



# โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ธรณีวิทยาโครงสร้างที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวในปี 2016  
ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

โดย

นางสาวปพิชกานต์ ไชยสีหา  
เลขประจำตัวนิสิต 6032722423

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี  
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปีการศึกษา 2563

ธรณีวิทยาโครงสร้างที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

นางสาวปพิชกานต์ ไชยสีหา

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2563

STRUCTURAL GEOLOGY RELATED WITH 2016 EARTHQUAKES IN  
SURAT THANI PROVINCE

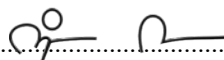
MISS PAPHITCHAKARN CHAISEEHA

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 2020

ชื่อโครงการ ธรณีวิทยาโครงสร้างที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัด  
สุราษฎร์ธานี  
โดย นางสาวพิชกานต์ ไชยสีหา  
สาขาวิชา ธรณีวิทยา  
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก ศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์

วันที่ส่ง..... 7 พฤษภาคม 2564 .....

วันที่อนุมัติ..... 14 พฤษภาคม 2564 .....

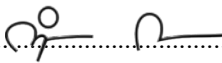
.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก  
(ศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์)

Project Title           STRUCTURAL GEOLOGY RELATED WITH 2016 EARTHQUAKES IN  
                                  SURAT THANI PROVINCE  
By                         Miss Paphitchakarn Chaiseeha  
Field of Study         Geology  
Project Advisor        Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Ph. D.

Submitted date..... 7 May 2021.....

Approval date..... 14 May 2021.....

.....

Project Advisor

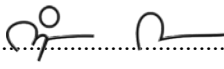
(Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Ph. D.)

ปพิชกานต์ ไชยสีหา : ธรณีวิทยาโครงสร้างที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี.  
(STRUCTURAL GEOLOGY RELATED WITH 2016 EARTHQUAKES IN SURAT THANI PROVINCE)  
อ.ที่ปรึกษาโครงการหลัก : ศาสตราจารย์ ดร.พิชญพงศ์ กาญจนพยนต์ , 45 หน้า.

### บทคัดย่อ

ในปี 2016 ได้เกิดแผ่นดินไหวขนาด 2.3 2.4 และ 3.3 ในอำเภอท่าฉางและอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย ตรวจวัดได้โดยสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ถูกติดตั้งโดยกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา โดยจังหวัดสุราษฎร์ธานีอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างรอยเลื่อนระนอง (RNF) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย แผ่นดินไหวในปัจจุบันที่เกิดขึ้นจากรอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ยเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กมากถึงเล็ก สามารถรับรู้แรงสั่นสะเทือนได้เพียงเล็กน้อยหรือตรวจวัดได้เฉพาะเครื่องมือ และสามารถสร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างได้บางส่วน รอยเลื่อนนี้เกิดจากรอยเลื่อนปัจจุบัน และการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกเป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาหลักที่กำหนดธรณีแปรสัณฐานวิทยาในปัจจุบัน โดยทั้งสองรอยเลื่อนนี้วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-และตะวันออกเฉียงใต้และเป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับจากซ้ายไปขวา ในการศึกษานี้จะใช้ข้อมูลจากการตีความจากการสำรวจระยะไกลแบบจำลองความสูงเชิงเลข และการตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำมาวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้น และธรณีวิทยาโครงสร้างจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามมาวิเคราะห์และตีความเพื่ออธิบายธรณีวิทยาโครงสร้างและวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นจากการสำรวจระยะไกล แสดงแนวหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และจากการสำรวจภาคสนาม พบแนวแตกในพื้นที่ศึกษาเป็นกลไกการเปลี่ยนลักษณะแบบเปราะ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนลักษณะของหินที่มีความสัมพันธ์การชนกันของแผ่นอินเดียและยูเรเชีย โดยทิศแนวแตกหลักที่พบในพื้นที่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ สันนิษฐานได้ว่าเนื่องจากบริเวณพื้นที่ศึกษามีการเลื่อนตามแนวระดับขวางกับรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย จึงทำให้สามารถเป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวได้ แต่ขนาดความรุนแรงไม่มาก

ภาควิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อนิสิต .....	ปพิชกานต์
สาขาวิชา	ธรณีวิทยา	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....	
ปีการศึกษา	2563		

# # 6032722423 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: STRUCTURE / EARTHQUAKE / RANONG FAULT/ KLONG MARUI FAULT

PAPHITCHAKARN CHAISEEHA: STRUCTURAL GEOLOGY RELATED WITH 2016 EARTHQUAKES IN SURAT THANI PROVINCE: Professor Pitsanupong Kanjanapayont, Ph. D., 45 pp.

### ABSTRACT

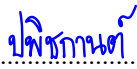
In 2016, the earthquake-monitoring station were installed by the Thai Meteorological Department (TMD) which record earthquakes a magnitude with 2.3, 2.4 and 3.3 in Tha chang and Chaiya districts in Surat Thani province. Surat Thani province is in southern of Thailand where located between Ranong fault (RNF) and Khlong Marui fault (KMF). In the term of RNF and KMF generate the earthquakes are felt slightly by some people and damage to buildings. These faults caused by neotectonics and tectonics are the main geological process shaping present-day geomorphology. RNF and KMF orientate approximately NE to NNE trending and are left-lateral strike-slip faults. The RNF and the KMF is active fault. Therefore, this study uses data form remote sensing interpretation and field geologic investigation method to interpret geological structure and geological structure evolution that related with 2016 earthquakes in Surat Thani province.

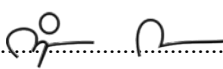
The result of lineament analysis show NW-SE trending. And the field investigation data found joints in study area are 4 direction that cause by brittle deformation that related to India-Eurasia collision. NW-SE direction joint are mainly direction that be assumed that conjugate with RNF and KMF. To conclude, study area can be epicenter of 2016 earthquakes in Surat Thani province.

Department: Geology

Field of Study: Geology

Academic Year: 2020

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนทางด้านงบประมาณในการออกภาคสนามและอุปกรณ์ในการทำโครงการในครั้งนี้

ขอขอบคุณ ศ.ดร. พิษณุพงศ์ กาญจนพยนต์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้คำปรึกษา คอยชี้แนะ และ ดร.อลงกต ฝั้นกา ที่ให้ความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการออกภาคสนาม และดูแลตลอดไปออกภาคสนาม ถึงแม้ในสถานการณ์ที่ยากลำบาก แต่อาจารย์ทั้ง 2 ท่านก็ได้ช่วยเหลืออย่างเต็มที่จนได้มาซึ่งข้อมูลในการทำโครงงานเล่มนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่อบรมสั่งสอน ให้ความรู้ด้านธรณีวิทยารวมถึงสอนวิชาชีวิต และที่บุคลากรในภาคที่คอยสนับสนุน ช่วยเหลือในหลายๆด้านตลอดมา

ขอบคุณ นางสาวเอมมิกา โลงนานันท์ ที่เป็นผู้ช่วยในการออกภาคสนาม เพื่อนๆธรณีวิทยา จุฬารุ่นที่ 61 (Geo'61) ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษา ตลอดจนรุ่นน้องชมรมธรณีสัมพันธ์และพี่ๆที่คอยให้กำลังใจกันเสมอมา และสุดท้ายขอขอบคุณครอบครัวที่รักยิ่งที่อบรมเลี้ยงดูตลอดจนให้โอกาสทางการศึกษา

นางสาวปพิชกานต์ ไชยสีหา

ผู้จัดทำ



## สารบัญ

บท	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
<b>บทที่ 1 บทนำ (Introduction) .....</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ (Background).....	1
1.2 จุดประสงค์ (Objectives) .....	3
1.3 พื้นที่ศึกษา (Study area) .....	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work).....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outputs) .....	5
<b>บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป (General geology) .....</b>	<b>6</b>
2.1 ธรณีวิทยาแปรสัณฐานในประเทศไทย .....	6
2.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา .....	10
2.2.1 ธรณีวิทยากายภาพและการลำดับชั้นหิน .....	10
2.2.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง.....	12
2.3 ธรณีวิทยาแผ่นดินไหว .....	15
<b>บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology) .....</b>	<b>18</b>
3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น .....	19
3.1.1 การศึกษาแนวคิดและทฤษฎี จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	19
3.1.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา .....	19
3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นด้วยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล.....	19
3.2.1 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเส้น (Digital Elevation Model : DEM) .....	19

3.2.2	ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) .....	19
3.3	การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม.....	20
3.4	การตีความข้อมูล.....	20
3.5	การอภิปรายและการสรุปผลการศึกษา.....	20
3.6	การจัดทำรายงานและการนำเสนอ .....	20
<b>บทที่ 4</b>	<b>ผลการศึกษา (Result).....</b>	<b>21</b>
4.1	ผลการสำรวจและศึกษาข้อมูลระยะไกล .....	21
4.1.1	ผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นพื้นที่ศึกษา.....	21
4.2	ผลการศึกษาภาคสนาม .....	24
4.2.1	จุดศึกษาขอบเขตที่ 1 .....	25
4.2.2	จุดศึกษาขอบเขตที่ 2 .....	28
4.2.3	จุดศึกษาขอบเขตที่ 3 .....	29
4.2.4	จุดศึกษาขอบเขตที่ 4 .....	31
4.2.5	จุดศึกษาขอบเขตที่ 5 .....	32
4.2.6	จุดศึกษาขอบเขตที่ 6 .....	33
<b>บทที่ 5</b>	<b>อภิปรายและสรุปผล (Discussion&amp;Result).....</b>	<b>36</b>
5.1	กรณีวิทยาโครงสร้าง.....	36
5.2	วิวัฒนาการกรณีแปรสัณฐาน .....	38
5.3	สรุปผลศึกษา (Conclusion).....	41
	เอกสารอ้างอิง.....	42
	ภาคผนวก.....	44

## สารบัญรูปลูกภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.0.1 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลขแสดงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวปี 2016 จังหวัดสุราษฎร์ธานี	2
รูปที่ 1.2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม แสดงพื้นที่ศึกษา และจุดสีแดง น้ำเงิน และเหลือง แสดงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ( Landsat8 )	3
รูปที่ 1.3 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข แสดงพื้นที่ศึกษา และจุดสีแดง น้ำเงิน และเหลือง แสดงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว ปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี (SRTM 1 Arc-second Global)	4
รูปที่ 2.1 แบบจำลองธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย ในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคจูแรสซิก (Metcalfe, 2013)	7
รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ในช่วงต้นยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงช่วงไตรแอสซิกตอนปลาย (Metcalfe, 2006)	8
รูปที่ 2.3 แสดงธรณีแปรสัณฐานช่วงปลายยุคจูแรสซิกถึงช่วงกลางยุคอีโอซีน (Metcalfe, 2006)	9
รูปที่ 2.4 แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดสุราษฎร์ธานี (กรมทรัพยากรธรณี, 2562)	11
รูปที่ 2.5 แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย (กรมทรัพยากรธรณี, 2562)	13
รูปที่ 2.6 แบบจำลองแสดงกลไกการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (Watkinson, 2008)	14
รูปที่ 2.7 รูปแสดงทิศทางความเค้นหลักซึ่งสัมพันธ์กับระบบรอยเลื่อนแต่ละประเภท (Heidbach et al., 2016)	15
รูปที่ 2.8 แผนที่เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดของกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา	16
รูปที่ 2.9 แผนที่จำลองความสูงเชิงเลขแสดงจุดเหนือศูนย์กกลางการเกิดแผ่นดินไหว โดยมีขนาดความรุนแรง ดังนี้ จุดสีแดง 2.3 จุดน้ำเงิน 2.4 และ จุดสีเหลือง 3.3 และแสดงรอยเลื่อนระนอง (RNF) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (KMF)	17
รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงการดำเนินงานระเบียบวิธีวิจัย 6 ขั้นตอน	18
รูปที่ 4.1 แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม Arc Map 10.5 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากข้อมูลชั้นความสูงที่นำมาทำ (Hillshade) โดยรูปนี้กำหนดค่ามุมแสง 315 องศา	22

รูปที่ 4.2 แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม Geomatica2016 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากข้อมูลชั้นความสูงที่นำมาทำ (Hillshade) ให้ค่ามุมแสง 225 องศา..... 23

รูปที่ 4.3 แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม Arc Map 10.5 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8 ..... 24

รูปที่ 4.4 จุดศึกษาทั้ง 6 จุดตามบริเวณการพบหินโพลในพื้นที่ศึกษา ..... 25

รูปที่ 4.5 รูป a, b, และ c แสดงระนาบการเลื่อนตัวในตะกอนที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 340/80NE และเส้นปะสีดำแสดงลักษณะรอยครูดที่พบในระนาบของรอยเลื่อน..... 27

รูปที่ 4.6 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของรอยเลื่อน และโพล ในจุดศึกษาที่ 1 ..... 28

รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะหินโพลบริเวณจุดศึกษาที่ 2..... 28

รูปที่ 4.8 แสดงแนวแตกทั้ง 3 แนว ที่พบในจุดศึกษาที่ 1..... 29

รูปที่ 4.9 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในแนวหลัก และโพล ในจุดศึกษาที่ 2..... 29

รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะหินโพลบริเวณจุดศึกษาที่ 3..... 30

รูปที่ 4.11 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในแนวหลัก และโพล ในจุดศึกษาที่ 3 ..... 30

รูปที่ 4.12 ภาพแสดงแนวแตก 3 แนวในหินโพลบริเวณจุดศึกษาที่ 4..... 31

รูปที่ 4.13 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 4 ..... 31

รูปที่ 4.14 รูปแสดงลักษณะหินโพลและแนวแตกของหินในจุดศึกษาที่ 5..... 32

รูปที่ 4.15 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 5 ..... 32

รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะหินโพลในพื้นที่จุดศึกษาที่ 6 และแนวแตกทั้ง 3 แนว..... 33

รูปที่ 4.17 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 6 ..... 33

รูปที่ 4.18 ภาพรวมของแผนภาพกุหลาบและโพลของจุดศึกษาทั้ง 6 จุด..... 34

รูปที่ 5.1 แนวการวางตัวของโครงสร้างในทรงรีความเครียด (strain ellipsoid) ดัดแปลงมาจาก (Charusiri, 1997) ..... 37

รูปที่ 5.2 แสดงช่วงเวลาการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษาสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย..... 39

รูปที่ 5.3 แบบจำลองธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษา ทั้งก่อนและหลังการชนของแผ่นอินเดีย-ยูเรเชีย ..... 40

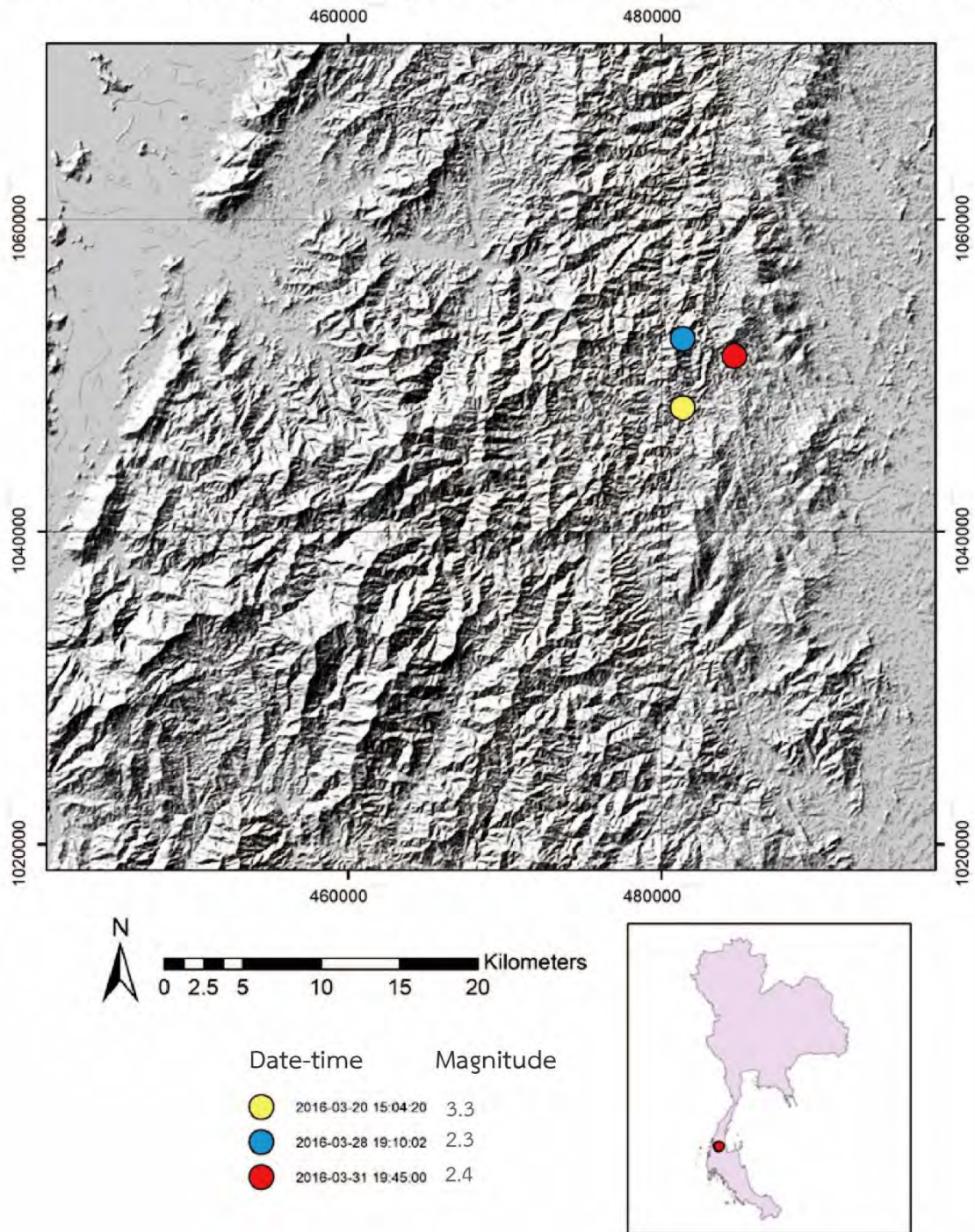
## บทที่ 1

### บทนำ (Introduction)

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ (Background)

การเกิดแผ่นดินไหวโดยส่วนมากมีสาเหตุเกิดจากรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก 2 แผ่นเคลื่อนตัวอย่างฉับพลัน โดยตำแหน่งใต้พื้นผิวโลกที่เป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวเรียกว่าจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Hypocenter) และตำแหน่งที่อยู่เหนือพื้นผิวโลกเรียกว่าจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหว (Epicenter) ภัยพิบัติทางธรณีวิทยานี้สามารถสร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งความรุนแรงนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นดินไหว โดยในปี 2016 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวที่ถูกติดตั้งโดยกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา (TMD) ได้บันทึกการเกิดแผ่นดินไหวขนาด 2.3 2.4 และ 3.3 ในอำเภอท่าฉางและอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประเทศไทย (รูปที่ 1.1) ([www.tmd.go.th](http://www.tmd.go.th)) จังหวัดสุราษฎร์ธานีอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างรอยเลื่อนระนอง (RNF) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (KMF) (DMR, 2012; Pailoplee et al, 2009b) แผ่นดินไหวในปัจจุบันที่เกิดขึ้นจากรอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ยเป็นแผ่นดินไหวขนาดเล็กมากถึงเล็ก สามารถรับรู้แรงสั่นสะเทือนได้เพียงเล็กน้อยหรือตรวจวัดได้เฉพาะเครื่องมือ และสามารถสร้างความเสียหายให้กับโครงสร้างได้บางส่วน รอยเลื่อนนี้เกิดจากรอยเลื่อนปัจจุบัน (Neotectonics) และการเคลื่อนที่ของเปลือกโลกเป็นกระบวนการทางธรณีวิทยาหลักที่กำหนดธรณีแปรสัณฐานวิทยาในปัจจุบัน (Zhonghai and Mengmeng, 2019) กลุ่มรอยเลื่อนระนองและกลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ แนวประมาณ NE ถึง NNE และเป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับจากซ้ายไปขวา (Sinistral strike-slip fault) (Watkinson et al., 2008) ในการศึกษาจะใช้ข้อมูลจากการตีความจากการสำรวจระยะไกลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และการตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) เพื่อวิเคราะห์การวางแนวของรอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ยตลอดจนธรณีสัณฐานที่แสดงถึงความผิดปกติที่ปรากฏขึ้นบนพื้นผิวโลก เช่น การวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้น (Lineament) แนวแตก (Joint) หลังจากนั้นจะใช้การตีความข้อมูลและอภิปรายผลเพื่อสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการของแผ่นเปลือกโลกในพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาโครงการนี้เพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานีและทราบวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลขแสดงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวปี 2016 จังหวัดสุราษฎร์ธานี



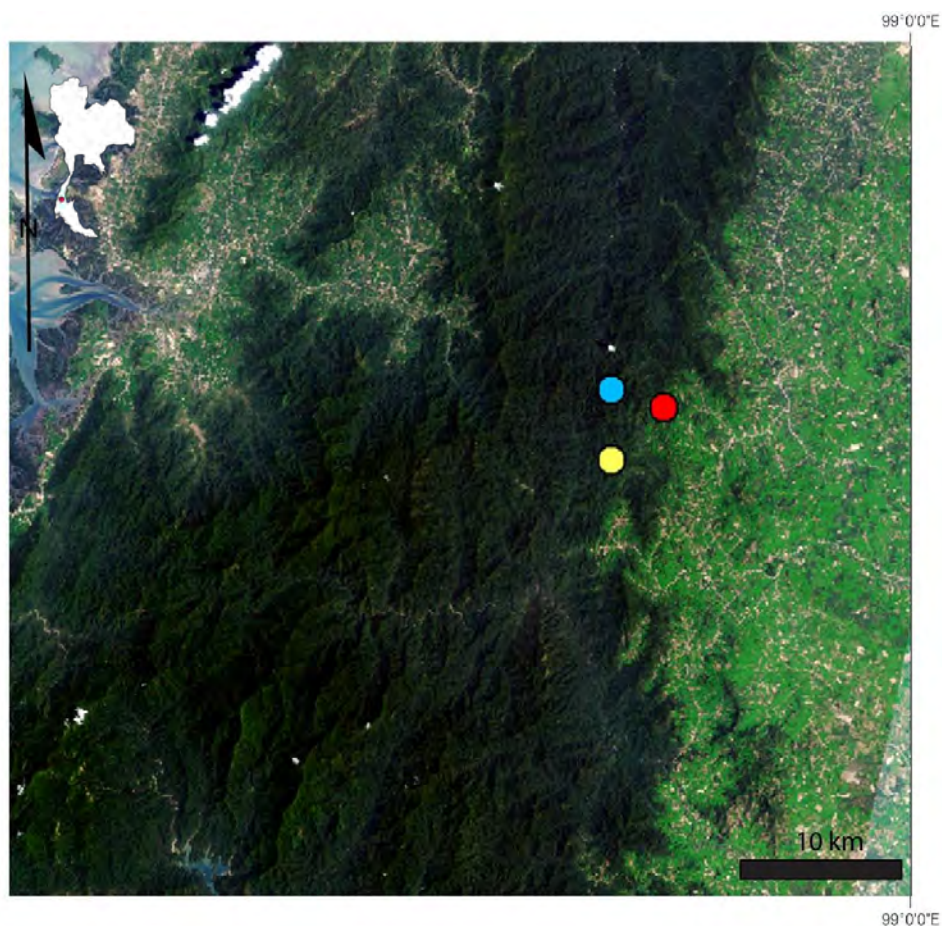
รูปที่ 1.1 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลขแสดงจุดเหนือศูนย์เกิดแผ่นดินไหวปี 2016 จังหวัดสุราษฎร์ธานี

## 1.2 จุดประสงค์ (Objectives)

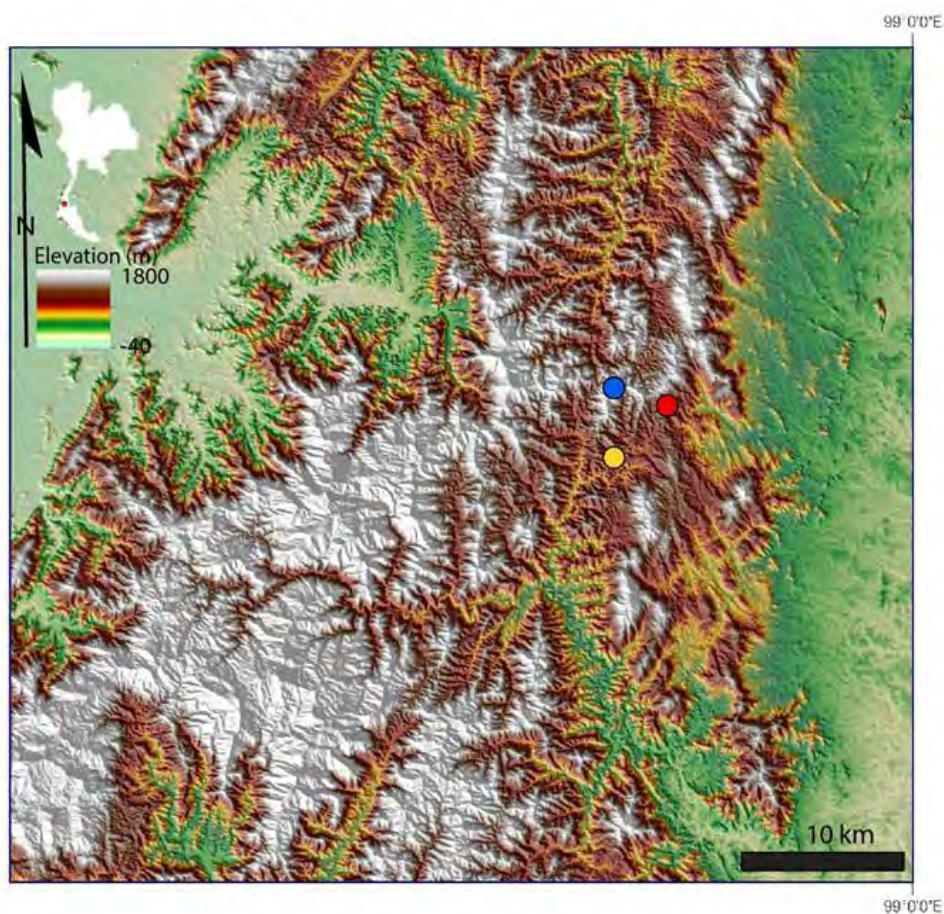
เพื่อศึกษาธรณีโครงสร้างและวิวัฒนาการของธรณีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

## 1.3 พื้นที่ศึกษา (Study area)

พื้นที่ศึกษาที่ทำการสำรวจข้อมูลจากภาคสนามอยู่ในพื้นที่อำเภอท่าฉางและอำเภอไชยา อยู่ตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นจุดเหนือศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหวในปี 2016 และพื้นที่ศึกษาข้อมูลการสำรวจระยะไกลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) การตีความภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) ครอบคลุมพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดระนอง จังหวัดชุมพร และจังหวัดพังงา



รูปที่ 1.2 แผนที่ภาพถ่ายดาวเทียม แสดงพื้นที่ศึกษา และจุดสีแดง น้ำเงิน และเหลือง แสดงจุดเหนือศูนย์กลางเกิดแผ่นดินไหวปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี (Lansat8)



รูปที่ 1.3 แผนที่แบบจำลองความสูงเชิงเลข แสดงพื้นที่ศึกษา และจุดสีแดง น้ำเงิน และเหลือง แสดงจุดเหนือศูนย์เกิด  
 แผ่นดินไหว ปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี (SRTM 1 Arc-second Global)

#### 1.4 ขอบเขตการศึกษา (Scope of work)

โครงการนี้มุ่งเน้นการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา (Structural geology) วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา โดยศึกษาจากลักษณะธรณีวิทยาแปรสัณฐานในระดับมหภาค (Macro scale) จากข้อมูลการสำรวจระยะไกลแบบจำลองความสูงดิจิทัล (DEM) การตีความภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image) และข้อมูลภาคสนาม (Outcrops survey) ซึ่งทำการเก็บข้อมูล โครงสร้างแนวเส้น (Lineament) รอยเลื่อน (Fault) ระนาบการวางตัวของชั้นหิน (Bedding) และริ้วขนาน (Foliation) เพื่อนำมาวิเคราะห์ธรณีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัด สุราษฎร์ธานี จากนั้นนำมาสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการของแผ่นเปลือกโลกในพื้นที่



### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ (Expected outputs)

เพื่อทราบถึงกรณีโครงสร้างและทราบวิวัฒนาการของกรณีโครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

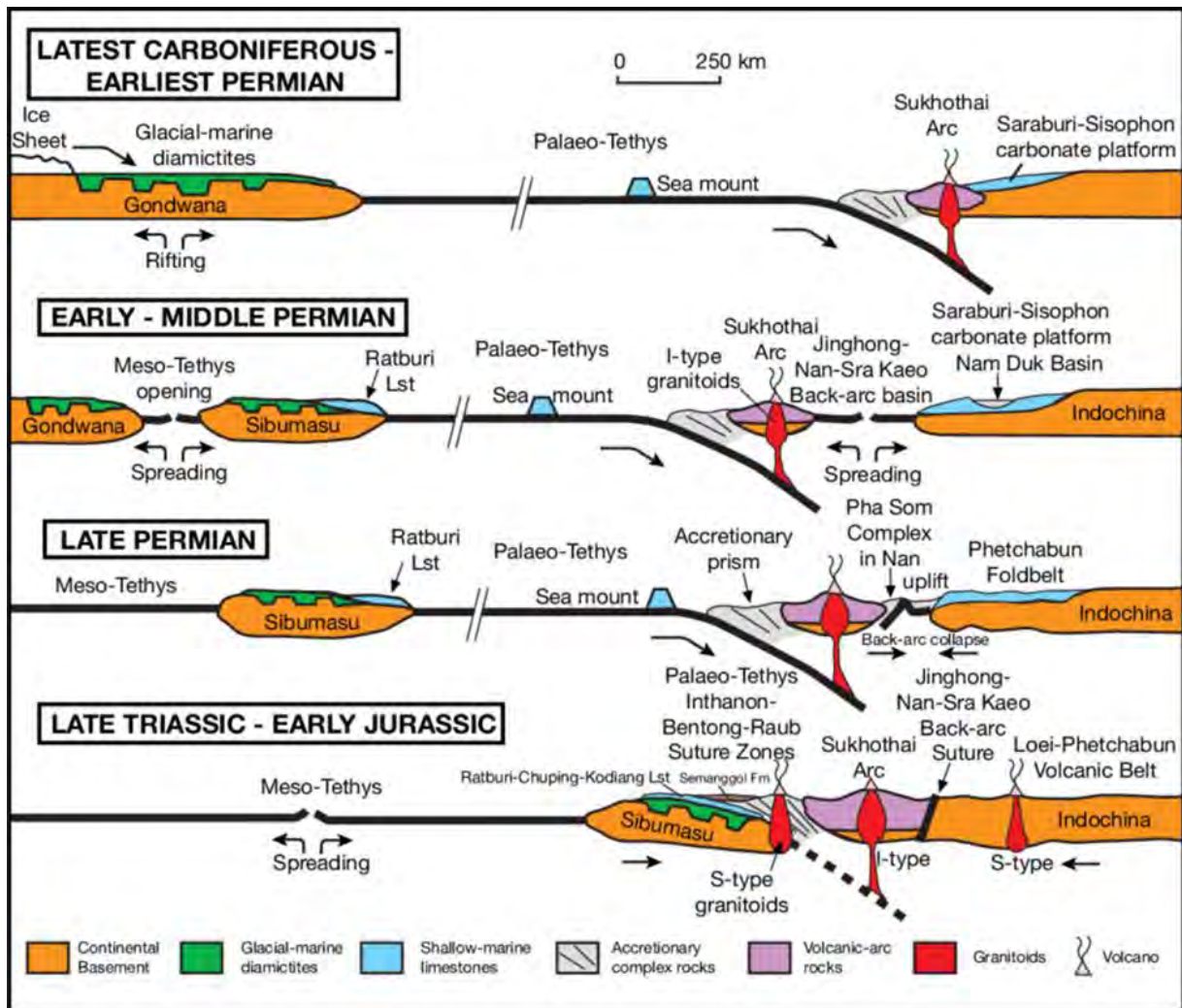
## บทที่ 2

### ธรณีวิทยาทั่วไป (General geology)

บทนี้รวบรวมข้อมูลพื้นฐานทางธรณีวิทยาที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ศึกษาทั้งในระดับภูมิภาคและระดับท้องถิ่น ประกอบด้วยข้อมูลธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย ธรณีวิทยาของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ธรณีวิทยาโครงสร้าง และธรณีวิทยาแผ่นดินไหว เพื่อเป็นข้อมูลใช้สำหรับการอภิปรายผลการศึกษาในบทที่ 5 ต่อไป

#### 2.1 ธรณีวิทยาแปรสัณฐานในประเทศไทย

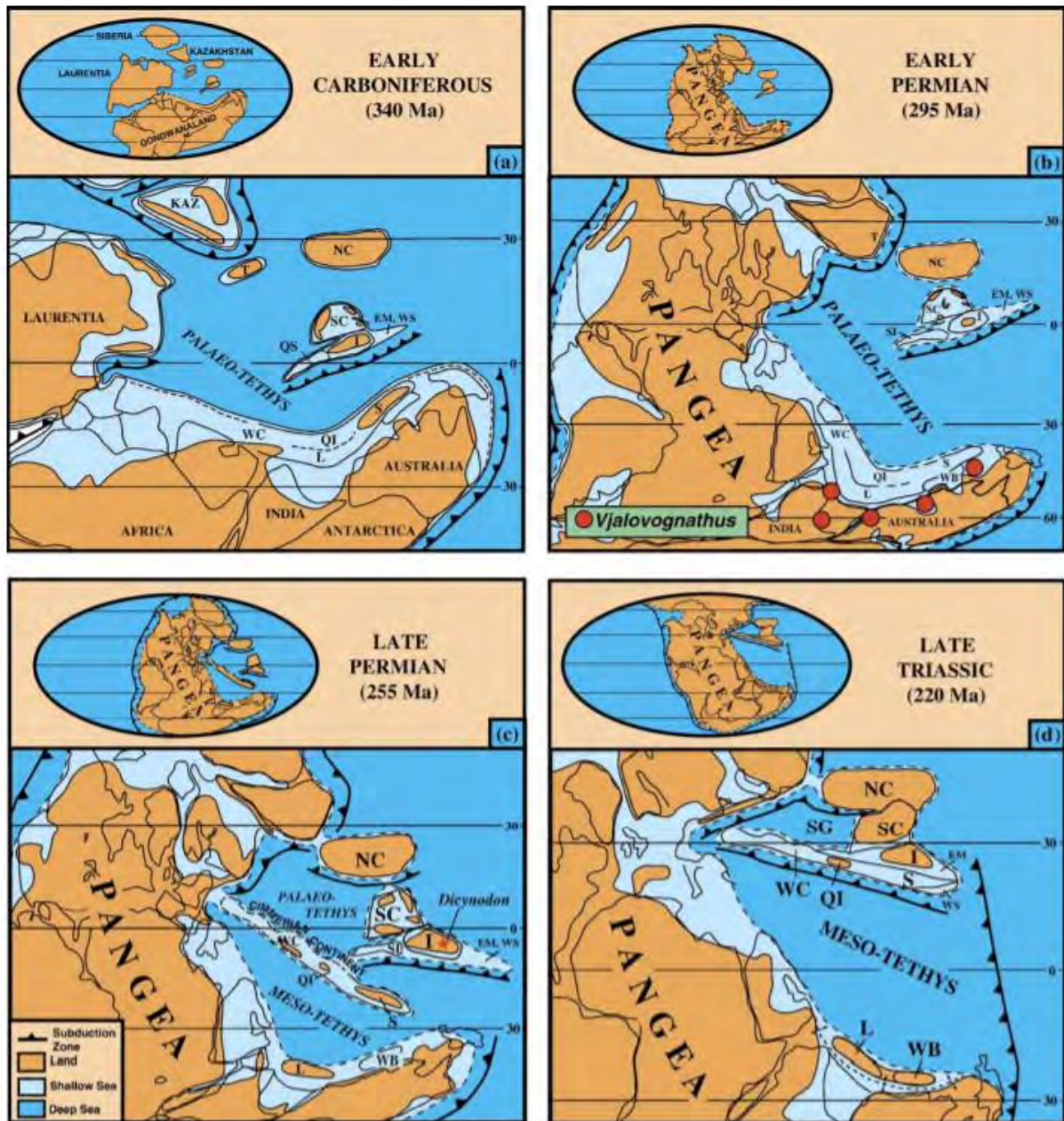
จากการศึกษาของ Barber et al. (2005, 2009) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรณีวิทยาวิทยาแปรสัณฐานบริเวณสุมาตราทำให้สรุปวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทยในช่วงก่อนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) ดังต่อไปนี้ ช่วงยุคแคมเบรียน-ออร์โดวิเซียน (Cambrian - Ordovician) ในช่วงนี้จุลทวีปฉาน-ไทย (Shan-Thai micro continental plate) และแผ่นอินโดจีน (Indo-china plate) ยังเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นกอนด์วานา (Gondwanaland) ที่เป็นผืนแผ่นดินในซีกโลกใต้ โดยแผ่นไซบิวมาสูติติดอยู่กับทางด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือของทวีปออสเตรเลีย และแผ่นอินโดจีนติดอยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือของทวีปออสเตรเลีย ต่อมาแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนแยกตัวออกจากมหาทวีปกอนด์วานาในช่วงปลายยุคดีโวเนียน (Late Devonian) ทำให้เกิดทะเลโบราณพาลีโอเทธิส (Paleo-Tethys) ต่อมาเกิดการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกภาคพื้นมหาสมุทรลงไปได้แผ่นเปลือกโลกอินโดจีนบริเวณด้านทิศตะวันตกในปัจจุบันผลจากการมุดตัวก่อให้เกิดแนวภูเขาไฟตามขอบด้านตะวันตกของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนที่เรียกว่า แนวสุโขทัย (Sukhothai ac) และก่อให้เกิดการเปิดออกของแอ่งโค้งด้านหลังน่าน (Nan Back-arc basin) ต่อมานั้นแผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูติได้แยกตัวออกจากมหาทวีปกอนด์วานาในช่วงต้นยุคเพอร์เมียน (Early Permian) เกิดเป็นทะเลโบราณมีโซเทธิส (Meso-Tethys) ต่อมาในช่วงปลายยุคเพอร์เมียน-ยุคไทรแอสซิกตอนปลาย แผ่นเปลือกโลกไซบิวมาสูติเริ่มมีการเคลื่อนที่ขึ้นมาทางเหนือ เนื่องจากการขยายตัวของธรณีมหาสมุทร (seafloor spreading) ของทะเลโบราณมีโซเทธิสจนเกิดการมุดตัวได้แนวสุโขทัย ทำให้ทะเลโบราณพาลีโอเทธิสเกิดการสะสมตะกอนแบบพอกพูน (accretionary prism) และแอ่งหลังแนวภูเขาไฟน่านถูกปิดด้วยแรงบีบอัด (รูปที่ 2.1)



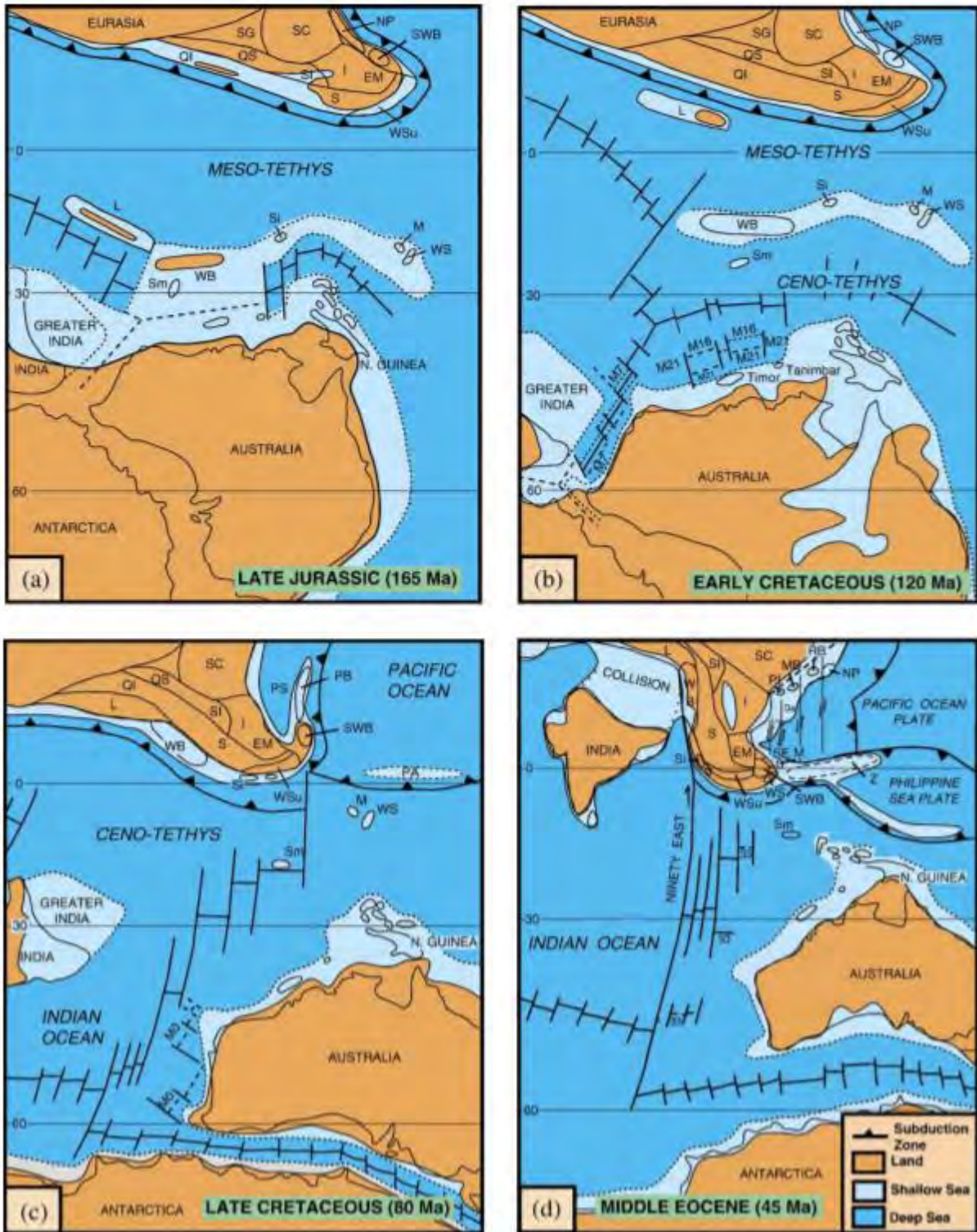
รูปที่ 2.1 แบบจำลองธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย ในช่วงยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงยุคจูแรสซิก (Metcalf, 2013)

ต่อมาในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย แผ่นเปลือกโลกไซบูมาสุ แนวภูเขาไฟสุโขทัย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนได้เชื่อมต่อกันเป็นแผ่นเดียวกัน ทำให้ทะเลโบราณพาโลเทธิสปิดตัวลง เกิดชั้นหินคดโค้ง รอยเลื่อนย้อนมุมต่ำและการเปลี่ยนแปลงลักษณะขึ้นหรือเรียกการก่อเทือกเขาอินโดจีนเนียน (Indosinian Orogeny; Sone & Metcalfe, 2008) ในมหายุคซีโนโซอิก เกิดเหตุการณ์ก่อเทือกเขาหิมาลัย (Himalayan Orogeny) ซึ่งเกิดจากการชนกันของแผ่นเปลือกโลกอินเดีย (Indian plate) กับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย (Eurasian plate) ในแนวเหนือ-ใต้ การชนกันนี้ส่งผลทำให้เกิดการหมุนตัวของแผ่นเปลือกโลกบริเวณประเทศไทย ทำให้เกิดแอ่งตะกอนสะสมที่ค่อย ๆ เปิดออกจากทางใต้ขึ้นมาทางเหนือ และเกิดการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนต่าง ๆ ในประเทศไทย เช่น รอยเลื่อนในแนวระดับที่มีระนาบการเคลื่อนตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ รอยเลื่อนแม่ปิง รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และแนวรอยเลื่อนในแนวระดับที่มีระนาบการเคลื่อนตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เช่น รอยเลื่อนระนอง รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย เป็นต้น

ต่อมาในยุคซีโนโซอิกแผ่นออสเตรเลีย (Australian plate) ได้เคลื่อนที่ชนแผ่นไซบูมาสุ (Sibumasu plate) ส่งผลให้เกิดแรงในแนวเหนือ-ใต้ (รูปที่ 2.3 )



รูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก ในช่วงต้นยุคคาร์บอนิเฟอรัสถึงช่วงไทรแอสซิกตอนปลาย (Metcalfe, 2006)



รูปที่ 2.3 แสดงธรณีแปรสัณฐานช่วงปลายยุคจูแรสซิกถึงช่วงกลางยุคอีโอซีน (Metcalf, 2006)

## 2.2 ธรณีวิทยาของพื้นที่ศึกษา

จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่บนฝั่งตะวันออกของภาคใต้ มีเนื้อที่ 12,891.469 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่มากที่สุดในภาคใต้และมีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ดังนี้

- ทิศเหนือ ติดต่อกับจังหวัดชุมพรและอ่าวไทย
- ทิศใต้ ติดต่อกับจังหวัดนครศรีธรรมราชและกระบี่
- ทิศตะวันตก ติดต่อกับจังหวัดพังงาและระนอง
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับอ่าวไทยและจังหวัดนครศรีธรรมราช

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นภูเขาประมาณ 49% ของพื้นที่จังหวัด โดยทางด้านตะวันตกของจังหวัด มีเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนทอดยาวตามแนวเหนือใต้ ซึ่งก่อให้เกิดลุ่มน้ำน้อยใหญ่รวม 14 ลุ่มน้ำ มีสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน อยู่ภาคใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามาจากมหาสมุทรอินเดียและลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดผ่านอ่าวไทย จึงมีช่วงฤดูฝนยาวนาน ทำให้เกิดกระบวนการกัดกร่อนและผุพังของโครงสร้างทางธรณีวิทยาในพื้นที่

### 2.2.1 ธรณีวิทยากายภาพและการลำดับชั้นหิน

พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีร้อยละ 80 รองรับด้วยหินตะกอน หินแปร และตะกอนร่วน สามารถจำแนกย่อยเป็นหินตะกอนและหินแปร 11 หน่วย และตะกอนร่วน 9 หน่วยหินตะกอน ลำดับชั้นหินที่พบในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีเรียงอายุจากเก่าไปอ่อนดังนี้ หินยุคออร์โดวิเซียน (O) กลุ่มหินทุ่งสง ไซเรียกหินปูนยุคออร์โดวิเซียน หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน (SD) ประกอบด้วย หินดินดาน และหินดินดานกึ่งหินชนวน สีเทาเข้ม หินยุคไซลูเรียน – ดีโวเนียน - คาร์บอนิเฟอรัส (SDC) หมวดหินเขาหิน (SDCKd) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส (C) หมวดหินยะหา (Cy) หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน (CP) กลุ่มหินแกงกระจาน หินยุคเพอร์เมียน (P) กลุ่มหินราชบุรี หินยุคไทรแอสซิก (TR) หมวดหินไสบอน (TRsb) หินยุคจูแรสซิก (J) กลุ่มหินตรัง หินยุคจูแรสซิก - ครีเทเชียส (JK) หมวดหินลำทับ (JKL) หินยุคครีเทเชียส (K) หมวดหินพุนพิน (Kp) หินยุคเทอร์เชียรี (T) ประกอบด้วย หินโคลน หินทราย และหินทรายแปร หินโคลนมีสีเทาถึงสีน้ำตาลแกมเทา หินทรายและหินทรายแปรมีสีน้ำตาลแกมแดง มีซากดึกดำบรรพ์ ลิกไนต์ละอองขี้ผึ้ง ตะกอนร่วนยุคควอเทอร์นารี (Q) และพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีร้อยละ 20 รองรับด้วยหินอัคนีซึ่งสามารถจำแนกโดยอาศัยชนิดหินและช่วงอายุของการเกิดได้เป็น 3 หน่วยหิน ดังนี้ หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต ยุคไทรแอสซิก (TRgr) หินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต ยุคครีเทเชียส (Kgr) หินกิโอไรต์ ยุคควอเทอร์นารี (Qgy)

จากแผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดสุราษฎร์ธานี (รูปที่ 2.4 ) พบว่าพื้นที่ศึกษาเป็นหินอัคนีแทรกซอนชนิดหินแกรนิต ยุคครีเทเชียส (Kgr) หินไปโอไทต์ฮอร์นเบลนด์แกรนิตมัสโคไวต์แกรนิต ผลึกเท่าๆกันและผลึกเนื้อดอกหินแกรนิตโอไรต์ หินยุคนี้อายุประมาณ 140-65 ล้านปี พบกระจายตัวเป็ขกลุ่มใหญ่ทางด้านตะวันตกของจังหวัด แทรกตัดเข้าไปในกลุ่มหินแกงกระจาน ซึ่งเป็นหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (CP) ซึ่งมีอายุ



## 2.2.2 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีมีธรณีวิทยาโครงสร้างที่สำคัญคือ กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง 2 รอยเลื่อน คือ กลุ่มรอยเลื่อนระนอง และกลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ซึ่งเป็นตามแนวระดับที่เคลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างจากฝั่งทะเลอันดามัน จังหวัดภูเก็ตและพังงา มาถึงอ่าวไทย พาดผ่านพื้นที่ตอนกลางของจังหวัดสุราษฎร์ธานี (รูปที่ 2.5)

- กลุ่มรอยเลื่อนระนอง รอยเลื่อนระนองวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่มันชันแผ่นดินที่อำเภอตะกั่วป่า และอำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา และผ่านจังหวัดระนอง จังหวัดชุมพร และต่อเนื่องไปในพื้นที่ของจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และมาลงอ่าวไทยบริเวณทิศตะวันออกเฉียงของอำเภอ สามร้อยยอด จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 300 กิโลเมตร
- กลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย รอยเลื่อนนี้วางขนานกับกลุ่มรอยเลื่อนระนอง เป็นกลุ่มรอยเลื่อนตามแนวระนาบแบบเหลื่อมซ้าย และเลื่อนตัวในแนวตั้งแบบรอยเลื่อนย้อน แนวรอยเลื่อนนี้เริ่มปรากฏในทะเลอันดามันบริเวณ ทิศตะวันออกเฉียงของภูเก็ต และเกาะยาว ในบริเวณอ่าวพังงา รอยเลื่อนยาวต่อเนื่องขึ้นบกบริเวณลำคลองมะรุ่ย อำเภอทับปุด อำเภอตะกั่วทุ่ง และอำเภอท้ายเหมือง ของจังหวัดพังงา พาดผ่านต่อเนื่อง ไปในจังหวัดสุราษฎร์ธานี รวมความยาวเฉพาะส่วนบนแผ่นดินประมาณ 140 กิโลเมตร ซึ่งในเขต อำเภอไชย้านี้มีแหล่งน้ำพุร้อนหลายแห่งไหลขึ้นมาตามแนวรอยเลื่อนนี้และเกิดแผ่นดินไหวตามแนวรอย

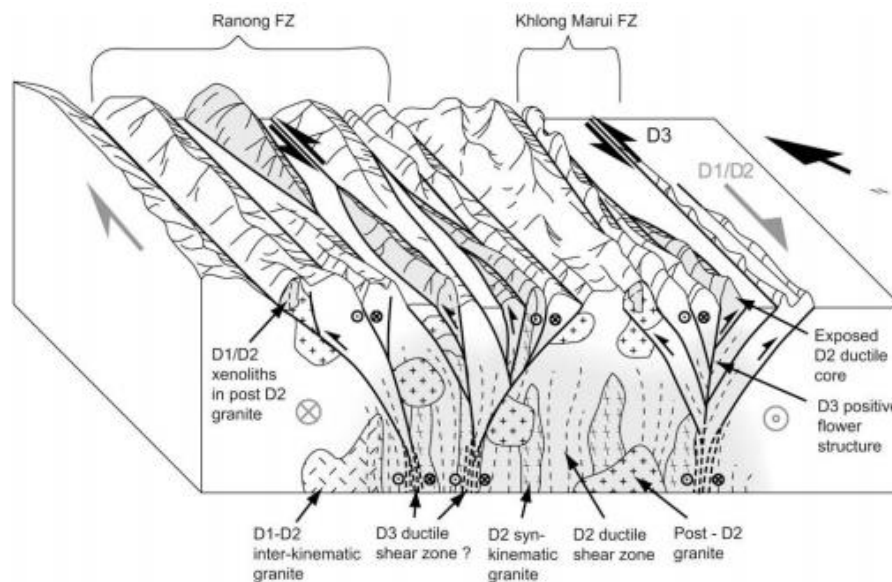




Watkinson et al. (2008) ศึกษาการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยที่มีการเปลี่ยนลักษณะ (deformation) ทั้งหมด 4 ระยะ (รูปที่ 2.6) โดย

- ระยะที่หนึ่ง ( $D_1$ ) การเปลี่ยนลักษณะแบบรอยเลื่อนแนวระนาบแบบอ่อนนึ่มจากขวาไปซ้าย ระดับต่ำ ก่อน 87 ล้านปีที่แล้ว
- ระยะที่สอง ( $D_2$ ) การเปลี่ยนลักษณะแบบรอยเลื่อนแนวระนาบแบบอ่อนนึ่มจากขวาไปซ้าย ระดับกลางและระดับสูง ก่อน 72 ล้านปีที่แล้ว แต่หลังจาก 56 ล้านปีที่แล้ว
- ระยะที่สอง ( $D_3$ ) การเปลี่ยนลักษณะแบบรอยเลื่อนแนวระนาบแบบเปราะจากซ้ายไปขวาและแบบย้อน หลังจาก 52 ล้านปีที่แล้ว
- ระยะที่สาม ( $D_4$ ) การเปลี่ยนลักษณะแบบรอยเลื่อนแนวระนาบแบบเปราะจากขวาไปซ้าย ที่อายุประมาณ 23 ล้านปีที่แล้ว

กล่าวโดยสรุปได้ว่า 2 ระยะแรกเป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับจากขวาไปซ้าย (Dextral strike slip-fault) โดยเริ่มการเปลี่ยนลักษณะก่อนยุคครีเทเชียสตอนปลาย (Late Cretaceous) สิ้นสุดในช่วงยุคพาลีโอซีน (Paleocene) ถึงอีโอซีน (Eocene) ซึ่งสัมพันธ์กับการชนกันของแผ่นอินเดียและแผ่นเอเชีย (India-Asia collision) 2 ระยะหลังเกิดรอยเลื่อนตามแนวระดับจากซ้ายไปขวา (Sinistral) ซึ่งสัมพันธ์กับการเกิดโครงสร้างรูปดอกไม้บวก (Positive flower structure)



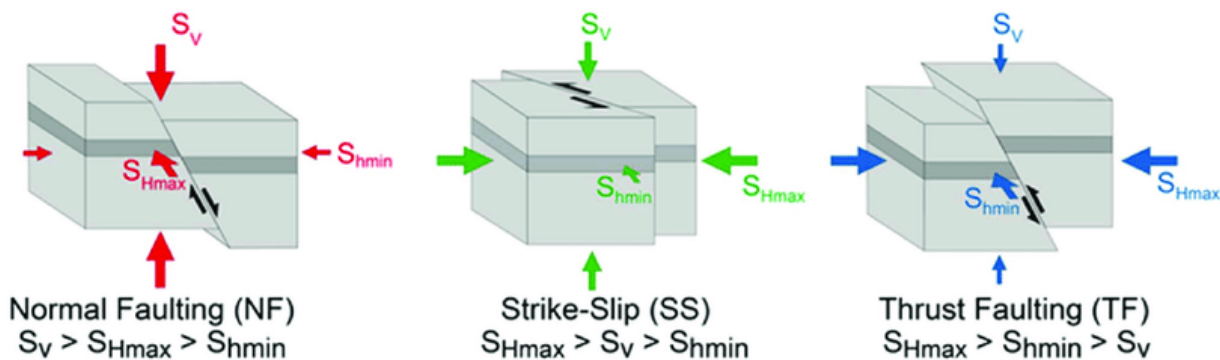
รูปที่ 2.6 แบบจำลองแสดงกลไกการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (Watkinson, 2008)

จากการศึกษาเรื่องความเค้นหลัก (principle stress) เพื่ออธิบายถึงพฤติกรรมของรอยเลื่อน เพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานในพื้นที่ศึกษา โดย Anderson ได้จำแนกชนิดของรอยเลื่อนกับความเค้นเป็น 3 ระบบ (รูปที่ 2.7) ดังนี้

- รอยเลื่อนปกติ จะมีค่าความเค้นตามแนวตั้งมากที่สุด (vertical stress :  $\sigma_1$ ) ค่าความเค้นสูงสุดตามแนวนอน (maximum horizontal stress :  $\sigma_2$ ) และค่าความเค้นต่ำสุดตามแนวนอน (minimum horizontal stress :  $\sigma_3$ ) รองลงมาตามลำดับ

- รอยเลื่อนแนวระดับ จะมีค่าเค้นสูงสุดตามแนวนอนมากที่สุด ( $\sigma_1$ ) ค่าความเค้นตามแนวตั้ง ( $\sigma_2$ ) และค่าความเค้นต่ำสุดตามแนวนอน ( $\sigma_3$ ) รองลงมาตามลำดับ

- รอยเลื่อนย้อน จะมีค่าความเค้นสูงสุดตามแนวนอน ( $\sigma_1$ ) ค่าความเค้นต่ำสุดตามแนวนอน ( $\sigma_2$ ) และค่าความเค้นตามแนวตั้ง ( $\sigma_3$ ) รองลงมาตามลำดับ



รูปที่ 2.7 รูปแสดงทิศทางการความเค้นหลักซึ่งสัมพันธ์กับระบบรอยเลื่อนแต่ละประเภท (Heidbach et al., 2016)

## 2.3 ธรณีวิทยาแผ่นดินไหว

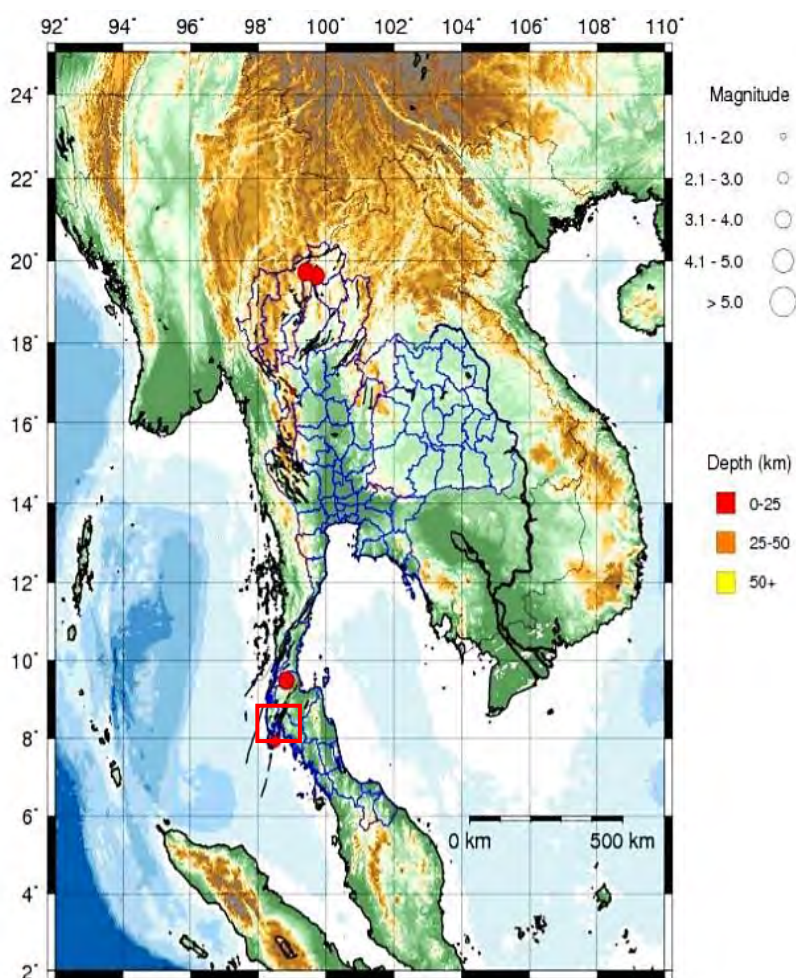
การเกิดแผ่นดินไหวส่วนมากในประเทศไทยมีสาเหตุมาจากรอยเลื่อนมีพลัง ซึ่งรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทยมีทั้งหมดรอยเลื่อน 16 รอยเลื่อน โดยภาคใต้ของประเทศไทยมีรอยเลื่อนมีพลังอยู่ 2 รอยเลื่อน ซึ่งวางตัวขนานกัน คือ รอยเลื่อนระนองและคลองมะรุ่ย ซึ่งพื้นที่ศึกษาอยู่ระหว่างรอยเลื่อน 2 รอยเลื่อนนี้ (รูปที่ 2.8) ทำให้เกิดสมมติฐานว่าแผ่นดินไหวและธรณีวิทยาโครงสร้างในพื้นที่มีความเกี่ยวข้องกับรอยเลื่อนดังกล่าว

(กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) ในเดือนมีนาคม ปี ค.ศ. 2016 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหว กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาได้รายงานเหตุแผ่นดินไหวขนาดที่จังหวัดสุราษฎร์ธานีทั้งหมด 3 ครั้ง โดยวันที่ 20 มีนาคม เกิดแผ่นดินไหวขนาด 3.3 มีศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่บริเวณอำเภอท่าฉาง หรือละติจูดที่ 9.48 องศาเหนือลองจิจูด 98.83 องศาตะวันออก ความลึกที่ 5 กิโลเมตร วันที่ 28 มีนาคม เกิดแผ่นดินไหวขนาด 2.4 มีศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่บริเวณอำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานีหรือละติจูดที่ 9.52 องศาเหนือลองจิจูด

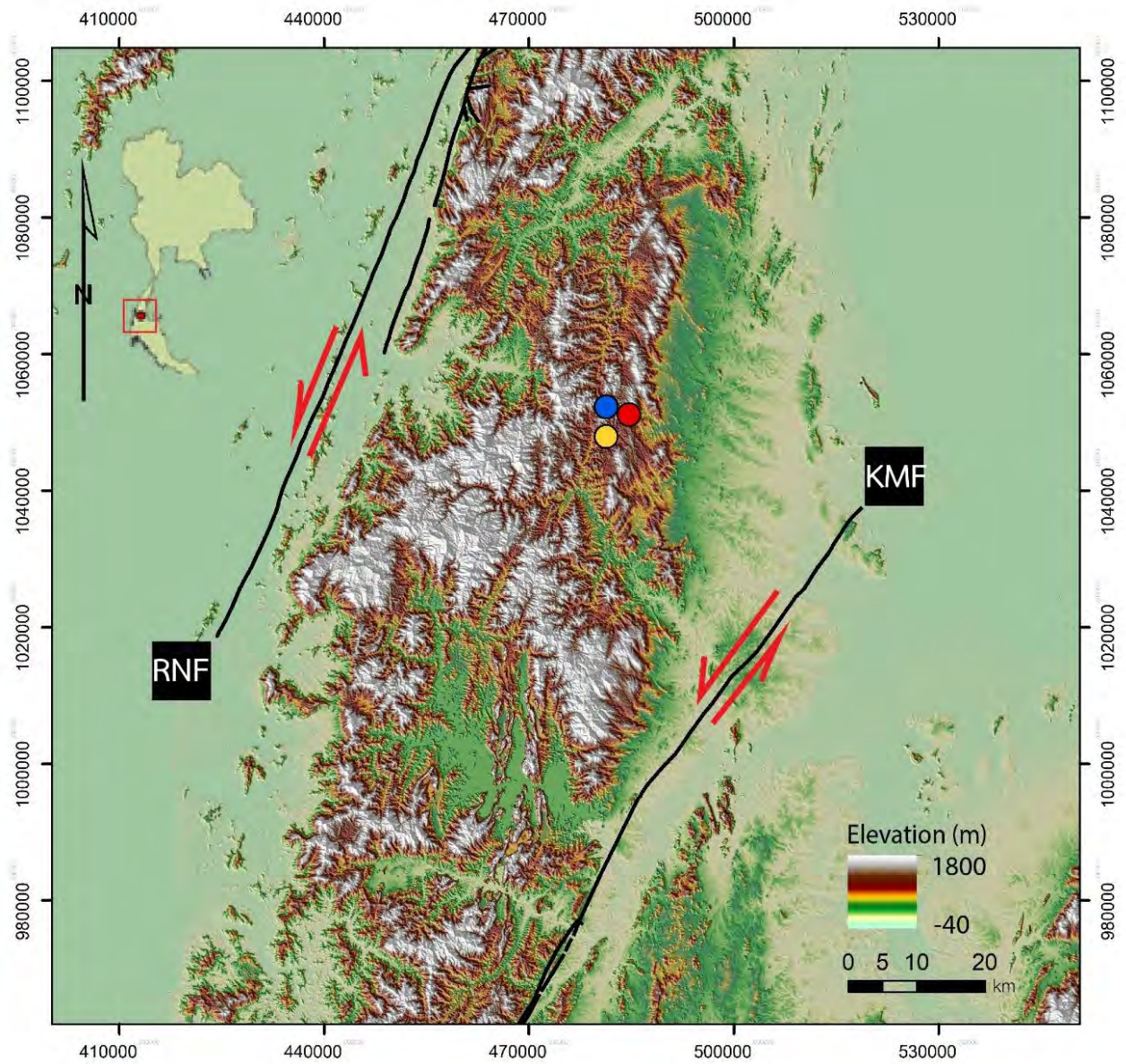
98.83 องศาตะวันออก ความลึกที่ 1 กิโลเมตร โดยวันที่ 20 มีนาคม เกิดแผ่นดินไหวขนาด 2.3 มีศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่บริเวณอำเภอท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานีหรือละติจูดที่ 9.51 องศาเหนือ ลองจิจูด 98.86 องศาตะวันออก ความลึกที่ 5 กิโลเมตร

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการเกิดแผ่นดินไหวในปี 2016 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

วันที่ - เวลา	ละติจูด	ลองจิจูด	แมกนิจูด	ความลึก(km)	พื้นที่
2016-03-20 15:04:20	9.48N	98.83E	3.3	5	อ.ท่าฉาง จ.สุราษฎร์ธานี
2016-03-28 19:10:02	9.52N	98.83E	2.4	1	อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี
2016-03-31 19:45:00	9.51N	98.86E	2.3	2	อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี



รูปที่ 2.8 แผนที่เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดของกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ในเดือนมีนาคมปี ค.ศ. 2016 และกรอบสีแดงคือพื้นที่ศึกษา

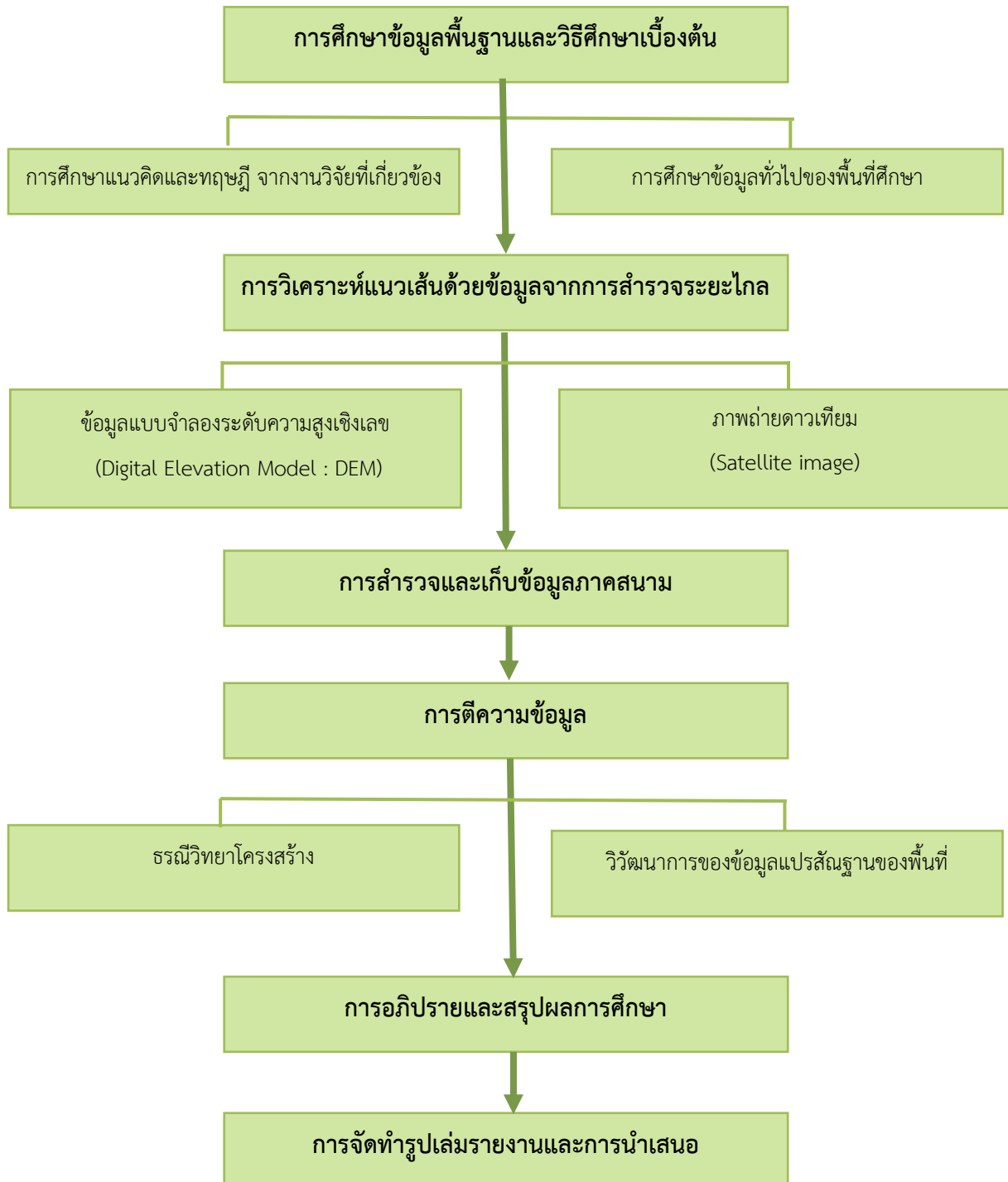


รูปที่ 2.9 แผนที่จำลองความสูงเชิงเลขแสดงจุดเหนือศูนย์กลางการเกิดแผ่นดินไหว โดยมีขนาดความรุนแรงดังนี้ จุดสีแดง 2.3 จุดน้ำเงิน 2.4 และ จุดสีเหลือง 3.3 และแสดงรอยเลื่อนระนอง (RNF) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (KMF)

### บทที่ 3

## ระเบียบวิธีวิจัย (Methodology)

การศึกษานี้ได้แบ่งระเบียบวิธีวิจัยออกเป็น 6 ส่วนหลักดังแผนผังการดำเนินงานนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงานระเบียบวิธีวิจัย 6 ขั้นตอน

### 3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานและวิธีการศึกษาเบื้องต้น

#### 3.1.1 การศึกษาแนวคิดและทฤษฎี จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงการที่ศึกษานี้ โดยศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทย กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย งานวิจัยของ Watkinsan et al. (2008) และ Kanjanapayont et al. (2012) ที่ศึกษาเกี่ยวกับรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย Morley et al. (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นโดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล

#### 3.1.2 การศึกษาข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

- แผนที่เหตุการณ์แผ่นดินไหวที่ตรวจวัดโดยสถานีตรวจวัดของกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ในเดือนมีนาคมปี ค.ศ. 2016
- แผนที่ธรณีวิทยารายจังหวัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ.2550
- แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย โดยกรมทรัพยากรธรณี พ.ศ. 2555

### 3.2 การวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นด้วยข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล

ศึกษาโครงสร้างแนวเส้น (Lineament) ซึ่งได้แก่ รอยเลื่อน (fault) รอยแตก (fracture) โดยใช้การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) โดยใช้การวิเคราะห์จากโปรแกรม Geomatica2016, Arc Map10.5 และ RockWorks16 ทำให้ได้ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นนี้ออกมาเป็นแผนภาพรูปกุหลาบ (Rose diagram) ซึ่งสามารถนำไปตีความได้

โดยผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นที่ได้ในส่วนนี้ มาจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) ความละเอียด 30 เมตร ที่แสดงแนวเส้นด้วยข้อมูลความสูงต่ำเชิงเงา (hillshade) และภาพถ่ายดาวเทียม (satellite image) ของพื้นที่ศึกษาที่คาดว่าจะแสดงลักษณะของโครงสร้างแนวเส้นปรากฏให้เห็น นำไปคำนวณผ่านโปรแกรม Geomatica2016 และการดิจิทัลไลส์โปรแกรม Arc Map10.5 โดยผลของการศึกษาพื้นที่จะประกอบไปด้วยแผนที่ที่แสดงแนวเส้นหรือโครงสร้างแนวเส้นในแต่ละทิศทางมุมของแสง และแผนภาพรูปกุหลาบ (rose diagram)

#### 3.2.1 ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเส้น (Digital Elevation Model : DEM)

ข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเส้น จาก SRTM ที่นำมาใช้วิเคราะห์มีความละเอียด 30 เมตร

#### 3.2.2 ภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite image)

ข้อมูลดาวเทียมที่นำมาวิเคราะห์ จากดาวเทียม Landsat 8

### 3.3 การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

สำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างที่พบในหินโผล่ ประกอบด้วย รอยเลื่อน แนวแตก โครงสร้างแนวเส้น เพื่อนำข้อมูลมาพลอตใน Stereonet จากนั้นจะได้ข้อมูลเป็นแผนภาพรูปดอกกุหลาบออกมา

### 3.4 การตีความข้อมูล

หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลการสำรวจระยะไกลและข้อมูลจากภาคสนาม ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำมาตีความเพื่อดูธรณีโครงสร้างของพื้นที่ รวมถึงความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวในปี 2016 ในพื้นที่วิวัฒนาการของธรณีแปรสัณฐานของพื้นที่ โดยนำข้อมูลมาอธิบายขั้นตอนและกลไกการเปลี่ยนแปลงลักษณะของโครงสร้างต่างๆที่พบในพื้นที่ จากนั้นนำมาสร้างแบบจำลองวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานเพื่อให้เห็นภาพรวมและเข้าใจได้ง่าย

### 3.5 การอภิปรายและการสรุปผลการศึกษา

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และตีความมารวบรวมและเรียบเรียงเพื่ออภิปรายและสรุปผลการศึกษาออกมาในเรื่องลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้าง กลไกการเกิด ความสัมพันธ์ และวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐานและธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่

### 3.6 การจัดทำรายงานและการนำเสนอ

นำข้อมูลทั้งหมดมาเขียนรายงานโครงการของหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิตเพื่อยืนยันและแสดงให้เห็นถึงความรู้และความเข้าใจในเรื่องที่ศึกษา และยังเป็นการถ่ายทอดความรู้นี้แก่ผู้ที่เข้ามาอ่านรายงานโครงการและผู้เข้าฟังการนำเสนอโครงการ



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา (Result)

#### 4.1 ผลการสำรวจและศึกษาข้อมูลระยะไกล

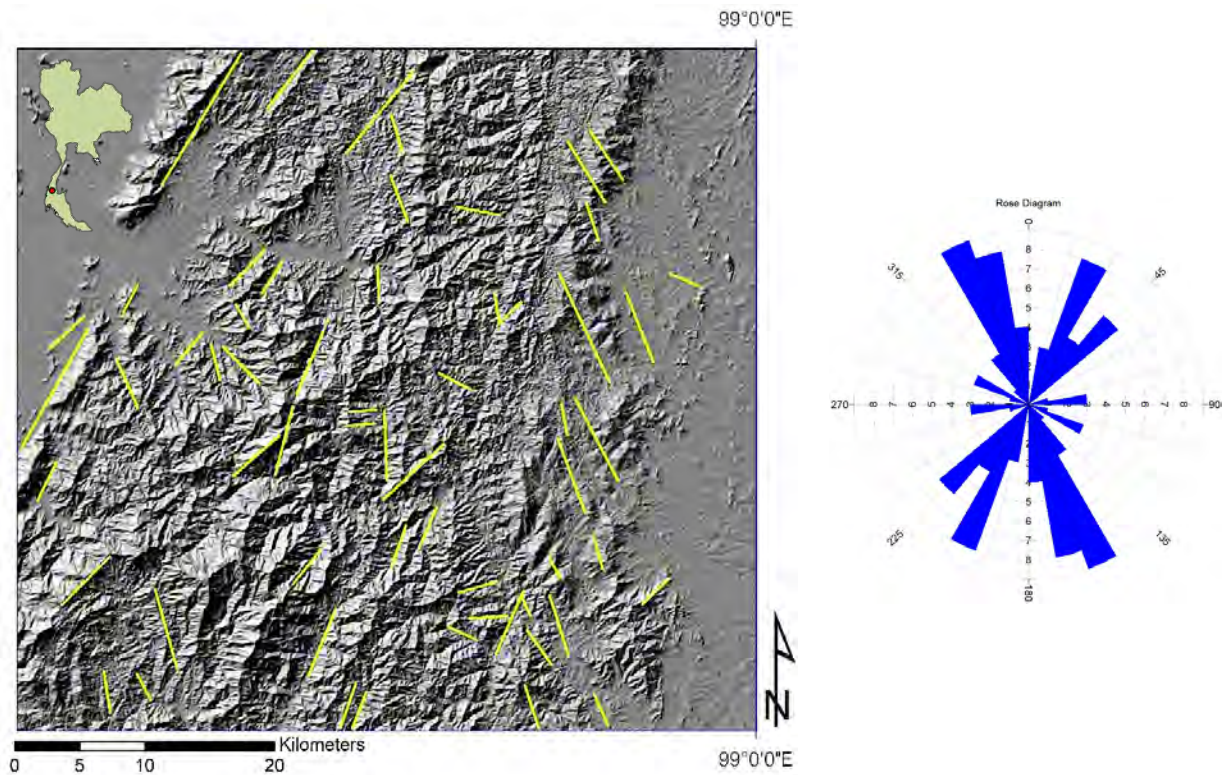
จากการศึกษาโครงสร้างแนวเส้น (lineament) โดยใช้การสำรวจระยะไกล (Remote sensing) โดยใช้การวิเคราะห์จากโปรแกรม Geomatica2016, Arc Map10.5 และ RockWorks16 โดยแนวเส้นที่ต้องวิเคราะห์ได้คาดว่าเป็นแนวเส้นตรงหรือโครงสร้างที่เส้นตรง ที่เกิดจากการเลื่อนตัวของรอยเลื่อน รอยแตกแบบปิด รอยแตกแบบเปิด หรือรอยแตกแบบเฉือนจากแรงอัดหรือแรงดึงที่กระทำต่อหิน ผลการวิเคราะห์แนวเส้นที่ได้มาจากข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่แสดงความสูงต่ำเชิงเงา (hillshade) ตามทิศของมุมแสงดังนี้ 45 135 225 315 องศา ค่า Z เท่ากับ 1 และภาพถ่ายทางดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งคาดว่าจะแสดงลักษณะของแนวเส้นหรือโครงสร้างแนวเส้นปรากฏให้เห็น ทำให้ได้ผลจากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นนี้ออกมาเป็นแผนภาพรูปกุหลาบ (rose diagram)

##### 4.1.1 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นพื้นที่ศึกษา

###### ผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นในข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข

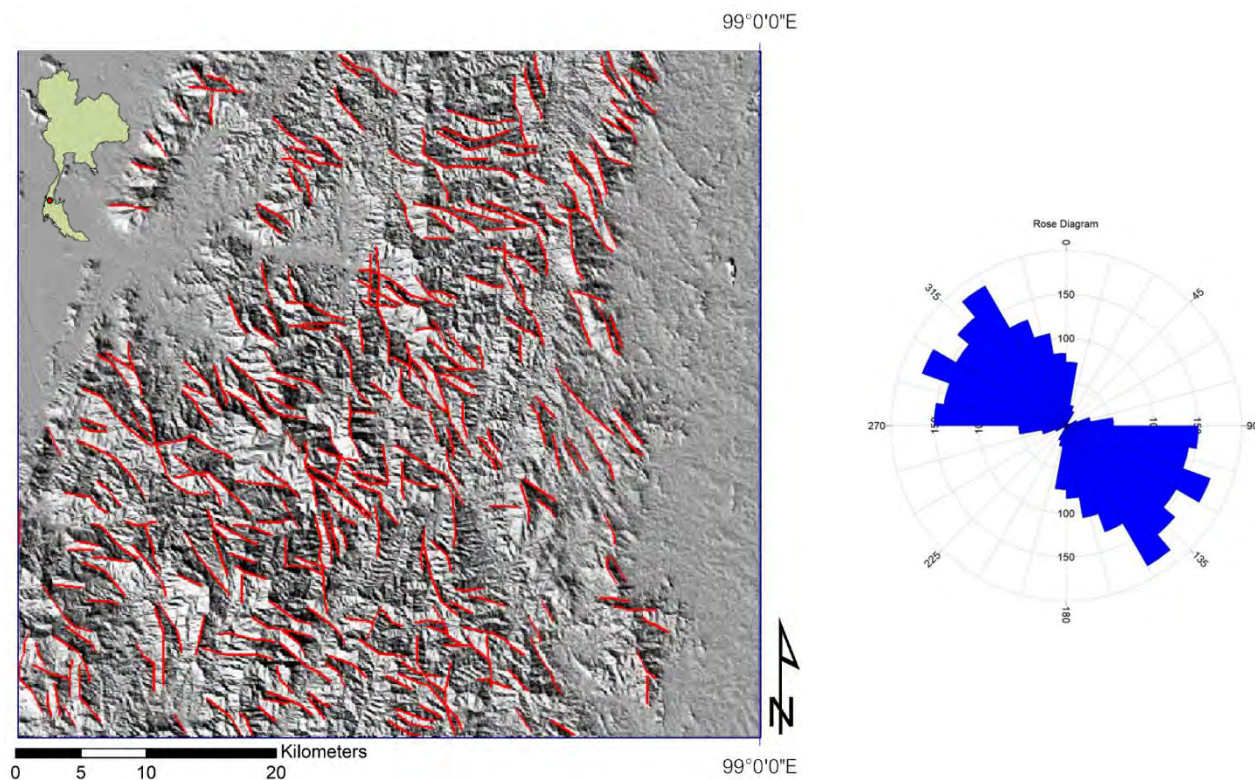
จากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นในข้อมูลแบบจำลองระดับความสูงเชิงเลข โดยข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่แสดงความสูงต่ำเชิงเงา (hillshade) ตามทิศของมุมแสงดังนี้ 45 135 225 315 องศา เพื่อให้เห็นแนวเส้นในทุกทิศทาง การดัดแปลงในโปรแกรม Arc Map 10.5 ได้ผลออกมาเป็นแผนที่โครงสร้างแนวเส้นในพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยข้อมูลเส้น ทั้งหมด 58 ข้อมูล มีการกระจายตัวตลอดพื้นที่ศึกษา และแผนภาพรูปกุหลาบ ทิศทางการวางตัวของเส้นส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวในแนว 330-340 องศา จำนวน 17 เส้น และแนวรองอยู่ในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้วางตัว 20-30 องศา จำนวน 8 เส้น

โดยจะเห็นว่าทิศทางของแนวเส้นจะลากบริเวณรอยเลื่อน และระหว่างร่องเขา ซึ่งทำให้ได้ทิศทางหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้



รูปที่ 4.1 แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม Arc Map 10.5 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากข้อมูลชั้นความสูงที่นำมาทำ (hillshade) โดยรูปนี้กำหนดค่ามุมแสง 315 องศา

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จากโปรแกรม Geomatica2016 จากข้อมูลชั้นความสูงที่นำมาทำ (hillshade) โดยปรับมุมแสงที่ 225 องศา เพื่อให้เห็นโครงสร้างแนวเส้นที่เป็นร่องเขาชัดเจนและไม่ให้เห็นสันเขาชัดเจนเนื่องจากซอฟต์แวร์จะตรวจจับแนวสันเขาเป็นแนวเส้น โดยได้ข้อมูลทั้งหมด 356 เส้น และจากแผนภาพรูปกุหลาบ (รูปขวา) แบ่งเป็นแนวหลักอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวในแนว 40-50 องศา

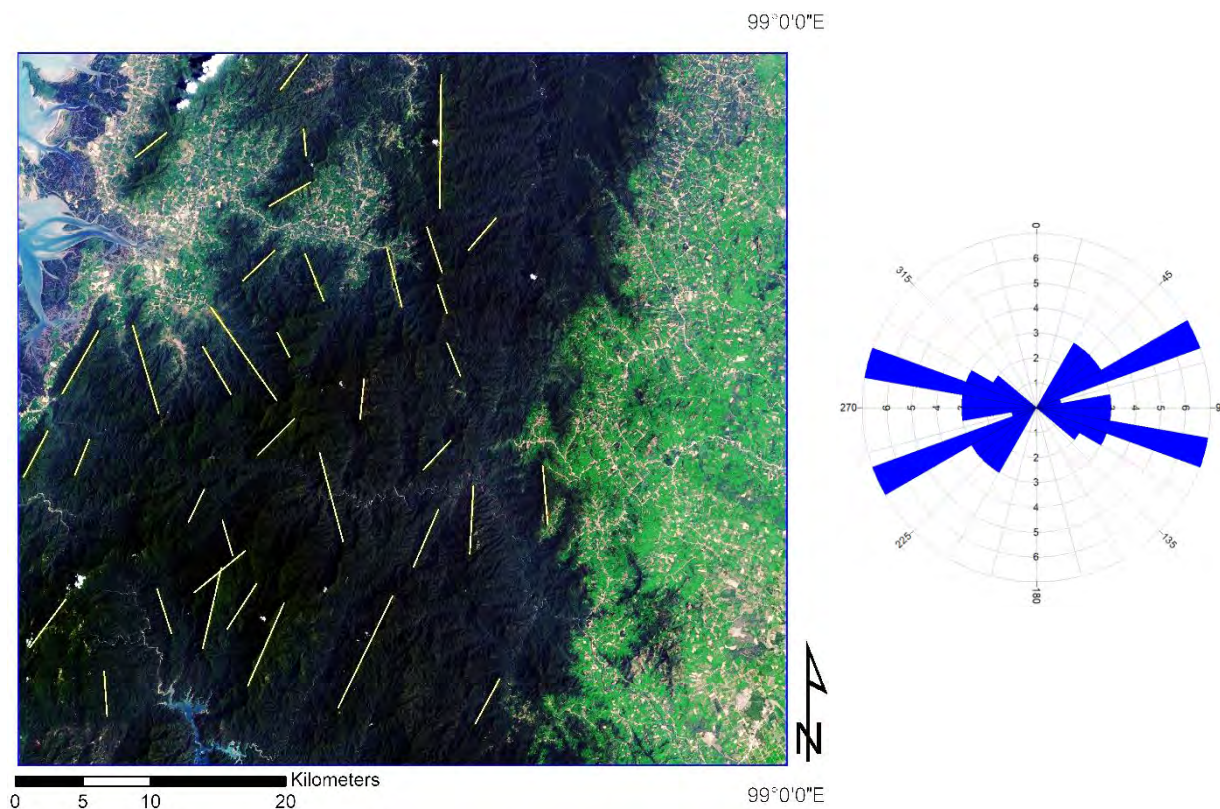


รูปที่ 4.2 แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม Geomatica2016 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากข้อมูลชั้นความสูงที่นำมาทำ (hillshade) ให้ค่ามุมแสง 225 องศา

#### ผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นในภาพถ่ายดาวเทียม

จากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นในดาวเทียมโดยการดิจิทัลในโปรแกรม Arc Map 10.5 ได้ผลออกมาเป็นแผนที่โครงสร้างแนวเส้นในพื้นที่ศึกษา

ประกอบด้วยข้อมูลเส้น ทั้งหมด 36 ข้อมูล มีการกระจายตัวตลอดพื้นที่ศึกษา และแผนภาพรูป กุหลาบ ทิศทางการวางตัวของเส้นส่วนใหญ่อยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้ วางตัวในแนว 60-70 องศา จำนวน 7 เส้น และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัว 280-290 องศา จำนวน 7 เส้น



**รูปที่ 4.3** แสดงแผนที่โครงสร้างแนวเส้น (รูปซ้าย) ที่ได้จากการใช้เครื่องมือดิจิทัล (digitize) ในโปรแกรม ArcMap 10.5 โดยดิจิทัลโครงสร้างแนวเส้นจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 8

สรุปโครงสร้าง ลักษณะธรณีสัณฐานของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นผลจากการแปรสัณฐานในช่วงนี้เป็นหลัก แต่ด้วยการศึกษาส่วนนี้เป็นการศึกษาระยะไกลและขนาดใหญ่ อาจทำให้รายละเอียดขนาดเล็กที่ไม่สามารถเก็บได้จากการศึกษาก่อนออกภาคสนามนี้ขาดหายไป เหตุนี้จำเป็นต้องทำการศึกษาขั้นต่อไปในภาคสนาม

#### 4.2 ผลการศึกษาภาคสนาม

จากการสำรวจภาคสนามในพื้นที่ศึกษาซึ่งส่วนใหญ่อยู่ที่ตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยได้แบ่งจุดศึกษาตามบริเวณที่พบหินโผล่ (outcrop) ในพื้นที่ แบ่งออกเป็น 6 จุดศึกษา ดังนี้ (รูปที่ 4.4 )



รูปที่ 4.4 จุดศึกษาทั้ง 6 จุดตามบริเวณการพบหินโผล่ในพื้นที่ศึกษา

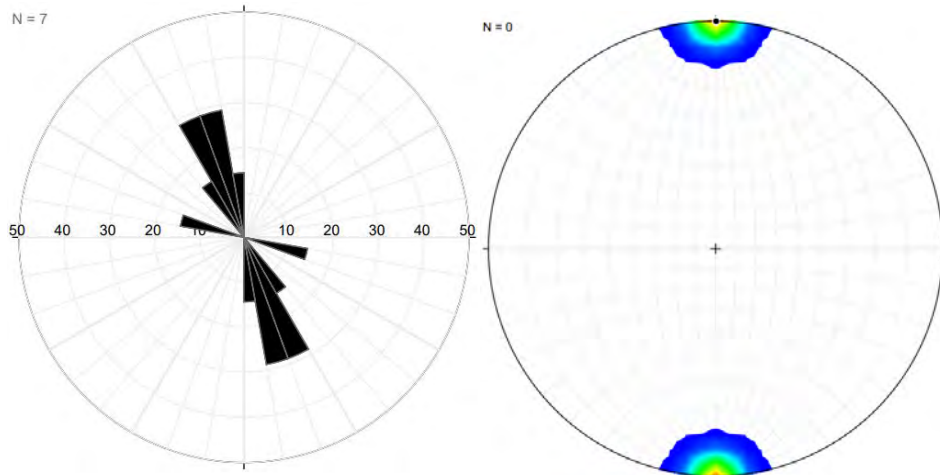
#### 4.2.1 จุดศึกษาขอบเขตที่ 1

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 492020 1058010 ได้พบหลักฐานของรอยเลื่อนตามแนวระดับ (Strike-slip fault) ในตะกอน มีระนาบการเลื่อนตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ วัดค่าได้ดังนี้ 330/72NE, 331/74NE, 350/82NE, 342/77NE, 334/85NE และโครงสร้างแนวเส้นที่เป็นรอยครูด (slicken line) วัดค่าได้ดังนี้ 330/32, 331/34, 342/74, 343/17, 336/17





รูปที่ 4.5 รูป a, b, และ c แสดงระนาบการเลื่อนตัวในตะกอนที่มีค่าเฉลี่ยประมาณ 340/80NE และเส้นปะสีดำแสดงลักษณะรอยครูดที่พบในระนาบของรอยเลื่อน



รูปที่ 4.6 แผนภาพกู่หลายที่แสดงทิศทางของรอยเลื่อน และโพล ในจุดศึกษาที่ 1

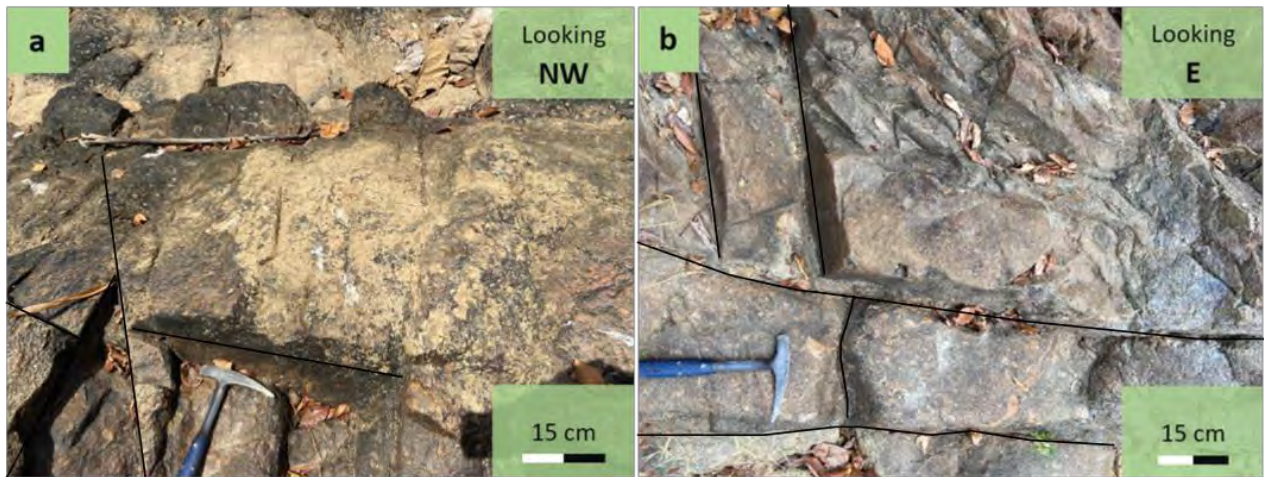
#### 4.2.2 จุดศึกษาขอบเขตที่ 2

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 492727 1057250 ได้พบหลักฐานรอยแตก (joint) 3 แนว ได้แก่ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เฉลี่ย 280/85N ทิศเหนือใต้ เฉลี่ย 20/75SE และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ 50/70SE และพนักแทรกชั้น (dike) แทรกตัดขึ้นมาในหินแกรนิต

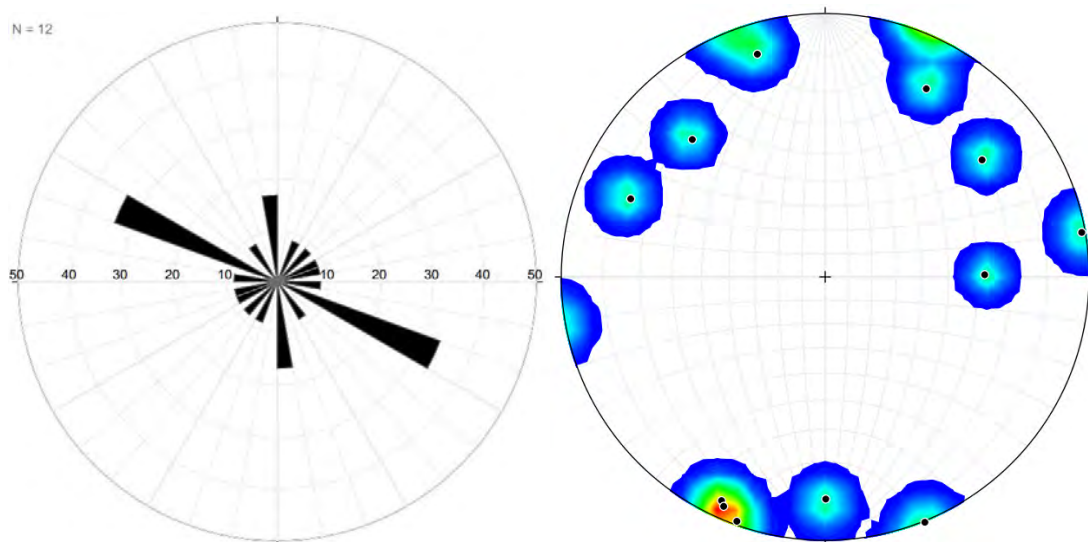


รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะหินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 2





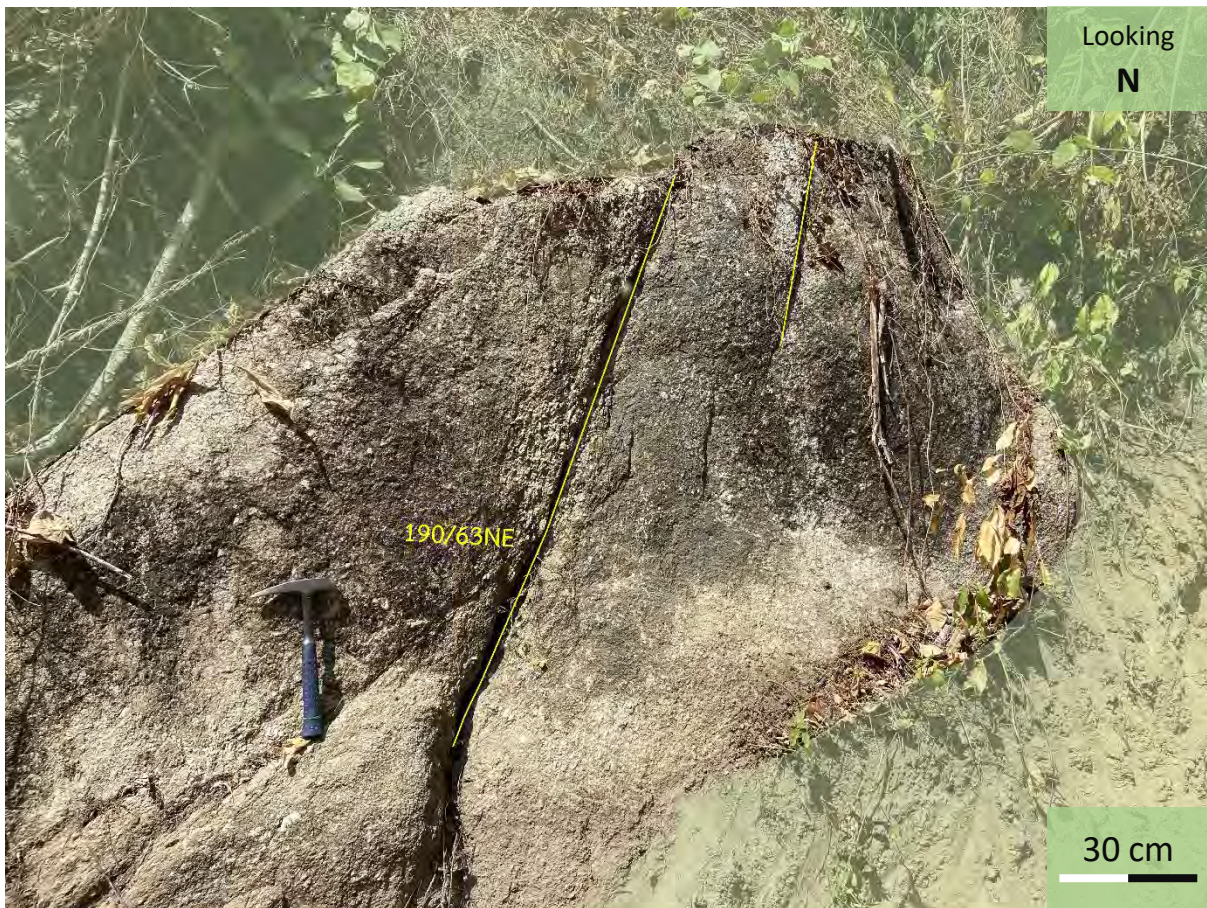
รูปที่ 4.8 แสดงแนวแตกทั้ง 3 แนว ที่พบในจุดศึกษาที่ 1



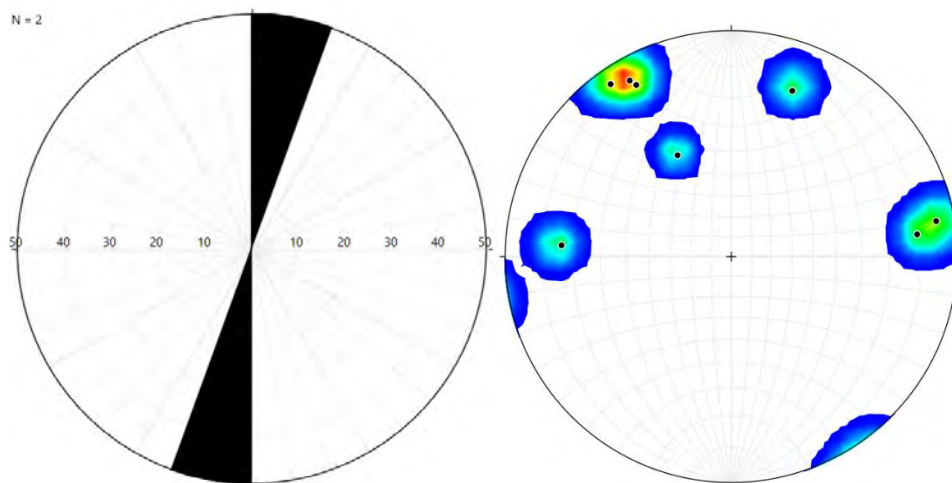
รูปที่ 4.9 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในแนวหลัก และโพล ในจุดศึกษาที่ 2

#### 4.2.3 จุดศึกษาขอบเขตที่ 3

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 484754 1051144 โดยพบหลักฐานรอยแตก (joint) 1 แนว ได้แก่ ทิศเหนือ-ใต้ มีค่าการวางตัว 190/63NE 180/65NE 194/60NE



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะหินโคลนบริเวณจุดศึกษาที่ 3



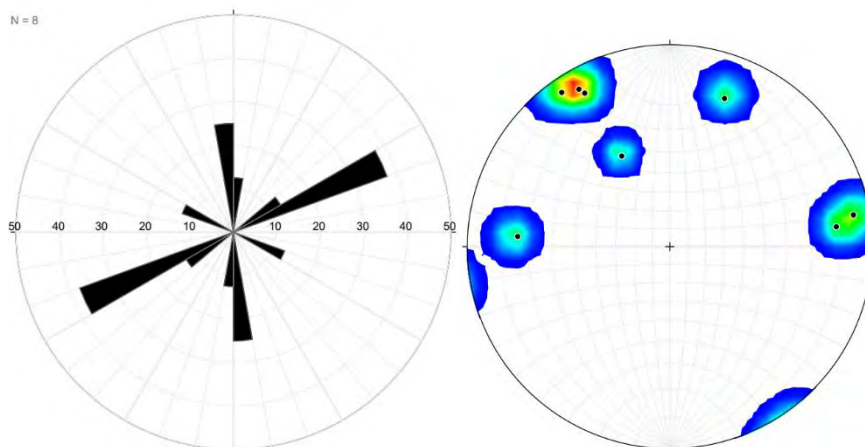
รูปที่ 4.11 แผนภาพกู่กลางที่แสดงทิศทางของแนวแตกในแนวหลัก และโพล ในจุดศึกษาที่ 3

#### 4.2.4 จุดศึกษาขอบเขตที่ 4

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 485171 1051060 ได้พบหลักฐานรอยแตก (joint) 3 แนว ได้แก่ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เฉลี่ย 110/76SW ทิศเหนือ-ใต้ เฉลี่ย 177/80NE และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เฉลี่ย 60/80NE



รูปที่ 4.12 ภาพแสดงแนวแตก 3 แนวในหินโผล่บริเวณจุดศึกษาที่ 4



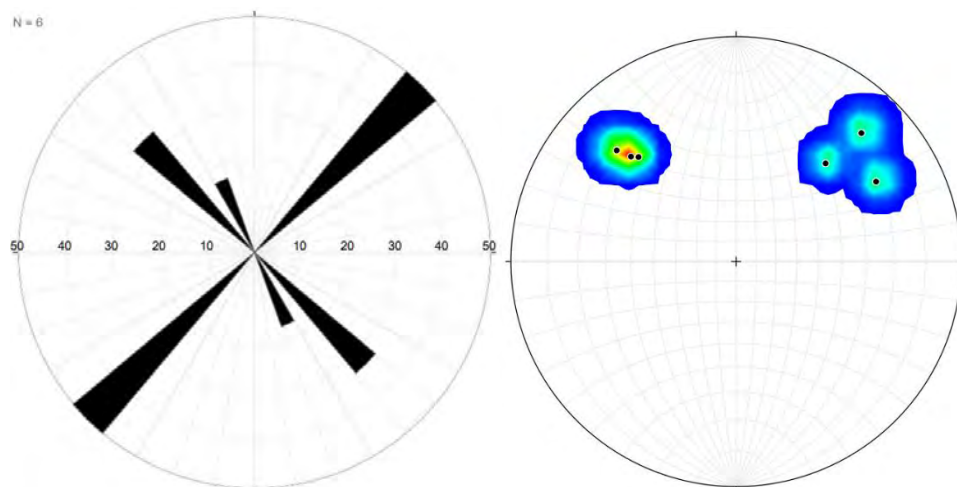
รูปที่ 4.13 แผนภาพกู่หลายที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 4

#### 4.2.5 จุดศึกษาขอบเขตที่ 5

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 486243 1049821 ได้พบหลักฐานรอยแตก (joint) 2 แนว ได้แก่ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เฉลี่ย 330/70NE และทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เฉลี่ย 45/70NE



รูปที่ 4.14 รูปแสดงลักษณะหินโผล่และแนวแตกของหินในจุดศึกษาที่ 5



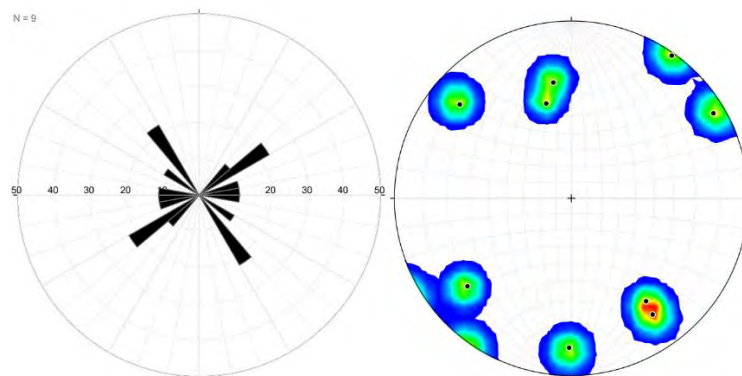
รูปที่ 4.15 แผนภาพกุหลาบที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 5

#### 4.2.6 จุดศึกษาขอบเขตที่ 6

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจุดศึกษาที่ 1 ที่พิกัด 47P 489104 1049270 ได้พบหลักฐานรอยแตก (joint) 3 แนว ได้แก่ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ เฉลี่ย 330/75NE และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ เฉลี่ย 60/75NE ทิศตะวันออกเฉียงออกตะวันตก เฉลี่ย 260/65SE

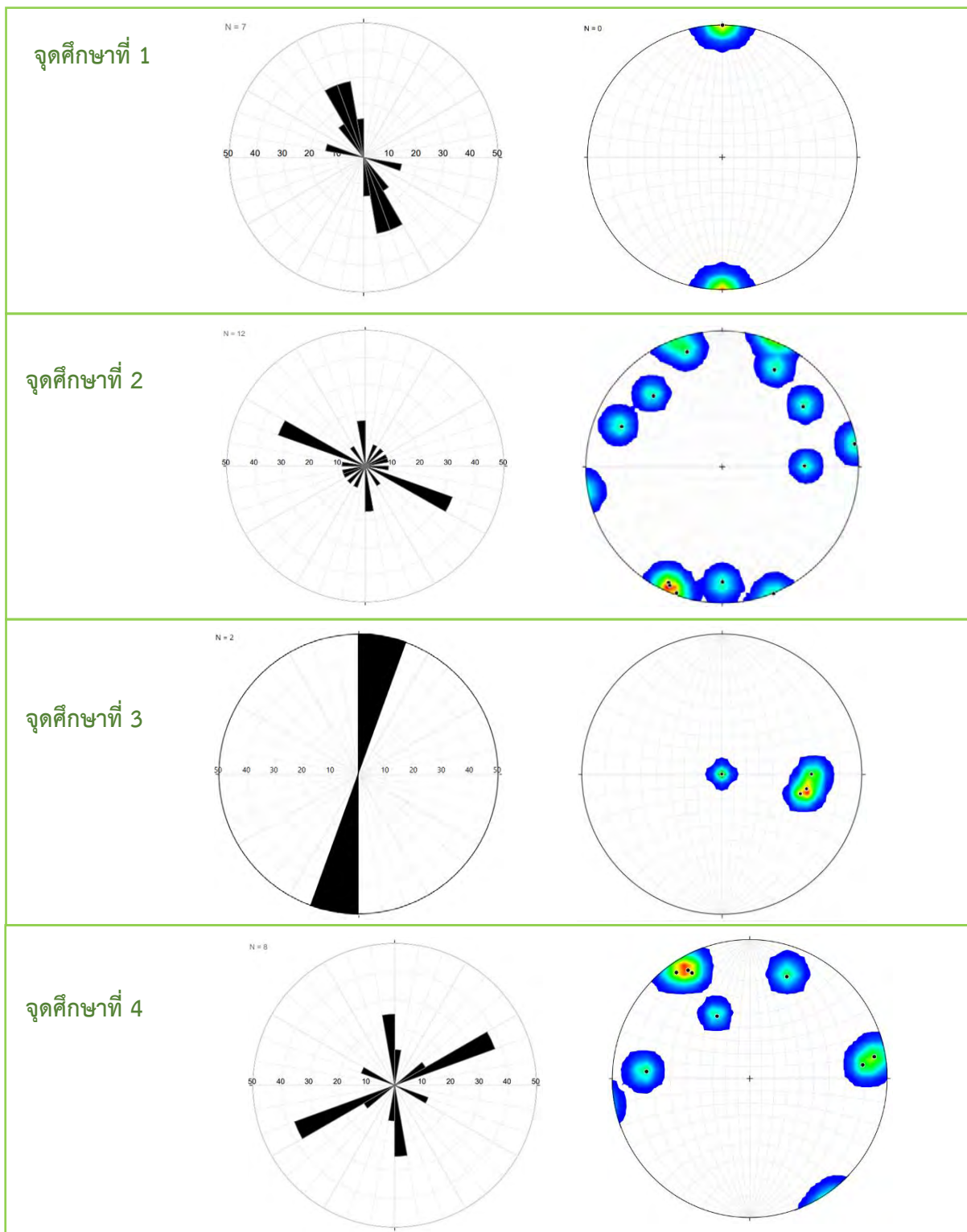


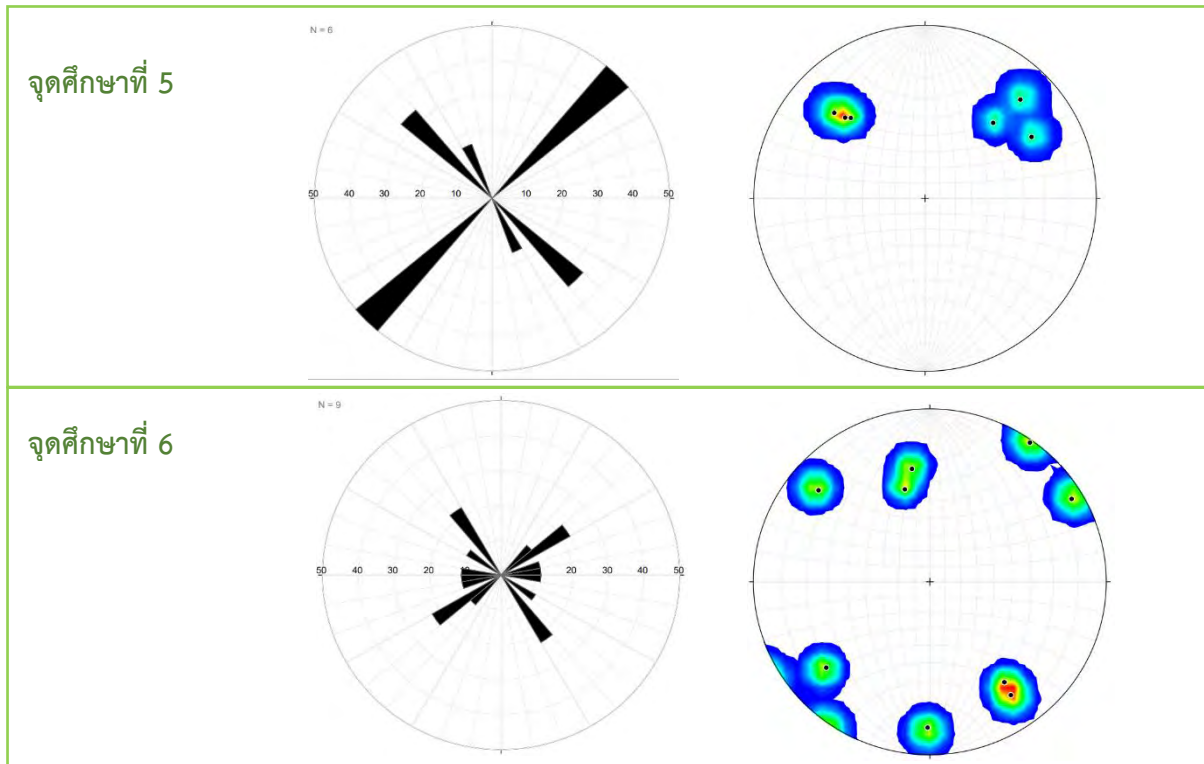
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะหินโพลในพื้นที่จุดศึกษาที่ 6 และแนวแตกทั้ง 3 แนว



รูปที่ 4.17 แผนภาพทุกหลายที่แสดงทิศทางของแนวแตกในหิน และโพล ในจุดศึกษาที่ 6

ภาพรวมของแผนภาพกู่หลาบและโพลของจุดศึกษาทั้ง 6 จุด ดังนี้





รูปที่ 4.18 ภาพรวมของแผนภาพกุหลาบและโพลของจุดศึกษาทั้ง 6 จุด

จากแผนภาพกุหลาบแสดงทิศทางของแนวแตก (joint) ในพื้นที่ศึกษาได้ดังนี้

- แนวแตกในแนว NW-SE เป็นชุดแนวแยกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 330/75SE
- แนวแตกในแนว NE-SW เป็นชุดแนวแยกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 60/75NE
- แนวแตกในแนว E-W เป็นชุดแนวแยกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 85/60S
- แนวแตกในแนว N-S เป็นชุดแนวแยกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 350/75E

## บทที่ 5

### อภิปรายและสรุปผล (Discussion&Result)

บทนี้เป็นการนำเนื้อหาในบทที่ 4 ผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้น และผลการวิเคราะห์วิเคราะห์แนวแรงจากการสำรวจภาคสนาม นำมารวบรวมและอภิปรายผล โดยได้มาซึ่งข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างและแบบจำลองวิวัฒนาการธรณีวิทยาแปรสัณฐานในพื้นที่ และสรุปผลการศึกษา โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 5.1 ธรณีวิทยาโครงสร้าง

จากการศึกษาโดยข้อมูลการสำรวจระยะไกล พบรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ 2 รอยเลื่อนวางตัวขนานกัน ซึ่งก็คือ รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย วางพาดผ่านทั้งเหนือและใต้ของพื้นที่ศึกษา และโครงสร้างที่เป็นร่องเขาและสันเขา และจากการศึกษาข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามพบรอยเลื่อนในตะกอนซึ่งมีทิศทางการเลื่อนตัวในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งส่งผลให้เกิดแรงเฉือน คือ Riedel shear (R) รอยเลื่อนแขนงตามแนวระดับตามเป็นรอยเลื่อนลำดับที่ 2 (รอยเลื่อนรอง) ที่เกิดในเขตรอยเลื่อนตามแนวระดับ (strike-slip fault) โดยแนวของรอยเลื่อนนี้เรียงเป็นแนวเล็ก ๆ ทำมุมประมาณ 15 องศากับแนวของรอยเลื่อนหลัก รอยเลื่อนนี้จะเกิดควบคู่กับรอยเลื่อนตามแนวระดับขวาง (conjugate Riedel shear; R') ซึ่งจะเกิดที่มุมประมาณ 75 องศา กับแนวรอยเลื่อนหลัก และรอยเลื่อนแขนงตามระดับเสริม (P-shear)

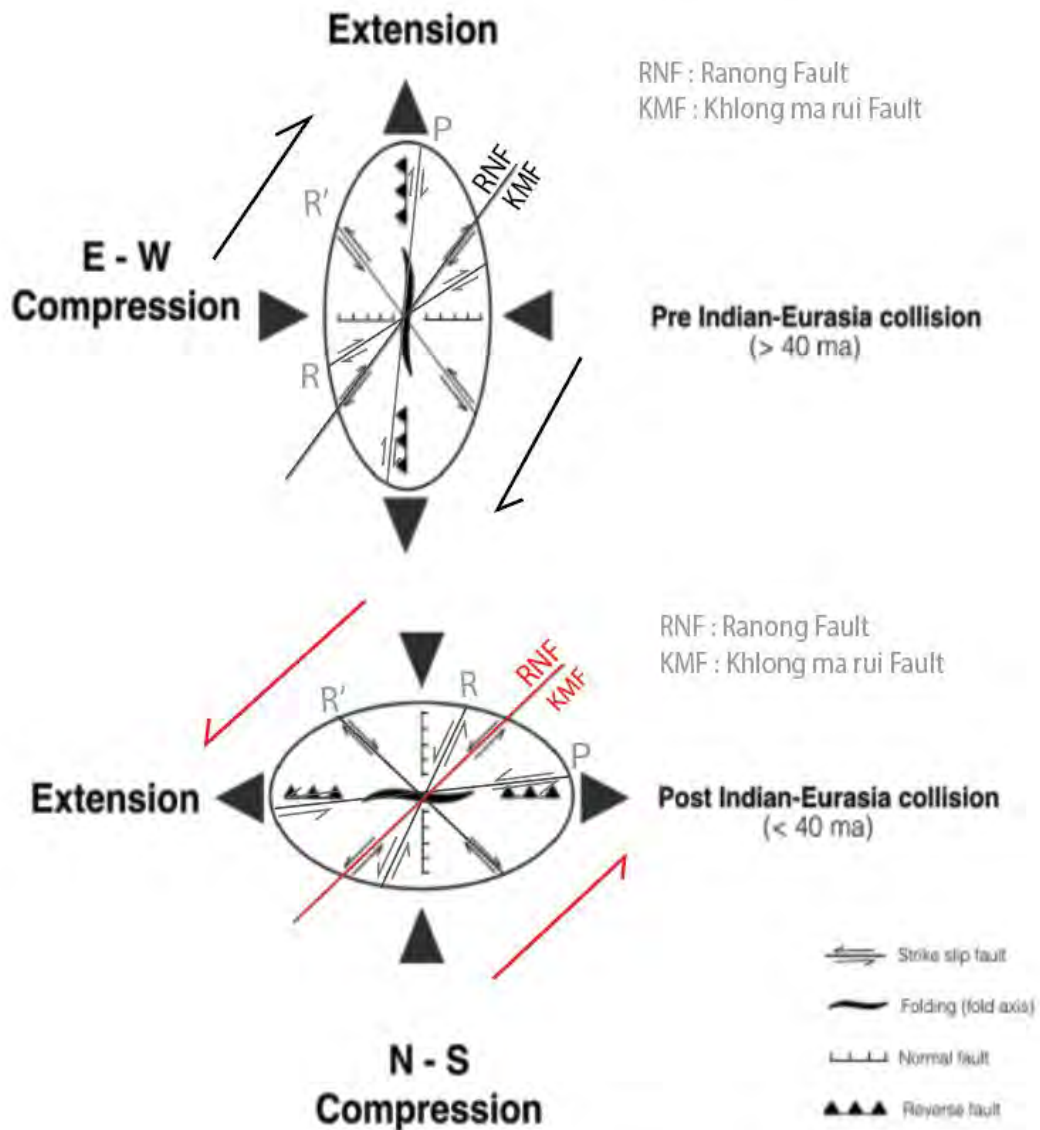
พบแนวแตก (joint) คือระนาบการแตกของหินไม่ได้เป็นผลจากแรงเฉือน แนวแตกเป็นโครงสร้างที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของแผ่นหินในสภาวะเปราะ โดยจะปรากฏเป็นระนาบเนื่องจากแรงดึง (tension) ที่ทำให้หินแตกออกจากกัน โดยมีระนาบแตกตั้งฉากกับแรงดึง โดยสามารถจำแนกทิศทางของรอยแตก (joint) ได้ดังนี้

- ชุดแนวแตกในแนว NW-SE เป็นชุดแนวแตกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 330/75SE ซึ่งมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของรอยเลื่อนมีพลังอย่างระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย จึงวิเคราะห์ให้เป็น Conjugate Riedel shear
- ชุดแนวแตกในแนว NE-SW เป็นชุดแนวแตกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 60/75NE ซึ่งทำมุมเล็กน้อยกับทิศทางของรอยเลื่อนมีพลังอย่างระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย จึงเรียกว่า Riedel shear
- ชุดแนวแตกในแนว E-W เป็นชุดแนวแตกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 85/60S ซึ่งจากทรงรีความเครียด จึงวิเคราะห์ว่าเป็น P shear



- จุดแนวแตกในแนว N-S เป็นจุดแนวแยกที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษา โดยมีค่าเฉลี่ย 350/75E และจากการวิเคราะห์ว่าเป็นทิศของแรงดึง

เมื่อนำแนวแตกที่กล่าวมาข้างต้นมาใส่ใน ทรงรีความเครียด (strain ellipsoid) เพื่อจัดกลุ่มและวิเคราะห์แนวแรงโดยแบ่งเป็น 2 ช่วง คือ ก่อนการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Pre Indian-Eurasian Collision) และหลังการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Post Indian-Eurasian Collision) ได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 แนวการวางตัวของโครงสร้างในทรงรีความเครียด (strain ellipsoid) ดัดแปลงมาจาก (Charusiri, 1997)

## 5.2 วิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน

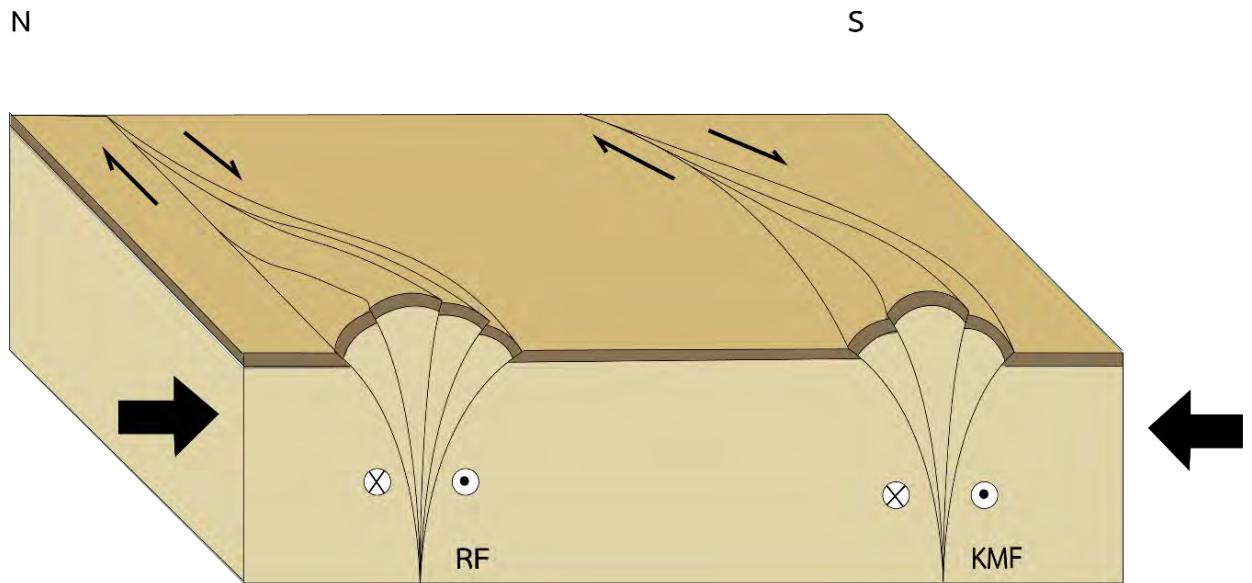
จากผลการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นและข้อมูลการสำรวจภาคสนามและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถอธิบายวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างของบริเวณพื้นที่ศึกษาได้ 2 ช่วง (รูปที่ 5.3) ได้แก่ ก่อนการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Pre Indian-Eurasian Collision) และหลังการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Post Indian-Eurasian Collision) โดยก่อนการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย ในยุคครีเทเชียสตอนปลาย เกิดแรงบีบอัดในแนวตะวันออก-ตะวันตก เนื่องจากแผ่นพม่าตะวันตก (Western Burma plate) ชนกับฉานไทย (Shan-thai plate) ทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะแบบอ่อนนิ่ม (dextral ductile phase) ในบริเวณรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย Kanjanapayont et al.(2012) และมีหินแกรนิตแทรกดันขึ้นมา ต่อมาเกิดการชนกันของชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Indian-Eurasian Collision) ซึ่งมีแรงส่งผลให้เกิดแรงบีบอัดในทิศเหนือ-ใต้ ทำให้เกิดการขยายออกในทิศตะวันออกและตะวันตก และทำให้รอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยเคลื่อนตัวซึ่งอยู่ในแผ่นไซบูมาสุ ได้รับอิทธิพลจากธรณีแปรสัณฐานครั้งนี้ และเปลี่ยนทิศการเคลื่อนตัวเป็นรอยเลื่อนแนวระดับที่เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา (sinistral strike-slip fault) ซึ่งในช่วงนี้เป็นเปลี่ยนแปลงลักษณะแบบเปราะ (brittle deformation) และพบเป็นแนวแตกในหิน โดยส่วนมากในที่ศึกษาจะเป็นแนวแตกในแนวตะวันตกเฉียงใต้- ตะวันออกเฉียงเหนือ โดยจากการวิเคราะห์จึงสรุปว่าเป็นแรงเฉือนในแนวขวาง (Conjugate riedel shear) กับรอยเลื่อนหลัก

Age		Tectonics events	Development of Structural Geology	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Continued Neotectonic fault movement	
		Pliocene		
	Neogene	Pliocene	Inversion (Morley et al., 2007)	sinistral
		Miocene		
	Paleogene	Oligocene	India-Eurasia collision (Tapponnier, 1986)	dextral
		Eocene		
		Paleocene		
	Mesozoic	Cretaceous	Mid-Cretaceous tectonic event (Morley et al. 2011)  Western Burma-Shan Thai collision	Ranong fault Khlong marui fault ? (dextral strike slip)

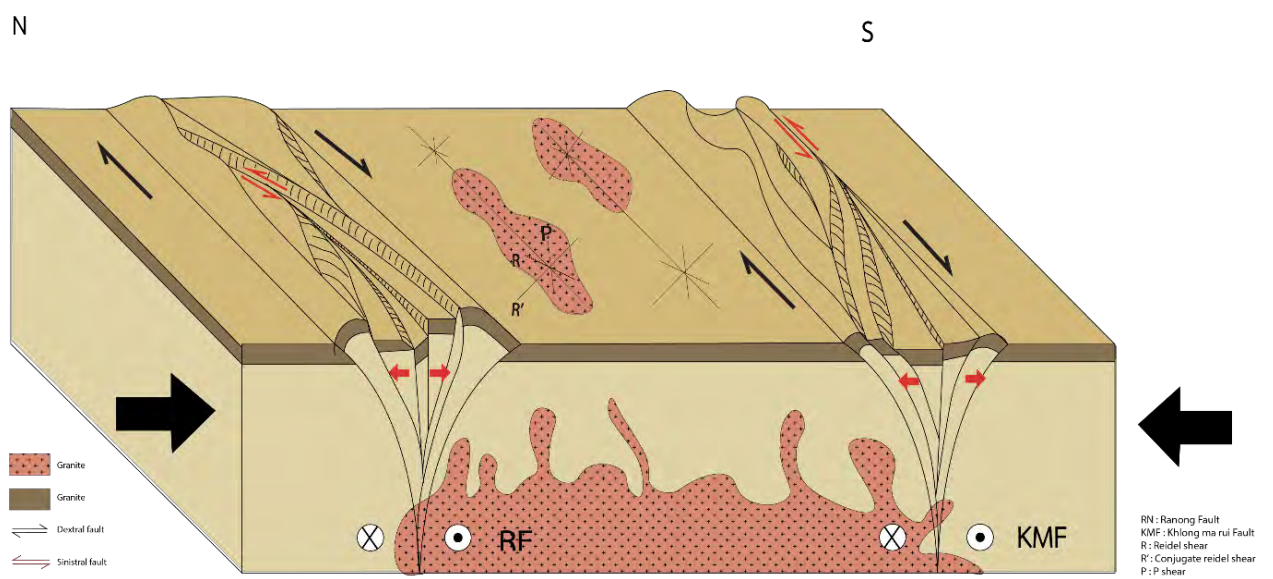
certain timing     
 uncertain timing

รูปที่ 5.2 แสดงช่วงเวลาการเกิดธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษาสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานในประเทศไทย  
(ดัดแปลงมาจาก Phasongtham & Kanjanapayont, 2014)

ก่อนการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Pre Indian-Eurasian Collision)



หลังการชนกันของแผ่นอินเดีย-แผ่นยูเรเชีย (Post Indian-Eurasian Collision)



รูปที่ 5.3 แบบจำลองวิวัฒนาการธรณีวิทยาโครงสร้างบริเวณพื้นที่ศึกษา ทั้งก่อนและหลังการชนของแผ่นอินเดีย-ยูเรเชีย

### 5.3 สรุปผลศึกษา (Conclusion)

จากการสำรวจธรณีวิทยาโครงสร้างในบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยทำการรวบรวมข้อมูลจากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นจากการสำรวจระยะไกลและข้อมูลจากการออกภาคสนาม ทำการวิเคราะห์ และตีความ เพื่อให้ทราบวิวัฒนาการธรณีแปรสัณฐาน และสามารถสรุปได้ดังนี้

- จากการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นจากการสำรวจระยะไกล มีแนวหลักอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้
- แนวแตก (joint) ที่พบในพื้นที่ศึกษาเป็นกลไกการเปลี่ยนลักษณะแบบเปราะ (brittle deformation mechanism) เป็นกระบวนการเปลี่ยนลักษณะของหินที่มีความสัมพันธ์กับความเค้น
- พบแนวแตก 4 แนวแตก โดยทิศทางที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 330/75SE ทิศทางที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 60/75NE ทิศทางที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 85/60S ทิศทางที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 350/75E
- แนวความเค้นหลักของพื้นที่ อยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งสัมพันธ์กับรอยเลื่อนระนองคลองมะรุ่ยที่วางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้
- สันนิษฐานได้ว่าเนื่องจากเป็นรอยเลื่อนตามแนวระดับขวาง (conjugate riedel shear) กับรอยเลื่อนระนองและรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ทำให้สามารถเป็นจุดกำเนิดแผ่นดินไหวได้ แต่ขนาดความรุนแรงไม่มาก

จากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาในระดับกว้าง และการสำรวจภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้างจากหินโผล่ สามารถเก็บข้อมูลทางธรณีวิทยาแบบอื่นหรือการหาหลักฐานที่มาช่วยยืนยันถึงช่วงอายุของการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นที่ศึกษาและเพื่อหาความสัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานหลักของประเทศไทยในแต่ละเหตุการณ์และสามารถอธิบายถึงลำดับวิวัฒนาการของธรณีวิทยาโครงสร้างของพื้นที่ศึกษาได้อย่างถูกต้องแน่นอนมากยิ่งขึ้น และการใช้ซอฟต์แวร์ในการวิเคราะห์โครงสร้างแนวเส้นช่วยลดระยะเวลาในการดำเนินงานแต่จะพบความผิดพลาดของข้อมูลมากกว่าการลากแนวด้วยมือ ดังนั้นควรระวังการเตรียมภาพที่มีมุมตกกระทบของแสงที่เห็นแนวของสันเขาชัด เนื่องจากจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

## เอกสารอ้างอิง (References)

- กรมทรัพยากรธรณี, 2562. แผนที่รอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย.
- เพ็ญตา สาทรรักษ์, 2557. อภิธานศัพท์ธรณีวิทยาโครงสร้าง : ภาควิชาเทคโนโลยีธรณีคณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Barber, A. J., Crow, M. J. & Milsom, J. S. (eds), 2005. Sumatra: Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society, London, Memoir, 31.
- Barber, A. J. & Crow, M. J., 2009. Structure of Sumatra and its implications for the tectonic assembly of Southeast Asia and the destruction of Paleotethys. *Island Arc*, 18, 3–20.
- Watkinson, I., Elder, C., and Hall, R., 2008. The kinematic history of the Khlong Marui and Ranong Faults, southern Thailand. *Journal of Structural Geology*. 30, 1544-1571
- Metcalfe, I., 2013., Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys. *Journal of Asian Earth Sciences* 66, 1-33.
- Morley, C.K., et al., 2013. Development of the Khao Khwang Fold and Thrust Belt: Implications for the geodynamic setting of Thailand and Cambodia during the Indosinian Orogeny. *Journal of Asian Earth Sciences*. 62, 705-719.
- Pailoplee, S., Sugiyama, Y., Charusiri, P., 2009b. Deterministic and probabilistic seismic hazard analyses in Thailand and adjacent areas using active fault data. *Earth Planets Space* 61:1313–1325.
- Sutiwanich, C., 2010. Seismic hazard map of southern Thailand. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Philosophy Program in Geology, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.
- Wu, Z., and Hu, M. 2019., Neotectonics, active tectonics and earthquake geology : terminology, application and advance. *Journal of Geodynamics*. 127, 1-15.

Zhumabek, Z., et al., 2017. Automated lineament analysis to assess the geodynamic activity areas to assess the geodynamic activity areas. *Procedia Computer Science*. 121, 699-706.

Jeenpradit, P., 2012. Geological structure of Amphoe Chaloem Phra Kiat, Changwat Nan. A report Submitted in Partial Fulfillment of the Degree of the Bachelor of Science, Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

Kanjanapayont, P., et al., 2012. Quantitative kinematic analysis within the Khlong Marui shear zone, southern Thailand. *Journal of Structural Geology* 35:17–27.

Seismological Bureau, 2017. Earthquake Report in Thailand and Adjacent Areas in June 2017.

## ภาคผนวก (Appendix)

UTM	Type	Dip	Strike	description
47P 492020 1058010	fault plane	72	330	sediment
47P 492020 1058010	fault plane	74	331	sediment
47P 492020 1058010	fault plane	82	350	sediment
47P 492020 1058010	fault plane	77	342	sediment
47P 492020 1058010	fault plane	85	334	sediment
47P 492020 1058010	fault plane	62	311	Igneous Rock
47P 492020 1058010	fault plane	81	295	Igneous Rock
47P 492020 1058010	lineament	16	324	Igneous Rock
47P 492020 1058010	lineament	19	285	Igneous Rock
47P 492020 1058010	lineament	32	330	sediment
47P 492020 1058010	lineament	34	331	sediment
47P 492020 1058010	lineament	74	342	sediment
47P 492020 1058010	lineament	7	343	sediment
47P 492020 1058010	lineament	17	336	sediment
47P 492727 1057250	joint	77	22	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	89	170	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	78	118	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	83	73	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	90	248	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	86	295	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	87	294	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	89	290	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	80	270	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	72	46	Igneous Rock
47P 492727 1057250	joint	73	143	Igneous Rock
47P 492727 1057250	dike	62	179	Igneous Rock
47P 484754 1051144	joint	63	190	Igneous Rock
47P 484754 1051144	joint	65	180	Igneous Rock
47P 484754 1051144	joint	60	194	Igneous Rock



<i>47P 484704 1051445</i>	joint	55	95	Igneous Rock
<i>47P 484704 1051445</i>	lineament	36	92	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	86	55	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	82	61	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	84	60	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	85	170	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	79	173	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	74	4	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	54	62	Igneous Rock
<i>47P 485171 1051060</i>	joint	76	110	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	71	150	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	77	134	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	61	132	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	67	45	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	65	47	Igneous Rock
<i>47P 486243 1049821</i>	joint	72	43	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	79	40	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	71	234	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	77	235	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	75	320	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	89	125	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	86	149	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	80	271	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	58	75	Igneous Rock
<i>47P 489104 1049270</i>	joint	67	81	Igneous Rock

