



การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร  
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

A study to improve indoor air quality in Naresuan university  
hospital

นางสาวจีราภา ฝาดี

นางสาวศิภาพร ภูเด่นผา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561



การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร  
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

A study to improve indoor air quality in Naresuan university  
hospital

นางสาวจีราภา ฝาดี  
นางสาวศิภาพร ภูเด่นผา

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2561



## ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ : การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร  
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ÅhLüuiffi«nu. : นางสาวจิราภา ฝาดี รหัสนิต 58362100  
นางสาวศิภาพร ภูเด่นผา รหัสนิต 58362780

ที่ปรึกษาโครงการ : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์  
mnätn : วิศวกรรมเครื่องกล

Ciminvn : 2561

คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้โครงการวิศวกรรมเครื่องกลฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงการ

.....ที่ปรึกษาโครงการ  
(ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.....ผู้ดูแล  
(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ  
(ผศ.ชพงศ์ ชวยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ : การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร  
โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงการ : นางสาวจิราภา ผาลี รหัสนิสิต 58362100  
นางสาวศิภาพร ภูเด่นผา รหัสนิสิต 58362780

ที่ปรึกษาโครงการ : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2561

### บทคัดย่อ

โครงการเล่มนี้ เป็นโครงการการศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลนเรศวร เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา พร้อมทั้งหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศที่ตรวจพบภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวร โดยในการจัดทำโครงการนี้จะอ้างอิงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพอากาศที่อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรกำลังประสบ โดยส่วนใหญ่จะเป็นในเรื่องของความชื้นภายในอาคาร ที่เป็นหนึ่งในปัจจัยหลักของการเจริญเติบโตของเชื้อรา ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้ให้บริการ โดยการแพร่กระจายอยู่ในอากาศภายในอาคาร ทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่ควรจะเป็น จึงเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวรที่ดียิ่งขึ้น



**Project title** : A study to improve indoor air quality in Naresuan university hospital

**Name** : Miss. Chirapha Phalee ID. 58362100

: Miss. Siphaphon Phoodenpa ID. 58362780

**Project advisor** : Asst. Prof. Dr. Ninnart Rachapradit

**Department** : Mechanical Engineering

**Academic year** : 2018

### Abstract

This project is a project to study to improve indoor air quality in Naresuan university hospital. Which aims to study about indoor air quality of Naresuan Hospital to analyze the cause of the problem and find a solution for air quality problems detected in the Naresuan Hospital building. Preparing this project, reference the theory and related research to indoor quality for propose ways to solution air quality problems at the Naresuan University Hospital building. The most area in the building are high humidity and that is one of the main factors of fungal growth. Which will affect the health of workers and users. Spreading in the indoor air, causing indoor air quality not up to standards and therefore propose guidelines for solving indoor air quality problems, For better air quality in the Naresuan Hospital building

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการเรื่อง “การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร” ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลกรหลายท่าน ซึ่งมีพระคุณท่านแรกใครขอขอบพระคุณคือท่าน ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การเขียนโครงการการศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรนี้ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบซึ่งได้แก่ ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว และ ผศ.ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของรูปเล่มโครงการ

ขอขอบพระคุณหน่วยงานของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และให้ประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณภาคีวิชาชีพวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา หาความรู้และการใช้สิ่งต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับโครงการด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ศึกษาเสมอมาผู้ศึกษาใคร่ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

จิราภา ภาลี

ศิภาพร ภูเด่นผา

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญรูปภาพ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	3
2.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	14
2.3 ประเมินสิ่งก่อสร้างและวิธีการตรวจเชื้อจุลชีพ.....	30
2.4 วรรณกรรมปริทัศน์.....	37
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานโครงการ.....	46
3.1 สถานที่จัดทำโครงการ.....	46
3.2 เครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ.....	47
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน.....	49
3.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน.....	51
บทที่ 4 ผลการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล.....	52
4.1 การวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาคอนcentrationอากาศภายในอาคาร.....	52

4.2 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคูณภาพอากาศ จากการศึกษาแบบ อาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร .....	60
4.3 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคาร จากการศึกษา ลงสำรวจพื้นที่จริงของอาคารโรงพยาบาลนเรศวร .....	62
4.4 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาคูณภาพอากาศอาคารโรงพยาบาลนเรศวร โดยการตรวจวัด .....	67
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา .....	108
5.1 ผลสรุปการศึกษา .....	108
5.2 ข้อเสนอแนะ .....	118
บรรณานุกรม .....	119
ภาคผนวก ก .....	123
ภาคผนวก ข .....	125
ประวัติผู้จัดทำโครงการ .....	129



## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น.....	4
รูปที่ 2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type).....	5
รูปที่ 2.3 เครื่องส่งลม (Air Handling Unit : AHU).....	6
รูปที่ 2.4 พัดลมดูดอากาศ.....	6
รูปที่ 2.5 แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter).....	7
รูปที่ 2.6 แผ่นกรองอากาศขั้นที่สอง (Medium-Filter).....	7
รูปที่ 2.7 แผ่นกรองอากาศขั้นสุดท้าย (Final-Filter or HEPA Filter).....	8
รูปที่ 2.8 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง.....	9
รูปที่ 2.9 การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง.....	10
รูปที่ 2.10 กราฟระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารที่ยอมรับได้.....	17
รูปที่ 3.1 โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร.....	46
รูปที่ 3.2 เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์.....	47
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น.....	48
รูปที่ 3.4 จานเพาะเชื้อ.....	48
รูปที่ 4.1 ห้องน้ำภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร.....	62
รูปที่ 4.2 น้ำขังภายในชั้นใต้ดินของอาคารโรงพยาบาล.....	63
รูปที่ 4.3 เศษวัสดุที่ไม่ได้ใช้งานภายในชั้นใต้ดินของโรงพยาบาล.....	63
รูปที่ 4.4 การรื้อถอนอุปกรณ์ของระบบอากาศภายในชั้นใต้ดินของอาคารสิรินธร.....	64
รูปที่ 4.5 ท่อลมที่ถูกลดออกไว้ในชั้นใต้ดินของอาคารสิรินธร.....	64
รูปที่ 4.6 เศษวัสดุและฝุ่นละอองบนฝ้า.....	66

รูปที่ 4.7 โรงอาหารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร .....	66
รูปที่ 4.8 ห้องสวนหัวใจและแผนภาพประกอบ .....	69
รูปที่ 4.9 ห้องอภิบาลทารกแรกเกิดในบริเวณแอร์ตัก บริเวณอากาศไหลกลับ และบริเวณอับอากาศ .....	76
รูปที่ 4.10 ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ในบริเวณแอร์ตัก (มีการปฏิบัติงาน) ทำงานเอกสาร และบริเวณเก็บของและทางเดิน .....	79
รูปที่ 4.11 แผนผังห้องพักผู้ป่วยแยก A418 .....	83
รูปที่ 4.12 แผนผังห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ .....	87
รูปที่ 4.13 แบบที่เรียที่ตรวจพบภายในห้อง .....	87
รูปที่ 4.14 แผนผังห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร .....	89
รูปที่ 4.15 แผนผังห้อง x-ray .....	92
รูปที่ 4.16 แบบที่เรียที่ตรวจพบภายในห้อง x-ray .....	93
รูปที่ 4.17 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้อง x-ray.....	93
รูปที่ 4.18 แผนผังห้องรังสีร่วมรักษา .....	95
รูปที่ 4.19 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องรังสีร่วมรักษา .....	95
รูปที่ 4.20 แผนผังห้องเจาะเลือด.....	96
รูปที่ 4.21 แบบที่เรียที่ตรวจพบภายในห้องเจาะเลือด .....	97
รูปที่ 4.22 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องเจาะเลือด .....	97
รูปที่ 4.23 แผนผังห้อง Admission (จองห้องพัก) .....	99
รูปที่ 4.24 แบบที่เรียที่ตรวจพบภายในห้อง Admission (จองห้องพัก).....	99
รูปที่ 4.25 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้อง Admission (จองห้องพัก).....	100

รูปที่ 4.26 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลนเรศวร..... 105

รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 112

รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 112

รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 113

รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียที่นับได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 114

รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียที่คำนวณได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 114

รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่นับได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 115

รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่คำนวณได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง..... 115



## สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 ตารางจำแนกประเภทแก๊ส (Gas) และแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศประเภทแก๊ส.....	11
ตารางที่ 2.2 ตารางจำแนกสิ่งมีชีวิตแขวนลอยในอากาศ (Bioaerosols) .....	12
ตารางที่ 2.3 ตารางมลพิษภายในอาคารประเภทอื่น ๆ.....	13
ตารางที่ 2.4 ตารางตัวอย่างมลพิษที่พบจากภายนอกอาคาร.....	13
ตารางที่ 2.5 วิธีการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE.....	14
ตารางที่ 2.6 ประสิทธิภาพแผ่นกรองอากาศสำหรับสถานที่ต่าง ๆ ให้โรงพยาบาล.....	18
ตารางที่ 2.7 ประเภทของแผ่นกรองอากาศ.....	19
ตารางที่ 2.8 สรุปมาตรฐานของสารก่อมลพิษสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร.....	20
ตารางที่ 2.9 มาตรฐานด้านความปลอดภัยของผู้ป่วยของมาตรฐาน JCI.....	25
ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การประเมินคุณภาพอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE170-2008 และ วสท. 3010.....	28
ตารางที่ 2.11 ปัญหาที่มักเกิดจากการติดเชื้อราในสถานพยาบาล.....	31
ตารางที่ 2.12 ประเภทของงานก่อสร้าง.....	32
ตารางที่ 2.13 ระดับความเสี่ยงของพื้นที่ต่าง ๆ ภายในสถานพยาบาล.....	33
ตารางที่ 2.14 บริเวณโดยรอบของพื้นที่โครงการ.....	34
ตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA).....	36
ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ใน โรงพยาบาล.....	36
ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการดำเนินงาน.....	51



ตารางที่ 4.5 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคารทั่วไป.....	54
ตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคูณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล.....	57
ตารางที่ 4.37 ปัญหาที่พบจากการศึกษาแบบก่อสร้าง และคำแนะนำในการแก้ปัญหาคูณภาพอากาศของอาคารสิรินธร .....	61
ตารางที่ 4.4 ปัญหาที่พบจากการศึกษาแบบก่อสร้างและคำแนะนำในการแก้ปัญหาคูณภาพอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ.....	61
ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร.....	71
ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร (Re-Check).....	74
ตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU).....	77
ตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอุบัติเหตุและอุปกรณ์ทางการแพทย์.....	81
ตารางที่ 4.99 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก A418....	84
ตารางที่ 4.10 ตารางอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนพื้นที่ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ บริเวณจุดแอร์ตัก บริเวณจุดอากาศไหลกลับ และบริเวณจุดอัดอากาศ .....	88
ตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร.....	90
ตารางที่ 4.12 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์.....	94
ตารางที่ 4.13 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์.....	95

ตารางที่ 4.14 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์.....98

ตารางที่ 4.15 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์....100

ตารางที่ 4.10 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก.....103

ตารางที่ 4.17 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วน  
พื้นที่ SR, NR และ MR .....106

ตารางที่ 5.1 ผลการตรวจวัดห้องตัวอย่างทั้ง 12 ห้อง.....109

ตารางที่ 5.2 ปัญหาที่ตรวจพบและแนวทางในการแก้ไขปัญหาภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวร..117



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

คุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นสภาวะที่อากาศภายในอาคารไม่มีสิ่งเจือปนหรือมีสิ่งเจือปนในปริมาณที่ไม่ทำให้เกิดอันตรายกับสุขภาพของมนุษย์ รวมไปถึงสิ่งของและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ หากสิ่งเจือปนในอากาศต่ำ จะถือว่าคุณภาพในอากาศอยู่ในระดับที่ดี ตรงกันข้ามหากมีสิ่งเจือปนในอากาศมากจะถือว่าคุณภาพในอากาศต่ำ ซึ่งไม่เหมาะสมสำหรับที่พักอาศัย เพราะส่งผลเสียต่อระบบหายใจของมนุษย์

โรงพยาบาล คือ สถานที่ที่มีผู้คนพลุกพล่าน ตั้งแต่เด็กไปจนถึงผู้สูงอายุ เพราะเป็นสถานที่ที่มีผู้คนอยู่จำนวนมาก จึงควรใส่ใจในเรื่องของความสะอาด ตั้งแต่เครื่องมือทางการแพทย์ สถานที่ รวมไปถึงคุณภาพของอากาศ โดยปัจจุบันโรงพยาบาลหลายแห่ง กำลังประสบกับปัญหาของระบบปรับอากาศภายในอาคารที่ไม่มีการปรับปรุงและดูแลอย่างต่อเนื่องจากในอดีต ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของอากาศภายในอาคาร อันก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ โดยเฉพาะในโรงพยาบาลที่ต้องใส่ใจในเรื่องของความสะอาด ต้องทราบถึงปัญหาในแต่ละพื้นที่ที่มีปัญหาต่างกัน และในบางพื้นที่ต้องให้ความใส่ใจเป็นพิเศษในเรื่องของเชื้อโรค

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จะมีลักษณะของห้องที่ต่างกัน และบางห้องควรได้รับการใส่ใจเป็นพิเศษ เช่น ห้องพักผู้ป่วย ห้องผ่าตัด เป็นต้น อากาศที่มีคุณภาพจะต้องมีการหมุนเวียนให้อากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมกับอากาศภายในอาคาร โดยการจะได้มาซึ่งคุณภาพที่ดีของอากาศ จึงควรมีการปรับปรุงระบบปรับอากาศใหม่ โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศและมลพิษภายในอาคาร พร้อมทั้งเก็บข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อโรคในโรงพยาบาลเพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อศึกษาเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพของอากาศในโรงพยาบาล

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัญหา พร้อมทั้งหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของอากาศ

1.2.3 เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวร

## 1.3 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาปัญหาคุณภาพภายในอาคารที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศภายในอาคาร รวมถึงทำการศึกษาแบบอาคาร สํารวจพื้นที่จริง และทำการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่างโดยสุ่มตรวจวัด อุณหภูมิ ความชื้น คาร์บอนไดออกไซด์ ในแต่ละพื้นที่ภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อนำปัญหามาวิเคราะห์และรวบรวมแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งอาคารสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

## 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 แนวทางสำหรับการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.2 ทักษะเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร จะเป็นส่วนของ การศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยจำแนกหัวข้อในการศึกษา ออกเป็น 2 หัวข้อ คือ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร และวรรณกรรมปริทัศน์ ซึ่ง ทั้งสามหัวข้อที่กล่าวมานี้ จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับการลงปฏิบัติการวัดและตรวจสอบคุณภาพ อากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนครินทร์ในบทที่ 4 ต่อไป

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

หัวข้อแรกที่จะกล่าวถึงจะเป็นส่วนของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานด้านคุณภาพอากาศภายใน อาคาร ซึ่งในหัวข้อนี้จะแบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน โดยในส่วนแรกจะเป็นเรื่องของระบบ ปรับอากาศ ถัดมาจะเป็นเรื่องของระบบระบายอากาศ และในหัวข้อสุดท้ายจะเป็นการศึกษาคุณภาพอากาศ ภายในอาคาร เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร แล้ว นำไปใช้พิจารณาการออกแบบคุณภาพอากาศภายในอาคาร

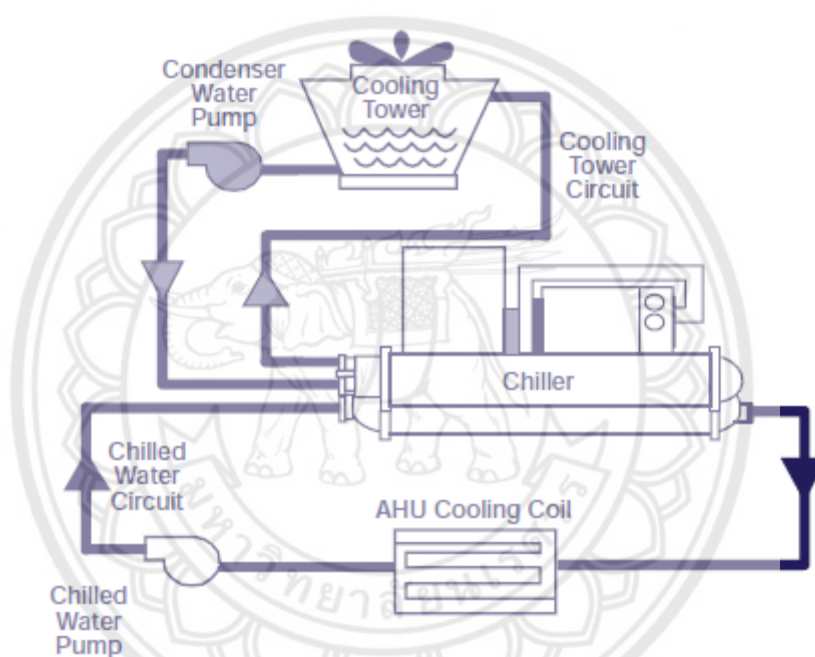
##### 2.1.1 ระบบปรับอากาศ (Air Conditioning)

ในหัวข้อระบบปรับอากาศนี้ จะเป็นการศึกษาถึงความหมายของระบบปรับอากาศ ประเภทของระบบปรับอากาศ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในระบบปรับอากาศแต่ละประเภท ตามลำดับ

ระบบปรับอากาศ หมายถึง ระบบการถ่ายเทความร้อนจากบริเวณที่ต้องการปรับ อากาศ ซึ่งโดยทั่วไปมักจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าภายนอกมาที่ยังบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ระบบปรับ อากาศนอกจากทำหน้าที่ในการทำความเย็นให้ได้ตามที่ต้องการแล้ว ยังทำหน้าที่ในการช่วยลด ความชื้นในอากาศอีกด้วย แต่โดยทั่วไปแล้วระบบปรับอากาศจะทำได้เพียงปรับอุณหภูมิให้อยู่ใน ระดับที่ต้องการ โดยไม่สามารถควบคุมความชื้นในอากาศได้

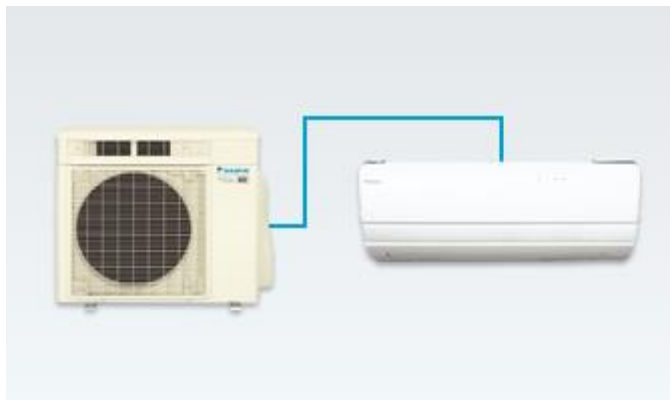
ทางผู้จัดทำ ได้ทำการศึกษาาระบบปรับอากาศทั้งหมด 2 แบบ คือ ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน เนื่องจากระบบปรับอากาศทั้งสองแบบนี้เป็นระบบปรับอากาศที่ถูกใช้ในอาคารมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้ในการดำเนินงานทางผู้จัดทำจึงเน้นการศึกษาระบบปรับอากาศทั้งสองแบบ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น

ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น (Chiller) เป็นระบบปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น ภายในระบบปรับอากาศจะประกอบด้วย เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องส่งลมเย็น หอผึ่งเย็น



รูปที่ 2.1 ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น

ส่วนระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) เป็นระบบปรับอากาศที่นิยมติดตั้งตามที่พักอาศัย ในห้องที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก โดยภายในระบบปรับอากาศจะประกอบด้วย แผงทำความเย็น คอมเพรสเซอร์ แผงท่อระบายความร้อน พัดลมส่งลมเย็น พัดลมระบายความร้อน แผ่นกรองอากาศ หน้ากากเครื่องที่มีแผ่นเกล็ดกระจายลมเย็น อุปกรณ์ควบคุมสำหรับการควบคุมอุณหภูมิห้อง และอุปกรณ์ป้อนสารหล่อเย็น ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำเย็น



รูปที่ 2.2 ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

โดยอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบปรับอากาศที่เราให้ความสำคัญจะประกอบด้วย 3 ส่วน คือ เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit) พัดลม (Fan) และแผ่นกรองอากาศ (Filter)

อุปกรณ์ส่วนแรกที่เราได้ทำการศึกษา คือ เครื่องส่งลม (Air Handling Unit : AHU) เป็นกลไกที่ประกอบด้วยตัวถัง พัดลม มอเตอร์ ชุดขับ และจะมีหรือไม่มีชุดท่อความเย็นและท่อน้ำทิ้งก็ได้ รวมอยู่ในตัวถังเดียวกันเพื่อทำหน้าที่ส่งลมและทำความเย็นให้แก่ห้อง โดยตัวเครื่องส่งลมจะถูกติดตั้งไว้ภายในห้อง ซึ่งมีทั้งแบบตั้งพื้นและแขวนเพดานสำหรับเครื่องที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก

หน่วย AHU คือส่วนประกอบที่ซับซ้อนของระบบ Heating, Ventilation and Air Conditioning : HVAC ที่มีหลายส่วนที่แตกต่างกันที่จะถูกนำไปใช้ให้การทำงานของมันอย่างสมบูรณ์ได้ ทั้งนี้รวมถึงแผงคอยล์ทำความเย็น แผงคอยล์ทำความร้อน พัดลมส่งความเย็น เครื่องเพิ่มความชื้น แผ่นกรองอากาศ และบานปรับเพื่อนำส่งอุณหภูมิที่ควบคุมผ่านเข้าไปในตึก ทำงานได้หลายอย่าง รวมถึงการขนส่งอากาศภายนอกเนื่องจากมักจะถูกเชื่อมต่อโดยตรงกับท่อ ผ่านพื้นที่ภายในอาคาร อากาศที่หมุนเวียนแล้วจะถูกระบายออกเพื่อรักษาคุณภาพอากาศภายในอาคารขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศที่ต้องการอากาศภายนอกอาจจะถูกทำให้ร้อนโดยหน่วยนำความร้อนกลับมาโดยใช้คอยล์ทำความร้อนหรือถูกทำให้เย็นโดยคอยล์ทำความเย็น โดยเราเรียกระบบที่สามารถควบคุมสภาวะของอากาศในพื้นที่ที่เราต้องการให้มีค่าคงที่หรือเกิดการแปรปรวนน้อยที่สุดนี้ว่าระบบ HVAC ซึ่งย่อมาจาก Heating, Ventilation and Air Conditioning หรือ กระบวนการปรับสภาวะของอากาศและจะจัดการอากาศเพื่อควบคุมอุณหภูมิ โดยการทำให้อากาศเย็นลงหรือร้อนขึ้น ควบคุมความชื้น โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณความชื้นในอากาศ ควบคุมการกระจายลมเย็น โดยการควบคุมทั้งความเร็วและทิศทาง



รูปที่ 2.3 เครื่องส่งลม (Air Handling Unit : AHU)

อุปกรณ์ส่วนที่สอง คือ พัดลม (Fan) เป็นส่วนอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วลม เย็นที่ส่งไปตามท่อ (Duct) และควบคุมปริมาณการดูดอากาศสะอาดที่ต้องการให้เข้ามาผสมกับ อากาศภายในอาคาร หรือควบคุมปริมาณการดูดอากาศเสียเพื่อส่งไปทิ้งนอกอาคาร



รูปที่ 2.4 พัดลมดูดอากาศ

ในส่วนสุดท้าย แผ่นกรองอากาศ (Filter) คือ อุปกรณ์ใช้สำหรับลดปริมาณหรือกำจัด อนุภาคแขวนลอยในอากาศออกจากระบบปรับอากาศและระบายอากาศ มีหน้าที่กรองฝุ่นละอองใน อากาศเพื่อทำให้คุณภาพอากาศภายในห้องปรับอากาศดีขึ้น สุขภาพของคนทำงานขึ้นกับคุณภาพ อากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality : IAQ) เช่น ฝุ่นละอองในอากาศเป็นสาเหตุของโรครูมิแพ้ ต่าง ๆ เป็นต้น โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งชนิดแผ่นกรองอากาศตามประเภทของสิ่งปนเปื้อนในอากาศ ได้ ดังนี้

แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter) ในระบบปรับอากาศการกรองอากาศโดยผ่าน แผ่นกรองอากาศขั้นต้นจะเป็นด่านแรกสุดสำหรับขั้นตอนการกรองอากาศ ซึ่งในการกรองอากาศ ขั้นต้นนี้ จะเป็นการกรองฝุ่นละอองที่อนุภาคมีขนาดใหญ่ เพื่อลดขนาดและปริมาณฝุ่นละอองใน อากาศที่สามารถลอดผ่านแผ่นกรองเข้าไปสู่การกรองของแผ่นกรองขั้นที่สอง (Medium-Filter) และ เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของแผ่นกรองขั้นที่สอง (Medium-Filter) อีกด้วย





รูปที่ 2.5 แผ่นกรองอากาศขั้นต้น (Pre-Filter)

แผ่นกรองอากาศขั้นที่สอง (Medium-Filter) เป็นแผ่นกรองอากาศที่สามารถช่วยกักเก็บฝุ่นที่ปนเปื้อนในอากาศ ซึ่งมีอนุภาคเล็กเกินกว่าที่แผ่นกรองอากาศขั้นต้นจะสามารถดักจับหรือกรองเอาไว้ได้และเป็นสาเหตุที่ทำให้อากาศไม่สะอาด แผ่นกรองอากาศ (Medium-Filter) สามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้



รูปที่ 2.6 แผ่นกรองอากาศขั้นที่สอง (Medium-Filter)

แผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย (Final-Filter or HEPA Filter) เป็นแผ่นกรองอากาศสำหรับห้องหรือบริเวณที่ต้องการประสิทธิภาพในการกรองอากาศที่ดี อากาศที่มีประสิทธิภาพ ทำให้รู้สึกปลอดภัยในการประกอบกิจกรรมในบริเวณนั้น ๆ แผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย (Final-Filter or HEPA Filter) จะเป็นแผ่นกรองอากาศถูกใช้ในห้องสะอาดและในสภาวะที่ต้องการความสะอาดมากเป็นพิเศษ ได้แก่ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เซมิคอนดักเตอร์ ผลิตยา อาหาร โรงพยาบาลหรือแม้แต่ห้องแล็บต่าง ๆ แผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย (Final-Filter or HEPA Filter) สามารถป้องกันเชื้อไวรัสได้ ซึ่งทำให้อากาศภายในห้องบริสุทธิ์และมีความปลอดภัยมากกว่าบริเวณใช้งานประเภทอื่น



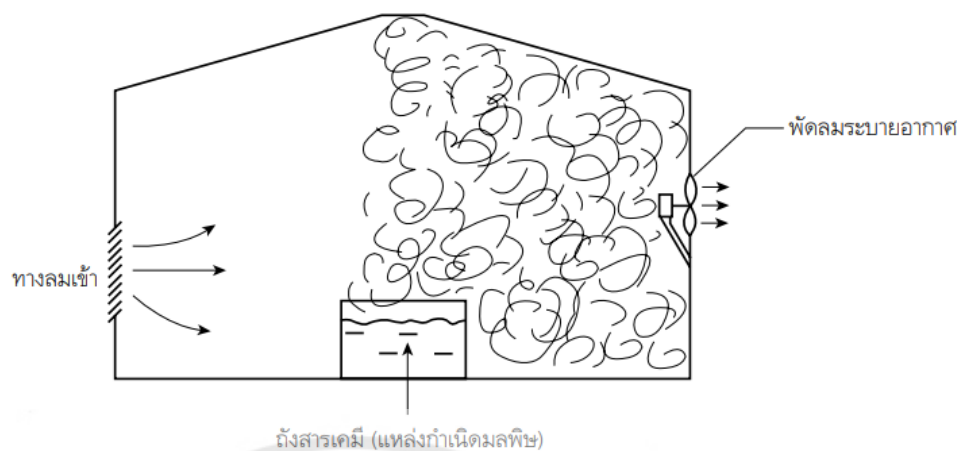
รูปที่ 2.7 แผ่นกรองอากาศชั้นสุดท้าย (Final-Filter or HEPA Filter)

### 2.1.2 การระบายอากาศ

การระบายอากาศ คือการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารเข้ามาเติม เพื่อให้ภายในอาคารมีอากาศเพียงพอ โดยมีการระบายอากาศเสียทิ้งออกเพื่อรักษาคุณภาพอากาศที่ดีไว้ ซึ่งจำแนกออกได้ 2 ชนิด ได้แก่

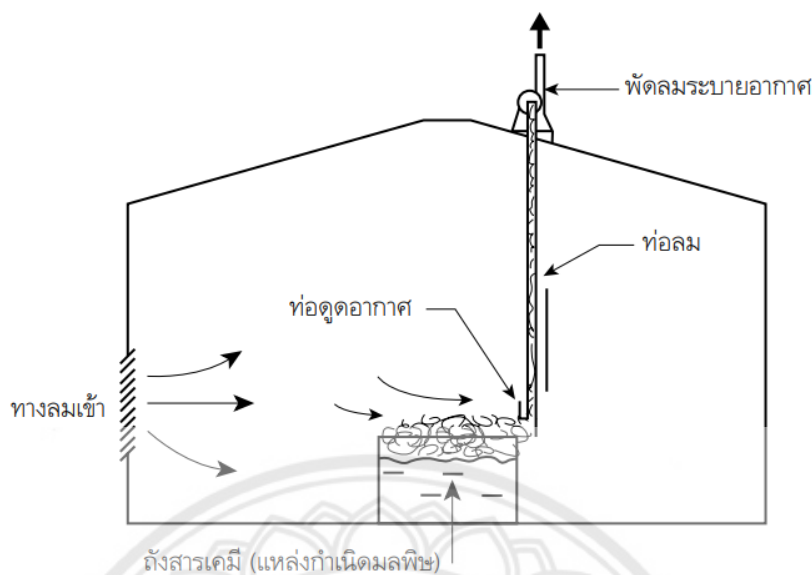
1) การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง (dilution ventilation) หรือแบบทั่วไป (general dilution) เป็นการระบายอากาศเพื่อลดความเข้มข้นของมลพิษที่ปนเปื้อนในอากาศให้เจือจาง โดยการนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารเข้ามาเจือจางจนทำให้อากาศอยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หรือไม่เกิดความรำคาญเมื่อหายใจรับอากาศ เช่น กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์

นอกมลพิษในอากาศ การระบายอากาศประเภทนี้ยังสามารถป้องกันและควบคุมในเรื่องของความร้อน ความชื้น และอันตรายจากสารเคมีในกรณีมีการเคมีฟุ้งกระจายหรือปนเปื้อนในอากาศได้อีกด้วย ซึ่งสามารถแสดงการระบายอากาศในกรณีนี้ได้ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง

2) การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (Local Exhaust ventilation) เป็นการระบายอากาศที่สร้างขึ้นเพื่อเจือจางมลพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศ และควบคุมปัญหาต่าง ๆ เช่นเดียวกับการระบายอากาศแบบทำให้เจือจาง แต่มีวิธีและหลักการที่ต่างกันอย่างสิ้นเชิง คือ การระบายอากาศประเภทนี้จะอาศัยหลักการดูดระบายมลพิษ และอากาศที่ปนเปื้อนออกไปจากบริเวณนั้น หรือจุดกำเนิดของมลพิษโดยตรง ก่อนที่จะเกิดการปนเปื้อนในอากาศบริเวณอื่น ซึ่งการระบายอากาศแบบเฉพาะที่ จะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลักๆ 3 ส่วนได้แก่ ท่อดูดอากาศ (Hoods) ท่อลม (Ducts) และพัดลมระบายอากาศ (Exhaust fan) นอกจากองค์ประกอบหลักๆ ทั้ง 3 ส่วนนี้แล้ว ระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ยังมีอุปกรณ์ควบคุมมลพิษหรืออุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ (Air cleaners) ติดตั้งอยู่ด้วยในกรณีที่จำเป็น เช่นเมื่อปริมาณความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศในห้องที่มีสารเคมีระเหย มีระดับสูงกว่ามาตรฐานคุณภาพอากาศที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การระบายอากาศแบบเฉพาะแห่ง

### 2.1.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality: IAQ)

ในส่วนนี้จะเป็นการกล่าวถึงสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อหรือส่งผลให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งจำแนกได้ 4 สาเหตุหลัก คือ การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ มลพิษพิษในอากาศภายในอาคาร มลพิษพิษในอากาศภายนอกอาคาร และการประเมินสิ่งก่อสร้าง โดยจะกล่าวถึงรายละเอียดการเกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นตามลำดับดังต่อไปนี้

#### 1) การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ

การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอเป็นสาเหตุหลักในการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เป็นผลมาจากการออกแบบอาคารที่เน้นโครงสร้างระบบปิด มีช่องระบายอากาศน้อย เพื่อลดรอยรั่วที่อากาศร้อนและความชื้นจากภายนอกไหลเข้าสู่อาคารหรือระบบปรับอากาศที่ใช้มีสภาพเก่า ชำรุด ขาดการดูแลทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลให้การนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่อาคารมีปริมาณไม่เพียงพอและเกิดการสะสมของมลพิษ เชื้อโรค และกลิ่นภายในอาคาร ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคารในส่วนของอัตราการระบายอากาศในหนึ่งชั่วโมง (Air Change) โดยห้องแต่ละประเภทจะมีการกำหนดปริมาณ Air Change ให้เหมาะสมกับกิจกรรมที่ประกอบภายในห้อง เพื่อลดปริมาณการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ และนอกจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นแล้วจำนวนผู้ใช้อาคารเองก็มีผลกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากกระบวนการเผาผลาญพลังงานของสิ่งมีชีวิตจะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\text{CO}_2$ ) และไอน้ำเป็นผลลัพท์ออกมา

หากมีจำนวนผู้ใช้อาคารหนาแน่นเมื่อเทียบกับขนาดพื้นที่และความสามารถในการรองรับของระบบระบายอากาศ จะส่งผลให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ในอาคาร ซึ่งตามธรรมชาติแล้ว ในบรรยากาศทั่วไปจะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ประมาณ 330 - 350 ส่วนในล้านส่วน (part per million: ppm) และโดยปกติคนที่ทำงานในอาคารจะขับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ออกมาประมาณ 200 มิลลิกรัมต่อนาทีต่อคน (สร้อยสุดา เกสรทอง, 2549)

## 2) มลพิษในอากาศภายในอาคาร

ในส่วนของมลพิษในอากาศภายในอาคารจะเป็นการกล่าวถึงสภาวะของบรรยากาศภายในอาคารที่มีการ เจือปนของฝุ่นละออง แก๊ส ไอควัน กลิ่น เชื้อรา หรือแบคทีเรียในปริมาณที่มากและนานพอที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ความชื้นในอาคารก็เป็นหนึ่งในปัจจัยการส่งผลให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากหากเกิดความชื้นขึ้นภายในตัวอาคารเองแล้ว ในสภาวะความชื้นที่เกิดขึ้นอาจเป็นสภาวะความชื้นที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของเชื้อโรคหรือสิ่งมีชีวิตที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

ตารางที่ 2.11 ตารางจำแนกประเภทแก๊ส (Gas) และแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศประเภทแก๊ส

แก๊ส	แหล่งกำเนิด
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	การเผาไหม้ภายในอาคาร เช่น การจุดธูป เทียน
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	เกิดจากกระบวนการสันดาปภายในของสิ่งมีชีวิต
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO <sub>2</sub> )	กิจกรรมที่มีการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูง
ฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO)	วัสดุก่อสร้างและตกแต่งอาคาร
เรดอน (Radon)	วัสดุก่อสร้าง หิน ดินตามธรรมชาติ

ตารางที่ 2.12 ตารางจำแนกสิ่งมีชีวิตแขวนลอยในอากาศ (Bioaerosols)

ประเภท	ชนิด	หมายเหตุ
แบคทีเรีย	<i>Brucella melitensis</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค พบในแพะ และแกะ
	<i>Legionella pneumophila</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค พบในแหล่งน้ำอุณหภูมิ 32-45 °C แบ่งตัวในที่ที่สาหร่ายและอินทรีย์วัตถุ
	<i>Streptococcus pyogenes</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค เช่น โรคคอตีบอักเสบเฉียบพลัน
	<i>Staphylococcus aureus</i> ,	เป็นแบคทีเรียก่อโรค เช่น โรคอาหารเป็นพิษ พบในเนื้อหมู หอยแมลงภู่สด กุ้งแห้ง และกุ้งจ่อม
	<i>psittaci</i> <i>Bacillus anthracis</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค เช่น โรคแอนแทรกซ์
	<i>Chlamydia Trachomatis</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค เช่น โรคติดต่อทางเพศสัมพันธ์
	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	เป็นแบคทีเรียก่อโรค เช่น โรควัณโรค
เชื้อรา	<i>Aspergillus fumigatus</i>	เป็นเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคภูมิแพ้ โรคระบบทางเดินหายใจ และการติดเชื้อในกระแสเลือด
	<i>Blastomyces dermatiridi</i>	เป็นเชื้อราก่อโรค เช่น โรคบลาสโตไมโคสิส พบในดินและใบไม้ที่ผุพังแล้ว
	<i>Coccidioides immitis</i>	เป็นเชื้อราก่อโรค เช่น โรคค็อกซิไดออยโตไมโคสิส พบในบริเวณดินแห้งแล้งกึ่งทะเลทราย
	<i>Cryptococcus neoformans</i>	เป็นเชื้อราก่อโรค พบในแมว
ไวรัส	Influenza virus	เป็นไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคไข้หวัดใหญ่
	Hepatitis virus	เป็นไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคไวรัสตับอักเสบ
	Herpes virus	เป็นไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคเริม
	Picorna virus	เป็นไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคหอบหืด

ตารางที่ 2.13 ตารางมลพิษภายในอาคารประเภทอื่น ๆ

มลพิษ	แหล่งกำเนิด
สารอินทรีย์ระเหย	เช่น สารระเหยประเภทน้ำมัน
แอสเบสตอน	ผ้าเบตตัน ฉนวนกันความร้อน
ฝุ่นละอองขนาดเล็ก	อุปกรณ์เครื่องใช้ต่าง ๆ เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องพิมพ์ เป็นต้น

### 3) มลพิษภายนอกอาคาร

ในส่วนสาเหตุสุดท้ายที่จะกล่าวถึง จะเป็นในเรื่องของมลพิษจากภายนอกอาคาร ซึ่งหากอาคารตั้งอยู่ในเขตเมืองหรือเขตอุตสาหกรรม มลพิษจากภายนอกส่วนใหญ่มักจะมาจากไอเสียของยานพาหนะ โรงงานอุตสาหกรรม และฝุ่นฟุ้งกระจายจากการก่อสร้างโดยซึมผ่านทางรอยรั่วหรือช่องหน้าต่างเข้าสู่ภายในอาคาร ดังตารางที่ 2.4 ตัวอย่างมลพิษที่พบจากภายนอกอาคาร

ตารางที่ 2.14 ตารางตัวอย่างมลพิษที่พบจากภายนอกอาคาร

แก๊ส	แหล่งกำเนิด
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	การเผาไหม้ภายในอาคาร เช่น การจุดธูป เทียน
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	เกิดจากกระบวนการสันดาปภายในของสิ่งมีชีวิต
เรดอน (Radon)	วัสดุก่อสร้าง หิน ดินตามธรรมชาติ

นอกเหนือจากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว เรื่องของวัสดุก่อสร้างก็เป็นอีกหนึ่งสาเหตุในการทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากวัสดุก่อสร้างมีอายุการใช้งานของตัวเอง และเมื่อวัสดุก่อสร้างถูกใช้งานเป็นเวลานานโดยไม่ถูกรีโนเวทหรือบำรุงรักษา ก็จะกลายเป็นแหล่งกำเนิดของเชื้อจุลชีพบางชนิดได้

## 2.2 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ส่วนของมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร จะกล่าวถึงมาตรฐานทั้งหมด 6 มาตรฐาน และ 2 ระบบประเมิน โดยแบ่งออกเป็นมาตรฐานออกเป็นมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ และมาตรฐานโรงพยาบาล

### 2.2.1 มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานปรับอากาศ

มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานปรับอากาศ จะเป็นมาตรฐานที่มีส่วนเกี่ยวข้องและใช้เป็นเกณฑ์ควบคุมการออกแบบด้านงานปรับอากาศโดยตรง ซึ่งในที่นี้ จะยกมา 4 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน ASHRAE มาตรฐานวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) มาตรฐานองค์การอนามัยโลก (WHO) และมาตรฐาน ISO โดยเรียงลำดับตามที่กล่าวมาข้างต้น ดังนี้

#### 1) มาตรฐาน ASHRAE

มาตรฐาน ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) เป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาระบบทำความร้อน, ระบบระบายอากาศระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็นประกอบอาคาร HVAC (Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems) ซึ่งมาตรฐาน ASHRAE เป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นสากล เพราะมีแนวทางการการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหา ดังนั้น ASHRAE จึงเป็นมาตรฐานที่มีประโยชน์ในการนำไปใช้จริง โดยวิศวกรที่ปรึกษาโครงการ สถาปนิกและหน่วยงานภาครัฐต่าง ๆ

โดยมีข้อกำหนดการออกแบบ การก่อสร้าง และดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานปรับอากาศสำหรับ IAQ ของมาตรฐาน ASHRAE ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 วิธีการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1	การออกแบบ และขั้นตอนการก่อสร้าง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. รวบรวมแนวทางการออกแบบ และการแก้ปัญหา</li> <li>2. ตั้งคณะกรรมการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของ IAQ ตามที่เจ้าของต้องการ</li> <li>3. เลือกระบบ HVAC สำหรับปรับปรุง IAQ และลดพลังงานที่ใช้จากระบายอากาศ</li> <li>4. ว่าจ้างการจัดกำหนดโครงการ และจัดการการก่อสร้างที่ง่ายต่อการเกิด IAQ ที่ดี</li> </ol>

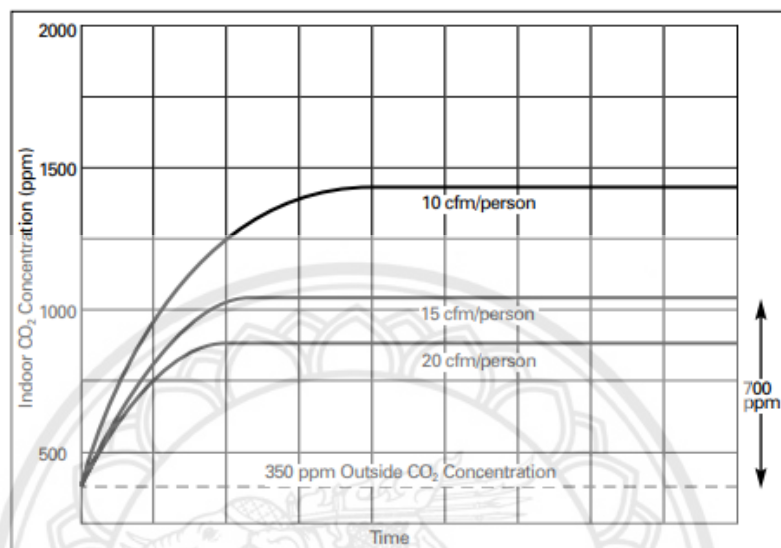


ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
		5. อำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน และการซ่อมบำรุง อย่างมีประสิทธิภาพสำหรับ IAQ
2	ความชื้นภายในส่วน ต่างของอาคาร	1. จำกัดการแทรกซึมของน้ำที่เข้าสู่สิ่งปิดหุ้มภายในอาคาร 2. จำกัดการควบแน่นของไอน้ำภายในอาคารและพื้นผิว ภายในอาคาร 3. รักษาความดันของอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม 4. ควบคุมความชื้นภายในอาคาร 5. เลือกวัสดุ อุปกรณ์ และส่วนประกอบที่เหมาะสมกับการ ใช้งานในพื้นที่เปียกชื้น 6. พิจารณาผลกระทบจากการจัดสวนและปลูกพืชในร่มที่มี ผลต่อความชื้นและระดับของสารปนเปื้อน
3	ปริมาณสาร ปนเปื้อนจาก ภายนอกอาคาร	1. ตรวจสอบคุณภาพอากาศในระดับภูมิภาคและระดับ ท้องถิ่น 2. หาแหล่งที่รับอากาศจากภายนอกอาคารเพื่อลดปริมาณ สารปนเปื้อนให้น้อยที่สุด 3. ควบคุมปริมาณการเข้าสู่อาคารของก๊าซเรดอน 4. ควบคุมไอระเหยจากสารปนเปื้อนใต้พื้นดิน 5. ใช้ระบบ Track-off ที่มีประสิทธิภาพที่บริเวณทางออก 6. ออกแบบและสร้างสถานที่ปลูกพืชแยกออกไป
4	ความชื้นและสาร ปนเปื้อนที่เกี่ยวข้อง ในระบบเชิงกล	1. ควบคุมความชื้นและฝุ่นภายในระบบปรับอากาศ 2. ควบคุมความชื้นที่เกี่ยวข้องกับท่อน้ำ งานติดตั้งท่อประปา และท่อส่งลม 3. สร้างการเข้าถึงระบบ HVAC ได้สะดวก เพื่อตรวจสอบ ทำ ความสะอาด และบำรุงรักษา 4. ควบคุมแบคทีเรีย Legionella หรือจุลชีพในระบบน้ำ 5. พิจารณาการฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเล็ต
5	สารปนเปื้อนภายใน อาคาร	1. ควบคุมแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อนภายในอาคารโดย การเลือกวัสดุที่เหมาะสม 2. ใช้กลยุทธ์ในการจำกัดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรื้อน กระเจก

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
		3. ลดผลกระทบที่จะเกิดต่อ IAQ ที่มากจากการทำความสะอาดและบำรุงรักษา
6	สารปนเปื้อนที่เกิดจากวัสดุก่อสร้างและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. มีช่องทางระบายการเผาไหม้ที่เหมาะสม</li> <li>2. ให้ความสำคัญต่อการดักจับและดูดอากาศออกสำหรับจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อน</li> <li>3. ออกแบบระบบดูดอากาศเสียเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศเสียไปยังพื้นที่ว่าง หรือระบบกระจายอากาศ</li> </ol>
7	ความเข้มข้นของปริมาณสารปนเปื้อน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้ปริมาณอากาศจากภายนอกให้เหมาะสมกับแต่ละห้องหรือแต่ละส่วน</li> <li>2. ควบคุม และสังเกตการณ์อย่างต่อเนื่องการ ในการนำเข้าอากาศจากภายนอกอาคาร</li> <li>3. กระจายการหมุนเวียนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับบริเวณที่ใช้อากาศหายใจ</li> <li>4. กระจายการหมุนเวียนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพในหลายพื้นที่</li> <li>5. จัดการกรองอนุภาคต่าง ๆ และทำการฟอกอากาศด้วยก๊าซ - เฟส ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ IAQ</li> <li>6. กำหนดเงื่อนไขความสบายเพื่อเพิ่มความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน</li> </ol>
8	การระบายอากาศ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ใช้ระบบอากาศภายนอกอาคารโดยเฉพาะตามความเหมาะสม</li> <li>2. ใช้พลังงานในการระบายอากาศอย่างเหมาะสม</li> <li>3. ใช้การควบคุมการหมุนเวียนอากาศตามความเหมาะสม</li> <li>4. ใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติหรือแบบผสมอย่างเหมาะสม</li> <li>5. ใช้มาตรฐาน ASHRAE 62.1 เพื่อ IAQ ตามความเหมาะสม</li> </ol>

นอกจากแนวทางการออกแบบ การก่อสร้าง และดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานปรับอากาศสำหรับ IAQ ที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในมาตรฐาน ASHREA ที่เกี่ยวข้องกับงานด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารแล้ว ยังมีในส่วนของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่ยอมรับได้

ภายในอาคารอีกด้วย ซึ่งจากมาตรฐาน ASHRAE 62-2001 Section 6.1.3 ระบุว่า “เกณฑ์ความสบายจากผลของสารอินทรีย์ปนเปื้อนที่มาจากมนุษย์ที่สามารถยอมรับได้ จะต้องมียัตราการระบายอากาศในส่วนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 700 ppm เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก”



รูปที่ 2.10 กราฟระดับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในอาคารที่ยอมรับได้

อย่างไรก็ตาม ASHRAE เป็นเพียงมาตรฐานที่ยอมรับโดยทั่วไปสำหรับวิศวกรและสถาปนิกเท่านั้น ไม่ได้มีผลบังคับใช้ตามกฎหมาย ยกเว้นเมื่อใช้ในการอ้างอิงเป็นบทบัญญัติบังคับหรือแนวทางในการปฏิบัติ

## 2) มาตรฐาน วสท.

ในส่วนของมาตรฐาน วสท. หรือ มาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์นี้ จะเป็นการกล่าวถึงที่มาและข้อกำหนดต่าง ๆ ซึ่งจะเน้นไปที่การใช้กรองอากาศ (Filter) ว่าควรใช้กรองชนิดใด และมีความสามารถในการกรองเท่าใด โดยมาตรฐาน วสท. เป็นมาตรฐานการปฏิบัติวิชาชีพเป็นเครื่องมือในการส่งเสริม สนับสนุน และเป็นการประกันคุณภาพงานของวิศวกรและผู้เกี่ยวข้องให้น่าเชื่อถือและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เพื่อประโยชน์ต่อความปลอดภัยของสาธารณะชน โดยมาตรฐาน วสท. ประกอบด้วยมาตรฐานที่ใช้ควบคุมหลายหมวดหมู่ ในที่นี้ทางผู้จัดทำจะยกมาเพียงมาตรฐานที่ว่าด้วยระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลเท่านั้น

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล นอกเหนือจากการปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคารทั่วไปแล้ว ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลจะต้องมีความสามารถในการกรองสิ่งปนเปื้อนในอากาศ โดยติดตั้งแผ่นกรองอากาศที่ประสิทธิภาพและติดตั้งตามจำนวนของแผ่นกรองอากาศขั้นต่ำ ดังตารางที่ 2.6 ประสิทธิภาพแผ่นกรองอากาศสำหรับสถานที่ต่าง ๆ ให้โรงพยาบาล และตารางที่ 2.7 ประเภทของแผ่นกรองอากาศ

**ตารางที่ 2.6** ประสิทธิภาพแผ่นกรองอากาศสำหรับสถานที่ต่าง ๆ ให้โรงพยาบาล

ลำดับ	สถานที่	จำนวนชั้นขั้นต่ำ	ประเภทของกรองอากาศชั้นที่ 1	ประเภทของกรองอากาศชั้นที่ 1
1	ห้องผ่าตัดออร์โทพีดิกส์ ห้องผ่าตัดปลูกถ่ายไขกระดูก ห้องผ่าตัดปลูกถ่ายอวัยวะ	2	4	1 ติดตั้งช่องจ่ายลม
2	ห้องผ่าตัดทั่วไป (General Procedure Operating Rooms) ห้องคลอด (Delivery Rooms) ห้องเด็กแรกเกิด (Nurseries) ห้องผู้ป่วยหนัก (ICU) ห้องรักษาผู้ป่วย ห้องตรวจวินิจฉัย บริเวณพักคอยสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	4	2
3	ห้องปฏิบัติการ ห้องเก็บอุปกรณ์ปลอดเชื้อ	1	3	-
4	พื้นที่เตรียมอาหาร ห้องซักรีด ห้องพักผู้ป่วย ทางเดินหน้าห้องพักผู้ป่วย	1	4	-

## ตารางที่ 2.7 ประเภทของแผ่นกรองอากาศ

ประเภท	ประสิทธิภาพ ขั้นต่ำ	มาตรฐานการทดสอบ
1	99.97% MERV 17	HEPA 99.97% efficiency on 0.3 µm particles, IEST Type A ASHRAE Standard 52.2
2	90-95% MERV 14	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2
3	80-90% MERV 13	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2
4	25-30% MERV 7	ASHRAE Standard 52.1 (Dust Spot) ASHRAE Standard 52.2

\*หมายเหตุ: MERV = Minimum Efficiency Reporting Value ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2

นอกจากความสามารถในการกรองอากาศโดยใช้แผ่นกรองแล้ว ในระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลยังต้องมีอัตราการนำเข้าอากาศ, หมุนเวียนอากาศ และต้องมีความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียงที่เหมาะสมด้วย

### 3) มาตรฐาน WHO

ในส่วนของมาตรฐานถัดมาคือ มาตรฐาน WHO หรือ World Health Organization หรือองค์การอนามัยโลก เป็นองค์การชำนาญการพิเศษของสหประชาชาติ ซึ่งรับผิดชอบการประสานงานด้านสาธารณสุขระหว่างประเทศ ซึ่งเป็นองค์กรหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานของโรงพยาบาล

โดยมาตรฐานของ WHO ที่เกี่ยวข้องกับการปรับอากาศ เป็นมาตรฐานที่เป็นแนวทางสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งว่าด้วยเรื่องของการจัดการความเสี่ยงของมลพิษในอากาศ ซึ่งได้แก่ เบนซีน คาร์บอนมอนอกไซด์ ฟORMALดีไฮด์ แนนทาลีน ไนโตรเจนไดออกไซด์ โพลีไซคลิก-แอโรเมติก-ไฮโดรคาร์บอนส์ เรดอน ไตรโคลโรเอททีลีน และเตตระโคลโรเอททีลีน ซึ่งลอยปะปนอยู่ในอากาศให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมซึ่งเป็นไปตามตารางที่ 2.8 และในส่วนที่สองจะเป็นส่วนของการพัฒนาแนวทางสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ตารางที่ 2.8 สรุปมาตรฐานของสารก่อมลพิษสำหรับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

สารก่อมลพิษ	ผลกระทบจากสารก่อมลพิษ	มาตรฐานของสารก่อมลพิษ	หมายเหตุ
Benzene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดเฉียบพลัน (มีหลักฐาน เพียงพอเกี่ยวกับสาเหตุ)</li> <li>- ความเป็นพิษที่เกิดขึ้นต่อสารพันธุกรรม</li> </ul>	<p>ไม่แนะนำให้เปิดรับแสงในระดับที่ปลอดภัย</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเสี่ยงต่อหน่วยของโรคมะเร็งเม็ดเลือดขาวต่อความเข้มข้นของอากาศ <math>1 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> คือ <math>6 \times 10^{-6}</math></li> <li>- ความเข้มข้นของเบนซีนในอากาศที่เกี่ยวข้องกับความเสถียรตลอดอายุการใช้งาน 1/10,000, 1/100,000 และ 1/1,000,000 คือ 17, 1.7 และ <math>0.17 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> ตามลำดับ</li> </ul>	
Carbon monoxide	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดความอดทนในการออกกำลังกายอย่างเฉียบพลัน</li> <li>- อาการของการเกิดโรคหัวใจขาดเลือดเพิ่มขึ้น (เช่นการเปลี่ยนแปลงของ ST-segment)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 นาที - <math>100 \text{ mg}/\text{m}^3</math></li> <li>- 1 ชั่วโมง - <math>35 \text{ mg}/\text{m}^3</math></li> <li>- 8 ชั่วโมง - <math>10 \text{ mg}/\text{m}^3</math></li> <li>- 24 ชั่วโมง - <math>7 \text{ mg}/\text{m}^3</math></li> </ul>	
Formaldehyde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การระคายเคืองทางประสาทสัมผัส</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>0.1 \text{ mg}/\text{m}^3</math> - เฉลี่ย 30 นาที</li> </ul>	<p>แนวทาง (สำหรับช่วงเวลา 30 นาที) จะช่วยป้องกันผลกระทบต่อการทำงานของปอด เช่นเดียวกับมะเร็ง</p>

สารก่อมลพิษ	ผลกระทบจากสารก่อมลพิษ	มาตรฐานของสารก่อมลพิษ	หมายเหตุ
			โพรงหลังจมูก และมะเร็งเม็ดเลือดขาวชนิดMyeloid
Naphthalene	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โรคระบบทางเดินหายใจที่นำไปสู่การอักเสบ</li> <li>- การก่อมะเร็งในสัตว์เพื่อการศึกษา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 0.01 mg/m<sup>3</sup> - เฉลี่ยต่อปี</li> </ul>	แนวทางระยะยาวจะถูกใช้เพื่อป้องกันการเกิดผลกระทบต่อทางเดินหายใจ
Nitrogen dioxide	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อาการระบบทางเดินหายใจหอบ-ลมตีบตัน เพิ่มการเกิด ปฏิกิริยาในหลอดลม ทางเดินหายใจอักเสบ</li> <li>- ภูมิคุ้มกันลดลงนำไปสู่การเพิ่มความไวในการติดเชื้อทางเดินหายใจ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 200 mg/m<sup>3</sup> - 1 ชั่วโมงโดยเฉลี่ย</li> <li>- 40 mg/m<sup>3</sup> - ค่าเฉลี่ยรายปี</li> </ul>	ไม่มีหลักฐานว่าเกณฑ์ถึงการสัมผัสจากการศึกษาทางวิทยาการระบาด
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โรคมะเร็งปอด</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่สามารถกำหนดเกณฑ์และการพิจารณาความเสี่ยงเกี่ยวข้องกับสุขภาพภายในอาคารทั้งหมดได้</li> <li>- ความเสี่ยงต่อหน่วยสำหรับโรคมะเร็งปอดสำหรับสารผสม PAH นั้นอยู่ที่ประมาณ <math>8.7 \times 10^{-5}</math> ต่อ ng/m<sup>3</sup> ของ B[a]P</li> </ul>	B[a]P เป็นสัญลักษณ์ของสารผสม PAH

สารก่อมลพิษ	ผลกระทบจากสารก่อมลพิษ	มาตรฐานของสารก่อมลพิษ	หมายเหตุ
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเข้มข้นที่สอดคล้องกันสำหรับการสัมผัสกับ B [a] P ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งส่วนเกิน 1/10,000, 1/100,000 และ 1/1,000,000 ประมาณ 1.2, 0.12 และ 0.012 ng/m<sup>3</sup> ตามลำดับ</li> </ul>	
Radon	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โรคมะเร็งปอด</li> <li>- หลักฐานชี้แนะถึงความสัมพันธ์กับมะเร็งอื่น ๆ โดยเฉพาะมะเร็งเม็ดเลือดขาว และโรคมะเร็งที่ภาวะ extrathoracic airways</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความเสี่ยงตลอดอายุการใช้งานในส่วนเกินเกิดการเสียชีวิตจากมะเร็งปอดที่เกิดจากรีดอน (อายุ 75 ปี) คาดว่าจะอยู่ที่ <math>0.6 \times 10^{-5}</math> ต่อ Bq/m<sup>3</sup> สำหรับผู้ไม่สูบบุหรี่ตลอดชีวิต และ <math>15 \times 10^{-5}</math> ต่อ Bq/m<sup>3</sup> สำหรับผู้สูบบุหรี่ (15-24 มวนต่อวัน) ; ความเสี่ยงอยู่ในระดับปานกลางขึ้นอยู่กับเวลาตั้งแต่การเลิกสูบบุหรี่</li> <li>- ความเข้มข้นของเรดอนที่เกี่ยวข้องกับความเสี่ยงตลอดอายุการใช้งานของ 1/100 และ 1/1000 คือ 67 และ 6.7 Bq/m<sup>3</sup> สำหรับผู้สูบบุหรี่ในปัจจุบันและ 1,670 และ 167</li> </ul>	แนวทางของ WHO เป็นแนวทางที่ครอบคลุมในการจัดการความเสี่ยงด้านสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับเรดอน



สารก่อมลพิษ	ผลกระทบจากสารก่อมลพิษ	มาตรฐานของสารก่อมลพิษ	หมายเหตุ
		Bq/m <sup>3</sup> สำหรับผู้ไม่สูบบุหรี่ตลอดชีวิตตามลำดับ	
Trichloroethylene	- สารก่อมะเร็ง (ตับ, ไต, ท่อน้ำดีและมะเร็งต่อมน้ำเหลืองแบบ non-Hodgkin lymphoma, NHL) โดยสมมติฐานว่าเป็นพิษต่อสารพันธุกรรม	- การประเมินความเสี่ยงต่อหน่วยอยู่ที่ $4.3 \times 10^{-7}$ ต่อ mg/m <sup>3</sup> - ความเข้มข้นของ Trichloroethylene ในอากาศที่เกี่ยวข้องกับส่วนเกินความเสี่ยงมะเร็งตลอดชีพ 1:10, 1:100,000 และ 1:1,000,000 คือ 230, 23 และ 2.3 mg/m <sup>3</sup> ตามลำดับ	
Tetrachloroethylene	- ส่งผลกระทบต่อไต ทำให้ไตทำงานบกพร่อง และเกิดโรคไตวายเรื้อรัง	- 0.25 mg/m <sup>3</sup> - เฉลี่ยต่อปี	การก่อมะเร็งไม่ได้ใช้เป็นจุดสิ้นสุดเนื่องจากไม่มีข้อบ่งชี้ว่า tetrachloroethylene ทำให้เกิดความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นต่อสารพันธุกรรมและมีความไม่แน่ชัดเกี่ยวกับหลักฐานของวิทยาการระบาดและความเกี่ยวข้องของมนุษย์กับข้อมูลการก่อมะเร็งในสัตว์

#### 4) มาตรฐาน ISO

ส่วนสุดท้ายจะเป็นในส่วนที่ว่าด้วยมาตรฐาน ISO หรือ International Organization for Standardization คือ องค์การมาตรฐานสากล หรือองค์การระหว่างประเทศที่ว่าด้วยการออกมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับธุรกิจ และอุตสาหกรรม โดยมาตรฐาน ISO สามารถประยุกต์ใช้ได้กับองค์กรทุกองค์กร ซึ่งมาตรฐาน ISO ที่นำมาประยุกต์ใช้กับโรงพยาบาล คือ ISO 9000

ISO 9000 เป็นมาตรฐานที่ว่าด้วยเรื่องของการบริหารเพื่อการประกันคุณภาพที่สามารถตรวจสอบได้โดยผ่านระบบเอกสาร กล่าวคือ เป็นเกณฑ์สำหรับควบคุมคุณภาพให้ได้ตามมาตรฐาน ซึ่งการตรวจสอบจะทำได้โดยการระบุขั้นตอนและวิธีการทำงานผ่านระบบของเอกสาร ซึ่งเน้นความพึงพอใจของผู้เข้าใช้บริการ ในมาตรฐานของ ISO 9000 ที่เราพบว่ามีนำมาประยุกต์ใช้ในโรงพยาบาล เช่น ISO 9001 ที่เน้นไปที่บทบาทของผู้บริหารระดับสูงที่ต้องให้ความสำคัญกับความต้องการของผู้ใช้บริการ และผู้ที่เกี่ยวข้องกับองค์กรทุกประเภท เพื่อความเป็นเลิศด้านคุณภาพ และควมมีประสิทธิภาพของการดำเนินงานภายในองค์กร ในแง่ที่เกี่ยวข้องกับโรงพยาบาลอาจหมายความว่า ผู้เข้าใช้บริการของโรงพยาบาลจะต้องได้รับความปลอดภัยขณะใช้บริการ ซึ่งการได้รับความปลอดภัยนี้ หมายถึง ภายในโรงพยาบาลต้องมีการบริหารจัดการระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ให้อยู่ภายใต้ข้อกำหนดตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

##### 2.2.2 มาตรฐานโรงพยาบาล

มาตรฐานโรงพยาบาล จะเป็นการกล่าวถึงมาตรฐานที่ใช้ควบคุมการออกแบบโรงพยาบาลให้มีความปลอดภัยต่อการใช้งาน โดยประกอบด้วย 2 มาตรฐาน คือ มาตรฐาน JCI และมาตรฐาน HA

##### 1) มาตรฐาน JCI

Joint Commission International (JCI) คือสถาบันรับรองมาตรฐานโรงพยาบาลระดับสากลตั้งขึ้นในปี ค.ศ.1998 มีพันธกิจ คือ การพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัย การดูแลสุขภาพชุมชนนานาชาติ 7 Joint Commission International (JCI) เป็นส่วนหนึ่งของ The Joint Commission (ตั้งอยู่ในประเทศสหรัฐอเมริกา) อุทิศตนเองในงานพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยของการบริการสุขภาพทำหน้าที่ให้การรับรองมาตรฐานสถานพยาบาลในสหรัฐอเมริกา นานกว่า 75 ปีเป็นสถาบันการรับรองมาตรฐานสถานพยาบาลที่ใหญ่ที่สุดในประเทศสหรัฐอเมริกา 9 ทั้ง The Joint Commission (JC) และ Joint Commission International (JCI) เป็นหน่วยงานที่

ไม่ใช่ภาครัฐและไม่หวังผลกำไร โดยมีภารกิจด้านการเข้าเยี่ยมสำรวจโรงพยาบาลและโปรแกรมการดูแลด้านสุขภาพการตรวจรับรองเกิดจากสถานพยาบาลสมัครใจเข้ารับการประเมินการนำมาตรฐานมาปฏิบัติ

JCI ทำการพัฒนาร่วมกับองค์การอนามัยโลก (WHO) ในด้านของประโยชน์ที่ผู้ป่วยจะได้รับ ซึ่งก็คือ มาตรฐานด้านความปลอดภัยของผู้ป่วย โดยมาตรฐานของ JCI แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานด้านความปลอดภัยของผู้ป่วยของมาตรฐาน JCI

ส่วนที่	หัวข้อย่อยของมาตรฐาน
1. มาตรฐานที่เน้นผู้ป่วยเป็นศูนย์กลาง	<p>ซึ่งมีหัวข้อย่อยในการจัดการดูแลรักษาผู้ป่วยตามวิชาชีพ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มาตรฐานการดูแลความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยที่เป็นสากล (International Patient Safety Goals, IPSG)</li> <li>- มาตรฐานการเข้าถึงบริการและความต่อเนื่องของการดูแล (Access to Care and Continuity of Care, ACC)</li> <li>- มาตรฐานสิทธิผู้ป่วยและครอบครัว (Patient and Family Rights, PFR)</li> <li>- มาตรฐานการประเมินผู้ป่วย (Assessment of Patients, AOP)</li> <li>- มาตรฐานการดูแลผู้ป่วย (Care of Patients, COP)</li> <li>- มาตรฐานการดูแลด้านวิสัญญีและศัลยกรรม (Anesthesia and Surgical Care, ASC)</li> <li>- มาตรฐานการจัดการด้านยาและการใช้ยา (Medication Management and Use, MMU)</li> <li>- มาตรฐานการให้ความรู้แก่ผู้ป่วยและครอบครัว (Patient and Family Education, PEE)</li> </ul>
2. มาตรฐานการจัดการสถานพยาบาล	<p>ซึ่งมีหัวข้อย่อยเกี่ยวกับการพัฒนาคุณภาพสภาพแวดล้อมให้มีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยและเจ้าหน้าที่</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- มาตรฐานการพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยผู้ป่วย (Quality Improvement and Patient Safety, QPS)</li> </ul>

ส่วนที่	หัวข้อย่อยของมาตรฐาน
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มาตรฐานการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (Prevention and Control of Infections, PCI)</li> <li>- มาตรฐานการกำกับดูแลกิจการ การนำ และทิศทางองค์กร (Governance, Leadership and Direction, GLD)</li> <li>- มาตรฐานการจัดการอาคารสถานที่และความปลอดภัย (Facility Management and Safety, FMS)</li> <li>- มาตรฐานคุณสมบัติและการศึกษาของบุคลากร (Staff Qualifications and Education, SQE)</li> <li>- มาตรฐานการจัดการการสื่อสารและสารสนเทศ (Management of Communication and Information, MCI)</li> </ul>

จากเกณฑ์การประเมินมาตรฐานทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีเกณฑ์การประเมินที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล คือ มาตรฐานการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (Prevention and Control of Infections, PCI) ซึ่งมีเนื้อหาของเกณฑ์ ดังนี้

มาตรฐานการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (Prevention and Control of Infections, PCI)	
มาตรฐาน CPI, 7.4	คือ มาตรฐานของการลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในอาคารสำหรับการดำเนินงานด้านบริการอาหาร การควบคุมเครื่องกลและวิศวกรรม เช่น การควบคุมระบบระบายอากาศให้มีความดันเป็นบวก (Positive Ventilation System) สำหรับห้องผู้ป่วยติดเชื้อ หรือควบคุมระบบระบายอากาศให้มีความดันเป็นลบ (Negative Ventilation System) สำหรับห้องผู้ป่วยแพร่เชื้อ ซึ่งจากตัวอย่างที่ยกมาข้างต้นเป็นการช่วยลดความเสี่ยงต่อการติดเชื้อในสถานพยาบาล
มาตรฐาน CPI, 8	คือ มาตรการสำหรับการป้องกันทางกายภาพและแนวทางการปฏิบัติการในการแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อเพื่อป้องกันการได้รับเชื้อของผู้ป่วยอื่น และเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติการอยู่ภายในโรงพยาบาล รวมถึงป้องกันการติดเชื้อในผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำอีกด้วย

ซึ่งข้อกำหนดทั้ง 2 มาตรฐาน คือ PCI, 7.4 และ PCI, 8 ต้องอยู่ภายใต้การควบคุมตามมาตรฐานวิศวกรรมเครื่องกลของสหรัฐอเมริกา (ASHRAE)

## 2) มาตรฐาน HA

Hospital Accreditation เป็นกลไกการประเมินของมาตรฐาน ที่ใช้สำหรับการพัฒนาและการประเมินโรงพยาบาลทั้งองค์กร ซึ่งสามารถใช้ได้กับโรงพยาบาลทุกระดับ ซึ่งการประเมินตามมาตรฐานของ HA ประกอบด้วยการดำเนินการทั้งสิ้น 3 ด้านด้วยกัน คือ ด้านการพัฒนาคุณภาพ, ด้านการประเมินคุณภาพ และด้านการรับรองคุณภาพ โดยอาศัยระบบประเมินคุณภาพในด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับทั้งในและต่างประเทศ ครอบคลุมการบริหารจัดการองค์กร การดูแลผู้ป่วย การกำกับคุณภาพการให้บริการตามวิชาชีพ รวมไปถึงมาตรฐานด้านอาคาร โดยมีข้อกำหนด 4 ส่วน คือ ภาพรวมของการบริหารองค์กร, ระบบงานสำคัญของโรงพยาบาล, กระบวนการดูแลผู้ป่วย และผลการดำเนินงานขององค์กร ซึ่งจากข้อกำหนดทั้ง 4 ส่วนที่กล่าวมาข้างต้นนี้ มีหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล คือ ข้อกำหนดของการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (IC) ซึ่งการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อ (IC) เป็นเกณฑ์สำหรับประเมินการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในสถานพยาบาล โดยได้รับการออกแบบงานระบบอย่างถูกต้อง เหมาะสม มีการสนับสนุนทรัพยากรที่เพียงพอ รวมถึงมีการประสานงานที่ดี และมีข้อกำหนดย่อยในการกำหนดมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับอาคาร คือ หัวข้อย่อย IC, 2

การป้องกันการติดเชื้อ (IC, 2) ในโรงพยาบาลมีการจัดโครงสร้างการระบายอากาศและการบำรุงรักษาอาคารสถานที่เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสิ่งปนเปื้อนและเชื้อโรคตามมาตรฐานวิศวกรรมสากลหรือมาตรฐาน วสท.-3010 รวมถึงมีการระบุพื้นที่ทำงานที่ต้องให้ความสนใจในการป้องกันและควบคุมการติดเชื้อเป็นพิเศษ ซึ่งได้แก่ ห้องผ่าตัด, ห้องผู้ป่วยวิกฤต, ห้องคลอด, ห้องเก็บศพ, โรงครัว, หน่วยงานภาพบำบัด, หน่วยงานกลาง และหน่วยซักฟอก โดยในมาตรฐานการประเมินของ HA จะใช้มาตรฐาน วสท. 3010 เป็นเกณฑ์ ดังแสดงใน ตารางที่ 2.8 เกณฑ์การประเมินคุณภาพอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 170-2008 และ วสท. 3010

ตารางที่ 2.10 เกณฑ์การประเมินคุณภาพอากาศตามมาตรฐาน ASHRAE 170-2008 และ วสท. 3010

ห้องที่เกี่ยวข้อง กับการรักษา	อัตราการ หมุนเวียนใน ห้อง (ACH)	อัตราการเติม อากาศภายนอก (ACH)	ความดันต่อพื้นที่ ใกล้เคียงที่กำหนด	ประสิทธิภาพการกรองอากาศ (MERV)	การดูดอากาศทิ้ง สู่ภายนอก	ทิศทางการ จ่ายลม
1. ห้องผ่าตัด	20/25*	4/5*	บวกตลอดเวลา	2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายลม แบบรูพรุน
2. ห้องคลอด	20/25*	4/5*	บวกตลอดเวลา	2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายลม แบบรูพรุน
3. โถง Sterile	6	2	ไม่ระบุ	1 ชั้น = 13	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
4. ห้องฉุควิน	12	2/5*	บวก	2 ชั้น = 7, 14	โดยตรง	ผ่าน เจ้าหน้าที่ ก่อน
5. ห้องมีด	10	2	ลบ	ไม่ระบุ	โดยตรง	ดูดออก เหนือเครื่อง ล้างฟิล์ม
6. จ่ายยา	4	2	บวก/ไม่ระบุ*	1 ชั้น = 13	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ

ห้องที่เกี่ยวข้อง กับการรักษา	อัตราการ หมุนเวียนใน ห้อง (ACH)	อัตราการเติม อากาศภายนอก (ACH)	ความดันต่อพื้นที่ ใกล้เคียงที่กำหนด	ประสิทธิภาพการกรองอากาศ (MERV)	การดูดอากาศทั้ง สู่ภายนอก	ทิศทางการ จ่ายลม
7.ห้องปฏิบัติการ	6	2	ลบ	1 ชั้น = 13	โดยตรง	ไม่ระบุ
8.ห้องตรวจ	6	2	ไม่ระบุ/บวก*	2 ชั้น = 7, 14	โดยตรง	ผ่าน เจ้าหน้าที่ ก่อน
9.ห้องแยกโรค	12	2	ลบ	อากาศเข้า 1 ชั้น = 7 อากาศออก 3 ชั้น = 7, 14, 17	โดยตรงผ่านแผ่น กรอง 3 ชั้น	ผ่าน เจ้าหน้าที่ ก่อน
10.ห้องปลอดเชื้อ	12	2	บวก	อากาศเข้า 2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายแบบ รูพรุน

\*หมายเหตุ ASHRAE / วสท.\* หมายถึง ค่าแตกต่างกันระหว่างมาตรฐาน ASHRAE กับ มาตรฐาน วสท.

## 2.3 ประเมินสิ่งก่อสร้างและวิธีการตรวจเชื้อจุลชีพ

ในการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาคอนคุณภาพอากาศจำเป็นต้องมีการศึกษาวิธีการตรวจและประเมินงานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศเพื่อจะได้วิเคราะห์ปัญหาได้และหาทางแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกวิธี ซึ่งเราสามารถตรวจหรือประเมินเกี่ยวกับปัญหาคอนคุณภาพอากาศได้ดังต่อไปนี้

### 2.3.1 การประเมินสิ่งก่อสร้าง

ในการก่อสร้างและปรับปรุงงานอาคารที่ให้บริการด้านสุขภาพ สิ่งที่ต้องจัดการ นอกเหนือในเรื่องของความเสียหายจากการป้องกันไฟ การป้องกันสารเคมี และเรื่องของการความปลอดภัยทั่วไป สิ่งที่มีมักจะถูกมองข้ามคือเรื่องของมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นโดยการก่อสร้าง ซึ่งจะเน้นไปที่ความเสี่ยงในการติดเชื้อ

ในสภาพแวดล้อมด้านการดูแลสุขภาพที่สภาวะภูมิคุ้มกันถูกทำลาย ผู้ป่วยบางรายจะไวต่อการติดเชื้อมาก การดูแลนี้อาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยอย่างรุนแรง ตัวอย่างเช่น การติดเชื้อโดยเชื้อราแอสเพอร์-จิลลัส มักจะเกี่ยวข้องกับน้ำที่ซึมตามวัสดุก่อสร้าง ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากที่จะวินิจฉัยและรักษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกี่ยวข้องกับผู้ป่วยที่ได้รับการปลูกถ่ายไขกระดูก อาจรุนแรงถึงชีวิตได้ ถึงแม้ว่าคำแนะนำในส่วนนี้ จะแนะนำสำหรับสถานบริการด้านสุขภาพ แต่ก็สามารถดัดแปลงข้อมูลสำหรับอาคารอื่น ๆ ได้เช่นกัน

ความเสี่ยงจากการติดเชื้อ มีสาเหตุมาจากขั้นตอนการก่อสร้างบางขั้นตอน ทำให้เพิ่มความเสี่ยงในการติดเชื้อได้ในสภาพแวดล้อมที่ต้องดูแลในเรื่องของความสะอาด การรื้อถอน การเปลี่ยนหรือขูดเจาะผนัง การรั่วไหลของน้ำจนเกิดเชื้อรา การระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ หรือแม้กระทั่งการขาดมาตรฐานประเภทที่ดี ก็ต่างเป็นสาเหตุในการเพิ่มความเสี่ยงในการติดเชื้อ โดยตารางที่ 2.11 จะแสดงสาเหตุของความเสี่ยงที่เกิดจากโรคเชื้อราในสถานพยาบาล และเสนอวิธีแก้ไขปัญหาก็ สาเหตุของการติดเชื้อที่พบได้ทั่วไป คือละอองนำพาสิ่งปนเปื้อนที่ลอยในอากาศ อาจส่งผลกระทบต่อผู้ป่วยได้ จึงควรได้รับการควบคุม ซึ่งใน “แนวทางการออกแบบ และก่อสร้างโรงพยาบาล หรือสถานบริการสาธารณสุข ปี พ.ศ.2544” ของสถาบันสถาปนิกอเมริกัน (The American Institute of Architects ,AIA) ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการประเมิน และการควบคุมละอองในอากาศจากงานก่อสร้าง



ตารางที่ 2.11 ปัญหาความเสี่ยงจากโรคเชื้อราในสถานพยาบาล

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	วิธีแก้ไขปัญหา
วัสดุก่อสร้างได้รับ ความเสียหายจากน้ำ	น้ำรั่วซึมเข้าสู่วัสดุก่อสร้างก่อให้เกิด การเจริญเติบโตของเชื้อรา และเกิด การติดเชื้อเมื่อสัมผัสเชื้อรา	หาแนวทางในการป้องกันและ แก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของ สปอร์เชื้อราในอากาศ
การหยุดชะงักของ ท่อลม	ท่อลมที่ต่อไม่สนิทและการปิด เครื่องจะสร้างความดันภายในท่อ เปลี่ยนทำให้อุณหภูมิในอากาศไหล กลับไปยังพื้นที่ที่มีการป้องกัน	เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากบริเวณ ดังกล่าว ใช้แรงดันที่พอเหมาะใน การแลกเปลี่ยนอากาศ และมีการ กรองอากาศในพื้นที่ที่กำหนด
การเปิดหน้าต่าง	สารปนเปื้อนจากภายนอกอาคาร ที่มาจากการซุดหรือรั่วถอนอาจแทรก ซึมเข้าไปในบริเวณที่มีการป้องกัน	ปิดและล็อกหน้าต่าง อุดบริเวณ ขอบหน้าต่างหรือจุดที่มีการรั่วไหล อื่น ๆ
การติดตั้งพัดลมและ กรองที่ไม่เหมาะสม	สารปนเปื้อนในอากาศอาจเข้าไปใน อาคาร	ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน เพื่อให้มั่นใจว่าระบบและการ ทำงานปรับและหมุนเวียนอากาศ อย่างเหมาะสม

ในการประเมินความเสี่ยง สำหรับทุกโครงการที่เกี่ยวข้องในเรื่องสุขภาพ ควรได้รับการประเมินความเสี่ยงจากการติดเชื้อจากงานก่อสร้าง โดยการประเมินความเสี่ยงเพื่อควบคุมการติดเชื้อ (The Infection Control Risk Assessment, ICRA) อันเป็นส่วนหนึ่งของการตรวจสอบจากคณะกรรมการร่วมในการตรวจรับรององค์การด้านการดูแลสุขภาพ (The Joint Commission on Accreditation of Healthcare Organizations, JCAHO) ซึ่งสิ่งที่ควรคำนึงในการประเมิน ได้แก่ ประชากรผู้ป่วย ขอบเขตโครงการ ระยะเวลาของโครงการ ผลกระทบของโครงการจากระบบทางกล และพื้นที่ว่างในระหว่างโครงการ โดยการประเมิน ICRA สามารถทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. ระบุประเภทของการก่อสร้างของโครงการได้จากตารางที่ 2.12

ข. ใช้ตารางที่ 2.13 ระบุกลุ่มเสี่ยงของผู้ป่วยหรือพื้นที่ ที่จะได้รับผลกระทบหากกลุ่มความเสี่ยงมากกว่าหนึ่งกลุ่มได้รับผลกระทบให้เลือกกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูงกว่า

ค. ระบุพื้นที่โดยรอบของพื้นที่โครงการเพื่อที่จะประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นดัง  
ตารางที่ 2.14

ง. ระบุขนาดของพื้นที่ทำกิจกรรม เช่น ห้องผู้ป่วย และห้องยา เป็นต้น

จ. ระบุปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการระบายอากาศ ระบายน้ำ และไฟฟ้า ว่ามีการทำงาน  
ขัดข้องหรือพบปัญหาอื่น ๆ หรือไม่

ฉ. ระบุมาตรการกักกันโดยใช้การประเมินก่อน ว่ามีอุปสรรคประเภทใดบ้าง (เช่น  
กำแพงทึบ) หรือต้องใช้การกรอง HEPA หรือไม่ (หมายเหตุ: พื้นที่ปรับปรุง หรือการก่อสร้างควรแยก  
ออกจากพื้นที่ว่างในระหว่างการก่อสร้าง และจัดให้มีการไหลเวียนของอากาศที่สะอาดและสกรปรกซึ่ง  
เกี่ยวกับพื้นที่โดยรอบ)

ช. พิจารณาความเสี่ยงที่อาจเกิดความเสียหายจากน้ำ มีความเสี่ยงหรือไม่เนื่องจาก  
ความสมบูรณ์ของโครงสร้างที่ถูกรื้อ (เช่นผนังเพดานหลังคา)

ซ. ในช่วงการทำงาน: สามารถหรือจะทำงานในช่วงเวลาที่ต้องดูแลผู้ป่วยหรือไม่  
หากไม่อยู่ในช่วงดูแลต้องติดต่อหัวหน้าพยาบาลก่อนจัดทำโครงการก่อนเริ่มงาน

ฅ. วางแผนเพื่อหรือเพื่อติดตามเกี่ยวกับปัญหาที่ทีมงานโครงการพบอย่างไร และ  
เมื่อใด เช่น การตรวจ การทำความสะอาด การกำจัดเศษซาก

หมายเหตุ: ICRA สามารถแก้ไขได้ตลอดทั้งโครงการ การแก้ไขจะต้องสื่อสารกับผู้จัดทำโครงการ

ตารางที่ 2.12 ประเภทของงานก่อสร้าง

Type A	<p><b>การตรวจสอบและไม่กระทบกิจกรรม</b></p> <p>รวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียงแค :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การถอดแผ่นฝ้าเพดานเพื่อทำการตรวจเช็คด้วยสายตา (จำกัดหนึ่งแผ่น ต่อ 50 ตารางฟุต)</li> <li>- ภาพวาด (แต่ไม่ขีดเงา)</li> <li>- ฝาผนัง การจัดเรียงสายไฟให้เป็นระเบียบ การวางท่อน้ำรอง และกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดฝุ่นหรือการตัดเจาะกำแพงหรือการเข้าซ่อมบำรุงเหนือเพดาน</li> </ul>
--------	--

Type B	<p>กิจกรรมระยะสั้นที่สร้างฝุ่นน้อยที่สุด</p> <p>รวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียงแค่นี้:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การติดตั้งสายโทรศัพท์และคอมพิวเตอร์</li> <li>- การเข้าถึงพื้นที่ที่ต้องการ</li> <li>- การตัดเจาะผนังหรือฝ้าเพดานที่ทำให้ฝุ่นเกิดการฟุ้งกระจาย</li> </ul>
Type C	<p>งานที่สร้างฝุ่นในระดับปานกลางถึงระดับสูงหรือต้องการรื้อถอน หรือการรื้อถอนส่วนประกอบอาคารหรือส่วนประกอบอื่น ๆ</p> <p>รวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียงแค่นี้:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- การขุดผนังเพื่อทาสีหรือการปูผนัง</li> <li>- การรื้อวัสดุปูพื้น ฝ้าเพดาน และงานเหล็ก</li> <li>- การก่อกำแพงใหม่</li> <li>- งานต่อลมย้อยหรืองานไฟฟ้าเหนือเพดาน</li> <li>- การเดินสายหลัก</li> </ul> <p>กิจกรรมใด ๆ ที่ไม่สามารถดำเนินการให้เสร็จได้ภายในครั้งเดียว</p>
Type D	<p>โครงการรื้อถอนและก่อสร้างที่สำคัญ</p> <p>รวมถึงแต่ไม่จำกัดเพียงแค่นี้:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- กิจกรรมที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง</li> <li>- กิจกรรมที่ต้องการการรื้อถอนขนาดใหญ่หรือการถอดระบบสายเคเบิลที่สมบูรณ์</li> <li>- การก่อสร้างใหม่</li> </ul>

ตารางที่ 2.13 ระดับความเสี่ยงของพื้นที่ต่าง ๆ ภายในสถานพยาบาล

ความเสี่ยงต่ำ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- พื้นที่สำนักงาน</li> </ul>
ความเสี่ยงปานกลาง	<ul style="list-style-type: none"> <li>- โรคหัวใจ</li> <li>- การตรวจหัวใจด้วยคลื่นเสียงสะท้อน</li> <li>- การส่องกล้อง</li> <li>- เวชศาสตร์นิวเคลียร์</li> <li>- กายภาพบำบัด</li> <li>- รังสีวิทยา / MRI</li> <li>- การบำบัดระบบทางเดินหายใจ</li> </ul>

<b>ความเสี่ยงสูง</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- หน่วยดูแลผู้ป่วยวิกฤติ</li> <li>- ห้องฉุกเฉิน</li> <li>- การคลอด</li> <li>- ห้องปฏิบัติการ (ตัวอย่าง)</li> <li>- สถานอภิบาลเด็กแรกเกิด</li> <li>- การผ่าตัดผู้ป่วยนอก</li> <li>- กุมารเวชศาสตร์</li> <li>- แผนกยา</li> <li>- แผนกบริการหลังการดมยาสลบ</li> <li>- แผนกผ่าตัด</li> </ul>
<b>ความเสี่ยงสูงสุด</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- พื้นที่ใดก็ตามที่ดูแลผู้ป่วยมีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่องผู้ป่วย</li> <li>- การเผาไหม้</li> <li>- ห้องปฏิบัติการสวนหัวใจ</li> <li>- แผนกจ่ายกลางวัสดุปลอดเชื้อ</li> <li>- แผนกดูแลผู้ป่วยหนัก</li> <li>- หน่วยแพทย์</li> <li>- ห้องแรงดันลบ</li> <li>- มะเร็ง</li> <li>- ห้องผ่าตัด รวมถึงห้อง C-section</li> </ul>

ตารางที่ 2.14 บริเวณโดยรอบของพื้นที่โครงการ

ด้านล่าง	ด้านบน	ด้านข้าง	ด้านข้าง	ด้านหลัง	ด้านหน้า
กระบวนการฆ่าเชื้อ	ศัลยกรรม	แผนกผู้ป่วยหนัก (ไอซียู)	แผนกผู้ป่วยหนัก (ไอซียู)	ด้านนอก	ด้านนอก
กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มเสี่ยง	กลุ่มเสี่ยง

## 2.2.2 วิธีการตรวจวัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงวิธีการตรวจวัดเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและการเปรียบเทียบจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่ตรวจวัดได้กับเกณฑ์การประเมินว่าอยู่ในช่วงเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่

การแบบตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (Standard Plate Count หรือ Aerobic Plate Count) คือ การนับปริมาณ “โคโลนี (Colony)” ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่า หรือมองเห็นได้ด้วยแว่นขยาย ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกตรึงอยู่กับที่ เจริญและแบ่งตัวจากเซลล์เดี่ยวเป็นหลาย ๆ เซลล์อยู่บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน คือ Colony Forming Unit (CFU) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณแอร์ตัก 1 จุด และบริเวณอากาศไหลกลับ 2 จุด โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 3 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 3 Plates

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้เวลานาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่  $36\pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

ตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA)

ค่า IMA	cfu/dm <sup>2</sup> /h	ระดับเกณฑ์
0-5	0-9	ดีมาก
6-25	10-39	ดี
26-50	40-84	ปานกลาง
51-75	85-124	แย่มาก
≥76	≥125	แย่มาก

ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

ประเภทพื้นที่	ปริมาณจุลชีพรวม (Total Microbial Count; cfu/dm <sup>2</sup> /h)		
	พอเหมาะ (Optimal)	ยอมรับได้ (Acceptable)	ยอมรับไม่ได้ (Not Acceptable)
หออภิบาลผู้ป่วย	0-450	451-750	>751
แผนกศัลยกรรม	0-250	251-450	>451
ห้องยา	0-100	101-180	>181
ห้องปลอดเชื้อ	0-50	51-90	>90
ห้องผ่าตัด (ขณะมีการใช้งาน)	0-60	61-90	>90
ห้องผ่าตัด (ขณะไม่มีการใช้งาน)	0-4	5-8	>9

## 2.4 วรรณกรรมปริทัศน์

เนื่องจากในโครงการที่ได้จัดทำขึ้นนี้ เป็นการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล ทางผู้จัดทำจึงได้รวบรวมกรณีตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาในลักษณะต่าง ๆ

นุชจรี นะรินยา และคณะ ได้ทำการศึกษาปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือ Andersen Impactor แบบชนิดชั้นเดียว คือ SKC Biostage Single-Impactor ตามคำแนะนำของ NIOSH Method 0800 (Lonon, 2014) จำนวน 18 ห้อง และจากการศึกษา พบว่า เมื่อนำค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อราในอากาศทั้งหมดภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นเทียบกับค่ามาตรฐานแล้ว ห้อง 18 ห้องที่ทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาณเชื้อราในอากาศอยู่ในระดับดี

รัชณี อัมพรอร่ามเวทย์ ได้ทำการศึกษาลักษณะการฟุ้งกระจายที่เกิดขึ้นขณะทำหัตถการทางทันตกรรม การตรวจวัดปริมาณเชื้อในอากาศ ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศในบริเวณต่าง ๆ ในคลินิกที่เป็นที่ยอมรับได้ รวมทั้งมาตรการต่าง ๆ ในการลดหรือกำจัดการฟุ้งกระจาย เพื่อการจัดการกับอากาศในคลินิกให้ถูกวิธี และช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยในการทำงาน อีกทั้งยังส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ป่วยที่มารับบริการทางทันตกรรมทางหนึ่งด้วย

ภักพงค์ พจนารถ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่ออธิบายและสรุปสถานการณ์มลพิษทางอากาศในเมืองใหญ่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย ซึ่งได้แก่ จังหวัดกรุงเทพมหานครในภาคกลาง, จังหวัดระยองในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจังหวัดเชียงใหม่ในภาคเหนือ โดยจากการศึกษาข้อมูล พบว่า มลพิษ ทางอากาศมีต้นตอมาจากการจราจรและระบบคมนาคมขนส่ง, โรงงานอุตสาหกรรมที่มาจากนโยบายการขยายอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่อง และการเผาไหม้ของชีวมวลจากไฟฟ้าและเกษตรกรรม ตามลำดับ

ปริญดา โชควิญญ และคณะ ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารและแหล่งแพร่กระจายของเชื้อลิจิโอเนลลา (*Legionella* spp.) ที่เป็นสาเหตุของโรคปอดอักเสบลีเจียนแนร์ในโรงพยาบาลและโรงแรม โดยการศึกษาเชิงสำรวจ คือ ใช้เครื่องมือตรวจวัดคุณภาพอากาศภาคสนาม และเก็บตัวอย่างทางแบคทีเรียและเชื้อรา นำตรวจทางห้องปฏิบัติการ จากผลการศึกษา พบว่าคุณภาพอากาศในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมมีปัญหาที่สำคัญเหมือนกัน คือ มีฝุ่นละออง

(PM<sub>2.5</sub>) ฟอร์มัลดีไฮด์ เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อราเกินมาตรฐาน โดยมีระบบห้องเย็นและระบบกักเก็บ และส่งน้ำสะอาดไปใช้ในอาคารเป็นแหล่งเพาะพันธุ์และแพร่กระจายเชื้อลิจิโอเนลลา

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล และ ผศ.ดร.ชุมพร มูรพันธุ์ ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งาน โดยประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์พร้อมกับการตอบแบบสอบถาม ในสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งทางประเภทของกิจกรรมและปริมาณความหนาแน่นของการเข้าใช้งานพื้นที่ จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน และเมื่อนำข้อมูลข้างต้นมาเปรียบเทียบกับความรู้ของผู้ใช้งานอาคารแล้ว ผลปรากฏว่า ผู้ใช้งานอาคารไม่สามารถรับรู้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำกว่ามาตรฐานได้

เชิดศิริ นิลผาย ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อนำเสนออาการเจ็บป่วยของผู้ใช้งานอาคารสำนักงานเนื่องจากการสัมผัสกับมลพิษ โดยได้แบ่งกลุ่มอาการของโรคที่เกิดจากการสัมผัสกับมลพิษของผู้ใช้งานอาคารได้ 5 กลุ่มอาการ คือ กลุ่มอาการระคายเคืองตา, กลุ่มอาการคัดจมูก, กลุ่มอาการทางลำคอและระบบทางเดินหายใจ, กลุ่มอาการทางผิวหนัง และกลุ่มอาการปวดศีรษะ มึนงง เมื่อยล้า ซึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดการเกิดผู้ใช้งานอาคารเกิดอาการข้างต้นนี้ มีผลเนื่องมาจากคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ปาริณี ศรีสุวรรณ ได้ทำการศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศ (ACH) ที่เกิดจากการรั่วซึมของอากาศผ่านกรอบหน้าต่าง ประตู และปริมาตรห้อง กับอิทธิพลของการใช้ระบบเติมอากาศภายนอก (Make-Up Outdoor Air Units) ที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศ และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ โดยการทดลองวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่เกิดจากกระบวนการหายใจของผู้ใช้อาคาร ทั้งในห้องที่มีระดับการรั่วซึมของอากาศที่ระดับสูง, การรั่วซึมของอากาศที่ระดับปานกลาง และการรั่วซึมของอากาศที่ระดับต่ำ และแบ่งการรั่วซึมของอากาศแต่ละระดับออกเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่มีการใช้ลมหมุนเวียน (Recirculation Air) และกรณีที่มีการใช้ระบบเติมอากาศภายนอก แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับค่ามาตรฐาน ASHRAE จากผลการศึกษา พบว่า ห้องที่มีรพการรั่วซึมอากาศสูงของทั้งสองกรณีมีระควมเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกินค่ามาตรฐาน ASHRAE

กติกา สระมณีอินทร์ และคณะ ได้ทำการสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศภายในอาคารวิจัยและอาคารชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยการเก็บ



ตัวอย่างอากาศด้วยการวางเพลทอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องที่สนใจ และทำการสำรวจลักษณะทางกายภาพของห้องตัวอย่างแต่ละห้อง คือ ค่าอุณหภูมิ ค่าความชื้น สำรวจพฤติกรรมการใช้ห้องทำงาน และข้อเรียกร้องทางด้านสุขภาพจากผู้ใช้งานห้องตัวอย่าง จากผลการศึกษา พบว่า การเปิดหน้าต่างและประตูมีผลต่อปริมาณเชื้อราแขวนลอยในอากาศ คือ ห้องที่มีหารเปิดหน้าต่างมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเชื้อรามากกว่าห้องที่ไม่เปิดหน้าต่างและประตู

จตุพร พนมบัวเลิศ และคณะ ได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณ แบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยใช้วิธีการวัดจำนวนเชื้อในอากาศแบบการเพาะเชื้อบนจานอาหารเพาะเชื้อ (Open Plate) จำนวน 3 จุด ของ 2 ช่วงเวลา ได้แก่ ช่วงเวลาก่อนให้การรักษาและเวลาขณะที่มีการให้การรักษาทันตกรรม จากผลการศึกษา พบว่า จำนวนแบคทีเรียในอากาศที่วัดจากห้องจ่ายอุปกรณ์มีมากที่สุด คือ อยู่ในช่วงเวลาก่อนให้การรักษา ณ บริเวณประตูทางเข้า-ออกของคลินิก

เชิดศิริ นิลผาย และคณะ ได้ทำการศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร โดยการเก็บกลุ่มตัวอย่างรอบเขตรัศมี 500 เมตร จากมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ซึ่งประกอบด้วย 2 กลุ่ม คือ กลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ และเกณฑ์การตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้แก่ ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 และ 10 ไมครอน, ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์, ก๊าซโอโซน, ความชื้นสัมพัทธ์, อุณหภูมิ และความเร็วลม แล้วสอบถามอาการกลุ่มอาการของโรคการเจ็บป่วยจากอาคาร เพื่อทำการเปรียบเทียบอาการและอัตราการเกิดโรคการเจ็บป่วยจากอาคารของกลุ่มศึกษาและกลุ่มเปรียบเทียบ โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าร้อยละ, Chi - Squares Test, The Mann - Whitney U - Test และ Odd Ratio จากผลการศึกษา พบว่า การปฏิบัติงานถ่ายเอกสารของกลุ่มศึกษามีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซโอโซน ฝุ่นที่มีขนาด 2.5 และ 10 ไมครอน ภายในอาคารสูงเกินกว่าเกณฑ์มาตรฐาน กลุ่มศึกษามีโอกาสเกิดอาการของโรคการเจ็บป่วยจากอาคาร ถึง 12.10 เท่าเมื่อเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบ และคุณภาพอากาศภายในอาคารสัมพันธ์กับการเป็นโรคการเจ็บป่วยจากอาคารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สุรีพรรณ สุพรรณสมบูรณ์ ได้ทำการสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียนกรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โดยการศึกษาจากตัวแปรคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในอาคาร ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ การมองเห็น เสียง และคุณภาพอากาศภายในอาคาร เพื่อศึกษาปัญหาและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมภายในห้อง และ

จากผลการวิจัยยืนยันว่าความเห็นของผู้ใช้ห้องเรียนสามารถชี้วัดปัญหาของพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อลงกรณ์ ธนอนันตรักษ์ และคณะ ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงระบบเติมอากาศอาคารสำนักงาน : กรณีศึกษา อาคารสำนักงานธนาคารธนชาต (เดอะไนน์) เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยใช้เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน จำนวน 124 เครื่อง ต่อระบบเติมอากาศเข้าโดยตรงกับเครื่องปรับอากาศในตัวอาคารที่ประสบปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็น และทำการตรวจสอบหาที่มาของกลิ่นที่เกิดขึ้น แล้วหาแนวทางการแก้ไขปัญหากลิ่นเหม็นที่เกิดขึ้น โดยทำการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประมวลผล และสอบถามโดยตรงกับผู้ใช้พื้นที่อาคาร จากการปิดระบบนั้นได้ทำการเก็บข้อมูล อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และกลิ่น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการเปิดระบบเติมอากาศ ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า ปัญหาเรื่องกลิ่นมาจากภายนอก จึงได้นำเสนอแนวทางการแก้ไขเป็น 2 วิธี คือ ทำการติดตั้งแผ่นกรองคาร์บอนบริเวณช่องทางเข้าด้านข้างของอาคารในแต่ละชั้นจำนวน 16 จุด และติดตั้งตู้กรองฟิวเตอร์บริเวณคาดฟ้าด้านทิศตะวันออกในการติดตั้งรูปแบบนี้จะต้องทำการเชื่อมต่อบริเวณเติมอากาศของแต่ละชั้นเข้าด้วยกันให้เป็นระบบเดียว

วิชุลดา สีจันทา และคณะ ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ภายในโรงอาหารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีกลและโรงอาหารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ ในหน่วยงานรัฐวิสาหกิจแห่งหนึ่ง โดยการวางงานซื้อในจุดที่มีโอกาสในการสัมผัสผู้สจุลินทรีย์สูง เพื่อนับปริมาณปริมาณเชื้อราที่มีชีวิตทั้งหมด แบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมด และแบคทีเรียที่ย่อยสลายเม็ดเลือดแดง ทั้งในฤดูหนาว (เดือนมกราคม) ฤดูร้อน (เดือนเมษายน) และฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม) จากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเชื้อราที่มีชีวิตทั้งหมดในอากาศภายในโรงอาหารมีจำนวนไม่แตกต่างกันระหว่างโรงอาหารทั้งสองประเภท ในทุกฤดูกาล ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรียที่มีชีวิตทั้งหมดในอากาศภายในโรงอาหารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีกลมีจำนวนมากกว่าโรงอาหารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในฤดูหนาว

ศิริรัตน์ เรืองเกศา และคณะ ได้ทำการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศในโรงพยาบาลของรัฐขนาด 541 เตียง ในคลินิกผู้ป่วยนอกที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ และนำความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ ASHRAE จากผลการศึกษา พบว่าคลินิกผู้ป่วยนอกมีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอเมื่อเปรียบเทียบกับห้องพักของผู้ป่วยใน โดยจำนวนคนใช้งานในอาคารและการถ่ายเทของอากาศกับภายนอกอาคาร เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้ผลการตรวจวัดต่างกัน

วรกมล บุญโยธิน และ อธิรุทธ เหลืองศรีสกุล ได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมในการบำบัดและรักษาผู้ป่วยอาจทำให้เกิดการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ และการใช้สารเคมีหลายชนิดเพื่อการฆ่าเชื้อและทำความสะอาดเครื่องมือ, สารเคมีในห้องปฏิบัติการและงานเภสัชกรรม รวมถึงวิธีการจัดการกับระบบระบายอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานในส่วนต่าง ๆ ของโรงพยาบาล เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการระบบระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับควบคุมคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

Sandra Cabo Verde และคณะ ได้ทำการสำรวจคุณภาพของละอองลอยในอากาศในสถานที่ต่าง ๆ ในโรงพยาบาลของโปรตุเกส ซึ่งได้แก่ ห้องผ่าตัด (the operating theater), หน่วยบริการฉุกเฉิน (the emergency service) และแผนกศัลยกรรม (the surgical ward) เพื่อประเมินความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียก่อโรค (mesophilic bacterial counts : BCs) และเชื้อรา (fungal load) โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาอากาศ MAS-100 ด้วยวิธีวางอาหารเลี้ยงเชื้อแบบ tryptic soy agar และ malt extract agar เสริมด้วย antibiotic chloramphenicol (0.05% plate) และจากการศึกษา พบว่า ศูนย์บริการฉุกเฉิน (the emergency service) มีความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศสูงที่สุด ความเข้มข้นของแบคทีเรียของแผนกศัลยกรรมและห้องผ่าตัดอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ในขณะที่ระดับของเชื้อรามีค่าต่ำกว่า  $1 \text{ CFU} / \text{m}^3$  ในห้องผ่าตัดและแผนกศัลยกรรม และพบว่าความเข้มข้นในอาคารสูงกว่าที่พบนอกอาคาร จากแบคทีเรียที่วัดได้ในทุกสภาพแวดล้อมภายในอาคารจะพบเชื้อ Staphylococcus (51%) และ Micrococcus (37%) ในกลุ่มแบคทีเรียที่พบในการศึกษาครั้งนี้ในด้านลักษณะของเชื้อราในบ้าน พบว่า เชื้อที่พบมาก ได้แก่ Penicillium (41%) และ Aspergillus (24%)

Chien-Cheng Jung และคณะ ได้ทำการศึกษาการกระจายตัวของมลพิษทางอากาศภายในโรงพยาบาลในพื้นที่ต่าง ๆ และตรวจสอบว่าระบบปรับอากาศเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร โดยการวัดปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) โอโซน (O<sub>3</sub>) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC) ฟORMALดีไฮด์ (HCHO) ฝุ่นละออง (PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub>) และเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศจาก 96 แห่งใน 7 พื้นที่ทำงานที่แตกต่างกัน ภายใต้ระบบปรับอากาศ 4 ประเภทจาก 37 โรงพยาบาลที่สุ่มเลือกทั่วไต้หวัน จากการศึกษ พบว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC) ในหอผู้ป่วยมีค่าสูง แผนกเภสัชกรรมมีปริมาณสารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย (TVOC) สูงเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) โอโซน (O<sub>3</sub>) ฟORMALดีไฮด์ (HCHO) ฝุ่นละออง (PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub>) แบคทีเรีย และเชื้อราไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างพื้นที่ทำงานต่าง ๆ โดยระดับของก๊าซ

คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) มีค่าสูงในโรงพยาบาลที่มีระบบปรับอากาศแบบเครื่องกล ไม่ว่าจะเป็  
โรงพยาบาลที่ใช้ระบบระบายอากาศ (AHU), ระบบพัดลมระบายความร้อน (FCU) หรือชนิดผสม

Yuexia Sun และคณะ ได้ทำการลงพื้นที่สังเกตการณ์ภาคสนามเกี่ยวกับคุณภาพอากาศ  
ภายในอาคาร จากตัวอย่างครอบคลุม 32 ครั้งเรือน เมืองเทียนจิน ประเทศจีน โดยได้ทำการลงพื้นที่  
ตรวจเยี่ยมและทดสอบความเข้มข้นของมลพิษภายในบ้านระหว่างสภาพแวดล้อมปกติและสภาพแวดล้อม  
ปิด จากนั้นวัดค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ด้วยวิธี Spectrophotometry และความเข้มข้น  
ของสารมลพิษอื่น ๆ ซึ่งได้แก่ ฝุ่นละออง (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub> และ PM<sub>0.1</sub>) และสารประกอบอินทรีย์ระเหย  
ง่าย (TVOC) โดยวัดด้วยเครื่องมือแล้วอ่านค่าโดยตรง จากผลการศึกษา พบว่า ค่าความเข้มข้นของ  
ฟอร์มาลดีไฮด์ในสภาพแวดล้อมปิดมีค่าสูงกว่าค่าความเข้มข้นของฟอร์มาลดีไฮด์ในสภาพแวดล้อม  
ปกติ

Qi Zhou และคณะ ได้ทำการศึกษาและวัดระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ในอาคาร  
ผู้ป่วยทั่วไป ในเมืองหนานจิง ประเทศจีน โดยการตรวจวัดระดับระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)  
ภายในอาคาร จากผลการศึกษา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)  
ภายในอาคารสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้ชีวิตของผู้ป่วยในอาคาร ตามกฎการเปลี่ยนแปลงระดับก๊าซ  
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ภายในอาคาร

Estelle Baurès และคณะ ได้ทำการประเมินความเข้มข้นของสารเคมีและจุลชีววิทยาของ  
อากาศภายในอาคารในโรงพยาบาลฝรั่งเศสสองแห่ง ด้วยวิธีการแบบบูรณาการวิธีการ เพื่อวัดความ  
เข้มข้นของสารเคมี ความเข้มข้นของอนุภาค (PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub>) เชื้อจุลินทรีย์ (เชื้อราแบคทีเรียและ  
ไวรัส) และพารามิเตอร์รอบตัว (อุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ความดันและคาร์บอนไดออกไซด์) การวัด  
ความเข้มข้นของสารเคมีและจุลชีววิทยาในช่วงสองแคมเปญ (ฤดูหนาวและฤดูร้อน) และในห้อง  
ตัวอย่างเจ็ดห้อง (สำหรับความแปรปรวนเชิงพื้นที่) จากการศึกษา พบว่า อากาศภายในอาคารมีการ  
ปนเปื้อนของสารเคมีและจุลินทรีย์ที่ซับซ้อนในระดับความเข้มข้นเดียวกันทั้งสองโรงพยาบาล และทำ  
ให้เห็นว่าค่าพารามิเตอร์จำเพาะมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้อากาศภายในอาคาร ซึ่งม  
ความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการระบายอากาศ

Mahmoud F. El-Sharkawy และ Mohamed E. H. Noweir เลือกสุ่มเก็บตัวอย่างมลพิษใน  
อากาศจากสถานที่ต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาลในจังหวัดทางตะวันออกของซาอุดีอาระเบีย เพื่อศึกษา  
ปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับคุณภาพในอากาศ โดยอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่แตกต่างกันในแต่ละ  
สถานที่ที่จะทำการวัดพร้อมกัน จากการศึกษาพบว่า มลพิษทางอากาศภายนอกอาคารทุกระดับ สูงกว่า

มลพิษทางอากาศภายในอาคาร ยกเว้นสารระเหย หรือก็คือคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล ได้รับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศภายนอกอาคาร โดยเฉพาะฝุ่นละออง (น้อยกว่า PM10) และจากภายในอาคารโดยพฤติกรรมของมนุษย์

Ehsan S. Mousavi และ Kevin R. Grosskop ได้ทำการทดสอบการระบายของอากาศ โดยการฉีดฝุ่นละอองของ PAO ที่ความเข้มข้น 0.5  $\mu\text{m}$  1.0  $\mu\text{m}$  และ 3.0  $\mu\text{m}$  แล้วทำการตรวจวัดความเข้มข้นของละอองที่เปลี่ยนไป ที่ความเข้มข้นของงละออง 0.5  $\mu\text{m}$  1.0  $\mu\text{m}$  และ 3.0  $\mu\text{m}$  จะลดลงโดยเฉลี่ย 36.4%, 58.9% และ 65.6% ตามลำดับ

C.O. Ayodele และคณะ ได้ทำการเก็บตัวอย่างระดับมลพิษทางอากาศทั้งภายในและภายนอกอาคารของโรงพยาบาลทั่วไป ทั้งหมด 9 แห่ง โดยใช้เครื่องตรวจวัดก๊าซพิษ ToxiRAE ทั้งในฤดูฝนและฤดูแล้ง จากการศึกษาพบว่า ในช่วงฤดูแล้งความเข้มข้นตลอด 24 ชั่วโมงโดยรวม CO และ NH<sub>3</sub> มีค่า  $0.18 \pm 0.19$  และ  $0.11 \pm 0.13$  ppm ตามลำดับ และในช่วงฤดูฝนความเข้มข้น 24 ชั่วโมง CO อยู่ระหว่าง 0.09–1.09 ppm ส่วน NH<sub>3</sub>  $0.04 \pm 0.08$  ppm ในขณะที่ NO และ NO<sub>2</sub> มีความเข้มข้นที่ 0.03–0.21 ppm และ 0–0.06 ppm ตามลำดับ

A. Tungjai และ K. Kubaha ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารในห้องผู้ป่วยเดี่ยวของโรงพยาบาลของรัฐขนาด 250 เตียงขึ้นไปจากโรงพยาบาล 11 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยการตรวจวัดและวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) สารประกอบอินทรีย์ระเหยได้ (VOCs) ความชื้นสัมพัทธ์ (RH) อุณหภูมิและความเร็วลม จากการศึกษาพบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศไม่เกินมาตรฐานโดยมีค่าเฉลี่ย 609.81 ppm แต่บางกรณีก็พบว่าเกินโดยมีค่าเฉลี่ย 1,022.92 ppm นอกจากนี้การวัดความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหย สารประกอบในอากาศและความเข้มข้นของคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศที่ไม่เกินมาตรฐานด้วย โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 0.40 ppm และ 0.99 ppm ตามลำดับ ยิ่งไปกว่านั้นการวัดอุณหภูมิของอากาศในเครื่องเดี่ยว ห้องผู้ป่วยที่มีค่าเฉลี่ย 25.59 °Cค่า% RH ของค่าเฉลี่ยอากาศเท่ากับ 53.11% แต่บางห้องมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่ามาตรฐานคือค่าเฉลี่ย 64.43% และความเร็วพบว่าค่าเฉลี่ยของ 0.09 m/s

M. Ramaswamy และคณะ ได้ทำการตรวจสอบระบบปรับอากาศและคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล ทำให้พบว่ากว่า 50% ของการป่วยมีในเรื่องของสิ่งปนเปื้อนในอาคารเป็นปัจจัย จึงทำการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล

K. Nordstriim และคณะ ได้ทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ อัตราการไหลของอากาศ ความสว่าง สารประกอบอินทรีย์ระเหย เชื้อรา แบคทีเรีย ฟORMALดีไฮด์ ฝุ่นละออง CO CO<sub>2</sub> NO<sub>2</sub> และโอโซนภายในห้องทุกอาคาร แล้วทำการวิเคราะห์ จากการศึกษาพบว่า ระดับของฟORMALดีไฮด์ เชื้อรา NO<sub>2</sub> CO CO<sub>2</sub> และแบคทีเรียอยู่ในระดับต่ำมากเมื่อเทียบกับโรงเรียน

Monika Śmietowska และคณะ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสารเคมีในวงกว้างที่ระบุ และกำหนดไว้ในสภาพแวดล้อมภายในอาคาร สาธารณูปโภคต่าง ๆ เช่นโบสถ์ พิพิธภัณฑ์ ห้องสมุด วัด และโรงพยาบาล โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีผลต่อคุณภาพอากาศ

Paul T. J. Scheepers และคณะ ได้ทำการศึกษาผลกระทบของกิจกรรมกลางแจ้งในแหล่งพื้นที่ที่มีมลพิษทางอากาศใน IAQ ตามโรงพยาบาลของมหาวิทยาลัย โดย IAQ ทั้งหมด 13 จุดภายในอาคารและ 2 จุดนอกอาคาร ซึ่งตัวอย่างแหล่งเก็บรวบรวมจากเฮลิคอปเตอร์และแหล่งจ่ายไฟฉุกเฉิน ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย อะโครลิน ฟORMALดีไฮด์ NO<sub>2</sub> ฝุ่นละออง (PM-4.0 และ PM-2.5) และ benz(a)pyrene จากการศึกษาพบว่า NO<sub>2</sub> (4.9–17.4 µg/m<sup>3</sup>) และฟORMALดีไฮด์ (2.5–6.4 mg/m<sup>3</sup>) มีความคล้ายคลึงกันทั้งภายในและภายนอกอาคาร ค่าความเข้มข้น VOC เฉลี่ยในอากาศภายในอาคารอยู่ที่ 119 µg / m<sup>3</sup> (ช่วง: 33.1–2450 µg/m<sup>3</sup>) และเพิ่มขึ้น 5 เท่าในห้องปฏิบัติการ (316 µg/m<sup>3</sup>) และเปรียบเทียบกับสำนักงาน (57.0 µg/m<sup>3</sup>) PM-4.0 และความเข้มข้นของ benz(a)pyrene ลดลงในอาคารที่ให้บริการโดยแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพมากกว่า 99.95% เมื่อเทียบกับอาคารที่ใช้แผ่นกรองอากาศประสิทธิภาพมาตรฐาน 80–90% (p < 0.01)

Silvia Vilceková และคณะ ได้ทำการวัดอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ สารอินทรีย์ระเหยทั้งหมด (TVOC) ฝุ่นละออง (PM) และระดับความดันเสียง ภายในบ้าน 25 หลัง หลายแห่งในเมืองแห่งสาธารณรัฐมาซิโดเนีย เพื่อทำการศึกษความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของอาคาร (จากปีที่ก่อสร้าง ปีที่ปรับปรุง คว้น และระบบทำความร้อน) และข้อมูลจากการวัด (อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์, TVOC, PM<sub>2.5</sub> และ PM<sub>10</sub>) นำมาวิเคราะห์โดยใช้ซอฟต์แวร์ R และการทดสอบของแวนเดอร์แวร์เดน แสดงความสัมพันธ์ของคว้น TVOC และ PM<sub>2.5</sub> และการวิเคราะห์ความแปรปรวนหลายตัวแปรเชิง Permutational เพื่อแสดงผลของการมีปฏิสัมพันธ์ของการปรับปรุงใหม่และคว้น

Ying-Yi Chen และคณะ ได้ทำการวัดคุณภาพอากาศภายในอาคาร ที่สถานีรถไฟใต้ดิน 10 แห่งของระบบขนส่งมวลชนไทเป (TRTS) ในไต้หวันรวมถึงความชื้น อุณหภูมิ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ฟORMALดีไฮด์ (HCHO) สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่ายทั้งหมด (TVOCs) โอโซน (O<sub>3</sub>) ฝุ่นละอองในอากาศ (PM<sub>10</sub> และ PM<sub>2.5</sub>) แบคทีเรียและเชื้อรา ผลการศึกษา

พบว่า ระดับ CO<sub>2</sub> CO และ HCHO เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดมีการควบคุมโดย พระราชบัญญัติ การจัดการคุณภาพอากาศภายในอาคารของไต้หวัน (TIAQMA) อย่างไรก็ตามการวัดระดับ PM10 และ PM2.5 ที่สูงขึ้นที่สถานีส่วนใหญ่ TVOCs และความเข้มข้นของแบคทีเรียในบางสถานีที่ตรวจวัด ในช่วงฤดูร้อน สูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ของสำนักงานคุ้มครองสิ่งแวดล้อมของไต้หวัน ซึ่งควรมี การศึกษาเพิ่มเติมเพื่อลดปัญหาฝุ่นละออง TVOCs และแบคทีเรียในอากาศสถานีรถไฟใต้ดิน

จะเห็นว่งานที่เกี่ยวข้องบางส่วนมีการเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศที่ ชัดเจน บางส่วนมีเพียงการศึกษาปัญหาของคุณภาพอากาศเท่านั้น ซึ่งเป็นประโยชน์ในการนำมา พิจารณาปัญหาและเป็นกรณีตัวอย่างในการศึกษาในการทำความเข้าใจถึงปัญหาคุณภาพอากาศ ภายในอาคารซึ่งจะมีผลต่อการหาแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารของ โรงพยาบาลต่อไป



## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินงานโครงการ

การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นการศึกษาและหาแนวทางในการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อเพิ่มคุณภาพของอากาศภายในอาคาร อันส่งผลดีต่อระบบหายใจของผู้คนภายในอาคาร ซึ่งส่วนของบทที่ 3 จะเป็นส่วนของการนำเสนอวิธีการดำเนินงานโครงการ

#### 3.1 สถานที่จัดทำโครงการ

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีที่ตั้งอยู่ที่บ้านเลขที่ 99 หมู่ 9 ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000 เป็นโรงพยาบาลขนาด 471 เตียง แสดงให้เห็นว่าโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่ ลักษณะเป็นตึกสูง 9 ชั้น จำนวน 2 อาคาร โดยแบ่งเป็นอาคารสิรินธร ขนาดพื้นที่ 36,500 ตารางเมตร และอาคารเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา 1 ขนาดพื้นที่ 21,000 ตารางเมตร



รูปที่ 3.1 โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร



### 3.2 เครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่าง ต้องมีการใช้เครื่องมือในการวัดค่าต่าง ๆ ที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาปัญหาของคุณภาพอากาศภายในอาคารในบทที่ 4 โดยใช้เครื่องมือในการตรวจวัดดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>)

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี ที่วัดได้จะแสดงผลในหน่วย ppm ซึ่งหากก๊าซมีปริมาณที่เกินกำหนด ก็จะทำให้ผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ จึงจำเป็นต้องตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อควบคุมคุณภาพของอากาศไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนที่อยู่ภายในอาคาร



รูปที่ 3.2 เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์

#### 3.2.2 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิ และความชื้นมีผลต่อคุณภาพอากาศ จึงจำเป็นในการควบคุมให้เหมาะสม เพื่อไม่ป้องกันการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศที่จะเกิดภายหลัง ในส่วนอุณหภูมิที่วัดได้จะแสดงผลในหน่วยขององศาเซลเซียส (°C) และความชื้นแสดงผลในหน่วย %RH



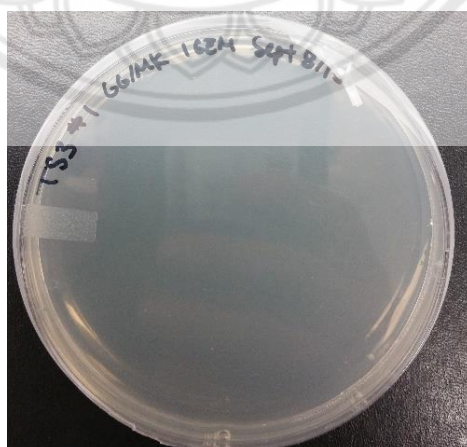
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

#### 3.2.4 ตรวจสอบเชื้อราและแบคทีเรีย

ในการตรวจวัดเชื้อราและแบคทีเรีย จะทำการวางจานเพาะเชื้อไว้ตามจุดต่าง ๆ ภายในห้องที่สุ่มตรวจ และส่งตัวอย่างนี้ผ่านกระบวนการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณของเชื้อราและแบคทีเรีย โดยจานเพาะเชื้อที่ใช้นั้น ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งหรือแบบวุ้นทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่

ก. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง Nutrient agar (NA) ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย โดยมีส่วนประกอบเป็นสารสกัดจากเนื้อ (Beef extract) เพปโตน (Peptone) และวุ้น (Agar)

ข. อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง Sabouraud Dextrose Agar (SDA) ใช้สำหรับเลี้ยงเชื้อรา ซึ่งมีส่วนประกอบของเพปโตนสำหรับเห็ดราโดยเฉพาะ (Mycpological Peptone) เดกซ์โทรส (Dextrose) และวุ้น (Agar)



รูปที่ 3.4 จานเพาะเชื้อ

### 3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

#### 3.3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร

ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาคุณภาพอากาศ มลพิษทางอากาศ ความชื้น และระบบปรับอากาศภายในอาคาร เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและหาทางในการแก้ไขปัญหาที่พบ

#### 3.3.2 ศึกษาและวิเคราะห์แบบอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ศึกษาแบบอาคารของโรงพยาบาลนเรศวรเทียบกับลักษณะพื้นที่ใช้งานจริงภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ว่าตรงตามแบบอาคารดั้งเดิมหรือไม่

3.3.3 วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยการลงพื้นที่สำรวจพื้นที่อาคารจริง

สำรวจปัญหาที่สามารถตรวจพบได้ด้วยตาเปล่า เพื่อนำมาวิเคราะห์จัดและหาแนวทางในการปรับปรุงปัญหาที่สำรวจพบ

#### 3.3.4 ตรวจวัดและเก็บข้อมูลภายในอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

เนื่องจากในการตรวจวัดจำเป็นต้องใช้เวลามาก ทางผู้จัดทำจึงเลือกทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บเป็นกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยจะทำการตรวจวัดอุณหภูมิ คาร์บอนไดออกไซด์ ความชื้นในอากาศ รวมทั้งเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ซึ่งข้อมูลตัวอย่างที่ได้จะถูกนำไปวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศของห้องแต่ละประเภทได้อย่างเหมาะสมต่อไป

#### 3.3.5 วิเคราะห์ข้อมูลและเสนอแนวทางในการปรับปรุงปัญหาคุณภาพอากาศ

จากการรวบรวมปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จะต้องนำปัญหาที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาล เพื่อให้คุณภาพของอากาศดีขึ้น

3.3.6 จัดทำรายงานผลการศึกษาและวิธีการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวร

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศภายในอาคาร และมลพิษในอากาศ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและหาทางในการแก้ไขปัญหาที่พบ โดยการสำรวจและเก็บข้อมูลตัวอย่างจากโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จากนั้นทำการสรุปผลของปัญหาและการแนวทางแก้ไขเพื่อนำมาจัดทำเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล

### 3.3.7 สรุปและประเมินผล

แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวร จะนำไปประกอบการซ่อมบำรุงรักษาจริงในระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศจะสามารถแก้ไขปัญหาของคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลได้ทุกปัญหาและยังสามารถนำแนวทางการแก้ไขปัญหานี้ไปปรับใช้กับซ่อมบำรุงระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลอื่น ๆ ได้





## บทที่ 4

### ผลการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 4 นี้ เป็นผลจากการศึกษาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งทางผู้จัดทำแบ่งขั้นตอนการทำงานในบทนี้ออกเป็น 4 ส่วน โดยในส่วนแรกจะเป็นการกล่าวอ้างถึงทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร ส่วนที่สองและสามเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศจากการศึกษาแบบอาคารและการเดินสำรวจพื้นที่จริงตามลำดับ และส่วนสุดท้าย จะเป็นการวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำการแก้ปัญหาจากการสุ่มตรวจเชื้อในพื้นที่ห้องใช้งานภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวรทั้งสองอาคาร

#### 4.1 การวิเคราะห์ปัญหาและวิธีการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร

จากการศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทางผู้จัดทำได้ทำการวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ในรูปแบบของตารางซึ่งอิงตามเชื้อที่ตรวจพบในพื้นที่ที่ทำการตรวจสอบจากงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด โดยจะเห็นว่าในส่วนของทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องที่ได้ทำการศึกษานี้สามารถแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้ คือ การวิเคราะห์อาคารทั่วไป และการวิเคราะห์อาคารโรงพยาบาล

การวิเคราะห์อาคารทั่วไป เป็นการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารทั่ว ๆ ไป ไม่เฉพาะเจาะจง เช่น อาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นอาคารที่ใช้ประกอบกิจกรรมต่าง ๆ โดยส่วนใหญ่แล้วอาคารประเภทนี้จะไม่ถูกให้ความสำคัญกับเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคารเท่าที่ควร เนื่องลักษณะการใช้งานอาคารที่ไม่ได้ต้องการความสะอาดเป็นพิเศษดังเช่นอาคารโรงพยาบาล ทำให้การออกแบบระบบปรับอากาศบางส่วนอาจเอื้อต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งส่งผลต่อสุขภาพของผู้ใช้งานพื้นที่ดังกล่าว

การวิเคราะห์อาคารโรงพยาบาล จะเป็นการวิเคราะห์ปัญหารวมถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล ซึ่งอาคารประเภทนี้ต้องได้รับการออกแบบระบบปรับอากาศที่แตกต่างไปจากอาคารทั่วไป เนื่องจากอาคารโรงพยาบาลมีรูปแบบการใช้งานที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพผู้ใช้งานโดยตรง ทำให้ตัวอาคารเองหรือห้องใช้งานประเภทต่าง ๆ จำเป็นต้องมีการออกแบบที่เฉพาะเจาะจงและให้ความสำคัญกับเรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

เช่น ห้องผู้ป่วยติดเตียง ต้องออกแบบให้ค่าความดันภายในห้องมีค่าเป็นบวก เพื่อป้องกันการแพร่ของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศจากภายนอกเข้าสู่ห้องผู้ป่วย เป็นต้น

โดยจากการวิเคราะห์อาคารทั้งสองประเภท คือ อาคารทั่วไป และอาคารโรงพยาบาล จะได้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.1

การวิเคราะห์อาคารโรงพยาบาล เป็นการวิเคราะห์ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล โดยห้องแต่ละประเภทต้องการความสะอาดในระดับที่แตกต่างกันไปในแต่ละประเภทของห้องใช้งาน เช่น ห้องพักผู้ป่วย ห้องผ่าตัด ห้องตรวจโรค เป็นไปตามดังตารางที่ 4.2



ตารางที่ 4.15 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารทั่วไป

ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
เชื้อรา	ห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ดูแลรักษาสะอาด</li> <li>2. จัดหากระบวนฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ</li> <li>3. การระบายอากาศ</li> </ol>	การประเมินการปนเปื้อนปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น <sup>[1]</sup>
	อาคารสำนักงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ซ่อมบำรุงท่อน้ำที่รั่วไหล</li> <li>2. เปลี่ยนผ้าเปดานและพรมที่เกิดจากคราบน้ำหกเปราะเปื้อนเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลชีพ</li> <li>3. ควบคุมการเจริญเติบโตของจุลชีพในระบบน้ำหล่อเย็นและตัวทำความชื้น โดยทำความสะอาดทุก ๆ 3 เดือน</li> </ol>	การเจ็บป่วยจากอาคารกับคนทำงานในสำนักงาน <sup>[6]</sup>
	ห้องทำงานบุคลากร ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการ ห้องประชุม/ห้องพัก นักศึกษา/ห้องสมุด	กำจัดเชื้อราและคราบราที่พบภายในอาคาร	การสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศ อาคารวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี <sup>[8]</sup>



ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
เชื้อรา (ต่อ)	ห้องเรียน	ควบคุมความชื้น	การสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ <sup>[11]</sup>
แบคทีเรีย	ห้องเรียน	การระบายอากาศ	การสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ <sup>[11]</sup>
คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	อาคารสำนักงาน	1. เสริมพัฒนาการระบายอากาศ 2. หมุนเวียนอากาศจากภายนอกอาคาร	การเจ็บป่วยจากอาคารกับคนทำงานในสำนักงาน <sup>[6]</sup>
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	ห้องเรียน ศูนย์อาหารและร้านปิ้งย่าง	1. เน้นให้ระบบปรับอากาศให้มีปริมาณเพียงพอ 2. เพิ่มการระบายอากาศในห้องที่มีคนหรือมีสารมลพิษมาก 3. ติดตั้งพัดลมดูดอากาศและเครื่องดูดควัน	การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ <sup>[5]</sup>

ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO <sub>2</sub> )	ห้องเรียน	มีการระบายอากาศ	การสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ <sup>[11]</sup>
กลิ่น	ห้องสำนักงาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.ในการออกแบบระบบเติมอากาศโดยจะต้องคำนึงถึงทั้งปัจจัยภายนอกตัวอาคาร และภายในตัวอาคารด้วย</li> <li>2.ในการออกแบบระบบเติมอากาศควรคำนึงถึงปัญหาระยะยาวที่จะเกิดกับระบบ เช่น การทำความสะอาด และการซ่อมบำรุง</li> <li>3.วัสดุอุปกรณ์ที่จะติดตั้งกับระบบของอาคารต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่จะติดตั้ง</li> <li>4.ติดตั้งแผ่นกรองอากาศ แบบคาร์บอน ไว้ตามบริเวณ หน้าช่องจ่ายลม เติมอากาศอากาศตามชั้นโดยแต่ละชั้นจะมีช่องเติมอากาศ</li> <li>5.ติดตั้งตู้กรองฟิวเตอร์บริเวณชั้นดาดฟ้า ด้านทิศตะวันออกของตัวอาคาร</li> </ol>	การศึกษาการปรับปรุงระบบเติมอากาศอาคารสำนักงาน : กรณีศึกษา อาคารสำนักงานธนาคาร ธนชาติ (เดอะไนน์) <sup>[12]</sup>

ตารางที่ 4.16 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล

ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
เชื้อรา	คลินิกทันตกรรม	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. โคมไฟอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อ (Germicidal UV lights; UV-C)</li> <li>2. อุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ใช้เทคโนโลยีการแตกตัวเป็นไอออนแบบสองขั้ว (Bi-Polar Ionization; Germicidal Medical Lamp)</li> </ol>	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic [2]
	อาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ควบคุมฝ้าระวังเชื้อลีจิโอเนลลาทั้งในระบบท่อฝังเย็นและระบบเก็บกักและส่งน้ำสะอาด</li> <li>2. มีการระบายอากาศ (ระบบการเปลี่ยนถ่ายอากาศสะอาดจากธรรมชาติ)</li> </ol>	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย <sup>[4]</sup>
	คลินิกทันตกรรม	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. โคมไฟอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อ (Germicidal UV lights; UV-C)</li> <li>2. อุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ใช้เทคโนโลยีการแตกตัวเป็นไอออนแบบสองขั้ว (Bi-Polar Ionization; Germicidal Medical Lamp)</li> </ol>	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic <sup>[2]</sup>

ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
เชื้อรา (ต่อ)	อาคารของโรงพยาบาลและ โรงแรมในประเทศไทย	<ol style="list-style-type: none"> <li>ควบคุมฝ้าระวังเชื้อสปีจิโอเนลลาทั้งในระบบ ท่อฝังเย็นและระบบเก็บกักและส่งน้ำสะอาด</li> <li>มีการระบายอากาศ (ระบบการเปลี่ยนถ่าย อากาศสะอาดจากธรรมชาติ)</li> </ol>	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของ โรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย [4]
แบคทีเรีย	คลินิกทันตกรรม	<ol style="list-style-type: none"> <li>โคมไฟอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อ (Germicidal UV lights; UV-C)</li> <li>อุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ใช้เทคโนโลยีการแตกตัว เป็นไอออนแบบสองขั้ว (Bi-Polar Ionization; Germicidal Medical Lamp)</li> <li>อุปกรณ์ฆ่าเชื้อที่ใช้เทคโนโลยีการแตกตัว เป็นไอออนแบบสองขั้ว (Bi-Polar Ionization; Germicidal Medical Lamp)</li> </ol>	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic [2]
ไวรัส	คลินิกทันตกรรม	โคมไฟอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อ (Germicidal UV lights; UV-C)	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic [2]

ปัญหาที่พบ	ประเภทห้อง/สถานที่	คำแนะนำในการแก้ปัญหา	แหล่งข้อมูล
ฝุ่นละออง	คลินิกทันตกรรม	1.การกรองอากาศด้วยแผ่นกรอง 2.การกรองด้วยอากาศที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็ก (Mag-netized Air Media Filtration) หรือ การกรองด้วยไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic filters)	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic [2]
สารอินทรีย์ระเหย	อาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย	ลดการใช้สารเคมี (สารอินทรีย์ระเหย)	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย [4]

คุณภาพอากาศภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็อาคารทั่วไปหรืออาคารโรงพยาบาลเป็นเรื่องที่สำคัญเพราะส่งผลต่อสุขภาพของมนุษย์ ซึ่งจากการศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร จากทั้งอาคารทั่วไปและอาคารโรงพยาบาล จะเห็นว่า ในบางกรณีสามารถนำมาวิเคราะห์และไขปัญหาพร้อมกันได้ เนื่องจากมีความคล้ายคลึงกันของปัญหาที่พบ

#### 4.2 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศ จากการศึกษาแบบอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาแบบอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งแยกเป็นอาคารสิรินธร (อาคารเก่า) และอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคารใหม่) ทำให้ทราบถึงรายละเอียดประเภทห้องต่าง ๆ ภายในอาคารทั้งสอง โดยในการแบ่งประเภทห้องต่าง ๆ ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรทั้งในส่วนอาคารสิรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติ จะทำแบ่งตามอัตราการระบายอากาศของร่างมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศของ วสท. ดังนี้

##### 4.2.1 ส่วนพื้นที่อาคารสิรินธร (อาคารเก่า)

อาคารสิรินธรเป็นอาคารที่ถูกใช้งานมาอย่างยาวนาน เริ่มเปิดให้ใช้บริการครั้งแรกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 จนถึงปัจจุบัน รวมเป็นระยะเวลากว่า 19 ปี อาคารสิรินธรเป็นอาคาร 9 ชั้น แต่ละชั้นประกอบไปด้วยห้องปฏิบัติการหลากหลายประเภท ซึ่งจะพบปัญหาคุณภาพอากาศดังแสดงในตารางที่ 4.3

##### 4.2.2 ส่วนพื้นที่อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ (อาคารใหม่)

อาคารเฉลิมพระเกียรติฯ เป็นอาคารที่ถูกสร้างขึ้นและเปิดใช้งานหลังอาคารสิรินธร ทำให้ตัวอาคารมีความใหม่ต่อการใช้งานมากกว่า อาคารเฉลิมพระเกียรติเป็นอาคาร 9 ชั้น ประกอบด้วยห้องปฏิบัติการหลากหลายประเภท ซึ่งด้วยเปิดใช้งานอาคารได้ไม่นาน จึงพบปัญหาในเรื่องคุณภาพอากาศน้อยกว่าอาคารสิรินธร ดังแสดงในตารางที่ 4.4

**ตารางที่ 4.317** ปัญหาที่พบจากการศึกษาแบบก่อสร้าง และคำแนะนำในการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศของอาคารสิรินธร

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
การระบายอากาศเสียในห้องน้ำ	เพิ่มพัดลมระบายอากาศเข้าไปในระบบระบายอากาศ เพื่อดูดอากาศเสียในห้องน้ำออกสู่นอกอาคาร
มีการกั้นแบ่งห้องใช้งานไม่ตรงตามที ออกแบบไว้	ปรับระบบปรับอากาศให้เหมาะกับห้องที่มีการกั้นแบ่งขึ้นมาใหม่

**ตารางที่ 4.4** ปัญหาที่พบจากการศึกษาแบบก่อสร้างและคำแนะนำในการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ

ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข
การระบายอากาศเสียในห้องน้ำ	เพิ่มพัดลมระบายอากาศเข้าไปในระบบระบายอากาศ เพื่อดูดอากาศเสียในห้องน้ำออกสู่นอกอาคาร

จากผลการวิเคราะห์แบบอาคาร ทำให้เห็นว่า ปัญหาหลัก ๆ ที่ทั้งสองอาคารกำลังประสบอยู่ คือ ปัญหาการระบายอากาศเสียในห้องน้ำของโรงพยาบาล ซึ่งอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีการออกแบบห้องน้ำในแต่ละชั้นเพื่อสะดวกแก่การใช้บริการของผู้ใช้งานอาคาร โดยการออกแบบห้องน้ำให้อยู่ชิดขอบอาคาร เพื่อให้การระบายอากาศออกสามารถทำได้ด้วยพัดลมระบายอากาศประเภทติดผนัง แต่วิธีการระบายอากาศเสียโดยใช้พัดลมติดผนังของห้องน้ำภายในอาคารไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ทำให้อากาศเสียถูกดูดกลับเข้ามาปนกับอากาศดีภายในอาคาร จึงควรมีการปรับปรุงระบบระบายอากาศเสียให้ถูกต้องตามมาตรฐาน

อาคารสิรินธร เมื่อทำการศึกษาเกี่ยวกับการระบายอากาศของห้องน้ำภายในอาคารพบว่า มีการระบายอากาศเสียภายในอาคารที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน โดยเฉพาะห้องน้ำบริเวณกลางอาคาร ที่ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งในการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ทั้งในเรื่องของเชื้อโรคและความชื้น เมื่อทำการศึกษาแบบของระบบปรับอากาศภายในอาคาร พบว่า บริเวณห้องน้ำมีปัญหาในเรื่องของการดูดอากาศเสียออกนอกอาคาร เนื่องจากไม่มีการใช้พัดลมดูดอากาศเสียภายในบริเวณห้องน้ำโดยตรง ทำให้อากาศเสียภายในห้องน้ำไหลกลับเข้าสู่ห้องอื่น ๆ ภายในอาคาร อันเป็นเหตุให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมา โดยแสดงตัวอย่างตำแหน่งห้องน้ำของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ห้องน้ำภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

นอกจากปัญหาการระบายอากาศเสียในห้องน้ำที่เป็นไปอย่างไม่ถูกต้องแล้ว อีกหนึ่งปัญหาที่พบจากการวิเคราะห์แบบอาคาร คือ การกั้นแบ่งพื้นที่การใช้งานที่ผิดเพี้ยนไปจากแบบอาคารที่ถูกออกแบบไว้ดั้งเดิม ทำให้ระบบปรับอากาศภายในพื้นที่หรือห้องที่ถูกกั้นแบ่งขึ้นมาใหม่มีลักษณะของระบบปรับอากาศที่ไม่ถูกต้อง อันเป็นสาเหตุให้เกิดปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ แล้วส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานสถานที่

#### 4.3 การวิเคราะห์ปัญหาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร จากการลงสำรวจพื้นที่จริงของอาคารโรงพยาบาลนเรศวร

จากการลงพื้นที่สำรวจอาคารโรงพยาบาลนเรศวร ปัญหาที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าโดยยังไม่ผ่านการตรวจวัด คือ เชื้อราที่ขึ้นเกาะตามแนวฝ้าเพดาน ซึ่งสาเหตุหลัก ๆ มาจากความชื้นที่สูง ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของการเจริญเติบโตของเชื้อราบางประเภท และปัญหาฝุ่นละอองที่มีความหนาแน่นจนสามารถสังเกตเห็นได้ เช่น ในบริเวณห้องใต้ดินของอาคารสิรินธร

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ภายในอาคารสิรินธร มีชั้นใต้ดินที่ไม่ได้เปิดใช้งานอยู่ ซึ่งภายในชั้นใต้ดินนี้มีน้ำขังอยู่ภายในโดยที่ไม่มีการระบายออก ดังแสดงในรูปที่ 4.2 อันเป็นสาเหตุทำให้เกิดความชื้นภายในอาคารจากการซึมเข้าสู่ผนังชั้นมายังอาคารด้านบน และยังมีเศษวัสดุที่ไม่ได้ใช้งานถูกทิ้งไว้ภายในชั้นใต้ดินของอาคารอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4.3 อันเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาฝุ่นละออง ซึ่งเดิมทีการก่อสร้างชั้นใต้ดินควรจะมีการออกแบบระบบสำหรับห้องใต้ดินที่ต่างจากการปลูกสิ่งก่อสร้างทั่วไป อันเป็นปัญหาที่เกิดจากการจัดการวัสดุหลังการก่อสร้างที่ไม่ครอบคลุม ทำให้เกิดปัญหาที่ส่งผลด้านคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาเมื่อเปิดใช้งานอาคาร ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข





รูปที่ 4.2 น้ำขังภายในชั้นใต้ดินของอาคารโรงพยาบาล

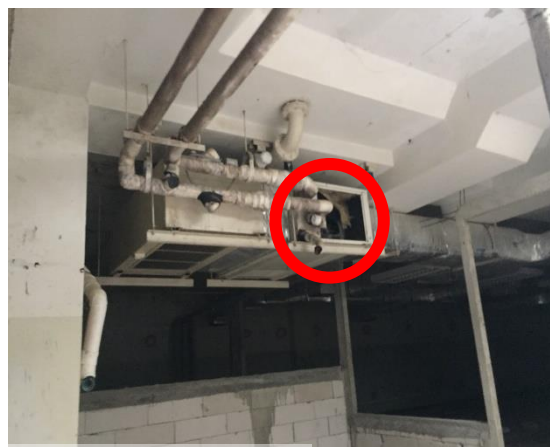


รูปที่ 4.3 เศษวัสดุที่ไม่ได้ใช้งานภายในชั้นใต้ดินของโรงพยาบาล

นอกจากนี้ชั้นใต้ดินที่เคยมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ที่ซึ่งในปัจจุบันได้มีการรื้อถอนอุปกรณ์ที่ไม่ถูกใช้งานออกแล้วบางส่วน แต่ไม่มีการเคลื่อนย้ายเศษซากอุปกรณ์ออกจากพื้นที่ และเครื่อง AHU ที่ยังไม่มีการรื้อถอนออก มีบริเวณที่เป็นช่องถูกเปิดทิ้งไว้ ทำให้เกิดการเกาะของฝุ่นละอองภายในชั้นใต้ดินภายในอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกัน ดังที่แสดงในรูปที่ 4.4



(ก) อุปกรณ์ที่ถูกรื้อถอน



(ข) AHU ถูกเปิดออก

#### รูปที่ 4.4 การรื้อถอนอุปกรณ์ของระบบอากาศภายในชั้นใต้ดินของอาคารสิรินธร

ในส่วนรื้อถอนท่อลมบางส่วนจากระบบปรับอากาศภายในชั้นใต้ดิน ก็เป็นเพียงการถอดท่อลมออก และไม่มีการเคลื่อนย้ายเพื่อการจัดเก็บให้เรียบร้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.5



#### รูปที่ 4.5 ท่อลมที่ถูกถอดออกไว้ในชั้นใต้ดินของอาคารสิรินธร

ปัญหาที่พบจากการเดินสำรวจและสังเกตด้วยตาเปล่านี้ แสดงให้เห็นว่า บริเวณชั้นใต้ดินเป็นแหล่งที่มีปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์อย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยในเรื่องของความชื้นที่เกิดจากการท่วมขังของน้ำ การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากเศษซากอุปกรณ์ก่อสร้างที่ถูกทิ้งไว้รวมกับความเก่าของวัสดุก่อสร้างที่มีอายุการใช้งานมานาน ซึ่งปัจจัยทั้งหมดที่กล่าวมานั้น จะถูกพาเข้าสู่บริเวณใช้งานของอาคารโรงพยาบาลโดยท่อลมที่ถูกถอดทิ้งไว้โดยไม่มีการปิดบริเวณช่องของเครื่อง AHU

การแก้ไขปัญหาของชั้นใต้ดินทำได้โดยการดูน้ำที่ท่วมขังออกโดยใช้ปั๊ม จัดเก็บเศษซากวัสดุก่อสร้างที่ถูกทิ้งไว้ออกจากพื้นที่ แล้วทำการปิดบริเวณช่องของเครื่อง AHU รวมทั้งระบายอากาศออก

จากพื้นที่ชั้นใต้ดินเพื่อป้องกันการเข้าสู่พื้นที่ใช้งานภายในอาคารของเชื้อจุลชีพ รวมทั้งติดตั้งระบบระบายอากาศออกเพื่อเพิ่มการหมุนเวียนอากาศภายในพื้นที่ อันเป็นหนึ่งในวิธีการยับยั้งการเพิ่มสะสมของเชื้อจุลชีพ และจัดการรีโนเวทพื้นที่ชั้นใต้ดินเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพจากเศษซากวัสดุที่ถูกใช้งานมาอย่างยาวนาน

นอกจากปัญหาที่สำรวจพบในชั้นใต้ดินแล้ว ยังมีอีกหนึ่งปัญหาที่พบจากการเดินสำรวจภายในอาคาร คือ การติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแขวน ซึ่งยากต่อการบำรุงรักษาและทำความสะอาด เพราะบริเวณที่ติดตั้งเป็นพื้นที่ให้บริการกับผู้ป่วย ทำให้ในขณะที่มีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ ฝุ่นละอองและความสกปรกจากเครื่องปรับอากาศมีการฟุ้งกระจายทั่วบริเวณที่ติดตั้ง ส่งผลให้ผู้ใช้งานพื้นที่ได้รับผลกระทบ จึงจำเป็นต้องมาการปรับเปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศที่ไม่มีการบำรุงรักษาในพื้นที่ใช้งานโดยตรง

การใช้งานพื้นที่บริเวณพักรอและแผนก OPD หรือบริเวณห้องตรวจผู้ป่วยนอก ที่มีจำนวนผู้ใช้งานพื้นที่จำนวนมากไม่ว่าจะเป็นเจ้าหน้าที่ หรือผู้ป่วยที่มาใช้บริการ ซึ่งจากจำนวนการใช้งานที่หนาแน่นของผู้ใช้งานพื้นที่นี้เอง เป็นเหตุให้บริเวณดังกล่าวมีการฟุ้งกระจายของเชื้อจุลชีพในอาคารไม่ว่าจะจากการเคลื่อนไหวร่างกาย การไอ จาม รวมทั้งระบบปรับอากาศที่ไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากการใช้งานพื้นที่ที่มีความหนาแน่นจนเกินไป สังเกตได้จากเมื่อไปอยู่ภายในบริเวณที่มีจำนวนผู้ใช้งานพื้นที่จำนวนมาก ตัวผู้ใช้งานจะรู้สึกร้อนและอึดอัด การแก้ปัญหาเบื้องต้นคือต้องมีการกระจายจำนวนผู้ใช้บริการไปสู่บริเวณอื่นของอาคาร เช่น เพิ่มพื้นที่สำหรับนั่งรอ หรือต้องมีการจัดการออกแบบระบบปรับอากาศใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการใช้งาน

บริเวณด้านบนของฝ้าเพดานของอาคารโรงพยาบาล ซึ่งเป็นบริเวณของการวางระบบปรับอากาศ และซ่อมบำรุง จึงทำให้มีเศษวัสดุบางส่วนถูกทิ้งไว้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ซึ่งมีฝุ่นละอองอยู่ด้วย และจะสังเกตได้ว่าวัสดุโดยรอบมีสภาพเก่าจากการใช้งานมาในระยะยาวนานหลายปี ควรได้รับการรีโนเวทและทำความสะอาดเพื่อคุณภาพอากาศที่ดี



รูปที่ 4.6 เศษวัสดุและฝุ่นละอองบนฝ้า

โรงอาหารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่มีคนพลุกพล่านอย่างมากในช่วงเวลาพักกลางวัน ทั้งเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลและญาติของผู้ป่วยที่มาใช้บริการ เป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่มีการแพร่กระจายของเชื้อโรค และมักถูกมองข้ามในการวิเคราะห์ปัญหาทางคุณภาพอากาศ



รูปที่ 4.7 โรงอาหารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร



ปัญหาวัสดุก่อสร้างอาคารที่มีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างมาก ยกตัวอย่างเช่น อาคารสิรินธรที่เปิดใช้งานมาอย่างยาวนานร่วม 19 ปี วัสดุก่อสร้างอาคารจึงสึกหลอไปตามกาลเวลา ทำให้เป็นหนึ่งในปัจจัยของการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ เช่น บริเวณของผนังที่ถูกใช้งานจนเกิดการร่อนของสี ฝ้าบางจุดมีการเกิดของเชื้อราที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเนื่องจากความชื้นภายในอาคารที่สะสมอยู่ภายในแผ่นฝ้า เป็นต้น การแก้ไขปัญหาค่าความเก่าของวัสดุก่อสร้าง ทำได้โดยการรีโนเวทพื้นที่หรืออาคารตามระยะเวลาที่เหมาะสม

#### 4.4 การวิเคราะห์ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศอาคารโรงพยาบาลนเรศวร โดยการตรวจวัด

นอกจากการตรวจเช็คเบื้องต้นโดยการสำรวจพื้นที่ด้วยตาเปล่าแล้ว ทางผู้จัดทำยังได้ทำการสุ่มตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อร่วมในการวิเคราะห์ด้วย

เนื่องจากอาคารสิรินธรและอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ มีห้องใช้งานรวมสองอาคารจำนวนมาก ทางผู้จัดทำจึงได้ใช้วิธีการสุ่มตรวจห้องแต่ละประเภทแทนการตรวจวัดทุกห้องในอาคารโรงพยาบาล ซึ่งต้องใช้เวลามาก ในการตรวจผู้จัดทำได้ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อรา ด้วยวิธีการนับจำนวนโคโลนีที่ได้จากการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการตรวจนับ จุลินทรีย์มาตรฐาน

การแบบตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน (Standard Plate Count หรือ Aerobic Plate Count) คือ การนับปริมาณ “โคโลนี (Colony)” ที่มีขนาดใหญ่พอที่จะมองเห็นด้วยตาเปล่า หรือมองเห็นได้ด้วยแว่นขยาย ซึ่งเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกตรึงอยู่กับที่ เจริญและแบ่งตัวจากเซลล์เดี่ยวเป็นหลาย ๆ เซลล์อยู่บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยค่าที่ได้จากการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน คือ Colony Forming Unit (CFU)

โดยการตรวจวัดโดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน สามารถตรวจเชื้อจุลินทรีย์ได้หลากหลายประเภท เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา ยีส และอื่น ๆ

การตรวจวัดจำนวนแบคทีเรียโดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถตรวจสอบแบคทีเรียตามรูปร่างได้ทั้งสิ้น 3 แบบ คือ บาซิลลัส (Bacillus) ค็อกคัส (Coccus) และสไปโรคีท (Spirochete) โดยบาซิลลัส (Bacillus) เป็นแบคทีเรียรูปร่างเป็นท่อน หรือแท่ง เช่น Bacillus, Clostridium และ Pseudomonas ส่วนค็อกคัส (Coccus) จะเป็นแบคทีเรียทรงกลม เช่น ไมโครค็อกคัส (Micrococcus) ที่เป็นแบคทีเรียเซลล์เดี่ยว มีขนาดเล็ก และสเตรปโทค็อกคัส (Streptococcus) ที่เป็นแบคทีเรียทรง

กลม ติดกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงอุ้ง และแบบสุดท้าย สไปโรคีท (Spirochete) เป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะบิดเป็นเกลียว และผนังเซลล์สามารถยืดหยุ่นได้

เชื้อรา เป็นจุลทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ในสภาวะที่มีอากาศเท่านั้น ซึ่งในการตรวจวัดปริมาณเชื้อราในอากาศโดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ สามารถตรวจวัดได้หลายชนิด โดยลักษณะทั่วไปของเชื้อราจะมีลักษณะเป็นเส้นใยหรือไฮฟา เป็นเซลล์ที่อาจมีนิวเคลียสมากกว่าหนึ่ง และเชื้อราไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ จึงจำเป็นต้องได้รับอาหารหรือหาอาหารเพื่อการเจริญเติบโตจากแหล่งอื่นโดยการออกซิไดซ์ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วเชื้อราจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะอากาศที่มีความชื้นสูง และอุณหภูมิในช่วง 25-30 °C

สำหรับการวัดอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทางผู้จัดทำใช้เครื่องมือวัดเฉพาะสำหรับการตรวจวัดค่าต่าง ๆ ในห้องตัวอย่างจากการสุ่มตรวจวัดจำนวนทั้งสิ้น 12 ห้อง ได้แก่ ห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร ห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ห้องแยกผู้ป่วยแยก A418 ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร ห้อง X-ray ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องเจาะเลือด ห้อง Admission (จองห้องพัก) ห้องตรวจผู้ป่วยนอก และห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล ซึ่งได้ผลดังนี้

#### 4.4.1 ห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร

มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 2 ตำแหน่ง คือ บริเวณแอร์ตก 1 จุด และบริเวณอากาศไหลกลับ 2 จุด โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 3 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 3 Plates

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



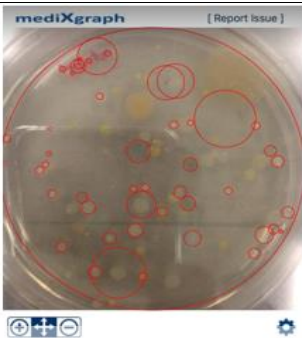
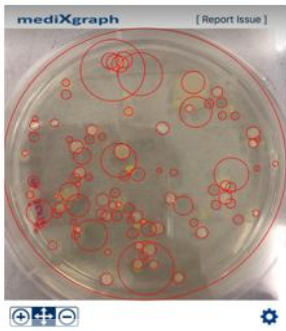
รูปที่ 4.8 ห้องสวนหัวใจและแผนภาพประกอบ

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้



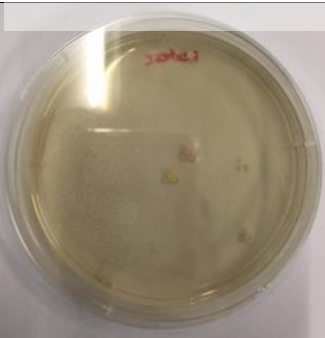

ผลการตรวจนับเชื้อแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตก	
Count: 88 Plate 1 = 88	Count: 75 Plate 1 = 75

## ผลการตรวจนับเชื้อแบคทีเรีย

บริเวณที่แอร์ไหลกลับ	
	
Count: 47 Plate 1 = 47	Count: 97 Plate 1 = 97

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตก	
	
Count: 13 Plate 2 = 13	Count: 12 Plate 2 = 12
บริเวณที่แอร์ไหลกลับ	
	
Count: 5 Plate 2 = 5	Count: 14 Plate 2 = 14



หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ทำให้สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร

ตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร

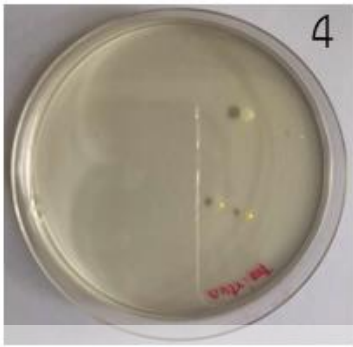

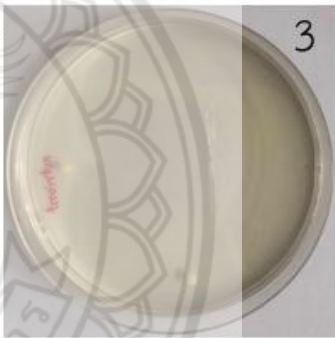
18 กรกฎาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวน โคโลนี	cfu/dm <sup>2</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย						
9:40-10:40 น.	20.76	66.52	บริเวณแอร์ตค	88	138.36	Not Accept
				75	117.92	Not Accept
9:40-10:40 น.	20.69	66.05	บริเวณอากาศ ไหลกลับ	แอร์ด้านขวา 47	73.89	Accept
				แอร์ ด้านซ้าย 97	152.52	Not Accept
เชื้อรา						
9:40-10:40 น.	20.76	66.52	บริเวณแอร์ตค	13	20.44	Optimal
				12	18.87	Optimal
9:40-10:40 น.	20.69	66.05	บริเวณอากาศ ไหลกลับ	แอร์ด้านขวา 5	7.86	Optimal
				แอร์ ด้านซ้าย 14	22.01	Optimal

หมายเหตุ : ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 760 ppm

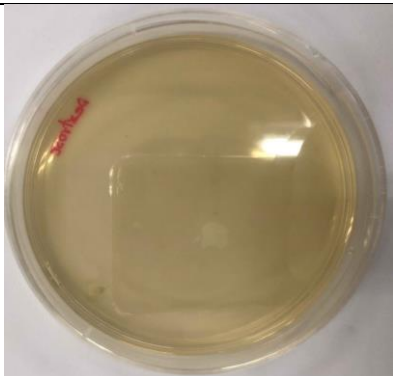
จากตารางที่ 4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้อง สวนหัวใจ อาคารสิรินธร ในขณะที่เจ้าหน้าที่กำลังปฏิบัติงาน ในวันที่ 18 กรกฎาคม 2561 จะเห็นว่า ใน บริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อมีทั้งหมด 2 จุด คือ บริเวณแอร์ตกและบริเวณที่อากาศไหล กลับ จำนวนทั้งสิ้น 4 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ของเชื้อราอย่างละ 2 จาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 9:40 น. ถึง 10:40 น. ร่วมกับการตรวจวัด อุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง พบว่า ค่าอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วง 20.67 ถึง 20.76 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นที่ตรวจวัดได้อยู่ในช่วง 66.05 ถึง 66.52 %RH ซึ่งเมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิและความชื้น ที่ได้ไปเทียบกับเงื่อนไขหรือปัจจัยในการเจริญเติบโตของจุลชีพแล้ว ทำให้ทราบว่า อุณหภูมิและ ความชื้นภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลชีพ และ เมื่อทำการคำนวณหาปริมาณจุลชีพรวม (cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียและเชื้อราที่ ตรวจวัดได้ภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพรวมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับ เกณฑ์ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ใน โรงพยาบาล ในตารางที่ 2.16 ซึ่งระดับการปนเปื้อนของเชื้อจุลชีพในอากาศภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธรอยู่ในระดับที่ยอมรับได้และไม่ได้ โดยภายในห้องสวนหัวใจบริเวณที่มีปริมาณแบคทีเรีย มากเกินกว่าค่ามาตรฐานมีทั้งหมดสามจุด คือ จุดที่แอร์ตก และจุดลมกลับด้านซ้าย ในส่วนของเชื้อรา ที่ทำการตรวจวัดแล้วทั้งสองบริเวณมีค่าปริมาณเชื้อราอยู่ในเกณฑ์ที่ดี ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้อง สวนหัวใจ อาคารสิรินธร มีปริมาณแบคทีเรียในอากาศที่มากเกินค่ามาตรฐานที่กำหนด เนื่องจากมี อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพ ในทางกลับกันแม้ภายในห้องสวน หัวใจจะมีปริมาณแบคทีเรียมากเกินค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณเชื้อราที่ตรวจพบยังอยู่ในระดับที่ยอมรับ ได้ ทำให้ห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร จำเป็นต้องมีการปรับปรุงคุณภาพอากาศขั้นต้นภายในห้องให้มีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานมากยิ่งขึ้น โดยแนะนำให้มีการล้างเครื่องปรับอากาศ

และเพื่อเป็นการทดสอบว่า ปริมาณจุลชีพในอากาศจะมีค่าลดลงจริงตามคำแนะนำ เมื่อทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ผู้ดำเนินโครงการจึงได้ทำการ Re-Check ข้อมูลเพื่อทดสอบ สมมติฐานโดยการล้างเครื่องปรับอากาศ ซึ่งจากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดย วิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับ จำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

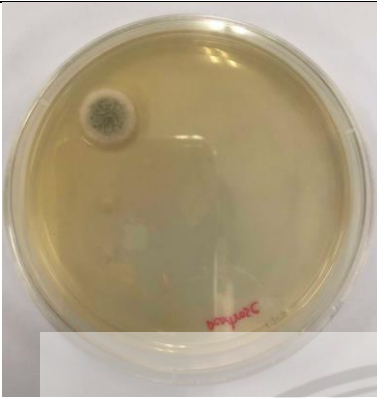
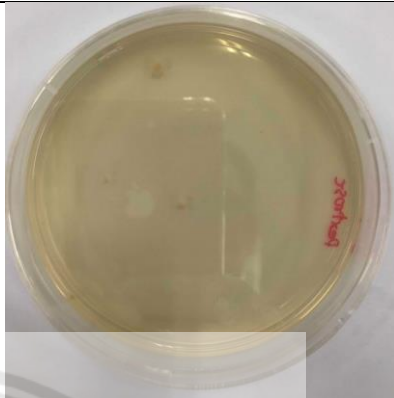
## ผลการตรวจนับแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตก	
	
Count: 4 Plate 1 = 4	
บริเวณที่แอร์ไหลกลับ	
	
Count: 5 Plate 1 = 5	Count: 3 Plate 1 = 3

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตก

Count: 1 Plate 2 = 1

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณที่แอร์ไหลกลับ	
	
Count: 2 Plate 2 = 2	Count: 1 Plate 2 = 1

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ทำให้สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร (Re-Check)

ตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร (Re-Check)

2 ตุลาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวนโคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย						
9:40-10:40 น.	22.39	61.02	บริเวณแอร์ตก	4	6.29	Accept
9:40-10:40 น.	22.59	60.31	บริเวณอากาศไหลกลับ	แอร์ด้านขวา	4.72	Accept
				แอร์ด้านซ้าย		

2 ตุลาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวนโคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
เชื้อรา						
9:40-10:40 น.	22.39	61.02	บริเวณแอร์ตก	1	6.46	Accept
9:40-10:40 น.	22.59	60.31	บริเวณอากาศไหลกลับ	แอร์ด้านขวา	12.92	Accept
				แอร์ด้านซ้าย		

หมายเหตุ : ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 702 ppm

ข้อมูลจากตารางที่ 4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร (Re-Check) แสดงให้เห็นว่า หลังจากการล้างเครื่องปรับอากาศ จำนวนจุลชีพที่พบภายในห้องนั้นมีปริมาณลดลงอย่าง ซึ่งจากการลดลงของจำนวนจุลชีพนี้เอง ทำให้สามารถสรุปได้ว่า การล้างเครื่องปรับอากาศตามระยะเวลาที่เหมาะสมจะช่วยลดปริมาณจุลชีพในพื้นที่ใช้งาน ส่งผลให้การใช้งานพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

#### 4.4.2 ห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU)

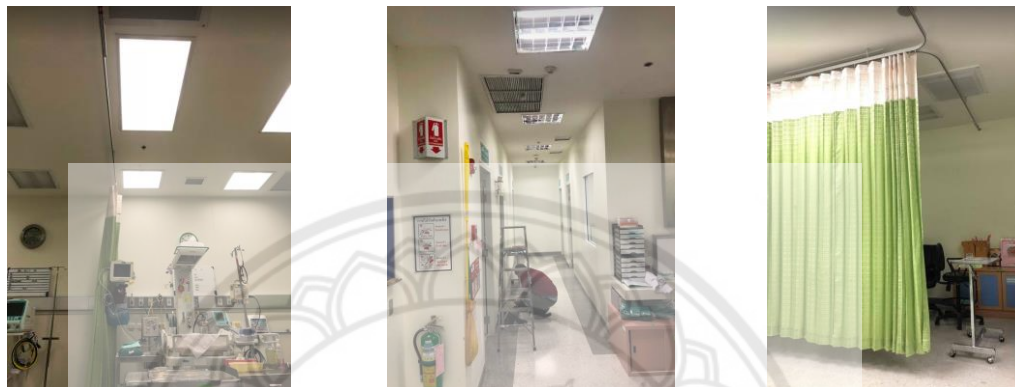
มีขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วาง Agar Plates 3 จุด ได้แก่ จุดอากาศไหลกลับ (ใต้ฝ้า) จุดแอร์ตก และจุดอับอากาศ (ทั้งห้องมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ แต่จุดนี้ไม่มีลมปรับอากาศออก)

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตาม

ตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination, IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.9 ห้องอภิบาลทารกแรกเกิดในบริเวณแอร์ตัก บริเวณอากาศไหลกลับ และบริเวณอัป

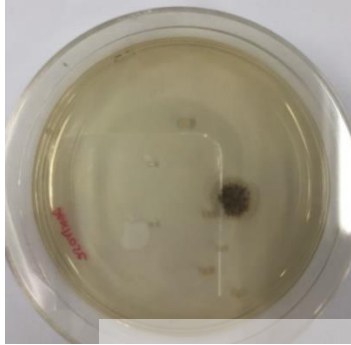
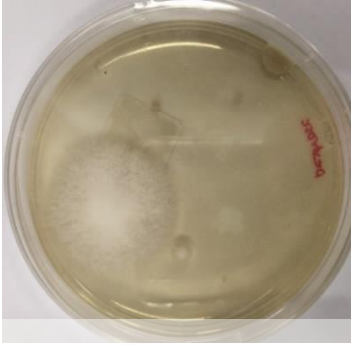
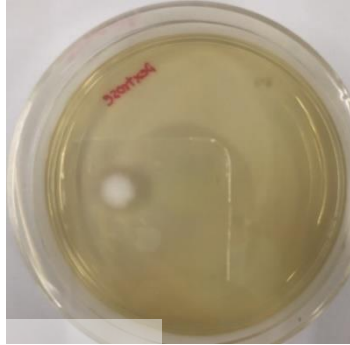
อากาศ

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

ผลการตรวจนับเชื้อแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตัก	บริเวณอากาศไหลกลับ	บริเวณจุดอัปอากาศ
Count: 64 Plate 1 = 64	Count: 9 Plate 1 = 9	Count: 24 Plate 1 = 24

### ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตก	บริเวณอากาศไหลกลับ	บริเวณจุดอับอากาศ
		
Count: 7 Plate 2 = 7	Count: 5 Plate 2 = 5	Count: 2 Plate 2 = 2

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.7

**ตารางที่ 4.7** ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU)

19 กรกฎาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวนโคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย						
9:30-10:30 น.	23.25	67.75	บริเวณแอร์ตก	64	100.63	Not Accept
9:30-10:30 น.	25.03	64.34	บริเวณอากาศไหลกลับ	9	14.15	Optimal
9:30-10:30 น.	24.96	63.55	บริเวณจุดอับอากาศ	24	37.74	Optimal



19 กรกฎาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวน โคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของ การปนเปื้อน
เข็วรา						
9:30-10:30 น.	23.25	67.75	บริเวณแอร์ ตก	7	11.00	Optimal
9:30-10:30 น.	25.03	64.34	บริเวณ อากาศ ไหลกลับ	5	7.86	Optimal
9:30-10:30 น.	24.96	63.55	บริเวณ จุดอับอากาศ	2	3.14	Optimal

หมายเหตุ : ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 1042 ppm

จากตารางที่ 4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) วันที่ 19 กรกฎาคม 2561 จะเห็นว่า ในบริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 3 จุด คือ บริเวณแอร์ตก บริเวณที่อากาศไหลกลับ และบริเวณจุดอับอากาศ จำนวน 6 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อของเชื้อราอย่างละ 3 จาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 9:30 น. ถึง 10:30 น. ร่วมกับการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) พบว่า อุณหภูมิและความชื้นที่ตรวจวัดได้ภายในห้องอยู่ในช่วง 23.25 ถึง 25.03 องศาเซลเซียส และ 63.55 ถึง 67.75 %RH ตามลำดับ ทำให้ทราบว่า ทั้งอุณหภูมิและความชื้นที่ตรวจวัดได้ภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) นั้น อยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณจุลินทรีย์รวม (cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจวัดได้ภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) แล้วนำค่าปริมาณจุลินทรีย์รวมที่คำนวณได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) จะพบว่า ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศภายในห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) ในบริเวณแอร์ตกมีค่าปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรามากเกินกว่าค่ามาตรฐาน เนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นที่ตรวจวัดได้จะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) ควรได้รับการปรับปรุงเพื่อให้ระดับเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการปฏิบัติงาน และใช้บริการของ



ผู้ป่วยมากยิ่งขึ้น เนื่องจากมีค่าระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่อยู่ในระดับที่เกินกว่าค่ามาตรฐานถึงสองจุด

#### 4.4.3 ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์

##### ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วาง Plates 3 จุด ได้แก่ จุดแอร์ตก (มีการปฏิบัติงาน) บริเวณทำงาน และบริเวณเก็บของและทางเดิน

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่  $36\pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

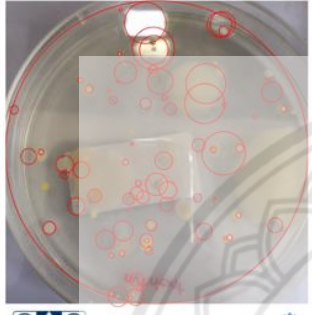
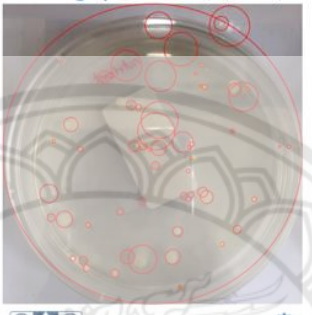
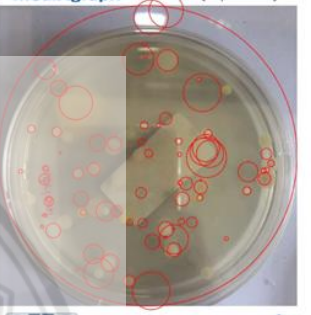
3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในพื้นที่บริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.10 ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ในบริเวณแอร์ตก (มีการปฏิบัติงาน) ทำงาน เอกสาร และบริเวณเก็บของและทางเดิน

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา จะได้ผลดังนี้

#### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตัก (มีการทำงาน)	บริเวณทำงานเอกสาร	บริเวณเก็บของและทางเดิน
		
Count: 75 Plate 1 = 75	Count: 58 Plate 1 = 58	Count: 75 Plate 1 = 75

#### ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตัก	บริเวณทำงานเอกสาร	บริเวณเก็บของและทางเดิน
		
Count: 9 Plate 2 = 9	Count: 6 Plate 2 = 6	Count: 3 Plate 2 = 3

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ทำให้สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศ ได้ดังตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์

ตารางที่ 4.18 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์

20 กรกฎาคม 2561						
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	จุดเก็บ	จำนวน โคลน	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย						
10:00-11:00 น.	23.84	66.81	บริเวณแอร์ตง (มีการปฏิบัติงาน)	75	117.92	Not Accept
10:00-11:00 น.	24.43	67.41	บริเวณทำงานเอกสาร	58	91.19	Not Accept
10:00-11:00 น.	28.16	83.39	บริเวณเก็บของและทางเดิน	75	117.92	Not Accept
เชื้อรา						
9:30-10:30 น.	23.84	66.81	บริเวณแอร์ตง (มีการปฏิบัติงาน)	9	14.15	Optimal
9:30-10:30 น.	24.43	67.41	บริเวณทำงานเอกสาร	6	9.43	Optimal
9:30-10:30 น.	28.16	83.39	บริเวณเก็บของและทางเดิน	3	4.72	Optimal

หมายเหตุ : ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ที่วัดได้ มีค่าเท่ากับ 685

จากตารางที่ 4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ จะเห็นว่าในบริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 3 จุด คือ บริเวณแอร์ตง (มีการปฏิบัติงาน) บริเวณทำงานเอกสาร และบริเวณเก็บของและทางเดิน จำนวน 6 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อของเชื้อราอย่างละ 3 จาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 9:30 น. ถึง 10:30 น. ในวันที่ 20 กรกฎาคม 2561 ร่วมกับการตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นภายในห้อง ซึ่งจากการตรวจวัดจะพบว่าอุณหภูมิจะอยู่ในช่วงระหว่าง 23.84 ถึง 28.16 องศาเซลเซียส และความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 66.81 ถึง 83.93 โดยบริเวณที่มีค่าความชื้นสูงสุด คือ บริเวณเก็บของและทางเดิน และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณจุลชีพรวม

(cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจวัดได้ภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพรวมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) จะพบว่า ระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในอากาศภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์นั้นอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ แต่ในทางกลับกันปริมาณเชื้อราภายในห้องนั้นอยู่ในเกณฑ์ระดับที่ดี ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ควรมีการปรับปรุงให้เหมาะแก่การใช้งานพื้นที่ของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากมีค่าระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียในอากาศที่อยู่ในระดับที่เกินค่ามาตรฐาน และยังคงมีแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณของจุลชีพในอนาคตในบริเวณเก็บของและทางเดิน เนื่องจากตรวจพบความชื้นในบริเวณนั้นค่อนข้างสูงและเหมาะแก่การเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพ จึงมีข้อเสนอแนะให้จัดการควบคุมความชื้นในบริเวณเก็บของและทางเดินให้ไม่เกิน 60 %RH รวมถึงปัจจัยที่ก่อให้เกิดความชื้นในรูปแบบอื่นร่วมด้วย

#### 4.4.4 ห้องพักผู้ป่วยแยก A418

มีขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1) วาง Plates 3 จุด ได้แก่ จุดแอร์ตก (มีการปฏิบัติงาน) บริเวณทำงาน และบริเวณเก็บของและทางเดิน
- 2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)
- 3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในพื้นที่บริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



- ตำแหน่ง A1 ช่องแอร์เข้าด้านติดระเบียบ : Red Plate, เชื้อรา, แบคทีเรีย
- ตำแหน่ง A2 ช่องแอร์เข้าด้านติดผนังด้านใน : Red Plate
- ตำแหน่ง X มุมอับอากาศ : Red Plate
- ตำแหน่ง R ช่อง Return Air : Red Plate


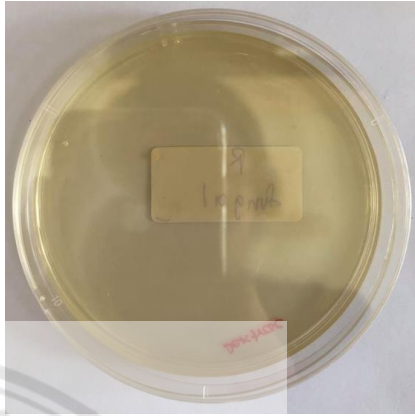
รูปที่ 4.11 แผนผังห้องพักรักษาผู้ป่วยแยก A418

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

#### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตก A1	บริเวณอากาศไหลกลับ R
Count: 12 Plate 1 = 12	Count: 1 Plate 1 = 1

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตก A1	บริเวณอากาศไหลกลับ R
	
Count: 1 Plate 2 = 1	Count: 3 Plate 2 = 3

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ซึ่งเก็บค่าเพียง 2 จุด คือ บริเวณที่อากาศไหลกลับ และบริเวณที่แอร์ตก สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก A418

ตารางที่ 4.919 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก A418

21 กรกฎาคม 2561							
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	จุดเก็บ	จำนวนโคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย							
9:30-10:30 น.	23.7 - 25.2	62.9 - 69.9	872	บริเวณแอร์ตก	12	77.5	Optimal
				บริเวณอากาศไหลกลับ	1	6.46	Optimal
				บริเวณจุดอับอากาศ	9	58.13	Optimal



21 กรกฎาคม 2561							
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	Co <sub>2</sub> (ppm)	จุดเก็บ	จำนวน โคลิฟอร์ม	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
เชื้อรา							
9:30-10:30 น.	23.7	62.9	872	บริเวณแอร์ตก	1	6.46	Optimal
				บริเวณอากาศไหลกลับ	3	19.38	Optimal
	25.2	69.9		บริเวณจุดอับอากาศ	0	0	Optimal

จากตารางที่ 4.9 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ จะเห็นว่าในบริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 2 จุด คือ บริเวณแอร์ตก และบริเวณอากาศไหลกลับ จำนวน 4 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อของเชื้อราอย่างละ 2 จาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ในช่วงเวลา 9:30 น. ถึง 10:30 น. ในวันที่ 21 กรกฎาคม 2561 ร่วมกับการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (Co<sub>2</sub>) ภายในห้อง พบว่า ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 23.7 ถึง 25.2 ค่าความชื้นอยู่ในช่วงระหว่าง 62.9 ถึง 69.9 %RH และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 872 ppm ซึ่งจากข้อมูลการตรวจวัดทำให้ทราบว่า อุณหภูมิภายในห้องรวมทั้งปริมาณค่าความชื้นภายในที่ตรวจพบว่ามีค่าความชื้นสูงสุดถึง 69.9 %RH ซึ่งเป็นช่วงอุณหภูมิและปริมาณความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพ ในขณะที่ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณจุลชีพรวม (cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคลิฟอร์มของแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจวัดได้ภายในห้องพักผู้ป่วยแยก A418 แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพรวมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยแยก A418 อยู่ในระดับที่ต่ำมาก ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 มีความเหมาะสมต่อใช้งานพื้นที่ของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากมีค่าระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่อยู่ในระดับที่ต่ำมาก แม้จะมีค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพก็ตาม จึงแนะนำให้มีการควบคุมความชื้นให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะ คือ ควรมีค่าไม่เกิน 60 %RH

#### 4.4.5 ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

##### มีขั้นตอนการดำเนินงาน

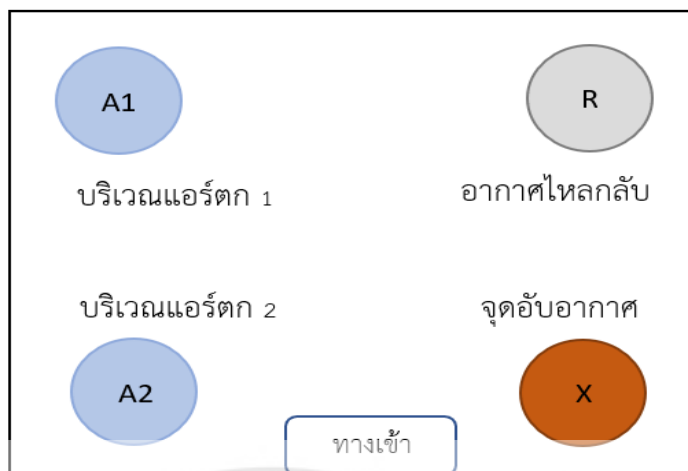
1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณแอร์ตก 1 จุด บริเวณอากาศไหลกลับ 1 จุด และบริเวณอัฒานอากาศอีก 1 จุด โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 3 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 3 Plates

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่าง ห้องละ 2 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่  $36\pm 1$  องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

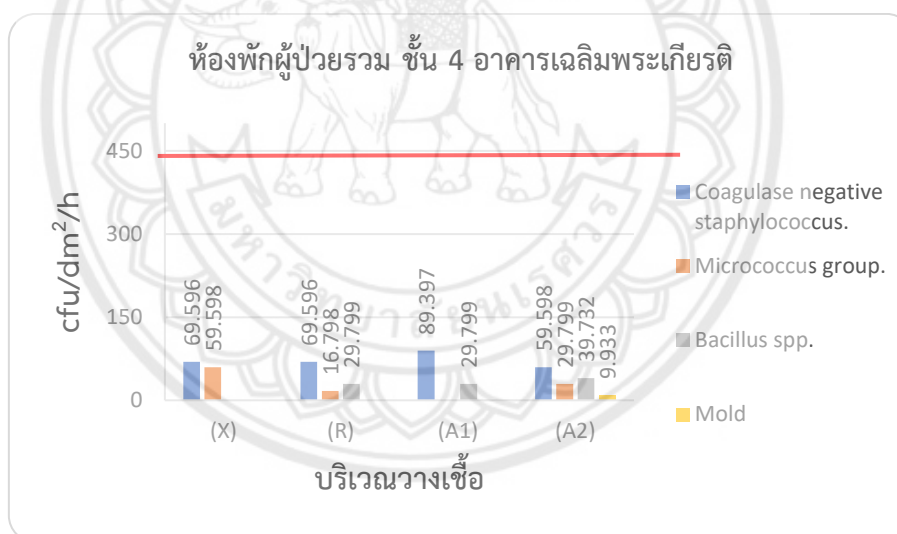
จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อราแล้ว โดยเก็บค่าเพียง 2 จุด คือ บริเวณที่อากาศไหลกลับ และบริเวณที่แอร์ตก สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศได้ดังรูปที่ 4.13 แบคทีเรียที่ตรวจพบภายในห้อง และตารางที่ 4.10 ตารางอนุหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนพื้นที่ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ บริเวณจุดแอร์ตก บริเวณจุดอากาศไหลกลับ และบริเวณจุดอัฒานอากาศ





รูปที่ 4.12 แผนผังห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้



รูปที่ 4.13 แบคทีเรียที่ตรวจพบภายในห้อง

ซึ่งจากผลการตรวจนับจำนวนจุลชีพในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ ทั้งหมด 3 จุด จะเห็นว่าเชื้อแบคทีเรียที่ตรวจพบมีปริมาณน้อยมาก จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่า ปริมาณจุลชีพในอากาศภายในห้องยังอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมากได้

ตารางที่ 4.10 ตารางอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนพื้นที่ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ บริเวณจุดแอร์ตัก บริเวณจุดอากาศไหลกลับ และบริเวณจุดอับอากาศ

บริเวณ	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	Co <sub>2</sub> (ppm)
บริเวณจุดแอร์ตัก	24.5	59.7	1570
บริเวณจุดอากาศไหลกลับ	-	-	
บริเวณจุดอับอากาศ	25.8	61.9	

และจากข้อมูลอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนพื้นที่ห้องพักผู้ป่วยรวม ชั้น 4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ ทั้ง 3 บริเวณ สามารถสรุปได้ว่า ทั้ง 3 บริเวณ มีปริมาณของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่ากำหนด (มากกว่า 700 ppm เมื่อเทียบกับภายนอกอาคาร)

แม้ว่าปริมาณจุลชีพในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยรวมนี้จะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ความชื้นที่สูงและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินไปเกินกำหนดอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งานพื้นที่ได้ในระยะยาว จึงควรมีการปรับปรุงระบบปรับอากาศเพื่อช่วยในการควบคุมปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ใช้งาน

#### 4.4.6 ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร

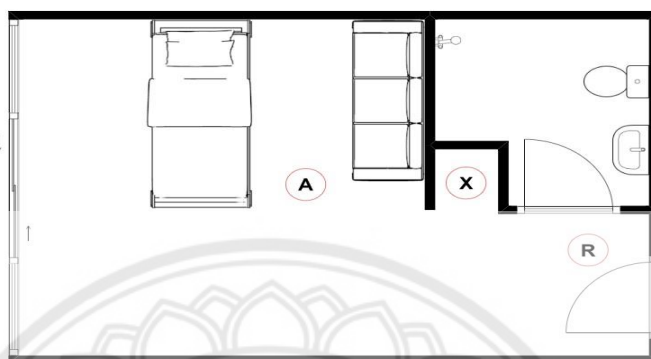
มีขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 3 ตำแหน่ง คือ บริเวณแอร์ตัก 1 จุด บริเวณอากาศไหลกลับ 1 จุด และบริเวณอับอากาศอีก 1 จุด โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 3 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 3 Plates รวมทั้งหมด 6 Plates

2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตาม

ตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



- ตำแหน่ง A (ช่องแอร์เข้า) : red plate, แบคทีเรีย, เชื้อรา
- ตำแหน่ง R (ช่อง return air) : red plate, แบคทีเรีย, เชื้อรา
- ตำแหน่ง X (มุมอับอากาศ) : red plate, แบคทีเรีย, เชื้อรา



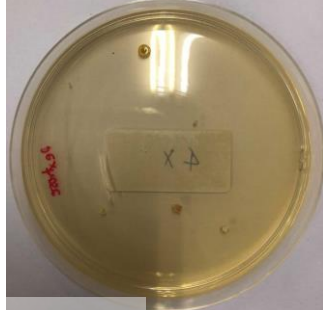
รูปที่ 4.14 แผนผังห้องพักรักษาผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

#### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย

บริเวณแอร์ตก	บริเวณอากาศไหลกลับ	บริเวณจุดอับอากาศ
		
Count: 100 Plate 1 = 100	Count: 69 Plate 1 = 69	Count: 54 Plate 1 = 54

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

บริเวณแอร์ตง	บริเวณอากาศไหลกลับ	บริเวณจุดอับอากาศ
		
Count: 8 Plate 2 = 8	Count: 0 Plate 2 = 0	Count: 0 Plate 2 = 0

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ซึ่งเก็บค่าเพียง 1 จุด คือ บริเวณที่แอร์ตง สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร

ตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร

4 กันยายน 2561							
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	จุดเก็บ	จำนวนโคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
แบคทีเรีย							
9:30-10:30 น.	-	-	-	บริเวณแอร์ตง	100	645.84	Accept
				บริเวณอากาศไหลกลับ	69	445.63	Optimal
				บริเวณจุดอับอากาศ	54	438.75	Optimal

4 กันยายน 2561							
เวลา	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	จุดเก็บ	จำนวน โคลิฟอร์ม	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการปนเปื้อน
เชื้อรา							
9:30-10:30 น.	24.11	82.07	596 ถึง 830	บริเวณแอร์ตก	8	51.67	Optimal
9:30-10:30 น.	25.09	77.57		บริเวณอากาศไหลกลับ	0	0	Optimal
9:30-10:30 น.	28.86	77.22		บริเวณจุดอับอากาศ	0	0	Optimal

จากตารางที่ 4.11 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร จะเห็นว่าในบริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 3 จุด คือ บริเวณแอร์ตก บริเวณอากาศไหลกลับ และบริเวณจุดอับอากาศ จำนวน 6 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อของเชื้อราอย่างละ 2 จาน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เวลา 9:30 น. ถึง 10:30 น. ในวันที่ 4 กันยายน 2561 ร่วมกับการตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า ภายในห้องมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.11 ถึง 28.86 องศาเซลเซียส ปริมาณค่าความชื้นอยู่ในช่วง 77.22 ถึง 82.07 %RH และมีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ระหว่าง 596 ถึง 830 และเมื่อทำการคำนวณหาปริมาณจุลชีพรวม (cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคลิฟอร์มของแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจวัดได้ภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพรวมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ใน โรงพยาบาล ซึ่งระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร อยู่ในระดับยอมรับได้ ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร มีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่และผู้ให้บริการ เนื่องจากมีค่าระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่อยู่ในระดับที่ต่ำมาก แม้จะมีอุณหภูมิและความชื้นในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพก็ตาม จึงแนะนำให้มีการควบคุมระดับความชื้นภายในห้องให้มีค่าไม่เกิน 60 %RH เพื่อลดปัจจัยที่ส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลชีพในอากาศต่อไป

#### 4.4.7 ห้อง x-ray

มีขั้นตอนการดำเนินงาน

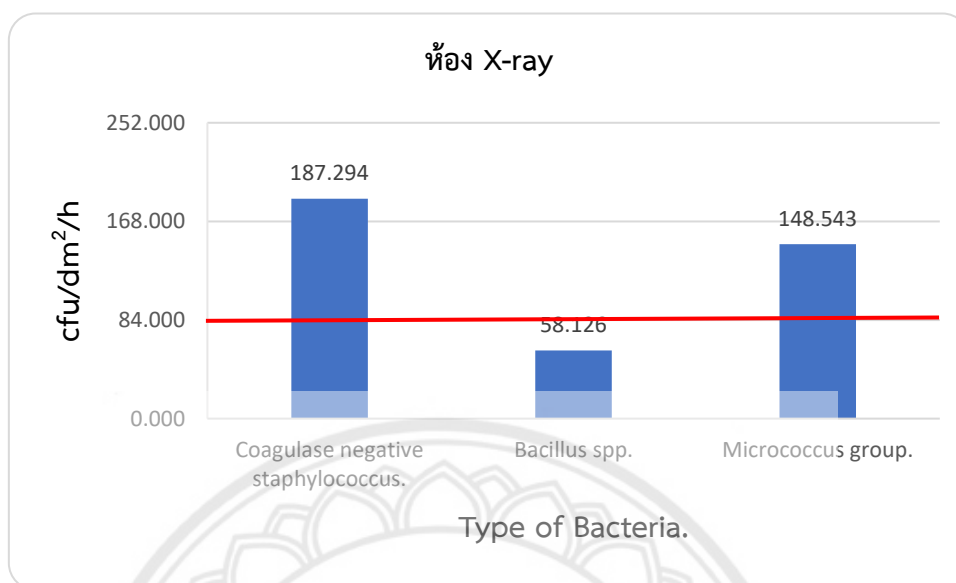
- 1) ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา โดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยเครื่องมือวัด
- 2) นำค่าปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination, IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination, IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.15 แผนผังห้อง x-ray

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย



รูปที่ 4.16 แบคทีเรียที่ตรวจพบภายในห้อง x-ray

### ผลการตรวจนับเชื้อรา



รูปที่ 4.17 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้อง x-ray

จากผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียภายในห้อง x-ray จะเห็นว่า ตรวจพบแบคทีเรียทั้งหมด 3 ชนิด คือ Coagulase Negative Staphylococcus, Bacillus spp. และ Micrococcus Group ซึ่ง Count ได้เท่ากับ 29, 9 และ 23 ตามลำดับ เมื่อนำจำนวนโคโลนีที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพ (cfu/dm<sup>2</sup>/h) ในอากาศแล้วจะได้ค่าประมาณ 187.294, 58.126 และ 148.543 ตามลำดับ จากนั้นนำค่าปริมาณจุลชีพในอากาศไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) พบว่าปริมาณแบคทีเรียในอากาศที่ตรวจพบทั้งสามชนิดมีสองชนิดที่มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานกำหนด นั่นคือ

Coagulase Negative Staphylococcus และ Micrococcus Group ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานปฏิบัติงานและผู้ให้บริการ

และจากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อราภายในห้อง X-ray จะเห็นว่า มีการเติบโตของเชื้อราเต็มพื้นที่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ จึงสรุปได้ว่าภายในห้อง X-ray มีปริมาณเชื้อราที่มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานปฏิบัติงานและผู้ให้บริการด้วยเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.12 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์

อุณหภูมิ (C°)	25.00
ความชื้น (%)	56.10
Co <sub>2</sub> (ppm)	1045

จากข้อมูลปริมาณความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ร่วมกับการสรุปข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า ภายในห้องมีจำนวนแบคทีเรีย เชื้อราและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงจนส่งผลกระทบต่อพนักงานปฏิบัติงานและผู้ให้บริการพื้นที่ จึงควรควบคุมความชื้นในอากาศให้ไม่เกิน 60 %RH เพื่อลดปัจจัยที่สนับสนุนต่อการเกิดและเจริญเติบโตของแบคทีเรียและเชื้อรา และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้มีค่าไม่เกิน 700 ppm เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก

#### 4.4.8 ห้องรังสีร่วมรักษา

##### มีขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา โดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยเครื่องมือวัด

2) นำค่าปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิง



การแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.18 แผนผังห้องรังสีรักษา

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

ผลการตรวจนับเชื้อรา



รูปที่ 4.19 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องรังสีรักษา

จากการตรวจนับปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรภายในห้องรังสีรักษา พบว่า ไม่มีแบคทีเรียอยู่ในห้อง แต่พบปริมาณเชื้อราจากการวางถาดอาหารเพาะเชื้อจำนวนมาก (เต็มจาน) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้งาน

ตารางที่ 4.13 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์

อุณหภูมิ (C°)	24.80
ความชื้น (%)	57.80
Co <sub>2</sub> (ppm)	945

และจากการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้นในอากาศ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้สรุปได้ว่า หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ภายในห้องรังสีร่วมรักษามีปริมาณเชื้อรามาก อาจเป็นเหตุมาจากช่วงภายในห้องรังสีรักษานั้นอุณหภูมิที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ ( $4.44\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $37.78\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

#### 4.4.9 ห้องเจาะเลือด

##### มีขั้นตอนการดำเนินงาน

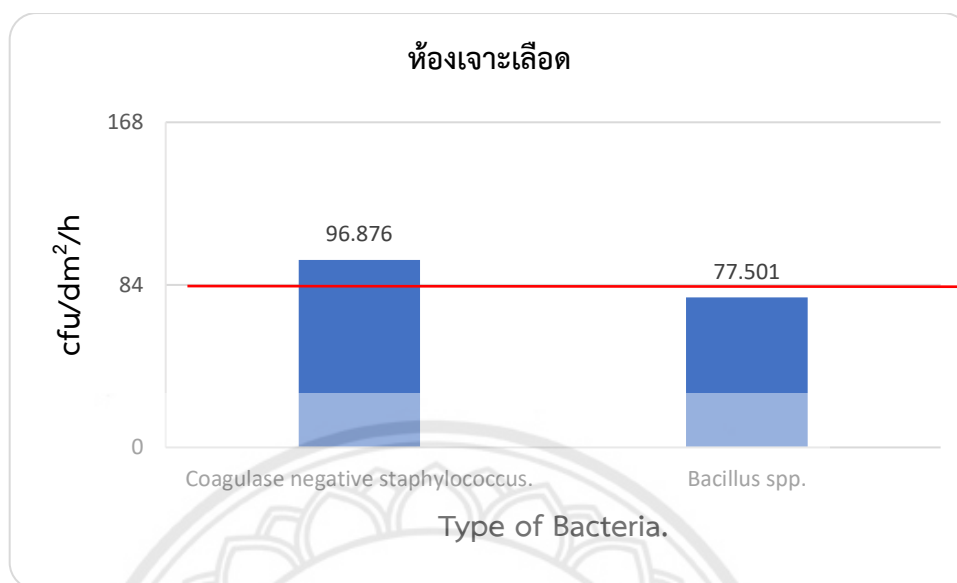
- 1) ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา โดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยเครื่องมือวัด
- 2) นำค่าปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.20 แผนผังห้องเจาะเลือด

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย



รูปที่ 4.21 แบคทีเรียที่ตรวจพบภายในห้องเจาะเลือด

### ผลการตรวจนับเชื้อรา



รูปที่ 4.22 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องเจาะเลือด

จากผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียภายในห้องเจาะเลือด จะเห็นว่า ตรวจพบแบคทีเรียทั้งหมด 2 ชนิด คือ Coagulase Negative Staphylococcus และ Bacillus spp. ซึ่ง Count ได้เท่ากับ 12 และ 15 ตามลำดับ เมื่อนำปริมาณแบคทีเรียที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพ (cfu/dm<sup>2</sup>/h) ในอากาศแล้วจะได้ค่า 96.876 และ 77.501 ตามลำดับ จากนั้นนำค่าปริมาณจุลชีพในอากาศไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) พบว่า ปริมาณแบคทีเรีย Coagulase Negative

Staphylococcus ที่ตรวจพบในอากาศอยู่ในเกณฑ์ที่มากเกินไปมาตรฐาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่

และจากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อราภายในห้องเจาะเลือด จะเห็นว่า มีการเติบโตของเชื้อราเต็มพื้นที่จานอาหารเลี้ยงเชื้อ จึงสรุปได้ว่าภายในห้องเจาะเลือดมีปริมาณเชื้อราที่มากกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของพนักงานปฏิบัติการและผู้ใช้งานเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 4.14 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์

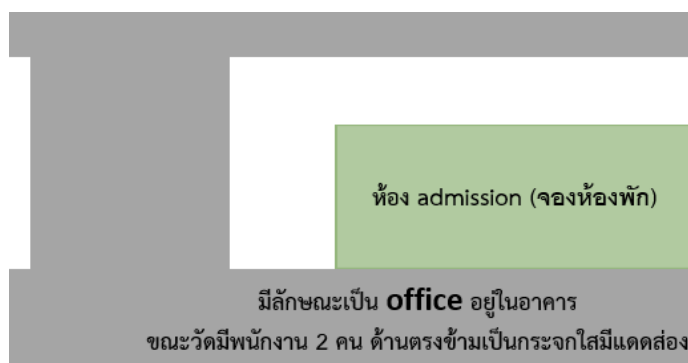
อุณหภูมิ (C°)	25.00
ความชื้น (%)	70.00
Co <sub>2</sub> (ppm)	887

จากข้อมูลปริมาณความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ร่วมกับการสรุปข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า จำนวนแบคทีเรียและเชื้อราที่มากจนอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้ให้บริการภายในพื้นที่นั้น ซึ่งหนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ค่าปริมาณเชื้อสูง เนื่องจากปริมาณค่าความชื้นภายในห้องที่มีปริมาณค่อนข้างสูง (70 – 70.3 %RH) และระบบปรับอากาศของห้องไม่สามารถควบคุมความชื้นในอากาศได้ ส่งผลให้ห้องเจาะเลือด มีปริมาณเชื้อราสูง

#### 4.4.10 ห้อง Admission (จองห้องพัก)

มีขั้นตอนการดำเนินงาน

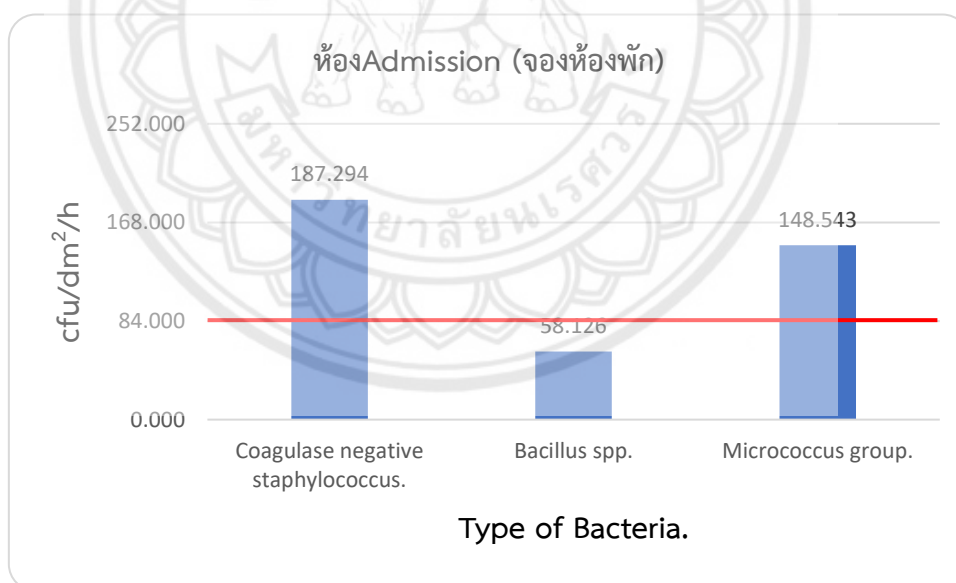
- 1) ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา โดยการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ และตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยอาศัยเครื่องมือวัด
- 2) นำค่าปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ตรวจวัดได้มาเปรียบเทียบกับดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล



รูปที่ 4.23 แผนผังห้อง Admission (จองห้องพัก)

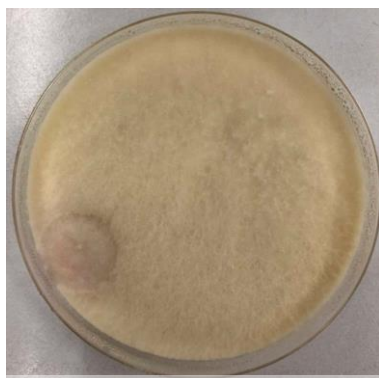
จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

ผลการตรวจนับแบคทีเรีย



รูปที่ 4.24 แบคทีเรียที่ตรวจพบภายในห้อง Admission (จองห้องพัก)

### ผลการตรวจนับเชื้อรา



รูปที่ 4.25 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้อง Admission (จองห้องพัก)

จากผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียภายในห้อง Admission (จองห้องพัก) จะเห็นว่า ตรวจพบแบคทีเรียทั้งหมด 3 ชนิด คือ Coagulase Negative Staphylococcus, Bacillus spp. และ Micrococcus Group ซึ่ง Count ได้เท่ากับ 29, 9 และ 23 ตามลำดับ เมื่อนำจำนวนโคโลนีที่ได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพ (cfu/dm<sup>2</sup>/h) ในอากาศแล้วจะได้ค่า 187.294, 58.126 และ 148.543 ตามลำดับ จากนั้นนำค่าปริมาณจุลชีพในอากาศไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) พบว่าปริมาณแบคทีเรียในอากาศที่ตรวจพบทั้งสามชนิดมีสองชนิดที่มีปริมาณเกินค่ามาตรฐานกำหนด นั่นคือ Coagulase Negative Staphylococcus และ Micrococcus Group ซึ่งส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของพนักงานปฏิบัติการและผู้ใช้งาน

และจากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อรภายในห้อง Admission (จองห้องพัก) จะเห็นว่า มีการเติบโตของเชื้อราเต็มพื้นที่งานอาหารเลี้ยงเชื้อ จึงสรุปได้ว่าภายในห้อง Admission (จองห้องพัก) มีปริมาณเชื้อราที่มากกว่าเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานและผู้ใช้บริการพื้นที่

ตารางที่ 4.205 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์

อุณหภูมิ (C°)	25.40
ความชื้น (%)	64.70
Co <sub>2</sub> (ppm)	1220

จากข้อมูลปริมาณความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ร่วมกับการสรุปข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า จำนวนแบคทีเรียและเชื้อราที่มากจนก่อให้เกิดอันตรายต่อ พนักงานปฏิบัติการและผู้ใช้งานนั้น หนึ่งในสาเหตุที่ทำให้ค่าปริมาณเชื้อสูง เนื่องมาจากปริมาณค่า ความชื้นภายในห้องที่มีปริมาณค่อนข้างสูง (64.70 %RH) นอกจากปริมาณเชื้อราที่สูงจนอาจส่งผล กระทบต่อสุขภาพผู้ใช้งานพื้นที่แล้ว ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรวจพบยังมีค่าเกินกว่า มาตรฐานกำหนดอีกด้วย

#### 4.4.11 ห้องตรวจผู้ป่วยนอก

มีขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 4 ตำแหน่ง คือ OPD1 (โถงนั่งคอย) OPD2 (จุดซักประวัติก่อนพบแพทย์) OPD3 (ด้านนอกอาคาร) และ Bank (จุดคัดกรอง ผู้ป่วยหน้าอาคาร) โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 4 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 4 Plates รวม เป็น 8 Plates

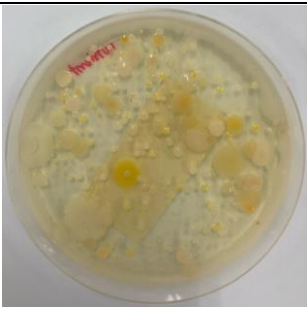
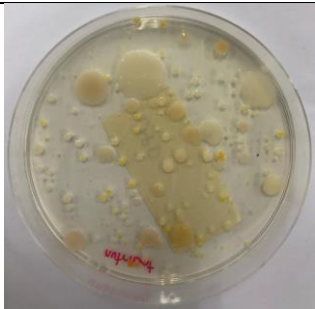
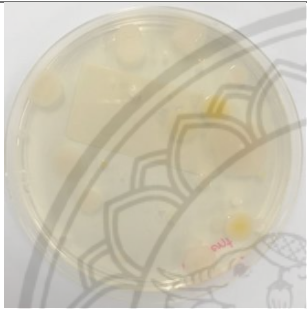
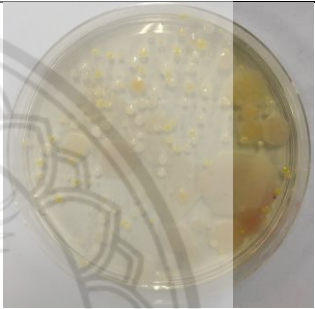
2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจาน อาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำ การสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 4 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็น เวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุล ชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตาม ตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ใน โรงพยาบาล

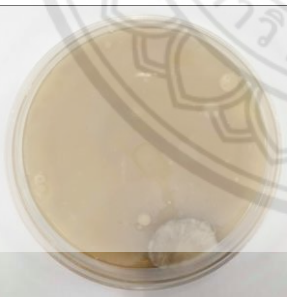

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการ วางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวน เชื้อรา ได้ผลดังนี้



## ผลการตรวจนับแบคทีเรีย

	
โรงนึ่งคอย Count = 141	จุดซั๊กประวัติก่อนพบแพทย์ Count = 113
	
ด้านนอกอาคาร Count = 31	จุดคัดกรองผู้ป่วยหน้าธนาคาร Count = 110

## ผลการตรวจนับเชื้อรา

	
โรงนึ่งคอย Count = 27	จุดซั๊กประวัติก่อนพบแพทย์ Count = 19
	
ด้านนอกอาคาร Count = 17	จุดคัดกรองผู้ป่วยหน้าธนาคาร Count = 10



หลังจากทำการเก็บตัวอย่างเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา สามารถสรุประดับของการปนเปื้อนของปริมาณจุลชีพในอากาศได้ดังตารางที่ 4.16 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก

ตารางที่ 4.21 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก

24 ตุลาคม 2561						
อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	CO <sub>2</sub> (ppm)	จุดเก็บ	จำนวน โคโลนี	cfu/dm <sup>3</sup> /h	ระดับของการ ปนเปื้อน
แบคทีเรีย						
25.09	67.09	1492	บริเวณโถงนั่งคอย	141	221.70	แย้
24.74	67.46	1597	บริเวณจุดซักประวัติ ก่อนพบแพทย์	113	177.67	แย้
28.36	77.04	1054	บริเวณด้านนอก อาคาร	31	48.74	ปานกลาง
25.64	67.09	1212	จุดคัดกรองผู้ป่วย หน้าธนาคาร	110	172.96	แย้
เชื้อรา						
25.09	67.09	1492	บริเวณโถงนั่งคอย	27	42.45	ปานกลาง
24.74	67.46	1597	บริเวณจุดซักประวัติ ก่อนพบแพทย์	19	29.87	ดี
28.36	77.04	1054	บริเวณด้านนอก อาคาร	17	26.73	ดี
25.64	67.09	1212	จุดคัดกรองผู้ป่วย หน้าธนาคาร	10	15.72	ดี

จากตารางที่ 4.16 ตารางบันทึกผลการทดลองวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก ในขณะที่พื้นที่มีการใช้งาน จะเห็นว่าในบริเวณที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อทั้งหมด 4 จุด คือ OPD1 (โถงนั่งคอย) OPD2 (จุดซักประวัติก่อนพบแพทย์) OPD3 (ด้านนอกอาคาร) และ Bank (จุดคัดกรองผู้ป่วยหน้าธนาคาร) จำนวน 4 จาน โดยแบ่งเป็นจานอาหารเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียและจานอาหารเลี้ยงเชื้อของเชื้อราอย่างละ 2 จาน ทำการคำนวณหาปริมาณจุลชีพรวม (cfu/dm<sup>3</sup>/h) จากจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียและเชื้อราที่ตรวจวัดได้ภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพรวมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การแบ่งระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล ในตารางที่ 2.16 ซึ่งระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศภายในห้องตรวจผู้ป่วยนอก พบว่ามีสามจุดที่มีปริมาณของเชื้อแบคทีเรียมากเกินค่ามาตรฐาน ในทางกลับกันเชื้อราที่ตรวจพบยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้แม้จะตรวจพบค่าความชื้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูงเกินกว่ามาตรฐานกำหนด ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ห้องตรวจผู้ป่วยนอก ควรมีการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารให้เหมาะสมต่อการใช้งานพื้นที่ของผู้ปฏิบัติงานและผู้ให้บริการ เนื่องจากมีค่าระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงเกินค่ามาตรฐาน โดยควรมีการตรวจล้างเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ ควบคู่ไปกับการควบคุมความชื้นและปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

#### 4.4.12 ห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล

มีขั้นตอนการดำเนินงาน

1) วาง Agar Plates (จานอาหารเลี้ยงเชื้อ) จำนวน 3 ตำแหน่ง คือ SR (ห้องพักรงคณบดี) MR (ห้องประชุมกรรมการบริหาร) และ NR (ห้องงานการพยาบาล) โดย Agar Plates แบ่งออกเป็น Agar Plates สำหรับเชื้อแบคทีเรีย (Nutrient Agar) จำนวน 3 Plates และสำหรับเชื้อรา (Sabouraud Dextrose Agar) อีกจำนวน 3 Plates รวมเป็น 6 Plates

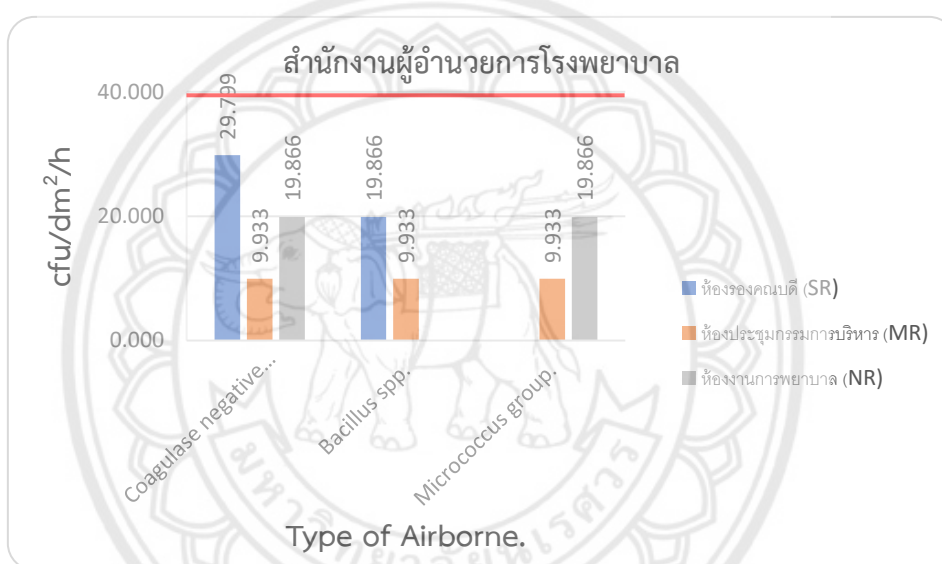
2) ทำการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Settle Plate โดยเปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ทิ้งไว้ ณ จุดที่กำหนดของแต่ละห้องที่ทำการสุ่มตรวจเพื่อเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 จุด โดยวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร ห่างจากผนังหรือสิ่งกีดขวาง 1 เมตร และตั้งทิ้งไว้นาน 1 ชั่วโมง จึงทำการปิดฝาจานอาหารเลี้ยงเชื้อจากนั้นนำตัวอย่างจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ทำการสุ่มตรวจมาบ่มเพาะเชื้อที่ 36±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ 120 ชั่วโมง (สำหรับเชื้อรา)

3) ประเมินจำนวนจุลินทรีย์ โดยใช้วิธีอ้างอิงตามดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ตามตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination;

IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 2.16 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

จากการสุ่มตรวจเก็บตัวอย่างเชื้อราและแบคทีเรีย โดยวิธีการ Agar Plates หรือการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อแล้วนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ได้ไปตรวจนับจำนวนเชื้อแบคทีเรียและจำนวนเชื้อรา ได้ผลดังนี้

#### ผลการตรวจนับแบคทีเรีย



รูปที่ 4.26 เชื้อราที่ตรวจพบภายในห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลนครสวรรค์

#### ผลการตรวจนับเชื้อรา

Count = 0	Count = 1	Count = 3
SR (ห้องพักรองคณบดี)	MR (ห้องประชุมกรรมการบริหาร)	NR (ห้องงานการพยาบาล)

จากผลการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียภายในห้องสำนักงานผู้อำนวยการ จะเห็นว่าตรวจพบแบคทีเรียทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ Coagulase Negative Staphylococcus, Bacillus spp. และ Micrococcus Group จำนวน 2 ห้อง คือ ห้อง SR (ห้องพักรองคนบตี) และห้อง NR (ห้องงานการพยาบาล) ซึ่ง Count ได้เท่ากับ 9.21, 4.6 และ 4.6 ตามลำดับ ในส่วนของห้อง MR (ห้องประชุมกรรมการบริหาร) ตรวจพบแบคทีเรีย 2 ชนิด ได้แก่ Coagulase Negative Staphylococcus และ Bacillus spp. ซึ่ง Count ได้เท่ากับ 4.60 และ 3.07 ตามลำดับ เมื่อนำจำนวนโคโลนีที่นับได้ไปคำนวณหาค่าปริมาณจุลชีพ (cfu/dm<sup>2</sup>/h) แล้วนำค่าปริมาณจุลชีพในอากาศที่ได้ไปเทียบกับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) จึงสรุปได้ว่าปริมาณแบคทีเรียในอากาศที่ตรวจพบทั้งสามชนิดยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่

และจากผลการตรวจนับปริมาณเชื้อราภายในห้องสำนักงานผู้อำนวยการ โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ SR (ห้องพักรองคนบตี) MR (ห้องประชุมกรรมการบริหาร) และ NR (ห้องงานการพยาบาล) จะเห็นว่า ไม่พบปริมาณเชื้อราในห้อง SR (ห้องพักรองคนบตี) แต่พบเชื้อราเล็กน้อยในห้อง MR (ห้องประชุมกรรมการบริหาร) และพบปริมาณเชื้อรามากที่สุดในห้อง NR (ห้องงานการพยาบาล) ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าปริมาณจุลชีพ (cfu/dm<sup>2</sup>/h) กับตารางที่ 2.15 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) จึงสรุปได้ว่าปริมาณเชื้อราในอากาศที่ทำการตรวจของทั้ง 3 ห้อง ยังอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมต่อผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่

**ตารางที่ 4.17** ตารางบันทึกผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ส่วนพื้นที่ SR, NR และ MR

บริเวณ	อุณหภูมิ (C°)	ความชื้น (%)	Co <sub>2</sub> (ppm)
SR	24.22	60.81	659
NR	23.06	64.88	658
MR	23.74	64.14	645

จากข้อมูลผลการตรวจวัดอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และคาร์บอนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 4.17 ส่วนของพื้นที่ SR NR และ MR สามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ใช้งานทั้ง 3 ส่วน มี

ความชื้นที่ค่อนข้างสูง ควรควบคุมปริมาณความชื้นให้ไม่เกิน 60 %RH แต่หากเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีเหมาะสมในการใช้งาน



## บทที่ 5

### สรุปผลการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการศึกษาที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาวิเคราะห์ผลพร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

#### 5.1 ผลสรุปการศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพอากาศภายในอาคาร ร่วมกับการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาแบบอาคารและลงพื้นที่สำรวจ รวมทั้งการสุ่มตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนแบคทีเรีย และเชื้อรา ในพื้นที่ใช้งานประเภทต่าง ๆ ภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวรทั้งสองอาคาร คือ อาคารสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติฯ จำนวนทั้งสิ้น 12 ห้อง ด้วยวิธีการนับจำนวนโคโลนีแล้วนำไปเทียบกับตารางที่ 4.29 ดัชนีการปนเปื้อนเชื้อจุลชีพในอากาศ (The Index of Microbial Air Contamination; IMA) และอ้างอิงการแบ่งระดับการประเมินปริมาณการปนเปื้อนของจุลชีพในอากาศตาม ตารางที่ 4.30 ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล และเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยได้ผลการตรวจวัด ดังต่อไปนี้

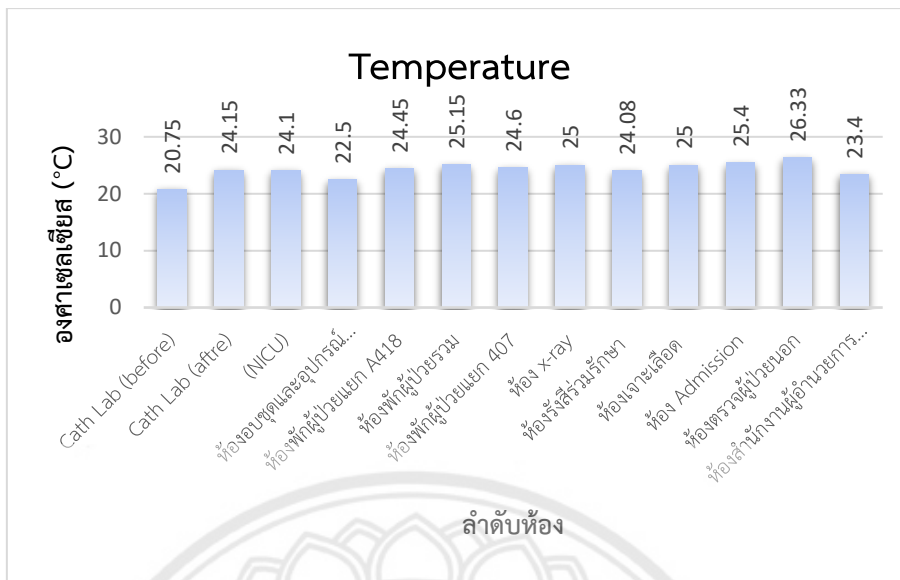
ตารางที่ 5.1 ผลการตรวจวัดห้องตัวอย่างทั้ง 12 ห้อง

ผลการตรวจวัด 12 ห้อง													
ลำดับ	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ประเภทห้อง	Cath Lab (before)	Cath Lab (after)	NICU	ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์	ห้องพักผู้ป่วยแยก A418	ห้องพักผู้ป่วยรวม	ห้องพักผู้ป่วยแยก 407	ห้อง x-ray	ห้องรังสีรักษา	ห้องเจาะเลือด	ห้อง Admission	ห้องตรวจผู้ป่วยนอก	สำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล
CO <sub>2</sub> (ppm)	760	1042	685	702	872	1570	596 - 830	1045	945	887	1220	1054 - 1597	645 - 659
Temp (°C)	20.7 - 20.8	23.3 - 25.0	23.8 - 24.4	22.4 - 22.6	23.7 - 25.2	24.5 - 25.8	24.1 - 25.1	25	24.8	25	25.4	24.7 - 28.4	23.06 - 23.74
Moist (%RH)	66.1 - 66.5	63.6 - 67.8	66.8 - 67.4	60.3 - 61.0	62.9 - 69.9	59.70 - 61.9	77.22 - 82.07	56.1	57.8	70	64.7	66.8 - 77.0	60.81 - 64.88

ผลการตรวจวัด 12 ห้อง													
ลำดับ	1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ประเภทห้อง	Cath Lab (before)	Cath Lab (after)	NICU	ห้องอบชุดและอุปกรณ์ ทางการแพทย์	ห้องพักผู้ป่วยแยก A418	ห้องพักผู้ป่วยรวม	ห้องพักผู้ป่วยแยก 407	ห้อง x-ray	ห้องรังสีร่วมรักษา	ห้องเจาะเลือด	ห้อง Admission	ห้องตรวจผู้ป่วยนอก	สำนักงานผู้อำนวยการ โรงพยาบาล
Total Bac Count (Colony)	307	12	97	208	22	78	223	61	0	28	No data	uncountable	19
Total Bac Cal (CFU/dm <sup>2</sup> /h)	482.69	18.87	152.52	327.03	142.08	503.75	1440.22	393.96	0	180.38	No data	uncountable	122.71
Total Fung Count (Colony)	44	11	14	18	4	2	0	uncountable	uncountable	uncountable	uncountable	uncountable	0

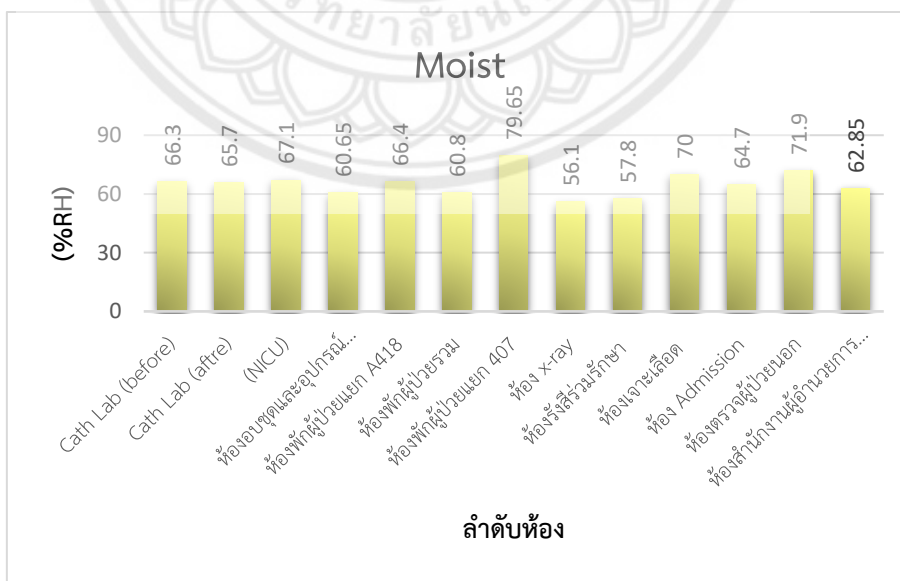


ผลการตรวจวัด 12 ห้อง													
ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ประเภทห้อง	Cath Lab (before)	Cath Lab (after)	NICU	ห้องอบชุดและอุปกรณ์ ทางการแพทย์	ห้องพักผู้ป่วยแยก A418	ห้องพักผู้ป่วยรวม	ห้องพักผู้ป่วยแยก 407	ห้อง x-ray	ห้องรังสีรักษา	ห้องเจาะเลือด	ห้อง Admission	ห้องตรวจผู้ป่วยนอก	สำนักงานผู้อำนวยการ โรงพยาบาล
Total Fung Cal (CFU/dm <sup>2</sup> /h)	69.18	17.3	22	28.3	25.83	12.92	0	uncountable	uncountable	uncountable	uncountable	uncountable	0



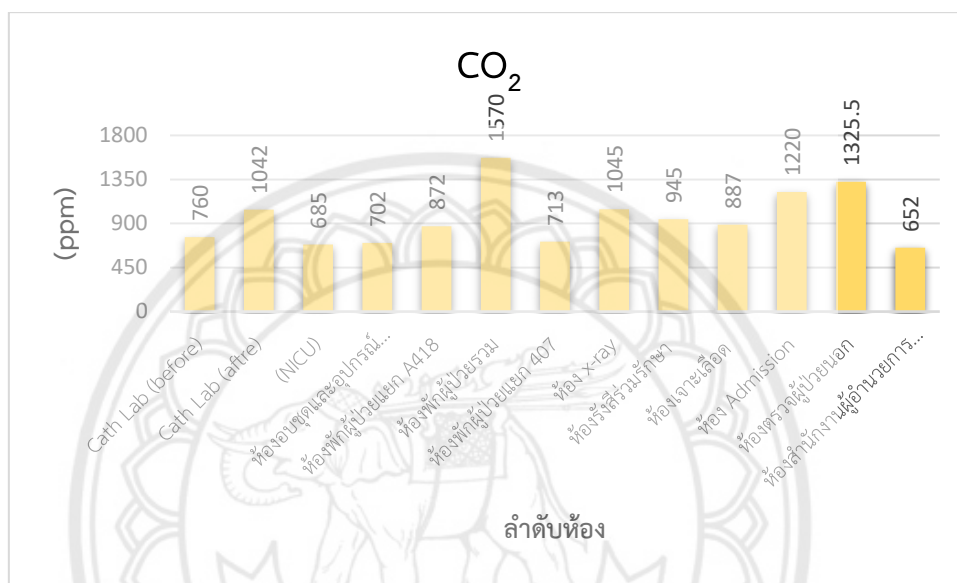
รูปที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มตรวจวัดทั้ง 12 ห้องพบว่า ห้องที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด คือ ห้องตรวจผู้ป่วยนอก ถัดลงมา คือ ห้อง Admission ห้องพักรักษาผู้ป่วยรวม ห้อง X-Ray ห้องเจาะเลือด ห้องพักรักษาผู้ป่วยแยก 407 ห้องพักรักษาผู้ป่วยแยก A418 ห้องสวนหัวใจหลังจากล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องอภิบาลเด็กแรกเกิด ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ และห้องสวนหัวใจก่อนมีการล้างเครื่องปรับอากาศ ตามลำดับ



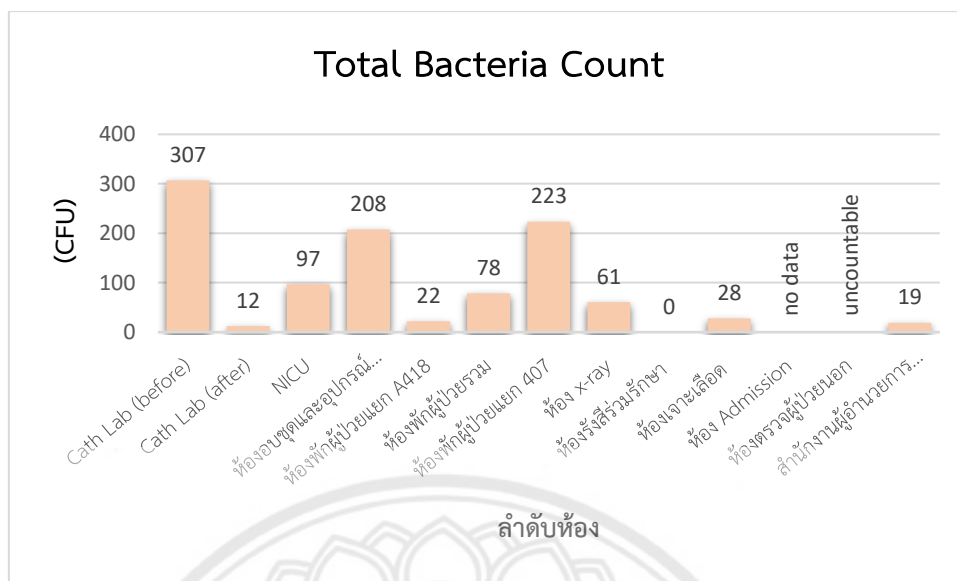
รูปที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มทั้ง 12 ห้อง พบว่า ห้องที่มีปริมาณความชื้นที่สูงที่สุด คือ ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ถัดลงมา คือ ห้องตรวจผู้ป่วยนอก ห้องเจาะเลือด ห้องอภิบาลเด็กแรกเกิด ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 ห้องสวนหัวใจก่อนทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องสวนหัวใจหลังการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้อง Admission ห้องสำนักงาน ผู้อำนวยการโรงพยาบาล ห้องพักผู้ป่วยรวม ห้องรังสีร่วมรักษา และห้อง X-Ray ตามลำดับ

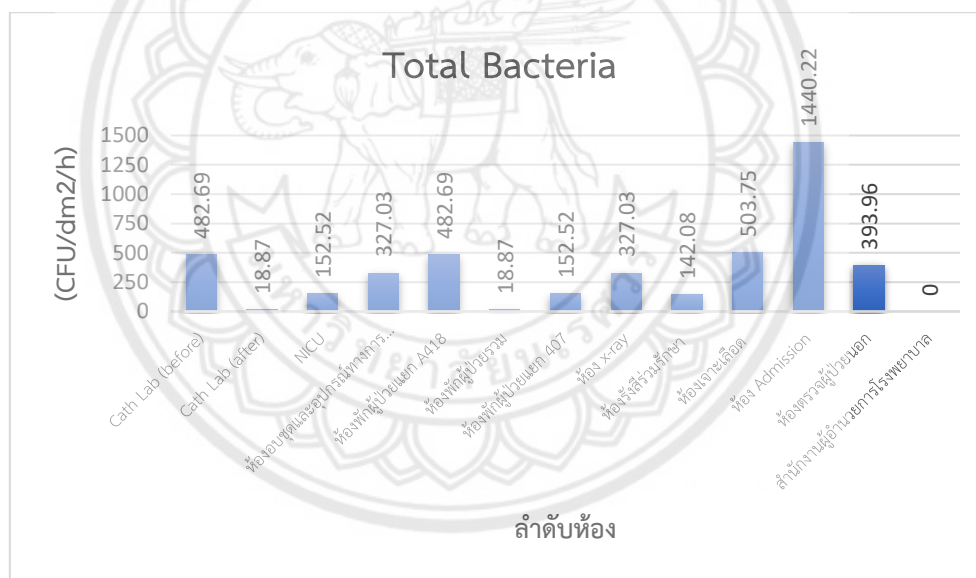


รูปที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มทั้ง 12 ห้อง พบว่า ห้องที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุด คือ ห้องพักผู้ป่วยรวม ถัดลงมา คือ ห้องตรวจผู้ป่วยนอก ห้อง Admission ห้อง X-Ray ห้องสวนหัวใจหลังจากทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องเจาะเลือด ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 ห้องสวนหัวใจก่อนทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ห้องอภิบาลเด็กแรกเกิด และห้องสำนักงานผู้อำนวยการ ตามลำดับ

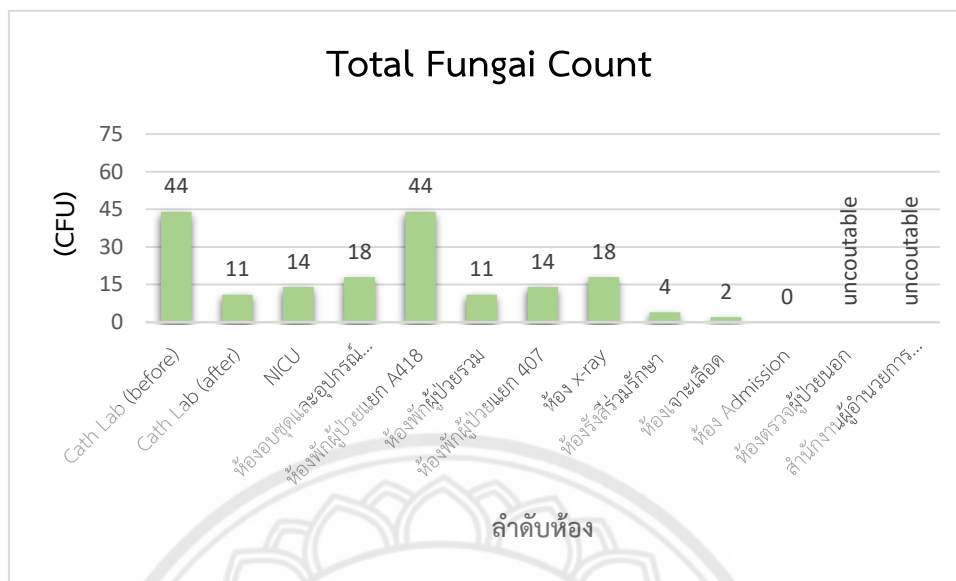


รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียที่นับได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

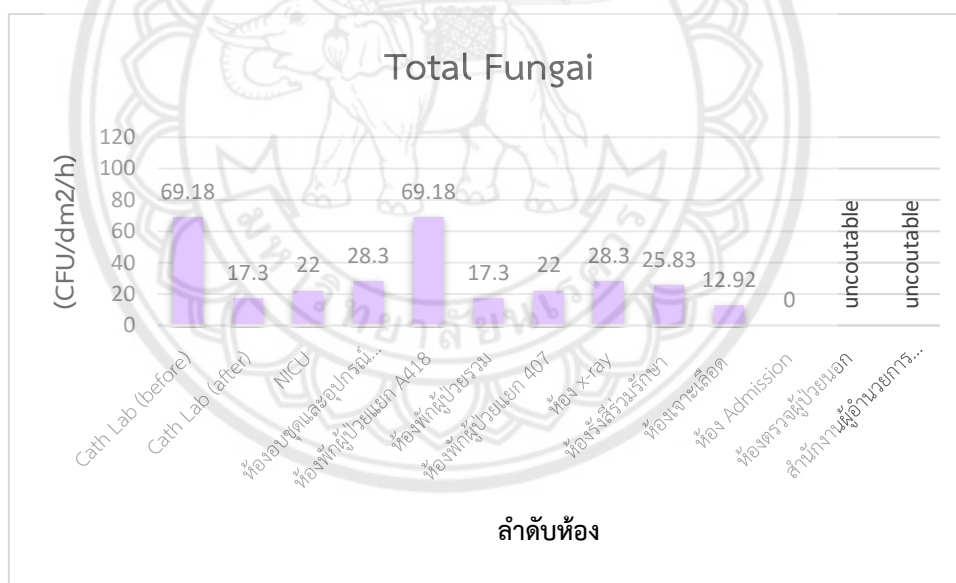


รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแบคทีเรียที่คำนวณได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อแบคทีเรียที่นับได้และคำนวณได้ พบว่า ห้องที่มีปริมาณเชื้อแบคทีเรียสูงที่สุด คือ ห้อง Admission ถัดลงมา คือ ห้องเจาะเลือด ห้องสวนหัวใจก่อนทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 ห้องตรวจผู้ป่วยนอกห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ห้อง X-Ray ห้องอภิบาลเด็กแรกเกิด ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องสวนหัวใจหลังทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องพักผู้ป่วยรวม และห้องสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล โดยห้องสำนักงานผู้อำนวยการตรวจไม่พบว่ามีปริมาณเชื้อแบคทีเรียอยู่



รูปที่ 5.6 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่นับได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง



รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่คำนวณได้ของห้องตัวอย่าง 12 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณเชื้อราที่นับได้และคำนวณได้ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มตรวจวัดเชื้อทั้ง 12 ห้อง พบว่า ห้องที่มีปริมาณเชื้อราสูงที่สุดมี 2 ห้อง คือ ห้องตรวจผู้ป่วยนอก และ สำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล ถัดลงมา คือ ห้องสวนหัวใจก่อนทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 ห้อง X-Ray ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องอภิบาลเด็กแรกเกิด ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ห้องสวนหัวใจหลังทำการล้างเครื่องปรับอากาศ ห้องพัก

ผู้ป่วยรวม ห้องเจาะเลือด และห้อง Admission ตามลำดับ โดยที่ห้อง Admission ตรวจไม่พบว่ามีเชื้อราอยู่

ซึ่งจากข้อมูลข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ปัญหาหลักของโรงพยาบาลที่พบจากการตรวจวัดเชื้อคือ ปัญหาของเชื้อรา โดยเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติมจากกราฟของปริมาณความชื้นภายในอาคารแล้ว ทำให้สรุปได้ว่า ปัญหาเชื้อราภายในอาคาร มีความชื้นภายในอาคารในปริมาณที่สูงและอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา

แนวทางการแก้ไขปัญหาเชื้อรา จึงควรทำการลดปริมาณความชื้นภายในอาคาร โดยการล้างเครื่องปรับอากาศ หรือปรับปรุงระบบปรับอากาศให้เป็นแบบ Reheat ซึ่งสามารถควบคุมระดับความชื้นในอากาศได้ นอกจากนี้ยังสามารถลดปัจจัยการเกิดเชื้อรา ทำได้โดยการปรับปรุงตัวอาคารให้มีความพร้อมใช้งานอยู่เสมอ โดยการรีโนเวทพื้นที่ใช้งานให้วัสดุก่อสร้างไม่เกิดการสึกหลอจนเป็นเหตุปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

ในการเดินสำรวจพื้นที่อาคารโรงพยาบาลนเรศวรทั้งสองอาคาร มีการตรวจพบน้ำในชั้นใต้ดินของอาคารสิรินธรที่ส่งผลให้เกิดความชื้นภายในอาคาร อันเป็นปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ จำเป็นต้องได้รับการแก้ไขโดยการระบายน้ำออก ปัญหาความหนาแน่นของจำนวนผู้เข้าใช้งานพื้นที่อาคารบริเวณแผนก OPD และส่วนพักคอย ปัญหาจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทแขวน ทำให้ยากต่อการบำรุงรักษา รวมถึงปัญหาการกันแบ่งห้องเพิ่มเติมจากแบบอาคารดั้งเดิม ซึ่งเป็นผลให้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคารโรงพยาบาลถูกใช้งานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ

แนวทางในการแก้ไขปัญหาคือการสำรวจพบ ในส่วนของความหนาแน่นของจำนวนผู้ใช้งานที่มากเกินไป มีการแนะนำให้ทำการกระจายจะนวนผู้เข้าใช้บริการโดยการเพิ่ม หรือขยายพื้นที่ในส่วนพักคอย และจำกัดจำนวนผู้ให้บริการในแผนก OPD และปัญหาจากการติดตั้งเครื่องปรับอากาศประเภทแขวนสามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนไปใช้เครื่องปรับอากาศประเภทอื่นที่ง่ายต่อการบำรุงรักษา และไม่ส่งผลกระทบต่อผู้เข้าใช้บริการอาคาร

จากข้อมูลพื้นที่ที่ทำการสุ่มตรวจร่วมกับวิเคราะห์แบบอาคาร ทำให้สามารถสรุปได้ว่า อาคารโรงพยาบาลนเรศวรทั้งสองอาคารกำลังประสบปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งปัจจัยในการเกิดปัญหานี้ประกอบด้วยกันหลายส่วน ไม่ว่าจะเป็นค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศที่มีค่าสูงซึ่งเหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ปัญหาการกันแบ่งห้องเพิ่มเติมหรือใช้งานห้องผิดจากแบบอาคารดั้งเดิม การเลือกใช้ประเภทเครื่องปรับอากาศที่ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของเชื้อ

จุลชีพ โดยปัญหาทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนครสวรรค์

ตารางที่ 5.2 ปัญหาที่ตรวจพบและแนวทางในการแก้ไขปัญหาภายในอาคารโรงพยาบาลนครสวรรค์

บริเวณ	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
ชั้นใต้ดิน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- น้ำท่วมขัง</li> <li>- เศษวัสดุก่อสร้าง</li> <li>- ท่อลมของเครื่องปรับอากาศถูกวางทิ้งไว้</li> <li>- AHU ถูกเปิดทิ้งไว้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ปั๊มในการระบายน้ำออก</li> <li>- กำจัดเศษวัสดุออกจากพื้นที่ชั้นใต้ดิน</li> <li>- จัดเก็บท่อลมและ AHU ให้เรียบร้อย</li> </ul>
เครื่องปรับอากาศประเภทแขวน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เกิดเกิดฟุ้งกระจายของเชื้อจุลชีพ ขณะทำการบำรุงรักษา</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เปลี่ยนประเภทเครื่องปรับอากาศ</li> </ul>
ห้องน้ำ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อากาศเสียจากห้องน้ำถูกหมุนเวียนกลับเข้าระบบปรับอากาศ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ติดตั้งพัดลมในการดูดอากาศเสียจากห้องน้ำโดยเฉพาะ</li> </ul>
ห้อง X-ray ห้องรังสีร่วมรักษา ห้องผู้ป่วยนอก ห้องเจาะเลือด	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจพบปริมาณเชื้อราจำนวนมาก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดความชื้นในอากาศ</li> <li>- รีโนเวทพื้นที่ เพื่อลดปัจจัยที่ส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา</li> </ul>
ห้องจ้องห้องพัก ห้องตรวจผู้ป่วยนอก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจพบปริมาณเชื้อราจำนวนมาก</li> <li>- ความชื้นสูง</li> <li>- จำนวนผู้ใช้งานมาก</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดความชื้นในอากาศภายในห้อง</li> <li>- กระจายจำนวนผู้ใช้งานไปสู่บริเวณใกล้เคียง เพื่อลดความแออัด</li> </ul>
ห้องสำนักงานผู้อำนวยการ โรงพยาบาล	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจพบปริมาณเชื้อราจำนวนมาก</li> <li>- ความชื้นสูง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลดความชื้นในอากาศ</li> <li>- รีโนเวทพื้นที่ เพื่อลดปัจจัยที่ส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา</li> </ul>

จากตารางที่ 5.2 เป็นการเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวร ในส่วนของปัญหาที่มาจากการสำรวจภายในโรงพยาบาล จากแบบอาคารโรงพยาบาล และจากการตรวจวัด ซึ่งเสนอแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศโดยมีทฤษฎีและงานที่เกี่ยวข้องในการอ้างอิง

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาข้อมูลและจัดทำโครงการในครั้งนี้ ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะ คือ เนื่องจากมีระยะเวลาในการตรวจเช็คน้อย ทำให้ห้องที่ทำการสุ่มตรวจมีจำนวนค่อนข้างน้อย และทำการรีเซ็ตปริมาณที่ตรวจวัดได้เพียง 1 ห้อง ทางผู้จัดทำจึงแนะนำให้เพิ่มระยะเวลาในการจัดทำโครงการ เพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้มากและละเอียดมากยิ่งขึ้น





## บรรณานุกรม

- 1) รศ.แมนัสรวง วุฒิอุดมเลิศ. (16 กันยายน 2555). เชื้อที่มากับมลพิษในอาคาร: รา. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562, จาก <https://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/index.php>
- 2) นฤมล ตปนียะกุล และวาสนา คงสุข. (24 กรกฎาคม 2558). Staphylococcus aureus. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562, จาก [http://rlhc.anamai.moph.go.th/index.php?option=com\\_content&view=featured&Itemid=101](http://rlhc.anamai.moph.go.th/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=101)
- 3) Center of Emerging and Re-emerging Infectious Diseases in Animals. โรคคริปโตคอกโคสิส (Cryptococcosis) สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562, จาก <http://www.eidas.vet.chula.ac.th/node/399>
- 4) Frank Caul and Michael Dawkins. (29 กันยายน 2559). Indoor Air Quality (IAQ). สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562, จาก <http://www.energycork.ie>
- 5) รองศาสตราจารย์ดร.สุทิน อยู่สุข. การระบายอากาศแบบทั่วไป. สุขศาสตร์อุตสาหกรรม: การควบคุม. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2562, จาก [http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-2\(1\).pdf](http://www.safety-stou.com/UserFiles/File/54114-2(1).pdf)
- 6) นุชจรี นะรินยา, ขนิษฐกุล คุณเมือง และพรพรรณ สกุลคุ. (2560). การประเมินการปนเปื้อนปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 10(1), 11-18.
- 7) รัชนี อัมพรอร่ามเวชย์. (2560). คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม Air Quality in Dental Clinic. J DENT ASSOC THAI, 67(1), 1-18
- 8) ภักพงศ์ พจนารถ. (2559) สถานการณ์ของปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นในเมืองใหญ่ของประเทศไทย: กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร เชียงใหม่และระยอง. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม, 12(1), 114-132
- 9) ปรียะดา โชควิณญ, ชไมพร เป็นสุข และวันทนา ปวีณกิตติพร. การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย. วารสารอนามัยสิ่งแวดล้อม., 50-66

- 10) ณัฏจารีกร สวัสดิ์มงคลกุล และชุมพร มูรพันธุ์. (2558). การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคาร สาธารณะ (Perception of Interior Air Quality in Public Buildings). Veridian E-Journal, Silpakorn University (ฉบับภาษาไทย), 8(2) ,. 1583-1594
- 11) เชิดศิริ นิลผาย. (2558). การเจ็บป่วยจากอาคารกับคนทำงานในสำนักงาน. ก้าวทันโลก วิทยาศาสตร์, 15(1) ,. 13-23
- 12) ปาริณี ศรีสุวรรณ. (2554). คุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีการรั่วซึมของอากาศสูงเมื่อมีการใช้ระบบเติมอากาศภายนอก. สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- 13) กติกา สระมณีอินทร์ และคณะ. (2559). นวัตกรรมอาคาร. การสำรวจชนิดและปริมาณเชื้อราที่แขวนลอยในอากาศ อาคารวิจัย คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 10. (หน้า 438-445)
- 14) จุติพร พนมบัวเลิศ และคณะ. (2559). การวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 15(1) ,. 173-181
- 15) เชิดศิริ นิลผาย และคณะ. (2560). การศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารที่มีผลต่อโรค การเจ็บป่วยจากอาคารของผู้ปฏิบัติงานถ่ายเอกสาร. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 9(3 กันยายน 2560) ,.106-120
- 16) สุธีพรรณ สุปรรณสมบุรณ์. (2560). การสำรวจคุณภาพสภาพแวดล้อมภายในห้องเรียน กรณีศึกษา: ห้อง 1712 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. วารสารสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างวิจัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 16(2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2560),. 77-93.
- 17) อลงกรณ์ ชนอนันตรักษ์. การศึกษาการปรับปรุงระบบเติมอากาศอาคารสำนักงาน : กรณีศึกษา อาคารสำนักงานธนาคารธนชาติ (เดอะไนน์). สาขาการจัดการทางวิศวกรรม มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ,.1091-1100.
- 18) วิชชุดา สัจันทา และคณะ. คุณภาพอากาศทางด้านจุลชีววิทยาภายในโรงอาหารที่มีการระบายอากาศโดยวิธีกลและวิธีธรรมชาติ กรณีศึกษา หน่วยงานรัฐวิสาหกิจแห่งหนึ่ง. การประชุมวิชาการ เสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 8. (หน้า 2259-2268).

- 19) ศิริรัตน์ เรืองเกศา และคณะ. (2560). การประเมินประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในโรงพยาบาล ด้วยการตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, 22(2),. 74-91.
- 20) วรกมล บุญโยธิน และ อีรยุทธ เหลืองศรีสกุล. (2561). ระบบระบายอากาศสำหรับควบคุมคุณภาพอากาศในโรงพยาบาล. เวชสารแพทย์ทหารบก, 71(1),. 51-61.
- 21) Sandra Cabo Verde et al. Microbiological assessment of indoor air quality at different hospital sites. Research in Microbiology, 166 (September 2015),. 557-563
- 22) Chien-Cheng Jung, Pei-Chih Wu, Chao-Heng Tseng, Huey-Jen Su. Indoor air quality varies with ventilation types and working areas in hospitals. Building and Environment, 85 (2015),. 190-195.
- 23) Yuexia Sun, Rongsai Cheng, Jing Hou, Yangrui Song, Shugang Luo. Investigation on Indoor Air Quality in Tianjin Residential Buildings. Procedia Engineering, 205 (2017),. 3811–3815.
- 24) Qi Zhou et al. Field-Measurement of CO<sub>2</sub> Level in General Hospital Wards in Nanjing. Procedia Engineering, 121 (2015),. 52 – 58.
- 25) Estelle Baurès. (2018). Indoor air quality in two French hospitals: Measurement of chemical and microbiological contaminants.
- 26) Mahmoud F. El-Sharkawy, Mohamed E. H. Noweir. (2014). Indoor air quality levels in a University Hospital in the Eastern Province of Saudi Arabia. Journal of Family and Community Medicine, 21(1),. 39-47.
- 27) Ehsan S. Mousavi, Kevin R. Grosskop. Directional Airflow and Ventilation in Hospitals: A Case Study of Secondary Airborne Infection. Energy Procedia, 78 (2015),. 1201 – 1206
- 28) C.O. Ayodele et al. Investigation on the ambient air quality in a hospital environment. Cogent Environmental Science, (2016), 2: 1215281.
- 29) A. Tungjai et al. Indoor Air Quality Evaluation of Isolation Room for Hospital in Thailand. Energy Procedia, 138(2017),. 858-863.

- 30) M. Ramaswamy et al. IAQ in Hospitals – Better Health through Indoor Air Quality Awareness. Proceedings of the Tenth International Conference Enhanced Building Operations, 2010.
  - 31) K. Nordstriim et al. Subjective Indoor Air Quality in Geriatric Hospitals. Department of Occupational and Environmental Medicine, University Hospital, Uppsala University, Uppsala, Sweden.
  - 32) Monika Śmiełowska et al. Indoor air quality in public utility environments - a review. *Environ Sci Pollut Res*, 24(2017),. 11166–11176.
  - 33) Paul T. J. Scheepers et al. Chemical Characterization of the Indoor Air Quality of a University Hospital: Penetration of Outdoor Air Pollutants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*.
  - 34) Silvia Vilceková et al. (2017). Investigation of Indoor Air Quality in Houses of Macedonia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(1)
  - 35) Ying-Yi Chen et al. Indoor Air Quality in the Metro System in North Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2016, 13, 1200; doi:10.3390/ijerph13121200
- 



### สมการคำนวณปริมาณเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย (CFU/dm<sup>2</sup>/h)

$$\text{Colony} \times 0.10764 \times 60 \quad (\text{ก.1})$$

โดยที่

Colony = จำนวนจุดเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียที่นับได้ในจานวางเชื้อ (CFU)

0.10764 = ค่าคงที่

60 = ค่าคงที่





ภาคผนวก ข

รูปภาพที่เกี่ยวข้อง

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ ข.1 ลักษณะห้องผู้ป่วยนอก OPD



รูปที่ ข.2 ผู้ป่วยนอก OPD จุด1 (หน้าห้องตรวจ 4-6)

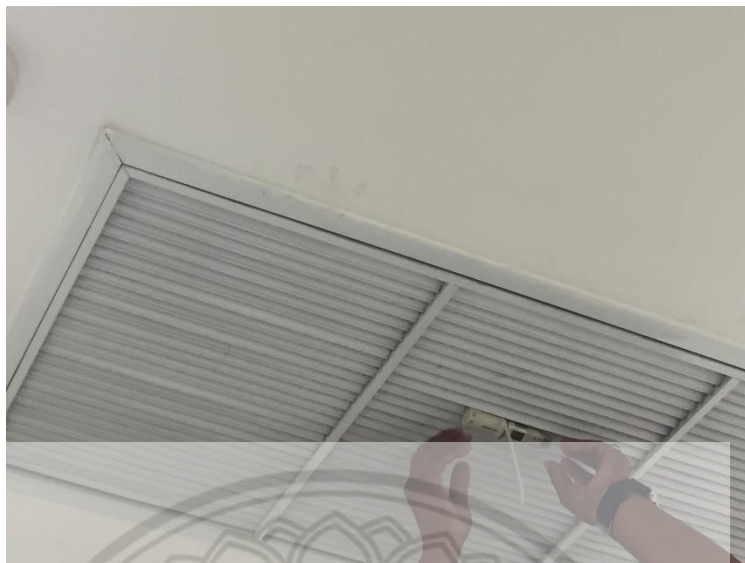




รูปที่ ข.3 ผู้ป่วยนอก OPD จุด2 (หน้าห้องตรวจ 9-12)



รูปที่ ข.4 ระหว่างการวางงานอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อทำการตรวจวัด



รูปที่ ข.5 ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์วัดอุณหภูมิ ณ ห้อง ICU



รูปที่ ข.6 ลักษณะการวางอุปกรณ์ตรวจวัด ณ ห้องอุบซุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์