

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยเพื่อตรวจวัดระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี จำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ วิธีดำเนินการวิจัย และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับทำชุดตรวจวัดแก๊สเรดอนในโรงเรียน

- 1) ถ้วยพลาสติก (ความสูง 9.5 เซนติเมตร และปากถ้วยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 เซนติเมตร)
- 2) แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
- 3) ฟิล์มถนอมอาหาร (Cling Film)
- 4) กระดาษขาว 2 หน้า
- 5) เทปใส
- 6) เชือกไนล่อน
- 7) แผ่น CR-39 ความหนา 1 มิลลิเมตร (บริษัท Track Analysis Systems Ltd., UK)
- 8) กรรไกร
- 9) คัตเตอร์
- 10) ปากกาเขียนกระดาษไข
- 11) แผนที่แสดงศักยภาพยูเรเนียมทางอากาศ (Airborne) จากกรมทรัพยากรธรณี

3.1.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการกักขายรอยรังสีแอลฟาบนแผ่น CR-39

- 1) สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท LOB Chemie
- 2) น้ำกลั่น
- 3) หน้กากอนามัย
- 4) ถังมือยาง
- 5) ปีกเกอร์ ขนาด 500 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 6) ขวดรูปชมพู่ ขนาด 500 มิลลิลิตร

- 7) เครื่องชั่งสาร 2 ตำแหน่ง
 - 8) ช้อนตักสาร
 - 9) อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ LAUDA รุ่น A100
 - 10) เทอร์โมมิเตอร์
 - 11) เครื่องกวนสารควบคุมอุณหภูมิ (Hot plate stirrer) LMS รุ่น HTS-1003
 - 12) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) Binder รุ่น RE53
 - 13) นาฬิกาจับเวลา
- 3.1.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการนับความหนาแน่นของรอยรังสีแอลฟาบนแผ่น CR-39
- 1) กล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ Nikon รุ่น E200
 - 2) เครื่องนับแบบใช้มือกด (Hand counter)
 - 3) แผ่นสไลด์
 - 4) ออคูลาร์ไมโครมิเตอร์ (Ocular micrometer) เป็นแผ่นแก้วกลมบรรจุไว้ในเลนส์ตาของกล้องจุลทรรศน์ มีสเกลจำนวน 100 ช่อง โดยแต่ละช่องมีขนาด 1 ตารางมิลลิเมตร
- 3.1.4 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการออกภาคสนาม
- 1) คอมพิวเตอร์แบบพกพา
 - 2) กล้องถ่ายรูปดิจิทัล
 - 3) กล้องพลาสติกแบบมีล้อเลื่อนสำหรับบรรจุวัสดุและอุปกรณ์ชุดตรวจวัดแก๊สเรดอน
 - 4) เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) ยี่ห้อ Garmin รุ่น Etrex Legend

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้ ได้แบ่งวิธีการดำเนินการออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

3.2.1 การเตรียมชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

3.2.2 การศึกษาในภาคสนาม

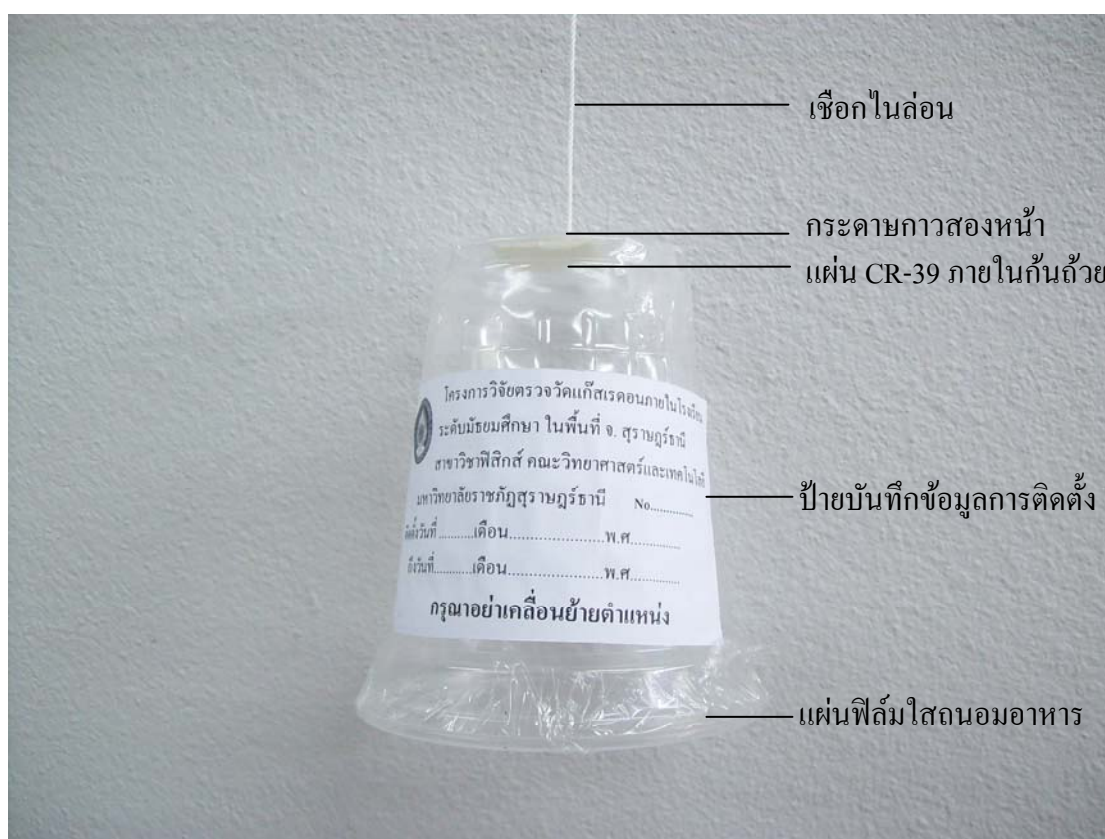
3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียด ดังนี้

3.2.1 การเตรียมชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

1) นำเชือกไนลอนยาวประมาณ 30 เซนติเมตร ติดกับก้นด้วยพลาสติกด้วยกระดาษกาวสองหน้าและใช้เทปใสปิดทับอีกชั้นป้องกันการหลุดร่วง เพื่อใช้สำหรับแขวนชุดตรวจวัดในห้องเรียน

- 2) นำแผ่น CR-39 ขนาดความกว้าง x ความยาว ประมาณ 29x32 ตารางเซนติเมตร ที่มีความหนา 1 มิลลิเมตร ซึ่งบรรจุในแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์และปิดด้วยถุงพลาสติกสุญญากาศ มาตัดด้วยคัตเตอร์เป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1.5x1.5 ตารางเซนติเมตร
- 3) ใช้ปากกาเขียนกระดากไข เขียนหมายเลขลงบนแผ่น CR-39 ที่บริเวณมุมขวาด้านบน
- 4) ลอกเอาแผ่นฟิล์มบางที่หุ้มแผ่นพลาสติก CR-39 อยู่ทั้งสองด้านออก จากนั้นติดกระดากขาว 2 หน้า บนแผ่นพลาสติก CR-39 ด้านที่ไม่มีตัวเลข
- 5) ติดแผ่นพลาสติก CR-39 ไว้ด้านในของกันถ้วยพลาสติก
- 6) นำแผ่นฟิล์มใสถนอมอาหารมาครอบปากถ้วยพลาสติกไว้ให้แน่น



ภาพที่ 3.1 ชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียน

3.2.2 การศึกษาในภาคสนาม

1) วางแผนในการติดตั้งชุดการตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียน โดยติดตั้งกระจายไปตามพื้นที่ครอบคลุม 19 อำเภอ ซึ่งประกอบด้วย 26 โรงเรียน ดังตารางที่ 3.1

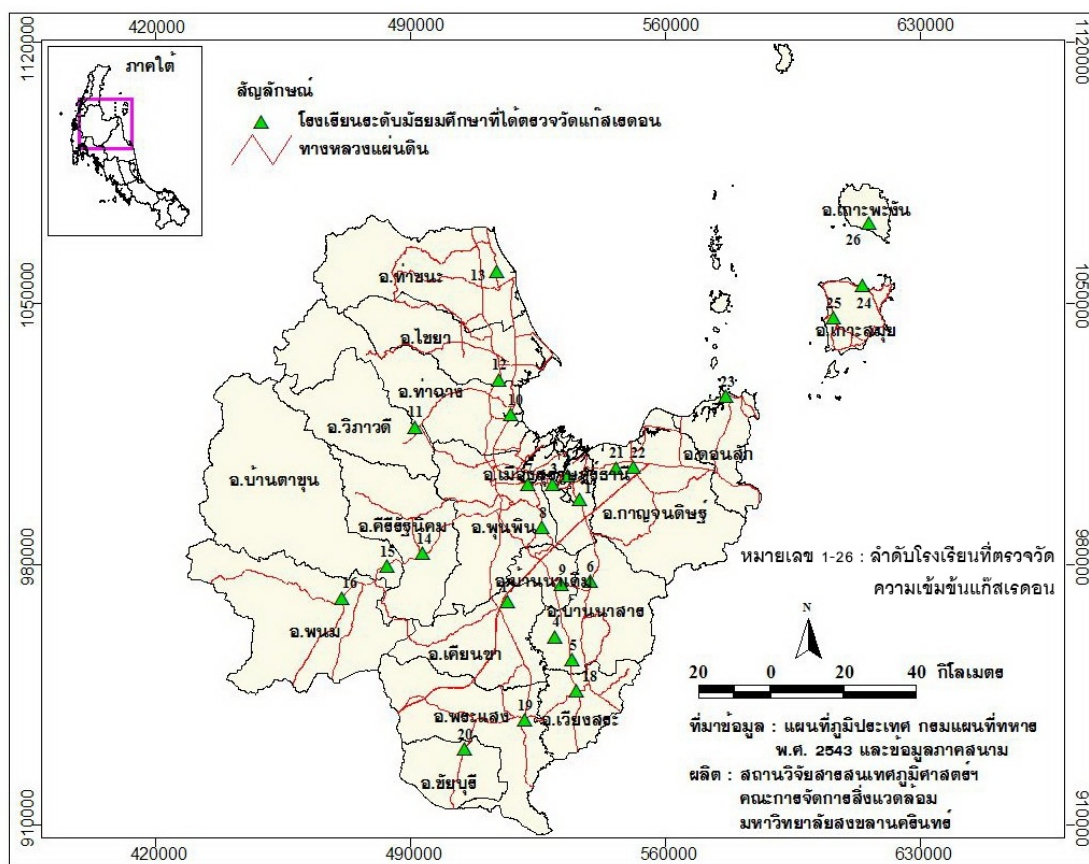
ตารางที่ 3.1 รายชื่อ โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

ลำดับที่	ชื่อโรงเรียน/อำเภอ	พิกัด (องศา-ลิปดา)	
		E	N
1	โรงเรียนศึกษาสงเคราะห์สุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง	99.21517	9.04538
2	โรงเรียนสุราษฎร์ธานี อำเภอเมือง	99.32998	9.13129
3	โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา 2 อำเภอเมือง	99.29607	9.11220
4	โรงเรียนท่าชีวิทยาคม อำเภอบ้านนาสาร	99.30021	8.75896
5	โรงเรียนพรุพิพิทยาคม อำเภอบ้านนาสาร	99.34129	8.70544
6	โรงเรียนควนสุบรรณวิทยา อำเภอบ้านนาสาร	99.38189	8.88695
7	โรงเรียนพุนพินพิทยาคม อำเภอพุนพิน	99.23843	9.11206
8	โรงเรียนท่าสะท้อนวิทยา อำเภอพุนพิน	99.27156	9.01088
9	โรงเรียนบ้านนาวิทยาคม อำเภอบ้านนาเดิม	99.31625	8.88012
10	โรงเรียนท่าฉางวิทยาการ อำเภوتاฉาง	99.19713	9.27290
11	โรงเรียนมัธยมวิภาวดี อำเภอวิภาวดี	98.97484	9.24320
12	โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย สุราษฎร์ธานี อำเภอไชยา	99.17077	9.35286
13	โรงเรียนท่าชนะ อำเภوتاชนะ	99.16482	9.60399
14	โรงเรียนมัธยมบ้านท่าเหมียบ อำเภอกีรีรัฐนิคม	98.99426	8.95110
15	โรงเรียนบ้านตาขุนวิทยา อำเภอบ้านตาขุน	98.90978	8.92195
16	โรงเรียนพนมศึกษา อำเภอพนม	98.80601	8.84845
17	โรงเรียนเคียนซาพิทยาคม อำเภอเคียนซา	99.18956	8.83934
18	โรงเรียนเวียงสระ อำเภอเวียงสระ	99.35146	8.63290
19	โรงเรียนพระแสงวิทยา อำเภอพระแสง	99.22954	8.56613
20	โรงเรียนชัยบุรีพิทยา อำเภอชัยบุรี	99.09083	8.49936
21	โรงเรียนกาญจนาดิษฐ์วิทยา อำเภอกาญจนาดิษฐ์	99.44267	9.14894
22	โรงเรียนกาญจนาดิษฐ์ อำเภอกาญจนาดิษฐ์	99.48301	9.14929

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อโรงเรียน/อำเภอ	พิกัด (องศา-ลิปดา)	
		E	N
23	โรงเรียนองค์การบริหารส่วนจังหวัดสุราษฎร์ธานี 1 อำเภอคอนสัก	99.69942	9.31297
24	โรงเรียนที่ปราชญ์พิทยา อำเภอเกาะสมุย	100.01578	9.56895
25	โรงเรียนเกาะสมุย อำเภอเกาะสมุย	99.94912	9.49380
26	โรงเรียนเกาะพะงันศึกษา อำเภอเกาะพะงัน	100.12111	9.42273

จากตารางที่ 3.1 แสดงให้เห็นว่าทั้ง 26 โรงเรียนเป็นตัวอย่างของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในพื้นที่ 19 อำเภอ ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยแต่ละโรงเรียนมีพิกัดทางภูมิศาสตร์แบบของศา-ลิปดาที่แตกต่างกันไป เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาดำเนินการที่ตั้งของโรงเรียน ผลการบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ในตารางที่ 3.1 สามารถนำมาเขียนเป็นแผนที่ โดยได้รับความอนุเคราะห์ในการผลิตแผนที่จากสถานวิจัยสารสนเทศภูมิศาสตร์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยแปลงพิกัดที่บันทึกได้จากองศา-ลิปดาเป็นระบบพิกัด UTM (Universal Transverse Mercator) และใช้โปรแกรม ArcGis (Version 9.3) ดังภาพที่ 3.2 โดยมีสัญลักษณ์รูปสามเหลี่ยม (Δ) แทนพิกัดทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียนที่ศึกษา และหมายเลข 1-26 แสดงลำดับของโรงเรียนที่ตรวจวัดแก๊สเรดอนซึ่งสอดคล้องกับตารางที่ 3.1



ภาพที่ 3.2 แผนที่แสดงพิกัดทางภูมิศาสตร์ของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

2) อธิบายความรู้เกี่ยวกับแก๊สเรดอนวิธีการติดตั้งให้กับนักเรียน และบุคลากรในโรงเรียน พร้อมทั้งแจกแผ่นพับความรู้เกี่ยวกับแก๊สเรดอน และขออนุญาตในการติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน (ภาพที่ 3.3)



ภาพที่ 3.3 การให้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สเรดอนแก่ครูและนักเรียน เพื่อขอความร่วมมือติดตั้งชุด
ตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

4) นำชุดตรวจวัดไปติดตั้งไว้ภายในห้องเรียน ห้องพักรู ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ โดยหลักเลือกการติดตั้งใกล้ประตู หน้าต่างหรือบริเวณที่มีการระบายอากาศ โดยการผูกหรือใช้กระดาษกาวสองหน้าติดชุดตรวจวัดกับฝาห้องโดยให้อยู่สูงจากพื้นประมาณ 1.50 เมตร (ภาพที่ 3.4) โดยติดตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 60 วัน



ภาพที่ 3.4 การติดตั้งชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอน

5) บันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับห้องต่างๆ ภายในอาคารเรียนอย่างละเอียด เช่นตำแหน่งที่ติดตั้ง และลักษณะทั่วไปของห้องลงในแบบบันทึกข้อมูล

6) ทำตามขั้นตอนเหมือนกับ ข้อ 1 – 5 ในทุกโรงเรียนตัวอย่าง

7) เก็บชุดตรวจวัดความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่ติดตั้งไว้ในโรงเรียนกลับมายังห้องปฏิบัติการ เมื่อครบเวลาที่กำหนดไว้ 60 วัน

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลในห้องปฏิบัติการ

การกักขयरอยรังสีแอลฟาบนหัววัด CR-39

- 1) เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ระดับความเข้มข้น 6.25 โมลต่อลิตร ปริมาตร 1 ลิตร
- 2) บรรจุสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่เตรียมได้ในข้อ 1 ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร
- 3) นำบีกเกอร์ในข้อ 2 ใส่ลงในอ่างต้มน้ำควบคุมอุณหภูมิ จนสารละลายมีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส
- 4) นำแผ่นพลาสติก CR-39 ที่ได้จากการตรวจวัดในภาคสนามใส่ลงในบีกเกอร์ ที่มีอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ให้สารละลายกักขयरอยรังสีแอลฟาเป็นเวลา 100 นาที (ภาพที่ 3.5)



ภาพที่ 3.5 การกักขयरอยรังสีแอลฟาบนแผ่นพลาสติก CR-39

- 5) ล้างแผ่นพลาสติก CR-39 ด้วยน้ำกลั่นอย่างน้อย 3 ครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าไม่มีสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์หลงเหลืออยู่หรือเป็นการหยุดปฏิกิริยาทางเคมี
- 6) นำแผ่นพลาสติก CR-39 วางทิ้งไว้ให้แห้ง หลังจากนั้นใช้กระดาษทิชชูซับเบาๆ เพื่อทำความสะอาดแผ่นพลาสติกอีกครั้งหนึ่ง

การตรวจนับความหนาแน่นของรอยรังสีแอลฟาบนหัววัด CR-39

1) นำแผ่น CR-39 ที่ผ่านกระบวนการกักขायรอยรังสีแอลฟาติดลงบนแผ่นสไลด์ด้วยเทปใส ก่อนที่จะนำไปตรวจนับความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาด้วยกล้องจุลทรรศน์ (ภาพที่ 3.6)



ภาพที่ 3.6 แผ่น CR-39 ที่ผ่านกระบวนการกักขायรอยรังสีแอลฟาติดบนแผ่นสไลด์

2) ตรวจนับความหนาแน่นของรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนแผ่น CR-39 ที่ผ่านกระบวนการกักขायรอยแล้วด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบประกอบ กำลังขยาย 100 เท่า

3) นับความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาจำนวน 40 กรอบ (40 ตารางมิลลิเมตร หรือ 0.4 ตารางเซนติเมตร) โดยแต่ละกรอบจะมีจำนวน 100 ช่องย่อย บันทึกจำนวนรอยที่ได้จากการนับของแต่ละกรอบลงในตารางบันทึกผล

4) นำผลการนับความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นแก๊สเรดอนตามสมการที่ 3.1

การสร้างกราฟเปรียบเทียบ

เส้นกราฟเปรียบเทียบ (Calibration curve) เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟากับระดับความเข้มข้นของแก๊สเรดอนมาตรฐานโดยมีวิธีการดังนี้

1) เตรียมชุดตรวจวัดแก๊สเรดอนจำนวน 15 ชุด บรรจุห่อด้วยกระดาษอลูมิเนียมฟอยล์ เพื่อป้องกันแก๊สเรดอนจากภายนอก

2) จัดส่งให้หน่วยวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทท. ทำการเปรียบเทียบความแรงมาตรฐานเรดอนจำนวน 4 ระดับ และชุดควบคุมสำหรับวัดความเข้มข้นของรังสีกัมมันต์ของถังวัด โดยเปรียบเทียบระดับละ 3 ตัวอย่าง แต่ละระดับความแรงรังสีจะใช้เวลาในการตรวจวัดด้วยชุดตรวจวัด CR-39 ในถังปิดเป็นเวลา 72

ชั่วโมง (Sola, Wanabongse และ Chankaw, 2009; Wanabongse และคณะ, 2009) โดยมีความเข้มข้นแก๊สเรดอนเฉลี่ย คือ 421 ± 3 , 674 ± 3 , 805 ± 4 และ $1,024 \pm 4$ Bq m⁻³ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในภาคผนวก จ) จากนั้นทางคณะวิจัยของ สทท. จะบรรจุแผ่น CR-39 ที่ได้ทำการตรวจวัดด้วยกระดาษฟอยล์และปิดด้วยระบบสุญญากาศ จัดส่งให้คณะวิจัยเพื่อทำการกักขायรอยรังสีแอลฟา

3) คณะวิจัยนำแผ่น CR-39 ทั้ง 15 ตัวอย่าง ที่ได้จากการเปรียบเทียบของ สทท. ในข้อ 2 มาทำการกักขायรอยรังสีแอลฟา

4) ทำการตรวจนับความหนาแน่นของรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนแผ่น CR-39

5) นำผลการนับไปเขียนเส้นกราฟเปรียบเทียบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของแก๊สเรดอน หน่วย Bq m⁻³ กับความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาบนแผ่น CR-39 ต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ในเวลา 1 วัน มีหน่วยเป็น tracks cm⁻² d⁻¹ สำหรับใช้หาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนที่ได้จากการตรวจวัดภายในโรงเรียน

6) หาสมการคณิตศาสตร์ของกราฟเส้นตรงที่ได้จากข้อ 5

การวิเคราะห์หาระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนของกลุ่มตัวอย่าง

นำค่าความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนหัววัด CR-39 ที่ได้จากการตรวจวัดภายในโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นเวลา 60 วัน แทนลงในสมการที่ได้จากกราฟเปรียบเทียบแล้วคำนวณค่าระดับความเข้มข้นแก๊สเรดอนภายในโรงเรียนที่ได้ตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ

3.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.1 การวิเคราะห์ความเข้มข้นแก๊สเรดอนในแต่ละพื้นที่ใช้ตัวแปรทางสถิติ ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean หรือ Arithmetic mean: $\bar{X}$, M หรือ AM)
 - 2) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง (Standard deviation of sample: SD)
 - 3) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean: GM)
 - 4) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต (Geometric standard deviation: GSD)
- ค่าเฉลี่ยเรขาคณิตหาได้จากสูตร ดังนี้ (Crawley, 2007; ณหทัย ราตรี, 2554)

$$GM = \sqrt[n]{x_1 x_2 x_3 \dots x_n} \quad (3.2)$$

เมื่อ x_i หมายถึงค่าตัวอย่างลำดับที่ i เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ และ n คือขนาดตัวอย่าง

จากสมการที่ 3.2 ถ้าขนาดของตัวอย่างมีจำนวนมากจะทำการแปลงข้อมูลด้วยลอการิทึมฐานธรรมชาติ (Natural logarithm: ln) ก่อน หลังจากนั้นหาค่าเฉลี่ย ดังสูตรนี้

$$\ln GM = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i \quad (3.3)$$

เมื่อ Σ หมายถึงผลรวมของชุดข้อมูล ส่วนค่าเฉลี่ยเรขาคณิตสามารถถอดลอการิทึมย้อนกลับได้ โดยใช้เอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential: exp) ดังนี้

$$GM = \exp\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i\right) \quad (3.4)$$

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิต สามารถคำนวณโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้ (Hennessy และ Patterson, 2007)

$$GSD = \exp\left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [\ln x_i - \ln GM]^2}{n}}\right) \quad (3.5)$$

3.3.2 การแจกแจงข้อมูลเชิงปริมาณใช้ในรูปแบบของฮิสโทแกรม (Histogram) และตรวจสอบการแจกแจงข้อมูลโดยใช้สถิติทดสอบ Kolmogorov-Smirnov Normality Test (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2555)

3.3.3 การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ

1) ใช้สถิติทดสอบที (t-test) ในการทดสอบสมมติฐานของผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ที่เป็นอิสระต่อกัน (Independent sample t-test, กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2555)

2) ใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) สำหรับทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 2 กลุ่ม และทดสอบผลต่างของค่าเฉลี่ยรายคู่โดย Tukey's HSD (Honestly significant difference) test, กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2555; ศิริชัย พงษ์วิชัย, 2551)