

การวิเคราะห์การแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 สู่ที่ตั้งกองทัพอากาศ

Analysis Simulation of Radioactive Nuclides Transport to Thai Airforce Base for Research Reactor TRR-1/M-1

ณัฐพล เกษางาม¹ และ จิรภัทร ลดาวัลย์^{2*}

Nattapon Kesangam¹ and Jirapat Ladawan^{2*}

Received: June 23, 2026

Revised: September 21, 2026

Accepted: September 21, 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีในบรรยากาศจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 ในกรณีอุบัติเหตุสมมติที่เกิดจากแท่งเชื้อเพลิงเสียหายจำนวน 1 แท่ง โดยใช้โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes เป็นเครื่องมือในการประเมินผลกระทบทางรังสีต่อประชาชน ณ ระยะ 8.8 กิโลเมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งเป้าหมายของการศึกษา การจำลองใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567 โดยกำหนดความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนเป็นข้อมูลนำเข้า ร่วมกับสมมติฐานด้านการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีภายใต้ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable) ความสูงชั้นผสม (Mixing Layer Depth) 50 เมตร ความสูงจุดปลดปล่อย 10 เมตร และสมมติฐานการรับสารกัมมันตรังสีทางการหายใจตามกรอบการประเมินของแบบจำลอง ผลการประเมินแสดงให้เห็นว่า ปริมาณรังสีที่ได้รับจากกรณีศึกษามีความแตกต่างกันตามสภาพอุตุนิยมวิทยาและเงื่อนไขของแบบจำลอง โดยค่าที่ประเมินได้ยังอยู่ต่ำกว่าค่าอ้างอิงสำหรับประชาชนทั่วไปที่ใช้ในการศึกษาตามแนวทางของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ทั้งนี้ ความแตกต่างของผลการประเมินเกิดจากอิทธิพลร่วมของความเร็วลม ทิศทางลม สภาวะเสถียรภาพบรรยากาศ และพารามิเตอร์การแพร่กระจายที่ใช้ในการจำลอง

คำสำคัญ: เครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1, HotSpot Health Physics Codes, การแพร่กระจายสารกัมมันตรังสี, Pasquill-Gifford Stability Class F, ดอนเมือง

¹สำนักบัณฑิตศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

The Graduate School of Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy.

²ภาควิชาเคมี-ฟิสิกส์ กองวิชาวิทยาศาสตร์ กองการศึกษา โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช

Chemistry and Physics Department, Sciences Division, Faculty of Academic, Navaminda Kasatriyadhiraj Royal Air Force Academy.

*Corresponding Author Email: jirapat_l@rtaf.mi.th

Abstract

This study evaluates the atmospheric dispersion of radioactive nuclides released from the TRR-1/M-1 research reactor under a hypothetical accident scenario involving a single damaged fuel rod. The HotSpot Health Physics Codes were employed to estimate the potential radiological impact on the public at a receptor location 8.8 km from the reactor. The simulation used monthly mean wind speed data from the Don Mueang Meteorological Station for the year 2024, together with Pasquill-Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable), a mixing layer depth of 50 m, a release height of 10 m, and inhalation exposure assumptions consistent with the applied assessment framework. The assessment indicates that the estimated radiation doses vary according to meteorological conditions and model assumptions, while the calculated doses remain below the public reference level adopted in this study based on the International Atomic Energy Agency (IAEA) guidance. The variation among monthly results reflects the combined influence of wind speed, wind direction, atmospheric stability, and atmospheric dispersion parameters incorporated into the simulation.

Keywords: TRR-1/M-1 Research Reactor, HotSpot Health Physics Codes, Radioactive Dispersion, Pasquill-Gifford Stability Class F, Don Mueang

1. บทนำ

การใช้เครื่องปฏิกรณ์วิจัยมีบทบาทสำคัญต่อการผลิตไอโซโทปรังสี การวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ และการพัฒนาบุคลากรด้านนิวเคลียร์ อย่างไรก็ตาม แม้เครื่องปฏิกรณ์วิจัยจะได้รับการออกแบบให้มีระบบความปลอดภัยหลายชั้น (Defence in Depth) การประเมินผลกระทบในกรณีอุบัติเหตุสมมติยังคงเป็นส่วนสำคัญของการวิเคราะห์ความปลอดภัย เนื่องจากช่วยสนับสนุนการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินและการคุ้มครองประชาชนโดยรอบเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 เป็นเครื่องปฏิกรณ์วิจัยที่ใช้งานในประเทศไทย และมีการดำเนินงานภายใต้ข้อกำหนดด้านความปลอดภัยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและแนวทางของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency: IAEA) [1] การประเมินการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีจากกรณีอุบัติเหตุสมมติจึงเป็นกระบวนการที่ช่วยประเมินผลกระทบต่อพื้นที่โดยรอบภายใต้เงื่อนไขทางอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกัน โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes เป็นโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาสำหรับการประเมินผลกระทบทางรังสีในระยะเริ่มต้น ที่มีการใช้งานในหน่วยงานรัฐ อาทิเช่น สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยโปรแกรมใช้แบบจำลอง Gaussian Plume สำหรับจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ และสามารถประเมินปริมาณรังสีที่ประชาชนได้รับจากการสูดดมและการรับรังสีจากกลุ่มนิวไคลด์ต่าง ๆ ภายใต้สมมติฐานที่กำหนด งานวิจัยนี้มุ่งประเมินผลกระทบจากกรณีอุบัติเหตุสมมติที่เกิดจากแท่งเชื้อเพลิงเสียหายจำนวน 1 แท่ง โดยใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567 เป็นข้อมูลนำเข้าเพื่อศึกษาความแตกต่างของผลการประเมินในแต่ละเดือน ณ ระยะ 8.8 กิโลเมตรจากเครื่องปฏิกรณ์ และใช้ผลการประเมินเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์ความปลอดภัยภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

2. วัตถุประสงค์

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 ออกแบบและสร้างโดยประเทศสหรัฐอเมริกา บริษัท General Atomics (GA) และติดตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ถ.วิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ซึ่งห่างจากกองทัพอากาศที่ตั้งดอนเมือง

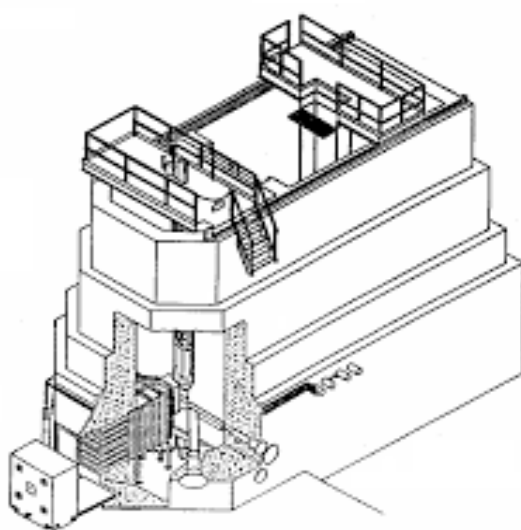
รัศมี 8.8 กิโลเมตร ด้วยโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes ภายใต้ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable) โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักดังนี้

- 2.1 เพื่อวิเคราะห์และประเมินความปลอดภัยของเครื่องปฏิกรณ์วิจัย
- 2.2 เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนรายงานการวิเคราะห์ความปลอดภัยเบื้องต้นและการเตรียมความพร้อมในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุทางนิวเคลียร์และรังสี

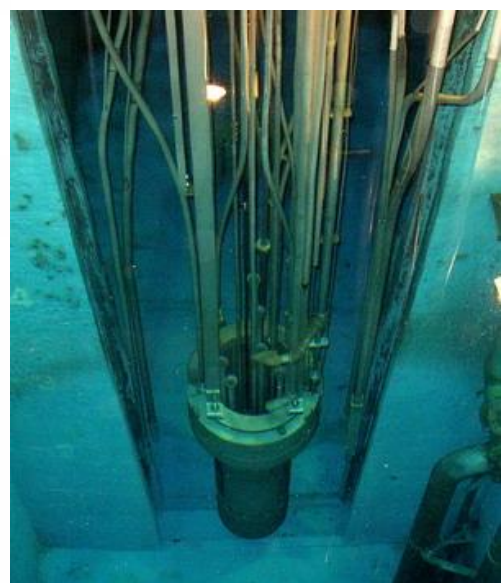
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 เครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 (Thailand Research Reactor-1/Modified-1) เป็นเครื่องปฏิกรณ์วิจัยแบบสระน้ำ (Pool-Type Research Reactor) ที่มีแหล่งกำเนิดนิวตรอนขนาดใหญ่ที่สุดในประเทศไทย และใช้ในการสนับสนุนงานบริการและงานวิจัยและพัฒนา ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ให้กับหน่วยงานต่าง ๆ หลายแห่ง [2] โดยเครื่องจะถูกใช้สำหรับการผลิตไอโซโทปรังสี การวิจัยทางวิทยาศาสตร์ การวิเคราะห์วัสดุ และการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ โดยได้รับการปรับปรุงจากเครื่องปฏิกรณ์ TRR-1 เดิมให้สามารถเดินเครื่องได้ที่กำลังสูงสุด 2 เมกะวัตต์ ภายใต้ระบบความปลอดภัยที่ออกแบบตามหลักการ Defence in Depth ดังแสดงในรูปที่ 1 การประเมินผลกระทบทางรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัยนิยมพิจารณากรณีอุบัติเหตุสมมติ (Hypothetical Accident Scenario) เพื่อประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อผู้ปฏิบัติงานและประชาชนโดยรอบ แม้ว่าความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ดังกล่าวจะอยู่ในระดับต่ำก็ตาม

3.2 การแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศ เป็นการกระจายตัวของสารซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยอุตุนิยมวิทยาหลายประการ ไม่ว่าจะเป็น ความเร็วลม (Wind Speed) ทิศทางลม (Wind Direction) เสถียรภาพของบรรยากาศ (Atmospheric Stability) ความสูงของชั้นผสม (Mixing Layer Depth) ความสูงของจุดปลดปล่อย (Release Height) และการสะสมตัวของสารกัมมันตรังสีบนพื้นดิน (Deposition) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสีที่ตำแหน่งรับรังสี (Receptor) ทำให้ปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับจากการสูดดมและการรับรังสีจากสิ่งแวดล้อม ดังนั้น การประเมินผลในงานวิจัยด้านความปลอดภัยทางรังสีมักใช้แบบจำลอง Gaussian Plume สำหรับการปลดปล่อยสารแบบต่อเนื่องภายใต้สภาพอุตุนิยมวิทยาที่กำหนด



(ก)



(ข)

รูปที่ 1 (ก) บ่อเครื่องปฏิกรณ์วิจัย และ (ข) แกนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

3.3 แบบจำลอง Gaussian Plume เป็นแบบจำลองที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนในบรรยากาศ โดยสมมติว่าการกระจายตัวของสารในแนวขวางและแนวดิ่งมีลักษณะเป็นการแจกแจงแบบปกติ (Gaussian Distribution) โดยความเข้มข้นของสารที่ตำแหน่งรับรังสีสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ Gaussian Plume ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราการปลดปล่อยสาร (Source Term) ความเร็วลม ระยะทางตามแนวลม ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจาย และความสูงของจุดปลดปล่อย งานวิจัยนี้ กำหนดตำแหน่งรับรังสีที่ระยะ 8.8 กิโลเมตร และใช้สมมติฐานให้ตำแหน่งรับรังสีอยู่บนแนวศูนย์กลางของกลุ่มเมฆกัมมันตรังสี (Plume Centerline) เพื่อให้เงื่อนไขการประเมินมีความสอดคล้องกันในทุกเดือน โดยค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายเป็นฟังก์ชันของระยะทางและระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ ไม่ใช่ค่าคงที่

3.4 การจำแนกเสถียรภาพบรรยากาศแบบ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability เป็นระบบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนในอากาศ โดยแบ่งระดับเสถียรภาพออกเป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ Class A ถึง Class F [3] ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable) เป็นสมมติฐานสำหรับการประเมินผล เพื่อศึกษากรณีที่มีการกระจายตัวในแนวดิ่งมีข้อจำกัดมากกว่าสภาวะเป็นกลาง

3.5 โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาโดย Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL) ร่วมกับหน่วยงานด้านความปลอดภัยทางรังสีของสหรัฐอเมริกา ดังแสดงในรูปที่ 2 เพื่อใช้ประเมินผลกระทบทางรังสีในระยะเริ่มต้น (Initial Radiological Consequence Assessment) ซึ่งสามารถประเมินการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในอากาศ ปริมาณรังสีจากการสูดดม (Inhalation Dose) และปริมาณรังสีจากกลุ่มเมฆกัมมันตรังสี (Cloud Shine) ภายใต้สมมติฐานของแบบจำลอง Gaussian Plume เป็นต้น [4]

ตารางที่ 1 ระดับเสถียรภาพบรรยากาศแบบ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability

ระดับ	ลักษณะบรรยากาศ
A	ไม่เสถียรมาก (Very Unstable)
B	ไม่เสถียร (Unstable)
C	ไม่เสถียรเล็กน้อย (Slightly Unstable)
D	เป็นกลาง (Neutral)
E	เสถียรเล็กน้อย (Slightly Stable)
F	เสถียรมาก (Very Stable)



รูปที่ 2 ตัวอย่างโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes

3.6 ปริมาณรังสีที่ใช้ในการประเมินผล การประเมินผลกระทบทางรังสีในงานวิจัยนี้ใช้ปริมาณรังสีที่สอดคล้องกับแนวทางของ ICRP และ IAEA ได้แก่ 1) ปริมาณรังสีสมมูล (Equivalent Dose) ซึ่งเป็นปริมาณรังสีสมมูลใช้สำหรับประเมินผลกระทบต่ออวัยวะแต่ละส่วนของร่างกาย โดยหน่วยเป็น ซีเวิร์ต (Sv) และ 2) ปริมาณรังสีผูกพันเชิงประสิทธิผล (Committed Effective Dose Equivalent: CEDE) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดผลกระทบจากสารกัมมันตรังสีที่เข้าสู่ร่างกาย โดยคำนึงถึงผลสะสมที่เกิดขึ้นภายใต้แบบจำลองการคำนวณที่กำหนด

ทั้งนี้ งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบจากการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีส่วนใหญ่นิยมใช้แบบจำลอง Gaussian Plume ร่วมกับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในการประเมินความเข้มข้นของสารกัมมันตรังสี ณ ตำแหน่งรับรังสี โดยข้อมูลความเร็วลม ระดับเสถียรภาพของบรรยากาศ และความสูงชั้นผสมเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อผลการประเมิน และโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes ยังถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับการประเมินผลกระทบในระยะเริ่มต้นของเหตุการณ์ทางรังสี เนื่องจากสามารถคำนวณปริมาณรังสีจากการสูดดม การสะสมตัวบนพื้นดิน และปริมาณรังสีผูกพันภายใต้สมมติฐานที่กำหนดได้อย่างรวดเร็ว

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้การจำลองการแพร่กระจายของสารกัมมันตรังสีในบรรยากาศด้วยโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2) เพื่อประเมินผลกระทบทางรังสีต่อประชาชนบริเวณรอบเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 ภายใต้กรณีอุบัติเหตุสมมติที่กำหนด โดยศึกษาเปรียบเทียบผลการประเมินภายใต้กำลังการเดินเครื่อง 2 กรณี ได้แก่ 1) กำลังเดินเครื่อง 1.2 เมกะวัตต์ และ 2) กำลังเดินเครื่อง 2.0 เมกะวัตต์ โดยมีขอบเขตพื้นที่รับรังสีอยู่ที่ระยะ 8.8 กิโลเมตร ใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567 [5] ซึ่งมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนเป็นตัวแทนของสภาพอุตุนิยมวิทยาในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 2 และงานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบผลการประเมินในแต่ละเดือนเป็นไปภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน โดยกำหนดสมมติฐานของแบบจำลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567

เดือน	ความเร็วลม (m/s)
มกราคม	2.78
กุมภาพันธ์	3.11
มีนาคม	3.44
เมษายน	3.17
พฤษภาคม	2.97
มิถุนายน	3.19
กรกฎาคม	3.22
สิงหาคม	3.11
กันยายน	2.44
ตุลาคม	2.28
พฤศจิกายน	2.72
ธันวาคม	2.97

ตารางที่ 3 สมมติฐานของการจำลอง

พารามิเตอร์	ข้อมูล
เสถียรภาพของบรรยากาศ	ระบบ Pasquill-Gifford Atmospheric Stability ระดับ F (เสถียรมาก)
ความหนาของชั้นบรรยากาศที่มีการผสมผสาน	50 เมตร
ความสูงของจุดปล่อยมลพิษ	10 เมตร
ระยะห่างถึงจุดรับสัมผัส	8.8 กิโลเมตร
ตำแหน่งของจุดรับสัมผัส	แนวแกนกลางของกลุ่มหมอกควัน (Plume Centerline)
อัตราเร็วของการตกสะสมแบบแห้ง	0.01 เมตรต่อวินาที
การตกสะสมแบบเปียก	ไม่พิจารณา
ความหนาแน่นของอากาศ	1.099 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
ระยะเวลาในการรับสัมผัส	48 ชั่วโมง

การจำลองดำเนินการด้วยโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2) โดยใช้โมดูลที่เหมาะสมสำหรับการประเมินกรณีเครื่องปฏิกรณ์วิจัยภายใต้การปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีสู่บรรยากาศ ที่นำข้อมูลเข้าคือ กำลังเครื่องปฏิกรณ์ ระยะเวลาเดินเครื่อง Source Term ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน Atmospheric Stability Class F และ Mixing Layer Depth Release Height Receptor Distance ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งโปรแกรมจะประเมินผลกระทบทางรังสีจากการสูดดม การสะสมตัวบนพื้นดิน และปริมาณรังสีที่ตำแหน่งรับรังสี

(ก)

(ข)

รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างการนำข้อมูลเข้าโปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2)

(ก) Title/Location และ (ข) Source Term

งานวิจัยประเมินปริมาณรังสีที่ประชาชนอาจได้รับจาก 1) การสูดดมสารกัมมันตรังสี (Inhalation Dose) 2) ปริมาณรังสีสมมูลของอวัยวะ (Equivalent Dose) และ 3) ปริมาณรังสีผูกพันเชิงประสิทธิผล (CEDE) โดยกำหนดอัตราการหายใจเฉลี่ย 330 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที และใช้กรอบการประเมินที่สอดคล้องกับแนวทางของ ICRP สำหรับการประเมินปริมาณรังสีจากการรับสารกัมมันตรังสีเข้าสู่ร่างกาย

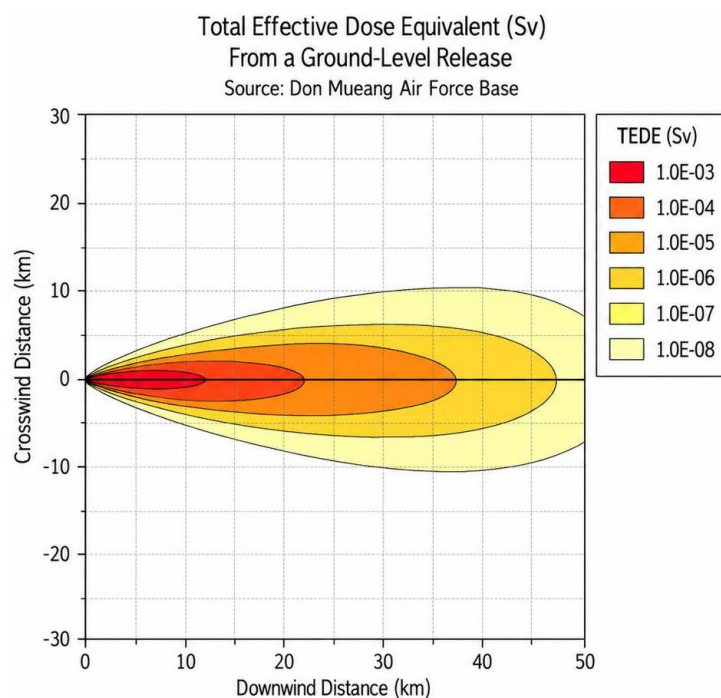
5. ผลการวิจัย

5.1 ผลการประเมินการแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสี

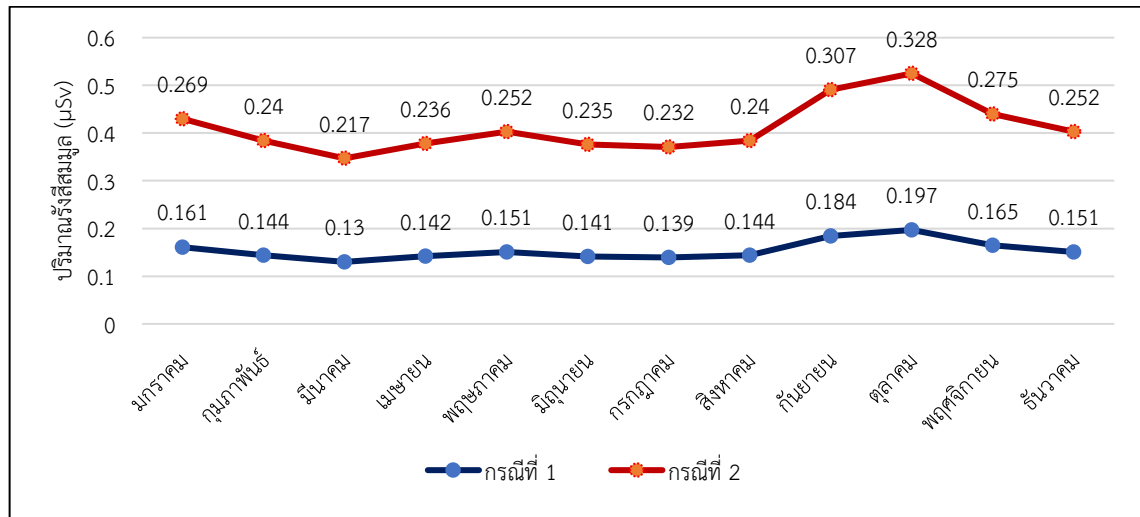
การประเมินการแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 ดำเนินการโดยใช้โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2) ภายใต้กรณีอุบัติเหตุสมมติ 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 แท่งเชื้อเพลิงเสียหายจำนวน 1 แท่ง ขณะเดินเครื่องปฏิกรณ์วิจัย 1.2 เมกะวัตต์ และ กรณีที่ 2 แท่งเชื้อเพลิงเสียหายจำนวน 1 แท่ง ขณะเดินเครื่องปฏิกรณ์วิจัย 2.0 เมกะวัตต์ กำหนดระยะรั้งรังสีที่ 8.8 กิโลเมตร และใช้ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567 ร่วมกับสมมติฐาน Pasquill–Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable) สามารถวัดผลปริมาณรังสีสมมูล ดังแสดงในรูปที่ 4 และรูปที่ 5 แสดงผลการประเมินปริมาณรังสี กรณีที่ 1 มีปริมาณรังสีที่ประเมินได้มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามสภาพอุตุนิยมวิทยา ซึ่งในเดือนตุลาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุด ให้ปริมาณรังสีสมมูลสูงที่สุดที่ 0.197 ไมโครซีเวิร์ต ขณะที่เดือนมีนาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุด ให้ค่าต่ำสุดที่ 0.130 ไมโครซีเวิร์ต และกรณีที่ 2 มีปริมาณรังสีที่ประเมินได้มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วลมเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 โดยมีปริมาณรังสีสมมูลสูงที่สุดที่ 0.328 ไมโครซีเวิร์ต ในเดือนตุลาคม และมีค่าต่ำสุดที่ 0.217 ไมโครซีเวิร์ต ในเดือนมีนาคม ทั้งนี้ ค่าดังกล่าวไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์ไว้ว่าปริมาณรังสียังผลทั้งหมดที่บุคคลทั่วไปได้รับไม่ควรเกิน 1,000 ไมโครซีเวิร์ตต่อปี [6-8]

5.2 ผลการประเมินปริมาณรังสีต่อประชาชน

การประเมินปริมาณรังสีต่อประชาชนภายใต้การได้รับสารกัมมันตรังสีทางการหายใจเป็นเวลา 48 ชั่วโมง อัตราการหายใจเฉลี่ย 330 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที และการประเมินปริมาณรังสีผูกพันเชิงประสิทธิผล (CEDE) ภายใต้กรณีอุบัติเหตุสมมติ 2 กรณี แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะที่ได้รับปริมาณรังสีสมมูลสูงที่สุดในทั้ง 2 กรณี (กรณีที่ 1 เท่ากับ 3.15 ไมโครซีเวิร์ต, กรณีที่ 2 เท่ากับ 5.22 ไมโครซีเวิร์ต) และมีค่าปริมาณรังสีผูกพันต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน สอดคล้องกับบทความวิชาการของ “กุลธิดา” ในปี 2021 ซึ่งได้ทำการศึกษา การจำลองและประเมินผลของความเร็วลมต่อการกระจายของกัมมันตรังสี จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยสู่สิ่งแวดล้อมด้วยโปรแกรม HOTSPOT ซึ่งมีค่ากัมมันตรังสีมีค่าต่ำกว่าขีดจำกัดของมาตรฐานเป็นอย่างมากเช่นกัน [9]



รูปที่ 4 ตัวอย่างปริมาณรังสีสมมูลภายใต้โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2)



รูปที่ 5 ผลการประเมินปริมาณรังสีกรณีแท่งเชื้อเพลิงเสียหาย 1 แท่ง ขณะเดินเครื่องปฏิกรณ์วิจัย 1.2 และ 2.0 เมกะวัตต์

ตารางที่ 4 ปริมาณรังสีต่ออวัยวะของประชาชนรอบเครื่องปฏิกรณ์วิจัย

อวัยวะ	ปริมาณรังสีสะสม (ไมโครซีเวิร์ต)	
	กรณีที่ 1	กรณีที่ 2
ต่อมไทรอยด์	3.15	5.22
ปอด	1.07	1.78
ผิวหนัง	0.846	1.41
ไขกระดูก	0.526	0.876
อวัยวะสืบพันธุ์	0.377	0.628
ลำไส้ใหญ่	0.358	0.597
กระเพาะอาหาร	0.290	0.483
ตับ	0.253	0.421
ไต	0.224	0.374
ผิวหนัง	0.131	2.18
รังสีผูกพันเชิงประสิทธิผล (CEDE)	0.951	1.59

6. สรุปและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินการแพร่กระจายของนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1 โดยใช้โปรแกรม HotSpot Health Physics Codes (Version 3.1.2) ภายใต้กรณีอุบัติเหตุสมมติที่แท่งเชื้อเพลิงเสียหายจำนวน 1 แท่ง พร้อมเปรียบเทียบกับกรณีเดินเครื่องปฏิกรณ์ตามสภาวะปกติ ณ ระยะรัศมี 8.8 กิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือนของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ปี พ.ศ. 2567 ร่วมกับสมมติฐาน Pasquill-Gifford Atmospheric Stability Class F (Very Stable) โดยการเดินเครื่องปฏิกรณ์วิจัยกำลัง 1.2 เมกะวัตต์ พบว่าค่าปริมาณรังสีมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงตามข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการจำลอง โดยเดือนมีนาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยสูงที่สุดให้ค่าปริมาณรังสีต่ำที่สุด ขณะที่เดือนตุลาคมมีความเร็วลมเฉลี่ยต่ำที่สุดให้ค่าปริมาณรังสีสูงสุด และค่าที่ประเมินได้ยังอยู่ในระดับต่ำเมื่อเทียบกับค่าอ้างอิงสำหรับประชาชนทั่วไป การเดินเครื่องปฏิกรณ์วิจัยกำลัง 2.0 เมกะวัตต์ มีค่าปริมาณรังสีที่ประเมินได้มีแนวโน้มสอดคล้องกับกรณี 1.2 เมกะวัตต์ แต่มีค่าลดลงตามเงื่อนไขของกำลังเดินเครื่องที่ใช้ในการประเมิน โดยยังคงแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตามความเร็วลมเช่นเดียวกัน

ทั้งนี้ ผลการประเมินปริมาณรังสีต่ออวัยวะของประชาชนบริเวณระยะ 8.8 กิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าต่อมไทรอยด์เป็นอวัยวะที่ได้รับปริมาณรังสีสะสมสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ปอด ผิวกระดูก และไขกระดูก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการรับสารกัมมันตรังสีผ่านการสูดดมภายใต้แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา และเมื่อพิจารณาค่าปริมาณรังสีเชิงประสิทธิผล (CEDE) และปริมาณรังสีสุกพัน พบว่าผลการประเมินยังอยู่ต่ำกว่าค่าอ้างอิงสำหรับประชาชนทั่วไป 1,000 ไมโครซีเวิร์ตต่อปี ตามแนวทางของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA)

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ควรใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาแบบรายชั่วโมง (Hourly Meteorological Data) เพื่อให้การจำลองสะท้อนสภาพบรรยากาศจริงได้ดีกว่าการใช้ค่าเฉลี่ยรายเดือน

7.2 ควรนำข้อมูลทิศทางลมรายชั่วโมงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการคำนวณแบบ Off-centerline Receptor เพื่อประเมินผลกระทบต่อพื้นที่จริงได้ละเอียดขึ้น

7.3 ควรเปรียบเทียบผลการประเมินจาก HotSpot กับแบบจำลองที่รองรับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาเชิงพื้นที่ เช่น AERMOD หรือ RASCAL เพื่อประเมินความแตกต่างของผลการจำลอง

7.4 ควรศึกษาผลกระทบภายใต้ระดับเสถียรภาพบรรยากาศหลายระดับ (Class D, E และ F) เพื่อประเมินความไวของผลการคำนวณต่อสภาพอุตุนิยมวิทยาที่แตกต่างกัน

7.5 ควรศึกษาผลกระทบต่อประชาชนในหลายระยะทางและหลายทิศทางจากเครื่องปฏิกรณ์ เพื่อสนับสนุนการวางแผนตอบโต้เหตุฉุกเฉินและการกำหนดพื้นที่เฝ้าระวังทางรังสีในอนาคต

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ เนื่องจากการได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบดำรงคุณวุฒิและคุณสมบัติของอาจารย์โรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช โดยคณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะกรรมการบริหารงบดำรงคุณวุฒิและคุณสมบัติของอาจารย์ งานวิจัยโรงเรียนนายเรืออากาศนวมินทกษัตริยาธิราช ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยมาโดยตลอด ทั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนงานวิจัยนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] International Atomic Energy Agency. Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards. Vienna: IAEA; 2014. (IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3).
- [2] สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน). ข้อมูลเครื่องปฏิกรณ์วิจัย TRR-1/M-1. ปทุมธานี: สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน); [ม.ป.ป.].
- [3] Hunter CH. A recommended Pasquill-Gifford stability classification method for safety basis atmospheric dispersion modeling at SRS. Aiken (SC): Savannah River National Laboratory; 2012.
- [4] HotSpot Health Physics Codes. HotSpot health physics codes user's guide (Version 3.1.2). Livermore (CA): Lawrence Livermore National Laboratory; 2024.
- [5] กรมอุตุนิยมวิทยา. ข้อมูลสถิติภูมิอากาศรายเดือน ประจำปี 2567 ของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา; 2568.

- [6] International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Pergamon Press; 1991. (ICRP Publication 60).
- [7] International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Oxford: Elsevier; 2007. (ICRP Publication 103).
- [8] Pasquill F. The estimation of the dispersion of windborne material. Meteorol Mag. 1961;90:33-49.
- [9] กุลธิดา วารีย์. การจำลองและประเมินผลของความเร็วลมต่อการกระจายของกัมมันตรังสี จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยสู่สิ่งแวดล้อม [อินเทอร์เน็ต]. สมาคมฟิสิกส์ไทย; 18 ส.ค. 2562 [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.ย.68]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaiphysoc.org/article/384/>