

ลักษณะเฉพาะทางธรณีสัณฐานของภูพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์:

หลักฐานจากข้อมูลโทรสัมผัสและธรณีวิทยา

Geomorphological Characteristics of Phu Phra Angkhan, Buriram Province: Evidence from Remote Sensing and Geological Data

ณัฐริกา hmeesa^{1*} พัชรินทร์ โคสุวรรณ จันทร์ดี² พิชาวุฒิ มานพกาวิ² วิชาวี วิลัยสิทธิ์¹ ปัญญา จารุศิริ^{1,3}

¹กองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี กทม. 10400

²ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

³ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสัณฐานวิทยาพื้นผิวโลกและธรณีพิบัติภัยขั้นสูง (MESA CE),

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กทม. 10330

*ผู้รับผิดชอบบทความ: ae.ntrkmeesa1@gmail.com, cpunya@chula.ac.th

วันที่รับบทความ 11 มีนาคม 2567; วันที่แก้ไขบทความ 27 มิถุนายน 2568; วันที่ตอบรับบทความ 27 มิถุนายน 2568

Nattarika Meesa¹ Patcharin Kosuwan Jundee² Pichawut Manopkawe²
Wipawee Wilaisit¹ Punya Charusiri^{1,3}

¹ Economic Geology Division, Department of Mineral Resources, Bangkok 10400 Thailand

² Department of Geological Sciences, Faculty of Science,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200 Thailand

³ Morphology of Earth Surfaces and Advanced Geohazards Center of Excellence (MESA CE),
Chulalongkorn University, Bangkok 10330 Thailand

*Corresponding author: ae.ntrkmeesa1@gmail.com, cpunya@chula.ac.th

Received 11 March 2024; Revised 27 June 2025; Accepted 27 June 2025.

บทคัดย่อ

ภูพระอังคาร ซึ่งเป็นเขาลูกเล็ก ๆ และเป็นที่ตั้งของสถาปัตยกรรมทางโบราณคดีและศาสนา อยู่
ที่ ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์ ได้ถูกคัดเลือกให้เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัย โดยมี
วัตถุประสงค์เพื่อป้องกันลักษณะเฉพาะของสภาพธรณีสัณฐานและภูมิลักษณะ ตลอดจนแนวทางการ
กำเนิดภูพระอังคาร โดยการวิจัยนี้เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลธรณีวิทยา การแปลความหมายข้อมูลจาก
ภาพโทรสัมผัสและการออกสนาม รวมทั้งการสร้างแบบจำลองการเกิดโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
หรือ GIS ผลการศึกษาโดยรวมพบว่า ภูพระอังคารเป็นภูเขาไฟขนาดเล็กที่ดับสนิทแล้ว โดยเทียบเคียง
จากอายุหินภูเขาไฟพบนมั้งใกล้เคียง ๆ กันซึ่งกำหนดอายุได้ 0.9 ล้านปี ภูพระอังคารประกอบด้วยหิน
ละลายบะซอลต์อัลคาลี-โอลีวิน ชั้นหนามากที่ปราศจากเศษหินและเถ้าภูเขาไฟ ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
ทางธรณีเคมีหินบะซอลต์ของภูพระอังคารมีปริมาณซิลิกาออกไซด์ที่น้อย (< 55%) ทำให้มีความหนืดต่ำ
จึงแผ่ปกคลุมพื้นที่บริเวณกว้างได้ และทำให้เกิดเป็นภูมิลักษณะภูเขาไฟที่มีรูปลักษณะคล้ายกับฝาชีหรือโล่
นอกจากนั้นยังพบว่าปากปล่องมีรูปร่างค่อนข้างกลม กว้าง 1.0 ถึง 1.5 กิโลเมตร มีเส้นรอบวงของขอบ
ปากปล่อง 3.14 กิโลเมตร จากภาพตัดขวางทำให้ทราบว่าภูพระอังคารมีความชันที่หลากหลาย (shield
volcano) ความชันไม่เกิน 10 องศา และเป็นแบบไม่สมมาตร โดยความลาดชันที่ค่อนข้างมากจะปรากฏ
อยู่ทางด้านตะวันออกและเว้าโค้งลึกต่อไปจนถึงที่ราบ ส่วนด้านตะวันตกความลาดชันน้อยกว่า เมื่อ
จำแนกตามรูปร่างลักษณะและภูมิลักษณะทำให้สรุปแนวทางการเกิดได้ว่าภูพระอังคารจัดเป็นภูเขาไฟ

รูปโล่ที่มีปากปล่องแบบยุบตัว ซึ่งเกิดจากการทรุดถล่มโดยการระเบิดค่อนข้างแรงและเป็นวงซ้อนกันหลายชั้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีเนินเขาเล็ก ๆ ที่อยู่ด้านตะวันออก ซึ่งสันนิษฐานได้ว่า เกิดจากรอยแตกของปากปล่องขนาดเล็ก อาจเป็นผลมาจากการปะทุครั้งสุดท้ายของภูเขาไฟพระอังคาร สถานที่ตั้งของวัดที่สร้างอยู่บริเวณขอบปากปล่องคาดว่าจะปลอดภัยจากพิบัติภัยดินถล่มเนื่องจากไม่ปรากฏอยู่ในส่วนที่ลาดชัน

คำสำคัญ: ธรณีสัณฐาน, ภูเขาไฟหมดพลัง, ภูมิลักษณ์, ภูเขาไฟพระอังคาร, บุรีรัมย์, หินบะซอลต์

Abstract

Phu Phra Angkhan, the small hill where the architectural and religious sites have been established, is in Buriram p, northwestern Thailand. The area has been selected for the current investigation with the aims of determining geomorphological characteristics and proposing the mode of occurrences using geographic information system (GIS). The current research commences from geological data compilation, remote-sensing image interpretation, field checking, and explanation of the landform. The result illustrates that Phu Phra Angkhan is a small extinct volcano, based upon the radiometric age (~ 0.9 Ma) of the volcanic rocks at the nearby Khao Phanom Rung volcano. The current field study demonstrates that Phu Phra Angkhan volcano consists of massive layers of alkali olivine basaltic lava without any pyroclastic debris. Previous geochemical data reveal that the silicon oxide is lower than 55 %, suggesting that the lava has low viscosity enough to spread over a wide area. The lava accumulation may have caused the cone - shaped volcanic landform to form shield or dish cover with relatively not gentle slopes. Additionally, it is also recognized that its crater has a circular shape with a radius of 1.0 to 1.5 km, and its circumference is about 3.14 km. The cross sections in several directions disclose that the Phu Phra Angkhan volcano has its various slope angles and asymmetrical shapes. The steeper slope angles are in the eastern flank with its deeply eroded slope surface whereas on the western flank more gentle slopes are encountered. Based on its morphology and landform characteristics and classification, it is concluded that Phu Pra Angkhan represents the extinct shield volcano with a collapsed crater, formed by explosion associated with surface subsidence. Its mode of occurrence is manifested by a complex crater forming as nested circumferences. Moreover, a very small mound or hill is found at the eastern edge crater, triggered by crater-ring fracturing, implying the last, relatively violent eruption. It is also anticipated that the temple located at the crater edge is considered to be safe from a landslide disaster.

Keywords: Geomorphology, Extinct volcano, Landform, Phu Phra Angkhan, Buriram, Basalt

1. บทนำ

พุทธระอังการเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติและทางธรณีวิทยาที่สำคัญ อีกทั้งเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงประวัติศาสตร์ โดยเฉพาะทางพุทธธรรมที่สอดคล้องกับตำนานอังการธาตุ และเป็นที่ประดิษฐานของพระพุทธรูปปางจำลอง (พนิดา สงวนเสรีวานิช, 2557) อีกทั้งยังเป็นที่ตั้งของวัดเขาอังการซึ่งเป็นวัดที่มีประติมากรรมและสถาปัตยกรรมหลายสมัย (ธัญญนันท์ เนาวรัตน์ และ ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ, 2565) นอกจากนี้ยังมีแหล่งชุมชนโบราณ มีภาพจิตรกรรมฝาผนัง อธิบายเป็นภาษาอังกฤษ มีพระนอนกลางแจ้ง (Sukprasert และคณะ, 2017; McuTour, 2015) และยังพบใบเสมามากมาย (กิตติพงษ์ สนเล็ก, 2563) ที่เชื่อว่าสร้างขึ้นในสมัยทวารวดี พุทธศตวรรษที่ 13-18 (ศักดิ์ชัย สายสิงห์, 2547, ชยาภรณ์ สุขประเสริฐ และคณะ, 2560) ดังนั้นพุทธระอังการจึงจัดว่ามีความสำคัญทั้งทางประวัติศาสตร์ ศาสนา และโบราณคดีอย่างมาก

พุทธระอังการ เดิมชื่อ “ภูลอย” (ธรรมรัตน์ เนาวรัตน์ และ ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ, 2565) เพราะมีลักษณะเหมือนภูเขาลูกนี้ลอยอยู่บนที่ราบ ส่วนพุทธระอังการได้ชื่อนี้เพราะเชื่อกันว่ามีการนำเอาพระอังการของพระพุทธเจ้ามาประดิษฐานที่ “ภูลอย” (ธัญญนันท์ เนาวรัตน์ และ ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ, 2565) เชื่อกันว่าเมื่อมองจากด้านบนภูอังการมีลักษณะคล้ายพญาครุฑกางปีกบิน ดังนั้นจึงทำให้เหมาะสมในการสร้างสถานที่บรรจุพระอังการไว้ที่ไหล่ข้างซ้ายของพญาครุฑ (www.nkr.mcu.ac.th) ซึ่งบนเขาเป็นที่ตั้งของวัด และน่าจะสร้างในยุคสมัยเดียวกับปราสาทหินพนมรุ้ง พุทธระอังการอยู่ทางทิศตะวันตกของเขาพนมรุ้ง 12.5 กิโลเมตร ซึ่งเป็น

ภูเขาไฟที่ประกอบด้วยหินบะซอลต์ (กานตามณี วิชโรสินธุ์, 2563)

ในประเด็นการวิจัย ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปทางโบราณคดีและประวัติศาสตร์ เช่น ศิลปกรรมบนใบเสมาของวัดเขาพุทธระอังการ (ธัญญนันท์ เนาวรัตน์ และ ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ, 2565) และชุมชนโบราณสมัยทวารวดีที่เชื่อมต่อกับสมัยลพบุรี ในพุทธศตวรรษที่ 11– 18 (พระใบฎีกาสุพจน์ ตปสีโล, 2560) นอกจากนี้ยังเน้นการวิจัยไปที่การพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยว (พนิดา สงวนเสรีวานิช, 2557 และ สรรเพชร เพียรจัด และจารินี ม้าแก้ว, 2564) ในทางพระพุทธศาสนา มีการวิจัยที่สำคัญเกี่ยวกับคุณค่าของใบเสมา โดยเฉพาะจากผลงานของพระศรีสัญญาณมณี และคณะ (2560)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับธรณีศาสตร์และธรณีวิทยาในด้านลึกหรือเชิงรายละเอียดของพุทธระอังการและบริเวณโดยรอบมีไม่มากนัก (ดู Barr และ Macdonald, 1978, Tritrangan, 1992, Barr และ Charusiri, 2011, Yan และคณะ, 2018, ธวัชชัย เชื้อเหล่าวานิช และคณะ, 2551 และ 2554) ส่วนการศึกษาวิจัยภูมิลักษณะโดยใช้การแปลความหมายข้อมูลภาพจากโทรสัมผัส (remote-sensing image data) แทบไม่มีผู้ศึกษาในรายละเอียดเลยในแถบอีสานใต้ (ดู ณัฐริกา หมีสา, 2564) ส่วนนอกพื้นที่ศึกษาก็มีอยู่บ้าง ที่สำคัญได้แก่ รายงานของกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (2538), Charusiri และคณะ (1996), และปัญญา จารุศิริ และคณะ (2542)

พุทธระอังการตั้งอยู่ที่บ้านเจริญสุข ตำบลเจริญสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดบุรีรัมย์

(รูป 1ก) และได้ถูกคัดเลือกเพื่อการศึกษาวิจัยนี้ ภูพระอังคารซึ่งอยู่ห่างจากตัวเมืองบุรีรัมย์ ประมาณ 74 กิโลเมตร และจากอำเภอนางรอง ไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ 12 กิโลเมตร ตาม ระยะแผนที่ (map length) และอยู่ทางทิศ ตะวันตกของเขาค้อสูง 12.5 กิโลเมตร (รูป 1ก) การเข้าถึงพื้นที่ทำได้ตลอดปีทั้งทางบกและอากาศ

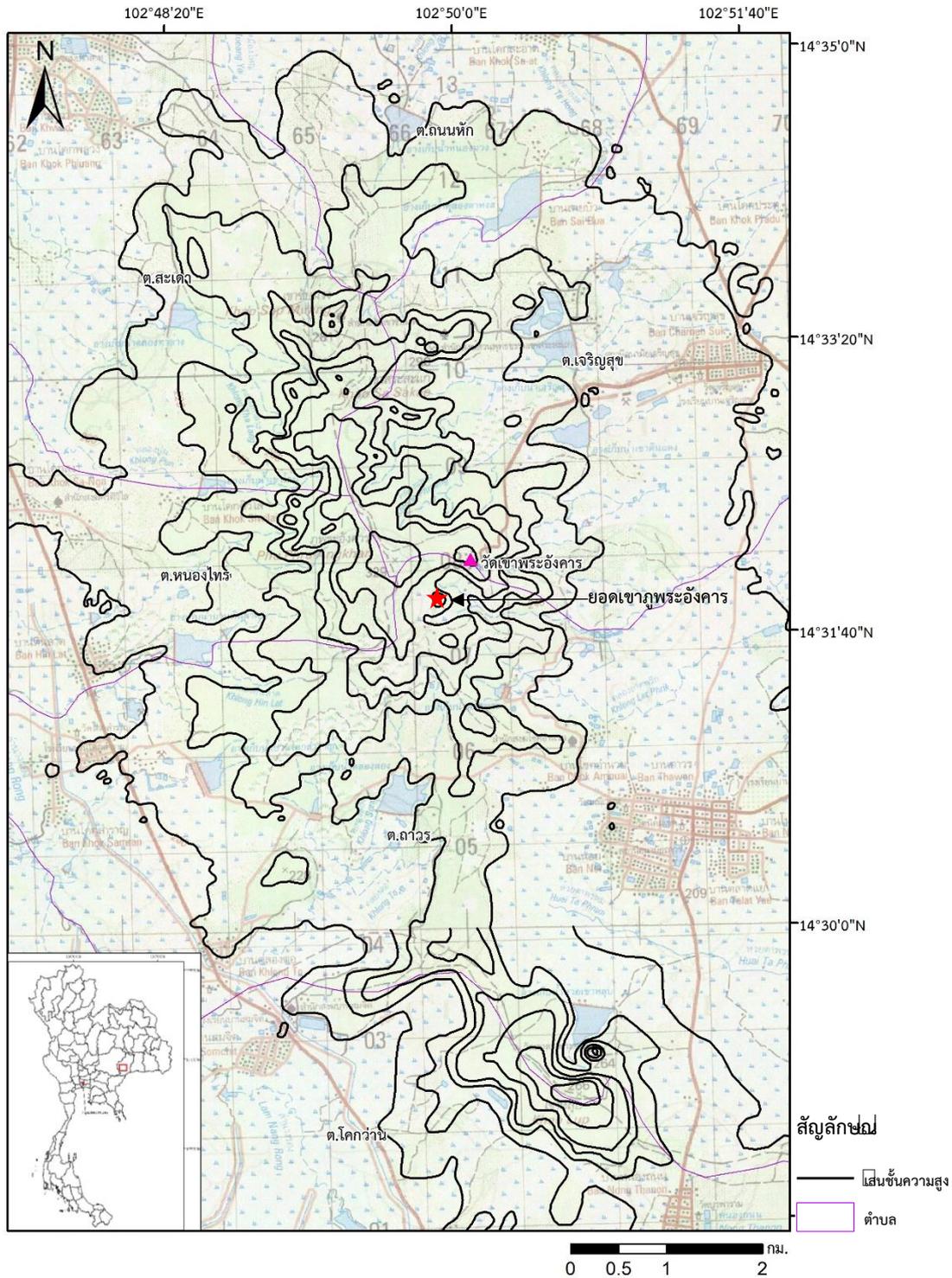
วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษา ลักษณะเฉพาะของภูมิลักษณะ (landform characteristics) และสภาพธรณีสัณฐาน (geomorphology) รวมถึงชนิดและการกำเนิด ของภูเขาไฟในพื้นที่ภูพระอังคาร โดยใช้ข้อมูลภาพ จากดาวเทียมและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เบื้องต้น โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมและ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2. วัสดุและวิธีการศึกษา (Materials and Methods)

หลังจากการทบทวนวรรณกรรม (literature reviews) ที่เกี่ยวข้อง จึงได้ศึกษาและวิเคราะห์ ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ 1) ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ ขนาดมาตราส่วน 1 : 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ระวัง 5538II อำเภอนางรอง (รูป 1ข และ ค) ภาพจากดาวเทียม google earth (รูป 2ง) 2) ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (digital elevation model) ของ USGS โดยระบบ SRTM (Shuttle radar topography mission) ที่มีค่า ความละเอียดของข้อมูล 20 เมตร (รูป 3ก) 3) การวิเคราะห์ข้อมูลได้ใช้ผ่านโปรแกรม ArcGIS หลังจากนั้นจึงใช้สีผสมเทียม (fault color composite) เพื่อจัดทำแผนที่ต่างระดับ (relief map) (รูป 5) ซึ่งรายละเอียดหาได้จาก ภูมิรัฐศาสตร์ (2564) 4) ขั้นตอนมาเป็นการจัดทำแผนที่ธรณีสัณฐาน (geomorphological mapping) โดย เริ่มจากการลากเส้นทางน้ำด้วยการวิเคราะห์ด้วย

สายตา (visual interpretation) ภายในพื้นที่ ศึกษาภูพระอังคารเพื่อจำแนกระบบทางน้ำ (drainage patterns) (รูป 4ก) 5) ต่อจากนั้นจึง สร้างภาพตัดขวาง (topographic profiles) ให้ ตัดผ่านพื้นที่ศึกษา (รูป 6ก, 6ข, 6ค, 6ง) ในหลาย ทิศทางเพื่อศึกษาและประเมินความลาดชันเขา (hill slope elevation) โดยเฉพาะ ทิศ ตะวันออก-ตะวันตก, เหนือ-ใต้, ตะวันตกเฉียง เหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ และตะวันออกเฉียงเหนือ- ตะวันตกเฉียงใต้ และจัดทำแผนที่ความลาดเอียง และ 6) อธิบายลักษณะภูมิทัศน์และอธิบาย ถึงแนวทางการเกิดของภูพระอังคาร โดยใช้ระบบ สารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) อนึ่ง ในการจัดทำ หรือสร้างแผนที่ความลาดชัน (slope map) จาก โปรแกรม ArcGIS desktop โดยใช้ Arcmap version 10 ที่ใช้ในการศึกษานี้ โดยมีขั้นตอน รายละเอียดดังนี้:

1. สร้าง shapefile (.shp file) ให้ครอบคลุม พื้นที่ศึกษาภูพระอังคาร;
2. นำไฟล์ DEM (ของทั้งประเทศไทย) มาตัด (clip) เฉพาะพื้นที่ศึกษา และจัดเก็บในรูปแบบ shp ไว้;
3. สร้าง Slope Map ในไฟล์ DEM ที่ทำ การ clip แล้ว โดยไปที่ ArcToolbox >> 3D Analyst Tools >> Raster Surface >> Slope >> Input raster >> ช่อง output measurement (optional) >> DEGREE >> OK;
4. เปลี่ยนสี slope โดยปรับสีผสม (false colors) และเลือกชนิดสี จนได้รูปภาพที่เห็น ชัดเจนตามต้องการ; และ
5. นำไฟล์ hillshade มาซ้อนทับกับ พื้นที่ศึกษา ตรวจสอบความคมชัดของภาพ และ ปรับความเป็นภาพสามมิติ (3D)



รูป 1(ข): ส่วนของแผนที่ภูมิประเทศ (จากกรมแผนที่ทหาร ในมาตราส่วน 1 : 50,000 ราววง 5538II อำเภอนางรอง) ทางตอนใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงพื้นที่ศึกษาภูพระอังคารและตำแหน่งสูงสุดในพื้นที่ ที่ความสูง 319 เมตร จากระดับน้ำทะเล และ รูปเล็กเป็นแผนที่ประเทศไทยแสดงที่ตั้งพื้นที่ศึกษาภูพระอังคารในจังหวัดบุรีรัมย์ (กรอบสี่เหลี่ยมสีแดง)



รูป 2 (ก): หินบะซอลต์ภูเขาไฟที่โผล่ตามธรรมชาติ (natural exposure) แสดงรอยแตกรูปเสาหิน (columnar joints) และการไหลซ้อนทับเป็นชั้นๆของหินละลาย (ข) ภาพขยายใหญ่ของเสาหินบะซอลต์ และ (ค) เสาหินบะซอลต์ที่โผล่จากการขุดอ่างเก็บน้ำเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนน้ำ บ้านโคกมะค่าโหรน ต. สะเดา อ. นางรอง จ. บุรีรัมย์

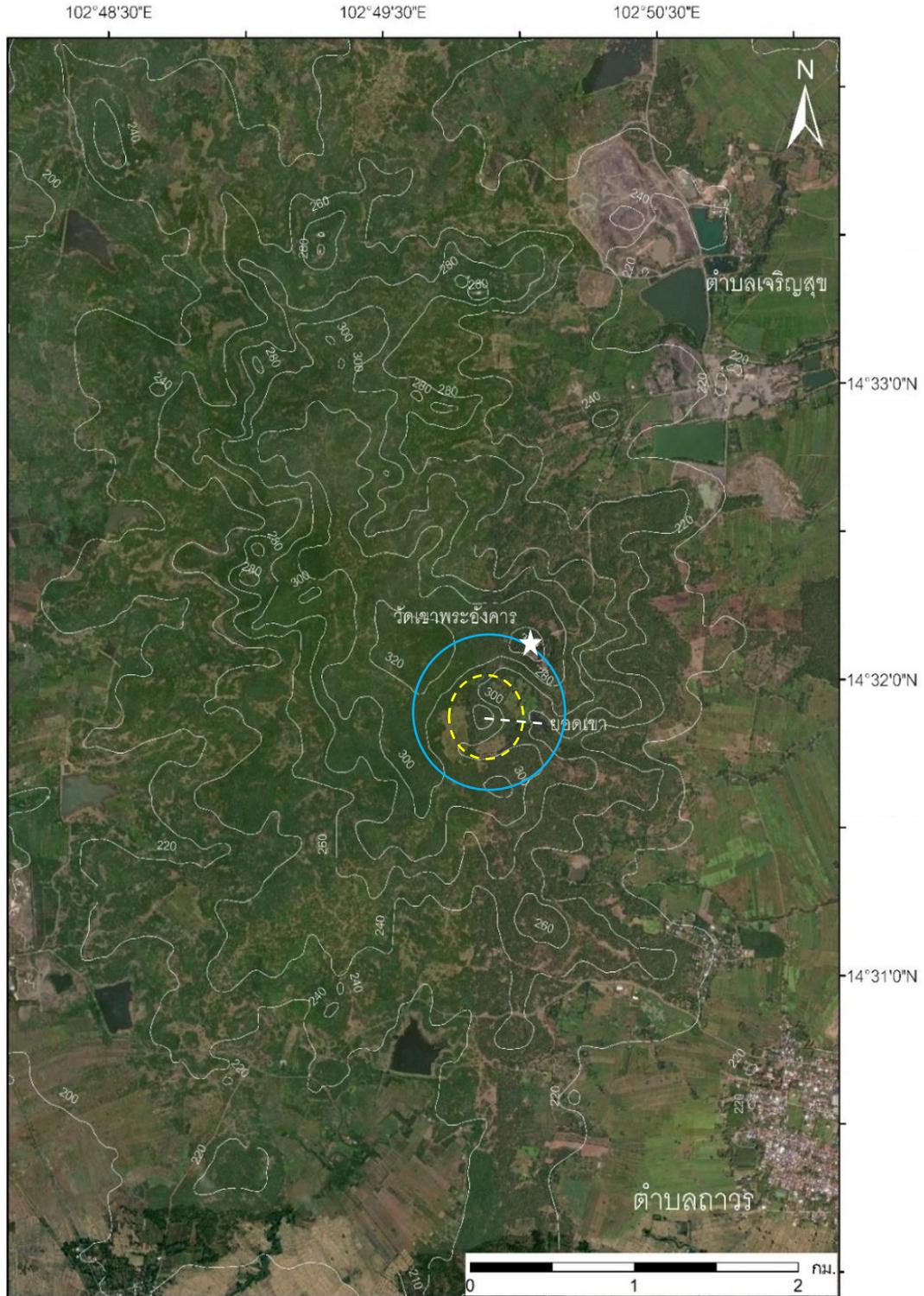
เกือบตะวันออก-ตะวันตก รายงานของกรมทรัพยากรธรณี (ดู <http://dmr.go.th/ภูเขาไฟ>) ได้สรุปว่า ภูเขาไฟมีรูปร่างเป็นโดมหินละลาย (lava domes) หรือหินละลาย (lava) ที่มีลักษณะคล้ายรูปฟานชีคว่ำและมีฐานกว้าง ผลการเดินสำรวจของคณะผู้วิจัยในการศึกษารั้งนี้ถึงปากปล่องภูเขาไฟ พบตะกัณฑ์ภูเขาไฟ (scoria) ที่เกิดจากการปะทุของหินละลาย และได้ประเมินความหนาของหินบะซอลต์ภูเขาไฟไว้ที่ 100-110 เมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชั้นหินบะซอลต์ที่วางตัวในแนวเกือบราบ และประกอบด้วยชั้นหินละลาย (lava layers) อย่างน้อย 4 ชั้น โดยที่แต่ละชั้นหนามากกว่า 10 เมตร (ดูรูป 2) โดยไม่มีชั้นของเถ้าหรือเศษหินภูเขาไฟปรากฏ น่าสังเกตว่าชั้นหินบะซอลต์ นี้มีความหนาเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อถึงยอดเขา และบางลง

อย่างชัดเจนในจุดที่ห่างจากยอดเขาออกมา ทำให้คาดคิดว่าน่าจะเกิดจากการปะทุผ่านรอยแตก (fissure eruption) ในแนวดังกล่าวเป็นการปะทุแบบเงียบ (quiescent eruption) และไม่ใช่ระเบิดรุนแรง ในช่วงอายุควอเทอร์นารี ส่วนหินภูเขาไฟที่ยอดภูส่วนใหญ่เป็นพวกตะกัณฑ์ภูเขาไฟหรือหินสกอเรีย (scoria) ที่สด มักมีสีน้ำตาลแดงจนถึงน้ำตาลดำ และมีรูพรุนมาก ทำให้หินเบาสะสมตัวอยู่เป็นจำนวนมาก จึงดูเหมือนว่าภูเขาไฟเป็นภูเขาไฟที่อาจไม่สงบได้

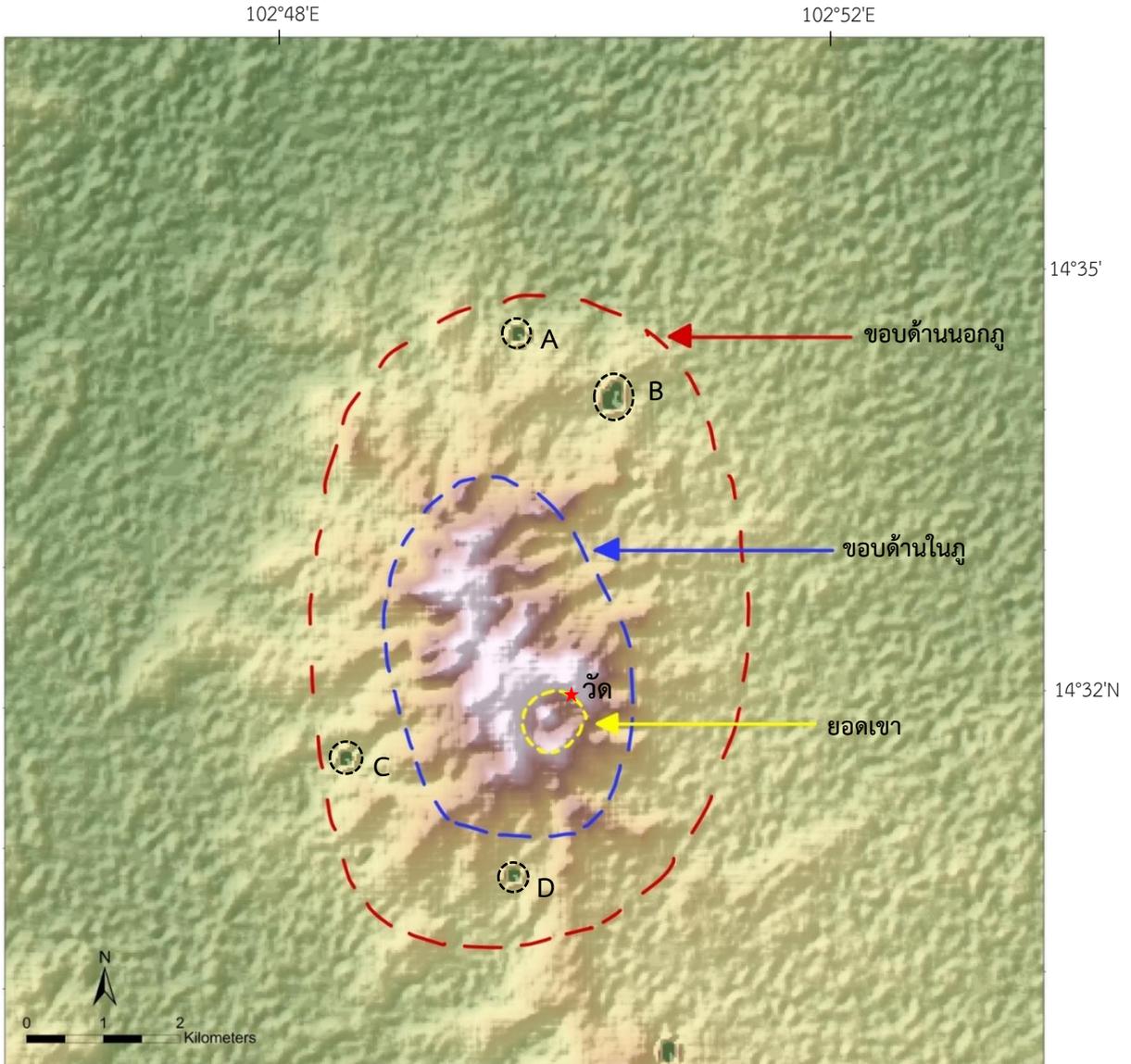
4. ผลการศึกษา

4.1 ลักษณะภูมิลักษณะทั่วไป

ผลการแปลความหมายจากโทรสัมผัส (remote sensing interpretation) ของพื้นที่ บริเวณกว้าง (regional area) ของอีสานใต้โดยอาศัยข้อมูลภาพ



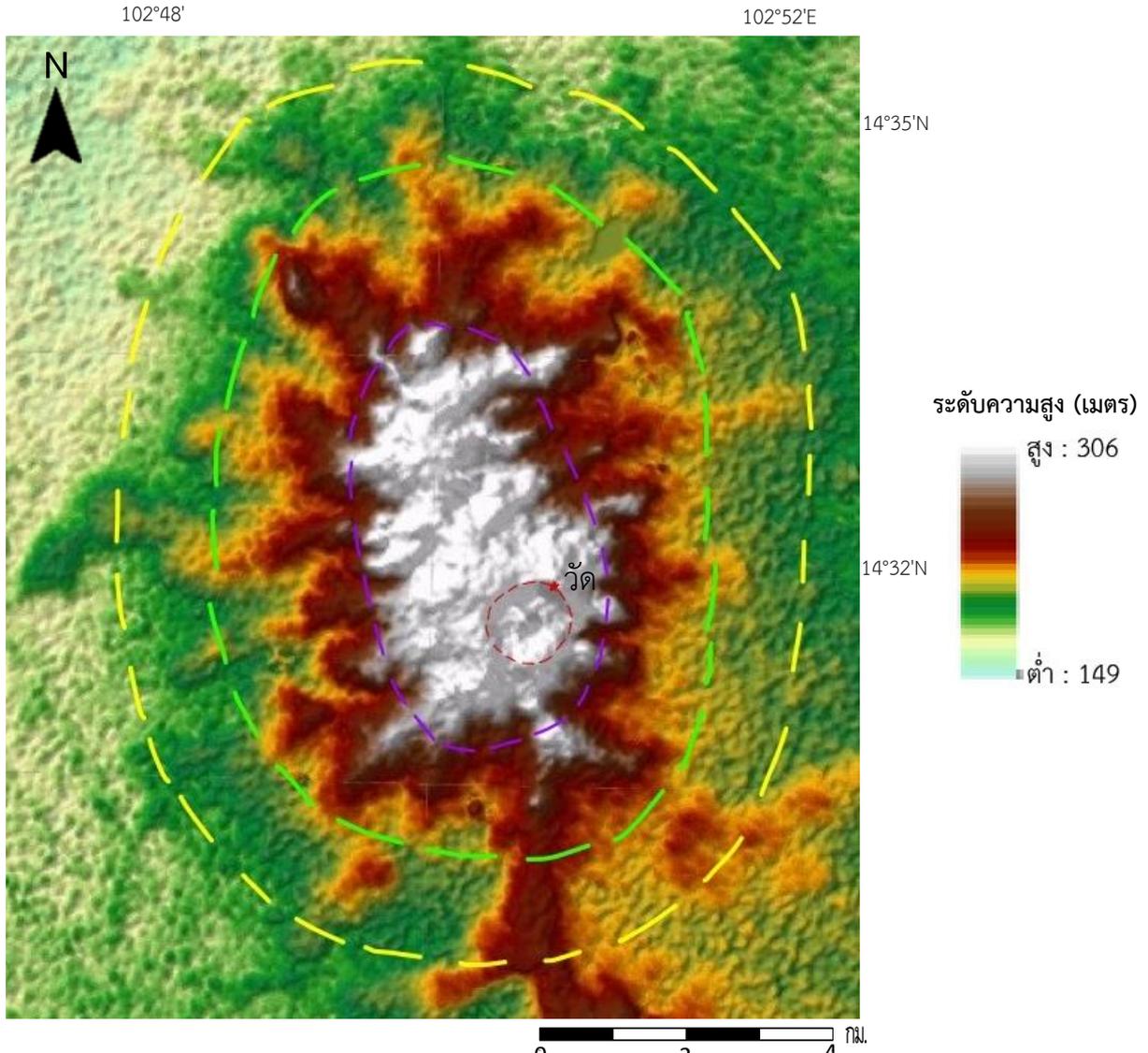
รูป 2(ง): ภาพจากดาวเทียมกูเกิลเอิร์ธ (google earth, ถ่ายเมื่อปี ค.ศ. 2021) ของพื้นที่ศึกษาพระอังกคาร แสดงขอบเขตภูเขา (วงกลมสีฟ้า), ที่ตั้งของวัดเขาพระอังกคาร (รูปดาว) ที่อยู่บริเวณขอบภูเขา และขอบวงกลมด้านในของเขา (เส้นประสีเหลือง) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงรอบส่วนในของยอดเขาหรือเนินเขา (วงกลมเล็กสีส้ม)



รูป 3ก: ภาพจากดาวเทียม SRTM DEM แสดงขอบด้านในภูเขาไฟ (เส้นประสีน้ำเงิน, 3 x 4.5 กม.) และขอบด้านนอก (เส้นประสีแดง, 5 x 8 กม.) รวมทั้งยอดเขา (เส้นประสีเหลือง) ของภูพระอังคารและวัดเขาพระอังคาร (จุดแดง)[หมายเหตุ : A, B, C และ D คือภาพที่เกิดจากการประมวลผลคลาดเคลื่อน (errors in image processing)]

จากดาวเทียม Google Earth ผนวกกับข้อมูลจากแผนที่ธรณีวิทยา 1:250,000ของกรมทรัพยากรธรณี (2519) ทำให้ทราบว่า บริเวณพื้นที่ศึกษาโดยทั่วไปรอบ ๆ ภูพระอังคาร ประกอบด้วยที่เนินเขาและภูเขาไฟขนาดเล็กที่เรียงตัวกระจกระบายในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก และมีความสูงระหว่าง 265 - 386 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง โดยที่เขานมรุ้งที่อยู่ถัดจากภูพระอังคาร

ไปทางตะวันออกจัดเป็นภูเขาไฟที่สูงที่สุด คือ 386 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ส่วนภูพระอังคารมียอดสูงสุดที่ 331 เมตร ภูเขาปลายบัดสูง 289 เมตร และเขาระโดง สูง 265 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ภูเขาไฟเหล่านี้ถูกล้อมรอบด้วยที่ราบซึ่งเกิดจากการกระทำของทางน้ำ นอกบริเวณส่วนที่เป็นภูมีลักษณะภูเขาไฟระบบทางน้ำเป็นแบบกิ่งไม้ (dendritic system)



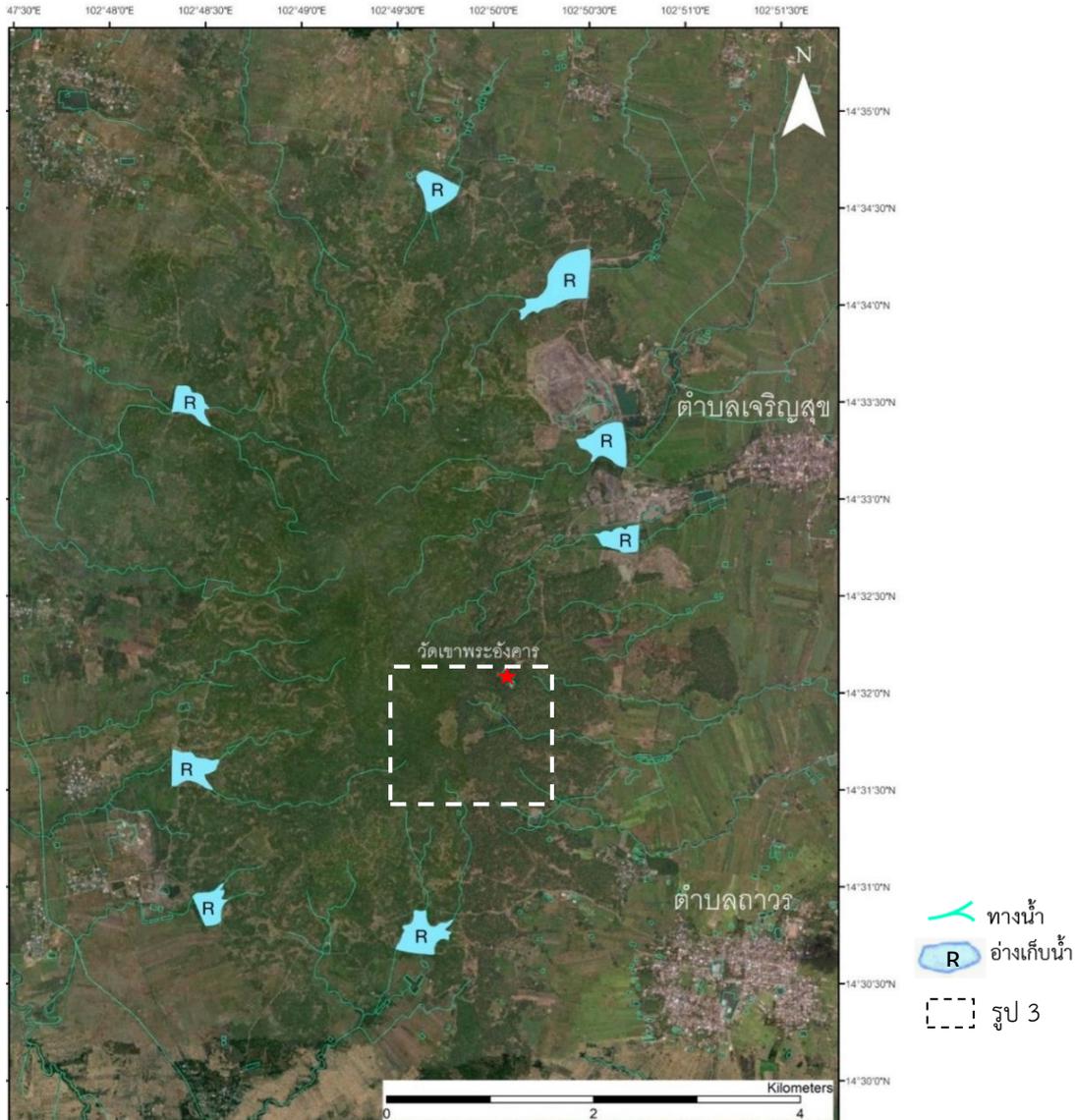
รูป 3ข: ภาพจาก DEM กึ่งสามมิติ [semi-3D digital elevation model (DEM) image] แสดงความต่างระดับของภูเขาพระอังคาร โดยการ
ใช้สีผสมเทียม (false-color composite) ด้วยโปรแกรม ArcGIS ทำให้เห็นลักษณะภูมิลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกัน 3 วง โดยมียอดสูงสุดที่
ประมาณ 319 เมตร (วงกลมสีแดง) และขอบด้านนอกภูเขาพระอังคารแสดงด้วยสีต่างๆกัน (เหลืองวงนอกสุด, เขียววงกลาง, และม่วงวงในสุด)
ส่วนวัดเขาพระอังคารแสดงด้วยรูปดาว

แต่บริเวณภูเขาไฟระบบทางน้ำเป็นแบบรัศมี (radial system) ส่วนที่ไหลออกไปทางตอนใต้ เป็นพื้นที่ลาดลุ่มในเขตประเทศกัมพูชาตอนเหนือ ติดชายแดนไทย ที่มีระดับความสูงของพื้นดิน เฉลี่ยจากระดับทะเล 80-100 เมตร

4.2 แผนที่ ภูมิประเทศและแผนที่ ธรณีวิทยา (Topographic and geologic maps)

ผลการวิเคราะห์แผนที่ ภูมิประเทศ (topographic map) ของกรมแผนที่ทหาร มาตรฐาน

ส่วน 1:50000 (รูป 1ข) และแผนที่ธรณีวิทยา จังหวัดบุรีรัมย์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) พบว่า พื้นที่ศึกษาภูเขาพระอังคารประกอบด้วยหินภูเขาไฟ จำพวกบะซอลต์ที่ถูกล้อมรอบด้วยตะกอนที่ราบ ลุ่มแม่น้ำยุคปัจจุบัน (Quaternary alluvium) โดยไม่แสดงลักษณะภูมิลักษณะ (landform) ที่ ชัดเจน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะช่วงชั้นความสูง (contour interval) ทุก ๆ 20 เมตร อยู่ห่างกัน เกินไป จนทำให้ไม่สามารถประเมินภาพได้ชัดเจน



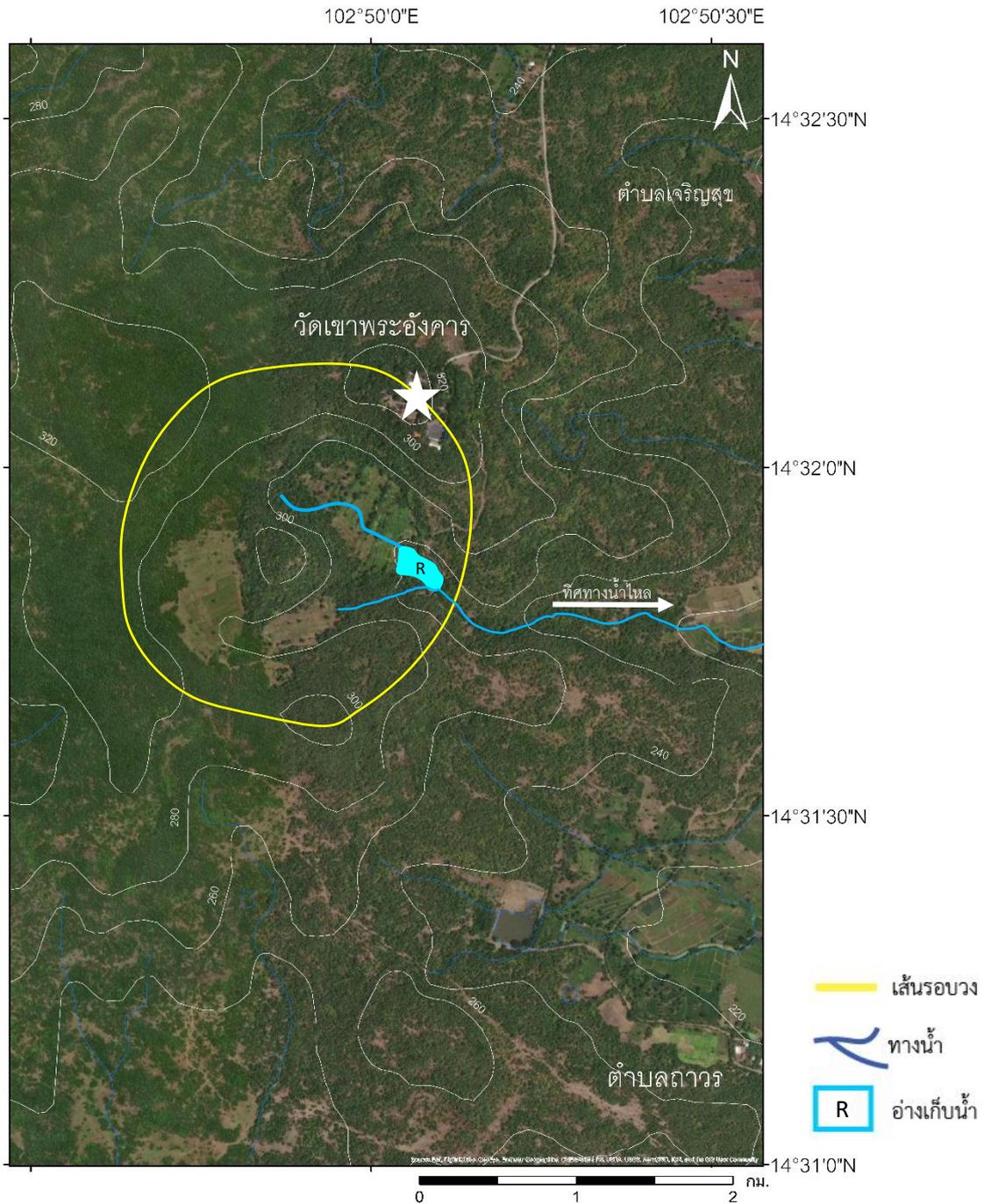
รูป 4ก ภาพถ่ายจากดาวเทียมกูเกิลเอิร์ธ (google earth ถ่ายเมื่อปี ค.ศ. 2021) แสดงพื้นที่ศึกษาภูพระอังคาร (เส้นประสีเหลือง) และระบบทางน้ำแบบรัศมี (radial drainage system) โดยรอบ ให้สังเกตระบบการไหลของทางน้ำจากจุดกลางยอดเขาออกไปโดยรอบ ซึ่งเป็นภูมิลักษณะพิเศษและโดดเด่น (unique and diagnostic landform) ของภูเขาไฟและวงขอบเขตด้านนอกสุด (เส้นประสีเหลือง) ของอ่างเก็บน้ำแสดงถึงจุดที่น้ำได้ดินไหลลงเข้าแอ่งได้เมื่อถึงฤดูฝน

ว่าภูพระอังคารแสดงหลักฐานทางภูมิประเทศ (physiographic evidence) ของภูเขาไฟอย่างไร อย่างไรก็ตามข้อมูลเชิงตัวเลข จากแผนที่ภูมิประเทศทำให้ทราบว่า ภูพระอังคารสูงจากระดับทะเลปานกลาง 110 เมตร ด้วยเหตุนี้จึงพอสรุปได้ว่าผลการแปลความหมายจากแผนที่ ภูมิประเทศในชั้นตอนนี้ ไม่ช่วยให้ปรากฏหลักฐานทางภูมิลักษณะภูเขาไฟ (volcanic landform) ได้

เท่าที่ควร

4.3 ภาพจากดาวเทียม Google Earth (Google Earth Image)

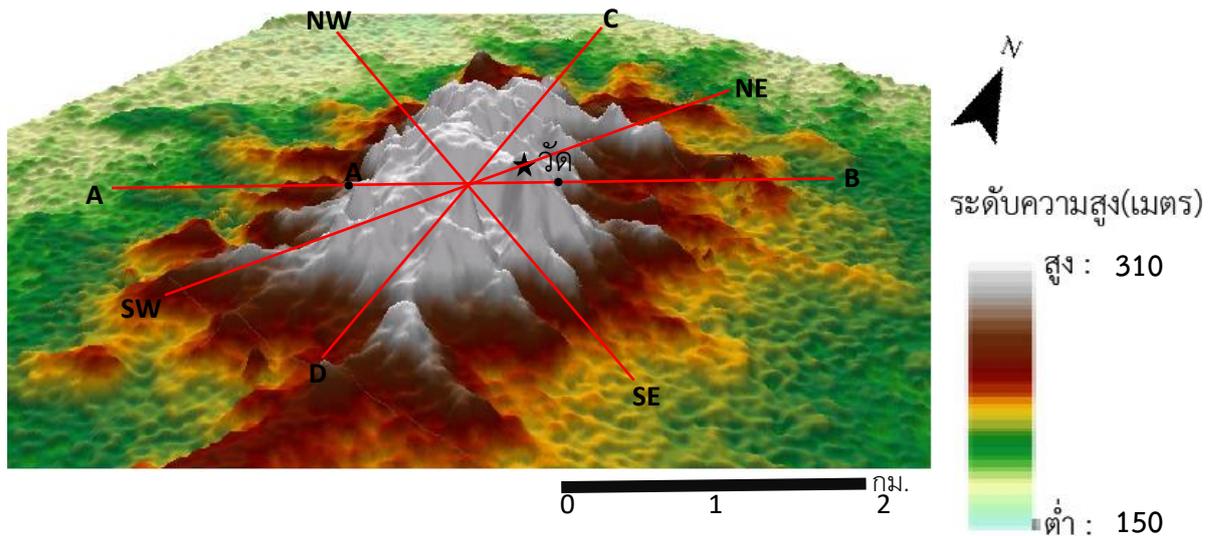
ผลการแปลความหมายภูมิลักษณะ ภูพระอังคารที่ตรวจสอบและตีความด้วยสายตา (visual interpretation) จากภาพ ดาวเทียม google earth ซึ่งถ่ายเมื่อ ปี 2564. ตามที่ได้แสดงในรูป 2 พบว่าภาพจากดาวเทียม Google Earth



รูป 4ข ภาพถ่ายจากดาวเทียมกูเกิลเอิร์ธ (google earth ถ่ายเมื่อปี ค.ศ. 2021) (ขยายจากเส้นประในรูป 4ก) แสดงทางน้ำสายหลัก (major drainage pattern) ที่ไหลจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออกตามแนวหุบเขาเปิดกว้าง (widening valley) จากขอบภูพระอังคาร

แสดงขอบเขตของภูพระอังคารที่เห็นได้ชัดเจนมากกว่าผลจากการแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร โดยพบว่าพระอังคารแสดงภูมิลักษณะเป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 กิโลเมตร โดยประมาณ

นอกจากนั้นยังแสดงให้เห็นตำแหน่งของวัดเขาภูพระอังคารที่อยู่ในบริเวณวงกลมด้านนอกของภูเขาไฟ ยิ่งกว่านั้นภาพยังแสดงให้เห็นขอบวงรอบด้านในของภูพระอังคาร ซึ่งอยู่ในพื้นที่รอบ ๆ จุดสูงสุดที่สุดของภูพระอังคาร (319 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง) อีกด้วย



รูป 5 ภาพถ่าย DEM กิ่งสามมิติ (จาก รูป2ค) แบบมุมมองเฉียง แสดงภูมิลักษณะของภูเขาพระอังคารที่ปรากฏเป็นเนินกลมทรงสูงในบริเวณตอนกลาง เส้นสีแดง 4 เส้นแสดงแนวตัดภูมิประเทศในทิศต่างๆ 4 แนว คือ ทิศเหนือ-ใต้, ทิศตะวันออก-ตก, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้, และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ โดยที่ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ตัดผ่านวัด

4.4 ภาพจาก DEM และ SRTM DEM (DEM and SRTM DEM Images)

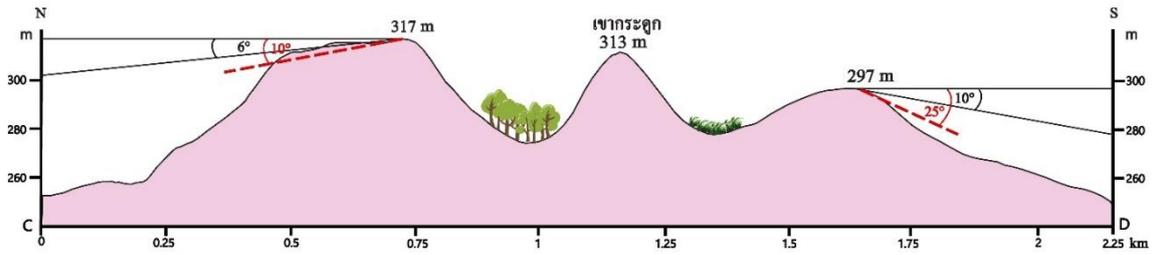
รูป 3ก แสดงผลการแปลความหมายของภูเขาพระอังคารโดยใช้ข้อมูลภาพจาก DEM (Digital Elevation Model) และ SRTM DEM (Shuttle Radar Topography Mission DEM) สำหรับในรูป 3ก เป็นภาพจาก DEM ของภูเขาพระอังคาร ซึ่งมองดูคล้ายวงรี หรือรูปไข่ (oval shape) โดยปรากฏขอบเขตด้านใน (เส้นประสีน้ำเงิน, ขนาด ~ 4.5 x 3 กิโลเมตร) และขอบเขตด้านนอก (เส้นประสีแดง, ขนาด ~ 5 x 8 กิโลเมตร) ชัดเจนขึ้นรวมทั้งยอดภูเขาพระอังคารด้วย ให้สังเกตว่าการวางตัวของแนวภูเขาไฟอยู่ในทิศเหนือ-ใต้ ส่วนรูป 3ข เป็นภาพ SRTM DEM กิ่งสามมิติ ที่ข้อมูลถูกปรับปรุงคุณภาพเพิ่มเติมด้วยสีผสมรวม (false color composite หรือ FCC) ทำให้เห็นภูเขาพระอังคารมีรูปร่างลักษณะเป็นวงกลมซ้อนกัน 3 วง โดยที่ปากปล่องมีรูปร่างค่อนข้างกลม วงในสุด (แสดงด้วยสีม่วง) ค่อนข้างกลม ขนาด 1 x 1.5 กิโลเมตร วงกลาง (สีเขียว) ขนาด ~ 3 x 4.5

กิโลเมตร และวงนอกสุด (สีเหลือง) ขนาด ~ 4.5 x 6 กิโลเมตร นอกจากนั้น ยังแสดงลักษณะภูมิลักษณะของภูเขาพระอังคารที่ดูเหมือนวางตัวในแนวเกือบทิศเหนือ-ใต้ด้วย ส่วนแนวตะวันออกเฉียงเหนือ เห็นสภาพภูมิลักษณะ (พื้นสีขาว) ที่แสดงการเว้าห่างของพื้นผิวภูมิประเทศเข้าไปด้านในอย่างชัดเจน ซึ่งผลจากการแปลข้อมูลภาพ (image data - ในรูป 3ข) เมื่อมองดูจากระยะไกล สามารถตีความได้ว่าภูเขาพระอังคารมีรูปร่างคล้ายกับพญาครุฑ (หรือบางมุมคล้ายเต่า) ที่มีหัวหันไปทางใต้ โดยที่ลักษณะดังกล่าวคล้าย ๆ กับที่บรรยายไว้ในตำนานโบราณ (สรรเพชญ์ เพียรจัด และจารณี ม้าแก้ว, 2564) ว่าเหมือนพญาครุฑนอนคว่ำหน้า และแปลกที่ว่าคนโบราณมองภาพภูเขาพระอังคารได้อย่างไรจากมุมสูง โดยที่ไม่มีที่สูงล้อมรอบ

รูป 4ก แสดงลักษณะหรือระบบทางน้ำ (drainage system) ของภูเขาพระอังคารที่ดูเหมือนแสดงการไหลในลักษณะที่ทางน้ำออกไปจากยอดเขาถูกโดดจัดเป็นทางน้ำแบบรัศมี (radial pattern)



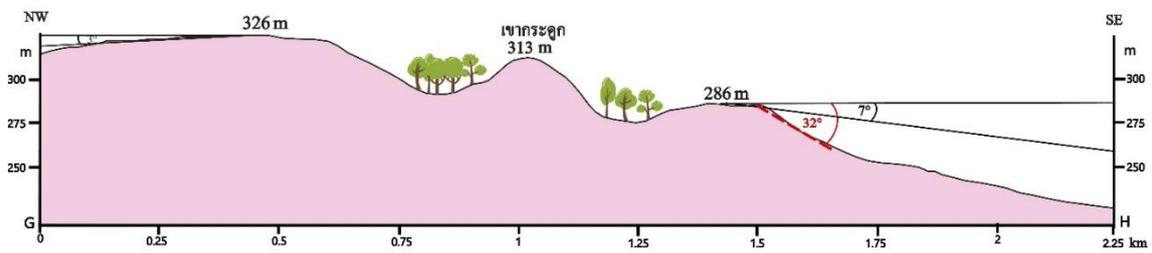
รูป 6ก ภาคตัดขวางภูพระอังคาร (AB จากรูป 5) ในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) แสดงภูมิลักษณะโดยทั่วไปของภูเขาไฟและความชันของขอบภูพระอังคารทั้งสองด้าน โดยที่ด้านตะวันตกมีความสูง 311 เมตร และมีมุมลาดเอียง (slope angle) ประมาณ 7° ในส่วนบนและ 19° ในส่วนล่าง ส่วนด้านตะวันออกมีความสูง 275 เมตร และมีมุมลาดเอียงประมาณ 9° ในส่วนบนและ 26° ในส่วนล่าง โดยเฉลี่ย



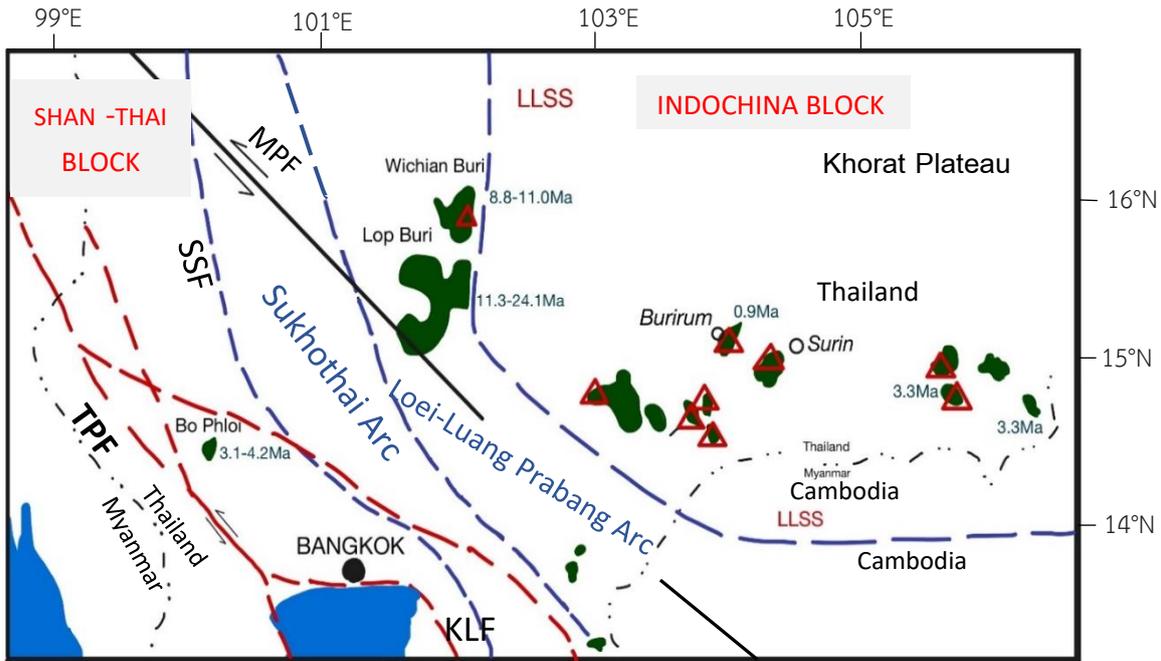
รูป 6ข ภาคตัดขวางภูพระอังคาร (CD, รูป 5) ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) แสดงภูมิลักษณะโดยทั่วไปของภูเขาไฟและความชันของขอบภูพระอังคารทั้งสองด้าน โดยที่ทิศเหนือมีความสูง 317 เมตร และมีมุมลาดเอียง (slope angle) ประมาณ 6° ในส่วนบนและ 20° ในส่วนล่าง ส่วนทิศใต้มีความสูง 297 เมตร และมีมุมลาดเอียงประมาณ 10° ในส่วนบนและ 25° ในส่วนล่าง โดยเฉลี่ย



รูป 6ค ภาคตัดขวางภูพระอังคาร (EF, รูป 5) ในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ (NE-SW) แสดงภูมิลักษณะโดยทั่วไปของภูเขาไฟและความชันของขอบภูพระอังคารทั้งสองด้าน โดยที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มีความสูง 307 เมตร และมีมุมลาดเอียง (slope angle) ประมาณ 10° ในส่วนบน และ 28° ในส่วนล่าง ส่วนทิศตะวันออกเฉียงเหนือมีความสูง 319 เมตร และมีมุมลาดเอียงประมาณ 10° ในส่วนบน และ 36° ในส่วนล่าง โดยเฉลี่ย



รูป 6ง ภาคตัดขวางภูพระอังคาร (GH, รูป 5) ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (NW-SE) แสดงภูมิลักษณะโดยทั่วไปของภูเขาไฟและความชันของขอบภูพระอังคารทั้งสองด้าน โดยที่ทิศตะวันตกเฉียงเหนือมีความสูง 326 เมตร และมีมุมลาดเอียง (slope angle) ประมาณ 3° ส่วนทิศตะวันออกเฉียงใต้มีความสูง 286 เมตร และมีมุมลาดเอียงประมาณ 7° ในส่วนล่าง และ 32° ในส่วนบน โดยเฉลี่ย

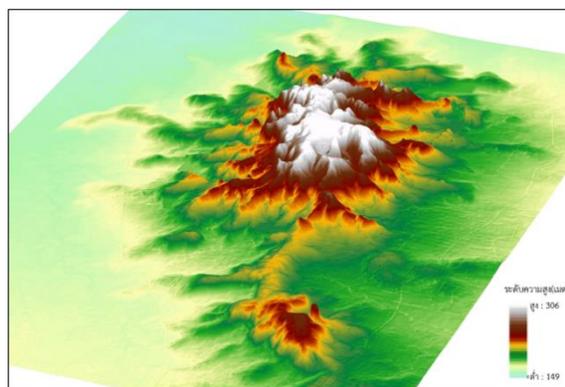
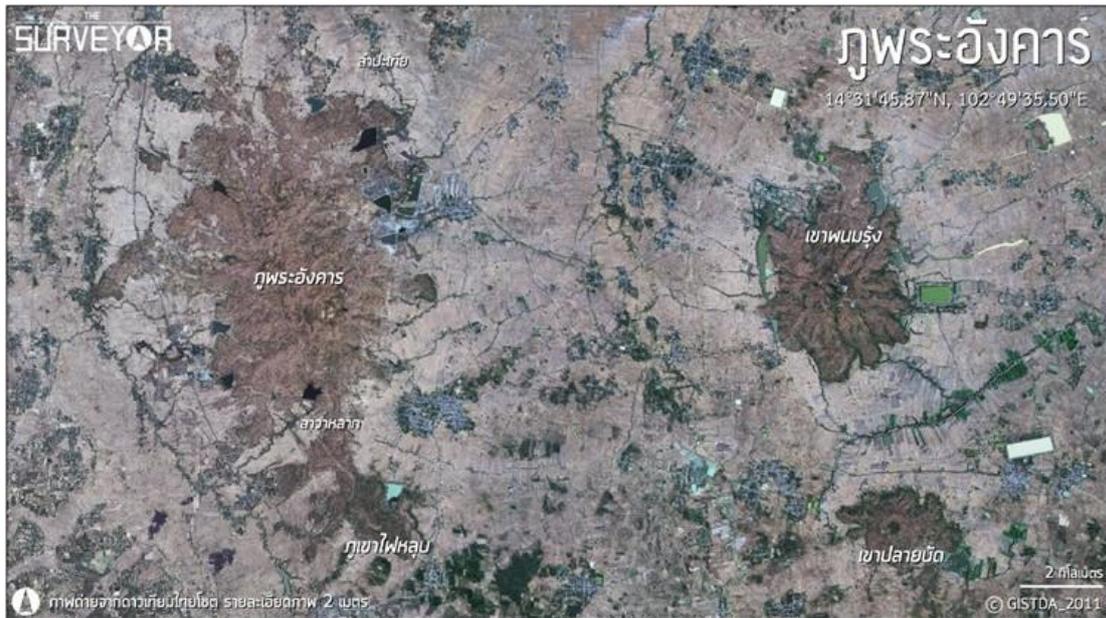


รูป 7 แผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของอีสานใต้และพื้นที่ใกล้เคียง แสดงการกระจายตัวของหินภูเขาไฟจำพวกบะซอลต์และอายุจากวิธีกัมมันตรังสี (radioactive age) (ธวัชชัย เชื้อเหล่านิช และคณะ 2551, Yan และคณะ 2018) ให้สังเกตว่า อายุการกระจายตัวของหินที่แก่กว่าจากตะวันออกไปตะวันตกของอีสานใต้ ขณะที่ทางภาคตะวันออกของประเทศอายุหินมักกระจายตัวจากแก่ทางใต้ไปยังอ่อนกว่าทางเหนือ หมายเหตุ : CCS = รอยตะเข็บเชียงใหม่-เชียงราย, NUSKS = รอยตะเข็บน่าน-อุตรดิตถ์-สระแก้ว, LLSS = รอยตะเข็บหลวงพระบาง-เลย-เสียมเรียบ, MPF = รอยเลื่อนแม่ปิง, TPF = รอยเลื่อนเจดีย์สามองค์, SSF = รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์, และ KLF คือ เขตรอยเลื่อนหรือรอยตะเข็บแกลง (Klaeng suture zone or tectonic line)

รูปแบบทางน้ำลักษณะนี้บ่งชี้ให้เห็นว่าเป็นภูมิลักษณะที่เกิดจากภูเขาไฟโดยเฉพาะ เป็นที่น่าสังเกตว่าการแผ่รัศมีเป็นวงรอบมาสิ้นสุดบริเวณอ่างเก็บน้ำ ที่ปรากฏโดยรอบภูเขาพระอังคาร ซึ่งอาจแสดงถึงจุดที่ระดับน้ำใต้ดิน (หรือน้ำบาดาล) ตื้นที่สุดและเป็นบริเวณที่อาจเป็นการให้น้ำบาดาลกับอ่างเก็บน้ำซึ่งคล้ายกับการรับน้ำที่มีน้ำใต้ตลอดปี (effluent stream) ส่วนรูป 4ข เป็นภาพถ่ายที่ขยายจากรูป 4ก ซึ่งแสดงถึงทางน้ำสายหลักที่ไหลจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก และการเปิดกว้างของหุบเขาในบริเวณขอบของภูเขาพระอังคาร และรูป 4ค เป็นภูมิลักษณะเชิงอุดมคติที่เกิดจากการลากเส้นตัดของวงในแนวตะวันตก-ตะวันออก ที่น่าจะสอดคล้องกับการไหลทะลักของหินละลายจากการปะทุครั้งใหญ่

4.5 ข้อมูลจากสนามและศิลาเคมี (ศิลาวรรณาและธรณีเคมี)

ผลการวิเคราะห์วิทยาหิน (lithology) จากในสนามของการศึกษานี้พบว่า ภูเขาพระอังคารประกอบด้วยหินละลายหลายชั้น (multiple lava layers) อย่างน้อย 4 ชั้น และรอยแตกรูปเสาหินชัดเจน มีทั้งที่ไหลตามธรรมชาติ (natural exposure, รูป 2 ก และ ข) และที่ไหลจากการขุดเจาะ (artificial exposure, ดูรูป 2 ค) โดยมีทั้งที่เป็นเสาหินตรง (straight columns) เป็นแนวยาวที่เรียกกันว่า คอลอนเนต (colonnade) และที่เป็นเสาหินเอียงที่ไม่เป็นรูปร่างชัดเจน ซึ่งเรียกเอนทาบราเจอร์ (entablature) ตามการจำแนกของ Spry (1962) และ Sadowski (2012) ตามผนังบ่อน้ำโดยเฉพาะที่บริเวณ บ้านโคกมะค่าโหรน



รูป 8 (บน) “ภูเขาลอย” มีรูปร่างคล้ายภูเขาครุฑ (ตามจินตนาการของคนโบราณ) นอนคว่ำหน้าและหันหัวไปทางทิศใต้ ทางอยู่ทางทิศเหนือ ปีกซ้ายอยู่ทางทิศตะวันออก ส่วนปีกขวาอยู่ทางทิศตะวันตก จึงสันนิษฐานว่าน่าจะบรรจุพระอังคาร (ขี้เถ้า) ไว้ที่ไหลซ้ายภูเขาครุฑ เพื่อเป็นที่สักการบูชา (สรรเพชญและจาริณี, 2564) ให้สังเกตว่าภูมิลักษณะเขาพนมรุ้ง และเขาปลายบัด ที่เห็นเนินและธารหินละลาย (lava flow) ชัดกว่าพระอังคารและเหมือนว่าพระอังคารแสดงธารหินละลายไหล (lava flow) ไม่เป็นระบบ (ล่าง) - ซ้ายภาพถ่ายของชานกพิราบตาย (ภาพโดย ปัญญา จารุศิริ) - ขวา ภาพถ่ายมุมสูงที่ได้จากรูป

ตำบลสะเดา อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ (ที่เส้นรุ้ง (latitude) $14^{\circ} 33' 20''$ เหนือและที่เส้นแวง (longitude) $102^{\circ} 39' 56''$ ตะวันออก) ได้พบหินโผล่ที่เป็นเสาหินล้อมรอบอ่างเก็บน้ำทั้ง 4 ด้าน มีความยาวเฉลี่ยด้านละ 40- 45 เมตร และสูง 12 เมตร โดยที่ส่วนล่าง ๆ มักเป็นหินบะซอลต์เนื้อแน่น (massive) ส่วนชั้นบน ๆ มักมีรูพรุน (vesicular) ทำให้มั่นใจว่าหินบะซอลต์นี้แม่เป็นบริเวณกว้างปกคลุมเขาและบริเวณโดยรอบ ผลการศึกษาสิลาวรรณจากแผ่นหินเรียบ (rock

slab) โดยคณะผู้วิจัยและแผ่นหินบางจากภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสุรเชษฐ์ บุญปิ่น และคณะ (2545) พบว่าหินบะซอลต์แสดงเนื้อดอกจนถึงเนื้อดอกขนาดเล็ก (porphyritic to micro-porphyritic textures) และประกอบด้วยแร่จำพวกโอลิวีนมากกว่าไพรอกซีน และแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (plagioclase feldspar) แคลเซียมสูง (An 55 - 65) โดยที่โอลิวีนมักเปลี่ยนสภาพ (altered) เป็นอิดดิงไซด์ (iddingsite) ข้อมูลจากสิลาวรรณจากการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษา

ของ Atayos และคณะ (2519) และ กานตามณี วัชรสินธุ์ (2563) ที่ว่าหินบะซอลต์ภูเขาไฟของ Ewart (1982) ซึ่งสอดคล้องกับแผนภาพของ Le Bas และคณะ (1986) และมีปริมาณ SiO_2 เฉลี่ย $\pm 50\%$ ทำให้จัดเป็นหินอัคนีสีเข้ม (mafic rock) และผลจากข้อมูลธรณีเคมีพบว่าปริมาณของ TiO_2 , MgO , Al_2O_3 , P_2O_5 , และ CaO มีค่าลดลง ในขณะที่ปริมาณของ Na_2O , K_2O , และ FeO^* มีค่ามากขึ้นเมื่อ ปริมาณ SiO_2 มีค่ามากขึ้น แสดงถึงสภาพการตกผลึกของหินหนืดจากที่ลึกในภาวะปกติ (กานตามณี วัชรสินธุ์, 2563)

5. บทอภิปราย (Discussion)

5.1 ลักษณะเฉพาะทางกายภาพ- อายุ, และการกำเนิด (Physical characteristics-ages and origin)

ข้อมูลภูเขาไฟของไทยจากหลาย ๆ หน่วยงานส่วนใหญ่ยังไม่ได้ให้ความสำคัญในเรื่อง ภูมิลักษณะหรือภูมิประเทศเท่าใดนัก (ดู กรมทรัพยากรธรณี, 2550; Barr และ Charusiri, 2011; Barr และ Macdonald, 2011, Atayos และคณะ, 2019, กานตามณี วัชรสินธุ์, 2563) อย่างไรก็ตาม ลักษณะเฉพาะของภูเขาไฟให้ทราบว่าเป็นภูเขาไฟลูกหนึ่งของแนวภูเขาไฟในอีสานใต้ที่ประกอบด้วยหินบะซอลต์ จำพวกอัลคาลิ (alkali basalt) และกรมทรัพยากรธรณี (2522) ได้กำหนดอายุให้เป็นช่วงอายุเทอร์เชียรี (60 – 2.6 ล้านปี) แต่จากการตรวจสอบเรื่องอายุหินบะซอลต์ของอีสานใต้ที่ได้จากการหาอายุด้วยกัมมันตรังสี ทำให้ทราบว่า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ

ไพลโอ-ไพลสโตซีน (Pleio-Pleistocene) หรือปลายยุคนีโอจีน (Late Neogene) แม้ว่า ภูเขาไฟเป็นภูเขาไฟที่ไม่มีการคำนวณหาอายุ แต่เมื่อพิจารณาจากข้อมูลการหาอายุจากภูเขาไฟลูกอื่น ใกล้เคียงในบุรีรัมย์และอีสานใต้พบว่าอยู่ในช่วง 3.3 – 0.32 ล้านปี (รูป 8)

ในทางภูมิศาสตร์ภูเขาไฟของประเทศไทย-กัมพูชา และในประเด็นอายุของภูเขาไฟ ทำให้พออนุมานได้ว่า ภูเขาไฟน่าจะมีความสำคัญเพราะมีผลในเรื่องการจัดชนิดและการกำเนิดของภูเขาไฟ เพราะ National Geographic Society (2022) ได้จัดแบ่งประเภทของภูเขาไฟโดยใช้อายุของกระบวนการ (activity) การปะทุ (eruption) หรือระเบิด (explosion) ออกเป็น 3 พวก ได้แก่ ภูเขาไฟดับสนิท (extinct volcano), ภูเขาไฟหลับอยู่ (dormant volcano), และภูเขาไฟมีพลัง (active volcano) และตามคำจำกัดความของภูเขาไฟมีพลังโดย USGS (2011) ได้กำหนดให้ภูเขาไฟมีพลังเป็นภูเขาไฟที่มีการบันทึกทางประวัติศาสตร์ว่ามีการปะทุ ในขณะที่ ก่อนหน้านั้น Decker (1991) และ Siebert และคณะ (2010) ได้เสนอว่าภูเขาไฟ มีพลังควรมีอายุไม่เกิน 11,000 ปี และมีแนวโน้มว่าจะปะทุอีกครั้งได้ในอนาคตจากลักษณะดังกล่าวทำให้เชื่อว่า ในกรณีของภูเขาไฟ และภูเขาไฟในแนวเดียวกันไม่สามารถจัดให้เป็นภูเขาไฟมีพลังได้ ทั้งนี้เนื่องจากอายุของภูเขาไฟในอีสานใต้ (เฉลี่ย > 0.32 ล้านปี) น้อยกว่าอายุภูเขาไฟที่ควรจะเรียกว่าภูเขาไฟหมดพลัง (extinct volcano) หรือยังหลับอยู่ (dormant volcano)

ในกรณีนี้จึงอาจสรุปได้ว่าภูเขาไฟอังคารไม่น่าจัดให้เป็นภูเขาไฟมีพลังหรืออาจจัดเป็นภูเขาไฟหลับอยู่ได้ และจัดเป็นภูเขาไฟที่ไม่ได้แสดงเหตุการณ์ความไม่สงบ (unrest phenomena) ซึ่งในปัจจุบันบางครั้งใช้ว่าภูเขาไฟศักย์มีพลัง (potentially active volcano) (ดู Yellowstone Volcano Observatory, 2022) เหมือนอย่างภูเขาไฟฟูจิของญี่ปุ่น หรือ ภูเขาไฟในวนอุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน (Yellowstone) ของสหรัฐอเมริกา ดังนั้น บางครั้งจึงเลี่ยงและไปใช้คำว่า ภูเขาไฟยุคควอเทอร์นารี (Quaternary volcano) ที่หมายถึงภูเขาไฟที่ครั้งหนึ่งเคยปะทุหรือแสดงหลักฐานทางธรณีวิทยาว่ามีการระเบิดหรือปะทุในช่วงอายุตั้งแต่ 2.5 ล้านปีจนถึงปัจจุบัน (ดู www.wikipedia.org/wiki/) ซึ่งถ้าใช้คำจำกัดความดังกล่าวภูเขาไฟอังคารก็จัดอยู่ในภูเขาไฟยุคควอเทอร์นารีได้

สำหรับกำเนิดภูเขาไฟมักสัมพันธ์กับการแปรสัณฐานและแผ่นดินไหว (ดู Manga และ Brodsky, 2006, Walter และ Amelung, 2006) ซึ่งในอดีต เชื่อกันว่าหินบะซอลต์ในอีสานใต้ อาจมีความสัมพันธ์กับการกำเนิดหินบะซอลต์มหายุคซีโนโซอิกตอนปลาย (Late Cenozoic) และเป็นผลจากการแปรสัณฐานแบบบล็อกกี้ (extrusion tectonics) ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามแนวรอยเลื่อนหลัก (Tapponier และคณะ, 1982, Charusiri และ Pum-Im, 2009) แต่ในปัจจุบันมีหลายแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องนี้ และผลจากการศึกษานี้จากลักษณะภูมิลักษณะของภูเขาไฟอังคารและภูเขาไฟข้างเคียงพบว่าอยู่ในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก ขนานไปกับพรมแดนไทย-กัมพูชา จึงคาดคิดว่าน่าจะมีตัวควบคุมสำคัญคือโครงสร้างหลักในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตก (east-

west trending major structure) ที่อาจสัมพันธ์กับแนวหินหนืดตะวันออกเฉียง-ตกทางตอนเหนือของกัมพูชาที่เกิดหลังจากการมุดตัวไปทางเหนือของหินแกรนิตปลาย-กลางยุคครีเตเชียส (Kasahara และคณะ, 2021) ที่ก่อให้เกิดร่องแยกหลังแนวโค้ง (back arc rifting) ในแนวตะวันออกเฉียง-ตะวันตกในอีสานใต้ จนทำให้เป็นช่องทางให้เกิดการแทรกดันของหินหนืด นอกจากนั้น Yan และคณะ (2018) เชื่อว่าหินหนืดยุคใหม่เหล่านี้ น่าจะสอดคล้องหรือเป็นผลจากการเกิดหินหนืดไหหลำ (Hainan magmatism) ขนาดใหญ่ในมหายุคนิวซีวิน (Cenozoic Era) จากการพวยพุ่งจากเนื้อโลก (mantle plume) ที่สัมพันธ์กับการเกิดแอ่งร่องแยกใหญ่ (major rift basins) ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น แอ่งตะกอนปากแม่น้ำแดง เป็นต้น

5.2 ลักษณะเฉพาะทางสัณฐานวิทยา (Morphologic and landform characteristics)

ในการจำแนกประเภทภูเขาไฟมีที่นิยมในปัจจุบันอยู่ 2 ประเภท ได้แก่ การจำแนกตามระยะเวลาการเกิด (Global Volcanism Program, 2013) และการจำแนกตามทางสัณฐานวิทยา (ดู Watson, 2011) ซึ่งภูเขาไฟที่แบ่งตามระยะเวลาการเกิด (ดู <https://byjus.com> และ <https://education.nationalgeographic.org>) ได้กล่าวไปแล้ว ส่วนภูเขาไฟที่แบ่งตามทางสัณฐานวิทยามี 4 จำพวก ได้แก่ 1) ภูเขาไฟกรวยชัน (steep cone) เกิดจากหินละลายสีค่อนข้างจาง (felsic lava) ที่มีปริมาณซิลิกาที่ค่อนข้างสูงทำให้มีความหนืดมาก จึงไหลและเคลื่อนตัวไปอย่างช้า ๆ คล้ายกับการบีบยาสีฟัน จึงระเบิดรุนแรง แข็งตัวเร็ว และมีไหล่เขาชัน ภูเขาไฟ รูปกรวยคว่ำของภูเขาไฟเกิดจากการทับถมของหินละลาย (lava) เพราะประกอบ

ด้วยธาตุซิลิกอนมากกว่าธาตุอื่น ๆ ทำให้ความลาดชันอาจสูงถึง มีความชัน 30 องศา เช่น ภูเขาไฟฟูจิ เกาะฮอนชูของญี่ปุ่น 2) *ภูเขาไฟโล่ (shield volcano)* เกิดจากหินละลายสีเข้ม (mafic lava) เพราะประกอบด้วยแร่เหล็กและแมกนีเซียมสูง หินละลายมีลักษณะเหลว ไหลเร็ว แข็งตัวช้า และจึงระเบิดไม่รุนแรง มักมีตะกรัน มีเศษหิน และควันพ่นออกมาบริเวณปากปล่อง ปกติมีความชันที่น้อยกว่า 15 องศา เช่น ภูเขาไฟของหมู่เกาะฮาวาย 3) *ภูเขาไฟกรวยถ่าน (ash cone หรือ cinder cone)* มีลักษณะเป็นกรวยสูงชันฐานแคบ จัดเป็นภูเขาไฟที่มีการระเบิดรุนแรงที่สุด เกิดจากหินละลาย (lava) ที่พุ่งปะทุออกมาทับถมกัน หินละลาย (lava) จึงมีความหนืดสูง การไหลไม่ต่อเนื่อง และมีลักษณะเป็นหินละลาย (lava) ที่พุ่งออกมาจากปล่องเดี่ยว และทับถมกันบริเวณรอบปล่อง ทำให้ภูเขาไฟชนิดนี้ไม่ค่อยก่อให้เกิดความสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินมากนัก มีความชันเฉลี่ย 30 องศา เช่น ภูเขาไฟพาลิคูติน ในเม็กซิโก และ 4) *ภูเขาไฟแบบสลับชั้น (composite หรือ strato-volcano)* เป็นภูเขาไฟที่มีรูปร่างสมมาตร (symmetry) กรวยภูเขาไฟมีหลายชั้น บางชั้นประกอบด้วยหินละลาย (lava) และบางชั้นเป็นถ้ำถ่านสลับกันไป ปากปล่องมีขนาดใหญ่ และมีแอ่งปากปล่อง (crater) ขนาดใหญ่ด้วย มักเกิดบริเวณมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ซึ่งแผ่นมหาสมุทรหนึ่งมุดตัวใต้แผ่นทวีปหรือแผ่นมหาสมุทรแผ่นอื่น การระเบิดหรือปะทุของภูเขาไฟจึงเป็นแบบธารเศษหินละลาย (pyroclastic flow - ซึ่งประกอบด้วยถ้ำถ่าน หิน ฝุ่นและไอน้ำจากปล่องภูเขาไฟ) มากกว่าแบบธารหินละลาย (lava flow) ทำให้เลื่อนไหลลงด้วยความเร็วสูง และมักมีอุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส มี

ความเอียงที่ยอดเกือบ 30 องศา ส่วนที่ฐานมีความเอียง 5 องศา เช่น ภูเขาไฟวิซุเวียส ในอิตาลี

หินภูเขาไฟที่ภู่อังคารน่าจะผุพังไปได้ตามกาลเวลาอย่างรวดเร็ว ทำให้เห็นร่องรอยของการพังทลายหรือแตกสลาย (disintegration) และเปลี่ยนสภาพจากหินแข็งไปเป็นหินผุได้จนทำให้ภูมิลักษณะภูเขาไฟเปลี่ยนไปได้ ด้วยเหตุนี้ ช่างแกะสลักในสมัยนั้นจึงไม่นิยมนำหินบะซอลต์มาทำเป็นใบเสมาหรือองค์พระพุทธรูป แต่ส่วนใหญ่ปฏิมากรรมเหล่านี้มีหินต้นกำเนิดจากหินทรายในกลุ่มหินโคราชมากกว่าเพราะแข็งและทนทานกว่า ดังนั้น ตามรายงานที่เสนอว่า ใบเสมาโบราณสมัยทวารวดี (พุทธศตวรรษที่ 11-16) ที่แกะสลักจากหินบะซอลต์แห่งเดียวในประเทศไทย (วันดีเถียรสวัสดิ์กิจ, 2557 อ้างใน สรรเพชร เพ็ญจิต และ จารินี ม้าแก้ว, 2564.) จึงไม่น่าเป็นไปได้ ผลการศึกษาครั้งนี้บ่งชี้ว่าในประเด็นธรณีสัณฐานวิทยา ภูเขาพระอังคารมีมุมลาดเทของความลาดชันภูเขาไฟสูงกว่าภูเขาไฟรูปโล่ปกติ ทำให้เกิดความสงสัยว่าภูเขาพระอังคารอาจไม่ใช่ภูเขาไฟรูปโล่ แต่เมื่อพิจารณาถึงข้อมูลการศึกษาในสนามในครั้งนี้ ผนวกกับข้อมูลศิลาเคมี (Atayos และคณะ, 2019, กานตามณี วัชรโรสินธุ์, 2563) ทำให้ทราบว่า หินภูเขาไฟภูเขาพระอังคารที่ศึกษาทั้งหมดเป็นหินละลายบะซอลต์ (basaltic lava) ที่ประกอบด้วยแร่จำพวกแคลซิโอแคลสแคลเซียมสูง (Ca-rich plagioclase) และไพรอกซีน อีกทั้งแสดงชั้นที่มวลหนาแน่น (massive) และเนื้อละลายไหล (flow texture) ในหลายบริเวณหินบะซอลต์ภูเขาพระอังคารแสดงโครงสร้างเสาหิน (columnar structure, รูป 1ง) และโครงสร้างเกลียวเชือก (ropy structure) นอกจากนั้นในประเด็นธรณีเคมี

ปริมาณซิลิกา (SiO_2 content) ที่ต่ำของหินบะซอลต์ยังแสดงให้เห็นถึงความเป็นของไหลที่สูง (high fluidity) และความหนืดต่ำ (low viscosity) ซึ่งทำให้หินละลายบะซอลต์ (basaltic lava) ไหลไปได้ไกล ๆ ภาวะดังกล่าวทำให้ได้ภูมิลักษณะภูเขาไฟรูปโล่ (shield volcanic landform) (Gharehchahi, 2017) ที่มีมุมเอียงเขาที่น้อยมาก 10 องศา อีกทั้งผลการศึกษาวินิจฉัยในภาคสนามของการศึกษานี้ผนวกกับซิลิการรณนาของ กานตามณี วัชรินทร์ (2563) ไม่พบว่ามีหินเถ้าภูเขาไฟ (volcanic clastic หรือ pyroclastic rocks) หรือแทรกสลับกับหินละลายบะซอลต์ (basaltic lava) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของภูมิลักษณะภูเขาไฟสลับชั้น (stratovolcano) และภูเขาไฟรูปกรวย (cinder cone) ตามลำดับ (ดู USGS, 2011) จนทำให้ภูเขาไฟมีความลาดชันที่สูงกว่ามาก เพราะประกอบด้วยหินละลายที่หนืดกว่าและมีความเป็นของไหลที่ต่ำกว่า (lower fluidity) ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ทำให้ภูเขาไฟองค์การจัดเป็นภูเขาไฟรูโล่เช่นเดียวกับเขาพนมรุ้ง

นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายทางอากาศในหลาย ๆ แนว (รูป 6 ก ถึง ง) พบว่าความลาดชันของภูเขาไฟทางฝั่งตะวันออกมากกว่าทางตะวันตกมาก และความลาดชันส่วนยอดภูเขาไฟมากกว่าส่วนฐานมาก ซึ่งมีสภาพคล้ายกับพื้นดินถูกคว้านออกไป (indentation) ซึ่งในกรณีนี้คณะผู้วิจัยวินิจฉัยว่าเป็นลักษณะโครงสร้างยุบตัว (collapse structure) หรือโครงสร้างหัวบวม จากการระเบิดรุนแรง เช่นเดียวกับภูเขาไฟเซนต์เฮเลนส์ (Saint Helens) ในรัฐวอชิงตันสหรัฐอเมริกา (Walter, 2011)

5.3 ธรณีพิบัติภัย ที่ตั้ง และความปลอดภัยของวัด (Geohazard, Settlement, and Safety of the Temple)

การเกิดพิบัติภัยธรรมชาติได้สร้างความวิตกกังวลและสับสนต่อผู้คนในบริเวณโดยรอบและบริเวณข้างเคียงเขาพนมรุ้งเป็นอย่างมาก ทำให้เกิดความรู้สึกกลัวว่าอาจมีภัยธรรมชาติอย่างอื่นเข้ามาเกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามเป็นที่แน่ชัดในเรื่องความมีพลังของภูเขาไฟองค์การจัดเป็นภูเขาไฟดับสนิท (extinct volcano) แต่ในทางธรณีศาสตร์ปรากฏร่องรอยการยุบตัวหรือการถล่มตัวของภูเขาไฟเกิดในอดีตจนทำให้เกิดการพัฒนาเป็นร่องน้ำในหุบเขาขนาดใหญ่ได้ ทำให้คาดคิดว่าวัดเขาพระอังคารอาจไม่ปลอดภัยเพราะอาจมีภัยพิบัติแผ่นดินถล่ม (landslide hazard) และแรงลมที่พัดแรงตั้งพายุนวมซึ่งเกิดเมื่อวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ. 2565 จนทำให้โดมพระนอนของวัดพังถล่มลงมาเกือบทั้งหมด (ดู www.nationtv.tv) และประชาชนเกิดความตระหนก ดังนั้นหากพิจารณาจากรูป 6ค ที่แสดงที่ตั้งของวัดเขาพระอังคาร ซึ่งจะเห็นได้ว่าตำแหน่งของวัดเขาพระอังคารอยู่ในจุดที่สูงกว่าตำแหน่งอื่น นอกจากนั้นยังอยู่ห่างจากบริเวณที่ปรากฏโครงสร้างยุบตัว (collapse structures) ทำให้มั่นใจว่าวัดน่าจะถูกรักษาในบริเวณที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจากภาพถ่ายเทียมจะเห็นว่าวัดตั้งอยู่บนยอดของขอบปล่องภูเขาไฟ ด้วยลักษณะดังกล่าวนี้ทำให้พอสรุปได้ว่าวัดตั้งอยู่ในบริเวณที่มีความเสถียรมาก ไม่น่าจะได้รับอิทธิพลจากการเกิดดินถล่ม อย่างไรก็ตามหากมีการเกิดดินถล่มในอนาคตก็ไม่น่าจะเกิดบริเวณใกล้เคียงกับวัด

ในประเด็นของธรณีพิบัติภัย มักมีคำถามว่าภูเขาไฟที่ดับสนิทแล้วหรือไม่ ถ้าพิจารณาจากการจำแนกชนิดของภูเขาไฟตามวิธีการของ Szakács (1994) ซึ่งเป็นที่นิยมในปัจจุบันและใช้ระยะเวลาการเกิด (mode of occurrences) เป็นเกณฑ์ (ดู <https://byjus.com> และ <https://education.nationalgeographic.org>) พบว่ามีภูเขาไฟมีพลังในโลกมากมายถึง 1,324 ลูก ซึ่งจัดเป็นภูเขาไฟที่คุกรุ่นอยู่ตลอดเวลาและอาจปะทุอีกได้ในอนาคต โดยมีการปะทุครั้งสุดท้ายเมื่อ 10,000 ปีมาแล้ว หรือประมาณในช่วงสมัยโฮโลซีน (ดู <https://volcano.si.edu>) อย่างไรก็ตามภูเขาไฟสงบอยู่ หรือภูเขาไฟหลับอยู่ (dormant volcano) ที่เป็นภูเขาไฟที่มีประวัติการปะทุในอดีต และปะทุหรือระเบิดรุนแรงครั้งสุดท้ายก่อนสมัยโฮโลซีน (> 10,000 ปี) แต่ในช่วงปัจจุบันยังคงสงบอยู่ และอาจเกิดการปะทุได้อีกในอนาคต เช่น ภูเขาไฟฟูจิ (Mt. Fuji) เกาะฮอนชู ประเทศญี่ปุ่น, ภูเขาไฟคิลิมานจาโร (Mt. Kilimanjaro) ประเทศแทนซาเนีย, ภูเขาไฟฟอร์พีค (Fourpeaked Mountain หรือ Fourpeaked Volcano) รัฐอะแลสกา สหรัฐอเมริกา อาจเป็นการยากที่จะบอกว่าหลับอยู่หรือไม่

อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันการจำแนกดังกล่าวไม่ใช่วิธีที่นักวิทยาศาสตร์ภูเขาไฟ (volcanologist) นิยมใช้ (ดู White และ McCausland, 2019) เพราะภูเขาไฟหลายลูกในสหรัฐอเมริกา เช่น ภูเขาไฟมานาโลอา (Mauna Loa) บนเกาะฮาวายซึ่งเป็นภูเขาไฟที่หลับอยู่ หรือแนวภูเขาไฟในอุทยานแห่งชาติเยลโลว์สโตน (Yellowstone National Park) ซึ่งเป็นภูเขาไฟที่หลับดับสนิทแล้ว แต่ค้นพบว่าการไหวสะเทือนจากกระเปาะหินหนืดที่ยังมีพลังอยู่ (magma-related seismicity)

หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะของพื้นดิน (ground deformation) อย่างมีนัยสำคัญ หรือจากระบบน้ำร้อนใต้ดิน ที่ยังทำงานอยู่ (active hydrothermal system) จากการสำรวจทางธรณีฟิสิกส์ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ภูเขาไฟ (volcanologist) คิดว่าช่วงสมัยโฮโลซีนเป็นเพียงตัวเลขที่กำหนดขึ้นตามอำเภอใจ (arbitrary number) และเสนอให้ใช้ช่วงสมัยไพลสโตซีน (ตั้งแต่ 11,000 ปี – 2.5 ล้านปี) สำหรับภูเขาไฟที่ยังหลับอยู่ ดังนั้น ในปัจจุบันจึงนิยมใช้สภาพการไหวสะเทือน (seismicity) เป็นตัวการในการกำหนดว่าภูเขาไฟที่สนใจเป็นภูเขาไฟหลับอยู่หรือดับสนิทแล้ว ตามแนวคิดของ White และ McCausland (2019) สำหรับกรณีพื้นที่ศึกษาภูเขาไฟพระอังคาร เมื่อพิจารณาจากแผนที่ การไหวสะเทือนของ Charusiri และคณะ (2021) ทำให้สรุปได้ว่าภูเขาไฟพระอังคารเป็นภูเขาไฟที่ดับสนิทแล้ว เนื่องจากไม่มีการปรากฏของการไหวสะเทือนเลย

6. บทสรุป

การวิจัยนี้เป็นการนำข้อมูลแผนที่และภาพจากดาวเทียมหลายรูปแบบมาประมวลและประยุกต์ในการศึกษาภูมิลักษณ์ภูเขาไฟพระอังคาร โดยผนวกกับข้อมูลการศึกษาที่มีอยู่เดิมร่วมกับการออกภาคสนามและการวิเคราะห์เบื้องต้นด้วยสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการศึกษาพบว่าภูเขาไฟพระอังคารคือภูเขาไฟขนาดเล็กประกอบด้วยหินบะซอลต์ น่าจะดับสนิทแล้ว มีการระเบิดครั้งสุดท้ายเมื่อเก้าแสนปีที่ผ่านมาแล้ว ภูมิลักษณ์ที่เด่นคือมุมความลาดชันที่ต่ำในบางบริเวณ ธารน้ำที่ไหลออกเป็นรัศมีจากส่วนยอดของภูเขา และเนินเขาเล็กภายในปล่องภูเขาไฟ ภูเขาไฟพระอังคารจัดเป็นภูเขาไฟรูปโล่ที่ครั้งหนึ่งเคยมีการระเบิด

และยุบตัวอย่างรุนแรงจนทำให้เกิดความไม่สมมาตรของความลาดชัน ขอบเขตของภูเขาไฟสามารถตรวจพบจากแอ่งน้ำที่ปรากฏโดยรอบภูเขาไฟ และวัดที่สร้างบริเวณขอบภูเขาไฟนับว่าเสถียรและปราศจากอันตรายจากธรณีพิบัติภัยดินถล่ม

7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้เขียนขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านสิ่งแวดล้อมวิทยาพื้นผิวโลก และธรณีพิบัติภัยขั้นสูง (MESA CE), และกองทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี กทม. ที่ให้ความเอื้อเฟื้อในด้านสถานที่และข้อมูลในการศึกษาวิจัย คณะผู้เขียนขอขอบคุณ ดร.วัชชัย เชื้อเหล่าวานิช ผู้อำนวยการส่วนมาตรฐานและข้อมูลทรัพยากรแร่ ที่ให้ข้อมูลธรณีวิทยาและงานวิจัยอายุหินบะซอลต์ และขอขอบคุณ นางสาวกานต์ พิชชา พุฒศิริ และนางสาวพิมพ์ลภัส เจริญใจ ที่ช่วยเตรียมแผนที่ และจัดการเรื่องรูปภาพและภาพถ่าย ในการวิจัยนี้ คณะผู้เขียนขอขอบคุณผู้ตรวจอ่านผลงานสำหรับคำแนะนำและข้อวิจารณ์จากงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. (2519). *แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ราววง ND 48-5 นครราชสีมา*. กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก <https://www.dmr.go.th/แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน-1250000/> (เมื่อ 6 พค 2564).

กรมทรัพยากรธรณี. (2545). *ธรณีวิทยาแหล่งหินบะซอลต์บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้*. กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี. กรุงเทพฯ; หน้า 9-30.

กรมทรัพยากรธรณี. (2550). *แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดบุรีรัมย์*. กรุงเทพฯ: สำนักธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี

กรมทรัพยากรธรณี. (2553). *การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี จังหวัดบุรีรัมย์*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ, 104 หน้า. สืบค้นจาก <http://library.dmr.go.th/elib/cgi-bin/opac.exe?op=mmww&db=Main&skin=s&m> (เมื่อ 10 มีนาคม 2564).

กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. (2538). *ธรณีสัณฐานประเทศไทยจากห้วงอวกาศ*. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: ด้านสุทธการพิมพ์.

กองบรรณาธิการเมืองโบราณ. (2559). *ละโว้: นคราโบราณถึงฐานที่มั่นของสมเด็จพระนารายณ์*. วารสารเมืองโบราณ ปีที่ ๔๒ ฉบับที่ ๒ เดือน เมษายน - มิถุนายน 2559

กานตามณี วัชโรสินธุ์. (2563). *ระบบรอยแตกของเสาหินบะซอลต์บริเวณภูพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์*. รายงานการศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติพงษ์ สนเล็ก. (2563). *ใบเสมาในภูมิภาคอีสานใต้ ใบเสมาเขาพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์*. สำนักศิลปากร 10 นครราชสีมา กรมศิลปากร. กรุงเทพฯ สืบค้นจาก <https://www.finearts.go.th/main/view/25761-ใบเสมาในภูมิภาคอีสานใต้-ใบเสมาเขาพระอังคาร-จังหวัดบุรีรัมย์?type=3>. (เมื่อ 9 มีนาคม 2565).

ชยภรณ์ สุขประเสริฐ, พระครูศรีปัญญาภิรม, และไฉ ชีรัมย์. (2560). *เสมา: ประวัติศาสตร์ คุณค่า และการจัดการการอนุรักษ์ขององค์พระพุทธรูปศาสนาในจังหวัดบุรีรัมย์* วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม 4 (1) เดือน มกราคม-มิถุนายน พ.ศ. 2560, 135-153.

วัชชัย เชื้อเหล่าวานิช, จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, และ วิสุทธิ์ พิสุทธอานนท์. (2554). *การกำเนิดของทับทิมสยามและหินแปลกปลอมที่เกี่ยวข้องกับพลอย: ในความสัมพันธ์ต่อหินบะซอลต์*, รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

วัชชัย เชื้อเหล่าวานิช, ดร.ณิ สายสุทธิชัย, และปานใจ สารพันโชติวิทยา. (2551). *การวัดอายุหินบะซอลต์โดยวิธี $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ไอโซโทป*. กรุงเทพฯ : สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 67 หน้า

ธัญญนันท์ เนาวรัตน์ และ ปัทมาวดี ชาญสุวรรณ. (2565). *เทวะ ภูพระอังคาร: การสร้างสรรคานุกรมร่วมสมัยจากใบเสมา วัดเขาพระอังคาร จังหวัดบุรีรัมย์*. มนุษยสังคมาสาร (มสส.) ปีที่ 20 ฉบับที่ 1 (มกราคม – เมษายน) 2565.

- ณัฐริกา หมีสา. (2564). *ธรณีสัณฐานของภูเขาไฟภูพระอังคาร อำเภอเฉลิมพระเกียรติจังหวัดบุรีรัมย์*. รายงานการศึกษาอิสระ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 51 หน้า
- พนิดา สงวนเสรีวานิช. (2557). *ท่อง “ภูพระอังคาร” บนปากปล่องภูเขาไฟศักดิ์สิทธิ์*. หนังสือพิมพ์ มติชน 24 มกราคม 2557. สืบค้นจาก <http://nadoon.msu.ac.th/~isan/isan12/cps11952.pdf>. (เมื่อ 9 มีนาคม 2565).
- พระใบฎีกาสุพจน์ ตปสีโลม. (2560). *ประวัติศาสตร์ เส้นทาง การเผยแผ่พระพุทธศาสนา และหลักพุทธธรรมในสมัยลพบุรี*. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มจร 5(2) (พฤษภาคม-สิงหาคม 2560), 75-85.
- พระศรีสังฆาณมณี, ปธกร ปุระกัน; พูนศักดิ์ กมล. (2560). การศึกษาคุณค่าไบโसेมาเพื่อสร้างกระบวนการเรียนรู้ด้านพุทธจริยธรรม ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานการวิจัยเสนอต่อมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย, 149 หน้า.
- เมธี สุขสำเร็จ. (2544). *ความสัมพันธ์ของชุมชนโบราณในเขตจังหวัดลพบุรีกับชุมชนภายนอกในช่วงก่อนพุทธศตวรรษที่ 18*. วิทยานิพนธ์ [ศศ.ม. (โบราณคดีสมัยประวัติศาสตร์)]-มหาวิทยาลัยศิลปากร, 337 หน้า.
- สุรเชษฐ์ บุญปัน, ฤชงค์ พลัง, และนิคม จิ๋งอยู่สุข. (2545). *ธรณีวิทยาแหล่งหินบะซอลต์ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนใต้*. รายงานวิชาการ กธ000/ 2545. กรุงเทพฯ กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี, 60 หน้า. สืบค้นจาก <http://library.dmr.go.th/elib/cgi-bin/opac.exe?op=mmw&db=Main&skin=s&mmid=9046&bid=24115> เมื่อ 10 มีนาคม 2564
- สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬาบุรีรัมย์. (2561). *วัดเขาอังคาร*. งานสารบรรณ สำนักงานท่องเที่ยวและกีฬา จังหวัดบุรีรัมย์ 8 ก.พ. 2561. สืบค้นจาก https://buriram.mots.go.th/news_view.php?nid=433 (เมื่อ 9 มีนาคม 2565)
- บุรพา โชติช่วง. (2556). *ภาพสลักงามไบโเซมาพันปีเขาอังคารบุรีรัมย์ สยามรัฐ* 5 มีนาคม หน้า 20. สืบค้นจาก <https://siamrath.co.th/n/159108> (เมื่อ 9 มีนาคม 2565)
- ปัญญา จารุศิริ, จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, วิโรจน์ ดาวฤกษ์, วนิดา ระงับพิชญ์, สน พงษ์อารยะ, และ กฤษณ์ วันอินทร์. (2542). *แนวภูเขาไฟและลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาของหินภูเขาไฟ บริเวณลำน้ำรายณ์ จ.ลพบุรี โดยใช้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมและธรณีฟิสิกส์ทางอากาศ*. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อกองสำรวจทรัพยากรธรณีชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ 138 หน้า
- ศักดิ์ชัย สายสิงห์. (2547). *ศิลปะทวารวดี: วัฒนธรรมทางศาสนายุคแรกเริ่มในดินแดนไทย*. กรุงเทพฯ: เมืองโบราณ, 296 หน้า.
- สรพร เพียรจัด และ จารินี ม้าแก้ว. (2564). การพัฒนาท่องเที่ยวเชิงสร้างสรรค์โดยชุมชนบนดินแดนภูเขาไฟบุรีรัมย์. วารสารวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ 16 (1) (มกราคม - มิถุนายน 2564), 41-50.
- อดุลย์ หลานวงศ์, พระภาณุวัฒน์ จันทวิพัฒน์, พระมหาภักฐิกรรณ์ อังสุมาลี. (2560). *พุทธศิลป์: ประวัติ พัฒนาการ และอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของประชาชน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ* สืบค้นจาก <http://mcur.mcu.ac.th :8080/jspui/handle/123456789/504> (เมื่อ 10 มีนาคม 2564)
- Atayos, S., Srichan, W., and Limtrakul, P. (2019). *Petrography and Occurrence of Cenozoic Volcanic Rocks in Southern Margin of Khorat Plateau*. In Proceedings of the 10th International Science, Social Science, Engineering and Energy Conference, November 20th- 23rd 2019, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon Campus, Sakon Nakhon, Thailand.
- Barr S.M. and Charusiri, P. (2011). Volcanic rocks. In: Ridd, M.F., Barber, A.J. and Crow, M.J. (eds.) *The Geology of Thailand*. London: Geological Society. pp.415-439.
- Barr, S.M. and MacDonald, A.S. (1978). *Geochemistry and petrogenesis of Late Cenozoic alkaline basalts of Thailand*. Geological Society of Malaysia Bulletin, 10, 25-52.
- Barr, S.M. and Dostal, J. (1986). *Petrochemistry and origin of megacrysts in Upper Cenozoic basalts, Thailand*. Journal of Southeast Asian Earth Sciences 1(2), 107-116.
- Barr, S.M. and James, D.E. (1990). *Trace element characteristics of Upper Cenozoic basaltic rocks of Thailand, Kampuchea and Vietnam*. Journal of Southeast Asian Earth Sciences. 4 (3), 233-242.
- Barr, S.M. and MacDonald, A.S. (1981). *Geochemistry and geochronology of late Cenozoic basalts of Southeast Asia*. Geological Society of America Bulletin 92(8) Part II, 1069-1142.

- Bennett, D. (n.d.). *Three Types of Volcanoes: Cinder Cone, Shield and Composite*. sciencing.com. <https://sciencing.com/three-cinder-cone-shield-composite-8623282.html>. 12 June 2023.
- Charusiri, P. and Pum-Im, S. (2009). *Cenozoic Tectonic Evolution of Major Sedimentary Basins in Central, Northern, and the Gulf of Thailand*, Bulletin of Earth Sciences of Thailand 2 (1&2), 40-62.
- Charusiri, P., Daorerk, V. and Supajanya, T. (1996). Applications of Remote-Sensing Techniques to Geological Structures Related to Earthquakes and Earthquake-Prone Areas in Thailand and Neighboring Areas: A Preliminary Study. *Journal of Scientific Research, Chulalongkorn University* 21(1), 1-20.
- Charusiri, P., Pailoplee, S., Wiwegwin, W., and Choowong (2020) *Probabilistic and deterministic seismic hazard analyses of Thailand and Lao PDR: A new scenario*. In *Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering*, 17 WCEE, Sendai, Japan-September 13th to 18th 2020, Paper No C001464
- Ewart, A. (1982) *The mineralogy and petrology of Tertiary-Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range*; p. 25-95. In, Thorp, R.S., ed., *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*, John Wiley and Sons, New York, 724 p.
- Gharehchahi, S. (2017) *Volcanic process and Landforms*. In Richardson, D., Castree, N., Goodchild, M. F., Kobayashi, A., Liu, W., and Marston, R.A., (editors), *The International Encyclopedia of Geography*. New York, John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9781118786352.wbieg.1183 (14 May 2023).
- Global Volcanism Program. (2013). *Volcanoes of the World*, v. 4.8.3. (02 Sep 2022). In Venzke, E. (ed.). Smithsonian Inst. (n.d.). <https://doi.org/10.5479/si.GVP.VOTW4-2013> (accessed October 5, 2019).
- Harryposher. (2019). *เขาอังคาร สืบค้นจาก https://harryposher.wordpress.com/2019/09/07/เขาอังคาร-2/* (เมื่อวันที่ 7 กันยายน 2019)
- Jungyusuk, N. and Khositant, S. (1992). *Volcanic rocks and associated mineralization in Thailand*. In C. Piancharoen (Ed. In chief) *Proceedings of the National Conference on Geologic Resources of Thailand: Potential for Future Development*. 17-24 November 1992. Department of Mineral Resources, Thailand, Bangkok: pp. 528-532.
- Jungyusuk, N. and Sirinawin, T. (1983). *Cenozoic basalts of Thailand*. In *Proceedings of the Conference on Geology and Mineral Resources of Thailand*. Vol.9. (19-28 November 1983). Department of Mineral Resources, Bangkok.
- Liza, D. (2018). Classification of Volcanoes. Available at <https://sciencing.com/kind-volcanoes-dont-erupt-anymore-12318772.html> (on 10 Jun 2566).
- Manga, M. and Brodsky, E.E. (2006). Seismic triggering of eruptions in the far field: Volcanoes and geysers, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 34, 263– 291.
- McuTour. (2015). *วัดเขาพระอังคาร จ.บุรีรัมย์ ในกลุ่มวัดการท่องเที่ยวเชิงพุทธศิลป์*. สืบค้นจาก <https://nkr.mcu.ac.th/tour/?p=64>. (เมื่อ 6 มีค 2565).
- National Geographic Society. (2022). Volcano. Available from <https://education.nationalgeographic.org/resource/volcanoes/> (6 March 2023).
- Sadowski, G.R. (2012). A Short Review on the Importance of Colonnades, *Entablatures and "Fault Joints" for the Excavation of Basaltic Rocks*. *Soils and Rocks, São Paulo*, 35(3), 297-302.
- Siebert L, Simkin T, and Kimberley P. (2010). *Volcanoes of the world*, 3rd edn. University of California Press, Berkeley
- Spry, A. (1962). The origin of columnar jointing, particularly in basalt flows. *Australian Journal of Earth Sciences* 8, 191–216. doi: 10.1080/14400956285270061
- Sukprasert, D. C., Wikom, D. P., and Sueram, W. (2017). *Sema: History, Value and Conservation Management of Buddhist Organization in Buriram Province*. *Journal of Research and Development Institute Rajabhat Maha Sarakham University* 4(1), 135–153. Retrieved from <https://so03.tcithaijo.org/index.php/rdimu/article/view/209730> (10 March 2022).

- Sutthirat, C., Charusiri, P., Farrar, E., and Clark, A. H. (1994). *New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and characteristics of some Cenozoic basalts in Thailand*. In Proceedings of the International Symposium on Stratigraphic Correlation of Southeast Asia. 15-20 November 1994. Bangkok, Thailand: pp.306-321.
- Szakacs, A. (1994). *Redefining active volcanoes: a discussion*. Bull Volcanol 56, 321-325.
- Tapponnier P, Peltzer GL, Le Dain AY, Armijo R, and Cobbold P. (1982). *Propagating extrusion tectonics in Asia: New insights from simple experiments with plasticine*. Geology 10(12):611-616. doi: 10.1130/0091-7613(1982)10%3C61:PETIAN%3E2.0.CO;2
- Tritrangan, A. (1992). *Southern Khorat Plateau-Possibility of new gem deposits*. In Piancharoen, C. (Editor in chief) Proceedings of the National Conference on Geologic Resources of Thailand. Department of Mineral Resources, Bangkok, Thailand, pp 393-460.
- Watson, J. (2011). Principal Types of Volcanoes. United States Geological Survey. Available at <https://pubs.usgs.gov/gip/volc/types.html> (on 20 March 2020).
- Wei, F., Wei, W., and Hongmei Yu, H. (2022). *The Cenozoic volcanic fields in northern Hainan Island and the Leizhou Peninsula, south China: eruption history, magma source and dynamic background*. In Xu, J., Oppenheimer, C., Hammond, J., and Wei, H. (Eds.). Active Volcanoes of China. Geological Society, London, Special Publications, 510, 179–196. <https://doi.org/10.1144/SP510-2020-64>.
- Walter, T.R. (2011). *Structural architecture of the 1980 Mount St. Helens collapse: An analysis of the Rosenquist photo sequence using digital image correlation*, Geology (2011) 39 (8): 767–770. <https://doi.org/10.1130/G32198.1>.
- Walter, T. R. and Amelung, F. (2006). Volcano-earthquake interaction at Mauna Loa volcano, Hawaii, J. Geophys. Res., 111, B05204, doi:10.1029/2005JB003861.
- White, A.R. and McCausland, W.A. (2019). *A process-based model of pre-eruption seismicity patterns and its use for eruption forecasting at dormant stratovolcanoes*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 382, 267-297.
- Yan, Q., Shi, X., Metcalfe, I., Liu, S., Xu, T., Kornkanitnan, N., Sirichaiseth, T., Yuan, L., Zhang, Y., and Zhang, H. (2018). *Hainan mantle plume produced late Cenozoic basaltic rocks in Thailand, Southeast Asia*. Scientific Reports 8 (1), .26-40.
- Yellowstone Volcano Observatory. (2023). *Yellowstone Volcano Observatory 2022 annual report*: U.S. Geological Survey Circular 1508, 49 p. <https://doi.org/10.3133/cir1508>.
- Zhou, P. and Mukasa, S.B. (1997). *Nd-Sr-Pb isotopic, and major-and trace-element geochemistry of Cenozoic lavas from the Khorat Plateau, Thailand: Sources and petrogenesis*. Chemical Geology 137 (3-4, 175-193).

Website

<https://byjus.com/physics/volcanoes/> (สืบค้นเมื่อ 9 มิย 2566)

<https://education.nationalgeographic.org> (สืบค้นเมื่อ 10 มิย 2566)

<https://volcanoes.usgs.gov/vsc/glossary/quaternary.htm> (สืบค้นเมื่อ 10 ธค 2566)

<https://volcano.si.edu> (สืบค้น เมื่อ 11 มิย 2566)

<https://www.nationtv.tv/news/378865965> (สืบค้นเมื่อ 8 ธค 2566)