



การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนการเกิดแผ่นดินไหว
บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี
Monitoring of Radon Concentration to Predict Earthquakes
at Khaoden Fault, Surat Thani Province

อลิษา ทวีลาภ
Alisa Taweelap

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Applied Physics
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนการเกิดแผ่นดินไหว
บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี
Monitoring of radon concentration to predict earthquakes
at Khaoden Fault, Surat Thani Province

อลิษา ทวีลาภ
Alisa Taweelap

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Applied Physics
Prince of Songkla University

2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนการเกิดแผ่นดินไหว
บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผู้เขียน นางสาวอลิษา ทวีลาภ

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัช ชิตตระการ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

.....กรรมการ
(ดร.สุนารี บดีพงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เถกิง วงศ์ศิริโชติ)
รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(3)

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มี
ส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ

(นางสาวอลิษา ทวีลาภ)

นักศึกษา

(4)

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และ
ไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ

(นางสาวอลิษา ทวีลาภ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนการเกิด
แผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ผู้เขียน นางสาวอลิษา ทวีลาภ

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจวัดระดับก๊าซเรดอนด้วยวิธีหัววัดรอยนิวเคลียร์แบบของแข็ง ตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นระยะทาง 23.2 กิโลเมตร โดยมีสถานีตรวจวัด 12 สถานี ทำการเก็บตัวอย่าง 12 ครั้งระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ.2562 ถึง เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2563 เพื่อคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนดังกล่าว พบว่า สถานีตรวจวัด KDF2, KDF3, KDF4 และ KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าตำแหน่งอ้างอิง 2-10 เท่า จำนวนหลายครั้ง ซึ่งมีโอกาสเสี่ยงที่จะเกิดแผ่นดินไหวได้ ดังนั้นสถานีตรวจวัดดังกล่าวควรใช้เป็นสถานีเฝ้าระวังการเกิดแผ่นดินไหวโดยควรมีการตรวจวัดก๊าซเรดอนอย่างต่อเนื่อง

Thesis Title	Monitoring of Radon Concentration to Predict Earthquakes at Khaoden Fault, Surat Thani Province
Author	Alisa Taweelap
Program	Applied Physics
Academic Year	2022

ABSTRACT

The purpose of this research was to measure the level of radon gas by solid state nuclear track detector method. Along the Khaoden fault line Surat Thani Province, a distance of 23.2 kilometers, with 12 measuring stations collecting samples 12 times between August 2019 and August 2020 to predict the likelihood of an earthquake around the fault line. It was found that The KDF2, KDF3, KDF4 and KDF12 measuring stations have 2-10 times the radon concentration several times higher than the reference location. Which is prone to earthquakes Therefore, such measuring stations should be used as earthquake monitoring stations where radon gas should be continuously monitored.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีหากปราศจากความช่วยเหลือจากบุคคลดังต่อไปนี้ อันดับแรกผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่มอบสมบัติอันมีค่า นั่นคือ การศึกษาให้แก่ลูก คอยให้กำลังใจ และมอบความรักความเข้าใจเสมอมา นอกจากนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พวงทิพย์ แก้วทับทิม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ให้ความเมตตากรุณาอย่างสูง ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของอาจารย์ ที่ให้ความช่วยเหลือประคับประคอง ชี้แนะแนวทางวิชาการ ติดตามความก้าวหน้า ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดการทำวิจัย และการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณนายฉวีวิทย์ คงสอนหมาน ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างวิจัย และให้คำปรึกษา ทางด้านวิชาการ และจิตใจ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มอบทุนอุดหนุนการทำวิจัย สนับสนุนการทดลอง และทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ให้โอกาส และให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัย สนับสนุนการทดลอง และทุนยกเว้นค่าธรรมเนียมจากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ให้โอกาส และให้การสนับสนุนในการศึกษาครั้งนี้ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิจัยทุกท่าน ตลอดจนอาจารย์ประจำสาขาวิชาฟิสิกส์ทุกท่าน ที่ให้แนวคิด คำแนะนำเพิ่มเติม จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้นขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่คอยให้ความช่วยเหลือจัดการงานเอกสาร ตรวจสอบความถูกต้อง และเป็นผู้ประสานงานให้ตลอดการเขียนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คุณประโยชน์ใด ๆ อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่ผู้ที่กล่าวมาทั้งหมดทั้งสิ้น

อลิษา ทวีลาภ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
ABSTRACT	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ.....	(8)
สารบัญตาราง.....	(10)
สารบัญรูปภาพ.....	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.3 วัตถุประสงค์	6
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	6
1.5 ขอบเขตงานวิจัย	7
บทที่ 2 ทฤษฎี.....	8
2.1 อนุกรมกัมมันตรังสี.....	8
2.2 กัมมันตภาพรังสี	8
2.3 แหล่งกำเนิดเรดอน	9
2.3.1 เรดอน	9
2.3.2 เรดอนในดิน	10
2.3.2 เรดอนจากอากาศภายนอก.....	11
2.3.3 เรดอนจากน้ำใช้.....	12
2.3.4 เรดอนจากวัสดุก่อสร้าง	13
2.4 ผลกระทบจากการได้รับก๊าซเรดอน	13
2.5 แนวความคิด และทฤษฎีทางธรณีวิทยา	14
2.5.1 การเกิดแผ่นดินไหว	14
2.5.2 โครงสร้างรอยเลื่อน	15

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.3 รอยเลื่อนมีพลัง (Active fault).....	25
2.6 เทคนิคการเกิดรอยบนแผ่นฟิล์ม CR-39 (Track etch method).....	25
2.7 การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน.....	28
2.7.1 ทฤษฎีการกัดรอย (Track etched theory).....	28
2.7.2 กระบวนการกัดรอยอนุภาค (Particle track etching)	29
2.7.3 กลไกการเกิดรอย (Track formation mechanism).....	29
2.7.4 ลักษณะของรอยอนุภาค	30
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการวิจัย.....	31
3.1 สถานที่เก็บข้อมูล.....	31
3.2 ช่วงการเก็บข้อมูล.....	33
3.3 วัสดุ และสารเคมี.....	33
3.3.1 แผ่นฟิล์ม CR-39	33
3.3.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 6.25 N.....	33
3.3.3 น้ำกลั่น	33
3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....	33
3.4.1 อุปกรณ์	33
3.4.2 เครื่องมือ	33
3.5 วิธีดำเนินการทดลอง	34
3.5.1 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับติดแผ่นฟิล์ม CR-39.....	34
3.5.2 การกัดรอยแผ่นฟิล์ม CR-39.....	35
3.6 การปรับเทียบมาตรฐานเรดอน (^{222}Rn) ด้วยแผ่นฟิล์ม CR-39	35
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย.....	39
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	56
บรรณานุกรม.....	57
ภาคผนวก ก.....	61
ภาคผนวก ข ข้อมูลเผยแพร่ผลงานวิชาการ	62

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2. 1 เปรียบเทียบความเข้มข้นของยูเรเนียมที่ผิวดินกับศักย์เรดอนของพื้นที่	11
ตารางที่ 2. 2 ปริมาณเรเดียม (Ra - 226) ในดินในธรรมชาติของแต่ละบริเวณที่พบบนโลก.....	12
ตารางที่ 2. 3 ค่าความเข้มข้นของเรดอนเฉลี่ยและร้อยละของการนำน้ำแต่ละประเภทมาใช้	13
ตารางที่ 3. 1 สถานีเก็บข้อมูล KDF1-KDF12	31
ตารางที่ 3. 2 แสดงช่วงการเก็บข้อมูล	33
ตารางที่ 3. 3 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอน และจำนวนรอยต่อพื้นที่บนแผ่นฟิล์ม CR-39.....	35
ตารางที่ 4. 1 แสดงค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอน บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	39

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2. 1 อนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238.....	10
รูปที่ 2. 2 แหล่งกำเนิดก๊าซเรดอน	11
รูปที่ 2.3 ลักษณะการเกิดรอยเลื่อน และชนิดต่างๆของรอยเลื่อน.....	15
รูปที่ 2. 4 โครงสร้างรอยเลื่อนที่พบในสนาม.....	17
รูปที่ 2. 5 แผนที่ธรณีวิทยาพร้อมภาพตัดขวาง.....	18
รูปที่ 2. 6 แผนที่ธรณีวิทยาพร้อมภาพตัดขวาง แสดงชั้นหินวางตัวเอียงเท และต่อมาถูกตัดขาดด้วย โครงสร้างรอยเลื่อน	19
รูปที่ 2. 7 ระยะเลื่อนที่พิจารณาบนระนาบรอยเลื่อน	21
รูปที่ 2. 8 ระยะห่างการเลื่อน หรือแนวการแยก (Separation or shift).....	21
รูปที่ 2. 9 รอยเลื่อนที่มีแนวระดับ (Strike) แนวเดียวกันกับชุดหิน.....	22
รูปที่ 2. 10 ลำดับของหน่วยหิน	22
รูปที่ 2. 11 ชุดหินเมื่อเกิดรอยเลื่อนและเกิดปรากฏของผารอยเลื่อน (Fault scarp)	23
รูปที่ 2. 12 (ก) ลักษณะของ cut-off line ที่ปรากฏบน foot wall และ hanging wall (ข) แผนที่ แสดงการปรากฏแนวของรอยเลื่อน และหน่วยหินทราย (ค) การสร้างเส้นชั้นความสูงของโครงสร้าง ของระนาบรอยเลื่อนและระนาบหินทราย จุดที่เส้นชั้นความสูงของโครงสร้าง ของทั้งสองระนาบเท่ากัน และตัดกัน คือ จุด ๆ หนึ่งที่แนว cut-off line ผ่าน	24
รูปที่ 2. 13 การคำนวณหา ระยะเลื่อนแนวนอน (Heave) และระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวยืน (Throw).....	24
รูปที่ 2. 14 การหาระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวยืน (Throw) และแนวนอน (Heave)	25
รูปที่ 2. 15 ลักษณะการบันทึกรอยของอนุภาคแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม.....	27
รูปที่ 2. 16 ลักษณะการกัตรอยของสารละลายบนแผ่นฟิล์ม	27
รูปที่ 2. 17 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ถูกกัตรอย และถูกส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์	28
รูปที่ 3. 1 แผนที่ประเทศไทย จังหวัดสุราษฎร์ธานี.....	32
รูปที่ 3. 2 แสดงสถานีเก็บข้อมูลตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี	32
รูปที่ 3. 3 การวางแผนฟิล์มบริเวณรอยเลื่อน.....	34
รูปที่ 3. 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Track density ($/\text{cm}^2$) กับ Radon concentration (Bq/m^3) ของแผ่นฟิล์มมาตรฐาน	36
รูปที่ 3. 5 แผ่นฟิล์ม CR-39 ที่มีลวดผูก นำไปผูกติดกับตะแกรง.....	37
รูปที่ 3. 6 ถ่ายภาพแผ่นฟิล์ม CR-39 ด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	37
รูปที่ 3. 7 แสดงแผ่นฟิล์ม CR-39 ที่ส่องรอยอนุภาคแอลฟาด้วยกล้องจุลทรรศน์.....	38
รูปที่ 4. 1 แสดงร้อยละของความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในเดือนต่าง ๆ ทั้ง 12 เดือน.....	42
รูปที่ 4. 2 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 1	43
รูปที่ 4. 3 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 1.....	43

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ภัยพิบัติจากแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบ่อยครั้งในหลายพื้นที่ของโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่มีแนวรอยเลื่อนพาดผ่าน (สุทธิพันธ์, 2539; Aghababaei et al., 2020) สำหรับประเทศไทย และประเทศเพื่อนบ้านมีความถี่ของการเกิดแผ่นดินไหวสูงขึ้น เฉพาะเดือนตุลาคม 2562 บริเวณประเทศไทยและประเทศใกล้เคียงมีเหตุการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นทั้งหมด 57 ครั้ง เกิดในเขตประเทศไทยจำนวน 13 ครั้ง เกิดในเขตประเทศพม่าจำนวน 29 ครั้ง เกิดในลาว 6 ครั้ง และเกิดในเขตประเทศอื่น ๆ จำนวน 9 ครั้ง (กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวจังหวัดเชียงใหม่, 2562) ซึ่งการเกิดแผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์สั้นๆ เพื่อปลดปล่อยพลังงานออกมา มีสาเหตุมาจากการขยับตัว หรือเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (วิชาญศาสตร์, 2550; Yu et al., 2020) จึงมีพลังงานถูกปล่อยออกมาในระหว่างการเกิดแผ่นดินไหวจำนวนมากนำไปสู่การสูญเสียชีวิต และความเสียหายต่อทรัพย์สินอย่างรุนแรง (สุทธิพันธ์, 2539; Aghababaei et al., 2020) ปรากฏการณ์ล่วงหน้า (Precursory phenomena) อาจเป็นสิ่งเตือนภัย หรือกลางบอกเหตุสัญญาณให้รู้ว่า อีกไม่นานจะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น ในอเมริกา รัสเซีย จีน ญี่ปุ่น ต่างให้ความสนใจ พยายามค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับปรากฏการณ์บางอย่างกันมาก การทราบช่วงเวลาของการเกิดแผ่นดินไหวล่วงหน้าจะทำให้ความเสียหายที่เกิดขึ้นลดน้อยลง การคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวจึงมีความสำคัญมาก ซึ่งมีหลายวิธี ได้แก่ ศึกษาลักษณะทางกายภาพของเปลือกโลกที่เปลี่ยนแปลงจากปกติก่อนเกิดแผ่นดินไหว ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสนามไฟฟ้า ศึกษาสนามแม่เหล็ก ศึกษาสนามโน้มถ่วง ศึกษาการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก ศึกษาระดับน้ำใต้ดิน (สังเกตการเปลี่ยนแปลงของน้ำ ก่อนเกิดแผ่นดินไหว ได้แก่ น้ำขุ่นขึ้น มีการหมุนวนของน้ำ ระดับน้ำเปลี่ยนแปลง มีฟองอากาศ และรสขม) ศึกษาการส่งคลื่นวิทยุความยาวคลื่นสูง และศึกษาปริมาณก๊าซเรดอน (วิทิต, 2560) พื้นดินเกิดการยกตัวขึ้นมาอย่างผิดปกติ ค่าความเข้มสนามแม่เหล็กโลกเปลี่ยนแปลงไป สภาพการนำไฟฟ้าของหินเปลี่ยนแปลง เกิดแผ่นดินไหวเล็ก ๆ เกิดขึ้นเป็นการเตือนภัยก่อน มีปริมาณก๊าซเรดอนในบ่อน้ำสูงกว่าปกติ (กรมทรัพยากรธรณี, 2559)

สำหรับเรดอนเป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่เกิดจากการสลายตัวของเรเดียมในเปลือกโลก การฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนขึ้นกับความเค้น และความเครียดของโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เปลี่ยนแปลงภายในเปลือกโลกก่อนเกิดแผ่นดินไหว (Tareen et al., 2019) ระดับก๊าซเรดอนในดินและน้ำใต้ดิน สามารถทำหน้าที่เป็นตัวดัชนีการเกิดแผ่นดินไหวได้ เนื่องจากมีความไวสูง และเป็นสารกัมมันตรังสีในธรรมชาติที่มีต้นกำเนิดใต้ผิวดิน ระดับก๊าซเรดอนที่บันทึกไว้อาจได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์ทางอุตุนิยมวิทยา (Cigolini et al., 2009) นักวิทยาศาสตร์จะสังเกตความผิดปกติของระดับก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดิน ในดิน ในบรรยากาศ และน้ำพุร้อนก่อนเกิดแผ่นดินไหว สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวัดก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนเขา

เด่น ซึ่งพาดผ่านอำเภอท่าฉาง อำเภอวิภาวดี อำเภอไชยา และอำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีระยะทางประมาณ 23.2 km (อดิสร, 2558) รอยเลื่อนเขาเด่นเป็นรอยเลื่อนใกล้พื้นที่ที่เกิดสึนามิ และยังไม่เกิดเคยแผ่นดินไหวมาก่อน ซึ่งบริเวณใต้ผิวโลกตรงตำแหน่งรอยเลื่อนเขาเด่นอาจจะมี ความกดดันสูงมาก ที่ส่งผลให้เกิดแผ่นดินไหวได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกรอยเลื่อนเขาเด่นสำหรับศึกษาโอกาสที่ จะเกิดแผ่นดินไหวที่ถูกปลดปล่อยจากการสลายตัวของก๊าซเรดอนโดยใช้แผ่นฟิล์ม CR-39 ในการ บันทึกการรอยจากการชนของอนุภาคแอลฟา (Track etched method) และเทียบค่าความแรงรังสี โดย การวัดการปล่อยก๊าซเรดอนเพื่อยืนยันแนวรอยเลื่อนที่มีโอกาสทำให้เกิดแผ่นดินไหว หรือใช้ทำนาย การเกิดแผ่นดินไหวล่วงหน้า (บรรทม, 2551) โดยผลการวิจัยนี้สามารถใช้ในการเฝ้าระวังการเกิด แผ่นดินไหวล่วงหน้าบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีได้ ถ้าระดับก๊าซเรดอนเพิ่มขึ้นจาก ระดับปกติ 2-3 เดือน ก่อนการเกิดแผ่นดินไหว 4-5 เท่า และถ้าสูงกว่าระดับปกติประมาณ 10 เท่า (Snieder and Eck, 1997) จะทำให้เกิดแผ่นดินไหว

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การตรวจวัดก๊าซเรดอนเพื่อคาดคะเนการเกิดแผ่นดินไหว เป็นวิธีการที่ทำกันอย่าง แพร่หลายทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ได้แก่ Virk (1993) ศึกษาก๊าซเรดอนที่อยู่ในดิน ในน้ำใต้ดิน ที่เมือง Amritsar, Punjab และสถานีอื่น ๆ ใน Kangra valley รัฐหิมาจัล ประเทศอินเดีย โดยใช้ หัววัดแอลฟาแบบอิเล็กทรอนิกส์ แอลฟาล็อกเกอร์ อีมาโนมิเตอร์ และหัววัดพลาสติก LR-115 type II มีสถานีบันทึกเรดอน 10 แห่ง โดยตรวจสอบระดับความเข้มข้นของเรดอนทุกวันผิดปกติ โดยมี สถานีบันทึกเรดอน 10 แห่งในเขตแผ่นดินไหวสูงใกล้กับ Main Boundary Thrust (MBT) ใน เทือกเขาหิมาลัยเพื่อทำนายแผ่นดินไหวที่มีเรดอนเป็นสารตั้งต้น พบว่า ความผิดปกติของเรดอนในดิน และในน้ำใต้ดินพบว่าทั้งสองที่มีความแตกต่างกันมาก โดยที่ Amitsar มีเรดอนต่ำกว่าที่ Kangra เนื่องจากตั้งอยู่ในแนวเขตเทือกเขาหิมาลัยจึงมีความไวต่อเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มีขนาดต่ำกว่า 3 ซึ่ง เกิดขึ้นภายในระยะ 50 km จากสถานีตรวจวัด Amritsar, Punjab และสถานีอื่น ๆ ใน Kangra valley รัฐหิมาจัล ประเทศอินเดีย ความผิดปกติของเรดอนมีความสัมพันธ์กับแผ่นดินไหวบางแห่งที่ เกิดขึ้นในภูมิภาค การแพร่กระจายของเรดอนจากดิน และน้ำใต้ดิน และอิทธิพลของตัวแปรทาง อุตุนิยมหาวิทยาลัยต่อการฟุ้งกระจายของเรดอนเพื่อแยกความผิดปกติ โดยมีสถานีบันทึกเรดอน 10 แห่งใน เขตแผ่นดินไหวสูงใกล้กับ Main Boundary Thrust (MBT) ในเทือกเขาหิมาลัยเพื่อพยากรณ์การเกิด แผ่นดินไหวในอนาคตโดยใช้เรดอนเป็นสารตั้งต้น เรดอนมีผลอย่างยิ่งต่อชีวิตมนุษย์เพราะอันตรายต่อ สุขภาพ สามารถพิสูจน์ได้ว่าใช้เรดอนในการทำนายแผ่นดินไหวได้

Yasuoka et al. (1995) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นก๊าซ เรดอนก่อนการเกิดแผ่นดินไหว ขณะเกิดแผ่นดินไหวและหลังจากการเกิดแผ่นดินไหวในเมืองโกเบ ประเทศญี่ปุ่น โดยตรวจวัดเรดอนทั้งในดิน น้ำและอากาศ โดยผลการวิจัยพบว่า ความเข้มข้นของ

เรดอนในน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นเป็นเวลาหลายเดือนก่อนเกิดแผ่นดินไหวทางตอนใต้ของจังหวัดเฮียวโกะ (โกเบ) เมื่อวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2538 ตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคม พ.ศ. 2537 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของการสังเกตการณ์จนถึงสิ้นเดือนธันวาคม พ.ศ. 2537 ความเข้มข้นของเรดอนเพิ่มขึ้นประมาณสี่เท่า เมื่อวันที่ 8 มกราคม 9 วันก่อนเกิดแผ่นดินไหวความเข้มข้นของเรดอนถึงจุดสูงสุดมากกว่า 10 เท่าของจุดเริ่มต้นของการสังเกตก่อนที่จะเริ่มลดลง การเปลี่ยนแปลงของเรดอนเหล่านี้ น่าจะเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวครั้งใหญ่

Chyi et al. (2003) ได้ตรวจสอบก๊าซเรดอนในดินอย่างต่อเนื่องแบบเรียลไทม์ด้วยวิธี (Solid state) ที่ปรับปรุงแล้วทำในภาคใต้ ตอนกลาง และตอนใต้ของไต้หวัน อนุกรมเวลาบันทึกความผิดปกติซึ่งอาจเป็นสารตั้งต้นของการเกิดแผ่นดินไหว จุดวัดตั้งอยู่ในเขตรอยแยกของรอยเลื่อนที่ไต้หวัน 3 จุด และรอยเลื่อนที่ไต้หวัน 1 จุด แสดงการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงของเรดอนส่งผลต่อความเค้น และความเครียดของแผ่นเปลือกโลกก่อนเกิดแผ่นดินไหว ในทางตรงกันข้ามข้อมูลจำเพาะที่บันทึกไว้ที่จุดที่ตั้งอยู่บน Craton Akron 1 ซึ่งวางอยู่บน Craton ไม่แสดงการแปรผันของเรดอนที่มีนัยสำคัญ เพื่อพิสูจน์ว่าการแปรผันของของก๊าซเรดอนเกี่ยวข้องกับความเค้น และความเครียดจริง สถานีที่สังเกตเรียงในพื้นที่ที่มีระบบตรวจจับเรดอนชนิดเดียวกันทุกประการ อนุกรมเวลาที่บันทึกในลักษณะนี้แสดงให้เห็นที่จำนวนเรดอนสูงที่พุ่งสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและความชื้นไม่มีผลต่อจำนวนเรดอน

Tareen et al. (2019) ในบทความนี้มีการพัฒนา Computation Intelligence (CI) สามแบบเพื่อตรวจจับความผิดปกติของก๊าซเรดอนในดิน แบบอัตโนมัติ ข้อมูลได้มาจากแนวรอยเลื่อนและวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเครื่อง Computation Intelligence (CI) สามเทคนิคโดยมีจุดประสงค์เพื่อระบุความผิดปกติของเรดอนชั่วคราวที่ได้รับแจ้งจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ความเข้มข้นของเรดอนถูกสร้างแบบจำลองด้วยพารามิเตอร์ทางอุทุนิยมวิทยาและสถิติที่สอดคล้องกัน นำไปสู่การประมาณก๊าซเรดอนในดินโดยไม่มีและพารามิเตอร์ทางอุทุนิยมวิทยา การเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของเรดอนที่คำนวณได้และความเข้มข้นของเรดอนจริงถูกนำมาใช้ในการค้นหาความผิดปกติของเรดอนโดยใช้ระบบอัตโนมัติ ความผิดปกติของเรดอนสามารถพิจารณาได้เนื่องจากเสียงรบกวนหรือเกิดแผ่นดินไหว ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าภายใต้สภาพแวดล้อมมีผลต่อความผิดปกติของเรดอน และมีผลต่อการเกิดแผ่นดินไหว

Alsabbagh et al. (2018) ได้วัดความเข้มข้นของเรดอนที่ Khan Alzabib ดำเนินการโดยใช้สองวิธีที่แตกต่างกัน วิธีฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนและวิธีการดูดซับในดิน การวัดได้รับการวิเคราะห์โดยการควบคุมของพารามิเตอร์สองตัวระดับความเข้มข้นของยูเรเนียมและการมีอยู่ของโซนรอยเลื่อน การวัดเรดอนจากวิธีฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของยูเรเนียมในตัวอย่างที่เก็บรวบรวมและพบว่ามีความสัมพันธ์อัตราการฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนที่สูงขึ้นเมื่อความเข้มข้นของยูเรเนียมที่สูงขึ้น การตรวจวัดเรดอนจากวิธีการดูดซับในดินแสดงให้เห็นถึงผลกระทบของเขตรอยเลื่อนในการส่งเสริมกระบวนการเคลื่อนตัวของก๊าซเรดอน

Deb et al. (2018) ได้ทำการตรวจสอบความเข้มข้นของเรดอน -222 ของดินในสถานที่สองแห่งที่กำหนดไซต์ A และไซต์ B ห่างกัน 200 เมตรที่วิทยาเขต Jadavpur University เมืองกัลกัตตาประเทศอินเดียเพื่อค้นหาสารตั้งต้นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นภายในไม่กี่ร้อยกิโลเมตรจากสถานที่ตรวจสอบ โดยใช้เครื่องตรวจจับนิวเคลียร์แบบโซลิดสเตท CR-39 ถูกใช้เพื่อตรวจจับก๊าซเรดอนที่ออกมาจากดิน มีการวิเคราะห์หอนุกรมเวลาของ Ra -222 ในสถานที่ทั้งสองแห่งในช่วงเดือนสิงหาคม 2555 - ธันวาคม 2556 มีการสังเกตความผิดปกติที่แตกต่างของก๊าซเรดอนในดินสำหรับการเกิดแผ่นดินไหว 7 ครั้งที่มีขนาดใหญ่กว่า 4.0M ที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานี้ ในจำนวนนี้มีการสังเกตความผิดปกติของเรดอนสำหรับการเกิดแผ่นดินไหวสองครั้งที่ตำแหน่ง A และ B ทั้งสองไม่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของแผ่นดินไหวอื่น ๆ และจากการสังเกตได้การเปรียบเทียบกับแบบจำลองบางส่วนของ การเกิดแผ่นดินไหว

วิษณุศาสตร์ (2550) สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ใช้เครื่องมือตรวจวัดก๊าซเรดอนแบบเคลื่อนย้ายได้ RAD 7 ร่วมกับ โพรบ (probe) ที่ทำการพัฒนาขึ้น และเทคนิคการกัดรอยแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม CR-39 (Track Etch Method) ทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนที่ฟุ้งกระจายออกมาจากกลุ่มแนวรอยเลื่อน และรอยแตก โดยทำการตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนใน 5 พื้นที่ ตามบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ซึ่งอยู่ทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยรอยเลื่อนวางตัวในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ในแต่ละพื้นที่ ได้ทำการวางเส้นแนวสำรวจในลักษณะพาดขวางกับแนวรอยเลื่อน จำนวน 3 เส้น แต่ละเส้นยาว 100-150 เมตร ผลการตรวจวัด พบว่า ปริมาณของก๊าซเรดอนที่ทำการตรวจวัดได้ในตำแหน่งของรอยเลื่อนนั้น มีค่ามากกว่าบริเวณแบคราวด์ประมาณ 3-8 เท่า และพบว่า 3 พื้นที่ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาณก๊าซเรดอนที่วัดได้สัมพันธ์ และสอดคล้องกับแนวรอยเลื่อน ที่ได้จากการขุดร่องสำรวจดูลักษณะธรณีสัณฐาน และพบว่าปริมาณของก๊าซเรดอนในบริเวณรอยเลื่อนมีพลังจะสูงกว่าบริเวณที่ไม่อยู่ในแนวรอยเลื่อนมาก ซึ่งจากผลงานวิจัยนี้ จึงยืนยันได้ว่า เทคนิคการตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอน เหมาะที่จะนำไปเป็นทางเลือกทางหนึ่ง สำหรับการค้นหาตำแหน่งของรอยเลื่อนมีพลัง และการทำแผนที่รอยเลื่อนมีพลังได้

ปัทมา (2551) ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในดินเป็นตัวเตือนล่วงหน้าก่อนเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวท้องถิ่นและในภูมิภาค โดยทำการศึกษาบริเวณรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย โดยการศึกษานี้ได้พัฒนาระบบวัดก๊าซเรดอนในดินด้วยหัววัด SSNTD ติดตั้ง 10 สถานีในอำเภอทับปุด จังหวัดพังงา และติดตั้งเครื่องวัดเรดอน RPM-256 ตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในดินแบบต่อเนื่อง ณ จุดวัดแผ่นดินไหวที่อำเภอทับปุด จังหวัดพังงา ติดตั้งเครื่องวัดแผ่นดินไหวชนิดคาบสั้น Mark L4-3D เพื่อตรวจวัดสัญญาณแผ่นดินไหวท้องถิ่นและสัญญาณแผ่นดินไหวในภูมิภาค บริเวณแนวรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย บันทึกข้อมูลในระหว่างวันที่ 14 มกราคม ถึง 29 เมษายน 2550 จากทั้งหมด 10 สถานี พบว่า ความเข้มข้นก๊าซเรดอนในดินที่สถานี ST 10 มีค่าสูงสุด และพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยความเข้มข้นเรดอนในดินรายสัปดาห์มีความสัมพันธ์กับเหตุการณ์แผ่นดินไหว ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในดินตรวจวัด

แบบต่อเนื่องพบค่าความผิดปกติ 2 ครั้งคือ ในวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2550 เวลา 15:48:53 (UTC Time) ด้วยอัตรานับ 54 ครั้งต่อ 10 นาที และในวันที่ 1 มีนาคม 2550 เวลา 14:34:35 (UTC Time) ด้วยอัตรานับ 9 ครั้งต่อ 10 นาที โดยค่าจุดอ้างอิงของความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในช่วงเวลาดังกล่าว มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20 ครั้งต่อ 10 นาที และ 7.61 ครั้งต่อ 10 นาที ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นพบว่าเหตุการณ์แผ่นดินไหวท้องถิ่นและในภูมิภาคมีจำนวนเพิ่มขึ้นภายหลังการตรวจพบความเข้มข้นผิดปกติของแก๊สเรดอนในดินเป็นเวลาหลายวัน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ว่าในอนาคตเราสามารถใช้อัตราแก๊สเรดอนเป็นตัวเตือนล่วงหน้าก่อนการเกิดเหตุการณ์แผ่นดินไหวในพื้นที่ศึกษา

เอกลักษณ์ (2557) ได้ทำการศึกษาเพื่อทำการแปลความข้อมูลแม่เหล็กทางอากาศ และกัมมันตภาพรังสีแกมมาทางอากาศเพื่อใช้ในการระบุตำแหน่งรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยบริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้เทคนิค กิ่งอัตโนมัติ ได้แก่ เทคนิค Math Bandpass Filtering, Horizontal Gradient Magnitude (HGM), Analytic Signal (AS) และ Mag 3D inversion เพื่อระบุตำแหน่งรอยต่อทางแม่เหล็กและความลึกของวัตถุผิดปกติทางแม่เหล็ก ควบคู่กับแผนที่กัมมันตภาพรังสีทางอากาศ ได้ถูกนำมาใช้ในการแปลความครั้งนี้ด้วย ผลการเปรียบเทียบคู่สภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็กของตัวอย่างหิน และการสร้างโมเดลจำลองสภาพรับไว้ได้ทางแม่เหล็ก 3 มิติ แสดงพื้นผิวของวัตถุผิดปกติใต้พื้นดินอย่างชัดเจน แผนที่กัมมันตภาพรังสีผสม 3 สี สามารถใช้ในการจำแนกชนิดของหิน รอยต่อของหินแกรนิต หรือรอยเลื่อน การแปลความข้อมูลแม่เหล็กทางอากาศและกัมมันตภาพรังสีแกมมาทางอากาศแสดงให้เห็นขอบเขตและความเป็นไปได้ในการกำหนดแนวรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี

จินดา (2553) ทำการตรวจสอบแผ่นดินไหวบรรพกาลของรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยและรอยเลื่อนระนองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำแผนที่พิบัติภัยแผ่นดินไหวในพื้นที่ภาคใต้ประเทศไทย ผลการศึกษาโทรสัมผัส การศึกษาในสนาม และการหาอายุของรอยเลื่อน พบว่ารอยเลื่อนคลองมะรุ่ยและรอยเลื่อนระนองเคยทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่สุด 66 และ 62 เมื่อ 2,000 และ 9,000 ปี ผ่านมาแล้วตามลำดับ รอยเลื่อนคลองมะรุ่ยมีคาบอุบัติซ้ำ 2,200 ปี และอัตราการเคลื่อนตัว 0.08-0.5 mm/year และรอยเลื่อนระนองมีคาบอุบัติซ้ำ 8,300 ปี และอัตราการเคลื่อนตัว 0.04-0.17 mm/year การวิเคราะห์พิบัติภัยแผ่นดินไหวได้พิจารณาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งที่อยู่ในพื้นที่ภาคใต้ประเทศและพื้นที่ใกล้เคียง รวมทั้งเขตแผ่นเปลือกโลกมุดตัว สุมาตรา-อันดามัน เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวด้วย นอกจากนี้ยังได้รวบรวมและวิเคราะห์ลักษณะและพฤติกรรมของแต่ละแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จากข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ ผนวกกับการศึกษาอื่น ๆ และข้อมูลแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดด้วยเครื่องมือในปัจจุบัน การวิเคราะห์พิบัติภัยแผ่นดินไหวได้ใช้วิธีความน่าจะเป็นและ Logic Tree ช่วยในการวิเคราะห์แผนที่พิบัติภัยแผ่นดินไหวที่ได้ประกอบด้วยแผนที่แสดงค่าความเร่ง ของพื้นดินในแนวราบสูงสุด (PGA) และค่าความเร่งสเปกตรัม ที่คาบเวลา 0.2, 0.3 และ 1 s ในรอบ 500, 1000, 2,500 และ 10,000 ปี หรือที่มีโอกาสเกิดเกินค่าความเร่งที่กำหนด 10% 5%

2% และ 0.5% ในรอบ 50 ปี ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่อยู่ตามแนวรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย ซึ่งอยู่ในเขต อำเภอมือง พนม และวิภาวดี (สุราษฎร์ธานี) ทัพปุด (พังงา) ปลายพระยา (กระบี่) เป็นบริเวณที่มีแรงสั่นสะเทือนมากกว่าพื้นที่อื่น ๆ โดยมีค่าความเร่งเฉลี่ยสูงสุดในรอบ 500-10,000 ปี ระหว่าง 0.28-0.52 g สำหรับความเร่งสเปกตรัมค่ามากที่สุดเกิดที่คาบเวลา 0.2 s ในรอบ 500-10,000 ปี และมีค่า 0.52-0.8 g ส่วนพื้นที่ภาคใต้ล่างสุด คือ จังหวัดยะลา จังหวัดปัตตานี และจังหวัดนราธิวาส เป็นพื้นที่ที่แรงสั่นสะเทือนน้อยที่สุด โดยสรุปข้อมูลที่ได้จากแผนที่พิบัติภัยแผ่นดินไหวนี้ใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความมั่นคงของโครงสร้างที่อยู่บนชั้นหิน เช่น สะพาน อาคาร และสิ่งก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น ฝายและเขื่อน อนึ่งการศึกษานี้เป็นเพียงเบื้องต้น หากมีข้อมูลอายุและอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนเพิ่มมากขึ้นจะทำให้แผนที่มีรายละเอียดและความถูกต้องมากขึ้น

สุมาลี (2553) ได้ทำการศึกษารอยเลื่อนระนองภาคใต้ของประเทศไทยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบลักษณะเฉพาะและตำแหน่งของรอยเลื่อนมีพลัง จำนวนเหตุการณ์แผ่นดินไหว ขนาดความรุนแรงในอดีต และอัตราการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน โดยอาศัยข้อมูลโทรสัมผัสการสำรวจคลื่นไหวสะเทือน กลไกการเคลื่อนตัวของเหตุการณ์แผ่นดินไหว และข้อมูลภาคสนามเป็นหลัก ผลจากการศึกษาพบว่า รอยเลื่อนระนองตัดเข้าไปถึงผิวนทะเล รอยเลื่อนระนองที่อยู่บนพื้นแผ่นดินมีการเคลื่อนตัวในแนวระนาบแบบซ้ายเข้า ส่วนรอยเลื่อนที่เคลื่อนตัวไปในทะเลเป็นรอยเลื่อนตามแนวเฉียงที่มีการเคลื่อนตัวแบบปกติเป็นหลักและมีการเคลื่อนตัวในแนวระนาบแบบซ้ายเข้าร่วมด้วย ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลกลไกการเกิดแผ่นดินไหวที่เกิดในอ่าวไทยและข้อมูลจากสนามที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะภูมิลักษณะการแปรสัณฐานหลายรูปแบบเช่นทางน้ำหักงอ ภูเขารูปสามเหลี่ยม หุบเขารอยเลื่อน สันเขาขนาน ผารอยเลื่อน เป็นต้น ผลการศึกษากำหนดระดับชั้นตะกอนจากร่องสำรวจแผ่นดินไหวโบราณ 2 ร่องจากรอยเลื่อนและข้อมูลการหาอายุในอดีตและปัจจุบัน พร้อมด้วยข้อมูลการวิเคราะห์โครงสร้างของภาคตัดขวางจากคลื่นไหวสะเทือนในทะเลอันดามันและอ่าวไทย สรุปได้ว่าเคยเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 6 ครั้ง และที่เกิดอายุน้อยที่สุดเมื่อประมาณ 2000 ปีมาแล้ว และรอยเลื่อนระนองทำให้เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ที่สุด 7.4 Mw โดยอาศัยหลักฐานจากรอยเลื่อนย่อยระนองและรอยเลื่อนนี้มีอัตราการเคลื่อนตัวมากที่สุดคือ 0.7 mm/year โดยใช้ข้อมูลรอยเลื่อนย่อยหนองกิ้งกิ้งนั้นจึงสรุปได้ว่ารอยเลื่อนระนองเป็นรอยเลื่อนมีพลังโดยนัยการเคลื่อนตัวเป็นแบบซ้ายเข้าในปัจจุบันและมีคาบอุบัติซ้ำประมาณ 2000 ปี

1.3 วัตถุประสงค์

1.3.1 เพื่อตรวจวัดระดับก๊าซเรดอนตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.3.2 เพื่อคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบข้อมูลระดับก๊าซเรดอนตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อนำไปใช้ในการคาดคะเน และเตือนภัยการเกิดแผ่นดินไหวล่วงหน้า

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

1.5.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษา คือ บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.5.2 ตรวจวัดก๊าซเรดอน ด้วยเทคนิคการกัตรอยแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม CR-39 (Track etched method)

บทที่ 2

ทฤษฎี

ในบทนี้ จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ซึ่งในส่วนของทฤษฎีจะประกอบด้วย โดยในแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 อนุกรมกัมมันตรังสี

เมื่อนิวเคลียสกัมมันตรังสีที่เป็นต้นกำเนิดรังสีมีการสลายตัวต่อเนื่อง จนได้นิวเคลียสสุดท้ายที่เสถียร การสลายตัวเป็นลำดับนี้เรียกว่า "อนุกรมกัมมันตรังสี" (Radioactivity series) อนุกรมกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติมีทั้งหมด 4 อนุกรม แต่ละอนุกรมจะมีการสลายตัวตามลักษณะเฉพาะของอนุกรมนั้น อนุกรมทั้ง 4 มีดังนี้

2.1.1 อนุกรมทอเรียม (Thorium series) ได้แก่ นิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีเลขมวลเท่ากับ $4n$

2.1.2 อนุกรมเนปทูเนียม (Neptunium series) ได้แก่ นิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีเลขมวลเท่ากับ $4n+1$

2.1.3 อนุกรมยูเรเนียม (Uranium series) ได้แก่ นิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีเลขมวลเท่ากับ $4n+2$

2.1.4 อนุกรมแอกทิเนียม (Actinium series) ได้แก่ นิวเคลียสกัมมันตรังสีที่มีเลขมวล เท่ากับ $4n+3$

เมื่อ n คือเลขจำนวนเต็มบวก (พงศกร, 2539)

2.2 กัมมันตภาพรังสี

กัมมันตภาพรังสีเป็นกระบวนการที่นิวเคลียสเปลี่ยนแปลงโดยตนเองไปเป็นนิวเคลียสใหม่หรือนิวเคลียสเดิมแต่พลังงานลดลง โดยคายอนุภาคหรือรังสีออกมา ไอโซโทปของธาตุต่าง ๆ มีหลายตัว สามารถแยกออกเป็นสองชนิด คือ ไอโซโทปเสถียร (Stable Isotope) และไอโซโทปที่ไม่เสถียรหรือไอโซโทปรังสี (Radioisotope) โดยกัมมันตภาพรังสี (Activity) คืออัตราการสลายตัวของไอโซโทปรังสี เพื่อปรับตัวเองให้ไปสู่สภาวะที่เสถียรกว่า เป็นผลให้มีการปลดปล่อยอนุภาคต่าง ๆ หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา เช่น อนุภาคแอลฟา (Alpha particle) มีอำนาจการทะลุทะลวงต่ำ สามารถเอาชนะเกราะบาง ๆ กันได้ เมื่อผ่านอากาศหรือก๊าซ จะทำให้อากาศหรือก๊าซแตกตัวเป็นไอออนในอัตราที่สูงมาก มีประจุเป็นบวก ปกติเมื่อแผ่ออกมาจากธาตุกัมมันตรังสีจะมีความเร็วอยู่ในช่วง $\sim 15 \times 10^7$ m/s ถึง $\sim 2.2 \times 10^7$ m/s เมื่อผ่านอากาศจะเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางเพียง 3 - 4 cm เท่านั้น เนื่องจากเราสามารถหาประจุและมวลของมันได้ จึงควรเรียกว่าอนุภาคแอลฟา (Alpha particle) มวลของอนุภาคแอลฟาเท่ากับ $4u$ และประจุเท่ากับ $+2e$ เมื่อ e คือประจุอิเล็กตรอน ดังนั้นอนุภาคแอลฟาจึงเป็นนิวเคลียสของฮีเลียม He^{2+} (สุกัญญา, 2549)

2.3 แหล่งกำเนิดเรดอน

รังสีที่ได้รับจากธรรมชาติ นอกจากรังสีคอสมิกที่มาจากนอกโลก มีแหล่งกำเนิดมาจากดวงอาทิตย์และกาแลกซีแล้ว ยังมีรังสีจากไอโซโทปรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ไอโซโทปรังสีที่เกิดจากรังสีคอสมิกทำปฏิกิริยากับอะตอมของธาตุในชั้นบรรยากาศของโลก ^3H , ^{14}C และไอโซโทปรังสีที่มีกำเนิดมาพร้อมกับโลก ได้แก่ K, U และ Th โดยที่ไอโซโทปรังสีเหล่านี้มีค่าครึ่งชีวิตยาว จึงยังมีปรากฏอยู่ในโลกจนถึงปัจจุบัน ยูเรเนียม และ ทอเรียม เป็นไอโซโทปรังสีที่มีลูก (Progeny) มีการสลายตัวต่อเนื่องเป็นห่วงโซ่เรียกว่าอนุกรม ซึ่งจะไปสิ้นสุดที่ไอโซโทปเสถียร ซึ่งมีอยู่ อนุกรมดังนี้

อนุกรมทอเรียม (4n series) เริ่มต้นจาก $^{232}_{90}\text{Th}$ ไปสิ้นสุดที่ $^{208}_{82}\text{Pb}$

อนุกรมยูเรเนียม (4n+2 Series) เริ่มต้นจาก $^{238}_{92}\text{U}$ ไปสิ้นสุดที่ $^{206}_{82}\text{Pb}$

อนุกรมแอกติเนียม (4n+3 series) เริ่มต้นจาก $^{235}_{92}\text{U}$ ไปสิ้นสุดที่ $^{207}_{82}\text{Pb}$

อนุกรมเนปจูเนียม (4n+1 series) เริ่มต้นจาก $^{241}_{94}\text{Pu}$ ไปสิ้นสุดที่ $^{209}_{83}\text{Bi}$

แหล่งกำเนิดของก๊าซเรดอน สามารถแบ่งได้ 4 แหล่งใหญ่ ๆ ได้แก่ ยูเรเนียมในดิน น้ำบาดาล วัสดุก่อสร้างและก๊าซธรรมชาติ แต่ต้นกำเนิดของก๊าซเรดอนที่แท้จริงแล้วคือ แร่ยูเรเนียม โดยสังเกตได้ว่าทุกอนุกรมล้วนแล้วแต่มีแร่ยูเรเนียมเป็นสารตั้งต้นทั้งสิ้น ดังนั้นก๊าซเรดอนที่มาจากพื้นดิน จึงจัดเป็นสาเหตุที่สำคัญที่สุดต่อปริมาณก๊าซเรดอนทั้งหมดในอาคารยูเรเนียมสามารถพบแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในดินและหินในปริมาณเฉลี่ย 1-5 ส่วนในล้านส่วน และ 1-4 ส่วนในพันล้านส่วน ในน้ำจืดและน้ำทะเล ปริมาณยูเรเนียมในดินและหิน จึงนับเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง ในการใช้ประเมินศักยภาพเรดอน (Radon Potential) ของพื้นที่นั้น

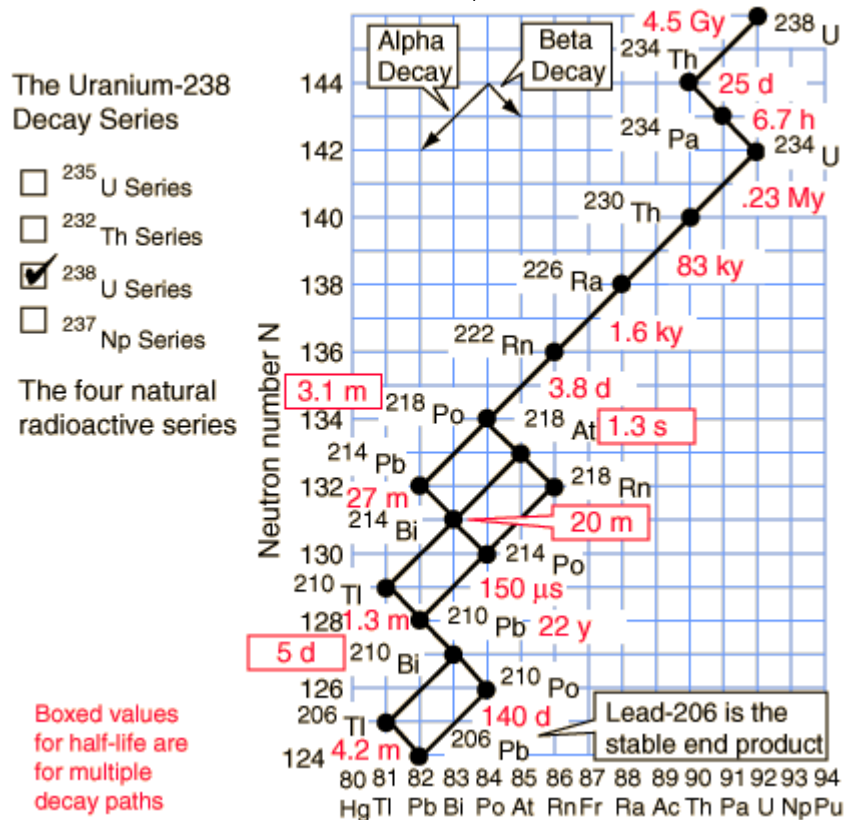
2.3.1 เรดอน

เรดอน เป็นก๊าซเฉื่อยชนิดหนึ่งที่เป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่ปราศจากสี กลิ่นและรส ไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับสารใด ๆ จึงเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระโดยปราศจากพันธะเกี่ยวข้องกับสาร หรือโมเลกุลอื่น ๆ แต่ก็อาจเกาะติดกับก๊าซบางชนิดได้ เช่น ออกซิเจน มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ มีอยู่ทุกหนแห่งในปริมาณต่างกันตามชนิดของวัสดุ เช่น ดิน หิน น้ำ ฯลฯ รวมทั้ง สภาวะแวดล้อม เช่น กระแสลม อุณหภูมิ ความกดอากาศ ฯลฯ มีจุดเดือดเท่ากับ $-61.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ และจุดหลอมเหลว $= -71.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความหนาแน่น 9.13 g/L ณ สภาวะปกติ ซึ่งมากกว่าอากาศถึง 7.53 เท่า (อากาศมีความหนาแน่น 1.29 กรัมต่อลิตร) จึงถือว่ามีความหนักมากที่สุดบรรดาก๊าซในธรรมชาติ สามารถละลายน้ำได้ การละลายลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (รัชพงศ์, 2549)

เรดอน เป็นก๊าซกัมมันตรังสีที่มีแหล่งกำเนิดจาก 2 แหล่งใหญ่ คือ ก๊าซเรดอนที่เกิดตามธรรมชาติในเปลือกโลกซึ่งถือเป็นก๊าซเรดอนนอกอาคาร เช่น จากดิน หิน น้ำใต้ดินต่าง ๆ โดยเฉพาะชั้นหินหรือดินประกอบด้วยยูเรเนียมหรือเรเดียมมากปริมาณก๊าซเรดอนก็จะมากตามไปด้วย อีกแหล่งหนึ่งคือแหล่งกำเนิดเรดอนภายในตัวอาคาร ซึ่งเกิดจากบริเวณพื้นที่ที่ก่อสร้างบ้านหรือ

วัสดุที่นำมาก่อสร้างบ้าน ถ้าหากมียูเรเนียมหรือเรเดียมอยู่มากปริมาณก๊าซเรดอนที่สะสมในตัวบ้านก็จะมากตามไปด้วยเช่นกัน กรณีนี้นักวิชาการด้านนี้ให้คำแนะนำคือ ในการสร้างบ้านควรให้มีการระบายอากาศที่ดีก็จะลดการสะสมก๊าซเรดอนได้เช่นกัน (เขมะจิตติ, 2548)

เรดอน เป็นผลิตภัณฑ์กัมมันตรังสีที่สลายตัวต่อจากเรเดียม (Ra-226) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอนุกรมยูเรเนียม ในระหว่างที่เกิดการสลายตัวจะปล่อยพลังงานออกมาในรูปของรังสีแอลฟา (พลังงาน 549 MeV) ถึงร้อยละ 95 ของพลังงานทั้งหมด ส่วนที่เหลือจะอยู่ในรูปของรังสีแกมมา (พลังงาน 0.186 MeV) มีค่าครึ่งชีวิต 3.8235 วัน มีไอโซโทปรังสีหลายชนิดเกิดต่อจากการสลายตัวของเรดอน-222 (Rn-222) เช่น บิสมัท-214 (Bi-214), ตะกั่ว-214 (Pb-214) ซึ่งปล่อยออกมาหลายพลังงาน และพอลอเนียม-210 (Po-210) สลายตัวให้อนุภาคแอลฟา (บรรทม, 2551)

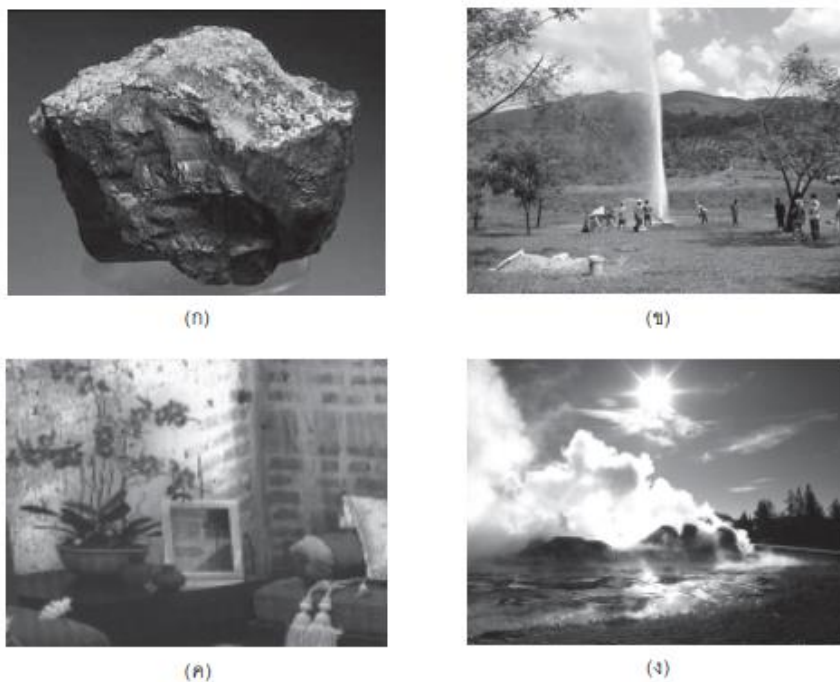


รูปที่ 2. 1 อนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม-238 (ที่มา : บรรทม, 2551)

2.3.2 เรดอนในดิน

เรดอนพบได้ทุกหนทุกแห่งบนเปลือกโลก เรดอนแพร่กระจายผ่านดินสู่บรรยากาศแหล่งที่พบหลักๆคือในดิน สำหรับปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อปริมาณเรดอนคือความเข้มข้นของเรเดียมและการกระจายตัวในดิน ช่องว่างในดินและความชื้น ถึงแม้ว่าความเข้มข้นของเรดอนในก๊าซที่อยู่ในดินไม่ได้สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณเรเดียมในดิน แต่ความเข้มข้นของเรเดียมก็เป็นแหล่งกำเนิดของเรดอน แต่อย่างไรก็ตามปริมาณเรเดียมในดินในวัสดุต้นกำเนิดที่แตกต่างกันทำให้ปริมาณเรดอนในดิน

แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.1 สำหรับกลไกการเคลื่อนที่ของเรดอนเข้าสู่อาคารเกิดจากความดันของก๊าซภายในอาคารน้อยกว่าในดิน



รูปที่ 2. 2 แหล่งกำเนิดก๊าซเรดอน (ก) แร่ยูเรเนียม (ข) น้ำบาดาล (ค) วัสดุก่อสร้าง (ง) ก๊าซธรรมชาติ (ที่มา : รัชพงศ์, 2549)

ตารางที่ 2. 1 เปรียบเทียบความเข้มข้นของยูเรเนียมที่ผิวดินกับศักยภาพเรดอนของพื้นที่

Concentration (ppm eU)	Radon Potential	Number of data with radon Higher than 148 Bq m ⁻³ Air
0.0-0.5	Very low	0%
0.5-1.0	Low	Less than 10%
1.0-2.0	Intermediate	Less than 20%
2.0-3.0	Slightly high	Less than 30%
>3.0	High	More than 30%

ที่มา : รัชพงศ์, 2549

2.3.2 เรดอนจากอากาศภายนอก

เรดอนจากอากาศภายนอก มาจากเรดอนที่แพร่จากดินเข้าสู่บรรยากาศ ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณเรดอนในบรรยากาศจึงขึ้นอยู่กับปริมาณเรดอนที่แพร่ออกมาจากดินและปัจจัยของบรรยากาศซึ่งก็คือลมที่พาเอาอากาศจากดินและความแปรปรวนของลมซึ่งทำให้ความเข้มข้นของเรดอนลดลง ความเข้มข้นของเรดอนในบรรยากาศมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสถานที่ เวลา ความสูง

จากพื้นดินและสภาพอากาศเพราะว่าค่าครึ่งชีวิตของเรดอนสั้นดังนั้นความเข้มข้นของเรดอนลดลงเมื่อความสูงจากพื้นดินเพิ่มขึ้น ลักษณะทางภูมิศาสตร์ก็มีความสำคัญเช่นกัน เดือนในบริเวณเกาะและบริเวณขั้วโลกพบปริมาณต่ำ ซึ่งปริมาณเรดอนมีความสัมพันธ์กับปริมาณเรเดียมในดิน โดยปริมาณเรเดียมในแหล่งต่าง ๆ ของโลกแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2. 2 ปริมาณเรเดียม (Ra - 226) ในดินในธรรมชาติของแต่ละบริเวณที่พบบนโลก

Region/country	Ra-226 concentration in soil (Bqkg ⁻¹)	
	Mean	Range
Africa		
Algeria	50	5-176
North American		
United States	40	8-160
East Asia		
Chains	37	2-430
Japan	33	5-130
West Asia		
Syria	20	13-32
North Europe		
Denmark	17	8.5-29
Norway	50	
West Europe		
Ireland	60	10-200
Central Europe		
Hungary	33	14-76
Bulgaria	45	12-210
Romania	32	8-60
Slovak Republic	32	12-116

ที่มา : สุมิตตา, 2546

2.3.3 เรดอนจากน้ำใช้

เนื่องจากเรดอนไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมี ดังนั้นการเคลื่อนที่ของเรดอนในดินจึงควบคุมด้วยการแพร่กระจาย (Molecular diffusion) และการไหลของน้ำใต้ดินแต่เรดอนมีการเคลื่อนที่โดยการแพร่กระจายได้ช้าแต่ถ้ามีการกวนหรือให้ความร้อนกับน้ำจะเป็นการเร่งให้เรดอนในน้ำมาสู่อากาศได้มากขึ้นเรดอนเข้ามาสู่อาคารโดยกิจกรรมการใช้น้ำในอาคาร มีข้อมูลจาก U.S.Environmental Protection Agency (EPA) รายงานว่าความเข้มข้นของเรดอนในน้ำ 10,000

pCi/l จะเปลี่ยนมาเป็นเรดอนในอากาศ 1.0 pCi/l นอกจากนี้ยังมีรายงานความเข้มข้นของเรดอนในน้ำจาก UNSCEAR ในปี 1993 พบว่าเรดอนสามารถละลายในน้ำ โดยน้ำใต้ดินจะมีความเข้มข้นของเรดอนสูง รองลงมาคือน้ำบาดินและน้อยที่สุดคือน้ำผิวดิน ดังแสดงให้เห็นในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2. 3 ค่าความเข้มข้นของเรดอนเฉลี่ยและร้อยละของการนำน้ำแต่ละประเภทมาใช้

Type of Supplies	Concentration (Bqm ⁻³)			Utilization (%)		
	Unites state	United Kingdom	Reference value	Unites state	United Kingdom	Reference value
Surface water	1100	1000	1000	50	66	60
Ground water	11500	30000	10000	32	34	30
Well water	208000	<100000	100000	18	<1	10

ที่มา : UNSCEAR,1993

*** UNSCEAR ย่อมาจาก UN Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation เป็นหน่วยงานระหว่างรัฐบาล (intergovernmental) จัดตั้งโดยสหประชาชาติ ในปี 1955 ทำหน้าที่รวบรวมศึกษาและเผยแพร่ข้อมูล เกี่ยวกับระดับของรังสีที่ทำให้เกิดการไอออนซ์ และกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมทั้งรังสีที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์ผลิตขึ้น รวมทั้งผลของรังสีต่อผู้คนและต่อสิ่งแวดล้อม

2.3.4 เรดอนจากวัสดุก่อสร้าง

แหล่งกำเนิดของเรดอนในอาคารเกิดจากผนัง พื้น และเพดานซึ่งมาจากวัสดุก่อสร้างที่มีหินและดินเป็นส่วนประกอบ มีความสำคัญเพราะเป็นแหล่งให้ผลิตภัณฑ์จากเรดอนที่มีอันตรายต่อสุขภาพสะสมอยู่ในบ้านเรือนซึ่งประชาชนใช้เวลากว่า 60 % ของชีวิตอาศัยอยู่ในบ้าน โดยปกติวัสดุก่อสร้างไม่ใช่แหล่งของเรดอนในอาคาร ถ้าตัวอาคารไม่มีรอยแยกรอยแตกซึ่งทำให้อากาศภายในวัสดุก่อสร้างของอาคารแลกเปลี่ยนกับอากาศภายนอก ดินที่อยู่ภายใต้อาคารจะเป็นแหล่งกำเนิดของเรดอนที่สำคัญกว่า การเคลื่อนที่ของเรดอนในอาคารขึ้นอยู่กับความสามารถในการแพร่กระจายของเรดอนจากวัสดุก่อสร้างและช่องว่างของวัสดุก่อสร้างในอาคารซึ่งทำให้เกิดสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายได้แตกต่างกัน (สุกัญญา, 2549)

2.4 ผลกระทบจากการได้รับก๊าซเรดอน

ก๊าซเรดอนเป็นก๊าซกัมมันตรังสี มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น หิน ดิน ทราย เป็นก๊าซอันตราย หากได้รับในปริมาณที่สูง จะมีความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งปอด โดยเฉพาะบริเวณที่มีความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเกิน 148 Bq/m³ (อภิรัตน์, 2543) จะมีโอกาสเสี่ยงเป็นโรคมะเร็งปอดได้แก่บริเวณที่มีรอยเลื่อน โรคมะเร็งปอดในมนุษย์นั้น ไม่ได้เกิดจากตัวก๊าซเรดอน แต่เกิด

จากอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นขณะที่ก๊าซเรดอนสลายตัวรวมทั้งอนุภาคแอลฟาที่มาจากธาตุผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของก๊าซเรดอนโดยเฉพาะพวกที่มีครึ่งชีวิตสั้น เนื่องจากธาตุผลิตภัณฑ์ที่มีครึ่งชีวิตสั้นเหล่านี้ยังคงสลายตัวต่อไปพร้อมปลดปล่อยอนุภาคแอลฟาออกมา เมื่อมนุษย์หายใจเอาก๊าซเรดอนเข้าไปในปอด ส่วนใหญ่แล้วก๊าซเรดอนที่หายใจเข้าไปนั้นจะแพร่กระจายออกจากร่างกาย แต่ยังมีส่วนที่เหลือค้างอยู่โดยเฉพาะลูกของก๊าซเรดอนซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์จากการสลายตัวของก๊าซเรดอน อนุภาคแอลฟาที่ถูกปลดปล่อยออกมามีขนาดเล็กแต่มีพลังงานสูงเหล่านี้ จะถูกดูดกลืนไว้โดยเนื้อเยื่อหุ้มปอดที่อยู่ใกล้ ๆ ผลคือมันจะไปทำลายเซลล์เนื้อเยื่อหุ้มปอดให้เสียหายหรือตาย (CMHC, 1997) นอกจากนี้ ก๊าซเรดอน และลูกของก๊าซเรดอนสามารถติดอยู่โดยตรงภายในเซลล์ปอด และเซลล์เนื้อเยื่ออื่น ๆ ในร่างกาย ซึ่งสามารถทำให้ DNA ของเซลล์เนื้อเยื่อเกิดความเสียหาย และถ้าหากว่าเซลล์ไม่สามารถซ่อมแซมได้ด้วยตัวเอง ความเสียหายที่เกิดขึ้นจะปรากฏหรือแสดงให้เห็นในเวลาต่อมา ทั้งนี้เนื้อเยื่ออื่น ๆ ของร่างกาย เช่น กระเพาะอาหารอาจเกิดผลร้ายได้ทำนองเดียวกับปอด (อภินันท์, 2543) จากเหตุผลที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่า ก๊าซเรดอนมีผลต่อสุขภาพ โดยเฉพาะบริเวณที่มีรอยเลื่อน ก๊าซเรดอนจะสูงกว่าบริเวณอื่น อย่างไรก็ตามสามารถใช้ก๊าซเรดอนเป็นดัชนีการเกิดแผ่นดินไหวได้

2.5 แนวความคิด และทฤษฎีทางธรณีวิทยา

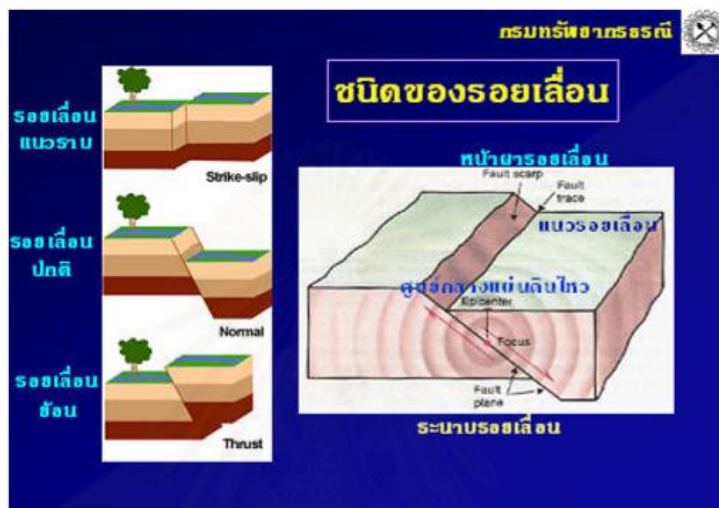
2.5.1 การเกิดแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวเป็นภัยพิบัติทางธรรมชาติที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของพื้นดิน อันเนื่องมาจากการปลดปล่อยพลังงาน เพื่อทำการลดความเครียดที่สะสมไว้ภายในโลกออกมายังชั้นเปลือกและเพื่อปรับสมดุลของเปลือกโลกให้คงที่ สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหวนั้น จัดแบ่งได้ 2 ชนิด ชนิดที่หนึ่ง เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การทดลองระเบิดปรมาณู การขุดสร้างเขื่อน และแรงระเบิดของการทำเหมืองแร่ ชนิดที่สองเป็นแผ่นดินไหวที่เกิดจากธรรมชาติซึ่งมีทฤษฎีกลไกการเกิดแผ่นดินไหว อันเป็นที่ยอมรับกันในปัจจุบัน 2 ทฤษฎี คือ

2.5.1.1 ทฤษฎีที่ว่าด้วยการขยายตัวของเปลือกโลก (Dilation source theory) อันเชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจาก การที่เปลือกโลกเกิดการคดโค้งงออย่างฉับพลัน และเมื่อเปลือกโลกขาดออกจากกันจึงปลดปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแผ่นดินไหว

2.5.1.2 ทฤษฎีที่ว่าด้วยการคืนตัวของวัตถุ (Elastic rebound theory) เชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการสั่นสะเทือนอันเป็นเหตุผลมาจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน (Fault) ดังนั้นเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ถึงจุดหนึ่งวัตถุจึงขาดออกจากกัน และเสียรูปอย่างมาก พร้อมกับการปลดปล่อยพลังงานออกมาและหลังจากนั้น วัตถุก็คืนตัวกลับสู่รูปเดิม ทฤษฎีนี้สนับสนุนแนวความคิดที่เชื่อว่าแผ่นดินไหวมีกลไกการกำเนิดเกี่ยวข้องโดยตรงและใกล้ชิดกับแนวรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) ที่เกิดขึ้นจากผลพวงของการแปรสัณฐานของเปลือกโลก (Plate tectonics) เปลือกโลกของเราประกอบด้วยแผ่นเปลือกโลก จำนวนประมาณ 12 แผ่นใหญ่ ทั้งที่เป็นแผ่นมหาสมุทร และแผ่นทวีป

ซึ่งมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา บางแผ่นมีการเคลื่อนแยกออกจากกัน บางแผ่นเคลื่อนเข้าหา มุดซ้อนเกยกัน และบางแผ่นเคลื่อนที่เฉียดกัน อันเป็นบ่อเกิดของแรงเครียดที่สะสมไว้ภายในเปลือกโลก (กรมทรัพยากรธรณี, 2002)



รูปที่ 2.3 ลักษณะการเกิดรอยเลื่อน และชนิดต่างๆของรอยเลื่อนที่เกิดขึ้น
(ที่มา : กรมทรัพยากรธรณี, 2002)

2.5.2 โครงสร้างรอยเลื่อน

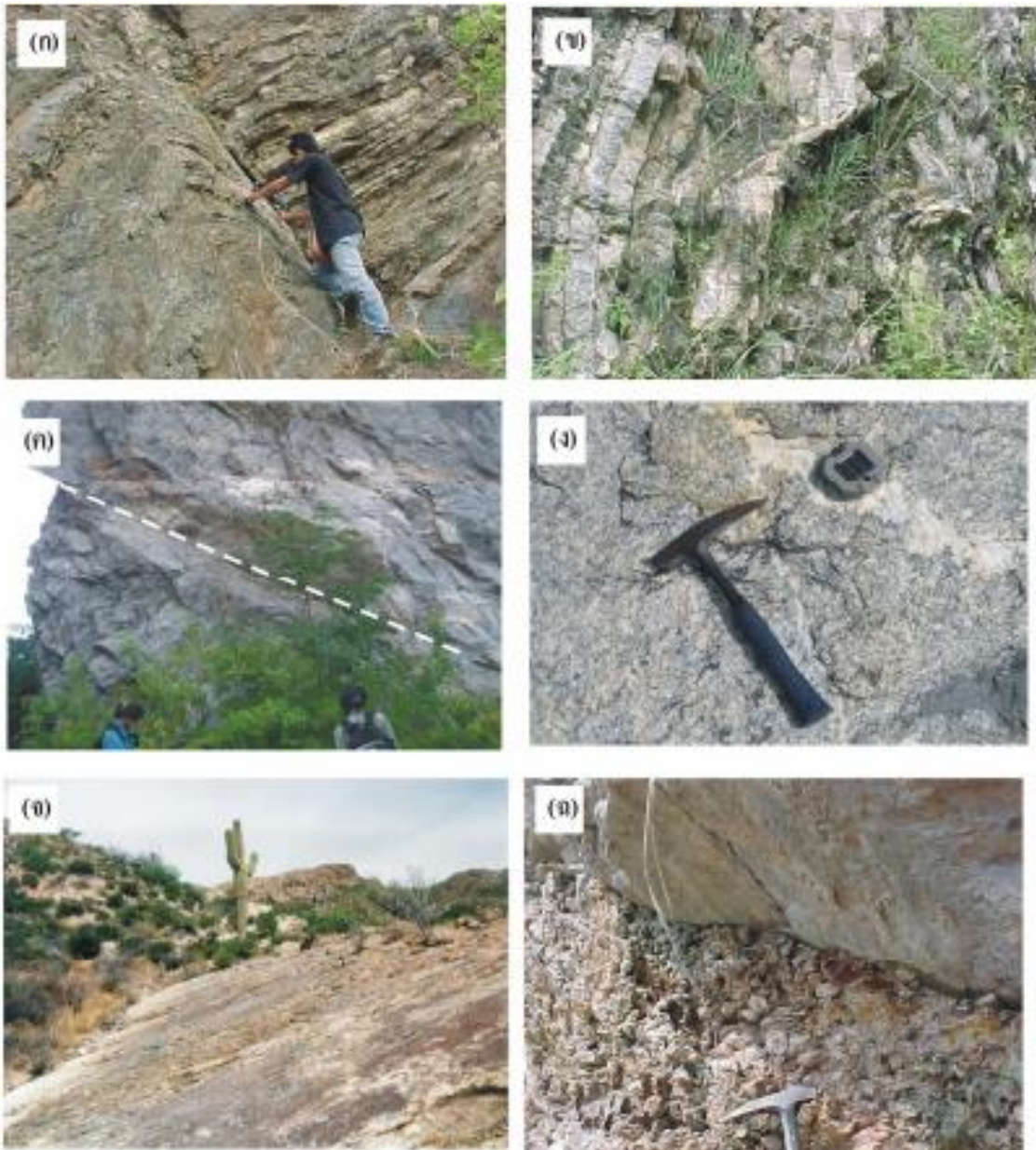
2.5.2.1 ธรรมชาติของรอยเลื่อน

รอยเลื่อน (fault) เป็นรอยแตก (Fracture) ที่เกิดเนื่องจากแผ่นหินในเปลือกโลก ถูกความเค้นมากระทำ ขณะที่แผ่นหินนั้นอยู่ในสภาวะเปราะ (Brittle) ทำให้แผ่นหินเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะในรูปของการแตกและเลื่อนไถลขาดออกจากกัน ปรากฏลักษณะความไม่ต่อเนื่อง (Discontinuity) ของแผ่นหิน ดังนั้น สรุปได้ว่า เมื่อเห็นแผ่นหินการขาดความต่อเนื่อง จากผลของการเลื่อนไถลขาดออกจากกัน แสดงว่า มีโครงสร้างรอยเลื่อนเกิดในแผ่นหิน (2.6)

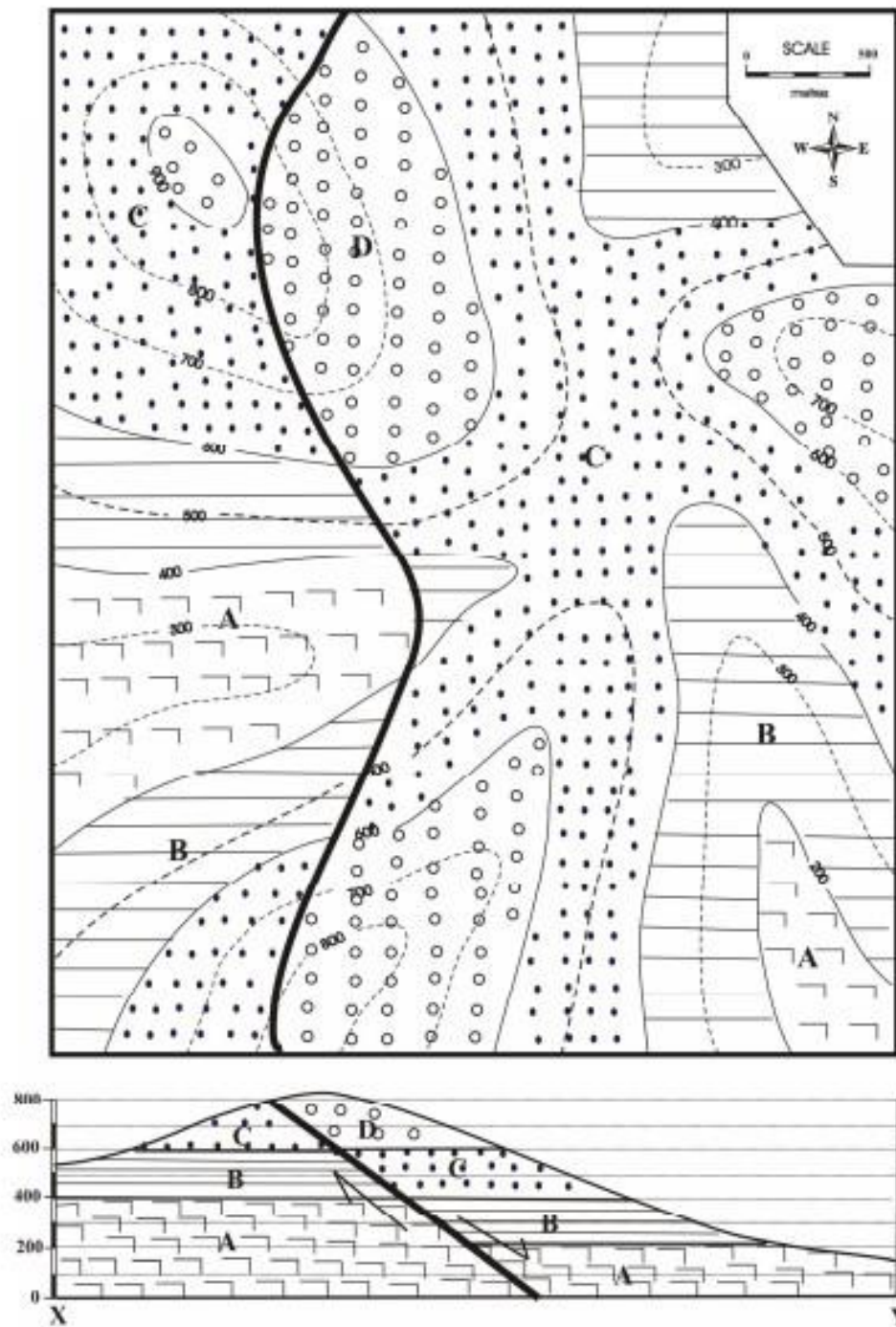
ตัวอย่างแผนที่ธรณีวิทยาที่มีโครงสร้างรอยเลื่อนแสดงในรูปที่ 2.8 – 2.10 การแตกและเลื่อนไถลของหินในเปลือกโลก ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ "แผ่นดินไหว (Earthquake)" ซึ่งเกิดได้ตั้งแต่ผิวดินถึงความลึกประมาณ 650-700 กิโลเมตร ใต้ผิวดิน การแตกเกิดได้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ขนาดของรอยเลื่อน สัมพันธ์กับลักษณะของความกว้างของพื้นที่ที่แผ่นหินเลื่อนออกจากกัน (Slip area) หากการเลื่อนครอบคลุมพื้นที่กว้าง แสดงว่าก่อนเกิดการเลื่อน แผ่นหินมีพลังงานสะสมมาก และพยายามต้านความเค้นที่มากกระทำไว้มาก แต่เมื่อไม่สามารถต้านได้ พลังงานถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของการแตก และเลื่อน นิยามที่สำคัญๆ ขององค์ประกอบของโครงสร้างรอยเลื่อน ได้แก่

1) ระนาบรอยเลื่อน (Fault plan) คือ พื้นที่ของการเลื่อน ที่สามารถวัดแนวระดับ (Strike) และมุมเท (Dip) ได้

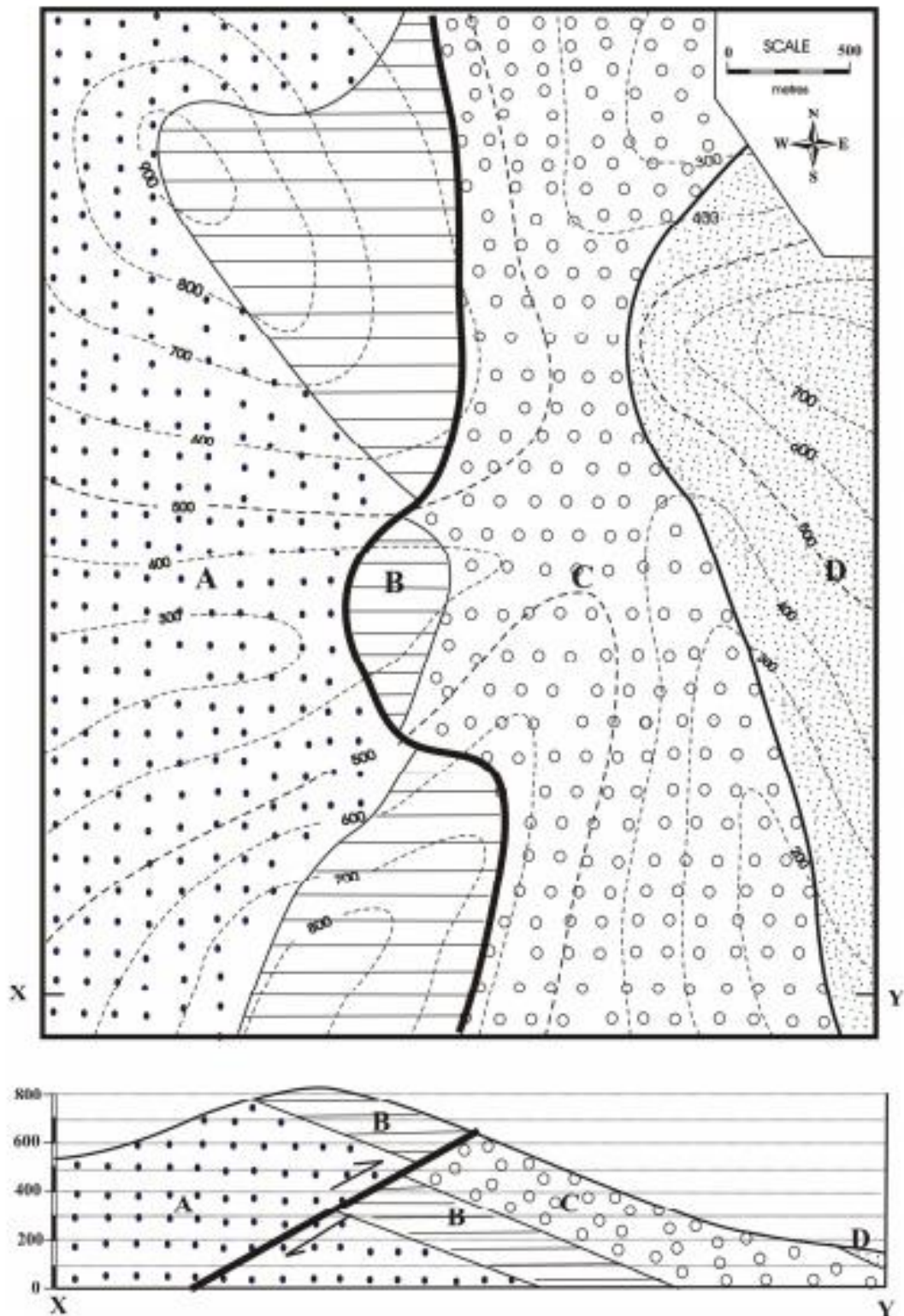
- 2) หินพื้น (Foot wall) คือ แผ่นหินส่วนที่อยู่ใต้ระนาบรอยเลื่อน
- 3) หินเพดาน (Hanging wall) คือ แผ่นหินส่วนที่อยู่เหนือระนาบรอยเลื่อน
- 4) ระยะเวลาจริง หรือแนวเลื่อนจริง (Actual slip หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า true slip or net slip) คือ ระยะห่างที่วัดบนระนาบรอยเลื่อนจากจุด 2 จุด ที่เดิมเคยอยู่ติดกัน แต่ต่อมาเกิดการเลื่อน ทำให้เคลื่อนห่างจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6
- 5) ระยะเวลาแนวระดับ (Strike slip) คือ ระยะเวลาที่วัดบนระนาบรอยเลื่อนตามแนวระดับของระนาบรอยเลื่อน จัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเวกเตอร์ระยะเวลาจริง (รูปที่ 2.11)
- 6) ระยะเวลาแนวมุมเท (Dip slip) ระยะเวลาที่วัดบนระนาบรอยเลื่อนแนวมุมเทของระนาบรอยเลื่อน จัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเวกเตอร์ระยะเวลาจริง (รูปที่ 2.11)
- 7) ระยะห่างการเลื่อนหรือแนวการแยก (Separation หรือ shift) คือ ระยะห่างที่ได้จากองค์ประกอบของระยะเวลาที่ วัดตามแนวตั้งและระยะเวลาที่วัดตามแนวราบ ดังแสดงในรูปที่ 2.12
- 8) ระยะเวลาแนวตั้งหรือแนวขึ้น (Throw) คือ ระยะการเคลื่อนที่วัดตามแนวตั้งหรือแนวตั้ง (Vertical) จัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเวกเตอร์ระยะห่างการเลื่อน (รูปที่ 2.12)
- 9) ระยะเวลาแนวนอน (Heave) คือ ระยะการเคลื่อนที่วัดตามแนวราบ (Horizontal) จัดเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของเวกเตอร์ระยะห่างการเลื่อน (รูปที่ 2.12) (เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



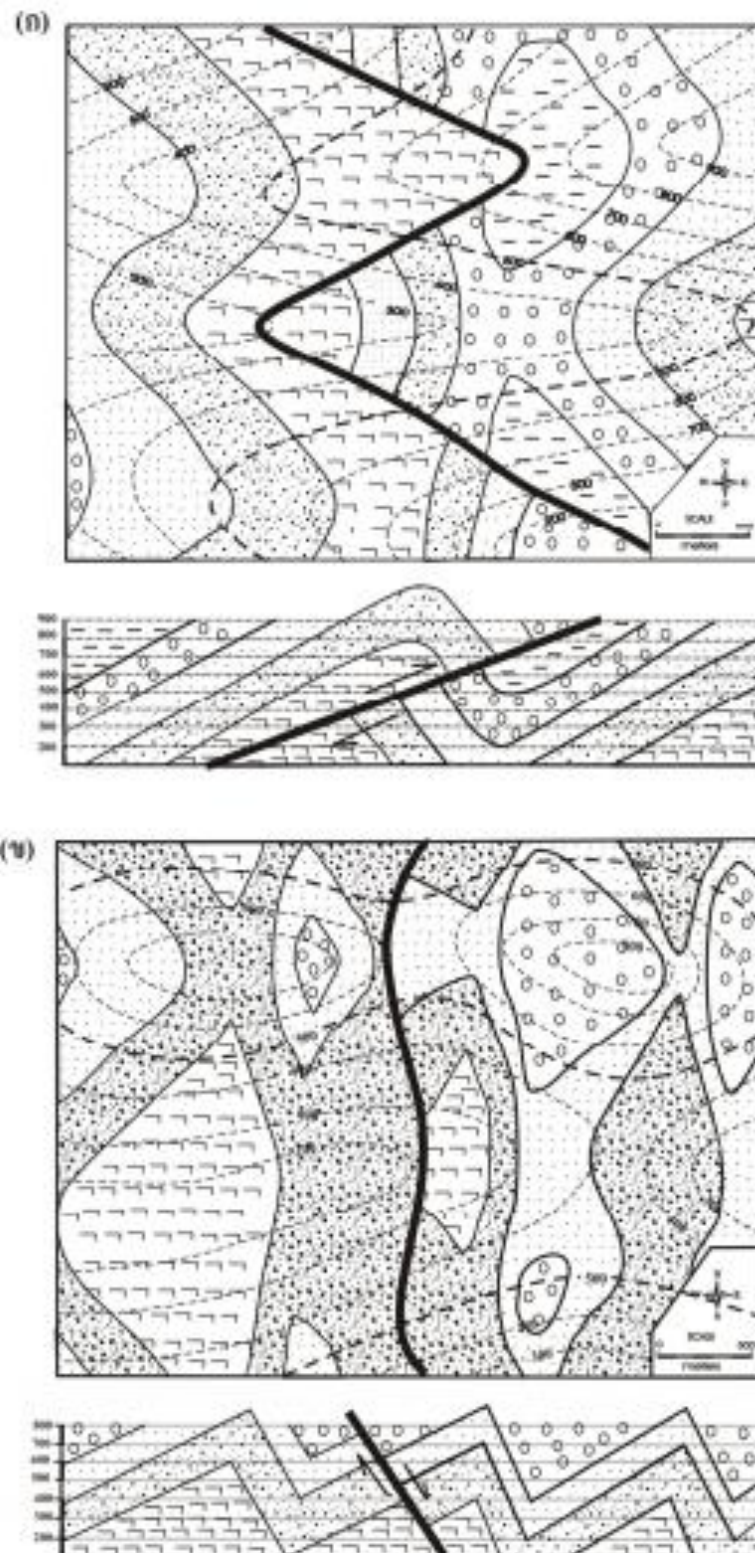
รูปที่ 2. 4 โครงสร้างรอยเลื่อนที่พบในสนาม (ก) ชายในรูปยืนบนระนาบรอยเลื่อนของหินดินดานคาร์บอนิเฟอรัส หินที่อยู่ขวามือของชายในรูป มีทิศทางเคลื่อนมาทางซ้าย (ข) รอยเลื่อนที่พบในหินดินดานและหินเชิร์ตแทรกสลับ บริเวณเส้นทางหล่มสัก-ชุมแพ (ค) รอยของหินปูน พบระนาบเรียบและแนวเส้นของรอยครูดจากผลของการเลื่อน ง) และ (จ) ระนาบรอยเลื่อน (Fault plan) (ฉ) ระนาบรอยเลื่อน และหินกรวดเหลี่ยมรอยเลื่อนที่เกิดจากการแตกป่นของแผ่นหิน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



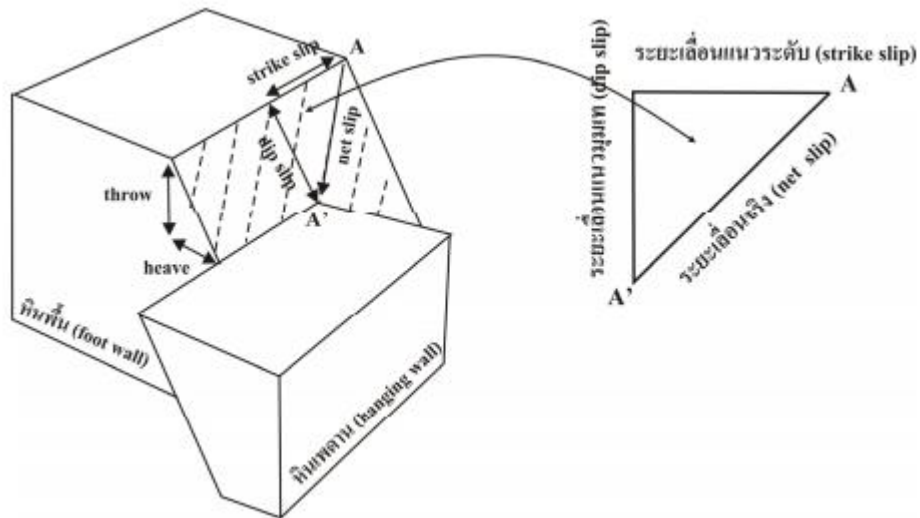
รูปที่ 2. 5 แผนที่ธรณีวิทยาพร้อมภาพตัดขวาง แสดงชั้นหินวางตัวแนวราบอย่างต่อเนื่อง และต่อมาถูกตัดขาดด้วยโครงสร้างรอยเลื่อน ทำให้พบระดับความสูงของชั้นหินเดียวกันไหลตำแหน่งต่างกันมีการแบ่งชั้นความสูงของหินโผล่ ตามแนวของระนาบรอยเลื่อน (ที่มา : เพ็ญตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



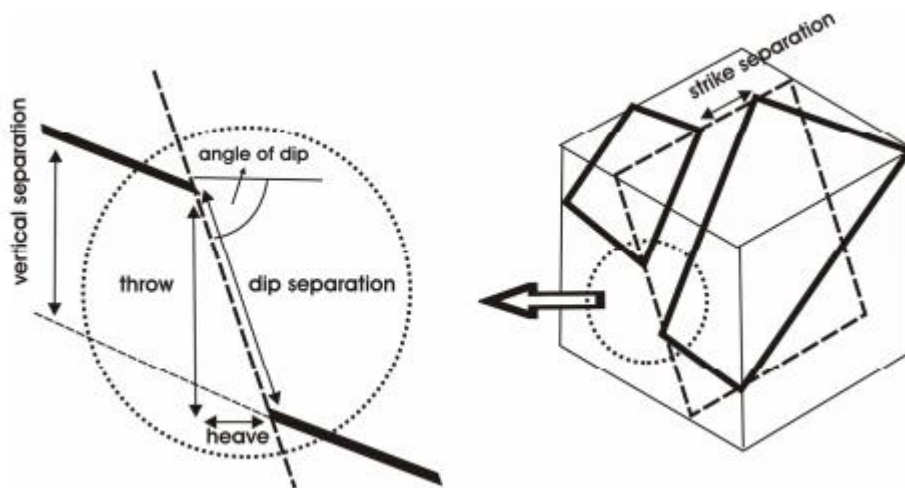
รูปที่ 2. 6 แผนที่ธรณีวิทยาพร้อมภาพตัดขวาง แสดงชั้นหินวางตัวเอียงเท และต่อมาถูกตัดขาดด้วยโครงสร้างรอยเลื่อน ทำให้พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นหิน ชั้นหินถูกตัดขาดด้วยระนาบรอยเลื่อนที่ตั้งหินอายุแก่วางทับหินอายุอ่อน (ที่มา : เพ็ญตา และ ณัฐวิโรจน์, 2553)



รูปที่ 2. แผนที่ธรณีวิทยาพร้อมภาพตัดขวาง แสดงโครงสร้างชั้นหินคดโค้ง และต่อมาถูกตัดขาดด้วยโครงสร้างรอยเลื่อน ทำให้พบความไม่ต่อเนื่องของชั้นหินและโครงสร้างชั้นหินคดโค้ง ถูกตัดขาดด้วยระนาบรอยเลื่อน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



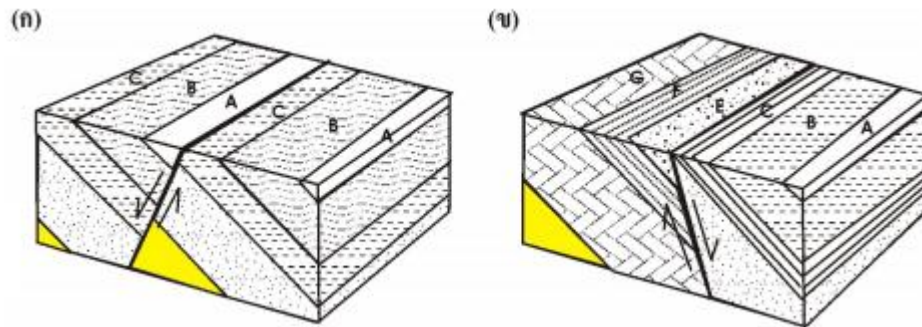
รูปที่ 2. 7 ระยะเลื่อนที่พิจารณาบนระนาบรอยเลื่อน (Fault plane) ประกอบด้วย ระยะเลื่อนจริง หรือแนวเลื่อนจริง net slip or actual slip ระยะเลื่อนแนวระดับ (Strike slip) และระยะเลื่อนแนว มุมเท (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



รูปที่ 2. 8 ระยะห่างการเลื่อน หรือแนวการแยก (Separation or shift) ที่กำหนดโดยการพบการขาด ความต่อเนื่องของชั้นหิน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)

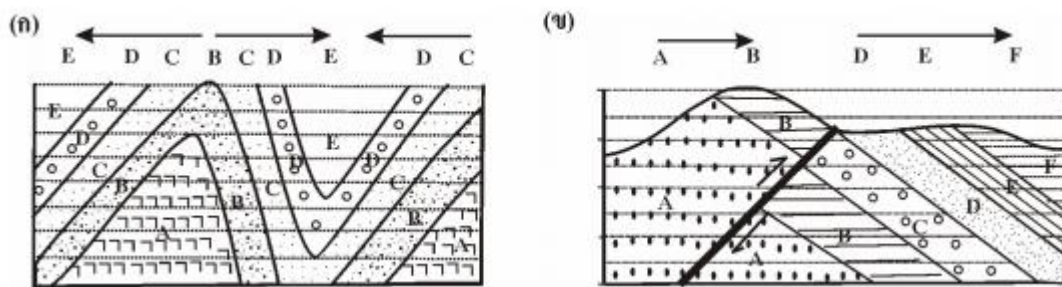
2.6.2.2 การวิเคราะห์การเลื่อนและแผนที่บริเวณที่มีรอยเลื่อน

เมื่อเกิดการเลื่อนทำให้ชุดหินขาดความต่อเนื่อง อาทิ เมื่อเกิดการเลื่อนขนานกับแนว ระดับของชุดหิน หากกระนาบรอยเลื่อนมีมุมเทตรงกันข้ามกับชุดหิน จะได้ การซ้ำกันของชุดหิน (Repetition) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก) ซึ่งชุดหินมีการซ้ำแบบ A, B, C, A, B, C แต่ถ้าหากกระนาบรอย เลื่อนมีมุมเทในแนวเดียวกันกับชุดหิน จะได้ลักษณะการขาดหายไปของชุดหิน (Omission of strata) ดังรูปที่ 2.9 (ข) โดยจะสังเกตเห็นว่าชุดหินมีการเรียงตัว A B, C, E, F, G หน่วยหินที่ขาดหายไป คือ หน่วยหิน D



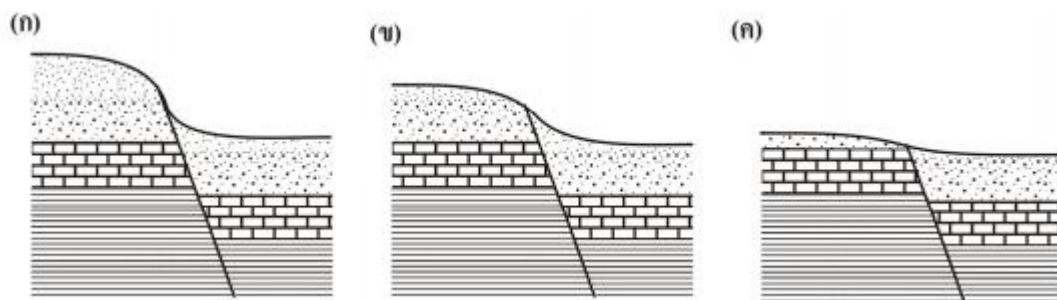
รูปที่ 2. 9 รอยเลื่อนที่มีแนวระดับ (Strike) แนวเดียวกันกับชุดหิน (ก) กรณีรอยเลื่อนที่มีมุมเทตรงกันข้ามกับชุดหิน จะได้ลักษณะการซ้ำของหน่วยหิน (ข) กรณีรอยเลื่อนมีมุมเททิศทางเดียวกับหน่วยหิน จะพบการขาดหายไปของหน่วยหิน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)

กรณีทำให้หินขาดการต่อเนื่องเหมือนกับการเกิดการเลื่อน คือ การเกิดการคดโค้ง แต่สามารถแยก ความแตกต่างของการขาดความไม่ต่อเนื่องได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 โดยหินที่มีการขาดความต่อเนื่องอันเนื่องมาจากการคดโค้ง จะพบลำดับการวางตัวแตกต่างจากการเลื่อน ซึ่งในส่วนของการคดโค้งจะได้ลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 (ก) แต่ในส่วนกรณีที่เกิดรอยเลื่อนจะได้การขาดหายไป ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ข) และ 2.10 (ข) หรือการซ้ำกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.9 (ก)



รูปที่ 2. 10 ลำดับของหน่วยหินที่เกิดจาก (ก) การคดโค้ง (ข) การเลื่อนพบการขาดหายไปของหน่วยหิน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)

กรณีเมื่อเกิดการเลื่อนอาจมีการปรากฏของผารอยเลื่อน (fault scarp) แต่ต่อมาจากผลของธรรมชาติที่ว่า "พื้นที่บริเวณใดที่เป็นที่สูงจะเกิดการผุกร่อน พื้นที่บริเวณใดที่เป็นที่ต่ำจะเกิดการตกทับถม" สภาพของผารอยเลื่อนจะผุกร่อนไป ทำให้หินไผลระหว่างหินพื้น (Foot wall) และหินเพดาน (Hanging wall) ขาดความต่อเนื่องดังรูปที่ 2.15

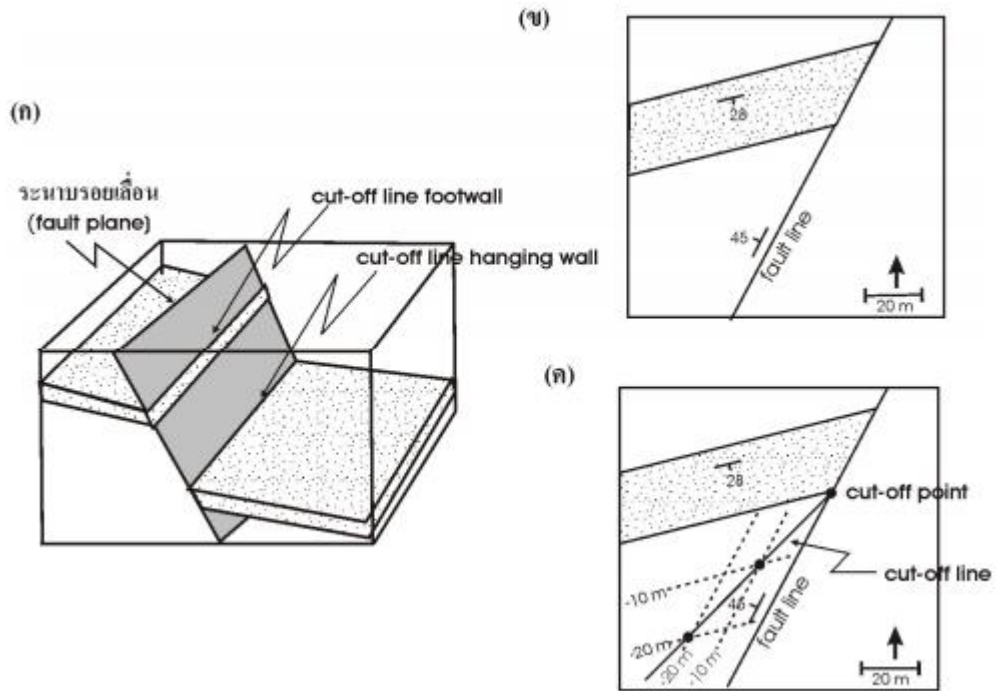


รูปที่ 2. 11 ชุดหินเมื่อเกิดรอยเลื่อนและเกิดปรากฏของผารอยเลื่อน (Fault scarp) และต่อมาเกิดการผุกร่อนออกไป หินโผล่จึงเกิดการขาดความต่อเนื่อง (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)

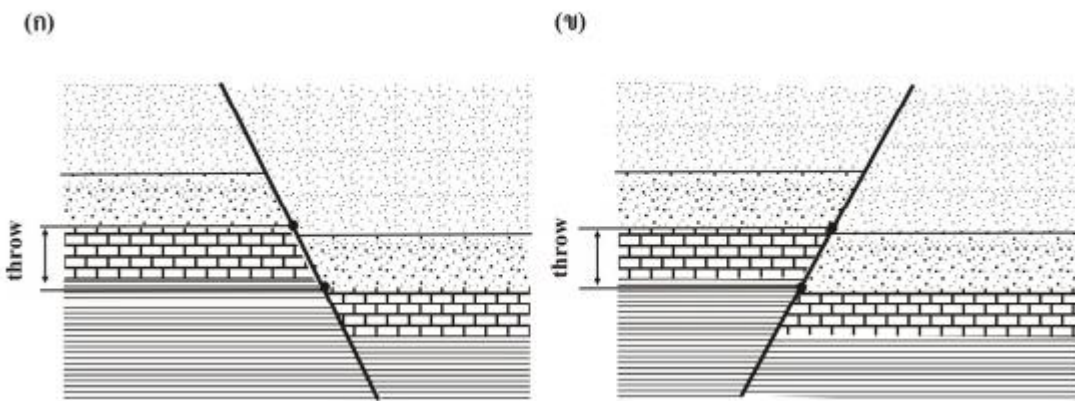
2.5.2.3 ระบายรอยเลื่อน (Fault plane)

ระบายรอยเลื่อน (Fault plane) ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.6 (จ) และ (ฉ) มีวิธีการวิเคราะห์คล้ายกับการวิเคราะห์ระบายเรียบและระบายโค้ง ซึ่งระบายรอยเลื่อนส่วนใหญ่สามารถสมมติให้เป็นระบายเรียบหรือระบายโค้งได้ แต่การวิเคราะห์ระบายรอยเลื่อน ต่างจากการวิเคราะห์ของระบายชั้นหินตรงที่ระบายรอยเลื่อนจะต้องพบแนวของการขาดความต่อเนื่อง (Cut off line) ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่สามารถบ่งบอก (Marker) ว่าเคยต่อเนื่องกันมาก่อน ชั้นหินถือเป็นหลักฐานหนึ่งที่ใช้บ่งบอกการเลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) บนระบายรอยเลื่อนจะพบแนวเส้นที่เกิดจากการตัดกันของระบายรอยเลื่อนและระบายของชั้นหิน เรียกทับศัพท์ว่า Cut off line วิธีการหาแนวเส้นตัดกันระหว่างระบายรอยเลื่อนและชั้นหิน แสดงในรูปที่ 2.12 (ข) และ (ค) สำหรับการหาระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวอื่น (Throw) และระยะเลื่อนแนวนอน (Heave) หาได้จากการสร้างภาพตัดขวาง ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยที่จะยึดเอาหน่วยหินใดหน่วยหินหนึ่งเป็นหลัก ในตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณหินพื้น และในบริเวณหินเพดาน เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบระหว่างการเลื่อนของหินพื้นและหินเพดาน กรณีของรอยเลื่อนย้อน ดังรูปที่ 2.13 (ข) หลักพิจารณาต่างๆ คือ หากทำการเจาะหลุม จะต้องมียู่บริเวณหนึ่งที่สามารถทำให้เจาะพบการซ้ำกันของหน่วยหิน

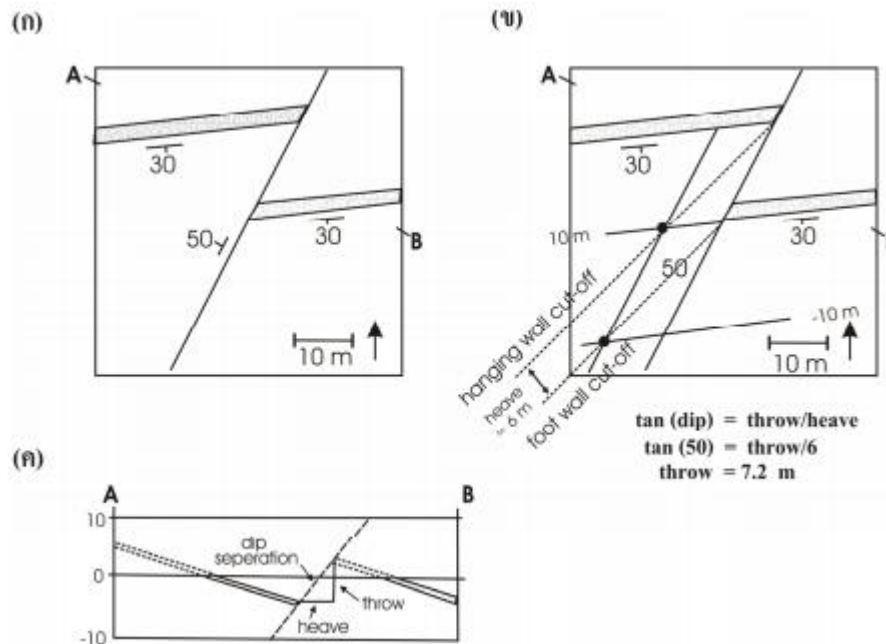
รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างการหาระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวอื่น (Throw) และระยะเลื่อนแนวนอน (Heave) โดยพบหินโผล่มีการวางตัวดังรูปที่ 2.11 (ก) และมีรอยเลื่อน พิจารณาจากแผนที่แสดงว่าเป็นรอยเลื่อนปกติ (Normal fault) สร้างเส้นชั้นความสูงของโครงสร้าง จากข้อมูลที่ปรากฏในแผนที่ และหาแนวเส้นของการตัดกันของระบาย รูปที่ 2.11 (ข) จากนั้นสามารถวัดระยะเลื่อนแนวนอนได้ หรืออีกกรณี คือ สร้างภาพตัดขวาง วัดระยะเลื่อนแนวนอนได้เช่นกัน รูปที่ 2.11 (ค)



รูปที่ 2. 12 (ก) ลักษณะของ cut-off line ที่ปรากฏบน foot wall และ hanging wall (ข) แผนที่แสดงการปรากฏแนวของรอยเลื่อน และหน่วยหินทราย (ค) การสร้างเส้นชั้นความสูงของโครงสร้างของระนาบรอยเลื่อนและระนาบหินทราย จุดที่เส้นชั้นความสูงของโครงสร้าง ของทั้งสองระนาบเท่ากัน และตัดกัน คือ จุด ๆ หนึ่งที่แนว cut-off line ผ่าน (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



รูปที่ 2. 13 การคำนวณหา ระยะเลื่อนแนวนอน (Heave) และระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวยืน (Throw) (ก) กรณีของรอยเลื่อนปกติ (Normal fault) (ข) กรณีของรอยเลื่อนย้อน (Reverse fault) (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)



รูปที่ 2. 14 การหาระยะเลื่อนแนวตั้งหรือแนวยืน (Throw) และแนวนอน (Heave) (ก) แผนที่การปรากฏแนวของรอยเลื่อน (ข) การสร้างเส้นชั้นความสูงของโครงสร้าง (Structure contour) ของระนาบรอยเลื่อนและระนาบหน่วยหิน จุดที่เส้นชั้นความสูงของโครงสร้างของทั้งสองตัดกัน สามารถหาแนวของ hanging wall cut-off line (hwcl) และ foot wall cut-off line (fwcl) ส่วนระยะเลื่อนแนวนอน วัดจากระยะระหว่าง hwcl และ fwcl (ค) ภาพตัดขวางตามแนว AB (ที่มา : เพียงตา และ ญัฐวิโรจน์, 2553)

2.5.3 รอยเลื่อนมีพลัง (Active fault)

การระบุว่ารอยเลื่อนใดเป็นรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) หมายถึง รอยเลื่อนที่จะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นอีกในอนาคต รอยเลื่อนที่จัดว่าเป็นรอยเลื่อนมีพลังต้องมีการเคลื่อนที่อย่างน้อยหนึ่งครั้งภายในระยะเวลา 10,000 ปี (วิชญศาสตร์, 2550) รอยเลื่อนต่าง ๆ สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ รอยเลื่อนที่มีพลัง (Active or alive) คือ รอยเลื่อนที่มีประวัติการเคลื่อนตัวในช่วงเวลาธรณีกาลสมัยโฮโลซีน หรือประมาณ 11,000 ปี และรอยเลื่อนที่สงบแล้ว (Dead) (Hinthong, 1997) ทั้งนี้ได้ใช้ข้อมูลธรณีวิทยา ข้อมูลทางประวัติศาสตร์ และข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดแผ่นดินไหว

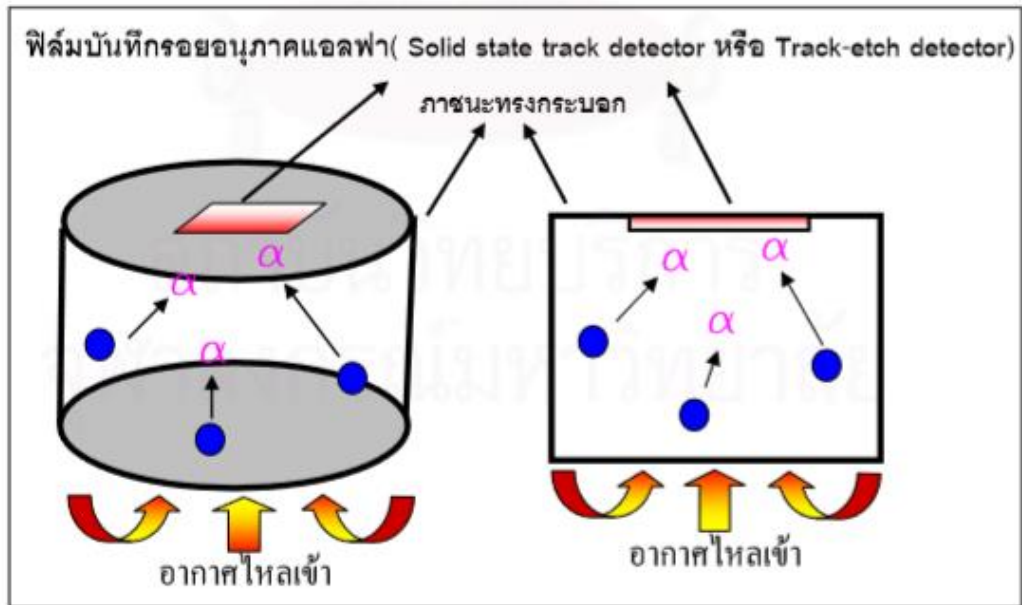
2.6 เทคนิคการเกิดรอยบนแผ่นฟิล์ม CR-39 (Track etch method)

เป็นเทคนิคในการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน โดยการเกิดรอยของอนุภาคแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม (Alpha track etch film) และนำมาปรับเทียบค่ากลับเป็นปริมาณก๊าซเรดอน ซึ่งวิธีการนี้ จะนำแผ่นฟิล์มไปวางไว้ในบริเวณที่ต้องการวัดความเข้มข้นของเรดอนจากนั้น จึงนำฟิล์มมาลงกักรอย แล้วส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อนับจำนวนรอยของอนุภาคแอลฟาของเรดอน

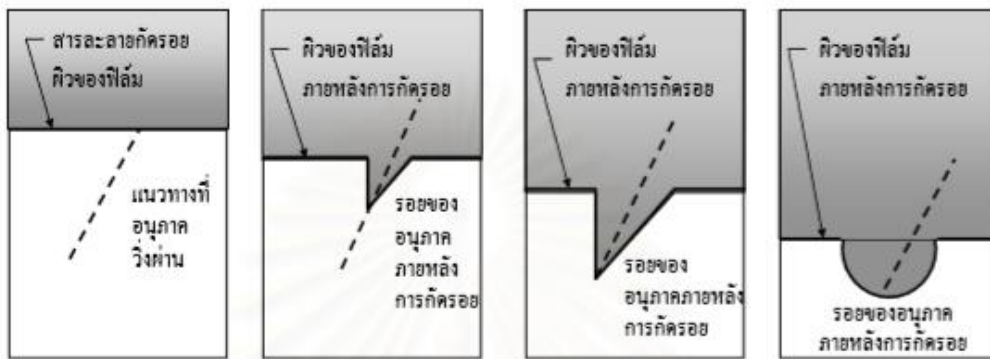
ทำการเปรียบเทียบค่ากลับไปเป็นค่าความแรงทางรังสี ได้ปริมาณความเข้มข้นของเรดอนออกมา วิธีการนี้มีข้อดี คือ เสียค่าใช้จ่ายน้อย และสามารถทำการตรวจวัดได้ในหลาย ๆ ตำแหน่งพร้อมกัน แต่มีข้อเสีย คือ ต้องวางฟิล์มวัดรังสีไว้นานถึง 14 สัปดาห์ และยังมีความแปรปรวนของผลการวัดจากภาพภูมิประเทศ เช่น พื้นที่ที่จะทำการฝังตัวฟิล์ม ดินแข็งเกินไป ไม่สามารถเจาะฝังตัวฟิล์มตามความลึกที่ต้องการได้ หรือลักษณะ และสภาพธรณีในพื้นที่ไม่อำนวยต่อการฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนจากใต้ดินได้ และสภาพภูมิอากาศ ก็จะมีผลต่อปริมาณเข้มข้นของเรดอนด้วย เพราะถ้าภูมิอากาศมีฝนตก หรือมีความชื้นสูงในพื้นที่ก็จะส่งผลกระทบต่อจำนวนรอยของอนุภาคแอลฟา เนื่องจากความชื้น หรือหยดน้ำจะเข้าไปแย่งพื้นที่ในการจับหรือเกาะติดของอนุภาคแอลฟากับแผ่นฟิล์มทำให้ผลการตรวจวัดเกิดความผิดพลาดได้ ในปัจจุบันนี้ได้มีการประยุกต์วิธีการนับรอยที่สะดวกและรวดเร็วขึ้น เช่น การใช้สปาร์คเคาน์เตอร์ (Spark counter) การนับรอยจากภาพโดยคอมพิวเตอร์ เป็นต้น ตัวอย่างฟิล์มที่นำมาใช้บันทึกจำนวนรอยอนุภาคแอลฟา ได้แก่ เซลลูโลสไนเตรต (Cellulose nitrate) เช่น Kodak LR115, Kodak CN85 เซลลูโลสอะซิเตต (Cellulose acetate) พลาสติก CR-39 โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้แผ่นฟิล์มพลาสติก CR-39 ใช้อุปกรณ์ในการบันทึกจำนวนรอยของอนุภาคแอลฟา หลักการ และขั้นตอนการปฏิบัติ

- 1) ติดตั้งภาชนะทรงกระบอกที่มีฟิล์มบันทึกจำนวนรอยอนุภาคแอลฟาอยู่พื้นฐานด้านใน ใ้ทิ้งไว้ในบริเวณที่ต้องการตรวจวัดหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนประมาณ 1-4 สัปดาห์
- 2) นำไปล้างกัตรอยด้วยสารละลายที่เหมาะสม (Etching)
- 3) ส่องดู และนับความหนาแน่นของจำนวนรอย โดยใช้กล้องจุลทรรศน์

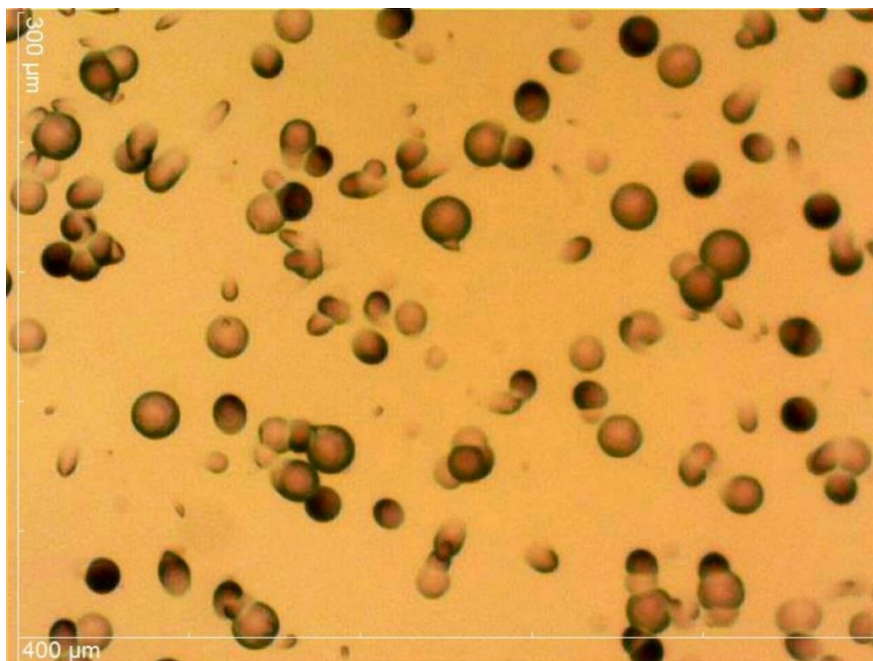
เมื่อนำเอาภาชนะที่มีการติดตั้งแผ่นฟิล์มไว้ภายใน ไปทิ้งไว้ในบริเวณที่ต้องการตรวจวัดหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน อนุภาคแอลฟาที่ปลดปล่อยจากการสลายตัวของก๊าซเรดอนบริเวณนั้นจะเคลื่อนเข้าชนกับแผ่นฟิล์ม ทำให้เกิดการบันทึกการชนของอนุภาคแอลฟาเอาไว้ในแผ่นฟิล์ม ซึ่งถ้าก๊าซเรดอนมีปริมาณความเข้มข้นมากก็จะทำให้มีอนุภาคแอลฟาเกิดขึ้นมาก ส่งผลทำให้จำนวนรอยที่เกิดบนแผ่นฟิล์มมีมากเมื่อครบระยะเวลาที่กำหนดในการติดตั้งแผ่นฟิล์มในบริเวณ ที่ต้องการตรวจวัดหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน จึงนำแผ่นฟิล์มมาล้างด้วยสารเคมี ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการกัตรอย ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นฟิล์มที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนด้วย และจะมีการเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณความเข้มข้นของสารละลายในการกัตรอย ระยะเวลาในการกัตรอย ขึ้นอยู่กับชนิดของแผ่นฟิล์มด้วยเช่นกัน เมื่อทำการกัตรอยอนุภาคแอลฟาด้วยสารละลายบนแผ่นฟิล์มเสร็จเรียบร้อยแล้วเป็นขั้นตอนในการส่องดูจำนวนรอย และทำการนับจำนวนรอยของอนุภาคแอลฟาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ขนาดกำลังขยาย 400-1,000 เท่า เมื่อได้จำนวนของอนุภาคแอลฟา นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (Standard curve) เพื่อเปรียบเทียบค่าให้กลายเป็นค่าความแรงทางรังสี ซึ่งมีหน่วยเป็น Bq/m^3 (วิชาณศาสตร์, 2550)



รูปที่ 2. 15 ลักษณะการบันทึกรอยของอนุภาคแอลฟาบนแผ่นฟิล์ม (ที่มา : วิชาวิทยาศาสตร์, 2550)



รูปที่ 2. 16 ลักษณะการกัดรอยของสารละลายบนแผ่นฟิล์ม (ที่มา : วิชาวิทยาศาสตร์, 2550)



รูปที่ 2. 17 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ถูกกัดรอย และถูกส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์
ที่มีกำลังขยาย 400 เท่า

2.7 การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน

การวิเคราะห์ปริมาณก๊าซเรดอน วิธีแอลฟาแทรคดีเทคเตอร์ (Alpha track detector) หลักการของวิธีนี้คือ การวัดรังสีแอลฟาที่เกิดจากการสลายตัวของเรดอนโดยใช้แผ่นฟิล์มหรือพลาสติกที่มีความไวต่อรังสีแอลฟา เมื่อรังสีแอลฟาจากเรดอนในบริเวณนั้นวิ่งไปกระทบบนแผ่นฟิล์มจะทำให้เกิดรอยขึ้น หลังจากนั้นจึงเก็บเอาแผ่นฟิล์มมาผ่านกระบวนการกัดรอยโดยนำไปแช่ในสารเคมี คือ NaOH เพื่อให้เกิดรอยชัดขึ้น หลังจากผ่านกระบวนการกัดรอยแล้วจึงนำไปดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ในการการนับจำนวนรอย เพื่อนำไปใช้คำนวณกลับไปหาปริมาณก๊าซเรดอนในอากาศ (สุमितตา, 2546)

ในการวัดรังสีโดยวิธีการนี้จะใช้หลักการเกี่ยวกับการกัดรอยอนุภาค ซึ่งมีทฤษฎีและวิธีการ ดังนี้

2.7.1 ทฤษฎีการกัดรอย (Track etched theory)

2.7.1.1 กลไกการเกิดรอยในผลึก

เมื่อประจุเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในตัวกลาง จะถ่ายเทพลังงานให้กับอะตอมของตัวกลาง ซึ่งถ้าพลังงานมากพอจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนในวงโคจรหลุดออกไป เกิดประจุบวกขึ้นตามทางที่อนุภาคเคลื่อนที่ ประจุเหล่านี้จะออกแรงผลักรังสีซึ่งกันและกันทำให้ต้องจัดเรียงอะตอมใหม่เพื่อให้เกิดสมดุล จึงมีช่องว่างเกิดขึ้นหรือเกิดรอยอนุภาค

2.7.1.2 กลไกการเกิดรอยอนุภาคในพอลิเมอร์

กระบวนการที่สำคัญในการทำให้เกิดรอยอนุภาคในพอลิเมอร์ คือ กระบวนการไอออน โดยเกิดการร่อนอนุภาคในพอลิเมอร์จะเกิดลักษณะโครงสร้างของพอลิเมอร์ที่มีลักษณะเป็นลูกโซ่ที่เกิดจากการจับตัวกันของไฮโดรคาร์บอนเป็นสายยาว เมื่อมีอนุภาคที่มีพลังงานวิ่งเข้าไปในพอลิเมอร์ จะเกิดการแตกตัวเป็นไอออนทำให้สายโซ่ของพันธะถูกตัดขาดออกจากกัน ทำให้น้ำหนักโมเลกุลลดลง

2.7.1.3 กลไกการกัดขยายรอย

เนื่องจากรอยอนุภาคที่ใช้การบันทึกในวัสดุชนิดต่าง ๆ นั้นมีขนาดเล็กจึงได้มีการค้นคว้าวิจัยเพื่อทำการขยายขนาดรอยอนุภาคให้มีขนาดใหญ่ขึ้น จนกระทั่งปี ค.ศ. 1962 Price and Walker ได้ค้นพบว่ารอยอนุภาคสามารถขยายให้ใหญ่ขึ้นได้ โดยใช้กระบวนการกัดขยายขนาดด้วยสารเคมี (Track etching technique)

2.7.2 กระบวนการกัดรอยอนุภาค (Particle track etching)

เมื่ออนุภาคที่มีประจุที่มีพลังงานสูงผ่านเข้ามาในวัสดุที่เป็นฉนวน เช่น พลาสติก แก้ว หรือผลึก ทำให้วัสดุนั้นแตกตัวเป็นไอออนและเกิดรอยขนาดเล็กบนวัสดุ เมื่อล้างกับสารละลายกัดผิวที่เป็นสารละลายกรดหรือด่างเข้มข้น เนื้อวัสดุตรงที่เกิดรอยจะมีอัตราการละลายเร็วกว่าส่วนอื่น ทำให้รอยมีขนาดใหญ่ขึ้น จนสามารถสังเกตได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ รูปร่างและขนาดของรอยอนุภาคแปรผันตามชนิดและพลังงานของอนุภาค วัสดุที่ใช้บันทึกรอยอนุภาค รวมทั้งเงื่อนไขที่ใช้ในการล้างกัดรอย ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลาย อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการล้างกัดรอย การศึกษาการกัดรอยอนุภาคทางนิวเคลียร์ (Nuclear track etching) มีการประยุกต์ในด้านต่าง ๆ หลายด้าน เช่น การตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอน ซึ่งเป็นก๊าซที่ให้รังสีแอลฟาในธรรมชาติ โดยวัดความหนาแน่นของรอยอนุภาคบนแผ่นฟิล์ม CR-การตรวจวัดอนุภาคจากรังสีคอสมิกบนฟิล์มพลาสติก เพื่อการศึกษาทางดาราศาสตร์ การหาอายุทางธรณีวิทยา โดยคำนวณจากความหนาแน่นของรอยอนุภาคจากปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียมในผลึก ซึ่งเรียกว่าการหาอายุการร่อนบนฟิชชัน (Fission track dating) รวมทั้งการใช้อนุภาคที่มีประจุพลังงานสูงวิ่งทะลุผ่านแผ่นฟิล์มบาง เพื่อใช้ในการกรองสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการประสิทธิภาพสูง

2.7.3 กลไกการเกิดรอย (Track formation mechanism)

กลไกการเกิดรอยในวัสดุตัวกลางมี 2 ทฤษฎี คือ

2.7.3.1 ทฤษฎี ไอออนเอ็กซ์ปlosion spike theory

เมื่ออนุภาคมีประจุวิ่งผ่านเข้าไปในวัสดุตัวกลาง จะทำให้อะตอมเกิดการสั่น (Vibration) ซึ่งถ้าหากมีพลังงานเพียงพอจะทำให้ไอเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจรหรือเรียกว่า อะตอมแตกตัวเป็นไอออน (Ionization) เกิดประจุรอบ ๆ แนวที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่าน อะตอมที่มีประจุบวกเหล่านี้จะผลักรัน ทำให้อะตอมที่มีประจุเคลื่อนที่ไปเบียดกับอะตอมที่ถัดไปทำให้เกิดความเครียดขึ้น ความเครียดนี้จะแผ่กระจายไปยังอะตอมถัดไปทุกทิศทางทำให้โมเลกุลจัดเรียงตัวกัน

ใหม่เกิดความสมดุลและลายเป็นช่องว่างเกิดขึ้นในบริเวณนั้น จนสามารถมองเห็นได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ขบวนการนี้เกิดขึ้นได้กับสารจำพวกที่เป็นฉนวน เช่น ไมกา และพลาสติก เป็นต้น แต่ถ้าเป็นตัวกลางที่เป็นตัวนำที่ดี เช่น โลหะ อะตอมที่กลายเป็นไอออนบวกดังกล่าว จะจับเอาอิเล็กตรอนจากบริเวณรอบ ๆ ทำให้อะตอมนั้นกลายเป็นกลางกลับคืนสู่สภาพเดิม จึงไม่เกิดช่องว่าง

2.7.3.2 ทฤษฎีอิเล็กทรอนิกส์เทอร์มัลสไปค์ (Electronic thermal spike)

เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางใด ๆ จะคายพลังงานให้กับวัตถุตัวกลางที่วิ่งผ่านเกิดเป็นความร้อนขึ้นในกรณีที่ว่าวัตถุตัวกลางเป็นตัวนำความร้อนที่ดี ความร้อนที่เกิดขึ้นจะแผ่กระจายไปอย่างรวดเร็วทำให้บริเวณนี้มีอุณหภูมิสูงขึ้นมากพอที่จะทำให้โครงสร้างของตัวกลางในบริเวณนั้นถูกทำลายไป เป็นผลให้เกิดรอยขึ้น จากทฤษฎีทั้งสองที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการเกิดรอยบนวัตถุตัวกลางนั้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญ 2 ประการ คือ คุณสมบัติของอนุภาคที่มีประจุ เช่น มวล พลังงาน เลขประจุ และ คุณสมบัติของตัวกลาง เช่น ชนิดของวัตถุตัวกลางเป็นฉนวนหรือตัวนำความร้อน หรือแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมมากหรือน้อย เป็นต้น ในการเกิดรอยนี้ขึ้นอยู่กับระดับพลังงานของอนุภาคที่มีประจุ อนุภาคที่มีประจุต้องถ่ายเทพลังงานให้วัสดุตัวกลางมากกว่าค่าพลังงานวิกฤต (Critical energy) ของวัสดุชิ้นนั้นจึงจะปรากฏรอยขึ้น ดังนั้นการที่จะเกิดรอยขึ้นอยู่กับชนิดและระดับพลังงานของอนุภาคที่มีประจุและชนิดของวัสดุที่ใช้

2.7.4 ลักษณะของรอยอนุภาค

การเกิดรอยของอนุภาคบนแผ่นวัสดุบันทึกรอยนั้นจะมีความลึกของรอยอยู่ในระดับที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพลังงานจลน์ของอนุภาคที่พุ่งเข้าชนวัสดุบันทึกรอยนั้น ถ้าอนุภาคที่ชนมีพลังงานจลน์มาก อัตราการสูญเสียพลังงานในตัวกลางก็จะน้อย แต่ถ้าอนุภาคมีพลังงานจลน์น้อย อัตราการสูญเสียพลังงานจลน์ในตัวกลางก็จะมาก เช่น ถ้าเราใช้วัสดุตัวกลางเป็นเซลลูโลสในเตตราต อนุภาคที่ทำให้เกิดรอยบนแผ่นตัวกลางชนิดนี้ได้จะมีพลังงานจลน์ในช่วงต่ำกว่าหรือเท่ากับ 0.55 MeV แต่ถ้าอนุภาคโปรตอนมีพลังงานมากกว่า 0.55 MeV พุ่งเข้าชนตัวกลางจะต้องรอให้โปรตอนนั้นเสียพลังงานไปบางส่วนก่อน จนกระทั่งเหลือ 0.55 MeV จึงจะทำให้เกิดรอยบนตัวกลาง ดังนั้นรอยที่เกิดขึ้นจึงอยู่ลึกลงไปอีกในแผ่นวัสดุตัวกลาง เมื่อนำแผ่นตัวกลางไปกัดขยายรอยด้วยสารละลายที่เหมาะสม ก็จะปรากฏรอยขึ้นบนแผ่นวัสดุ ถ้าใช้เวลาในการกัดรายนานก็จะเห็นรอยของอนุภาคที่อยู่ลึกลงไปอีกระดับ และรอยที่อยู่ตื้นก็จะถูกลบเลือนไป (สุกัญญา, 2549 : กมลวรรณ และคณะ, 2554)

บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงวัสดุและอุปกรณ์ในการตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอน เพื่อคาดการณ์การเกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้แผ่นฟิล์ม CR-39 เมื่ออนุภาคแอลฟาที่ถูกปล่อยจากการสลายตัวของเรดอนมาชนแผ่นฟิล์ม จะเกิดรอยของการชนที่แผ่นฟิล์ม มีวัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลองดังนี้

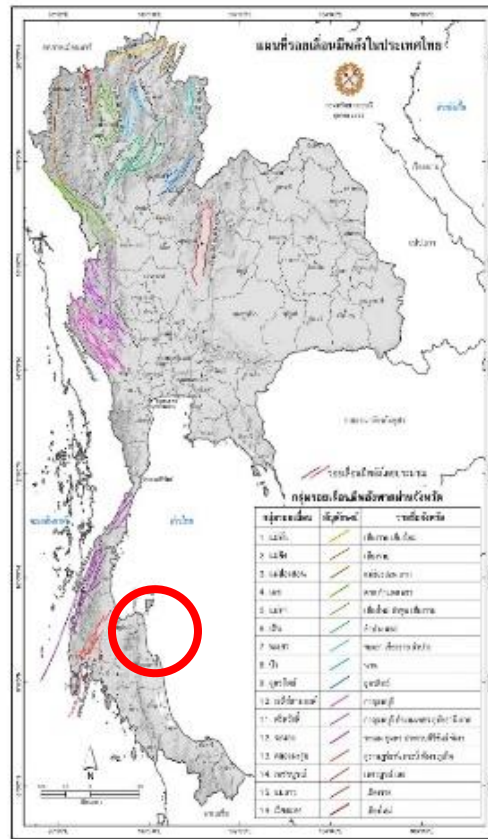
3.1 สถานที่เก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลพื้นที่ที่ทำการศึกษาริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น พาดผ่านอำเภอไชยา อำเภอนาหวาง อำเภอวิภาวดี และอำเภอนาขน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประกอบด้วยรอยเลื่อนบริเวณในแนวทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวประมาณ 23.2 km (อดีต, 2558) ห่างจากรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยประมาณ 25.4 km การเก็บข้อมูลได้กำหนดตำแหน่งการวางตัวอย่างทั้งหมด 11 สถานี และมี 1 สถานีที่เป็นสถานี Back ground คือ KDF1(BG) โดยใช้ แอปพลิเคชัน Google earth ในการระบุพิกัดตำแหน่ง ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 1สถานีเก็บข้อมูล KDF1-KDF12

Station	Area	Latitude	Longitude
KDF1(BG)	ต.ปากฉลุย อ.ท่าฉาง	9°21'03.3"N	98°59'02.9"E
KDF2	ต.ตะกุกเหนือ กิ่งอ.วิภาวดี	9°22'24.9"N	98°53'07.7"E
KDF3	ต.ปากฉลุย อ.ท่าฉาง	9°23'28.9"N	98°54'09.2"E
KDF4	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°24'26.1"N	98°54'58.9"E
KDF5	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°24'56.2"N	98°55'11.6"E
KDF6	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°25'59.1"N	98°55'53.0"E
KDF7	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°27'44.3"N	98°56'58.6"E
KDF8	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°28'39.2"N	98°57'32.3"E
KDF9	ต.ปากหมาก อ.ไชยา	9°29'25.5"N	98°57'29.6"E
KDF10	ต.ประสงค์ อ.ท่าชนะ	9°29'59.7"N	98°57'45.4"E
KDF11	ต.ประสงค์ อ.ท่าชนะ	9°30'28.5"N	98°58'54.5"E
KDF12	ต.ประสงค์ อ.ท่าชนะ	9°31'13.9"N	98°58'29.4"E

พื้นที่ที่ทำการศึกษาริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น พาดผ่านอำเภอไชยา อำเภอนาหวาง อำเภอวิภาวดี และอำเภอนาขน จังหวัดสุราษฎร์ธานี ประกอบด้วยรอยเลื่อนบริเวณในแนวทิศ ตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ มีความยาวประมาณ 23.2 km (อดีต, 2558) ห่างจากรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยประมาณ 25.4 km



รูปที่ 3. 1 แผนที่ประเทศไทย จังหวัดสุราษฎร์ธานี (กรมทรัพยากรธรณี, 2560)



รูปที่ 3. 2 แสดงสถานีเก็บข้อมูลตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2 ช่วงการเก็บข้อมูล

ในการเก็บข้อมูลทำการเก็บทั้งหมด 12 ครั้ง เพื่อเก็บข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซเรดอน บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ครบทุกฤดูกาลตลอด 1 ปี โดยมีช่วงการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3. 2 แสดงช่วงการเก็บข้อมูล

ครั้งที่	ช่วงการวางแผ่นฟิล์ม
1	17 ส.ค. 62 - 14 ก.ย. 62
2	14 ก.ย. 62 - 11 ต.ค. 62
3	11 ต.ค. 62 - 21 พ.ย. 62
4	21 พ.ย. 62 - 27 ธ.ค. 62
5	27 ธ.ค. 62 - 24 ม.ค. 63
6	24 ม.ค. 63 - 22 ก.พ. 63
7	22 ก.พ. 63 - 16 มี.ค. 63
8	16 มี.ค. 63 - 6 พ.ค. 63
9	6 พ.ค. 63 - 16 มิ.ย. 63
10	16 มิ.ย. 63 - 8 ก.ค. 63
11	8 ก.ค. 63 - 30 ก.ค. 63
12	30 ก.ค. 63 - 21 ส.ค. 63

3.3 วัสดุ และสารเคมี

3.3.1 แผ่นฟิล์ม CR-39

3.3.2 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 6.25 N

3.3.3 น้ำกลั่น

3.4 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.4.1 อุปกรณ์

- 1) ถุงมือพลาสติก
- 2) ถุงซิปล็อคใส
- 3) ถุงซิปล็อคอะลูมิเนียม
- 4) เทปใส
- 5) ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.50 cm ยาว 50 cm
- 6) ฝาท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.50 cm
- 7) ถุงมือป้องกันสารเคมี

3.4.2 เครื่องมือ

กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า ยี่ห้อ Olympus

3.5 วิธีดำเนินการทดลอง

3.5.1 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับติดแผ่นฟิล์ม CR-39

3.5.1.1 ใช้ท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11.50 cm ยาว 50 cm และมีฝาครอบปลายท่อ PVC ด้านหนึ่ง ส่วนปลายอีกด้านเปิดโล่ง โดยติดแผ่นฟิล์ม CR-39 ด้านในของฝาที่ครอบท่อ PVC

3.5.1.2 กำหนดตำแหน่งวางแผ่นฟิล์มตามแนวรอยเลื่อนรวมทั้งหมด 12 ตำแหน่ง โดยระยะห่างระหว่างตำแหน่งประมาณ 2 km ทำการขุดหลุมลึกประมาณ 70 cm ตำแหน่งที่จะวางแผ่นฟิล์ม วางท่อ PVC ซึ่งมีแผ่นฟิล์ม CR-39 ติดไว้ในลักษณะคว่ำลง จากนั้นเอาดินกลบปิดหลุมให้มิด (วิษณุศาสตร์, 2551) โดยจะวางทิ้งไว้ประมาณ 4 สัปดาห์ ดังรูปที่ 3 โดยทำการทดลองตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2562 ถึง เดือนสิงหาคม 2563 รวม 12 ครั้ง



รูปที่ 3. 3 การวางแผ่นฟิล์มบริเวณรอยเลื่อน

3.5.2 การกัดรอยแผ่นฟิล์ม CR-39

3.5.2.1 นำแผ่นฟิล์มที่วางไว้เมื่อครบกำหนดเวลาเข้ากระบวนการกัดรอย (Etching) เพื่อขยายรอยที่รังสีแอลฟาชนแผ่นฟิล์ม โดยนำแผ่นฟิล์มดังกล่าวไปเจาะรูที่มุมใดมุมหนึ่ง แล้วใช้ลวดผูกแผ่นฟิล์มไว้ตรงรูที่เจาะ ผูกติดกับตะแกรง

3.5.2.2 เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 6.25 N ใส่ในบีกเกอร์

3.5.2.3 นำบีกเกอร์ไปใส่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) ซึ่งมีน้ำอยู่ครึ่งอ่างและมีอุณหภูมิ 96 °C

3.5.2.4 ทำการวัดอุณหภูมิของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ในบีกเกอร์ให้ได้ 96 °C แล้วนำแผ่นฟิล์มในข้อ 2.1 มาแช่ในสารละลายเป็นเวลา 2 hr ถ้าน้ำในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิแห้ง ให้เติมน้ำที่ละน้อย ๆ เพื่อควบคุมให้อุณหภูมิคงที่

3.5.2.5 เมื่อครบเวลา แล้วล้างแผ่นฟิล์ม ผ่านน้ำสะอาด เป็นเวลา 1 hr

3.5.2.6 นำแผ่นฟิล์ม มาล้างด้วยน้ำกลั่น รอให้แผ่นฟิล์ม CR-39 แห้ง

3.5.2.7 นำแผ่นฟิล์มที่แห้งแล้วไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ยี่ห้อโอลิมปัส (Olympus) กำลังขยาย 400 เท่า แผ่นฟิล์ม CR-39 แต่ละแผ่นจะถ่ายภาพ 5 ครั้ง แล้วนับรอย Number of Track เพื่อนำไปคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซเรดอน

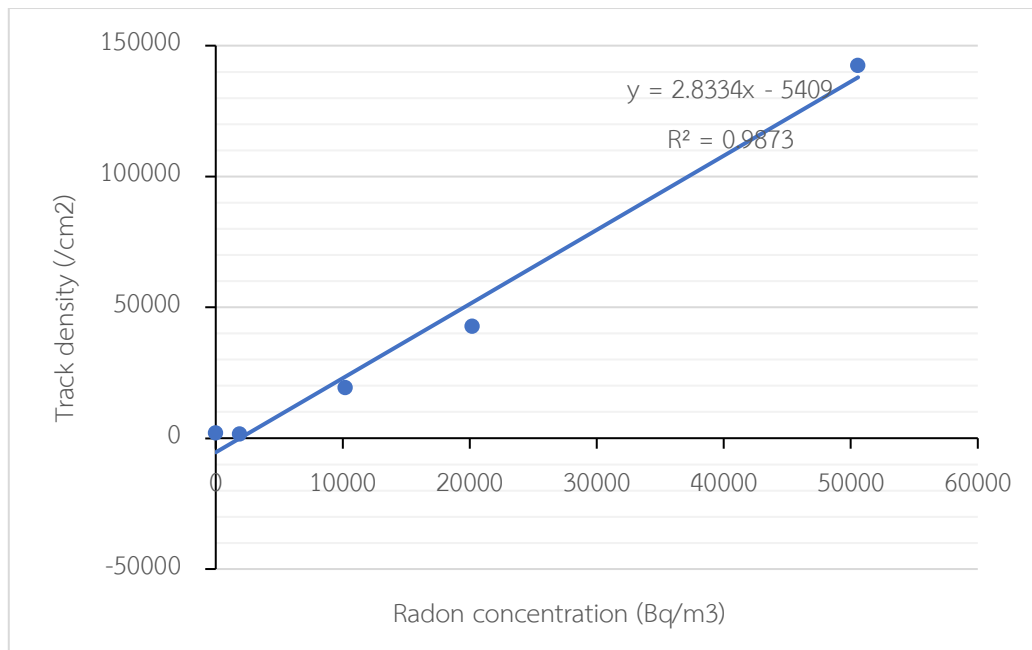
3.6 การเปรียบเทียบมาตรฐานเรดอน (^{222}Rn) ด้วยแผ่นฟิล์ม CR-39

กราฟเทียบมาตรฐานโดยใช้สำหรับความลึก 0.5 m สามารถเปรียบเทียบได้จากข้อมูลการนับจำนวนรอยต่อพื้นที่ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3. 3 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอน และจำนวนรอยต่อพื้นที่บนแผ่นฟิล์ม CR-39

Volume code	ในระบบปิดต่อชั่วโมง	
	Rn-conc (Bq/m ³)	Track density/cm ²
Background	0	1851.85
1	1890	1574.07
2	10230	19351.85
3	20215	42777.78
4	50573	142314.81

จากตารางที่ 3.3 นำข้อมูลในตารางมาเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Track density (/cm²) กับ Radon concentration (Bq/m³) แสดงในภาพที่ 3.4



รูปที่ 3. 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Track density (1/cm²) กับ Radon concentration (Bq/m³) ของแผ่นฟิล์มมาตรฐาน

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Track density (1/cm²) กับ Radon concentration (Bq/m³) ได้สมการเส้นตรง (3.1)

$$y = 2.8334x - 5409 \quad (3.1)$$

ดังนั้น เมื่อ $y =$ Track density (1/cm²) และ $x =$ Radon concentration (Bq/m³) จะได้ว่า

$$TD \text{ (Track/cm}^2\text{)} = 2.8334 \text{ Rn-conc (Bq/m}^3\text{)} - 5409 \quad (3.2)$$

$$\text{Rn-conc (Bq/m}^3\text{)} = (TD + 5409) \times \left(\frac{1}{2.8334} \right) \quad (3.3)$$

$$= (TD + 5409) \times 0.35293$$

$$\text{เมื่อ Corr. TD} = (TD + 5409)$$

ในการศึกษาความหนาแน่นของจำนวนรอยพื้นหลังที่วัดได้คือ 1851.85 ต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งแตกต่างจากค่าสมการถดถอยในสมการ (1) คือ 5409 ต่อตารางเซนติเมตร เมื่อปรับเทียบจำนวนรอยพื้นหลังเป็นศูนย์ ดังนั้นความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในดินสามารถคำนวณโดยใช้สมการ (3.4)

$$\text{Rn-conc (Bq/m}^3\text{)} = \text{Corr.TD} \times 0.35293 \quad (3.4)$$

สามารถหาความเข้มข้นของเรดอนในหน่วย Bq/m³ /hr ได้จาก

$$\text{Rn-conc (Bq/m}^3\text{) per hour} = 0.35293 \times \text{Corr.TD} \quad (3.5)$$

ถ้า

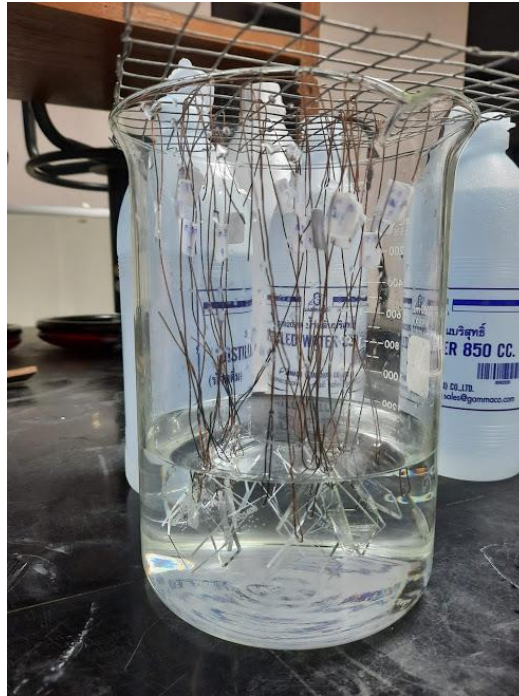
$$\text{Rn-conc (Bq/m}^3\text{) per day} = 8.47032 \times \text{Corr.TD (in Bq/m}^3\text{ /day unit)} \quad (3.6)$$

ดังนั้นสมการที่ได้จะเป็นสมการสำหรับความยาว 1 m ในหน่วย Bq/m³/day unit ซึ่งจากสมการ (3.6)

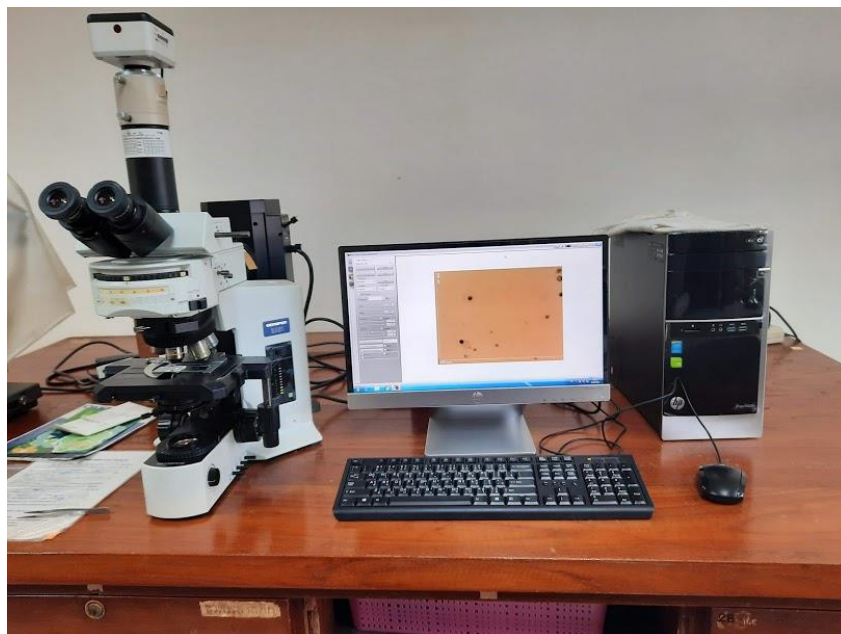
จะได้

$$\text{Rn-conc (Bq/m}^3\text{)} = \frac{8.47032 \times \text{Corr.TD (Track/cm}^2\text{)}}{\text{Exposure time (day)}} \quad (3.7)$$

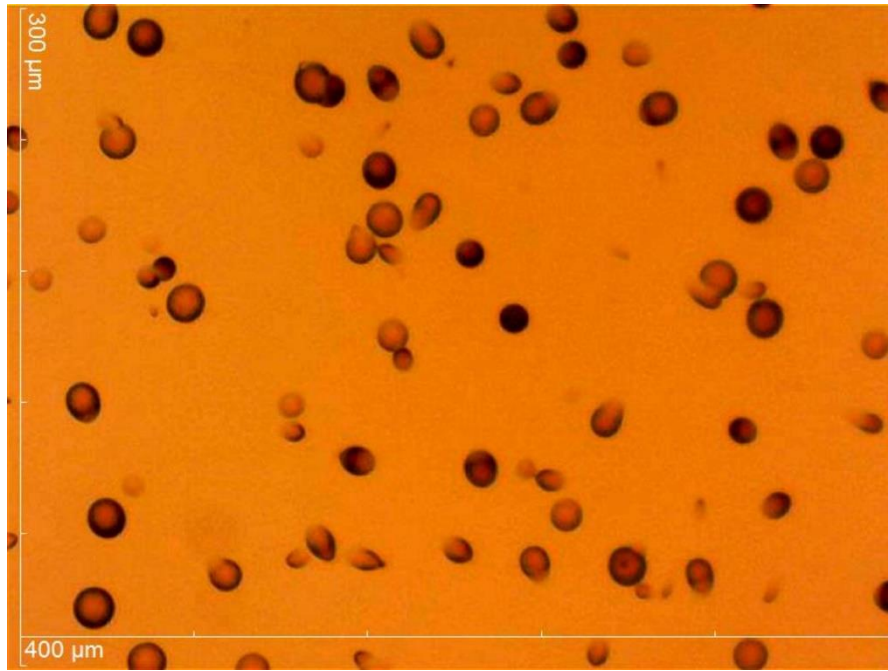
และคำนวณค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี จากสมการ (3.7)



รูปที่ 3. 5 แผ่นฟิล์ม CR-39 ที่มีลวดผูก นำไปผูกติดกับตะแกรง



รูปที่ 3. 6 ถ่ายภาพแผ่นฟิล์ม CR-39 ด้วยกล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 3. 7 แสดงแผ่นฟิล์ม CR-39 ที่ส่องรอยอนุภาคแอลฟาด้วยกล้องจุลทรรศน์

บทที่ 4
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการคาดคะเนการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยใช้วิธี Track etched method แผ่นฟิล์ม CR-39 การกัทรอยอนุภาค บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีได้พาดผ่านคือ อำเภอท่าฉาง วิภาวดี ไชยา และท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน เพื่อคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหว ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทั้ง 12 ครั้ง ซึ่งผลการวิจัยมีดังนี้

ตารางที่ 4. 1 แสดงค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอน บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

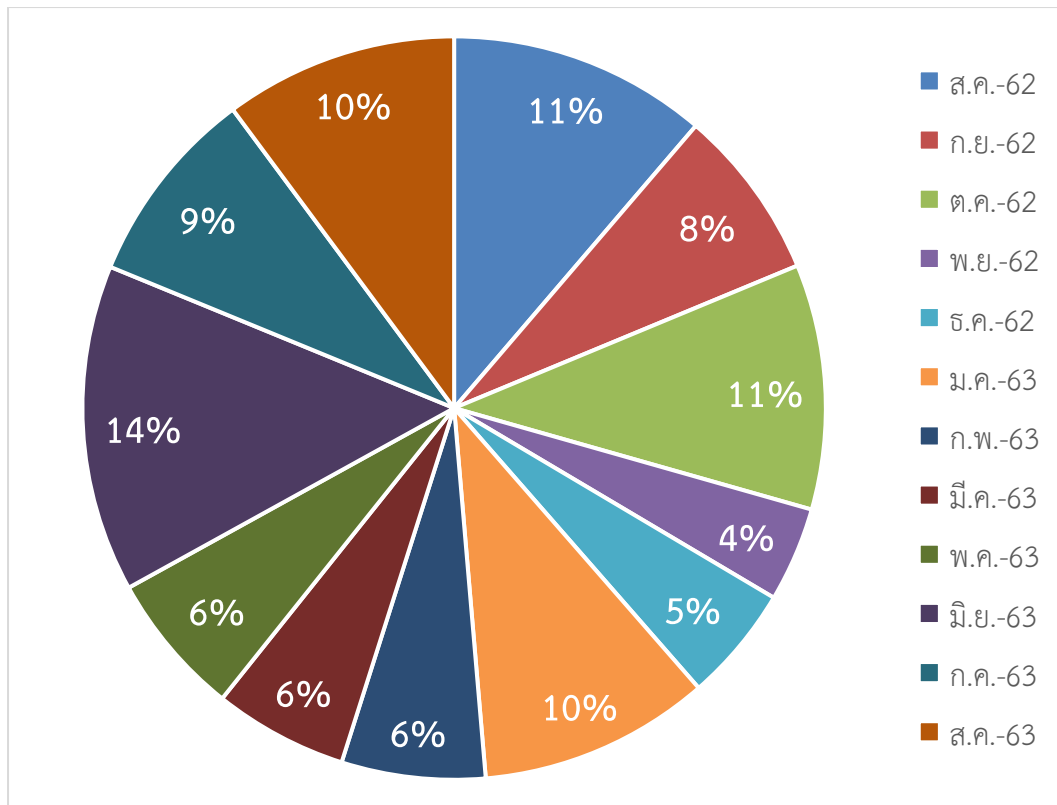
statio	Radon concentration (kBq/m ³)											
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12
KDF1(BG)	7.58 ±0.63	5.92 ±0.39	3.99 ±0.23	2.91 ±0.07	2.57 ±0.09	4.66 ±0.39	4.31 ±0.30	2.42 ±0.34	2.90 ±0.06	***	4.44 ±0.28	7.11 ±0.65
KDF2	85.96 ±1.13	25.75 ±1.30	13.51 ±0.36	2.06 ±0	2.74 ±0.15	59.53 ±1.13	27.39 ±0.85	41.39 ±2.94	10.53 ±0.38	45.18 ±1.67	25.08 ±0.65	23.37 ±0.95
KDF3	43.12 ±1.41	22.48 ±1.30	29.70 ±0.36	2.97 ±0.13	17.56 ±1.11	10.46 ±0.39	11.71 ±0.62	76.07 ±9.04	25.05 ±1.15	26.68 ±1.34	41.97 ±0.91	53.10 ±0.85

statio	Radon concentration (kBq/m ³)											
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12
KDF4	43.04 ±0.21	22.48 ±0.08	39.34 ±0.75	25.65 ±0.80	26.71 ±1.11	36.76 ±0.51	26.72 ±1.21	52.40 ±1.48	16.27 ±1.01	65.18 ±1.09	18.66 ±0.77	28.71 ±0.37
KDF5	13.83 ±1.14	20.38 ±0.73	7.09 ±0.30	5.52 ±0.33	3.96 ±1.48	4.66 ±0.58	6.33 ±0.11	13.95 ±0.69	6.86 ±0.06	15.13 ±0.11	13.63 ±0.37	6.90 ±0.19
KDF6	2.96 ±0.08	29.53 ±0.73	19.31 ±0.47	22.71 ±1.42	30.45 ±0.17	2.98 ±0.17	21.56 ±1.17	58.89 ±5.47	22.75 ±0.38	78.34 ±0.70	42.51 ±0.49	45.61 ±0.95
KDF7	2.80 ±0.51	5.33 ±0.30	47.14 ±0.32	1.86 ±0.00	2.39 ±0.09	1.89 ±0.00	5.21 ±0.51	9.15 ±0.41	6.45 ±0.40	4.22 ±0.39	6.15 ±0.21	6.36 ±0.28
KDF8	3.12 ±0.21	7.69 ±0.15	34.86 ±0.32	15.85 ±0.00	2.31 ±0.09	9.70 ±0.00	16.64 ±0.51	82.94 ±0.45	20.80 ±0.94	27.86 ±1.19	20.16 ±1.02	14.27 ±0.19
KDF9	41.01 ±0.42	12.73 ±1.01	23.50 ±0.40	7.22 ±0.43	14.42 ±1.37	8.69 ±0.63	5.88 ±0.19	14.94 ±0.45	11.85 ±0.57	9.14 ±0.49	4.54 0.39	7.43 ±0.39

statio	Radon concentration (kBq/m ³)											
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ครั้งที่ 6	ครั้งที่ 7	ครั้งที่ 8	ครั้งที่ 9	ครั้งที่ 10	ครั้งที่ 11	ครั้งที่ 12
KDF10	2.31 ±0.00	3.82 ±0.08	2.44 ±0.11	4.28 0.43	2.31 ±0.09	5.17 ±0.39	4.20 ±0.19	3.93 ±0.26	3.07 ±0.25	5.08 ±0.28	4.01 ±0.19	3.58 ±0.11
KDF11	3.77 ±0.28	21.13 ±0.97	6.17 ±0.15	2.12 ±0.07	2.31 ±0.09	8.44 ±0.15	6.22 ±0.19	18.14 ±0.22	11.22 ±0.72	16.95 ±0.43	12.67 ±0.32	19.52 ±0.28
KDF12	15.45 ±15.45	16.93 ±0.89	23.67 ±0.91	3.69 ±0.40	10.93 ±0.38	11.80 ±0.42	10.81 ±0.40	17.43 ±0.45	9.15 ±0.98	12.99 ±0.49	9.36 ±0.47	22.83 ±0.77

***หมายเหตุ : KDF1(BG) ครั้งที่ 10 แผ่นฟิล์มหาย

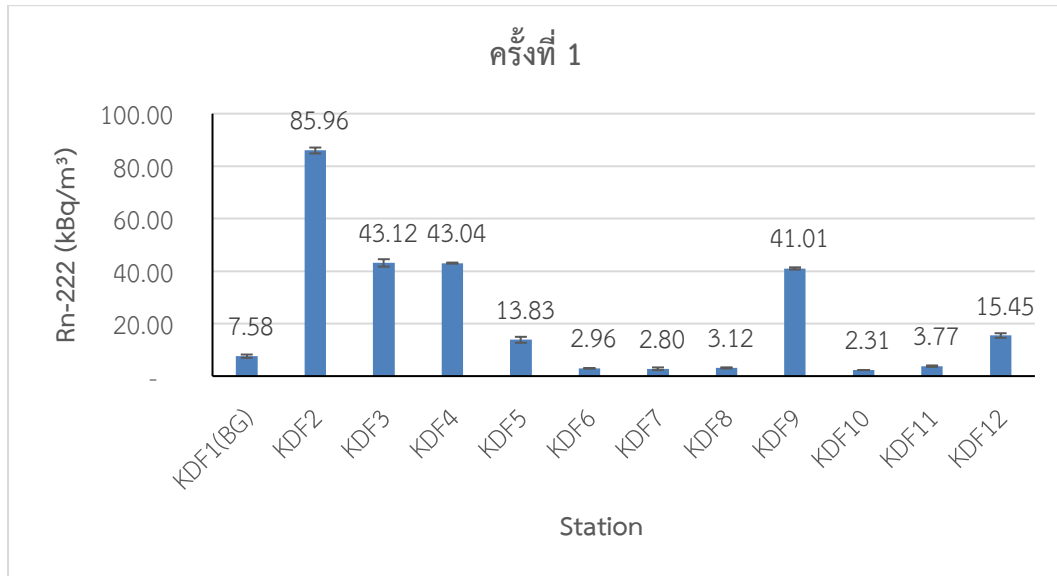
4.1 ข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเฉลี่ยในเดือนต่าง ๆ ทั้ง 12 เดือน



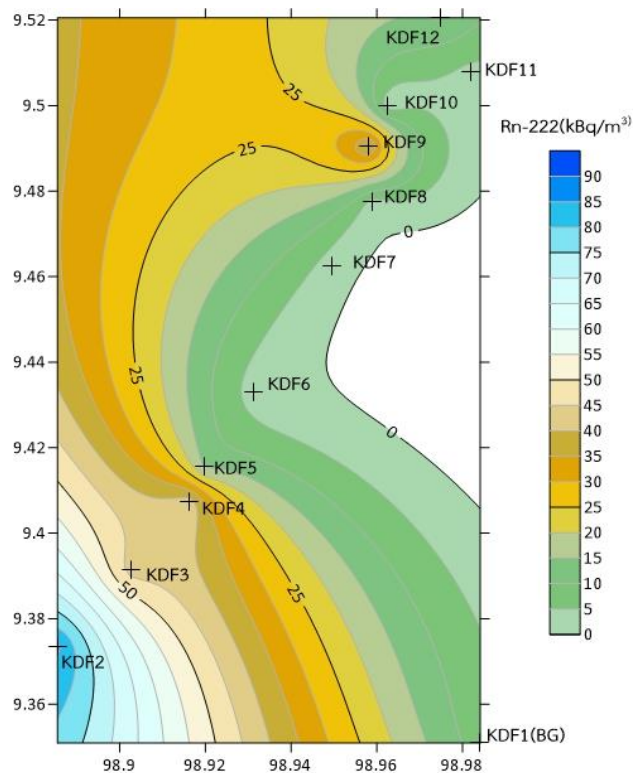
รูปที่ 4. 1 แสดงร้อยละของความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในเดือนต่าง ๆ ทั้ง 12 เดือน

จากรูปที่ 4.1 - 4.13 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าในเดือน มิถุนายน 2563 มีร้อยละความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงที่สุด ร้อยละ 11 ได้แก่เดือนสิงหาคม 2562 และตุลาคม 2562 ร้อยละ 10 ได้แก่เดือน มกราคม 2563 และสิงหาคม 2563 เนื่องจากเดือนมิถุนายนเป็นช่วงที่ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทยและยังมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านภาคใต้เป็นระยะ ๆ ถึงเดือนพฤศจิกายนเป็นระยะแรกที่ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยทำให้มีฝนตกต่อเนื่องจนถึงเดือนธันวาคมฝนจึงเริ่มลดลง (ศูนย์ภูมิอากาศ, 2566) สำหรับเดือนมกราคม 2563 ที่มีค่าร้อยละความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงเนื่องมาจากในวันที่ 26 มกราคม 2563 ได้เกิดแผ่นดินไหวบริเวณรอยเลื่อนตะกั่วป่า อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงาขึ้น 2 ครั้ง ขนาด 2.1 และ 2.2 ห่างจากรอยเลื่อนเขาเด่น 16.4 km (กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2563) ส่งผลให้บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่นมีความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูง

4.2 ผลความเข้มข้นของก๊าซเรดอนบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ในเดือนต่าง ๆ

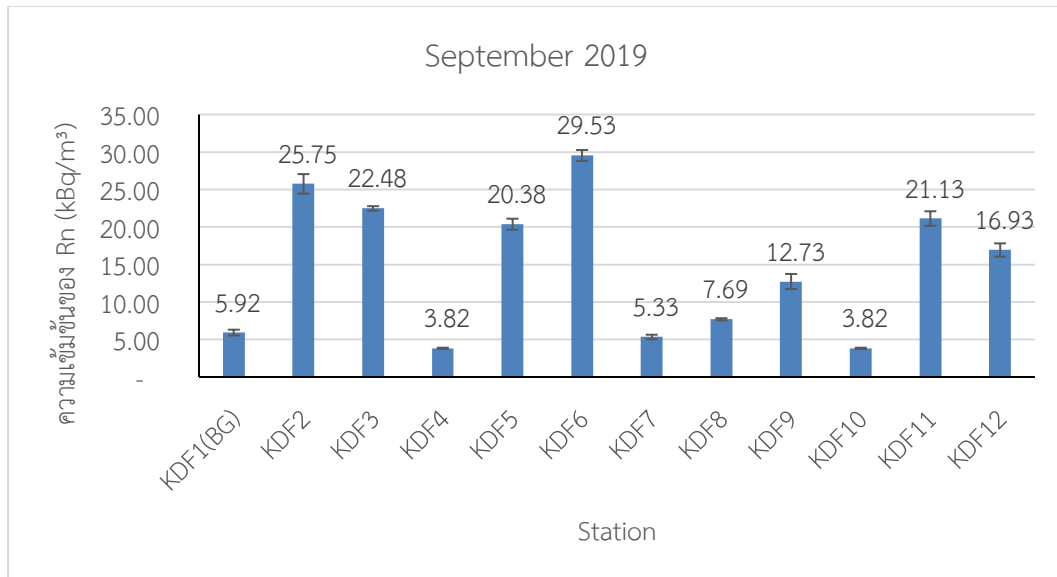


รูปที่ 4. 2 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 1

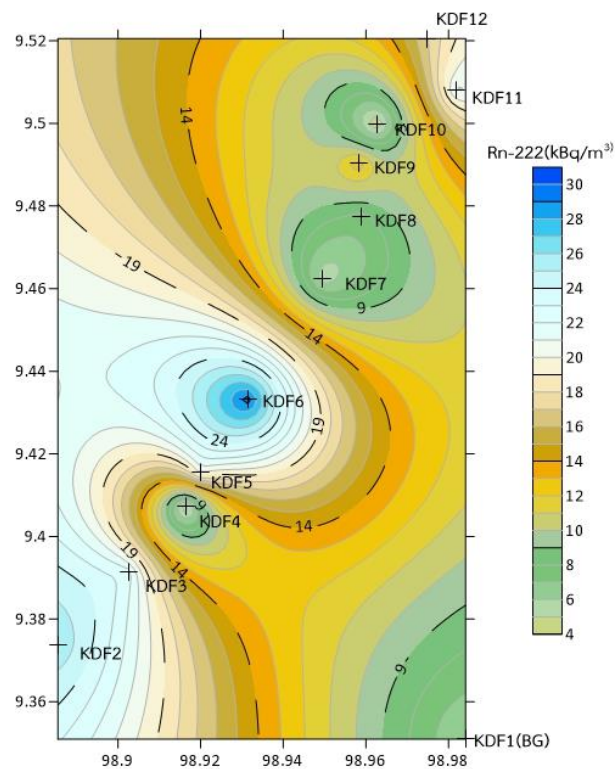


รูปที่ 4. 3 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.14 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF5 KDF9 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 1 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

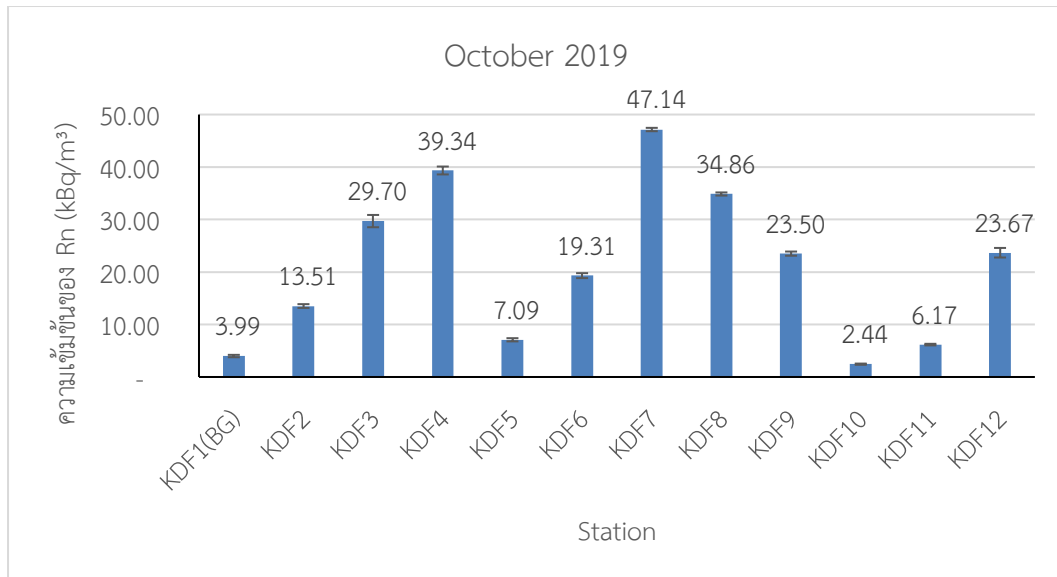


รูปที่ 4. 4 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 2

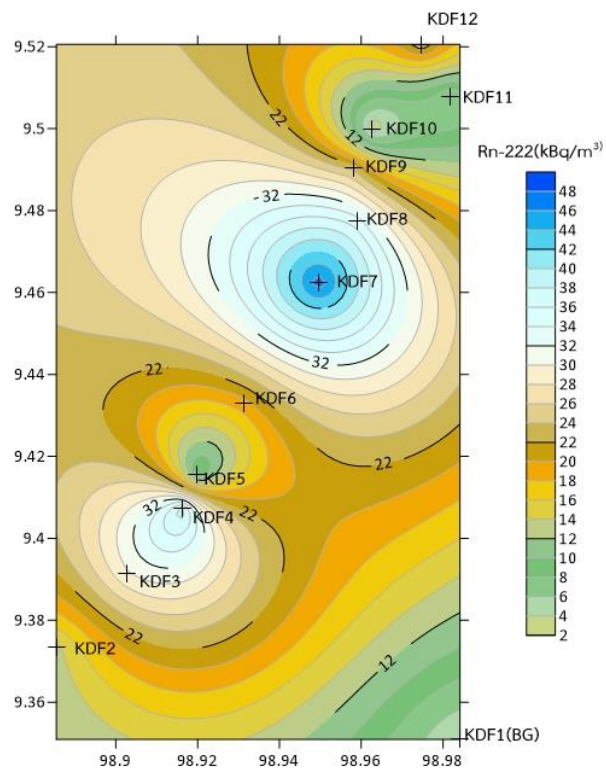


รูปที่ 4. 5 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.16 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF5 KDF6 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 2 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

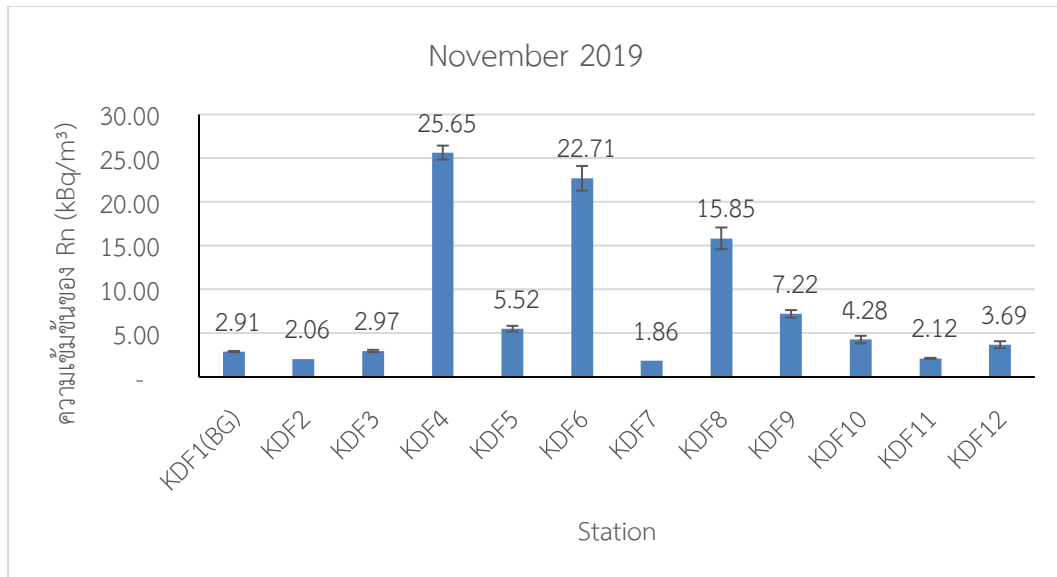


รูปที่ 4. 6 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 3

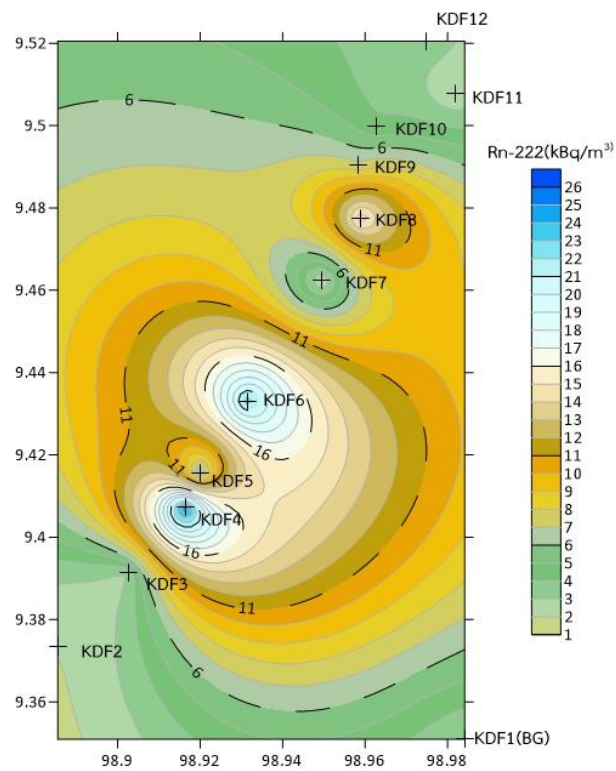


รูปที่ 4. 7 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 3

จากรูปที่ 4.18 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF5 KDF6 KDF7 KDF8 KDF9 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 3 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

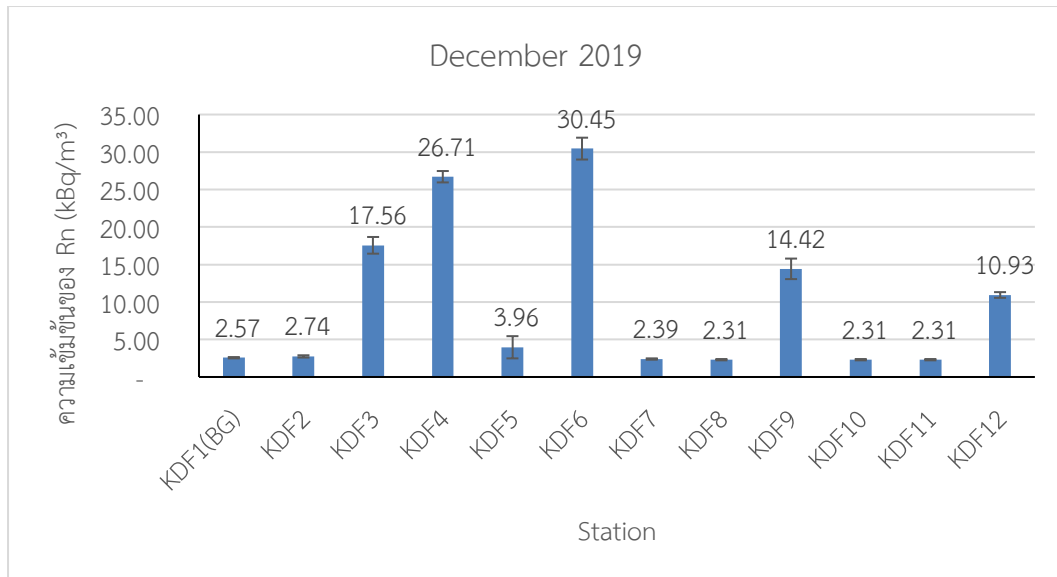


รูปที่ 4. 8 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 4

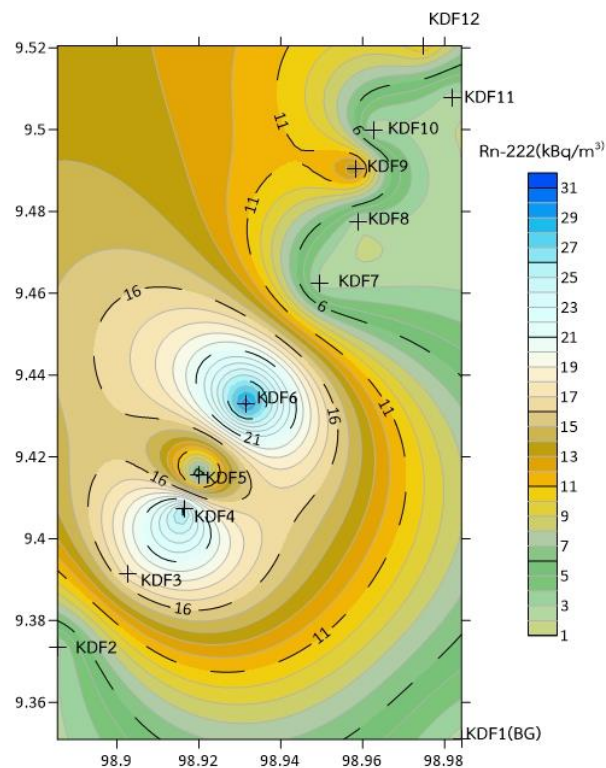


รูปที่ 4. 9 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 4

จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นว่า KDF4 KDF6 KDF8 KDF9 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 4 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

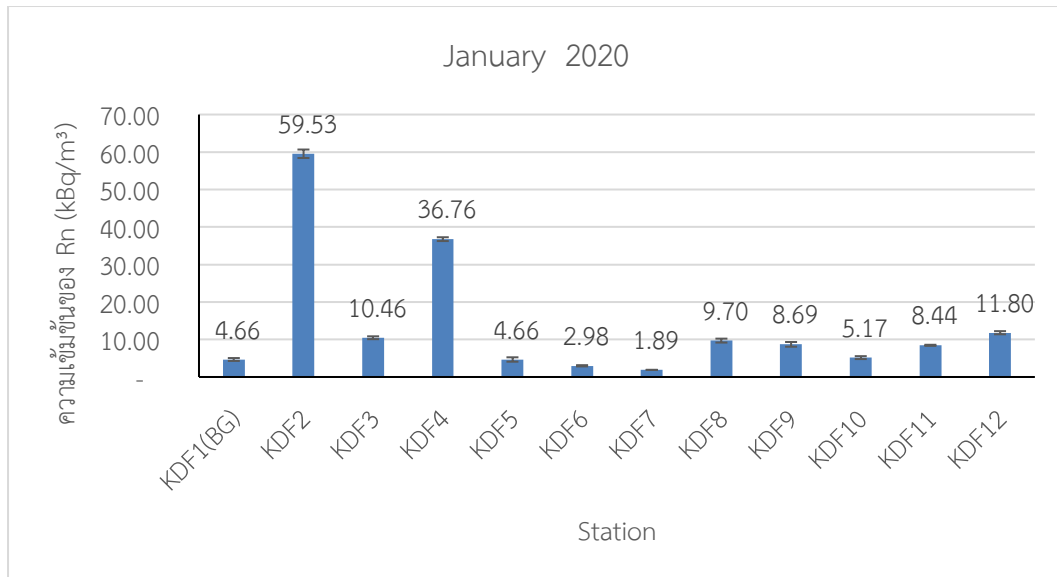


รูปที่ 4. 10 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 5

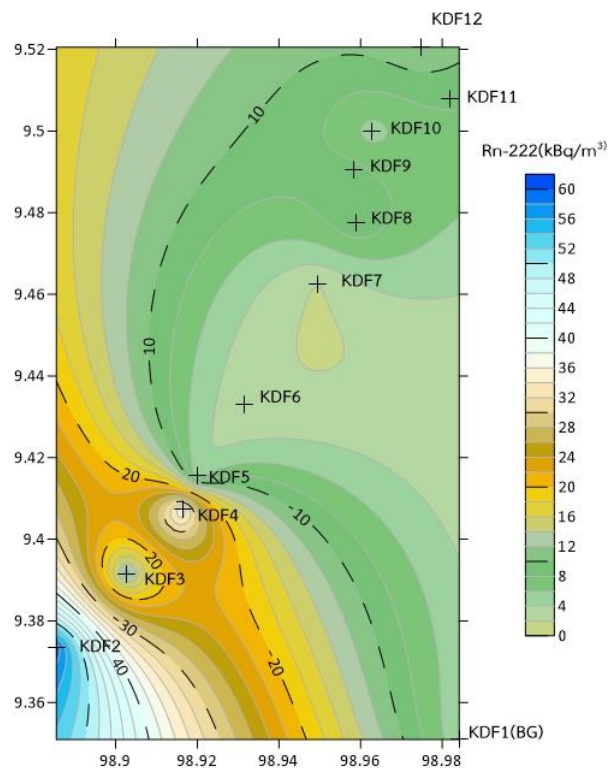


รูปที่ 4. 11 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 5

จากรูปที่ 4.22 แสดงให้เห็นว่า KDF3 KDF4 KDF6 KDF9 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 5 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

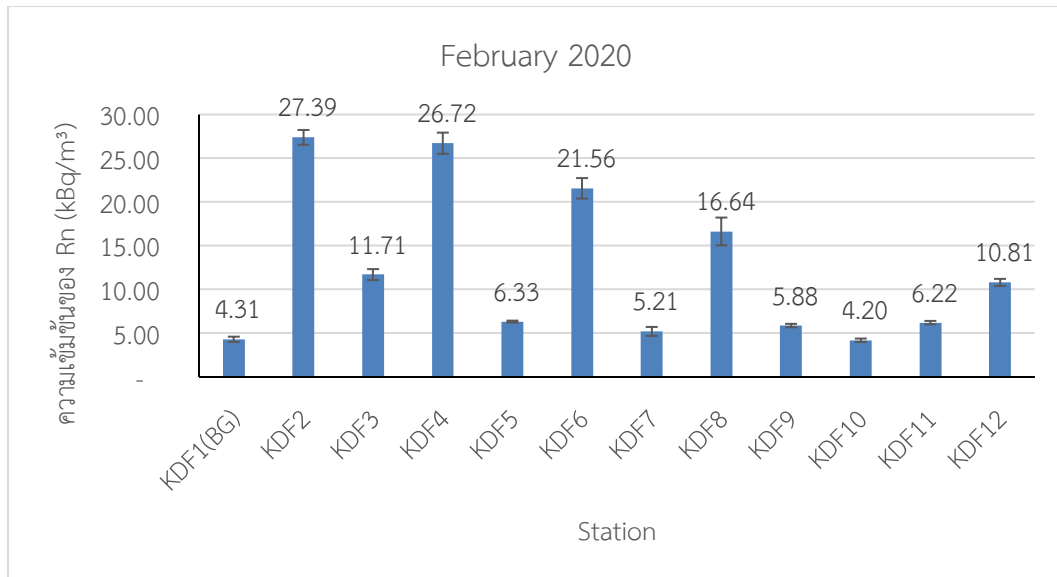


รูปที่ 4. 12 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 6

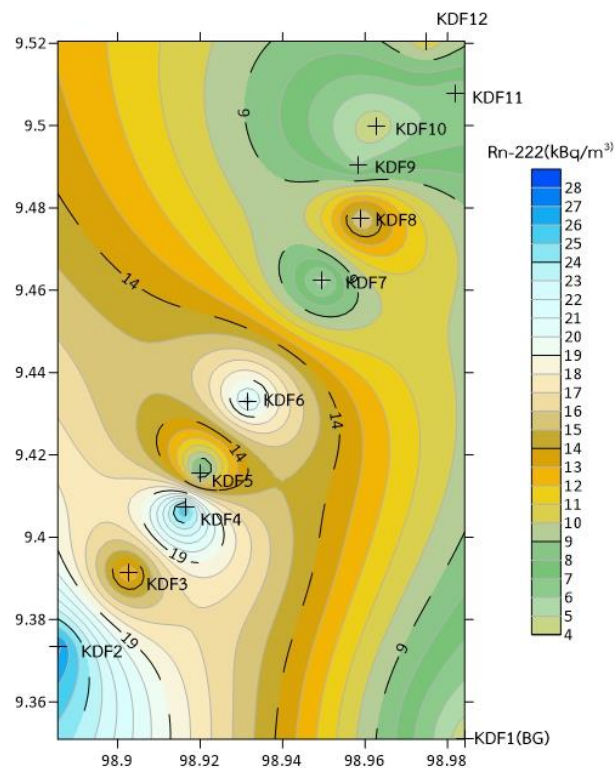


รูปที่ 4. 13 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 6

จากรูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF8 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 6 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่ามีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง 2 ครั้งที่อำเภอตะกั่วป่า จังหวัดพังงา ขนาด 2.1 และ 2.2 ริกเตอร์ (กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2563)

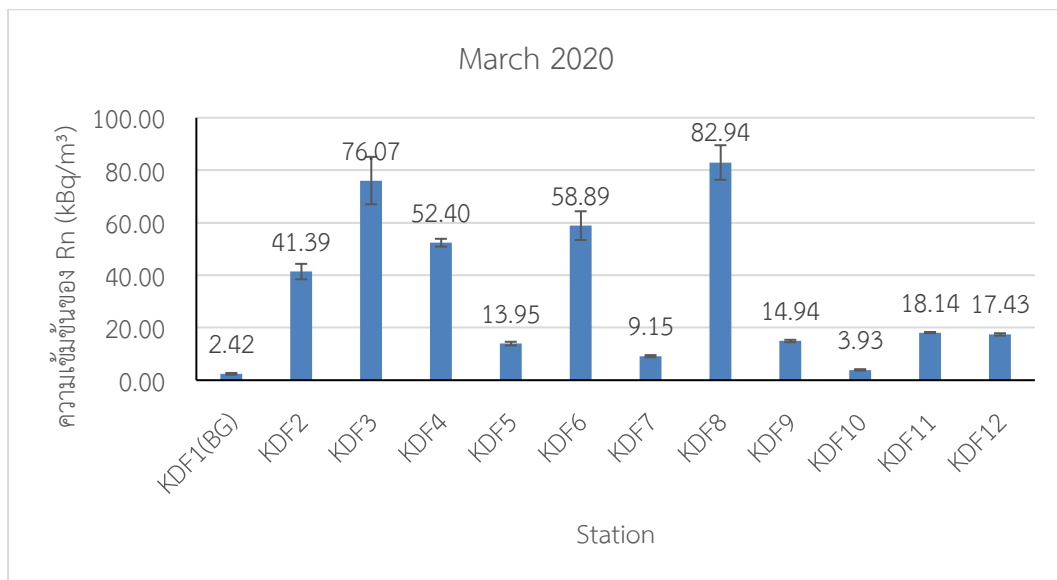


รูปที่ 4. 14 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 7

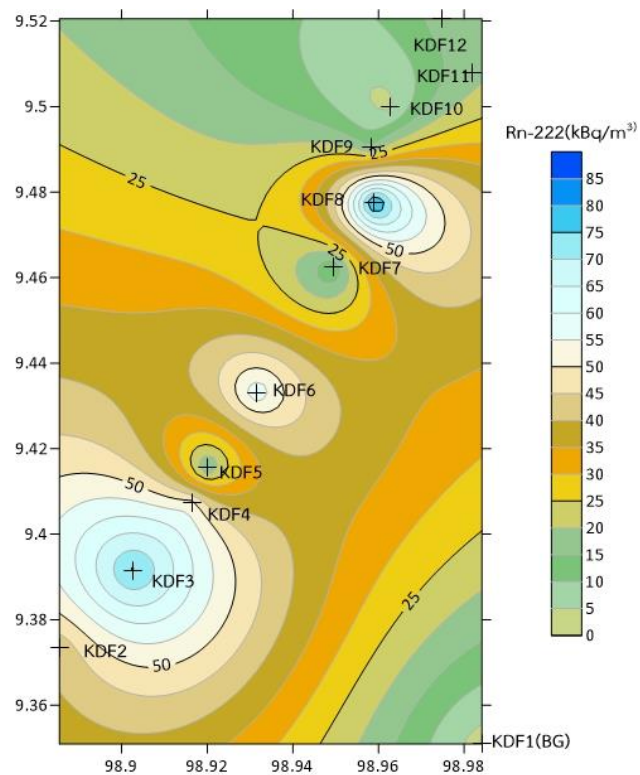


รูปที่ 4. 15 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 7

จากรูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF9 KDF8 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 7 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง 1 ครั้งที่อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ขนาด 2.8 ริคเตอร์ 2 (กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2563)

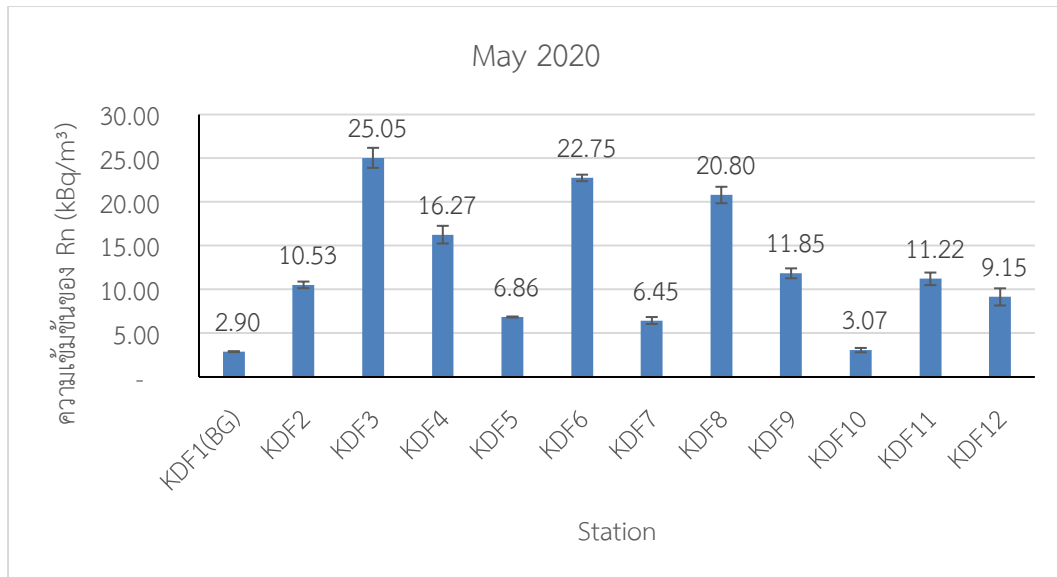


รูปที่ 4. 16 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 8

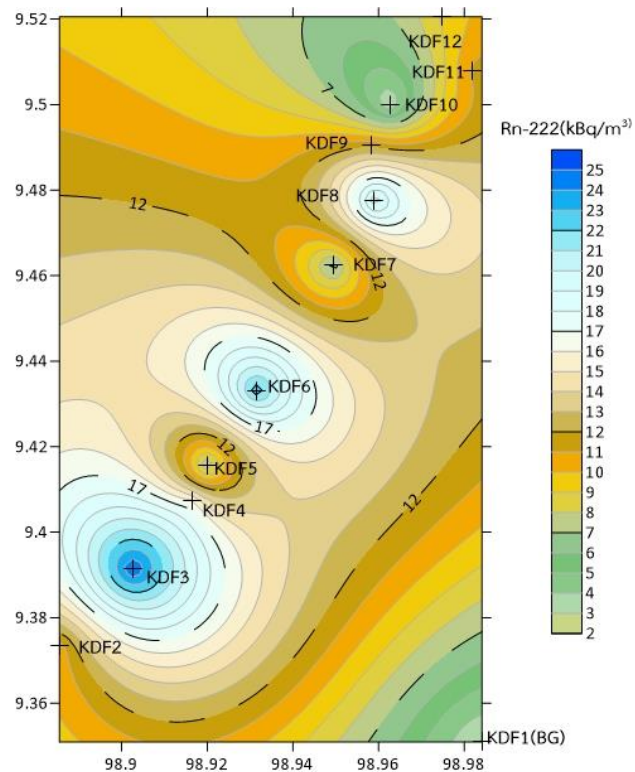


รูปที่ 4. 17 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 8

จากรูปที่ 4.28 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF5 KDF6 KDF7 KDF8 KDF9 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 8 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

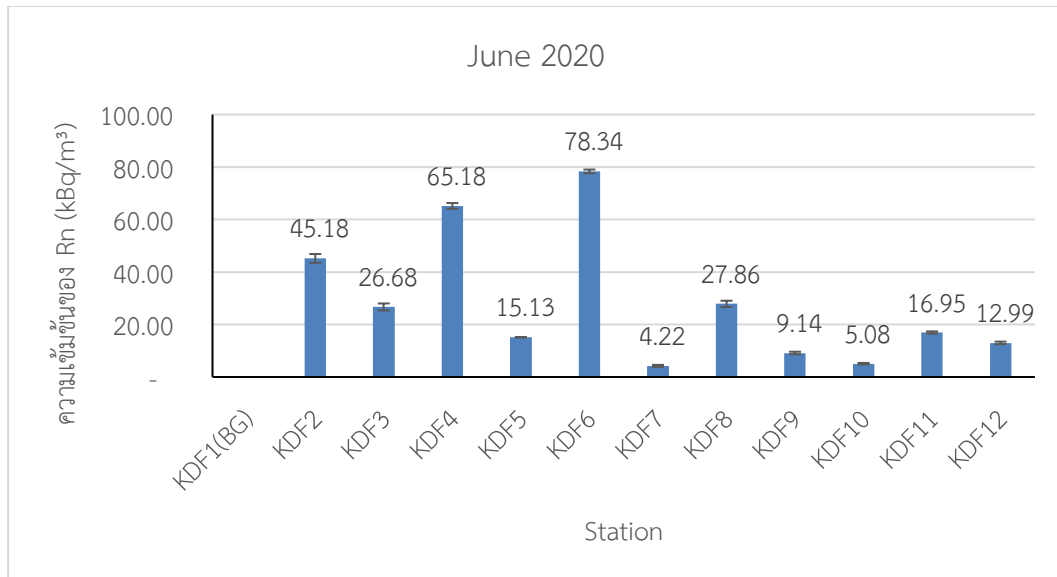


รูปที่ 4. 18 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 9

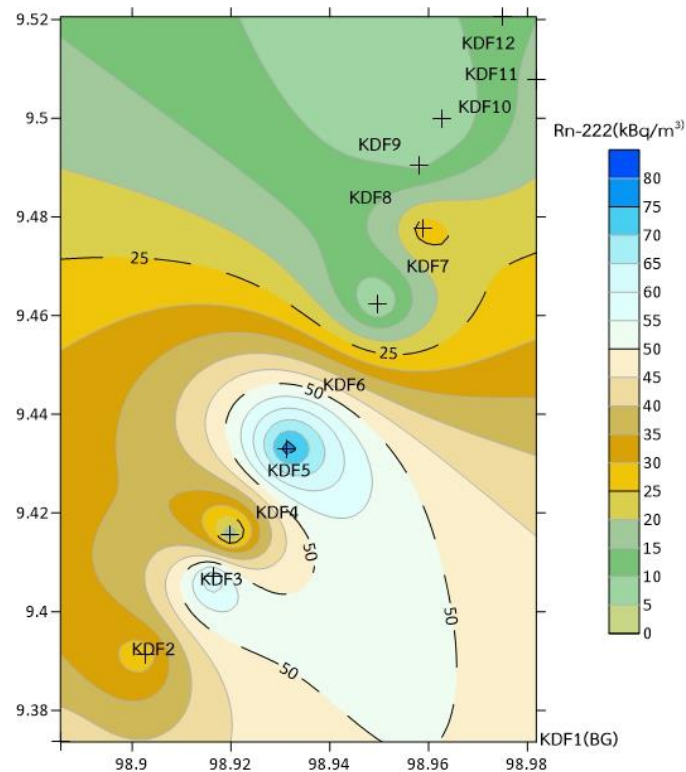


รูปที่ 4. 19 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 9

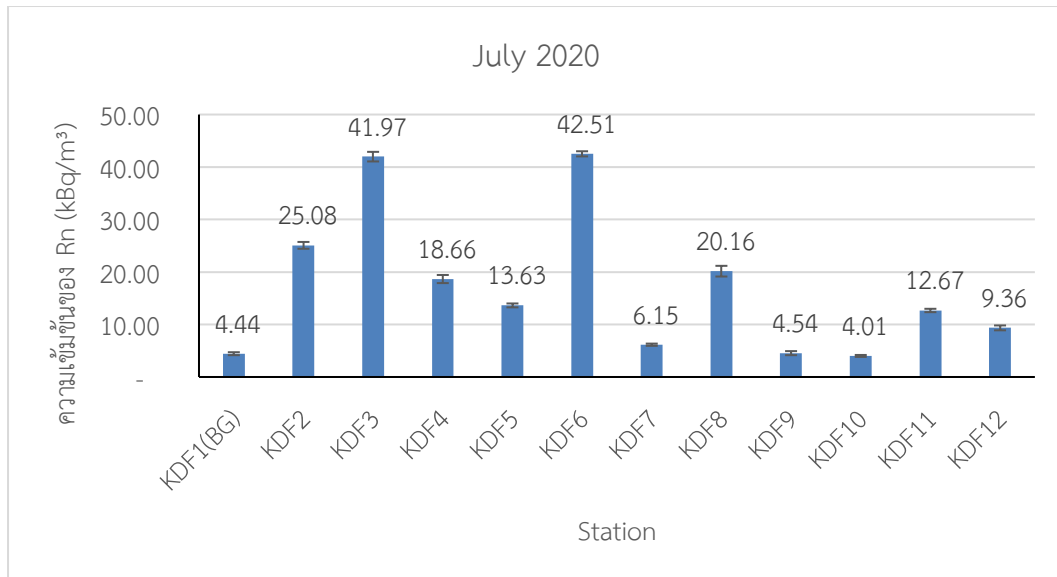
จากรูปที่ 4.30 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF5 KDF6 KDF7 KDF8 KDF9 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 1 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง



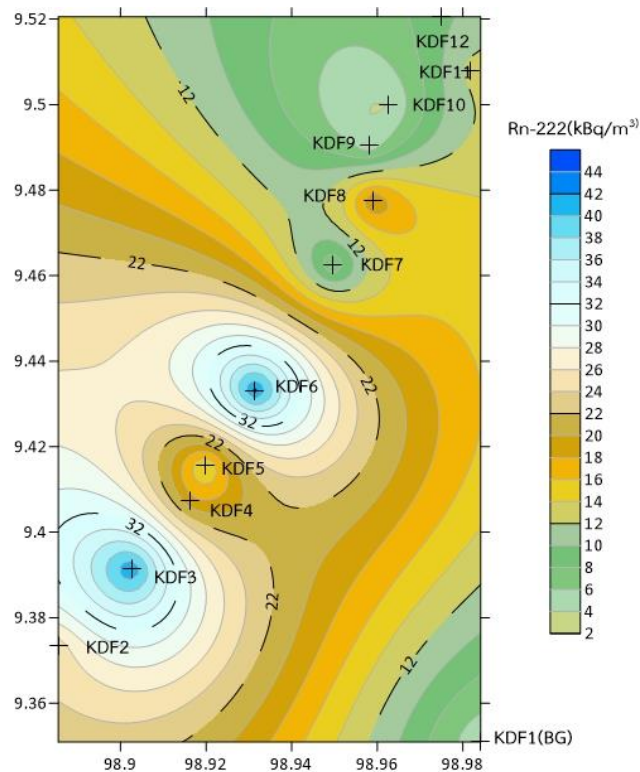
รูปที่ 4. 20 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 10 ***แผ่นฟิล์มที่จุดKDF1(BG)หาย



รูปที่ 4. 21 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 10

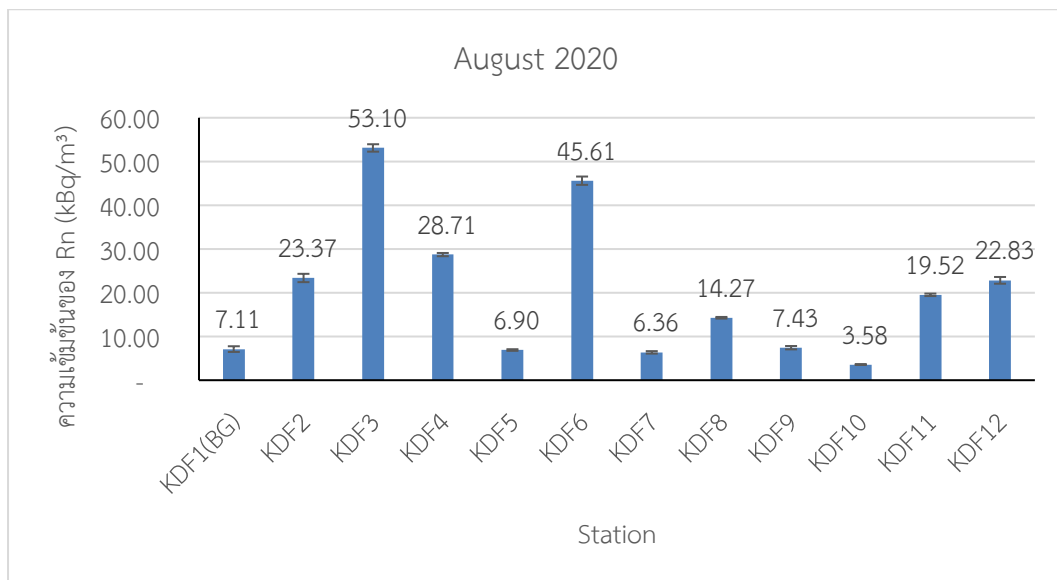


รูปที่ 4. 22 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 11

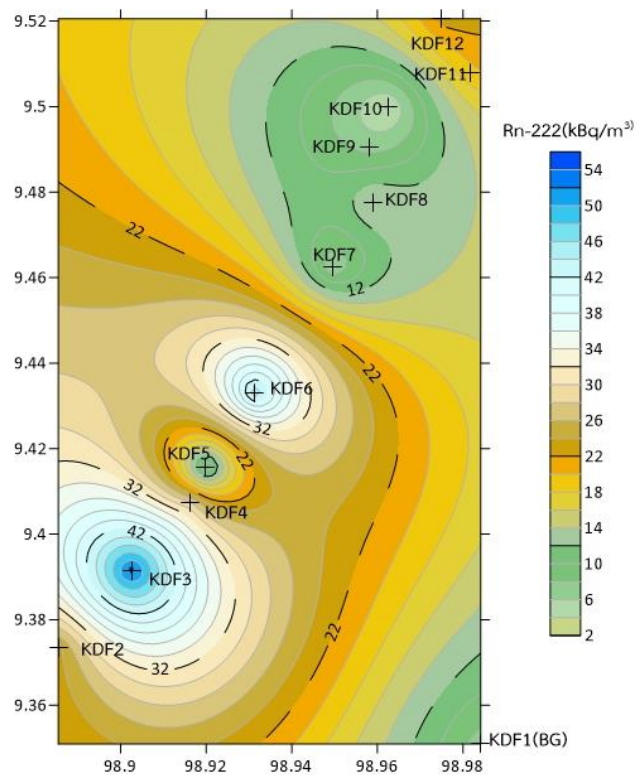


รูปที่ 4. 23 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 11

จากรูปที่ 4.34 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF5 KDF6 KDF8 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 1 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง 2 ครั้งที่ทะเลอันดามันใกล้เคียงบริเวณรอยเลื่อนเขาเต๋น จังหวัดสุราษฎร์ธานีขนาด 2.7 และ 2.9 ริกเตอร์ 2 (กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว, 2563)



รูปที่ 4. 24 แสดงความเข้มข้นของก๊าซเรดอนครั้งที่ 12



รูปที่ 4. 25 แผนที่คอนทัวร์ความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ครั้งที่ 12

จากรูปที่ 4.36 แสดงให้เห็นว่า KDF2 KDF3 KDF4 KDF6 KDF8 KDF11 KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่า KDF1(BG) 2-10 เท่า ในครั้งที่ 12 ข้อมูลจากกองเฝ้าระวังแผ่นดินไหวพบว่าไม่มีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นบริเวณใกล้เคียง

จากข้อมูลการศึกษาความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่ทำการศึกษาทั้งหมด 12 สถานี ๆ ล 12 ครั้ง สามารถสังเกตได้ว่า ในทุกเดือนพบว่า มีหลายสถานีมีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพิ่มขึ้น 2-10 เท่าของสถานีของสถานีอ้างอิง ทั้งนี้ไม่มีรายงานการแจ้งเตือนการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอาจมีการเลื่อนตัวของเปลือกโลกที่ตำแหน่งลึก ณ สถานีตรวจวัดนั้น ๆ (ปัทมา, 2551) นอกจากนี้จากการศึกษาพบว่า มีสถานีตรวจวัดดังต่อไปนี้ KDF2, KDF3, KDF4 และ KDF12 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูงกว่าตำแหน่งอ้างอิง 2-10 เท่า จำนวนหลายครั้ง ดังนั้นสถานีตรวจวัดดังกล่าวควรใช้เป็นสถานีเฝ้าระวังการเกิดแผ่นดินไหวโดยควรมีการตรวจวัดก๊าซเรดอนอย่างสม่ำเสมอต่อเนื่อง

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการตรวจสอบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนบริเวณรอยเลื่อนเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี พาดผ่าน กิ่งอำเภอวิภาวดี ท่าฉาง ไชยา และท่าชนะ ทั้ง 12 สถานี พบว่ารอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นรอยเลื่อนมีพลังมีโอกาสเกิดแผ่นดินไหว ควรตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะสถานีที่เหมาะสมจะวัดคือ สถานี KDF2, KDF3, KDF4 และ KDF12 เนื่องจากมีค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเพิ่มขึ้น 2-10 เท่าอย่างต่อเนื่อง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานีเอให้ การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนมีค่าสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ควรศึกษาเพิ่มเติมจากขอบเขตงานวิจัยนี้คือ ควรมีการแผ้วถางตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนอย่างต่อเนื่อง

บรรณานุกรม

- กมลวรรณ แหมา, พิริยาธร สุวรรณมาละ และวรรณวิมล ปาसानพันธ์. 2554. การสร้างเมมเบรนพอลิเอทิลีนและพอลิคาร์บอเนตรูพรุนระดับนาโนโดยการกัทรอยอนุภาคแอลฟา : ศึกษาการควบคุมขนาดระดับนาโน. การประชุมวิชาการ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิเวศเคี๋ยร์ ครั้งที่ 12. โรงแรมแชงกรี-ลา, กรุงเทพฯ, 6-7 กรกฎาคม 2554,
- กรมทรัพยากรธรณี. 2002. ACTIVE FAULT. สืบค้นจาก: <http://www.dmr.go.th/geohazard/earthquake/PMRACTIVEFAULT.htm>. [15 สิงหาคม 2562].
- กรมทรัพยากรธรณี. 2550. แผนที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. สืบค้นจาก: http://www.dmr.go.th/ewtadmin/ewt/dmr_web/download/pdf/South/Surat.pdf [11 มกราคม 2563].
- กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. 2562. รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562: 550.341-9-2019. รายงานการเกิดแผ่นดินไหว, กรุงเทพฯ
- กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. 2563. รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง เดือนมกราคม พ.ศ. 2563: 550.341.03-2020. รายงานการเกิดแผ่นดินไหวกรุงเทพฯ
- กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. 2563. รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563: 550.341-04-2020. รายงานการเกิดแผ่นดินไหว, กรุงเทพฯ
- กองเฝ้าระวังแผ่นดินไหว. 2563. รายงานการเกิดแผ่นดินไหวบริเวณประเทศไทยและพื้นที่ใกล้เคียง เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2563: 550.341-09-2020. รายงานการเกิดแผ่นดินไหว, กรุงเทพฯ
- เขมะจิตติ เขมะโยธิน. 2548. การพัฒนาระบบตรวจวัดความเข้มข้นของเรดอน-222 โดยการวัดรังสีเบตา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขานิวเคลียร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จเด็จ เย็นใจ. 2550. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2111607 การวัดรังสีในสิ่งแวดล้อม. ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- จินดา สุทธิวานิช. 2553. แผนที่พิบัติภัยแผ่นดินไหวบริเวณภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธัชพงศ์ ศรีสุวรรณ. 2549. เรดอน: มหันตภัยเงียบในอาคาร. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*. 4(2):23-37.
- บรรทม โสลา. 2551. การปรับปรุงกระบวนการปรับเทียบสำหรับการวัดก๊าซเรดอนด้วยพลาสติก CR-39. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปัทมา พิศภักดี. 2551. การเฝ้าติดตามขั้นตอนการเปลี่ยนแปลงแก๊สเรดอนในดินเพื่อการพยากรณ์ แผ่นดินไหวในบริเวณรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา ธรณีฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พงศกร สุวรรณเดชา. 2539. ฟิสิกส์นิวเคลียร์, พิมพ์ครั้งที่ 2,

- เพียงตา สาทรรักษ์ และณัฐวิโรจน์ ศิลารัตน์. 2553. คู่มือปฏิบัติการธรณีวิทยาโครงสร้างและธรณีวิทยาภาคสนามโครงสร้างและแผนที่ทางธรณีวิทยา, ภาควิชาเทคโนโลยีธรณี คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น, 199-208.
- ไพฑูรย์ วรรณพงษ์ และคณะ. รายงานวิชาการวัดและเปรียบเทียบค่ามาตรฐานแก๊สเรดอน. กรุงเทพมหานคร สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2540
- วิชญศาสตร์ อัจโยธา. 2550. การตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนตามแนวรอยเลื่อนมีพลังกรณีศึกษา รอยเลื่อนคลองมะรุ่ย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีทิต วรรณเลิศลักษณ์. 2560. แผ่นดินไหว (earthquake). สืบค้นจาก:
<https://www.scimath.org/lesson-physics/item/7287-earthquake-earthquake> [15 ธันวาคม 2562].
- ศูนย์สารสนเทศภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. 2563. แผนที่แสดงตำแหน่งแผ่นดินไหวในประเทศไทย. สืบค้นจาก:
<https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=ed61912a7047475cbbba0f1c13d4e3c7&fbclid=IwAR0MeN8ZnOa5ovfl16GUDbq4NLtBr3yOYYYbP9gQAKq1kFPQIVELW-6FZno> [11 มกราคม 2563]
- สำนักงานคณะกรรมการการเลือกตั้งประจำจังหวัดสุราษฎร์ธานี. 2559. แผนที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. สืบค้นจาก:
https://www.ect.go.th/suratthani/ewt_news.php?nid=50&filename=index [11 มกราคม 2562].
- สุกัญญา อินทร์สวัสดิ์. 2549. การตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนในอาคารที่พักอาศัย โดยวิธีการตรวจวัดรอยอนุภาคแอลฟา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุทธิพันธ์ ขุทรานนท์. 2539. บันทึกข้อมูลแผ่นดินไหวในประวัติศาสตร์ไทย. สืบค้นจาก:
http://www.dmr.go.th/main.php?filename=History_earthquake [16 ธันวาคม 2562]
- สุมาลี ทิพย์โยภาส. 2553. การสำรวจแผ่นดินไหวบรรพกาลตามเขตรอยเลื่อนระนอง ภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมิตตา ดวงดี. 2546. การศึกษาระดับเรดอนในสถานเริงรมย์ในเขตกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- อดิศร พุ่งขจร. 2558. การตรวจสอบรอยเลื่อนมีพลังในประเทศไทย. สืบค้นจาก:
<http://lproject.rid.go.th/site/index.php/th/general-information/131-2015-06-22-02-01-07/208-2015-06-22-08-11-01> [8 สิงหาคม 2562].

- อภิรักษ์ ฐิติภรณ์พันธ์. 2543. การตรวจวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนภายในและภายนอกบ้านเรือนในพื้นที่จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- เอกลักษณ์ มอบพิจิต. 2557. การตีความข้อมูลธรณีฟิสิกส์ทางอากาศบริเวณแนวรอยเลื่อนคลองมะรุ่ยในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาธรณีฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- Aghababaei, M., Costello, S.B. and Ranjitkar, P. 2020. Transportation impact assessment following a potential Alpine fault earthquake in New Zealand. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 87,
- Alsabbagh, A., Alzghoul, S., Marshdeh, S. and Saleem, A.R. 2018. Examination of fault zones and uranium concentration effects on the in-soil radon levels at Central Jordan Area. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 317, 511-517.
- Canada Mortgage and Housing Corporation and Health Canada. 1997. Radon : A Guide for Canadian Homeowners, CMHC office, Toronto, Canada, pp. 2.
- Chyi, L.L., Yang, T.F. and Chen, C.H. 2003. Soil gas spectra and earthquake prediction. 7th International conference on gas geochemistry. Technische Univ, Freiberg, Germany, 22-26 September 2003, 31-32.
- Cigolini, C., Poggi, P., Ripepe, M., Laiolo, M., Ciamberlini, C., Delle D.D., Ulivieri, G., Coppola, D., Lacanna, G., Marchetti, E., Piscoso, D. and Genco, R. 2009. Radon surveys and real-time monitoring at Stromboli volcano: Influence of soil temperature, atmospheric pressure and tidal forces on ²²²Rn degassing. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. 184(3-4), 381-388.
- Deb, A., Gazia, M., Ghosha, J., Chowdhury, S. and Barman, C. 2018. Monitoring of soil radon by SSNTD in eastern India in search of possible earthquake precursor. *Journal of Environmental Radioactivity*. 184-185, 63-70. *Geol Rundsch*. 86, 446-463.
- Hinthong, C. 1997. The study of active faults in Thailand. Approach to Natural Hazards in Eastern Asia, Eastern Asia Natural Hazards Mapping Project (EANHMP) and Geological Survey of Japan. Higashi, Ibaraki, January 1-3, 1997, 17-22.
- Snieder, R. and Eck, T.V. 1997. Earthquake prediction: a political problem. *Journal of Srisuwan, T.* 2006. Radon: The Hidden Hazard in Buildings. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*. 4(2), 23-37.
- Tareen, A.D.K., Asim, K.M., Kearfott, K.J., Rafique, M., Malik Sajjad Ahmed Nadeem, M.S.A., Iqbal, T. and Rahman, S.U. 2019. Automated anomalous behavior

- detection in soil radon gas prior to earthquakes using computational intelligence techniques. *Journal of Environmental Radioactivity*. 203, 48-54.
- Virk, H.S. 1993. Radon and earthquake prediction in India: Present status. *Nuclear Tracks and Radiation Measurements*. 22, 483-494.
- Yasuoka, Y., Ishii, T., Tokonami, S., Ishikawa, T., Narazaki, Y. and Shinogi, M. 1995. Radon anomaly relate to the 1995 Kobe earthquake. *Journal of International Congress Series*. 1276, 426-427.
- Yu, H., Zhao, J., Liu, X., Yu, C., Yue, C., Zhang, X., Yao, Q. and Li, M. 2020. Distinct tectonic activities in Guangxi, China due to large earthquakes on the Longmenshan fault zone. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. 307

ภาคผนวก ก

ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการเปรียบเทียบวัสดุตรวจวัดรังสีแอลฟาด้วยแผ่น CR-39

ผู้ขอใช้บริการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชนิดบริการ เปรียบเทียบวัสดุตรวจวัดรังสีแอลฟาด้วยแผ่น CR-39

วันที่ทำการเปรียบเทียบ 14 พฤศจิกายน พ.ศ.2565 จนถึงวันที่ 21 พฤศจิกายน พ.ศ.2565

ความแรงของต้นกำเนิดรังสี Rn-228 1,850 Bq

อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มข้นของรังสีเรดอน-226 RAD7

รายการการเปรียบเทียบที่ความเข้มข้นต่างๆ

No. of CR-39	Concentration of Rn-226 (Bq)	Time Period (hr)
0000057	1,890	1
0000058, 0000061	10,230	11
000100, 000101	20,215	21
000300, 000301	50,753	53
0000129	181,090	79

ผู้ทำการเปรียบเทียบ ๑๖/๑๒/๖๕ พงษ์

(นายพงษ์ยุทธ ศรีพลอย)

ตำแหน่ง เจ้าหน้าที่บริการวิทยาศาสตร์

ผู้รับรองผลการให้บริการ Ph Ph

(ผศ.ดร.พงษ์เทพย์ เพ่งวานิชย์)

ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์

วัน/เดือน/ปี 22 พ.ย. 2565

ภาคผนวก ข

ข้อมูลเผยแพร่ผลงานวิชาการ



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ต่ออายุยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

การประเมินนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K) ในดินบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น
จังหวัดสุราษฎร์ธานี
Assessment of Radionuclide (^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K) in Soil at Khaoden fault,
Surat Thani Province

อลิษา ทวีลาภ¹

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พวงทิพย์ แก้วทับทิม²

Email: pungtip.k@psu.ac.th

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ประยุกต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

Email: alisa@psuwit.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K และคำนวณค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกประจำปี (E) ในตัวอย่างดินจำนวน 12 ตัวอย่าง บริเวณแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธีวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรเมตรี หัววัดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ค่าเฉลี่ย 69.98 ± 0.77 Bq/kg, 92.68 ± 0.76 Bq/kg, และ 1515.21 ± 0.67 Bq/kg ตามลำดับ ดินหลายตัวอย่างมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และค่าเฉลี่ยทั่วโลก นอกจากนี้ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) (ค่าเฉลี่ย 1.05 ± 0.08) และค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) (ค่าเฉลี่ย 151.50 ± 10.27 nGy/h) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดย UNSCEAR (2000)

คำสำคัญ: นิวไคลด์กัมมันตรังสี, รอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี, หัววัดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง

Abstract

The purpose of this research were analyze the specific activity of the natural radioactive nuclide of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K and to calculate the Radium equivalent activity



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

(Ra_{eq}), the Internal hazard index (H_{in}), the External hazard index (H_{ex}), the Gamma-absorbed dose rate (D) and the Annual external effective dose rate (E) in the 12 soil samples from Khaoden fault, Surat Thani Province by using gamma -ray spectrometer with a high purity germanium detector (HPGe). The results show that the specific activity of radioactive nuclides of ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K have mean of 69.98 ± 0.77 Bq/kg, 92.68 ± 0.76 Bq/kg and 1515.21 ± 0.67 Bq/kg. respectively. Many soil samples were higher than Thailand and the global average values. In addition, the Internal hazard index (H_{in}) (mean 1.05 ± 0.08) and the gamma-absorbed dose rate (D) (mean 151.50 ± 10.27 nGy/h), were higher than the UNSCEAR criterion (2000).

Keyword: Radionuclide, Khaoden fault Surat Thani Province, High-Purity Germanium Detectors (HPGe)

บทนำ

รอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นรอยเลื่อนที่พาดผ่านกิ่งอำเภอวิภาวดี อำเภอท่าฉาง อำเภอไชยา และอำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีระยะทางประมาณ 23.2 km (Fungkajorn, 2015) คนที่อาศัยอยู่บริเวณรอยเลื่อน จะมีโอกาสสูดเอาก๊าซเรดอนจากใต้เปลือกโลกซึ่งขึ้นตามแนวรอยเลื่อนเข้าไปมากกว่าคนที่อยู่บริเวณอื่น จึงทำให้มีความเสี่ยงต่อการป่วยเป็นมะเร็งปอดสูง สมาคมศัลยแพทย์ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้คำยืนยันว่า ก๊าซเรดอนเป็นสาเหตุของมะเร็งปอดเป็นอันดับสองรองจากบุหรี่ (U.S. Environmental Protection Agency, 2003) นอกจากนี้ คนที่อยู่บริเวณรอยเลื่อนยังได้รับสารกัมมันตรังสีจากในดินบริเวณเปลือกโลกอีกด้วย (ณัฐชยา และคณะ, 2559) โดยเฉพาะนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติ ความเข้มข้นของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในดินขึ้นกับลักษณะทางธรณีวิทยาของเปลือกโลกบริเวณดังกล่าว โดยเฉพาะลักษณะทางธรณีวิทยาที่เป็นหินแกรนิต (นิตยา และคณะ, 2561) สามารถเพิ่มความเสี่ยงต่อการได้รับรังสีของมนุษย์ (Atipo et al., 2020) สารกัมมันตรังสีเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ทั้งทางการหายใจ ทางผิวหนัง การดื่ม และการกินโดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร (Awiriri et al., 2021) สารกัมมันตรังสีเป็นสารที่มีอันตรายต่อร่างกาย และเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง และโรคอื่น ๆ ทางพันธุกรรมได้ (Svetlana et al., 2010) การตรวจวัด วิเคราะห์ เพื่อประเมินระดับสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติเป็นประโยชน์ สำหรับใช้เป็นค่าอ้างอิงพื้นฐานของระดับสารกัมมันตรังสีในพื้นที่ต่าง ๆ และสามารถนำไปประเมินการได้รับปริมาณสารกัมมันตรังสีของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณต่าง ๆ (ประสงค์ และคณะ, 2557) ตัวชี้วัดระดับความเป็นอันตรายจากการได้รับสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติต่อการใช้ชีวิตประจำวันสามารถทำได้โดยวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายใน



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดียังยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

ร่าง (H_n) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกร่างกาย (H_{ex}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกประจำปี (E) (Nualchavee, 2002) พื้นที่แนวรอยเลื่อนเขาเตน ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของจังหวัดสุราษฎร์ธานี มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นพื้นที่ภูเขาที่ทำการเกษตร บางบริเวณมีหินแกรนิตใกล้บ้านเรือนจึงควรมีการประเมินระดับสารกัมมันตรังสีบริเวณดังกล่าว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K บริเวณรอยเลื่อนเขาเตน จังหวัดสุราษฎร์ธานี
2. เพื่อวิเคราะห์อันตรายทางรังสีวิทยาจากตัวอย่างดิน บริเวณรอยเลื่อนเขาเตน จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติในดิน บริเวณรอยเลื่อนเขาเตน จังหวัดสุราษฎร์ธานี และประเมินการได้รับปริมาณสารกัมมันตรังสีของประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณรอยเลื่อนเขาเตน จังหวัดสุราษฎร์ธานี เพื่อชี้วัดระดับความเป็นอันตรายจากการได้รับสารกัมมันตรังสีจากธรรมชาติต่อการใช้ชีวิตประจำวัน

บททวนวรรณกรรม

สุทธิณี และคณะ (2555) ได้ศึกษาตรวจวัดวิเคราะห์กัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra และ ^{232}Th) ในตัวอย่างดินผิวน้ำทุกตำบลใน 8 อำเภอของจังหวัดชุมพร ในประเทศไทย โดยใช้ห้ววัดรังสีแบบเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูง และระบบแกมมาสเปกโตรเมตรีพบว่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีที่มีในธรรมชาติ (^{40}K , ^{226}Ra และ ^{232}Th) ในตัวอย่างดินผิวน้ำ มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยเป็น $2,135.69 \pm 168.87$ Bq/kg สำหรับ ^{40}K , 57.32 ± 5.19 Bq/kg สำหรับ ^{226}Ra และ 56.98 ± 4.68 Bq/kg สำหรับ ^{232}Th ตามลำดับ ในขณะที่พวงทิพย์ และคณะ (2564) ใช้วิธีแกมมาสเปกโตรเมตรี ห้ววัดเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูงวัดดินจากแม่น้ำ และลำคลอง บริเวณจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่ามีปริมาณ ^{226}Ra , ^{40}K และ ^{232}Th เฉลี่ย 42.63 ± 26.08 , 125.42 ± 38.58 และ 6.29 ± 2.29 Bq/kg ตามลำดับ ความเข้มข้นของ ^{226}Ra มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก แต่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยในประเทศไทย สำหรับ ^{40}K และ ^{232}Th มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และค่าเฉลี่ยของโลก ปิยะ และคณะ (2021) วิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะนิวไคลด์กัมมันตรังสีตามธรรมชาติ พบว่า ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดินมีค่าเฉลี่ยเป็น 243.01 ± 1.12 , 183.89 ± 0.58 และ 1894.74 ± 1.05 Bq/kg ตามลำดับ



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ระเบียบวิธีวิจัย

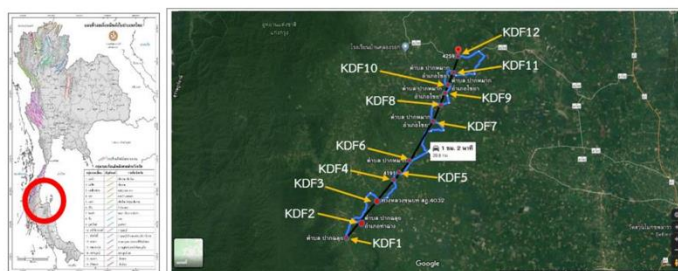
การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากธรรมชาติ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K และเพื่อวิเคราะห์อันตรายทางรังสีวิทยาจากตัวอย่างดิน บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

2. ขั้นตอนการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ที่ตัดดิน ถุงซิปล็อคสำหรับใส่ตัวอย่าง ตู้อบตัวอย่าง โกร่งบดสารสำหรับตัวอย่างดิน ตะแกรงร่อน ขนาด $120\ \mu\text{m}$ เครื่องชั่งดิจิตอลความละเอียด $0.01\ \text{g}$ E-Scale รุ่น HG-6001N กระปุกพลาสติกใสทรงกระบอกสำหรับใส่ตัวอย่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง $8.2\ \text{cm}$ สูง $7.5\ \text{cm}$ สารกัมมันตรังสีรังสีมาตรฐานในรูปของแข็ง (Point source) ^{137}Cs และ ^{60}Co สารกัมมันตรังสีมาตรฐานดิน IAEA-375 และเครื่องวัดรังสีแกมมา ด้วยหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำชนิดเจอร์เมเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ศึกษาภูมิประเทศ และลักษณะทางธรณีวิทยาตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี และทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 12 จุด ตามแนวรอยเลื่อนเขาเด่น บันทึกจุดเก็บตัวอย่างที่แน่นอนด้วยเครื่องบอกพิกัดด้วยดาวเทียม (Global Positioning System, GPS) ดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1 นำตัวอย่างดินมาอบที่อุณหภูมิ 80°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้เป็นผง จากนั้นนำมาร่อนด้วยตะแกรงร่อนขนาด $120\ \mu\text{m}$ และบรรจุในภาชนะพลาสติก วางทิ้งไว้เป็นเวลา 1 เดือนเพื่อให้เข้าสู่ภาวะสมดุลทางรังสี



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดิน แนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดียังยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำสารมาตรฐานดิน IAEA-375 จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ มาวัดรังสีแกมมาด้วยหัววัดเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์สูง (HPGe) เป็นเวลา 10,800 s นำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัววัดรังสี

นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาวัดรังสีแกมมาเช่นเดียวกบสารมาตรฐานดิน เพื่อวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพ จำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra ^{232}Th และ ^{40}K ที่พลังงาน 609.31, 911.21 และ 1460.80 keV ตามลำดับ (IAEA,1989) ดังสมการที่ (1)

$$C_r = \frac{A}{E_{\text{eff}} \times T \times P \times W} \quad (1)$$

เมื่อ	C_r	คือ	ค่ากัมมันตภาพจำเพาะในตัวอย่างดิน (Bq/kg)
	A	คือ	อัตรานับสุทธิ (Peak Area/Counting Time)
	Eff	คือ	ประสิทธิภาพของหัววัดรังสี (cps/Bq)
	T	คือ	เวลาที่นับวัด (s)
	P	คือ	ค่าเปอร์เซ็นต์ที่มีรังสีแกมมาออกมาจากแหล่งกำเนิดรังสี (%yield)
	W	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างที่ทำการวัดรังสี (kg)

จากนั้นวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกในร่างกายประจำปี (E) (Nasim-Akhtar et al., 2011; Song et al., 2012) ดังสมการ (2) - (6)

$$Ra_{\text{eq}} = A_{\text{Ra-226}} + 1.43A_{\text{Th-232}} + 0.077A_{\text{K-40}} \quad (2)$$

$$H_{\text{in}} = \frac{A_{\text{Ra-226}}}{185} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \quad (3)$$

$$H_{\text{ex}} = \frac{A_{\text{Ra-226}}}{370} + \frac{A_{\text{Th-232}}}{259} + \frac{A_{\text{K-40}}}{4810} \leq \quad (4)$$

$$D \text{ (nGy/h)} = (0.462A_{\text{Ra-226}} + 0.604A_{\text{Th-232}} + 0.0417A_{\text{K-40}}) \quad (5)$$

$$\text{AEDE (mSv/y)} = D \text{ (nGy/h)} \times 8766 \text{ (h/y)} \times 0.2 \times 0.7 \text{ (Sv/Gy)} \times 10^{-6} \quad (6)$$



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดียังยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดิน บริเวณแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Samples	Specific Activities (Bq/kg)		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
S 01	49.33 ± 0.72	43.08 ± 0.68	974.40 ± 1.02
S 02	176.81 ± 1.12 ^a	165.78 ± 0.88	3025.47 ± 1.49 ^a
S 03	159.11 ± 1.07	224.08 ± 0.95 ^a	2627.53 ± 1.41
S 04	103.56 ± 0.91	199.72 ± 0.92	2774.43 ± 1.44
S 05	34.65 ± 0.66	55.69 ± 0.70	2742.82 ± 1.43
S 06	147.25 ± 1.04	183.62 ± 0.90	2391.37 ± 1.36
S 07	14.50 ± 0.57	17.40 ± 0.63	111.57 ± 0.73
S 08	78.33 ± 0.83	107.47 ± 0.79	2103.14 ± 1.30
S 09	21.84 ± 0.61	36.11 ± 0.67	355.17 ± 0.82
S 10	19.21 ± 0.59	27.41 ± 0.65	278.93 ± 0.80
S 11	22.60 ± 0.61	36.55 ± 0.67	102.27 ± 0.73 ^b
S 12	12.62 ± 0.56 ^b	15.23 ± 0.63	695.47 ± 0.93
Range	12.62 – 176.81	15.23 – 224.08 ^b	102.27 – 3025.47
Average	69.98 ± 0.77	92.68 ± 0.76	1515.21 ± 0.67
Southern Thailand Data (OAP, 2002)	171.55 ± 3.13	211.19 ± 1.98	511.04 ± 7.04
Thailand Data (OAP, 2002)	48	40	400
Worldwide Mean			
Worldwide mean (UNSCEAR, 2000)	35	30	400

หมายเหตุ : a หมายถึง ค่ามากที่สุด, b หมายถึง ค่าน้อยสุด



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดียังยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

ผลการหาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในตัวอย่างดิน บริเวณแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K อยู่ในช่วง 12.62 – 176.81 Bq/kg (ค่าเฉลี่ย 69.98 ± 0.77 Bq/kg), 15.23 – 224.08 Bq/kg (ค่าเฉลี่ย 92.68 ± 0.76 Bq/kg) และ 102.27 – 3025.47 Bq/kg (ค่าเฉลี่ย 1515.21 ± 0.67 Bq/kg) ตามลำดับ โดยปริมาณของ ^{226}Ra และ ^{232}Th มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของไทย แต่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของโลก ส่วนปริมาณของ ^{40}K มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าค่าเฉลี่ยดินของภาคใต้ ค่าเฉลี่ยของไทย และค่าเฉลี่ยของโลก โดยตัวอย่าง S02 ซึ่งอยู่ใกล้บริเวณตำบลตะกุกเหนือ กิ่งอำเภอวิภาวดี มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{226}Ra และ ^{40}K) สูงสุด และค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{232}Th) สูงสุด ในตัวอย่าง S03 ซึ่งอยู่บริเวณตำบลปากฉลุย อำเภอท่าฉาง จากค่าเฉลี่ยค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสี จะได้ว่า $^{40}\text{K} > ^{232}\text{Th} > ^{226}\text{Ra}$ ซึ่งผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่ากรณีนี้ ^{40}K มีปริมาณมากกว่านิวไคลด์อื่น ๆ เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีการทำการทำสวนยางพารา และอาจจะมีการใส่ปุ๋ยจึงทำให้โพแทสเซียมบริเวณดังกล่าวสูง (จักรกฤษณ์, 2556) และนอกจากนี้ โพแทสเซียมเป็นธาตุที่มีมากเป็นอันดับที่ 7 ในโลกคิดเป็น 2.6% ของน้ำหนักของเปลือกโลก (Absar et al., 2021)

ตารางที่ 2 ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (R_{eq}) ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกในร่างกายประจำปี (E) บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี และงานวิจัยอื่น

Sample	R_{eq} (Bq/kg)	H_{in}	H_{ex}	D (nGy/h)	E (mSv/y)
Soil 1	370	1	1	59	0.48
S 01	185.96 ± 19.08	0.64 ± 0.07	0.50 ± 0.05	89.44 ± 8.51	0.11 ± 0.01
S 02	646.84 ± 36.46	2.22 ± 0.13	1.75 ± 0.10	307.98 ± 16.21	0.38 ± 0.02
S 03	681.87 ± 38.57	2.27 ± 0.14	1.84 ± 0.10	318.42 ± 17.01	0.39 ± 0.02
S 04	602.79 ± 35.01	1.91 ± 0.12	1.63 ± 0.09	284.17 ± 15.43	0.35 ± 0.02
S 05	325.49 ± 20.89	0.97 ± 0.07	0.88 ± 0.06	164.02 ± 9.41	0.20 ± 0.02
S 06	593.96 ± 35.82	2.00 ± 0.13	1.60 ± 0.10	278.65 ± 15.83	0.34 ± 0.02
S 07	47.98 ± 10.75	0.17 ± 0.04	0.13 ± 0.03	21.86 ± 4.72	0.03 ± 0.01
S 08	393.96 ± 27.62	1.28 ± 0.10	1.06 ± 0.07	188.80 ± 12.26	0.23 ± 0.02



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

Sample	Ra _{eq} (Bq/kg)	H _{in}	H _{ex}	D (nGy/h)	E (mSv/y)
S 09	100.83 ± 14.96	0.33 ± 0.05	0.27 ± 0.04	46.72 ± 6.57	0.06 ± 0.01
S 10	79.88 ± 13.36	0.27 ± 0.05	0.22 ± 0.04	37.06 ± 5.88	0.05 ± 0.01
S 11	82.74 ± 14.42	0.28 ± 0.05	0.22 ± 0.04	36.78 ± 6.27	0.05 ± 0.01
S 12	87.94 ± 11.32	0.27 ± 0.04	0.24 ± 0.03	44.03 ± 5.10	0.05 ± 0.01
Average	319.19 ± 23.19	1.05 ± 0.08	0.86 ± 0.06	151.50 ± 10.27	0.19 ± 0.01
Thailand					
Data (OAP, 2002)	512.90 ± 6.50	-	1.39 ± 0.02	231.81 ± 2.97	0.28 ± 0.02
เกณฑ์					
มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000)	370	1	1	55	0.48

หมายเหตุ : - หมายถึง ไม่ระบุในงาน

ผลการวิเคราะห์ พบว่า ค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) (ค่าเฉลี่ย 319.19 ± 23.19 Bq/kg) มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของไทย และเกณฑ์มาตรฐาน UNSCEAR (2000) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณารายตัวอย่างพบว่าหลาย ๆ ตัวอย่างมีค่ากัมมันตภาพรังสีสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน UNSCEAR (2000) (370 Bq/kg) เช่น S02, S03, S04 และ S06 ที่กิ่งอำเภอวิภาวดี ท่าฉาง และไชยา ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) (ค่าเฉลี่ย 1.05 ± 0.08) มีค่าสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนดไว้ที่ 1 ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) (ค่าเฉลี่ย 0.86 ± 0.06) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนดไว้ที่ 1 ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) (ค่าเฉลี่ย 151.50 ± 10.27 nGy/h) มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนดไว้ที่ 55 nGy/h และค่าปริมาณรังสีที่ได้รับจากภายนอกประจำปี (E) (ค่าเฉลี่ย 0.19 ± 0.01 mSv/y) มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) ที่กำหนดไว้ที่ 0.48 mSv/y อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณารายตัวอย่างพบว่า หลายๆ ตัวอย่าง มีค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) ค่าดัชนีความเสี่ยงการได้รับรังสีจากภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) ค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน (UNSCEAR, 2000) เช่นตัวอย่าง S02, S03, S04, S05 และ S06 ที่กิ่งอำเภอวิภาวดี ท่าฉาง และไชยา และเมื่อพิจารณาจากจุดพิกัดที่ทำการเก็บตัวอย่างแล้วบริเวณดังกล่าวของตัวอย่างเหล่านี้ อยู่บริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี ทำให้ปริมาณสารกัมมันตรังสีสูง



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

สรุป และอภิปรายผลการวิจัย

จากค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในดินบริเวณแนวรอยเลื่อนเขาเด่น จังหวัดสุราษฎร์ธานี หลายตัวอย่างสูงกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทย และค่าเฉลี่ยทั่วโลก สามารถสรุปได้ว่าดินบริเวณรอยเลื่อนเขาเด่น มีปริมาณรังสีอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง นอกจากนี้ค่าดัชนีความเสี่ยงจากการได้รับรังสีจากภายในร่างกาย (H_{in}) และค่าอัตราปริมาณรังสีแกมมาดูดกลืน (D) สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดย UNSCEAR (2000) อาจส่งผลต่อสุขภาพของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณดังกล่าว ดังนั้นควรมีการประเมินและติดตามปริมาณกัมมันตภาพรังสีบริเวณดังกล่าวต่อไปอย่างต่อเนื่องเพื่อประเมินถึงผลความเสี่ยงจากการได้รับรังสีในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยวิจัยรังสีประยุกต์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ผล และขอขอบคุณสำนักงานปรมานูเพื่อสันติให้คามอนุเคราะห์สารมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษณ์ พูนภักดิ์. (2556). สถานะโพแทสเซียมในดินที่ดอนและที่ลุ่มที่ใช้ปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2556). Dissertation Abstracts International. 5-6.
- ณัฐชยา จันทวิไชย, อติรัตน์ เจ๊ะชู, และฮัมดัม แลหะ. (2559). ปริมาณนิวไคลด์กัมมันตรังสีในดินบริเวณเหมืองแร่ทองคำเก่า ตำบลภูเขาทอง อำเภอสุคีริน จังหวัดนราธิวาส. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 8(3), 121-128
- นิตยา สีนภาษา, อสมานิยมเดชา, พิชญ์พิไล ขุนพรรณราย, พะเยาว์ ยงศิริวิทย์, และชาญยุทธ ฟองสุวรรณ. (2561). ปริมาณกัมมันตรังสีของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ของหินบริเวณแหล่งน้ำพุร้อนทุ่งนุ้ย อำเภอควนกาหลง จังหวัดสตูล. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 พ.ศ. 2561. (1083). ยะลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.
- ประสงค์ เกษราธิคุณ, ฤทัยรัตน์ บุญครองชีพ, ศุภวุฒิ เบ็ญจกุล, สุชิน อุดมสมพร, บุคอรี้ แวอูมา, จุฑาภรณ์ สุวลักษณ์, และกุลญานี มามะ. (2557). การประเมินความเป็นอันตรายทางรังสีและแผนภาพทางรังสีในตัวอย่างดินผิวน้ำ บริเวณจังหวัดกระบี่ ประเทศไทย. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ 17(3), 221-229.



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

- ปิยะ ผ่านศึก, สุনারี บดีพงษ์, และมูบารัค เล็กเกลี้ยง. (2564). การประเมินนิวไคลด์กัมมันตรังสี (^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K) ในดินบริเวณเทือกเขาหินแกรนิตอำเภอเกาะพะงัน จังหวัดสุราษฎร์ธานี. ASEAN Journal of Scientific and Technological Report. 24(1). 14-22.
- พวงทิพย์ แก้วทับทิม, ปิยะ ผ่านศึก, มูบารัค เล็กเกลี้ยง และสถาพร เรืองรุ่ง (2564). วิเคราะห์ปริมาณ Ra-226, K-40 และ Th-232 ในตะกอนดิน จากแม่น้ำ และลำคลอง จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 26(3), 1762-1776.
- สุทธิณี ช่วยมณี, ไมมูน เจ๊ะลี, ประสงค์ เกษราธิคุณ, ฤทัยรัตน์ บุญครองชีพ, และศุภวุฒิ เบ็ญกุล. (2555). การประเมินค่ากัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในดินบริเวณจังหวัดชุมพร ประเทศไทย. ในการประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสนครั้งที่ 9. 1900-1908. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ฮานาฟี เหมตระกูลวงศ์. (2556). ปริมาณนอร์มในทรายเก็บจากคลองตะกั่วป่า จังหวัดพังงา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2556). Dissertation Abstracts International.
- Abba, H.T., Hassan, W.M., and Saleh, M.A. (2018). Evaluation of environmental natural radioactivity levels in soils and ground water of Baarkin Ladi, Plateau state Nigeria. Malays J Fundam Appl Sci. 14(3), 338-342.
- Absar, N., Abedin, J., Rahman, M.M., Miah, M.H., Siddique, N., Kamal, M., Chowdhury, M., Sulieman, A.A.M., Faruque, M.R.I., Khandaker, M.U., Bradley, D.A., and Alsubaie, A. (2021). Radionuclides Transfer from Soil to Tea Leaves and Estimation of Committed Effective Dose to the Bangladesh Populace. Life11(282), 1-15.
- Atipo, M., Olarinoye, O., Awojoyogbe, B., and Kolo, M. (2020). High Terrestrial Radiation Level in an Active Tin-Mine at Jos South, Nigeria. Journal of Applied Sciences and Environmental Management 24(3), 435-442.
- Awiri, G.O., Ononugbo, C.P., and Olosoji, J.M. (2021). Radionuclide Transfer Factors of Staple Foods and Its Health Risks in Niger Delta Region of Nigeria. International Journal of Innovative Environmental Studies Research. 9(1), 21-32.
- Fungkajorn, A. (2015). Active fault checking in Thailand. Retrieved August 8, 2019, from <http://project.rid.go.th/site/index.php/th/general-information/131-2015-06-22-02-01-07/208-2015-06-22-08-11-01>. (in Thai)



การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4

"GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 #Happiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล"

- International Atomic Energy Agency (IAEA). (1989). Measurement of radionuclides in food and the Environment. Technical Report Series No. 295. Vienna: International Atomic Energy Agency.
- Nasim-Akhtar, Tufail, M., Hussain, M.Y., and Akram, M. (2011). Short communication: primordial radionuclides contamination level in fertilized farms soils of Faisalabad-Pakistan. *Soil and Environment*. 30(1), 88–94.
- Nualchavee, R. (2002). Nuclear Science. Bangkok. Kasetsart University Press. Office of Atoms for Peace (OAP). 2002. Annual Report in Southern Region of Thailand. Ministry of Science and Technology, Thailand.
- Song, G., Chen, D., Tang, Z., Zhang, Z., and Xie, W. (2012). Natural radioactivity levels in topsoil from the Pearl River Delta Zone Guangdong, China. *Journal of Environmental Radioactivity*. 103(1), 48-53.
- Svetlana, G., Gordana, V., Branislava, M., and Petrujkic, B. (2010). Natural and Anthropogenic radioactivity of foodstuffs, mosses, and soil in the Belgrade environment. *Arch. Biol. Sci.* 62(2), 301-307.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). (2000). Sources, effects, and risk of ionizing radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). Sources and Effects of Ionizing Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล อลิษา ทวีลาภ
 รหัสประจำตัวนักศึกษา 6220320801
 วุฒิการศึกษา
 วุฒิ วุฒิปริญญาตรี
 ชื่อสถาบัน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
 ปีที่สำเร็จการศึกษา 2560
 วท.บ. (ศึกษาศาสตร์)

ทุนการศึกษา

ทุนสนับสนุนค่าธรรมเนียมการศึกษา
 ทุนอุดหนุนวิจัยวิทยานิพนธ์ ประจำปีงบประมาณ 2562
 ทุนผู้ช่วยสอนปีการศึกษา 2562

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

ตำแหน่ง ครูประจำการ สาขาวิชาฟิสิกส์ โรงเรียน มอ. วิทยานุสรณ์ อำเภอหาดใหญ่
 จังหวัดสงขลา 90110

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

อลิษา ทวีลาภ และพวงทิพย์ แก้วทับทิม. 2565. การประเมินนิวไคลด์กัมมันตรังสี (226Ra, 232Th และ 40K) ในดินบริเวณรอยเลื่อนเขาเต่า จังหวัดสุราษฎร์ธานี. การประชุมวิชาการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ ครั้งที่ 4 “GRADUATE SCHOOL CONFERENCE 2022 iHappiness: ความสุขและคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนในยุคสังคมดิจิทัล”. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, สมุทรสงคราม, 31 สิงหาคม 2565, 169-179.