



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาพลูดาวหลวง

จังหวัดชลบุรี

โดย

นายภูริช เจตนา

เลขประจำตัวนิสิต 5832732123

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาพญาดาลง จังหวัดชลบุรี

นายภูริช เจตนา

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

STRUCTURAL GEOLOGY OF KHAO PHLU TA LUANG, CHONBURI PROVINCE

Mr. Phurit Chettana

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Bachelor of Science Program in Geology

Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Academic Year 2018

หัวข้อโครงการ

ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาพุดตาลหลวง
จังหวัดชลบุรี

โดย

นายภูริช เจตนา

สาขาวิชา

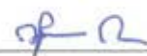
ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์

วันที่ส่ง 13 พฤษภาคม 2562

วันที่อนุมัติ 13 พฤษภาคม 2562



อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์)

Project Title STRUCTURAL GEOLOGY OF KHAO PHLU TA LUANG,
 CHONBURI PROVINCE
By Mr. Phurit Chettana
Field of Study Geology
Project Advisor Associate Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Dr.rer.nat.

Submitted date 13 May 2019

Approval date 13 May 2019



Project Advisor

(Associate Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Dr.rer.nat.)

หัวข้อโครงการ: ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาลูกตาดหลวง จังหวัดชลบุรี

ผู้วิจัย: นายภูริช เจตนา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์

ภาควิชา: ธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

เขาลูกตาดหลวงอยู่ในบริเวณที่เป็นตะกอนพอกตัวรูปลิ้มอันเกิดจากการมุดตัวของแผ่นธรณีมหาสมุทรลงไปได้แผ่นจุลทวีปอินโดจีน โดยเป็นบริเวณที่แสดงถึงการเป็นตะกอนที่มาจากทะเล ซึ่งหินที่พบมีลักษณะเป็นชั้นหินขนวนที่ถูกเปลี่ยนลักษณะ การศึกษานี้มุ่งเน้นศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและกลไกที่ทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาของเขาลูกตาดหลวง ตำบลพลูดหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี จากการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างในระดับมหันตภาคและระดับจุลภาคพบว่า โครงสร้างทางธรณีวิทยาของเขาลูกตาดหลวงนั้นประกอบไปด้วยชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อนย้อน และแนวแตก 2 แนว ที่เป็นแนวแตกร่วมที่เกิดขึ้นพร้อมกันกับชั้นหินคดโค้ง โดยระนาบชั้นหินคดโค้งนั้นวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ รอยเลื่อนย้อนนั้นวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ มีมุมเอียงเทไปทางทิศตะวันออก ซึ่งโครงสร้างทางธรณีวิทยาดังที่ได้กล่าวมานี้สัมพันธ์กับเหตุการณ์ตั้งแต่ช่วงที่แผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรมุดตัวลงไปได้แผ่นจุลทวีปอินโดจีนไปจนถึงช่วงที่แผ่นจุลทวีปสิบูมาสุเคลื่อนที่เข้ามาชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน โดยใช้เวลาดังแต่ช่วงปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัสไปจนถึงต้นยุคจูแรสสิก

ภาควิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่อนิสิต _____  

สาขาวิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาหลัก _____ 

ปีการศึกษา _____ 2561 _____

Project Title: Structural geology of Khao Phlu Ta Luang, Chonburi Province

Researcher: Mr. Phurit Chettana

Advisor: Associate Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Dr.rer.nat.

Department: Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University

Abstract

Khao Phlu Ta Luang is in area which is accretionary wedge occurred by subduction of oceanic plate beneath Indochina sub-continent. This area is the remnant of Paleotethyan rock which consists of the deformed slate. This study focused on structural geology characteristics and mechanisms that caused those structures of Khao Phlu Ta Luang, Phlu Ta Luang Sub-district, Sattahip District, Chon buri Province. According to field data analysis in both mesoscopic scale and microscopic scale, this study found that geological structures of Khao Phlu Ta Luang consists of fold, reverse fault and 2 joint sets. These conjugate joints conform with the fold geometry. Fold axial plane is in NE-SW and dipping to the NW. Reverse fault strikes in N-S and dipping to the E. Geological structure is related with incidents started from oceanic plate subducted beneath Indochina sub-continent until the Sibumasu sub-continent collided with Indochina sub-continent. These incidents took time from Early Carboniferous to Early Jurassic.

Department Geology Student's Signature 

Field of Study Geology Advisor's Signature 

Academic Year 2018

กิตติกรรมประกาศ

เหนือสิ่งอื่นใด ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์ ผู้ซึ่งเป็นที่ปรึกษาในโครงการนี้ นอกเหนือจากการแนะนำ แนะนำ และให้ความรู้ในด้านวิชาการตั้งแต่ในตอนที่ข้าพเจ้าทำโครงการนี้ตั้งแต่เริ่มจนจบ อาจารย์ได้เสียสละเวลาให้ความช่วยเหลือในการออกภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูล รวมไปถึงการให้กำลังใจในการทำงานให้แล้วเสร็จ ตลอดจนติดตามและให้ผลตอบกลับเมื่องานคล่อง

ขอขอบคุณ อาจารย์ วิโรจน์ ดาวฤกษ์ ที่เป็นผู้ให้คำแนะนำและให้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาในโครงการนี้ รวมทั้งความดูแลเอาใจใส่ที่อาจารย์ได้มอบให้ข้าพเจ้า

รวมทั้งขอขอบคุณ ดร. อภิสิตี ซาล่า ดร.สุคนเมธ จิตรมหันตกุล และอาจารย์ท่านอื่นๆอีกหลายท่านในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ แนะนำ และชี้ให้ข้าพเจ้าได้เห็นสิ่งต่างๆตั้งแต่ข้าพเจ้าได้เข้ามาสู่ภาควิชาจนจบจนที่ข้าพเจ้าได้ทำโครงการนี้จนสำเร็จ

นอกจากนั้นข้าพเจ้าก็ขอขอบคุณบุคลากรภายในภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับการที่พวกท่านได้ให้ความช่วยเหลือในด้านงานเอกสารหรือด้านเทคนิคต่างๆ

ขอขอบคุณ นาย อนุพงศ์ วีระพันธ์ นาย แดน ปิ่นเฉลียว และนาย ญัฐนิธิ สุธีรพงศ์พันธ์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าในการออกภาคสนาม และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือข้าพเจ้าเสมอมา

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญรูปภาพ	vi
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 พื้นที่ศึกษา	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาและระเบียบวิธีวิจัย (Geology of study area and methodology)	5
2.1 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา	5
2.2 ธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ศึกษา	6
2.3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.4 ระเบียบวิธีวิจัย	10
บทที่ 3 ผลการศึกษา (Results)	12
3.1 ธรณีวิทยาของหินในพื้นที่ศึกษา	12
3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง	14
3.2.1 ระดับมหัชนิมภาค	14
3.2.2 ระดับจุลภาค	23
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussion)	26
4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง	26

หัวข้อ	หน้า
4.2 กลไกการเกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยา	28
4.3 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน	29
บทที่ 5 สรุปผล (Conclusion)	31
เอกสารอ้างอิง (Reference)	32
ภาคผนวก (Appendix)	34

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการกระจายตัวของแผ่นจุลทวีปบริเวณประเทศไทย บริเวณที่เป็นพื้นที่ที่แสดงถึงลักษณะของการมีต้นกำเนิดมาจากร่องทะเลพาเลโออีทีสถูกแสดงไว้ด้วยพื้นที่จุดสีชมพู และแสดงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา ถูกแสดงไว้ด้วยบริเวณพื้นที่สีชมพูในกรอบสีแดง (Sone et al., 2012)	2
รูปที่ 1.2 แสดงบางส่วนของแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอสัตหีบ ลำดับชุด L7018 ระวัง 5134 II (ภาพบน)แสดงพื้นที่ของเขापูลตาหลวง ต.พูลตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ที่เป็นพื้นที่ศึกษา (กรอบสีขาว) (ภาพล่าง)	3
รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนใต้ของจังหวัดชลบุรีและพื้นที่ศึกษา (วงกลมสีแดง) (DMR, 2007)	5
รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายตัวของแผ่นจุลทวีปทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณประเทศไทย (ปรับปรุงจาก Sone et al., 2012; Metcalfe, 2013) (ภาพซ้าย) แสดงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย จาก (a) จนถึง (f) (Metcalfe, 2013) (ภาพขวา)	6
รูปที่ 2.3 แสดงพื้นที่ที่เป็นบริเวณตะกอนพอกตัวรูปลิ้มที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก มหาสมุทรบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย (Sone et al., 2012)	7
รูปที่ 2.4 แสดงภาพของหินโผล่บริเวณเขापูลตาหลวง จ.ชลบุรี (ภาพซ้าย) แสดงภาพเขียนโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินโผล่บริเวณเขापูลตาหลวง จ.ชลบุรี (ภาพขวา) (Chaodumrong et al., 2002)	8
รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายตัวของหน่วยหินบริเวณตอนใต้ของจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย (M. Ridd., 2011)	9
รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัวอย่างของการกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก (ภาพซ้าย) (unomaha.edu) แสดงภาพตัวอย่างของแผนภาพรูปกุหลาบ (ภาพขวา) (usgs.gov)	10
รูปที่ 3.1 แสดงภาพของพื้นที่ศึกษาบริเวณเขापูลตาหลวง ต.พูลตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี (กรอบสีขาว) และแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 1 (กากบาทสีแดง) และจุดศึกษาที่ 2 (กากบาทสีเหลือง)	12
รูปที่ 3.2 แสดงชั้นหินชนวนบริเวณพื้นที่ศึกษา	13
รูปที่ 3.3 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะริ้วขนานของแร่ควอตซ์และแร่ไมก้าในแบบ PPL (ภาพซ้าย) และ XPL (ภาพขวา)	13
รูปที่ 3.4 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการเรียงตัวในแนวใกล้เคียงกันของแร่ไมก้าบางส่วน (เส้นสีแดง) (ภาพขวา) และภาพที่ไม่ได้ขีดเส้นสีแดง (ภาพซ้าย)	13

<p>รูปที่ 3.5 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีดำ) และรอยเลื่อนย้อน (เส้นสีแดง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 83 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพล่าง)</p>	14
<p>รูปที่ 3.6 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีดำ) รอยเลื่อนย้อน (เส้นสีแดง) และรอยแตก (เส้นสีเหลือง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 89 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพล่าง)</p>	15
<p>รูปที่ 3.7 แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบร้าวขนานจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง จากข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบร้าวขนานนั้นมี 2 แนว คือการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้</p>	16
<p>รูปที่ 3.8 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของรอยเลื่อนย้อนในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) และรอยแตกย่อยที่แตกออกมาจากรอยเลื่อนย้อน (เส้นสีเหลือง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 34 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของรอยเลื่อนในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพล่าง)</p>	17
<p>รูปที่ 3.9 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของรอยเลื่อนย้อนในทิศเหนือ-ใต้ (ระนาบสีแดง) รอยแตก (เส้นสีเหลือง) และระนาบร้าวขนาน (เส้นสีดำ) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 4 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของรอยเลื่อนในทิศตะวันออก (ภาพล่าง)</p>	18
<p>รูปที่ 3.10 แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบรอยเลื่อนย้อนจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง ข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบรอยเลื่อนย้อนนั้นวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้</p>	19
<p>รูปที่ 3.11 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของแนวแตกสองแนวที่วางตัวทำมุมกัน (เส้นสีเขียวและระนาบสีฟ้า) โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของแนวแตกลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 25 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของแนวแตกในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ตามลำดับ (ภาพล่าง)</p>	20

- รูปที่ 3.12** หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของแนวแตกสองแนวที่วางตัวทำมุมกัน (ระนาบสีเขียวและเส้นสีฟ้า) โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของแนวแตกลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 21 ข้อมูล แสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของแนวแตกในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพล่าง)
- รูปที่ 3.13** แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบแนวแตกจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง จากข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบแนวแตกนั้นมี 2 แนว คือการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้
- รูปที่ 3.14** แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการเรียงตัวของแนวใกล้เคียงกันของแร่ไมก้าบางส่วน (เส้นสีแดง) (XPL) (ภาพขวา) และในแบบ PPL (ภาพซ้าย)
- รูปที่ 3.15** แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะชั้นหินคดโค้งจุลที่สังเกตได้จากการเรียงตัวของแร่ไมก้าที่โค้งเข้าหากัน (เส้นประสีเหลือง) (XPL) (ภาพขวา) และแบบ PPL (ภาพซ้าย)
- รูปที่ 3.16** แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะชั้นหินคดโค้งจุลที่สังเกตได้จากการคดโค้งของสายแร่ควอตซ์ (วงกลมสีเหลือง) (XPL) (ภาพขวา) และแบบ PPL (ภาพซ้าย)
- รูปที่ 3.17** แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะเนื้อหินบดที่สังเกตได้จากผลึกแร่ควอตซ์ในสายแร่ แสดงการแตกหักของผลึก ภาพแบบ PPL (ภาพซ้าย) และภาพแบบ XPL (ภาพขวา)
- รูปที่ 3.18** แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการถูกบีบของแนวริ้วขนานด้วยสายแร่ควอตซ์ โดยมีลักษณะเว้าโค้งและมีการสูญเสียมวล ภาพแบบ PPL (ภาพซ้ายบน) และแบบ XPL (ภาพขวามุมบน) แสดงค่าการวางตัวของแผ่นหินบางบนการกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก แสดงให้เห็นว่าแผ่นหินบางวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก (ภาพล่าง)
- รูปที่ 4.1** แสดงการกระจายตัวของขั้ว (pole) ของข้อมูลแนวการวางตัวของระนาบริ้วขนานจากทั้งสองจุดศึกษา
- รูปที่ 4.2** แสดงค่าการวางตัวของระนาบชั้นหินคดโค้งที่ได้จากการคำนวณด้วยข้อมูลการวางตัวของระนาบริ้วขนานจากทั้งสองจุดศึกษา (เส้นโค้งสีดำ) และขั้วของระนาบนั้น (จุดสีดำ)
- รูปที่ 4.3** แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาก่อนการถูกเปลี่ยนลักษณะ (deformation)
- รูปที่ 4.4** แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาที่ถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (ลูกศรสีแดง) ซึ่งทำให้เกิดชั้นหินคดโค้ง (พื้นผิวสีเทา) ริ้วขนาน (เส้นประสีเทาและแถบสีเทาอ่อน) และการเรียงตัวของแร่ไมก้า (เส้นสีแดง) รวมทั้งทำให้เกิดชั้นหินคดโค้งจุล (วงกลมซ้าย) และแนวแตกทั้งสองแนว (แนวเส้นสีฟ้าและแนวเส้นสีเขียว)

- รูปที่ 4.5** แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาที่ถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก (ลูกศรสีเหลือง) ซึ่งทำให้เกิดรอยเลื่อนย้อน (ระนาบสีแดง) และการถูกบีบของริ้วขนานด้วยสายแร่ควอตซ์กับเนื้อหินบด (วงกลมสีแดง) 29
- รูปที่ 4.6** แสดงแบบจำลองธรณีแปรสัณฐาน โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในสีเหลี่ยมสีแดงซึ่งตั้งอยู่บนตะกอนพอกตัวสามเหลี่ยม โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ศึกษาคาดว่าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงต้นยุคจูแรสสิก (Metcalf, 2013) 30

บทที่ 1

บทนำ

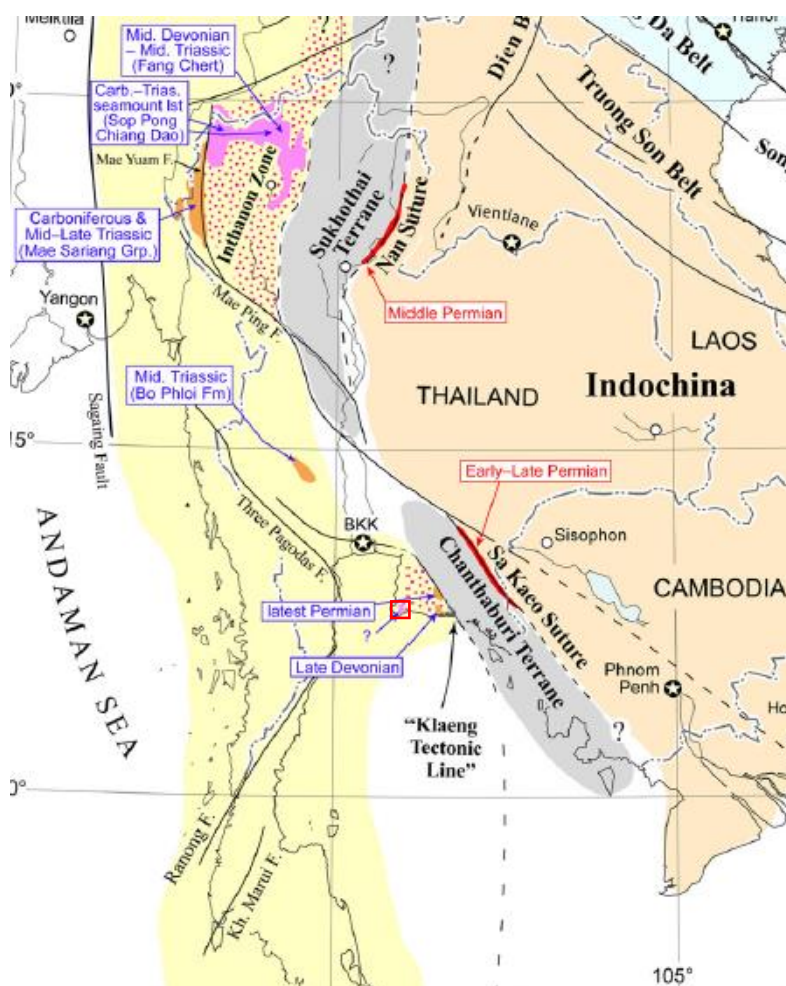
(Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยนั้นตั้งอยู่บนแผ่นจุลทวีปสองแผ่นคือแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุ (Sibumasu) ที่ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันตกและแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina) ที่ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันออก โดยพื้นที่ที่อยู่ตรงกลางระหว่างแผ่นจุลทวีปทั้งสองเป็นพื้นที่ของหมู่เกาะรูปโค้งภูเขาไฟที่ถูกเรียกว่าหมู่เกาะรูปโค้งภูเขาไฟสุโขทัย (Sukhothai volcanic arc) โดยด้านตะวันออกนั้นจะมีแนวรอยต่อที่อยู่ระหว่างหมู่เกาะรูปโค้งภูเขาไฟสุโขทัยและแผ่นจุลทวีปอินโดจีนที่เรียกว่าตะเข็บธรณีนาน (Nan suture) ที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและตะเข็บธรณีสระแก้ว (Sa Kaeo suture) ที่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย และในด้านตะวันตกนั้นจะมีรอยต่อที่อยู่ระหว่างหมู่เกาะรูปโค้งภูเขาไฟสุโขทัยและแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุที่เรียกว่าตะเข็บธรณีเชียงใหม่ (Chiang Mai suture) ที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทยและเส้นธรณีแปรสัณฐานแกลง (Klaeng tectonic line) ซึ่งเป็นตะเข็บธรณีสम्मติ (cryptic suture) ที่บริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

หมู่เกาะรูปโค้งภูเขาไฟสุโขทัยได้ถูกแบ่งออกไว้เป็นสามบริเวณที่เรียกว่าศิลาภูมิประเทศ (terrane) ซึ่งแยกออกจากกันด้วยรอยเลื่อนโดยประกอบไปด้วย ศิลาภูมิประเทศลินซาง (Lincang terrane) ที่อยู่เหนือสุดและครอบคลุมพื้นที่ทางตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศไทย ถัดลงมาเป็นศิลาภูมิประเทศสุโขทัย (Sukhothai terrane) และได้สุดเป็นศิลาภูมิประเทศจันทบุรี (Chantaburi terrane) ซึ่งพื้นที่บนแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุทางด้านตะวันตกที่อยู่ติดกับศิลาภูมิประเทศจันทบุรีทางภาคตะวันออกของประเทศไทย ครอบคลุมจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง (รูปที่ 1.1) นั้นได้มีบริเวณที่เป็นหลักฐานที่แสดงถึงร่องทะเลพาเลโอทีซีสในอดีตที่หลงเหลืออยู่ในปัจจุบัน (Chaodumrong et al., 2002) โดยพิจารณาจากลักษณะชนิดหินของพื้นที่ ซึ่งบริเวณนั้นได้ครอบคลุมไปถึงเขาพลูดาวหลวง ตำบลพลูดาวหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยาโครงสร้าง ลักษณะชนิดหิน ศิลาบรรณของเขาพลูดาวหลวง ตำบลพลูดาวหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เพื่อศึกษาลักษณะธรณีโครงสร้างของพื้นที่และกลไกที่ทำให้เกิดลักษณะต่างๆเหล่านั้น



รูปที่ 1.1 แสดงการกระจายตัวของจุลทวีปบริเวณประเทศไทย บริเวณที่เป็นพื้นที่ที่แสดงถึงลักษณะของการมีต้นกำเนิดมาจากร่องทะเลไอธิติสถูกแสดงไว้ด้วยพื้นที่จุดสีชมพู และแสดงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษา ถูกแสดงไว้ด้วยบริเวณพื้นที่สีชมพูในกรอบสีแดง (Sone et al., 2012)

1.2 จุดประสงค์

- เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณเขาพลูตาหลวง อำเภอสัตตหีบ จังหวัดชลบุรี
- เพื่ออธิบายกลไกที่ทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณเขาพลูตาหลวง อำเภอสัตตหีบ จังหวัดชลบุรี

1.3 พื้นที่ศึกษา

เขาพลูตาหลวงตั้งอยู่ทางตอนใต้ของภาคตะวันออก โดยอยู่ในตำบลพลูตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี เป็นภูเขาที่มีแนววางตัวอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ มีพื้นที่ประมาณ 2 ตารางกิโลเมตร กว้างประมาณ 1 กิโลเมตร ยาวประมาณ 2 กิโลเมตร (รูปที่ 1.2) ภูเขาภูเขานี้เคยมีการทำเหมืองมาก่อน โดยการทำเหมืองหิน (quarry) และนำหินที่ได้จากภูเขานี้ไปใช้ในการสร้างสนามบินอุตะเถาที่อยู่ใกล้เคียงกัน ซึ่งเหมืองหินนี้ได้ถูกเปิดไว้เองที่แสดงให้เห็นหินโผล่อย่างชัดเจน



รูปที่ 1.2 แสดงบางส่วนของแผนที่มาตราส่วน 1:50,000 อำเภอสัตหีบ ลำดับชุด L7018 ระวัง 5134 II (ภาพบน)

แสดงพื้นที่ของเขาพลูตาหลวง ต.พลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ที่เป็นพื้นที่ศึกษา (กรอบสีขาว) (ภาพล่าง)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

การศึกษธรณีวิทยาโครงสร้างของเขापูลตาหลวงจะทำการศึกษาในระดับมหัณมิติภาค (mesoscopic) และระดับจุลภาค (microscopic) โดยการศึกษาในระดับมหัณมิติภาคนั้นจะศึกษาโดยทำการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่าแนววางตัวของชั้นหิน ชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อน แนวแตก และโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆที่พบในพื้นที่ศึกษาและนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยการกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก (stereographic plot) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) ส่วนในระดับจุลภาคนั้นจะทำการศึกษาซิลิการรณาและโครงสร้างขนาดเล็กในแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ทราบลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของเขापูลตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
- ทราบกลไกที่ทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาของเขापูลตาหลวง อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี

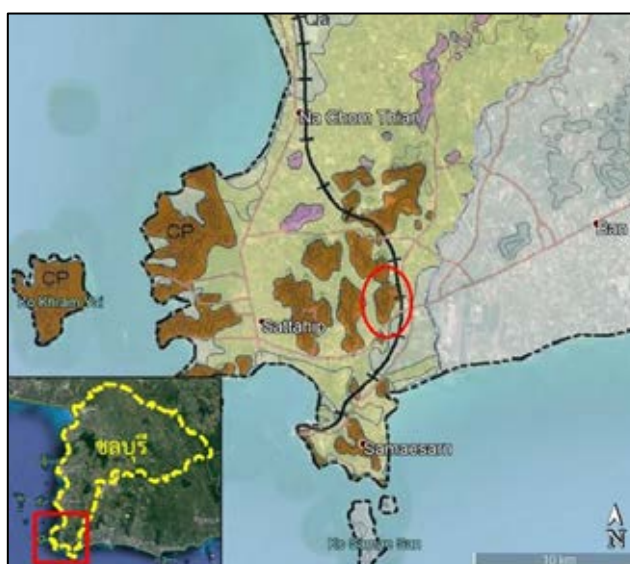
บทที่ 2

ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษาและระเบียบวิธีวิจัย

(Geology of study area and methodology)

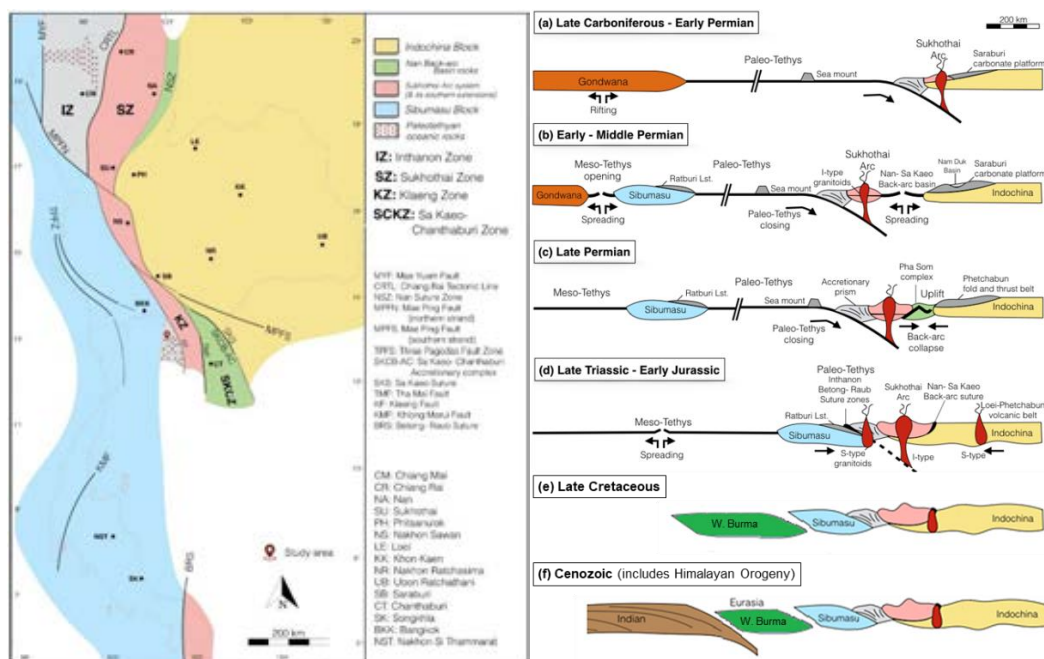
2.1 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

จากแผนที่ทางธรณีวิทยาของจังหวัดชลบุรี (รูปที่ 2.1) พบว่าบริเวณเขาพลูตาหลวงนั้นอยู่ในหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน(CP) และจากงานของวรจิก ขาวจันทร์ วารุณี ยะถากรรม และวรินทรา เทพจุ ในปี 2015 ซึ่งรายงานว่าหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนนั้นอยู่ในกลุ่มหินแก่งกระจาน หมวดหินพลูตาหลวง หมู่หินแสมสาร โดยจะประกอบไปด้วยหินเชิร์ต หินทราย หินดินดาน และหินดินดานเนื้อป่นถ่าน พบหินปูนแทรกเป็นเลนส์ หินจะมีการคดโค้ง ถูกแปรสภาพ โดยหินเชิร์ตมีลักษณะชั้นบาง ๆ และสลับกันอยู่ระหว่างชั้นที่เป็นเนื้อดินและเนื้อซิลิกา หินทรายเป็นพวกหินทรายสะอาดเนื้อหิน (lithic arenite) ประกอบด้วยควอตซ์ค่อนข้างมาก เม็ดควอตซ์มีลักษณะกึ่งมนถึงกึ่งเหลี่ยมการคดขนาดไม่ตี นอกจากนี้ยังมีเศษหินอยู่ด้วย ชั้นหินทรายบางบริเวณมีสีน้ำตาลแดง มีรอยแตกมากเนื้อหินค่อนข้างฝู ชั้นหินดินดานที่แทรกอยู่ทั่วไปในชั้นหินเชิร์ตส่วนใหญ่แสดงชั้นอย่างดีและมีสีน้ำตาลในบางชั้นมีปริมาณของเนื้อคาร์บอนมาก ทำให้เห็นเป็นสีเทาดำ นอกจากนี้ยังพบหินปูนเป็นเลนส์หนาอีกหลายพื้นที่ พบร่องรอยซากดึกดำบรรพ์เป็นพวกหอยสองฝาที่ไม่สามารถระบุได้ พบว่าในส่วนบนของหินหมวดนี้จะเป็นหินทรายและหินดินดาน ที่มีแร่ไมกาปะปนเป็นส่วนประกอบมากกว่าในส่วนล่าง และจะค่อยๆเปลี่ยนไปเป็นหินชนวนเนื้อจุด (spotted slate) และหินโคลนเนื้อจุด (spotted mudstone) เนื่องจากกระบวนการแปรสัณฐานโดยอิทธิพลของหินแกรนิต หินหมวดนี้หนาไม่น้อยกว่า 800 เมตร เป็นการสะสมตัวในบริเวณไหล่ทวีปที่มีน้ำลึกเนื่องจากพบชั้นหินเชิร์ตเป็นส่วนใหญ่



รูปที่ 2.1 แสดงแผนที่ธรณีวิทยาบริเวณตอนใต้ของจังหวัดชลบุรีและพื้นที่ศึกษา (วงกลมสีแดง) (DMR, 2007)

2.2 ธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.2 แสดงการกระจายตัวของจุลทวีปทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณประเทศไทย (ปรับปรุงจาก Sone et al., 2012; Metcalfe, 2013) (ภาพซ้าย) แสดงลำดับเหตุการณ์ทางธรณีแปรสัณฐานที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทย จาก (a) จนถึง (f) (Metcalfe, 2013) (ภาพขวา)

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนขอบด้านตะวันออกของแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุ มีลักษณะเป็นหินจากตะกอนทะเลโบราณที่เกิดจากตะกอนพอกตัวรูปลิ้ม โดยอยู่ติดกันกับพื้นที่แกลง (Klaeng Zone) ที่เป็นส่วนหนึ่งของแนวภูเขาไฟคดโค้งสุโขทัย และถัดไปทางตะวันออกจะเป็นพื้นที่สระแก้ว-จันทบุรีที่เป็นส่วนหนึ่งของแอ่งตะกอนหลังแนวภูเขาไฟคดโค้งน่าน (Nan back-arc basin) ซึ่งอยู่ติดกับขอบด้านตะวันตกของแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (รูปที่ 2.2)

พื้นที่ที่เป็นหินจากตะกอนทะเลโบราณดังเช่นพื้นที่ศึกษาของงานนี้นั้นได้เกิดมาจากการมุดตัว (subduction) ของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรลงไปได้แผ่นจุลทวีปอินโดจีนซึ่งได้ทำให้เกิดการพอกตัวของตะกอนรูปลิ้ม โดยเกิดขึ้นในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงยุคเพอร์เมียนตอนต้น (รูปที่ 2.2 (a)) เป็นผลทำให้ช่วงยุคนี้เป็นช่วงที่พื้นที่ศึกษาเริ่มถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

ต่อจากนั้นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นคือการแยกตัวของแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุออกมาจากแผ่นเปลือกโลกกอนด์วานา ในยุคเพอร์เมียนตอนต้นถึงตอนกลาง แต่ในขณะเดียวกันก็ยังคงมีการมุดของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรเกิดขึ้นอยู่ (รูปที่ 2.2 (b)) และหลังจากนั้นแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุก็ได้เคลื่อนที่ไปเรื่อยๆจนเข้าชนกับแผ่นจุลทวีป

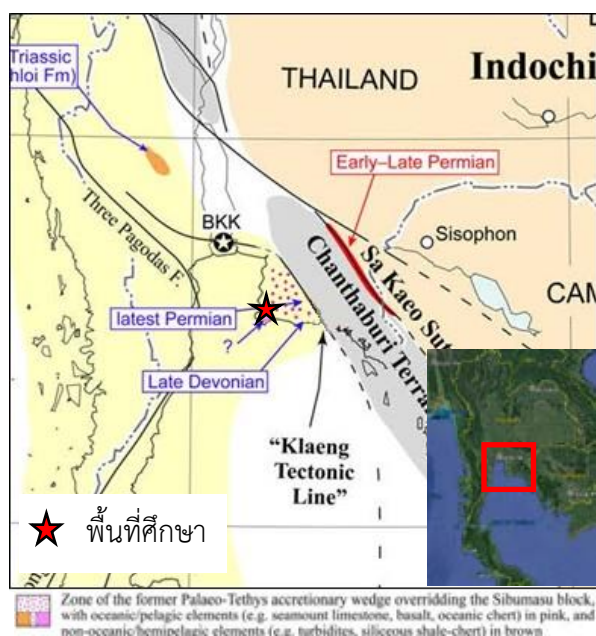
อินโดจีนในช่วงยุคไทรแอสสิกตอนปลายถึงยุคจูแรสสิกตอนต้น เป็นผลทำให้พื้นที่ศึกษาที่เป็นตะกอนพอกตัวรูปลิ้มถูกแรงบีบอัดในแนวตะวันออก-ตะวันตกอีกครั้ง (รูปที่ 2.2 (d))

หลังจากนั้นแผ่นจุลทวีปเบอร์มาตะวันตกก็ได้เคลื่อนที่เข้ามาชนกับแผ่นจุลทวีปสีบูมาสุ โดยมีแนวรอยต่อในแนวประมาณทิศเหนือ-ใต้ ในช่วงปลายยุคครีเทเชียส (รูปที่ 2.2 (e)) และก็ทำให้พื้นที่ของประเทศไทยโดยรวมยังคงได้รับแรงบีบอัดในแนวตะวันออก-ตะวันตก

และในท้ายที่สุด ในช่วงมหายุคซีโนโซอิก แผ่นเปลือกโลกอินเดียได้เคลื่อนที่เข้ามาชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย (รูปที่ 2.2 (f)) โดยมีแนวรอยต่อการชนอยู่ในทิศประมาณเหนือ-ใต้ ทำให้ประเทศไทยโดยรวมถูกแรงบีบอัดในแนวทิศเหนือ-ใต้และแรงดึงออกในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

2.3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

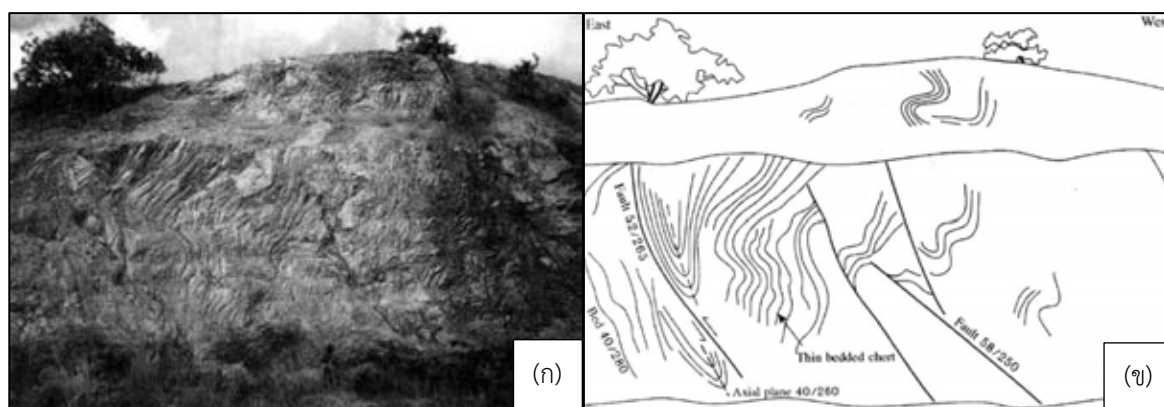
จากงานวิจัยของ Sone ในปี 2012 ที่ได้กล่าวว่าบริเวณเขาพลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี นั้นอยู่ในพื้นที่ของตะกอนพอกรูปลิ้มที่เคยเป็นส่วนหนึ่งของทะเลโบราณมาก่อน (รูปที่ 2.3) โดยในปัจจุบันได้อยู่บนแผ่นจุลทวีปสีบูมาสุและมืองค์ประกอบเป็นตะกอนที่มาจากทะเล นอกจากนี้เขายังได้กล่าวถึงการพบลำดับชั้นหินเชิร์ตสีแดงชั้นหนา และมีลักษณะของชั้นหินคดโค้งหน้าจั่ว (chevron fold) ที่มีมุมระหว่างแขนของชั้นหินคดโค้ง (interlimb angle) ค่อนข้างแคบ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากลักษณะชนิดหินจะถูกตีความได้ว่าเป็นส่วนที่หลงเหลืออยู่ของตะกอนทะเลที่ถูกดันขึ้นมาสะสมตัวอยู่บนแผ่นจุลทวีปสีบูมาสุ นอกจากนี้ลำดับชั้นหินที่พบบริเวณนี้ยังปรากฏในลักษณะที่คล้ายคลึงกันกับหินเชิร์ตผางที่มีอยู่ในเขตอินทนนท์ (Inthanon Zone) ซึ่งอายุอยู่ในช่วงยุคดีโวเนียน-ไทรแอสสิก เพียงแต่ว่ายังไม่ทราบอายุของชั้นหินบริเวณเขาพลูตาหลวงนี้



รูปที่ 2.3 แสดงพื้นที่ที่เป็นบริเวณตะกอนพอกตัวรูปลิ้มที่เกิดจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรบริเวณภาคตะวันออกของประเทศไทย

(Sone et al., 2012)

จากงานวิจัยของ Chaodumrong และคณะในปี 2002 ซึ่งได้ทำการศึกษาธรณีวิทยาบริเวณเขาพลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี พบว่าบริเวณเขาพลูตาหลวงได้พบหินโผล่ที่เป็นหน้าผา มีความสูงประมาณ 15 เมตร ซึ่งประกอบไปด้วยชั้นหินเชิร์ตบางสีเทาถึงเทาอ่อนแทรกสลับบางๆกับชั้นหินดินดาน โดยความหนาของชั้นหินมีตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ไปจนถึง 10 เซนติเมตร โดยพบว่าชั้นหินส่วนมากมีความหนาน้อยกว่า 5 เซนติเมตร และพบว่าชั้นหินดินดานจะมีความหนาที่น้อยกว่า ซึ่งพบว่าลักษณะที่พบในชั้นหินนั้นมีทั้งรอยเลื่อนและชั้นหินคดโค้งที่มีระนาบแกนวางตัวอยู่ในทิศ $170^{\circ}/40^{\circ}$ W โดยเอียงเทไปทางทิศตะวันตกซึ่งเกือบจะขนานไปกับระนาบการวางตัวของชั้นหิน ($190^{\circ}/40^{\circ}$ W) ชั้นหินคดโค้งมุมแคบ (tight fold) และชั้นหินคดโค้งนอนทับ (recumbent fold) ถูกพบอยู่ในบริเวณนี้เช่นกัน โดยน่าจะเกิดจากการมุดตัวของแผ่นจุลทวีปอินโดจีนที่ลงไปใต้แผ่นจุลทวีปสิมูมาสูในทางตะวันตก รอยเลื่อนที่พบในบริเวณนี้วางตัวอยู่ในแนวเกือบทิศเหนือ-ใต้ แต่ไม่สามารถวัดระยะเลื่อนตัวด้วย รูปของหินโผล่ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.4

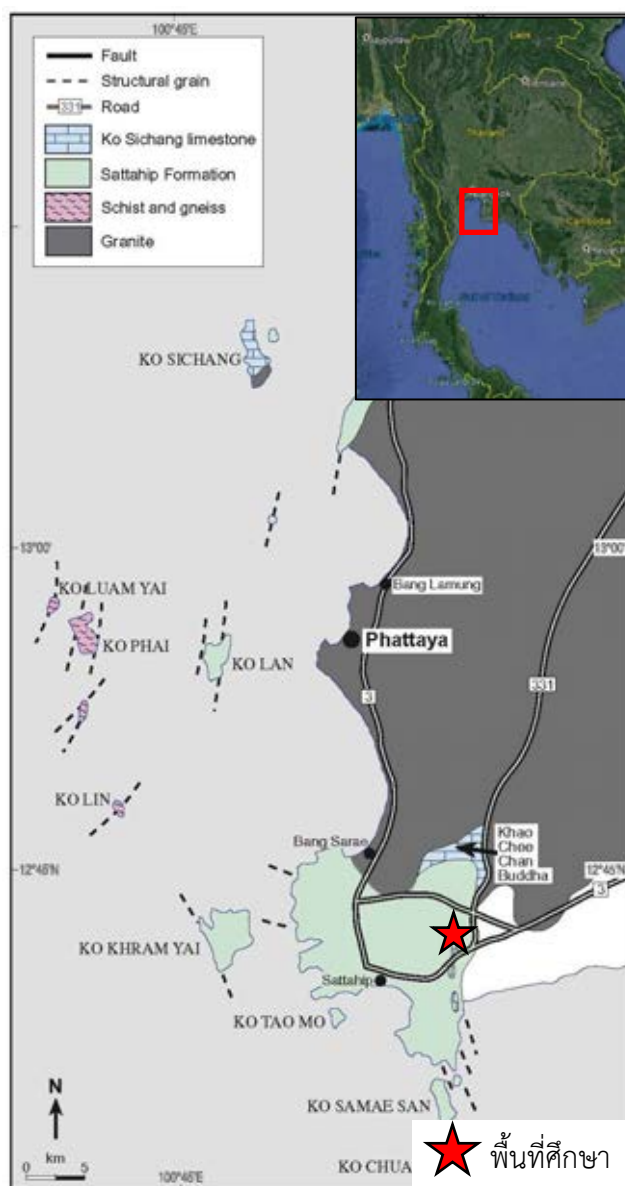


รูปที่ 2.4 แสดงภาพของหินโผล่บริเวณเขาพลูตาหลวง จ.ชลบุรี (ภาพซ้าย)

แสดงภาพเขียนโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินโผล่บริเวณเขาพลูตาหลวง จ.ชลบุรี (ภาพขวา)

(Chaodumrong et al., 2002)

จากงานวิจัยของ M.F. Ridd ในปี 2011 ได้จัดจำแนกให้บริเวณเขาพลูตาหลวง ที่อยู่ในอำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี นั้นอยู่ในหน่วยหินปูนเกาะสีซัง (รูปที่ 2.5) โดยมีลักษณะเป็นเลนส์ของหินปูนแทรกอยู่ในลำดับชั้นหินอาร์จีไลต์และหินควอตไซต์ที่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างซับซ้อน ซึ่งบริเวณเขาพลูตาหลวงพิกัด $12^{\circ}41'30.00''\text{N}$ $100^{\circ}58'0.00''\text{E}$ พบชั้นหินปูนวางตัวเอียงเท 40 องศาไปในทิศตะวันออกและมีรอยสัมผัสชัดเจนกับหินดินดานและหินฟิลไลต์ผุพังที่ไม่แสดงชั้นการวางตัวสีงากี้และสีน้ำตาล



รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายตัวของหน่วยหินบริเวณตอนใต้ของจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

(M. Ridd., 2011)

2.4 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยของโครงการนี้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย

1. ศึกษาพื้นที่และวางแผนการเก็บข้อมูล

ศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษา ได้แก่ บทความวิจัย รายงานการวิจัย และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดชลบุรี

2. สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

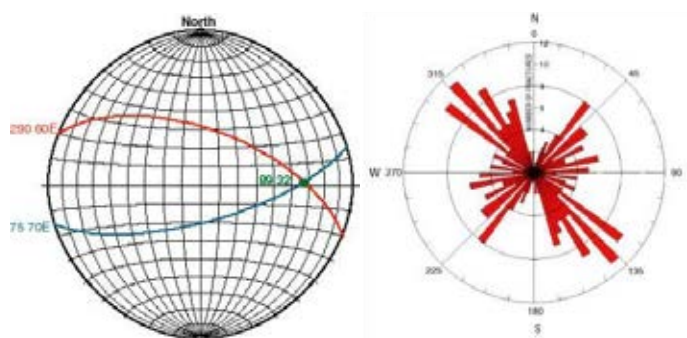
ศึกษาลักษณะชนิดหินและเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างของหินโผล่ในพื้นที่ เช่น รอยเลื่อน แนวแตกชั้นหินคดโค้ง เป็นต้น

3. วิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งเป็นสองส่วนคือ

1. การวิเคราะห์ระดับมหัศจรรย์ภาค (mesoscopic)

การวิเคราะห์ระดับมหัศจรรย์ภาคจะเป็นการวิเคราะห์โดยใช้การกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก (stereographic plot) และแผนภาพรูปกุหลาบ (rose diagram) (รูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 แสดงภาพตัวอย่างของการกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก (ภาพซ้าย) (unomaha.edu)

แสดงภาพตัวอย่างของแผนภาพรูปกุหลาบ (ภาพขวา) (usgs.gov)

II. การวิเคราะห์ระดับจุลภาค (microscopic)

การวิเคราะห์ระดับจุลภาคนั้นจะศึกษาด้านสัณฐานวิทยาและโครงสร้างขนาดเล็กด้วยการศึกษาแผ่นหินบาง (thin section) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. แปลผลและสรุปข้อมูล

อภิปรายและสรุปผลการวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและกลไกที่ทำให้เกิดลักษณะเหล่านั้นของพื้นที่บริเวณพื้นที่ศึกษา

5. นำเสนอและจัดทำรูปเล่มรายงาน

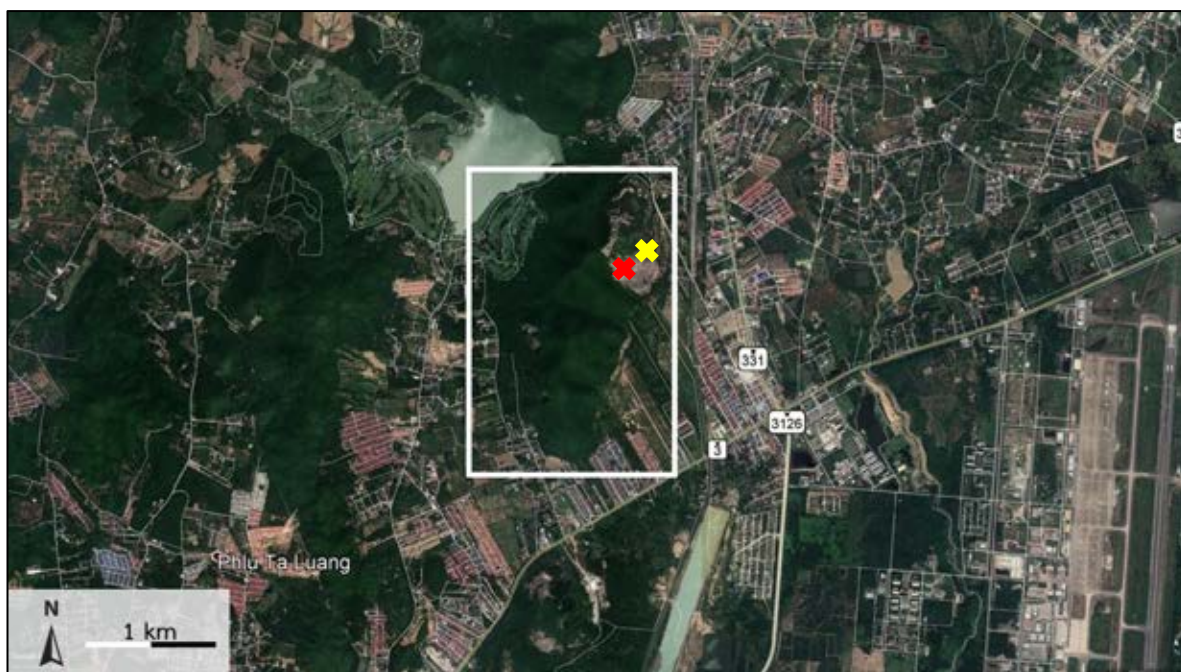
เป็นการนำเสนอผลงานในรูปแบบของการสัมมนา รวมทั้งจัดทำรูปเล่มรายงาน

บทที่ 3

ผลการศึกษา

(Results)

จากจุดศึกษาทั้งหมด 2 แห่งที่มีลักษณะเป็นหินโผล่จากการทำเหมืองเปิด (quarry) ที่บริเวณ เขาพลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี ซึ่งได้ทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม โดยในโครงการนี้กล่าวถึงด้วยการแบ่งเป็น 2 หัวข้อคือธรณีวิทยาของหินและธรณีวิทยาโครงสร้าง (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 แสดงภาพของพื้นที่ศึกษาบริเวณเขาพลูตาหลวง ต.พลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี (กรอบสีขาว) และแสดงตำแหน่งของจุดศึกษาที่ 1 (กากบาทสีแดง) และจุดศึกษาที่ 2 (กากบาทสีเหลือง)

3.1 ธรณีวิทยาของหินในพื้นที่ศึกษา

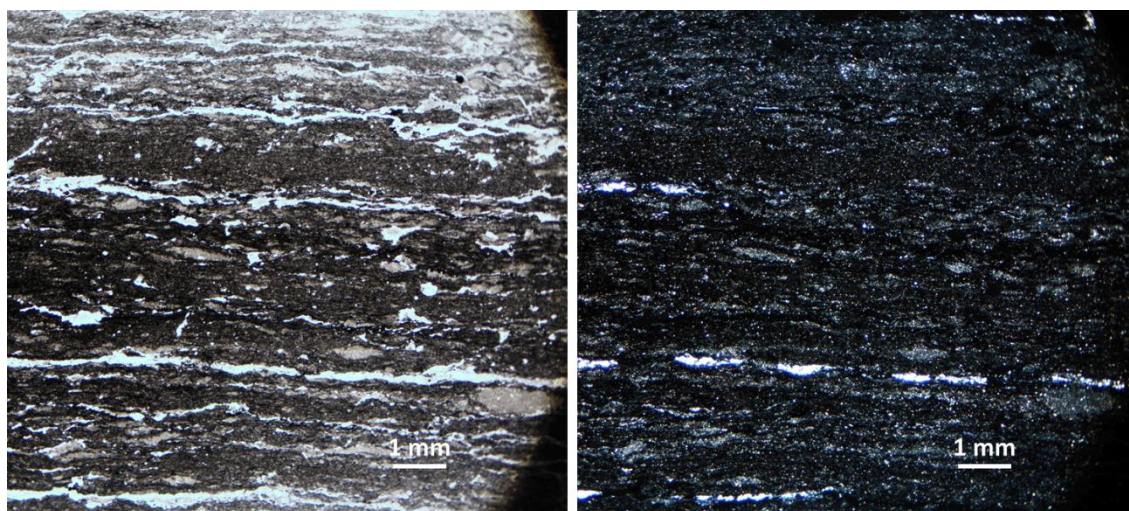
หินชนวน (slate)

หินชนวนที่พบในทั้งสองจุดศึกษามีสีสดสีดำ สีฝุ่น้ำตาล สีเทาน้ำตาล มีความหนาของชั้นหินเฉลี่ยประมาณ 5 ถึง 30 เซนติเมตรโดยมีการวางตัวของระนาบริวขนาน (foliation) เอียงเทไปทางตะวันออกเฉียงใต้และทางตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.2)

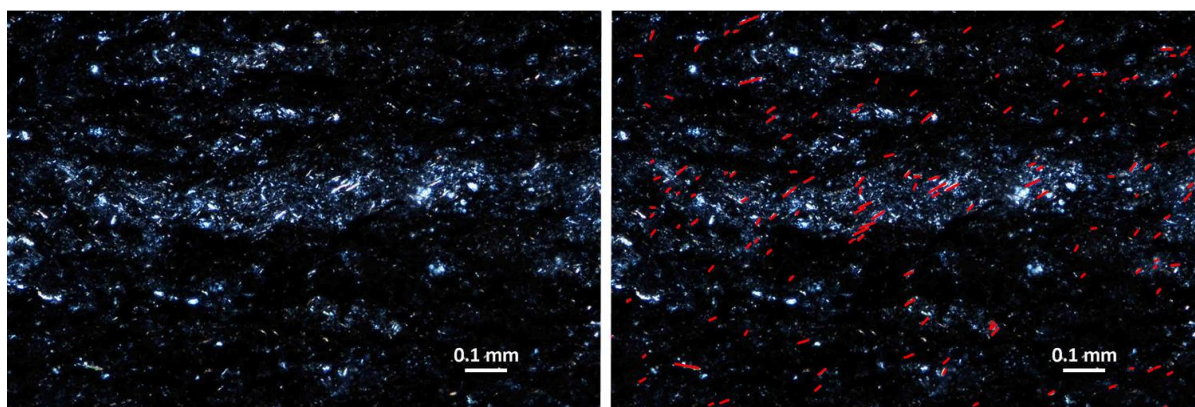
หินที่พบในทั้งสองจุดศึกษาเมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ว่าองค์ประกอบแร่ส่วนใหญ่เป็นแร่เคลย์และแร่ควอตซ์ รองลงมาเป็นแร่ไมกา และพบแร่เฟลด์สปาร์เล็กน้อย นอกจากนั้นยังพบลักษณะของริวขนานที่เกิดจากการเรียงตัวของแร่ควอตซ์ (รูปที่ 3.3) รวมทั้งยังพบการเรียงตัวของแร่ไมกาบางส่วน (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.2 แสดงชั้นหินขนานบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 3.3 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะริ้วขนานของแร่ควอตซ์และแร่ไมกา
ในแบบ PPL (ภาพซ้าย) และ XPL (ภาพขวา)



รูปที่ 3.4 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการเรียงตัวในแนวใกล้เคียงกันของแร่
ไมกาบางส่วน (เส้นสีแดง) (ภาพขวา) และภาพที่ไม่ได้ขีดเส้นสีแดง (ภาพซ้าย)

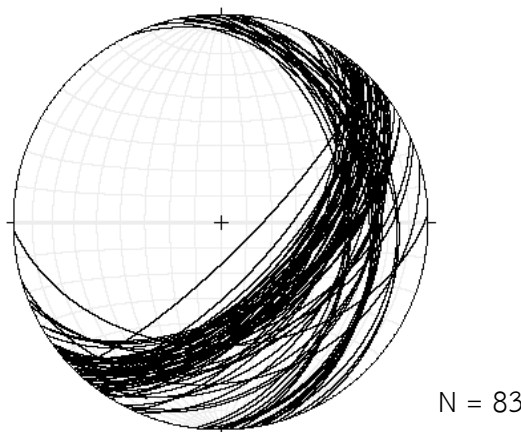
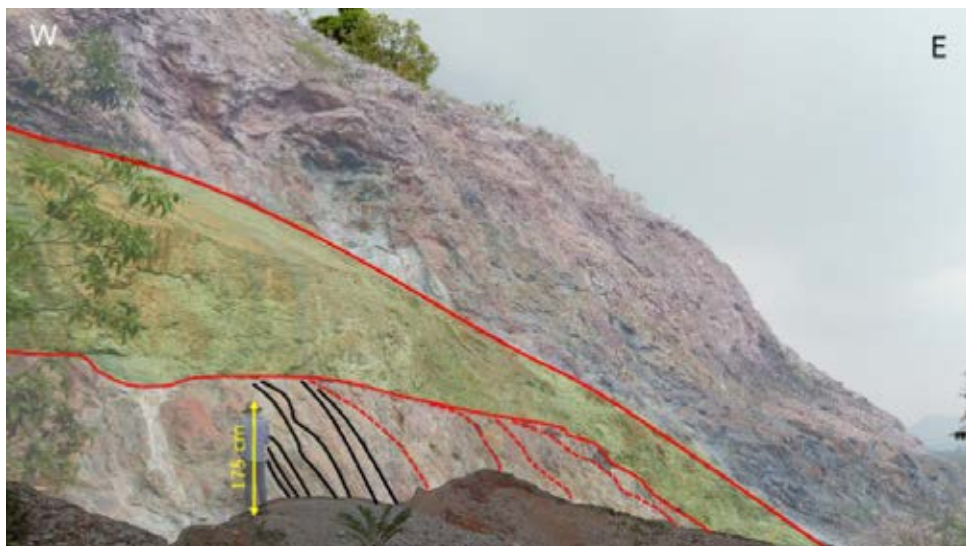
3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

3.2.1 ระดับภูมิภาค

3.2.1.1 ระบายรื้อขนาน

- จุดศึกษาที่ 1

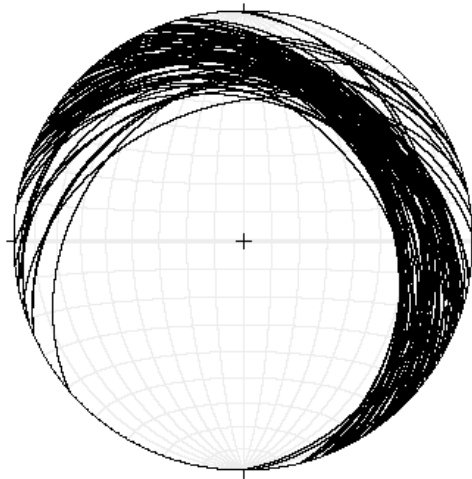
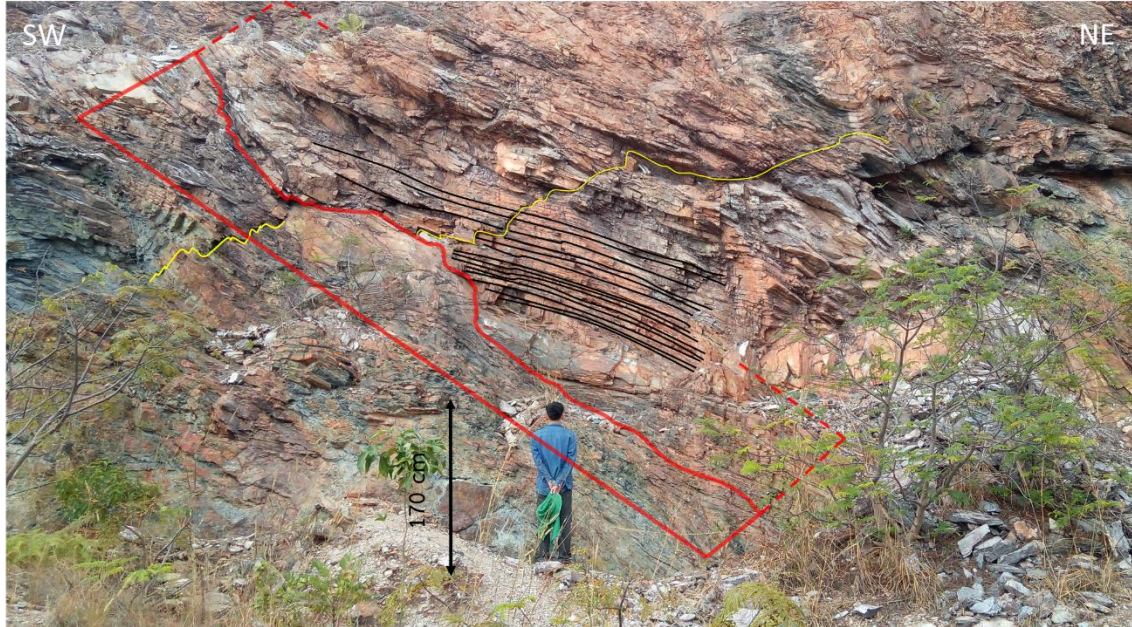
บริเวณจุดศึกษาที่ 1 พบแนวการวางตัวของระบายรื้อขนานในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าการวางตัวประมาณ $40^{\circ}/30^{\circ}$ SE โดยเอียงเทไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.5) โดยระบายรื้อขนานนั้นถูกตัดด้วยรอยเลื่อนย้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่



รูปที่ 3.5 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของระบายรื้อขนานในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีดำ) และรอยเลื่อนย้อน (เส้นสีแดง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของระบายรื้อขนานลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 83 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของระบายรื้อขนานในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพล่าง)

- จุดศึกษาที่ 2

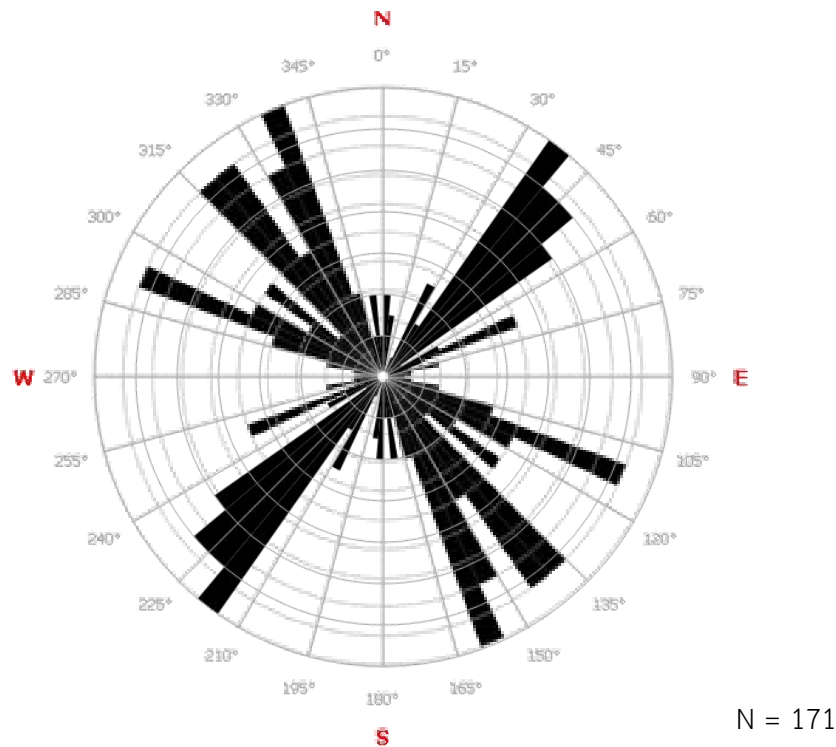
บริเวณจุดศึกษาที่ 2 พบแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าการวางตัวประมาณ $310^{\circ}/30^{\circ}$ NE โดยเอียงเทไปในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ(รูปที่ 3.6) ระนาบร้าวขนานนั้นถูกตัดด้วยรอยเลื่อนย้อนที่เกิดขึ้นในพื้นที่



N = 89

รูปที่ 3.6 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีดำ) รอยเลื่อนย้อน (เส้นสีแดง) และรอยแตก (เส้นสีเหลือง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของระนาบร้าวขนานลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 89 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของระนาบร้าวขนานในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (ภาพล่าง)

โดยจากข้อมูลการวางตัวของระนาบร้าวขนานจากทั้งสองจุดศึกษา รวมทั้งหมด 171 ข้อมูล เมื่อนำข้อมูลไปใส่ในแผนภาพรูปกุหลาบ (rose diagram) นั้นพบว่ามีความการวางตัวทั้งหมด 2 แนว (รูปที่ 3.7) โดยอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

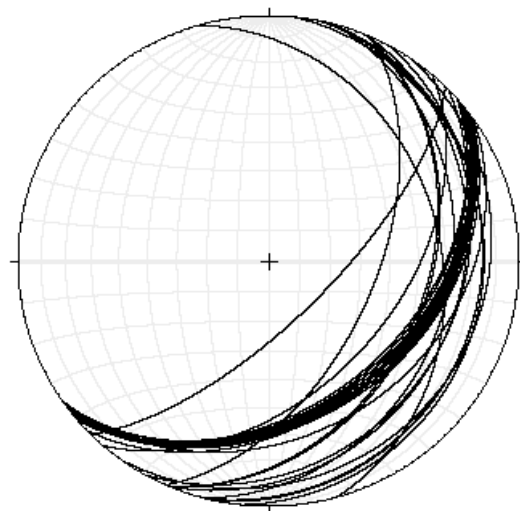


รูปที่ 3.7 แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบร้าวขนานจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง จากข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบร้าวขนานนั้นมี 2 แนว คือการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

3.2.1.2 รอยเลื่อน

- จุดศึกษาที่ 1

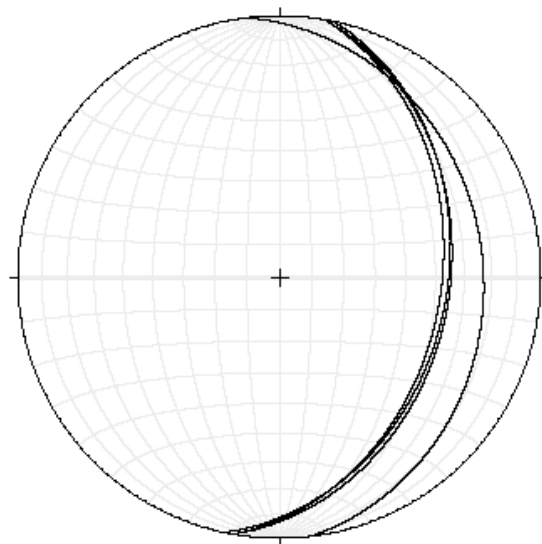
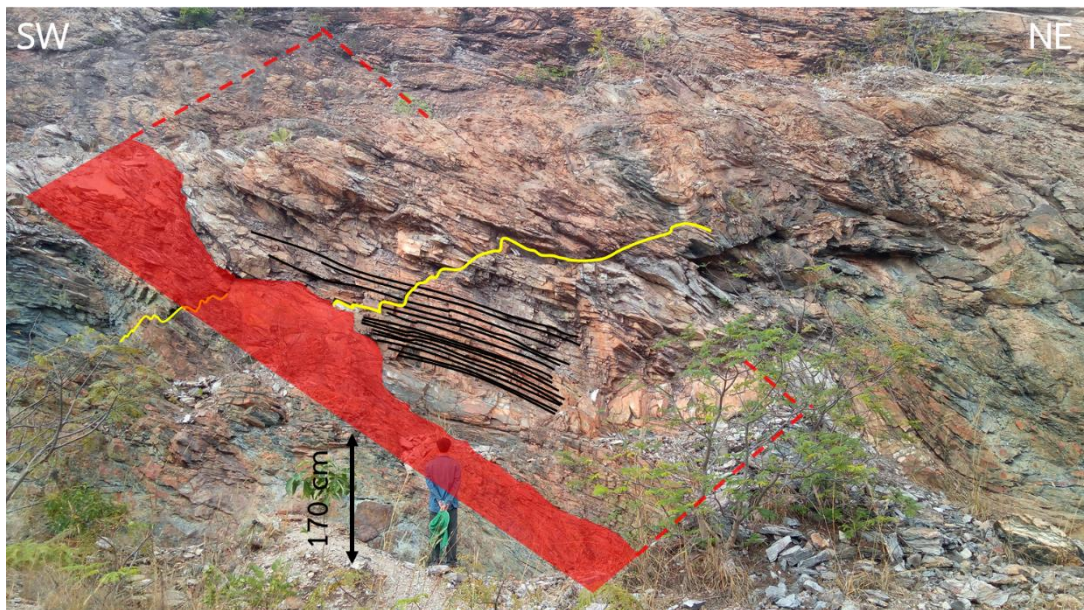
บริเวณจุดศึกษาที่ 1 พบรอยเลื่อนหลายแนว โดยมีรอยเลื่อนขนาดใหญ่วางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ (รูปที่ 3.8) ซึ่งรอยเลื่อนอื่นๆในจุดศึกษานี้ก็มีทิศทางการวางตัวที่ใกล้เคียงกัน (รูปที่) โดยมีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $55^\circ / 40^\circ$ SE รอยเลื่อนที่พบเป็นรอยเลื่อนย้อนและรอยเลื่อนย้อนมุดต่ำ



รูปที่ 3.8 หินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของรอยเลื่อนย้อนในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) และรอยแตกย่อยที่แตกออกมาจากรอยเลื่อนย้อน (เส้นสีเหลือง) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 34 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของรอยเลื่อนในทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ภาพล่าง)

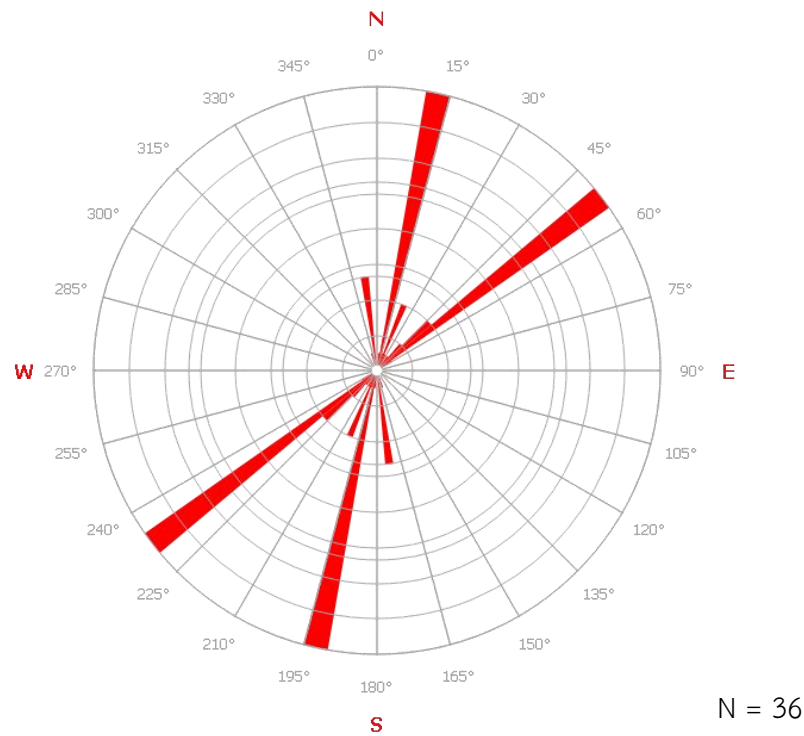
- จุดศึกษาที่ 2

บริเวณจุดศึกษาที่ 2 พบรอยเลื่อนย้อนที่ตัดระนาบรีวขนานวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ โดยรอยเลื่อนย้อนที่พบนี้มีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $15^{\circ}/40^{\circ}$ E มีทิศการเอียงเทอยู่ในทิศตะวันออก (รูปที่ 3.9)



รูปที่ 3.9 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของรอยเลื่อนย้อนในทิศเหนือ-ใต้ (ระนาบสีแดง) รอยแตก (เส้นสีเหลือง) และระนาบรีวขนาน (เส้นสีดำ) (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 4 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของรอยเลื่อนในทิศตะวันออก (ภาพล่าง)

โดยหากข้อมูลการวางตัวของระนาบรอยเลื่อนย้อนจากทั้งสองจุดศึกษา รวมทั้งหมด 36 ข้อมูล เมื่อนำข้อไปใส่ในแผนภาพกุหลาบนั้นพบว่าระนาบรอยเลื่อนย้อนของทั้งสองจุดศึกษานั้นมีการวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.10)

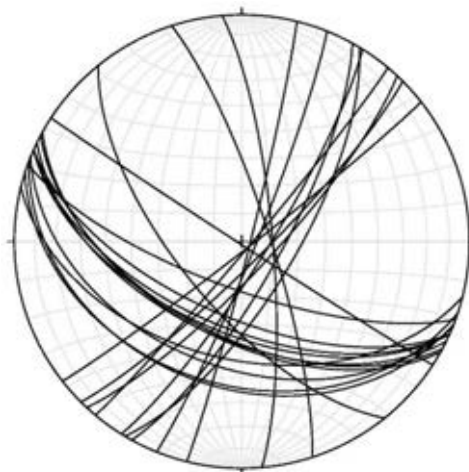


รูปที่ 3.10 แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบรอยเลื่อนย้อนจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง ข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบรอยเลื่อนย้อนนั้นวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

3.2.1.3 แนวแตก

- จุดศึกษาที่ 1

บริเวณจุดศึกษาที่ 1 พบแนวแตก 2 แนวที่ทำมุมกัน โดยแนวแรกวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $20^{\circ}/80^{\circ}$ SE และเอียงเทไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนอีกแนวหนึ่งวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $120^{\circ}/60^{\circ}$ SW และเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.11)

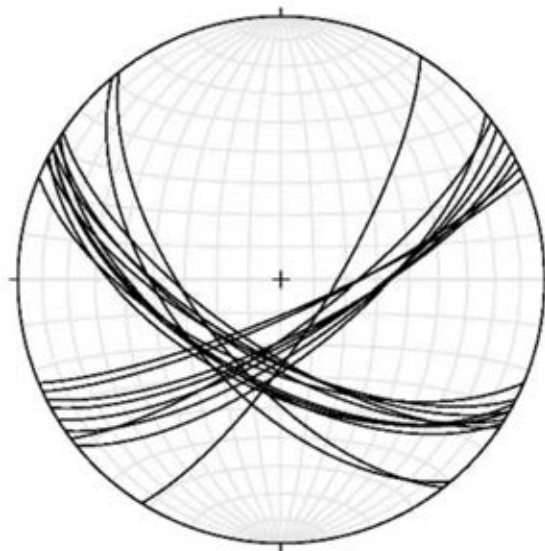
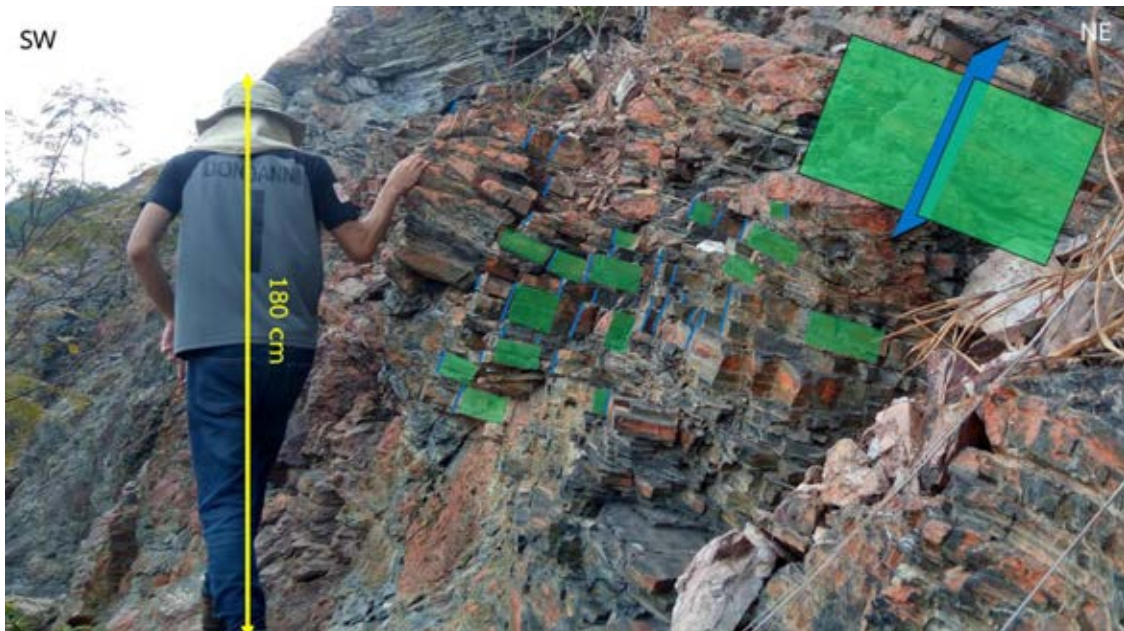


N = 25

รูปที่ 3.11 ทินโพล์บริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของแนวแตกสองแนวที่วางตัวทำมุมกัน (เส้นสีเขียวและระนาบสีฟ้า) โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของแนวแตกลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 1 ด้วยข้อมูลจำนวน 25 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของแนวแตกในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพล่าง)

- จุดศึกษาที่ 2

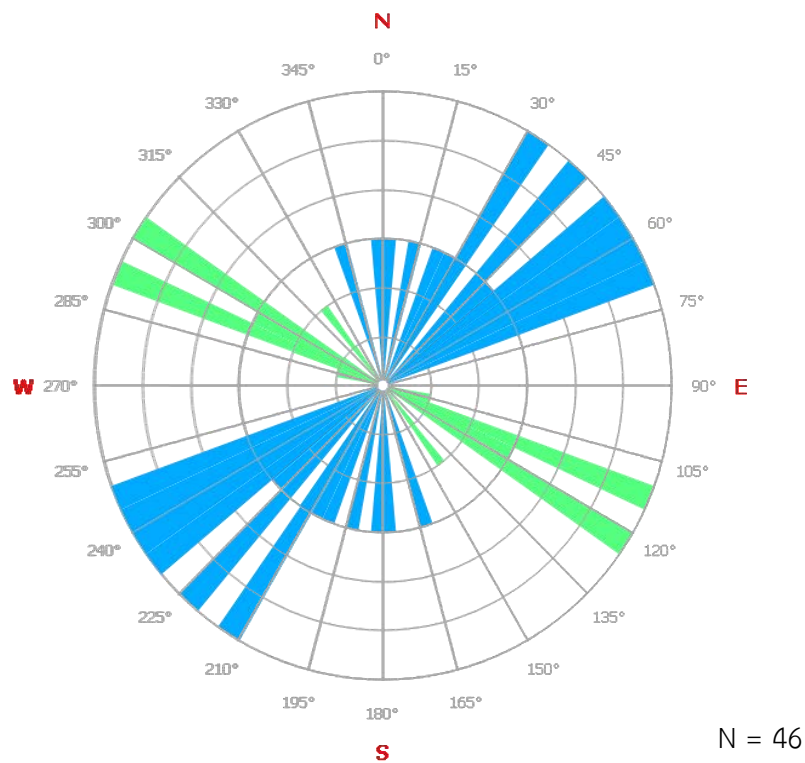
บริเวณจุดศึกษาที่ 2 พบแนวแตกสองแนวที่ทำมุมกัน โดยแนวแรกวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $63^{\circ}/70^{\circ}$ SE และเอียงเทไปในทิศตะวันออกเฉียงใต้ อีกแนวหนึ่งนั้นวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ มีค่าการวางตัวเฉลี่ยประมาณ $120^{\circ}/65^{\circ}$ SW และเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.12)



N = 21

รูปที่ 3.12 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2 แสดงแนวการวางตัวของแนวแตกสองแนวที่วางตัวทำมุมกัน (ระนาบสีเขียวและเส้นสีฟ้า) โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพบน) การกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของแนวแตกลงบนสเตอริโอกราฟิกในจุดศึกษาที่ 2 ด้วยข้อมูลจำนวน 21 ข้อมูลแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของแนวแตกในทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ (ภาพล่าง)

โดยจากข้อมูลการวางตัวของระนาบแนวแตกจากทั้งสองจุดศึกษา รวมทั้งหมด 46 ข้อมูล เมื่อนำข้อมูลไปใส่ในแผนภาพรูปกุหลาบ พบว่ามีแนวการวางตัวของระนาบแนวแตกทั้งหมด 2 แนว (รูปที่ 3.13) โดยวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้



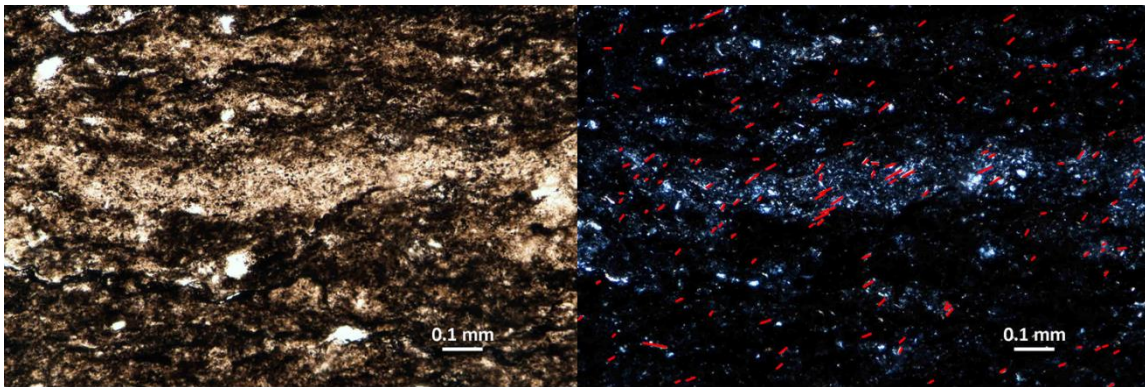
รูปที่ 3.13 แสดงความถี่ของข้อมูลในแต่ละทิศทางของค่าการวางตัวของระนาบแนวแตกจากจุดศึกษาทั้งสองแห่ง จากข้อมูลจะแสดงให้เห็นว่าค่าการวางตัวของระนาบแนวแตกนั้นมี 2 แนว คือการวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

3.2.2 ระดับจุลภาค

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างที่พบในแผ่นหินบาง (thin section) เมื่อสังเกตภายใต้กล้องจุลทรรศน์

- รีขนานและการเรียงตัวของแร่ไมกา

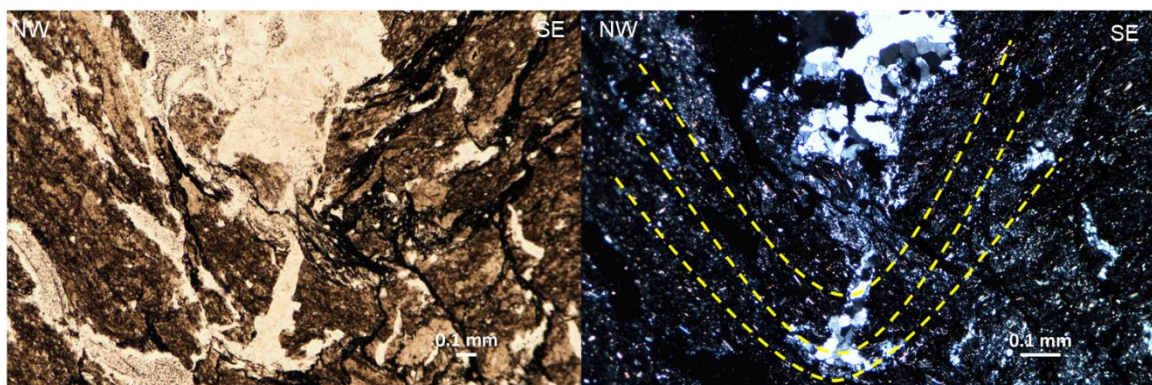
พบแถบการกระจุกตัวของแร่สีชาวจำพวกแร่ควอตซ์และแร่ไมกา นอกจากนั้นยังพบว่าแร่ไมกาส่วนใหญ่ นั้นได้เรียงตัวไปในทิศทางเดียวกัน (รูปที่ 3.14)



รูปที่ 3.14 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการเรียงตัวในแนวใกล้เคียงกันของแร่ไมกาบางส่วน (เส้นสีแดง) (XPL) (ภาพขวา) และในแบบ PPL (ภาพซ้าย)

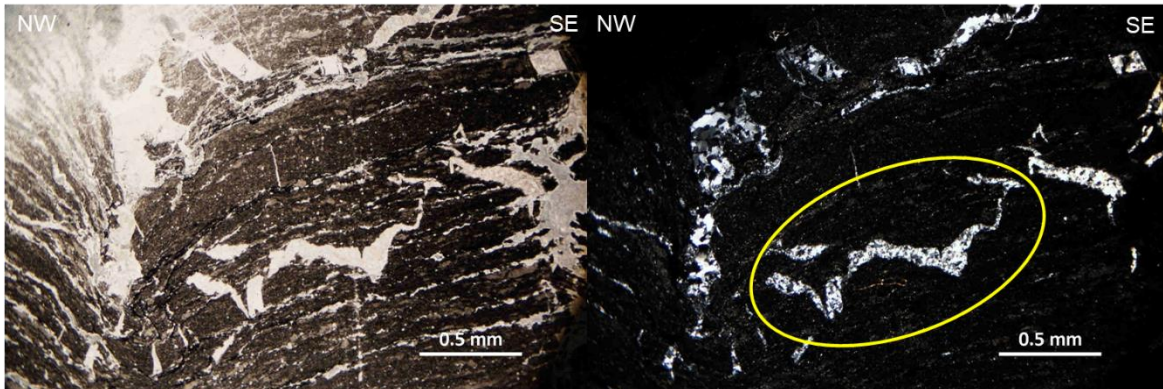
- ชั้นหินคดโค้งจุล (microfold)

พบชั้นหินคดโค้งจุลซึ่งเห็นได้จากแนวเส้นการเรียงกันของแร่ไมกา (รูปที่ 3.15) โดยแผ่นหินบางได้ตัดผ่านระนาบตัดขวางชั้นหินคดโค้ง (fold profile) ซึ่งวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้



รูปที่ 3.15 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะชั้นหินคดโค้งจุลที่สังเกตได้จากแนวการเรียงตัวของแร่ไมกาที่โค้งเข้าหากัน (เส้นประสีเหลือง) (XPL) (ภาพขวา) และแบบ PPL (ภาพซ้าย)

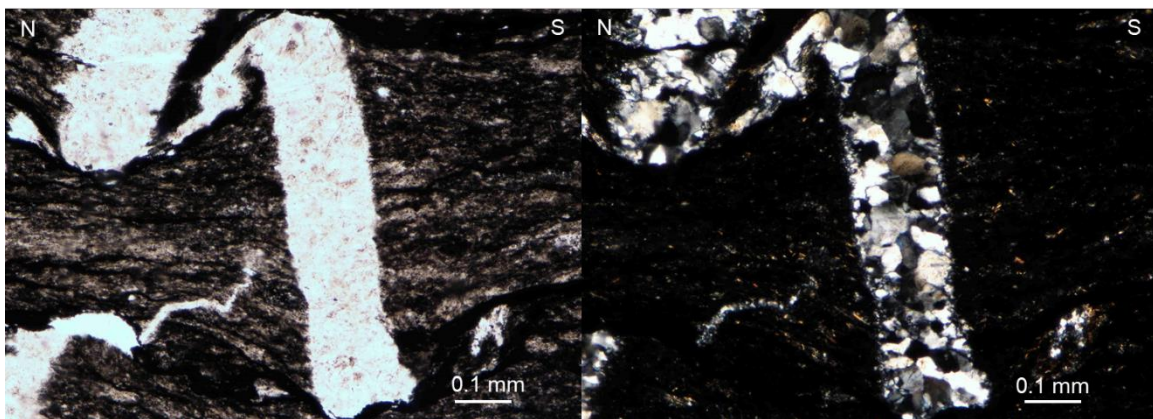
นอกจากนี้ยังพบชั้นหินคดโค้งจุลจากลักษณะการคดโค้งของสายแร่ควอตซ์ โดยแผ่นหินบางได้ตัดผ่านระนาบตัดขวางชั้นหินคดโค้งซึ่งวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.16)



รูปที่ 3.16 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะชั้นหินคดโค้งจุลที่สังเกตได้จากการคดโค้งของสายแร่ควอตซ์ (วงกลมสีเหลือง) (XPL (ภาพขวา) และแบบ PPL (ภาพซ้าย))

- เนื้อหินบด (mortar texture)

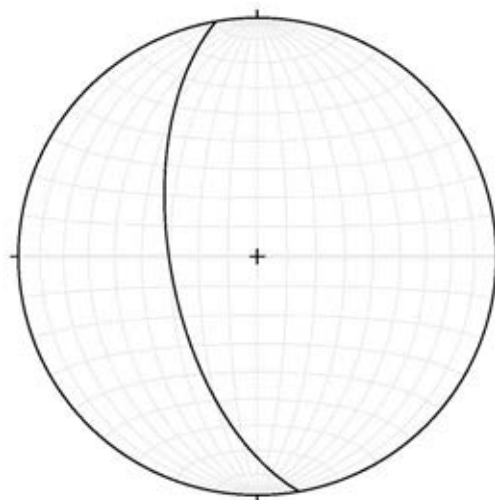
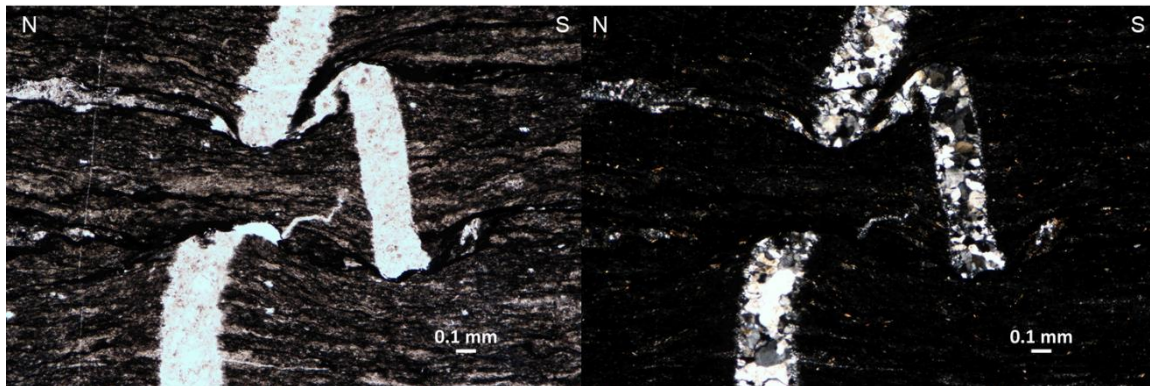
พบลักษณะของเนื้อหินบดของสายแร่ควอตซ์ในแผ่นหินบาง ซึ่งเป็นลักษณะที่แสดงการแตกของผลึกของแร่ควอตซ์ (รูปที่ 3.17)



รูปที่ 3.17 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะเนื้อหินบดที่สังเกตได้จากผลึกแร่ควอตซ์ในสายแร่แสดงการแตกหักของผลึก ภาพแบบ PPL (ภาพซ้าย) และภาพแบบ XPL (ภาพขวา)

- การถูกบีบอัดของแนวรีขนานด้วยสายแร่ควอตซ์

พบลักษณะของการที่แนวรีขนานนั้นถูกบีบอัดด้วยสายแร่ควอตซ์และทำให้แนวรีขนานนั้นเกิดการสูญเสียมวลและมีลักษณะเป็นแนวโค้งเว้าลงไป โดยแผ่นหินบางวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ มีค่าการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ E โดยเอียงเทไปในทิศตะวันตก (รูปที่ 3.18)



รูปที่ 3.18 แสดงภาพแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการถูกบีบของแนวรีขนานด้วยสายแร่ควอตซ์ โดยมีลักษณะเว้าโค้งและมีการสูญเสียมวล ภาพแบบ PPL (ภาพซ้ายบน) และแบบ XPL (ภาพขวาบน) แสดงค่าการวางตัวของแผ่นหินบางบนการกำหนดตำแหน่งบนสเตอริโอกราฟิก แสดงให้เห็นว่าแผ่นหินบางวางตัวอยู่ในแนวทิศเหนือ-ใต้ และมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก (ภาพล่าง)

บทที่ 4

อภิปรายผล

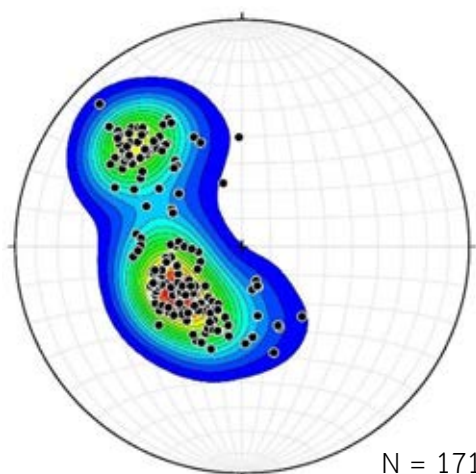
(Discussion)

ในบทนี้จะนำผลการศึกษาในบทที่ 3 ทั้งในระดับภูมิภาคและระดับจุลภาคมาใช้เพื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (structural style) กลไกของการเกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยา (mechanism of structural geology) และวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (tectonic evolution) ของเขาพลูตาหลวง อ.สัตหีบ จ.ชลบุรี

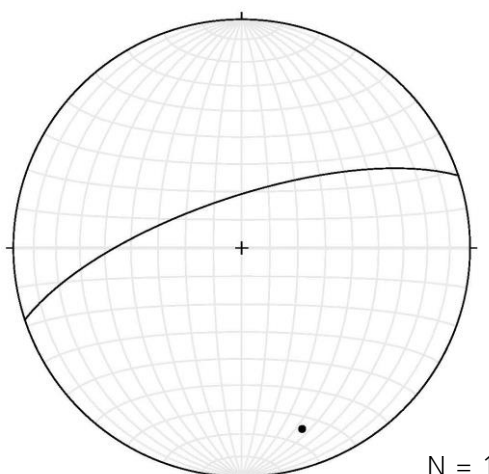
4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง

จากค่าการวางตัวของระนาบรีวนานของชั้นหินจากจุดศึกษาที่ 1 และจุดศึกษาที่ 2 (รูปที่ 4.1) แสดงให้เห็นถึงทิศทางการวางตัวที่เกือบจะตั้งฉากกัน จึงอาจจะเป็นไปได้ว่าทั้งสองจุดศึกษานี้อยู่บนแขนของชั้นหินคดโค้ง (fold limb) คนละแขนกัน จึงนำค่าการวางตัวของระนาบรีวนานจากทั้งสองจุดมาใช้หาระนาบชั้นหินคดโค้ง ซึ่งพบว่าระนาบชั้นหินคดโค้งที่ได้มานั้น (รูปที่) มีค่าการวางตัวประมาณ $250^{\circ}/20^{\circ}$ NW โดยวางตัวในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากชั้นหินคดโค้ง (รูปที่ 3.15-3.16) พบว่าระนาบชั้นหินคดโค้งที่ได้จากแนวการวางตัวของแผ่นหินบางก็บ่งบอกเช่นเดียวกันว่าระนาบชั้นหินคดโค้งจลวางตัวอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

โดยระนาบชั้นหินคดโค้งที่ได้ออกมาจากทั้งระดับภูมิภาคและระดับจุลภาคนั้นบ่งบอกว่าเกิดจากการถูกแรงบีบอัด (compression) ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้หรือก็คือแนวทิศ 340°



รูปที่ 4.1 แสดงการกระจายตัวของขั้ว (pole) ของข้อมูลแนวการวางตัวของระนาบรีวนานจากทั้งสองจุดศึกษา



รูปที่ 4.2 แสดงค่าการวางตัวของระนาบชั้นหินคดโค้งที่ได้จากการคำนวณด้วยข้อมูลการวางตัวของระนาบรีวนานจากทั้งสองจุดศึกษา (เส้นโค้งสีดำ) และขั้วของระนาบนั้น (จุดสีดำ)

เมื่อพิจารณาจากแนวการวางตัวของระนาบแนวแตกทั้งสองแนว (รูปที่ 3.13) ที่น่าจะเป็นแนวแตกร่วม (conjugate joint) และสามารถเกิดได้จากการเป็นแนวแตกร่วมเฉือน (shear conjugate joint) ที่เกิดจากแรงบีบอัดในแนวทิศประมาณ 340° - 350° ทำให้บอกได้ว่าแนวแตกทั้งสองแนวนี้เป็นแนวแตกที่สัมพันธ์กับการเกิดขึ้นหินคดโค้ง (joint associated with fold) ที่เกิดขึ้นมาพร้อมกับการเกิดขึ้นหินคดโค้ง

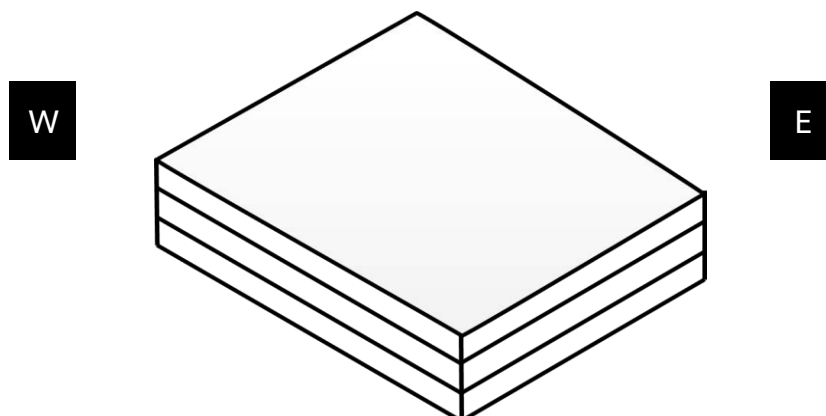
นอกเหนือจากระนาบรีวขนานแล้ว จากข้อมูลแนววางตัวของรอยเลื่อนย้อนที่พบในพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 3.10) ที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นั่นก็บ่งบอกถึงการถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้เช่นเดียว แต่แรงบีบอัดที่ทำให้รอยเลื่อนย้อนเกิดขึ้นนั้นควรจะมีแนวโน้มที่จะอยู่ใกล้กับแนวทิศตะวันออกเฉียง-ตะวันตกมากกว่าหรือประมาณช่วง 270° - 315°

แต่จากหลักฐานที่พบว่าระนาบรีวขนานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของชั้นหินคดโค้งนั้นถูกตัดด้วยรอยเลื่อนย้อน (รูปที่ 3.5-3.6) จึงเป็นการบ่งบอกว่าชั้นหินคดโค้งนั้นเกิดขึ้นมาก่อนรอยเลื่อนย้อน ถึงแม้จะเกิดขึ้นด้วยแรงบีบอัดในแนวทิศที่ใกล้เคียงกันก็ตาม

และจากอีกหลักฐานหนึ่งที่เป็นข้อมูลจากแผ่นหินบางที่แสดงลักษณะการถูกบีบอัดของรีวขนานด้วยสายแร่ควอตซ์และเนื้อหินบด (รูปที่ 3.18 และ 3.17 ตามลำดับ) นั่นก็เป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญว่ามีแรงบีบอัดเข้ามากระทำกับพื้นที่ศึกษาอีกครั้ง หลังจากการเกิดขึ้นมาของรีวขนานที่เกิดขึ้นพร้อมๆกับการเป็นชั้นหินคดโค้ง

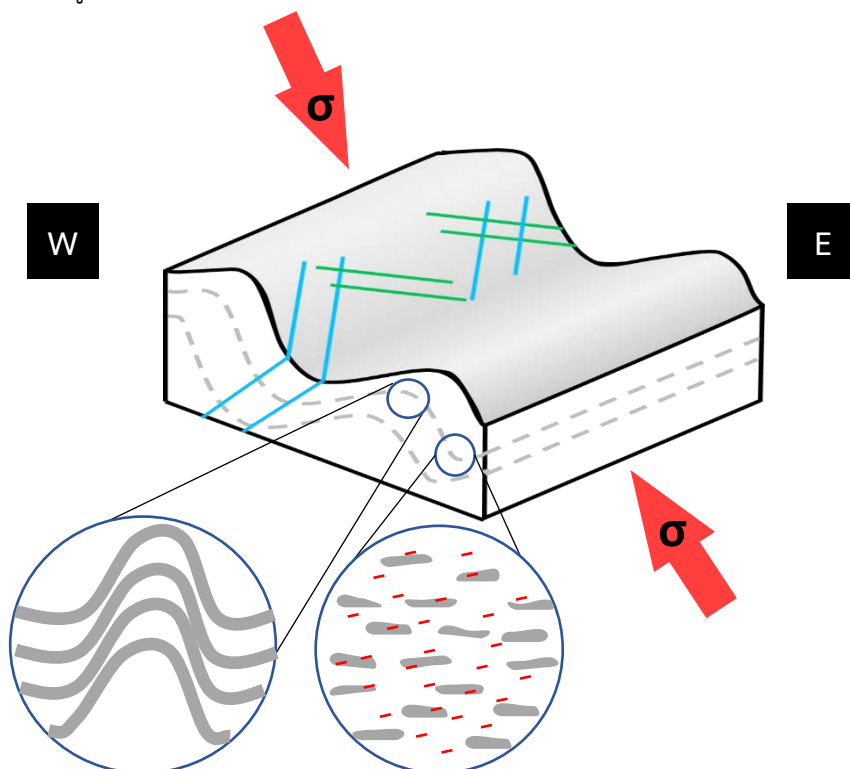
4.2 กลไกการเกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยา

กลไกที่ทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4.3) คือแรงบีบอัดที่เข้ามากระทำสองครั้ง ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตก



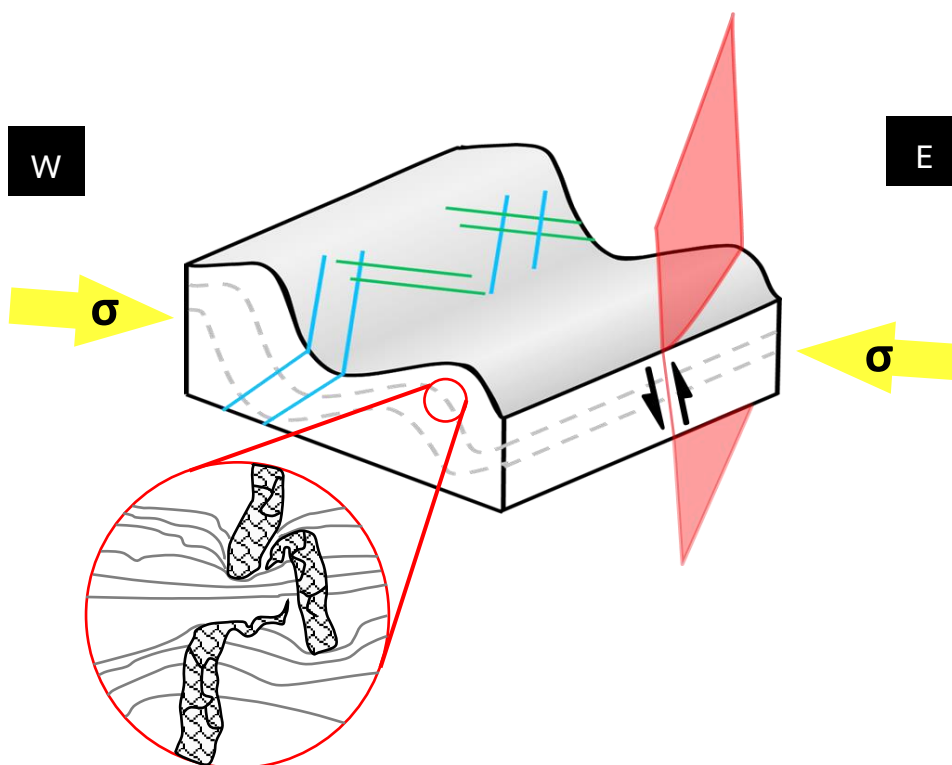
รูปที่ 4.3 แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาก่อนการถูกเปลี่ยนลักษณะ (deformation)

แรงบีบอัดครั้งที่ 1 ที่เข้ามากระทำในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้นั้นทำให้รีขนานและชั้นหินคดโค้งในบริเวณพื้นที่ศึกษารวมไปถึงชั้นหินคดโค้งจุลและการเรียงตัวของแร่ไมกา รวมทั้งทำให้เกิดแนวแตกทั้งสองแนว (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4 แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาที่ถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (ลูกศรสีแดง) ซึ่งทำให้เกิดชั้นหินคดโค้ง (พื้นผิวสีเทา) รีขนาน (เส้นประสีเทาและแถบสีเทาสั้น) และการเรียงตัวของแร่ไมกา (เส้นสีแดง) รวมทั้งทำให้เกิดชั้นหินคดโค้งจุล (วงกลมซ้าย) และแนวแตกทั้งสองแนว (แนวเส้นสีฟ้าและแนวเส้นสีเขียว)

หลังจากนั้นมีแรงบีบอัดเข้ามากระทำกับพื้นที่ศึกษาอีกครั้งหนึ่งในแนวทิศเกือบตะวันออก-ตะวันตก ซึ่งเป็นแรงที่ทำให้เกิดรอยเลื่อนย้อนบริเวณพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 4.5) และในระดับจุลภาคก็เกิดการถูกบีบอัดของ ริวขนานด้วยสายแร่ควอตซ์และเนื้อหินบด



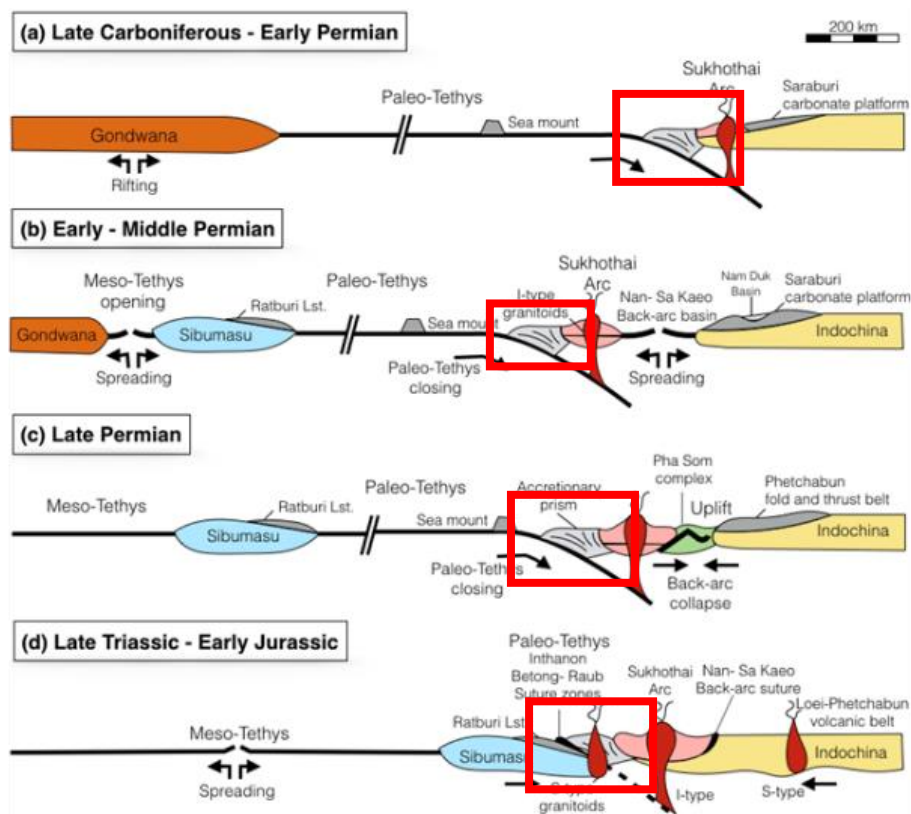
รูปที่ 4.5 แสดงแบบจำลองของพื้นที่ศึกษาที่ถูกแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก (ลูกศรสีเหลือง) ซึ่งทำให้เกิดรอยเลื่อนย้อน (ระนาบสีแดง) และการถูกบีบอัดของริวขนานด้วยสายแร่ควอตซ์กับเนื้อหินบด (วงกลมสีแดง)

4.3 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน

ช่วงเวลาที่บริเวณพื้นที่ศึกษาได้รับผลกระทบจากธรณีแปรสัณฐานในอดีตนั้นเริ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงต้นยุคเพอร์เมียนที่แผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรได้มุดตัวลงไปได้ผ่านจุลทวีปอินโดจีนแล้วทำให้บริเวณพื้นที่ศึกษากลายเป็นตะกอนพอกตัวรูปปลีม ต่อจากนั้นก็ยังคงมีการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรเรื่อยๆ จนกระทั่งในช่วงปลายยุคไทรแอสสิกถึงต้นยุคจูแรสสิก แผ่นจุลทวีปสีบูมาสุได้เคลื่อนที่เข้ามาชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Metcalf, 2013) ซึ่งพื้นที่ศึกษาจะได้รับผลกระทบจากเหตุการณ์เหล่านี้มากที่สุดเมื่อ

อ้างอิงจาก Bussai, 2005 ที่พบว่าพื้นที่บริเวณนี้จะได้รับแรงบีบอัดสองครั้ง โดยครั้งแรกเกิดขึ้นในยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงเพอร์เมียน ซึ่งสัมพันธ์กับการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรลงใต้แผ่นจุลทวีปอินโดจีน ทำให้เกิดแรงบีบอัดในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ไปจนถึงแนวทิศตะวันออกเฉียง-ตะวันตก และครั้งที่สองเกิดขึ้นในช่วงปลายยุคไทรแอสสิกถึงต้นยุคจูแรสสิก ซึ่งสัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุและอินโดจีน ทำให้เกิดแรงบีบอัดในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า การมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรลงใต้แผ่นจุลทวีปอินโดจีนนั้น น่าจะเป็นเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดแรงบีบอัดแรงที่หนึ่ง ซึ่งเข้ามากระทำกับพื้นที่ศึกษาในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เพราะเป็นเหตุการณ์นี้เป็นเหตุการณ์แรกที่สามารถทำให้เกิดแรงบีบอัดในแนวนี้ได้ ถัดจากนั้นไปจนถึงช่วงที่แผ่นจุลทวีปสิบูมาสุชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีนจะเป็นช่วงเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดแรงบีบอัดครั้งที่สองที่เข้ามากระทำกับพื้นที่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก (รูปที่ 4.6)



รูปที่ 4.6 แสดงแบบจำลองธรณีแปรสัณฐาน โดยพื้นที่ศึกษาอยู่ในสี่เหลี่ยมสีแดงซึ่งตั้งอยู่บนตะกอนพอกตัวสามเหลี่ยม โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เกิดขึ้นบริเวณพื้นที่ศึกษา คาดว่าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงต้นยุคจูแรสสิก

(Metcalf, 2013)

บทที่ 5

สรุปผล

(Conclusion)

จากการนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนาม ทั้งในระดับมัธยมศึกษาและระดับจุลภาค มาเพื่อวิเคราะห์และอภิปราย เพื่อหาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและกลไกที่ทำให้เกิดโครงสร้างทางธรณีวิทยาเหล่านั้นของเขาวงกตหลวง ต.พญาหลวง อ.สหัสขันธ์ จ.ชลบุรี ซึ่งเป็นบริเวณใกล้กับรอยต่อระหว่างแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุและซิลากูมิประเทศจันทบุรี โดยได้มีตะกอนพอกตัวรูปปลีมาจากแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรขึ้นมาวางตัวอยู่บนในบริเวณครอบคลุมพื้นที่บริเวณจังหวัดชลบุรีและระยองรวมทั้งเขาวงกตหลวงด้วยเช่นกัน ทำให้สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาวงกตหลวง มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งที่ระนาบชั้นหินคดโค้งว่าตัวอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีรอยเลื่อนย้อนที่วางตัวในแนวทิศเหนือ-ใต้ รวมทั้งมีแนวแตกสองแนวที่เป็นแนวแตกร่วมเฉือน ซึ่งเกิดร่วมกันกับชั้นหินคดโค้งที่ได้กล่าวมา โดยจากสิ่งที่กล่าวมานี้ เกิดจากแรงบีบอัดสองครั้งที่เข้ามากระทำกับพื้นที่ศึกษา โดยครั้งแรกเกิดขึ้นในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งทำให้เกิดชั้นหินคดโค้งและแนวแตกร่วมเฉือน และครั้งที่สองเกิดขึ้นในแนวทิศตะวันออกเฉียงตะวันตก

ธรณีวิทยาโครงสร้างของเขาวงกตหลวงนี้ มีความสัมพันธ์กับการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกมหาสมุทรลงไปใต้แผ่นจุลทวีปอินโดจีนและการชนกันของแผ่นจุลทวีปสิบูมาสุกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน ซึ่งเหตุการณ์เหล่านั้นนั้นเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงปลายยุคคาร์บอนิเฟอรัสจนถึงต้นยุคจูแรสสิก (Metcalfe, 2013)

เอกสารอ้างอิง

(Reference)

- Barr, S. M., and MacDonald, A. S. 1991. Toward a late Paleozoic-early Mesozoic tectonic model for Thailand. *Journal of Thai Geosciences* 1: 11-22.
- Bussai, C., 2005. Geologic structure of the low-grade metamorphic terrane, Chon buri Coastal Area. Chulalongkorn University, Bangkok.
- Chaodumrong. P., Salyapongse. S., Sarapirome, S., Palang, P., 2002. Geology of SW Khorat Plateau and eastern Thailand. In: Post-Symposium Excursion Guidebook of Symposium on Geology of Thailand. Department of Mineral Resources Thailand, Bangkok.
- Department of Mineral Resources (DMR), 2007, Geological Map of Chon Buri Province. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Macdonald, A. S., Barr, S. M., Dunning, G. R., and Yaowanoyothin, W. 1993. The Doi Inthanon metamorphic core complex in NW Thailand: Age and tectonic significance. *Journal of southeast Asian Earth Sciences* 1-4: 117-125.
- Metcalfe, I., 2011. Palaeozoic-Mesozoic history of SE Asia, In: Hall, R., Cottam, M., Wilson, M. (Eds.), *The SE Asian gateway: history and tectonics of Australia-Asia collision*. Geological Society, London, Special Publications, 355, pp. 7-35.
- Ridd, M.F., 2012. The role of strike-slip faults in the displacement of the Palaeotethys suture zone in Southeast Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences* 51.

- Sone, M., Metcalfe, I., 2008. Parallel Tethyan sutures in mainland Southeast Asia: new insights for Palaeo-Tethys closure and implications for the Indosinian orogeny. *Comptes Rendus Geosciences* 340, 166–179.
- Sone, M., Metcalfe, I., Chaodumrong, P., 2012. The Chanthaburi terrane of southeastern Thailand: stratigraphic confirmation as a disrupted segment of the Sukhothai Arc. *Journal of Asian Earth Sciences* 61.
- Ueno, K., Charoentitirat, T., 2011. Carboniferous and Permian. In: Ridd, M.F., Barber, A.J., Crow, M.J. (Eds.), *The Geology of Thailand*. The Geological Society, London, pp. 71–136

ภาคผนวก
(Appendix)

Station 1	Strike	Dip direction	Dip angle
Foliation	43	133	61
Foliation	28	118	45
Foliation	43	133	62
Foliation	39	129	57
Foliation	45	135	78
Foliation	47	137	61
Foliation	42	132	68
Foliation	52	142	50
Foliation	43	133	64
Foliation	60	150	54
Foliation	60	150	55
Foliation	54	144	47
Foliation	353	83	27
Foliation	354	84	16
Foliation	344	74	30
Foliation	355	85	40
Foliation	348	78	28
Foliation	341	71	16
Foliation	1	91	25
Foliation	7	97	39
Foliation	28	118	29
Foliation	35	125	37
Foliation	352	82	26

Foliation	1	91	24
Foliation	5	95	37
Foliation	2	92	26
Foliation	40	130	30
Foliation	26	116	28
Foliation	352	82	28
Foliation	349	79	28
Foliation	334	64	18
Foliation	5	95	23
Foliation	1	91	37
Foliation	358	88	38
Foliation	23	113	38
Foliation	26	116	28
Foliation	35	125	58
Foliation	42	132	62
Foliation	50	140	57
Foliation	47	137	49
Foliation	36	126	54
Foliation	39	129	51
Foliation	53	143	51
Foliation	44	134	49
Foliation	40	130	60
Foliation	49	139	59
Foliation	39	129	57
Foliation	41	131	50
Foliation	57	147	54
Foliation	37	127	55
Foliation	37	127	55

Foliation	37	127	51
Foliation	32	122	58
Foliation	43	133	57
Foliation	45	135	55
Foliation	49	139	56
Foliation	39	129	54
Foliation	49	139	48
Foliation	33	123	53
Foliation	45	135	50
Foliation	41	131	62
Foliation	50	140	58
Foliation	45	135	60
Foliation	60	150	53
Foliation	25	115	52
Foliation	34	124	45
Foliation	41	131	57
Foliation	36	126	54
Foliation	50	140	51
Foliation	45	135	51
Foliation	37	127	46
Foliation	88	178	40
Foliation	52	142	40
Foliation	73	163	24
Foliation	66	156	44
Foliation	51	141	38
Foliation	48	138	56
Foliation	38	128	54
Foliation	49	139	38

Foliation	53	143	47
Foliation	39	129	54
Foliation	68	158	41
Foliation	50	140	46
Fault	50	140	38
Fault	50	140	39
Fault	50	140	36
Fault	52	142	36
Fault	50	140	39
Fault	51	141	36
Fault	53	143	38
Fault	52	142	36
Fault	49	139	40
Fault	46	136	37
Fault	52	142	37
Fault	54	144	36
Fault	51	141	37
Fault	50	140	36
Fault	55	145	30
Fault	51	141	37
Fault	53	143	35
Fault	51	141	38
Fault	52	142	39
Fault	49	139	41
Fault	344	74	32
Fault	23	113	37
Fault	23	113	24
Fault	29	119	24

Fault	41	131	47
Fault	23	113	36
Fault	41	131	47
Fault	45	135	70
Fault	24	114	55
Fault	15	105	28
Fault	6	96	15
Fault	14	104	16
Fault	35	125	15
Fault	12	102	16
Joint 1	119	209	55
Joint 1	123	213	89
Joint 1	141	231	67
Joint 1	104	194	47
Joint 1	114	204	59
Joint 1	111	201	36
Joint 1	112	202	44
Joint 1	110	200	73
Joint 1	114	204	63
Joint 1	118	208	56
Joint 1	108	198	37
Joint 1	114	204	57
Joint 1	116	206	55
Joint 2	4	94	77
Joint 2	342	72	80
Joint 2	355	85	79
Joint 2	31	121	71
Joint 2	45	135	82

Joint 2	43	133	79
Joint 2	52	142	87
Joint 2	14	104	87
Joint 2	40	130	87
Joint 2	29	119	76
Joint 2	32	122	81
Joint 2	22	112	85

Station 2	Strike	Dip direction	Dip angle
Foliation	258	348	16
Foliation	258	348	25
Foliation	305	35	22
Foliation	314	44	19
Foliation	296	26	38
Foliation	316	46	25
Foliation	300	30	26
Foliation	315	45	24
Foliation	293	23	34
Foliation	299	29	22
Foliation	307	37	25
Foliation	302	32	27
Foliation	293	23	32
Foliation	289	19	32
Foliation	284	14	26
Foliation	294	24	26
Foliation	294	24	24
Foliation	293	23	38

Foliation	327	57	27
Foliation	307	37	33
Foliation	307	37	33
Foliation	287	17	39
Foliation	315	45	31
Foliation	279	9	33
Foliation	312	42	33
Foliation	292	22	28
Foliation	317	47	34
Foliation	246	336	32
Foliation	300	30	36
Foliation	268	358	35
Foliation	264	354	33
Foliation	286	16	31
Foliation	294	24	30
Foliation	293	23	22
Foliation	281	11	29
Foliation	287	17	31
Foliation	296	26	26
Foliation	305	35	28
Foliation	323	53	38
Foliation	317	47	42
Foliation	325	55	31
Foliation	318	48	31
Foliation	324	54	36
Foliation	337	67	25
Foliation	337	67	35
Foliation	337	67	25

Foliation	327	57	38
Foliation	324	54	36
Foliation	335	65	31
Foliation	332	62	37
Foliation	332	62	37
Foliation	331	61	36
Foliation	333	63	35
Foliation	340	70	31
Foliation	344	74	30
Foliation	319	49	36
Foliation	321	51	35
Foliation	315	45	35
Foliation	343	73	34
Foliation	335	65	34
Foliation	337	67	36
Foliation	345	75	33
Foliation	335	65	32
Foliation	338	68	34
Foliation	339	69	34
Foliation	338	68	35
Foliation	338	68	35
Foliation	248	338	13
Foliation	249	339	15
Foliation	317	47	24
Foliation	310	40	27
Foliation	323	53	28
Foliation	310	40	31
Foliation	324	54	27

Foliation	331	61	30
Foliation	320	50	27
Foliation	0	90	21
Foliation	358	88	18
Foliation	321	51	22
Foliation	331	61	27
Foliation	327	57	26
Foliation	329	59	23
Foliation	344	74	25
Foliation	323	53	23
Foliation	254	344	40
Foliation	292	22	24
Foliation	246	336	31
Foliation	249	339	15
Foliation	230	320	33
Fault	190	280	35
Fault	173	263	23
Fault	190	280	38
Fault	192	282	36
Joint 1	112	202	58
Joint 1	113	203	62
Joint 1	123	213	58
Joint 1	120	210	67
Joint 1	142	232	63
Joint 1	124	214	69
Joint 1	120	210	58
Joint 1	140	230	56
Joint 1	118	208	56

Joint 1	120	210	59
Joint 1	117	207	66
Joint 1	122	212	65
Joint 2	65	155	79
Joint 2	67	157	80
Joint 2	51	141	67
Joint 2	63	153	73
Joint 2	55	145	69
Joint 2	61	151	72
Joint 2	53	143	75
Joint 2	32	122	75
Joint 2	58	148	71

