สมบัติทางกายภาพของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา

Physical Properties of Rocks in Khao Chai Son Hot Spring Songkhla Lake Basin

พิชญ์พิไล ขุนพรรณราย[1*], นวรัตน์ สีตะพงษ์[2], มูรณี ดาโอะ[3], วัฒนา เดชนะ[4], พะเยาว์ ยงศิริวิทย์[5] และ ชาญยุทธ ฟองสุวรรณ[6]

Khoonphunnarai. P[1], Seetapong. N[2], Daoh. M[3], Dechana. W[4], Yongsiriwit. P[5], Fongsuwan. C[6].

บทคัดย่อ

ศึกษาค่าความหนาแน่น และกัมมันตรังสี ของตัวอย่างหินโผล่ บริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา เพื่อทราบสมบัติทางกายภาพของหินจากแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ผลการศึกษาพบว่าเป็นหินปูนยุคเพอร์เมียนมีค่าความหนาแน่น 2,654 ± 80 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่ากัมมันตรังสีของ ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K มีค่าเฉลี่ย 2.9 ppm 5.2 ppm และ 0.9 % ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความหนาแน่น และค่ากัมมันตรังสีของหินปูนในพื้นที่ศึกษากับหินปูนยุคเพอร์เมียนที่พบในแหล่งน้ำพุร้อนในภาคใต้ประเทศไทย พบว่าทั้งค่าความหนาแน่นและค่ากัมมันตรังสีของหินมีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: กัมมันตรังสี หินโผล่ น้ำพุร้อน

Abstract

Study the density, volume and radioactivity of outcrop samples at Khao Chaison hot spring, Songkhla lake basin. The objective of these physical properties of rocks at Khao Chaison hot spring. The results obtained from the present study the density of Permian limestone of 2,654 ± 80 kg/m^3 and radioactivity ^{238}U, ^{232}Th and ^{40}K with average values 2.9 ppm 5.2 ppm และ 0.9 % respectively. Which compared the density and radioactivity of limestone study area with Permian limestone in hot spring south of Thailand are nearly range together of both.

Keyword: radioactivity, outcrop, Hot spring

[1-6]อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา

[*]**Corresponding author, E-mail:** pitchpilai@gmail.com

บทนำ

ความร้อนใต้พิภพเป็นพลังงานทดแทนรูปหนึ่งที่ได้รับการพัฒนาในหลายประเทศ โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในแนววงแหวนแห่งไฟ (ring of fire) หรือแนวมุดตัวของแผ่นเปลือกโลก ยกตัวอย่างเช่น ประเทศนิวซีแลนด์และญี่ปุ่น พบแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพมากมายในบริเวณของแนวภูเขาไฟ ซึ่งอัตราการไหลถ่ายความร้อนในบริเวณนี้มีค่าสูง จึงทำให้สามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อการอุปโภค และการท่องเที่ยว

แหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพในประเทศไทยจะปรากฏเป็นแหล่งน้ำพุร้อน บ่อน้ำร้อน ซึ่งกรมทรัพยากรธรณีรายงานการตรวจพบแหล่งน้ำพุร้อนในบริเวณหินภูเขาไฟที่ดับแล้ว ในบริเวณมวลหินแกรนิตและหินตะกอนอายุต่าง ๆ กัน แหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทยมีมากกว่า 100 แห่งกระจายอยู่ในทุกภูมิภาค ยกเว้นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอุณหภูมิน้ำร้อนที่ผิวดินอยู่ในช่วง 40-100 องศาเซลเซียส ปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาโดยใช้ประโยชน์จากแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อการอุตสาหกรรม การเกษตรกรรม และการท่องเที่ยว เช่น แหล่งน้ำพุร้อนสันกำแพง แหล่งน้ำพุร้อนฝาง แหล่งน้ำพุร้อนระนอง (กรมทรัพยากรธรณี, 2550)

จังหวัดพัทลุงมีแหล่งน้ำพุร้อนที่ได้รับการสำรวจจากกรมทรัพยากรธรณีจำนวน 4 แหล่ง โดยส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์เพื่อการท่องเที่ยว และด้านสุขภาพ ดังนั้นเพื่อการพัฒนาแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพให้มีศักยภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนและเพื่อให้มีความเข้าใจเกี่ยวกับแหล่งพลังงานความร้อนใต้พิภพของแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน จังหวัดพัทลุงมากขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำตัวอย่างหินโผล่มาวิเคราะห์เพื่อให้เข้าใจชนิดของหิน ปริมาณกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนดังกล่าว และคำนวณค่าอัตราการผลิตความร้อนของหินจากสารกัมมันตรังสี เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาแหล่งน้ำพุร้อนให้มีศักยภาพเป็นแหล่งพลังงานทดแทนในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาหาค่าความหนาแน่น และกัมมันตรังสีของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน
2. เพื่อเป็นองค์ความรู้ที่บูรณาการกับการเรียนการสอนวิชาธรณีวิทยา ฟิสิกส์นิวเคลียร์ และรายวิชาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎี กรอบแนวคิด

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ได้ทำการศึกษาปริมาณทางฟิสิกส์ต่าง ๆ ของหิน ได้แก่ ความหนาแน่น ชนิดของหิน และปริมาณกัมมันตรังสี ทำการเปรียบเทียบปริมาณทางฟิสิกส์ดังกล่าวกับหินในบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนหรือบริเวณต่าง ๆ ในประเทศไทยของนักวิจัยท่านอื่น ๆ

ชลิดา ตะหวัน และม่ารียะ ธรรมจิตต์, (2553) ได้ทำการศึกษาความหนาแน่นของตัวอย่างหินโผล่ ในบริเวณ อำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสสินธุ์ซึ่งอยู่ในหินบริเวณคาบสมุทรสทิงพระ จังหวัดสงขลา โดยหินที่พบส่วนใหญ่เป็นหินตะกอน ประกอบไปด้วย หินทราย หินกรวดมน และหินดินดาน ด้วยวิธีการวัดค่าความหนาแน่นหินสดและวัดค่าความหนาแน่นหินเปียกผลการศึกษาพบว่า หินทราย มีความหนาแน่นหินสดเฉลี่ยเท่ากับ 1,545±158 kg/m^3 มีความหนาแน่นหินเปียกเฉลี่ยเท่ากับ 1,684±148 kg/m^3 พบที่วัดทุ่งบัว วัดเกาะใหญ่ เขาบ่อเรียน แหลงบ่อท่อบ้านแหลมเจ้า เขาในและเขารัดรูป ส่วนใหญ่อยู่อำเภอกระแสสินธุ์ หินกรวดมนมีความหนาแน่นหินสดเฉลี่ยเท่ากับ 1,328±133 kg/m^3 มีความหนาแน่นหินเปียกเฉลี่ยเท่ากับ 1,723±150 kg/m^3 พบที่วัดทุ่งบัว วัดสูงเกาะใหญ่เขาบ่อเรียน วัดพะโคะ เขาใน เขารัดรูป และวัดคูหา หินดินดานมีความหนาแน่นหินสดเฉลี่ยเท่ากับ 1,584±13 kg/m^3 มีความหนาแน่นหินเปียกเฉลี่ยเท่ากับ 1,637±12 kg/m^3 พบที่วัดพะโคะ และเขาใน

อิภิชัย แก้วตาหวาน, (2551) ศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าความหนาแน่นของหินและนำไปเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ค่าสนามโน้มถ่วงที่วัดได้บริเวณแหล่งน้ำพุร้อน อ.ไชยา จังหวัด

สุ-ราษฎร์ธานี ซึ่งจากหินตัวอย่างที่ได้ประกอบด้วย หินทรายยุคครีเทเชียส-จูแรสซิก จำนวน 13 ตัวอย่าง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 2,450 kg/m^3 และหินปูนยุคเพอร์เมียน จำนวน 25 ตัวอย่าง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 2,720±90 kg/m^3

สุกฤษฎิ์ จรจะนะ, (2552) ศึกษาค่าความหนาแน่นของตัวอย่างหิน มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดค่าความหนาแน่นของหมวดหินชนิดต่างๆ ของแหล่งน้ำพุร้อน อำเภอเขาชัยสน จังหวัดพัทลุง ซึ่งประกอบด้วยหินแกรนิต 1 ตำแหน่ง มีพิสัยค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,582-2,620 kg/m^3 หินปูนยุคเพอร์เมียน 1 ตำแหน่ง มีพิสัยค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,658-2,805 kg/m^3 หินทรายยุคคาร์บอนิเฟอรัส 1 ตำแหน่ง มีพิสัยค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,307-2,570 kg/m^3 หินปูนยุคออร์โดวิเชียน 1 ตำแหน่ง มีพิสัยค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,539-2,668 kg/m^3

เอกชัย สันเมือง, (2552) ศึกษาค่าสนามโน้มถ่วงบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดระนอง ซึ่งหาค่าความหนาแน่นของหินที่เก็บจากแหล่งน้ำพุร้อนเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าสนามโน้มถ่วง ตัวอย่างหินที่เก็บได้จากพื้นที่ศึกษาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มอัคนีที่เป็นหินแกรนิตจำนวน 17 ตัวอย่าง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 2,560 kg/m^3 กลุ่มหินตะกอนประกอบหินทราย หินโคลน และหินดินดาน จำนวน 13 ตัวอย่าง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 2,450 kg/m^3 และกลุ่มหินปูนจำนวน 4 ตัวอย่าง ความหนาแน่นที่แบ่งออกเป็น 2 ช่วงอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของหินช่วงที่สองมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 2,720±20 kg/m^3

ประสงค์ เกษราธิคุณ และคณะ (2553) ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์รังสีเริ่มต้น เรเดียม-226 (^{226}Ra) ทอเรียม-232 (^{232}Th) และโปแตสเซียม -40 (^{40}K) ในตัวอย่างดินจำนวน 88 ตัวอย่างที่เก็บจากทุกตำบลใน 10 อำเภอของจังหวัดตรังโดยใช้หัววัดรังสีแบบเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์และระบบวิเคราะห์แบบแกมมาสเปกโตรเมตรีและใช้ต้นกำเนิดมาตรฐานดินแบบปริมาตร IAEA 375-soil ของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ในการเปรียบเทียบเพื่อการคำนวณค่ากัมมันตภาพจำเพาะ จากผลการทดลองที่ได้พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโปแตสเซียม-40 มีค่าเฉลี่ยเป็น 76.48 ±3.38Bq/kg, 84.38 ± 4.53 Bq/kg และ 384.85 ± 23.30 Bq/kg ตามลำดับและมีค่าพิสัยอยู่ระหว่าง 16.35– 889.99 Bq/kg 0.47 – 298.18 Bq/kg และ 58.23 – 1425.73 Bq/kg ตามลำดับ และได้และได้นำผลที่คำนวณได้นี้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ข้อมูลของนักวิจัยไทยและข้อมูลของงานวิจัยทั่วโลก นอกจากนี้ยังได้สร้างแผนภาพทางรังสีของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโปแตสเซียม- 40 จากข้อมูลที่ศึกษาได้ในตัวอย่างดินบริเวณจังหวัดตรังโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcGIS อีกด้วย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ทำการเก็บตัวอย่างหินโผล่บริเวณรอบๆ แหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ขนาดประมาณ 1 – 2 กิโลกรัม
2. ทำการย่อยตัวอย่างหินโผล่ให้เหลือขนาดประมาณ 1 กิโลกรัม และทำการแช่ตัวอย่างหินทั้งหมดในน้ำเป็นเวลา 1 คืน เพื่อทำการไล่อากาศในหินตัวอย่าง
3. ทำการชั่งน้ำหนักตัวอย่างหิน เพื่อนำมาหาค่าความหนาแน่น และหาปริมาตรของหิน โดยใช้หลักการการแทนที่ของน้ำ

สูตรการคำนวณหาค่าความหนาแน่นของหินตัวอย่าง

$$\rho_d = \rho_w \left(\frac{M_1}{M_1^* - M_2^*} \right)$$

โดย ρ_d = ความหนาแน่นของหินสด มีหน่วยเป็น kg/m^3
M_1 = น้ำหนักของหินที่ชั่งในอากาศ มีหน่วยเป็น kg

M_1^* = น้ำหนักของหินอิ่มตัวที่ชั่งในอากาศ มีหน่วยเป็น kg
M_2^* = น้ำหนักของหินอิ่มตัวที่ชั่งในน้ำ มีหน่วยเป็น kg

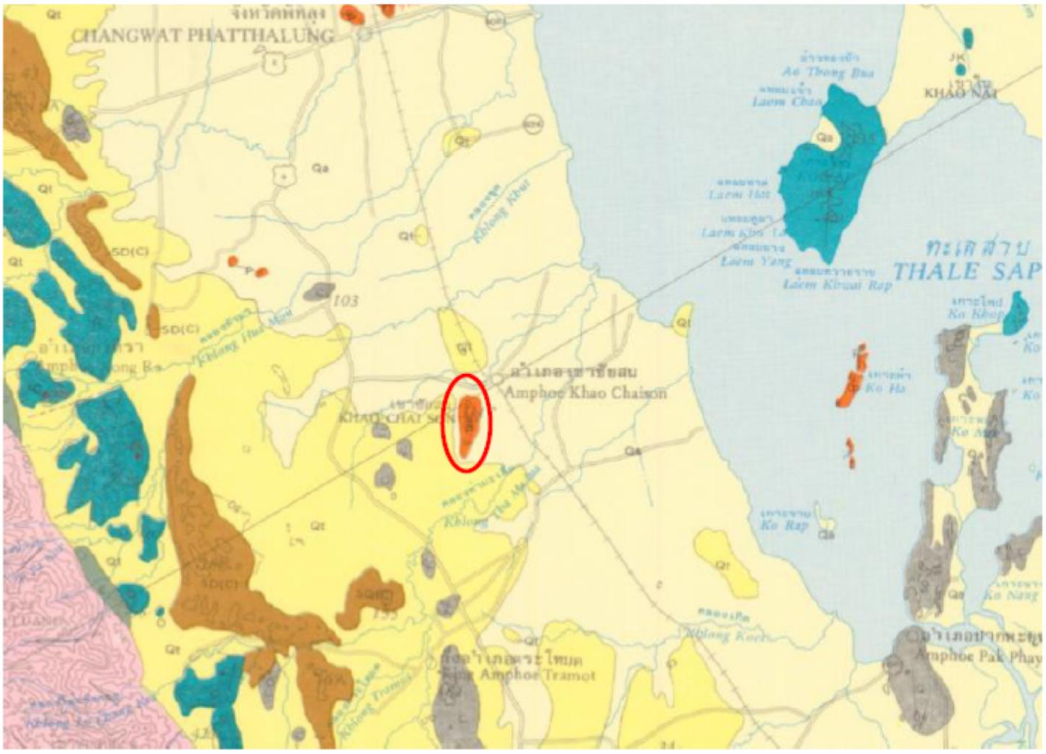
4. ทำการทดสอบชนิดของตัวอย่างหินโผล่ เพื่อให้ทราบชนิดของหินตามหลักการทางธรณีวิทยา

5. นำตัวอย่างหินโผล่มาทำการทุบให้ละเอียด นำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อกรองเศษหินหรือตะกอนต่าง ๆ ออก และบรรจุลงกระปุกพลาสติก

6. นำเทปกาวปิดรอยต่อระหว่างฝาปิด และตัวกระปุกพลาสติกให้แน่นหนา เพื่อป้องกันไม่ให้นิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ในตัวอย่างหินในสถานะแก๊สหลุดออกมาได้

7. ตั้งหินตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 30 วัน เพื่อให้เกิดสมดุลทางกัมมันตรังสีของ U/Th และลูกหลานอยู่ในสถานะสมดุลทางกัมมันตภาพรังสี

8. นำหินตัวอย่างทั้งหมดไปวัดปริมาณกัมมันตรังสีของ ^{238}U ^{232}Th และ ^{40}K ด้วยหัววัดรังสีแบบเจอมาเนียมบริสุทธิ์ และทำการวิเคราะห์แบบแกมมาสเปคโตรเมตรี ใช้เวลา 10,800 วินาที



ภาพ 1 พื้นที่ศึกษาเขาชัยสน อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง

9. คำนวณหาค่าการผลิตความร้อนและปริมาณความร้อนที่ได้จากหินปูนของพื้นที่ศึกษาจากสมการ

$$A = (C_K \times K) + (C_U \times U) + (C_{Th} \times Th)$$

เมื่อ C_K = 0.0035 μW/kg C_U = 98.4 μW/kg และ C_{Th} = 26.6 μW/kg (Beardsmore and Cull, 2001)

$$A' = A \times \rho_{rock}$$

$$Q = A' \times V$$

โดย A = ค่าการผลิตความร้อน (heat generation) ต่อหน่วยน้ำหนัก มีหน่วยเป็น μW/kg

A' = ค่าการผลิตความร้อน (heat generation) ต่อหน่วยปริมาตร มีหน่วยเป็น $\mu W/m^3$

Q = ค่าปริมาณความร้อนที่ได้จากหินปูนในพื้นที่ศึกษา มีหน่วยเป็น μW

ผลการวิจัย

1. ผลการตรวจวิเคราะห์ชนิดของตัวอย่างหินแต่ละตำแหน่ง ตัวอย่างหินทุกจุดเก็บตัวอย่างพบว่าเป็นหินปูน เนื่องจากตัวอย่างหินโผล่ทุกตำแหน่งที่ได้ทำการเก็บมานั้น ทำปฏิกิริยากับกรดกรดเกลือ (10% HCl) และพบแร่แคลไซต์จำนวน 1 ตำแหน่ง

2. ตัวอย่างหินที่นำมาวัดค่าความหนาแน่นเป็นหินปูนยุคเพอร์เมียน จำนวน 7 ตำแหน่ง มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 2,654±80 kg/m^3 มีลักษณะเป็นชั้นๆ สีขาวเทา และบางตำแหน่งก็มีสีแดงอิฐ แสดงดังตารางที่ 1

ภาพ 2 การทดสอบชนิดของหินโดยใช้กรด HCl 10% และการหาปริมาตรของหินโดยใช้หลักการการแทนที่ของน้ำ

3. ค่ากัมมันตภาพรังสีของ ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างหิน จำนวน 7 ตำแหน่ง ในบริเวณพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยในหน่วย Bq/kg เท่ากับ 35.4 ± 0.2 Bq/kg 21.0 ± 0.4 Bq/kg และ 293.3 ± 0.3 Bq/kg ตามลำดับ และสามารถแปลงค่ากัมมันตรังสี ^{238}U กับ ^{232}Th ให้อยู่ในหน่วย ppm และ ^{40}K ให้อยู่ในหน่วยของ % เมื่อเทียบปริมาณที่พบในธรรมชาติ มีค่าเป็น 2.9 ppm 5.2 ppm และ 0.9 % ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

4. ค่าการผลิตความร้อนในหน่วย μW/kg มีค่า 423.68 μW/kg ค่าการผลิตความร้อนในหน่วย W/m^3 มีค่า 1.12×10^{-6} W/m^3

ภาพ 3 ชุดระบบหัววัดรังสีแกมมา ชนิดหัววัดแบบ HPGe ณ ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยธรณีฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ตารางที่ 1 ค่าความหนาแน่นของหินปูนยุคเพอร์เมียนของแหล่งน้ำพุร้อนในภาคใต้

ชนิดของหิน/ยุคของหิน	**ค่าความหนาแน่น (kg/m^3)**		
	อ.ไชยา จ.สุราษฎร์ธานี (อภิชัย, 2551)	**อ.เขาชัยสน จ.พัทลุง** (สุกฤษฎิ์, 2552)	**จ.ระนอง** (เอกชัย, 2552)
หินปูนยุคเพอร์เมียน	2,720 ± 90	2,570 ± 70	2,720 ± 40

ตารางที่ 2 ค่ากัมมันตภาพรังสีของ ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ของตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษา และตัวอย่างหินปูนในประเทศไทยของนักวิจัยท่านอื่น ๆ

แหล่งที่มาของหิน	**ค่ากัมมันตรังสีของหิน**			**อ้างอิง**
	^{238}U (ppm)	**^{232}Th (ppm)**	**^{40}K (%)**	
จ.ประจวบคีรีขันธ์ และ จ.เพชรบุรี	0.2 – 0.6	2.0 – 6 .0	0.6 – 0.8	Jarin Tulyatid (1992)
ถ้ำผาไท – ลำปาง-งาว	3.9	17.3	0.7	กิตติชัย วัฒนานิกร (2527)
พระธาตุม่วงคำ - ลำปาง	1.8	17.5	0.9	
ตาก – แม่สอด	0.2	17.4	0.6	
น้ำพุร้อนสันกำแพง - เชียงใหม่	0.2	17.4	0.6	
น้ำพุร้อนเขาชัยสน - พัทลุง	2.9	5.2	0.9	พิชญ์พิไล ขุนพรรณราย และคณะ (2559)

ตารางที่ 3 ค่าการผลิตความร้อนจากหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนในประเทศไทย

แหล่งที่มาของหิน	ชนิดของหิน	ค่าการผลิตความร้อนของหิน (W/m^3)	อ้างอิง
เทือกเขาขุนตาล อ.แม่ทา จ.ลำพูน	หินแกรนิต	17×10^{-6}	Ramingwong et at. (1980)
แหล่งน้ำพุร้อนทั้ง 6 แห่ง จ.ระนอง	หินแกรนิต	3.21×10^{-6}	พิชญ์พิไล ขุนพรรณราย (2552)
แหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน จ.พัทลุง	หินปูน	1.12×10^{-6}	พิชญ์พิไล ขุนพรรณรายและคณะ (2559)

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองการศึกษาสมบัติทางกายภาพของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ได้แก่ ชนิดของหิน ค่าความหนาแน่น และปริมาณกัมมันตรังสี ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ของตัวอย่างหิน พบว่า

1. จากการทดสอบชนิดของหินตามหลักการทางธรณีวิทยา พบว่าหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ทำปฏิกิริยากับกรดเกลือ หรือกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 10% เกิดเป็นเป็นฟองฟู่ แสดงว่าภายในของหินมีแคลเซียมคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ หินตัวอย่างทั้งหมดเป็นหินปูน
2. ค่าความหนาแน่นเฉลี่ยของหินปูนบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสนกับหินปูนที่พบในแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดระนองและจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน
3. เมื่อเปรียบเทียบค่าปริมาณกัมมันตภาพรังสีของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสนกับหินปูนทางภาคเหนือของประเทศไทย พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงใกล้เคียงกัน
4. ค่าปริมาณความร้อนจากปริมาณกัมมันตรังสี ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ของหินปูนพื้นที่แหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสนมีค่า 1.124×10^{-6} W/m^3 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าปริมาณความร้อนหินปูนของนักวิจัยท่านอื่นๆ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาปริมาณกัมมันตรังสี ^{238}U, ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างหินของพื้นที่ศึกษากับตัวอย่างหินของนักวิจัยท่านอื่น ๆ โดยใช้หลักการทางสถิติ (T-Test) พบว่าค่า ^{238}U และ ^{232}Th มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากปริมาณองค์ประกอบของธาตุในหินที่มีค่ามากหรือน้อยต่างกัน สำหรับค่า ^{40}K มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันกับงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่น ๆ

ข้อเสนอแนะและการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรศึกษาหาค่าอื่น ๆ เพื่อให้เกิดประโยชน์กับชุมชน เช่น ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปี
2. สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่ให้กับโรงเรียนในแหล่งชุมชน เพื่อเป็นองค์ความรู้ที่จะนำไปพัฒนาท้องถิ่นในด้านอื่น ๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ประจำปี 2557 ขอขอบคุณโปรแกรมวิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป สำหรับอุปกรณ์การทดลองและห้องปฏิบัติการการทดลอง

และขอขอบคุณหน่วยวิจัยธรณีฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ สำหรับเครื่องมือการวิเคราะห์กัมมันตรังสีของสารตัวอย่าง

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. (2558). ชนิดของหิน. กรุงเทพมหานคร : กรมทรัพยากรธรณี สืบค้นเมื่อ 27 ส.ค. 2558, จาก http://www.dmr.go.th

ชลิดา ตะหวัน และม่ารียะ ธรรมจิตต์. (2553). การวัดความหนาแน่นของหินบริเวณอำเภอสทิงพระ อำเภอกระแสสินธุ์. สงขลา. โครงงานวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

ชาญยุทธ ฟองสุวรรณ. (2547). การศึกษาสมบัติทางธรณีฟิสิกส์ของเกาะยอจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. (2547). พลังงานนิวเคลียร์เพื่อมนุษยชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 215 หน้า.

นูรีฮ๊ะ เหมโคกน้อย และอลิสา การัมซอ. (2556). ลักษณะทางกายภาพเชิงฟิสิกส์ของหินปูนบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสน ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา. สงขลา. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

สมชัย ชัยเสน และอลิศรา ประเสริฐยิ่ง. (2558). สงขลา. สำนักงานอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ เขต 1 สงขลา สืบค้นเมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2558

สุกฤษฎิ์ จรจะนะ. (2552). ศึกษาค่าผิดปกติทางฟิสิกส์ของแหล่งน้ำพุร้อนเขาชัยสนในจังหวัดพัทลุง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรศักดิ์ แก้วอ่อน. (2539). การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคในจังหวัดสงขลาและสูตล วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุวิทย์ เพชรห้วยลึก. (2539). การศึกษาโครงสร้างธรณีวิทยาเชิงภูมิภาคในจังหวัดสงขลา พัทลุงและตรัง วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เอกชัย สันเมือง. (2552). ศึกษาค่าสนามโน้มถ่วงบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนจังหวัดระนอง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 18 สิงหาคม 2558

อิภิชัย แก้วตาหวาน. (2551). การศึกษาธรณีฟิสิกส์ของแหล่งความร้อนใต้พิภพในจังหวัดสุราษฎร์ธานี วิทยานิพนธ์ปริญญาโท คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

A.I. Abd, El-mageed., A.H., El-Kamel., A., Abbady., S., Harb., A.M.M., Youssef., and I.I., Saleh., 2011. Assessment of natural and anthropogenic radioactivity levels in rocks and soils in the environments of Juban town in Yemen, Radiation Physics and Chemistry 80, 710-715.

I.A., Alnour., H., Wagiran,. N., Ibrahim., Z., Laili., M., Omar., S., Hamzah., and Bello.Y., Idi., 2012. Natural radioactivity measurements in the granite rock of quarry sites, Johor, Malaysia, Radiation Physics and Chemistry 81, 1842-1847.

M.A.M.,m Uosif., Shams A.M., Issa., and L.M. Abd., El-Salam., 2015. Measurement of natural radioactivity in granites and its quartz-bearing gold at El-Fawakhir area (Gentral Eastern Desert), Egypt, Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 393-398.

Qing., He., 2011. Radioactivity Abundance in Simulation, Princeton University.

Shaban., Harb., Abd. El-Bast., Abbady., Abd. El-Hadi., El-Kamel., Imran. Issa., Saleh., and Abdallah. Ibrahim. Abd., El-Mageed., 2012. Natural radioactivity and their radiological effects for different types of rocks from Egypt, Radiation Physics and Chemistry 81, 221-225.