



การประเมินการได้รับปริมาณก๊าซเรดอนภายในอาคารที่มีผลต่อการเกิดโรคมะเร็งปอด  
ในบริเวณพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดยะลา

Assessment of Indoor Radon Exposure Affecting Lung Cancer Risks  
in Muang District, Yala Province

ปัทมา พิศภักดิ์  
Pattama Pisapak

หลักสูตรวิทยาศาสตรทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000  
General Science Program, Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Muang, Yala, 95000

Corresponding Author, email: Pattama.p@yru.ac.th

(Received: Dec 29, 2021; Revised: Mar 21, 2022; Accepted: Apr 20, 2022)

### บทคัดย่อ

ปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญกับคุณภาพภายในอาคารที่มีผลต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับปริมาณก๊าซเรดอน ( $^{222}\text{Rn}$ ) ซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสีที่มีอยู่ในธรรมชาติที่ส่งผลกระทบต่อก่อให้เกิดมะเร็งปอดในมนุษย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร และประเมินปัจจัยเสี่ยงจากการได้รับก๊าซเรดอนที่สัมพันธ์กับการเกิดโรคมะเร็งปอด บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยใช้ชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนชนิดแผ่นพลาสติก CR-39 ติดตั้งภายในอาคารบ้านเรือน รวมทั้งสิ้น 90 ตัวอย่าง เป็นเวลา 40 วัน แล้วกัดขยายรอยแผลงรังสีแอลฟาด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสม คือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีความเข้มข้น 6.25 mol/L อุณหภูมิ 85° C เป็นเวลา 100 นาที ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคาร พบว่ามีค่าตั้งแต่  $20.70 \pm 3.44$  ถึง  $24.57 \pm 6.30$  Bq/m<sup>3</sup> มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $22.63 \pm 1.74$  Bq/m<sup>3</sup> โดยพบค่าต่ำสุดในตำบลบุตตี้ และค่าสูงสุดในตำบลลำใหม่ สำหรับการประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดโรคมะเร็งปอดตลอดช่วงชีวิต (ELCR) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.20 \times 10^{-3}$  ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่คณะกรรมการวิทยาศาสตร์แห่งสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบจากรังสี (UNSCEAR) กำหนด คือ  $0.29 \times 10^{-3}$  อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของโอกาสการเกิดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดต่อปีต่อล้านคน (LCC) มีค่าเท่ากับ 10.27 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขององค์การสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) กำหนดไว้ในช่วง 170 - 230 ต่อปีต่อล้านคน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษานี้ไม่มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งปอดจากปริมาณก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน

**คำสำคัญ :** การประเมินการได้รับปริมาณก๊าซเรดอน ความเข้มข้นเรดอนภายในอาคาร ชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน มะเร็งปอด

### Abstract

Nowadays, many countries have significantly focused on indoor air quality because of its effects on human health. In particular, exposure to radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), which is a naturally occurring radioactive gas, has an effect on causing lung cancer in humans. The purpose of this study is to measure indoor radon concentrations and assess risk factors for radon exposure associated with lung cancer in Muang district, Yala province. Using the radon detector, plastic sheet type CR-39 installed inside dwellings, a total of 90 samples for 40 days. Suitable etching conditions can be used for producing latent alpha-particle tracks with 100 min of etching in 6.25 mol/L of NaOH at 85° C. The results of indoor radon concentration ranged from  $20.70 \pm 3.44$  Bq/m<sup>3</sup> to  $24.57 \pm 6.30$  Bq/m<sup>3</sup>, which the average value of  $22.63 \pm 1.74$  Bq/m<sup>3</sup>. The lowest indoor radon concentration was found in Budi sub-district and the highest was obtained in Lam Mai sub-district. Furthermore, the present values of the average excess lifetime cancer risk (ELCR;  $2.20 \times 10^{-3}$ ) for all detectors were higher than the recommended by the UNSCEAR of  $0.29 \times 10^{-3}$ . However, when considering the average number of lung cancer cases per year per million people (LCC), it was estimated



to be 10.27, which is lower than the limit range of 170-230 per year per million people recommended by ICRP. It was shown that the study area was not at risk of developing lung cancer due to radon exposure in dwellings.

**Keywords:** Radon exposure assessment, Indoor radon concentration, Radon gas detector, Lung cancer

## บทนำ

มะเร็ง เป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของหลายประเทศทั่วโลก จากการรายงานขององค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยโรคมะเร็ง (International Agency for Research on Cancer, IARC) พบผู้ป่วยมะเร็งทั่วโลกประมาณ 18 ล้านราย และพบว่าในจำนวนนี้มีผู้เสียชีวิต 9.6 ล้านราย (IARC, 2018) สำหรับประเทศไทยโรคมะเร็งเป็นสาเหตุการตายอันดับต้น ๆ ของคนไทยมาเป็นเวลานาน จากสถิติพบผู้ป่วยมะเร็งรายใหม่ประมาณ 12,000 ราย เป็นเพศชาย 59,662 ราย และเพศหญิง 63,095 ราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพบแนวโน้มการเป็นโรคมะเร็งสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Ploysawang *et al.*, 2021) จากสถิติมะเร็งปอดเป็นสาเหตุการตายอันดับสองรองจากมะเร็งตับ ถือได้ว่าอยู่ในอันดับต้น ๆ ของโลก คิดเป็น 37.4 ต่อประชากรแสนคน (Vatanasapt *et al.*, 1995) โรคมะเร็งปอดเป็นโรคมะเร็งที่พบได้บ่อย โดยทะเบียนมะเร็งระดับประชากรในประเทศไทยพบอุบัติการณ์โรคมะเร็งปอดบ่อยเป็นอันดับ 2 ในเพศชาย รองจากโรคมะเร็งตับ มีอุบัติการณ์เป็น 22.7 ต่อประชากร แสนคน และพบบ่อยเป็นอันดับ 4 ในเพศหญิง รองจากโรคมะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูกและมะเร็งตับ คิดเป็นอุบัติการณ์ 10.1 ต่อประชากรแสนคน (Imsamran *et al.*, 2015) แม้เป็นที่ทราบกันดีว่าการสูบบุหรี่จะเป็นสาเหตุหลักของการเกิดมะเร็งปอด แต่ในปี ค.ศ.1988 องค์การระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยโรคมะเร็ง (IARC) และองค์การอนามัยโลกได้จัดประชุมผู้เชี่ยวชาญทั่วโลก และได้ข้อสรุปที่มีหลักฐานแน่ชัดยืนยันได้เป็นเอกฉันท์ว่า เรดอนเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ และสัตว์ เช่นเดียวกับการประชุมนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำทั่วโลก ซึ่งจัดโดยคณะกรรมการระหว่างประเทศด้านการป้องกันรังสี ได้สรุปว่า เรดอน ( $^{222}\text{Rn}$ ) เป็นสาเหตุของโรคมะเร็งปอดในมนุษย์เป็นอันดับสองรองจากบุหรี่ (Srisuwan, 1999; BEIR VI, 1999; HHS, 2005; Pisapak, 2017) เนื่องจากก๊าซเรดอนเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม ( $^{226}\text{Ra}$ ) ซึ่งมียูเรเนียม ( $^{238}\text{U}$ ) เป็นสารตั้งต้นพบปะปนได้ทั่วไปในดิน หิน น้ำ และอากาศซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติบนพื้นโลก ดังนั้นในบรรยากาศทั่วไปจึงมีก๊าซเรดอนปะปนอยู่จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับปริมาณสารตั้งต้นยูเรเนียมและเรเดียมในบริเวณดังกล่าว เมื่อมนุษย์นำดิน หิน หรือทรายซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างอาคารบ้านเรือนที่มีแร่เรเดียมเจือปนมาใช้ วัสดุเหล่านั้นก็จะปลดปล่อยก๊าซเรดอนออกมาตามปริมาณสารตั้งต้นที่ปะปนอยู่ หากระบบการก่อสร้างอาคารไม่มีการระบายอากาศที่ดีก็จะเป็นแหล่งสะสมของก๊าซเรดอนในปริมาณที่สูงจนอาจเป็นอันตรายต่อผู้อยู่อาศัยได้ นอกจากนี้การได้รับรังสีจากเรเดียมและเรดอนเข้าสู่ร่างกายในปริมาณที่มากเกินไป โดยอาจจะได้รับจาก น้ำ อากาศ อาหาร หรือแม้แตการสัมผัสสิ่งของที่มีการปนเปื้อนของรังสีอยู่สามารถส่งผลกระทบต่อร่างกายได้เช่นกัน จากการศึกษาความสัมพันธ์ของก๊าซเรดอนในอาคารกับการก่อให้เกิดโรคมะเร็งปอดทั่วโลกพบว่า 3-20 % ของการเสียชีวิตจากการเป็นโรคมะเร็งปอดที่เกิดจากการได้รับสัมผัสก๊าซเรดอนในอาคาร (Kim *et al.*, 2016) ทั้งนี้แหล่งที่มาของก๊าซเรดอนที่เข้ามาสะสมในอาคาร พบว่ามีความสัมพันธ์กับตำแหน่งสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะธรณีวิทยาที่เป็นแหล่งหินแกรนิตซึ่งมีการศึกษาพบอัตราการการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากหินแกรนิตออกมาในระดับสูง (Chen *et al.*, 2010; Sakoda *et al.*, 2008) สำหรับจังหวัดยะลาเป็นพื้นที่ที่มีสภาพทางธรณีวิทยาเป็นหินตะกอนกับหินแปร และหินอัคนี โดยเฉพาะอย่างยิ่งหินแกรนิตยุคครีเทเชียส (Kgr) พบปะปนอยู่กับหินแกรนิตยุคไทรแอสสิก (Trgr) ที่วางตัวต่อเนื่องในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ซึ่งลักษณะธรณีสัณฐานเช่นนี้อาจส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนออกมาฟุ้งกระจายขึ้นมาตามช่องว่าง หรือรอยแตกแยกของชั้นหิน หรือชั้นดินขึ้นสู่บรรยากาศ และสามารถสะสมภายในอาคารบ้านเรือนได้

ดังนั้นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็ง ในบริเวณที่อยู่อาศัยแหล่งชุมชนของชาวบ้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ซึ่งมีธรณีสัณฐานเป็นแหล่งหินแกรนิตแทรกซอนปะปนอยู่ อันจะนำไปสู่มาตรการการจัดการวางแผนป้องกันและควบคุมโรคมะเร็งต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดยะลา
2. เพื่อประเมินปัจจัยเสี่ยงจากการได้รับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนที่สัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งปอด

### วิธีดำเนินการวิจัย

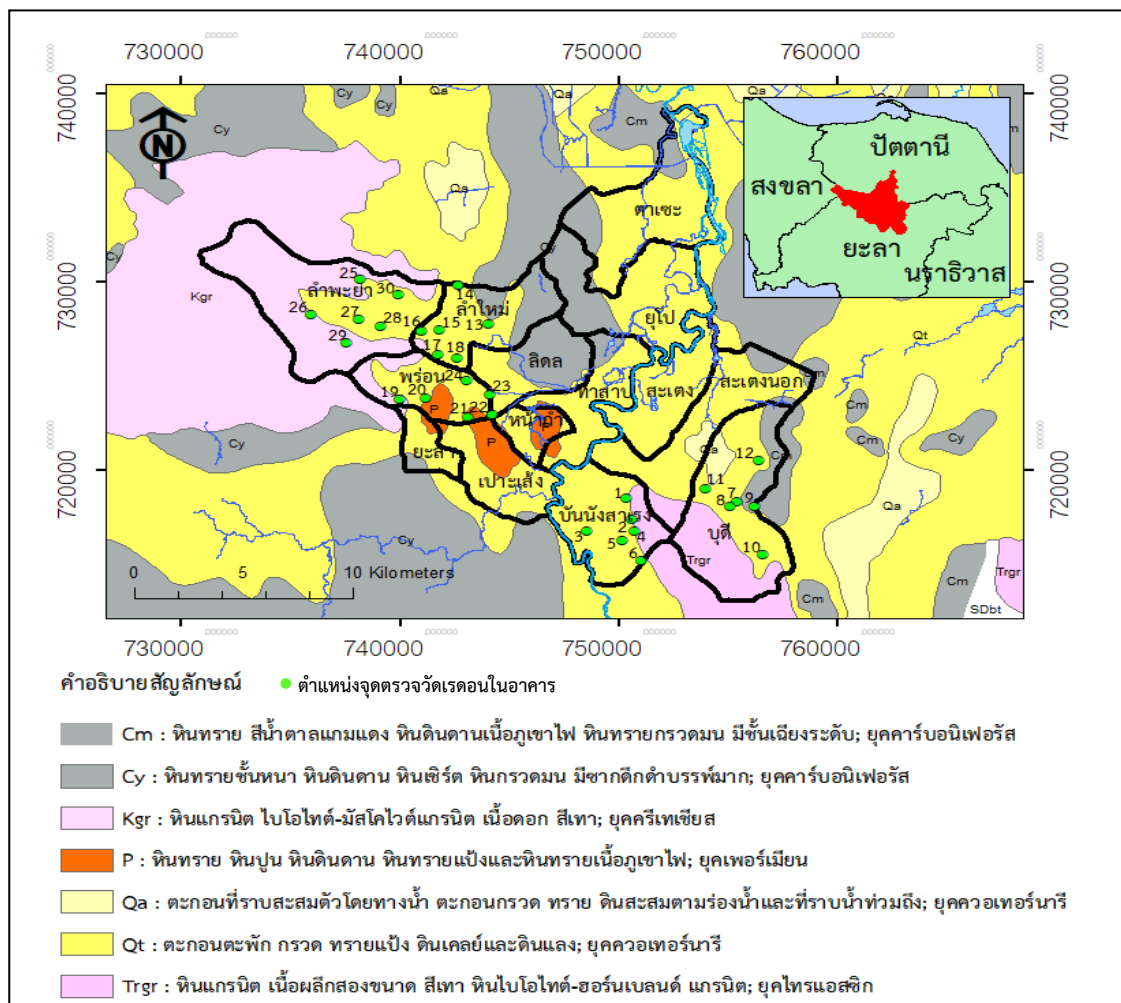
ในการศึกษาวิจัยนี้ได้แบ่งวิธีการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

**ตอนที่ 1** การศึกษาในภาคสนาม

**ตอนที่ 2** การวิเคราะห์และศึกษาในห้องปฏิบัติการ

#### ตอนที่ 1 การศึกษาในภาคสนาม

1. ศึกษาพื้นที่ลักษณะทางธรณีวิทยาแสดงดังภาพที่ 1 เพื่อเลือกตำแหน่งที่จะติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือน ใน 5 ตำบล ๆ ละ 6 หลังคาเรือน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ได้แก่ ตำบลบุตี ตำบลบันนังสาเรง ตำบลลำใหม่ ตำบลลำพะยา และตำบลลิติกัล รวมทั้งสิ้น 30 หลังคาเรือน เป็นตัวแทนกลุ่มตัวอย่างกรณีศึกษา โดยเลือกจุดติดตั้งชุดตรวจวัดเรดอนในบ้านเรือนบนตำแหน่งในขอบเขตตำบลที่อยู่ติดกับลักษณะทางธรณีวิทยาที่มีหินฐาน (Base Rock) ซึ่งเป็นหินแกรนิตที่อยู่ในยุคครีเทเชียส (Kgr) และหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก (Trgr) แสดงดังภาพที่ 1 ที่มีความเป็นไปได้ที่จะมีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะธรณีวิทยาที่เป็นแหล่งหินแกรนิต ซึ่งมีการศึกษาพบอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากหินแกรนิตออกมาในระดับสูง (Chen *et al.*, 2010; Sakoda *et al.*, 2008)

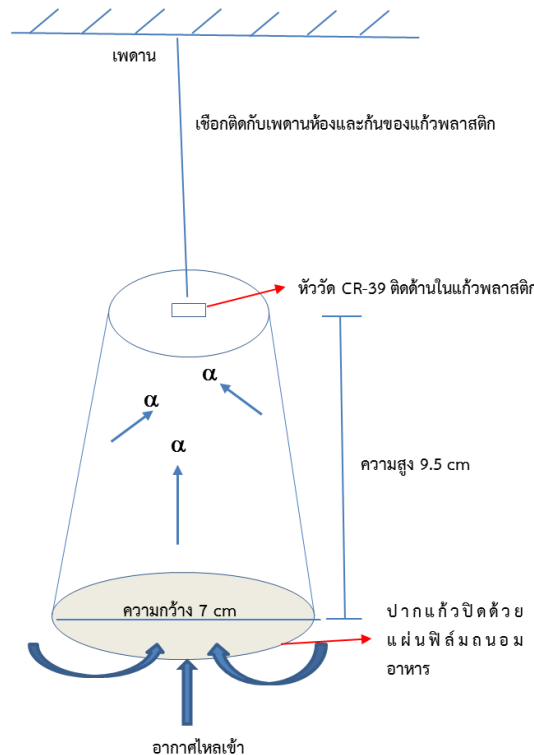


ภาพที่ 1 แผนที่ธรณีวิทยาแบ่งขอบเขตตำบลและจุดตรวจวัดเรดอนในอาคาร ในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา

2. สร้างความเข้าใจและความร่วมมือกับชาวบ้านทั้ง 5 ตำบล ในการลงพื้นที่พบปะพูดคุยสร้างความรู้ความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับความเสี่ยงทางสุขภาพสำหรับก๊าซเรดอนให้กับหน่วยงานราชการ เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล โรงพยาบาลชุมชน ผู้นำชุมชน และรวมถึงชาวบ้านในชุมชน เพื่อสร้างความเข้าใจในการขอความร่วมมือในการลงพื้นที่ติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน

3. เตรียมตัดแผ่นฟิล์มพลาสติก CR-39 ซึ่งใช้เป็นหัววัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนที่ผลิตจากบริษัท Italian Company Intercast Europe S.p.A. (Parma) นำมาตัดให้มีขนาด 1.0 x 1.5 ตารางเซนติเมตร จำนวน 90 ชิ้น และนำไปประกอบเป็นชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน แสดงดังภาพที่ 2

4. ติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน ชนิดแผ่นพลาสติก CR-39 ในอาคารบ้านเรือน ในพื้นที่ศึกษา 5 ตำบล ๆ ละ 6 หมู่บ้าน ในบ้านเรือนแต่ละหลังจะติดตั้ง 3 จุด ได้แก่ ห้องครัว ห้องนั่งเล่น และห้องนอน หรือห้องอื่น ๆ ที่ผู้อยู่อาศัยใช้ชีวิตทำกิจกรรมต่าง ๆ อยู่ในบ้านเป็นเวลานาน ๆ ในแต่ละวัน เพื่อหาค่าเฉลี่ยของแต่ละหลัง โดยติดตั้งชุดตรวจวัดอยู่สูงจากพื้นประมาณ 160 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับความสูงที่อยู่ในระดับการหายใจของมนุษย์ (Panpiboon *et al.*, 2016) ซึ่งติดตั้งนานเป็นเวลา 40 วัน (Titiponpun, 1999) เมื่ออนุภาครังสีแอลฟาที่ปลดปล่อยจากการสลายตัวของก๊าซเรดอนในบริเวณจุดติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนเข้ามาชนกับหัววัด CR-39 จะทำให้เกิดการบันทึกรอยแฉงของอนุภาครังสีแอลฟาไว้บนหัววัดดังกล่าว ซึ่งสามารถอธิบายการชนของอนุภาครังสีแอลฟา แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การประกอบชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือน

## ตอนที่ 2 การวิเคราะห์และศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1. หลังจากครบ 40 วัน เก็บชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน แล้วนำหัววัดดังกล่าวมากัดขยายรอยแฉงของอนุภาครังสีแอลฟา ตามเงื่อนไขที่เหมาะสม คือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 6.25 mol/L ที่อุณหภูมิ 85° C เป็นเวลา 100 นาที (Titiponpun, 1999) ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath)

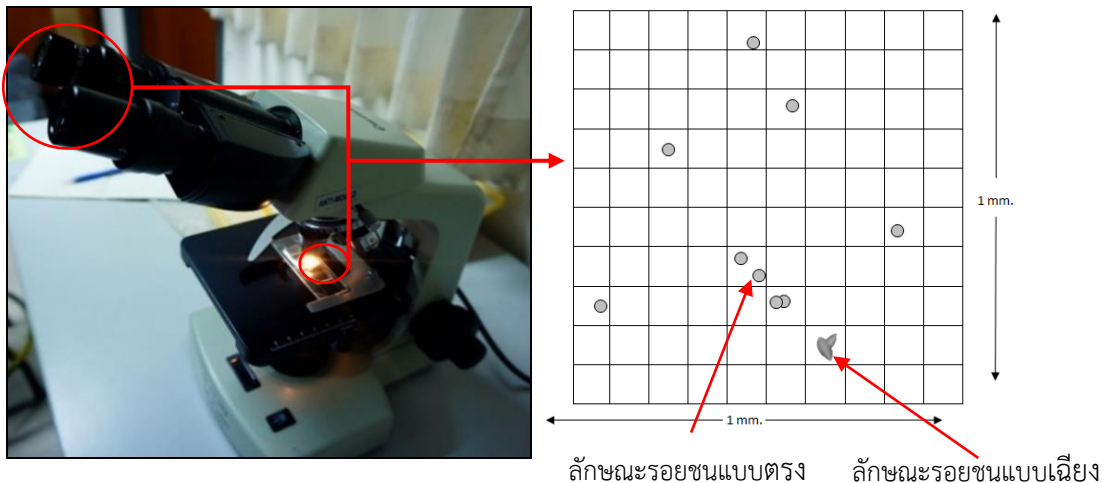
2. ตรวจจับค่าความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่เกิดขึ้นบนแผ่น CR-39 ต่อพื้นที่ 40 ตารางมิลลิเมตร ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100 เท่า ภายใต้กรอบกำหนดพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3

3. เปรียบเทียบความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาเป็นค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอน ดังสมการที่ (1) (Titiponpun, 1999)

$$Y = 9.27 * X \quad (1)$$

เมื่อ Y คือ ความเข้มข้นรังสีแอลฟาของก๊าซเรดอน ( $Bq/m^3$ )

X คือ ความหนาแน่นรอยแผ่รังสีแอลฟาที่ได้จากการนับรอย ซึ่งได้หักลบจำนวนรอยรังสีภูมิหลัง (Background) ออกไปแล้ว ( $count / 40 mm^2$ ) และ 9.27 เป็นค่าคงที่ที่ได้จากการเปรียบเทียบจากกราฟมาตรฐาน



ภาพที่ 3 การตรวจนับหาความหนาแน่นรอยรังสีแอลฟาที่ปรากฏบนแผ่นพลาสติก CR-39 ด้วยกล้องจุลทรรศน์ ภายใต้กรอบกำหนดพื้นที่ 1 ตารางมิลลิเมตร

4. นำค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนมาประเมินผลกระทบทางรังสีอันเกี่ยวเนื่องต่อความเสี่ยงในการก่อให้เกิดโรคมะเร็ง โดยหาจากความสัมพันธ์ดังนี้

4.1. ปริมาณรังสีสมมูลที่ได้รับต่อปี (Annual Effective Dose; DT)

ปริมาณรังสีสมมูลจากการได้รับรังสีจากก๊าซเรดอน (The Exposure to Radon Daughters) หรือไอโซโทปรังสีที่เป็นลูกหลานเรดอนที่เรียกว่า Radon Daughters โดยที่การสัมผัสกับเรดอนหรือไอโซโทปลูกหลานภายในที่อยู่อาศัยนั้น สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) (UNSCEAR, 2000; Sherafat *et al.*, 2019)

$$DT = CR \times D \times H \times F \times T \quad (2)$$

เมื่อ DT คือ ปริมาณรังสีสมมูลที่ได้รับต่อปี ( $mSv/y$ )

CR คือ ค่าความเข้มข้นก๊าซเรดอน ( $Bq/m^3$ )

D คือ แฟกเตอร์การเปลี่ยนแปลง (Dose Conversion Factor =  $9 \times 10^{-6}$   $mSv/hr$  per  $Bq/m^3$ )

H คือ ค่าแฟกเตอร์ในการอยู่อาศัย (Indoor Occupancy Factor = 0.8)

F คือ ค่าแฟกเตอร์สมดุลสำหรับเรดอนในบ้านเรือน (Equilibrium Factor = 0.4)

T คือ เวลาใน 1 ปี ( $24hr \times 365$  days = 8760 hr/y)

4.2. การประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (The Excess Life Time Cancer Risk; ELCR) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) (ICRP, 1990; Sherafat *et al.*, 2019)

$$ELCR = DT \times DL \times RF_{ELCR} \quad (3)$$

เมื่อ DT คือ ปริมาณรังสีสะสมที่ได้รับต่อปี (mSv/y)

DL คือ ค่าเฉลี่ยช่วงเวลาของการมีชีวิต (The Average Duration of Life; มีค่าประมาณ 70 ปี)

$RF_{ELCR}$  คือ ปัจจัยความเสี่ยง (Risk Factor =  $5.5 \times 10^{-2} Sv^{-1}$ )

5.3. จำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดต่อปีต่อล้านคน (The Lung Cancer Cases Per Year Per Million Person; LCC) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4) (ICRP, 1987; Sherafat *et al.*, 2019)

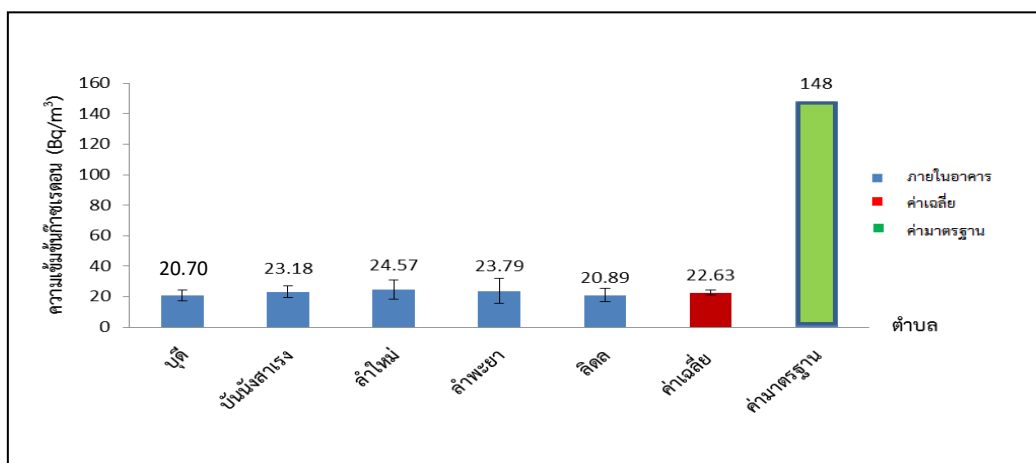
$$LLC = DT \times RF_{LCC} \quad (4)$$

เมื่อ DT คือ ปริมาณรังสีสะสมที่ได้รับต่อปี (mSv/y)

$RF_{LCC}$  คือ ปัจจัยความเสี่ยง (Risk factor =  $18 \times 10^{-6} mSv^{-1}$ )

### ผลการวิจัย

จากการติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนภายในอาคาร ในพื้นที่ 5 ตำบล คือ ตำบลบุตี ตำบลบันนังสาเรง ตำบลลำใหม่ ตำบลลำพะยา และตำบลลิตร ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ผลการศึกษาความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร และการประเมินความเสี่ยงทางรังสี ที่เกี่ยวเนื่องต่อการเกิดโรคมะเร็งปอดของผู้อยู่อาศัย โดยพบว่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคาร มีค่าอยู่ระหว่าง  $20.70 \pm 3.44$  ถึง  $24.57 \pm 6.30 Bq/m^3$  และมีความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเฉลี่ยในพื้นที่ทั้ง 5 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา เท่ากับ  $22.63 \pm 1.74 Bq/m^3$  ซึ่งผลการศึกษาความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร (Y) ปริมาณรังสีสะสมที่ได้รับต่อปี (DT) ความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (ELCR) และจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดต่อปีต่อล้านคน (LCC) ในแต่ละตำบลมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสูงสุดพบในตำบลลำใหม่ รองลงมาคือ ตำบลลำพะยา ตำบลบันนังสาเรง ตำบลลิตร และมีค่าต่ำสุดพบในตำบลบุตีเรียงกันตามลำดับแสดงไว้ในภาพที่ 4 และตารางที่ 1 ในภาพที่ 5 ได้แสดงแผนที่คอนทัวร์การกระจายตัวของความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร โดยแสดงจุดติดตั้งชุดตรวจวัดก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือน จำนวนทั้งสิ้น 30 หลังคาเรือน ในพื้นที่ศึกษาของ 5 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ซึ่งอยู่ในระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator; UTM) โดยมีสเกลแถบสีแสดงช่วงค่าของการกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารในพื้นที่ศึกษาดังกล่าว

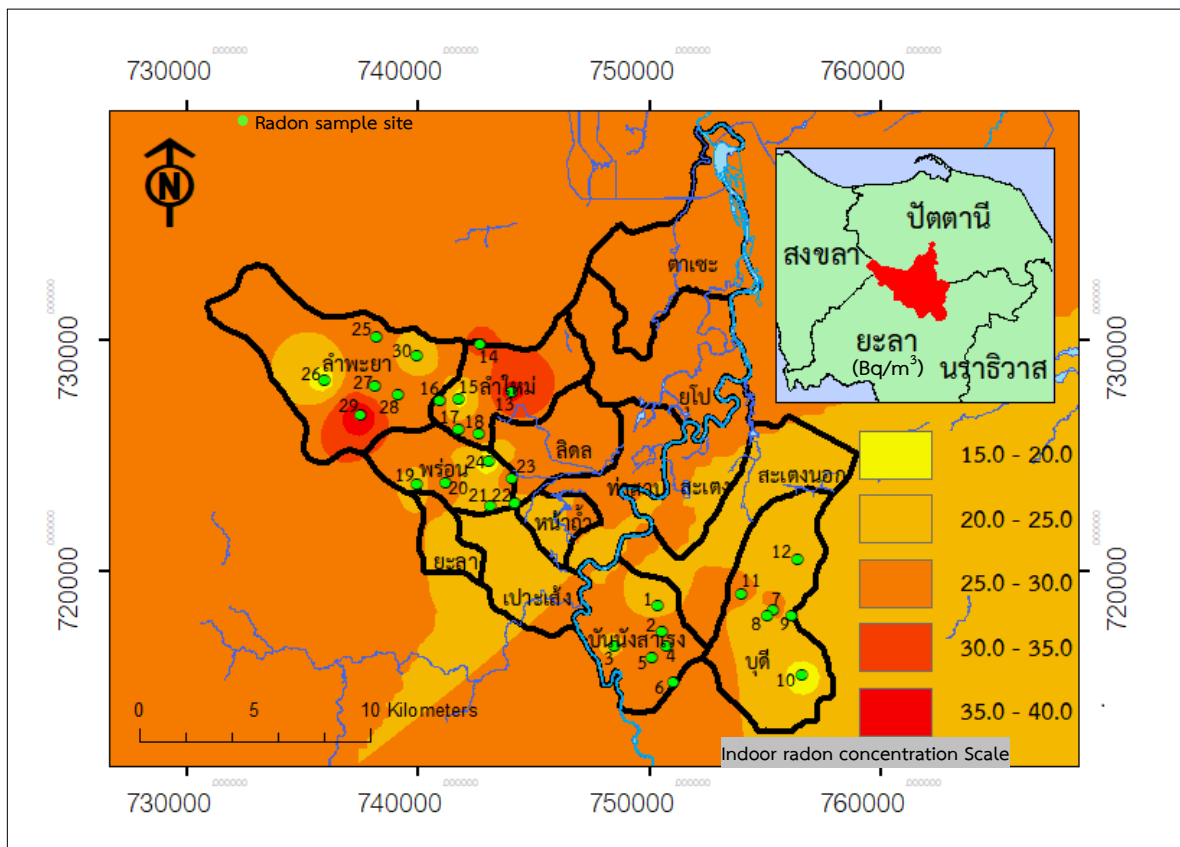


ภาพที่ 4 ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร ของแต่ละตำบลจากกรณีพื้นที่ศึกษา ในอำเภอเมือง จังหวัดยะลา โดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย และค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย US EPA, 1992



**ตารางที่ 1** ความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร ปริมาณรังสีสะสมที่ได้รับต่อปี ความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็ง ในตลอดช่วงชีวิต และจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดต่อปีต่อล้านคน

ตำบล	Indoor radon concentration (Bq/m <sup>3</sup> )	DT (mSv/y)	ELCR (x 10 <sup>-3</sup> )	LLC (x 10 <sup>-6</sup> )
บุตตี้	20.70 ± 3.44	0.52 ± 0.09	2.01 ± 0.33	9.40 ± 1.56
บ้านนั้งสาแรง	23.18 ± 3.82	0.58 ± 0.10	2.25 ± 0.37	10.53 ± 1.73
ลำใหม่	24.57 ± 6.30	0.62 ± 0.16	2.39 ± 0.61	11.16 ± 2.86
ลำพะยา	23.79 ± 8.05	0.60 ± 0.20	2.31 ± 0.78	10.80 ± 3.66
ลิตล	20.89 ± 4.38	0.53 ± 0.11	2.03 ± 0.43	9.49 ± 1.99
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>22.63 ± 1.74</b>	<b>0.57 ± 0.04</b>	<b>2.20 ± 0.17</b>	<b>10.27 ± 0.79</b>
<b>ค่ามาตรฐาน</b>	<b>148</b>	<b>3-10</b>	<b>0.29</b>	<b>170-230</b>



**ภาพที่ 5** แผนที่คอนทัวร์การกระจายตัวความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร จำนวน 30 หลังคาเรือน ในพื้นที่ศึกษาของ 5 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ซึ่งอยู่ในระบบพิกัดกริดแบบยูทีเอ็ม (Universal Transverse Mercator; UTM)



## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร จำนวน 30 หลังคาเรือน ในพื้นที่ 5 ตำบลของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ด้วยชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน ชนิดแผ่นพลาสติก CR-39 พบว่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร มีค่าอยู่ในระหว่าง  $20.70 - 24.57 \text{ Bq/m}^3$  โดยมีค่าสูงสุด  $24.57 \pm 6.30 \text{ Bq/m}^3$  พบในตำบลลำใหม่ และมีค่าต่ำสุด  $20.70 \pm 3.44 \text{ Bq/m}^3$  พบในตำบลบุตี มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนเฉลี่ยในพื้นที่ 5 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา เท่ากับ  $22.63 \pm 1.74 \text{ Bq/m}^3$  ดังแสดงในตารางที่ 1 นั้น ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนด คือ  $148 \text{ Bq/m}^3$  ตลอดจนการประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (ELCR) โดยคำนวณจากปริมาณรังสีสมมูลจากการได้รับรังสีจากแก๊สเรดอน (DT) พบว่าค่าปริมาณรังสีสมมูลจากการได้รับรังสีจากก๊าซเรดอนมีค่าอยู่ในระหว่าง  $0.52 - 0.62 \text{ mSv/y}$  ซึ่งค่าสูงสุดที่ตรวจพบมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานขององค์การสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) กำหนดที่ระดับ  $3 \text{ mSv/y}$  ถึงประมาณ 5 เท่า (ICRP, 2010) เมื่อประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (ELCR) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง  $2.01 \times 10^{-3} - 2.39 \times 10^{-3}$  มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $2.20 \times 10^{-3}$  โดยมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่คณะกรรมการวิทยาศาสตร์แห่งสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบจากรังสี (UNSCEAR) กำหนด คือ  $0.29 \times 10^{-3}$  (UNSCEAR, 2000) อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของการเกิดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอดต่อปีต่อล้านคน (LCC) เท่ากับ 10.27 ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขององค์การสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) ที่กำหนดไว้ในช่วง 170 - 230 ต่อปีต่อล้านคน (ICRP, 2010) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์สูงสุดที่กำหนด ถึง 22 เท่าของ 230 ต่อปีต่อล้านคน จากผลการตรวจวัดดังกล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคาร ด้วยชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน ชนิดแผ่นพลาสติก CR-39 ในพื้นที่อำเภอภงทรา จังหวัดพัทลุง ที่มีลักษณะทางธรณีวิทยาของแนวเทือกเขาบรรทัด มีหินโบโฮไทต์แกรนิต ทัวร์มาลีนแกรนิต อยู่ในยุคจูแรสซิก-ไทรแอสซิกเป็นองค์ประกอบ และมีชั้นน้ำบาดาลกักเก็บอยู่ในหินแกรนิต (Granite Aquifers) และในพื้นที่อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลาซึ่งมีการวางตัวของกลุ่มหินอัคนีเช่นเดียวกัน จากข้อมูลในการศึกษาในพื้นที่อำเภอภงทรา จังหวัดพัทลุง และอำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา พบค่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารเฉลี่ยสูง เท่ากับ 225 และ  $268 \text{ Bq/m}^3$  ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าระดับ  $148 \text{ Bq/m}^3$  ที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนด (Bhongsuwan *et al.*, 2001) จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคารที่ตรวจวัดในพื้นที่ 5 ตำบล ของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ที่มีสภาพธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิตเช่นกัน แต่พบปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนมีค่าไม่สูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัสดุก่อสร้างที่อาจมาจากแหล่งที่อื่น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewtubtim *et al.* (2019) ที่พบอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอนในตัวอย่างหินที่ใช้ในการก่อสร้างในบางตำบลของบริเวณตอนเหนือของจังหวัดยะลาที่มีสภาพธรณีวิทยาเป็นหินแกรนิตแต่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนไม่สูงมากนัก และเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างหินที่ใช้ในการก่อสร้างในต่างประเทศพบว่า อัตราการปลดปล่อยของก๊าซเรดอนเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าในหินที่ใช้ก่อสร้างในต่างประเทศ เช่นประเทศอียิปต์ แคนาดา และซาอุดีอาระเบีย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับระบบการระบายอากาศในบ้านเรือนซึ่งส่วนใหญ่บ้านของประชาชนจะมีการเปิดประตูหน้าต่างอยู่เสมอ ซึ่งเป็นการลดระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคารบ้านเรือนอีกทางหนึ่งเช่นกัน

## สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอนภายในอาคาร จำนวน 30 หลังคาเรือน ในพื้นที่ 5 ตำบลของอำเภอเมือง จังหวัดยะลา ได้แก่ ตำบลบุตี ตำบลบันนังสาเรง ตำบลลำใหม่ ตำบลลำพะยา และตำบลลิถล รวมทั้งสิ้น 30 หลังคาเรือน ด้วยชุดตรวจวัดก๊าซเรดอน ชนิดแผ่นพลาสติก CR-39 พบความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในอาคาร มีค่าเฉลี่ย  $22.63 \pm 1.74 \text{ Bq/m}^3$  โดยมีค่าสูงสุด  $24.57 \pm 6.30 \text{ Bq/m}^3$  พบในตำบลลำใหม่ และมีค่าต่ำสุด  $20.70 \pm 3.44 \text{ Bq/m}^3$  พบในตำบลบุตี ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (US EPA) กำหนด คือ  $148 \text{ Bq/m}^3$  ปริมาณการได้รับรังสีสมมูลต่อปีมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่องค์การสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) กำหนดที่ระดับ  $3 \text{ mSv/y}$  โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ  $0.57 \text{ mSv/y}$  การประเมินความเสี่ยงในการก่อให้เกิดมะเร็งในตลอดช่วงชีวิต (ELCR) พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง  $2.01 \times 10^{-3} - 2.39 \times 10^{-3}$  มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ  $2.20 \times 10^{-3}$  ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานที่คณะกรรมการวิทยาศาสตร์แห่งสหประชาชาติว่าด้วยผลกระทบจากรังสี (UNSCEAR) กำหนด คือ  $0.29 \times 10^{-3}$  อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา





โอกาสการเกิดจำนวนผู้ป่วยมะเร็งปอด (LCC) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.27 ต่อปีต่อล้านคน ซึ่งมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานขององค์การสากลในการป้องกันอันตรายจากรังสี (ICRP) ที่กำหนดไว้ในช่วง 170 - 230 ต่อปีต่อล้านคน แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษานี้ไม่มีความเสี่ยงในการเกิดมะเร็งปอดจากปริมาณก๊าซเรดอนในอาคารบ้านเรือน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอำเภอ และจังหวัดอื่น ๆ ทั่วประเทศ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการสร้างเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทยในการตรวจสอบความปลอดภัยทางรังสีภายในอาคารต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

- BEIR VI. (1999). *Report of the Committee on Health Risk of Exposure to Radon; Board on Radiation Effects Research*. National Research Council. Washington, DC: National Academy Press.
- Bhongsuwan, T., Chittrakarn, T., Chongkum, S., Polapongs, P., Sirijarukul, S., Thitipornpan, A., et al. (2001) Radon risk assessment, indoor/outdoor to public communities in Songkhla Lake Basin. *The 8<sup>th</sup> Nuclear Science and Technology Conference, June 20-21, 2001*. Bangkok: Thailand. (in Thai).
- Chen, J., Rahman, N.M., & Atiya, I.A. (2010). Radon exhalation from building materials for decorative use. *Journal of Environmental Radioactivity, 101*(4), 317–322.
- Imsamran, W., Chaiwerawattana, A., Wiangnon, S., Pongnikorn, D., Suwanrungruang, K., Sangrajan, S., et al. (2015). *Cancer in Thailand vol. VIII 2010-2012*. Bangkok: National center institute.
- International Agency for Research on Cancer (IARC). (2018). *Global cancer burden*. [online]. Retrieved November 23, 2021. From: [https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/09/pr263\\_E.pdf](https://www.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/09/pr263_E.pdf).
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (1987). *Lung cancer risk from exposure to radon daughters*. ICRP 50. Ann, 17, 1–57.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (1990). *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*. ICRP Publication 60. Oxford: Pergamon Press.
- International Commission on Radiological Protection (ICRP). (2010). *Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon*. ICRP Publication. Oxford: Pergamon Press.
- Kaewtubtim, P., Sola, P., & Kongpakdee, T. (2019). Radon concentration and radon exhalation rate from rock samples used for construction at northern part of yala province. *UTK Research Journal, 13*(2), 187-197. (in Thai).
- Kim S.H, Hwang W.J., Cho, J.S., & Kang, D.R. (2016). Attributable risk of lung cancer deaths due to indoor radon exposure. *Annals of Occupational and Environmental Medicine, 28*(8), 1-7.
- Panpipoon, P., Atyotha, V., Choawanklarng, V., & Sola, P. (2016). *Measuring the concentration of radon in the air at Mueang district, Mahasarakham province*. Research report. Faculty of Science and Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. (in Thai).
- Pisapak P. (2017). *Spatial and Temporal Variations of Radon and their Applications: A Case Study on Southern Thailand*. Doctor of Philosophy of Science Thesis in Geophysics, Prince of Songkla University.
- Ploysawang, P., Joosawat. A., Jamsri, P., Pangmuang, P. & Sangrajang. (2021). Assessment of Cancer Knowledge among Department of Medical Services Staffs. *Thai cancer Journal, 41*(1), 12-23. (in Thai).
- Sakoda, A., Hanamoto, K., Ishimori, Y., Nagamatsu, T. & Yamaoka, K. (2008). Radioactivity and radon emanation fraction of the granites sampled at Misasa and Badgastein. *Applied Radiation and Isotopes, 66*(5), 648–652.
- Sherafat, S., Mansour, S. N., Moaferi, M., Aminiani, N., Yousofi, Z., & Maleki, S. (2019). First indoor radon mapping and assessment excess lifetime cancer risk in Iran. *MethodsX, 6*, 2205-2216.



- Srisuwan, T. (2016). Radon: The Hidden Hazard in building. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, 4(2), 23-37. (In Thai).
- Titiponpun, A. (1999). *Indoor-Outdoor Radon Concentration Measurement in Songkhla Province Area*. Master of Science Thesis in Physics. Prince of Songkla University. (In Thai).
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). (2000). *Sources and effects of atomic radiation, Report to General Assembly, Annex B*. United Nations, New York.
- United States Department of Health and Human Services (HHS). (2005). *Surgeon General Releases National Advisory on Radon*. Atlanta, G A: HHS Press Office.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (1992). *National emission standards for hazardous air pollutants: Emission standards for radon emissions from phosphogypsum stacks, Federal Register*.57(107), Final Rule (40CFR61).
- Vatanasapt, V., Martin, N., Sriplung, H., Chindavijak, K., Sontipong, S., Sriamporn, H., et al. (1995). Cancer incidence in Thailand, 1988-1991. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 4, 475-483.