

ระบบรอยเดือนหลายเหลี่ยมในแอ่งเกรทเซาท์ ประเทศนิวซีแลนด์

นาย สุวัฒน์ มรรคเจริญ

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

POLYGONAL FAULT SYSTEM IN GREAT SOUTH BASIN,

NEW ZEALAND

Mr. Suwat Makjareun

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology

Department of Geology, Faculty of Science,

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

หัวข้อโครงการ

ระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งเกรทเซาท์

ประเทศนิวซีแลนด์

โดย

สุวัฒน์ มรรคเจริญ

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

ปิยพงษ์ เชนรัมย์

วันที่ส่ง.....

วันที่อนุมัติ.....

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการหลัก

(ดร. ปิยพงษ์ เชนรัมย์)

สุวัฒน์ มรรคเจริญ:

ระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งเกรทเซาท์ ประเทศนิวซีแลนด์. (POLYGONAL FAULT SYSTEM IN GREAT SOUTH BASIN, NEW ZEALAND) อ. ที่ปรึกษาโครงการหลัก ดร.ปิยพงษ์ เชนรัมย์, 31 หน้า.

ระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมสามารถพบได้ในแอ่งตะกอนต่าง ๆ ทั่วโลก โดยทั่วไปมักจะพบในแอ่งตะกอนตามขอบแผ่นเปลือกโลกสงบ รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติที่ไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐาน เกิดอยู่ในชั้นหินตะกอนละเอียด เช่น หินโคลน หินดินดาน เป็นต้น ในระหว่างการก่อตัวของหินตะกอนละเอียดการหดตัวและการคายน้ำออกจากช่องว่างระหว่างตะกอนจะนำไปสู่การเกิดรอยแตกและเกิดการเลื่อนตัว

รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งตะกอนเกรทเซาท์ ประเทศนิวซีแลนด์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบจากลักษณะที่ตั้งอยู่ในแนวคดขวางและแนวราบ รูปแบบที่ 1 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีลักษณะเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติมีทิศทางเอียงเทเข้าหากันเป็นรอยเลื่อนคู่ เมื่อสังเกตในแนวราบพบว่ามีความเป็นรูปปิดคล้ายดินแตกระแหงพบทางตอนใต้ของพื้นที่การศึกษา กินพื้นที่ประมาณ 200 ตารางกิโลเมตร โคนพบที่ความลึก 1200-1800 มิลลิวินาที ซึ่งเกิดในชั้นหินที่มีอายุในสมัยอีโอซีนมีลักษณะตะกอนเป็น หินโคลน, หินดินดาน และ ดินเหนียวปนปูน จากการสร้างแผนภาพภูหาลพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีทิศทางการวางตัวหลากหลายทิศทาง รูปแบบที่ 2 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีลักษณะเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติและเป็นรูปปิดในแนวราบเช่นกัน แต่ความหนาแน่นของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 มีมากกว่ารูปแบบที่ 1 รอยเลื่อนชนิดที่ 2 พบทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่การศึกษากินพื้นที่ประมาณ 600 ตารางกิโลเมตร ที่ความลึก 1200-1500 มิลลิวินาที เกิดในชั้นหินที่มีอายุในช่วงกลางถึงปลายของสมัยอีโอซีนมีลักษณะตะกอนเป็น หินโคลน และ ดินเหนียวปนปูน ผลจากการสร้างแผนภาพภูหาลพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีทิศทางการวางตัวหลายทิศทาง ผลจากการสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวในแนวคดกับความลึกของรอยเลื่อนทั้งสองรูปแบบพบลักษณะซิปบงอกถึงตำแหน่งของระยะเลื่อนตัวในแนวคดที่มากที่สุดอยู่บริเวณกึ่งกลางความลึกของรอยเลื่อน และลักษณะกราฟรูปเอ็มบงอกถึงการเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อน

รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในชั้นหินตะกอนละเอียดอาจจะส่งผลต่อความสามารถของชั้นหินปิดกั้นซึ่งสำคัญต่อการพิจารณาระบบปิโตรเลียม การศึกษาเพิ่มเติมอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจในเชิงลึกของระบบปิโตรเลียมมากขึ้น

ภาควิชา ธรณีวิทยา ลายมือชื่อนิสิติ _____

สาขาวิชา ธรณีวิทยา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก _____

ปีการศึกษา 2559

5633505023: MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS: POLYGONAL FAULT, GREATSOUTH BASIN

POLYGONAL FAULT SYSTEM IN GREAT SOUTH BASIN, NEW ZEALAND. ADVISOR:

PIYAPHONG CHENRAI, Ph.D., 31 pp.

Polygonal fault system was found in many sedimentary basins around the world. It was commonly found in sedimentary basin along Passive margin. Polygonal fault is group of the normal fault networks which not relate to tectonic activity. It was commonly found in fine grain sediment such as claystone and shale. In the origin of fine-grain sedimentary rock, contraction and dewatering are the main processes that trigger the fractures and faults.

Polygonal faults in Great South basin, New Zealand, are classified into two patterns base on time slice and cross section view. The first type is a group of normal faults dipping inward as conjugate faults. Observing in horizontal view, its characteristic resembles mud crack. This pattern is found in the Southern of the study area covering 200 km² at time depth 1200-1800ms which is Eocene rock unit. Eocene rock unit is characterized by mudstone, shale, and marl. From rose diagram, polygonal fault planes arrange their strike in multidirectional. Another type of polygonal fault observing in horizontal view is also orthogonal geometry of normal faults. This type has more density of polygonal faults than the first type and is found in the North-Eastern of the study area covering 600 km² at time depth 1200-1500ms which is Mid - Late Eocene rock unit. This rock unit is characterized by mudstone and marl. From rose diagram, the polygonal faults also arrange in multidirectional. The plot of the vertical fault throw and the depth of faults can be divided into two shape, C shape and M type. C shape indicates that the maximum fault throw is in the middle of the fault depth and the M-shape indicates the linkage of the faults.

The existing of the polygonal fault in the fine grain sedimentary rock may result in the capability of the seal rock in the petroleum system which is important to the petroleum field. Further study is needed to get more information of petroleum system in the area.

Department : Geology Student's Signature _____

Field of Study : Geology Advisor's Signature _____

Academic Year : 2016

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิทยาศาสตร์ระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งเกรทเซาท์ ประเทศนิวซีแลนด์จะสำเร็จลงไม่ได้ หากขาดคำปรึกษา ความอนุเคราะห์ด้านสถานที่และอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำโครงการจากท่าน อ.ดร. ปิยพงษ์ เชนรัมย์ โครงการก็คงไม่สามารถเสร็จสิ้นลงได้ ทางผู้จัดทำขอขอบคุณอย่างมากมาย ณ โอกาสนี้ด้วย

Content

	Page
บทคัดย่อภาษาไทย	iv
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	v
กิตติกรรมประกาศ	vi
สารบัญ	vii
สารบัญรูปภาพ	viii
บทที่ 1	
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่	2
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	4
1.4 พื้นที่ศึกษา	4
1.5 การทบทวนรายงานเก่า	4
บทที่ 2	
2.1 วิธีการศึกษา	5
บทที่ 3	
3.1 ลักษณะของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่ปรากฏ	8
3.1.1 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 1	9
● ลักษณะทั่วไป	9
● Fault Throw Analysis	11
● แผนภาพकुหลาบ	18
3.1.2 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2	20
● ลักษณะทั่วไป	20
● Fault Throw Analysis	21
● แผนภาพकुหลาบ	26
3.2 แผนภาพकुหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานในแอ่งตะกอน	28
บทที่ 4 อภิปราย	28
บทที่ 5 สรุปผล	29
อ้างอิง	30
	31

สารบัญรูปรภาพ

รูปที่		Page
1	ลำดับชั้นหินของแอ่งตะกอนเกรทเซาท์	2
2	วิวัฒนาการของธรณีแปรสัณฐานของแอ่งตะกอนเกรทเซาท์	3
3	พื้นที่การศึกษาแอ่งตะกอนเกรทเซาท์	4
4	การเทียบเคียงข้อมูลหลุมเจาะกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน	5
5	การสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่และช่วงชั้นการเกิดรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม	6
6	ขั้นตอนการศึกษา	7
7	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้ง 2 รูปแบบ	8
8	รอยเลื่อนหลายรูปแบบที่ 1 และลักษณะของรอยเลื่อนที่ความลึกต่าง ๆ กัน ในแนวตัดขวางและแนวราบ	10
9	การหยุดพัฒนาของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเมื่อเจอกับดินดอนสามเหลี่ยม	
10	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยม 3 กลุ่ม	11
11	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึก	12
12	รอยเลื่อน S1_N1, S1_N2, S1_N3 และ S1_N5 ในแนวตัดขวางและแนวราบ	14
13	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N1, S1_N2, S1_N3 และ S1_N5	14
14	รอยเลื่อน S1_N6, S1_N7, S1_N8 และ S1_N13 ในแนวตัดขวางและแนวราบ	15
15	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N6, S1_N7, S1_N8 และ S1_N13	15
16	รอยเลื่อน S1_N10, S1_N15 และ S1_N17 ในแนวตัดขวางและแนวราบ	16
17	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N10, S1_N15 และ S1_N17	16
18	ตำแหน่งที่สร้างแผนภาพภูหาลาบสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอน	18
19	แผนภาพภูหาลาบ	19
20	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 ในแนวตัดขวางและแนวราบที่ความลึกแต่ละช่วง	20

21	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมแต่ละกลุ่มที่จะนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัว แนวตั้งกับความลึก	21
22	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N1, S2_N2, S2_N5 และ S2_N7 ในแนวตัดขวางและ แนวราบ	22
23	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N1, S2_N2, S2_N5 และ S2_N7	22
24	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N8 ในแนวตัดขวางและแนวราบ	23
25	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N8	23
26	รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N13และS2_N14 ในแนวตัดขวางและแนวราบ	24
27	กราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N13และS2_N14	24
28	ตำแหน่งที่สร้างแผนภาพกุหลาบและสภาพแวดล้อมการตกสะสมตัว	26
29	แผนภาพกุหลาบ	27
30	แผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานในแอ่งตะกอน	28

บทที่ 1

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

แอ่งตะกอนกรทเซาท์เป็นแอ่งที่อยู่ทางชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศนิวซีแลนด์และเป็นแอ่งที่มีการสำรวจปิโตรเลียมที่มีชื่อเสียงแอ่งหนึ่งของประเทศนิวซีแลนด์ ฉะนั้นจึงมีการสำรวจด้วยคลื่นไหวสะเทือนและมีข้อมูลเผยแพร่ออกมา จากการศึกษาลักษณะคลื่นไหวสะเทือนพบลักษณะรอยเลื่อนที่มีลักษณะที่พิเศษแตกต่างจากรอยเลื่อนที่เราเห็นกันทั่วไป โดยรอยเลื่อนนี้จะพบเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติเป็นลักษณะรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม เกิดในระดับมาตราส่วนขนาดใหญ่(กิโลเมตร) จะเกิดหนาแน่นมากในช่วงของชั้นหินที่มีขนาดตะกอนละเอียด จากลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะที่ไม่สามารถพบได้ในข้อมูลภาคสนามบนพื้นดิน ดังนั้นจึงมีความน่าสนใจในการศึกษาระบบของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเพื่อช่วยให้เข้าใจระบบการเกิดรอยเลื่อนนี้ รวมไปถึงความสัมพันธ์กับลักษณะของหินตะกอนในบริเวณพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาและวิจัยก่อนหน้านี้พบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีความสัมพันธ์กับระบบปิโตรเลียมในแอ่งตะกอน ดังนั้นรอยเลื่อนในแอ่งตะกอนกรทเซาท์นี้อาจจะมีความเป็นไปได้ที่จะนำความรู้จากการศึกษาหาความสัมพันธ์กับระบบปิโตรเลียมในพื้นที่

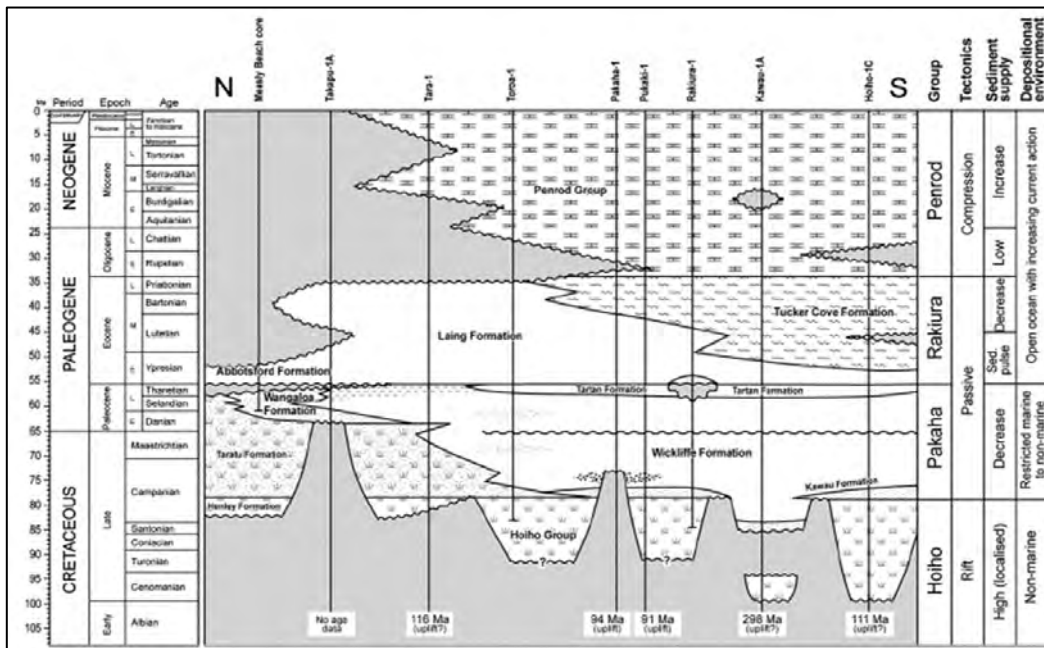
David N. Dewhurst และ Joseph A. Cartwright (1999) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาของระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมจากตะกอนแขวนลอย โดยอธิบายไว้ว่า รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเกิดจากกระบวนการหดตัว (syneresis) ซึ่งเป็นกระบวนการหดตัวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติโดยปราศจากการระเหยของเหลวที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอน(Scherer, 1989) โดยที่กระบวนการหดตัวนี้มีผลมาจากแรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals forces) ระหว่างเม็ดตะกอนแต่ละเม็ด ฉะนั้นตะกอนขนาดเล็ก เช่น ตะกอนดินเหนียว หรือ ทราเยเป้ง จะให้แรงแวนเดอร์วาลส์ได้ดีเพราะประกอบด้วยแร่ที่มีไอออนแสดงประจุบวกลบมาก ส่งผลให้รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเกิดได้ง่ายในหินตะกอนขนาดเล็ก เช่น หินดินดาน เมื่อเกิดการตกสะสมของตะกอนขนาดเล็กมากขึ้นเรื่อยๆจะทำให้เกิดการแข็งตัวของหินตะกอนและเมื่อหินตะกอนแข็งตัวมากขึ้นจะทำช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนมีขนาดเล็กลงจนทำให้มีอิทธิพลของแรงแวนเดอร์วาลส์เข้ามามีผลดึงดูดให้เม็ดตะกอนเข้าใกล้กันมากขึ้นกว่าเดิมและขั้วของเหลวที่อยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดตะกอนออกเกิดหดตัวและรอยแตกขึ้น โดยที่บริเวณรอยแตกนี้จะเป็บริเวณที่เปราะบางทำให้เกิดการเคลื่อนตัวเนื่องจากน้ำหนักของหินที่ปิดทับอยู่ด้านบนจนเกิดเป็นรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม ในระยะแรกทิศทางของรอยเลื่อนจะไม่เป็นระเบียบแต่ถ้าเกิดไปได้สักระยะรอยแตกจะพัฒนาจนขอบของรอยเลื่อนมาชนกันเกิดเป็นลักษณะหลายเหลี่ยมเมื่อมองจากแนวราบ

ปัจจุบันข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนได้มีการพัฒนาในเรื่องของความละเอียด ทำให้สามารถศึกษาข้อมูลได้ผิวดินได้ละเอียดมากขึ้นและคลื่นไหวสะเทือนสามารถตรวจจับลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีขนาดใหญ่ได้ดี ดังนั้นข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนจึงเหมาะกับการศึกษารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในบริเวณพื้นที่การศึกษานี้

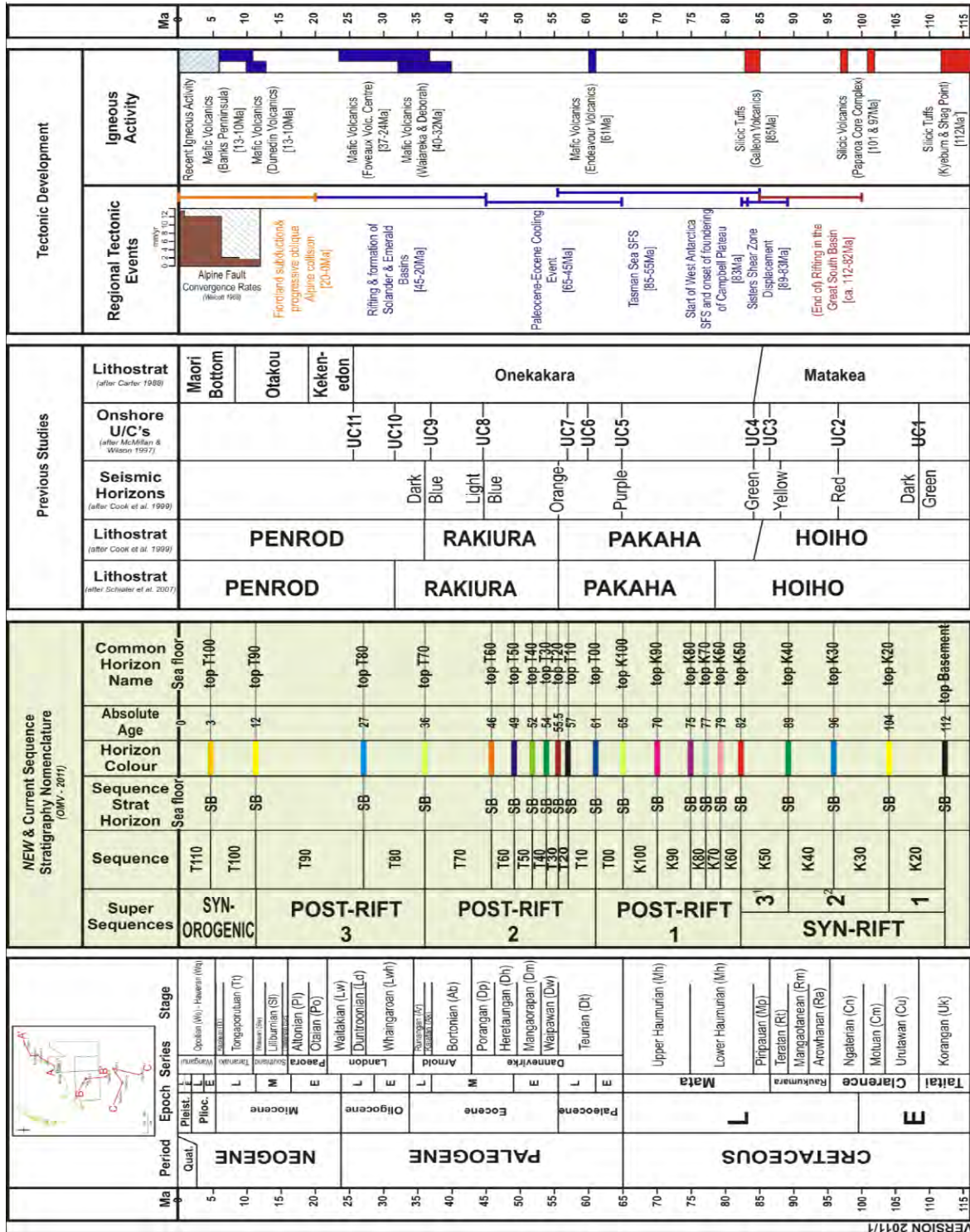
1.2 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่

แอ่งตะกอนเกรทเซาท์เป็นแอ่งตะกอนที่เริ่มพัฒนาตัวในช่วงกลางยุคครีเทเชียสเนื่องธรณีแปรสัณฐานแบบเคลื่อนที่ออกจากกัน (85 million years ago) เป็นการเคลื่อนที่แยกออกจากมหาทวีปกอนวานาแลนด์มีการพัฒนาไปเป็นแอ่งทรุดจากนั้นอิทธิพลทางธรณีแปรสัณฐานได้หยุดลงเกิดการทรุดตัวของ Thermal subsidence ในช่วงปลายยุคครีเทเชียสถึงยุคนีโอจีน passive subsidence (60 million years ago) (Constable et al., 2013) ณ ขณะนี้แอ่งตะกอนรวมไปถึงพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศนิวซีแลนด์จมตัวอยู่ใต้ทะเล จากนั้นได้มีการยกตัวขึ้น (Constable et al., 2013)ของแอ่งตะกอนเนื่องจากอิทธิพลของธรณีแปรสัณฐานจากการที่แผ่นแปซิฟิกเคลื่อนเข้าชนแผ่นออสเตรเลียทำให้บริเวณประเทศนิวซีแลนด์มีการยกตัวขึ้นจนมาถึงปัจจุบัน แอ่งตะกอนเกรทเซาท์ส่วนใหญ่จะถูกควบคุมโดยโครงสร้าง กราเบน, แอ่งกึ่งกราเบน และ รอยเลื่อนปกติ ที่พัฒนาในช่วงกลางยุคครีเทเชียส

การลำดับชั้นหินนั้นแอ่งตะกอนเกรทเซาท์ประกอบไปด้วยกลุ่มหินหลัก 3 กลุ่มและ 1 หมวดหินจากการศึกษาของ (Beggs, 1993)คือ 1.Hoiho Group เป็นชุดตะกอน syn-rift ที่ตกสะสมตัวพร้อมกับการทรุดตัวในช่วงกลางถึงปลายยุคครีเทเชียสสภาพการตกสะสมตัวเป็นแบบ fluvio-deltaic sediment และบริเวณกลางแอ่งเป็นพวก lacustrine environment 2.Pakaha Group เป็นชุดตะกอนที่ตกสะสมตัวในช่วงที่แอ่งตะกอนมีการเปิดกว้างมากขึ้นมีการรูก้ำของน้ำทะเลเข้ามาชุดตะกอนส่วนใหญ่จึงเป็นตะกอนทะเล 3.Rakiura Group เป็นกลุ่มหินที่เกิดในยุคอีโอซีน โดยตะกอนส่วนใหญ่จะเป็นตะกอนขนาดเล็กของตะกอนทะเล เช่น หินดินดาน, หินโคลน และ หินเคลย์ ในช่วงบนของกลุ่มหินนี้จะเริ่มมีตะกอนพวกคาร์บอนเนต เข้ามาเกี่ยวข้อง 4.Penrod Formation เป็นหมวดหินที่ตกสะสมตัวในยุคโอลิโกซีนถึงปัจจุบัน ประกอบไปด้วยตะกอนกลุ่มของคาร์บอนเนตและมาร์ล เนื่องจากแอ่งตะกอนเปิดกว้างมากขึ้น



รูปที่ 1 แสดงลำดับชั้นหินของแอ่งตะกอนเกรทเซาท์ (Constable, 2013)



Age ranged based on Kula (2007, 2009) K-feldspar-Ar-Ar dating; Age range based on Reiners (2004) K-feldspar-Ar-Ar dating; Age based on Tulloch (2009) Zircon U-Pb dating

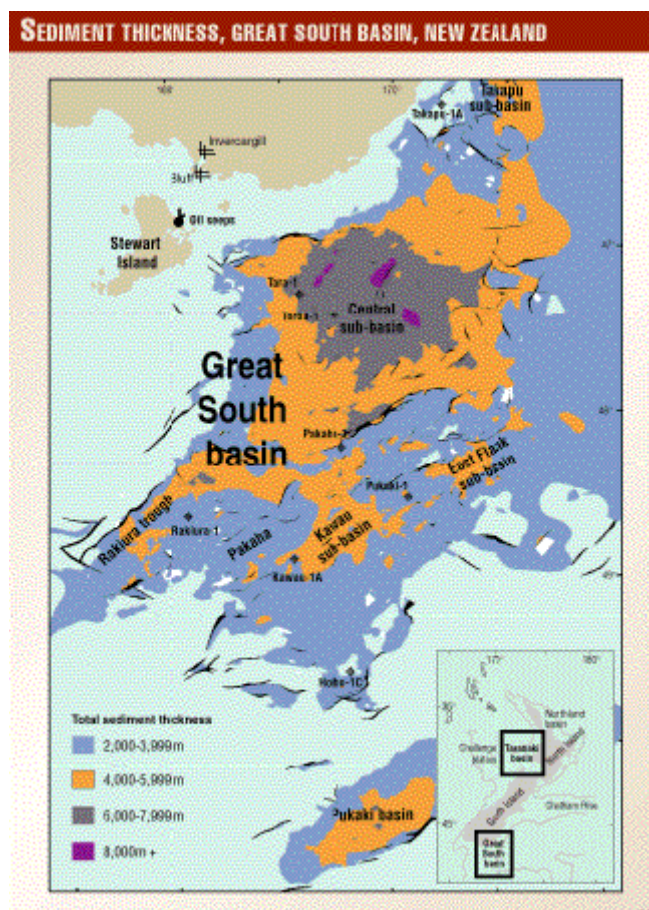
รูปที่ 2 แสดงวิวัฒนาการของธรณีแปรสัณฐานของแอ่งตะกอนเกรทเซาท์ (Constable, 2013)

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อศึกษาและบรรยายลักษณะของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมและหาความสัมพันธ์ของลักษณะหินที่ปรากฏรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งตะกอนเกรทเซาท์ ประเทศนิวซีแลนด์

1.4 พื้นที่ศึกษา

แอ่งตะกอนเกรทเซาท์ตั้งอยู่นอกชายฝั่งทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศนิวซีแลนด์ มีพื้นที่ประมาณ 100,000 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3 แสดงพื้นที่การศึกษาแอ่งตะกอนเกรทเซาท์

1.5 การทบทวนรายงานเก่า

Lonergan (1997) ได้ทำการศึกษารูปทรงเรขาคณิตของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในหินดินดานบริเวณทะเลเหนือโดยข้อมูลจากคลื่นไหวสะเทือนและได้จำแนกลักษณะของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในราบไว้ 4 รูปแบบ regular-rectangular, curved, irregular และ irregular-clustered Dewhurst (1999) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาของระบบรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมจากตะกอนแขวนลอยบริเวณทะเลเหนือพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเกิดจากการหดตัวและบีบไล่ของเหลวที่อยู่ในช่องของหินตะกอนออกไปโดยการหดตัวเกิดได้ดีในหินตะกอนขนาดเล็กที่มีองค์ประกอบของแร่สมคไทต์ (smectite)สูง Cartwright (2011) ได้ทำการศึกษาการพังทลายของหินตะกอนขนาด

เล็กจากแรงเฉือนและการพัฒนาของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมพบว่าการก่อตัวของหินตะกอน(diagenesis)จะทำให้เกิดการคายน้ำ(dewatering)และนำไปสู่การเลื่อนตัว Seebeck (2014) ได้ทำการศึกษารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมและความสามารถในการเป็นชั้นหินปิดกั้นบริเวณแอ่ง โบนานาพาร์จากข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและข้อมูลหลุมเจาะพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมอาจจะทำให้ความสามารถของชั้นหินปิดกั้นลดลงและสามารถเป็นทางให้แก๊สไหลออกมาได้

บทที่ 2

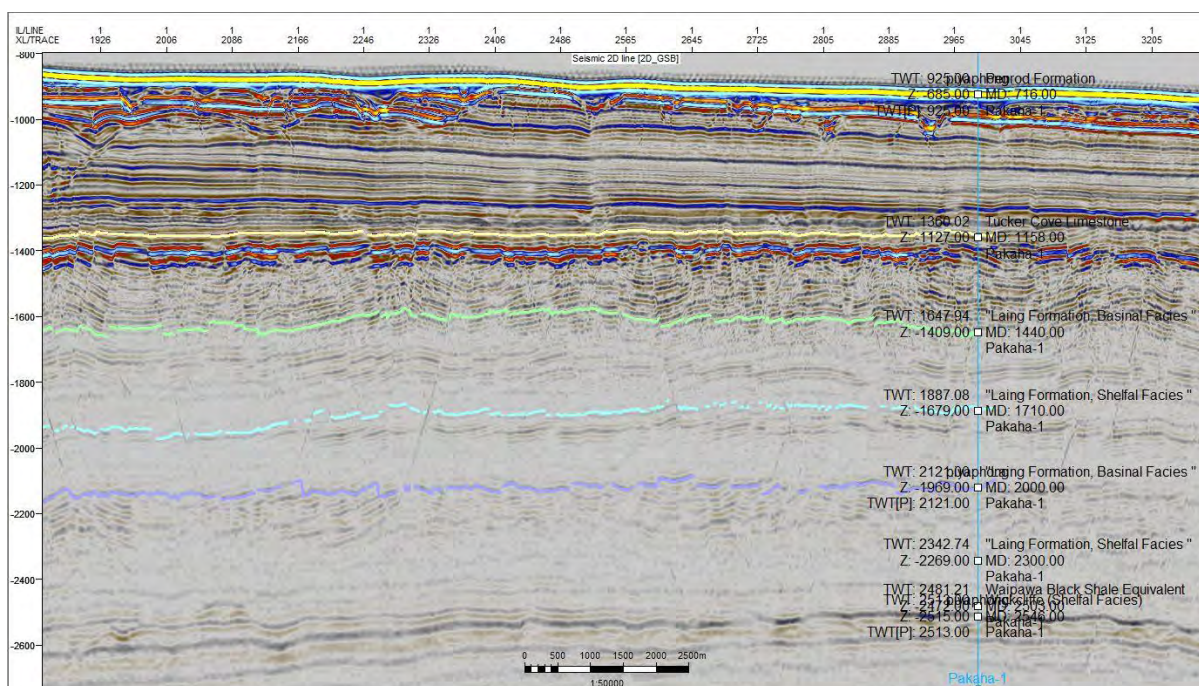
2.1 วิธีการศึกษา

1) ทบทวนรายงานเก่า

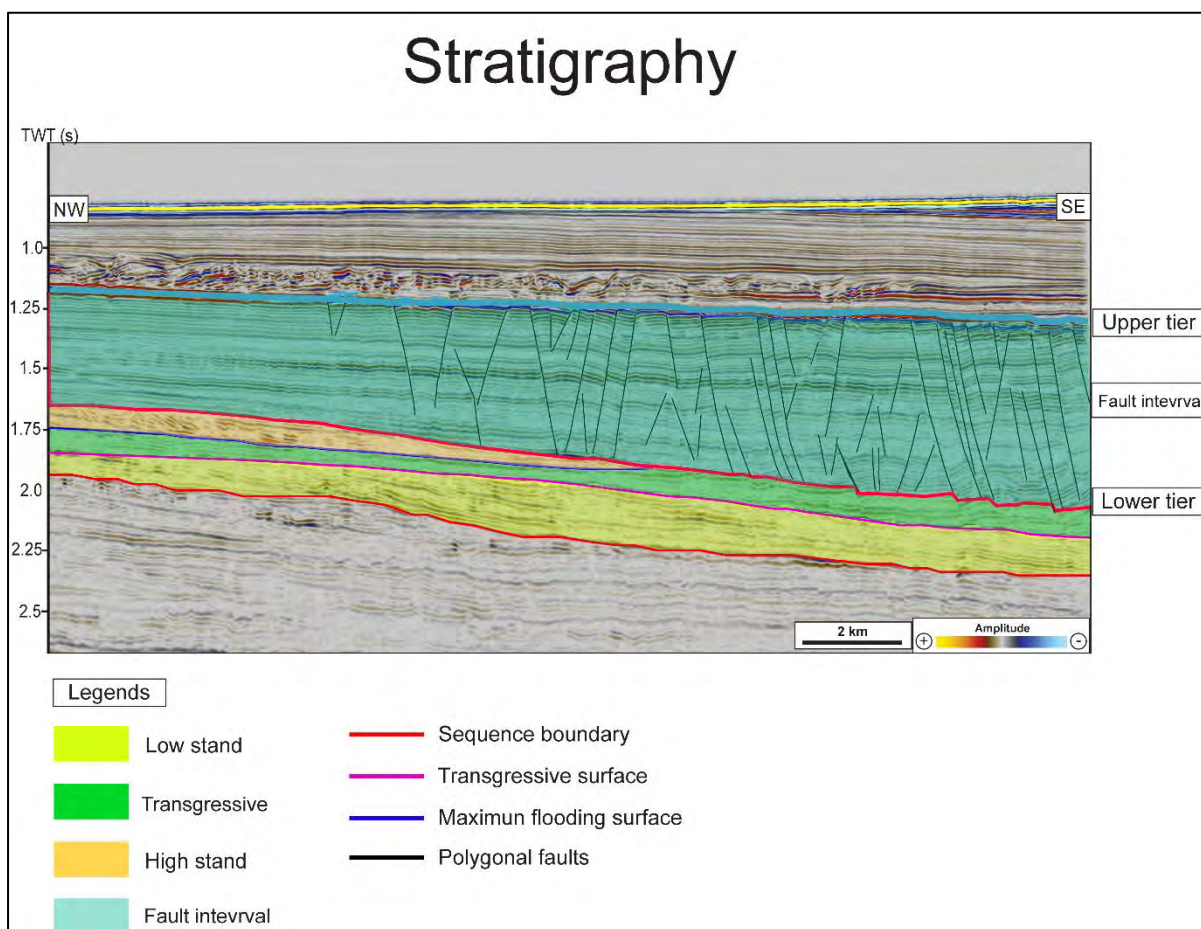
การทบทวนรายงานเก่าประกอบไปด้วย ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ การลำดับชั้นในแอ่งตะกอนที่ศึกษารูปทรงทางเรขาคณิตของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรวมไปถึงลักษณะอื่น ๆ ด้วย เช่น ทฤษฎีการเกิดของรอยเลื่อน ความสัมพันธ์กับลักษณะของหินตะกอน

2) การเปรียบเทียบข้อมูลหลุมเจาะ

เป็นการนำข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในหลุมเจาะมาเปรียบเทียบกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนและทำการแปลแนวการวางตัวชั้นบนสุดของหินตะกอนของแต่ละหมวดหินของหินในช่วงชั้นของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมาสู่ข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนของเราเพื่อดูว่ารอยเลื่อนของเราเกิดสัมพันธ์กับลักษณะของหินชนิดใด นอกจากนี้จะทำการแปลสภาพการตกสะสมตัวของหินตะกอนในพื้นที่อย่างคร่าว ๆ เพื่อยืนยันความสอดคล้องกับข้อมูลหลุมเจาะ



รูปที่ 4 แสดงการเทียบเคียงข้อมูลหลุมเจาะกับข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน



รูปที่ 5 แสดงการสะสมตัวของตะกอนในพื้นที่และช่วงชั้นการเกิดรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม หมายถึง tier คือ แนวชั้นหินที่ปลายของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมพัฒนามาสุด

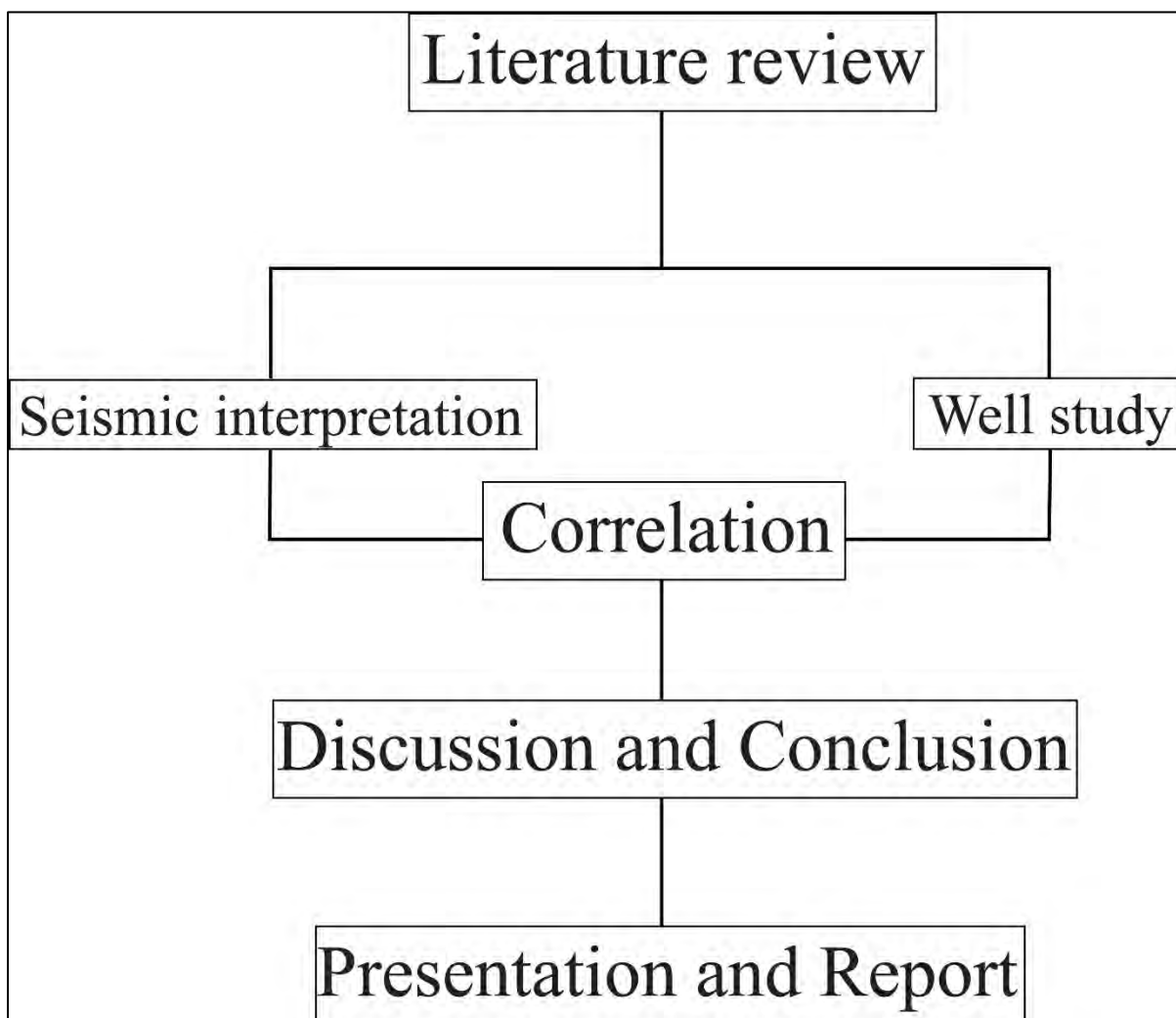
3) แปลความหมายข้อมูลคลื่นไหวสะเทือน

จะเป็นการแปลความรอยเลื่อน โดยจะเริ่มจาก 1. การบรรยายลักษณะต่าง ๆ ทั้งหมดของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแนวตัดขวางและแนวราบ ซึ่งการบรรยายจะประกอบไปด้วย รูปทรงทางเรขาคณิตของรอยเลื่อน ความยาว รูปแบบการวางตัว ชนิดของรอยเลื่อนที่ระดับความลึกต่าง ๆ กัน ลำดับถัดไปจะทำ 2. การแปลแนวชั้นหินบนสุดและล่างสุดที่รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมพัฒนาขึ้นไปถึง จากนั้นจะทำการเก็บข้อมูลระยะการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแต่ละระดับความลึกเพื่อนำมาสร้างกราฟวิเคราะห์หาระดับความลึกที่รอยเลื่อนมีการเลื่อนตัวมากที่สุด โดยการเก็บจุดข้อมูลจะทำการเก็บแบบสุ่มแต่ละรอยเลื่อนจะเก็บจุดข้อมูลอย่างน้อย 5 จุดขึ้นไปขึ้นกับความยาวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม สิ่งที่สำคัญเราจะต้องแน่ใจว่ารอยเลื่อนที่เราเก็บข้อมูล ณ ปัจจุบันเป็นคนละรอยเลื่อนกันกับรอยเลื่อนก่อนหน้านี้ ฉะนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบรอยเลื่อนในแนวราบ เพื่อยืนยันด้วย 3.เราจะทำการสร้างแผนภาพกุลาบ โดยเราจะเก็บค่าการวางตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมจากข้อมูลในแนวราบ และนำมาสร้างแผนภาพกุลาบเพื่อตรวจสอบแรงเค้น โบราณ

4) อภิปรายและสรุปผล

เราจะนำข้อมูลในส่วนของการลำดับชั้นหิน ลักษณะของหินตะกอนจากข้อมูลหลุมเจาะและผลจากการแปลข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนมาพิจารณาเพื่อหาความสัมพันธ์กับลักษณะหินตะกอนและแปลความกระบวนการเกิดต่อไป

5) นำเสนอและจัดทำรูปเล่ม



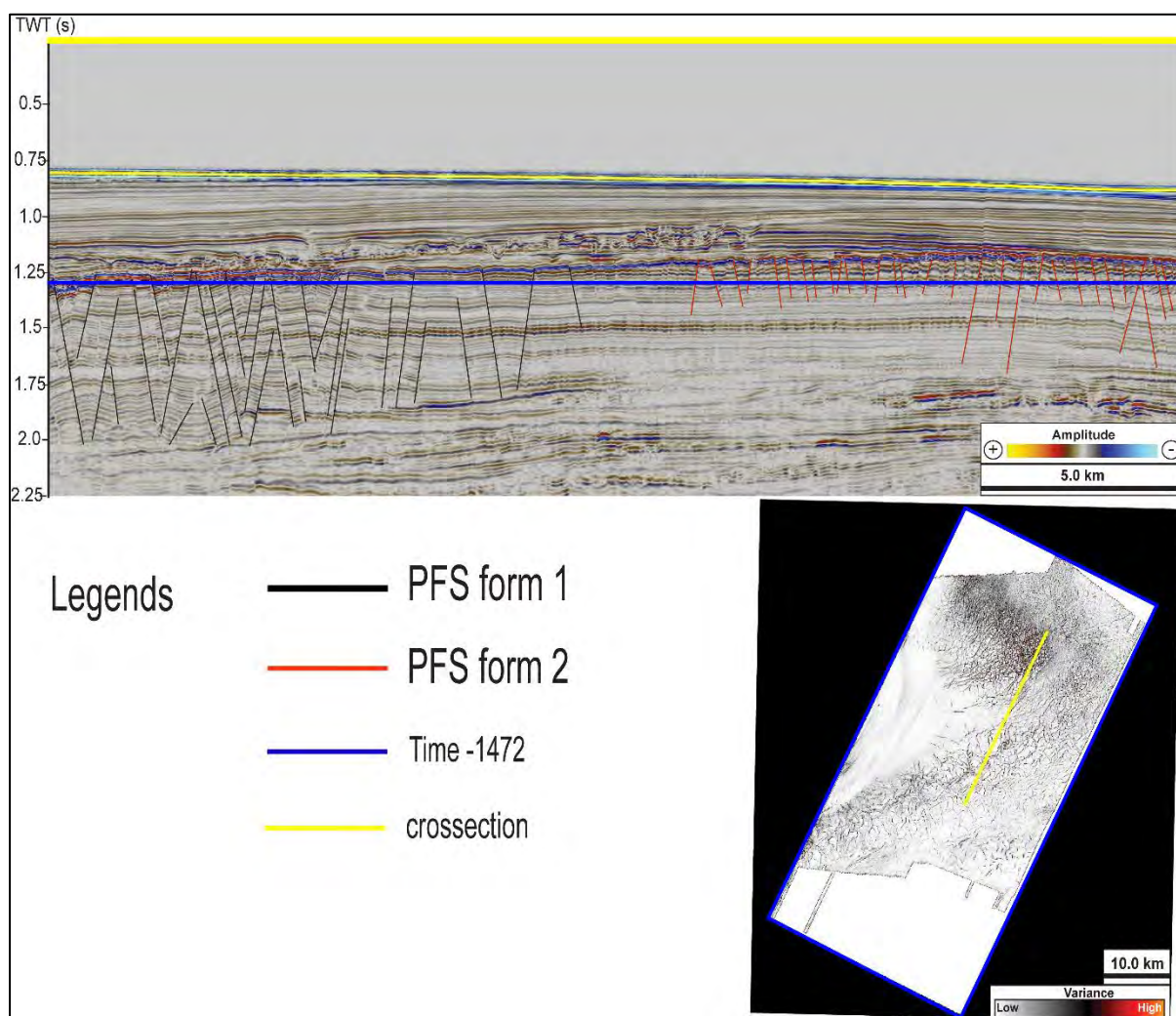
รูปที่ 6 แสดงขั้นตอนการศึกษา

บทที่ 3

ผลการศึกษา

3.1 ลักษณะของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่ปรากฏ

รอยเลื่อนที่พบในพื้นที่การศึกษานั้นมีด้วยกัน 2 รูปแบบ จากการสังเกตข้อมูลของคลื่นไหวสะเทือนในแนวราบและแนวตัดขวาง ดังรูปที่ 7

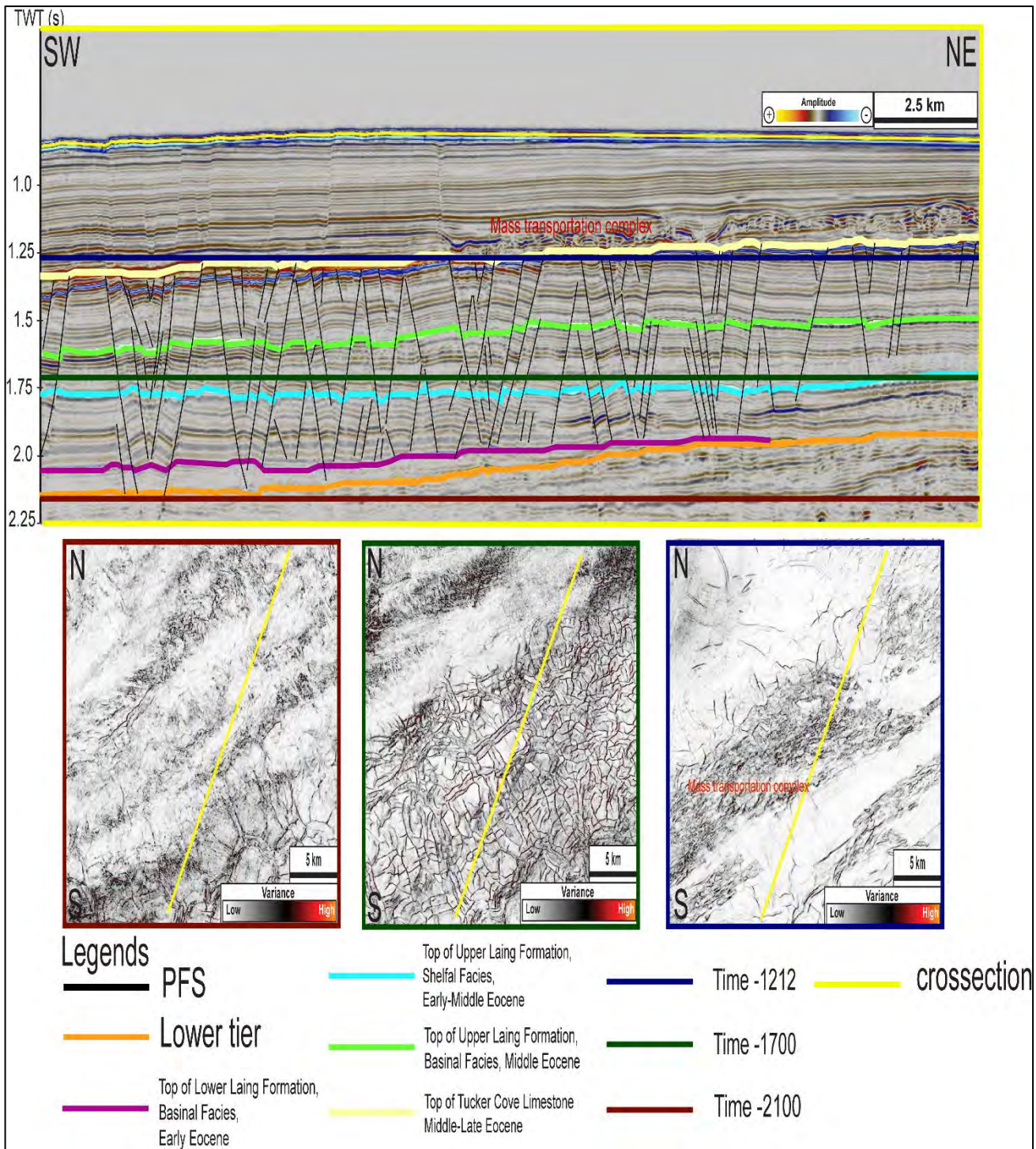


รูปที่ 7 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้ง 2 รูปแบบ

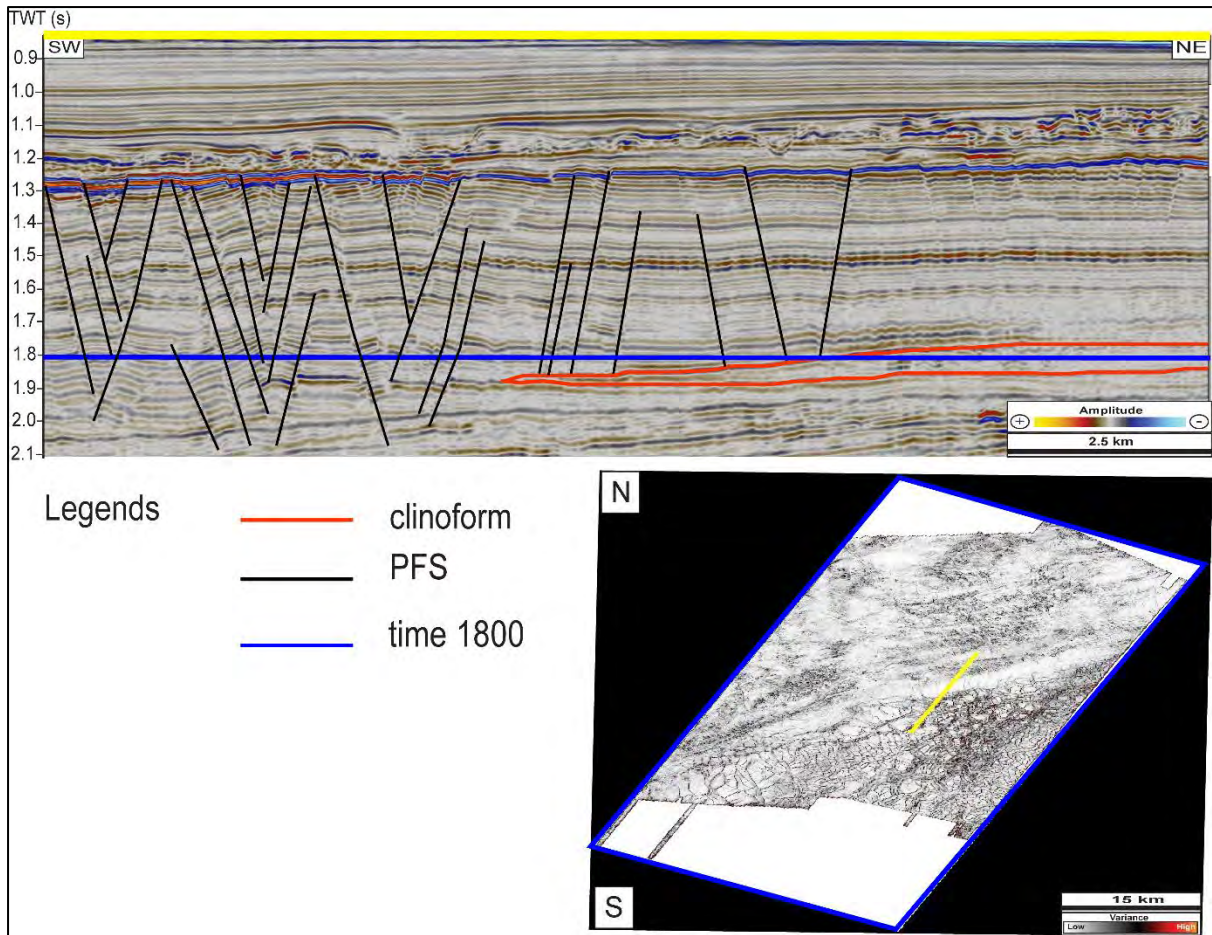
3.1.1 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 1

- ลักษณะทั่วไป

พบทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาโดยจะพบที่ระดับความลึก 1200 -1800 มิลลิวินาที ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 200 ตารางกิโลเมตร ลักษณะของรอยเลื่อนประกอบไปด้วยแขนงของรอยเลื่อนปกติที่ส่วนมากจะมีทิศทางของมุมเอียงเทเข้าหากันเป็นรอยเลื่อนคู่(conjugate fault)การวางตัวของรอยเลื่อนในมุมมองแนวราบ พบว่าทิศทางการวางตัวนั้นกระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ รอยเลื่อนที่พบมีความยาว(fault length)อยู่ด้วยกันหลากหลายในช่วง 150-800 ms แต่ละรอยเลื่อนจะห่างกันประมาณ 100-1000 เมตร พบว่าปลายล่างสุดของรอยเลื่อน(lower fault tips)มักจะมาสิ้นสุดที่จุดเดียวกันหรือบริเวณใกล้เคียงกัน ส่วนปลายด้านบนจะพัฒนาออกห่างจากกันเห็นเป็นลักษณะของรอยเลื่อนกึ่งกรabenเล็ก(mini fault graben)(รูปที่ 8)ข้อสังเกตอีกอย่างของรอยเลื่อนรูปแบบนี้ ที่ปลายด้านล่างและบนสุดของรอยเลื่อนมักจะมาหยุดที่ลักษณะของคลื่นไหวสะเทือนที่แสดงถึงลักษณะของหินที่มีขนาดตะกอนใหญ่ เช่น รูปที่ 9 แสดงการหยุดพัฒนาของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเมื่อเจอกับดินคอนสามเหลี่ยม(delta) ซึ่งมีตะกอนขนาดทราย เมื่อสังเกตรอยเลื่อนนี้ในแนวราบจะพบว่ามีลักษณะคล้ายกับการแตกกระแหงของดิน(mud crack)หรือมีรูปร่างหลายเหลี่ยมแต่ว่าลักษณะพวกนี้จะมีความต่างกันในแต่ละความลึกที่เราสังเกตด้วยและรอยเลื่อนมักจะเป็นรูปปิด(orthogonal)ในช่วงความลึกกึ่งกลางของช่วงชั้นรอยเลื่อนและเป็นเส้นปลายเปิดอิสระที่ระดับความลึกใกล้บริเวณ upper และ lower tier (รูปที่ 8)



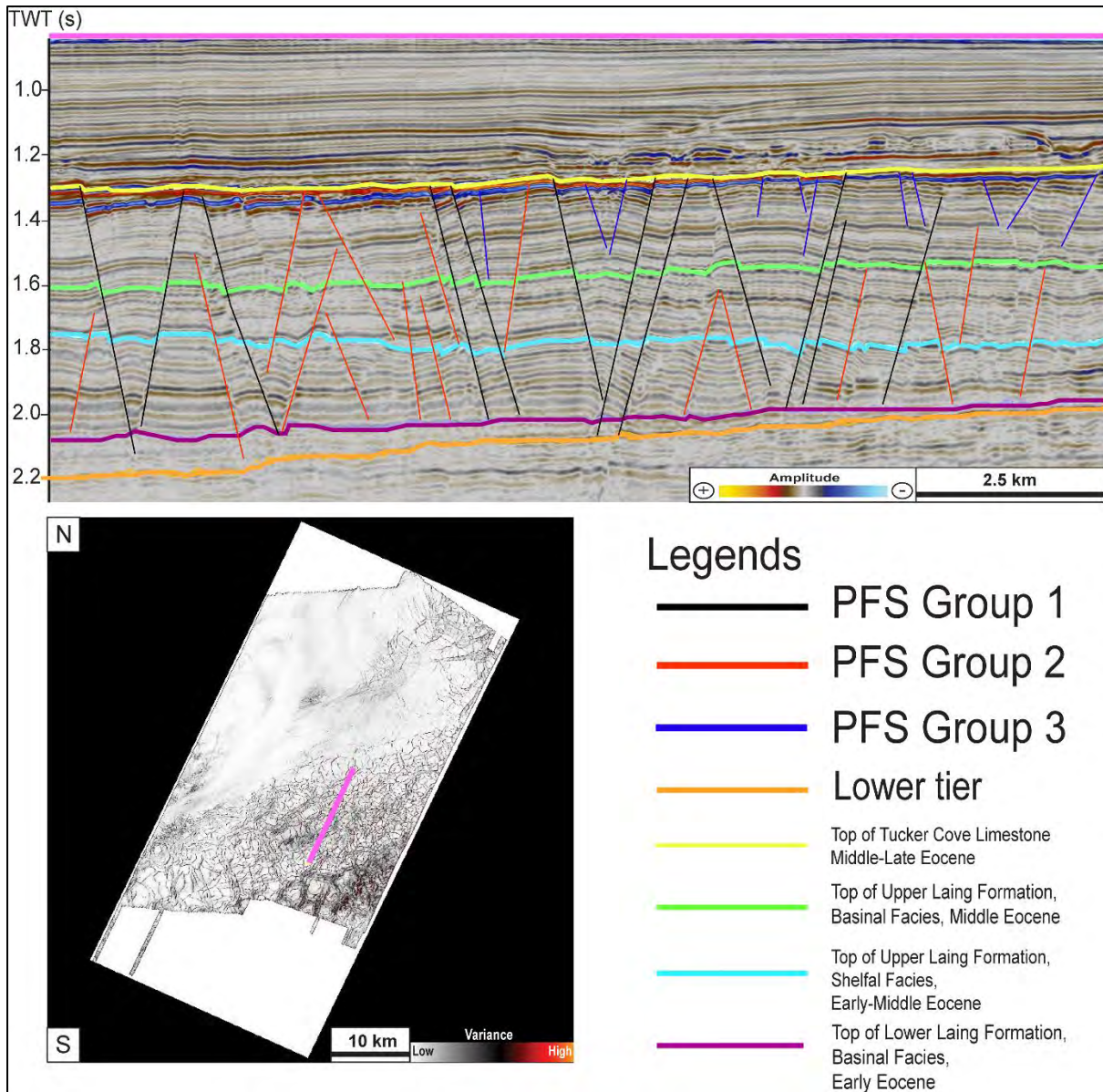
รูปที่ 8 แสดงรอยเลื่อนหลายรูปแบบที่ 1 และลักษณะของรอยเลื่อนที่ความลึกต่าง ๆ กัน ในแนวตัดขวางและแนวราบ



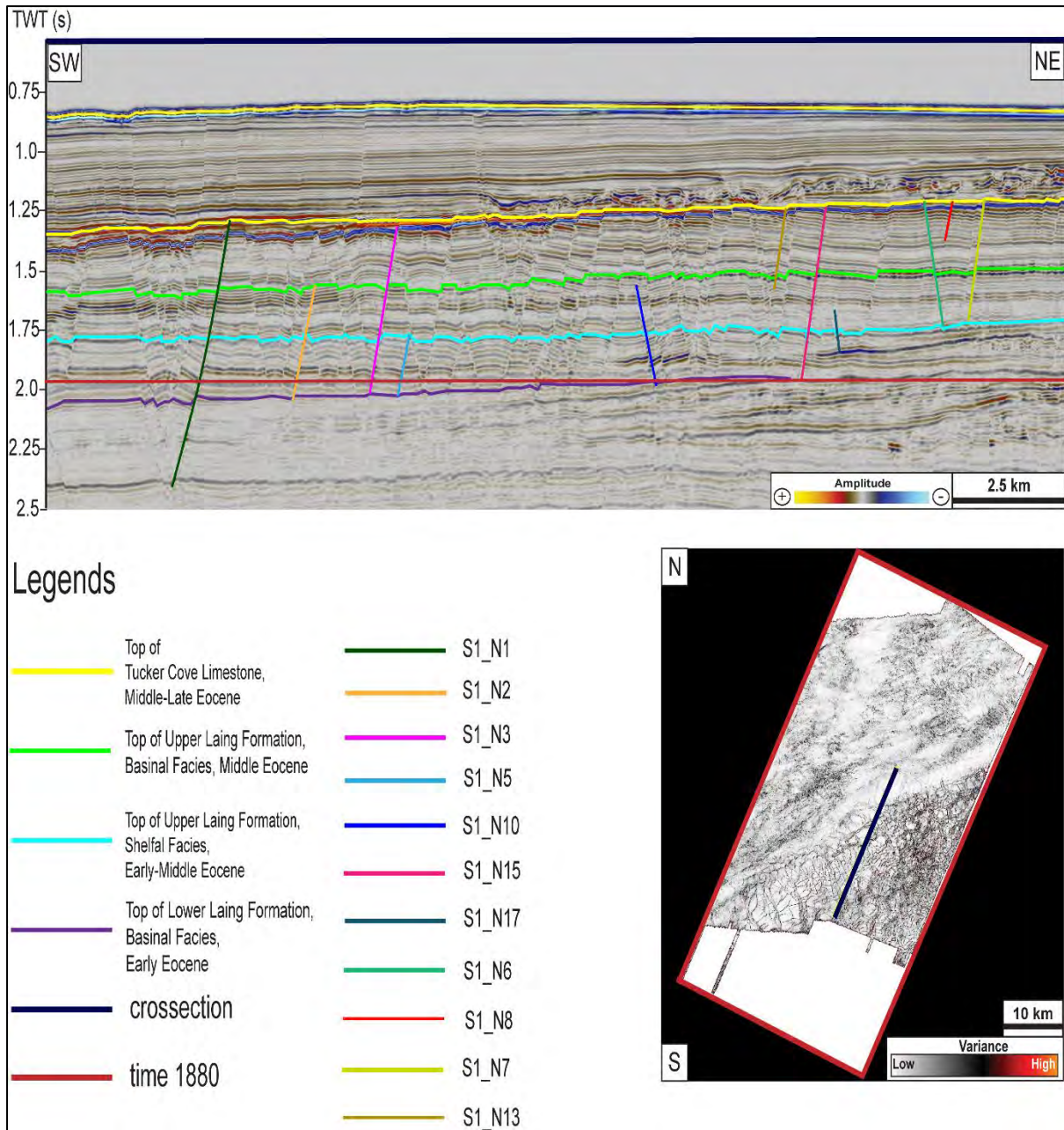
รูปที่ 9 แสดงการหยุดพัฒนาของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเมื่อเจอกับคินคอนสามเหลี่ยม

- การวิเคราะห์ระยะเลื่อนตัวแนวตั้ง

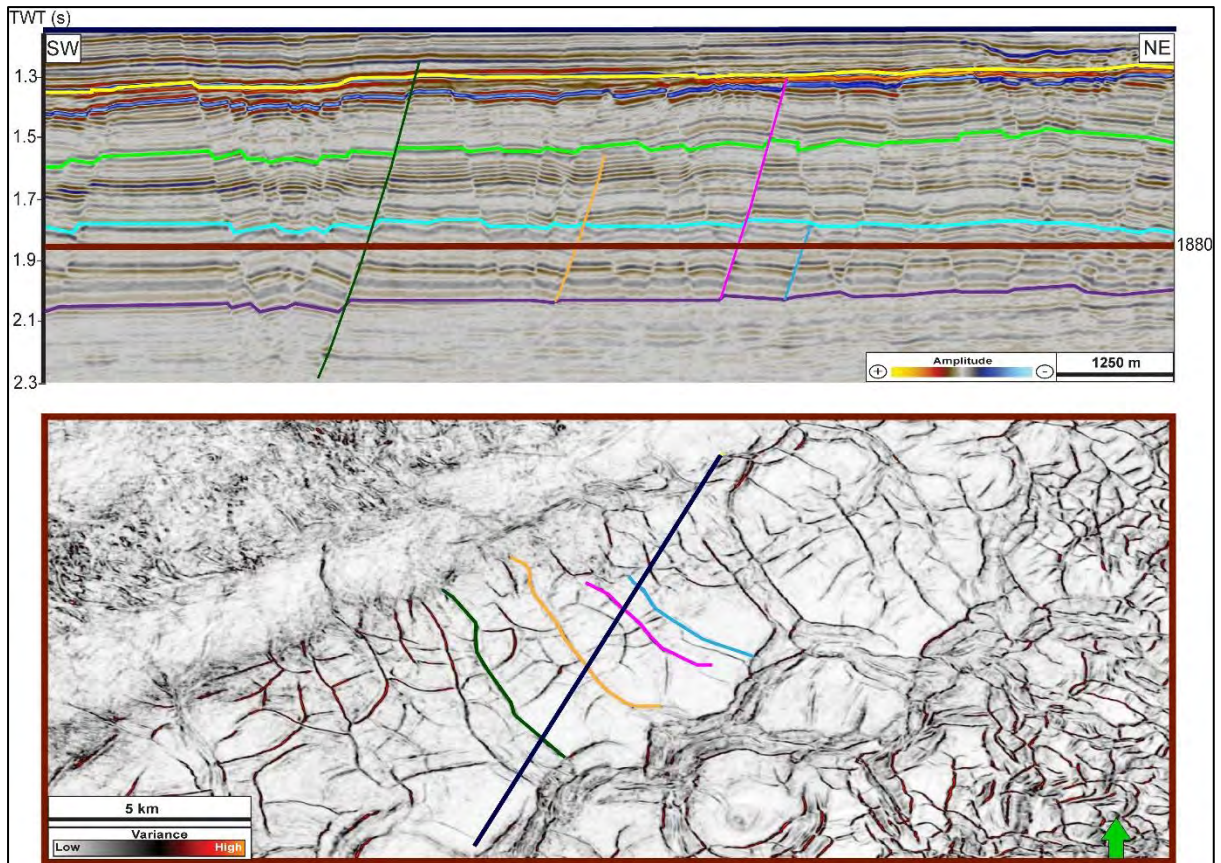
เราจะทำการแบ่งชนิดของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความยาวของรอยเลื่อน (fault length) และลักษณะการสิ้นสุดของปลายรอยเลื่อน โดยลักษณะของรอยเลื่อนที่แบ่งจะแสดงดังรูปที่ 10 รอยเลื่อนที่ทำการศึกษาจะแสดงในรูปที่ 11 จากนั้นเราจะทำการเก็บข้อมูลระยะการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่ระดับความลึกต่าง ๆ จากนั้นจะนำมาสร้างกราฟเพื่อแสดงระยะการเลื่อนตัวที่มากที่สุด



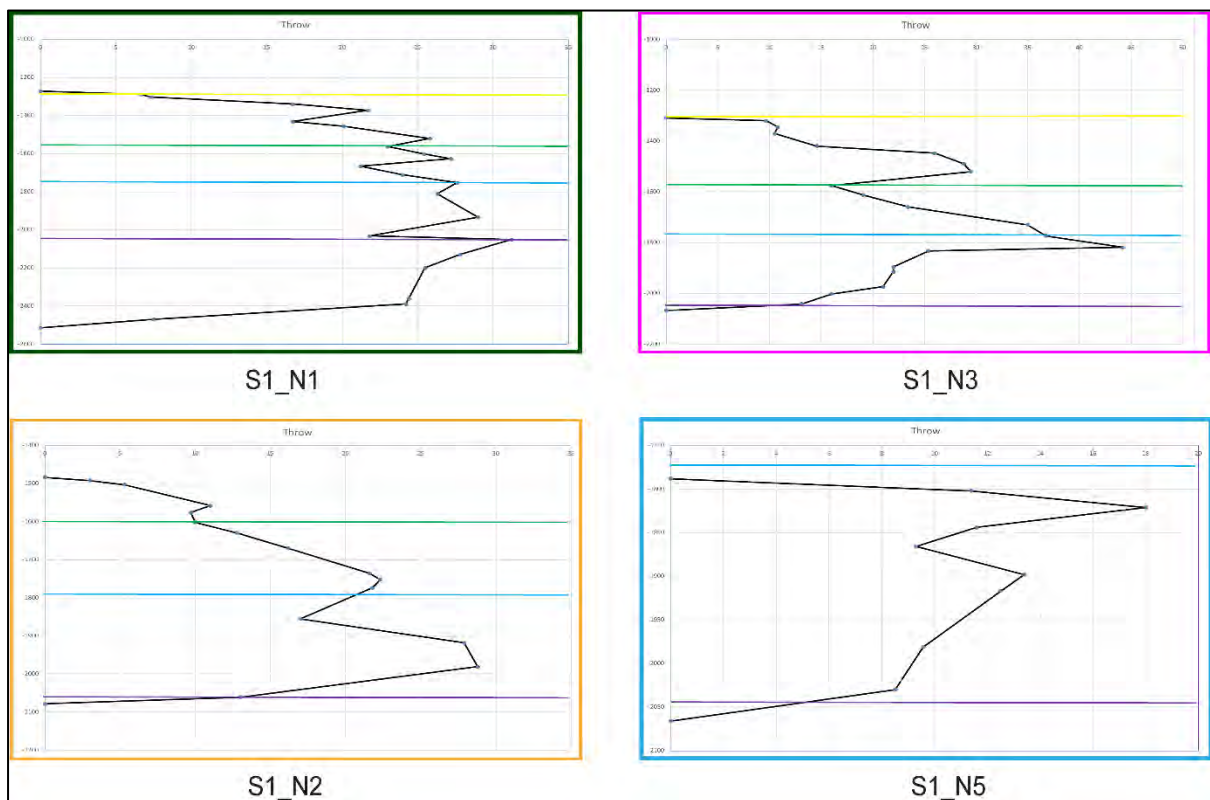
รูปที่ 10 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม 3 กลุ่ม



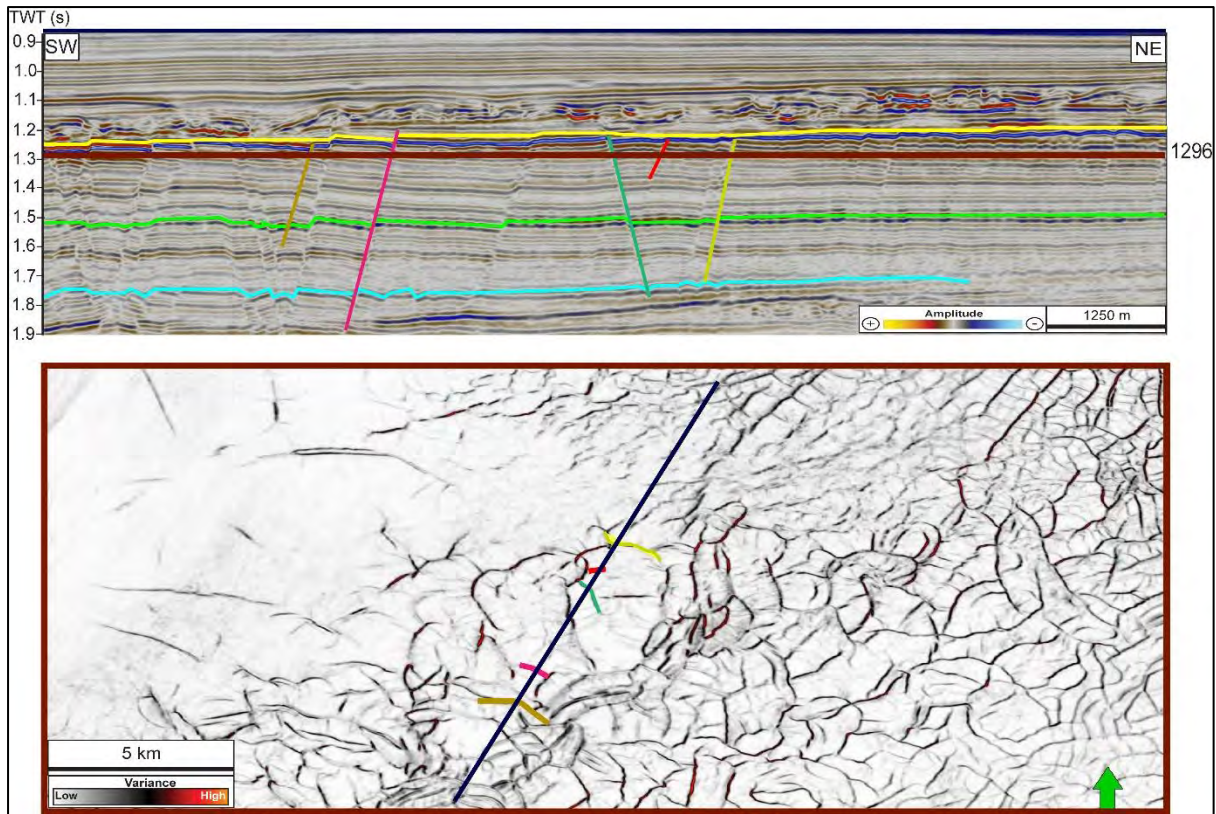
รูปที่ 11 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึก



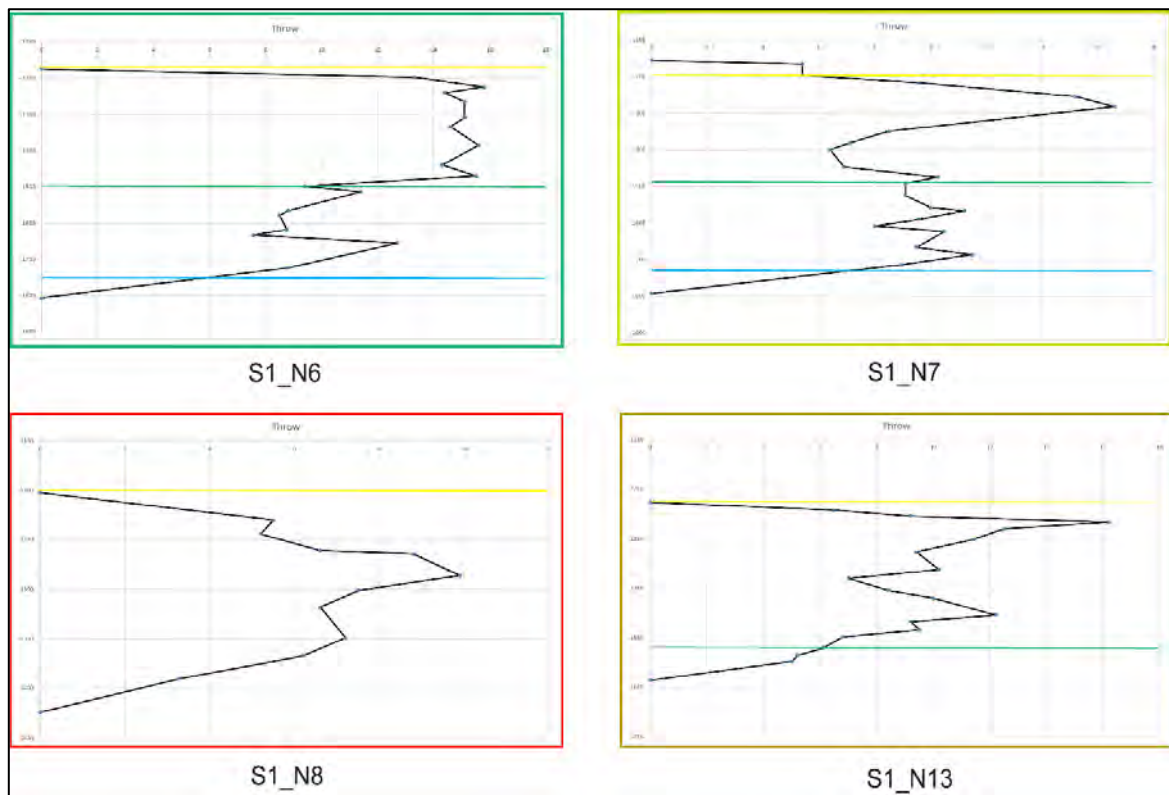
รูปที่ 12 แสดงรอยเลื่อน S1_N1, S1_N2, S1_N3 และ S1_N5 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



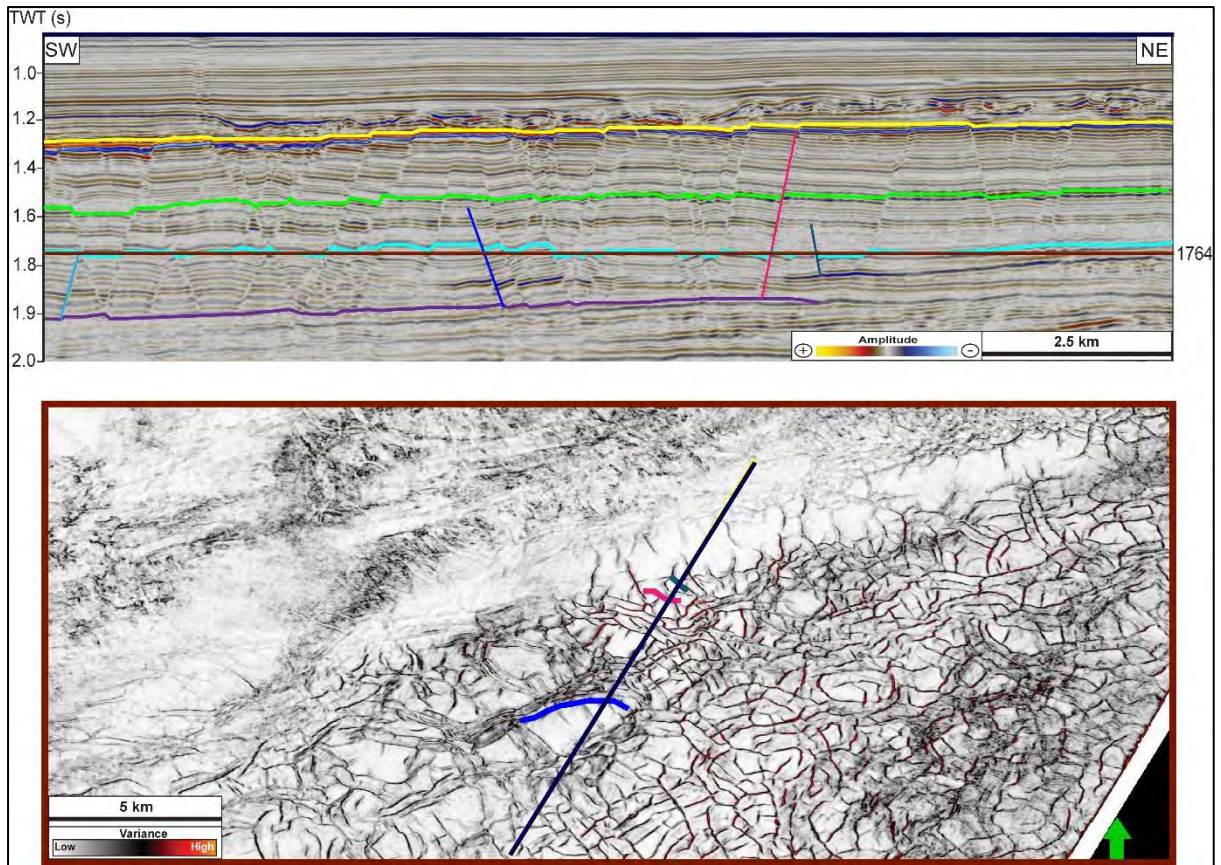
รูปที่ 13 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N1, S1_N2, S1_N3 และ S1_N5



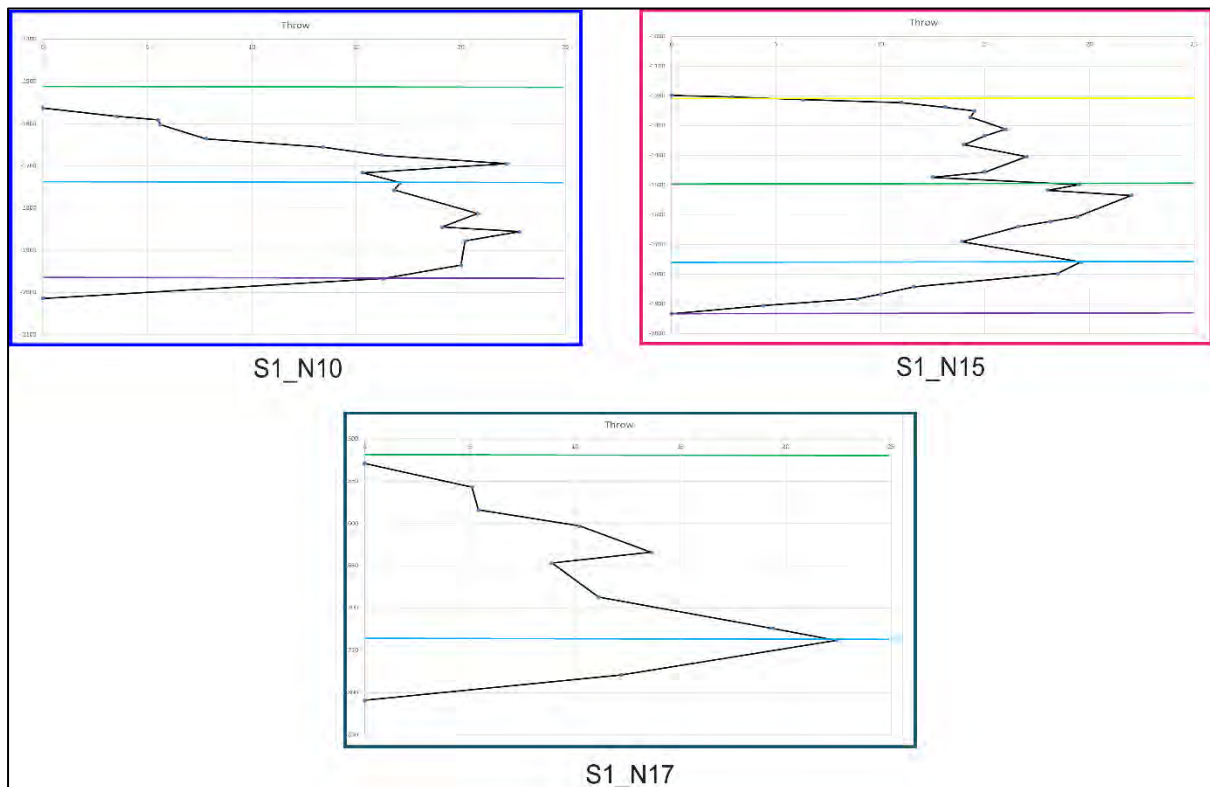
รูปที่ 14 แสดงรอยเลื่อน S1_N6, S1_N7, S1_N8 และ S1_N13 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



รูปที่ 15 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N6, S1_N7, S1_N8 และ S1_N13



รูปที่ 16 แสดงรอยเลื่อน S1_N10, S1_N15 และ S1_N17 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



รูปที่ 17 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S1_N10, S1_N15 และ S1_N17

1) กลุ่มที่ 1

รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 1 ได้แก่ S1_N1, S1_N3, S1_N6, S1_N7, และ S1_N15 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีความยาวมากที่สุดในรอยเลื่อนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 1 โดยจะมีความยาวประมาณ 650-1200 มิลลิวินาที จากการวัดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม พบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้มีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งหลายค่าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงความลึก สืบเนื่องจากกราฟ(รูปที่ 13, 15 และ 17)ลักษณะของเส้นกราฟคล้ายฟันปลา เมื่อสังเกตระยะเลื่อนตัวแนวตั้งในแต่ละช่วงอายุและลักษณะตะกอนพบว่า ในช่วงกลางถึงปลายสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หินเคลย์ และ ดินเหนียวปนปูน จะมีระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ในช่วง 15-25 มิลลิวินาที ในช่วงกลางสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หินดินดานและหินเคลย์มีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ในช่วง 11-35 มิลลิวินาที ในช่วงต้นถึงกลางสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หินดินดาน, หินทรายแป้งและหินเคลย์มีระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ในช่วง 20-45 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นระยะเลื่อนตัวแนวตั้งที่มากที่สุด

2) กลุ่มที่ 2

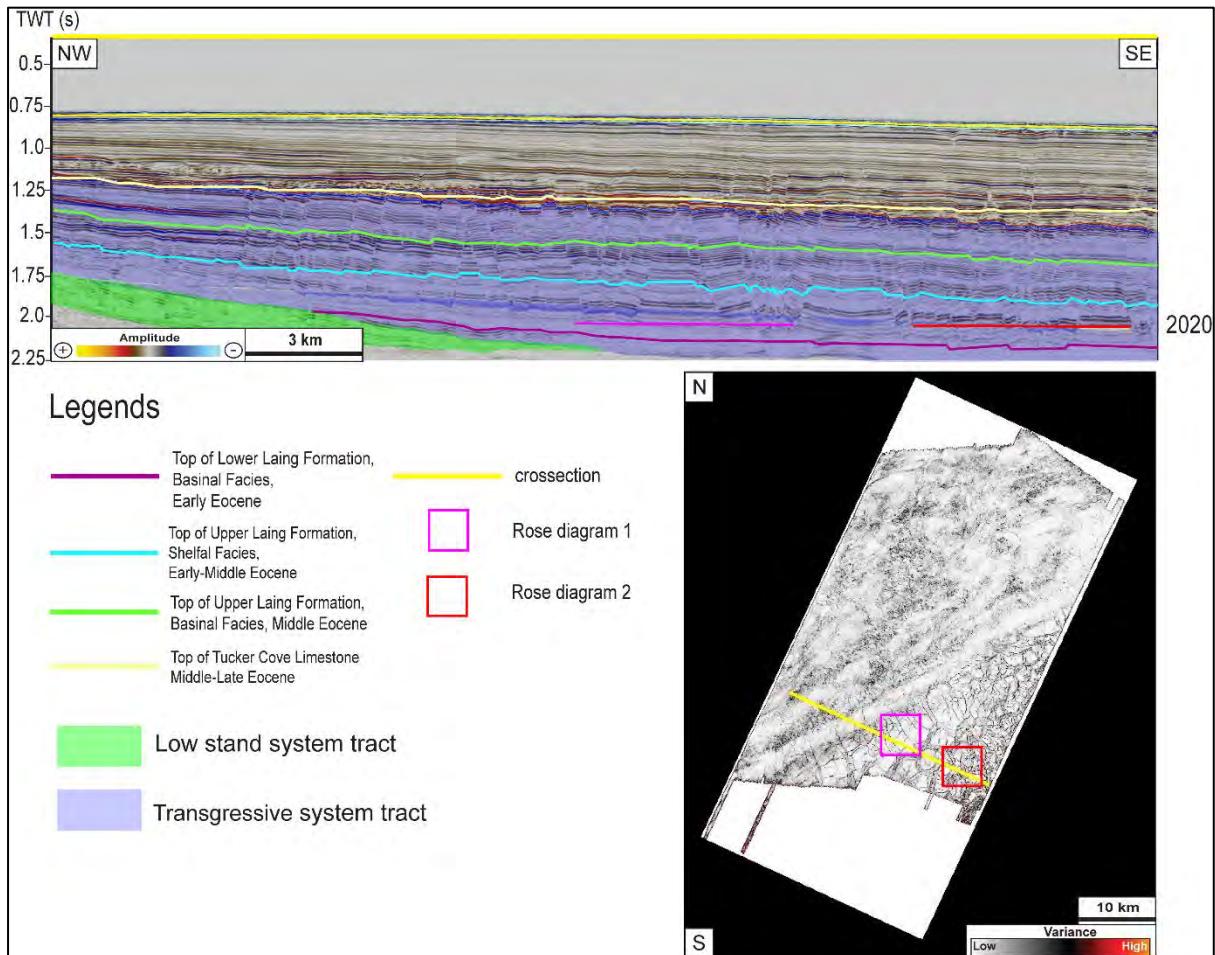
รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 2 ได้แก่ S1_N2, S1_N5, S1_N10 และ S1_N17 เป็นรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่มีความยาวรองจากกลุ่มที่ 1 โดยมีความยาวประมาณ 200-600 มิลลิวินาที จากข้อมูลการวัดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม พบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้มีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งมากน้อยสลับไปมาคล้ายรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 1 แต่การสลับนี้น้อยกว่ารอยเลื่อนในกลุ่มที่ 1 สืบเนื่องจากกราฟ(รูปที่ 13, 14 และ 17) ความเป็นฟันปลาของกราฟในรอยเลื่อนกลุ่มที่ 2 จะน้อยกว่ากลุ่มที่ 1 เมื่อสังเกตระยะเลื่อนตัวแนวตั้งในแต่ละช่วงอายุและลักษณะตะกอนพบว่า ในช่วงกลางสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หินดินดานและหินเคลย์มีระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ประมาณ 23 มิลลิวินาที ในช่วงต้นถึงกลางสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หินดินดาน, หินทรายแป้งและหินโคลน มีระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ในช่วง 23-28 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นระยะเลื่อนตัวแนวตั้งที่มากที่สุดของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้

3) กลุ่มที่ 3

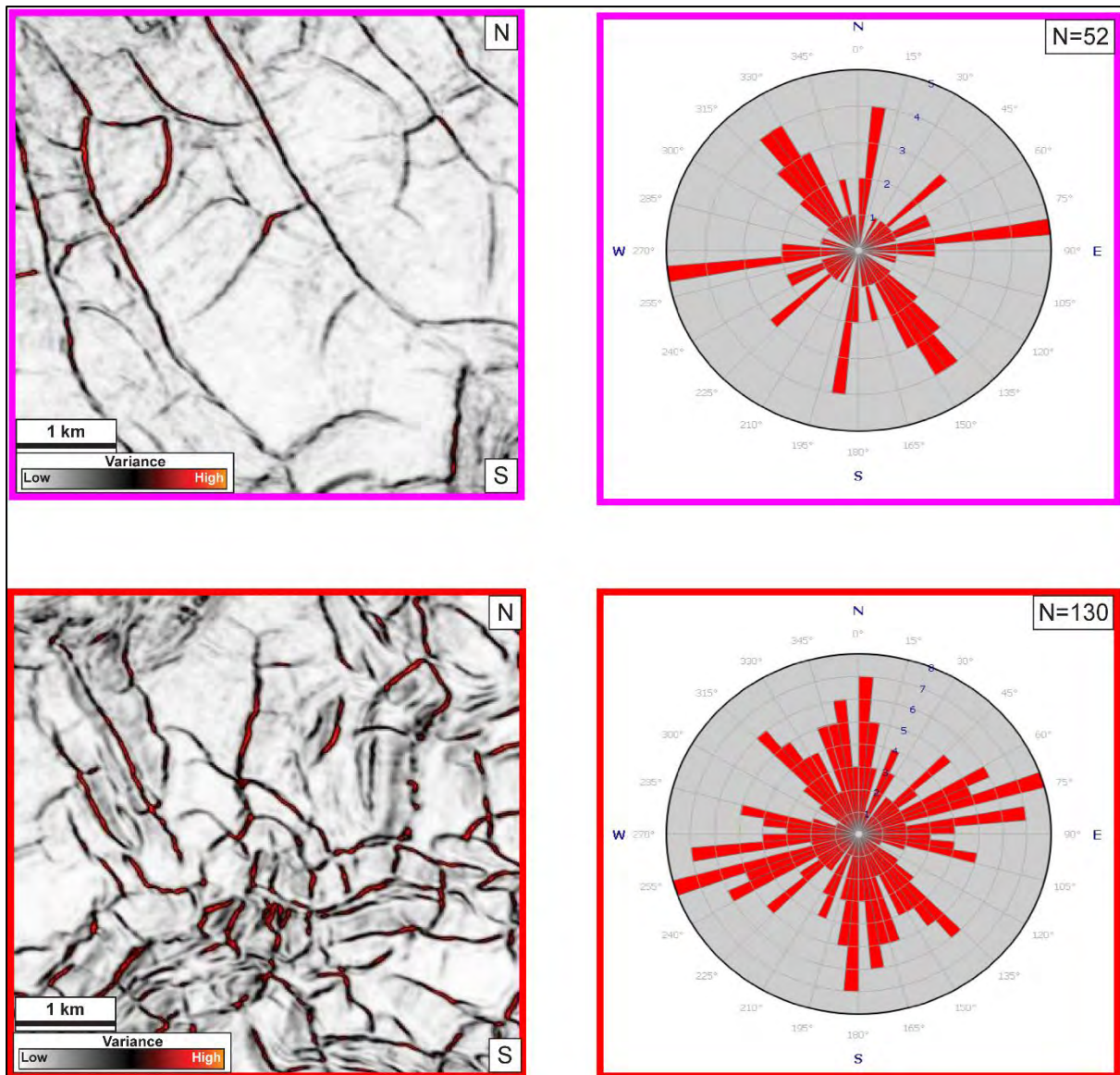
รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 3 ได้แก่ S1_N8 และ S1_N13 เป็นรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่มีความยาวน้อยที่สุดประมาณ 200-400 มิลลิวินาที ปลายด้านบนของรอยเลื่อน(upper fault tip)สิ้นสุดที่ช่วงบนของช่วงชั้นรอยเลื่อน(upper tier) จากข้อมูลการวัดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้ พบว่าระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งมีการสลับขึ้นลงน้อยกว่าในทุกกลุ่มรอยเลื่อนที่กล่าวมา สืบเนื่องจากกราฟระยะเลื่อนแนวตั้งของรอยเลื่อน S1_N8 รูปที่ 15 เมื่อสังเกตระยะเลื่อนตัวแนวตั้งในแต่ละช่วงอายุและลักษณะตะกอนพบว่า ในช่วงกลางถึงปลาย

สมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็นหินเคลย์และดินเหนียวปนปูน พบว่ามีค่าระยะการเลื่อนตัวแนวตั้งอยู่ในช่วง 10-16 มิลลิวินาที

● แผนภาพกุหลาบ



รูปที่ 18 แสดงตำแหน่งที่สร้างแผนภาพกุหลาบสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของตะกอน



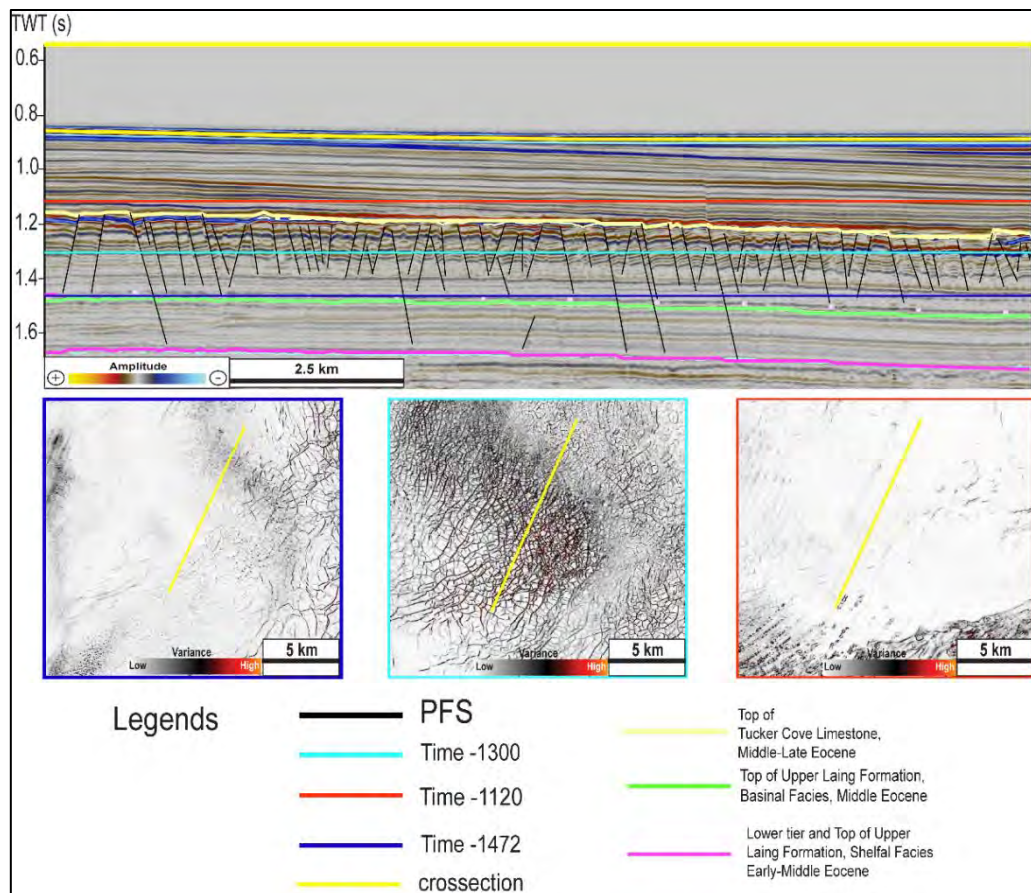
รูปที่ 19 แสดงแผนภาพกู่หลาย แผนภาพกู่หลายที่ 1 (สีชมพู) แผนภาพกู่หลายที่ 2 (สีแดง)

รอยเลื่อนรูปแบบที่ 1 ทำการเก็บแนวการวางตัวของรอยเลื่อน(fault strike) โดยใช้แอตทริบิวต์ความแปรปรวน(variance attribute) ซึ่งตำแหน่งที่เก็บแสดงในรูปที่ 18 โดยเก็บข้อมูลที่ time slice 2020 พื้นที่ 5x5 ตารางกิโลเมตร โดยที่แผนภาพกู่หลายที่ 1 มีจำนวนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้งหมด 52 รอยเลื่อน(N=52) โดยภาพรวมมีแนวการวางตัวของรอยเลื่อนอยู่ในหลายทิศทางและมีแนวการวางตัวหลักอยู่ในทิศ NW-SE (315° - 330°), NNE-SSW (5° - 10°) และ NE-SW (80° - 85°) แผนภาพกู่หลายที่ 2 มีพื้นที่ 5x5 ตารางกิโลเมตรและเก็บข้อมูลที่ time slice 2020 เช่นกันมีจำนวนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้งหมด 130 รอยเลื่อน(N=130) ซึ่งค่อนข้างมีจำนวนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมากกว่าแบบที่ 1 อย่างชัดเจน ทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนจะมีทิศทางหลายทิศทาง

3.1.2 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2

- ลักษณะทั่วไป

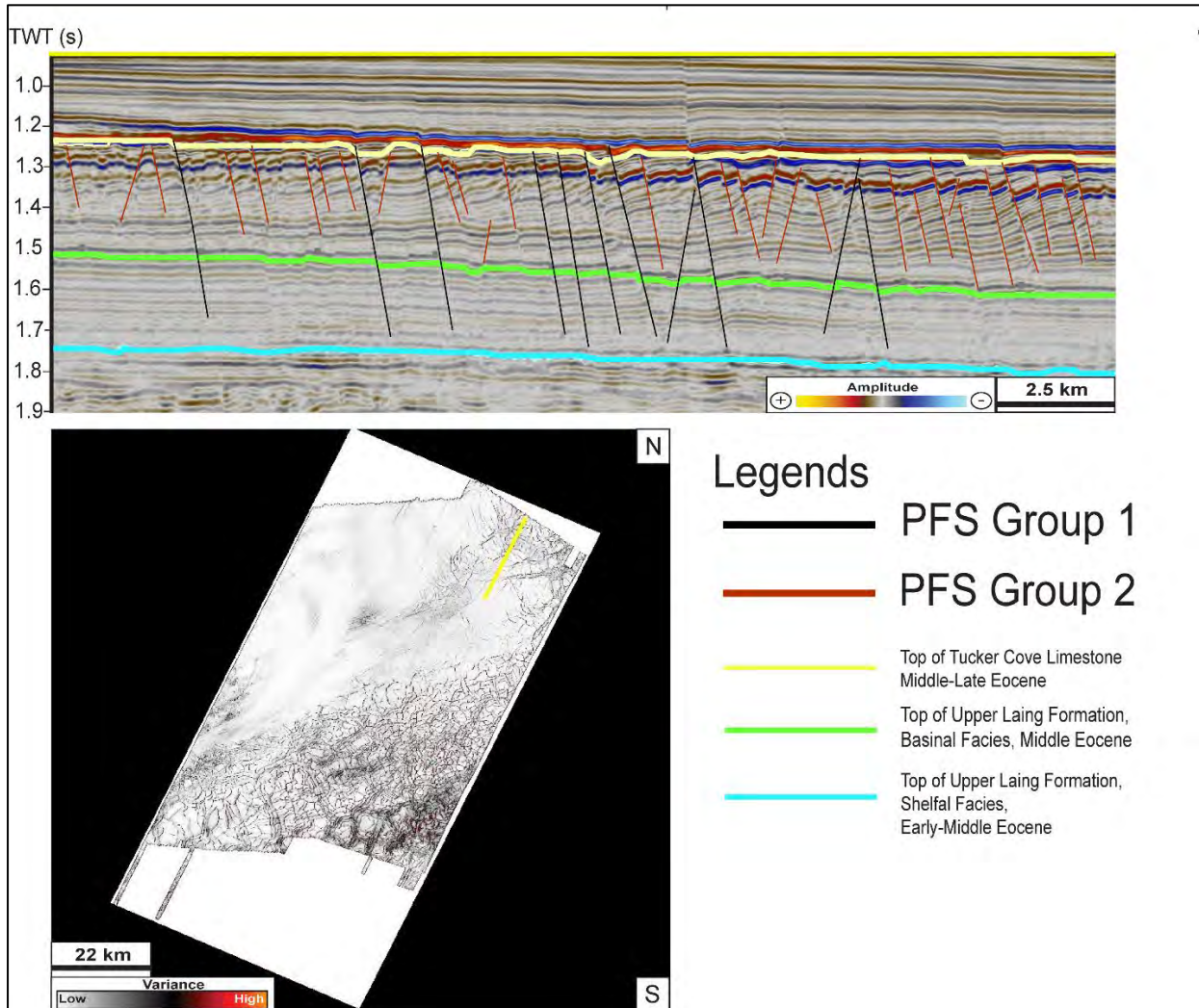
พบทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่การศึกษา โดยมีช่วงความลึกที่เกิดในช่วง 1200-1500 มิลลิวินาที ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 600 ตารางกิโลเมตร รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 นี้จะมีลักษณะแตกต่างจากรูปแบบที่ 1 อยู่พอสมควรไม่ว่าเราจะสังเกตในแนวราบหรือในแนวตัดขวาง เมื่อเราสังเกตในแนวตัดขวาง(รูปที่ 20)พบว่าความยาวของรอยเลื่อนมีขนาดสั้นกว่าแบบที่หนึ่งซึ่งยาวประมาณ 200-500 มิลลิวินาที และส่วนใหญ่มีทิศทางเฉียงเทไปทางเดียวกันมีมุมเอียงเทค่อนข้างชัน แต่ละรอยเลื่อนจะห่างกันประมาณ 100-200 เมตร และเมื่อเราสังเกตในแนวราบ(time slice) จะเห็นได้ชัดเจนว่าแตกต่างจากรอยเลื่อนในรูปแบบที่หนึ่งอย่างชัดเจน โดยรอยเลื่อนจะมีทิศทางการวางตัวที่หลากหลายทิศทาง มีการเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อนเป็นรูปปิดที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ในช่วงกลางของช่วงชั้นรอยเลื่อน (1300-1400 มิลลิวินาที) หรือมีการเชื่อมต่อที่ดี(high connectivity) แต่การเชื่อมต่อกันของรอยเลื่อนจะน้อยลงเมื่อใกล้กับความลึกที่ 1542 มิลลิวินาที และ 1144 มิลลิวินาที ซึ่งเป็นช่วงล่างและบนของช่วงชั้นรอยเลื่อนตามลำดับ(upper and lower tiers) โดยช่วงชั้นของรอยเลื่อนรูปแบบนี้จะเกิดในหินตะกอนที่มีอายุอยู่ในสมัยกลางถึงปลายอีโอซีน ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยดินเหนียวปนปูน, หินโคลนและหินดินดาน



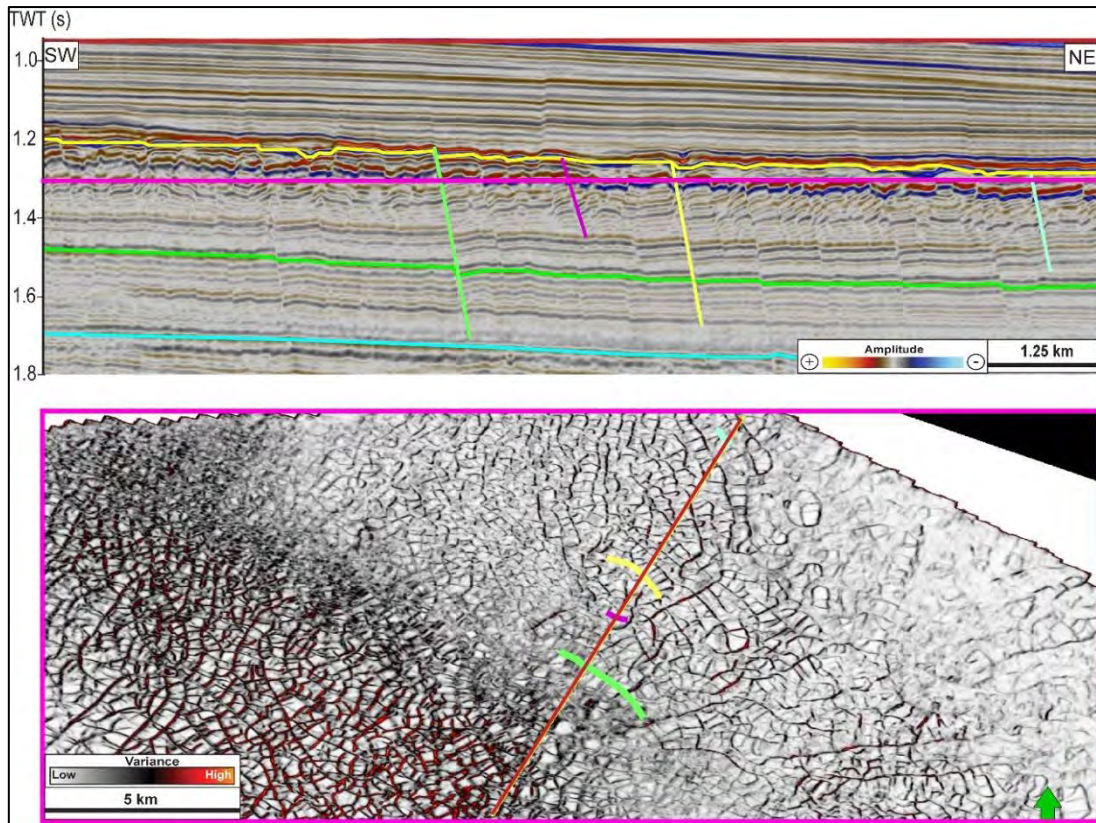
รูปที่ 20 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 ในแนวตัดขวางและแนวราบที่ความลึกแต่ละช่วง

- การวิเคราะห์ระยะเลื่อนตัวแนวตั้ง

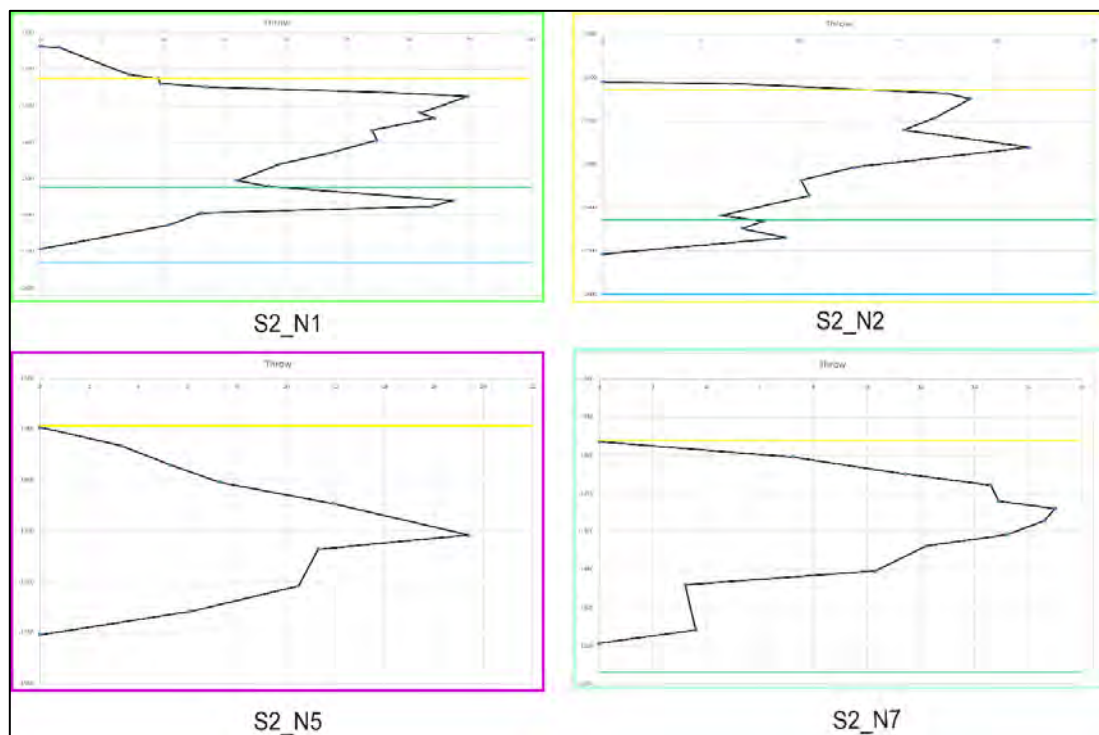
ในการเก็บข้อมูลระยะการเลื่อนตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 นี้จะแบ่งกลุ่มของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมออกเป็น 2 กลุ่มตามความยาวรอยเลื่อน(fault length)ดังรูปที่ 21



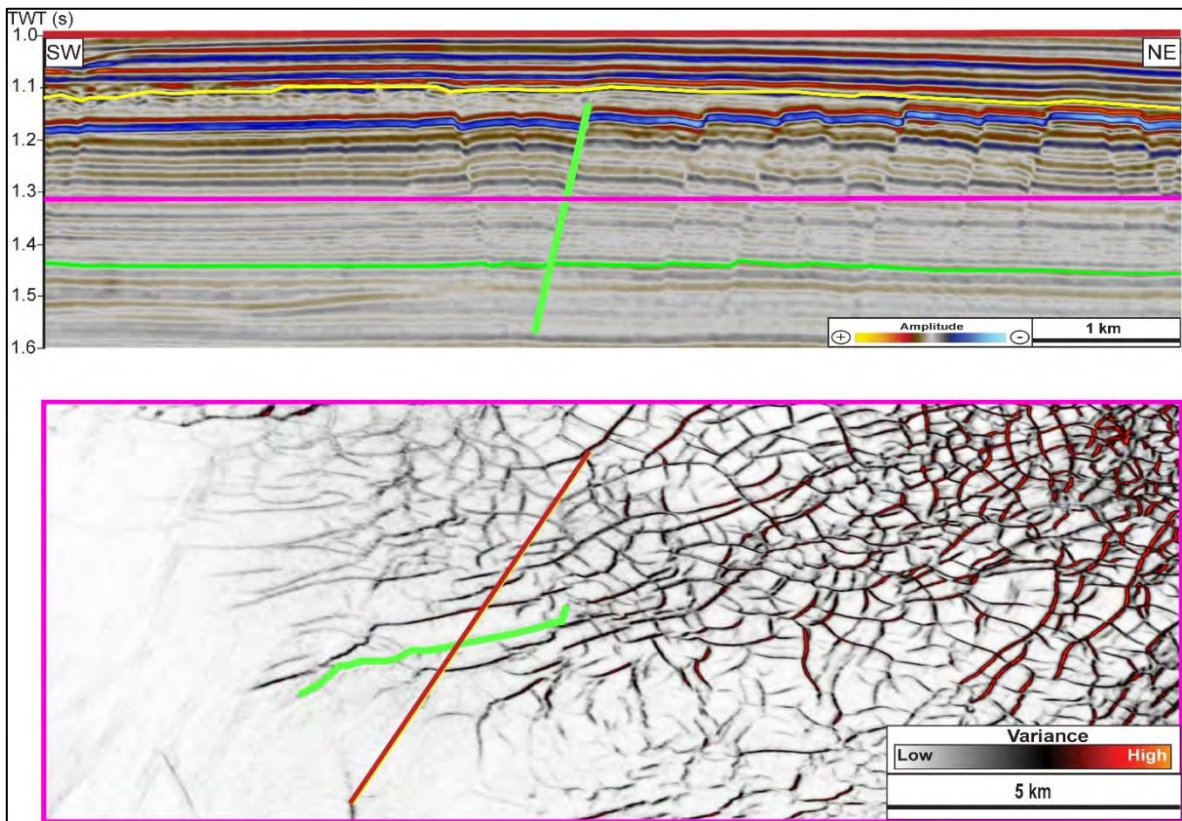
รูปที่ 21 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมแต่ละกลุ่มที่จะนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึก



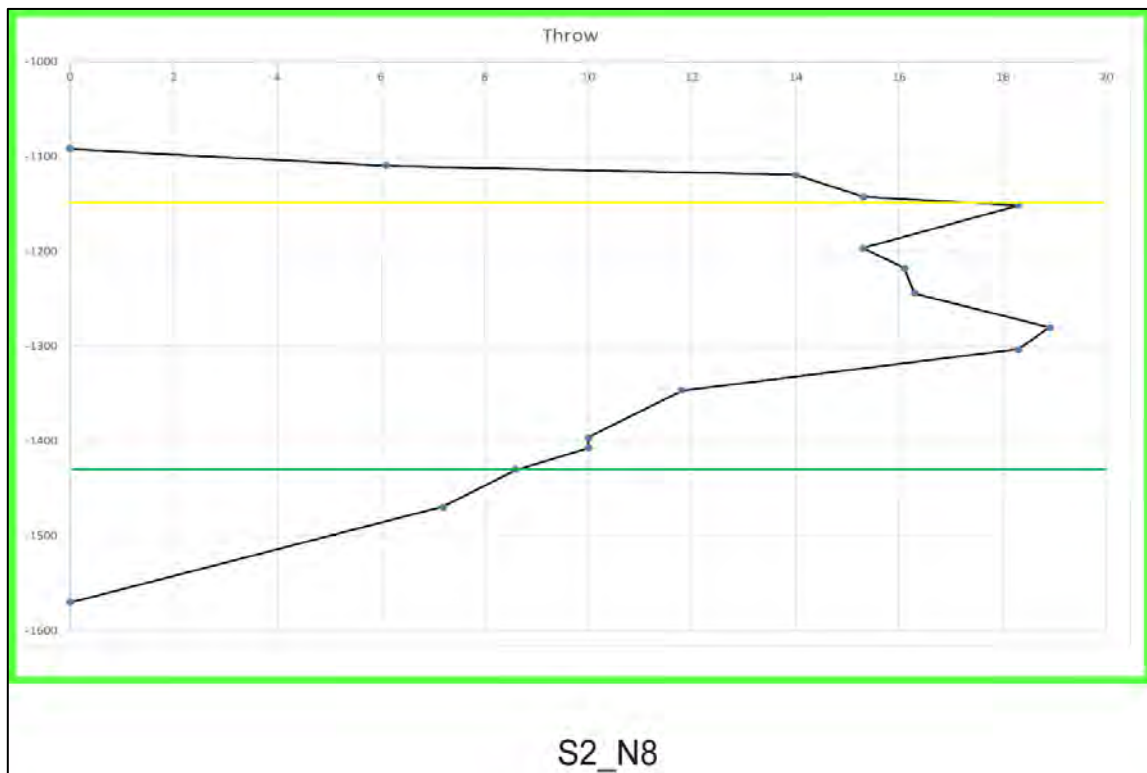
รูปที่ 22 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N1, S2_N2, S2_N5 และ S2_N7 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



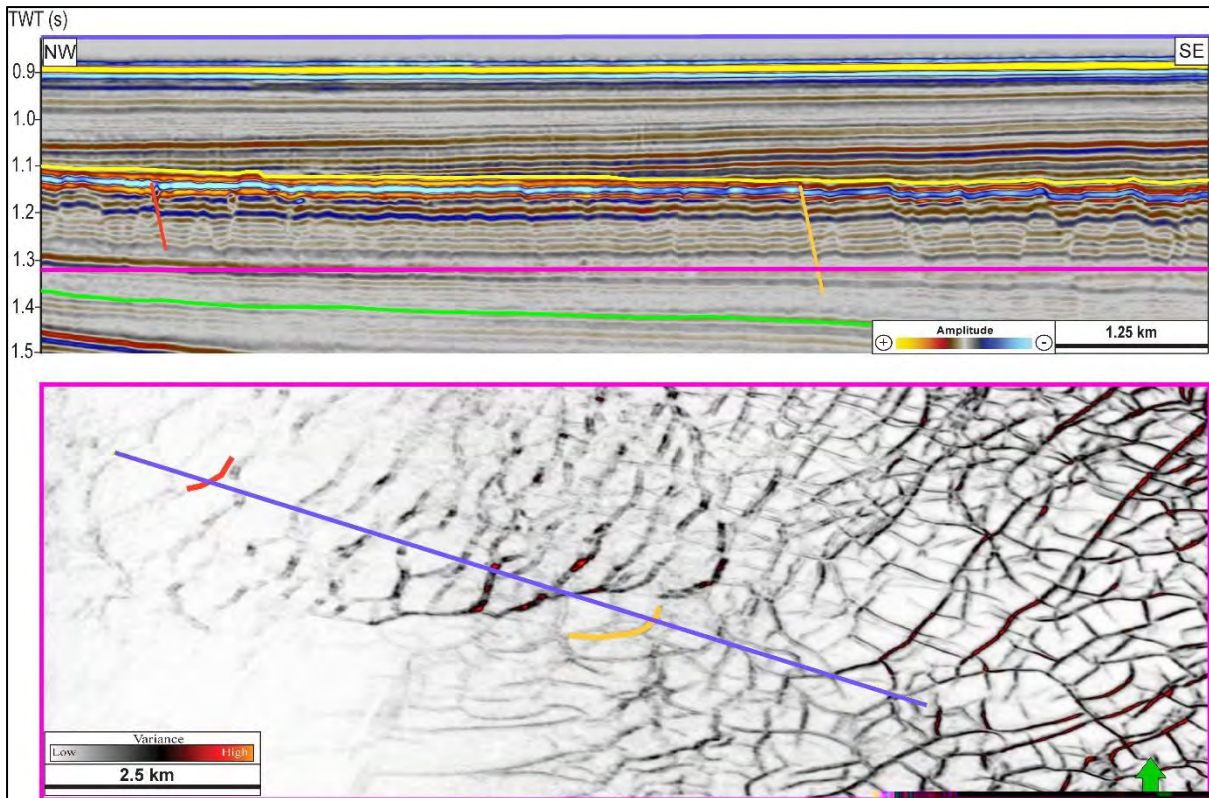
รูปที่ 23 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N1, S2_N2, S2_N5 และ S2_N7



รูปที่ 24 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N8 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



รูปที่ 25 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N8



รูปที่ 26 แสดงรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมของรอยเลื่อน S2_N13และS2_N14 ในแนวตัดขวางและแนวราบ



รูปที่ 27 แสดงกราฟระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งเทียบกับความลึกของรอยเลื่อน S2_N13และS2_N14

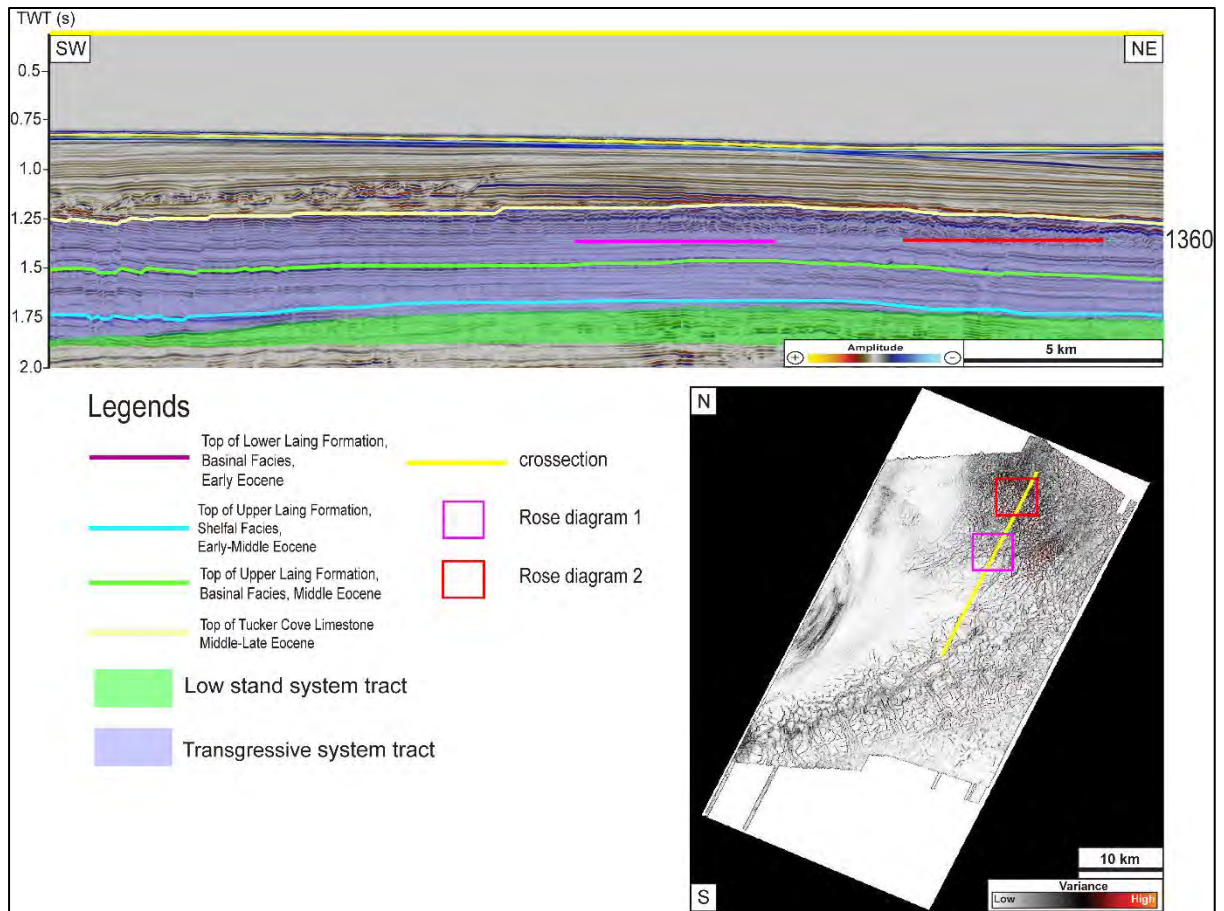
1) กลุ่มที่ 1

รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 1 ได้แก่ S2_N1, S2_N2 และ S2_N8 รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่มีความยาวมากที่สุดในรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 มีความยาวประมาณ 400-600 มิลลิวินาที จากข้อมูลการวัดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม(รูปที่ 23, 25 และ 27) พบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มนี้มีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งหลายค่าที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงความลึก เมื่อสังเกตระยะเลื่อนตัวแนวตั้งในแต่ละช่วงอายุและลักษณะตะกอนพบว่า ในช่วงกลางถึงปลายสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะของหินเป็นหินเคลย์และดินเหนียวปนปูนจะมีระยะเลื่อนแนวตั้งอยู่ในช่วง 18-35 มิลลิวินาที และในช่วงกลางของสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะหินเป็นหินดินดานและหินเคลย์มีค่าระยะเลื่อนแนวตั้งประมาณ 35 มิลลิวินาที ในรอยเลื่อน S2_N1(รูปที่ 23)

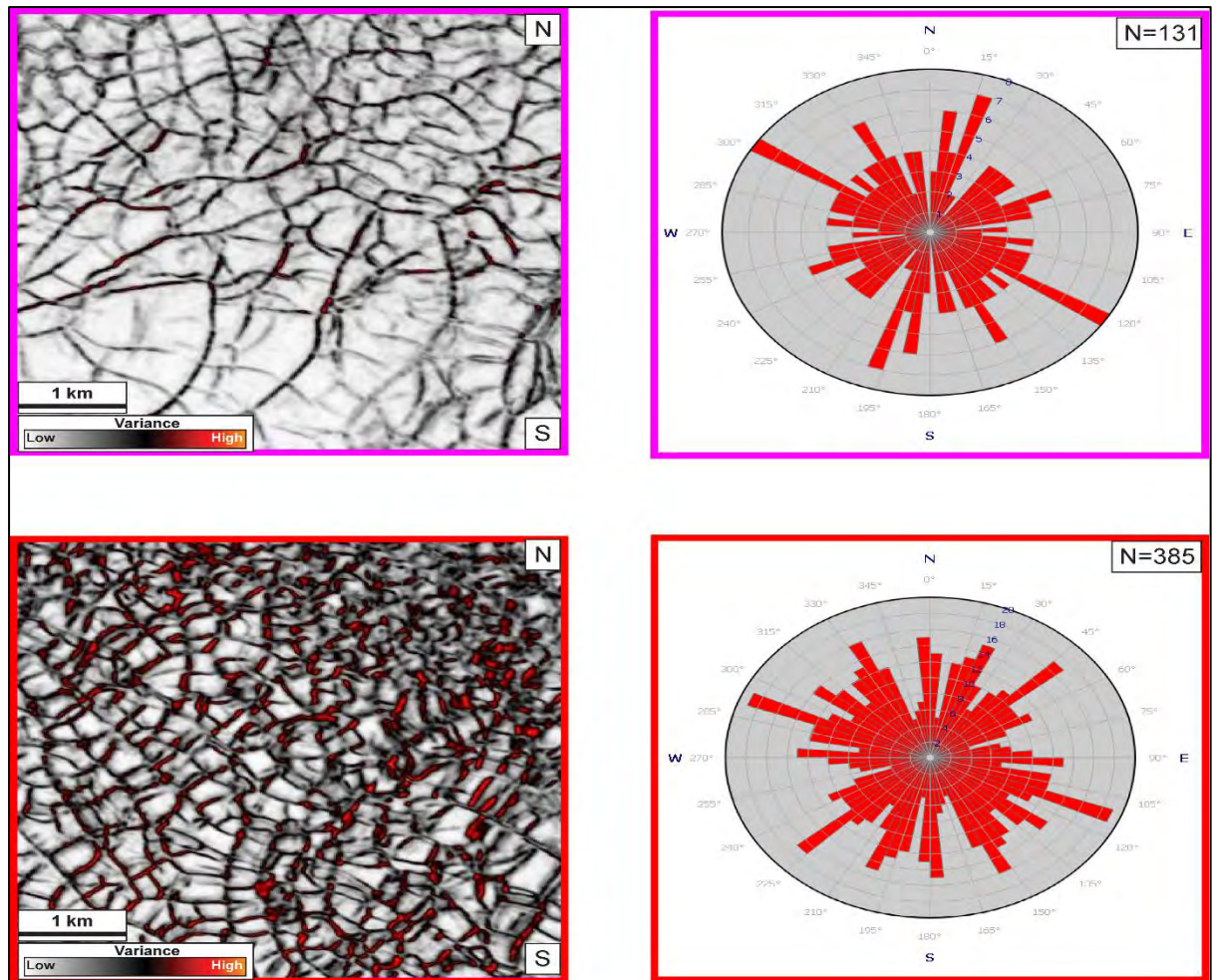
2) กลุ่มที่ 2

รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมกลุ่มที่ 2 ได้แก่ S2_N5, S2_N7, S2_N13 และ S2_N14 เป็นรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่มีความยาวสั้นที่สุดในรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 2 โดยมีความยาวอยู่ในช่วง 150-250 มิลลิวินาที และเกิดแค่ในช่วงของชั้นหินที่มีอายุในช่วงกลางถึงปลายสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะเป็นหินเคลย์และดินเหนียวปนปูน เมื่อสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนแนวตั้งกับความลึกพบว่ากราฟที่ได้แสดงลักษณะคล้ายฟันปลาแต่มีการสลับขึ้นลงของระยะเลื่อนแนวตั้งน้อยกว่ากราฟดังรูปที่ 23 และ 27 ซึ่งระยะเลื่อนแนวตั้งมีค่าอยู่ในช่วง 12-17 มิลลิวินาที

● แผนภาพภูหلاب



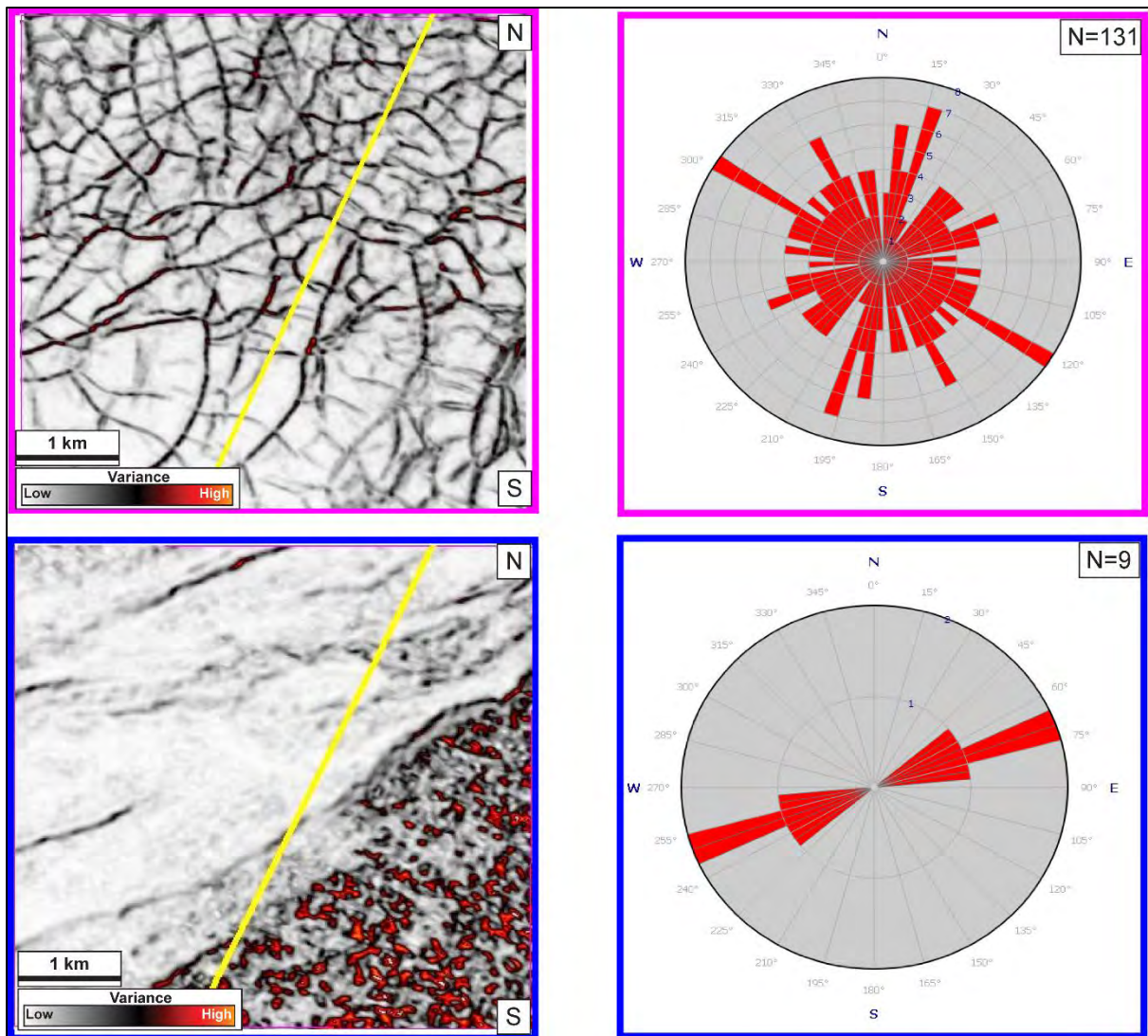
รูปที่ 28 แสดงตำแหน่งที่สร้างแผนภาพภูหلابและสภาพแวดล้อมการตกสะสมตัว



รูปที่ 29 แสดงแผนภาพกู่หลาบ แผนภาพกู่หลาบที่ 1 (สีชมพู) แผนภาพกู่หลาบที่ 2 (สีแดง)

รอยเลื่อนรูปแบบที่ 2 ได้ทำการเก็บแนวการวางตัวของรอยเลื่อน(fault strike) โดยใช้แอตทริบิวต์ ความแปรปรวน(variance attribute) ซึ่งตำแหน่งที่เก็บแสดงในรูปที่ 28 โดยเก็บข้อมูลที่ time slice 1360 พื้นที่ 5x5 ตารางกิโลเมตร โดยที่แผนภาพกู่หลาบที่ 1 มีจำนวนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้งหมด 131 รอยเลื่อน(N=131) โดยภาพรวมทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนจะมีทุกทิศทางและมีแนวที่เด่นออกมาอยู่ในทิศ NE-SW (15°-20°) และทิศ NW-SE (120°-125°) แผนภาพกู่หลาบที่ 2 มีพื้นที่ 5x5 ตารางกิโลเมตรและเก็บข้อมูลที่ time slice 1360 เช่นกันมีจำนวนรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้งหมด 385 รอยเลื่อน(N=385) โดยภาพรวมทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนมีหลายทิศทางมากแต่ก็มีทิศทางที่เด่นออกมาในบางทิศทางคือ NE-SW (45°-50°) และ NW-SE (110°-115°)

- แผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานในแอ่งตะกอน



รูปที่ 30 แสดงแผนภาพกุหลาบบริเวณพื้นที่เดียวกันแต่ศึกษาที่คนละความลึก กรอบสีชมพูคือแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมที่ time slice 1360 กรอบสีน้ำเงินคือแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานของแอ่งตะกอนที่ time slice 3088

จากรูปที่ 30 จะเห็นว่าแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานมีทิศทางวางตัวหลักอยู่ในทิศ NE-SW (65° - 75°) เมื่อนำแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมาพิจารณาร่วมกันตามรูปที่ 30 พบว่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานของแอ่งตะกอนมีทิศทางไม่สัมพันธ์กับทิศทางวางตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยม

บทที่ 4

อภิปราย

จากการศึกษาและสังเกตลักษณะต่าง ๆ ของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแนวตัดขวางและแนวราบ รวมไปถึงการสร้างแผนภาพกุหลาบและสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึก พบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมทั้ง 2 รูปแบบมีลักษณะเป็นรอยเลื่อนปกติ และเกิดในชั้นหินที่มีขนาดตะกอนละเอียดตั้งแต่ ขนาดทรายแป้งถึงขนาดดินเหนียว เช่น หินดินดาน หินเคลย์ และดินเหนียวปนปูน (Dewhurst et al., 1999) จากการศึกษาพบว่า ช่วงชั้นของการเกิดรอยเลื่อนจะอยู่ในช่วง Transgressive system tract

จากข้อมูลข้างต้น การเกิดรอยเลื่อนนั้นโดยทั่วไปจะเกิดจากแรงที่มาจากธรณีแปรสัณฐาน จากการศึกษาพบว่าผลของการสร้างแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานของแอ่งตะกอนเปรียบเทียบกับแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในพื้นที่การศึกษาพบว่าแนวการวางตัวของรอยเลื่อนธรณีแปรสัณฐานกับแนวการวางตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมไม่มีทิศทางที่สอดคล้องกันเลยแสดงว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐานซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Buckley and Grant ในปี 1985 ที่กล่าวว่า “รอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเป็นรอยเลื่อนที่ไม่ได้เกิดจากธรณีแปรสัณฐาน”

จากข้อมูลหลุมเจาะและการแปลความสภาพแวดล้อมการสะสมตัวของแอ่งตะกอนพบว่า รอยเลื่อนทั้ง 2 ระบบส่วนใหญ่จะเกิดในชั้นหินที่ประกอบไปด้วยตะกอนขนาดเล็ก เช่น หินเคลย์, หินดินดาน จึงเป็นไปได้ว่าลักษณะการแตกที่สังเกตได้ในแนวราบที่คล้ายกับดินแตกระแหง(mud crack) อาจจะสัมพันธ์กับการคายน้ำออก (dewatering)ของหินตะกอนแล้วทำให้เกิดรอยแตก (Cartwright & Lonergan, 1996)

จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนในแนวตั้งกับความลึกพบว่าลักษณะของกราฟที่ได้มี 2 รูปแบบ รูปที่ 13 (เช่น รอยเลื่อนS1_N3)และรูปที่ 27(เช่น รอยเลื่อนS2_N13) คือ C type และ M type (Muraoka and Kamata, 1983)ตามลำดับ โดย C type จะมีตำแหน่งของระยะเลื่อนแนวตั้งที่มากที่สุดอยู่บริเวณที่ความลึกกึ่งกลางของรอยเลื่อน ส่วน M type จะแสดงถึงการต่อกันของรอยเลื่อน(linkage) (Muraoka and Kamata, 1983) โดยตำแหน่งที่มีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งมากที่สุดมีความเป็นไปได้ว่าตำแหน่งนั้นจะสัมพันธ์จุดเริ่มต้นของการพัฒนารอยเลื่อนหลายเหลี่ยม(Jackson et al., 2014)

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแอ่งตะกอนกรเทซาที่พบว่ามีรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบที่แตกต่างกัน จากการสังเกตข้อมูลคลื่นไหวสะเทือนในแนวราบและแนวตัดขวาง

รูปแบบที่ 1 พบทางตอนใต้ของพื้นที่การศึกษามีลักษณะเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติ เมื่อสังเกตในแนวตัดขวางพบว่าส่วนใหญ่มีทิศทางการเอียงของระนาบรอยเลื่อนเข้าหากันเห็นเป็นรอยเลื่อนคู่(conjugate fault) เมื่อเกตุรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแนวราบ พบว่ามีลักษณะคล้ายกับดินแตกกระแหง(mud crack) ความสมบูรณ์(maturity)ของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมจะสูงเมื่อสังเกตบริเวณใกล้เคียงกับช่วงกึ่งกลางความลึกของช่วงชั้นรอยเลื่อน และมีลักษณะเป็นรูปปิด จากการเทียบเคียงข้อมูลหลุมเจาะที่ใกล้กับพื้นที่การศึกษาพบว่าช่วงชั้นของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมเกิดในชั้นหินตะกอนที่มีลักษณะตะกอนละเอียด เช่น หิน โคลน หินดินดาน ซึ่งมีอายุในช่วงสมัยอีโอซีน จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึกพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีระยะเลื่อนตัวแนวตั้งไม่เท่ากันในแต่ละความลึก ผลจากการสร้างแผนภาพกุหลาบพบว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบนี้ส่วนใหญ่มีทิศทางการวางตัวหลากหลายทิศทาง

รูปแบบที่ 2 พบทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่การศึกษา เมื่อสังเกตในแนวตัดขวางพบว่ามีลักษณะเป็นกลุ่มของรอยเลื่อนปกติเช่นเดียวกับรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมรูปแบบที่ 1 แต่ทว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมแต่ละรอยเลื่อนจะอยู่ชิดกันมากกว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมในแบบที่ 1 รวมไปถึงลักษณะของรอยเลื่อนในแนวราบพบว่ามีคล้ายกับดินแตกกระแหงเช่นกันและมีความหนาแน่นของรอยเลื่อนค่อนข้างสูง จากการเทียบเคียงข้อมูลหลุมเจาะพบว่าช่วงชั้นของรอยเลื่อนเกิดในชั้นหินตะกอนที่มีอายุในช่วงกลางถึงปลายสมัยอีโอซีนซึ่งมีลักษณะตะกอนเป็น หิน โคลนและดินเหนียวปนปูน ผลจากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนตัวแนวตั้งกับความลึกพบว่าในแต่ละความลึกมีระยะเลื่อนตัวในแนวตั้งที่ไม่เท่ากัน ผลจากการสร้างแผนภาพกุหลาบพบว่าทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมมีทิศทางที่หลากหลาย

จากการเปรียบเทียบแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนทางธรณีแปรสัณฐานและแผนภาพกุหลาบของรอยเลื่อนหลายเหลี่ยมพบว่ามีทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อนที่ไม่สอดคล้องกันแสดงว่ารอยเลื่อนหลายเหลี่ยมไม่สัมพันธ์กับกิจกรรมทางธรณีแปรสัณฐาน

อ้างอิง

- Beggs, J. M., 1993. Depositional and tectonic history of the Great South Basin. In: Balance, P.F. (ed). South Pacific sedimentary basins. Sedimentary basins of the world 2. Amsterdam, Elsevier Science.
- Buckley, D.E., Grant, A.C., 1985. Faultlike features in abyssal plain sediments: possible dewatering structures. *Journal of Geophysical Research* 90, 9173-9180.
- Cartwright, J., 2011. Diagenetically induced shear failure of fine-grained sediments and the development of polygonal fault systems. *Marine and Petroleum Geology*, 28: 1593-1610.
- Constable, R. M., Langdale, S., Allan. T. M. H., 2013. Development of a sequence stratigraphic framework in the Great South Basin. New Zealand unpublished open file Petroleum Report 4348. Ministry of Commerce, Wellington.
- Dewhurst, D. N., Cartwright, J. A., and Lonergan L., 1999. The development of polygonal fault systems by syneresis of colloidal sediments. *Marine and Petroleum Geology*, 16: 79-810.
- Jackson, C. A., Carruthers, D. T., Mahlo, S. N., and Briggs, O., 2014. Can polygonal faults help locate deep-water reservoirs?. *AAPG Bulletin*, 98: 1717-1738
- Lonergan, L., Cartwright, J., and Jolly, R., 1997. The geometry of polygonal fault systems in Tertiary mudrocks of the North Sea. *Journal of Structural Geology*, 20: 529-548.
- Muoka, H., and Kamata, H., 1983. Displacement distribution along minor fault traces. *Journal of Structural Geology*, 5: 483-495
- Scherer, G.W., 1989. Mechanics of syneresis, I: theory. *Journal of Non-Crystalline Solids* 108, 18-27.
- Seebeck, H., Tenthorey, E., Consoli, C., and Nicol, A., 2014. Polygonal faulting and seal integrity in the Bonaparte Basin, Australia. *Marine and Petroleum Geology*, 60: 120-135.