

ธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง

จังหวัดเพชรบุรี

นายปรีดา ภาเปียง

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2558

STRUCTURAL GEOLOGY OF HUB-KAPONG GNEISSIC GRANITE,
CHANGWAT PHETCHABURI

MR. PREEDA TAPIANG

A REPORT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF THE BACHELOR OF SCIENCE,
DEPARTMENT OF GEOLOGY, FACULTY OF SCIENCE,
CHULALONGKORN UNIVERSITY, 2015

วันที่ส่ง...../...../.....

วันที่อนุมัติ...../...../.....

ลงชื่อ.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย	ธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี
ชื่อ-สกุล	นายปรีดา ภาเปียง
รหัสบัณฑิต	553 27255 23
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์

บทคัดย่อ

หินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ พาดผ่านระหว่างอำเภอท่ายางและอำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี ลักษณะทางธรณีวิทยาของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพงประกอบไปด้วยหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของเม็ดแร่ เนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ และมีเป็นการเรียงตัวค่อนข้างดีของผลึกแร่เฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่ มีอายุยุคไทรแอสซิกตอนปลาย

จากการสำรวจภาคสนาม การวางตัวของโครงสร้างริ้วขนาน (foliation) และโครงสร้างย่อยชนิดเส้น (lineation) ได้ถูกสังเกตและเก็บเป็นข้อมูล ผลที่ได้จากข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัศจรรย์ภาค โดยการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram) แสดงถึงทิศทางของโครงสร้างที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ สอดคล้องกับโครงสร้างหลัก โดยหินในพื้นที่มีหลักฐานแสดงถึงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (ductile deformation) แสดงลักษณะการเฉือนแบบซ้ายเข้า (sinistral shear sense) และผลที่ได้จากข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง ที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม พบผลึกแฝดมีลักษณะตีบลง (taper twins) ของแร่พลจิวโอเคลส การเกิดมิตสว่างแตกต่างกัน (undulose extinction) และการเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ (subgrain boundary) การเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่มของแร่ไบโอไทต์ แสดงลักษณะเฉือนแบบซ้ายเข้า (sinistral mica fish) การเกิดผลึกใหม่พลวัต (dynamic recrystallization) ของแร่ควอตซ์ (bulging recrystallization) เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 300-400 องศาเซลเซียส สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะทางธรณีวิทยา โครงสร้างของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี มีการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม แสดงลักษณะการเฉือนแบบซ้ายเข้า และมีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในการแปรสัณฐานมหัศจรรย์ (mesotectonic Stage) และการแปรสัณฐานนวกาล (neovotectonic Stage) มีการแปรสภาพอยู่ในชุดแร่หินแปรแอมฟิโบลิต (amphibolite facies) จนถึงชุดแร่หินแปรกรีนชีสต์ (greenschist facies) ในลักษณะการแปรสภาพแบบย้อนกลับ (retrograde metamorphism)

คำสำคัญ : ธรณีวิทยาโครงสร้าง หินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

Title	Structural Geology of Hub-Kapong Gneissic Granite, Changwat Phetchaburi
Present by	Preeda Tapiang
ID	553 27255 23
Advisor	Assistant Professor Dr. Pitsanupong Kanjanapayont

Abstract

Hub-Kapong gneissic granite, changwat Phetchaburi lies along NW-SE direction across Amphoe Tha Yang and Amphoe Cha-am. Geology in the study area consists of late Triassic foliated granite, medium to coarse grained with fairly to well oriented of porphyroblastic feldspar.

From the field observation, attitude of foliation and lineation was investigated and collected. The results of all data from mesoscopic scale using equal-area stereographic net and rose diagram show trend along NW-SE direction which conform to the major structure. The outcrop in this study area shows ductile deformation of sinistral shear sense. Furthermore, the results of all data from microscopic scale, which studied in thin section of rock oriented sampling, show Taper twins in plagioclase, undulose extinction and subgrain boundary in quartz, sinistral mica fish, and bulging recrystallisation of dynamic recrystallisation in quartz at 300-400 °C. All of data infer that the structural geology of Hub-Kapong gneissic granite represents ductile deformation of sinistral shear sense and can be related with Three Pagodas fault in both Mesotectonic stage and Neuvotectonic stage. The metamorphic facies ranges from Amphibolite facies to Greenschist facies as retrograde metamorphism process.

Key words: Structural geology, Hub-Kapong gneissic granite, Three Pagodas fault

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณและค่าใช้จ่ายในงานวิจัยนี้ รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆในการทำงานในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. . พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ ซึ่งเป็นที่ปรึกษางานวิจัยนี้ อาจารย์ได้เสียสละเวลามาช่วยเหลือในการสำรวจภาคสนาม รวมไปถึงให้คำปรึกษาทั้งในด้านงานวิจัย ด้านการเรียน และด้านอื่นๆ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยนี้ออกมาอย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณอย่างสูงแก่ อาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอนทั้งในด้าน การเรียน ด้านการสำรวจภาคสนาม และด้านอื่นๆ ที่ทำให้ผมเติบโตเป็นนักธรณีวิทยาที่ดีในอนาคต

ขอขอบคุณเพื่อนๆ จีโอห้าหก (Geo'56) ทุกคน ที่ได้ร่วมทุกข์ ร่วมสุข และให้คำปรึกษาในด้านต่างๆ

นอกจากนี้ยังขอขอบคุณ นายนวัทร กลมเกลียว นางสาวภัสติกร์ สุวรรณจันลา และ นางสาวภาชีณี โสโพธิ์ ที่เป็นผู้ช่วยในการสำรวจภาคสนาม โดยช่วยเหลือเก็บข้อมูลโครงสร้างและให้คำปรึกษา ทำให้งานวิจัยออกมาสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ง
Abstract.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ (Introduction).....	1-5
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Origin and significant)	1
1.2 พื้นที่ศึกษา (Location)	2
1.3 ธรณีวิทยาทั่วไป (General Geology)	4
1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ (Objectives).....	5
1.6 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work).....	5
1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)	5
บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)	6-10
2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น.....	7
2.2 สํารวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	8
2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการ.....	8
2.4 แปลความหมายและอภิปรายผล.....	10
2.5 สรุปผลการศึกษา นำเสนอข้อมูลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์.....	10
บทที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)	11-42
3.1 ธรณีวิทยา (Geology)	11
3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structure geology)	12
บทที่ 4 อภิปรายผล (Discussion)	43-53
4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (Structural style)	43
4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural evolution)	44
4.3 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (Tectonic evolution)	45
บทที่ 5 สรุปผล (Conclusion)	54
เอกสารอ้างอิง (References)	55-56
ภาคผนวก (Appendix)	57-61

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงแผนที่ตำแหน่งหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง (Kawakami <i>et al.</i> , 2014)	2
รูปที่ 1.2 ภาพถ่ายดาวเทียม (Google Earth Map) แสดงลักษณะภูมิประเทศ เปรียบเทียบกับบริเวณหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (Kawakami <i>et al.</i> , 2014)	3
รูปที่ 1.3 แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดเพชรบุรี แสดงตำแหน่งหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี	4
รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย	6
รูปที่ 2.2 แสดงการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (Passchier and Trouw, 2005)	8
รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟิกันดพื้นทีเท่า และแผนภาพหลายๆ	9
รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Google earth แสดงจุดศึกษาแต่ละตำแหน่งบริเวณ แนวภูเขาหุบกะพง	12
รูปที่ 3.2 รูป ก แสดงทิศทางการวัดทิศทางแนวระดับ (strike) และมุมเอียงเท (dip) รูป ข แสดงทิศทางการวัดการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนต์ (trend) และมุมปล้นจ์ (plunge) (http://home.kku.ac.th/peangta/lab-ch2-plane-final.pdf)	13
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างย่อยชนิดเส้นที่สัมพันธ์กับแร่ ได้แก่ รูป ก แสดงลักษณะแร่แบบเข็ม (acicular habit lineation) (en.wikipedia.org) รูป ข แสดงการยืดยาวของเม็ดแร่ (elongated grain lineation) รูป ค แสดงลักษณะเส้นใย (mineral fiber lineation) (www.brynmaur.edu/geology/Fieldtrips/Stop5.htm) รูป ง การเรียงตัวของ แร่จากรอยเลื่อน (mineral slickenline) (geologylearn.blogspot.com/2015/08/lineations-in-brittle-regime.html)	14
รูปที่ 3.4 แสดงการกำเนิดหินรอยเลื่อนที่ระดับความลึกต่างๆ (สาตรักษ์, 2552)	15

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.5 รูป ก แสดงรื้อขนาน(เส้นประสีเหลือง) ของจุดศึกษาที่ 1 มีการเรียงตัวของแร่วางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ทิศเหนือชี้ตามเข็มทิศ)	16
รูป ข แสดงรื้อขนานวางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง)ของจุดศึกษาที่ 1 (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี) รูป ค แสดงการแตกกาบของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี)	
รูปที่ 3.6 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของรื้อขนานจำนวน 14 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ (fold profile) $241^{\circ}/85^{\circ}$ NW เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $343^{\circ}/19^{\circ}$ NE ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $149^{\circ}/63^{\circ}$ SW ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $151^{\circ}/5^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $241^{\circ}/85^{\circ}$ NW	17
รูปที่ 3.7 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื้อขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยมีทิศการเอียงเทของรื้อขนานไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้	18
รูปที่ 3.8 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 14 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนต์ ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และมุมปล้นจ้ ในแนวระดับ (sub-horizontal) $346^{\circ}/16^{\circ}$	18
รูปที่ 3.9 รูป ก หินโผล่ของจุดศึกษาที่ 2 แสดงการแตกกาบของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 160 เซนติเมตร) รูป ข แสดงรื้อขนานและโครงสร้างย่อยชนิดเส้นของจุดศึกษาที่ 2 วางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ รูป ค แสดงรื้อขนานวางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง) (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี) รูป ง แสดงโครงสร้างย่อยชนิดเส้น มีลักษณะการยึดของแร่เฟลด์สปาร์ มีการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า	19

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.10 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของรื้อขนาบ จำนวน 22 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $54^{\circ}/84^{\circ}$ SE เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $147^{\circ}/58^{\circ}$ SW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $323^{\circ}/73^{\circ}$ SW ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $324^{\circ}/6^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $54^{\circ}/84^{\circ}$ SE	20
รูปที่ 3.11 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื้อขนาบ จำนวน 22 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยมีทิศการเอียงของรื้อขนาบไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันตกเฉียงใต้	20
รูปที่ 3.12 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 22 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมทรนตีในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และมุมพลิกจีในแนวระดับ $321^{\circ}/9^{\circ}$	21
รูปที่ 3.13 แสดงการแตกกาบของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 3 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 173 เซนติเมตร)	22
รูปที่ 3.14 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของรื้อขนาบ จำนวน 13 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $278^{\circ}/84^{\circ}$ N เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $180^{\circ}/26^{\circ}$ W ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $17^{\circ}/30^{\circ}$ SE ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $188^{\circ}/6^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $278^{\circ}/84^{\circ}$ N	22
รูปที่ 3.15 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื้อขนาบ จำนวน 13 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (NNE-SSW) โดยมีทิศการเอียงของรื้อขนาบไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้	23

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
<p>รูปที่ 3.16 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 15 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมทรนตีในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW) และมุมพลิกจีในแนวระดับ $341^{\circ}/13^{\circ}$</p>	23
<p>รูปที่ 3.17 รูป ก แสดงการแตกภาพของหินไนส์สิคแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 4 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 173 เซนติเมตร) รูป ข และ ค แสดงร้วขนาน (เส้นประสีเหลือง) และโครงสร้างแนวเส้นของจุดศึกษาที่ 4 วางตัวไปทางทิศเหนือ – ใต้ (N-S) (ปลายดินสอชี้ไปทางทิศเหนือ มีความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร)</p>	24
<p>รูปที่ 3.18 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของร้วขนาน จำนวน 13 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $53^{\circ}/66^{\circ}$ SE เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $170^{\circ}/43^{\circ}$ NW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $293^{\circ}/38^{\circ}$ SE ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $323^{\circ}/24^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $53^{\circ}/66^{\circ}$ SE</p>	25
<p>รูปที่ 3.19 จากการกำหนดค่าการวางตัวของร้วขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (NNW-SSE) โดยมีทิศการเอียงเทของร้วขนานไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้</p>	26
<p>รูปที่ 3.20 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 14 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมทรนตีในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และมุมพลิกจีในแนวระดับ $324^{\circ}/17^{\circ}$</p>	26
<p>รูปที่ 3.21 รูป ก แสดงการแตกภาพของหินไนส์สิคแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 5 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 160 เซนติเมตร) รูป ข, ค และ ง แสดงร้วขนาน (เส้นประสีเหลือง) และโครงสร้างย่อยชนิดเส้นของ จุดศึกษาที่ 5 วางตัวไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ปลายเข็มทิศไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)</p>	27

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.22 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของรีวขนาน จำนวน 14 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ 117°/61° S เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว 218°/71° NW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว 254°/36° N ระนาบทั้งสองตัดกันที่ 27°/29° ซึ่งอยู่บนระนาบ 117°/61° S	28
รูปที่ 3.23 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรีวขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) โดยมีทิศการเอียงของรีวขนานไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้	29
รูปที่ 3.24 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 12 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมทรนตีในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และมุมปล้นจีในแนวระดับ 44°/6°	29
รูป 3.25 รูป ก แสดงการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า ของรีวขนาน จากข้อมูลทั้งหมด 76 ข้อมูล มีทิศการวางตัวใน ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างชัน รูป ข แสดงการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์โอบกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า ของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จากข้อมูลทั้งหมด 77 ข้อมูล ทิศการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือและมีมุมเอียงในแนวระดับ รูป ค การกำหนดค่าการวางตัวของรีวขนาน จำนวน 76 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้	30
รูปที่ 3.26 รูป ก ผลึกแฝดมีลักษณะเป็นชั้น (growth twins) รูป ข ผลึกแฝดมีลักษณะตีบลง (taper twins) (Passchier and Trouw, 2005)	31

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.27 รูป ก แสดงการเปลี่ยนลักษณะของผลึกแร่แคลไซต์ ทำให้ผลึกแผดเกิดการเปลี่ยนแปลง (twin boundary migration recrystallisation) รูป ข แสดงการเปลี่ยนลักษณะของแร่ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแนวเส้นเนื่องจาก ความไม่สมบูรณ์ของอะตอมของแร่ (dislocation) ทำให้เกิดการมืดสว่างแตกต่างกัน (undulose extinction) เมื่อเกิดการเปลี่ยนลักษณะที่มากขึ้นทำให้เกิด การเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบ (subgrain boundary)	32
รูปที่ 3.28 แสดงการเกิดผลึกใหม่พลวัต รูป ก bulging รูป ข subgrain rotation รูป ค grain boundary migration (Passchier and Trouw, 2005)	33
รูปที่ 3.29 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะในภาพแบบอ่อนนึ่มของแร่ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (Passchier and Trouw, 2005)	34
รูปที่ 3.30 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไมกา ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (Passchier and Trouw, 2005)	35
รูปที่ 3.31 แสดงร้วขนานแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2A	36
รูปที่ 3.32 แสดงร้วขนานแร่ไบโอไทต์ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2C	36
รูปที่ 3.33 แสดงร้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2F	37
รูปที่ 3.34 แสดงร้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 5F	37
รูปที่ 3.35 แสดงร้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2G	37
รูปที่ 3.36 ผลึกแผดมีลักษณะตีบลงของแร่แพลจีโอเคลส จากตัวอย่าง 2*	38
รูปที่ 3.37 ผลึกแผดมีลักษณะตีบลงของแร่แพลจีโอเคลส จากตัวอย่าง 2H	38

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.38 ผลึกแผลดมีลักษณะตึบลงของแร่พลจิวเคลส จากตัวอย่าง 4B	38
รูปที่ 3.39 แสดงการเปลี่ยนลักษณะของแร่ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแนวเส้น เนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของอะตอมของแร่ ทำให้เกิดการมืดสว่างแตกต่างกันของแร่ควอตซ์จากตัวอย่าง 2B	39
รูปที่ 3.40 แสดงการเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ จากตัวอย่าง 2*	39
รูปที่ 3.41 แสดงการเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ จากตัวอย่าง 4B	39
รูปที่ 3.42 แสดงการเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ จากตัวอย่าง 5F	40
รูปที่ 3.43 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 1 แสดงลักษณะเหมือนแบบซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2D	40
รูปที่ 3.44 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 4 แสดงลักษณะเหมือนแบบซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2H	41
รูปที่ 3.45 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 4 แสดงลักษณะเหมือนแบบซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2G	41
รูปที่ 3.46 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 5 แสดงลักษณะเหมือนแบบซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2D	42
รูปที่ 3.47 แสดงการเกิดผลึกใหม่พลวัตของแร่ควอตซ์ เกิดผลึกแร่เข้าไปในผลึกแร่อีกผลึก เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 300 - 400 องศาเซลเซียส	42
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิคแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นศูนย์ (Stage 0) ขั้นที่หนึ่ง (Stage 1) และขั้นที่สอง (Stage 2)	44
รูปที่ 4.2 แสดงหินแกรนิตตะกอนที่ไม่มีการเรียงตัวของแร่	45
รูปที่ 4.3 แสดงการเกิดหินแกรนิตตะกอนที่สัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐาน (Metcalf, 2011)	45
รูปที่ 4.4 แสดงหินแกรนิตตะกอน ที่มีการเรียงตัวของแร่และมีการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนึ่มที่แสดงการเหมือนแบบซ้ายเข้า	46

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 แสดงวงรีความเครียด (Strain ellipsoid) ที่เกิดจากการชนกันระหว่างแผ่นพม่าตะวันตก (West Burma) และแผ่นไซบุมาสู (Sibumasu) ทำให้มีแรงบีบอัดในทิศตะวันตก – ตะวันออก และทำให้รอยเลื่อนที่มีทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์) มีการเฉือนแบบซ้ายเข้า (Sinistral shear)	46
รูปที่ 4.6 แสดงแร่ชุดหินแปร (Myron G. Best., Igneous and Metamorphic Petrology, 2 nd ed. Cap 14-19.)	47
รูปที่ 4.7 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)	48
รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่มที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้าและมีแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้	48
รูปที่ 4.9 ภาพแสดงเหตุการณ์แผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) (Charusiri <i>et al.</i> , 2005) ทำให้เกิดแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้	49
รูปที่ 4.10 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)	49
รูปที่ 4.11 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)	50
รูปที่ 4.12 แสดงบริเวณเขตรอยเฉือน (Shear zone) (สาตรักษ์, 2552)	50
รูปที่ 4.13 แสดงรอยเลื่อนแบบขวาเข้าร่วมกับรอยเลื่อนปกติ (Right lateral oblique fault)	51
รูปที่ 4.14 ก ภาพแสดงเหตุการณ์แผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) (Charusiri <i>et al.</i> , 2005) ทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของแรงบีบอัด รูป ข แสดงวงรีความเครียด (Strain ellipsoid) บีบอัดในทิศเหนือ-ใต้ และทำให้รอยเลื่อนที่มีทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ (รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์) มีการเฉือนแบบขวาเข้า (Dextral fault)	52

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.15 แสดงบริเวณเขตรอยเลื่อน (Fault zone) (สาทรักษ์, 2552)	52
รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างและ วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน	53

บทที่ 1

บทนำ (Introduction)

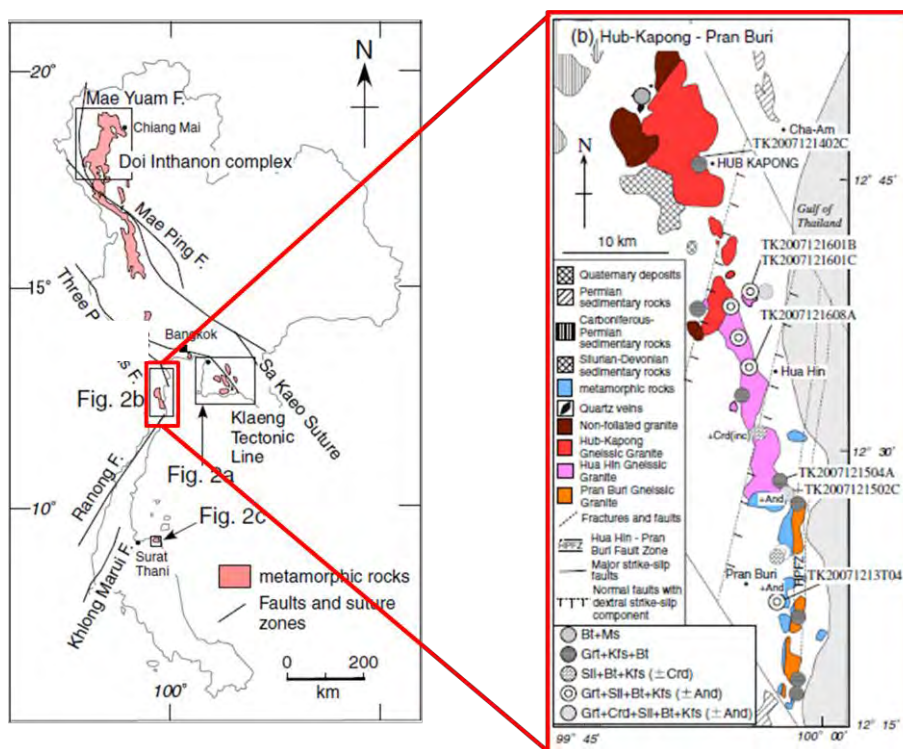
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Origin and significant)

พื้นที่ศึกษาหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ประกอบด้วยหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของเม็ดแร่ เนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ มีการเรียงตัวค่อนข้างดีของผลึกแร่เฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมีอายุ 286-360 ล้านปีหรือยุคคาร์บอนิเฟอรัส (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) จากการพบลักษณะการเรียงตัวของผลึกแร่เฟลด์สปาร์ อาจเรียกหินชนิดนี้ว่า หินไนส์ลิกแกรนิต ซึ่งแนวการวางตัวของหินไนส์ลิกแกรนิตนี้อาจมีการวางตัวต่อเนื่องกับหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Nantasin *et al.*, 2012) และหินในบริเวณรอยเลื่อนระนอง (Watkinson *et al.*, 2008)

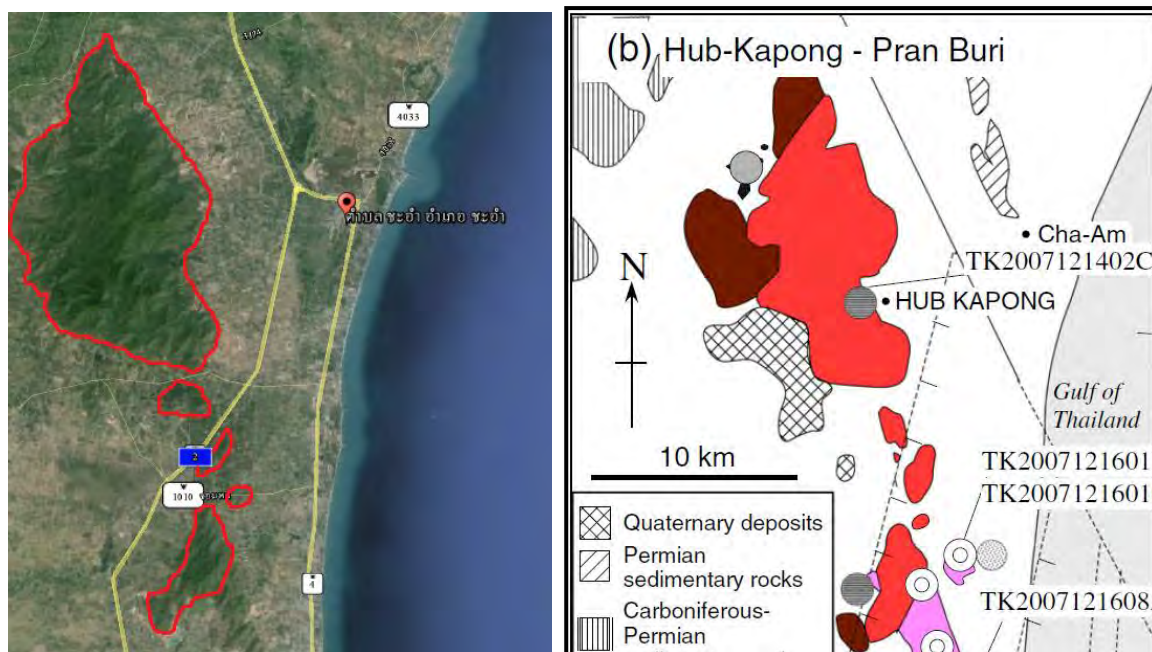
หินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง (Kawakami *et al.*, 2014) มีลักษณะเป็นหินแกรนิต ตะกอน (S-type granite) มีแร่องค์ประกอบเช่น แร่คาร์เนต แร่มีสโคไวด์ แร่ไบโอไทต์ แร่เฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสเซียมและอาจพบแร่ทัวร์มาลีนบ้าง โดยบริเวณใกล้เคียงหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพงสามารถพบหินชีสต์ ที่มีองค์ประกอบของแร่ไบโอไทต์และแร่มีสโคไวด์ร่วมด้วย และจากการหาอายุของหินไนส์ลิกแกรนิตแบบ Rb-Sr whole rock isochron ในบริเวณหุบกะพง พบว่ามีอายุประมาณ 202 ล้านปีหรือยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (Kawakami *et al.*, 2014) การศึกษางานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี รวมไปถึงวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ที่อาจสัมพันธ์กับรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนระนอง เพื่อบ่งบอกถึงธรณีวิทยาโครงสร้างและการวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

1.2 พื้นที่ศึกษา (Location)

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณแนวเทือกเขา ที่พาดผ่านระหว่างอำเภอท่ายางและอำเภอชะอำ ทางตะวันออกเฉียงใต้ของ จังหวัดเพชรบุรี มีการวางตัว ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ ความยาวของภูเขาประมาณ 50 กิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน มีความสูงประมาณ 300 - 650 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยพื้นที่ศึกษาอ้างอิงจาก Kawakami และคณะ (2014) แบ่งพื้นที่ตามลักษณะของหินไนส์แกรนิตที่มีลักษณะแตกต่างกันเป็น 3 บริเวณ คือ หินไนส์-ลิกแกรนิตหุบกะพง หินไนส์ลิกแกรนิตหัวหินและหินไนส์ลิกแกรนิตปราณบุรี (รูปที่ 1.1) โดยในการศึกษาครั้งนี้จะศึกษาบริเวณหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง ที่ตั้งอยู่บริเวณทางเหนือของแนวเทือกเขา (รูปที่ 1.2)



รูปที่ 1.1 แสดงแผนที่ตำแหน่งหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง (Kawakami *et al.*, 2014)

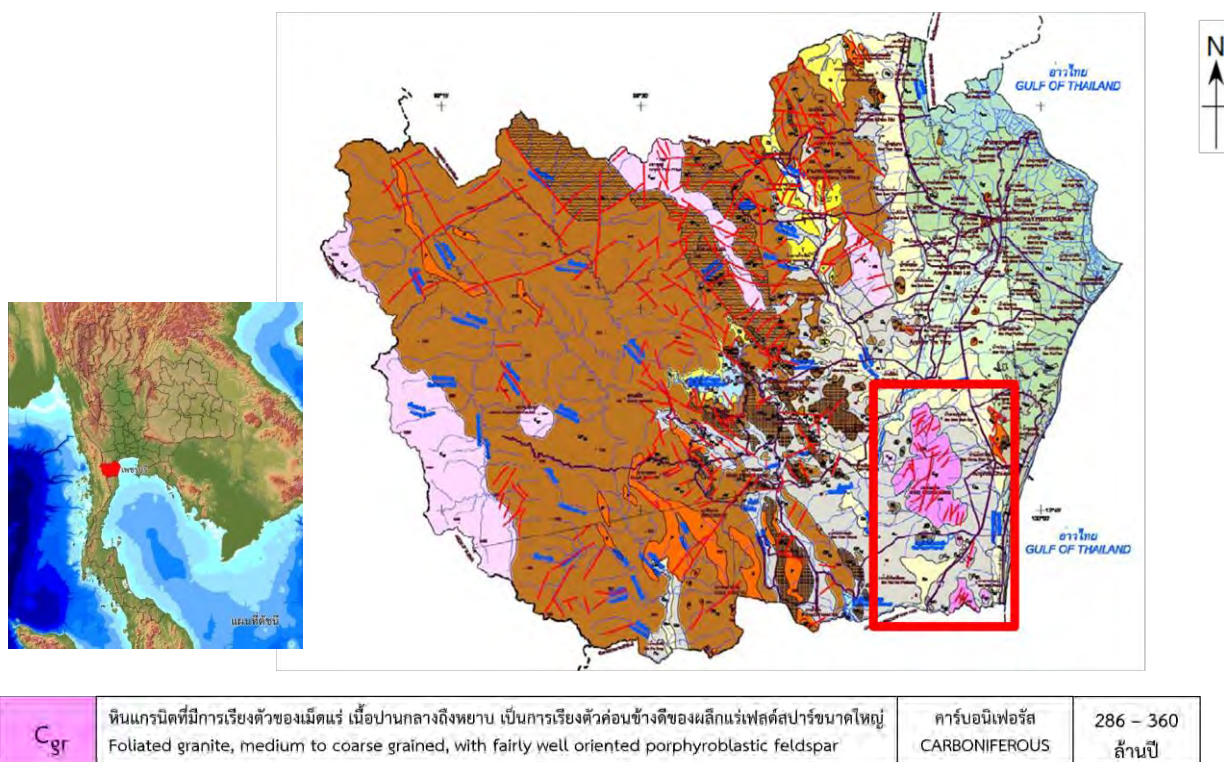


รูปที่ 1.2 ภาพถ่ายดาวเทียม (Google Earth Map) แสดงลักษณะภูมิประเทศ เปรียบเทียบกับบริเวณหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (Kawakami *et al.*, 2014)

การเดินทาง เข้าถึงพื้นที่ศึกษาจากกรุงเทพฯ ใช้เส้นทางหลวงหมายเลข 4 ไปยังอำเภอลำลูกกา จังหวัดเพชรบุรี เลี้ยวไปทางทิศตะวันตกเข้าสู่ถนนหมายเลข 3203 ประมาณ 5 กิโลเมตร เข้าสู่หมู่บ้านหุบกะพง รวมระยะทางทั้งสิ้นประมาณ 200 กิโลเมตร ใช้เวลาเดินทางประมาณ 2 ชั่วโมง 30 นาที

1.3 ธรณีวิทยาทั่วไป (General Geology)

หินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของเม็ดแร่ เนื้อปานกลางถึงเนื้อหยาบ เป็นการเรียงตัวค่อนข้างดีของผลึกแร่เฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่ ซึ่งมีอายุ 286-360 ล้านปีหรือยุคคาร์บอนิเฟอรัส (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) พบในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งหมด (รูปที่ 1.3)



รูปที่ 1.3 แผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดเพชรบุรี แสดงตำแหน่งหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

1.4 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Kawakami และคณะ (2014) ได้ศึกษาหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี มีลักษณะเป็นหินแกรนิตตะกอน (S-type) ประกอบไปด้วยแร่แกร์เน็ต แร่มีสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ แร่เฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสเซียมและอาจพบแร่ทัวร์มาลีนบ้าง และจากการหาอายุแบบ Rb-Sr whole rock isochron ในบริเวณหุบกะพง พบว่ามีอายุประมาณ 202 ล้านปีหรือยุคไทรแอสซิกตอนปลาย และการหาอายุแบบ Ar-Ar จากแร่มีสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ มีอายุ 67 ล้านปีหรือยุคครีเทเชียสตอนปลาย และพบมีการแปรสภาพในแร่ชุดหินแปร แอมฟีโบลิต์ (amphibolite facies) และมีการแปรสภาพแบบย้อนกลับ มายังแร่ชุดหินแปรกรีนชีสต์ (greenschist facies)

Nantasin และคณะ (2012) ได้ศึกษาหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ พบบริเวณวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ พบการแปรสภาพอยู่ในแร่ชุดหินแปร แอมฟีโบลิต์ ในช่วง 51-57 ล้านปี และพบการแปรสภาพที่อุณหภูมิ 300 °C (closure temperature of biotite; greenschist facies) เกิดการเฉือนแบบซ้ายเข้าและมีแรงบีบอัด (transpressional) บริเวณ

shallow depth มีการหาอายุแบบ Ar-Ar biotite ประมาณ 33 ล้านปี หลังจากนั้นในช่วง 24 ล้านปี เกิด right lateral oblique faults (transtensional) บริเวณใกล้พื้นผิว

Watkinson และคณะ (2008) ได้ศึกษาหินในบริเวณรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย พบร้าวขนานวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ เกิด การแปรสภาพ อายุ ประมาณ 87 ล้านปี มีลักษณะการเฉือนแบบขวาเข้า (ductile dextral shear) และพบการเปลี่ยนทิศของรอยเลื่อน เป็นซ้ายเข้า (brittle sinistral fault)

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ (Objectives)

1. เพื่อศึกษาลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิริกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี
2. เพื่อศึกษาวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิริกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

1.6 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

การศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิริกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี แบ่งเป็น 2 ระดับหลักคือ

1. ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัพภาค (mesoscopic scale) ประกอบด้วยการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามซึ่งจะได้ข้อมูลการวางตัวของชั้นหินแสดงร้าวขนาน (foliation), ข้อมูลโครงสร้างย่อยชนิดเส้น (lineation), ตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (oriented specimen) เป็นต้น ข้อมูลข้างต้นสามารถนำไปกำหนดตำแหน่งใน นตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า (equal-area stereographic net) และแผนภาพกุหลาบ (rose diagram)

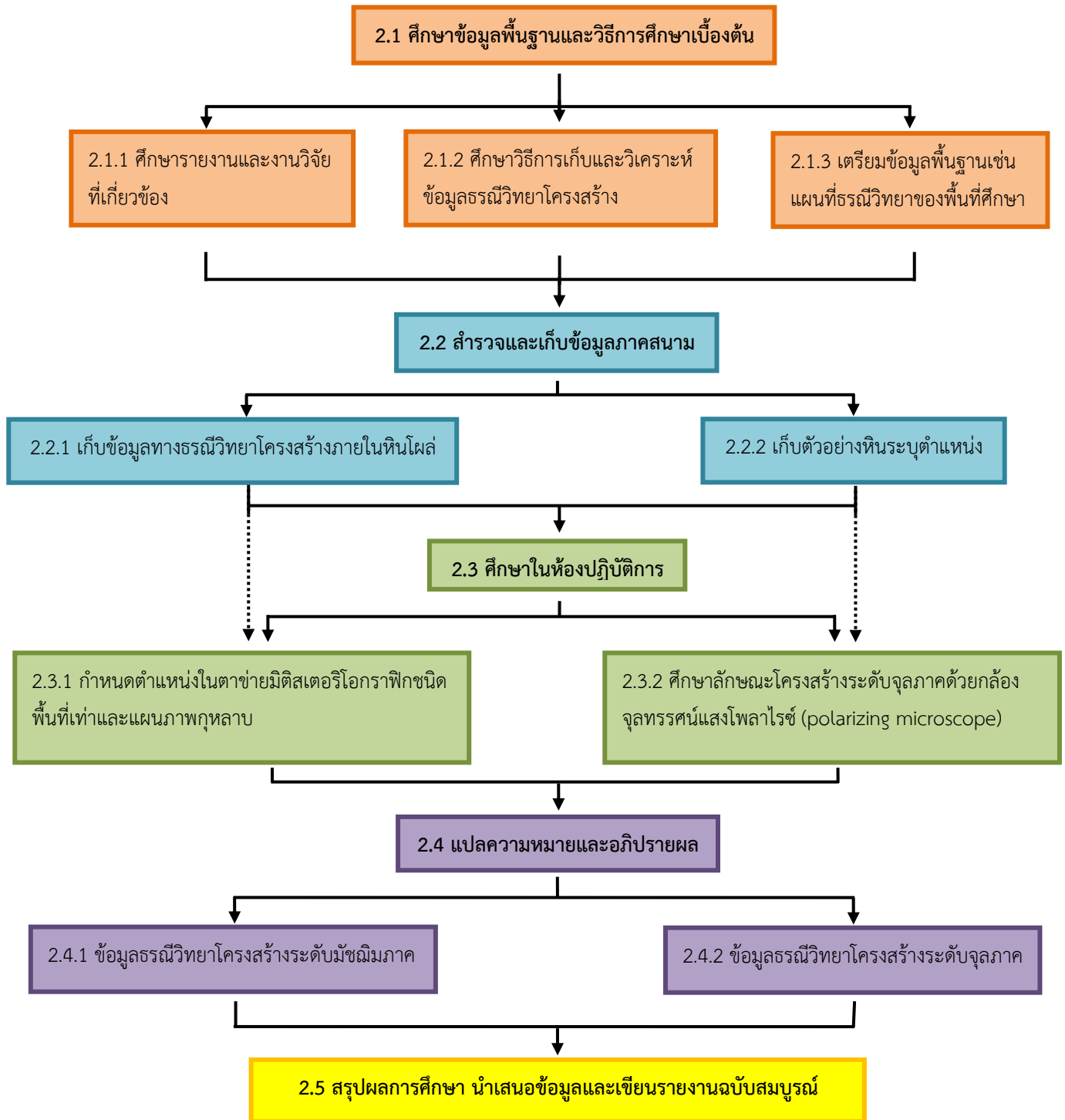
2. ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค (microscopic Scale) ศึกษาแผ่นหินขัดบาง (thin section) จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค (microstructure)

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected output)

1. ทราบลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิริกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี
2. ทราบวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิริกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

บทที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

ระเบียบวิธีวิจัยจะแสดงขั้นตอนตั้งแต่การศึกษาข้อมูลพื้นฐานไปจนถึงการเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์ (รูปที่ 2.1) โดยจะแบ่งเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 2.1 แผนผังแสดงขั้นตอนระเบียบวิธีวิจัย

2.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น

2.1.1 ศึกษารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลที่น่าสนใจได้แก่

- ข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไปในพื้นที่ศึกษา
- ข้อมูลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและค่าการวางตัวของธรณีวิทยาโครงสร้างภายในหินโผล่ในพื้นที่ศึกษา
- ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์
- ตัวอย่างหินจากภาคสนาม

ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสืบค้นได้จากห้องสมุดภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหรือสืบค้นได้จากอินเทอร์เน็ต

2.1.2 ศึกษาวิธีการเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างในภาคสนามและการศึกษาข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคจะทำการศึกษาโดยทำแผ่นหินบาง จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง ที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษา โดยนำมาศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ ทำให้สามารถทราบถึงทิศทางของแรง กลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ศึกษา แร่ประกอบหินและลักษณะเนื้อหินที่สัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงลักษณะและอุณหภูมิในระหว่างการเปลี่ยนแปลงลักษณะ

2.1.3 เตรียมข้อมูลพื้นฐานก่อนออกภาคสนามประกอบไปด้วย

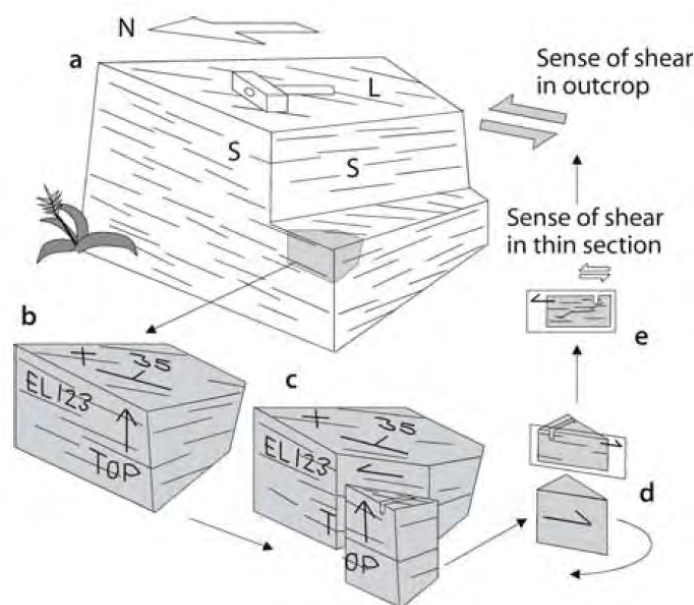
- แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดเพชรบุรี มาตราส่วน 1:250,000
- แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1: 50,000
 - ลำดับชุด L7018 ระวัง 4934 I อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี ประเทศไทย
 - ลำดับชุด L7018 ระวัง 4934 II อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ประเทศไทย
- แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม จาก Google earth

โดยแผนที่ทั้งหมดสามารถสืบค้นได้จากห้องสมุดแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยหรือทางอินเทอร์เน็ต

2.2 สํารวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

2.2.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างภายในหินโผล่และเก็บข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างในแต่ละจุดศึกษาโดยใช้เข็มทิศธรณีวิทยา ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลการวางตัวของชั้นหินแสดงร้วขนาน โครงสร้างย่อยชนิดเส้น ข้อมูลเชิงพื้นที่ระบุตำแหน่ง และลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างบ่งชี้อื่นๆ ทำการบันทึกภาพถ่ายเก็บไว้เป็นหลักฐานและใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2.2.2 เก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง จะเก็บตัวอย่างหินโดยการตอกเก็บตัวอย่างหินขนาดไม่น้อยกว่า 15 ซม. x 15 ซม. x 15 ซม. จากนั้นนำหินตัวอย่างกลับเข้าที่เดิมและเขียนระบุตำแหน่งของการวางตัวของโครงสร้างทางธรณีวิทยาอย่างละเอียด (รูปที่ 2.2) เพื่อนำตัวอย่างหินกลับมาศึกษาในห้องปฏิบัติการ แล้วข้อมูลการระบุตำแหน่งบนตัวอย่างหินสามารถระบุการวางตัวได้เสมือนหินโผล่ในภาคสนาม

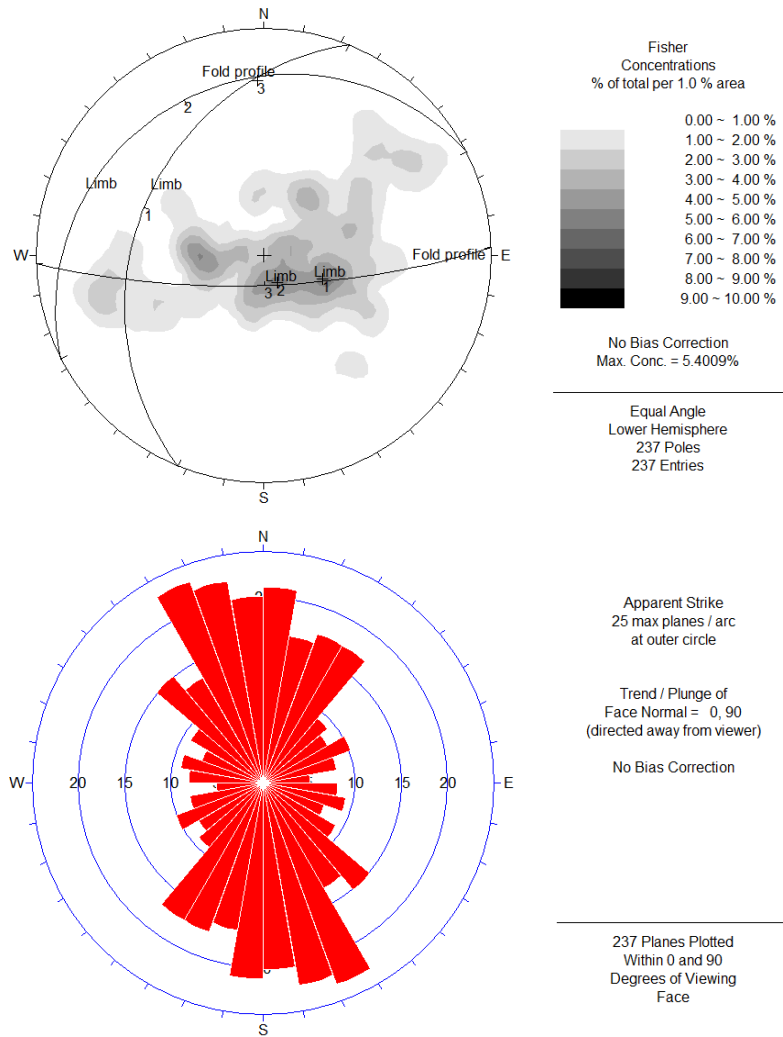


รูปที่ 2.2 แสดงการเก็บตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง (Passchier and Trouw, 2005)

2.3 ศึกษาในห้องปฏิบัติการ

2.3.1 กำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุกุหลาบ

ข้อมูลสำหรับการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง ได้แก่ การวางตัวของร้วขนาน โครงสร้างย่อยชนิดเส้นหรือโครงสร้างอื่นๆที่พบในภาคสนาม เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัภูมิภาค โดยนำข้อมูลข้างต้นมากำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอร์ไอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุกุหลาบ (รูปที่ 2.3) เพื่อนำมาวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่ศึกษา



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกู่หลาบ

2.3.2 ทำแผ่นหินบางและศึกษาลักษณะโครงสร้างระดับจุลภาค ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์

แผ่นหินบางจากหินตัวอย่างระบุตำแหน่ง สามารถนำมาศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค ที่ปรากฏในแต่ละจุดศึกษา โดยศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินและแร่ ที่บ่งชี้ถึงโครงสร้างทางธรณีวิทยา เช่น การยืดของแร่ การแตกของแร่ รวมไปถึงสภาวะอุณหภูมิการแปรสภาพและระดับการแปรสภาพของหินภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ ซึ่งขั้นตอนการทำแผ่นหินบางเพื่อแสดงธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคที่ชัดเจนและถูกต้องมากที่สุด มีลำดับการเตรียมตัวอย่างดังนี้

- นำตัวอย่างหินระบุตำแหน่ง มาพิจารณาการวางตัวของริ้วขนาน และโครงสร้างย่อยเส้น จากนั้นวางแนวการตัดให้ตั้งฉากกับแนวริ้วขนานและขนานกับโครงสร้างแนวเส้น เพื่อดูลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกิดจากความเค้นมากที่สุด (maximum stress) ที่กระทำต่อหินในพื้นที่ศึกษา

2. เลือกบริเวณที่ต้องการศึกษาโดยอาศัยการเปลี่ยนลักษณะของหินและแร่ และลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้าง ตัดแผ่นหินให้ได้ขนาดเหมาะสม (slab) กับแผ่นกระจกใส โดยทำสัญลักษณ์ที่ด้านบน (top)
3. นำด้านล่าง (bottom) ของแผ่นหินมาติดกับแผ่นกระจกใส เสมือนมองจากหินโผล่ (ระวังอย่าติดแผ่นหินด้านบนกับแผ่นกระจกใส มิฉะนั้นจะทำให้เกิดการวิเคราะห้ผิดพลาด)
4. ดำเนินการทำแผ่นหินขัดบางตามขั้นตอนปกติ

2.4 แปลความหมายและอภิปรายผล

โดยข้อมูลที่แปลความหมายและอภิปรายผล แบ่งได้ 2 ลักษณะ

2.4.1 ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัณมิภาค

แปลความหมายจากข้อมูลที่ได้จากภาคสนาม และจากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติ สเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุหลาบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัณมิภาค

2.4.1 ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค

แปลความหมายจากการวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์จากการเปลี่ยนแปลงลักษณะ (deformation) ทิศทางการเฉือน (sense of shear) ทิศทางหลักของริ้วขนาน โครงสร้างย่อยชนิดเส้นของหินในพื้นที่ศึกษา

2.5 สรุปผลการศึกษา นำเสนอข้อมูลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ผลการศึกษา มาอภิปรายในรูปแบบของธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural style) และวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural evolution) ของพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์ร่วมกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้สนับสนุนผลการศึกษาที่สอดคล้องกัน สรุปผลการศึกษา และนำเสนอข้อมูลในรูปแบบสัมมนาและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 3

การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

เนื้อหาในบทนี้ จะแสดงผลลัพธ์ทั้งหมดจากการศึกษาธรณีโครงสร้างระดับภูมิภาคจากการออกภาคสนามและธรณีโครงสร้างระดับจุลภาคจากการศึกษาภายใต้แผ่นหินบางของหินไนส์-สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ธรณีวิทยา (Geology)

ธรณีวิทยาของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จากการศึกษาแผนที่ธรณีวิทยาและหินโผล่จากการออกภาคสนาม พบแร่ประกอบในหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพงได้แก่ แร่ควอตซ์ (quartz) แร่ไบโทไทต์ (biotite) แร่มีสโคไวท์ (muscovite) แร่แพลจิโอเคลส (plagioclase) แร่แอมฟิโบล (amphiboles) และแร่เฟลด์สปาร์ขนาดใหญ่ (feldspar) ที่มีการเรียงตัวค่อนข้างดี ขนาดปานกลางถึงหยาบ มีการผุพังแบบแตกเป็นกาบ (exfoliation) โดยมีการแบ่งเป็นจุดศึกษาทั้งหมด 5 จุดศึกษา (รูปที่ 3.1) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมกับหินไนส์แกรนิตหุบกะพง

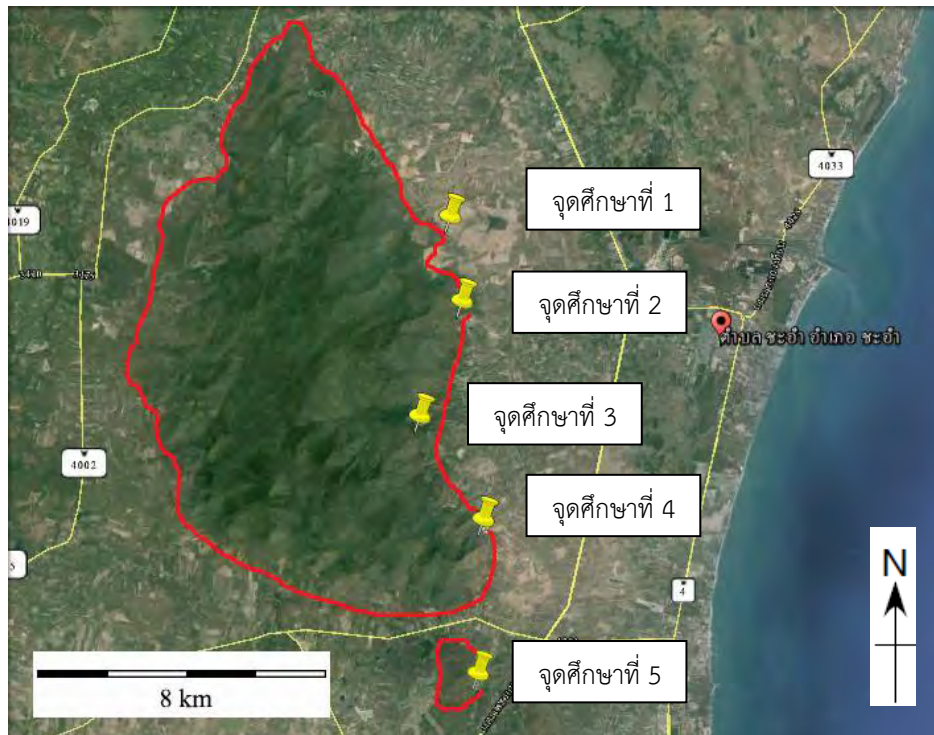
ได้แก่ จุดศึกษาที่ 1 Grid UTM 47P E 597014 N 1417838

จุดศึกษาที่ 2 Grid UTM 47P E 597389 N 1415417

จุดศึกษาที่ 3 Grid UTM 47P E 596188 N 1412139

จุดศึกษาที่ 4 Grid UTM 47P E 598041 N 1409219

จุดศึกษาที่ 5 Grid UTM 47P E 597875 N 1404824



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายดาวเทียม Google earth แสดงจุดศึกษาแต่ละตำแหน่งบริเวณแนวภูเขาหุบกะพง

3.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structure geology)

การวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์แกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี แบ่งได้เป็น 2 ระดับ ได้แก่ ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัศจรรย์จากการออกภาคสนามและธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคจากการศึกษาภายใต้แผ่นหินบาง

3.2.1 ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัศจรรย์

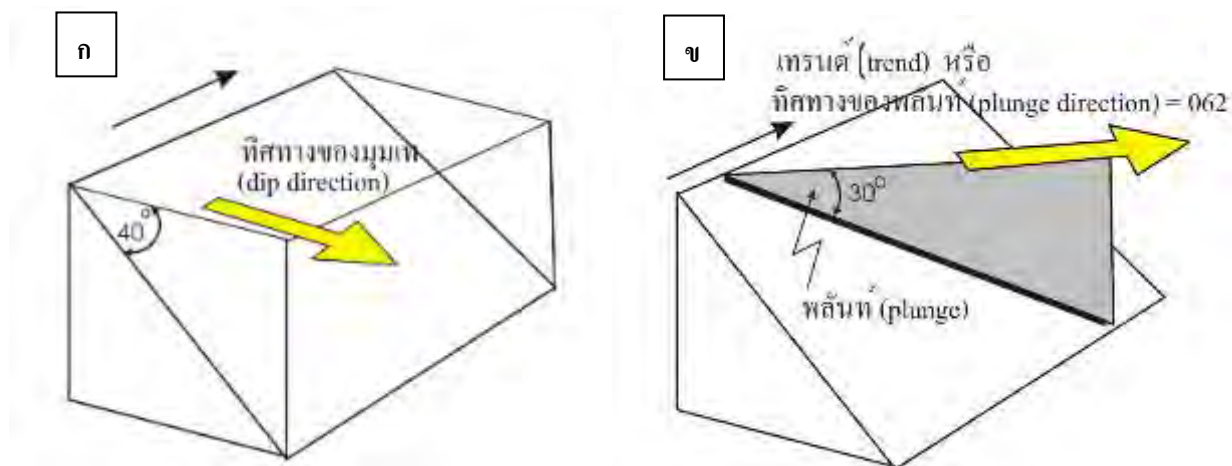
ข้อมูลที่ได้เก็บจากหินโผล่ที่ได้จากการออกภาคสนาม ได้แก่ ข้อมูลการวางตัวของริ้วขนาน ข้อมูลโครงสร้างย่อยชนิดเส้นและรอยแตก โดยนำข้อมูลที่ได้นำไปกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าและแผนภาพกุหลาบ เพื่อวิเคราะห์ธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างหินไนส์แกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

3.2.1.1 โครงสร้างการวางตัวของริ้วขนาน (Foliation)

จากการศึกษานี้มุ่งเน้นไปยังการศึกษาธรณีโครงสร้างริ้วขนาน โดยโครงสร้างนี้มีการเรียงตัวของเม็ดแร่เป็นลวดลายและเป็นระนาบ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (ductile deformation) การอธิบายลักษณะการวางตัวของโครงสร้างริ้วขนานโดยการอธิบายค่าการวัดทิศทางแนวระดับ (strike) และมุมเอียงเท (dip) (รูปที่ 3.2 รูป ก)

3.2.1.2 โครงสร้างสร้างย่อยชนิดเส้น

โครงสร้างที่มีรูปทรงเรขาคณิตเป็นแนวเส้น โดยการศึกษานี้จะมุ่งเน้นโครงสร้างแนวเส้นจากการเรียงตัวหรือการยืดของแร่ (mineral lineation) การอธิบายลักษณะการวางตัวของโครงสร้างย่อยที่สัมพันธ์กับแร่ (รูปที่ 3.3) เส้นโดยใช้ค่าทิศทางการวัดการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนด์ (trend) และมุมปลันจ์ (plunge) (รูปที่ 3.2 รูป ข)



รูปที่ 3.2 รูป ก แสดงทิศทางการวัดทิศทางแนวระดับ (strike) และมุมเอียงเท (dip) รูป ข แสดงทิศทางการวัดการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนด์ (trend) และมุมปลันจ์ (plunge)

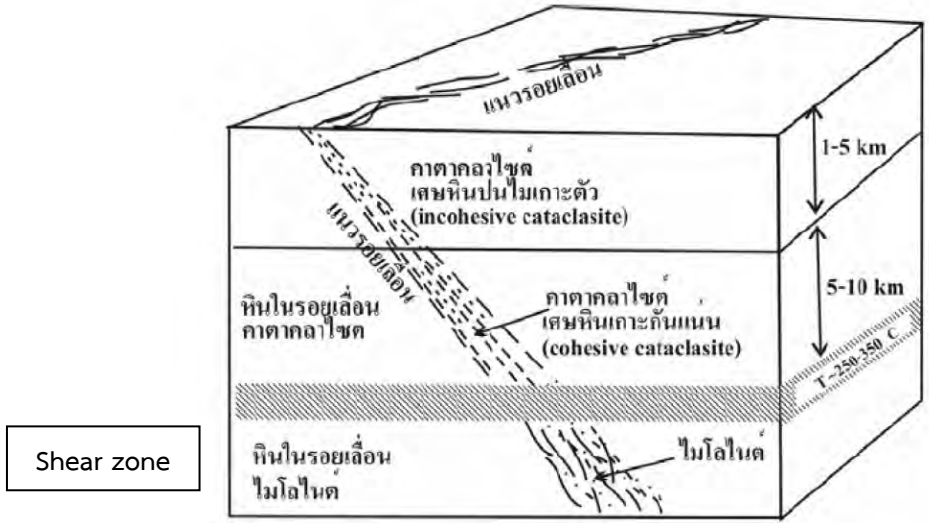
(<http://home.kku.ac.th/peangta/lab-ch2-plane-final.pdf>)



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างย่อยชนิดเส้นที่สัมพันธ์กับแร่ ได้แก่ รูป ก แสดงลักษณะแร่แบบเข็ม (acicular habit lineation) (en.wikipedia.org) รูป ข แสดงการยืดของเม็ดแร่ (elongated grain lineation) รูป ค แสดงลักษณะเส้นใย (mineral fiber lineation) (www.brynmawr.edu/geology/Fieldtrips/Stop5.htm) รูป ง การเรียงตัวของแร่จากรอยเลื่อน (mineral slickenline) (geologylearn.blogspot.com/2015/08/lineations-in-brittle-regime.html)

3.2.1.3 เขตรอยเลื่อน (Shear zone)

หินในบริเวณเขตรอยเลื่อน มีลักษณะการยืดของแร่แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนืด โดยหินในเขตรอยเลื่อนเกิดที่ระดับความลึกมากกว่า 10-15 กิโลเมตร (รูปที่ 3.4)



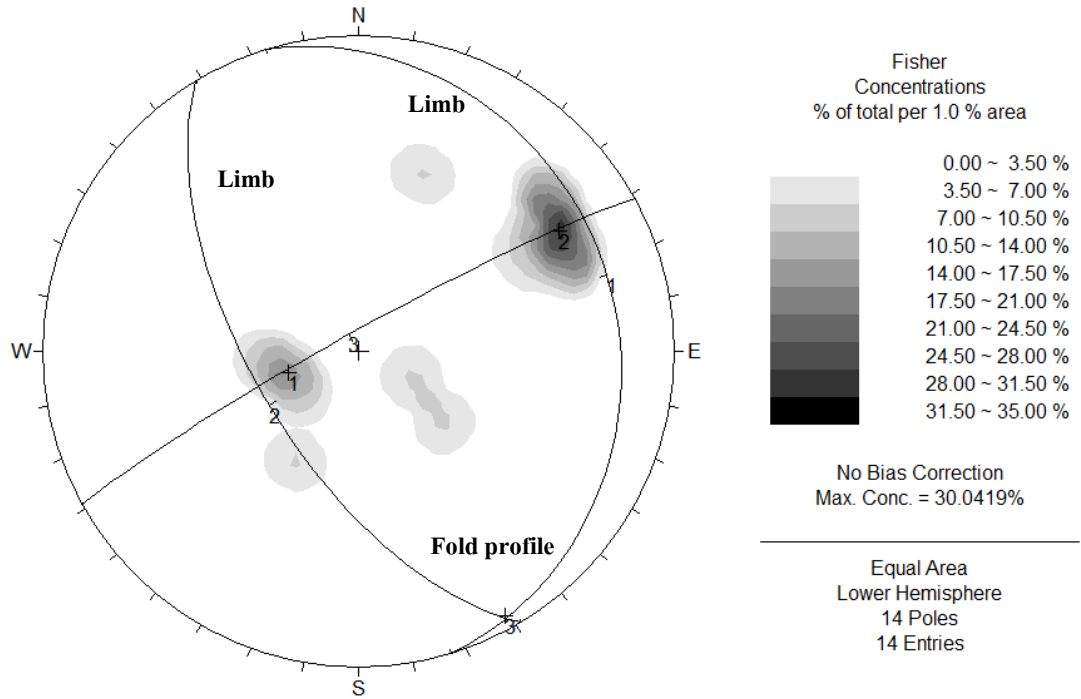
รูปที่ 3.4 แสดงการกำเนิดหินรอยเลื่อนที่ระดับความลึกต่างๆ (สาตวรรษ, 2552)

จุดศึกษาที่ 1

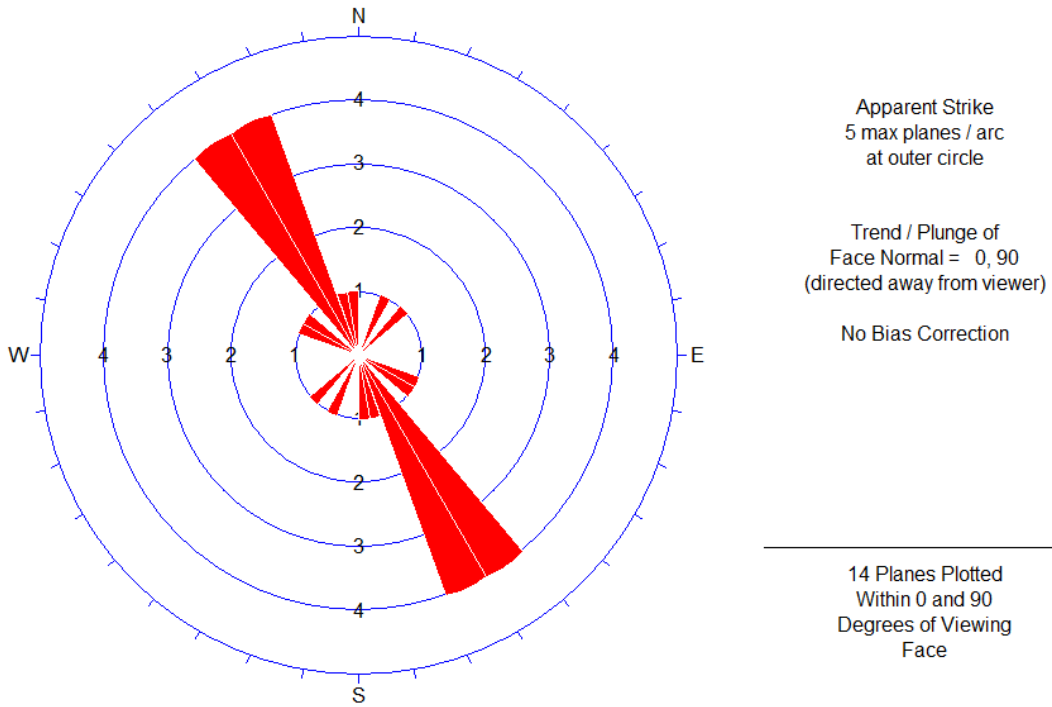
เป็นหินโผล่ของหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของแร่ และพบแร่ เฟลด์สปาร์ขนาดปานกลางมีการเรียงตัวค่อนข้างดี ทิศทางการวางตัวของริ้วขนานมีการวางตัวประมาณ $343^{\circ}/19^{\circ}$ NE และ $149^{\circ}/63^{\circ}$ SW (รูปที่ 3.5 ก และ ข)



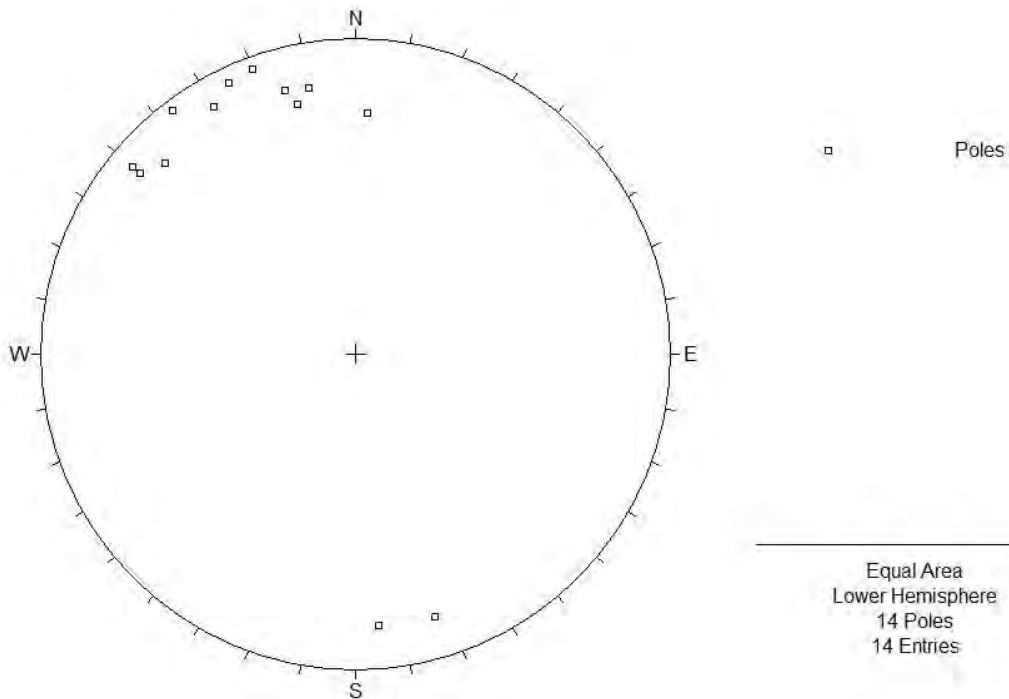
รูปที่ 3.5 รูป ก แสดงริ้วขนาน (เส้นประสีเหลือง) ของจุดศึกษาที่ 1 มีการเรียงตัวของแร่ วางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (ทิศเหนือชี้ตามเข็มทิศ) รูป ข แสดงริ้วขนานวางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง) ของจุดศึกษาที่ 1 (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี) รูป ค แสดงการแตกกาบของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี)



รูปที่ 3.6 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวางตัวของรีซนานจำนวน 14 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ (fold profile) $241^{\circ}/85^{\circ}$ NW เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $343^{\circ}/19^{\circ}$ NE ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $149^{\circ}/63^{\circ}$ SW ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $151^{\circ}/5^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $241^{\circ}/85^{\circ}$ NW



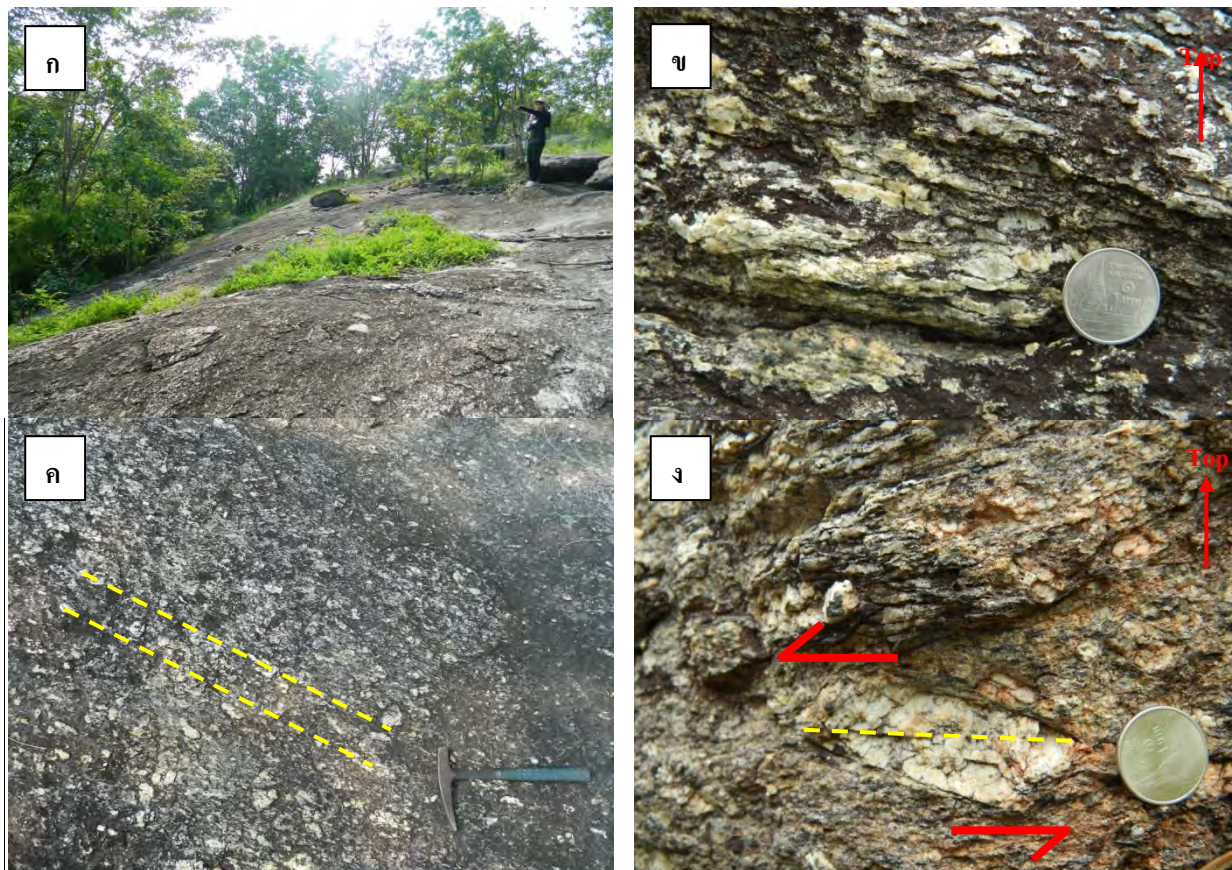
รูปที่ 3.7 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื๊วขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลาย มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยมีทิศการเอียงเทของรื๊วขนานไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้



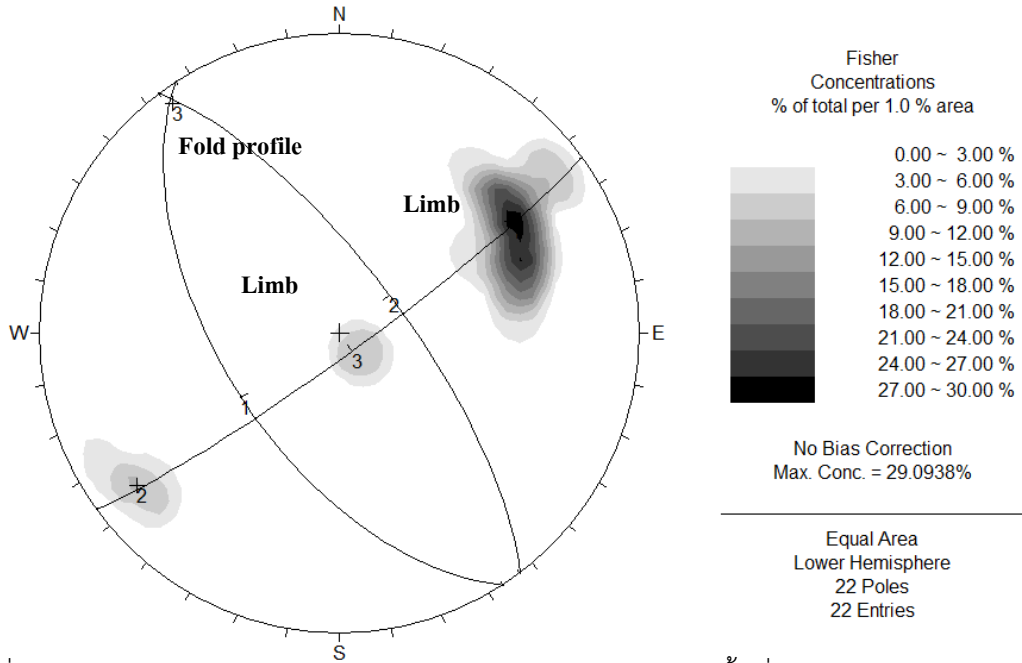
รูปที่ 3.8 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 14 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนต์ ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและมุมพลันจ์ ในแนวระดับ (sub-horizontal) $346^{\circ}/16^{\circ}$

จุดศึกษาที่ 2

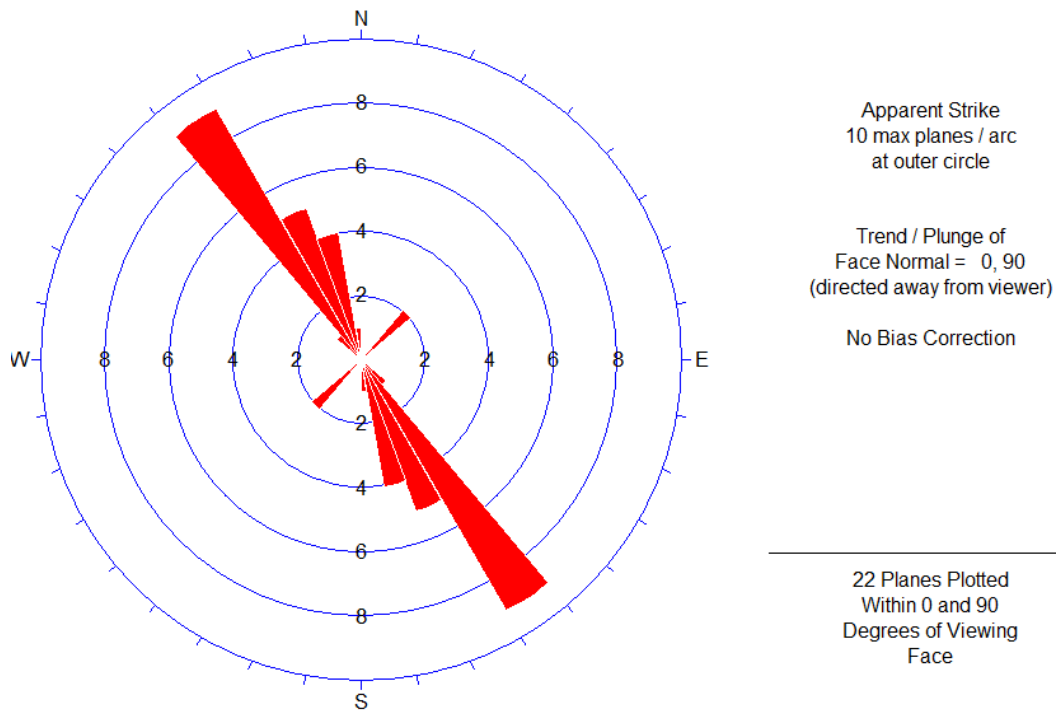
เป็นหินโผล่ของหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของแร่เฟลด์สปาร์ขนาดประมาณ 1-5 เซนติเมตร มีทิศการวางตัวของริวขนานมีการวางตัวประมาณ $147^{\circ}/58^{\circ}$ SW และ $323^{\circ}/73^{\circ}$ NE (รูป 3.9 ค และ ง)



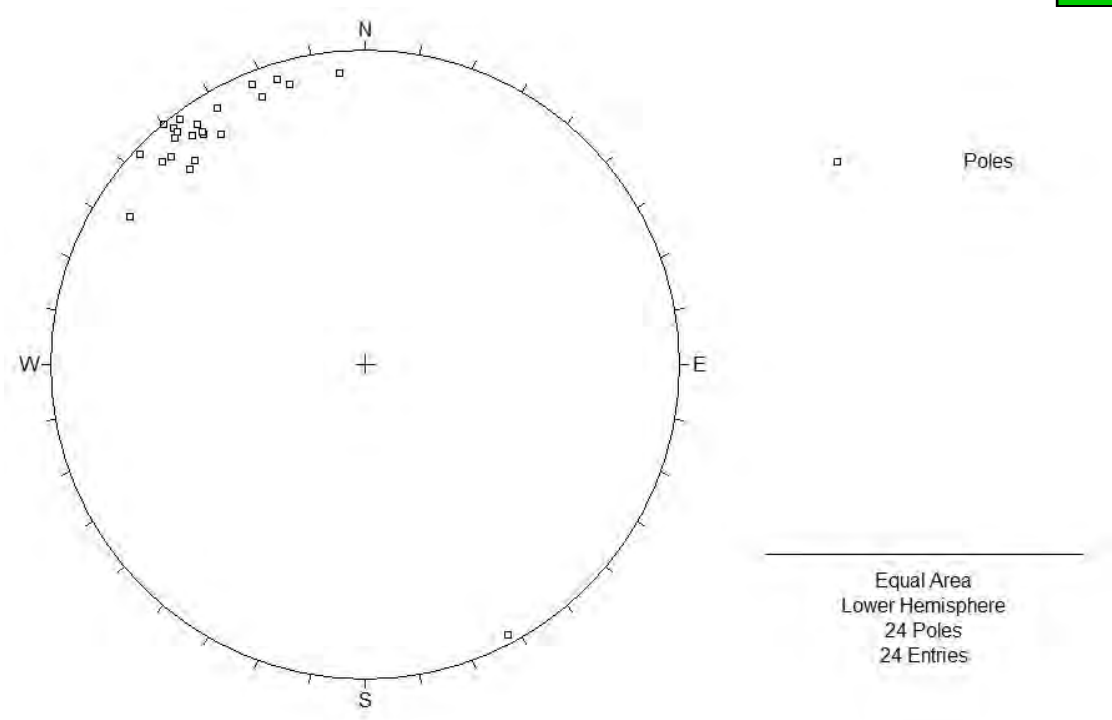
รูปที่ 3.9 รูป ก หินโผล่ของจุดศึกษาที่ 2 แสดงการแตกกาบของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 160 เซนติเมตร) รูป ข แสดงริวขนานและโครงสร้างย่อยชนิดเส้นของจุดศึกษาที่ 2 วางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ รูป ค แสดงริวขนานวางตัวไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (เส้นประสีเหลือง) (ทิศเหนือชี้ตามปลายค้อนธรณี) รูป ง แสดงโครงสร้างย่อยชนิดเส้น มีลักษณะการยึดของแร่เฟลด์สปาร์ มีการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม แสดงการเนียนแบบซ่ายเข้า



รูปที่ 3.10 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของริ้วขนาน จำนวน 22 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ 54°/84° SE เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว 147°/58° SW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว 323°/73° SW ระนาบทั้งสองตัดกันที่ 324°/6° ซึ่งอยู่บนระนาบ 54°/84° SE



รูปที่ 3.11 จากการกำหนดค่าการวางตัวของริ้วขนาน จำนวน 22 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) โดยมีทิศการเอียงเทของริ้วขนานไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้



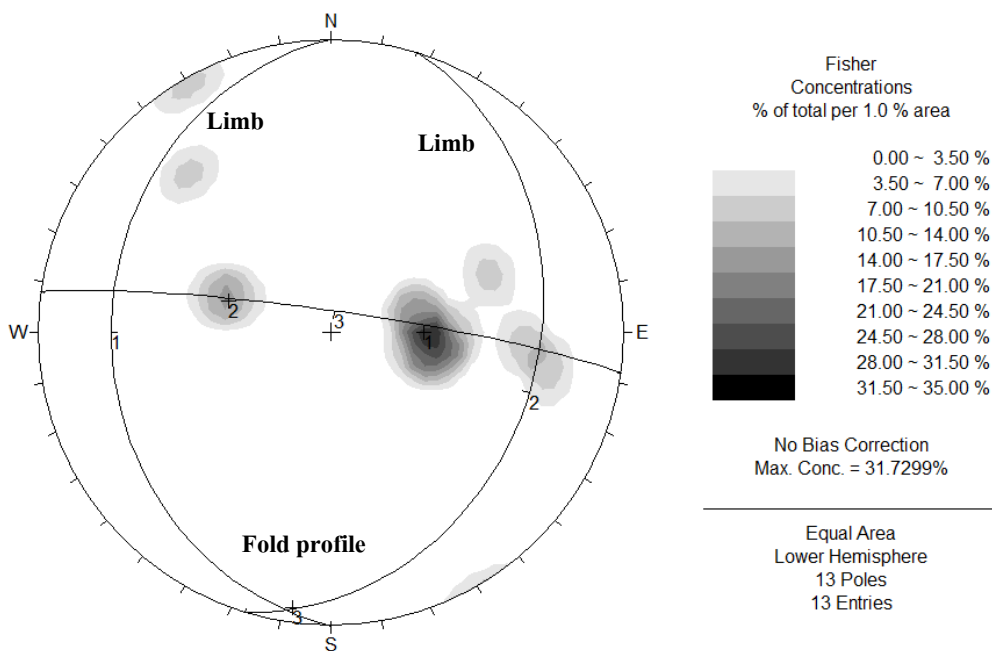
รูปที่ 3.12 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 22 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนต์ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและมุมพลิกจีในแนวระดับ $321^{\circ}/9^{\circ}$

จุดศึกษาที่ 3

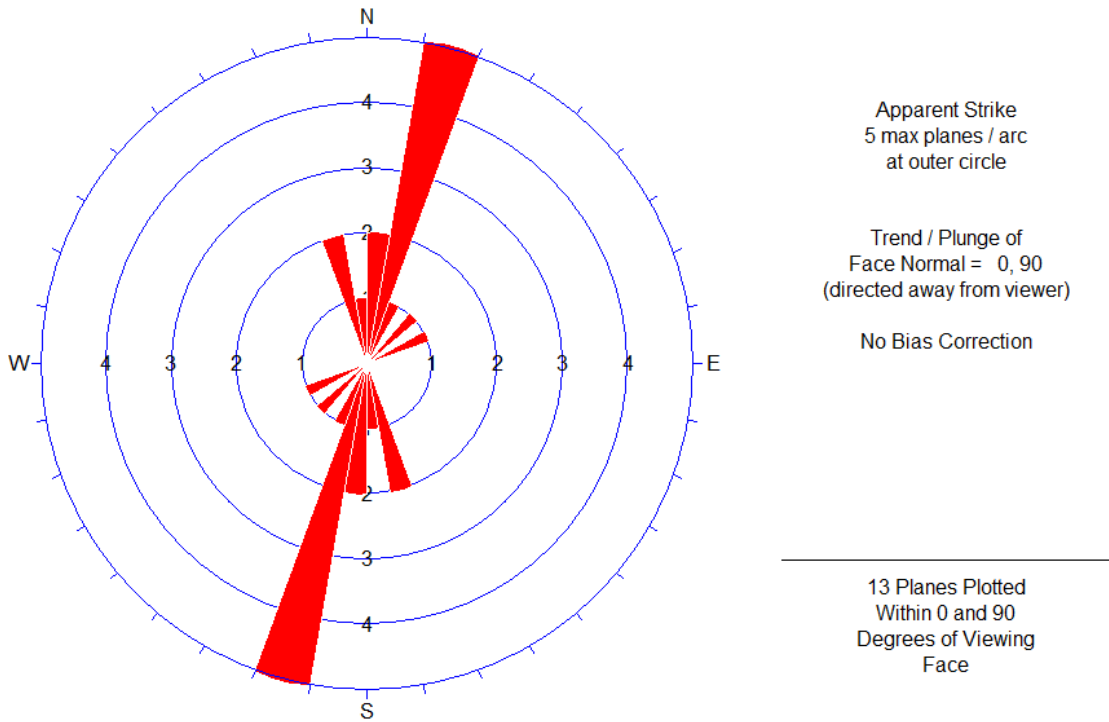
เป็นหินโผล่ของหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของแร่เฟลด์สปาร์ มีทิศการวางตัวของริ้วขนานมีการวางตัวประมาณ $180^{\circ}/26^{\circ}$ W และ $17^{\circ}/30^{\circ}$ SE (รูปที่ 3.13)



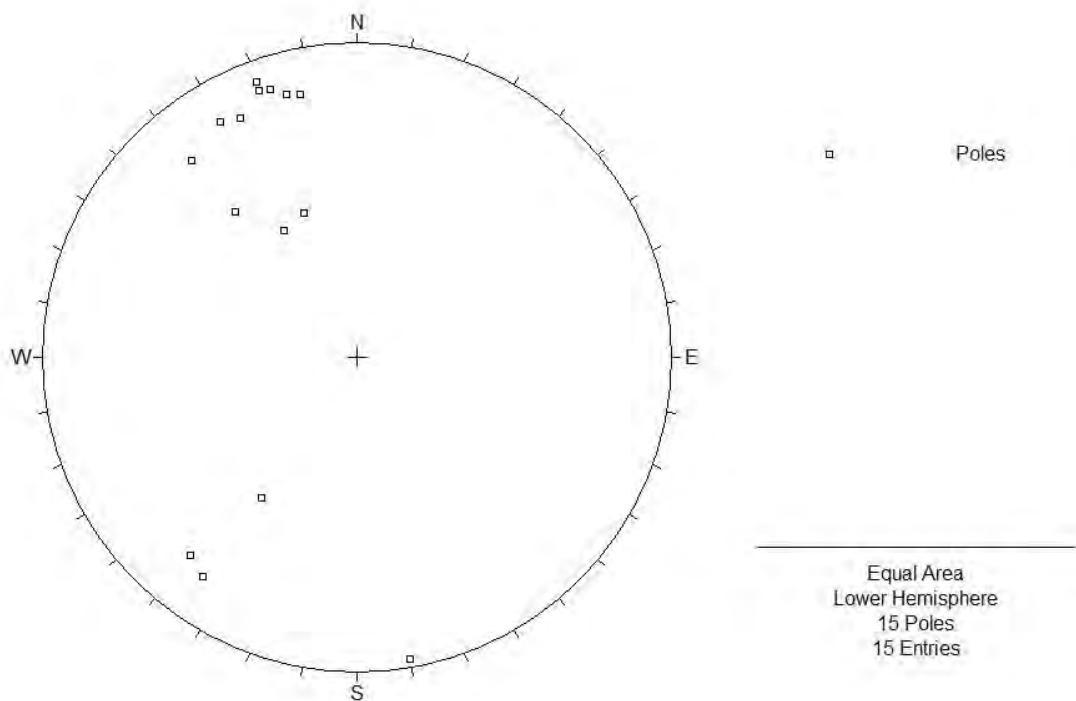
รูปที่ 3.13 แสดงการแตกกาบของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 3 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 173 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.14 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวางตัวของริ้วขนาน จำนวน 13 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $278^{\circ}/84^{\circ}$ N เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $180^{\circ}/26^{\circ}$ W ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $17^{\circ}/30^{\circ}$ SE ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $188^{\circ}/6^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $278^{\circ}/84^{\circ}$ N



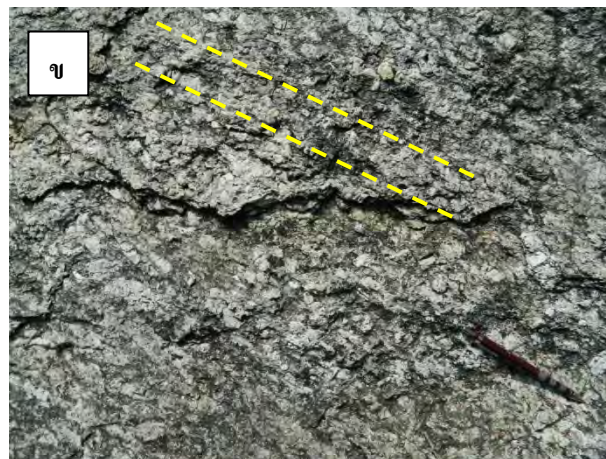
รูปที่ 3.15 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื๊วขนาน จำนวน 13 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ (NNE-SSW) โดยมีทิศการเอียงเทของรื๊วขนานไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้



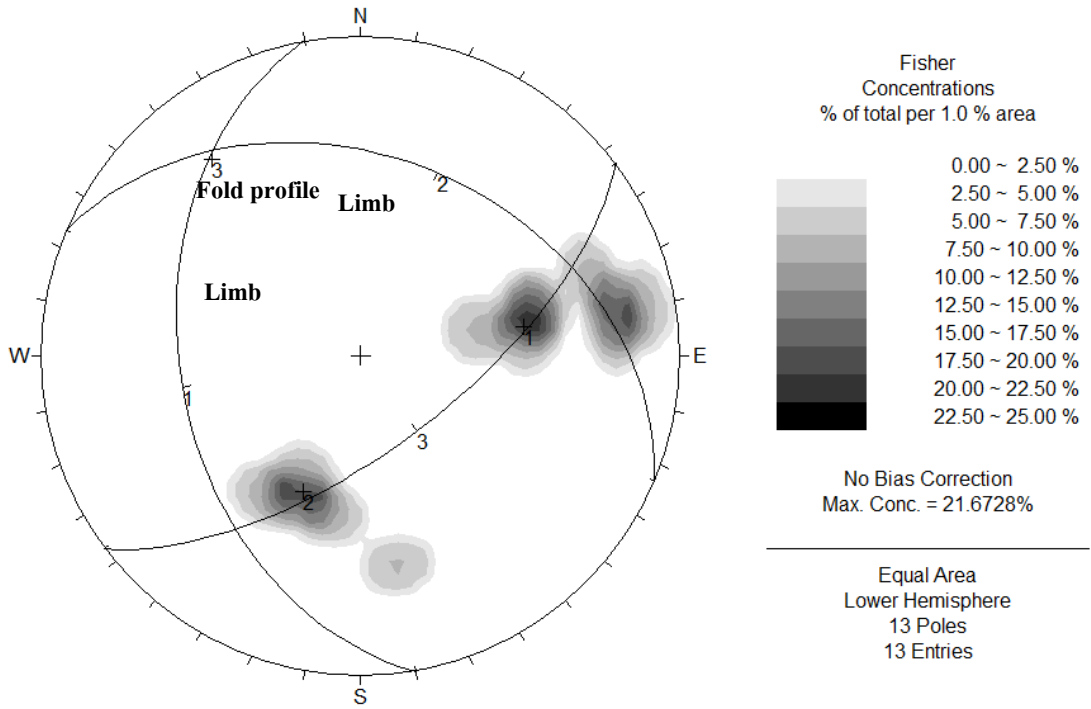
รูปที่ 3.16 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 15 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่หรือมุมเทรนต์ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW) และมุมพลันจ์ในแนวระดับ $341^{\circ}/13^{\circ}$

จุดศึกษาที่ 4

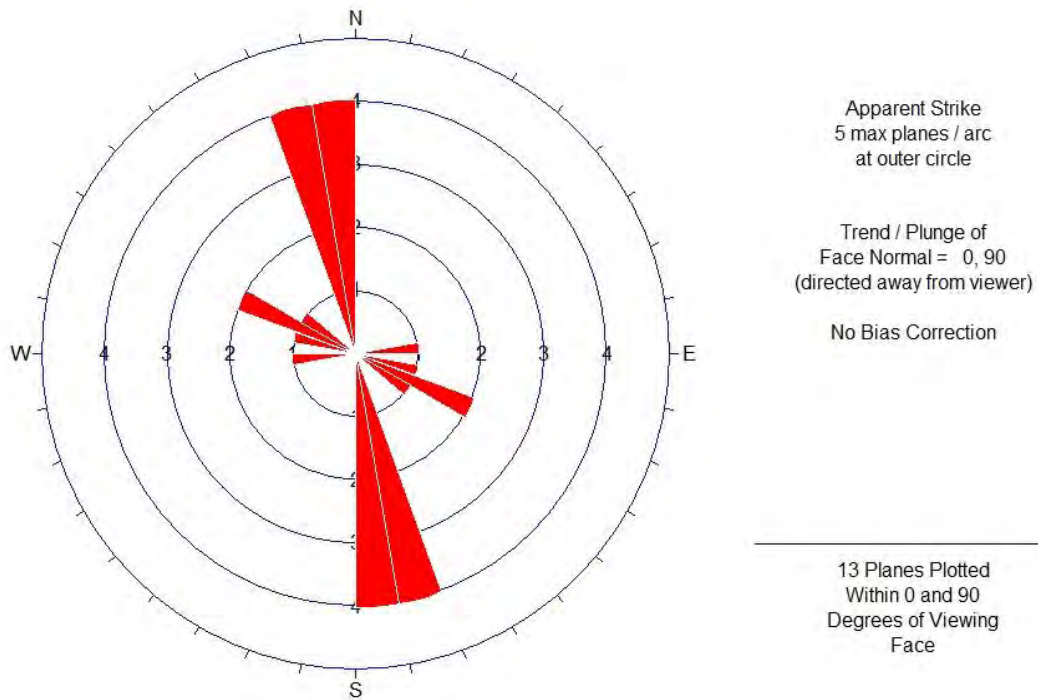
เป็นหินโผล่ของหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของแร่เฟลด์สปาร์ ขนาดประมาณ 1-3 เซนติเมตร มีทิศการวางตัวของร้าวขนานมีการวางตัวประมาณ $170^{\circ}/43^{\circ}$ NW และ $53^{\circ}/66^{\circ}$ SE (รูปที่ 3.17 ข และ ค)



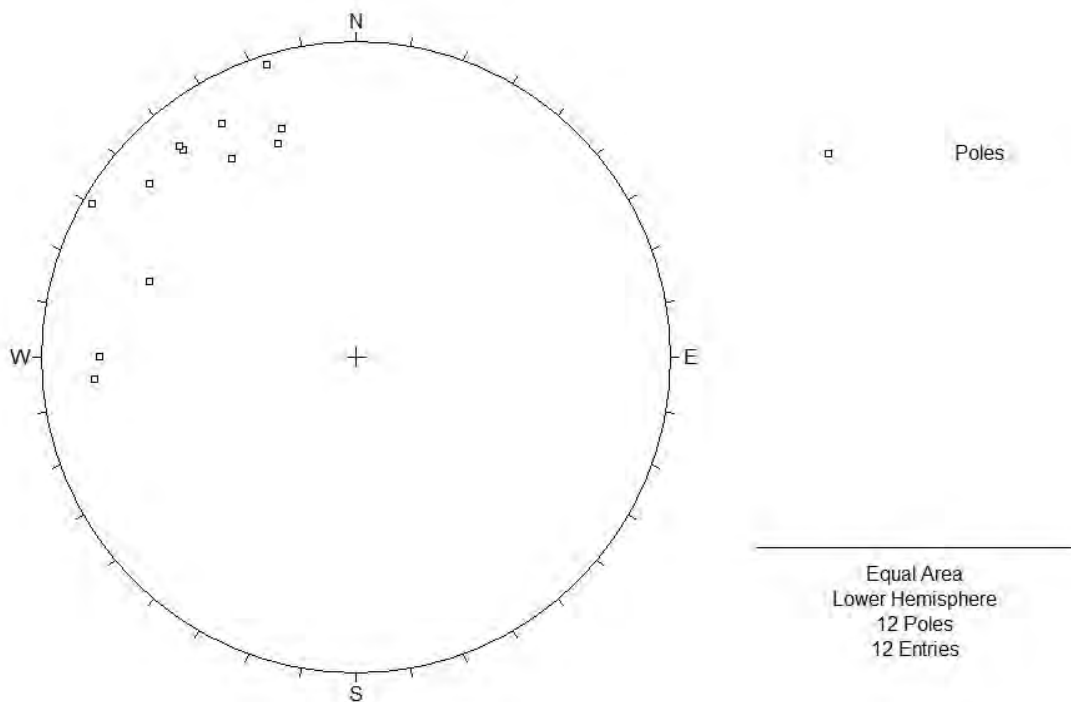
รูปที่ 3.17 รูป ก แสดงการแตกกาบของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 4 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 173 เซนติเมตร) รูป ข และ ค แสดงร้าวขนาน (เส้นประสีเหลือง) และโครงสร้างย่อยชนิดเส้นของจุดศึกษาที่ 4 วางตัวไปทางทิศเหนือ - ใต้ (N-S) (ปลายดินสอชี้ไปทางทิศเหนือ มีความยาวประมาณ 15 เซนติเมตร)



รูปที่ 3.18 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวของข้อมูลการวางตัวของรีวขนาน จำนวน 13 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $53^{\circ}/66^{\circ}$ SE เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $170^{\circ}/43^{\circ}$ NW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $293^{\circ}/38^{\circ}$ SE ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $323^{\circ}/24^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $53^{\circ}/66^{\circ}$ SE



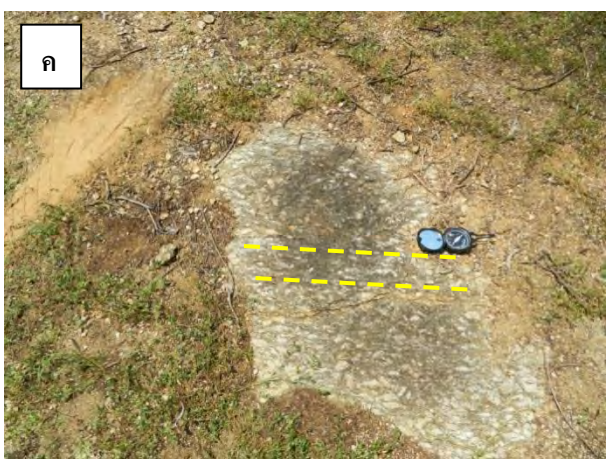
รูปที่ 3.19 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื้อขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลายบ มี การวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (NNW-SSE) โดยมีทิศการเอียงเทของรื้อ ขนานไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้



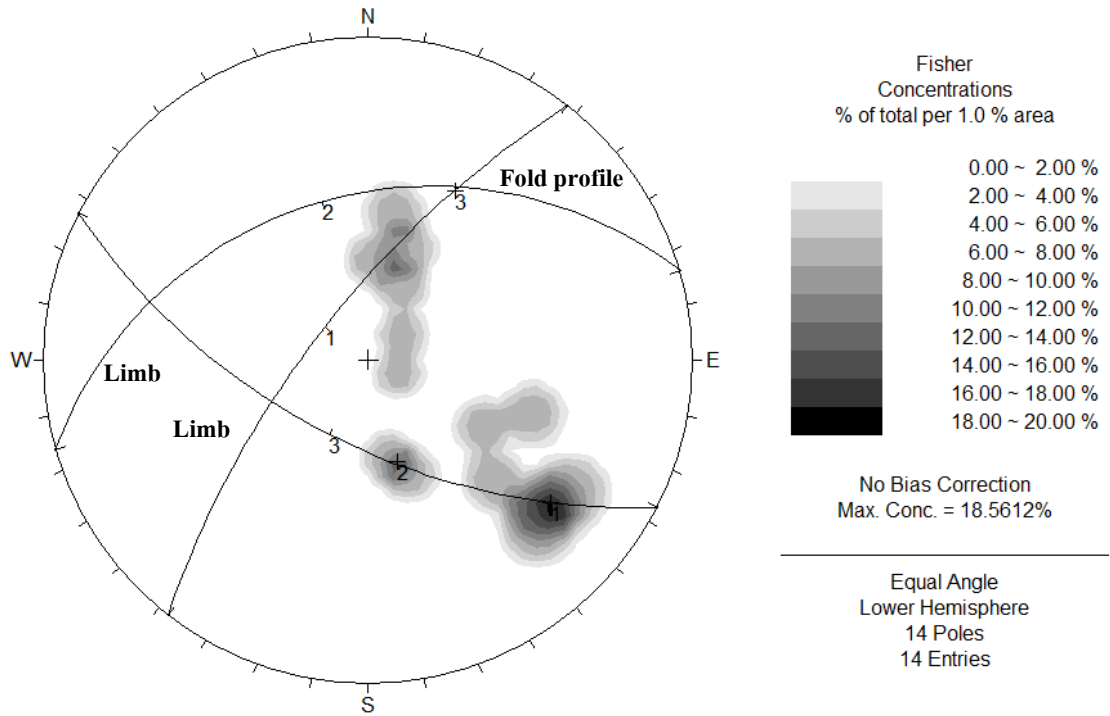
รูปที่ 3.20 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัว ข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 14 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่ หรือมุมเทรนต์ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) และมุมพลิกจันในแนวระดับ $324^{\circ}/17^{\circ}$

จุดศึกษาที่ 5

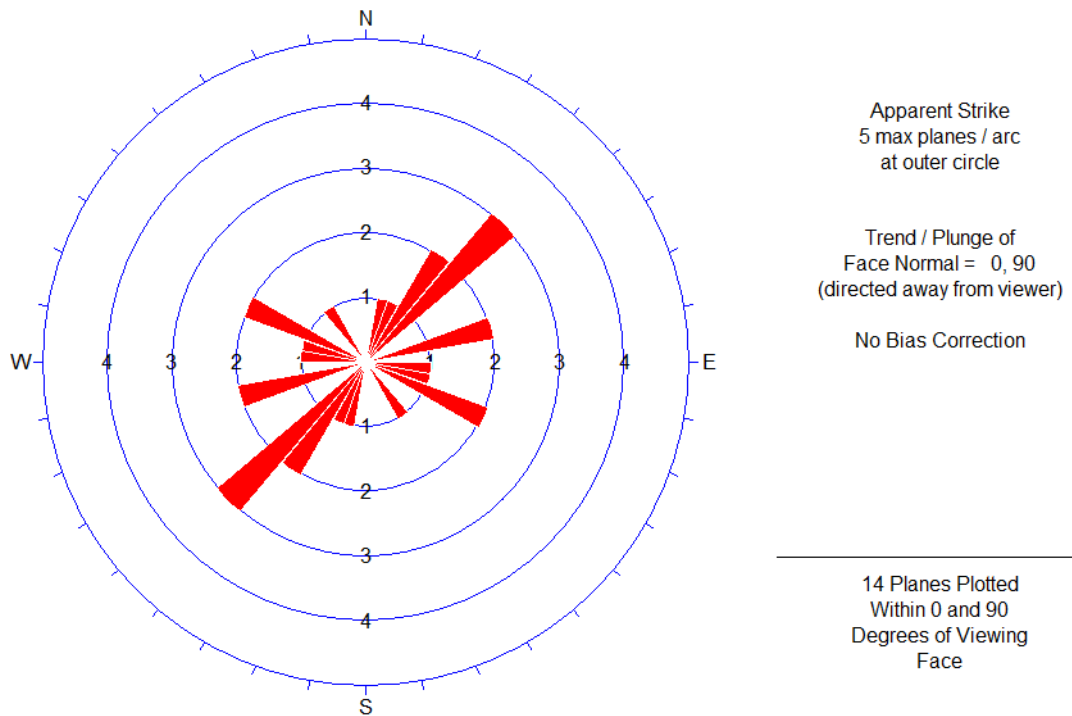
เป็นหินโผล่ของหินแกรนิตที่มีการเรียงตัวของแร่เฟลด์สปาร์ ขนาดประมาณ 1-5 เซนติเมตร มีทิศการวางตัวของริ้วขนานมีการวางตัวประมาณ $218^{\circ}/71^{\circ}$ NW และ $254^{\circ}/35^{\circ}$ NW (รูปที่ 3.21 ข ค และ ง)



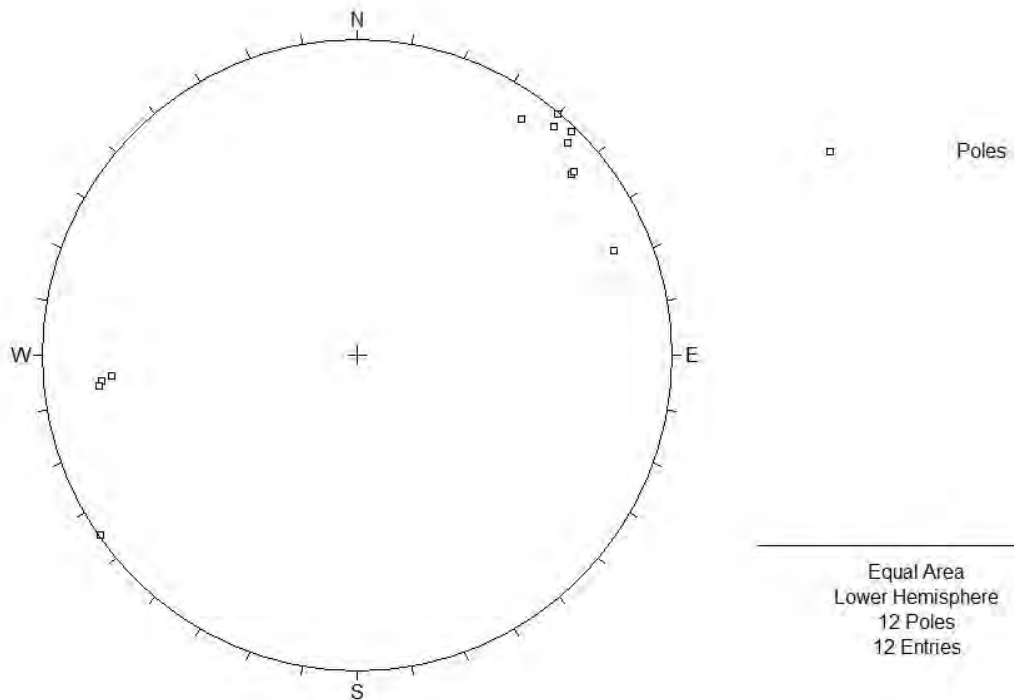
รูปที่ 3.21 รูป ก แสดงการแตกกาบของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี จุดศึกษาที่ 5 (ทิศเหนืออยู่ทางที่บุคคลในภาพชี้ บุคคลในภาพสูงประมาณ 160 เซนติเมตร) รูป ข, ค และ ง แสดง ริ้วขนาน (เส้นประสีเหลือง) และโครงสร้าง ย่อยชนิดเส้นของจุดศึกษาที่ 5 วางตัวไปทางทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) (ปลายเข็มทิศไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ)



รูปที่ 3.22 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัวข้อมูลการวางตัวของรีวขนาน จำนวน 14 ข้อมูล มีการกระจายตัวหนาแน่นแบ่งได้สองข้อมูล วางตัวอยู่บนระนาบ $117^{\circ}/61^{\circ}$ S เดียวกัน การวางตัวของระนาบกลุ่มข้อมูลดังกล่าวคือ ระนาบหมายเลข 1 วางตัว $218^{\circ}/71^{\circ}$ NW ระนาบหมายเลข 2 วางตัว $254^{\circ}/36^{\circ}$ N ระนาบทั้งสองตัดกันที่ $27^{\circ}/29^{\circ}$ ซึ่งอยู่บนระนาบ $117^{\circ}/61^{\circ}$ S

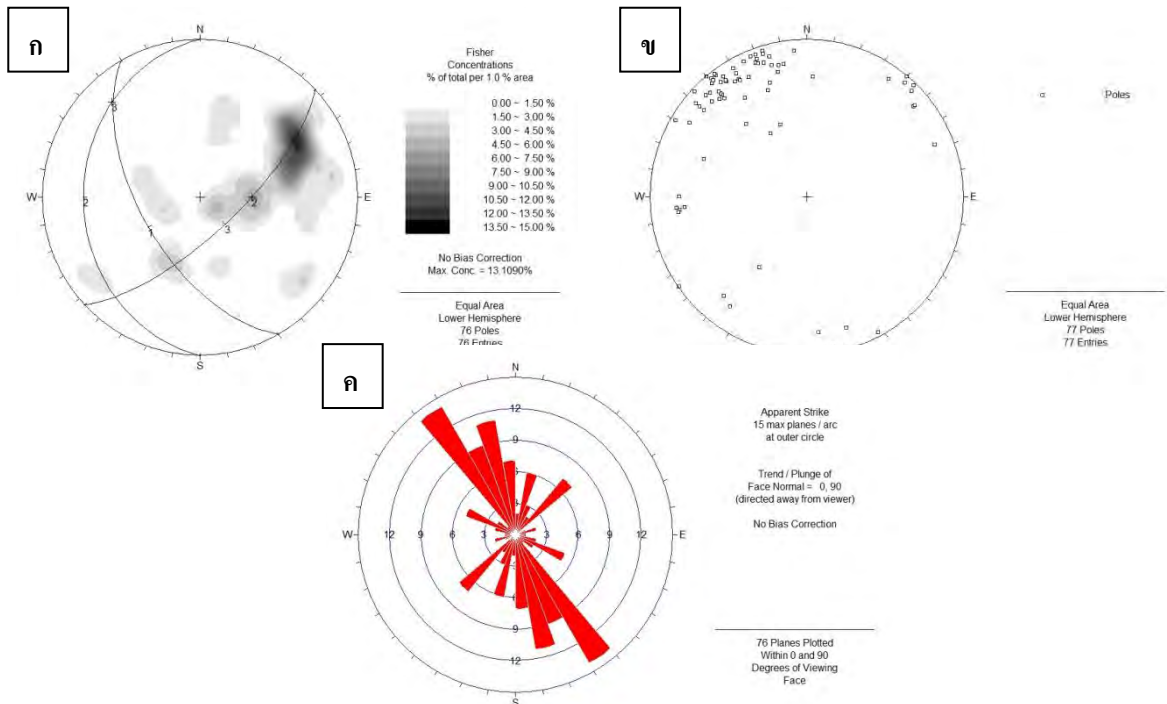


รูปที่ 3.23 จากการกำหนดค่าการวางตัวของรื๊วขนาน จำนวน 14 ข้อมูล ลงบนแผนภาพกู่หลายบ มี การวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ (NE-SW) โดยมีทิศการเอียงเทของรื๊ว ขนานไปทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้



รูปที่ 3.24 จากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า แสดงการกระจายตัว ข้อมูลการวางตัวของโครงสร้างย่อยชนิดเส้น จำนวน 12 ข้อมูล โดยข้อมูลส่วนมากมีการวางตัวของแร่ หรือมุมเทรนต์ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) และมุมพลิกจี้ในแนวระดับ $44^{\circ}/6^{\circ}$

จากการศึกษาข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการออกภาคสนามรวมทั้งสิ้น 5 จุดศึกษาได้ทำการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า โดยใช้ข้อมูลรื้อขนานและโครงสร้างย่อยชนิดเส้น ทั้งหมด 76 และ 77 ข้อมูลตามลำดับ พบว่ารื้อขนานมีทิศทางการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทในทิศตะวันตก ค่อนข้างชัน (27-59 องศา) โครงสร้างย่อยชนิดเส้นมีทิศการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือและมีมุมเอียงในแนวระดับ (รูปที่ 3.25)

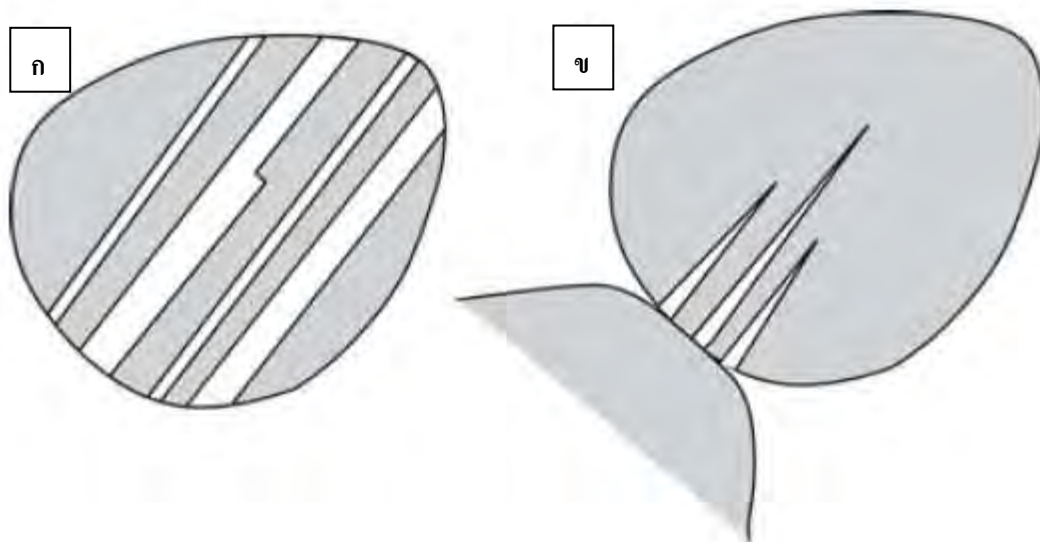


รูป 3.25 รูป ก แสดงการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่าของรื้อขนาน จากข้อมูลทั้งหมด 76 ข้อมูล มีทิศการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างชัน รูป ข แสดงการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิคชนิดพื้นที่เท่า ของ โครงสร้างย่อยชนิดเส้น จาก ข้อมูลทั้งหมด 77 ข้อมูล ทิศการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือและมีมุมเอียงในแนวระดับ รูป ค การกำหนดค่าการวางตัวของรื้อขนาน จำนวน 76 ข้อมูล ลงบนแผนภาพ กุหลาบ มีการวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้

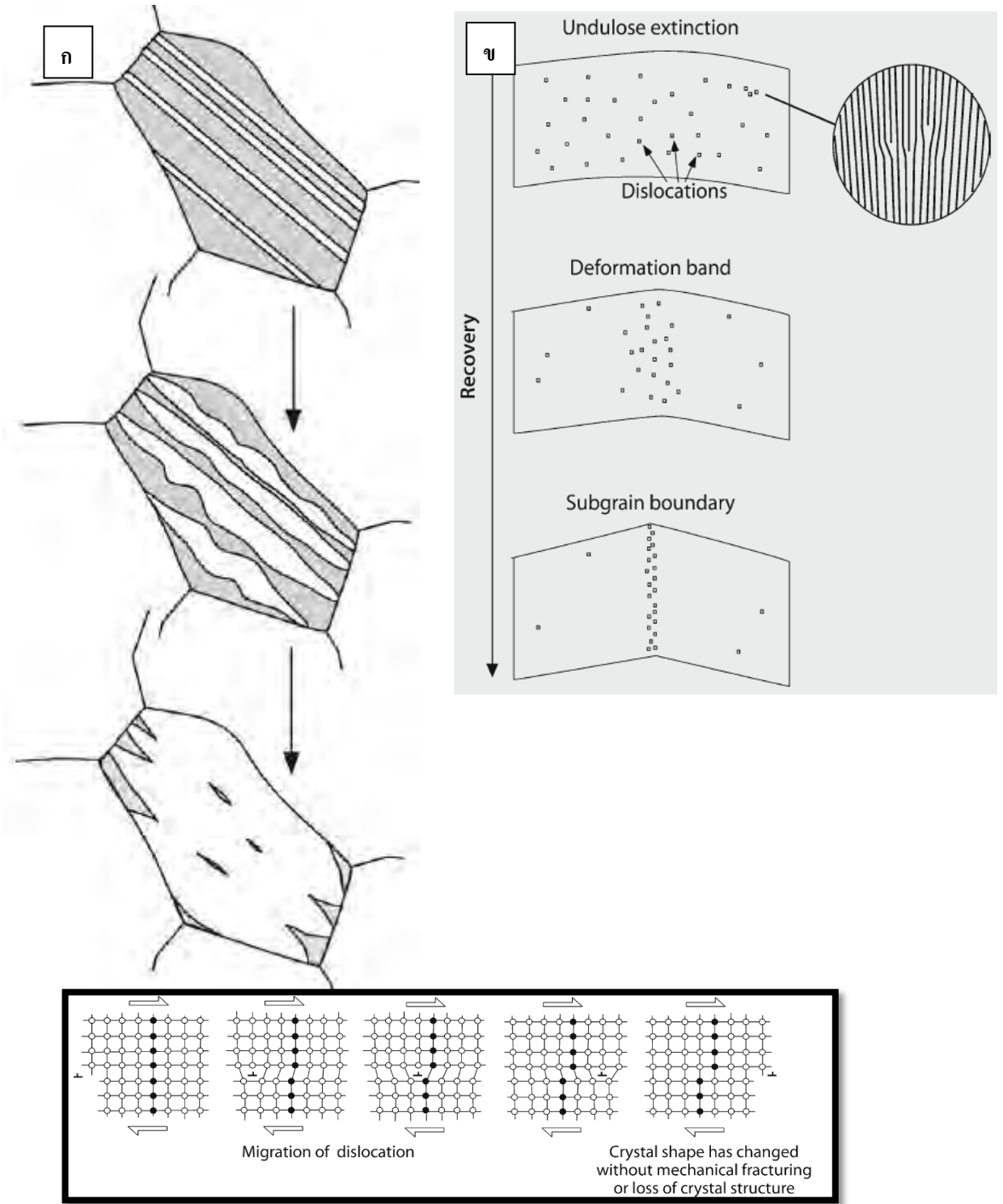
3.2.2 ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค

ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคจะทำการศึกษาจากแผ่นหินบางภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงโพลาไรซ์ จากตัวอย่างหินระบุตำแหน่งที่เก็บมาจากออกภาคสนามในแต่ละจุดศึกษา โดยจะทำให้ทราบกลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของหินในพื้นที่ ซึ่งธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคนี้นำไปวิเคราะห์ร่วมกับธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัพภาค เพื่อทราบถึงธรณีโครงสร้างและวิวัฒนาการโครงสร้างของหินในสัณฐานกรรมที่หุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี

การเปลี่ยนแปลงแบบอ่อนนุ่มของแร่พลagioclase และแร่แคลไซต์ ทำให้ผลึกแฝดมีลักษณะเป็นชั้น (growth twins) (รูปที่ 3.26 รูป ก) และทำให้ผลึกแฝดมีลักษณะตีบลง (taper twins) (รูปที่ 3.26 รูป ข และ 3.27)

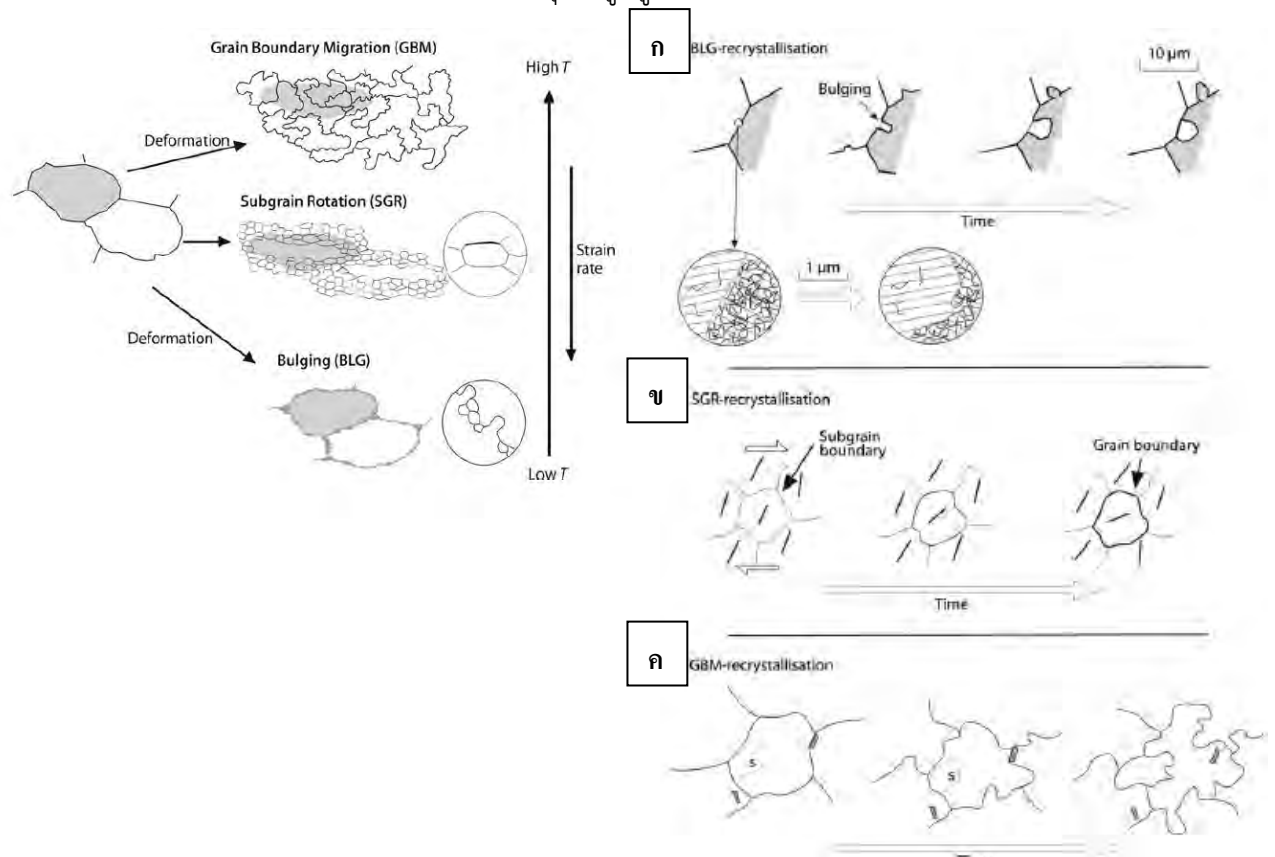


รูปที่ 3.26 รูป ก ผลึกแฝดมีลักษณะเป็นชั้น (growth twins) รูป ข ผลึกแฝดมีลักษณะตีบลง (taper twins) (Passchier and Trouw, 2005)



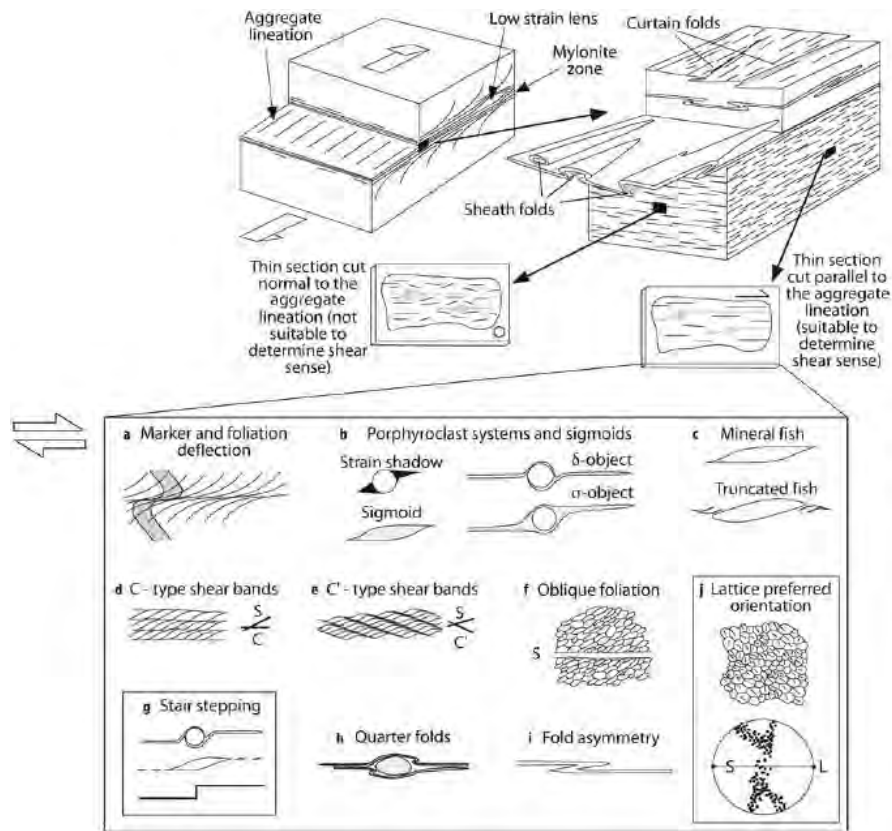
รูปที่ 3.27 รูป ก แสดงการเปลี่ยนลักษณะของผลึกแร่แคลไซต์ ทำให้ผลึกแฝดเกิดการเปลี่ยนแปลง (twin boundary migration recrystallisation) รูป ข แสดงการเปลี่ยนลักษณะของแร่ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแนวเส้นเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของอะตอมของแร่ (dislocation) ทำให้เกิดการมืดสว่างแตกต่างกัน (undulose extinction) เมื่อเกิดการเปลี่ยนลักษณะที่มากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบ (subgrain boundary) รูป ค แสดงการเกิด dislocation (Passchier and Trouw, 2005)

การเกิดผลึกใหม่พลวัต (dynamic recrystallisation) สามารถแบ่งการเกิดได้ 3 ขั้นตอน ดังนี้ bulging, subgrain rotation และ grain boundary migration (รูปที่ 3.28) (Passchier and Trouw, 2005) โดย bulging คือ การเกิดผลึกแร่เข้าไปในผลึกแร่อีกผลึก เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส subgrain rotation คือ การเกิดการเปลี่ยนลักษณะของแร่ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแนวเส้นเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของอะตอมของแร่ เมื่อหมุนแร่ทำให้ขอบผลึกแร่ชัดขึ้น เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 500 องศาเซลเซียส grain boundary migration คือ การเกิดการเปลี่ยนลักษณะทำให้เส้นรอบวงของแร่ยาวขึ้น เกิดที่อุณหภูมิสูงประมาณ 700 องศาเซลเซียส



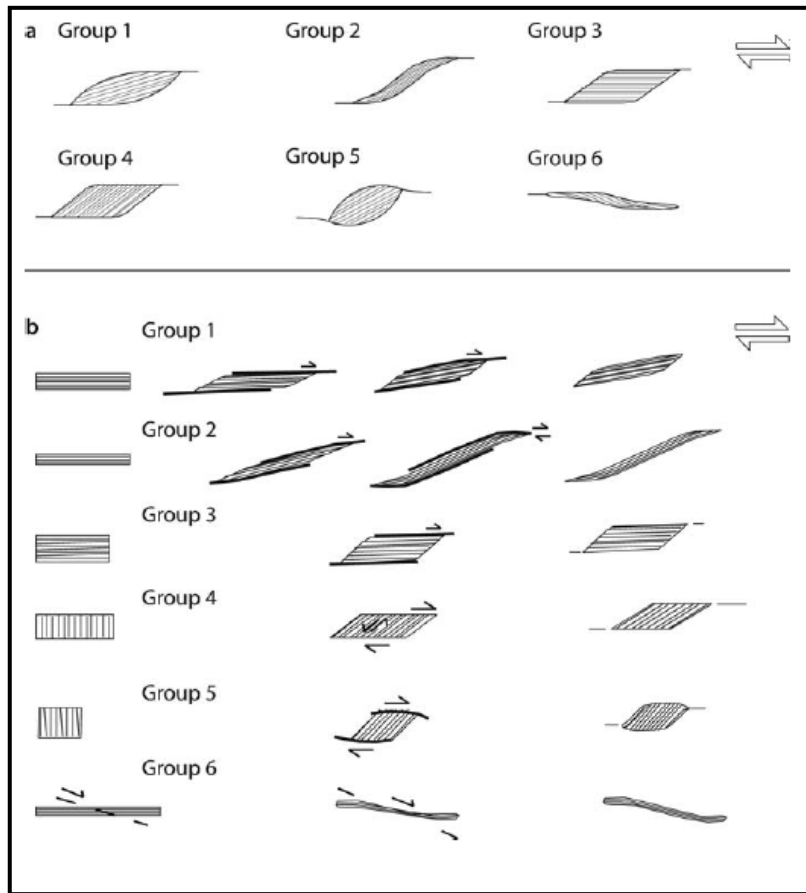
รูปที่ 3.28 แสดงการเกิดผลึกใหม่พลวัต รูป ก bulging รูป ข subgrain rotation รูป ค grain boundary migration (Passchier and Trouw, 2005)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะในภาพแบบอ่อนนุ่มของแร่ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (shear sense indicators) ของธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคในแผ่นหินบาง สามารถแบ่งได้ตาม รูปที่ 3.29



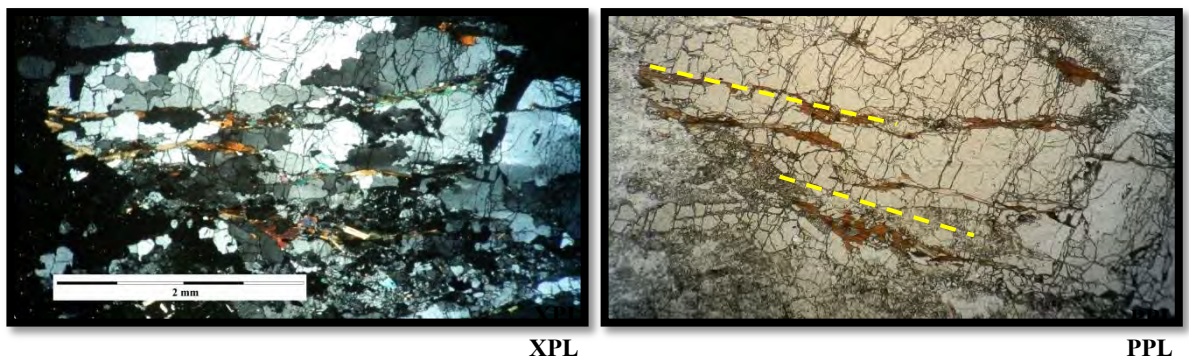
รูปที่ 3.29 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะในภาพแบบอ่อนนุ่มของแร่ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (Passchier and Trouw, 2005)

การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่มของแร่ไมกา ที่บ่งบอกทิศทางการเฉือน ของธรณีวิทยา
โครงสร้างระดับจุลภาคในแผ่นหินบาง (Passchier and Trouw, 2005) สามารถแบ่งเป็น 6 กลุ่ม (รูป
ที่ 3.30)

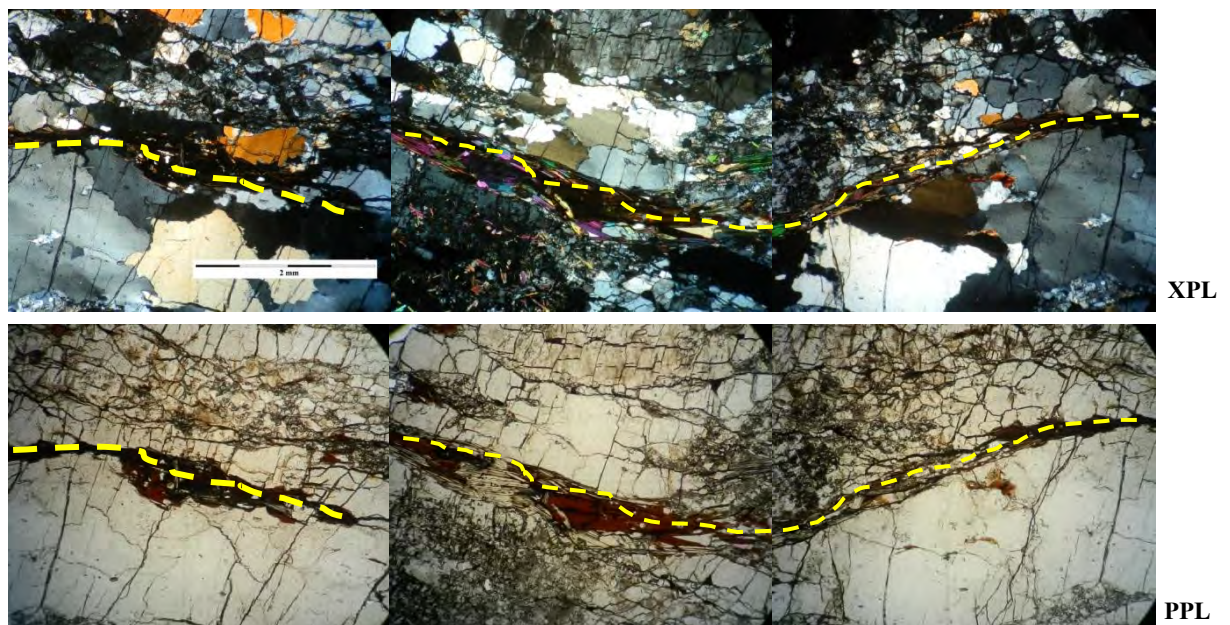


รูปที่ 3.30 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่มของแร่ไมกา ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ทิศทางการเฉือน (Passchier and Trouw, 2005)

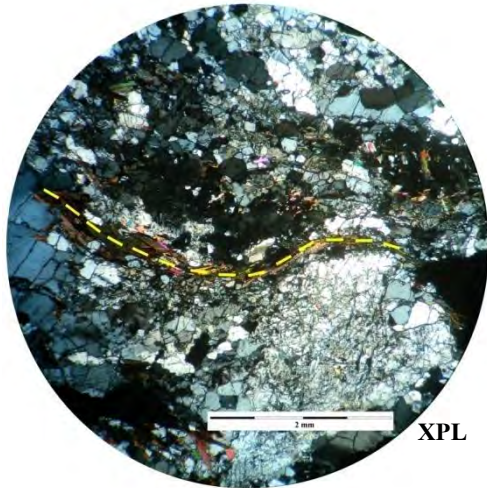
ผลการศึกษารณีโครงสร้างระดับจุลภาค



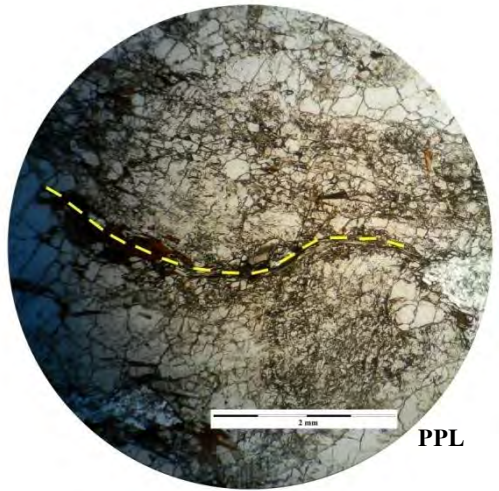
รูปที่ 3.31 แสดงร้วขนานแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2A



รูปที่ 3.32 แสดงร้วขนานแร่ไบโอไทต์ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2C

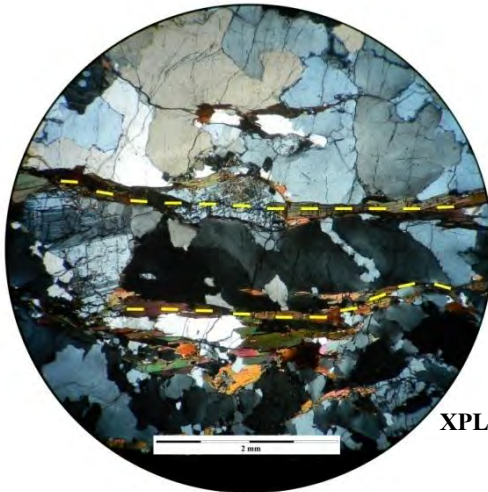


XPL

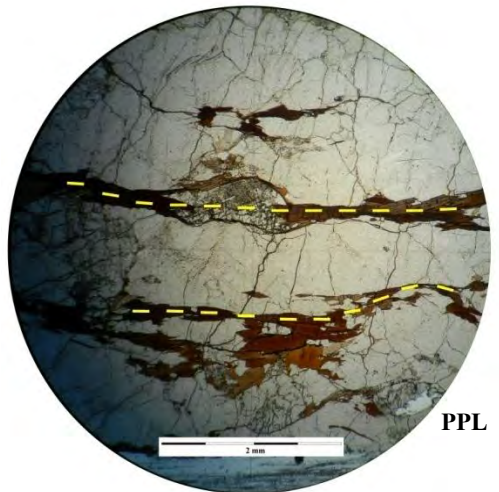


PPL

รูปที่ 3.33 แสดงริ้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2F

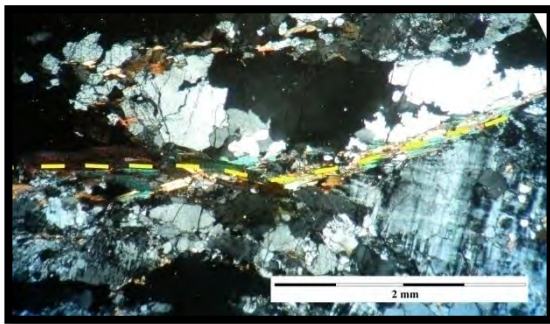


XPL

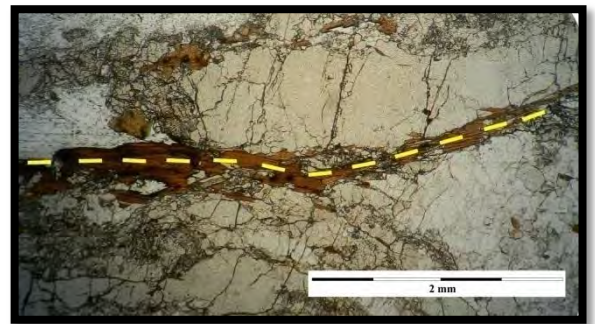


PPL

รูปที่ 3.34 แสดงริ้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 5F

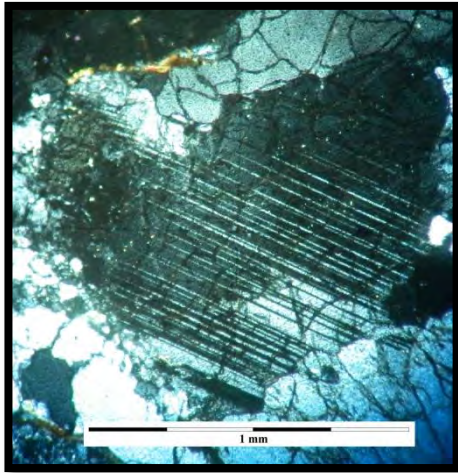


XPL

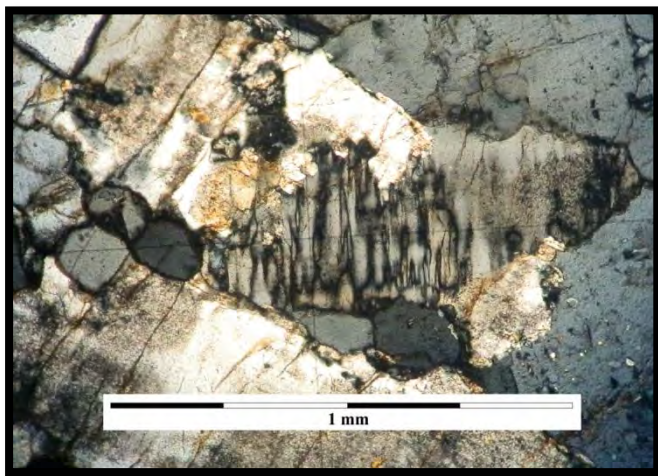


PPL

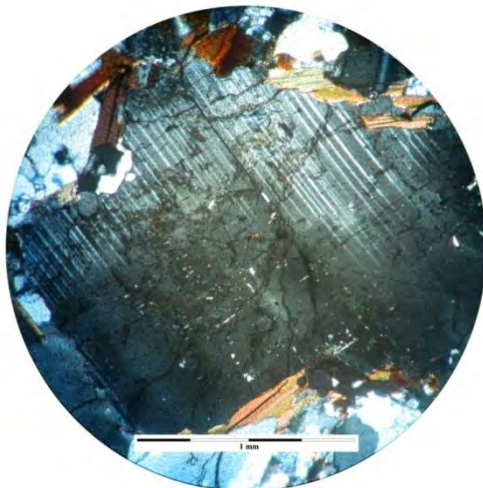
รูปที่ 3.35 แสดงริ้วขนานของแร่ไบโอไทต์ (เส้นประสีเหลือง) ภายใต้แผ่นหินบาง จากตัวอย่าง 2G



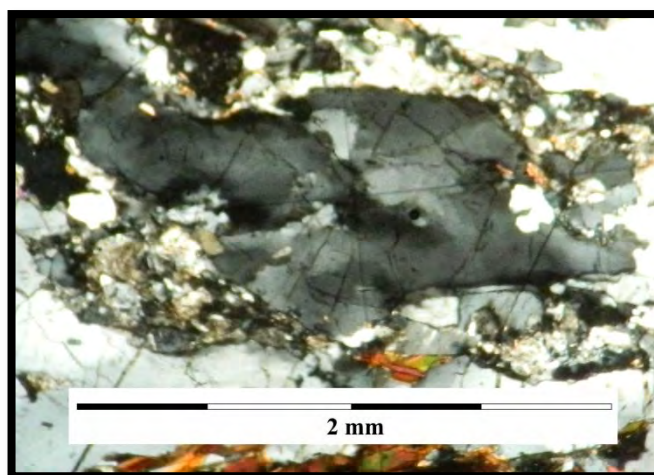
รูปที่ 3.36 ผลึกแผ่นมีลักษณะตีบลงของแร่แคลซิโอเคลส จากตัวอย่าง 2*



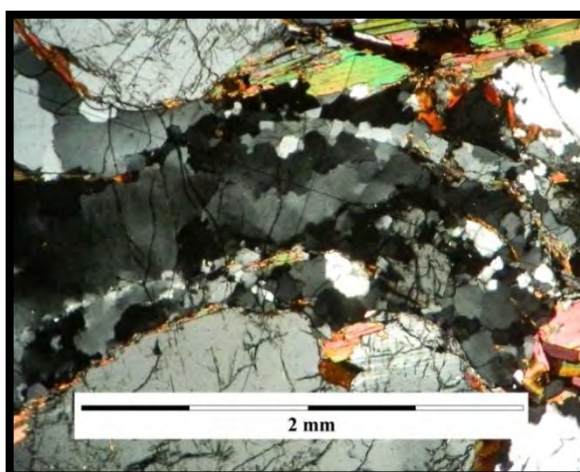
รูปที่ 3.37 ผลึกแผ่นมีลักษณะตีบลงของแร่แคลซิโอเคลส จากตัวอย่าง 2H



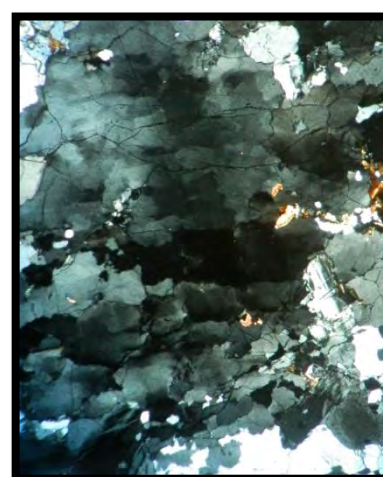
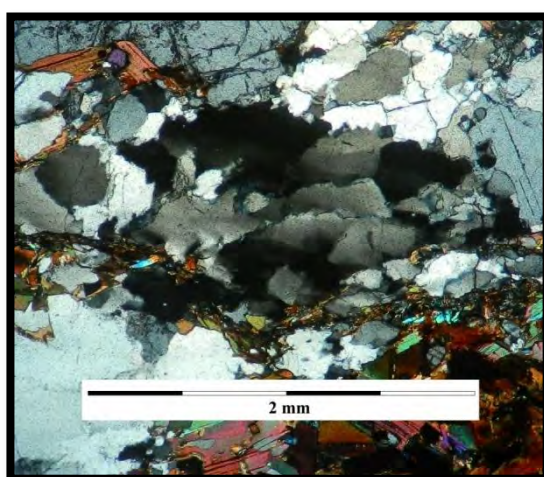
รูปที่ 3.38 ผลึกแผ่นมีลักษณะตีบลงของแร่แคลซิโอเคลส จากตัวอย่าง 4B



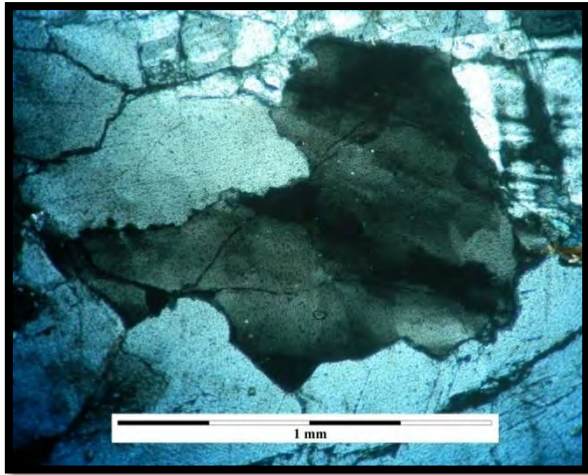
รูปที่ 3.39 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแร่ที่ทำให้เกิดข้อบกพร่องแนวเส้นเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของอะตอมของแร่ ทำให้เกิดการมีดสว่างแตกต่างกันของแร่ควอตซ์จากตัวอย่าง 2B



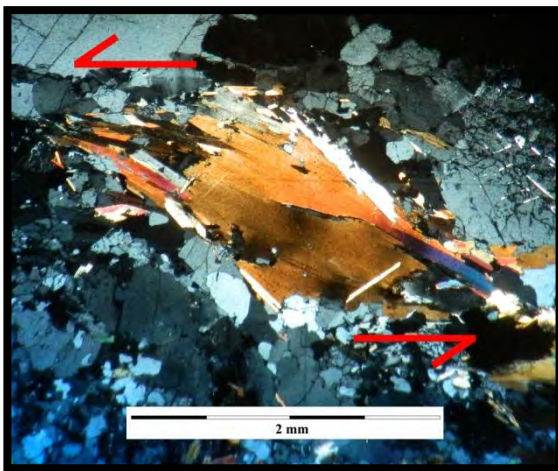
รูปที่ 3.40 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ จากตัวอย่าง 2*



รูปที่ 3.41 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ จากตัวอย่าง 4B



รูปที่ 3.42 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะบริเวณขอบของร้าวควอตซ์ จากตัวอย่าง 5F

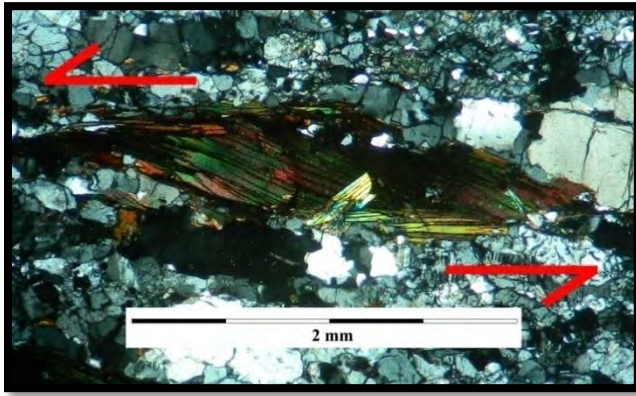


XPL



PPL

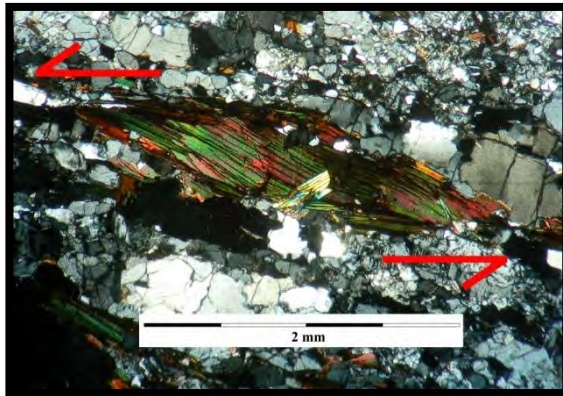
รูปที่ 3.43 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนึ่มของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 1 แสดงลักษณะเนียนแบบ ซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2D



XPL



PPL

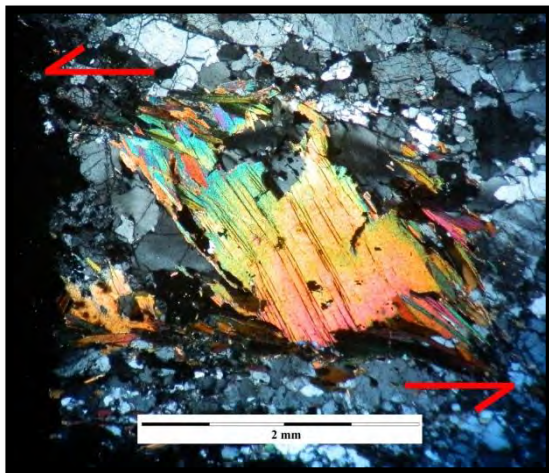


XPL



PPL

รูปที่ 3.44 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนืดของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 4 แสดงลักษณะเหมือนแบบ ซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2H

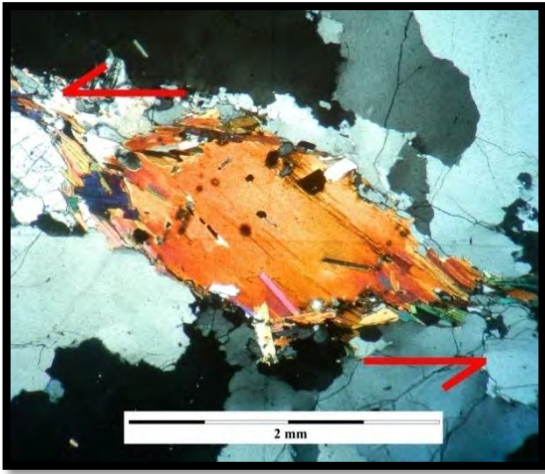


XPL



PPL

รูปที่ 3.45 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนืดของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 4 แสดงลักษณะเหมือนแบบ ซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2G

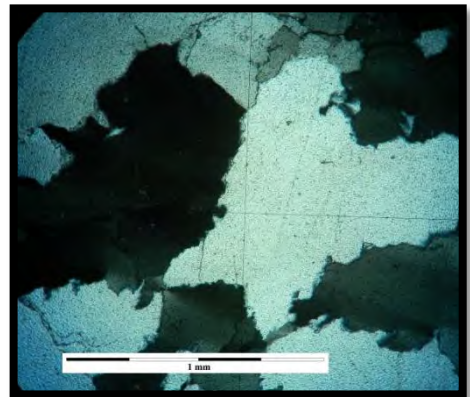
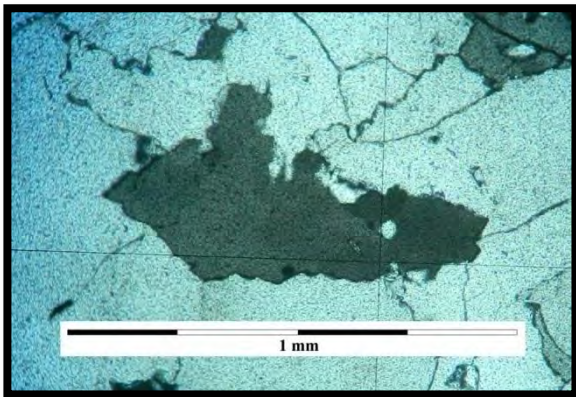


XPL



PPL

รูปที่ 3.46 แสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนืดของแร่ไบโอไทต์แบบกลุ่ม 5 แสดงลักษณะเหมือนแบบ ซ้ายเข้า จากตัวอย่าง 2D



รูปที่ 3.47 แสดงการเกิดผลึกใหม่พลวัตของแร่ควอตซ์ เกิดผลึกแร่เข้าไปในผลึกแร่อีกผลึก เกิดที่ อุณหภูมิสูงประมาณ 300 - 400 องศาเซลเซียส

บทที่ 4

อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมัธยมศึกษา ซึ่งได้ผลจากการสำรวจภาคสนาม และธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค ซึ่งได้ผลจากการศึกษาภายใต้แผ่นหินบาง นำมารวบรวมและอภิปรายผลได้เป็นลักษณะรูปแบบโครงสร้าง วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง วิวัฒนาการแปรสัณฐานของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี โดยอธิบายในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ลักษณะรูปแบบโครงสร้าง (Structural style)

หลักฐานจากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษา รวมไปถึงการสังเกตและวัดข้อมูลได้ในภาคสนาม แล้วนำข้อมูลมากำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่าของรีวซ์นาน มีการวางตัวอยู่ในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างชัน (รูปที่ 3.25 ก และ ค) และจากการกำหนดตำแหน่งในตาข่ายมิติสเตอริโอกราฟิกชนิดพื้นที่เท่า ในบางจุดศึกษาพบมีทิศการเอียงเทไปในทิศตะวันตกเฉียงใต้และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ และโครงสร้างย่อยชนิดเส้น มีการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ มีมุมเอียงเทในแนวระดับ (รูปที่ 3.25 ข) และในการสำรวจภาคสนามยังพบการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนุ่มของแร่เฟลด์สปาร์ ที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า และจากการที่พบรีวซ์นานที่มีมุมเอียงเทใน 2 ทิศทางบ่งบอกถึงการถูกแรงบีบอัดในทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้

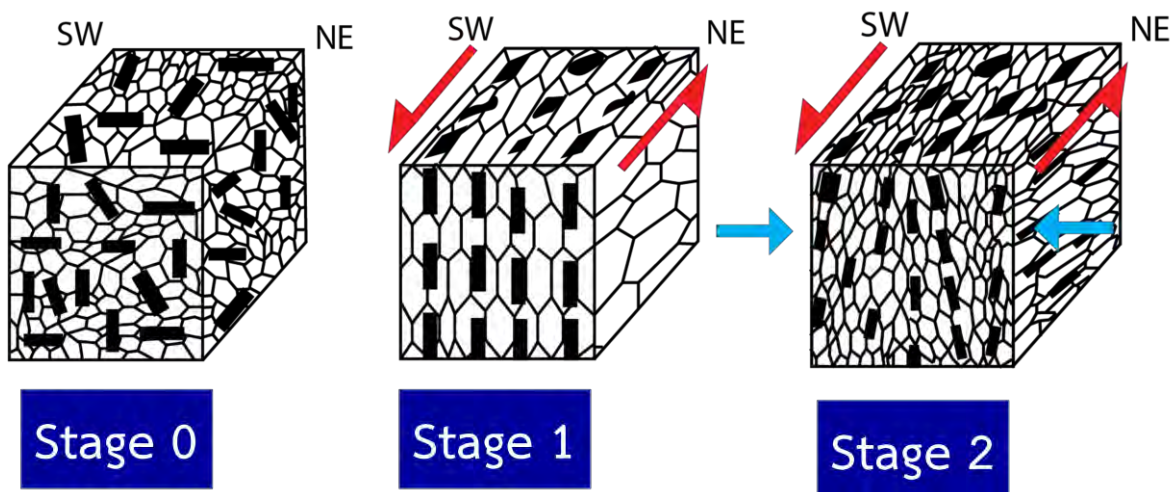
หลักฐานจากการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาคภายใต้แผ่นหินบาง แสดงรีวซ์นานที่มีการวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ แสดงทิศทางการเฉือนแบบซ้ายเข้าในแร่ไปโอไทต์ ผลึกแฝดมีลักษณะตีบลงของแร่พลจีโอเคลส การเกิดมีดสว่างแตกต่างของแร่ควอตซ์ การเปลี่ยนลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์ที่บ่งบอกถึงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนุ่ม การเกิดผลึกใหม่พลวัตของแร่ควอตซ์ เกิดที่อุณหภูมิ $\sim 300 - 400$ °C (Passchier and Trouw, 2005; Stipp *et al.*, 2002) ซึ่งหลักฐานที่พบแสดงถึงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนุ่ม แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า โดยข้อมูลที่ได้มีความสอดคล้องกับการเปลี่ยนลักษณะที่พบในการสำรวจภาคสนาม

โดยหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี อยู่ใกล้บริเวณรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ แต่จากข้อมูล ธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมัธยมศึกษา และธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค ทำให้พบว่า หินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง มีความสัมพันธ์กับรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์

4.2 วิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural evolution)

ขั้นตอนการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้าง (Structural evolution) โดยใช้ข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัพภาค (Mesoscopic scale) และธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค (Microscopic scale) สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นศูนย์ (Stage 0) ขั้นที่หนึ่ง (Stage 1) และขั้นที่สอง (Stage 2) (รูปที่ 4.1)

- **ขั้นศูนย์ (Stage 0)** แสดงการเกิดหินแกรนิตตะกอน (S-type) ที่ไม่มีการเรียงตัวของเม็ดแร่
- **ขั้นที่หนึ่ง (Stage 1)** เกิดการเฉือนแบบซ้ายเข้า ทำให้มีการแสดงการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนุ่ม ที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้าและมีการเรียงตัวของแร่ค่อนข้างดี ทำให้เกิดริ้วขนาน
- **ขั้นที่สอง (Stage 2)** แสดงถึงแรงมากกระทำให้ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้ริ้วขนานมีมุมเอียงเท 2 ทิศทาง



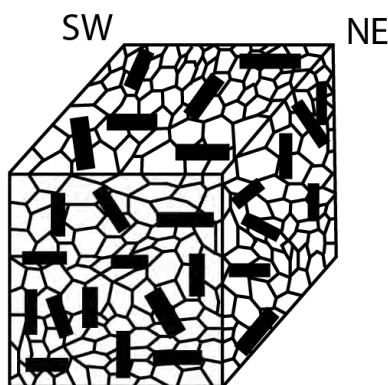
รูปที่ 4.1 แสดงขั้นตอนการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี ที่สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน คือ ขั้นศูนย์ (Stage 0) ขั้นที่หนึ่ง (Stage 1) และขั้นที่สอง (Stage 2)

4.3 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (Tectonic evolution)

จากขั้นตอนการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้าง (structural evolution) นั้น สามารถนำมาหาความสัมพันธ์กับการธรณีแปรสัณฐานได้ดังนี้

- **ขั้นศูนย์ (Stage 0)**

ในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (late Triassic) ทำให้เกิดหินแกรนิตตะกอน (S-type) (รูปที่ 4.2) จากการชนกันระหว่างแผ่นไซบูมาสุ (Sibumasu) และแผ่นอินโดจีน (Indochina) (รูปที่ 4.3) (Charusiri *et al.*, 1993; 2002; Cobbing., 2011; Metcalfe, 2011; Nantasiri *et al.*, 2012) และจากการอายุแบบ Rb-Sr whole rock isochron ของหินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง ได้อายุประมาณ 202 ล้านปี ทำให้สันนิษฐานได้ว่า หินไนส์ลิกแกรนิตหุบกะพง เกิดในยุคไทรแอสซิกตอนปลาย มีลักษณะเป็นหินแกรนิตตะกอน ประกอบไปด้วย แร่มีสโคไวท์ แร่ไบโอไทต์ แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่ควอตซ์ และแร่ฮอร์นเบลนด์

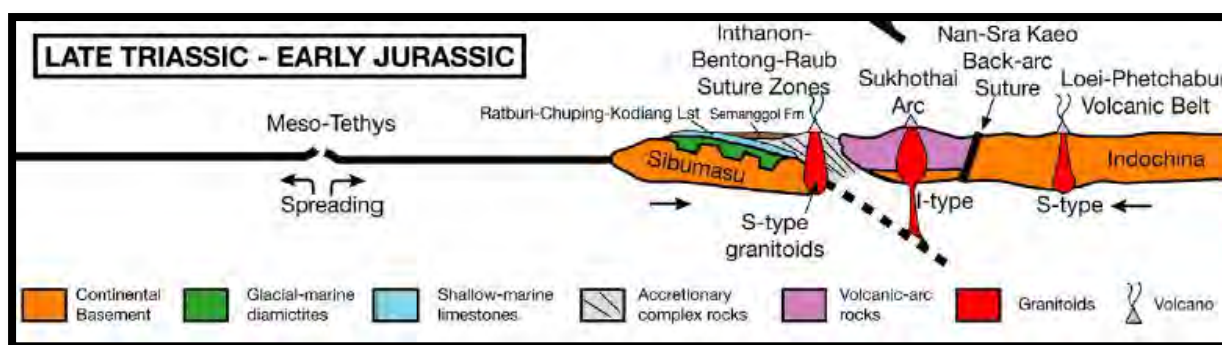


Stage 0

Stage 0 (Late Triassic)

Sibumasu and Indochina collision causes of S-Type granite

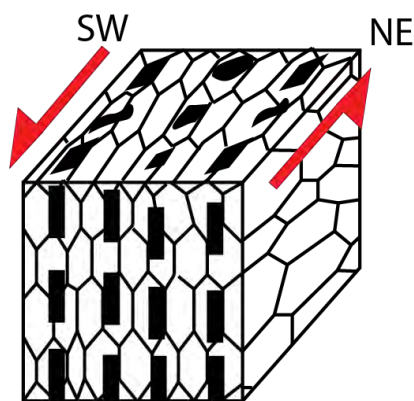
รูปที่ 4.2 แสดงหินแกรนิตตะกอนที่ไม่มีการเรียงตัวของแร่



รูปที่ 4.3 แสดงการเกิดหินแกรนิตตะกอนที่สัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐาน (Metcalfe, 2011)

● **ขั้นที่หนึ่ง (Stage 1)**

ยุคครีเตเชียสตอนปลาย (late Cretaceous) เกิดการชนกันระหว่างแผ่นพม่าตะวันตก (west Burma) และแผ่นไซบูมาสุ (Sibumasu) ทำให้เกิดหินแกรนิตตะกอน (Charusiri *et al.*, 2002; Kanjanapayont *et al.*, 2012; Watkinson *et al.*, 2011) ในขณะเดียวกัน ทำให้เกิดแรงบีบอัดทางทิศตะวันตก - ตะวันออก (รูปที่ 4.5) และทำให้เกิดรอยเลื่อนที่มีทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์) มีการเฉือนแบบซ้ายเข้า และจากการเฉือนนี้เองทำให้มีการเรียงตัวของแร่และทำให้แร่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่มที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า (รูปที่ 4.4) ซึ่ง จากการหาอายุของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จากวิธี Ar-Ar มีอายุ 67 ล้านปี (Kawakami *et al.*, 2014) ทำให้พบว่า หินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง มีการแปรสภาพสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ชนกันระหว่างแผ่นพม่าตะวันตก (west Burma) และแผ่นไซบูมาสุ (Sibumasu) และจาก Nantasiriwan *et al.* (2012) บ่งบอกถึงการแปรสภาพของหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ณ บริเวณ ที่ตอนกลางของแผ่นเปลือกโลก (mid - crustal) ที่มีความลึกประมาณ 20-30 กิโลเมตร มีการแปรสภาพในชุดหิน Amphibolite facies

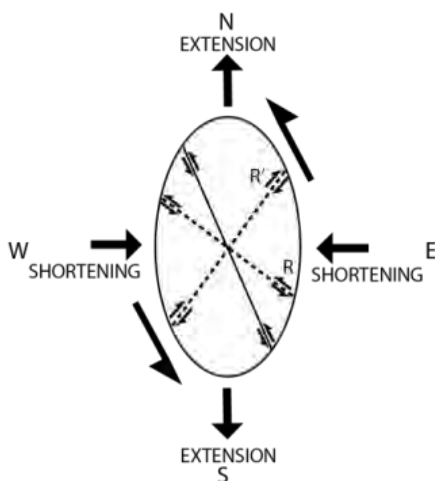


Stage 1

Stage 1 (Late Cretaceous)

West Burma and Sibumasu collision causes of Ductile Sinistral shear and Western belt granite

รูปที่ 4.4 แสดงหินแกรนิตตะกอน ที่มีการเรียงตัวของแร่และมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนุ่มที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้า



รูปที่ 4.5 แสดงวงรีความเครียด (strain ellipsoid) ที่เกิดจากการชนกันระหว่างแผ่นพม่าตะวันตก (west Burma) และแผ่นไซบูมาสุ (Sibumasu) ทำให้มีแรงบีบอัดในทิศตะวันตก - ตะวันออก และทำให้อรอยเลื่อนที่มีทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์) มีการเฉือนแบบซ้ายเข้า

Table 14.2. Mineral assemblages in the conventionally recognized metamorphic facies listed according to major chemical groups of metamorphic rocks

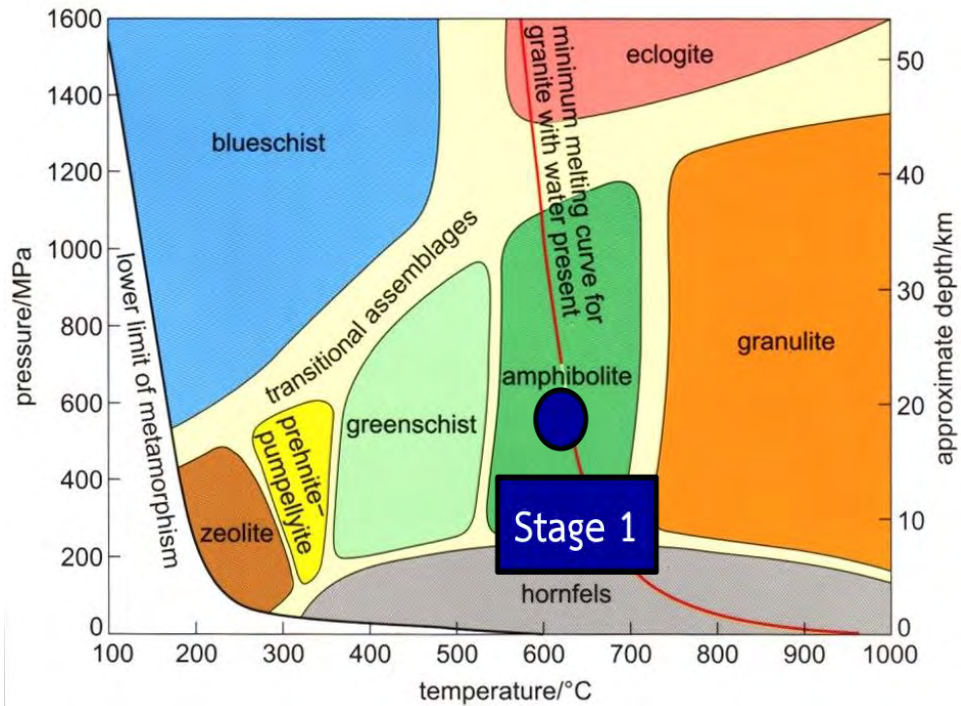
FACIES	MAFIC ROCKS (ALL ASSEMBLAGES ± Fe-Ti OXIDES)	PELTIC ROCKS (ALL ASSEMBLAGES ± QUARTZ ± Fe-Ti OXIDES)	QUARTZO-FELDSPATHIC ROCKS (ALL ASSEMBLAGES + QUARTZ ± Fe-Ti OXIDES)	CALCAREOUS AND CALC-SILICATE ROCKS
Zeolite	Laumontite; heulandite	Mixed-layer clays	Heulandite + analcite and laumontite + albite (wairakite may occur in lieu of heulandite; some rocks contain chlorite)	Calcite, dolomite, quartz, talc, clays
Prehnite-pumpellyite	Prehnite + pumpellyite ± chlorite ± albite ± epidote; actinolite takes place of prehnite at higher <i>T</i> ; lawsonite + albite + chlorite occurs at higher <i>P</i>	White mica/illite + chlorite + albite ± stilpnomelane	Albite + chlorite ± pumpellyite ± prehnite ± stilpnomelane ± white mica ± titanite ± epidote ± carbonate; actinolite takes place of prehnite at higher <i>T</i> ; lawsonite is stable at higher <i>P</i>	Calcite, prehnite, albite, quartz, chlorite
Greenschist	Albite + chlorite + actinolite + epidote + titanite ± quartz ± white mica ± calcite; stilpnomelane is widespread at lower <i>T</i> and biotite at higher <i>T</i> where hornblende also occurs	Muscovite + chlorite ± albite ± paragonite ± graphite ± rutile ± magnetite ± hematite ± carbonate ± epidote ± K-feldspar ± Fe-Ti oxides ± stilpnomelane (low Al) ± pyrophyllite ± chloritoid (the latter two in high-Al rocks); + biotite in the biotite zone; + almandine-rich garnet in the garnet zone	Albite + epidote + muscovite + chlorite ± titanite ± stilpnomelane ± actinolite; biotite is stable at higher <i>T</i>	Calcite, dolomite, quartz, muscovite, albite, K-feldspar, chlorite, zoisite
Amphibolite	Hornblende + oligoclase ± epidote ± almandine-rich garnet ± titanite ± biotite ± chlorite ± quartz	Biotite ± muscovite ± plagioclase ± almandine-rich garnet ± cordierite ± aluminosilicate ± chlorite ± alkali feldspar ± magnetite ± graphite; + staurolite in the staurolite zone; + kyanite in the kyanite zone; + sillimanite in the sillimanite zone	Plagioclase + alkali feldspar + biotite ± muscovite ± hornblende	Calcite, dolomite, quartz, diopside, tremolite, forsterite, grossular, anorthite, hornblende, clinzoisite
Granulite	Plagioclase + clinopyroxene + orthopyroxene ± hornblende ± olivine (low <i>P</i>); Plagioclase + clinopyroxene + orthopyroxene + garnet ± hornblende (medium <i>P</i>); Plagioclase + clinopyroxene + garnet + quartz ± hornblende (high <i>P</i>)	Alkali feldspar ± plagioclase ± scapolite ± cordierite ± garnet ± rutile ± ilmenite ± magnetite ± graphite ± olivine ± corundum ± spinel ± kyanite (high <i>P</i>) ± sillimanite (moderate <i>P</i>); Orthopyroxene + sapphirine (high <i>T</i>)	Alkali feldspar + plagioclase + garnet ± kyanite ± orthopyroxene ± clinopyroxene ± hornblende ± magnetite ± ilmenite	Calcite, dolomite, quartz, diopside, scapolite, anorthite, forsterite, wollastonite, graphite
Blueschist	Glaucofane + lawsonite ± aragonite ± jadeitic clinopyroxene ± chlorite ± albite ± titanite ± pumpellyite ± actinolite or hornblende ± stilpnomelane ± epidote ± garnet	Glaucofane + lawsonite ± albite ± phengite ± paragonite ± garnet ± chlorite ± epidote ± kyanite ± chloritoid ± titanite	Jadeitic clinopyroxene + lawsonite + muscovite + chlorite + titanite ± glaucofane	Aragonite, calcite
Eclogite	Omphacite + pyrope-rich garnet ± kyanite ± rutile ± quartz or coesite	Pyrope-rich garnet + carpholite + phengite + chloritoid + chlorite + kyanite ± coesite		
Pyroxene hornfels	Essentially as granulite facies	Essentially as granulite facies but andalusite is typical aluminosilicate; cordierite + biotite tends to be more stable than almandine garnet, except where Fe ²⁺ /Mg is high; silica deficient rocks contain spinel, corundum, and alkali feldspar in lieu of an aluminosilicate	Essentially as granulite facies	Essentially as granulite facies ± vesuvianite ± wollastonite
Sanidinite	Near solidus basalt assemblage	Sanidine, tridymite, cordierite, mullite (3Al ₂ O ₃ ·2H ₂ O), glass, clinopyroxene, spinel, corundum (in silica-poor rocks)	Sanidine, tridymite, cordierite, glass, clinopyroxene	Anorthite + wollastonite ± diopside in silica-rich rocks; calcite, wollastonite, melilite (Ca ₂ MgSi ₂ O ₇), larnite (Ca ₂ SiO ₄), merwinite (Ca ₃ MgSi ₂ O ₈), monticellite in silica-poor rocks

From Turner (1981), Yardley (1989), and Blatt and Tracy (1996). Stable diagnostic mineral assemblages are denoted by "+" in listing, possible additional stable phases in assemblage by ±; otherwise the list only indicates likely minerals. Quartzo-feldspathic rocks include silicic magmatic rock protoliths as well as feldspathic/lithic sandstones and arc-related volcanoclastic deposits.

*Plagioclase is usually more calcic than about An₂₄ but a stably coexisting albite (An₁₋₃) has also been reported because of the existence of a narrow solvus in sodic plagioclases.

รูปที่ 4.6 แสดงแร่ชุดหินแปร (Myron G. Best., Igneous and Metamorphic Petrology, 2nd ed. Cap 14-19.)

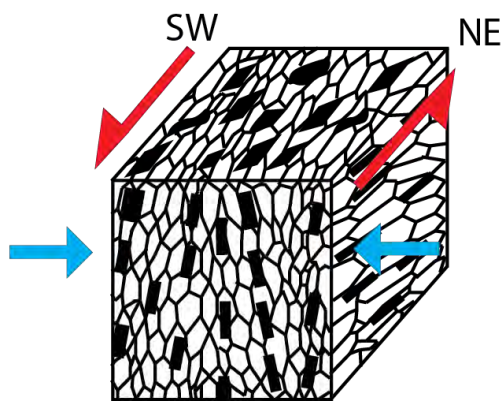
จากการพบแร่ในหินไนส์แกรนิตที่พบแร่แพลซิโอเคลส แร่อัลคาไลน์เฟลด์สปาร์ แร่ไบโอไทต์ และแร่มีสโคไวท์ ทำให้พบว่ามีสภาพอยู่ในชุดหิน Amphibolite facies คล้ายกับหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Nantasiri et al., 2012) จึงนำมากำหนดตำแหน่งลงบน P-T diagram ดังนี้



รูปที่ 4.7 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)

● **ขั้นที่สอง (Stage 2)**

ในสมัยอีโอซีนตอนปลาย (late Eocene) เกิดแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้ ในเหตุการณ์ที่แผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) (รูปที่ 4.9) (Charusiri *et al.*, 2002) ทำให้บริเวณที่พบบางจุดศึกษา มีการทิศการเอียง 2 ทิศ คือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ และจาก Nantasiri (2012) เกิด sinistral shearing (transpressional) (รูปที่ 4.8) ในหินบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และมีการแปรสภาพ ที่อุณหภูมิ 300 °C และมีการแปรสภาพในแร่ชุดหินแปร Greenschist facies

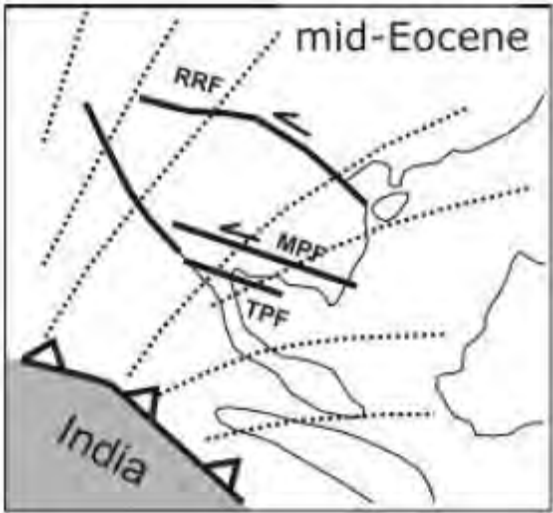


Stage 2

Stage 2 (Late Eocene)

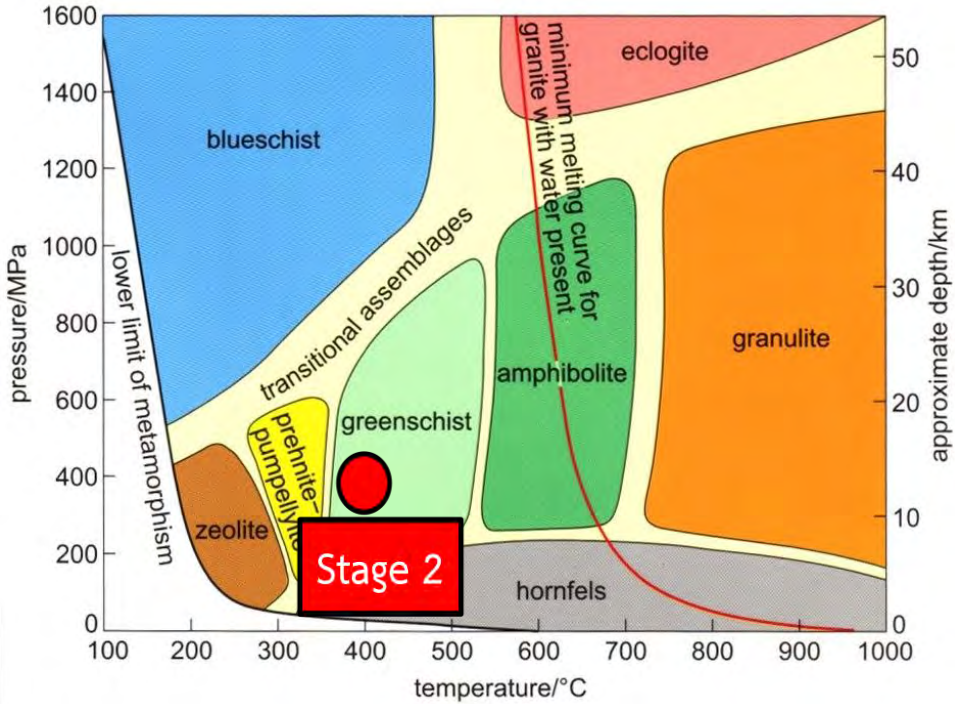
Early India collision Eurasian causes of left lateral transpressional

รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิ่มที่แสดงการเฉือนแบบซ้ายเข้าและมีแรงบีบอัดในทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้



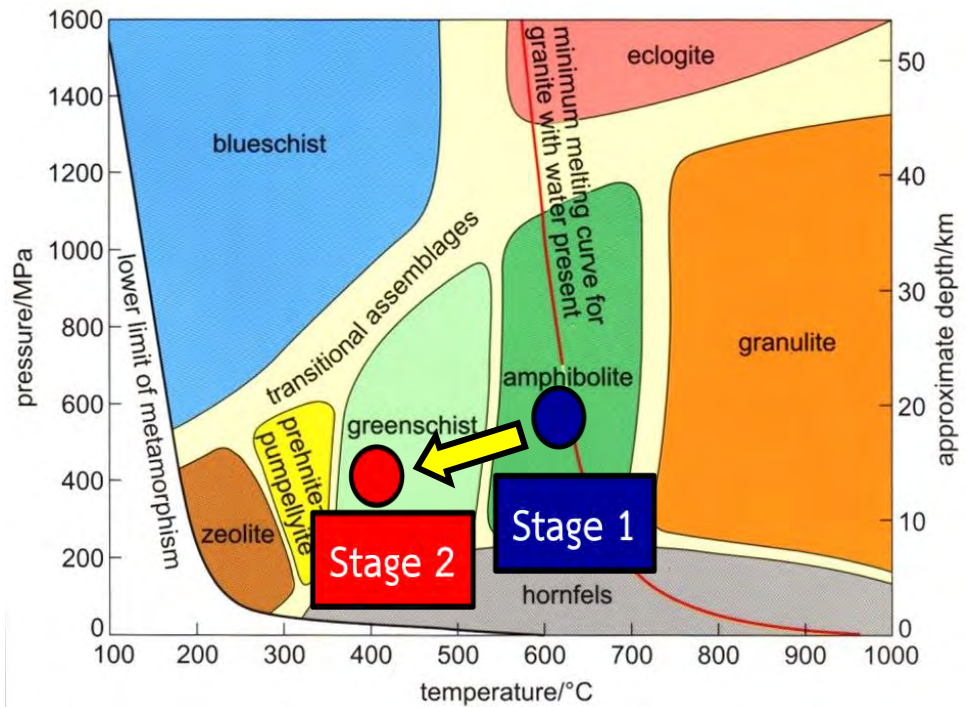
รูปที่ 4.9 ภาพแสดงเหตุการณ์แผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) (Charusiri *et al.*, 2005) ทำให้เกิดแรงบีบอัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ – ตะวันตกเฉียงใต้

และจากการพบการเกิดผลึกใหม่พลวัตของแร่ควอตซ์ (bulging recrystallization) เกิดที่อุณหภูมิ ~300 - 400 °C ทำให้พบว่าการแปรสภาพอยู่ในแร่ชุดหินแปร Greenschist facies (รูปที่ 4.10) คล้ายกับหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Nantasiri *et al.*, 2012) จึงนำมากำหนดตำแหน่งลงบน P-T diagram ดังนี้



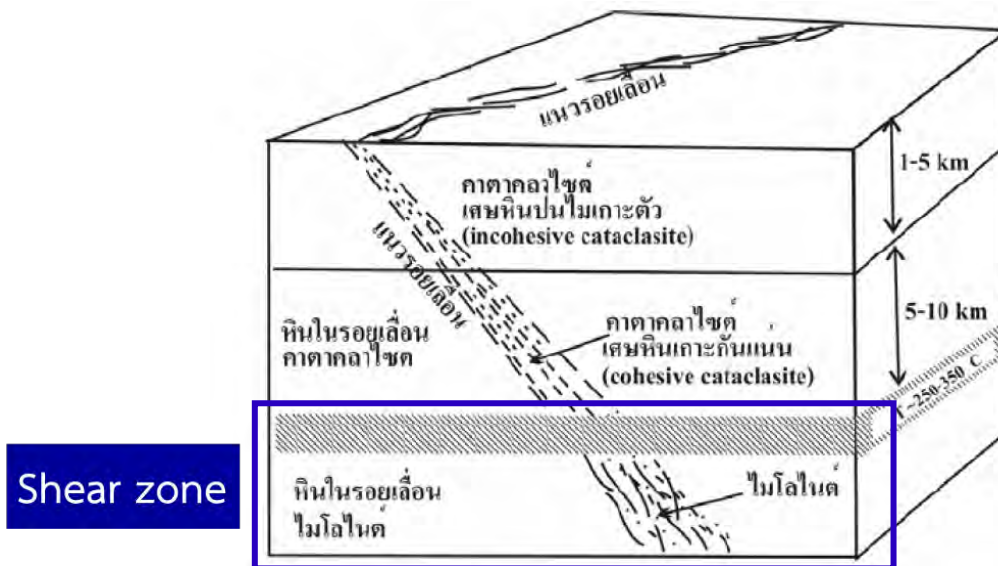
รูปที่ 4.10 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)

จากการแปรสภาพของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง ในชั้นที่ 1 มายังชั้นที่ 2 พบว่าการแปรสภาพแบบ retrograde metamorphism (รูปที่ 4.11) (Kawakami *et al.*, 2014) ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Nantasin *et al.*, 2012)



รูปที่ 4.11 P-T diagram (http://www.open.ac.uk/earth-research/tindle/AGT/AGT_Home_2010/PT-menu.html)

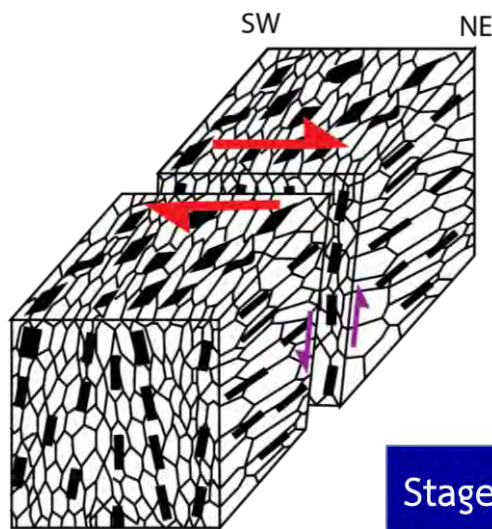
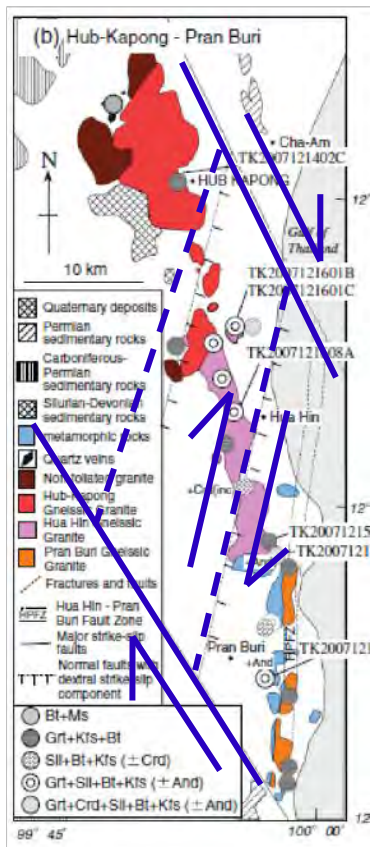
ซึ่งบริเวณการแปรสภาพของหินไนส์แกรนิตหุบกะพง พบว่าอยู่ในบริเวณที่มีความลึกประมาณ 15-20 กิโลเมตร จากผิวโลก (รูปที่ 4.12)



รูปที่ 4.12 แสดงบริเวณเขตรอยเลื่อน (Shear zone) (สาตรักษ์, 2552)

● **ขั้นที่สาม (Stage 3)**

เป็นการอภิปรายผลเพิ่มเติม เนื่องจากขั้นที่สาม มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบแตกเปราะ ทำให้เกิดรอยเลื่อน (fault) ในการสำรวจภาคสนาม ไม่พบหลักฐานรอยเลื่อน จึงอภิปรายผลเพิ่มเติมจาก Kawakami (2014) ที่พบรอยเลื่อนแบบขวาเข้าร่วมกับรอยเลื่อนปกติ (right lateral oblique fault) (รูปที่ 4.13)



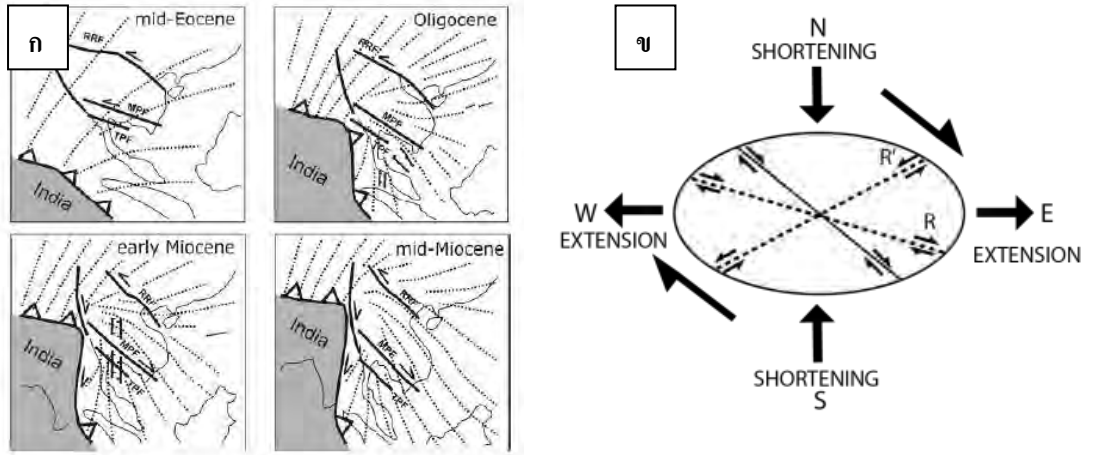
Stage 3 (Oligocene)

India collision Eurasia

And right lateral oblique fault

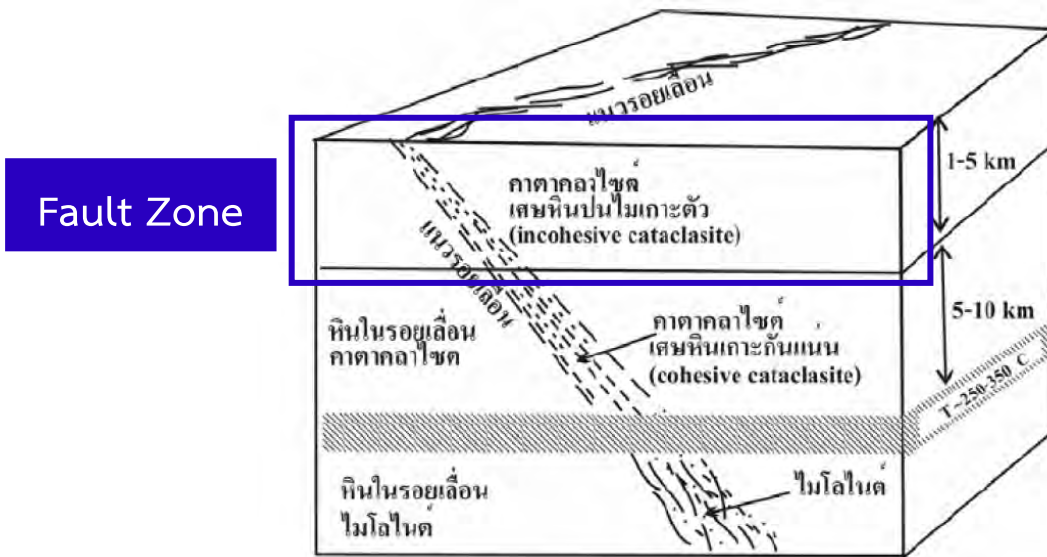
รูปที่ 4.13 แสดงรอยเลื่อนแบบขวาเข้าร่วมกับรอยเลื่อนปกติ (right lateral oblique fault)

ในสมัยโอลิโกซีน (Oligocene) จากการชนกันของแผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) และมีการเปลี่ยนทิศทางของแรงบีบอัด (รูปที่ 4.14 ก) จากทิศตะวันออกเฉียงเหนือ - ตะวันตกเฉียงใต้เป็นในทิศเหนือ - ใต้ ตามเข็มนาฬิกา (รูปที่ 4.14 ข) (Charusiri *et al.*, 2002; Charusiri *et al.*, 2005; Kanjanapayont *et al.*, 2012) และทำให้รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์มีการกลับทิศ คือเปลี่ยนเป็นขวาเข้า (dextral shear) และจาก Nantasiri (2012) พบหินในบริเวณรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ มีการเลื่อนตัวแบบขวาเข้าและเกิดร่วมกับรอยเลื่อนปกติ (right lateral oblique faults ; transtensional) โดยการเกิดขั้นที่ 3 จะเกิดบริเวณความลึกประมาณ 1 – 5 กิโลเมตร (รูปที่ 4.15)



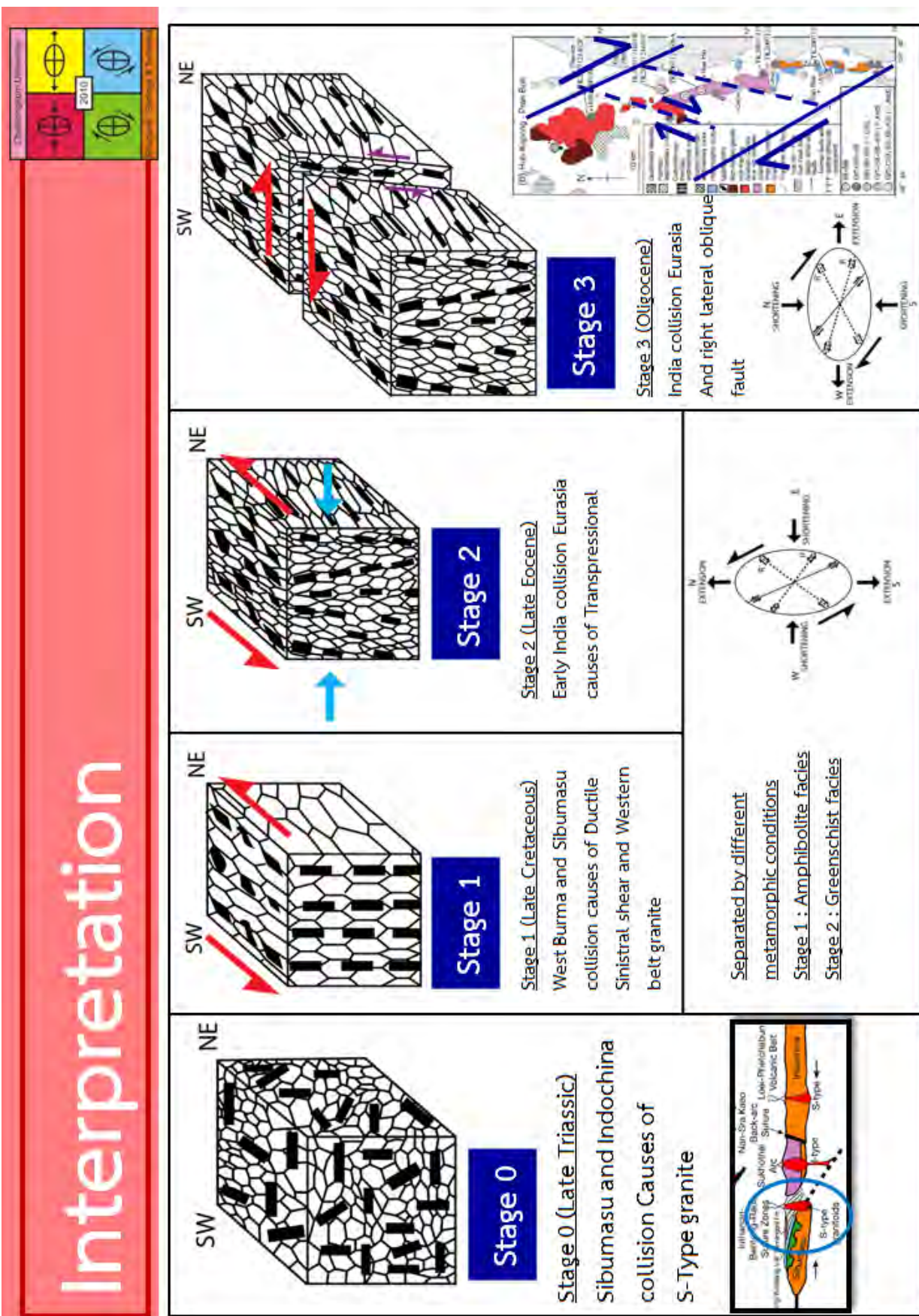
รูปที่ 4.14 ก ภาพแสดงเหตุการณ์แผ่นอินเดียชน (India plate) กับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) (Charusiri et al., 2005) ทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของแรงบีบอัด

รูป ข แสดงวงรีความเครียด (strain ellipsoid) บีบอัดในทิศเหนือ-ใต้ และทำให้รอยเลื่อนที่มีทิศตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ (รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์) มีการเฉือนแบบขวาเข้า (dextral fault)



รูปที่ 4.15 แสดงบริเวณเขตรอยเลื่อน (fault zone) (สาตรักษ์, 2552)

วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน (Tectonic evolution) สามารถสรุปได้ดังนี้



รูปที่ 4.16 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน

บทที่ 5

สรุปผล (Conclusion)

จากข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างระดับมหัภูมิภาคและธรณีวิทยาโครงสร้างระดับจุลภาค ที่ได้ นำมาวิเคราะห์และอภิปรายผล ในลักษณะธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้าง ของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัดเพชรบุรี สามารถสรุปผลได้ดังนี้

- รีวขนาน มีการวางตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ มีมุมเอียงเทค่อนข้างชัน (27-59 องศา)
- โครงสร้างย่อยชนิดเส้น มีการวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือและมีมุมเอียงในแนวระดับ
- การผลึกแฝดมีลักษณะตีบลงของแร่แคลซิโอเคลส
- การเกิดมีดสว่างแตกต่างกันของแร่ควอตซ์
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะบริเวณขอบของแร่ควอตซ์
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิมของแร่ไบโอไทต์แสดงลักษณะเนียนแบบซ่ายเข้า
- การเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิมของแร่เฟลด์สปาร์ ที่พบในการสำรวจภาคสนาม แสดงลักษณะเนียนแบบซ่ายเข้า
- การเกิดผลึกใหม่พลวัตของแร่ควอตซ์ เกิดที่อุณหภูมิ ~300 - 400 °C (Passchier and Trouw, 2005; Stipp *et al.*, 2002)

และสามารถสรุปได้ว่า ลักษณะทางธรณีวิทยาของหินไนส์สิกแกรนิตหุบกะพง จังหวัด เพชรบุรี มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบอ่อนนิม แสดงลักษณะการเนียนแบบซ่ายเข้า และมีความสัมพันธ์ กับรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์และเหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในการแปรสัณฐานมหัภูมิภาคและการแปร สัณฐานนวกาล มีการแปรสภาพอยู่ในชุดแร่หินแปรแอมฟิโบลิต์จนถึงชุดแร่หินแปรกรีนชีสต์ ใน ลักษณะการแปรสภาพแบบย้อนกลับ

เอกสารอ้างอิง (References)

- กรมทรัพยากรธรณี. 2551. การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดเพชรบุรี กรุงเทพฯ: 90 หน้า 1. ธรณีวิทยา 2. ทรัพยากรธรณี 3. การจำแนกเขต
- เพียงตา สาดรักษ์. 2552. ธรณีวิทยาโครงสร้าง, พิมพ์ครั้งที่ 3: ขอนแก่น, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 464 หน้า.
- Charusiri, P., Clark, A.H., Farrar, E., Archibald, D., Charusiri, B., 1993. Granite belts in Thailand: evidence from the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronological and geological syntheses. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences* 8, 127–136.
- Charusiri, P., Daorerk, V., Archibald, D., Hisada, K., Ampaiwan, T., 2002. Geotectonic evolution of Thailand: a new synthesis. *Journal of Geological Society of Thailand* 1, 1–20.
- Cobbing, E.J., 2011. Granitic rocks. In: Ridd, et al. (Eds.), *The Geology of Thailand*. Geological Society, London, pp. 441–457.
- Kanjanapayont, P., Grasemann, B., Edwards, M. A., & Fritz, H. 2012. Quantitative kinematic analysis within the Khlong Marui shear zone, southern Thailand. *Journal of Structural Geology*, 35, 17-27.
- Kawakami, T., Nakano, N., Higashino, F., Hokada, T., Osanai, Y., Yuhara, M., Hirata, T. 2014. U-Pb zircon and CHIME monazite dating of granitoids and high grade metamorphic rocks from the Eastern and Peninsular Thailand — A new report of Early Paleozoic granite. *Lithos*, 64-79.
- Metcalf, I. 2011. Tectonic framework and Phanerozoic evolution of Sundaland. *Gondwana Research*, 19(1), 3-21.
- Nantasin, P., Hauzenberger, C., Liu, X., Krenn, K., Dong, Y., Thöni, M., & Wathanakul, P. 2012. Occurrence of the high grade Thabsila metamorphic complex within the low grade Three Pagodas shear zone, Kanchanaburi Province, western Thailand: Petrology and geochronology. *Journal of Asian Earth Sciences*, 68-87.
- Passchier, C.W., Trouw, R.A.J., 2006. *Microtectonics*, 2nd edn. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Rhodes, B., Charusiri, P., Kosuwan, S. and Lamjuan, A., 2005. Tertiary Evolution of the Three Pagodas Fault, Western Thailand. In Proceedings of the International Conference on Geology, Geotechnlony and Mineral Resources of Indochina (GEOINDO 2005), November 28-30, 2005, Khon Kaen, Thailand : 498- 505.
- Stipp, M., Stünitz, H., Heilbronner, R., & Schmid, S. M. 2002. The eastern Tonale fault zone: A 'natural laboratory' for crystal plastic deformation of quartz over a temperature range from 250 to 700°C. *Journal of Structural Geology*, 24(12), 1861-1884.
- Watkinson, I., Elders, C., & Hall, R. 2008. The kinematic history of the Khlong Marui and Ranong Faults, southern Thailand. *Journal of Structural Geology*, 30(12), 1554-1571.
- Watkinson, I., Elders, C., Batt, G., Jourdan, F., Hall, R., 2011. The timing of strike-slip shear along the Ranong and Khlong Marui faults, Thailand. *Journal of Geophysical Research* 116.

ภาคผนวก (Appendix)

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม

1. รื้อขนาน

จุดศึกษา	strike	dip
1	324	18
	345	19
	355	25
	157	60
	110	50
	150	50
	155	63
	140	67
	145	60
	143	67
	153	66
	205	15
	300	33
	220	29
2	320	75
	330	79
	321	68
	140	59
	155	60
	130	60
	160	55
	150	43
	165	52
	174	50
	160	57
	153	54
	140	56
	142	75
	143	64
	144	58
	144	80

	220	6
	225	10
	151	59
	146	63
	162	50
3	183	55
	181	35
	190	65
	165	25
	170	24
	160	48
	48	62
	60	87
	18	34
	20	28
	190	29
	193	31
	193	24
4	160	65
	170	70
	165	48
	165	45
	167	30
	174	43
	280	42
	292	41
	296	34
	305	44
	260	56
	175	69
	170	80
5	213	73
	220	70
	225	72
	250	41
	205	12
	143	15

	198	56
	210	44
	224	56
	258	34
	115	28
	110	40
	92	34
	100	50

2. โครงสร้างย่อยชนิดเส้น

จุดศึกษา	trend	plunge
1	3	25
	335	6
	340	5
	175	15
	163	14
	345	15
	330	11
	315	16
	310	9
	323	4
	310	12
	345	15
	350	16
	347	20
2	325	8
	321	4
	355	8
	339	10
	325	12
	330	7
	343	6
	320	1
	345	9
	323	10

	313	3
	317	11
	338	5
	325	11
	328	15
	152	3
	320	7
	323	3
	321	6
	320	7
	315	10
	320	17
	318	18
	302	13
3	330	15
	334	17
	340	11
	170	3
	345	15
	340	8
	340	50
	320	40
	330	52
	320	20
	342	12
	348	16
	215	16
	220	19
	214	45
4	330	16
	320	16
	342	25
	328	27
	340	29
	343	4
	310	16
	320	14

	290	31
	300	4
	270	20
	265	18
5	40	1
	50	12
	235	1
	50	11
	41	5
	68	13
	35	10
	45	6
	44	2
	264	20
	263	19
	265	23