

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

μm	= ไมโครเมตร
PM_{10}	= ฝุ่นละอองในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 10 ไมโครเมตร
$\text{PM}_{2.5}$	= ฝุ่นละอองในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 2.5 ไมโครเมตร
PM_1	= ฝุ่นละอองในอากาศที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 1 ไมโครเมตร
CO_2	= คาร์บอนไดออกไซด์
CO	= คาร์บอนมอนอกไซด์
HCHO	= ฟORMALดีไฮด์
TVOCs	= สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด
ACH	= อัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง
ppm	= ส่วนในล้านส่วน
L/min	= ลิตรต่อนาที
cm	= เซนติเมตร
mg/m^3	= มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร
m^3/s	= ลูกบาศก์เมตร/วินาที
$^{\circ}\text{C}$	= องศาเซลเซียส
Pa	= ปาสคาล
CFU/m^3	= จำนวนโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ปัจจุบันมนุษย์มีการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารคิดเป็นประมาณ 90% ของระยะเวลาทั้งหมดในหนึ่งวัน โดยอาคารส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปแบบปิด จึงอาจมีปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคารที่ส่งผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย หรือผู้ปฏิบัติงานภายในอาคาร (World Health Organization, 2021) สาเหตุของปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคารส่วนใหญ่เกิดจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ทำให้ความเข้มข้นของมลพิษที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิด หรือกิจกรรมภายในอาคาร เช่น การสูบบุหรี่ การทำความสะอาด หรือการเผาไหม้ เกิดการสะสมเพิ่มขึ้นจนเกินระดับที่ปลอดภัยต่อสุขภาพ และการระบายอากาศที่ไม่ดีส่งผลกระทบต่อภาวะความสบายของผู้อยู่ในอาคาร (US EPA, 2014) กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข ได้กำหนดค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ ที่เกี่ยวข้องกับภาวะสบายเชิงความร้อน และมลภาวะอากาศภายในอาคาร ที่อาจส่งผลกระทบต่อความสบายและสุขภาพอนามัยของผู้ใช้อาคาร (กรมอนามัย, 2565) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของประเทศไทย

คุณภาพอากาศภายในอาคารส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัยในอาคารหลายด้าน ได้แก่ กลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร (Sick building syndrome: SBS) การได้รับอันตรายจากการรับสัมผัสสารเคมี วัณโรค หอบหืด และภาวะภูมิไวเกิน (Hypersensitivity) จากการสัมผัสจุลชีพในอากาศ (Douwes et al., 2003) โดย Akova et al. (2022) พบว่ามากกว่า 65% ของบุคลากรทางแพทย์มีอาการแสดงของกลุ่มอาการป่วยเหตุอาคาร เช่น การเจ็บคอ ไอจาม ปวดศีรษะ หนาวสั่น อ่อนเพลีย ไม่มีสมาธิ โดยสาเหตุของอาการดังกล่าวเกิดจากอุณหภูมิที่ไม่คงที่ภายในอาคาร และผลการศึกษาของ Zhang et al. (2023) รายงานว่าการรับสัมผัสคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระดับความเข้มข้นเกินค่ามาตรฐานในกลุ่มอาสาสมัคร ทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เหนื่อยล้า ง่วงนอน และส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของกระบวนการคิดลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบว่าคุณภาพอากาศที่ไม่เหมาะสมมีผลต่อประสิทธิภาพในการทำงานลดลง 6 - 9% และคุณภาพอากาศมีความสัมพันธ์กับความพึงพอใจของพนักงานที่ทำงานในสำนักงาน (Wyon, 2004) การศึกษาของ Akimoto et al. (2010) พบว่าห้องที่เปิดเครื่องปรับอากาศส่งต่อความสบายตัวของพนักงานมากกว่าห้องที่ปิดเครื่องปรับอากาศ และยังมีผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง นอกจากนั้นการทำงานภายในห้องที่มีเชื้อแบคทีเรีย ยังส่งผลเสียต่อร่างกาย เช่น การศึกษาอุบัติการณ์และความเสี่ยงของวัณโรคของบุคลากรทางการแพทย์ พบว่ามีการติดเชื้อของโรคจากการทำงานคิดเป็น 1.5 % ในระยะการแสดงโรค 15 ปี

เนื่องจากการทำงานสัมผัสกับเชื้อวัณโรคมาเป็นเวลานาน (Salami & Oluboyo, 2008) และมีรายงานพบว่าบุคลากรของโรงพยาบาลประสบปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารมากกว่าพนักงานสำนักงาน เนื่องจากอัตราการเกิดอาการระคายเคืองจมูก มือ และตาของบุคลากรในโรงพยาบาลที่สูงกว่าคนทำงานในสำนักงาน (Hellgren & Reijula, 2006) จึงควรมีการเฝ้าระวังเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล

โรงพยาบาลเป็นสถานบริการทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากภายในโรงพยาบาลมีกิจกรรมต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดมลพิษในอาคาร ตั้งแต่ขั้นตอนการรักษาผู้ป่วย การวิเคราะห์ตัวอย่างจากสารเคมีเพื่อวินิจฉัย การฟื้นฟูหลังการรักษา ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวอาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของมลพิษจากแหล่งกำเนิดไปยังผู้รับบริการ และผู้ให้บริการทางการแพทย์ เช่น ขณะการตรวจวินิจฉัยผู้ป่วย เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคจากตัวผู้ป่วยไปยังบุคลากรทางการแพทย์ ผ่านการหายใจเอาอนุภาคละอองที่มีเชื้อโรคเข้าสู่ร่างกาย (วรกมล บุญยโยธิน และธีรยุทธ เหลืองศรีสกุล, 2561)

การให้บริการทางเทคนิคการแพทย์เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากบริเวณนี้มีการเก็บสิ่งส่งตรวจ ได้แก่ การเจาะเลือด และการเก็บของเหลวในร่างกายจากผู้ป่วย เช่น หนอง ปัสสาวะ อุจจาระ เสมหะ และสารคัดหลั่ง เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีการใช้สารเคมีหลายชนิดที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับการวิเคราะห์สิ่งส่งตรวจในแต่ละประเภท ทำให้มีโอกาสการรับสัมผัสมลพิษทางอากาศเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ (Luksamijarulkul et al., 2014) ผลการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล 2 แห่งในประเทศฝรั่งเศส พบว่าห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์มีค่าความเข้มข้นของสารเคมีหลายประเภทที่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ เอทิลแอลกอฮอล์ ฟอร์มาลดีไฮด์ และโทลูอีนซึ่งเป็นสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงที่สุด เนื่องจากการใช้โทลูอีนในการวิเคราะห์ตัวอย่างในการย้อมสีปรีสตีในห้องปฏิบัติการ จึงจำเป็นต้องมีการเฝ้าระวังระดับความเข้มข้นของสารเคมีต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการไม่ให้เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด (Baurès et al., 2018)

นอกจากปัจจัยเกี่ยวกับกิจกรรมและลักษณะการทำงาน ระบบระบายอากาศเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ผลการศึกษาของ Ibrahim et al. (2022) พบว่าประเภทและการวางระบบระบายอากาศภายในโรงพยาบาลที่แตกต่างกัน ได้แก่ เครื่องส่งลมเย็น (Fan coil unit: FCU) ระบบปรับอากาศลมเย็น (Air handling unit: AHU) และการเปิดหน้าต่าง มีผลต่อรูปแบบการไหลของอากาศภายในห้อง ส่งผลต่อระดับความเข้มข้นของมลพิษในอากาศที่แตกต่างกัน ผลการศึกษาของ Farant et al. (1991) พบว่าการจัดสถานงาน เช่น ลักษณะการจัดวางตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ในสถานที่ทำงาน เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารและสภาวะความสบายเชิงความร้อนของผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน เนื่องจากถ้ามีการจัดวางตำแหน่งเฟอร์นิเจอร์ที่ไม่เหมาะสม เช่น การวางตำแหน่งเฟอร์นิเจอร์ขวางทิศทางการไหลของอากาศ ทำให้ลดการกระจายตัวของอากาศภายในห้อง ส่งผลให้อัตราการระบายอากาศภายในห้องลดลง

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องปรับปรุงคุณภาพอากาศในอาคารให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด Gustafsson et al. (2014) เสนอแนะว่าการปรับปรุงระบบระบายอากาศเพื่อแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศในอาคาร สามารถดำเนินการโดยใช้แบบจำลองการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นการจำลองรูปแบบการไหลของอากาศในรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ไขปัญหาและลดความผิดพลาดในการวางระบบระบายอากาศ รวมทั้งแบบจำลองสามารถใช้ในการคาดการณ์คุณภาพอากาศภายในอาคารก่อนที่จะดำเนินการปรับปรุงในสถานงานจริง ปัจจุบันโปรแกรมจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของอากาศที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ Ansys, Simscale และ Solidworks โดย Salman et al., (2021) ใช้โปรแกรม Ansys เพื่อจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบระบบระบายอากาศ และระบบปรับอากาศของแผนกหลอดเลือดและหัวใจของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง ผลการศึกษาพบว่าการใช้โปรแกรม Ansys ช่วยให้การออกแบบระบบระบายอากาศมีความสะดวก ประหยัดเวลา และลดต้นทุนในการออกแบบ

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่ (มากกว่า 300 เตียง) ประกอบด้วย 2 อาคาร ได้แก่ อาคาร A และอาคาร B ที่มีการให้บริการเวชปฏิบัติ ศัลยกรรม และเวชปฏิบัติฟื้นฟู โดยทั้ง 2 อาคารดังกล่าว มีพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ แยกกันในแต่ละอาคาร ซึ่งแต่ละอาคารมีการออกแบบพื้นที่การให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ และระบบระบายอากาศที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงมีความสำคัญที่ต้องศึกษาและประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่ให้บริการและห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพอากาศภายในบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์
- 1.2.4 เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์

1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 คุณภาพอากาศในบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์มีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด ตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง ค่าเฝ้าระวังคุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ พ.ศ. 2565

1.3.2 คุณภาพอากาศภายในอาคารมีความแตกต่างกันตามปัจจัยด้านระบบระบายอากาศ ลักษณะการให้บริการ การจัดพื้นที่ให้บริการ และจำนวนผู้รับบริการ

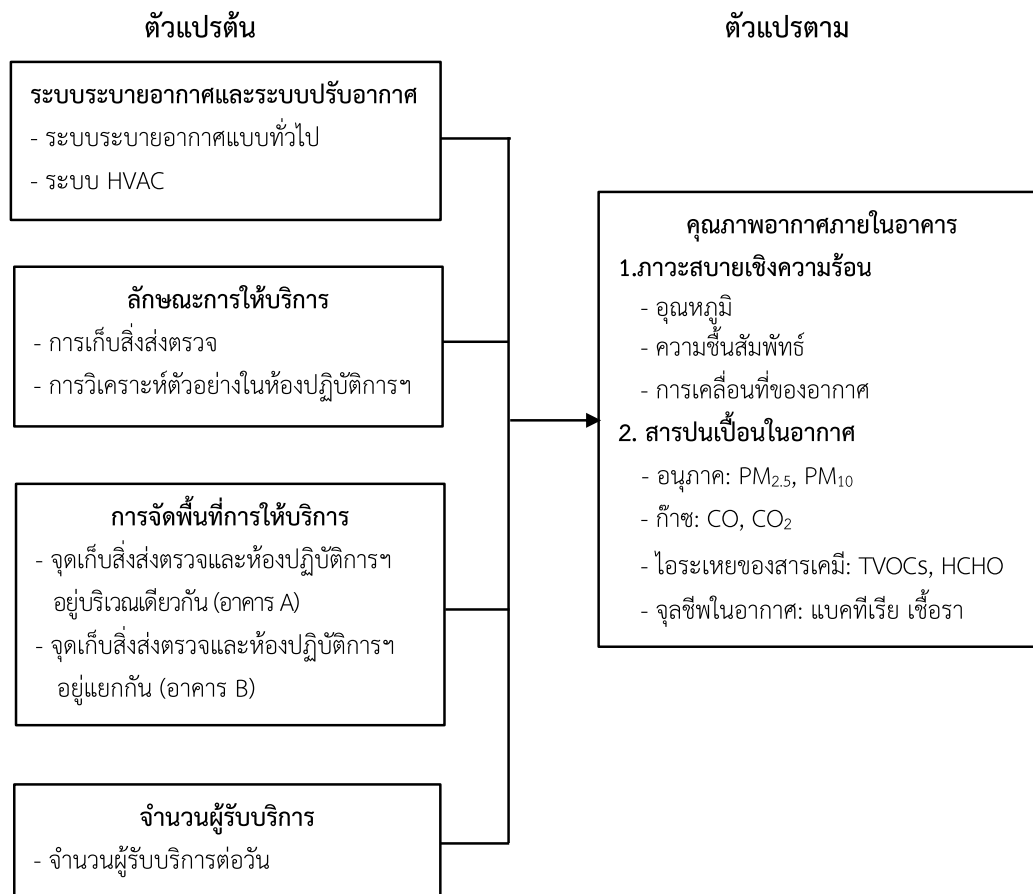
1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารบริเวณพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ของอาคาร A และอาคาร B ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ภายในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2567 - มิถุนายน พ.ศ. 2568

1.4.2 คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดำเนินการศึกษาครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) ได้แก่ อุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) และการเคลื่อนที่ของอากาศ (Air movement) และ 2) สารปนเปื้อนในอากาศ (Air contaminants) ได้แก่ อนุภาคฝุ่นละอองขนาด 2.5 และ 10 μm ($\text{PM}_{2.5}$ และ PM_{10}) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide: CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide: CO_2) ฟORMALDEHYDE (Formaldehyde: HCHO) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (Total Volatile organic compounds: TVOCs) และจุลชีพในอากาศ (Bioaerosol) ได้แก่ แบคทีเรีย และเชื้อรา

1.4.3 การจำลองพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณในการศึกษาครั้งนี้ ใช้โปรแกรม Ansys เวอร์ชัน ปี 2020 รุ่น R2 จากบริษัท Ansys, Inc

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ข้อมูลการประเมินคุณภาพอากาศ และปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารของพื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ สามารถเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ และเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานของบุคลากรทางการแพทย์ รวมทั้งสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในบริเวณอื่น ๆ ภายในโรงพยาบาลที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน

1.6.2 ข้อเสนอแนะที่ได้จากแบบจำลองการไหลของอากาศ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารบริเวณอื่น ๆ ในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หรือพื้นที่ให้บริการและห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาลอื่น ๆ ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.7.1 พื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ หมายถึง ห้องรอรับบริการ ห้องเจาะเลือดหรือห้องเก็บตัวอย่างปัสสาวะ อุจจาระ รวมถึงห้องปฏิบัติการ

1.7.2 ภาวะสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) หมายถึง ความสบาย สภาพของจิตใจที่สามารถแสดงความพึงพอใจในความร้อนของสิ่งแวดล้อม ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และการเคลื่อนที่ของอากาศ

1.7.3 สารปนเปื้อนในอากาศ (Air contaminants) หมายถึง มลพิษทางอากาศ การปนเปื้อนของอากาศภายในอาคารจากก๊าซ ไอระเหยของสารเคมี และอนุภาคของแข็ง ที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ

1.7.4 การเก็บสิ่งส่งตรวจ หมายถึง ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างจากผู้รับบริการ โดยตัวอย่างที่เก็บส่งตรวจ ได้แก่ ปัสสาวะ เลือด และอุจจาระ

1.7.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างของสิ่งส่งตรวจ หมายถึง ขั้นตอนการวินิจฉัยสิ่งส่งตรวจ เช่น เลือด ปัสสาวะ และอุจจาระ โดยทำการวิเคราะห์ภายในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการวิเคราะห์เป็นไปตามมาตรฐานของสภาเทคนิคการแพทย์แห่งประเทศไทย

1.7.6 ผู้รับบริการ หมายถึง ผู้ที่มาใช้บริการ หรือส่งสิ่งส่งตรวจในพื้นที่ให้บริการและห้องปฏิบัติการเทคนิคการแพทย์ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.7.7 พื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ในอาคาร A หมายถึง พื้นที่เก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการฯ อยู่บริเวณเดียวกัน โดยไม่มีประตูกั้น ทำให้อากาศสามารถหมุนเวียนหรือถ่ายเทอากาศได้ระหว่างภายใน 2 บริเวณ โดยในการวิจัยครั้งนี้

1.7.8 พื้นที่ให้บริการทางเทคนิคการแพทย์ในอาคาร B หมายถึง พื้นที่เก็บสิ่งส่งตรวจและห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์ แยกออกจากกันอยู่คนละชั้นของตัวอาคาร โดยพื้นที่เก็บสิ่งส่งตรวจอยู่บริเวณชั้นที่ 1 และห้องปฏิบัติการทางเทคนิคการแพทย์ อยู่บริเวณชั้นที่ 5