

บทที่ 4

ผลและการอภิปรายผล

การวิจัยเพื่อตรวจวัดกัมมันตภาพรังสีธรรมชาติในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แบ่งวิธีการอภิปรายผลออกเป็นขั้นตอนดังนี้

- 4.1 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K
- 4.2 ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม
- 4.3 อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ
- 4.4 ดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกและภายในร่างกาย
- 4.5 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี
- 4.6 การกระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างดิน หิน ทราย และ ความสัมพันธ์กับธรณีวิทยาในพื้นที่
- 4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำบาดิน

4.1 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K

4.1.1 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างดิน

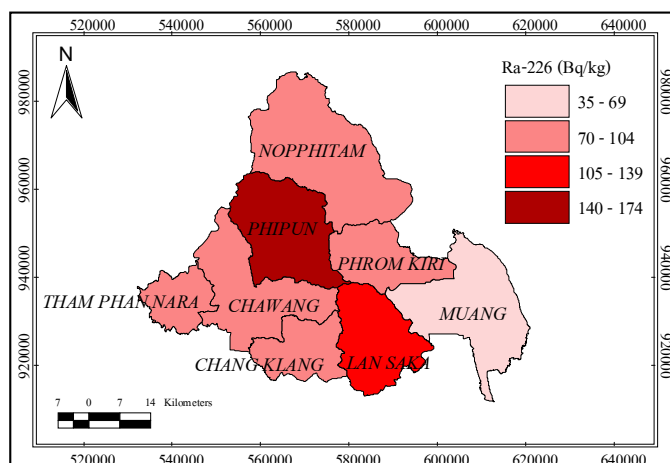
จากการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 26 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ 6 อำเภอ 2 กิ่งอำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอฉวาง กิ่งอำเภอช้างกลาง อำเภอลานสกา อำเภอถ้ำพรรณรา อำเภอพิปูน อำเภอพรหมคีรี และกิ่งอำเภอนบพิตำ ผลการวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา ได้แสดงผลไว้ในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในดิน แยกตามอำเภอ

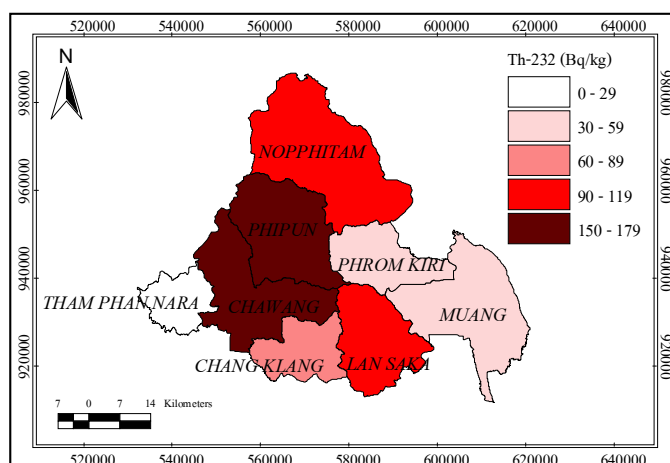
| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ (Bq/kg) | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|
| | ^{226}Ra | | ^{232}Th | | ^{40}K | |
| | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย |
| เมือง (5) | 8 – 130 | 69 ± 43 | 43 – 100 | 53 ± 32 | 296 – 571 | 391 ± 96 |
| ฉวาง (3) | 71 – 100 | 85 ± 16 | 136 – 170 | 154 ± 19 | 466 – 968 | 719 ± 284 |
| ช้างกลาง (3) | 39 – 142 | 85 ± 59 | 25 – 128 | 77 ± 58 | 219 – 599 | 389 ± 219 |
| ลานสกา (3) | 82 – 203 | 130 ± 73 | 75 – 178 | 118 ± 61 | 670 – 1191 | 975 ± 308 |
| ถ้ำพรรณรา (3) | 64 – 148 | 93 ± 54 | 12 – 46 | 19 ± 27 | 21 – 80 | 34 ± 47 |
| พิปูน (3) | 95 – 197 | 146 ± 58 | 102 – 236 | 162 ± 77 | 488 – 833 | 616 ± 214 |
| พรหมคีรี (3) | 41 – 108 | 84 ± 41 | 21 – 94 | 47 ± 47 | 140 – 647 | 372 ± 290 |
| นบพิตำ (3) | 57 – 139 | 93 ± 48 | 54 – 115 | 94 ± 39 | 441 – 1111 | 788 ± 380 |
| รวมทั้งหมด (26) | 8 – 203 | 96 ± 18 | 12 – 236 | 88 ± 23 | 21 – 1191 | 524 ± 127 |
| มัธยฐาน (Median) | 90 | | 86 | | 477 | |

ตาราง 4.1 แสดงผลการหาปริมาณกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างดิน ในพื้นที่ 6 อำเภอ 2 กิ่งอำเภอ ของ จ.นครศรีธรรมราช พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 อยู่ในช่วง 8 – 203 (เฉลี่ย 96 ± 18), 12 – 236 (เฉลี่ย 88 ± 23) และ 21 – 1191 (เฉลี่ย 524 ± 127) Bq/kg ตามลำดับ โดยค่ากัมมันตภาพของ Ra-226 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.เมือง (8 ± 27 Bq/kg) และ อ.ลานสกา (203 ± 32 Bq/kg) ส่วนค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.ถ้ำพรรณรา (12 ± 19 Bq/kg) และ อ.พิปูน (236 ± 32 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.ถ้ำพรรณรา (21 ± 68 Bq/kg) และ อ.ลานสกา (1191 ± 95 Bq/kg) รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

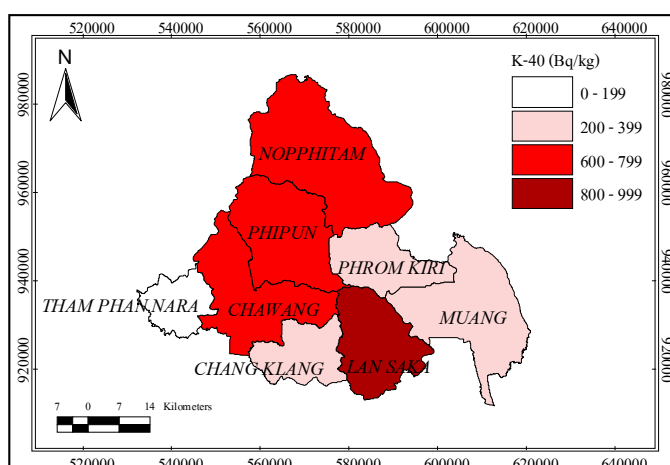
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแต่ละอำเภอ พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 ต่ำสุด คือ อ.เมือง (เฉลี่ย 69 ± 43 Bq/kg) สูงสุด คือ อ.พิปูน (เฉลี่ย 146 ± 58 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของ Th-232 ต่ำสุด คือ อ.ถ้ำพรรณรา (เฉลี่ย 19 ± 27 Bq/kg) และสูงสุดที่ อ.พิปูน (เฉลี่ย 162 ± 77 Bq/kg) ส่วนอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะ K-40 ต่ำสุด คือ อ.ถ้ำพรรณรา (เฉลี่ย 34 ± 47 Bq/kg) และสูงสุดคือ อ.ลานสกา (เฉลี่ย 975 ± 308 Bq/kg) ภาพประกอบ 4.1 เป็นแผนที่ระดับสีของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างดินในแต่ละอำเภอใน จ.นครศรีธรรมราช



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 4.1 แผนที่แสดงค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของ
ตัวอย่างดิน (ก) Ra-226 (ข) Th-232 (ค) K-40

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ากัมมันตภาพจำเพาะ Ra-226, Th-232 และ K-40 เฉลี่ยของดินจากทั่วโลก (UNSCEAR, 2000) ที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะเท่ากับ 35, 30 และ 400 Bq/kg ตามลำดับ พบว่า ค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีทั้งสามในตัวอย่างดินเกือบทั้งหมดของ จ.นครศรีธรรมราช มีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยจากทั่วโลก ยกเว้นค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ยของ Th-232 ใน อ.ถ้ำพรรณรา (19 ± 27 Bq/kg) ที่มีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจากทั่วโลก ส่วนอำเภอที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจากทั่วโลก ได้แก่ อ.ถ้ำพรรณรา (34 ± 47 Bq/kg) อ.พรหมคีรี (372 ± 290 Bq/kg) กิ่ง อ.ช้างกลาง (389 ± 219 Bq/kg) และ อ.เมือง (391 ± 96 Bq/kg)

4.1.2 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างหิน

จากการเก็บตัวอย่างหินจำนวน 18 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ 5 อำเภอ 1 กิ่งอำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ อ.ฉวาง อ.ลานสกา อ.ถ้ำพรรณรา อ.พิปูน อ.พรหมคีรี และ กิ่ง อ.นบพิตำ ผลการวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และโพแทสเซียม-40 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา ได้แสดงผลไว้ในตาราง 4.2

ตาราง 4.2 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในหิน แยกตามอำเภอ

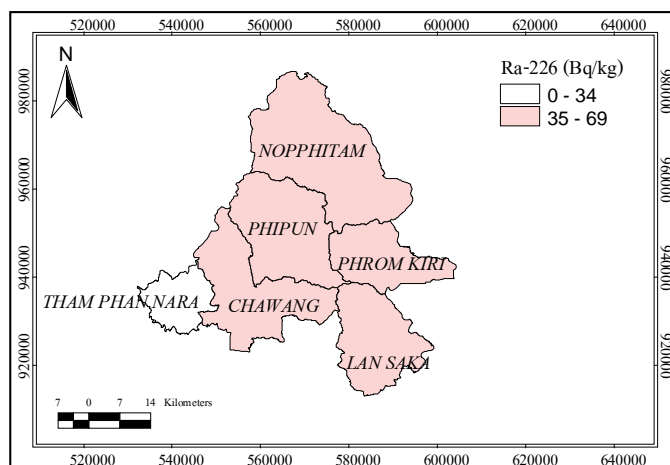
| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ (Bq/kg) | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------------|----------------|
| | ^{226}Ra | | ^{232}Th | | ^{40}K | |
| | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย |
| ฉวาง (3) | 52 – 95 | 68 ± 27 | 74 – 113 | 87 ± 25 | 695 – 869 | 794 ± 101 |
| ลานสกา (3) | 25 – 62 | 41 ± 21 | 8 – 80 | 36 ± 43 | 18 – 691 | 271 ± 414 |
| ถ้ำพรรณรา (3) | 18 – 31 | 25 ± 8 | 31 – 35 | 22 ± 22 | 137 – 151 | 96 ± 94 |
| พิปูน (3) | 27 – 78 | 45 ± 33 | 25 – 82 | 50 ± 33 | 162 – 821 | 405 ± 410 |
| พรหมคีรี (2) | 56 – 69 | 62 ± 13 | 53 – 90 | 72 ± 37 | 1055 – 1305 | 1180 ± 245 |
| นบพิตำ (4) | 11 – 113 | 43 ± 50 | 3 – 84 | 30 ± 38 | 31 – 638 | 360 ± 302 |
| รวมทั้งหมด (18) | 11 – 113 | 46 ± 14 | 3 – 113 | 47 ± 16 | 18 – 1305 | 472 ± 187 |
| มัธยฐาน (Median) | 43 | | 39 | | 419 | |

ตาราง 4.3 ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล ทอเรียมสมมูล และ โพแทสเซียม ในหิน

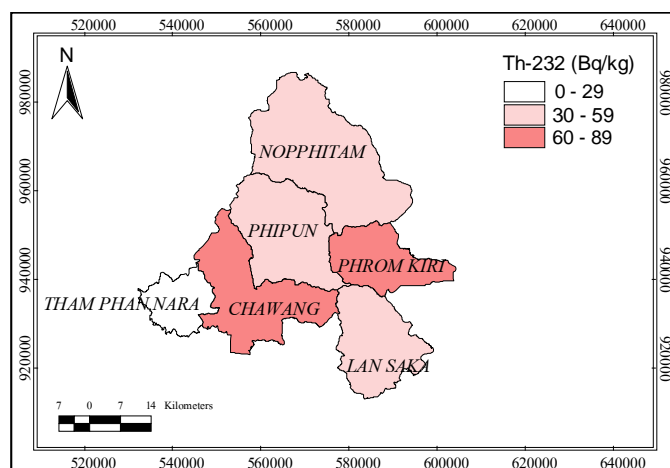
| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | ค่าความเข้มข้น | | | | | |
|------------------------------------|----------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|
| | eU (ppm) | | eTh (ppm) | | K (%) | |
| | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย |
| ฉวาง (3) | 4.2 – 7.7 | 5.5 ± 2.2 | 18.2 – 27.8 | 21.5 ± 6.2 | 2.2 – 2.8 | 2.6 ± 0.3 |
| ลานสกา (3) | 2.0 – 5.0 | 3.4 ± 1.7 | 2.0 – 19.6 | 8.9 ± 10.6 | 0.1 – 2.2 | 0.9 ± 1.3 |
| ถ้ำพรรณรา (3) | 1.4 – 2.5 | 2.0 ± 0.6 | 7.6 – 8.7 | 5.4 ± 5.4 | 0.4 – 0.5 | 0.3 ± 0.3 |
| พิปูน (3) | 2.2 – 6.3 | 3.6 ± 2.6 | 6.1 – 20.1 | 12.2 ± 8.1 | 0.5 – 2.7 | 1.3 ± 1.3 |
| พรหมคีรี (2) | 4.5 – 5.6 | 5.0 ± 1.0 | 13.0 – 22.3 | 17.6 ± 9.1 | 3.4 – 4.2 | 3.8 ± 0.8 |
| นบพิตำ (4) | 0.9 – 9.2 | 3.5 ± 4.0 | 0.7 – 20.7 | 7.3 ± 9.4 | 0.1 – 2.1 | 1.2 ± 1.0 |
| รวมทั้งหมด (18) | 0.9 – 9.2 | 3.7 ± 1.1 | 0.7 – 27.8 | 11.6 ± 4.0 | 0.1 – 4.2 | 1.5 ± 0.6 |
| มัธยฐาน (Median) | 3.5 | | 9.6 | | 1.4 | |

ผลการหาค่ากัมมันตภาพจำเพาะ Ra-226, Th-232 และ K-40 ของตัวอย่างหิน พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 11 – 113 (เฉลี่ย 46 ± 14), 3 – 113 (เฉลี่ย 47 ± 16) และ 18 – 1305 (เฉลี่ย 472 ± 187) Bq/kg ตามลำดับ เมื่อคิดเทียบเป็นค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล มีค่าอยู่ในช่วง 0.9 – 9.2 (เฉลี่ย 3.7 ± 1.1) ppm ค่าความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 – 27.8 (เฉลี่ย 11.6 ± 4.0) ppm และค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.1 – 4.2 (เฉลี่ย 1.5 ± 0.6) % ตามลำดับ (ตาราง 4.3) เมื่อพิจารณาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 สูงสุดและต่ำสุดพบที่ กิ่ง อ.นบพิตำ ค่าสูงสุดมีค่า 113 ± 21 และค่าต่ำสุดมีค่า 11 ± 16 Bq/kg ตามลำดับ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 สูงสุดพบที่ อ.ฉวาง (113 ± 19 Bq/kg) และต่ำสุดพบที่ กิ่ง อ.นบพิตำ (3 ± 13 Bq/kg) ส่วนค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 สูงสุดพบที่ อ.พรหมคีรี (1305 ± 14 Bq/kg) และต่ำสุดพบที่ อ.ลานสกา (18 ± 67 Bq/kg) รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

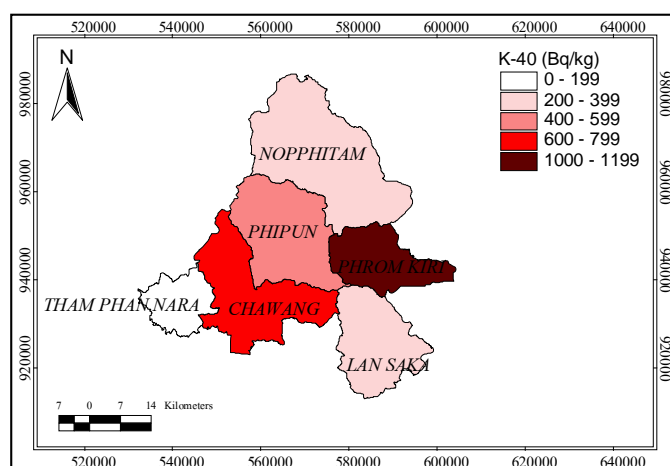
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแต่ละอำเภอ พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 เฉลี่ยต่ำสุดพบที่ อ.ถ้ำพรรณรา (เฉลี่ย 25 ± 8 Bq/kg) ค่าเฉลี่ยสูงสุดพบที่ อ.ฉวาง (เฉลี่ย 68 ± 27 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 เฉลี่ยต่ำสุดพบที่ อ.ถ้ำพรรณรา (เฉลี่ย 22 ± 22 Bq/kg) และเฉลี่ยสูงสุดที่ อ.ฉวาง (เฉลี่ย 87 ± 25 Bq/kg) สำหรับกัมมันตภาพจำเพาะ K-40 ค่าเฉลี่ยต่ำสุดพบที่ อ.ถ้ำพรรณรา (เฉลี่ย 96 ± 94 Bq/kg) และเฉลี่ยสูงสุดที่ อ.พรหมคีรี (เฉลี่ย 1180 ± 245 Bq/kg) ภาพประกอบ 4.2 เป็นแผนที่ระดับสีของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างหินในแต่ละอำเภอใน จ.นครศรีธรรมราช



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 4.2 แผนที่แสดงค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของ
ตัวอย่างหิน (ก) Ra-226 (ข) Th-232 (ค) K-40

4.1.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในหิน แยกตามชนิดของหิน

เมื่อนำตัวอย่างหินทั้งหมด 18 ตัวอย่าง มาทำการแยกตามชนิดของหิน เพื่อใช้ในการหาค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างหินแต่ละชนิด ซึ่งประกอบด้วย หินแกรนิต 6 ตัวอย่าง หินทรายแป้ง 3 ตัวอย่าง และหินปูน 9 ตัวอย่าง จากการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นในตัวอย่างหินแต่ละชนิด ผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.4

ตาราง 4.4 ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล ทอเรียมสมมูล และ โพแทสเซียม ในหิน แยกตามชนิดของหิน

| ชนิดหิน (จำนวนตัวอย่าง) | ค่าความเข้มข้น | | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|
| | eU (ppm) | | eTh (ppm) | | K (%) | |
| | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย |
| หินแกรนิต (6) | 2.2 – 9.2 | 5.7 ± 2.0 | 10.5 – 27.8 | 15.5 ± 7.9 | 0.7 – 4.2 | 2.5 ± 1.0 |
| หินทรายแป้ง (3) | 4.2 – 6.3 | 5.0 ± 1.3 | 18.2 – 20.1 | 19.0 ± 1.1 | 2.2 – 2.8 | 2.6 ± 0.3 |
| หินปูน (9) | 0.9 – 3.9 | 2.0 ± 0.8 | 0.7 – 20.7 | 6.5 ± 4.0 | 0.1 – 2.1 | 0.5 ± 0.4 |

ตาราง 4.4 แสดงการหาค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสี เมื่อแยกตามชนิดของหิน พบว่า ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล ในหินแกรนิตมีค่าอยู่ในช่วง 2.2 – 9.2 (เฉลี่ย 5.7 ± 2.0) ppm ค่าความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล มีค่าอยู่ในช่วง 10.5 – 27.8 (เฉลี่ย 15.5 ± 7.9) ppm และค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 – 4.2 (เฉลี่ย 2.5 ± 1.0) % ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล ในหินทรายแป้งมีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 6.3 (เฉลี่ย 5.0 ± 1.3) ppm ค่าความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล มีค่าอยู่ในช่วง 18.2 – 20.1 (เฉลี่ย 19.0 ± 1.1) ppm และค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 2.2 – 2.8 (เฉลี่ย 2.6 ± 0.3) % ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมสมมูล ในหินปูนมีค่าอยู่ในช่วง 0.9 – 3.9 (เฉลี่ย 2.0 ± 0.8) ppm ค่าความเข้มข้นของทอเรียมสมมูล มีค่าอยู่ในช่วง 0.7 – 20.7 (เฉลี่ย 6.5 ± 4.0) ppm และค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วง 0.1 – 2.1 (เฉลี่ย 0.5 ± 0.4) % รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

เมื่อเปรียบเทียบค่ากัมมันตภาพจำเพาะในตัวอย่างหินในพื้นที่ศึกษากับค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 เฉลี่ยจากทั่วโลกในหินชั้นเปลือกโลกที่มีค่าเท่ากับ 40, 40 และ 400 Bq/kg (EC, 1999) พบว่า หินในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 สูงกว่าค่าเฉลี่ยของหินจากทั่วโลกเล็กน้อย คือ 1.15, 1.17 และ 1.18 เท่า ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในหินชนิดต่างๆ ในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช กับค่าความเข้มข้นของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในหินทั่วไป ที่แสดงในตาราง 4.5 พบว่า หินแกรนิตในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของยูเรเนียมรวม สูงกว่าช่วงข้อมูลค่าความเข้มข้นในหินแกรนิตทั่วไป แต่สูงกว่าไม่มาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.7 ± 2.0 ppm ในขณะที่หินแกรนิตทั่วไปมีค่าอยู่ในช่วง 4 – 5 ppm ส่วนค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของทอเรียมรวม มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงเดียวกับค่าความเข้มข้นในหินแกรนิตทั่วไป และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโพแทสเซียม มีค่าต่ำกว่าช่วงค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม ในหินแกรนิตทั่วไป เมื่อพิจารณาในหินทรายแป้ง โดยจัดให้หินทรายแป้งอยู่ในชนิดหินดินดาน พบว่า หินทรายแป้งในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของยูเรเนียมรวม สูงกว่าช่วงข้อมูลค่าความเข้มข้นในดินดานทั่วไปไม่มาก ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของทอเรียมรวม มีค่าสูงกว่าช่วงข้อมูลค่าความเข้มข้นในหินดินดานทั่วไป โดยมีค่าเฉลี่ยของทอเรียมรวมเท่ากับ 19.0 ± 1.1 ppm ขณะที่ในหินดินดานทั่วไปมีค่าเท่ากับ 12 ppm และค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียม มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับในหินดินดานทั่วไป ส่วนในหินปูนในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Ra-226 ต่ำกว่าช่วงข้อมูลค่าความเข้มข้นของ Ra-226 ในหินปูนทั่วไป และมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ Th-232 และ K มีค่าสูงกว่าช่วงค่าความเข้มข้นของหินปูนทั่วไป

ตาราง 4.5 ค่าความเข้มข้นของยูเรเนียมรวม ทอเรียมรวม และ โพแทสเซียม ในหินทั่วไป
ที่มา : Fowler, 1990

| ชนิดหิน | ค่าความเข้มข้น | | |
|------------|----------------|-----------|-----------|
| | eU (ppm) | eTh (ppm) | K (%) |
| หินแกรนิต | 4 – 5 | 15 – 18 | 3.3 – 3.5 |
| หินบะซอลต์ | 0.5 – 0.8 | 1 – 2.5 | 0.8 – 1.2 |
| หินดินดาน | 4 | 12 | 2.7 |
| หินทราย | 1.5 | 3.0 | 1.2 |
| หินปูน | 2.2 | 1.7 | 0.3 |

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในตัวอย่างทราย

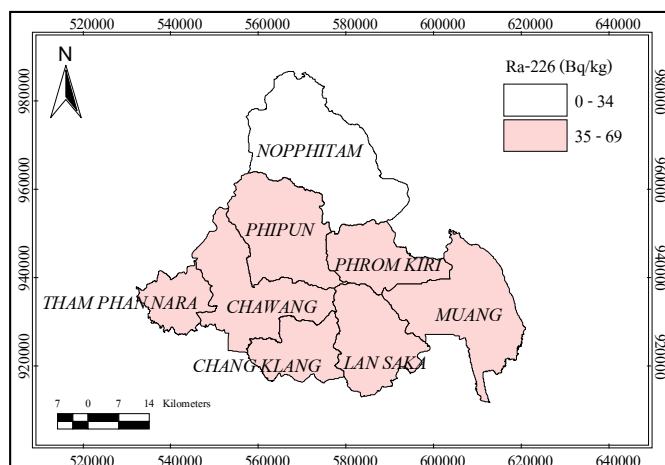
จากการเก็บตัวอย่างทราย จำนวน 62 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา ผลการวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ทอเรียม-232 และ โพแทสเซียม-40 โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา ซึ่งได้แสดงผลไว้ในตาราง 4.6

ตาราง 4.6 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra , ^{232}Th และ ^{40}K ในทราย แยกตามอำเภอ

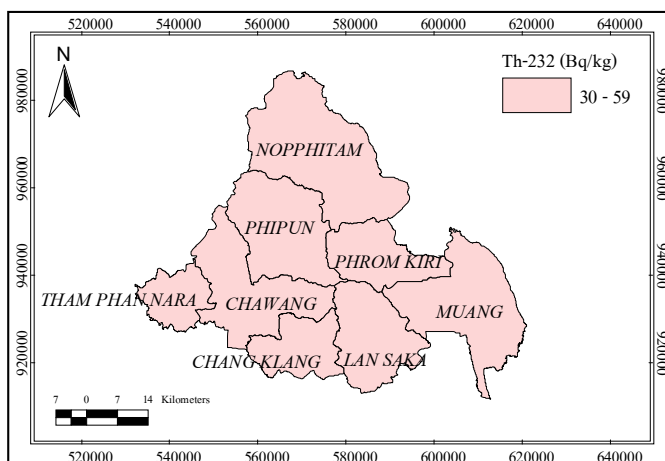
| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | ค่ากัมมันตภาพจำเพาะ (Bq/kg) | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------|-------------|-----------------|---------------|
| | ^{226}Ra | | ^{232}Th | | ^{40}K | |
| | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย | ช่วง | ค่าเฉลี่ย |
| เมือง (13) | 3 – 60 | 36 ± 10 | 14 – 80 | 40 ± 11 | 102 – 742 | 379 ± 116 |
| ฉวาง (9) | 25 – 56 | 40 ± 7 | 16 – 83 | 55 ± 14 | 440 – 716 | 620 ± 57 |
| ช้างกลาง (6) | 10 – 73 | 45 ± 21 | 26 – 91 | 53 ± 18 | 486 – 691 | 609 ± 61 |
| ลานสกา (7) | 22 – 91 | 46 ± 19 | 35 – 77 | 57 ± 11 | 182 – 966 | 582 ± 188 |
| ถ้ำพรรณรา (6) | 44 – 56 | 49 ± 4 | 33 – 61 | 44 ± 9 | 113 – 679 | 430 ± 182 |
| พิปูน (5) | 56 – 78 | 66 ± 9 | 25 – 83 | 54 ± 24 | 625 – 759 | 702 ± 50 |
| พรหมคีรี (9) | 17 – 61 | 35 ± 9 | 33 – 78 | 50 ± 10 | 106 – 916 | 390 ± 227 |
| นบพิตำ (7) | 20 – 60 | 31 ± 10 | 45 – 72 | 56 ± 7 | 250 – 749 | 531 ± 129 |
| รวมทั้งหมด (62) | 3 – 91 | 42 ± 5 | 14 – 91 | 50 ± 5 | 102 – 966 | 509 ± 57 |
| มัธยฐาน (Median) | 40 | | 49 | | 581 | |

ผลการหาค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างทราย พบว่าค่ากัมมันตภาพจำเพาะ Ra-226, Th-232 และ K-40 อยู่ในช่วง 3 – 91 (เฉลี่ย 42 ± 5), 14 – 91 (เฉลี่ย 50 ± 5) และ 102 – 966 (เฉลี่ย 509 ± 57) Bq/kg ตามลำดับโดยค่ากัมมันตภาพของ Ra-226 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.เมือง (3 ± 19 Bq/kg) และ อ.ลานสกา (91 ± 21 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.เมือง (14 ± 16 Bq/kg) และ กิ่ง อ.ช้างกลาง (91 ± 18 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 ต่ำสุดและสูงสุดพบที่ อ.เมือง (102 ± 56 Bq/kg) และ อ.ลานสกา (966 ± 68 Bq/kg) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ค

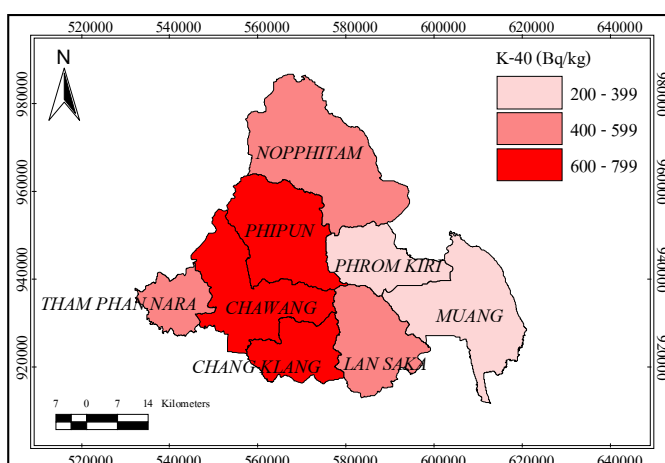
เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยแต่ละอำเภอ พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 เฉลี่ยต่ำสุดคือ กิ่ง อ.นบพิตำ (เฉลี่ย 31 ± 10 Bq/kg) เฉลี่ยสูงสุดคือ อ.พิปูน (เฉลี่ย 66 ± 9 Bq/kg) ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Th-232 เฉลี่ยต่ำสุดคือ อ.เมือง (เฉลี่ย 40 ± 11 Bq/kg) และเฉลี่ยสูงสุดคือ อ.ลานสกา (เฉลี่ย 57 ± 11 Bq/kg) สำหรับค่ากัมมันตภาพจำเพาะ K-40 เฉลี่ยต่ำสุด คือ อ.เมือง (เฉลี่ย 379 ± 116 Bq/kg) และเฉลี่ยสูงสุด คือ อ.พิปูน (เฉลี่ย 702 ± 50 Bq/kg) ภาพประกอบ 4.3 เป็นแผนที่ระดับสีของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างทรายในแต่ละอำเภอใน จ.นครศรีธรรมราช



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 4.3 แผนที่แสดงค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของ
ตัวอย่างทราย (ก) Ra-226 (ข) Th-232 (ค) K-40

4.2 ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม

ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) เป็นค่าผลรวมถ่วงน้ำหนักของกัมมันตภาพรังสีของทั้ง 3 นิวไคลด์ จากการศึกษพบว่า Ra-226 ที่มีกัมมันตภาพ 370 Bq/kg จะให้ค่าอัตราปริมาณรังสีเทียบเท่า Th-232 กัมมันตภาพ 259 Bq/kg หรือ K-40 กัมมันตภาพ 4810 Bq/kg ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมคำนวณได้จากสมการ (4.1) (OECD, 1979)

$$Ra_{eq} = 370 \left(\frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \right) \quad (4.1)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_K คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะในหน่วย Bq/kg ของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างดิน

ตาราง 4.7 แสดงผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของดิน ซึ่งจะแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 61 – 572 (เฉลี่ย 261 ± 51) Bq/kg เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ 370 Bq/kg (OECD, 1979) พบว่ามี 2 อำเภอที่มีค่าเฉลี่ยสูงเกณฑ์ปกติ คือ อ.ลานสกา (373 ± 172 Bq/kg) และ อ.พิปูน (425 ± 165 Bq/kg) รายละเอียดของข้อมูลค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างดินแสดงอยู่ในภาคผนวก ก

ตาราง 4.7 ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D) และปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี (Annual effective dose) จากตัวอย่างดิน แยกตามอำเภอ

| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | Ra_{eq} | D | Annual effective |
|------------------------------------|---------------|--------------|------------------|
| | (Bq/kg) | (nGy/h) | dose (mSv) |
| | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย | ค่าเฉลี่ย |
| เมือง (5) | 174 ± 83 | 80 ± 37 | 0.10 ± 0.05 |
| ฉวาง (3) | 361 ± 59 | 162 ± 28 | 0.20 ± 0.03 |
| ซำงกลาง (3) | 225 ± 86 | 102 ± 37 | 0.13 ± 0.05 |
| ลานสกา (3) | 373 ± 172 | 172 ± 77 | 0.21 ± 0.09 |
| ถ้ำพรรณรา (3) | 123 ± 89 | 56 ± 40 | 0.07 ± 0.05 |
| พิปูน (3) | 425 ± 165 | 191 ± 72 | 0.23 ± 0.09 |
| พรหมคีรี (3) | 179 ± 118 | 82 ± 54 | 0.10 ± 0.07 |
| นบพิตำ (3) | 289 ± 18 | 133 ± 10 | 0.16 ± 0.01 |
| รวมทั้งหมด (26) | 261 ± 51 | 119 ± 23 | 0.15 ± 0.03 |
| มัธยฐาน (Median) | 275 | 124 | 0.15 |

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างหิน

ตาราง 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างหิน ซึ่งจะแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 18 –320 (เฉลี่ย 150 ± 45) Bq/kg เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ (370 Bq/kg) พบว่า ทุกอำเภอที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ รายละเอียดของข้อมูลค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างหินแสดงอยู่ในภาคผนวก ข

ตาราง 4.8 ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D) ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี (Annual effective dose) และดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกร่างกาย (H_{ex}) และภายในร่างกาย (H_{in}) จากตัวอย่างหิน แยกตามอำเภอ

| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | Ra_{eq} | D | Annual effective | H_{ex} | H_{in} |
|------------------------------------|-----------|----------|------------------|-------------|-------------|
| | (Bq/kg) | (nGy/h) | dose (mSv) | | |
| | Mean | Mean | Mean | Mean | Mean |
| ฉวาง (3) | 254 ± 65 | 117 ± 29 | 0.14 ± 0.04 | 0.69 ± 0.18 | 0.87 ± 0.25 |
| ลานสกา (3) | 114 ± 113 | 52 ± 52 | 0.06 ± 0.06 | 0.31 ± 0.30 | 0.42 ± 0.36 |
| ถ้ำพรรณรา (3) | 63 ± 31 | 29 ± 14 | 0.04 ± 0.02 | 0.17 ± 0.08 | 0.24 ± 0.07 |
| พิปูน (3) | 147 ± 110 | 68 ± 51 | 0.08 ± 0.06 | 0.40 ± 0.30 | 0.52 ± 0.38 |
| พรหมคีรี (2) | 255 ± 47 | 121 ± 18 | 0.15 ± 0.02 | 0.69 ± 0.13 | 0.86 ± 0.16 |
| นบพิตำ (4) | 113 ± 90 | 53 ± 42 | 0.06 ± 0.05 | 0.31 ± 0.24 | 0.42 ± 0.35 |
| รวมทั้งหมด (18) | 150 ± 45 | 70 ± 21 | 0.09 ± 0.03 | 0.41 ± 0.12 | 0.53 ± 0.15 |
| มัธยฐาน (Median) | 133 | 63 | 0.08 | 0.36 | 0.54 |

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างทราย

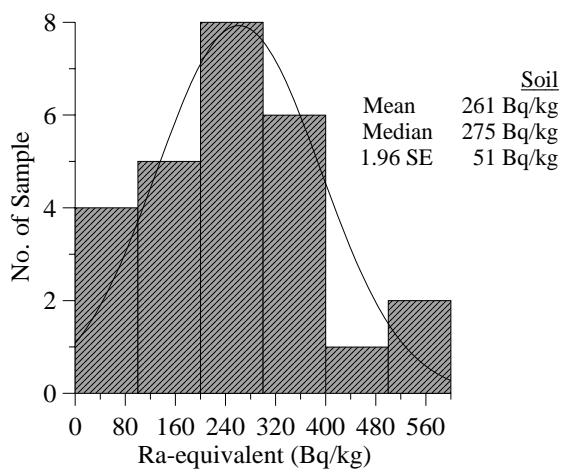
ตาราง 4.9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของทราย ซึ่งจะแสดงเฉพาะค่าเฉลี่ยของแต่ละอำเภอ พบว่า มีค่าอยู่ในช่วง 66 – 255 (เฉลี่ย 153 ± 10) Bq/kg เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปกติ (370 Bq/kg) พบว่า ทุกอำเภอที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ปกติ รายละเอียดของข้อมูลค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างทรายแสดงอยู่ในภาคผนวก ค

ตาราง 4.9 ค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม (Ra_{eq}) ปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ (D) ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี (Annual effective dose) และดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกร่างกาย(H_{ex}) และภายในร่างกาย (H_{in}) จากตัวอย่างทราย แยกตามอำเภอ

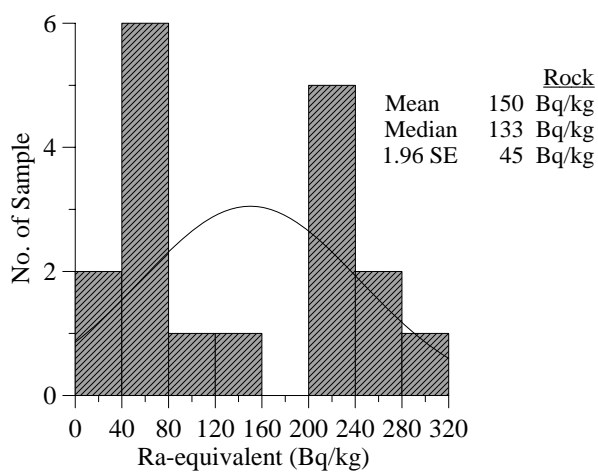
| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | Ra_{eq} | D | Annual effective | H_{ex} | H_{in} |
|------------------------------------|-----------|----------|------------------|-------------|-------------|
| | (Bq/kg) | (nGy/h) | dose (mSv) | | |
| | Mean | Mean | Mean | Mean | Mean |
| เมือง (13) | 122 ± 19 | 107 ± 17 | 0.53 ± 0.08 | 0.33 ± 0.05 | 0.43 ± 0.06 |
| ฉวาง (9) | 167 ± 21 | 147 ± 17 | 0.72 ± 0.09 | 0.45 ± 0.06 | 0.56 ± 0.06 |
| ช้างกลาง (6) | 167 ± 23 | 148 ± 19 | 0.73 ± 0.09 | 0.45 ± 0.06 | 0.57 ± 0.09 |
| ลานสกา (7) | 172 ± 27 | 151 ± 25 | 0.74 ± 0.12 | 0.46 ± 0.07 | 0.59 ± 0.10 |
| ถ้ำพรรณรา (6) | 145 ± 24 | 128 ± 7 | 0.63 ± 0.03 | 0.39 ± 0.07 | 0.52 ± 0.07 |
| พิปูน (5) | 197 ± 40 | 176 ± 32 | 0.87 ± 0.16 | 0.53 ± 0.11 | 0.71 ± 0.12 |
| พรหมคีรี (9) | 137 ± 28 | 119 ± 26 | 0.58 ± 0.13 | 0.37 ± 0.08 | 0.47 ± 0.08 |
| นบพิตำ (7) | 152 ± 9 | 133 ± 7 | 0.65 ± 0.03 | 0.41 ± 0.02 | 0.50 ± 0.04 |
| รวมทั้งหมด (62) | 153 ± 10 | 134 ± 9 | 0.66 ± 0.04 | 0.41 ± 0.03 | 0.52 ± 0.03 |
| มัธยฐาน (Median) | 150 | 135 | 0.66 | 0.41 | 0.52 |

4.2.4 การแจกแจงความถี่ของค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม

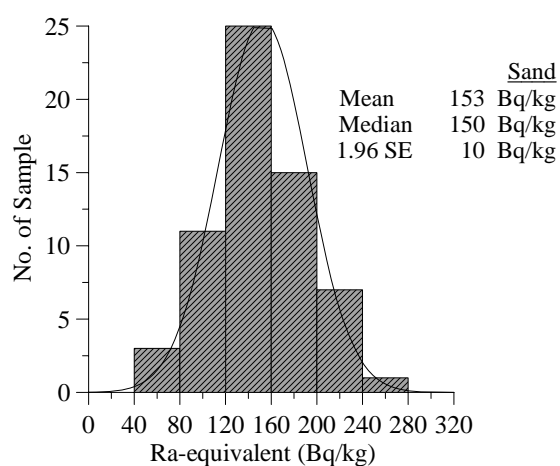
เมื่อนำข้อมูลค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมของตัวอย่างดิน หิน และทราย มาพล็อตกราฟเพื่อคุณลักษณะการแจกแจงความถี่ กราฟที่ได้แสดงดังภาพประกอบ 4.4 ซึ่งพบว่า ทั้งตัวอย่างดิน หิน และทราย มีลักษณะการแจกแจงความถี่ของค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียมใกล้เคียงแบบปกติ คือ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) และค่ามัธยฐาน (Median) ใกล้เคียงกัน คือ ในตัวอย่างดิน มีค่าเฉลี่ยและค่ามัธยฐานเท่ากับ 261 และ 275 Bq/kg ในตัวอย่างหินมีค่าเท่ากับ 150 และ 133 Bq/kg และในตัวอย่างทรายมีค่าเท่ากับ 153 และ 150 Bq/kg ตามลำดับ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 4.4 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่ากัมมันตภาพสมมูลเรเดียม

(ก) ตัวอย่างดิน (ข) ตัวอย่างหิน (ค) ตัวอย่างทราย

4.3 อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ

อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ หรือโดส (D) จากแหล่งกำเนิดรังสีธรรมชาติของโลก สำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือน (Outdoor) ที่วัดเหนือพื้นดิน 1 m ซึ่งคำนวณจากค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 โดยสมมติว่านิวไคลด์กัมมันตรังสีอื่นๆ ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เช่น ^{137}Cs , ^{90}Sr และ ^{235}U มีค่าน้อยมากจนสามารถละทิ้งได้ (Kocher, 1985) อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศสำหรับภายนอกบ้านเรือน คำนวณได้จากสมการ (4.2) (UNSCEAR, 2000)

$$D \text{ (nGy/h)} = 0.462A_U + 0.604A_{Th} + 0.0417A_K \quad (4.2)$$

อัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ หรือโดส (D) สำหรับภายในอาคารบ้านเรือน (Indoor) ที่วัดจากการอาศัยอยู่ภายในบ้าน หรือภายในอาคารที่สร้างด้วยวัสดุก่อสร้างที่มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีปะปนอยู่ คำนวณค่าปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศได้จากค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ที่มีในวัสดุก่อสร้าง สามารถคำนวณได้จากสมการ (EC, 1999)

$$D \text{ (nGy/h)} = 0.92A_{Ra} + 1.1A_{Th} + 0.08A_K \quad (4.3)$$

เมื่อ A_{Ra} , A_{Th} และ A_K คือค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

4.3.1 ผลการคำนวณอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างดิน

ผลจากการประเมินอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศสำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือน ที่ได้รับจากตัวอย่างดิน มีค่าอยู่ในช่วง 30 – 254 (เฉลี่ย 119 ± 23) nGy/h เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศภายนอกอาคารบ้านเรือนที่ตรวจวัดในประเทศไทยซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 77 nGy/h (UNSCEAR, 2000) พบว่ามี อ.ถ้ำพรรณราเพียงอำเภอเดียวที่มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 77 nGy/h ส่วนอำเภออื่นๆ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 77 nGy/h ข้อมูลปริมาณรังสีสำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือนจากตัวอย่างดินในแต่ละอำเภอแสดงดังตาราง 4.7

4.3.2 ผลการคำนวณอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างหิน

ผลจากการประเมินอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศสำหรับภายนอกอาคารบ้านเรือนจากตัวอย่างหิน พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 8 – 146 (เฉลี่ย 70 ± 21) nGy/h โดยมี 2 อำเภอที่มีค่าเฉลี่ยของอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศสูงกว่า 77 nGy/h ได้แก่ อ.ฉวาง (117 ± 29)

และ อ.พรหมคีรี (121 ± 18) ส่วนอำเภออื่นๆ มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่า 77 nGy/h ข้อมูลอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างหินในแต่ละอำเภอแสดงดังตาราง 4.8

4.3.3 ผลการคำนวณอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างทราย

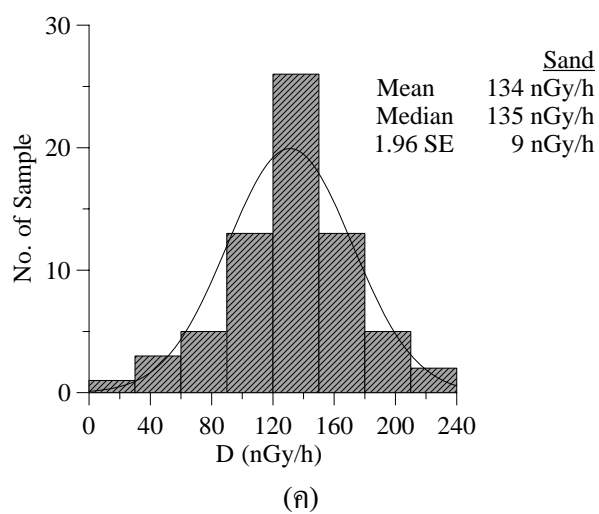
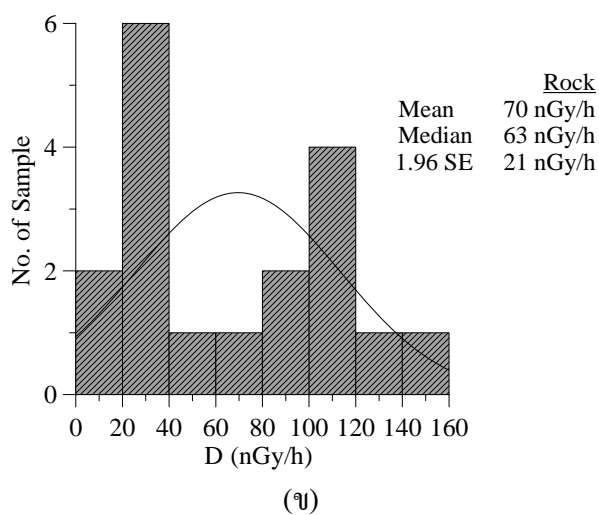
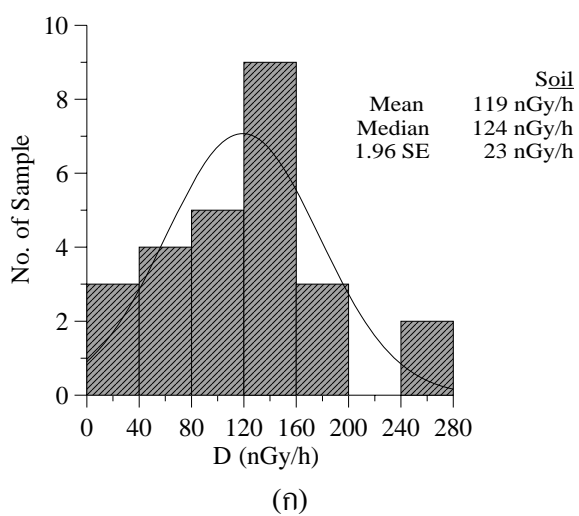
การคำนวณอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างทราย คำนวณจากภายในอาคารบ้านเรือน เนื่องจากการได้รับสัมผัสรังสีจากทราย ส่วนใหญ่จะมาจากการที่เราอาศัยอยู่ภายในบ้านที่ทำด้วยวัสดุที่มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีปะปนอยู่ ผลจากการคำนวณค่าปริมาณรังสีจากตัวอย่างทราย พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง $58 - 224$ (เฉลี่ย 134 ± 9) nGy/h โดยค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีทุกอำเภอมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 48 nGy/h เมื่อเรียงค่าเฉลี่ยปริมาณรังสีที่ได้รับจากตัวอย่างทราย แต่ละอำเภอจากค่ามากไปค่าน้อย ได้แก่ อ.พิบูลย์ (176 ± 32) อ.ลานสกา (151 ± 25) กิ่ง อ.ช้างกลาง (148 ± 19) อ.ฉวาง (147 ± 17) กิ่ง อ.นบพิตำ (133 ± 7) อ.ถ้ำพรรณรา (128 ± 7) อ.พรหมคีรี (119 ± 26) และ อ.เมือง (107 ± 17) ข้อมูลปริมาณรังสีจากตัวอย่างทรายในแต่ละอำเภอแสดงดังตาราง 4.9

4.3.4 การแจกแจงความถี่ของอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ

เมื่อนำข้อมูลปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างดิน มาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจงความถี่ ได้ดังภาพประกอบ 4.5 (ก) พบว่า มีลักษณะการแจกแจงความถี่ใกล้เคียงแบบปกติ คือ เฉลี่ยเลขคณิต และค่ามัธยฐานมีค่าใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเท่ากับ 119 และ 124 nGy/h ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างหิน มาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจงความถี่ ได้ดังภาพประกอบ 4.5 (ข) พบว่า มีลักษณะการแจกแจงความถี่ใกล้เคียงแบบปกติ คือ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่ามัธยฐานใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเท่ากับ 70 และ 63 nGy/h ตามลำดับ

เมื่อนำข้อมูลปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศจากตัวอย่างทราย มาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจงความถี่ ได้ดังภาพประกอบ 4.5 (ค) พบว่า มีลักษณะการแจกแจงความถี่ใกล้เคียงแบบปกติ คือ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิตและค่ามัธยฐานใกล้เคียงกัน คือ มีค่าเท่ากับ 134 และ 135 nGy/h ตามลำดับ



ภาพประกอบ 4.5 กราฟการแจกแจงความถี่ของค่าโดส

(ก) ตัวอย่างดิน (ข) ตัวอย่างหิน (ค) ตัวอย่างทราย

4.4 ดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกและภายในร่างกาย

ค่าดัชนีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายจากรังสีที่ได้รับจากภายนอก (H_{ex}) โดยกัมมันตภาพรังสีที่ได้รับจากภายนอกส่วนใหญ่จะเป็นรังสีแกมมา ที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง ที่มาจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติ ค่า H_{ex} คำนวณได้จากสมการ (4.4) (Beretka and Mathew, 1985) สมการนี้เป็นรูปแบบจำลอง (Conservative Model) ของการได้รับอันตรายจากรังสีจากภายนอก เมื่อนำวัสดุที่มีแหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ เช่น หิน ทราย มาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน โดยรูปแบบจำลองนี้จะสมมติว่าบ้านที่ก่อสร้างมีผนังหนามาก โดยไม่มีหน้าต่างและประตู (Krieger, 1981)

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (4.4)$$

โดย A_{Ra}, A_{Th} และ A_K คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg เมื่อค่า H_{ex} ≤ 1.0 แสดงว่า ความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกอยู่ในเกณฑ์ปกติ โดยถ้า H_{ex} = 1.0 ผู้ได้รับสัมผัสรังสีภายนอกจะได้รับปริมาณรังสีดูดกลืนเท่ากับ 1.5 mGy/y พอดี และถ้า H_{ex} > 1.0 ผู้อาศัยอยู่ในบ้านเรือนดังกล่าว จะมีความเสี่ยงอันตรายจากการได้รับสัมผัสรังสีจากภายนอกสูงกว่าเกณฑ์ปกติ โดยใช้ค่านี้เป็นเกณฑ์ว่าไม่ควรจะนำวัสดุเหล่านี้มาใช้ในการก่อสร้างบ้านเรือน

ค่าดัชนีความเสี่ยงที่จะเกิดอันตรายจากรังสีที่ได้รับจากภายในร่างกาย (H_{in}) มาจากก๊าซกัมมันตรังสีเรดอน ทอรอนและผลผลิตจากการสลายตัวให้รังสีแอลฟา ซึ่งเป็นอันตรายต่อระบบหายใจ คำนวณได้จากสมการ (4.5)

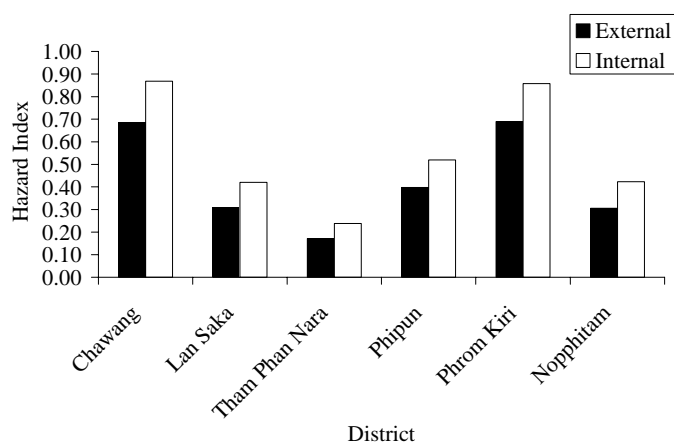
$$H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (4.5)$$

โดย A_{Ra}, A_{Th} และ A_K คือ ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226, Th-232 และ K-40 ตามลำดับ มีหน่วยเป็น Bq/kg

4.4.1 ดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกและภายในร่างกายจากตัวอย่างหิน

ตาราง 4.8 แสดงผลการคำนวณดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอก (H_{ex}) ของตัวอย่างหิน ภาพประกอบ 4.6 แสดงกราฟแท่งของผลวิเคราะห์ พบว่ามีค่า H_{ex} อยู่ในช่วง 0.05 – 0.86 (เฉลี่ย 0.41 ± 0.12) โดยไม่มีอำเภอใดที่มีค่าเฉลี่ย H_{ex} > 1.0 และเมื่อ

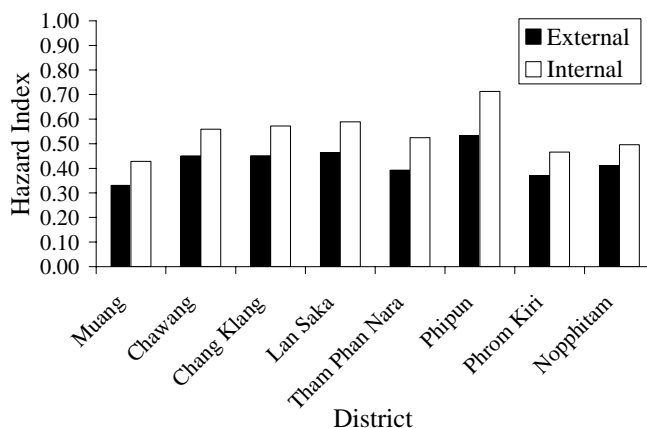
พิจารณาลงไปในระดับอำเภอก็ไม่พบว่ามีตัวอย่างใดที่มีค่า $H_{ex} > 1.0$ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายในร่างกาย (H_{in}) ที่เกี่ยวข้องกับแก๊สเรดอน ทอรอน และผลผลิตที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาของเรดอน ทอรอน พบว่า ค่าเฉลี่ย H_{in} ของหินทุกอำเภอมีค่าต่ำกว่า 1.0 และเมื่อพิจารณาลงไปในระดับอำเภอ พบว่ามีตัวอย่างหิน 1 ตัวอย่างจาก อ.ฉวาง ที่มีค่า $H_{in} > 1.0$ โดยตัวอย่างนี้มีค่า H_{in} เท่ากับ 1.12 กล่าวคือ หินในพื้นที่นี้มีความปลอดภัย และสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างบ้านเรือนได้ ยกเว้น หินในพื้นที่ อ.ฉวาง 1 ตัวอย่าง ที่ไม่ควรนำมาใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้าง



ภาพประกอบ 4.6 กราฟแท่งของค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอก (H_{ex}) และภายใน (H_{in}) ร่างกาย ของตัวอย่างหิน

4.4.2 ดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกและภายในร่างกายจากตัวอย่างทราย

ตาราง 4.9 แสดงผลการคำนวณดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกในร่างกาย (H_{ex}) ของทราย ภาพประกอบ 4.7 แสดงกราฟแท่งของดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอกและภายในร่างกาย พบว่ามีค่า H_{ex} อยู่ในช่วง 0.18 – 0.69 (เฉลี่ย 0.41 ± 0.03) โดยไม่มีอำเภอใดที่มีค่าเฉลี่ย $H_{ex} > 1.0$ และเมื่อพิจารณาลงไปในระดับอำเภอก็ไม่พบว่ามีตัวอย่างใดที่มีค่า $H_{ex} > 1.0$ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายในร่างกาย (H_{in}) ที่เกี่ยวข้องกับแก๊สเรดอน ทอรอน และผลผลิตที่สลายตัวให้รังสีแอลฟาของเรดอน ทอรอน พบว่า ทรายทุกตัวอย่างมีค่า $H_{in} < 1.0$ กล่าวคือ ทรายในพื้นที่นี้มีความปลอดภัย และสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุในการก่อสร้างบ้านเรือนได้



ภาพประกอบ 4.7 กราฟแท่งของค่าดัชนีความเสี่ยงอันตรายจากรังสีภายนอก (H_{ex}) และภายใน (H_{in}) ร่างกาย ของตัวอย่างทราย

4.5 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี

ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี (Annual effective dose) ที่ได้รับจากภายนอกอาคารบ้านเรือน (Outdoor) สามารถหาได้จากการแปลงอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ 0.7 Sv/G (UNSCEAR, 2000) ซึ่งใช้สำหรับประเมินการได้รับรังสีในผู้ใหญ่ โดยคิดว่าคนเราอาศัยอยู่ภายนอกอาคารบ้านเรือนคิดเป็น 20 % ของเวลาทั้งหมด ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Annual effective dose (mSv)} = \text{absorbed dose rate (mGy/h)} \times 8,760h \times 0.2 \times 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1} \quad (4.6)$$

ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี (Annual effective dose) ที่ได้รับจากภายในอาคารบ้านเรือน (Indoor) สามารถหาได้จากการแปลงอัตราปริมาณรังสีดูดกลืนในอากาศ โดยใช้ค่าแฟกเตอร์ 0.7 Sv/G เช่นเดียวกับการประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับจากภายนอกอาคารบ้านเรือน โดยคิดว่าคนเราอาศัยอยู่ในอาคารบ้านเรือนคิดเป็น 80 % ของเวลาทั้งหมด ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี คำนวณได้จากสมการ

$$\text{Annual effective dose (mSv)} = \text{absorbed dose rate (mGy/h)} \times 8,760h \times 0.8 \times 0.7 \text{ Sv Gy}^{-1} \quad (4.7)$$

มนุษย์เราควรได้รับสัมผัสรังสีภูมิหลังจากรวมชาติให้น้อยที่สุดเท่า โดยต้องมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดปริมาณรังสีรายบุคคลสำหรับคนงานด้านรังสี คือ 100 mSv ในเวลา 5 ปี สำหรับ

บุคคลทั่วไป ค่าปริมาณรังสีขนาดเสี่ยง (committed dose) ที่ได้รับไม่ควรเกิน 0.1 mSv/y หรือเท่ากับ 1/10 ของเกณฑ์ปลอดภัย (1 mSv/y; ICRP, 1991)

4.5.1 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากตัวอย่างดิน

เมื่อคำนวณปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากตัวอย่างดิน พบว่ามีค่า 0.04 – 0.31 mSv (เฉลี่ย 0.15 ± 0.03 mSv) เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปริมาณรังสีขนาดเสี่ยงที่บุคคลทั่วไปได้ไม่ควรได้รับไม่เกิน 0.1 mSv พบว่า เกือบทุกอำเภอที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.1 mSv ยกเว้นที่ อ.ถ้ำพรรณราเพียงอำเภอเดียว ที่ได้รับรังสีไม่เกิน 0.1 mSv เมื่อเรียงลำดับปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี ในแต่ละอำเภอ จากค่ามากไปค่าน้อยจะได้ดังนี้ อ.พิบูล (0.23 ± 0.09) อ.ลานสกา (0.21 ± 0.09 mSv) อ.ฉวาง (0.20 ± 0.03 mSv) กิ่ง อ.นบพิตำ (0.16 ± 0.01 mSv) กิ่ง อ.ช้างกลาง (0.13 ± 0.05 mSv) อ.พรหมคีรี (0.10 ± 0.07 mSv) อ.เมือง (0.10 ± 0.05 mSv) และ อ.ถ้ำพรรณรา (0.07 ± 0.05 mSv) ข้อมูลปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากตัวอย่างดิน แสดงดังตาราง 4.7

4.5.2 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากตัวอย่างหิน

ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากตัวอย่างหิน พบว่ามีค่า 0.01 – 0.18 mSv (เฉลี่ย 0.09 ± 0.03) โดยมี 2 อำเภอที่มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.1 mSv ได้แก่ อ.พรหมคีรี (0.15 ± 0.02 mSv) และ อ.ฉวาง (0.14 ± 0.04 mSv) เมื่อเรียงลำดับปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปี ในแต่ละอำเภอจากค่ามากไปค่าน้อยจะได้ดังนี้ อ.พรหมคีรี (0.15 ± 0.02 mSv) อ.ฉวาง (0.14 ± 0.04 mSv) อ.พิบูล (0.08 ± 0.06 mSv) กิ่ง อ.นบพิตำ (0.06 ± 0.05 mSv) อ.ลานสกา (0.06 ± 0.06 mSv) และ อ.ถ้ำพรรณรา (0.04 ± 0.02 mSv) ข้อมูลปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากตัวอย่างหินใน แสดงดังตาราง 4.8

4.5.3 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากตัวอย่างทราย

ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากทราย มีค่า 0.29 – 1.10 mSv (เฉลี่ย 0.66 ± 0.04 mSv) โดยทุกอำเภอมีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 0.1 mSv เมื่อเรียงปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีในแต่ละอำเภอจากค่ามากไปค่าน้อย ได้แก่ อ.พิบูล (0.87 ± 0.16) อ.ลานสกา (0.74 ± 0.12) กิ่ง อ.ช้างกลาง (0.73 ± 0.09) อ.ฉวาง (0.72 ± 0.09) กิ่ง อ.นบพิตำ (0.65 ± 0.03) อ.ถ้ำพรรณรา (0.63 ± 0.03) อ.พรหมคีรี (0.58 ± 0.13) และ อ.เมือง (0.53 ± 0.08) ข้อมูลปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ร่างกายได้รับต่อปีจากตัวอย่างทราย แสดงดังตาราง 4.9

4.6 การกระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีของตัวอย่างดิน หิน ทราย และความสัมพันธ์กับ ธรณีวิทยาในพื้นที่

ผลการวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของตัวอย่างดิน หิน และทราย ในพื้นที่จังหวัด นครศรีธรรมราช พบว่า พื้นที่ที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีสูง สอดคล้องกัน ทั้งในตัวอย่างดิน หิน ทราย ได้แก่ อ.พิปูน อ.ลานสกา อ.ฉวาง อ.พรหมคีรี และ กิ่ง อ.นบพิตำ ซึ่ง พื้นที่โดยส่วนใหญ่ในอำเภอดังกล่าวมีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิต ส่วนอำเภอที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของนิวไคลด์กัมมันตรังสีต่ำ คือ อ.ถ้าพรธรรมา โดยเฉพาะค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ K-40 เนื่องจากพื้นที่นี้มีลักษณะทางธรณีวิทยาเป็นหินปูน ซึ่งหินชนิดนี้มีส่วนประกอบโดย ส่วนใหญ่เป็นคาร์บอเนต (CaCO_3) จึงทำให้มีนิวไคลด์กัมมันตรังสีในปริมาณต่ำ

4.7 การวิเคราะห์ข้อมูลน้ำบ่อต้น

4.7.1 ผลการตรวจวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะ ^{226}Ra ในน้ำบ่อต้น

จากการเก็บตัวอย่างน้ำบ่อต้นจำนวน 55 ตัวอย่าง ครอบคลุมพื้นที่ 6 อำเภอ 2 กิ่ง อำเภอ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวัดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 โดยใช้ เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา ผลที่ได้แสดงดังตาราง 4.10

ตาราง 4.10 ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ ^{226}Ra ในน้ำบ่อต้น แยกตามอำเภอ

| อำเภอ/กิ่งอำเภอ (จำนวนตัวอย่าง) | ช่วงค่ากัมมันต ภาพจำเพาะของ ^{226}Ra (mBq/l) | ค่ากัมมันตภาพจำเพาะเฉลี่ย \pm 1.96 SE* (mBq/l) | ค่าเฉลี่ยปริมาณรังสี ที่ร่างกายได้รับต่อปี (μSv) |
|------------------------------------|---|---|---|
| เมือง (11) | 5 – 179 | 31 \pm 30 | 6 \pm 6 |
| ฉวาง (6) | 5 – 29 | 12 \pm 9 | 3 \pm 2 |
| ช้างกลาง (6) | 4 – 28 | 15 \pm 8 | 3 \pm 2 |
| ลานสกา (8) | 10 – 45 | 11 \pm 11 | 2 \pm 2 |
| ถ้าพรธรรมา (7) | 2 – 50 | 23 \pm 14 | 5 \pm 3 |
| พิปูน (4) | 21 – 36 | 21 \pm 15 | 4 \pm 3 |
| พรหมคีรี (6) | 2 – 16 | 4 \pm 5 | 1 \pm 1 |
| นบพิตำ (7) | 2 – 59 | 13 \pm 16 | 3 \pm 3 |
| รวมทั้งหมด (55) | 2 – 179 | 17 \pm 7 | 4 \pm 1 |
| มัธยฐาน (Median) | | 10 | 2 |

* ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

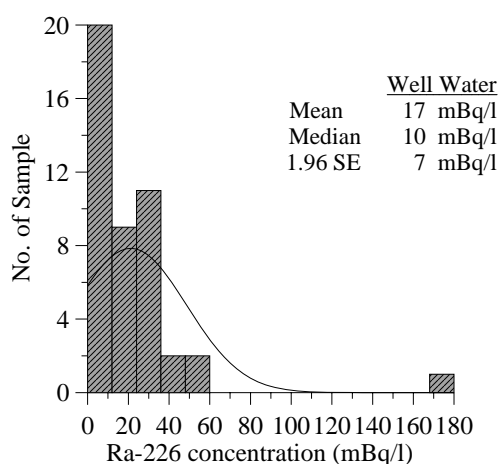
จากตาราง 4.10 พบว่า ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อตื้น มีค่าอยู่ในช่วง 2 – 179 (เฉลี่ย 17 ± 7) mBq/l รายละเอียดของข้อมูลต่างๆ ของน้ำบ่อตื้นแสดงอยู่ในภาคผนวก ง โดยมีตัวอย่างน้ำบ่อตื้น 10 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 55 ตัวอย่าง ที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ต่ำกว่าค่ากัมมันตภาพต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่าง จะกำหนดให้ตัวอย่างเหล่านี้มีค่ากัมมันตภาพของเรเดียม-226 เป็น 0 mBq/l เมื่อนำข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของ Ra-226 ของตัวอย่างทั้งหมด เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานการปนเปื้อน Ra-226 สูงสุดที่ยอมรับได้ (MCL, Maximum Contaminant Level) ของทบวงการพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา (US EPA, 1976) ได้กำหนดค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำบริโภคว่าไม่ควรเกิน 111 mBq/l ผลจากการวิเคราะห์ค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อตื้นในพื้นที่ จ.นครศรีธรรมราช พบว่า มีน้ำบ่อตื้นเพียง 1 ตัวอย่าง ใน อ.เมือง ที่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะเท่ากับ 179 mBq/l ซึ่งเกินค่า MCL แสดงให้เห็นว่า น้ำบ่อตื้นส่วนใหญ่ในบริเวณที่ทำการศึกษามีความปลอดภัยทางรังสี ยกเว้นน้ำบ่อตื้นที่พบใน อ.เมือง 1 ตัวอย่าง

เมื่อเรียงค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อตื้น ในแต่ละอำเภอจากมากไปน้อย ได้แก่ อ.เมือง (31 ± 30 mBq/l) อ.ถ้ำพรรณรา (23 ± 14 mBq/l) อ.พิปูน (21 ± 15 mBq/l) กิ่ง อ.ช้างกลาง (15 ± 8 mBq/l) กิ่ง อ.นบพิตำ (13 ± 16 mBq/l) อ.ฉวาง (12 ± 9 mBq/l) อ.ลานสกา (11 ± 11 mBq/l) และ อ.พรหมคีรี (4 ± 5 mBq/l) ซึ่งค่าเฉลี่ยกัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในทุกอำเภอ มีค่าต่ำกว่า 111 mBq/l

4.7.2 การกระจายของค่ากัมมันตภาพจำเพาะ ^{226}Ra ในน้ำบ่อตื้น

เมื่อนำข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นมาเขียนกราฟเพื่อดูลักษณะการแจกแจงความถี่ ได้ดังภาพประกอบ 4.8 พบว่า มีลักษณะการแจกแจงความถี่แบบเบ้ไปทางขวา มีหางยาวไปทางค่าสูง ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปที่ข้อมูลจากการวัดทางวิทยาศาสตร์ของข้อมูลในสิ่งแวดล้อม โดยจะมีข้อมูลบางข้อมูลที่มีค่าสูงแตกต่างไปจากกลุ่ม จะแสดงลักษณะการกระจายแบบ Log Normal (Limpert *et al.*, 2001) คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) จะมีค่าต่างกับค่ามัธยฐาน (Median) มาก จากข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำบ่อตื้นในงานวิจัยนี้ มีค่าเฉลี่ยเลขคณิต และค่ามัธยฐานเท่ากับ 17 และ 10 Bq/kg ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าทั้ง 2 มีความแตกต่างกัน โดยปกติข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบ Log Normal ในการวิเคราะห์ผลจะมีการนำข้อมูลมาคำนวณค่า Log และเขียนกราฟแจกแจงความถี่ จะทำให้กราฟแจกแจงความถี่ที่ได้จะมีการแจกแจงแบบปกติ และจะ

กำหนดให้ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตเป็นตัวแทนของข้อมูลค่าเฉลี่ย แต่ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตได้ เนื่องจากมีข้อมูลบางข้อมูลมีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ต่ำกว่าค่ากัมมันตภาพต่ำสุดที่ระบบสามารถวัดได้ ซึ่งจะกำหนดให้ข้อมูลเหล่านี้มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 เป็น 0 mBq/l จึงทำให้ไม่สามารถหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิตได้ ดังนั้นจึงใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นตัวแทนค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด



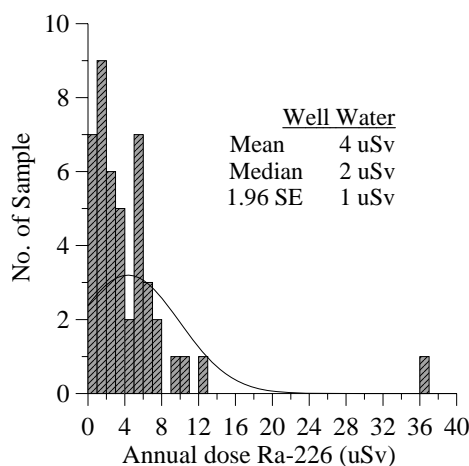
ภาพประกอบ 4.8 กราฟการแจกแจงของค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำบ่อตื้น จ.นครศรีธรรมราช

4.7.3 การกระจายของ ^{226}Ra ในน้ำบ่อตื้นและความสัมพันธ์กับธรณีวิทยาในพื้นที่

เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 กับลักษณะธรณีวิทยาในพื้นที่ศึกษา พบว่า พื้นที่โดยส่วนใหญ่มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะของเรเดียม-226 ในน้ำบ่อตื้นมีค่าน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำบ่อตื้นที่ประชาชนนำมาใช้อุปโภคและบริโภคมีความลึกของบ่อน้ำประมาณ 5-10 เมตร ซึ่งอาจจะยังลึกลงไปไม่ถึงระดับชั้นหินฐาน ซึ่งบางพื้นที่มีชุดหินแกรนิตเป็นหินฐาน ซึ่งน่าจะมอเรเดียมปะปนอยู่ในน้ำในปริมาณมาก แต่จากการศึกษาพบว่า มีเรเดียม-226 ปะปนอยู่ในน้ำในปริมาณที่น้อย ไม่น่าจะเป็นอันตรายต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่ศึกษา และอาจเป็นไปได้ว่า หินแกรนิตในบริเวณที่ศึกษาเป็นหินแกรนิตที่แน่นและไม่ผุ ทำนิ่วโคลด์กัมมันตรังสีที่มีอยู่ในหินไม่หลุดออกไปปนเปื้อนกับน้ำ ยกเว้น ตัวอย่างน้ำบ่อตื้น 1 ตัวอย่าง ที่พบในอำเภอเมือง มีค่ากัมมันตภาพจำเพาะสูง ทั้งนี้เนื่องจาก น้ำบ่อจากจุดนี้เป็นจุดที่มีการขุดบ่อลงไปลึกกว่าบ่ออื่นๆ ทำให้มีเรเดียมปะปนอยู่สูงเกณฑ์ปลอดภัย

4.7.4 ปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจาก ^{226}Ra

ประเมินปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากเรเดียม-226 จากการบริโภคน้ำของประชาชนในพื้นที่ 6 อำเภอ 2 กิ่งอำเภอ ของจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้เกณฑ์ตาม WHO (2002) ซึ่งประเมินการบริโภคน้ำไว้ที่ 2 ลิตรต่อวัน ซึ่งในเวลา 1 ปี จะดื่มน้ำ 730 ลิตร เมื่อใช้ค่าปัจจัย 2.8×10^{-7} Sv/Bq เป็นปัจจัยสำหรับการประเมินปริมาณรังสีสมมูลที่ร่างกายได้รับต่อปีในผู้ใหญ่ (Adult Annual Equivalent Dose) ผลการคำนวณปริมาณเรเดียม-226 ที่ร่างกายได้รับจากการบริโภคน้ำบ่อตื้นแสดงในตาราง 4.10 นอกจากนี้ UNSCEAR (2000) ยังได้กำหนดปริมาณรังสีที่ได้รับจากเรเดียม-226 ต่ออายุ-น้ำหนัก ว่าไม่ควรเกิน $8 \mu\text{Sv}$ ต่อปี พบว่ามีตัวอย่างน้ำบ่อตื้น 4 ตัวอย่าง จากทั้งหมด 55 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณรังสีเกิน $8 \mu\text{Sv}$ ต่อปี ได้แก่ ตัวอย่างที่พบใน กิ่ง อ.ช้างกลาง อ.เมือง อ.ฉวาง และ กิ่ง อ.นบพิตำ ซึ่งมีปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากเรเดียม-226 มีค่าเท่ากับ 9, 37, 10 และ $12 \mu\text{Sv}$ ตามลำดับ ซึ่งไม่ควรจะบริโภคน้ำบ่อตื้นทั้ง 4 ตัวอย่าง เนื่องจากจะได้รับอันตรายจากปริมาณเรเดียม-226 ที่ปะปนอยู่ในน้ำค่อนข้างสูง โดยเฉพาะตัวอย่างน้ำบ่อตื้นจาก อ.เมือง จะมีปริมาณเรเดียม-226 ปะปนอยู่สูงมากที่สุด ภาพประกอบ 4.9 แสดงปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากเรเดียม-226 จากการบริโภคน้ำบ่อตื้น



ภาพประกอบ 4.9 กราฟการแจกแจงของปริมาณรังสีประสิทธิผลที่ได้รับต่อปีจากเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำบ่อตื้น จ.นครศรีธรรมราช