การเพิ่มการระบายอากาศในหอผู้ป่วยรวมด้วยวิธีผสานเพื่อควบคุมการติดเชื้อ

โอ๊ก ศรนิล *
ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
oak.sornnil.arch@gmail.com

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร **
ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
arccks@ku.ac.th

ภัทรนันท์ ทักขนนท์ ***
ภาควิชานวัตกรรมอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
pattaranan.t@ku.th

Received: March 3, 2019
Revised: June 10, 2019
Accepted: June 13, 2019

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาแนวทางการเพิ่มการระบายอากาศด้วยวิธีผสานในอาคารหอผู้ป่วยรวมที่เปิดใช้งานอาคารไปแล้วเพราะมีความเสี่ยงในการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศ โดยจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล กำหนดให้อาคารหอผู้ป่วยรวมมีอาคารข้างเคียงทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตกของตัวอาคาร เนื่องจากพบว่าอาคารข้างเคียงลักษณะดังกล่าวส่งผลให้อัตราการเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมงของอาคารมีค่าต่ำที่สุด กำหนดให้ลมธรรมชาติเข้าปะทะอาคารหอผู้ป่วยรวม 8 ทิศทาง (ความเร็วลม 2 เมตร/วินาที) การระบายอากาศในอาคารมี 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 2) ติดตั้งพัดลมทิศทางตายตัว 3) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ ผลจากการทดลองพบว่าการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวสามารถเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศของห้องได้เฉลี่ย 4.69 ACH ในทุกทิศทางลมธรรมชาติ สำหรับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศของห้องเฉลี่ยได้ 6.41 ACH ในทุกทิศทางลมธรรมชาติ

คำสำคัญ: การระบายอากาศ หอผู้ป่วยรวม พลศาสตร์ของไหล การควบคุมการติดเชื้อทางอากาศ

* นิสิตหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (นวัตกรรมอาคาร)

** รองศาสตราจารย์ ดร.

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.

Improving Multiple-Bed Wards Ventilation Using a Hybrid Technique for Airborne Infection Control

Oak Sornnil *
Department of Building Innovation, Faculty of Architecture, Kasetsart University
oak.sornnil.arch@gmail.com

Chanikarn Yimprayoon **
Department of Building Innovation, Faculty of Architecture, Kasetsart University
arccks@ku.ac.th

Pattaranan Takkanon ***
Department of Building Innovation, Faculty of Architecture, Kasetsart University
pattaranan.t@ku.th

Abstract

The objective of this research was to make a guideline for improving the ventilation of existing multiple-bed wards for infection control. This research used an air flow simulated experiment through a computational fluid dynamic program. The study looked at 3 existing buildings located in the north, south, and west because of poor ventilation. Eight natural wind directions flow through the building (wind speed 2 m/s). There are three types of building ventilation design: 1) Non fan-assisted ventilation, 2) fixed direction fan-assisted ventilation, 3) Wind direction related fan-assisted ventilation. The results showed that, the average air change per hour increased by 4.69 ACH for fixed direction fan-assisted ventilation. However, average air change per hour increased by 6.41 ACH for wind direction related fan-assisted ventilation. Mechanical devices flow direction should be designed in relation to natural wind direction to reduce the risk of infections.

Keywords: ventilation, hospital ward, computational fluid dynamic, airborne infection control

* Master's degree in architecture (Building innovation) student

** Associate Professor Dr.

*** Assistant Professor Dr.

บทนำ

โรคระบบทางเดินหายใจเป็นความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นได้กับผู้ที่เข้าไปใช้งานอาคารโรงพยาบาล โดยเฉพาะแผนกฉุกเฉินและแผนกผู้ป่วยนอก เนื่องจากอัตราการระบายอากาศที่ต่ำและการคัดกรองผู้ป่วยที่มีความล่าช้า แม้ว่าจะสามารถคัดกรองผู้ป่วยที่ติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจได้ แต่ก็ยังไม่มีสถานที่รองรับการพักรักษาได้อย่างเพียงพอ (อะเคื้อ อุณหเลขกะ 2561) โดยปกติผู้ป่วยที่ติดเชื้อวัณโรคจำเป็นจะต้องได้รับการรักษาภายในห้องแยกโรคที่มีการควบคุมการระบายอากาศและความดันอากาศภายในห้อง เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคแพร่กระจายไปสู่ส่วนอื่นของโรงพยาบาล (กองแบบแผนฯ 2558) ทว่าจำนวนผู้ป่วยวัณโรคนั้นมีมากกว่าจำนวนห้องแยกโรคอยู่มาก ด้วยข้อจำกัดทางด้านงบประมาณการจะสร้างห้องแยกโรคให้มีจำนวนเพียงพอกับผู้ป่วยจึงเป็นเรื่องยาก โรงพยาบาลหลายแห่งจึงมีการจัดให้ผู้ป่วยติดเชื้อระบบทางเดินหายใจพักรักษาตัวภายในหอผู้ป่วยรวมแผนกต่างๆ (อะเคื้อ อุณหเลขกะ 2561) เป็นปัจจัยส่งเสริมให้เกิดการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศในโรงพยาบาล หากบุคลากรทางการแพทย์ติดเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจย่อมเกิดผลกระทบต่อระบบโดยรวมของโรงพยาบาล

จากการศึกษาพบว่า การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคในสถานพยาบาลโดยวิธีการระบายอากาศโดยธรรมชาติในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้นอาจได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร เนื่องจากปัญหาความไม่สม่ำเสมอของลมธรรมชาติ ดังนั้นการนำการระบายอากาศวิธีกลมาประยุกต์ใช้งานร่วมกับวิธีธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมในแง่ประสิทธิภาพและค่าใช้จ่าย (World Health Organization 2009)

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาการระบายของอากาศในหอผู้ป่วยรวมด้วยวิธีผสานโดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศร่วมกับการระบายอากาศด้วยธรรมชาติ ใช้แบบอาคารผู้ป่วย 120 เตียง เป็นกรณีศึกษาเนื่องจากลักษณะของห้องผู้ป่วยรวมในแบบมาตรฐานดังกล่าวมีการใช้งานมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 และปัจจุบันยังคงมีการก่อสร้างห้องผู้ป่วยรวมลักษณะดังกล่าวอยู่ ผ่านการจำลองโดยการใช้โปรแกรมการคำนวณพลศาสตร์ของไหล เพื่อศึกษาและสร้างแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มการระบายอากาศด้วยวิธีผสานในหอผู้ป่วยรวม โดยคำนึงถึงอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศต่อชั่วโมงเป็นเกณฑ์พิจารณา

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

เชื้อโรคในอากาศ

ผู้ป่วยที่มาพักที่โรงพยาบาลส่วนใหญ่มักอยู่ในสภาวะที่ร่างกายกำลังอ่อนแอมีภูมิคุ้มกันบกพร่องกว่าคนทั่วไป การติดเชื้อจากการหายใจเอาอากาศที่ปนเปื้อนจะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าและอาจมีความรุนแรงของโรคมากกว่า เมื่อผู้ป่วยที่ติดเชื้อระบบทางเดินหายใจไอ จาม หรือพูด ละอองฝอยจะลอยอยู่ในอากาศได้ถึง 24 ชั่วโมง หากหายใจเอาละอองฝอยขนาดเล็กเข้าสู่ถุงลมปอดจะก่อให้เกิดการติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ นับเป็นปัจจัยความเสี่ยงในการแพร่เชื้อโรคในโรงพยาบาลโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกิดขึ้นกับบุคลากรของโรงพยาบาลที่สามารถเข้าออกหลายพื้นที่ยิ่งทำให้โอกาสในการแพร่กระจายเชื้อโรคสูงมากขึ้น การป้องกันและควบคุมไม่ให้มีปริมาณของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในอากาศของโรงพยาบาลจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อของผู้ใช้งานอาคารทั้งผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่โรงพยาบาล (ภารดี ช่วยบำรุง 2557) หลักการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อในสถานพยาบาลมี 3 ประการ ได้แก่ 1) การควบคุมโดยการจัดการ 2) การควบคุมโดยการป้องกันทางเดินหายใจ 3) การควบคุมโดยสภาพแวดล้อม ประการนี้เกี่ยวข้องกับหลักการการออกแบบทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมโดยตรง โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดปริมาณละอองฝอยของเชื้อโรคในอากาศด้วยการเจือจางหรือแทนที่อากาศภายในพื้นที่ด้วยอากาศใหม่จากภายนอก นับเป็นหลักการที่ควรพิจารณาและให้ความสำคัญในการออกแบบสถานพยาบาล

การระบายอากาศด้วยวิธีผสาน

ด้วยประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณที่มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ทำให้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของลมธรรมชาติทั้งทิศทางและความเร็วลม (World Health Organization 2009) การระบายอากาศด้วยวิธีผสานคือ การใช้การระบายอากาศวิธีกลเข้ามาช่วยในกรณีที่การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอ โดยรูปแบบของการใช้การระบายอากาศด้วยวิธีผสานมี 3 ลักษณะ คือ 1) การปรับสลับใช้ระหว่างวิธีธรรมชาติและวิธีกลในกรณีที่ลมธรรมชาติไม่เพียงพอในการระบายอากาศก็จะปรับเปลี่ยนมาใช้การระบายอากาศด้วยวิธีกลโดยสมบูรณ์ 2) การใช้งานพัดลมหรืออุปกรณ์ระบายอากาศด้วยวิธีกลบริเวณต่างๆ ร่วมกับการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติเพื่อเพิ่มอัตราการไหลของอากาศภายในอาคารตลอดเวลา 3) การผสมผสานการระบายอากาศโดยการใช้ท่อทำความเย็นสร้างความแตกต่างของความดันอากาศเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณต่างๆ ดังภาพที่ 1 โดยการระบายอากาศด้วยวิธีผสานจะมีความยากในขั้นตอนออกแบบมากกว่าทั้งการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติและการระบายอากาศด้วยวิธีกลแต่ในการใช้งานจริงจะได้อากาศที่มีคุณภาพมากกว่าการระบายอากาศโดยธรรมชาติและมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการระบายอากาศด้วยวิธีกล

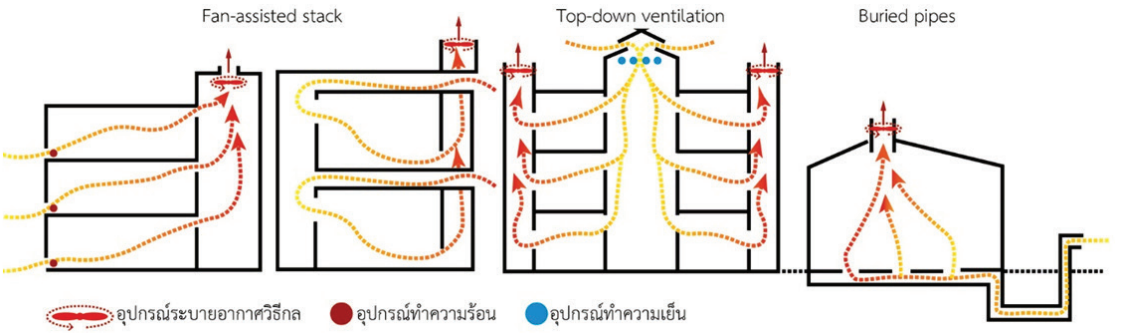
วิธีการศึกษา

การเลือกรูปแบบอาคารกรณีศึกษา

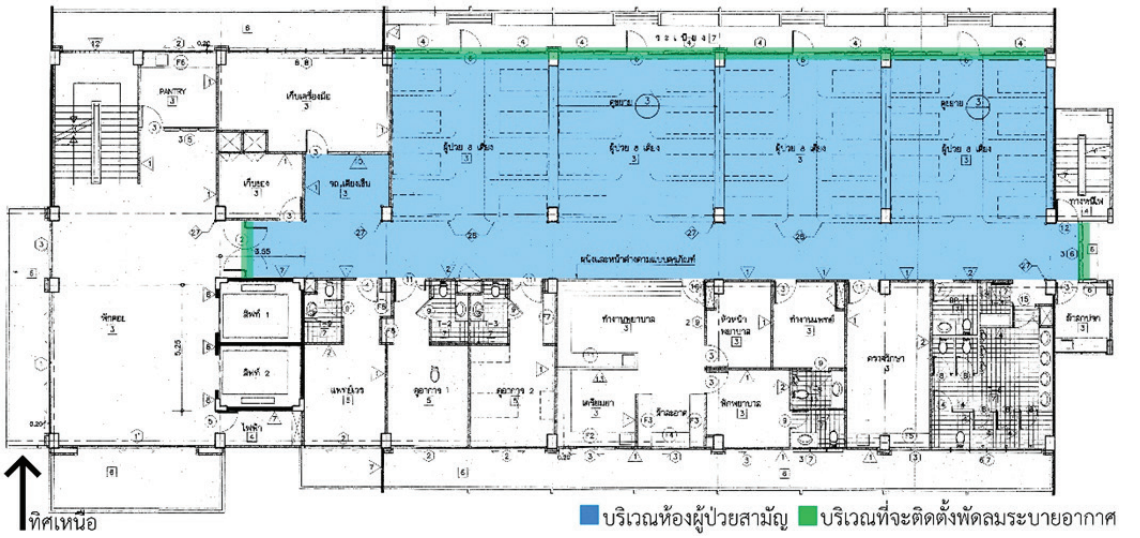
งานวิจัยชิ้นนี้ใช้อาคารผู้ป่วย 120 เตียง จากแบบหอผู้ป่วยรวมมาตรฐานเลขที่ 9128 ดังภาพที่ 2 เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยเนื่องจากผังพื้นส่วนที่เป็นห้องผู้ป่วยรวมในแบบมาตรฐานฉบับนี้มีลักษณะเหมือนกับแบบมาตรฐานหอผู้ป่วยรวมที่เคยมีการก่อสร้างมาก่อนหน้า จากการสำรวจเบื้องต้นผ่านภาพถ่ายทางอากาศพบว่ามีอาคารหอผู้ป่วยรวมที่เข้าข่ายมีผังพื้นส่วนที่เป็นห้องผู้ป่วยรวมในลักษณะนี้ไม่ต่ำกว่า 127 อาคาร กระจายอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศไทย เพราะฉะนั้นหากทำการศึกษาและสร้างแนวทางการปรับปรุงจะสามารถนำไปใช้ได้กับหอผู้ป่วยรวมในสถานพยาบาลหลายแห่ง

การลงพื้นที่สำรวจ

ในการลงพื้นที่สำรวจลักษณะทางกายภาพของอาคารที่โรงพยาบาลปทุมธานี พบว่ามีอาคารหอผู้ป่วยรวมที่ใช้แบบมาตรฐานในการก่อสร้าง 4 อาคาร นอกจากนั้นยังพบว่าบริเวณช่องแสงเหนือหน้าต่างบริเวณต่างๆ มีการติดตั้งพัดลมเพื่อเติมอากาศบริสุทธิ์เข้าในอาคารและดูด



ภาพที่ 1 *แผนภูมิแสดงแนวคิดการระบายอากาศด้วยวิธีผสาน*
ที่มา : World Health Organization 2009



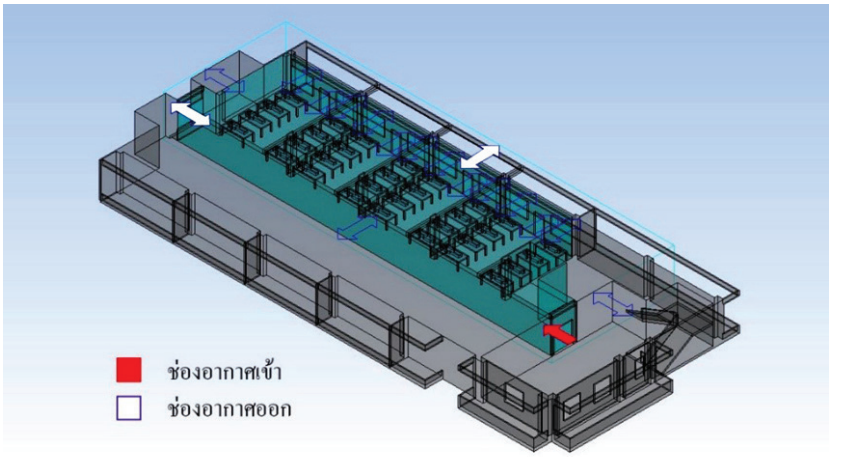
ภาพที่ 2 *ผังพื้นหอผู้ป่วยรวมชั้น 2-4*

ภาพที่ 3 *การติดตั้งอุปกรณ์ระบายอากาศด้วยวิธีกลภายในอาคารหอผู้ป่วยรวมโรงพยาบาลปทุมธานี*

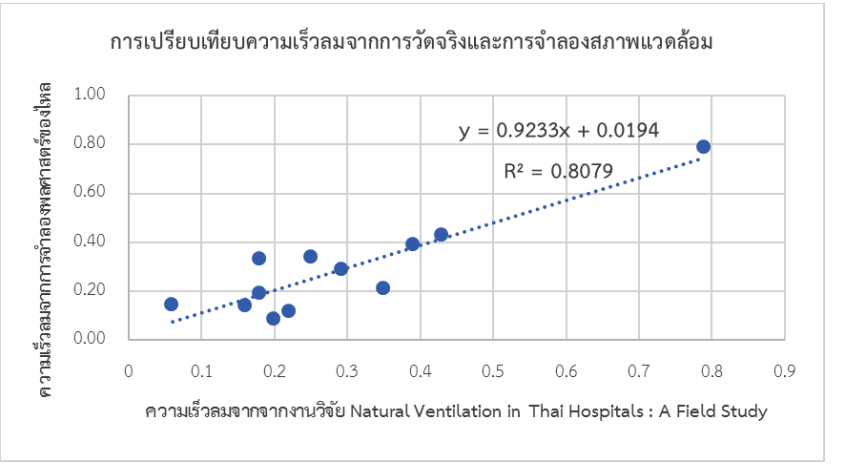
อากาศปนเปื้อนออกนอกอาคารอยู่ก่อนแล้ว ดังแสดงในภาพที่ 3 แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้การระบายอากาศด้วยวิธีผสานลักษณะนี้กับอาคารหอผู้ป่วยรวมอื่น

เครื่องมือและการทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยการจำลองการไหลของอากาศผ่านโปรแกรมคำนวณพลศาสตร์ของไหล โดยใช้โปรแกรม SC Stream การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมือได้อ้างอิงความเร็วและทิศทางลมภายในหอผู้ป่วยรวมโรงพยาบาลท่ามะการักษ์ จังหวัดกาญจนบุรี เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแบบจำลองพลศาสตร์ของไหล โดยสร้างแบบจำลองในลักษณะ 3 มิติ ดังแสดงในภาพที่ 4 เพื่อให้มีความแม่นยำในการคำนวณมากขึ้น กำหนดให้มีอากาศไหลจากทางประตูห้องผู้ป่วยรวมและไหลออกทางช่องเปิดอื่นๆ (ไม่กำหนดความดันอากาศบริเวณช่องลมออก) ซึ่งทิศทางการไหลของอากาศตามลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับผลจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูล ผลการทดสอบความถูกต้องพบว่ามีค่า R^2 = 0.8079 ดังแสดงในภาพที่ 5 (ในทางสถิติหากค่า R^2 มีค่าใกล้เคียง 1 มากเท่าใดหมายถึงข้อมูลยิ่งมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น)



ภาพที่ 4 *แบบจำลองพลศาสตร์ของไหลที่ใช้ทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ*



ภาพที่ 5 *การเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมที่ได้จากโปรแกรม SC Stream และการลงพื้นที่เก็บข้อมูล*

การกำหนดตัวแปร

ตัวแปรต้น: ทิศทางลมธรรมชาติ อาคารหอผู้ป่วยรวมมีการก่อสร้างอยู่ทุกภูมิภาคของประเทศ จึงกำหนดให้ลมธรรมชาติพัดเข้าสู่อาคาร 8 ทิศทาง ได้แก่ ทิศเหนือ (N), ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE), ทิศตะวันออก (E), ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE), ทิศใต้ (S), ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW), ทิศตะวันตก (W) และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW) เพื่อความครอบคลุมในการนำไปใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด

ตัวแปรต้น: รูปแบบการระบายอากาศโดยวิธีผสาน จากการทดลองหยิบยกส่วนหนึ่งของห้องพักผู้ป่วยรวมมาสร้างแบบจำลองพลศาสตร์ของไหล เพื่อทดสอบดูลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องในกรณีที่พัดลมระบายอากาศและลมธรรมชาติสร้างการไหลของอากาศไปในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงกันข้าม ดังแสดงในภาพที่ 6 ผลจากการทดลองขั้นต้นแสดงให้เห็นว่าการใช้พัดลมระบายอากาศเป่าสวนทางกับลมธรรมชาติจะทำให้เกิดลักษณะการไหลของอากาศแบบแปรปรวนและการไหล

แบบกระแสวน อาจเกิดการไหลวนกลับเข้ามาของอากาศเสียซึ่งเป็นการเพิ่มความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศได้ ดังแสดงในตารางที่ 1 เป็นเหตุผลสนับสนุนให้ทดสอบติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่มีทิศทางสัมพันธ์กับลมธรรมชาติบริเวณช่องเปิดตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อเลี่ยงการไหลวนกลับของอากาศ

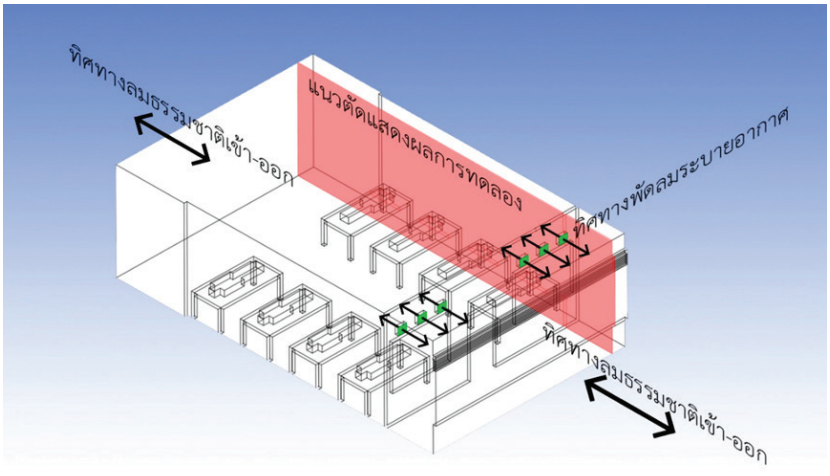
ด้วยเหตุผลข้างต้นจึงกำหนดให้มีการระบายอากาศ 3 ลักษณะ ได้แก่ 1) ไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 2) ติดตั้งพัดลมทิศทางตายตัว 3) ติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ (ทิศทางของพัดลมระบายอากาศในข้อที่ 3 ได้จากการเก็บผลการทดลองในขั้นต้นว่าช่องเปิดแต่ละตำแหน่งมีหน้าที่เป็นช่องลมเข้าหรือช่องลมออก) สามารถสรุปตัวแปรต้นที่ 2 ได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตัวแปรตาม: อัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศต่อชั่วโมง เกณฑ์ขั้นต่ำสำหรับห้องพักผู้ป่วยควรมีค่าไม่ต่ำกว่า 12 ACH หมายถึง มีปริมาณอากาศไหลเข้าไม่น้อยกว่า 12 เท่าของปริมาตรห้องใน 1 ชั่วโมง (ASHRAE 2017)

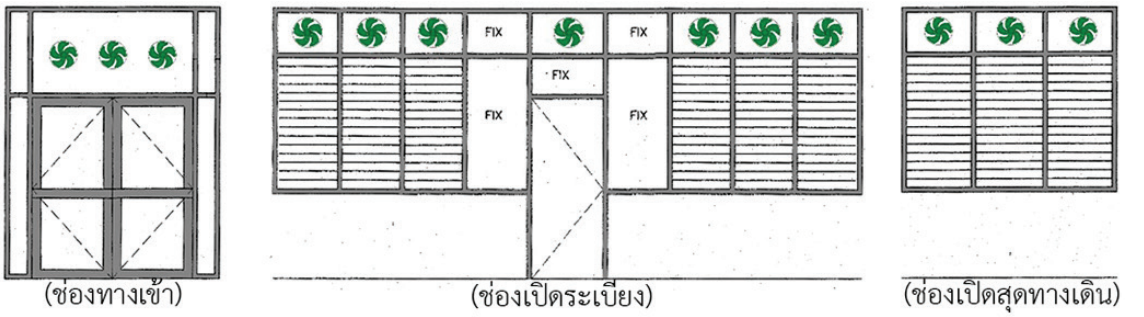
ตัวแปรควบคุม: ความเร็วลมธรรมชาติภายนอก กำหนดให้มีความเร็ว 2 เมตร/วินาที เนื่องจากเป็นความเร็วลมเฉลี่ยของพื้นที่บริเวณภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีอาคารหอผู้ป่วยรวมตั้งอยู่ 63 แห่ง จากทั้งหมด 127 แห่ง จึงควรทำการศึกษาเพื่อความครอบคลุมในการนำไปใช้ประโยชน์

ตัวแปรควบคุม: พัดลมระบายอากาศ กำหนดให้มีอัตราการไหลของอากาศที่ 900 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง เนื่องจากเป็นค่ามาตรฐานตาม มอก.710-2535 ของพัดลมระบายอากาศขนาดใบพัด 12 นิ้ว กำหนดให้ติดตั้งบริเวณเหนือช่องเปิดต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 7 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ปรากฏให้เห็นจากการลงพื้นที่สำรวจอาคารหอผู้ป่วยรวมที่โรงพยาบาลปทุมธานี

ตัวแปรควบคุม: สภาพแวดล้อมภายนอกอาคาร กำหนดให้มีอาคารข้างเคียงทางด้านทิศเหนือ ทิศใต้ และทิศตะวันตกของตัวอาคารหอผู้ป่วยรวม ดังแสดงในภาพที่ 8 เนื่องจากผลจากการสำรวจพบว่าอาคารหอผู้ป่วยรวมมีอาคารข้างเคียงตั้งอยู่ในลักษณะดังกล่าว 27 แห่ง จาก

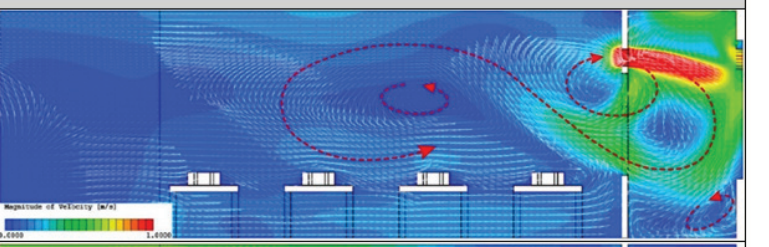
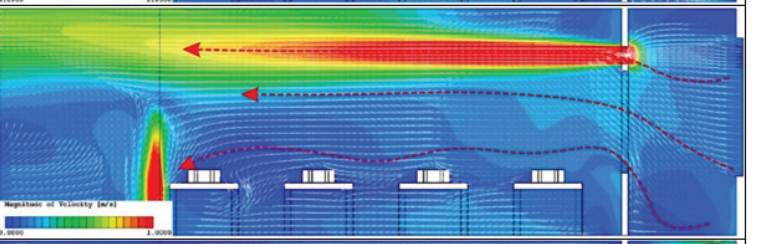
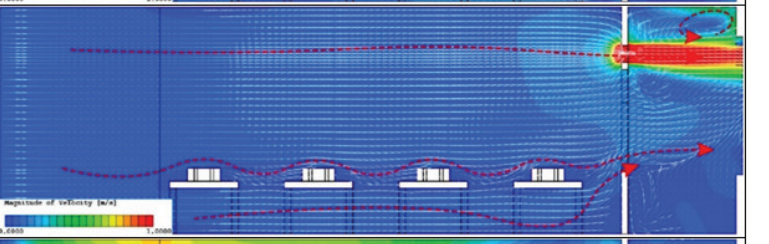
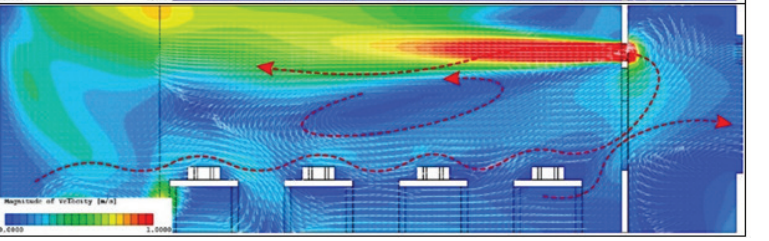


ภาพที่ 6 *แสดงแนวและแบบจำลองที่ใช้ในการทดลองขั้นต้น*

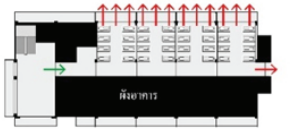
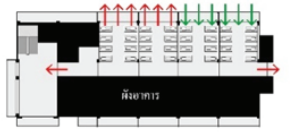
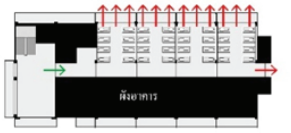
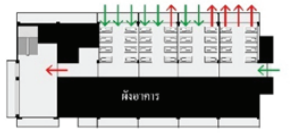
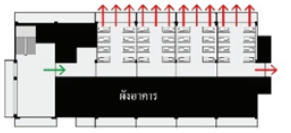
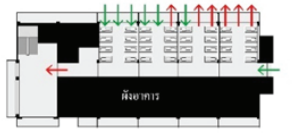
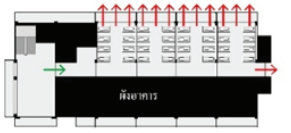
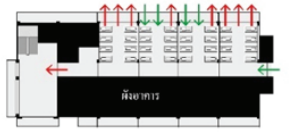
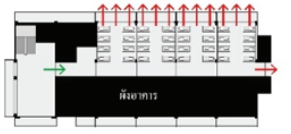
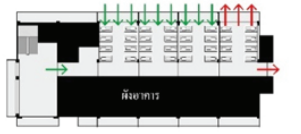
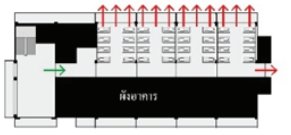
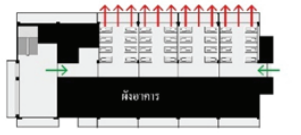
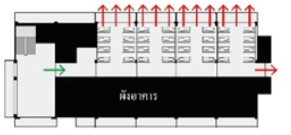
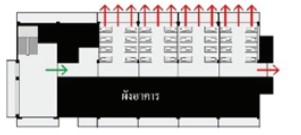
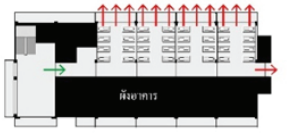
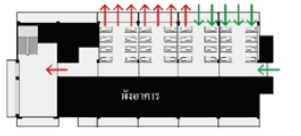


ภาพที่ 7 การติดตั้งพัดลมระบายอากาศเหนือช่องเปิดต่างๆ

ตารางที่ 1 ลักษณะการไหลของอากาศเมื่อติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

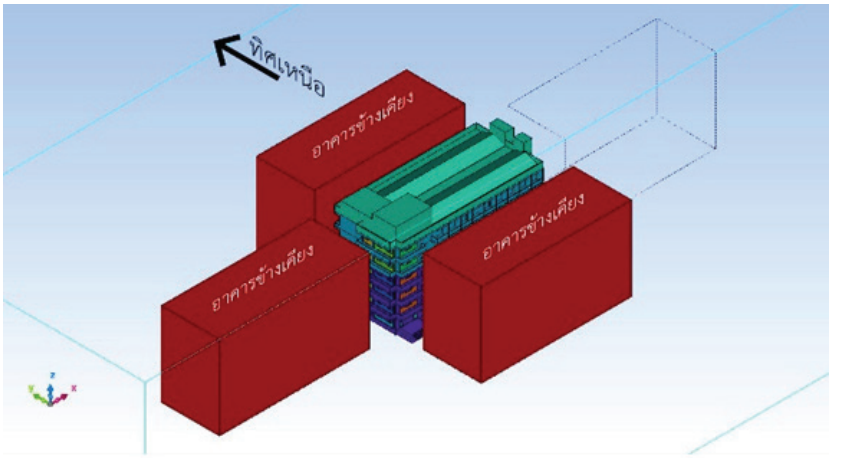
ทิศทางลมธรรมชาติ	ทิศทางพัดลมระบายอากาศ	ลักษณะการไหลของอากาศภายในห้องผู้ป่วย
←	→	
←	←	
→	→	
→	←	

ตารางที่ 2 ทิศทางพัดลมระบายอากาศที่ได้จากการทดลองขั้นต้น

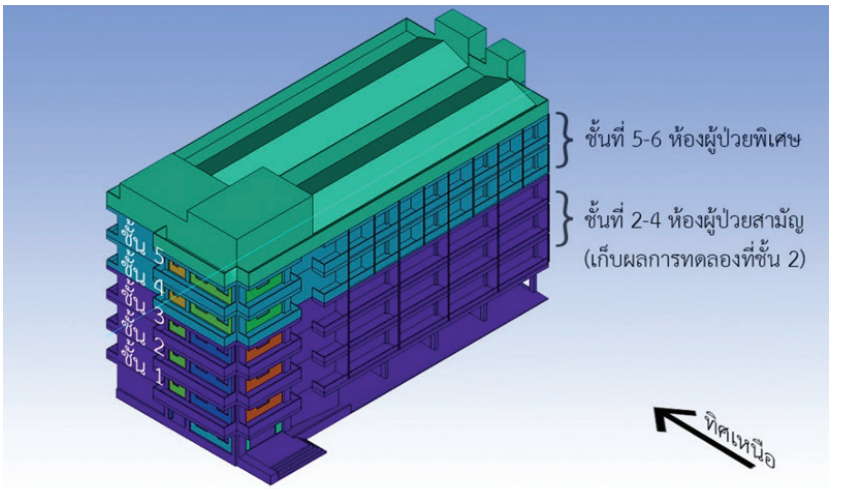
ทิศทางลมธรรมชาติเข้าปะทะอาคาร	ทิศทางการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในอากาศในช่องเปิดแต่ละตำแหน่ง	
	ติดตั้งพัดลมทิศทางตายตัว	ติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ
ทิศเหนือ (N)		
ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE)		
ทิศตะวันออก (E)		
ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE)		
ทิศใต้ (S)		
ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)		
ทิศตะวันตก (W)		
ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)		

ทั้งหมด 127 แห่ง และจากการทดลองเบื้องต้นพบว่าลักษณะดังกล่าวส่งผลให้อาคารมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงต่ำกว่ารูปแบบอื่น จึงเป็นกรณีที่ควรศึกษาเพื่อหาแนวทางปรับปรุง

ตัวแปรควบคุม: แบบจำลอง สร้างแบบจำลองพลศาสตร์ของไหลในลักษณะ 3 มิติ มีขนาดอาคารและช่องเปิดอ้างอิงตามแบบหอผู้ป่วยรวมมาตรฐานเลขที่ 9128 และทำการบันทึกผลการทดลองที่ระดับความสูง 5.60 เมตร (ระดับเตียงผู้ป่วยบนชั้นที่ 2 ของอาคาร) ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 8 *แบบจำลองที่แสดงให้เห็นอาคารข้างเคียง*



ภาพที่ 9 *แบบจำลอง 3 มิติ ที่ใช้ในการทดลอง*

ผลการวิจัย

เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศเหนือ (N) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 4.19, 6.13 และ 7.14 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 46% และ 70% ตามลำดับ แต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้

เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 3.40, 8.92 และ 12.91 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 162% และ 280% ตามลำดับและสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้หากติดตั้งพัดลมระบายอากาศให้มีความสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ

เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันออก (E) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 4.16, 9.35 และ 10.48 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 125% และ 152% ตามลำดับแต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้

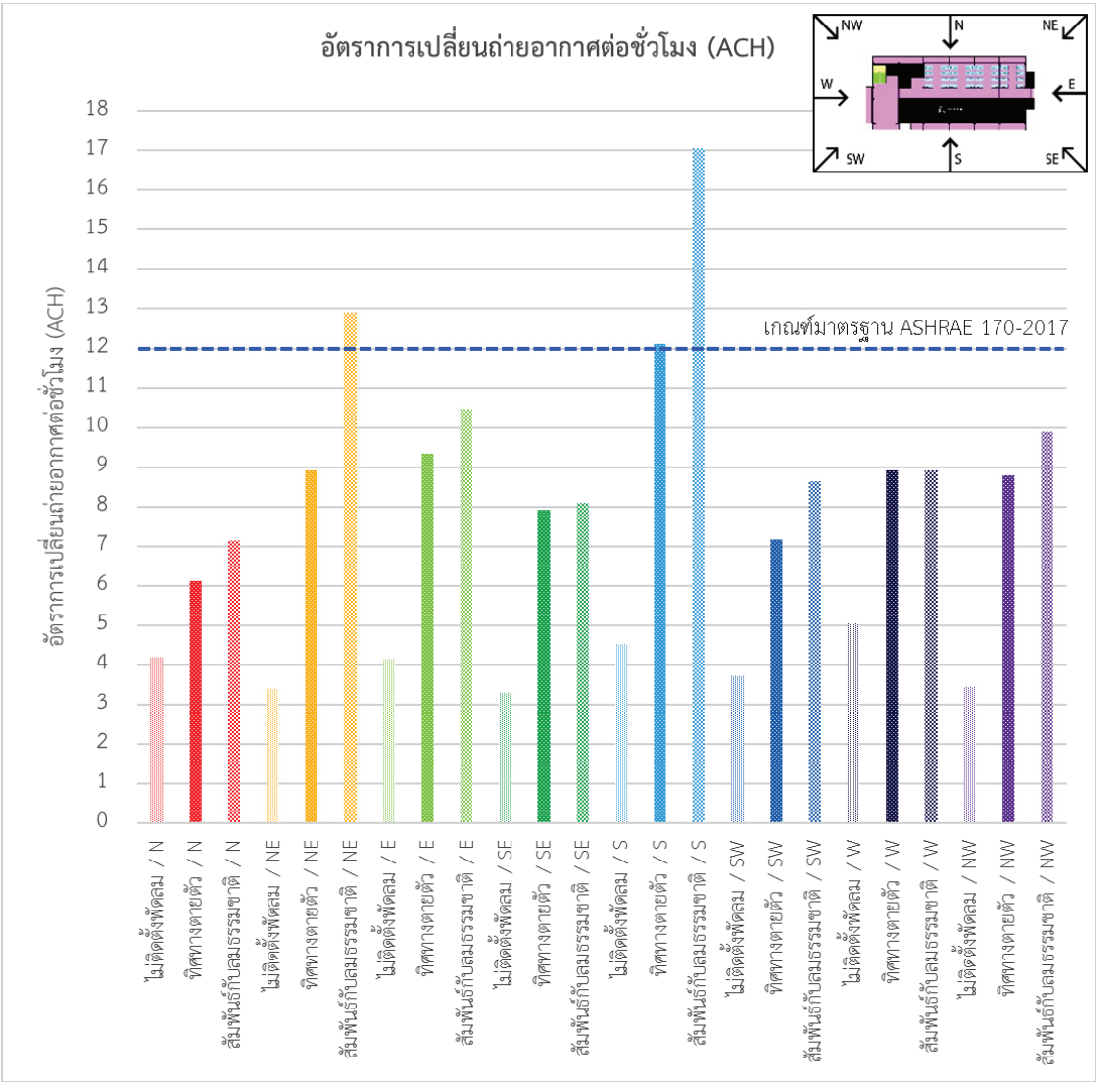
เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 3.31, 7.92 และ 8.10 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 139% และ 145% ตามลำดับแต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้

เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศใต้ (S) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 4.53, 12.12 และ 17.06 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 167% และ 276% ตามลำดับและสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้ทั้ง 2 วิธี

เมื่อลมธรรมชาติมีเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 3.73, 7.16 และ 8.65 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 92% และ 132% ตามลำดับแต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้

เมื่อลมธรรมชาติเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันตก (W) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 5.06, 8.92 และ 8.92 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ

สามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 76% และ 76% ตามลำดับแต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้ เนื่องจากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศทั้ง 2 วิธีมีทิศทางเหมือนกันทำให้ได้ผลลัพธ์มีค่าเท่ากัน เมื่อลมธรรมชาติมีเข้าปะทะกับอาคารทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NW) การไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ติดตั้งพัดลมระบายอากาศทิศทางตายตัวและติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ จะมีค่าอัตราการระบายอากาศต่อชั่วโมงที่ 3.46, 8.80 และ 9.90 ACH ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 10 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการไม่ติดตั้งพัดลมระบายอากาศกับการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถช่วยเพิ่มการระบายได้มากขึ้น 154% และ 186% ตามลำดับแต่ยังไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH ได้



ภาพที่ 10 ผลการทดลองแสดงค่าอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศต่อชั่วโมงในกรณีต่าง ๆ

อภิปรายผลและสรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาและวิเคราะห์สามารถอภิปรายประเด็นข้อค้นพบที่สำคัญดังนี้

จากผลการทดลองพบว่า การใช้การระบายอากาศด้วยวิธีผสานโดยใช้พัดลมระบายอากาศทำงานร่วมกับลมธรรมชาติสามารถเพิ่มการระบายอากาศให้กับหอผู้ป่วยรวมให้ดีขึ้นได้ เนื่องจากการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสามารถทำให้อัตราการไหลอากาศของห้องผู้ป่วยเพิ่มขึ้นโดยไม่มีการลดทอนประสิทธิภาพจากการไหลผ่านช่องหน้าต่างและอากาศมีอัตราการไหลสม่ำเสมอสอดคล้องกับคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศแบบทิศทางตายตัว (เติมอากาศเข้าทางหน้าห้องและระบายอากาศออกทางระเบียงและสุดทางเดิน) จะช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศได้เฉลี่ย 4.69 ACH ในทุกทิศทางลม ส่วนการติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติ (ติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่มีทิศทางสัมพันธ์กับลมธรรมชาติที่เข้าหรือออกในช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ) จะช่วยเพิ่มอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศได้เฉลี่ย 6.41 ACH ในทุกทิศทางลม

จากการพิจารณาเกณฑ์การระบายอากาศพบว่า กรณีที่ลมธรรมชาติที่เข้าปะทะทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (NE) การติดตั้งพัดลมระบายอากาศสัมพันธ์กับลมธรรมชาติจะสามารถทำให้การระบายอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH และกรณีลมธรรมชาติที่เข้าปะทะทางด้านทิศใต้ (S) การติดตั้งพัดลมทั้ง 2 ลักษณะ จะสามารถทำให้การระบายอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH เนื่องจากทั้ง 2 กรณีมีการติดตั้งพัดลมให้เติมอากาศเข้าภายในห้องผู้ป่วยมากกว่ากรณีอื่นๆ ทำให้มีอัตราการไหลของอากาศมากขึ้นตามไปด้วย

จากการคำนวณพบว่า หากต้องการให้ห้องผู้ป่วยรวมในอาคารกรณีศึกษาซึ่งมีปริมาตรอากาศ 1,002 ลูกบาศ์กเมตร มีอัตราการเปลี่ยนถ่ายอากาศผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่ 12 ACH จะต้องทำให้เกิดการไหลเวียนของอากาศไม่ต่ำกว่า 18,504 ลูกบาศ์กเมตร/ชั่วโมง เพราะฉะนั้นหากใช้การระบายอากาศโดยใช้พัดลมระบายอากาศเพียงอย่างเดียวไม่พึ่งพาลมธรรมชาติจะต้องใช้พัดลมที่มีอัตราการไหล 900 ลูกบาศ์กเมตร/ชั่วโมง จำนวน 21 ตัว ในการเติมอากาศเข้ามาในห้องและใช้พัดลมอีก 21 ตัวในการระบายอากาศออก ทว่าหากใช้การระบายอากาศโดยวิธีผสานสามารถลดจำนวนพัดลมระบายอากาศที่ต้องใช้เหลือเพียง 18 ตัว จากเดิม 42 ตัว เป็นการประหยัดการใช้พลังงานในอาคาร ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานและซ่อมแซม รวมไปถึงลดเสียงรบกวนที่เกิดจากมอเตอร์ของพัดลมระบายอากาศด้วย

ผลการศึกษาโดยรวมสะท้อนให้เห็นถึงความจำเป็นในการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพื่อส่งเสริมให้เกิดคุณภาพอากาศที่ดีภายในห้องผู้ป่วย หากสถานพยาบาลมีงบประมาณไม่เพียงพอในการใช้งานการระบายอากาศด้วยวิธีกล การระบายอากาศด้วยวิธีผสานนับเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมในการเพิ่มการระบายอากาศในหอผู้ป่วยรวม การประยุกต์ใช้ผลการวิจัยสามารถทำได้โดยพิจารณาว่าสภาพที่ตั้งของอาคารหอผู้ป่วยรวมที่จะทำการปรับปรุงการระบายอากาศนั้นมีทิศทางลมเด่นเข้าปะทะอาคารในทิศทางใดแล้วจึงกำหนดทิศทางของพัดลมระบายอากาศให้สอดคล้องกับลมธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศในลักษณะตายตัวหรืออาจติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่สามารถปรับทิศทางการทำงานได้และทำการปรับตั้งทิศทางการทำงานทุกเดือนตามทิศทางลมเด่นประจำเดือนนั้นจะช่วยลดความเสี่ยงในการแพร่กระจายของเชื้อโรคในอากาศได้ดีที่สุด

บรรณานุกรม

กระทรวงสาธารณสุข. กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ. กองแบบแผน. ***คู่มือการออกแบบอาคารสถานบริการสุขภาพและสภาพแวดล้อม หอผู้ป่วยใน.*** พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: กองแบบแผน กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ กระทรวงสาธารณสุข, 2558.

กิตติคุณ ยกทรัพย์. ***"การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศในหอผู้ป่วยรวมของโรงพยาบาล."*** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2558.

ณิชาภัทร ดิเรกวัฒนชัย. ***"ประสิทธิภาพการระบายอากาศในคลินิกวัณโรค กรณีศึกษาศูนย์บริการสาธารณสุขในกรุงเทพมหานคร."*** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, 2559.

ภารดี ช่วยบำรุง. ***เทคโนโลยีในการจำกัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในโรงพยาบาล***. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

สถาบันบำราศนราดูร. สำนักวัณโรค. ***แนวทางการป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อวัณโรค***. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์, 2559.

อะเคื้อ อุณหเลขกะ. ***"End Tb โดยการยุติการแพร่กระจายวัณโรคในโรงพยาบาล."*** สืบค้น 20 ธันวาคม 2561. https://www.youtube.com/watch?v=av0o9OOgMSI.

อุษณ จันทรทรัพย์. ***"การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล."*** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, 2553.

American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). ***ASHRAE Standard 170-2017: Ventilation of Health Care Facilities***. Inch-pound ed. Atlanta, Ga.: ASHRAE, 2017.

Awbi, Hazim. ***Ventilation System Design and Performance***. New York: Taylor & Francis, 2008.

Chanawat Nitatwichit, Yottana Khunatorn and Nakorn Tippayawong. "Investigation and Characterization of Cross Ventilation Flows through Openings in a School Classroom." ***Journal of the Chinese Institute of Engineers*** 31, 4 (2008): 587-603.

Inkarojrit, Vorapat. ***"Natural Ventilation in Thai Hospitals: A Field Study."*** Paper presented at 31st AIVC Conference Low Energy and Sustainable Ventilation Technologies for Green Buildings, Seoul, October 26, 2010.

Jiamjarasrangsi, W, Bualert, S, Chongthaleong, A, Chindamporn, A, Udomsantisuk, N and Euasamarnjit, W. "Inadequate Ventilation for Nosocomial Tuberculosis Prevention in Public Hospitals in Central Thailand." ***The International Journal of Tuberculosis and Lung Disease : the Official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease*** 13, 4 (2009): 454-59.

World Health Organization. ***Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings.*** Geneva: WHO, 2009.