กองทุนพัฒนาน้ำบาดาล
Groundwater Development Fund

รายงานผลดำเนินงาน

โครงการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้และเทคโนโลยีด้านธรณีวิทยาระดับนานาชาติ เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลและสิ่งแวดล้อม

Thematic Session, the 58th CCOP Annual Session

9-12 October 2022 at Pullman Bandung Grand Central Hotel
Bandung, Indonesia

สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล
ฝ่ายวิเทศสัมพันธ์ กองแผนงาน
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

การประชุมวิชาการ Thematic Session

รูปที่ 1 ผู้เข้าร่วมประชุมวิชาการร่วมถ่ายรูปหลังจบการประชุม

การประชุมวิชาการ Thematic Session ในการประชุมประจำปี CCOP ครั้งที่ 58 จัดขึ้นในวันที่ 11 ตุลาคม 2565 ณ โรงแรม Pullman Bandung Grand Central เมืองบันดุง สาธารณรัฐอินโดนีเซีย โดยมีผู้ส่งบทความเข้าร่วมนำเสนอทั้งสิ้น 37 เรื่อง ภายใต้หัวข้อย่อย (sub-theme) ดังต่อไปนี้

1) Renewable and Mixed Energy: Sustainable Development
2) Critical Mineral: Exploration and Discovery
3) Geohazard and Urban Geology: Management and Planning

ในการนี้ผู้แทนจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิชาการในการประชุมวิชาการดังกล่าว จำนวน 2 ราย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ดร. ประภาวดี โอตรวรรณะ
   ตำแหน่ง นักธรณีวิทยาชำนาญการพิเศษ สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล
   ผลงานวิชาการเรื่อง Groundwater Resources Management Due to Climate Change in Thailand
2) นายจิรพัฒน์ เพ็ชรหีด
   ตำแหน่ง นักธรณีวิทยาปฏิบัติการ สำนักสำรวจและประเมินศักยภาพน้ำบาดาล
   ผลงานวิชาการเรื่อง Flood hazard mitigation using managed aquifer recharge: Numerical assessment of a pilot trial in the Nam Kam River Basin, NE Thailand

นอกจากนี้ผู้แทนจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ร่วมเข้ารับฟังบรรยายจากผู้นำเสนอผลงานจากชาติต่าง ๆ ซึ่งล้วนแต่เป็นหัวข้อที่น่าสนใจ โดยได้รวบรวมและสรุปประเด็นสำคัญ เพิ่มเติมจากเนื้อหาที่นำเสนอในงานประชุมอีก 6 เรื่อง รวมทั้งสิ้น 8 เรื่อง ดังต่อไปนี้

การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 1

หัวข้อ *“Groundwater Resources Management Due to Climate Change in Thailand”*

นำเสนอโดย Dr. Praphawadee Otarawanna, Department of Groundwater Resources, Thailand.

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดน้ำท่วมซ้ำซากและภัยแล้งทุกปีในหลายพื้นที่ของประเทศไทย มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำและปริมาณน้ำทั้งน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการใช้น้ำบาดาลอย่างยั่งยืนในประเทศ ปริมาณน้ำบาดาลที่กักเก็บในประเทศไทยอยู่ที่ประมาณ 1.13 ล้านล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี การเติมน้ำบาดาลประมาณ 72,987 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี ปริมาณน้ำใต้ดินที่มีอยู่ 30,644 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี และน้ำบาดาลที่สูบขึ้นมาใช้ได้อย่างปลอดภัยประมาณ 45,386 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อปี โครงการวิจัยการเติมน้ำใต้ดินระดับตื้นมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาภัยแล้งและน้ำท่วมทุกปี สามารถกักเก็บน้ำบาดาลจำนวนมากผ่านชั้นหินอุ้มน้ำในฤดูฝน และน้ำบาดาลจะถูกสูบขึ้นมาใช้จากชั้นหินอุ้มน้ำเพื่อใช้ในฤดูแล้ง นอกจากนี้ น้ำบาดาลยังนำไปใช้เพื่อการเกษตร อุตสาหกรรม และอุปโภคบริโภค ดังนั้น การขุดเจาะ และพัฒนาน้ำบาดาลในพื้นที่ การศึกษาการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลขนาดใหญ่ การส่งน้ำบาดาลระยะไกล เพื่อแก้ปัญหาภัยแล้งในพื้นที่ขาดแคลนน้ำ การพัฒนาทรัพยากรน้ำบาดาลไม่เพียงแต่สนับสนุนการบริโภคทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์เท่านั้น แต่ยังเป็นการเสริมสร้างความมั่นคงทางน้ำของชุมชนอีกด้วย นอกจากนี้ การมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการน้ำบาดาล โดยเฉพาะกลุ่มผู้ใช้น้ำ เช่น เกษตรกรและชาวบ้าน จำเป็นต้องมีเครือข่ายผู้ใช้น้ำในท้องถิ่นและการบังคับใช้กฎหมายเพื่อควบคุมการใช้น้ำบาดาล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อแหล่งน้ำที่อยู่ในภาวะแห้งแล้งและน้ำท่วมทุกปี ทรัพยากรน้ำบาดาลควรได้รับการบริหารจัดการอย่างเป็นระบบ และเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ดังนั้น การจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลจึงเป็นหนึ่งในแนวคิดหลักของผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมสำหรับภาคการใช้น้ำในด้านการผลิตอาหาร น้ำดื่ม กิจกรรมนันทนาการอื่น ๆ โดยมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วน

การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 2

หัวข้อ *"Urban Geohazard Management in the UK: examples from the BGS"*

นำเสนอโดย Mr. Marcus Dobbs, British Geological Survey, UK.

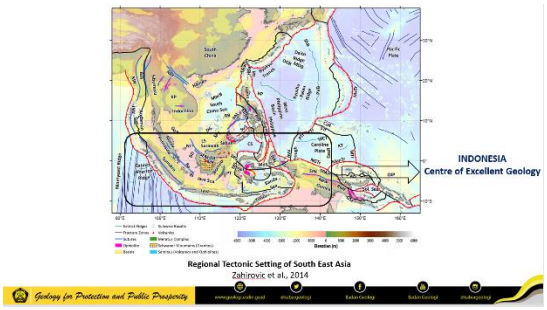
การยกตัวอย่างการบริหารจัดการอันตรายจากธรณีพิบัติภัยในสหราชอาณาจักรที่พัฒนาโดย British Geological Survey เริ่มต้นด้วยภาพรวมว่าสิ่งนี้มีวิวัฒนาการอย่างไรเพื่อแสดงเหตุผลที่ BGS จัดการกับปัญหาเหล่านี้ มีชุดข้อมูล GeoClimate หลายชุดเพื่อรองรับสถานการณ์สภาพอากาศที่หลากหลายและกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่แตกต่างกัน ความเสี่ยงของการเกิด geohazards นั้นคำนวณโดยใช้ผลิตภัณฑ์ Geosure แห่งชาติของ BGS และสภาพพื้นดินที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับการก่อสร้าง ตามชุดข้อมูล BGS Civils ซึ่งให้ข้อควรพิจารณาในการก่อสร้าง ความเสี่ยงและต้นทุนของทั้งการปนเปื้อนและสภาพพื้นดินจะได้รับการประเมินเป็นรายบุคคลเพื่อจัดทำคะแนนความเสี่ยงภาคพื้นดินและการประมาณต้นทุน อาศัยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มาจากชุดข้อมูลต่าง ๆ มากกว่า 30 ชุด รวมถึงข้อมูลโอเพนซอร์ซ (Open Sources) ข้อมูลเชิงพาณิชย์ และข้อมูลที่เก็บโดยหน่วยงานท้องถิ่น กล่าวคือ นี่ไม่ใช่ข้อมูล BGS ทั้งหมด แม้ว่าชุดข้อมูลจำนวนมากจะมาจาก BGS และธรณีศาสตร์ แต่จำนวนที่มีนัยสำคัญไม่ได้ ข้อมูลจะถูกรวมใน GIS และใช้ในการจัดอันดับพื้นที่ การประเมินสรุปจะทำในระดับไซต์ที่ให้ภาพรวมความเสี่ยงและต้นทุนที่สถานที่ขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งที่เครื่องมือนี้สร้างขึ้นคือการช่วยเปลี่ยน geohazard ให้กลายเป็นทรัพยากรที่มีศักยภาพโดยการหาปริมาณความเสี่ยงและค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการกับอันตรายได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหราชอาณาจักร ซึ่งเราอาศัยการพัฒนาขึ้นใหม่เป็นวิธีการจัดการ ประเด็นหลักจากการบรรยายนี้คือ ธรณีศาสตร์ในเมืองที่มีประสิทธิภาพต้องตอบสนองความต้องการเบื้องต้นของสังคม ซึ่งสามารถทำได้โดยการปรับให้สอดคล้องกับนโยบายและแนวปฏิบัติที่ดี ข้อมูลและสารสนเทศธรณีศาสตร์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อจัดเตรียมให้ในขั้นแรกสุดของการวางแผนก่อนตัดสินใจออกแบบที่สำคัญใด ๆ มิฉะนั้น วิศวกรจะออกแบบวิธีการของตนเองโดยไม่คำนึงถึงต้นทุน ต้องแปลข้อมูลและข้อมูลธรณีศาสตร์เพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจที่ไม่ใช่ธรณีวิทยาใช้งานได้ ผู้ที่ไม่ใช่นักธรณีวิทยาไม่สนใจดินและหินจริง ๆ พวกเขาสนใจเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายและความเสี่ยงที่เกี่ยวข้อง ธรณีวิทยาไม่ได้เป็นเพียงข้อพิจารณาเพียงอย่างเดียว เนื่องจากจำเป็นอย่างยิ่งที่ข้อมูลและสารสนเทศด้านธรณีศาสตร์สามารถรวมเข้ากับชุดข้อมูลอื่น ๆ เพื่อการตัดสินใจแบบองค์รวมมากขึ้น ธรณีวิทยามีบทบาทสนับสนุนเท่านั้น ข้อมูลและข้อมูลควรกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะ และควรให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ข้อมูลทางธรณีวิทยาที่มากเกินไปจะไม่ช่วยให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตัดสินใจได้ อย่างไรก็ตาม เราไม่ควรดูถูกความสำคัญของธรณีวิทยา: เส้นเหล่านั้นบนแผนที่ เป็นรากฐานของชุดข้อมูลจำนวนมากของเรา และความไม่ถูกต้องใด ๆ ในข้อมูลเหล่านี้จะเผยแพร่ผ่านสิ่งใดก็ตามที่ได้มาจากชุดข้อมูลเหล่านี้

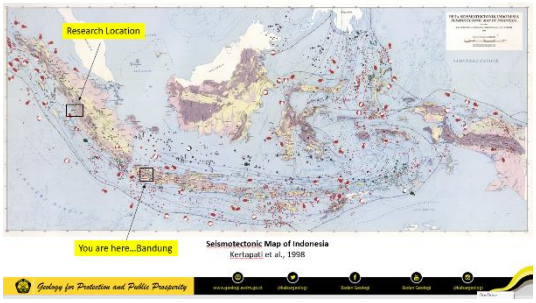
การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 3

หัวข้อ *"Micro-zonation of damaging earthquakes in the Padang City, West Sumatera, Indonesia. Implications for Seismic Hazard Assessment in Western Sumatera Island"*

นำเสนอโดย Dr. Sukahar Eka Adi Saputra, Center for Geological Survey, Geological Agency of Indonesia.

ความเข้าใจเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนจากคลื่นไหวสะเทือนมีความสำคัญมาก ทุกโซนแหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนจากคลื่นไหวสะเทือนมีกลไกและอันตรายจากแผ่นดินไหวที่อาจเกิดขึ้น เมืองปาดังมีโซนแหล่งกำเนิดคลื่นไหวสะเทือนสี่โซน ซุนดา เมกะทรัสต์, Mentawai Fault, Sumatera Active Fault Zone เนื่องจากพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีค่า PGA = 0,5 – 0,6 g, PSA Ss = 1,2 – 1,5 g และ PSA S1 = 0,5 – 0,6 g, ที่ไซต์คลาส SB ความน่าจะเป็น 2% 50 ปี การวางแผนเชิงพื้นที่ของเมืองปาดังต้องทำอย่างระมัดระวัง ระดับเมืองของเขตอันตรายจากแผ่นดินไหวระดับไมโคร ข้อมูลที่เป็นประโยชน์สำหรับข้อมูลพื้นฐานของการวางแผนเชิงพื้นที่ แผ่นดินไหว โครงสร้างการออกแบบและรหัสอาคาร เงื่อนไขที่กำหนดการเคลื่อนตัวของทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ยิ่งไปกว่านั้นอินโดนีเซียในฐานะศูนย์ความเป็นเลิศด้านธรณีวิทยา (COE) อย่างไรก็ตามปัญหาที่ตามมาของการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกแบบมีการเคลื่อนที่ (Active) มนุษย์จะอยู่อย่างไรให้กลมกลืนกับพื้นที่เสี่ยงแผ่นดินไหว แนวทางการแก้ไขปัญหาแผ่นดินไหว ได้แก่ การแบ่งเขตแบบไมโคร การออกแบบความเสี่ยงและแผ่นดินไหว ลักษณะทางธรณีวิทยาของเมืองปาดัง – ปาริอามาน เป็นแบบ Facies of Quaternary: Pra-Holocene – Alluvium –ทับถม – ลุ่มน้ำพัด แหล่งทรายชายหาด จากลักษณะทางกายภาพ จึงเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวมาก พื้นดินสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง จากความซับซ้อนของควอเทอร์นารีเหล่านี้ สิ่งก่อสร้างทางธรณีวิทยาอันเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของเปลือกโลกและการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำทะเล สรุปในตอนท้ายแผ่นดินไหวไม่ฆ่าคน สิ่งก่อสร้างอาคารถ้ามีการออกแบบและการหดตัวที่ดีสามารถป้องกันการเสียชีวิตได้





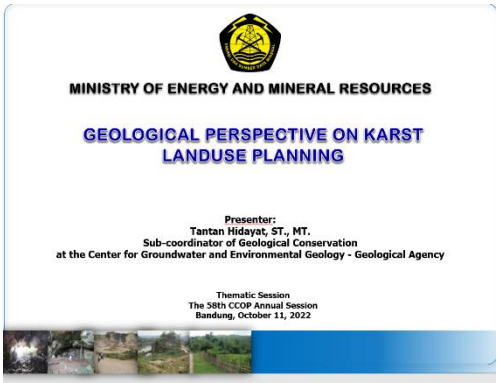
การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 4

หัวข้อ “Geological Perspective on Karst Landuse Planing”

นำเสนอโดย Mr. Tantan Hidayat, The Center for Groundwater and Environmental Geology - Geological Agency.

หินปูนมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม (อุตสาหกรรมซีเมนต์) การจัดการ Karst ที่ดีขึ้นมีความสำคัญ การแก้ไขความขัดแย้งในพื้นที่ Karst: Rembang, Sangkulirang, Manokwari, Aceh Pidie, East Manggarai คำว่า karst (ภาษาสโลวีเนีย: kras) หมายถึง ดินแดนที่แห้งแล้งและเต็มไปด้วยหิน นำมาใช้สำหรับคำว่า ธรณีสัณฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการละลาย (แม้ว่าจะไม่เกี่ยวข้องกับหินปูนและการละลาย) จากข้อมูลของ Ford & Williams (1989) คาร์สต์เป็นภูมิประเทศที่มีลักษณะทางอุทกวิทยาอันเป็นผลจากหินที่ละลายน้ำได้ง่ายและมีความพรุนทุติยภูมิ (รอยต่อและรอยเลื่อนเข้มข้น) ซึ่งได้รับการพัฒนาเป็นอย่างดี Karst มีลักษณะเป็นแอ่งน้ำปิด แม่น้ำผิวดินหายาก/ไม่มี และถ้ำจากระบบระบายน้ำใต้ดิน ระเบียบราชการฉบับที่ 26 ปี 2551 ว่าด้วยการวางแผนเชิงพื้นที่แห่งชาติ พื้นที่คุ้มครองทางธรณีวิทยาเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่คุ้มครองแห่งชาติ Karst เป็นหนึ่งในพื้นที่คุ้มครองทางธรณีวิทยา กระทรวงพลังงานและทรัพยากรธรณีได้ออกกฎกระทรวง ฉบับที่ 17 พ.ศ. 2555 ว่าด้วยการจัดตั้งภูมิภาค Karst Landscape ระเบียบที่เกี่ยวข้องกับการกำหนดเกณฑ์ของ Karst สินค้าคงคลัง การสอบสวน และการจัดตั้งพื้นที่ Karst ตามประกาศกฎกระทรวงที่ 17/2555 สำนักงานธรณีวิทยาโดยศูนย์ทรัพยากรน้ำบาดาลและธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม (PAG) มีหน้าที่ดำเนินการ: การสำรวจ Karst เพื่อการอนุรักษ์ ส่วนใหญ่สำหรับ Karst ทั่วทั้งจังหวัดการประเมินการอนุรักษ์ Karst เสนอโดยรัฐบาลท้องถิ่น (จังหวัด)

หน่วยงานด้านธรณีวิทยา Center for Groundwater and Environmental Geology (PAG) มีอำนาจในฐานะผู้ผลิตข้อมูล ("Walidata") ของ Conservation Karst (KBAK) Map in One Map Policy ของอินโดนีเซีย เป้าหมายของการจัดการ Karst: ปกป้องฟังก์ชันทางอุทกวิทยาของ Karst รักษาภูมิประเทศที่เป็นเอกลักษณ์ของหินกรวดและอนุรักษ์หินที่มีคุณค่าทางวิทยาศาสตร์ไว้เป็นเป้าหมายของการวิจัยเพื่อพัฒนาวิทยาการด้านธรณีวิทยา ควบคุมการใช้ Karst พื้นที่ภูมิทัศน์ Karst ถูกกำหนดตามเกณฑ์พื้นผิวด้านบนและพื้นผิวด้านล่าง เกณฑ์ต้องมีหน้าที่ดังนี้ เป็นวัตถุในการศึกษาตามธรรมชาติเพื่อพัฒนาวิทยาศาสตร์ พื้นที่เติมน้ำบาดาล เป็นชั้นหินอุ้มน้ำใต้ดิน มีน้ำพุถาวรละ มีถ้ำที่เกิดจากเครือข่ายแม่น้ำใต้ดิน อินโดนีเซียเป็นหนึ่งในประเทศที่มีพื้นที่คาร์สต์กว้างมาก 154,000 km^2 เป็นพื้นที่คาร์สต์หรือประมาณร้อยละ 8 ของพื้นที่ดินซึ่งเท่ากับ 1.9 ล้าน km^2



การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 5

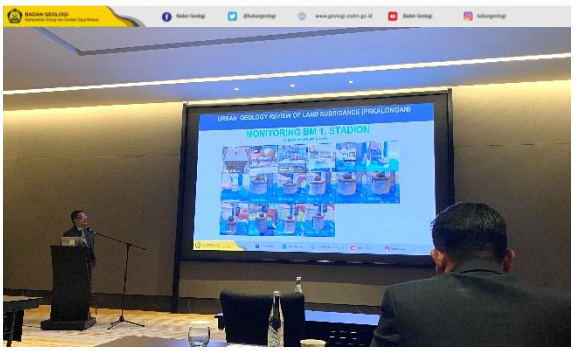
หัวข้อ *"The development of urban geology research of land subsidence area in the North Coast of Java"*

นำเสนอโดย Dita Arif Yuwana, Center For Groundwater & Environmental Geology (CGEG), Indonesia

---

ในปัจจุบันชายฝั่งทางตอนเหนือของเกาะชวา กำลังได้รับผลกระทบจากการทรุดตัวของแผ่นดิน ส่งผลให้น้ำทะเลรุกล้ำเข้าท่วมสุเหร่าและไร่นาในย่าน Sayung และตึกราบ้านช่องในเมือง Semarang เกิดการทรุดตัวและได้รับความเสียหาย โดยพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่ชายฝั่งบนเกาะชวา ซึ่งถูกรองรับด้วยดินอ่อน (soft soil) และคาดว่าจะเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาแผ่นดินทรุด จากการนำเสนอได้มีการแสดงผลข้อมูลอัตราการทรุดตัวของเมืองต่าง ๆ ตามแนวชายฝั่งทางทิศเหนือของเกาะชวา ได้แก่ เมือง Jakarta เมือง Bandung เมือง Cirebon เมือง Pekalongan เมือง Semarang และเมือง Surabaya โดยอาศัยเทคนิค InSAR เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพื้นผิวโลก เช่น ระดับความสูง ในการวิเคราะห์อัตราการทรุดตัว

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการกระจายตัวของชั้นดินอ่อนและข้อมูลอัตราการทรุดตัว (InSAR) พบว่า บริเวณที่มีดินอ่อนหนาจะเป็นพื้นที่ที่มีอัตราการทรุดตัวสูง ตามข้อมูลของการวิเคราะห์จากดาวเทียม โดยใช้เทคนิค InSAR นอกจากนี้ได้มีการศึกษาข้อมูลอื่น ๆ ประกอบด้วย ข้อมูลระดับน้ำบาดาล ข้อมูลธรณีฟิสิกส์ ข้อมูล GPS ข้อมูลหลุมเจาะสำรวจ ข้อมูลสถานีตรวจวัดแผ่นดินทรุด เป็นต้น โดยจากการติดตามอัตราการทรุดตัวจากสถานีตรวจวัดแผ่นดินทรุด พื้นที่ Pekalongan พบว่า มีอัตราการทรุดตัวเท่ากับ 5.6 ซม./ปี ซึ่งอาจเกิดจากหลาย ๆ ปัจจัยร่วมกัน เช่น การอัดตัวของตะกอนตามธรรมชาติ กระบวนการแปรสัณฐานธรณี การสูบน้ำบาดาล และการทรุดตัวเนื่องจากสิ่งก่อสร้าง แต่คาดการณ์ว่าปัจจัยหลักของการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่ชายฝั่งทางตอนเหนือของเกาะชวา เกิดจากลักษณะทางตะกอนวิทยาที่มีลักษณะเป็นชั้นดินเหนียวหนาที่ยังไม่อัดตัว ดังนั้น การสร้างสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ดังกล่าวควรคำนึงถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นภายหลัง



การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 6

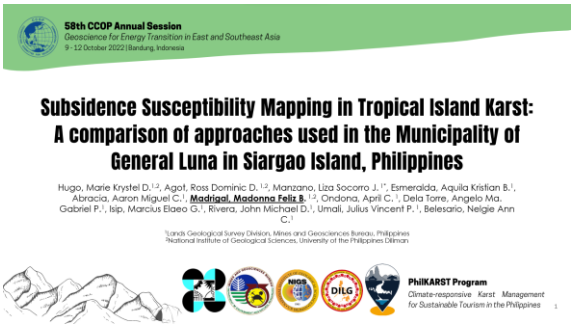
หัวข้อ *"Subsidence Susceptibility Mapping in Tropical Island Karst: A comparison of approaches used in the Municipality of General Luna in Siargao Island, Philippines"*

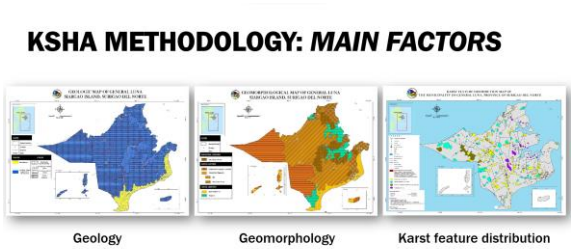
นำเสนอโดย Madonna Feliz B. Madrigal, Lands Geological Survey Division, Mines and Geosciences Bureau, Philippines

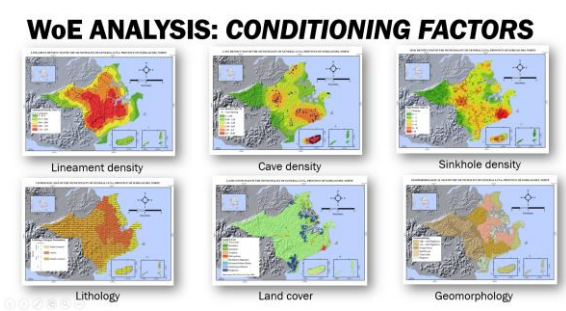
---

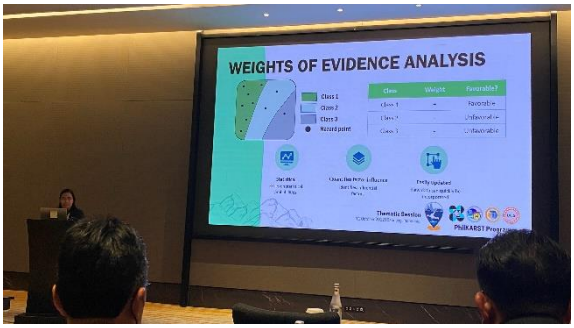
งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบแผนที่ความอ่อนไหวของการทรุดตัวของแผ่นดินในพื้นที่เกาะหินปูนเมือง General Luna บนเกาะ Siargao ประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งเป็นจุดหมายปลายทางสำคัญของนักท่องเที่ยวหลาย ๆ คน พื้นที่ดังกล่าววางตัวอยู่บนหินปูนสมัยไมโอซีนถึงโฮโลซีน และตะกอนสมัยไมโอซีนถึงไพลโอซีน ในการวิเคราะห์แผนที่ความอ่อนไหวในงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบความแตกต่างของ 2 วิธี ได้แก่ (1) วิธี KSHA Methodology และ (2) วิธี WoE Analysis โดยวิธีแรกวิเคราะห์จาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลธรณีสัณฐานวิทยา และข้อมูลการกระจายตัวของโครงสร้างหินปูน และวิธีที่สองวิเคราะห์จาก 6 ปัจจัย ได้แก่ ความหนาแน่นของโครงสร้างแนวเส้น ความหนาแน่น/การกระจายตัวของถ้ำ ความหนาแน่น/การกระจายตัวของหลุมยุบ ชนิดชั้นดินชั้นหิน ประเภทสิ่งปกคลุมดิน และธรณีสัณฐานวิทยา

จากผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี KSHA Methodology พบว่า พื้นที่ศึกษาทั้งหมดถูกจำแนกให้เป็นพื้นที่อ่อนไหวต่อการทรุดตัวของแผ่นดินสูง (high subsidence susceptibility) ในขณะที่วิธี WoE Analysis สามารถจำแนกออกเป็น 3 โซน ได้แก่ พื้นที่อ่อนไหวต่อการทรุดตัวของแผ่นดินปานกลาง (moderate subsidence susceptibility) กระจายตัวอยู่ทางทิศตะวันตกของพื้นที่ศึกษา พื้นที่อ่อนไหวต่อการทรุดตัวของแผ่นดินสูง (high subsidence susceptibility) กระจายตัวอยู่ทางทิศเหนือของพื้นที่ศึกษาและตามแนวชายฝั่ง และพื้นที่อ่อนไหวต่อการทรุดตัวของแผ่นดินสูงมาก กระจายตัวเป็นแนวยาวบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (very high subsidence susceptibility)









การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 7

หัวข้อ *“Developing and applying a GIS to web application for renewable energy in Thailand”*

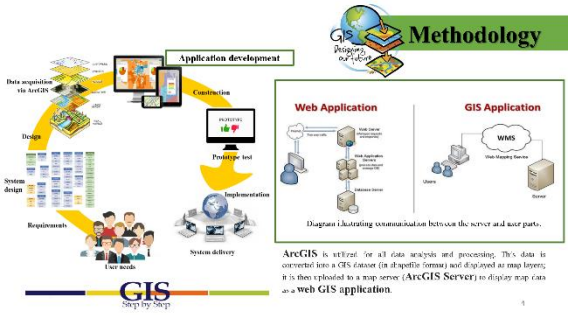
นำเสนอโดย Kunwatoo Rittidate, Electricity Generating Authority of Thailand

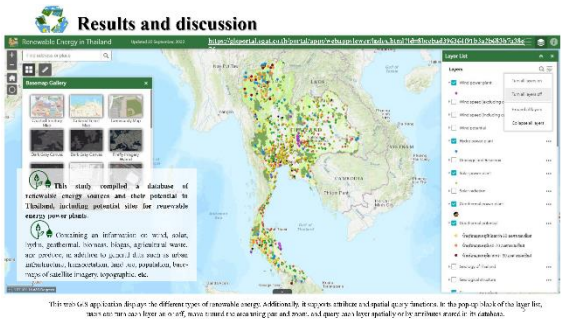
---

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการนำเข้าข้อมูล วิเคราะห์ แก้ไข และสร้างแผนที่ขึ้นมา ส่งผลให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ต่าง ๆ สามารถเข้าใจได้ง่ายมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้นำเสนอข้อมูลแผนที่ในรูปแบบของ Web GIS application โดยได้ยกตัวอย่างข้อมูลพลังงานหมุนเวียนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานหมุนเวียนของประเทศไทยในระบบฐานข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลพลังงานลม ข้อมูลพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลพลังงานน้ำ ข้อมูลพลังงานความร้อนใต้พิภพ ข้อมูลพลังงานชีวมวล ข้อมูลแก๊สชีวภาพ และข้อมูลพื้นฐานอื่น ๆ เช่น ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลประชากร เส้นทางคมนาคม เป็นต้น

สำหรับการติดต่อกันระหว่างส่วนเครื่องแม่ข่ายและส่วนของผู้ใช้งานนั้น Web GIS application จะเชื่อมต่อผ่านระบบให้บริการข้อมูลภูมิสารสนเทศ ที่เรียกว่า WMS (Web Mapping Service) ดังนั้น Web Map Server จำเป็นต้องติดตั้งโปรแกรมเพื่อรับรองการให้บริการ WMS เช่น Geoserver และ ArcGIS Server ซึ่งเป็นสองโปรแกรมที่ได้รับความนิยม โดยหลังจากที่เตรียมข้อมูล และอัปโหลดผ่าน WMS ข้อมูลต่าง ๆ จะถูกนำเข้าสู่ Web GIS application ซึ่งผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้สะดวก และง่ายต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพิ่มเติม

ทั้งนี้ Web GIS application ในงานวิจัยนี้เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในด้านพลังงาน ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดได้ในสาขาอื่น ๆ ได้ เช่น งานด้านธรณีวิทยา งานด้านอุทกธรณีวิทยา เป็นต้น โดยการนำข้อมูลวิเคราะห์ร่วมกันหลาย ๆ ชั้นข้อมูลนั้น จะช่วยให้เห็นภาพรวมของการกระจายตัวของข้อมูลในเชิงพื้นที่มากยิ่งขึ้น มีข้อมูลที่น่าเชื่อถือสำหรับการวางแผนในอนาคต หรือช่วยเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจก่อนที่จะดำเนินการต่าง ๆ





การเสนอผลงานวิจัยเรื่องที่ 8

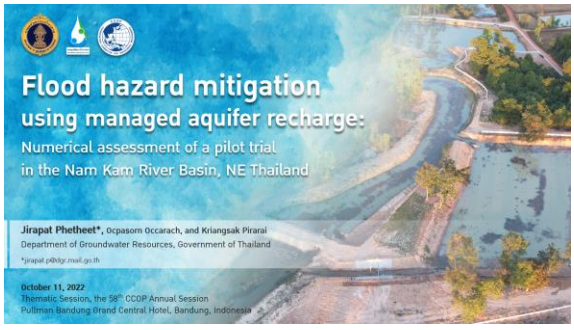
หัวข้อ *"Flood hazard mitigation using managed aquifer recharge: Numerical assessment of a pilot trial in the Nam Kam River Basin, NE Thailand"*

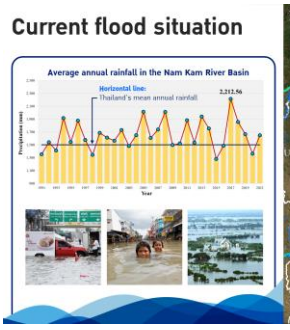
นำเสนอโดย นายจิรพัฒน์ เพ็ชรหีด กรมทรัพยากรน้ำบาดาล

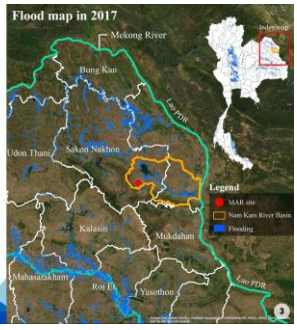
น้ำท่วมเป็นภัยธรรมชาติที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและเกิดซ้ำทุก ๆ ปีในช่วงฤดูมรสุม โดยมักจะสร้างความเสียหายอย่างไม่ทันตั้งตัว พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาน้ำท่วมซ้ำซาก โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทยเกือบจะทุกปี ในปี พ.ศ. 2560 พื้นที่ดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดสกลนคร ได้รับผลกระทบจากพายุโซนร้อนเซินกา ส่งผลทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน โดยสร้างความเสียหายในจังหวัดสกลนครกว่า 100 ล้านบาท

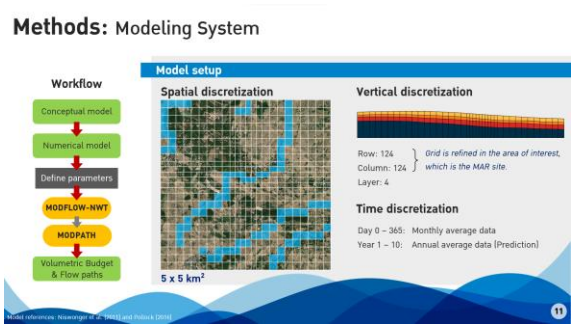
กรมทรัพยากรน้ำบาดาล ในฐานะหน่วยงานหลักในด้านการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลของประเทศไทย ได้ดำเนินโครงการทดลองเติมน้ำลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน พื้นที่ลุ่มน้ำก่ำ โดยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนพัฒนาน้ำบาดาล กรมทรัพยากรน้ำบาดาล งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางการประเมินและติดตามการเติมน้ำผ่านระบบสระเติมน้ำ และบ่อวงคอนกรีต โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้ำบาดาล (MODFLOW-NWT) จากผลการจำลองพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ที่ 8.98% โดยอัตราการเติมน้ำผ่านระบบสระเติมน้ำเท่ากับ 90,052 ลบ.ม./ปี และอนุภาคจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุด 698.07 เมตร จากสระเติมน้ำ ภายในระยะเวลา 10 ปี ในขณะที่อัตราการเติมน้ำผ่านบ่อวงคอนกรีตมีค่าเท่ากับ 22,600 ลบ.ม./ปี และอนุภาคจำลองสามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุด 1,683.157 เมตร ในเวลา 1 ทศวรรษ

ในช่วงท้ายของการนำเสนองานวิจัย (Q&A session) ได้มีการแนะนำจากผู้เข้าประชุมให้ประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์น้ำบาดาล ในการประเมินและจำลองทิศทางการไหลของน้ำบาดาลในบริเวณที่ก่อสร้างโครงการ Riverbank Filtration (RBF) บริเวณลุ่มน้ำโขง เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่น่าสนใจอย่างยิ่ง









รูปที่ 2 ภาพบรรยากาศการนำเสนอผลงานวิชาการของผู้แทนกรมทรัพยากรน้ำบาดาล

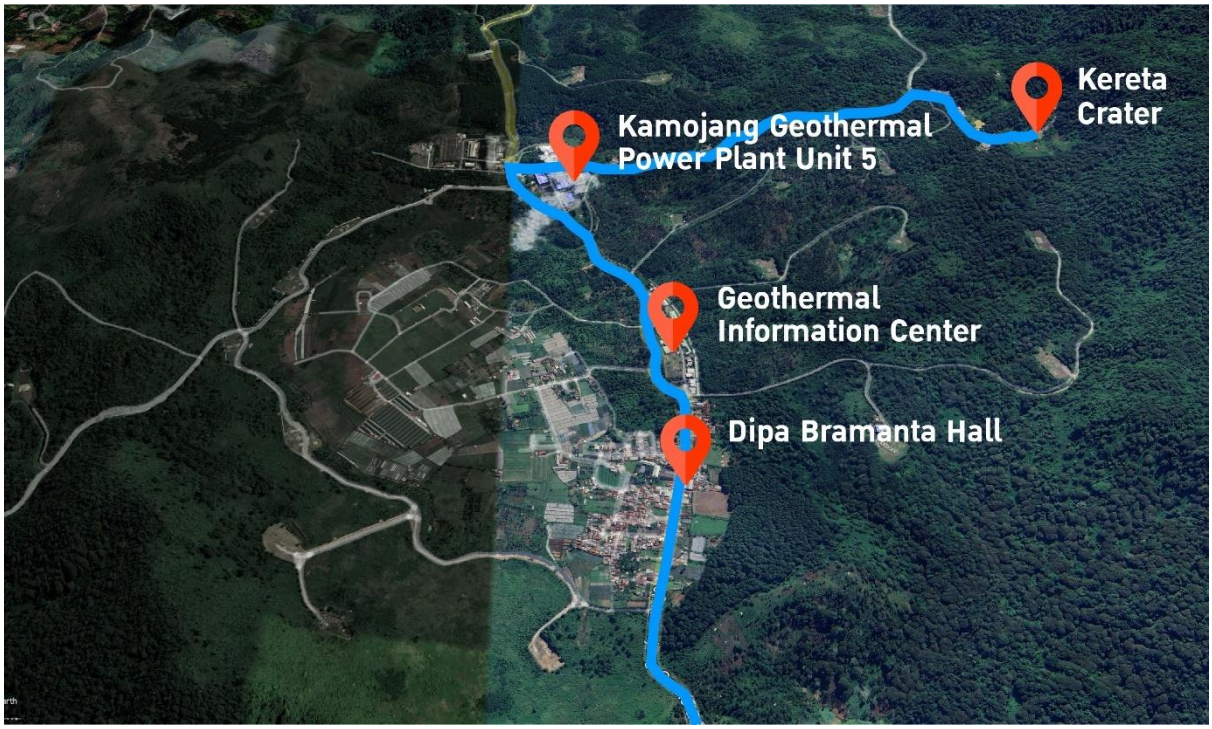
กิจกรรมศึกษาดูงานภาคสนาม ณ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ
(Kamojang Geothermal Power Plant) เมืองบันดุง สาธารณรัฐอินโดนีเซีย

รูปที่ 3 ภาพมุมสูงของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Kamojang (PGE, 2022)

ในวันที่ 12 ตุลาคม 2565 คณะผู้แทนไทยได้เดินทางไปศึกษาดูงานเรื่องพลังงานความร้อนใต้พิภพของบริษัท PT Pertamina ในพื้นที่ Kamojang ณ เมืองบันดุง (Bandung Regency) สาธารณรัฐอินโดนีเซีย โดยมีรายละเอียดตามกำหนดการดังต่อไปนี้

	เวลา	สถานที่	กิจกรรม
1	07.30 น.	โรงแรม Pullman Bandung Grand Central	เดินทางออกจากโรงแรม Pullman Bandung Grand Central เพื่อเดินทางไปศูนย์บริการข้อมูลด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ (Geothermal Information Center, GIC)
2	10.30 น.	ศูนย์บริการข้อมูลด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ	คณะผู้แทนจากชาติต่าง ๆ จะถูกออกเป็น 5 กลุ่มย่อย โดยกลุ่มย่อยที่ 1-3 จะเริ่มเข้าชมวิดีทัศน์แนะนำเกี่ยวกับบริษัท Pertamina Geothermal Energy และขั้นตอนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพ และกลุ่มย่อยที่ 4-5 จะเดินชมนิทรรศการ และเมื่อครบกำหนดเวลาจึงจะสลับกิจกรรมกัน
3	11.30 น.	โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ โรงงานที่ 5 (Unit 5)	นั่งรถเยี่ยมชมและฟังคำบรรยายของโรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ โรงงานที่ 5
4	12.00 น.	Kamojang Crater Complex	เยี่ยมชมปากปล่อง Kamojang บริเวณ Kereta Crater ซึ่งเป็นบ่อที่เก่าแก่ที่สุด และยังคงมีพลังอยู่
5	13.00 น.	Dipa Bramanta Hall	พักรับประทานอาหารกลางวัน
6	14.00 น.	Dipa Bramanta Hall	เดินทางกลับโรงแรมที่พัก ณ เมืองบันดุง

รูปที่ 4 เส้นทางการเดินทางจากเมืองบันดุงไปโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Komajang



รูปที่ 5 จุดศึกษาดูงานโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Komajang

ประวัติความเป็นมา

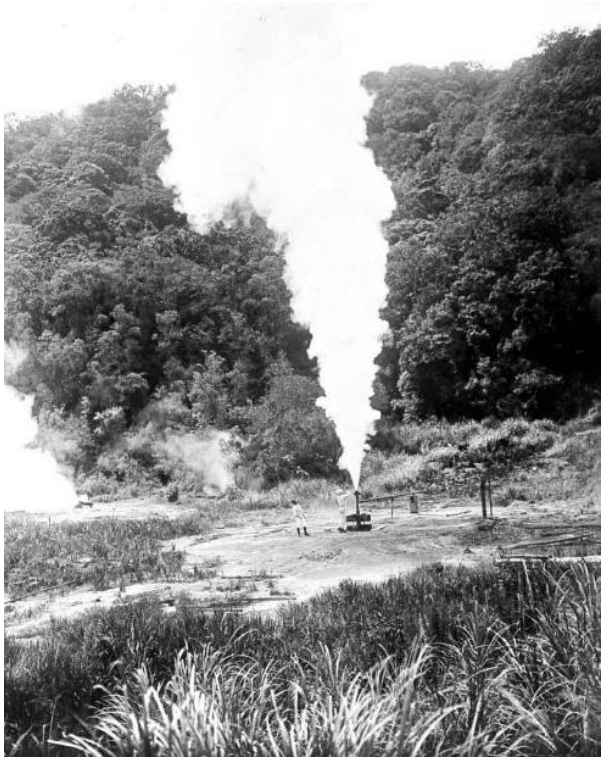
Kamojang Geothermal Power Plant เป็นโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพที่เก่าแก่ที่สุดในสาธารณรัฐอินโดนีเซีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีประวัติการใช้พลังงานความร้อนใต้พิภพ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าภายในประเทศมาอย่างช้านาน

ในปี ค.ศ. 1918 (พ.ศ. 2461) จักรวรรดิอาณานิคมดัตช์ ได้เริ่มมีการสำรวจแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในบริเวณพื้นที่ประเทศอินโดนีเซียในปัจจุบัน และได้เข้ามาสำรวจในพื้นที่ Kamojang ต่อมาในปี ค.ศ. 1926 (พ.ศ. 2469) ได้ดำเนินการสำรวจและเจาะบ่อระดับตื้นจำนวน 5 บ่อ ในจำนวนนี้มีบ่อที่ประสบความสำเร็จ คือ บ่อ Kamojang-3 (KMJ-3) ซึ่งได้เจาะลงไปที่ความลึก 66 เมตร โดยมีอุณหภูมิสูงถึง 140 องศาเซลเซียส และได้รับการขนานนามว่า Kereta Crater นับเป็นเวลากว่า 96 ปีแล้วที่บ่อนี้ยังคงพ่นไอน้ำออกมาจากปากบ่อ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งตัวชี้วัดถึงความยั่งยืนของพลังงานความร้อนใต้พิภพ จนกลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของพื้นที่นี้

ต่อมาในปี ค.ศ. 1928 (พ.ศ. 2471) รัฐบาลเนเธอร์แลนด์ได้เริ่มพัฒนาพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นมาใช้และหยุดการค้นหาแหล่งใหม่ ๆ ในพื้นที่ Kamojang ในเวลาเดียวกัน และได้กลับมาเริ่มสำรวจอีกครั้งในปี ค.ศ. 1972 (พ.ศ. 2515) โดยอาศัยความรู้ทางด้านธรณีเคมี ธรณีฟิสิกส์ และธรณีวิทยาร่วมกัน และในเวลา 6 ปีต่อจากนั้น ได้เกิดความร่วมมือกับรัฐบาลนิวซีแลนด์ ในการสำรวจและเจาะบ่อเพิ่ม เพื่อประเมินศักยภาพของแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในพื้นที่ Kamojang

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Kamojang ได้เดินเครื่องจักรผลิตกระแสไฟฟ้าครั้งแรกในปี ค.ศ. 1978 (พ.ศ. 2521) ซึ่งมีกำลังการผลิตอยู่ที่ 250 กิโลวัตต์ และได้เปิดใช้งานอย่างเป็นทางการ เมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1983 (พ.ศ. 2526) โดยมีกำลังการผลิต 30 เมกะวัตต์

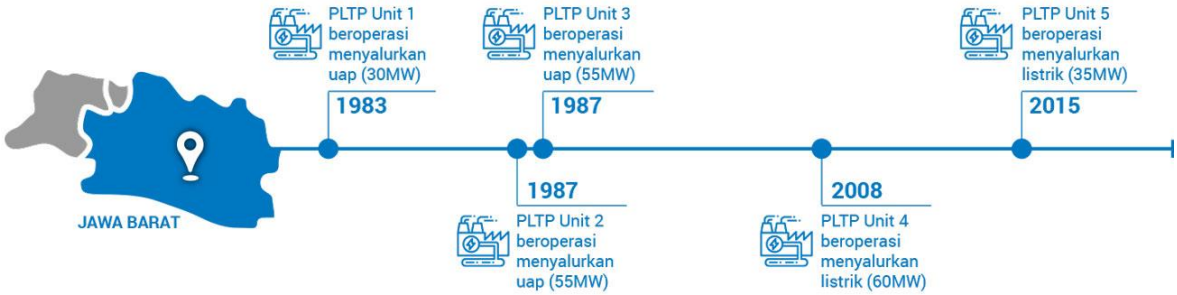
รูปที่ 6 โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Komajang ในปี ค.ศ. 1978 ที่มีกำลังการผลิต 250 กิโลวัตต์ (GEOCAP, 2022)



รูปที่ 7 บ่อน้ำพุร้อนที่ประสบความสำเร็จบ่อแรก (บ่อ KMJ-3) ในประเทศอินโดนีเซีย (GEOCAP, 2022)

ในปัจจุบัน โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Kamojang อยู่ภายใต้การดูแลของบริษัท PT Pertamina Geothermal Energy (PGE) ประกอบด้วยโรงไฟฟ้าย่อย 5 ยูนิต โดยมีกำลังการผลิตรวม 235 เมกะวัตต์ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

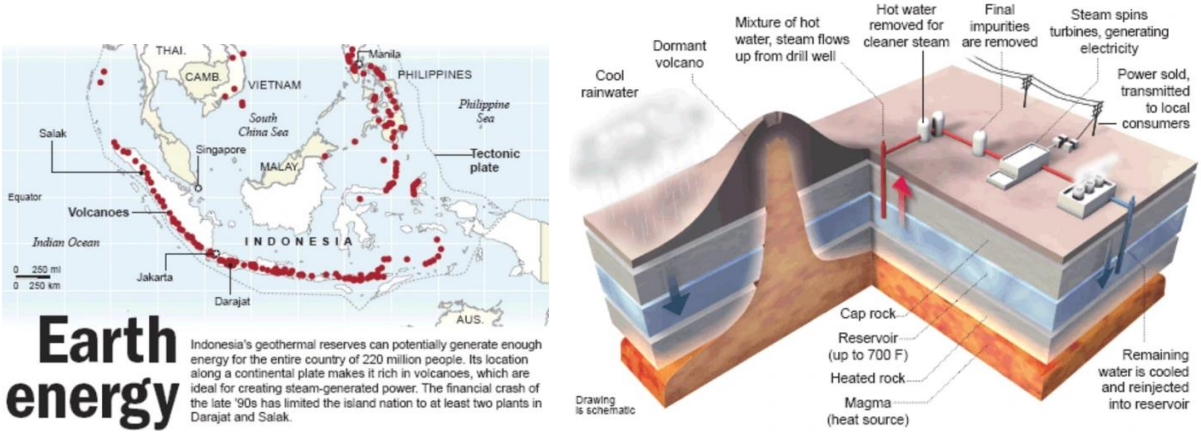
1) Kamojang Power Plant Unit 1: กำลังการผลิต 30 เมกะวัตต์ เริ่มดำเนินงานปี ค.ศ. 1983
2) Kamojang Power Plant Unit 2: กำลังการผลิต 55 เมกะวัตต์ เริ่มดำเนินงานปี ค.ศ. 1988
3) Kamojang Power Plant Unit 3: กำลังการผลิต 55 เมกะวัตต์ เริ่มดำเนินงานปี ค.ศ. 1988
4) Kamojang Power Plant Unit 4: กำลังการผลิต 60 เมกะวัตต์ เริ่มดำเนินงานปี ค.ศ. 2008
5) Kamojang Power Plant Unit 5: กำลังการผลิต 35 เมกะวัตต์ เริ่มดำเนินงานปี ค.ศ. 2015



รูปที่ 8 วิวัฒนาการโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ Kamojang (PGE, 2022)

สภาพทางธรณีวิทยา

พลังงานความร้อนใต้พิภพในพื้นที่ Kamojang ถูกควบคุมด้วยโครงสร้างทางธรณีวิทยา 2 โครงสร้างหลัก ประกอบด้วย โครงสร้างแบบเฉพาะที่ (local structures) เช่น ความร้อนจากภูเขาไฟ และโครงสร้างระดับภูมิภาค/ไพศาล (regional structures) เช่น เกิดจากกระบวนการแปรสัณฐานใน 2 ทิศทางหลัก ได้แก่ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ดังกล่าวเป็นแหล่งที่มีไอน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก (steam-dominated system) โดยมีแก๊สที่ไม่ควบแน่น (non-condensable gas, NCG) น้อยกว่า 1% และมีอุณหภูมิในแหล่งกักเก็บอยู่ระหว่าง 220-240 องศาเซลเซียส โดยมีหินแอนดีไซต์เป็นหินกักเก็บอยู่ที่ความลึก 500 ถึง 900 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล



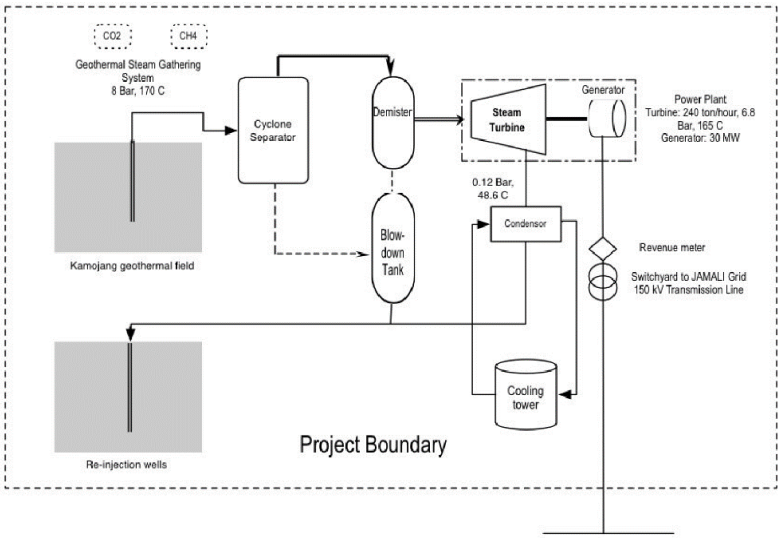
รูปที่ 9 (ซ้าย) ตำแหน่งภูเขาไฟที่กระจายตัวตามแนวรอยเลื่อนที่มีพลัง (วงแหวนแห่งไฟ หรือ Ring of Fire) (ขวา) ภาพตัดขวางสามมิติแสดงแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนใต้พิภพ (NBC News, 2006)

รูปที่ 10 แท่งตัวอย่างหินแอนดีไซต์ จากบ่อ KMJ-80 ที่ระดับความลึก 1,281.66 ถึง 1,283.80 เมตร

ศูนย์บริการข้อมูลด้านพลังงานความร้อนใต้พิภพ

คณะผู้แทนไทยได้เยี่ยมชมนิทรรศการและวิดีทัศน์แสดงประวัติความเป็นมา อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้และวิธีการพัฒนานำพลังงานความร้อนใต้พิภพขึ้นมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า โดยสามารถสรุปเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ไอน้ำจากบ่อผลิต (production wells) ในบริเวณพื้นที่ Kamojang จะถูกลำเลียงผ่านท่อขนาดใหญ่เข้าสู่โรงงาน
2) ไอน้ำ (dry steam) จะเคลื่อนที่เข้าสู่ scrubber เพื่อคัดกรองสิ่งเจือปนที่อยู่ในไอน้ำออก โดยจะใช้เทคนิคหมุนที่เรียกว่า cyclone method เพื่อให้ไอน้ำลอยขึ้นสู่ด้านบน ส่วนความชื้นหรือน้ำจะตกลงสู่ด้านล่างของ scrubber
3) จากนั้นไอน้ำจะเคลื่อนที่ไปตามท่อเพื่อไปหมุนใบพัดกังหัน (steam turbine) โดยกังหันจะเปลี่ยนพลังงาน (enthalpy) ที่อยู่ในไอน้ำเป็นพลังงานจลน์ (kinetic energy) ไปหมุนเครื่องปั่นไฟ (generator) ที่ถูกเชื่อมต่อกับกังหัน และจะเปลี่ยนพลังงานจลน์ให้กลายเป็นกระแสไฟฟ้า แต่เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ออกจากเครื่องปั่นไฟมีความต่างศักย์ 13.8 กิโลโวลต์ จึงจำเป็นต้องอาศัยหม้อแปลง (transformer) เพื่อแปลงให้มีความต่างศักย์ 150 กิโลโวลต์ และกระจายออกไปสู่ผู้ใช้งานผ่านระบบไฟฟ้าแรงสูง
4) ไอน้ำจากการหมุนใบพัดกังหันจะถูกควบแน่นผ่าน condenser ทำให้ไอน้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็นของเหลว
5) น้ำที่ผ่านกระบวนการควบแน่น จะมีอุณหภูมิอยู่ที่ 50 องศาเซลเซียส จะถูกลำเลียงไปยัง cooling tower เพื่อลดอุณหภูมิในลำดับถัดไป
6) น้ำเย็นบางส่วนจะถูกส่งกลับไปใช้ที่ condenser และบางส่วนจะถูกอัดลงสู่ใต้ดินผ่าน re-injection wells เพื่อรักษาสมดุลของระบบน้ำใต้ดินให้เกิดความยั่งยืน



รูปที่ 11 แผนภาพขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากพลังงานความร้อนใต้พิภพของ Unit 5 (UNFCCC, 2012)

รูปที่ 12 การเยี่ยมชมนิทรรศการ

รูปที่ 13 อุปกรณ์ในการเจาะและพัฒนาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพ

รูปที่ 14 การชมวิดีทัศน์แนะนำขั้นตอนการดำเนินงานของโรงไฟฟ้า

โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ ยูนิตที่ 5 (Kamojang Power Plant Unit 5)

คณะผู้แทนไทยได้นั่งรถเยี่ยมชมโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ ยูนิตที่ 5 ในพื้นที่ Kamojang ของบริษัท PGE ซึ่งได้ชมด้านนอกของ cooling tower ซึ่งทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของน้ำที่เกิดจากการควบแน่นของไอน้ำก่อนที่จะอัดลงสู่ชั้นน้ำบาดาลในลำดับต่อไป

รูปที่ 15 การเยี่ยมชมโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ

รูปที่ 16 บรรยากาศโดยรอบพื้นที่โรงไฟฟ้า

Kereta Crater (KMJ-3)

คณะผู้จัดงานได้นำคณะเดินทางไปชมบ่อ KMJ-3 ซึ่งเป็นบ่อที่เก่าแก่มีอายุเกือบ 100 ปี โดยได้มีการค้นพบในปี ค.ศ. 1928 (พ.ศ. 2471) เนื่องจากไอน้ำที่พุ่งขึ้นมาจากปากบ่อมีเสียงคล้ายรถไฟ จึงทำให้บริเวณดังกล่าวถูกเรียกว่า Kereta Crater โดยคำว่า “Kereta” ในภาษาอินโดนีเซียแปลว่า “รถไฟ”

รูปที่ 17 กิจกรรมศึกษาดูงานภาคสนาม ณ Kereta Crater

เอกสารอ้างอิง

GEOCAP. (2022). *Geothermal Development in Indonesia*. The Geothermal Capacity Building Programme. https://www.geocap.nl/handbook/introduction/geothermal-development-in-indonesia/

NBC News. (2006, October 23). Indonesia sitting on geothermal power plant. *NBC News*. https://www.nbcnews.com/id/wbna15319454

PGE. (2022). *Kamojang—Pertamina Geothermal Energy*. https://www.pge.pertamina.com/en/own-operation/kamojang

UNFCCC. (2012). *Project Design Document: Kamojang Unit 5 PT. Pertamina Geothermal Energy*. United Nations Framework Convention on Climate Change. https://cdm.unfccc.int/filestorage/i/5/GMJ1VZICSLB089F5N4YA6T7WRUQX32.pdf/Final%20PDD.pdf?t=WUd8cmp3ZWI3fDDyf_F0TTThFw3g_4xUucfV