

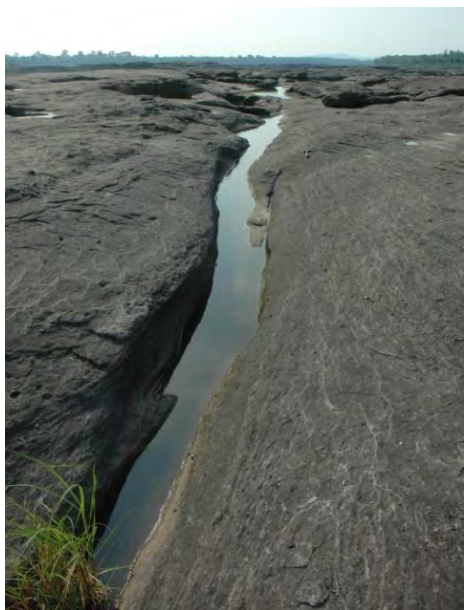


รูป ๓-28 Stratigraphic column 2 Bed K

จำนวนตัวอย่าง 12

ช่วงมุมที่มากที่สุด = ระหว่าง 1° ถึง 10°

เวกเตอร์เฉลี่ย = 351.8° (NW)



รูป ก-29 การกัดเซาะตามแนวรอยแตก



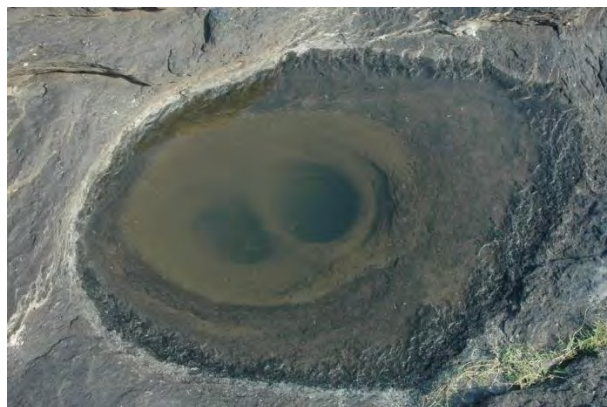
รูป ก-30 การพัฒนาภูมิลักษณะตามแนวรอยแตก



รูป ก-31 การเริ่มต้นการพัฒนาของภูมิลักษณะ



รูป ก-32 ภูมิลักษณะแบบช้ำซ้อน



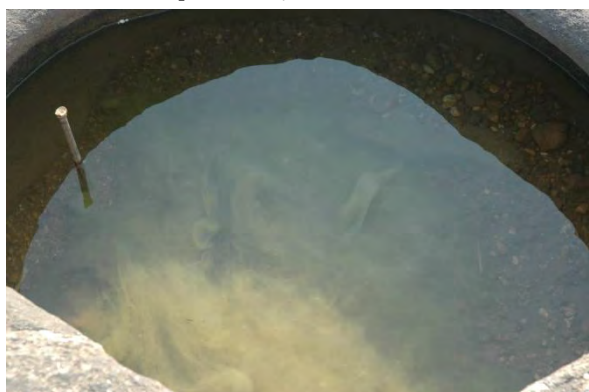
รูป ก-33 การเริ่มการพัฒนาภูมิลักษณะแฝด



รูป ก-34 กุมภลักษณ์แบบแฝด



รูป ก-35 การพัฒนากุมภลักษณ์แบบชำซ้อน



รูป ก-36 ลักษณะก้อนกรวดที่เป็นตัวขัดถู (Grinder)



รูป ก-37 การพัฒนากุมภลักษณ์แบบชำซ้อนแบบกั๊ดลึก