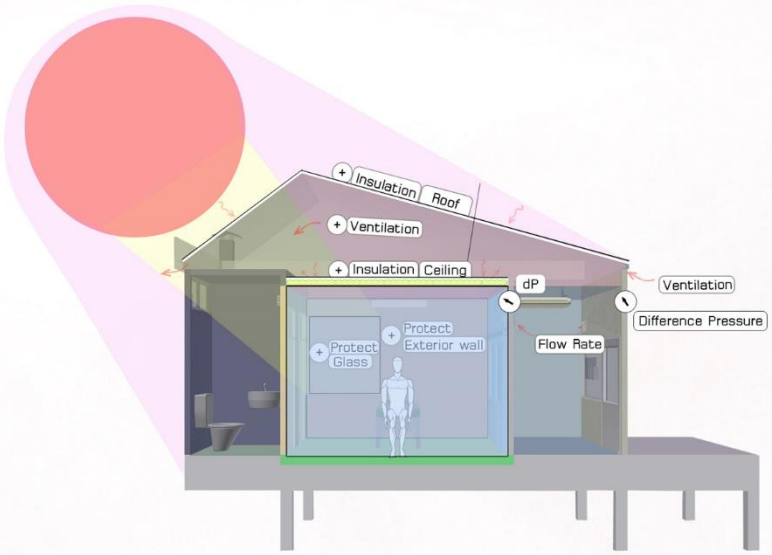
กองวิศวกรรมการแพทย์
Medical Engineering Division

คู่มือแนวทางการพัฒนา

ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ



กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ

บทนำ

จากการใช้งานห้องแยกโรคของโรงพยาบาลชุมชนที่พัฒนามาจากห้องพิเศษมาสักระยะหนึ่งแล้ว พบว่ามีปัญหาอุปสรรคในเรื่องอุณหภูมิและความร้อนภายในห้องแยกโรคในหลายๆที่ คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการจัดทำคู่มือแนวทางการพัฒนาห้องแยกโรคเพื่อเป็นทางเลือกให้กับสำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพเขตและโรงพยาบาลในการนำคู่มือนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุง แก้ไขปัญหาหรือพัฒนาต่อยอดห้องแยกโรคที่มีอยู่ให้ดีขึ้นต่อไป

ผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจนั้นสามารถแพร่กระจายเชื้อติดต่อไปยังบุคคลอื่นได้ การมีห้องแยกโรคที่พร้อมใช้งานจึงช่วยป้องกันและลดความเสี่ยงการติดต่อแพร่กระจายเชื่อไปสู่เจ้าหน้าที่ ญาติหรือบุคคลอื่นได้ ผู้ป่วยโรคทางเดินหายใจในระยะแพร่กระจายเชื้อต้องเข้าพักรักษาตัวที่บริเวณห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศนี้ ที่สามารถควบคุมความดันภายในห้องให้เป็นลบ Negative Pressure เพื่อแยกพักรักษาตัวออกจากผู้ป่วยทั่วไปและป้องกันการแพร่กระจายเชื้อได้ แต่จากการใช้งานจริงพบว่า ผู้ป่วยจำนวนมากที่เข้าพักรู้สึกร้อนและอึดอัด ผู้ป่วยบางรายมีพฤติกรรมพยายามเปิดช่องหน้าต่างหรือประตู และบางรายมีความประสงค์ขอไม่เข้าพักรักษาตัวในห้องแยกโรคดังกล่าว เกิดการใช้งานห้องแยกโรคไม่เต็มประสิทธิภาพตามระบบควบคุมที่ติดตั้งไว้ อากาศสามารถไหลข้ามบริเวณได้โดยไม่ถูกต้องตามหลักการและมาตรฐาน เกิดความเสี่ยงในการใช้งานนั้น

คณะผู้จัดทำ เห็นถึงความสำคัญในการแก้ไขปัญหาและปรับปรุงพัฒนาต่อยอดห้องแยกโรคให้ดียิ่งขึ้น จึงจัดทำคู่มือแนวทางในการพัฒนา โดยเน้นการพัฒนาที่ไม่ขัดกับมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลของห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ เพื่อเป็นทางเลือกให้สำนักงานสนับสนุนบริการสุขภาพเขตและโรงพยาบาลในการนำไปเป็นแนวทางในการปรับใช้ แก้ไขปัญหาหรือพัฒนาต่อยอดห้องแยกโรคของโรงพยาบาลแต่ละแห่งตามสภาพปัญหา ตามความต้องการหรือตามกำลังทรัพย์ของโรงพยาบาล เพื่อปรับปรุงพัฒนาต่อไป หวังว่าคู่มือนี้จะเป็นประโยชน์ ไม่มากก็น้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใดก็ขออภัยไว้ ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การจัดแบ่งโซนพื้นที่ของห้องแยกโรค....1

หลักการการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ....2

ระบบระบายอากาศของห้องแยกโรค....3

ระบบปรับอากาศของห้องแยกโรค....5

อุปกรณ์ประกอบของห้องแยกโรค....6

ทิศทางการไหลของอากาศในห้องแยกโรค....7

บทที่ 2 การบำรุงรักษา ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศและระบายอากาศในห้องแยกโรค....8

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศจากการบำรุงรักษา....9

การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการบำรุงรักษา....11

การลดรูรั่วของอากาศเข้าออกห้องแยกโรค....13

บทที่ 3 การควบคุมและการตรวจสอบ ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การย้ายตู้ควบคุม อุปกรณ์ตรวจสอบและมาตรวัดมาไว้บริเวณนอกห้อง....14

บทที่ 4 การป้องกันและลดปริมาณความร้อน ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การป้องกันและลดปริมาณความร้อน ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ....16

การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอก

การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากหลังคาและฝ้าเพดาน....17

การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากผนังภายนอก....22

การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากผนังภายใน ผนังระหว่างห้อง พื้นห้อง....28

การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากกระจก....28

การลดปริมาณความร้อนจากแหล่งความร้อนภายใน

การลดปริมาณความร้อนจากคน....31

การลดปริมาณความร้อนจากไฟแสงสว่าง....31

การลดปริมาณความร้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์....32

สารบัญ

บทที่ 4 การป้องกันและลดปริมาณความร้อน ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (ต่อ)

การลดปริมาณความร้อนจากจากอากาศภายนอกอากาศรั่วซึม.....33

ความร้อนของห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชน.....34

อุณหภูมิที่ผิวผนัง ฝ้าและพื้นในห้องผู้ป่วย (Isolate Room) 35

แนวทางการป้องกันหรือลดความร้อนเข้าสู่ห้องแยกโรค.....36

บทที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลถ่ายเท ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศ.....38

ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ.....39

การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลถ่ายเทของอากาศ.....42

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศและการไหลถ่ายเทโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบท่อส่งลม.....48

บทที่ 6 การเพิ่มระบบปรับอากาศห้อง Isolate ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การเพิ่มเครื่องปรับอากาศดึงความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง Isolate 49

บทที่ 1 บทนำ ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศของโรงพยาบาลชุมชน

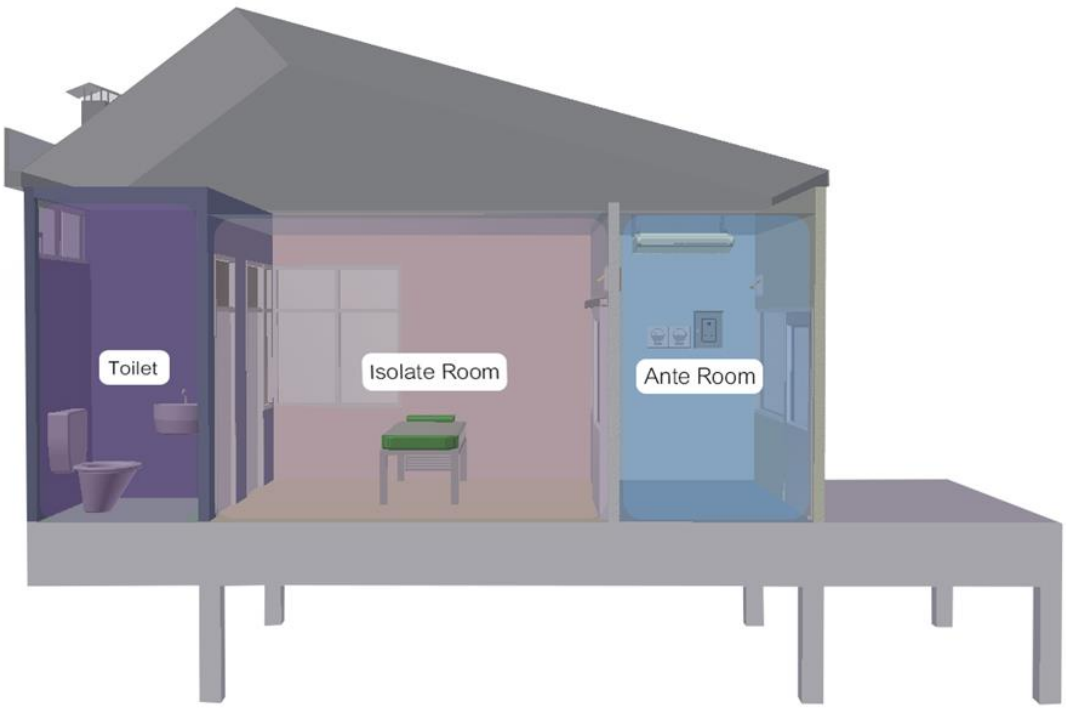
ห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชนเป็นห้องแยกโรคที่ปรับปรุงมาจากห้องพิเศษเดิมโดย ส่วนใหญ่จะปรับปรุงจากห้องพิเศษห้องสุดท้ายที่อยู่ริมสุดของอาคาร

การจัดแบ่งโซนพื้นที่ของห้องแยกโรค แบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

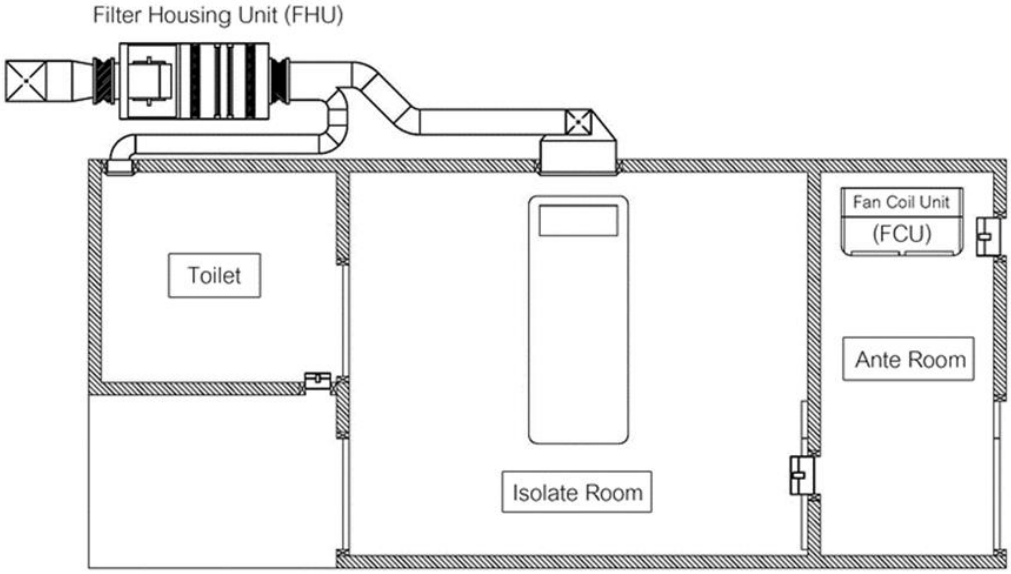
1. ห้องเตรียม (Ante Room) เป็นห้องเก็บวัสดุอุปกรณ์ เตรียมตัวของเจ้าหน้าที่ก่อนเข้าไปปฏิบัติงานในห้องพักผู้ป่วย เป็นห้องปรับอากาศก่อนส่งเข้าสู่ห้องพักผู้ป่วย เพื่อช่วยสนับสนุนให้ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศเป็นห้องที่มีโอกาสแพร่เชื้อออกจากห้องให้น้อยที่สุดโดยมีห้องสองชั้นเพื่อสร้างให้เกิดห้องโถงขนาดเล็กก่อนเข้าถึงห้องภายใน

2. ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) เป็นห้องพักรักษาตัวของผู้ป่วย มีระบบระบายอากาศที่หัวเตียงผู้ป่วยเพื่อเจือจางและกำจัดเชื้อที่อยู่ภายในห้องออกบริเวณหัวเตียงผู้ป่วย ป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคไปสู่บริเวณโดยรอบ

3. ห้องน้ำ (Toilet Room) เป็นห้องน้ำสำหรับผู้ป่วยที่พักรักษาตัวในห้อง Isolate Room ผู้ป่วยสามารถเข้าห้องน้ำได้โดยที่ไม่ต้องออกจากห้องควบคุมความดัน ห้องน้ำมีระบบกรองอากาศและระบายอากาศที่ออกจากห้องน้ำตามมาตรฐาน

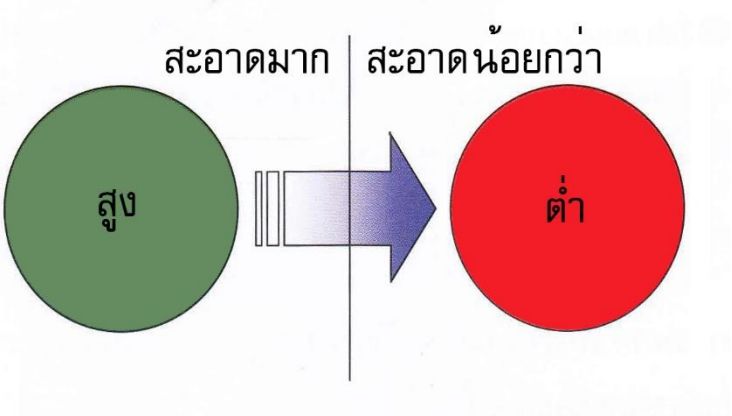


หลักการ การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ



ห้องแยกโรคเพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศ จึงต้องเป็นห้องที่มีความดันของอากาศภายในห้องต่ำกว่าความดันอากาศของห้องโดยรอบ (Negative Pressure) ตามมาตรฐานกำหนดให้ความดันต่ำกว่าไม่น้อยกว่า 2.5 Pascal โดยวิธีการดึงอากาศซึ่งมีโอกาสปนเปื้อนเชื้อโรคภายในห้องไปผ่านขบวนการกรองดักกำจัดเชื้อโรคก่อนปล่อยระบายทิ้ง ตำแหน่งที่นำอากาศไประบายทิ้งต้องอยู่ในพื้นที่ที่ปลอดภัย

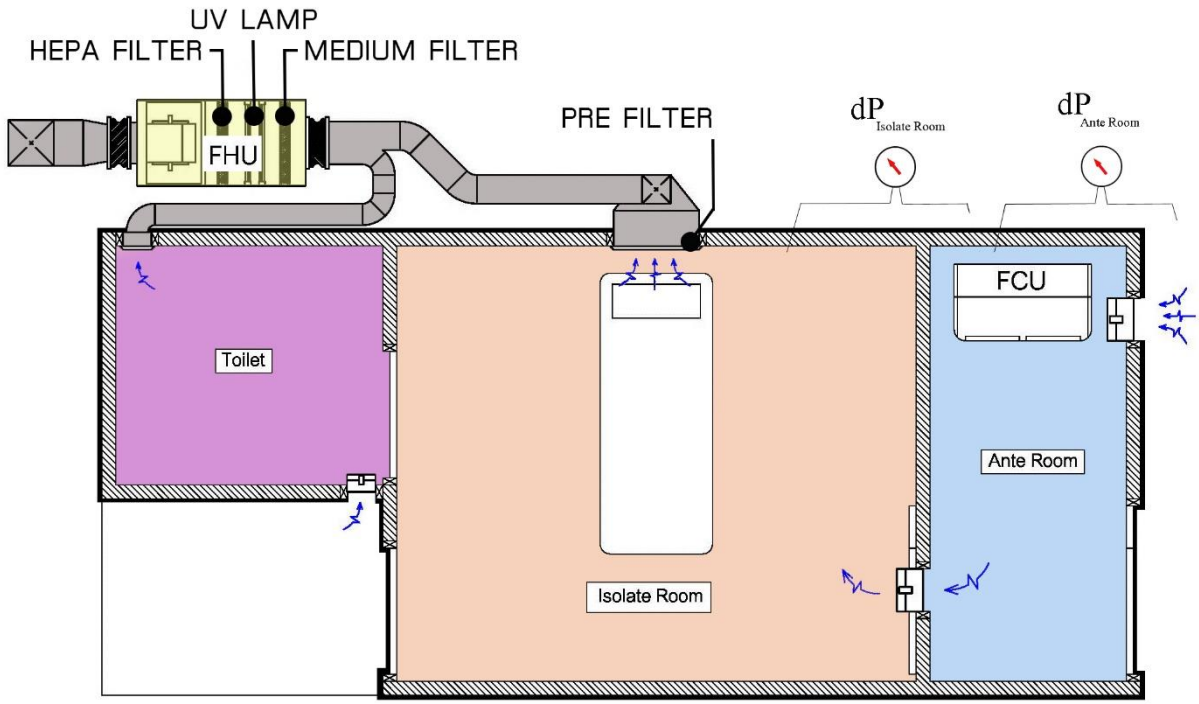
- ควบคุมความดันอากาศเป็นลบ
- ป้องกันเชื้อออกจากห้องไปสู่ภายนอก
- ควบคุมทิศทางการไหลของอากาศจากสะอาดมากไปหาสะอาดน้อย
- กำจัดเชื้อในอากาศโดยการกรองอากาศด้วยแผ่นกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง (HEPA Filter)
- ฆ่าเชื้อในอากาศ
- เจือจางเชื้อในอากาศ



ภาพเปรียบเทียบการระบายอากาศตามหลักการการควบคุมการแพร่กระจายของเชื้อโรค

ระบบระบายอากาศของห้องแยกโรค

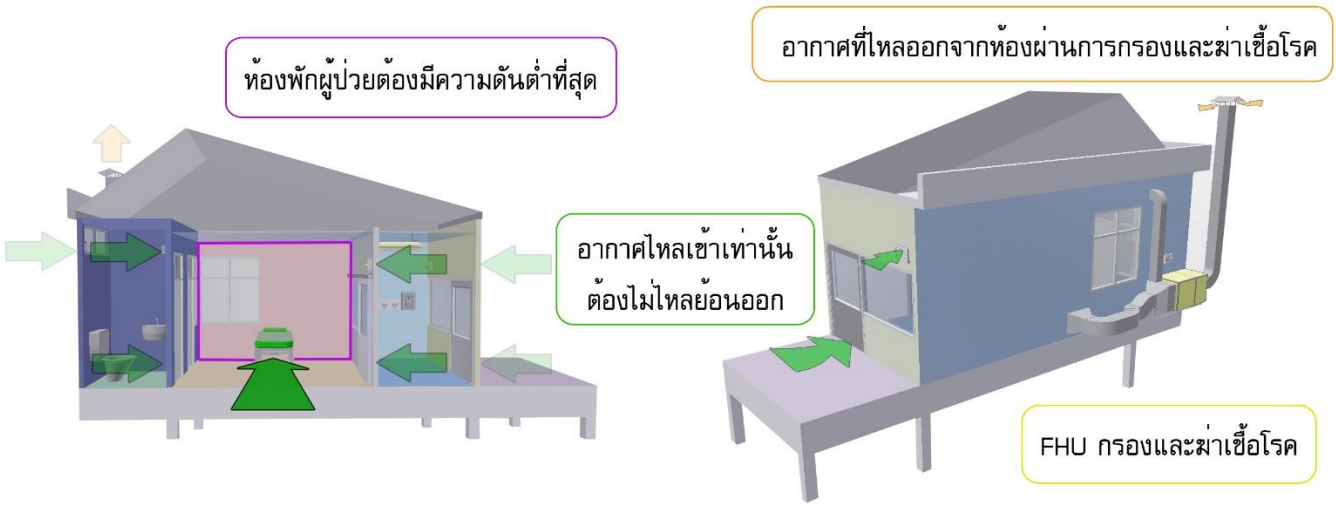
ระบบระบายอากาศเป็นส่วนสำคัญที่ช่วยในการระบายอากาศเพื่อเจือจางเชื้อโรคในอากาศของห้องแยกโรค โดยมี Filter Housing Unit (FHU) เป็นชุดอุปกรณ์ที่มีระบบการกรองอากาศเพื่อดักจับเชื้อโรคด้วย Pre Filter, Medium Filter และ HEPA Filter และยังประกอบด้วยระบบฆ่าเชื้อโรคด้วยแสง UV Filter Housing Unit (FHU) นอกจากช่วยในการระบายอากาศ กรองอากาศ และการฆ่าเชื้อโรคแล้วยังมีบทบาทสำคัญในการช่วยควบคุมความดันภายในห้องแยกโรคให้เป็นความดันลบ (Negative Pressure) ทั้งห้องเตรียม (Ante Room), ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) และห้องน้ำ (Toilet Room) ตามมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล (Health Care Facilities) หัวข้อระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Airborne Infection Isolation Room , AIIR) ที่กำหนดให้ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศต้องมีความดันของอากาศภายในห้องต่ำกว่าความดันอากาศของห้องโดยรอบ



FHU (Filter Housing Unit) เป็นชุดอุปกรณ์ที่ช่วยกรองอากาศ ฆ่าเชื้อโรค และระบายอากาศ ซึ่งประกอบด้วย แผงกรองชั้นต้น (Pre Filter) Synthetic Filter, (Washable type) With AMER Fame Average Arrestance 20-35%, แผงกรองอากาศชั้นที่ 2 (Medium Filter) EFF : 90-95% กรองอากาศที่อนุภาคใหญ่ตั้งแต่ 0.5 ไมครอนเพื่อยืดอายุการใช้งานกรองอากาศชั้นที่ 3, แผงกรองอากาศชั้นที่ 3 (HEPA Filter) EFF : 99.97%@0.3µm เป็นกรองอากาศประสิทธิภาพสูง กรองอนุภาคขนาดเล็ก เช่น แบคทีเรีย ไวรัส ฯลฯ, หลอดฆ่าเชื้อโรค (UV Lamp) และพัดลมระบายอากาศ (Blower)

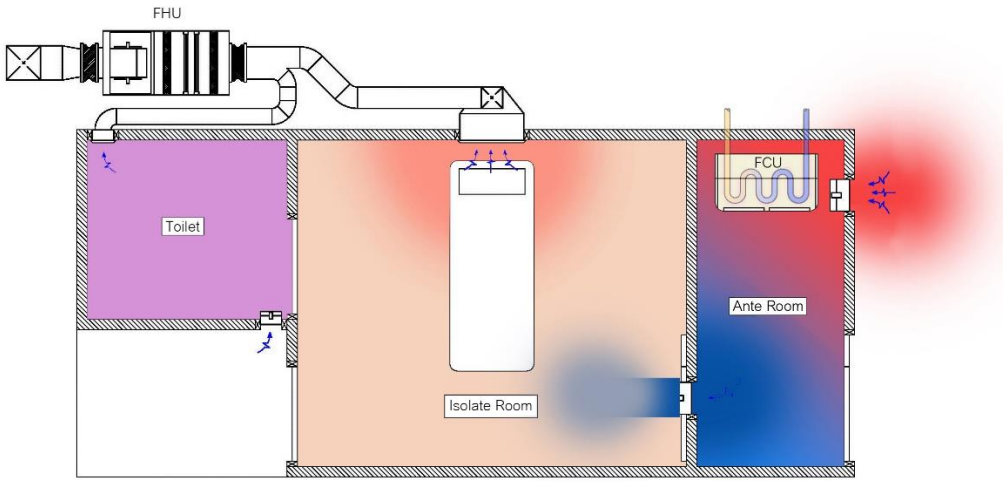
การระบายอากาศออกจากห้องผู้ป่วยให้มากกว่าปริมาณอากาศเข้าทำให้ความดันภายในห้องแยกโรคเป็นลบ (Negative Pressure) การควบคุมความแตกต่างของปริมาณอากาศเข้าและออกระหว่างห้องทั้ง 3 ห้องนั้นทำให้เกิดความดันแตกต่างของห้องทั้ง 3 ห้องได้ โดยที่ต้องควบคุมความดันห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) ให้มีความดันต่ำที่สุดนั้นคือมีปริมาณการดูดอากาศออกมากที่สุดนั้นเอง, ห้องเตรียม (Ante Room) หรือห้องน้ำที่อยู่ลำดับถัดออกมามีความดันรองลงมา และบริเวณที่มีความดันสูงที่สุดคือบริเวณภายนอกหรือนอกห้องนั้นเอง

อากาศภายนอกสามารถไหลเข้าสู่ภายในห้องได้ แต่อากาศภายในห้องห้ามไหลย้อนสู่ภายนอกโดยไม่ผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 HEPA Filter (Minimum Efficiency Reporting Value ตามมาตรฐาน ASHRAE 52.2 HEPA 99.97 % efficiency on 0.3 µm particles, IEST Type A) เพื่อกรองอนุภาคขนาดเล็ก เช่น เชื้อไวรัส หรือแบคทีเรียและฆ่าเชื้อโรค ก่อนทิ้งสู่บรรยากาศภายนอก



ระบบปรับอากาศของห้องแยกโรค

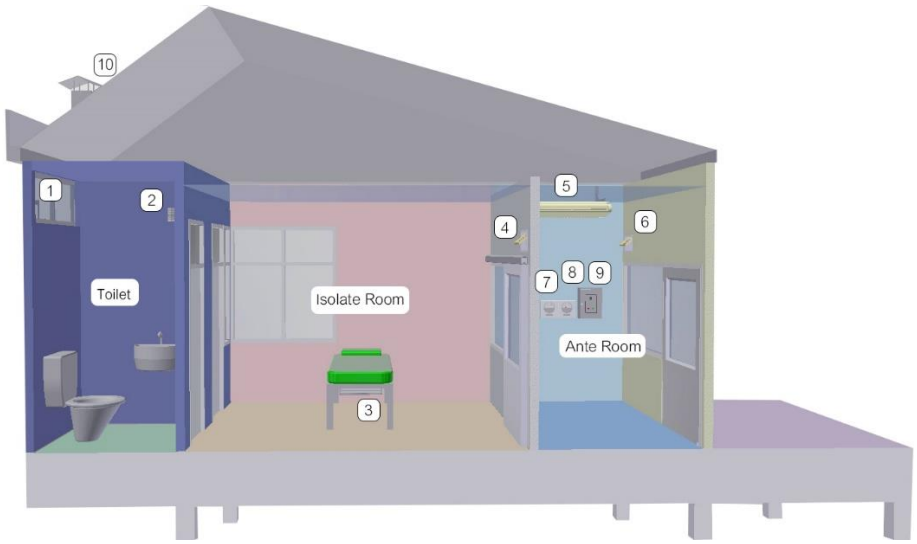
ด้วยข้อจำกัดในการป้องกันการแพร่กระจายเชื้อทางอากาศและข้อจำกัดเรื่องงบประมาณ ระบบปรับอากาศที่ใช้ในห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชนที่ใช้อยู่ ส่วนใหญ่จึงเป็นแบบ Split Type ที่มีทั้งชนิด Ceiling Type หรือชนิด Wall Type โดยไม่ได้ติดตั้งในห้องพักผู้ป่วยโดยตรงแต่ติดตั้งไว้ในห้อง Ante Room อาศัยความแตกต่างทางความดันลบที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่อง FHU (Filter Housing Unit) เป็นการไหลผ่านอากาศจากภายนอกห้องไหลเข้าสู่ห้อง Ante Room ปรับลดอุณหภูมิที่เครื่อง FCU (Fan Coil Unit) ของเครื่องปรับอากาศ เมื่อลดอุณหภูมิอากาศห้อง Ante Room แล้วไหลถ่ายเทเข้าสู่ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) ต่อไป

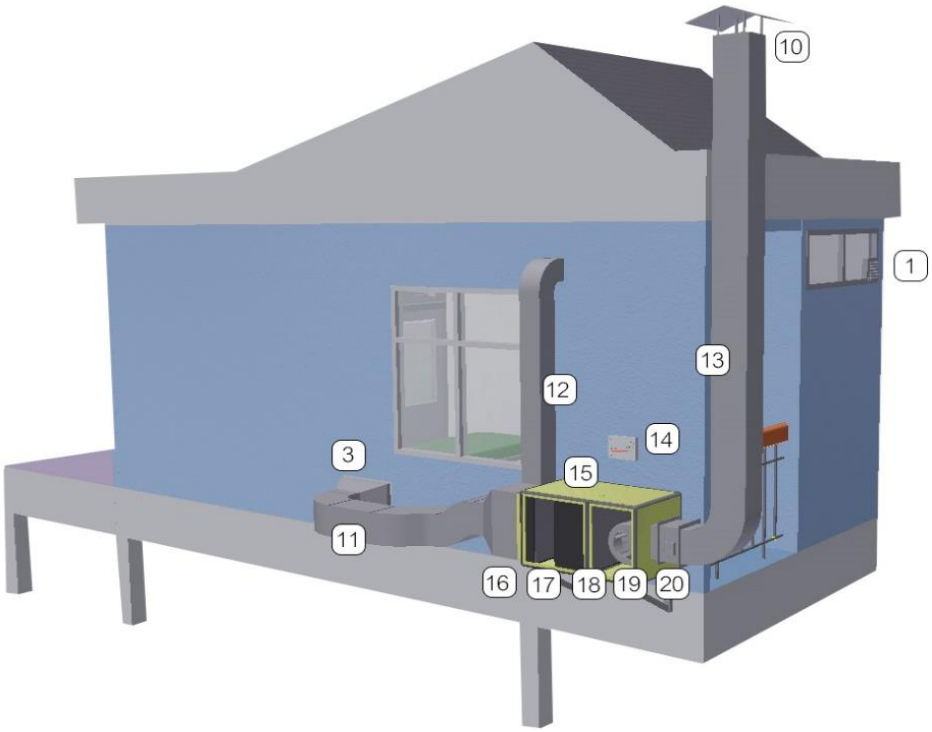


อากาศที่ผ่าน Fan Coil Unit ทำหน้าที่เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศภายในห้อง Ante Room กับสารทำความเย็นในเครื่องปรับอากาศ เมื่อสารทำความเย็นรับความร้อน เปลี่ยนสถานะและนำความร้อนไปทิ้งที่ (Condensing Unit) ที่บริเวณนอกห้องเป็นผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้อง Ante Room ลดลงตามที่ตั้งค่า ก่อนไหลเข้าห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) ต่อไป

ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) และห้องน้ำ (Toilet) นั้นไม่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ มีเพียงการไหลผ่านของอากาศจากห้อง Ante Room ไปสู่ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) เท่านั้น

อุปกรณ์ประกอบของห้องแยกโรค

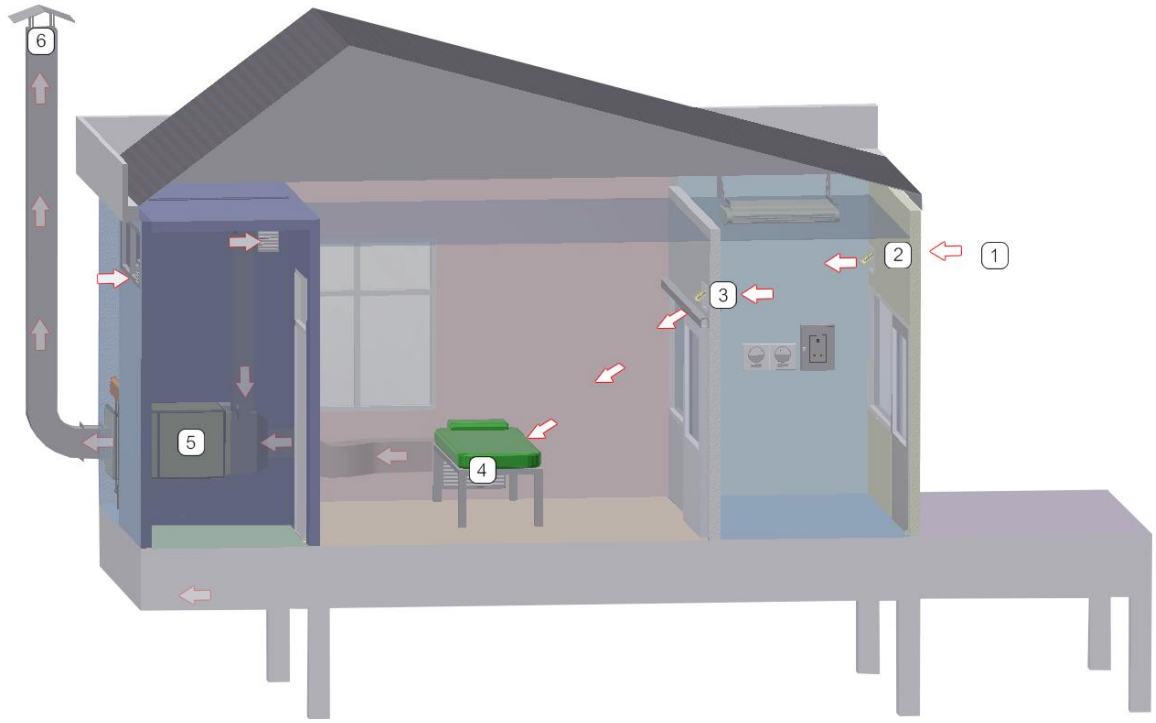




ตามแบบ วศ.1/2549 ประกอบด้วย

1. ช่องเติมอากาศเข้าห้องน้ำผู้ป่วย
2. ช่องระบายอากาศออกจากห้องน้ำ
3. ช่องระบายอากาศที่หัวเตียงผู้ป่วย
4. ช่องเติมอากาศเข้า Isolate Room
5. เครื่องปรับอากาศ Fan Coil Unit
6. ช่องเติมอากาศเข้า Ante Room
7. เครื่องวัดแรงดันห้อง Ante Room
8. เครื่องวัดแรงดัน Isolate Room
9. ตู้ควบคุมไฟฟ้าระบบปรับอากาศและระบบระบายอากาศ
10. จุดระบายอากาศทิ้งเหนือหลังคา
11. ท่อลมดูดอากาศ Isolate Room
12. ท่อลมดูดอากาศจากห้องน้ำ
13. ท่อระบายอากาศทิ้ง
14. เครื่องวัดแรงดันตกคร่อมแผ่นกรองอากาศ HEPA Filter
15. ชุดระบายอากาศ กรองอากาศฆ่าเชื้อโรค FHU Filter Housing Unit
16. แผงกรองอากาศ Medium Filter
17. หลอดฆ่าเชื้อโรค UV Lamp)
18. แผงกรองอากาศ HEPA Filter
19. พัดลมระบายอากาศ
20. ลิ้นปรับอัตราการไหลอากาศ

ทิศทางการไหลของอากาศในห้องแยกโรค



ภาพแสดงทิศทางการไหลของอากาศเมื่อเปิดระบบระบายอากาศ FHU (Filter Housing Unit)

ทิศทางการไหลของอากาศเพื่อการป้องกันการติดเชื้อ เมื่อเปิดเครื่องระบายอากาศ อากาศสะอาดจากภายนอก (ตำแหน่งที่ 1) จะไหลผ่านช่องเติมอากาศชุดที่ 1 (ตำแหน่งที่ 2) ไหลเข้าสู่ห้อง Ante Room ทำการปรับลดอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศ แล้วไหลผ่านช่องเติมอากาศชุดที่ 2 (ตำแหน่งที่ 3) เข้าสู่ Isolate Room ผ่านผู้ป่วยไปสู่ช่องระบายอากาศที่หัวเตียงผู้ป่วย ซึ่งมีแผ่นกรองอากาศชั้นที่ 1 Pre Filter (ตำแหน่งที่ 4) และไหลตามท่อระบายอากาศ ผ่านชุด FHU Filter Housing Unit (ตำแหน่งที่ 5) ซึ่งประกอบด้วยกรองอากาศชั้นที่ 2 (Medium Filter) หลอดยูวี (UV Lamp) กรองอากาศชั้นที่ 3 (HEPA Filter) ผ่านพัดลมระบายอากาศนำอากาศไประบายทิ้งเหนือหลังคาอาคารภายนอก (ตำแหน่งที่ 6) เพื่อป้องกันอากาศย้อนกลับเข้าอาคารหรือเข้าสู่อาคารอื่นและไม่ระบายอากาศทิ้งในบริเวณอื่นที่มีคนอยู่

บทที่ 2 การบำรุงรักษา ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การบำรุงรักษาระบบระบายอากาศห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

1. การบำรุงรักษาประจำวัน

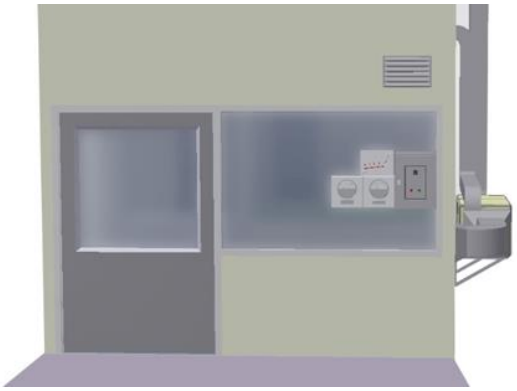
- ตรวจสอบแรงดันอากาศ Isolate Room เป็นประจำทุกวัน โดยตรวจสอบอ่านค่าวัดแรงดันจากเครื่องวัด ควรมีแรงดันเป็นลบ อยู่ระหว่าง 10-15 Pascal
- ตรวจสอบแรงดันอากาศ Ante Room เป็นประจำทุกวัน ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดแรงดันควรมีแรงดันเป็นลบ อยู่ระหว่าง 5-10 Pascal
- ตรวจสอบระบบแสงสว่างหลอดยูวีทุกวัน
- ตรวจสอบทำความสะอาดภายในห้องทุกวัน

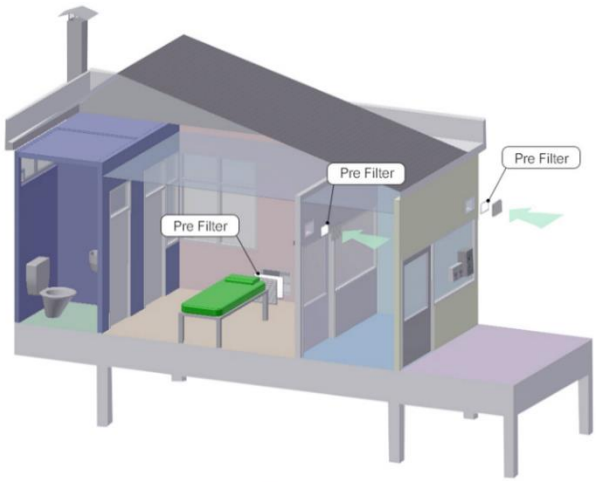
2. การบำรุงรักษาประจำเดือน

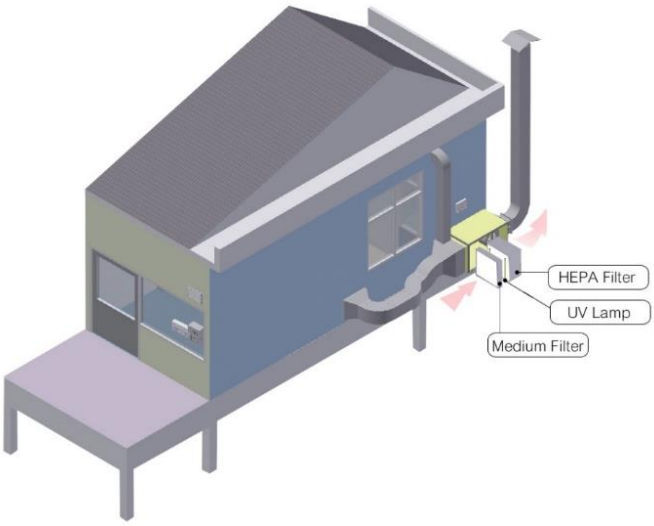
- ตรวจทำความสะอาดช่องระบายอากาศทุก 1 เดือน
- ตรวจสอบและทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศของชั้นต่างๆทุก 1 เดือน
- ทำความสะอาดหลอดยูวีทุกๆ 1 เดือน

3. การบำรุงรักษาประจำปี

- เปลี่ยนแผ่นกรองใหม่เมื่อเครื่องวัดแรงดันตกคร่อมของแผงกรองอากาศอ่านค่าได้มากกว่า 2.5 in.wg หรือ เมื่อแผ่นกรองมีอายุการใช้งานมากกว่า 3 ปี
- เปลี่ยนกรองอากาศขั้นต้น Pre Filter ทุก 1 ปี
- เปลี่ยนกรองอากาศ Medium Filter ทุก 1 ปี
- เปลี่ยนกรองอากาศ HEPA Filter ทุก 3-5 ปี
- หลอดฆ่าเชื้อ ยูวี มีอายุใช้งาน 4,000 ชั่วโมง หรือ 3 ปี ควรเปลี่ยนหลอดยูวีใหม่



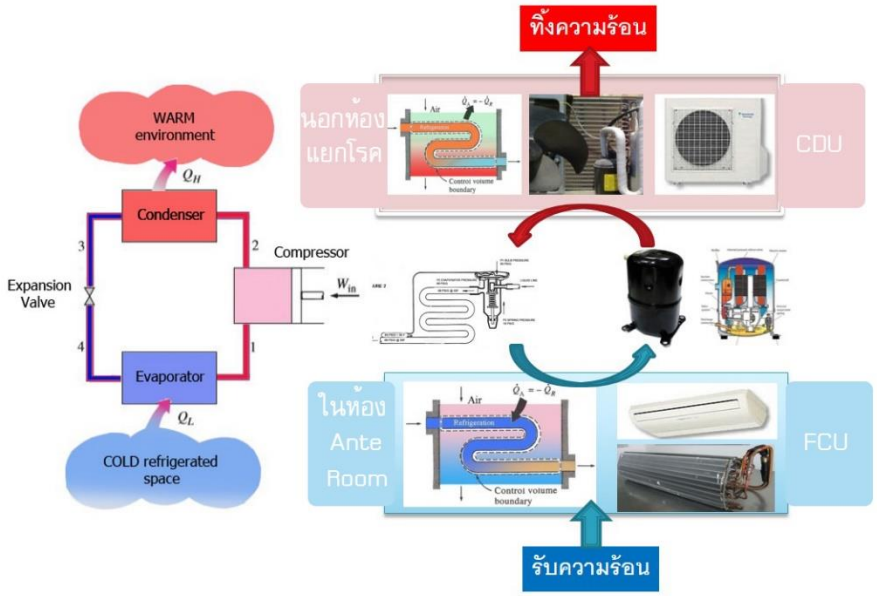




ข้อควรระวัง ผู้ปฏิบัติงานจะต้องสวมชุดป้องกัน ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับชุดระบายอากาศ บุคลากรที่เกี่ยวข้องให้ปฏิบัติตามข้อกำหนด Standard precautions และ Additional precautions แผ่นกรองอากาศที่เปลี่ยนทิ้งเป็นมูลฝอยติดเชื้อ

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศจากการบำรุงรักษา

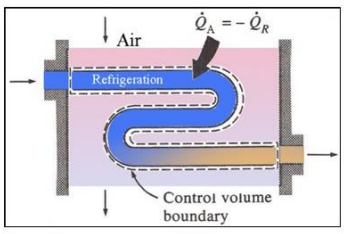
เครื่องปรับอากาศทำหน้าที่ลดอุณหภูมิ โดยคอยล์เย็น FCU (Fan Coil Unit) ภายในห้อง ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำยาแอร์ที่ไหลอยู่ภายในคอยล์กับอากาศภายในห้อง Ante Room เมื่อน้ำยาแอร์ได้รับความร้อนก็จะเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ผ่านการเพิ่มความดันที่คอมเพรสเซอร์และระบายความร้อนทิ้งที่คอยล์ร้อน CDU (Condensing Unit) นอกห้อง เมื่อระบายความร้อนเสร็จน้ำยาแอร์จะไหลผ่านอุปกรณ์ลดความดันและกลับเข้ามารับความร้อนอีกวนแบบนี้เป็นวัฏจักรการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ



FCU (Fan Coil Unit) ส่วนที่ทำหน้าที่ดูดซับความร้อนทำให้อากาศภายในห้องเย็นลงหรือคอยล์เย็น (Evaporator) ประกอบด้วยท่อ แผงคอยเย็น พัดลม และอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิห้อง

CDU (Condensing Unit) ส่วนที่ทำหน้าที่ในการระบายความร้อนหรือที่เรียกว่า คอยล์ร้อน (Condensing), ส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนเวียนของน้ำยาทำความเย็นหรือที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์และน้ำยาแอร์ และส่วนที่ทำหน้าที่ในการลดความดันและอุณหภูมิของน้ำยาแอร์หรือที่เรียกว่า อุปกรณ์ลดความดัน (Throttling Device)

คอยล์เย็น (Evaporator) และคอยล์ร้อน (Condensing) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ระหว่างน้ำยาแอร์กับอากาศ โดยการถ่ายโอนความร้อนนี้เป็นการถ่ายโอนผ่านผนังท่อและครีบระบายความร้อนที่คอยล์โดยน้ำยาแอร์และอากาศไม่ได้ผสมกัน



การบำรุงรักษาระบบปรับอากาศมีความสำคัญเพื่อให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพและพร้อมใช้

การหาประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศจากการหมุนเวียนของอากาศผ่านคอยล์

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_a(h_i - h_e)$$

$\dot{Q}_L$ คืออัตราการทำความเย็น kW (ความเย็นที่ทำได้)

$\dot{m}_a$ คืออัตรการไหลเชิงมวลของอากาศ kg/s (มาจากอัตราการไหลของอากาศผ่านคอยล์)

h_i คือเอนทัลปีของอากาศที่เข้าคอยล์ kJ/kg (มาจากอุณหภูมิอากาศที่เข้าคอยล์)

h_e คือเอนทัลปีของอากาศที่ออกจากคอยล์ kJ/kg (มาจากอุณหภูมิอากาศที่ออกจากคอยล์)

ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขึ้นอยู่กันอัตราการไหลของอากาศที่ทะลุผ่านคอยล์ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำยาแอร์ เมื่อคอยล์อุดตันหรือมีฝุ่นเกาะที่พัดลม ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำยาภายในคอยล์ได้ลดลง ประสิทธิภาพการทำความเย็นจึงลดลง

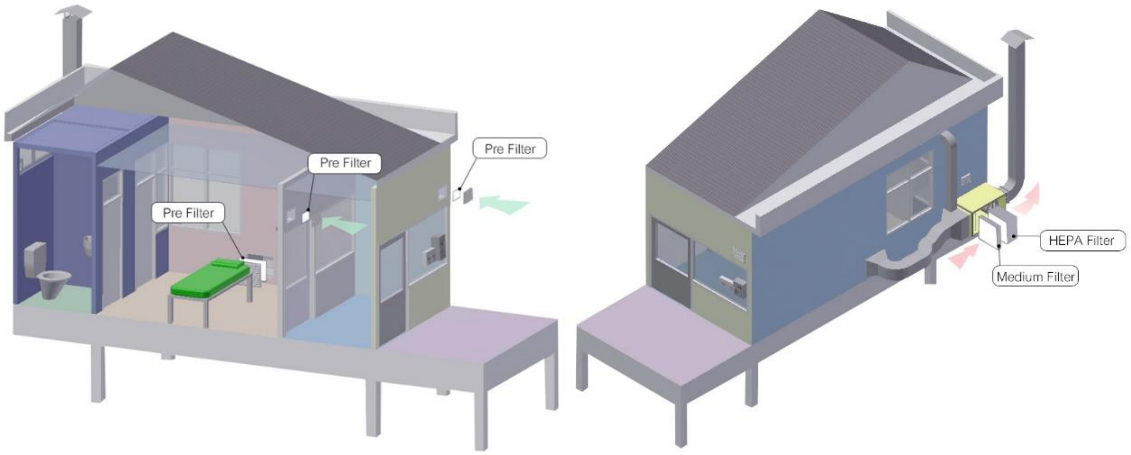
ตัวอย่าง ผลการวัด ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Ante Room เทียบกับ Spec.

ลำดับ	อากาศผ่านคอยเย็น CFM (Spec. 600 CFM)	Btu/hr ณ วันตรวจวัด (Spec. 18,000 Btu/hr)	% Btu/hr เทียบ Spec.
โรงพยาบาล 1	372	8,852	49 %
โรงพยาบาล 2	350	8,261	45 %
โรงพยาบาล 3	465	8,834	49 %
โรงพยาบาล 4	350	8,060	44 %
โรงพยาบาล 5	562	10,700	59 %
โรงพยาบาล 6	298	6,598	36 %
โรงพยาบาล 7	692	17,014	94 %
โรงพยาบาล 8	634	12,536	69 %
โรงพยาบาล 9	478	10,364	57 %

ประสิทธิภาพที่ทำได้จริงลดลงมาก จึงมีความสำคัญที่ต้องทำการบำรุงรักษาล้างทำความสะอาดคอยล์ พัดลม และฟิลเตอร์เครื่องปรับอากาศตามคาบเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศกับน้ำยาแอร์หรือสารทำความเย็นในคอยล์ให้มีประสิทธิภาพ สามารถลดอุณหภูมิอากาศได้ดี

การเพิ่มประสิทธิภาพการระบายอากาศจากการบำรุงรักษา

ตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชนอาศัยการเคลื่อนอากาศที่เกิดจากการระบายอากาศบริเวณหัวเตียงผู้ป่วยในห้อง Isolate ให้มีแรงดันภายในห้องเป็นลบ (Negative Pressure) และส่งผลให้เกิดการเคลื่อนอากาศจากหน้าห้อง ไหลเข้าห้อง Ante Room และไหลต่อเข้าห้อง Isolate Room ไปยังบริเวณหัวเตียงผู้ป่วยไหลไปยังเครื่อง FHU (Filter Housing Unit) ผ่านการกรอง Medium Filter และ HEPA Filter ก่อนปล่อยทิ้งสู่อากาศภายนอกบริเวณเหนือหลังคาต่อไป



ฟิลเตอร์ทั้งหมดตั้งแต่ Pre Filter หน้าห้อง, Pre Filter ห้อง Ante Room, Pre Filter หัวเตียงห้อง Isolate, Medium Filter และ HEPA Filter ทุกชั้นเป็นตัวกรองและดักอากาศ เมื่อใช้งาน ฟิลเตอร์แต่ละชั้นจะอุดตันทำให้อากาศไหลผ่านได้ยาก ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง อากาศไหลถ่ายเทได้ยาก

Pre Filter ที่หน้าห้อง	Pre Filter ที่ Ante Room	Pre Filter ที่ Isolate Room	Medium และ HEPA Filter

ฝุ่นละอองอุดตันทำให้อากาศไม่สามารถไหลผ่านได้สะดวก ประสิทธิภาพในการระบายอากาศไหลเวียนถ่ายเทหรืออากาศใหม่ (Fresh Air) ที่จะไหลเข้าก็จะลดลงเช่นกัน

จึงมีความสำคัญที่ต้องทำการตรวจสอบบำรุงรักษาเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศตามคาบเวลา เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้อากาศสามารถไหลผ่าน อากาศใหม่สามารถไหลเข้าสู่ภายในห้องได้ อากาศเก่าสามารถระบายถ่ายเทได้สะดวกและกรองอากาศก่อนระบายทิ้ง

ผู้ปฏิบัติงานจะต้องสวมชุดป้องกัน ทุกครั้งที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับชุดระบายอากาศ บุคลากรที่เกี่ยวข้องให้ปฏิบัติตามข้อกำหนด Standard precautions และ Additional precautions **แผ่นกรองอากาศที่เปลี่ยนต้องทิ้งเป็นมูลฝอยติดเชื้อ**

การลดรูรั่วของอากาศเข้าออกห้องแยกโรค

การลดรูรั่วของอากาศเพื่อให้แต่ละห้องสามารถควบคุมความดันภายในห้องทั้ง 3 ห้องได้ ประตูห้องต้องเป็นแบบที่มีปะเก็นโดยรอบเพื่อลดการรั่วซึม ช่องแสง ช่องกระจก ช่องหน้าต่างต้องติดตั้งอุปกรณ์ซีลยาง เพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศเข้าออกห้อง จุดไหนที่ชำรุดต้องซ่อมแซมแก้ไขให้ปกติพร้อมใช้ เพื่อป้องกันอากาศภายในที่อาจมีเชื้อโรคแพร่กระจายออกไปข้างนอกและป้องกันอากาศภายนอกที่อาจร้อนกว่าไหลเข้า

เพื่อช่วยสนับสนุนให้ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศเป็นห้องที่มีโอกาสแพร่เชื้อออกจากห้องให้น้อยที่สุด ประตูของห้องควรมีสองชั้นเพื่อสร้างให้เกิดห้องโถงขนาดเล็กก่อนเข้าถึงห้องภายใน บานประตูระหว่างห้องโถงขนาดเล็กกับห้องผู้ป่วยต้องเปิดเข้าสู่ห้องผู้ป่วย

บทที่ 3 การควบคุมและการตรวจสอบ ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

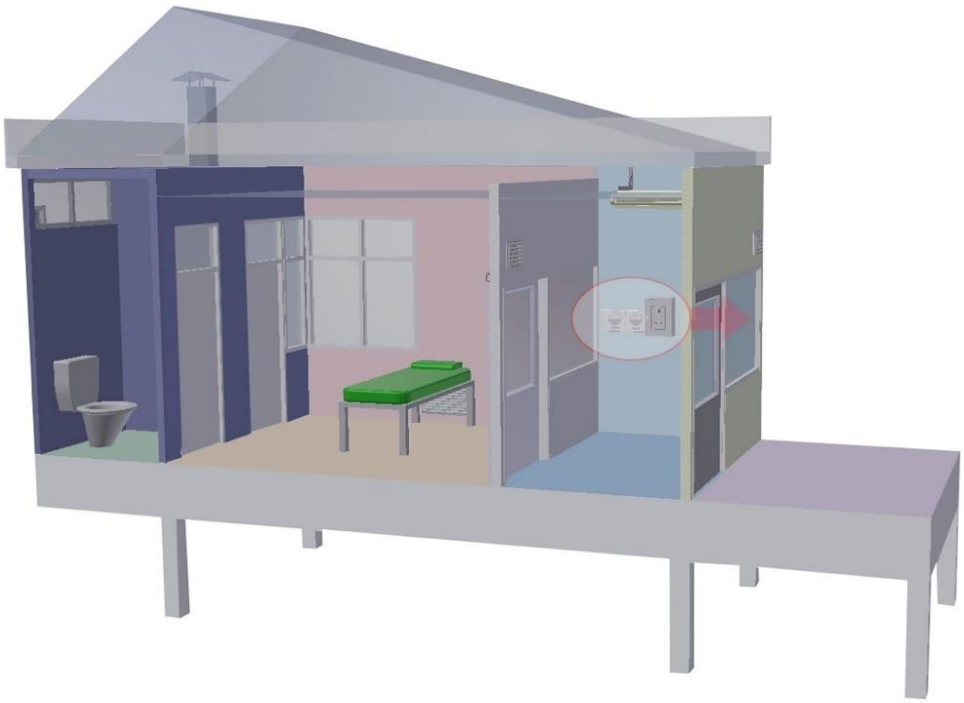
การย้ายตู้ควบคุม อุปกรณ์ตรวจสอบและมาตรวัดมาไว้บริเวณนอกห้อง

ตามมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาล (Health Care Facilities) ห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ (Airborne Infection Isolate Room, AIIR) กำหนดให้

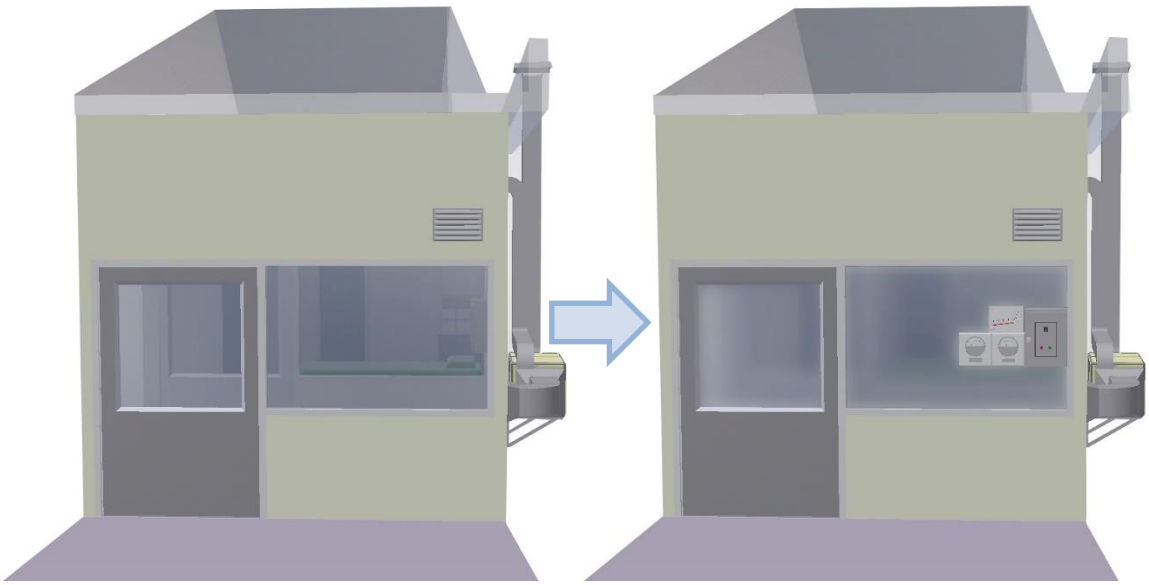
การควบคุมการเปิดปิด ต้องจัดให้มีสวิทช์ควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ของระบบปรับอากาศและระบายอากาศอยู่ภายนอกห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ และอยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย มีสัญญาณไฟแสดงสถานะการเปิดปิดของอุปกรณ์สำคัญ ได้แก่ พัดลม เครื่องปรับอากาศ

การควบคุมความดัน ต้องจัดให้มีเครื่องวัดความดันแตกต่างระหว่างภายในห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศกับภายนอกห้อง ติดตั้งในตำแหน่งที่มองเห็นได้ชัดเจนจากภายนอกห้อง

โดยห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชนในหลายแห่งติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าไว้ภายในห้อง Ante Room ทำให้ตู้ไฟฟ้าซึ่งประกอบไปด้วยสวิทช์เปิด-ปิด สัญญาณไฟแสดงสถานะของพัดลม ของเครื่องปรับอากาศ หรือตลอดจนมาตรวัดความดัน Pressure Gauge แสดงสถานะความดันแตกต่าง ต้องอยู่ภายในห้องด้วย การตรวจสอบหรือการสังเกตการทำงานของระบบ ความพร้อมใช้ไม่สามารถสังเกตได้จากภายนอก ต้องเข้าไปเปิดปิด สังเกตสถานะสัญญาณไฟ ตรวจสอบมาตรวัดแรงดันในห้อง Ante Room จึงมีความเสี่ยงติดต่อแพร่กระจายเชื้อจากการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ากรณีที่ระบบมีปัญหาผู้ใช้งาน ผู้ตรวจสอบหรือผู้ที่ต้องดำเนินการแก้ไขต้องเข้าไปในห้องที่มีความเสี่ยงอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้



ย้ายตู้ควบคุม สวิทช์เปิดปิด สัญญาณไฟแสดงสถานะ มาตรวัดความดันแตกต่างจากในห้อง Ante Room ออกมาภายนอกห้อง ให้อยู่ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ง่าย ตรวจสอบและมองเห็นได้อย่างชัดเจน



นอกจากการย้ายอุปกรณ์ควบคุม สัญญาณไฟแสดงสถานะ มาตรวัด ออกมาภายนอกห้องเพื่อให้เข้าถึงง่าย สามารถมองเห็นและตรวจสอบได้อย่างสะดวกแล้ว ข้อดีอีกอย่างหนึ่งคือเมื่อเราย้ายอุปกรณ์มาไว้ภายนอกห้องแล้ว เราสามารถติดฟิล์มป้องกันการมองเห็นทะลุผ่านเข้าไปภายในห้องได้ อันเป็นการคุ้มครองสิทธิของผู้ป่วย เพื่อไม่ให้บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องมองทะลุผ่านเข้าไปในห้องแยกโรค เห็นผู้เข้ามารับบริการเป็นผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

เป็นการป้องกันและลดความเสี่ยงโดยไม่ต้องเข้าไปในห้องแยกผู้ป่วยติดเชื้อระบบทางเดินหายใจ สามารถทำการตรวจสอบ ซ่อมบำรุงรักษาได้จากภายนอก

บทที่ 4 การป้องกันและลดปริมาณความร้อน ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การป้องกันและลดปริมาณความร้อน ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

ความร้อนภายในห้องแยกโรคมาจากแสงแดดที่ส่งผ่านความร้อนเข้ามาภายในห้องแยกโรคที่เรากั้นบริเวณเพื่อควบคุมความดันอากาศ โดยผ่านทางหลังคา ฝ้าเพดาน อีกทางที่เข้ามาได้ง่ายคือ ผนังกระจกและประตูหน้าต่างกระจก ทั้งนี้ แสงแดดยังส่งผ่านความร้อนบางส่วนผ่านผนังทึบได้ด้วย โดยจะมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับค่ากันความร้อน หรือที่เรียกว่า “ค่า R Resistance” ของระบบผนังซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุและการติดตั้ง นอกจากนี้ การกระทำกิจกรรมต่างๆภายในห้องแยกโรคก็ทำให้เกิดความร้อนได้ เช่น ความร้อนจากเครื่องมือ เครื่องใช้ อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องมือแพทย์ หรือความร้อนจากร่างกายคน เป็นต้น

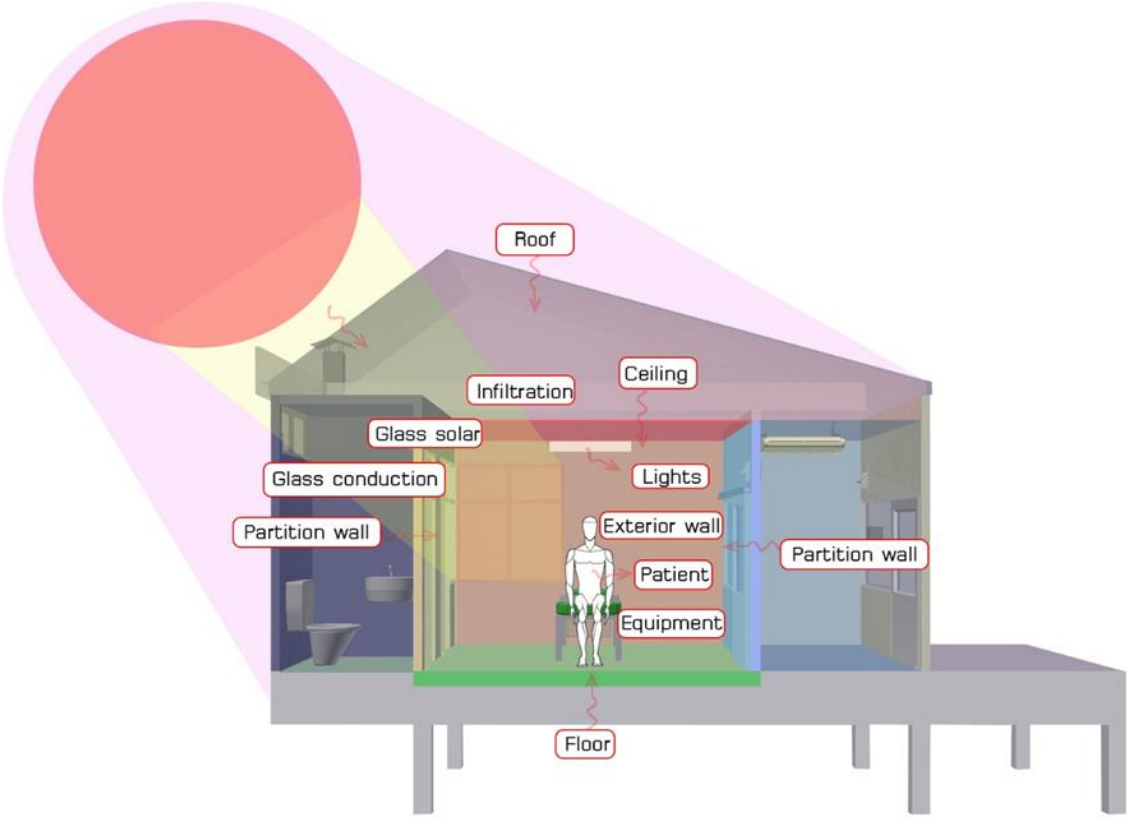
แหล่งที่มาของ ปริมาณความร้อนที่ห้องแยกโรคได้รับประกอบด้วย ๙ แหล่งดังนี้

แหล่งที่มาความร้อนภายนอก

1. ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาและฝ้า โดยการนำความร้อนผ่านวัสดุทำหลังคา
2. ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอก โดยการนำความร้อนผ่านวัสดุทำผนัง
3. ความร้อนที่ถ่ายเท่ผ่านผนังภายใน ผนังระหว่างห้อง พื้นห้อง โดยการนำความร้อนผ่านวัสดุ
4. ความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกระจก
    4.1 โดยการนำความร้อนผ่านกระจก
    4.2 โดยการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจก

แหล่งที่มาความร้อนภายใน

5. ความร้อนจากคน ผู้ป่วย เจ้าหน้าที่ พยาบาล ญาติผู้ป่วย
6. ความร้อนจากไฟแสงสว่างภายในห้อง
7. ความร้อนจากอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องมือแพทย์
8. ความร้อนจากการระบายอากาศ จากอากาศภายนอก อากาศรั่วซึม

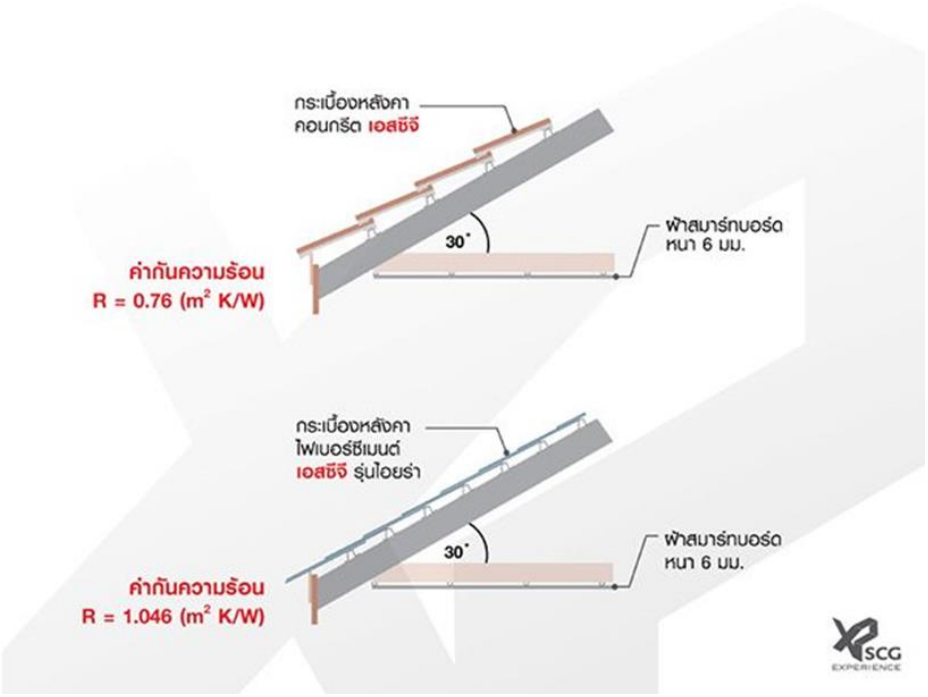


การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากแหล่งความร้อนภายนอก

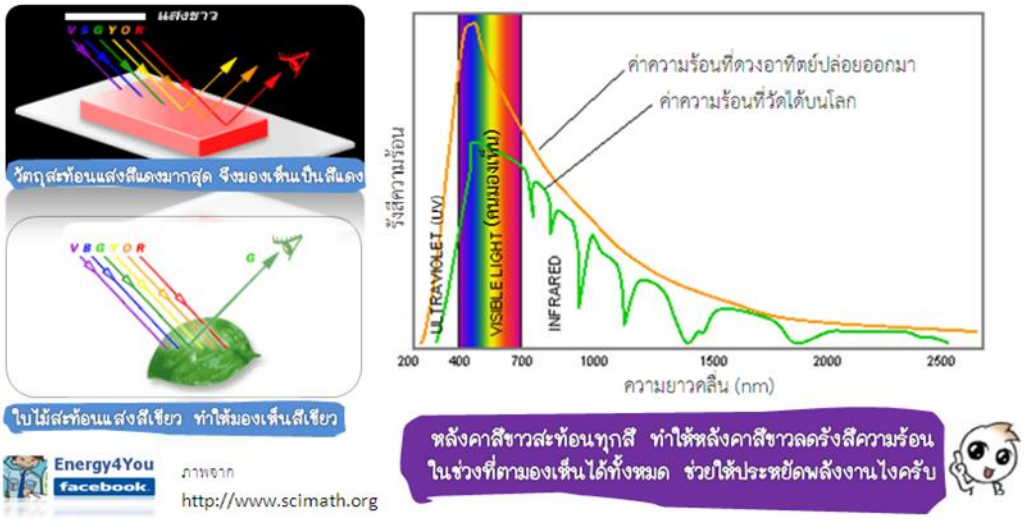
1. การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากหลังคาและฝ้าเพดาน

ภาระความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการนำความร้อนผ่านโครงสร้างหลังคา หลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรงตลอดทั้งวันและมีพื้นที่รับความร้อนขนาดค่อนข้างใหญ่จึงรับความร้อนได้มาก

วัสดุหลังคาแบบดูดซับความร้อนต่ำ จะส่งผลต่ออุณหภูมิและภาระการปรับอากาศของห้องแยกโรคที่น้อยกว่า หลังคากระเบื้องเซรามิกอมความร้อนต่ำกว่าหลังคากระเบื้องคอนกรีต วัสดุที่ทำหลังคาควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ มีค่าความต้านทานสูง (R สูง)



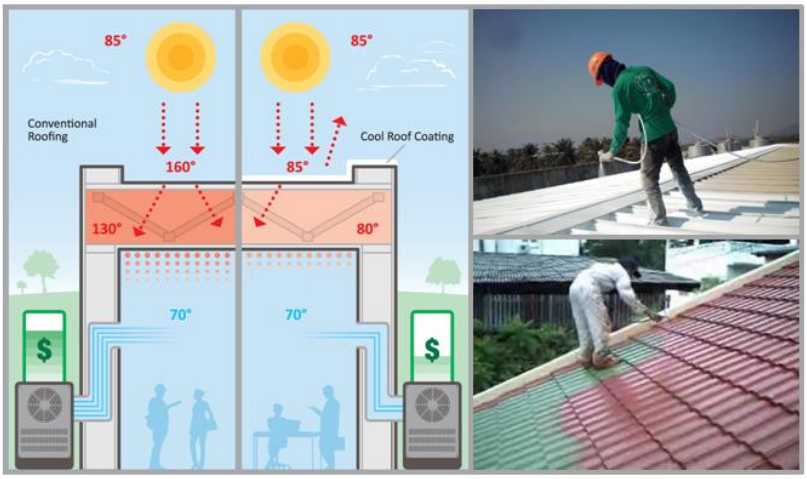
หลังคาที่สีอ่อนจะสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่าหลังคาที่สีเข้ม สียิ่งอ่อนจะช่วยสะท้อนความร้อนได้ดีกว่า



สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์ α

สีผิววัสดุ	สัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีอาทิตย์
วัสดุที่มีผิวสะท้อนแสงและวัสดุที่มีสีขาว	0.3
วัสดุที่มีผิวสีอ่อน	0.5
วัสดุที่มีผิวสีค่อนข้างเข้ม	0.7
วัสดุที่มีผิวสีเข้ม	0.8

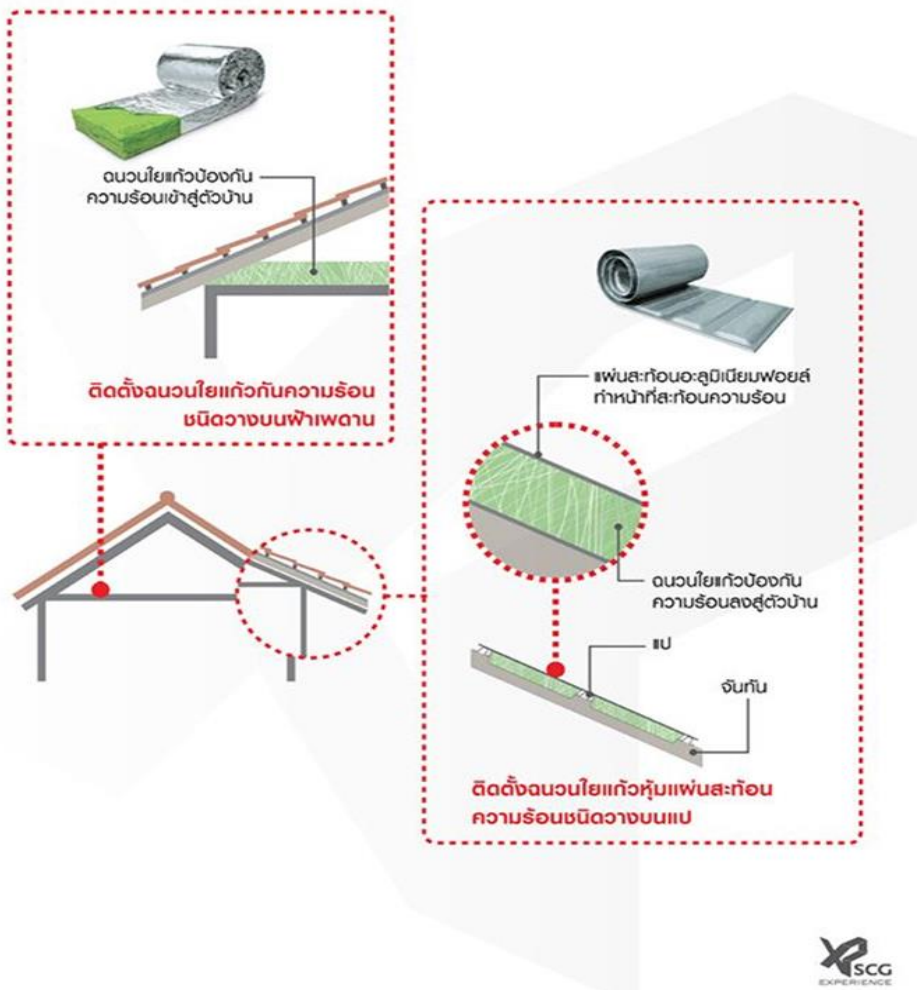
การทำหลังคาเซรามิคโค๊ตติ้ง (Ceramic Coating) เพื่อสะท้อนความร้อน หลังคาที่สีอ่อนจะสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่า

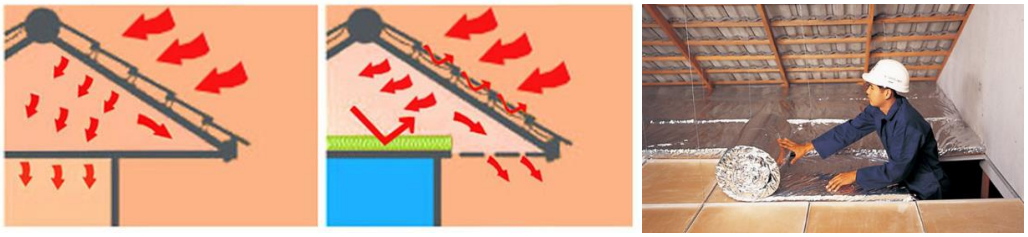


ระยะห่างระหว่างฝ้าเพดานกับหลังคายิ่งมาก การส่งถ่ายความร้อนไปสู่ห้องได้ยาก หลังคาทรงสูงจะระบายความร้อนได้ดีกว่าหลังคาแบบแบนราบ การระบายอากาศบริเวณเหนือฝ้าช่วยป้องกันและลดความร้อนได้ โดยการมีช่องหรือรูระบายอากาศที่ชายคาหรือทำเป็นระแนงหรือช่องหน้าจั่วหรือการทำหลังคาสองชั้นก็จะช่วยระบายความร้อนในส่วนบริเวณเหนือฝ้าใต้หลังคาได้

หลีกเลี่ยงการทำช่องแสงบนหลังคา (skylight) แม้จะเป็นช่องแสงบริเวณอื่นแต่ในหลังคาเดียวกันจะทำให้อากาศเหนือฝ้ามีอุณหภูมิสูงได้

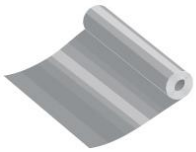
การป้องกันความร้อนไม่ให้ผ่านเข้ามาโดยการเพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับหลังคา โดยคุณสมบัติของตัวฉนวนจะมีค่ากันความร้อนหรือ “ค่า R” สูง (ค่า R จะมากขึ้นตามความหนาฉนวนด้วย ทำให้ค่า R Resistance สูง) โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคารวมถึงการใส่ฉนวนกันร้อนบริเวณหลังคา ไม่ว่าจะเหนือฝ้าเพดานหรือวางแนบขนาบไปกับมุมองศาหลังคา ก็จะช่วยลดความร้อนที่จะผ่านลงมาสู่ภายในห้องแยกโรคได้


ฉนวนใยแก้วป้องกัน
ความร้อนเข้าสู่ตัวบ้าน
ติดตั้งฉนวนใยแก้วกันความร้อน
ชนิดวางบนฝ้าเพดาน
แผ่นสะท้อนอะลูมิเนียมฟอยล์
ทำหน้าที่สะท้อนความร้อน
ฉนวนใยแก้วป้องกัน
ความร้อนลงสู่ตัวบ้าน
แป
จันทัน
ติดตั้งฉนวนใยแก้วหุ้มแผ่นสะท้อน
ความร้อนชนิดวางบนแป

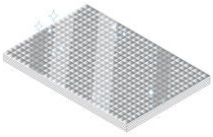


หลังคากระเบื้อง
ไม่มีฉนวน
มีฉนวน

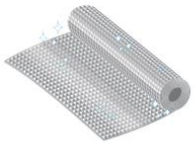
ฉนวนกันความร้อนแบบแผ่น



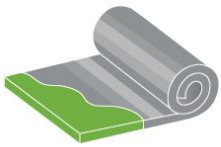
อะลูมิเนียมฟอยล์
(Aluminium Foil)



โพลีเอธิลีนโฟม
(Polyethylene Foam)



Air Bubble

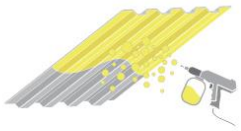


ใยแก้ว
(Fiber Glass)

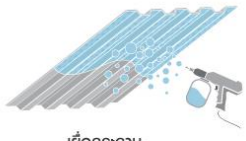
Copyright @ SCG Building Materials 2016

ฉนวนกันความร้อนแบบพ่น

สีสะท้อนความร้อน
(Ceramic Coating)



โพลียูริเทนโฟม
(Rigid Polyurethane Foam)

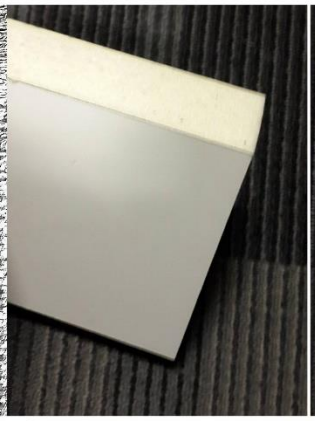


เยื่อกระดาษ
(Cellulose)

Copyright @ SCG Building Materials 2016

ฉนวนกันความร้อนโพลีเอธิลีนโฟมแบบแผ่น
ติดตั้งใต้หลังคาเมทัลชีท

ฉนวนกันความร้อนโพลีเอธิลีนโฟม
ติดตั้งพร้อมแผ่นอะลูมิเนียม



ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass)
หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ติดตั้งบนหลังคา

ฉนวนกันความร้อนแบบพ่น
โพลียูริเทนโฟมที่ฝ้าเพดาน

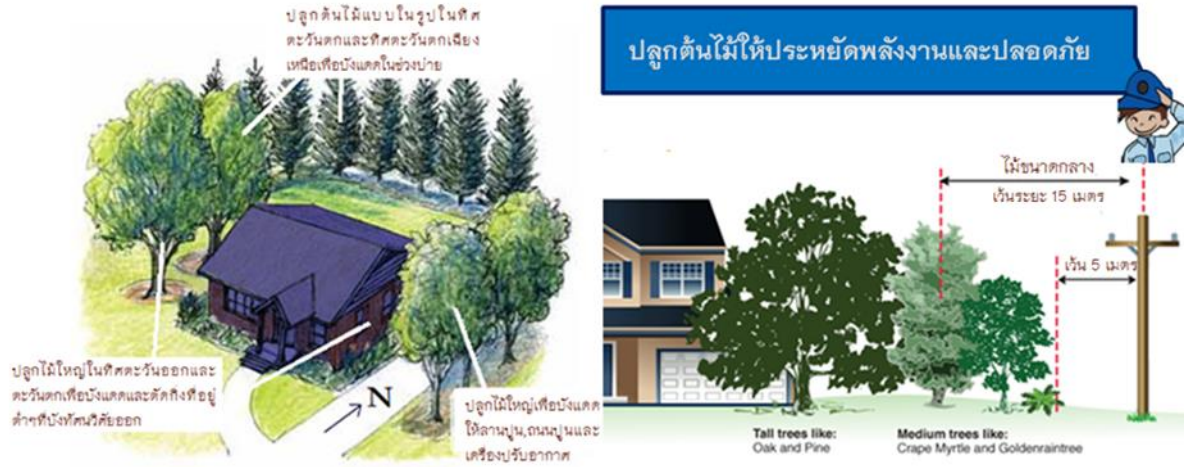
2. การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากผนังภายนอก

ภาระความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากการนำความร้อนผ่านผนังภายนอก การลดความร้อนที่ผนังภายนอกของห้องแยกโรคนั้น นับเป็นอีกหนึ่งในองค์ประกอบของการทำให้อุณหภูมิต่ำลงและประหยัดพลังงาน สำหรับประเทศไทยนั้นเป็นเมืองร้อนโดยหลักแล้วการทำให้ผนังร้อนน้อยลงมีอยู่ 2 วิธี

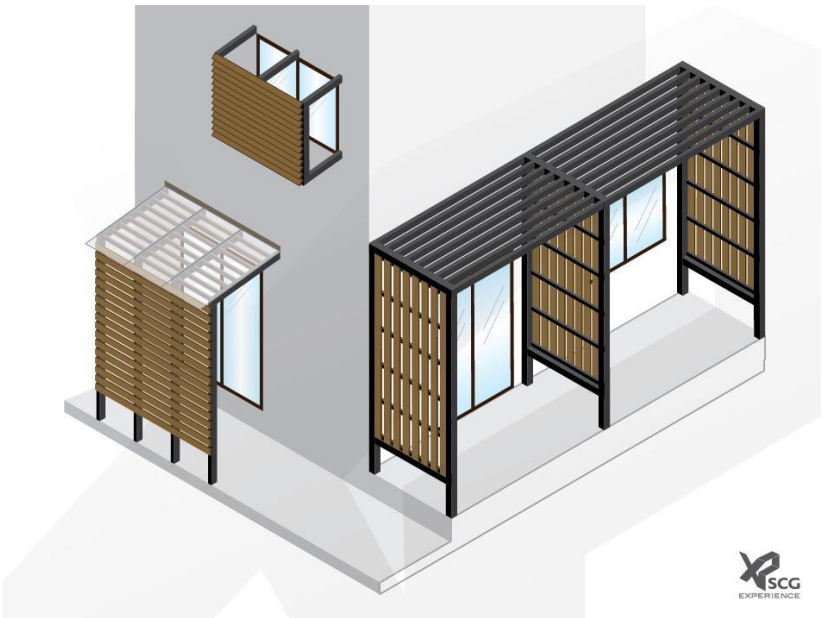
วิธีที่ ๑ คือ ปกป้องผนังจากแสงแดด

วิธีที่ ๒ คือ ทำให้ผนังกันความร้อนได้มากขึ้น

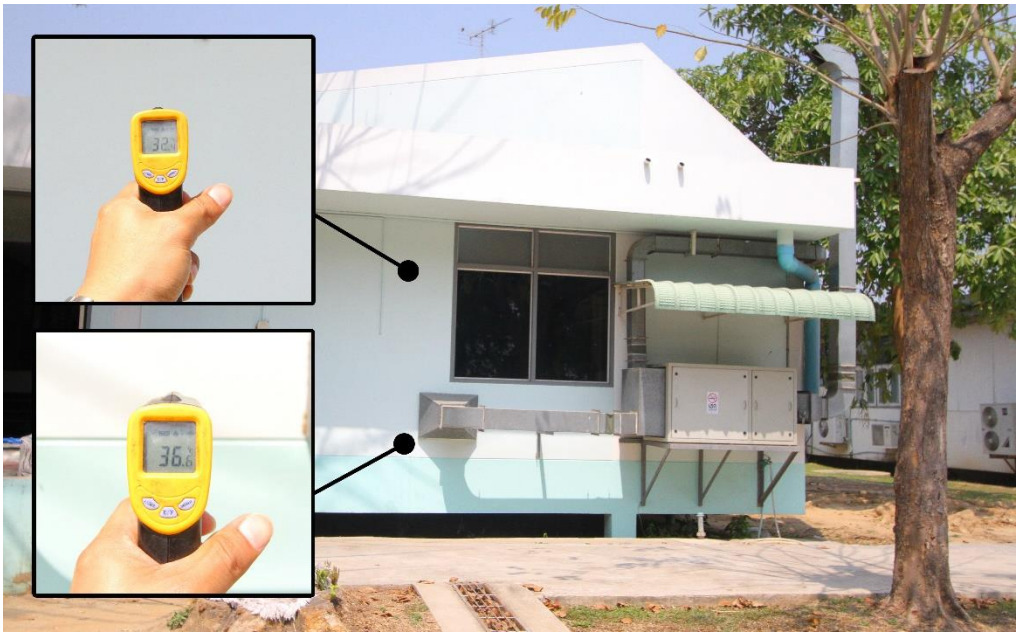
การปกป้องผนังจากแสงแดด ทำได้โดยสร้างร่มเงาเพิ่ม ไม่ว่าจะเป็นการปลูกต้นไม้ ติดตั้งหลังคากันสาด แผงบังแดด ระแนงกันแดด เป็นต้น



ภาพ : แสดงการปลูกต้นไม้เพื่อให้ได้ร่มเงาปกป้องผนังจากแสงแดด

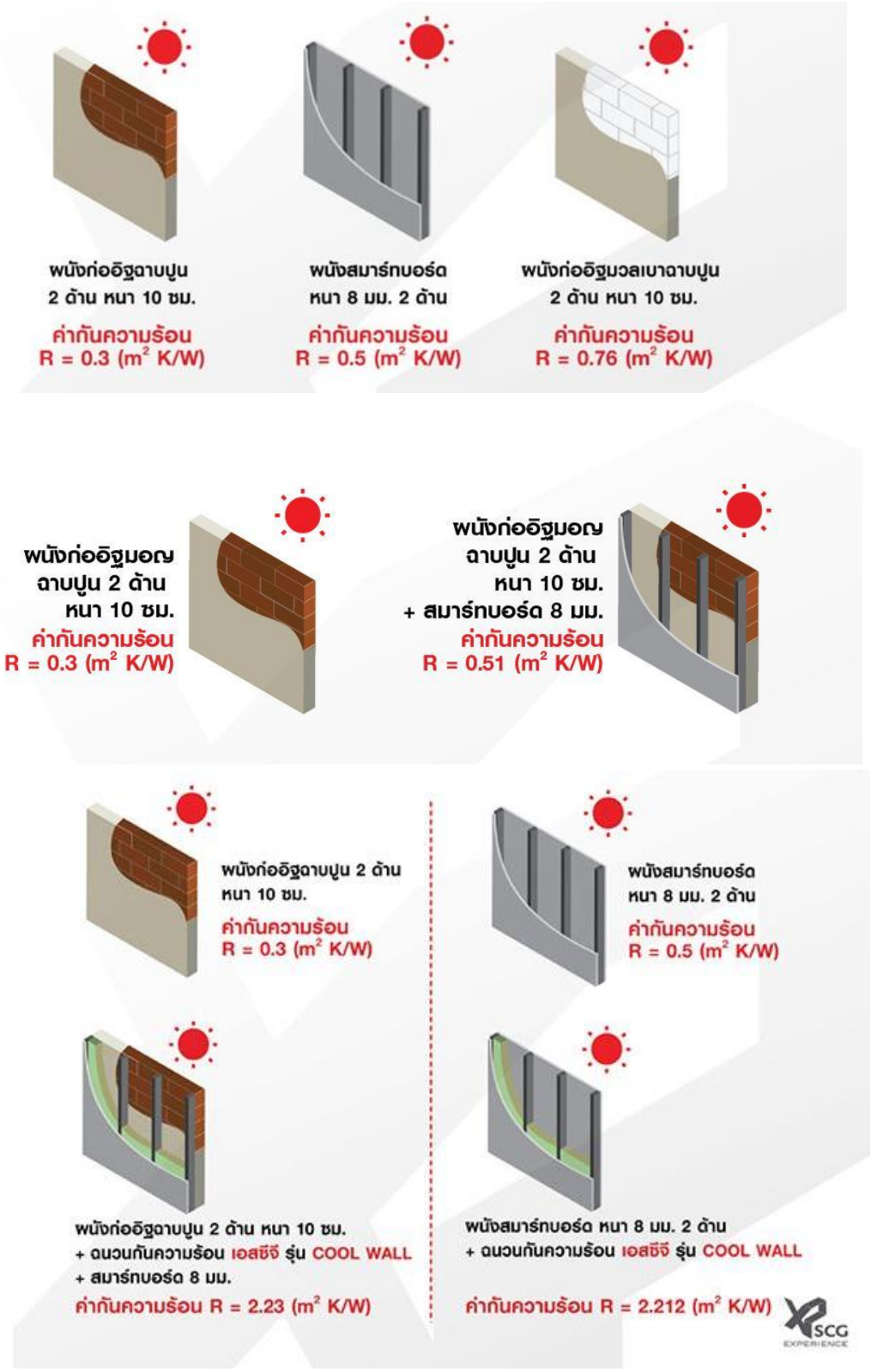


ภาพ: แสดงแผงบังแดด ระแนงกันแดด เพื่อป้องกันผนังจากแสงแดด



หลังคาป้องกันความร้อน	ต้นไม้ป้องกันความร้อน	ระแนงป้องกันความร้อน

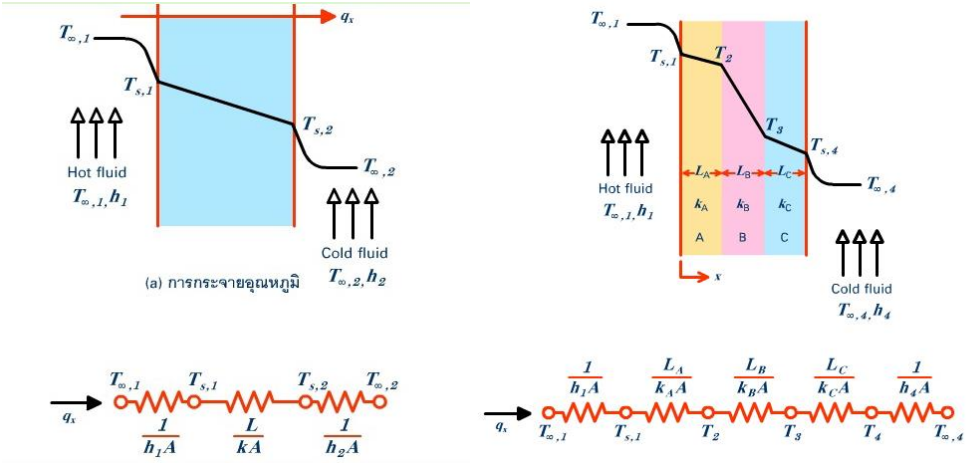
ทำให้ผนังกันความร้อนได้มากขึ้น โดยทางทฤษฎีก็คือ การเพิ่ม “ค่ากันความร้อน” ให้กับผนัง ซึ่งจะทำให้ความร้อนผ่านผนังเข้ามาในบ้านได้น้อยลง ค่ากันความร้อนของวัสดุจะวัดเป็นตัวเลขได้ในรูปของ ค่า R (มีหน่วยเป็น m2K/W) โดยค่า R ยิ่งสูงยิ่งกันความร้อนได้มาก



ภาพ : แสดงค่า R ของระบบผนังต่างๆ

จากทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนผนังราบ (The plane wall)

ผนังกั้นระหว่างของไหลที่มีอุณหภูมิต่างกัน กรณีนี้จะมีความร้อนถ่ายเทโดยการพาความร้อนจากของไหลที่ร้อน (อุณหภูมิ$T_{\infty 1}$) ไปยังผิวของแผ่นซึ่งมีอุณหภูมิT_{s1} มีการนำความร้อนภายในผนังจากด้านที่มีอุณหภูมิสูงไปยังที่มีอุณหภูมิต่ำและมีการพาความร้อนจากผิวอีกด้านหนึ่งของผนังซึ่งมีอุณหภูมิ T_{s2} ไปยังของไหลที่เย็นกว่าที่อุณหภูมิ $T_{\infty 2}$



การนำความร้อน Conduction $q = \frac{KA}{L}(T_{s1} - T_{s2})$

การพาความร้อน Convection $q = hA(T_{s-T_{\infty}})$

การถ่ายเทความร้อนผนังราบ $q = \frac{1}{(\frac{1}{h_1}+\frac{L}{K}+\frac{1}{h_2})} A\,(T_{\infty 1} - T_{\infty 2})$

$$q = U\,A\,(T_{\infty 1} - T_{\infty 2})$$

การถ่ายเทความร้อนผนังราบหลายชั้น (The Composite Wall)

การกระจายอุณหภูมิในแต่ละชั้นจะเป็นเช่นเดียวกัน และอัตราการนำความร้อนในแต่ละผนังจะเป็นค่าคงที่ การเขียนสมการดุลพลังงานที่แต่ละผิวสัมผัสพบว่าอัตราการนำความร้อนมีค่าเท่ากันทั้งระบบ และวงจรความร้อนสำหรับผนังนี้จึงประกอบด้วยเป็นความต้านทานความร้อนต่อกันแบบอนุกรม ซึ่งค่าของมันขึ้นอยู่กับชั้นของวัสดุต่างชนิด ทิศทางความร้อนไหลจากที่อุณหภูมิสูงไปยังที่อุณหภูมิต่ำ

$$q = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\sum Rt}$$

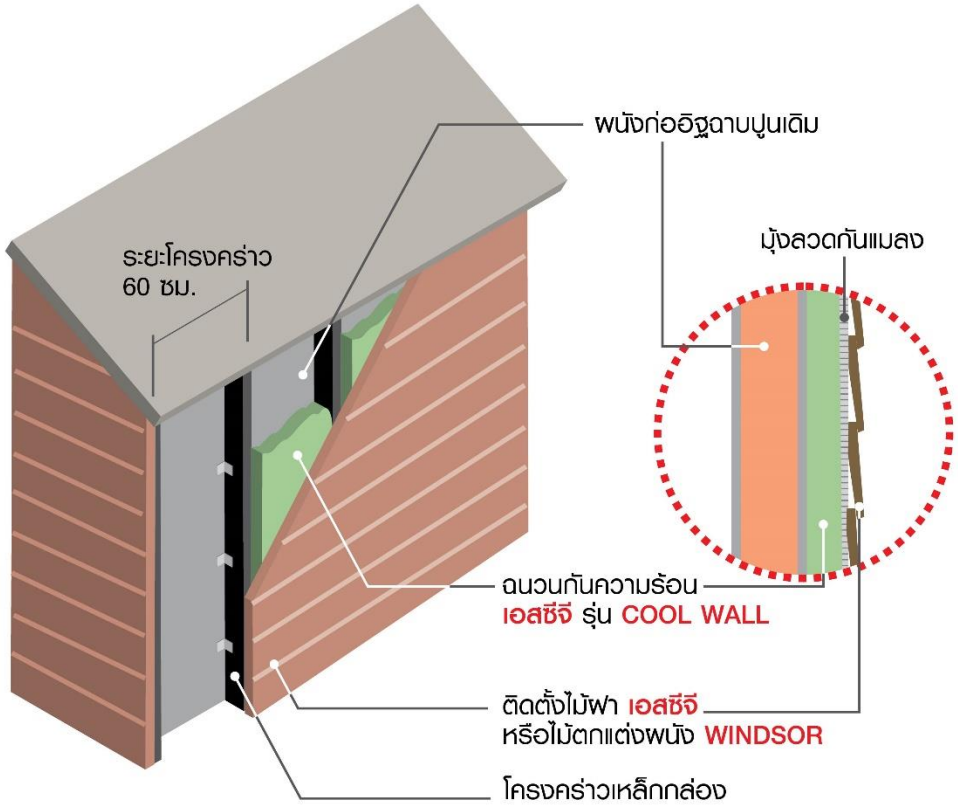
$$q = \frac{1}{(\frac{1}{h_1}+\frac{L_A}{k_A}+\frac{L_B}{k_B}+\frac{L_C}{k_C}+\frac{1}{h_2})} A\,(T_{\infty 1} - T_{\infty 4})$$

$$q = U\,A\,(T_{\infty 1} - T_{\infty 4})$$

จากทฤษฎีและหลักการดังกล่าว ทำให้ทราบว่า การส่งถ่ายความร้อนระหว่างผนัง กรณีที่มีหลายๆชั้นโดยการเพิ่มฉนวนกันความร้อน ถ้ามีจำนวนชั้นที่เพิ่มขึ้น มีความหนาที่มากขึ้น และมีความต้านทานความร้อนจากตัวกลางหลายๆชั้น ทำให้การส่งถ่ายความร้อนจากอากาศภายนอกไปยังห้องแยกโรคได้น้อยลง การติดตั้งฉนวนกันความร้อนหรือผนังหลายชั้น ป้องกันความร้อนเข้าสู่ห้องแยกโรคได้

แนวทางในการเพิ่มค่าการป้องกันความร้อนให้กับผนังที่เป็นก่ออิฐฉาบปูน โดยการติดตั้งฉนวนกันความร้อนไว้ที่ผนัง โดยมีขั้นตอนคือการตีโครงคร่าวเหล็กกล่องบนผนัง แล้วนำฉนวนกันความร้อนติดตั้งระหว่างช่องโครงคร่าว จากนั้นปิดทับด้วยวัสดุแผ่นอย่างแผ่นยิปซั่ม แผ่นไฟเบอร์ซีเมนต์ แผ่นไม้อัดซีเมนต์

การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังนั้น จะติดตั้งไว้ฝั่งภายนอกหรือภายในก็ได้ หากเลือกติดตั้งฝั่งภายใน ความหนาของฉนวนและวัสดุปิดทับจะทำให้พื้นที่ภายในลดลง แต่ก็มีข้อดีคือ สามารถเลือกใช้วัสดุปิดทับได้หลากหลายกว่าการติดตั้งฉนวนไว้ภายนอกซึ่งมีข้อจำกัดเรื่องวัสดุปิดทับที่ต้องทนแดดทนฝน และยังต้องป้องกันไม่ให้น้ำรั่วไหลเข้าไปในผนังด้วย



ภาพตัวอย่าง: การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกและปิดทับด้วยวัสดุปิดทับ

การลดความร้อนจากผนังโดยเฉพาะด้านที่โดนแดดแรง ทำการปกป้องผนังจากแสงแดดโดยการอาจปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาหรือทำระแนงบังแดด และทำให้ผนังกันความร้อนได้มากขึ้น โดยการทำเป็นผนังทึบด้วยวัสดุที่มีค่าความต้านทานความร้อนสูง ไม่อมความร้อน อาจติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพิ่มเติม

ภาพตัวอย่าง : การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านใน

การทาสีผนังโทนเย็นสีขาวหรือสีครีมเพื่อสะท้อนความร้อน สีอ่อนจะสะท้อนรังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ดีกว่า

ทาสีผนังโทนเย็นสีขาวหรือสีครีม

3. การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากผนังภายใน ผนังระหว่างห้อง พื้นห้อง

ภาระความร้อนที่ไหลจากห้องข้างเคียง (ภายในอาคาร) เช่นจากห้องข้างๆ ห้องพิเศษ, ห้อง Ante Room, ส่งถ่ายความร้อนผ่านตัวกลาง (ผนัง) เข้าสู่ห้องพักผู้ป่วย Isolate Room

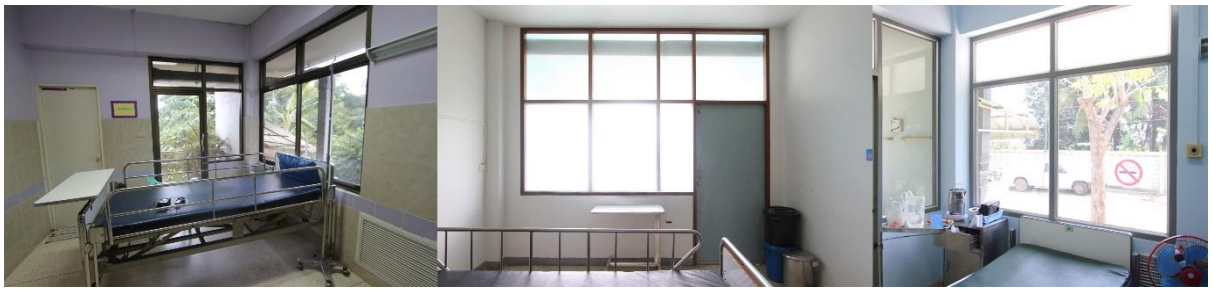
ห้องข้างเคียงเหล่านั้นสามารถส่งถ่ายความร้อนเข้าสู่ห้องผู้ป่วย Isolate Room ได้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว อุณหภูมิห้องข้างเคียงเหล่านั้นมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของห้องพักผู้ป่วย Isolate Room ของห้องแยกโรคเลย จึงประเมินได้ว่าปริมาณความร้อนจากห้องข้างเคียงนั้นไม่มีส่งถ่ายเข้ามายังห้องแยกโรคหรือมีส่งถ่ายเข้ามาน้อย

4. การป้องกันและลดปริมาณความร้อนจากกระจก

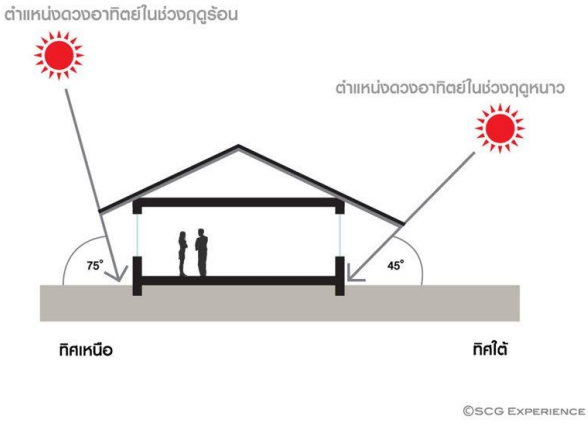
ภาระความร้อนที่เกิดจากพลังงานจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ผ่านวัสดุโปร่งใส กระจก เป็นความร้อนเข้าสู่ภายในห้องแปรเปลี่ยนไปตามเวลา ร่มเงาที่บังกระจก การส่งถ่ายความร้อนแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

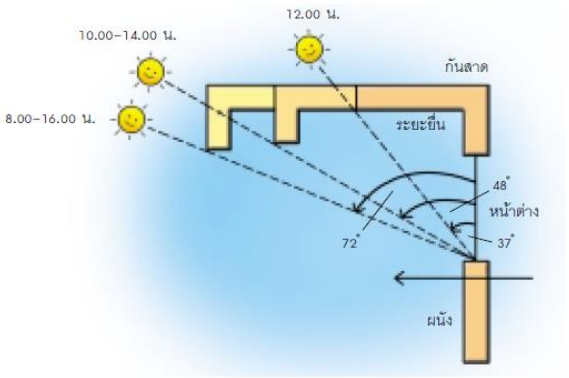
4.1 โดยการนำความร้อนผ่านกระจก

แสงแดดสำหรับช่องหน้าต่างของผนังภายนอกส่วนที่เป็นกระจกก็มีการนำความร้อนผ่านตัวกลางของกระจกเช่นเดียวกันกับผนังและหลังคา แต่กระจกนั้นมีความหนาที่บางกว่าความร้อนสามารถทะลุผ่านเข้าสู่ห้องแยกโรคได้มากจากช่องกระจก



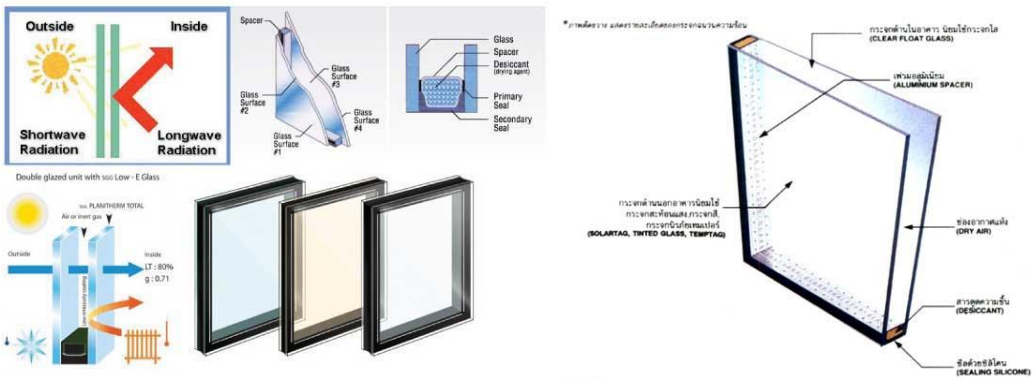
การลดความร้อนจากแสงแดดด้วยการป้องกันโดยเฉพาะในส่วนที่เป็นกระจกไม่ให้ถูกแสงแดดสร้างร่มเงาให้ช่องกระจก ด้วยการปลูกต้นไม้ การทำชายคายื่นไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร ทำกันสาดเหนือช่องกระจก ทำแผงระแนงบังแดด ช่วยป้องกันความร้อนจาก ป้องกันการสะท้อนความร้อนจากภายนอก โดยหลีกเลี่ยงการมีพื้นคอนกรีตที่สะท้อนความร้อนบริเวณกว้างๆใกล้กับตัวกระจกและห้อง เพราะแสงแดดจะสะท้อนเข้ามาได้มากขึ้น


ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในช่วงฤดูร้อน
ตำแหน่งดวงอาทิตย์ในช่วงฤดูหนาว
75°
45°
ทิศเหนือ
ทิศใต้
©SCG Experience


12.00 น.
10.00-14.00 น.
8.00-16.00 น.
กันสาด
ระยะยื่น
48°
หน้าต่าง
72°
37°
ผนัง

สร้างร่มเงาให้ผนัง
ต่อเติมหลังคากันสาด ระแนง
หรือแผงกันแดดตามทิศทางที่เหมาะสม
ทิศตะวันออก
ทิศตะวันตก
ทิศตะวันตก
ทิศใต้
ระยะยื่นชายคา1.5-2 เมตร
ปลูกต้นไม้ช่วยเพิ่มร่มเงา
โดยเว้นระยะ 2-3 เมตร
เพื่อให้ลมพัดผ่าน
SCG
EXPERIENCE

การป้องกันความร้อนโดยการใช้กระจกที่ออกแบบมาเพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน เช่นกระจกฉนวนกันความร้อน Heat Stop และ กระจก Low-E แต่จะมีราคาแพงกว่ากระจกธรรมดา 3 - 4 เท่าเพราะมีความหนากว่าปกติหรือเป็นลักษณะของกระจกที่เป็นกระจกสองชั้นมีช่องว่างระหว่างแผ่นบรรจุก๊าซหรืออากาศแห้งช่วยลดการถ่ายเทความร้อน บางชนิดยังเคลือบสารที่ผิวกระจกเพื่อช่วยสะท้อนความร้อนออกไปและป้องกัน ยูวีได้มาก

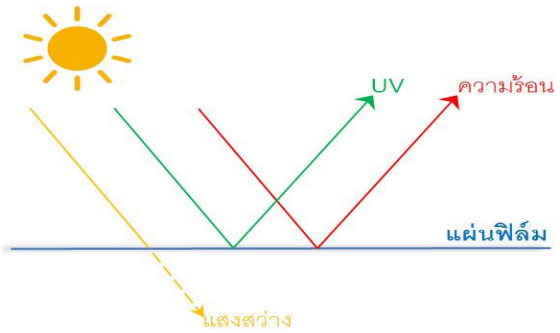


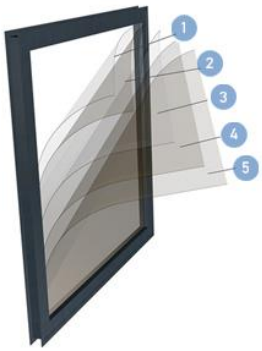
4.2 โดยการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ผ่านกระจก

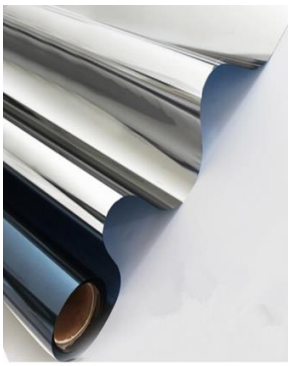
การลดและป้องกันความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ผ่านกระจก สามารถป้องกันได้โดยการติดฟิล์มที่กระจกเพื่อลดรังสีความร้อนที่จะทะลุผ่านตัวกลาง (กระจก) การติดตั้งฟิล์มกรองแสงลดความร้อนฟิล์มที่ดีควรเหนียว ใส เรียบ ยืดหยุ่นน้อย ไม่ดูดซับความชื้น มีความทนทานต่อสภาพอากาศทั้งสูงและต่ำได้เป็นอย่างดี ในเนื้อฟิล์มกรองแสง จะมีวัสดุที่ใช้เพื่อป้องกันความร้อนและรังสียูวี ค่าแสงส่องผ่าน (Visible Light Trasmittance) ค่า VLT สูง สามารถส่องผ่านได้มากทำให้ห้องสว่าง ค่าการสะท้อนของแสง (Visible Light Reflectance) ค่า VLR สูง มีปริมาณปรอทมาก แสงสะท้อนได้มากสามารถลดความร้อนดี ค่าการป้องกันความร้อน (Infrared Light Rejection) ค่า IR สูง สามารถลดความร้อนดี การลดรังสียูวี (UV Rejection) โดยปกติฟิล์มทุกชนิดจะสามารถป้องกัน UV ได้

หลายๆ คนยังเข้าใจผิดๆว่า ฟิล์มที่มีสีเข้มหรือทึบ ช่วยลดความร้อนได้ดี ในความจริงแล้ว สีหรือความทึบของฟิล์มกรองแสงไม่ได้เป็นตัวช่วยลดความร้อน แต่กลับเป็นสารเคลือบตัวอื่นๆ ที่ทำหน้าที่หลักนี้ โดยส่วนประกอบของความร้อนที่เราได้รับนั้นมีสัดส่วนและแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ

ความสว่างของแสง รังสีอินฟาเรด รังสียูวี ฟิล์มกรองแสงที่สามารถลดความร้อนได้ดีควรจะลดรังสีทั้ง 3 ส่วนได้มากๆ



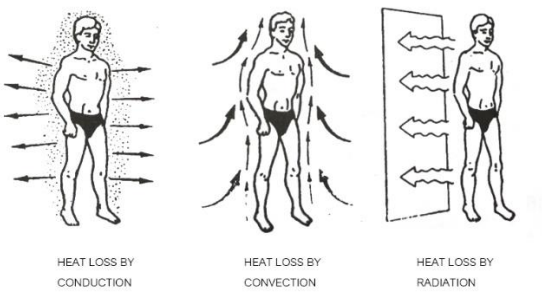




การลดปริมาณความร้อนจากแหล่งความร้อนภายใน

5. การลดปริมาณความร้อนจากคน

ความร้อนจากคน มาจากผู้ป่วย เจ้าหน้าที่ พยาบาลหรือญาติผู้ป่วยที่เข้าไปในห้องแยกโรค เป็นปริมาณความร้อนที่มนุษย์คายความร้อนออกมาในรูปของความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง ปริมาณความร้อนจากบุคคลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องได้แก่ จำนวนคนที่อยู่ภายในห้องแยกโรค ความร้อนสัมผัส (sensible heat gain) ความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสสารที่ค่ายความร้อนออกจากตัวบุคคล ความร้อนแผง (Latent heat gain) คือความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะเช่นการระเหยของเหงื่อ โดยอัตราการคายความร้อนนั้นจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาและกิจกรรมที่บุคคลกำลังดำเนินอยู่



ความร้อนจากบุคคลหรือผู้ป่วยที่เกิดขึ้นภายในห้องแยกโรคนั้น ไม่สามารถควบคุมหรือลดปริมาณความร้อนได้เหมือนกับปริมาณความร้อนที่มาจากภายนอก

6. การลดปริมาณความร้อนจากไฟแสงสว่าง

ความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างเกิดขึ้นจากการที่ในห้องแยกโรคมีการใช้งานไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งขณะทำงานอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างจะมีการคายความร้อนออกมา ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนรูปของพลังงานจากพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงสว่างออกมาสู่ห้องแยกโรค ความร้อนจากหลอดไฟจะถ่ายเทให้กับห้องด้วยความร้อนจากไฟส่องสว่าง (lighting heat) เป็นภาระทางความร้อนเช่นกัน

ปริมาณความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างขึ้นอยู่กับอัตราการสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าของไฟฟ้าแสงสว่าง (input rating from electrical plans or lighting fixture data คือการสูญเสียและสิ้นเปลืองกำลังไฟฟ้าจากการทำงานของไฟฟ้าแสงสว่าง ระดับความสว่าง (lux) ชนิดของไฟฟ้าแสงสว่าง จำนวน ประสิทธิภาพของไฟฟ้าแสงสว่าง เวลาในการเปิด ระยะเวลาในการใช้งาน ตำแหน่ง การติดตั้ง การใช้หลอดไฟ LED มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแต่ก็มีความคุ้มค่าในระยะยาว มีการคายความร้อนที่น้อยกว่า อุณหภูมิต่ำกว่า ช่วยลดภาระการปรับอากาศและประหยัดพลังงานกว่า

หลอด E27	LED BL-7.8W	หลอดตะเกียบ	หลอดไส้
อัตราการกินไฟ (วัตต์)	7.8w	18w	60w
ประสิทธิภาพความสว่าง (Lumen/watt)	~72 lm / w	~50 lm / w	~15 lm / w
อายุการใช้งาน	>50,000 ชม.	8,000 ชม.	1,000 ชม.
อัตราการเสื่อม ตามจำนวนการ ปิด/เปิด	ไม่มี	มี	ไม่มี
วัสดุ/ความทนทาน	แก้ว/อลูมีเนียม	แก้ว	แก้ว
การแผ่ความร้อน	น้อย	ปานกลาง	มาก
ส่วนประกอบของสารพิษ	ไม่มี	สารปรอท	ทังสเตน
อัตราการกินไฟ (วัตต์)	7.8w	18w	60w

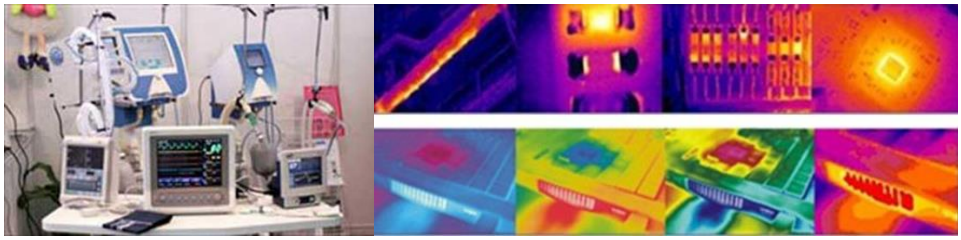
T8 60cm. Day light	LED T8-5W	ฟูออเรสเซนต์T8
อัตราการกินไฟ (วัตต์)	5w	18w
ประสิทธิภาพความสว่าง (Lumen/watt)	~100 lm / w	~63 lm / w
อายุการใช้งาน	>50,000 ชม.	8,000 ชม.
อัตราการเสื่อม ตามจำนวนการ ปิด/เปิด	ไม่มี	มี
วัสดุ/ความทนทาน	แก้ว	แก้ว
การแผ่ความร้อน	น้อย	ปานกลาง
ส่วนประกอบของสารพิษ	ไม่มี	สารปรอท
บัลลาสต์ / สตาร์ทเตอร์ (กินไฟ ~10w)	ไม่ต้องใช้	ใช้ (+10w)

การเปลี่ยนมาใช้หลอดไฟแสงสว่างที่มีการแผ่ความร้อนต่ำช่วยลดการคายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้องได้

7. การลดปริมาณความร้อนจากเครื่องมืออุปกรณ์

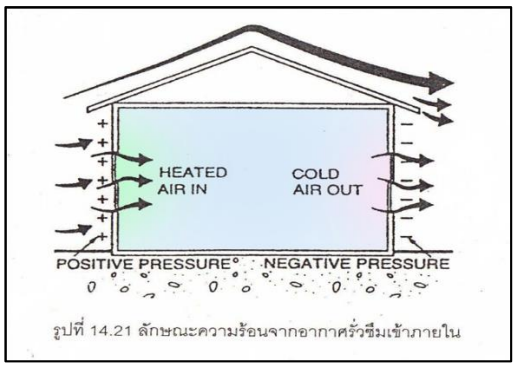
ความร้อนจากเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือเครื่องมือแพทย์ เกิดขึ้นจากการที่เครื่องมือและอุปกรณ์ขณะใช้งานจะมีการคายความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงออกมา ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนรูปของพลังงานออกมา

สู่บรรยากาศรอบข้าง อาทิเช่น เครื่องมือแพทย์ อุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ปริมาณความร้อนของแต่ละเครื่องคายความร้อนออกมาที่แตกต่างกัน ไม่สามารถควบคุมได้ อีกทั้งเครื่องมือต่างๆที่นำเข้าไปใช้ในห้องแยกโรคเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็น จึงไม่สามารถลดปริมาณความร้อนในส่วนนี้ได้นัก

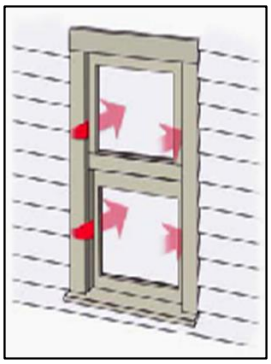


8. การลดปริมาณความร้อนจากจากอากาศภายนอกอากาศรั่วซึม

ในสภาวะปกติ ห้องแยกโรคจะถูกควบคุมไม่ให้อากาศรั่วซึมหรือไหลเข้าออกได้โดยอิสระ อากาศที่เข้ามาผ่านรอยรั่วหรือรอยแตกแยกต่างๆนั้นแทรกซึมเข้ามา เช่น บริเวณขอบของวงกบประตู หน้าต่าง จะนำพาความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงเข้ามาด้วย รูเจาะหรือรูรั่วต่างๆจะนำความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงจากภายนอกเข้ามา การแก้ไขและป้องกันโดยการซีลอุดรอยรั่วของอากาศบริเวณขอบประตู ขอบหน้าต่าง หรือบริเวณส่วนต่างๆของห้องให้มีน้อยที่สุดหรือไม่มีรอยรั่วเลย เพื่อเป็นการควบคุมความดันแล้วยังเป็นการป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องแยกโรค



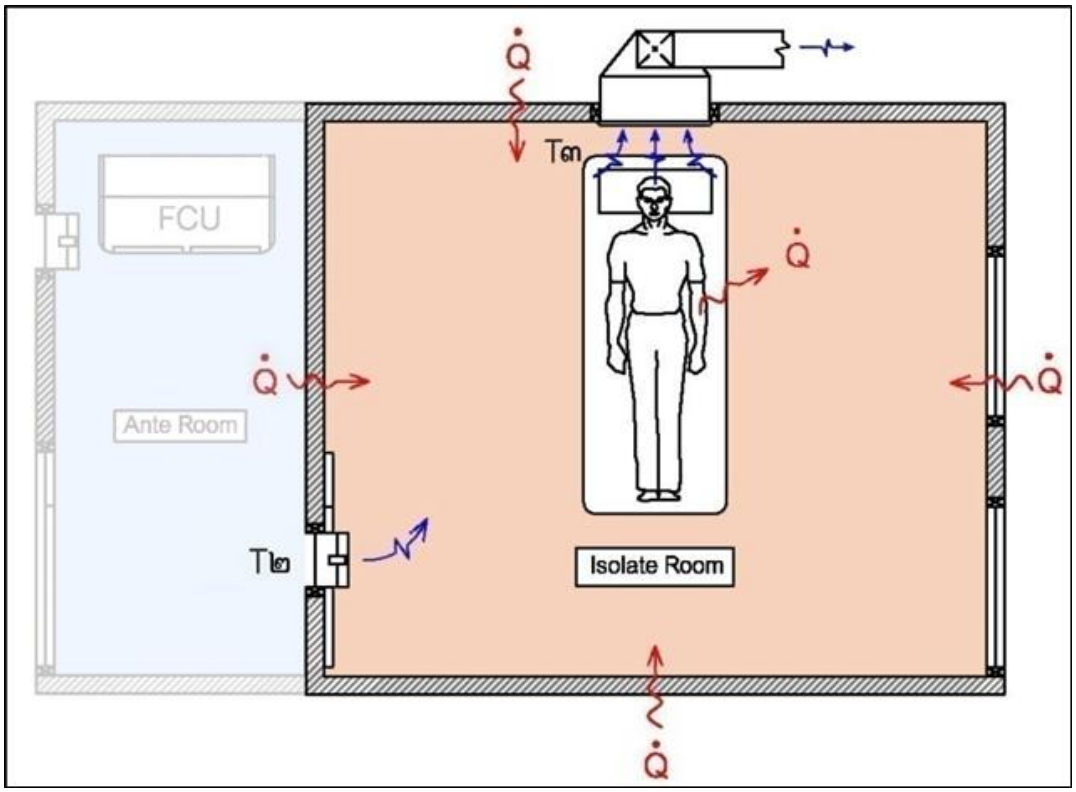
รูปที่ 14.21 ลักษณะความร้อนจากอากาศรั่วซึมเข้าภายใน



ความร้อนของห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชน

ในส่วนของห้องแยกโรคโรงพยาบาลชุมชนนั้น ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) นั้นมีความร้อนที่เกิดขึ้นจากความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง และ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการส่งถ่ายความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในห้อง

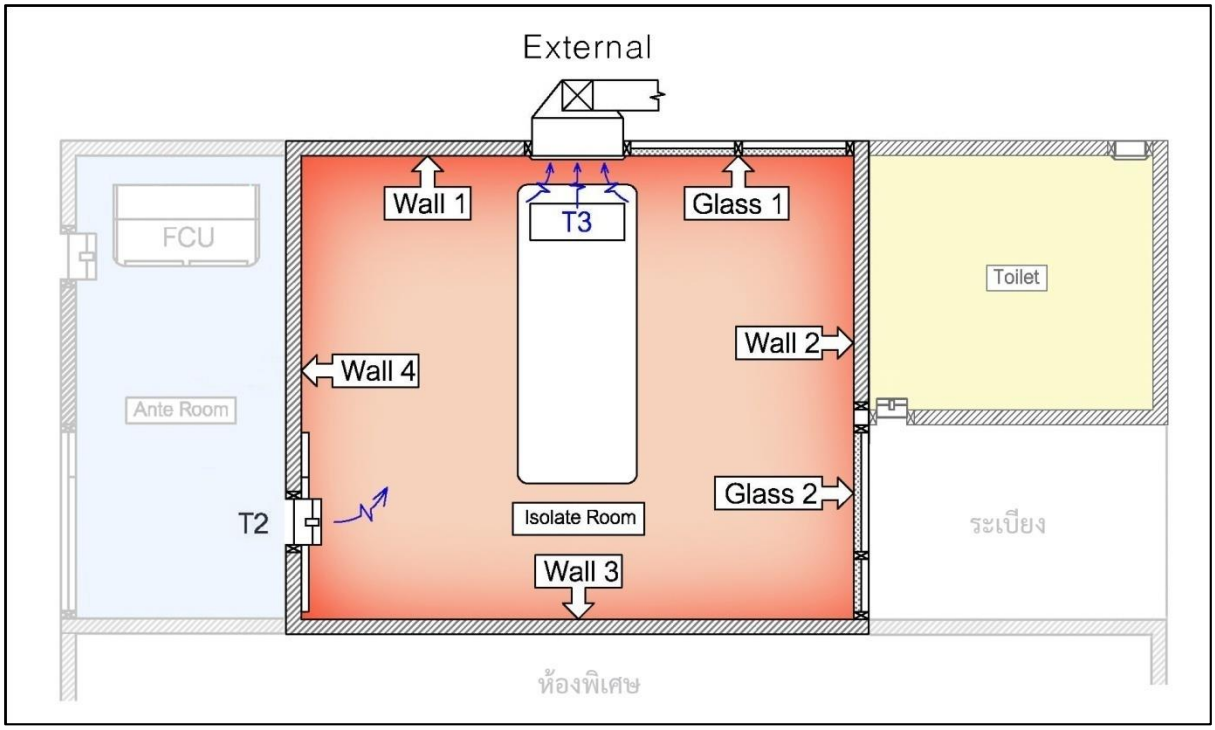
ด้วยข้อจำกัดการป้องกันการติดเชื้อ การควบคุมการไหล การกรองอากาศ และการสร้างความดันลบ (Negative Pressure) ของแยกโรค ห้องพักผู้ป่วย (Isolate Room) ระบบพื้นฐานที่ราคาไม่สูงนักของโรงพยาบาลชุมชนจึงไม่มีเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งเพื่อดึงความร้อนที่เกิดขึ้นออกโดยตรง มีแต่การไหลผ่านของอากาศจากห้อง Ante Room เข้ามาและไหลออกไปบริเวณหัวเตียงผู้ป่วย



ความร้อนภายในจากคนไข้ เจ้าหน้าที่ พยาบาล ความร้อนจากเครื่องมือแพทย์และอุปกรณ์ต่างๆ เป็นความร้อนที่เราควบคุมหรือลดปริมาณได้ยาก แต่ในส่วนของความร้อนจากภายนอก เป็นสิ่งที่เราสามารถป้องกันหรือลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาภายในห้องผู้ป่วยได้

จากการศึกษาและเก็บข้อมูลอุณหภูมิผิวภายในของห้องแยกโรคบริเวณผนัง ฝ้า พื้น ช่องกระจกต่างๆ พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเกิดขึ้นที่ฝ้า รองลงมาคือกระจกที่ผนังภายนอก, กระจกที่ผนังฝั่งห้องน้ำ, ผนังภายนอก, ผนังฝั่งห้องน้ำ, ผนังภายใน, พื้น และ ฝั่งฝั่งห้อง Ante Room ตามลำดับ

อุณหภูมิที่ผิวผนัง ฝ้าและพื้นในห้องผู้ป่วย Isolate Room



ที่	โรงพยาบาล	อุณหภูมิฝ้าสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Glass ๑ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Glass ๒ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Wall ๑ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Wall ๒ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Wall๓ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่ผิวภายใน Wall๔ สูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)	อุณหภูมิที่พื้นสูงกว่าอุณหภูมิห้อง (°C)
๑	โรงพยาบาล ๑	๒.๕	๖.๕	๕.๔	๕	๑.๖	๑.๖	๐.๙	๑
๒	โรงพยาบาล ๒	๓.๓	๑.๖	๑.๓	๐.๘	๐.๖	๑.๑	-๐.๕	๐.๓
๓	โรงพยาบาล ๓	๓	๒	๑.๘	๑.๕	๑.๔	๑.๑	๐.๗	๑.๔
๔	โรงพยาบาล ๔	๙	๖.๘	๕.๔	๑.๕	๐.๕	๐.๕	-๐.๖	-๐.๘
๕	โรงพยาบาล ๕	๓.๒	๒.๒	๐.๕	๐.๙	-๐.๒	-๐.๒	-๑.๑	-๐.๗
๖	โรงพยาบาล ๖	๘.๓	๖.๙	๕.๗	๓.๕	๑.๘	๓	๐.๓	๐.๓
๗	โรงพยาบาล ๗	๔.๖	๑.๗	๐.๘	๑.๔	๑	-๐.๗	-๐.๘	-๑.๘
๘	โรงพยาบาล ๘	๗.๖	๗.๕	๕.๙	๖.๔	๖.๒	๔.๙	๑.๖	๔.๖
๙	โรงพยาบาล ๙	๒.๖	๓.๘	๑.๘	๒.๖	๓.๕	๑.๘	๑	๑.๙
๑๐	โรงพยาบาล ๑๐	๘.๓	๕.๙	๔.๒	๕.๕	๔.๕	๔	๕.๑	๓.๓
ค่าเฉลี่ย		๕.๒๔	๔.๔๙	๓.๒๘	๒.๙๑	๒.๐๙	๑.๗๑	๐.๖๖	๐.๙๕

หมายเหตุ ค่าที่เป็น (+) หมายถึงอุณหภูมิผิวสูงกว่าอุณหภูมิห้อง
ค่าที่เป็น (-) หมายถึงอุณหภูมิผิวต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง

ความร้อนที่เกิดจากสภาวะแวดล้อมภายนอกห้องที่ส่งถ่ายเข้ามาภายในห้องนั้นสามารถควบคุมและลดปริมาณได้อีก ควรพิจารณาเลือกป้องกันและลดปริมาณความร้อนที่เข้ามาสูงสุดเป็นลำดับแรกๆ เช่น บริเวณ ฝ้าเพดาน กระจกฝั่งผนังภายนอก, กระจกฝั่งผนังด้านห้องน้ำ, ผนังภายนอก, ผนังภายในด้านห้องน้ำ, ผนังภายในด้านห้องพิเศษข้างเคียง, ที่พื้น และ ที่ผนังภายในด้านห้อง Ante Room เพื่อป้องกันและลดความร้อนจากภายนอกส่งผลกระทบต่ออุณหภูมิภายในห้องแยกโรคต่อไป

แนวทางการป้องกันหรือลดความร้อนเข้าสู่ห้องแยกโรค

1. ลดหรือป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านหลังคาและฝ้า เช่น การปูฉนวนกันความร้อนบนฝ้าเพดาน, การใช้หลังคาที่มีฉนวนกันความร้อน, การติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อน, การพ่นหรือทำเซรามิคโค๊ตติ้ง (Ceramic Coating), การทำหลังคาสีอ่อน, การทำช่องระบายอากาศร้อนบริเวณใต้หลังคา

2. ลดหรือป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายนอก เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อนที่ผนัง, การทำระแนงหรือหลังคาบังแดด, การลดพื้นที่คอนกรีตปูนรอบข้างที่สะท้อนและอมความร้อนเปลี่ยนมาปูหญ้าหรือปูบล็อกซับความร้อน, ทาสีผนังโทนเย็นสีขาวหรือสีครีม ปลูกต้นไม้ให้ร่มเงาบังแดดผนัง

3. ลดหรือป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังภายใน ผนังระหว่างห้อง พื้นห้อง เช่น การติดตั้งฉนวนกันความร้อนหรือลดอุณหภูมิอากาศห้องข้างเคียง

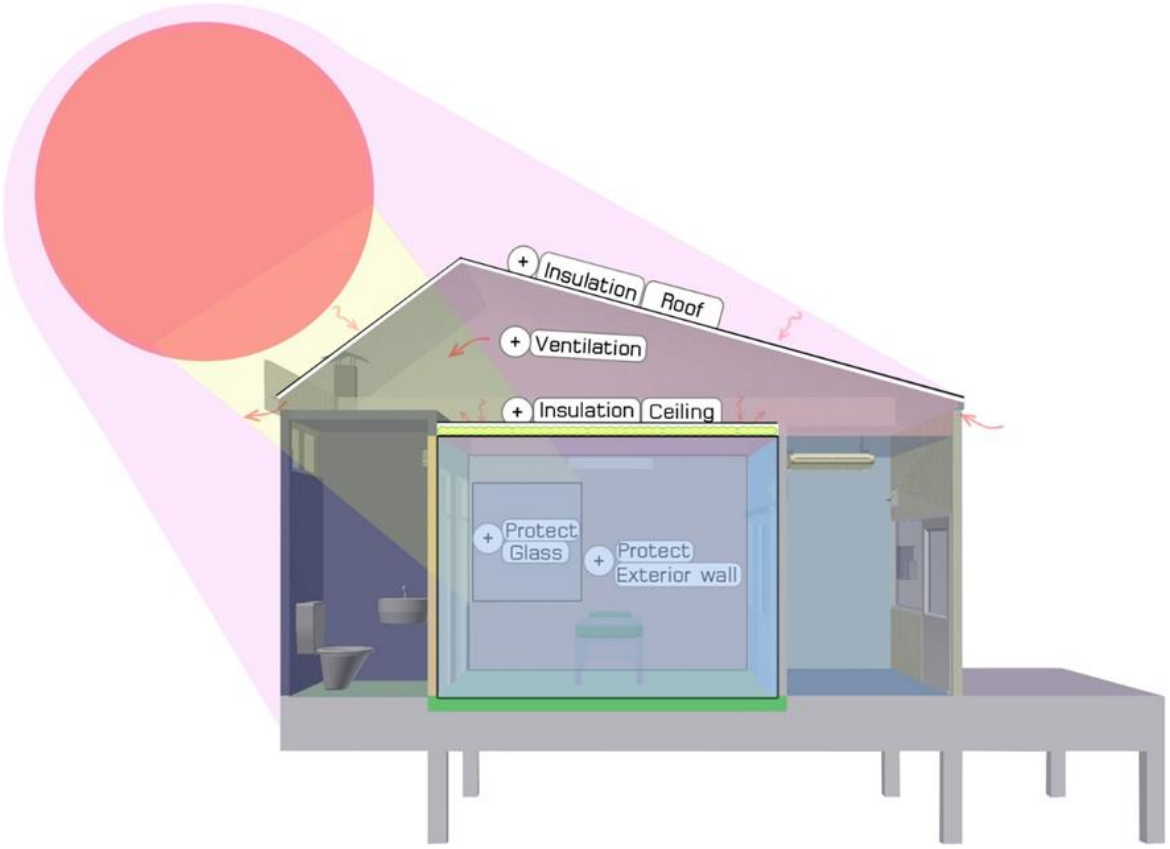
4. ลดหรือป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทหรือทะลุผ่านกระจก เช่น ติดตั้งฟิล์มกรองแสงสะท้อนความร้อนหรือติดตั้งกระจกฉนวนกันความร้อน การทำระแนง หลังคา หรือต้นไม้บังแดดกระจก

5. ลดปริมาณความร้อนจากคน เช่น ลดจำนวนคนที่เข้าไปในห้อง

6. ลดปริมาณการคายความร้อนจากไฟแสงสว่าง เช่น การเปลี่ยนใช้หลอดไฟที่คายความร้อนน้อยเช่น หลอด LED

7. ลดความร้อนจากอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ เครื่องมือแพทย์ เช่น ถอดปลั๊กไฟ เลือกใช้เครื่องมือเครื่องใช้เท่าที่จำเป็น ไม่เลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่มีการระบายความร้อนออกมามาก

8. ความร้อนจากการระบายอากาศ จากอากาศภายนอก อากาศรั่วซึม เช่น ติดตั้งซีลยางลดรูรั่วจากอากาศ

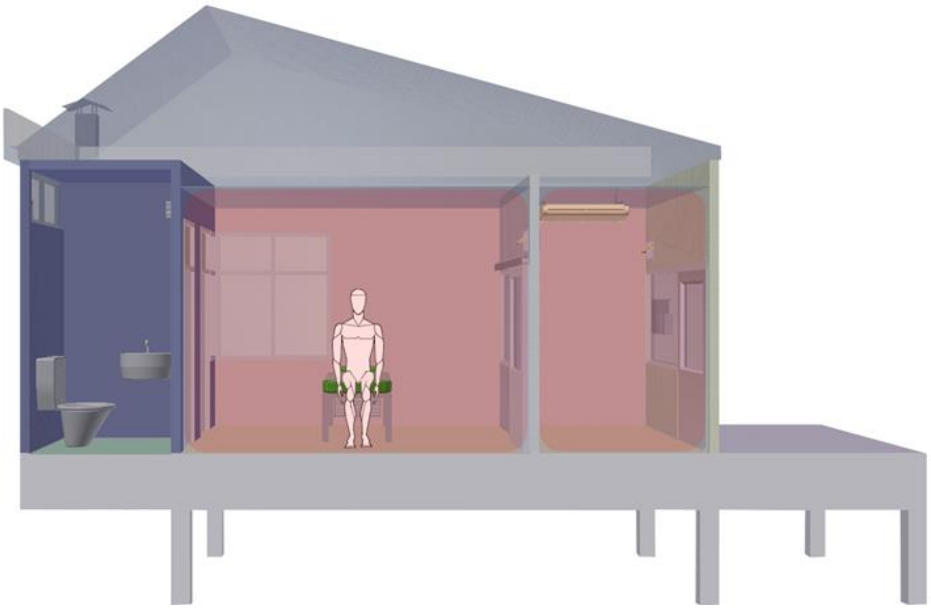

Insulation
Roof
Ventilation
Insulation
Ceiling
Protect
Glass
Protect
Exterior wall

บทที่ 5 การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลถ่ายเท ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศ

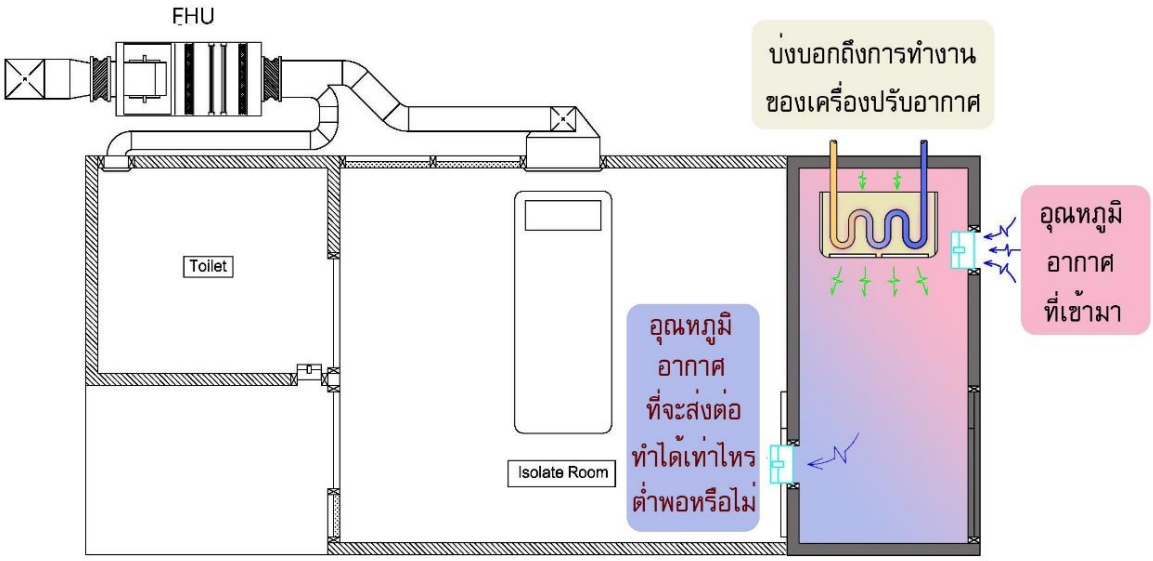
ตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าการปรับอากาศของห้องแยกโรคนั้นอาศัยแรงดูดจากพัดลมระบายอากาศที่หัวเตียงห้อง Isolate Room เพื่อสร้างแรงดันเป็นลบ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหลของอากาศต่อๆกันจากอากาศภายนอกห้อง ไหลเข้าสู่ภายในห้อง Ante Room ที่มีเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้อากาศและไหลต่อเนื่องเข้าสู่ห้อง Isolate Room ไปยังหัวเตียงผู้ป่วย เพื่อกรองอากาศ ฆ่าเชื้อโรค และระบายทิ้งที่ปล่องเหนือหลังคาต่อไป

จากการใช้งานจริงและเก็บข้อมูลพบว่า กรณีที่ อากาศในห้อง Isolate Room ร้อน และอากาศในห้อง Ante Room ก็ร้อนด้วย สาเหตุหนึ่งมาจาก เครื่องปรับอากาศในห้อง Ante Room ไม่สามารถทำอุณหภูมิได้ตามต้องการ ($17^{o}C$ - $25^{o}C$) เพื่อเป็นลมเย็นสำหรับส่งจ่ายอากาศเข้าห้อง Isolate Room ต่อไป



เครื่องปรับอากาศในห้อง Ante Room อาจมีประสิทธิภาพลดลง (เช่น จากที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 Btu/hr ปริมาณลม 600 CFM ทำงานจริงอยู่ที่ 6,598 Btu/hr 298 CFM) จนไม่สามารถทำความเย็นหรือลดอุณหภูมิให้กับอากาศภายนอกที่เข้ามาได้อย่างเพียงพอ ควรตรวจสอบบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศในห้อง Ante Room ให้ดีขึ้นหรือพิจารณาเปลี่ยนหรือเพิ่มการปรับอากาศ

การจะเพิ่มหรือเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศนั้นต้องตรวจสอบก่อนว่าเครื่องปรับอากาศนั้นสามารถปรับอากาศได้ปริมาณลมสูงสุดเท่าไร และตรวจวัดปริมาณลมและอุณหภูมิภายในห้อง Ante Room ที่เครื่องปรับอากาศนั้นสามารถทำได้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพและการทำงาน



ในส่วนการคำนวณเพื่อทราบขนาดเครื่องปรับอากาศในการลดอุณหภูมิอากาศนั้นต้องคำนวณจากปริมาณความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝงจากการเปลี่ยนอุณหภูมิความชื้นอากาศด้านนอก เป็นอุณหภูมิความชื้นอากาศที่ต้องการ เพื่อส่งต่อเข้าห้อง Isolate

คำนวณจาก

Sensible heat change process (Sensible heating and cooling) $Q_s = 1.1\ CFM\ (T_2 - T_1)$

Latent heat change process Humidifying and De Humidifying) $Q_L = 0.68\ (W_2 - W_1)$

$(T_2 - T_1)$ Temperature change (°F)

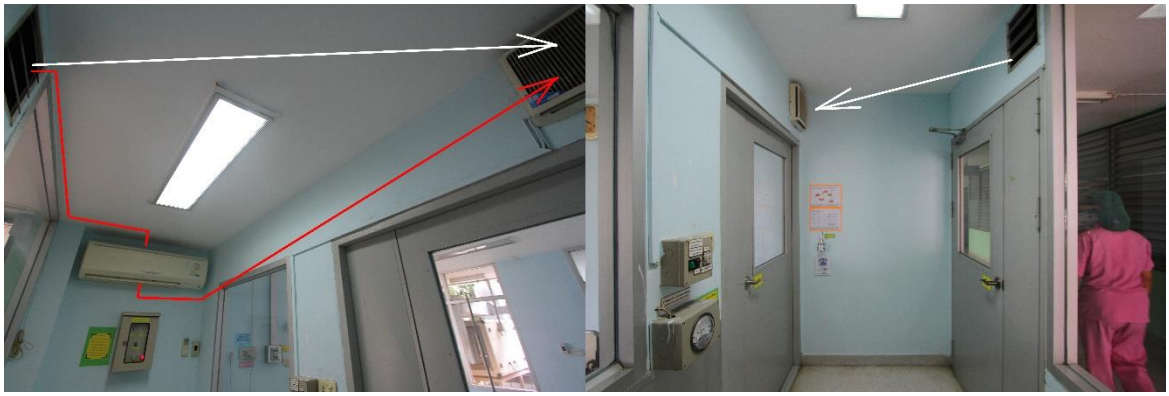
$(W_2 - W_1)$ ปริมาณของไอน้ำในอากาศที่เปลี่ยนแปลง (gr.w/lb of dry air)

ถ้าอุณหภูมิของอากาศ ณ ห้อง Ante Room ไม่เย็นพอ เมื่ออากาศเคลื่อนไหลต่อเนื่องเข้าห้อง Isolate Room ก็ไม่ทำให้ห้อง Isolate Room เย็นได้เช่นกัน

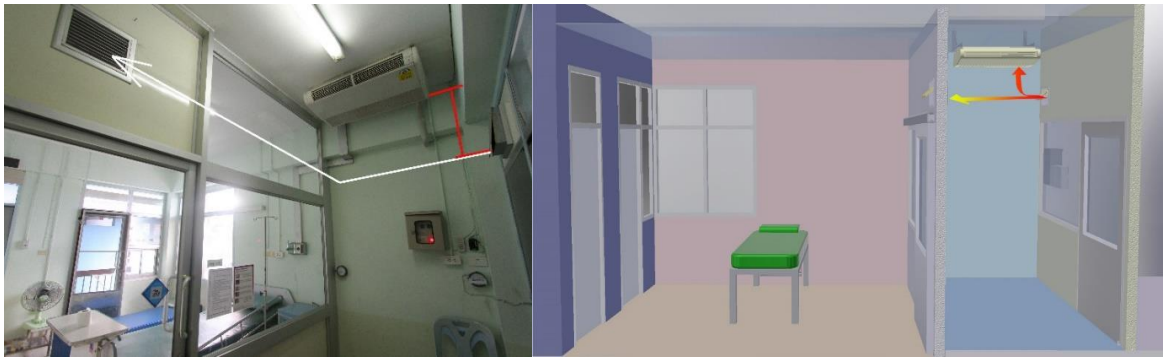
ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศชนิด Ceiling Type จะดูดอากาศจากด้านล่างและเป่าออกทางด้านหน้า ส่วนเครื่องปรับอากาศชนิด Wall Type จะดูดอากาศจากด้านบนและเป่าอากาศออกทางด้านล่าง อากาศจากภายนอกที่ไหลเข้ามา บางส่วนอาจไหลเข้าเครื่องปรับอากาศ บางส่วนไหลผสมอากาศในห้อง และอีกบางส่วนอาจไหลเข้าห้อง Isolate Room เลยโดยไม่ผ่านเครื่องปรับอากาศ ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศจึงมีผลต่อประสิทธิภาพและการทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิ

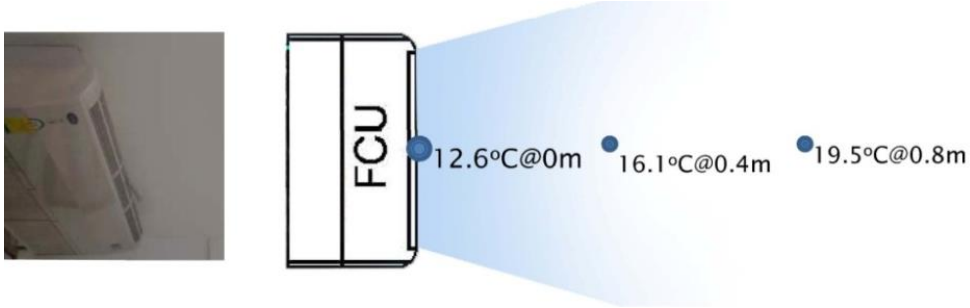
เช่น จุดอากาศเข้าและจุดอากาศออกไม่ได้อยู่ใกล้กับเครื่องปรับอากาศ อยู่คนละฝั่ง มีโอกาสที่อากาศจะไหลเข้ามาและไหลต่อเนื่องเข้าห้อง Isolate Room เลยโดยไม่ได้ผ่านคอยล์เย็นเพื่อลดอุณหภูมิ (เส้นทางสีขาวไหลได้สะดวกกว่าเส้นทางสีแดง)



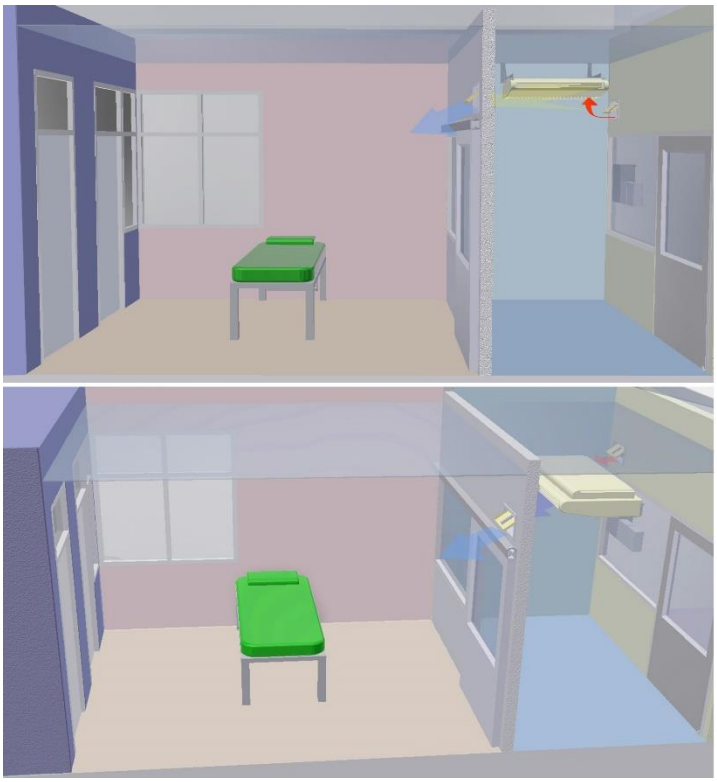
การติดตั้งเครื่องปรับอากาศอยู่ในซอกหรือติดตั้งตำแหน่งสูงห่างจากจุดอากาศเข้า อากาศจะไหลเข้าเครื่องปรับอากาศได้ยาก ประสิทธิภาพและการทำความเย็นได้อาจไม่เต็มที่ อากาศจากภายนอกที่พึ่งเข้ามาก็อาจไหลไปห้อง Isolate Room ได้เลย



เครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ช่วยปรับลดอุณหภูมิให้กับอากาศ เมื่อวัดอุณหภูมิอากาศ อากาศที่ออกจากเครื่องปรับอากาศที่ระยะยิ่งใกล้กับเครื่องปรับอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำและที่ระยะห่างออกไปจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น จากข้อมูลที่เคยตรวจวัด (อุณหภูมิองศาเซลเซียส) ที่ระยะห่างต่างๆ

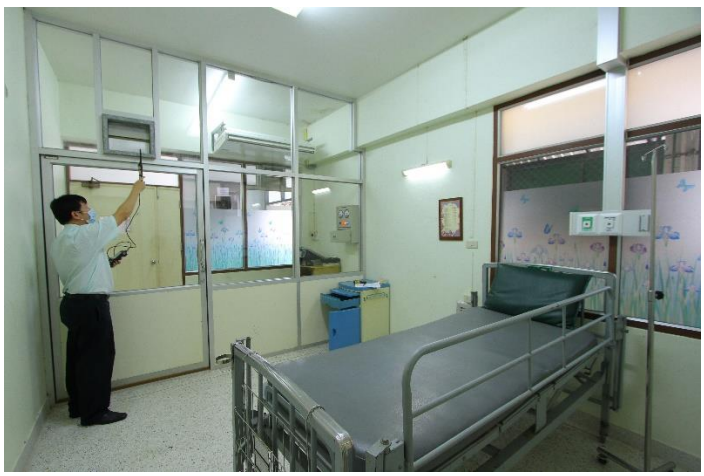


เพราะฉะนั้น การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในตำแหน่งที่อากาศไหลผ่านได้สะดวกหรือในแนวเส้นทางการไหลระหว่างอากาศเข้า-ออก Ante Room หรือบริเวณที่ใกล้กับช่องอากาศเข้า Isolate Room จะยิ่งทำให้อากาศถูกปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิได้ดียิ่งขึ้น



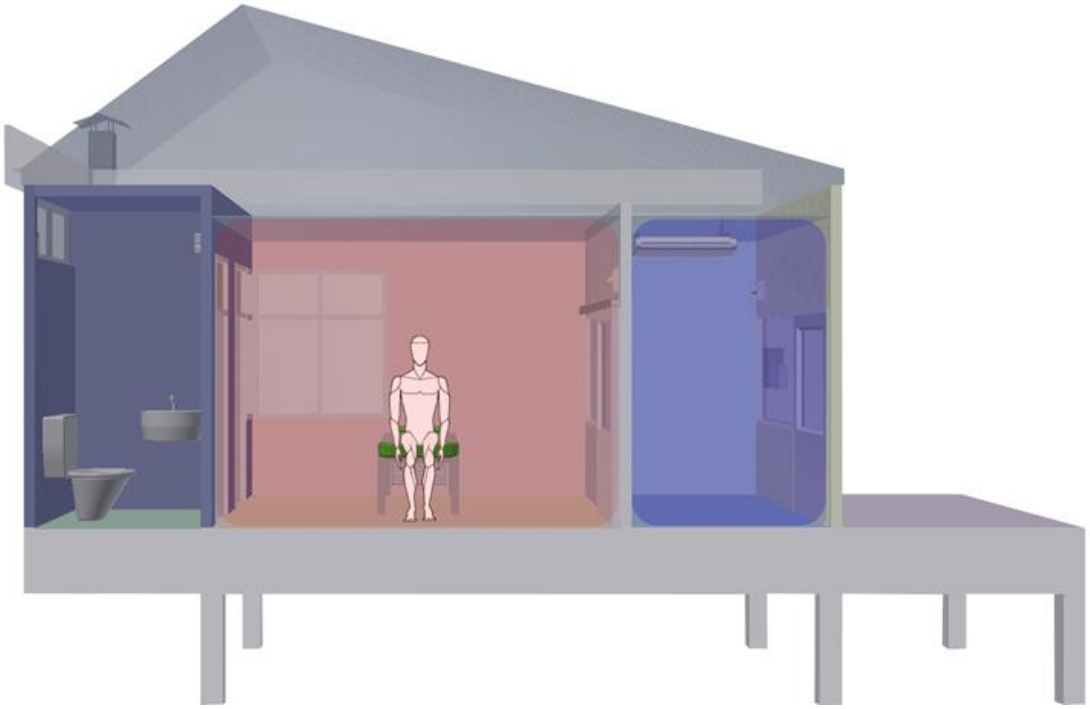
ตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ
ห้อง Ante Room
ตำแหน่งควรดูดอากาศง่าย
อยู่ในเส้นทางการไหล
ไม่ห่างไกลช่องจ่ายลม

ก่อนและหลังทำการปรับปรุงพัฒนาหรือทำการบำรุงรักษาควรตรวจวัดค่าอุณหภูมิอากาศ ณ บริเวณช่องอากาศเข้าระหว่างห้อง Ante Room กับห้อง Isolate Room ด้วยเพื่อทราบค่าและประเมินผล

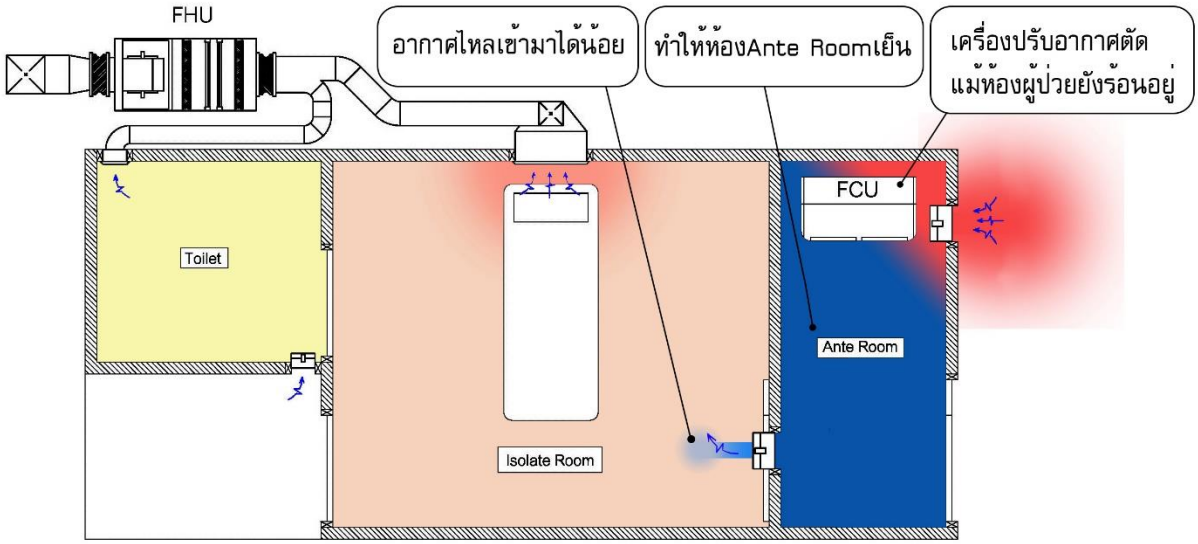


การเพิ่มประสิทธิภาพการไหลถ่ายเทของอากาศ

กรณีที่เครื่องปรับอากาศห้อง Ante Room สามารถปรับลดอุณหภูมิอากาศได้ดีแล้ว (17°C-25°C) แต่ห้อง Isolate Room ยังคงร้อนอยู่นั้น



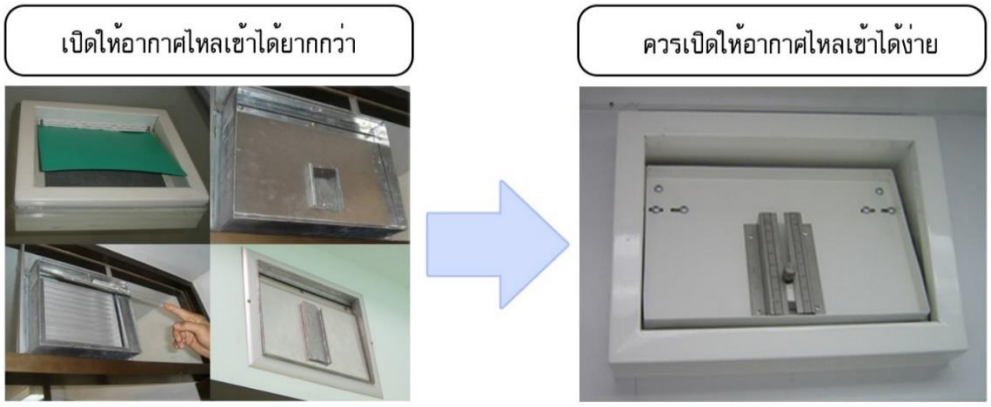
อากาศจากห้อง Ante Room มีอุณหภูมิต่ำเพียงพอแล้ว แต่ไหลจากห้อง Ante Room ข้ามไปยังห้อง Isolate Room ได้ปริมาณน้อย อาจเนื่องจากฟิลเตอร์อุดตัน หรือช่องอากาศทะลุผ่านระหว่างห้องเล็กเกินไป ทำให้อากาศไหลไม่สะดวก หรือการปรับตั้งเพื่อควบคุมความดันแตกต่างที่มากเกินไปจนไม่เกิดการไหล หรือมีการไหลน้อย หรืออุปกรณ์ Damper ที่นำมาติดตั้งไม่ได้มาตรฐาน หรือแรงดันพัดลมปริมาณลมที่ดูดไม่เพียงพอหรือประสิทธิภาพต่ำลง ทั้งหมดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายถ่ายเทอากาศเย็นเข้าสู่ห้อง Isolate Room ได้น้อย ขณะเดียวกันการควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type นั้นอ้างอิงการทำงานตัด/ต่อการทำงานจากอุณหภูมิที่ Return ที่อยู่ภายในห้อง Ante Room เมื่อการไหลข้ามไปห้อง Isolate Room ได้น้อยลง อุณหภูมิในห้อง Ante Room จะถึงจุด Set point ได้เร็ว จากการศึกษาและเก็บข้อมูลพบว่าเครื่องปรับอากาศที่ทำความเย็นได้ดี Compressor เครื่องปรับอากาศ จะตัด/ต่อการทำงาน ประมาณทุกๆ 3-5 นาที เพราะห้อง Ante Room เย็น แต่ห้อง Isolate Room ที่มีผู้ป่วยยังคงร้อนอยู่



แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการไหลถ่ายเทของอากาศให้มากขึ้น

การเพิ่มอัตราการไหลที่ตัวพัดลมหรือท่อส่งลมที่หรี่ปริมาณลมไว้ ให้ปรับเปิดเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิดการดึงอากาศที่มากขึ้น เกิดการไหลถ่ายเทอากาศระหว่างห้องมากขึ้น

ในส่วนของช่องทะลุอากาศระหว่างห้อง Ante Room ห้อง Isolate Room และบริเวณหัวเตียงผู้ป่วย การทำความสะอาดฟิลเตอร์ตามบทที่ 2 ช่วยทำให้อากาศสามารถทะลุผ่านได้ดียิ่งขึ้นแล้ว อีกส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการไหลเช่นกัน นั่นคือช่องอากาศเข้า ควรใช้อุปกรณ์ช่องอากาศเข้าที่เป็นอุปกรณ์มาตรฐาน สามารถเปิดให้อากาศไหลเข้าโดยง่าย เช่น น้ำหนักบานเปิดเบา จุดหมุนเยื้องศูนย์ แรงต้านหรือโมเมนต์แรงต้านต่ำเปิดได้โดยง่ายและปิดเมื่ออากาศจะไหลย้อนกลับ



ช่องเปิดที่ดีจะทำให้อากาศเย็นจากห้อง Ante Room ไหลถ่ายเทเข้ามายังห้อง Isolate Room ได้โดยง่าย และปิดกลับได้สนิทเพื่อช่วยป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรคออกจากห้อง

ขนาดของช่องอากาศเข้า และความเร็วลมอากาศไหลเข้ามีผลต่ออัตราการไหลของอากาศ โดยที่อัตราการไหลของอากาศ เป็นปริมาตรของอากาศที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งอัตราการไหลของอากาศนั้นจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วเฉลี่ยของอากาศและพื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน ในที่นี้ก็คือช่องอากาศเข้าห้อง Ante Room, ช่องอากาศเข้าห้อง Isolate Room ช่องอากาศบริเวณหัวเตียงผู้ป่วย โดย

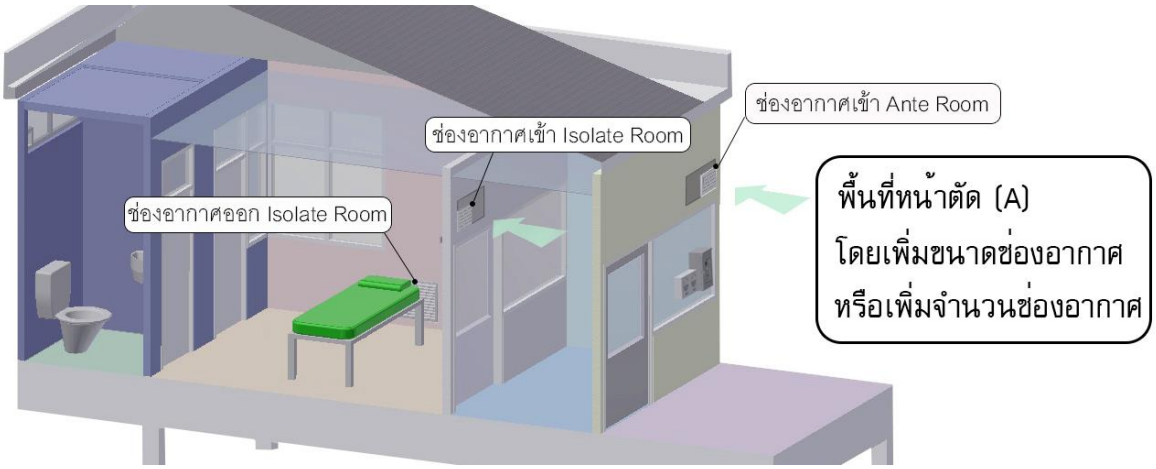
$$Q = VA$$

Q คือ อัตราการไหลของอากาศ (ft^3/min)

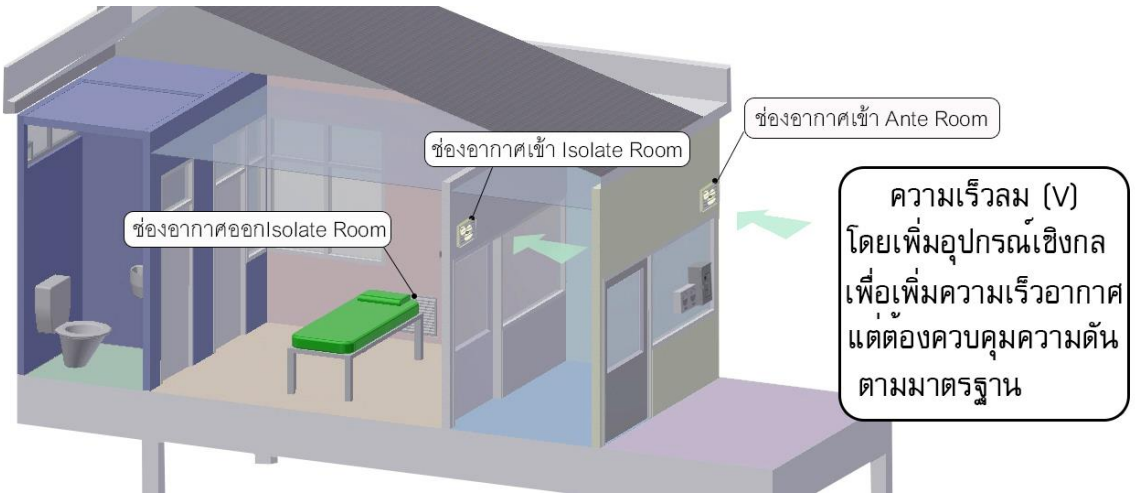
V คือ ความเร็วเฉลี่ย (ft/min)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของจุดที่อากาศเคลื่อนที่ผ่าน (ft^2)

พื้นที่หน้าตัด (A) หรือขนาดช่องส่งลมที่มีขนาดใหญ่กว่า (ณ ความเร็วลมเฉลี่ยเดียวกัน) จะทำให้ได้อัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องอากาศเพื่อเข้าสู่ห้อง Isolate Room ให้มากขึ้น



ความเร็วลม (V) ที่มากกว่า (ณ พื้นที่หน้าตัดหรือขนาดช่องส่งลมเดียวกัน) จะทำให้ได้อัตราการไหลของอากาศ ที่ไหลผ่านช่องอากาศเพื่อเข้าสู่ห้อง Isolate Room ได้มากขึ้น

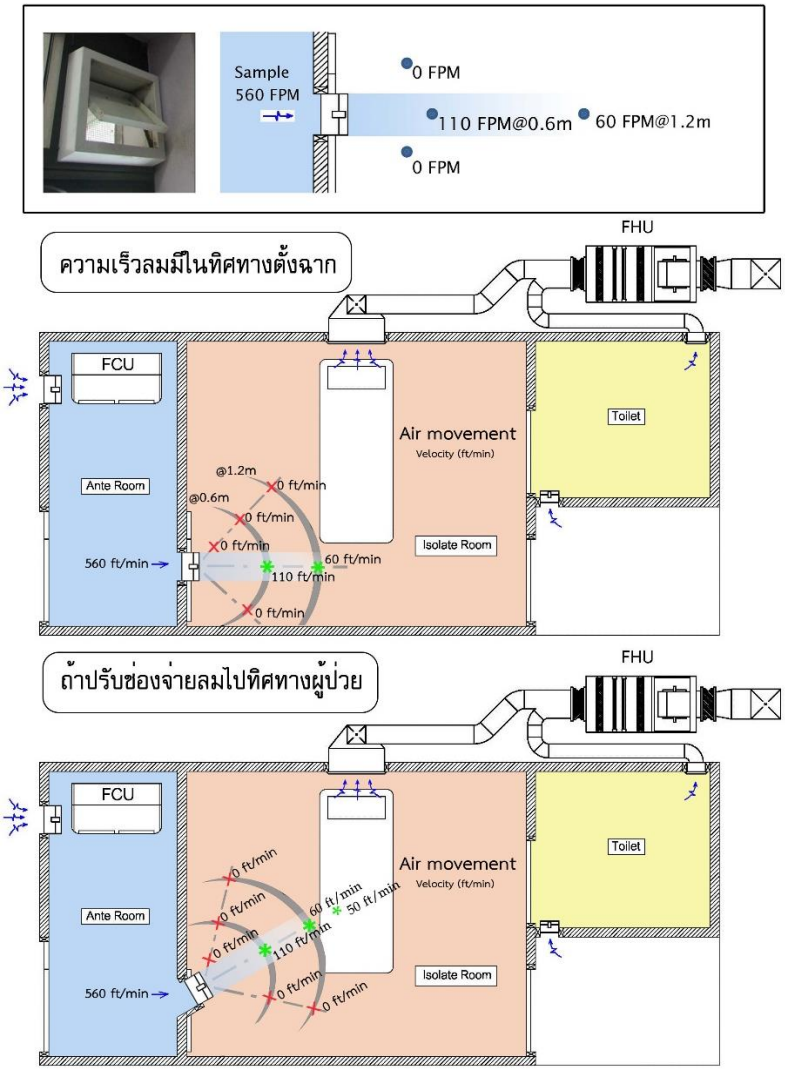


ความรู้สึกที่สบายของร่างกายของมนุษย์มักจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักที่สำคัญ 3 ประการคือ อุณหภูมิ ความชื้นสมพัทธ์ และการเคลื่อนไหวของอากาศ อุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมจะเป็นดัชนีหลักที่สำคัญ คนส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายถ้าอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมอยู่ระหว่าง 22-27 ^{o}C ความชื้นสัมพัทธ์ก็เป็นอีกปัจจัย

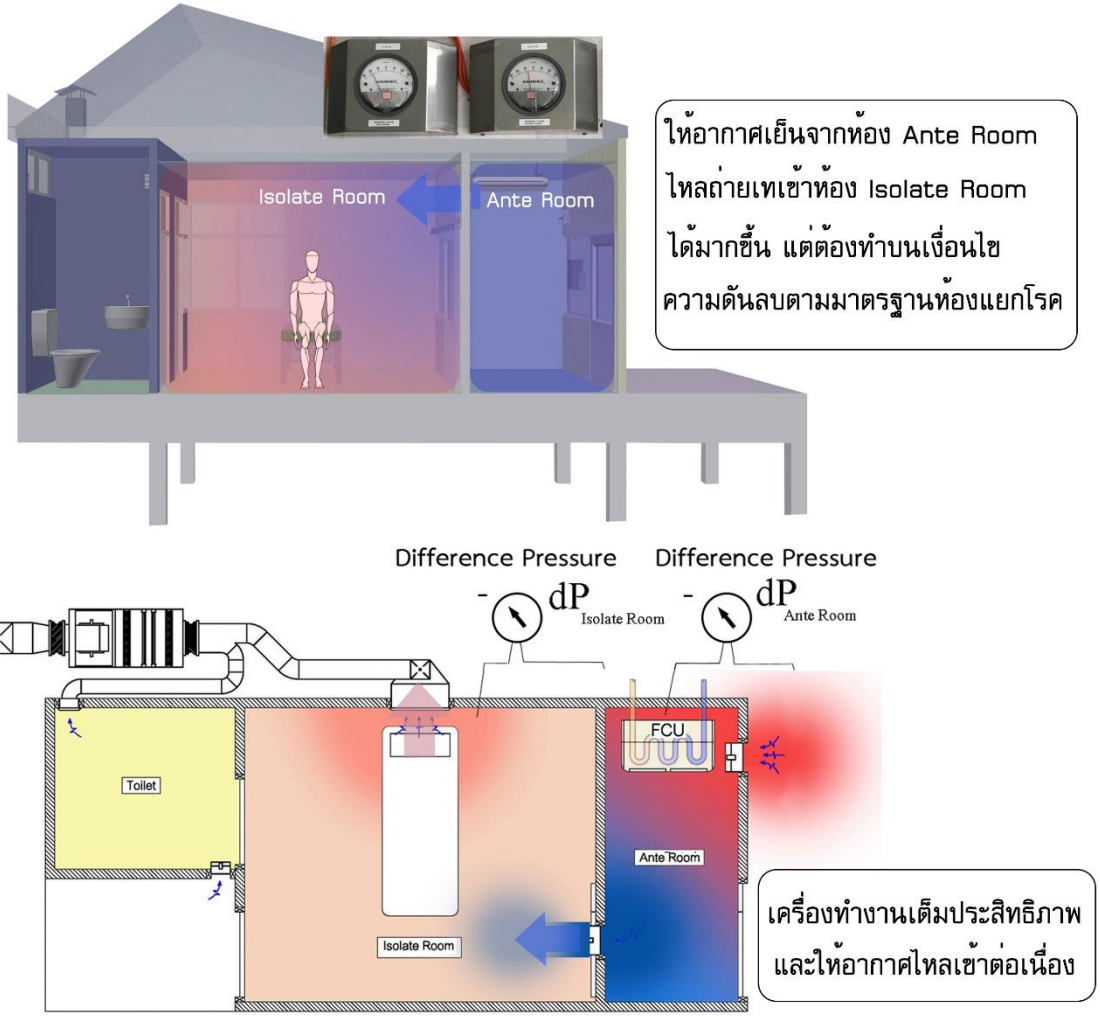
หนึ่งที่สำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกที่สบาย เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์จะมีผลต่อปริมาณของความร้อนของร่างกายที่จะสามารถระเหยออกได้โดยการระบาย คนส่วนใหญ่จะชอบอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 40-60%

การเคลื่อนไหวของอากาศก็มีบทบาทสำคัญต่อความรู้สึกที่สบายของคน เพราะการเคลื่อนไหวของอากาศจะกำจัดเอาอากาศอุ่นและมีความชื้นที่เกิดขึ้นรอบๆร่างกายออกและแทนที่ด้วยอากาศใหม่ที่บริสุทธิ์กว่า การเคลื่อนไหวจึงเป็นการเพิ่มการคายความร้อนออกโดยกลไกทั้งการพาความร้อนและการระเหย การเคลื่อนไหวของอากาศควรจะแรงพอที่จะกำจัดความร้อนและความชื้นออกจากร่างกาย แต่ก็ไม่ควรที่จะรุนแรงมากเกินไป คนส่วนใหญ่จะรู้สึกสบายถ้าความเร็วของอากาศมีค่าประมาณ 15 m/min การเคลื่อนไหวของอากาศที่ความเร็วลมสูงมากเกินไปมักจะทำให้ร่างกายรู้สึกไม่สบายมากกว่าที่จะรู้สึกสบาย

ทิศทางของช่องลมอากาศเข้า จากการตรวจวัดพบว่า มีการเคลื่อนไหวของอากาศหลังช่องอากาศเข้าวัดความเร็วลมได้เฉพาะในแนวทิศทางตั้งฉากกับช่องลม ส่วนในบริเวณที่ห่างออกจากทิศตั้งฉากนั้น มีการเคลื่อนไหวของอากาศน้อย วัดค่าความเร็วลมไม่ได้ มีค่า 0 ft/min



การเพิ่มอัตราการไหลเข้าของอากาศนั้นจะทำให้สภาวะอากาศภายในห้องพักผู้ป่วยดีขึ้น

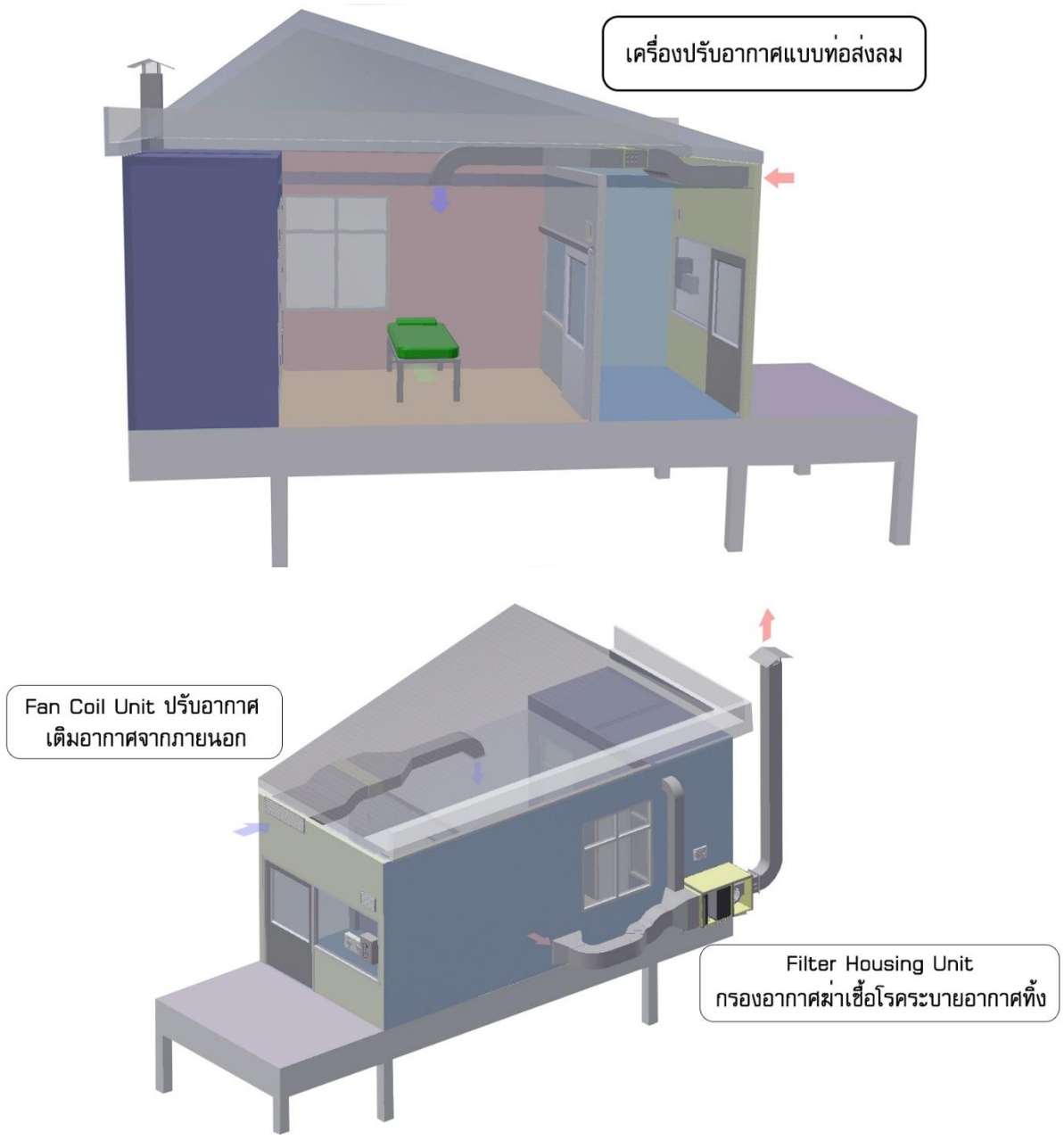


แต่การเพิ่มอัตราการไหลต้องทำภายใต้เงื่อนไขความดันลบตามมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลห้องแยกผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ กล่าวคือ อากาศออกต้องมากกว่าปริมาณอากาศเข้า เพื่อให้เกิดความดันลบ (Negative Pressure)

แต่สภาพใช้งานจริงหลายโรงพยาบาลมักเน้นกับความดันลบเป็นหลัก (เน้นความดันติดลบมากๆ) โดยมีปริมาณอากาศเข้าน้อย ปริมาณการดูดอากาศออกขั้นต่ำตามมาตรฐาน อากาศเข้าต่ออากาศออกประมาณ 1 ต่อ 4 เท่า เพราะฉะนั้นห้องแยกโรคหลายๆห้องสามารถเพิ่มอัตราการไหลเข้าได้ แต่ต้องควบคุมให้ความดันเป็นลบตามมาตรฐาน แต่ถ้าเพิ่มอัตราการไหลเข้าไปแล้วความดันแตกต่างลดลงกว่ามาตรฐาน ก็จำเป็นต้องเพิ่มปริมาณการดูดอากาศออกด้วย เพื่อรักษาความดันลบไว้ตามมาตรฐาน

การเพิ่มประสิทธิภาพการปรับอากาศและการไหลถ่ายเทโดยใช้เครื่องปรับอากาศแบบท่อส่งลม

การใช้เครื่องปรับอากาศแบบท่อส่งลม อากาศที่ไหลเข้าทั้งหมดจะผ่านการปรับอากาศที่เครื่องปรับอากาศทั้งหมดอากาศที่ไหลเข้าห้อง Isolate Room เป็นอุณหภูมิต่ำที่ออกจากเครื่องปรับอากาศโดยตรงและสามารถใช้ท่อส่งลมจ่ายอากาศเข้าบริเวณตำแหน่งเตียงได้ แต่ต้องปรับตั้งให้ยังคงควบคุมความดันลบได้ตามมาตรฐาน

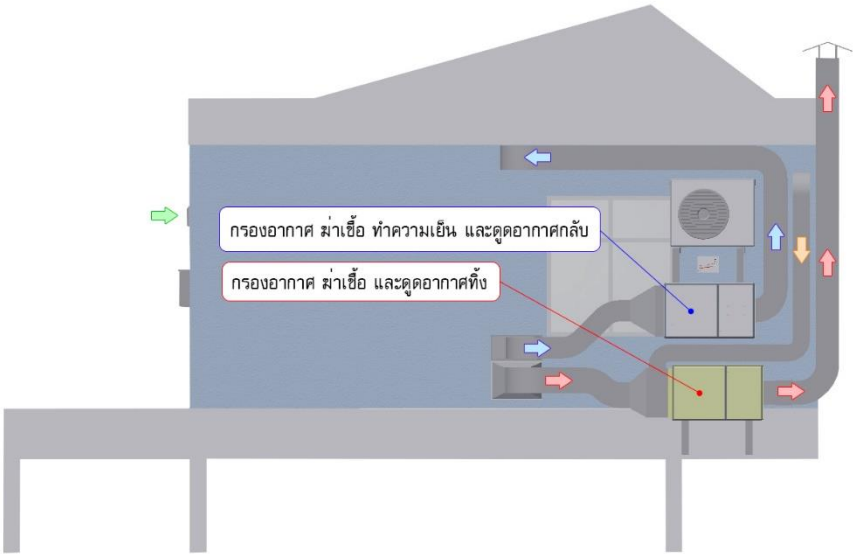


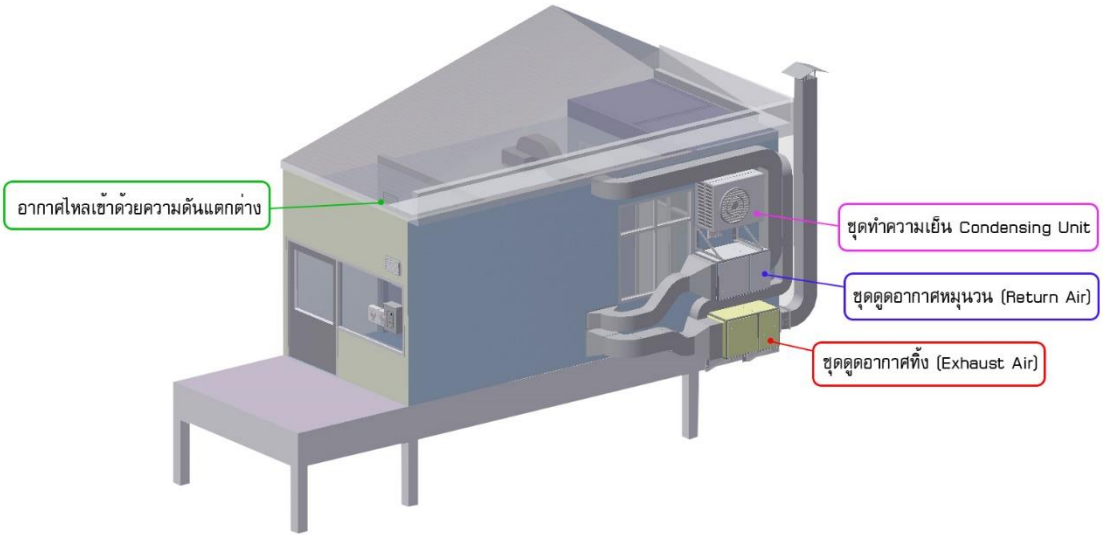
บทที่ 6 การเพิ่มระบบปรับอากาศห้อง Isolate ห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ

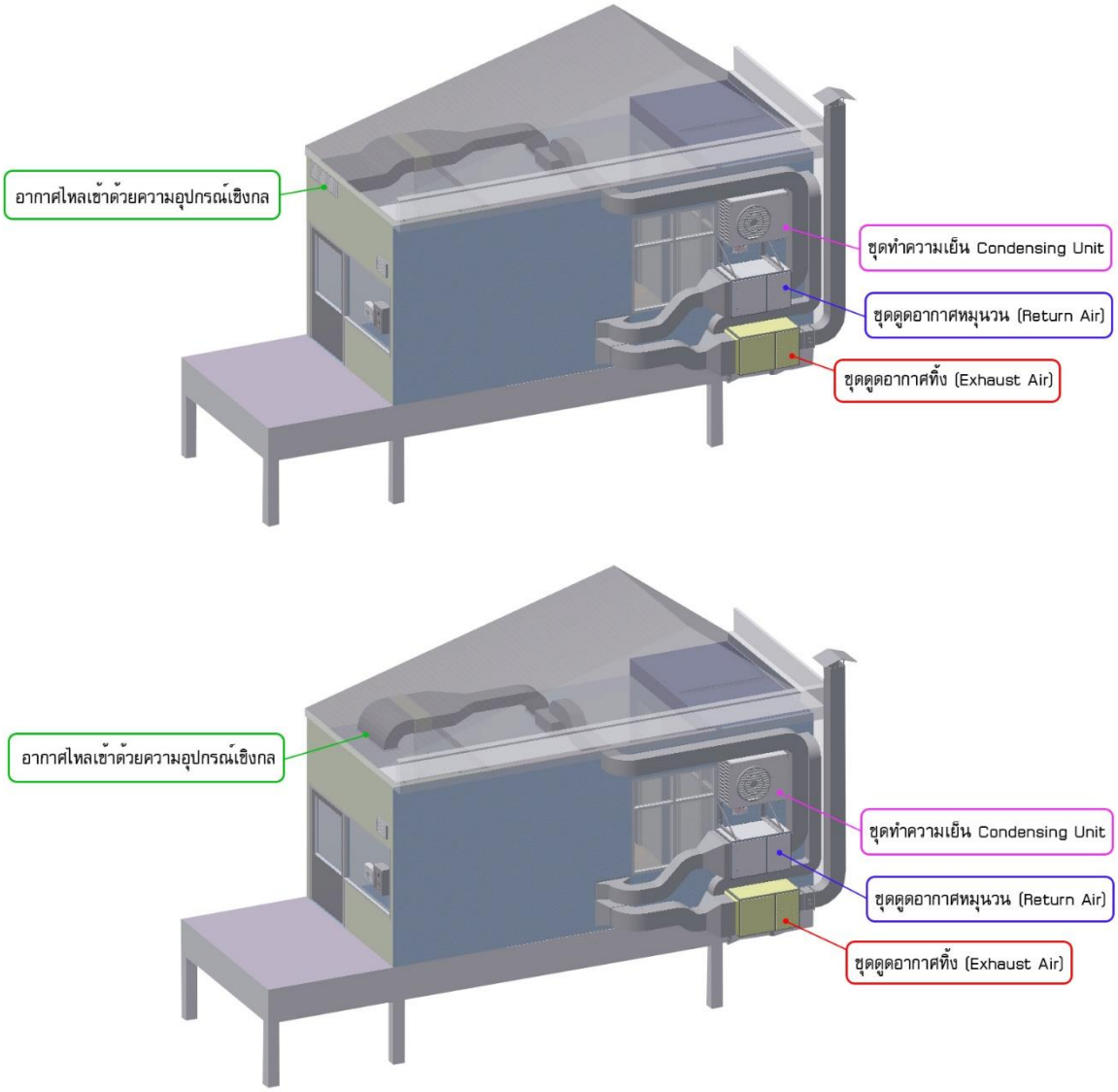
การเพิ่มเครื่องปรับอากาศดึงความร้อนที่เกิดขึ้นในห้อง Isolate

การติดเครื่องปรับอากาศแบบใช้อากาศภายในห้องหมุนเวียนมาใช้ใหม่

ก่อนการหมุนเวียนอากาศในห้องมาใช้ใหม่ ต้องผ่านการกรองด้วยแผงกรองอากาศประเภทที่ 1 อัตราการนำเข้าอากาศภายนอกไม่น้อยกว่าจำนวน 2 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง อัตราการหมุนเวียนอากาศภายในห้องไม่ไม่น้อยกว่าจำนวน 12 เท่าของปริมาตรห้องต่อชั่วโมง ความดันสัมพันธ์ต่ำกว่าพื้นที่ข้างเคียง







ทั้งนี้ รูปแบบที่นำเสนอเป็นเพียงแนวทางทางเลือก ซึ่งการออกแบบและคำนวณใช้งานจริงควรได้รับการออกแบบ คำนวณและแนะนำจากวิศวกรอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ระบบสามารถทำงานและควบคุมได้ตามมาตรฐานการปรับอากาศและระบายอากาศสำหรับสถานพยาบาลห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศตามแต่ละข้อกำหนด

เอกสารอ้างอิง

- กองวิศวกรรมการแพทย์ กรมสนับสนุนบริการสุขภาพ.(2553). คู่มือการใช้งานห้องแยกโรคผู้ป่วยแพร่เชื้อทางอากาศ, (พิมพ์ครั้งที่ 2), 1-48
- วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2552) มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ EIT Standard 3003-50, (พิมพ์ปรับปรุงบครั้งที่ 2)
- สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ สมาคมวิศวกรรมปรับอากาศแห่งประเทศไทย. (2548). มาตรฐานการระบายอากาศเพื่อคุณภาพอากาศภายในอาคารที่ยอมรับได้ EIT Standard 3010-45 มาตรฐาน ส.ว.ป.ท. ACAT Standard (ฉบับพิมพ์ครั้งที่2)
- สถาบันบำราศนราดูร กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการปรับปรุงคุณภาพอากาศภายในอาคารสถานพยาบาล
- ASHRAE Application Handbook 2003. Health Care Facilities, 2003 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer, Inc.
- AIA. 2001 Guidelines for Design and Construction of Hospital of Hospital and Health Care Facilities, 2001. The American Institute of Architects, Washington, D.C.
- Michael A. Boles Yunus A. Cengel Thermodynamics
- วุฒิไกร บูรณ์เจริญ. การส่งลมเย็นในการปรับอากาศ
- สถาบันวิจัยพลังงานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย Overall Thermal Transfer Value and Energy Estimation
- อัคครัตน์ พูลกระจ่าง Refrigeration and Air-condition
- ประกาศกระทรวงพลังงานหลักเกณฑ์และวิธีการคำนวณในการออกแบบอาคารแต่ละระบบการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารและการใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่างๆของอาคาร
- ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์. คู่มือการออกแบบห้องสะอาด Cleanrooms Design Manual
- บริษัท เอ ส ซี จี ประเทศไทย จำกัด http://www.scgbuildingmaterials.com

กองวิศวกรรมการแพทย์
Medical Engineering Division