การจำลองเพลิงไหม้ และการอพยพหนีไฟ: กรณีศึกษา อาคารสนามบินพาณิชย์

Simulation of Fire and Evacuation: Case study at Airport

เพชรมณี สุธางค์กรกุล และ เฉลิมพล เปล่งสะอาด

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, petchmanee.s@ku.ac.th

---

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. ศึกษาและวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟภายในอาคารผู้โดยสารให้สอดคล้องตามกฎหมาย 2. เพื่อจำลองเหตุการณ์อพยพหนีไฟ เปรียบเทียบกับเวลา และจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ 3. เพื่อเสนอแนะวิธีการปรับปรุงเส้นทางอพยพหนีไฟ โดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ปลอดภัย ได้แก่ ค่าอุณภูมิ ค่าก๊าซพิษ ค่าระยะการมองเห็น โดยจำลองการอพยพหนีไฟเปรียบเทียบกับเวลา 3 รูปแบบ ได้แก่ การอพยพตามรูปแบบอาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน, การอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย และการอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงโดยใช้กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code เพื่อศึกษาการอพยพหนีไฟของอาคารผู้โดยสารซึ่งเป็นอาคารสูงและอาคารขนาดใหญ่พิเศษ มีจำนวนผู้ใช้งานอาคารมากที่สุด 2,461 คน โดยใช้โปรแกรม Pathfinder จำลองการอพยพหนีไฟพบว่า การอพยพหนีไฟโดยปรับปรุงรูปแบบอาคารตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ใช้เวลาอพยพน้อยที่สุด คือ 257.2 วินาที รองลงมาคือการอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย คือ 780.2 วินาที และสุดท้ายเป็นการอพยพตามรูปแบบอาคารเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน คือ 1,783.1 วินาที โดยพฤติกรรมการอพยพตามรูปแบบอาคาร 3 รูปแบบ มีเพียงรูปแบบเดียวที่ผู้ใช้อาคารสามารถอพยพไปสู่จุดที่ปลอดได้โดยปลอดภัยในเวลาไม่เกิน 5 นาที ตามกฎกระทรวงแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย (พ.ศ.2555) คือ การอพยพหนีไฟโดยปรับปรุงรูปแบบอาคารตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code และทำการจำลองเพลิงไหม้โดยใช้โปรแกรม Pyrosim เพื่อศึกษาปัจจัยที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้อพยพ พบว่าค่าอุณหภูมิบริเวณใกล้จุดที่เกิดเพลิงไหม้มีอันตรายต่อผู้อพยพ ภายในระยะเวลา 246 วินาที และค่าการมองเห็นบริเวณโถงผู้โดยสารลดต่ำลงน้อยกว่า 1 เมตร ภายใน 111 วินาที ส่งผลให้อัตราเร็วในการเดินของผู้อพยพมีค่าต่ำกว่า 0.2 เมตรต่อวินาที จึงได้ทำการปรับปรุงโดยจัดให้มีระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ พบว่าสามารถลดค่าอุณหภูมิได้ถึง 20 องศาเซลเซียส และค่าการมองเห็นลดต่ำลงน้อยกว่า 1 เมตร ภายใน 185 วินาที ซึ่งช่วยเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานอาคารมากขึ้น

คำสำคัญ: การอพยพหนีไฟ, การจำลองเพลิงไหม้, อาคารขนาดใหญ่พิเศษ

ABSTRACT

The objectives of this research were to 1. Study the fire escape routes inside the terminal in accordance with the law. 2. Simulate fire evacuation situations compare with time and simulated burning fire and 3. Make recommendations for methods to improve fire evacuation routes. The important physical parameters such as total gas temperature, emission and visibility were investigated and compared with safety criteria. Three different evacuation situations were simulated in the study, for example, evacuation in the original terminal building, in the renovated terminal building by law, and in the renovated terminal building by law and NFPA101 Life Safety Code. The research was focused on the fire evacuation of terminal building, which were high-rise building and extra-large building with the most occupants have 2,461 people were done by pathfinder software. The results showed that the evacuation according to law and NFPA101 Life Safety Code was the fastest (257.2 seconds), followed by the evacuation according to law (780.2 seconds), and the last one was the evacuation from the original building (1,783.1 seconds). There was only one case for occupants evacuate to a safe point in less than 5 minutes as prescribed on the Ministerial Regulation of standard for administration and management of occupational safety health and environment in relation to fire prevention and control (B.E.2555). The pyrosim software was used to simulate the burning fire in terminal building and study that occupants may be harmed by a variety of factors. The results showed that occupants were at risk due to the high temperature near the fire within 246 seconds and visibility in the passenger hall decreased by less than 1 meter within 111 seconds. As a result, the occupant's walking speed was less than 0.2 meters per second. Therefore, it has been enhanced by the installation of automatic sprinkler system. The temperature can be reduced up to 20 degrees Celsius and visibility was reduce to less than 1 meter within 185 seconds which increase the safety for occupants.

Keywords: Fire Evacuation Simulation, Fire Simulation, Extra-large building

1. บทนำ

การคมนาคมขนส่งทางอากาศถือได้ว่าเป็นกิจการที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ สามารถทำการขนส่งได้รวดเร็วกว่าการขนส่งประเภทอื่นๆ และมีความปลอดภัยสูง ทำให้ปัจจุบันการคมนาคมขนส่งทางอากาศได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยวัดได้จากสถิติสำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2553 – 2562) มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 11.38 ต่อปี (สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย, 2564)

สนามบินเป็นสถานที่ที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมากตลอด 24 ชั่วโมง โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ อาคารผู้โดยสาร (Passenger Terminal) ซึ่งเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษที่มีพื้นที่สำหรับดำเนินกิจกรรมด้านการบินและธุรกิจต่างๆ ได้แก่ ผู้โดยสารขาเข้า-ขาออก ระบบการจัดการสัมภาระ การบริการร้านค้าปลีก การบริการร้านค้าปลอดอากร สำนักงานสายการบิน และส่วนงานราชการต่างๆ เป็นต้น ซึ่งผู้ใช้อาคารดังกล่าว ส่วนใหญ่เป็นผู้ใช้อาคารที่ไม่มีความคุ้นเคยกับสถานที่ และการฝึกซ้อมอพยพหนีไฟนั้น เป็นเพียงการจำลองเหตุการณ์เฉพาะเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานประจำอาคารและเจ้าหน้าที่ดับเพลิงสนามบินเท่านั้น แต่ไม่สามารถทำการฝึกซ้อมจริงร่วมกับผู้โดยสารได้ เนื่องจากจะทำให้การให้บริการและกิจกรรมต่างๆภายในสนามบินต้องหยุดชะงักลง

ในปัจจุบันการก่อสร้างอาคารได้มีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและระงับอัคคีภัยระบุให้อาคาร ต้องมีการก่อสร้าง และติดตั้งระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่เป็นอาคารเก่า ซึ่งก็คืออาคารที่ดำเนินการก่อสร้างขึ้นในช่วงก่อนกฎหมายประกาศบังคับใช้และยังไม่ครอบคลุมในส่วนของการป้องกันและระงับอัคคีภัยนั้น อาคารดังกล่าวอาจมีสภาพหรือมีลักษณะการใช้งานที่ไม่ปลอดภัย หากเกิดเหตุการณ์เพลิงไหม้ก็อาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวง ทั้งต่อชีวิตและทรัพย์สิน

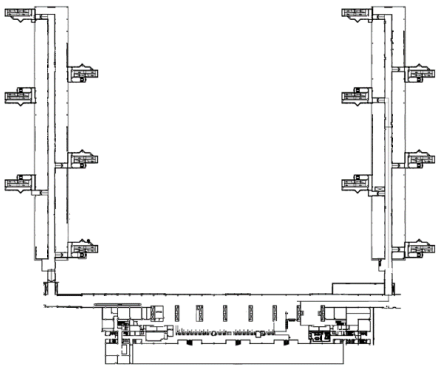
จากเหตุการณ์ในเรื่องของพฤติกรรมการอพยพหนีไฟและสภาพการใช้งานอาคารว่าผู้อพยพจะมีความปลอดภัยจากอัคคีภัยหรือไม่ ซึ่งเป็นเหตุการณ์ที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ดังนั้น เพื่อให้การอพยพหนีไฟของสนามบินพาณิชย์แห่งหนึ่งเป็นไปด้วยความปลอดภัย งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพของอาคารผู้โดยสาร ซึ่งเป็นอาคารสูงและเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ได้มีการก่อสร้างก่อนกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและระงับอัคคีภัยจะเริ่มบังคับใช้ โดยการจำลองการเกิดเพลิงไหม้ในอาคารด้วยโปรแกรม Pyrosim และจำลองพฤติกรรมการอพยพหนีไฟของผู้ใช้อาคารด้วยโปรแกรม Pathfinder และทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้อพยพ และระยะเวลาที่ใช้ในการอพยพเพื่อนำไปแก้ไขและปรับปรุงอาคารให้เส้นทางหนีไฟมีประสิทธิภาพต่อการอพยพและมีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์เส้นทางหนีไฟในรูปแบบของอาคารผู้โดยสารให้สอดคล้องตามกฎหมาย
2. เพื่อจำลองเหตุการณ์เพลิงไหม้ และพฤติกรรมการอพยพหนีไฟ เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ปลอดภัย
3. เพื่อเสนอแนะวิธีการปรับปรุงเส้นทางอพยพหนีไฟ

3. การดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาแบบแปลนของอาคารผู้โดยสาร ซึ่งเป็นอาคาร 4 ชั้น รูปแบบ Finger Concept คือ มีอาคารสะพานเทียบเครื่องบินต่อยื่นมาจากอาคารผู้โดยสารโดยขอบเขตของการวิจัยคือ บริเวณชั้น 2 พื้นที่เขตหวงห้ามของอาคารโดยมีโถงทางเดินผู้โดยสารที่เชื่อมต่อกับอาคารสะพานเทียบเครื่องบินขาเข้า ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนของเคาน์เตอร์ตรวจคนเข้าเมือง (Immigration Control) และสำนักงานของหน่วยงานต่างๆ มีบันไดหนีไฟทั้งหมดจำนวน 12 บันได ซึ่งติดตั้งอยู่ภายในอาคารสะพานเทียบเครื่องบิน ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงแบบแปลนของอาคารผู้โดยสารและอาคารสะพานเทียบเครื่องบิน ชั้น 2

3.2 รวบรวมกฎหมายและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการอพยพหนีไฟ

3.3 ศึกษาโปรแกรม Pathfinder และโปรแกรม Pyrosim

3.4 สร้างแบบจำลอง

3.4.1 โปรแกรม Pathfinder

3.4.1.1 สร้างแบบจำลองอาคารตามแบบแปลน

3.4.1.2 กำหนดจำนวนผู้ใช้อาคาร โดยข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

(1) จำนวนผู้โดยสาร เลือกใช้ข้อมูลจากสถิติชั่วโมงที่มีจำนวนผู้โดยสารขาเข้าสูงสุดระหว่างปี 2559 – 2562 คิดเทียบกับอัตราเร็วที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองสามารถรับรองบริการได้คือ 1,000 คนต่อชั่วโมง (ธนกร, 2562) ได้เป็นจำนวนผู้โดยสารรอคิวสะสมสูงสุดในพื้นที่ จำนวนทั้งสิ้น 2,383 คน

(2) จำนวนผู้ปฏิบัติงานประจำอาคาร เป็นข้อมูลที่ได้จากการสำรวจพื้นที่จริงจำนวนทั้งสิ้น 78 คน

3.4.1.3 กำหนดลักษณะของผู้อพยพ ได้แก่ ความเร็วในการเดินและความกว้างไหล่ โดยจำแนกตามเพศและอายุ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะของผู้อพยพ จำแนกตามเพศและอายุ

ผู้อพยพ	ความกว้างไหล่ (cm)	อายุ	ความเร็วในการเดิน (m/s)	
			ทางราบ	ลงบันได
เพศชาย	40.6 – 49.3	< 30	1.11 – 1.85	0.76 – 1.26
		30 – 50	0.97 – 1.62	0.64 – 1.07
		> 50	0.84 – 1.4	0.5 – 0.84
เพศหญิง	36.6 – 44.96	< 30	0.93 – 1.55	0.56 – 0.94
		30 – 50	0.71 – 1.19	0.49 – 0.81
		> 50	0.56 – 0.94	0.45 – 0.75

ที่มา: Murali Ramaiyan, 2014

3.4.1.4 การกระจายตัวของข้อมูลผู้อพยพ ได้นำข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้โดยสาร(พัชรี, 2561) ดังตารางที่ 2 และ ตารางที่ 3 มาจัดเรียงข้อมูลช่วงอายุใหม่เพื่อให้เหมาะสมกับตารางที่ 1 ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลตารางที่ 3 ในช่วงอายุ 26 – 30 มีสัดส่วน 42.50 % จะถูกแบ่งเป็น 26 – 29 และ 30 กำหนดค่าร้อยละเป็น 34% และ 8.5% ตามลำดับ จากนั้นนำไปเทียบสัดส่วนจำแนกตามเพศดังตารางที่ 2 ได้เป็นตารางที่ 4 เพื่อนำไปกำหนดค่า Profile ของผู้อพยพในโปรแกรม Pathfinder ต่อไป

ตารางที่ 2 ร้อยละของบุคคล จำแนกตามเพศ

เพศ	**ร้อยละ**
ชาย	34.75
หญิง	65.25

ที่มา: พัชรี อนุสิทธิ์, 2561

ตารางที่ 3 ร้อยละของบุคคล จำแนกตามอายุ

อายุ	ร้อยละ
< 25	25.50
26 – 30	42.50
31 – 35	17
36 – 40	10.25
> 41	4.75

ที่มา: พัชรี อนุสิทธิ์, 2561

ตารางที่ 4 ค่า Profile ที่ใช้ในการกำหนดลักษณะผู้อพยพในโปรแกรม Pathfinder

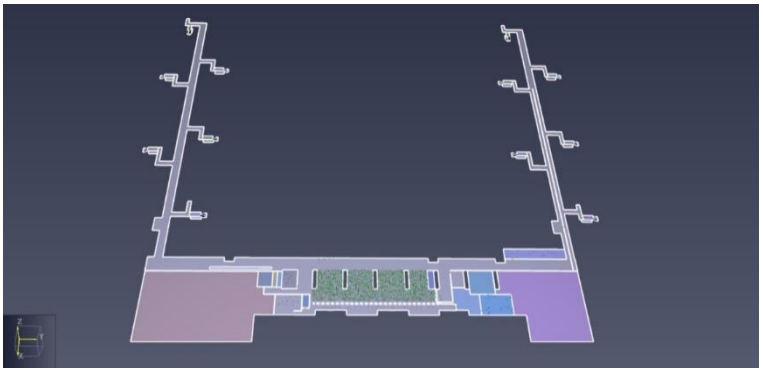
ผู้อพยพ	อายุ	ร้อยละ
เพศชาย	< 30	21
	30 – 50	13
	> 50	1
เพศหญิง	< 30	39
	30 – 50	24
	> 50	2

3.4.1.5 พฤติกรรมของผู้อพยพ กำหนดให้เป็นแบบ Steering ซึ่งมีการเคลื่อนไหวโดยเว้นระยะห่างระหว่างตัวบุคคล และเคลื่อนไหวอย่างอิสระ เป็นไปตามค่าเริ่มต้นของโปรแกรม

3.4.1.6 จำลองการอพยพหนีไฟ 3 รูปแบบ ดังนี้

(1) การอพยพตามรูปแบบอาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

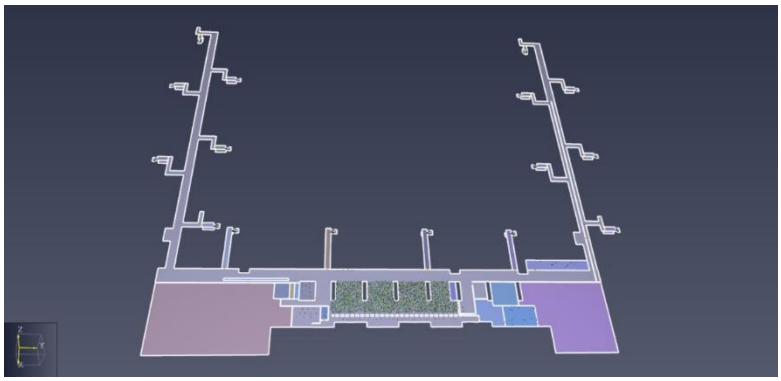
การอพยพให้เป็นไปตามแผนอพยพหนีไฟโดยกำหนดให้ผู้อพยพเลือกใช้บันไดหนีไฟภายในอาคารสะพานเทียบเครื่องบินทั้ง 12 บันได ได้อย่างอิสระ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงรูปแบบอาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

(2) การอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย

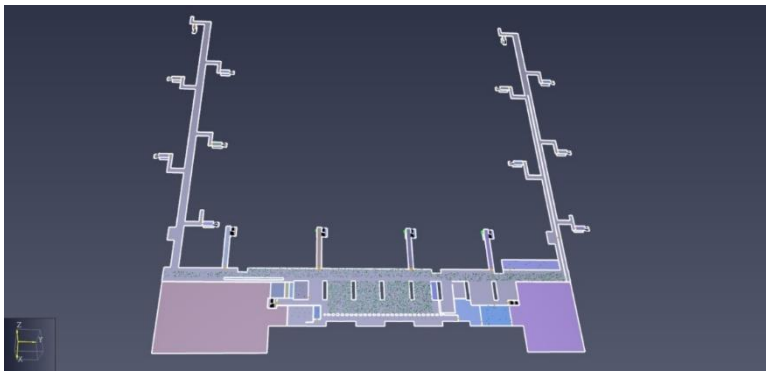
ปรับปรุงรูปแบบตาม กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความใน พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 หมวด 2 ข้อ 22 อาคารสูงต้องมีบันไดหนีไฟจากชั้นสูงสุดหรือดาดฟ้าสู่พื้นดินอย่างน้อย 2 บันได ตั้งอยู่ในที่ที่บุคคลไม่ว่าจะอยู่ ณ จุดใดของอาคารสามารถมาถึงบันไดหนีไฟได้สะดวก แต่ละบันไดหนีไฟต้องอยู่ห่างกันไม่เกิน 60.00 เมตร เมื่อวัดตามแนวทางเดิน จึงได้ทำการเพิ่มบันไดหนีไฟจำนวน 4 บันได ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย

(3) การอพยพหนีไฟโดยปรับปรุงรูปแบบอาคารตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code

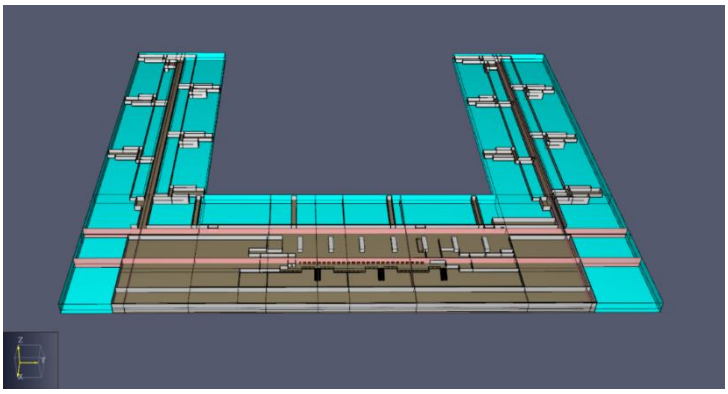
มีการปรับปรุงรูปแบบอาคารเพิ่มเติมจากข้อ (2) โดยเพิ่มการกั้นแยกบันไดสัญจรให้เป็นบันไดหนีไฟอีกจำนวน 2 เส้นทาง และกำหนดค่าความหนาแน่นของผู้ใช้อาคารให้น้อยลงในบริเวณจุดรอคิวเคาน์เตอร์ตรวจคนเข้าเมือง และให้มีการกระจายตัวในพื้นที่อื่นเพิ่มมากขึ้น



รูปที่ 4 แสดงรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงโดยใช้กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code

3.4.2 โปรแกรม Pyrosim

3.4.2.1 สร้างแบบจำลองอาคารตามแบบแปลนดังรูปที่ 5 และกำหนดจุดต้นเพลิงบริเวณห้องโถงผู้โดยสาร ดังตารางที่ 5 พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ, ค่าก๊าซพิษ(FED) และค่าการมองเห็น ตลอดแนวทางเดินทุกๆ ระยะ 50 เมตร



รูปที่ 5 แสดงแบบจำลองอาคารในโปรแกรม Pyrosim

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของวัตถุต้นเพลิงที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์เพลิงไหม้

เชื้อเพลิง	พื้นที่ลุกไหม้	อัตราการปลดปล่อยความร้อน (kW)
โพลียูรีเธน	0.7 ตารางเมตร	7,000

3.4.2.2 กำหนด Mesh Boundary ให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดของแบบจำลองอาคาร โดยกำหนด Cell Size ขนาด 0.5 โดยมีจำนวน Cell ทั้งหมด 1,269,748 Cell

3.4.2.3 ตั้งค่าเวลาที่ต้องการจำลอง 300 วินาที

3.4.2.4 กดประมวลผลโปรแกรม และวิเคราะห์ผลที่ได้

3.4.2.5 ปรับปรุงอาคารโดยเพิ่มระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ แบบ Generic Commercial Spray โดยมี Activation Temperature ที่ 68.33 องศาเซลเซียส

3.4.2.6 ทำการสรุปและเปรียบเทียบกับรูปแบบอาคารก่อนทำการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

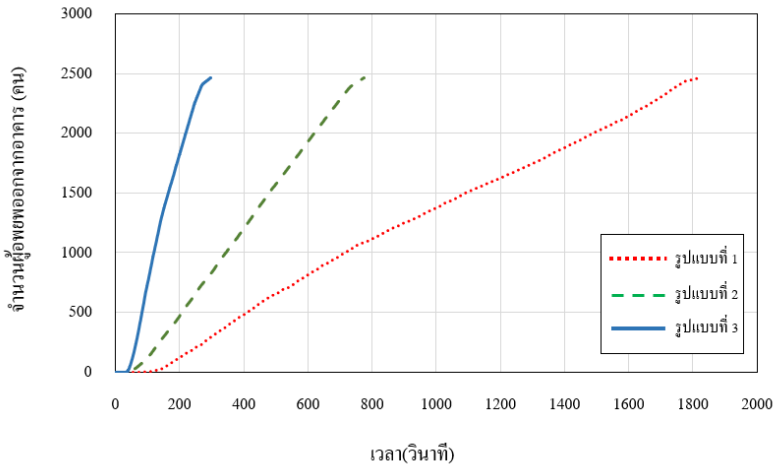
4. ผลการวิจัย

4.1 การจำลองการอพยพหนีไฟด้วยโปรแกรม Pathfinder

จากการจำลองทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า การอพยพหนีไฟโดยปรับปรุงรูปแบบอาคารตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ใช้เวลาอพยพน้อยที่สุด คือ ผู้อพยพสามารถไปยังจุดปลอดภัยของชั้นต้นเพลิงได้ภายใน 257.2 วินาที ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงเวลาอพยพหนีไฟในอาคารแต่ละรูปแบบ

รูปแบบการอพยพ	เวลาอพยพจนถึงจุดปลอดภัยของชั้นต้นเพลิง (วินาที)	เวลาอพยพออกสู่ภายนอกอาคาร(วินาที)
1. อาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน	1,783.1	1,819.3
2. อาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย	780.2	895.4
3. อาคารที่มีการปรับปรุงโดยใช้กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code	257.2	406.3



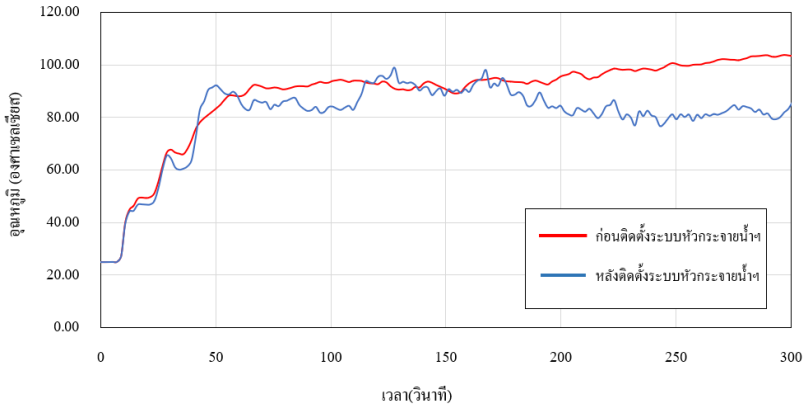
รูปที่ 6 แสดงจำนวนผู้อพยพออกจากอาคารเทียบกับเวลา

4.2 การจำลองเพลิงไหม้ด้วยโปรแกรม Pyrosim

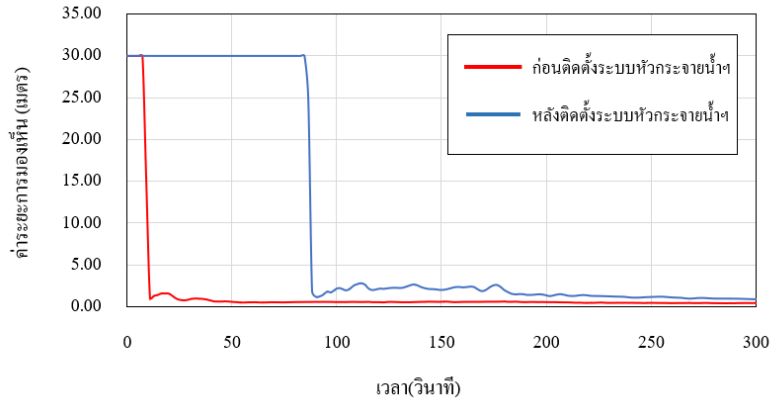
4.2.1 การจำลองเพลิงไหม้บริเวณห้องโถงผู้โดยสารขาเข้าก่อนติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ เป็นเวลา 300 วินาที พบว่าค่าอุณหภูมิขึ้นสูงขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส ในวินาทีที่ 246 ค่าอุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 103 องศาเซลเซียส และค่าระยะการมองเห็นลดต่ำลงน้อยกว่า 1 เมตร ภายในวินาทีที่ 111

4.2.2 การจำลองเพลิงไหม้บริเวณห้องโถงผู้โดยสารขาเข้าหลังติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ เป็นเวลา 300 วินาที พบว่าไม่มีช่วงเวลาใดที่ค่าอุณภูมิสูงสุดขึ้นถึง 100 องศาเซลเซียส สามารถลดค่าอุณภูมิได้ต่ำสุดถึง 76 องศาเซลเซียส และค่าระยะการมองเห็นลดต่ำลงน้อยกว่า 1 เมตร ภายในวินาทีที่ 178

ทั้งนี้ได้แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิก่อนและหลังติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ดังรูปที่ 7 และแสดงการเปรียบเทียบค่าระยะการมองเห็นก่อนและหลังติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ ดังรูปที่ 8



รูปที่ 7 แสดงค่าอุณหภูมิเปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ



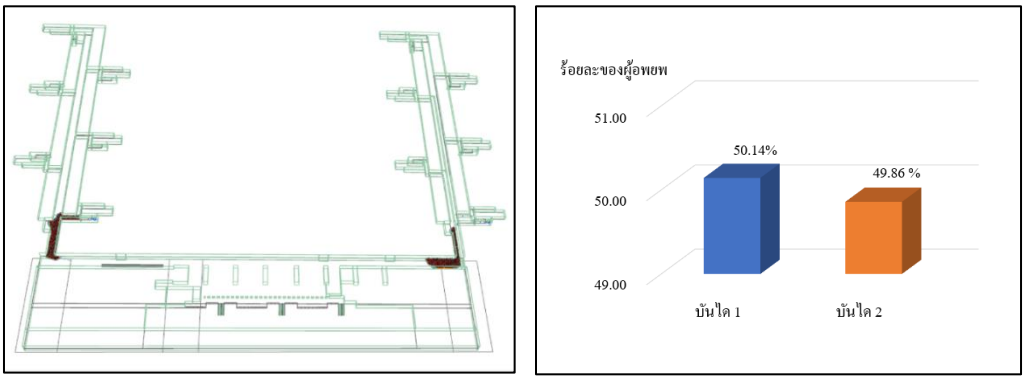
รูปที่ 8 แสดงค่าระยะการมองเห็นเปรียบเทียบก่อนและหลังติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ

5. การอภิปรายผล

5.1 พฤติกรรมการอพยพหนีไฟ

5.1.1 การอพยพตามรูปแบบอาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

จากการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบอาคารเดิมที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้นยังไม่สอดคล้องตามกฎหมายและจากพฤติกรรมการอพยพจะเห็นได้ว่า แม้ว่าบันไดหนีไฟจะมีจำนวนมากถึง 12 บันได แต่ด้วยรูปแบบของอาคารที่กำหนดให้บันไดหนีไฟอยู่รวมกันภายในส่วนของอาคารสะพานเทียบเครื่องบินเท่านั้น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ผู้อพยพจะเคลื่อนที่จากอาคารผู้โดยสารไปยังอาคารสะพานเทียบเครื่องบินซึ่งมีระยะทางไกลมากกว่า 150 เมตร ผ่านจุดเชื่อมต่อระหว่างอาคารผู้โดยสารและอาคารสะพานเทียบเครื่องบินซึ่งมีความกว้างของทางเดินเพียง 5.5 เมตร ทำให้ผู้อพยพเกิดการชนกันในบริเวณนี้ และยังมีความแออัดทำให้เคลื่อนที่ได้ช้าลง เป็นการบังคับให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียว ทำให้ผู้อพยพไม่สามารถเปลี่ยนเส้นทางไปยังบันไดหนีไฟจุดอื่นได้ ทำให้มีการใช้งานบันไดหนีไฟเพียง 2 เส้นทาง จากทั้งหมด 12 เส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 9

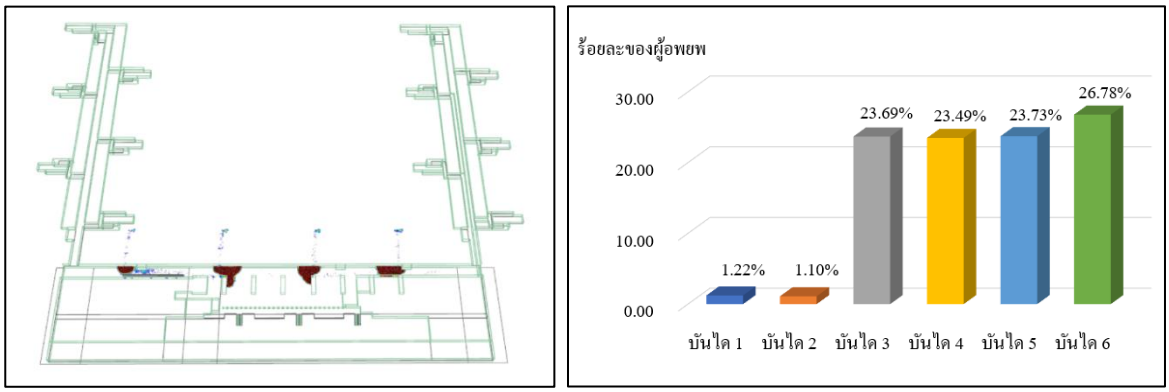


รูปที่ 9 แสดงพฤติกรรมการอพยพหนีไฟ (ซ้าย) และแสดงร้อยละของจำนวนผู้อพยพในแต่ละบันได (ขวา)

5.1.2 การอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงรูปแบบทางหนีไฟตามกฎหมาย

เมื่อทำการเพิ่มบันไดหนีไฟตามกฎหมายโดยเว้นระยะห่างกันไม่เกิน 60 เมตร จำนวน 4 บันได พบว่าผู้อพยพได้

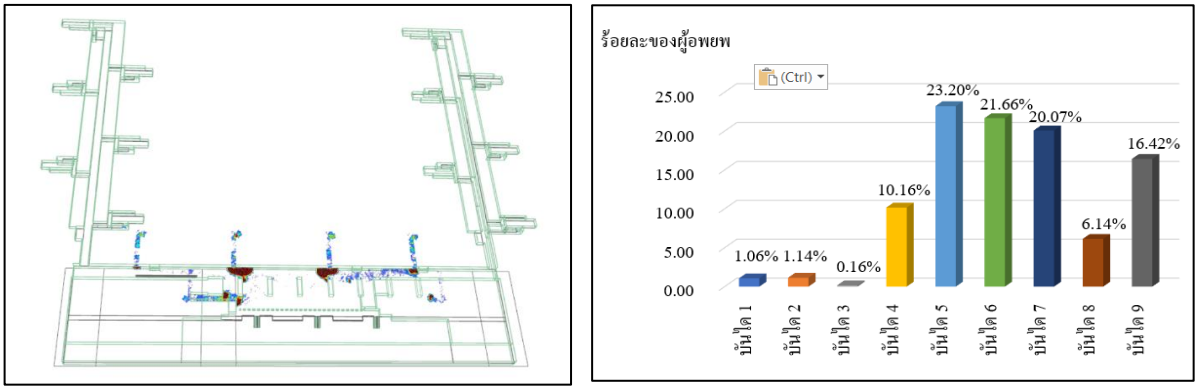
เลือกเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยส่วนใหญ่เลือกใช้งานบันไดหนีไฟที่อยู่ภายในอาคารผู้โดยสารถึงร้อยละ 97.69 และแทบไม่มีผู้อพยพเคลื่อนที่เข้าไปยังอาคารสะพานเทียบเครื่องบิน โดยพฤติกรรมการอพยพมีการใช้บันไดหนีไฟ จำนวน 6 บันได จาก 16 บันไดทำให้เกิดการกระจายตัวของจำนวนผู้อพยพได้ดีขึ้นในแต่ละบันได ซึ่งการเคลื่อนที่ของผู้อพยพ เมื่อเกิดการรอคิวบริเวณหน้าประตูหนีไฟสามารถตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการอพยพได้ ดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงพฤติกรรมการอพยพหนีไฟ (ซ้าย) และแสดงร้อยละของจำนวนผู้อพยพในแต่ละบันได (ขวา)

5.1.3 การอพยพตามรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงโดยใช้กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code

เมื่อทำการกั้นแยกบันไดสัญจรให้เป็นบันไดหนีไฟ เพิ่มเติมจำนวน 2 บันได และจำกัดความหนาแน่นของจำนวนผู้ใช้อาคารในพื้นที่พบว่า มีการกระจายตัวของจำนวนผู้อพยพในแต่ละบันไดได้ดีที่สุด มีการใช้บันไดหนีไฟมากที่สุด 9 บันไดหนีไฟ เกิดการรอคิวและความแออัดน้อย การเคลื่อนที่ของผู้อพยพเมื่อเกิดการรอคิวบริเวณหน้าประตูหนีไฟสามารถตัดสินใจเปลี่ยนเส้นทางระหว่างการอพยพได้



รูปที่ 11 แสดงพฤติกรรมการอพยพหนีไฟ (ซ้าย) และแสดงร้อยละของจำนวนผู้อพยพในแต่ละบันได (ขวา)

5.1 การจำลองเพลิงไหม้

เมื่อนำรูปแบบอาคารที่มีการปรับปรุงโดยใช้กฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code มาทำการจำลองเพลิงไหม้พบว่าความร้อนมีแนวโน้มที่จะเป็นอันตรายต่อผู้อพยพหนีไฟ แม้ในบริเวณที่เปลวไฟยังลุกลามไปไม่ถึงก็ตาม ซึ่งหากอุณหภูมิสูงเพียงพอก็จะสามารถทำให้มนุษย์เสียชีวิตได้ทันที โดยบริเวณที่ใกล้กับจุดต้นเพลิง

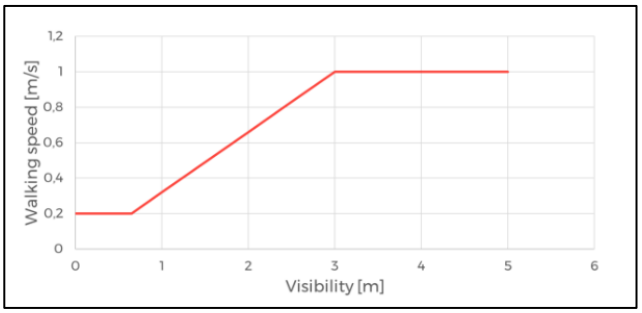
ความร้อนมีค่าสูง 100 องศาเซลเซียส ภายในระยะเวลา 246 วินาที และสูงสุดถึง 103 องศาเซลเซียส จึงได้ทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิง พบว่าอุณภูมิลดลงต่ำสุดถึง 76 องศาเซลเซียส และลดลงเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียสตลอดช่วงเวลาที่อพยพ ซึ่งช่วยขยายเวลาของขีดจำกัดอุณหภูมิในการรับสัมผัสความร้อน ทำให้ผู้อพยพมีความปลอดภัยมากขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขีดจำกัดความสามารถในการสัมผัสความร้อนแบบการพาความร้อน

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลารับสัมผัส (นาที)
60	> 30
100	8
110	6
120	4
130	3
150	2
180	1

ที่มา: British Standards Institution, 2004

เนื่องด้วยควันไฟที่สะสมอยู่ภายในอาคารทำให้ค่าระยะการมองเห็น (visibility) ลดลง ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้อพยพทำให้ความเร็วในการเคลื่อนลดลงได้ (Fridolf et al., 2018) ดังแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แสดงค่าความเร็วในการเดินเทียบกับค่าระยะการมองเห็น

จากผลการจำลองการเกิดเพลิงไหม้พบว่า เมื่อทำการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติสามารถเพิ่มระยะเวลาค่าการมองเห็นไม่ให้ต่ำลงน้อยกว่า 1 เมตรไปได้ถึง 67 วินาที ซึ่งช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการอพยพหนีไฟของผู้อพยพได้มากขึ้น

6. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุป

จากการศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบอาคารตามกฎหมายในปัจจุบันที่เกี่ยวข้องกับการอพยพหนีไฟพบว่า รูปแบบอาคารยังไม่ถูกต้องตามกฎหมาย จึงได้ทำการจำลองการอพยพหนีไฟเพื่อเทียบกับเวลาที่กฎหมายกำหนด คือ 300 วินาที นำไปสู่การปรับปรุงรูปแบบอาคาร โดยรูปแบบที่ดีที่สุด คือ การปรับปรุงรูปแบบอาคารตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code โดยทำเวลาอพยพได้ 257.2 วินาที และได้ทำการจำลองเพลิงไหม้ เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้อพยพพบว่า การปรับปรุงโดยติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงอัตโนมัติ สามารถช่วยลดอุณหภูมิลงได้ต่ำสุดถึง 76 องศาเซลเซียส ค่าอุณหภูมิลดลงเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียสตลอดระยะเวลาการอพยพ และสามารถขยายระเวลาค่าระยะการมองเห็นไม่ให้ต่ำลงกว่า 1 เมตร ได้ถึง 67 วินาที ทำให้รูปแบบอาคารดังกล่าวที่ปรับปรุงตามกฎหมายและมาตรฐาน NFPA 101 Life Safety Code ร่วมกับการติดตั้งระบบหัวกระจายน้ำดับเพลิงนั้นถูกต้องตามกฎหมาย และเพิ่มความปลอดภัยต่อผู้อพยพได้มากขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

การจำลองจากโปรแกรมเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการปรับปรุงให้การอพยพหนีไฟมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นๆที่ส่งผลต่อการอพยพหนีไฟที่ต้องมีการดำเนินการเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด ได้แก่ การฝึกซ้อมดับเพลิง การฝึกซ้อมหนีไฟประจำปี การบำรุงรักษาระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในอาคาร การตรวจสอบระบบป้องกันเพลิงไหม้ภายในอาคารตามกฎหมาย เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมพล เปล่งสะอาด ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย ที่ได้ให้คำแนะนำต่างๆ และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์สำหรับการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงแรงงาน. (2555). *กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐานในการบริหาร จัดการ และดำเนินการ ด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับการป้องกันและระงับอัคคีภัย พ.ศ.2555.* สืบค้นจาก http://www3.mol.go.th/sites/default/files/laws/th/24.pdf

กระทรวงมหาดไทย. (2535). *กฎกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522.* สืบค้นจาก http://ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2535/A/011/6.PDF

ธนกร ฉรงค์วานิช. (2562). *ปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการท่าอากาศยานที่มีต่อเจ้าหน้าที่ด่านตรวจคนเข้าเมืองท่าอากาศสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานดอนเมือง,* รายงานการประชุม การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 14 (หน้า 1746) . กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

พัชรี อนุสิทธิ์. (2561). *ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้โดยสารต่อการให้บริการของเจ้าหน้าที่ท่าอากาศยานดอนเมือง.* (การค้นคว้าอิสระปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกริก).

สำนักงานการบินพลเรือนแห่งประเทศไทย. (2564). *การขนส่งทางอากาศและอากาศยาน*. สืบค้นจาก https://www.caat.or.th/th/archives/category/data-research-th/air-traffic-th/transport-statistics-th

British Standards Institution. (2004). *The application of fire safety engineering principles to fire safety design of building Part 6: Human factors: Life Safety strategies – Occupant evacuation, behavior and condition*. London: British Standards.

Fridolf, K., Nilsson, D., Frantzich, H., Ronchi, E. & Arias, S. (2018). *Walking Speed in Smoke: Representation in Life Safety Verifications.* Retrieved form https://www.sfpe.org/publications/sfpeeuropedigital/sfpeeurope10/issue10feature1

Murali Ramaiyan. (2014). *Utilization of evacuation model for airport using risk-based fire safety scenario.* Retrieved form https://www.semanticscholar.org/paper/Utilization-of-evacuation-model-for-airports-using-Ramaiyan/e70f248a8e5b2a5c80541ade57c66a0860a4426c

National Fire Protection Standard. (2018). *NFPA 101 Life Safety Code*. Retrieved form https://www.bloomsburgpa.org/wp-content/uploads/2018-NFPA-101.pdf