

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

การประเมินความเสี่ยงเบื้องต้นของกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต ต้องใช้ วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพของยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม-40 ได้แบ่งการทดลองออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง
2. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง
3. การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณกัมมันตภาพโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม
4. ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น

#### 2.1 วัสดุ

##### 2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดิน หิน และทราย

- ถุงพลาสติก
- เสียม
- จอบ
- ขางรัค
- ค้อน
- สิว
- ปากกา Permanent
- เครื่องอ่านพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)
- ถ่านสำรองเครื่องอ่านพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)
- แผนที่ภูมิประเทศ จังหวัดภูเก็ต มาตราส่วน 1 : 250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2527)

### 2.1.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างน้ำผิวดิน

- อุปกรณ์จับเรเดียมน้ำ (สุภัทร ภัทรกิจโสภณ, 2547)
- ฉลากติดสาร
- ถังอัดความดันขนาด 12 ลิตร
- น้ำกลั่น
- กรวยพลาสติก
- กระดาษขาว
- กรรไกร
- กระดาษทิชชู
- ถาดอลูมิเนียม
- ชุดกรองตะกอนในน้ำ
- ชุดจับเรเดียมน้ำ
- กระจุกใส่ตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7.2 เซนติเมตร
- เครื่องอ่านพิกัดทางภูมิศาสตร์ (GPS)
- แผนที่ภูมิประเทศ จังหวัดภูเก็ต มาตรฐาน 1 : 250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2527)
- สารละลาย  $\text{HNO}_3$  1 Normal

### 2.1.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่าง ดิน หิน และทราย

- ถาดสี่เหลี่ยมขนาด  $11 \times 3$  เซนติเมตร
- กระดาษทิชชู
- เทปกาว
- ผ้าเทปพันสายไฟ
- กระจุกใส่ตัวอย่างขนาด  $5.5 \times 5$  เซนติเมตร
- กระจุกใส่ตัวอย่างขนาด  $11 \times 5$  เซนติเมตร
- ค้อน
- ตระแกรกร่อน
- เครื่องชั่งสารความละเอียด 2 ตำแหน่ง รุ่น OHAUS ARB 120
- กรรไกร

- เทปกาวรัดสายไฟสีดำ
- นลากลิตดสาร
- กรดไนตริก (HNO<sub>3</sub>)
- เครื่องบดหิน
- ตู้อบ

#### 2.1.4 อุปกรณ์สารมาตรฐาน

- IAEA-RGU
- IAEA-RGTh
- KCl

#### 2.1.5 อุปกรณ์สำหรับการตรวจวัดแกมมาสเปกโตรเมตรี

- เครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา (Gamma-ray Spectrometer)
  - หัววัดสารกึ่งตัวนำ HPGe (Canberra, Model GC1319, USA)
  - หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl))
- เครื่องวิเคราะห์สัญญาณแบบหลายช่อง (MCA)
- เครื่องขยายสัญญาณ
- ชุดตะกั่วกำบังรังสี
- แหล่งจ่ายความต่างศักย์สูง
- เครื่องคอมพิวเตอร์ และแผ่นแม่เหล็กบันทึกข้อมูล

## 2.2 วิธีดำเนินการ

### 2.2.1 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง

#### 2.2.1.1 การกำหนดสถานที่เก็บตัวอย่าง

ในการวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่าง ดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน ในจังหวัดภูเก็ต ซึ่งมี 3 อำเภอ ประกอบด้วยอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ อำเภอถลาง การเก็บตัวอย่างได้คำนึงถึงข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง คือ

- ศึกษาข้อมูลชนิดของหินในจังหวัดภูเก็ตจากแผนที่ GIS (Geographic Information Systems) ของสำนักงานสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดภูเก็ต ซึ่งประกอบด้วย ข้อมูลจำนวนประชากร ข้อมูลพื้นที่ในแต่ละอำเภอ จำนวนตัวอย่างคำนวณจากความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต
- เก็บตัวอย่างทั้งหมด 79 ตัวอย่างโดยเก็บตัวอย่างหิน ดิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน เท่ากับ 14, 20, 21 และ 24 ตัวอย่าง ดังภาพประกอบ 5 ตามลำดับ
- อำเภอเมืองเก็บตัวอย่างทั้งหมด 31 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหิน ดิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน เท่ากับ 6, 8, 7 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ
- อำเภอถลางเก็บตัวอย่างทั้งหมด 24 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างหิน ดิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน เท่ากับ 4, 6, 8 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ
- อำเภอกะทู้เก็บตัวอย่างทั้งหมด 24 ตัวอย่าง แบ่งเป็นตัวอย่างแบ่งเป็นตัวอย่างหิน ดิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน เท่ากับ 4, 6, 6 และ 8 ตัวอย่าง ตามลำดับ

#### 2.2.1.2 ขั้นตอนการออกเก็บตัวอย่าง

- การเก็บตัวอย่างดินในจังหวัดภูเก็ต เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม

- ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทำการเก็บตัวอย่างดินเดิม และบริเวณที่ถนนตัดผ่าน โดยจุดหลุม 20 หลุม ห่างกัน 1 เมตร ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตร แล้วนำมาใส่ในถุงพลาสติกในปริมาณที่เท่ากันในแต่ละหลุม (ภาคผนวก ง)

- หลังจากนั้นใช้ยางวงรัดปากถุงพลาสติกให้เรียบร้อย
- เขียนสัญลักษณ์ สถานที่ ไว้ที่ข้างถุง เช่น ดินในอำเภอกลาง เขียนสัญลักษณ์ดังนี้

So-T1 แล้วนำมาใส่รวมในกล่องกระดาษ

- บันทึกตำแหน่งพิกัด (E/N) ของตัวอย่างดิน โดยใช้เครื่องมือบอกพิกัดดาวเทียม (GPS) พร้อมทั้งข้อมูลอื่นลงไป ในสมุดบันทึกข้อมูล
- ทำการเก็บตัวอย่างดินจนครบทั้ง 3 อำเภอ โดยเก็บอำเภอเมือง อำเภอกลาง และอำเภอกระทุ่ม 8, 6 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ

- การเก็บตัวอย่างหินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต เพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม

- เก็บตัวอย่างหินก้อนละ 1-2 กิโลกรัม โดยเก็บหินสด และหินโผล่ ซึ่งอยู่ใกล้บริเวณที่ถนนตัดผ่าน โดยใช้ก้อน และสิ่วเพื่อทุบเอาก้อนเล็ก ๆ ใส่ในถุง

- หลังจากนั้นใช้ยางวงรัดปากถุงพลาสติกให้เรียบร้อย (ภาคผนวก ง)
- เขียนสัญลักษณ์ สถานที่ ไว้ที่ข้างถุง เช่น หินในอำเภอกลาง เขียนสัญลักษณ์ดังนี้

Ro-T1 แล้วนำมาใส่รวมในกล่องกระดาษ

- บันทึกตำแหน่งพิกัด (E/N) ของตัวอย่างหินโดยใช้เครื่องมือบอกพิกัดดาวเทียม (GPS) พร้อมทั้งข้อมูลอื่นลงไป ในสมุดบันทึกข้อมูล
- ทำการเก็บตัวอย่างหินจนครบทั้ง 3 อำเภอ โดยเก็บอำเภอเมือง อำเภอกลาง และอำเภอกระทุ่ม 6, 4 และ 4 ตัวอย่าง ตามลำดับ

- การเก็บตัวอย่างทรายก่อสร้างของจังหวัดภูเก็ตเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม

- เก็บตัวอย่างทรายก่อสร้างในร้านวัสดุก่อสร้างและบ้านที่กำลังก่อสร้าง โดยเก็บตามเส้นทางถนน

- เก็บตัวอย่างทรายก่อสร้างใส่ถุง ที่เตรียมไว้ หลังจากนั้นใช้ยางวงรัดปากถุงพลาสติกให้เรียบร้อย (ภาคผนวก ง)

- เขียนสัญลักษณ์ สถานที่ ไว้ที่ข้างถุง เช่น หินในอำเภอกลาง เขียนสัญลักษณ์ดังนี้

Sa-T1 แล้วนำมาใส่รวมในกล่องกระดาษ

- บันทึกตำแหน่งพิกัด (E/N) ของตัวอย่างทรายก่อสร้างโดยใช้เครื่องมือบอกพิกัดดาวเทียม (GPS) พร้อมทั้งข้อมูลอื่นลงไปในสมุดบันทึกข้อมูล
- ทำการเก็บตัวอย่างทรายก่อสร้างจวนครบทั้ง 3 อำเภอโดยเก็บอำเภอเมือง อำเภอกะทู้ อำเภอถลาง 8, 6 และ 6 ตัวอย่าง ตามลำดับ

● การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินของจังหวัดภูเก็ตเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพเรเดียม

- เตรียมชุดจับเรเดียมในน้ำ
- บรรจุเรซินปริมาณ 158 กรัม ลงในชุดจับเรเดียมในน้ำ
- ด้วยการเติมน้ำกลั่นจำนวน 2 ลิตร ลงในถังแรงดัน แล้วทำการปั๊มให้น้ำผ่านชุดจับเรเดียมในน้ำ เพื่อล้างน้ำเกลือ
- บรรจุตัวอย่างน้ำผิวดินครั้งละ 10 ลิตร ลงในถังแรงดันขนาด 12 ลิตร ทำการปั๊มน้ำ ผ่านชุดจับเรเดียมในน้ำ
- บรรจุน้ำครั้งละ 10 ลิตร ลงในถังแรงดัน ทำการทดลองซ้ำเช่นเดิม จวนครบทั้ง 30 ลิตร
- เทเรซิน ออกมาจากเครื่องจับเรเดียม เก็บเรซินที่ผ่านน้ำแล้วใส่กระปุกพลาสติกเดิมสารละลายที่มีความเข้มข้นของกรด  $\text{HNO}_3$  เข้มข้น 1N ปริมาตร 50 ml ลงในกระปุกสารตัวอย่าง เพื่อปรับให้มีค่า  $\text{pH} \leq 2$
- ปิดผนึกกระปุกสารตัวอย่างให้สนิทและติดฉลากบอกสัญลักษณ์ เช่น น้ำบ่อสาธารณะเทศบาลเมืองภูเก็ต สัญลักษณ์ดังนี้ We – M1 และข้อมูลวันที่ทดลองและน้ำหนักรสาร (ภาคผนวก ง)
- ล้างทำความสะอาดเครื่องมือด้วยน้ำกลั่น
- ทำการเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินในบ่อน้ำผิวดินที่นำมาทำเป็นน้ำประปาหมู่บ้าน ให้ครอบคลุมทั้ง 3 อำเภอ โดยเก็บอำเภอเมือง อำเภอถลาง และอำเภอกะทู้จำนวน 7, 8 และ 6 ตัวอย่างตามลำดับ

## 2.2.2 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

ขั้นตอนนี้เป็นการนำตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้าง ที่เก็บมาจากจังหวัดภูเก็ต มาเตรียมเพื่อการวิเคราะห์ หาปริมาณความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม

2.2.2.1 นำตัวอย่างดิน และทรายก่อสร้าง มาร่อนเอาเศษขยะ และเศษหญ้าออก

2.2.2.2 นำตัวอย่างหินมาทุบด้วยเครื่องบดหินให้มีขนาดเท่าหัวไม้ขีดไฟ

2.2.2.3 นำตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้างมาใส่ถาดขนาด  $11 \times 3$  เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 ชั่วโมง เพื่อไล่น้ำออก และให้แน่ใจว่าความเข้มข้นของกัมมันตภาพรังสีที่วัดออกมาได้มาจากตัวอย่าง ไม่ได้มาจากน้ำ

2.2.2.4 นำตัวอย่างดิน และหิน มาชั่งกับเครื่องชั่งสารความละเอียด 2 ตำแหน่งบรรจุตัวอย่างลงในกระปุกสารขนาด  $5.5 \times 5$  เซนติเมตร นำเทปกาวปิดทับฝากระปุกเพื่อกันไม่ให้อากาศเข้า แล้วตั้งไว้ 30 วัน เพื่อให้เข้าสู่สมดุลแบบถาวร

2.2.2.5 นำตัวอย่างทรายก่อสร้างจากร้านค้าวัสดุก่อสร้างในพื้นที่ใกล้เคียงกันมารวมกัน โดยชั่งแต่ละตัวอย่างด้วยเครื่องชั่งสารให้มีน้ำหนักที่เท่ากันแล้วนำมาผสมให้เข้ากัน นำทรายก่อสร้างหลัง จากการผสมแล้วใส่ในกระปุกสารขนาด  $5.5 \times 5$  เซนติเมตร นำเทปกาวปิดทับฝากระปุกเพื่อกันไม่ให้อากาศเข้า ตัวอย่างการผสมทรายก่อสร้างในอำเภอถลาง Sa-T5 มาจากการรวมของ ทรายก่อสร้างที่มาจากบ้าน หจก.ทุ่งคาค้าวัสดุและร้านวุฒิชัย

## 2.2.3 การวิเคราะห์หาค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม

2.2.3.1 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างนำด้วยเครื่องแกมมาสเปกโตรมิเตอร์ หัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ HPGe (ภาคผนวก ก)

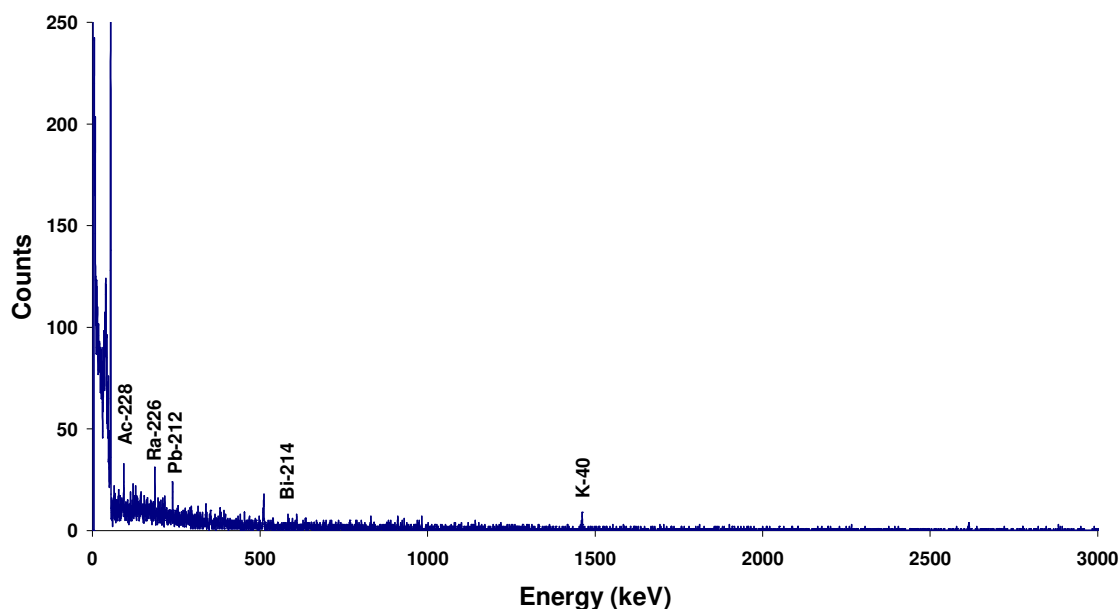
- ขั้นตอนการวัดตัวอย่างนำผิวดิน

- เปิดเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา หัววัดสารกึ่งตัวนำ HPGe (ภาคผนวก ง)
- วัดรังสีภูมิหลัง โดยตั้งเวลาการวัด 21,600 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

- วัดตัวอย่างน้ำผิวดิน โดยตั้งเวลาการวัด 21,600 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์
- วัดสารมาตรฐาน โดยตั้งเวลาการวัด 21,600 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์
- ทำการวัดตัวอย่างน้ำผิวดินให้ครบทุกตัวอย่างตามขั้นตอนข้างต้น

- **วิธีการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียม**

การวิเคราะห์ที่ใช้การเปรียบเทียบพื้นที่ใต้ยอดพลังงานรังสีแกมมา ที่ระดับพลังงานหนึ่งของสารมาตรฐานกับพื้นที่ใต้ยอดพลังงานที่ระดับพลังงานเดียวกันกับของสารตัวอย่าง เมื่อลบ Background ออกไปแล้วสำหรับยอดพลังงานที่เด่น และสามารถนำมาใช้หาปริมาณเรเดียม คือยอดพลังงานที่ระดับพลังงาน 1.86 MeV อยู่ในช่องพลังงานที่ 483-485 เป็นตัวเปรียบเทียบยอดพลังงานรังสีแกมมานี้เป็นผลมาจากเรเดียม ซึ่งเป็นนิวไคลด์ลูกหลานของยูเรเนียม การวิเคราะห์หาความเข้มข้น กัมมันตภาพของเรเดียมในลักษณะนี้ ถูกต้องสมบูรณ์ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าเกิดการสมดุลกัมมันตรังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม ดังแสดงในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 สเปกตรัมรังสีแกมมาของเรเดียมในตัวอย่างน้ำผิวดินพื้นที่จังหวัดภูเก็ต

- การคำนวณค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์ที่ยึดพลังงานต่าง ๆ

การหาค่าประสิทธิภาพของระบบวัดโดยใช้สมการ

$$Efficiency = \frac{Net Area}{(Live Time)(Activity)(Yield)}$$

โดย	Net Area	=	พื้นที่ที่ยึดพลังงานรังสีแกมมาที่สนใจ
	Live Time	=	เวลาวัด (sec)
	Yield	=	สัดส่วนการปลดปล่อยรังสีแกมมาของแต่ละระดับพลังงาน
	Activity	=	ค่ากัมมันตภาพ (Bq)

นำค่า Efficiency ที่ได้ไปใช้หาค่า Activity ของตัวอย่างอื่น ๆ

โดยการคำนวณค่ากัมมันตภาพของนิวไคลด์ที่ยึดพลังงานต่าง ๆ คำนวณได้จากสมการ

$$Activity(Bq) = \frac{Net Area}{Live Time(sec) \times Efficiency(CPS/Bq) \times Yield(Fraction)}$$

### 2.2.3.2 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้าง ด้วยหัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl))

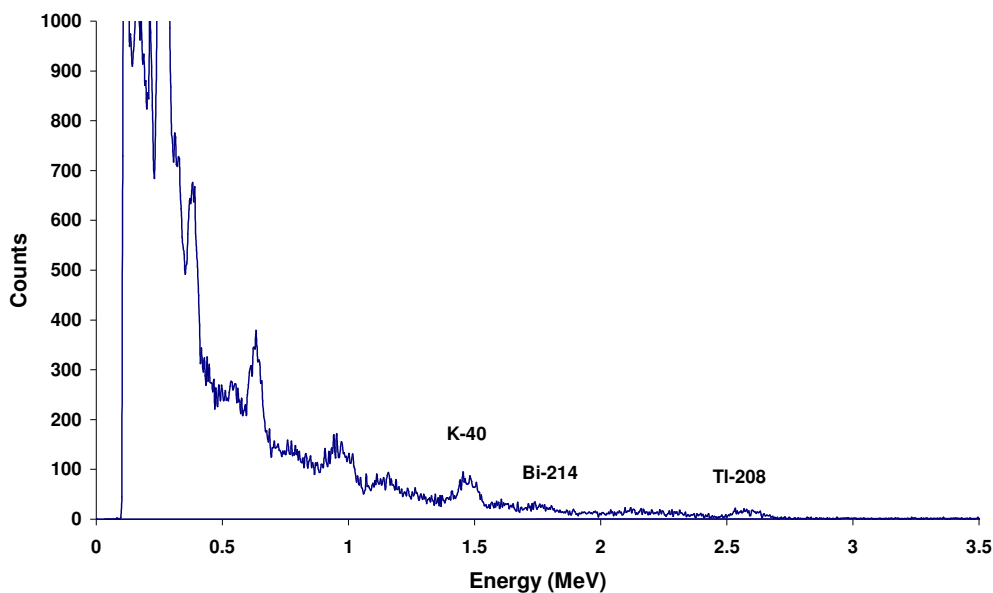
- ขั้นตอนการวัด

- เปิดเครื่องสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา หัววัดรังสีชนิดเรืองแสง (Scintillation detector, NaI(Tl)) (ภาคผนวก ง)

- วัดรังสีภูมิหลัง โดยตั้งเวลาการวัด 10,800 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

- วัดตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้าง โดยตั้งเวลาการวัด 10,800 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

- วัดสารมาตรฐาน โดยตั้งเวลาการวัด 10,800 วินาที แล้วบันทึกสเปกตรัมไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์
  - วัดตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้าง ให้ครบทุกตัวอย่างตามขั้นตอนข้างต้น
- **วิธีการวิเคราะห์เพื่อหาความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม**
    - ทำการเปรียบเทียบเพื่อหาระดับพลังงานที่ใช้การวิเคราะห์หาความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ทอเรียม และยูเรเนียม โดยทำการวัดสารมาตรฐาน KCl, IAEA-RGU, IAEA-RGTh ที่ทราบค่ากัมมันตภาพ และวัดรังสีกัมมันตภาพ
    - โพแทสเซียม-40 ใช้ยอดพลังงานที่ระดับพลังงาน 1.46 MeV คือช่อง 379-396 เป็นตัวเปรียบเทียบพลังงานระดับนี้มาจาก  $^{40}\text{K}$  ที่มีอยู่ในโพแทสเซียมตามธรรมชาติ
    - ในการหาปริมาณยูเรเนียมใช้ยอดพลังงานที่ระดับพลังงาน 1.76 MeV คือช่อง 459-479 เป็นตัวเปรียบเทียบพลังงานระดับนี้มาจาก  $^{214}\text{Bi}$  การหาปริมาณทอเรียมใช้ยอดพลังงานที่ระดับพลังงาน 2.61 MeV คือช่อง 679-705 เป็นตัวเปรียบเทียบพลังงานระดับนี้มาจาก  $^{208}\text{Tl}$  ซึ่งเป็นนิวไคลด์ลูกหลานของ  $^{232}\text{Th}$  การวิเคราะห์หาปริมาณกัมมันตภาพรังสีในลักษณะนี้ ต้องต้องสมบูรณ์ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าการสมมูลกัมมันตภาพ รังสีในอนุกรมการสลายตัวของยูเรเนียม และอนุกรมทอเรียม ค่ากัมมันตภาพที่ได้มีหน่วยเป็นเบคเคอเรล (Bq) แล้วนำมาคำนวณเป็นความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียม ในสารตัวอย่าง ในหน่วย Bq/kg ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 สเปกตรัมรังสีแกมมาของยูเรเนียม ทอเรียม และโพแทสเซียม-40 ในตัวอย่างหิน  
พื้นที่จังหวัดภูเก็ต

- การหาประสิทธิภาพของระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา

ค่าขีดจำกัดต่ำสุดของการวัด (Lower Limit of Detection, L.L.D.) ของระบบสเปกโตรมิเตอร์รังสีแกมมา โดยคำนวณได้จากสูตรของ Chiozzi (2000)

$$L_n (Bq) = \frac{2\sqrt{2}}{e_{i,n}} \left( \frac{R_i b}{t} \right)^{1/2}$$

เมื่อ  $e_{i,n}$  = ประสิทธิภาพของรังสีแกมมา โดยที่  $i,n = 1, 2, 3$  และ  $4$  ซึ่งหมายเลข 1 เป็นช่องพลังงานของโพแทสเซียม-40 หมายเลข 2 เป็นช่องพลังงานของ ยูเรเนียม และหมายเลข 3 เป็นช่องพลังงานของทอเรียม และหมายเลข 4 เป็นช่องพลังงานของเรเดียม ตามลำดับ

$R_i b$  = จำนวนนับรังสีกัมมันต์ (cps) ต่อเวลาที่ใช้ในการวัดสารมาตรฐาน

$t$  = เวลาที่ใช้ในการวัดสารมาตรฐาน มีค่าเท่ากับ 10,800 และ 21,600 นาที

ซึ่งผลจากการวัดรังสีกัมมันตภาพของสารมาตรฐานทั้ง 3 ตัว จะได้ว่าค่ารังสีกัมมันตภาพของช่องที่ 1 หรือของสารมาตรฐาน KCl มีค่าเท่ากับ 576 cps และช่องที่ 2 ของสารมาตรฐาน RGU มีค่าเท่ากับ 238 cps และช่องที่ 3 ของสารมาตรฐาน RGTh มีค่าเท่ากับ 238 cps และช่องที่ 4 ของสารมาตรฐาน RGU-1 มีค่าเท่ากับ 66 cps และส่วนค่าประสิทธิภาพของรังสีแกมมาที่ช่องพลังงานของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม ทอเรียม และเรเดียมมีค่าเท่ากับ  $5.87 \times 10^{-4}$ ,  $1.10 \times 10^{-3}$ ,  $9.53 \times 10^{-4}$  และ  $5.74 \times 10^{-2}$  cps/Bq ตามลำดับ ซึ่งค่า L.L.D ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 10.71, 3.66, 3.03 และ 2.10 Bq สำหรับโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม ทอเรียม และเรเดียม ตามลำดับ

### 2.2.3.3 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น

- นำค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ยูเรเนียม และทอเรียมที่วัดได้มาคำนวณหาค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ ของตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้างโดยคำนวณจากสมการ (UNSCEAR, 2000)

$$D(nGy/h) = 0.462A_{Ra} + 0.604A_{Th} + 0.0417A_K$$

โดยที่  $A_{Ra}$ ,  $A_{Th}$  และ  $A_K$  คือค่าความเข้มข้นกัมมันตภาพของเรเดียมซึ่งสามารถแทนด้วยความเข้มข้นกัมมันตภาพของยูเรเนียมเนื่องจากเกิดการสมดุลรังสีแบบถาวร ความเข้มข้นกัมมันตภาพของทอเรียม และความเข้มข้นกัมมันตภาพของโพแทสเซียม-40 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

- นำค่าอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศมาหาปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปีของตัวอย่างดิน หิน และทรายก่อสร้าง โดยคำนวณจากสมการ (UNSCEAR, 2000)

$$\text{annual effective dose(Sv)} = \text{absorbed dose rate (Gy/h)} \times 8760 \text{ h} \times 0.2 \times 0.7 \text{ Sv/Gy}$$

- คำนวณหาปริมาณเรเดียมที่ร่างกายได้รับต่อปี ของตัวอย่างน้ำผิวดิน จากสูตร

$$\text{annual effective dose(Sv)} = A_{Ra}(\text{Bq/l}) \times 2.8 \times 10^{-7} \text{ Sv/Bq} \times 730(\text{l})$$

ประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น โดยคำนวณค่า Hazard Quotient (HQ) มีสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้ (ดังแสดงในภาคผนวก ข)

$$\text{Hazard Quotient (HQ)} = \frac{\text{Exposure}}{\text{RfD}}$$

เมื่อ Exposure = ปริมาณกัมมันตภาพรังสีที่ร่างกายได้รับต่อปี  
RfD = Reference Dose (RfD) ปริมาณรังสีที่บุคคลทั่วไปได้รับจากรังสีทุกชนิด ว่าควรได้รับไม่เกิน 0.1 mSv (ICRP, 1991) ของตัวอย่างดิน หิน ทราซกอสสร้าง และ 8  $\mu\text{Sv}$  ของตัวอย่างน้ำผิวดิน (WHO, 2002)

โดยที่  $\text{HQ} \leq 1$  ปลอดภัยมีความเสี่ยงอยู่ในเกณฑ์ปกติ  
 $\text{HQ} > 1$  เกินค่ามาตรฐาน มีความเสี่ยงมากกว่าเกณฑ์ปกติ

## 2.3 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean,  $\bar{X}$ ) ในงานวิจัยนี้เป็นการหาค่าเฉลี่ยปริมาณกัมมันตภาพรังสีในกรณีที่มีข้อมูลไม่มีการแจกแจงความถี่ โดยหาได้จากสมการ

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

เมื่อ  $X_i$  = ค่าข้อมูลแต่ละตัว  
n = จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2.3.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, SD) การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในงานวิจัยนี้ หาได้จากสมการ

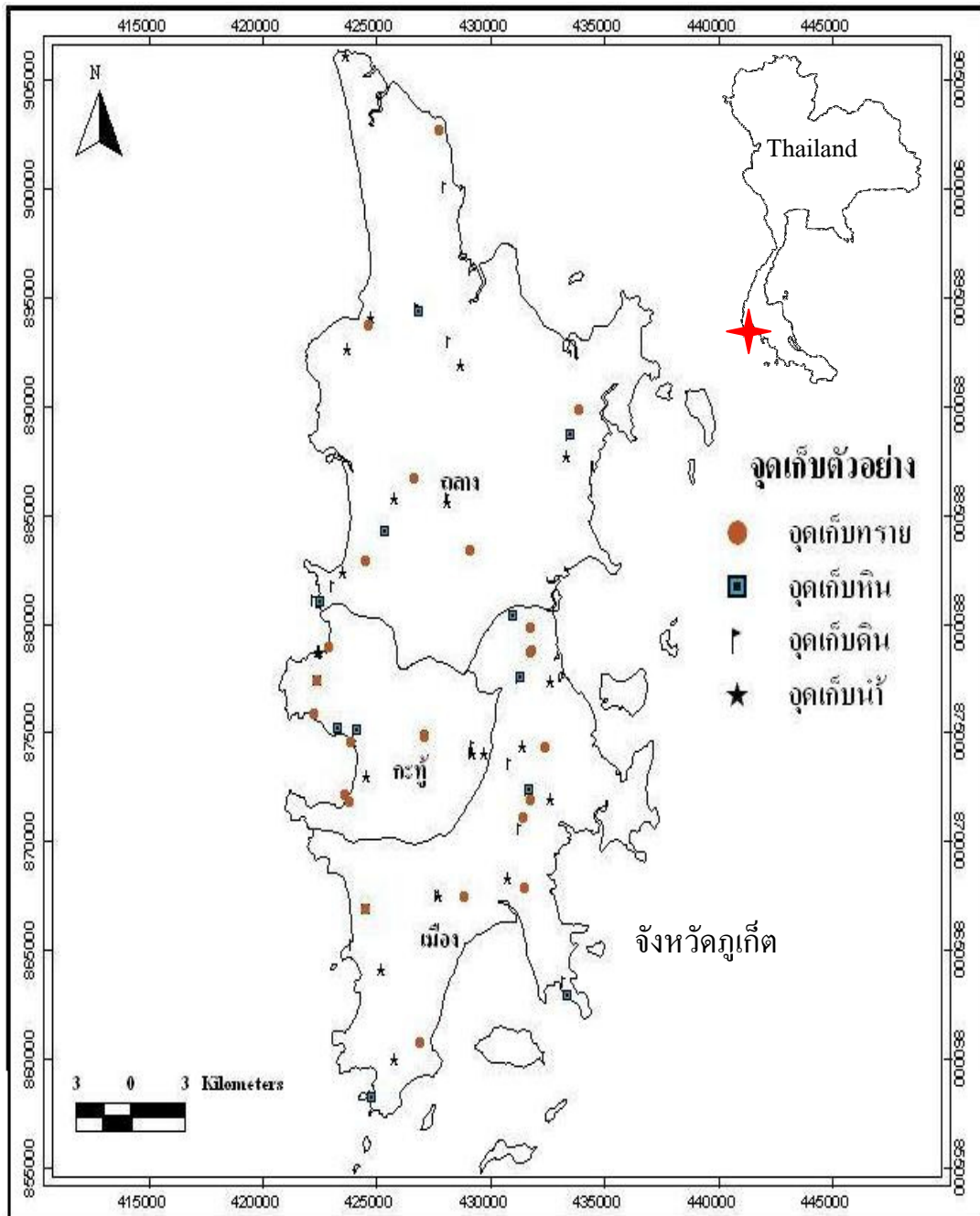
$$SD = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X - \bar{X})^2}{n}}$$

เมื่อ	X	=	ข้อมูล
	n	=	จำนวนข้อมูลทั้งหมด
	$\bar{X}$	=	ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

### 2.3.3 ความผิดพลาดมาตรฐาน (Standard error, SE) หาได้จากสมการ

$$S.E. = \frac{SD}{\sqrt{N}}$$

เมื่อ	SD	=	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	N	=	จำนวนตัวอย่าง



ภาพประกอบ 5 จุดเก็บตัวอย่างดิน หิน ทรายก่อสร้าง และน้ำผิวดิน พื้นที่จังหวัดภูเก็ต