

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของ
อำเภอ빙สามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

นายนรินทร์ ใจสนิท

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559

STRUCTURAL GEOLOGY OF LOEI FOLD BELD IN NORTHWESTERN PART OF
AMPHOE BUNG SAM PHAN, CHANGWAT PHETCHABUN

Mr. Narint Jaisanit

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 2016

หัวข้อโครงการ

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณ

ตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอป่าสักสามพัน

จังหวัดเพชรบูรณ์

โดย

นายนรินทร์ ใจสนิท

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

วันที่ส่ง _____

วันที่อนุมัติ _____

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์)

นรินทร์ ใจสนิท: ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์. (STRUCTURAL GEOLOGY OF THE LOEI FOLD BELT AT NORTHWESTERN PART OF AMPHOE BUNG SAM PHAN, CHANGWAT PHETCHABUN) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ: รองศาสตราจารย์ ดร.พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์, 45 หน้า.

แนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีการวางตัวต่อเนื่องมาจากแนวชั้นหินคดโค้งเลยที่วางตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของที่ราบสูงโคราชทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีทิศทางการวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ โดยแนวชั้นหินคดโค้งเลย บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินปูนยุคคาร์บอนิเฟอรัสจนถึงเพอร์เมียนที่จัดอยู่ในหมวดหินตากฟ้า

การศึกษานี้จะศึกษาถึงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยศึกษาจากการสำรวจภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลในระดับกลาง จากข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินและโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษามีการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (Ductile deformation) และการเปลี่ยนลักษณะแบบแตกเปราะ (Brittle deformation) โดยพบหลักฐานเป็นชั้นหินคดโค้งที่มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนและชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงาย ที่มีแกนชั้นหินคดโค้งอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงถึงแนวแรงบีบอัดเข้ามากกระทำในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งคาดว่าสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ชนกันระหว่างแผ่นจูลทวิปไซบูมาสุ (Sibumasu terrane) และแผ่นจูลทวิป (Indochina terrane) ในช่วงอายุประมาณ ไทรแอสสิกตอนปลายจนถึงจูแรสสิกตอนต้น

ภาควิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่อนิสิต _____

สาขาวิชา _____ ธรณีวิทยา _____ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษา _____

ปีการศึกษา _____ 2559 _____

5632721023: MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: LOEI FOLD BELT

NARINT JAISANIT: STRUCTURAL GEOLOGY OF THE LOEI FOLD BELT AT NORTHWESTERN PART OF AMPHOE BUNG SAM PHUN, CHANGWAT PHETCHABUN

ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR PITSANUPONG KANJANAPAYONT, Ph.D., 45 pp.

Folds of the Loei Fold Belt at northwestern part of Amphoe Bung Sam Phan, Changwat Phetchabun lies along the Loei Fold Belt that lies in N-S direction from western part of Khorat plateau in Northeastern part of Thailand. The geology in this area is almost composes of Carboniferous-Permian limestone in Tak Fa Formation.

This study aims to find out the structural geology of the Loei Fold Belt at northwestern part of Amphoe Bung Sam Phan, Changwat Phetchabun. Based on evidences from field survey and mesoscopic scale study especially attitude of bedding and other lineation, the data shows that the study area is ductile deformation and brittle deformation. The structural geology in this area is anticline switch with syncline that has fold axis lies in NW-SE trending so the compressional force is come in NE-SW direction so that the compression is related with behavior of motion between Sibumasu terrane and Indochina terrane that are collided in late Triassic to early Jurassic.

Department: Geology Student's Signature _____

Field of Study: Geology Advisor's Signature _____

Academic Year: 2016

กิตติกรรมประกาศ

ประการแรก ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านงบประมาณและค่าใช้จ่ายในการศึกษาครั้งนี้ รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

ประการที่สอง ขอขอบคุณอย่างสูงแก่ รองศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการในครั้งนี้ อาจารย์ได้เสียสละเวลามาช่วยเหลือตั้งแต่การสำรวจภาคสนาม รวมทั้งให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในเรื่องธรณีวิทยาโครงสร้างต่างๆ และขั้นตอนต่างๆ ตลอดการวิจัยครั้งนี้

ประการที่สาม ขอขอบคุณนายนาถมงคล ส่งเสริม นายหมื่นโชค เห็นวงศ์ประเสริฐ นายศุภกร เทกมล นายกฤตนนท์ แนวนบุญเนียร นายปานัสม์ รักกลีกร นางสาววราภรณ์ คำไพเราะ ผู้ช่วยในการสำรวจภาคสนาม ที่ช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนามด้านข้อมูลโครงสร้างต่างๆ จากภาคสนาม

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction)	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Origin and significance)	1
1.2 พื้นที่ศึกษา (Study area)	3
1.3 นิยามปัญหา (Problem defined)	5
1.4 วัตถุประสงค์ (Objectives)	5
1.5 สมมติฐาน (Hypothesis)	5
1.6 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)	6
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)	6
1.8 ธรณีวิทยาทั่วไป (General geology)	6
1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)	7
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	10
2.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน	10
2.2 การสำรวจและการเก็บข้อมูลภาคสนาม	10
2.3 การวิเคราะห์และการตีความข้อมูลภาคสนาม	11
2.4 การอภิปรายสรุปผลและนำเสนอผลการศึกษา	13
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)	15
3.1 ธรณีวิทยา (Geology)	15
3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural geology)	17
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussion)	35
4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (Structural style)	35
4.2 วิวัฒนาการโครงสร้าง (Structural evolution)	37

สารบัญ (ต่อ)

หัวข้อ	หน้า
4.3 วิวัฒนาการแปรสัณฐาน (Tectonic evolution)	39
บทที่ 5 สรุปผล (Conclusion)	42
เอกสารอ้างอิง	44

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) ของประเทศไทย (Metcalf, 2013)	2
รูปที่ 1.2 ขอบเขตของแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Bunopas, 1981)	3
รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษาอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย (modified from Ridd et al., 2011)	3
รูปที่ 1.4 พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5140I	4
รูปที่ 1.5 พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth	5
รูปที่ 1.6 พื้นที่ศึกษา (กรอบสีขาว) บนแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ของ กรมทรัพยากรธรณี (2552) มาตรฐาน ส่วน 1:250,000 (DMR, 2009)	7
รูปที่ 1.7 บริเวณพื้นที่ศึกษา (กรอบสีแดง) ตั้งอยู่บนหมวดหินตากฟ้า ที่มีอายุอยู่ในช่วง เพอร์เมียน (modified from Ueno and Charoentitirat, 2011)	9
รูปที่ 2.1 แนวการวางตัว (Strike) บอกถึงแนวการสะสมตัวของชั้นหินตะกอนที่สัมพันธ์ กับทิศเหนือ มุมเอียงเท (Dip angle) บอกถึงมุมที่ชั้นหินตะกอนทำกับแนวระดับ และ ทิศทางของมุมเอียงเท (Dip direction) บอกถึงทิศทางที่ชั้นหินตะกอนลาดเอียง (Plummer and Carison, 2016)	11
รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่ที่ใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนวการ วางตัวและการเอียงเทและโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ (http://www.ged.rwth-aachen.de/)	12
รูปที่ 2.3 แผนภาพหลายๆที่ใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนวการวางตัวและการเอียงเทและ โครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ (http://pubs.usgs.gov/)	14
รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงระเบียบวิธีวิจัยทั้ง 4 ขั้นตอน	14
รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมปี 2017 แสดงจุดศึกษาในพื้นที่ศึกษา ภาพจาก Google Earth Map	15
รูปที่ 3.2 หินโผล่ของหินปูนที่พบบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของชั้นหิน ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง)	16
รูปที่ 3.3 หินโผล่ของหินปูนที่พบบริเวณจุดศึกษาที่ 6 แสดงแนวรอยแตก 2 แนว (เส้นประสีแดง) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้และแนวตะวันออก-ตะวันตก	16

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.4 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 1 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 1 จำนวน 5 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอ-กราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	18
รูปที่ 3.5 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) และแสดงแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในทิศตะวันออก-ตะวันตก (เส้นประสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 2 จำนวน 6 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออก	19
รูปที่ 3.6 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 3 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 3 จำนวน 5 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอ-กราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	20
รูปที่ 3.7 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 4 ภาพบนแสดงหินโผล่ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 4 จำนวน 11 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	21
รูปที่ 3.8 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 5 ภาพซ้ายแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพขวาแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 5 จำนวน 12 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอ-กราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ	22
รูปที่ 3.9 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 5 แสดงแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ (เส้นประสีแดง) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง)	23

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 6 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 6 จำนวน 9 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออก	24
รูปที่ 3.11 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 6 แสดงแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ (เส้นประสีแดง) แนวตะวันออก-ตะวันตก (เส้นประสีเหลือง)	25
รูปที่ 3.12 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 7 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 7 จำนวน 7 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้	26
รูปที่ 3.13 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 8 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 8 จำนวน 17 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้	27
รูปที่ 3.14 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 9 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 9 จำนวน 9 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้	28
รูปที่ 3.15 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 10 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 10 จำนวน 7 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ	29
รูปที่ 3.16 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 88 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรรภาพฟิกชนิดพื้นที่เท่า โดยชั้นหินมีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้	30

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.17 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 88 ข้อมูล ลงบนแผนภาพ กู่หลาบ โดยชั้นหินมีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (320°-350°)	31
รูปที่ 3.18 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 67 ข้อมูล ลงบนแผนภาพ กู่หลาบ ซึ่งจำแนกแนวรอยแตกหลักได้ 2 แนว คือ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตก เฉียงใต้ (50°-70°) และแนวเหนือ-ใต้ (340°-360°)	32
รูปที่ 3.19 การกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในแผนที่บริเวณพื้นที่ศึกษาและแนวเส้น ภาพตัดขวางจาก A ไป A' ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	33
รูปที่ 3.20 ภาพตัดขวางจาก A ไป A' ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ แสดง ถึงชั้นหินคดโค้งในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนสลับกับชั้น หินคดโค้งรูปประทุนหงาย	34
รูปที่ 4.1 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินลงบนแผนภาพกู่หลาบที่ แสดงแนวการวางตัวหลักในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงถึงแรง บีบอัดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้	35
รูปที่ 4.2 แบบจำลองวิวัฒนาการของโครงสร้างในชั้นที่หนึ่ง เกิดการสะสมตัวของตะกอน กลายเป็นหินตะกอน	36
รูปที่ 4.3 แบบจำลองวิวัฒนาการของโครงสร้าง เกิดการคดโค้งของชั้นหินชั้นที่มีแนวแกน ชั้นหินคดโค้ง (Fold axis) ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวรอยแตก ทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ 70°/60° S (เส้นประสีดำ) แนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัว ในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ 170°/60° W (เส้นประสีแดง) และแนว รอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการ วางตัวประมาณ 130°/85° SW (เส้นประสีเขียว)	37

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

- รูปที่ 4.4** แนวรอยแตก 2 แนว ได้แก่ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ S (เส้นประสีเหลือง) และแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W (เส้นประสีแดง)
- รูปที่ 4.5** แบบจำลองธรณีแปรสัณฐาน (tectonic evolution) โดยพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บน 40 แนวชั้นหินคดโค้งเลย (กรอบสีแดง) ซึ่งโครงสร้างที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษาคาดว่าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ธรณีแปรสัณฐานในช่วงไทรแอสสิกถึงจูแรสซิกตอนต้น

บทที่ 1

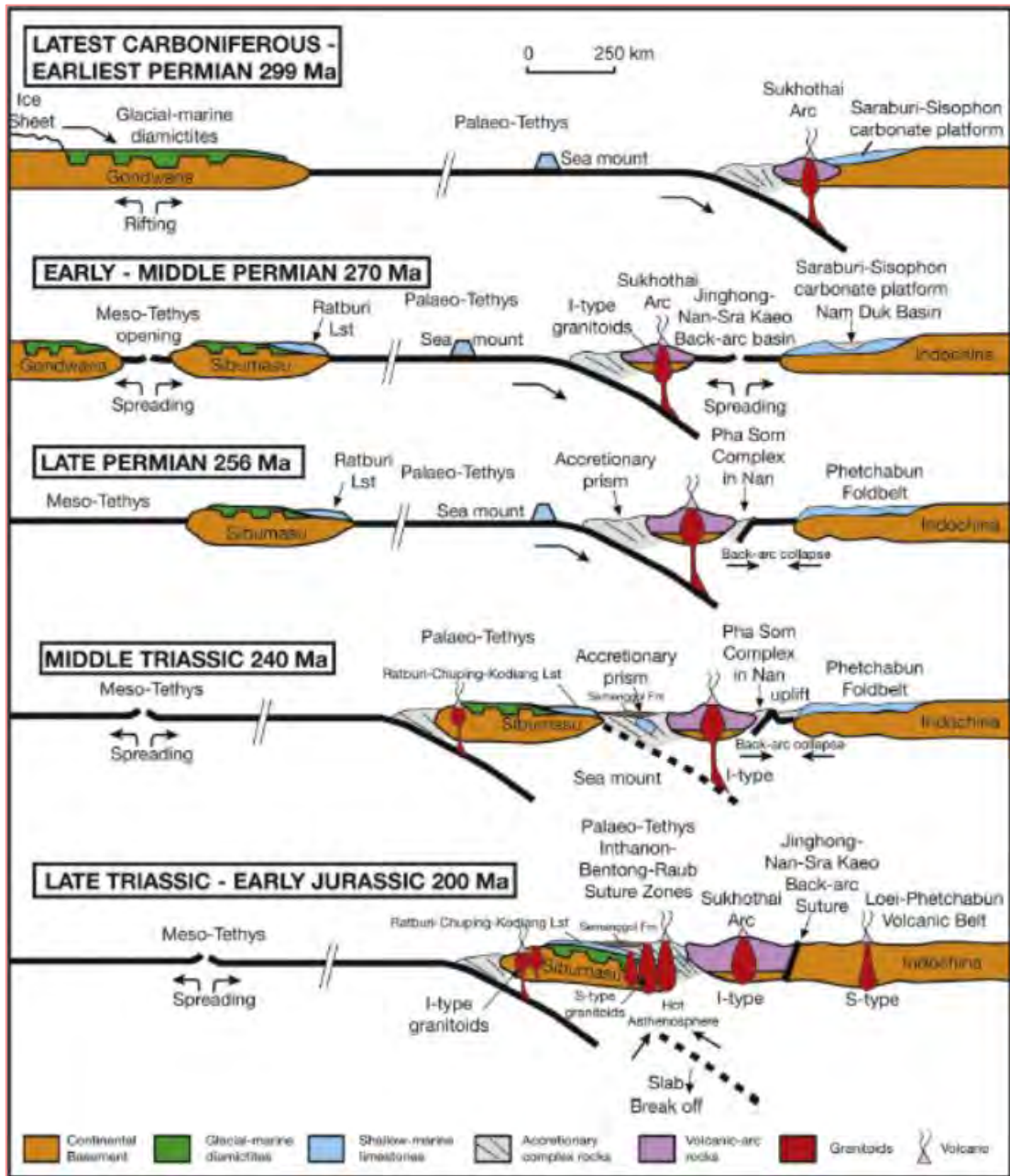
บทนำ (Introduction)

1.1 ที่มาและความสำคัญ (Origin and significant)

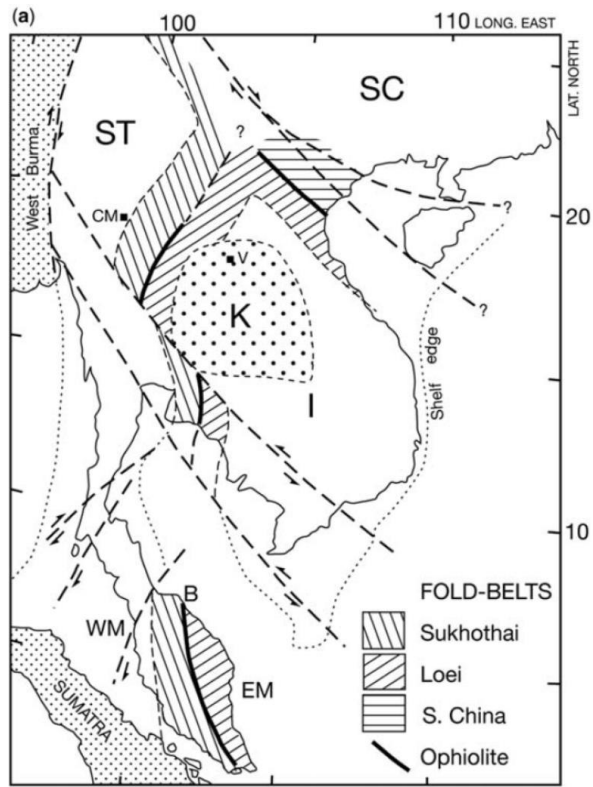
วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยในอดีตบ่งชี้ว่าโครงสร้างหลักในประเทศไทยเกิดจากแผ่นจุลทวีปไซบูมาสุ (Sibumasu terrane) เคลื่อนที่ชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina terrane) ในช่วงไทรแอสสิกตอนปลาย (Metcalf, 2013) (รูปที่ 1.1) ซึ่งการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นไซบูมาสุ และแผ่นอินโดจีนก่อให้เกิดแนวโครงสร้างที่สำคัญในประเทศไทยคือแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei fold belt) (Bunopas, 1981)

ชั้นหินคดโค้งเลยวางตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของที่ราบสูงโคราชทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยมีทิศทางการวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่เทือกเขาจากแม่น้ำโขงทางด้านทิศเหนือพาดผ่านจังหวัดเลยและจังหวัด เพชรบูรณ์ลงมาทางทิศใต้ (Bunopas, 1981) (รูปที่ 1.2) โดยลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่พบในชั้นหินคดโค้งเลยส่วนใหญ่ประกอบด้วยชั้นหินคดโค้งและรอยเลื่อนซึ่งลักษณะธรณีวิทยาบริเวณชั้นหินคดโค้งเลยมีความซับซ้อน ทำให้นักวิจัยหลายท่านสนใจศึกษา ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากยังขาดรายละเอียด ทางธรณีวิทยาที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของชั้นหินคดโค้งเลย

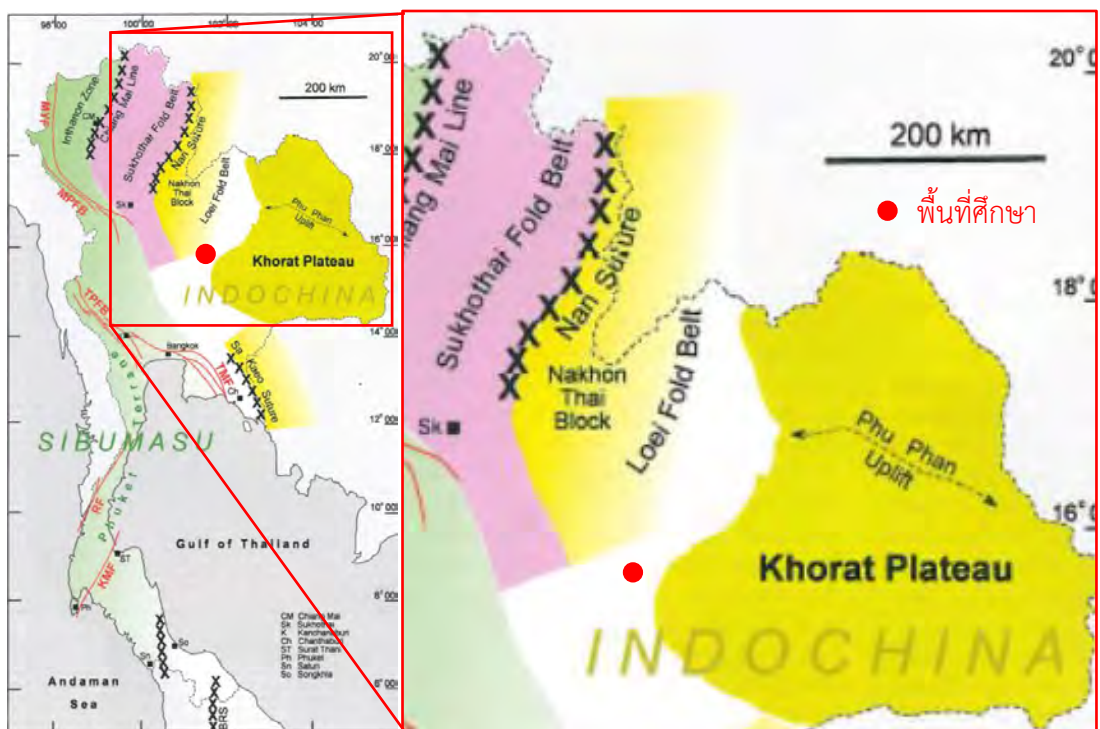
การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นไปยังการศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นหินคดโค้งเลย บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ (รูปที่ 1.3) ที่มีทิศทางการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เพื่อหาความสัมพันธ์ทางธรณีวิทยาโครงสร้างและวิเคราะห์วิวัฒนาการการเกิดแนวชั้นหินคดโค้งเลย



รูปที่ 1.1 แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (tectonic setting) ของประเทศไทย (Metcalf, 2013)



รูปที่ 1.2 ขอบเขตของแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Bunopas, 1981)



รูปที่ 1.3 พื้นที่ศึกษาอยู่ในแนวชั้นหินคดโค้งเลย (modified from Ridd et al., 2011)

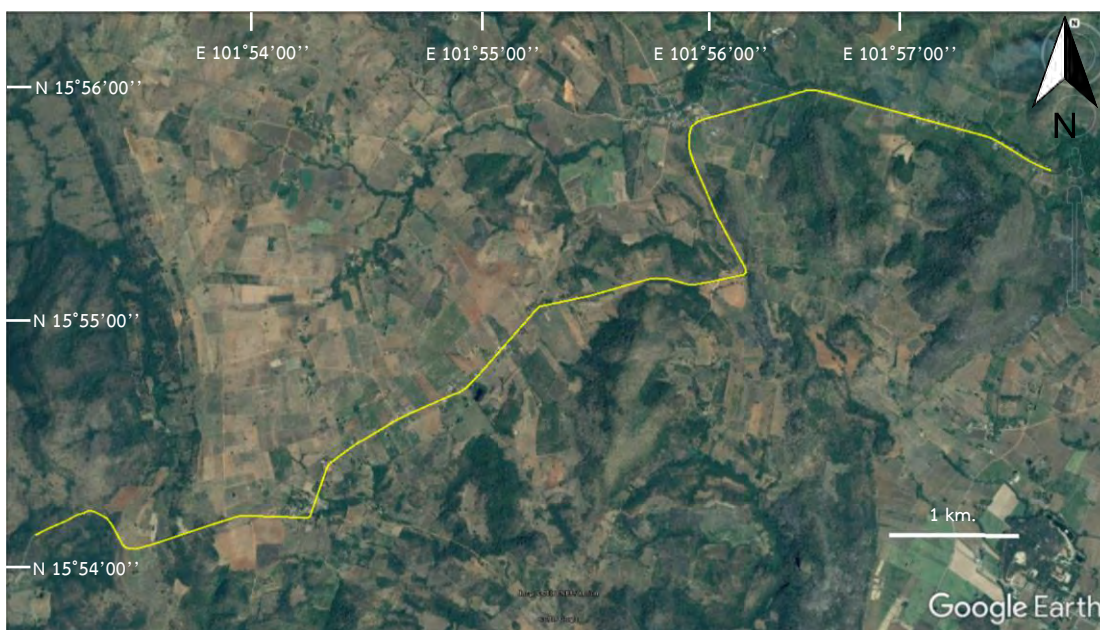
1.2 พื้นที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ (รูปที่ 1.4, 1.5) ที่ตั้งอยู่บริเวณภาคกลางของประเทศไทยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของแนวชั้นหินคดโค้งเลย ประกอบไปด้วยหมวดหินตกรูในยุคนอร์เมียน (Ptf) (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) โดยมีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้

การเดินทางจากกรุงเทพฯ ใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 1 ไปทางทิศเหนือก่อนแยกเข้าสู่ทางหลวงหมายเลข 21 บริเวณแยกพุกแคและวิ่งต่อไปทางทิศเหนือก่อนที่จะเลี้ยวซ้ายเข้าสู่ถนนหมายเลข 225 บริเวณแยกราहुล จากนั้นวิ่งไปทางทิศตะวันตกประมาณ 11 กิโลเมตรแล้วเลี้ยวขวาบริเวณวัดซบสมพงษ์สามัคคีธรรม จากนั้นวิ่งไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือประมาณ 3 กิโลเมตรแล้วเลี้ยวขวาบริเวณวัดวังปลาสามัคคีธรรมจากนั้นวิ่งต่อไปทางทิศเหนือประมาณ 4 กิโลเมตรจะเข้าสู่บริเวณพื้นที่ศึกษา รวมระยะทางทั้งหมดประมาณ 285 กิโลเมตร



รูปที่ 1.4 พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวัง 5140I



รูปที่ 1.5 พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จากภาพถ่ายดาวเทียม Google Earth

1.3 นิยามปัญหา (Problem defined)

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์มีลักษณะและวิวัฒนาการอย่างไร

1.4 วัตถุประสงค์ (Objectives)

1. ศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์
2. ศึกษาวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

1.5 สมมติฐาน (Hypothesis)

ธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ชนกันของแผ่นไซบูมาสู และแผ่นอินโดจีนในทิศตะวันตก-ตะวันตก

1.6 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

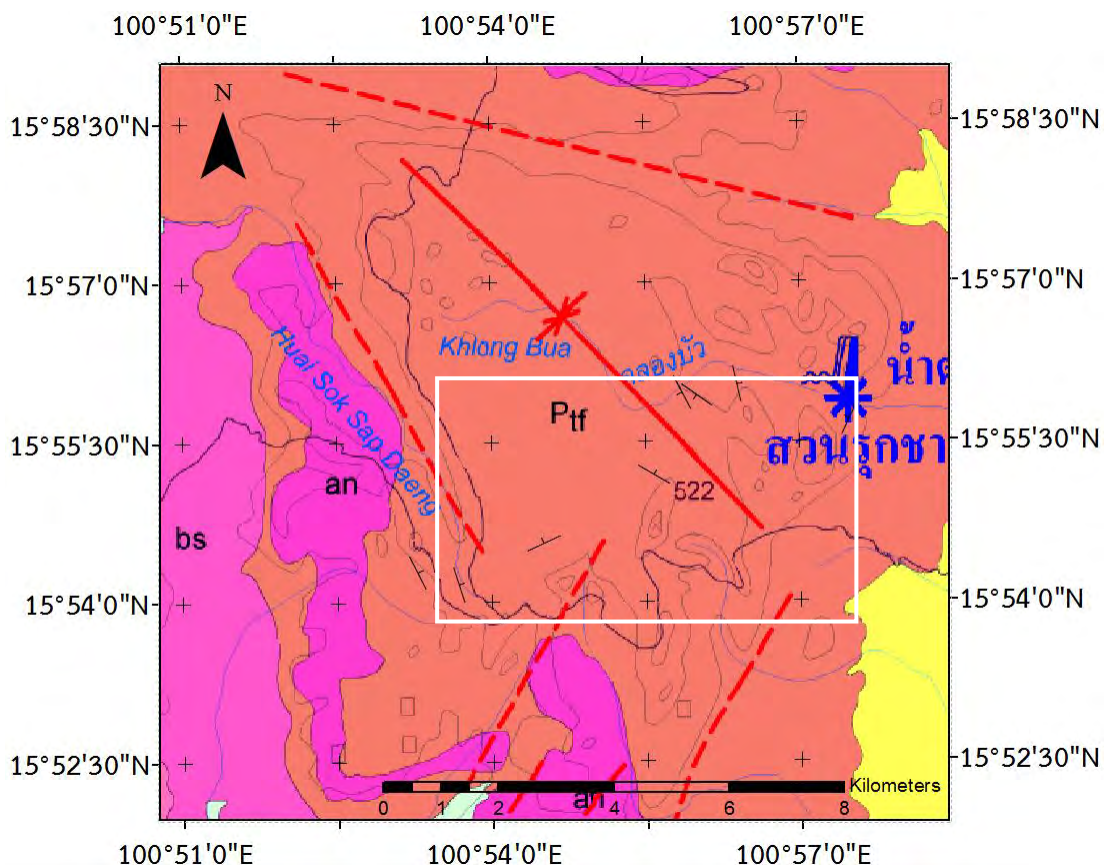
การศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างของชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จะทำการศึกษาในระดับกลาง (mesoscopic scale) โดยทำการเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ ค่าแนวการวางตัวของชั้นหิน (attitude of bedding) และโครงสร้างแนวเส้น (lineation) อื่นๆ ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษาและนำข้อมูลจากภาคสนามมากำหนดตำแหน่งลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษาแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)

1. ทราบลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์
2. ทราบวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

1.8 ธรณีวิทยาทั่วไป (General geology)

จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ของกรมทรัพยากรธรณี (2552) มาตรฐาน 1:250,000 แนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ประกอบไปด้วยหมวดหินตากฟ้าในยุคเพอร์เมียนที่ประกอบไปด้วยหินปูนสีเทาถึงดำ เป็นชั้นหนาถึงชั้นบาง หินเชิร์ตสีดำเกิดเป็นกระเปาะ และเป็นชั้นบางๆ บางส่วนชั้นสลับด้วยหินดินดาน (รูปที่ 1.6)



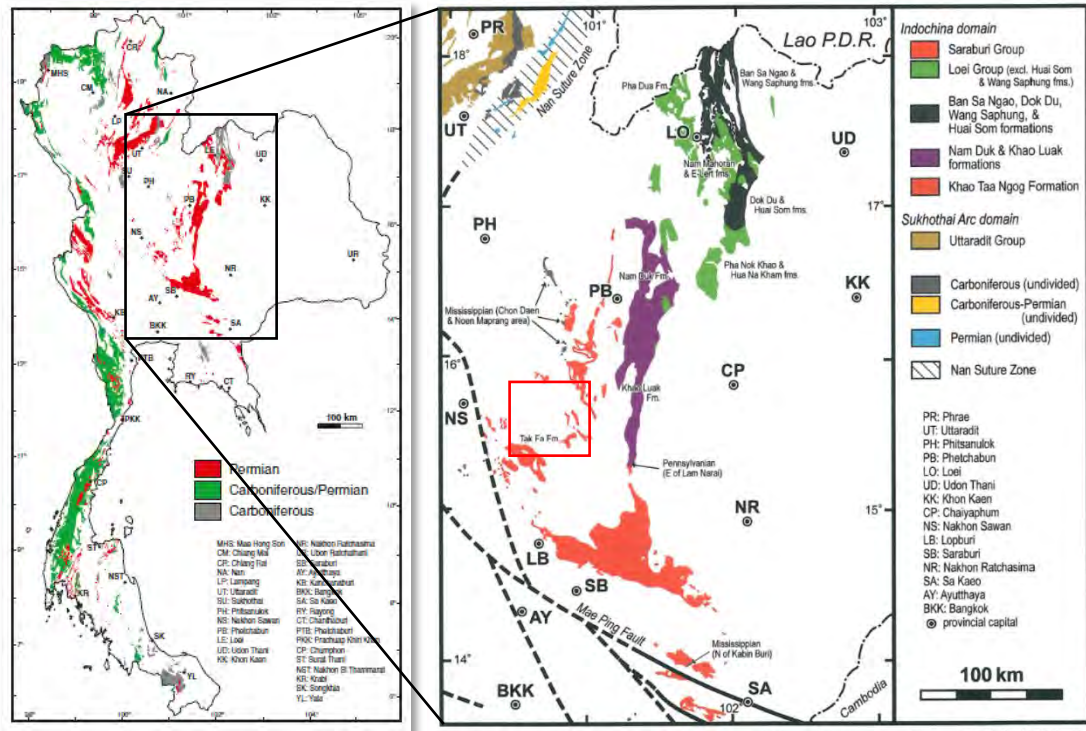
รูปที่ 1.6 พื้นที่ศึกษา (กรอบสีขาว) บนแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ของกรมทรัพยากรธรณี (2552) มาตรา ส่วน 1:250,000 (DMR, 2009)

1.9 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature review)

Ueno and Charoentitirat (2011) ได้เสนอว่าหินปูนในหมวดหินตากฟ้ามีการสะสมตัวอยู่บนลานเขาขวาง (Khao Khwang Platform) ทางตะวันตกของแอ่งน้ำดุก โดยหมวดหินตากฟ้าประกอบไปด้วยหินปูนชั้นหนาถึงชั้นบางแทรกสลับกับหินทรายและหินดินดาน นอกจากนี้ยังพบหินปูนเนื้อดินและตะกอนเนื้อเม็ดแทรกอยู่เป็นบริเวณกว้าง ซึ่งหมวดหินตากฟ้าสามารถเทียบสัมพันธ์จากการลำดับชั้นหินด้วยลักษณะวิทยาหินได้กับหมวดหินเขาขวางบริเวณจังหวัดสระบุรี (Hinthong, 1981) ซากดึกดำบรรพ์ที่พบในหมวดหินตากฟ้าประกอบไปด้วยฟิวซูลินิด ปะการัง ไคโนดอน หอยฝาเดียว ไบรโอซัวและสาหร่ายที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์บอเนต (calcareous algae) โดยจากการหาอายุของฟิวซูลินิดที่พบในหมวดหินตากฟ้าทำให้ทราบว่าหมวดหินตากฟ้ามีอายุในช่วงคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงเพอร์เมียนตอนกลางหรือตอนปลาย ซึ่งมีอายุในช่วงเดียวกับหมวดหินอื่นๆ ในกลุ่มหินสระบุรี บริเวณจังหวัดสระบุรี (รูปที่ 1.7)

Singharajwarapan (1994) และ Singharajwarapan และคณะ (2000) ได้เสนอว่าการปิดของทะเลโบราณ (paleo-tethys) เนื่องจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นชนไทย (Shan-Thai) และแผ่นอินโดจีน เริ่มตั้งแต่ช่วงไทรแอสสิกตอนต้นจนกระทั่งชนกันในช่วงไทรแอสสิกตอนปลายถึงจูแรสซิกตอนต้นโดยมีหลักฐานคือแนวชั้นหินคดโค้งและรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (folding and thrusting) ซึ่งพบอยู่ในลำดับชั้นหินตะกอนกระแสน้ำปั่นป่วนในยุคไทรแอสสิก (Triassic turbidites sequence)

Metcalf (2013) ได้เสนอว่าการหลุดตัวของขอบทวีปทางตะวันออกเฉียงเหนือของแผ่นกอนวานา (Gondwana) ในช่วงดีโวเนียนทำให้เกิดการแยกตัวของแผ่นอินโดจีนออกจากแผ่นกอนวานา ต่อมาการมุดตัวของทะเลโบราณลงไปได้แผ่นดินใต้ (South China) และแผ่นอินโดจีนในช่วงเพอร์เมียนตอนต้นส่งผลให้เกิดแนวภูเขาไฟสุโขทัย (Sukhothai arc) บนแผ่นอินโดจีนก่อนเกิดการแยกออกของแอ่งโค้งด้านหลังน่าน-สระแก้ว (Nan-Sra Kaeo back arc basin) ทำให้แนวภูเขาไฟสุโขทัยแยกตัวออกจากแผ่นอินโดจีน ต่อมาในยุคเพอร์เมียนตอนปลายเกิดการหลุดตัวของขอบทวีปทางตะวันตกเฉียงเหนือของแผ่นกอนวานาทำให้แผ่นไซบิวมาสูแยกตัวออกจากแผ่นกอนวานาพร้อมกับการเปิดออกของทะเลโบราณทำให้แอ่งโค้งด้านหลังน่าน-สระแก้วปิดลงในช่วงไทรแอสสิกตอนต้นถึงตอนกลางเนื่องจากการเคลื่อนที่เข้าหากันของแผ่นไซบิวมาสูและแผ่นอินโดจีนจนกระทั่งชนกันในยุคไทรแอสสิกตอนปลาย



รูปที่ 1.7 บริเวณพื้นที่ศึกษา (กรอบสีแดง) ตั้งอยู่บนหมวดหินตักฟ้า ที่มีอายุอยู่ในช่วงเพอร์เมียน (Modified from Ueno and Charoentitrat, 2011)

บทที่ 2

ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

การศึกษานี้แบ่งระเบียบระเบียบวิธีวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอนได้แก่ การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม การวิเคราะห์และการตีความข้อมูลภาคสนาม การอภิปรายสรุปผลและนำเสนอผลการศึกษา

2.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและศึกษาข้อมูลพื้นฐาน

2.1.1 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- ข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่ศึกษา
- ข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพ ค่าการวางตัวของธรณีโครงสร้างภายในหินโผล่พื้นที่

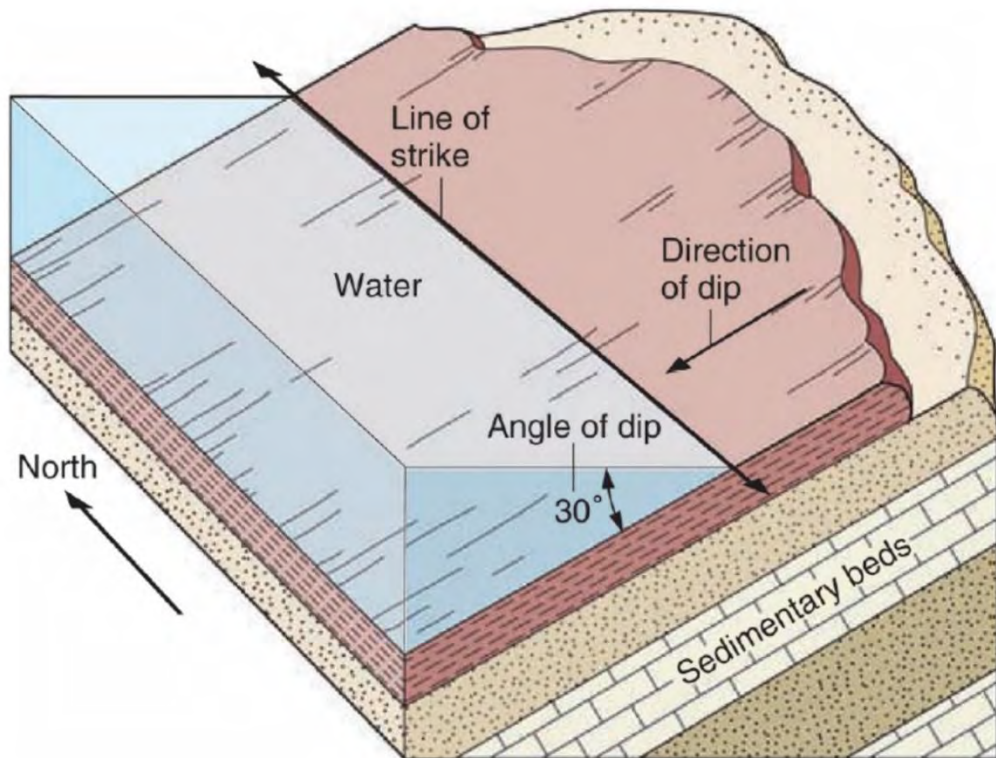
2.1.2 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน ได้แก่ แผนที่ธรณีวิทยา และแผนที่ภูมิประเทศบริเวณพื้นที่ศึกษา

- แผนที่ธรณีวิทยา
 - แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตรฐาน 1:250,000 พ.ศ. 2552
ระวางเพชรบูรณ์ NE 47-16 จังหวัดเพชรบูรณ์ ประเทศไทย
- แผนที่ภูมิประเทศ
 - แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ระวาง 5140I
จังหวัดเพชรบูรณ์ ประเทศไทย

2.2 การสำรวจและการเก็บข้อมูลภาคสนาม

2.2.1 การเก็บข้อมูลภาคสนาม ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามจากหินโผล่ในบริเวณพื้นที่ศึกษา เพื่อศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างจากหินโผล่ในบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยทำการวัดค่าแนวการวางตัวและการเอียงเทของชั้นหิน (attitude of bedding) (รูปที่ 2.1) และโครงสร้างแนวเส้น (Lineation) อื่นๆ ที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยเก็บร่วมกับพิกัดระบุตำแหน่ง .

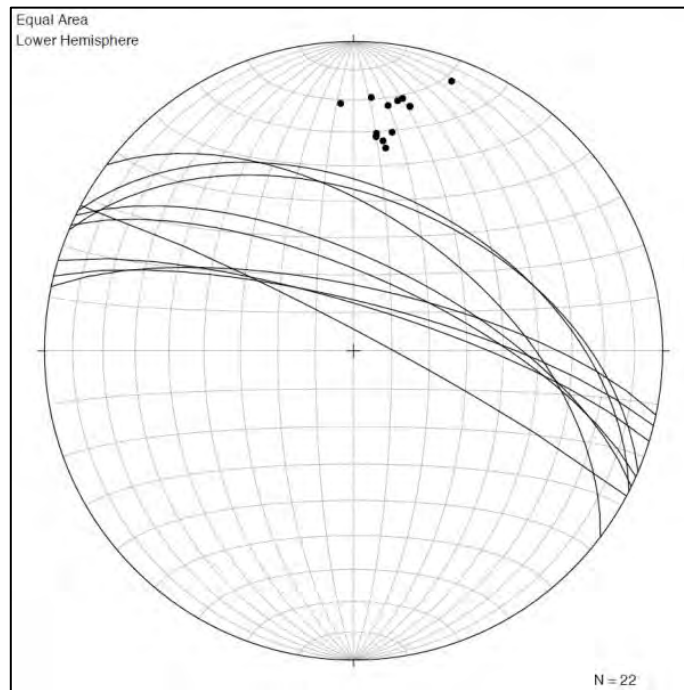
2.2.2 การเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) ทำการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่งจากบริเวณหินโผล่ในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างหินขนาดประมาณ 15 ซม. X 15 ซม. X 15 ซม.



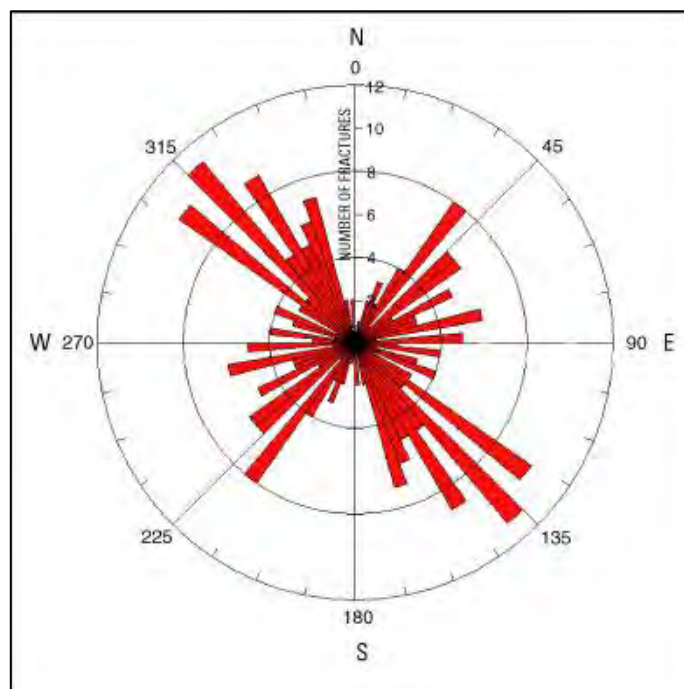
รูปที่ 2.1 แนวการวางตัว (strike) บอกถึงแนวการสะสมตัวของชั้นหินตะกอนที่สัมพันธ์กับทิศเหนือ มุมเอียงเท (dip angle) บอกถึงมุมที่ชั้นหินตะกอนทำกับแนวระดับ และทิศทางของมุมเอียงเท (dip direction) บอกถึงทิศทางที่ชั้นหินตะกอนลาดเอียง (Plummer and Carison, 2016)

2.3 การวิเคราะห์และการตีความข้อมูลภาคสนาม

2.3.1 กำหนดตำแหน่งข้อมูลในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) (รูปที่ 2.2) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) (รูปที่ 2.3) โดยนำข้อมูล สำหรับการศึกษธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ แนว การวางตัวและการเอียงเทของชั้นหิน รวมทั้งโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ ที่พบเพื่อคุณลักษณะธรณีวิทยา โครงสร้าง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระดับกลาง (mesoscopic scale) ที่ปรากฏของแต่ละจุด ศึกษา แล้วนำมาวิเคราะห์ภาพรวมบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่ง ในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า และแผนภาพกุหลาบเพื่อใช้วิเคราะห์ธรณีวิทยา โครงสร้าง และวิวัฒนาการโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.2 ภาพถ่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนวการวางตัวและการเอียงเทและโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ (<http://www.ged.rwth-aachen.de/>)

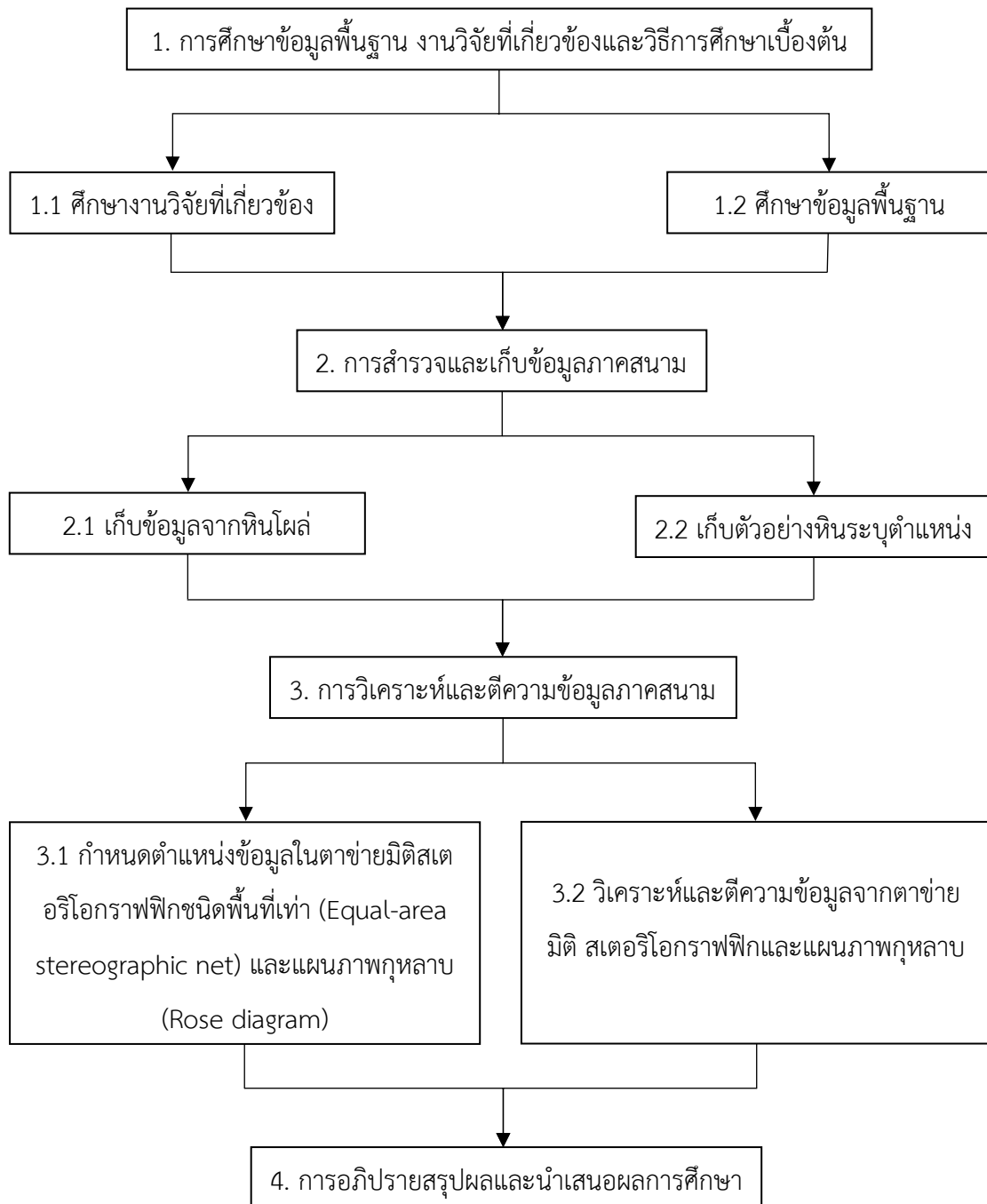


รูปที่ 2.3 แผนภาพกุหลาบใช้กำหนดตำแหน่งข้อมูลแนวการวางตัวและการเอียงเทและโครงสร้างแนวเส้นอื่นๆ (<http://pubs.usgs.gov/>)

2.3.2 การวิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้จากภาคสนามและการวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม จาก การกำหนดตำแหน่งลงในตาข่ายมิติสี่มิติโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุหลาบ เพื่อ วิเคราะห์ ลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง การเปลี่ยนลักษณะ (deformation) บริเวณพื้นที่ศึกษา

2.4 การอภิปรายสรุปผลและนำเสนอผลการศึกษา

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และตีความผลการศึกษา มาอภิปรายในเรื่องลักษณะ ธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการของโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยอภิปรายร่วมกับรายงานการ วิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้มาซึ่งลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการของโครงสร้างของพื้นที่ ศึกษา รวมทั้งจัดทำรายงานเป็นรูปเล่มและนำเสนอในรูปแบบของการสัมมนา



รูปที่ 2.4 แผนผังแสดงระเบียบวิธีวิจัยทั้ง 4 ขั้นตอน

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

เนื้อหาในบทนี้เป็นผลจากการสำรวจภาคสนามโดยได้ทำการเก็บข้อมูลในภาคสนามสำหรับการศึกษาระดับกลาง (mesoscopic scale) ได้แก่ แนวการวางตัวและการเอียงเทของชั้นหิน และรอยแตกที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษาแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ธรณีวิทยา (Geology)

ลักษณะวิทยาหินของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วยหินตะกอนเนื้อเคมี ได้แก่ หินปูน (limestone) โดยจากการศึกษาแผนที่ธรณีวิทยา และข้อมูลหินโผล่จากการสำรวจภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษา (รูปที่ 3.1)



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียมปี 2017 แสดงจุดศึกษาในพื้นที่ศึกษา ภาพจาก Google Earth Map

3.1.1 หินปูน

หินปูนที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะ สีสดสีเทาเข้ม สีฝุ่น้ำตาลขาว น้ำตาลเหลืองและเทาอ่อน มีความหนาเฉลี่ย 10 เซนติเมตร ถึง 30 เซนติเมตร โดยมีแนวการตัวของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ (รูปที่ 3.2) โดยเนื้อหินบริเวณพื้นที่ศึกษาแสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ (brittle deformation) เช่น รอยแตก (รูปที่ 3.3)



รูปที่ 3.2 หินโผล่ของหินปูนที่พบบริเวณจุดศึกษาที่ 1 แสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง)



รูปที่ 3.3 หินโผล่ของหินปูนที่พบบริเวณจุดศึกษาที่ 6 แสดงแนวรอยแตก 2 แนว (เส้นประสีแดง) วางตัวในแนวเหนือ-ใต้และแนวตะวันตก-ตะวันออก

3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural geology)

การวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับกลางของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จากการสำรวจภาคสนาม

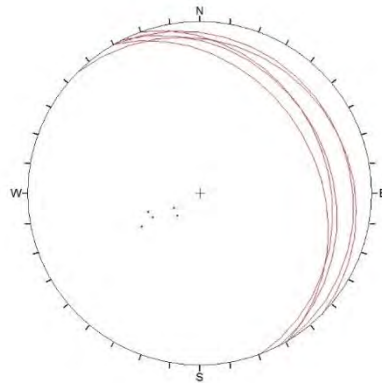
3.2.1 ระดับกลาง (Mesoscopic scale)

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ แนวการวางตัวของชั้นหิน และรอยแตกที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษามากำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกรัฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุหลาบ เพื่อวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้าง

3.2.1.1 โครงสร้างแนวการวางตัวของชั้นหิน (Attitude of bedding)

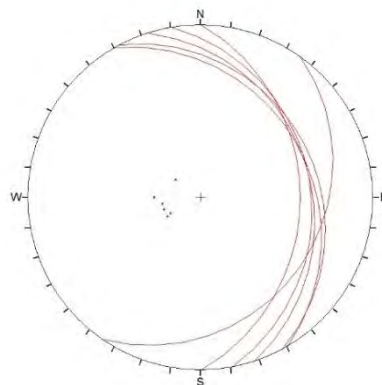
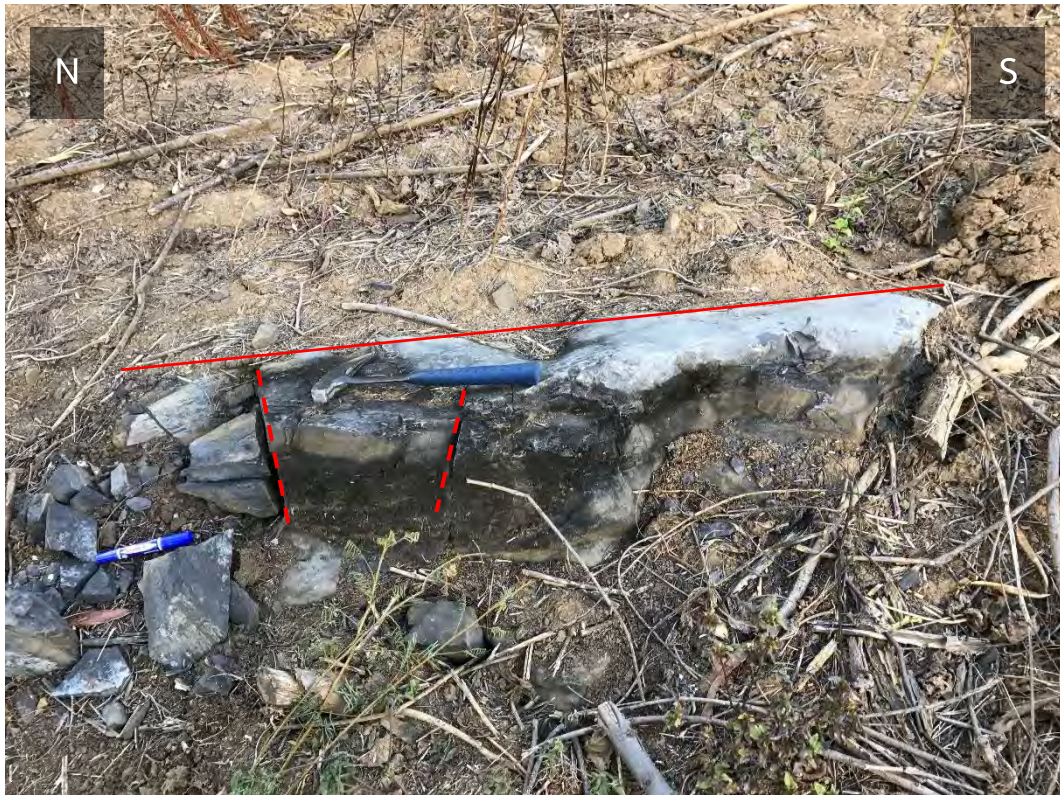
จากการสำรวจภาคสนามบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ทั้งหมด 10 จุดศึกษา โดยทำการสำรวจตั้งแต่ทางตะวันตกเฉียงใต้จนถึงทางตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อเก็บข้อมูลแนวการวางตัวในแต่ละจุดศึกษา (รูปที่ 3.1) จะแสดงให้เห็นดังต่อไปนี้

จุดศึกษาที่ 1 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $330^{\circ}/60^{\circ}$ NE และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.4)



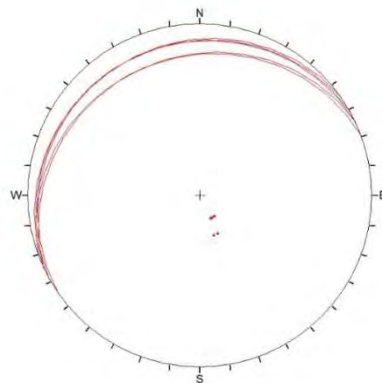
รูปที่ 3.4 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 1 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 1 จำนวน 5 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

จุดศึกษาที่ 2 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $350^{\circ}/60^{\circ}$ E และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออก นอกจากนี้ยังพบแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในทิศตะวันออก-ตะวันตก โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $250^{\circ}/80^{\circ}$ N (รูปที่ 3.5)



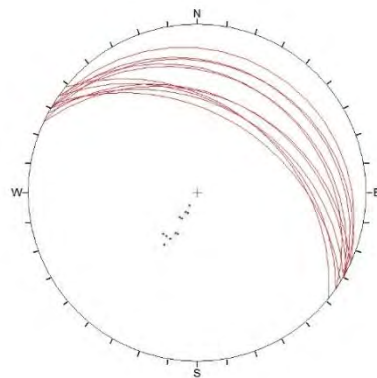
รูปที่ 3.5 หินโพลีบริแวมจุดศึกษาที่ 2 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) และแสดงแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในทิศตะวันออก-ตะวันตก (เส้นประสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 2 จำนวน 6 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออก

จุดศึกษาที่ 3 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $245^{\circ}/15^{\circ}$ E และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.6)



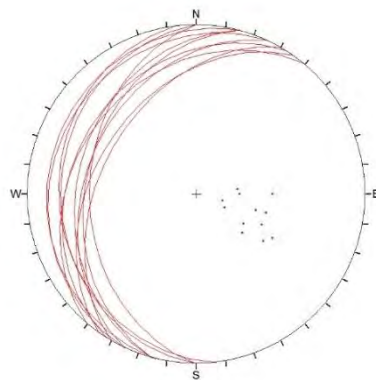
รูปที่ 3.6 หินโพลีบริเวณจุดศึกษาที่ 3 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 3 จำนวน 5 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ

จุดศึกษาที่ 4 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $300^{\circ}/30^{\circ}$ NE และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.7)



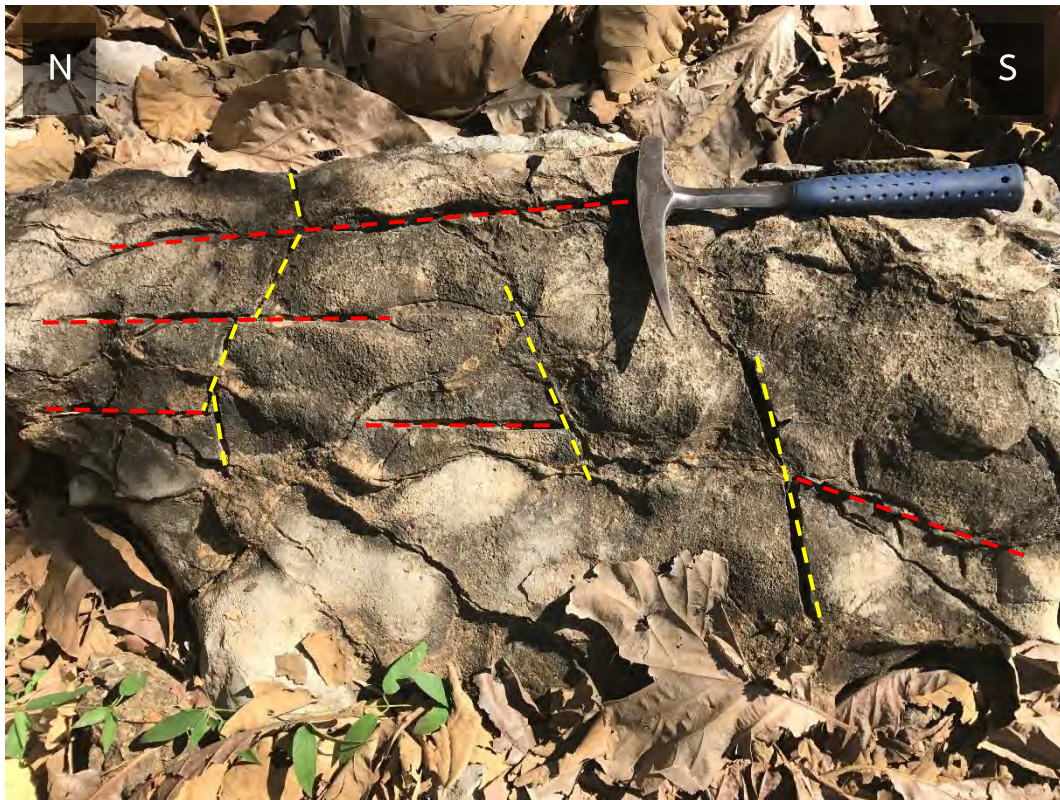
รูปที่ 3.7 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 4 ภาพบนแสดงหินโผล่ที่พบบริเวณพื้นที่ศึกษา ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 4 จำนวน 11 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์ โอโรกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

จุดศึกษาที่ 5 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $215^{\circ}/35^{\circ}$ NW และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.8) นอกจากนี้ยังพบแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ $350^{\circ}/70^{\circ}$ E แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ SE (รูปที่ 3.9)



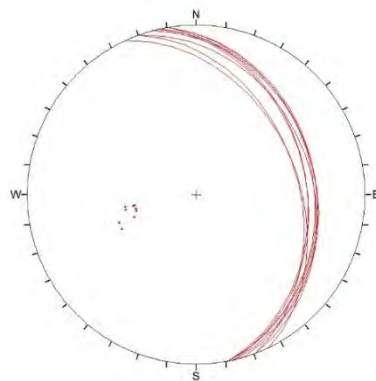
รูปที่ 3.8 หินโพล์บริเวณจุดศึกษาที่ 5 ภาพซ้ายแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพขวาแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการ

วางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 5 จำนวน 12 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิตสเตอร์โอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ



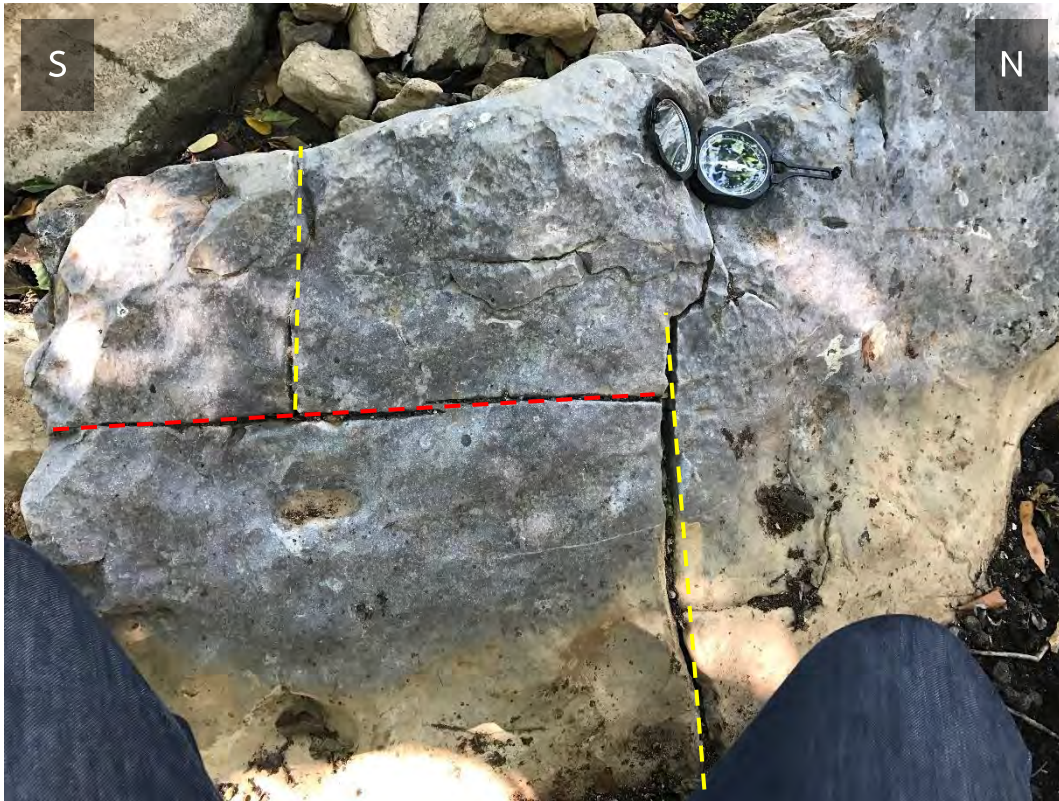
รูปที่ 3.9 หินโคล่บริเวณจุดศึกษาที่ 5 แสดงแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ (เส้นประสีแดง) และแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง)

จุดศึกษาที่ 6 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $350^{\circ}/70^{\circ}$ และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออก (รูปที่ 3.10) นอกจากนี้ยังพบแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W แนวตะวันออก-ตะวันตก ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ $260^{\circ}/90^{\circ}$ (รูปที่ 3.11)



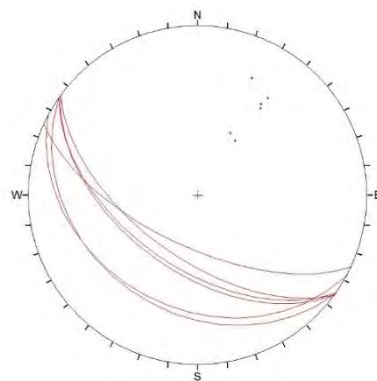
รูปที่ 3.10 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 6 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศเหนือ-ใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 6 จำนวน 9 ข้อมูล

ลงบนตาข่ายมิติสเตอร์โอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศ
ตะวันออก



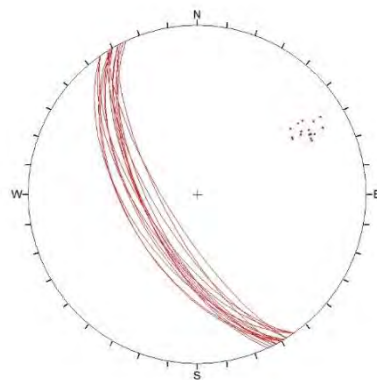
รูปที่ 3.11 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 6 แสดงแนวรอยแตกที่พบโดยแบ่งได้เป็น 2 แนว ได้แก่ แนว
เหนือ-ใต้ (เส้นประสีแดง) แนวตะวันออก-ตะวันตก (เส้นประสีเหลือง)

จุดศึกษาที่ 7 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $120^{\circ}/30^{\circ}$ และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.12)



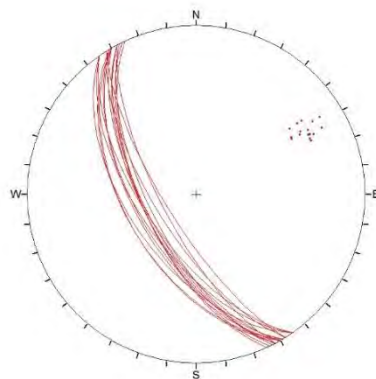
รูปที่ 3.12 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 7 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 7 จำนวน 7 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิตสเตอร์ไอกร้าฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้

จุดศึกษาที่ 8 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $150^{\circ}/60^{\circ}$ SW และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.13)



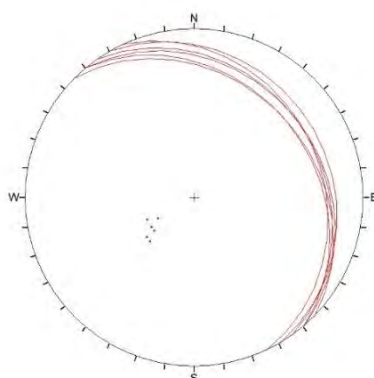
รูปที่ 3.13 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 8 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 8 จำนวน 17 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้

จุดศึกษาที่ 9 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $160^{\circ}/65^{\circ}$ SW และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.14)



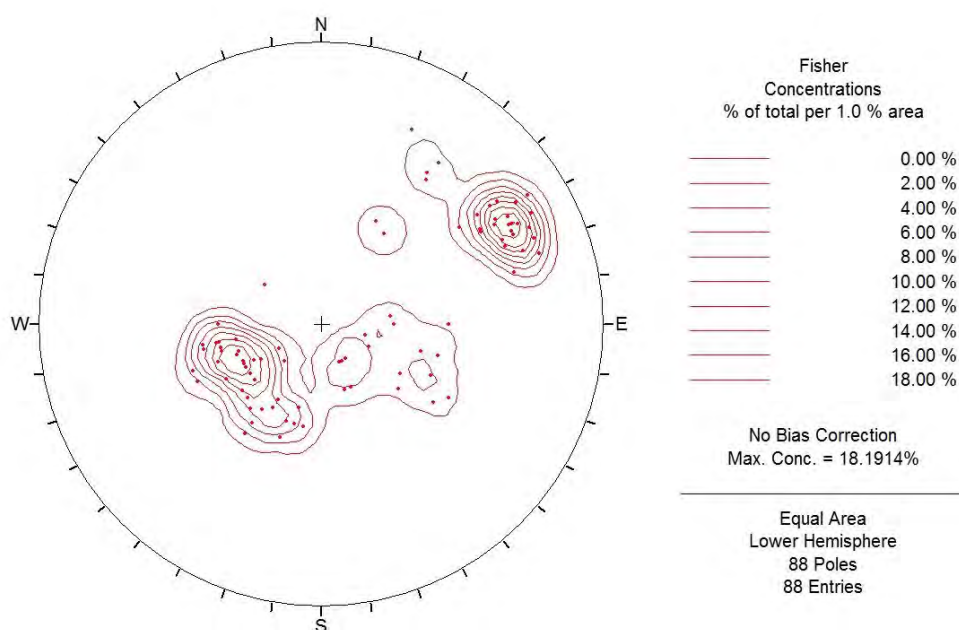
รูปที่ 3.14 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 9 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 9 จำนวน 9 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงใต้

จุดศึกษาที่ 10 พบหินปูนที่มีแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีค่าแนวการวางตัวประมาณ $320^{\circ}/25^{\circ}$ NE และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (รูปที่ 3.15)

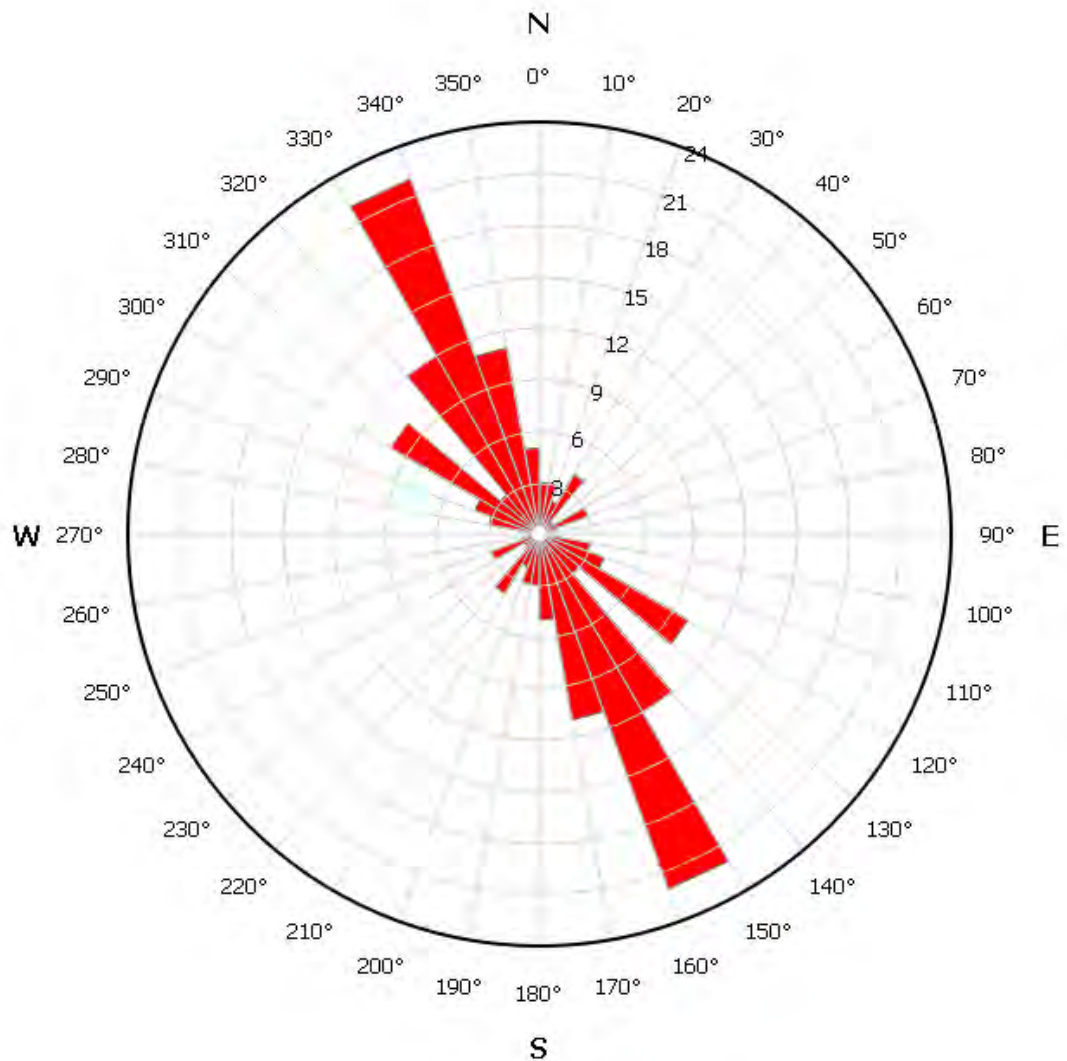


รูปที่ 3.15 หินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 10 ภาพบนแสดงแนวการวางตัวของชั้นหินในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นสีแดง) ภาพล่างแสดงการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในจุดศึกษาที่ 10 จำนวน 7 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิตสเตอร์ไอกรัฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าแสดงให้เห็นแนวการเอียงเทของชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ข้อมูลแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 88 ข้อมูล จาก 10 จุดศึกษาเมื่อนำมาทำการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกเพื่อศึกษาแนวการวางตัวของชั้นหินในพื้นที่ศึกษาบริเวณ ตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยแสดงออกมาในรูปของการกระจายตัวของขั้ว (Pole) (รูปที่ 3.16) โดยชั้นหินในพื้นที่ศึกษามีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 3.17) โดยมีแนวการเอียงเทของชั้นหินอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและ ตะวันตกเฉียงใต้



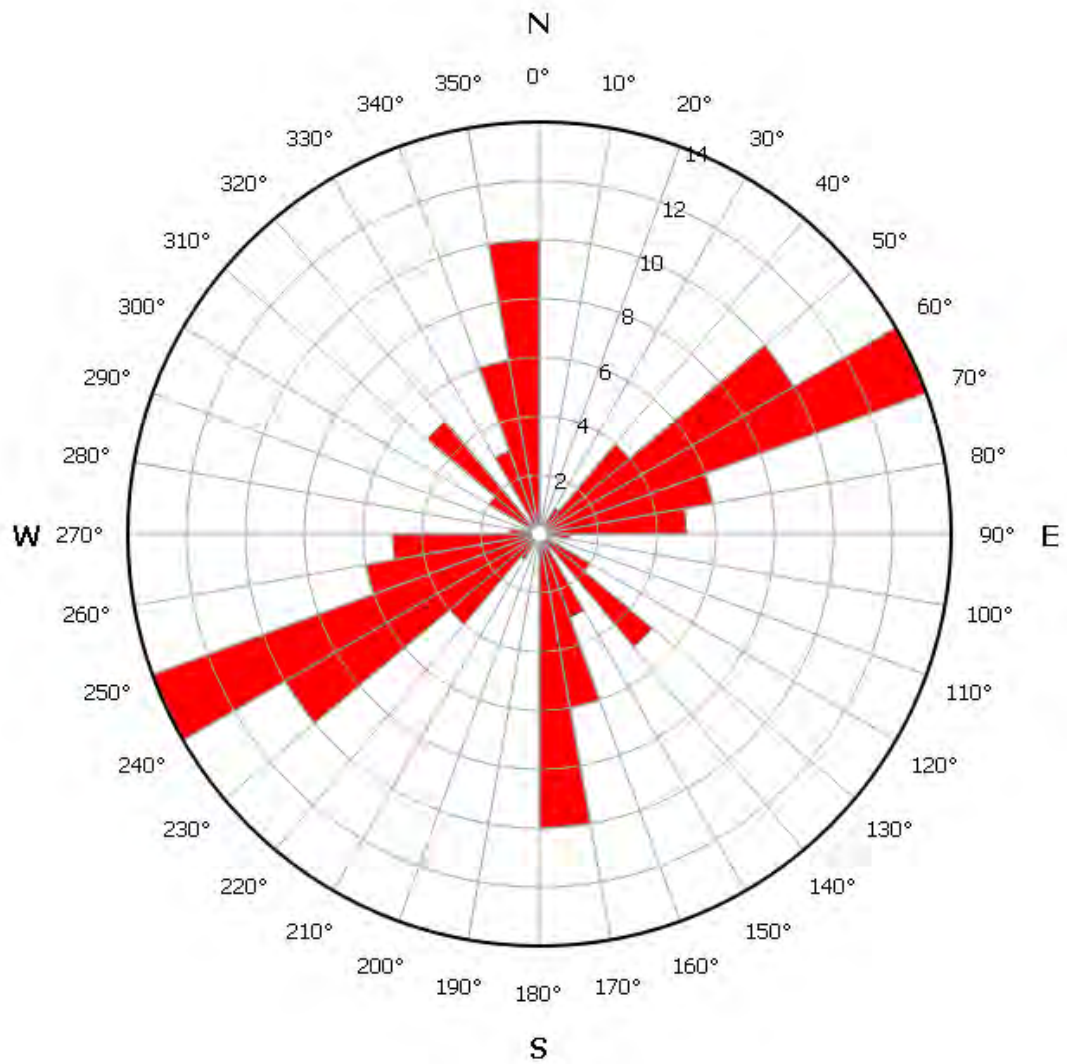
รูปที่ 3.16 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 88 ข้อมูล ลงบนตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่า โดยชั้นหินมีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีแนวการเอียงเทของชั้นหินอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.17 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 88 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลาย โดยชั้นหินมีแนวการวางตัวอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (320° - 350°)

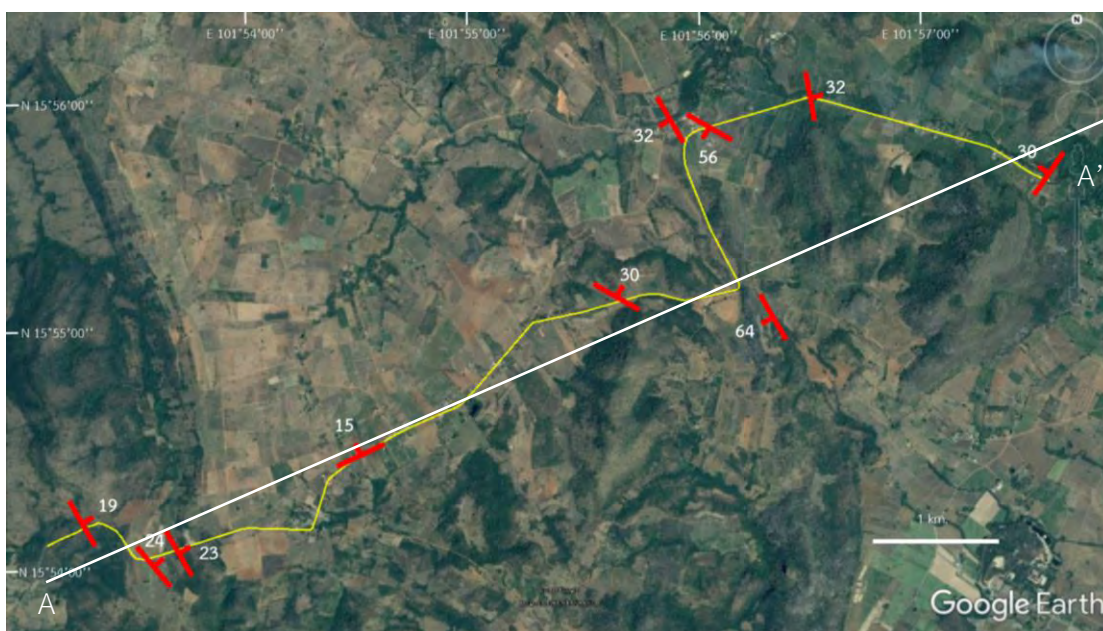
3.2.1.2 โครงสร้างแนวรอยแตก (Fracture)

โครงสร้างแนวรอยแตกของชั้นหินในบริเวณพื้นที่ศึกษาจากการกำหนดตำแหน่งในแผนภาพกู่หลาย (รูปที่ 3.6) พบว่ามีแนวการวางตัวหลักของรอยแตกทั้งหมด 3 ระบบ คือ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ S แนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W และแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $130^{\circ}/85^{\circ}$ SW (รูปที่ 3.18)

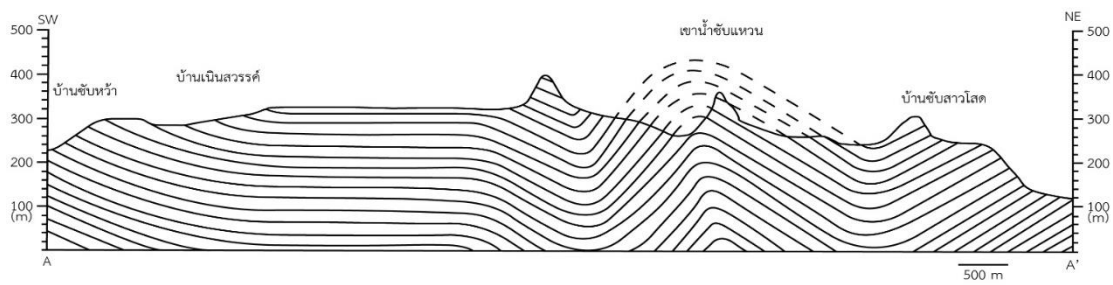


รูปที่ 3.18 ผลการกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้งหมด 67 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ ซึ่ง จำแนกแนวรอยแตกหลักได้ 2 แนว คือ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (50°-70°) และ แนวเหนือ-ใต้ (340°-360°)

จากผลการศึกษาทั้งหมดที่ได้จากการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินลงบนตาข่ายมิติสเตอร์โอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าจะได้ว่าแนวการวางตัวหลักของชั้นหินอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีทิศการเอียงเทของชั้นหินไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ และเมื่อนำค่าแนวการวางตัวของชั้นหินทั้ง 88 ข้อมูล มากำหนดตำแหน่งลงบนภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อกำหนดแนวภาพตัดขวาง (Cross-section) ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (A-A') (รูปที่ 3.19) ที่แสดงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษาเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนสลับกับชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงายโดยมีรายละเอียดจากฝั่งตะวันตกไปฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณบ้านซบหัว้าชั้นหินจะมีลักษณะเอียงเทไปทางทิศตะวันออกเฉียงจนถึงบริเวณบ้านเนินสวรรค์การเอียงเทของชั้นหินจะลดลงจนเกือบเป็นแนวราบก่อนที่จะเอียงเทเพิ่มมากขึ้นและแสดงลักษณะของชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงายสลับกับชั้นหินคดโค้งรูปประทุนบริเวณเขาน้ำซบแหวนก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงายบริเวณบ้านซบสาวโสด (รูปที่ 3.20) และจากการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของรอยแตกทั้ง 67 ข้อมูล ลงบนแผนภาพทุกหลาบจะได้ว่าแนวการวางตัวของรอยแตกหลักประกอบไปด้วย 2 แนวคือ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ 50° - 70° หรือ 230° - 250° และแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวของรอยแตกประมาณ 160° - 180° หรือ 340° - 360°



รูปที่ 3.19 การกำหนดค่าแนวการวางตัวของชั้นหินในแผนที่บริเวณพื้นที่ศึกษาและแนวเส้นภาพตัดขวางจาก A ไป A' ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้



รูปที่ 3.20 ภาพตัดขวางจาก A ไป A' ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ แสดงถึงชั้นหินคดโค้งในบริเวณพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุนสลับกับชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงาย

บทที่ 4

อภิปรายผล (Discussion)

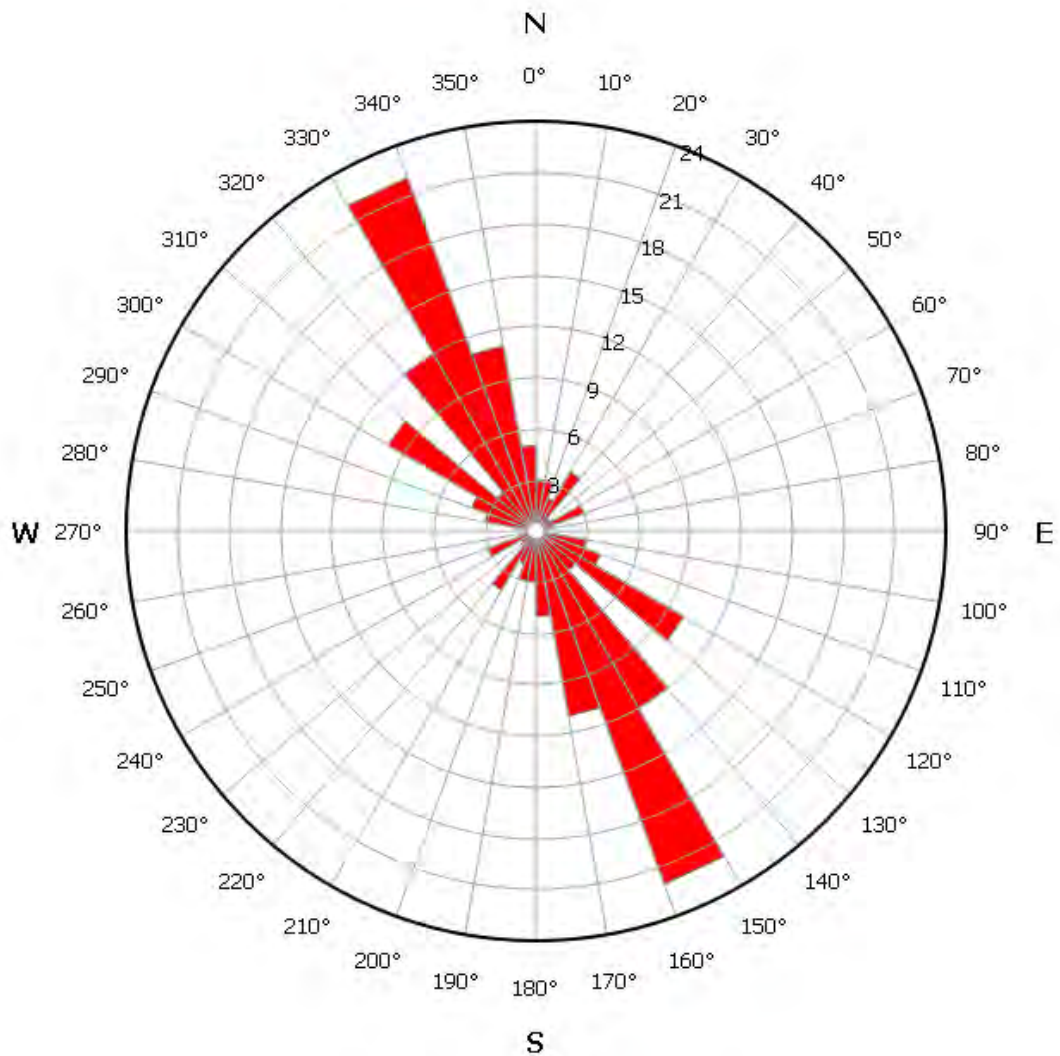
เนื้อหาในบทนี้เป็นการนำผลจากการศึกษาในระดับกลาง (mesoscopic scale) ซึ่งได้ผลมาจากการศึกษาข้อมูลจากภาคสนามมารวบรวมและอภิปรายเพื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (structural style) และวิวัฒนาการของโครงสร้าง (structural evolution) และวิวัฒนาการแปรสัณฐาน (tectonic evolution) ของชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (Structural style)

จากหลักฐานการศึกษาในระดับกลางจากการนำข้อมูลจากภาคสนาม ได้แก่ ค่าแนวการวางตัวของชั้นหินและค่าแนวการวางตัวของรอยแตก มาทำการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพภูเขา โดยโครงสร้างแนวการวางตัวของชั้นหินอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีทิศการเอียงเทของชั้นหินในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงถึงแรงบีบอัด (compression) ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนโครงสร้างแนวการวางตัวของรอยแตกประกอบด้วย 2 แนวหลัก คือ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และแนวเหนือ-ใต้ (รูปที่ 4.1)

โดยบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาทางตอนใต้มีเหมืองพันธ์ประเสริฐเพชรศิลา จากรายงานธรณีสันนาม 2 พื้นที่ศึกษาที่ 10 มีการสรุปวิวัฒนาการโครงสร้างในบริเวณเหมืองพันธ์ประเสริฐเพชรศิลาไว้ว่ามีแรงเข้ามากระทำในพื้นที่บริเวณเหมืองพันธ์ประเสริฐเพชรศิลาทั้งหมด 2 ครั้ง โดยครั้งแรกพบว่ามีแรงบีบอัดในระดับท้องถิ่น (local scale) เข้ามากระทำในแนวเหนือ-ใต้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชั้นหินแบบอ่อนนูนซึ่งสังเกตได้จากลักษณะของชั้นหินคดโค้งแบบพับผ้า (isoclinal fold) ที่พบในบริเวณเหมือง ต่อมาเมื่อมีแรงบีบอัดในระดับไพศาล (regional scale) เข้ามากระทำครั้งที่ 2 ในแนวตะวันออก-ตะวันตก โดยคาดว่าเป็นแรงที่เข้ามากระทำในช่วงที่แผ่นจุลทวีปไซบุมาสู (Sibumasu terrane) เคลื่อนที่ชนกับแผ่นจุลทวีปอินโดจีน (Indochina terrane) สังเกตได้จากชั้นหินคดโค้งในแนวเหนือ-ใต้ในบริเวณเหมือง ซึ่งแรงที่เข้ามากระทำครั้งที่ 2 ในแนวตะวันออก-ตะวันตก คาดว่าเป็นแรงที่สัมพันธ์กับแรงบีบอัดที่เข้ามากระทำในบริเวณพื้นที่ศึกษาตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งเป็นแรงในระดับไพศาลที่เข้ามากระทำในช่วงเวลาเดียวกัน โดยแรงบีบอัดที่เข้ามากระทำในพื้นที่บริเวณเหมืองพันธ์ประเสริฐเพชรศิลาในครั้งแรกนั้นคาดว่าน่าจะ

เกิดในช่วงเวลาเดียวกันแต่เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะในเฉพาะบริเวณเมืองพันธัประเสริฐเพชรศิลา
 ดังนั้นในพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ จึงไม่พบการ
 เปลี่ยนลักษณะที่เกิดจากแรงดังกล่าว



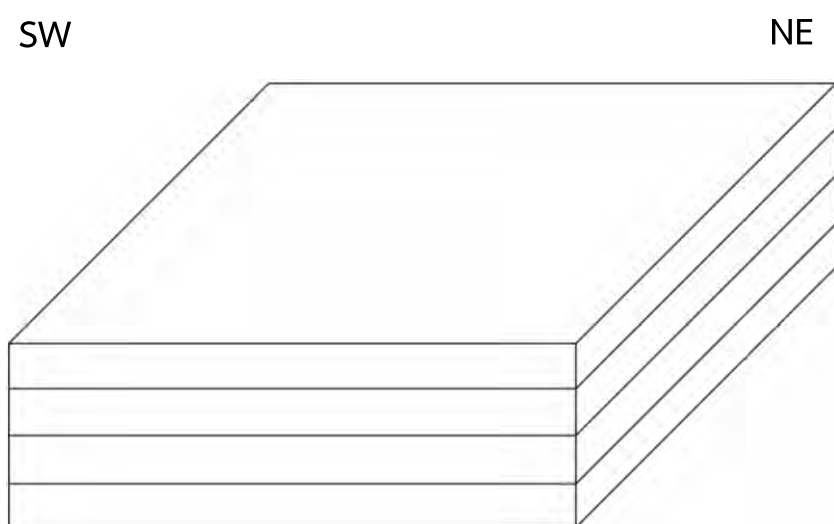
รูปที่ 4.1 ผลการกำหนดตำแหน่งค่าแนวการวางตัวของชั้นหินลงบนแผนภาพทิศทางที่แสดงแนวการ
 วางตัวหลักในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งแสดงถึงแรงบีบอัดในแนว
 ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

4.2 วิวัฒนาการโครงสร้าง (Structural evolution)

พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีวิวัฒนาการตามธรณีประวัติ 2 ช่วง ได้แก่ ชั้นก่อนการเปลี่ยนลักษณะ คือช่วงเวลาที่ตะกอนเริ่มสะสมตัว ชั้นที่สองคือช่วงเวลาที่เกิดขึ้นหินคดโค้งและรอยแตก

4.2.1 ชั้นก่อนการเปลี่ยนลักษณะ

วิวัฒนาการของพื้นที่ศึกษาในชั้นก่อนการเปลี่ยนลักษณะ คือช่วงเวลาที่เกิดการสะสมตัวของตะกอนคาร์บอนีตที่มีการสะสมตัวเป็นหินปูน ซึ่งคาดว่าเกิดในยุคคาร์บอนีเฟอรัสตอนปลายถึงเพอร์เมียนตอนกลางหรือตอนปลาย (Ueno and Charoentitirat, 2011) (รูปที่ 4.2)

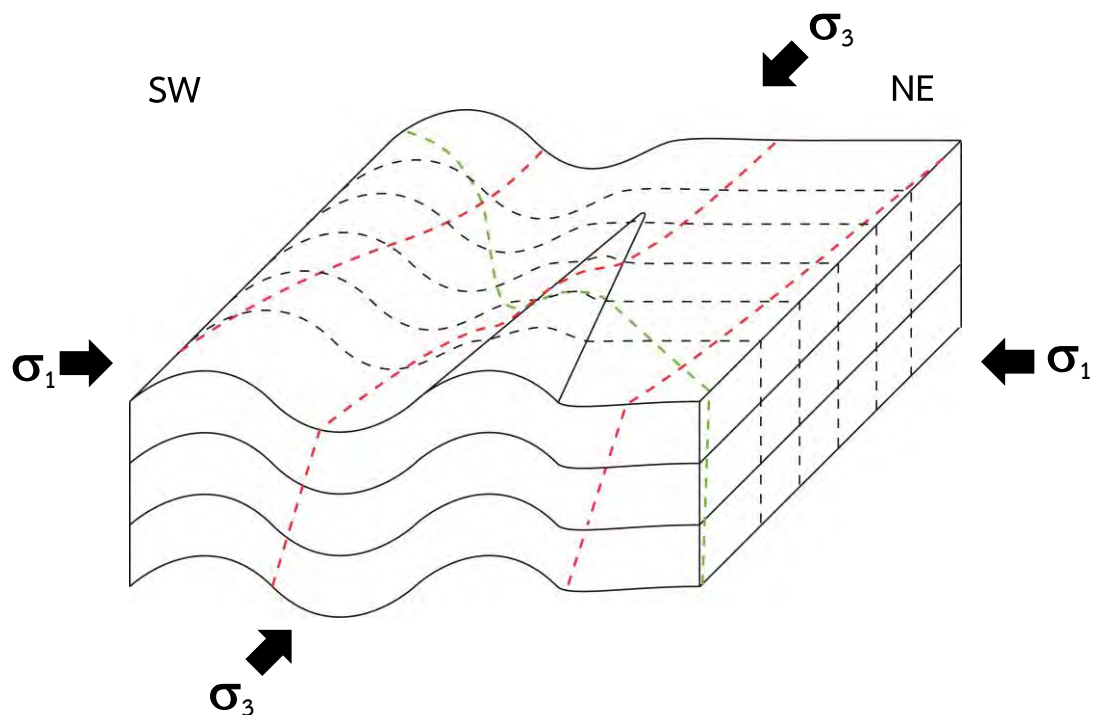


รูปที่ 4.2 แบบจำลองวิวัฒนาการของโครงสร้างในชั้นก่อนการเปลี่ยนลักษณะ เกิดการสะสมตัวของตะกอนกลายเป็นหินตะกอน

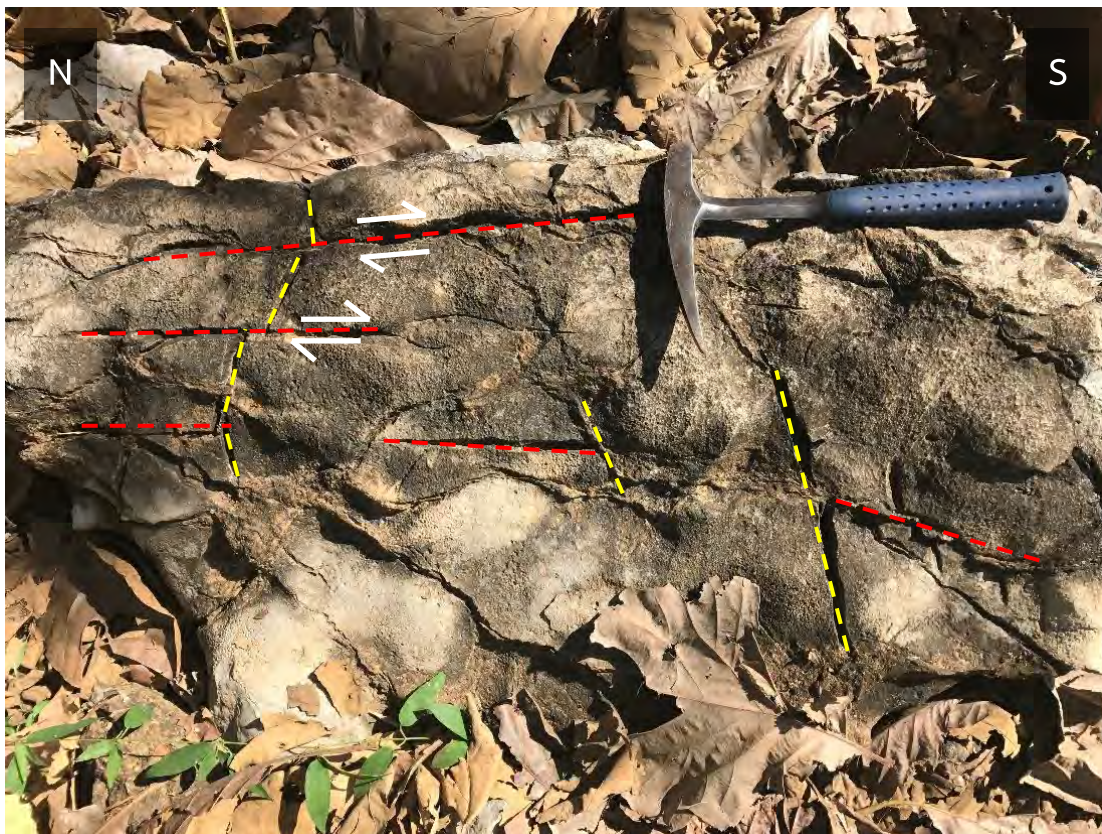
4.2.2 ชั้นเปลี่ยนลักษณะ

วิวัฒนาการของพื้นที่ศึกษาในชั้นเปลี่ยนลักษณะ คือช่วงเวลาที่เกิดขึ้นหินคดโค้งและรอยแตก โดยเกิดจากมีแรงบีบอัดมากกระทำต่อชั้นหินในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะของชั้นหินแบบอ่อนนุ่ม (ductile deformation) ส่งผลให้เกิดการคดโค้งของชั้นหิน ซึ่งมีแนวแกนชั้นหินคดโค้ง (fold axis) ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังทำให้บางบริเวณในพื้นที่ศึกษาเกิดการเปลี่ยนลักษณะของชั้นหินแบบแตกเปราะ (brittle deformation) โดยรอยแตกที่พบจะประกอบไปด้วย 3 ระบบ ได้แก่ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ S ที่เกิดจากแรงดึง (extension) ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยจัดอยู่ในโหมดของรอยแตกโหมด

หนึ่งแบบเปิด (mode I: opening joints) แนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W และแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $130^{\circ}/85^{\circ}$ SW (รูปที่ 4.4) ที่เกิดจากแรงบีบอัดในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ โดยจัดอยู่ในโหมคของรอยแตกโหมคสองแบบเฉือน (mode II: sliding shear fractures) (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 แบบจำลองวิวัฒนาการของโครงสร้าง เกิดการคดโค้งของชั้นหินชั้นที่มีแนวแกนชั้นหินคดโค้งในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแนวรอยแตกทั้ง 3 ระบบ ได้แก่ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ S (เส้นประสีดำ) แนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W (เส้นประสีแดง) และแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $130^{\circ}/85^{\circ}$ SW (เส้นประสีเขียว)



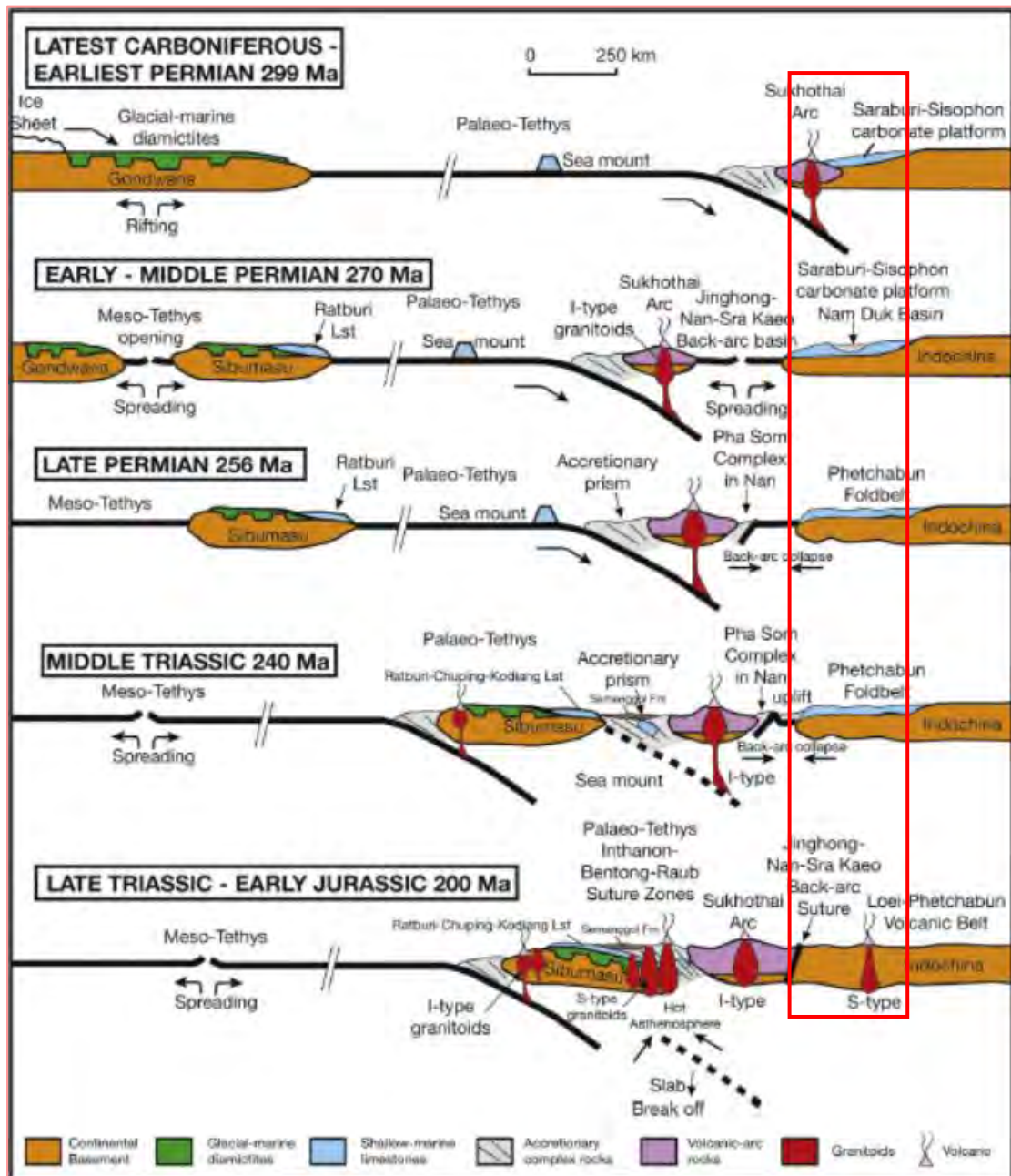
รูปที่ 4.4 แนวรอยแตก 2 แนว ได้แก่ แนวรอยแตกที่มีการวางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $70^{\circ}/60^{\circ}$ S (เส้นประสีเหลือง) และแนวรอยแตกที่มีแนวการวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่มีค่าแนวการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/60^{\circ}$ W (เส้นประสีแดง)

4.3 วิวัฒนาการแปรสัณฐาน (Tectonic evolution)

พื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ตั้งอยู่บนแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei fold belt) ที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ตั้งแต่เทือกเขาจากแม่น้ำโขงทางด้านทิศเหนือพาดผ่านจังหวัดเลยและจังหวัด เพชรบูรณ์ลงมาทางทิศใต้ (Bunopas, 1981) เริ่มมีการสะสมตัวของตะกอนคาร์บอนีตในยุคคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายถึงเพอร์เมียนตอนกลางหรือตอนปลาย (Ueno and Charoentitirat, 2011) โดยธรณีแปรสัณฐานในอดีตเริ่มขึ้นตั้งแต่ยุคคิโวเนียนเมื่อแผ่นกอนวานา (Gondwana) เกิดการหลุดตัวที่ขอบทวีปทางตะวันออกเฉียงเหนือทำให้แผ่นจูลทวี่ปอินโดจีน แยกตัวออกจากแผ่นกอนวานา ต่อมาในช่วงคาร์บอนิเฟอรัสตอนปลายจนถึงเพอร์เมียนตอนต้นเกิดการมุดตัวของทะเลโบราณ (paleo-tethys) ไปใต้แผ่นอินโดจีนก่อให้เกิดแนวภูเขาไฟสุโขทัย (Sukhothai arc) ซึ่งเป็นช่วงที่เกิดการเปิดออกของแอ่งสะสมตะกอน (sedimentary basin) และเริ่มมีการสะสมตัวของตะกอนในบริเวณพื้นที่ศึกษา พร้อมๆ กับการเริ่มแยกตัวของแผ่นจูลทวี่ป

ไซบูมาสุ ออกจากแผ่นกอนวานา เมื่อถึงยุคเพอร์เมียนตอนปลายแผ่นจูลทวีปไซบูมาสุที่เคลื่อนที่แยกออกจากแผ่นกอนวานาเริ่มเคลื่อนที่เข้าใกล้แผ่นจูลทวีปอินโดจีนจนกระทั่งชนกับแผ่นจูลทวีปอินโดจีน ในช่วงไทรแอสสิกตอนปลายถึงจูแรสซิกตอนต้น ซึ่งการชนกันของแผ่นจูลทวีปไซบูมาสุและแผ่นจูลทวีปอินโดจีนก่อให้เกิดแนวชั้นหินคดโค้งและรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำ (Singharajwarapan, 1994; Singharajwarapan et al., 2000 and Metcalfe, 2013) ที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ที่เรียกว่าแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Bunopas, 1981)

โดยการชนกันของแผ่นจูลทวีปไซบูมาสุและแผ่นจูลทวีปอินโดจีนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้เกิดแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มากกระทำกับชั้นหินในพื้นที่ศึกษาทำให้เกิดการคดโค้งและรอยแตกในพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 แบบจำลองธรณีแปรสัณฐาน (tectonic evolution) โดยพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บนแนวชั้นหินคดโค้งเลย (กรอบสีแดง) ซึ่งโครงสร้างที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่ศึกษาคาดว่าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ธรณีแปรสัณฐานในช่วงไทรแอสสิกถึงจูแรสสิกตอนต้น

บทที่ 5

สรุปผล (Conclusion)

จากการนำผลการศึกษาที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและการศึกษาข้อมูลในระดับกลาง (mesozoic scale) มารวบรวม วิเคราะห์และอภิปราย ในด้านลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลยบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีลักษณะเป็นชั้นหินคดโค้งรูปประทุน (anticline) สลับกับชั้นหินคดโค้งรูปประทุนหงาย (syncline) โดยมีแกนชั้นหินคดโค้ง (fold axis) วางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และมีทิศทางมุมเอียงเท (dip direction) อยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ และมีรอยแตกในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 3 ระบบ ได้แก่ แนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ แนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจากหลักฐานของการวางตัวของชั้นหินและรอยแตกที่พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ บ่งชี้ว่าในอดีตมีแรงบีบอัด (compression) เข้ามากระทำในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และมีแรงดึงออก (extension) ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้

วิวัฒนาการธรณีโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีทั้งหมด 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเปลี่ยนลักษณะ คือช่วงเวลาที่เกิดการสะสมตัวของตะกอนคาร์บอนีตที่มีการสะสมตัวเป็นหินปูน ต่อมาในขั้นตอนการเปลี่ยนลักษณะ คือช่วงเวลาที่เกิดชั้นหินคดโค้งและรอยแตก โดยมีแรงบีบอัดเข้ามากระทำในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ส่งผลให้เกิดชั้นหินคดโค้งที่มีแนวของการคดโค้งวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และรอยแตกในแนวเหนือ-ใต้ และแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และแรงดึงออกที่เข้ามากระทำในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่งผลให้เกิดรอยแตกในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้

ธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ศึกษาบริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสัมพันธ์กับธรณีวิทยาโครงสร้างของแนวชั้นหินคดโค้งเลย โดยช่วงเวลาที่เกิดชั้นหินคดโค้งบริเวณตะวันตกของอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์อาจเทียบเคียงได้กับช่วงเวลาที่เกิดการเคลื่อนที่ชนกันระหว่างแผ่นจุลทวีปไซบูมาซุ (Sibumasu terrane) และแผ่นจุลทวีปอินโดจีน

(Indochina terrane) ในช่วงอายุประมาณไทรแอสสิกตอนปลายจนถึงจูแรสสิกตอนต้น (Metcalfe, 2013)

เอกสารอ้างอิง (References)

- Arboit, F., Collins, A. S., King, R., Morley, C. K., and Hansberry, R., 2014 Structure of the Sibumasu-Indochina collision, Central Thailand: A section through the Khao Kwang Fold and Thrust Belt, *Journal of Asian Earth Sciences*. (In Press)
- Bunopas, S., 1981. Palaeogeographic History of Western Thailand and adjacent parts of Southeast Asia: A plate tectonics interpretation: Victoria University of Wellington, unpublished Ph.D. thesis, 810 pp.; Reprinted 1982 as Geological Survey Paper no.5, Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Thailand.
- Chonglakmani, C., Sattayarak, N., 1984. Geological Map of Changwat Phetchabun. (NE 47-16), Scale 1:250,000. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Bangkok.
- DMR, 2009. Geological Map of Changwat Phetchabun. [Map, 1:250,000]. Bangkok: Department of Mineral Resources.
- Gaffar, S., Songserm, N., Jirarachwaro, S., and Henvongprasert, M., 2016. Fieldwork II (Area 10) report, Bangkok, Chulalongkorn University, 93 pp. (unpublished report).
- Hinthong, C., 1981. Geology and Mineral Resources of Changwat Phra Nakhon Si Ayutthaya (ND47-8), Scale 1:250,000. Department of Mineral Resources, Geological Survey Report, no. 4, p. 1-105.
- Metcalf, I., 1988. Origin and assembly of South-East Asian continental terranes. *Geol. Soc. Lond. Special Publ.* 37 (1), p. 101-118.
- Metcalf, I., 1991. Late Paleozoic and Mesozoic palaeogeography of Southeast Asia: *Palaeogeography, Palaeoecology*, v. 87, p. 211-221.
- Metcalf, I., 2002. Permian tectonic framework and palaeogeography of SE Asia: *Journal of Asian Earth Sciences*, 20, p. 551-566.
- Metcalf, I., 2011. Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Gondwana Research*, 19, p. 3-21.

- Metcalfe, I., 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and paleogeographic evolution of eastern Tethys, *Journal of Asian Earth Sciences*, 66, p.1-33
- Morley C. K., Ampaiwan, P., Thanudamrong, S., Kuenphan, N., Warren, J., 2013. Development of the Khao Kwang Fold and Thrust Belt: Implication for the geodynamic setting of Thailand and Cambodia during the Indosinian Orogeny, *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, p. 705-719.
- Plummer, C. C., Carison, D. H., 2016. *Physical Geology* (15thed), McGraw-Hill
- Ridd, M. F., Barber, A. J., Crow, M. J., 2011. Introduction to Geology of Thailand. In: Ridd, M. F., Barber, A. J., Crow, M. J. (Eds.), *the Geology of Thailand*. The Geological Society of London, p. 71–136.
- Singharajwarapan, S., 1994. Deformation and metamorphism of the Sukhothai Fold Belt, Northern Thailand: University of Tasmania, unpublished Ph.D. thesis, 385 p.
- Singharajwarapan, S., Berry, R., Panjasawatwong, Y., 2000. Geochemical characteristics and tectonic significance of the Permo-Triassic Pak Pat Volcanics, Uttaradit, Northern Thailand: *Journal of the Geological Society of Thailand*, no. 1, p. 1-7.
- Sone, M., Metcalfe, I., 2008. Parallel Tethyan sutures in Mainland Southeast Asia: New insights for Paleo-Tethys closure and implications for the Indosinian Orogeny. *C. R. Geosci.* 340 (2), p. 166-179.
- Warren, J., Morley, C. K., Charoentitirat, T., Cartwright, I., Ampaiwan, P., Khositichaisri, P., Mirzaloo, M., Yingyeun, J., 2014. Structural and fluid evolution of Saraburi Group sedimentary carbonates, Central Thailand: A tectonically driven fluid system.
- 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 of London, p. 71–136.