

การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศด้วยระบบระบายอากาศในห้องตรวจรักษาโรค

นางสาวจิรายุ นุญตัน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

VENTILATION SYSTEM FOR AIRBORNE INFECTION CONTROL IN HOSPITAL
EXAMINATION ROOM

Miss. Jirayu Boontan

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture Program in Architecture

Department of Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2011

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศด้วยระบบ
ระบายอากาศในห้องตรวจรักษาโรค

โดย

นางสาวจิรายุ บุญตัน

สาขาวิชา

สถาปัตยกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุานิศวรรี เจริญพงศ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรถนันท์ เศรษฐบุญบุตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(อาจารย์ ดร. จัญจาดา บุญยเกียรติ)

จิรายุ บุญตัน : การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศด้วยระบบระบายอากาศในห้องตรวจโรค. (VENTILATION SYSTEM FOR AIRBORNE INFECTION CONTROL IN HOSPITAL EXAMINATION ROOM) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.วรภัทร์ อิงคโวจน์ฤทธิ, 143 หน้า.

ห้องตรวจรักษาที่มีการปรับอากาศของโรงพยาบาล เป็นสถานที่ที่มีความเสี่ยงในการกระจายเชื้อโรคทางอากาศ หากแต่การออกแบบห้องตรวจรักษาในปัจจุบัน มักไม่ได้มีการคำนึงถึงการระบายอากาศที่จะส่งเสริมการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศ ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพในการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาในปัจจุบัน และวิเคราะห์รูปแบบการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาตัวอย่างขนาด 3 x 4 x 3 เมตร เน้นที่ปัจจัยตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศภายใน และลักษณะการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ ที่ส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องและการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ โดยใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรม SolidWorks Flow Simulation 2011 และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประเมินความผันผวนของอากาศจากรอบการหมุนของอากาศแบบไหลวน จากผลการวิจัยพบว่ารูปแบบของห้องที่มีลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีความผันผวนน้อยที่สุดและมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อน้อยที่สุดได้แก่ห้องตรวจรักษาที่ติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าบริเวณกึ่งกลางเพดานของห้องซึ่งมีอัตราการถ่ายเทอากาศเท่ากับ 12 ACH (ความเร็วลม ณ ช่องปล่อยลมเข้า 0.6 เมตรต่อวินาที) และติดตั้งช่องปล่อยลมออกขนาด 10 นิ้วในบริเวณผนังด้านที่อยู่ใกล้กับผู้ป่วยมากที่สุด จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศด้วยระบบระบายอากาศที่ดี ผู้ออกแบบควรกำหนดให้ช่องปล่อยลมออกอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับผู้ป่วยมากที่สุด และควรกำหนดให้อัตราความเร็วลม ณ ช่องปล่อยลมเข้าอยู่ในระดับต่ำเพื่อลดความผันผวนของอากาศ และเพื่อให้เกิดความรับรู้ความเข้าใจในการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคทางอากาศด้วยระบบระบายอากาศในห้องตรวจรักษามากขึ้น งานวิจัยชิ้นนี้เสนอให้มีการศึกษาเพิ่มเติมในปัจจัยที่อาจส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษา โดยเฉพาะปัจจัยด้านขนาดของช่องปล่อยลมเข้า ลักษณะการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ และแนวทางการติดตั้งระบบระบายอากาศในสถานที่จริง

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิติ.....
 สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา 2554

5374143025 : MAJOR Architecture

KEYWORDS : Infection Control / Airborne Disease / Air Change

JIRAYU BOONTAN : VENTILATION SYSTEM FOR AIRBORNE
INFECTION CONTROL IN HOSPITAL EXAMINATION ROOM.

ADVISOR : ASST. PROF. VORAPAT INKAROJRIT, Ph.D., 143 pp.

Air-conditioned hospital examination rooms are areas prone to airborne infection. However, at present, the design process of examination rooms in general has not taken into consideration factors regarding the ventilation system that will enhance the control of airborne infection. Therefore, this research aimed to evaluate the effectiveness of ventilation systems in such areas using a 3 x 4 x 3 meter hospital examination room as a case study. The factors analyzed were the position of air inlet, the position of air outlet, the rate of air change, and the furniture layout, which affected the flow of air inside the room and the release of microorganisms out of the room. A simulation was carried out using the 2011 SolidWorks Flow Simulation program. The data were analyzed by evaluating air variability based on the occurrence of air turbulence in simulated space.

The results showed that the type of hospital examination rooms with the least degree of airturbulance, and thus the lowest risk of airborne infection, was one where an air inlet had been installed near the center of the ceiling and a 10-inch air outlet had been set up on the wall nearest the patient. In these rooms, the air flow rate was 12 ACH when the speed of air flow at the air inlet was 0.6 m/s. It can be concluded from the results that a ventilation system that controls airborne infection effectively has an air outlet fixed nearest the patient with the speed of air flow at the air inlet remaining low, all of which will reduce air turbulence.

It is recommended that to create a better understanding of the installation of ventilation systems of airborne infection control in hospital examination rooms, further research be conducted on the factors influencing the air flow inside such quarters, particularly those concerning the size of air inlets, furniture layouts, and the installation of ventilation systems in actual settings.

Department : ARCHITECTURE..... Student's Signature

Field of Study : ARCHITECTURE..... Advisor's Signature

Academic Year : 2011.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์เป็นอย่างยิ่งของ ผศ.ดร.วรภัทร์ อิงค์โรจน์ฤทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้สั่งสอนให้วิชาความรู้ตั้งแต่เริ่มต้นเข้าศึกษาจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ รวมทั้งให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา และขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ประธานและคณะกรรมการทุกท่านที่ให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยเพิ่มเติม

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณคุณแม่ ที่ได้ให้การสนับสนุนด้านเงินทุนที่ใช้ในการศึกษา และงานวิจัย รวมทั้งให้ความรักและกำลังใจในการศึกษาและการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน พี่และน้องทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือสนับสนุน, ให้คำแนะนำและตักเตือน รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา รวมทั้งขอขอบคุณผู้ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกวบรวมทั้งผู้เกี่ยวข้องทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	บ
สารบัญแผนภูมิ.....	ป
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ระเบียบวิธีการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	8
2.1.1 คุณภาพอากาศภายในของโรงพยาบาล.....	9
2.1.2 หลักเกณฑ์การระบายอากาศในโรงพยาบาล.....	11
2.1.3 หลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล.....	13
2.2 เครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ.....	16
2.2.1 หลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ.....	16
2.2.2 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ.....	22
2.2.3 รูปแบบการไหลของอากาศ.....	25
2.3 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
2.3.1 รูปแบบการติดตั้งและชนิดการเลือกใช้ช่องนำอากาศเข้า และออกเพื่อการระบายอากาศ.....	30

บทที่	หน้า
2.3.2 รูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อการระบายอากาศและ แนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศ.....	32
2.3.3 ช่องว่างของปัญหาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัย ดังกล่าว.....	35
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	36
3.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
3.1.1 คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล.....	38
3.1.2 การเคลื่อนที่ของอากาศในห้องปรับอากาศ.....	38
3.1.1 การระบายอากาศในโรงพยาบาล.....	38
3.2 กรณีศึกษาห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรงพยาบาลปัจจุบัน.....	38
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	40
3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ.....	41
3.5 การกำหนดตัวแปรในการวิจัย.....	45
3.5.1 การกำหนดตัวแปรกรณีศึกษาห้องตรวจผู้ป่วยโรคผิวหนังใน โรงพยาบาลปัจจุบัน.....	45
3.5.2 การกำหนดตัวแปรห้องตรวจผู้ป่วยโรคผิวหนัง.....	48
3.6 การการออกแบบการวิจัย.....	51
3.6.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1: กรณีศึกษาห้องตรวจรักษา โรคผิวหนังในโรงพยาบาลปัจจุบัน.....	52
3.6.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 : การจำลองเพื่อศึกษาแนว ทางการออกแบบของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง.....	53
3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	58
3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	59
3.9 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	64
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	65
4.1 ผลการวิจัยจากการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังปัจจุบัน	66
4.1.1 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ก.....	66

4.1.1.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ก.....	66
4.1.1.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ก.....	67
4.1.2 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ข.....	67
4.1.2.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ข.....	67
4.1.2.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ข.....	68
4.1.3 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ค.....	69
4.1.3.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ค.....	69
4.1.3.1 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษา โรงพยาบาล ค.....	70
4.2 ผลการวิจัยจากการจำลองสถานการณ์โดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้น.....	72
การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก.....	72
ข้อมูลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.1 – 2.16.....	72
ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.1 – 2.16.....	72
การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข.....	83
ข้อมูลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.17 – 2.32.....	83
ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.17 – 2.32.....	84
4.2.1 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 กรณี ตำแหน่ง ของช่องปล่อยลมเข้า.....	94
4.2.2 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 กรณี ตำแหน่ง ของช่องปล่อยลมออก.....	95
4.2.3 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 3 กรณี อัตราการ ถ่ายเทอากาศ.....	96
4.2.4 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 4 กรณี แพนผัง ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง.....	98

บทที่	ญ หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ.....	105
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	105
5.1.1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้อง ตรวจโรคของโรงพยาบาล.....	105
5.1.2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศ ภายในห้องตรวจโรค.....	107
5.1.3 แนวทางการออกแบบของห้องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อ การป้องกันการกระจายเชื้อวัณโรค.....	111
5.2 อภิปรายผล.....	115
5.2.1 ส่วนที่ 1: การไหลเวียนกระแสลมในห้องตรวจรักษาโรค วัณโรค และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	117
5.2.1.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ก.) เปรียบเทียบการระบายอากาศ โดยรวมภายในพื้นที่ห้อง.....	117
5.2.1.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ข.) เปรียบเทียบการระบายอากาศ โดยรวมภายในพื้นที่ห้อง.....	118
5.2.2 ส่วนที่ 2: การสรุปรูปแบบของปัจจัยตัวแปร ที่ทำให้การ ไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรควัณโรค มีประสิทธิภาพสูงสุด.....	120
5.2.2.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ก.)	120
5.2.2.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ข.)	121
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	127
รายการอ้างอิงและบรรณานุกรม.....	129
ภาคผนวก.....	132

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ก.....	134
ภาคผนวก ข.....	138
ภาคผนวก ค.....	140
ภาคผนวก ง.....	141
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	143

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศของห้องแยกโรควัดโรคจาก เกณฑ์มาตรฐานต่างๆ.....	12
ตารางที่ 2.2	แสดงปริมาณอัตราการระบายอากาศตามขนาดของใบพัดจากมาตรฐานของ มอก. 710 – 2535.....	25
ตารางที่ 3.1	แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการ คำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของอาคารกรณีศึกษา.....	43
ตารางที่ 3.2	แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการกรณีศึกษาห้องตรวจรักษาโรควัดโรคของ โรงพยาบาลในปัจจุบัน.....	47
ตารางที่ 3.3	แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้นของห้องตรวจรักษาโรค วัดโรค.....	50
ตารางที่ 3.4	แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรควัดโรคในโรงพยาบาล ปัจจุบัน.....	52
ตารางที่ 3.5	แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนว ทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรควัดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.1 -2.4)	54
ตารางที่ 3.6	แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนว ทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรควัดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.5 -2.8)	55
ตารางที่ 3.7	แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนว ทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรควัดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.9 -2.12)	55
ตารางที่ 3.8	แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนว ทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรควัดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.13 -2.16)	56

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.9	56
แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบข. (การจำลองที่ 2.17 -2.23).....	
ตารางที่ 3.10	57
แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบข. (การจำลองที่ 2.21 -2.24).....	
ตารางที่ 3.11	57
แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบข. (การจำลองที่ 2.25 -2.28).....	
ตารางที่ 3.12	58
แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบข. (การจำลองที่ 2.29 -2.32).....	
ตารางที่ 3.13	62
แสดงจำนวนรอบหมุนการไหลวนของอากาศที่หมุนตัวและอาจก่อให้เกิดความปั่นป่วนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ได้ ในระดับต่างๆ.....	
ตารางที่ 4.1	71
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1.....	
ตารางที่ 4.2	82
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.1-2.4).....	
ตารางที่ 4.3	82
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.5-2.8).....	
ตารางที่ 4.4	82
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.8-2.12).....	
ตารางที่ 4.5	83
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.13-2.16).....	
ตารางที่ 4.6	93
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.17-2.20).....	
ตารางที่ 4.7	93
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.21-2.24).....	
ตารางที่ 4.8	93
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.25-2.28).....	
ตารางที่ 4.9	94
แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.29-2.32).....	
ตารางที่ 4.10	95
แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของตำแหน่งช่องนำอากาศเข้า.....	
ตารางที่ 4.11	96
แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของตำแหน่งของช่องอากาศออก.....	
ตารางที่ 4.12	97
แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของอัตราการถ่ายเทอากาศ.....	

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 4.13	98
แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายใน.....	
ตารางที่ 4.14	103
แสดงจำนวนรอบหมุนการไหลวนของอากาศที่หมุนตัวและอาจก่อให้เกิดความปั่นป่วนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ได้ ในระดับต่างๆ.....	
ตารางที่ 5.1	116
แสดงข้อมูลชุดที่ 1 รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายใน ก.....	
ตารางที่ 5.2	117
แสดงข้อมูลชุดที่ 2 รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายใน ข.....	
ตารางที่ 5.3	125
แสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งรอบบริเวณการหายใจของผู้ป่วยเปรียบเทียบแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์.....	

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบทำให้เจือจางและแบบเฉพาะที่.....	11
ภาพที่ 2.2 แสดงการออกแบบการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากที่สะอาดไปหา จุดที่สะอาด.....	14
ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบเครื่องปรับอากาศชนิด Window Type Unit.....	17
ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE AIR - COOLED UNIT.....	19
ภาพที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE WATER - COOLED SYSTEM	19
ภาพที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE AIR COOLED SYSTEM FOR COMPUTER ROOM.....	20
ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของท่อลมแบบวงรี.....	21
ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะหน้ากากแอร์ แบบทรงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัสแบบเป่า 4 ทาง, 2 ทาง และ แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	22
ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างพัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดานและการทำงานของระบบ.....	23
ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง.....	23
ภาพที่ 2.11 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจกและการติดตั้ง.....	24
ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง.....	24
ภาพที่ 2.13 แสดงลักษณะรูปแบบการไหลของอากาศ.....	27
ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลม.....	28
ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด.....	29
ภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างห้องตรวจโรคผิวหนังจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง.....	30
ภาพที่ 2.17 แสดงภาพจำลองสถานการณ์รูปแบบของการจัดห้อง 3 รูปแบบซึ่งมีตำแหน่ง และรูปแบบการเลือกใช้ชนิดของช่องอากาศที่แตกต่างกัน แบบที่ 3 (ขวามือ) คือรูปแบบการติดตั้งที่มีการระบายอากาศที่ดีที่สุด.....	31
ภาพที่ 2.18 แสดงการไหลของอากาศจากช่องนำอากาศเข้าและช่องอากาศออกในตำแหน่ง ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหลของอากาศที่ต่างกันในรูปแบบด้านตัด	31

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 2.20	32
ภาพที่ 2.21	33
ภาพที่ 2.22	34
ภาพที่ 2.23	34
ภาพที่ 3.1	39
ภาพที่ 3.2	39
ภาพที่ 3.3	40
ภาพที่ 3.4	42
ภาพที่ 3.5	44
ภาพที่ 3.6	44
ภาพที่ 3.7	51
ภาพที่ 3.8	62
ภาพที่ 3.9	63

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 3.10	63
แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบายอากาศที่มีระดับการผันผวนของอากาศมาก (จำนวน 20 รอบหมุน)โดยมีทิศทางของการระบายอากาศหลากหลายรูปแบบ การไหล.....	
ภาพที่ 3.11	64
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรคแนวราบ การระบายเชื้อโรคเปรียบเทียบเป็นจุดเม็ดกลมที่เคลื่อนที่ในห้อง ซึ่งลักษณะที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคมาก (รูปด้านขวา) และมีความเสี่ยงน้อย (รูปด้านซ้าย)	
ภาพที่ 4.1	66
แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษา โรงพยาบาล ก.....	
ภาพที่ 4.2	67
แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง.....	
ภาพที่ 4.3	68
แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษา โรงพยาบาล ข.....	
ภาพที่ 4.4	69
แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง.....	
ภาพที่ 4.5	70
แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษา โรงพยาบาล ค.....	
ภาพที่ 4.6	70
แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง.....	
ภาพที่ 4.7	74
แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.1 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง....	
ภาพที่ 4.8	74
แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.2 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง...	

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.36 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.30 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง....	91
ภาพที่ 4.37 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.31 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง....	92
ภาพที่ 4.38 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.32 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง....	92
ภาพที่ 4.39 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรคแนวราบ การระบายเชื้อโรคเปรียบเทียบเป็นจุดเม็ดกลมที่เคลื่อนที่ในห้อง ซึ่งลักษณะที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคมาก (รูปด้านขวา) และมีความเสี่ยงน้อย (รูปด้านซ้าย).....	99
ภาพที่ 4.40 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.5 (แผนผัง ก.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่น้อย.....	103
ภาพที่ 4.41 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.1 (แผนผัง ก.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลาง.....	104
ภาพที่ 4.42 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.29 (แผนผัง ข.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลาง.....	104

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 4.43	104
<p>แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.24 (แผนผัง ข.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับมาก.....</p>	
ภาพที่ 5.1	106
<p>แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อยซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 0 -8 รอบในพื้นที่.....</p>	
ภาพที่ 5.2	106
<p>แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลางซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 9 -16 รอบในพื้นที่.....</p>	
ภาพที่ 5.3	106
<p>แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่มากซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 17 - 25 รอบในพื้นที่.....</p>	
ภาพที่ 5.4	112
<p>เปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรควัณโรคที่มีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง (ภาพแถวบน) ซึ่งมีระดับความผันผวนของอากาศน้อย กับตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง (ภาพแถวล่าง) ซึ่งมีระดับความผันผวนของอากาศมาก.....</p>	
ภาพที่ 5.5	113
<p>เปรียบเทียบประสิทธิภาพของความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคภายในห้องตรวจรักษาโรควัณโรคกับตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านต่างๆ ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าของห้อง (ซ้ายบน) มีความเสี่ยงน้อย, ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านขวาของห้อง (ขวาบน) มีความเสี่ยงมาก, ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหลังของห้อง (ซ้ายล่าง) มีความเสี่ยงมาก และ ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านซ้ายของห้อง (ขวาล่าง) มีความเสี่ยงน้อย.....</p>	

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 5.6	114
แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของลักษณะการเคลื่อนที่และปริมาณ ความเร็วลมที่แตกต่างกัน อัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH มีระดับความผัน ผวนที่มากกว่า(แถวบน) และอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ซึ่งมีระดับความ ผันผวนที่น้อยกว่า (แถวล่าง).....	
ภาพที่ 5.7	115
แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของลักษณะการเคลื่อนที่และการจัดวาง เฟอร์นิเจอร์ที่แตกต่างกัน พบว่า การจัดวางเตียงตรงทางด้านหลังของห้อง มีระดับ ความผันผวนที่น้อย (แถวบน) และการจัดวางเตียงตรงด้านขวาของห้อง ซึ่งมี ระดับความผันผวนที่มากกว่า (แถวล่าง)	
ภาพที่ 5.8	118
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรค เปรียบเทียบ ระหว่าง อัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 15 ACH (ด้านซ้ายมือ) และ อัตราการ ถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH (ด้านขวามือ) ซึ่งเห็นได้ว่ารูปแบบการไหลของ กระแสลมต่อการระบายอากาศ 12 ACH มีลักษณะที่ดีกว่า 15 ACH ประเมิน จากจำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน.....	
ภาพที่ 5.9	119
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรค เปรียบเทียบ ระหว่าง อัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 15 ACH (ด้านซ้ายมือ) และ อัตราการ ถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH (ด้านขวามือ) ซึ่งเห็นได้ว่ารูปแบบการไหลของ กระแสลมต่อการระบายอากาศ มีลักษณะที่มีระดับความแปรปรวนที่มาก เกิดขึ้น.....	
ภาพที่ 5.10	121
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.5 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ.....	
ภาพที่ 5.11	121
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.8 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ.....	
ภาพที่ 5.12	122
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.20 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ.....	
ภาพที่ 5.13	122
แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.21 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ.....	

ภาพที่	หน้า
ภาพที่ 5.14 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัดโรครูปแบบที่ 2.28 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวนอน.....	123
ภาพที่ 5.15 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัดโรครูปแบบที่ 2.29 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวนอน.....	123
ภาพที่ 5.16 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัดโรครูปแบบที่ 2.5 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.8 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อมูลค่า ความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยวัดโรคในพื้นที่.....	124
ภาพที่ 5.17 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัดโรครูปแบบที่ 2.20 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.21 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อ มูลค่าความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยวัดโรคในพื้นที่.....	124
ภาพที่ 5.18 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัดโรครูปแบบที่ 2.28 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.29 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อ มูลค่าความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยวัดโรคในพื้นที่.....	125

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่	หน้า
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ ส่วนที่ 2 ก.....	60
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงถึงลักษณะของรูปแบบการจำลองสถานการณ์ ส่วนที่ 2 ก. ที่มีการวางแผนผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบมีเตียงตรวจด้านหลังห้อง ปรับเปลี่ยนตัวแปรที่แตกต่างกัน 16 รูปแบบ.....	73
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงถึงลักษณะของรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. ที่มีการวางแผนผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบมีเตียงตรวจด้านข้างของห้อง ปรับเปลี่ยนตัวแปรที่แตกต่างกัน 16 รูปแบบ.....	84
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางและด้านหลังของห้อง.....	95
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านหน้า ด้านขวา ด้านหลัง และด้านซ้ายของห้อง.....	96
แผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH และ 15 ACH.....	97
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยรูปแบบการจัดเฟอร์นิเจอร์ของแผนผังห้องตรวจ ก. และ แผนผังห้องตรวจ ข.	98
แผนภูมิที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก.....	101
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข.....	102

แผนภูมิที่	หน้า
<p>แผนภูมิที่ 5.1 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความ ผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละ ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งตรงกลางมีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับ ผันผวนมากกว่าและระดับผันผวนน้อยกว่าตำแหน่งข้างหลัง.....</p>	108
<p>แผนภูมิที่ 5.2 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความ ผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละ ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบซึ่งตำแหน่งการติดตั้งด้านหน้าและด้านซ้ายมีผลการเคลื่อนที่ของ อากาศในระดับความผันผวนน้อยจำนวนมากกว่าและระดับความผันผวน มากจำนวนน้อยกว่าตำแหน่งด้านหลัง.....</p>	109
<p>แผนภูมิที่ 5.3 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความ ผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละ อัตราการถ่ายเทอากาศของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งอัตรา การถ่ายเทอากาศ 12 ACH มีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับความผัน ผวนมากจำนวนน้อยกว่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH.....</p>	109
<p>แผนภูมิที่ 5.4 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความ ผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละการ จัดวางผังพื้นที่ใช้สอยของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งแผนผัง รูปแบบ ก. มีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับความผันผวนน้อยจำนวน มากกว่าแผนผังรูปแบบ ข.....</p>	110
<p>แผนภูมิที่ 5.5 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศระดับต่างๆ ระหว่างการ จำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 16 รูปแบบ ซึ่งรูปแบบ ซึ่งแผนผังรูปแบบ ก. มีระดับความผันผวนน้อยเกิดขึ้น</p>	120

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

พันธกิจสำคัญประการหนึ่งของสถานพยาบาลคือการดูแลเรื่องความปลอดภัยและสุขอนามัยของร่างกายตามมาตรฐานการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคในโรงพยาบาลในประเทศไทย ช่องทางการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคเข้าสู่ร่างกายได้หลายทาง อาทิ ทางการหายใจ ทางผิวหนังและทางเดินอาหาร แต่เชื้อวัณโรคจะมีการติดต่อทางการหายใจมากที่สุด โดยการแพร่กระจายทางอากาศ แหล่งแพร่เชื้อที่สำคัญที่สุดคือ ผู้ป่วยวัณโรค เมื่อผู้ป่วยไอ จาม พุด หัวเราะ จะเกิดละอองของเชื้อขนาดใหญ่จะตกลงบนพื้น ส่วนละอองขนาดเล็ก 1-5 ไมครอน จะสามารถแขวนลอยในอากาศเป็นเวลานานถึง 24 ชั่วโมง จึงจำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อทั้งตัวผู้ป่วยญาติและบุคลากรผู้ปฏิบัติงานในโรงพยาบาล แนวทางการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรค มีสามมาตรการคือ

1. การบริหารจัดการด้านนโยบาย (Administrative controls)
2. การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม (Environment controls)
3. การป้องกันระบบทางเดินหายใจ (Personal respiratory controls)

จากแนวทางการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรคข้างต้น การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม เป็นมาตรการเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคโดยการลดความเข้มข้นของอนุภาคของเชื้อวัณโรคในอากาศ ใช้หลักการทางสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม โดยการระบายอากาศ มีมาตรการ 2 ระดับ

1. การควบคุมขั้นแรก คือ การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ เป็นการควบคุมที่แหล่งเชื้อคือจากผู้ป่วยขณะกำลังมีการแพร่กระจายเชื้อ
2. การควบคุมขั้นสอง คือ การควบคุมทิศทางกรไหลของอากาศและการกรองอากาศ เพื่อให้อากาศมีอัตราการระบายอากาศเป็นไปตามมาตรฐานอัตราการระบายอากาศภายในและมีทิศทางของการระบายอากาศที่มีรูปแบบที่ดี และเอื้อต่อการลดการแพร่กระจายของเชื้อโรค

พื้นที่ในห้องตรวจรักษาโรควัณโรค ในโรงพยาบาลจัดได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมากที่สุด เนื่องด้วยขนาดของพื้นที่ที่มีอยู่จำกัดและมีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นส่วนใหญ่โดยเฉพาะในห้องตรวจรักษาโรค เพื่อสภาวะความน่าสบายของผู้อาศัยภายใน จึงควรมี

การควบคุมคุณภาพทางด้านสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานของการระบายอากาศที่ถูกต้อง เพื่อลด ภาวการณ์การเสี่ยงของบุคลากรต่อการติดเชื้อโดยตรง เพราะหากอากาศภายในนั้นไม่มีการ ระบายอากาศอย่างถูกต้องเท่าที่ควร ส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคภายในบริเวณของ การตรวจรักษาผู้ป่วยโรค โดยสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ อัตราการระบายอากาศภายใน (ACH) ควร มีปริมาณตามอัตราการระบายอากาศที่กำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานการออกแบบเพื่อควบคุม การติดเชื้อโรคคือ 12-15 ACH และทิศทางของการระบายอากาศควรมีรูปแบบที่ส่งเสริมต่อ การไหลเวียนของกระแสลมเพื่อความปลอดภัยต่อพื้นที่ (Directional Airflow) เพื่อช่วยควบคุมการ ติดเชื้อทางอากาศในโรงพยาบาล คือการควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ของอากาศจากพื้นที่สะอาด มากไปหาพื้นที่สะอาดน้อย จากการทำวิจัย ได้ทำการศึกษาเบื้องต้น พบว่าปัจจุบัน การใช้ พื้นที่ห้องตรวจรักษาโรคในโรงพยาบาลนั้นมีปัญหาหลายประการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับ ประสิทธิภาพของการควบคุมคุณภาพอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในห้องปรับอากาศที่บุคลากรใช้ ปฏิบัติการทำงานที่ใช้ร่วมกันกับผู้ป่วย มีการไหลเวียนของอากาศที่ต่ำเกินไป เนื่องจากการติดตั้ง พัดลมระบายอากาศผิดตำแหน่ง ปริมาณของความเร็วลมภายในที่เร็วและแรง การจัดวาง ตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ที่ก่อให้เกิดการขัดขวางการไหลของกระแสลมที่รายเรียบ หรือ การวาง ตำแหน่งการตรวจของแพทย์และผู้ป่วยที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อโรค และลักษณะของการติดตั้ง เครื่องปรับอากาศภายในห้องที่มีรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของ เชื้อโรคในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น

จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีการหารูปแบบและแนวทางลดการแพร่กระจายเชื้อ ในห้องตรวจรักษาโรค หากผู้ออกแบบได้ทำความเข้าใจและรับรู้ถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการ ออกแบบและประสิทธิภาพของการระบายอากาศในสถานการณ์จริง จะช่วยให้การออกแบบที่มี ประสิทธิภาพสามารถป้องกันและควบคุมการติดเชื้อทางอากาศได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา ดังนี้

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและประเมินลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคของโรงพยาบาล โดยเน้นที่ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า ช่องปล่อยลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศ และแผนผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์
- 1.2.2 เพื่อเสนอแนะแนวทางรูปแบบการออกแบบระบบปรับอากาศของห้องตรวจรักษา วัณโรคขนาดเล็กเพื่อการป้องกันการกระจายเชื้อวัณโรค

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ มีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

- 1.3.1 ศึกษาเฉพาะการระบายอากาศด้วยเครื่องกลเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับ การระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ
- 1.3.2 ศึกษาเฉพาะระบบระบายอากาศระหว่าง เครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศเท่านั้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับ การติดตั้งเครื่องฟอกอากาศภายในห้อง
- 1.3.3 ศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีอิทธิพลจากระบบปรับอากาศและการระบายอากาศเท่านั้น โดยไม่ได้รวมถึงการเคลื่อนที่ของอากาศอันเกิดจากความร้อน
- 1.3.4 ศึกษาเฉพาะการไหลเวียนของอากาศในห้องเท่านั้น ไม่ได้รวมกระบวนการหมุนเวียนของอากาศที่มีอยู่นอกห้อง

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ มีระเบียบวิธีศึกษา ดังนี้

- 1.4.1 การทบทวนเกณฑ์ในการออกแบบการระบายอากาศและทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมในหัวข้อต่างๆที่เกี่ยวข้อง อาทิ คุณภาพอากาศภายในอาคารและสถานพยาบาล ระบบของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศพร้อมการติดตั้ง เกณฑ์การควบคุมและมาตรฐานจากหน่วยงานนานาชาติ โดยนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเกณฑ์จากหน่วยงานต่างๆ เพื่อประยุกต์ใช้ในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง

- 1.4.2 การศึกษาการระบายอากาศในห้องปรับอากาศโดยการสำรวจภาคสนาม (Field Study)

โดยสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง จากการเข้าร่วมการสำรวจภาคสนามกับสำนักผิวหนัง กระทรวงสาธารณสุขและศูนย์ปฏิบัติงานเพื่อป้องกันและควบคุมการแพร่กระจายเชื้อโรค เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหาจากสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นของการระบายอากาศเพื่อการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคมากขึ้น อันนำมาถึงการศึกษาแนวทางแก้ไขต่อไป

โดยขั้นตอนการสำรวจภาคสนาม (Field Study) มีรายละเอียด ดังนี้

1.4.2.1 การเก็บข้อมูลของอาคารเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลของอาคารเบื้องต้น ได้แก่ ขนาดของห้องตรวจโรค หน้าต่าง ประตู ช่องเปิดต่างๆ ที่มีผลต่อการทิศทางการระบายอากาศและความเร็วของการระบายอากาศ รูปแบบการวางผังพื้นที่จริง การติดตั้งและขนาดของเครื่องปรับอากาศ พัดลมระบายอากาศ และเครื่องฟอกอากาศ และทำการเก็บข้อมูลของ กิจกรรม และพฤติกรรมการใช้งานภายในพื้นที่ ในช่วงเวลาทำการปฏิบัติงานเพื่อ ทำให้ทราบถึงกระบวนการขั้นตอนในการปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลต่อการใช้พื้นที่ เพื่อความเข้าใจของการวิจัยต่อการประมวลผลต่อไป

1.4.2.2 การหาค่าอัตราการระบายอากาศจากพื้นที่และเครื่องมือที่ติดตั้งภายในพื้นที่กรณีศึกษา

ผู้วิจัยได้ประมาณค่า การวัดอัตราการระบายอากาศในพื้นที่จริงจากเครื่องมือวัดความเร็วลม ในระดับของช่องปล่อยลมจากเครื่องปรับอากาศ พัดลมระบายอากาศ และตำแหน่งปฏิบัติงาน เพื่อนำค่ามาทำการคำนวณหาปริมาณอัตราการระบายอากาศภายในพื้นที่

1.4.3 การเปรียบเทียบความถูกต้องของเครื่องมือ

เพื่อทดสอบทิศทางการระบายอากาศ รูปแบบการระบายอากาศและความเร็วของกระแสลม โดยใช้ข้อมูลจากการทบทวนวรรณกรรมเพื่ออ้างอิง ขนาดของพื้นที่ และข้อมูลความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ นำผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์มาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นของโปรแกรมและหาแนวโน้มการระบายอากาศด้วยเครื่องปรับอากาศ ให้ได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด และเพื่อนำข้อมูลที่ได้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการพัฒนาปรับปรุงการออกแบบของห้องปรับอากาศที่เอื้อต่อการป้องกันการกระจายของเชื้อโรคในรูปแบบอื่นๆต่อไป

1.4.4 การศึกษาการระบายอากาศในห้องปรับอากาศโดยการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

1.4.4.1 การออกแบบห้องปรับอากาศในรูปแบบอื่นๆจากการคัดเลือกตัวแปร (Schematic Design)

ทำการจำลองผลจากการออกแบบในรูปแบบที่มีการตั้งค่าการปรับเปลี่ยนตัวแปร เช่น การออกแบบผังพื้นที่อาคาร ตำแหน่งการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ และปริมาณความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ

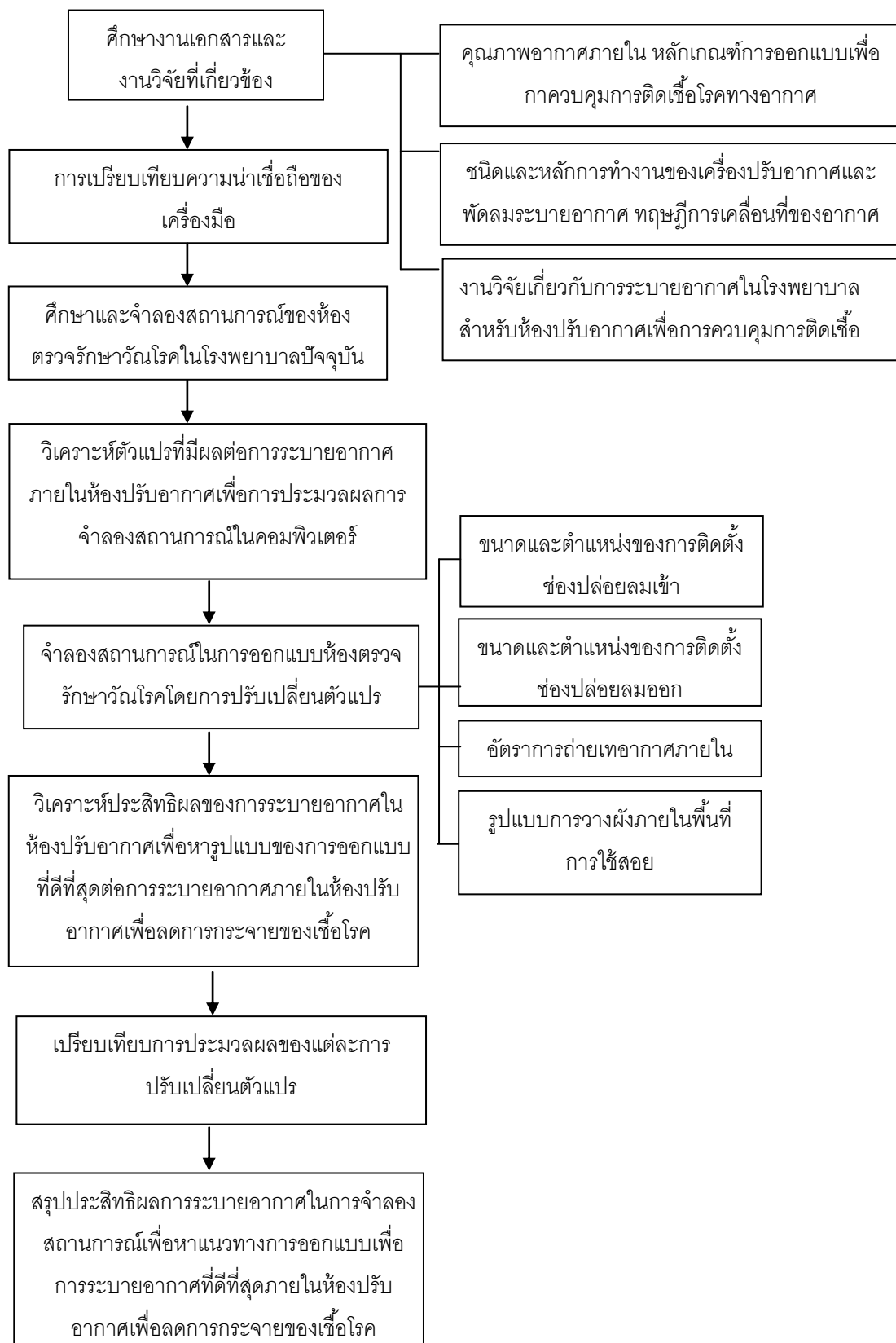
1.4.4.2 การเปรียบเทียบตัวแปรตามของการระบายอากาศในห้องปรับอากาศ

ทำการจำลองการระบายอากาศโดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้น คือ ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศ และแผนผังพื้นที่ภายใน โดยอ้างอิงเกณฑ์ปัจจัยรูปแบบการระบายอากาศที่ดีที่สุด

1.4.5 การสรุปประสิทธิผลของการระบายอากาศในห้องปรับอากาศ จากการจำลองสถานการณ์ (Simulation)

รูปแบบที่เกิดขึ้นจากการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลเพื่อการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ทำให้เกิดรูปแบบของการระบายอากาศที่หลากหลาย และจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการควบคุมการกระจายเชื้อไวรัสโรคที่แตกต่างกันในเรื่องของทิศทาง รูปแบบการระบายอากาศ ปริมาณอัตราการระบายอากาศ และการหมุนเวียนอากาศที่ดีเข้ามาภายในห้อง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบของห้องปรับอากาศขนาดเล็กในโรงพยาบาลที่เหมาะสมต่อไป และจากการประมวลผลขึ้นต้นของตัวแปรต่างๆ จะสามารถเห็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการระบายอากาศที่ดีที่สุดเพื่อนำมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงเพื่อป้องกันการกระจายเชื้อโรคภายในห้องต่อไป

แผนภาพลำดับของระเบียบวิธีวิจัย



1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยชิ้นนี้ มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

- 1.5.1 สามารถเข้าใจถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ
- 1.5.2 ได้แนวทางในการออกแบบห้องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อลดการกระจายของเชื้อโรคที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งเนื้อหาเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คุณภาพอากาศภายในอาคาร ระบบและการทำงานของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ และการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่ผ่านมาเรื่องการระบายอากาศเพื่อป้องกันเชื้อโรค โดยในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ส่วนที่ 1 การศึกษาเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งประกอบด้วย คุณภาพอากาศภายในของโรงพยาบาล การศึกษาหลักเกณฑ์การระบายอากาศในโรงพยาบาลและการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ต่างๆ การศึกษาหลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล เพื่ออธิบายหลักการและลักษณะของการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในของโรงพยาบาลที่ช่วยป้องกันการแพร่เชื้อโรคในอากาศ

ส่วนที่ 2 การศึกษาระบบเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ ซึ่งประกอบด้วย การศึกษาหลักการทำงาน ปริมาณกระแสลมที่เกิดขึ้น ทฤษฎีการเคลื่อนไหวของลมเพื่อความเข้าใจของการระบายอากาศภายในพื้นที่ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศเพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการติดตั้งเครื่องมือเพื่อการระบายอากาศที่ดีที่สุด

ส่วนที่ 3 การศึกษาผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศในโรงพยาบาล เพื่อการเข้าใจในการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อการระบายอากาศสำหรับห้องปรับอากาศ อันนำมาซึ่งการกำหนดตัวแปรในการวิจัย จากการวิเคราะห์ถึงช่องว่างของปัญหาที่เกิดขึ้นโดยอ้างอิงจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา

ส่วนที่ 1 การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

2.1 คุณภาพอากาศภายในอาคาร

คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ) เป็นการศึกษา การประเมิน และการควบคุมอากาศภายในอาคารที่มีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของอุณหภูมิ ความชื้น กลิ่น และความสะอาด ซึ่งระบบการไหลเวียนของอากาศภายในอาคาร เกิดขึ้นทั้งจากภายนอก เช่น พลังงานความร้อน มลภาวะจากโรงงาน มลภาวะจากยานพาหนะ และจากธรรมชาติ และจากภายใน เช่น ระบบปรับอากาศ วัสดุปิดผิวภายในอาคาร สารพิษจากอุปกรณ์ในอาคาร ต่างๆ

มนุษย์จะดำรงชีวิตและดำเนินกิจกรรมต่างๆภายในอาคาร ซึ่งคุณภาพอากาศไม่ดี จะสามารถส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรคทางระบบทางเดินหายใจ

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ IAQ แบ่งเป็น 3 อย่าง ดังต่อไปนี้

1. มลพิษทางชีวภาพ ได้แก่ ปริมาณเชื้อรา ฝุ่น ไรฝุ่น เชื้อวัณโรค
2. มลพิษทางเคมี ได้แก่ กลิ่นจากควันบุหรี่ สารระเหย สารฟอร์มัลดีไฮด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรดอน
3. มลพิษทางกายภาพ ได้แก่ ฝุ่นหรือราดำจากท่อแอร์ซึ่งมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถมองเห็นได้ ความเร็วลม อุณหภูมิและความชื้น

สร้อยสุดา เกสรทอง (2554) ได้ให้ความหมายของ คุณภาพของอากาศภายในอาคาร ไว้ว่า คือ “สภาพแวดล้อมในอาคารที่มีหรือไม่มีสิ่งปนเปื้อนก็ได้ ซึ่งถ้ามีจะต้องอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ”

โดยที่สภาพอากาศควรมีเงื่อนไขดังนี้ คือ สภาพะความน่าสบายของผู้อาศัยในพื้นที่นั้น การระบายอากาศที่ส่งผลที่ดีต่อพื้นที่ และความเข้มข้นของก๊าซหรือสารต่างๆ ในอากาศต้องไม่ก่อให้เกิดผลร้ายหรือมีอันตรายต่อสุขภาพของคน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงพยาบาล ซึ่งเป็นสถานที่ที่ต้องมีการดูแลเป็นพิเศษ เพราะผู้ป่วยระบบทางเดินหายใจที่มารักษาเป็นจำนวนมาก สามารถเป็นแหล่งของเชื้อโรคระบบทางเดินหายใจที่ส่งผลกระทบต่อการระบายอากาศในพื้นที่เป็นอย่างมาก จึงควรมีการศึกษาเพื่อความเข้าใจในการจัดการการระบายอากาศเพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อโรควัณโรคภายในอาคาร

2.1.1 คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

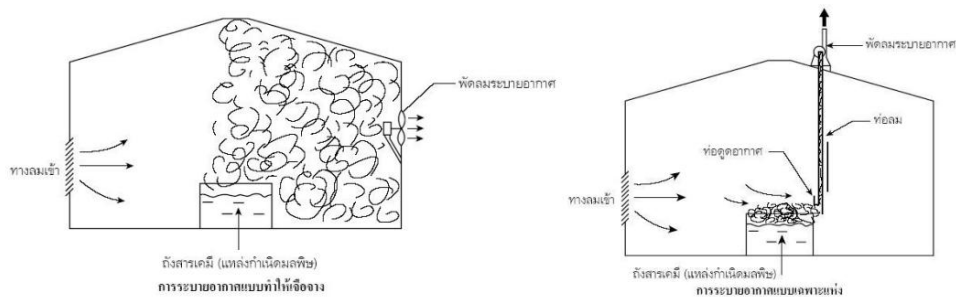
สถานพยาบาลเป็นแหล่งของการแพร่กระจายเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในอากาศมากที่สุด จึงต้องมีระบบการจัดการที่ถูกต้องตามหลักการการจัดการของคุณภาพอากาศภายใน เพื่อให้คุณภาพอากาศภายในมีระบบการระบายอากาศอากาศที่ดี สามารถดำเนินการโดยอาศัยหลักการและวิธีการต่างๆ (จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ, 2554 : ออนไลน์) ดังนี้

1. ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่นำเข้ามาในอาคารนั้น ต้องไม่น้อยกว่าที่กำหนดใน ASHRAE Standard 62-1989 หรือมาตรฐานตามคำแนะนำของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย หรือมาตรฐานของหน่วยงานของรัฐต่างๆ ซึ่งควรมีปริมาณ 12-15 ACH เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์สามารถกระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคารอย่างทั่วถึงและรวดเร็ว
2. ช่องนำอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air grille) ควรอยู่ห่างจากบริเวณอากาศสกปรกภายนอกอาคาร เช่น
 - ถนนที่มีการจราจรหนาแน่นที่จอดรถหรือบริเวณขนถ่ายสินค้า

- ท่อไอเสียของหม้อน้ำ (Boiler) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า
 - อากาศร้อนชื้นที่ออกจากหอหล่อเย็น (Cooling tower)
 - ช่องระบายอากาศเสียของห้องน้ำหรือห้องครัวของอาคารโดยทั่วไป
- ขอบล่างของช่องนำอากาศบริสุทธิ์ควรสูงจากระดับดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร หรือสูงจากพื้นหลังคาไม่ต่ำกว่า 1 เมตร
3. ช่องระบายอากาศออกจากอาคาร (Exhaust air grille) ควรอยู่ห่างจากช่องอากาศบริสุทธิ์ไม่น้อยกว่า 9 เมตร หรืออยู่ที่กำแพงคนละด้านโดยค้ำนึ่งถึงทิศทางลมในแต่ละฤดูกาลหรือผลจากลมที่ปะทะกับอาคารข้างเคียง ประกอบด้วยเพื่อป้องกันมิให้อากาศสกปรกไหลย้อนกลับเข้าสู่ตัวอาคารอีก
 4. การควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศ โดยมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาอย่างเพียงพอในขณะที่ยังมีคนทำงานอยู่ในอาคาร และเพื่อระบายอากาศสกปรกที่ยังตกค้างอยู่ให้หมด ควรติดตั้งพัดลมดูดอากาศเสียออกจากบริเวณของอาคารที่มีอากาศสกปรกมาก โดยรักษาความดันอากาศในห้องที่สกปรกให้ต่ำกว่าห้องข้างเคียง (Negative Pressure) เพื่อป้องกันมิให้สิ่งสกปรกกระจายไปสู่ส่วนอื่นๆของอาคาร และระบบปรับอากาศที่ดีนั้นต้องสามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่ายและสะดวกโดยเฉพาะส่วนที่ชื้นและมีน้ำขังอยู่เป็นประจำ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแนะนำให้ ติดตั้งระบบกรองอากาศที่เหมาะสมสำหรับอากาศบริสุทธิ์และอากาศหมุนเวียนในอาคารแผ่นกรอง (HEPA Filter) พร้อมการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ หรือ หลอดฆ่าเชื้อ

การระบายอากาศในพื้นที่นั้น เป็นสิ่งสำคัญที่จะชี้วัดคุณภาพอากาศภายในได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสถานพยาบาลอัตราของการระบายอากาศนั้นต้องมีอัตราตามที่กำหนดไว้ในเกณฑ์มาตรฐาน เพราะการระบายอากาศจะเป็นวิธีการควบคุมมลพิษทางอากาศโดยอาศัยหลักการเคลื่อนย้ายของอากาศโดยให้ไหลไปในทางทิศทางและความเร็วที่ต้องการ เพื่อให้มีลักษณะการไหลของกระแสลมที่มีรูปแบบที่ดี เพื่อการขจัดอากาศเสียออกไปจากพื้นที่ปฏิบัติงาน และให้อากาศบริสุทธิ์ไหลเข้ามาแทนที่ ซึ่งมีความปลอดภัยต่อสุขอนามัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

การระบายอากาศ สามารถแยกออกตามลักษณะการใช้เป็น 2 ลักษณะคือ การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง และแบบเฉพาะที่



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบทำให้เจือจางและแบบเฉพาะที่
(ที่มา: รองศาสตราจารย์ ดร. สุทิน อยู่สุข และคณะ, การระบายอากาศ, 2-20)

คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลควรมีการจัดการเรื่องการระบายอากาศโดยรวม เพื่อการนำเอาอากาศที่ดีเข้ามาแทนที่อากาศที่มีการแพร่กระจายของเชื้อโรคเกิดขึ้น ซึ่งหลักการจัดการที่สำคัญได้แก่ การควบคุมการไหลของอากาศในพื้นที่ (Directional Airflow) โดยให้มีอัตราการถ่ายเทอากาศตามหลักเกณฑ์การระบายอากาศเพื่อการควบคุมเชื้อโรคและการระบายอากาศให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ ลดการเกิดพื้นที่อับลม หลักการระบายอากาศเพื่อการควบคุมการระบายเชื้อโรคนั้น ควรมีลักษณะของการระบายอากาศแบบเฉพาะที่จากแหล่งเชื้อโรคโดยตรง หรือบริเวณของการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค ทิศทางการไหลของอากาศนั้น จะต้องเป็นไปตามหลักการระบายอากาศเพื่อป้องกันอันตรายจากเชื้อโรค ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบถึงอัตราของการเกิดของเชื้อโรคหรืออัตราการแพร่กระจายของเชื้อโรค ซึ่งสิ่งสำคัญต่อการไหลของอากาศเพื่อป้องกันการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค การลดกระแสไหลวนเป็นลมหมุน (Eddy Air Flow) ในพื้นที่ เพราะจะส่งผลให้เพิ่มความเสี่ยงต่อการกระจายเชื้อในอากาศมากขึ้นตามจำนวนรอบหมุนของกระแสลม และควรมีอัตราการระบายอากาศในพื้นที่ตามหลักเกณฑ์มาตรฐานของการออกแบบการระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาล เพื่อการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคในโรงพยาบาลสำหรับห้องตรวจรักษาโรควัณโรค ซึ่งการควบคุมที่แหล่งแพร่เชื้อคือ จากผู้ป่วย จะเป็นผลดีต่อการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากจุดที่สะอาดมากไปยังจุดที่สะอาดน้อย และรูปแบบที่ช่วยส่งเสริมต่อการไหลของอากาศที่ดีเพื่อลดการเกิดกระแสการไหลวนของอากาศภายในพื้นที่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อโรค

2.1.2 หลักเกณฑ์การระบายอากาศในโรงพยาบาล

เกณฑ์และมาตรฐานการระบายอากาศนั้นได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยป้องกันควบคุมการแพร่เชื้อวัณโรค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็นการเข้าใจในข้อมูลจึงได้จัดการเปรียบเทียบข้อมูล ระหว่าง Occupational Safety and Health Administration

(OSHA 1997), National Fire Protection Association (NFPA 1999), American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE 2003), Center for Disease Control and Prevention Guidelines (CDC 2005), American Institute of Architect (AIA 2006) และ สมาคมวิศวกรรมแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ.) อัตราการระบายอากาศตามกฎหมายกระทรวงฉบับที่ 33 ภายใต้ พ.ร.บ. ควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

ตารางที่ 2.1 : แสดงการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศของห้องแยกโรคไว้โรคจากเกณฑ์มาตรฐานต่างๆ

เกณฑ์มาตรฐาน	อุณหภูมิ (°c)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%) RH	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในชั้นต่ำ (ACH)	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายนอกชั้นต่ำ (ACH)	ความดันอากาศ
OSHA 1997	-	-	≥ 12	2	ลบ
NFPA 1999	24 +/- 1 °c	50 +/- 10% RH	<15	-	
ASHARE 2003	23.8 °c	-	>12	2	
CDC 2005	25 °c	-	≥ 12	2	
AIA 2006	-	-	≥ 12	2	
วสท.	23.8 °c	-	>12	2	

จากการเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทอากาศข้างต้นนั้น สามารถนำมาประยุกต์ต่อห้องตรวจรักษาโรคไว้โรคได้ คือ ปริมาณ 12 -15 ACH และต้องได้รับการออกแบบให้เป็นไปตามมาตรฐานของการออกแบบเพื่อควบคุมการติดเชื้อโรคของโรงพยาบาล เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อไว้โรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.1.3 หลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

ข้อกำหนดพื้นฐานของระบบปรับอากาศและระบายอากาศในสถานพยาบาล จากกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ 1) การควบคุมสิ่งแวดล้อมแบบปฐมภูมิ

(Primary environmental control) คือการควบคุมสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีธรรมชาติ โดยเชื้อต่อการไหลของลม ไม่เกิดการขัดขวางการไหลของลม จากวิธีการเปิดประตู และหน้าต่างทุกบานในห้อง โดยให้ลมพัดจากที่สะอาดมากไปสู่ที่สะอาดน้อย จะสามารถช่วยลดความเข้มข้นของเชื้อในห้องได้ ซึ่งในปัจจุบันมีการเพิ่มการติดตั้งพัดลมและเครื่องปรับอากาศมากขึ้น จึงควรมีความรู้เรื่องชนิดของพัดลมและเครื่องปรับอากาศให้เชื้อต่อการลดความเข้มข้นของเชื้อโรคในห้องมากขึ้น โดยเฉพาะการเลือกตำแหน่งการวางหรือติดตั้งของพัดลม เพื่อเพิ่มการไหลเวียนของอากาศและทำให้เชื้อวัณโรคเจือจาง โดยให้เกิดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายมากที่สุด ซึ่งเป็นการควบคุมจากแหล่งของเชื้อโรคแบบเฉพาะที่ คือ ผู้ป่วย และ 2) การควบคุมสิ่งแวดล้อมแบบทุติยภูมิ (Secondary environment control) เป็นวิธีการควบคุมไม่ให้อากาศโดยรอบของบริเวณแหล่งเชื้อโรคกระจายออกไปวงกว้าง โดยการควบคุมการไหลของอากาศ (Directional Air flow) การกรองด้วยแผงกรองอากาศ หรือการใช้ (Ultraviolet germicidal irradiation : UVGI) โดยวัตถุประสงค์หลักของวิธีควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อ

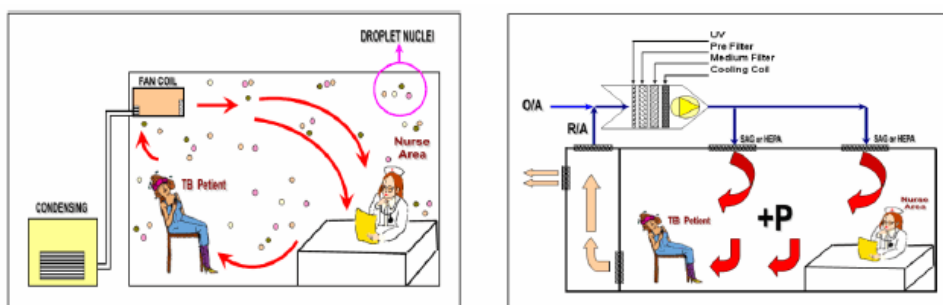
- 1) ป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคไปสู่บริเวณโดยรอบ
- 2) กำจัดเชื้อที่อยู่ในห้องในรูปของ Droplet nuclei เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อบุคลากรและผู้ป่วย
- 3) กำหนดทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง ก่อนการปล่อยออกจากห้อง
- 4) รักษาระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ให้บุคลากรและผู้ป่วยสุขสบาย

หลักการพื้นฐานของวิธีควบคุมสิ่งแวดล้อม เพื่อการควบคุมการติดเชื้อโรคทางอากาศ ได้แก่

1. การออกแบบเพื่อป้องกันเชื้อโรคเข้า (ความดันบวก) หรือป้องกันเชื้อโรคออกจากห้อง (ความดันลบ) จากรอยรั่วตามที่ต่างๆ เช่น กรอบประตู กรอบหน้าต่าง ผนัง และฝ้าเพดาน และสร้างความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องและภายนอกห้อง
2. การกรองอากาศ การกำจัดเชื้อโรคออกจากอากาศโดยหลักมาตรฐานการกรองเชื้อโรค ในอากาศมีแหล่งกำเนิดทั้งจากภายนอกและภายในห้อง โดยปริมาณเชื้อภายในห้องมีสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนคนที่เคลื่อนไหวทำงานในห้อง (CDC, 1999 Guideline for Prevention of Surgical Site Infection) การกำจัดเชื้อจากภายนอกทำได้โดยให้อากาศที่เติมเข้ามาในระบบผ่านการกรองก่อนที่จะจ่ายเข้าสู่ห้อง สำหรับการกำจัดเชื้อที่เกิดภายในห้องออกจากอากาศ สามารถทำได้โดยการหมุนเวียนลมปริมาณมากๆภายในห้องไปผ่านแผงกรองอากาศประสิทธิภาพ

สูง (HEPA Filter) ซึ่งควรเป็นแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพการกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง อย่างน้อยกรองเชื้อวัณโรคที่มีขนาดเล็ก 0.3 ไมครอน โดยแผงกรองอากาศทั้งหมด 3 ชุด มีอัตราการกรองอากาศไม่น้อยกว่า 300 CFM เป็นไปตามมาตรฐาน ASHARE 52.2 ประกอบด้วย HEPA Filter EFF. 99.97% 0.3 um ขนาด 24x24x6 นิ้ว มีอัตราการกรองอากาศไม่น้อยกว่า 300 CFM ซึ่งประกอบด้วย

- 1) แผงกรองชุดที่ 1 แผงกรองหยาบ (Pre filter) ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 25 % (ASHARE 52.2-1999)
 - 2) แผงกรองชุดที่ 2 แผงกรองละเอียด (HEPA filter) ประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า 99.97%
 - 3) แผงกรองชุดที่ 3 แผงกรองกลิ่นและสารเคมี (Carbon filter)
3. การเจือจางเชื้อในอากาศโดยการเติมอากาศจากภายนอก การนำอากาศภายนอกเข้ามาผสมกับอากาศภายในห้อง จะทำให้ความเข้มข้นของเชื้อลดลง และอากาศจากภายนอกควรผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศเช่นเดียวกับลมหมุนเวียนภายในห้อง โดยมีอัตราการหมุนเวียนอากาศไม่น้อยกว่า 12-15 ACH
4. ควบคุมทิศทางกรไหลของอากาศจากที่สะอาดไปหาจุดที่สะอาดน้อย โดยจุดสะอาดคือ จุดที่ไม่ได้มีเชื้อโรคปะปนอยู่หรือปะปนในปริมาณที่น้อยที่สุดในพื้นที่ไหลผ่านไปยังจุดที่มีเชื้อโรคอยู่ เพื่อการไหลของอากาศโดยลดการแพร่กระจายเชื้อโรคที่อากาศได้อย่างมีคุณภาพ



ภาพที่ 2.2 แสดงการออกแบบการควบคุมทิศทางกรไหลของอากาศจากจุดที่สะอาดมาก (หมอ) ไปหาจุดที่สะอาดน้อย (ผู้ป่วย) (ต้น รวงวิทย์, 2554 : ออนไลน์)

5. การปรับความดันของอากาศภายในห้อง การควบคุมและป้องกันการติดเชื้อโรคทางอากาศคือ มีความต้องการไม่ให้เชื้อโรคแพร่กระจายจากภายในออกไปสู่ภายนอกห้อง เพื่อวัตถุประสงค์ ป้องกันบุคลากรและผู้ป่วยที่อยู่ภายนอกห้อง ไม่ได้รับการแพร่เชื้อจากผู้ป่วยโรคภายในห้อง ดังนั้น การออกแบบจึงควรทำให้อากาศหมุนเวียนไม่น้อยกว่า 12-15 ACH คือแรงดันลมภายในห้องน้อยกว่าภายนอกห้อง จะทำให้เชื้อโรคภายในห้องไม่สามารถแพร่กระจายออกไปในภายนอกห้องได้ โดยมีความดันบรรยากาศในห้องต่ำกว่าพื้นที่ใกล้เคียงไม่น้อยกว่า 2.5 Pascal เพื่อการควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากสะอาดมากไปสะอาดน้อย
6. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อโรคภายในห้อง ป้องกันจุดอับชื้นภายในห้อง ซึ่งควรมีค่าความชื้นที่เหมาะสม คือ ไม่เกิน 50-60% RH และอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส และควรจัดการห้องให้มีความสะอาด และเป็นที่สะสมฝุ่น ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สำนักงาน เครื่องมือ พื้น เพดาน ผนัง ท่อลม และพัดลม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบปรับอากาศไม่ควรมีพื้นที่ผิวที่มีน้ำขังและเปียกชื้น
7. การฆ่าเชื้อโรคในอากาศ การใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อ (UVGI -Ultraviolet Germicidal Irradiation) เป็นวิธีการที่ได้รับการศึกษาและใช้กันมานาน รังสี UV เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงคลื่น 100-400nm, สำหรับหลอดรังสี UV ที่มีผลิตขายเพื่อใช้ในการฆ่าเชื้อ จะมีความยาวคลื่น 254 nm ซึ่งเป็น UV-C UVGI สามารถนำมาใช้ได้ 2 ลักษณะคือ การติดตั้งในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ และการติดตั้งอยู่ส่วนบนของห้อง (Upper Room) การติดตั้งหลอดรังสี UV การติดตั้งในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ จะฆ่าเชื้อในอากาศที่ผ่านฟิลเตอร์ก่อนที่จะผ่านหลอดรังสี UV ฉายเข้ามาในห้อง หากติดตั้งอย่างถูกต้องแล้ว อันตรายจากแสง UV ในเครื่องควบคุมอากาศปลอดเชื้อ จะมีเฉพาะในช่วงการเปิดเข้าไปบำรุงรักษา ดังนั้นจึงต้องมีค่าเตือนติดประกาศไว้บริเวณใกล้เคียง ให้ปิดหลอด UV ก่อนที่จะเข้าไปบำรุงรักษาการติดตั้งหลอด

ส่วนที่ 2 การศึกษาระบบเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ

2.2 หลักการทำงานของระบบเครื่องปรับอากาศ

อากาศจากเครื่องปรับอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในที่อาจส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนเชื้อโรคได้เช่นกัน ระบบปรับอากาศเพื่อการระบายอากาศภายในอาคารประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อการปรับอุณหภูมิ ความชื้น ความสะอาดเพื่อความสบายความปลอดภัยและสุขภาพของผู้อยู่อาศัยและผู้ใช้อาคาร โดยแบ่งระบบปรับอากาศตามประเภทของการติดตั้ง ได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 1 เครื่องแบบติดหน้าต่าง (Window Type Unit)
- 2 เครื่องแบบแยกส่วน (Split Type Unit)
- 3 เครื่องแบบเป็นชุด (Package Unit)

2.2.1 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

โดยเครื่องปรับอากาศ 3 แบบที่ได้กล่าวถึงเบื้องต้น มีหลักการทำงานเหมือนกัน โดยที่อุปกรณ์จ่ายสารทำความเย็นจะปล่อยสารทำความเย็นเหลว ที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำในปริมาณที่พอเหมาะ กับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเข้าสู่คอยล์ทำความเย็น (Evaporator) โดยมีพัดลมแบบหอยโข่ง (Centrifugal Blower) ดูดอากาศร้อนขึ้นและสกรปรกภายในอาคารผ่านแผ่นกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งวางอยู่ด้านหน้าคอยล์ เพื่อขจัดฝุ่นละอองที่ลอยปะปนมาบางส่วนออกไป เมื่ออากาศร้อนขึ้นเคลื่อนที่ผ่านคอยล์จะคายความร้อนให้แก่สารทำความเย็นที่ไหลอยู่ภายใน ทำให้มีอุณหภูมิและความชื้นลดต่ำลง และถูกส่งเข้าสู่อาคารเพื่อรับความร้อนอีกครั้งหนึ่ง ส่วนสารทำความเย็นเหลวภายในคอยล์ ซึ่งได้รับความร้อนจากอากาศจะระเหยกลายเป็นไอที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำถูกคอมเพรสเซอร์ดูดเข้าไปและอัดออกมาเป็นไอที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงเคลื่อนเข้าสู่คอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนให้แก่น้ำหรืออากาศภายนอกอาคาร ทำให้กลั่นตัวกลับเป็นสารทำความเย็นเหลวที่มีอุณหภูมิสูงและความดันสูงกลับเข้าสู่อุปกรณ์ปล่อยสารทำความเย็นอีกครั้งหนึ่งวนเวียนเป็นวงจรเช่นนี้ตลอดเวลา หลักการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น แตกต่างกันเพียงแต่ตัวคูเลเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นจะทำความเย็นให้แก่ น้ำแทนที่จะเป็นอากาศน้ำเย็น (Chilled Water) ที่ออกจากคูเลเตอร์มีอุณหภูมิประมาณ 45 °F จะถูกเครื่องปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ปั๊มส่งไปยังคอยล์ทำความเย็นของเครื่องจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit) ที่ตั้งอยู่ตามส่วนต่าง ๆ ของอาคาร อากาศร้อนขึ้นที่สกรปรกภายในอาคารจะถูกพัดลมแบบหอยโข่งของเครื่องส่งลมเหล่านั้นดูดผ่านแผ่นกรองอากาศและคอยล์ทำความเย็นทำให้สะอาดตลอดจนมีอุณหภูมิและความชื้นลดลง

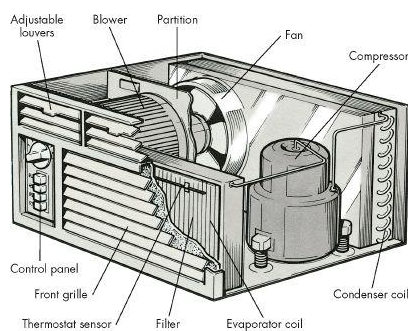
ในขณะที่เดียวกันน้ำเย็น (Chilled Water) ที่รับความร้อนจากอากาศภายในอาคารจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 55 °F จะถูกเครื่องปั๊มน้ำเย็น ส่งเข้าสู่คอยล์เพื่อคายความร้อนน้ำให้แก่สารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำที่ไหลอยู่ภายในตัวคอยล์นั้นอีกทอดหนึ่ง จนมีอุณหภูมิลดลงเหลือ 45 °F ดังเดิมอุณหภูมิน้ำเย็นในระบบทำน้ำเย็น (Chilled system) จึงมีค่าแปรเปลี่ยนระหว่าง 45-55 °F ตลอดเวลา

ส่วนสารทำความเย็นอุณหภูมิต่ำ และความดันต่ำภายในคอยล์ เมื่อได้รับความร้อนจากน้ำเย็นอุณหภูมิต่ำ 55 °F จะระเหยกกลายเป็นไอถูกคอมเพรสเซอร์ดูดเข้าไปและอัดออกมาเป็นไอที่อุณหภูมิและความดันสูงส่งเข้าไปในคอนเดนเซอร์ เพื่อระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกอาคาร ทำให้สารทำความเย็นกลั่นตัวเป็นของเหลวไหลผ่านอุปกรณ์ป้อนสารทำความเย็น เพื่อป้อนเข้าสู่คอยล์ และรับความร้อนจากน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่ง

2.2.2 ความเหมาะสมในการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแต่ละชนิด

1. เครื่องปรับอากาศติดหน้าต่าง

ประกอบด้วยชิ้นส่วนและอุปกรณ์หลัก 4 อย่าง ประกอบสำเร็จรูปภายในตัวถังเดียวกันมาจากโรงงานผู้ผลิต มีขนาดตั้งแต่ 1-2 ตันความเย็น ระบายความร้อนด้วยอากาศมักใช้ทำความเย็นแก่ห้องขนาดเล็กที่มีพื้นที่ไม่เกิน 30 ตารางเมตร โดยติดตั้งเข้าที่ช่องหน้าต่างของอาคารไม่สามารถต่อท่อส่งลมเย็นได้ มักใช้กับห้องพักในโรงแรม หรือสำนักงานชั่วคราวของหน่วยงานก่อสร้าง แต่มีข้อเสีย คือเสียงการทำงานของตัวเครื่องค่อนข้างดัง และทำให้เกิดการสิ้นเปลืองของตัวเนื่องจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์



ภาพที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด Window Type Unit (มหาวิทยาลัยราช มงคล, 2554 : ออนไลน์)

2. เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

ตัวเครื่องแบ่งเป็น 2 ส่วนแยกต่างหากกันคือส่วนที่อยู่ภายในห้อง เรียกว่า แฟนคอยล์ (Fan Coil Unit) ประกอบด้วย ท่อรูเล็กหรือวาล์วระเหยสารทำความเย็น คอยล์ฮีวเปอร์เรเตอร์, พัดลมแบบหอยโข่ง และแผ่นกรองอากาศ ส่วนที่อยู่นอกห้อง เรียกว่า คอนเดนซิง ยูนิท (Condensing Unit) ประกอบด้วย คอมเพรสเซอร์และคอยล์ คอนเดนเซอร์สำหรับระบายความร้อนด้วยอากาศ

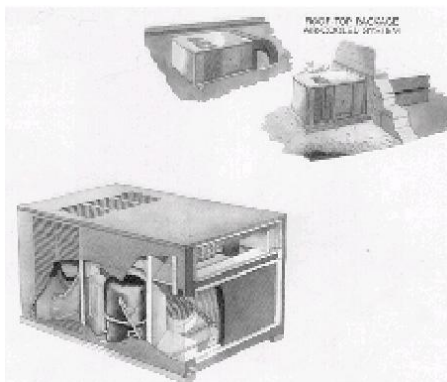
เครื่องบางผลิตภัณฑ์ ท่อรูเล็กหรือวาล์วระเหยสารทำความเย็นอาจติดอยู่ที่คอนเดนซิงยูนิทก็ได้เครื่องแบบแยกส่วนนี้ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- 1) ประเภทที่ใช้ในบ้านพักอาศัย (Residential Type) มีขนาดประมาณ 1-5 ตัน ความเย็น มักมีรูปแบบสวยงามเพื่อใช้ตกแต่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ชิ้นหนึ่งของอาคาร นิยมใช้ในบ้านพักอาศัย สำนักงานขนาดเล็ก ห้องพักในโรงแรม ห้องคนไข้ในโรงพยาบาล เป็นต้น
- 2) ประเภทที่ใช้ในอาคารพาณิชย์ (Commercial Type) มีขนาดระหว่าง 5-60 ตันความเย็น รูปร่างของตัวเครื่องไม่เน้นความสวยงาม เพราะชุดแฟนคอยล์ มักติดตั้งอยู่ภายในห้องเครื่องที่จัดเตรียมไว้

3. เครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด

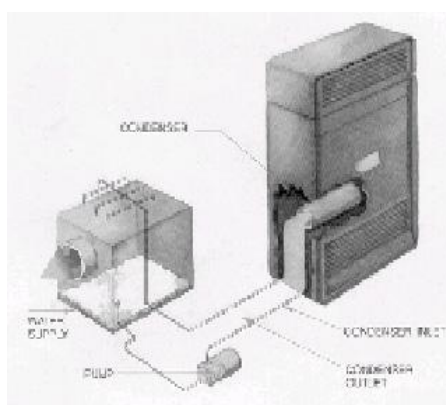
เป็นเครื่องที่มีชิ้นส่วนอุปกรณ์ทั้ง 4 อย่าง ประกอบสำเร็จรูปอยู่ในตัวถึงเดียวกันจากโรงงานผู้ผลิตเช่นเดียวกับเครื่องแบบติดหน้าต่าง แต่มีสมรรถนะการทำ ความเย็นสูงกว่า แบ่งย่อยเป็น

- 1) ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ มีการใช้งานใน 2 ลักษณะ คือ
 - ก. ใช้ติดตั้งภายในห้องเครื่องที่อยู่ริมอาคารแต่ละชั้น โดยมีช่องขนาดใหญ่เปิดออกสู่ภายนอก เพื่อนำอากาศเย็นเข้ามาระบาย และนำอากาศร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ มักใช้กับอาคารสูงที่แบ่งพื้นที่ให้เช่าออกเป็น ส่วนสมรรถนะของแต่ละเครื่องประมาณ 7.5 - 30 ตันความเย็น
 - ข. ใช้ติดตั้งบนหลังคาภายนอกอาคารชั้นเดียวที่มีพื้นที่มาก เช่น ห้างสรรพสินค้าขนาดใหญ่ เรียกว่า เครื่องแบบ Rooftop ไม่จำเป็นต้องจัดเตรียมห้องเครื่องไว้ภายในอาคาร จึงสามารถใช้พื้นที่เพื่อการวางสินค้าได้อย่างเต็มที่ มีขนาดใหญ่ถึงตัวละ 120 ตันความเย็น



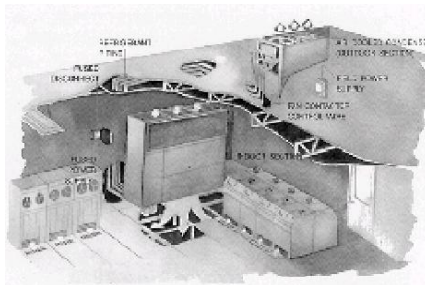
ภาพที่ 2.4 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE AIR - COOLED UNIT (มหาวิทยาลัยราชวมงคล, 2554 : ออนไลน์)

2) ชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ มีขนาดตั้งแต่ 5-75 ตันความเย็นต่อตัวมักใช้กับอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ที่แบ่งพื้นที่ขายหรือให้เช่าออกเป็นส่วน ๆ เจ้าของอาคารจะจัดเตรียมคูลลิ่งทาวเวอร์ (Cooling Tower) พร้อมเครื่องปั๊มน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pump) แล้วเดินท่อน้ำหล่อเย็น (Condenser Water Pipes) ไปยังพื้นที่ขายหรือให้เช่าในแต่ละส่วนพร้อมติดตั้งไว้ ผู้ซื้อหรือเช่าพื้นที่เหล่านั้นจะจัดหาเครื่องปรับอากาศชนิดนี้มาติดตั้งแล้วเดินท่อน้ำจากคอนเดนเซอร์ของตัวเครื่องมาเชื่อมต่อกับวาล์วที่เตรียมไว้ เมื่อเปิดวาล์วก็สามารถเดินเครื่องปรับอากาศจ่ายความเย็นได้ดังรูป



ภาพที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE WATER - COOLED SYSTEM (มหาวิทยาลัยราชวมงคล, 2554 : ออนไลน์)

เครื่องแบบเป็นชุดที่มีใช้งานกันมากอีกประเภทหนึ่ง คือ เครื่องปรับอากาศสำหรับ Main Frame Computer สมรรถนะการทำความเย็นเครื่องละประมาณ 3-25 ตันความเย็น มีทั้งแบบระบายความร้อนด้วยอากาศและด้วยน้ำ



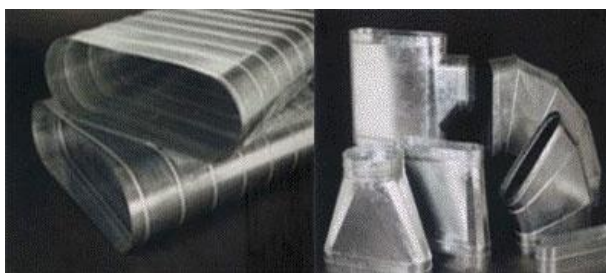
ภาพที่ 2.6 แสดงส่วนประกอบของเครื่องปรับอากาศชนิด PACKAGE AIR COOLED SYSTEM FOR COMPUTER ROOM (มหาวิทยาลัยราชชมงคล, 2554)

ในปัจจุบันการเลือกติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีวัตถุประสงค์เพื่อการปรับอุณหภูมิให้มีสภาวะความเป็นอยู่ที่สบายขึ้นเท่านั้น เมื่อนำมาใช้ร่วมกับสถานพยาบาลจึงควรมีการศึกษาเรื่องอุณหภูมิและความชื้นเพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อโรคให้ช้าลง คือ การปรับอุณหภูมิในระดับ 25 °c ซึ่งการเลือกใช้ระบบปรับอากาศแบบศูนย์รวม จะมีโอกาสแพร่กระจายเชื้อโรคได้มากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนเฉพาะห้องนั้นๆ แต่กระแสลมที่ไหลออกจากระบบปรับอากาศแยกส่วนโดยตรงมาในพื้นที่ห้องนั้น จะมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบก่อให้เกิดกระแสลมไหลวนเป็นวงกลมในพื้นที่มากขึ้น ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายเชื้อโรคในพื้นที่เป็นวงกว้างมากขึ้นเช่นกัน

ท่อลมจะต่อกับเครื่องปรับอากาศ, Fan Coil Unit (FCU) หรือ Air Handling Unit (AHU) ลักษณะการเดินท่อลมโดยทั่วไปมักจะเดินอยู่ภายในฝ้าเพดาน ระบบท่อลมที่ใช้จะต้องมีความดันลมมากพอ เนื่องจากการส่งลมผ่านท่อลมจะต้องใช้ความดันลมที่สูงกว่าการเป่าลมเย็นโดยตรง ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศจากการส่งลมผ่านท่อลม จะต้องมีความเข้าใจการใช้พื้นที่อย่างดี เพื่อสอดคล้องต่อการปล่อยลมเย็นจากท่ออย่างมีประสิทธิภาพ และลักษณะวงจรการหมุนเวียนของระบบท่อลมในห้องปรับอากาศนั้นเป็นแบบปิด (Recirculate) คือ ส่งลมเย็นไปแล้วก็ดึงลมที่ร้อนขึ้นหลังจากรับความร้อนภายในห้องกลับมาทำให้เย็นแล้วส่งกลับเข้าห้องใหม่เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ในขณะที่เดินระบบปรับอากาศเพื่อการปรับอุณหภูมิ แต่เพื่อให้ได้ปริมาณ

ออกซิเจนที่เพียงพอในห้องปรับอากาศ ก็จะมีการนำอากาศจากภายนอกห้องปรับอากาศเข้ามาผสม คือ อากาศบริสุทธิ์

การออกแบบระบบท่อลมในปัจจุบันยังนิยมที่จะเดินท่อลมลอยโดยไม่ต้องมีฝ้าเพดาน และก็สามารถใช้ท่อลมแบบ Spiral ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้เร็วกว่าและมีปริมาณลมที่รั่วจากท่อลมได้น้อยกว่าท่อสี่เหลี่ยม แต่ท่อกลมมีข้อจำกัดที่พื้นที่ เพราะท่อจะมีความลึกกว่าท่อสี่เหลี่ยม แต่เริ่มมีการใช้ท่อลมแบบวงรี (Oval Duct) ซึ่งก็คือท่อกลมแต่ถูกบีบอัดให้แบนลงเพื่อลดความลึกของท่อ



ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะของท่อลมแบบวงรี (งานท่อส่งลมและระบายอากาศ, บริษัท พรพรหม ,2554)

การเลือกใช้ระบบท่อลมร่วมกับการทำงานของระบบปรับอากาศแยกส่วนที่เกิดขึ้นในโรงพยาบาลปัจจุบันนั้น จะสามารถควบคุมตำแหน่งท่อลมส่ง เรียกว่า Supply Air ที่ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ ไปยังบริเวณที่ต้องการ จะสามารถควบคุมการไหลของอากาศได้ดีกว่าการเลือกใช้ระบบปรับอากาศแยกส่วนเพียงอย่างเดียวกับห้องตรวจรักษาโรคด้วยโรค เพราะการใช้ท่อลมส่งอากาศมาตำแหน่งที่ต้องการจะเกิดการรบกวนของอากาศภายในห้องได้น้อยที่สุด

ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเลือกใช้ชนิดของหน้ากากแอร์ Supply เป็นส่วนประกอบหนึ่งในระบบท่อลมติดตั้งตรงปากท่อลมส่ง เพื่อช่วยในการกระจายลมเย็นและเพื่อความสวยงาม โดยมีคุณสมบัติในการจ่ายลม และมีรูปร่างให้เลือกหลายแบบ เช่น แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square Diffuser) ซึ่งมีทั้งแบบเป่า 4 ทาง, 2 ทาง, 3 ทาง, แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Rectangular Diffuser), แบบเป็นร่อง (Slot Diffuser) ซึ่งมีตั้งแต่ 1-4 ร่อง (Slot) หรือมากกว่า, แบบเป่าข้าง (Register), แบบเจ็ต (Jet Diffuser) การเลือกใช้ชนิดของหน้ากากแอร์จะส่งผลกระทบต่อรูปแบบการไหลของอากาศภายในพื้นที่ได้เช่นกัน เพราะหัวจ่ายแอร์ชนิดที่กระจายลมหลายทิศทางนั้นอาจก่อให้เกิดความเร็วลมในระดับที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละทิศทาง เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดช่องแบบเป่าเป็นเส้นแนวตั้ง

เพื่อทิศทางการกระจายลมแบบสม่ำเสมอ นั้นสอดคล้องต่อรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ได้ดีที่สุด



ภาพที่ 2.8 แสดงลักษณะหน้ากากแอร์ แบบทรงกลม สีเหลี่ยมจัตุรัสแบบเป่า 4 ทาง, 2 ทาง และ แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า (สิ้นค้า, เจ เอส วี เทคโนโลยีคอล,2554)

แนวปฏิบัติงานในโรงพยาบาลที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ มีดังนี้

1. ควรตรวจสอบพื้นที่ห้องว่ามีความเหมาะสมกับกำลังของเครื่องปรับอากาศ
2. มีการปิดประตู หน้าต่างในห้องเพราะการเปิดประตู หน้าต่างในขณะที่เครื่องปรับอากาศทำงานจะเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศมากขึ้นและสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้า
3. ทำความสะอาดหน้ากากและแผงกรองฝุ่นในเครื่องปรับอากาศ
4. ควรตรวจสอบน้ำยาของเครื่องปรับอากาศว่ามีหรือไม่ เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานตามปกติ เพื่อการรักษาระดับอุณหภูมิได้

2.2.2 ชนิดของพัดลมระบายอากาศ

เครื่องปรับอากาศตามโรงพยาบาลในประเทศไทยส่วนใหญ่ได้เลือกใช้แบบแยกส่วน แบ่งตามการใช้งานในพื้นที่ต่างๆกัน ทำให้เกิดปัญหาของการระบายอากาศที่มีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ได้ ถ้าไม่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เพื่อนำอากาศที่ดีเข้ามาเพื่อลดความเข้มข้นของเชื้อโรคลง และนำเชื้อโรคออกโดยการกรองเพื่อป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อโรคในพื้นที่นั้น

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมต่อไปนี้จะมีการศึกษาเรื่องพัดลมระบายอากาศ โดยพิจารณาชนิดและการเลือกขนาดเพื่อไปติดตั้งในพื้นที่ตามค่าอัตราการระบายอากาศที่ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานนั้น โดยเบื้องต้นชนิดของพัดลมระบายอากาศแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

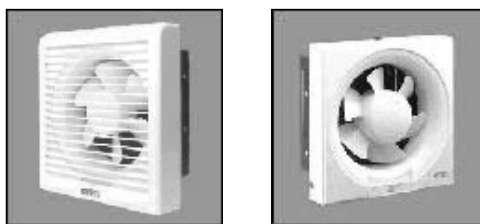
1. พัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดาน สามารถระบายอากาศตั้งแต่ 90 ลบ.ม/ชม. ขึ้นไป สามารถต่อท่อระบายอากาศได้ ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ในพื้นที่ที่อับลมไม่สามารถ

ระบายอากาศออกผนังข้างๆ ได้ เช่น ติดพัดลมไว้กับเพดาน แล้วต่อท่อส่งลมไปที่ ภายนอกอาคาร และพัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดาน สามารถระบายอากาศตั้งแต่ 400 ลบ.ม/ชม. และไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับเพดาน เช่น ห้องผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก อาคารชั้นบน



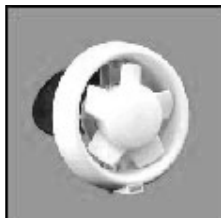
ภาพที่ 2.9 แสดงตัวอย่างพัดลมระบายอากาศชนิดติดเพดานและการทำงานของระบบ (ที่มา ปัญหาการระบายอากาศและแนวทางแก้ไข, ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์)

2. พัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง สามารถระบายอากาศตั้งแต่ 300 ลบ.ม/ชม. ขึ้นไป ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับผนัง เช่น ห้องผ่าตัด ห้องผู้ป่วยพิเศษ สำนักงาน



ภาพที่ 2.10 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดติดผนัง (ที่มา ปัญหาการระบายอากาศและแนวทางแก้ไข, ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์)

3. พัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจก สามารถระบายอากาศตั้งแต่ 200 ลบ.ม/ชม. ไม่ควรต่อท่อระบายอากาศ ส่วนมากใช้ระบายอากาศห้องทั่วไป โดยติดพัดลมไว้กับกระจก เช่น ห้องผู้ป่วยพิเศษ สำนักงาน



ภาพที่ 2.11 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดติดกระจก (ที่มา ปัญหาการระบายอากาศและแนวทางแก้ไข, ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์)

4. พัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง สามารถระบายอากาศตั้งแต่ 200 ลบ.ม/ชม. สามารถต่อท่อระบายอากาศได้ส่วนมากใช้ระบายอากาศ ห้องทั่วไปต้องต่อท่อ โดยติดพัดลมไว้กับเพดาน เช่น ห้องผู้ป่วยใน ผู้ป่วยนอก



ภาพที่ 2.12 แสดงตัวอย่างของพัดลมระบายอากาศชนิดเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (ที่มา ปัญหาการระบายอากาศและแนวทางแก้ไข, ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์)

ค่าอัตราการระบายอากาศภายในพื้นที่จะสัมพันธ์กับค่าขนาดของใบพัดของพัดลมระบายอากาศ เพื่อคุณภาพการระบายอากาศที่ดีและเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรค ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณอัตราการระบายอากาศตามขนาดของใบพัดจากมาตรฐานของ มอก. 710 – 2535

ขนาดใบพัด (นิ้ว)	อัตราการระบายอากาศ (ลบ.เมตร/ชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้าเข้าสูงสุด (วัตต์)
6	270(216)	22
8	360(336)	33
10	600	40
12	900	46
16	1680	80
20	2700	120

2.2.3 รูปแบบการไหลของอากาศ

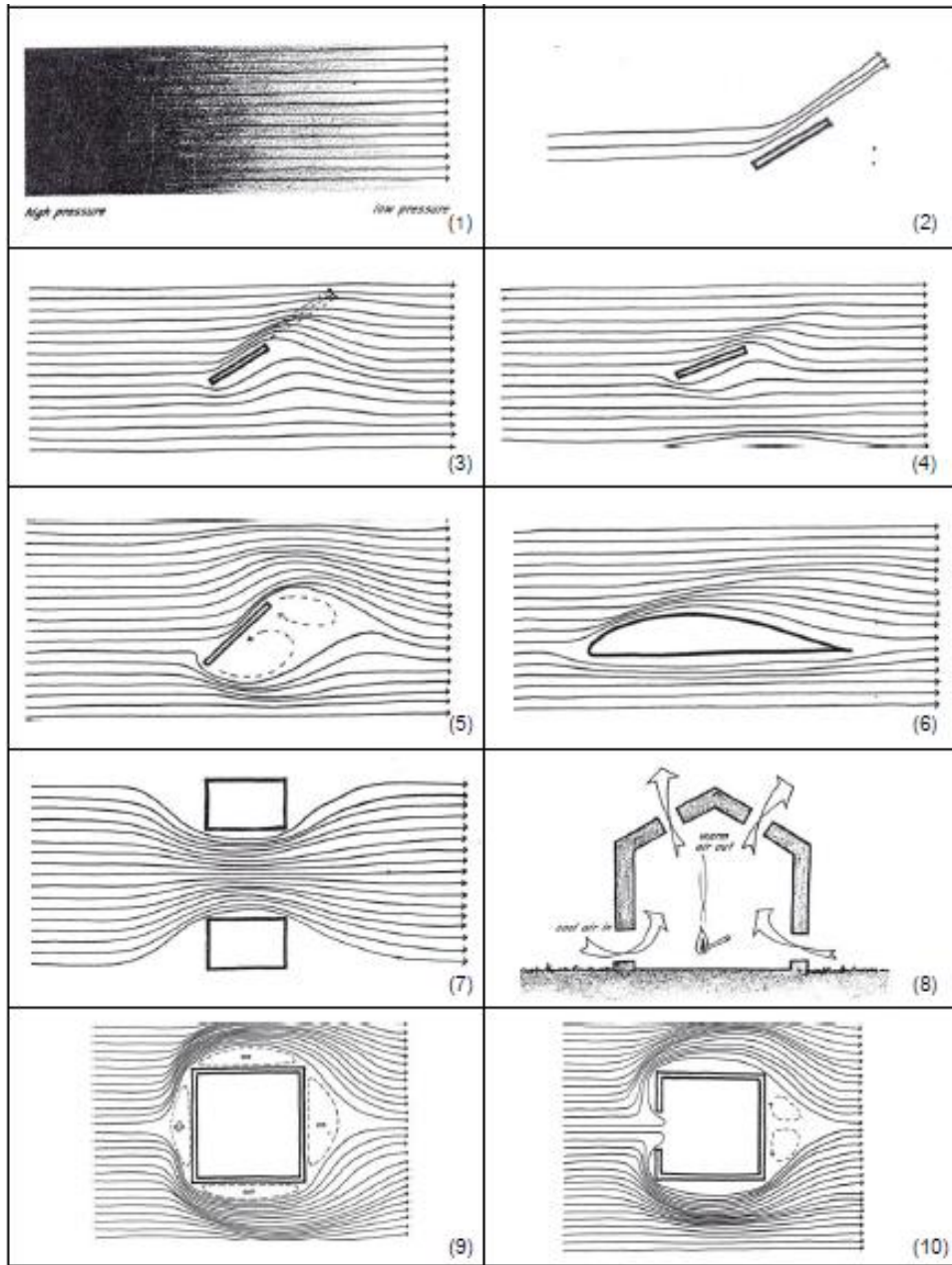
ความสัมพันธ์ของการเลือกใช้ระบบปรับอากาศขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้หน้ากาลมของระบบท่อลม การเลือกตำแหน่งของช่องนำอากาศเข้ามาในพื้นที่ และการเลือกใช้ชนิดของพัดลมระบายอากาศ

การเลือกขนาดของพัดลมระบายอากาศ และการเลือกตำแหน่งของพัดลมระบายอากาศ จะมีความสัมพันธ์ในการระบายอากาศเป็นอย่างมาก จึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจในการไหลของอากาศเข้าและออกเป็นอย่างดี เพื่อตรวจสอบคุณภาพอากาศภายในที่ดี และหลักการออกแบบที่ควรคำนึงถึง คือ อัตราการระบายอากาศเป็นไปตามค่าตามมาตรฐานของการออกแบบเพื่อควบคุมการติดเชื้อโรคของโรงพยาบาล , รูปแบบการไหลเวียนของอากาศมีการระบายอากาศที่ดี และไม่ก่อให้เกิดพื้นที่อับลมเกิดขึ้น จุดที่นำอากาศเข้านั้นควรมีการควบคุมลักษณะของการไหลของอากาศแบบการกระจายลมที่สม่ำเสมอที่ดีที่สุด (Laminar Air Flow) และจุดที่ระบายอากาศออกควรเป็นตำแหน่งที่ไกลกับแหล่งเชื้อโรค เพราะการระบายอากาศแบบเฉพาะที่จะเป็นการ

ระบายอากาศที่ดีที่สุดสำหรับลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้ การนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้องจึงควรทำความเข้าใจต่อลักษณะการไหลของอากาศเพื่อนำไปใช้งานในสถานการณ์จริง เพื่อการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคต่อไป

ลักษณะการไหลของอากาศ ซึ่ง Fuller Moore ได้สรุปลักษณะการไหลของอากาศดังนี้

1. อากาศจะเคลื่อนที่จากที่ที่มีความกดอากาศสูงไปยังที่ที่มีความกดอากาศต่ำ ดังภาพที่ 2.13 (1)
2. การเคลื่อนที่ของอากาศ จะเคลื่อนเป็นแนวทาง และความเร็วที่แน่นอน จนกระทั่งมีสิ่งที่มีกีดขวางแนวทางการเคลื่อนที่ ดังภาพที่ 2.13 (2)
3. เมื่ออากาศเคลื่อนผ่านสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร หรือต้นไม้ จะเปลี่ยนทั้งทิศทางและความเร็วหลังจากนั้นอากาศจะกลับมาเคลื่อนที่ในทิศทางและความเร็วเดิม ดังภาพที่ 2.13 (3)
4. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบราบเรียบ เป็นแนวขนาน มีความเร็วที่สม่ำเสมอ เรียกว่า ลามินาร์ (laminar) ดังภาพที่ 2.13 (4)
5. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศที่ถูกแยกออกจากกัน และไม่สามารถคาดหมายถึงแนวทางได้เมื่ออากาศทั้งสองพบกันในด้านตรงกันข้าม บางส่วนจะหมุนวนเป็นวงกลม ก่อนจะเคลื่อนไปในแนวทางเดิม เรียกว่า เทอบิวเลนต์โฟลว์ (turbulent flow) ดังภาพที่ 2.13 (5)
6. การเคลื่อนที่ของอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดการลดความดันในอากาศที่เคลื่อนตัวในระยะทางที่ยาวกว่า เรียกว่า เบอเนอลี แอฟเฟ็ค (bernoulli effect) ดังภาพที่ 2.13 (6)
7. ลักษณะการเคลื่อนตัวของอากาศแบบลามินาร์ (laminar) ผ่านช่องเปิดของสิ่งกีดขวาง อากาศจะเบียดตัวผ่านพื้นที่เล็กกว่า ลักษณะการเกิดแบบนี้ว่า เวนตูรี แอฟเฟ็ค (venturi effect) ดังภาพที่ 2.13 (7)
8. ผลของอากาศร้อนในอาคารที่ลอยตัวสูงขึ้นทำให้ดึงดูดอากาศภายนอกอาคารเข้ามาแทนที่เรียกว่า สแต็ค แอฟเฟ็ค (stack effect) ดังภาพที่ 2.13 (8)
9. ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศผ่านวัตถุที่บิดัน จะปรากฏพื้นที่ที่มีความดันต่ำบริเวณ ด้านข้างหรือขนานกับทิศทางลม เรียกว่า พื้นที่เงาของลม (wind shadow) ซึ่งมีศักยภาพการไหลเวียนของกระแสอากาศน้อย ดังภาพที่ 2.13 (9)
10. กระแสลมจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีความดันอากาศเท่ากันได้ เรียกว่า ปรากฏการณ์สมดุลความดัน (pressure equalization) ดังภาพที่ 2.13 (10)

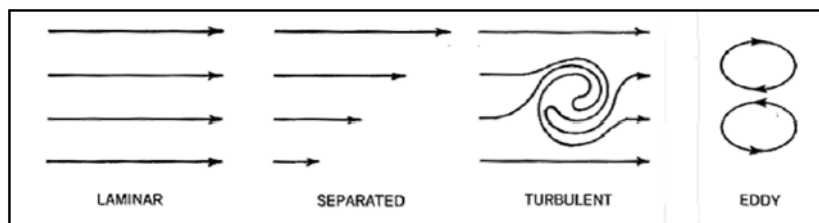


2.13 แสดงลักษณะรูปแบบการไหลของอากาศ
 (ที่มา Passive Cooling : ventilation ,Fuller Moore,1993:178-188)

เมื่อลมที่พัดอย่างอิสระด้วยความเร็วสม่ำเสมอ และไม่ผ่านสิ่งกีดขวางมักจะเป็นการพัดแบบ Laminar แต่เมื่อลมมีการพัดผ่านพื้นผิวที่ก่อให้เกิดแรงเสียดทานต่อผิววัตถุจะทำให้เกิดการพัดแบบ Separate เกิดความเร็วของลมในแต่ละระดับไม่สม่ำเสมอ ถ้าหากแรงเสียดทาน มีมากจนถึงขีดหนึ่งกระแสลมจะเปลี่ยนเป็นการพัดแบบ Turbulent ซึ่งเป็นการพัดที่มีความ

ภาพที่ ๒

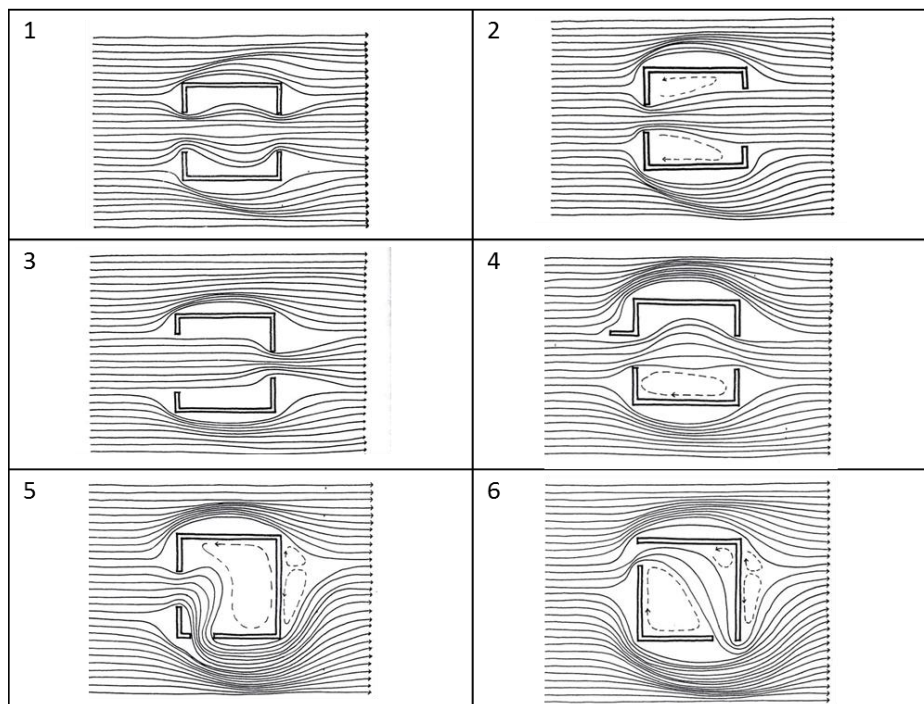
แปรปรวนบ่อยครั้ง ก่อให้เกิดลมหมุนหรือ Eddy ขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของวัตถุที่ลมพัดผ่านรวมทั้งทิศทางการไหล



ภาพที่ 2.14 แสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของลม
(ที่มา Computational Fluid Dynamic: การเคลื่อนที่ไหลของลม, 2554)

ลักษณะการไหลของอากาศเมื่อผ่านช่องเปิดในลักษณะต่าง ๆ

1. ช่องเปิดลมเข้ามีขนาดเท่ากับช่องลมออก ทำให้มีปริมาณการหมุนเวียนอากาศที่ดีที่สุด และเหมาะสมแก่การให้ความเย็นกับอาคาร อัตราการไหลของอากาศและความเร็วลมภายในอาคารมีค่ามากที่สุด ดังภาพที่ 2.15(1)
2. ช่องเปิดลมเข้ามีขนาดเล็กกว่าช่องลมออก ซึ่งความเร็วลมที่เกิดขึ้นบริเวณช่องเปิดลมเข้าจะมีค่าสูงสุด ทำให้มีการเพิ่มปริมาณความเร็วลมภายในได้ และเหมาะสมแก่การให้ความเย็นกับอาคาร ดังภาพที่ 2.15(2)
3. ช่องเปิดลมเข้ามีขนาดใหญ่กว่าช่องลมออก ทำให้มีปริมาณการหมุนเวียนอากาศความเร็วลมลดลง เหมาะสำหรับการทำความเย็นให้กับภายนอกอาคารทางช่องลมออก ดังภาพที่ 2.15(3)
4. ผนังดักลม (wing wall) เมื่อลมเคลื่อนที่มาจากทางด้านหน้าของผนังดักลมจะมีความดันมากขึ้นซึ่งจะเกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดีขึ้นภายในห้อง ดังภาพที่ 2.15(4)
5. ช่องเปิดลมเข้าตั้งฉากกับช่องลมออก ในกรณีที่ช่องเปิดอยู่ติดกัน การไหลเวียนของอากาศภายในพื้นที่ไม่ทั่วถึงทั้งห้อง เกิดบริเวณจุดอับลมของพื้นที่ได้ ดังภาพที่ 2.15(5)
6. ช่องเปิดลมเข้าตั้งฉากกับช่องลมออก ในกรณีที่ช่องเปิดอยู่ที่มุมห้อง การไหลเวียนของอากาศภายในถูกแบ่งออกเป็นสองพื้นที่ ก่อให้เกิดปริมาณไหลเวียนอากาศที่ไม่เท่ากัน ดังภาพที่ 2.15(6)



ภาพที่ 2.15 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบพัดผ่านตลอด (cross ventilation)
(ที่มา: Passive Cooling: ventilation, Fuller Moore, 1993:182-183.)

ส่วนที่ 3 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคทางอากาศจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ป่วยไวรัส มีการไอ จาม พูดจา หรือร้องเพลง โดยเกิดละอองที่มีขนาดเล็ก 1-5 ไมครอน ในรูปแบบของ Droplet nuclei หรือ Evaporated droplet ซึ่งสามารถแขวนลอยในอากาศได้เป็นเวลานานถึง 7-24 ชั่วโมง ในพื้นที่ที่ไม่มีการระบายอากาศอย่างถูกต้องเกิดขึ้น ผู้ที่สัมผัสจะเกิดการรับเชื้อโรคเกิดขึ้น ส่วนละอองที่มีขนาดใหญ่จะตกลงบนพื้น เพราะฉะนั้น การควบคุมด้านสิ่งแวดล้อม ด้านการระบายอากาศ เพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคและความเข้มข้นของอนุภาคที่มีเชื้อไวรัส โดยให้หลักการทางวิศวกรรมและสถาปัตยกรรมร่วมกัน เพื่อให้บริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงสูง มีระบบถ่ายเทอากาศที่ดี หรือมีมาตรการเสริมอื่นๆ เพื่อที่เจือจางเชื้อในอากาศโดยเร็วที่สุด และจากปัญหาส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น จากขาดความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการระบายอากาศภายในห้องตรวจโรคไวรัส ทั้งอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมตามมาตรฐานและทิศทางของการระบายอากาศเพื่อความปลอดภัยต่อพื้นที่ เพื่อช่วยควบคุมการติดเชื้อทางอากาศในโรงพยาบาล



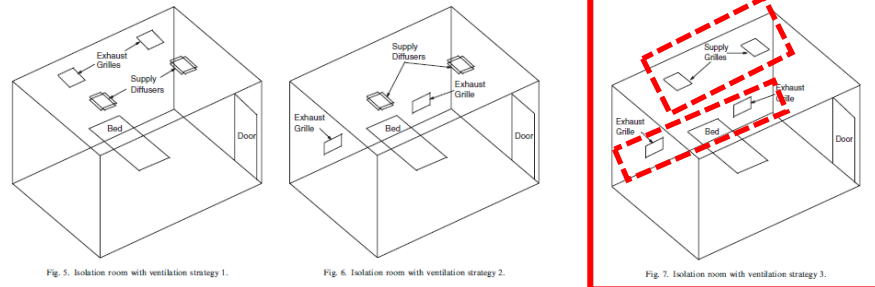
ภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างห้องตรวจโรคไวรัสจากโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง
(ที่มา ห้องตรวจผู้ป่วย คณะแพทยศาสตร์ เชียงใหม่, 2548)

จากตัวอย่างของห้องตรวจไวรัสในสถานที่จริง เชื้อไวรัสสามารถแขวนลอยในอากาศและจะฟุ้งกระจายไปทั่วทั้งบริเวณในห้องตามกระแสลมที่ไหลออกจากเครื่องปรับอากาศ ซึ่งพัดลมดูดอากาศนั้นไม่สามารถช่วยในการดูดเชื้อโรคออกจากห้องได้ เพราะตำแหน่งการติดตั้งที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการติดตั้งที่ไม่ช่วยส่งเสริมต่อการระบายอากาศจากที่สะอาดมากไปหาที่สะอาดน้อย ซึ่งเป็นการไหลของอากาศจากผู้ป่วยไวรัส ไปยังหมอ ไม่สามารถลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสได้ ดังภาพที่ 2.16

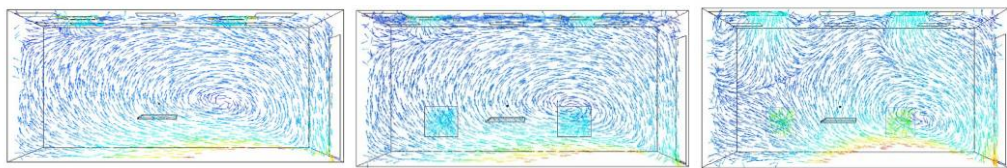
2.3.1 รูปแบบการติดตั้งและชนิดการเลือกใช้ช่องนำอากาศเข้าและออกเพื่อการระบายอากาศ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การศึกษาเกี่ยวกับการเลือกใช้และติดตั้งชนิดของช่องนำอากาศเข้าและช่องนำอากาศออกของห้องแยกโรคไวรัสเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคภายในห้องนั้น Cheong และ Phua (2005) ศึกษาตำแหน่งของการติดตั้งช่องอากาศและชนิดหน้ากาลมของช่องจ่ายลมเข้าและจ่ายลมออกที่แตกต่างกันออกไป 3 รูปแบบซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการไหลของอากาศและการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ ทำการศึกษาด้วยการจำลองการประมวลผลจาก CFD โดยมีการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ภายในพื้นที่ด้วย โดยตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้าติดตั้งตำแหน่งบนเพดาน เหนือเตียงทั้ง 2 ข้างห่างจากผนัง 0.6 เมตร และช่องปล่อยลมออกติดตั้ง ณ ตำแหน่งบนผนังใกล้เตียงผู้ป่วยทั้ง 2 ฝั่ง โดยสูงจากพื้น 0.3 เมตร ขนาดช่องคือ 0.6x0.6 เมตร ด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศ 29 ACH จะสามารถลดการกระจายของเชื้อ

โรคได้ดีที่สุด และเลือกชนิดของช่องปล่อยอากาศนำเข้าแบบ Supply Grille และช่องปล่อยอากาศออกแบบ Exhaust Grille



ภาพที่ 2.17 แสดงภาพจำลองสถานการณ์รูปแบบของการจัดห้อง 3 รูปแบบซึ่งมีตำแหน่งและรูปแบบการเลือกใช้ชนิดของช่องอากาศที่แตกต่างกัน แบบที่ 3 (ขวามือ) คือรูปแบบการติดตั้งที่มีการระบายอากาศที่ดีที่สุด (ที่มา Cheong และ Phua, 2005)



ภาพที่ 2.18 แสดงการไหลของอากาศจากช่องนำอากาศเข้าและช่องอากาศออกในตำแหน่งที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการไหลของอากาศที่ต่างกันในรูปแบบด้านตัดข้างของห้อง (ที่มา Cheong และ Phua, 2005)

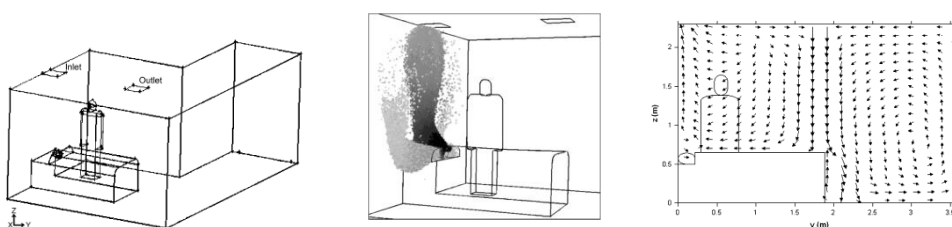
โดย Cheong และ Phua แนะนำว่าการเลือกใช้ชนิดของช่องนำอากาศเข้าแบบ Supply Grilles ดีกว่า Supply Diffuser เพราะอากาศที่ไหลออกจากช่องจะมีลักษณะที่เป็นแบบ Laminar Air Flow แบบขนานกันลงมาเป็นแนวเส้นตรงมีความเร็วที่สม่ำเสมอในการกระจายลมทิศทางเดียว จึงส่งผลให้การหมุนเวียนของอากาศภายในห้องมีการรบกวนต่อกันน้อยกว่า ซึ่งการเลือกใช้แบบ Supply Diffuser มีช่องปล่อยอากาศออกจากด้านข้างหน้าากลมทั้ง 4 ทิศทาง อาจส่งผลให้การไหลของอากาศที่รบกวนกัน จึงเกิดปรากฏการณ์ของการหมุนวนของอากาศแบบไม่เป็นรูปแบบที่ดีเกิดขึ้นได้ (Eddy Air Flow) และเมื่อเลือกใช้ช่องนำอากาศออกที่ติดตั้งตำแหน่งหัวเตียงสูงจากระดับพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการเน้นการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ คือ จากแหล่งของเชื้อโรคโดยตรง คือ ผู้ป่วย จะทำให้ลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรคได้ภายในห้อง เพราะอากาศจะเคลื่อนที่ผ่านออกไปทางช่องอากาศออกโดยไม่เกิดการกระจายภายในห้องได้ ซึ่งมีการควบคุมรูปแบบการระบายอากาศที่ดี



ภาพที่ 2.19 แสดงชนิดของช่องปล่อยอากาศ Supply Diffuser ซ้ายมือ และ Supply Grille หรือ Exhaust Grill ขวามือ (ที่มา Cheong และ Phua, 2005)

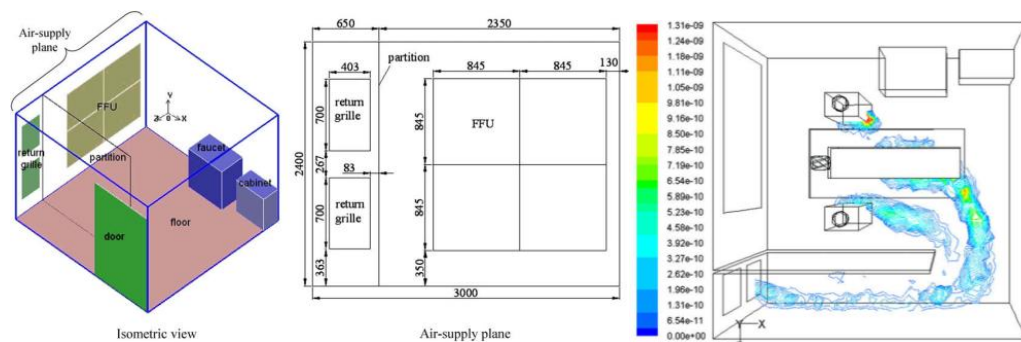
2.3.2 รูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อการระบายอากาศและแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศ

วรรณกรรมงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่ในห้องผ่าตัดและห้องแยกโรควิธโรค จะมีการจัดการเรื่องคุณภาพอากาศภายในที่ป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคได้เป็นอย่างดี ในเรื่องค่าอัตราการระบายอากาศ รูปแบบการไหลของอากาศเพื่อการระบายเชื้อโรคในห้องแยกโรค Bryant (2009) ได้ศึกษาเรื่องการไหลเวียนของเชื้อโรคภายในห้องแยกโรค โดยเลือกการติดตั้งโดยคำนึงการไหลของอากาศการนำเข้าโดยติดตั้งด้านบนเพดานในตำแหน่งที่สะอาดที่สุด คือ ตำแหน่งการปฏิบัติงานของบุคลากร และจุดปล่อยอากาศออก โดยติดตั้งที่ตำแหน่ง เพดานเหนือศีรษะของผู้ป่วย ซึ่งเมื่อดูทิศทางของม่านอากาศ ดังภาพที่ 2.20 ด้านขวา จะพบว่า อากาศไหลจากจุดที่สะอาดไปยังที่สกปรก และดูดอากาศกลับเข้าไปในทันทีโดยไม่เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคในพื้นที่ภายในห้องแยกโรค ด้วยอัตราความเร็วลมขนาด 0.6 เมตรต่อวินาทีที่ตำแหน่งปล่อยลมเข้า



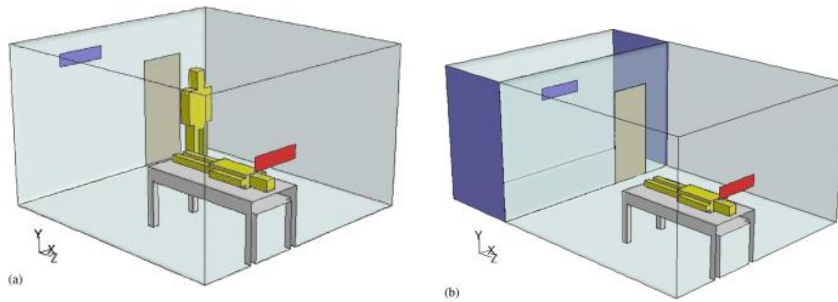
ภาพที่ 2.20 แสดงตำแหน่งช่องอากาศเข้าและออก และภาพด้านตัดเพื่อแสดงการไหลของอากาศเข้าและออกภายในพื้นที่ (ที่มา Bryant, 2009)

Liu J. และคณะ (2009) ได้ศึกษาการประมวลประสิทธิภาพจากการจำลองการปล่อยลมเข้าในแนวนอนเพื่อประสิทธิภาพในการระบายอากาศที่ดีเพื่อลดการกระจายของเชื้อโรคจากผู้ป่วยในห้องผ่าตัด รูปแบบการไหลของอากาศแบบแนวนอนจะเป็นลักษณะการระบายอากาศที่ดีที่สุดของห้องผ่าตัด โดยมีแผนการนำอากาศเข้าที่ห้องโถงด้านหน้าของพื้นที่ผ่าตัด จากนั้นด้านในห้องพื้นที่ของหัวเตียงจะดูดอากาศออกไป ซึ่งทำให้การไหลของอากาศเป็นแผนในลักษณะแนวนอนผ่านจุดที่สะอาดที่สุดไปยังที่สกปรก คือ จากบุคลากรไปผู้ป่วยโดยเกิดการรบกวนของอากาศภายในห้องน้อยที่สุด เพราะการไหลที่เป็นแนวนอนนั้นจะลดการปะทะกันระหว่างการไหลของอากาศและการจัดตั้งเฟอร์นิเจอร์ได้น้อยที่สุด



ภาพที่ 2.21 แสดงตำแหน่งแผนอากาศเข้าและออก และภาพผังพื้นที่ใช้สอยด้านในและปริมาณความเร็วลมภายในห้องพร้อมการไหลของอากาศ (ที่มา Liu, 2005)

Shin Y.C. และคณะ (2006) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ การจำลองการเคลื่อนที่ของอากาศสำหรับห้องแยกโรคในประเทศไต้หวัน โดยเป็นการศึกษาที่เน้นเพื่อการดูผลกระทบจากการเคลื่อนที่ของบุคลากรและการปิด เปิด ประตูบานเลื่อนสำหรับห้องปรับอากาศ ในแง่ความเร็วลม ความดัน และสารปนเปื้อน ภายในห้องซึ่งส่งผลต่อการระบายอากาศของเชื้อโรค โดยความเร็วลมและความดันบรรยากาศจากการเคลื่อนที่ของคน จะขัดขวางต่อการไหลเวียนของอากาศภายในห้องได้ และการเปิด ปิด ประตูบานเลื่อนจะส่งผลกระทบต่อความดันอากาศภายในและความเร็วลมในแต่ละช่วงของระดับความกว้างการเปิดประตู เมื่อช่องของความดันกว้างขึ้นจะมีความแตกต่างระหว่างภายนอกและภายในมาก จะส่งผลกระทบต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในที่มีการไหลเวียนอากาศที่มากขึ้น เปรียบเทียบระหว่างห้องแยกโรคที่มีห้องเล็กด้านหน้า (Anteroom) เพื่อศึกษาผลกระทบของการเลื่อนเปิดปิดประตูเข้าห้อง กับห้องที่ไม่มีห้อง Anteroom ก่อนเข้าห้องแยกโรค เพื่อศึกษาผลกระทบของการเคลื่อนที่บุคลากรในห้อง



ภาพที่ 2.22 แสดงการจำลองสถานการณ์ของห้องแยกโรคไม่มีห้อง Anteroom ด้านหน้า (ซ้ายมือ) ห้องแยกโรคพร้อมห้อง Anteroom ด้านหน้าห้อง (ขวามือ) (ที่มา Shin, 2006)

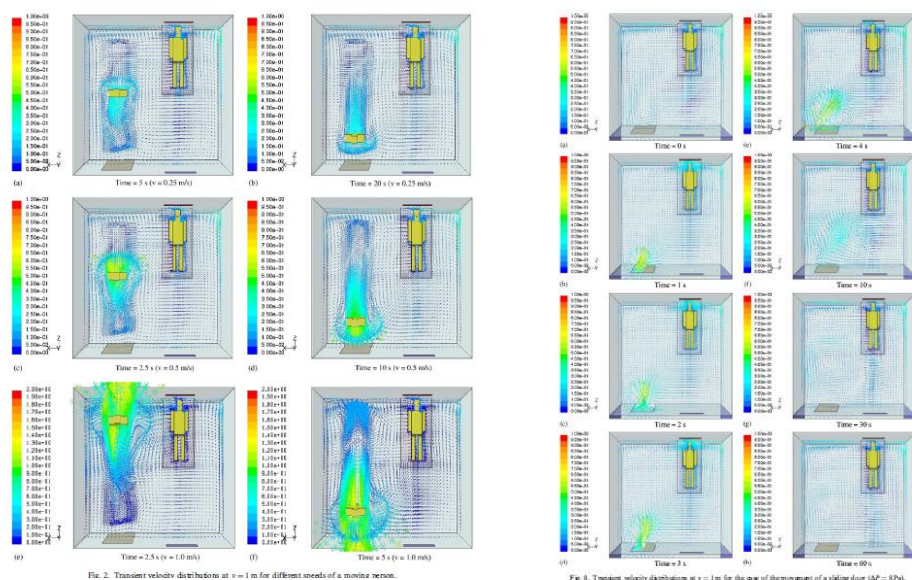


Fig. 2. Transient velocity distributions at $y = 1$ m for different speeds of a mouse motion. Fig. 8. Transient velocity distributions at $y = 1$ m for the case of the movement of a sliding door ($AP = 8$ Pa).

ภาพที่ 2.23 แสดงการจำลองสถานการณ์เพื่อดูผลกระทบของการเคลื่อนที่ของบุคลากรในห้อง (ซ้ายมือ) และผลกระทบของการเลื่อนประตูเปิดปิดของห้อง (ขวามือ) (ที่มา Yang-Cheng Shin และคณะ, 2006)

จากการศึกษานี้ พบว่า การไหลของอากาศ ซึ่งประกอบด้วยความเร็วลม และความดัน จะได้รับผลกระทบมากต่อการเคลื่อนที่ของบุคคล ซึ่งเป็นการรบกวนการไหลของอากาศ โดยเมื่อมีการเคลื่อนที่ของบุคลากรไปมา นั้น และเมื่อกลับมาสู่สภาวะปกติก็เกิดการรบกวนของการไหลของอากาศบ้างเล็กน้อย แต่ก็ไม่สามารถกระทบต่อการระบายอากาศจากแหล่งเชื้อโรคได้ จากการศึกษาการเปิดและปิดของประตูบานเลื่อน จะส่งผลกระทบต่อความดันภายในและการกระจายความเร็ว ก่อให้เกิดการไหลเวียนของอากาศเข้ามาในห้องแยกจาก Anteroom และสาเหตุที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างฉับพลันของความดันภายในช่วงระยะเวลาของการเปิดและปิดประตู การขนส่ง

สารปนเปื้อนได้รับผลกระทบโดยเฉพาะขนาดความแตกต่างของความดัน จากระยะเวลาของการเปิดประตู หลังจากประตูจะปิด การกำจัดสารปนเปื้อนของแหล่งที่มาไม่ได้รับอิทธิพลของการระบายเชื้อโรคเช่นกัน

2.3.3 ช่องว่างของปัญหาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัย

การทดลองวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่จะทำการศึกษากับห้องผ่าตัด ห้องแยกโรค และหอพักผู้ป่วย แต่การศึกษากับห้องตรวจโรควัดโรคนี้ ยังไม่มีปรากฏขึ้นในการทดลองและงานวิจัย ซึ่งพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรควัดโรคนี้ เป็นพื้นที่ที่บุคลากรมีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจได้อย่างมากจากผู้ป่วยโรควัดโรค การระบายอากาศภายในพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งต่อการทำความเข้าใจที่ถูกต้องเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ปฏิบัติได้จริงในพื้นที่ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรควัดโรคขึ้น เพื่อประสิทธิภาพคุณภาพอากาศภายในสถานพยาบาลที่ดีขึ้นเช่นกัน และระบบปรับอากาศส่วนใหญ่ของประเทศไทยที่ใช้ตามโรงพยาบาลทั่วไปนั้น เป็นระบบแยกส่วน ซึ่งแตกต่างกับระบบปรับอากาศที่นิยมใช้ในต่างประเทศและงานการศึกษาวิจัยที่ผ่านมา มีความแตกต่างส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในที่มีการควบคุมทิศทางที่ยากกว่าเป็นผลต่อการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ได้ยากเช่นกัน และจากการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา การเลือกใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงการจำลองและแสดงประสิทธิผลของการจำลองที่เกิดขึ้น สามารถเข้าใจงานได้ง่ายขึ้น เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้น โดยการจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงถึงรูปแบบการไหลของอากาศภายในพื้นที่พร้อมทั้งการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคที่เกิดขึ้นในห้อง สามารถสื่อออกมาได้เข้าใจอย่างชัดเจนในรูปแบบสามมิติ จึงสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางเข้าใจสามารถปฏิบัติงานได้กับบุคลากรจริงในสถานพยาบาล จึงเป็นเครื่องมือที่น่าสนใจสำหรับการนำไปทำการจำลองต่อการศึกษาวิจัยต่อไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองจำลองสถานการณ์ของการไหลของอากาศด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (computational fluid dynamics : CFD) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรคของโรงพยาบาล และปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรคของโรงพยาบาล เพื่อการพัฒนา รูปแบบการออกแบบของห้องขนาดเล็กสำหรับการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไวรัส

จากวัตถุประสงค์ของการวิจัย สามารถแบ่งขั้นตอนของการวิจัยได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

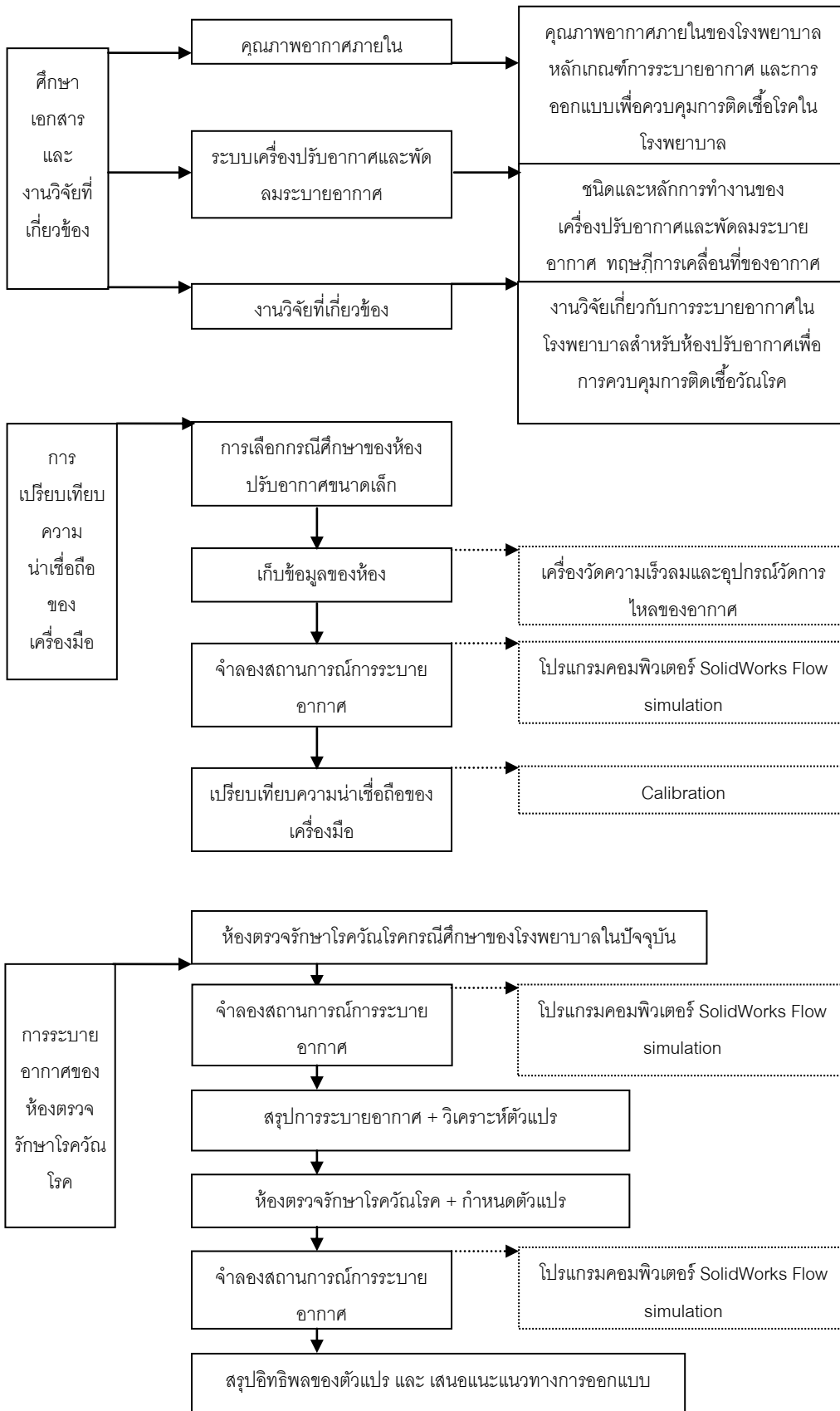
ส่วนที่ 1 เป็นการศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคโควิดในปัจุบัน การไหลของอากาศระหว่างเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ เพื่อดูผลกระทบของการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสในห้องตรวจรักษาโรคโควิดของโรงพยาบาลในปัจจุบัน

ส่วนที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของโปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการวัดสภาพจริงจากห้องปรับอากาศกรณีศึกษา ประกอบด้วย ความเร็วลม และข้อมูลทิศทางการไหลของอากาศภายในห้อง พร้อมกับการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ส่วนที่ 3 เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรคโควิด โดยจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย การกำหนดปัจจัยโดยอาศัยข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การกำหนดตัวแปรจากการศึกษาเพื่อการสร้างแบบจำลองของตัวแปรและปัจจัยต่างๆ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ วิเคราะห์และสรุปผลของแต่ละตัวแปร

ส่วนที่ 4 สรุปเพื่อเสนอแนะแนวทางรูปแบบการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดและห้องขนาดเล็กในโรงพยาบาลเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อไวรัส ในปัจจุบันต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยสรุปได้ดังแผนภาพต่อไปนี้



3.1 ศึกษาข้อมูลจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับปัจจัยและตัวแปร ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรคงที่ เพื่อกำหนดขอบเขตของงานวิจัย และตัวแปรเพื่อกำหนดในการทดลองแต่ละรูปแบบ

3.1.1 คุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

ประกอบด้วย การศึกษาหลักเกณฑ์การระบายอากาศในโรงพยาบาลเพื่อการควบคุมการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคสำหรับห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคจากการเปรียบเทียบหลักเกณฑ์ต่างๆ เพื่อนำไปใช้เป็นค่ากำหนดของอัตราการถ่ายเทอากาศภายในพื้นที่ เพื่อเป็นการกำหนดถึงการออกแบบถึงลักษณะการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในของโรงพยาบาลที่ป้องกันการแพร่เชื้อโรคในอากาศตามหลักการควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาล

3.1.2 การเคลื่อนที่ของอากาศในห้องปรับอากาศ

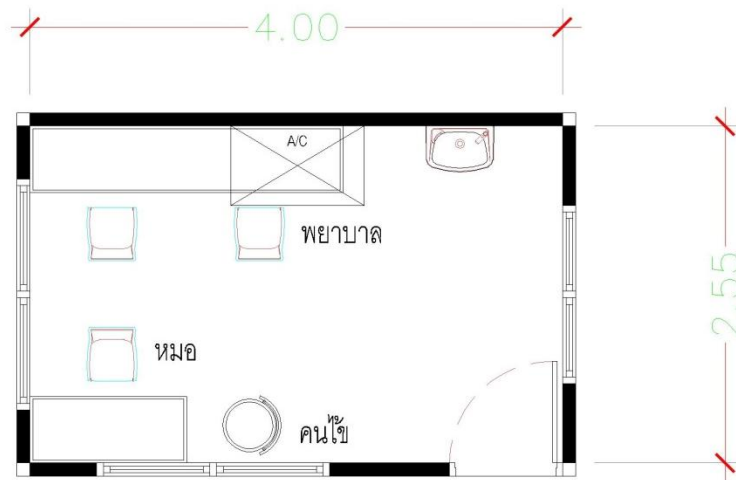
ประกอบด้วย รูปแบบการไหลเวียนของอากาศจากระบบปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ เพื่อเห็นรูปแบบการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ แสดงถึงความสำคัญของการเลือกใช้ระบบปรับอากาศ ระบบท่อลม และพัดลมระบายอากาศในการระบายอากาศในพื้นที่ สำหรับการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องเพื่อประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการเลือกใช้ปัจจัยที่ส่งผลต่อทางการระบายอากาศเพื่อกำหนดกลุ่มของตัวแปรต้นของการทำการวิจัยต่อไป

3.1.3 การระบายอากาศในโรงพยาบาล

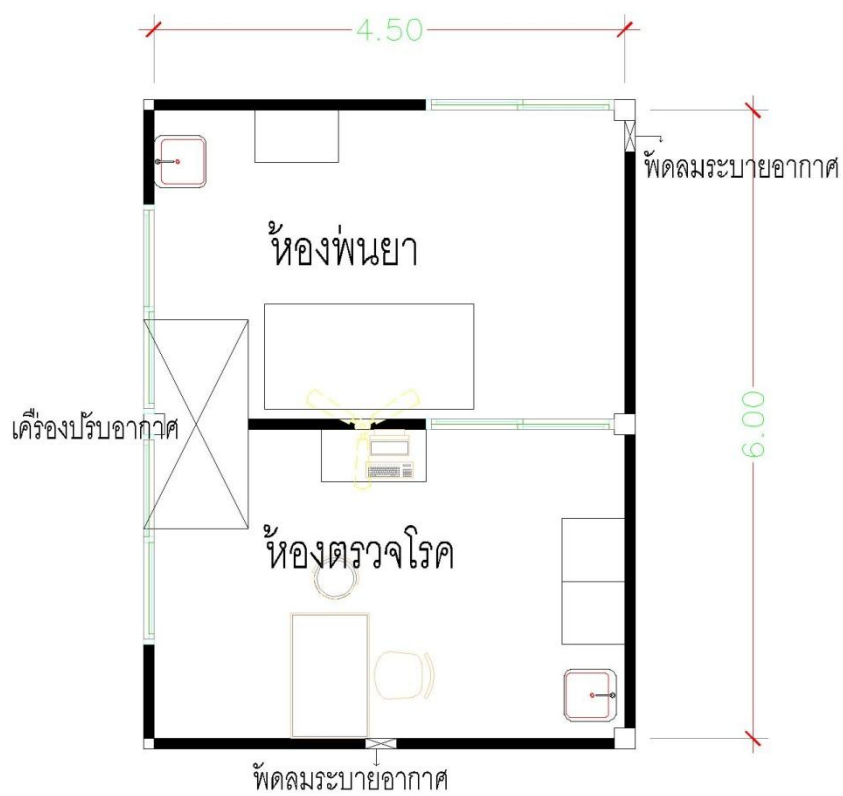
ประกอบด้วย การศึกษาจากการวิเคราะห์การทดลองวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศในโรงพยาบาลและการเลือกใช้รูปแบบของการควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องปรับอากาศในโรงพยาบาลเพื่อการลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรค เพื่อกำหนดกลุ่มตัวแปรต้นของการทำการวิจัยต่อไป

3.2 กรณีศึกษาห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคโรงพยาบาลปัจจุบัน

จากการสำรวจภาคสนาม (Field Study) ห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคที่มีการใช้งานเพื่อกลุ่มคนที่เป็นโรคไวรัสโรค พื้นที่ห้องมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และมีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศออก จำนวน 3 กรณีศึกษา ซึ่งการวางผังพื้นที่ ดังนี้



ภาพที่ 3.1 แสดงผังพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ก.



ภาพที่ 3.2 แสดงผังพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ข



ภาพที่ 3.3 แสดงผังพื้นห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ค.

ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ก. มีขนาดพื้นที่ 10.2 ตารางเมตร ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศด้านหลังห้อง ไม่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศภายในห้อง เมื่อมีการใช้งานบุคลากรจะเปิดประตู และหน้าต่าง เพื่อการระบายอากาศ ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ข. มีขนาดพื้นที่ 27 ตารางเมตร ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศด้านหน้าของห้อง มีการแบ่งการใช้งานร่วมกัน 2 พื้นที่ภายในห้อง คือ บริเวณตรวจรักษาโรคและบริเวณพ่นยา และมีตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้านข้าง และด้านหลังของห้อง และห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ค. มีขนาดพื้นที่ 11.3 ตารางเมตร ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศด้านหลังห้อง และมีตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศด้านหลังของห้องเช่นกัน

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องมือช่วยวิจัย 2 ลักษณะ ได้แก่

1. เครื่องมือสำหรับเก็บข้อมูลภาคสนาม ได้แก่ เครื่องกำเนิดควัน (Ventilation Smoke Tube Kit) สำหรับดูทิศทางลม เป็นเครื่องมือสำหรับการดูทิศทางลมภายในอาคาร ใช้ในการพ่นสังเกตดูทิศทางการเคลื่อนที่ของลมในขณะนั้น และเครื่องวัดความเร็วลมยี่ห้อ Tesco รุ่น 450 เป็นเครื่องมือบอกค่าปริมาณความเร็วลมในตำแหน่งที่ทำการอ่านค่าได้อัตโนมัติละเอียดถึงจุดทศนิยม 3 ตำแหน่ง เมื่อเครื่องรับปริมาณความเร็วของกระแสลมบริเวณนั้น

2. เครื่องมือสำหรับสร้างแบบจำลองและช่วยวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ โปรแกรม SolidWorks Flow Simulation 2010 เป็นเครื่องมือสำหรับการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษา

รูปแบบทิศทางการระบายอากาศและความเร็วลมภายในพื้นที่การทดลอง โดยมีเงื่อนไขการจำลองสถานการณ์ดังนี้

1. เป็นการจำลองสถานการณ์ในลักษณะ 3 มิติ กำหนดให้โปรแกรมแสดงผลการระบายอากาศในพื้นที่
2. กำหนดความเร็วลมเข้าและออกของพื้นที่ปล่อยอากาศเข้าและพื้นที่ปล่อยอากาศออก เป็นเมตรต่อวินาที

รายละเอียดการป้อนข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถดูได้จากภาคผนวก ก.

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid Works Flow Simulation 2010 เป็นโปรแกรมที่สามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟิก 3 มิติ ลักษณะรูปร่างแบบทั้ง เส้นชั้น (Contour line) ลูกศร (Arrow) และทิศทาง (Vector) เพื่อแสดงผลของข้อมูลตัวแปรต่างๆในการจำลองสถานการณ์ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมีการแสดงผล 2 ลักษณะ คือ ลักษณะความเร็วลมและทิศทางการเคลื่อนที่ในรูปแบบลูกศร เพื่อศึกษารูปแบบการระบายอากาศภายในพื้นที่ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค

3.4 การทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือ

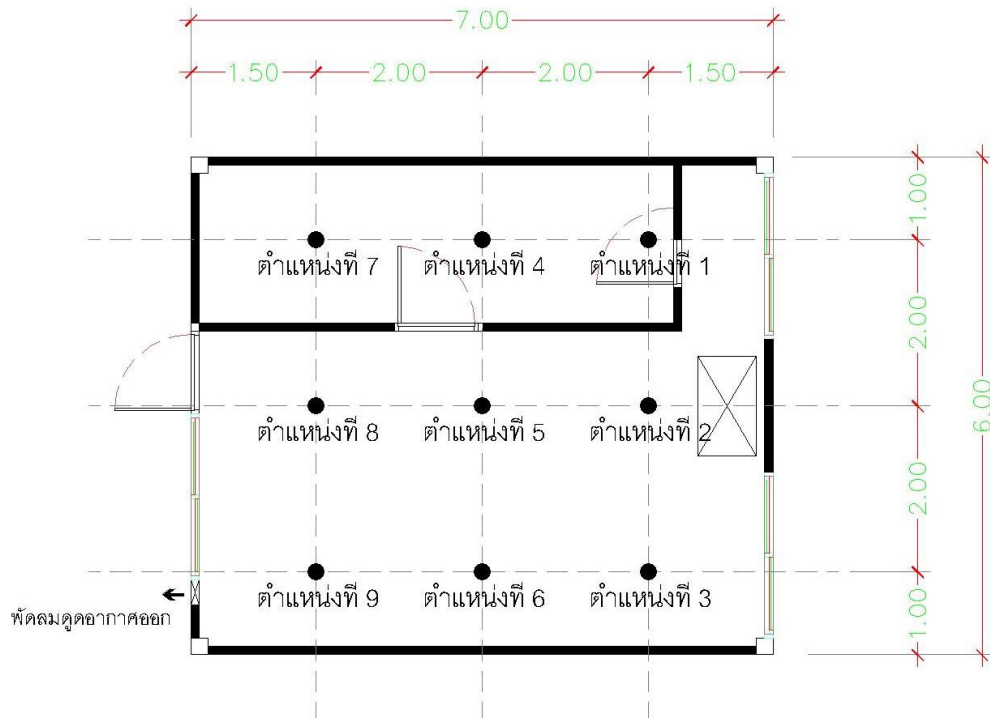
เครื่องมือที่ช่วยในการเก็บข้อมูลงานวิจัยครั้งนี้มีหลายชนิด ดังนั้นเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือ จึงต้องทดสอบความน่าเชื่อถือของเครื่องมือแต่ละชนิด (Calibration) ดังนี้

- **การเทียบมาตรฐานของกรณีศึกษา กับแบบจำลองของกรณีศึกษาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์**

แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยโปรแกรม SolidWorks Flow Simulation เพื่อใช้เป็นตัวแทนของกรณีศึกษาจริง จึงจำเป็นต้องเปรียบเทียบความน่าเชื่อถือของแบบจำลองกับกรณีศึกษาจริง ซึ่งได้ใช้ห้องปรับอากาศที่มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเป็นตัวแทนของกรณีศึกษาจริง การเทียบมาตรฐานอาศัยการเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาโดยการวัดจากเครื่องมือ ณ สถานที่จริง และการเก็บข้อมูลจากแบบจำลองโดยอาศัยการป้อนข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์แล้วทำการคำนวณ แล้วจึงนำข้อมูลทั้งสองส่วนมาเปรียบเทียบกัน เพื่อหาข้อสรุปต่อไป รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้ คือ

1. **การเก็บข้อมูลจากห้องปรับอากาศกรณีศึกษา** การเก็บข้อมูลจากกรณีศึกษาประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลความเร็วกระแสลมและทิศทางกระแสลมภายในห้อง โดยกำหนดตำแหน่งที่จะทำการเก็บข้อมูล ณ ตำแหน่งที่ปรากฏในภาพที่ 3.4 ในระดับความสูงอ้างอิง

จากระดับใช้งานคือ 1 เมตรซึ่งเป็นระดับของบริเวณการหายใจของมนุษย์ รายละเอียดตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูลมีดังนี้



ภาพที่ 3.4 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลความเร็วลมภายในห้องปรับอากาศกรณีศึกษา

2. การเปรียบเทียบมาตรฐานของแบบจำลองสถานการณ์กับกรณีศึกษาจริง อาศัยการเปรียบเทียบทางสถิติจากข้อมูลความเร็วลมที่วัดได้จริงจากกรณีศึกษากับข้อมูลความเร็วลมที่คำนวณได้โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการโดยละเอียด ดังนี้

2.1. หาค่าความเร็วลมจากการวัดจริงจากพื้นที่

2.2. สร้างแบบจำลองสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยกำหนดค่าความเร็วลมจากช่องปล่อยลมเข้า 3.8 m/s และค่าความเร็วลมจากช่องปล่อยลมออก 4 m/s เพื่อหาความเร็วลมภายในอาคาร ณ ตำแหน่งต่างๆตามที่กำหนดไว้

2.3. หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วลมภายในพื้นที่ที่ได้จากการวัดจริงกับที่ได้จากการคำนวณสถานการณ์ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลจากการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สามารถสรุปได้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลความเร็วลมภายในจากการวัดจริงและการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ณ ตำแหน่งต่างๆของอาคารกรณีศึกษา

ตำแหน่ง	ค่าความเร็วลมภายในพื้นที่ (m./s)			ส่วนต่าง (%)
	วัดจริง	แบบจำลอง	ส่วนต่าง	
1	0.13	0.12	0.01	7.69
2	0.15	0.11	0.04	26.77
3	0.1	0.09	0.01	10
4	0.06	0.06	0	0
5	0.1	0.05	0.05	50
6	0.1	0.09	0.01	10
7	0.16	0.16	0	0
8	0.25	0.21	0.04	16
9	0.24	0.22	0.02	8
เฉลี่ย	0.14	0.12	0.02	14.29

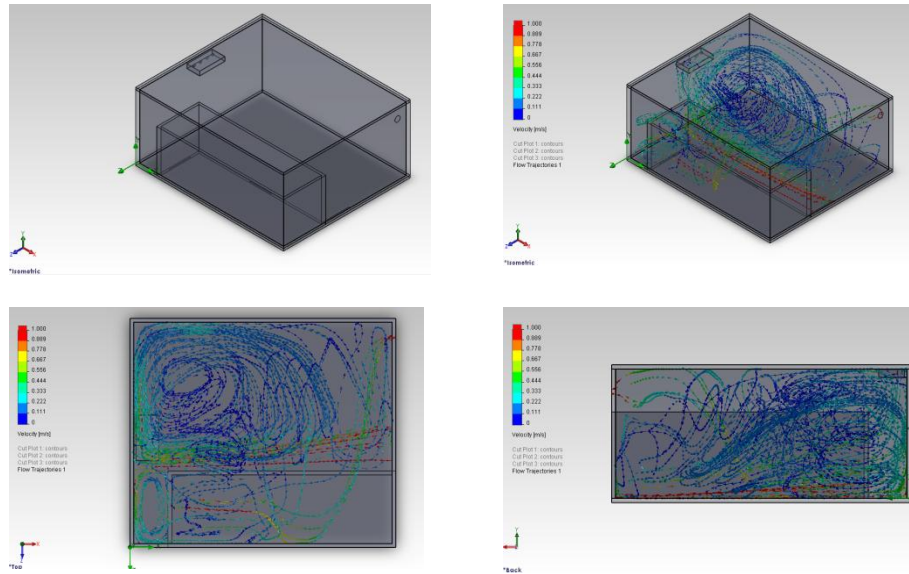
เมื่อนำค่าความเร็วลมภายในที่ได้จากการจำลองและจากสถานที่จริง มาเปรียบเทียบกัน เพื่อทำการปรับเทียบเพื่อทดสอบความถูกต้อง (Calibration) ระหว่างการวัดค่าความเร็วลมภายในในสถานที่จริงและการวัดค่าความเร็วลมภายในจากการจำลองสภาพเสมือนจริง พบว่า

กรณีศึกษาสถานที่จริง : มีค่าความเร็วลมภายในโดยเฉลี่ย 0.14 m/s

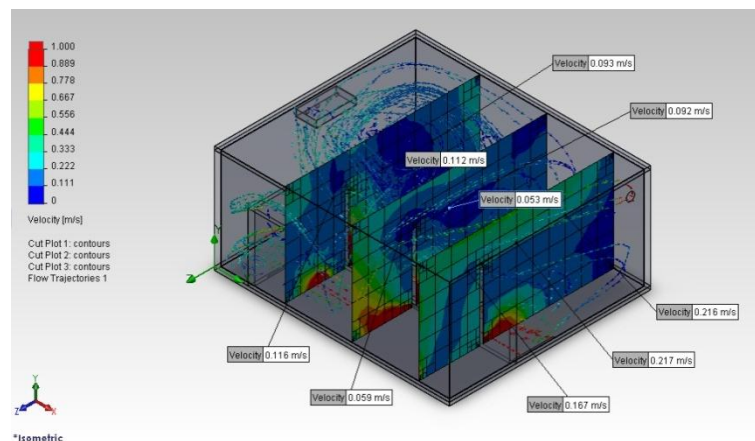
กรณีศึกษาแบบจำลอง : มีค่าความเร็วลมภายในโดยเฉลี่ย 0.12 m/s

เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันที่ค่าความเร็วลมภายในโดยเฉลี่ยแล้ว ในกรณีศึกษาสถานที่จริง มีค่ามากกว่าใน กรณีศึกษาแบบจำลอง อาจมีการคลาดเคลื่อนของข้อมูลความเร็วลมที่ต่างกันเพราะการถือเครื่องมือวัดความเร็วลมที่วัดจริงอาจมีการสั่นจึงส่งผลให้ค่าอาจยังไม่นิ่งพอ เนื่องจากมีการกีดขวางของตำแหน่งการจัดวางเฟอรินเจอร์ภายในเกิดขึ้น โดยเฉพาะตำแหน่งที่ 2 และ 4 และค่าส่วนต่างโดยเฉลี่ยคือ 14.29 % สำหรับค่าความผิดพลาดของเครื่องมือวิจัยและเมื่อพิจารณาความเชื่อมั่นของเครื่องมือวิจัยแบบอิงกลุ่มโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ วิธีสอบซ้ำโดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) พบว่าได้ค่า 0.959 คือ มีค่าความเชื่อมั่นสูง รายละเอียดการหาค่าความเชื่อมั่นสามารถศึกษาได้จาก ภาคผนวก ข. ดังนั้น จึง

สามารถสรุปได้ว่าการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจำลองสภาพการระบายอากาศภายในอาคาร คือ SolidWorks Flow Simulation 2011 เข้ามาใช้ในการทำวิจัยนั้น มีความเชื่อถือได้ (Validity) และเมื่อมีการทดสอบรูปแบบการไหลของอากาศจากการทดสอบร่วมกับการปล่อยควันในพื้นที่ห้องได้ผลใกล้เคียงกับการจำลองเช่นเดียวกัน



ภาพที่ 3.5 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงลักษณะการระบายอากาศโดยรวมของพื้นที่ แบบสามมิติ ภาพแนวราบจากด้านบน และแนวตั้งจากด้านข้างของห้องกรณีตัวอย่างศึกษาห้องปรับอากาศ



ภาพที่ 3.6 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แสดงลักษณะการระบายอากาศโดยรวมของพื้นที่ แบบสามมิติ และค่าความเร็วลมในแต่ละตำแหน่งการวัดค่าความเร็วลมในพื้นที่จริง

3.5 การกำหนดตัวแปรงานวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อรูปแบบการระบายอากาศ การไหลเวียนของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง โดยอาศัยจากข้อมูลเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีปัจจัยที่จะทำการศึกษาค้นคว้าทดลองเป็น 4 กลุ่ม คือ

1. ขนาดและตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ คือ ช่องปล่อยลมเข้ามาในพื้นที่ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง พิจารณาถึงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่เลือกใช้ และตำแหน่งของการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในพื้นที่
2. ขนาดและตำแหน่งของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ คือ ช่องปล่อยลมออกจากพื้นที่ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง พิจารณาถึงขนาดพัดลมระบายอากาศ และตำแหน่งของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศในพื้นที่
3. ปริมาณความเร็วลมของเครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศ คือ ปริมาณกระแสลมจากเครื่องปรับอากาศที่ปล่อยลมเข้ามาในพื้นที่ และปริมาณกระแสลมจากพัดลมระบายอากาศออกจากพื้นที่ เป็นเมตรต่อวินาที ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทอากาศในพื้นที่ (ACH)
4. รูปแบบและการวางผังภายในพื้นที่การใช้สอย คือ องค์ประกอบทางกายภาพที่อยู่ภายในพื้นที่ ได้แก่ โต๊ะตรวจผู้ป่วย เก้าอี้ผู้ตรวจ เก้าอี้ผู้ป่วย และ เตียงผู้ป่วย

จากการกำหนดปัจจัยที่ต้องการทำการศึกษามาแจกแจงเป็นตัวแปรในการวิจัยในแต่ละประเภทของกรณีศึกษา โดยแยกตามลักษณะตัวแปร ได้ดังนี้

3.5.1 การกำหนดตัวแปรกรณีศึกษาห้องตรวจผู้ป่วยโรคผิวหนังในโรงพยาบาลปัจจุบัน

วัตถุประสงค์จากการศึกษากรณีศึกษาของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบัน 3 แบบเป็นการศึกษาเพื่อประยุกต์ใช้ตัวแปร การกำหนดตัวแปรเพื่อการศึกษาวิจัยสำหรับกรณีศึกษา ดังนี้

1. ตัวแปรต้น ได้แก่
 - ปัจจัยช่องปล่อยลมเข้า หมายถึง ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ คือ ตำแหน่งด้านหน้าของห้อง ด้านหลังของห้อง และการเลือกใช้ขนาดของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่

- ปัจจัยช่องปล่องลมออก หมายถึง ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศออกจากพื้นที่ในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง คือ ตำแหน่งด้านหน้า ตำแหน่งด้านหลัง และ ตำแหน่งด้านข้างของห้อง
- ปัจจัยปริมาณความเร็วลม หมายถึง ปริมาณความเร็วของกระแสลมเข้าภายในพื้นที่จากเครื่องปรับอากาศ คือ ขนาดเล็ก (9000 BTU) และขนาดใหญ่ (12000 BTU) และปริมาณความเร็วของกระแสลมออกจากพื้นที่จากพัดลมระบายอากาศ คือ ขนาด 6 นิ้ว
- ปัจจัยการวางผังพื้นที่ใช้สอยภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง หมายถึง การจัดวางองค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่ภายใน คือ ลักษณะการจัดวางพื้นที่โต๊ะตรวจบริเวณตรงกลางห้อง และ ด้านหน้า

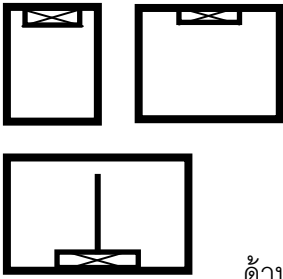
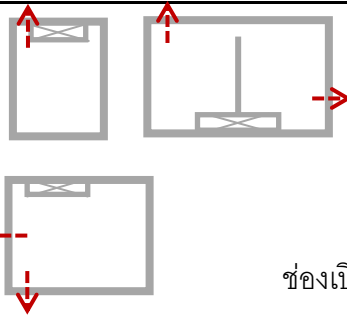
2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ได้แก่ ทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่

3. ตัวแปรควบคุม คือ มีการกำหนดช่องว่างบริเวณใต้ประตูเป็นพื้นที่เสมือนความดันบรรยากาศทั่วไป มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100%

การกำหนดตัวแปรต้นดังกล่าวนี้ ได้มีการศึกษางานวิจัยและการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น จึงพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการระบายเชื้อโรคที่สำคัญนั้น เกี่ยวเนื่องต่อรูปแบบของการระบายอากาศภายในพื้นที่ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษา ซึ่งรูปแบบการระบายอากาศนั้น จะเกิดขึ้นโดยการมีช่องอากาศเข้าและออก เพื่อการการระบายอากาศภายใน พร้อมทั้งมีความสัมพันธ์ต่อการเลือกกำหนดค่าปริมาณความเร็วลม ส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทอากาศภายในพื้นที่ (ACH) และการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่นั้นจะส่งผลต่อตำแหน่งของการจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง โดยเฉพาะตำแหน่งของผู้ป่วยโรคผิวหนัง ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจในพื้นที่โดยตรง เพราะฉะนั้นปัจจัยตัวแปรต้น จึงได้แบ่งออกเป็น 4 ปัจจัยที่สำคัญต่อการศึกษาวิจัยห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง เพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อโรคผิวหนัง ตามตารางที่

3.2

ตาราง 3.2 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการกรณีศึกษาห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคของโรงพยาบาลในปัจจุบัน สรุปต่อไปนี้

ลักษณะตัวแปร	ปัจจัย	ตัวแปร
ตัวแปรต้น	ช่องปล่อยลมเข้า	 <p>ด้านหลังของห้อง 9000 Btu</p> <p>ด้านหน้าของห้องขนาด 12000 Btu</p>
	ช่องปล่อยลมออก	 <p>พัดลมดูดอากาศ 6 นิ้ว</p> <p>ช่องเปิดขนาด 0.90 x 1.20 เมตร</p>
	ปริมาณความเร็วลม	<p>จากช่องลมเข้าเครื่องปรับอากาศ 9000 Btu = 0.6 m./s</p> <p>เครื่องปรับอากาศ 12,000 Btu = 0.8 m./s</p> <p>จากช่องลมออก พัดลมดูดอากาศ 8 นิ้ว = 3.18 m./s</p>
	แผนผังห้อง	ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ก. ข. และ ค.
ตัวแปรตาม	ประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ได้แก่ ทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่	
ตัวแปรควบคุม	กำหนดช่องว่างบริเวณใต้ประตูเป็นพื้นที่เสมือนความดันบรรยากาศทั่วไป มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100%	

3.5.2 การกำหนดตัวแปรห้องตรวจผู้ป่วยโรคโควิด

วัตถุประสงค์จากการศึกษาระดับปริญญาตรีของห้องตรวจรักษาโรคโควิดของโรงพยาบาลในปัจจุบัน 3 แบบ เป็นการศึกษาเพื่อหาตัวแปรที่กำหนดคุณลักษณะต่างๆของห้องตรวจรักษาโรคโควิด ทั้งจากการศึกษาภาคสนาม การศึกษาจากข้อมูลและเอกสารงานวิจัย เพื่อกำหนดการปรับเปลี่ยนตัวแปรสามารถแยกลักษณะของตัวแปรได้ดังนี้

1. ตัวแปรต้น ได้แก่

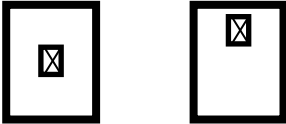
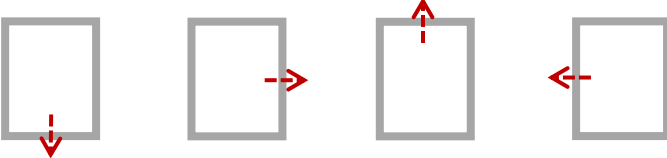
- ปัจจัยช่องปล่องลมเข้า หมายถึง ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โดยทำการจำลองสถานการณ์ระบบปรับอากาศที่มีการส่งผ่านอากาศผ่านท่อลมแล้วปล่องอากาศผ่านหน้ากากลมชนิด Air Supply Grille เข้ามาในพื้นที่ เนื่องจากการวิเคราะห์ห้วงรณกรรมงานวิจัยที่ผ่านมา การเลือกใช้ชนิดของเครื่องปรับอากาศจะส่งผลต่อการไหลเวียนอากาศและการระบายอากาศในพื้นที่ห้องได้ จึงมีตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่องลมเข้า คือ ตำแหน่งตรงกลางของห้อง และด้านหลังของห้อง มีขนาดของช่องหน้ากากลม 2 ขนาดคือ 14 x 14 นิ้ว (35 cm.) และขนาด 20 x 20 นิ้ว (50 cm.)
- ปัจจัยช่องปล่องลมออก หมายถึง ตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศออกจากพื้นที่ในห้องตรวจรักษาโรคโควิด คือ ตำแหน่งตรงกลางของผนังทั้ง 4 ด้าน ระดับความสูงจากพื้นประมาณ 1.10 เมตร เพราะเป็นการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ในระดับตำแหน่งการหายใจของผู้ป่วย รวมทั้งหมด 4 ตำแหน่ง ปริมาณความเร็วของกระแสลมออกจากพื้นที่จากพัดลมระบายอากาศ คือ ขนาด 10 นิ้ว คือ ปริมาณความเร็วลมขนาด 3.25 m./s.
- ปัจจัยอัตราการถ่ายเทอากาศ หมายถึง ปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศภายในพื้นที่ที่มีปริมาณที่แตกต่าง 2 ขนาดคืออัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH จากช่องหน้ากากขนาด 20 x 20 นิ้ว (50 cm.) ด้วยความเร็วลมขนาด 0.6 m./s และอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH จากช่องหน้ากากขนาด 14 x 14 นิ้ว (35 cm.) ด้วยความเร็วลมขนาด 1.6 m./s.
รายละเอียดที่มาของค่าปริมาณความเร็วลมต่างๆ สามารถดูได้จากภาคผนวก ค.
- ปัจจัยการวางผังพื้นที่ใช้สอยภายในห้องตรวจรักษาโรคโควิด หมายถึง การจัดวางองค์ประกอบทางกายภาพของพื้นที่ภายใน คือ ลักษณะการจัดวางพื้นที่โต๊ะตรวจบริเวณตรงกลางห้อง พร้อมตำแหน่งวางเตียงด้านหลังของห้องแนวนอน และการจัด

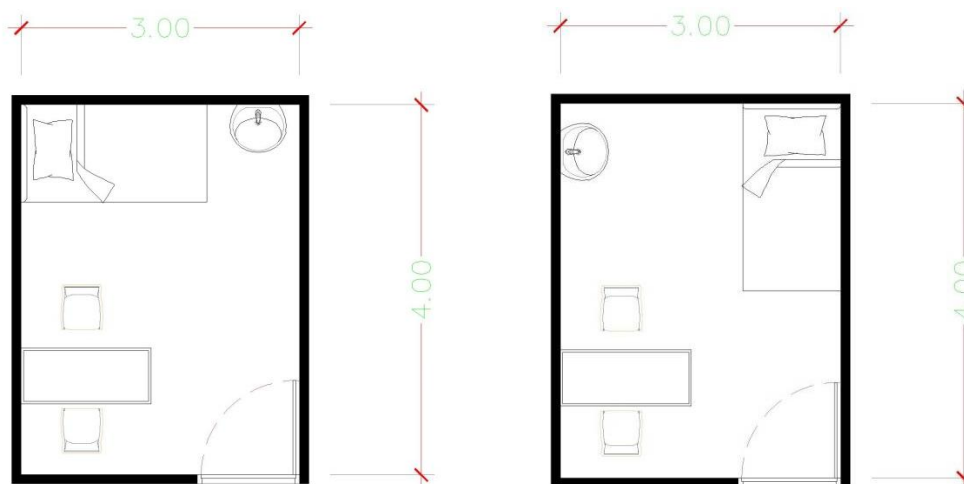
วางพื้นที่โต๊ะตรวจบริเวณตรงกลางห้อง พร้อมตำแหน่งวางเตียงด้านข้างของห้อง
แนวตั้ง ซึ่งเป็นวิธีการจัดห้องตรวจรักษาโรคตามลักษณะการออกแบบโรงพยาบาล
(อวยชัย วุฒิไผะชิต, 2543: 99)

รายละเอียดที่มาเงื่อนไขของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค สามารถดูได้จากภาคผนวก
ง.

2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง
โรค ได้แก่ ทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออก
จากพื้นที่
 3. ตัวแปรควบคุม คือ มีการกำหนดช่องว่างบริเวณใต้ประตูเป็นพื้นที่เสมือนความดัน
บรรยากาศทั่วไป มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100%
- ตัวแปรสำหรับการศึกษาตัวแปรห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคโรงพยาบาล นี้สามารถสรุปได้
ตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดตัวแปรจากการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้นของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง

ลักษณะตัวแปร	ปัจจัย	ตัวแปร
ตัวแปรต้น	ช่องปล่อยลมเข้า	 <p>ตรงกลางของห้อง ด้านหลังของห้อง</p>
	ช่องปล่อยลมออก	 <p>ด้านหน้าของห้อง ด้านขวาของห้อง ด้านหลังของห้อง ด้านซ้ายของห้อง</p> <p>ปริมาณความเร็วลมจากจากพัดลมดูดอากาศ 10 นิ้ว = 3.25 m./s</p>
	อัตราการถ่ายเทอากาศ	<ul style="list-style-type: none"> - อัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH จากช่องหน้าากขนาด 20 x 20 นิ้ว (50 cm.) ด้วยความเร็วลมขนาด 0.60 m./s - อัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH จากช่องหน้าากขนาด 14 x 14 นิ้ว (35 cm.) ด้วยความเร็วลมขนาด 1.60 m./s
	แผนผังห้อง	ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ก. ข. ดังภาพที่ 3.7
ตัวแปรตาม	ประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคได้แก่ ทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่	
ตัวแปรควบคุม	กำหนดช่องว่างบริเวณใต้ประตูเป็นพื้นที่เสมือนความดันบรรยากาศทั่วไป มีการไหลผ่านของอากาศได้ 100%	



ภาพที่ 3.7 แสดงถึงแผนผังของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ก. (ซ้ายมือ) และแผนผังของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง ข. (ขวามือ)

3.6 การออกแบบการทดลอง

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ได้แก่

ส่วนที่ 1 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรคของโรงพยาบาลในปัจจุบัน จากการศึกษาจริง

ส่วนที่ 2 เป็นการศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรคของโรงพยาบาลที่ได้มาทำการศึกษาในการทดลองส่วนที่ 1 และศึกษาร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาทดลอง เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรเพื่อทดลองถึงอิทธิพลและนำมาเปรียบเทียบในการทดลองส่วนที่ 2

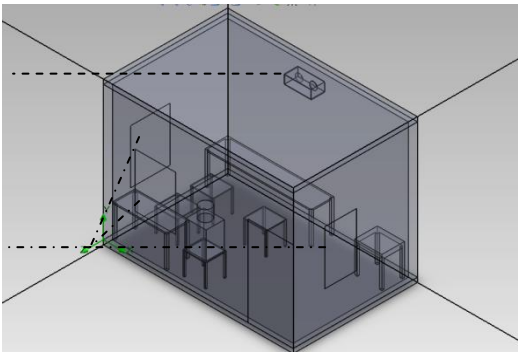
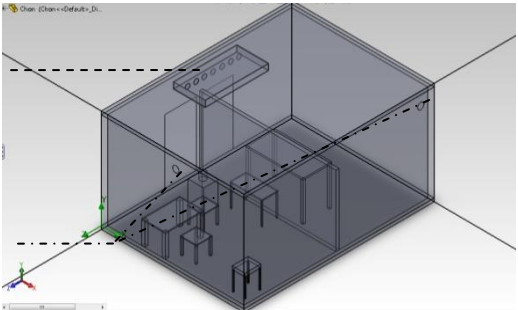
ส่วนที่ 3 เป็นการนำข้อสรุปจากการทดลองในส่วนที่ 2 มาศึกษารูปแบบการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อเสนอแนะแนวทางรูปแบบสำหรับการออกแบบของห้องขนาดเล็กเพื่อการป้องกันการกระจายเชื้อไวรัสโรค

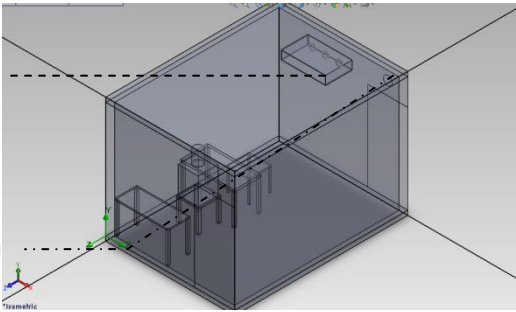
การออกแบบการทดลองของการศึกษาในแต่ละส่วนมีดังนี้

3.6.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1: กรณีศึกษาห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังในโรงพยาบาลปัจจุบัน

การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 เป็นการจำลองเพื่อศึกษารูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังในโรงพยาบาลปัจจุบัน เมื่อมีความเร็วลมนำเข้ามาจากตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่แตกต่างกัน และตำแหน่งของการติดตั้งพัดลมระบายอากาศที่แตกต่างกัน โดยศึกษาผลต่อทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SolidWorks Flow Simulation

ตารางที่ 3.4 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังในโรงพยาบาลปัจจุบัน

การจำลองสถานการณ์	แบบจำลองสถานการณ์
<p>การจำลองที่ 1.1</p>	<p>ตำแหน่งช่องลมเข้า เครื่องปรับอากาศ ขนาด 9000 BTU</p> <p>ตำแหน่งช่องลมออก</p> 
<p>การจำลองที่ 1.2</p>	<p>ตำแหน่งช่องลมเข้า เครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 BTU</p> <p>ตำแหน่งช่องลมออก</p> 

<p>การจำลองที่ 1.3</p>	<p>ตำแหน่งช่องลมเข้า เครื่องปรับอากาศ ขนาด 9000 BTU ตำแหน่งช่องลมออก</p>	
-----------------------------------	--	--

3.6.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 : การจำลองเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง

การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 ร่วมกับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มา กำหนด ปรับเปลี่ยน ตัวแปร เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลจากการปรับเปลี่ยนของตัวแปรต่างๆ ต่อรูปแบบทิศทางการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และทิศทางการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง โดยการสร้างแบบจำลองของแต่ละตัวแปร จากการจำลองสถานการณ์กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ Solid Works Flow Simulation แบ่งตามการจำลองออกเป็น 2 ชุด โดยแยกตาม แผนผังห้องแบบ ก. ร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรอื่นๆ 16 รูปแบบ (การจำลองสถานการณ์ที่ 2.1 – 2.16) และ แผนผังห้องแบบ ข. ร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรอื่นๆ 16 รูปแบบ (การจำลองสถานการณ์ที่ 2.17 – 2.32) รูปแบบการจำลองสถานการณ์ทั้งหมด 32 รูปแบบการจำลองได้แก่

ตัวแปรชุดที่ 1 ตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า 2 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งการติดตั้งตรงกลางบนเพดานของห้อง และ ตำแหน่งด้านหลังบนเพดานของห้อง ผ่านช่องหน้าอากาศลม Air Supply Grille เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรโดยกำหนดตำแหน่งของตัวแปรเพื่อทำการทดลองร่วมกับปัจจัยอื่นๆ

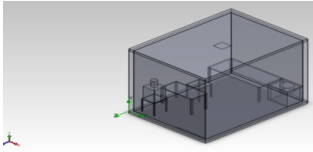
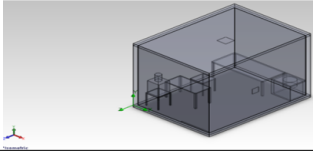
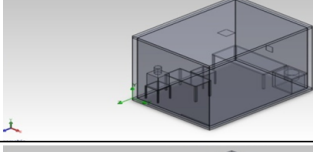
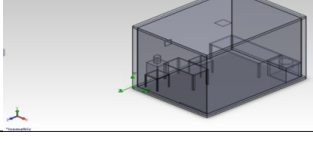
ตัวแปรชุดที่ 2 ตำแหน่งของช่องปล่อยลมออก 4 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งด้านหน้า ด้านขวา ด้านหลัง และด้านซ้ายของห้อง สูงจากระดับพื้นดิน 1.10 เมตร ติดตั้งกึ่งกลางของผนังแต่ละด้าน เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบ

อิทธิพลของตัวแปรโดยกำหนดตำแหน่งของตัวแปรเพื่อทำการทดลองร่วมกับปัจจัยอื่นๆ

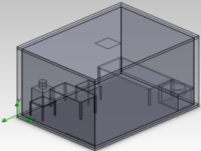
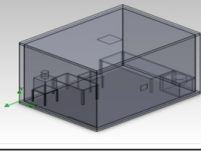
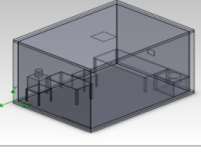
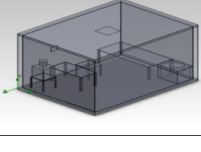
ตัวแปรชุดที่ 3 อัตราการถ่ายเทอากาศ 2 อัตรา คือ 12 ACH ช่องอากาศเข้าขนาด 0.50 x 0.50 เมตร ด้วยความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที และ 15 ACH ช่องอากาศเข้าขนาด 0.35 x 0.35 เมตร ด้วยความเร็วลม 1.6 เมตรต่อวินาที เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปรโดยกำหนดปริมาณของตัวแปรเพื่อทำการทดลองร่วมกับปัจจัยอื่นๆ

ตัวแปรชุดที่ 4 แผนผังพื้นที่ 2 รูปแบบ ซึ่งแผนผัง ก. คือ มีการจัดวางโต๊ะตรวจตำแหน่งด้านซ้ายมือและมีตำแหน่งเตียงตรวจอยู่ด้านหลังห้อง และแผนผัง ข. คือ มีการจัดวางโต๊ะตรวจตำแหน่งด้านซ้ายมือและมีตำแหน่งเตียงตรวจอยู่ด้านขวาห้องเป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของตัวแปร โดยกำหนดรูปแบบของตัวแปรเพื่อทำการทดลองร่วมกับปัจจัยอื่นๆ

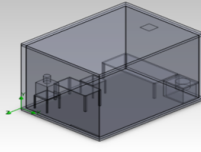
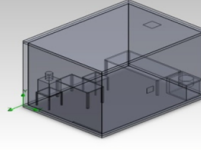
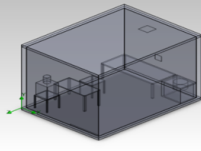
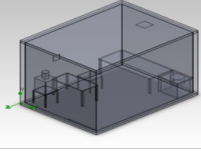
ตารางที่ 3.5 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิด ชุดที่ แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.1 -2.4)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปลอยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปลอยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.1	ตรงกลาง	ด้านหน้า	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.2	ตรงกลาง	ด้านขวา	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.3	ตรงกลาง	ด้านหลัง	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.4	ตรงกลาง	ด้านซ้าย	15 ACH	

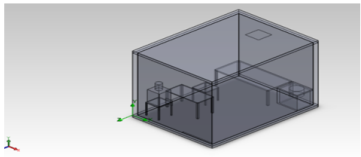
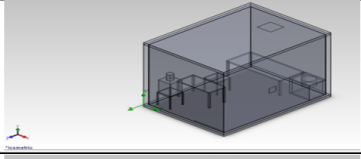
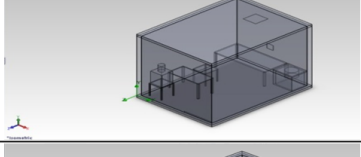
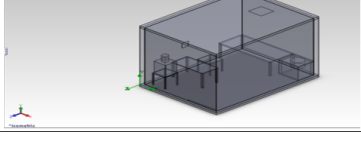
ตารางที่ 3.6 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.5 -2.8)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.5	ตรงกลาง	ด้านหน้า	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.6	ตรงกลาง	ด้านขวา	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.7	ตรงกลาง	ด้านหลัง	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.8	ตรงกลาง	ด้านซ้าย	12 ACH	

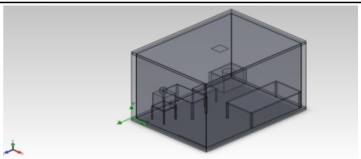
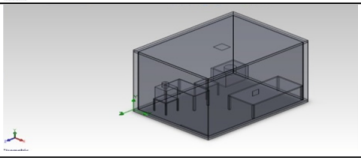
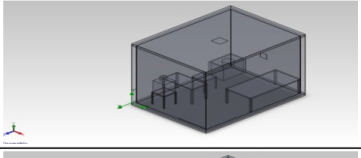
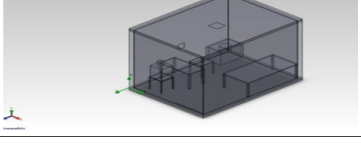
ตารางที่ 3.7 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.9 -2.12)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.9	ด้านหลัง	ด้านหน้า	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.10	ด้านหลัง	ด้านขวา	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.11	ด้านหลัง	ด้านหลัง	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.12	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	15 ACH	

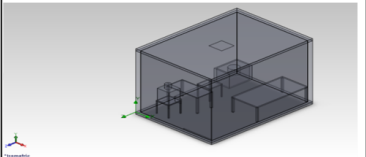
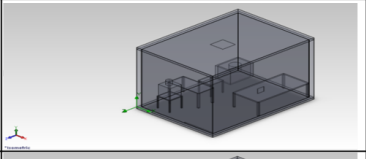
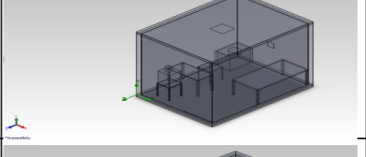
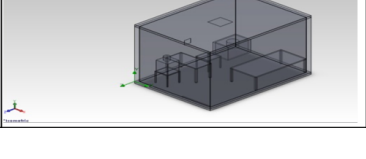
ตารางที่ 3.8 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 1 แผนผังการใช้สอยแบบ ก. (การจำลองที่ 2.13 -2.16)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.13	ด้านหลัง	ด้านหน้า	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.14	ด้านหลัง	ด้านขวา	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.15	ด้านหลัง	ด้านหลัง	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.16	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	12 ACH	

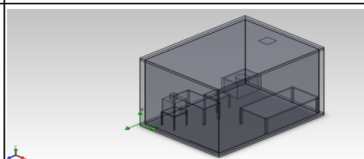
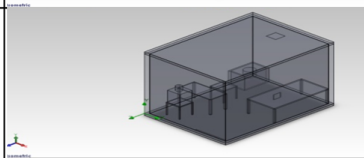
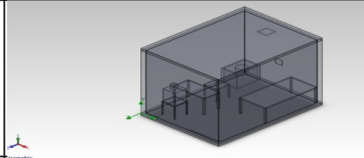
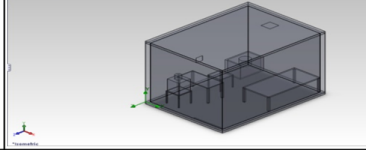
ตารางที่ 3.9 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบ ข. (การจำลองที่ 2.17 -2.20)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.17	ตรงกลาง	ด้านหน้า	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.18	ตรงกลาง	ด้านขวา	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.19	ตรงกลาง	ด้านหลัง	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.20	ตรงกลาง	ด้านซ้าย	15 ACH	

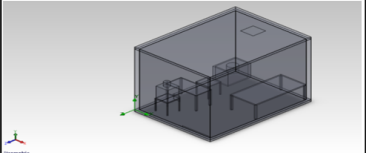
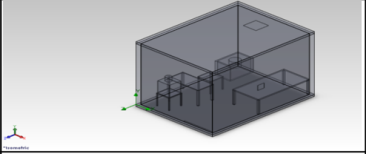
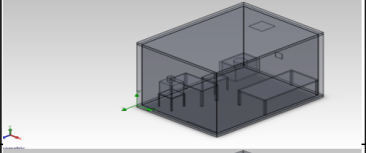
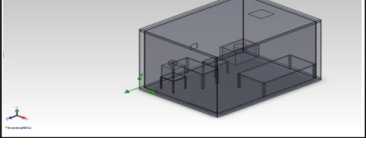
ตารางที่ 3.10 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบ ข. (การจำลองที่ 2.21 -2.24)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.21	ตรงกลาง	ด้านหน้า	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.22	ตรงกลาง	ด้านขวา	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.23	ตรงกลาง	ด้านหลัง	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.24	ตรงกลาง	ด้านซ้าย	12 ACH	

ตารางที่ 3.11 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค ชุดที่ 2 แผนผังการใช้สอยแบบ ข. (การจำลองที่ 2.25 -2.28)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.25	ด้านหลัง	ด้านหน้า	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.26	ด้านหลัง	ด้านขวา	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.27	ด้านหลัง	ด้านหลัง	15 ACH	
รูปแบบที่ 2.28	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	15 ACH	

ตารางที่ 3.12 แสดงแบบจำลองสถานการณ์ของการปรับเปลี่ยนตัวแปรเพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค ชุดที่ แผนผังการใช้สอยแบบ ข. (การจำลองที่ 2.29 -2.32)

การจำลองสถานการณ์	ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า	ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก	อัตราการถ่ายเทอากาศ	ภาพการจำลองสถานการณ์ 3 มิติ
รูปแบบที่ 2.29	ด้านหลัง	ด้านหน้า	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.30	ด้านหลัง	ด้านขวา	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.31	ด้านหลัง	ด้านหลัง	12 ACH	
รูปแบบที่ 2.32	ด้านหลัง	ด้านซ้าย	12 ACH	

จากการทดลองในส่วนที่ 2 ข้างต้น ได้ทำการวิเคราะห์และสรุปถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ตามที่กำหนดไว้ในแง่ของรูปแบบการระบายอากาศโดยรวมในพื้นที่และการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่เป็นสำคัญ เพื่อนำมาประยุกต์เสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบันต่อไป

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล

สถานการณ์จำลองต่างๆ ที่คำนวณและประมวลประสิทธิภาพจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จะให้ผลลัพธ์ในหลายลักษณะ เพื่อตรงตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลการไหลเวียนของอากาศภายในห้อง และข้อมูลการระบายเชื้อโรคออกจากห้อง มีรายละเอียดการเก็บข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค

แสดงในรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลม กำหนดทิศทางด้วยหัวลูกศร โดยกำหนดให้ระยะห่างแต่ละเส้นเท่าๆกัน ณ ต้นทางกระแสลม ทำการบันทึกรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลมโดยรวมของพื้นที่

2. ข้อมูลรูปแบบการระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรค

แสดงในรูปแบบของจุดตำแหน่งจากแหล่งกำเนิดเชื้อโรค (ผู้ป่วย) ด้วยลักษณะของการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องกันตามกระแสลมภายในห้อง ทำการบันทึกรูปแบบของจุดกลม ตรงตำแหน่งของผู้ป่วย ที่ระดับความสูง 1.10 เมตร เหนือระดับพื้นห้อง เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ห้อง

การรวบรวมข้อมูลที่ได้ดังกล่าว ทำการเก็บในลักษณะรูปแบบตารางข้อมูลของการระบายอากาศภายในพื้นที่ จะมีการเปรียบเทียบข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในพื้นที่ จะแสดงในรูปแบบของเส้นการไหลของกระแสลมในลักษณะภาพกราฟิกให้เห็นถึงทิศทางการไหลของกระแสลมอย่างชัดเจน และการเปรียบเทียบข้อมูลรูปแบบการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ จะแสดงในรูปแบบของการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคให้เห็นถึงทิศทางการระบายของเชื้อโรคอย่างชัดเจน

3.8 การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในส่วนต่างๆ ประกอบด้วยข้อมูลกระแสลมทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ ได้แก่ ข้อมูลความเร็วลม และข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้แก่ ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร และรูปแบบการระบายเชื้อโรค จึงมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่แตกต่างกัน ดังนี้

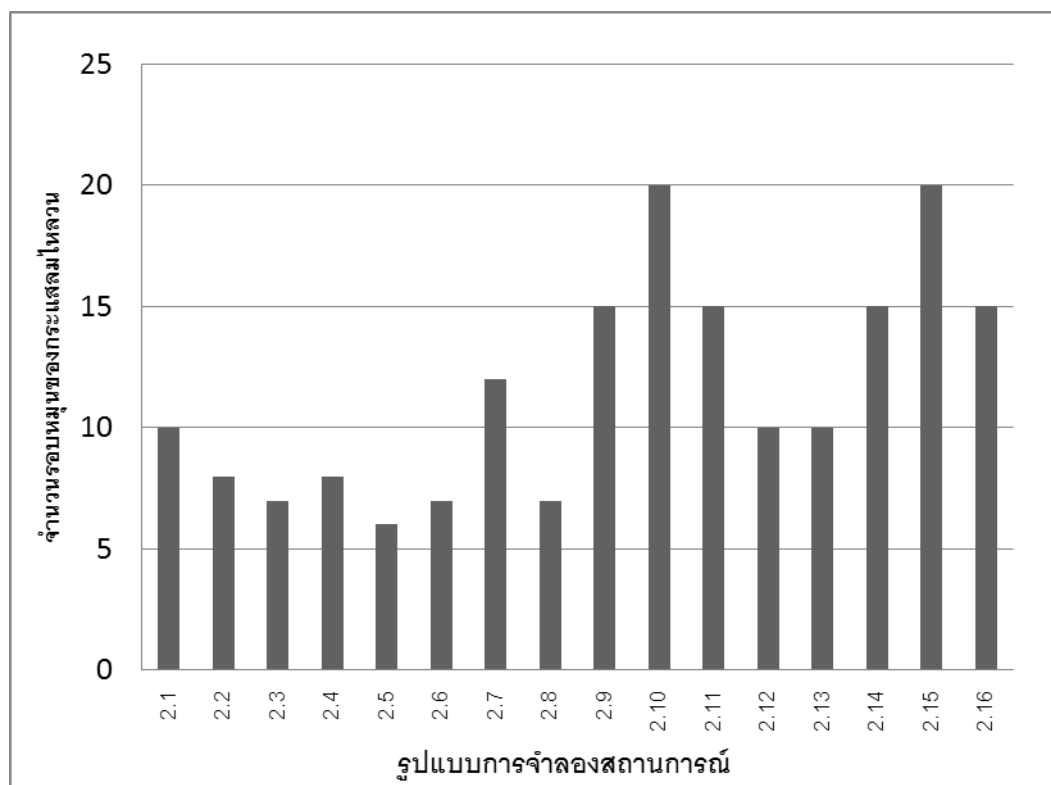
1. ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลม เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะ 3 มิติ จึงต้องอาศัยข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลมทั้งในแนวราบและแนวตั้งประกอบกัน เพื่อสรุปพฤติกรรมการไหลเวียนของกระแสลมภายในอาคาร โดยมีเกณฑ์ลักษณะของการรูปแบบระบายอากาศที่ได้ศึกษาจากการทบทวนวรรณกรรมเรื่องรูปแบบการไหลของอากาศ ซึ่งมีการกำหนดถึงนิยามของหลักเกณฑ์รูปแบบการระบายอากาศในลักษณะต่างๆจากการเลือกใช้ชนิดของระบบการนำอากาศเข้าและหน้ากากช่องลม โดยงานวิจัยชิ้นนี้เลือกใช้ระบบปรับอากาศส่งผ่านท่อลมผ่านหน้ากากลักษณะ Grille Air ที่มีลักษณะการไหลแบบ Laminar Air Flow ลักษณะเส้นตรง ความเร็วสม่ำเสมอได้อย่างอิสระ แต่เมื่อลมมีการพัดผ่านพื้นผิวที่ก่อให้เกิดแรงเสียดทานต่อผิววัตถุจะทำให้เกิดการพัดแบบ Separate เกิดความเร็วของลมในแต่ละระดับไม่สม่ำเสมอ และ ก่อให้เกิดอัตราการหมุนแบบปั่นป่วนหรือ Eddy Air Flow ต่อทิศทางการไหลภายในพื้นที่ในอัตรารอบหมุนที่แตกต่างกันในแต่ละระดับ

ซึ่งจากกฎของพลศาสตร์ของไหล (Fluid Dynamics) การศึกษาพื้นฐานเกี่ยวกับการไหลของของไหล (เทอดศักดิ์ โกศัยยกานนท์มหาวิทยาลัยธนบุรี เชียงใหม่, 2554 : ออนไลน์) สามารถศึกษาการไหลโดยสมมุติฐานของไหลเป็นของในอุดมคติ (Ideal Fluid) ซึ่งเป็นของไหลที่ไม่มีความ

ชนิด ดังนั้นการไหลของของไหล จึงไม่มีผลกระทบอันเนื่องมาจากแรงเสียดทานระหว่างชั้นของของไหลหรือระหว่างของไหลกับผิวสัมผัส เพราะฉะนั้น การไหลของของไหลในอุดมคติจะไม่มีลักษณะลมไหลวน (eddy formation) หรือการสูญเสียพลังงานอันเกิดเนื่องจากแรงเสียดทาน เพราะหลักการควบคุมทิศทางการไหลของกระแสลม (Directional Air flow) ควรลดผลกระทบของการเกิดกระแสลมไหลวน (Eddy Air Flow) ให้เกิดการรบกวนต่อภาวะบรรยากาศน้อยที่สุดเพื่อการลดโอกาสความเสี่ยงของการฟุ้งกระจายเชื้อไวรัสโรคซึ่งสอดคล้องต่อจำนวนรอบการหมุนของกระแสไหลวนของลมภายในพื้นที่ห้อง โดยประเมินความผันผวนของอากาศจากจำนวนรอบการหมุนของอากาศแบบไหลวนภายในพื้นที่

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ สามารถแบ่งระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศได้ 3 ระดับ คือระดับน้อย ระดับปานกลาง และระดับมาก โดยแต่ละระดับจะประเมินได้จากจำนวนรอบการหมุนของอากาศแบบไหลวน ซึ่งจากการจำลองสถานการณ์เกิดจำนวนตั้งแต่ 6-25 รอบหมุน ซึ่งแสดงจำนวนรอบหมุนแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ได้ดังแผนภูมิที่ 3.1

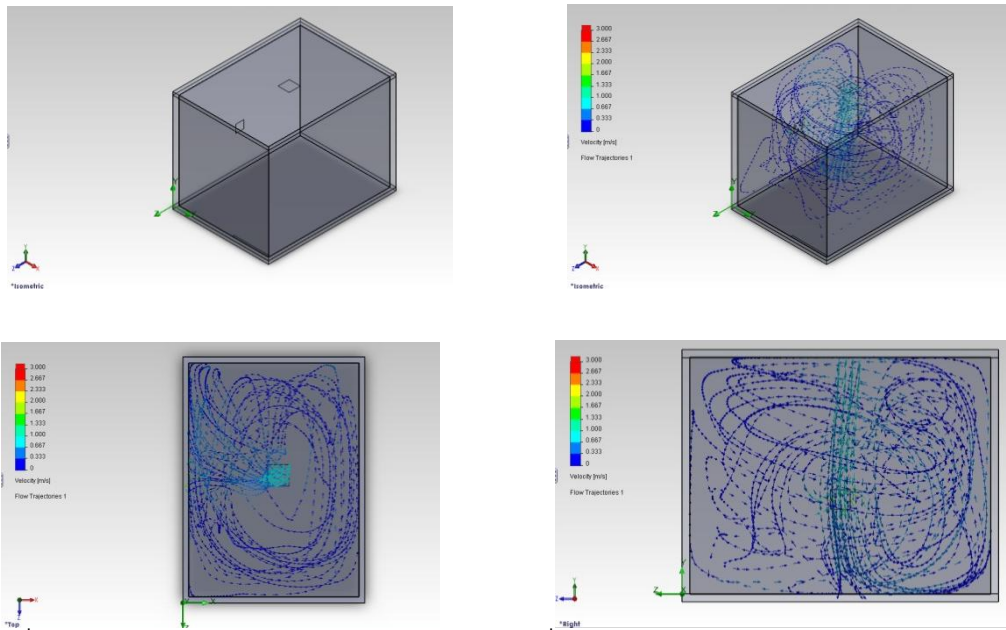
แผนภูมิที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ ส่วนที่ 2 ก.



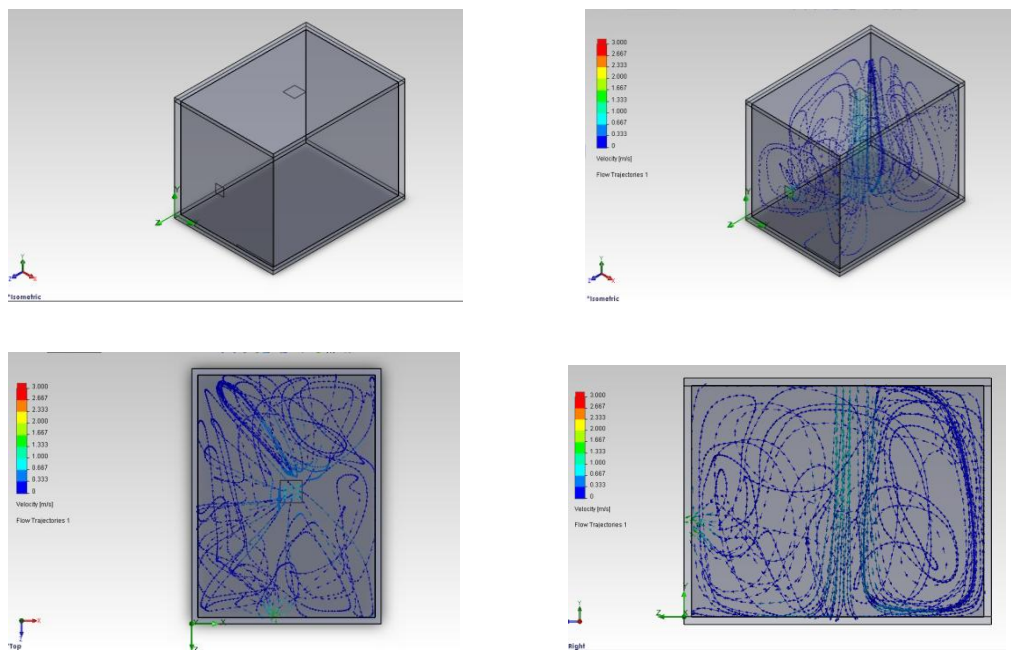
จากผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่ามีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 6 -25 รอบหมุน เพื่อความสามารถในการอ่านผลเป็นการแสดงถึงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ จะสามารถทำให้มีความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงสามารถแบ่งขึ้นระดับออกเป็น 3 ระดับ โดยแบ่งตามจำนวนรอบหมุนที่เกิดขึ้นจากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ ดังตารางที่ 3.13 เมื่อพิจารณาจำนวนรอบหมุนในแต่ละระดับสามารถแบ่งออกเป็น ระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศน้อย ปานกลาง และมาก โดยแต่ละช่วงจะมีจำนวนรอบหมุน 8 รอบหมุน

ตารางที่ 3.13 แสดงจำนวนรอบหมุนการไหลวนของอากาศที่หมุนตัวและอาจก่อให้เกิดความปั่นป่วนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ได้ ในระดับต่างๆ

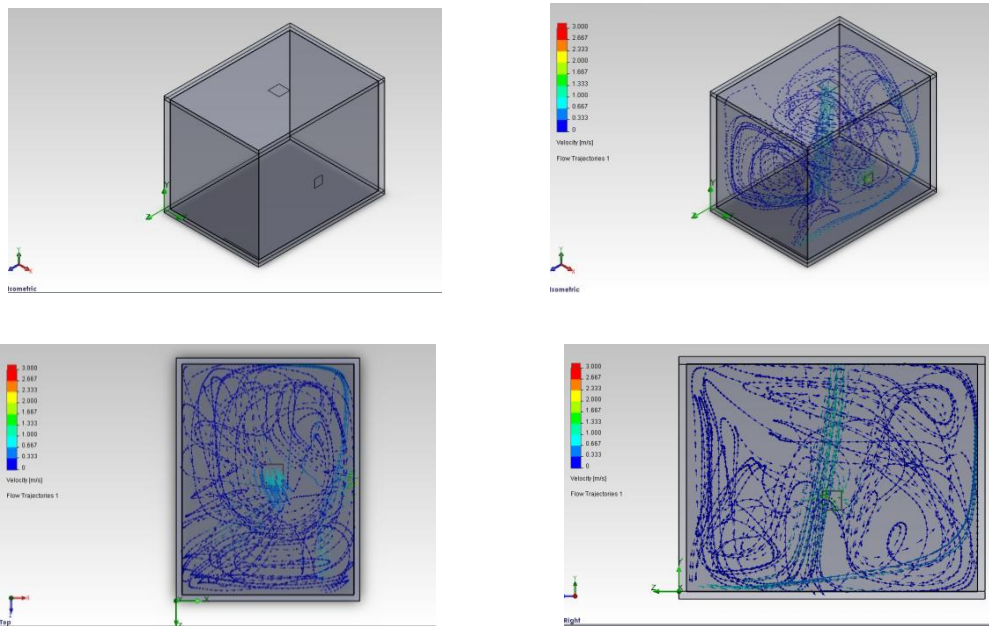
ลักษณะการไหลของอากาศ Eddy Air Flow (การไหลวนของอากาศแบบลมหมุน)	ระดับของความผันผวน ของลักษณะการ เคลื่อนที่ของอากาศ
0 - 8 รอบ	น้อย
9 - 16 รอบ	ปานกลาง
17 - 25 รอบ	มาก



ภาพที่ 3.8 แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบายอากาศที่มีระดับการผันผวนของอากาศน้อย (มีจำนวน 6 รอบหมุน) โดยมีทิศทางของการระบายอากาศส่วนใหญ่ไปในทิศทางเดียวกัน



ภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบายอากาศที่มีระดับกาผันผวนของอากาศปานกลาง (มีจำนวน 12 รอบหมุน) โดยมีทิศทางของการระบายอากาศอย่างน้อย 2 รูปแบบการไหล

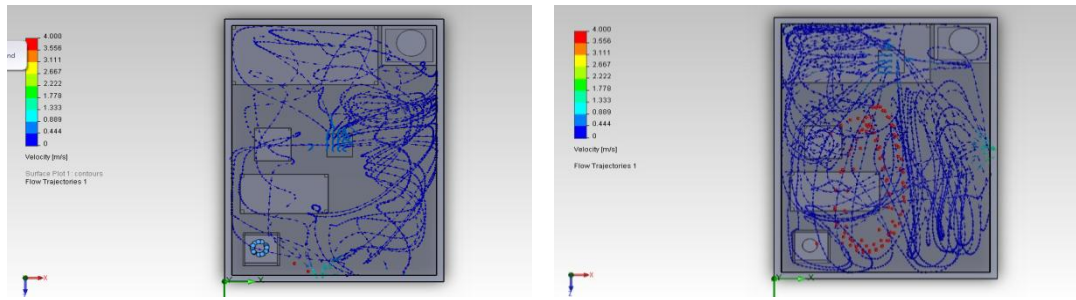


ภาพที่ 3.10 แสดงตัวอย่างรูปแบบการระบายอากาศที่มีระดับการผันผวนของอากาศมาก (จำนวน 20 รอบหมุน)โดยมีทิศทางของการระบายอากาศหลากหลายรูปแบบการไหล

2. ข้อมูลรูปแบบการระบายอากาศของเชื้อโรค เนื่องจากเป็นการวิเคราะห์จาก ข้อมูลลักษณะการไหลเวียนกระแสลมในลักษณะ 3 มิติ จึงต้องอาศัยข้อมูลรูปแบบการไหลเวียน ของกระแสลมทั้งในแนวราบและแนวตั้งประกอบกัน เพื่อสรุปพฤติกรรมความสามารถของการ ระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ โดยการกำหนดขนาดของเชื้อโรคเพื่อการจำลองสถานการณ์ คือ ขนาด 0.1 ไมครอนเมตร ตามขนาดของเชื้อโรคขนาดเล็กที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ เพื่อศึกษาถึง ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคในพื้นที่ โดยมีเกณฑ์ลักษณะของการรูปแบบการระบายเชื้อ โรค ดังนี้

มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรควันโรคมาก คือ ลักษณะของการเคลื่อนที่ ของเชื้อโรคจากตำแหน่งของแหล่งเชื้อโรค (ผู้ป่วย) ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปตำแหน่งของช่อง ปล่อยลมออก โดยเกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคภายในห้องเกิดขึ้น

มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรควันโรคน้อย คือ ลักษณะการเคลื่อนที่ของ เชื้อโรคจากตำแหน่งของแหล่งเชื้อโรค (ผู้ป่วย) สามารถเคลื่อนที่ไปตำแหน่งของช่องปล่อย ลมออก โดยไม่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคภายในห้องเกิดขึ้น



ภาพที่ 3.11 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาโรคแนวราบ การระบายเชื้อโรคเปรียบเทียบกับเป็นจุดเมตกลมที่เคลื่อนที่ในห้อง ซึ่งลักษณะที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคมาก (รูปขวา) และมีความเสี่ยงน้อย (รูปซ้าย)

3.9 การสรุปผลและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลอาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของกระแสลม และข้อมูลรูปแบบการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคประกอบกัน โดยมีประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมเป็นตัวชี้วัด เนื่องจากการวิจัยประกอบด้วยการทดลองหลายส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์กัน การสรุปผลจึงแยกการสรุปออกเป็นส่วนๆตามการทดลองส่วนต่างๆ ดังนี้

1. สรุปส่วนประกอบทางสถาปัตยกรรมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคของโรงพยาบาลในปัจจุบัน
2. สรุปลักษณะและปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคของโรงพยาบาล
3. เสนอแนะแนวทางรูปแบบการออกแบบของห้องขนาดเล็กเพื่อการป้องกันการกระจายเชื้อไวรัสโรค

บทที่ 4

ผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษารูปแบบการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคเพื่อการลดการแพร่กระจายของเชื้อโรคภายในห้อง โดยได้แบ่งขั้นตอนการวิจัยจากวิธีดำเนินการวิจัยของบทที่ 3 ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 เป็นการจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาลักษณะการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคในโรงพยาบาลในปัจจุบัน และปัจจัยที่ทำให้เกิดการระบายอากาศเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อโรค ส่วนที่ 2 เป็นการนำปัจจัยที่ได้ศึกษาในการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 กับปัจจัยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มากำหนดตัวแปรและสรุปตัวแปรที่ทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดีในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคของโรงพยาบาลกรณีศึกษาเพื่อประสิทธิภาพสูงสุดต่อรูปแบบการระบายเชื้อโรค และส่วนที่ 3 เป็นการนำข้อสรุปจากการทดลองในส่วนที่ 2 มาประยุกต์ใช้เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคของโรงพยาบาล

ส่วนที่ 1 การศึกษาลักษณะการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคของโรงพยาบาลในปัจจุบัน ประกอบด้วยผลการวิจัยจากการสร้างแบบจำลองของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคของโรงพยาบาลกรณีศึกษา 3 กรณีศึกษา เพื่อดูลักษณะการระบายอากาศอากาศโดยรวมในพื้นที่ ปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ และประสิทธิภาพของรูปแบบการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคในพื้นที่

ส่วนที่ 2 การนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 กับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากำหนดตัวแปรและสรุปตัวแปรที่ทำให้การระบายอากาศเพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคโรงพยาบาล ประกอบด้วยผลการวิจัยจากการสร้างแบบจำลองสถานการณ์ของแต่ละตัวแปรที่มีผลต่อรูปแบบการระบายอากาศของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค แบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 รูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายในห้องแบบ ก. เปรียบเทียบระหว่างตัวแปร 4 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งช่องนำลมเข้า ตำแหน่งช่องนำลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศภายใน และรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายใน ชุดที่ 2 รูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายในห้องแบบ ข. เปรียบเทียบระหว่างตัวแปร 4 ปัจจัย ได้แก่ ตำแหน่งช่องนำลมเข้า ตำแหน่งช่องนำลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศภายใน และรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายใน ทั้งหมดมี 32 รูปแบบการจำลอง ผลการวิจัยด้วย 2 ลักษณะ คือ ข้อมูลรูปแบบการไหลเวียนของ

กระแสลมภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง และข้อมูลรูปแบบการระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง

ส่วนที่ 3 การนำข้อสรุปจากการจำลองสถานการณ์ในส่วนที่ 2 ประยุกต์ใช้ เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบัน ประกอบด้วยผลการวิจัยจากการนำตัวแปรที่ทำให้การระบายอากาศภายในพื้นที่มีประสิทธิภาพสูงสุดต่อการลดการแพร่กระจายเชื้อโรค ประยุกต์ใช้และเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบันต่อไป

4.1 ผลการวิจัยจากการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล

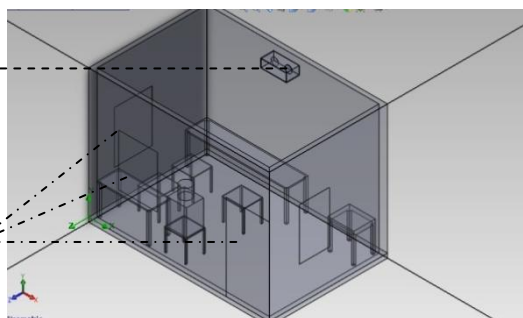
การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล เป็นการจำลองเพื่อศึกษาลักษณะการระบายอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรงพยาบาลกรณีศึกษา 3 กรณีศึกษา และศึกษาปัจจัยที่ทำให้เกิดลักษณะการระบายอากาศ

4.1.1 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ก.

4.1.1.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ก.

ลักษณะกรณีศึกษาโรงพยาบาล ก. เป็นการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังจากโรงพยาบาล ก. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยมีการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9000 Btu (ความเร็วลม = 0.66m./s) ตำแหน่งตรงกลางด้านหลังห้อง ไม่มีตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ มีช่องเปิดขนาด 0.90x1.20 เมตร 3 ตำแหน่ง เพื่อการระบายอากาศภายในพื้นที่ ปริมาตรห้อง 30 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ใช้สอยภายใน ตำแหน่งของผู้ป่วยอยู่บริเวณด้านหน้าภายในห้อง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศภายในประมาณ 11.52 ACH ซึ่งต่ำกว่าระดับเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง

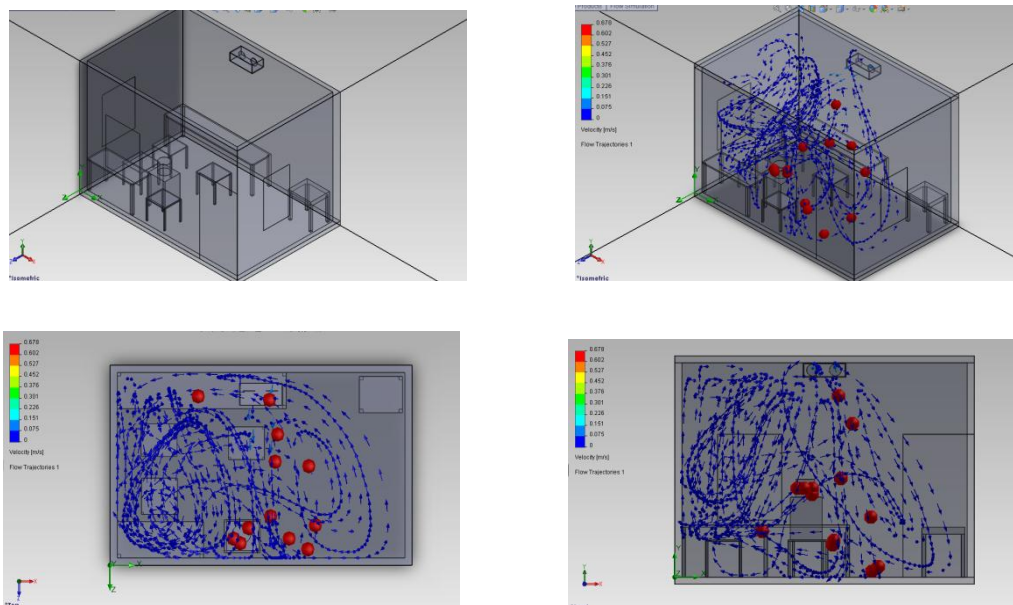
ตำแหน่งช่องลมเข้า
เครื่องปรับอากาศ
ขนาด 9000 BTU
ตำแหน่งช่องลมออก



ภาพที่ 4.1 แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษาโรงพยาบาล ก.

4.1.1.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ก.

จากการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ก. พบว่า รูปแบบการระบายอากาศภายในห้องโดยรวมพบว่าระดับของความผันผวนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ในจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ไหลวนประมาณ 12 รอบหมุน และการระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังนั้น มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคปานกลาง จะเห็นได้ว่า จากแหล่งกำเนิดเชื้อโรค (ผู้ป่วย) เมื่อมีละอองของเชื้อโรคเกิดขึ้น การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคนั้นเกิดการกระจายไปทั่วพื้นที่ตามกระแสการไหลเวียนของอากาศภายใน เชื้อโรคไม่สามารถออกจากพื้นที่ได้ เป็นสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงเป็นอย่างมากต่อบุคลากรผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่



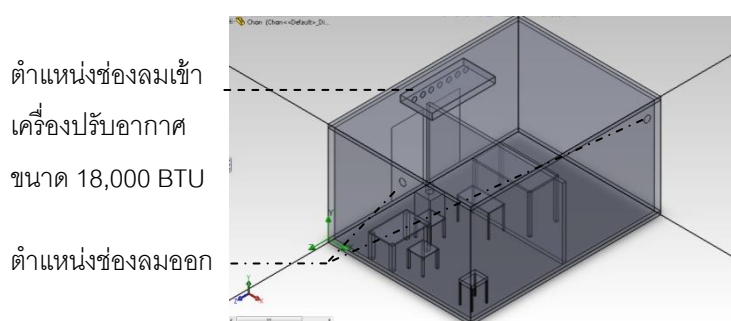
ภาพที่ 4.2 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

4.1.2 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ข.

4.1.2.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ข.

ลักษณะกรณีศึกษาโรงพยาบาล ข. เป็นการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคจากโรงพยาบาล ข. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยมี

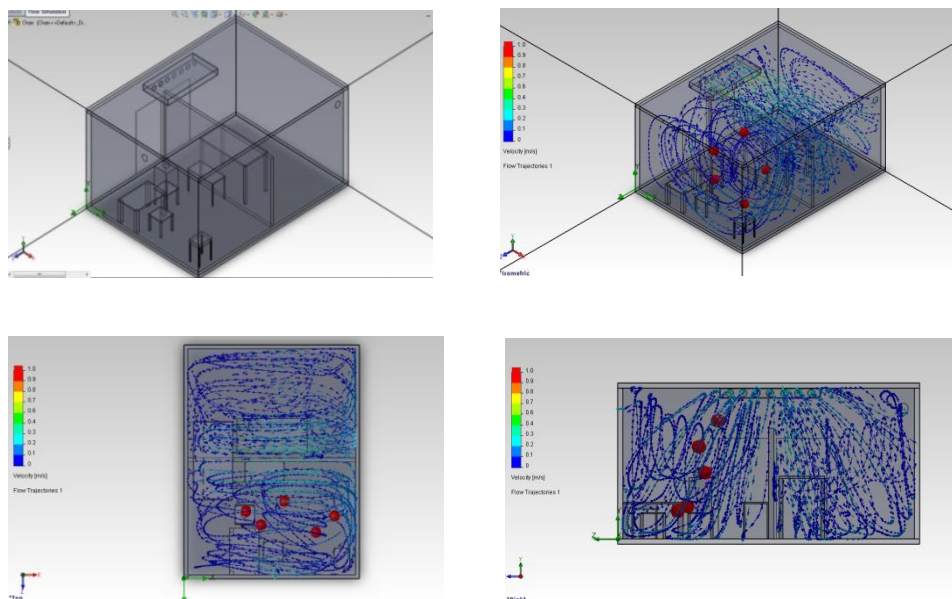
การเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 18,000 Btu (ความเร็วลม = 0.96m./s) ตำแหน่งตรงกลางด้านหน้าของห้อง มีตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 2 ตำแหน่งขนาด 8 นิ้ว (ความเร็วลม = 3.18 m./s) เพื่อการระบายอากาศภายในพื้นที่ ปริมาตรห้อง 120 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ใช้สอยภายใน ตำแหน่งของผู้ป่วยอยู่บริเวณด้านหน้าภายในห้อง ห้อง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศภายในประมาณ 5.76 ACH ซึ่งต่ำกว่าระดับเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องตรวจรักษาโรคติดต่อ



ภาพที่ 4.3 แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษา โรงพยาบาล ข.

4.1.2.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ข.

จากการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ข. พบว่า รูปแบบการระบายอากาศภายในห้องโดยรวมพบว่าระดับของความผันผวนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ในจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ไหลวนประมาณ 30 รอบหมุน แต่การระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคติดต่อ นั้น มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคเป็นอย่างมาก จะเห็นได้ว่า จากแหล่งกำเนิดเชื้อโรค (ผู้ป่วย) เมื่อมีละอองของเชื้อโรคเกิดขึ้น การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคนั้นเกิดการกระจายไปทั่วพื้นที่ตามกระแสการไหลเวียนของอากาศภายใน เชื้อโรคไม่สามารถออกจากพื้นที่ได้ เป็นสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงเป็นอย่างมากต่อบุคลากรผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่

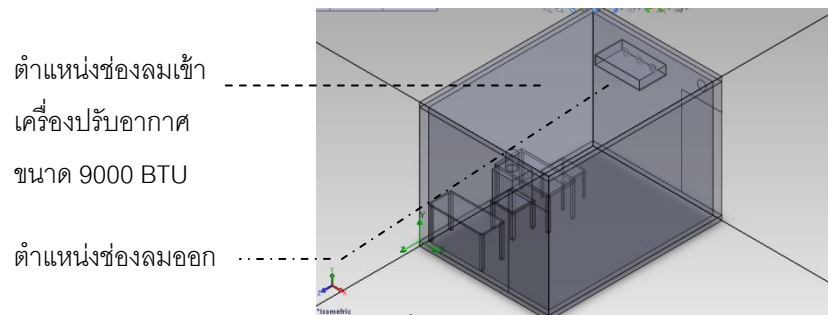


ภาพที่ 4.4 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

4.1.3 การจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ค.

4.1.3.1 ข้อมูลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ค.

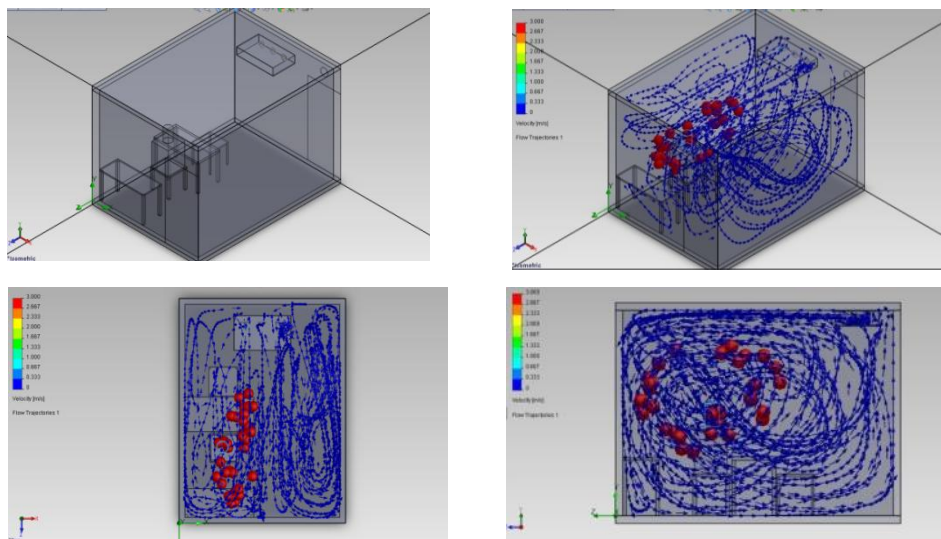
ลักษณะกรณีศึกษาโรงพยาบาล ค. เป็นการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคจากโรงพยาบาล ค. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม โดยมีการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 Btu (ความเร็วลม = 0.66m./s) ตำแหน่งตรงกลางด้านหน้าของห้อง มีตำแหน่งการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ 2 ตำแหน่งขนาด 8 นิ้ว (ความเร็วลม = 3.18 m./s) เพื่อการระบายอากาศภายในพื้นที่ ปริมาตรห้อง 36 ลูกบาศก์เมตร พื้นที่ใช้สอยภายในตำแหน่งของผู้ป่วยอยู่บริเวณด้านหน้าภายในห้อง ห้อง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศภายในประมาณ 9.6 ACH ซึ่งต่ำกว่าระดับเกณฑ์มาตรฐานสำหรับห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค



ภาพที่ 4.5 แสดงภาพการจำลองสถานการณ์การจัดวางพื้นที่ใช้สอยภายในห้องกรณีศึกษา
โรงพยาบาล ค.

4.1.3.2 ผลการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ค.

จากการจำลองสถานการณ์กรณีศึกษาโรงพยาบาล ค. พบว่า รูปแบบการระบายอากาศภายในห้องโดยรวมพบว่าระดับของความผันผวนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ในจำนวนรอบของการเคลื่อนที่ไหลวนประมาณ 20 รอบหมุน การระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคนั้น มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมาก จะเห็นได้ว่า จากแหล่งกำเนิดเชื้อโรค (ผู้ป่วย) เมื่อมีละอองของเชื้อโรคเกิดขึ้น การฟุ้งกระจายของเชื้อโรคนั้นเกิดการกระจายไปทั่วพื้นที่ตามกระแสการไหลเวียนของอากาศภายใน เชื้อโรคไม่สามารถออกจากพื้นที่ได้ เป็นสถานการณ์ที่มีความเสี่ยงเป็นอย่างมากต่อบุคลากรผู้ปฏิบัติงานภายในพื้นที่



ภาพที่ 4.6 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	การจำลอง สถานการณ์ รพ. ก.	การจำลอง สถานการณ์ รพ. ข.	การจำลอง สถานการณ์ รพ. ค.
ขนาดของช่อง Inlet Air (sq. m.)	0.12	0.4	0.2
ปริมาณความเร็วลมจากช่องปล่อย อากาศเข้า (m./s)	0.66	0.96	0.66
ปริมาณความเร็วลมจากพัดลมดูด อากาศ (m./s)	ค่าความดัน บรรยากาศ 101325 Pa	3.18	3.18
ปริมาตรห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรค (sq. m.)	30	120	36
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	7.6	9.22	10.56
ความเร็วลมต่ำที่สุดในพื้นที่ (m./s)	0	0	0
ความเร็วลมสูงที่สุดในพื้นที่ (m./s)	0.2	0.6	0.6
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการ เคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน	12	30	20
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อ โรคผิวหนังโรค	มาก	มาก	มาก

จากการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 พบว่า ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบัน ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และมีปริมาณอัตราการระบายลมมาก ทำให้มีจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวนมากทั่วทั้งห้อง ส่งผลต่อทิศทางการระบายอากาศโดยรวมภายในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคเป็นอย่างมากต่อ

บุคลากรผู้ปฏิบัติภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานเช่นกัน เพราะฉะนั้น การเลือกใช้ชนิดของเครื่องปรับอากาศสามารถส่งผลกระทบต่อการใช้ของอากาศภายในพื้นที่ได้ จึงควรมีการปรับเปลี่ยน ประยุกต์การใช้งานเพื่อการไหลของอากาศภายในพื้นที่ขึ้น โดยควรมีการเลือกใช้โดยคำนึงถึงลักษณะการไหลเพื่อเอื้อต่อการระบายอากาศที่ดี โดยลดความผันผวนของการเคลื่อนที่อากาศในพื้นที่ให้เกิดในระดับจำนวนรอบหมุนที่น้อยที่สุด พร้อมทั้งคำนึงถึงอัตราการถ่ายเทอากาศให้ตรงตามมาตรฐานการออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคเช่นกัน

4.2 ผลการวิจัยจากการจำลองสถานการณ์โดยการปรับเปลี่ยนตัวแปรต้น

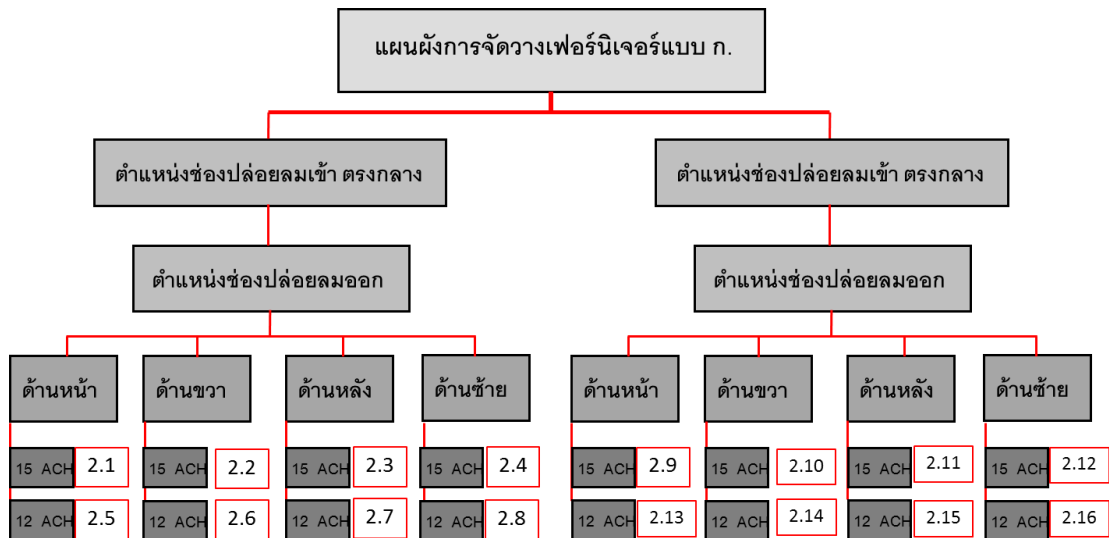
การจำลองสถานการณ์ในส่วนที่ 2 คือการนำปัจจัยที่ได้ทำการศึกษาในการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 กับปัจจัยจากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมากำหนดตัวแปรที่ทำให้เกิดการระบายอากาศเพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชุด คือ ชุดที่ 1 รูปแบบของพื้นที่ใช้สอยแบบ ก. พร้อมกับการจำลองร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรร่วมอื่นๆ (ตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก และอัตราการถ่ายเทอากาศภายใน) 16 รูปแบบการจำลองสถานการณ์ และ ชุดที่ 2 รูปแบบของพื้นที่ใช้สอยแบบ ข. พร้อมกับการจำลองร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรร่วมอื่นๆ (ตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก และอัตราการถ่ายเทอากาศภายใน) 16 รูปแบบการจำลองสถานการณ์

4.2.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก.

- ข้อมูลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.1 – 2.16

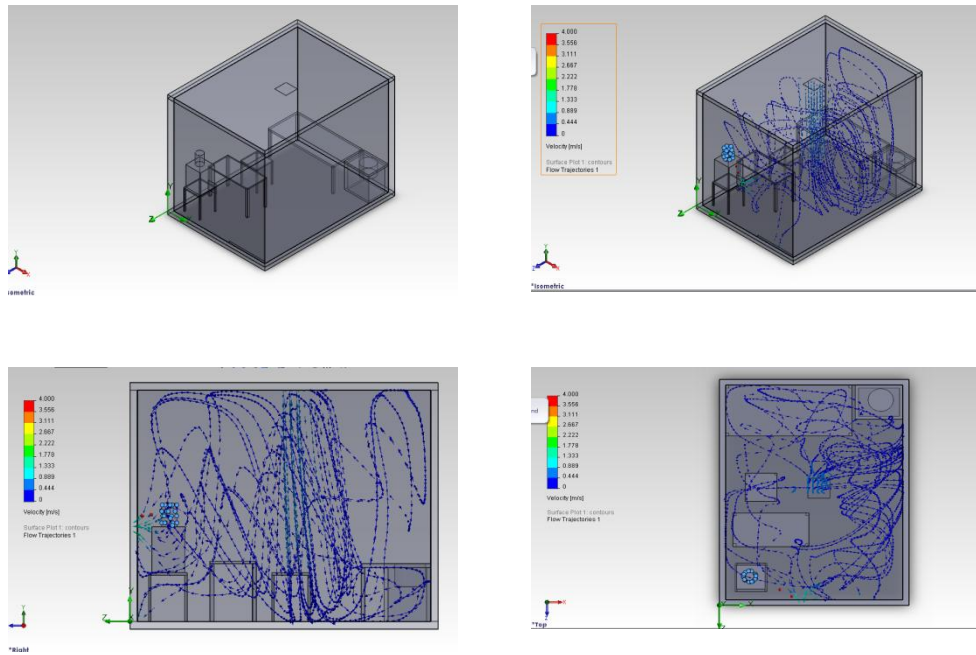
ลักษณะการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. เป็นการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังโรคที่มีรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายในแบบ ก. โดยมีการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 Btu ส่งอากาศผ่านการต่อระบบท่อลมผ่านลักษณะหน้ากากช่องลมแบบ Air Supply Grille โดยมีการจำลองสถานการณ์ร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรในแต่ละปัจจัย เพื่อการศึกษาหา รูปแบบการระบายอากาศโดยรวม และการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรค ทั้งหมด 16 รูปแบบ

แผนภูมิที่ 4.1 แสดงถึงลักษณะของรูปแบบการจำลองสถานการณ์ ส่วนที่ 2 ก. ที่มีการวางแผนผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบมีเตียงตรวจด้านหลังห้อง ปรับเปลี่ยนตัวแปรที่แตกต่างกัน 16 รูปแบบ



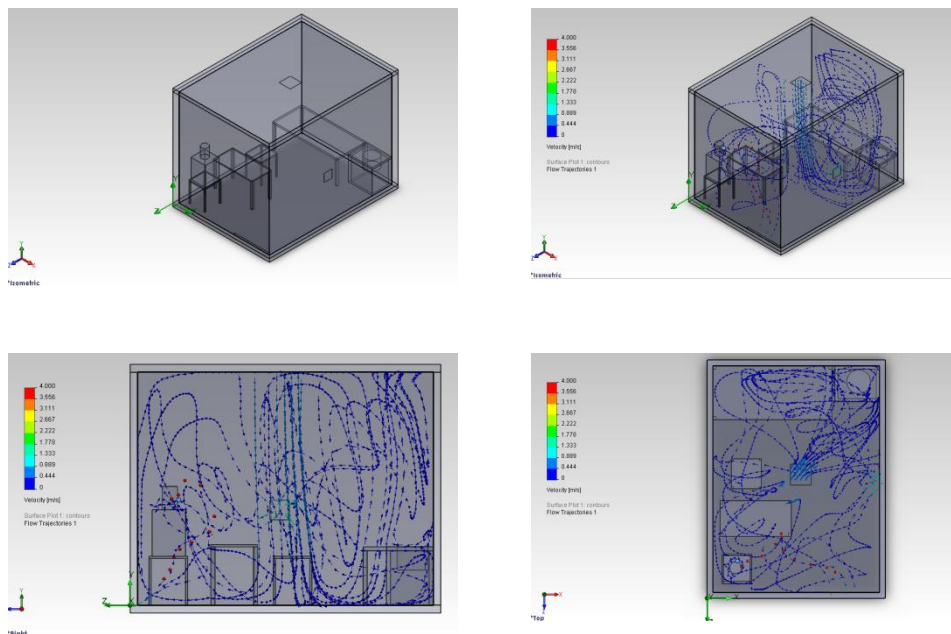
- ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.1 – 2.16

จากการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.1-2.16 พบว่า รูปแบบการระบายอากาศภายในห้องโดยรวมมีความผันผวนจากจำนวนรอบหมุนของการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ในแบบไหลวน ปริมาณตั้งแต่ 6-20 รอบหมุน ซึ่งมีจำนวนรอบหมุนแตกต่างกันตามลักษณะตำแหน่งการติดตั้งช่องปลั๊กยลมเข้า ช่องปลั๊กยลมออก และอัตราการถ่ายเทอากาศ โดยเฉพาะปริมาณความเร็วลมจากตำแหน่งของช่องปลั๊กยลมเข้า ส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องเป็นอย่างมาก แต่การระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรคนั้น มีทั้งมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคนานและน้อย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการติดตั้งช่องนำอากาศออกเช่นกัน ซึ่งเห็นได้ว่า อัตราการถ่ายเทอากาศและปัจจัยของช่องการนำอากาศออกเป็น สิ่งที่สำคัญต่อการระบายอากาศและระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่เช่นกัน



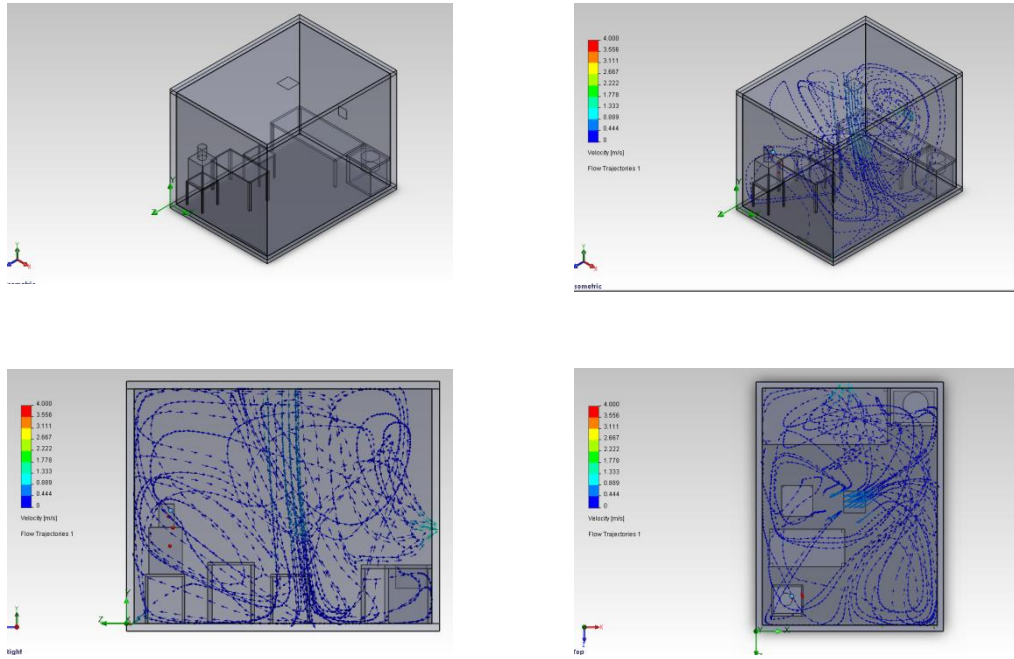
ภาพที่ 4.7 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.1 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

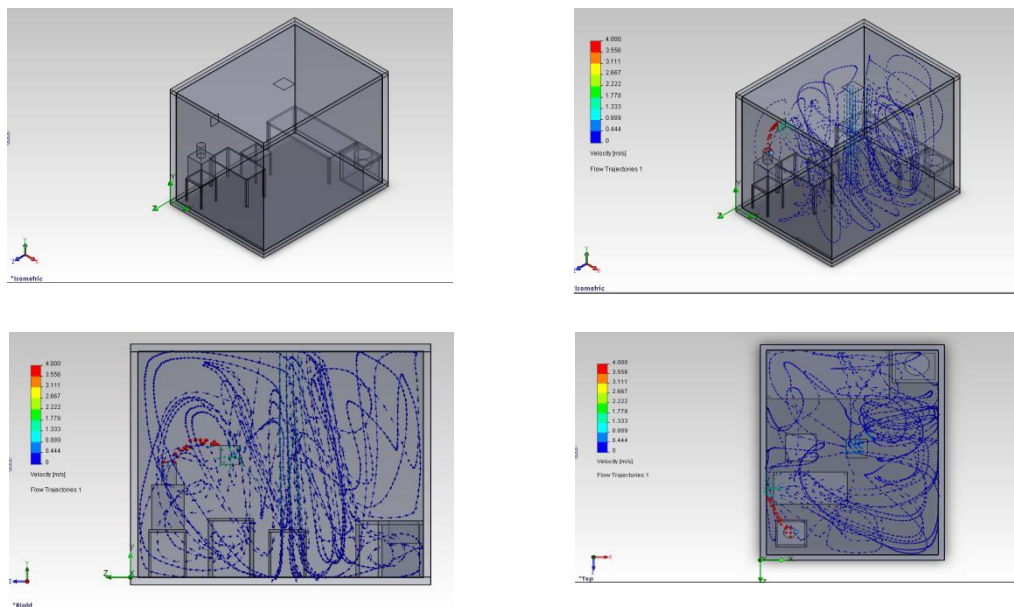


ภาพที่ 4.8 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.2 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

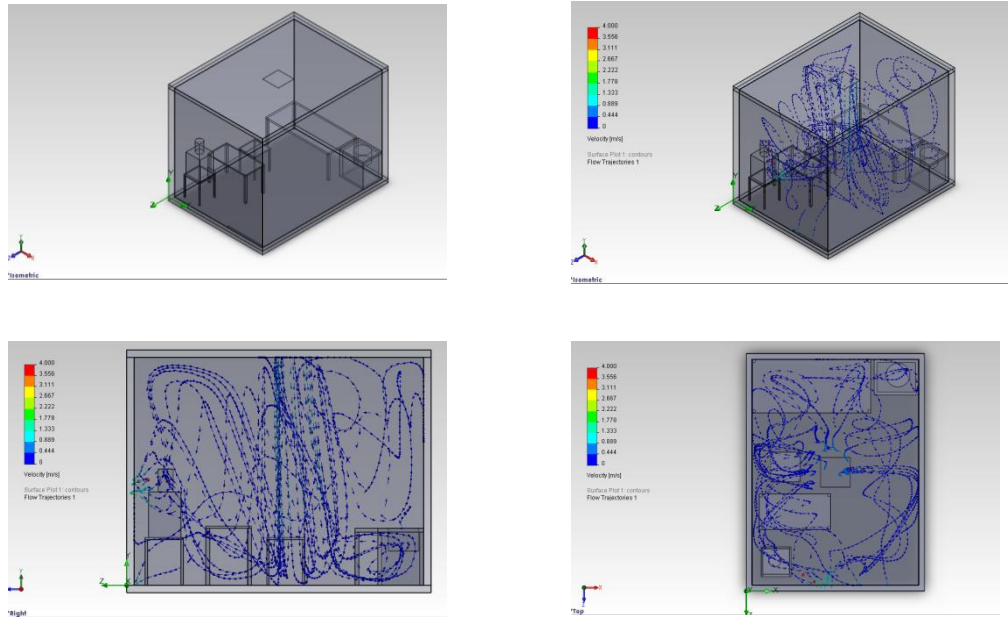
ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



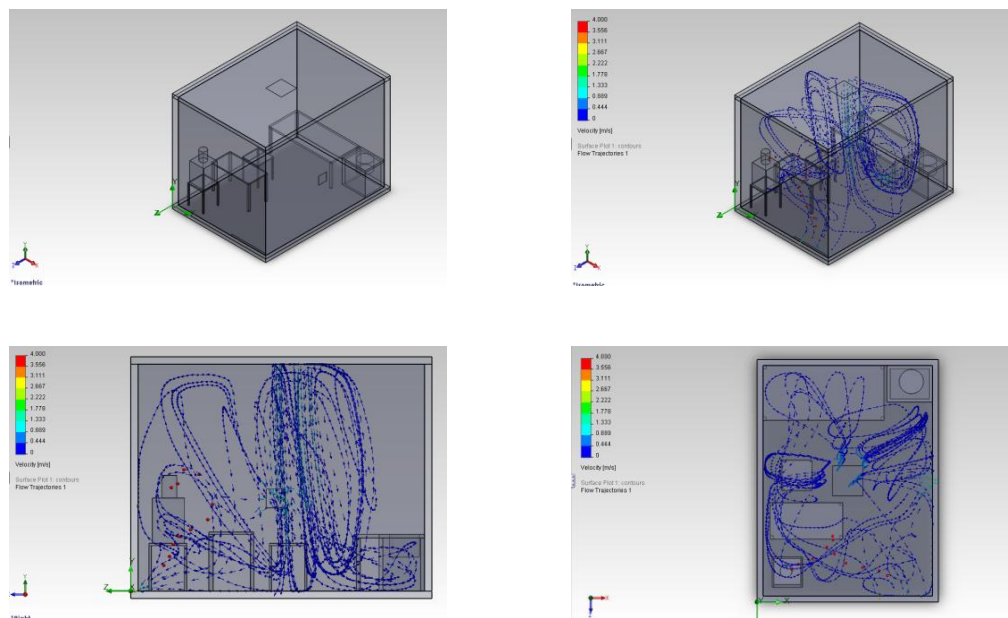
ภาพที่ 4.9 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.3 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



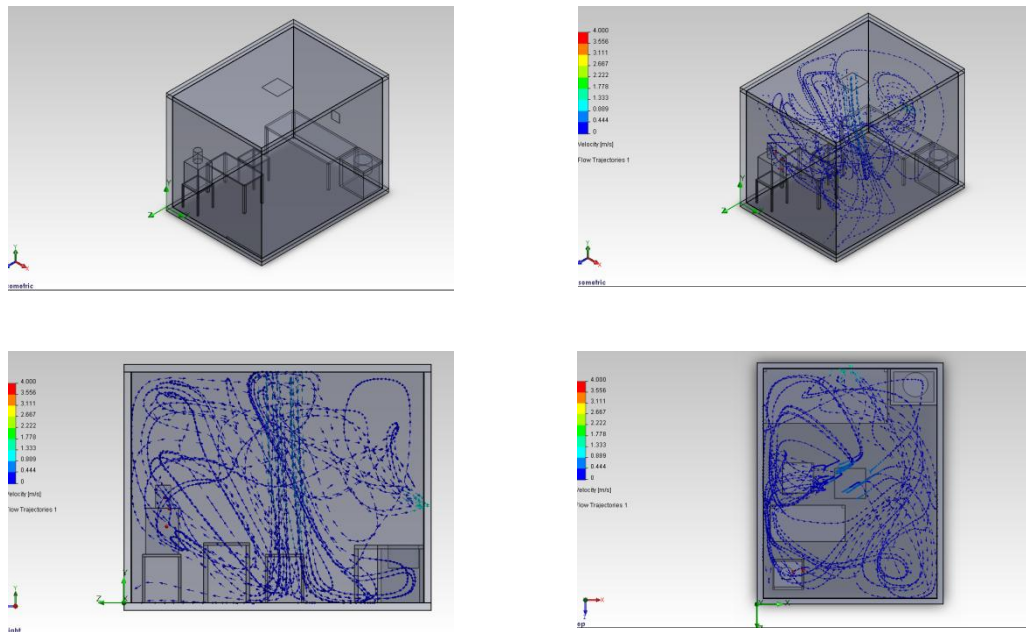
ภาพที่ 4.10 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.4 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



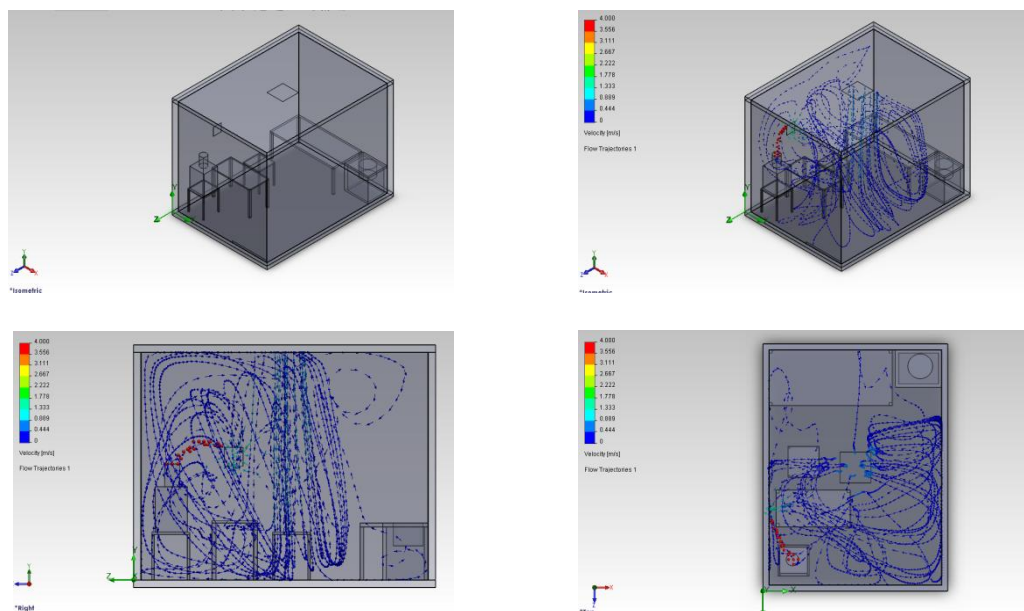
ภาพที่ 4.11 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.5 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



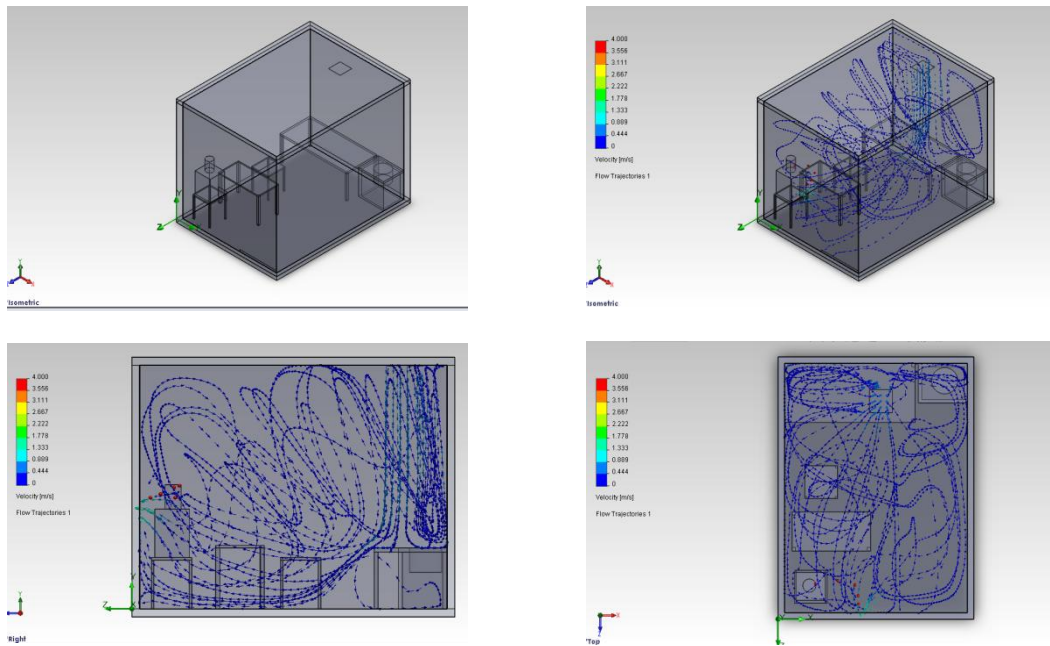
ภาพที่ 4.12 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.6 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.13 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.7 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

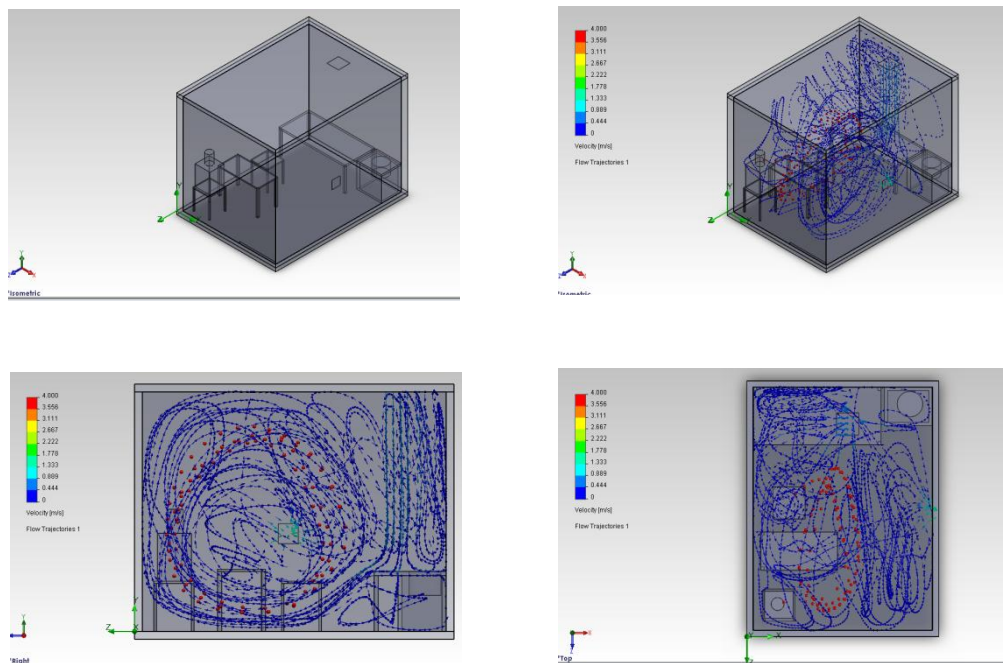


ภาพที่ 4.14 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.8 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



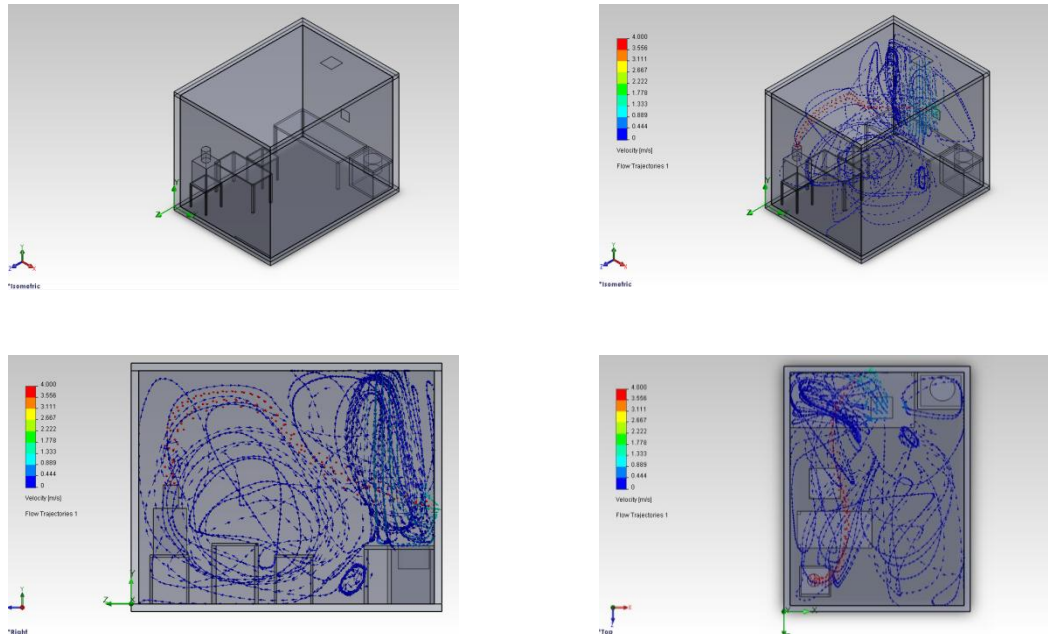
ภาพที่ 4.15 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.9 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

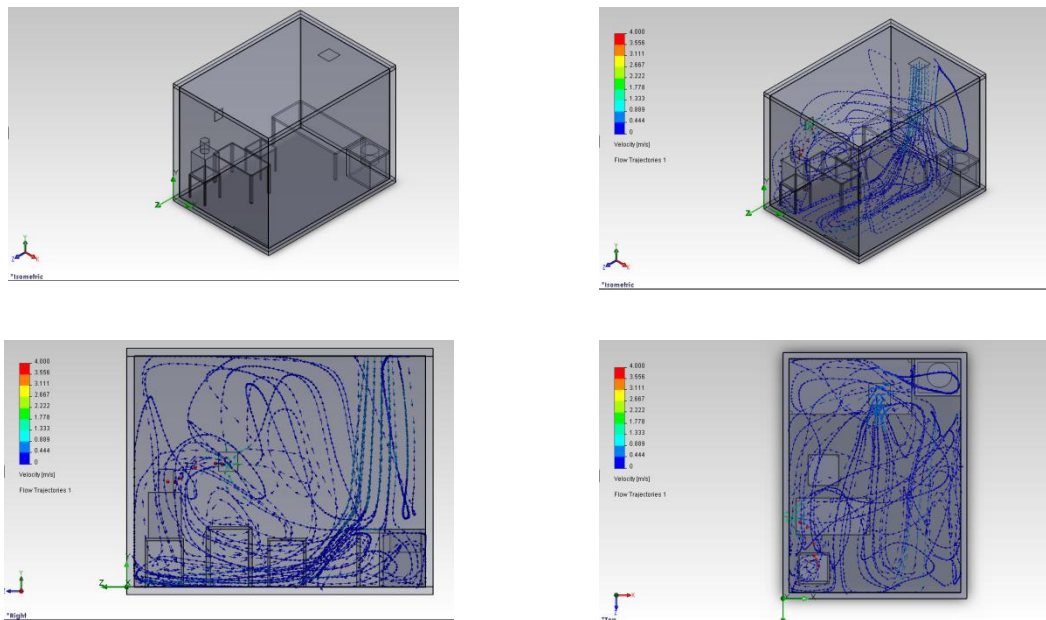


ภาพที่ 4.16 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.10 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

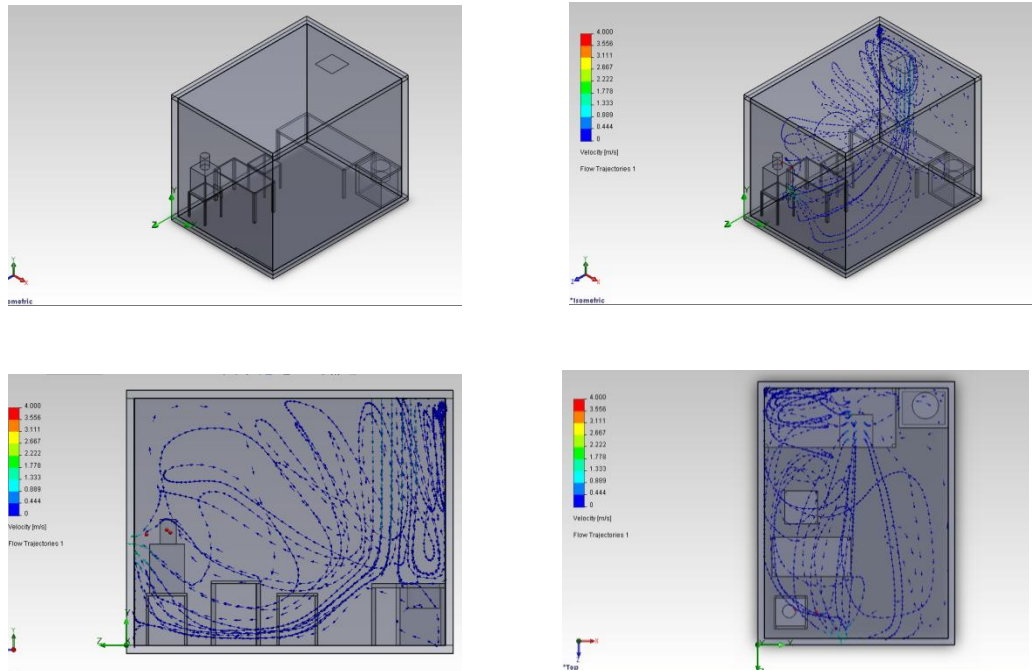
ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.17 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.11 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

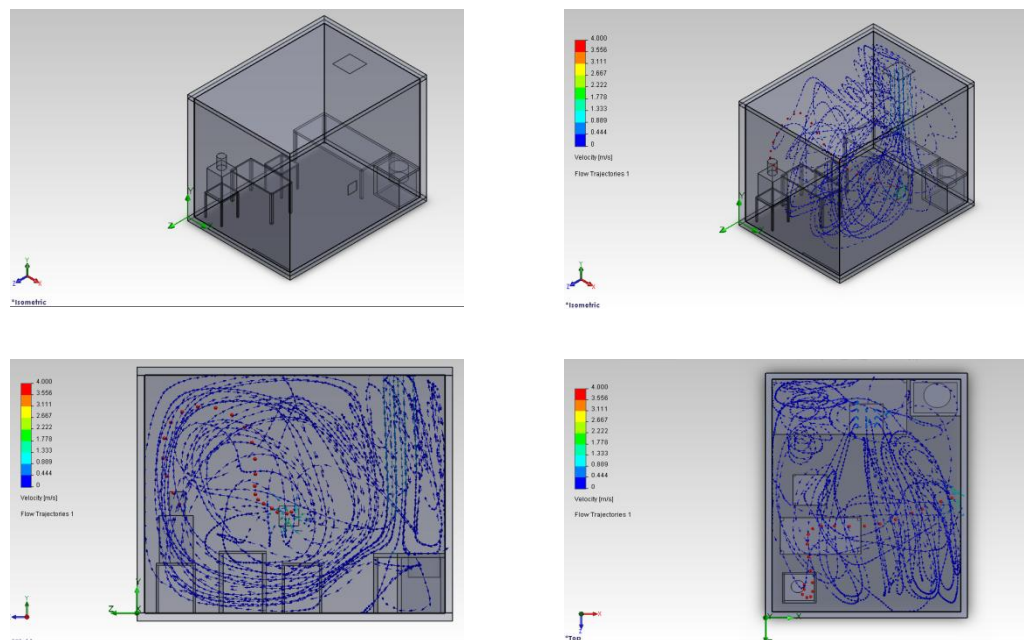


ภาพที่ 4.18 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.12 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



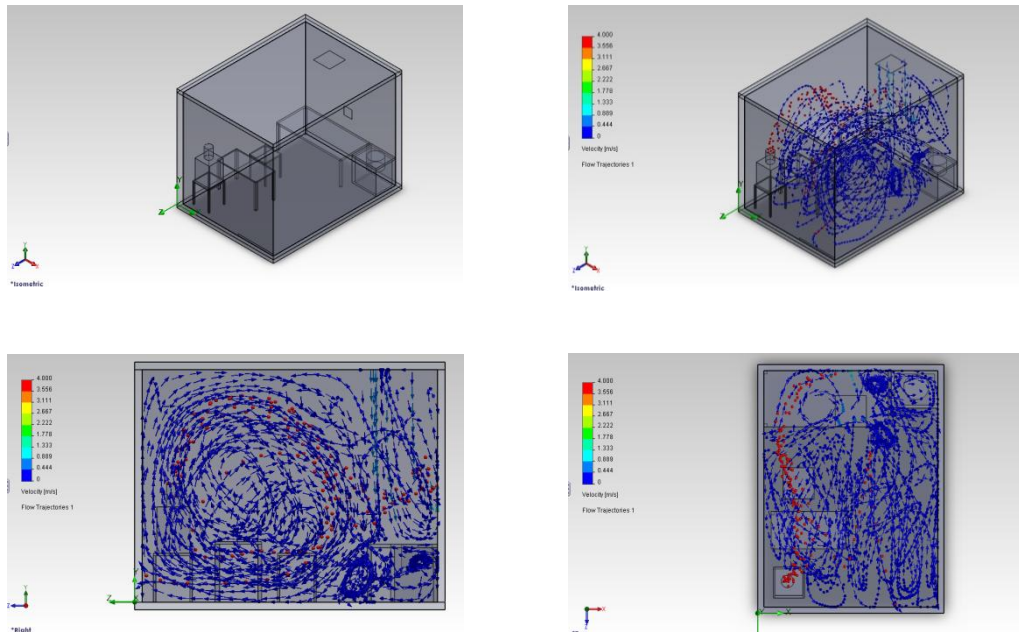
ภาพที่ 4.19 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.13 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



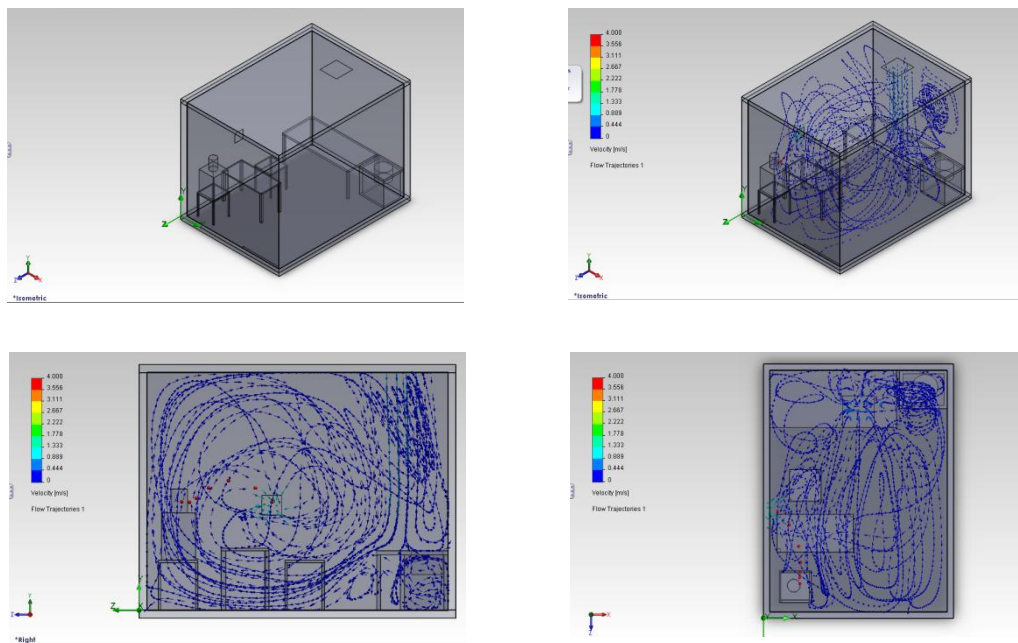
ภาพที่ 4.20 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.14 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.21 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.15 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.22 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.16 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.1-2.4)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.1	2.2	2.3	2.4
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าจากเพดาน	ตรงกลาง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	15			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	10	8	7	8
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

ตารางที่ 4.3 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.5-2.8)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.5	2.6	2.7	2.8
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าจากเพดาน	ตรงกลาง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	12			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	6	7	12	7
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

ตารางที่ 4.4 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.9-2.12)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.9	2.10	2.11	2.12
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าจากเพดาน	ด้านหลัง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	15			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	15	20	15	10
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. (2.13-2.16)

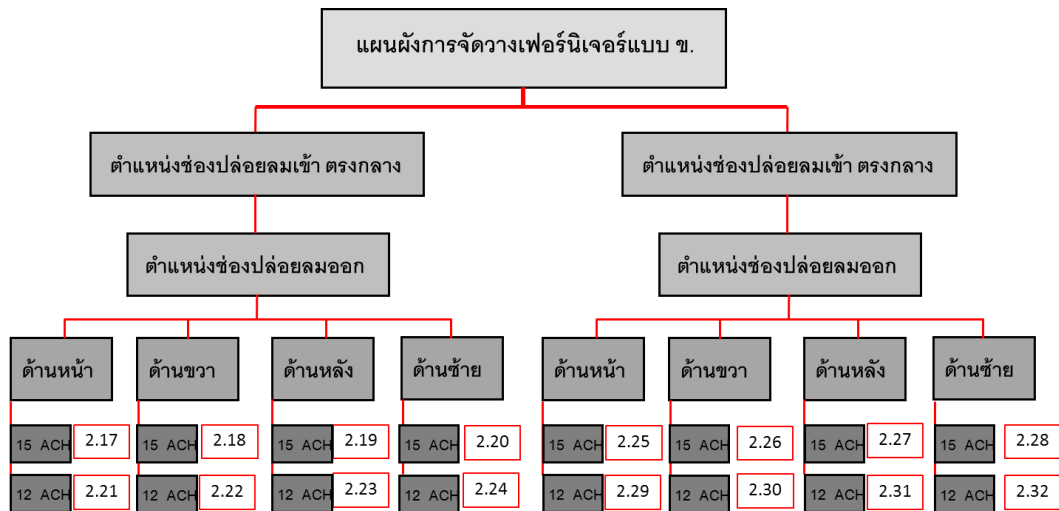
เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.13	2.14	2.15	2.16
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าจากเพดาน	ด้านหลัง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	12			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	10	15	20	15
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

4.2.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข.

- ข้อมูลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.17 – 2.32

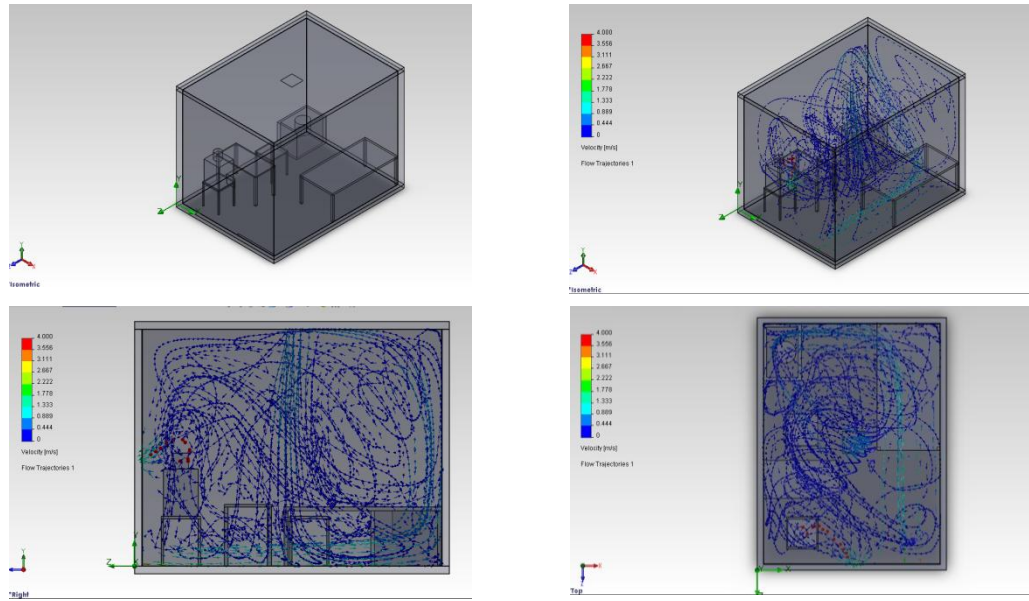
ลักษณะการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. เป็นการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังที่มีรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายในแบบ ข. โดยมีการเลือกใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 9,000 Btu (ความเร็วลม = 0.6 – 0.8 m./s) ส่งอากาศผ่านการต่อระบบท่อลมผ่านตำแหน่งหน้าฉากช่องลมแบบ Air Supply Grille โดยมีการจำลองสถานการณ์ร่วมกับการปรับเปลี่ยนตัวแปรในแต่ละปัจจัย เพื่อการศึกษาหารูปแบบการระบายอากาศโดยรวม และการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคทั้งหมด 16 รูปแบบ

แผนภูมิที่ 4.2 แสดงถึงลักษณะของรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. ที่มีการวางแผนผังการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบมีเตียงตรวจด้านข้างของห้อง ปรับเปลี่ยนตัวแปรที่แตกต่างกัน 16 รูปแบบ

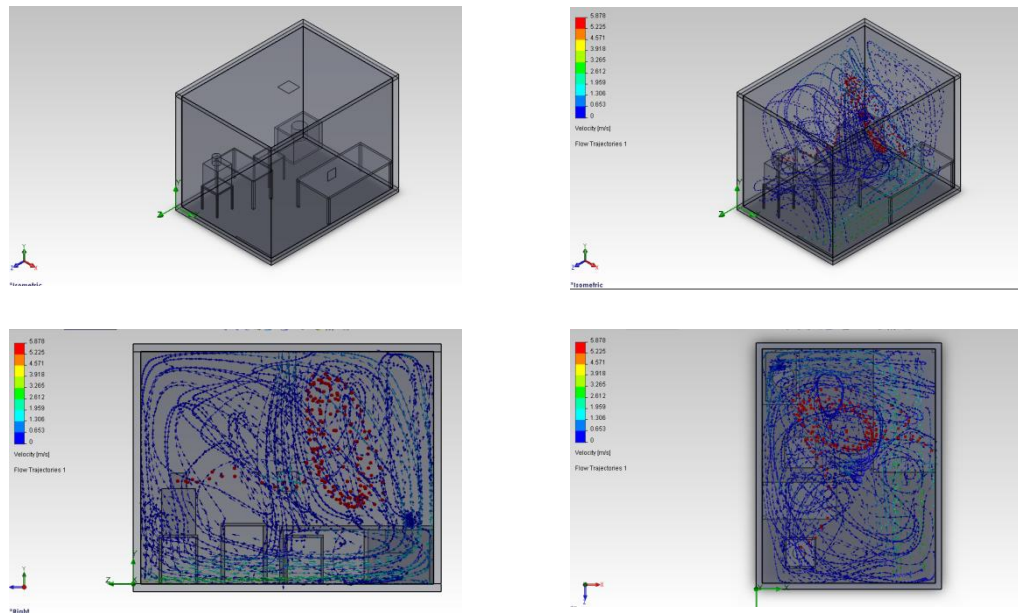


ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.17 – 2.32

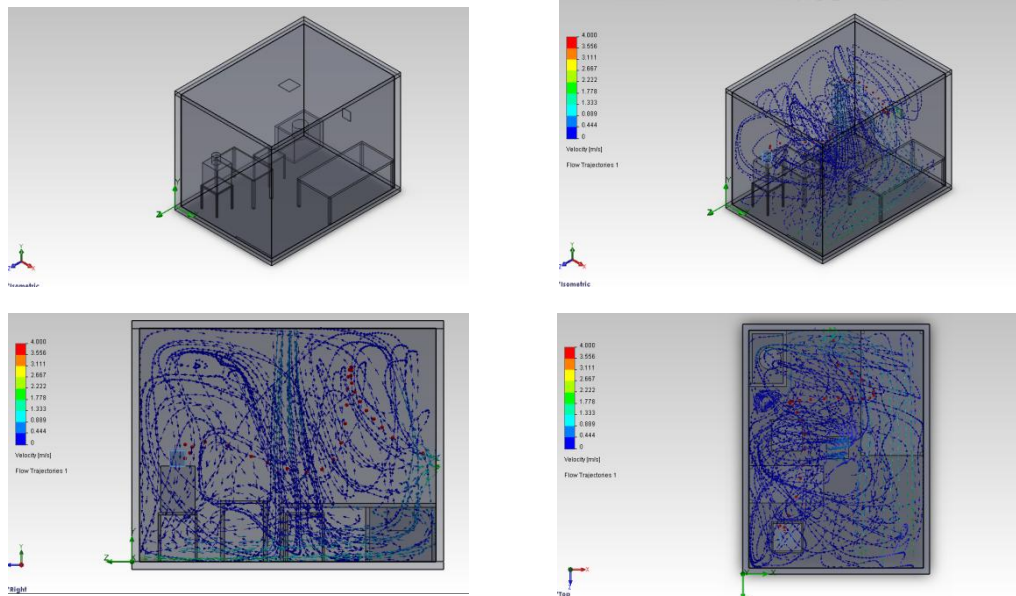
จากการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2.17 - 2.32 พบว่า รูปแบบการระบายอากาศภายในห้องโดยรวมมีความผันผวนจากจำนวนรอบหมุนของการเคลื่อนที่ของอากาศอยู่ในแบบไหลวน ปริมาณตั้งแต่ 10-25 รอบหมุน ซึ่งมีจำนวนรอบหมุนแตกต่างกันตามลักษณะตำแหน่งการติดตั้งช่องปลั๊กลมเข้า ช่องปลั๊กลมออก และอัตราการถ่ายเทอากาศ โดยเฉพาะปริมาณความเร็วลมจากตำแหน่งของช่องปลั๊กลมเข้า ส่งผลต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องเป็นอย่างมากแต่การระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคโควิดโรคนั้น มีทั้งมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมกและน้อย ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการติดตั้งช่องนำอากาศออกเช่นกัน ซึ่งเห็นได้ว่า อัตราการถ่ายเทอากาศและปัจจัยของช่องการนำอากาศออกเป็น สิ่งที่สำคัญต่อการระบายอากาศและระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่เช่นกัน



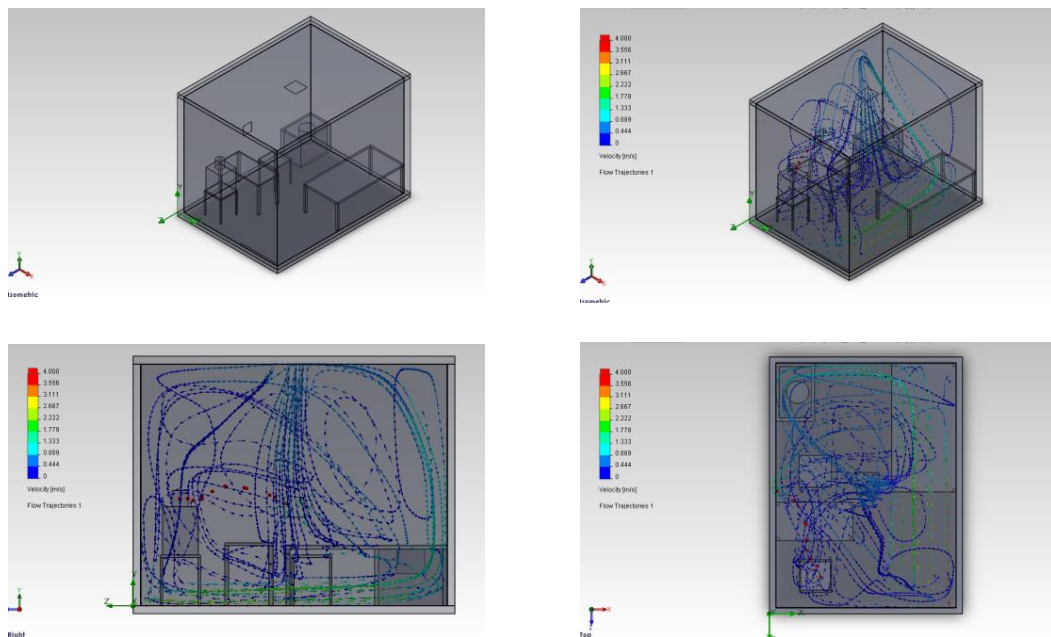
ภาพที่ 4.23 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.17 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



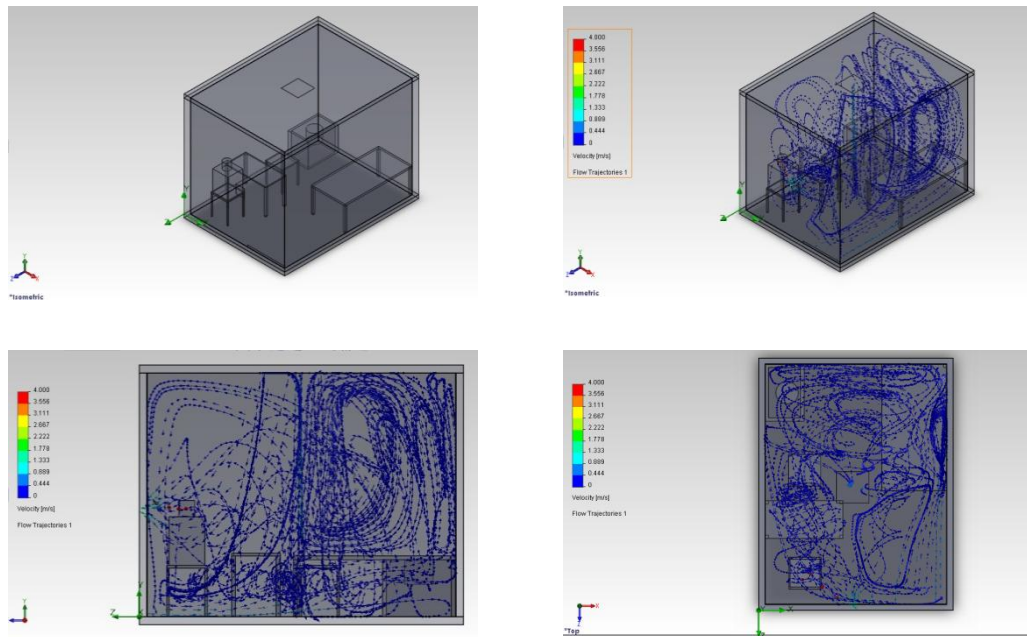
ภาพที่ 4.24 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.18 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.25 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.19 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

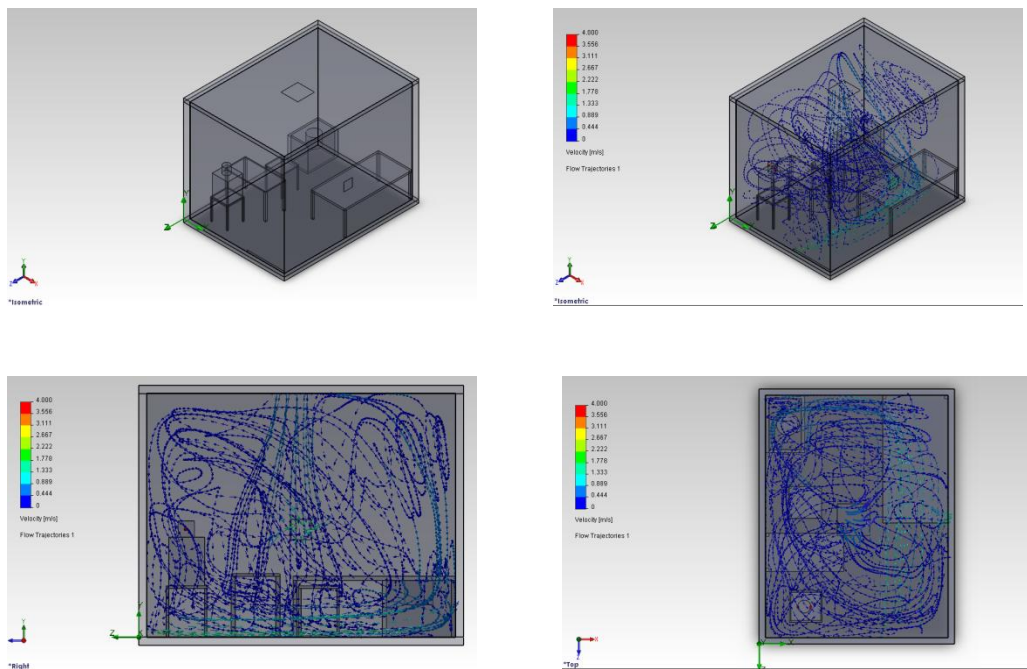


ภาพที่ 4.26 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.20 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



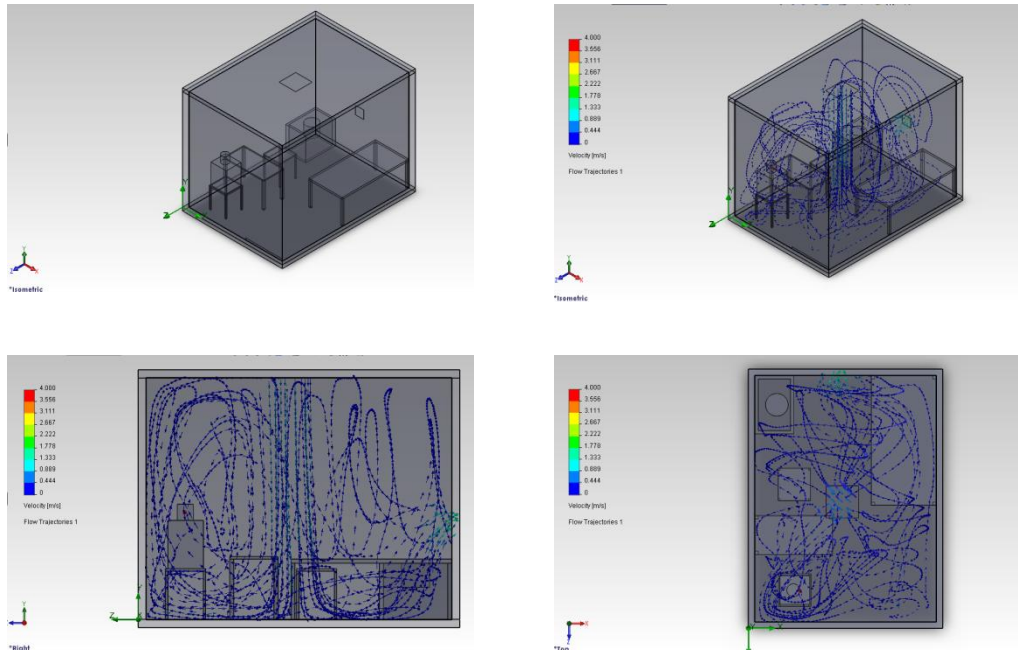
ภาพที่ 4.27 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.21 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



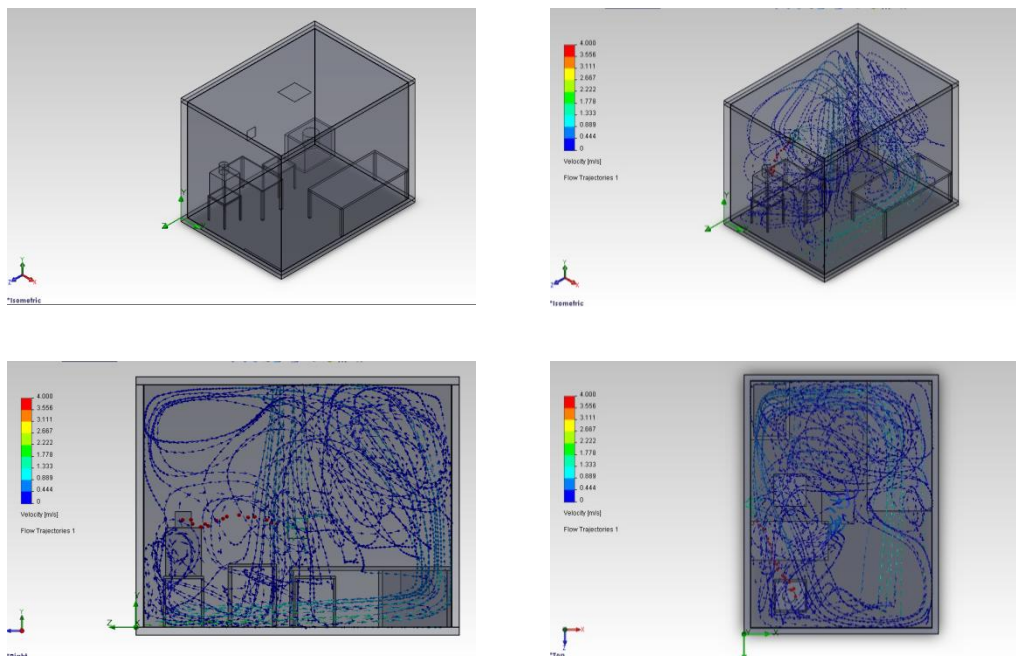
ภาพที่ 4.28 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.22 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



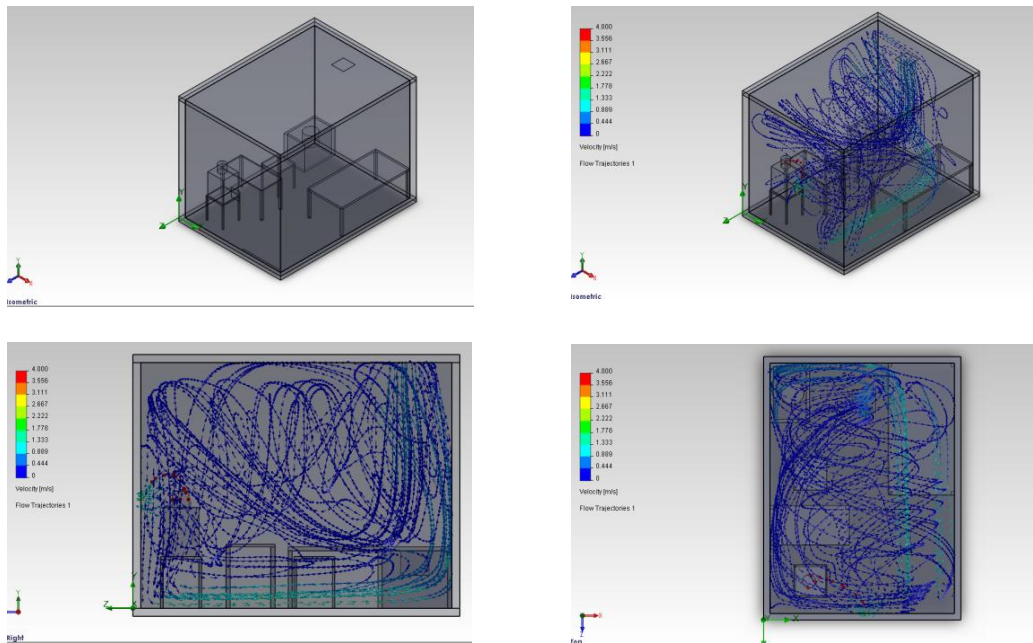
ภาพที่ 4.29 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.23 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

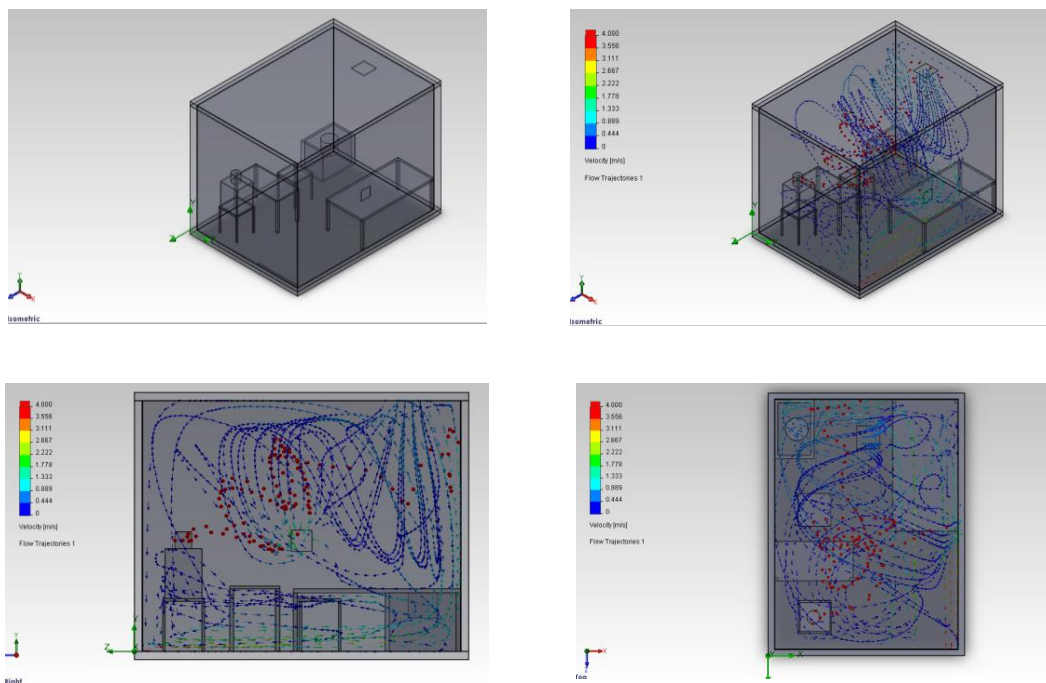


ภาพที่ 4.30 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.24 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

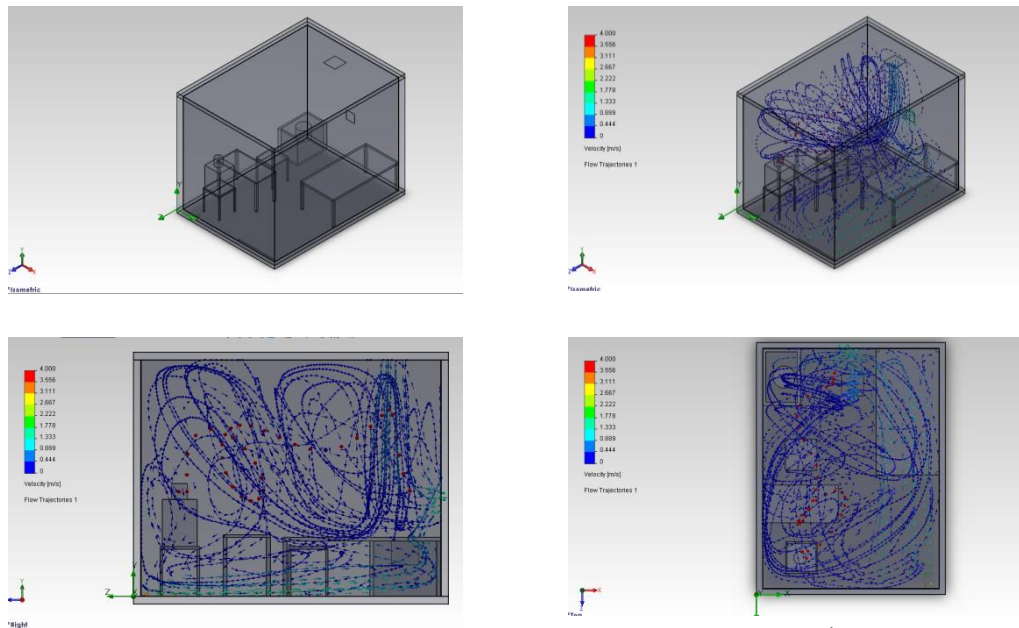
ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.31 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.25 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

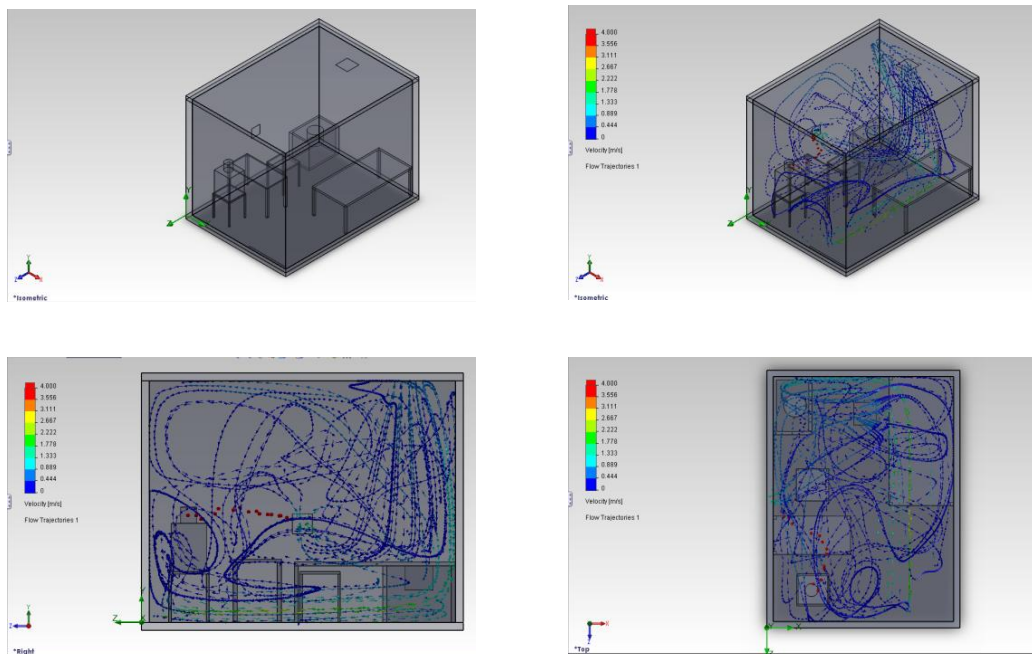


ภาพที่ 4.32 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.26 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



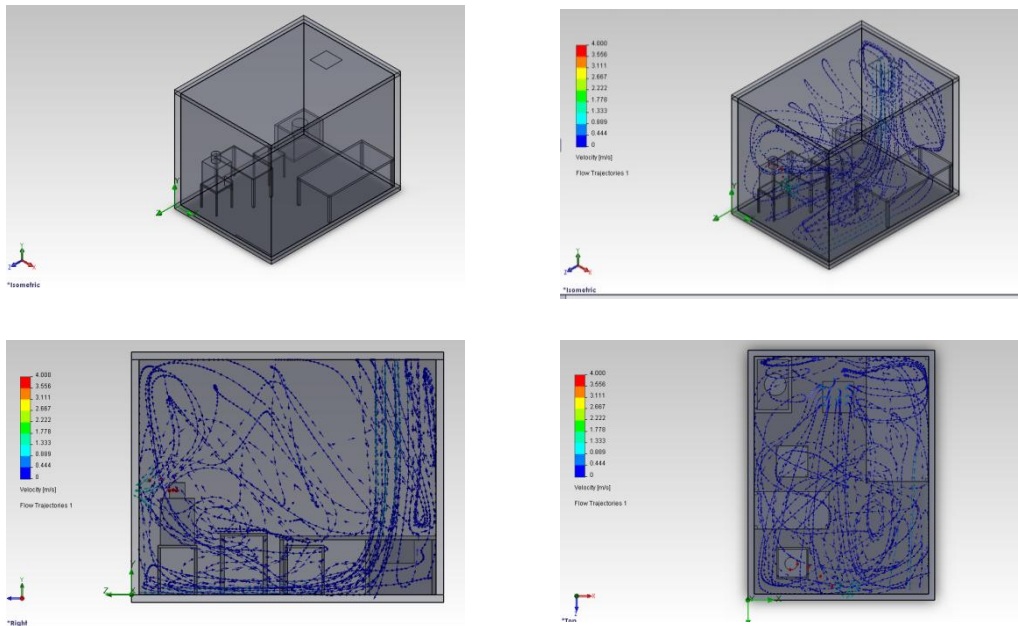
ภาพที่ 4.33 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.27 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

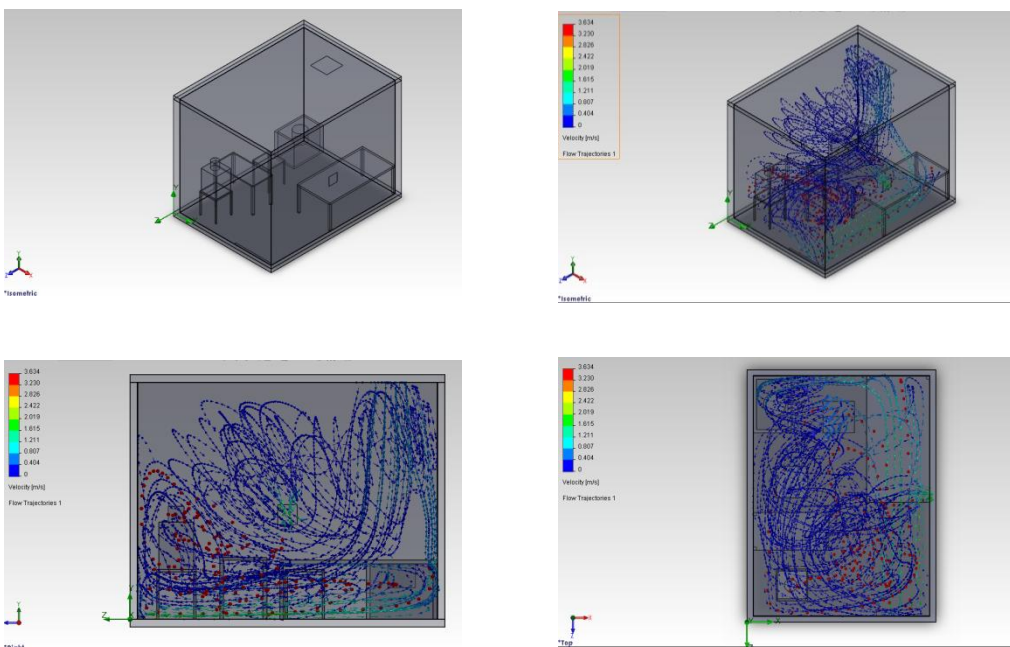


ภาพที่ 4.34 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.28 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ

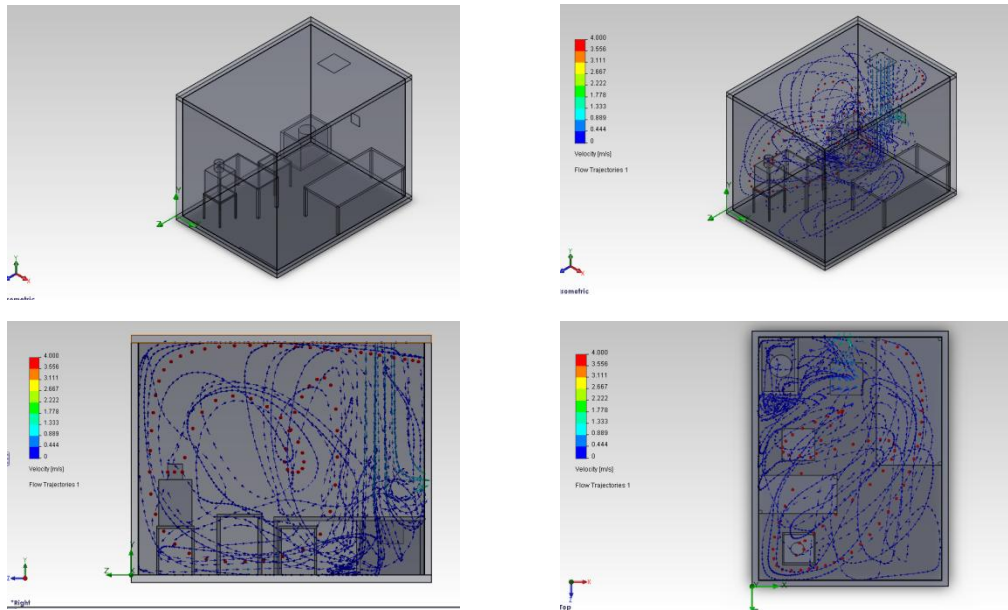
ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



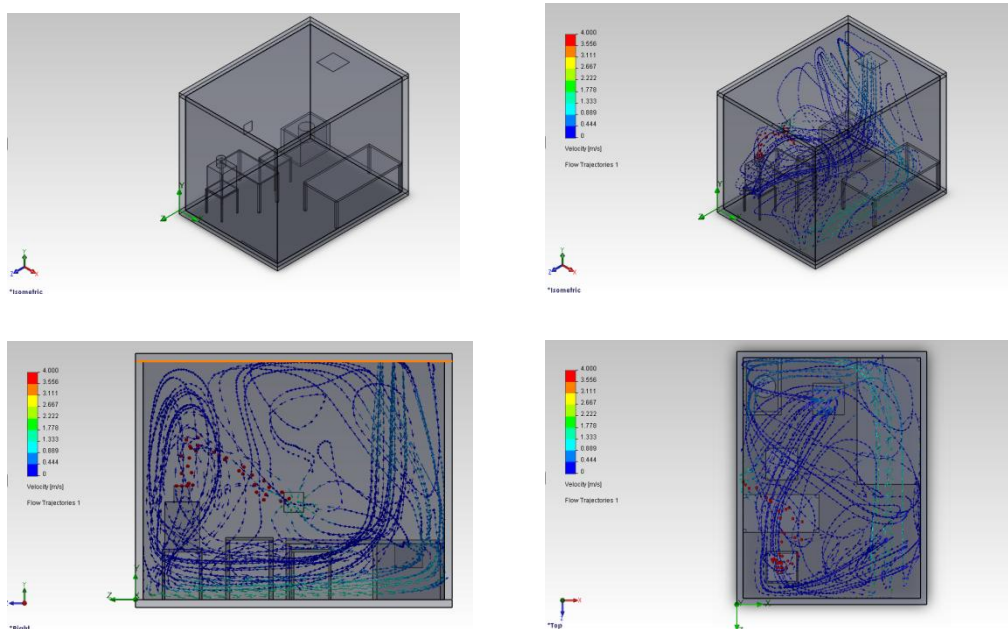
ภาพที่ 4.35 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.29 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.36 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.30 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.37 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.31 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง



ภาพที่ 4.38 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.32 โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง

ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.17-2.20)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.17	2.18	2.19	2.20
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าจากเพดาน	ตรงกลาง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องปล่อยลมออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	15			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	22	22	22	15
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

ตารางที่ 4.7 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.21-2.24)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.21	2.22	2.23	2.24
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศเข้าจากเพดาน	ตรงกลาง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	12			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	15	18	15	20
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

ตารางที่ 4.8 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.25-2.28)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.25	2.26	2.27	2.28
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศเข้าจากเพดาน	ด้านหลัง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	15			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	25	20	20	15
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

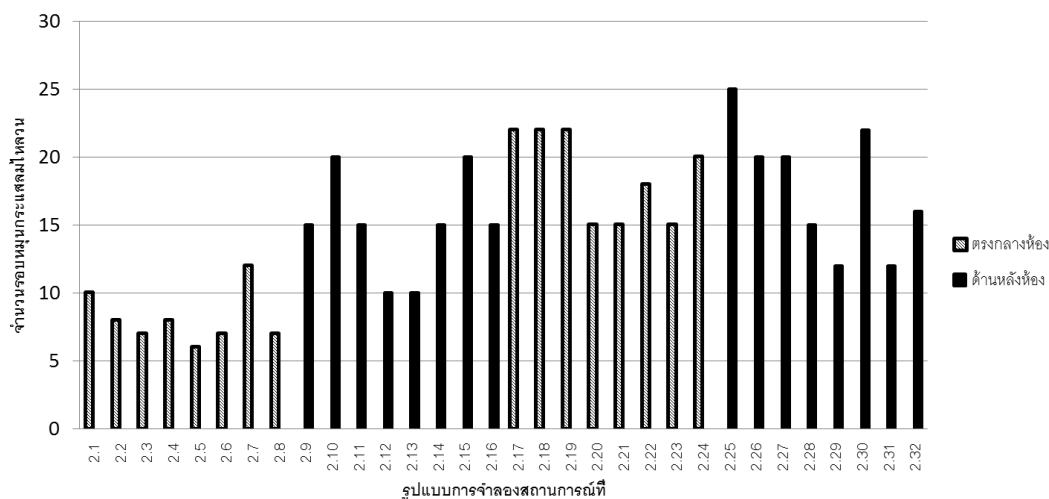
ตารางที่ 4.9 แสดงรายละเอียดสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. (2.29-2.32)

เงื่อนไขการจำลองสถานการณ์	2.29	2.30	2.31	2.32
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศเข้าจากเพดาน	ด้านหลัง			
ตำแหน่งติดตั้งช่องนำอากาศออกตรงกลาง ผนังสูง 1.10 m.	ด้านหน้า	ด้านขวา	ด้านหลัง	ด้านซ้าย
อัตราการระบายอากาศ (ACH)	12			
จำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ ของอากาศแบบไหลวน	12	22	12	16
ความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรค	มีน้อย	มีมาก	มีมาก	มีน้อย

4.2.1 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 กรณี ตำแหน่งของช่องอากาศ เข้า

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า ตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางของห้องส่งผลต่อความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 6-22 รอบหมุน เกิดขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังส่งผลต่อความผันผวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 10-25 รอบหมุน จึงเห็นได้ว่าการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้องนั้นจะมีจำนวนรอบหมุนที่น้อยกว่า ส่งผลที่ดีกว่าการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง และสำหรับความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมียังมีความเสี่ยงมากและน้อยขึ้น โดยมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมามาก 16 รูปแบบ และมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคน้อย 16 รูปแบบ

แผนภูมิที่ 4.3 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางและด้านหลังของห้อง



ตารางที่ 4.10 แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า

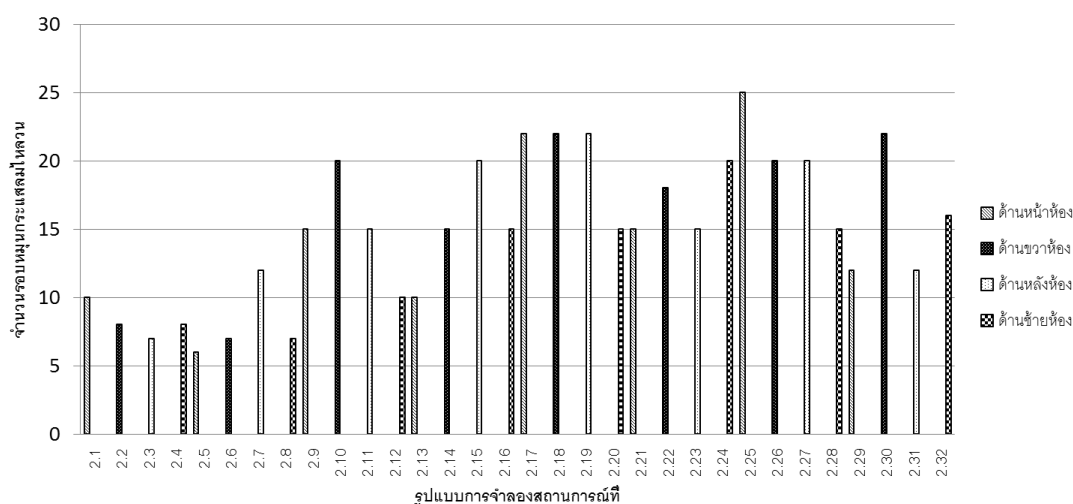
รูปแบบการจำลองสถานการณ์	ปริมาณจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน			การแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโคโรนาในพื้นที่
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	
บริเวณตรงกลางห้อง	6	14	22	มีน้อย และ มีมาก
บริเวณหลังห้อง	10	17	25	มีน้อย และ มีมาก

4.2.2 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 กรณี ตำแหน่งของช่องอากาศออก

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า ตำแหน่งของช่องปล่อยลมออกด้านขวา ด้านหลังและด้านซ้ายของห้องส่งผลต่อระดับของความผันผวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 7-22 รอบหมุน เมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งปล่อยลมออกด้านหน้าของห้อง จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 6-20 รอบหมุน แต่สำหรับความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโคโรนาในพื้นที่ระดับที่มากที่สุดคือการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านขวา และ ด้านหลังของห้อง

แต่ด้านหน้าและด้านซ้ายของห้องมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโคโรนาในพื้นที่ระดับที่น้อยกว่า

แผนภูมิที่ 4.4 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านหน้า ด้านขวา ด้านหลัง และด้านซ้ายของห้อง



ตารางที่ 4.11 แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของตำแหน่งของช่องอากาศออก

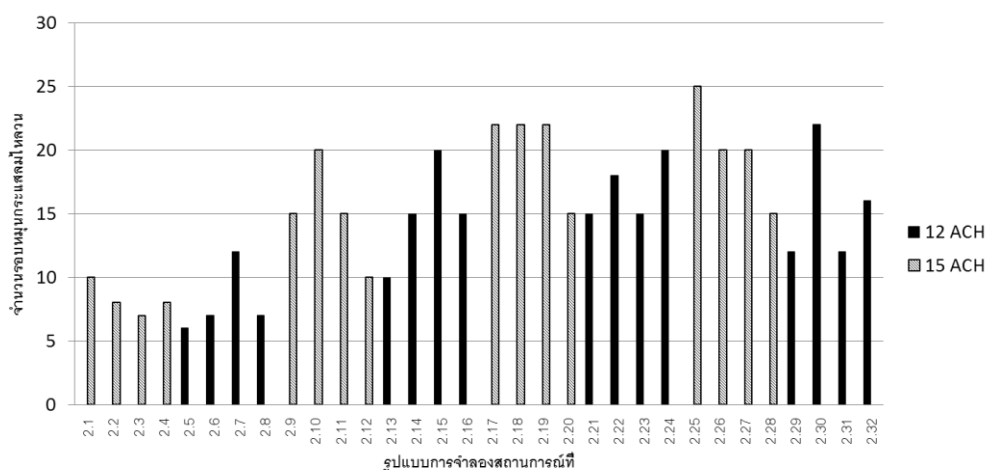
รูปแบบการจำลองสถานการณ์	ปริมาณจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน			การแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโคโรนาในพื้นที่
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	
ด้านหน้าของห้อง	6	15	25	มีน้อย
ด้านขวาของห้อง	7	17	22	มีมาก
ด้านหลังของห้อง	7	16	22	มีมาก
ด้านซ้ายของห้อง	7	14	20	มีน้อย

4.2.3 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 3 กรณี อัตราการถ่ายเทอากาศ

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า อัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ส่งผลต่อความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบ

ไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 6-22 รอบหมุน เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 7-25 รอบหมุน จึงเห็นได้ว่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH จะส่งผลที่ดีกว่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH และสำหรับความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมักมีความเสี่ยงมากและน้อยขึ้น โดยมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมาก 16 รูปแบบ และมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคน้อย 16 รูปแบบ

แผนภูมิที่ 4.5 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยของอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH และ 15 ACH



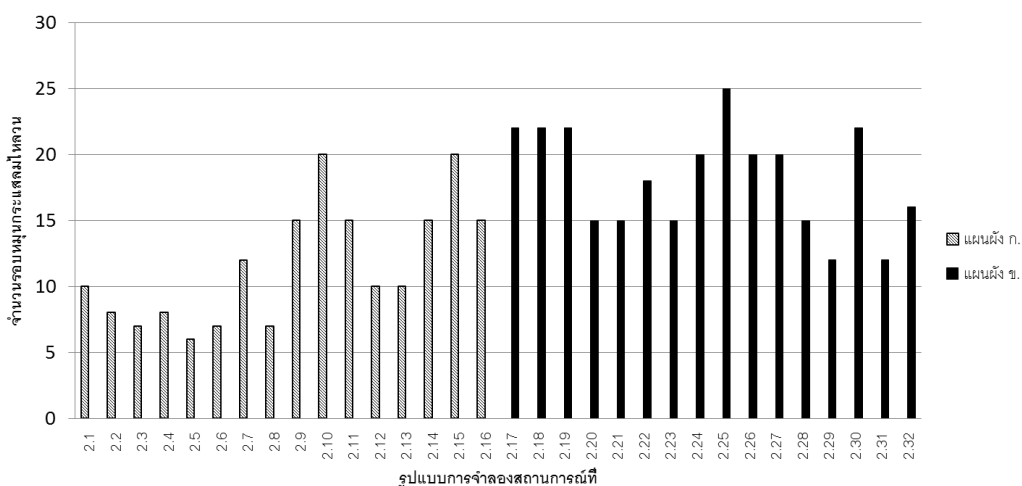
ตารางที่ 4.12 แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของอัตราการถ่ายเทอากาศ

รูปแบบการจำลองสถานการณ์	ปริมาณจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน			การแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคในพื้นที่
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	
12 ACH	6	14	22	มีน้อย และ มีมาก
15 ACH	7	16	25	มีน้อย และ มีมาก

4.2.4 ผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 4 กรณี แผ่นผึ่งห้องตรวจรักษาโรคโควิด

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า แผ่นผึ่งห้องตรวจแบบ ก. ส่งผลต่อความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศ จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 6-22 รอบหมุนเมื่อเปรียบเทียบกับแผ่นผึ่งห้องตรวจแบบ ก. ส่งผล จำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน (Eddy air flow) ตั้งแต่ 12-25 รอบหมุน จึงเห็นได้ว่าแผ่นผึ่งห้องตรวจแบบ ก. ส่งผลที่ดีกว่าแผ่นผึ่งห้องตรวจแบบ ข. และสำหรับความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมียังมีความเสี่ยงมากและน้อยขึ้น โดยมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมียัง 16 รูปแบบ และมีรูปแบบที่เกิดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคน้อย 16 รูปแบบ

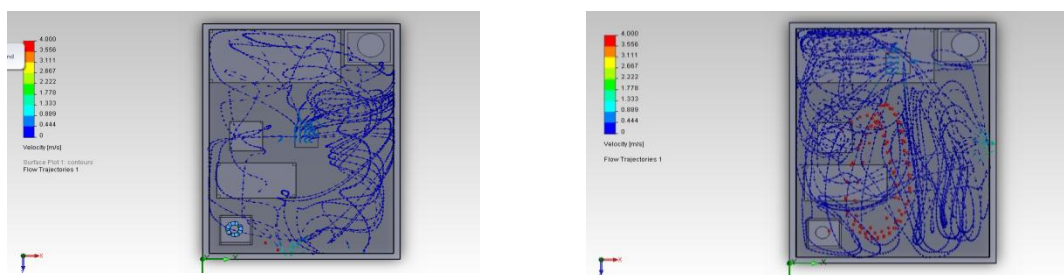
แผนภูมิที่ 4.6 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) เปรียบเทียบปัจจัยรูปแบบการจัดเฟอร์นิเจอร์ของแผ่นผึ่งห้องตรวจ ก. และ แผ่นผึ่งห้องตรวจ ข.



ตารางที่ 4.13 แสดงสรุปผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 (2.1-2.32) ปัจจัยของรูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายใน

รูปแบบการจำลองสถานการณ์	ปริมาณจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน			การแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรคในพื้นที่
	ค่าต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	
แบบ ก.	6	12	20	มีน้อย และ มีมาก
แบบ ข.	12	18	25	มีน้อย และ มีมาก

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า ข้อควรคำนึงอันดับแรกในการออกแบบ คือ รูปแบบที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโคโรนา ดังภาพที่ 4.39 ซึ่งมีทั้งหมด 16 รูปแบบ ที่มีการติดตั้งช่องปล่อยลมออก ด้านหน้าและด้านซ้าย เพราะการติดตั้งตำแหน่งช่อง ปล่อยลมออกที่ใกล้ชิดตัวผู้ป่วยมากที่สุดจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศให้สามารถระบายเชื้อ โรคออกจากพื้นที่ได้โดยเกิดความเสียหายน้อยในพื้นที่ห้อง



ภาพที่ 4.39 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาไวรัสโคโรนา การระบาย เชื้อโรคเปรียบเทียบกับเป็นจุดเม็ดกลมที่เคลื่อนที่ในห้อง ซึ่งลักษณะที่มีความเสี่ยงต่อการ แพร่กระจายเชื้อไวรัสโคโรนามาก (รูปด้านขวา) และมีความเสี่ยงน้อย (รูปด้านซ้าย)

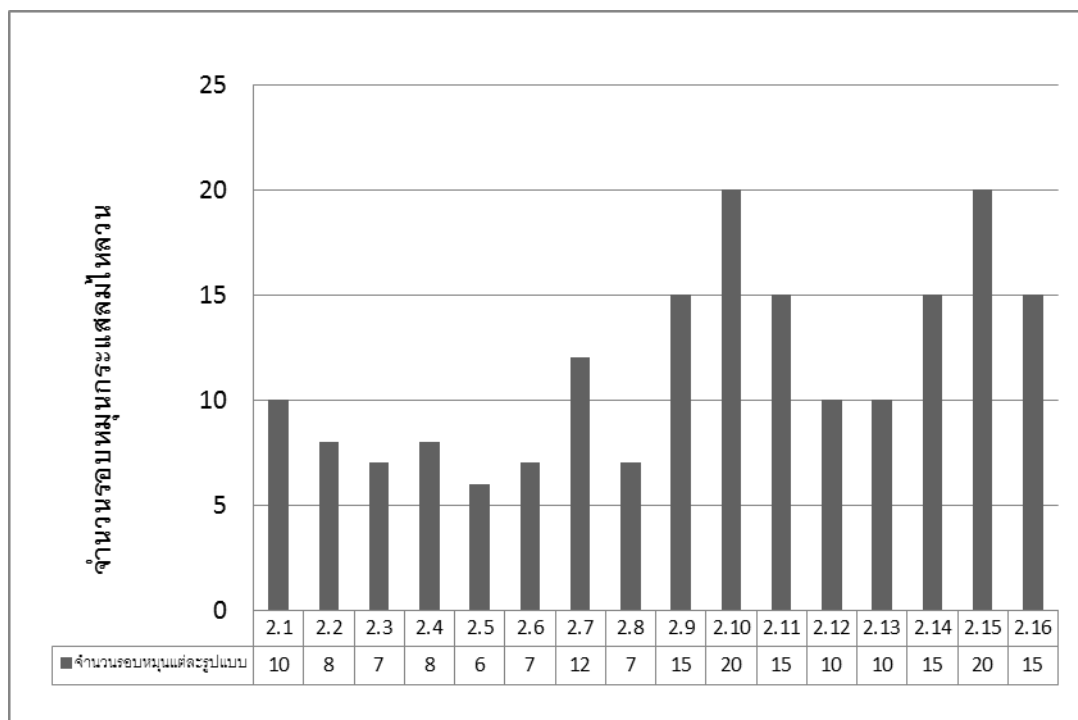
ผลสรุปจากการจำลองที่มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคน้อย จากข้างต้นนั้น เห็นได้ว่า ปัจจัยที่สำคัญต่อการระบายเชื้อโรคออกคือ การติดตั้งตำแหน่งของช่องปล่อยลมออกใน ตำแหน่งที่ใกล้กับแหล่งเชื้อโรค (ผู้ป่วยโรคไวรัสโคโรนา) ได้แก่ ด้านหลังและด้านข้างตัวผู้ป่วย ใน ระดับสูงจากพื้น 1.10 เมตร เพราะเป็นระดับที่อยู่ตำแหน่งของการแพร่เชื้อคือ ปากและจมูกการ ระบายเชื้อโรคเฉพาะที่สามารถระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ได้และเป็นการระบายอากาศโดยรวมที่ ไหลจากอากาศที่สะอาดมากไปหาสะอาดน้อย ลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อทางอากาศได้ ส่วน ระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโคโรนา จะ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า อัตราการถ่ายเทอากาศ และแผนผังพื้นที่ของห้อง เมื่อ พิจารณาจากข้อสรุปของแผนผังพื้นที่แบบ ก. โดยติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศเข้าตรงกลาง ห้อง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ของแผนผัง ก. จะเกิดระดับของความผันผวนต่อ ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวน 6 รอบหมุน ในรูปแบบที่ 2.5 ดังภาพที่ 4.40 เพราะการ กำหนดปริมาณความเร็วลมจากช่องอากาศนำเข้า ในปริมาณที่น้อย (0.6 m./s, 12 ACH) ส่งผล ต่อความผันผวนของการไหลเวียนของกระแสลมน้อยกว่า การกำหนดปริมาณความเร็วลมจากช่อง ปล่อยลมเข้า ในปริมาณที่มาก (1.6 m./s, 15 ACH) ซึ่งก่อให้เกิดระดับของความผันผวนต่อ ลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวน 10 รอบหมุน ในรูปแบบที่ 2.1 มีค่าอัตราการถ่ายเท

อากาศ 12 ACH ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง ได้ดังภาพที่ 4.41 และระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวน 15 รอบหมุน มีค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง ดังภาพที่ 4.42 ในรูปแบบที่ 2.9 และเมื่อพิจารณาจากช่องปล่อยอากาศเข้าตรงกลางห้อง และมีอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ของแผนผัง ข. จะเกิดระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวน 12 รอบหมุน ในรูปแบบที่ 2.29 ค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH และติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลัง ดังภาพที่ 4.43 และระดับของความผันผวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศจำนวน 20 รอบหมุน ในรูปแบบที่ 2.24 ดังภาพที่ 4.44 ซึ่งจากข้อสรุปของแผนผังพื้นที่แบบ ก. มีรูปแบบระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่น้อยเกิดขึ้น แต่แผนผังพื้นที่แบบ ข. มีระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่มาก เกิดขึ้น ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการจัดวางเฟอร์นิเจอร์การใช้สอยพื้นที่ภายในมีผลกระทบต่อการระบายอากาศ การเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องได้

ซึ่งพบว่า อากาศที่ไหลวนเป็นอากาศที่ไหลปั่นป่วนเกิดความผันผวนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ห้อง จากปัจจัยการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าและออก อัตราการถ่ายเทอากาศ และการจัดแผนผังในห้อง แสดงให้เห็นถึงระดับความผันผวนลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆขึ้นดังตารางที่ 4.14 เพราะอากาศที่มีจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน เกิดขึ้นจำนวนมากในพื้นที่ห้อง จะทำให้เกิดการผันผวนของอากาศในพื้นที่ห้องเกิดรูปแบบที่ไม่ดีต่อการเคลื่อนที่ของอากาศและเสียพลังงานและเวลาในการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่เช่นกัน

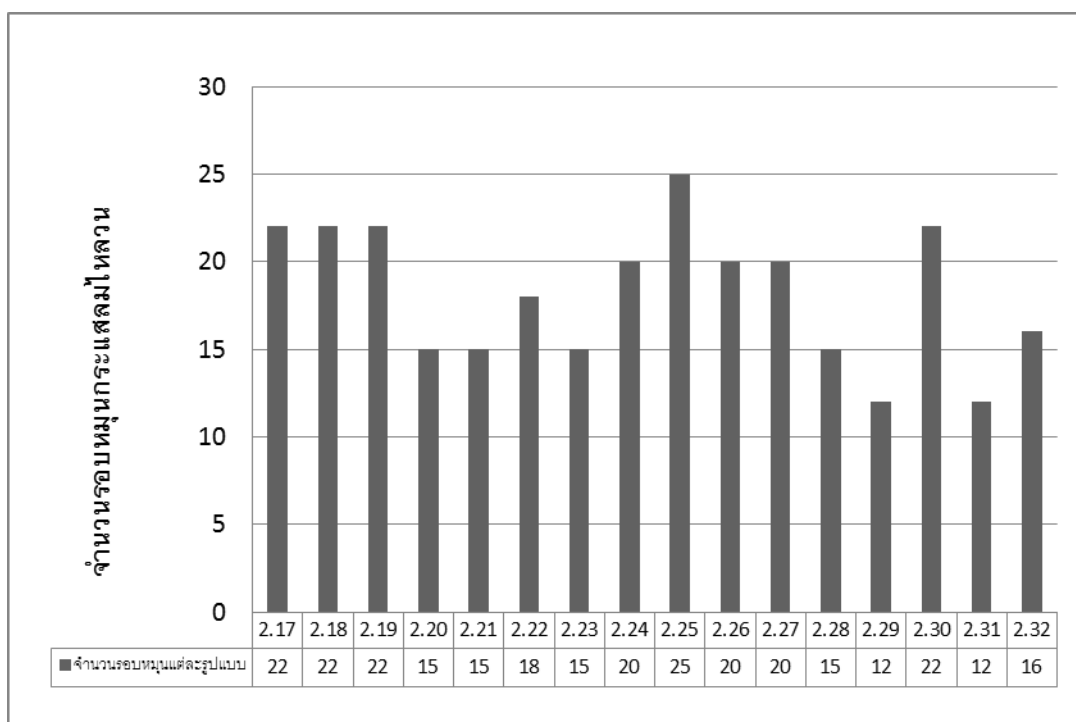
จากการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 มีจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน ในจำนวนที่แตกต่างกันตามปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยที่เกิดขึ้นในแต่ละรูปแบบสามารถแสดงค่าจำนวนรอบหมุนแต่ละรูปแบบที่เกิดขึ้นได้ ดังแผนภูมิที่ 4.7

แผนภูมิ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก.



จากผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ก. มีจำนวนรอบหมุนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ 6 - 20 จำนวนรอบหมุน รูปแบบที่ 2.1 - 2.8 ยกเว้นรูปแบบที่ 2.7 มีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 6 - 10 รอบหมุน แต่รูปแบบที่ 2.9 - 2.16 และ 2.7 นั้น มีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 10 - 20 รอบหมุน เพราะปัจจัยการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าที่แตกต่างกัน ผลคือการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้องนั้นจะมีจำนวนรอบหมุนที่น้อยกว่า ส่งผลต่อการผันผวนของอากาศได้น้อยกว่าการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง เพราะการเคลื่อนที่ของลมกระทบกับเตียงซึ่งวางอยู่ด้านหลังห้องจึงทำให้เกิดการผันผวนมาก ซึ่งรูปแบบที่ 2.5 ช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้องและช่องปล่อยลมออกด้านหน้าห้องด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH มีจำนวนรอบหมุนของลักษณะอากาศแบบไหลวนน้อยที่สุด

แผนภูมิที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนรอบหมุนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศแบบไหลวน Eddy Air Flow ในแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข.



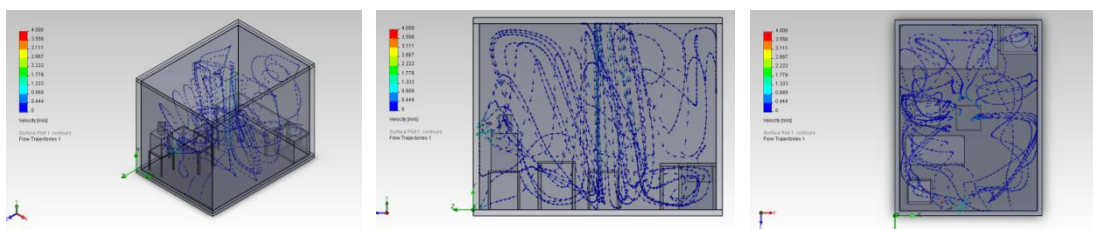
จากผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ข. มีจำนวนรอบหมุนที่เกิดขึ้นตั้งแต่ 12 - 25 จำนวนรอบหมุน รูปแบบที่ 2.17 - 2.27 มีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 15 - 25 รอบหมุน แต่รูปแบบที่ 2.28 - 2.32 นั้น มีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 12 - 16 รอบหมุน เพราะปัจจัยการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าที่แตกต่างกัน ผลคือการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้องนั้นจะมีจำนวนรอบหมุนที่น้อยกว่า ส่งผลต่อการผันผวนของอากาศได้น้อยกว่าการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง เพราะการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แผ่นผัง ข. นั้นมีการวางเตียงตรงทางด้านขวาของห้อง การเคลื่อนที่ของลมจากช่องปล่อยลมเข้าจากตำแหน่งตรงกลางห้องจะกระทบกับพื้นผิวสัมผัสของเตียงจึงเกิดรอบหมุนและความผันผวนมาก ซึ่งรูปแบบที่ 2.29 ช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังของห้อง และช่องปล่อยลมออกด้านหน้าห้องด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH มีจำนวนรอบหมุนของลักษณะอากาศแบบไหลวนน้อยที่สุด

จากผลการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่ามีจำนวนรอบหมุนตั้งแต่ 6 -25 รอบหมุน เพื่อความสามารถในการอ่านผลเป็นการแสดงถึงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ จะสามารถทำให้มีความเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึง

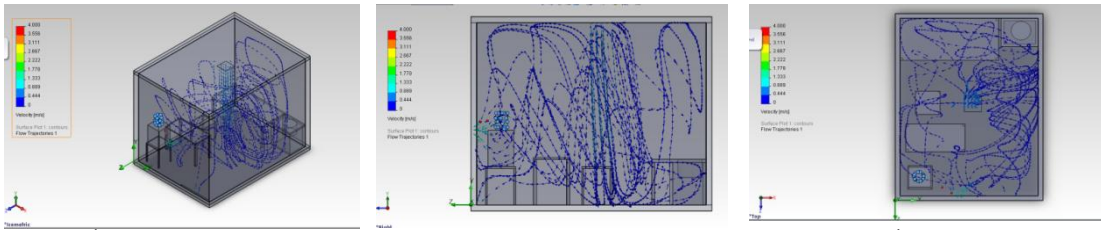
สามารถแบ่งขึ้นระดับออกเป็น 3 ระดับ โดยแบ่งตามจำนวนรอบหมุนที่เกิดขึ้นจากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ ดังตารางที่ 4.14 เมื่อพิจารณาจำนวนรอบหมุนในแต่ละระดับสามารถแบ่งออกเป็น ระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศน้อย ปานกลาง และมาก โดยแต่ละช่วงจะมีจำนวนรอบหมุน 8 รอบหมุน

ตารางที่ 4.14 แสดงจำนวนรอบหมุนการไหลวนของอากาศที่หมุนตัวและอากาศก่อให้เกิดความปั่นป่วนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ได้ ในระดับต่างๆ

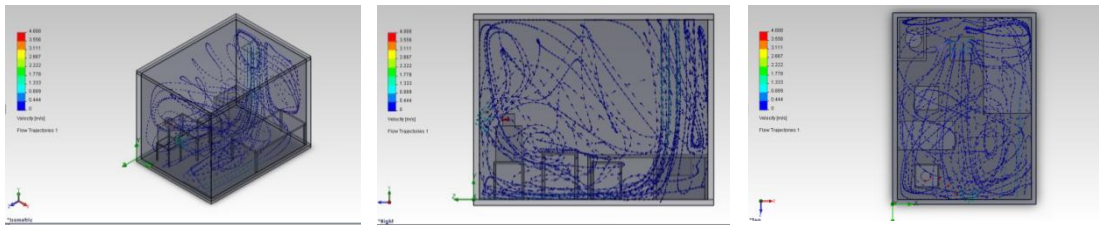
ระดับของความผันผวน ของลักษณะการ เคลื่อนที่ของอากาศ	ลักษณะการไหลของอากาศ
	Eddy Air Flow (การไหลวนของอากาศแบบ ปั่นป่วน)
น้อย	0 - 8 รอบ
ปานกลาง	9 - 16 รอบ
มาก	17 - 25 รอบ



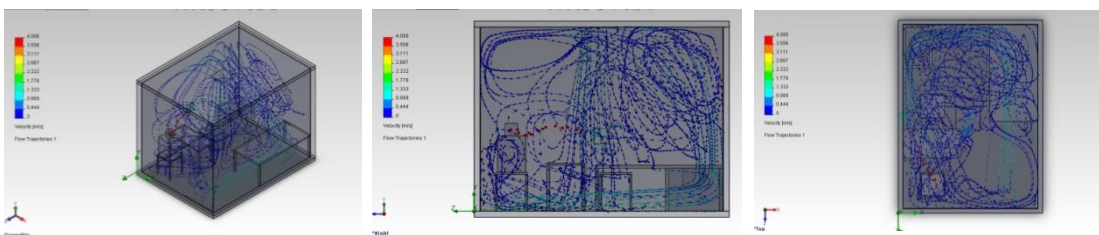
ภาพที่ 4.40 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.5 (แผนผัง ก.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่น้อย



ภาพที่ 4.41 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.1 (แผนผัง ก.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.42 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.29 (แผนผัง ข.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลาง



ภาพที่ 4.43 แสดงภาพจากการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ รูปแบบที่ 2.24 (แผนผัง ข.) โดยมีรูปแบบการระบายอากาศพร้อมทั้งรูปแบบการระบายเชื้อโรคในพื้นที่ ประกอบด้วย ภาพลักษณะ 3 มิติ ภาพแสดงด้านบน และภาพแสดงด้านข้าง เกิดระดับของความแปรปรวนต่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับมาก

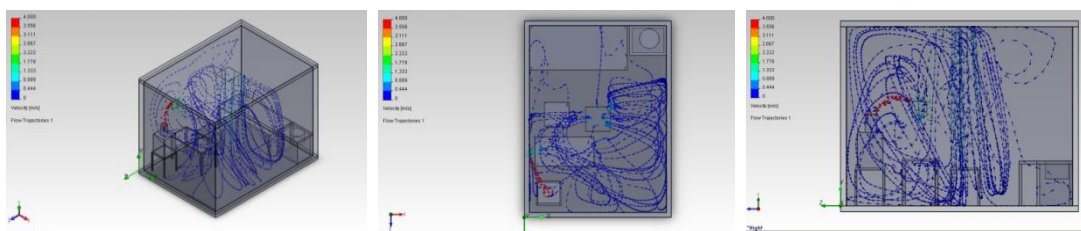
บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย / อภิปรายผล / ข้อเสนอแนะ

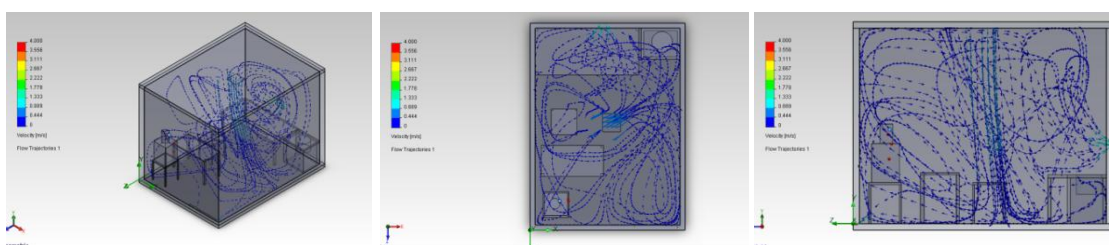
5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นการศึกษาเชิงจำลองสถานการณ์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการไหลเวียนของอากาศจากการระบายอากาศในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังเพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคในพื้นที่ โดยการศึกษาเป็นการศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ 4 ปัจจัย ได้แก่ กรณีตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก อัตราการถ่ายเทอากาศ และ รูปแบบพื้นที่ใช้สอยภายใน โดยได้ทำการจำลองเพื่อศึกษาลักษณะความสัมพันธ์ร่วมกันของตัวแปรต่างๆ โดยขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทบทวนวรรณกรรม เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในการออกแบบเพื่อการระบายอากาศสำหรับการควบคุมโรคติดต่อทางอากาศของโรงพยาบาล และส่วนที่ 2 การศึกษาลักษณะการติดตั้งและตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้าและออก เพื่อการส่งเสริมการระบายอากาศสำหรับห้องตรวจโรคผิวหนังของโรงพยาบาลในปัจจุบัน เพราะการระบายอากาศเพื่อลดการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคเป็นปัญหาที่พบส่วนใหญ่ต่อโรงพยาบาล ซึ่งแนวทางการแก้ไขสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แนวทาง คือ การเลือกชนิดและตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า และ ตำแหน่งของการติดตั้งช่องปล่อยลมออกที่มีความสัมพันธ์ต่อตำแหน่งของแหล่งเชื้อไวรัสโรค (ผู้ป่วย) และอัตราการถ่ายเทอากาศ ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยได้ ดังนี้

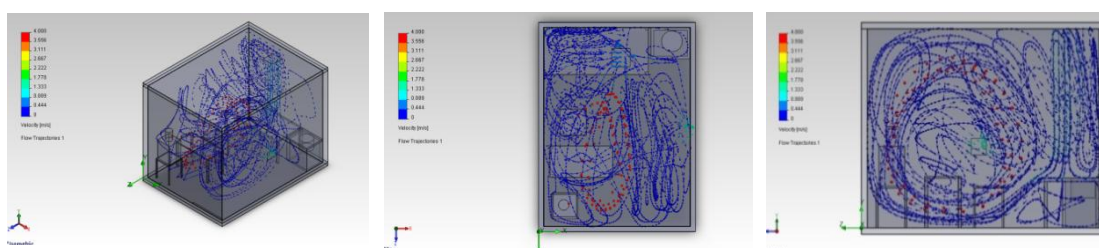
ส่วนที่ 1 การศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรคของโรงพยาบาล
ศึกษาการไหลเวียนของลักษณะกระแสลมภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยการเคลื่อนที่ของอากาศระหว่างช่องปล่อยลมเข้า และช่องปล่อยลมออกส่งผลต่อการระบายอากาศและการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ ออกจากพื้นที่ห้องได้อย่างปลอดภัย เพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อไวรัสโรคนั้น โดยสรุปรูปแบบลักษณะการระบายอากาศตามประสิทธิภาพการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SolidWorks Flow Simulation 2011 สามารถแบ่งแยกลักษณะการระบายอากาศได้ 3 รูปแบบ ดังภาพต่อไปนี้



ภาพที่ 5.1 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวิธโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อยซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 0 -8 รอบในพื้นที่



ภาพที่ 5.2 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวิธโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับปานกลางซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 9 -16 รอบในพื้นที่



ภาพที่ 5.3 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวิธโรค ประกอบด้วย ภาพสามมิติ ภาพแนวราบ และภาพแนวตั้ง แสดงระดับของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่มากซึ่งมี Eddy Air Flow จำนวน 17 - 25 รอบในพื้นที่

ส่วนที่ 2 การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจโรค

ศึกษาปัจจัยตัวแปรที่ทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศส่งผลต่อการระบายอากาศเพื่อการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคในห้องตรวจรักษาโรคติดต่อ โดยอาศัยการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคติดต่อในโรงพยาบาลปัจจุบัน 3 กรณีศึกษา ได้แก่ ห้องตรวจรักษาโรคติดต่อ ก. ข. และ ค. แล้วนำการวิเคราะห์มาออกแบบการจำลองสถานการณ์ในชุดต่อไป (ชุดที่ 2) ของการจำลองสถานการณ์จากการปรับเปลี่ยนตัวแปรต่างๆ ทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งสามารถแบ่งแยกตัวแปรได้ดังนี้

ตัวแปรช่องปล่อยลมเข้า

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคติดต่อทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้องจะมีความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อยเกิดขึ้น ซึ่งมีผลที่ดีกว่า ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าข้างหลังห้อง และมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคติดต่อในพื้นที่ทั้งมากและน้อยทั้งสองตำแหน่ง ดังแผนภูมิที่ 5.1

ตัวแปรช่องปล่อยลมออก

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคติดต่อทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าและด้านซ้ายของห้องจะมีความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อยเกิดขึ้น และมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคติดต่อในพื้นที่ทั้งน้อยกว่าเช่นกัน ซึ่งมีผลที่ดีกว่า ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านขวาและด้านหลังห้อง มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคติดต่อในพื้นที่ทั้งมาก ดังแผนภูมิที่ 5.2

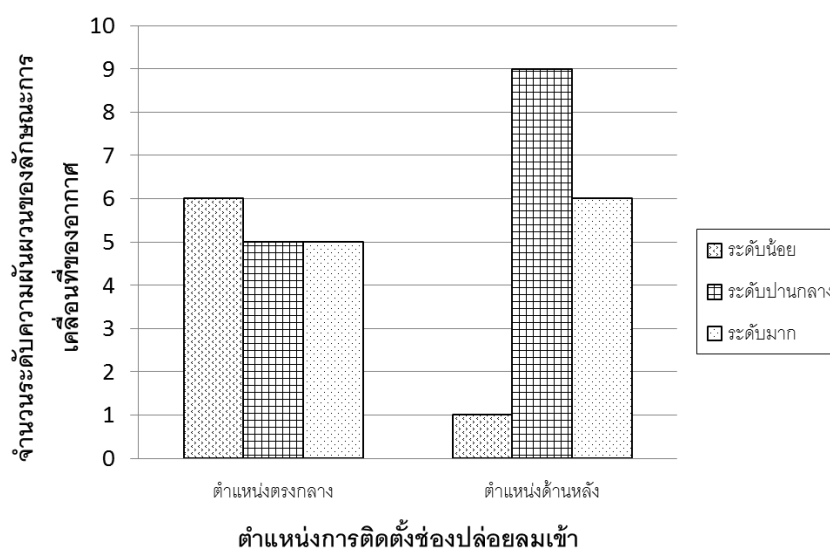
ตัวแปรอัตราการถ่ายเทอากาศ

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคติดต่อทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า อัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ด้วยความเร็วลมขนาด 0.6 m./s มีความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อยเกิดขึ้น ซึ่งมีผลที่ดีกว่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH ด้วยความเร็วลมมาก 1.6 m./s. ดังแผนภูมิที่ 5.3

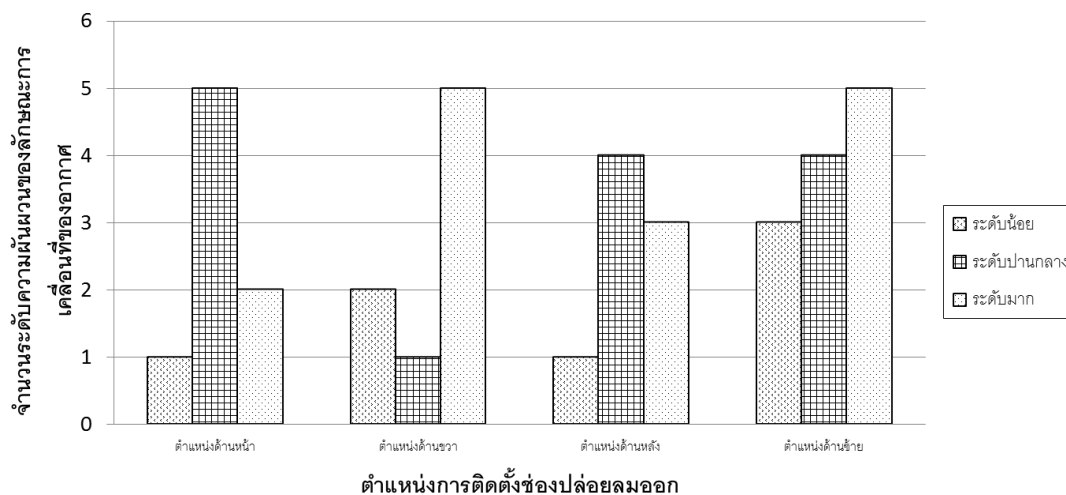
ตัวแปรการวางผังพื้นที่ใช้สอย

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการจำลองสถานการณ์ของห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า การวางแผนผังพื้นที่ใช้สอยแบบ ก. คือ ลักษณะการจัดวางพื้นที่โต๊ะตรวจบริเวณด้านซ้ายของห้อง พร้อมตำแหน่งวางเตียงตรวจด้านหลังของห้อง ความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับน้อย ซึ่งมีผลที่ดีกว่า การวางแผนผังพื้นที่ใช้สอยแบบ ข. คือ ลักษณะการจัดวางพื้นที่โต๊ะตรวจบริเวณด้านซ้ายของห้องพร้อมตำแหน่งวางเตียงตรวจด้านขวาของห้องแนวตั้ง ดังแผนภูมิที่ 5.4

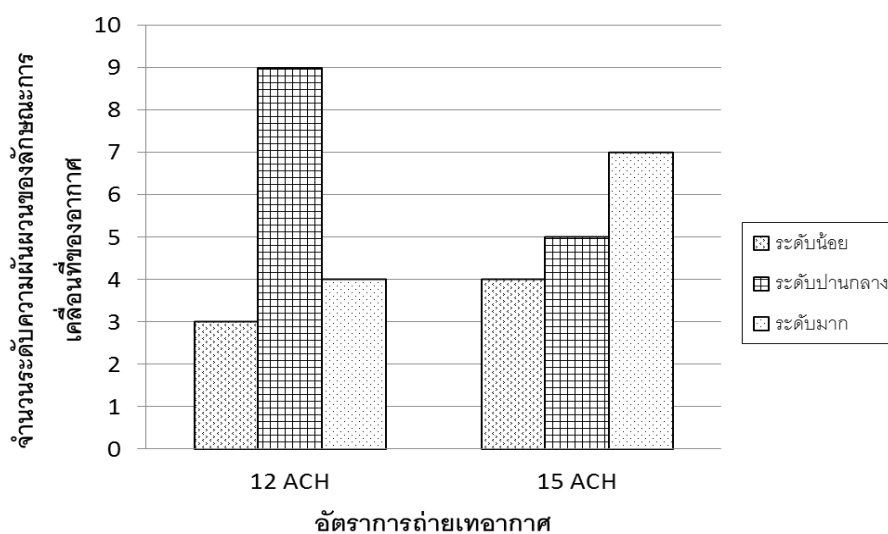
แผนภูมิที่ 5.1 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งตำแหน่งการติดตั้งตรงกลางมีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับผันผวนมากกว่าและระดับผันผวนน้อยกว่าตำแหน่งข้างหลัง



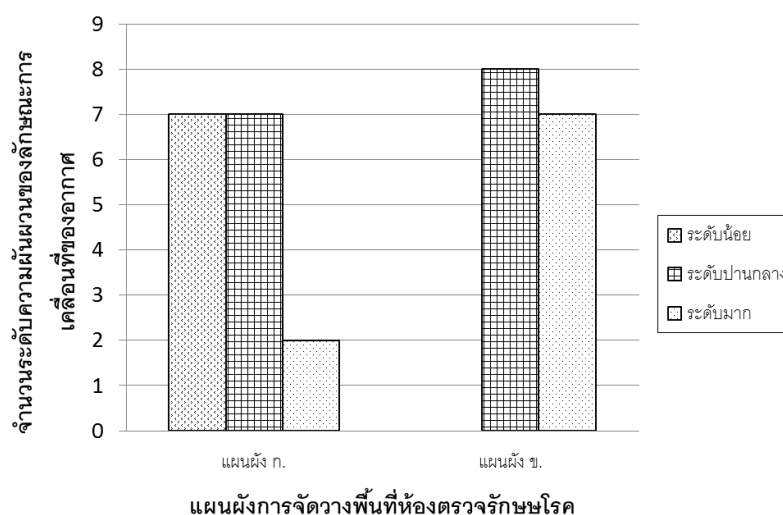
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่จะตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบซึ่งตำแหน่งการติดตั้งด้านหน้าและด้านซ้ายมีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับความผันผวนน้อยจำนวนมากกว่าและระดับความผันผวนมากจำนวนน้อยกว่าตำแหน่งด้านขวาและด้านหลัง



แผนภูมิที่ 5.3 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่จะอัตราการถ่ายเทอากาศของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH มีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับความผันผวนมากจำนวนน้อยกว่าอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ แต่ละการจัดวางผังพื้นที่ใช้สอยของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 32 รูปแบบ ซึ่งแผนผังรูปแบบ ก. มีผลการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับความผันผวนน้อยจำนวนมากกว่าแผนผังรูปแบบ ข.



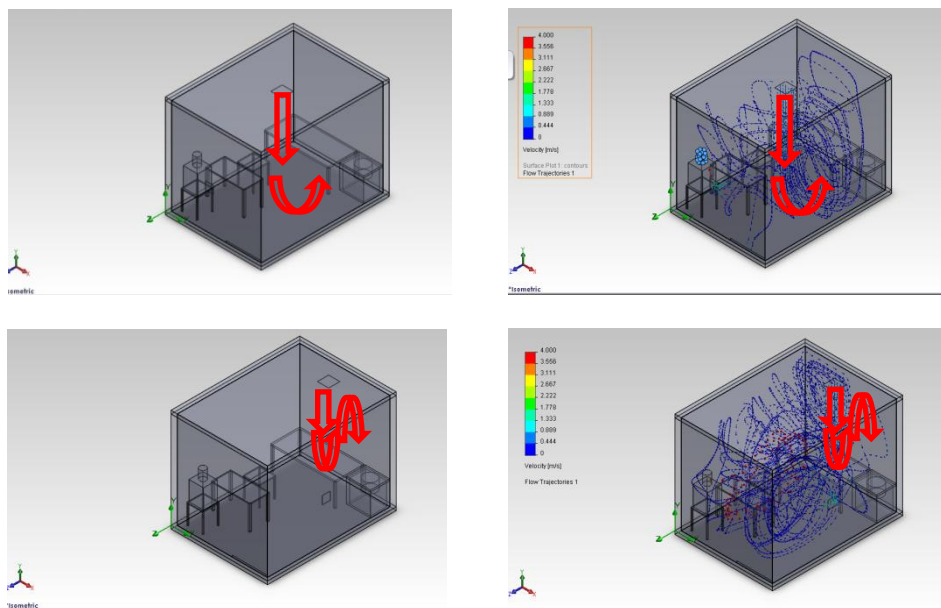
จากการวิเคราะห์หาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศในระดับต่างๆ พื้นที่ของห้องตรวจรักษาโรควัดโรคข้างต้นที่ส่งผลต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรควัดโรคภายในห้อง โดยเฉพาะปัจจัยตัวแปรตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออก การติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าและด้านซ้าย (ตำแหน่งที่ใกล้ชิดกับผู้ป่วยมากที่สุด) มีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคน้อยกว่า การติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านขวาและด้านหลัง ซึ่งมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อโรคมาก เพราะการไหลของอากาศมีการผ่านบริเวณตำแหน่งของหมอน จึงเกิดความผันผวนของอากาศเกิดขึ้น ส่งผลต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคภายในพื้นที่ที่เกิดขึ้นเป็นบริเวณกว้าง โดยไม่สามารถระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรควัดโรคได้

ส่วนที่ 3 แนวทางการออกแบบของห้องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อป้องกันการกระจายเชื้อไวรัส

จากการศึกษางานวิจัยชิ้นนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นแนวทางการออกแบบของห้องปรับอากาศขนาดเล็กเพื่อป้องกันการกระจายเชื้อไวรัส เพื่อให้การระบายอากาศภายในพื้นที่โรงพยาบาลมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น ดังนี้

1. ช่องปล่อยลมเข้า

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า การเลือกใช้ชนิดของการปล่อยลมเข้าแบบส่งลมผ่านหน้ากากลมชนิด Air Supply Grill นั้น ส่งผลต่อการไหลของอากาศภายในพื้นที่ที่มีการไหลวนของอากาศ (Eddy Air Flow) จำนวนรอบหมุนน้อยกว่า โดยเฉพาะตำแหน่งการติดตั้งที่บริเวณกลางห้อง จะส่งผลต่อทิศทางการไหลเวียนกระแสลมในระดับที่ดีมากกว่า (ระดับความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศน้อย) การติดตั้งตำแหน่งด้านหลัง เพราะการเคลื่อนที่ของอากาศจากตำแหน่งตรงกลางห้อง จะมีการแบ่งการไหลของกระแสลมเป็นสองฝั่งของพื้นที่ในห้อง การเคลื่อนที่ของกระแสลมที่มีการไหลไปกระทบกับการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ภายในห้องนั้น โดยเฉพาะพื้นที่ผิววัตถุสัมผัส จะส่งผลกระทบต่อการไหลวนของอากาศ (Eddy Air Flow) ทำให้เกิดจำนวนรอบการหมุนของกระแสลมมากขึ้น ส่งผลต่อการแพร่กระจายเชื้อโรคมมากขึ้นเช่นกัน เพราะฉะนั้นการติดตั้งตำแหน่งตรงกลางนั้นจะมีการกระทบลงพื้นห้องซึ่งแตกต่างจากการติดตั้งตำแหน่งด้านหลัง ซึ่งไหลไปกระทบกับพื้นผิวเฟอร์นิเจอร์ ส่งผลให้เกิดการขัดขวางของการไหลของอากาศ และอาจส่งผลกระทบต่อพื้นที่อับลมได้ ดังแสดงในภาพที่ 5.4

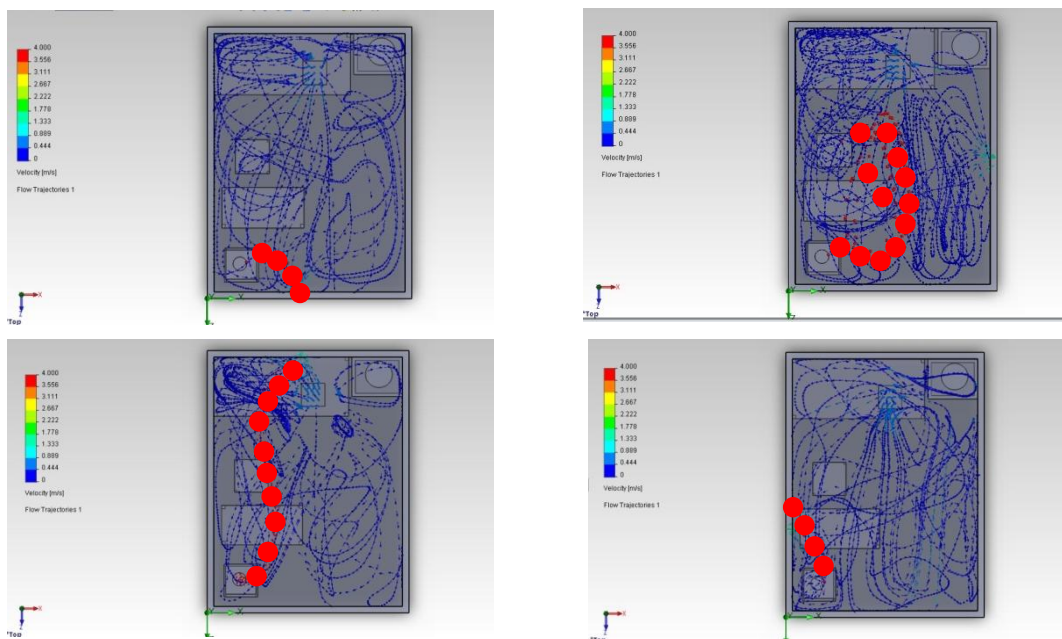


ภาพที่ 5.4 เปรียบเทียบลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังที่มีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง (ภาพแถวบน) ซึ่งมีระดับความผันผวนของอากาศน้อย กับตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง (ภาพแถวล่าง) ซึ่งมีระดับความผันผวนของอากาศมาก

2. ช่องปล่อยลมออก

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า การจัดวางตำแหน่งของช่องลมออกจากพื้นที่ห้องนั้น เลือกรูปแบบของพัดลมระบายอากาศขนาด 10 นิ้ว ซึ่งการติดตั้งตำแหน่งนั้นจะส่งผลต่อการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการลดความเสี่ยงของการแพร่กระจายเชื้อโรคในพื้นที่ในระดับที่น้อยที่สุด เพราะการเลือกการติดตั้งในระดับความสูงจากพื้นในระดับ 1.10 เมตรนั้น ในระดับปากและจมูกของผู้ป่วยในขณะนั่งตรวจรักษา เป็นการเน้นการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ในตำแหน่งกึ่งกลางของผนังแต่ละด้าน และเมื่อกระแสลมจากช่องปล่อยลมเข้าเกิดขึ้นภายในห้องควรจะมีการเคลื่อนที่จากพื้นที่ที่สะอาดที่สุดไปพื้นที่ที่สะอาดน้อยที่สุด เพราะฉะนั้น ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกควรอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้เคียงและเอื้ออำนวยต่อการเคลื่อนที่ของอากาศเพื่อระบายอากาศในบริเวณที่สะอาดน้อยที่สุดออกจากพื้นที่โดยเร็วที่สุด เพื่อการลดผลกระทบต่อ การแพร่กระจายเชื้อโรคภายในพื้นที่ห้องตรวจ เพราะฉะนั้นตำแหน่งการติดตั้งที่ใกล้พื้นที่ของผู้ป่วย บริเวณด้านหน้าห้องคือตำแหน่งด้านหลังของผู้ป่วยและ บริเวณด้านซ้าย

ของห้อง คือตำแหน่งด้านข้างของผู้ป่วย จะมีผลกระทบจากการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรคภายในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงน้อยกว่าตำแหน่งการติดตั้งด้านอื่นๆ เพราะการเคลื่อนที่ของอากาศจะส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอนุภาคเชื้อโรคสามารถเคลื่อนที่ผ่านไปยังบริเวณของหมอบและบุคลากรปฏิบัติงานในพื้นที่ได้น้อย

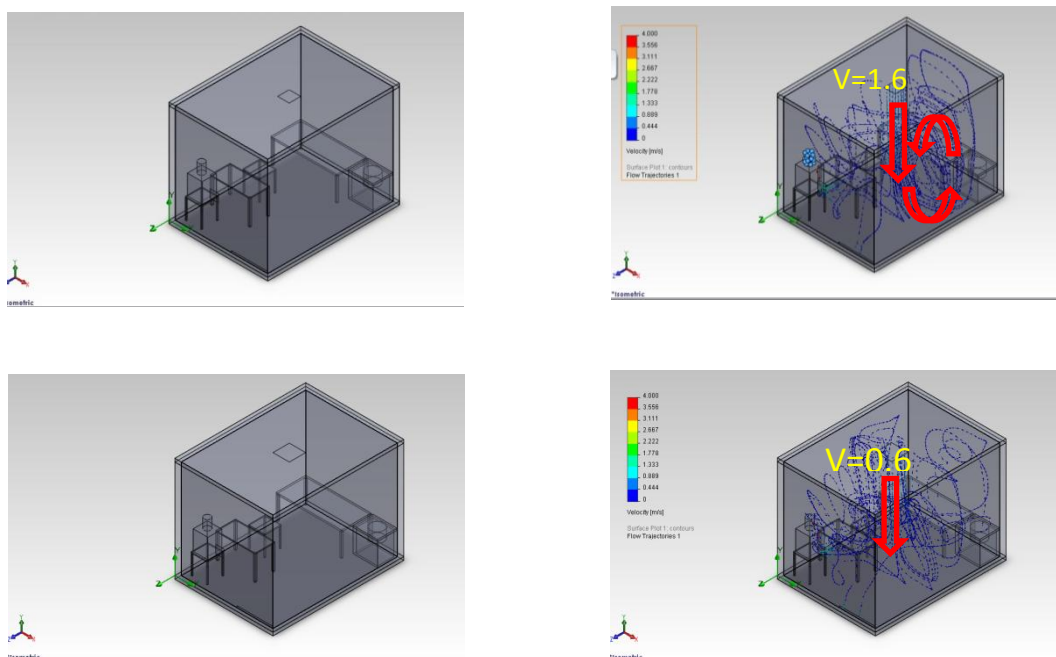


ภาพที่ 5.5 เปรียบประสิทธิภาพของความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคภายในห้องตรวจรักษาโรควัณโรคกับตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านต่างๆ ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าของห้อง (ซ้ายบน) มีความเสี่ยงน้อย, ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านขวาของห้อง (ขวาบน) มีความเสี่ยงมาก, ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหลังของห้อง (ซ้ายล่าง) มีความเสี่ยงมาก และตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านซ้ายของห้อง (ขวาล่าง) มีความเสี่ยงน้อย

3. อัตราการถ่ายเทอากาศ

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า อัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH จากช่องหน้ากากขนาด 20 x 20 นิ้ว (50 cm.) ด้วยความเร็วลมขนาด 0.6 m/s จะมีการไหลของอากาศที่เคลื่อนที่มีระดับความผันผวนน้อยกว่า การเลือกใช้อัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH จากช่องหน้ากากขนาด 14 x 14 นิ้ว (35 cm.) ด้วยความเร็วลมมาก 1.6 m/s เพราะระดับความเร็วของลมในระดับที่น้อยซึ่งเวลานั้นจะมีการไหลที่ราบเรียบ และไหลเวียนกระแสลมภายในพื้นที่ได้ดีกว่า การเคลื่อนที่ของอากาศภายในจะมีการรบกวน

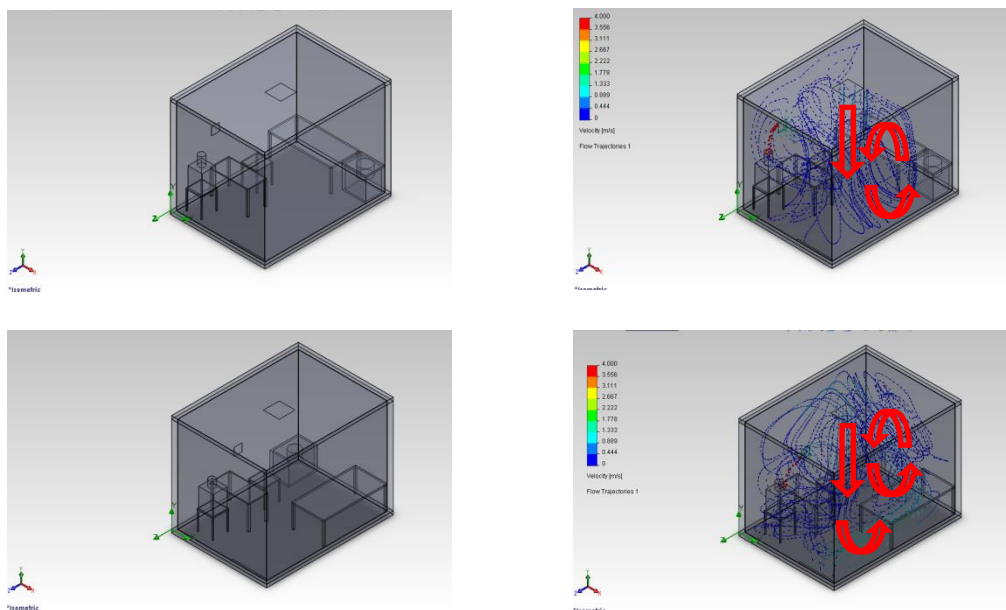
ของกระแสลมภายในได้น้อยกว่า จึงมีผลต่อรูปแบบการระบายอากาศในระดับที่ดีกว่า ระดับความเร็วลมในระดับที่มากและเร็ว เพราะการไหลของอากาศจะมีการเคลื่อนที่ในความเร็วที่ก่อการผันผวนของกระแสลมและรบกวนของกระแสลมภายในส่งผลต่อการเพิ่มโอกาสความเสี่ยงต่อการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคได้



ภาพที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของลักษณะการเคลื่อนที่และปริมาณความเร็วลมที่แตกต่างกัน อัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH มีระดับความผันผวนที่มากกว่า (แถวบน) และอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ซึ่งมีระดับความผันผวนที่น้อยกว่า (แถวล่าง)

4. แผนผังห้อง

จากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 32 รูปแบบ พบว่า การจัดวางตำแหน่งเฟอร์นิเจอร์ การใช้สอย ในผังพื้นที่ห้องนั้น ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายใน เพราะการเลือกตำแหน่งการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ที่ลดการกระทบของอากาศกับพื้นที่ผิววัตถุจากช่องปล่อยลมเข้าโดยตรง ของรูปแบบการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบ ข. ที่มีการวางตำแหน่งเตียงที่ด้านขวาของห้องนั้น จะมีการเกิดการกระทบกลับของอากาศบนพื้นที่ผิวของวัตถุมากกว่าการจัดวางเฟอร์นิเจอร์แบบ ก. ซึ่งมีการจัดวางเตียงด้านหลังของห้องซึ่งมีพื้นที่ผิววัตถุที่กระทบจากลมจากช่องปล่อยลมเข้าได้น้อยกว่า จึงเกิดลักษณะการเคลื่อนที่ที่มีระดับความผันผวนน้อย ส่งผลต่อลดความเสี่ยงของการฟุ้งกระจายของเชื้อโรคได้



ภาพที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของลักษณะการเคลื่อนที่และการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ที่ต่างกัน พบว่า การจัดวางเตียงตรวจด้านหลังของห้อง มีระดับความผันผวนที่น้อย (แถวบน) และการจัดวางเตียงตรวจด้านขวาของห้อง ซึ่งมีระดับความผันผวนที่มากกว่า (แถวล่าง)

5.2 อภิปรายผล

งานวิจัยชิ้นนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่องลมเข้าและออก อัตราการถ่ายเทอากาศ และการวางผังพื้นที่ใช้สอยภายใน เพื่อการศึกษาของประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมต่อรูปแบบการระบายอากาศ และการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคไวรัสโรคของการระบายเชื้อโรคออก โดยได้แบ่งขั้นตอนการอภิปรายผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การไหลเวียนกระแสลมในห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรค และปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อการระบายอากาศ ส่วนที่ 2 การสรุปรูปแบบของปัจจัยตัวแปร ที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคมีประสิทธิภาพต่อการระบายอากาศและระบายเชื้อโรคได้สูงสุด ส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรคในปัจจุบัน

ส่วนที่ 1 การไหลเวียนกระแสลมในห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรค และปัจจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย การวิจัยแบบจำลองของห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรค และแบบจำลองของปัจจัยต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการระบายอากาศและเชื้อโรค

ส่วนที่ 2 การสรุปรูปแบบของปัจจัยตัวแปร ที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรคไวรัสโรค มีประสิทธิภาพสูงสุด ประกอบด้วยการวิจัย 2 ชุดคือ

ชุดที่ 1 คือ รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ก. เปรียบเทียบระหว่างตัวแปร การติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง และ การติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าห้องและด้านซ้ายของห้อง ของอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 และ 15 ACH

ชุดที่ 2 คือ รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ข. เปรียบเทียบระหว่างตัวแปร การติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง และ การติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านหน้าห้องและด้านซ้ายของห้อง ของอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 และ 15 ACH

ส่วนที่ 3 การประยุกต์ใช้เพื่อเสนอแนะแนวทางสำหรับออกแบบห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังในปัจจุบัน ประกอบด้วย การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปัจจัยตัวแปร ที่ทำให้การระบายเชื้อโรคออกจากห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง มีความเสี่ยงต่ออากาศแพร่กระจายเชื้อได้น้อย และมีระดับความแปรปรวนต่อการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนังระดับที่น้อยที่สุด

ตารางที่ 5.1 แสดงข้อมูลชุดที่ 1 รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายใน ก.

รูปแบบการจำลองสถานการณ์ที่	อัตราการถ่ายเทอากาศภายใน	ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศเข้า(บนเพดาน)	ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศออก (ตรงกลางผนัง)	ระดับความผันผวนของการเคลื่อนที่ของอากาศ
2.1	15 ACH	ตรงกลางห้อง	ด้านหน้า	ปานกลาง
2.4			ด้านซ้าย	น้อย
2.5	12 ACH		ด้านหน้า	น้อย
2.8			ด้านซ้าย	น้อย
2.9	15 ACH	ด้านหลังห้อง	ด้านหน้า	ปานกลาง
2.12			ด้านซ้าย	ปานกลาง
2.13	12 ACH		ด้านหน้า	ปานกลาง
2.16			ด้านซ้าย	ปานกลาง

ตารางที่ 5.2 แสดงข้อมูลชุดที่ 2 รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายใน ข.

รูปแบบการ จำลอง สถานการณ์ที่	อัตราการ ถ่ายเทอากาศ ภายใน	ตำแหน่งการติดตั้ง ช่องปล่อยอากาศ เข้า(บนเพดาน)	ตำแหน่งการติดตั้งช่อง ปล่อยอากาศออก (ตรงกลางผนัง)	ระดับความผัน ผวนของการ เคลื่อนที่ของ อากาศ
2.17	15 ACH	ตรงกลางห้อง	ด้านหน้า	มาก
2.20			ด้านซ้าย	ปานกลาง
2.21	12 ACH		ด้านหน้า	ปานกลาง
2.24			ด้านซ้าย	มาก
2.25	15 ACH	ด้านหลังห้อง	ด้านหน้า	มาก
2.28			ด้านซ้าย	ปานกลาง
2.29	12 ACH		ด้านหน้า	ปานกลาง
2.32			ด้านซ้าย	ปานกลาง

5.2.1 ส่วนที่ 1: การไหลเวียนกระแสลมในห้องตรวจรักษาโรคผิวหนัง และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

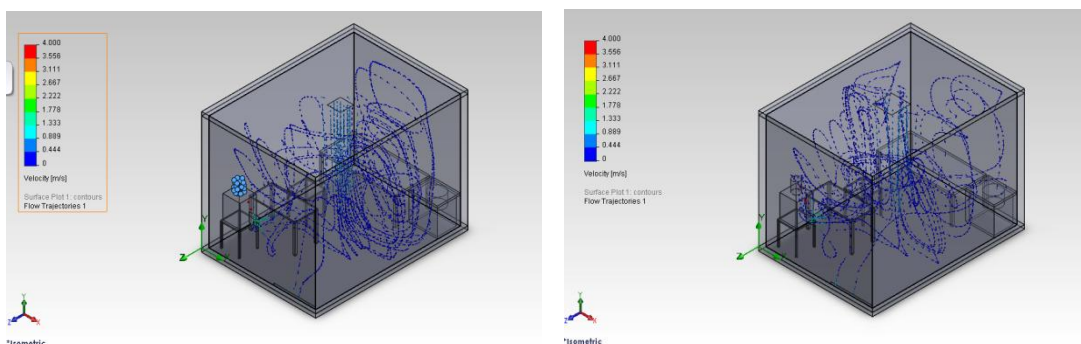
5.2.1.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 ชุดที่ 1 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ก.) เปรียบเทียบระดับความผันผวนของอากาศภายในพื้นที่ห้อง

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า ความผันผวนของการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ห้องมีระดับปานกลางส่วนใหญ่ และระดับผันผวนน้อยเกิดขึ้น ตามผลจากการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าและออก และอัตราการถ่ายเทอากาศภายในเช่นกัน

- ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าบนเพดานตรงกลางห้องนั้นมีความผันผวนระดับที่น้อยกว่าการติดตั้งช่องปล่อยอากาศเข้าจากด้านหลัง เพราะการไหลของอากาศเคลื่อนที่โดยไม่กระทบต่อสิ่งกีดขวางจากการจัดวางผังพื้นที่ภายใน การไหลเวียนของกระแสลมจึงไม่ได้กระทบกับพื้นที่ผิวของวัตถุ การ

ไหลวนของอากาศภายในไม่ก่อให้เกิดการรบกวนกันชัดเจนต่อการระบายอากาศ

- การติดตั้งตำแหน่งของช่องปล่อยลมออก การติดตั้งช่องปล่อยลมออกด้านซ้ายของห้องอาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคไวรัสโรคไปยังตำแหน่งของหมอบได้ ซึ่งมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นจากการแพร่เชื้อโรคภายในพื้นที่ได้ แตกต่างจากการติดตั้งด้านหน้าของห้องคือบริเวณด้านหลังของผู้ป่วยจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการกระจายเชื้อโรคภายในห้องได้ดีกว่า เพราะการไหลเวียนของกระแสลมภายในห้องที่เกิดขึ้น จะช่วยส่งเสริมการไหลจากจุดที่สะอาดมากไปยังจุดที่สะอาดน้อยแล้วระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ การไหลเวียนของกระแสลมมีลักษณะการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ดีกว่า
- ปริมาณความเร็วลมจากอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH ส่งผลต่อระดับความผันผวนระดับที่น้อยกว่า อัตราการถ่ายเทอากาศภายในขนาด 15 ACH เนื่องจากปริมาณความเร็วลมที่ออกจากช่องปล่อยอากาศเข้าในระดับเบา จะส่งผลจำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวนที่น้อยกว่า

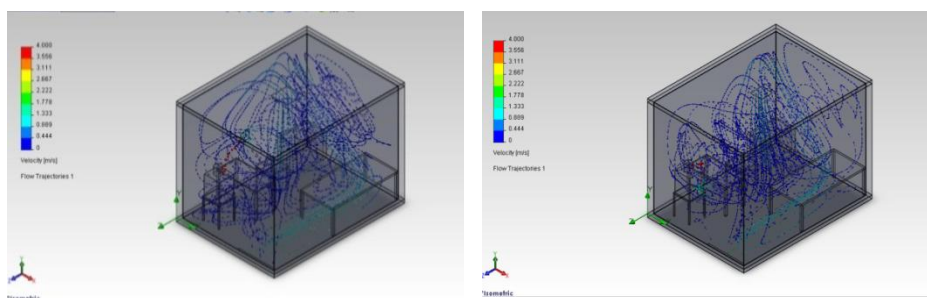


ภาพที่ 5.8 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาไวรัสโรค เปรียบเทียบระหว่างอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 15 ACH (ด้านซ้ายมือ) และ อัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH (ด้านขวามือ) ซึ่งเห็นได้ว่ารูปแบบการไหลของกระแสลมต่อการระบายอากาศ 12 ACH มีลักษณะที่ดีกว่า 15 ACH ประเมินจากจำนวนรอบหมุนของอากาศแบบไหลวน

5.2.1.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 1 ชุดที่ 2 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ข.) เปรียบเทียบการระบายอากาศโดยรวมภายในพื้นที่ห้อง

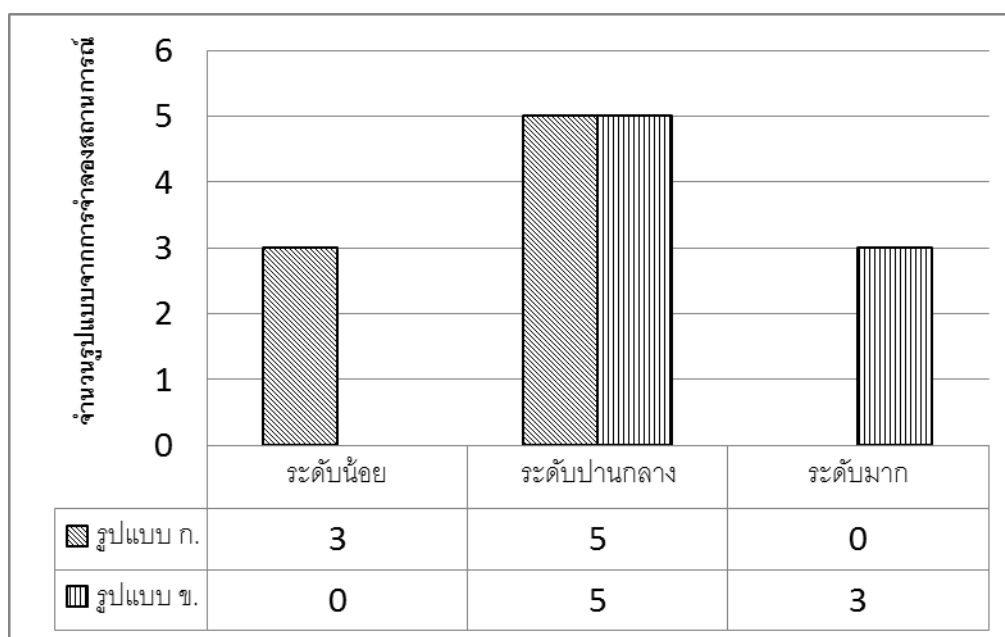
จากการวิเคราะห์ผลการวิจัย พบว่า ห้องตรวจรักษาโรค ข. มีความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในพื้นที่ห้องอยู่ในระดับปานกลาง และมากเกิดขึ้น

- ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าบนเพดานตรงกลางห้องนั้นมีความผันผวนระดับที่มากกว่าการติดตั้งช่องปล่อยอากาศเข้าจากด้านหลัง เพราะมีการจัดวางเตียงตรวจในตำแหน่งของด้านขวาของห้อง ทำให้การไหลของอากาศเคลื่อนที่กระทบกับพื้นผิวของเตียงเกิดขึ้น จำนวนรอบที่ตกกระทบจึงมีจำนวนรอบหมุนที่มากกว่า
- การติดตั้งตำแหน่งของช่องปล่อยลมออก การติดตั้งช่องปล่อยอากาศออกด้านซ้ายของห้องอาจก่อให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรคตัวโรคไปยังตำแหน่งของหมอบได้ ซึ่งมีความเสี่ยงเพิ่มขึ้นจากการแพร่เชื้อโรคภายในพื้นที่แตกต่างจากการติดตั้งด้านหน้าของห้องคือบริเวณด้านหลังของผู้ป่วยจะช่วยลดความเสี่ยงต่อการกระจายเชื้อโรคภายในห้องได้ดีกว่า เพราะการไหลเวียนของกระแสลมภายในห้องที่เกิดขึ้น จะช่วยส่งเสริมการไหลจากจุดที่สะอาดมากไปยังจุดที่สะอาดน้อยแล้วระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ การไหลเวียนของกระแสลมมีลักษณะการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ดีกว่า
- ปริมาณความเร็วลมจากอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH ส่งผลต่อระดับความผันผวนระดับที่น้อยกว่า อัตราการถ่ายเทอากาศภายในขนาด 15 ACH เนื่องจากปริมาณความเร็วลมที่ออกจากช่องปล่อยอากาศเข้าในระดับเบา จะส่งผลต่อการไหลเวียนของกระแสลมที่มีกระแสรบกวนของกระแสลมภายในห้อง ผสมกันได้ในลักษณะที่เกิดการก่อกวน ไหลวนในจำนวนรอบหมุนที่น้อยกว่า



ภาพที่ 5.9 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาตัวโรค เปรียบเทียบระหว่างอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 15 ACH (ด้านซ้ายมือ) และ อัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH (ด้านขวามือ) ซึ่งเห็นได้ว่ารูปแบบการไหลของกระแสลมต่อการระบายอากาศ มีลักษณะที่มีระดับความผันผวนมากเกิดขึ้น

แผนภูมิที่ 5.5 แสดงจำนวนรูปแบบจากการจำลองสถานการณ์เปรียบเทียบประสิทธิภาพของความผันผวนของลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศระดับต่างๆ ระหว่างการจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ของพื้นที่ห้องตรวจโรคทั้งหมด 16 รูปแบบ ซึ่งรูปแบบ ซึ่งแผนผังรูปแบบ ก. มีระดับความผันผวนน้อยเกิดขึ้น



5.2.2 ส่วนที่ 2: การสรุปรูปแบบของปัจจัยตัวแปร ที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรคโควิด มีประสิทธิภาพสูงสุด

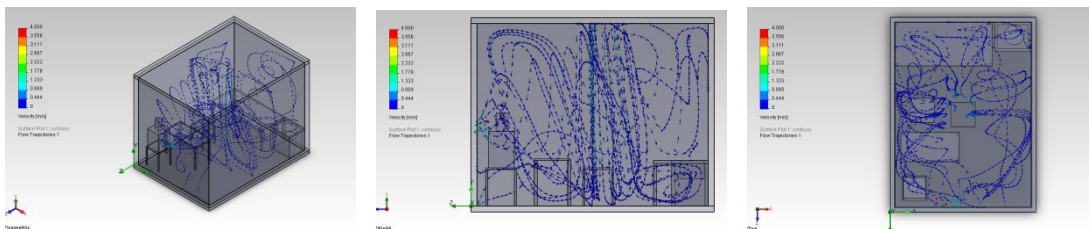
5.2.2.1 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 1 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ภายในรูปแบบ ก.)

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองของชุดที่ 1 ในปัจจัยตัวแปร อัตราการถ่ายเทอากาศ ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศเข้าและออก พบว่า ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ดีที่สุดจาก 16 รูปแบบการจำลองสถานการณ์ คือ

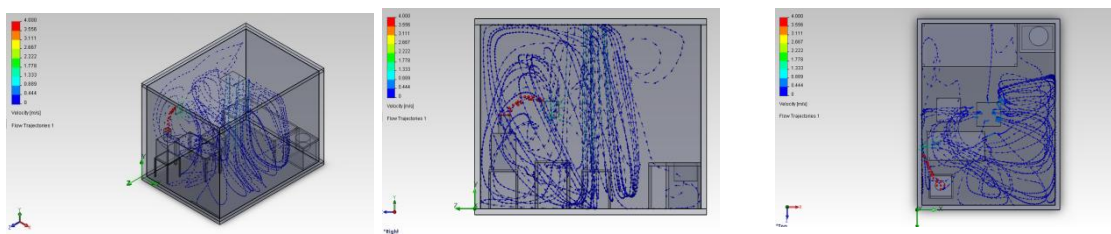
รูปแบบที่ 2.5 มีปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ติดตั้งตำแหน่งตรงกลางเพดานของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านหน้าของห้อง

และรูปแบบที่ 2.8 มีปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ติดตั้งตำแหน่งตรงกลางเพดานของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านซ้ายของห้อง พบว่าการเลือกใช้ตำแหน่งของการติดตั้งช่องปล่อยลมออกทางด้านหน้าของห้องนั้นจะส่งผลดีกว่าต่อการเคลื่อนที่ของเชื้อโรคออกโดยมีความเสี่ยงต่อการกระจายไปยังตำแหน่งหมอบได้น้อยกว่าด้านซ้าย

ซึ่งจะมีประสิทธิภาพของการลดการแพร่กระจายเชื้อโรคได้ดีกว่า และไม่มีพื้นที่อับลมบริเวณเตียง
ตรวจด้านหลังของห้อง



ภาพที่ 5.10 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.5 แบบ
ภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ



ภาพที่ 5.11 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.8 แบบ
ภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ

5.2.2.2 การจำลองสถานการณ์ส่วนที่ 2 ชุดที่ 2 (รูปแบบการจัดวางผังพื้นที่ ภายในรูปแบบ ข.)

จากการวิเคราะห์ผลการจำลองของชุดที่ 2 ในปัจจัยตัวแปร อัตราการถ่ายเท
อากาศ ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยอากาศเข้าและออก พบว่า ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่
ดีที่สุดจาก 16 รูปแบบการจำลอง คือ

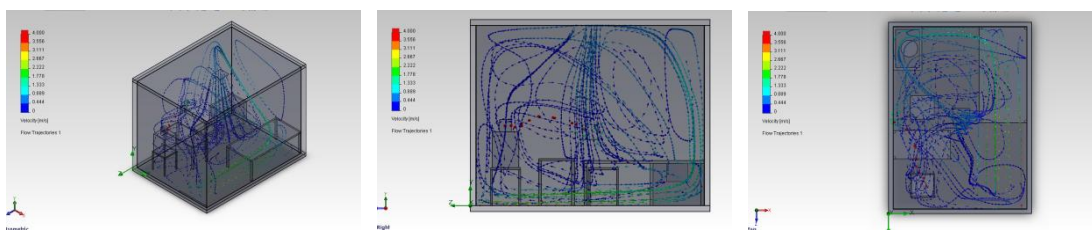
รูปแบบที่ 2.20 มีปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH ติดตั้งตำแหน่งตรงกลาง
เพดานของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านซ้ายของห้อง

รูปแบบที่ 2.21 มีปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ติดตั้งตำแหน่งตรงกลาง
เพดานของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านซ้ายของห้อง

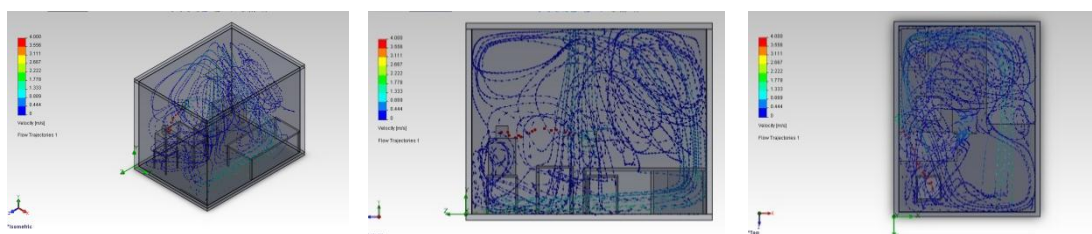
รูปแบบที่ 2.28 ปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH ติดตั้งตำแหน่งด้านหลังเพดาน
ของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านซ้ายของห้อง

และ รูปแบบที่ 2.29 ปริมาณอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH ติดตั้งตำแหน่งด้านหลัง เพดานของห้อง และมีการติดตั้งตำแหน่งช่องปล่อยอากาศออกทางด้านหน้าของห้อง

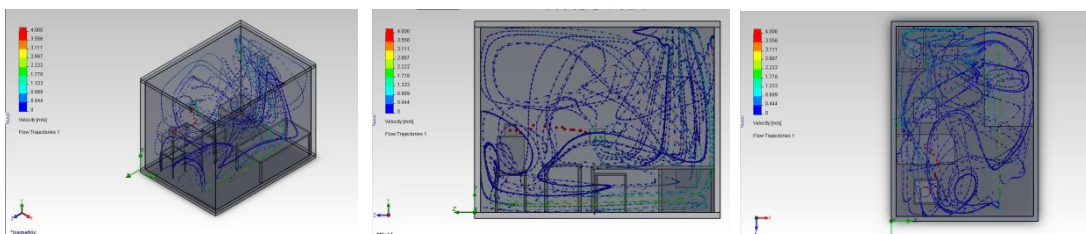
แต่การระบายอากาศที่มีรูปแบบที่ควรเลือกใช้คือ รูปแบบที่ 2.20 ตำแหน่งช่องปล่อยลม เข้าตรงกลางห้อง ตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านซ้ายของห้อง ด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH และรูปแบบที่ 2.29 ตำแหน่งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังของห้อง ตำแหน่งช่องปล่อยลมออก ด้านหน้าของห้อง ด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH เพราะเมื่อมีการเปรียบเทียบจำนวนรอบ การหมุนของอากาศแบบไหลวนของอากาศที่เกิดขึ้นภายใน (Eddy Air Flow) ปรากฏว่ามีจำนวน รอบที่น้อยกว่ารูปแบบอื่นๆ แต่การติดตั้งช่องปล่อยอากาศออกด้านหน้าของห้องจะส่งเสริมต่อการ ระบายเชื้อโรคที่ลดความเสี่ยงได้น้อยกว่า และไม่เกิดพื้นที่อับลมในบริเวณเตียงตรวจเช่นกัน



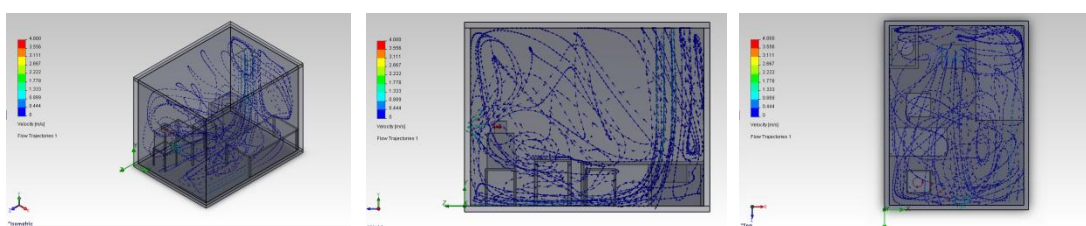
ภาพที่ 5.12 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยรูปแบบที่ 2.20 แบบ ภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ



ภาพที่ 5.13 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยรูปแบบที่ 2.21 แบบ ภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ



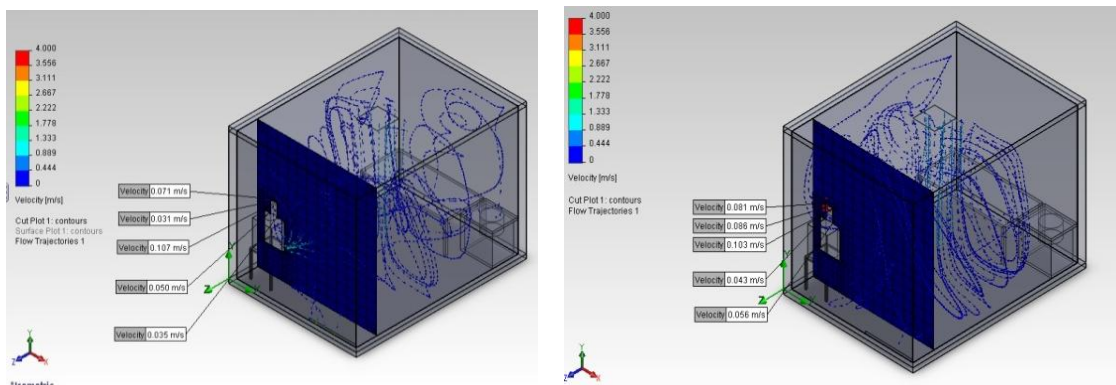
ภาพที่ 5.14 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยรูปแบบที่ 2.28 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ



ภาพที่ 5.15 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยรูปแบบที่ 2.29 แบบภาพสามมิติ แนวตั้ง และแนวราบ

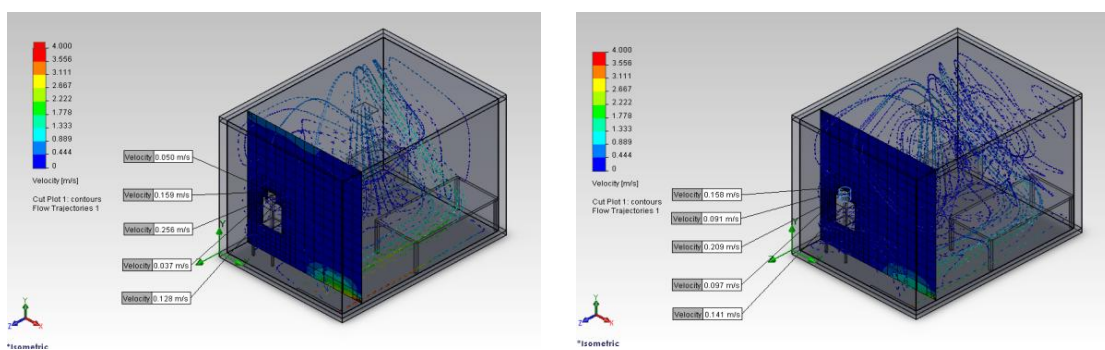
จากการวิเคราะห์ผลการจำลองสถานการณ์ทั้งหมดนั้น พบว่า การเลือกใช้ขนาดของอัตราการถ่ายเทอากาศและตำแหน่งของการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าและออก มีความสำคัญต่อรูปแบบการระบายอากาศเป็นอย่างยิ่ง เพราะอัตราการถ่ายเทอากาศซึ่งมีความสัมพันธ์ต่อการเลือกปริมาณค่าความเร็วลมในพื้นที่ ส่งผลต่อค่าความเร็วลมของห้องโดยเฉพาะค่าความเร็วลมในบริเวณตำแหน่งของผู้ป่วยวัณโรค จากค่ามาตรฐานเกณฑ์การออกแบบเพื่อป้องกันเชื้อวัณโรค (ASHRAE Standard 55-1992) กำหนดไว้ว่าควรมีค่าความเร็วลมปริมาณน้อยกว่า 0.25 เมตรต่อวินาที ณ ตำแหน่งของผู้ป่วย

จากรูปแบบการวางผังแบบ ก. จากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยที่มีระดับความผันผวนที่น้อย และมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคน้อยได้แก่ รูปแบบที่ 2.5 และรูปแบบที่ 2.8 แสดงค่าความเร็วลมในตำแหน่งผู้ป่วยวัณโรคทั้ง 5 ตำแหน่งบริเวณระดับตำแหน่งการหายใจของผู้ป่วย ดังภาพที่ 5.16

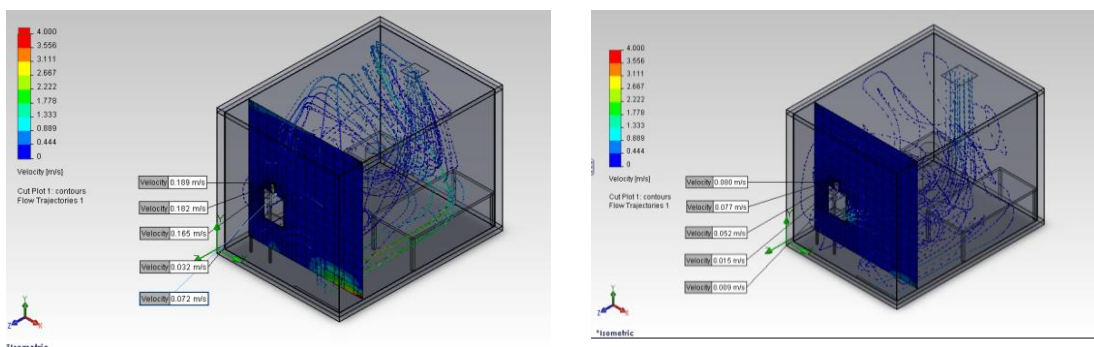


ภาพที่ 5.16 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.5 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.8 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อมูลค่าความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยวัณโรคในพื้นที่

จากรูปแบบการวางผังแบบ ข. จากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรคที่มีความผันผวนระดับปานกลาง และมีความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคน้อยได้แก่ รูปแบบที่ 2.20, 2.21 2.28 และรูปแบบที่ 2.29 แสดงค่าความเร็วลมในตำแหน่งผู้ป่วยวัณโรคดังภาพที่ 5.17 และ 5.18



ภาพที่ 5.17 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาวัณโรครูปแบบที่ 2.20 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.21 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อมูลค่าความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยวัณโรคในพื้นที่



ภาพที่ 5.18 แสดงรูปภาพจากการจำลองสถานการณ์ห้องตรวจรักษาผู้ป่วยโรครูปแบบที่ 2.28 (ภาพด้านซ้าย) รูปแบบที่ 2.29 (ภาพด้านขวา) แบบภาพสามมิติ แสดงข้อมูลค่าความเร็วลม 5 ตำแหน่ง ณ ตำแหน่งผู้ป่วยโรคในพื้นที่

จากค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่างๆ บริเวณผู้ป่วยโรค สามารถหาค่าความเร็วลมเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความเร็วลม ณ ตำแหน่งรอบบริเวณการหายใจของผู้ป่วยเปรียบเทียบแต่ละรูปแบบการจำลองสถานการณ์

รูปแบบที่	ค่าความเร็วลมเฉลี่ย ณ ตำแหน่งที่ (m./s)					ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	
2.5	0.071	0.031	0.107	0.05	0.035	0.059
2.8	0.081	0.086	0.103	0.043	0.056	0.074
2.20	0.050	0.159	0.256	0.037	0.128	0.126
2.21	0.158	0.091	0.209	0.097	0.141	0.139
2.28	0.189	0.182	0.165	0.032	0.072	0.128
2.29	0.08	0.077	0.052	0.015	0.009	0.047

สรุปข้อมูลการจำลองสถานการณ์รูปแบบการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดทั้งการระบายอากาศโดยรวมและการระบายเชื้อโรคออกจากพื้นที่ เมื่อพิจารณาจากผลกระทบของค่าความเร็วลมที่น้อยที่สุดบริเวณผู้ป่วยวัณโรค เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่กระจายเชื้อวัณโรคในพื้นที่น้อยที่สุด ได้แก่

- รูปแบบการวางผังแบบ ก. รูปแบบที่ 2.5 ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าตรงกลางห้อง และตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้า ด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH ดีที่สุด

- รูปแบบการวางผังแบบ ข. รูปแบบที่ 2.29 ตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าด้านหลังห้อง และตำแหน่งช่องปล่อยลมออกด้านหน้า ด้วยอัตราการถ่ายเทอากาศขนาด 12 ACH ดีที่สุด

ซึ่งจากการจำลองสถานการณ์ดังกล่าวเพื่อหารูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดสำหรับการออกแบบเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคที่ติดต่อทางอากาศ สามารถสรุปประเด็นที่ผู้ออกแบบควรคำนึงถึงได้ดังนี้

- 1) ความสัมพันธ์ของรูปแบบตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าและออก ควรมีการติดตั้งที่ช่วยส่งเสริมทิศทางการไหลของอากาศที่มีการขัดขวางของการเคลื่อนที่ของอากาศที่น้อยและลดการก่อให้เกิดจำนวนรอบหมุนของกระแสลมไหลวนภายในพื้นที่ ซึ่งตำแหน่งของการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าควรเป็นจุดที่สะอาดมาก และตำแหน่งช่องปล่อยลมออกควรเป็นตำแหน่งของจุดที่สะอาดน้อยหรือแหล่งของเชื้อโรค
- 2) ความสัมพันธ์ของรูปแบบตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าและอัตราการถ่ายเทอากาศ ควรเลือกอัตราการถ่ายเทอากาศโดยมีความเร็วลมในปริมาณที่เบา ณ ตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้า เพื่อส่งเสริมต่อการไหลของอากาศที่ราบเรียบ เพราะความเร็วลมปริมาณที่แรงจะก่อให้เกิดกระแสของการหมุนแบบไหลวนจำนวนมากซึ่งเพิ่มความแปรปรวนของการเคลื่อนที่ของอากาศได้ และเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อการแพร่กระจายของเชื้อวัณโรค
- 3) ความสัมพันธ์ของรูปแบบตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมเข้าและการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ภายในพื้นที่ ควรคำนึงถึงทิศทางการไหลและตกกระทบของอากาศเพื่อลดการตกกระทบของอากาศจากช่องปล่อยลมเข้ามายังพื้นผิวสัมผัสของวัตถุหรือเฟอร์นิเจอร์ ส่งผลต่อการเพิ่มแรงเสียดทานของการเคลื่อนที่ของอากาศและจำนวนรอบหมุนที่มากขึ้นในพื้นที่ห้องได้เช่นกัน จึงควรมีการจัดวางตำแหน่งของช่องปล่อยลมเข้าที่มี

การตกกระทบต่อพื้นผิววัตถุที่น้อยที่สุดเพื่อลดความแปรปรวนของการเคลื่อนที่ของอากาศภายในห้อง

- 4) ความสัมพันธ์ของรูปแบบตำแหน่งการติดตั้งช่องปล่อยลมออกและการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ภายในพื้นที่ ควรหลีกเลี่ยงการขัดขวางการไหลของอากาศในบริเวณตำแหน่งช่องปล่อยลมออก เพราะการเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณนั้นจะเป็นจุดที่มีความสะอาดน้อยที่สุดของพื้นที่ห้อง ถ้ามีการจัดวางเฟอร์นิเจอร์ที่ขัดขวางการเคลื่อนที่ออกของอากาศนั้น จะเกิดกระแสของอากาศที่มีเชื้อโรคปะปนอยู่ไหลกลับมาและเกิดการฟุ้งกระจายภายในขึ้นได้
- 5) ความสัมพันธ์ของตำแหน่งห้องตรวจรักษาโรคติดต่อกับสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เพราะอากาศที่ปนเปื้อนเชื้อโรคที่สามารถแพร่กระจายทางอากาศได้ ควรมีการต่อท่อจากตำแหน่งปล่อยลมออกที่ผ่านการกรองอากาศออกสู่ภายนอก เพื่อลดความเสี่ยงต่อการสัมผัสกับผู้อื่นและลดการเกิดกระแสลมที่มีการย้อนกลับสู่ภายในอาคาร โดยต้องมีการกรองอากาศระดับ HEPA filter โดยจุดที่ปล่อยอากาศออกต้องอยู่ห่างจากจุดนำอากาศเข้ามากกว่า 25 ฟุต และควรมีการแยกกับท่อลมอื่นๆของอาคาร

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาที่ไม่ครอบคลุมถึงทางด้านเศรษฐศาสตร์ เช่น ราคาค่าก่อสร้าง ราคาวัสดุ เป็นต้น ซึ่งมีความจำเป็นต่อการนำมาพิจารณาประกอบการศึกษาวิจัยต่อไป
2. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาในกรณีศึกษาเฉพาะการระบายอากาศด้วยเครื่องกลเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ ซึ่งควรได้รับการศึกษาวิจัยต่อไป
3. การวิจัยนี้มุ่งศึกษาเฉพาะปัจจัยที่ทำให้การไหลเวียนกระแสลมของห้องตรวจรักษาโรคติดต่อในโรงพยาบาลมีประสิทธิภาพและปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับปัจจุบัน จึงไม่ครอบคลุมในบางปัจจัยที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการไหลเวียนกระแสลมภายในอาคารเช่นกัน เช่น พัดลมตั้งโต๊ะ เป็นต้น
4. เนื่องจากการวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะการระบายอากาศระหว่าง เครื่องปรับอากาศและพัดลมระบายอากาศเท่านั้น ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพื่อประสิทธิภาพการกรองอากาศต่อไป

5. การวิจัยนี้ศึกษาเฉพาะขนาดของช่องปล่อยลมเข้า 2 ขนาด ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องขนาดของช่องปล่อยอากาศเข้าและอัตราความเร็วลมเพื่อลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศต่อไป

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- คณะแพทยศาสตร์ เชียงใหม่. การประเมินห้องตรวจผู้ป่วย 2548. เอกสารประกอบบรรยาย.
- จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ. คุณภาพอากาศภายในอาคาร. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CGAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.safety-stou.com%2FUserFiles%2FFile%2F54113%2520unit15.doc&ei=cke6T_v3LcbSrQfmh5XLBw&usg=AFQjCNFkapd2hYJ9VZ4W3FKxi3oTKtAcuQ&sig2=mS-QztOLucydjs1FS-benA [25 มกราคม 2554]
- เทอดศักดิ์ โกไศยกานนท์. พลศาสตร์ของไหล. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา <http://www.eng.northcm.ac.th/me/chapter4.pdf> [25 มกราคม 2554]
- พรพรม. งานท่อส่งลมและระบายอากาศ. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา http://www.ppm.co.th/product_p.php?id=10 [25 มกราคม 2554]
- พิสิทธ์ราชมงคล. ระบบเครื่องปรับอากาศ. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา : <http://www.rmutphysics.com/charud/specialnews/mechanical/3/index.htm> [25 มกราคม 2554]
- ตัน รวงวิทย์. การควบคุมการติดเชื้อทางอากาศสำหรับโรงพยาบาล. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา : http://www.dr-analyst.com/th/News/newsDetail_Airborne.asp [25 มกราคม 2554]
- วณิชยา กิตติไกรศักดิ์ ,วรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์. การควบคุมการแพร่กระจายเชื้อวัณโรค. เอกสารประกอบการบรรยาย การอบรมเชิงปฏิบัติการ หัวข้อ การประเมินความเสี่ยงและการทำแผนการ ปฏิบัติงาน เพื่อ การควบคุมการเผยแพร่กระจายเชื้อวัณโรคในสถานพยาบาล. วันที่ 28-30 มิถุนายน 2553.
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล 2548. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา www.EIT.or.th[25 มกราคม 2554]

สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสถานพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาตินนทบุรี, 2550.

สุทิน อยู่สุข และคณะ. การระบายอากาศ. เอกสารประกอบการบรรยาย สร้อยสุดา เกสรทอง. ผลกระทบต่อสุขภาพจากปัญหาคุณภาพอากาศ. เอกสารประกอบการบรรยาย.

สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. การแพร่กระจายเชื้อไวรัสโรคในโรงพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2553.

สำนักโรค กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการดำเนินงานควบคุมโรคติดต่อ. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดีไซน์, 2552.

สำนักโรค กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. แนวปฏิบัติการผสมผสานโรคและโรคเอดส์. พิมพ์ ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, 2552.

ศูนย์วิศวกรรมกรรมการแพทย์ที่ 3 นครสวรรค์. ปัญหาการระบายอากาศและแนวทางการแก้ไข. เอกสารประกอบการบรรยาย.

อวยชัย วุฒิไชลิต. การออกแบบโรงพยาบาล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพมหานคร, 2543.

อุษณ จันททรัพย์. การประเมินผลการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติในหอผู้ป่วยของโรงพยาบาล. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554

ภาษาอังกฤษ

American Institute of Architects. Guidelines for Design and Construction of Health Care Facilities. 2006.

American National Standards Institute and American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, Inc. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. 2004.

- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc. Handbook 2007. Method of testing General Ventilation Air-Cleaning Device for removal Effectciency by particle size. 2007
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Inc. Handbook 2003. HVAC Applications. Chapter 7: Healthcare Facilities. 2003:8.
- American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers. Inc. Handbook 2004. Thermal Environmental Condition for Human Occupancy. 2004.
- Blyussen P.M. Toward an integrative approach of improving air quality. Building and Environment (2009) : 1980-1989.
- Bryant J.R. Transport of exhaled particulate matter in airborne infection isolation rooms. Building and Environment (2009) : 44-55.
- Cal/OSHA. California Division of Occupational Safety and Health Policy and Procedures. California Code of Regulations. Title 8. Section 5193, Dec 1991.
- Center for Disease Control and Prevention. Guidelines for Environmental Infection Control in Healthcare Facilities. US Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta Georgia. USA, 2005.
- Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for Preventing the Transmission of M. tuberculosis inHealth-Care Settings 2005. US Department of Health and Human Services Centers for Disease Control and Prevention. Atlanta Georgia. USA, 2005.
- Cheong K.W.D., Phua S.Y. Development of ventilation design strategy for effective removal of pollutant in the isolation room of a hospital. Building and Environment (2005) : 1161–1170.
- Dascaki, E.G., Lagoudi A., Balaras C. A., and Gaglia A.G. Air quality in hospital operating room. Building and Environment (2008) : 1945-1952.

- Liu J., Wang H., and Wen W. Numerical simulation on a horizontal airflow for airborne particle control in hospital operating room. Building and Environment (2009): 2284-2289.
- Matsson J.E. and Matsson J. An Introduction to SolidWorks Flow Simulation 2011. : Stephen Schroff Publication, 2011.
- Moore F. Ventilation. Passive Cooling. 1993
- National Fire Protection Association. NFPA 90A Standard for the installation of air-conditioning and ventilation system. 2012
- Occupational Safety and Health Administration. Standard for occupational exposure to M. tuberculosis. 1997
- Shih Y., Chiu C., and Wang O.. Dynamic airflow simulation within an isolation room. Building and Environment (2006) : 3194-3209.
- The American Institute of Architects and the Facilities Guidelines Institute. Guidelines for Design and Construction of Hospital and Healthcare Facilities . Washington, DC, 2001.
- Tung Y.C., Hu S.C., Tsai T.I., and Chang I.L.. An experiment study on ventilation efficiency of isolation room. Building and Environment (2009) : 271-279.

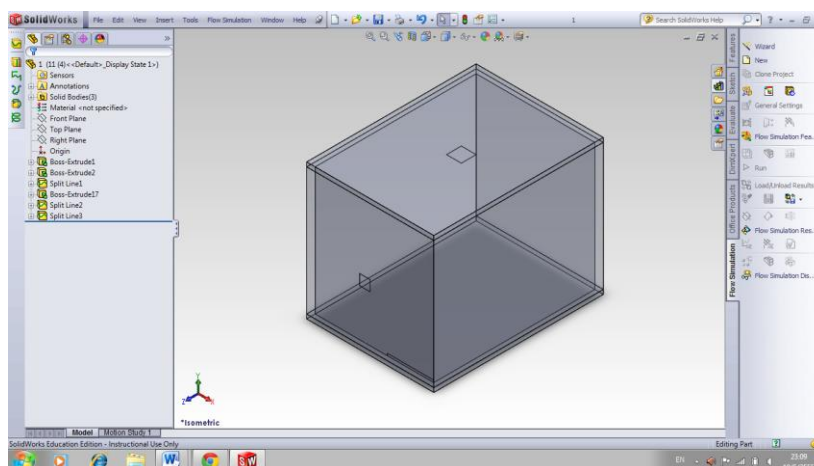
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

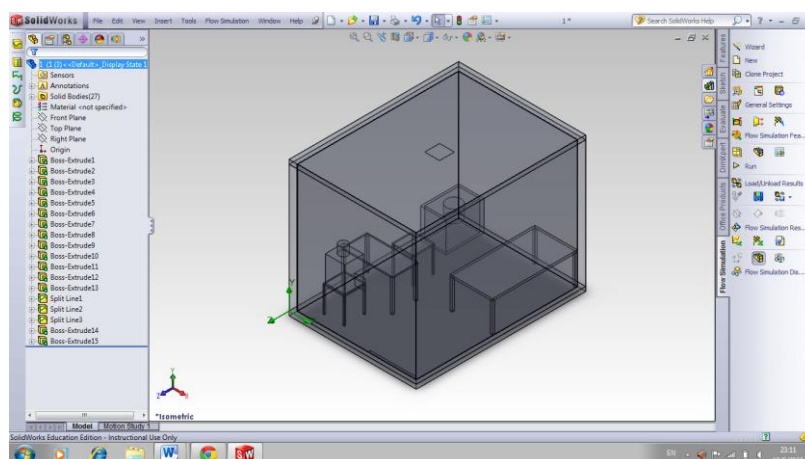
การป้อนข้อมูลโปรแกรม SolidWorks Flow Simulation 2011 เพื่อการจำลองสถานการณ์

1. การสร้างพื้นที่จำลอง

- สร้างขอบเขตแผนผังพื้นที่การจำลองด้วยเครื่องมือ Sketch บน Top Plane ตามขนาดที่ต้องการ และ Extrude เพื่อสร้างพื้นที่ห้อง ดังภาพต่อไปนี้



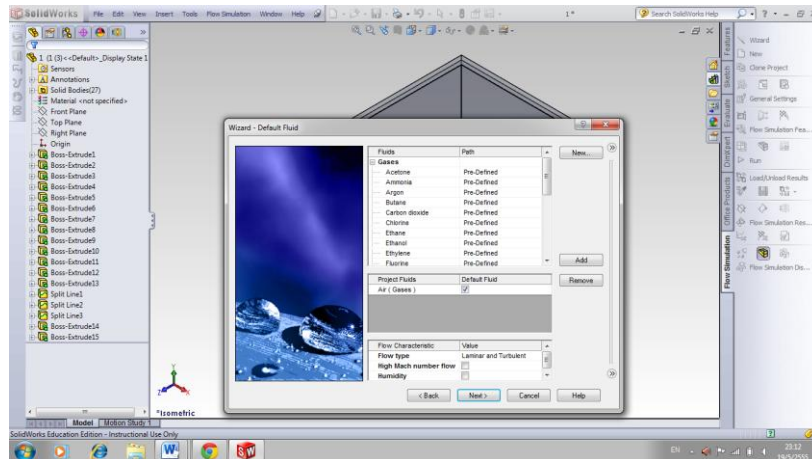
- วาดผังพื้นที่ใช้สอยภายในด้วยเครื่องมือ Sketch บน Top Plane ตามต้องการ ดังภาพต่อไปนี้



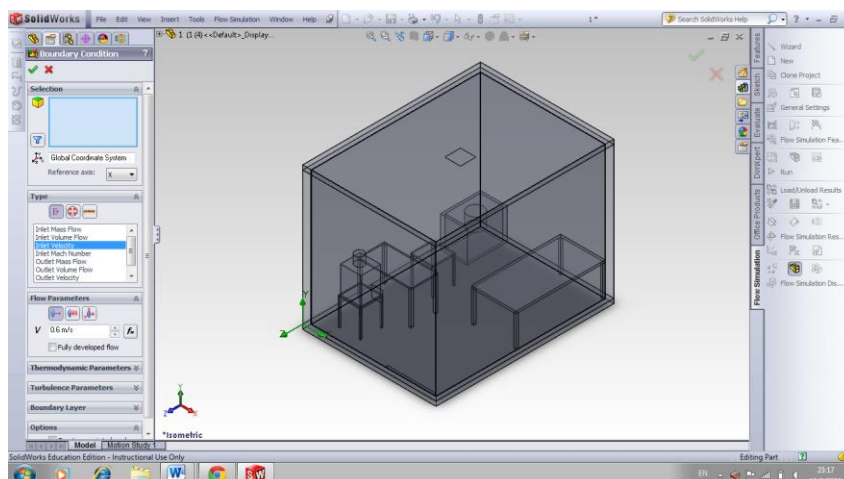
- วาดกำหนดช่องนำอากาศเข้าภายในพื้นที่ และ ช่องนำอากาศออก ด้วยเครื่องมือ Sketch บนด้านที่ต้องการกำหนด

2. การกำหนดรูปแบบการคำนวณ (ปริมาณความเร็วลม)

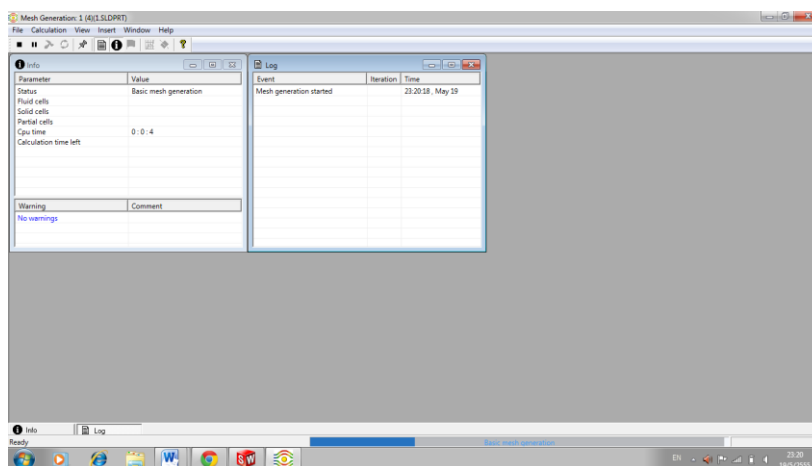
- เลือกคำสั่ง Flow Simulation บนแถบเครื่องมือ และป้อนข้อมูลของพื้นที่การจำลองการไหลของอากาศ (Wizard) ดังภาพต่อไปนี้



- กำหนดค่าขอบเขตของช่องป้อนลมเข้า ช่องป้อนลมออก ด้วยคำสั่ง Insert Boundary condition โดยการกำหนดค่าความเร็วลมเข้า ณ ขอบเขตการจำลองช่องป้อนลมเข้า ขนาดความเร็วลม 0.6 m/s และกำหนดค่าความเร็วลมออก ณ ขอบเขตการจำลองช่องป้อนลมออก ขนาดความเร็วลม 3.25 m/s ดังภาพต่อไปนี้



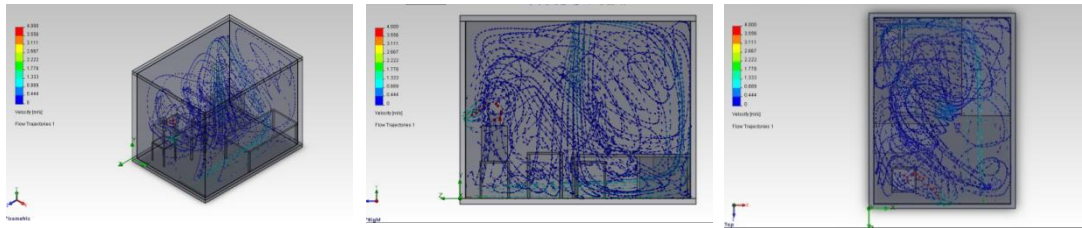
- เมื่อป้อนข้อมูลของค่าปริมาณความเร็วลมและพื้นที่ที่ต้องการเสร็จแล้ว ทำการประมวลผลสถานการณ์จำลองโดย คำสั่ง Run จากการคลิกขวาที่ชื่อของพื้นที่จำลองสถานการณ์ และจะปรากฏหน้าต่างของการประมวลผลดังภาพต่อไปนี้



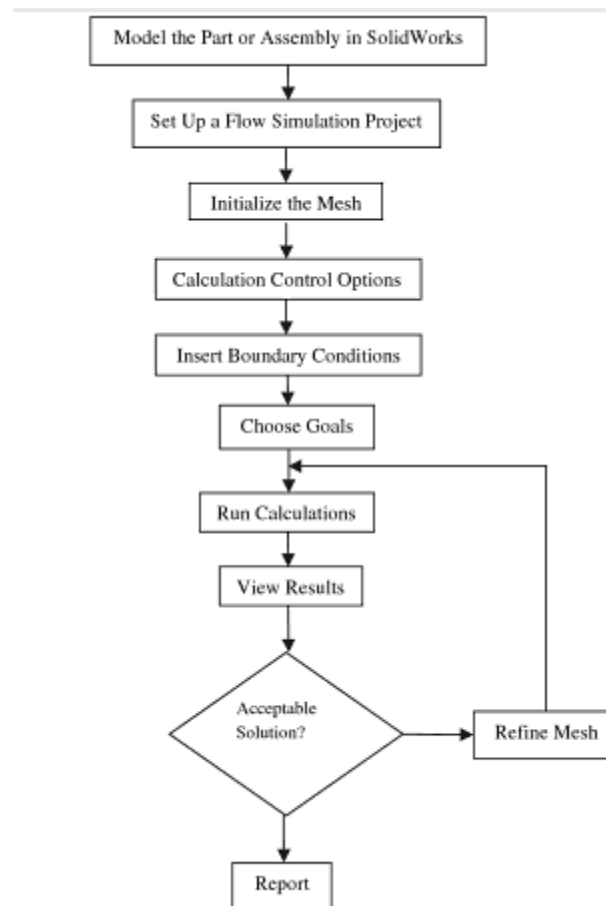
- เมื่อโปรแกรมคำนวณการไหลของอากาศแล้ว เลือกกำหนดการแสดงผลค่าของสถานการณ์การจำลองจากโดยมีรูปแบบ

Mesh	แสดงผลแบบช่องตาราง
Cut Plot	แสดงผลแบบการกำหนดช่วงตัดเอง
Surface Plot	แสดงผลแบบการเลือกแต่ละพื้นผิวของชิ้นงาน
Isosurface	แสดงผลแบบภาพก้อนสามมิติบนพื้นผิวที่เลือก
Flow Trajectory	แสดงผลแบบการกำหนดรูปแบบการไหลของพื้นที่ทั้งชิ้นงาน
Particle Study	แสดงผลเพิ่มเติมในส่วนของอนุภาคภายในที่ต้องการแสดง
Point Parameter	แสดงผลแบบการเลือกเฉพาะในตำแหน่งที่ต้องการในพื้นที่

- เลือกแสดงค่าเพื่อศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศภายในขอบเขตการจำลองสถานการณ์ตามแถบเครื่องมือเป็นลักษณะของลูกศรเพื่อแสดงค่าของระดับความเร็วลมตามแถบระดับสีต่างๆ ซึ่งภาพสามารถแสดงได้ทั้งภาพ 3 มิติ ภาพแนวตั้ง และภาพด้านข้าง ดังภาพต่อไปนี้



แผนภูมิสรุปแสดงลำดับขั้นตอนการจำลองสถานการณ์การไหลของอากาศด้วยโปรแกรม SolidWorks Flow simulation (ที่มา : John E. Matsson, Ph.D., John Matsson, 2011)



ภาคผนวก ข

การแสดงการหาค่าความเชื่อมั่นเครื่องมือด้วยวิธีสอบซ้ำ (Test - Retest Method)

การหาค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีการสอบซ้ำ เป็นการหาค่า ความเชื่อมั่นโดยนำเอาแบบทดสอบ ไปทำการทดลอง 2 ครั้ง ในการสอบทั้ง 2 ครั้ง ให้ห่างกันพอสมควร (2 อาทิตย์ขึ้นไป) เมื่อทำการสอบซ้ำแล้วจะทำให้มีผลการทดสอบ 2 ค่า คือจากการทดสอบครั้งที่ 1 และคะแนนจากการทดสอบครั้งที่ 2 จากนั้นจึงนำค่า จากการทดสอบ 2 ชุดไปหาค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) ค่าสัม ประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้คือค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนั้น

สูตรในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation)

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}} \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อค่า	r_{xy}	=	ความเชื่อมั่นของเครื่องมือ
	N	=	จำนวนตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
	X	=	ค่าความเร็วลมจากแบบทดสอบชุดที่ 1
	Y	=	ค่าความเร็วลมจากแบบทดสอบชุดที่ 2
			สามารถคำนวณได้ดังนี้

ตำแหน่ง ที่	ค่าความเร็วลม		X ²	Y ²	XY
	วัดจริง(X)	จำลอง(Y)			
1	0.13	0.12	0.02	0.01	0.02
2	0.15	0.11	0.02	0.01	0.02
3	0.10	0.09	0.01	0.01	0.01
4	0.06	0.06	0.00	0.00	0.00
5	0.10	0.05	0.01	0.00	0.01
6	0.10	0.09	0.01	0.01	0.01
7	0.16	0.16	0.03	0.03	0.03
8	0.25	0.21	0.06	0.04	0.05
9	0.24	0.22	0.06	0.05	0.05
รวม	1.29	1.11	0.22	0.17	0.19

จากสูตร

$$r_{xy} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[N \sum X^2 - (\sum X)^2][N \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r_{xy} = \frac{9(0.19) - (1.29)(1.11)}{\sqrt{[(9)(0.22) - (1.29)^2][(9)(0.17) - (1.11)^2]}}$$

$$= 0.93$$

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ความเชื่อมั่นจากการทดสอบของเครื่องมือวิจัย มีความเชื่อมั่นสูง
เกณฑ์การแปลผล ค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมืออยู่ระหว่าง 0.00 - 1.00 ยิ่งใกล้ 1.00 ยิ่งมี
ความเชื่อมั่นสูง

เกณฑ์การแปลผลความเชื่อมั่นมีดังนี้ (อ้างใน รองศาสตราจารย์เกียรติสุดา ศรีสุข, หน้า 144)

0.00 - 0.20	=	ความเชื่อมั่นต่ำมากไม่มีเลย
0.21 - 0.40	=	ความเชื่อมั่นต่ำ
0.41 - 0.70	=	ความเชื่อมั่น ปานกลาง
0.71 - 1.00	=	ความเชื่อมั่นสูง

ภาคผนวก ค

การแสดงการหาค่าอัตราการถ่ายเทอากาศ

วัดอัตราการระบายอากาศในพื้นที่จริงจากเครื่องมือ air velocity ในระดับของช่องลมที่ปล่อยอากาศจากเครื่องปรับอากาศ และพัดลมระบายอากาศ เพื่อนำค่ามาทำการคำนวณหาปริมาณอัตราการระบายอากาศภายในพื้นที่ (WHO, 2007)

$$ACH = \frac{0.8 \times v_{air} \times a_{inlet} \times 3600}{volume} \dots\dots\dots (1)$$

ACH = air change rate (measured as volume of room air change per hour)

V_{air} = average air velocity at inlet (m/s)

A_{inlet} = area of smaller inlet (m^2)

$volume$ = volume of room (m^3)

กำหนดขนาดช่องปล่อยลมเข้า 0.50×0.50 เมตร ด้วยความเร็วลม 0.6 เมตรต่อวินาที ปริมาตรห้อง 36 ตารางเมตร

$$\begin{aligned} ACH &= \frac{0.8 \times 0.6 \times 0.25 \times 3600}{36} \\ &= 12 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ขนาดช่องปล่อยลมเข้าขนาด 0.5×0.5 เมตรด้วยความเร็วลมขนาด 0.6 เมตรต่อวินาที ทำให้มีขนาดอัตราการถ่ายเทอากาศ 12 ACH

$$\begin{aligned} ACH &= \frac{0.8 \times 1.6 \times 0.12 \times 3600}{36} \\ &= 15 \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น ขนาดช่องปล่อยลมเข้าขนาด 0.35×0.35 เมตรด้วยความเร็วลมขนาด 1.6 เมตรต่อวินาที ทำให้มีขนาดอัตราการถ่ายเทอากาศ 15 ACH

ภาคผนวก ง

การวางผังพื้นที่ห้องตรวจรักษาโรค (อวยชัย วุฒิโสมลิต, 2543)

ขนาดของห้องตรวจรักษา (Exam room) ทัวไปที่พอดี คือ 3.00 x 4.00 เมตร ซึ่งประกอบด้วย

- ผนังกันแต่ละห้องควรสูงถึงเพดาน เพื่อความ privacy ควรเป็นผนังเบา เช่น แผ่นยิปซัม
- ด้านหน้าควรมีประตูขนาดกว้างอย่างน้อย 1.10 เมตร
- มีป้ายชื่อแพทย์ติดตั้งด้านหน้าห้อง
- ภายในห้องแบ่งเป็น consult zone และ exam zone
- ส่วน consult zone ประกอบด้วย โต๊ะ เก้าอี้แพทย์ ตู้เก็บเครื่องมือแพทย์ และเก้าอี้ผู้ป่วย และญาติ 2 ตัว
- ส่วน exam zone ด้านหลังหรือด้านข้าง ควรมีเตียงตรวจอยู่ภายในห้อง เพื่อผู้ป่วยได้นอน ให้แพทย์วินิจฉัยโรค

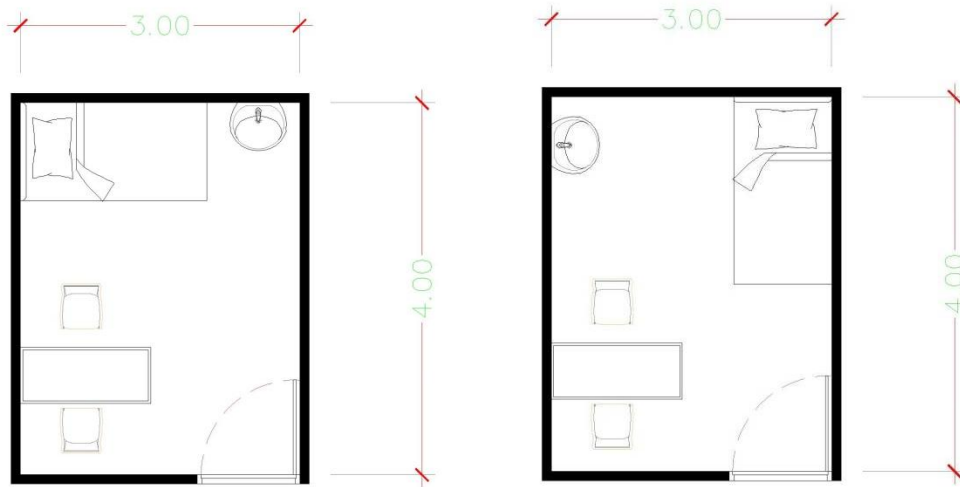
วัสดุผิว

พื้น	ควรเป็นวัสดุผิวที่ราบเรียบ ไม่ควรมีรอยต่อ เพื่อสะดวกต่อการเข็น wheel chair หรือรถใส่เครื่องมืออุปกรณ์แพทย์จะได้ไม่กระเทือน ควรใช้แกรนิต หินขัด
ผนัง	ต้องมีผนังกันระหว่างคลินิกและภายในห้องตรวจแต่ละห้องแยกเป็นสัดส่วนเพื่อความส่วนตัวควรเลือกใช้ผนังที่เก็บเสียงได้ การเลือกใช้โพนสี ควรเป็นบรรยากาศที่สดใส เย็นตา
ฝ้าเพดาน	ส่วนใหญ่ จะเป็นฝ้าอะคูสติค คร่าว T-Bar เพื่อความเป็นส่วนตัว และควรเตรียมงานระบบให้ครบเช่นระบบปรับอากาศ ดับเพลิง เป็นต้น

งานระบบ

ระบบไฟฟ้า	ควรมีระบบจ่ายไฟสำรองที่แผนกนี้ด้วย ควรใช้ไฟ Fluorescent และมีการจัดให้มีแสงธรรมชาติเข้ามาได้
ระบบปรับอากาศ	ส่วนโถงคอยด้านหน้าควรแยก A.H.U. ออกเป็น 2 ชุด เดินท่อแยกจ่ายลมเย็นออกไปยังบริเวณต่างๆให้ทั่วถึง ส่วนในห้องตรวจควรมีหัวจ่ายลมเย็นเฉพาะห้องพร้อมจุด return
ระบบสุขาภิบาล	ส่วนใหญ่จะมีอ่างล้างมืออยู่ในห้องตรวจทุกห้อง ต้องเตรียมเดินท่อน้ำใช้ และน้ำทิ้งไว้

ระบบ medical gas ควรมีหัวท่อ O₂ 1 จุด และ vacuum 1 จุดหากเกิดกรณีฉุกเฉิน



ภาพแสดงแผนผังการใช้สอยของห้องตรวจ รูปแบบ ก. (ซ้ายมือ) รูปแบบ ข. (ขวามือ)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อจริง นางสาวจิรายุ บุญตัน ชื่อเล่น ทนาย เกิดวันพฤหัสบดีที่ 3 ธันวาคม 2530 จังหวัด กระบี่ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรปริญญาตรีสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2552 จากนั้นเข้ารับการศึกษาต่อในหลักสูตร สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปี การศึกษา 2553