



โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ศิวารรณาและธรณีเคมีของหินภูเขาไฟ ในอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี
และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

โดย

นางสาวกนกวรรณ เอ่งฉ้วน

เลขประจำตัวนิสิต 5832702323

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี

ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2561

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

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

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

PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN LAM SONTHI
DISTRICT, LOPBURI PROVINCE AND BUENG SAM PHAN DISTRICT, PHETCHABUN
PROVINCE

Miss Kanokwan Engchuan

A Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Bachelor of Science Program in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Project Title PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN LAM
 SONGHI DISTRICT, LOPBURI PROVINCE AND BUENG SAM PHAN
 DISTRICT, PHETCHABUN


By Miss Kanokwan Engchuan

Field of Study Geology

Project Advisor Abhisit Salam, Ph.D.

Submitted date..... 13 May 2019

Approval date..... 13 May 2019

.....


Project Advisor
(Abhisit Salam, Ph.D.)

กนกวรรณ เอ่งฉ้วน : ศีลาบรรณาและธรณีเคมีของหินภูเขาไฟ ในอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และอำเภอ บึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์. (PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN LAM SONTI DISTRICT, LOPBURI PROVINCE AND BUENG SAM PHAN DISTRICT, PHETCHABUN PROVINCE) อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.อภิสิทธิ์ ชาล้า, 64 หน้า.

งานวิจัยนี้ศึกษาเกี่ยวกับศีลาบรรณาและธรณีเคมีของหินภูเขาไฟ ในอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และ อำเภอ บึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยพื้นที่ศึกษาทั้งสองอยู่ในส่วนแนวคดโค้งเลย ซึ่งมีจุดประสงค์เพื่อเข้าใจ ลักษณะธรณีวิทยา จำแนกลักษณะหินภูเขาไฟ ให้สอดคล้องกับหมวดหินที่เหมาะสมสำหรับหินภูเขาไฟในพื้นที่ ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน จากการวิเคราะห์ทางศีลาบรรณา ทำการแบ่งกลุ่มหินภูเขาไฟที่พบได้เป็นสามกลุ่ม คือ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก กลุ่มหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ โดยในพื้นที่ ลำสนธิพบสองกลุ่มหิน ได้แก่ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ส่วนในพื้นที่บึงสามพันพบ สองกลุ่มหินเช่นกัน ได้แก่ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก หลังจากนั้นทำ การคัดเลือกหินที่ดีที่สุด และมีการแปรเปลี่ยนน้อยที่สุด นำไปวิเคราะห์ทางด้านธรณีเคมี โดยใช้เครื่อง XRF พบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ ธาตุหลักมีปริมาณ Mg, Fe และ Ti ที่ต่ำกว่า และธาตุร่องรอยมี ปริมาณ Nb, Th, Y และ Zr ที่สูงกว่ากลุ่มหินภูเขาไฟทั้งสองกลุ่มในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ของพื้นที่ลำสนธิ ซึ่งมีธาตุหลักปริมาณของ Si, K และ Mn ที่ต่ำกว่า และธาตุร่องรอยมีปริมาณ V ที่สูงกว่า แล้ว จากผลวิเคราะห์ธรณีเคมี ทำให้ทราบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ บ่งชี้ถึงชนิดของแมกมาต้น กำเนิดประเภทแคลอัลคาไลน์ และ Metaluminous ส่วนกลุ่มหินภูเขาไฟทั้งสองกลุ่มในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่ม หินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ บ่งชี้ถึงชนิดแมกมาต้นกำเนิดประเภทโทรลีโอต์ และ Metaluminous โดยหิน ภูเขาไฟจากพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน มีสภาพแวดล้อมแปรสัณฐานแบบแนวคดโค้งภูเขาไฟ (Volcanic arc) และมีความสัมพันธ์กับชุดหินภูเขาไฟในยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก ทางด้านองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะธรณีแปรสัณฐาน

ภาควิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อนิสิต.....กนกวรรณ เอ่งฉ้วน.....
 สาขาวิชา.....ธรณีวิทยา.....ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก.....อภิสิทธิ์ ชาล้า.....
 ปีการศึกษา.....2561.....

5832702323 : MAJOR GEOLOGY

KEYWORDS : PETROLOGY / GEOCHEMISTRY / VOLCANIC ROCKS / LAM SONTHI/ BUENG SAM PHAN
 KANOKWAN ENGCHUAN : PETROLOGY AND GEOCHEMISTRY OF VOLCANIC ROCKS IN LAM
 SONTHI DISTRICT, LOPBURI PROVINCE AND BUENG SAM PHAN DISTRICT, PHETCHABUN
 PROVINCE. ADVISOR : ABHISIT SALAM, Ph.D., 64 pp.

This project study about petrology and geochemistry of volcanic rocks from Lam Sonthi District, Lopburi Province and Bueng Sam Phan District, Phetchabun Province, where the two areas are in Loei Fold belt, aiming to understand geology of Lam Sonthi and Bueng Sam Phan areas and define volcanic rocks in study areas to a proper rock formation. Based on petrological study can be subdivided into 3 units of volcanic rocks namely; porphyritic andesite, porphyritic basaltic andesite and microdiorite. In Lam Sonthi area, there are two units which are porphyritic andesite and microdiorite and in Bueng Sam Phan area, there are also two units which are porphyritic andesite and porphyritic basaltic andesite. Then, all those samples from 3 units were least alteration and were selected for geochemical study by using XRF. Major element and trace element characteristics indicate that the porphyritic andesite unit of Lam Sonthi area has lower amount of Mg, Fe and Ti and has higher amount of Nb, Th, Y and Zr than the two volcanic units of Bueng Sam Phan area and microdiorite unit of Lam Sonthi area, which have lower amount of Si, K and Mn and have slightly high V. They also suggest that the origin magma of porphyritic andesite unit of Lam Sonthi area derived from calc-alkaline magma series and metaluminous. For the two units of volcanic rocks in Bueng Sam Phan area and microdiorite unit of Lam Sonthi area, the origin magma are suggested to be tholeiite magma series and metaluminous, leads to conclusion that the volcanic rocks in the Lam Sonthi area and Bueng Sam Phan area have been formed in a volcanic arc environment. So, this two study areas are related with Late Permian to Early Triassic volcanic rocks by geochemistry and tectonic setting.

Department.....Geology..... Student's Signature..... *Abhisit Salam*.....
 Field of study.....Geology..... Advisor's Signature..... *Abhisit Salam*.....
 Academic Year.....2018.....

กิตติกรรมประกาศ

จากการจัดทำโครงการเรื่องนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ถ้าหากไม่มีสถาบันการศึกษา อาจารย์ บุคลากร รุ่นพี่ และเพื่อนๆ ที่มีความรู้ความสามารถทุกคนที่ให้โอกาสและสนับสนุน โดยมีรายนามดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. อภิสิริ ซาล่า อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ที่คอยสนับสนุน และผลักดันให้งานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ โดยคอยสอนทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างดีตลอดการออกภาคสนามและในการทำงานวิจัย นอกจากนี้ต้องขอขอบพระคุณจากใจจริงแก่พี่ๆบุคลากรภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้แก่ คุณจิระประภา เนียมปาน คุณโสภิต พุ่มพวง คุณประจัน ทองประชุม คุณบรรจง พวงทอง คุณสุริยะ โชคเหมาะ และคุณสุรเชษฐ วชิรโภคเจริญ ที่คอยให้กำลังใจ ความช่วยเหลือและคำปรึกษาที่ดีเสมอมา ในการใช้อุปกรณ์เตรียมตัวอย่างในการศึกษาทางศิลาวรรณและธรณีเคมี

ขอขอบพระคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ในการเตรียมตัวอย่างหิน วิเคราะห์ทางธรณีเคมีโดยใช้เครื่อง XRF และทำ LOI โดยเครื่อง High Temp Furnance

ขอบคุณนางสาวอรยา บัวพึ่งพันธ์ เพื่อนร่วมอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้ความช่วยเหลือในตลอดออกภาคสนามเป็นอย่างดี นายกาญจน์ เพื่อนทอง รุ่นพี่ ป.โท ที่คอยสอนหลักการใช้เครื่องมือให้ห้องปฏิบัติการต่างๆ นางสาวสุธารัตน์ สิริอด รุ่นพี่ ป.โท ที่คอยให้กำลังใจระหว่างการทำแผ่นหินขัดบาง และสอนความรู้ใหม่ๆ ในหลายๆ ด้าน และต้องขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยรับฟัง ช่วยเหลือกัน และนั่งทำงานกันจนดึกหลายคืน ได้แก่ นางสาวมัลลิกา มังคลาด นายอัฐพงศ์ สงนุ้ย และนางสาวเสาวพรรณ ไบแย้ม

ขอขอบพระคุณผู้ปกครอง ที่คอยเชื่อมั่น ให้กำลังใจ และสนับสนุนตลอดงานวิจัยนี้ และสุดท้ายขอบคุณเพื่อนๆ นิสิตธรณีวิทยา รุ่น 59 รวมถึงรุ่นพี่ทุกท่าน ที่คอยช่วยเหลือซึ่งกันและกัน

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วม ที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

กนกวรรณ เองฉ้วน

ผู้จัดทำ

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	2
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
1.6 ระเบียบวิธีวิจัย	6
บทที่ 2 ธรณีวิทยาทั่วไป	9
2.1 ธรณีแปรสัณฐาน	9
2.2 หินภูเขาไฟ	14
2.3 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	17
บทที่ 3 ผลการศึกษา	21
3.1 พื้นที่ลำสนธิ	21
3.1.1 ลำดับชั้นหิน	22
3.1.2 ศิลาวิทยา	26
3.2 พื้นที่บึงสามพัน	30
3.2.1 ศิลาวิทยา	32
3.3 ธรณีเคมี	36
3.3.1 การจำแนกธรณีเคมี	36

3.3.2 การวิเคราะห์กรณีเคมี	38
- ชาติหลัก	38
- ชาติรอง	42
บทที่ 4 อภิปรายผลและสรุปผล	46
4.1 อภิปรายผล	46
4.1.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาวรรณนา	46
4.1.2 อภิปรายผลการศึกษากรณีเคมี	46
4.1.3 การแปรความหมายลักษณะทางกรณีแปรสัณฐาน	47
4.2 สรุปผล	48
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	51

สารบัญรูป

	หน้า
รูป 1.1 แสดงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาทั้งสอง ที่อยู่ในแนวคดโค้งเลย	2
รูป 1.2 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ลำสนธิ	4
รูป 1.3 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่บึงสามพัน	4
รูป 1.4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	8
รูป 2.1 ขอบเขตธรณีแปรสัณฐานตามหลักฐานความแตกต่างทางธรณีวิทยา	10
รูป 2.2 วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานตามธรณีกาลยุคต่างๆ ของแผ่นเปลือกโลกขานไทย และอินโดจีน ตะวันตก รวมทั้งแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัยและเลย	12
รูป 2.3 แผนที่แสดงแนวหินอัคนีแทรกซอนอัลตราเมฟิกและเมฟิก 3 แนวของประเทศไทย	16
รูป 2.4 แผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972)	18
รูป 2.5 คำอธิบายแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972)	19
รูป 2.6 ลำดับชั้นหินของหมู่หินไฟโซบริเวณชั้นหินแบบฉบับ (อนุวัชร ตรีโรจนานนท์, 2555)	20
รูป 3.1 แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินที่พบในพื้นที่ลำสนธิและขอบเขตหินที่พบ	22
รูป 3.2 แสดงภาพหินโผล่ถนนตัด ณ เขาขวาง ที่แสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหินตะกอนกับหินตะกอนภูเขาไฟ	23
รูป 3.3 แสดงให้เห็นการวางตัวของชั้นหินชัดเจน พบว่าชั้นบนสุดเป็นชั้นหินโคลนสีเทาอมเขียวถัดมาเป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อซิลิกา และชั้นล่างสุดที่พบ ณ บริเวณหินโผล่นี้ เป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อทัฟฟ์	24
รูป 3.4 แท่งลำดับชั้นหิน ณ บริเวณเขาขวาง ในพื้นที่ลำสนธิ	25
รูป 3.5 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก พบลักษณะเนื้อดอกที่มีทั้งผลึกดอกชนิดเดียว ที่เป็นแร่แพลจีโอเคลส และผลึกดอกสองชนิด ที่เป็นแร่แพลจีโอเคลส กับแร่ฮอร์นเบรน	26
รูป 3.6 หินแอนดีไซต์เนื้อดอกที่พบในพื้นที่ลำสนธิ แสดงภาพ XPL และภาพ PPL	27
รูป 3.7 หินไมโครไดอไรต์ ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ณ บริเวณเขาขวาง	28
รูป 3.8 หินไมโครไดอไรต์ ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ แสดงภาพ XPL และภาพ PPL	29
รูป 3.9 แสดงลักษณะของหินโผล่หินตะกอนภูเขาไฟ ซึ่งประกอบด้วยหินเศษชิ้นของหินหลากหลายชนิด ได้แก่ หินภูเขาไฟ โดยพบบริเวณทางฝั่งตะวันออกของสหพาร์มบึงสามพัน	30
รูป 3.10 แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินที่พบในพื้นที่บึงสามพันและขอบเขตหินที่พบ	31
รูป 3.11 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่มีเนื้อดอกเป็นแร่แพลจีโอเคลส ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน	32

รูป 3.12 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน แสดงภาพ XPL และภาพ PPL	33
รูป 3.13 หินบะซอลต์ดิแกมมาแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่มีเนื้อดอกเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่พบภายในพื้นที่บึงสามพัน	34
รูป 3.14 หินบะซอลต์ดิแกมมาแอนดีไซต์เนื้อดอก แสดงภาพ XPL และภาพ PPL	35
รูป 3.15 ไดอะแกรม Total Alkali-Silica (TAS) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ SiO_2 กับ Na_2O+K_2O เพื่อการจำแนกชนิดของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่ศึกษา (Middlemost, 1994)	37
รูป 3.16 ไดอะแกรม Harker ที่แสดงความสัมพันธ์ของ SiO_2 กับธาตุองค์ประกอบหลักอื่นๆของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่	40
รูป 3.17 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ SiO_2 กับ K_2O ของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่ ที่แสดงถึงปริมาณแอลคาไลน์ (alkaline content) (Percerillo and Taylor, 1976)	41
รูป 3.18 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ $A/CNK=Al_2O_3/(CaO+Na_2O+K_2O)$ กับ $A/NK=Al_2O_3/(Na_2O+K_2O)$ (Shand, 1943)	41
รูป 3.19 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุร่องรอย กับ SiO_2 ของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่	43
รูป 3.20 แสดงไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/4-Nb-Y (Meschede, 1986)	44
รูป 3.21 แสดงไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/117-Th-Nb/16 (Wood, 1980)	45

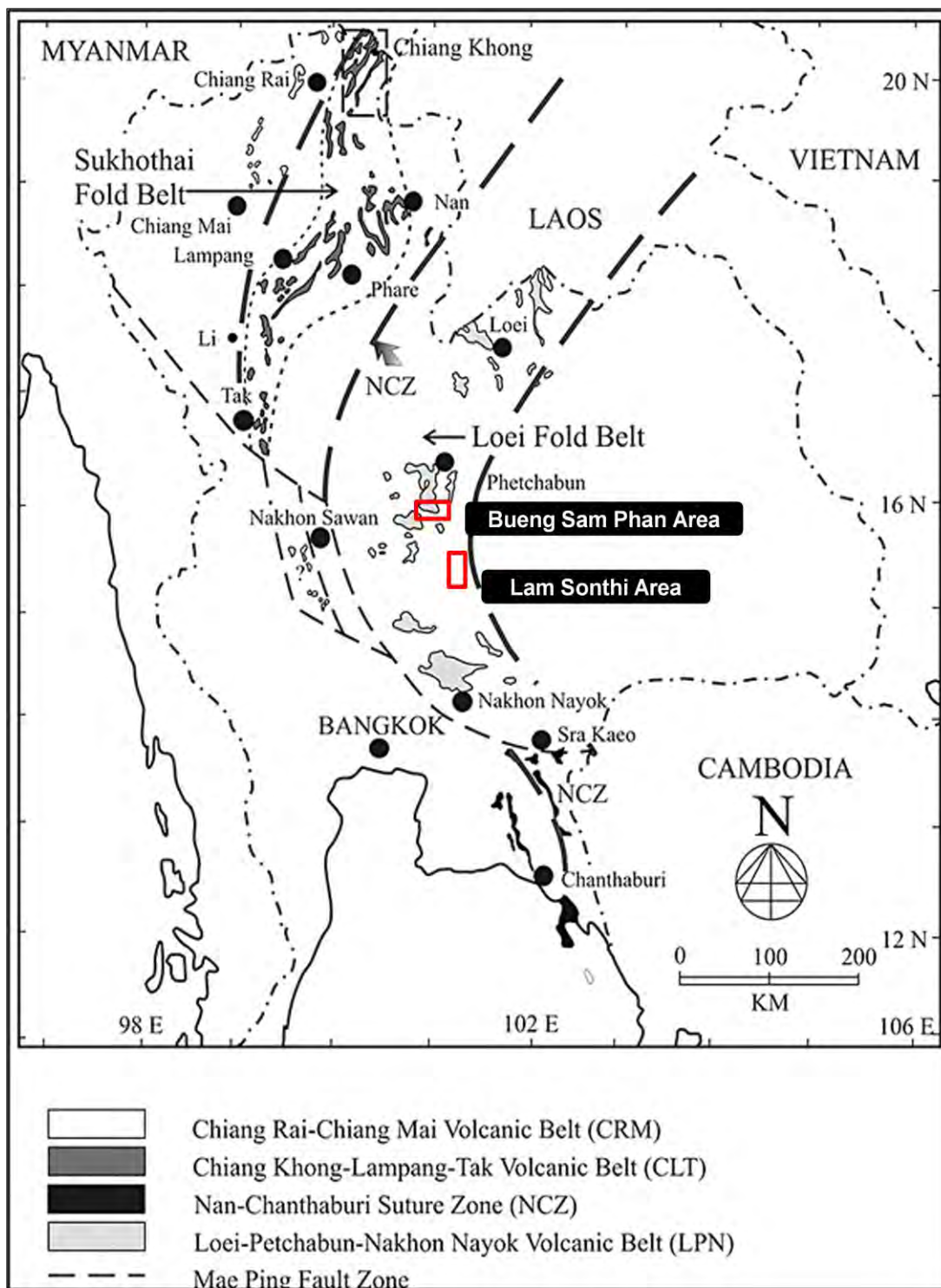
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

หินภูเขาไฟในประเทศไทยพบว่ายู่ในช่วงยุคทีโอเวเนียนถึงควอเทอร์นารี (Bunopas,1989; Jungyusuk and Khositanont, 1992) ซึ่งแนวหินภูเขาไฟในประเทศไทยนั้นมีทั้งหมด 4 แนว ได้แก่ แนวเชียงราย-เชียงใหม่ แนวเชียงของ-ลำปาง แนวน่าน-จันทบุรี และแนวเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก (Jungyusuk and Khositanont, 1992) โดยหินภูเขาไฟอายุก่อนยุคซีโนโซอิก (Pre-Cenozoic) ในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่พบในแนวคดโค้ง สุโขทัย และแนวคดโค้งเลย (Bunopas,1989; Jungyusuk and Khositanont, 1992) ประกอบด้วยหินบะซอลต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไรต์ และหินตะกอนภูเขาไฟ เช่น หินทัฟฟ์ หินกรวดมนภูเขาไฟ พื้นที่ศึกษาอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี อยู่ทางขอบด้านตะวันออกของแนวคดโค้งเลยต่อกับขอบด้านตะวันตกของที่ราบสูงโคราช และพื้นที่ศึกษาอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ตอนกลางของแนวคดโค้งเลย (รูป 1.1)

ตามแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 (Nikorn Nakornsri, 1972) พื้นที่ลำสนธิ จัดให้อยู่ในหมวดหินเขารวก และหมวดหินภูกระดึง ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนเป็นส่วนใหญ่ จากลักษณะหินที่พบ มีหินภูเขาไฟกระจายเป็นบริเวณกว้าง มีความสอดคล้องกับหมวดหินเขารวก แต่ไม่สอดคล้องกับชุดหินของหมวดหินภูกระดึง ที่ประกอบไปด้วยหินทรายแป้งและหินโคลนสีม่วงแดงเป็นส่วนใหญ่ (Ward and Bunnag, 1964) แต่หินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ศึกษานี้ สามารถพบได้ในหมวดหินห้วยหินลาด (Chonglakmani and Sattayalak, 1978) แต่ก็คล้ายกับชุดหินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic) พบกระจายตัวกว้างในแนวคดโค้งเลย (Khositanont et al., 2008) และพื้นที่บึงสามพัน หินส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟ ประกอบด้วยหินบะซอลต์ และแอนดีไซต์ รวมทั้งหินตะกอนภูเขาไฟ ได้แก่ หินถ้ำภูเขาไฟ และหินตะกอนภูเขาไฟ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีหลักฐานแน่ชัดที่บ่งบอกว่าหินภูเขาไฟบริเวณพื้นที่ลำสนธิ มีความสัมพันธ์กับชุดหินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสสิกหรือไม่ อีกทั้งในบริเวณพื้นที่ศึกษาทั้งสองยังขาดข้อมูลงานศึกษาวิจัยทางด้านศิลาวรรณา และธรณีเคมีของหินภูเขาไฟที่เพียงพอ ผู้จัดทำจึงมีความสนใจในการศึกษาธรณีวิทยา ลำดับชั้นหินของหมวดหินเขารวก และนำตัวอย่างหินจากพื้นที่ศึกษา มาวิเคราะห์ศิลาวรรณาด้วยกล้องจุลทรรศน์ อีกทั้งศึกษาธรณีเคมีของหินภูเขาไฟด้วยวิธี X-ray Fluorescence Spectrometer (XRF) เพื่อหาความสัมพันธ์ของลักษณะหินภูเขาไฟของทั้งสองพื้นที่ศึกษา



รูป 1.1 แสดงตำแหน่งของพื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่อยู่ในแนวคดโค้งเลย (after Panjasawatwong et al. 1997)

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อเข้าใจลักษณะธรณีวิทยา จำแนกลักษณะหินภูเขาไฟ ให้สอดคล้องกับหมวดหินที่เหมาะสมสำหรับหินภูเขาไฟในพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาลักษณะทางธรณีวิทยาทั่วไป โดยการศึกษาออกภาคสนามบริเวณอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ เก็บข้อมูลธรณีวิทยาโครงสร้าง ลำดับชั้นหิน ชนิดของหิน และเก็บตัวอย่างหินภูเขาไฟ

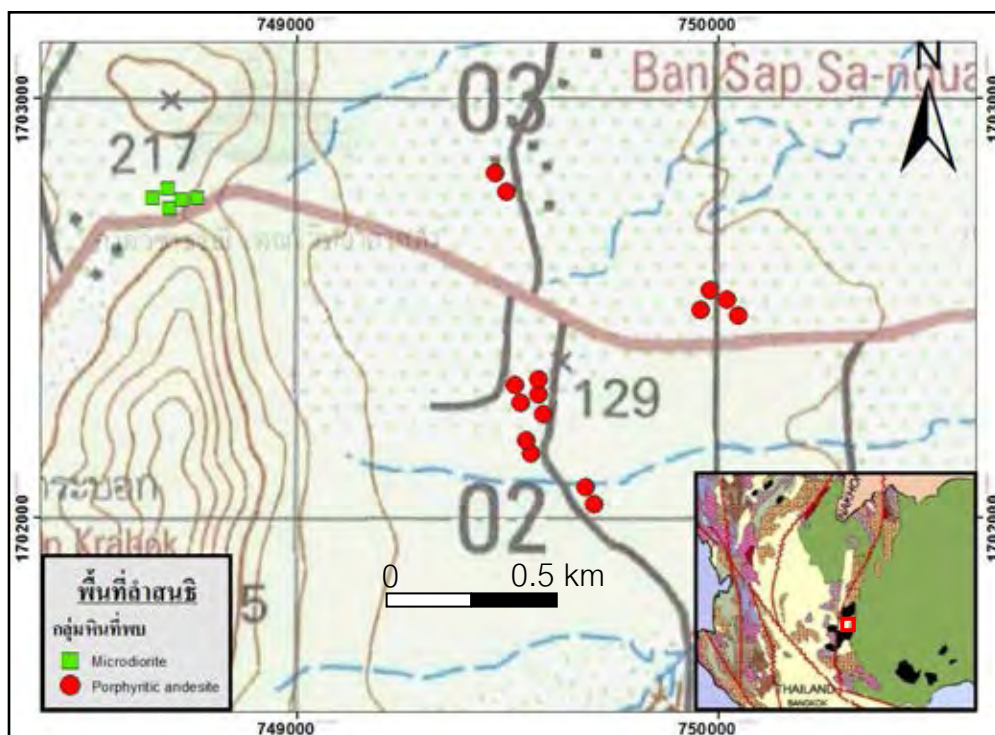
1.3.2 ศึกษาสัณฐานวิทยาหินภูเขาไฟที่เก็บตัวอย่างมา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างของชนิดหิน และตรวจสอบตัวอย่างของหินภูเขาไฟว่าผุหรือไม่

1.3.3 ศึกษาธรณีเคมีของหินภูเขาไฟที่เก็บตัวอย่างมา ด้วยวิธี X-ray Fluorescence (XRF) เพื่อนำมาวิเคราะห์หาธาตุองค์ประกอบ นำข้อมูลไปพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ และบ่งบอกถึงลักษณะธรณีแปรสัณฐานของบริเวณทั้งสองพื้นที่ศึกษา

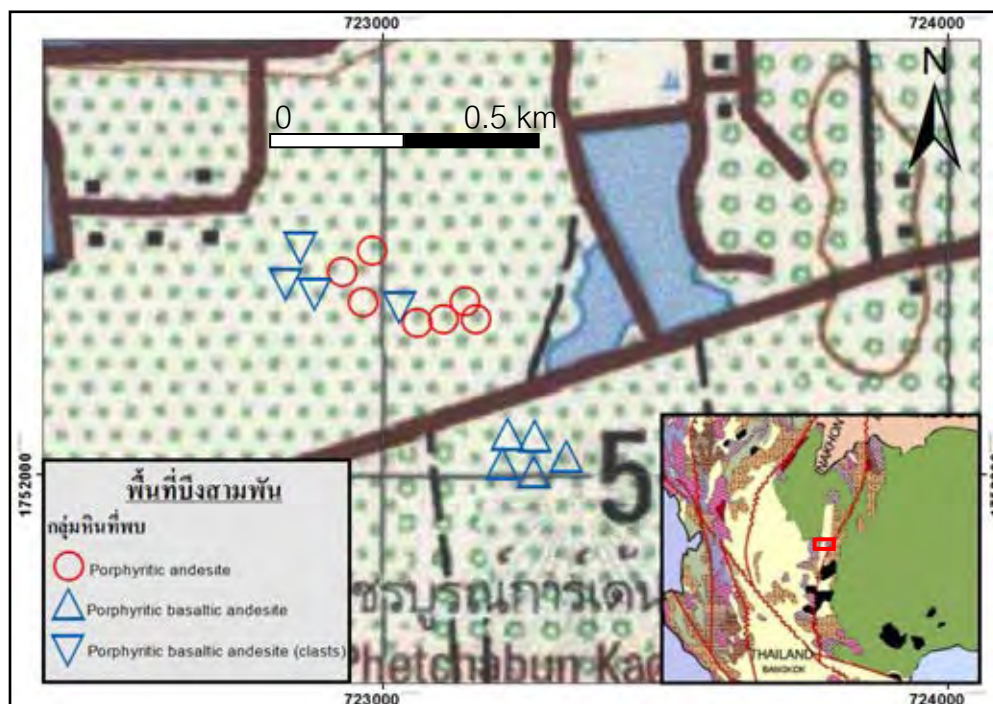
1.4 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี หรือพื้นที่ลำสนธิ และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ หรือพื้นที่บึงสามพัน ซึ่งทั้งสองพื้นที่อยู่ในแนวหินภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก

ในพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน มีการเก็บตัวอย่างหินทั้งหมด 36 จุด โดยพื้นที่ศึกษาอยู่บนแผนที่ประเทศไทยมาตราส่วน 50,000 ระวัง 5239 I (อำเภอเทพสถิต) และระวัง 5239 II (บ้านหนองใหญ่) ลำดับชุด L7018 พิมพ์ครั้งที่ 2-RTSD โดยกรมแผนที่ทหาร



รูป 1.2 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่ลำสนธิ (แผนที่ภูมิประเทศ ราวาง 5239 I (อำเภอเทพสถิต) มาตรฐาน 50,000)



รูป 1.3 แผนที่แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างของพื้นที่บึงสามพัน (แผนที่ภูมิประเทศ ราวาง 5239 II (บ้านหนองใหญ่) มาตรฐาน 50,000)

1.5 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิกร นครศรี (2515) ได้จัดทำแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 250,000 ราว ND 47-4 (อำเภอบ้านหมี่) พิมพ์ครั้งที่ 1 พื้นที่ศึกษาบริเวณอำเภอลำสนธิ จัดให้อยู่ในหมวดหินเขารวก ของกลุ่มหินราชบุรี และหมวดหินภูกระดึง ในกลุ่มหินโคราช ซึ่งทั้งสองหมวดหินประกอบด้วยหินตะกอนเป็นส่วนใหญ่

อนุวัชร ตรีโรจนานนท์ (2555) ได้ทำการลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาด พบว่า พบลักษณะของหินภูเขาไฟในหมวดหินนี้ ในหมู่หินโพไฮ ชั้นหินอบผลบัพบริเวณทางหลวงหมายเลข 12 (หล่มสัก-ชุมแพ) บริเวณ กม. 42-45 ประกอบด้วยการแทรกสลับของหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินตะกอนภูเขาไฟ และหินอัคนีพุต่างๆ ได้แก่ หินไรโอไรต์ และหินแอนดีไซต์

Chonglakmani and Sattayarak, (1978) ได้ทำการจัดลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาด บริเวณ บ้านตาตฟ้า และเขื่อนจุฬาภรณ์ ได้จำแนกย่อยชุดหินหน่วยบนกับหน่วยล่าง ออกดังนี้ หน่วยล่าง (Lower sequence) แบ่งเป็นหมู่หินโพไฮ และหมู่หินกรวดมนชำแคน ส่วนหน่วยบน (Upper sequence) แบ่งเป็นหมู่หินตาตฟ้า หมู่หินภูฮี้ และหมู่หินอีหม้อ ตามลำดับ โดยหมู่หินโพไฮที่เป็นหมู่หินล่างสุดประกอบด้วยหินตะกอนภูเขาไฟจำพวกหินทัฟฟ์ และหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ และหินอัคนีพุ ไรโอไลต์ และแอนดีไซต์ แทรกสลับด้วยหินทราย และหินกรวดมนสีแดง

Jungyusuk and Khositant (1992) ได้ศึกษาธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย พบหลักฐานที่บ่งบอกว่า มีแนวหินภูเขาไฟในประเทศไทย 4 แนว โดยพื้นที่อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และพื้นที่อำเภอบึงสามพัน จังหวัด เพชรบูรณ์ อยู่ในแนวหินภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก

Ward and Bunnag (1964) ได้แบ่งลำดับชั้นหินของหมวดหินภูกระดึงออกเป็น 3 ส่วน โดยขอบเขตล่างสุดของหน่วยหินนี้ให้เป็นจุดล่างสุดของหินทรายแป้ง และมีหินปูนชั้นบางๆประมาณ 1-5 เซนติเมตร สลับอยู่ ส่วนขอบเขตบนสุดเป็นจุดบนสุดของหินสีเทาแกมแดง ที่วางตัวอยู่กลางของหินทรายสีขาว ในพื้นที่อื่นๆ หมวดหินนี้ ประกอบด้วยหินทรายแป้ง หินโคลน หินทราย และหินกรวดมน สีแดงปนม่วง

Khositant et al. (2008) ได้ศึกษาศิลาวิทยา ธรณีเคมี และการหาอายุ ของหินภูเขาไฟในพื้นที่ทาง ตะวันตกของอำเภอบึงสามพันได้รายงานไว้ว่า หินมีองค์ประกอบเป็นหินบะซอลต์ถึงหินแอนดีไซต์ และได้บ่งบอกถึง

รูปแบบธรณีแปรสัณฐานในช่วงปลายยุคเพอร์เมียน (Late Permian) ว่าสัมพันธ์กับการเกิดแบบ back arc ซึ่งแผ่นเปลือกโลกฉานไทยและแผ่นอินโดจีนชนกันในช่วงปลายยุคไทรแอสสิก (Late Triassic)

Boonsoong et al. (2010) ได้ศึกษาศิลาวิทยา และธรณีเคมี บริเวณพื้นที่อำเภอชนแดน อำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่ออธิบายธรณีแปรสัณฐาน ตามแนวหินภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก พบว่าหินส่วนใหญ่เป็นเนื้อดอก ที่ประกอบด้วยพวกเมฟิกถึงเฟลสิก และหินในบริเวณนี้สัมพันธ์กับการเกิดแบบเกาะภูเขาไฟรูปโค้ง (Volcanic arc)

Salam et al. (2014) ได้ศึกษาการลำดับชั้นหิน การหาอายุ ศิลาวิทยา และธรณีเคมี บริเวณเหมืองทองชาติรี และตอนเหนือของเหมืองทองชาติรี พบว่าหินภูเขาไฟแนวเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก ประกอบด้วยหินกลุ่มแคลลาไลน์ (Calc-alkaline) ซึ่งบ่งบอกลักษณะของการเกิดธรณีแปรสัณฐานจากการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก (Subduction) และพบการกระจายตัวของหินกลุ่มโทลีโอต์ (Tholeiite) โดยแบ่งหน่วยหินออกได้เป็นหน่วยหินหลักตามลำดับชั้นหิน และบอกอายุของหินโดยพบว่าหินกลุ่มโทลีโอต์มีอายุมากกว่าหินกลุ่มแคลอัลคาไลน์ และได้ อธิบายที่มาของหินกลุ่มโทลีโอต์ว่ามาจากชั้น Upper mantle และเริ่มมีความเป็นแคลอัลคาไลน์มากขึ้นเมื่ออยู่ในลำดับชั้นหินบนๆ

1.6 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ระเบียบวิจัย สามารถแบ่งออกได้เป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและข้อมูลเบื้องต้นของพื้นที่ศึกษา

รวบรวมและศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องด้านธรณีวิทยาของพื้นที่จังหวัดลพบุรีและเพชรบูรณ์ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ แผนที่ธรณีวิทยาของพื้นที่ ศึกษางานวิจัยที่มีการศึกษาไว้และมีความเกี่ยวข้องกับงานที่กำลังศึกษา ทั้งวิธีการสำรวจ การออกภาคสนาม การศึกษาในห้องปฏิบัติการ วิธีการวิเคราะห์ธรณีเคมี การประมวลผลข้อมูล และการตีความหมาย เพื่อเป็นแนวทางการดำเนินงานวิจัย

2.) การศึกษาภาคสนามและเก็บตัวอย่างข้อมูลภาคสนาม

2.1 การศึกษาภาคสนาม

ศึกษาการกระจายตัวของหินภูเขาไฟจากแผนที่ธรณีวิทยา และวางแผนวางแผนการสำรวจภาคสนามโดยกำหนดจุดศึกษา ซึ่งเลือกพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของหินภูเขาไฟอยู่

2.2 การเก็บตัวอย่างข้อมูลภาคสนาม

ทำการลำดับชั้นหินของเขาขาด ณ พื้นที่ลำสนธิ และเก็บตัวอย่างหินให้มีการกระจายตัวของตัวอย่าง โดยเลือกเก็บตัวอย่างหินที่ อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี และอำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีจุดศึกษาทั้งหมด 36 จุดศึกษา โดยคัดเลือกตัวอย่างหินภูเขาไฟเนื้อสตรหรือผุ่่น้อยที่สุด

3.) การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

3.1 การศึกษาสิลาวิทยา

นำหินตัวอย่าง ที่ได้จากเก็บตัวอย่างภาคสนามมาทำการตัดให้เป็นแผ่นหินบาง (Thin section) เพื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ศึกษาคุณลักษณะเนื้อหิน แร่องค์ประกอบหิน เพื่อบอกชนิดของหิน นอกจากนี้ยังดูการแปรเปลี่ยนของหิน (alteration) และการผุพังของหิน (weathering) เพื่อคัดเลือกตัวอย่างหินที่สดในการวิเคราะห์ธรณีเคมีอีกด้วย

3.2 การวิเคราะห์ธรณีเคมี

นำตัวอย่างหินสดที่ได้จากการศึกษาสิลาวิทยาทั้งหมด 23 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์ธรณีเคมีของหิน โดยการบดใช้เครื่องบดหยาบ และนำเข้าเครื่องบดละเอียดให้ตัวอย่างมีลักษณะเป็นผงแป้ง และนำตัวอย่างที่ได้จากการบดละเอียด ทำการวิเคราะห์ในเครื่อง X-ray Fluorescence (XRF) เพื่อหาธาตุองค์ประกอบหลักในหิน

3.2.1 นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์เครื่อง XRF มาทำการพล็อตกราฟข้อมูลและนำไปเปรียบเทียบกราฟที่ได้มีความใกล้เคียงกับกราฟที่มีการศึกษาไว้แล้ว เพื่อแปลความหมายของข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปตีความข้อมูลต่อไป

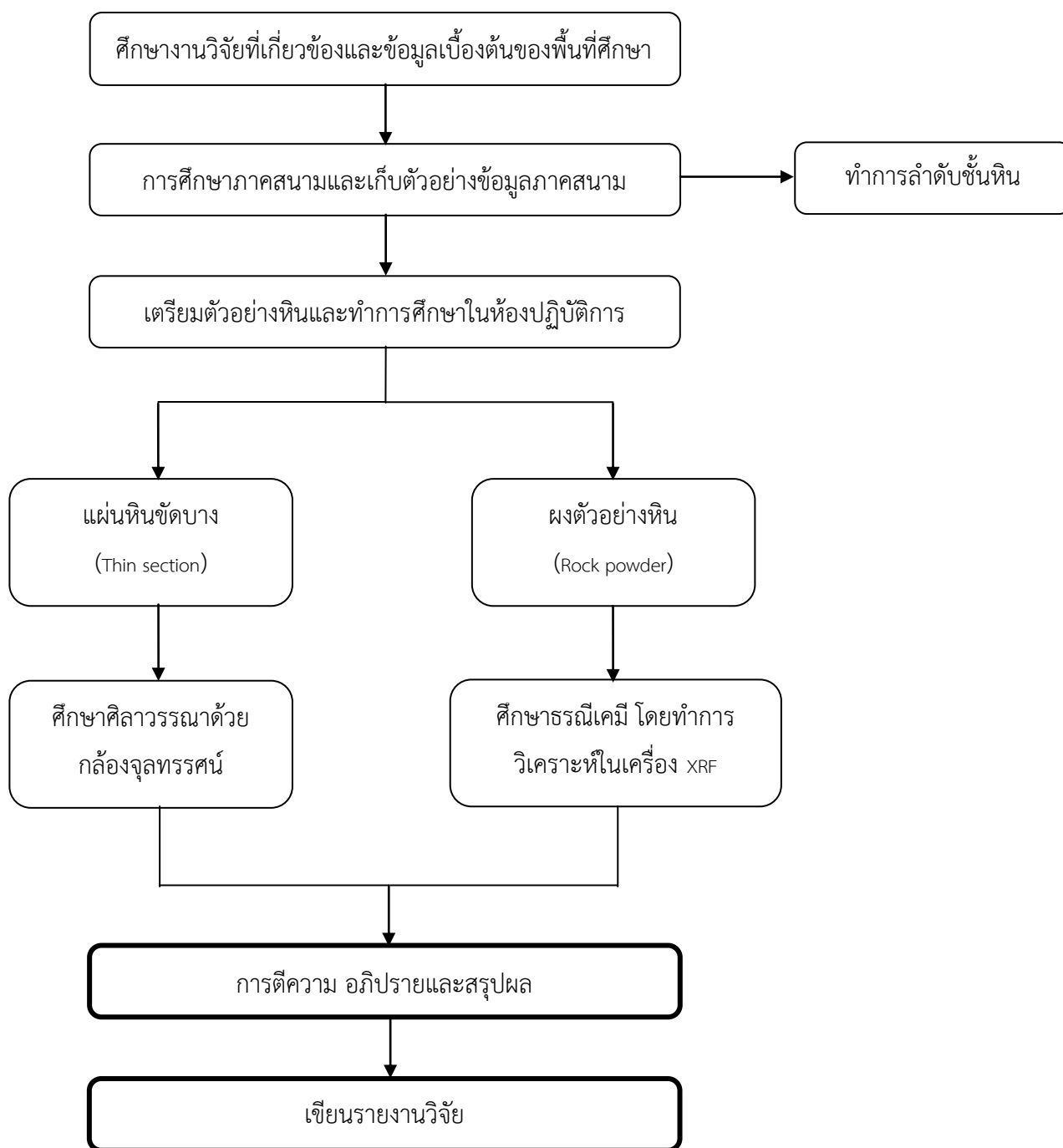
4.) การตีความ อภิปรายและสรุปผล

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมาทำการวิเคราะห์ผล บอกชนิดของหิน บอกลักษณะของธรณีแปรสัณฐานพื้นที่ศึกษา และทำการสรุปผล

5.) เขียนรายงานวิจัย

นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมด นำเสนอข้อมูล และทำรูปเล่มรายงาน

2. แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย



รูป 1.4 แผนผังขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

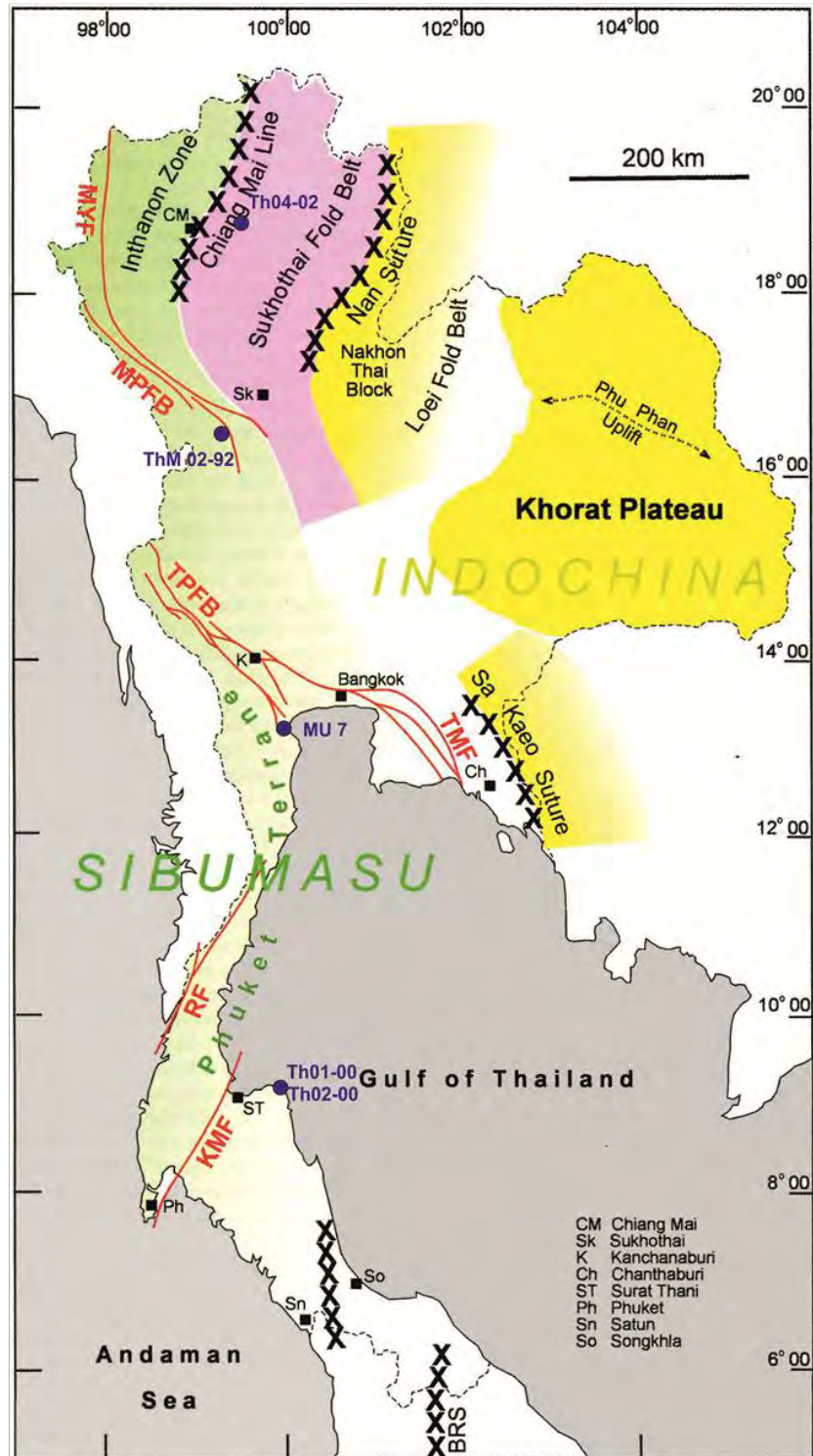
บทที่ 2

ธรณีวิทยาทั่วไป

2.1 ธรณีแปรสัณฐาน

ประเทศไทยประกอบไปด้วยแผ่นโลกภาคพื้นทวีปหลัก 2 แผ่น คือ แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย (Shan-Thai microcontinent) เป็นเปลือกโลกภาคพื้นทวีปฝั่งตะวันตก ครอบคลุมอยู่ในประเทศไทยทางด้านภาคเหนือ ภาคตะวันตก ภาคใต้และอ่าวไทย ที่ต่อเนื่องมาจากยูนนานในประเทศจีนลงมารัฐชานในประเทศพม่า ต่อไปยังแหลมมลายูด้านตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศมาเลเซีย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Indochina microcontinent) เป็นเปลือกโลกภาคพื้นทวีปฝั่งตะวันออก ครอบคลุมบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทย ที่ต่อเนื่องมาจากประเทศเวียดนาม ลงมาประเทศลาว กัมพูชา บางส่วนของประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย และพบรอยตะเข็บโบราณหรือรอยต่อธรณี (suture) เป็นรอยที่แผ่นเปลือกโลกภาคพื้นทวีปทั้งสองมาเชื่อมต่อกัน พบอยู่บริเวณตอนกลางของประเทศไทย ตั้งแต่จังหวัดน่านลงมาทางอุตรดิตถ์ ชัยภูมิ นครราชสีมา สระแก้ว ออกไปทะเลอ่าวไทย (Bunopas, 1992, 1994)

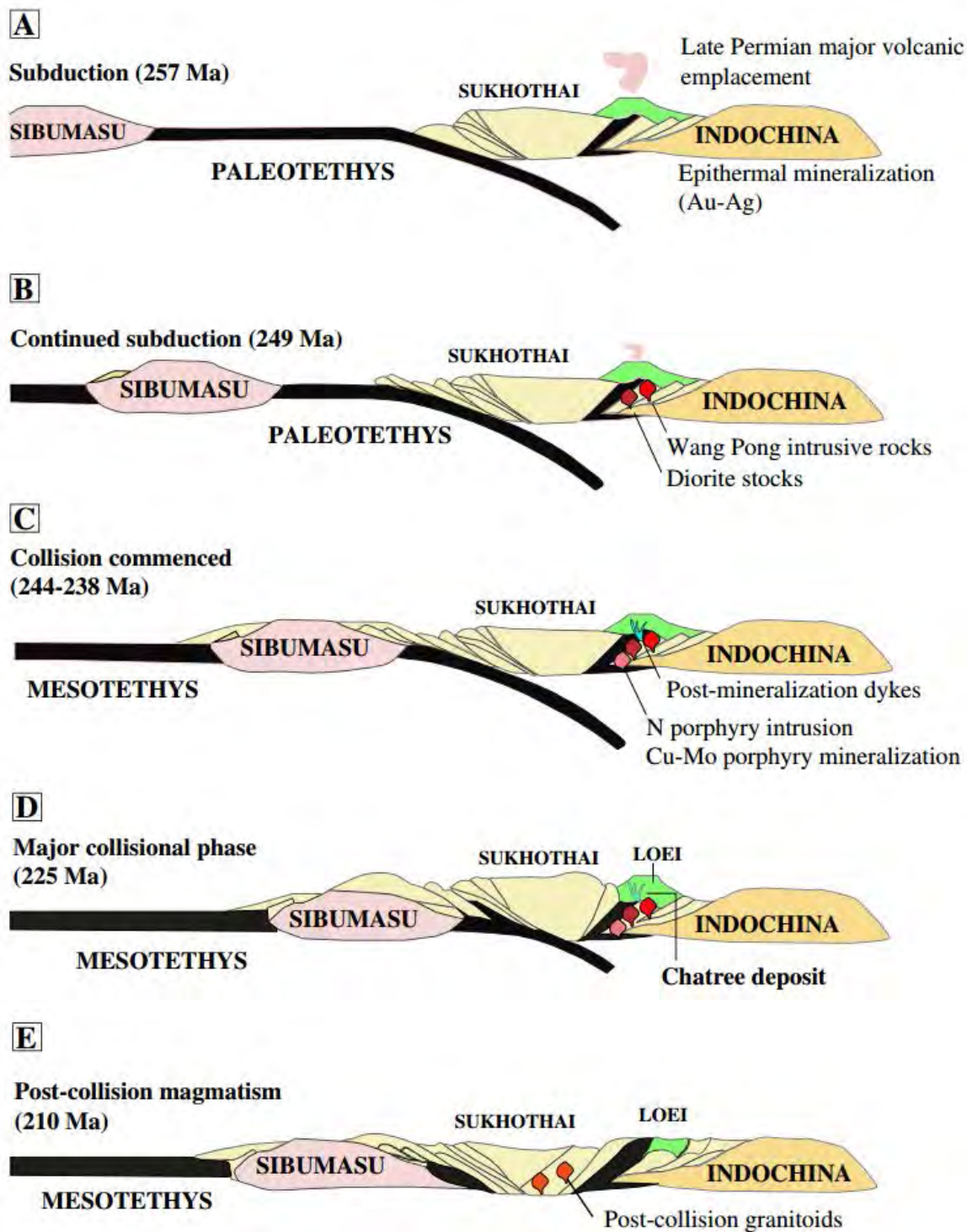
Bunopas (1981) ได้แบ่งขอบเขตธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย ออกเป็น 3 เขตด้วยกัน ได้แก่ ขอบเขตธรณีด้านตะวันตก (Western Geological Province) ขอบเขตธรณีตอนกลาง (Central Geological Province) ขอบเขตธรณีด้านตะวันออก (Eastern Geological Province) ขอบเขตธรณีด้านตะวันตกและตะวันออกประกอบด้วย แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ตามลำดับ ขอบเขตธรณีตอนกลางหรือกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งตอนกลาง (Central Fold Belt) ยังแบ่งออกเป็นสามแนวขนานกันคือ กลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย (Sukhothai Fold Belt) อยู่ทางตะวันตก และกลุ่มแนวชั้นหินคดโค้งเลย (Loei Fold Belt) อยู่ทางตะวันออก โดยมีรอยต่อธรณีน่าน (Nan Suture) เป็นตัวเชื่อมระหว่างกลาง (Bunopas and Vella, 1978) (รูป 2.1) โดยกลุ่มชั้นหินคดโค้งตอนกลาง อยู่ระหว่างแผ่นเปลือกโลกทั้งสอง กลุ่มชั้นหินคดโค้งนี้แบ่งได้เป็น 3 แนวที่ขนานกัน คือ กลุ่มหินแนวชั้นหินคดโค้งสุโขทัย ชั้นหินที่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ประกอบด้วย ลักษณะปรากฏของแนวหินคดโค้งภูเขาไฟ (Volcanic arc facies) เช่น หินไรโอริติก-แอนดีซิดิกทัฟฟ์ หินทัฟฟาเซียส และหินภูเขาไฟเนื้อละเอียดซึ่งเป็นลักษณะปรากฏบริเวณแอ่งส่วนหลังของหมู่เกาะรูปโค้ง (back arc basin facies) (Bunopas, 1981) อายุของชั้นหินนี้ตั้งแต่ยุคไซลูเรียน จนถึงไทรแอสซิก นอกจากนี้ยังพบหินภูเขาไฟพวกโธไลต์ (tholeiite rocks) อยู่ทางตะวันตกของแนวคดโค้งนี้ และรอยต่อธรณีน่าน-อุตรดิตถ์ และสระแก้ว-จันทบุรี (Nan-Uttradit and Chantaburi-Sra Kaeo Geosuture) หินที่ประกอบด้วยหินเซอร์เพนทีไนต์และหินเวิร์ตซ์ชั้นบาง (Hada and Bunopas, 1997) และกลุ่มหินแนวชั้นคดโค้งเลย ประกอบด้วยหินภูเขาไฟ ได้แก่ หินแอนดีไซด์ อายุเพอร์เมียนตอนบน และหินไรโอไลต์ที่มีอัลคาไลน์สูงยุคไทรแอสซิกตอนบน ถึงจูแรสซิกตอนล่าง



รูป 2.1 ขอบเขตธรณีแปรสัณฐานตามหลักฐานความแตกต่างทางธรณีวิทยา (ดัดแปลง Udchachon et al., 2015; Thassanapak et al., 2012; Chonglakmani, 2011; Ridd, 2009).

วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานของประเทศไทย แผ่นเปลือกโลกทั้งสองแผ่นเคลื่อนที่เข้าหากันและเกิดการชนกัน ในบริเวณที่เป็นตอนกลางของประเทศไทยในปัจจุบัน ในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย (Late Permian) การชนกันสิ้นสุดลงในช่วงยุคไทรแอสซิกตอนปลาย (Late Triassic) หลังจากนั้นในช่วงยุคครีเทเชียส แผ่นเปลือกโลกพม่าตะวันตกได้เคลื่อนเข้ามาชนกับด้านตะวันตกของแผ่นเปลือกโลกชานไทย และต่อมาในยุคพาลีโอจีน แผ่นเปลือกโลกอินเดีย (Indian Plate) ได้เคลื่อนที่เข้ามาทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ เข้าชนกับแผ่นเปลือกโลกยูเรเชีย (Eurasia Plate) ส่งผลให้ชั้นหินในประเทศไทยถูกแรงบีบอัดเกิดแนวเทือกเขาคโค้งเป็นรูป "S" ในพื้นที่ภาคเหนือ และเกิดการเคลื่อนที่ของรอยเลื่อนในทิศทางตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงการเกิดหินภูเขาไฟทางด้านซีกตะวันตกของประเทศไทย และบริเวณรอบๆ ขอบที่ราบสูงโคราช (Bunopas, 1981) (รูป 2.2)

ธรณีวิทยาแปรสัณฐานช่วงบรมยุคอาร์คีโอโซอิก (Archeotectonics) แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย อายุพรีแคมเบรียน ยังอยู่ติดกับขอบด้านตะวันตกของหินทวีปออสเตรเลีย (Australian shield) ซึ่งอยู่ในซีกโลกใต้ และยังติดอยู่กับแผ่นดินกอร์นวานาทางด้านตะวันตก ซึ่งพบหินอัคนีต่างๆ เช่น หินแกรนิต แทรกดันตัวขึ้นมาด้วย และธรณีวิทยาแปรสัณฐานช่วงมหายุคพาลีโอโซอิก (Paleotectonics) เกิดในช่วงยุคไซลูเรียนจนถึงยุคเพอร์เมียน เป็นช่วงเหตุการณ์การเกิดแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน โดยแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนเดิมเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นดินกอนด์วานาที่อยู่ในซีกขั้วโลกใต้และเกิดแยกตัวจากแผ่นดินกอนด์วานาในช่วงยุคดีโวเนียน โดยพบหลักฐานชั้นหินชีรต์ที่มีซากดึกดำบรรพ์เรดิโอลาเรียที่บ่งว่าเกิดสะสมตัวในมหาสมุทรลึก (Metcalf, 1997 ; Hada et al., 1997) และหินภูเขาไฟยุคดีโวเนียนบริเวณจังหวัดเลย ซึ่งใกล้เคียงกับแนวความคิดของ Intasopa (1993) โดยขอบด้านตะวันตกของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนซึ่งปัจจุบันเชื่อมต่อกับแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย (ซึ่งปัจจุบันคือที่จังหวัดเลย) เคยมีหลักฐานว่าเป็นขอบของร่องทรุดประมาณยุคดีโวเนียนตอนปลาย และต่อมาเป็น Passive margin จนถึงยุคเพอร์เมียนตอนปลาย ตามบริเวณขอบด้านตะวันตกของแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนตั้งแต่มหายุคไซลูเรียนจนถึงยุคไทรแอสซิก ซึ่งในช่วงยุคเพอร์เมียน แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย ได้เคลื่อนที่ขึ้นไปทางเหนือและหมุนตัวตามเข็มนาฬิกาอย่างช้าๆ จนกระทั่งยุคเพอร์เมียนตอนปลาย แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทยและแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนจะอยู่ใกล้ขอบของทวีปจีนตอนใต้ มีการสะสมตะกอนตามขอบทวีปของแผ่นเปลือกโลกแบบ passive margin แผ่นเปลือกโลกอินโดจีนเคลื่อนตัวเข้าหากันอย่างรวดเร็ว แผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย เริ่มชนและมุดตัวใต้แผ่นเปลือกโลกอินโดจีน ในยุคเพอร์เมียนตอนปลายหรือในยุคไทรแอสซิกตอนต้น และธรณีวิทยาแปรสัณฐานช่วงมหายุคมีโซโซอิก (Mesotectonics) เกิดในช่วงอายุตั้งแต่ยุคจูแรสซิกจนถึงยุคครีเทเชียส ซึ่งเป็นช่วงเหตุการณ์การรวมตัวกันของแผ่นเปลือกโลกชาน-ไทย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีนเข้าด้วยกัน และทำให้เกิดเป็นภาคพื้นทวีปซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



รูป 2.2 วิวัฒนาการทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานตามธรณีกาลยุคต่างๆ ของแผ่นเปลือกโลกขาน-ไทยและอินโดจีน ตะวันตก รวมทั้งแนวชั้นหินคดโค้งซูโขทัยและเลย (Salam et. al, 2014)

จากการชนปะทะกันของแผ่นแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทย และแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน หรือเดิมเรียกว่าการก่อเทือกเขาอินโดจีนเนียน (Indosinian orogeny) ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทย (ปัจจุบัน) ยกตัวอยู่เหนือระดับน้ำทะเล ในแอ่งที่ราบสูงโคราชเกิดการทับถมของตะกอนในที่ราบน้ำท่วมถึง (กลุ่มหินโคราช) ซึ่งผลของการเอียงเทของแอ่งที่ราบสูงโคราชไปทางตะวันออกอย่างช้าๆ ในช่วงยุคครีเทเชียสตอนกลาง เกิดจากการเชื่อมตัวของแผ่นเปลือกโลกพม่าตะวันตก (Western Burma plate) กับแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทย (Gatinsky, 1986) หรืออาจเป็นผลมาจากการดันตัวของหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Suansilpong et al., 1981) ตามแนวเปราะบางที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ บริเวณภาคกลาง อ่าวไทยและภาคตะวันตกของประเทศไทย แรงบีบอัดดังกล่าว ทำให้เกิดการยกตัวของเทือกเขาเพชรบูรณ์ ซึ่งแตกต่างไปจาก Bunopas (1981) ที่เชื่อว่ามีกรรมมูลตัวของเปลือกโลกใต้พื้นสมุทร บริเวณตะวันออกของอ่าวเบงกอลในปัจจุบัน ซึ่งเป็นผลจากแผ่นเปลือกโลกพม่าตะวันตกกับแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทย ในยุคครีเทเชียสตอนปลายถึงยุคเทอร์เชียรีตอนต้นทำให้เกิดหินแกรนิตยุคครีเทเชียสที่ให้แร่ดีบุกบริเวณชายแดนไทย-พม่า และธรณีวิทยาแปรสัณฐานยุคใหม่ (Neotectonic) เกิดขึ้นในช่วงมหายุคซีโนโซอิก เป็นช่วงเหตุการณ์เกิดร่องรอยของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ การเกิดอ่าวไทย และธรณีวิทยาแปรสัณฐานยุคควอเทอร์นารี มักพบแอ่งสะสมตะกอนมหายุคซีโนโซอิก ที่เกิดสะสมตัวอยู่บนแผ่นดิน เกิดสัมพันธ์กันกับการปะทะระหว่างคาบสมุทรอินเดียนกับทวีปเอเชียในช่วงเวลาประมาณอีโอซีนตอนต้น (Patriat and Achache, 1984) ทำให้เกิดการการดันตัวสูงขึ้นของแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ และเกิดการยกตัวของเทือกเขาภูพานและเทือกเขาพนมดงรักตามบริเวณแอ่งโคราช (Sattayarak and Polachan, 1990) พบว่าในสมัยโอลิโกซีน เกิดหินอัลคาไลน์บะซอลต์ (alkaline basalt) ที่แผ่กระจายอย่างกว้างขวางในประเทศไทยและอินโดจีนยุคนีโอจีนตอนปลายถึงยุคควอเทอร์นารีซึ่งเกิดจากการขยายตัวของเปลือกโลก อายุของหินภูเขาไฟบริเวณจังหวัดลพบุรีของIntasopa (1993) พบตั้งแต่สมัยอีโอซีนตอนต้นถึงไมโอซีนตอนปลาย แสดงถึงเหตุการณ์ของธรณีแปรสัณฐานในยุคพาลีโอซีนมีหลายครั้ง ทั้งนี้เกิดจากแนวภูเขาไฟดังกล่าวเกิดจากเปลือกโลกได้ขยายตัว และเกิดร่องรอยตามรอยเปราะบางของผิวโลก ซึ่งเป็นแนวรอยต่อธรณีเดิมระหว่างแผ่นเปลือกโลกซาน-ไทย กับแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน

2.2 หินภูเขาไฟ

โดยในพื้นที่ศึกษาทั้งพื้นที่ลำสนธิและพื้นที่บึงสามพันพบลักษณะหินภูเขาไฟ (volcanic rocks)

หินอัคนีพุ หรือหินภูเขาไฟ (extrusive igneous rocks) ในประเทศไทย (รูป 2.3) ได้แก่ หินอัคนีที่เกิดจากการเย็นตัวของมวลหินหนืดบนผิวโลกหรือใกล้ผิวโลก และหินชั้นภูเขาไฟ หินภูเขาไฟในประเทศไทยพบอยู่ในบริเวณต่างๆของภาคเหนือ ที่ราบภาคกลาง แนวเขาเพชรบูรณ์ ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก และที่ราบสูงโคราช หินเหล่านี้มีส่วนประกอบทางเคมีตั้งแต่เมฟิกหรือหินสีเข้มดำ ไปจนถึงหินเฟลสิกหรือหินสีจาง หินดังกล่าว มีช่วงอายุของการเกิดเป็นช่วงๆ ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะของการเรียงลำดับชั้นหินและความสัมพันธ์ของกลุ่มหินอัคนีต่างๆ ออกได้เป็น 4 ช่วง (Bunopas, 1981) คือ (1) ยุคไซลูเรียน ถึง ช่วงล่างของยุคเพอร์เมียน (2) ช่วงบนของยุคเพอร์เมียน ถึง ช่วงล่างของยุคไทรแอสซิก (3) ช่วงบนของยุคไทรแอสซิก ถึง ช่วงล่างของยุคจูแรสซิก และ (4) ช่วงปลายมหายุคซีโนโซอิก

หินภูเขาไฟที่เกิดขึ้นในยุคเก่า (ยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน) ส่วนใหญ่มักจะถูกแปรสภาพไปมาก บางส่วนกลายเป็นหินแปรแกรดกรีนชีสต์ ในช่วงเวลาดังแต่ตอนบนของยุคเพอร์เมียนถึงตอนล่างของยุคไทรแอสซิก มีหินภูเขาไฟเกิดขึ้นมากมายในบริเวณต่างๆของไทย โดยเฉพาะในพื้นที่ภาคเหนือและภาคกลางตอนบน และช่วงปลายมหายุคซีโนโซอิก นับเป็นช่วงสุดท้ายของการระเบิดของภูเขาไฟในประเทศไทย ซึ่งให้หินบะซอลต์เป็นส่วนใหญ่

หินอัคนีพุก่อนมหายุคซีโนโซอิก (Pre-Cenozoic Extrusive Rocks) เป็นหินภูเขาไฟที่เกิดในช่วงอายุต่างๆกัน ตั้งแต่ยุคไซลูเรียนถึงช่วงล่างของยุคจูแรสซิก ลักษณะหินและการแผ่กระจายในภูมิภาคต่างๆของประเทศ เช่น

บริเวณเทือกเขาเพชรบูรณ์ ได้แก่ กลุ่มหินภูเขาไฟที่พบตั้งแต่จังหวัดเพชรบูรณ์ ลงไปถึงจังหวัดนครนายก หินส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ เกิดกระจายเป็นบริเวณและมักสัมผัสกับหินยุคเพอร์เมียนและหินชุดโคราช หินภูเขาไฟแนวนี้ประกอบด้วยหินบะซอลติกแอนดีไซต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ โดยหินภูเขาไฟแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์นี้ จัดกลุ่มพื้นที่ได้เป็น 3 บริเวณคือ บริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ บริเวณอำเภอลำานารายณ์ จังหวัดลพบุรี และบริเวณจังหวัดสระบุรี-จังหวัดนครนายก

หินภูเขาไฟบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ ได้แก่ กลุ่มหินภูเขาไฟบริเวณ อำเภอชนแดน ทอดแนวยาวลงไปทางทิศใต้ถึงบริเวณเขาพระ ด้านตะวันออกของ อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์ พบว่าหินภูเขาไฟในบริเวณ อำเภอชนแดน ประกอบด้วยหินบะซอลต์ บะซอลติกแอนดีไซต์ หินแอนดีไซต์ หินไรโอไลต์ หินทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ นอกจากนี้ ยังพบหินอัคนีแทรกซอน กลุ่มหินควอตซ์ไดออไรต์ และหินแกรโนไดออไรต์ เกิดร่วมกับหินภูเขาไฟดังกล่าวด้วย อายุของกลุ่มหินภูเขาไฟบริเวณ จังหวัดเพชรบูรณ์นี้ น่าจะเกิดในช่วงยุคเพอร์เมียนตอนบน ถึงยุคไทรแอสซิกตอนล่าง หลักฐานสำคัญจากการเรียงลำดับชั้นหินแสดงให้เห็นว่า หินชั้นภูเขาไฟ พวกหินกรวดภูเขาไฟ และหินทัฟฟ์เกิดเป็นชั้นสลับอยู่ในหินตะกอนยุคเพอร์เมียนตอนกลาง และหินแอนดีไซต์แทรกตัดหินทรายหมวดหินห้วยหินลาด

หินภูเขาไฟบริเวณลำานารายณ์ ได้แก่ กลุ่มหินภูเขาไฟลำานารายณ์ (Lum Narai Volcanic Complex) ประกอบด้วยหินภูเขาไฟที่มีอายุต่าง ๆ กัน เกิดขึ้นมาบนบริเวณนี้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มๆแรกมีอายุแก่ที่สุด ส่วนใหญ่เป็นหินแอนดีไซต์เนื้อดอก มีผลึกของแร่พลจีโอเคลส หินนี้มักจะเกิดในยุคเพอร์เมียนช่วงบน ถึงยุคไทรแอสสิกช่วงล่างเช่นเดียวกับหินภูเขาไฟเพชรบูรณ์ และหินไรโอเดไซต์-ไรโอไลต์ เป็นพวกลาวาซึ่งไหลปิดทับหินภูเขาไฟชุดต่างๆที่กล่าวมาแล้ว เป็นหินเนื้อละเอียดถึงเนื้อดกมีสีม่วงแดงถึงสีน้ำตาลอมเหลือง ปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของกลุ่มหินลำานารายณ์ ส่วนหินภูเขาไฟบริเวณลำานารายณ์กลุ่มสุดท้าย เป็นพวกที่เกิดขึ้นมาหลังสุดได้แก่ หินบะซอลต์ ซึ่งไหลปกคลุมพื้นที่ราบ เกิดในช่วงมหายุคซีโนโซอิก

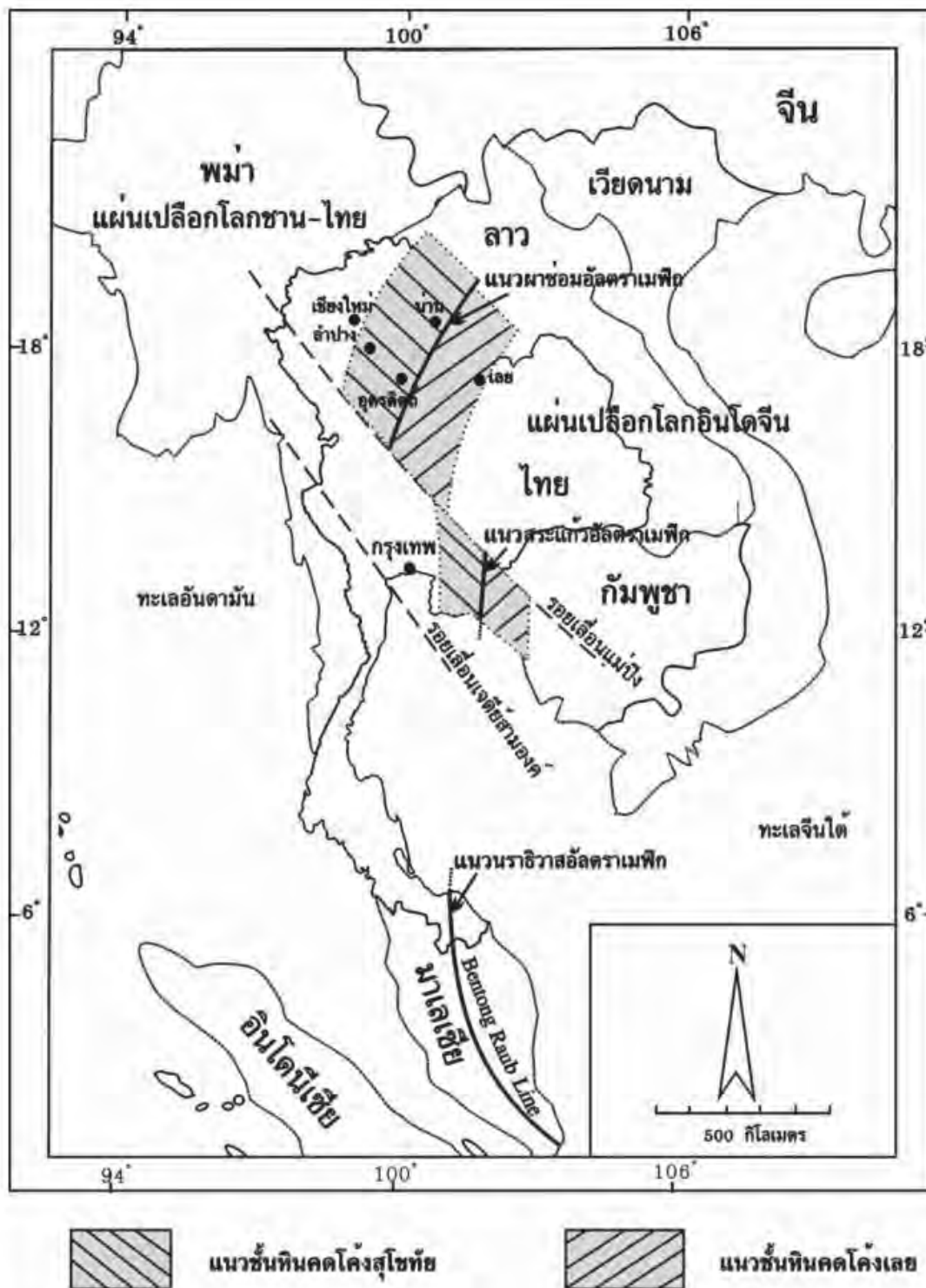
หินภูเขาไฟบริเวณสระบุรี-นครนายก หินภูเขาไฟบริเวณนี้แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ หินภูเขาไฟกลุ่มเขาใหญ่ (Khao Yai Volcanics) และหินภูเขาไฟกลุ่มห้วยส้ม (Huai Som Volcanics) หินภูเขาไฟกลุ่มเขาใหญ่ ประกอบด้วยหินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินกรวดภูเขาไฟ และหินทัฟฟ์ โดยพบหินไรโอไรต์ ลักษณะสีขาว สีน้ำตาลแกมเหลืองถึงน้ำตาลอมม่วง เนื้อละเอียด แต่บางแห่งเป็นพวกเนื้อดอกแพร่หลายที่สุดในหินภูเขาไฟกลุ่มนี้ ส่วนหินภูเขาไฟกลุ่มห้วยส้ม มีลักษณะคล้ายคลึงกับหินภูเขาไฟกลุ่มเขาใหญ่มาก หินส่วนใหญ่เป็นพวกเนื้อดอก ได้แก่ หินไรโอไรต์เนื้อดอก เกิดร่วมกับหินไรโอลิติกทัฟฟ์ หินแอนดีซิดิกทัฟฟ์ และหินทัฟฟ์เนื้อแก้ว โดยหินภูเขาไฟกลุ่มเขาใหญ่วางตัวรองรับชั้นหินชุดโคราช โดยวางตัวอยู่ใต้หมวดหินภูกระดึง และบางแห่งพบชั้นส่วนหินไรโอไลต์ และหินแอนดีไซต์ ในชั้นหินกรวดมนที่เป็นรากฐานของหมวดหินภูกระดึง ทำให้เชื่อว่า อายุของหินภูเขาไฟบริเวณสระบุรี-นครนายกนี้จะอยู่ในช่วงยุคเพอร์เมียนช่วงบน ถึงยุคไทรแอสสิกช่วงล่าง

บริเวณที่ราบสูงโคราช หมายถึง พื้นที่ จังหวัดเลย และบริเวณใกล้เคียงซึ่งเป็นบริเวณขอบด้านตะวันตกเฉียงเหนือของที่ราบสูงโคราช หินภูเขาไฟในบริเวณนี้ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ สามารถจำแนกตามอายุออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือกลุ่มหินยุคดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส และกลุ่มหินยุคเพอร์เมียน-ไทรแอสสิกเป็นกลุ่มหินภูเขาไฟที่ปกคลุมบริเวณกว้างขวาง

หินภูเขาไฟยุคดีโวเนียน-คาร์บอนิเฟอรัส ยุคนี้ประกอบด้วยหินสำคัญๆ 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มหินไรโอไลต์ และกลุ่มหินสปิลิติกบะซอลต์ (spilitic basalt)

หินภูเขาไฟยุคเพอร์เมียนช่วงบนถึงยุคไทรแอสสิกตอนล่าง (Permo-Triassic) หินภูเขาไฟยุคนี้วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ โผล่ทางด้านตะวันตกของ จังหวัดเลย ตั้งแต่บริเวณเขตแดนประเทศไทย-ลาว ไปจนถึงด้านตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะวังสะพุง หินภูเขาไฟเกิดอยู่ระหว่างหินตะกอนยุคเพอร์เมียน (หมวดหินผาเตือ) กับชุดหินโคราช (หมวดหินห้วยหินลาดและหมวดหินภูกระดึง) หินภูเขาไฟส่วนใหญ่ ได้แก่ หินแอนดีซิดิกทัฟฟ์ และหินกรวดภูเขาไฟ อายุหินภูเขาไฟกลุ่มนี้เป็นอายุเปรียบเทียบที่ได้จากการเรียงลำดับของชั้นหิน โดยพบว่าหินกลุ่มนี้วางตัวแบบรอยชั้นไม่ต่อเนื่องอยู่บนหินยุคเพอร์เมียน และวางตัวอยู่ใต้หินตะกอนยุคไทรแอสสิกช่วงบน (หินโคราชช่วงล่างๆ) และยังตัดผ่านหินยุคเพอร์เมียนในบางบริเวณ และยังพบชั้นส่วนของหินภูเขาไฟในชั้นหินกรวดมนที่วางตัวอยู่ตอนล่างของหินชุดโคราช ทางด้านใต้ของอำเภอวังสะพุง ได้พบหินภูเขาไฟถูกปิดทับด้วยหน่วยหินห้วยหินลาดแบบ

ต่อเนื่อง และพบชิ้นส่วนหินปูนยุคเพอร์เมียนเป็นก้อนอยู่ในหินกรวดภูเขาไฟ แอนดีไซต์ จึงจัดหินภูเขาไฟชุดนี้ให้อยู่ในช่วงเพอร์เมียนตอนปลาย-ยุคไทรแอสซิกตอนต้น ตามหลักฐานดังกล่าว



รูป 2.3 แผนที่แสดงแนวหินอัคนีแทรกซอนอัลตราเมฟิกและเมฟิก 3 แนวของประเทศไทย

2.3 ธรณีวิทยาทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลำสนธิ

ตามข้อมูลในแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972) (รูป 2.4 และ 2.5) แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่ลำสนธิ ถูกจัดให้อยู่ในหมวดหินภูกระดึง ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนเป็นส่วนใหญ่ แต่จากลักษณะของหินที่พบในพื้นที่นี้เป็นหินภูเขาไฟ ซึ่งไม่สอดคล้องกับชุดหินของหมวดหินภูกระดึงที่จะประกอบไปด้วยหินทรายแป้งและหินโคลนสีม่วงแดงเป็นส่วนใหญ่ (Ward and Bunnag, 1964) แต่หินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ศึกษานี้ สามารถพบได้ในหมวดหินห้วยหินลาด (Chonglakmani and Sattayalak, 1978) แต่ก็คล้ายกับชุดหินภูเขาไฟยุคเพอร์โม-ไทรแอสสิก (Permo-Triassic) พบกระจายตัวกว้างในแนวคดโค้งเลย (Khositanont et al., 2008)

Chonglakmani and Sattayarak (1978) ได้แบ่งหมวดหินห้วยหินลาดออกเป็น 5 หมู่หินจากอายุแก่ไปอายุน้อย ได้แก่

หมู่หินโพไฮ (Pho Hai Member) ประกอบด้วยหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินทัฟฟ์ หินทราย และหินกรวดมนสีแดง นับเป็นหมู่หินล่างสุด

หมู่หินซำแคน (Sam Khaen Member) ประกอบด้วยหินกรวดมน หินทราย หินปูน เป็นหมู่หินล่างสุดในบริเวณที่ไม่มีหมู่หินโพไฮ

หมู่หินดาตฟ้า (Dat Fa Member) ประกอบด้วยหินดินดานสีเทา สีเทาดำและสีดำ มีเศษซากไม้มากมาย สลับกับหินปูนสีดำ

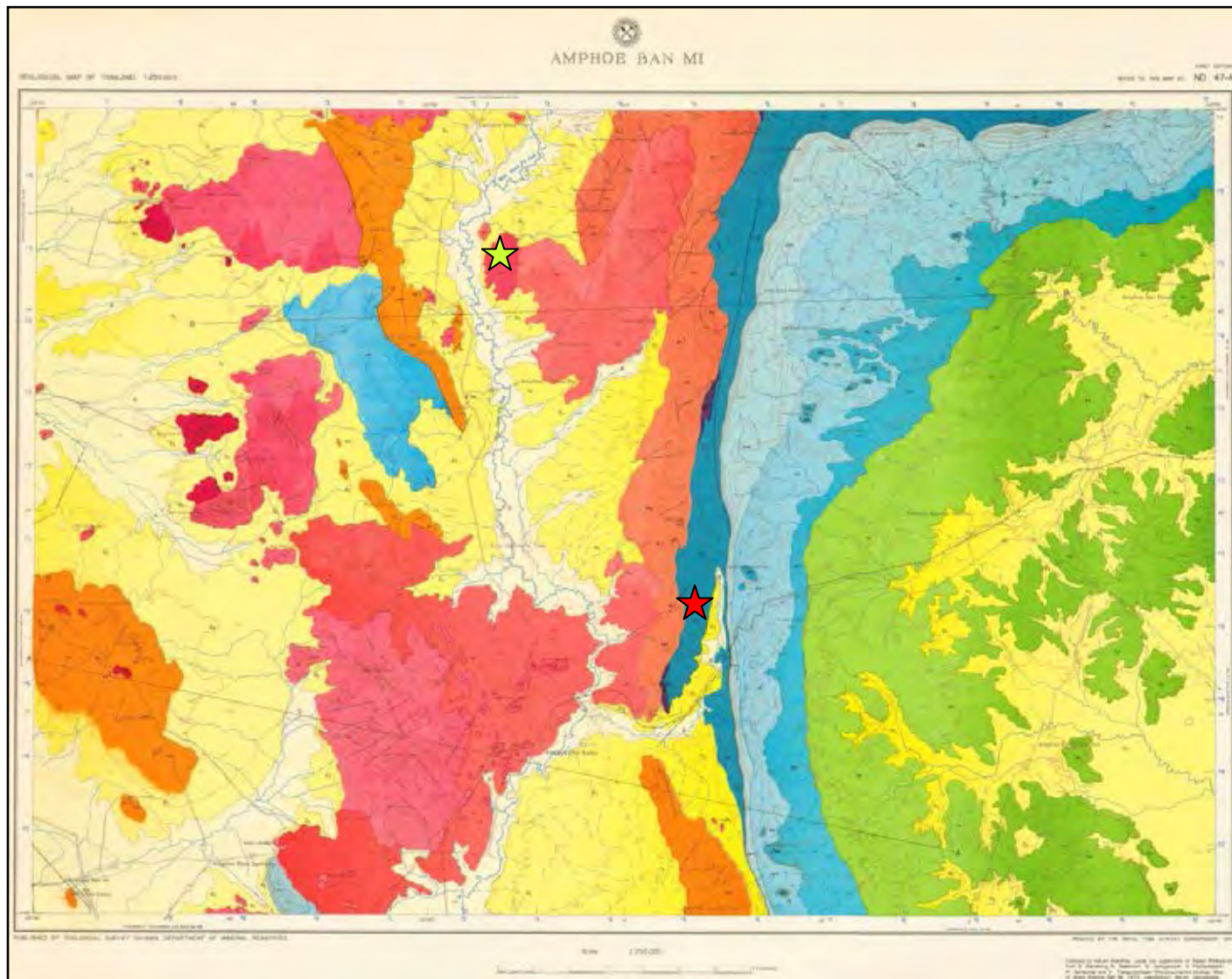
หมู่หินภูฮี (Phu Hi Member) ประกอบด้วยหินทราย หินดินดานสีเทา หินปูนสีเทา หินตะกอนสีแดง ในช่วงล่างมักจะมีหินกรวดมนขนาดเล็กด้วย

หมู่หินอีหม้อ (I Mo Member) ประกอบด้วยหินไดออไรต์ หินทัฟฟ์ หินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินดินดาน หินทราย และหินปูนสีเทา (นเรศ สัตยารักษ์, 2525)

โดยลักษณะของหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ตรงกับชุดหินของหมู่หินโพไฮ หมวดหินห้วยหินลาด ซึ่งบริเวณทางหลวงหมายเลข 12 (หล่มสัก-ชุมแพ) บริเวณ กม.ที่ 42-45 เป็นลำดับชั้นหินแบบฉบับของหมู่หินโพไฮ ซึ่งเป็นหมู่หินที่อยู่ล่างสุดของหมวดหินห้วยหินลาด ให้ชื่อตามห้วยโพไฮ ซึ่งเป็นลำห้วยที่ไหลผ่านบริเวณชั้นหินแบบฉบับ ประกอบด้วยการแทรกสลับของหินกรวดเหลี่ยมภูเขาไฟ หินตะกอนภูเขาไฟ และหินอัคนีพุชนิดต่างๆ ได้แก่ หินไรโอไลต์ หินแอนดีไซต์ และหินอัลคาไลบะซอลต์ โดยลำดับชั้นหินของหมู่หินโพไฮวางตัวไม่ต่อเนื่องเชิงมุมกับหินดินดาน และหินทรายแป้ง สีดำจนถึงสีเทาของหมวดหินห้วยน้ำคำ อายุเพอร์เมียน ปิดทับด้วยหินกรวดมนของหมู่หินซำแคน (รูป 2.6)

พื้นที่บึงสามพัน

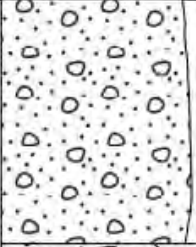

ตามข้อมูลในแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972) (รูป 2.4) แสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่บึงสามพันประกอบไปด้วยหินภูเขาไฟ ได้แก่หินทัฟฟ์ หินกรวดภูเขาไฟ หินไรโอไลต์และหินแอนดีไซต์ อายุเพอร์โม-ไทรแอสสิก ที่วางตัวอยู่กลางหมวดหินห้วยหินลาด กลุ่มหินโคราช



รูป 2.4 แผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972) (ตำแหน่งดาวสีแดง คือ บริเวณพื้นที่ลำสนธิ และตำแหน่งดาวสีเหลือง คือ พื้นที่บึงสามพัน)

	FORMATION	GROUP	AGE	
	Recent river alluvial deposits.		RECENT	} QUATERNARY
	Sand, silt, clay of Pleistocene river terrace deposits, calcareous tufa and laterite soil.		PLEISTOCENE	
UNCONFORMITY				
	Pale red, fine grained, calcareous sandstone and conglomerate of pale red siltstone pebbles.	KHOK KRUAT	} KHORAT	} CRETACEOUS
	White to pale brown, medium to coarse-grained sandstone with prominent features of cross bedding and friable quartz-chert pebbles.	PHU PHAN		
	Cross-bedded, friable, gray, fine to medium-grained sandstone and greenish-gray siltstone.	SAO KHUA		
	White to light brown, medium-grained sandstone interbedded with siltstone.	PHRA WIHAN	} JURASSIC	}
	Friable purplish-red calcareous siltstone cross bedded fine to medium-grained sandstone.	PHU KRADUNG		
	Pale brown medium-grained cross-bedded friable pebbly sandstone of volcanic rock and limestone pebbles.	SAP MAI DAENG (SANDSTONE)		
	Conglomerate of poor sorted rounded to sub-rounded pebbles of limestone and volcanic rocks.	HUAI HIN LAT		TRIASSIC
UNCONFORMITY				
	Massive to well bedded, light gray to bluish-gray limestone, sandstone and shale.	TAK FA	} RATBURI	} PERMIAN
	Brown to dark brown shale and slaty shale interbedded with massive recrystalline limestone, intercalated band of limestone and sandstone and limestone lenses.	KHAO LUAK		
IGNEOUS ROCKS				
	Basalt.			QUATERNARY
	Phyolite, tuff, agglomerate and andesite.			} TRIASSIC
	Granite.			

รูป 2.5 คำอธิบายแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ (Nikorn Nakornsri, 1972)

Fm.	M.	Lithology outline	Description
Huai Hin Lat	Sam Khean		<ul style="list-style-type: none"> - Conglomerate, consist of sandstone, andesite, rhyolite and chert, sub-angular to sub-rounded, low sphericity, poorly sorted.
	Pho Hai		<ul style="list-style-type: none"> - Agglomerate, consist of rhyolite, andesite, cobble to boulder. - Rhyolite, grayish purple, aphanitic texture. - Andesite grayish green, aphanitic texture. - Andesitic tuff, grayish green.

รูป 2.6 ลำดับชั้นหินของหมู่หินโพไฮบริเวณชั้นหินแบบฉบับ (อนุวัชร ตริโรจนานนท์, 2555)

บทที่ 3

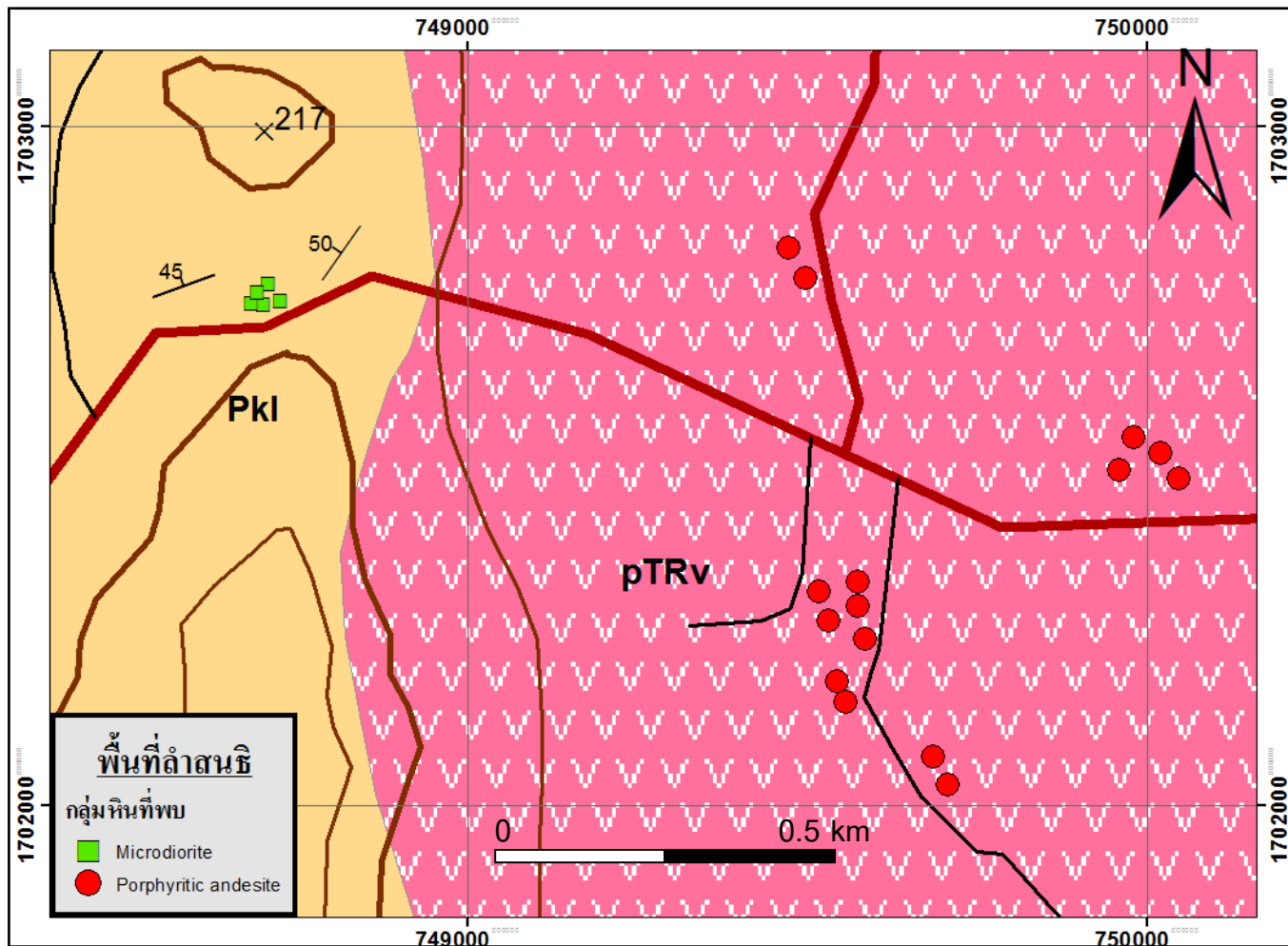
ผลการศึกษา

ในบทนี้อธิบายถึงผลการวิเคราะห์ทางศิลาวิทยา (Petrology) และธรณีเคมี (Geochemistry) ของพื้นที่ศึกษาทั้งสอง คือ พื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน เพื่อให้ทราบถึงชนิดของหินที่พบ และจัดจำแนกกลุ่มหิน โดยการวิเคราะห์ทางศิลาวิทยา ทำการศึกษาจากหินตัวอย่าง (hand specimen) เพื่ออธิบายลักษณะของเนื้อหินและแร่ที่พบ และแผ่นหินขัดบาง (thin section) เพื่อศึกษาหาแร่องค์ประกอบในเนื้อหิน ส่วนการศึกษาทางธรณีเคมี เพื่อวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในหินทั้งธาตุหลัก (major elements) และธาตุร่องรอย (trace elements) บางตัว โดยพื้นที่ศึกษาทั้งสองมีการนำหินตัวอย่างมาศึกษาวิเคราะห์ทางศิลาวิทยา และธรณีเคมี แต่ในพื้นที่ลำสนธิ มีการจัดทำลำดับชั้นหิน (Stratigraphy) บริเวณเขาขวาง ซึ่งเชื่อว่าเป็นลำดับชั้นหินที่วางตัวอยู่ด้านล่างกลุ่มหินภูเขาไฟที่พบในบริเวณใกล้เคียงของพื้นที่ลำสนธิ

3.1 พื้นที่ลำสนธิ

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามบริเวณพื้นที่ลำสนธิ พบว่าบริเวณเขาขวาง พบลักษณะของหินส่วนใหญ่เป็นหินตะกอน (Sedimentary rocks) ได้แก่ หินโคลน (mudstone) หินทรายแป้ง (siltstone) หินดินดาน (shale) และบางบริเวณพบเป็นหินอพิคลาสติก (epiclastic rock) และในพื้นที่ลำสนธิ ทางฝั่งตะวันออกของเขาขวาง พบลักษณะของหินส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟ (Volcanic rocks) ได้แก่ หินแอนดีไซต์ (andesite) ที่เกิดจากลาวาหลาก (lava flow) และหินแอนดีซิติคทัฟฟ์ (andesitic tuff) ที่เป็นพวกหินตะกอนภูเขาไฟ (pyroclastic rock) เป็นต้น โดยเชื่อว่าหินตะกอนเหล่านี้วางตัวอยู่ด้านล่างหินภูเขาไฟ เนื่องจากข้อมูลในแผนที่ธรณีวิทยา ND 47-4 อำเภอบ้านหมี่ บริเวณที่พบหินตะกอนเหล่านี้ ถูกจัดให้อยู่ในหมวดหินเขาสวก (Khao Luak Formation) ที่มีอายุคาร์บอนิเฟอรัสตอนกลางถึงเพอร์เมียนตอนกลาง และจากการวางตัวของชั้นหินของหมวดหินนี้ส่วนใหญ่เอียงเทไปทาง NW เป็นหลักฐานที่ทำให้ทราบว่าชุดหินภูเขาไฟในพื้นที่นี้มีอายุที่อ่อนกว่า

โดยในพื้นที่ลำสนธิ ลักษณะของหินโผล่ (outcrop) ที่พบมีทั้งกระจายเป็นลักษณะดานหิน ซึ่งประกอบด้วยหินภูเขาไฟ ได้แก่ หินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite) ซึ่งจัดรวมพวกหินแอนดีไซต์ กับหินแอนดีซิติคทัฟฟ์ และพบลักษณะหินโผล่ถนนตัด (road cut outcrop) ที่แสดงลักษณะเป็น body เล็กๆ ณ บริเวณเขาขวาง คือ หินไมโครไดออไรต์ (Microdiorite) โดยแต่ละกลุ่มหินกระจายตัวอยู่ตามรูป 3.1



รูป 3.1 แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินที่พบในพื้นที่ลำสนธิ และแบ่งขอบเขต (boundary) เป็นหินตะกอน ที่พบทางฝั่งตะวันตกของพื้นที่ (เขาขวาง) และหินภูเขาไฟ ที่พบทางฝั่งตะวันออกของพื้นที่

3.1.1 ลำดับชั้นหิน

ทำการลำดับชั้นหินบริเวณหินโคลงถนนตัด (road cut outcrop) (ถนนทางหลวงชนบท 4069) ณ บริเวณเขาขวาง อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี โดยอัตราการผุพังอยู่กับที่ของหินโคลงนี้ มีการแสดงลักษณะผุพังปานกลาง (moderately weathered) ถึงลักษณะที่มีการผุพังมาก (highly weathered) โดยมีขนาดประมาณ 10x195 ตารางเมตร (รูป 3.2)

ลักษณะเด่นของชั้นหินนี้คือ ชั้นหินตะกอน (sedimentary rock) ที่วางสลับชั้นกับชั้นหินตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastic rock) (รูป 3.3)

โดยกลุ่มหินตะกอนเนื้อประสมที่พบ ได้แก่

หินโคลน (mudstone) ที่มีสีสลดสีเทาอมเขียว สีฝูสีเทาอมน้ำตาล มีสารเชื่อมประสานเป็นซิลิกา พบแร่
องค์ประกอบหลักคือ แร่ดินเหนียว (clay mineral) มีการคัดขนาดดี มีความกลมมนสูง เนื้อแน่นเนียนละเอียด

หินดินดาน (shale) มีสีสลดสีน้ำตาล สีฝูสีน้ำตาลส้ม มีสารเชื่อมประสานเป็นซิลิกา พบแนวแตกถึ
(fissility) ชัดเจน โดยชั้นหินดินดานที่พบแสดงลักษณะชั้นหินบาง (lamination)

หินทรายแป้งเนื้อซิลิกา (siliceous siltstone) มีสีสลดสีเทาเข้ม สีฝูสีน้ำตาลอ่อน มีขนาดตะกอนละเอียด
มีการคัดขนาดดี มีความกลมมนสูง มีสารเชื่อมประสานเป็นซิลิกา และมีลักษณะแข็งและแตกคม

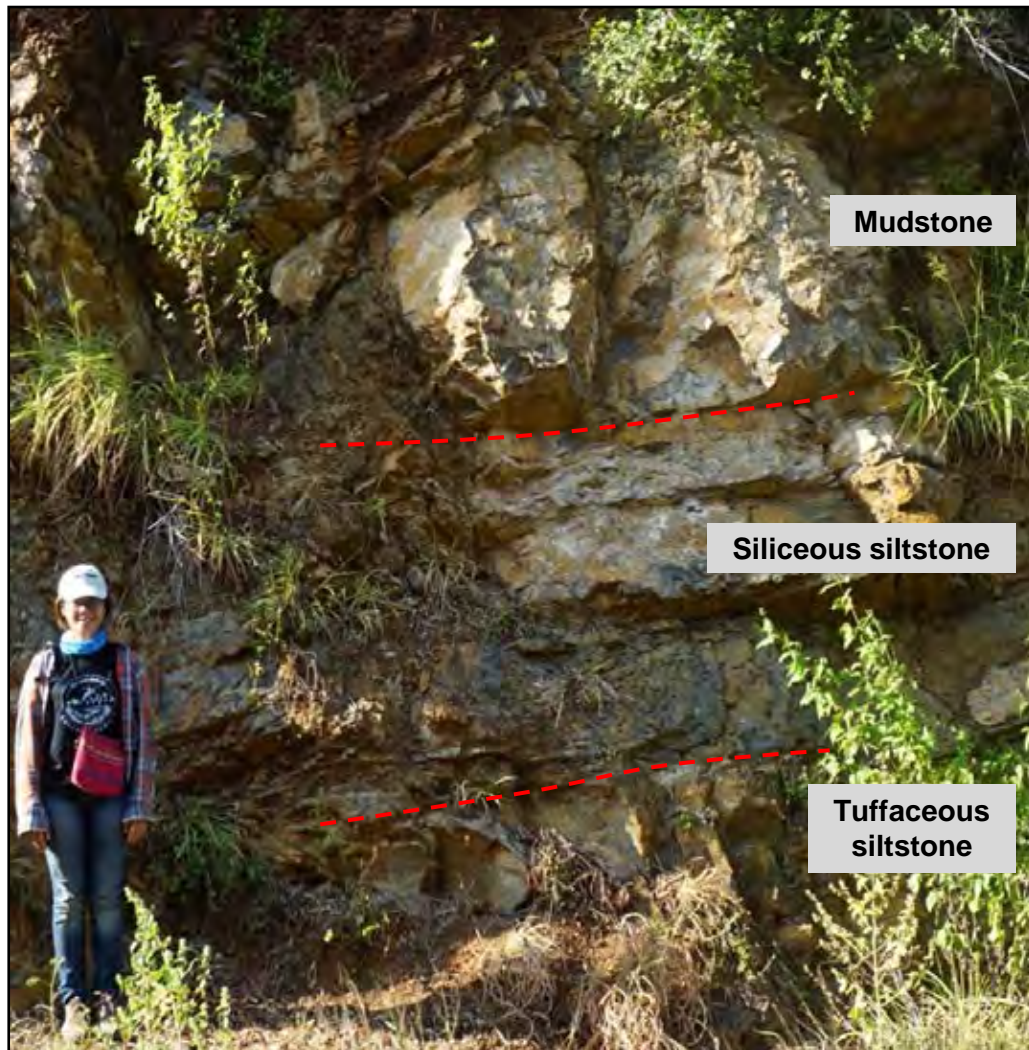
และกลุ่มหินตะกอนภูเขาไฟที่พบ ได้แก่

หินอิพิคลาสติก (epiclastic rock) ซึ่งเป็นหินทรายแป้งเนื้อทัฟฟ์ (tuffaceous siltstone) สีสลดสีเทา
อมเขียว สีฝูสีน้ำตาลส้ม เกิดจากการจับตัวแข็งของเศษหินของที่มีอยู่เดิม มีขนาดเถ้า (ash size) ซึ่งมีขนาดน้อยกว่า
2 มิลลิเมตร เมื่อศึกษาหินภายใต้กล้อง พบว่าประกอบด้วยแร่เฟลสปาร์ และเศษหินเป็นส่วนใหญ่ เศษหินที่พบ
ประกอบไปด้วย หินตะกอนพวกหินโคลนและหินทรายแป้ง หินภูเขาไฟพวกหินแอนดีไซต์ ส่วนเนื้อพื้นประกอบ
ด้วยผลึกแร่เฟลสปาร์ขนาดเล็กและแก้วภูเขาไฟ ไม่พบการสลับชั้นกับหินดินดาน และแสดงลักษณะเป็นชั้นหนา
(massive bed)

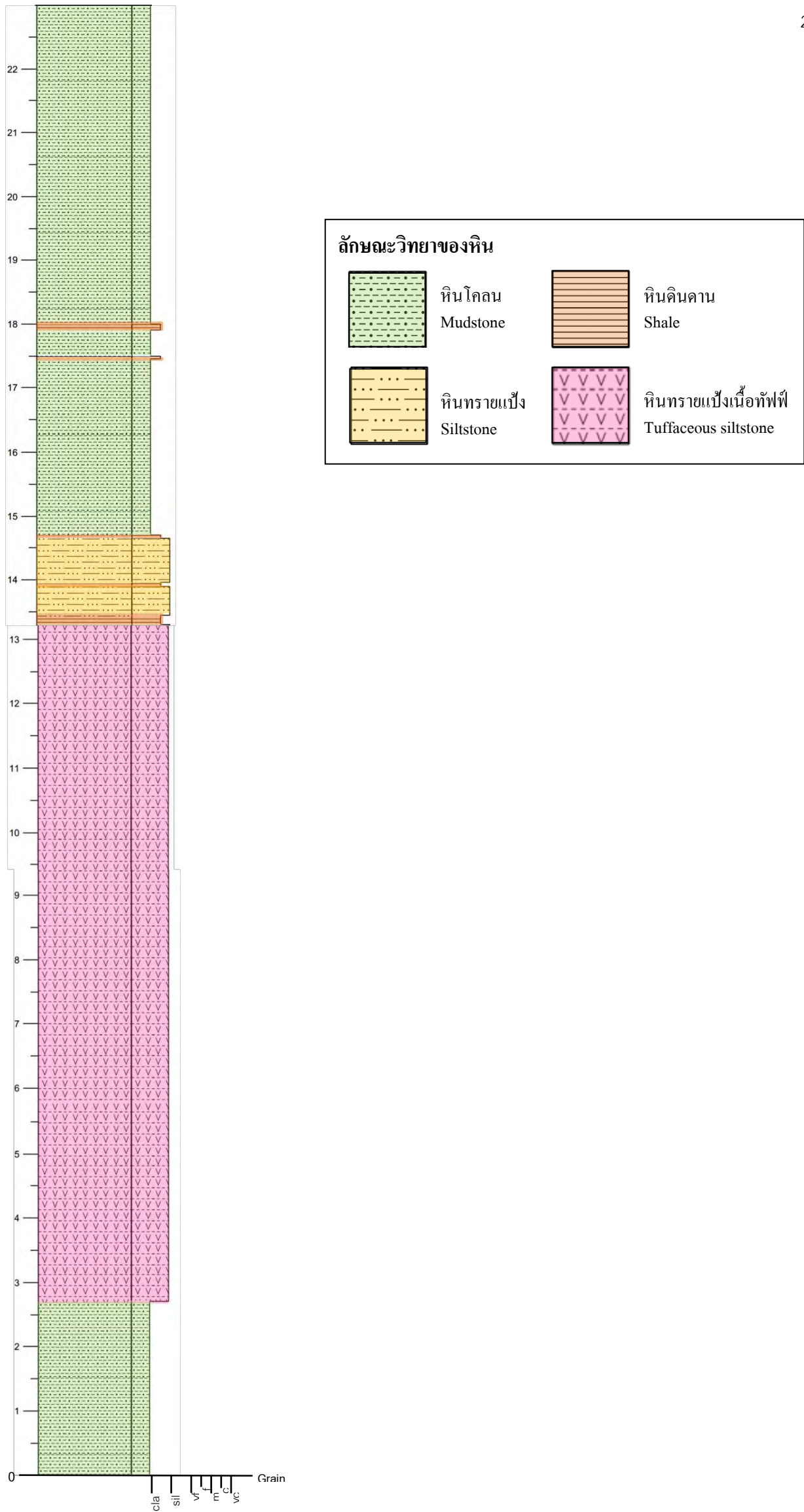
โดยลำดับชั้นหินนี้ประกอบด้วย ชั้นบนสุดคือ หินโคลนสีเทาอมเขียว แทรกสลับกับหินดินดาน เป็นชั้น
หนาสลับกันประมาณ 8 เมตร มีค่าการวางตัวชั้นหิน (bedding) ประมาณ $250/45^\circ$ NW ถัดลงมาเป็นชั้นหินทราย
แป้งเนื้อซิลิกา แทรกสลับกับหินดินดานชั้นบาง เป็นชั้นหนาประมาณ 1 เมตร มีค่าการวางตัวชั้นหินประมาณ
 $234/30^\circ$ NW และชั้นถัดลงมาเป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อทัฟฟ์ ซึ่งเป็นชั้นของกลุ่มหินตะกอนภูเขาไฟ ที่แสดง
ลักษณะชั้นหนา ประมาณ 11 เมตร และชั้นล่างสุดเป็นหินโคลนสีเทาอมเขียว สลับกับชั้นบางของหินดินดาน หนา
ประมาณ 3 เมตร มีค่าการวางตัวชั้นหินประมาณ $215/55^\circ$ NW โดยมีความหนารวมทั้งหมดประมาณ 23 เมตร
โดยแนวสัมผัสระหว่างแต่ละชั้นหินนี้เป็นรอยต่อแบบชัดเจน (sharp contact) ทั้งสิ้น (รูป 3.4)



รูป 3.2 แสดงภาพหินโคลนถนนตัด ณ เขาขวาง ที่แสดงลักษณะการวางตัวของชั้นหินตะกอนกับหินตะกอนภูเขาไฟ



รูป 3.3 บริเวณหินโผล่นี้ ที่แสดงให้เห็นการวางตัวของชั้นหินชัดเจน พบว่าชั้นบนสุดเป็นชั้นหินโคลนสีเทาอมเขียว ถัดมาเป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อซิลิกา และชั้นล่างสุดที่พบ ณ บริเวณหินโผล่นี้ เป็นชั้นหินทรายแป้งเนื้อทัฟฟ์ โดยเห็นการวางตัวชั้นหินชัดเจน เนื่องจากเป็นชั้นหินดินดาน ที่ผุพังลงไป แทรกสลับอยู่



รูป 3.4 แท่งลำดับชั้นหิน ๓ บริเวณเขาขวาง ในพื้นที่ลำสนธิ

3.1.2 ศิลาวทยา

จากการศึกษาวิเคราะห์ชนิดของหินที่พบ และจำแนกกลุ่มหิน โดยอาศัยการศึกษาจากหินตัวอย่าง และแผ่นหินขัดบาง เพื่อศึกษาหาแร่องค์ประกอบในเนื้อหิน พบว่าหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ลำสนธิ สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหิน ได้แก่ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite) และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ (Microdiorite)

กลุ่มหินที่พบ มีดังนี้

1. หินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite)

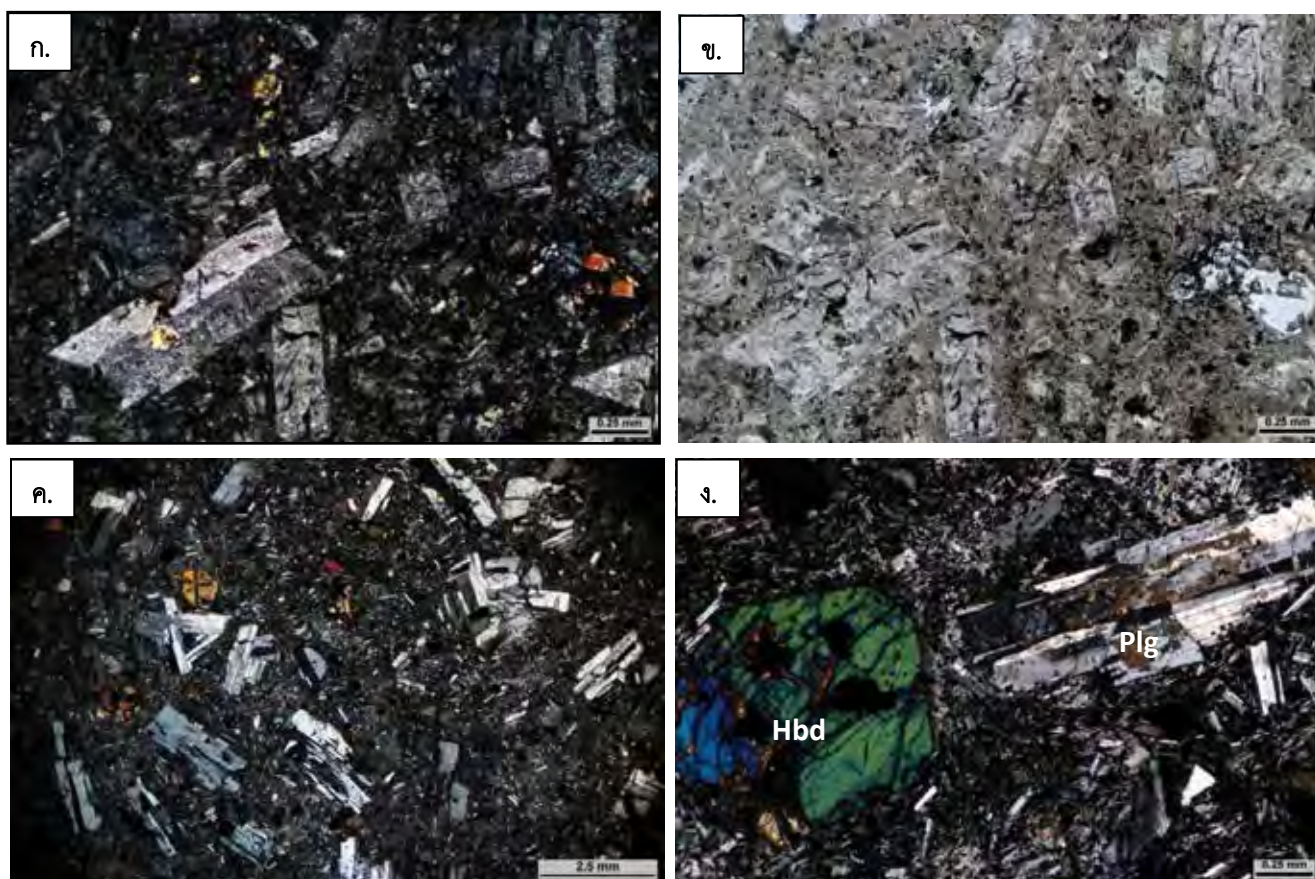
โดยจากการศึกษาในภาคสนามของหินตัวอย่างของกลุ่มหินนี้ มีสีสดสีน้ำตาลเข้มอมเขียว มีสีฝุ่นน้ำตาลเข้ม พบลักษณะเป็นเนื้อละเอียด (Aphanitic texture) เม็ดแร่เป็นผลึกเล็กไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ และพบลักษณะเป็นเนื้อผลึกต่างขนาด (inequigranular) หรือเนื้อดอก (porphyritic texture) พบผลึกดอกของแร่แพลจิเคลส และแร่ฮอร์นเบอร์น (รูป 3.5)



รูป 3.5 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก พบลักษณะเนื้อดอกที่มีทั้งผลึกดอกชนิดเดียว ที่เป็นแร่แพลจิโอเคลส และผลึกดอกสองชนิด ที่เป็นแร่แพลจิโอเคลส กับแร่ฮอร์นเบอร์น

จากการศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหินมีลักษณะเป็นหินแอนดีไซต์ ที่มีลักษณะของเนื้อดอก โดยในพื้นที่ลำสนธิ พบเป็นลักษณะเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกชนิดเดียว ของแร่แพลจิโอเคลส (plagioclase) (รูป 3.6ก, ข) และผลึกดอกสองชนิด ของแร่แพลจิโอเคลส กับแร่ฮอร์นเบอร์น (hornblende) (รูป 3.6ค, ง) โดยผลึกดอกของแร่

แพคจิโอเคลส มีรูปผลึกสมบูรณ์ (euhedral crystal) มีขนาดตั้งแต่ 0.8-2.0 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ประมาณ 35-40% และผลึกดอกของแร่ฮอร์นเบรน มีรูปผลึกกึ่งสมบูรณ์ (subhedral crystal) มีขนาดตั้งแต่ 0.5-1 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ประมาณ 20% โดยทั้งสองพื้นที่มีลักษณะเนื้อดอกต่างขนาด (hiatal porphyritic texture) และเนื้อพื้น (groundmass) มีเนื้อพื้นละเอียด (fine grained groundmass) ประกอบด้วยแร่แพคจิโอเคลส ที่แสดงลักษณะผลึกขุข (microlite) ขนาดละเอียด แร่ฮอร์นเบรน แร่ไพรอกซีน (pyroxene) ที่พบเพียงเล็กน้อย และแร่กลุ่มทึบแสง (opaque minerals)



รูป 3.6 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ก. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกชนิดเดียวที่เป็นแร่แพคจิโอเคลส ที่มีการกระจายหนาแน่น ข. ภาพ PPL แสดงลักษณะของเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกชนิดเดียวที่เป็นแร่แพคจิโอเคลส ค. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกสองชนิด ที่เป็นแร่แพคจิโอเคลส กับแร่ฮอร์นเบรน โดยพบผลึกดอกของแร่แพคจิโอเคลสกระจายตัวมากกว่าแร่ฮอร์นเบรน ง. ภาพ XPL แสดงลักษณะผลึกดอกสองชนิดของแร่แพคจิโอเคลส ที่มีลักษณะผลึกแฝดคาร์ลสβάต กับแร่ฮอร์นเบรนที่มีแนวแตกเรียบ (cleavage) 2 แนว ทำมุมกัน 60° (Plg=Plagioclase, Hbd=Hornblende และ Opg=Opaque mineral)

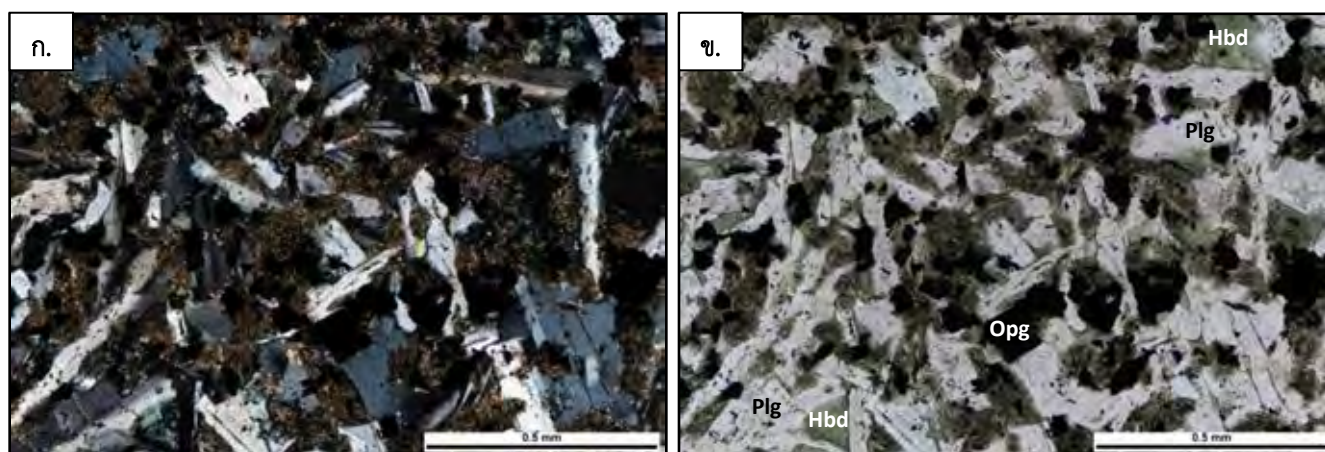
2. หินไมโครไดออไรต์ (Microdiorite)

หินกลุ่มนี้พบแค่ภายในพื้นที่ลำสนธิ พบเป็นลักษณะของ body คล้ายลักษณะ laccolith เป็นหินโผล่ถนนตัด (road cut outcrop) (ถนนทางหลวงชนบท 4069) ณ เขาขวาง อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี หินโผล่ที่พบมีความผุเล็กน้อย (slightly weathered) ซึ่งมีขนาดประมาณ 5x11 ตารางเมตร (รูป 3.7ก) โดยจากการศึกษาในภาคสนามของหินตัวอย่างของกลุ่มหินนี้ มีสีสดสีเทาอมเขียว มีสีฝุสีน้ำตาลแดง มีผลึกขนาดเล็ก (fine-grained) ขนาดช่วง 0.2-0.5 มิลลิเมตร พบลักษณะเป็นเนื้อผลึก (phaneritic texture) ที่ขนาดละเอียดมาก เป็นหินที่เกิดในระดับตื้น (hypabyssal) จึงจัดให้อยู่ในกลุ่มหินภูเขาไฟ (รูป 3.7ข)



รูป 3.7 หินไมโครไดออไรต์ ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ณ บริเวณเขาขวาง ก. แสดงลักษณะของหินโผล่ถนนตัด (road cut outcrop) ณ เขาขวาง อำเภอลำสนธิ จังหวัดลพบุรี ซึ่งมีขนาดประมาณ 5x11 เมตร แสดงลักษณะเป็นพลูตอน (pluton) ข. แสดงลักษณะของหินไมโครไดออไรต์ที่พบ ที่มีผลึกแร่ขนาดเล็ก

จากการศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหินมีลักษณะเป็นหินไดออไรต์ ที่ประกอบด้วยแร่หลัก ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งได้แก่ แร่แพลจิโอเคลส รูปแท่งผอม (lath) มีรูปผลึกกึ่งสมบูรณ์ มีขนาดตั้งแต่ 0.25-0.5 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่อย่างหนาแน่นประมาณ 60-65% แสดงลักษณะผลึกแฝดคาร์ลสباد (Carlsbad twin) และแร่ฮอร์นเบอร์น ที่มีการแปรเปลี่ยน (alteration) ไปเป็นแร่คลอไรต์ (Chlorite) ส่วนใหญ่ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 0.15-0.25 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ประมาณ 15-20% มีรูปผลึกไร้หน้า (anhedral crystal) และพบแร่กลุ่มทึบ ประมาณ 20% (รูป 3.8ก, ข)



รูป 3.8 หินไมโครไดออไรต์ ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ก. ภาพ XPL แสดงลักษณะแร่หลักที่พบในหินนี้ ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส ที่แสดงลักษณะผลึกแฝดคาร์ลสباد แร่ฮอร์นเบอร์น โดยแร่ฮอร์นเบอร์นส่วนใหญ่ที่พบถูกการแปรเปลี่ยน ไปเป็นแร่คลอไรต์ แต่ยังคงเห็นร่องรอยรูปร่างผลึกของแร่ฮอร์นเบอร์นอยู่ และแร่กลุ่มทึบแสง ข. ภาพ PPL แสดงลักษณะแร่หลักที่พบในหินนี้ ที่มีขนาดเล็ก ซึ่งประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่ฮอร์นเบอร์น และแร่กลุ่มทึบแสง (Plg=Plagioclase, Hbd=Hornblende และ Opg=Opaque mineral)

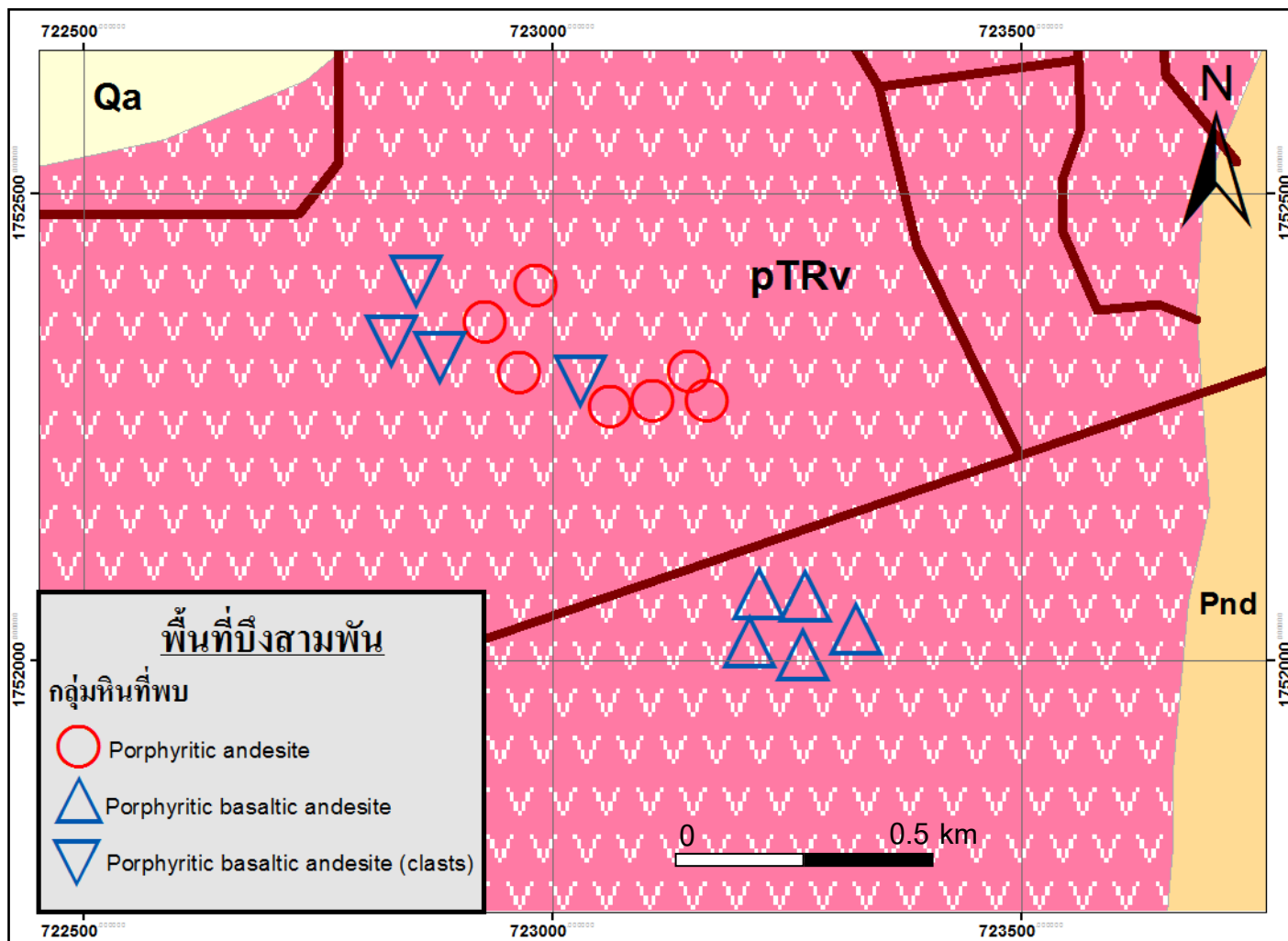
3.2 พื้นที่บึงสามพัน

จากการเก็บข้อมูลในภาคสนามบริเวณพื้นที่บึงสามพันพบลักษณะของหินส่วนใหญ่เป็นหินภูเขาไฟ โดยบริเวณทางฝั่งตะวันออกของสหฟาร์มบึงสามพัน ถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 225 ตำบลกันจู้ (กม.55) พบลักษณะของหินโผล่เป็นหินตะกอนภูเขาไฟ (volcaniclastic rock) ซึ่งประกอบด้วยหินเศษชิ้น (fragment rocks หรือ clasts) ของหินหลากหลายชนิด หรือที่เรียกว่า polymictic breccia ได้แก่ หินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก หินแอนดีไซต์เนื้อดอก และหินโคลน ซึ่งมีขนาดค่อนข้างใหญ่ประมาณ 15-20 เซนติเมตร (รูป 3.9) ได้นำมาเพียงหินเศษชิ้นของหินภูเขาไฟเหล่านั้น มาทำการศึกษาต่อ และในบริเวณพื้นที่ฝั่งตรงข้ามถนนทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 225 พบลักษณะของหินโผล่เป็นพวกหินภูเขาไฟ monomictic tuff หรือ coherent ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ซึ่งคาดว่าอาจเป็นที่มาของหินเศษชิ้น บริเวณใกล้ๆสหฟาร์มบึงสามพัน ที่พบลักษณะของหินชนิดเดียวกัน

การกระจายของหินที่พบ และแสดงขอบเขต (boundary) ของหินที่พบในพื้นที่ อ้างอิงจากการออกภาคสนาม (Fieldwork) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 12 ของนิสิตชั้นปีที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2560 พบว่าพื้นที่บึงสามพันบริเวณนี้ เป็นหินภูเขาไฟ พวกแอนดีไซต์เป็นส่วนใหญ่ และพบหินตะกอนในบริเวณใกล้เคียง ทางฝั่งตะวันออก ของหมวดหินน้ำดุก ตามรูป 3.10



รูป 3.9 แสดงลักษณะของหินโผล่หินตะกอนภูเขาไฟ ซึ่งประกอบด้วยหินเศษชิ้นของหินหลากหลายชนิด ได้แก่ หินภูเขาไฟ โดยพบบริเวณทางฝั่งตะวันออกของสหฟาร์มบึงสามพัน



รูป 3.10 แผนที่แสดงการกระจายตัวของกลุ่มหินที่พบในพื้นที่บึงสามพัน และขอบเขต ของหินที่พบในพื้นที่ อ้างอิงจากการออกภาคสนาม (Fieldwork) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ บริเวณพื้นที่ศึกษาที่ 12 ของนิสิตชั้นปีที่ 3 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ประจำปีการศึกษา 2560

3.2.1 ศิลาวิทยา

จากการศึกษาวิเคราะห์ชนิดของหินที่พบ และจำแนกกลุ่มหิน โดยอาศัยการศึกษาจากหินตัวอย่าง และแผ่นหินขัดบาง พบว่าหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่บึงสามพัน สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหิน ได้แก่ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite) และกลุ่มหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic basaltic andesite)

กลุ่มหินที่พบ มีดังนี้

1. หินแอนดีไซต์เนื้อดอก

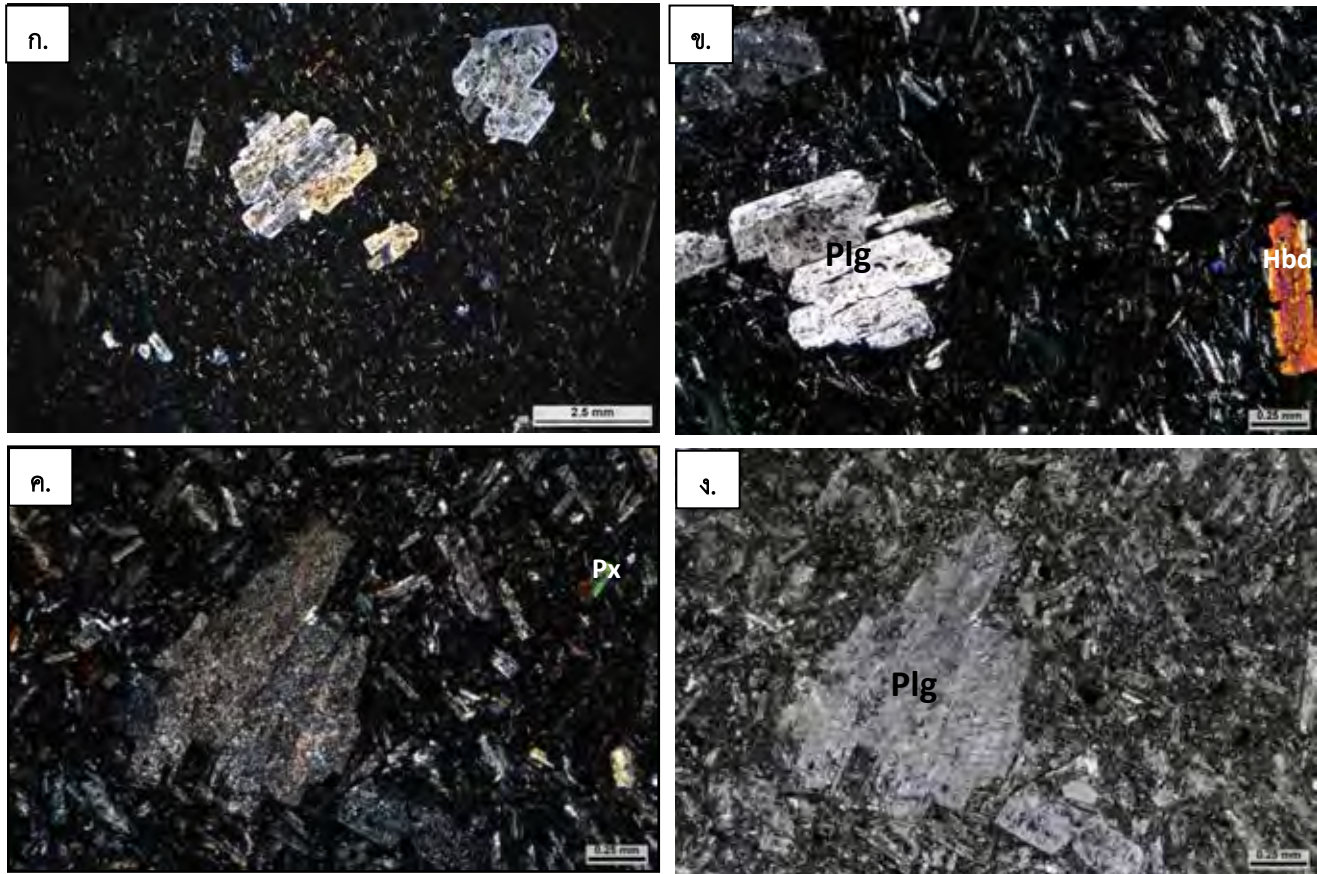
โดยจากการศึกษาในภาคสนาม ของหินตัวอย่างของกลุ่มหินนี้ มีสีสดสีเทาอมเขียว มีสีผุสีน้ำตาลส้ม และพบลักษณะเป็นเนื้อละเอียด โดยเม็ดแร่เป็นผลึกเล็กไม่สามารถเห็นด้วยตาเปล่า ต้องอาศัยกล้องจุลทรรศน์ และพบลักษณะเป็นเนื้อผลึกต่างขนาด หรือเนื้อดอก พบผลึกดอกของแร่แพลจิโอเคลสเพียงชนิดเดียว (รูป 3.11)



รูป 3.11 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่มีเนื้อดอกเป็นแร่แพลจิโอเคลส ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน

จากการศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหินมีลักษณะเป็นหินแอนดีไซต์ ที่มีลักษณะของเนื้อดอก โดยในพื้นที่บึงสามพัน พบเป็นผลึกดอกของแร่แพลจิโอเคลสเพียงอย่างเดียว ที่แสดงลักษณะผลึกแฝดคาร์ลสβάต มีรูปผลึกกึ่งสมบูรณ์ ที่มีขนาดตั้งแต่ 1.2-2.5 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ประมาณ 25-30% (รูป 3.12ก, ข) โดยตัวอย่างหินบางก้อน พบลักษณะของผลึกดอกที่มีการแปรเปลี่ยนเกิดเป็นแร่เซริไซต์ (sericite) แทนที่ภายใน และแร่ฮอร์นเบอร์นและไพรอกซีนที่พบรณ บางส่วนมีการแปรเปลี่ยนไปเป็นแร่คลอไรต์แทน (รูป 3.12ค,ง) และเนื้อพื้นมี

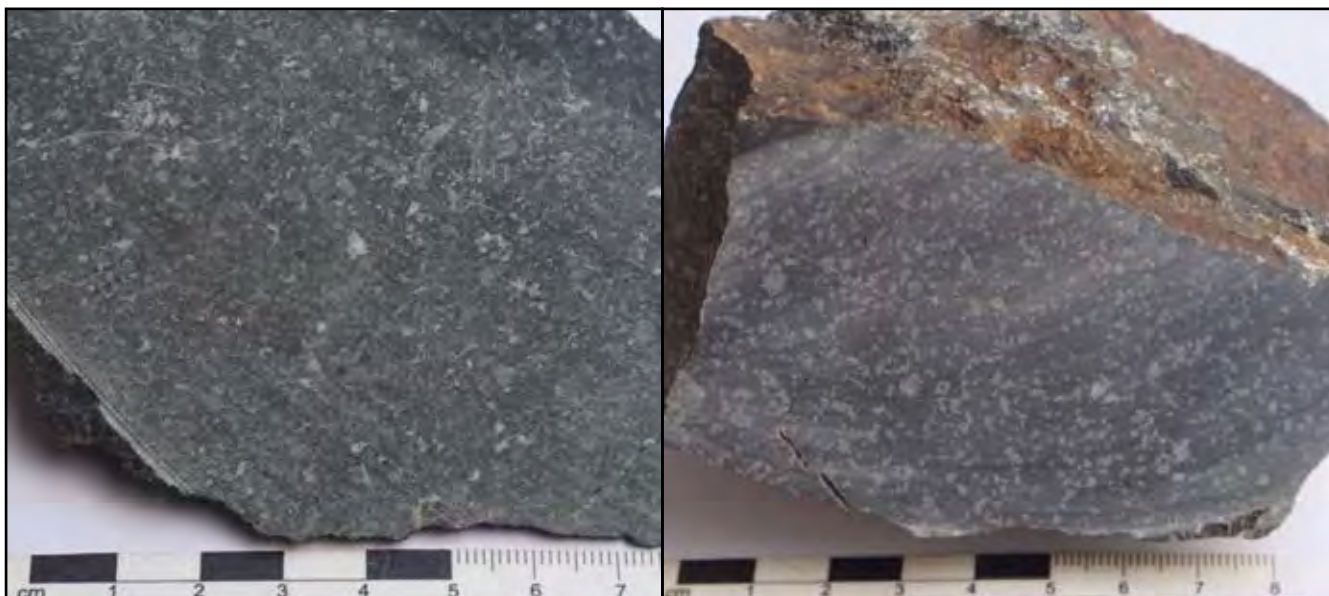
เนื้อละเอียด ประกอบด้วยแร่พลagiโอเคลส ที่แสดงลักษณะผลึกชุก ขนาดละเอียด แร่ฮอร์นเบอร์น แร่ไพรอกซีนที่พบเพียงเล็กน้อย และแร่กลุ่มทึบแสง



รูป 3.12 หินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน ก. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอกที่เป็นแร่พลagiโอเคลส ที่มีการกระจายตัวของผลึกดอกน้อยกว่าพื้นที่ลำสนธิ ข. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอกของแร่พลagiโอเคลส กับเนื้อพื้นที่เป็นแร่พลagiโอเคลส มีลักษณะผลึกชุก และแร่ฮอร์นเบอร์น ส่วนหินที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ค. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกชนิดเดียวที่เป็นแร่พลagiโอเคลส ที่มีการแปรเปลี่ยนเกิดเป็นแร่เซริไซต์ (sericite) แทนที่ภายใน ง. ภาพ PPL แสดงลักษณะของเนื้อดอก ที่มีผลึกดอกชนิดเดียวที่เป็นแร่พลagiโอเคลส บางส่วนของแร่ฮอร์นเบอร์นและไพรอกซีนมีการแปรเปลี่ยนไปเป็นแร่คลอไรต์ (Plg=Plagioclase, Hbd= Hornblende และ Px=Pyroxene)

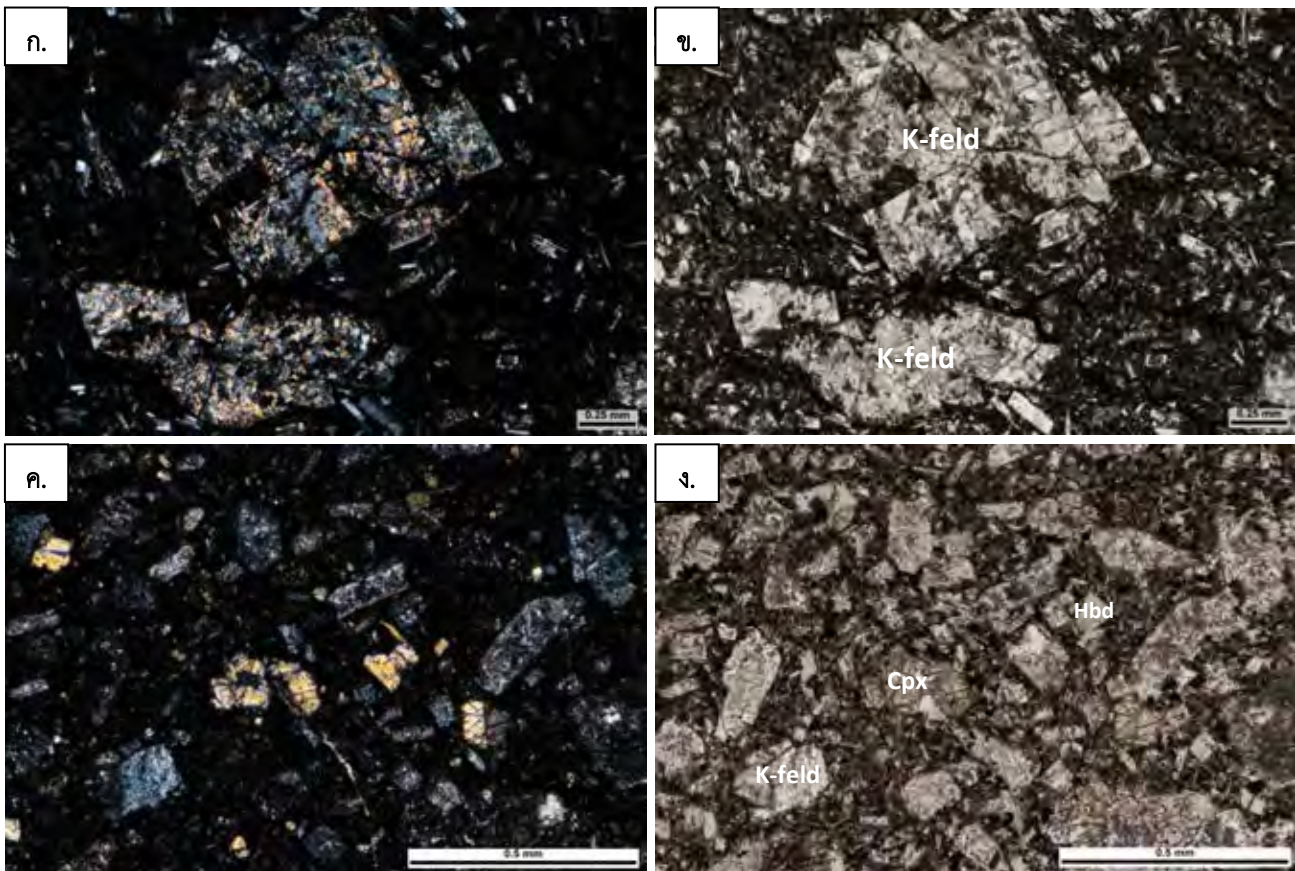
2. หินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic basaltic andesite)

หินกลุ่มนี้พบภายในพื้นที่บึงสามพัน โดยจากการศึกษาในภาคสนาม ของหินตัวอย่างของกลุ่มหินนี้ มีสีสด สีเทาเข้มอมเขียว มีสีฝูสีน้ำตาลส้ม พบลักษณะเป็นเนื้อผลึกต่างขนาด หรือเนื้อดอก (รูป 3.13)



รูป 3.13 หินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่มีเนื้อดอกเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่พบภายในพื้นที่บึงสามพัน

จากการศึกษาใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าหินมีลักษณะเป็นหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์ ที่มีลักษณะของเนื้อดอก โดยพบภายในพื้นที่บึงสามพัน พบเป็นผลึกดอกของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (k-feldspar) เพียงอย่างเดียว มีรูปผลึกตั้งแต่ผลึกกึ่งสมบูรณ์ ถึงผลึกสมบูรณ์ มีขนาดตั้งแต่ 0.8-2.5 มิลลิเมตร กระจายตัวอยู่ประมาณ 30-40% ซึ่งพบลักษณะของการแปรเปลี่ยน เกิดเป็นแร่เซอร์ไซต์ แทนที่ภายในแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (รูป 3.14ก, ข) โดยมีลักษณะเนื้อดอกต่างขนาด และเนื้อพื้นเป็นเนื้อพื้นละเอียด ประกอบด้วย แร่แพลจิโอเคลส แสดงลักษณะผลึกขุขขนาดละเอียดมาก แร่ไคลโนไพรอกซีน (clinopyroxene) ที่มีรูปผลึกส่วนใหญ่กึ่งสมบูรณ์ ที่มีขนาดใหญ่กว่าแร่ฮอร์นเบอร์นประมาณ 0.5-0.7 มิลลิเมตร กระจายตัวประมาณ 10-15% แร่ฮอร์นเบอร์น มีรูปผลึกส่วนใหญ่กึ่งสมบูรณ์ ที่มีขนาด 0.1-0.3 มิลลิเมตร กระจายตัวประมาณ 30-35% โดยบางส่วนของทั้งแร่ฮอร์นเบอร์นและแร่ไพรอกซีน มีการแปรเปลี่ยนเกิดเป็นแร่คลอไรต์ จึงทำให้เนื้อพื้นมีเหล็กออกไซด์ (Fe-oxide) ที่เกิดจากการแปรเปลี่ยนของแร่ฮอร์นเบอร์นและแร่ไพรอกซีนไป และพบแร่กลุ่มทิบแสงในเนื้อพื้นนี้ (รูป 3.14ค, ง)



รูป 3.14 หินบะซอลต์กั้นแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน ก. ภาพ XPL แสดงลักษณะของเนื้อดอกของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ มีจากถูกการแปรเปลี่ยน (alteration) ทำให้เกิดแร่เซริไซต์ (sericite) แทนที่ภายในแร่
 ข. ภาพ PPL แสดงลักษณะของเนื้อดอกของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และมีเนื้อพื้นเป็นแร่พลจิโอเคลส ที่แสดงลักษณะผลึกขุย ค. ภาพ XPL มีรูปผลึกของแร่ทั้งสองกิ่งสมบูรณ์ ง. ภาพ PPL แสดงลักษณะของเนื้อพื้น ที่ประกอบด้วยแร่โคลโนไพรอกซีน แร่ฮอร์นเบรน เห็นว่าพบแร่คลอไรต์ ที่เกิดจากการแปรเปลี่ยนไปของแร่ฮอร์นเบรนเป็นส่วนใหญ่ ยังคงเห็นลักษณะของแร่โคลโนไพรอกซีน (K-feld=K-feldspar, Plg=Plagioclase, Cpx=Clinopyroxene, Hbd=Hornblende และ Opg=Opaque mineral)

3.3 ธรณีเคมี

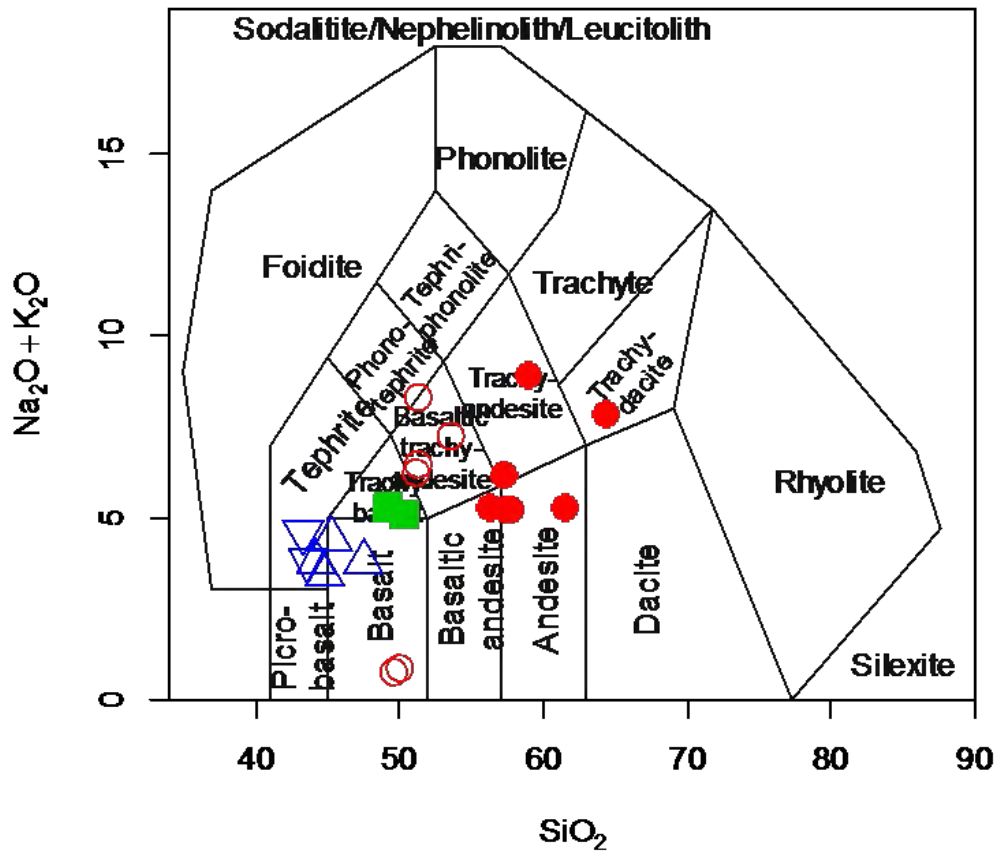
จากการศึกษาลักษณะศิลาวิทยาของหินแล้วนั้นได้ทำการคัดเลือกหินตัวอย่างที่มีการการแปรเปลี่ยน (alteration) และการผุพัง (weathering) น้อยที่สุด แล้วนำไปวิเคราะห์ธรณีเคมี เพื่อหาธาตุองค์ประกอบให้ได้ผลที่มีความถูกต้องมากที่สุด เราสามารถนำตัวอย่างหินมาวิเคราะห์ธรณีเคมีได้ 22 ตัวอย่าง ที่เป็นตัวแทนของกลุ่มหินที่แบ่งไว้ทั้ง 3 กลุ่ม มีดังนี้ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite) มี 13 ตัวอย่าง ที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษา คือ PBS-06, PBS-07, PBS-12, PBS-13, PBS-15, PBS-16, PLS-25, PLS-28, PLS-29, PLS-30, PLS-32, PLS-35 และ PLS-36 กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic basaltic andesite) มี 6 ตัวอย่าง ที่พบเฉพาะภายในพื้นที่บึงสามพัน คือ PBS-01, PBS-02, PBS-03, PBS-04, PBS-08 และ PBS-09 และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ (Microdiorite) มี 3 ตัวอย่าง ที่พบเฉพาะภายในพื้นที่ลำสนธิ คือ PLS-19, PLS-20 และ PLS-21

3.3.1 การจำแนกธรณีเคมี (Geochemical classification)

หินภูเขาไฟ (Volcanic rock)

โดยจากการจำแนกหินภูเขาไฟที่พบ จำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบทั้งพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบเฉพาะภายในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ที่พบเฉพาะในพื้นที่ลำสนธิ ณ บริเวณเขาขวาง

จากการหาธาตุองค์ประกอบทางเคมีของหินภูเขาไฟจากพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน นำมาพล็อตใน Total Alkali-Silica Diagram (TAS) (Middlemost, 1994) (รูป 3.15) เพื่อใช้จำแนกชนิดของหิน โดยทำการเทียบกับข้อมูลการจำแนกทางศิลาวิทยา ซึ่งจำแนกได้เป็นกลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก จากการจำแนกทางธรณีเคมี (วงกลมสีแดงทึบและโปร่ง) ซึ่งจากกราฟพล็อตข้อมูลได้ในช่วงหินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์ หินเคไซต์ (PLS-35) และหินบะซอลต์ (PBS-06, PBS-15) กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก (สามเหลี่ยมสีน้ำเงินโปร่ง) ซึ่งจากกราฟพล็อตข้อมูลได้ในช่วงหินบะซอลต์ถึงหินแอนดีไซต์ ซึ่งกลุ่มหินทั้งสอง พบว่าจากจำแนกชนิดหินจากกราฟข้อมูล มีความสอดคล้องกับการจำแนกในทางศิลาวิทยา และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ (สี่เหลี่ยมสีเขียว) ซึ่งจากกราฟพล็อตข้อมูลได้ในช่วงหินบะซอลต์ (PLS-19, PLS-20 และ PLS-21) ซึ่งจากจำแนกชนิดหินจากกราฟข้อมูล ไม่มีความสอดคล้องกับการจำแนกในทางศิลาวิทยา แต่เนื่องจากลักษณะของตัวอย่างหิน ที่คล้ายกับหินไดออไรต์ แต่มีผลึกแร่ขนาดละเอียด นำเกิดในระดับต้น ทำให้เชื่อว่าเป็นหินไมโครไดออไรต์



รูป 3.15 ไดอะแกรม Total Alkali-Silica (TAS) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ SiO_2 กับ $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ เพื่อการจำแนกชนิดของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่ศึกษา (Middlemost, 1994)

3.3.2 การวิเคราะห์ธรณีเคมี (Geochemical Analysis)

ทำการนำตัวอย่าง 22 ตัวอย่าง ที่เป็นกลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ มาวิเคราะห์ธรณีเคมี โดยใช้เครื่อง X-ray Fluorescence (XRF) ทำการนำตัวอย่าง หิน ไปบดเป็นผงละเอียด แล้วนำผงบางส่วนไปกำจัดมลทินด้วยวิธี Loss on ignition (LOI) โดยใช้เครื่อง High Temp Furnace ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 1,000 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และผงตัวอย่างบางส่วนนั้นนำไปวิเคราะห์ เพื่อหาธาตุหลัก (Major elements) ได้แก่ SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , TiO_2 และ MnO และธาตุร่องรอย (Trace elements) ได้แก่ Sr, Nb, Th, V, Y และ Zr เพื่อแสดงผลวิเคราะห์ปริมาณของ ธาตุหลักและธาตุร่องรอย แล้วนำไปศึกษาหาความสัมพันธ์ หรือความแตกต่างของหินทั้งสองพื้นที่ต่อไป

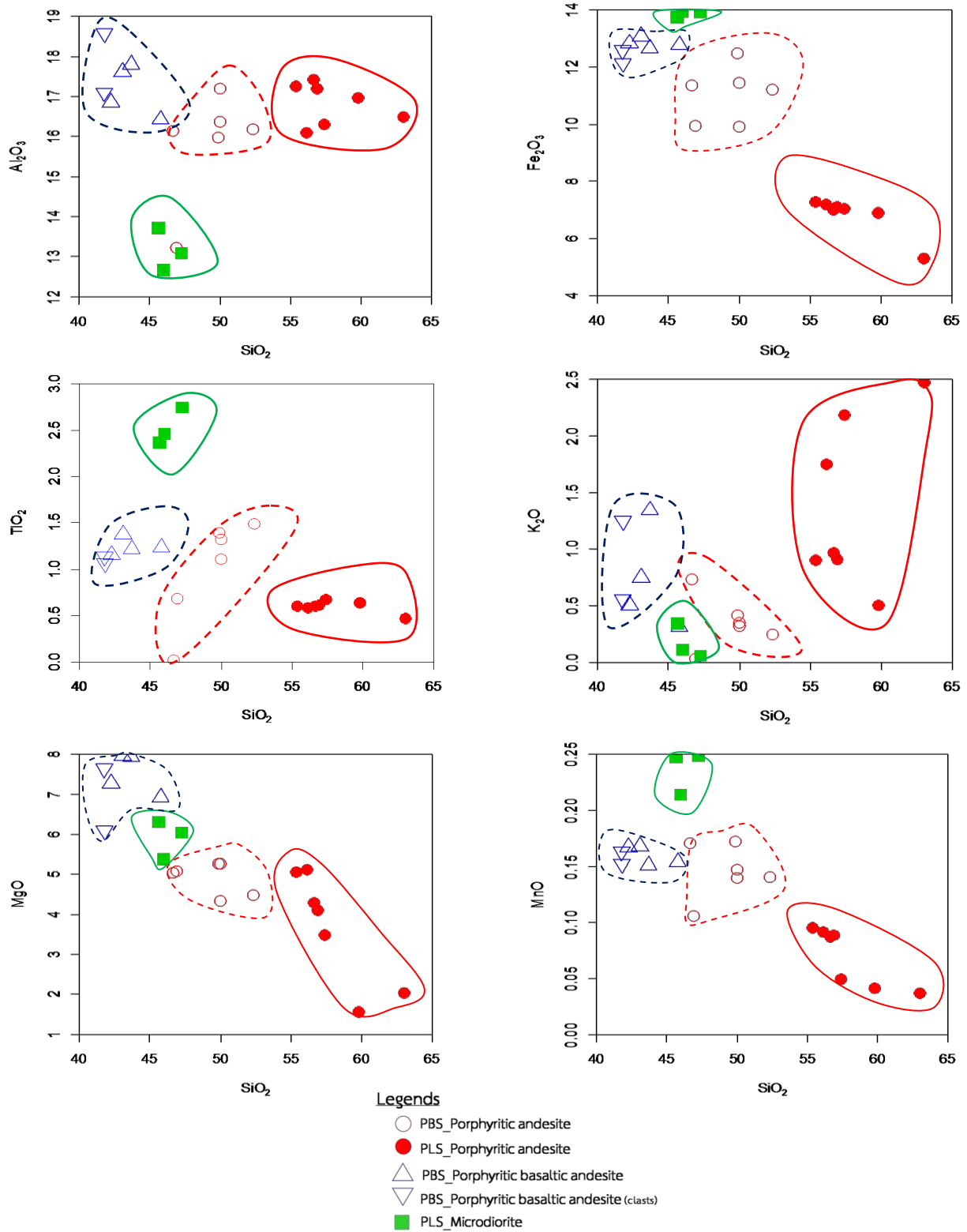
3.3.2.1 ธาตุหลัก (Major elements)

กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ประกอบด้วย ปริมาณ SiO_2 มีค่าตั้งแต่ 46.7-63.0 wt. % โดย PBS-06 กับ PBS-15 มีค่าปริมาณธาตุนี้ต่ำสุด และ PLS-35 มีค่าปริมาณธาตุนี้สูงสุด ปริมาณ Al_2O_3 13.1-17.8 wt. % ปริมาณ Fe_2O_3 5.3-12.3 wt. % ปริมาณ CaO 2.8-17.7 wt. % ปริมาณ MgO 1.6-5.3 wt. % ปริมาณ Na_2O 0.04-6.8 wt. % ปริมาณ K_2O 0.02-2.5 wt. % ปริมาณ P_2O_5 0.10-0.45 wt. % ปริมาณ TiO_2 0.01-1.4 wt. % และ ปริมาณ MnO 0.04-0.17 wt. % จากปริมาณธาตุหลักทั้งหมด ทำการนำมาพล็อตในไดอะแกรม Harker ระหว่าง ธาตุหลัก (Major oxide) อื่นๆ กับธาตุซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) เห็นได้ว่าปริมาณของ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO และ MnO มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ K_2O และ TiO_2 ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน เมื่อ ปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มหินนี้ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน (PBS-06, PBS-07, PBS-12, PBS-13 และ PBS-15) พบว่ามีปริมาณของธาตุหลักส่วนใหญ่สูงกว่า ของกลุ่มหินที่พบในพื้นที่ลำสนธิ (PLS-25, PLS-28, PLS-29, PLS-30, PLS-32, PLS-35 และ PLS-36) โดยแบ่งแยกเป็นกลุ่มตามพื้นที่อย่างชัดเจน (รูป 3.16) แล้วทำการพล็อตใน ไดอะแกรมระหว่าง K_2O กับ SiO_2 พบว่ากลุ่มหินนี้จากพื้นที่บึงสามพัน มีค่าส่วนใหญ่ในช่วง Tholeiite Series (low K tholeiite) แต่ในพื้นที่ลำสนธิ มีค่าตั้งแต่ Calc-alkaline Series ถึง High-K calc-alkaline Series (รูป 3.17) จากการพล็อตในไดอะแกรม เพื่อหาดัชนีค่า ASI (Aluminum Saturation Index) พบว่า กลุ่มหินนี้มีค่า เป็น Metaluminous ของทั้งสองพื้นที่ (รูป 3.18)

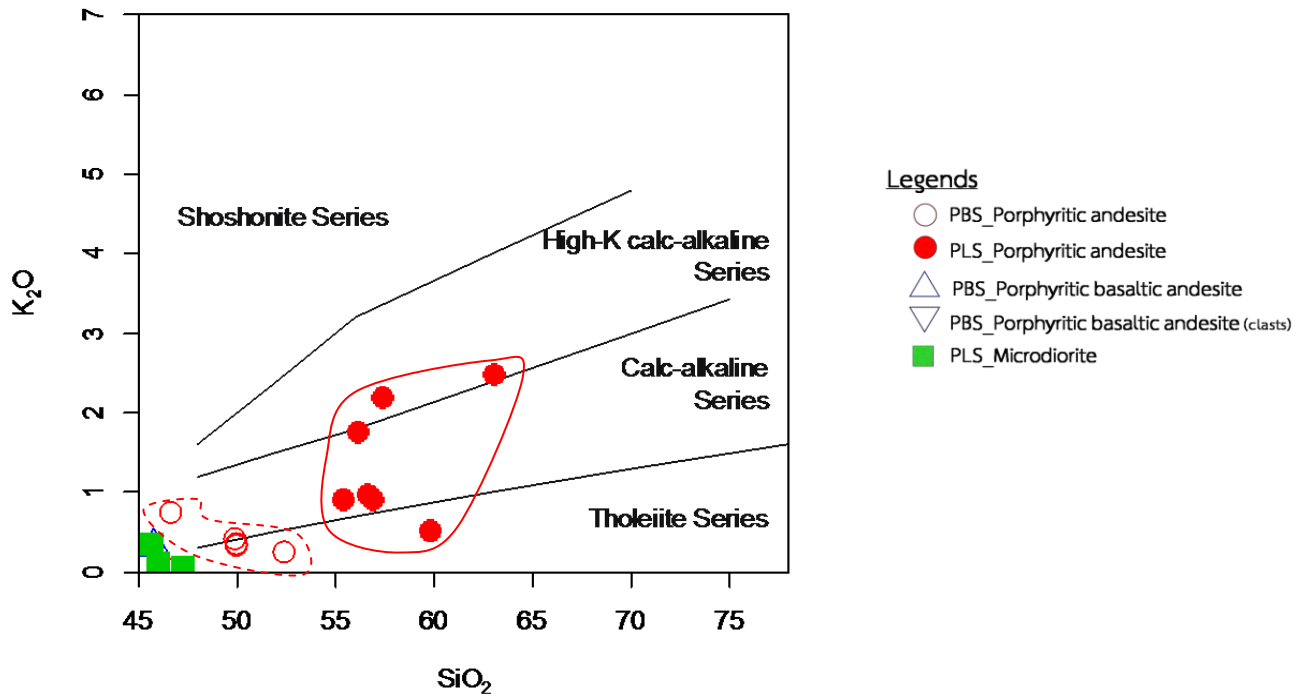
กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ประกอบด้วย ปริมาณ SiO_2 มีค่าตั้งแต่ 41.8-45.8 wt. % ปริมาณ Al_2O_3 16.4-18.6 wt. % ปริมาณ Fe_2O_3 12.1-13.0 wt. % ปริมาณ CaO 8.6-12.0 wt. % ปริมาณ MgO 6.1-7.9 wt. % ปริมาณ Na_2O 2.6-3.3 wt. % ปริมาณ K_2O 0.31-1.3 wt. % ปริมาณ P_2O_5 0.15-0.17 wt. % ปริมาณ TiO_2 1.0-1.4 wt. % และปริมาณ MnO 0.12-0.17 wt. % จากปริมาณธาตุหลักทั้งหมด ทำการนำมา

พล็อตในไดอะแกรม Harker ระหว่างธาตุหลักอื่นๆ กับธาตุซิลิกาออกไซด์ เห็นได้ว่าปริมาณของ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO และ MnO มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ K_2O และ TiO_2 ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน เมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มหินนี้พบแค่ภายในพื้นที่บึงสามพัน (PBS-01, PBS-02, PBS-03, PBS-04, PBS-08 และ PBS-09) พบว่ามีปริมาณของธาตุหลักส่วนใหญ่สูงที่สุด มากกว่าของกลุ่มหินอื่นๆ (รูป 3.16) แล้วทำการพล็อตในไดอะแกรมระหว่าง K_2O กับ SiO_2 พบว่ากลุ่มหินนี้มีค่าอยู่ในช่วง Tholeiite Series (low K tholeiite) (รูป 3.17) จากการพล็อตในไดอะแกรม เพื่อหาดัชนีค่า ASI (Aluminum Saturation Index) พบว่ากลุ่มหินนี้มีค่าเป็น Metaluminous (รูป 3.18)

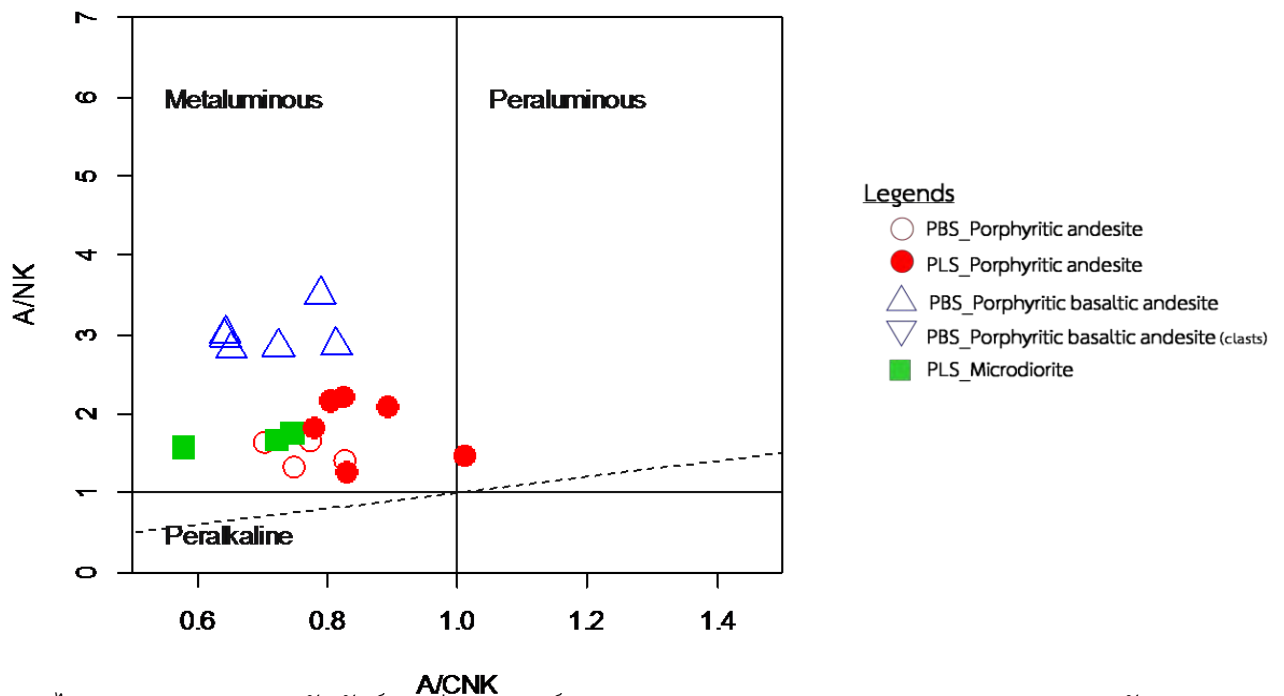
กลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ประกอบด้วย ปริมาณ SiO_2 มีค่าตั้งแต่ 45.6-47.3 wt. % ปริมาณ Al_2O_3 12.7-13.7 wt. % ปริมาณ Fe_2O_3 13.8-13.9 wt. % ปริมาณ CaO 5.7-7.6 wt. % ปริมาณ MgO 5.4-6.3 wt. % ปริมาณ Na_2O 4.5-4.8 wt. % ปริมาณ K_2O 0.06-0.11 wt. % ปริมาณ P_2O_5 0.23-0.25 wt. % ปริมาณ TiO_2 10-1.4 wt. % และปริมาณ MnO 0.21-0.25 wt. % จากปริมาณธาตุหลักทั้งหมด ทำการนำมาพล็อตในไดอะแกรม Harker ระหว่างธาตุหลักอื่นๆ กับธาตุซิลิกาออกไซด์ เห็นได้ว่าปริมาณของ Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO และ MnO มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณ K_2O และ TiO_2 ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจน เมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น ซึ่งกลุ่มหินนี้พบแค่ภายในพื้นที่ลำสนธิ (PLS-19, PLS-20 และ PLS-21) (รูป 3.16) แล้วทำการพล็อตในไดอะแกรมระหว่าง K_2O กับ SiO_2 พบว่ากลุ่มหินนี้มีค่าอยู่ในช่วง Tholeiite Series (low K tholeiite) (รูป 3.17) จากการพล็อตในไดอะแกรม เพื่อหาดัชนีค่า ASI (Aluminum Saturation Index) พบว่ากลุ่มหินนี้มีค่าเป็น Metaluminous (รูป 3.18)



รูป 3.16 ไดอะแกรม Harker ที่แสดงความสัมพันธ์ของ SiO₂ กับธาตุองค์ประกอบหลักอื่นๆ ของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่ (PLS หมายถึงพื้นที่ลำสนธิ และ PBS หมายถึงพื้นที่บึงสามพัน)



รูป 3.17 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ SiO_2 กับ K_2O ของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่ ที่แสดงถึงปริมาณแอลคาไลน์ (alkaline content) (Percerillo and Taylor, 1976) (PLS หมายถึงพื้นที่ลำสนธิ และ PBS หมายถึงพื้นที่บึงสามพัน)



รูป 3.18 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุองค์ประกอบ $A/\text{CNK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ กับ $A/\text{NK} = \text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (Shand, 1943) (PLS หมายถึงพื้นที่ลำสนธิ และ PBS หมายถึงพื้นที่บึงสามพัน)

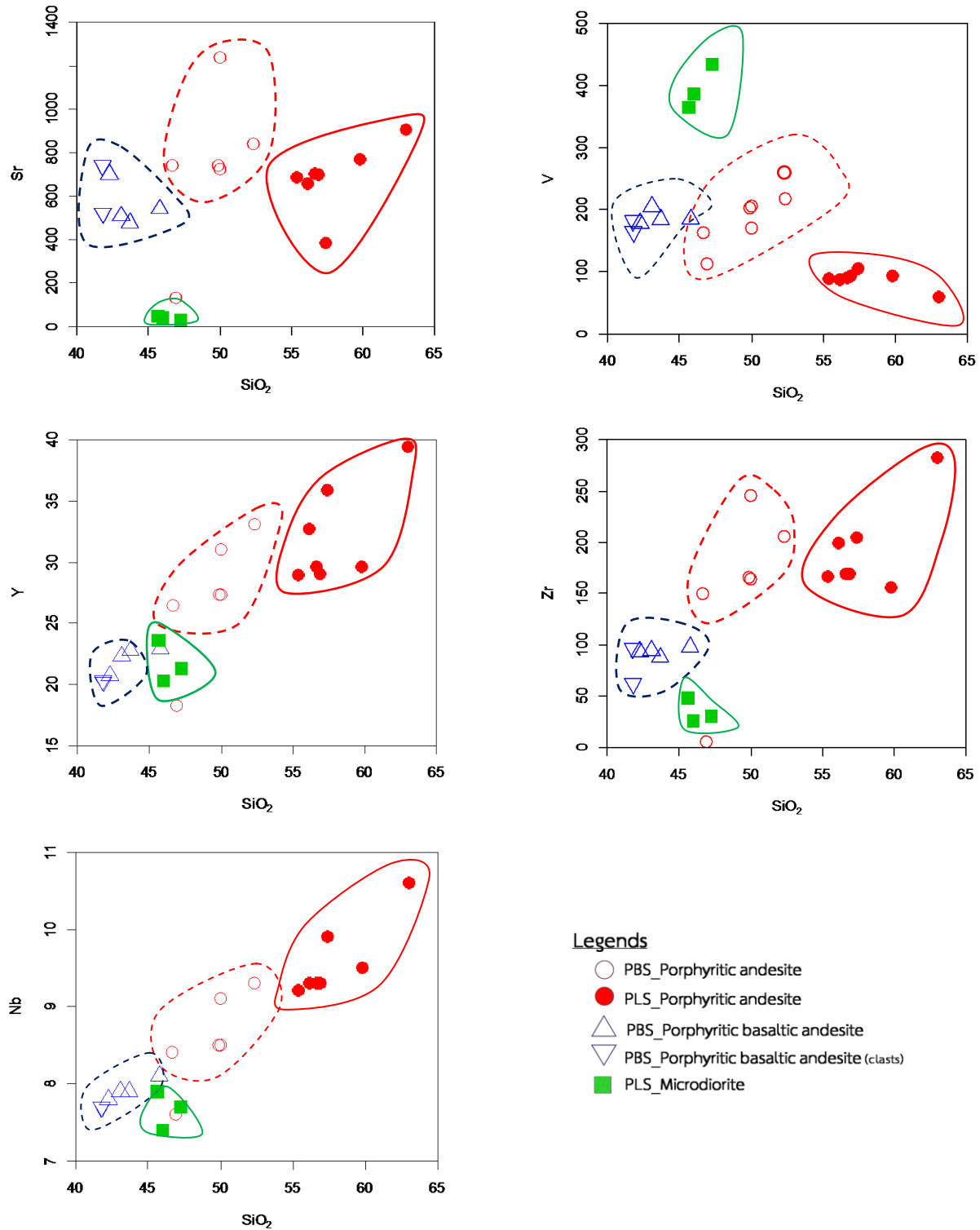
3.3.2 ธาตุร่องรอย (Trace elements)

กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ประกอบด้วย ค่าธาตุ Sr มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 132.7-1236.4 ppm ค่า Nb 7.6-10.6 ppm ค่า Th 3.5-11.5 ppm ค่า V 58.1-216.9 ppm ค่า Y 18.2-39.4 ppm และค่า Zr 5.0-282.6 ppm

กลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ประกอบด้วย ค่าธาตุ Sr มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 477.0-741.2 ppm ค่า Nb 7.7-8.1 ppm ค่า Th 3.7-4.5 ppm ค่า V 164.3-204.5 ppm ค่า Y 20.2-22.9 ppm และค่า Zr 61.7-98.0 ppm

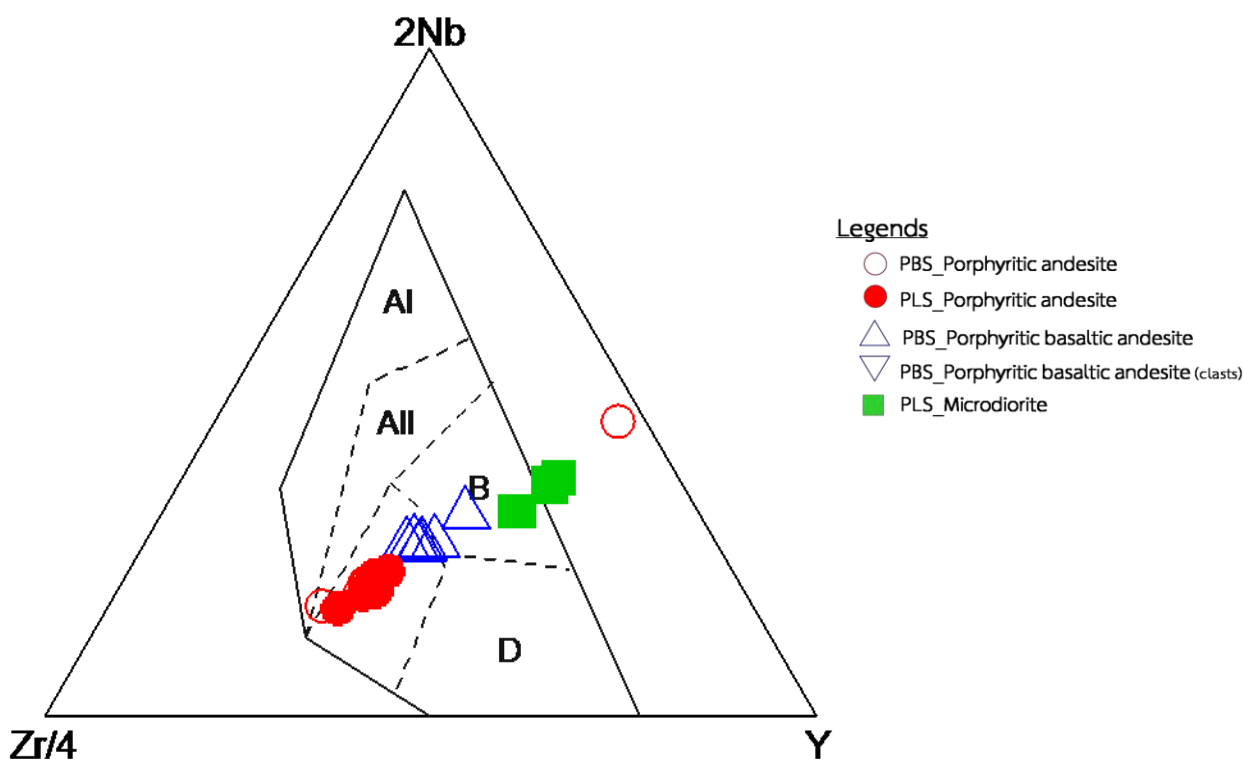
กลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ประกอบด้วย ค่าธาตุ Sr มีค่าอยู่ในช่วงตั้งแต่ 28.7-46.9 ppm ค่า Nb 7.4-7.9 ppm ค่า Th 2.6-3.8 ppm ค่า V 364.2-434.1 ppm ค่า Y 20.3-23.6 ppm และค่า Zr 25.9-48.0 ppm

จากไดอะแกรมที่ทำการพล็อตข้อมูลระหว่างธาตุร่องรอย (trace elements) กับธาตุซิลิกาออกไซด์ (SiO_2) (รูป 3.19) เห็นได้ว่าปริมาณของธาตุร่องรอย Nb, Y และ Zr มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น ตามปริมาณของ SiO_2 ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ธาตุ V มีค่าแนวโน้มลดลง ตามปริมาณของ SiO_2 ที่เพิ่มขึ้น ส่วนธาตุ Sr ไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนเมื่อปริมาณ SiO_2 เพิ่มขึ้น โดยกลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ของพื้นที่ลำสนธิ (วงกลมสีแดงทึบ) มีค่าปริมาณของธาตุร่องรอยของธาตุ Nb, Y และ Zr สูงกว่า แต่มีค่าปริมาณของธาตุร่องรอยของธาตุ V ต่ำกว่า ในกลุ่มหินเดียวกันที่พบในพื้นที่บึงสามพัน โดยกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ส่วนใหญ่มีแนวโน้มเกาะกลุ่มไปกับกลุ่มหินในพื้นที่บึงสามพัน ทั้งกลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินบะซอลต์ติกแอนดีไซต์เนื้อดอก

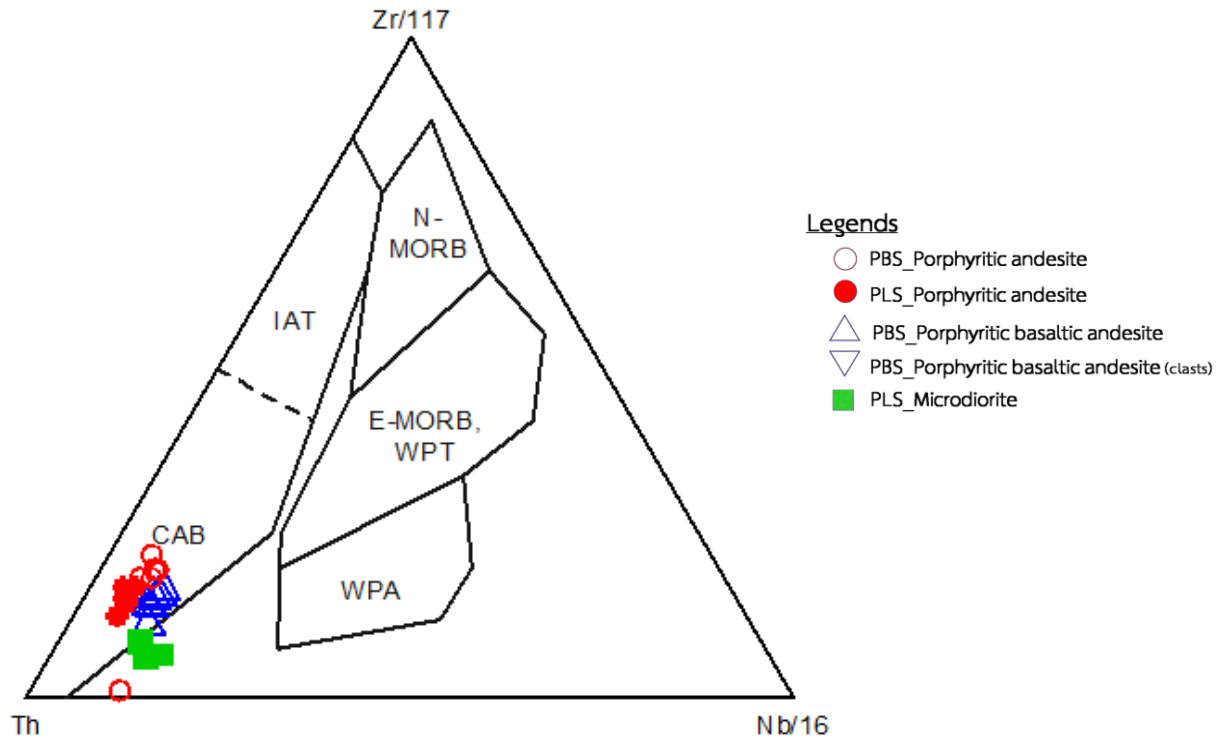


รูป 3.19 ไดอะแกรมแสดงความสัมพันธ์ระหว่างธาตุร่องรอย กับ SiO_2 ของหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่

จากไดอะแกรมที่ทำการพล็อตข้อมูลค่าปริมาณของธาตุร่องรอย (trace elements) เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (tectonics) ของพื้นที่ศึกษาทั้งสอง ทำให้ทราบว่ากลุ่มหินที่พบในพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน เกิดในช่วงระยะเวลาเดียวกันหรือไม่ จากข้อมูลในไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/4-2Nb-Y (Meschede, 1986) กลุ่มหินส่วนใหญ่ที่พบทั้งสองพื้นที่ศึกษามีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic-arc basalt แต่กลุ่มหินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ พบเป็นลักษณะ body คล้ายลักษณะ laccolith แทรกดันขึ้นมา พบว่ามีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ E-type MORB (รูป 3.20) และจากข้อมูลไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/117-Th-Nb/16 (Wood, 1980) กลุ่มหินส่วนใหญ่ที่พบมีลักษณะธรณีแปรสัณฐานเกิดสัมพันธ์แบบ Calc-alkaline volcanic arc basalt (รูป 3.21)



รูป 3.20 แสดงไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/4-2Nb-Y (Meschede, 1986) คำย่อ AI = Within-plate alkali basalt, All = AI + Within-plate tholeiite, B = E-type MORB, C,D = Volcanic-arc basalt และ D = N-type MORB



รูป 3.21 แสดงไดอะแกรมที่พล็อตระหว่าง Zr/ 117-Th-Nb/16 (Wood, 1980) คำย่อ IAT = Island arc tholeiite, CAB = Calc-alkaline volcanic arc basalt, N-MORB=Normal, depleted mid-ocean ridge basalt, E-MORB/WPT=Enriched mid-ocean ridge basalt and within-plate tholeiite, WPA = Alkaline within-plate basalt

บทที่ 4

อภิปรายผลและสรุปผล

4.1 อภิปรายผล

4.1.1 อภิปรายผลการศึกษาศิลาบรรณนา

จากการศึกษาทางศิลาบรรณนาพบว่า หินภูเขาไฟ ตั้งแต่หินอินเตอร์มีเดียต-เมฟิก ที่พบทั้งในสองพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วยหินแอนดีไซต์เนื้อดอก หินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอกและหินไมโครไดออไรต์ โดยลักษณะของหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ พบว่าผลึกดอกเป็นแร่แพลจิโอเคลส คู่กับแร่ฮอร์นเบอร์น และเพียงแร่แพลจิโอเคลส และเนื้อพื้น ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่ฮอร์นเบอร์น และแร่กลุ่มทึบแสง ส่วนลักษณะของหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน พบว่าผลึกดอกเพียงแร่แพลจิโอเคลส และเนื้อพื้น ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่ฮอร์นเบอร์น และแร่กลุ่มทึบแสง โดยหินชนิดเดียวกันนี้ในทั้งสองพื้นที่ศึกษามีลักษณะคล้ายคลึงกัน ส่วนหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก ที่พบในพื้นที่บึงสามพัน พบหินทั้งในลักษณะ clasts ของ breccias และ coherent พบว่าผลึกดอกเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และเนื้อพื้น ประกอบด้วยแร่แพลจิโอเคลส แร่โคลโนไพรอกซีน แร่ฮอร์นเบอร์น และแร่กลุ่มทึบแสง และส่วนหินไมโครไดออไรต์ ที่พบเป็นลักษณะ body ณ เขาขวาง บริเวณพื้นที่ลำสนธิ ที่ประกอบด้วยแร่หลักของแร่แพลจิโอเคลส และแร่ฮอร์นเบอร์น

จากข้อมูลในแผนที่ธรณีวิทยาที่ทำการระบุให้หินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ลำสนธิ ถูกจัดรวมให้อยู่ในหมวดหินภูเขาไฟ ซึ่งประกอบไปด้วยหินตะกอนเป็นส่วนใหญ่ จึงควรมีการศึกษาหาเพิ่มเติมทางด้านอายุของหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ลำสนธิว่ามีอายุเท่าไร และอยู่ในยุคใด

4.1.2 อภิปรายผลการศึกษาธรณีเคมี

จากการศึกษาธรณีเคมี เพื่อหาธาตุองค์ประกอบหลัก แร่ธาตุร่องรอยบางตัว พบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก ในพื้นที่ลำสนธิ เป็นกลุ่มหินเดี่ยวที่มีชนิดของแมกมาเป็นแคลอัลคาไลน์ โดยมี MgO 1.5-5.1 wt% Fe_2O_3 5.2-7.2 wt% K_2O 0.5-2.4 wt% TiO_2 0.46-0.67 wt% และ MnO 0.037-0.095 wt% และธาตุร่องรอย ได้แก่ Nb 9.2-10.6 ppm Th 7.9-11.5 ppm Y 28.9-39.4 ppm และ Zr 155.8-282.6 ppm โดยมีอัตราส่วนระหว่าง Zr/ TiO_2 อยู่ในช่วง 0.017-0.027 และกลุ่มหินที่พบในพื้นที่บึงสามพันทั้งสองกลุ่ม และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ ที่พบในพื้นที่ลำสนธิ มีชนิดของแมกมาเป็นโทรลีโอต์ โดยมี MgO 4.3-7.9 wt% Fe_2O_3 9.9-13.9 wt% K_2O 0.02-1.3 wt% TiO_2 0.68-2.7 wt% และ MnO 0.11-0.25 wt% และธาตุร่องรอย ได้แก่ Nb 7.6-9.3 ppm Th 2.6-7.3 ppm Y 18.2-31.0 ppm และ Zr 5.0-163.9 ppm โดยมีอัตราส่วนระหว่าง Zr/ TiO_2 อยู่ในช่วง 0.0007-0.0223 ซึ่งจากการเปรียบ

เทียบลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของทั้งสองพื้นที่ศึกษา พบว่า กลุ่มหินที่มาจากชนิดแมกมา แคลอัลคาไลน์ มีอัตราส่วนของ Zr/ TiO₂ สูงกว่ากลุ่มหินที่มีชนิดของแมกมาเป็นโทรลีโอต์ โดยมีลักษณะ สัดส่วน ของ Zr/TiO₂ สอดคล้องใกล้เคียงกับหินเมฟิกบริเวณอำเภอชนแดน และอำเภอวังโป่ง จังหวัด เพชรบูรณ์ (Boonsoong et. al, 2011) ซึ่งกล่าวว่า กลุ่มหินที่ 1 และ 2 มีชนิดของแมกมาเป็นโทรลีโอต์ ที่มีอัตรา ส่วนของ Zr/TiO₂ ในช่วง 0.006-0.0171 ซึ่งต่ำกว่า กลุ่มหินที่ 3 มีชนิดของแมกมาเป็น แคลอัลคาไลน์ และมีอัตราส่วนของ Zr/TiO₂ ในช่วง 0.017-0.027

จากข้อมูลการวิเคราะห์ทางธรณีเคมี ทำให้คาดว่าหินภูเขาไฟที่พบทั้งพื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่ บึงสามพัน มีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกับหินเมฟิกบริเวณอำเภอชนแดน และอำเภอวังโป่ง จังหวัด เพชรบูรณ์ ที่อยู่ในส่วนของแนวคดโค้งเลยเช่นเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลทางองค์ประกอบทางเคมี ในงานวิจัยนี้ควรมีการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ ICP-MS เพื่อความแม่นยำและนำมาเปรียบเทียบข้อมูล ธาตุองค์ประกอบที่ถูกต้องมากกว่านี้

4.1.3 การแปลความหมายลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน

จากข้อมูลการวิเคราะห์ธรณีแปรสัณฐานทางธรณีเคมี พบว่า กลุ่มหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ บึงสามพัน ได้แก่ กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหิน แอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ เกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic-arc basalt ซึ่งเกิดจากการมุดตัว (Subduction) สันนิษฐานได้ว่าเกิดในช่วงแผ่นฉานไทย (Shan-Thai microcontinent) ลงไปได้แผ่น อินโดจีน (Indochina microcontinent) ในช่วงมหายุคพาลีโอโซอิกตอนบน (Upper Paleozoic) ถึง มหายุคมีโซโซอิกตอนล่าง (Lower Mesozoic) (Salam et. al, 2014) ซึ่งเกิดในแนวหินภูเขาไฟ เลย-เพชรบูรณ์-นครนายก (Loei-Phetchabun-Nakhon Nayok volcanic belt) แต่กลุ่มหิน ไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ เป็นลักษณะ body คล้ายลักษณะ laccolith ของหินภูเขาไฟระดับตื้น (hypabyssal rocks) นี้ โดยมีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ E-type MORB (ข้อมูลจาก ไดอะแกรม Meschede, 1986) และเกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic-arc basalt (ข้อมูลจากไดอะแกรม Wood, 1980) ซึ่งจากข้อมูลลักษณะธรณีแปรสัณฐานที่ได้มานั้น เกิดสัมพันธ์แบบต่างกัน จึงคาดว่าข้อมูล ของธาตุร่องรอยที่ได้มาจากเครื่อง XRF ไม่มีความน่าเชื่อถือมากพอ ทำให้การพล็อตในหลายๆไดอะแกรม เพื่อหาลักษณะธรณีแปรสัณฐานไม่มีความตรงกัน และควรมีการหาอายุของหินภูเขาไฟเหล่านี้เพิ่มเติม เพื่อทราบถึงยุคของหินภูเขาไฟเหล่านี้ที่แน่ชัด

เนื่องจากข้อมูลวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบทางธรณีเคมีของงานวิจัยนี้ มีความสอดคล้องกับ งานวิจัยของ (Boonsoong et. al, 2011) ในพื้นที่ใกล้เคียงของหินเมฟิก และหินภูเขาไฟระดับตื้น และอยู่ใน ส่วนของแนวหินภูเขาไฟเลย-เพชรบูรณ์-นครนายก เหมือนกัน ซึ่งสรุปให้พื้นที่ดังกล่าวมีสภาพแวดล้อม ธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic arc

4.2 สรุปผล

1. หินภูเขาไฟในพื้นที่ลำสนธิ ประกอบด้วย กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic andesite) และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ (Microdiorite) ส่วนกลุ่มหินในพื้นที่บึงสามพัน ประกอบด้วย กลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอก และกลุ่มหินบะซอลติกแอนดีไซต์เนื้อดอก (Porphyritic basaltic andesite)
2. การศึกษาทางธรณีเคมีสามารถจำแนกชนิดหินภูเขาไฟในพื้นที่ลำสนธิ เป็นหินแอนดีไซต์ (Andesite) หินบะซอลติกแอนดีไซต์ (Basaltic andesite) และหินเดไซต์ (Dacite) ส่วนหินในพื้นที่บึงสามพัน ประกอบด้วย หินบะซอลต์ (Basalt) และหินบะซอลติกแอนดีไซต์
3. พิจารณาธาตุองค์ประกอบหลัก (Major elements) พบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ มีปริมาณ Mg, Fe และ Ti ที่ต่ำ แต่ปริมาณ Si, K และ Mn ที่สูง ส่วนกลุ่มหินภูเขาไฟในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ มีปริมาณ Mg, Fe และ Ti ที่สูง แต่ปริมาณ Si, K และ Mn ที่ต่ำ
4. พิจารณาธาตุร่องรอย (Trace elements) พบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ มีปริมาณ Nb, Th, Y และ Zr ที่สูง แต่ปริมาณ V ที่ต่ำ ส่วนกลุ่มหินภูเขาไฟในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ มีปริมาณ Nb, Th, Y และ Zr ที่ต่ำ แต่ปริมาณ V ที่สูง
5. จากการพล็อตไดอะแกรมระหว่าง K_2O กับ SiO_2 (Percerillo and Taylor, 1976) ที่บ่งบอกถึงชนิดของแมกมา พบว่ากลุ่มหินแอนดีไซต์เนื้อดอกของพื้นที่ลำสนธิ จัดเป็น Calc-alkaline Series ถึง High-K calc-alkaline Series สำหรับกลุ่มหินภูเขาไฟในพื้นที่บึงสามพัน และกลุ่มหินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ จัดเป็น Tholeiite Series (low K tholeiite)
6. จากการพล็อตไดอะแกรมเพื่อหาดัชนีค่า ASI (Aluminum Saturation Index) (Shand, 1943) พบว่า หินภูเขาไฟในพื้นที่ศึกษาทั้งสอง จัดเป็น Metaluminous
7. จากการพล็อตไดอะแกรมเพื่อหาลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (Meschede, 1986) พบว่ากลุ่มหินส่วนใหญ่ที่พบมีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic-arc basalt แต่กลุ่มหินไมโครไดออไรต์ของพื้นที่ลำสนธิ พบว่ามีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ E-type MORB

8. จากการพล็อตไดอะแกรมเพื่อหาลักษณะทางธรณีแปรสัณฐาน (Wood, 1980) พบว่ากลุ่มหินส่วนใหญ่ของทั้งสองพื้นที่ศึกษามีลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ Calc-alkaline volcanic arc basalt
9. จากข้อมูลลักษณะธรณีวิทยา และธรณีเคมีของหินภูเขาไฟในพื้นที่ศึกษาทั้งสอง คือ พื้นที่ลำสนธิ และพื้นที่บึงสามพัน มีความสอดคล้องกับงานวิจัยเก่าของบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งพบว่าหินภูเขาไฟทั้งสองพื้นที่นี้ มีความสัมพันธ์กับชุดหินภูเขาไฟในยุคเพอร์โม-ไทรแอสซิก ทางด้านองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะธรณีแปรสัณฐาน เกิดสัมพันธ์แบบ Volcanic-arc เช่นเดียวกัน ดังนั้นหินภูเขาไฟที่พบในพื้นที่ลำสนธิจึงเป็นชุดหินเดียวกันกับชุดหินภูเขาไฟยุคเพอร์โม -ไทรแอสซิก จึงไม่ควรถูกจัดรวมเข้ากับหมวดหินภูกระดึง ตามความเข้าใจก่อนหน้านี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี, 2550, ธรณีวิทยาประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุง) (Geology of Thailand (2nd ed.). กรมทรัพยากรธรณี 628 หน้า.
- อนุวัชร ตริโรจนานนท์, 2555, ลำดับชั้นหินของหมวดหินห้วยหินลาด. กรุงเทพฯ: สำนักธรณีวิทยา ฉบับ 3/2555ม, กรมทรัพยากรธรณี, 63 หน้า.
- Boonsoong, A. Panjasawatwong, Y. and Metparsopsan, K., 2011. Petrochemistry and tectonic setting of mafic volcanic rocks in the Chon Daen-Wang Pong area, Phetchabun, Thailand. *Island Arc* 20 (2011), 107-124.
- Chonglakmani, C. and Sattayarak, N., 1978, Stratigraphy of the Huai Hin Lat Formation (Upper Triassic) in NE Thailand, in P. Nutalaya, ed., *Proceedings of the Third Regional Conference on Geology and Mineralogy Resources of Southeast Asia*, Bangkok, 739-762.
- Kamvong, T. Charusiri, P. and Intasopa, S., 2006. Petrochemical Characteristics of Igneous Rocks from the Wang Pong Area, Phetchabun, North Central Thailand: Implications for Tectonic Setting. *Journal of the Geological Society of Thailand* (2006), 9-26.
- Khositanont, S. Panjasawatwong, Y. Ounchanum, P. Thanasuthipitak, T. Khin Zaw, Meffre, S. 2008. Petrochemistry and Zircon Age Determination of Loei-Phetchabun Volcanic Rocks. *GREAT* (2008), 272-278.
- Kromkhun, K. Baines, G. Satarugsa, P. and Foden, J., 2013. Petrochemistry of Volcanic and Plutonic Rocks in Loei Province, Loei-Petchabun Fold Belt, Thailand. *2nd International Conference on Geological and Environmental Sciences IPCBEE vol.52* (2013), 55-59.
- Nakornsri, N., 1972. Geological Map of Thailand (Amphoe Ban Mi, ND 47-4), 1:250,000. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources (1976).
- Panjasawatwong, Y. Khin Zaw, Chantarameea, S. Limtrakuna, P. and Pirarai, K., 2006. Geochemistry and tectonic setting of the Central Loei volcanic rocks, Pak Chom area, Loei, northeastern Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences* 26 (2006), 77-90.
- Salam, A., Khin Zaw, Meffre, S., McPhie, J., Lai, C.K., 2014. Geochemistry and geochronology of epithermal Au-hosted Chatree volcanic sequence: implication for tectonic setting of the Loei Fold Belt in central Thailand. *Gonwana Research* 26 (2014), 198-217.

ภาคผนวก

ตาราง 1 ธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างหินภูเขาไฟในพื้นที่บึงสามพัน (PBS) โดยใช้เครื่อง XRF

Sample No.	PBS-01	PBS-02	PBS-03	PBS-04	PBS-06	PBS-07	PBS-08	PBS-09	PBS-12	PBS-13	PBS-15	PBS-16
Major oxide (wt. %)												
SiO ₂	43.69	45.77	43.08	42.26	46.92	52.39	41.79	41.78	50.01	49.92	46.69	50.00
Al ₂ O ₃	17.80	16.42	17.61	16.85	13.21	16.16	18.58	17.10	16.35	15.97	16.13	17.19
Fe ₂ O ₃	12.65	12.77	13.08	12.83	9.92	11.19	12.14	12.59	11.44	12.46	11.33	9.91
CaO	8.61	9.28	9.51	11.31	17.73	4.40	12.04	11.51	7.21	5.99	12.82	5.40
MgO	7.93	6.92	7.95	7.27	5.06	4.46	6.09	7.64	4.33	5.25	5.03	5.25
Na ₂ O	2.89	3.32	2.57	3.13	0.66	6.84	3.20	3.08	5.94	5.64	0.04	7.73
K ₂ O	1.34	0.31	0.75	0.50	0.02	0.24	1.25	0.56	0.32	0.41	0.73	0.35
P ₂ O ₅	0.17	0.16	0.17	0.17	0.10	0.45	0.15	0.15	0.23	0.25	0.31	0.25
TiO ₂	1.22	1.24	1.38	1.16	0.68	1.48	1.06	1.13	1.31	1.39	0.01	1.10
MnO	0.15	0.15	0.17	0.17	0.11	0.14	0.15	0.16	0.15	0.17	0.17	0.14
LOI	3.56	3.67	3.69	4.33	5.56	2.26	3.53	4.29	2.73	2.57	6.72	2.73
Original Sum.	100.02	100.01	99.97	99.97	100.04	100.03	99.99	99.99	100.02	100.01	99.98	100.04
Trace element (ppm)												
V	184.2	184.3	204.5	178.3	111.7	216.9	164.3	181	205.5	201.5	162	169.5
Sr	477	541.5	508.1	701.9	132.7	837.1	521.5	741.2	723.3	737.6	740.6	1236.4
Nb	7.9	8.1	7.9	7.8	7.6	9.3	7.7	7.7	8.5	8.5	8.4	9.1
Y	22.8	22.9	22.3	20.7	18.2	33.1	20.2	20.3	27.3	27.3	26.4	31
Zr	87.6	98	94.5	93.1	5	205	61.7	96.4	163.9	165	149.6	245.5
Th	4.1	4.5	3.9	4	3.5	7.3	3.7	3.7	5.3	5.3	5.3	7.1

ตาราง 2 ธาตุองค์ประกอบของตัวอย่างหินภูเขาไฟในพื้นที่ลำสนธิ (PLS) โดยใช้เครื่อง XRF

Sample No.	PLS-19	PLS-20	PLS-21	PLS-25	PLS-28	PLS-29	PLS-30	PLS-32	PLS-35	PLS-36
Major oxide (wt. %)										
SiO ₂	45.988	45.639	47.255	57.418	55.376	56.905	56.679	59.782	63.037	56.132
Al ₂ O ₃	12.66	13.722	13.085	16.286	17.244	17.187	17.403	16.948	16.474	16.087
Fe ₂ O ₃	13.941	13.76	13.925	7.031	7.279	7.082	7	6.886	5.274	7.183
CaO	7.611	5.811	5.656	3.609	7.378	7.377	7.255	5.957	2.76	6.455
MgO	5.365	6.302	6.045	3.476	5.056	4.097	4.279	1.552	2.02	5.117
Na ₂ O	4.824	4.537	4.735	6.492	4.279	4.223	4.152	4.622	5.211	4.264
K ₂ O	0.109	0.34	0.058	2.183	0.9	0.903	0.963	0.499	2.472	1.749
P ₂ O ₅	0.227	0.25	0.226	0.168	0.178	0.179	0.181	0.112	0.212	0.29
TiO ₂	2.459	2.367	2.745	0.669	0.601	0.606	0.6	0.638	0.464	0.582
MnO	0.214	0.247	0.249	0.049	0.095	0.088	0.087	0.041	0.037	0.091
LOI	6.598	7.057	5.996	2.628	1.632	1.347	1.365	2.962	2.063	2.031
Original Sum.	100	100.03	99.98	99.96	99.97	100	99.97	99.96	99.99	99.98
Trace element (ppm)										
V	386.7	364.2	434.1	104.1	88.5	93	89.7	92.1	58.1	87.2
Sr	41.6	46.9	28.7	384.8	683.3	697.2	701.8	769.9	902.6	654.9
Nb	7.4	7.9	7.7	9.9	9.2	9.3	9.3	9.5	10.6	9.3
Y	20.3	23.6	21.3	35.9	28.9	29	29.6	29.6	39.4	32.7
Zr	25.9	48	30.2	204	166.1	168.7	169.4	155.8	282.6	199
Th	2.6	3.8	3.2	9.3	7.9	8	7.9	8.7	11.5	7.9

ตาราง 3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลธาตุองค์ประกอบ โดยใช้เครื่อง XRF

Squared correlation coefficient (ร้อยละ)	
Major elements	
Si	0.9787
Al	0.9760
Fe	0.9488
Ca	0.9984
Mg	0.9498
Na	0.9938
K	0.9932
P	0.9872
Ti	0.9969
Mn	0.9944
Trace elements	
V	0.9576
Sr	0.9552
Nb	0.8901
Y	0.9381
Zr	0.9157
Th	0.9212

เพิ่มเติม : ค่า R^2 ที่ได้มาตรฐานควรมีค่ามากกว่าเท่ากับ 0.95