การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

Improve indoor air quality in Naresuan University Hospital

นายพงศกร	พรมมี	รหัสนิสิต	59363410
นายเมธัส	ใหญ่ศิริ	รหัสนิสิต	59364363
นายอภิสิทธิ์	เปี้ยฟ้า	รหัสนิสิต	59366404

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิตสาขาวิชา
วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2562

ใบรองรับปริญญานิพนธ์

หัวข้อโครงงาน	: การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ดำเนินโครงงาน	: นายพงศกร พรมมี รหัสนิสิต 59363410
	: นายเมธัส ใหญ่ศิริ รหัสนิสิต 59364363
	: นายอภิสิทธิ์ เปี้ยฟ้า รหัสนิสิต 59366404
ที่ปรึกษาโครงงาน	: ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์
สาขาวิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	: วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	: 2562

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรมเครื่องกล

.... ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์)

.... กรรมการ

(รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์)

.... กรรมการ

(ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์)

หัวข้อโครงงาน : การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายพงศกร พรมมี รหัสนิสิต 59363410

: นายเมธัส ใหญ่สิริ รหัสนิสิต 59364363

: นายอภิสิทธิ์ เปี้ยฟ้า รหัสนิสิต 59366404

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์

สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2562

บทคัดย่อ

โครงงานเล่มนี้เป็นการศึกษาและหาแนวทางการแก้ไขคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศอันส่งผลต่อการอยู่อาศัยของคนในพื้นที่ภายในอาคารและแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคารและเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศที่ได้จากการศึกษาข้อมูลและจากการตรวจวัดค่าทางอากาศต่าง ๆ โดยโครงงานนี้ได้อ้างอิงทฤษฎี บทความวิจัย และข้อมูลที่ได้จากจากการตรวจวัดค่าทางอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อที่จะได้รวบรวมและแนะนำแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรที่กำลังประสบอยู่ โดยปัญหาคุณภาพอากาศหลักที่อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรกำลังประสบอยู่คือปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ปัญหาความชื้นภายในอาคารสูง ซึ่งปัญหาเหล่านี้เป็นตัวการทำให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อราต่าง ๆ ภายในอาคาร ซึ่งจะส่งผลกระทบในด้านการอยู่อาศัย และสุขภาพของผู้เข้ามาใช้บริการ ซึ่งในปัจจุบันจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างมากสำหรับผลกระทบของคุณภาพอากาศต่อร่างกายของคน ทั้งนี้ปัญหาที่เกิดขึ้นต่าง ๆ ภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรจะมีแนวทางการแก้ไขรองรับในทุกปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อทำให้คุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรได้คุณภาพตามมาตรฐานที่ได้มีการกำหนดไว้ในข้อกำหนดต่าง ๆ ที่จะส่งผลดีต่อที่อยู่อาศัยภายในอาคารโรงพยาบาลของผู้คนที่เข้ามาใช้บริการ

Project title	: Improve indoor air quality in Naresuan University Hospital
Name	: Mr. Phongsakorn Prommee ID. 59363410
	: Mr. Metas Yaisiri ID. 59364363
	: Mr. Aphisit Piafa ID. 59366404
Project advisor	: Asst. Prof. Dr. Ninnart Rachapradit
Department	: Mechanical Engineering
Academic year	: 2562

....

Abstract

This project is a study and find solutions for air quality within the Naresuan University Hospital building. This is intended to study the air quality problem affecting the living of people in the building areas and solutions. And to analyses the problems in the building and offer solutions to the air quality possible by the study of information and air measurements. This project has a theoretical reference. Research articles and information from internal air measurements Naresuan University Hospital. In order to gather and introduce a solution, the air quality has occurred inside the hospital of Naresuan University. The main air quality problem is not enough ventilation problem. High carbon dioxide Volume Indoor humidity Issues. These issues are the cause of the growth of fungi within the building. Impact on the habitat and health of the service. Nowadays, it must be very important for the impact of the air quality per person's body. The various problems within the hospital building, Naresuan University will have a guideline for editing in every problem. To ensure the air quality within the hospital building, Naresuan University has the highest quality standards defined in various specifications. To be able to benefit the living within the hospital building of the people who come to the service.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานเรื่อง “การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร”ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลกรหลายท่าน ซึ่งผู้มีพระคุณท่านแรกใครขอขอบพระคุณคือท่าน ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำการตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอนเพื่อให้การเขียนโครงงานการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรนี้ออกมาสมบูรณ์มากที่สุด

ขอขอบพระคุณกรรมการสอบทั้งสองท่านได้แก่ รศ.ดร.ปิยะนันท์ เจริญสวรรค์ และ ดร.ปองพันธ์ โอทกานนท์ ที่ได้ให้ความรู้คำแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของรูปเล่มโครงงาน

ขอขอบพระคุณหน่วยงานของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำสถานที่ และให้ประสบการณ์ในการทำงานร่วมกับบุคคลอื่นได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลที่ได้ให้โอกาสในการศึกษา หาความรู้และการใช้เครื่องมือต่าง ๆ มาประยุกต์ใช้กับโครงงานด้วยความเอาใจใส่ทุกขั้นตอน

สุดท้ายนี้ผู้ศึกษาขอขอบคุณบิดามารดาและครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้ศึกษาที่ดีเสมอมา ความดีอันเกิดจากการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ ผู้ศึกษาขอมอบเป็นความกตัญญูกตเวทีแด่บิดา มารดา ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยผลักดันและเป็นกำลังใจ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นายพงศกร พรมมี

นายเมธัส ใหญ่สิริ

นายอภิสิทธิ์ เปี้ยฟ้า

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1) ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2) วัตถุประสงค์โครงงาน	2
1.3) ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4) ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1) แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart)	3
2.2) ความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort)	18
2.3) คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor air quality)	23
2.4) ปัญหาและแนวทางแก้ไขคุณภาพอากาศภายในอาคาร	26
2.5) การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ	31
2.6) มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศ	34
2.7) วรรณกรรมปริทัศน์	43
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน	47
3.1) สถานที่จัดทำโครงงาน	47
3.2) อุปกรณ์ในการดำเนินงาน	48
3.3) ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	50

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4) ระยะเวลาการดำเนินโครงงาน 52

3.5) งบประมาณที่ใช้ 52

บทที่ 4 ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล 53

4.1) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 53

4.2) วิเคราะห์การระบายอากาศและแนวทางแก้ไขปัญหาของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 63

4.3) วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขการระบายอากาศเนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง 73

4.4) วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศที่มีความชื้นสูง 84

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา 92

สรุปผลการศึกษา 92

บรรณานุกรม 94

ภาคผนวก ก รายการคำนวณ 97

ภาคผนวก ข รูปภาพที่เกี่ยวข้อง 111

ภาคผนวก ค ตารางข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 114

ภาคผนวก ง คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล “การปรับอากาศ” 127

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 148

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนภาพ T-s diagram ของไอน้ำ 6

รูปที่ 2.2 แสดงเส้นอิ่มตัวไอน้ำในอากาศเมื่อเริ่มกลั่นตัวเป็นน้ำ 7

รูปที่ 2.3 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) 11

รูปที่ 2.4 เส้นบอกตัวแปรต่าง ๆ ของอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก 12

รูปที่ 2.5 กระบวนการปรับอากาศต่าง ๆ บนแผนภูมิไซโครเมตริก 13

รูปที่ 2.6 เส้นกระบวนการของ RSHF ที่สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริก 15

รูปที่ 2.7 เส้นกระบวนการของ GSHF ที่สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริก 16

รูปที่ 2.8 แสดงการกำหนดจุด adp ma sa 17

รูปที่ 2.9 ระดับความสุขสบายเชิงความร้อน 18

รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตความสบายเชิงความร้อนของ ASHRAE 19

รูปที่ 2.11 แสดงค่าความชื้นที่เหมาะสมในการออกแบบการปรับอากาศ 20

รูปที่ 2.12 Metabolic Activity Level ของกิจกรรมต่าง ๆ 21

รูปที่ 2.13 ค่าความเป็นฉนวนความร้อนของการสวมใส่เสื้อผ้า 21

รูปที่ 2.14 จานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ 31

รูปที่ 2.15 เครื่องดูดอากาศ 31

รูปที่ 3.1 โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 47

รูปที่ 3.2 เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์ 48

รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น 49

รูปที่ 3.4 จานเพาะเชื้อ 49

รูปที่ 4.1 อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 53

รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 17 ห้อง 56

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 17ห้อง 57

รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของห้องตัวอย่าง 17ห้อง 58

รูปที่ 4.5 แบบท่อนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นของอาคารสิรินธร 67

รูปที่ 4.6 ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมในระบบดึงอากาศบริสุทธิ์ของอาคารสิรินธร 67

รูปที่ 4.7 แบบท่อนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นของ 68
อาคารเฉลิมพระเกียรติ

รูปที่ 4.8 ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมในระบบดึงอากาศบริสุทธิ์ 68
ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ

รูปที่ 4.9 ทางเข้าห้องผู้ป่วยนอก (OPD) 74

รูปที่ 4.10 ผู้เข้ามาใช้บริการห้อง OPD มีจำนวนมากทำให้มีการปล่อย 74
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง

รูปที่ 4.11 ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1 78

รูปที่ 4.12 ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2 80

รูปที่ 4.13 แผนผังระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) 83

รูปที่ 4.14 แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วยวิธีการ Precool 88

รูปที่ 4.15 แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วย Heater 88

รูปที่ 4.16 ออกแบบ Fresh Air Unit สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ 89

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของอากาศแห้ง 4

ตารางที่ 2.2 สมการต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของตัวแปร T_{ad} กับ Φ 10

ตารางที่ 2.3 สาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE 26

ตารางที่ 2.4 ปัญหาและวิธีการแก้ไขคุณภาพอากาศในสถานพยาบาล 28

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์คุณภาพอากาศภายในสถานพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE 170-2008 และ วสท. 3010 29

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อและการใช้เครื่องดูดอากาศ 32

ตารางที่ 2.7 ระดับการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล 33

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์ปริมาณอากาศเติมเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40 34

ตารางที่ 2.9 ประสิทธิภาพแผงกรองอากาศสำหรับสถานพยาบาล 35

ตารางที่ 2.10 ประเภทแผงกรองอากาศ 36

ตารางที่ 2.11 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์ 36

ตารางที่ 2.12 ความต้องการปริมาณอากาศเติมภายนอกสำหรับการระบายอากาศ ASHRAE Standard 62-1989 42

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาการดำเนินโครงงาน 52

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ประเมินการปนเปื้อนสำหรับการประเมินจำนวนจุลินทรีย์ 59

ตารางที่ 4.2 ระดับการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราของห้องต่าง ๆ 60

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล 61

ตารางที่ 4.4 ปัญหาและแนวทางแก้ไขการระบายอากาศโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 65

ตารางที่ 4.5 ปัญหาและแนวทางแก้ไขอัตราการระบายอากาศ 70

ตารางที่ 4.6 จำนวนพัดลมระบายอากาศของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร 71

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างอัตราการระบายอากาศของอาคารสิรินธร ชั้นที่ 1 จากรูปที่ 4.2 และ 4.3 72

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณปริมาณการระบายอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้นที่ 1 จากรูปที่ 4.4 และ 4.5 72

ตารางที่ 4.9 ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่บริเวณห้องผู้ป่วยนอก 75

ตารางที่ 4.10 ปัญหาจากการตรวจสอบ และแนวทางแก้ไขในส่วนห้องผู้ป่วยนอก (OPD) 76

ตารางที่ 4.11 รายการข้อมูลระบบปรับอากาศและระบายอากาศใหม่ สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD)แบบที่ 1 79

ตารางที่ 4.12 รายการข้อมูลระบบปรับอากาศและระบายอากาศใหม่ สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD)แบบที่ 2 81

ตารางที่ 4.13 ข้อดีและข้อเสียของระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1 (เครื่องส่งลมเย็นแบบต่อท่อลม) 81

ตารางที่ 4.14 ข้อดีและข้อเสียของระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2 (เครื่องส่งลมเย็นแบบสี่ทิศทาง) 81

ตารางที่ 4.15 ปัญหาและแนวทางแก้ไขคุณภาพอากาศสำหรับ คลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ 85

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลการออกแบบเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมสำหรับ คลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ 90

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลการออกแบบ Fresh Air Unit 91

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลการออกแบบขนาด Heater สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ 91

บทที่1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

คุณภาพของอากาศภายในอาคารมีผลต่อการดำเนินกิจวัตรประจำวันของผู้คน โดยผู้คนส่วนใหญ่มักจะเข้าใจว่า คุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีนั้นมีเพียงแค่ความสบายเชิงความร้อนเพียงอย่างเดียวก็พอแล้ว แต่ในความเป็นจริง คุณภาพอากาศที่ดีนั้นจะต้องมีเรื่องของความสะอาดของอากาศรวมอยู่ด้วย โดยสามารถกล่าวได้ว่า “คุณภาพอากาศที่ดี จะต้องไม่มีมลพิษในอากาศ ในปริมาณความเข้มข้นมากพอที่จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ การหายใจเป็นไปอย่างสะดวก คนในอาคารอย่างน้อย 80% ต้องไม่แสดงออกถึงความไม่พอใจในสภาพอากาศนั้น” [4] ซึ่งอาคารแต่ละรูปแบบจะมีเกณฑ์มาตรฐานของคุณภาพอากาศที่กำหนดโดยสถาบันต่างๆ เช่น ASHRAE STANDARD, มาตรฐาน วสท เป็นต้น

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรกำลังประสบกับปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร เนื่องจากอาคารมีอายุการใช้งานมานานพอสมควร และเป็นสถานที่ที่มีผู้คนเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ปัญหาคุณภาพอากาศที่เป็นอยู่ ณ ขณะนี้ คือ ปัญหาความชื้นในอากาศที่มีปริมาณสูงส่งผลเสียต่อผู้คนที่เข้ามาใช้บริการภายในอาคาร เพราะโรงพยาบาลต้องควบคุมคุณภาพอากาศให้ปลอดจากเชื้อโรค การที่อากาศภายในอาคารมีความชื้นสูง ทำให้เชื้อโรคเติบโตและแพร่กระจายในอากาศ ผู้คนในอาคารอาจเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคได้ และปัญหาการหมุนเวียนอากาศภายในอาคารที่ไม่เพียงพอ ทำให้การหายใจรู้สึกอึดอัด การเติมอากาศจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ โดยการปรับปรุงปัญหาเหล่านี้ ต้องเร่งแก้ไขโดยด่วน หากปล่อยไว้เป็นเวลานาน อาจส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาวได้

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล สามารถทำได้หลากหลายวิธี เช่น ปัญหาปริมาณความชื้นสูง สามารถแก้ไขเบื้องต้นด้วยการใส่อุปกรณ์ทำความร้อน (Heater) เข้าไปในเครื่องปรับอากาศ ซึ่งสามารถลดความชื้นก่อนเข้าสู่ห้องต่าง ๆ ได้ โดยอุณหภูมิห้องจะยังคงเดิม ทางด้านปัญหาการหมุนเวียนอากาศภายในอาคาร สามารถแก้ไขโดยการคำนวณหาปริมาณอากาศที่ต้องการเติมเข้าสู่บริเวณพื้นที่ที่ต้องการ โดยการหาแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร จำเป็นจะต้องศึกษารูปแบบของอาคาร จึงจะสามารถวิเคราะห์และดำเนินการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศเหล่านั้นได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

ศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศและหาแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 ศึกษารูปแบบของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.2 ศึกษาระบบปรับอากาศและการระบายอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.3 ศึกษาข้อมูลปัญหาคุณภาพอากาศจากการตรวจวัดภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.4 วิเคราะห์ปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.3.5 เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 แนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศและการระบายอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.2 สามารถนำไปประกอบวิชาชีพในสาขาวิศวกรรมการปรับอากาศและระบายอากาศในอนาคตได้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนของหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องนี้ จะเป็นการศึกษาทฤษฎีการปรับอากาศภายในอาคาร ซึ่งจะแบ่งออกเป็นหัวข้อหลักๆ ประกอบไปด้วย แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric chart), ความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort), คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality), ปัญหาและแนวทางแก้ไขคุณภาพอากาศภายในอาคาร, การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ และวรรณกรรมปริทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน โดยหัวข้อทั้งหมดนี้จะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ไขคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรต่อไป

2.1 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)[1]

อากาศเป็นสสารชนิดหนึ่งที่มีสถานะเป็นก๊าซ มีคุณสมบัติเป็นของผสมระหว่างอากาศแห้ง (Dry Air) กับ อากาศชื้น (Moist Air) ซึ่งการที่จะวิเคราะห์เกี่ยวกับสภาวะอากาศนั้น สามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก โดยแผนภูมิไซโครเมตริกจะบอกรายละเอียดคุณสมบัติของอากาศที่สภาวะต่าง ๆ ถ้าเราสามารถเข้าใจหลักการของแผนภูมิไซโครเมตริก เราก็จะเข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศได้เป็นอย่างดี และแผนภูมิไซโครเมตริก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศให้มีความเหมาะสมกับสภาวะอากาศที่ต้องการได้ แต่ก่อนที่เราจะไปทำความเข้าใจกับแผนภูมิไซโครเมตริก เราจะต้องทำความเข้าใจกับคุณสมบัติของอากาศเสียก่อน

2.1.1) คุณสมบัติของอากาศชื้น (Properties of Moist Air)[2]

อากาศรอบ ๆ ตัวเราสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ อากาศที่มีไอน้ำผสมอยู่ เรียกว่า อากาศชื้น ส่วนอากาศที่ไม่มีไอน้ำผสมอยู่เลย เรียกว่า อากาศแห้ง ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว คุณสมบัติทางความร้อนของอากาศชื้นจะสามารถแสดงโดยแผนภูมิไซโครเมตริก

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของอากาศแห้ง[2]

ส่วนประกอบ	% โดยปริมาตร
ไนโตรเจน	78.08
ออกซิเจน	20.95
อาร์กอน	0.93
คาร์บอนไดออกไซด์	0.03
ก๊าซอื่น ๆ	0.01

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่เกี่ยวข้องกับแผนภูมิไซโครเมตริกและการปรับอากาศมีดังนี้

1) กฎกิบบ์และดอลตัน (Gibbs-Dalton Law)

กฎกิบบ์และดอลตันอธิบายไว้ว่า ความดันของก๊าซผสมย่อมเกิดจากความดันของก๊าซแต่ละชนิดรวมกัน ดังนั้นอากาศชื้น ซึ่งประกอบไปด้วยอากาศแห้งกับไอน้ำ สามารถแสดงความสัมพันธ์ของความดันย่อยได้ตามสมการ (2.1)

$$P_t = P_a + P_w \qquad (2.1)$$

โดยที่ P_t คือ ความดันอากาศชื้นหรือความดันรวม

P_a คือ ความดันอากาศแห้ง

P_w คือ ความดันอากาศชื้น

2) กฎก๊าซสมบูรณ์ (Perfect Gas Law)

กฎก๊าซสมบูรณ์เกิดจากความสัมพันธ์ของความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ ดังสมการ (2.2) ซึ่งสมการดังกล่าวจะใช้ได้ ก็ต่อเมื่อเราตั้งสมมติฐานว่าสารนั้นเป็นก๊าซในอุดมคติ ถึงแม้ไอน้ำจะไม่ใช่ก๊าซ แต่เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้ เราจึงสมมติให้ไอน้ำเป็นก๊าซในอุดมคติ โดยผลความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในช่วงอุณหภูมิที่ไม่สูงมากนั้นยังสามารถยอมรับได้

$$pV = nR_uT = \frac{m}{MW}RT \qquad (2.2)$$

โดยที่ p คือ ความดัน (kPa)

V คือ ปริมาตร, m^3

n คือ จำนวนโมล, mole

R_u คือ ค่าคงที่สากบของก๊าซ, 8.134 KJ / (kg·mol·K)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์, K

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ, kJ / (kg·mol·K)

MW คือ มวลโมเลกุล

เมื่อพิจารณากฎก๊าซสมบูรณ์กับอากาศชื้น จะได้สมการดังนี้

อากาศแห้ง : $p_a V = n_a RT$ (2.3)

ไอน้ำ : $p_w V = n_w RT$ (2.4)

อากาศชื้น : $p_t = n_t RT$ (2.5)

หรือ $(p_a + p_w)V = (n_a + n_w)RT$ (2.6)

นำสมการที่ (2.4) กับ (2.6) มาเป็นอัตราส่วนกันแล้วจัดรูปสมการ จะได้อัตราส่วนระหว่างโมลไอน้ำต่อโมลอากาศชื้น หรือเรียกว่า อัตราส่วนโดยโมล ของน้ำ (Mole Fraction, x) ดังสมการ

$$\frac{P_w V}{(P_a + P_w)V} = \frac{n_w RT}{(n_a + n_w)RT}$$

$$x_w = \frac{n_w}{(n_a + n_w)} = \frac{p_w}{(p_a + p_w)}$$

ดังนั้น $$x = \frac{n_w}{n_t} = \frac{p_w}{p_t} \quad (2.7)$$

3) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง(Dry Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry-Blub Temperature : T_{ad}) เป็นอุณหภูมิของอากาศที่ได้จากการวัดโดยเทอร์โมมิเตอร์แบบปกติที่ไม่มีความชื้น หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า อุณหภูมิอากาศแห้ง

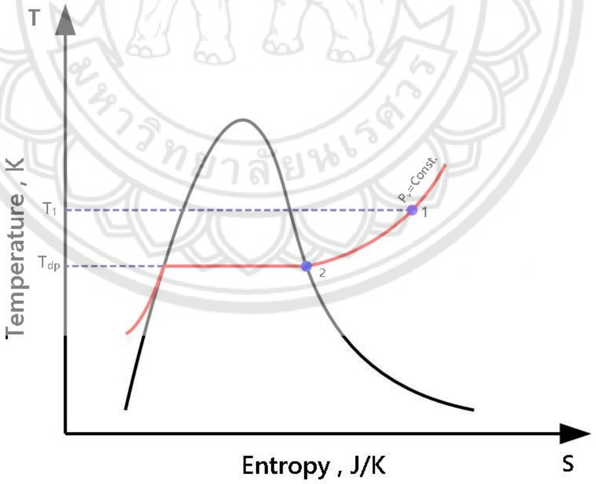
4) ความดันไออิ่มตัวของน้ำ (Saturation Pressure of Water Vapor)

ในสภาวะที่น้ำเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอได้ทั้งหมดพอดี เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว ซึ่งจะเกิด ณ ความดันกับอุณหภูมิหนึ่ง ไอน้ำอิ่มตัวจะถูกอธิบายได้โดยแผนภาพ T-s diagram ของไอน้ำและสามารถหาความดันกับอุณหภูมิได้จากตารางทางเทอร์โมไดนามิกส์ ดังรูปที่ 2.1

5) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง(Dew-Point Temperature)

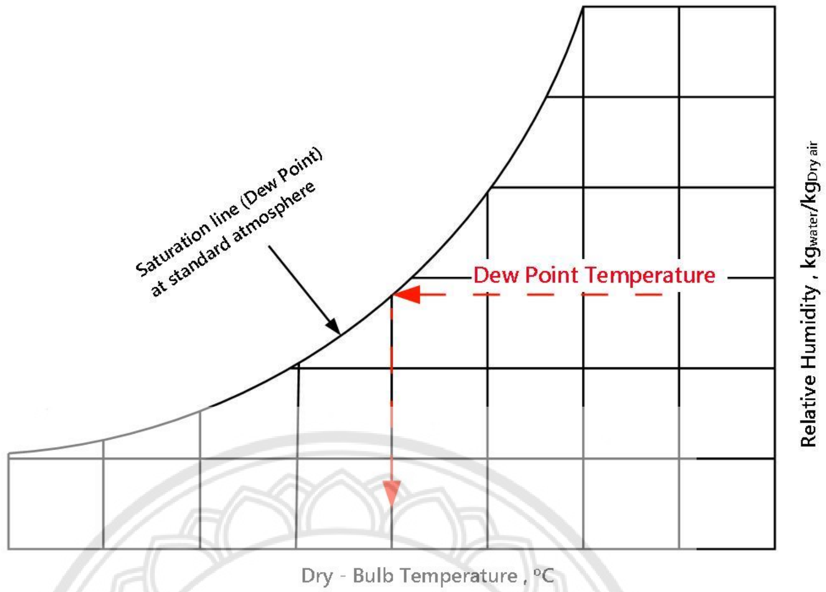
เป็นอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความดันไอน้ำในอากาศอิ่มตัว เรียกว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew-Point Temperature : T_{ad}) ในสภาวะที่ปริมาตรของไอน้ำมีค่าน้อยลง เนื่องจากความดันอากาศเพิ่มขึ้นหรือมีอุณหภูมิลดลงขณะที่ไอน้ำยังคงที่ ไอน้ำที่เกินจากปริมาตรดังกล่าวจึงมีสถานะเป็นของเหลว ซึ่งหากมีวัตถุใดก็ตาม ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ ไอน้ำในอากาศก็จะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ เช่น วางแก้วน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำ ๆ ไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิสูงกว่า จะเกิดหยดน้ำมาเกาะที่บริเวณผิวของแก้วน้ำ ทั้งนี้ เป็นเพราะอุณหภูมิที่ผิวของแก้วน้ำ มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ

เพื่อที่จะให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้น เราสามารถจินตนาการได้ว่า อากาศเป็นกล่องที่บรรจุไอน้ำเอาไว้ เมื่ออากาศมีความดันมากขึ้น ขนาดของกล่องก็จะเล็กลง แต่ว่าไอน้ำในกล่องไม่ลดลง เมื่อถึงจุดนึง ไอน้ำก็จะออกมาจากกล่อง และกลายเป็นหยดน้ำนั้นเอง



รูปที่ 2.1 แผนภาพ T-s diagram ของไอน้ำ

นอกจากแผนภาพ T-s diagram ของไอน้ำแล้ว แผนภาพไซโครเมตริกก็สามารถใช้หาอุณหภูมิจุดน้ำค้างได้เช่นกัน หากสมมุติว่าความดันบรรยากาศคงที่ 101.325 kPa และไอน้ำไม่ได้เพิ่มหรือลด ความดันย่อยไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว T_{ad} จะไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะสามารถสร้างเส้นอิ่มตัวของไอน้ำในอากาศที่เริ่มต้นกลั่นตัวเป็นน้ำ (Saturation line) แสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงเส้นอิ่มตัวไอน้ำในอากาศเมื่อเริ่มกลั่นตัวเป็นน้ำ

6) อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio)

อัตราส่วนความชื้น คือค่าอัตราส่วนระหว่างมวลไอน้ำต่อมวลอากาศแห้ง ซึ่งค่าที่ได้เสมือนเป็นค่าจำเพาะต่อมวลอากาศ จึงถูกเรียกว่า ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) หรือ ค่าความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humility) ดังสมการ (2.8)

$$\omega = \frac{m_w}{m_a} \tag{2.8}$$

โดยที่ ω คือ อัตราส่วนความชื้นหรือความชื้นสมบูรณ์

m_w คือ มวลของไอน้ำ, kg

m_a คือ มวลของอากาศแห้ง, kg

จากสมการ (2.8) ถ้าสมมติว่าไอน้ำเป็นก๊าซในอุดมคติแล้ว จากกฎของก๊าซอุดมคติ ในสมการ (2.2) จะสามารถนำมาเปลี่ยนรูปสมการอัตราส่วนความชื้นให้อยู่ในรูปของตัวแปรความดันได้ ดังสมการที่ (2.9)

$$\omega = \frac{m_w}{m_a} = \frac{p_w V MW_w / RT}{p_a V MW / RT} = \frac{p_w MW_w}{(p_t - p_w) MW_a} \tag{2.9}$$

เมื่อแทนค่ามวลโมเลกุลของไอน้ำ $MW_w = 18.015$ และอากาศแห้ง $MW_a = 28.965$ จะได้

$$\omega = 0.622\left(\frac{p_w}{p_a}\right) = 0.622\left(\frac{p_w}{p_t - p_w}\right) \quad (2.10)$$

7) ความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity)

เมื่อพิจารณาอากาศที่อุณหภูมิจุดหนึ่งแล้ว สัดส่วนระหว่างอัตราส่วนโดยโมลของไอน้ำในอากาศกับไอน้ำอิ่มตัวจะถูกเรียกว่า ความชื้นสัมพันธ์ (Relative Humidity: Φ) ในสมการ (2.11) จะบอกถึงร้อยละปริมาณไอน้ำที่มีอยู่อากาศต่อปริมาณไอน้ำที่อากาศสามารถบรรจุได้ทั้งหมด ณ อุณหภูมินั้น ๆ

$$\Phi = \frac{m_w}{m_{ws}} \quad (2.11)$$

นำสมการที่ (2.7) มาแทนลงในสมการ (2.11) จะได้

$$\Phi = \frac{p_w / p_t}{p_{ws} / p_t}$$

ดังนั้น

$$\Phi = \frac{m_w}{m_{ws}} = \frac{p_w}{p_{ws}} \quad (2.12)$$

8) อุณหภูมิกระเปาะเปียกทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic Wet-Bulb Temperature)

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-Bulb Temperature : T_{wb}) เป็นอุณภูมิที่วัดได้จากเครื่องมืออย่างเช่น เทอร์โมมิเตอร์ที่หุ้มด้วยผ้าชุบน้ำ หรือระบบที่สเปรย์น้ำผ่านอากาศโดยวัดผลต่างของอุณหภูมิอากาศก่อนและหลัง เป็นต้น อุณหภูมิกระเปาะเปียกจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิกระเปาะแห้งกับความชื้นในอากาศ โดยจะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะแห้ง ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศยังไม่ถึง 100% อากาศจะยังสามารถรับไอน้ำอีกได้ น้ำจะระเหยออกไปสู่อากาศ ดังนั้นอุณหภูมิที่วัดได้จากเครื่องมือจะน้อยกว่าอุณหภูมิของอากาศแห้ง เนื่องจากมีการดึงเอาความร้อนไปใช้ในการระเหยของน้ำ แต่หากในอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ 100% อุณหภูมิทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน

9) เอนทัลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy)

ในทางวิศวกรรม การใช้ปริมาณที่เป็นอัตราส่วนของมวลจะช่วยให้การคำนวณสะดวกขึ้น ดังนั้น จึงมีการนำมาใช้ในหลาย ๆ ตัวแปร เช่น เอนทัลปีจำเพาะ เอนโทรปีจำเพาะ ปริมาตรจำเพาะ เป็นต้น โดยหน่วยที่ได้จะเป็นหน่วยของปริมาณนั้น ๆ ต่อหน่วยมวล (kg)

เนื่องจากอากาศชื้นที่เราพิจารณาประกอบไปด้วย อากาศและไอน้ำ ดังนั้นค่าเอนทัลปีจำเพาะจึงมาจากสองส่วนนี้ด้วยเช่นกัน ดังสมการ (2.13)

$$h = c_p T_{ad} + \omega h_g \tag{2.13}$$

โดยที่ h คือ เอนทัลปีของอากาศชื้น, kJ/kg

c_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะ, $kJ/(kg \cdot K)$

h_g คือ เอนทัลปีของไอน้ำ, kJ/kg

10) ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume)

ปริมาตรจำเพาะ คือ อัตราส่วนของปริมาตรทั้งหมดต่อมวล ดังสมการ (2.14)

$$v = \frac{V}{m} \tag{2.14}$$

โดยที่ v คือ ปริมาตรจำเพาะ, m^3/kg

V คือ ปริมาตรทั้งหมด, m^3

การออกแบบระบบปรับอากาศจำเป็นจะต้องคำนวณหาเอนทัลปี ซึ่งมีอัตราส่วนความชื้นเป็นตัวแปรหนึ่ง ดังสมการ (2.13) ดังนั้น การจะหาอัตราส่วนความชื้นได้ จะต้องหาจากความดันไอน้ำ ซึ่งจะหาได้จากความชื้นสัมพัทธ์กับความดันไอน้ำอิ่มตัว ดังสมการ (2.12) และในการหาค่าความดันย่อย p_{ws} จากอุณหภูมิที่ต้องการหรืออุณหภูมิกระเปาะแห้งในช่วง 0 – 200 $^{\circ}C$ สามารถหาได้ดังสมการ (2.15) ซึ่งสมการนี้อธิบายโดย Hyland and Wexler 1983b

$$\ln(p_{ws}) = \frac{C_1}{T} + C_2 + C_3 T + C_4 T^2 + C_5 T^3 + C_6 \ln T \tag{2.15}$$

โดยที่ C_1 = -5.8002206E + 03

C_2 = 1.3914993E + 00

C_3 = -4.1764768E – 02

C_4 = 4.1764768E – 05

C_5 = -1.4452093E – 08

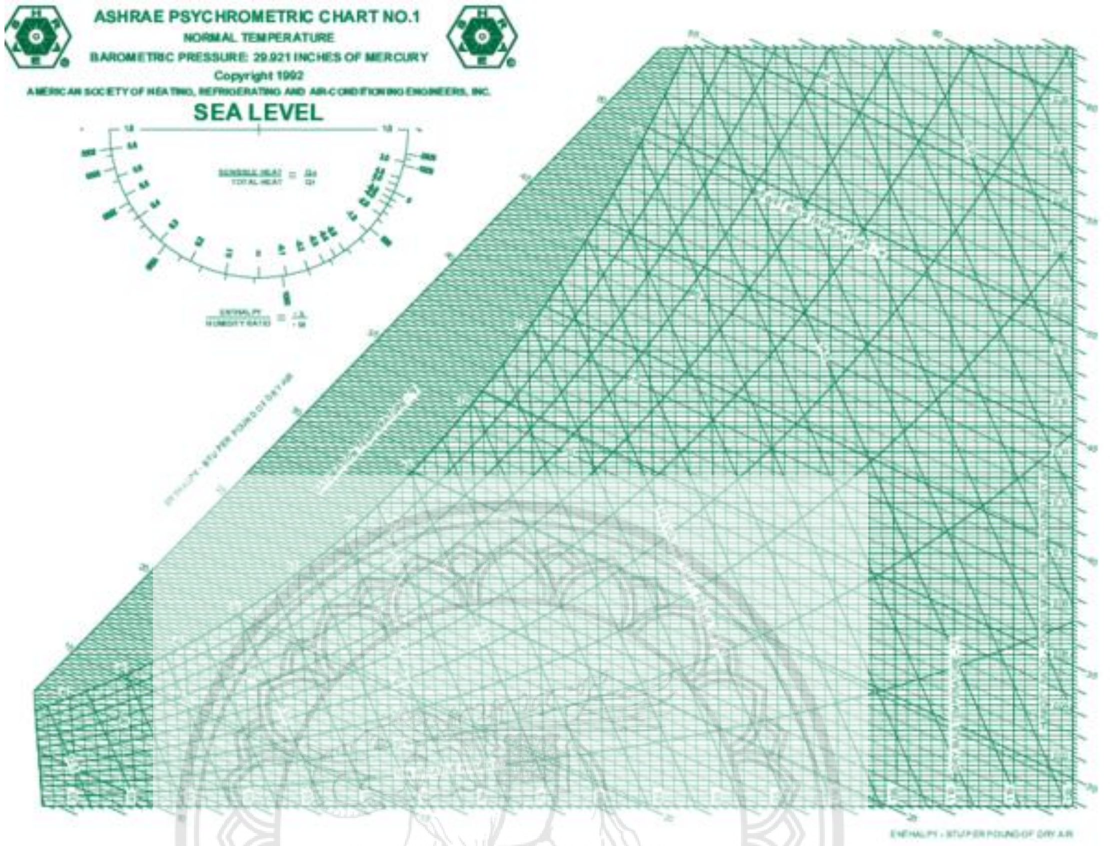
$$C_6 = 6.5459673E+00$$

จากสมการ (2.15) จะสามารถหาค่าที่ต้องการต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของตัวแปร T_{ad} กับ Φ โดยจะแสดงสมการในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สมการต่าง ๆ ที่อยู่ในรูปของตัวแปร T_{ad} กับ Φ [2]

ค่าที่ต้องการ	สมการ
ความดันย่อย (p_w)	$e^{\frac{C_1}{T}+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6\ln T}$
อัตราส่วนความชื้น (ω)	$0.622\left(\dfrac{\Phi\cdot e^{\frac{C_1}{T}+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6\ln T}}{101.325-\Phi\cdot e^{\frac{C_1}{T}+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6\ln T}}\right)$
เอนทัลปี (h)	$c_pT+0.622\left(\dfrac{\Phi\cdot e^{\frac{C_1}{T}+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6\ln T}}{101.325-\Phi\cdot e^{\frac{C_1}{T}+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6\ln T}}\right)h_g$

แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart) เป็นแผนภูมิที่ประกอบไปด้วยสมบัติต่าง ๆ ของอากาศ ประกอบไปด้วย อุณหภูมิกระเปาะแห้ง อุณหภูมิกระเปาะเปียก อัตราส่วนความชื้น ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาตรจำเพาะและเอนทาลปี ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งง่ายต่อการนำไปใช้ในกระบวนการปรับอากาศ เพราะสามารถแสดงการทำงานของระบบปรับอากาศได้ และยังสามารถใช้ในการคำนวณหาภาระการทำความเย็น (Cooling Load) ของเครื่องปรับอากาศได้อีกด้วย



รูปที่ 2.3 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart)

ซึ่งรายละเอียดของเส้นบอกสมบัติต่าง ๆ ของอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก สามารถแสดงได้ดังรูป 2.4

โดยที่ (a) คือ เส้นของค่าคงที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (T_{db})

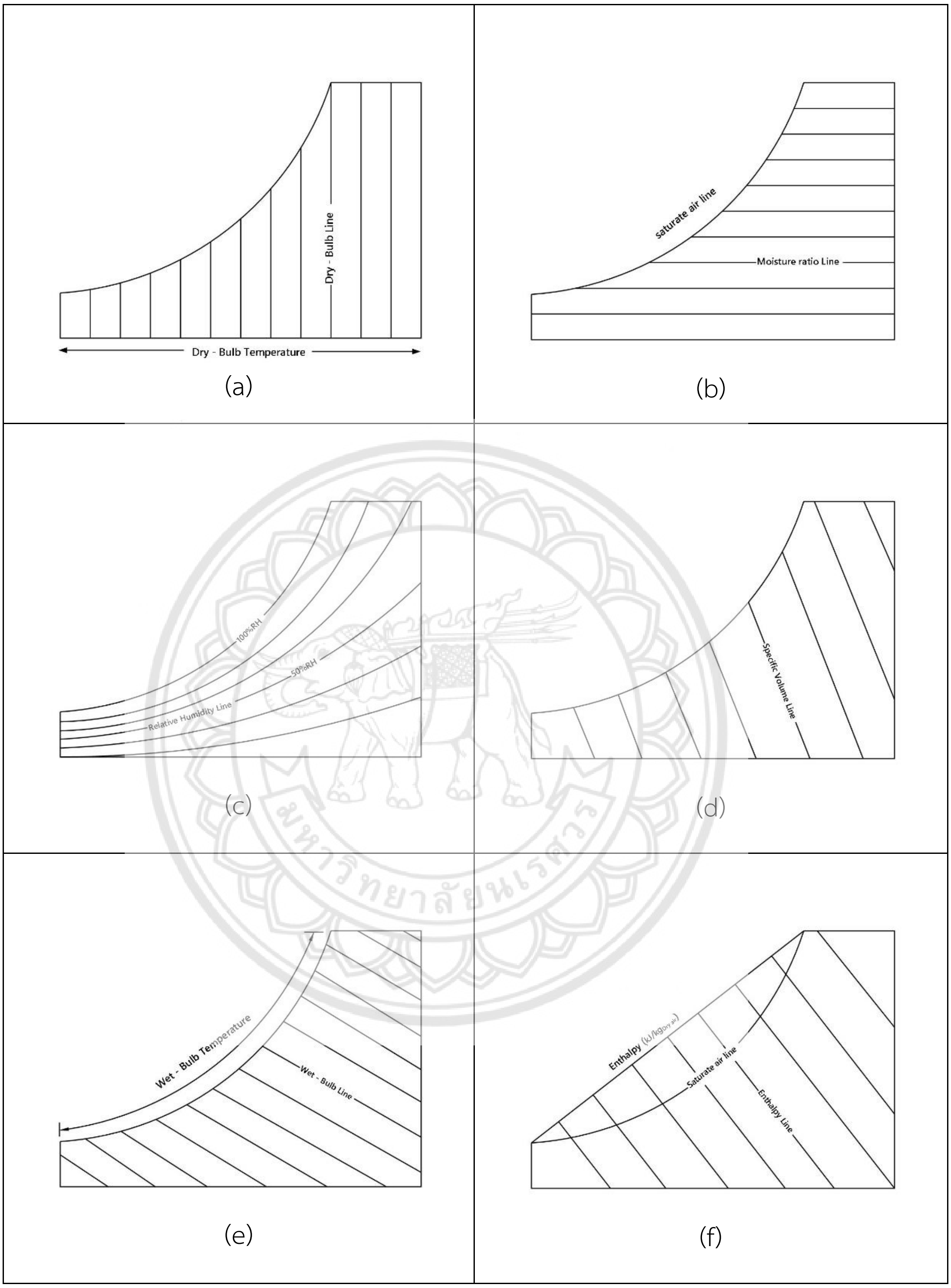
(b) คือ เส้นของค่าคงที่อัตราส่วนความชื้น (ω)

(c) คือ เส้นของค่าคงที่ความชื้นสัมพัทธ์ (Φ)

(d) คือ เส้นของค่าคงที่ปริมาตรจำเพาะ (v)

(e) คือ เส้นของค่าคงที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก (T_{wb})

(f) คือ เส้นของค่าคงที่เอนทัลปี (h)



รูปที่ 2.4 เส้นบอกตัวแปรต่าง ๆ ของอากาศบนแผนภูมิไซโครเมตริก[3]

2.1.2) กระบวนการบนแผนภูมิไซโครเมตริก (Psychrometric Chart Process) [4]

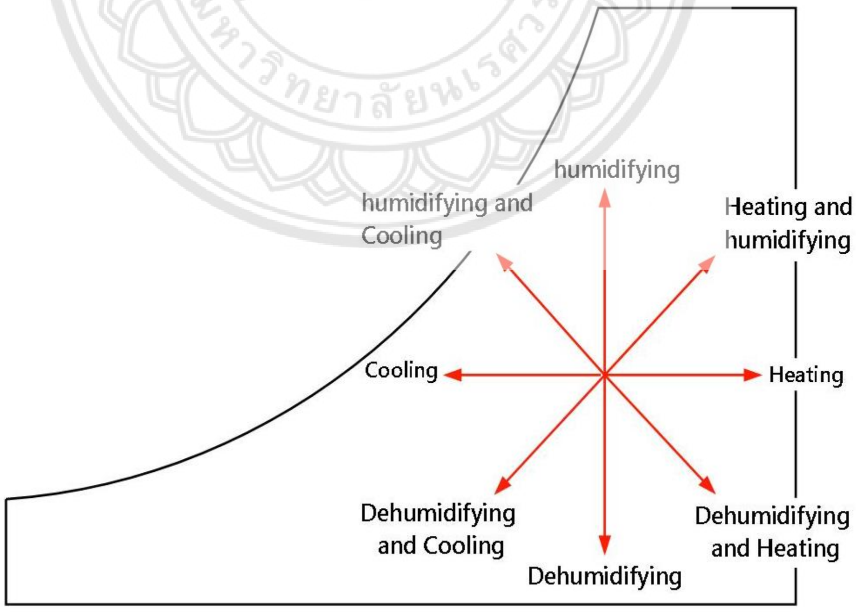
การที่เราจะทำการศึกษากระบวนการบนแผนภูมิไซโครเมตริก เราควรจะทำความเข้าใจกับความร้อนสองชนิด คือ ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) กับความร้อนแฝง (Latent Heat) และอัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวม (Sensible Heat Ratio, SHR)

ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) เป็นความร้อนที่ทำให้อากาศมีอุณหภูมิกระเปาะแห้งเปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝง (Latent Heat) เป็นความร้อนที่ทำให้อากาศมีอัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าเปลี่ยนแปลง หรือเรียกได้ว่า เป็นการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำในอากาศ

SHR คือ อัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวม โดยความร้อนรวมคือผลรวมของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ซึ่งทั่วไปแล้วจะมีสองค่า คือ ค่าอัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวมของห้อง (Room Sensible Heat Ratio, RSHR) เป็น SHR ของห้อง และอัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวมของคอยล์เย็น (Grand Sensible Heat Ratio, GSHR) เป็น SHR ที่คอยล์เย็นสามารถทำได้ที่สภาวะอากาศที่จ่ายเข้าห้อง คือ จุดตัดของเส้น RSHR และ GSHR กรณีที่ไม่พิจารณาความร้อนที่มอเตอร์พัดลม และความร้อนที่ท่อลมจ่าย

ภาพรวมของระบวนการต่าง ๆ บนแผนภูมิไซโครเมตริก ทั้งกระบวนการเพิ่มหรือลดความร้อนในอากาศ และกระบวนการลดหรือเพิ่มความชื้นในอากาศ สามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 กระบวนการปรับอากาศต่าง ๆ บนแผนภูมิไซโครเมตริก

2.1.3) การประยุกต์ใช้แผนภูมิไซโครเมตริกกับการปรับอากาศ [4]

ในการปรับอากาศจะมีกระบวนการต่าง ๆ ของอากาศชื้นหลายกระบวนการ และต่อเนื่องกัน โดยเป้าหมายหลักของการปรับอากาศ คืออากาศจะต้องถูกควบคุมให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งการควบคุมสมบัติต่าง ๆ ของอากาศสามารถใช้แผนภูมิไซโครเมตริกมาช่วยในการพิจารณาได้ และยังอธิบายถึงภาระการทำความเย็นของห้อง (RSH และ RLH) อุณหภูมิและความชื้นของห้องปรับอากาศ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศภายนอก และปริมาณของอากาศภายนอกที่ใช้ในการระบายอากาศ โดยจะสามารถคำนวณได้จาก OATH OALH RSHF GSHF ซึ่งจะแสดงรายละเอียดดังนี้

Room Sensible Heat Factor (RSHF) คือ อัตราส่วนของ Sensible Heat ต่อ Total Heat ซึ่งจะสามารถคำนวณได้จากสมการ (2.16) และเส้นกระบวนการของ RSHF สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริกได้ ดังรูปที่ 2.10

$$RSHF = \frac{RSH}{RTH} = \frac{RSH}{RSH + RLH} \tag{2.16}$$

Room Total Heat (RTH) คือ ภาระการทำความเย็นภายในพื้นที่ปรับอากาศ (ไม่รวมการระบายอากาศ) โดยสามารถหาได้จากสมการ (2.17)

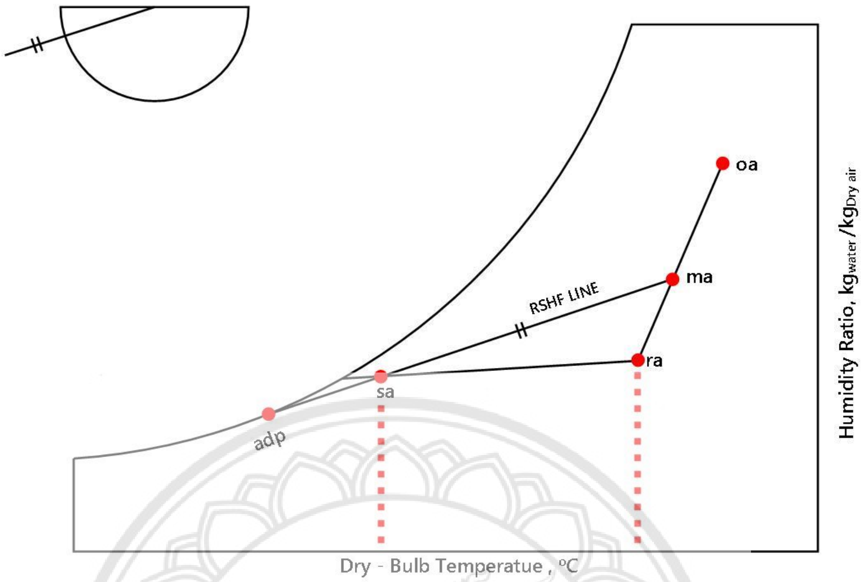
$$RTH = RSH + RLH \tag{2.17}$$

Room Sensible Heat (RSH) ทำให้ห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น สามารถหาได้จากสมการ (2.18)

$$RSH = 1.1(CFM_{sa})(t_{ra} - t_{sa}) \tag{2.18}$$

Room Latent Heat (RLH) ทำให้ห้องมีความชื้นสูงขึ้น สามารถหาได้จากสมการ (2.19)

$$RSH = 1.1(CFM_{sa})(\omega_{ra} - \omega_{sa}) \tag{2.19}$$



รูปที่ 2.6 เส้นกระบวนการของ RSHF ที่สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริก

Outside Air Total Heat (OATH)คือภาระการทำความเย็นเนื่องจากการระบายอากาศ โดยสามารถหาได้จากสมการ (2.20)

$$OATH = OASH + OALH \tag{2.20}$$

Outside Air Sensible Heat (OASH) สามารถหาได้จากสมการ (2.21)

$$OASH = 1.1(CFM_{oa})(t_{oa} - t_{ra}) \tag{2.21}$$

Outside Air Latent Heat (OALH) สามารถหาได้จากสมการ (2.22)

$$OALH = 4808(CFM_{oa})(\omega_{oa} - \omega_{ra}) \tag{2.22}$$

Grand Sensible Heat Factor (GAHF) คือ อัตราส่วนของ Sensible Heat ต่อ Total Heat โดยจะสามารถหาได้จากสมการ (2.23) และเส้นทางกระบวนการของ GSHF สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริกได้ ดังรูปที่ 2.7

$$GSHF = \frac{GSH}{GTH} = \frac{GSH}{GSH + GLH} \tag{2.23}$$

Grand Total Heat (GTH) คือ ภาระการทำความเย็นในส่วนของพื้นที่ปรับอากาศรวมกับระบายอากาศ ซึ่งภาระดังกล่าวจะถูกกำจัดที่ Cooling Coil สามารถหาได้จากสมการ (2.24) หรือ (2.25)

$$GTH = GSH + GLH \quad (2.24)$$

หรือ

$$GTH = RTH + OATH \quad (2.25)$$

Grand Sensible Heat (GSH) สามารถหาได้จากสมการ (2.26) หรือ (2.27)

$$GSH = 1.1(CFM_{sa})(t_{ma} - t_{sa}) \quad (2.26)$$

หรือ

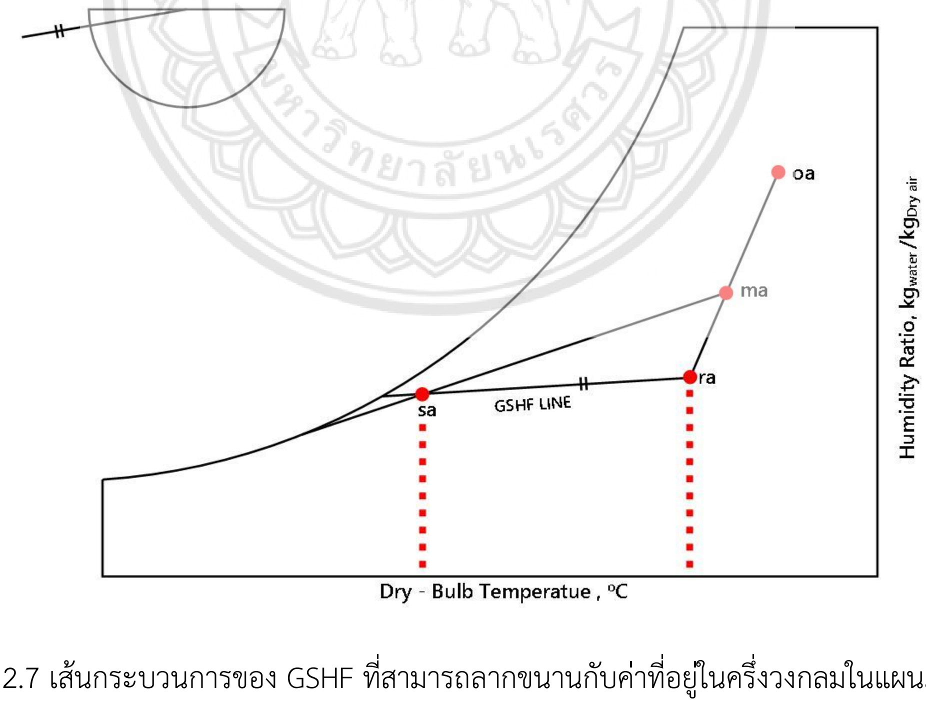
$$GSH = RSH + OATH \quad (2.27)$$

Grand Latent Heat (GLH) สามารถหาได้จากสมการ (2.28) หรือ (2.29)

$$GLH = 4808(CFM_{sa})(\omega_{ma} - \omega_{sa}) \quad (2.28)$$

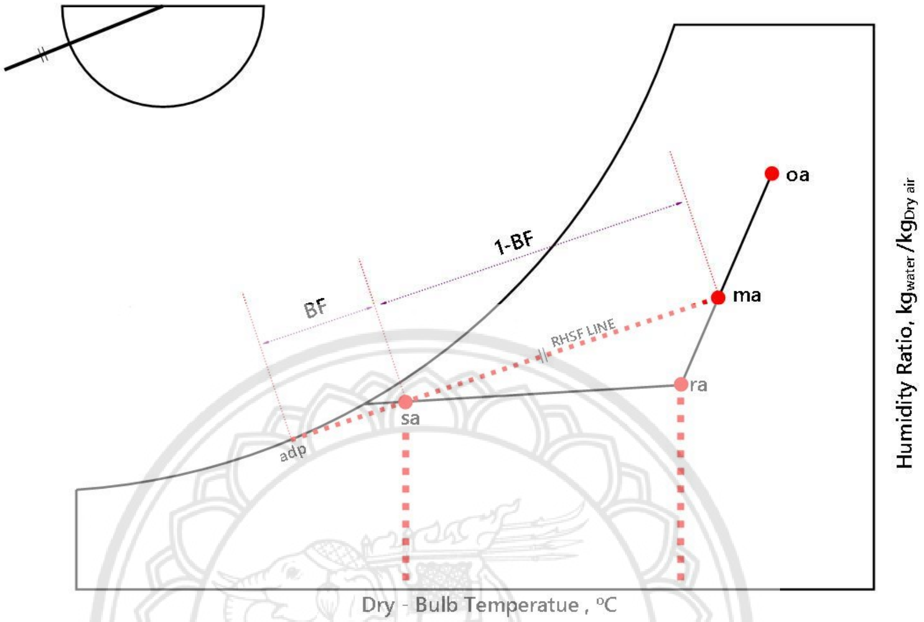
หรือ

$$GSH = RLH + OALH \quad (2.29)$$



รูปที่ 2.7 เส้นกระบวนการของ GSHF ที่สามารถลากขนานกับค่าที่อยู่ในครึ่งวงกลมในแผนภูมิไซโครเมตริก

Effective Sensible Heat Factor (ESHF) เป็นค่าที่สร้างขึ้นมาเพื่อช่วยในการกำหนดจุด adp, maและ saดังรูปที่ 2.8 และสามารถหาค่า ESHF ได้จากสมการ (2.30)



รูปที่ 2.8 แสดงการกำหนดจุด adp ma sa

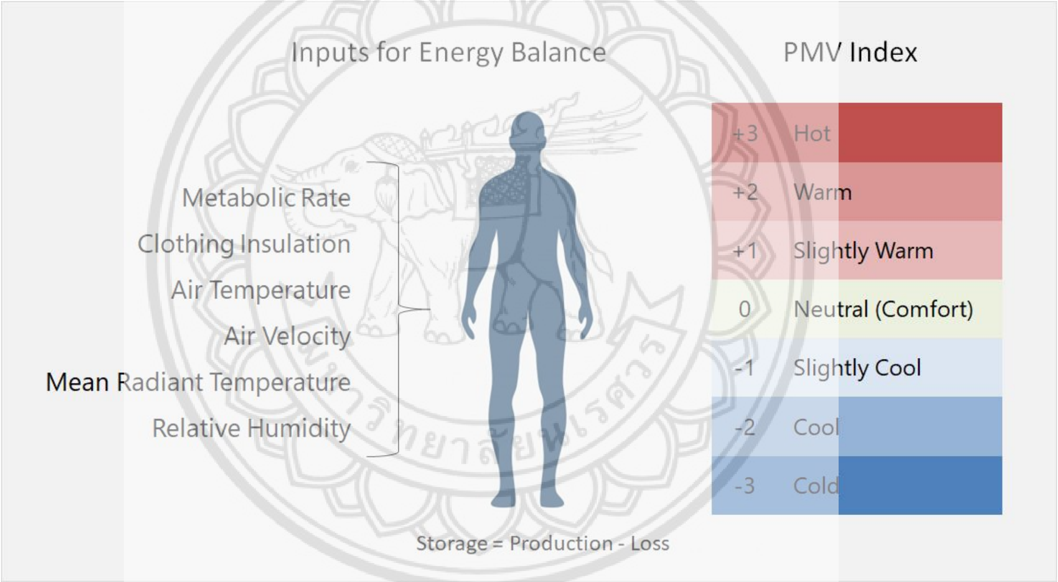
$$ESHF = \frac{ERSH}{ERSH + ERLH} = \frac{RSH + (OASH \cdot BF)}{RSH + (OASH \cdot BF) + RLH + (OASH \cdot BF)} \quad (2.30)$$

โดยที่ adp คือ Apparatus dew point

BF คือ Bypass factor (โดยปกติค่า Bypass Factor จะอยู่ในช่วง 0.1 – 0.2)

2.2 ความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfort)[5]

ความสบายของมนุษย์เป็นความรู้สึกของร่างกายอย่างหนึ่ง ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม สิ่งที่ทำให้เกิดความสบายมีอยู่หลายอย่างด้วยกัน ทั้งนี้ความสบายเชิงความร้อนของคนขึ้นอยู่กับตัวแปร 6 ตัว ได้แก่ อุณหภูมิอากาศความชื้นอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิการแผ่รังสีความร้อน กิจกรรมของคน และชนิดของเสื้อผ้าที่สวมใส่ นอกจากนั้น ความสบายเชิงความร้อนของคนยังขึ้นอยู่กับปัจจัยคุณภาพ เช่น ความเคยชินต่อสภาพอากาศ เพศ การศึกษา ซึ่งคนไทยเคยชินกับอากาศร้อน อุณหภูมิที่ทำให้รู้สึกสบายจึงสูงกว่าที่มาตรฐาน ASHRAE กำหนดไว้ โดยASHRAE Standard 55-1992 ได้กำหนดตัวแปร 6 ตัว ซึ่งถูกนำมาวิเคราะห์และเก็บข้อมูลจากการทดลองเพื่อสร้างระดับความสุขสบายเชิงความร้อน โดยวัดเป็นระดับคะแนน 7 ระดับ ดังนี้ +3 = ร้อน +2 = อุ่น +1 = อุ่นเล็กน้อยแต่ยังมีความสบาย0 = สบาย -1 = เย็นเล็กน้อยแต่ยังมีความสบาย -2 = เย็น -3 = หนาว ดังรูปที่ 2.9

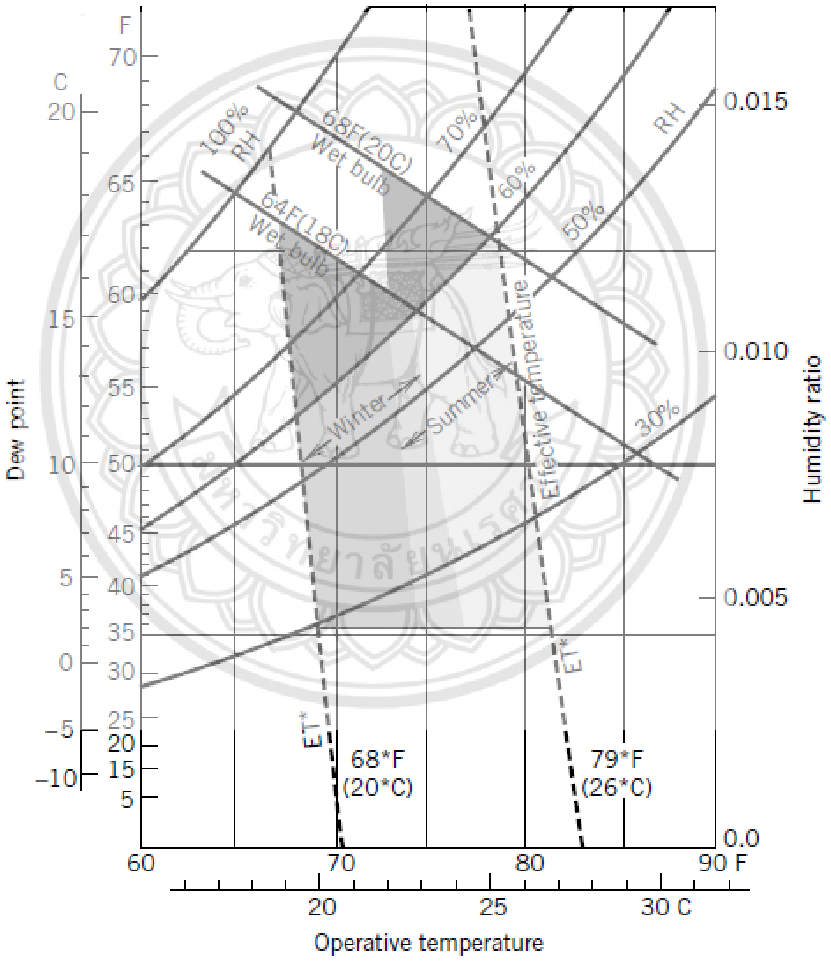


รูปที่ 2.9 ระดับความสุขสบายเชิงความร้อน

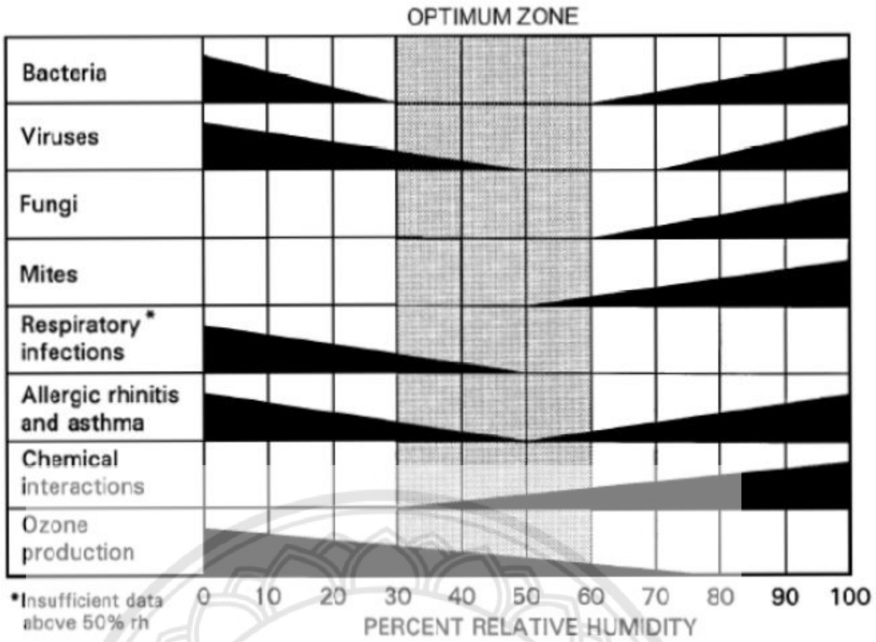
เนื่องจากร่างกายของมนุษย์มีกระบวนการเผาผลาญ (Metabolism) เพื่อนำพลังงานจากสารอาหารมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของร่างกาย ซึ่งกระบวนการเผาผลาญนั้นจะมีการผลิตความร้อนขึ้นมาด้วย เพื่อที่จะรักษาอุณหภูมิของร่ายกายให้เหมาะสมต่อการทำงานของระบบภายในต่าง ๆ ของร่างกาย โดยจะพยายามรักษาอุณหภูมิไว้ที่ 36.9 °C หรือ 98.6 °F (ASHRAE Standard) ให้คงที่อยู่เสมอ ความร้อนที่เกิดขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การถ่ายเทความร้อนด้วยการนำความร้อนผ่านทางเสื้อผ้าที่สวมใส่ การถ่ายเทความร้อนด้วยการพาความร้อนผ่านของไหล เช่น ลมที่พัดผ่านร่างกายและการขับเหงื่อ และการแผ่รังสีความร้อนจากตัวร่างกายเอง ถ้าหากร่างกายมีการสูญเสียความร้อนมากกว่าที่ผลิตได้ก็จะรู้สึกเย็น แต่หากร่างกายผลิตความร้อนได้มากกว่าความร้อนที่สูญเสียออกไปก็จะรู้สึกร้อน ซึ่งโดยปกติแล้วร่างกายมนุษย์จะถ่ายเทความร้อนได้มากที่สุดด้วยการพาความร้อน ดังนั้นอากาศจึงเป็นตัวการหนึ่งที่ทำให้เกิดความสบายเชิงความร้อนในร่างกายมนุษย์ได้ โดยสภาวะที่

ร่างกายมีการรักษาสมดุลทางความร้อนระหว่างตัวร่างกายกับสิ่งแวดล้อมให้มีอุณหภูมิที่ 36.9 °C ได้นั้น จึงถูกเรียกว่า ความสบายเชิงความร้อน (Thermal Comfortable) [1]

สำหรับที่สภาวะอากาศหนึ่ง บางคนอาจจะรู้สึกสบาย แต่บางคนอาจจะยังไม่พอใจ บางคนชอบให้มีอากาศมาสัมผัสร่างกายมาก บางคนชอบอากาศนิ่ง ๆ หรือบางคนชอบอากาศที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำหรือสูงกว่าคนอื่น ดังนั้นจึงมักจะกำหนดค่าสภาวะอากาศเป็นช่วง ซึ่งค่าที่ได้นั้นเกิดจากการทดสอบเป็นสถิติ เป็นค่าที่คนส่วนใหญ่มากกว่า 80% รู้สึกสบาย โดยแสดงขอบเขตดังกล่าวตามรูปที่ 2.10 และขอบเขตความชื้นในอากาศตามรูปที่ 2.11 และสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จาก ASHRAE Handbook, Fundamental [1]



รูปที่ 2.10 แสดงขอบเขตความสบายเชิงความร้อนของ ASHRAE



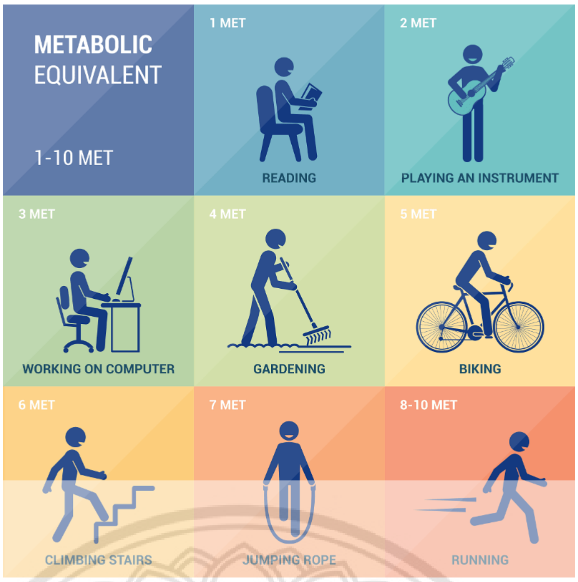
รูปที่ 2.11 แสดงค่าความชื้นที่เหมาะสมในการออกแบบการปรับอากาศ

ASHRAE เป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านระบบทำความร้อนและระบบปรับอากาศ ได้ทำการวิจัยและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศไว้อย่างมากมาย และได้กำหนดมาตรฐานสำหรับระบบปรับอากาศขึ้น โดยใน ASHRAE Standard ได้กำหนดและอธิบายตัวแปรที่มีผลต่อความสบายเชิงความร้อนไว้ได้แก่ ตัวแปรที่เกิดจากมนุษย์ และตัวแปรที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

2.2.1) ตัวแปรที่เกิดจากมนุษย์

1) กิจกรรม (Activity)

กิจกรรมที่ร่างกายมนุษย์กระทำอยู่นั้น จะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเผาผลาญของร่างกายซึ่งจะมีผลต่อการผลิตความร้อนของร่างกาย โดยมีการกำหนดมาตรฐานของกิจกรรมด้วยค่าของ Metabolic Activity Level โดยมีหน่วยเป็น met (Metabolic rate per surface area) ซึ่งถูกกำหนดให้ 1 met = $18.4\ Btu/(h \cdot ft^2) = 58.2\ W/m^2$ โดยค่า Metabolic Activity Level จะมีค่าแตกต่างกันไปตามแต่กิจกรรมที่ได้ทำ ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 Metabolic Activity Level ของกิจกรรมต่าง ๆ

2) การสวมใส่เสื้อผ้า (Clothing)

เสื้อผ้าแต่ละชนิดจะมีลักษณะที่แตกต่างกัน มีทั้งชนิดที่เป็นฉนวนได้ดีช่วยในการรักษาอุณหภูมิของร่างกายในช่วงฤดูหนาวหรืออากาศรอบ ๆ ตัวมีอุณหภูมิลดลง ชนิดที่มีความเป็นฉนวนน้อย จะเหมาะแก่การใส่ในช่วงหน้าร้อนเพราะสามารถระบายความร้อนออกจากร่างกายได้สะดวกยิ่งขึ้น ดังนั้น เสื้อผ้าจึงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสุขสบายเชิงความร้อนที่เราสามารถควบคุมการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายกับสภาวะอากาศโดยรอบ ๆ ได้และมีการกำหนดมาตรฐานค่าความเป็นฉนวนของการสวมใส่เสื้อผ้า (Clothing Insulation) ค่าดังกล่าวจะมีหน่วยเป็น clo โดยที่ 1 clo = 0.88 $^{\circ}F \cdot ft^2 \cdot h / Btu$ แต่ค่าความเป็นฉนวนจะแตกต่างกันไปแล้วแต่การสวมใส่เสื้อผ้าของแต่ละบุคคล ดังแสดงในรูปที่ 2.13

รูปที่ 2.13 ค่าความเป็นฉนวนความร้อนของการสวมใส่เสื้อผ้า

2.2.2) ตัวแปรที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม

ตัวแปรจากสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อนของร่างกาย มีทั้งรูปแบบการพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน ซึ่งมีอยู่หลายลักษณะ ดังนี้

1) อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature)

จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยตรงระหว่างอากาศกับร่างกายโดยวิธีการพาความร้อน

2) ความชื้น (Humidity)

ความชื้นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสุขสบายเชิงความร้อน ซึ่งโดยปกติแล้ว ร่างกายของคนเราจะระบายของเสียออกมาทางผิวหนังในรูปของเหงื่อ เมื่อเหงื่อเกิดการระเหย จะนำเอาความร้อนออกไปด้วย อัตราการระเหยของเหงื่อนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ ถ้าอากาศมีความสามารถในการรับไอน้ำได้มาก หรือเรียกได้ว่า ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เหงื่อจะสามารถระเหยออกจากผิวหนังได้เร็ว แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูง เหงื่อที่อยู่ใต้ผิวหนังจะระเหยได้ช้า ทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัด ซึ่งเรียกความรู้สึกนี้ว่า "ความรู้สึกเหนี่ยวตัว" จนนำมาซึ่งความไม่สบายเชิงความร้อนต่อร่างกาย

3) การเคลื่อนที่ของอากาศ (Air Moving)

การเคลื่อนที่ของอากาศเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการถ่ายเทความร้อน และการระเหยของเหงื่อ เช่น เมื่อเราเปิดพัดลมใส่ร่างกาย จะเกิดความรู้สึกสบายกว่าไม่เปิดพัดลม เพราะเหงื่อที่อยู่บริเวณผิวหนังของเราเกิดการระเหยได้ดีกว่า ทำให้รู้สึกถึงความสบายต่อร่างกาย

4) อุณหภูมิแผ่รังสีเฉลี่ย (Mean radiation temperature)

อุณหภูมิรอบ ๆ ตัวเรา ที่ไม่ว่าจะเกิดจากความร้อนบนพื้นผิวของวัตถุใด ๆความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ทำความร้อน หรือความร้อนจากดวงอาทิตย์ โดยปกติแล้วจะเป็นอุณหภูมิเฉลี่ย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักของอุณหภูมิโดยรอบตัวคน สามารถประมาณค่านี้ได้จาก โกลบเทอร์โมมิเตอร์ (Globe Thermometer)

2.3 คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality)[5]

โดยปกติสภาพของอากาศภายในอาคารมีเป้าหมายอยู่ที่ความสบาย (Comfortable) เป็นหลัก ซึ่งการพิจารณา Comfortable แต่ไม่คำนึงถึงเรื่องของสุขภาพความปลอดภัย มักเป็นสาเหตุของโรคร้ายต่าง ๆ ในอาคารสมัยใหม่มีวัสดุเครื่องใช้ที่ทำให้เกิดฝุ่น หรือมลพิษต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก ทำให้คนในอาคารเป็นโรคชนิดหนึ่งที่เรียกว่า Sick building Syndrome อาการได้แก่ คัดจมูก น้ำมูกไหล เคืองตา ไอ แน่นหน้าอก อ่อนล้า ปวดศีรษะ อาการป่วยดังกล่าวเป็นอาการที่ไม่มีลักษณะเฉพาะโรค และมักจะหายเมื่อออกจากอาคาร

ASHRAE ได้กำหนดหลักเกณฑ์ในการพิจารณา (Indoor Air Quality, IAQ) ที่ยอมรับได้คือ ต้องไม่มีมลพิษในอากาศในปริมาณความเข้มข้นมากพอจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ การหายใจเป็นไปอย่างสะดวกคนในอาคารอย่างน้อย 80% ต้องไม่แสดงออกถึงความไม่พอใจในสภาพอากาศนั้น

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวนี้จะเห็นว่าการวัดหรือเปรียบเทียบ IAQ แต่ละอากาศทำได้ยาก เนื่องจากความพอใจไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัว และขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง อีกทั้งมลพิษหลายต่อหลายชนิด ยากแก่การตรวจวัด แต่อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์นี้ก็ยังเป็นแนวทางที่ทำให้วิศวกรได้คำนึงถึงเรื่องของสุขภาพและความปลอดภัยควบคู่ไปกับความสบายของคนภายในอาคาร ดังนั้น ในการออกแบบ หรือควบคุมสภาพอากาศ วิศวกรควรจะพิจารณาให้สภาวะอากาศภายในอาคารมีสภาพ IAQ ที่เหมาะสมด้วยการควบคุม IAQ ซึ่งยังเป็นแนวทางที่สามารถทำให้ผู้ออกแบบได้คำนึงถึงเรื่องของความปลอดภัยและสุขภาพของผู้ที่อยู่ภายในอาคาร โดยวิธีการที่จะออกแบบหรือควบคุมสภาวะอากาศเพื่อให้มีคุณภาพที่ดีนั้นสามารถทำได้มีดังต่อไปนี้

2.3.1) กำจัดแหล่งกำเนิด (Source elimination)

การกำจัดหรือควบคุมแหล่งที่มาของปัญหา ถือได้ว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดการปนเปื้อนบางอย่าง เนื่องจากเป็นการแก้ปัญหาโดยตรง ยกตัวอย่างเช่น การสูบบุหรี่ภายในอาคาร จะทำให้อากาศภายในอาคารแย่ลง จึงต้องมีการกำจัด หรือนำออกไปจากบริเวณภายในอาคาร หรือจัดสถานที่สำหรับสูบบุหรี่โดยตรง ที่จะไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพอากาศภายในอาคาร ในบางกรณีที่มีน้ำรั่วซึมเข้ามาภายในอาคาร จะทำให้เกิดเชื้อราเนื่องจากความชื้นที่เข้ามาพร้อมกับน้ำที่รั่วซึม จะต้องทำการซ่อมแซมแหล่งที่ทำให้เกิดน้ำรั่วซึมให้หมดไป

2.3.2) นำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกมาเจือจาง (Use of outdoor air)

ผู้คนที่อาศัยอยู่ภายในอาคารมักจะปล่อยก๊าซต่าง ๆ ออกมาจากร่างกาย โดยเฉพาะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสมอยู่ภายในอาคารโดยไม่มีการระบายออก หรือนำอากาศบริสุทธ์จากภายนอกอาคารเข้ามาเจือจาง จะทำให้ผู้คนที่อยู่ภายในอาคารเกิดความไม่สบายต่อการหายใจ ดังนั้นการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามายังในอาคาร เพื่อทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เจือจางนั้น สามารถทำให้คุณภาพอากาศดีขึ้นได้

2.3.3) จัดพื้นที่ไว้เฉพาะ (Space air distribution)

ในบางกรณีที่มีสิ่งปนเปื้อนอยู่ภายในอาคาร แต่เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีอยู่ภายในอาคาร การจำกัดพื้นที่ของสิ่งปนเปื้อน ถือได้ว่าเป็นการลดการปนเปื้อนของอากาศอีกอย่างหนึ่ง ยกตัวอย่างเช่น สารเคมีบางชนิดที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จะต้องมีห้องไว้สำหรับจัดเก็บสารเคมีโดยเฉพาะ และจะต้องควบคุมความแตกต่างของความดัน ไม่ให้สารเคมีแทรกซึมเข้ามาในบริเวณที่มีผู้คนอาศัยอยู่อีกด้วย

2.3.4) ทำความสะอาดอากาศ (Air Cleaning)

การทำความสะอาดภายในอาคาร ไม่ว่าจะเป็นเครื่องใช้ภายในอาคารหรือแผ่นกรองอากาศก่อนที่จะปล่อยอากาศออกจากเครื่องปรับอากาศ จะทำให้สามารถควบคุมการปนเปื้อนของอากาศและทำให้การหมุนเวียนของอากาศภายในอาคารดียิ่งขึ้น

และในปัจจุบัน ระบบปรับอากาศจะมีการติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ช่วยในการเพิ่มคุณภาพให้กับสภาพอากาศ ซึ่งจะมีอยู่หลายชนิด ยกตัวอย่างเช่น ตัวกรองอากาศ (Air Filter)

ตัวกรองอากาศ (Air Filter) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่มักนำมาใช้กรองสิ่งสกปรกต่าง ๆ ออกจากอากาศ ตัวกรองอากาศถูกแบ่งออกเป็นหลายประเภทซึ่งอาจแบ่งตามรูปร่าง อายุการใช้งาน รูปแบบการใช้งาน หรือประสิทธิภาพ เป็นต้น ดังนั้นการจะเลือกใช้ตัวกรองอากาศต้องพิจารณาถึงลักษณะของสิ่งสกปรกต่าง ๆ เช่น ขนาดและรูปร่าง, น้ำหนัก, ความเข้มข้น และคุณสมบัติทางไฟฟ้า

การหายใจของมนุษย์เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอากาศเสียภายในอาคารมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากในกระบวนการหายใจจะมีการนำเอาอากาศเสียออกมาจากร่างกาย ได้แก่ ก๊าซ CO_2 และก๊าซอื่น ๆ ซึ่งแยกและกำจัดออกไปจากอากาศดีได้ยาก หากอากาศเสียสะสมมากยิ่งขึ้นจะส่งผลเสียต่อร่างกาย จึงทำให้การเจือจางอากาศที่หมุนเวียนภายในห้องเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปรับอากาศ แต่การเจือจางอากาศย่อมส่งผลต่อการทำความเย็น เพราะอากาศดีที่นำเข้ามาจากภายนอกนั้นอาจไม่ได้มีอุณหภูมิตามต้องการจึงทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานหากเจือจางอากาศจำนวนมาก ซึ่งการคำนวณออกแบบสำหรับการระบายอากาศภายในอาคารที่ต้องการการเจือจางเป็นกรณีพิเศษจะสามารถนำกฎทรงมวลมาประยุกต์กับการไหลแบบ Steady State ได้ตามสมการที่ 2.36

$$\dot{Q}_t C_e + \dot{N} = \dot{Q}_t C_s \qquad (2.36)$$

โดยที่ $\dot{Q}_t$ คือ อัตราการไหลของอากาศที่เข้าไหลเข้าอาคาร

C_s คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งปนเปื้อนของอากาศภายในอาคาร

$\dot{N}$ คือ อัตราเกิดสิ่งปนเปื้อนภายในอาคาร

C_e คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของสิ่งปนเปื้นของอากาศที่เข้าสู่อาคาร

นอกจากแนวทางการออกแบบ การก่อสร้าง และการดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับงานปรับอากาศสำหรับ IAQ ที่ได้กล่าวมา ในส่วนมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับงานด้านคุณภาพอากาศภายในอาคาร สัดส่วนของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่ยอมรับได้ภายในอาคาร ระบุไว้ว่า “เกณฑ์ความสบายจากผลของสารอินทรีย์ปนเปื้อนที่มาจากมนุษย์ที่สามารถยอมรับได้ จะต้องมีอัตราการระบายอากาศในส่วนของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่า 1000 ppm เมื่อเทียบกับอากาศภายนอก”[5]

มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.4 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขคุณภาพอากาศภายในอาคาร[6]

ดังที่กล่าวไปเบื้องต้นในหัวข้อความสบายเชิงความร้อน ที่ว่า ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) เป็นองค์กรเอกชนระหว่างประเทศที่มีความเชี่ยวชาญและมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาระบบทำความร้อน, ระบบระบายอากาศ, ระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็นภายในอาคาร HVAC (Heating, Ventilation and Air-Conditioning Systems) โดย ASHRAE เป็นมาตรฐานที่ได้รับการยอมรับอย่างเป็นสากล เพราะมีแนวทางการการปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับระบบปรับอากาศ รวมทั้งแนวทางในการแก้ไขปัญหา โดยเราจะรวบรวมปัญหาและแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคาร ซึ่งจะแสดงถึงมาตรฐานของอาคารทั่วไปและสถานที่ที่ต้องคำนึงถึงการแพร่เชื้อโรคอย่างเช่นสถานพยาบาลที่ต้องดูแลและออกแบบให้เหมาะสม โดยจะแสดงปัญหาและแนวทางแก้ไข ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 สาเหตุและวิธีการแก้ปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารตามมาตรฐาน ASHRAE

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
1	การออกแบบ และขั้นตอนการก่อสร้าง	1. รวบรวมแนวทางการออกแบบ และการแก้ปัญหา 2. ตั้งคณะกรรมการตรวจสอบเพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดของ IAQ ตามที่เจ้าของต้องการ 3. เลือกระบบ HVAC สำหรับปรับปรุง IAQ และลดพลังงานที่ใช้จากระบายอากาศ 4. ว่าจ้างการจัดกำหนดโครงการ และจัดการการก่อสร้างที่ง่ายต่อการเกิด IAQ ที่ดี 5. อำนวยความสะดวกในการดำเนินงาน และการซ่อมบำรุงอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับ IAQ
2	ความชื้นภายในส่วนต่าง ๆ ของอาคาร	1. จำกัดการแทรกซึมของน้ำที่เข้าสู่สิ่งปิดหุ้มภายในอาคาร 2. จำกัดการควบแน่นของไอน้ำภายในอาคารและพื้นผิวภายในอาคาร 3. รักษาความดันของอาคารให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม 4. ควบคุมความชื้นภายในอาคาร 5. เลือกวัสดุ อุปกรณ์ และส่วนประกอบที่เหมาะสมกับการใช้งานในพื้นที่เปียกชื้น 6. พิจารณาผลกระทบจากการจัดสวนและปลูกพืชในร่มที่มีผลต่อความชื้นและระดับของสารปนเปื้อน
3	ปริมาณสารปนเปื้อนจากภายนอกอาคาร	1. ตรวจสอบคุณภาพอากาศในระดับภูมิภาคและระดับท้องถิ่น 2. หาแหล่งที่รับอากาศจากภายนอกอาคารเพื่อลดปริมาณสารปนเปื้อนให้น้อยที่สุด 3. ควบคุมปริมาณการเข้าสู่อาคารของก๊าซเรดอน

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
		4. ควบคุมไอระเหยจากสารปนเปื้อนใต้พื้นดิน 5. ใช้ระบบ Track-off ที่มีประสิทธิภาพที่บริเวณทางออก 6. ออกแบบและสร้างสถานที่ปลูกพืชแยกออกไป
4	ความชื้นและสารปนเปื้อนที่เกี่ยวข้องในระบบเชิงกล	1. ควบคุมความชื้นและฝุ่นภายในระบบปรับอากาศ 2. ควบคุมความชื้นที่เกี่ยวข้องกับท่อน้ำ งานติดตั้งท่อประปาและท่อส่งลม 3. สร้างการเข้าถึงระบบ HVAC ได้สะดวก เพื่อตรวจสอบ ทำความสะอาด และบำรุงรักษา 4. ควบคุมแบคทีเรีย Legionella หรือจุลชีพในระบบน้ำ 5. พิจารณาการฆ่าเชื้อโรคด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต
5	สารปนเปื้อนภายในอาคาร	1. ควบคุมแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อนภายในอาคารโดยการเลือกวัสดุที่เหมาะสม 2. ใช้กลยุทธ์ในการจำกัดผลกระทบจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 3. ลดผลกระทบที่จะเกิดต่อ IAQ ที่มากจากการทำความสะอาดและบำรุงรักษา
6	สารปนเปื้อนที่เกิดจากวัสดุก่อสร้างและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคาร	1. มีช่องทางระบายการเผาไหม้ที่เหมาะสม 2. ให้ความสำคัญต่อการดักจับและดูดอากาศออกสำหรับจุดที่เป็นแหล่งกำเนิดของสารปนเปื้อน 3. ออกแบบระบบดูดอากาศเสียเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศเสียไปยังพื้นที่ว่าง หรือระบบกระจายอากาศ
7	ความเข้มข้นของปริมาณสารปนเปื้อน	1. ใช้ปริมาณอากาศจากภายนอกให้เหมาะสมกับแต่ละห้องหรือแต่ละส่วน 2. ควบคุม และสังเกตการณ์อย่างต่อเนื่อง ในการนำเข้าอากาศจากภายนอกอาคาร 3. กระจายการหมุนเวียนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับบริเวณที่ใช้อากาศหายใจ 4. กระจายการหมุนเวียนอากาศอย่างมีประสิทธิภาพในหลายพื้นที่ 5. จัดการกรองอนุภาคต่าง ๆ และทำการฟอกอากาศด้วยก๊าซ – เฟส ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโครงการ IAQ 6. กำหนดเงื่อนไขความสบายเพื่อเพิ่มความพึงพอใจสำหรับผู้ใช้งาน
8	การระบายอากาศ	1. ใช้ระบบอากาศภายนอกอาคารโดยเฉพาะตามความ

ลำดับ	สาเหตุของปัญหา	แนวทางในการแก้ไขปัญหา
		เหมาะสม 2. ใช้พลังงานในการระบายอากาศอย่างเหมาะสม 3. ใช้การควบคุมการหมุนเวียนอากาศตามความเหมาะสม 4. ใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติหรือแบบผสม อย่างเหมาะสม 5. ใช้มาตรฐาน ASHRAE 62.1 เพื่อ IAQ ตามความเหมาะสม

ตารางที่ 2.4 ปัญหาและวิธีการแก้ไขคุณภาพอากาศในสถานพยาบาล

ปัญหา	สาเหตุของปัญหา	วิธีแก้ไขปัญหา
วัสดุก่อสร้างได้รับความเสียหายจากน้ำ	น้ำรั่วซึมเข้าสู่วัสดุก่อสร้างก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของเชื้อรา และเกิดการติดเชื้อเมื่อสัมผัสเชื้อรา	หาแนวทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาการแพร่กระจายของสปอร์เชื้อราในอากาศ
การหยุดชะงักของท่อลม	ท่อลมที่ต่อไม่สนิทและการปิดเครื่องจะทำให้ความดันภายในท่อเปลี่ยนทำให้อนุภาคในอากาศไหลกลับไปยังพื้นที่ที่มีการป้องกัน	เคลื่อนย้ายผู้ป่วยออกจากบริเวณดังกล่าว ใช้แรงดันที่พอเหมาะในการแลกเปลี่ยนอากาศ และมีการกรองอากาศในพื้นที่ที่กำหนด
การเปิดหน้าต่าง	สารปนเปื้อนจากภายนอกอาคารที่มาจากการขุดหรือรื้อถอนอาจแทรกซึมเข้าไปในบริเวณที่มีการป้องกัน	ปิดและล็อคหน้าต่าง อุดบริเวณขอบหน้าต่างหรือจุดที่มีการรั่วไหลอื่นๆ
การติดตั้งพัดลมและกรองที่ไม่เหมาะสม	สารปนเปื้อนในอากาศอาจเข้าไปในอาคาร	ทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อให้มั่นใจว่าระบบและการทำงานปรับและหมุนเวียนอากาศอย่างเหมาะสม

ตารางที่ 2.5 เกณฑ์คุณภาพอากาศภายในสถานพยาบาลตามมาตรฐาน ASHRAE 170-2008 และ วสท. 3010

ห้องที่เกี่ยวข้องกับการรักษา	อัตราลมหมุนเวียนในห้อง (ACH)	อัตราการเติมอากาศภายนอก (ACH)	ความดันต่อพื้นที่ใกล้เคียงที่กำหนด	ประสิทธิภาพการกรองอากาศ (MERV)	การดูดอากาศทิ้งสู่ภายนอก	ทิศทางการจ่ายลม
1. ห้องผ่าตัด	20/25*	4/5*	บวกตลอดเวลา	2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายลมแบบรูพรุน
2.ห้องคลอด	20/25*	4/5*	บวกตลอดเวลา	2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายลมแบบรูพรุน
3.โถง Sterile	6	2	ไม่ระบุ	1 ชั้น = 13	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
4.ห้องฉุกเฉิน	12	2/5*	บวก	2 ชั้น = 7, 14	โดยตรง	ผ่านเจ้าหน้าที่ก่อน
5.ห้องมืด	10	2	ลบ	ไม่ระบุ	โดยตรง	ดูดออกเหนือเครื่องล้างฟิล์ม

ห้องที่เกี่ยวข้องกับการรักษา	อัตราลมหมุนเวียนในห้อง (ACH)	อัตราการเติมอากาศภายนอก (ACH)	ความดันต่อพื้นที่ใกล้เคียงที่กำหนด	ประสิทธิภาพการกรองอากาศ (MERV)	การดูดอากาศทิ้งสู่ภายนอก	ทิศทางการจ่ายลม
6.จ่ายยา	4	2	บวก/ไม่ระบุ*	1 ชั้น = 13	ไม่ระบุ	ไม่ระบุ
7.ห้องปฏิบัติการ	6	2	ลบ	1 ชั้น = 13	โดยตรง	ไม่ระบุ
8.ห้องตรวจ	6	2	ไม่ระบุ/บวก*	2 ชั้น = 7, 14	โดยตรง	ผ่านเจ้าหน้าที่ก่อน
9.ห้องแยกโรค	12	2	ลบ	อากาศเข้า 1 ชั้น =7 อากาศออก 3 ชั้น = 7, 14, 17	โดยตรงผ่านแผ่นกรอง 3 ชั้น	ผ่านเจ้าหน้าที่ก่อน
10.ห้องปลอดเชื้อ	12	2	บวก	อากาศเข้า 2 ชั้น = 7, 17	ไม่ระบุ	หัวจ่ายแบบรูพรุน

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

2.5 การตรวจวัดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอากาศ[7]

หนึ่งในตัวชี้วัดคุณภาพอากาศ คือปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อ ซึ่งแสดงเป็นค่าดัชนีการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศ (Index of microbial air contamination ,IMA) การวัดปริมาณเชื้อในอากาศนั้นสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่ การนับจำนวนเชื้อในอากาศโดยการเปิดฝาจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อทิ้งไว้ และรอให้เชื้อในอากาศตกลงบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อในช่วงเวลาที่กำหนด หรือเรียกว่า การวางจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ (Settle plate) และการเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศโดยใช้เครื่องดูดอากาศเพื่อเพาะเชื้อ (Active Air Sampler) ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศทั้งสองวิธีแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 โดยส่วนมากนิยมใช้วิธีวางจานวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ ซึ่งสามารถเพาะเชื้อได้หลากหลาย โดยนับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนวุ้นอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานเป็นซีเอฟยูต่อลูกบาศก์เมตร (Colony-forming Unit/Cubic Meter) วิธีนี้สามารถบอกปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงในช่วงเวลานั้นได้ แต่ไม่สามารถแยกแยะได้ว่าเชื้อที่พบเป็นเชื้อก่อโรคหรือไม่

รูปที่ 2.14 วิธีวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ

รูปที่ 2.15 วิธีใช้เครื่องดูดอากาศ

ตารางที่ 2.6 ข้อดีและข้อเสียของการเก็บตัวอย่างเชื้อจากอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อและการใช้เครื่องดูดอากาศ

การวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อ	การใช้เครื่องดูดอากาศ
ข้อดี	ข้อเสีย
- ราคาถูก - ทำให้ปราศจากเชื้อได้ง่าย - สามารถเก็บตัวอย่างได้หลายบริเวณในคราวเดียวกัน - เหมาะกับการตรวจสอบปริมาณเชื้อในอากาศที่ตกลงบนพื้นผิวที่เป็นจุดเสี่ยง - ให้ผลที่น่าเชื่อถือ - นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบในเชิงปริมาณได้ - ไม่รบกวนการไหลของอากาศภายในห้อง	- สามารถเก็บตัวอย่าง และคำนวณเป็น CFU / dm^3 ได้ตามที่ระบุในแนวทางปฏิบัติ - สามารถเก็บตัวอย่างได้รวดเร็ว
ข้อเสีย	ข้อเสีย
- ไม่เป็นที่ยอมรับในแนวทางปฏิบัติ	- อุปกรณ์มีราคาแพง - มีเสียงดัง - ให้ผลไม่แน่นอน - เชื้อที่ตกลงตามแรงโน้มถ่วงจะไม่ถูกนับ - ทำให้การไหลเวียนอากาศในห้องเปลี่ยนไป

ในที่นี้จะขออธิบายเพียงรายละเอียดของการเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อเท่านั้น

การเก็บตัวอย่างเชื้อในอากาศด้วยการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อไว้ เป็นวิธีที่สามารถทำได้ง่าย ราคาถูก และสามารถเก็บข้อมูลในเชิงคุณภาพได้ สามารถนำมาใช้แสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของเชื้อในบริเวณใกล้ ๆ ได้ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีสำหรับวัดการปนเปื้อนของพื้นผิว แผล หรือเครื่องมือจากเชื้อในอากาศ

ในปี ค.ศ.1970 ได้มีการกำหนดมาตรฐานการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการวางจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อไว้ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลมาเปรียบเทียบได้ โดยกำหนดใช้จานวุ้นอาหารเพาะเชื้อที่มีขนาด 9 cm วางสูงจากพื้น 100 cm และห่างจากผนัง 100 cm เซนติเมตร เปิดฝาจานวุ้นอาหารเพาะเชื้อทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง โดยนำไปเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 37 $^{\circ}$C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และคำนวณการเพาะเชื้อที่ได้เป็นปริมาณเชื้อที่พบทั้งหมด ในหน่วยซีเอฟยูต่อตารางเดซิเมตร CFU / dm^3 สามารถกำหนด

ระดับการปนเปื้อนของเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาลไว้ดังในตางรางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ระดับการปนเปื้อนเชื้อในอากาศที่ยอมรับได้ และยอมรับไม่ได้ในบริเวณต่าง ๆ ในโรงพยาบาล

บริเวณ	ปริมาณจุลชีพรวม CFU / dm^3		
	พอเหมาะ	ยอมรับได้	ยอมรับไม่ได้
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 (ขณะพัก)	0-4	5-8	> 9
ห้องผ่าตัด (ขณะใช้งาน)	0-60	61-90	> 90

มหาวิทยาลัยนเรศวร

2.6 มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศ

2.6.1 มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศ ว.ส.ท 3003 – 40[8]

มาตรฐานการระบายอากาศนี้ สามารถคำนวณหาอัตราการระบายอากาศได้ โดยเริ่มจากการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการออกแบบ จากนั้นนำไปคำนวณร่วมกับตารางที่ 2.8 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการระบายอากาศสำหรับโรงพยาบาลสามารถแบ่งย่อยได้อีก ขึ้นอยู่กับประเภทการใช้งานของแต่ละห้อง เช่น ห้องคนไข้ จะต้องมีอากาศเติมจากภายนอก ปริมาณ 2 m^3/hr ต่อ m^2และการคำนวณ พิจารณาได้จากแผนผังการหาอัตราการเติมอากาศจากภายนอก ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40

ตารางที่ 2.8เกณฑ์ปริมาณอากาศเติมเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40

สถานที่	m^3/ hr per m^2	cfm / m^2
ห้างสรรพสินค้า	2	1.2
โรงงาน	2	1.2
สำนักงาน	2	1.2
สถานอาบ อบ นวด	2	1.2
ชั้นติดต่อธุระ กับธนาคาร	2	1.2
ห้องพักในโรงแรม หรืออาคารชุด	2	1.2
ห้องปฏิบัติการ	2	1.2
ร้านตัดผม	3	1.8
สถานโบว์ลิ่ง	4	2.4
โรงมหรสพ	4	2.4
ห้องเรียน	4	2.4
สถานออกกำลังกาย	5	3
ร้านเสริมสวย	5	3
ห้องประชุม	6	3.6
ห้องน้ำ ห้องส้วม	10	5.9
สถานที่จำหน่ายอาหาร และเครื่องดื่ม	10	5.9
ไนต์คลับ บาร์	10	5.9
ห้องครัว	30	17.7
โรงพยาบาล		
- ห้องคนไข้	2	1.2
- ห้องผ่าตัด และห้องคลอด	8	4.8
- ห้อง ICU	5	3.0

2.6.2 มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล ว.ส.ท. 3003 – 50[9]

การปรับอากาศและระบายอากาศของสถานพยาบาลมีความสำคัญมาก เพราะเป็นสถานที่ที่มีผู้คนพลุกพล่านมาก ตั้งแต่เด็กจนถึงผู้สูงอายุ และเสี่ยงต่อการติดเชื้อโรคจากผู้ป่วย การออกแบบและควบคุมคุณภาพอากาศสำหรับสถานพยาบาลจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

โดยระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลต้องการกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ ดังนี้

ตางรางที่ 2.9 ประสิทธิภาพแผงกรองสำหรับสถานพยาบาล

ลำดับ	สถานที่	จำนวนชั้นกรองขั้นต่ำ	ประเภทแผงกรองอากาศชั้นที่ 1	ประเภทแผงกรองอากาศชั้นที่ 2
1	ห้องผ่าตัดออโธปิดิก ห้องผ่าตัดปลูกถ่ายไขกระดูก ห้องผ่าตัดปลูกถ่ายอวัยวะ	2	4	1 ติดตั้งที่ช่องจ่ายลม
2	ห้องผ่าตัดทั่วไป (General Procedure Operating Rooms) ห้องคลอด (Delivery Rooms) ห้องเด็กแรกเกิด (Nurseries) ห้องผู้ป่วยหนัก (ICU) ห้องรักษาผู้ป่วย ห้องตรวจวินิจฉัย บริเวณพักคอยสาหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	4	2
3	ห้องปฏิบัติการ ห้องเก็บอุปกรณ์ปลอดเชื้อ	1	3	-
4	พื้นที่เตรียมอาหาร ห้องซักรีด ห้องพักผู้ป่วย ทางเดินหน้าห้องพักผู้ป่วย	1	4	-

ตารางที่ 2.10 ประเภทแผงกรองอากาศ

ประเภท	ประสิทธิภาพขั้นต่ำ	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
MERV = Minimum Efficiency Reporting Value ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2		

ตารางที่ 2.11อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในและความดันสัมพันธ์

ลำดับ	สถานที่	อัตราการนำเข้าอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่น้อยกว่าจำนวนเท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง	ความดันสัมพันธ์กับพื้นที่ข้างเคียง
1	ห้องผ่าตัด	5	25	สูงกว่า
2	ห้องคลอด	5	25	สูงกว่า
3	ห้อง Nursery	5	12	สูงกว่า
4	หออภิบาลผู้ป่วยหนัก (ICU)	2	6	สูงกว่า
5	ห้องตรวจรักษาผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
6	ห้องฉุกเฉิน (trauma Room)	5	12	สูงกว่า
7	บริเวณพักคอยสำหรับแผนกผู้ป่วยนอกและห้องฉุกเฉิน	2	12	ต่ำกว่า
8	ห้องพักผู้ป่วย	2	6	สูงกว่า
9	ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ	2	12	ต่ำกว่า
10	ห้องแยกผู้ป่วยปลอดเชื้อ	2	12	สูงกว่า
11	ห้องปฏิบัติการ (Laboratory)	2	6	ต่ำกว่า
12	ห้องชันสูตรศพ	2	12	ต่ำกว่า

- สถานที่อื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ในตาราง 2.9 ประสิทธิภาพแผงกรองอากาศสำหรับสถานที่ต่าง ๆ ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงได้

- สถานที่อื่น ๆ ที่ไม่ได้ระบุไว้ในตาราง 2.11 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอก อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องและความดันสัมพันธ์ ให้ใช้อัตราการระบายอากาศของสถานที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงได้

- อากาศที่ระบายทิ้งที่มีการปนเปื้อนเชื้อโรค, สารกัมมันตรังสี หรือสิ่งอื่นใดที่แพร่กระจายทางอากาศได้ ต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ก่อนทิ้งออกสู่บรรยากาศภายนอก ยกเว้นตำแหน่งที่ทิ้งอากาศระบายทิ้งไม่เสี่ยงต่อการย้อนกลับเข้าสู่อาคาร หรือ เข้าสู่อาคารอื่น หรือบริเวณอื่นที่มีคนอยู่และปราศจากอันตราย

- ห้ามหมุนเวียนอากาศที่มีการปนเปื้อนเชื้อโรค, สารกัมมันตรังสีหรือสิ่งอื่นใดที่แพร่กระจายทางอากาศได้ กลับมาใช้ใหม่ ยกเว้นได้ผ่านการกรองด้วยแผ่นกรองอากาศประเภทที่ 1 และปราศจากอันตราย

- ต้องติดตั้งอุปกรณ์และระบบบำบัดน้ำของระบบน้ำระบายความร้อนตามประกาศกรมอนามัย เรื่อง ข้อปฏิบัติการควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลาในหอระบายความร้อนของอาคารในประเทศไทย

- ถาดรองน้ำทิ้งที่เกิดจากการกลั่นตัวจากคอยล์ทำความเย็น ต้องมีความลาดเอียงมากเพียงพอให้น้ำสามารถระบายออกไปได้อย่างรวดเร็วและไม่มีน้ำขังระหว่างที่เครื่องส่งลงเย็นทำงาน ถาดรองรับน้ำทิ้งต้องทำจากวัสดุที่ไม่ผุกร่อน เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless steel) หรือวัสดุอื่นที่มีการป้องกันการผุกร่อน และต้องบุฉนวนที่ถาดรองรับน้ำทิ้งเพื่อป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำใต้ถาดรองรับน้ำทิ้ง ท่อน้ำทิ้งที่ต่อจากถาดรับน้ำทิ้งต้องมีที่ดักกลิ่น (Trap) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำคั่นอยู่ (Water Seal) เพื่อป้องกันการดูดอากาศจากท่อน้ำทิ้งย้อนเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็น โดยที่ดักกลิ่นต้องมีน้ำคั่นสูงอย่างน้อย 50 mm แต่ไม่น้อยกว่าความดันสถิต (Total Static Pressure) สูงสุดของพัดลมของเครื่องส่งลมเย็น

- เครื่องส่งลมเย็นต้องติดตั้งในลักษณะที่สามารถเข้าถึงเพื่อทำความสะอาดคอยล์ทำความเย็นและอุปกรณ์ภายในได้สะดวก ตำแหน่งที่ตั้งต้องสามารถถอดเปลี่ยนแผงกรองอากาศได้สะดวกและไม่รบกวนการรักษาผู้ป่วยหรือการใช้งานในเปลี่ยนแผงกรองอากาศ

- ระบบส่งลมเย็นที่มีการติดตั้งแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ต้องจัดให้มีการทดสอบการรั่วของแผงกรองอากาศและการรั่วรอบ ๆ แผงกรองอากาศ (Bypass Leakage) ก่อนการใช้งาน และต้องจัดให้มีการทดสอบการรั่วอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

ห้องปฏิบัติการบางประเภทของสถานพยาบาลมีความต้องการการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศที่เพิ่มเติมจากลักษณะทั่วไปจากตาราง 2.11 เพื่อควบคุมปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น อุณหภูมิ, ความชื้น, ความดันภายในห้อง เป็นต้น

โดยห้องปฏิบัติการที่ต้องคำนึงถึงการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศเป็นพิเศษมีดังนี้

1) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับห้องผ่าตัด (Operating Room, OR)

- การจ่ายลมเข้าภายในห้องผ่าตัดควรต้องจ่ายจากเพดาน และดูดลมกลับที่ใกล้ระดับพื้น โดยมีหน้ากากรับลมอย่างน้อย 2 จุด ติดตั้งให้ขอบล่างอยู่สูงกว่าพื้นอย่างน้อย 75 mm หัวจ่ายลมควรเป็นแบบจ่ายลมทิศทางเดียว (Unidirectional) เช่น หน้ากากแบบ Perforated ควรหลีกเลี่ยงหัวจ่ายลมที่มีการเหนี่ยวนำลมสูง เช่น หัวจ่ายลมติดเพดานแบบสี่ทางที่ใช้ในงานระบบปรับอากาศทั่วไป หรือหน้ากากจ่ายลมแบบติดผนังชนิดมีใบปรับทิศทางลม

- เพื่อการประหยัดพลังงาน ระบบปรับอากาศสามารถลดอัตราการจ่ายลมเข้าห้องผ่าตัดระหว่างไม่มีการผ่าตัดได้ แต่ต้องรักษาความดันภายในห้องผ่าตัดให้สูงกว่าภายนอกตลอดเวลาแม้ในช่วงเวลาที่ไม่ได้มีการผ่าตัด

- ควรออกแบบให้สามารถปรับอุณหภูมิได้ในช่วง 17-27°C

- ควรควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 45-55 %RH

- ต้องควบคุมความดันภายในห้องให้สูงกว่าบริเวณรอบ ๆห้องผ่าตัด

- ควรติดเครื่องวัดความดันแตกต่างภายในห้องเพื่อตรวจสอบได้ตลอดเวลา

- ควรติดตั้งเครื่องอ่านอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ให้สามารถอ่านได้สะดวก

- ไม่ควรติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงในระบบส่งลม ยกเว้นมีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าประเภทที่ 2 ติดตั้งอยู่ที่ปลายทาง หลังจากลมผ่านวัสดุดูดซับเสียง

- อากาศจากภายนอกควรผ่านการลดความชื้นให้มีปริมาณไอ้น้ำในอากาศหรืออุณหภูมิหยดน้ำค้างต่ำกว่าสภาวะออกแบบของห้องก่อนผสมกับลมกลับหรือก่อนจ่ายเข้าไปในห้อง

2) ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับห้องไอซียู (Intensive Care Unit, ICU)

- ควรออกแบบให้สามารถปรับอุณหภูมิได้ในช่วง 21-27 ° C

- ควรควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้ต่ำกว่า 60 %RH

- ต้องควบคุมความดันภายในห้องให้สูงกว่าบริเวณโดยรอบ

- ไม่ควรติดตั้งวัสดุดูดซับเสียงภายในระบบส่งลม ยกเว้นมีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพไม่น้อยกว่าประเภทที่ 2 ติดตั้งอยู่ที่ปลายทาง หลังจากลมผ่านวัสดุดูดซับเสียง

- อากาศจากภายนอกควรผ่านการลดความชื้นให้มีปริมาณไอ้น้ำในอากาศหรืออุณหภูมิหยดน้ำค้างต่ำกว่าสภาวะออกแบบของห้องก่อนผสมกับลมกลับหรือก่อนจ่ายเข้าไปในห้อง

ระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับห้องแยกปลอดเชื้อ (Protective Environment, PE)

- ห้องแยกปลอดเชื้อสำหรับผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำกว่าปกติต้องจ่ายลมที่ผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 หัวจ่ายลมควรเป็นแบบจ่ายลมทิศทางเดียว (Unidirectional) เช่น หน้ากากแบบ

Perforated ควรหลีกเลี่ยงหัวจ่ายลมที่มีการเหนี่ยวนำลมสูง เช่น หัวจ่ายลมติดเพดานแบบสี่ทางใช้ในงานระบบปรับอากาศทั่วไป หรือ หน้ากากจ่ายลมแบบติดผนัง

- การจ่ายลมต้องทำในลักษณะที่จ่ายอากาศที่สะอาดผ่านผู้ป่วยเป็นลำดับแรกแล้วจึงผ่านผู้มาเยี่ยม และผ่านไปยังหน้ากากลมกลับไปที่อยู่ใกล้ระดับพื้น และใกล้ประตูทางเข้าห้อง

- ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดความดันในที่มองเห็นได้ง่าย เช่น หน้าประตูทางเข้าห้อง เพื่อใช้ตรวจสอบความดันได้ตลอดเวลา

- ในกรณีที่ห้องแยกปลอกเชื้อต้องใช้สำหรับผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันต่ำกว่าปกติและเป็นผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศด้วย ต้องออกแบบห้องให้เป็นไปตามข้อกำหนดของห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

3) ระบบปรับอากาศและระบบอากาศสำหรับห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Airborne Infection Isolation Room, AIIR)

ความต้องการทั่วไป

- ระบบด้านลมระบบปรับอากาศและระบายอากาศของห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องแยกอิสระโดยเด็ดขาดจากส่วนอื่น ๆ ของอาคาร

- ห้ามต่อท่อลมระบายอากาศทิ้งจากห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศกับท่อลมอื่น ๆ ของอาคาร

การควบคุมทิศทางการไหลของอากาศ

- เพื่อไม่ให้อากาศไหลเข้าห้องเมื่อมีรอยรั่ว ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องมีความดันภายในห้องเป็นลบหรือต่ำกว่าบริเวณข้างเคียงไม่น้อยกว่า 2.5 Pa และต้องติดตั้งเครื่องมือตรวจสอบความดัน หรือทิศทางการไหลของอากาศ ซึ่งมองเห็นได้อย่างชัดเจนติดตั้งที่หน้าประตูทางเข้าห้อง

- ห้ามออกแบบห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ เป็นห้องที่สามารถปรับความดันให้เป็นบวกได้ เช่น การออกแบบให้สามารถสับเปลี่ยนเป็นห้องที่มีความดันเป็นบวกเพื่อให้เป็นห้องปลอดเชื้อ ทั้งนี้เพื่อป้องกันความผิดพลาดของระบบควบคุมและการใช้งาน

- ประตูห้องต้องเป็นแบบที่มีปะเก็นโดยรอบเพื่อลดการรั่วซึมขณะปิดประตู

- เพื่อช่วยให้ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศเป็นห้องที่มีโอกาสแพร่เชื้อออกจากห้องให้น้อยที่สุด ประตูของห้องควรมีสองชั้น เพื่อทำให้เกิดห้องโถงขนาดเล็กก่อนเข้าถึงห้องภายใน บานประตูระหว่างห้องโถงเล็กกับห้องผู้ป่วยต้องเปิดเข้าสู่ห้องผู้ป่วย

การกรองอากาศหมุนเวียนภายในห้อง

- สามารถนำมาใช้กับกรณีที่มีการหมุนเวียนอากาศในห้องมาใช้ใหม่

- ก่อนจ่ายลมเข้ามาในห้อง อากาศต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1

- อากาศหมุนเวียนในห้อง (Total Air) ต้องมีอัตราไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดใน ตาราง 2.11

การเติมอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอก

- ต้องนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมกับอากาศในห้องไม่น้อยกว่าอัตราที่กำหนดใน ตาราง 2.11

การระบายอากาศเสียทิ้ง (Exhaust Air)

- การระบายอากาศเสียทิ้งจากห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ก่อนทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก ยกเว้นตำแหน่งที่ระบายอากาศเสียทิ้งไม่เสี่ยงต่อการย้อนกลับเข้าสู่อาคาร หรือ เข้าสู่อาคารอื่น หรือ บริเวณที่มีผู้คนอาศัยอยู่

- ตำแหน่งหน้ากากดูดอากาศเสียทิ้ง ควรติดตั้งอยู่ด้านหัวเตียงผู้ป่วยที่ระดับใกล้พื้นห้อง โดยขอบล่างของหน้ากากดูดลมควรอยู่สูงจากพื้น 0.10 m

- ในกรณีมีห้องอยู่ภายในห้อง ต้องมีการระบายอากาศจากห้องน้ำด้วยอัตราไม่น้อยกว่า 12 เท่าของปริมาตรห้องน้ำต่อชั่วโมง อากาศที่ระบายทิ้งจากห้องน้ำต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 ก่อนทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก ยกเว้นตำแหน่งที่ทิ้งอากาสระบายทิ้งไม่เสี่ยงต่อการย้อนกลับเข้าสู่อาคาร หรือ เข้าสู่อาคารอื่น หรือบริเวรอื่นที่มีคนอยู่

การควบคุม

- การควบคุมการเปิดปิด

ต้องจัดให้มีสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศอยุ่ภายนอกห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ และอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย มีสัญญาณไฟแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์สำคัญได้แก่ พัดลม เครื่องปรับอากาศ

-การควบคุมความดัน

ต้องจัดให้มีเครื่องวัดความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศกับภายนอกห้อง

เครื่องวัดความแตกต่างต้องมีช่วง (Range) การใช้งานเหมาะสมกับความดันออกแบบของห้อง

- การตรวจสภาพแผงกรองอากาศ

ต้องจัดให้มีวิธีการตรวจวัดความคร่อมแผงกรองอากาศ เช่น การติดตั้งเครื่องวัดความแตกต่างคร่อมแผงกรองอากาศ หรือ จัดเตรียมท่อต่อ (Port) สำหรับใช้ต่อกับเครื่องวัดความแตกต่าง

ต้องเปลี่ยนแผงกรองอากาศเมื่อความดันแตกต่างคร่อมแผงกรองอากาศสูงเกินกว่าที่ผู้ผลิตกำหนด

การติดตั้งแผงกรองอากาศต้องเป็นไปตามที่ผู้ผลิตแนะนำและต้องไม่มีการรั่วของอากาศผ่านกรอบหรือโครงของแผงกรองอากาศ

- การทำงานเมื่อการแสไฟฟ้าหลักขัดข้อง

พัดลมและอุปกรณ์ในระบบส่งลมที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมความดันของห้องและการกรองอากาศ ต้องรับไฟฟ้าจากระบบไฟฟ้าสำรอง หรือจัดให้มีป้ายสัญญาณและเสียงสัญญาณเตือนอันตรายเมื่อกระแสไฟฟ้าหลักขัดข้องซึ่งทำงานด้วยระบบไฟฟ้าสำรอง

- การทดสอบ

การทดสอบโดยทั่วไป

ต้องทำการทดสอบการทำงานของระบบการทำงานทั้งหมดเพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ

ต้องเก็บรักษาบันทึกของการทดสอบไว้

บันทึกต้องพร้อมที่จะถูกตรวจสอบได้

ระบบควบคุม

ต้องทำการทดสอบระบบควบคุมทั้งหมดทั้งในสภาวะการใช้งานปกติ ภาวะกระแสไฟฟ้าหลักขัดข้อง และภาววะอื่น ๆที่อาจเกิดขึ้นได้

2.6.3มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล ASHRAE Standard 62-1989[4]

อากาศเติมจากภายนอกของ ASHRAE ได้คำนึงถึงจำนวนคนในพื้นที่เป็นปัจจัยหลัก ดังตารางที่ 2.12 โดยมีหลักการคำนวณ คือ กำหนดพื้นที่ และจำกัดจำนวนคนต่อพื้นที่ที่ออกแบบ จากนั้นจะได้จำนวนคนต่อพื้นที่ที่เพียงพอ โดยจะคิดปริมาณอากาศเติมจากจำนวนคน ยกตัวอย่างเช่น ห้องผ่าตัด กำจัดจำนวน 20 คน ต่อ 100 m^2 และ 1 คน ต้องการปริมาณอากาศจากภายนอก 30 CFM และเพื่อที่จะได้เห็นภาพรวมของวิธีการคำนวณในวิธีนี้ สามารถพิจารณาได้จากแผนผังการหาอัตราการเติมอากาศจากภายนอก ตามมาตรฐาน ASHRAE Standard 62-1989

ตารางที่ 2.12 ความต้องการปริมาณอากาศเติมภายนอกสำหรับการระบายอากาศ ASHRAE Standard 62-1989

ประเภทของห้อง	ประมาณการสำหรับอยู่การอาศัยสูงสุด จำนวนคน /100 m^2	ความต้องการอากาศจากภายนอก cfm/คน
Patient rooms (ห้องผู้ป่วย)	10	25
Medical procedure (ห้องทำงานทางการแพทย์)	20	15
Operating rooms (ห้องผ่าตัด)	20	30
Recovery (ห้องพักฟื้น) and ICU	20	15
Autopsy rooms (ห้องชันสูตร)	-	0.5 cfm/ft.sq.
Physical Therapy (กายภาพบำบัด)	20	15

2.7วรรณกรรมปริทัศน์

ในปี 2004 Sekhar ได้นำหลักการ IAQ มาศึกษากับห้องพักคอนโดในสิงคโปร์ ซึ่งได้มีการติดตั้งพัดลมระบายอากาศภายในห้องน้ำ และมีจำนวนผู้อยู่อาศัย 3-4 คน ซึ่งไม่มีการเปิดหน้าต่างหรือประตูทิ้งไว้ โดยทำการเก็บข้อมูลความเข้มข้นของก๊าซ CO_2 และ SF_6 ในช่วงที่มีการเปิดและไม่เปิดพัดลมระบายอากาศ จากข้อมูลพบว่าก๊าซทั้งสองจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นสูง (จาก 500 ppm สู่ 2000 ppm ภายใน 2 ชั่วโมง) เมื่อมีผู้อาศัยอยู่ภายในห้องและจะลดลงอย่างช้า ๆ เมื่อผู้อยู่อาศัยออกไปข้างนอกซึ่งเกิดจากการระบายอากาศอย่างเป็นธรรมชาติตามช่องที่อากาศจะสามารถถ่ายเทได้ แต่เมื่อมีการเปิดพัดลมระบายอากาศ ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซทั้งสองนั้นลดลงแม้ว่าจะมีจะคนอาศัยอยู่ในห้องและจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงที่ไม่มีผู้อยู่อาศัยเลย การศึกษานี้จึงแสดงให้เห็นว่าการติดอุปกรณ์อย่างพัดลมระบายอากาศช่วยให้ระบบมีการระบายที่ดี ซึ่งส่งผลให้มี IAQ ที่ดีขึ้น[10]

อริสา กาญจนากระจ่าง และภารดี ช่วยบำรุง ได้ทำการศึกษานี้เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศของห้องเรียนในมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเขตปริมณฑล โดยเลือกห้องเรียนขนาดความจุ 200 คน จำนวน 3 ห้อง จากอาคารเรียนในกลุ่มสุขศาสตร์สังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์โดยใช้การตรวจวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระหว่างที่มีการเรียนการสอนภายในห้องทุก ๆ 5 นาที ด้วยเครื่องมือชนิด non-dispersive infrared analyzer ที่อ่านค่าได้เลยในทันทีจำนวน 2 เครื่อง พร้อม ๆ กัน ค่าที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ที่กำหนดให้ภายในอาคารที่มีผู้ใช้งานควรมีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่เกิน 1,000 ppm แสดงถึงการระบายอากาศที่พอเพียงกับจำนวนคนภายในห้อง และมีการคำนวณอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศต่อชั่วโมง (air change rate per hour, ACH) เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ASHRAE ที่กำหนดให้ห้องเรียนควรมีค่าไม่น้อยกว่า 6 ACH ผลการศึกษา พบว่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้องเรียนกลุ่มสุขศาสตร์อยู่ในช่วง 405-1,243 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-73 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.29-0.37 ACH ขณะที่ห้องเรียนในกลุ่มสังคมศาสตร์พบความเข้มข้นของก๊าซ 395- 3,458 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-147 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.35-0.41 ACH ส่วนห้องเรียนในกลุ่มวิทยาศาสตร์พบความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วง 477-5,310 ppm (จำนวนนักศึกษา 1-175 คน) มีอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศเฉลี่ย 0.81-0.85 ACH แสดงถึงการระบายอากาศที่ไม่พอทั้งสิ้น โดยพบการสะสมตัวของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ผ่านไปในทุกห้องที่ศึกษา[11]

ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล และ ผศ.ดร.ชุมพร มูรพันธุ์ ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณภาพอากาศภายในอาคารกับการรับรู้ของผู้ใช้งาน โดยประเมินคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วยเครื่องมือตรวจวัดทางวิทยาศาสตร์ พร้อมกับการตอบแบบสอบถามในสถานที่ที่มีความแตกต่างกัน ทั้งทางประเภทของกิจกรรมและปริมาณความหนาแน่นของการเข้าใช้งานพื้นที่ จากการศึกษา พบว่าองค์ประกอบของปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทำให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ, ความชื้น และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีความแตกต่างกัน และเมื่อนำข้อมูลข้างต้น

มาเปรียบเทียบกับการรับรู้ของผู้ใช้งานอาคารแล้ว ผลปรากฏว่า ผู้ใช้งานอาคารไม่สามารถรับรู้ถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ต่ำกว่ามาตรฐานได้[12]

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[13]

จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์ วิศวกรเครื่องกลอาวุโส ได้ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องการควบคุมการติดเชื้อทางอาศสำหรับโรงพยาบาล โรงพยาบาลสามารถติดเชื้อที่ส่งผ่านทางอากาศได้ ผู้ป่วยเป็นแหล่งกำเนิดหลักของเชื้อโรคในโรงพยาบาล จากการศึกษาแสดงว่า 99.4% ของแบคทีเรียในโรงพยาบาลจะถูกกรองได้โดยแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพ 90-95% ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียมักรวมตัวอยู่ด้วยกันซึ่งจะมีขนาดใหญ่กว่า 1 ไมครอน หน่วยงานบางแห่งแนะนำให้ใช้แผงกรองอากาศชนิด HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter)ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคขนาด 0.3 ไมครอนได้ถึง 99.97% การป้องกันการติดเชื้อทางอากาศขั้นพื้นฐานที่สุดคือการป้องกันไม่ให้เชื้อผ่านเข้าและออกจากห้องที่ต้องการควบคุมได้ แนวทางแรกคือ การป้องกันทางกายภาพ ได้แก่ ทำให้ประตูหน้าต่างมีรอยรั่วเล็กน้อย ไม่มีช่องเปิดที่ผนัง ทำประตูสองชั้น แนวทางที่สองคือ การสร้างความดันภายในห้องให้สูงกว่าภายนอกห้องในกรณีป้องกันเชื้อโรคเข้าห้อง เพื่อให้อากาศไหลจากภายในห้องผ่านตามรอยรั่วต่าง ๆ หรือการสร้างความดันภายในห้องให้ต่ำกว่าภายนอกห้องในกรณีป้องกันเชื้อออกจากห้อง[14]

Waqas Khalidและคณะได้ทำการตรวจสอบอุณหภูมิความสบายและการปรับตัวทางความร้อนสำหรับผู้ป่วยและผู้มาเยี่ยมในโรงพยาบาลมาเลเซีย (Investigation of comfort temperature and thermal adaptation for patients and visitors in Malaysian hospitals) การศึกษานี้ประเมินสภาพความร้อนที่มีอยู่และความต้องการความสบายทางความร้อนของผู้ป่วยและผู้มาเยี่ยม รวบรวมคำตอบทั้งหมด 389 คำตอบ และรายการในสภาพอากาศร้อนและชื้นในประเทศมาเลเซียระบุว่าแนวทางความสะดวกสบายเชิงความร้อนเฉพาะสำหรับโรงพยาบาลในมาเลเซียมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิความสะดวกสบายในห้องผ่าตัดคาดว่าจะอยู่ที่ 25.3 °C สำหรับห้องผู้ป่วยและผู้มาเยือนจะอยู่ที่ 25.5 °C โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิความสะดวกสบายในร่มกับอุณหภูมิเฉลี่ยในการวิ่ง (27.0 - 31.0 °C) จากการสำรวจในโรงพยาบาล 3 แห่ง ความสัมพันธ์แบบปรับตัวเหล่านี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการสร้างวิศวกรบริการและนักวิจัยที่ต้องการลดการใช้พลังงานในโรงพยาบาล[15]

S.C. Sekhar และ S.E. Goh ทำการศึกษาลักษณะสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) และลักษณะคุณภาพอากาศของการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ/เชิงกล

(NMV) และศึกษาเครื่องปรับอากาศที่อยู่ในห้องนอนในสภาวะภูมิอากาศร้อนชื้น ลักษณะของสภาวะความสบายเชิงความร้อนและลักษณะคุณภาพอากาศ (IAQ) ในห้องนอน การรู้สึกของผู้อยู่อาศัยและผลกระทบต่อคุณภาพการนอนหลับมักจะไม่ได้มีการศึกษา ซึ่งเป็นสิ่งที่น่าสนใจถ้าสภาวะภูมิอากาศมีเงื่อนไขในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ/เชิงกล (NMV) เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องปรับอากาศ (AC) ซึ่งจะมีความสำคัญในด้านพลังงาน การศึกษานี้จะรายงานผลของการวิจัยโดยจากการศึกษาในสภาพอากาศร้อนชื้น วัตถุประสงค์ของการวัดสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) และลักษณะคุณภาพอากาศ (IAQ) จะวัดจากในช่วงการนอนหลับและการระบายอากาศของห้องนอนจะอยู่ใน 12 NMW และ 12 AC ในระยะเวลา 2 เดือน ในการทำแบบสอบถามคำตอบในช่วงท้ายจะประเมินเกี่ยวกับความรู้สึกของพวกเขาในสภาวะความสบายเชิงความร้อน (Thermal comfort) และลักษณะคุณภาพอากาศ (IAQ) ในห้องนอนในระหว่างที่นอนหลับ พบว่าวิธีการ NMV ในห้องนอนจะทำให้การนอนหลับดีขึ้น พบว่าห้องนอนที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ (AC) มีระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับห้องนอนที่มีการใช้วิธี (NMV) แต่ไม่พบสิ่งที่ยืนยันว่าระยะเวลาการนอนหลับลดลงเมื่อระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่ผลการวิจัยจะชี้ให้เห็นว่าเมื่อระดับของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นอาจขัดขวางระยะเวลาของการนอนหลับ[16]

Nyuk Hien Wong และ Bernard Huang ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพอากาศของการระบายอากาศโดยธรรมชาติและการปรับอากาศในห้องนอนภายใต้การสร้างที่อยู่อาศัยในสิงคโปร์ ได้ทำการวัดค่าคุณภาพอากาศหรือ IAQ ในบ้าน 3 แบบ ในสิงคโปรสำหรับการหาค่าของ IAQ ที่เหมาะสมสำหรับห้องนอน พบว่าเมื่อใช้เครื่องปรับอากาศในขณะที่นอนหลับจะมีการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มากกว่า (> 1000 ppm) สำหรับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด ระดับ CO_2สูงมากเมื่อเทียบกับห้องนอนที่มีการระบายอากาศโดยธรรมชาติ และได้สำรวจเพื่อตรวจสอบผู้อยู่อาศัยที่มีการแสดงอาการของโรค sick building syndrome (SBS) อาการขณะนอนหลับในที่ที่มีเครื่องปรับอากาศ เช่นเดียวกับการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติในห้องนอน ผลการเปรียบเทียบพบว่าเกือบทุกคนที่อาศัยเครื่องปรับอากาศที่ในขณะหลับแสดงอาการมากกว่าหนึ่งอาการของโรค SBS การสำรวจยังพบว่าความถี่ของการใช้งานและระยะเวลาของการใช้งานเครื่องปรับอากาศที่มีผลกระทบที่สำคัญที่ทำให้เกิดโรค SBS[17]

Zheng Li และShiming Deng ได้ทำการศึกษาทดลองลักษณะวิธีการโดยธรรมชาติของ DX A/C สำหรับการสร้างที่อยู่อาศัยในพื้นที่กึ่งเขตร้อน direct expansion (DX) air conditioning (A/C) โดยปกติหน่วยเหล่านี้จะใช้สำหรับการควบคุมสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการหน่วยตามมาตรฐานของ DX A/C จะมีคอมเพรสเซอร์ความเร็วคงที่และอาศัยการเปิด-ปิดวงจร มาตรฐานเหล่านี้จะนำไปสู่พื้นที่การระบายความร้อนและระดับความชื้นที่ไม่สามารถควบคุมได้ เนื่องจากภาระการระบายความร้อนแฝงสูงเป็นผลมาจากความร้อนและภูมิอากาศร้อนชื้น เอกสารนี้พูดเกี่ยวกับการศึกษาลักษณะวิธีการโดยธรรมชาติของ DX A/C โดยที่หน่วยของอากาศทางเข้าคงที่ 24 °C และ 50% RH สำหรับระบบ DX A/C เมื่อความเร็วของคอมเพรสเซอร์และพัดลมเสริมแตกต่างกัน ผลการทดลองนำเสนออยู่บนพื้นฐานของพื้นที่อากาศที่เฉพาะเจาะจง การทดลองลักษณะวิธีการโดยธรรมชาติของ DX A/Cเหมาะสมอัตราส่วนความร้อน (SHR) และประสิทธิภาพการดำเนินงาน

ประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติการประยุกต์ใช้ลักษณะโดยธรรมชาติและข้อจำกัดที่เป็นไปได้ที่จะกล่าวถึง[18]

ในปี 2015 YongchaoZhai และคณะ ได้ทำการศึกษาขอบเขตของความสบายเชิงความร้อนและ IAQ ในสภาพแวดล้อมที่มีอากาศอบอุ่น โดยให้อาสาสมัคร 16 ท่าน (ผู้ชาย 8 คนและผู้หญิง 8 คน) สวมชุดสำหรับฤดูร้อน (0.5 cl.) และนั่งทำกิจกรรมทั่วไป (1.1 met) ใต้พัดลมเพดานภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น แล้วให้อาสาสมัครตอบแบบสอบถามโดยมีให้ข้อมูลดังนี้คือ การสัมผัสถึงความร้อน ความสบาย, คุณภาพอากาศที่รู้สึกได้, การยอมรับการความเร็วอากาศ, การสัมผัสถึงความชื้น และอาการตาแห้ง ซึ่งการให้ข้อมูลนี้จะทำภายในระยะเวลา 2 ชั่วโมง 15 นาที จากการทดลองที่อุณหภูมิ 26, 28 และ 30℃ ทั้งที่ความชื้น 60% และ 80% RH ซึ่งจะมีอุณหภูมิเสมือนอยู่ในช่วง 26 – 33 ℃ และทำการปรับความเร็วอากาศ 7 ระดับตั้งแต่ น้อยกว่า 0.05 m/s จนถึง 1.8 m/s พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามสัมผัสได้ถึงความร้อนและความสบายเชิงความร้อนที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างการเปิดพัดลมและปิดพัดลม แต่สำหรับการปรับความเร็วอากาศในแต่ละระดับนั้นจะรู้สึกแตกต่างกันเล็กน้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ และผู้เข้าร่วมการทดสอบกว่าครึ่งหนึ่งยังรู้สึกถึงความสบายเชิงความร้อนที่อุณหภูมิเสมือนสูงถึง 32.6 ℃ นอกจากนี้ในทุกการทดสอบนั้นไม่มีอาสาสมัครได้กล่าวถึงอาการตาแห้งเลย จากข้อมูลเหล่านี้เมื่อนำไปเทียบกับมาตรฐานของ ASHRAE ที่ได้กำหนดไว้ว่าความเร็วอากาศต้องไม่เกิน 0.8 m/s และอุณหภูมิ ณ จุดทำงานอยู่ประมาณ 24 - 29 ℃ ทั้งในความชื้น 60% และ 80% RH เพื่อให้เกิดความสบายเชิงความร้อน ซึ่งจากผลการทดลองนี้ได้แสดงให้เห็นถึงผลที่แตกต่างออกไป ดังนั้นมาตรฐานความสบายเชิงความร้อนและ IAQ จึงยังคงต้องมีการปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานต่อไปเพื่อให้มีความแม่นยำที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้นเพื่อประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน[14]

บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงงาน

การหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสำหรับโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเป็นการปรับปรุงคุณภาพอากาศเพื่อเพิ่มคุณภาพอากาศภายในอาคารให้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลดีต่อความรู้สึกสบายและสุขภาพของผู้คนที่มาใช้บริการในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยในส่วนของบทที่ 3จะเป็นส่วนของการนำเสนอวิธีการดำเนินงานเพื่อหาแนวทางปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.1 สถานที่จัดทำโครงงาน

การปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร ได้เลือกปรับปรุงคุณภาพอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เนื่องจากโรงพยาบาลมีผู้คนมาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และสภาวะอากาศมีปริมาณความชื้นสูง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อโรคต่าง ๆ รวมทั้งการระบายอากาศภายในอาคารที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัดเมื่อเข้าไปใช้บริการ โดยโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยของรัฐบาลระดับตติยภูมิขั้นสูง ในเขตภาคเหนือตอนล่าง สังกัดคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งอยู่ในมหาวิทยาลัยนเรศวร เลขที่ 99 หมู่ 9 ถนนพิษณุโลก-นครสวรรค์ ตำบลท่าโพธิ์ อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 ซึ่งเป็นโรงพยาบาลขนาดใหญ่ มี 471 เตียง ลักษณะเป็นอาคารสูง 9 ชั้น จำนวน 2 อาคาร โดยแบ่งออกเป็นอาคารสิรินธร มีพื้นขนาด 36,500 ตารางเมตร และอาคารเฉลิมพระเกียรติมีพื้นที่ขนาด 21,000 ตารางเมตร

รูปที่ 3.1โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

3.2 อุปกรณ์ในการดำเนินโครงงาน

ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่าง ต้องมีการใช้เครื่องมือในการวัดค่าต่าง ๆ ที่จะใช้ในการวิเคราะห์หาปัญหาของคุณภาพอากาศภายในอาคารในบทที่ 4 โดยใช้เครื่องมือในการตรวจวัดดังต่อไปนี้

3.2.1) เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่ไม่มีกลิ่น และไม่มีสี ที่วัดได้จะแสดงผลในหน่วย ppm ซึ่งหากก๊าซมีปริมาณที่เกินกำหนดจะเกิดผลกระทบต่อคุณภาพอากาศ จึงจำเป็นต้องตรวจวัดคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อควบคุมคุณภาพของอากาศไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนที่อยู่ภายในอาคาร

รูปที่ 3.2 เครื่องวัดคาร์บอนไดออกไซด์

3.2.2) เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อคุณภาพอากาศ จึงจำเป็นในการควบคุมให้เหมาะสม เพื่อป้องกันการเกิดปัญหาคุณภาพอากาศที่จะเกิดภายหลัง ในส่วนอุณหภูมิที่วัดได้จะแสดงผลใน หน่วยขององศาเซลเซียส (˚C) และความชื้นแสดงผลในหน่วย %RH

รูปที่ 3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น

3.2.3) ตรวจเชื้อราและแบคทีเรีย

ในการตรวจวัดเชื้อราและแบคทีเรีย จะทำการวางจานเพาะเชื้อไว้ตามจุดต่าง ๆ ภายในห้องที่สุ่มตรวจ และส่งตัวอย่างนี้ผ่านกระบวนการตรวจสอบเพื่อหาปริมาณของเชื้อราและแบคทีเรีย โดยจานเพาะเชื้อที่ใช้นั้น ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็งหรือแบบวุ้นทั้งหมด 2 ชนิด ได้แก่

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

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

รูปที่ 3.4 จานเพาะเชื้อ

3.3 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.3.1) ศึกษาข้อมูลและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

การแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศจะต้องพิจารณาจากกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละเกณฑ์การประเมินจะแตกต่างกันออกไป การศึกษาข้อมูลด้านทฤษฎีจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการนำปัญหาด้านคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้นภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมาวิเคราะห์เพื่อดำเนินการหาแนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศที่ดีขึ้น

3.3.2) ศึกษาข้อมูลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจึงได้ทราบว่าภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรกำลังประสบกับปัญหาด้านคุณภาพอากาศ โดยจากการศึกษาการตรวจวัดค่าต่าง ๆ ทั้งเชื้อจุลินทรีย์ เชื้อราในอากาศ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่าส่วนใหญ่แล้วค่าที่ได้จากการตรวจวัดดังกล่าวเกินกว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารที่สามารถยอมรับได้ ทำให้อากาศภายในอาคารส่งผลต่อการใช้งานของคนในพื้นที่ และสิ่งที่ตามมานั้นคือความไม่พึงพอใจต่อการใช้งานผู้คนที่เข้ามาใช้งานในพื้นที่ภายในอาคารเกิดอากาหายใจติดขัด รู้สึกไม่เวียนศีรษะ เนื่องมาจากคุณภาพอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอต่อการอยู่อาคารของคนในพื้นที่

3.3.3) ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาแบบอาคารและแบบระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถทำให้เข้าใจและมองเห็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ โดยจากการศึกษาดังกล่าวได้พบกับปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารได้แก่ ปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ภายในพื้นที่มีปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ปัญหาด้านความชื้นในอากาศสูง เป็นต้น

3.3.4) วิเคราะห์ปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาแบบอาคารและแบบระบบปรับอากาศเบื้องต้นนั้น ปัญหาคุณภาพอากาศที่เกิดขึ้นล้วนแต่มาจากปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ เมื่อการระบายอากาศไม่เพียงพอจะทำให้พื้นที่ภายในอาคารเกิดการสะสมของเชื้อจุลินทรีย์และเชื้อรา อีกทั้งความชื้นในอากาศที่สะสมเป็นเหตุให้เชื้อต่าง ๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะดังกล่าว เช่นนี้จึงต้องเร่งหาแนวทางปรับปรุงปัญหาที่เกิดภายในอาคาร เนื่องจากโรงพยาบาลจะต้องควบคุมคุณภาพอากาศให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และเป็นที่น่าพอต่อการเข้ามาใช้บริการของผู้คน โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาจะอธิบายไว้ในบทที่ 4

3.3.5) เสนอแนวทางแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในรพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

เมื่อวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรแล้ว พบว่าปัญหาที่โรงพยาบาลกำลังประสบมีหลายด้าน โดยทางผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่พบ และทำการเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศนี้จะสามารถทำให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ดีขึ้นได้

3.3.6) จัดทำคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมรับอากาศและระบายอากาศ

การจัดคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมปรับอากาศและระบายอากาศเป็นส่วนหนึ่งของโครงงานนี้ เนื่องจากจะเป็นการทำความเข้าใจในภาคทฤษฎีและการคำนวณด้านการเปลี่ยนแปลงสภาวะของอากาศและอุปกรณ์ทางระบบปรับอากาศซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการนำไปใช้ดำเนินการแก้ไขปัญหาคุณอากาศที่เกิดขึ้นภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารบางกรณีสามารถใช้คู่มือปฏิบัติการนี้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้

3.3.7) สรุปและประเมินผล

แนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลนเรศวร จะสามารถนำไปประกอบการพิจารณาและปรับปรุงระบบปรับอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพอากาศจะสามารถแก้ปัญหาคุณภาพอากาศในโรงพยาบาลได้ อีกทั้งยังสามารถนำแนวทางแก้ไขปัญหานี้ไปปรับใช้กับการบำรุงรักษาระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลอื่น ๆ ได้อีกด้วย

3.4 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

หัวข้อการดำเนินงาน	ระยะเวลา								
	ปี พ.ศ.2562						ปี พ.ศ.2563		
	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค
1) ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน									
2) ศึกษารูปแบบของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร									
3) ศึกษาปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร									
4) วิเคราะห์หาแนวทางการแก้ไขคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรด้วยวิธีการจำลองจากอุปกรณ์การทดลองระบบปรับอากาศ									
5) จัดทำรูปแบบการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร									

3.5 งบประมาณที่ใช้

1.6.1) อุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 500 บาท

1.6.2) กระดาษ 200 บาท

1.6.3) จัดทำรูปเล่ม 500 บาท

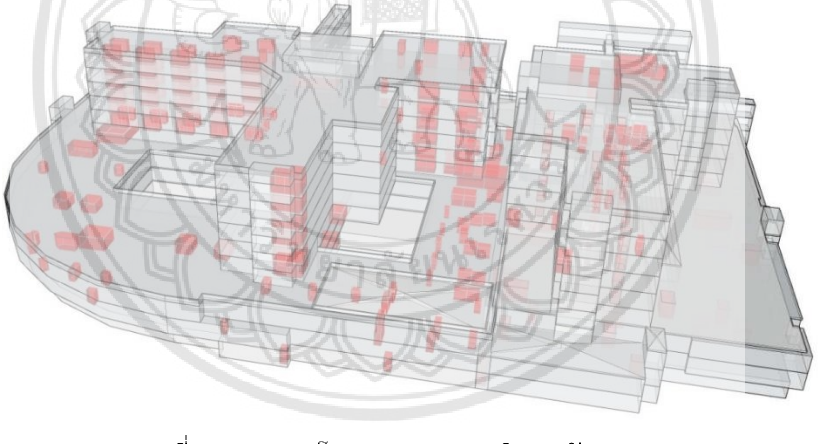
1.6.4) อุปกรณ์อื่น ๆ 500 บาท

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

ในบทที่ 4 นี้จะเป็นผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งทางผู้จัดทำจะแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ด้วยกัน โดยส่วนแรกจะเป็นผลจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารว่ามีปัญหาในด้านใดบ้าง และส่วนที่สองจะเป็นการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาข้อมูลจากการตรวจวัดพร้อมทั้งเสนอแนวทางในการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศ โดยจะยกตัวอย่างห้องที่มีปัญหาคุณภาพอากาศมาเป็นแบบอย่างในการแก้ไขปัญหา ซึ่งรายละเอียดจะกล่าวต่อไปจากนี้

4.1 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.1 อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาข้อมูลคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่ามีปัญหาด้านคุณภาพอากาศที่จะต้องรับการปรับปรุงแก้ไขอย่างเป็นระเบียบและถูกต้องตามหลักวิศวกรรมที่กำหนด โดยโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรแบ่งออกเป็นสองอาคาร ได้แก่อาคารสิรินธรซึ่งเป็นอาคารแห่งแรกของโรงพยาบาลมีการใช้งานมานานกว่า 20 ปี จึงทำให้อาคารสิรินธรมีปัญหาทางด้านคุณภาพอากาศ และจะต้องทำการปรับปรุงอย่างเร่งด่วน โดยอาคารมีจำนวนทั้งสิ้น 9 ชั้น และอาคารแห่งที่สองซึ่งติดกันกับอาคารสิรินธรคืออาคารเฉลิมพระเกียรติ เป็นอาคารที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ต่อจากอาคารสิรินธรเพื่อรองรับการเข้ามาใช้บริการด้านสุขภาพ โดยอาคารเฉลิมพระเกียรติเป็นอาคารสร้างใหม่จึงมีการใช้งานค่อนข้างน้อยกว่าอาคารสิรินธร ปัญหาด้านคุณภาพอากาศจึงน้อยกว่าอาคารสิรินธร

โรงพยาบาลเป็นสถานที่ที่ต้องดูแลเรื่องของความสะอาด และปัญหาที่พบคือมีปริมาณแบคทีเรีย เชื้อรา อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)เป็นจำนวนมากและจึงต้องทำการแก้ปัญหาดังกล่าวให้อยู่ในค่าที่ยอมรับได้ เนื่องจากสภาพพื้นที่ของโรงพยาบาลมีขนาดใหญ่และมีจำนวนห้องหลายห้อง ทางผู้วิจัยจึงจำเป็นต้องมีการสุ่มเลือกห้องที่ทำการศึกษาโดยพิจารณาจากปริมาณคนตำแหน่งของการหมุนเวียนอากาศ ตำแหน่งห้อง ระยะเวลาการใช้งานตัวแปลที่ทำการศึกษาคือปริมาณเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของห้องต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในการตรวจผู้จัดทำได้ทำการตรวจวัดปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อรา ด้วยวิธีการนับจำนวนโคโลนีที่ได้จากการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการตรวจนับจุลินทรีย์มาตรฐาน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะทำการวิเคราะห์โดยมีรายละเอียดตามตัวแปลที่ทำการศึกษาโดยมีข้อมูลที่ได้จากการตรวจสอบเบื้องต้นตามตารางที่ 4.4

ซึ่งจากการศึกษาปัญหาการปนเปื้อนของอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวแก้ไขได้ด้วยการระบายอากาศที่เหมาะสมในพื้นที่ปรับอากาศ กล่าวคือ ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในอาคาร สาเหตุหลัก ๆ มาจากการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของเชื้อโรค เชื้อรา และความชื้นในอากาศในปริมาณที่ไม่สามารถยอมรับได้ โดยจากการวิเคราะห์ในเรื่องการระบายอากาศภายในอาคารก็จะพบว่าการระบายอากาศภายในอาคารไม่เพียงพอ ซึ่งปัญหามาจากการไม่มีพัดลมช่วยในการดึงอากาศบริสุทธิ์เข้ามาระบายอากาศภายในอาคารสำหรับอาคารสิรินธร ส่วนอาคารเฉลิมพระเกียรติถึงจะมีพัดลมระบายอากาศ แต่ไม่มีการเปิดใช้งาน ทำให้การระบายอากาศไม่เพียงพอ การแก้ไขปัญหานี้ต้องปรับปรุงในเรื่องของการระบายอากาศให้เพียงพอตามมาตรฐานที่ต้องการของโรงพยาบาล จึงจะทำให้การปนเปื้อนของอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีคุณภาพที่ดีได้ และสำหรับบางห้องที่ต้องการรูปแบบการปรับปรุงคุณภาพอากาศเป็นพิเศษอย่างเช่น ห้องผู้ป่วยนอกที่มีปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอเนื่องมาจากจำนวนคนที่เข้ามาใช้บริการมีจำนวนมากในแต่ละวันทำให้ค่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงมากเกินกว่ามาตรฐานที่ระบุไว้ คือ 1000 ppm จึงต้องปรับปรุงด้วยแนวทางการระบายอากาศที่เหมาะสม และเพียงพอต่อการใช้งาน และห้องที่มีปัญหาความชื้นสูงอย่างเช่นห้องศัลยกรรมกระดูก ความชื้นในอากาศภายในห้องเกิดจากการสะสมของอากาศที่ไม่ได้ระบายออกหรือไม่มีอากาศบริสุทธิ์เข้ามาเจือจางในพื้นที่ การแก้ไขหลัก ๆ ก็คือการปรับปรุงการระบายอากาศตามรูปแบบที่กล่าวไปของอาคารสิรินธรที่มีปัญหาด้านการระบายอากาศ และการลดความชื้นด้วยอุปกรณ์เสริม เช่น Fresh air unit และ Heater ที่จะสามารถลดความชื้นในอากาศของห้องที่มีความชื้นสูงได้

โดยแนวทางแก้ปัญหาจากการศึกษาข้อมูลของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าการแก้ไขปัญหาด้านการระบายอากาศ จะเป็นการแก้ไขปัญหาหลัก เพราะเมื่อการระบายอากาศภายในอาคารเพียงพอต่อความต้องการและมีการระบายอากาศที่นั้น จะช่วยลดการปนเปื้อนของอากาศ ไม่ว่าจะเป็นเชื้อรา หรือ ความชื้นสะสมในอากาศทำให้โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรมีคุณภายอากาศที่ดี ผู้คนที่

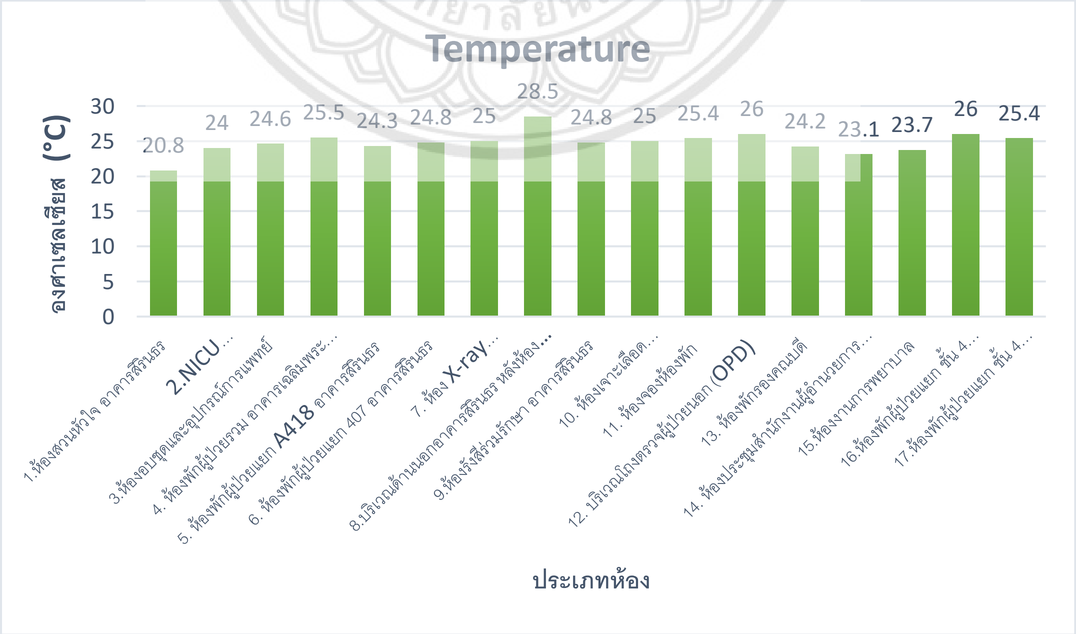
เข้ามาใช้บริการพึงพอใจต่อคุณภาพอากาศที่ได้มาตรฐานและปลอดภัยต่อร่างกาย แต่การแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศยังมีอีกหลายรูปแบบ โดยจากที่กล่าวไปเบื้องต้นคือปัญหาเรื่องความชื้นในอาคารโรงพยาบาลที่ได้จากการตรวจนั้นมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด การแก้ไขปัญหาด้านการระบายอากาศเพียงอย่างเดียวจึงไม่อาจจะแก้ไขปัญหาหลาย ๆ ด้านได้โดยสมบูรณ์ จึงจะต้องมีการหาแนวทางเพิ่มเติมจากแนวทางการระบายอากาศ ซึ่งแนวทางแก้ไขก็คือการใช้อุปกรณ์ที่สามารถช่วยควบคุมความชื้นของอากาศภายนอกก่อนที่จะนำเข้ามาระบายอากาศให้กับห้องต่าง ๆ ภายในอาคารโรงพยาบาล เครื่องปรับอากาศภายนอกนี้ เรียกว่า Fresh air unit โดยหลักการของการลดอุณภูมิและความชื้นของอากาศภายนอกจะทำให้ปริมาณความชื้นที่เกิดขึ้นภายในอาคารนั้นดีขึ้นซึ่งจะอธิบายหลักการทำงานของระบบปรับอากาศนี้ต่อไป อีกทั้งในกรณีการลดความชื้นภายในอาคารสามารถใช้แนวคิดการเพิ่มความร้อนสัมผัสให้กับพื้นที่ปรับอากาศภายในห้องได้ เนื่องจากเครื่องปรับอากาศจะทำงานตามการตั้งค่าของอุณหภูมิ และเมื่ออุณหภูมิภายในห้องนั้นถึงจุดที่ต้องการแล้ว ระบบจะตัดการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้อุณหภูมิและความชื้นในอากาศของห้องเพิ่มสูงขึ้นถึงจุดหนึ่งแล้วเครื่องปรับอากาศจึงเริ่มทำงานอีกครั้ง ทำให้การควบคุมความชื้นภายในห้องปรับอากาศทำได้ยาก จึงมีแนวคิดที่จะทำให้เครื่องปรับอากาศสามารถทำงานได้ตลอดเวลาเพื่อควบคุมสภาวะอากาศภายในห้อง

ปรับอากาศได้ดียิ่งขึ้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร

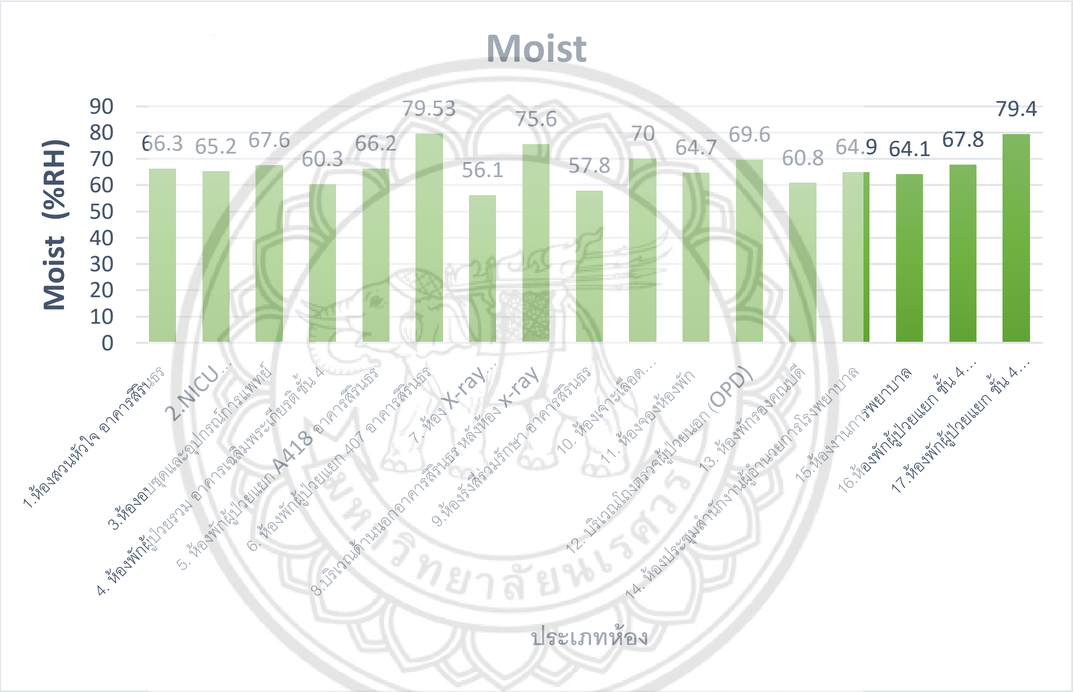
จากการสำรวจและศึกษาข้อมูลด้านคุณภาพอากาศทั้งสองอาคารพบว่ามีปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ทำให้เกิดการสะสมของความชื้นในอากาศที่แทรกซึมเข้ามาจากอากาศภายนอก และเชื้อราภายในอาคาร และเมื่อทำการสุ่มตรวจห้องต่าง ๆ จึงพบว่าคุณภาพอากาศภายในอาคารมีการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในปริมาณที่สูงมาก โดยสำหรับการวัดอุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ทางผู้จัดทำใช้เครื่องมือวัดเฉพาะสำหรับการตรวจวัดค่าต่าง ๆ ในห้องตัวอย่างจากการสุ่มตรวจวัดจำนวนทั้งสิ้น 17 ห้อง ได้แก่ ห้องสวนหัวใจอาคารสิรินธร ห้องอภิบาลทารกแรกเกิด (NICU) ห้องอบชุดและอุปกรณ์ทางการแพทย์ ห้องพักผู้ป่วยรวม อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 4 ห้องแยกผู้ป่วยแยก A418 ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 อาคารสิรินธร ห้อง X-ray บริเวณด้านนอกอาคารสิรินธร หลังห้อง x-ray ห้องรังสีร่วมรักษา อาคารสิริธร ห้องเจาะเลือด อาคารสิรินธร ห้องจองห้องพัก (Admission) อาคารสิรินธร ห้องโถงตรวจผู้ป่วยนอก (OPD)ห้องพักรองคณบดี ห้องประชุมสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลห้องงานการพยาบาลห้องพักผู้ป่วยแยก ชั้น 4 (B412-B414) และห้องพักผู้ป่วยแยก ชั้น 4 (B415-B416) โดยค่าจากการตรวจวัดคุณภาพอากาศทางผู้จัดทำได้รวบรวมไว้ที่ภาคผนวก ง

การสุ่มตรวจเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจำนวน 17 ห้อง ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่า ระดับการปนเปื้อนของแบคทีเรียมีจำนวนมากกว่าเชื้อราในอากาศ สาเหตุที่ทำให้มีแบคทีเรียและเชื้อราจำนวนมาก คือ ภายในห้องต่าง ๆของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีความชื้นสูงและไม่มีการระบายอากาศ ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยการจัดทำระบบระบายอากาศให้แก่ห้องต่าง ๆ เพราะว่าเมื่อมีอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาหมุนเวียนจะช่วยลดความชื้น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้แบคทีเรียและเชื้อราเจริญเติบโต หากความชื้นลดลงจำนวนของแบคทีเรียและเชื้อราก็จะลดลงเช่นกัน



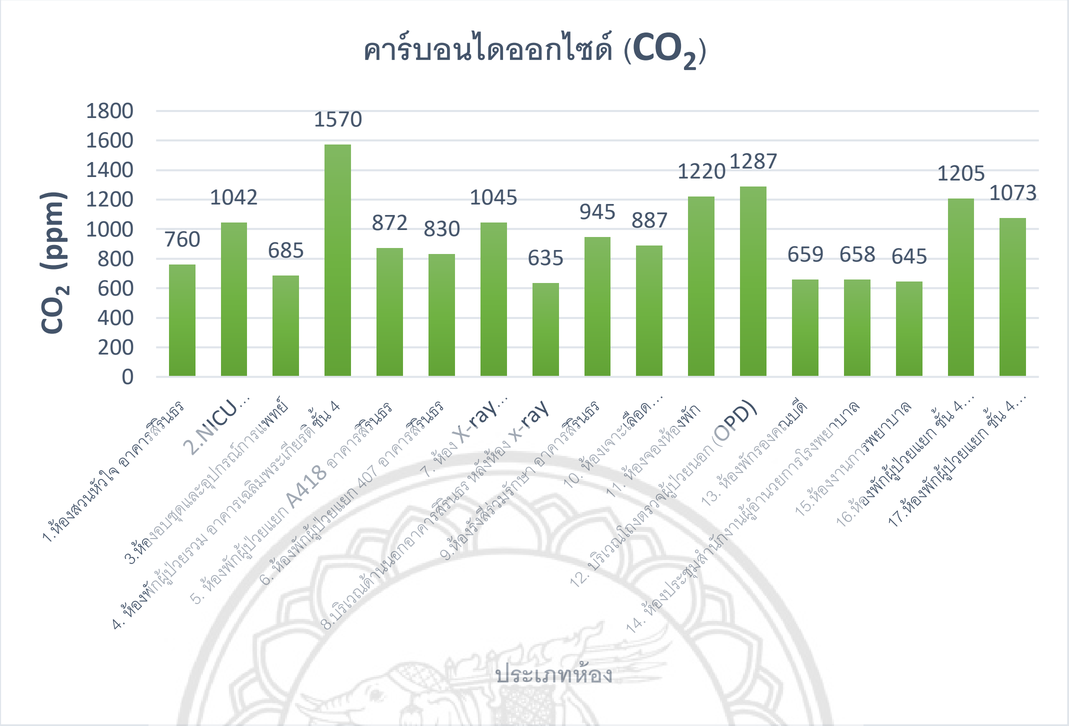
รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 17 ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบอุณหภูมิที่วัดได้ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มตรวจวัดทั้ง 17 ห้อง พบว่าห้องที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด คือบริเวณด้านนอกอาคารสิรินธร หลังห้อง X-ray ถัดมา คือ บริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก (OPD) ห้องพักผู้ป่วยแยก (B412-B414)ห้องพักผู้ป่วยรวม อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 4ห้องจองห้องพัก อาคารสิรินธรห้องพักผู้ป่วยแยก (B415-B416)ห้อง X-ray อาคารสิรินธรห้องเจาะเลือด อาคารสิรินธรห้องพักผู้ป่วยแยก 407 อาคารสิรินธรห้องรังสีร่วมรักษา อาคารสิรินธรห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 อาคารสิรินธรห้องพักรองคณบดีห้อง NICUอาคารเฉลิมพระเกียรติห้องงานการพยาบาลห้องประชุมสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลและห้องสวนหัวใจอาคารสิรินธรตามลำดับ



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่าง 17ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณความชื้นที่วัดได้ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มทั้ง 17 ห้อง พบว่า ห้องที่มีปริมาณความชื้นที่สูงที่สุด คือห้องพักผู้ป่วยแยก 407 อาคารสิรินธรถัดมา คือ ห้องพักผู้ป่วยแยก ชั้น 4บริเวณด้านนอกอาคารสิรินธรหลังห้อง x-rayห้องเจาะเลือด อาคารสิรินธรบริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก (OPD) ห้องพักผู้ป่วยแยก (B412-B414)ห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์ห้องสวนหัวใจอาคารสิรินธรห้องพักผู้ป่วยแยก A418 อาคารสิรินธร ห้องNICUอาคารเฉลิมพระเกียรติ. ห้องประชุมสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาลห้องจองห้องพัก อาคารสิรินธรห้องงานการพยาบาลห้องพักรองคณบดีห้องพักผู้ป่วยรวม อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 4ห้องรังสีร่วมรักษา อาคารสิรินธรและห้อง X-ray อาคารสิรินธร ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ของห้องตัวอย่าง 17ห้อง

จากกราฟเปรียบเทียบปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของห้องตัวอย่างที่ทำการสุ่มทั้ง 12 ห้อง พบว่า ห้องที่มีปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงที่สุด คือห้องพักผู้ป่วยรวม อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 4 ถัดมา คือบริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก (OPD) ห้องจองห้องพัก อาคารสิรินธรห้องพักผู้ป่วยแยก (B412-B414) ห้องพักผู้ป่วยแยก (B415-B416) ห้อง X-ray อาคารสิรินธร ห้อง NICU อาคารเฉลิมพระเกียรติห้องรังสีร่วมรักษา อาคารสิรินธร ห้องเจาะเลือด อาคารสิรินธร ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 อาคารสิรินธร ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 อาคารสิรินธร ห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร ห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์ ห้องพักรองคณบดี ห้องประชุมสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล และห้องงานการพยาบาล ตามลำดับ

เกณฑ์การประมาณสำหรับตัวแปรในอากาศภายในอาคาร เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จะเป็นค่ามาตรฐานที่สามารถยอมรับ และใช้ได้กับทุก ๆ อาคาร ซึ่งเกณฑ์ดังกล่าวสามารถพิจารณาได้จากมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศในบทที่ 2หัวข้อ 2.6และเกณฑ์การประเมินเพิ่มเติมทางด้านจำนวนจุลินทรีย์ที่ได้จากการตรวจวัดภายในอาคารนั้นพิจารณาได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 เกณฑ์ประเมินการปนเปื้อนสำหรับการประเมินจำนวนจุลินทรีย์ [20]

ระดับการปนเปื้อน	จำนวนเชื้อแบคทีเรีย (CFU/plate)	จำนวนเชื้อรา (CFU/plate)
มากที่สุด	>100	>100
มาก	50-100	50-100
ปานกลาง	20-49	10-49
น้อย	10-19	<10
ห้องสะอาด	<10	≤1

จากผลการตรวจวัดปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศของห้องต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาลข้างต้นสามารถวิเคราะห์ได้ว่า

1. ในภาพรวมของการตรวจวัด พบว่าการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียมีมากกว่าเชื้อราในอากาศของห้องต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล
2. ระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียมีแนวโน้มสัมพันธ์กับ
    1) ลักษณะการใช้งานของห้อง
    2) จำนวนผู้ปฏิบัติงานจำนวนผู้ป่วยหรือลักษณะของผู้ป่วยที่ใช้งานห้องนั้น ๆ
    3) ลักษณะของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบและอายุการใช้งานของห้อง

โดยจากการสำรวจพบข้อมูลระดับการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราของห้องต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ระดับการปนเปื้อนของแบคทีเรียและเชื้อราของห้องต่าง ๆ[20]

ระดับการปนเปื้อน	ห้อง	
	แบคทีเรีย	เชื้อรา
มากที่สุด	บริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก, ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร	บริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก, ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร, กลุ่มห้องชั้น 1 ประกอบด้วย X-ray room, ห้องรังสีร่วมรักษา, ห้องเจาะเลือด, ห้องจองห้องพัก, บริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก, ห้อง X- ray (หลังล้างแอร์)
มาก	ห้องสวนหัวใจ) ก่อนล้างแอร์(, NICU, ห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์, ห้องพักผู้ป่วยรวม ตึกใหม่ชั้น 4, ห้อง X ray)ก่อนล้างแอร์(และห้อง X ray (หลังล้างแอร์(	-
ปานกลาง	ห้องพักผู้ป่วยแยก A418, ห้องเจาะเลือด	ห้องสวนหัวใจ
น้อย	ห้องสวนหัวใจ หลังล้างแอร์และทำ) (ความสะอาดห้อง, ห้องจองห้องพัก	NICU, ห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์, ห้องพักผู้ป่วยแยก A418, ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 ศัลยกรรม 1 อาคารสิรินธร, ห้องประชุมทองจันทร์, ห้องงานการพยาบาล
ห้องสะอาด	ห้องรังสีร่วมรักษา, ห้องพักรองคณบดี, ห้องประชุมทองจันทร์, ห้องงานการพยาบาล	ห้องสวนหัวใจ หลังล้างแอร์และทำ) ความสะอาดห้อง, ห้องพักผู้ป่วยรวม ตึกใหม่ชั้น 4, ห้องพักรองคณบดี

ตารางที่ 4.3 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาล [20]

ลำดับ	สถานที่	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	แหล่งอ้างที่
1	โรงพยาบาล	เชื้อรา	ทำการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาหมุนโดยใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อเป็นการลดความชื้นซึ่งเป็นสาเหตุเจริญเติบโตของเชื้อรา	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย
		แบคทีเรีย	ควบคุมเชื้อลีจิโอเนลลาในหอผึ่งเย็นระบบเก็บกัก และส่งน้ำสะอาด	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย
		ไวรัส	-	-
		ฝุ่นละออง	หากมีการใส่รองเท้าให้ใช้พรมดักฝุ่นละอองบริเวณทางเข้า	การวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก
		สารอินทรีย์ระเหย	ลดใช้สารเคมี	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย
2	คลินิกทันตกรรม	เชื้อรา	1.ทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศและพัดลมดูดอากาศเนื่องจากสภาพภายในเครื่องปรับอากาศเป็นแหล่งก่อเชื้อราและแบคทีเรียสามารถเจริญโตได้ดี 2.เพิ่มพัดลมดูดอากาศออกภายนอกในบริเวณที่มีเชื้อราและแบคทีเรียจำนวนหนาแน่น	การวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคารโดยการตรวจนับปริมาณแบคทีเรีย และเชื้อราในคลินิกหน่วยทันตกรรมผู้ป่วยนอก

ลำดับ	สถานที่	ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไข	แหล่งอ้างที่
			3.ใช้โคมไฟอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและเชื้อรา	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม
		แบคทีเรีย	ใช้โคมไฟอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและเชื้อรา	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม
		ไวรัส	ใช้โคมไฟอัลตราไวโอเลตฆ่าเชื้อเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตมีความยาวคลื่นที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัสและเชื้อรา	คุณภาพอากาศในคลินิกทันตกรรม
		ฝุ่นละออง	1.กรองอากาศด้วยแผ่นกรอง	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย
			2.กรองด้วยอากาศที่ถูกทำให้เป็นแม่เหล็กหรือกรองด้วยไฟฟ้าสถิตย์	การศึกษาคุณภาพอากาศภายในอาคารของโรงพยาบาลและโรงแรมในประเทศไทย

4.2 วิเคราะห์การระบายอากาศและแนวทางแก้ไขปัญหาของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรแบ่งออกเป็นสองอาคารหลัก คือ อาคารสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งอาคารสิรินธรเป็นอาคารแห่งแรกของโรงพยาบาล มีการใช้งานมานานพอสมควร ทำให้ระบบปรับอากาศและระบายอากาศภายในอาคารเสื่อมสภาพไปตามเวลาการใช้งาน และส่วนของอาคารเฉลิมพระเกียรติเป็นอาคารที่สร้างใหม่ต่อจากอาคารสิรินธร แต่ถึงอาคารเฉลิมพระเกียรติจะเป็นอาคารสร้างใหม่ ก็ยังคงมีปัญหาด้านระบบระบายอากาศ และเมื่อพิจารณาจากการดูแบบอาคารของทั้งสองอาคาร อาคารแต่ละอาคารจะมีรูปแบบที่ต่างกันออกไป โดยในส่วนของการวิเคราะห์ในบทนี้ จึงจะแบ่งการวิเคราะห์การระบายอากาศออกเป็นสองอาคาร โดยการวิเคราะห์การระบายอากาศนั้น จะนำเอาผลที่ได้จากการดูแบบอาคารและแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคารทั้งสอง พร้อมด้วยข้อมูลจากการตรวจวัดคุณภาพของอากาศ จากนั้นจึงเสนอแนวทางแก้ไขปัญหาการระบายอากาศที่เหมาะสมสำหรับทั้งสองอาคาร ซึ่งปัญหาด้านการระบายอากาศของอาคารทั้งสองของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และแนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายอากาศ ทางผู้จัดทำจะได้รวบรวมและอธิบายดังต่อไปนี้

4.2.1 วิเคราะห์การระบายอากาศในส่วนของอาคารสิรินธร

จากการศึกษาแบบอาคารและระบบปรับอากาศของอาคารสิรินธร ซึ่งอาคารสิรินธรเป็นอาคารแห่งแรกของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และตัวอาคารมีอายุการใช้งานมานานพอสมควร ทำให้ระบบปรับอากาศและการระบายอากาศเสื่อมสภาพลง โดยจากการตรวจสอบด้วยการวัดค่าต่าง ๆ พบว่าภายในอาคารสิรินธรกำลังประสบกับปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ โดยระบบปรับอากาศของอาคารสิรินธรเป็นระบบปรับอากาศชนิดรวมศูนย์ โดยระบบส่งส่งน้ำเย็นให้กับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) จากนั้นจะส่งลมเย็นผ่านท่อส่งลมเย็น ให้กับห้องต่าง ๆ ภายในอาคาร และจากการตรวจสอบแบบระบบปรับอากาศของตัวอาคาร พบว่าภายในอาคารมีการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากมีอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในบริเวณอาคารน้อยมาก สาเหตุมาจากระบบท่อส่งอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก ไม่มีพัดลมระบายอากาศเข้ามาช่วยในการดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก ส่งผลให้การระบายอากาศไม่เพียงพอ โดยการแก้ไขปัญหาสำหรับการกระบายอากาศนี้ ทำได้โดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้าไปในระบบระบบปรับอากาศในแต่ละโซนของอาคารให้เพียงพอในแต่ละพื้นที่

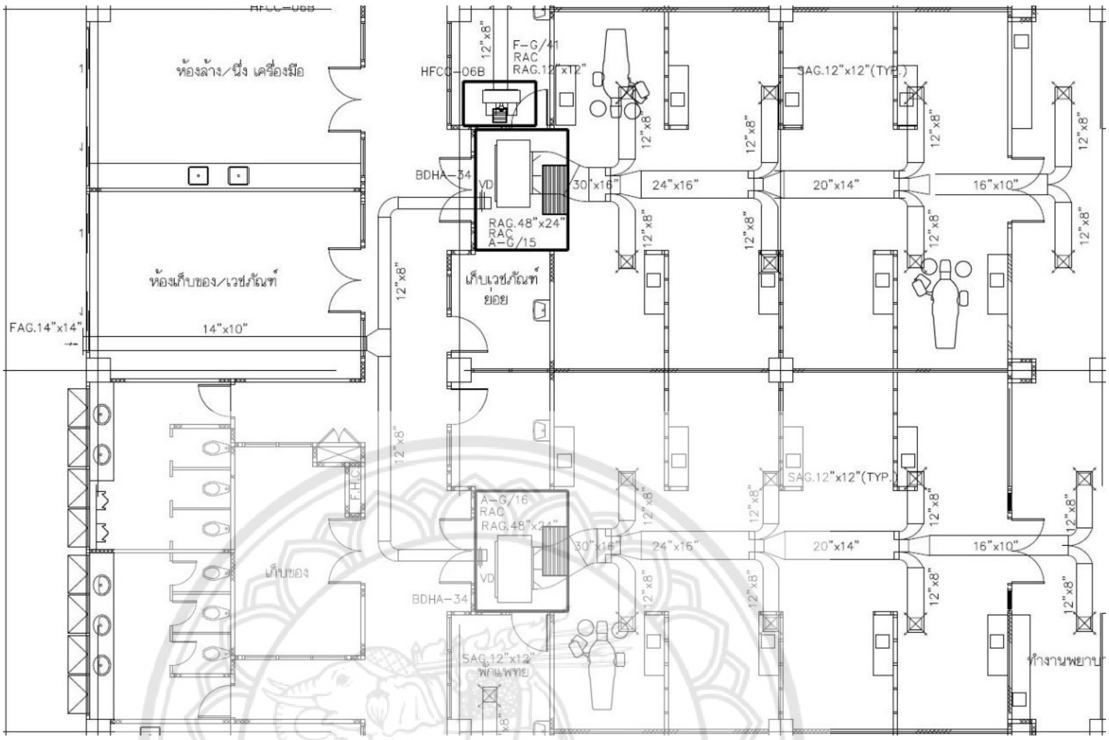
4.2.2 วิเคราะห์การระบายอากาศในส่วนของอาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากการศึกษาแบบของอาคารเฉลิมพระเกียรติ ซึ่งเป็นอาคารสร้างใหม่ต่อจากอาคารสิรินธร และยังมีอายุการใช้งานไม่มาก โดยจากการตรวจวัดค่าต่าง ๆ พบว่าภายในอาคารกำลังประสบกับปัญหาด้านการระบายอาคารเช่นเดียวอาคารสิรินธร โดยระบบระบายอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติมีทั้งท่อส่งอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารและติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้ามาช่วยในการดึงอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในอาคาร ซึ่งระบบปรับอากาศบางพื้นที่ของอาคารเฉลิมพระเกียรติไม่มีพัดลมระบายอากาศ โดยอาศัยพัดลมจากเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ช่วยในการดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก แต่ถึงอย่างนั้นอากาศภายนอกที่ถูกดึงเข้ามาก็ยังไม่เพียงพอ ทำให้ในส่วนของพื้นที่ที่ไม่มีพัดระบายอากาศ เกิดปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ การแก้ไขในส่วนของพื้นที่ที่ไม่มีพัดลมดูดอากาศในระบบปรับอากาศ คือการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมให้มีจำนวนเพียงพอกับพื้นที่การระบายอากาศในแต่ละพื้นที่

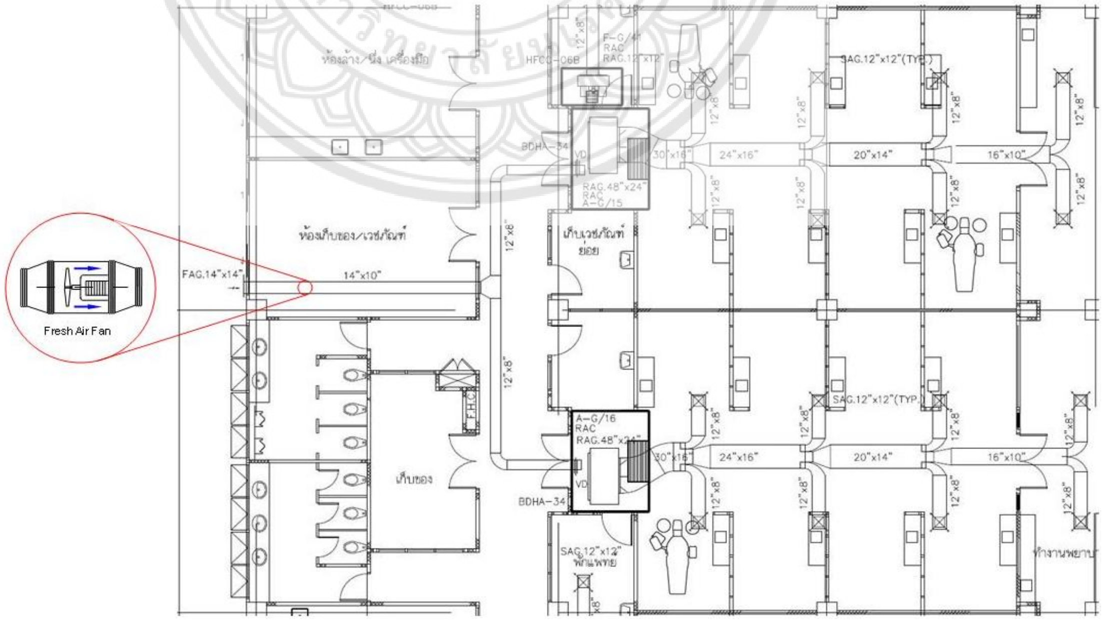
ตารางที่ 4.4 ปัญหาและแนวทางแก้ไขการระบายอากาศโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

ปัญหาจากการตรวจสอบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1. ปัญหาการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก (Fresh Air) ในส่วนที่ยังไม่มีอุปกรณ์ทางกลในการเติมอากาศบริสุทธิ์ จากการสำรวจและตรวจสอบแบบระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่ามาหลายพื้นที่ที่ยังไม่มีระบบระบายอากาศที่เหมาะสม โดยเฉพาะอาคารสิรินธรที่มีการใช้งานมาอย่างยาวนาน และระบบระบายอากาศอากาศการแทรกซึมอากาศภายนอกเข้ามาตามช่องว่างของอาคาร ซึ่งไม่เหมาะสมตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ควรมีการปรับปรุงในเรื่องการเสริมอุปกรณ์ทางกลสำหรับการระบายอากาศ ซึ่งโดยปกติจะใช้พัดลมระบายอากาศมาช่วยในการระบายอากาศ รูปแบบดังกล่าวเหมาะกับระบบที่ไม่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ และพัดลมระบายอากาศ	ควรเพิ่มระบบทางกลในการเติมอากาศจากภายนอก โดยการใช้พัดลมระบายอากาศ ในรูปแบบที่ไม่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ และพัดลมระบายอากาศ การแก้ไขในส่วนนี้ทำได้โดยติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ซึ่งจะมีหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเพื่ออากาศบริสุทธิ์ให้กับห้องต่าง ๆ ในอาคาร ซึ่งอากาศภายนอกจะเข้ามาจะผ่านท่อส่งอากาศบริสุทธ์ร่วมกับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) และจะทำหน้าที่ปรับอากาศภายนอก พร้อมทั้งหมุนเวียนอากาศภายในบริเวณนั้น ๆ ช่วยให้อากาศภายในบริเวณดังกล่าวเพียงพอต่อความต้องการของผู้อยู่อาศัย โดยอัตราการระบายอากาศ สามารถดูได้จากตาราง Excel ซึ่งทางเราได้คำนวณและระบุไว้อย่างชัดเจนแล้ว
2. ปัญหาในส่วนของระบบระบายอากาศที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์แต่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ จากการดูแบบอาคารและระบบปรับอากาศของอาคารสิรินธร ระบบเป็นแบบระบบระบายอากาศที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ เข้าสู่เครื่องส่งลมเย็น แต่ไม่มีพัดลมระบายอากาศที่จะทำหน้าที่ในการดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในห้องปรับอากาศได้ ดังรูปที่ 4.5โดยระบบที่เป็นอยู่นี้ จะใช้ประโยชน์จากพัดลมของเครื่องส่งลมเย็นในการดึงอากาศจากภายนอก ซึ่งการใช้พัดลมจากเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มีกำลังไม่เพียงพอในการดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเติมให้กับห้องต่าง ๆ ในอาคาร	แนวทางการแก้ไขสำหรับปัญหาการระบายอากาศในส่วนของอาคารสิรินธร คือการติดตั้งพัดลมระบายอากาศ ที่จะทำหน้าที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาให้กับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ดังรูปที่ 4.6 เพื่อเพิ่มปริมาณอากาศบริสุทธิ์ให้แก่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร โดยรายละเอียด

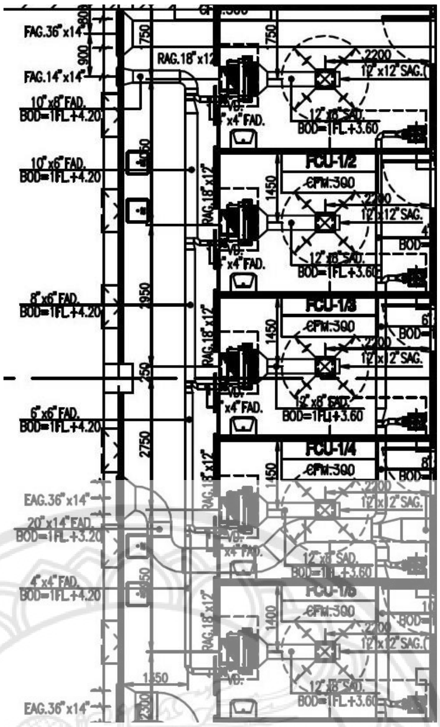
3. ปัญหาในส่วนของระบบระบายอากาศที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์และพัดลมระบายอากาศ จากการดูแบบอาคารและแบบระบบปรับอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ แบบอาคารมีระบบระบายอากาศที่มีท่อส่งอากาศบริสุทธิ์และพัดลมระบายอากาศ ซึ่งถือได้ว่าระบบระบายอากาศที่ดี แต่ปัญหาคือไม่มีการเปิดพัดลมระบายอากาศ ทำให้เป็นเกิดปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ในพื้นที่ปรับอากาศภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติ แต่ก็ยังมีบางส่วนของระบบระบายอากาศตามรูปที่ 4.7 ที่มีเฉพาะท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ แต่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ เช่นเดียวกับปัญหาของอาคารสิรินธร	อัตราการระบายอากาศและจำนวนพัดลมที่จะต้องนำมาติดตั้งกับระบบท่อส่งอากาศบริสุทธิ์นั้น ทางผู้จัดทำได้ทำการคำนวณและรวบรวมจำนวนพัดลมของอาคารสิรินธรไว้ตามตารางที่ 4.4 สำหรับแนวทางการแก้ไขระบบระบายอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ สามารถแก้ไขโดยการเปิดพัดลมระบายอากาศอย่างสม่ำเสมอเพื่อทำให้ภายในอาคารมีการระบายอากาศที่ดี และหมั่นตรวจสอบการทำงานของพัดลมระบายอากาศอย่างสม่ำเสมอเพื่อทำให้ระบบระบายอากาศนั้นสมบูรณ์ตลอดการใช้งาน และในส่วนปัญหาเดียวกันกับอาคารสิรินธรที่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ สามารถแก้ไขโดยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมจากที่มีอยู่ในระบบตามรูปที่ 4.8 และจำนวนพัดลมที่จะต้องติดตั้งเพิ่มสามารถดูได้จากตารางที่ 4.4



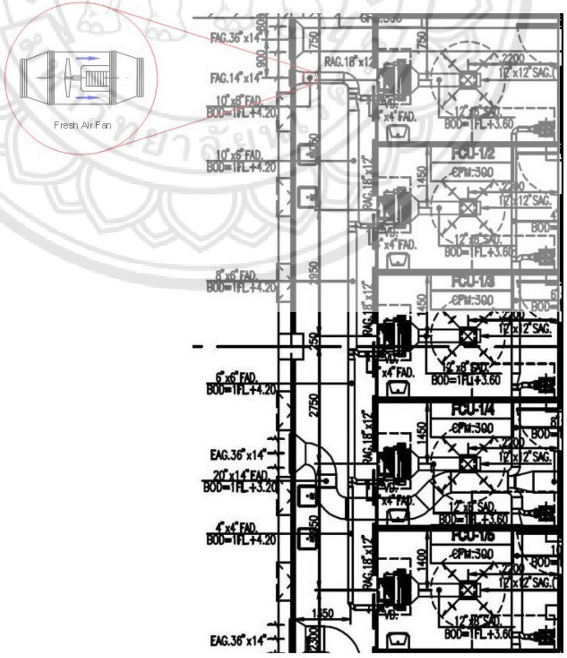
รูปที่ 4.5 การดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นเดิมของอาคารสิรินธร



รูปที่ 4.6 ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมในระบบดึงอากาศบริสุทธิ์ของอาคารสิรินธร



รูปที่ 4.7 แบบท่อนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าสู่เครื่องส่งลมเย็นของอาคารเฉลิมพระเกียรติ



รูปที่ 4.8 ติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติมในระบบดึงอากาศบริสุทธิ์ของอาคารเฉลิมพระเกียรติ

4.2.3 วิเคราะห์อัตราการระบายอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากการศึกษาและตรวจสอบรายการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าการคำนวณอัตราการระบายอากาศของอาคารสิรินธรพิจารณาโดยการประมาณค่าจากภาระการทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็น (Cooling Load) ซึ่งโดยทั่วไปอัตราการนำอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศจะมีค่าอยู่ประมาณราว 10-15 % ของปริมาณลมจ่าย (Supply Air) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตราการระบายอากาศในวิธีอื่น ๆ แล้ว การคำนวณอัตราการระบายอากาศดังกล่าวนั้นมีค่าสูงที่สุด สามารถใช้เป็นค่าในการออกแบบและใช้งานได้จริงในระบบระบายอากาศของอาคารสิรินธร แต่การคำนวณอัตราการระบายอากาศดังกล่าวเป็นเพียงการประมาณเบื้องต้นสำหรับการออกแบบโดยทั่วไปที่ใช้ในการออกแบบในการใช้งานจริง ซึ่งตามหลักการคำนวณอัตราการระบายอากาศ สามารถจะคำนวณได้หลากหลาย เช่น คำนวณจากมาตรฐาน ว.ส.ท., มาตรฐาน ASHRAE โดยรายการคำนวณอัตราการระบายอากาศของแต่ละวิธีการคำนวณของอาคารสิรินธร ทางผู้จัดทำได้จัดทำไว้ในรูปแบบของตาราง Excel

และจากการศึกษารายการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ พบว่าอัตราการระบายอากาศที่ถูกออกแบบไว้มีค่าที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่ภายในอาคาร โดยอัตราการระบายอากาศจากรายการออกแบบมีค่าน้อยกว่าอัตราการระบายอากาศจากมาตรฐาน ว.ส.ท.3003 - 50 มากพอควร ทางผู้จัดทำจึงเห็นควรว่าต้องทำการปรับปรุงในส่วนของอัตราการระบายอากาศให้เพียงพอตามมาตรฐานที่กำหนด โดยรายการคำนวณอัตราการระบายอากาศในแต่ละวิธีของอาคารเฉลิมพระเกียรติ ทางผู้จัดทำได้จัดทำไว้ในรูปแบบของตาราง Excel เช่นเดียวกับข้อมูลอัตราการระบายอากาศของอาคารสิรินธร

ตารางที่ 4.5 ปัญหาและแนวทางแก้ไขอัตราการระบายอากาศ

อาคาร	ปัญหาอัตราการระบายอากาศ	แนวทางการปรับปรุงอัตราการระบายอากาศ
สิรินธร	เมื่อศึกษาจากแบบระบบระบายอากาศของอาคารแล้ว พบว่าการคำนวณอัตราการระบายอากาศของอาคารนั้น คิดจากภาระการทำความเย็น (Cooling load) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยคิดที่ค่า 10-15% ของภาระการทำความเย็น (Cooling load) โดยเมื่อพิจารณาอัตราการระบายอากาศเมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีอื่น ๆ แล้วพบว่าการคำนวณแบบดังกล่าวมีค่าอัตราการระบายอากาศที่มากพอสำหรับใช้ในการใช้งาน	อัตราการระบายอากาศของอาคารมีค่าที่เพียงพออยู่แล้ว แต่ต้องทำการติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเติม เพื่อทำให้ระบบระบายอากาศอากาศสามารถดึงอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอกเข้ามาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น
เฉลิมพระเกียรติ	เมื่อศึกษาจากแบบระบบระบายอากาศของอาคารแล้ว พบว่าค่าของอัตราการระบายอากาศที่มีอยู่ในรายการการออกแบบระบบปรับอาคารของอาคารนั้นมีค่าอัตราการระบายอากาศที่น้อยกว่ามาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-50 ทำให้การระบายอากาศไม่เพียงพอต่อความต้องการ	แนวทางแก้ไขสำหรับอัตราการระบายอากาศของอาคารสามารถเปลี่ยนพัดลมให้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าอัตราการระบายอากาศที่เหมาะสมตาม มาตรฐานที่กำหนด หรือตามการคำนวณเช่นเดียวกับอาคารสิรินธร เพื่อที่จะทำให้อัตราการระบายอากาศเพียงพอต่อพื้นที่การใช้งานของอาคาร

ผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมอัตราการระบายอากาศในแต่ละพื้นที่ของทั้งสองอาคาร โดยในส่วนนี้สามารถดูได้ในภาคผนวก และในส่วนของจำนวนพัดลมระบายอากาศที่จะต้องติดตั้งเข้าไปในระบบท่อส่งอากาศบริสุทธิ์ ซึ่งจำนวนพัดลมระบายของอากาศสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติ ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 จำนวนพัดลมระบายอากาศของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

อาคาร	ตำแหน่ง	จำนวนพัดลมระบายอากาศ (ตัว)
สิรินธร	Floor 1	23
	Floor 2	27
	Floor 3	19
	Floor 4 - 9	66
เฉลิมพระเกียรติ	Floor 1	8
	Floor 2	10
	Floor 3	5
	Floor 5 - 9	15

การพิจารณาเลือกอัตราการระบายอากาศ ทางผู้จัดทำเห็นควรว่าจะต้องเลือกวิธีการคำนวณที่ให้อัตราการระบายอากาศมากที่สุด โดยทั้งสองอาคารสามารถพิจารณาเลือกมาตรฐานการคำนวณอัตราการระบายอากาศจากตารางที่ 4.7 และ 4.8 ซึ่งเป็นตัวอย่างอัตราการระบายอากาศของอาคารสิรินธร และอาคารเฉลิมพระเกียรติ

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างอัตราการระบายอากาศของอาคารสิรินธร ชั้นที่ 1 จากรูปที่ 4.5 และ 4.6

ชื่อห้อง	cfm Fresh air (จากการศึกษาแบบ) 15% ของ Supply Air	cfm Fresh Air มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40	cfm Fresh Air มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-50	cfm Fresh Air มาตรฐานASHRAE Standard 62
คลินิกทันตกรรมวิทยา 4	960	848	288	600
คลินิกวิจัยโรคและเวชศาสตร์ช่องปาก 2				

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างข้อมูลการคำนวณปริมาณการระบายอากาศของอาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้นที่ 1 จากรูปที่ 4.7 และ 4.8

ชื่อห้อง	cfm Fresh air (จากการศึกษาแบบ) 15% ของ Supply Air	cfm Fresh Air มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40	cfm Fresh Air มาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-50	cfm Fresh Air มาตรฐานASHRAE Standard 62
ห้องตรวจ 9	180	78	230	39
ห้องตรวจ 10				
ห้องตรวจ 11				
ห้องตรวจ 12				
ห้องตรวจ 13				

4.3 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขการระบายอากาศเนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง

สำหรับค่าของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งอ้างอิงจากมาตรฐานASHRAEที่กำหนดไว้อย่างกว้าง ๆ ว่า ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในอาคารไม่ควรมากเกินกว่าอากาศภายนอก 700 ppm ซึ่งเป็นค่าที่มากกว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายนอกที่ปกติมีปริมาณ 300 - 400 ppm เราจึงประมาณการเป็นค่า 1,000 ppm ในการกำหนดเกณฑ์สำหรับพื้นที่ที่พิจารณา

การพิจารณาผลกระทบจากจำนวนคนในเรื่องปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในพื้นที่ปรับอากาศ เราจึงนำเอาห้องผู้ป่วยนอก(OPD) มาทำการวิเคราะห์ระบบปรับอากาศ และระบายอากาศ โดยเมื่อนำผลสำรวจจากตารางที่4.10 ที่ได้จากการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาพิจารณาแล้ว พบว่า เมื่อปริมาณผู้คนที่เข้ามาใช้บริการมีจำนวนมาก ดังรูปที่ 4.9และ 4.10ค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่จะสูงตามไปด้วย แต่จะลดลงเมื่อมีจำนวนผู้ใช้บริการลดลง โดยระบบปรับอากาศที่เป็นอยู่ ใช้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ซึ่งระบบดังกล่าวจะไม่มีการดึงอากาศบริสุทธ์จากภายนอกเข้ามาเติมในพื้นที่ปรับอากาศ อากาศบริสุทธ์จะแทรกซึมเข้ามาตามบริเวณขอบประตู หรือขอบหน้าต่าง แต่จะมีปริมาณที่ไม่เพียงพอในพื้นที่ปรับอากาศ แนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว คือ ทำการออกแบบระบบปรับอากาศและระบายอากาศใหม่ทั้งหมด ระบบปรับอากาศจะต้องมีการนำอากาศบริสุทธ์จากภายนอกเข้ามาเติมให้เพียงพอในพื้นที่และจำนวนผู้ใช้บริการที่เข้ามาใช้ซึ่งการจะนำอากาศจากภายนอกเข้ามาเติมภายในพื้นที่ปรับอากาศนั้น จะต้องตรวจสอบคุณภาพของอากาศที่จะนำเข้ามาด้วย โดยจากการตรวจสอบเบื้องต้น บริเวณที่สามารถนำอากาศเข้ามาได้จาก มีอยู่ด้วยกัน 2 แหล่ง คือบริเวณส่วนหย่อมติดกับห้อง OPD และ บริเวณชั้นดาดฟ้าของโรงพยาบาล ทางเราเล็งเห็นได้ว่า ควรนำอากาศจากบริเวณชั้นดาดฟ้าเข้ามาเติมในห้อง OPD เพราะอากาศบริเวณสวนหย่อมอาจมีการปนเปื้อนของอากาศที่มาจากภายในอาคารได้ อีกทั้งบริเวณชั้นดาดฟ้าของโรงพยาบาลมีความสะอาดมากกว่า จึงพิจารณาให้ดึงอากาศบริสุทธิ์มาจากชั้นดาดฟ้าของโรงพยาบาลจะดีกว่าโดยการออกแบบระบบปรับอากาศ และระบายอากาศใหม่นี้ จะทำให้พื้นที่ปรับอากาศภายในห้อง OPD มีสภาวะอากาศ และการหมุนเวียนอากาศที่เหมาะสม และเพียงพอต่อผู้เข้ามาใช้บริการ ซึ่งการคำนวณออกแบบจะอ้างอิงจากการศึกษาแบบระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิศวกรรมการปรับอากาศและระบายอากาศ ของ ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ ในการออกแบบห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

รูปที่ 4.9 ทางเข้าห้อง OPD

รูปที่ 4.10 ผู้เข้ามาใช้บริการห้อง OPD มีจำนวนมาก ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง

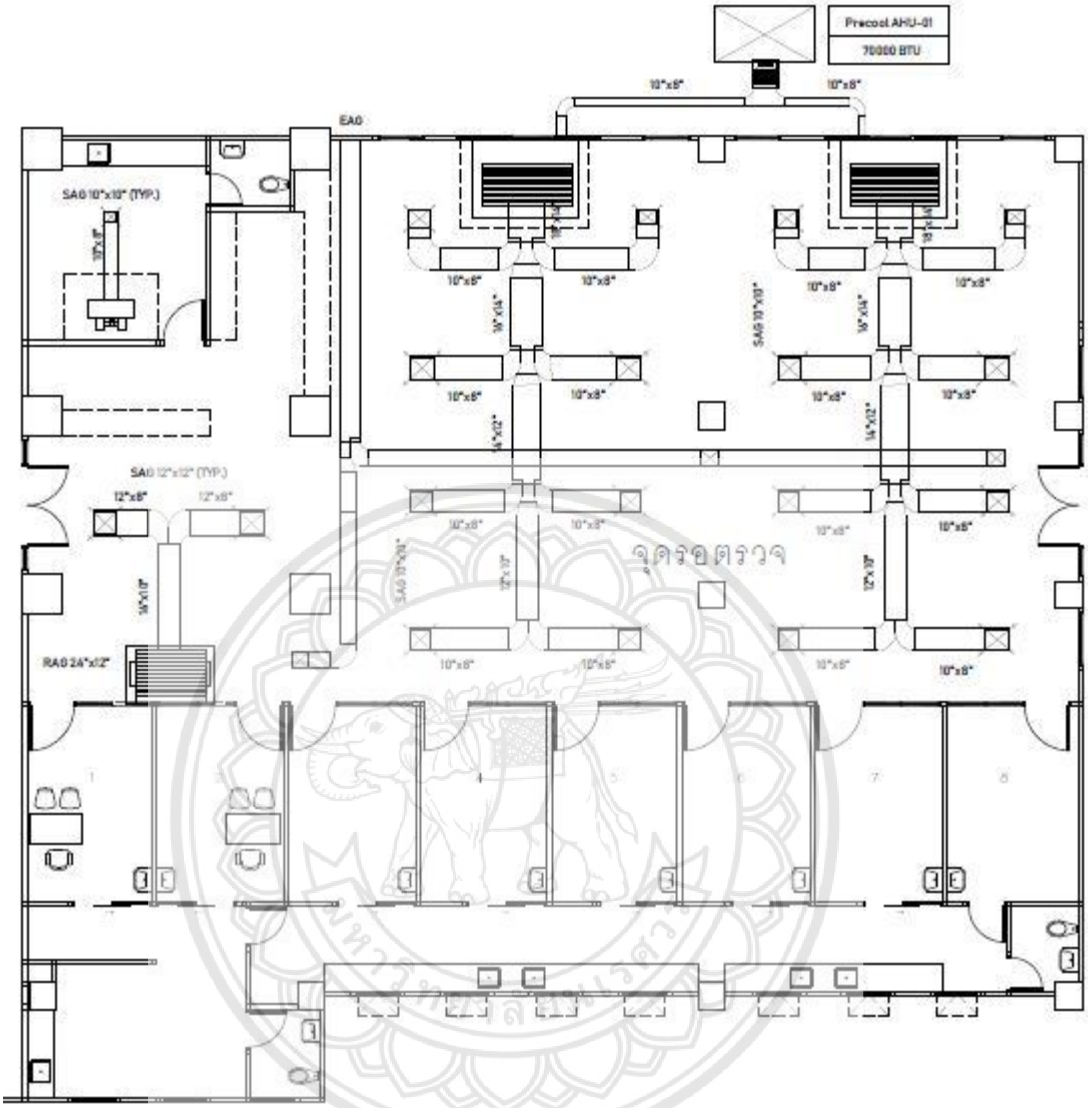
ตารางที่ 4.9 ค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่บริเวณห้องผู้ป่วยนอก [20]

ตำแหน่ง	เวลา	ปริมาณ CO_2 (ppm)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	อุณหภูมิ (^{o}C)	จำนวนคน
OPD จุดที่ 1 (หน้าห้องตรวจ 4-6)	9.00-9.30	-	-	-	-
	10.15-10.45	1618	52.5	24.8	>80
	12.30-13.00	1548	52.5	23.9	>80
	14.15-14.45	1474	49.8	24.4	40<-<50
	16.00-16.30	1121	50.5	24.8	20<-<30
OPD จุดที่ 2 (หน้าห้องตรวจ 9-12)	9.00-9.30	-	-	-	-
	10.15-10.45	1904	51.3	24.9	>80
	12.30-13.00	1588	51.5	24.1	>80
	14.15-14.45	1533	48.6	24.6	40<-<50
	16.00-16.30	1078	50	24	20<-<30
สวนหย่อมที่ติดกับห้องผู้ป่วยด้านนอก	9.00-9.30	849	62.6	27.1	<5
	10.15-10.45	882	72.9	26.3	
	12.30-13.00	974	66.8	26.9	
	14.15-14.45	979	58.2	27.7	
	16.00-16.30	852	65.1	26.7	
ดาดฟ้าโรงพยาบาลเหนือห้องผู้ป่วยนอก	9.00-9.30	530	62.8	27.9	<2
	10.15-10.45	540	59.9	29.5	
	12.30-13.00	627	39.9	34.3	
	14.15-14.45	720	38.3	34.4	
	16.00-16.30	656	44.4	32.4	
ดาดฟ้าโรงพยาบาล	9.00-9.30	469	67.8	26.8	<2
	10.15-10.45	537	57.3	29.3	
	12.30-13.00	578	39.6	34.6	
	14.15-14.45	603	34.4	36.1	
	16.00-16.30	675	44	32.8	

ตารางที่ 4.10 ปัญหาจากการตรวจสอบ และแนวทางแก้ไขในส่วนห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

ปัญหาจากการตรวจสอบ	แนวทางแก้ไขปัญหา
1. จากข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพอากาศของห้องผู้ป่วยนอก พบว่าปริมาณCO_2สูงเกินกว่าค่ามาตรฐานที่ควรจะเป็น ทั้งนี้เนื่องจากจำนวนคนที่เข้ามาใช้บริการห้องผู้ป่วยนอกมีจำนวนมากในทุก ๆ วัน ทำให้มีการปล่อยก๊าซ CO_2 ในปริมาณที่สูงจึงทำให้ภายในบริเวณห้องมีคุณภาพแย่ลง ผู้คนหายใจสะดวก และจากการสำรวจจากแบบอาคารพบว่าระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลถูกออกแบบให้เป็นระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ใช้ Chiller ทำน้ำเย็นแล้วจ่ายให้กับเครื่องส่งลมเย็นภายในอาคาร สำหรับพื้นที่ห้องผู้ป่วยนอกส่วนหนึ่งใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และอีกส่วนหนึ่งเป็นระบบปรับอากาศแบบ chiller ซึ่งแบบเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนสะดวกกว่าในการติดตั้ง แต่ด้านประสิทธิภาพการทำงานและการซ่อมบำรุงต่ำกว่าแบบ chiller และระบบการระบายอากาศภายพื้นที่ห้องผู้ป่วยในส่วนของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนั้น ไม่มีการนำอากาศบริสุทธิ์ภายนอกเข้ามาระบายภายในห้อง	แนวทางการแก้ไขปัญหาสำหรับพื้นที่ปรับอากาศในส่วนของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยจะทำการออกแบบเครื่องปรับอากาศใหม่ทั้งหมดจากแบบแยกส่วน เป็นแบบเครื่องส่งลมเย็นเช่นเดียวกับระบบปรับอากาศของโรงพยาบาลทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนมีประสิทธิภาพและการซ่อมบำรุงต่ำกว่าเครื่องส่งลมเย็น และระบบปรับอากาศควรจะเป็นไปในรูปแบบเดียวกันทั้งอาคารโรงพยาบาลนั้นคือระบบปรับอากาศแบบ chiller และจะต้องมีการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายภายในพื้นที่ปรับอากาศของห้องผู้ป่วยนอกตามมาตรฐานอีกด้วย
2. การเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารเข้ามาระบายอากาศภายในอาคารจะเป็นการเพิ่มภาระความร้อนภายในห้อง ทำให้ห้องมีอุณหภูมิและความชื้นสูงขึ้น และถ้านำอากาศบริสุทธิ์ที่มีสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสูงกว่าสภาวะภายในห้องผ่านเข้ามาในห้องโดยตรงจะทำให้วัสดุภายในห้องที่มีอุณหภูมิต่ำเท่ากับอุณหภูมิห้องเกิดหยดน้ำมาเกาะที่วัสดุได้ จะทำให้เกิดการสะสมของความชื้นภายในห้องได้	แนวทางการแก้ไขปัญหาในส่วนนี้คือการนำอากาศบริสุทธิ์ผ่านเครื่องปรับอากาศเพื่อปรับสภาพอากาศก่อนเข้ามาในพื้นที่ห้อง[19] เพื่อที่จะได้ควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และไม่ให้เกิดหยดน้ำที่วัสดุภายในห้อง และอีกอย่างคือการนำอากาศบริสุทธิ์ภายเครื่องปรับอากาศกลางที่เรียกว่า Fresh air unit เพื่อปรับสภาพอากาศและดึงความชื้นออกให้เป็นอากาศบริสุทธิ์แล้วจึงปล่อยเข้าสู่ภายในห้อง สำหรับการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของเครื่อง Fresh air unit ทางผู้จัดทำได้ทำการคำนวณรายระเอียดไว้ที่ภาคผนวกเรียบร้อยแล้ว

3. จากการสำรวจปริมาณผู้คนที่เข้ามาใช้บริการพบว่าผู้เข้ามาใช้บริการมีจำนวนไม่คงที่ โดยบางช่วงมีจำนวนมาก บางช่วงมีจำนวนน้อย ทำให้มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากผู้ใช้บริการไม่คงที่ตามไปด้วย โดยจากตารางที่ 4.9จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาที่มีคนเข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงราว 2,000 ppm ซึ่งปริมาณดังกล่าวเกินมาตรฐานที่ระบุไว้ที่ 1,000 ppm แต่เมื่อถึงช่วงเวลาที่คนน้อยลงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะลดลงแต่ก็ยังคงสูงเกินกว่าค่ามาตรฐานอยู่	แนวทางการแก้ไขปัญหาด้านปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มากเกินกว่าค่ามาตรฐานและปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการเปลี่ยนตามจำนวนที่เข้ามาใช้บริการนี้ ทางผู้จัดทำได้เสนอแนวคิดที่จะเสริมระบบเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเจือจางก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมอยู่ภายในห้อง โดยระบบเติมอากาศบริสุทธิ์นี้สามารถปรับอัตราการนำอากาศจากภายนอกเข้ามาเติมได้ตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งระบบนี้จะมีเซนเซอร์ตรวจจับปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พัดลมระบายอากาศจะทำงานโดยทำให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สูงเกินกว่า 1000 ppm โดยภาพรวมระบบปรับอากาศและระบายอากาศในกรณีนี้สามารถดูได้จากรูปที่ 4.13

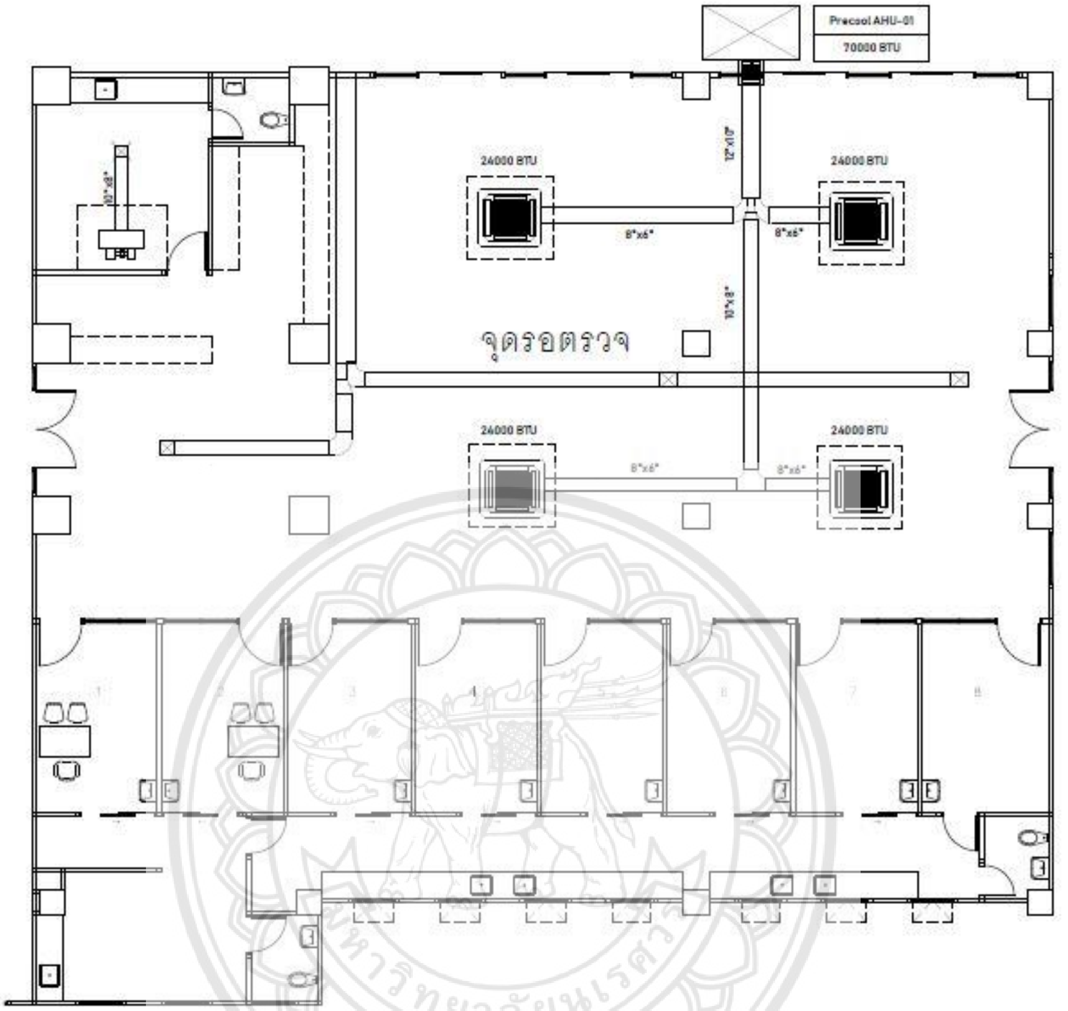


รูปที่ 4.11 ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1

ตารางที่4.11 รายการออกแบบข้อมูลระบบปรับอากาศและระบายอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1 ดังรูปที่ 4.11

รายการ	ภาระการทำความเย็น (BTU/hr)	ปริมาณลมจ่าย (cfm)	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (cfm)	ปริมาณอากาศย้อนกลับ (cfm)	จำนวนเครื่อง (ตัว)
ขนาด Pre cool	70,000	2,300	345	1,955	1
ขนาดเครื่องส่งลมเย็น (AHU)	48000	1600	240	1360	2
ขนาดเครื่องส่งลมเย็น (AHU)	19200	640	96	544	1

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.12 ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD)แบบที่ 2

ตารางที่ 4.12รายการออกแบบข้อมูลระบบปรับอากาศและระบายอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2ดังรูปที่ 4.12

รายการ	ภาระการทำความเย็น (BTU/hr)	ปริมาณลมจ่าย (cfm)	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (cfm)	ปริมาณอากาศย้อนกลับ (cfm)	จำนวนเครื่อง (ตัว)
ขนาด Pre cool	70,000	2,300	345	1,955	1
ขนาดคอยล์น้ำเย็นแบบสี่ทิศทาง (cassette type)	24,000	800	120	680	4

ในการออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) ทางผู้จัดทำได้ทำการแบ่งระบบปรับอากาศออกเป็นสองแบบ เพื่อให้ทางโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรได้พิจารณาและมีทางเลือกที่มากขึ้น โดยระบบปรับอากาศทั้งสองแบบมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันดังตารางที่

ตารางที่ 4.13 ข้อดีและข้อเสียของระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1 (เครื่องส่งลมเย็นแบบต่อท่อลม)

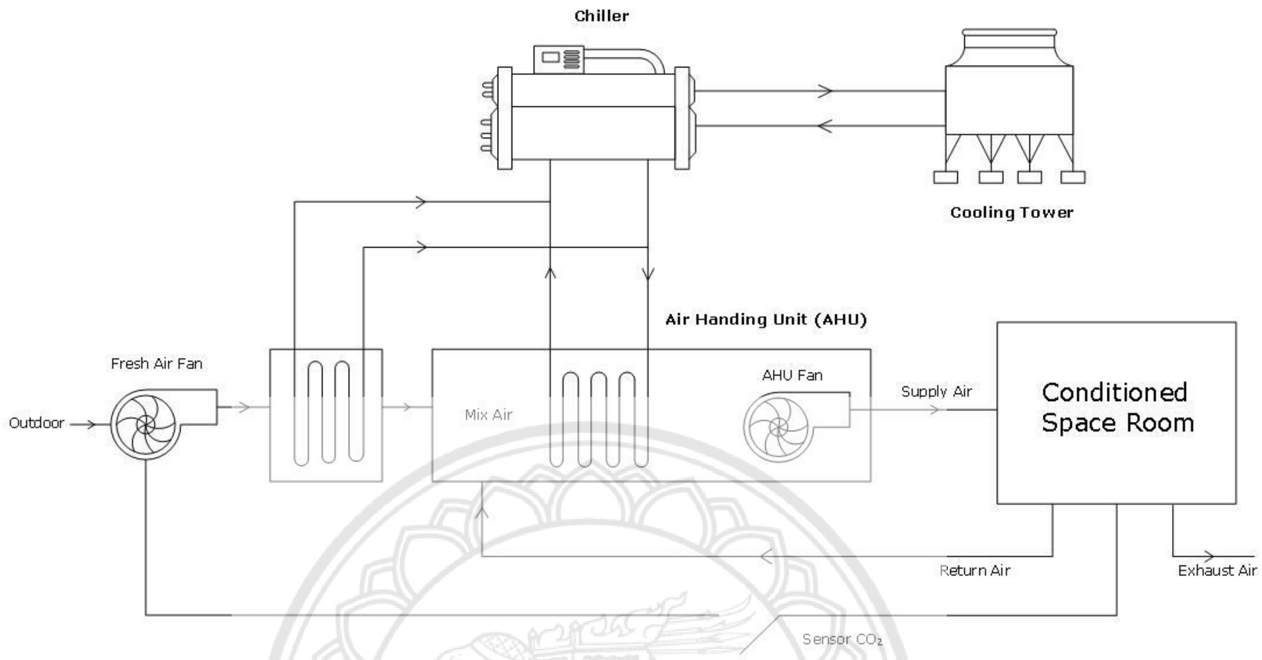
ข้อดี	ข้อเสีย
การควบคุมจากจุด ๆ เดียวทำให้บำรุงรักษาง่าย	มีราคาค่อนข้างสูง
สามารถเลือกหน้ากากลมจ่ายหลายทิศทางได้	มีความยุ่งยากในการติดตั้ง เพราะต้องเดินท่อลม
สามารถกระจายจุดที่ลมจ่ายออกได้หลายจุด	ไม่สามารถควบคุมหลาย ๆ พื้นที่ได้ เนื่องจากควบคุมจากจุดเดียวทั้งหมด

ตารางที่ 4.14 ข้อดีและข้อเสียของระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2 (เครื่องส่งลมเย็นแบบสี่ทิศทาง)

ข้อดี	ข้อเสีย
มีความสวยงาม กลมกลืนกับสถานที่	การติดตั้งค่อนข้างยาก
สามารถกระจายลมได้หลายทิศทาง	มีอุปกรณ์ที่ซับซ้อน
ไม่เปลืองพื้นที่ในห้อง	บำรุงรักษายาก

สำหรับแนวคิดเพิ่มเติมจากการที่ได้ศึกษาในเรื่องก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ปรับอากาศจะมากขึ้น เมื่อมีผู้เข้าใช้บริการมากขึ้น แต่จะลดลงเมื่อมีผู้เข้าใช้บริการลดลง จึงได้ศึกษาวิธีการที่จะเปิดปิดพัดลมระบายอากาศตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ได้ โดยตามมาตรฐาน Ashraeกล่าวไว้ว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในพื้นที่จะต้องไม่เกิน 1000 ppmซึ่งระบบปรับอากาศที่ออกแบบใหม่ ดังรูปที่ 4.9 จะทำให้พัดลมระบายปรับอัตราการไหลของอากาศภายนอกได้โดยระบบการเติมอากาศจากภายนอกที่ปรับอัตราการไหลตามปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะสามารถควบคุมปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานภายในห้องปรับอากาศ และทำให้ผู้ใช้บริการมีความพึงพอใจต่อสภาวะอากาศในพื้นที่ปรับอากาศดีขึ้น

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 4.13 แผนผังระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

4.4 วิเคราะห์ปัญหาและแนวทางแก้ไขสภาวะอากาศในห้องปรับอากาศที่มีความชื้นสูง [20], [22]

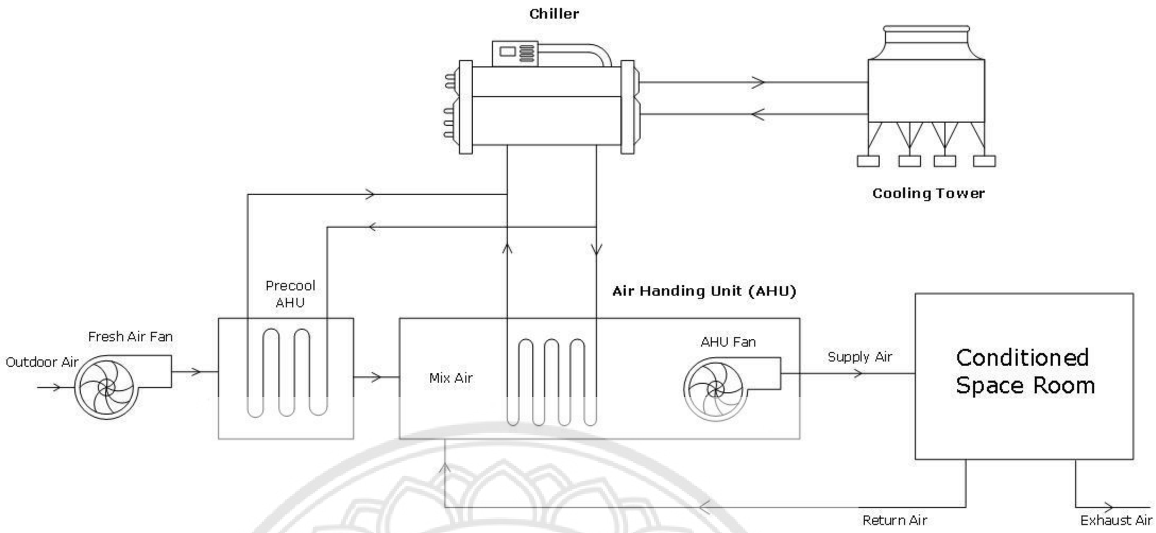
การศึกษาในเรื่องของอุณหภูมิและความชื้นภายในพื้นที่ปรับอากาศ จะเป็นตัวแปรสำคัญในการพิจารณาการเติบโตของเชื้อโรคในพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ เพราะเชื้อโรคสามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความชื้นสูง โดยประเทศไทยจัดอยู่ในพื้นที่เขตร้อนชื้น จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวนั้นได้ แต่การแก้ไขสภาวะอากาศทำได้โดยใช้ระบบปรับอากาศเข้ามาช่วย ซึ่งระบบปรับอากาศจะมีหน้าที่ลดอุณหภูมิ และในขณะเดียวกันก็จะลดความชื้นโดยการดึงไอน้ำจากอากาศไปพร้อมกันด้วย โดยการลดอุณหภูมิจะหมายถึงการลดความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และการลดไอน้ำในอากาศจะหมายถึงการลดความร้อนแฝง (Latent heat) ทั้งสองส่วนรวมกันเรียกว่าความร้อนรวม (Total heat) แต่ถึงอย่างนั้นก็ยังคงมีสภาวะที่มีความชื้นสูงอยู่ในบางพื้นที่ สำหรับเครื่องส่งลมเย็น (AHU) หรือ คอยล์น้ำเย็นในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) อัตราส่วนความร้อนสัมผัสต่อความร้อนรวม (Sensible heat ratio, SHR) จะไม่เปลี่ยนแปลงตามการใช้งาน จะทำได้เพียงปรับได้เล็กน้อยตามอุณหภูมิน้ำเย็น หรืออากาศที่ไหลผ่าน ซึ่งเมื่อเราทำความเย็นในห้องปรับอากาศก็จะควบคุมได้เพียงอุณหภูมิเท่านั้น โดยการศึกษาและตรวจสอบในพื้นที่เสี่ยงที่มีสภาวะความชื้นสูงของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าห้องบางห้องที่มีระบบปรับอากาศ ทำได้เพียงลดอุณหภูมิให้อยู่ในเกณฑ์ได้ แต่ไม่สามารถลดความชื้นได้ดีพอ ทางผู้จัดทำจึงสำรวจ และทำการเลือกห้องตัวอย่างที่มีปัญหาเรื่องความชื้นสูงมาวิเคราะห์ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนวทางแก้ไขเบื้องต้นในเรื่องของการแก้ไขห้องปรับอากาศในกรณีที่ห้องมีความชื้นสูงโดยแนวทางการแก้ไขปัญหาความชื้นสูงนี้ทางผู้จัดทำได้เสนอแนวคิดสองรูปแบบได้แก่ วิธีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกสำหรับการระบายอากาศผ่านเครื่องปรับอากาศกลาง [21] เรียกเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ว่า Fresh Air Unit และกระบวนการนี้เรียกว่ากระบวนการ Pre cool ด้านรายละเอียดจะอธิบายดังตารางที่ 4.13 และวิธีการที่สองสำหรับการแก้ไขปัญหาความชื้นในห้องสูงคือ ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มความร้อนสัมผัสด้านหลังคอยล์น้ำเย็น ซึ่งก็คือ Heater ซึ่งรายละเอียดของในส่วนที่จะอธิบายด้วยดังตารางที่ 4.13 เช่นกัน

ตารางที่ 4.15 ปัญหาและแนวทางแก้ไขคุณภาพอากาศสำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

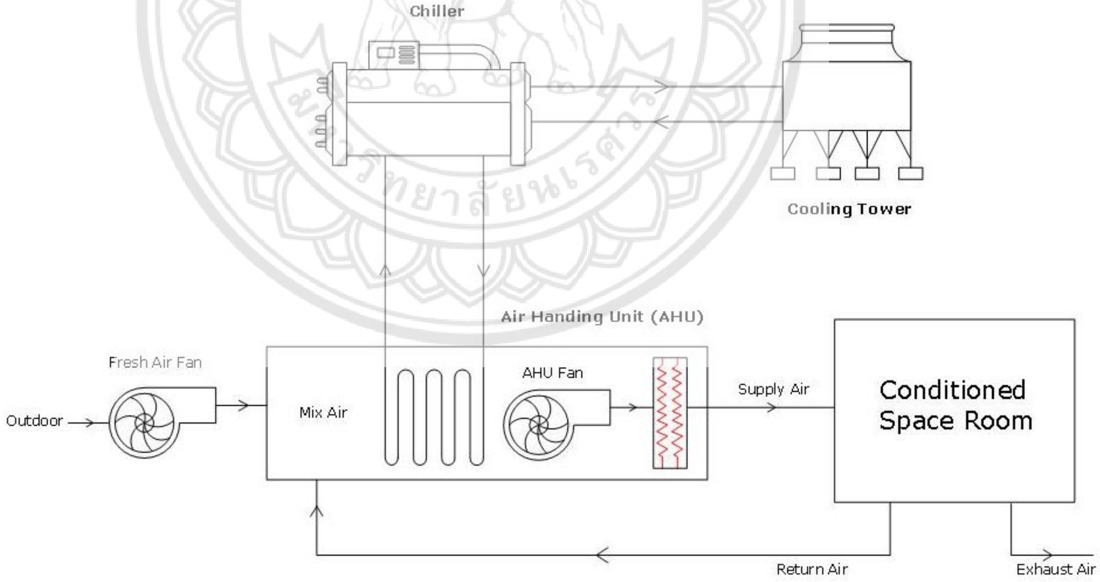
ปัญหาที่พบ	แนวทางการแก้ไขปัญหา
1.ปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ คลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้ออยู่ในส่วนของอาคารสิรินธร ซึ่งเป็นอาคารที่มีปัญหาหลักคือเรื่องปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ โดยปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากระบบปรับอากาศมีเพียงท่อส่งอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคาร แต่ไม่มีพัดลมระบายอากาศที่ทำหน้าที่ช่วยในการดึงอากาศภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศ	**แนวทางแก้ไขปัญหาการระบายอากาศ** สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อซึ่งอยู่ในอาคารสิรินธร ปัญหาการระบายอากาศเกิดจากระบบเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกอาคารมีแต่ท่อส่งอากาศบริสุทธิ์แต่ไม่มีพัดลมระบายอากาศที่ทำหน้าที่เติมอากาศภายนอกนอกมาระบายให้กับห้องปรับอากาศ ทำให้การระบายอากาศไม่เพียงพอในการใช้งาน ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ไขด้วยการติดตั้งพัดลมระบายอากาศให้กับระบบปรับอากาศ
2. ปัญหาด้านความชื้นสูงในคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ จากการสำรวจแบบและข้อมูลเบื้องต้นของห้องในคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ พบว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวมีปัญหาด้านการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นปัญหาหลักของอาคารสิรินธรทั้งหมดด้วย โดยปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอมาจากระบบดึงอากาศบริสุทธ์จากภายนอกไม่มีพัดลมระบายอากาศที่ทำหน้าที่ดึงอากาศภายนอกเข้ามาระบายอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศแต่ละส่วนภายในอาคาร และผลกระทบการปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอนั้น นำมาซึ่งปัญหาหลาย ๆ อย่าง โดยปัญหาที่เกิดขึ้นคือปัญหาด้านความชื้นที่สูงภายในห้องศัลยกรรมกระดูกและข้อ ความชื้นที่สูงนี้จะทำให้เชื้อโรคต่าง ๆ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะอากาศที่มีความชื้นสูง	**แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วยวิธีการ** Pre cool เมื่ออากาศบริสุทธิ์ที่เติมจากภายนอกผ่านคอยล์น้ำเย็นของเครื่องส่งลมเย็นจะออกมาเป็นลมจ่าย (Supply Air) สภาวะอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูง ประมาณ 10°C ,90 %RH และลมจ่ายนี้จะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้ามารับภาระความร้อนภายในห้องปรับอากาศจนมีสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น และเมื่อถึงจุดที่อุณหภูมิในห้องเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ น้ำเย็นจะหยุดจ่ายให้กลับเครื่องส่งลมเย็น และจะทำงานอีกก็ต่อเมื่อสภาวะอากาศในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดหนึ่ง โดยแนวคิดแก้ไขปัญหาด้วยการ Pre cool ทำได้โดยการเพิ่มเครื่องปรับอากาศพิเศษที่เรียกว่า Fresh Air Unit สำหรับทำหน้าที่ลดอุณหภูมิและความชื้นของภาระความร้อนที่มาจากอากาศบริสุทธิ์จากภายนอก โดยFresh Air Unit จะทำหน้าที่ปรับอากาศภายนอกที่เข้ามาให้มีอุณหภูมิจุดน้ำค้างเท่ากับอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอุณหภูมิห้อง และเมื่ออากาศภายนอกที่ถูกปรับสภาวะด้วย Fresh Air Unit นี้จะไม่มีภาระความ

	ร้อนแฝงเพิ่มขึ้น และจะช่วยลดความร้อนสัมผัสให้กับคอยล์น้ำเย็นอีกด้วย สำหรับข้อมูลการออกแบบขนาด Fresh Air Unit นี้แสดงโดยตารางที่ 4.11 และแผนผังของระบบปรับอากาศนี้สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.10 และการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศพิเศษนี้ทางผู้จัดทำได้คำนวณรายละเอียดไว้ในภาคผนวก **แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วยวิธีการใช้ Heater[20]** โดยปกติแล้วอากาศเมื่อผ่านคอยล์น้ำเย็นของเครื่องส่งลมเย็นจะออกมาเป็นลมจ่าย (Supply Air) สภาวะอุณหภูมิต่ำ ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 10 °C, 90 %RH และลมจ่ายนี้จะค่อย ๆ เคลื่อนที่เข้ามารับภาระความร้อนภายในห้องปรับอากาศจนมีสภาวะอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น และเมื่อถึงจุดที่อุณหภูมิในห้องเท่ากับอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ น้ำเย็นจะหยุดจ่ายให้กลับเครื่องส่งลมเย็น และจะทำงานอีกก็ต่อเมื่อสภาวะอากาศในห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดหนึ่ง สำหรับการแก้ไขปัญหาความชื้นด้วยการใส่ Heater ไว้ด้านหลังคอยล์น้ำเย็น จะเป็นการเพิ่มความร้อนสัมผัส (Sensible heat) คืออุณหภูมิกระเปาะแห้งเปลี่ยนแปลงได้อย่างเดียวเท่านั้น ความร้อนสัมผัสนี้จะให้พลังงานความร้อนกับห้องปรับอากาศ และเมื่อลมจ่าย (Supply Air) ผ่านคอยล์น้ำเย็นลมจ่ายที่มีอุณหภูมิต่ำจะค่อย ๆ รับภาระความร้อนสัมผัสที่เกิดจากการ Heater และจากนั้นจะเข้ามารับภาระความร้อนของห้องอีกที โดยอุณหภูมิห้อง ลักษณะกระบวนการปรับอากาศนี้สามารถช่วยลดความชื้นภายในห้องปรับอากาศได้ และแผนผังระบบการปรับอากาศนี้พิจารณาได้จากรูปที่ 4.11 และรายละเอียดการคำนวณขนาดของ Heater ที่จะนำมาใช้กับห้องศัลยกรรมกระดูกและข้อนี้ ทางผู้จัดทำได้คำนวณ

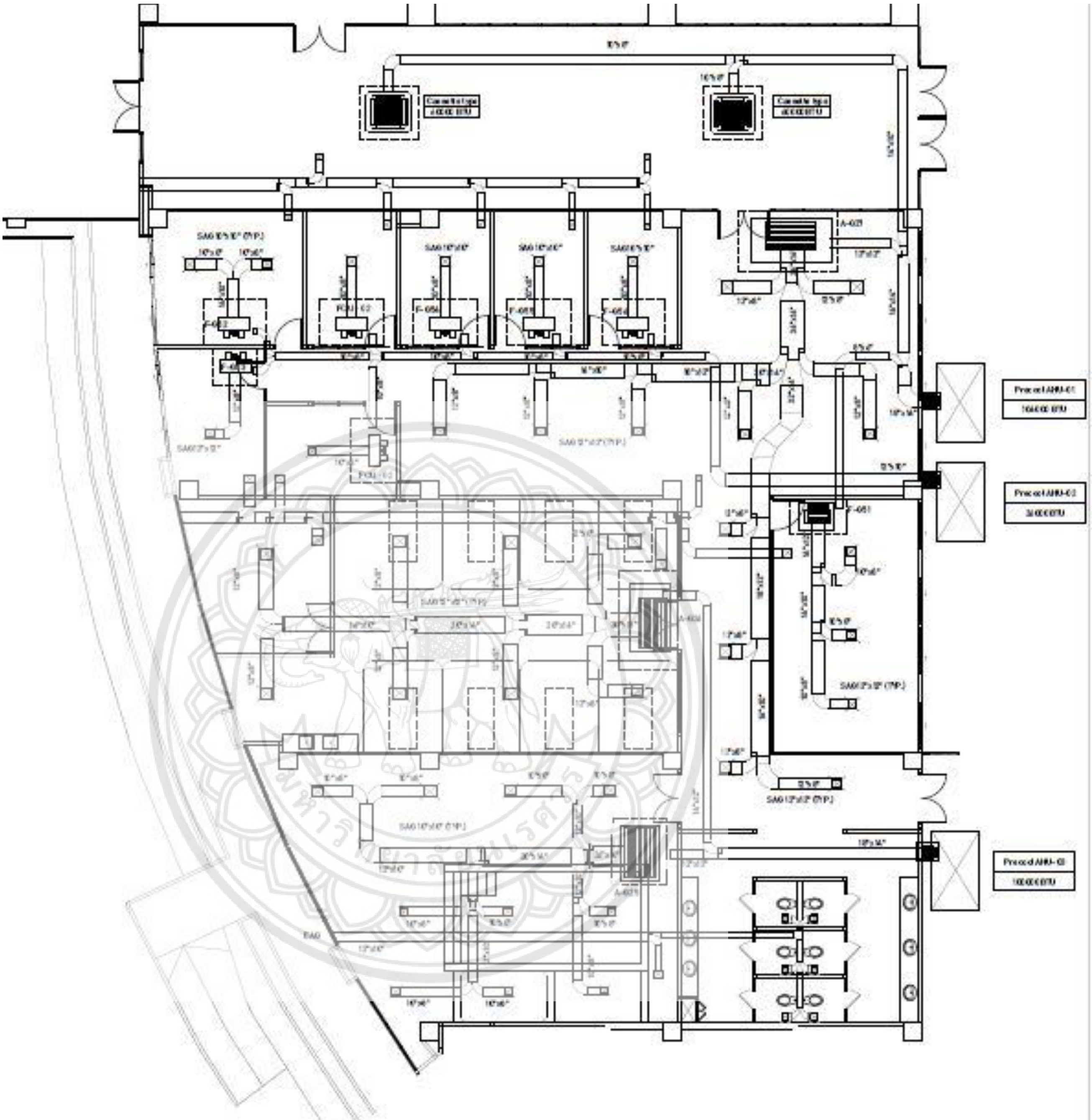
	และรวบรวมไว้ในภาคผนวก
3. ปัญหาระบบปรับอากาศที่ไม่เพียงพอภายในพื้นที่คลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ จากการศึกษาแบบและสำรวจห้องภายในคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ เบื้องต้นพบว่าภายบริเวณของห้องบางส่วนไม่มีเครื่องปรับอากาศที่จะทำหน้าที่ลดอุณหภูมิและลดความชื้นของอากาศในพื้นที่ห้อง ทำให้พื้นที่ห้องมีปัญหาด้านการปรับอากาศและปัญหาความชื้นสะสมในห้องที่สูง ปัญหาความชื้นสูง เป็นสาเหตุทำให้เชื้อโรคสามารถเจริญเติบโตได้ดี และสภาวะอากาศที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดความไม่สะดวกสบายต่อผู้เข้ามาใช้บริการที่มีจำนวนมากในแต่ละวันได้	แนวทางการแก้ไขสำหรับปัญหาในส่วนนี้คือการออกแบบเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมให้กับพื้นที่ที่ยังไม่มีเครื่องปรับอากาศ โดยการคำนวณเพื่อเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศ และจำนวนเครื่องแสดงดังตารางที่ 4.10 ซึ่งทางผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมไว้ที่ภาคผนวกด้วย และภาพรวมของระบบปรับอากาศที่ออกแบบเพิ่มเข้ามาภายในพื้นที่คลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อสามารถดูได้จากรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.14 แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วยวิธีการ Precool



รูปที่ 4.15 แนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นด้วย Heater



รูปที่ 4.16 ออกแบบ Fresh Air Unit สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

พื้นที่บางส่วนของบริเวณคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ ไม่มีเครื่องปรับอากาศที่ทำหน้าที่ปรับสภาวะอากาศ ทำให้สภาวะอากาศบริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิและความชื้นที่สูงกว่าบริเวณที่มีเครื่องปรับอากาศ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้สำรวจแบบของห้องต่าง ๆ ภายในคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีเครื่องปรับอากาศ และทำการออกแบบขนาดของเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ให้เหมาะสมกับพื้นที่ดังรูปที่ 4.12 โดยการออกแบบจะอ้างอิงจากรายการการออกแบบเครื่องส่งลมเย็นของอาคารสิรินธร

ตารางที่ 4.16 ข้อมูลการออกแบบเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมสำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

รายการ	ภาระการทำความเย็น (BUT/hr)	ปริมาณลมจ่าย (cfm)	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (cfm)	ปริมาณอากาศย้อนกลับ (cfm)	จำนวนเครื่อง (ตัว)
คอยล์น้ำเย็นแบบสี่ทิศทาง (Cassette type)	60000	2000	300	1700	2
Fan coil unit (FCU-02)	12000	400	60	340	2
Air handing unit (AHU-04)	25000	833	125	708	1

กระบวนการแก้ไขปัญหาความชื้นและควบคุมความชื้นภายในคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อสามารถทำได้โดยไม่ให้อากาศบริสุทธิ์ที่มีจุดน้ำค้างสูงเข้ามาให้ห้องปรับอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า เมื่อห้องปรับอากาศมีอุณหภูมิต่ำ วัสดุในห้องปรับอากาศก็จะมีอุณหภูมิต่ำตามไปด้วย และเมื่ออากาศบริสุทธิ์เข้ามากระทบการวัสดุดังกล่าวก็จะทำให้เกิดไอน้ำที่บริเวณวัสดุได้ ก่อให้เกิดเชื้อราสะสมในห้องปรับอากาศและเชื้อโรคสามารถที่จะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีความชื้นจากไอน้ำสูง การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทางผู้จัดทำได้อธิบายหลักการของเครื่อง Fresh Air Unit ไว้ตามดังที่กล่าวในข้างต้นแล้ว และรายการขนาดของเครื่อง Fresh Air Unit จากตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.17 ข้อมูลการออกแบบ Fresh Air Unit

รายการ	ค่าการออกแบบ
Precool AHU - 01	104,000 BTU/hr
Precool AHU - 02	26,000 BTU/hr
Precool AHU - 03	100,000 BTU/hr

สำหรับแนวทางแก้ไขปัญหาความชื้นสูงของคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้ออีกรูปแบบนึ่ง คือ การเพิ่มอุปกรณ์ที่ให้ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) นั่นคือ Heater โดยจะทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิกระเปาะแห้งให้กับอากาศในห้องบริเวณทางออกของลมจ่าย (Supply Air) ซึ่งการเพิ่มความร้อนจาก Heater จะไม่มีการเพิ่มไอน้ำให้กับอากาศ แต่โดยเครื่องปรับอากาศโดยปกติจะทำงานตามการตั้งค่าของอุณหภูมิ ซึ่งเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่ตั้งค่าไว้ เครื่องปรับอากาศจะหยุดการทำงาน และจะทำงานอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิของห้องปรับอากาศสูงขึ้นถึงจุดหนึ่ง การเพิ่มความร้อนสัมผัสจาก Heater จะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานมากขึ้น และทำงานตลอดเวลา โดยการทำงานมากขึ้นของเครื่องปรับอากาศจะทำให้สามารถควบคุมสภาวะอากาศทั้งอุณหภูมิและความชื้นภายในห้องปรับอากาศได้ดีขึ้น โดยจะสามารถคำนวณหาขนาดของ Heater ที่จะนำมาติดตั้งบริเวณหน้าคอยล์น้ำเย็นได้ดังตารางที่ 4.16 ซึ่งรายละเอียดการคำนวณจะอยู่ในภาคผนวกรายการคำนวณ

ตารางที่ 4.18 ข้อมูลการออกแบบขนาด Heater สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

ห้อง	AHU/FCU	ขนาด Heater (kW)
ห้องตรวจ 7	FCU – 01	9.17
ห้องตรวจ 7	FCU – 01	9.17
ห้องตรวจ 4	FCU – 02	1.85
ห้องตรวจ 5	FCU – 02	1.85
ห้องฉีดยาและทำแผล	F – G/51	4.59
ห้องพักเจ้าหน้าที่	F – G/52	2.73
สำนักงาน	F – G/53	1.85
ห้องตรวจ 3	F – G/54	1.37
ห้องตรวจ 2	F – G/55	1.37
ห้องตรวจ 1	F – G/56	1.37
หน่วยกายภาพบำบัด 2	A – G/25	2.73
ห้องกายภาพบำบัด 1	A – G/26	1.37
บริเวณพักรอ	A – G/27	17.46

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลแนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร และการวิเคราะห์พร้อมทั้งเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหาการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

5.1 ผลสรุปการศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรับปรุงคุณภาพอากาศ รวมถึงการวิเคราะห์ผลจากการศึกษาแบบอาคารและลงพื้นที่สำรวจโดยได้ทำการวัด อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จำนวนแบคทีเรีย และเชื้อราของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร พบว่าในห้องส่วนใหญ่ภายในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร มีจำนวนแบคทีเรีย เชื้อรา ความชื้น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง จึงนำไปสู่การแก้ไขปัญหาเหล่านี้ได้โดยมีแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

5.1.1 แนวทางการแก้ไขคุณภาพอากาศโดยการระบายอากาศ

ภายในอาคารสิรินธรมีการระบายอากาศไม่เพียงพอเนื่องจากใช้ AHU ในการดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศในอาคารได้น้อยจึงต้องเพิ่มพัดลมระบายอากาศเข้าไปในระบบปรับอากาศให้เพียงพอในแต่ละพื้นที่

และภายในอาคารเฉลิมพระเกียรติมีการระบายอากาศไม่เพียงพอเช่นเดียวกับอาคารสิรินธร เนื่องจากไม่ได้เปิดพัดลมระบายอากาศ และพื้นที่บางส่วนไม่มีพัดลมระบายอากาศ ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาได้โดยการเปิดพัดลมระบายอากาศและติดตั้งพัดลมระบายอากาศเพิ่มเข้าไปในพื้นที่ที่ไม่มีพัดลมระบายอากาศ

5.1.2) แนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศภายในห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

ปัญหาหลักของห้องตรวจผู้ป่วยนอกที่พบจากการตรวจสอบ คือปัญหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง และไม่มีระบบระบายอากาศ ซึ่งทางผู้จัดทำมีแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้ แนวทางการแก้ไขปัญหาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูง ทำได้โดยการเติมอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเจือจางโดยมี Sensorวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวควบคุมพัดลมระบายอากาศเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า 1000 ppm Sensorตรวจวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์จะสั่งให้พัดลมระบายอากาศทำงาน เพื่อนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาเจือจางกับคาร์บอนไดออกไซด์ภายในห้อง ตรวจผู้ป่วยนอกในปริมาณที่เหมาะสม

แนวทางการแก้ไขปัญหาของห้องตรวจผู้ป่วยนอกซึ่งไม่มีระบบระบายอากาศ ทางผู้จัดการเสนอให้ทำระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศใหม่เนื่องจากระบบปรับอากาศเดิมใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ซึ่งไม่สามารถดึงอากาศจากภายนอกมาระบายอากาศภายในห้องได้

จึงแนะนำให้ใช้ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์เนื่องจากสามารถดึงอากาศจากภายนอกเข้ามาระบายอากาศได้และง่ายต่อการซ่อมบำรุง

5.1.3) แนวทางการแก้ไขปัญหาคุณภาพอากาศของคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

ปัญหาหลักของห้องคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อที่พบคือปัญหาการระบายอากาศไม่เพียงพอ ความชื้นสูง และระบบปรับอากาศที่ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลเสียต่อคุณภาพอากาศของห้องศัลยกรรมกระดูกเป็นอย่างมาก ทางผู้จัดทำจึงมีแนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

แนวทางการแก้ไขปัญหาการระบายอากาศที่ไม่เพียงพอ เนื่องจากห้องศัลยกรรมกระดูกและข้อใช้เครื่องปรับอากาศในการดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศ โดยกำลังในการดึงอากาศบริสุทธิ์ของเครื่องปรับอากาศนั้นไม่เพียงพอที่ดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศได้เหมาะสม จึงต้องติดตั้งพัดลมระบายอากาศเข้ามาช่วยดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบายอากาศให้เพียงพอ

แนวทางการแก้ไขปัญหาความชื้นสูง จากการตรวจสอบแบบและวิเคราะห์ข้อมูลของห้องศัลยกรรมกระดูก พบว่าความชื้นภายในห้องศัลยกรรมกระดูกสูงซึ่งเป็นแหล่งเจริญเติบโตของเชื้อโรคได้ดี จึงต้องทำการลดความชื้นให้เหมาะสม โดยวิธีการลดความชื้นสามารถทำได้หลายวิธี ทางผู้จัดทำเสนอการลดความชื้นด้วยวิธีการ Pre cool และวิธีการใช้ Heater

Pre cool เป็นการนำเครื่องปรับอากาศมาติดตั้งไว้ที่ตำแหน่งดึงอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้า เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกที่นำมาหมุนเวียนก่อนจะเข้าเครื่องปรับอากาศทำให้อุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเป็นไปตามที่ต้องการได้

Heater ลดความชื้น ทำได้โดยการติดตั้ง Heater ไว้หลังคอยล์เย็นเพื่อลดความชื้นของอากาศที่ออกจากคอยล์เย็นให้มีความชื้นที่เหมาะสมก่อนเข้าห้องปรับอากาศ

แนวทางการแก้ไขปัญหาระบบปรับอากาศไม่เพียงพอต่อพื้นที่ใช้งาน จากการศึกษาแบบและสำรวจห้องศัลยกรรมกระดูก พบว่าในบางพื้นที่ของห้องศัลยกรรมกระดูกไม่มีเครื่องปรับอากาศ ทางผู้จัดทำจึงเสนอให้ออกแบบระบบปรับอากาศเพิ่มเติมในส่วนของพื้นที่ขาดระบบปรับอากาศ

บรรณานุกรม

[1] ASHRAE. (2017). ASHRAE Handbook Fundamentals. The United States of America.

[2] Shan K. Wang. (2001). Handbook of Air Conditioning and Refrigeration (พิมพ์ครั้งที่ 2). The United States of America: McGraw-Hill Companies.

[3] W. F. Stoecker, และ J. W. Jones. (2004). Refrigeration and Air Conditioning (พิมพ์ครั้งที่ 2)

[4] นินนาท ราชประดิษฐ์. (2561). วิศวกรรมการปรับอากาศและระบายอากาศ. เอกสารประกอบการ สอน(1), 21 - 56. สืบค้นเมื่อวันที่25 สิงหาคม 2562

[5] Faye C. McQuiston, Jerald D. Parker, และ Jeffery D. spitler. (2005). Heating, Ventilation and Air Conditioning (พิมพ์ครั้งที่ 6). The United States of America: Hamilton Printing.

[6] จีราภา ผาลี, และ ศิภาพร ภูเด่นผา. (2561). การศึกษาและหาแนวทางการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร, วศ.บ. ,มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. สืบค้นเมื่อวันที่24 กันยายน 2562

[7] จุติพร พนมบัวเลิศ, ชานิยา เหมือนตา, และ ชูพงษ์ ทองคำ. (2559). การวิเคราะห์คุณภาพอากาศภายในอาคาร โดยการตรวจนับปริมาณแบคทีเรียและเชื้อรา.Journal of the Dental Association of Thailand. (1). สืบค้นเมื่อวันที่16 กันยายน 2562

[8] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูถัมภ์. (2548). มาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศ (พิมพ์ครั้งที่ 1). เรียกใช้เมื่อ 20 พฤศจิกายน2562

[9] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ และสมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2556). มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ 487 ซอยรามคำแหง 39 (เทพลีลา 1) แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310. เรียกใช้เมื่อ 20 พฤจิกายน 2562

[10] Jan F. Kreider, Ph.D. and P.E. (2001). “Introduction to the Buildings Sector” Handbook of Heating, Ventilation, and Air Conditioning. Ed. Jan F. Kreider Boca Raton, CRC Press LLC

[11] อริสา กาญจนากระจ่าง และภารดี ช่วยบำรุง. (2558)การตรวจวัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการระบายอากาศภายในห้องเรียน. Measurements of Carbon Dioxide to Determine the Ventilation Effectiveness in the Classroom.สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ,.1091-1100.

[12] ณัชจารีย์กร สวัสดิ์มงคลกุล และชุมพร มูรพันธุ์. (2558). การรับรู้คุณภาพอากาศภายในอาคารสาธารณะ (Perception of Interior Air Quality in Public Buildings). Veridian E-Journal, Silpakorn University (ฉบับภาษาไทย), 8(2), 1583-1594
[13] นุชจรี นะรินยา, ขนิษฐกุล คูณเมือง และพรพรรณ สกุลคู. (2560). การประเมินการปนเปื้อนปริมาณเชื้อราในอากาศภายในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ คณะสาธารณสุขศาสตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 10(1),. 11-18.
[14]จักรพันธ์ ภวังค์คะรัตน์. "Control of air infection for hospitals." ACADEMIC JOURNAL of ARCHITECTURE 68 (2015): 89-98.
[15] Khalid, Waqas, et al. "Investigation of comfort temperature and thermal adaptation
for patients and visitors in Malaysian hospitals." Energy and Buildings 183 (2019): 484-499.
[16] S.C. Sekhar, S.E. Goh Thermal comfort and IAQ characteristics of naturally/mechanically ventilated and air-conditioned bedrooms in a hot and humid climate Build Environ, 2011;46:1905–1916
[17] Nyuk Hien Wong, Bernard Huang. Comparative study of the indoor air quality of naturally ventilated and air-conditioned bedrooms of residential buildings in Singapore. Building and Environment 2004;39(1):1115 – 1123
[18] Zheng Li, Shiming Deng. Multivariable control of indoor air temperature and humidity in a direct expansion (DX) air conditioning (A/C) system. Building and Environment 2009; 44:1659–1667
[19] YongchaoZhai, Yufeng Zhang, Hui Zhang, Wilmer Pasut, Edward Arens and Qinglin Meng. 2015 Human comfort and perceived air quality in warm and humid environments with ceiling fans. Building and Evironment 2015;90(1):178-185

[20] ผศ.ดร.นินนาท ราชประดิษฐ์ และคณะ. (2561). โครงงานวิจัยการศึกษาวิเคราะห์ระบบปรับอากาศในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคาร. เรียกใช้เมื่อ 30 พฤจิกายน 2562

[21] นายปรเมธ ประเสริฐยิ่ง. (2551). การควบคุมความชื้นในห้องพักโรงแรม. วก.485. เรียกใช้เมื่อ

25 ธันวาคม 2562

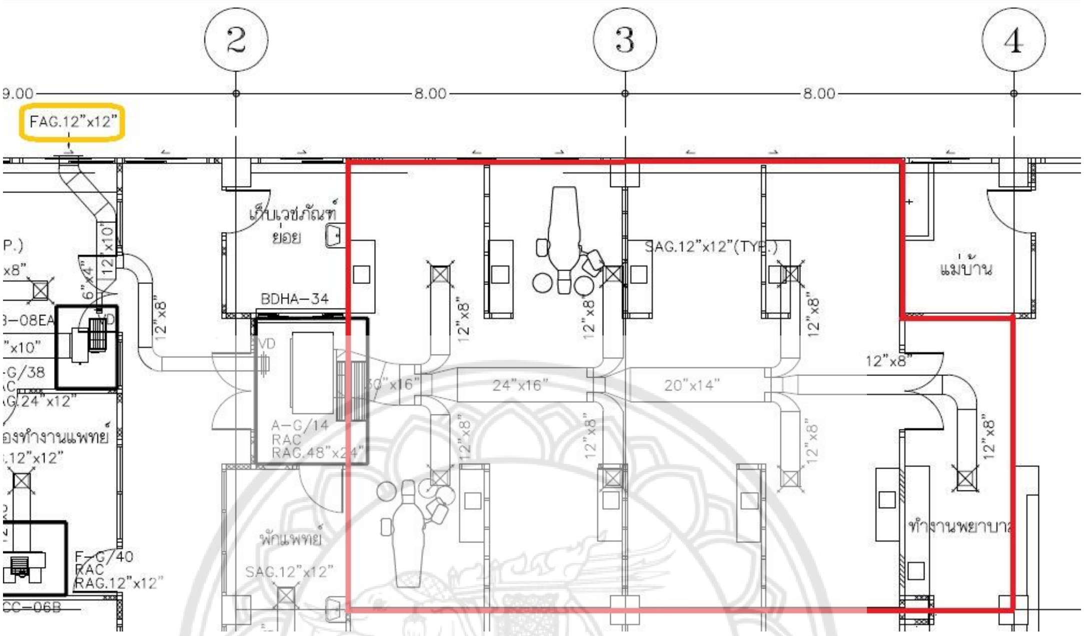
[22] ตุลย์ มณีวัฒนา. (ม.ป.ป.). การคำนวณเพื่อเลือกอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ (Calculations for HVAC Equipment Selection). สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. เรียกใช้เมื่อ 25 ธันวาคม 2562

ภาคผนวก ก

รายการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณอัตราการระบายอากาศ

จากรูปที่ ก.1 คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก อาคารสิรินธร มีพื้นที่ 120 m^2 สูง 3 m



รูปที่ ก.1 คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก อาคารสิรินธร

1.คำนวณอัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศจากรายการออกแบบของอาคารโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยนเรศวร

คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก มีพื้นที่ปรับอากาศ 120 m^2

ทำการคำนวณขนาดภาระการทำความเย็นของเครื่องส่งลมเย็น (AHU)

ภาระการทำความเย็นของ AHU = 120 x 800 = 96000 Btu/hr (Designed specification)

$$\text{ปริมาณลมจ่าย (Supply air)} = \frac{96000}{30} = 3200 \text{ cfm}$$

อัตราการระบายอากาศคิดเป็น 15 % ของปริมาณลมจ่าย (Supply air)

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศ = 3200 x 0.15 = 480 cfm

2. คำนวณอัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ จากมาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-40

คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก มีพื้นที่ปรับอากาศ 120 m^2

กำหนดให้ อัตราการระบายอากาศต่อตารางเมตร (m^3/hr per m^2) เท่ากับ 2

เพราะฉะนั้น อัตราการระบายอากาศ = 120 x 2 = 240 m^3/hr หรือ 144 cfm

3. คำนวณอัตราการระบายอากาศในพื้นที่ปรับอากาศ จากมาตรฐาน ว.ส.ท. 3003-50

คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก มีพื้นที่ปรับอากาศ 120 m^2 และสูง 3m

กำหนดให้ Air changes rate เท่ากับ 2

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศจะต้องไม่น้อยกว่า = 120 x 3 x 2 = 720 m^3/hr

หรือ 432 cfm

4. คำนวณปริมาณอากาศเติมในพื้นที่ปรับอากาศสำหรับโรงพยาบาล จาก ASHRAE Standard 62-1989

คลินิกวิจัยโรค และเวชศาสตร์ช่องปาก มีพื้นที่ปรับอากาศ 120 m^2

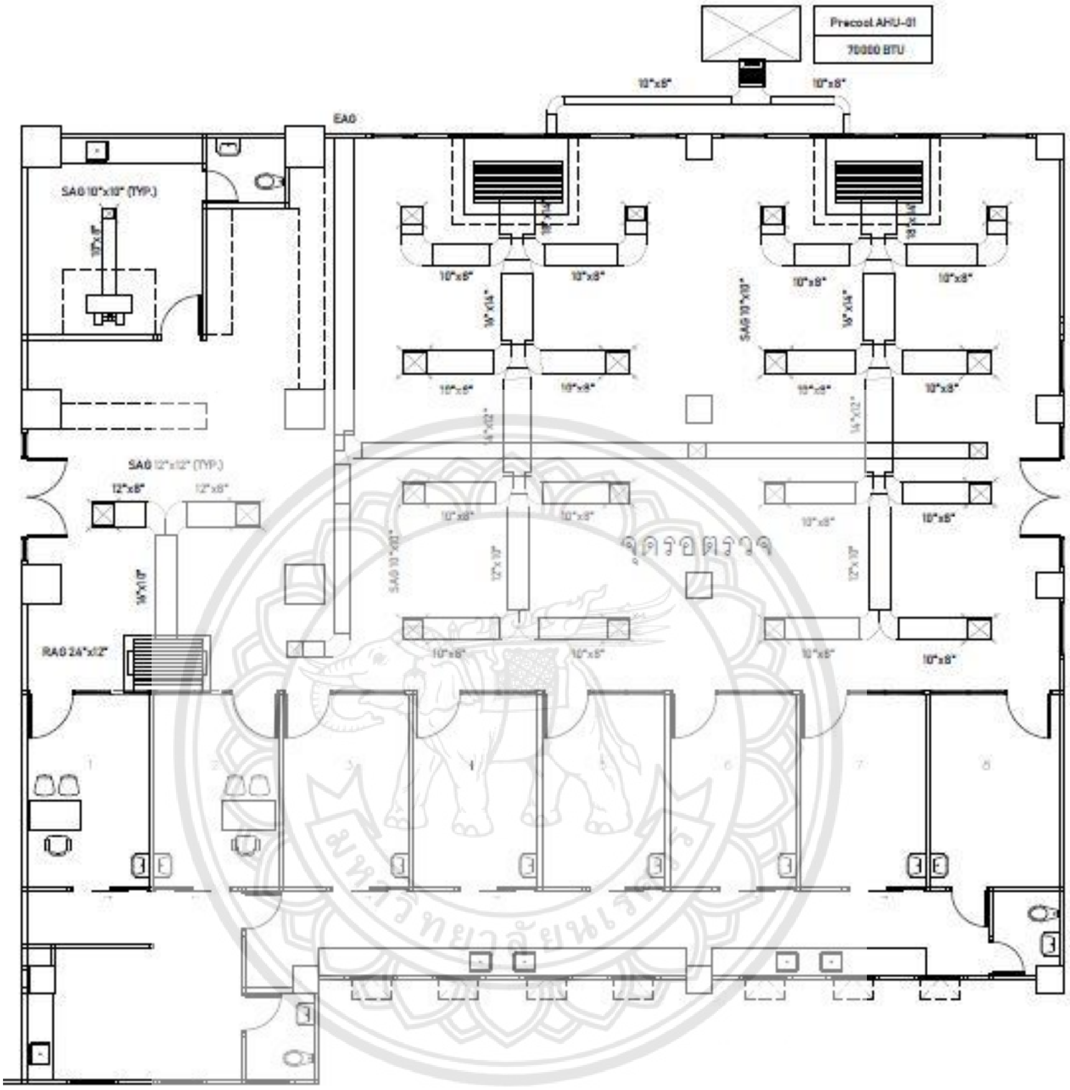
กำหนดให้ ประมาณการสำหรับอยู่การอาศัยสูงสุด เท่ากับ 20 คน ต่อ 100 m^2

เพราะฉะนั้น พื้นที่ 120 m^2ต้องมีจำนวนคนไม่เกิน 24 คน

และ ความต้องการอากาศจากภายนอก (Fresh air) =15 cfm / คน

ดังนั้น อัตราการระบายอากาศ =24 x 15 = 360 cfm

การคำนวณขนาดเครื่องส่งลมเย็น (AHU) สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1



รูปที่ ก.2 พื้นที่ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 1

AHU – 01

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $60 \times 800 = 48000$ BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\dfrac{480000}{30} = 1600$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $1600 \times 0.15 = 240$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 1600 – 240 = 1360 cfm

AHU – 02

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $60 \times 800 = 48000$ BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\frac{480000}{30} = 1600$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $1600 \times 0.15 = 240$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 1600 – 240 = 1360 cfm

AHU – 03

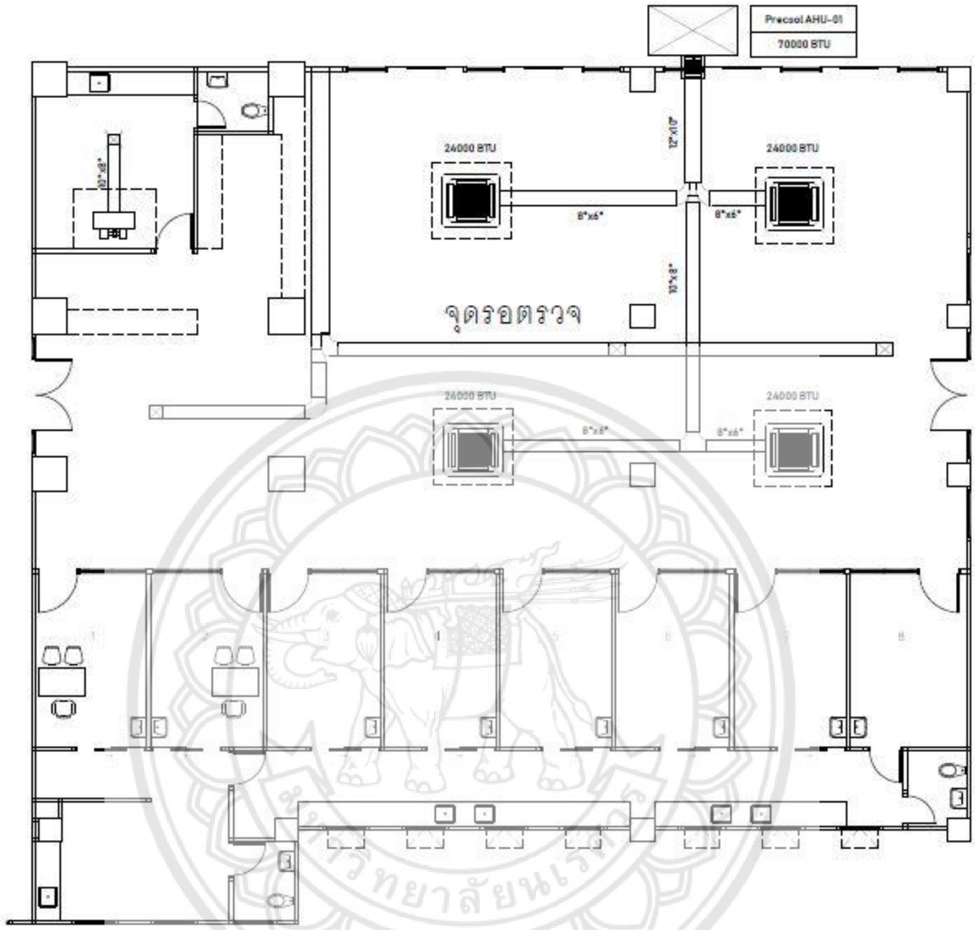
ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $24 \times 800 = 19200$ BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\frac{19200}{30} = 640$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $640 \times 0.15 = 96$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 640 –96= 544 cfm

การคำนวณขนาดคอยล์น้ำเย็นแบบสี่ทิศทาง (Cassette type) สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2



รูปที่ ก.2 พื้นที่ออกแบบระบบปรับอากาศใหม่สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD) แบบที่ 2

คอยล์น้ำเย็นแบบสี่ทิศทาง (Cassette type) ขนาดการทำความเย็นคำนวณจาก

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $120 \times 800 = 96000$ BTU/hr

แบ่งออกเป็น 4 เครื่อง เครื่องละ 24000 BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\frac{24000}{30} = 800$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $800 \times 0.15 = 120$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 800 – 120 = 680 cfm

การคำนวณเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมสำหรับห้องศัลยกรรมกระดูก (Orthopedics)

FCU – 01(Cassette type)

พื้นที่ 150 m^2 สูง 3 m

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $150 \times 800 = 120000$ BTU/hr

แบ่งออกเป็น 2 เครื่อง เครื่องละ 60000 BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\frac{60000}{30} = 2000$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $2000 \times 0.15 = 300$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 2000 – 300 = 1700 cfm

FCU – 02(FCU)

ทั้งหมด 2 ห้อง พื้นที่ห้องละ 15 m^2 สูง 3 m

ขนาดเครื่องปรับอากาศ = $15 \times 800 = 12000$ BTU/hr

ปริมาณลมจ่าย (Supply air) = $\frac{12000}{30} = 400$ cfm

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) = $400 \times 0.15 = 60$ cfm

ปริมาณอากาศย้อนกลับ (Return air) = 400 – 60 = 340 cfm

การคำนวณขนาดเครื่อง Fresh Air Unit

กำหนด สภาวะอากาศภายนอก (พิษณุโลก) 36°C Dry Bulb , 25 °C Wet Bulb

สภาวะอากาศภายในห้องที่กำหนด 25°C Dry Bulb , 50 %RH

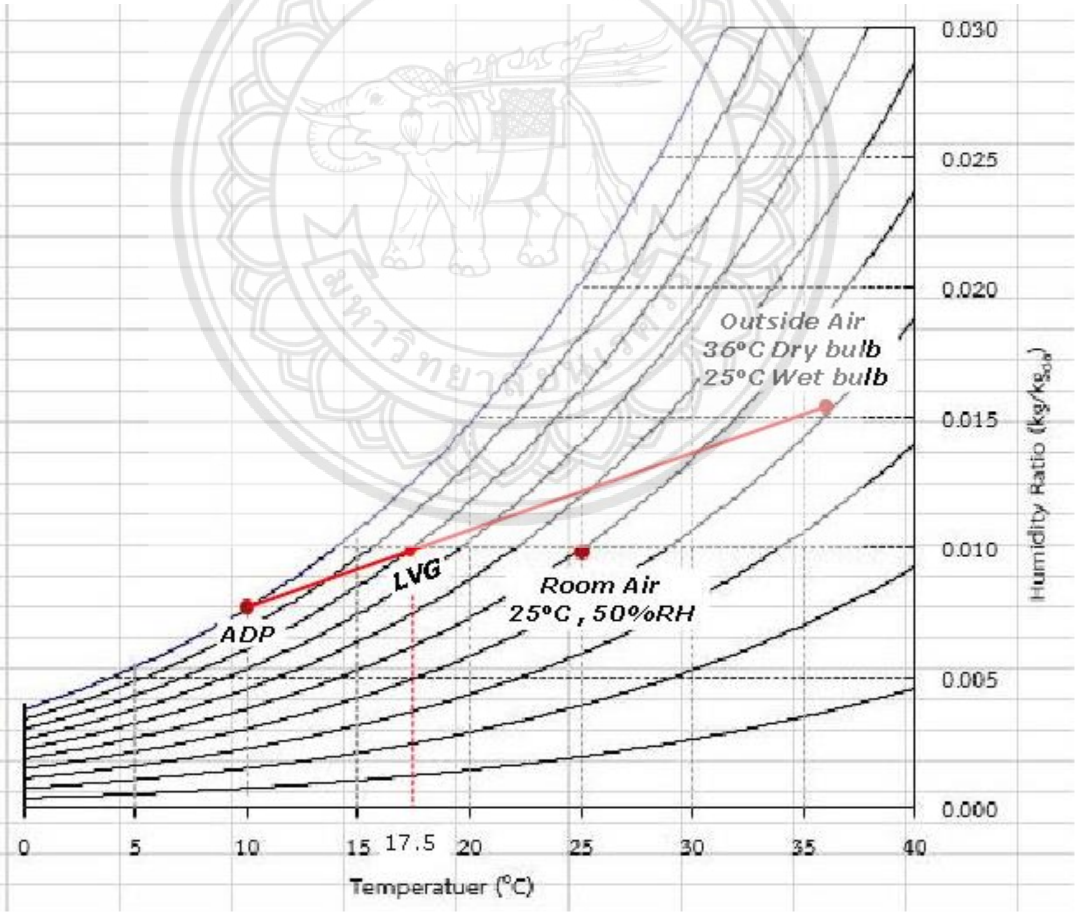
Apparatus Dew point 10°C

ขนาด Fresh Air Unit หาได้จากภาระการทำความเย็นเนื่องจากการระบายอากาศ

$$OASH = 1.1 \times cfm_{OA} \times \left(t_{OA} - t_{LVG}\right)$$

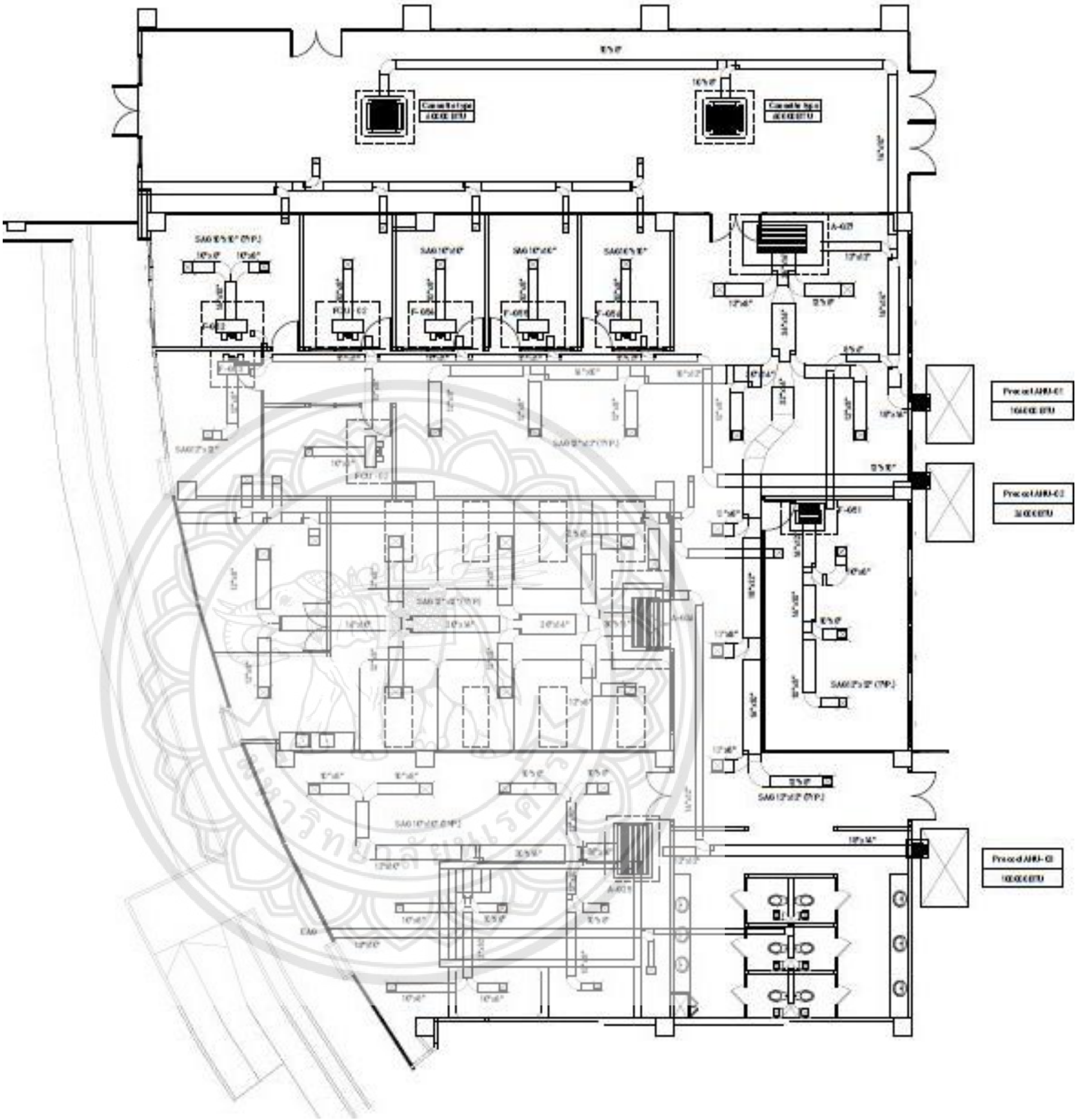
$$OALH = 4840 \times cfm_{OA} \times \left(\omega_{OA} - \omega_{LVG}\right)$$

$$OATH = OASH + OALH$$



รูปที่ ก.3 กระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาวะอากาศของ Fresh Air Unit

Fresh air unit สำหรับคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ



รูปที่ ก.4ระบบปรับอากาศคลินิกศัลยกรรมกระดูกและข้อ

คำนวณขนาด Fresh Air Unit (Precool AHU - 01)

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) 1620 cfm

$OASH = 1.1 \times 1620 \times (97 - 63.5) = 59697$ BTU/hr

$OALH = 4840 \times 1620 \times (0.01551 - 0.00992) = 43830$ BTU/hr

$OATH = OASH + OALH = 104000$ BTU/hr

คำนวณขนาด Fresh Air Unit (Precool AHU - 02)

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) 405 cfm

$OASH = 1.1 \times 405 \times (97 - 63.5) = 14924$ BTU/hr

$OALH = 4840 \times 405 \times (0.01551 - 0.00992) = 10958$ BTU/hr

$OATH = OASH + OALH = 26000$ BTU/hr

คำนวณขนาด Fresh Air Unit (Precool AHU - 03)

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) 1565 cfm

$OASH = 1.1 \times 1565 \times (97 - 63.5) = 57670$ BTU/hr

$OALH = 4840 \times 1565 \times (0.01551 - 0.00992) = 42342$ BTU/hr

$OATH = OASH + OALH = 100000$ BTU/hr

การคำนวณ Fresh air unit สำหรับห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (Fresh air) 1620 cfm

$OASH = 1.1 \times 1080 \times (97 - 63.5) = 39798$ BTU/hr

$OALH = 4840 \times 1080 \times (0.01551 - 0.00992) = 29220$ BTU/hr

$OATH = OASH + OALH = 70000$ BTU/hr

ตัวอย่างการคำนวณขนาดท่อลม

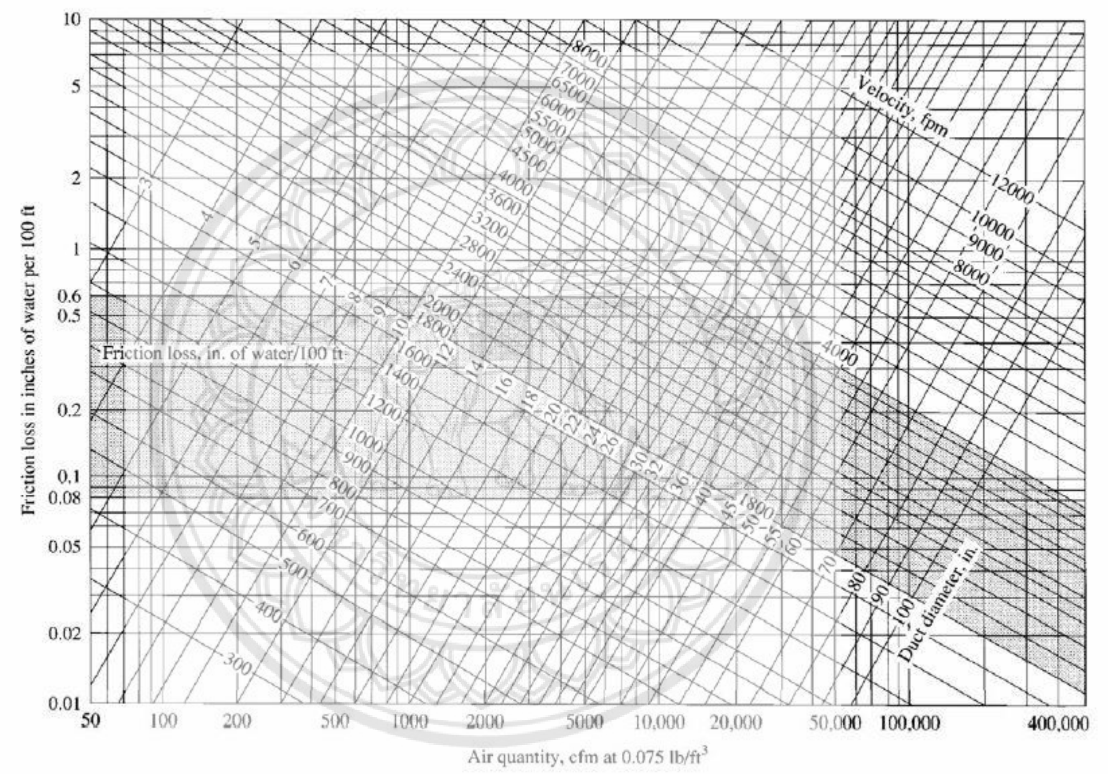
เครื่องส่งลมเย็น A-G27

ขนาดการทำความเย็น 114000 BTU/hr

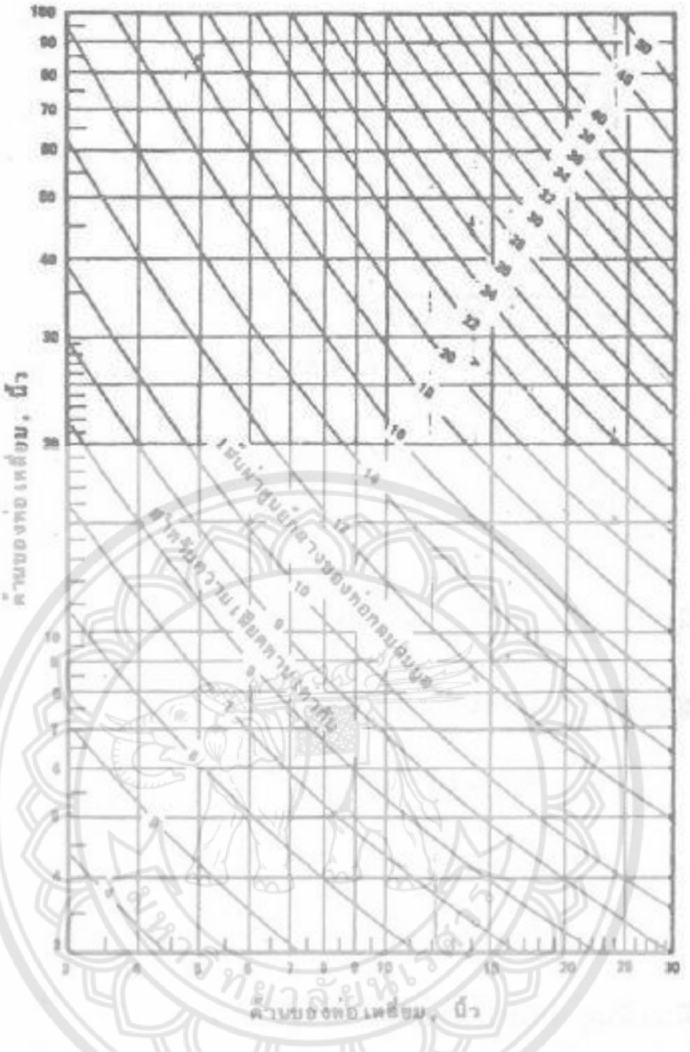
ปริมาณลมจ่าย 3800 cfm

กำหนดให้ความเร็วลมของลมจ่ายเท่ากับ 1000 fpm

สามารถหาขนาดท่อลมได้ดังนี้



ลากเส้นความเร็วลมในแกนตั้งสัมผัสกับปริมาณลมจ่ายในแกนนอน จะได้ขนาดท่อลมกลม เท่ากับ 24 นิ้ว



จากนั้นจะได้ขนาดท่อลมสี่เหลี่ยม คือ 36 นิ้ว x 16 นิ้ว

การคำนวณขนาดของ Heater

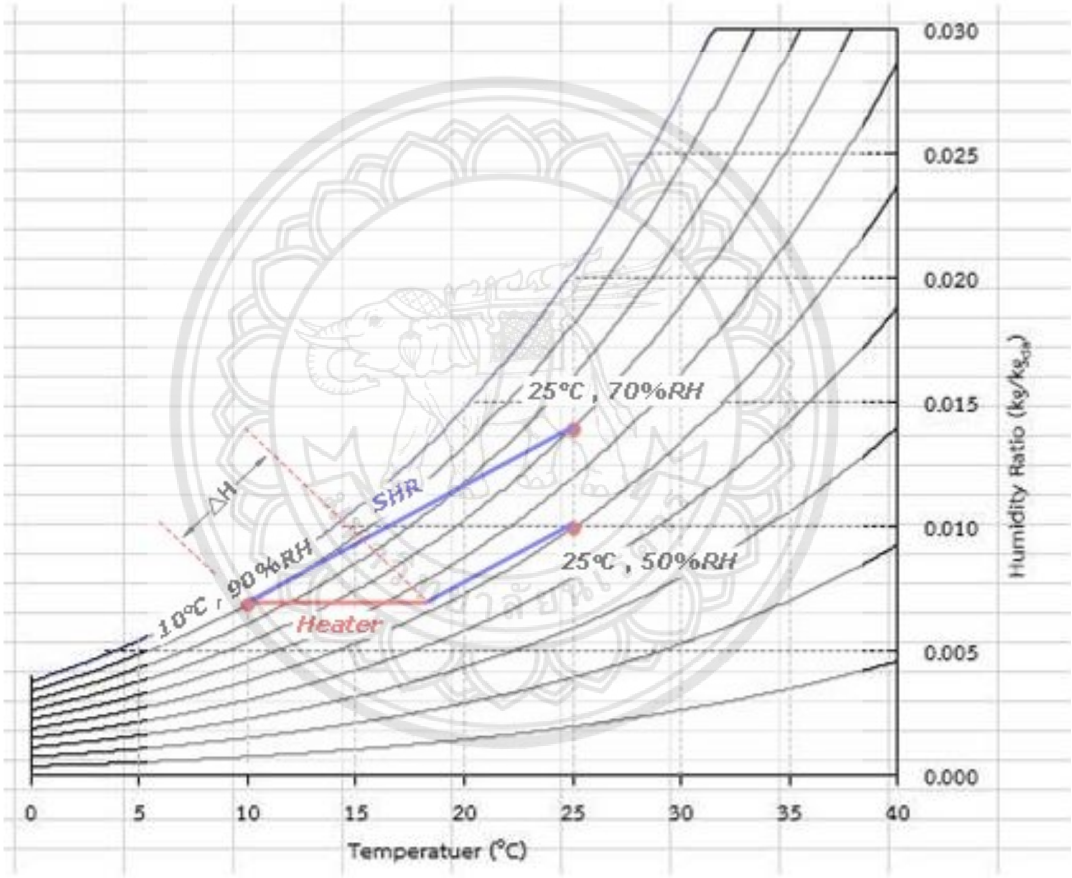
กำหนด สภาวะอากาศภายในห้อง (จากการตรวจวัด) 25°C , 70 %RH

สภาวะของลมจ่าย (Supply air) 10°C , 90 %RH

สภาวะอากาศที่ต้องการ 25°C , 50 %RH

จากรูปที่ ก.5 ปริมาตรจำเพาะ (v) ณ ลมจ่าย = 0.811 m^3/kg

Δh = 35-27.4 = 7.6 kJ/kg



รูปที่ ก.5 กระบวนการหาขนาดของ Heater ด้วย Psychometrics chart

สมการการคำนวณขนาดของ Heater

อัตราการไหลเชิงมวล (Mass flow rate , $\dot{m}$)

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v} \tag{ก.1}$$

ขนาดของ Heater

$$Heater = \dot{m}(\Delta h) \tag{ก.2}$$

ตารางที่ ก.1 ข้อมูลจากการคำนวณหาขนาดของ Heater

ห้อง	AHU/FCU	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (cfm)	ปริมาณอากาศบริสุทธิ์ (m^3/s)	อัตราการไหลเชิงมวล (kg/s)	ขนาด Heater (kW)
ห้องตรวจ 7	FCU – 01	2000	0.94	1.16	8.81
ห้องตรวจ 7	FCU – 01	2000	0.94	1.16	8.81
ห้องตรวจ 4	FCU – 02	400	0.19	0.23	1.78
ห้องตรวจ 5	FCU – 02	400	0.19	0.23	1.78
ห้องฉีดยาและทำแผล	F – G/51	1000	0.47	0.58	4.40
ห้องพักเจ้าหน้าที่	F – G/52	600	0.28	0.35	2.62
สำนักงาน	F – G/53	400	0.19	0.23	1.78
ห้องตรวจ 3	F – G/54	300	0.14	0.17	1.31
ห้องตรวจ 2	F – G/55	300	0.14	0.17	1.31
ห้องตรวจ 1	F – G/56	300	0.14	0.17	1.31
หน่วยกายภาพบำบัด 2	A – G/25	600	0.28	0.35	2.62
ห้องกายภาพบำบัด 1	A – G/26	300	0.14	0.17	1.31
บริเวณพักรอ	A – G/27	3800	1.79	2.21	16.77

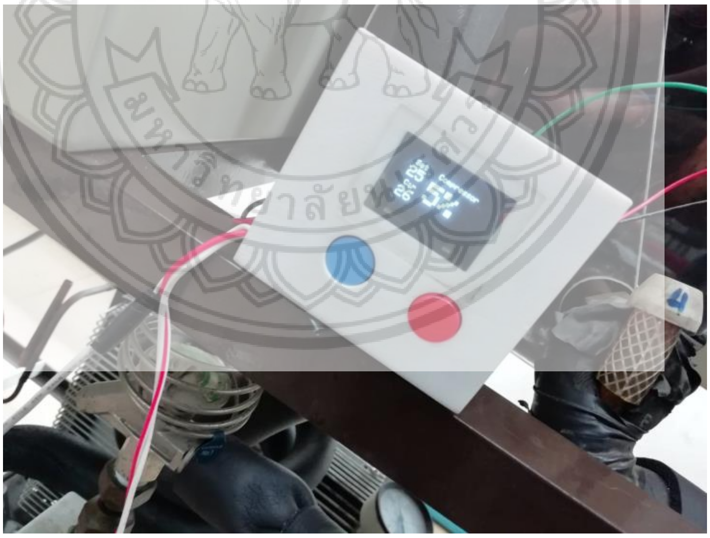
ภาคผนวก ข

รูปภาพที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ ข.1 บริเวณหน้าทางเข้าห้องผู้ป่วยนอก (OPD)

รูปที่ ข.2 จำนวนคนหนาแน่นบริเวณพักรอตรวจห้องผู้ป่วยนอก

รูปที่ ข.3 ดำเนินการตรวจวัดเชื้อเพิ่มเติมจากห้องพักผู้ป่วย



รูปที่ ข.4 ทดลองเพื่อจัดทำคู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

หัวข้อเรื่อง วิศวกรรมปรับอากาศและการระบายอากา

ภาคผนวก ง

ตารางข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ตารางผลการตรวจวัดคุณภาพของอากาศ จำนวนเชื้อแบคทีเรีย และจำนวนเชื้อราของห้องต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาล[20]

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
1. ห้องสวนหัวใจ อาคารสิรินธร 122.4 m^3	กลางห้อง	20.7	66.1	760	88/75	50-100 มาก	13	10-49 ปานกลาง
	ทางลมกลับ	20.8	66.5		47/97		6/11	
ห้องสวนหัวใจ (หลังล้างแอร์และทำความสะอาดห้อง)	กลางห้อง	22.4	61.0	702	4	<10 ห้องสะอาด	1	<1 ห้องสะอาด
	ทางลมกลับ	22.6	60.3		5/3		1/2	
2. NICU อาคารเฉลิมพระเกียรติ 453 m^3	กลางห้อง	23.3	67.8	1,042	64	50-100 มาก	7	<10 น้อย
	ทางลมกลับ	25.0	64.3		9		5	
	จุดอับอากาศ	25.0	63.6		24		2	

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (^{o}C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
3. ห้องอบชุดและอุปกรณ์การแพทย์ 504 m^3	กลางห้อง (มีการทำงาน)	23.8	66.8	685	75		9	
	บริเวณทำงานเอกสาร	24.4	67.4		58	50-100 มาก	6	<10 น้อย
	บริเวณทางเดิน	25.6	68.5		75		3	
4. ห้องพักผู้ป่วยรวม อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้น 4 1,086 m^3	บริเวณเตียงผู้ป่วย	24.5	61.9	1,570	Coagulase negative Staphylococci 13.842 Bacillus 4.614 Micrococcus group 4.614	รวมทั้งห้อง 50-100 มาก	บริเวณเตียงผู้ป่วย 0	<1 ห้องสะอาด

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูลและปริมาตรห้อง (m³)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
	บริเวณทำงานของพยาบาล	25.8	59.7		Coagulase negative Staphylococci 9.228 Bacillus 6.152		Mold 1.538	
	ทางลมกลับ	25.2	61.2		Coagulase negative Staphylococci 10.766 Bacillus 4.614 Micrococcus group 2.601		0	
	จุดอับอากาศ	26.5	58.4		จุดอับอากาศ Coagulase negative Staphylococci		0	

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูลและปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
					10.766 Micrococcus group 9.228			
5. ห้องพักผู้ป่วยแยก A418 อาคารสิรินธร 46.53 m^3	กลางห้อง	23.7	62.9	872	Coagulase negative Staphylococci 9.228 Bacillus 3.076	รวมทั้งห้อง 20-49 ปานกลาง	1.538	<10 น้อย
	ทางลมกลับ	24.0	69.9		Coagulase negative Staphylococci 1.538		3.076	
	จุดอับอากาศ	25.2	65.9		Coagulase negative Staphylococci 9.228		0	
6. ห้องพักผู้ป่วยแยก 407 อาคาร	กลางห้อง	24.1	82.1	830	Coagulase negative Staphylococci	รวมทั้งห้อง >100	Mold 7.69	<10 น้อย

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูลและปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
สิรินธร 46.53 m^3					76.9	มากที่สุด		
	ทางลมกลับ	25.1	77.6		Micrococcus group 23.07 Coagulase negative Staphylococci 23.07		0	
	จุดอับอากาศ	25.3	78.9		Micrococcus group 46.14 Coagulase negative Staphylococci 7.69 Micrococcus group 46.14		0	
7. ห้อง X-ray อาคารสิรินธร	กลางห้อง	25	56.1	1,045	Coagulase negative Staphylococci	50-100 มาก	uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
786 m^3					29.22 Bacillus 9.23 Micrococcus group 23.07			
ห้อง X ray อาคารสิรินธร (หลังล้างแอร์) 786 m^3	บริเวณรอตรวจ	25.1	56.4	1,536	Bacillus 2.365 Coagulase negative Staphylococci 64.596 Pseudomonas spp 3.076	50-100 มาก	Fungus 3.076	<10 น้อย แต่จากการตรวจโดยใช้ Sabouraud Dextrose Agar พบเชื้อราจำนวนมากจนไม่สามารถนับได้
	บริเวณจุดอับอากาศ	26.1	59.8		Bacillus 2.365	50-100 มาก	0	0 ห้องสะอาด

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
					Coagulase negative Staphylococci 81.514 Pseudomonas spp 4.614			
8.บริเวณด้านนอกอาคารสิรินธรหลังห้อง x-ray		28.5	75.6	635	Bacillus 4.614 Coagulase negative Staphylococci 12.304 Pseudomonas spp 4.614	20-49 ปานกลาง	Fungus 39.988	20-49 ปานกลาง
9.ห้องรังสีร่วมรักษา อาคารสิรินธร 147.42 m^3	กลางห้อง	24.8	57.8	945	0	0	uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้
10. ห้องเจาะเลือด	กลางห้อง	25	70	887	Coagulase negative Staphylococci	20-50 ปานกลาง	uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูลและปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
อาคารสิรินธร 120 m^3					15.38 Bacillus 12.30			
11. ห้องจองห้องพัก อาคารสิรินธร 93.45 m^3	กลางห้อง	25.4	64.7	1,220	Coagulase negative Staphylococci 3.076	<10 น้อย	uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้
12. บริเวณโถงตรวจผู้ป่วยนอก (OPD)	บริเวณที่นั่งรอตรวจ	25.1	67.1	1,492	Coagulase negative Staphylococci uncountable Micrococcus group uncountable Bacillus uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้	uncountable	มากจนไม่สามารถนับได้
	จุดซักประวัติก่อน	24.7	67.5	1,597	Staphylococcus spp.	มากจนไม่สามารถนับได้	Fungus 180	

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
	พบแพทย์				uncountable Micrococcus group uncountable Bacillus			
	ด้านนอกโถง	25.6	66.8	1,005	uncountable Coagulase negative Staphylococci uncountable Bacillus	มากจนไม่สามารถนับได้		
	จุดคัดกรองผู้ป่วย	28.4	77.0	1,054	uncountable Coagulase negative Staphylococci uncountable Micrococcus group uncountable Bacillus	มากจนไม่สามารถนับได้	240 ผลการตรวจเชื้อราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar	

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
					uncountable		พบการเจริญของเชื้อราของทุกบริเวณในปริมาณมากจนไม่สามารถนับได้	
13. ห้องพักรองคณบดี 18.7 m^3	กลางห้อง	24.2	60.8	659	Coagulase negative Staphylococci 4.614 Bacillus 3.076	<10 ห้องสะอาด	ผลการตรวจเชื้อราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar ไม่พบการเจริญของเชื้อรา	น้อย
14. ห้องประชุมสำนักงานผู้อำนวยการโรงพยาบาล	กลางห้อง	23.1	64.9	658	Coagulase negative Staphylococci 1.538 Micrococcus group	<10 ห้องสะอาด	ผลการตรวจเชื้อราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud	น้อย

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
79.8 m^3					1.538 Bacillus 1.538		Dextrose Agar พบการเจริญของเชื้อราน้อย	
15.ห้องงานการพยาบาล, 186 m^3	1. ห้องพักรองคณบดี 2. ห้องประชุมห้องงานการพยาบาล	23.7	64.1	645	Coagulase negative Staphylococci 3.076 Micrococcus group 3.076	<10 ห้องสะอาด	ผลการตรวจเชื้อราโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Sabouraud Dextrose Agar พบการเจริญของเชื้อราน้อย	น้อย
16.ห้องพักผู้ป่วยแยก ชั้น 4 (B412-B414)		26	67.8	1205				
17.ห้องพักผู้ป่วย		25.4	79.4	1073				

ห้องที่ทำการเก็บข้อมูล และปริมาตรห้อง (m^3)	ตำแหน่ง	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ %RH (%)	CO_2 (ppm)	ชนิดและจำนวนเชื้อแบคทีเรียที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรียรวม (CFU/plate)	จำนวนเชื้อราที่พบต่อเพลท (CFU/plate)	ระดับการปนเปื้อนเชื้อรารวม (CFU/plate)
แยก ชั้น 4 (B415-B416)								

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ง

คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

“ระบบปรับอากาศ”

มหาวิทยาลัยนเรศวร

คู่มือปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล

ระบบปรับอากาศ

AIR CONDITIONING SYSTEM

1. จุดประสงค์

1.1) เพื่อให้ผู้ทำการทดลองมีความรู้ และมีความเข้าใจในแผนภูมิไซโครเมตริก

1.2) เพื่อให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจถึง หลักการ และกระบวนการการปรับอากาศที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิไวโครเมตริก

2. เป้าหมาย

2.1) ผู้ทำการทดลองเข้าใจ และสามารถอธิบายคุณสมบัติต่าง ๆ บนแผนภูมิไซโครเมตริกได้

2.2) ผู้ทำการทดลองสามารถเข้าใจ และควบคุมสภาวะอากาศในพื้นที่ปรับอากาศได้

3. จำนวนนิสิตที่ทำการทดลอง

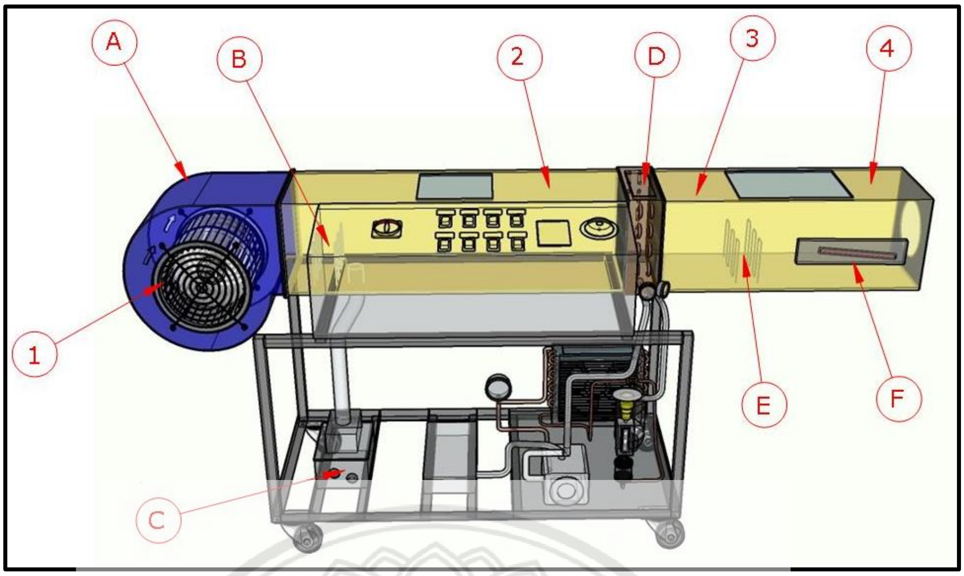
ระดับปริญญาตรี กลุ่มละ 5 – 7 คน

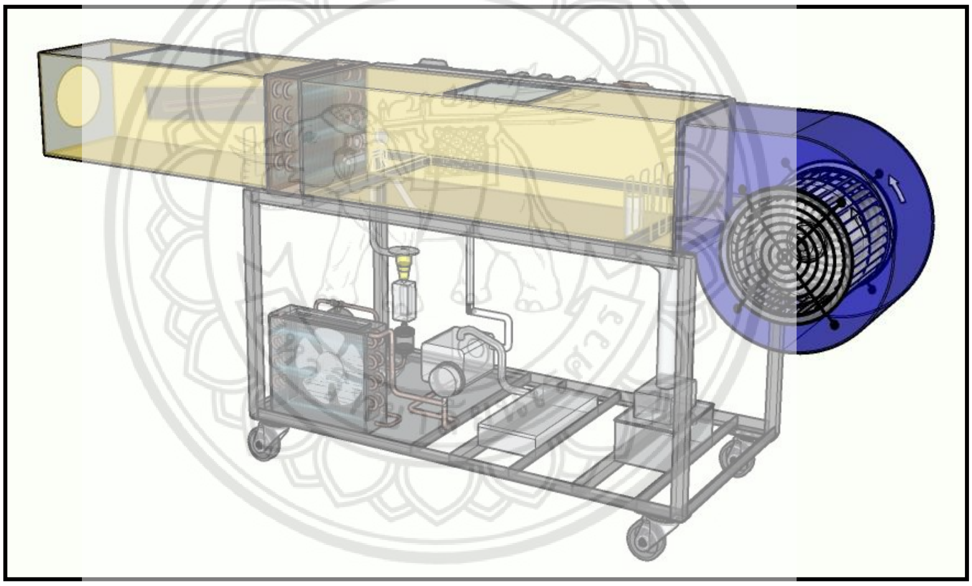
4. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการ

Air conditioning system รุ่น A575 Serial No. A575/70417

ของ P.A.HILTON.LTD

หมายเลขครุภัณฑ์ 3413-002-011(1) งปม.2540





อุปกรณ์ทดลองกระบวนการปรับสภาวะอากาศ

A. พัดลม

B. Pre heater 1 kW 2 ตัว

C. หม้อต้มไอ้น้ำ (Water heater)

D. คอยล์เย็น (Evaporator)

E. Re heater 0.5 kW 2 ตัว

1. ตำแหน่งวัดค่าที่ 1

2. ตำแหน่งวัดค่าที่ 2

3. ตำแหน่งวัดค่าที่ 3

4. ตำแหน่งวัดค่าที่ 4

F. Inclined Manometer

5. ทฤษฎีแผนภูมิไซโครเมตริก

5.1) คุณสมบัติของอากาศ

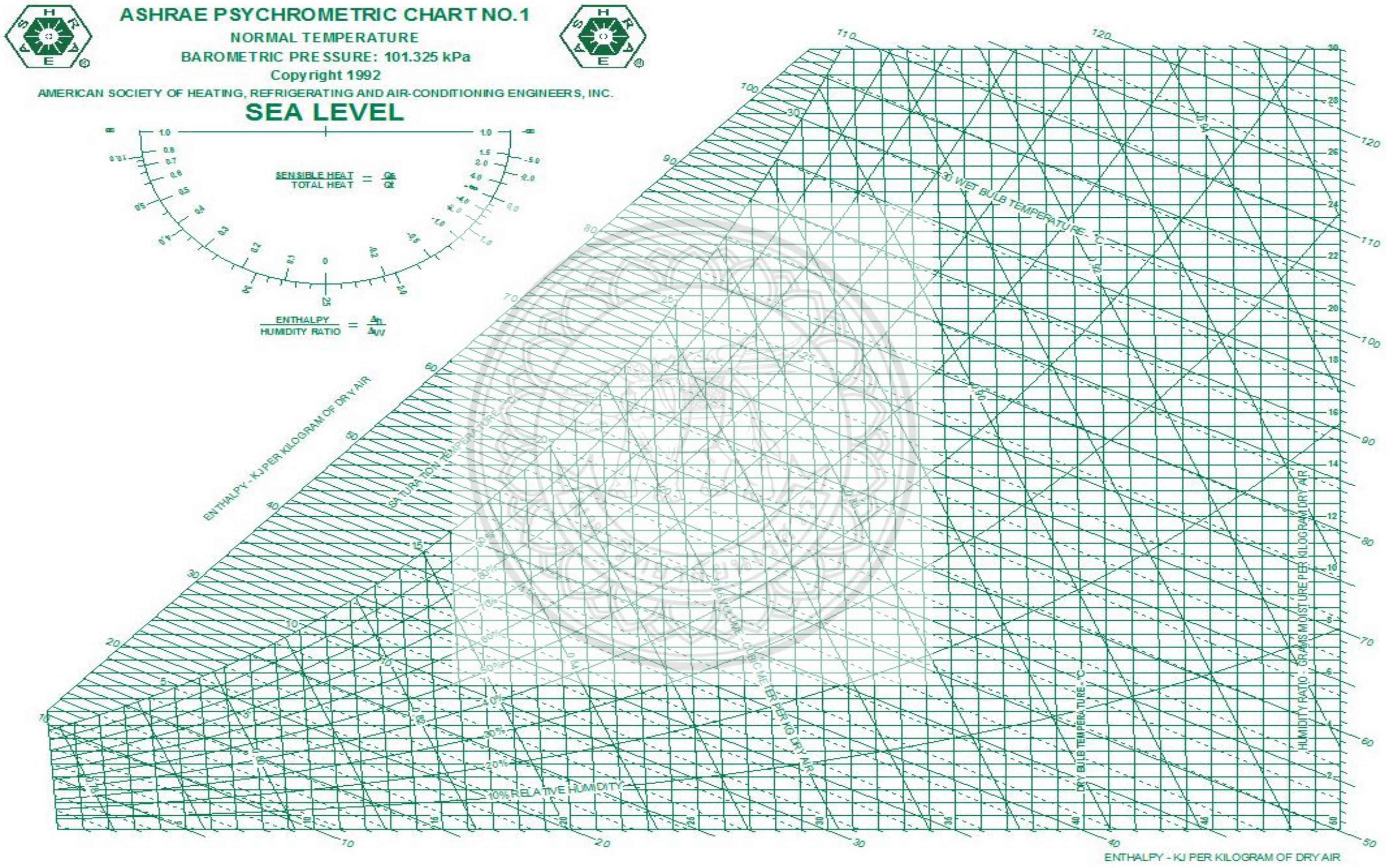
อากาศเป็นสสารชนิดหนึ่งที่มีสถานะเป็นก๊าซ มีคุณสมบัติเป็นของผสมระหว่างอากาศแห้ง (Dry Air) กับ อากาศชื้น (Moist Air) ซึ่งการจะวิเคราะห์เกี่ยวกับสภาวะอากาศ สามารถวิเคราะห์ได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก โดยแผนภูมิไซโครเมตริกจะบอกรายละเอียดคุณสมบัติของอากาศที่สภาวะต่าง ๆ ถ้าเราสามารถเข้าใจหลักการของแผนภูมิไซโครเมตริก เราก็จะเข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศได้เป็นอย่างดี และแผนภูมิไซโครเมตริก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบปรับอากาศให้มีความเหมาะสมกับสภาวะอากาศที่ต้องการได้ แต่ก่อนที่เราจะไปทำความเข้าใจกับแผนภูมิไซโครเมตริก เราจะต้องทำความเข้าใจกับคุณสมบัติของอากาศเสียก่อน

อากาศบริสุทธิ์ ประกอบไปด้วย ออกซิเจน 23% ไนโตรเจน 76% โดยน้ำหนัก ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซและไออื่น ๆ ในบรรดาก๊าซและไอเหล่านี้ ส่วนที่สำคัญที่สุด คือ ไอน้ำในอากาศ ซึ่งถูกเรียกทั่วไปว่า ความชื้นในอากาศ (Humidity) ในการศึกษาคุณสมบัติของอากาศ ค่าความชื้นของอากาศสามารถแสดงได้สองค่า คือ ความชื้นจำเพาะ (Specific humidity or Humidity ratio) และความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ซึ่งนอกเหนือจากค่าความชื้นนี้แล้วยังมีค่าต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นต่อการศึกษาคุณสมบัติของอากาศ ได้แก่ ค่าปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume) , ค่าเอนทัลปีจำเพาะ (Specific Enthalpy) , อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) , อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb) และอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb) ซึ่งค่าต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นตัวกำหนดสภาวะและคุณสมบัติของอากาศ โดยเราสามารถหาค่าดังกล่าวได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก

5.2) คุณสมบัติทางความร้อน

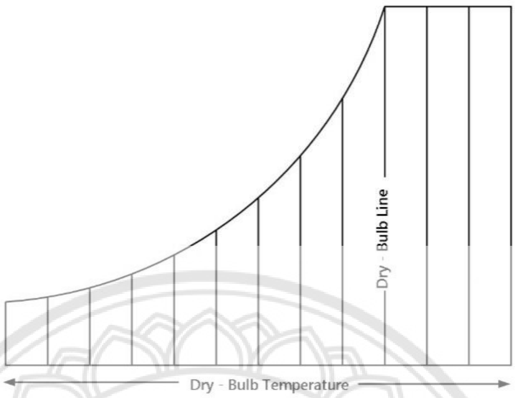
ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) เป็นความร้อนที่ทำให้อากาศมีอุณภูมิกระเปาะแห้งเปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝง (Latent heat) เป็นความร้อนที่ทำให้อากาสมีอัตราส่วนความชื้นของอากาศมีค่าเปลี่ยนแปลง หรือเป็นการเพิ่มหรือลดปริมาณน้ำในอากาศนั้น

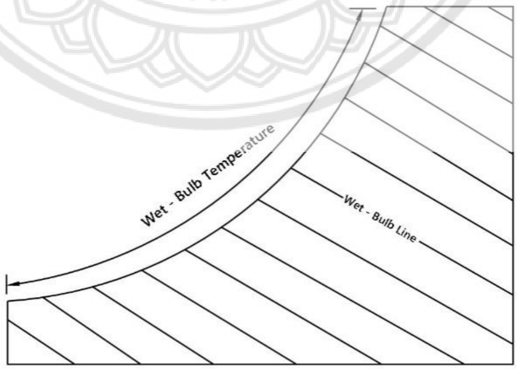

ASHRAE PSYCHROMETRIC CHART NO.1
NORMAL TEMPERATURE
BAROMETRIC PRESSURE: 101.325 kPa
Copyright 1992
AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC.
SEA LEVEL
SENSIBLE HEAT / TOTAL HEAT = Qs / Qt
ENTHALPY / HUMIDITY RATIO = Δh / ΔW
ENTHALPY - KJ PER KILOGRAM OF DRY AIR
SATURATION TEMPERATURE - °C
WET BULB TEMPERATURE - °C
VOLUME - CUBIC METER PER KG DRY AIR
10% RELATIVE HUMIDITY
DRY BULB TEMPERATURE - °C
HUMIDITY RATIO - GRAMS MOISTURE PER KILOGRAM DRY AIR
ENTHALPY - KJ PER KILOGRAM OF DRY AIR

5.3) คุณสมบัติของอากาศชื้นบนแผนภูมิไซโครเมตริก

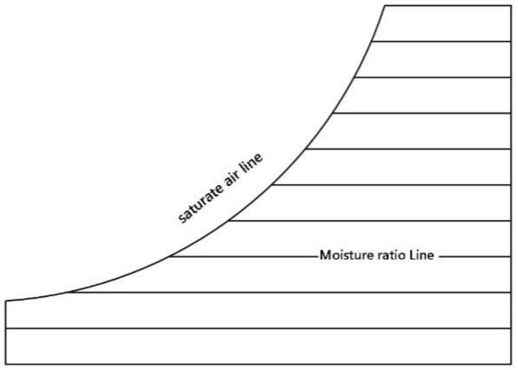
1) อุณภูมิกระเปาะแห้ง(Dry bulb temperature) คือ อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์แบบธรรมดา



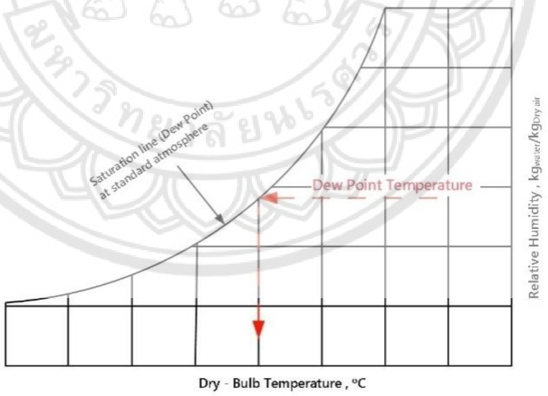
2) อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet bulb temperature) คือ อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ที่กระเปาะถูกหุ้มด้วยผ้าเปียก เมื่อมีอากาศไหลผ่าน การวัดที่ถูกต้องควรจะวัดเมื่อลมผ่านกระเปาะเปียกด้วยความเร็วประมาณ 2 m/s และผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกกับกะเปาะแห้ง (dry bulb temperature) ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในอากาศ ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ (relativehumidity) ผลต่างของอุณหภูมิกระเปาะเปียกและอุณหภูมิกะเปาะแห้ง จะต่างกันน้อยหากปริมาณน้ำในอากาศน้อย เนื่องจากน้ำจะระเหยได้น้อยลงอุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปาะแห้งจะมีค่าเท่ากันเมื่ออากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำ หรือมีความชื้นสัมพัทธ์ 100 %



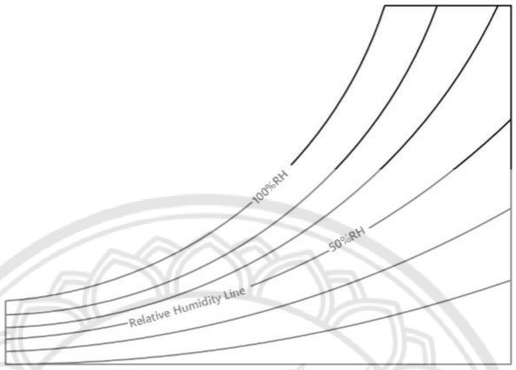
3) อัตราส่วนความชื้น (Humidity Ratio) คือค่าอัตราส่วนระหว่างมวลไอน้ำต่อมวลอากาศแห้ง ซึ่งค่าที่ได้เสมือนเป็นค่าจำเพาะต่อมวลอากาศ จึงถูกเรียกว่า ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) หรือ ค่าความชื้นสมบูรณ์ (Absolute Humility)



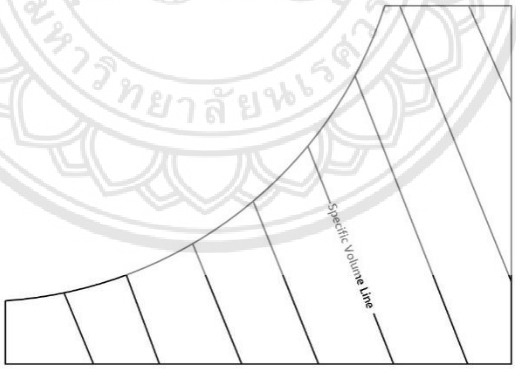
4) อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) คืออุณหภูมิที่เมื่ออากาศชื้นถูกทำให้เย็นลงขณะที่ปริมาณไอน้ำยังคงที่ การลดอุณหภูมิถึงจุดหนึ่งจะทำให้ไอน้ำเกิดการอิ่มตัว และกลั่นตัวควบแน่นเป็นหยดน้ำ (condensate) ที่ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) คงที่ ตัวอย่าง dew point ที่เห็นในชีวิตประจำวัน เช่น การตั้งแก้วน้ำเย็นไว้ และมีหยดน้ำมาเกาะที่ผิวแก้วด้านนอก เกิดขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิของอากาศบริเวณแก้วน้ำเย็นต่ำกว่าจุดน้ำค้างและกลั่นตัวเกาะอยู่บนผิวแก้ว สำหรับคนที่ใส่แว่นตา จะมีประสบการณ์นี้ดี หากเดินเข้าไปในห้องเย็นจะมีไอน้ำมาเกาะทำให้แว่นตาเป็นฝ้า



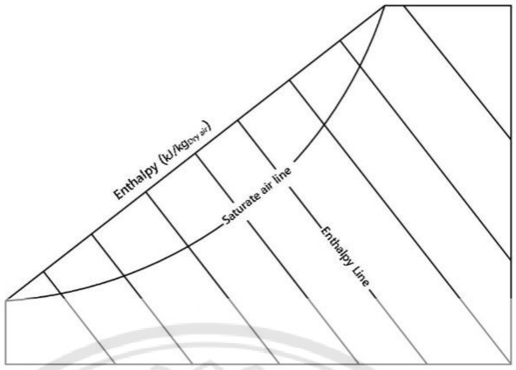
5) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่สภาวะความดันและอุณหภูมิเดียวกัน มักแสดงในรูปร้อยละ ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) หาได้จากความสัมพันธ์กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet bulb temperature) และอุณหภูมิกระเปาะแห้ง (dry bulb temperature) จากความสัมพันธ์ในแผนภูมิไซโครเมตริก (psychometric chart)



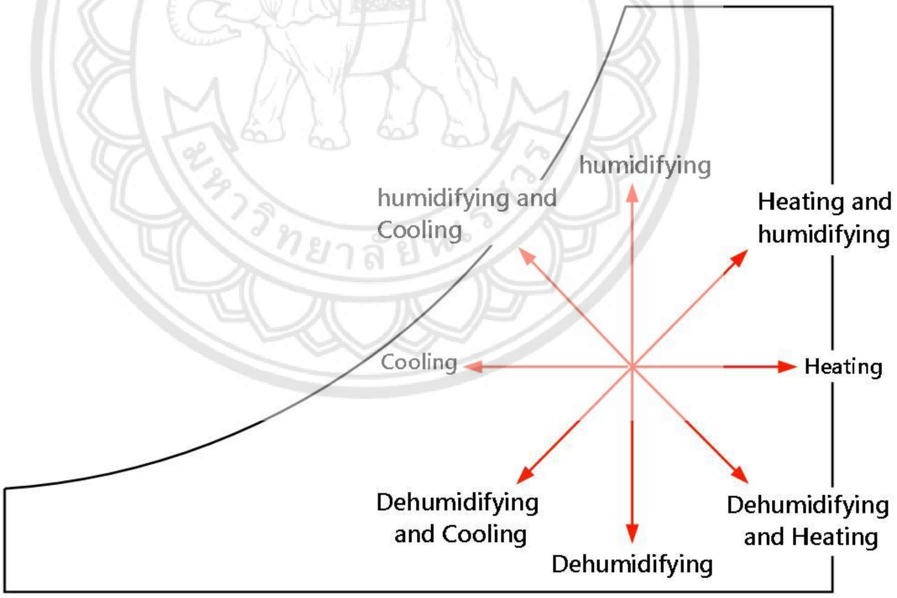
6) ปริมาตรจำเพาะ (Specific Volume) คือ อัตราส่วนระหว่างปริมาตร (Volume) ต่อมวล (Mass) ของอากาศ มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม (m^3/kg)



7) เอนทัลปี (Enthalpy) ในทางเทอร์โมไดนามิกส์คือค่าที่เป็นตัวบ่งบอกถึงระดับพลังงานของของไหลซึ่งรวมถึงอากาศด้วย



5.4) กระบวนการที่เกิดบนแผนภูมิไซโครเมตริก

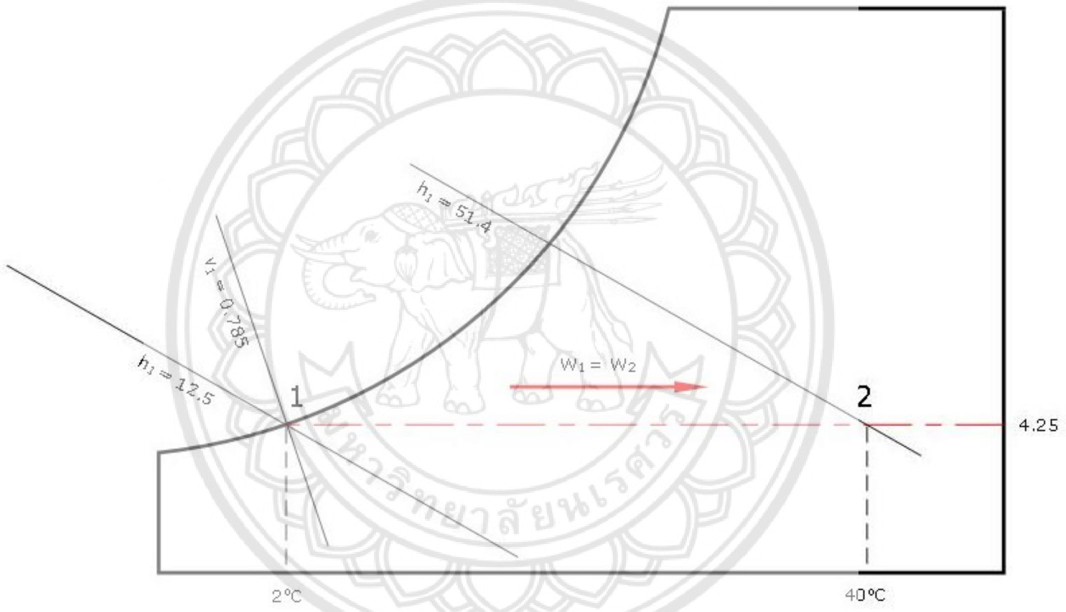


5.5) พลังงานความร้อนของกระบวนการที่เกิดขึ้นบนแผนภูมิไซโครเมตริก

ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) เป็นพลังงานความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิกระเปาะมีการเปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝง (Latent heat) เป็นพลังงานความร้อนที่ทำให้ไอน้ำในอากาศมีการเปลี่ยนแปลง

Sensible Heating and cooling เป็นกระบวนการที่อุณหภูมิกระเปาะแห้งมีการเปลี่ยนแปลงเพียงอย่างเดียว

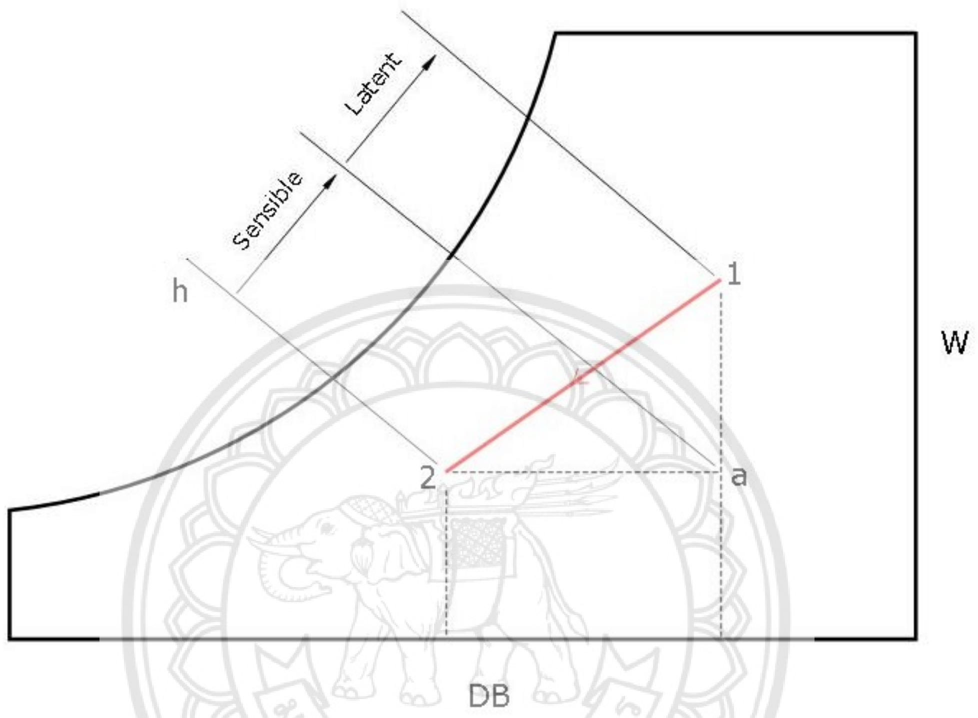


โดย สภาวะเริ่มต้น ไปยังสภาวะปลายทาง อากาศมีการเปลี่ยนแปลงพลังในรูปของ ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) เพียงอย่างเดียว และสามารถคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนได้จากสูตร

$$Q = \dot{m} \times (h_2 - h_1)$$

เมื่อทราบอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ จะสามารถหาการเปลี่ยนแปลงพลังงานของอากาศได้

<u>Cooling and dehumidification</u> เป็นกระบวนการที่อุณหภูมิกระเปาะแห้ง และไอน้ำของอากาศลดลง



มหาวิทยาลัยนเรศวร

โดย สภาวะเริ่มต้น ไปยังสภาวะปลายทาง อากาศมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปของ ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) และความร้อนแฝง (Latent heat) และสามารถคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนได้จากสูตร

การเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปความร้อนสัมผัส

$$Q_s = \dot{m} \times (h_a - h_2)$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานในรูปความร้อนแฝง

$$Q_L = \dot{m} \times (h_1 - h_a)$$

จะสังเกตได้ว่า เมื่อทราบสภาวะจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดปลายทาง สามารถคำนวณพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการได้

ความสัมพันธ์ของความร้อนสัมผัสกับความร้อนแฝง เรียกว่า Sensible heat ratio (SHR)

$$SHR = \frac{Q_s}{Q_s + Q_L}$$

สูตรการประมาณหาการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน บนแผนภูมิไซโครเมตริก

เมื่อ ทราบอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ สามารถหาค่าพลังงานความร้อนได้

เครื่องมือชุดทดลองปรับอากาศนี้ใช้เครื่องมือการวัด Orifice plate สูตรการคำนวณดังนี้

$$\dot{m} = 0.0504\sqrt{z/v}$$

โดยที่ z คือ ความต่างความดันข้างรูออริฟิส(mmH_2O)

v คือ ปริมาตรจำเพาะของอากาศ (หาได้จากแผนภูมิไซโครเมตริก)

$$\dot{V} = \dot{m}v$$

สำหรับ SI Unit

$$Q_s = \dot{V}[1.23(t_2 - t_1)]$$

$$Q_L = \dot{V}[3055(\omega_2 - \omega_1)]$$

$$Q_T = \dot{V}[1.23(t_2 - t_1) + 3055(\omega_2 - \omega_1)]$$

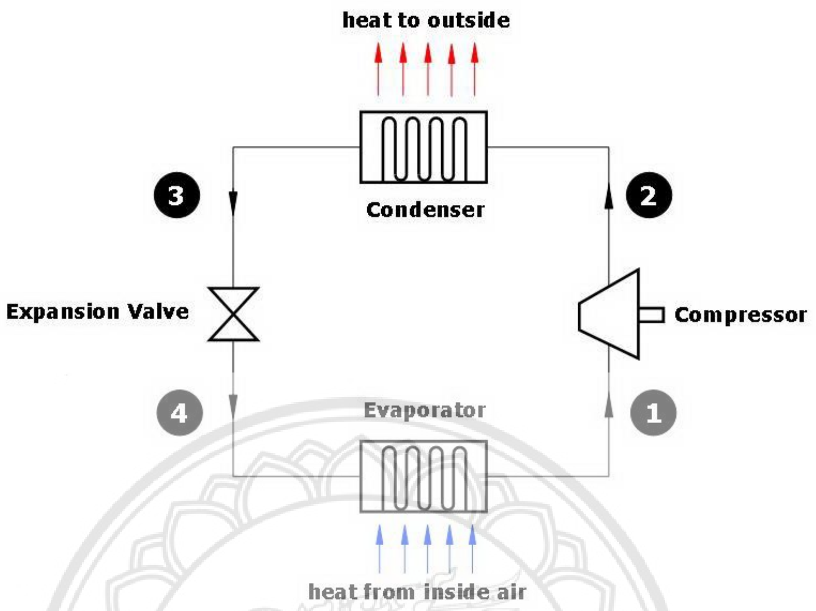
สำหรับ English Unit

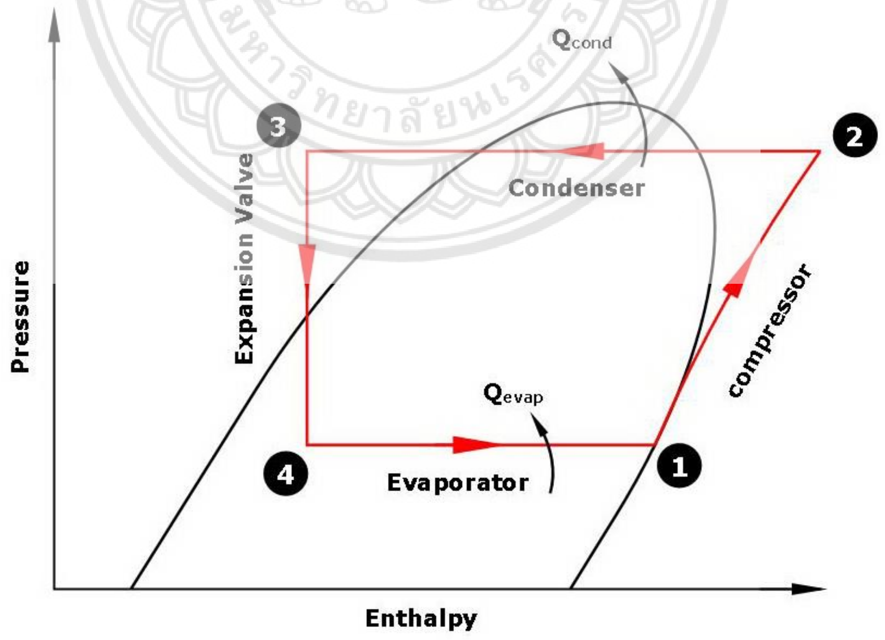
$$Q_s = \dot{V}[1.1(t_2 - t_1)]$$

$$Q_L = \dot{V}[4840(\omega_2 - \omega_1)]$$

$$Q_T = \dot{V}[1.1(t_2 - t_1) + 4840(\omega_2 - \omega_1)]$$

5.6) วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ (VAPOR COMPRESSION SYSTEM)





สำหรับวัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอ เมื่อไม่คิดพลังงานสูญเสียต่างๆ จะประกอบด้วยกระบวนการหลัก ๆ 4-กระบวนการ ดังนี้

1. กระบวนการ 1-2 เป็นกระบวนการอัดตัวแบบ Isentropic Compression โดยคอมเพรสเซอร์จะทำการอัดสารทำความเย็นในสภาวะไออิ่มตัว ให้มีความดันเท่ากับความดันที่คอยล์ร้อน (Condenser)

2. กระบวนการ 2-3 เป็นกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่ความดันคงที่แบบย้อนกลับได้ โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะไอดง (Superheated Vapor) จะถูกทำให้เย็นลงจนเกิดการกลั่นตัวของสารทำความเย็น

3. กระบวนการ 3-4 เป็นกระบวนการขยายตัว หรือ กระบวนการลดความดัน โดยสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาวะของเหลวจะถูกลดความดันลงมากลายเป็นของผสมที่ความดันที่คอยล์เย็น (Evaporator)

4. กระบวนการ 4-1 เป็นกระบวนการรับความร้อนที่ความดันคงที่ ซึ่งทำให้สารทำความเย็นเดือดจนกลายเป็นไออิ่มตัว

<u>การคำนวณของวัฏจักรการทำความเย็น</u>

ปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับในอีวาโปเรเตอร์

$$Q_e = \dot{m} \times q_e = \dot{m}(h_1 - h_4)$$

เมื่อ Q_e คือ ความสามารถในการทำความเย็น (kJ/s)

q_e คือ ปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับต่อหน่วยกิโลกรัม (kJ/kg)

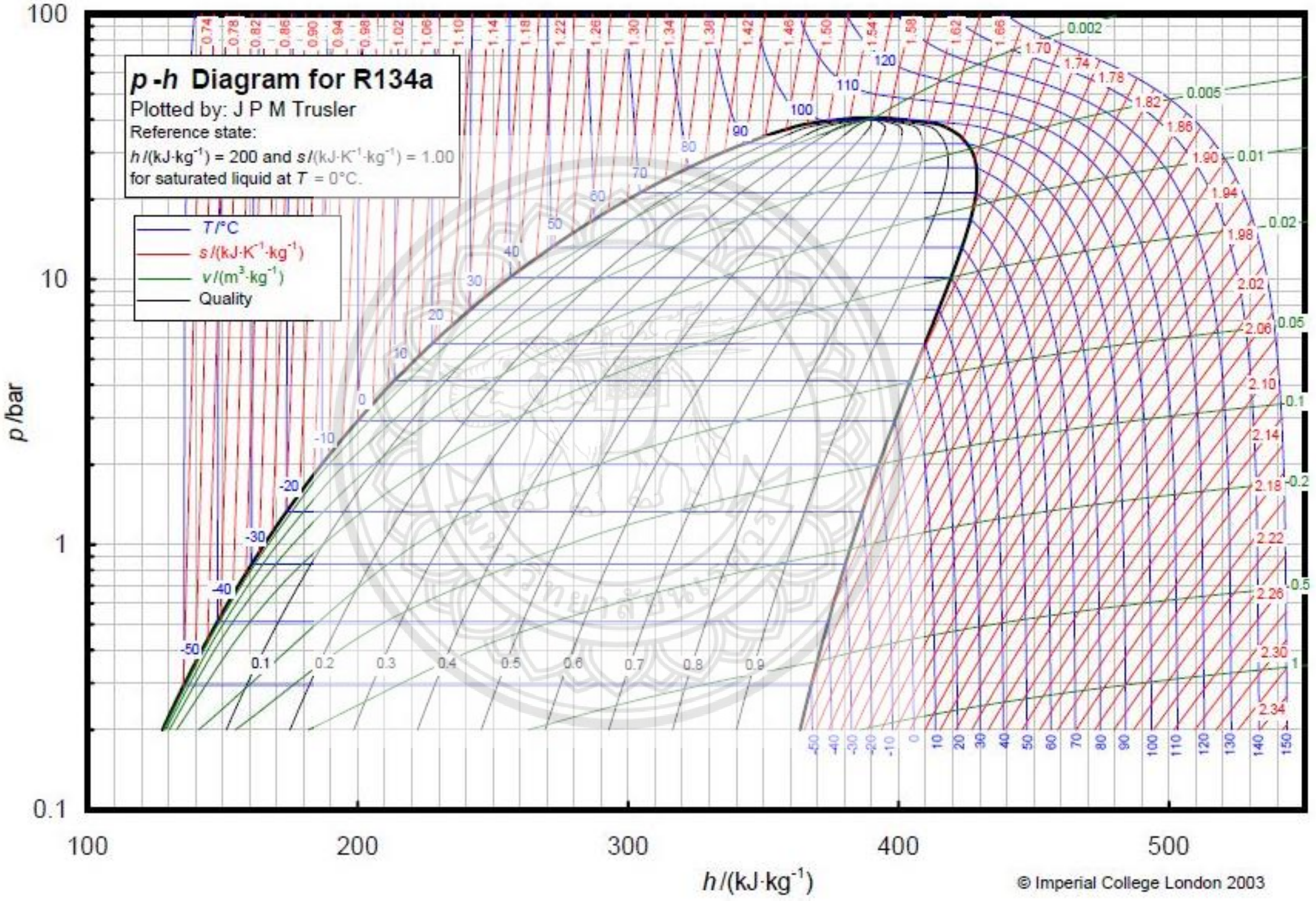
$\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg/s)

ปริมาตรการไหลของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าสู่คอมเพรสเซอร์

$$V = \dot{m} v$$

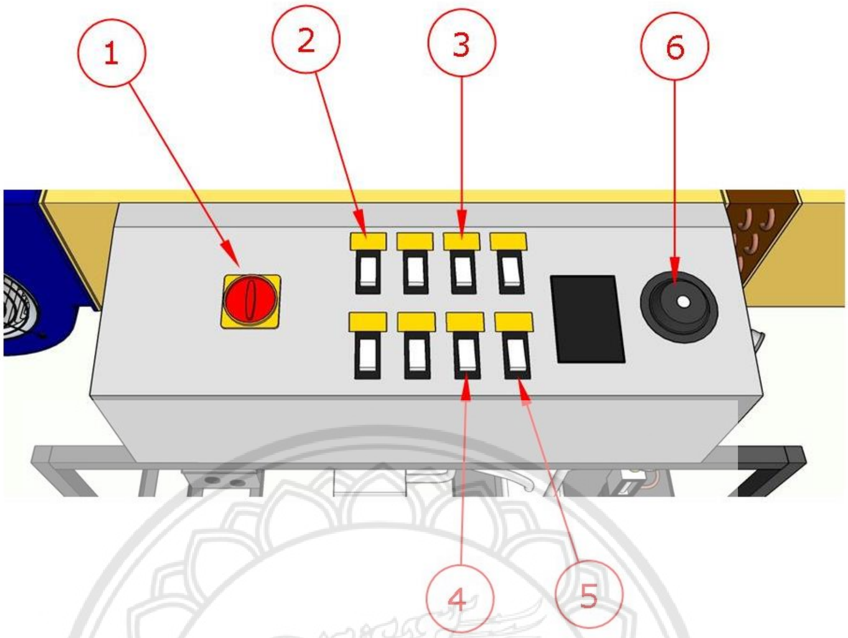
เมื่อ $\dot{m}$ คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/s)

v คือ ปริมาตรจำเพาะของไอสารทำความเย็นที่จุด 1 (m^3/kg)



แผนภูมิความดัน – เอนทัลปี R134-a

6. ขั้นตอนการทดลอง



รูปแสดงปุ่มต่าง ๆ

6.1) ก่อนการทดลอง

1. ให้นิสิตอ่านทฤษฎีแผนภูมิไซโครเมตริก
2. ต่อสายยางกับก๊อกน้ำ แล้วเปิดน้ำใส่หม้อต้มน้ำ
3. ตรวจสอบอุปกรณ์ และเครื่องมือวัดให้พร้อมใช้งาน
4. เริ่มต้นการทดลอง

6.2) วิธีการทดลอง

ในการทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

<u>การทดลองครั้งที่ 1</u>

1. เปิดสวิตซ์ Main Switch (ตำแหน่งที่ 1)
2. เปิดสวิตซ์ First Pre – Heater 1 kW 1 ตัว (ตำแหน่งที่ 2)

เปิดสวิตซ์ First Re – Heater 0.5 kW 1 ตัว (ตำแหน่งที่ 3)

เปิดสวิตซ์ Water Heater 1 kW 1 ตัว (ตำแหน่งที่ 4)

3. เปิดสวิตซ์ Compressor (ตำแหน่งที่ 5)

4. ปรับค่าความเร็วของพัดลมให้อยู่ในตำแหน่งเลข 50 (ตำแหน่งที่ 6)

5. รอให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady state) ประมาณ 10 - 15 นาที

6. บันทึกค่าที่วัดได้ลงในตารางที่ 1

7.บันทึกค่าความดัน และอุณหภูมิของสารทำความเย็น ที่อ่านได้จากเกจวัดความดัน และเทอร์โมมิเตอร์ ลงในตารางที่ 2

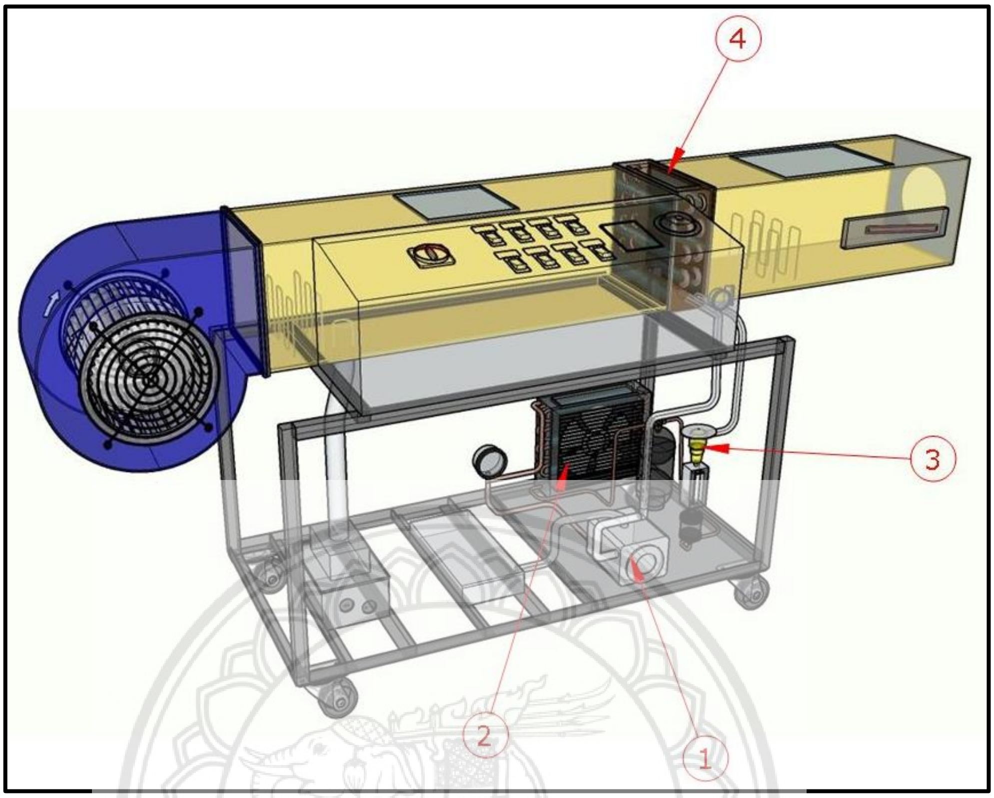
การทดลองครั้งที่ 2

ทำซ้ำเหมือนการทดลองครั้งที่ 1 โดยปรับความเร็วของพัดลมให้อยู่ในตำแหน่งเลข 60

7. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ตารางที่ 1 บันทึกผลการทดลองเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาวะ และพลังงานของอากาศ

ตำแหน่งการวัด	เทอร์โมมิเตอร์		เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล	
	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°C)	อุณหภูมิ (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)
1. ก่อนเข้าพัดลม (อุณหภูมิห้อง)				
2. ก่อนเข้าคอยล์เย็น				
3. ออกจากคอยล์เย็น				
4. ทางออกของเครื่อง				
5. Manometer (mmH_2O)				



1. Compressor
2. Condenser
3. Expansion Valve
4. Evaporator

ตารางที่ 2 บันทึกผลการทดลองเรื่องการเปลี่ยนแปลงสภาวะและพลังงานของสารทำความเย็น

ตำแหน่งการวัด	ความดัน(kPa)	อุณหภูมิ (C°)
1. เข้า Compressor		
2. เข้า Condenser		
3. เข้า Expansion valve		
4. เข้า Evaporator		

8. วิเคราะห์ผลการทดลอง

1) วิเคราะห์ผลการวัดจากเครื่องมือที่เป็นเทอร์โมมิเตอร์กับเครื่องมือวัดที่เป็นดิจิตอล และแสดงค่าสมบัติอื่น ๆ ที่สำคัญ ลงในตาราง 8.1 และ 8.2

2) วิเคราะห์กระบวนการต่างๆของอากาศเมื่อผ่านเครื่องมือ ณ จุดต่างๆ ในการทดลอง

3) คำนวณหาอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ปริมาตรจำเพาะเฉลี่ย (v_{avg})

4) วิเคราะห์ และคำนวณด้านการถ่ายเทพลังงานของอากาศเมื่อผ่านเครื่องมือ ณ จุดต่าง ๆ ในการทดลอง

5) วิเคราะห์ด้านพลังงานของสารทำความเย็น (สมมุติ เครื่องปรับอากาศทำความเย็นได้ 1 Ton)

<u>ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง</u>

8.1 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง และค่าคุณสมบัติของอากาศจากเทอร์โมมิเตอร์

ตำแหน่งการวัด	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	เอนทัลปี kJ/kg	ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)	อัตราส่วนความชื้น ($g_{vapor}/kg_{dry\ air}$)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (°C)
1. ก่อนเข้าพัดลม (อุณหภูมิห้อง)							
2. ก่อนเข้าคอยล์เย็น							
3. ออกจากคอยล์เย็น							
4. ทางออกของเครื่อง							

8.2 ตารางวิเคราะห์ผลการทดลอง และค่าคุณสมบัติของอากาศจากเครื่องมือวัดแบบดิจิตอล

ตำแหน่งการวัด	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (°C)	อุณหภูมิกระเปาะเปียก (°C)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%RH)	เอนทัลปี kJ/kg	ปริมาตรจำเพาะ (m^3/kg)	อัตราส่วนความชื้น ($g_{vapor}/kg_{dry\ air}$)	อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (°C)
1. ก่อนเข้าพัดลม (อุณหภูมิห้อง)							
2. ก่อนเข้าคอยล์เย็น							
3. ออกจากคอยล์เย็น							
4. ทางออกของเครื่อง							

9. สรุปผลการทดลอง

10. คำถามท้ายการทดลอง

10.1) เครื่องปรับอากาศโดยทั่วไป มีกระบวนการการเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศเป็นแบบใด

10.2) เพราะเหตุใด ก่อนฝนจะตก เราจึงรู้สึกร้อนอบอ้าว และไม่สบายตัว

10.3) เพราะเหตุใด เมื่อเรานำขวดน้ำออกจากตู้เย็น มาวางไว้ที่สภาวะในห้อง จึงมีหยดน้ำเกาะที่บริเวณขวดน้ำ