อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การใช้พลังงานเพื่อปรับอากาศ ระหว่างห้องที่ใช้บานเกล็ด ห้องที่ใช้บานเลื่อน ในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน - 1 ก.พ. 2559
เลขทะเบียน 16971645
เลขเรียกหนังสือ
TH
9689
.A1
ส 1375
2556

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภณ วชิระนิเวศ

งบประมาณรายได้มหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวรหน่วยงานผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์สำหรับการอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ รวมทั้งบุคคลอื่นๆ ที่ช่วยเหลือด้านการให้ข้อมูล ติดตั้งอุปกรณ์ และในด้านอื่นๆ ที่ไม่ได้กล่าวถึง ท้ายนี้ ขอขอบคุณ คณาจารย์ทั้งหลายที่เคยประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภณ วชิระนิเวศ

บทคัดย่อ

บทความนี้ ได้นำเสนอข้อมูลการทดลองเรื่องการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศจากการรั่วซึมของห้องที่ใช้หน้าต่างบานเกล็ด โดยใช้กรณีศึกษาจากอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งถูกออกแบบภายใต้แนวคิดประหยัดพลังงานแบบธรรมชาติที่เน้นการลดใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้า และส่งเสริมการใช้พลังงานจากธรรมชาติมากขึ้น เช่น การใช้ลมธรรมชาติแทนพัดลมหรือเครื่องปรับอากาศ และได้ออกแบบอาคารเป็นหน้าต่างบานเกล็ดในห้องเรียน

เนื่องจากข้อมูลประจำภูมิภาคด้านภาวะน่าสบาย และอุณหภูมิ ในช่วง 1 รอบปีในประเทศไทย แสดงให้เห็นว่าอาคารในประเทศไทยนั้นไม่สามารถใช้แนวคิดการออกแบบการใช้พลังงานในอาคารแบบธรรมชาติ (Passive Design) แบบเดียวได้ เพราะในบางช่วงของทุกปีอุณหภูมิภายนอกนั้นสูงเกินสภาวะน่าสบายไปมาก ในช่วงที่อากาศมีสภาวะอยู่นอกเหนือภาวะน่าสบายนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ แต่สำหรับห้องที่ถูกออกแบบโดยใช้หน้าต่างบานเกล็ดนั้นพบว่าช่องระหว่างบานเกล็ดไม่สามารถปิดให้สนิทได้และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วซึมของอากาศในขณะใช้เครื่องปรับอากาศ จึงนำมาซึ่งการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า และทำให้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานลดลง ซึ่งเป็นสมมติฐานหลักในการทดลองครั้งนี้

การทดลองครั้งนี้ เก็บข้อมูลอุณหภูมิและค่าการใช้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่องซึ่งเป็นรุ่นและขนาดเดียวกันทั้งสองห้อง จากห้องที่ใช้บานเกล็ดปรกติกับห้องที่ใช้บานเกล็ดซึ่งติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศสำหรับหน้าต่างทุกบาน แล้วนำมาเปรียบเทียบกัน ใช้ระยะเวลาเก็บผลการทดลอง 3 วัน โดยช่วงเวลาในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการทดลองในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่ปลายเดือนธันวาคม ถึงต้นเดือนมกราคม พบว่า อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า นั้นสูญเสียมากกว่าห้องที่ปิดสนิท ประมาณร้อยละ 25

คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย

ภาษาไทย : ระบบปรับอากาศ, ช่องเปิด,หน้าต่าง, บานเกล็ด, บานเลื่อน, พลังงาน, ค่าไฟฟ้า, การสิ้นเปลืองพลังงาน, เครื่องปรับอากาศ, หน้าต่างบานเกล็ด, การรั่วซึม

Abstract

With a passive design principle, the building of Faculty of Architecture, Naresuan University was predominantly designed under the concept of energy saving. It aims to promote the use of natural ventilation and reduce the energy consumption of electrical devices. However, this concept cannot function effectively; the building cannot be merely operated by natural flow during certain time of high humidity and temperature. Beyond the comfortable environment, it boils down to the need for air conditioning. Interestingly, all rooms were designed by the shuttered windows. The gap between the slats may cause leakage of air conditioning. It leads to the loss of electrical power and diminution of energy saving. The main purpose of this research is to find the ways to reduce the leakage of air conditioning. Louver and sealed louver windows were investigated comparatively. Indoor air temperature and energy consumption were collected from mock up room. It was calibrated by the same conditions of room and air- conditioner. Seventy four hours of data collection was conducted continuously. The research found that sealed louver windows can prevent the infiltration of air conditioning. Compare to the normal louver window, a lesser amount of energy consumption was found in the sealed louver windows; twenty five percent less than its counterpart.

Keywords: Air-condition, Window, Louver Window, Sliding Window, Energy, Electricity cost, Energy Waste, Louver Windows, Air-Conditioner, Air Leakage, Passive Design

สารบัญ

สารบัญภาพ 7

สารบัญตาราง 9

บทที่ 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 10

1.1. บทนำ 14

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 15

1.3. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 15

1.4. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง 15

1.5. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล 17

1.6. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 20

1.7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 20

1.8. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย 21

1.9. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ 21

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 22

2.1. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transformation) 22

2.2. ธรรมชาติของอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์ 24

2.3. ทฤษฎีบทว่าด้วยเรื่องภาวะน่าสบาย 28

2.4. แนวทางรักษาภาวะน่าสบายแบบActive Design 37

2.5. แนวทางรักษาภาวะน่าสบายแบบ Passive Design 40

2.6. แนวคิดอื่นๆ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร 63

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย 68

3.1. ที่มาของสมมติฐานการวิจัย 68

3.2. สภาพสถานที่วิจัยทดลอง 68

3.3. ระเบียบวิธีวิจัย 69

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง 77

4.1 บทนำ 77

4.2. การอภิปรายวิเคราะห์ผลการทดลอง 79

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 87

5.1. บทนำ 87

5.2. บทสรุปผลการทดลอง 87

5.3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้ 88

บรรณานุกรม 90

ภาคผนวก 93

สารบัญภาพ

รูป 1 แสดงการคำนวณการพาความร้อนที่ปกคลุมบนโลก สีโทนแดงเป็นพื้นที่บริเวณร้อนและสีโทนฟ้าเป็นพื้นที่บริเวณที่เย็น 23
รูป 2 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก 24
รูป 3 แผนภูมิแสดงขอบเขตความสบายโดยใช้ลมธรรมชาติของกรุงเทพมหานคร 31
รูป 4 ตัวอย่างแผนภูมิสภาวะน่าสบาย 41
รูป 5 ตัวอย่างแผนภูมิตำแหน่งดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร 42
รูป 6 แผนภูมิแสดงข้อมูลต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร (March 21, 1996) 42
รูป 7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใต้ต้นไม้และภายนอก (Landscape Planning for Energy Conservation) 43
รูป 8 การใช้ประโยชน์จากปัจจัยต่างๆ ของที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร 44
รูป 9 แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ 44
รูป 10 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องตำแหน่งช่องเปิด 45
รูป 11 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องขนาดและจำนวนช่องเปิด 46
รูป 12 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องที่มี cross ventilation 46
รูป 13 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องแนวคิดทางการไหลเวียนของกระแสลม 47
รูป 14 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องชนิดของหน้าตางกับคนของกระแสลมภายในห้อง 48
รูป 15 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม 48
รูป 16 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน 49
รูป 17 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะห่างระหว่างอาคาร 49
รูป 18 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการระบายอากาศทางปล่องหรือ Stack ventilation 50
รูป 19 แสดงอิทธิพลของรูปทรงและทิศทางการวางตัวอาคารที่มีผลต่อปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร 52
รูป 20 แสดงเงาของแผงบังแดดแบบต่างๆ ที่มา: การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น, ... 55
รูป 21 แสดงแหล่งที่มาต่างๆ ของความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร 57
รูป 22 ตัวอย่างวัสดุผนังที่มีค่า R สูง (1) คอนกรีตมวลเบา (2) ผนัง EIFS 58
รูป 23 แสดงเงาที่เกิดขึ้นบนลอนหลังคา 59
รูป 24 ตัวอย่างวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้วและร็อควูล 60
รูป 25 ภาพตัดแสดงตัวอย่างของกระจก 2 ชั้น 63
รูป 26 แสดงการออกแบบอาคารแบบบูรณาการโดยแสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติและการป้องกันความร้อน (Passive Design) เข้าสู่อาคารอย่างเหมาะสม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) 67
รูป 27 แสดงผังห้อง Arc 305 และ Arc 404 ซึ่งมีขนาด สัดส่วน วัสดุ เหมือนกันทุกประการ 69
รูป 28 แสดงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้องที่เก็บข้อมูล ARC 305 69
รูป 29 แสดงมิเตอร์วัดค่าการใช้ไฟฟ้าห้อง Arc 305 70

รูป 30 แสดงปลายกระเปาะตัววัดอุณหภูมิภายนอกห้อง Arc 305 70
รูป 31 แสดงมิเตอร์หลังการทดลอง ห้อง Arc 305 70
รูป 32 แสดงสภาพประตูหน้าห้องที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 305 70
รูป 33 แสดงสภาพประตูและหน้าต่างที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 305 71
รูป 34 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหลัง) ห้อง Arc 305 71
รูป 35 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหน้า) ห้อง Arc 305 71
รูป 36 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 305 71
รูป 37 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านขวา) ห้อง Arc 305 72
รูป 38 แสดงปลายกระเปาะตัววัดอุณหภูมิภายนอกห้อง Arc 404 72
รูป 39 แสดงมิเตอร์วัดค่าการใช้ไฟฟ้า ห้อง Arc 404 72
รูป 40 แสดงมิเตอร์หลังการทดลอง ห้อง Arc 404 73
รูป 41 แสดงสภาพประตูหน้าห้องที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 404 73
รูป 42 แสดงสภาพประตูและหน้าต่างที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 404 73
รูป 43 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหลัง) ห้อง Arc 404 73
รูป 44 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 404 74
รูป 45 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 404 (ในขณะทำการทดลองได้ปิดม่านทั้งสองด้าน) 74
รูป 46 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านขวา) ห้อง Arc 404 (ในขณะทำการทดลองได้ปิดม่านทั้งสองด้าน) 74
รูป 47 แสดงสภาพก่อนการทำความสะอาดแผ่นกรองก่อนการทดลองทั้งสองห้อง 75
รูป 48 แสดงสภาพหลังการทำความสะอาดแผ่นกรองก่อนการทดลองทั้งสองห้อง 75
รูป 49 แสดงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้องที่เก็บข้อมูลห้อง Arc 404 75
รูป 50 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F3 degC) 79
รูป 51 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F3 degC) 80
รูป 52 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ 81
รูป 53 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ 82
รูป 54 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F3 degC) 83
รูป 55 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F3 degC) 84
รูป 56 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ. 85
รูป 57 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ. 86

สารบัญตาราง

ตาราง 1 แสดงอุณหภูมิร่างกายปกติในแต่ละวัย 28
ตาราง 2 แสดงขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ 32
ตาราง 3 อุณหภูมิตุ้มแห้งเฉลี่ย (เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก 33
ตาราง 4 อุณหภูมิสูงสุด(เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก 33
ตาราง 5 อุณหภูมิต่ำสุด(เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก 34
ตาราง 6 ปัจจัยในการใช้กระแสลมธรรมชาติในอาคาร 51
ตาราง 7 แสดงมุมดวงอาทิตย์ทำกับแนวดิ่งผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆ ของประเทศไทย 53
ตาราง 8 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะกับทิศทางต่างๆ 54
ตาราง 9 แสดงปัจจัยการเลือกฉนวนป้องกันความร้อน 59
ตาราง 10 แสดงคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนชนิดต่างๆที่ใช้ในปัจจุบัน 60
ตาราง 11 การลดความร้อนผ่านช่องเปิดของอาคาร มีข้อพิจารณาดังนี้ 61
ตาราง 12 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติของกระจกชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน 62
ตาราง 13 แสดงวิธีการดูแลรักษากระจกในอาคาร 63
ตาราง 14 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลการทดลอง 75
ตาราง 15 แสดงช่วงเวลาการเก็บข้อมูลการทดลอง 76
ตาราง 16 แสดงการจัดห้องเพื่อเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและชนิดของช่องเปิด 76
ตาราง 17 แสดงระยะเวลาการทดลอง การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และวันที่ทำการทดลอง 78
ตาราง 18 แสดงค่าการใช้กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างการ ใช้ไฟฟ้าจากการทดลอง (หน่วยเป็น kW.h) 88

บทที่ 1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ถูกออกแบบภายใต้แนวคิดประหยัดพลังงานแบบธรรมชาติ (Passive Design) (สุทัศน์,2549) ซึ่งเน้นการงดใช้พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์ไฟฟ้าและส่งเสริมการใช้พลังงานจากธรรมชาติมากขึ้น เช่น ใช้แสงธรรมชาติแทนแสงจากหลอดไฟ, ใช้ลมธรรมชาติแทนพัดลมหรือเครื่องปรับอากาศ

การออกแบบตามแนวคิดนี้ตรงข้ามกับการออกแบบการใช้พลังงานแบบเครื่องกล (Active Design) โดยในทางวิชาการอาจเรียกกันว่าแบบใช้เครื่องกล ซึ่งเน้นการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า

อย่างไรก็ตาม แนวคิดการออกแบบทั้งสองแนวทางต่างมีจุดหมายเดียวกันโดยมีวัตถุประสงค์หลัก เพื่อลดการใช้พลังงานและใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

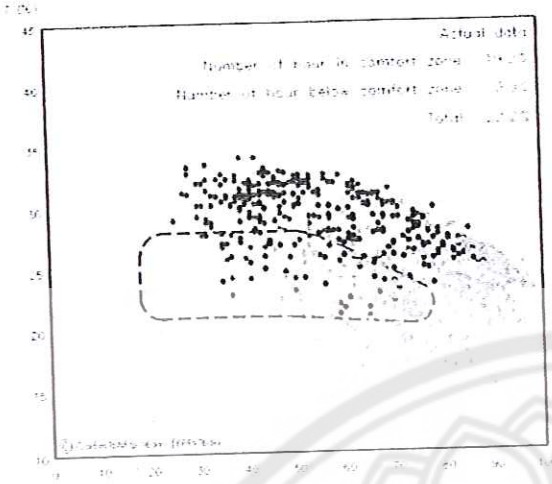
ในทางความเป็นจริง มีหลายอาคารที่พยายามผสมผสานแนวคิดทั้งสองเพื่อใช้ในการออกแบบอาคาร อาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรก็เช่นกัน เป็นตัวอย่างของการพยายามออกแบบในแนวทางแบบธรรมชาติ (Passive Design) โดยใช้หน้าต่างแบบบานเกล็ดเพื่อให้ลมธรรมชาติสามารถระบายความร้อนภายในห้องได้ดี และทำให้ภาวะภายในห้องอยู่ในภาวะที่สะดวกสบายต่อการใช้งานหรือที่เรียกว่า ภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ซึ่งสภาวะมีอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22°C- 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 20- 75% (สุนทร, 2542, หน้า 34) อ้างอิงจาก (Olgyay, 1961)

ในบางเอกสาร เช่นเอกสารวิจัย เรื่องการใช้สวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคาดาดฟ้าอาคาร ระบุว่าสภาวะน่าสบายคือสภาวะที่มีอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 20 °C- 26.6 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 20- 80% (ศุภกิจ, 2556)

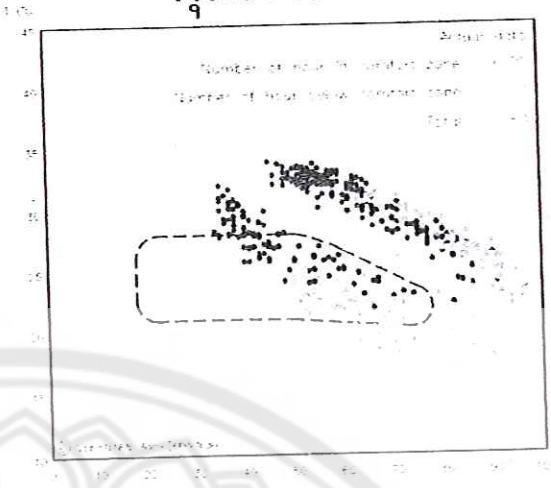
สำหรับการใช้บานเกล็ดเป็นช่องเปิดในอาคารนั้น สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานประการแรกเพื่อให้การระบายลมและระบายความร้อนมีประสิทธิภาพนั้น คือการวางอาคารให้มีทิศทางที่รับลมประจำทิศ และลมประจำถิ่นให้ถูกต้อง นอกจากนั้น การออกแบบช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีช่องทางลมออก และ ลมเข้า ที่เหมาะสมกับความเร็วลม และการใช้งานภายในห้องด้วย (มาลินี, 2543) จากเอกสารประกอบการสอน การออกแบบในเขตร้อน (สุทัศน์, 2549)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลประจำภูมิภาคด้านภาวะน่าสบาย และอุณหภูมิ ในช่วง 1 รอบปีในประเทศไทย ดังรูป 1แสดงให้เห็นว่า อาคารในประเทศไทยไม่สามารถใช้แนวคิดการออกแบบการใช้พลังงานในอาคารแบบธรรมชาติ (Passive Design) แบบเดียวได้ เพราะในบางช่วงของทุกปีอุณหภูมิภายนอกนั้นสูงเกินสภาวะน่าสบายไปมาก

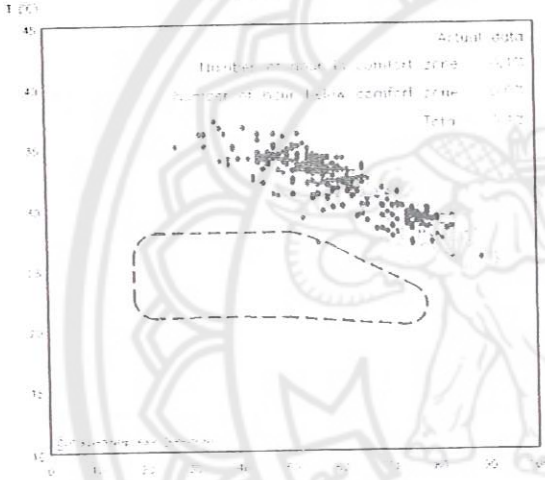
มกราคม



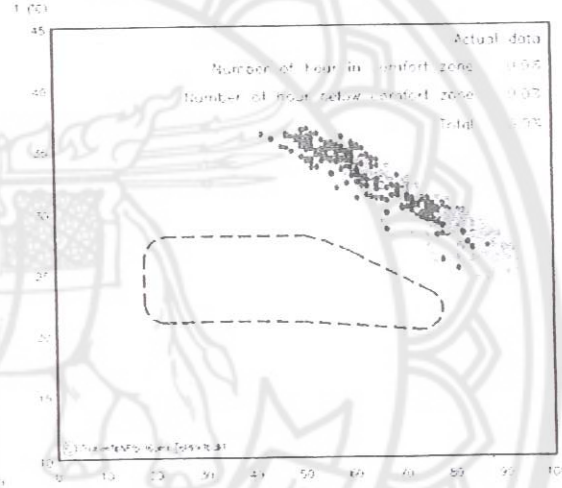
กุมภาพันธ์



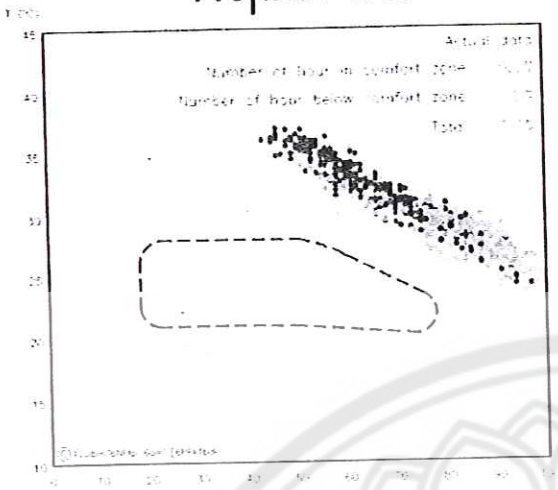
มีนาคม



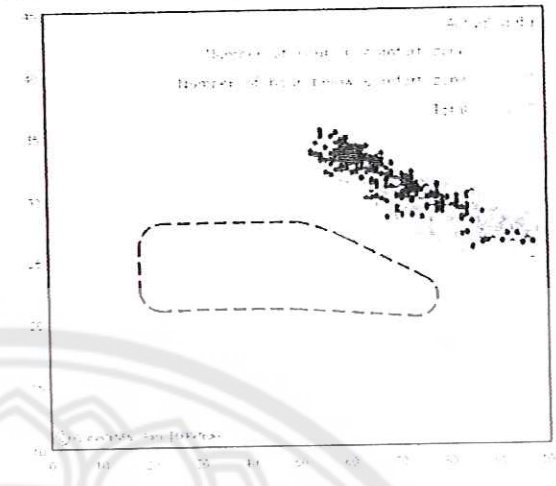
เมษายน



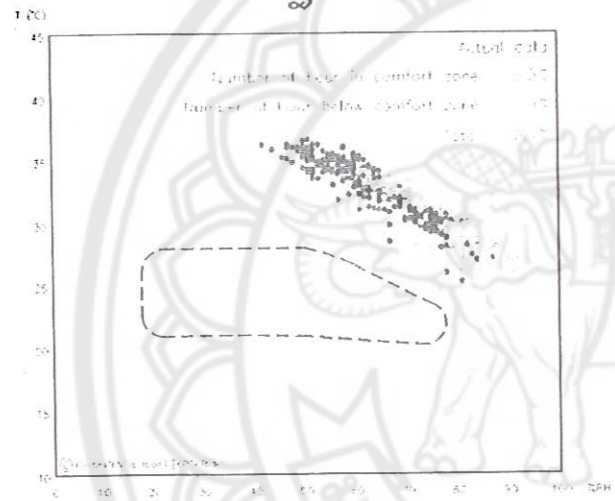
พฤษภาคม



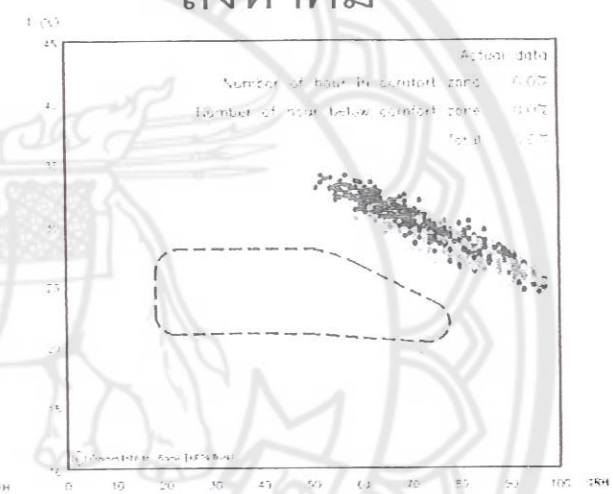
มิถุนายน



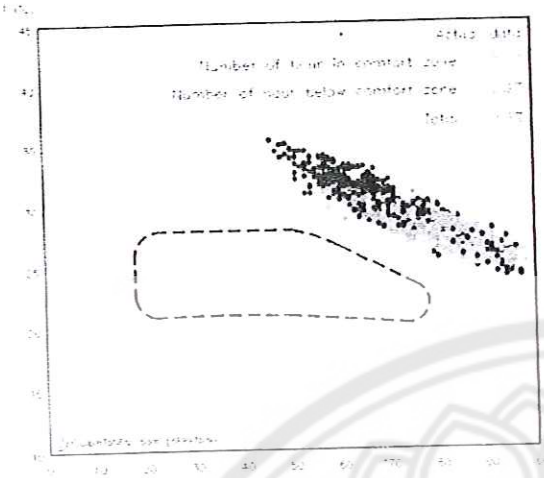
กรกฎาคม



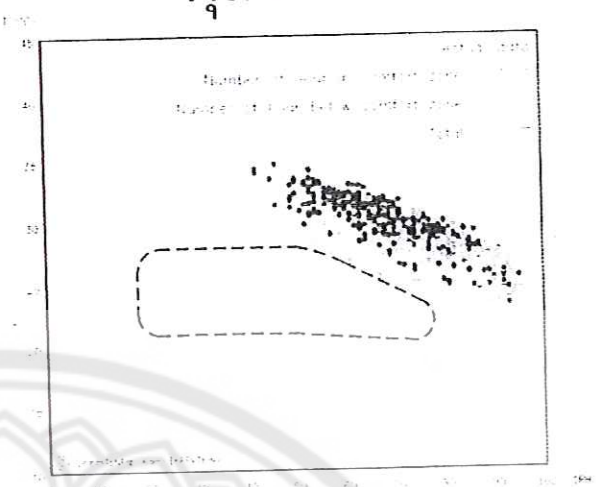
สิงหาคม



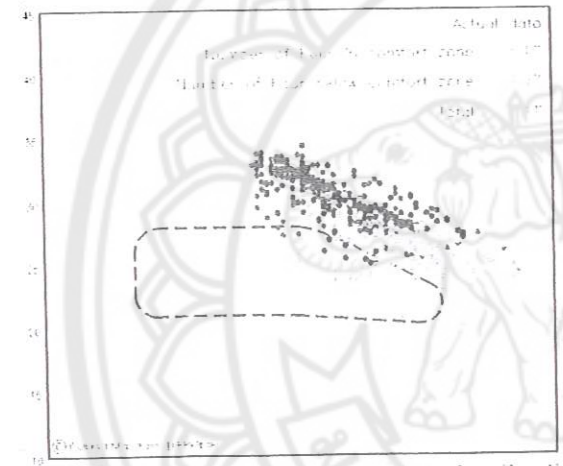
กันยายน



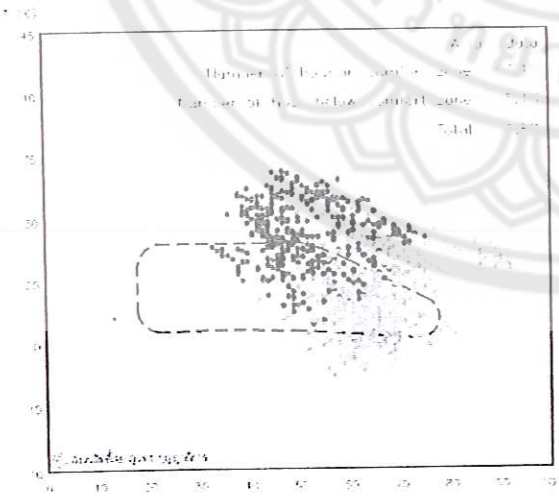
ตุลาคม



พฤศจิกายน



ธันวาคม



รูป 1 แสดงอุณหภูมิ และความชื้นรายชั่วโมง ทั้ง 12 เดือนของกรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ.2538 เมื่อไม่มีอิทธิพลของลมมาช่วย : ที่มา (สุนทร, 2542, หน้า 52-53)

จากข้อมูล แผนภูมิ 1 (สุนทร, 2542, หน้า 52-53) แสดงให้เห็นว่าในรอบปีประเทศไทยมีช่วงภูมิอากาศที่อยู่ในภาวะน่าสบายประมาณเพียง 50 วัน จาก 365 วัน หรือน้อยกว่า 2 เดือนใน 1 ปี

ซึ่งในช่วงเวลานอกเหนือจากนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ระบบปรับอากาศเพื่อช่วยให้สภาวะสิ่งแวดล้อมที่ใช้งานอยู่ในภาวะน่าสบาย ซึ่งเป็นไปตามหลักการออกแบบการใช้พลังงานแบบเครื่องกล (Active Design) มาใช้ในอาคาร เพื่อปรับให้สภาวะในอาคารอยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายดังกล่าว และมีความเหมาะสมในการใช้งานตามสมควร

1.1. บทนำ

ในปัจจุบัน อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ได้มีติดตั้งเครื่องปรับอากาศในอาคารจนครบทุกห้องแล้ว ในปีการศึกษานี้ (ปีการศึกษา 2556) จะมีการใช้สอยอาคารเรียนนี้ อย่างเต็มรูปแบบ (แต่เดิมมีการขอใช้งานในส่วนคณะวิศวฯไฟฟ้าเป็นบางส่วน ซึ่งปัจจุบันได้ย้ายกิจกรรมการเรียนการสอนทั้งหมด มาอยู่ในอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ทั้งหมดแล้ว) อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จึงเป็นอาคารที่ต้องมีการใช้งานในลักษณะผสมผสาน แนวทางประหยัดพลังงานทั้งสองรูปแบบไปพร้อมๆกัน

การผสมผสานแนวคิดทั้งสองแบบเพื่อใช้ในการออกแบบอาคาร จึงมีความเป็นไปได้ว่าแนวคิดการผสมผสานเทคนิคทั้งสองแบบ คือการออกแบบการใช้พลังงานแบบเครื่องกล (Active Design) และ แนวคิดการออกแบบ แบบประหยัดพลังงานแบบธรรมชาติ (Passive Design) นั้น ได้กลายเป็นสูตรสำเร็จเพื่อใช้ในการออกแบบอาคารในเวลาต่อมา

อนึ่ง การออกแบบแบบผสมผสาน สามารถศึกษาได้จากกรณี อาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีการใช้หน้าต่างแบบบานเกล็ด และในขณะเดียวกันได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศไว้พร้อมๆกัน การออกแบบลักษณะนี้อาจถูกสรุปได้ง่ายๆ ว่าเหมาะสมแล้วกับภูมิประเทศหรือภูมิอากาศในประเทศไทย อย่างไรก็ตามการใช้หน้าต่างบานเกล็ดหรือมีหน้าต่างบานเกล็ดในห้องที่กำลังใช้เครื่องปรับอากาศไปด้วยนั้น อาจทำให้ข้อสรุปนั้นไม่ถูกต้องเสมอไป

เป็นที่ทราบกันว่า การรั่วไหลของอากาศที่เย็น กับอากาศที่ร้อนนั้นเกิดขึ้นโดยธรรมชาติเพื่อรักษาสมดุล ทางพลังงานจากแรงในระดับโมเลกุล การใช้หน้าต่างบานเกล็ดที่มีช่องว่างระหว่างกระจกนั้น อาจเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการรั่วไหลของอากาศภายในห้องตามปรากฏการณ์ดังกล่าว ไม่มีงานวิจัยเท่าที่ค้นพบใดที่สามารถสรุปได้ว่า แท้ที่จริงแล้ว อัตราความเย็นที่สูญเสียไปในการพยายามทำความเย็นจากเครื่องปรับอากาศภายในห้องที่ใช้บานเกล็ดนั้น มากน้อยเพียงใด และหากถูกคำนวณเป็นค่าการสิ้นเปลืองพลังงานเชิงเปรียบเทียบกับห้องที่ใช้หน้าต่าง บานเลื่อนซึ่งเป็นหน้าต่างที่มีลักษณะปิดสมบูรณ์ (Sealed windows) นั้น จะมีค่าสิ้นเปลืองพลังงานแตกต่างกันอย่างไร

งานวิจัยชิ้นนี้ จึงมุ่งค้นคว้าหาคำตอบ ซึ่งท้ายที่สุด ทำให้สามารถสรุปข้อถกเถียงในประเด็นนี้ได้อย่างเป็นวิชาการ ทั้งนี้ โดยออกแบบการทดลองใช้ห้องในสองสภาวะควบคุมคือ

ก.ห้องเรียนบานเกล็ด โดยเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศา C° และ 15 องศา C°
ข.ห้องเรียนบานเลื่อน โดยเปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 องศา C° และ 15 องศา C°

การวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะถูกคำนวณเฉลี่ยเพื่อหาค่ากลาง(Medium) ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าใช้ไฟฟ้าในแต่ละครั้ง เพื่อใช้วิเคราะห์และสรุปผลถึงความประหยัด ความสูญเสีย ความเหมือน และความต่างในสภาวะต่างๆ เพื่อหาแนวทางที่ทำให้ประหยัดค่าการใช้พลังงานสูงสุด (Minimize Cost of Energy) และรักษาสภาวะน่าสบายสูงสุด (Maximize Comfort Zone) การทดลองดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงวิธีการและผลสรุปประกอบการตัดสินใจบริหารจัดการด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารต่อไป อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (Optimization Energy Consumption)

1.2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานเพื่อการปรับอากาศระหว่างห้องเรียนบานเกล็ดกับบานเลื่อน
2. เพื่อศึกษาแนวทางการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าด้านปรับอากาศ อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3. ทฤษฎี สมมุติฐาน (ถ้ามี) และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย เกิดจากจากความต้องการหาปัจจัยเพื่อการตัดสินใจในด้านบริหารรายจ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ให้เกิดความประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงานปรับอากาศในอาคาร ซึ่งมีปัจจัยหลากหลายเกี่ยวข้อง สิ่งเหล่านี้ต้องได้รับการพิสูจน์ทดลองอย่างเป็นวิทยาศาสตร์ และสามารถพิสูจน์ตลอดจนวัดค่าข้อมูลผลลัพธ์ได้ การออกแบบการทดลองในสิ่งแวดล้อมควบคุม ในสถานที่จริง สามารถนำไปสู่ผลลัพธ์ เพื่อสรุปอย่างเชื่อถือได้และขยายผลไปสู่แนวคิดในการออกแบบอาคารและการเรียนการสอนด้านสถาปัตยกรรมและพลังงานต่อไปในอนาคต

โครงการวิจัยเรื่อง การใช้พลังงานเพื่อปรับอากาศ ระหว่างห้องที่ใช้บานเกล็ด และห้องที่ใช้บานเลื่อนในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรนั้น จะทำการศึกษาผลของค่าการใช้พลังงาน เพื่อทำอุณหภูมิให้ถึงอุณหภูมิเปรียบเทียบ โดยใช้อุณหภูมิเปรียบเทียบเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส โดยมีกรอบแนวคิดของการวิจัยและสมมติฐานของการวิจัย คือหน้าต่างบานเลื่อนซึ่งมีรอยรั่วของอากาศน้อยนั้น ทำให้การใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศ น้อยกว่าหน้าต่างบานเกล็ดซึ่งมีรอยรั่วของอากาศมาก

1.4. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

กฎของสภาวะน่าสบายระบุว่า มีเหตุผลสามข้อที่ทำให้การคำนึงถึงสภาวะน่าสบายนั้น มีความสำคัญอย่ายิ่งในการออกแบบอาคาร ดังนี้ คือ

ก.ความรู้สึกสบาย (โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอุณหภูมิที่เหมาะสม) เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้งานอาคารพึงพอใจ

ข.ระดับของอุณหภูมิที่ผู้ใช้พึงพอใจ เป็นปัจจัยสำคัญ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจว่าใช้พลังงานหรือไม่

ค.หากอาคารไม่สามารถทำให้รู้สึกสบายได้แล้ว ผู้ใช้อาคารจะพยายามทำให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย การกระทำนี้บ่อยครั้งพบว่า มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้ แนวคิดประหยัดพลังงาน ถูกคำนึงถึงน้อยลง (Roaf, 2005)

นอกจากนี้ จากเอกสารการศึกษาและออกแบบผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัวเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานและเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม ระบุว่า จากการศึกษาของ (Doebber, 2004) ค่าการรั่วซึมของอากาศ มีผลต่อการใช้พลังงาน และ กล่าวอีกว่า บ้านที่ใช้ผนังโฟม (ICF) ที่มีค่าการรั่วซึมของอากาศ 0.76 เมื่อเปรียบเทียบกับบ้านโครงคร่าวไม้ทั่วไปพบว่า บ้านที่ใช้ผนังโฟม (ICF) สามารถประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้นจากเดิมมาก (จรัญพัฒน์, 2555, หน้า 13)

> *โดยปกติเปลือกอาคารทำหน้าที่จะเป็นตัวกลาง (Transitional Space) ระหว่างสภาพแวดล้อมภายนอกและภายในอาคาร (สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวณิค, 2536) ดังนั้นเปลือกอาคารจึงเป็นส่วนเสริมทำให้สภาพแวดล้อมภายในอาคารอยู่ในสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิ (Thermal Comfort) โดยที่สภาวะน่าสบายอุณหภูมิ คือ "การที่ตัวเราไม่รู้สึกอยู่ในสภาวะไม่สบายหรือ ไม่รู้สึกว่าตัวเองได้สูญเสียความร้อนหรือได้รับความร้อนจากสภาพแวดล้อมเป็นสภาวะที่สมดุลย์ทางอุณหภูมิหรือความร้อนระหว่างร่างกายและสภาพแวดล้อม" (Stein, 1986) จาก* (ศุภกิจ, 2556)

จากกฎข้อที่ 2 ของหลัก Thermodynamics กล่าวว่า "ความร้อนจะไม่สามารถผ่านจากที่ที่เย็นไปสู่ที่ที่ร้อนได้หากไม่มีแรงกระทำจากภายนอก" (Conditioning Engineers, Inc., (ASHRAE), 1989)

โดยทั่วไปการถ่ายเทความร้อนจากจุดหนึ่งไปสู่อีกจุดหนึ่งต้องอาศัยตัวกลางหรือไม่ต้องอาศัยตัวกลางและจะต้องอยู่ในที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิ ซึ่งการถ่ายเทความร้อนโดยรอบผิวอาคารสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี (ศุภกิจ, 2556) ดังนี้

ก.การนำความร้อน (Conduction) คือ การถ่ายเทความร้อนระหว่างโมเลกุลที่อยู่ติดกันภายในตัวกลางเดียวกันหรือตัวกลางที่ติดกัน

ข.การพาความร้อน (Convection) คือ การถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยตัวกลางซึ่งเคลื่อนที่จากผิวของ ของแข็งสู่ของไหล โดยของไหลจะเป็นตัวพาความร้อนเข้าหรือออกจากผิวของแข็ง

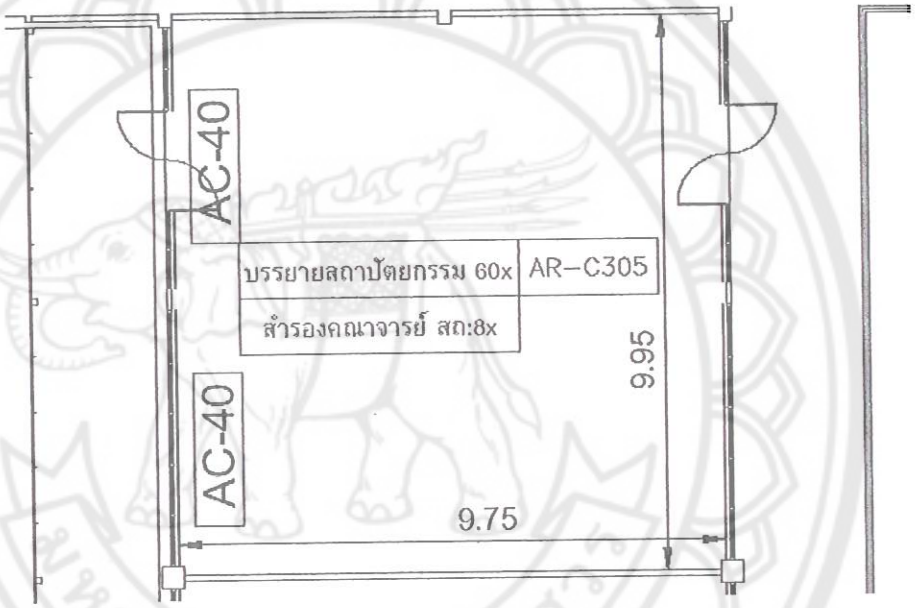
ค.การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) คือ การที่พลังงานเคลื่อนที่โดยตรงในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ซึ่งการถ่ายเทความร้อนผ่านรอยรั่วซึมขแงช่องหน้าต่างบานเกล็ดในการวิจัยครั้งนี้ เป็นการพาความร้อน โดยมีอากาศเป็นตัวกลางสำคัญ

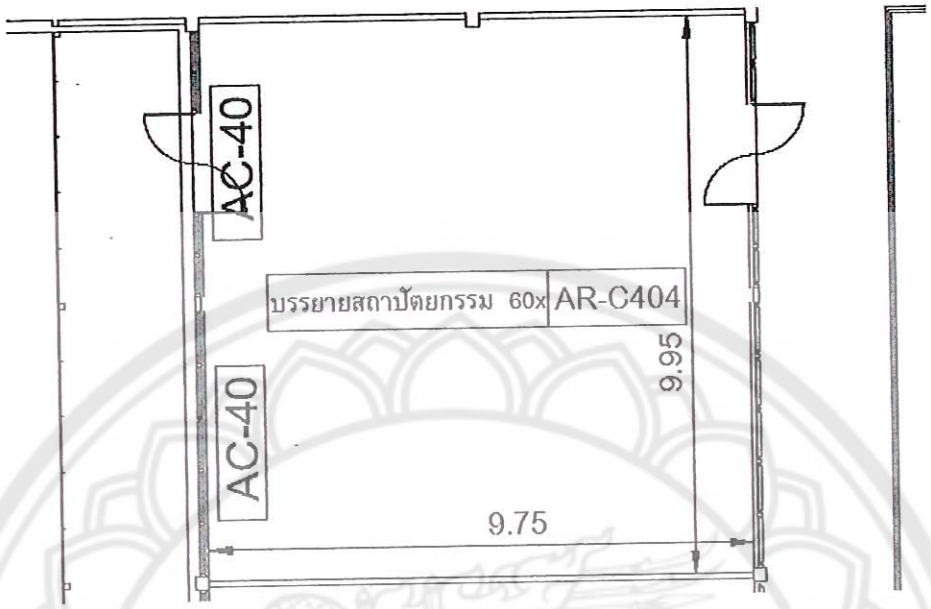
1.5. วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาว่าการเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องที่ใช้บานเกล็ดนั้น (ในระหว่างการทดลองจะถูกควบคุมโดยไม่ให้มีคนใช้งานอยู่ และปิดประตูถาวร (ล๊อก)ไม่ให้มีการเปิดประตูในขณะทำการทดลอง เป็นเวลา3 วันต่อเนื่องกัน) มีการรั่วไหลนั้นทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้นกว่าห้องที่มีการใช้บานเลื่อนติดตาย และ มีการสิ้นเปลืองที่สามารถวัดได้จริงเป็นปริมาณเท่าใด

โดยห้องทั้งสองที่ใช้เป็นห้องสำหรับทดลองนั้น มีรูปแบบที่เหมือนกันทุกประการดังรูป 1 และ 2 ดังแสดงต่อไปนี้



รูปที่1 แสดงผังห้อง ARC 305



รูปที่2 แสดงผังห้อง ARC 404 ซึ่งมีขนาด สัดส่วน วัสดุ เหมือนกับ ห้อง ARC 303 ทุกประการ

ในการวิจัยนี้กำหนดขั้นตอนในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมการทดลอง
2. ขั้นตอนการทดลอง

<u>การดำเนินการเตรียมการทดลองมีขั้นตอน ดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> สร้างชุดการทดลองในสิ่งแวดล้อมควบคุมเพื่อการวิจัยระหว่างห้องที่มีการปรับอากาศที่มีการใช้บานเกล็ด และห้องที่มีการปรับอากาศในห้องที่ใช้บานเลื่อน โดยการเปิดเครื่องปรับอากาศในเวลาเดียวกันทั้งสองห้อง

โดยชุดการทดลองแบ่งเป็น 2 ชุดคือ

ชุดที่ 1 -ห้องที่มีการใช้บานเกล็ด เป็นตัวแปรทดสอบ

-ห้องมีขนาดเท่ากับ 9.95 X 9.75 เมตร เป็นตัวแปรควบคุม

-ห้องมีขนาดความสูง 3.00 เมตร เป็นตัวแปรควบคุม

-ห้องมีด้านหน้าหันไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ (163 องศา)เป็นตัวแปรควบคุม

ชุดที่ 2 -ห้องที่มีการใช้บานเลื่อน เป็นตัวแปรทดสอบ

-ห้องมีขนาดเท่ากับ 9.95 X 9.75 เมตรเป็นตัวแปรควบคุม

-ห้องมีขนาดความสูง 3.00 เมตร เป็นตัวแปรควบคุม

-ห้องมีด้านหน้าหันไปทิศตะวันออกเฉียงใต้ (163 องศา) เป็นตัวแปรควบคุม

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดต่างๆ เพื่อวัดสภาวะในห้อง ประกอบด้วย เครื่องวัดความชื้น, เครื่องวัด อุณหภูมิภาย, เครื่องวัดอุณหภูมิภายนอก, อุปกรณ์วัดค่าการใช้ไฟฟ้า, อุปกรณ์ตั้งเวลาเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า, อุปกรณ์บันทึกข้อมูล

การดำเนินการทดลอง บันทึก วิเคราะห์ และสรุปข้อมูล มีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลนำร่อง โดยสุ่ม 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันโดยใช้เวลาทั้งสิ้น 1เดือน เพื่อเก็บข้อมูลวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลวิจัยมาเรียบเรียง และวิเคราะห์ปรับฐาน การเปรียบเทียบและสรุปผล

ขั้นตอนที่ 3 เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลจริง โดยสุ่ม 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 วันโดยใช้เวลาทั้งสิ้น 1-3 เดือน เพื่อเก็บข้อมูลวิจัย

ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง เรียบเรียง รูปเล่ม วิจัย รวบรวมเป็นเอกสารเผยแพร่ฉบับสมบูรณ์

สถานที่ทำการทดลองวิจัยได้แก่ ห้อง ARC-305 และ ARC–404 อาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.6. ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

กิจกรรม	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. รวบรวมทฤษฎีวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	←	—	—	→								
2. ออกแบบการทดลอง		←	—	—	→							
3. ติดตั้งวัสดุ, อุปกรณ์เพื่อการทดลอง				←	→							
4. ทดลองนำร่อง(ตรวจสอบค่า)และปรับปรุงวัสดุ, อุปกรณ์ทดลอง						←	→					
5. ทดลองเก็บข้อมูล							←	—	→			
6. รวบรวมข้อมูลวิเคราะห์สรุปผล									←	→		
7. จัดทำรูปเล่มจัดพิมพ์ เผยแพร่งานวิจัย											←	→

1.7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการตัดสินใจ บริหารและปรับปรุงอาคาร เพื่อการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด และตอบสนองนโยบายประหยัดค่าไฟฟ้าลง 10% ของมหาวิทยาลัย โดยสามารถสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1 ทราบถึงค่าการใช้พลังงานที่มีความแตกต่างระหว่าง การใช้งานห้องแบบ ใช้หน้าต่างบานเกล็ดและใช้หน้าต่างบานเลื่อนแบบปิด ในระหว่างที่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศ และสามารถนำผลที่ได้ มาสรุปเพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาเพื่อการออกแบบต่อไปในอนาคต

2 ผลที่ได้จากการวิจัย สามารถนำมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงพื้นฐานในทางวิชาการ เพื่อการตัดสินใจใช้รูปแบบหน้าต่างที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ เพื่อการประหยัดพลังงาน ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ผู้ใช้อาคาร และประสิทธิภาพสูงสุด

3 สามารถเผยแพร่รายงานวิจัยแก่สถาบันการศึกษาต่างๆ รวมถึงสามารถเผยแพร่แนวทางการประยุกต์ใช้รูปแบบหน้าต่างที่เหมาะสมกับเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ห้อง ในรูปแบบเอกสารประชาสัมพันธ์ให้กับประชาชนโดยทั่วไปได้

1.8. แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

นำผลงานเข้าร่วมเผยแพร่ในการประชุมวิชาการในและต่างประเทศดังต่อไปนี้

1 เผยแพร่ผลที่ได้จากงานวิจัยในรูปแบบการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติที่มีการตีพิมพ์บทความในรูปแบบ Proceedings

2 เผยแพร่ผลงานวิจัยในรูปแบบบทความวิชาการในวารสารระดับประเทศ

3 เผยแพร่ผลที่ได้จากงานวิจัยในรูปแบบการนำเสนอผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติที่มีการตีพิมพ์บทความในรูปแบบ Proceedings

4 เผยแพร่รายงานวิจัยแก่สถาบันการศึกษาต่างๆ ในรูปแบบเอกสารประชาสัมพันธ์ให้กับหน่วยงานต่างๆ และประชาชนทั่วไป

1.9. ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

ประเภท	ผลงาน	จำนวน
การตีพิมพ์และเผยแพร่	13.1 ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติที่มีค่า Impact Factor	0 เรื่อง
	13.2 ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ (ไม่มีค่า Impact Factor)	0 เรื่อง
	13.3 ตีพิมพ์ในวารสารระดับประเทศ	1 เรื่อง
	13.4 นำเสนอในการประชุมวิชาการในระดับนานาชาติ ที่มีการตีพิมพ์บทความบน Proceedings	0 เรื่อง
	13.5 นำเสนอในการประชุมวิชาการในระดับชาติ ที่มีการตีพิมพ์บทความบน Proceedings	1 เรื่อง
	13.6 บทความวิชาการ ตำรา หนังสือที่มีการรับรองคุณภาพ	0 เรื่อง
การใช้ประโยชน์	13.7 ถ่ายทอดผลงานวิจัย / เทคโนโลยีสู่กลุ่มเป้าหมาย และได้รับการรับรองการใช้ประโยชน์จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	1 เรื่อง
	13.8 ได้สิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์ เครื่องมือ หรืออื่นๆ เช่น ฐานข้อมูล Software ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป	0ผลงาน
การจดทะเบียนทรัพย์สินทางปัญญา	13.9 อนุสิทธิบัตร	0 ผลงาน
	13.10 สิทธิบัตร	0ผลงาน

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบทนี้ถูกรวบรวมเพื่อให้ครอบคลุมหลักวิชาในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยให้มากที่สุด เพื่อให้สามารถเป็นแนวคิดในการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน และตอบสนองต่อการใช้สอยที่สะดวกสบายมีภาวะน่าสบายของมนุษย์ได้ดีที่สุด ซึ่งเนื้อหาหลักๆแบ่งตามหัวข้อ อันประกอบไปด้วยเนื้อหาตามหัวข้อหลักดังนี้

2.1. **ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transformation)**

2.2. **ธรรมชาติของอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์**

2.3. ทฤษฎีบทเรื่องภาวะน่าสบาย

2.4. เครื่องกลเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ในแนวทาง Active Design

2.5. การออกแบบเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ในแนวทาง Passive Design

2.6. แนวคิดอื่นๆ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร

เมื่อรวบรวมหลักการและปัจจัยต่างๆ ในท้ายบทมีการบรรยายสรุปเพื่อนำไปสู่คำถามการวิจัยและหาคำตอบตามขั้นตอนการค้นคว้าวิจัยในบทถัดไป

2.1. ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน (Heat Transformation)

การถ่ายเทความร้อนเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิระหว่างตำแหน่งสองตำแหน่งมีค่าแตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่ที่มีอุณหภูมิต่ำเสมอ ผ่านตัวกลางหรือที่ว่างระหว่างตัวกลางการถ่ายโอนความร้อนนั้นๆ

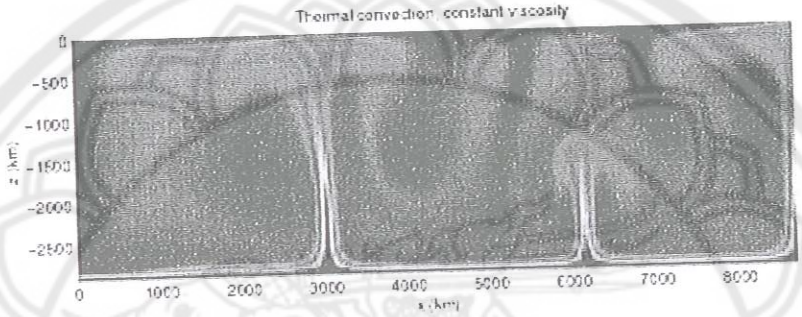
การถ่ายเทความร้อนจำแนกได้ 3 ชนิด

ก.การนำความร้อน (Conduction)

การนำความร้อนคือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่ตัวกลางไม่มีการเคลื่อนที่ การนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค เป็นหนึ่งในกระบวนการถ่ายเทความร้อน ในโลหะ การนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ(คล้ายการนำไฟฟ้า)ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการสั่นของโมเลกุลข้างเคียง ในก๊าซ การนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นสะเทือนระหว่างโมเลกุลหรือกล่าวคือการนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อนผ่าน อัตราโดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน เช่น การเอามือไปจับกาน้ำร้อน จะทำให้ความร้อนจากกาน้ำถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น **วัสดุใดจะนำความร้อนดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (k) ของวัตถุนั้นๆ**

ข.การพาความร้อน (Convection)

การพาความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นได้ ในสสารสองสถานะคือ ของเหลวและก๊าซ เนื่องจากเป็นสสารวัตถุที่สามารถเคลื่อนที่ได้ โดยจะมีทิศทางลอยขึ้นเท่านั้น เนื่องจาก เมื่อสสารได้รับความร้อนจะมีการขยายตัว ทำให้ความหนาแน่นต่ำลง และสสารที่มีอุณหภูมิ ต่ำกว่า (ความหนาแน่นสูงกว่า) ก็จะลงมาแทนที่ ปรากฏการณนี้มีตัวอย่างเช่น การเกิดลมบก ลมทะเล เป็นต้น การนำความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลผ่านของแข็งหรือผ่านของไหลที่อยู่กับที่ อันเป็นผลมาจากอุณหภูมิที่แตกต่างกัน



รูป 1 แสดงการคำนวณการพาความร้อนที่ปกคลุมบนโลก สีโทนแดงเป็นพื้นที่บริเวณร้อนและสีโทนฟ้าเป็นพื้นที่บริเวณที่เย็น

การพาความร้อนยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

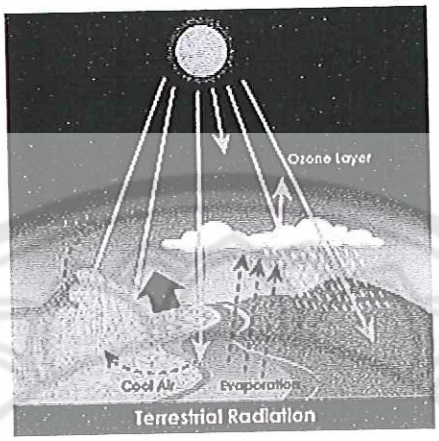
การพาความร้อนแบบธรรมชาติหรือแบบอิสระ (Natural or Free Convection) เกิดจากการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยไม่มีกลไกใดๆทำให้ของไหลเคลื่อนที่แต่เกิดจากแรงลอยตัวของของไหลเอง โดยเป็นแรงลอยตัวเกิดจากผลการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่น ที่มีอุณหภูมิของของไหล แตกต่างกัน ใน 2 บริเวณ

การพาความร้อนแบบบังคับ (Forced Convection) เกิดจากการเคลื่อนที่ของความร้อนระหว่างผิวของของแข็งและของไหล โดยของ ไหลถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปสัมผัสกับผิวของของแข็งโดยกลไกภายนอก เช่น พัดลม เครื่องสูบ

ค.การแผ่รังสีความร้อน (Radiation)

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนออกรอบตัวทุกทิศทุกทาง โดยมิต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน ดังเช่น การนำความร้อน และการพาความร้อน การแผ่รังสีสามารถถ่ายเทความร้อนผ่านอวกาศได้ วัตถุทุกชนิดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า -270 ˚C หรือ 0 K (เคลวิน) ย่อมมีการแผ่รังสี วัตถุที่มีอุณหภูมิสูงแผ่รังสีคลื่นสั้น วัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำแผ่รังสีคลื่นยาว ทั้งนี้การแผ่รังสี คือการถ่ายโอนความร้อนโดยไม่ต้องผ่านตัวกลางใดๆ ดวงอาทิตย์ถือเป็นความร้อนที่เกิดจากการถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี โดยที่วัตถุแต่ละชนิดสามารถดูดกลืนความร้อนจากการแผ่รังสีได้ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสีของวัตถุ วัตถุสีดำหรือสีเข้มดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุสีขาวหรือสีอ่อนผิววัตถุ วัตถุผิวขรุขระดูดกลืนความร้อนได้ดีกว่าวัตถุผิวเรียบและขัดมัน

การแผ่รังสีเกิดจากปรากฏการณ์ของความร้อนที่เกิดขึ้นเมื่อการแผ่พลังงานไปกระทบกับพื้นผิวของวัตถุ ส่วนหนึ่งเกิดการสะท้อน ส่วนหนึ่งถูกดูดกลืนไว้ และอีกส่วนหนึ่งถูกส่งผ่านวัตถุ



รูป 2 การแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์มายังโลก

เนื่องจากความร้อนเกี่ยวเนื่องกับอาคารและมนุษย์หลักการของการถ่ายเทความร้อนตามธรรมชาตินั้นสามารถนำมาใช้กับเรื่องธรรมชาติของอุณหภูมิ ของร่างกายมนุษย์ เพื่อที่จะเข้าใจความเป็นไปและสามารถกำหนดวิธีการที่ร่างกายถ่ายโอนความร้อนได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกาย เกิดจากการเผาผลาญอย่างต่อเนื่องของสารอาหารที่ให้พลังงานสำหรับระบบของร่างกายมนุษย์ซึ่งเป็นสัตว์เลือดอุ่น ดังนั้น ร่างกายมนุษย์จึงรักษาอุณหภูมิภายในที่คงที่เสมอคือประมาณ 37˚C เพื่อที่จะรักษาสภาพการทำงานของร่างกายให้มีสุขภาพดีเป็นปรกติ ความร้อนส่วนเกินจะต้องมีการระบายออกจากร่างกายเพื่อให้อุณหภูมิภายในร่างกายมีความสมดุลและคงที่สม่ำเสมอ เช่น เมื่อมีการออกกำลังกายจะทำให้อัตราการเผาผลาญและอัตราการผลิตความร้อนในร่างกายก็จะเพิ่มขึ้น ร่างกายก็จะมีการถ่ายเทความร้อน ออกจากร่างกายเพื่อปรับสมดุลจึงทำให้ร่างกายมีสุขภาพดี (สารานุกรมเสรี, http://th.wikipedia.org, 2557) การถ่ายเทความร้อนของร่างกายมนุษย์จึงเป็นอีกปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง ที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในห้องและภาวะน่าสบายภายในห้องจึงนำมาสู่การศึกษาหลักการเรื่องธรรมชาติของอุณหภูมิในร่างกายมนุษย์ในหัวข้อต่อมา

2.2. ธรรมชาติของอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์

ธรรมชาติของอุณหภูมิของร่างกายมนุษย์เป็นหัวข้อที่เกี่ยวกับหลักการว่าด้วยเรื่องของการรักษาสมดุลของร่างกายด้านอุณหภูมิในสิ่งแวดล้อมซึ่งมนุษย์เป็นสัตว์เลือดอุ่นจึงต้องระบายความร้อนในร่างกายอยู่ตลอดเวลา รวมไปถึงเนื้อหาของกลไกและปัจจัยของการควบคุมระดับอุณหภูมิของร่างกายตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้

2.2.1. อุณหภูมิของร่างกายเป็นความสมดุลระหว่างความร้อนที่ร่างกายผลิตขึ้นกับความร้อนที่สูญเสียไปจากร่างกาย

โดย/ชนิดของอุณหภูมิร่างกาย มี 2 ชนิด ได้แก่ อุณหภูมิภายในและอุณหภูมิผิวดังนี้

TH
ว๔๑๗
ก๓๙๕
๒๕๕๖
1691545

สำนักหอสมุด
- 1 ก.พ. 2559

ก. อุณหภูมิภายใน (core body temperature) เป็นอุณหภูมิ deep tissues ของร่างกาย ได้แก่ ศีรษะ (cranium) ทรวงอก (thoracic) บริเวณช่องท้อง (abdominal) และ เชิงกราน (pelvic cavities) มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยใน ผู้ใหญ่ Critical range or set point = 36.7 – 37 ˚C (98 – 98.6 ˚F)

ข. อุณหภูมิบริเวณผิว (Surface temperature) เป็นอุณหภูมิที่ผิวหนัง subcutaneous tissues และ fat มีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ขึ้นอยู่กับการไหลเวียนเลือดที่ผิวหนัง และจำนวนของการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดีสามารถเปลี่ยนแปลงได้กว้าง อยู่ระหว่าง 20 - 40˚C (68- 104 ˚F)

การควบคุมอุณหภูมิร่างกาย เกิดขึ้นจากความสมดุลของการผลิตความร้อน และการสูญเสียความร้อนร่างกายผลิตความร้อนออกได้โดยกลไกของร่างกาย (Physiological mechanisms) การเผาผลาญสารอาหารในร่างกาย (Metabolism) เช่น สารอาหารโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เพื่อให้เกิดพลังงาน และเป็นการสร้างเซลล์ใหม่ หรือซ่อมแซมเซลล์ที่สึกหรอ คนปกติจะมีความร้อนซึ่งถูกผลิตจากการเผาผลาญสารอาหารอย่างน้อย 40 แคลอรี่/ชม./ พท.ผิวของร่างกาย 1 ตร.ม. อัตราการใช้พลังงานของร่างกาย BMR (Basal metabolic rate) เพื่อดำรงกิจกรรมที่จำเป็น เช่น การหายใจ (breathing) Metabolic rate จะลดลงสัมพันธ์กับอายุที่เพิ่มขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อ (muscular activity) เช่น อาการหนาวสั่น (shivering) อาการสั่นเพิ่มการผลิตความร้อนได้ 4-5 เท่า มากกว่าปกติ การเพิ่มการหลั่งฮอร์โมนไทร็อกซิน (thyroxine) ซึ่งเป็นฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ การเพิ่มไทร็อกซิน ทำให้เพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์มากขึ้น ซึ่งมีผลให้เพิ่มความร้อนมากขึ้น การเพิ่มของฮอร์โมนอิพิเนฟริน และ นอร์อิพิเนฟริน (Nor-epinephrine, epinephrine) เป็นฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมหมวกไต ทำให้เพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์ทำให้ความร้อนถูกผลิตมากขึ้น หรือในช่วงที่ร่างกายมีไข้ โดยภาวะไข้ (Fever) ภาวะไข้จะเพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์ ดังนั้นจะทำให้อุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิร่างกายเพิ่มขึ้นก็จะผลิตความร้อนมากขึ้น เช่น การใส่เสื้อผ้าให้อุ่น (bundling-up) การเพิ่มกิจกรรมของร่างกาย (physical activity) เช่น การออกกำลังกาย, การเคลื่อนไหว หรือการอยู่ในสภาวะแวดล้อมที่อบอุ่น เช่น การนั่งกลางแดด การนั่งผิงไฟ

2.2.2. การระบายความร้อนของร่างกายการระบายความร้อนของร่างกายได้โดยปรกติมี 2 กระบวนการได้แก่

ก. กระบวนการทางกายภาพ (Physiologic mechanisms) ซึ่งประกอบด้วยแบบย่อยๆ 4 แบบดังนี้

- การแผ่รังสีความร้อน (Radiation) หมายถึง การส่งผ่านความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากพื้นผิววัตถุหนึ่งไปยังพื้นผิวของอีกวัตถุหนึ่ง โดยไม่มีการสัมผัสกันของทั้ง 2 พื้นผิว เช่น 60% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกายเปล่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นผลมาจากการแผ่รังสีความร้อนจากร่างกายไปสู่ห้อง

- การนำความร้อน (Conduction) หมายถึง การระบายความร้อนจากพื้นผิวหนึ่งไปยังอีกพื้นผิวหนึ่งโดยการสัมผัสกันโดยตรงระหว่างพื้นผิวทั้งสอง การนำความร้อนไปสู่วัตถุ (Conduction to object) เช่น คนตัวเปล่า (ไม่ใส่เสื้อ) นั่งอยู่บนเก้าอี้ที่อุณหภูมิห้องร่างกายจะสูญเสียความร้อน 3% ของความร้อนทั้งหมดที่สูญเสียไปที่เก้าอี้ การนำความร้อนไปสู่อากาศ (Conduction to air) 15% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกายเปล่าที่นั่งอยู่บนเก้าอี้ที่อุณหภูมิห้องโดยการนำความร้อนจากร่างกายไปสู่อากาศรอบ ๆ ตัว

- การพาความร้อน (Convection) หมายถึง การระบายความร้อนโดยมีกระแสลมพาไป เช่น 15% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกายเปล่า ที่อุณหภูมิห้อง เป็นผลมาจากการพาความร้อน ความร้อนจะเคลื่อนที่ออกจากร่างกายหลังจากที่มีการนำความร้อนออกมาแล้ว

- การระเหยกลายเป็นไอ (Evaporation) หมายถึง การระบายความร้อนออกมาโดยการระเหยจากพื้นผิวของร่างกาย หรือ การระบายความร้อนออกมาโดยการระเหยของน้ำไปเป็นไอ เช่น 22% ของความร้อนที่สูญเสียไปทั้งหมดจากร่างกายเปล่า ที่อุณหภูมิห้อง คือ ผลของการระเหยของน้ำจากเยื่อบุผิว, ปาก (ลมหายใจ), หรือผิวหนัง (เหงื่อ)

ข.กระบวนการทางพฤติกรรม (Behavioral mechanisms) การถอดเสื้อผ้า สิ่งตกแต่งที่ทำให้อุ่น การลดกิจกรรมต่างๆ (slow-down) เพิ่มพื้นที่ผิวให้สามารถระบายความร้อน เคลื่อนย้ายไปอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เย็น

2.2.3. กลไกการควบคุมระดับอุณหภูมิของร่างกาย

การควบคุมอุณหภูมิร่างกายเกิดขึ้นโดยการทำหน้าที่ของศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิที่Hypothalamus โดยมีกลไกในการปรับตัวเพื่อรักษาระดับความร้อนภายในร่างกายให้คงที่ โดยการผลิตความร้อนและการระบายความร้อน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยย่อย 3 ปัจจัย ได้แก่

ก. Thermal regulators Sensory receptors for cold and warmth มี 2 ชนิด

Peripheral tissue thermal receptors อยู่ที่ผิวหนัง sensors ส่วนใหญ่อยู่ในผิวหนัง ส่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมภายนอกไปยังศูนย์กลางการควบคุม ตัวรับระดับอุณหภูมิ ที่อยู่ภายในร่างกาย (deep body tissue) อยู่ใน spinal cord, abdominal viscera (ภายใน) และภายนอกเส้นเลือดดำใหญ่ (great veins)

ส่งข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมภายในไปยังศูนย์กลางการควบคุม ทั้ง 2 ชนิดมีตัวความเย็นมากกว่า ความร้อน 10 cold : 1 warmth ดังนั้นจึงต้องให้ความสนใจเกี่ยวกับการป้องกันภาวะ hypothermia มาก เมื่อผิวหนังหนาวเย็น เกินอุณหภูมิร่างกาย จะเกิดกระบวนการทางกายภาพ กระบวนการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิร่างกาย

อาการสั่นเพิ่มการผลิตความร้อน ยับยั้งการหลั่งเหงื่อ เพื่อลดการระบายความร้อน Vasoconstriction เพื่อลดการระบายความร้อน

ข. Central integrator ได้แก่ Hypothalamus เป็นศูนย์กลางการควบคุมอุณหภูมิภายในร่างกาย Posterior hypothalamus ควบคุมการผลิตความร้อน (Heat production) ตัวรับสัญญาณ ได้รับสัญญาณจาก peripheral และ deep tissue Thermal receptors พบว่ามีความร้อนเกิดขึ้น ซึ่งอุณหภูมิภายใน (core body temperature) ต่ำกว่า set point เป็นผลมาจากลดการผลิตความร้อนและ/หรือ เพิ่มการระบายความร้อน Hypothalamus จะทำให้เกิดการเพิ่มอุณหภูมิร่างกายเพื่อปรับอุณหภูมิภายในร่างกายให้เข้าสู่อุณหภูมิปกติ โดยการเพิ่มการผลิตหรือการลดการระบายความร้อน

Anterior hypothalamus ควบคุมการระบายความร้อน (Heat loss) ได้รับสัญญาณจาก peripheral + deep tissue thermal receptors พบว่ามีความเย็นเกิดขึ้น ซึ่งอุณหภูมิภายในร่างกายสูงกว่า set point เป็นผลมาจากการเพิ่มการ

ผลิตความร้อนและการลดการระบายความร้อน hypothalamus จะทำให้เกิดการลดอุณหภูมิ การกระตุ้น effectors เพื่อปรับอุณหภูมิภายในร่างกายเข้าสู่ set point โดยลดการผลิตความร้อนและเพิ่มการระบายความร้อน

ค. กลไกการรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกาย

Blood vessels อุณหภูมิร่างกายสูงกว่า set point ร่างกายต้องปรับลดอุณหภูมิเกิดเหงื่อ vasodilation อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า set point ร่างกายต้องปรับเพิ่มอุณหภูมิเกิด vasoconstriction (heat conservation สงวนความร้อน)

Sweat glands อุณหภูมิร่างกายสูงกว่า set point ร่างกายต้องปรับลดอุณหภูมิเกิดการตัวสั่น sweating

Skeletal muscle อุณหภูมิร่างกายต่ำกว่า set point ร่างกายต้องปรับเพิ่มอุณหภูมิเกิด muscle shivering

2.2.4. ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิภายในร่างกาย

ปัจจัยที่มีผลต่ออุณหภูมิในร่างกายมนุษย์มีปัจจัยหลากหลายชนิดสามารถถูกรวบรวมได้ดังนี้

- อายุ (Age) อุณหภูมิร่างกายเด็กมีการเปลี่ยนแปลง ไม่มั่นคง ทั้งนี้เนื่องจากศูนย์ควบคุมอุณหภูมิของร่างกายยังทำงานไม่เต็มที่จนกว่าจะถึงวัยผู้ใหญ่ การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมจึงมีผลต่ออุณหภูมิร่างกายเด็ก ผู้สูงอายุเนื้อเยื่อใต้ผิวหนัง และไขมันมีน้อย และมีการเปลี่ยนแปลงของหลอดเลือด เลือดมาเลี้ยงผิวหนังลดลง ทำให้อุณหภูมิร่างกายต่ำ เสี่ยงต่อภาวะ Hypothermia ได้ง่าย

- ช่วงเวลาระหว่างวัน (Time) อุณหภูมิร่ายกายปกติจะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งวัน เปลี่ยนแปลงได้มากถึง 1.0˚C (1.8 ˚F) ระหว่างช่วงเช้าและช่วงบ่ายๆ อุณหภูมิสูงสุดระหว่าง 8.00 PM และ 12.00 PM) และต่ำสุดช่วงที่นอนหลับ 4.00-6.00 AM .

- ฮอร์โมน (Hormone) เพศหญิงมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิร่างกายมากกว่าเพศชาย ในรอบของการมีประจำเดือน จะมีการหลั่งฮอร์โมน Progesterone มากในระยะที่มีการตกไข่ (ovulation) ซึ่งจะเพิ่มอุณหภูมิภายในร่างกาย 0.3- 0.5 ˚C (0.6 -1.0 ˚F)

- ผู้ที่มีความเครียด (Stress) จะทำให้ไปกระตุ้นระบบประสาท ซิมพาธิติก (Sympathetic nervous system) เพิ่มการหลั่ง Epinephrine และ nor-epinephrine ซึ่งจะเพิ่มอัตราการเผาผลาญภายในเซลล์ (BMR) จึงมีผลทำให้มีการผลิตความร้อนเพิ่มมากขึ้น

- อุณหภูมิมากสุดของสภาพแวดล้อม (Environment) สามารถเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของร่างกายได้ ถ้าร่างกายสัมผัสอุณหภูมิแวดล้อมที่เย็น, ร้อนเป็นเวลานาน

- การออกกำลังกายอย่างหนัก (Exercise) ซึ่งมีผลเพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อ (Muscular activity) อัตราการเผาผลาญภายในเซลล์ (Metabolic rate) จึงมีผลทำให้มีการผลิตความร้อนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิร่างกายเปลี่ยนแปลง

- การติดเชื้อ (Infection) กระบวนการติดเชื้อจากแบคทีเรีย ไวรัส เชื้อราหรือ การติดเชื้อ (Microorganisms) อื่น ๆ ส่งผลให้ มีการหลั่งสารก่อไข้ (Endogenous pyrogen) ทำให้อุณหภูมิร่างกายสูงขึ้น

- ภาวะโภชนาการ (nutrition) คนผอมมากจะมีเนื้อเยื่อใต้ผิวหนังน้อย fat น้อย ส่งผลให้อุณหภูมิร่างกายต่ำได้

- การรับประทานเครื่องดื่มร้อน, เย็น การดื่มเครื่องดื่มร้อนหรือเย็น สามารถทำให้อุณหภูมิภายในช่องปาก เปลี่ยนแปลง (0.2 °F – 1.6 °F)

อุณหภูมิร่างกายปกติแต่ละวัยสามารถแสดงได้ดังตาราง

ตาราง 1 แสดงอุณหภูมิร่างกายปกติในแต่ละวัย

วัย	อุณหภูมิ (°C °)
วัยทารก (Infant)	36.1 – 37.7 °C
วัยเด็ก (Child)	37-37.6 °C
วัยผู้ใหญ่ (Adult)	36.5-37.5 °C
วัยชรา (Older adult)	36-36.9 °C

ที่มา : (วรรณฉัตร กระต่ายจันทร์)

อุณหภูมิของร่างกายในแต่ละวัยแม้จะแตกต่างกันแต่ก็ยังอยู่ในระหว่าง 36.1 ถึง 37.6 ซึ่งมีระยะที่แคบเมื่อเทียบกับอุณหภูมิภายนอกหรืออุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิร่างกายและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อมทำให้มนุษย์เกิดความรู้สึกร้อน หนาว อุ่น หรือเย็นสบายได้ ตามแต่สภาวะนั้นๆ เพื่อให้สถาปนิกออกแบบสิ่งแวดล้อมให้เกิดภาวะน่าสบายให้เหมาะสมมากที่สุด ซึ่งได้มีการศึกษารวมทฤษฎีบทเรื่องภาวะน่าสบายสำหรับมนุษย์ไว้ด้วยดังนี้

2.3. ทฤษฎีบทว่าด้วยเรื่องภาวะน่าสบาย

เขตสบายคือขอบเขตของสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์อยู่ในสภาวะที่สบายซึ่งสภาวะที่สบายนี้หมายถึงสภาวะที่อากาศมีอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นในอากาศที่พอเหมาะกับการที่จะทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบาย ไม่ร้อนหรือหนาวจนเกินไปร่างกายไม่มีเหงื่อ ไม่มีไอน้ำในอากาศที่มากเกินไปจนชื้นหรือน้อยเกินไปจนแห้งหายใจไม่สะดวก อัตราความเร็วลมอยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะไม่รบกวน จนรู้สึกได้จากการศึกษาสภาวะสบายจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ สภาวะภายในร่างกายและสภาวะภายนอกร่างกาย (Olgyay,1996) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ก. สภาวะภายในร่างกายที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายได้แก่ สภาพร่างกายของคนในแต่ละพื้นที่เช่นการขับเหงื่อของคนในเมืองร้อนจะง่ายกว่าคนในเมืองหนาว การทนต่ออุณหภูมิสูงของคนเมืองร้อนจะทนได้มากกว่าคนเมืองหนาวเป็นต้นซึ่งสรุปได้ว่าสภาวะน่าสบายภายในร่างกายของคนแต่ละพื้นที่ต่างกัน

ข. สภาวะภายนอกร่างกายที่มีผลต่อสภาวะสบายได้แก่ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ แสงแดด การแผ่รังสี ความเร็วลม และทิศทางลม รวมถึงวัสดุที่นำมาใช้ในสถาปัตยกรรม ซึ่งประกอบทั้งหมดเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น

องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับสภาวะสบาย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือองค์ประกอบที่เกิดจากมนุษย์ และองค์ประกอบที่เกิดจากสภาพแวดล้อม (Fanger,1967)

ก. องค์ประกอบที่เกิดจากมนุษย์

กลไกทางร่างกายของมนุษย์ (Metabolism) ซึ่งขึ้นอยู่กับพฤติกรรม เช่น การยืน เดิน นั่ง นอน หรือสภาพธรรมชาติของเผ่าพันธุ์เช่น สีผิว โครงร่างกาย เป็นต้น ซึ่งกลไกทางร่างกายที่แตกต่างกันจะทำให้สภาวะน่าสบายแตกต่างกันไป

เครื่องนุ่งห่มที่ใช้สวมใส่เป็นองค์ประกอบอีกที่ส่งผลถึง ภาวะน่าสบายเพราะถ้าอากาศที่ร้อนอบอ้าวแต่ใส่เสื้อผ้าที่หนาไม่ทำให้เกิดสภาวะน่าสบายแก่ร่างกายได้ แม้ว่าสภาสภาพแวดล้อมจะอยู่ในเขตสบายแล้วก็ตาม

ข. องค์ประกอบที่เกิดจากสภาพแวดล้อมซึ่งได้แก่

อุณหภูมิอากาศ (Ambient Air Temperature) หมายถึง อุณหภูมิของอากาศที่วัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)

อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature) หมายถึงค่าเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT สามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆ ในห้องและตำแหน่งที่วัด MRT นั้น โดยใช้มุมกระทำ (Solid Angle) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัด และขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ย

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) หมายถึง ค่าเปรียบเทียบสัดส่วนเป็นร้อยละของความชื้นในอากาศ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณความชื้นสูงสุดที่อากาศสามารถรับได้โดยปราศจากการกลั่นตัวเองเป็นหยดน้ำ

ความเร็วลม (Air Velocity) เป็นความเร็วลมที่ผ่านผู้อยู่อาศัยโดยลมที่พัดจะพาความร้อนรอบตัวออกไป ทำให้รู้สึกเย็น นอกจากนั้นยังพัดพาความชื้นบริเวณผิวร่างกาย ซึ่งจะช่วยให้การระเหยของเหงื่อดีขึ้นความเร็วลมที่เหมาะสมสิ่งที่จำเป็นในการสร้างสภาวะน่าสบายหากความเร็วลมน้อยเกินไปจะทำให้ผู้อยู่อาศัยเกิดความรู้สึกอึดอัดไม่มีอาการถ่ายเท แต่ถ้ามากเกินไปจะทำให้รู้สึกรำคาญหรือรู้สึกว่าถูกรบกวนได้

นอกจากนี้จากการศึกษาสภาวะน่าสบายในเอกสารบางฉบับสามารถสรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาวะน่าสบายได้ 6 ประการคือ อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วลม เครื่องนุ่งห่ม อัตราการเผาผลาญของร่างกาย อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นที่ผิวโดยรอบ (ณัฐพล แซ่ห่าน, 2553)

อุณหภูมิและภาวะน่าสบายนั้นมีความเป็นท้องถิ่นและมีลักษณะเฉพาะของแต่ละท้องถิ่นในกรณีประเทศไทยมีข้อมูลด้านสภาพอากาศท้องถิ่นที่ถูกรวบรวมไว้เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อภาวะน่าสบายดังนี้

2.3.1. ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อภาวะน่าสบายด้านภูมิอากาศท้องถิ่น

ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อภาวะน่าสบายประกอบด้วย ปัจจัยด้านสภาพอากาศท้องถิ่นซึ่งสภาพอากาศท้องถิ่น (ในกรณีประเทศไทย) มีรายละเอียดดังนี้

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 5 ถึง 21 องศา-เหนือ ทางด้านตะวันออกอยู่ที่ลองติจูด 106 องศาตะวันออก ตะวันตกอยู่ที่ลองติจูด 97 องศาตะวันออก มีลมประจำพัดผ่าน 2 ทิศทางคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลม-มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา, 2546) เนื่องจากสภาพที่ตั้งของประเทศตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตร ส่งผลให้ลักษณะ

สภาพอากาศของประเทศไทยค่อนข้างร้อน และมีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ขอบเขตความสบายของคนไทยเป็นไปได้ว่าลักษณะภูมิประเทศ และวัฒนธรรมการแต่งกายที่แตกต่างกันส่งผลต่อความรู้สึกสบายที่แตกต่างกันด้วย (de Dear, 2002)

2.3.2. การศึกษาภาวะน่าสบายในอดีตในประเทศไทยและกรุงเทพมหานคร

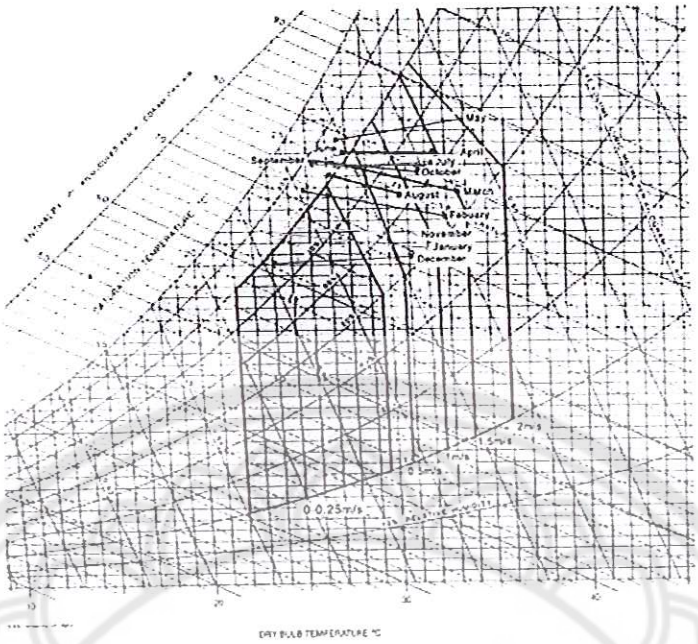
มีการศึกษาภาวะน่าสบายในประเทศไทยและต่างประเทศการศึกษาลักษณะสภาพอากาศของประเทศไทยและขอบเขตความสบายของคนไทยไว้ในเอกสารบางฉบับดังนี้

ประเทศไทยตั้งอยู่บริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร ในภูมิภาคที่เป็นเขตอบอุ่นของโลก ภูมิอากาศเป็นแบบร้อนชื้น (tropical climate) จึงมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงเกือบตลอดทั้งปี และมีฝนตกในปริมาณมากลักษณะของลมประจำฤดูกาลสำหรับประเทศไทยนั้น จะพัดมาจากทางทิศใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ประมาณ 8-9 เดือนต่อไป และจะมีลมหนาวพัดมาจากทางทิศเหนือเป็นส่วนน้อย ประมาณ 3-4 เดือนต่อปีในช่วงฤดูหนาวเท่านั้น

เส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์สำหรับภูมิภาคที่อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตรของโลกอย่างเช่นประเทศไทยนั้น ดวงอาทิตย์จะขึ้นทางทิศตะวันออกและโคจรอ้อมทางทิศใต้ไปตกทางทิศตะวันตกเป็นส่วนใหญ่ สาเหตุเนื่องมาจากการเอียง 23.5 องศาของแกนโลกจึงทำให้ไม่เพียงเฉพาะผนังอาคารที่อยู่ทางด้านทิศตะวันตกเท่านั้นที่ต้องเผชิญหน้ากับแสงแดดที่ร้อนแรง ผนังอาคารด้านทิศใต้ก็ต้องเผชิญกับแสงแดดอยู่เป็นเวลานานหลายเดือนในแต่ละปีอีกด้วย

นอกจากนี้การศึกษาภาวะน่าสบายในประเทศไทยที่เริ่มมีการศึกษาในพื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นส่วนใหญ่ เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ได้มีการบันทึกและวิเคราะห์ไว้ทั้งเรื่องทิศทางและค่าความเร็วลมในกรณีกรุงเทพมหานครไว้ดังนี้

ทิศทางและค่าความเร็วลมพบว่าข้อมูลความเร็วลมเฉลี่ยรายชั่งโมงในกรุงเทพมหานครที่ความสูง 33.1 เมตร ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - 2546 ในช่วงฤดูหนาวความเร็วลมจะมีค่าต่ำกว่าฤดูร้อน โดยความเร็วลมต่ำสุดมีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 5.39 เมตรต่อวินาทีทิศทางลมที่มีอิทธิพลสำหรับประเทศไทยส่วนใหญ่ คือ ทิศใต้ดังแสดงในรูปที่ 3 การบังลมจากอาคารข้างเคียงมักเป็นปัญหาสำคัญสำหรับการออกแบบเพื่อสร้างความสบายโดยใช้ลมธรรมชาติในอาคารชุดพักอาศัยที่อยู่ในเขตเมือง



รูป 3 แผนภูมิแสดงขอบเขตความสบายโดยใช้ลมธรรมชาติของกรุงเทพมหานคร (เฉลิม วัฒน์ตันตสวัสดิ์, 2005)

สภาพอากาศท้องถิ่น (ในกรณีประเทศไทย) สำหรับการวิเคราะห์สภาพอากาศของกรุงเทพมหานครเพื่อศึกษาขอบเขตความสบาย อุณหภูมิและค่าความชื้นสัมพัทธ์ของกรุงเทพมหานคร จากกรมอุตุนิยมวิทยา ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2544 – 2546 จากการศึกษาข้อมูลสภาพอากาศในเอกสารบางฉบับ เทียบกับช่วงความน่าสบายของประเทศไทยในแผนภูมิไซโครเมตริกของสมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE psychrometric chart) สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากแผนภูมิสามารถใช้ลมธรรมชาติเพื่อสร้างความสบายได้เกือบตลอดทั้งปีสำหรับสภาพอากาศในเดือนธันวาคม ในบางเวลาของเดือนมกราคม และเดือนพฤศจิกายนนั้นจะอยู่ในขอบเขตความสบายได้ โดยไม่ต้องพึ่งพาลมธรรมชาติ

2. เวลาหลังเที่ยงคืนถึงเช้า (01:00 น. - 07:00 น.) ยกเว้นในเดือนธันวาคม ในช่วงเวลาดังกล่าวอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงเกินขอบเขตสบาย แต่มีอุณหภูมิต่ำ การใช้ความร้อนจากแหล่งความร้อนภายในห้องในสภาวะที่มีความเร็วลมต่ำสามารถช่วยลดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ทำให้อากาศภายในห้องอยู่ในสภาวะสบายเชิงอุณหภูมิได้

มีการศึกษาสภาวะสบายเชิงอุณหภูมิ (thermal comfort) ของคนในพื้นที่ต่าง ๆ มากขึ้นสำหรับในประเทศไทยได้มีผู้วิจัยหลายท่านทำการค้นคว้าและศึกษาการยอมรับความรู้สึกสบายของสภาพอากาศไว้เช่นกัน เช่น การทดสอบสภาวะน่าสบายของคนสวมใส่เสื้อผ้าปกติที่นั่งอยู่ในพื้นที่ไม่ปรับอากาศโดยทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ไม่ควบคุมสภาพอากาศ พบว่า ความคุ้นเคยทางสภาพอากาศขึ้นอยู่กับแต่ละกลุ่มคนสำหรับสภาพอากาศที่ยอมรับได้ของกลุ่มคนที่ทำการทดสอบ อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 25.6 - 31.5 องศาเซลเซียสค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ทดสอบอยู่ในช่วงร้อยละ 37.7 - 62.9 นอกจากนี้ โจเซฟ เคดารี และคณะ (Khedari, 2000) ได้สำรวจขอบเขตความสบายของคนไทย โดยกำหนดระดับความเร็วลมในการทดสอบตั้งแต่ 0 - 3 เมตรต่อวินาทีที่ส่งผลต่อการยอมรับความสบายของคน ณ สภาพอากาศในช่วงต่าง ๆ พบว่า การยอมรับความสบายในพื้นที่ที่ไม่มีการปรับอากาศมีช่วงใกล้เคียงกับขอบเขตความสบายในเขตร้อน-ชื้นที่กำหนดโดย บารุช จีโวนี (Givoni, 1969) กล่าวคืออยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 24 - 32.5 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 - 80 แต่ค่าดังกล่าวมีค่าเกินขอบเขตความ

สบายของสมาคมวิศวกรรมระบบปรับอากาศแห่งสหรัฐอเมริกา (ASHRAE, 2001) ซึ่งกำหนดอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ 20 - 26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 20 - 80 เนื่องจากเป็นการทดสอบในสภาพแวดล้อม และลักษณะการแต่งกายที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้การยอมรับขอบเขตความสบายของคนที่อยู่ในประเทศแถบร้อนชื้น มีค่าสูงกว่าขอบเขตความสบายของคนในประเทศเขตหนาวการอ้างอิงสภาวะสบายเชิงอุณหภาพในงานวิจัยนี้ได้เลือกขอบเขตความสบายในช่วงอุณหภูมิ 22 - 36 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 20 - 80 ที่ระดับความเร็วลมต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งพบว่า คนสามารถยอมรับความสบายในสภาพอากาศร้อนได้ เมื่อความเร็วลมที่พัดผ่านร่างกายมีค่าสูงขึ้น

ตาราง 2 แสดงขอบเขตความสบายของประเทศไทยโดยใช้ลมธรรมชาติ

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ)	ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)
22.0 – 29.5	20 – 80	0.00 – 0.25
29.5 – 30.7	20 – 80	0.25 – 0.50
30.7 – 32.5	20 – 80	0.50 – 1.00
32.5 – 34.0	20 – 80	1.00 – 1.50
34.0 – 36.0	20 – 80	1.50 – 2.00
36.0 – 36.5	20 – 80	2.00 – 3.00

ที่มา : โจเซฟ เคดารีและคณะ (Khedari, 2000)

จากการศึกษาเรื่องภาวะน่าสบาย ทำให้เข้าใจถึงความจำเป็นของการศึกษาภาวะอุณหภูมิในท้องถิ่น คือพื้นที่เฉพาะในแต่ละแห่ง ทำให้ผู้วิจัยทำการค้นหาข้อมูลด้านอุณหภูมิประจำถิ่น เพื่อให้สามารถเข้าใจได้ถึงสภาวะน่าสบายต่อไป ข้อมูลอุณหภูมิประจำถิ่นจังหวัดพิษณุโลกในปัจจุบัน ถูกคัดกรองบันทึกไว้ ณ ที่นี้ ตั้งแต่ ปี 2009-2014 ดังแสดงในตาราง 3-5 ดังต่อไปนี้

ตาราง 3 อุณหภูมิตุ้มแห้งเฉลี่ย (เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก

ที่	ปี	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	2009	22.7	27.4	28.5	30.3	29.3	28.3	28.1	28.8	28.6	28.3	26.6	25.3	27.7
2	2010	26	28.1	29.6	31.8	31.7	30.7	29.4	27.9	28.3	27.2	26.6	25.4	28.6
3	2011	24.1	26.6	26.4	29.2	28.9	28.3	28.1	27.9	27.9	27.8	26.9	24.4	27.2
4	2012	26.1	27.8	29.3	30.9	29.7	28.7	27.8	27.8	28	28.7	28.3	26.7	28.3
5	2013	25.4	28	29.2	31.5	30.6	28.8	28.1	28.1	27.7	27.6	27.3	22.2	27.9
6	2014	22.4	26.3	29.2	31.1	30.8	29.5	28.9	28	28.4	27.6	27.5	26.2	28

ตาราง 4 อุณหภูมิสูงสุด(เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก

ที่	ปี	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	2009	33	37	37.1	39.5	38	34.6	35.7	36	35.7	34.6	35.8	33.5	35.9
2	2010	34.2	35.8	38.3	40.5	40.6	38.7	37	36	34.7	34.6	33.7	33.6	36.5
3	2011	33	35.6	36.2	36.8	36.7	35	35.2	34.5	34.4	34.3	33.8	33.2	34.9
4	2012	33.6	36.3	38.5	39.6	39.5	35.2	35.3	34.3	33.9	35.3	35.6	34.4	36
5	2013	33.8	36.9	39.2	39.4	38.9	37.3	34.5	35	32.3	34.4	35	31.8	35.7
6	2014	32.5	35.2	38	39.7	39	36.5	37.2	34.6	34.9	35	35.1	34	36

ตาราง 5 อุณหภูมิต่ำสุด(เซลเซียส) ณ.สถานี จ.พิษณุโลก

ที่	ปี	เดือน												เฉลี่ย
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1	2009	10.4	16.5	19.4	21.4	21.1	21.7	21.5	-	23.1	23.4	17.5	17.3	19.4
2	2010	16.4	18.4	21.3	22.3	24.3	24.4	24.1	23	23.3	19	17.9	16	20.9
3	2011	16.3	15.6	15.3	19.8	23.8	23.7	23.3	23.4	23.6	22.6	20.2	14.7	20.2
4	2012	15.3	19	21.2	22.6	24.1	24.4	22.6	23.6	23.3	22.6	22.8	20.1	21.8
5	2013	17	19.5	18.2	24.4	22.2	23.3	22.6	21.2	23.5	20.6	19	12	20.3
6	2014	10.5	17.9	21.6	21.7	22.8	24.3	23.5	23.5	22.9	22.3	19.3	18.3	20.7

โดยสรุป อุณหภูมิเฉลี่ยที่ จ.พิษณุโลก จากข้อมูลในตารางอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดตั้งแต่ปีคริสตศักราช 2009-2014 ในจังหวัดพิษณุโลก ข้อมูลบันทึก ณ สถานีตรวจอากาศ จ. พิษณุโลกอยู่ระหว่าง 27.2 -28.6 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิสูงสุดอยู่ที่ 40.5-40.6 องศาเซลเซียส ในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายนในขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 10.4 องศาเซลเซียส ในเดือนมกราคมดังตารางที่แสดงก่อนหน้า

2.3.3. การศึกษาเรื่องปรับตัวเพื่อให้เข้าสู่ภาวะน่าสบายของมนุษย์

ได้มีการศึกษาเรื่องการปรับตัวแปรด้านต่างๆให้เข้าสู่ภาวะน่าสบายของมนุษย์ โดยความสามารถในการปรับตัวของมนุษย์ที่ทำให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายมีดังนี้

ก. การเลือกแนวทางการแต่งกาย (Clo Value)

เสื้อผ้าการแต่งกายมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวเป็นอย่างมาก ในประเทศแถบหนาวการรักษาความร้อนของเครื่องแต่งกายมีความจำเป็นมาก ในขณะที่การแต่งกายให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูงเกือบตลอดทั้งปี เสื้อผ้าที่มีลักษณะบางเบา สวมใส่น้อยชิ้น ไม่ห่อหุ้มปิดจนมิดชิดทั้งตัว จะช่วยทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้สะดวกนั้น จะเหมาะสมและเป็นการเพิ่มพื้นที่ของร่างกายเพื่อเปิดโอกาสให้กระแสลมได้สัมผัสมากขึ้น ช่วยกระตุ้นให้เกิดการระเหยของเหงื่อที่ผิวหนังได้ดีเป็นการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ช่วยทำให้ร่างกายรู้สึกเย็นสบายขึ้น ดังนั้นจึงควรเลือกสภาพการแต่งกายให้เหมาะสมกับภูมิอากาศในบ้านเรา โดยการปรับเปลี่ยนลักษณะการแต่งกายจากปัจจุบันที่ส่วนใหญ่นิยมแต่งกายด้วยเสื้อผ้าสูทสากลที่นำมาจากวัฒนธรรมตะวันตก (ซึ่งเป็นเมืองหนาว) ปรับเปลี่ยนมาใช้เป็นเสื้อผ้าพื้นเมือง ผ้าไหม ผ้าฝ้ายทอมือ หรือเสื้อผ้าที่บางเบาเหมาะสมกับสภาพอากาศเมืองร้อน หลีกเลี่ยงการใส่เสื้อผ้าหนา ๆ ชุดทำงานที่เป็นสูท

2-3 ชิ้น หรือชุดที่มีเสื้อคลุมทับ ถ้ามีห้องทำงานที่เป็นส่วนตัว เวลาอยู่ในห้องก็อาจจะแต่งตัวให้สบายขึ้น ปลดเนคไท ปลดกระดุม พับแขนเสื้อ จะช่วยให้สบาย และคลายร้อนได้

ข. การปรับตัวเพื่อลดอัตราการเผาผลาญพลังงานในร่างกาย (Metabolism Rate)

ความร้อนจากภายในร่างกายมนุษย์เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อความรู้สึกน่าสบาย ปริมาณความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาขึ้นอยู่กับการรับประทานอาหารและระดับกิจกรรมในชีวิต ความร้อนที่ร่างกายผลิตออกมาถูกวัดเป็น Metabolism Rate (MET) จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่กำลังทำอยู่ในขณะนั้น ดังนั้นการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน ตลอดจนการแสดงหรือการละเล่นส่วนใหญ่ของคนไทย เช่น ดนตรีไทย หรือรำไทย จึงมักจะมีลักษณะที่อ่อนช้อย เชื่องช้า ไม่รวดเร็วเร่งรีบ ทำให้อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายเกิดขึ้นน้อยที่สุด เพื่อคงสภาพความสบายของระดับอุณหภูมิในร่างกายไว้ให้มากที่สุดนั่นเอง นอกจากนี้ เรายังสามารถทำให้ร่างกายเย็นลงได้ ด้วยการฝึกทำงานอย่างมีสมาธิ เมื่อจิตมีสมาธิแน่วแน่กับงานที่ทำอยู่จะช่วยให้สามารถนั่งทำงานได้นิ่ง ๆ ครั้งละนาน ๆ ร่างกายจะเผาผลาญพลังงานน้อยลง ลดอุณหภูมิทั้งทางร่างกายและจิตใจลง ช่วยให้เย็นสบายมากขึ้น ได้ประหยัดทั้งพลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานไปพร้อมกัน

ค. การปรับลดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (Temperature & Relative Humidity)

สภาวะน่าสบายของมนุษย์ขึ้นอยู่กับตัวแปรที่สำคัญมากสองตัวแปร คือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์ ทั้งสองเป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กันโดยตรง ถึงแม้ว่าเราจะสามารถปรับลดอุณหภูมิภายในห้องให้อยู่ในระดับสภาวะน่าสบายที่ 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องอยู่ที่ระดับสูงมากถึง 80-90% ร่างกายเราจะรู้สึกว่ายังไม่สบาย เพราะความชื้นที่สูงมากทำให้เหงื่อที่ผิวหนังไม่สามารถระเหยได้ เครื่องปรับอากาศจึงมีหน้าที่สำคัญ 2 ประการ คือ การปรับลดอุณหภูมิอากาศ และการปรับลดความชื้นภายในห้อง ดังนั้นภายในห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศจึงไม่ควรมีอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น ตู้เย็น กาต้มน้ำหรือเตาไมโครเวฟ เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ ในขณะเวลาที่ทำงานจะปลดปล่อยทั้งความร้อนและความชื้นออกมาเป็นจำนวนมาก ทำให้อุณหภูมิและความชื้นภายในห้องเพิ่มขึ้น เป็นการเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศและสิ้นเปลืองพลังงานมากขึ้น

ง. การปรับเพิ่มความเร็วลม (Air Velocity)

สภาวะน่าสบายนอกจากจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์แล้ว ส่วนหนึ่งยังขึ้นอยู่กับความเร็วลมที่มากระทบกับร่างกายอีกด้วย ที่ระดับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก ๆ เช่น ที่อุณหภูมิระดับ 30-35 องศาเซลเซียส หรือที่ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% ซึ่งเป็นระดับที่อยู่นอกขอบเขตสภาวะน่าสบายไปมาก ปกติจะเป็นช่วงที่ร่างกายจะร้อนมาก อึดอัดและไม่สบายตัวเลย แต่ถ้าในขณะนั้นมีกระแสลมพัดมากระทบถูกตัวเรากระแสลมจะช่วยทำให้เรารู้สึกว่าสบายขึ้น ไม่ร้อนและอึดอัดมากเกินไป ทั้งนี้เนื่องจากกระแสลมจะช่วยเร่งให้เกิดการระเหยของเหงื่อที่บริเวณผิวหนัง จึงช่วยระบายความร้อนออกจากร่างกายและช่วยรักษาระดับอุณหภูมิในร่างกายไม่ให้ร้อนจนเกินไป จะเกิดกระบวนการดึงความร้อนแฝงของอากาศโดยรอบบริเวณนั้นมาใช้ในการระเหย ทำให้อุณหภูมิที่บริเวณผิวหนังของร่างกายลดลงได้อีกด้วย

การนำพัดลมไฟฟ้ามาช่วยในการปรับสู่ระดับสภาวะน่าสบายสามารถทำได้โดย พบว่ากระแสลมที่มีความเร็ว 1 กม./ชม. จะทำให้เรารู้สึกเย็นลง 0.4 องศาเซลเซียส ซึ่งโดยปกติแล้ว หากเราไปยืนอยู่หน้าพัดลม กระแสลมที่พัดออกมาจะมีความเร็วประมาณ 10 กม./ชม. จึงทำให้เรารู้สึกเย็นลง ณ จุดนั้นประมาณ 4 องศาเซลเซียส ดังนั้น ถ้าเราปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศ ให้สูงขึ้นไปอยู่ที่ประมาณ 27 องศาเซลเซียส แล้วเปิดพัดลมตัวเล็ก ๆ ช่วยเพิ่มระดับการหมุนเวียนของกระแสลมภายในห้อง จะช่วยทำให้เรารู้สึกเย็นสบายขึ้นได้ เป็นการช่วยประหยัดพลังงานของเครื่องปรับอากาศลงเพราะพัดลมจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยมาก เมื่อเทียบกับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศในการตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 27 องศาเซลเซียส แทนที่จะเป็น 25 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามการนำไปใช้งานจริง ต้องปรับใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะการทำงานและกิจกรรมที่ทำภายในอาคารด้วย อย่างไรก็ตามความแรงของกระแสลมจากพัดลมที่อาจจะส่งผลรบกวนต่อการทำงานหรือการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้

จ. การปรับลด ค่าระดับอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ (Mean Radiant Temperature, MRT)

อุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบเป็นอีกหนึ่งตัวแปรสำคัญ ที่จะทำให้มนุษย์เรารู้สึกว่าร้อนเกินไปหรือหนาวเกินไปอยู่ในขณะนั้น ถึงแม้ว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องจะอยู่ในระดับสภาวะน่าสบาย แต่ถ้าอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง เพดานหรือพื้นโดยรอบของห้องนั้น ๆ มีค่าระดับอุณหภูมิที่สูงมาก ผู้ใช้อาคารก็อาจจะรู้สึกว่าอุณหภูมิอากาศในห้องนั้นร้อนเกินไปได้ ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบมีผลต่อความรู้สึกร้อนหนาวของผู้อยู่อาศัยมากกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องถึง 40% สาเหตุที่เป็นเช่นนี้ ก็เพราะเป็นไปตามหลักการถ่ายเทความร้อนที่ว่า ความร้อนจะถ่ายเทจากที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปสู่ที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ ดังนั้นถ้าอุณหภูมิพื้นผิวของผนัง เพดานหรือพื้น โดยรอบตัวเรามีอุณหภูมิที่สูงมาก พื้นผิวนั้น ๆ ก็จะแผ่รังสีความร้อนมาสู่ร่างกายของเรา ทำให้ร่างกายเรารู้สึกเสมือนว่าร้อนกว่าอุณหภูมิอากาศภายในห้องที่เกิดขึ้นจริง ณ เวลาขณะนั้น และนี่คือสาเหตุสำคัญที่ทำให้เราต้องไปตั้งค่าระดับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 20-23 องศาเซลเซียส แทนที่จะตั้งไว้ที่ 25-26 องศาเซลเซียส อุณหภูมิพื้นผิวที่ร้อนมาก ๆ นั้นส่วนมากจะมีสาเหตุมาจากการถูกแสงแดดแผดเผาเป็นระยะเวลานาน ๆ โดยเฉพาะผนังห้องทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตก วัสดุที่ทำผนังอาคารนั้น ส่วนใหญ่ในบ้านเราจะนิยมใช้ผนังก่ออิฐฉาบปูน ซึ่งจัดเป็นวัสดุที่มีมวลสารมากเป็นตัวกักเก็บและสะสมความร้อนได้ (thermal mass) ในช่วงเวลากลางวันที่แสงแดดร้อน อยู่ใกล้กับผนังที่ถูกแสงแดด รังสีความร้อนจากผนังจะถ่ายเทมาสู่ตัวบุคคล จึงทำให้รู้สึกร้อนขึ้นกว่าอุณหภูมิอากาศจริงภายในห้อง แนวทางการแก้ไขปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยวิธีง่าย ๆ คือ การขยับหรือย้ายโต๊ะทำงานให้มีระเบียงมีพื้นที่ว่างภายนอกอาคารมากพอสมควร หรืออาจจะนำไม้กระถางมาปลูกเพื่อบังแสงแดดไว้ ก็จะช่วยแก้ปัญหานี้ลงได้บ้างพอสมควร สำหรับแนวทางการแก้ปัญหาอีกแนวทางหนึ่งซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ถาวรและมีประสิทธิภาพมากขึ้น คือการปรับปรุงอาคารโดยการสร้างแผงกันแดดภายนอกเพื่อป้องกันไม่ให้แสงแดดส่องกระทบถูกตัวอาคาร หรือการติดตั้งวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนที่ผนังภายในอาคารก็จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ (สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา, 2555)

สำหรับการใช้เครื่องกลเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ภายในอาคารส่วนใหญ่ประกอบด้วย การใช้เครื่องปรับอากาศและพัดลมซึ่งมีรายละเอียดหลากหลายทั้งชนิด การติดตั้ง และการใช้สอยดังต่อไปนี้

2.4. แนวทางรักษาภาวะน่าสบายแบบActive Design

หัวข้อแนวทางรักษาภาวะน่าสบายแบบ Active Design นี้เป็นแนวทางการใช้เครื่องกลเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์การใช้เครื่องกลในปัจจุบันคือการใช้เครื่องปรับอากาศและพัดลมประกอบในอาคาร เครื่องปรับอากาศ หรือเรียกเป็นภาษาพูดว่า แอร์ (อังกฤษ: Air conditioner, aircon) คือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับปรับอุณหภูมิของอากาศในเคหสถานเพื่อให้มนุษย์ได้อาศัยอยู่ในที่ที่ไม่ร้อนหรือไม่เย็นจนเกินไป หรือใช้รักษาภาวะอากาศให้คงที่เพื่อจุดประสงค์อื่น เคหสถานในเขตศูนย์สูตรหรือเขตร้อนชื้นมักมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพื่อลดอุณหภูมิให้เย็นลง ตรงข้ามกับในเขตอบอุ่นหรือเขตขั้วโลกใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น (อาจเรียกว่า เครื่องทำความร้อน) เครื่องปรับอากาศมีทั้งแบบตั้งพื้น ติดผนัง และแขวนเพดานทำงานด้วยหลักการการถ่ายเทความร้อน กล่าวคือ เมื่อความร้อนถ่ายเทออกไปข้างนอก อากาศภายในห้องจะมีอุณหภูมิลดลงเป็นต้น และเครื่องปรับอากาศอาจมีความสามารถในการลดความชื้นหรือการฟอกอากาศให้บริสุทธิ์ด้วยขนาดของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็น บีทียู ต่อ ชั่วโมง (BTU/hr) (บีทียู เป็นหน่วยของความร้อน) เป็นค่าความสามารถในการลดพลังงานความร้อนของเครื่องปรับอากาศ โดยการลดพลังงานความร้อน 1 บีทียู จะทำให้น้ำบริสุทธิ์ที่หนัก 1 ปอนด์ (ประมาณ 453.6 มิลลิลิตร) เย็นลง 1 องศาฟาเรนไฮต์ (59 องศาเซลเซียส)

ประเภทของเครื่องปรับอากาศภายในบ้านเรือน ถ้าแบ่งตามลักษณะตำแหน่งของแฟนคอยล์ ยูนิต (ตัวพัดลมที่เป่าความร้อนออกไปภายนอก) จะแบ่งได้ 2 ประเภท คือ

ก. แบบชิ้นเดียว หรือที่พวกเราคุ้นเคยในในชื่อ แอร์ฝังหน้าต่าง/ผนัง ตัวแฟนคอยล์ ยูนิตจะอยู่เป็นชิ้นเดียวกับตัวคอนเดนซิ่ง ยูนิต (ส่วนที่เป่าลมเย็นให้กับภายในห้อง) ข้อดีของเครื่องแบบนี้คือขนาดกะทัดรัด ติดตั้งง่ายเพราะไม่ต้องเดินท่อน้ำยาแอร์ แต่ข้อเสียคือ เสียงจะค่อนข้างดัง(โดยเฉพาะเมื่อมันเก่ามากๆ) แรงสั่นสะเทือนที่กระทำต่อตัวเครื่องและโครงสร้างของจุดที่ติดตั้งก็มีสูง และถ้าเครื่องมีขนาดขนาดใหญ่เกินไปจะมีปัญหาในการติดตั้ง เพราะบริเวณเพราะบริเวณช่องหน้าต่าง/ผนังไม่สามารถรับน้ำหนักมากได้ ต้องทำโครงสร้างมาช่วยค้ำจุนเพิ่ม

ข. แบบแยกชิ้น เป็นแบบที่เราเห็นกันได้ทั่วไปและนิยมมากที่สุด โดยตัวแฟนคอยล์ ยูนิตนั้นจะแยกไปติดตั้งภายนอกอาคาร ทำให้มีข้อดีคือเงียบ และมีรูปแบบให้เลือกค่อนข้างมาก ข้อเสียคือการติดตั้งที่จะค่อนข้างเสียเวลาเพราะต้องมีการเดินท่อน้ำยาแอร์น้ำยาแอร์ปัจจุบันที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศภายทั่วไปรวมถึงตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลางที่ใช้ในอาคารขนาดใหญ่ ในปัจจุบันมีชื่อเรียกทางเคมีว่า R-22 ส่วนน้ำยาแอร์สำหรับใช้ในรถยนต์มีชื่อเรียกทางเคมีว่า R-134A (สารานุกรมเสรี, http://th.wikipedia.org/, 2557)

2.4.1. รูปแบบการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆ

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศมีหลากหลายแบบตามประเภทของเครื่องปรับอากาศสามารถแยกประเภทตามการติดตั้งได้ดังนี้

ก. แบบติดผนัง (Wall type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีรูปแบบเล็กกะทัดรัดเหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่น้อย เช่น ห้องนอน ห้องรับแขกขนาดเล็ก

ข. แบบตั้ง/แขวน (Ceiling/floor type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสำหรับห้องที่มีพื้นที่ตั้งแต่เล็กเช่น ห้องนอนไปจนถึงห้องที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่เช่นสำนักงานร้านอาหารห้องประชุม

ค. แบบตู้ตั้ง (Package type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่มีลักษณะคล้ายตู้มีขนาดสูงและมีกำลังลมที่แรงเหมาะกับบริเวณที่มีคนเข้าออกอยู่ตลอดเวลา เช่น ร้านค้าร้านอาหาร

ง. แบบฝังเพดาน(Built-in type) แบบฝังเพดาน(Built-in type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่เน้นความสวยงามโดยการซ่อนหรือฝังอยู่ใต้ฝ้าหรือเพดานห้องเหมาะกับห้องที่ต้องการเน้นความสวยงามโดยที่ต้องการให้เห็นเครื่องปรับอากาศน้อยที่สุด

จ. แบบหน้าต่าง (Window type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่รวมทั้งคอนเดนซิ่งยูนิตและแฟนคอยล์ยูนิตอยู่ในเครื่องเดียวซึ่งสามารถติดตั้งโดยการฝังที่กำแพงห้องได้เลยโดยที่ไม่ต้องเดินท่อน้ำยาดังนั้นการติดตั้งจึงต้องติดตั้งบริเวณช่องหน้าต่างหรือเจาะช่องที่ผนังแข็งแรง

ฉ. แบบเคลื่อนที่ (Movable type) เป็นเครื่องปรับอากาศที่ไม่ต้องทำการติดตั้งและสามารถเข็นไปใช้ได้ทุกพื้นที่

2.4.2. หลักการติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้องมีหลักการดังนี้

การติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่ถูกต้องมีหลักการดังนี้

ก.การเลือกตำแหน่งติดตั้งเครื่องปรับอากาศตำแหน่งคอนเด็นซิ่งยูนิต (CDU) ที่เหมาะสมบริเวณที่ติดตั้งเครื่องต้องแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักและแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานได้ ควรมีลูกยางรองเพื่อลดแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานของตัวเครื่อง ในกรณีที่คอนเด็นซิ่ง ตั้งวางบนพื้นดินต้องทำฐานรองรับเครื่องด้วยคอนกรีต ต้องมีการระบายน้ำได้ดีหรือที่ที่น้ำท่วมไม่ถึงอากาศถ่ายเทได้สะดวกและห่างจากมุมอับ อย่าตั้งเครื่องชิดกับคอนเด็นซิ่งยูนิตอื่นหรือผนังเพราะทำให้ระบายความร้อนยากและหลีกเลี่ยงการติดตั้งในสภาพแวดล้อมที่ไม่ดี เช่น มีความเป็นกรดสูง,แสงแดดแรงหรือมีน้ำหยดควรวาง CDU ในบริเวณที่สามารถเข้าไปตรวจซ่อมภายหลังได้อย่างสะดวก และห่างจากพื้นที่ใช้สอยทั่วไปเพื่อหลีกเลี่ยงจากปัญหาเรื่องเสียงรบกวน

ข.ตำแหน่งแฟนคอยล์ยูนิต (FCU) ที่เหมาะสมตั้งในบริเวณที่สามารถกระจายลมได้ทั่วทั้งห้องอย่าติดตั้งเครื่องในมุมอับ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องต้องแข็งแรงสามารถรับน้ำหนักและแรงสั่นสะเทือนจากการทำงานได้ สามารถตรวจซ่อมภายหลังได้อย่างสะดวก ติดตั้งแฟนคอยล์ยูนิต ให้อยู่ใกล้กับคอนเด็นซิ่งยูนิตจะทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด หลีกเลี่ยงการวาง FCU ใกล้กับประตู หน้าต่างหรือพัดลมดูดอากาศ และ อย่าให้สิ่งของกีดขวางทางไหลของอากาศเพราะจะทำให้อากาศหมุนเวียนไม่สะดวก อย่าตั้งชิดผนังที่โดนแดดจัดเพราะจะทำให้ได้รับความร้อนจากภายนอกได้ง่าย

ค.การติดตั้งท่อน้ำยา ระบบท่อน้ำยานับว่าเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนการเลือกใช้ขนาดท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปจะมีผลทำให้เกิดปัญหาตามมาเช่น ทำให้ประสิทธิ ภาพของเครื่องต่ำลงหรือความดันตกคร่อม (Pressure Drop) ระหว่างท่อมากเกินไป เป็นต้น ดังนั้นในการเลือก ใช้ขนาดท่อน้ำยาต้องคำนึงถึง (PIPE DIAMETER) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำยา (PIPE LENGTH) ความยาวท่อน้ำยา (NUMBER OF FITTINGS) จำนวนของข้อต่อต่างๆ เช่น ข้องอ (FLUID VELOCITY) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของสารทำความเย็น

ง.การเลือกใช้ท่อน้ำยาควรเลือกตามคู่มือติดตั้งเครื่องปรับอากาศนั้นๆ แต่ถ้าไม่ทราบก็สามารถหา ขนาดคร่าวๆได้จากแผนผังคำนวณขนาดท่อน้ำยาซึ่งโดยทั่วไปกำหนดความดันตกคร่อมด้านดูด (Suction Line Pressure Drop) 2 PSI/100 FT และความดันตกคร่อมด้านส่ง (Discharge Line PressureDrop) 4 PSI/100 FT. นอกจากการเลือกใช้ขนาดท่อน้ำยาที่ถูกต้องแล้ว การเดินท่อน้ำยายังต้องทำอย่างถูกหลักการอีก ด้วยจึงจะทำให้เครื่องทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ระบบท่อ

น้ำยาต้องทำความสะอาดให้ดีและ แห้งและในการเดินท่อน้ำยาต้องคำนึงถึงความเร็วของไอน้ำยาให้มากพอที่จะพาน้ำมันหล่อลื่น กลับคอมเพรสเซอร์ด้วย

จ.การติดตั้งอีวาพอเรเตอร์ต่ำกว่าคอนเด็นซิ่ง มีผลให้น้ำมันกลับเข้าคอมเพรสเซอร์น้อยเนื่องจากคอมเพรสเซอร์อยู่สูงกว่า การเดินท่อด้านดูดต้องคำนึงถึงความดันตกคร่อมและเรื่องน้ำมันกลับด้วย การติดตั้งคอนเด็นซิ่งต่ำกว่าอีวาพอเรเตอร์จะมีผลให้ความดันตกลงเพราะคอมเพรสเซอร์ต้อง อัดน้ำยาขึ้นที่สูง ดังนั้นการเดินท่อด้านส่งต้องคำนึงถึงความดันตกคร่อมจากความเสียดทานและ การเดินท่อในแนวดิ่ง

2.4.3. การเดินท่อน้ำยาของเครื่องปรับอากาศ

การเดินท่อน้ำยาด้านดูดเมื่อตำแหน่งการวางอีวาพอเรเตอร์และคอนเด็นซิ่งอยู่ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

ก.เมื่อคอนเด็นซิ่งอยู่เหนืออีวาพอเรเตอร์ ให้ทำที่กักน้ำมัน(Oil Trap) เพื่อให้แน่ใจว่า น้ำมันที่อยู่ในระบบจะไหลกับขึ้นไปยังคอม เพรสเซอร์ การทำที่กักน้ำมันควรทำให้ใกล้ อีวาพอเรเตอร์ที่สุดเท่าที่จะทำได้

ข.เมื่อคอนเด็นซิ่งอยู่เหนืออีวาพอเรเตอร์ ให้ทำที่กักน้ำมันทุกๆช่วงความสูง 4.5 ม. ทั้งนี้เพื่อให้เก็บกักน้ำมันเอาไว้ในขณะ ที่คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานอีกครั้ง น้ำมัน จากที่กักน้ำมันนี้จะถูกดูดไปหล่อลื่นคอม เพรสเซอร์ได้ทันที (ไม่ควรเดินท่อในแนวดิ่งสูงเกินกว่า 15 ม.)

ค.การเดินท่อน้ำยาต่อระบบทำความเย็นยาวเกิน 10 เมตร จะต้องเติมน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มเติมเพื่อ ชดเชยผลของฟิล์มน้ำมันที่ตกค้างผิวด้านในของท่อดูด ตามอัตราตารางต่อไปนี้ต่อทุกๆความยาว 1 เมตรที่เดิน การเติมน้ำมันให้ดูจาก OIL SIGHT GLASS (ถ้ามี) โดยให้อยู่ในช่วง 1/2 ถึง 3/4 ของ OIL SIGHT GLASSขนาดท่อ อัตราเติมน้ำมันต่อทุกความยาว 1 เมตร 3/8 7.5 มิลลิเมตร (ซี.ซี) 1/2 10 มิลลิเมตร (ซี.ซี) 5/8 20 มิลลิเมตร (ซี.ซี) 3/4 30 มิลลิเมตร (ซี.ซี) 7/8 40 มิลลิเมตร (ซี.ซี) 1-1/8 50 มิลลิเมตร (ซี.ซี)

ง.เมื่อเดินท่อน้ำยาผ่านผนังหรือกำแพง ควรบุหรือห่อด้วยฉนวน ซึ่งสามารถลดการสั่นสะเทือนได้ ส่วน ท่อด้านดูดต้องหุ้มฉนวนตลอดความยาวของท่อ ฉนวนที่ใช้หุ้มท่อนี้ต้องมีความหนาอย่างน้อย 1/2 นิ้ว โดยปกติแล้วท่อด้านส่งไม่จำเป็นต้องหุ้มฉนวน ยกเว้นในกรณีที่เดินท่อผ่านบริเวณที่มี อุณหภูมิสูง เช่น ห้องหม้อน้ำหรือกลางแดดร้อนจัด ควรจะใช้ฉนวนยางที่มีความหนาอย่างน้อย 3/8 นิ้ว หุ้มห่อด้านส่งด้วย และต้องเพิ่มความหนาของฉนวนด้านดูดขึ้นเป็นพิเศษด้วยอย่างน้อย หนา 3/4 นิ้ว

จ.การติดตั้งท่อน้ำทิ้งท่อน้ำทิ้งจัดว่าเป็นส่วนสำคัญส่วนหนึ่ง ถ้าติดตั้งไม่ดีอาจมีผลให้น้ำไม่สามารถระบายออกและขังอยู่ในตัวเครื่องจนล้นออกมาภายนอกสร้างความเสียหายให้บริเวณรอบๆเครื่องได้ ท่อน้ำทิ้งโดย มากจะใช้ท่อ S-LON หรือท่อ PVC โดยต่อออกจากตัวเครื่องอีวาพอเรเตอร์ ท่อน้ำทิ้งควรจะหุ้ม ฉนวนตรงบริเวณที่อาจจะเกิดมีการ condensate โดยเฉพาะถ้าเดินท่ออยู่ในฝ้าเพดาน นอกจาก นี้ท่อน้ำทิ้งควรทำ TRAP ด้วย

2.4.4. การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

เพื่อให้เครื่องปรับอากาศทำงานเต็มประสิทธิภาพและมีอายุการใช้งานยาวนานจึงควรหมั่น ดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ มีข้อแนะนำโดยทั่วไปเกี่ยวกับการบำรุงรักษา คือ การหมั่นตรวจสอบและทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศของแฟนคอยล์ยูนิตทุกสองสัปดาห์ แผงอีวาพอเรเตอร์คอยล์และคอนเด็นเซอร์คอยล์ควรทำความสะอาด ทุกๆ 3-6 เดือน มอเตอร์พัดลมทั้งแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเด็นซิ่งยูนิตควรมีการตรวจเช็คทุก 6 เดือน และทำการหล่อลื่น โดยการอัดจาระบีหรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ ตรวจดูถาดน้ำทิ้ง ทำความสะอาดเพื่อให้การไหลของน้ำทิ้งเป็นไปอย่างสมบูรณ์ ตรวจดูทิศทางลมเข้า

ออกของแฟนคอยล์ยูนิต ต้องไม่มีวัสดุปิดขวางทางลม ตรวจสอบและซ่อมแซมฉนวนท่อน้ำยาที่ต่อระหว่างคอนเด็นซิ่งยูนิตและแฟนคอยล์ยูนิต ตรวจสอบหน้าต่างและประตูว่ามีรูรั่วทำให้อากาศร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคารหรือไม่ ติดต่อช่างบริการที่เชื่อถือได้เพื่อตรวจสอบเครื่องอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง

2.4.5. วิธีใช้เครื่องปรับอากาศอย่างประหยัด

ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการใช้ไฟฟ้าในบ้านหรืออาคารสำนักงานประมาณ 60% มาจากระบบปรับอากาศ หากใช้เครื่องปรับอากาศที่ไร้ประสิทธิภาพหรือปล่อยให้มีความร้อนเกิดขึ้นภายในห้องโดยไม่จำเป็นย่อมทำให้ผู้ใช้เสียค่าไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น

การประหยัดไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศนั้นสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการต่างๆทั้งวิธี การที่ไม่ต้องลงทุน และลงทุนเล็กน้อยซึ่งผลจากการดำเนินงานนั้นจะไม่ทำให้ความสะดวก สบายที่ได้รับจากการใช้เครื่องปรับอากาศต้องลดน้อยลงแต่จะลดค่าไฟฟ้าลงจากปกติ วิธีการ ประหยัดมีดังต่อไปนี้

การเลือกเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม ควรเลือกเครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง คือ ให้ความเย็นมากแต่กินไฟน้อย โดยดูที่การกินไฟฟ้าเป็นวัตต์ หรือแอมป์โดยควรเลือกที่มีค่าน้อย หรือดูจากค่า COP หรือ EER (Energy Efficiency Ratio) ซึ่งค่ายิ่งสูงยิ่งดี ขนาดเครื่องปรับอากาศควรเหมาะสมกับห้อง เลือกอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัทที่มีความเที่ยงตรงสูง เช่น เทอร์โมสตัท ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่ทดแทนเครื่องปรับอากาศเก่าที่มีประสิทธิภาพต่ำ เนื่องจาก ใช้งานมานาน การเปลี่ยนเครื่องใหม่ควรพิจารณาเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง

ตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสมไม่เย็นจัดจนเกินไป โดยปกติขณะนอนหลับควรตั้งที่ 78 °F (26 °C) แต่ถ้าทำงานตั้งไว้ประมาณ 75 °F (24 °C) ควรติดตั้งเทอร์โมสตัทให้ใกล้กับคอยล์ของอีวาพอเรเตอร์ในตำแหน่งลมกลับเข้าเครื่อง เพื่อทำให้การตัดต่อเป็นไปอย่างถูกต้อง เริ่มต้นเปิดเครื่องควรปรับระดับความเร็วพัดลมที่ความเร็วสูง (Hi) ก่อนเพราะจะทำให้เย็นเร็วพอเย็นได้ที่แล้วควรปรับลดไปเป็นลมต่ำ (Low) ควรปิดประตู หน้าต่าง ให้มิดชิดอย่าเปิดหน้าต่างทิ้งไว้ เพราะมวลอากาศร้อนจะเข้ามาภายในห้อง เปิดใช้เครื่องปรับอากาศเฉพาะส่วนและในเวลาที่จำเป็น ช่วงที่อากาศไม่ค่อยร้อนให้ปิดเครื่องปรับอากาศ แล้วเปิดหน้าต่างเพื่อให้ลมพัดถ่ายเท หมั่นล้างทำความสะอาดคอยล์ รวมทั้งแผงกรองอากาศให้สะอาดอยู่เสมอ อย่าให้มีสิ่งกีดขวางทางลมทั้งที่เครื่องปรับอากาศและแฟนคอยล์ยูนิต (ฉัตรชัย สุรินทร์)

สำหรับพัดลมนั้นข้อมูลและความรู้เป็นที่รู้จักกันแล้วโดยทั่วไปจึงไม่ขอกล่าวไว้ในที่นี้

จากข้อมูลดังกล่าวการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและลดค่าการใช้พลังงานลง สำหรับสถาปนิก การออกแบบอาคารที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน เป็นการนำหลักการที่ถูกต้องมาใช้เพื่อการออกแบบอาคาร อย่างไรก็ตามมีหลักการออกแบบอาคารในแบบที่ไม่พึ่งภาวะการใช้เครื่องปรับอากาศซึ่งเรียกว่าแนวทาง Passive Design ซึ่งมีหลักการหลายประการ

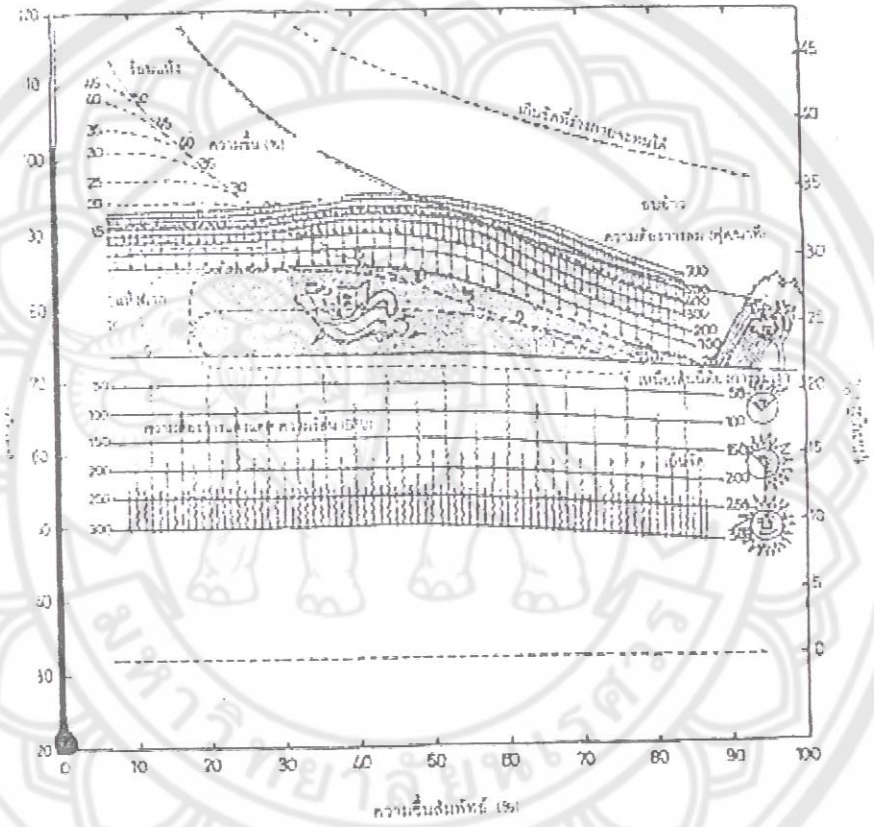
2.5. แนวทางรักษาภาวะน่าสบายแบบ Passive Design

การออกแบบเพื่อรักษาภาวะน่าสบายในแนวทาง Passive Design นั้นตรงข้ามกับแนวคิด Active Design คือแนวคิดการไม่ใช้เครื่องกลในการออกแบบสถาปัตยกรรม มีรายละเอียดดังนี้

2.5.1. การออกแบบเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ในทาง Passive Design

การออกแบบเพื่อรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ในทาง Passive Design นั้นมีแนวทางคือ ถ้าพิจารณาเฉพาะตัวแปรหลัก 2 ตัวที่มีผลต่อสภาวะน่าสบายคือ อุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์พบว่า มีขอบเขตอยู่ระหว่าง 22 ถึง 29 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ (อ้างอิงจาก Design with climate) โดยมีความสัมพันธ์กับตัว

แปรอื่นๆ ดังแสดงในแผนภูมิ Bio-climatic สำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้นของประเทศไทยควรพิจารณาใช้การเพิ่มความเร็วลมและการลดอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ (MRT: Mean Radiant Temperature) เพื่อช่วยทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกสบายมากยิ่งขึ้น เพราะถ้าอุณหภูมิสิ่งที่อยู่โดยรอบต่ำกว่าอุณหภูมิผิวกาย (MRT เป็นลบ) ร่างกายจะคายความร้อนให้กับสิ่งรอบข้าง ทำให้รู้สึกเย็นลง แนวทางการออกแบบเพื่อลดอิทธิพลของอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบทำได้โดยการทำให้พื้นผิวของสภาพแวดล้อมโดยรอบมีอุณหภูมิต่ำกว่าผิวกาย (อ้างอิงจาก Design with climate) เพื่อให้รู้สึกเย็น เช่น การเลือกใช้กระจกที่มีค่าการป้องกันความร้อนสูง การออกแบบพื้นที่ใช้งานให้อยู่ห่างจากแหล่งความร้อนและรังสีความร้อน การหุ้มฉนวนให้กับตัวอาคาร การแบ่งส่วนพื้นที่ใช้งาน และออกแบบแต่ละส่วนตามลักษณะการใช้งานและสภาวะที่ต้องการ เป็นต้น

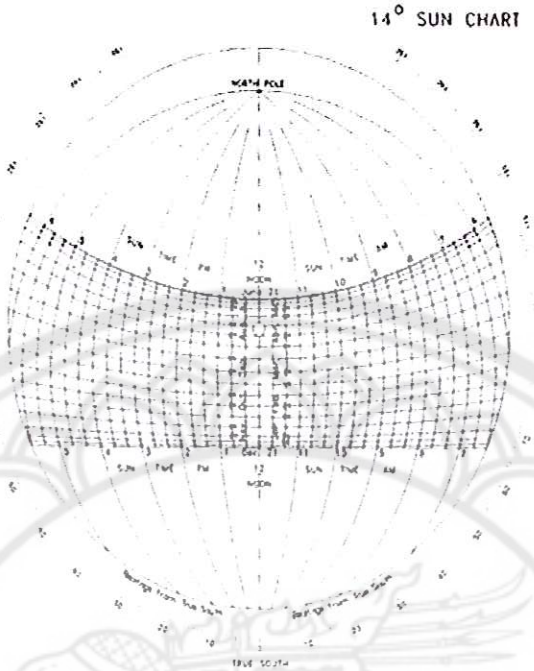


รูป 4 ตัวอย่างแผนภูมิสภาวะน่าสบาย (รศ.ดร.ศรีงใจ บูรณสมภพ)

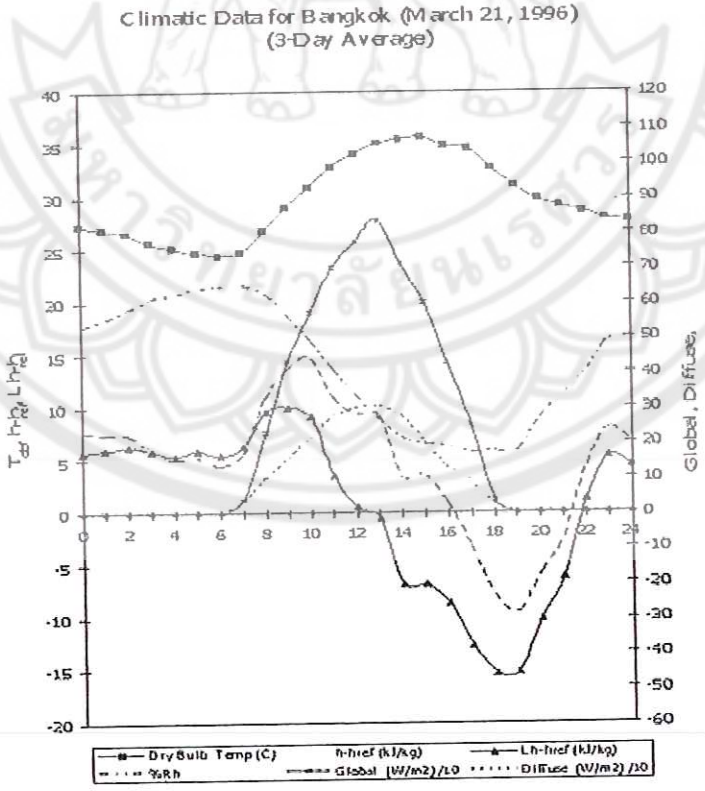
นอกจากหลักการเกี่ยวกับภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคารแล้ว ต่อมาความสามารถในการออกแบบเพื่อให้ตอบโจทย์เรื่องการรักษาภาวะน่าสบายของมนุษย์ในแนวทาง Passive design นั้น จำเป็นต้องประกอบไปด้วยศาสตร์ความรู้ด้านต่างๆ ดังนี้

ความเข้าใจสภาพภูมิอากาศ (Weather) ของที่ตั้งอาคารเพื่อให้สามารถวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของสภาพอากาศในแต่ละช่วงเวลาและนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคาร คือ ความร้อน โดยมีแหล่งที่มาจากปริมาณรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านช่องเปิดอาคาร จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของรังสีอาทิตย์จะแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและฤดูกาล โดยในฤดูร้อนทิศเหนือได้รับรังสีความร้อนมากกว่าทิศใต้ประมาณ เท่า และในฤดูหนาว ทิศใต้ได้รับรังสีความร้อนมากกว่าทิศเหนือ 8 เท่า แนวความคิดในการออกแบบเพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ในแต่ละทิศทางอย่างเหมาะสมจึงเป็น

สิ่งที่จำเป็น โดยพิจารณาประกอบกับแนวการโคจรของดวงอาทิตย์ (diagram of solar path) ในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยที่เป็นที่ตั้งอาคาร



รูป 5 ตัวอย่างแผนภูมิตำแหน่งดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)



รูป 6 แผนภูมิแสดงข้อมูลต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร (March 21, 1996)

หลังจากข้อมูลการศึกษาเรื่องสภาพภูมิอากาศของที่ตั้งอาคารแล้ว ต่อมาเป็นข้อมูลการศึกษาการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคารเพื่อให้เข้าใจเรื่องของการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมอาคารเพื่อการออกแบบสถาปัตยกรรมในแนวทาง Passive Design ต่อไป

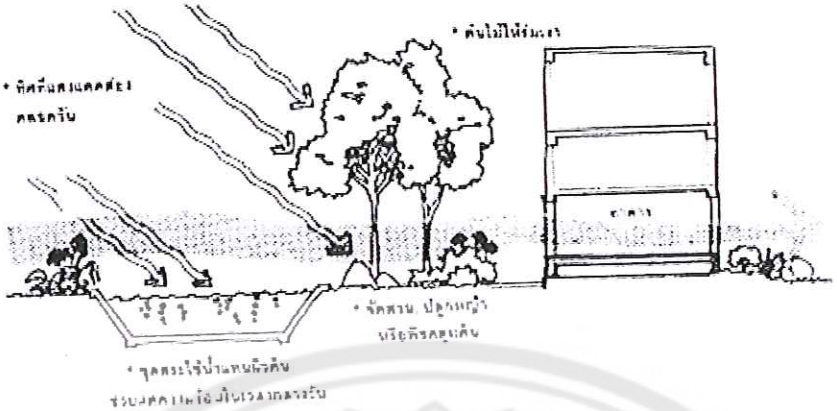
2.5.2. การใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งอาคาร (micro-climate)

ความเข้าใจในสภาพภูมิประเทศโดยรอบอาคาร (Context) หรือการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารเป็นขั้นตอนแรกที่ผู้ออกแบบควรพิจารณาโดยมีแนวคิดที่สำคัญคือ การทำให้สภาวะแวดล้อมโดยรอบภายนอกอาคารมีอุณหภูมิลดต่ำลงกว่าสภาพภูมิอากาศปกติ และลดผลกระทบที่เกิดจากความร้อนของรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวัน ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดภาระในการทำความเย็นให้กับตัวอาคารได้ โดยมีตัวแปรต่างๆ ที่ควรพิจารณาใช้ ได้แก่ ต้นไม้ พุ่มไม้ พืชคลุมดิน แหล่งน้ำ กระแสลม ความลาดเอียงของพื้นดิน เป็นต้น โดยอาจจำแนกออกเป็น 3 กลุ่มหลักดังนี้

ก.พืชพันธุ์ธรรมชาติ ปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งบริเวณรอบๆ อาคาร เพื่อให้ร่มเงาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (direct sun) แต่ไม่กักเก็บความชื้น ใช้ไม้พุ่มเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น โดยให้มีลมพัดผ่านทำให้เกิดการระเหยน้ำ ปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนให้กับดิน และทำให้อุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อมเย็นลง

รูป 7 การเปรียบเทียบอุณหภูมิภายใต้ต้นไม้และภายนอก (Landscape Planning for Energy Conservation)

ข.สภาพภูมิประเทศ ปรับความลาดเอียงของพื้นดินให้เอียงไปทางทิศเหนือ (north slope) เพื่อให้รับแสงแดดน้อยลงปรับแต่งเนินดินรอบอาคารเพื่อช่วยให้กระแสลมเย็นสามารถพัดผ่านตัวอาคาร ใช้ประโยชน์จากอุณหภูมิของดินที่เย็นกว่าอุณหภูมิอากาศ โดยให้พื้นชั้นล่างของอาคารสัมผัสกับผิวดิน หรือออกแบบให้ผนังอาคารบางส่วนอยู่ใต้ดิน ใช้แหล่งน้ำขนาดใหญ่ (ความลึกตั้งแต่ 1.5 เมตรขึ้นไป) สร้างความเย็นให้กับสภาพแวดล้อม โดยให้มีกระแสลมพัดผ่านเพื่อทำให้เกิดการระเหยของน้ำ

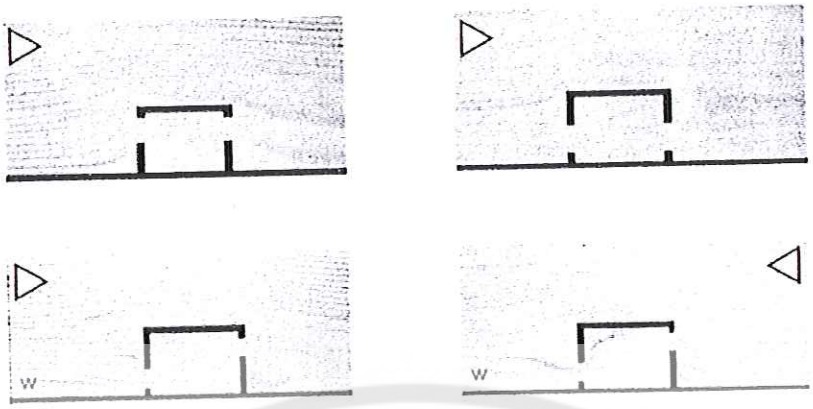


รูป 8 การใช้ประโยชน์จากปัจจัยต่างๆ ของที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร (รศ.ดร.ตรึงใจ บูรณสมภพ)

ค.การใช้ประโยชน์จากลม (cross ventilation) สำหรับประเทศไทยมีกระแสลมหลักมาจากทางทิศใต้ / ตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูร้อน และจากทางทิศเหนือ / ตะวันออกเฉียงเหนือในฤดูหนาว จึงควรวางอาคารและช่องเปิดให้ขวางทิศทางลม ควรออกแบบให้อาคารมีช่องทางให้ลมเข้าและออกที่มีขนาดเหมาะสม โดยให้ลมพัดผ่านช่วงตัวเรา (นั่งหรือนอน) ใช้ประโยชน์จากความเย็นของท้องฟ้าในเวลากลางคืน (night air cooling / night sky radiation) โดยให้มีพื้นที่โล่งที่มีพืชคลุมดิน ผสมผสานกับต้นไม้ที่มีพุ่มใบโปร่ง

รูป 9 แผนที่แสดงทิศทางลมทั่วประเทศ (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)

การระบายอากาศสำหรับอาคารการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารและตำแหน่งช่องเปิดได้มีการศึกษาในเอกสารต่างๆ ไว้พอสมควรสามารถรวบรวมไว้ได้ดังนี้ และถูกแสดงดังรูปต่อไปนี้

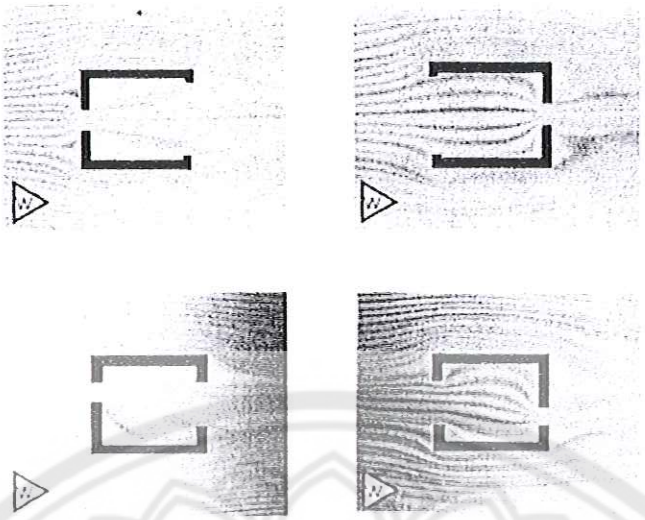


รูป 10 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องตำแหน่งช่องเปิด

จากรูปสรุปได้ว่า การเปิดช่องเปิดควรให้ตำแหน่งช่องเปิดโดยเฉพาะช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่กระแสลมพัดผ่านเป็นประจำและควรคำนึงถึงแนวทิศทางกระแสลมที่จะนำเอากลิ่นและควันต่างๆเข้ามาภายในอาคารด้วยควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกในท่านั่งด้านเดียว เพราะการเจาะช่องเปิดเพียงด้านเดียวถึงแม้จะเป็นทิศทางที่กระแสลมพัดมาเป็นประจำ กระแสลมก็จะไม่เข้าไปภายในอาคารหรือเข้าไปเพียงแค่บริเวณ ใกล้ช่องเปิดเท่านั้นสาเหตุเนื่องมาจากความกดอากาศสูงภายในห้องนั้นเอง

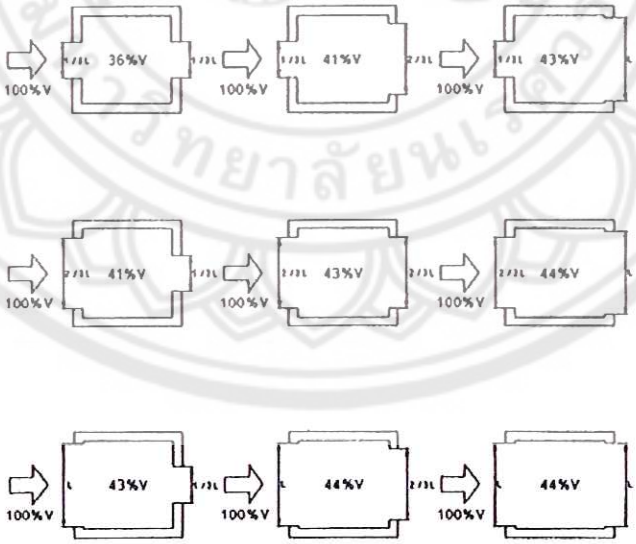
นอกจากนั้นควรหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาการข้างเคียงเพราะกระแสลมจะไม่สามารถเข้าถึงภายในอาคารได้สะดวก หรือถ้าเข้ามาภายในอาคารจะเป็นปริมาณที่น้อยและ ควรจะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับระดับร่างกาย (Body Zone) ซึ่งตำแหน่งที่ดีที่สุด คือจากช่องเปิดทางเข้าให้อยู่ในระดับร่างกายและช่องทางออกให้อยู่ระดับเหนือร่างกาย เพราะอากาศจะไหลเวียนได้ดีพร้อมกับดึงความร้อนบริเวณเหนือร่างกาย (ฝ้าเพดาน) ออกไปจากอาคาร การที่ความร้อนสะสมอยู่บริเวณฝ้าเพดานก็เนื่องจากอากาศร้อนลอยตัวขึ้นที่สูงและความร้อนจากหลังคาที่ลงสู่ ฝ้าเพดาน

นอกจากนี้จะต้องพิจารณาตำแหน่งจากองค์ประกอบอื่นๆ ประกอบด้วย ชนิดและขนาดของกันสาด การแบ่งกันผนังภายในอาคาร ตำแหน่งการวางเฟอร์นิเจอร์ ลักษณะและชนิดของช่องเปิด รวมถึงรูปทรงอาคารตามที่ได้กล่าวไปแล้วซึ่งขนาดและจำนวนช่องเปิดถูกแสดงดังรูปต่อไปนี้



รูป 11 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องขนาดและจำนวนช่องเปิด

ขนาดและจำนวนช่องเปิดจะไม่เกิดผลกับการไหลเวียนของเลือดแสลมถ้าช่วงเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ในด้านเดียวกัน ไม่ว่าอาคารจะมีรูปทรงแบบใด ถ้าอาคารมีช่องเปิดทางเข้าและทางออกยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้การไหลเวียนของกระแสลมดียิ่งขึ้น ขนาดของช่องเปิดนั้นสามารถควบคุมความเร็วและความแรงของกระแสลมได้ ซึ่งจะส่งผลถึงการไหลเวียนของอากาศภายในอาคารด้วย การเจาะช่องเปิดทางเข้าเล็ก ช่องทางออกใหญ่จะมีกระแสลมที่เร็ว และแรงกว่าการเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ ช่องทางออกเล็ก และการเจาะช่องเปิดทางเข้า และทางออกในขนาดที่เท่ากัน แต่การเจาะช่องเปิดทางเข้าใหญ่ทางออกเล็กจะครอบคลุมพื้นที่ได้มากสุด โดยความเร็วของกระแสลมจะลดลงบริเวณปากทางช่องเปิดทางออกซึ่งความเร็วลมภายในห้องและทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิด ถูกแสดงดังรูป



รูป 12 ค่าความเร็วลมเฉลี่ยภายในห้องที่มี cross ventilation

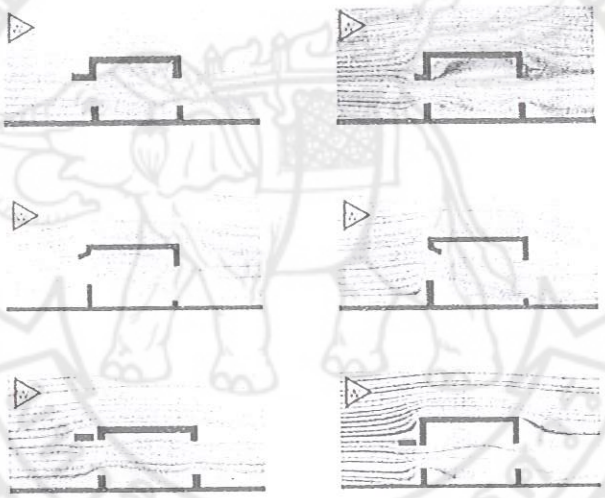
ความเร็วของกระแสลมภายในห้องที่มีการเจาะช่องเปิดที่อยู่ตรงข้ามกันจะมีความเร็วมากกว่าช่องเปิดทางเข้าและทางออกตั้งฉากกัน ความเร็วของกระแสลมที่ดีต้องไม่มาก และไม่น้อยจนเกินไป โดยที่ถ้ามากเกินไป จะทำให้สิ่งของภายใน

ห้องปลิวกระจัดกระจายได้ หรือบางครั้งอาจนำฝุ่นเข้ามาภายในห้องได้ง่าย ส่วนถ้าน้อยเกินไปก็ทำให้การไหลเวียนของอากาศภายในห้องไม่ดี ต้องใช้อุปกรณ์อื่นอื่นช่วย เช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ

ความเร็วของกระแสลมในห้องที่มีขนาดช่องเปิดทางเข้าเล็ก และทางออกใหญ่ต่างกันมากๆ จะยิ่งทำให้กระแสลมมีความเร็วที่มากขึ้นจากกระแสลมที่วัดได้จากภายนอก แต่โดยส่วนใหญ่ค่าความเร็วของกระแสลมเฉลี่ย (V) ภายในห้องจะต่ำกว่าภายนอกอาคารเสมอ

ทิศทางช่องเปิดควรตั้งฉากหรือทำมุมเพียงเล็กน้อยกับกระแสลมประจำปี เพื่อให้ได้รับกระแสลมได้อย่างเต็มที่ กระแสลมที่เข้ามาในช่องเปิดที่อยู่ติดๆ กัน จะมีทิศทางเบี่ยงเบนไปจาก กรณีช่องเปิดที่อยู่ห่างๆ กันอันเนื่องจากความกดอากาศที่กระทำต่อกันของกระแสลมในแต่ละช่องเปิดนั้นเองกระแสลมที่เข้ามาทางทิศที่ทำมุมกับช่องเปิดทางเข้าจะมีความเร็วของกระแสลมเฉลี่ยภายในห้อง มากกว่ากระแสลมที่เข้ามาในทิศตั้งฉากกับช่องเปิด

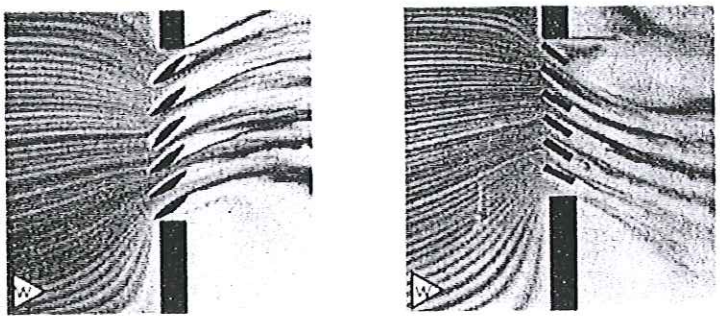
แนวทิศทางการไหลเวียนของกระแสลมเนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกกระแสลม



รูป 13 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องแนวคิดทางการไหลเวียนของกระแสลม
เนื่องจากสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและช่องเปิดทางออกกระแสลม

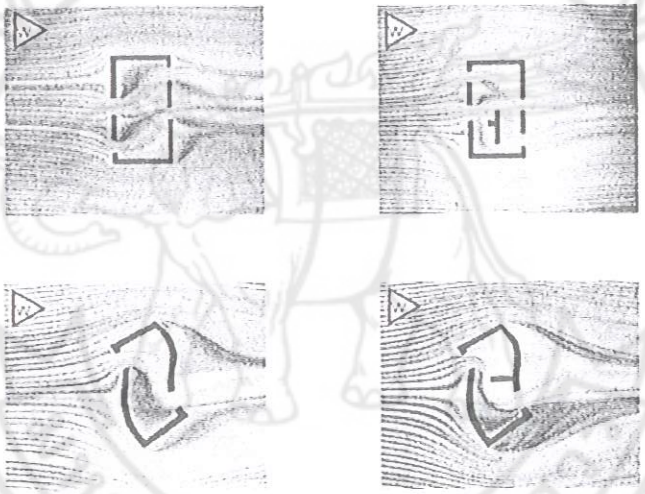
สิ่งประกอบเช่น ต้นไม้ กันสาด สามารถช่วยเบี่ยงเบนทิศทางการไหลของกระแสลมได้ เช่น กรณีเจาะช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ด้านข้างก็สามารถใช้สิ่งประกอบทางตั้งมาใช้ในทิศทางที่กระแสลมผ่านทำให้เกิดการเบี่ยงเบนเข้าไปในห้องได้ กระแสลมที่ได้อาจมีความเร็วไม่มากนักแต่ก็นับว่าช่วยให้เกิดการไหลเวียนของอากาศดีขึ้นกว่าการไม่ใช้สิ่งประกอบเลย

สิ่งประกอบทางตั้งและทางนอนให้ผลที่ต่างกัน โดยสิ่งประกอบทางตั้ง คือ ขึ้นลงจากแนวเดิมของกระแสลม สิ่งประกอบจะเกิดผลเป็นอย่างมากก็ต่อเมื่ออยู่บริเวณช่องเปิดทางเข้าเป็นหลักซึ่งชนิดของหน้าต่างกับคนของกระแสลมภายในห้อง ถูกแสดงดังรูป



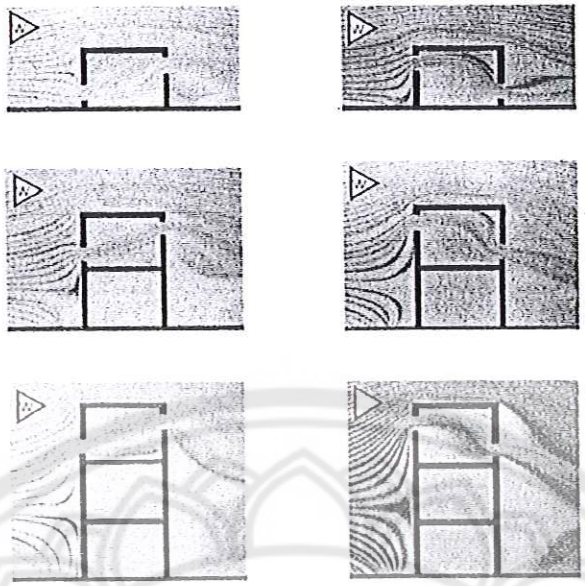
รูป 14 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องชนิดของหน้าตางกับคนของกระแสลมภายในห้อง

ชนิดของหน้าต่างที่เป็นบานเปิด หรือ บานเฟี้ยม จะมีผลในแง่ของการเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลม น้อยกว่าหน้าต่างบานเกล็ด และบานกระทุ้ง ซึ่งมีผลกับทิศทางของกระแสลม ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมในแนวตั้ง (ขึ้น- ลง) ซึ่งการใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลมถูกแสดงดังรูป



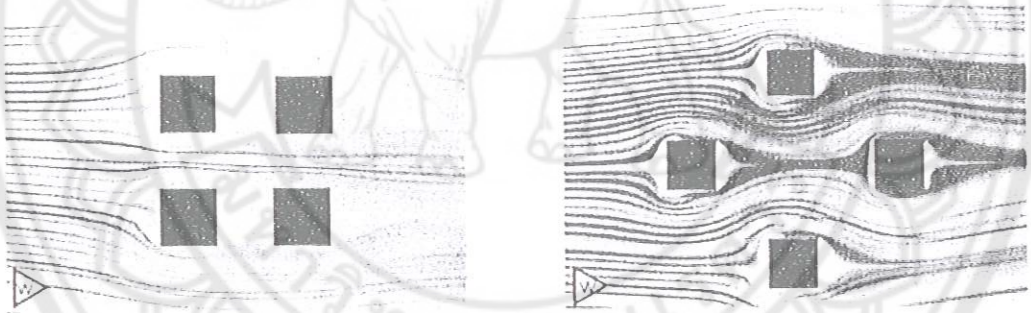
รูป 15 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการใช้ผนังกั้นภายในห้องกับผลของกระแสลม

ตำแหน่งพนังกั้นภายในห้องมีผลกระทบกับไหลเวียนของกระแสลมภายในห้อง ซึ่งอาจทำให้เกิดประโยชน์ หรือเสียประโยชน์ก็ได้ ขึ้นอยู่กับตำแหน่งและจำนวนขนานกันที่ใช้ ยิ่งผนังกั้นอยู่ใกล้ช่องเปิดทางเข้ามาก ก็จะเกิดผลกระทบจากการเบี่ยงเบนของกระแสลมมาก และกระแสลมที่เกิดขึ้นภายในห้องส่วนใหญ่จะมีความเร็วน้อยกว่ากระแสลมด้านนอกเสมอ ยิ่งถ้ามีการเบี่ยงเบนยิ่งจะมีความเร็วที่น้อยลงไปอีก ดังนั้นการกั้นผนังไม่ชนฝ้าเพดานแต่เหลือพื้นที่ให้กระแสลมไหลผ่านได้ก็จะเป็นการดีในแง่การถ่ายเทอากาศมากกว่าแบบที่ผนังกั้นชนถึงเพดาน โดยเฉพาะบริเวณฝ้าเพดานมีอากาศที่ร้อนกว่าด้านล่างการมีช่องเปิดนี้จะได้มีการถ่ายเทอากาศร้อนออกไปจากห้องได้ และไม่ควรมีผนังกันในห้องมากจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้เกิดจุดอับลมขึ้นภายในห้องซึ่งผลของระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดินถูกแสดงดังรูป



รูป 16 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะความสูงจากช่องเปิดถึงพื้นดิน

ช่องเปิดที่อยู่สูงมีผลทำให้ทิศทางกระแสลมเปลี่ยนไป เนื่องจากแนวผนังด้านหน้าที่กระแสลมมาปะทะทำให้เกิดแรงดันขึ้น และยิ่งช่องเปิดอยู่ในระดับสูงความเร็วของกระแสลมด้านนอกก็จะยิ่งมากขึ้น อันจะส่งผลให้เกิดแสลมภายในห้องเร็วและแรงขึ้นด้วยซึ่งผลงานของลมกับระยะห่างระหว่างอาคารถูกแสดงดังรูป

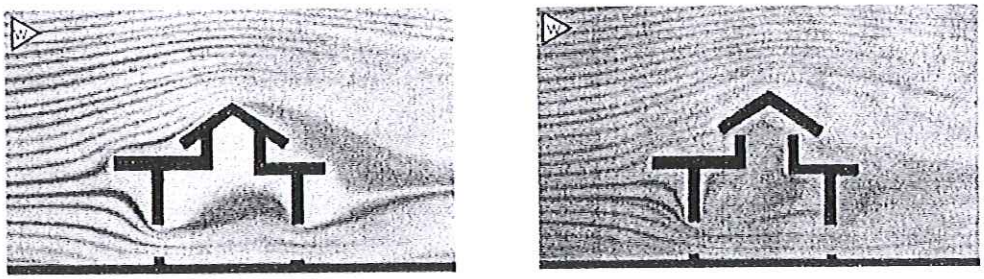


รูป 17 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องระยะห่างระหว่างอาคาร

ระยะระหว่างอาคารมีผลกับกระแสลมที่จะเข้าถึงในทุกๆ อาคาร แตกต่างกันไปซึ่งการพิจารณาจากต้องดูปัจจัยอื่นประกอบด้วย เช่น ตำแหน่งการวางอาคาร ทิศทางอาคาร รูปทรงอาคาร จำนวนอาคาร ขนาดอาคาร ความสูงของอาคารในกลุ่ม เป็นต้น

การที่ให้กระแสลมเข้าถึงในอาคารต่างๆ ได้ดีทุกๆ อาคารระยะห่างระหว่างอาคารจะแตกต่างกันไปถึงปัจจัยอื่นที่แตกต่างกันด้วย จะเป็นตัวกำหนดระยะระหว่างอาคารซึ่งในการออกแบบต้องพิจารณาควบคู่กันไปแต่ถ้าเรามีพื้นที่ให้ว่างอาคารค่อนข้างกว้าง

การใช้ระยะระหว่างอาคารยิ่งมากก็จะยิ่งทำให้กระแสลมเข้าถึงตัวอาคารได้ดี ระยะอาคารยังส่งผลกับความแรงและความเร็วของกระแสลมของกลุ่มอาคารอีกด้วยซึ่งการระบายอากาศทางปล่องถูกแสดงดังรูป



รูป 18 ตัวอย่างการทดลองในเรื่องการระบายอากาศทางปล่องหรือ Stack ventilation

Stack ventilation เมื่อใช้กับเขตร้อนชื้นจะเหมาะกับอาคารที่ขาดพื้นที่ด้านข้างเคียงที่จะเปิดช่องเปิดได้เพียงพอ เช่น ในเขตกรุงเทพฯ และเมืองใหญ่ใหญ่ๆ ที่อาคารมากปลูกชิดกันเนื่องจากที่ดินราคาแพงและเหตุผลด้านจำนวนประชากรที่มากนอกจากนั้น Stack ventilation จะเกิดผลดีต้องใช้กับห้องที่มีความแตกต่างของความกดอากาศ อุณหภูมิค่อนข้างมากระหว่างภายในห้องกับบริเวณพื้นที่เหนือปล่องด้านบน (มาลินี ศรีสุวรรณ, 2554)

การศึกษาเรื่องการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมที่ตัวอาคารซึ่งประกอบด้วย การใช้ประโยชน์จากลมประจำถิ่นให้ถูกต้องตามฤดูกาล การปรับสิ่งแวดล้อมรอบอาคารทำให้เกิดภาวะน่าสบาย การวางตำแหน่งของช่องเปิดในอาคารรวมถึงการเลือกใช้ช่องเปิดในอาคารที่เหมาะสมแล้ว เฉพาะหัวข้อเรื่องการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้มีข้อมูลศึกษาวิเคราะห์ไว้ต่อมาดังนี้

2.5.3. การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation)

พิจารณาข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์จากการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เช่น อุณหภูมิอากาศ ทิศทางของกระแสลม และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการใช้งาน โดยใช้ข้อมูลของพื้นที่ตั้งโครงการโดยตรงหรือข้อมูลของกรุงเทพมหานครซึ่งมี การเก็บรวบรวมอย่างละเอียด

วางอาคารตั้งฉากกับกระแสลมเพื่อใช้ประโยชน์จากลมและการระบายอากาศแบบธรรมชาติ และอาคารควรตั้งอยู่ในตำแหน่งที่รับลมได้มากที่สุด โดยใช้ต้นไม้และการออกแบบภูมิสถาปัตย์เพื่อช่วยบังลมในด้านที่ไม่ต้องการ

ใช้ประโยชน์จากกระแสลมธรรมชาติ (cross ventilation) อย่างเต็มที่ โดยมีข้อควรพิจารณาดังนี้- ออกแบบช่องเปิดโดยแต่ละห้องควรมีทางเข้าออกของลมเพื่อให้เกิดการไหลของลมผ่านห้อง ออกแบบให้ทางลมออกอยู่สูงเพื่อให้เกิดการลอยตัวของอากาศร้อน (stack effect) โดยมีปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการบังคับทิศทางลมได้ดังตารางนี้

ตาราง 6 ปัจจัยในการใช้กระแสลมธรรมชาติในอาคาร

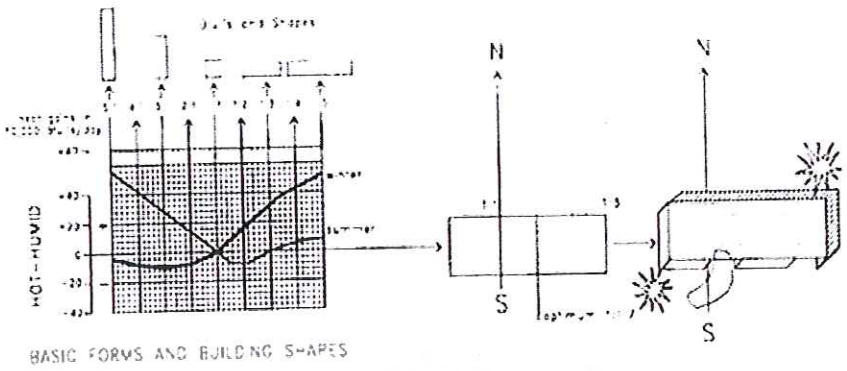
ปัจจัยในการใช้กระแสลมธรรมชาติในอาคาร
การติดตั้งผนังกั้นห้องหรือจัดวางเฟอร์นิเจอร์
การปลูกต้นไม้หรือสร้างรั้วบริเวณรอบอาคาร
การเปิดหน้าต่างตลอดเวลา
การมีช่องระบายอากาศเหนือหน้าต่าง ประตู (บานเกล็ด / ลูกกรง / ไม้ระแนง)
ใช้ประโยชน์จากกระแสลมเพื่อระบายความร้อนและสร้างความรู้สึกเย็น ในส่วนของ Passive Zone
การระบายอากาศแบบธรรมชาติในช่วงกลางคืนเพื่อลดอุณหภูมิของพื้นผิวอาคาร
การระบายอากาศแบบธรรมชาติมีผลดีสำหรับอาคารที่มิได้มีการใช้ระบบปรับอากาศ การออกแบบส่วนปรับอากาศและส่วนที่ต้องใช้การระบายอากาศแบบธรรมชาติมีความแตกต่างกัน เป็นการยากที่จะออกแบบอาคารให้ควบคุม (operate) ได้ทั้ง 2 ระบบในเวลาเดียวกัน
การมีช่องทางระบายอากาศร้อนอยู่ในส่วนที่สูงสุดของอาคาร เพื่อระบายอากาศร้อนออกไปภายนอกอาคาร
การช่วยระบายอากาศร้อนบางส่วนออกไปภายนอกอาคารได้ โดยอาศัยการลอยตัวของอากาศร้อน (stack effect)ในกรณีที่มีกระจกชั้นเดียวติดตั้งบนช่องแสงบนหลังคา (skylight)
การเปิดช่องเปิดภายในอาคาร (ประตู, หน้าต่าง) ไว้เพื่อให้มีการไหลเวียนของอากาศภายในอาคาร หรือหากต้องปิดประตู ควรมีบานเกล็ด ช่องลม หรือหน้าต่างเล็กๆ เหนือประตู-หน้าต่าง เพื่อการไหลเวียนของอากาศแทน

ที่มา : (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)

ข้อมูลจากตาราง 6 การวางทิศทางอาคารและทรงอาคาร อาคารเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานในอาคารเป็นอย่างมาก เพราะความร้อนจากรังสีอาทิตย์ซึ่งเป็นที่มาของภาระการทำความเย็นจะแปรผันไปตามทิศทางของดวงอาทิตย์ โดยมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบตัวอาคารคือ ทิศทางการวางตัวอาคารควรหันด้านแคบของอาคารไปทางทิศตะวันออก-ตะวันตก หรือให้ด้านแคบของอาคารหันไปทางที่ได้รับแสงอาทิตย์ตอนบ่าย (ทิศตะวันตก/ตะวันตกเฉียงใต้) ใช้การวางทิศทางของอาคารประกอบกับการปลูกต้นไม้รอบอาคารในการกำหนดทิศทางลมให้พัดผ่านอาคาร วางอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลม โดยพิจารณาความเร็วและทิศทางของลมในแต่ละฤดูกาล เพื่อใช้ประโยชน์จากลมธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในบางกรณีอาจพิจารณาออกแบบเป็นอาคารชั้นเดียว เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเต็มที่ หรือในอาคารหลายชั้น ควรให้แต่ละห้องมีความลึกน้อยที่สุด เพื่อให้สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้มาก

อนึ่งรูปทรงอาคาร มีอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อพื้นที่ใช้สอยต่ำที่สุด หรือออกแบบให้กรอบอาคารมีเส้นรอบรูปน้อย มีการรั่วซึมของอากาศต่ำ แต่ยอมให้มีการไหลเวียนอากาศผ่านผิวอาคาร ในกรณีที่อาคารมีรูปทรงเรียวยาวควรวางอาคารในแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก ดังแสดงในรูปต่อไปนี้



รูป 19 แสดงอิทธิพลของรูปทรงและทิศทางการวางตัวอาคารที่มีผลต่อปริมาณความร้อนเข้าสู่อาคาร (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)

2.5.4. การออกแบบตำแหน่งช่องเปิด

การออกแบบช่องเปิดในอาคารมีหลักการคือ ควรลดปริมาณช่องเปิดกระจกทางด้านทิศตะวันออกและตะวันตกให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อลดความร้อนที่เข้าอาคารและการระคายเคืองในการมองเห็น (glare)ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด (shading device) แบบถาวรเหนือกระจกเพื่อบังรังสีอาทิตย์โดยตรง (direct solar radiation) หรือพิจารณาใช้การออกแบบสภาพภูมิทัศน์ (landscape) ช่วยในการบังแดด และจำกัดปริมาณกระจกในทิศตะวันออกและตะวันตกให้มีน้อยที่สุด เพราะบังแดดได้ยากกว่ากระจกทางด้านทิศใต้ไม่ควรมีช่องแสงขนาดใหญ่บนหลังคา (skylight) ยกเว้นกรณีที่ได้มีการออกแบบให้สามารถป้องกันรังสีตรงได้อย่างสมบูรณ์ การออกแบบอุปกรณ์บังแดดมีผลกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารโดยตรง ดังนั้นควรพิจารณาควบคู่กันไป

การเลือกออกแบบหน้าต่างควรพิจารณาถึงวัสดุที่เป็นไม้หรือกระจกก็ตาม หากต้องติดตั้งในทิศทางที่รับแสงอาทิตย์โดยตรงจะเป็นช่องทางรับ ความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านหรือตัวอาคารได้มาก เราสามารถป้องกันไม่ให้หน้าต่างถูกแสงอาทิตย์ ได้โดยการทำอุปกรณ์บังแสงอาทิตย์ให้กับหน้าต่าง หรือในประเด็นต่างๆดังนี้

ก. การออกแบบแผงกันแสงอาทิตย์

โดยทั่วไปแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบลงบนหน้า ต่างแบ่งเป็น 2 ประเภท ประเภทแรกคือลำแสงตรงคือลำแสงที่พุ่งตรงจากดวงอาทิตย์มาตกยังหน้าต่างโดยตรง ซึ่งนำ ความร้อนผ่านหน้าต่างเข้ามาในบ้านหรืออาคารจำนวนมาก และประเภทที่สองคือลำแสงกระจายคือลำแสงจากดวงอาทิตย์ที่สะท้อนมาจากชั้นบรรยากาศของโลก หรือจากเมฆหมอก ละอองน้ำ และก๊าซต่างๆในชั้นบรรยากาศก่อนที่จะตกลงบนหน้าต่าง โดยลำแสงกระจายที่ตกบนหน้าต่างจะเข้ามาทุกทิศทุกทาง แต่ในกรณีหน้าต่างที่เป็นกระจก ความร้อนที่ผ่านกระจกหน้าต่างเข้ามาในอาคารจะน้อยกว่าความร้อนจากลำแสงตรง และเป็น ประโยชน์ในการส่องสว่างภายในอาคารเวลากลางวัน

ดังนั้นการออกแบบแผงกันแดดหรือบางครั้งเรียกว่า กันสาดนั้นจะเป็นอุปกรณ์บังแสงอาทิตย์ให้กับหน้าต่าง ซึ่งสามารถป้องกันลำแสงตรง ของแสงอาทิตย์ไม่ให้เข้าสู่ตัวบ้านหรือตัวอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ การติดตั้งกันสาดให้กับ หน้าต่างมีทั้งในแนวราบ แนวดิ่ง และทั้งแนวราบและแนวดิ่งผสมกัน

ข. กันสาดในแนวราบ

กันสาดในแนวราบเหมาะสมสำหรับหน้าต่างที่อยู่ทางด้านทิศเหนือและทิศใต้ เพราะ สามารถบังแสงอาทิตย์ในช่วงเที่ยงและช่วงบ่ายได้ดี การออกแบบกันสาดสำหรับอาคารใน ประเทศไทย สามารถทำได้ดังนี้

ค. ตำแหน่งทิศของหน้าต่าง

หน้าต่างที่อยู่ด้านทิศเหนือจะใช้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนมิถุนายน เป็นค่าอ้างอิงในการออกแบบกันสาด ในเดือนมิถุนายนซึ่งเรามองเห็นดวงอาทิตย์เบี่ยงเบนมา ทางทิศเหนือมากที่สุด ดังนั้นจึงใช้ค่ามุมที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับแนวดิ่งของผนังอาคารเป็นตัว กำหนดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามตารางด้านล่าง

ตาราง 7 แสดงมุมดวงอาทิตย์ทำกับแนวดิ่งผนังอาคารในช่วงเวลาต่างๆ ของประเทศไทย

	เวลา	8.00 น.	10.00 น.	12.00 น.	14.00 น.	16.00 น.
21มิ.ย.	มุมดวงอาทิตย์ทำกับแนวดิ่ง (องศา)	66°	33°	10°	33°	66°
21ธ.ค.	มุมดวงอาทิตย์ทำกับแนวดิ่ง (องศา)	72°	48°	37°	48°	72°

ที่มา : (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2544)

หน้าต่างที่อยู่ด้านทิศใต้จะใช้ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในช่วงเดือนธันวา คมเป็นตัวกำหนดค่าอ้างอิงในการออกแบบกันสาดตามตาราง เนื่องจากเป็นช่วงที่ เรามองเห็นดวงอาทิตย์เบี่ยงเบนไปทางทิศใต้มากที่สุด ทำให้สามารถสรุปได้ว่า กันสาดสำหรับหน้าต่างในทิศเหนือควรมีระยะยื่นของกันสาดทำมุมอย่างน้อย 10 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง ส่วนกันสาดสำหรับหน้าต่างทางทิศใต้ควร มีระยะยื่นของกันสาดทำมุมอย่างน้อย 37 องศากับขอบล่างของหน้าต่าง จะเห็นว่าถ้ามุมยิ่งมากต้องใช้กันสาดที่มีระยะยื่นที่ยาวมากด้วย หรือกล่าวได้ว่าถ้า ต้องการป้องกันลำแสงตรงตกกระทบหน้าต่างตลอดทั้งวัน (8.00 - 16.00 น.) ต้องใช้ระยะ ยื่นยาวมาก ซึ่งแก้ไขได้โดยหักมุมกันสาดลง

ง. การออกแบบกันสาดในแนวดิ่ง

กันสาดแนวนี้เหมาะสมสำหรับหน้าต่างที่อยู่ทางด้านทิศตะวันออกและทิศ ตะวันตก เพราะสามารถบังแสงอาทิตย์ในช่วงเช้าและช่วงเย็นได้ดี แต่การออกแบบกันสาด ในแนวดิ่งเพื่อบังแสงอาทิตย์ในทุกช่วงเวลาทำได้ยาก ทั้งนี้เพราะตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ณ ประเทศไทยที่เวลาต่างๆ ในแนวทิศตะวันออกและทิศตะวันตกจะมีการเบี่ยงเบนมาก แต่อย่างไรก็ตามหลักเกณฑ์ง่ายๆ ในการออกแบบกันสาดแนวดิ่งสำหรับประเทศ ไทย มุมกันสาดที่เหมาะสมคือ กำหนดกันสาดในแนวดิ่งให้ทำมุมประมาณ 30 องศากับ ระนาบผนัง

กันสาดแบบผสมเป็นกันสาดที่รวมเอาคุณสมบัติที่ดีของกันสาดในแนวราบและแนว ดิ่งมารวมกัน เพื่อให้สามารถป้องกันลำแสงตรงได้ตลอดวัน การออกแบบก็ใช้หลักเช่นเดียว กับการออกแบบกันสาดในแนวราบและแนวดิ่งมาประกอบกัน นอกจากนี้การปลูกต้นไม้เป็นกันสาดธรรมชาติอาจจะเป็นวิธีเสริมวิธีหนึ่ง ในการช่วย ลดความร้อนเข้ามาในบ้านและอาคาร

โดยต้นไม้สามารถให้ร่มเงาและสามารถปรับทิศทางลม ไปในทิศทางที่ต้องการได้ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2544)

จ. หลักการออกแบบอุปกรณ์บังแดด

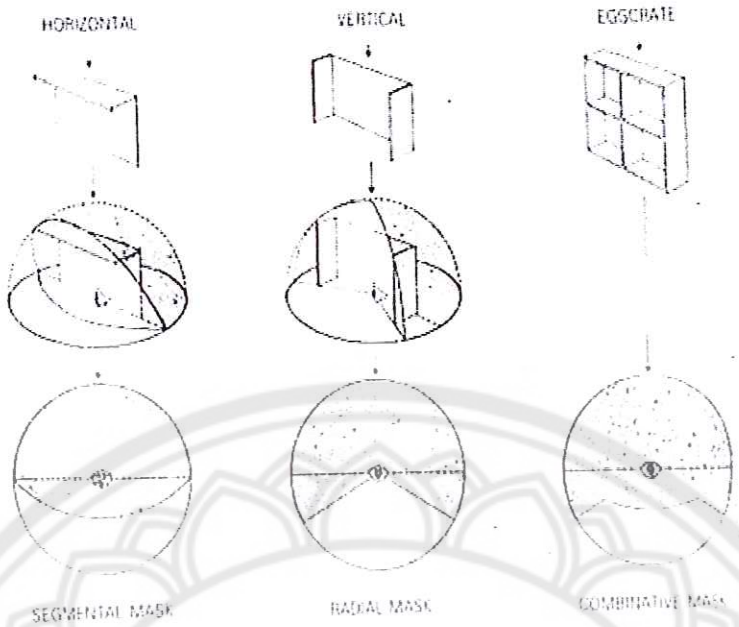
ควรใช้อุปกรณ์บังแดดแบบภายนอก เพราะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารดีกว่าแบบภายใน

ตาราง 8 ลักษณะของอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะกับทิศทางต่างๆ

ทิศ	อุปกรณ์บังแดด
ทิศใต้ (S)	ควรใช้อุปกรณ์บังแดดแบบผสม และเพิ่มชายคายื่นยาวช่วยบังรังสีอาทิตย์ทั้งในมุมสูงและต่ำ
ทิศตะวันออก (E) และตะวันตก (W)	ใช้แบบแนวตั้งและปรับมุมได้
ทิศตะวันออกเฉียงใต้ (SE) และทิศตะวันตกเฉียงใต้ (SW)	ใช้แบบตาราง
ทิศเหนือ (N)	จะไม่ได้รับรังสีอาทิตย์โดยตรง ดังนั้นจึงไม่ต้องใช้อุปกรณ์บังแดดมากนัก อาจใช้เพียงแผงกันแดดแนวตั้งยื่นออกมาเล็กน้อยเพื่อบังรังสีอาทิตย์ในช่วงเช้าและเย็น

ที่มา : (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)

จากตาราง การติดตั้งกันสาดหรือแผงกันแดดควรหลีกเลี่ยงสะพานความร้อน โดยให้มีจุดเชื่อมต่อระหว่างกันสาดกับตัวอาคารให้น้อยที่สุด หรือให้มีช่องว่างระหว่างกันสาดกับตัวอาคารเพียงพอเพื่อให้สามารถระบายความร้อนได้ดี นอกจากนั้น การใช้อุปกรณ์บังแดดภายในอาคารไม่สามารถลดปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เข้าสู่อาคารได้ ควรพิจารณาใช้เฉพาะในกรณีที่ต้องการช่วยลดการระคายเคืองในการมองเห็น (glare) และช่วยให้เกิดความสบายตาเท่านั้น ดังแสดงให้เห็นถึงเงาของแสงที่เกิดจากการวางอุปกรณ์บังแดดในทิศทางต่างๆ ดังรูป (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)



รูป 20 แสดงเงาของแผงบังแดดแบบต่างๆ

ที่มา: การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น, รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ

ข้อมูลด้านการใช้การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) ต่อมาได้มีการศึกษาในรายละเอียดเรื่องการใช้หน้าต่างในอาคารไว้หลากหลายชนิด ดังนี้

2.5.5. การใช้หน้าต่างในอาคาร

หน้าต่างและกันสาด เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอาคารทุกชนิดรวมทั้งบ้านที่อยู่อาศัยทุกประเภท การออกแบบหน้าต่างและกันสาดที่ดีนั้น ต้องคำนึงถึงการลดปริมาณความร้อนจากแสงอาทิตย์ไม่ให้เข้าสู่อาคารน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันก็ต้องพยายามให้แสงธรรมชาติที่ช่วยในการมองเห็นผ่านเข้าสู่ตัวอาคารและบ้านพักอาศัยมากที่สุด ซึ่งช่วยลดการใช้ไฟฟ้าของระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างของอาคารและบ้านพักอาศัยลงได้หน้าต่างเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อการออกแบบอาคาร บ้าน ที่อยู่อาศัย วัตถุประสงค์เพื่อการระบายอากาศ รับแสงสว่างจากธรรมชาติ และให้เห็นทัศนียภาพภายนอก มีรูปแบบ แบ่งได้ตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ดังต่อไปนี้

ก.หน้าต่างชนิดบานเลื่อนขึ้นลง หน้าต่างชนิดนี้จะมีลักษณะสี่เหลี่ยมเลื่อนขึ้นลง ข้อเสียของหน้าต่างชนิดนี้ คือ ปิดเปิดไม่สะดวกและจะรับลมได้เพียงครึ่งหนึ่งของหน้าต่างชนิดที่สามารถเปิดได้ทั้งบาน แต่ สามารถรับแสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่

ข.หน้าต่างชนิดบานเลื่อนด้านข้าง หน้าต่างชนิดนี้สามารถประหยัดเนื้อที่ภายนอกสำหรับปิดเปิดได้ แต่การเปิดจะเปิด ได้เพียงครึ่งหนึ่งของบานหน้าต่างชนิดอื่น อีกทั้งอุปกรณ์ในการติดตั้งหน้าต่างในรูปแบบนี้มี ราคาแพงเพราะต้องใช้รางเลื่อน แต่สามารถรับแสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่

ค.หน้าต่างชนิดบานกระทุ้ง หน้าต่างชนิดนี้จะมีลักษณะผลักออกจากตัวกรอบหน้าต่างในเวลาเปิด และใช้แรงดึง เข้าหาตัวในกรณีที่จะปิดหน้าต่าง โดยบานพับจะอยู่ส่วนบนของบานหน้าต่าง หน้าต่างชนิดนี้ มีข้อเสียคือ เปิดปิดลำบาก และทำความสะอาดยาก แต่สามารถรับลมและแสงสว่างจากธรรมชาติได้ดี

ง.หน้าต่างชนิดบานเปิดข้าง หน้าต่างชนิดบานเปิดข้างเป็นหน้าต่างที่นิยมโดยทั่วไปตามบ้านเรือน โดยเฉพาะ อย่างยิ่งบ้านไม้ โรงเรียน ประโยชน์ของหน้าต่างชนิดนี้คือปิดเปิด และทำความสะอาดง่าย สามารถรับลมและแสงสว่างจากธรรมชาติได้อย่างเต็มที่

จ.หน้าต่างชนิดบานพลิก หน้าต่างชนิดนี้มีทั้งแบบบานพลิกแนวนอนและแนวตั้ง ข้อเสียของหน้าต่างชนิดนี้ คือ ง่ายต่อการรับฝุ่นตลอดเวลา และไม่สามารถติดตั้งมุ้งลวดได้ แต่สามารถรับลมและแสง สว่างจากธรรมชาติได้ดี

ฉ.หน้าต่างชนิดบานเกล็ด หน้าต่างชนิดนี้ใช้สะดวกในด้านการเปิดรับลมจากภายนอก โดยทั่วไปบานเกล็ด มักจะเป็นกระจก ซึ่งจะมองเห็นภายนอกได้ชัดเจน แต่ถ้าเป็นบานเกล็ดทำด้วยไม้จะมอง เห็นภายนอกไม่ชัดเจน หน้าต่างชนิดนี้ไม่มีบานเปิดปิดออกสู่ภายในหรือภายนอก จึงไม่ต้อง คำนึงพื้นที่หรือบริเวณสำหรับการปิดเปิดหน้าต่าง ถ้าเป็นบ้าน อาคาร หรือห้องที่ต้องติดตั้งระบบปรับอากาศ จะต้องปิดหน้าต่างเหล่า นี้ตลอดเวลา และต้องป้องกันไม่ให้มีรอยรั่ว และที่สำคัญวัสดุที่ใช้ทำเป็นหน้าต่างต้องมีคุณ สมบัติในการป้องกันความร้อนจากภายนอกได้ดีด้วย เพราะหากมีความร้อนจากภายนอก ผ่านเข้ามาในตัวบ้านหรืออาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศ จะทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงาน มาก เพื่อให้ภายในห้องนั้น หรือภายในอาคารเย็นตามอุณหภูมิที่เราตั้งใจไว้ จึงสิ้นเปลือง พลังงานไฟฟ้ามาก

หน้าต่างที่นำมาใช้ประกอบตัวอาคาร บ้านพักอาศัย สามารถแบ่งตามวัสดุที่ใช้ 2 ชนิด คือไม้และกระจก

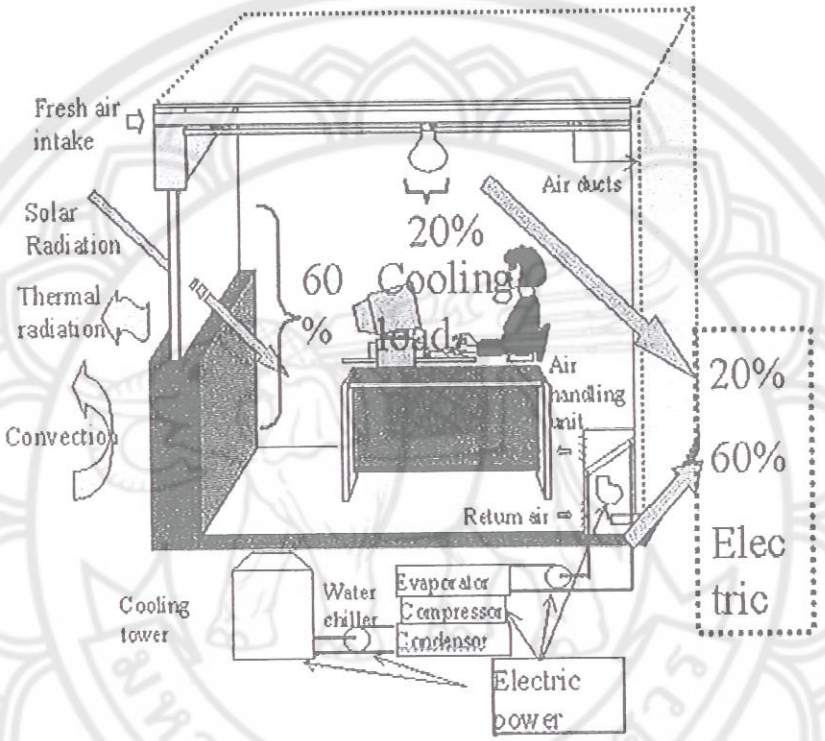
ก. หน้าต่างไม้ มักจะใช้กับบ้านพักอาศัยที่เป็นไม้ (บ้านทรงไทย) หรือใช้ตามโรงเรียน หน้าต่างชนิด นี้ใช้เป็นช่องลมในการถ่ายเทอากาศ มีคุณสมบัติในการป้องกันความร้อนเข้ามาภายในตัวบ้าน อาคารได้ดีกว่ากระจก แต่ไม่เหมาะสมกับอาคารหรือบ้านพักอาศัยที่ติดตั้งระบบปรับอากาศ เพราะจะทำให้ไม่สามารถเห็นทัศนียภาพภายนอได้ เนื่องจากต้องปิดไว้ตลอดเวลา

ข. หน้าต่างกระจก หน้าต่างกระจกเป็นหน้าต่างที่ได้รับความนิยมอย่างมากทั้งในบ้านพักอาศัยและอาคาร เนื่องจากทำให้เห็นทัศนียภาพภายนอกบ้านพักอาศัยและอาคาร สามารถติดตั้งง่าย รวดเร็ว และสะดวกกว่าการก่อสร้างผนังทึบด้วนคอนกรีต ดังนั้นจึงมีการพัฒนาหน้าต่างกระจกให้ มีคุณ สมบัติด้านประหยัดพลังงาน คือ ป้องกันความร้อนได้ดีและยอมให้แสงผ่านเข้าได้มาก แต่ถ้า เป็นบ้านพักอาศัยที่ปลูกสร้างด้วยไม้ ถ้าจะติดตั้งหน้าต่างกระจกจะต้องแน่ใจว่าบ้านไม่มีรอย รั่วของอากาศ เพราะถ้าเปิดเครื่องปรับอากาศความเย็นที่ได้จากการปรับอากาศจะรั่วซึมออก มาภายนอก เครื่องปรับอากาศจึงต้องทำงานมากกว่าเดิมทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้ามาก ดังนั้นในกรณีนี้ถึงแม้ว่าจะใช้หน้าต่างกระจกที่มีคุณภาพดีก็ไม่ได้ช่วยอนุรักษ์พลังงานแต่อย่างไร

หน้าต่างกระจกจัดว่าเป็นหน้าต่างที่ได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์ และความร้อนจากภายนอกอาคาร เข้าสู่ภายในอาคารได้มากที่สุดทางหนึ่ง กล่าวคือ ถึงแม้ว่าอาคารมีพื้นที่ กระจกเพียงร้อยละ 20 ของพื้นที่อาคารทั้งหมด แต่พื้นที่กระจกเหล่านี้มีการถ่ายเทความร้อน เข้าสู่ภายในอาคารได้ถึงร้อยละ 75 ของความร้อนภายในอาคารทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนผ่านกระจกหน้าต่างได้ โดยทั้งวิธีการนำความร้อนและการแผ่รังสีความร้อนในขณะที่ ความร้อนผ่านผนังทึบโดยวิธีการนำความร้อนเท่านั้น อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาเรื่องของผนังอาคารโดยศึกษาเรื่องของวัสดุพื้นผิวอาคารและหลังคาไว้ดังนี้

2.5.6. วัสดุพื้นผิวอาคารหลังคาและการใช้ฉนวนป้องกันความร้อน

ภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่มาจากปริมาณความร้อนที่ผ่านวัสดุพื้นผิวอาคาร (building envelope) เข้ามาภายในอาคาร การลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่จะช่วยทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ วัสดุกรอบอาคารโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุทึบแสง (opaque) และวัสดุโปร่งแสง (transparent) ซึ่งนำมาใช้เป็นส่วนของผนัง ช่องเปิด และหลังคาของอาคาร แนวทางในการพิจารณาออกแบบและเลือกใช้วัสดุพื้นผิวอาคารมีดังนี้



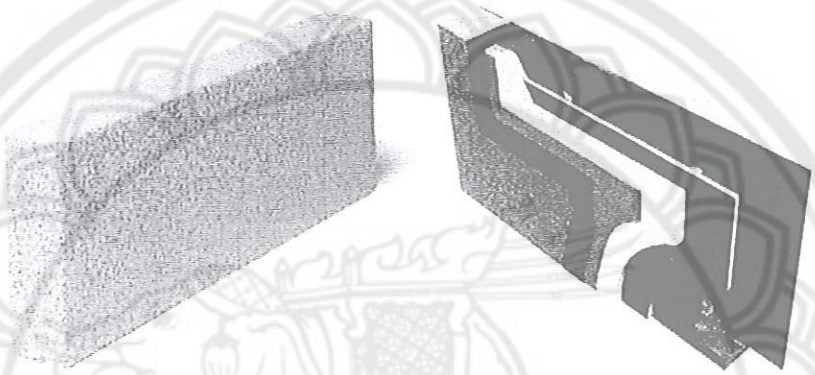
รูป 21 แสดงแหล่งที่มาต่างๆ ของความร้อนที่เข้าสู่ภายในอาคาร (วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย)

ผนังและหลังคาทึบที่ออกแบบเพื่อการลดความร้อนผ่านผนังและการออกแบบผนังภายนอกอาคารเพื่อเพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับผนัง (ค่า R สูง) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U value) ต่ำ เกิดขึ้นได้โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนที่ผนังด้านนอกของอาคาร หรือใช้ผนัง 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ (Air-gap) ระหว่างชั้นของผนังเป็นอากาศหรือฉนวนเพื่อกันความร้อน ในบางกรณีที่มีความเหมาะสมเช่น ไม่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศในอาคาร อาจออกแบบผนังให้มีมวลสารที่สามารถหน่วงความร้อนได้ 12 ชั่วโมงเพื่อปรับปรุงสภาวะน่าสบายและเพิ่มประสิทธิภาพของอาคารโดยเฉพาะผนังทางทิศตะวันตกที่ได้รับความร้อนมาก

อาคารปรับอากาศที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะยาว อาจพิจารณาใช้ผนังที่มีการผสมผสานของมวลสารและฉนวนอย่างเหมาะสม โดยให้มวลสารอยู่ด้านนอก ติดตั้งฉนวนในด้านในผนังอาคาร และใช้ฉนวนสะท้อนความร้อนเพิ่มค่า R ให้ช่องว่างอากาศระหว่างผนัง

อาคารปรับอากาศที่มีการเปิดและปิดเครื่องปรับอากาศระยะสั้น ควรใช้ผนังที่มีมวลสารน้อย ติดตั้งฉนวนความร้อนและใช้วัสดุที่มีการสะสมความร้อนความชื้นน้อย ตัวอย่างเช่น ผนังระบบฉนวนกันความร้อนภายนอก (External Insulation and Finished System; EIFS) นอกจากนั้นสีของผนังภายนอกอาคารควรเป็นสีอ่อนหรือใช้วัสดุผิวมันเพื่อสะท้อนความร้อน

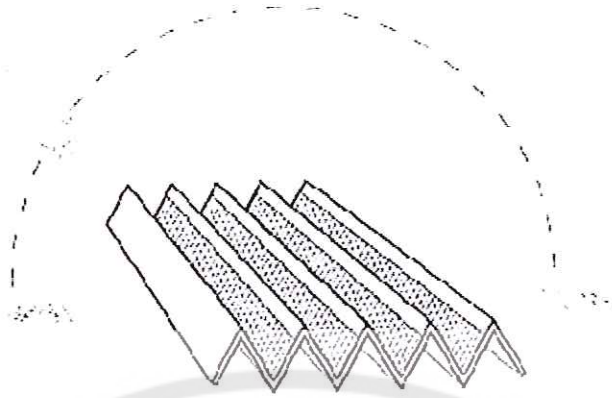
ในกรณีของอาคารขนาดใหญ่ที่มีความหนาของผนังบริเวณแกน (core) หรือช่องลิฟท์หนามาก ควรให้อยู่ในทิศตะวันตกเพื่อใช้เป็นส่วนป้องกันความร้อน (buffer zone) ที่ร้อนจัดในช่วงบ่าย และทำที่บังแดดเพื่อให้ผนังอยู่ในร่มเงาตลอดทั้งวัน โดยเว้นช่องว่างระหว่างที่บังแดดกับผนังเพื่อลดการสะสมความร้อนและหากผนังที่มีการเล่นผิว (texture) เพิ่มพื้นที่ผิวเพื่อลดผลกระทบจากความร้อน



รูป 22 ตัวอย่างวัสดุผนังที่มีค่า R สูง (1) คอนกรีตมวลเบา (2) ผนัง EIFS (SIAM WALL CO.)

ต่อมาเป็นข้อมูลการพิจาณาถึงการลดความร้อนโดยการออกแบบหลังคาอาคาร พิจารณาขนาดของอาคารที่มีผลต่อการส่งผ่านความร้อนทางหลังคา เพราะหลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนตลอดทั้งวันและมีอิทธิพลต่อภาระการทำความเย็นในอาคารเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่อาคารค่อนข้างเตี้ยแต่มีขนาดใหญ่ซึ่งมีสัดส่วนของพื้นที่หลังคาต่อพื้นที่ผิวอาคารสูง การลดความร้อนสามารถทำได้โดยเพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับหลังคา (ค่า R สูง) โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาหรือระหว่างชั้นฝ้าเพดานกับหลังคา โดยอาจมีช่องระบายอากาศเพื่อระบายอากาศร้อนจากใต้หลังคาออกสู่ภายนอกอาคาร นอกจากนั้นการติดตั้งแผ่นฟิล์มอลูมินั่ม (reflective aluminum film) บางๆ ที่สะท้อนความร้อนได้ดีไว้ที่ด้านล่างของหลังคา และเลือกใช้หลังคาสีอ่อนเพื่อสะท้อนรังสีอาทิตย์ สามารถลดความร้อนที่จะเข้าสู่ตัวอาคารได้รวมถึงหลีกเลี่ยงการทำช่องแสงบนหลังคา (skylight) แต่ถ้าต้องมีควรทำแผงบานเกล็ดบังแสงแดดและติดตั้งให้ถูกทิศทาง เพราะความร้อนมากกว่า 90% มาจากการแผ่รังสีความร้อนของหลังคาเข้ามายังภายในอาคาร

วัสดุหลังคาควรเป็นวัสดุที่มีมวลสารน้อย มีการดูดกลืนและสะสมความร้อนต่ำ มีค่าความต้านทานความสูง (R) สูง ให้ลอนของหลังคาวางขวางกับการโคจรของดวงอาทิตย์ (ตะวันออกไปตะวันตก อ้อมใต้) เพื่อบังแดดให้กันและกันและลดความร้อน การออกแบบเป็นหลังคาจั่วเพื่อเพิ่มช่องว่างอากาศใต้หลังคา หรือทำเป็นหลังคา 2 ชั้น หรือหลังคาทรงสูงระบายอากาศร้อนออกด้านบน ไม่ควรเป็นหลังคาแบนและหนา



รูป 23 แสดงเงาที่เกิดขึ้นบนลอนหลังคา (รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ)

ต่อมาการพิจารณาเลือกใช้วัสดุฉนวนป้องกันความร้อนสามารถทำได้โดยการเลือกใช้ฉนวนป้องกันความร้อนที่มีค่าความต้านทานความร้อน (ค่า R) สูง โดยพิจารณาประเภทที่เหมาะกับลักษณะการใช้งานและตำแหน่งที่ติดตั้งฉนวน เช่น ใช้โฟม ฉีดบนหลังคา ใช้ฉนวนแบบแผ่นปูบนโครงเคร่า เป็นต้นข้อควรพิจารณาอื่นๆ ในการเลือกฉนวนนอกจากคุณสมบัติในการป้องกันความร้อน (ค่า R) ดังตารางดังนี้

ตาราง 9 แสดงปัจจัยการเลือกฉนวนป้องกันความร้อน

ปัจจัยการเลือกฉนวนป้องกันความร้อน
ลักษณะทางกายภาพ ความหนาแน่น และน้ำหนัก
ช่วงอุณหภูมิในการใช้งาน และการยืดหดตัวเมื่อได้รับความร้อน
การกันน้ำและความชื้น
การทนต่อแรงอัดและความทนทาน
การป้องกันการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ- การเสื่อมสภาพ และการบำรุงรักษา
คุณสมบัติการกันไฟ
ความต้านทานต่อแมลง เชื้อรา การกัดกร่อนและสารเคมี
ความปลอดภัยต่อสุขภาพ
การกันเสียง
ปลอดกลิ่น

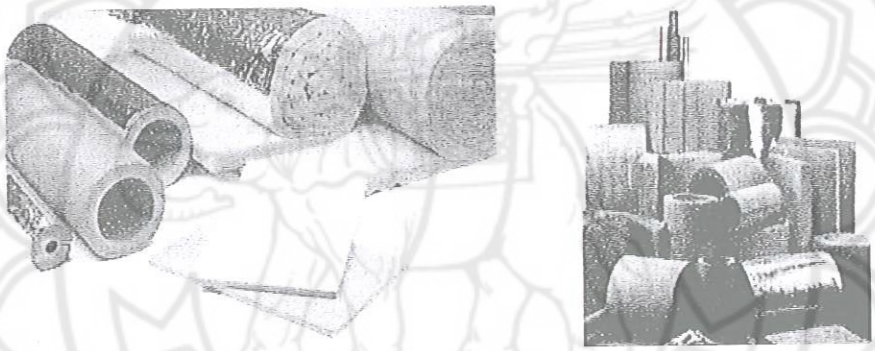
ที่มา: ข้อมูลอ้างอิงจาก (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

ตัวอย่างคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน ดังตาราง 10

ตาราง 10 แสดงคุณสมบัติของฉนวนป้องกันความร้อนชนิดต่างๆที่ใช้ในปัจจุบัน

วัสดุ	คุณสมบัติ
ใยแก้วหรือไฟเบอร์กลาส	กันความร้อนได้ดี มีค่าการกันไฟได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส และกันเสียงได้ด้วย แต่ไม่ทนต่อความชื้น
ร็อควูล	กันความร้อนเทียบเท่าฉนวนใยแก้ว แต่ทนไฟได้ดีกว่า และดูดซับเสียงได้ดี แต่ไม่ทนต่อความชื้น
โฟมชนิดต่างๆ	มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี (ใกล้เคียงกับฉนวนใยแก้วและร็อควูล) และกันน้ำได้ แต่ไม่ทนต่อรังสีอุลตร้าไวโอเลต (UV) และความร้อนสูงๆ (จุดหลอมเหลวมักต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส)
เซลลูโลส	กันความร้อนดีพอๆ กับใยแก้วและร็อควูล ต้องใส่สารกันไฟลาม เพราะทำจากเยื่อไม้หรือกระดาษ อลูมินั่มฟอยล์ให้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน ต้องทำให้มีช่องว่างอากาศระหว่างแผ่นฟอยล์กับฝ้าเพดานไม่น้อยกว่า 1 นิ้วเพื่อเพิ่มค่าความเป็นฉนวน

ที่มา:(กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)



รูป 24 ตัวอย่างวัสดุฉนวนป้องกันความร้อนประเภทใยแก้วและร็อควูล (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

ต่อมาข้อควรพิจารณาสำหรับการลดความร้อนโดยการออกแบบช่องเปิด ผนังและหลังคาโปร่งแสงซึ่งทำให้เกิดการใช้ประโยชน์หรือหน้าที่ใช้สอยหลักของช่องเปิดในอาคาร คือ การยอมให้ผู้ใช้อาคารมองเห็นทิวทัศน์ภายนอกอาคารเพื่อเป็นการสร้างปฏิสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมโดยรอบให้มองเห็นสิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคาร สามารถรับรู้ความเป็นไปภายนอกได้ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งที่มาของแสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร สร้างความรู้สึกสบายตา ไม่รู้สึกว่าถูกตัดขาดจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคาร และ (ในบางกรณี) เป็นช่องทางให้ลมธรรมชาติเข้าสู่อาคารซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับการใช้ระบบระบายอากาศแบบธรรมชาติ (Natural ventilation) แนวทางในการลดปริมาณความร้อนผ่านช่องเปิดของอาคาร การเลือกใช้วัสดุกระจก และการออกแบบอุปกรณ์บังแดด มีดังนี้

ตาราง 11 การลดความร้อนผ่านช่องเปิดของอาคาร มีข้อพิจารณาดังนี้

ข้อพิจารณาในการลดความร้อนผ่านช่องเปิดในอาคาร
พิจารณาให้มีสัดส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผิวของอาคาร (window-to-wall ratio; WWR) เฉพาะเท่าที่จำเป็นเพื่อการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างเพียงพอ
หลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะส่องผ่านช่องเปิดของอาคาร โดยเฉพาะอาคารปรับอากาศควรมีหน้าต่างน้อยที่สุด หรือมีเฉพาะด้านทิศเหนือและใต้ของอาคาร
ในกรณีที่จำเป็นต้องมีช่องแสงบนหลังคา (skylight) เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน ควรมีลักษณะดังนี้
ออกแบบให้หลีกเลี่ยงรังสีความร้อนในช่วงฤดูร้อนและให้มีการบำรุงรักษาน้อยที่สุด มีระบบมอเตอร์สำหรับปรับระบบบานเกล็ดเพื่อรับรังสีอาทิตย์อย่างเหมาะสม หลีกเลี่ยงรังสีตรง (แสงแดด) และกระจายแสงที่ได้รับเข้าไปยังภายในอาคาร
มีส่วนยื่น ชายคา กันสาด หรือปลูกต้นไม้เพื่อบังแสงแดดให้กับช่องเปิดทุกๆ ทิศ โดยเฉพาะหน้าต่าง ประตู หรือผนังกระจกด้านทิศตะวันออกและตะวันตกการเลือกใช้กระจกเพื่อการประหยัดพลังงาน
ใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (shading coefficient; SC) ต่ำเพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ (คลื่นสั้น) ที่ผ่านกระจกเข้าสู่ภายในอาคารและเปลี่ยนเป็นความร้อน (คลื่นยาว)
ใช้กระจกที่มีค่าการส่องผ่านของแสง (light transmittance; LT) ในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น (visible light) สูงมากพอที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ (LT ไม่ควรน้อยกว่า 20%)? ควรพิจารณากระจกที่มีค่าอัตราส่วน LSG (light-to-solar-gain ratio) สูง ค่า LSG เป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณของแสงสว่างกับปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจก (LT/SC) ดังนั้นถ้ากระจกมีค่า LSG มากกว่า 1 แสดงว่ามีแสงสว่างผ่านเข้ามาภายในอาคารมากกว่าความร้อน และเป็นกระจกที่เหมาะสำหรับนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร
ใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ต่ำ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการนำ (conduction) จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจก 2 ชั้น (double glazing) หรือ 3 ชั้น (triple glazing) เป็นต้น
ควรเลือกวัสดุกระจกที่มีค่า SHGC (solar heat gain coefficient) ต่ำ ค่า SHGC เป็นผลรวมของรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่านกระจกกับส่วนของรังสีที่ถูกดูดซับอยู่ภายในกระจก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผนังทางด้านทิศตะวันออก ตะวันตก และใต้ เพื่อป้องกันรังสีอาทิตย์ และเพื่อความสบายตาของผู้ใช้งานอาคาร
พิจารณาอิทธิพลของอุณหภูมิผิวกระจกเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งจะเกิดการแผ่รังสีเข้าสู่ภายในอาคารและมีผลต่อค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิผิว โดยรอบ (Mean Radiant Temperature; MRT) ทำให้มีผลต่อสภาวะน่าสบายของผู้ใช้อาคาร

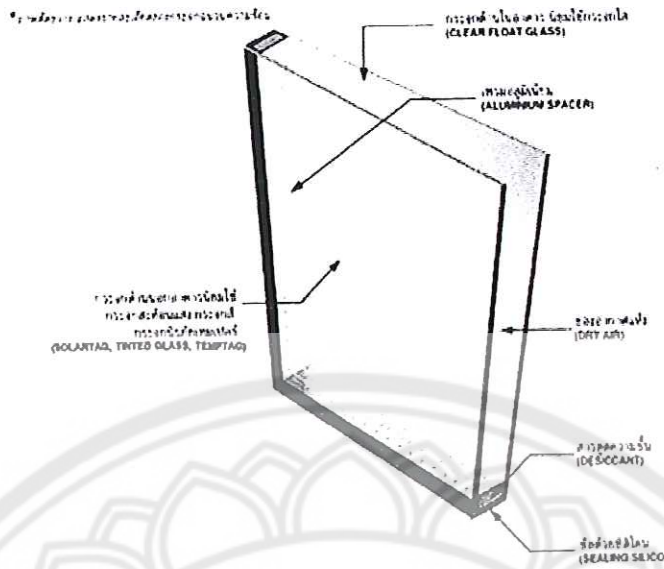
ที่มา: (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

ตาราง 12 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติของกระจกชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน

ชนิดกระจก	คุณสมบัติ
กระจกตัดแสง (Tinted Glass)	ลดแสงจ้าและความร้อน ถ้าท้องฟ้ามืดมัวจะทำให้แสงสว่างที่เข้าสู่อาคารไม่เพียงพอ
กระจกดูดกลืนความร้อน (Heat-Absorbing Glass)	ดูดซึมความร้อนได้ 45% และถ้ามีที่กันแดดให้กระจกอยู่ในร่มจะลดความร้อนได้ถึง 75%
กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metalic Coating)	ลดทั้งความร้อนและแสงสว่าง มีค่า R มากกว่ากระจกดูดกลืนความร้อน แต่ขณะเดียวกันก็จะแผ่กระจายความร้อนให้กับภายในห้อง ดังนั้นจึงเหมาะสมกับเมืองหนาวมากกว่า
กระจกสองชั้น (Double Glazing)	ลดความร้อนได้ถึง 80% และยอมให้แสงสว่างผ่านเข้าได้มาก ลดแสงจ้า ป้องกัน UV แต่ราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับกระจกชนิดอื่นๆ เช่น กระจก Heat Stop ใช้กับอาคารส่วนปรับอากาศ มีค่า SC ต่ำ แสงสว่างผ่านได้มาก แต่ความร้อนผ่านได้น้อย มีค่าการนำความร้อนต่ำ (เป็นกระจก 2 ชั้น มีก๊าซเฉื่อยบรรจุตรงกลาง)
กระจกติดฟิล์ม Low E (low emissivity)	หรือฟิล์มที่มีค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีต่ำ และเคลือบ Sun Protection ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดต่ำ จะช่วยลดความร้อนที่เข้าสู่อาคารได้มาก
กระจกลามิเนต	ใช้กับอาคารส่วนไม่ปรับอากาศ เพื่อใช้ประโยชน์ในการนำความร้อนออกสู่ภายนอกอาคาร
กระจกสะท้อนความร้อน (Heat Mirror)	มีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงา ทำหน้าที่ สะท้อนรังสีความร้อนของแสงอาทิตย์ได้ประมาณร้อยละ 60 โดยคุณสมบัติในการสะท้อนจะ มากกว่าการดูดกลืน และมีสีหลากหลายแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของวันและฤดูกาล เป็นการสร้างชีวิตชีวาให้กับตัวอาคาร กระจกชนิดนี้เหมาะสำหรับอาคารที่ใช้งานตอนกลางวัน เช่น อาคารสำนักงาน เนื่องจากคุณสมบัติการสะท้อนแสงจึงทำให้บุคคลภายนอกที่อยู่ในด้าน สว่างกว่ามองเห็นภาพภายในอาคารไม่ชัดเจน จึงช่วยสร้างความเป็นส่วนตัวให้กับผู้อาศัยภาย ในอาคาร แต่ในตอนกลางคืนแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากหลอดแสงสว่างจะทำให้ผู้คนจาก ภายนอกสามารถเห็นผู้คนที่อยู่ภายในได้ชัดเจน ซึ่งในกรณีหลังนี้จะเหมาะสำหรับอาคารธุรกิจ บางประเภท เช่น ภัตตาคาร ร้านอาหาร
กระจก 2 ชั้น (Low Emittance Glass)	มีคุณสมบัติในการแผ่รังสีความร้อนต่ำ กระจกชนิดนี้จะเป็นตัวป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์
กระจกอัจฉริยะ (Smart Glass)	มีสารเคลือบผิวที่มีคุณสมบัติพิเศษในการตอบสนอง ต่อแสงที่ตกกระทบ โดยสามารถควบคุมความยาวคลื่นแสงที่ต้องการให้ผ่านกระจกได้ เช่น ให้แสงที่มีความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ผ่านเข้ามาเท่านั้น
กระจกใส	ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในอาคารเก่า ความร้อนจากภายนอกจะผ่านทะลุ เข้าตัวอาคารได้มาก (ร้อยละ 83) แต่มีแสงสว่างที่ตามองเห็นทะลุผ่านสูง (ร้อยละ 88) ดังนั้น กระจกใสจะให้แสงสว่างเข้ามามาก แต่ในขณะเดียวกันก็จะมีปริมาณความร้อนผ่านเข้ามามาก ด้วย ดังนั้น วิธีป้องกันความร้อนที่ผ่านกระจกใส คือ ติดฟิล์มกรองแสงที่ผิวกระจกด้านใน ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนได้สูงถึงร้อยละ 72 .

ที่มา: (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

*หมายเหตุ ห้ามใช้กระจกที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ (Reflectance) เกินกว่า 0.2



รูป 25 ภาพตัดแสดงตัวอย่างของกระจก 2 ชั้น (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

สำหรับบ้านหรืออาคารที่ใช้หน้าต่างกระจก ควรดูแลและบำรุงรักษา ดังตารางนี้

ตาราง 13 แสดงวิธีการดูแลรักษากระจกในอาคาร

วิธีการดูแลรักษากระจกในอาคาร
ไม่ควรให้ลมเย็นจากเครื่องปรับอากาศกระทบผิวหน้ากระจกโดยตรง เพราะจะทำ ให้อุณหภูมิของผิวกระจกภายนอกและภายในอาคารแตกต่างกันมาก ทำให้กระจกแตกร้าวได้
ไม่ควรทาสี ติดกระดาษ ติดผ้าม่านหนา หรือวางตู้ทึบมิดชิด บริเวณกระจก เพราะ จะทำให้เกิดการสะสมความร้อนในเนื้อกระจก ทำให้กระจกแตกร้าวได้ง่าย
ควรทำความสะอาดกระจกด้วยน้ำธรรมดา หรือน้ำยาทำความสะอาดที่ไม่มีผงขัด อย่างน้อยทุก 2 เดือน
ควรตรวจสอบรอยรั่วตามขอบกระจกหน้าต่างทุกปี เพื่อป้องกันความร้อนเข้ามา ในอาคาร

ที่มา: (กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน)

2.6. แนวคิดอื่นๆ เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร

นอกจากเนื้อหาในส่วนต่างๆในหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีแนวคิดนอกเหนืออื่นๆ ถูกรวบรวมไว้ดังนี้

2.6.1. แนวคิดที่นำเสนอต่อไปนี้มุ่งเน้นให้ลดการใช้พลังงานในอาคารทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยผู้ออกแบบสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสม เพื่อให้เกิดเป็น อาคารที่ใช้ธรรมชาติ (passive building) ที่สามารถประหยัดพลังงานได้อย่างยั่งยืนควบคู่ไปกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม แนวทางต่างๆ มีดังนี้

ก.การใช้แสงธรรมชาติในอาคาร ใช้แสงธรรมชาติให้มากที่สุด โดยใช้เฉพาะแสงกระจาย (diffuse radiation) หลีกเลี่ยงแสงแดด (direct sun) ใช้แสงธรรมชาติควบคู่กับแสงประดิษฐ์ โดยออกแบบระบบการควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างแบบแยกพื้นที่ และปรับความสว่างของแสงตามการใช้งาน เช่น ในพื้นที่สำหรับการทำงาน มีเซนเซอร์ตรวจวัดระดับแสงสว่าง เพื่อ

ปรับแสงของหลอดไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน ติดตั้งดวงโคม สวิตช์ สายไฟ เพื่อให้เอื้อประโยชน์ต่อการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้งาน (แบ่งโซนเปิด-ปิด) สำหรับพื้นที่ที่ไม่ต้องการแสงสว่าง เช่น บริเวณหน้าจอโปรเจคเตอร์ ไม่ควรใช้แสงสว่างธรรมชาติ

ข.ใช้หิ้งสะท้อนแสง (light shelf) และการสะท้อนนำแสงเข้าไปบริเวณที่อยู่ลึกเข้าไปภายในอาคาร เพื่อช่วยให้ห้องสว่างขึ้นและไม่เกิดแสงจ้า หิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพควรอยู่ทางด้านทิศใต้

ค.แยกการใช้งานระหว่างกระจกเพื่อการมองเห็นและกระจกเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้งาน

ง.เพิ่มพื้นที่ส่วนใช้งานที่บริเวณใกล้กับริมอาคาร เพื่อเพิ่มพื้นที่ที่ใช้งานแสงสว่างธรรมชาติ

จ.ทำตัวอาคารให้เป็นที่ทำให้เกิดแสงสว่างโดยทาสีอ่อนเพื่อให้สะท้อนแสง และเพิ่มความสว่างของห้องโดยการสะท้อนภายในห้อง (ผนังและเครื่องเรือนภายในอาคารควรเป็นสีอ่อน)

ฉ.ลดแสงจ้าที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา (glare) โดยพิจารณาจากตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง และระดับความแตกต่างของแสงสว่าง (contrast) ควรพิจารณาการนำแสงสว่างเข้ามาในมุมสูง เพราะสามารถเข้ามาได้ลึกและไม่รบกวนสายตา

ช.จัดปริมาณแสงสว่างให้เพียงพอและถูกต้องกับประเภทการใช้งาน ในพื้นที่สำหรับทำงาน (work surface) ควรมีความสว่าง 50 foot-candles แต่หากมีการออกแบบใช้งานแสงสว่างธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพดี ค่าความสว่างอาจลดลงได้ถึง 30 foot-candles หรือน้อยกว่า การออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้งานภายในอาคาร ควรพิจารณาใช้กระจกที่มีค่า Tv ไม่ต่ำกว่า 0.25

2.6.2. การควบคุมการรั่วซึมของอากาศ

การควบคุมการรั่วซึมของอากาศมีข้อควรคำนึงซึ่งสามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อยได้ดังนี้

ก.ใช้รูปทรงอาคารที่มีการรั่วซึมอากาศต่ำ เช่น ผนังภายนอกเป็นส่วนโค้งของวงกลม หรืออาคารรูปทรงโค้งมน เป็นต้น

ข.ควบคุมความชื้นและการรั่วซึมของอากาศ โดยควรติดตั้งวัสดุป้องกันความชื้นร่วมกับฉนวนด้วยสำหรับผนังภายนอกอาคาร โดยให้ความชื้นสามารถผ่านออกไปภายนอกได้ และการรั่วซึมของอากาศทำให้ความชื้นปริมาณมากผ่านเข้าสู่วัสดุเปลือกอาคาร ดังนั้นควรป้องกันการรั่วซึมของอากาศอย่างดี

ค.อุดหรือปิดรอยต่อในส่วนต่างๆ ของอาคารเพื่อลดการรั่วซึมของอากาศ เช่น ตามวงกบหน้าต่างและประตู ระหว่างผนังกับฐานราก ระหว่างกำแพงกับหลังคา รอยต่อระหว่างผนัง ช่องที่เจาะที่พื้น ผนังหรือหลังคาสำหรับการเดินท่อต่างๆ ฯลฯ ให้สนิทด้วยซีเมนต์และซิลิโคน

ง.บริเวณทางเข้า-ออกอาคารหรือประตู-หน้าต่างที่ต้องปิด-เปิดบ่อยๆ ควรใช้อุปกรณ์ปิดประตูแบบอัตโนมัติเพื่อลดการรั่วซึมของอากาศ ในกรณีของห้างสรรพสินค้าควรใช้ประตู 2 ชั้น หรือมีห้องกักอากาศ (air lock) ประตูชั้นดาดฟ้าหรือประตูที่เปิดออกสู่นอกอาคารต้องปิดให้สนิทอยู่เสมอ

จ.มีผนังกั้นบริเวณช่องบันไดที่เดินผ่านระหว่างชั้นเพื่อลดพื้นที่ที่ไม่จำเป็นต้องปรับอากาศ

ฉ.ลดอัตราการระบายอากาศที่ไม่จำเป็นด้วยวิธีต่างๆ เช่น แยกห้องสูบบุหรี่จากห้องทำงาน ติดตั้งแผ่นกรองอากาศติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอากาศที่จะนำออกไปทิ้งกับอากาศที่นำเข้ามาและช่วงเวลาที่มีคนในอาคารน้อย ควรเปิดพัดลมดูดอากาศเข้ามาในอาคาร ใช้อากาศเย็นภายในอาคารหมุนเวียนผ่านเครื่องกรองฝุ่น/กรองกลิ่นชั่วคราว

2.6.3. การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอย (Function) ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ

การจัดกลุ่มพื้นที่ใช้สอยมีปัจจัยการพิจารณาเพื่อลดความรุนแรงในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ โดยจัดลำดับการเปลี่ยนแปลงพื้นที่จากภายในอาคารสู่ภายนอกอาคารอย่างเหมาะสม (มี transition zone)อาจพิจารณาแบ่งพื้นที่ใช้สอยเป็น 4 กลุ่ม (zone) ตามลักษณะกิจกรรมดังนี้ (อ้างอิงจาก การออกแบบมหาวิทยาลัยชินวัตร โดย ศ.ดร. สุนทร บุญญาธิการ)

ก.Natural Zone ไม่มีการควบคุมสภาพแวดล้อมแต่มีการปรุงแต่งเพื่อให้อยู่ในสภาวะน่าสบาย กิจกรรม เช่น เดิน เล่น รับประทานอาหาร ฯลฯ

ข.Passive Zone ใช้วัสดุและเทคนิคในการออกแบบเพื่อควบคุมสภาพแวดล้อม ไม่ใช้เครื่องกล กิจกรรมที่ไม่ต้องใช้ความคิดมากนัก

ค.Semi-Passive Zone ใช้เครื่องกลควบคุมสภาพแวดล้อมบ้าง กิจกรรม เช่น การเดินทางไปยังห้องต่างๆ การพูดคุยทั่วไป ฯลฯ

ง.Control Zone ใช้เครื่องกลควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ กิจกรรมที่ต้องใช้ความคิดและการตื่นตัวของร่างกายเสมอ เช่น การเรียน อ่านหนังสือ ฯลฯ ควรติดตั้งอุปกรณ์สำนักงานบางประเภทที่ก่อให้เกิดความร้อนไว้นอกห้องปรับอากาศ

2.6.4. การลดความร้อนจากภายนอกอาคาร

การลดความร้อนจากภายนอกที่ผ่านเข้ายังบริเวณที่ปรับอากาศโดยผ่านผนัง, หลังคาและพื้น โดยพิจารณาเป็นส่วนๆดังนี้

ก.การลดความร้อนผ่านผนังกระจกซึ่งผนังกระจก เป็นสิ่งหนึ่งที่ความร้อนจากภายนอกสามารถแผ่เข้ามาได้มาก มีวิธีแก้ไขหลาย วิธีคือ ใช้เครื่องบังแดดภายในอาคาร ใช้กันสาดในแนวตั้งและแนวนอน หรือการหลบแนวหน้าต่างเข้ามาภายในสำหรับกระจกที่หันไปทางทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ควรติดกันสาดในแนวนอน ส่วนกระจกที่หันไปทางทิศเหนือและทิศใต้ ควรใช้กันสาดในแนวตั้ง ปลูกต้นไม้บังแดดสำหรับกระจก ทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ใช้ผ้าม่านหรือมู่ลี่สีอ่อนบังแดดภายในด้านหลังกระจกโดยเลือกใช้มู่ลี่ชนิดใบอยู่ในแนว นอนสำหรับกระจกทางทิศเหนือหรือทิศใต้ ส่วนกระจกทางทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตกควร ใช้มู่ลี่ชนิดใบอยู่ในแนวดิ่ง เลือกกระจกที่มีคุณสมบัติยอมให้แสงผ่านได้น้อย โดยกระจกที่หันไปทางทิศตะวันตก หรือตะวันออกควรใช้กระจกกรองแสงหรือแสงสะท้อน พยายามใช้กระจกเท่าที่จำเป็นโดยเฉพาะด้านทิศ

ตะวันออกและทิศตะวันตกของอาคารผนังอาคารที่เป็นปูน ทาสีด้านนอกด้วยสีขาวหรือสีอ่อนหรือใช้วัสดุผิวมัน เช่นกระเบื้องเคลือบเพื่อช่วยสะท้อนแสง ควรปลูกต้นไม้หรือสร้างที่บังแดดเพื่อให้ร่มเงาแก่ผนัง ผนังห้องปรับอากาศโดยเฉพาะด้านทิศตะวันออกหรือทิศตะวันตก ซึ่งไม่มีเงากำบังหรือ ห้องข้างเคียงเป็นห้องครัว หรือเป็นห้องที่มีความร้อนมากควรบุฉนวนกันความร้อน ผนังอาคารที่เป็นไม้หากมีช่องห่างของไม้มากควรตีผนังด้านในด้วยไม้อัดเพื่อกันการผ่าน ของ ความร้อนจากภายนอกเข้ามาในอาคาร

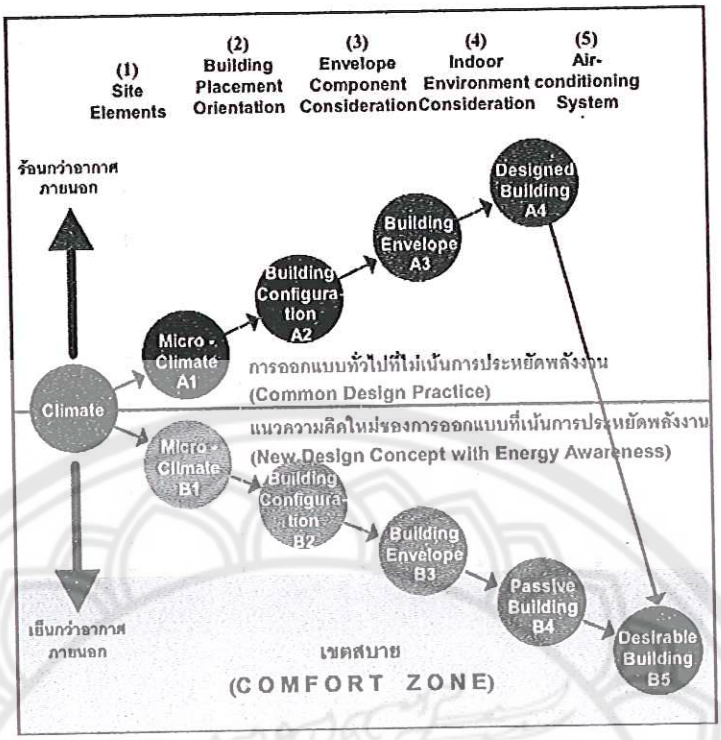
ข.การลดความร้อนผ่านหน้าต่าง หน้าต่างควรมีเฉพาะทิศเหนือหรือทิศใต้ของอาคาร เพื่อลดการรับแสงแดดโดยตรง ต้องพยายามไม่ให้มีรอยรั่วตามขอบประตูหน้าต่างหรือบริเวณฝ้าเพดาน หน้าต่างส่วนที่เป็นกระจกให้ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผนังกระจก

ค.การลดความร้อนผ่านหลังคาและฝ้าเพดาน หลังคาที่เป็นสังกะสีหรือกระเบื้อง ควรตีฝ้าหรือติดตั้งวัสดุสะท้อนความร้อน หรือบุฉนวน กันความร้อน เพื่อช่วยลดความร้อนที่จะแผ่เข้ามาในอาคาร ถ้ามีช่องว่างระหว่างหลังคากับฝ้ามากควรเจาะช่องลมเพื่อระบายอากาศจะทำให้ประหยัดการปรับอากาศได้

ง.การลดความร้อนผ่านพื้น หากเป็นพื้นไม้ควรอุดช่องระหว่างไม้ให้สนิท แอร์จะได้ไม่รั่ว ออกไป

จ.การปรับปรุงในส่วนของรูปแบบอาคาร ออกแบบและกำหนดทิศทางของอาคารให้อยู่ในลักษณะที่ความร้อนจากภายนอกเข้ามา ในอาคารน้อยที่สุด การเลือกสีผนัง เพดาน และเครื่องตกแต่งอาคารควรเป็นสีอ่อน เพื่อช่วยในการสะท้อนแสงทำให้ห้องสว่างและใช้ดวงไฟน้อยลง อาคารที่มีพื้นที่หรือห้องซึ่งไม่ได้ใช้งานประจำอยู่ทางทิศตะวันตกจะช่วยกันความร้อนไม่ให้เข้ามาถึงห้องที่ใช้สอยประจำ ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการปรับอุณหภูมิห้องที่ ใช้สอยประจำลงได้

โดยสรุปกระบวนการออกแบบอาคารที่คำนึงถึงการผสมผสานวิธีในการออกแบบทุกๆ ระบบเข้าด้วยกัน หรือออกแบบให้ทุกๆระบบมีความสอดคล้องกัน โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อให้อาคารมีประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานสูงสุด ขณะที่มีค่าใช้จ่ายในการออกแบบและอาคารต่ำ ซึ่งแนวคิดหลักก็คือการใช้ปัจจัยธรรมชาติและป้องกันความร้อนเข้าสู่กรอบอาคาร (Passive Design) เพื่อที่จะให้มีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศในระดับต่ำสุด ซึ่งมีการสรุปแนวทางต่างๆเพื่อรักษาภาวะน่าสบายหรือ Comfort Zone ไว้ดังรูปต่อไปนี้



รูป 26 แสดงการออกแบบอาคารแบบบูรณาการโดยแสดงให้เห็นถึงการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติและการป้องกันความร้อน (Passive Design) เข้าสู่อาคารอย่างเหมาะสม (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน)

บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย

3.1. ที่มาของสมมติฐานการวิจัย

จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ในเรื่องการปรับอากาศภายในอาคารและแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อภาวะน่าสบายทำให้แนวคิดการใช้การออกแบบธรรมชาติ (Passive design) จำเป็นต้องใช้การเปิดช่องเปิด เพื่อให้ลมธรรมชาติเป็นสิ่งที่ช่วยลดความร้อนในอาคาร หากแต่ผลการวิจัยด้านอุณหภูมิและภาวะน่าสบายในประเทศไทยระบุว่า โดยปกติอุณหภูมิในประเทศไทยนั้นมีช่วงเวลากลางวันที่อยู่ในภาวะน่าสบายโดยธรรมชาตินั้นเพียงไม่ถึง 1 เดือนจาก 12 เดือนคือในช่วงราวราวเดือนธันวาคมถึงมกราคม นอกจากนั้นอุณหภูมิมักจะอยู่เกินภาวะน่าสบายไป

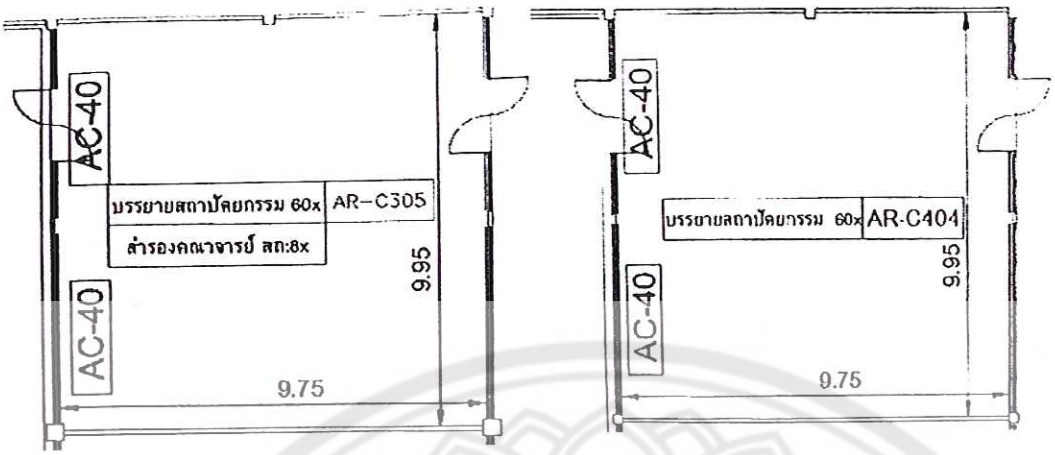
อย่างไรก็ตามอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร ถูกออกแบบโดยใช้ช่องเปิดเป็นบานเกล็ดทั้งอาคาร ซึ่งต่อมาในภายหลังได้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องทุกห้อง การทดลองครั้งนี้ ทำการทดลองในช่วงเวลาเดือนธันวาคมถึงมกราคมซึ่งโดยปรกติมีอุณหภูมิอยู่ในภาวะน่าสบายอยู่แล้ว ถึงแม้ว่าอาจมีความเสี่ยงจากการทดลองที่อาจบ่งชี้ถึงว่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่น้อยกว่าในฤดูกาลอื่นๆ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านการใช้งานอาคารเรียนจึงจำเป็นต้องทำการทดลองในช่วงปิดเทอมกลางปีการศึกษาซึ่งตรงกับช่วงเดือนธันวาคมถึงเดือนมกราคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศอยู่ในสภาวะเย็นสบายมากกว่าฤดูอื่น และอาจทำให้ผลการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่น้อยกว่าฤดูอื่นๆ

จึงเป็นที่มาของสมมติฐานการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อวัดความแตกต่างของค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศโดยเปรียบเทียบระหว่างห้องที่ใช้หน้าต่างบานเกล็ดและห้องที่ใช้หน้าต่างบานเลื่อน โดยมีสมมติฐานว่าห้องที่ใช้หน้าต่างบานเกล็ดมีการใช้พลัง งานในการปรับอากาศมากกว่าห้องที่ใช้หน้าต่างบานเลื่อน สำหรับค่าความต่างของหน่อยพลังงานที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศนั้นในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้หน่วยเป็น Kw/h และเพื่อให้เห็นภาพชัดเจนจึงสรุปผลเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยเปรียบเทียบให้ห้องที่ใช้ค่าพลังงานน้อยกว่าเป็นฐานที่ค่า 100%

3.2. สภาพสถานที่วิจัยทดลอง

ห้องที่ทำการวิจัยเป็นห้องเรียนที่ชั้น 3 และชั้น 4 อาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งถูกออกแบบภายใต้แนวคิดประหยัดพลังงานแบบธรรมชาติ (Passive design) โดยมีการใช้บานเกล็ดเพื่อเป็นหน้าต่างทั้งอาคาร ซึ่งเมื่อเปิดใช้อาคารได้มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศครบทุกห้องและมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในห้องที่ใช้หน้าต่างบานเกล็ดมาโดยตลอด

การทดลองวิจัยในครั้งนี้จึงใช้สภาพห้องเรียนที่ใช้งานจริง 2 ห้องเพื่อเป็นตัวอย่างสำหรับเก็บข้อมูลได้แก่ห้องที่ชั้น 3 (Arc305) และห้องที่ชั้น 4 (Arc404) ดังรูป ซึ่งเป็นห้องเรียนที่มีขนาดเดียวกันทั้งสองห้อง และมีสภาพคล่องที่มีตำแหน่งของหน้าต่างตำแหน่งเดียวกันทั้งสองห้อง คือมีสภาพเหมือนกันทุกประการ นอกจากนั้นยังมีเฟอร์นิเจอร์ที่มีจำนวนและขนาดเท่ากันและเหมือนกันทุกประการโดยมี โต๊ะอาจารย์ 1 ชุดเก้าอี้เลคเชอร์ 50 ตัว นอกจากนั้นยังอยู่ในตำแหน่งเดียวกันในแบบแปลนของทั้งชั้น 3 และชั้น 4 อีกด้วย



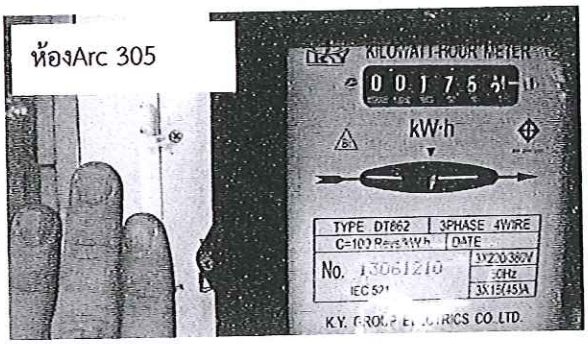
รูป 27 แสดงผังห้อง Arc 305 และ Arc 404 ซึ่งมีขนาด สัดส่วน วัสดุ เหมือนกันทุกประการ

โดยในขณะทำการทดลองได้เปิดเครื่องปรับอากาศไว้นาน 72 ชั่วโมง (3 วันต่อเนื่อง) โดยปิดห้องทิ้งไว้แล้วบันทึกตัวเลขเริ่มต้นและสิ้นสุดของมิเตอร์ไฟฟ้า เพื่อหาค่าการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศตลอด 3 วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างห้องที่ใช้บานเกล็ดและห้องที่ใช้บานเลื่อน โดยในการทดลองครั้งนี้ ได้ทำการจำลองสภาพห้องที่ใช้บานเลื่อนโดยการใช้แผ่นพลาสติกใส หนา 0.5 มิลลิเมตร ปิดรอบวงกบของช่องหน้าต่างทั้งหมดทุกบานในห้องเพื่อป้องกันสภาพการรั่วซึมของอากาศในช่องบานเกล็ดและเพื่อรักษาสภาพอาคารเรียนไม่ให้เสียหายจากการต้องปรับเปลี่ยนหน้าต่างเป็นบานเลื่อนในสภาพจริง

3.3. ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยถูกออกแบบการทดลองโดยใช้ห้องเรียนในชั้น 3 และชั้น 4 ของอาคารสถาปัตยกรรมศาสตร์ซึ่งมีขนาด และความสูงเท่ากัน โดยมีรูปร่างของห้องเหมือนกันทุกประการ ผิวของผนังห้องเป็นวัสดุชนิดเดียวกันคือคอนกรีต และทาสีเดียวกัน จำนวนครุภัณฑ์ภายในห้องมีลักษณะเดียวกัน จัดวางในตำแหน่งเดียวกันและมีจำนวนเท่าๆกัน เครื่องปรับอากาศในห้องที่ทำการทดลองทั้งสองห้องเป็นเครื่องปรับอากาศยี่ห้อเดียวกัน (ยี่ห้อเทรน TRANE) ขนาด 28000 btu ดังรูป ซึ่งเป็นความพยายามลดตัวแปรที่อาจทำให้ผลวิจัยคาดเคลื่อนไปให้มากที่สุด

รูป 28 แสดงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้องที่เก็บข้อมูล ARC 305

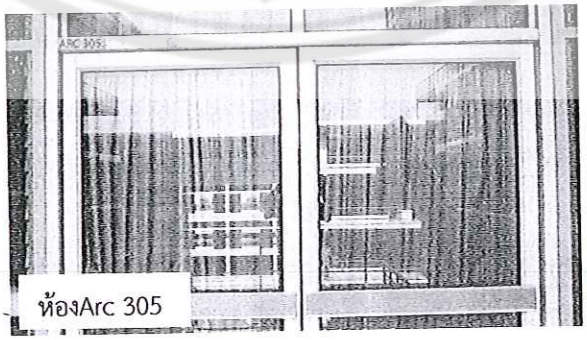


รูป 29 แสดงมิเตอร์วัดค่าการใช้ไฟฟ้าห้อง Arc 305

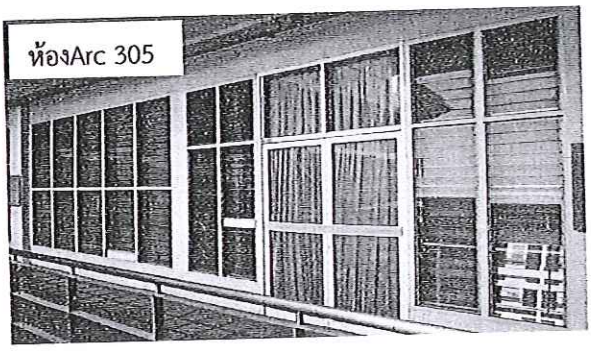
มิเตอร์ที่ใช้วัดกับค่ากระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ต่อชั่วโมง เป็นมิเตอร์รุ่นเดียวกันทั้งสองห้องและมีมาตรฐานสินค้ามอก.และได้ถูกใช้งานมาระยะหนึ่งก่อนทำการทดลอง โดยไม่มีข้อผิดสังเกตด้านผลการวัดราคากระแสไฟฟ้าใดๆ

รูป 30 แสดงปลายกระเปาะตัววัดอุณหภูมิภายนอกห้อง Arc 305

รูป 31 แสดงมิเตอร์หลังการทดลอง ห้อง Arc 305



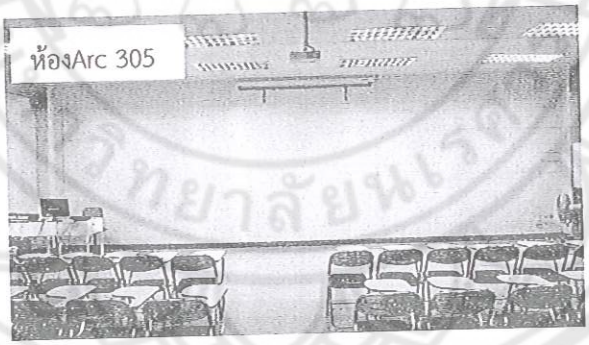
รูป 32 แสดงสภาพประตูหน้าห้องที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 305



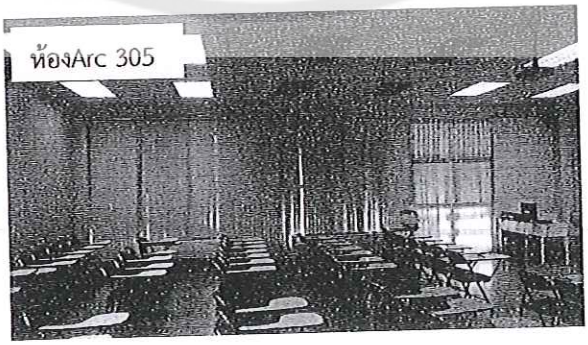
รูป 33 แสดงสภาพประตูและหน้าต่างที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 305

สภาพหน้าห้องทั้งห้อง Arc 305 และ Arc 404 มีสภาพเดียวกันมีจำนวนประตูและจำนวนหน้าต่างพร้อมทั้งขนาดความกว้างยาวสูงเท่ากันทุกประการและมีการติดตั้งม่านเป็นแบบมูลี่สีขาวเหมือนกันโดยที่ประตูติดม่านกันแสงยูวีทั้ง 2 ห้อง และในขณะทำการทดลองได้ปิดม่านทั้งห้องทิ้งไว้ ตลอดสามวันของการทดลองอย่างต่อเนื่อง 72 ชั่วโมง

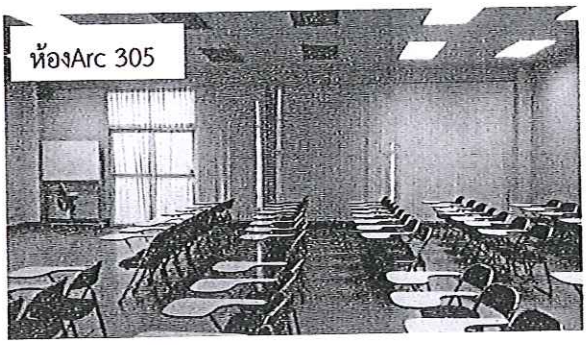
รูป 34 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหลัง) ห้อง Arc 305



รูป 35 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหน้า) ห้อง Arc 305

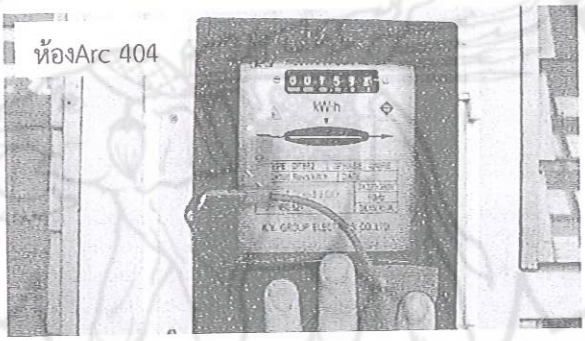


รูป 36 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 305



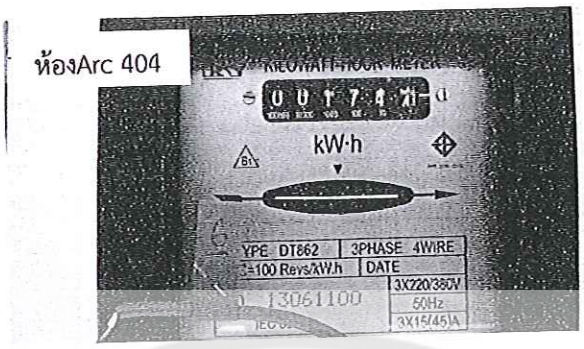
รูป 37 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านขวา) ห้อง Arc 305

ถ่ายในสภาพด้านซ้าย-ขวาและด้านหน้า-หลังของห้อง มีสภาพเดียวกันโดยมีจำนวนของครุภัณฑ์และชนิดของครุภัณฑ์ไม่แตกต่างกันจำนวนดวงโคมไฟส่องสว่างเท่ากันและในขณะทำการทดลองได้งดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องใช้ไฟฟ้าทุกประเภททั้งสองห้อง นอกจากเครื่องปรับอากาศที่ใช้ทำการทดลองเพียงอย่างเดียว เพื่อลดปัจจัยความคลาดเคลื่อนความแตกต่างจากตัวแปรด้านอื่นๆให้มากที่สุด



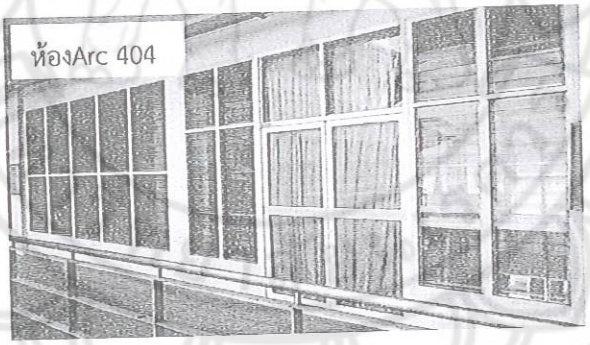
รูป 38 แสดงปลายกระเปาะตัววัดอุณหภูมิภายนอกห้อง Arc 404

รูป 39 แสดงมิเตอร์วัดค่าการใช้ไฟฟ้า ห้อง Arc 404

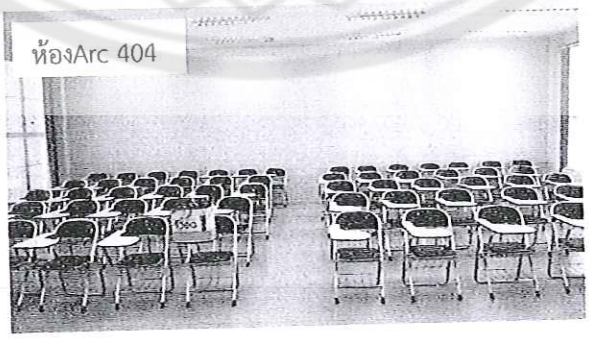


รูป 40 แสดงมิเตอร์หลังการทดลอง ห้อง Arc 404

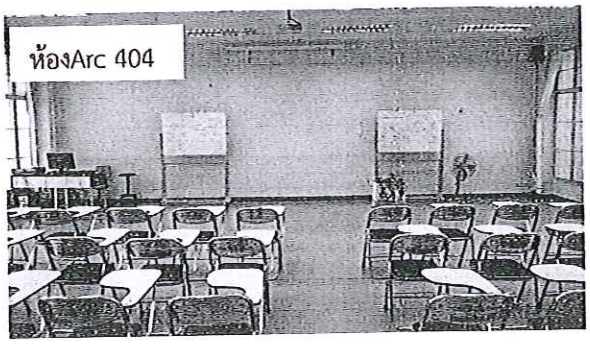
รูป 41 แสดงสภาพประตูหน้าห้องที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 404



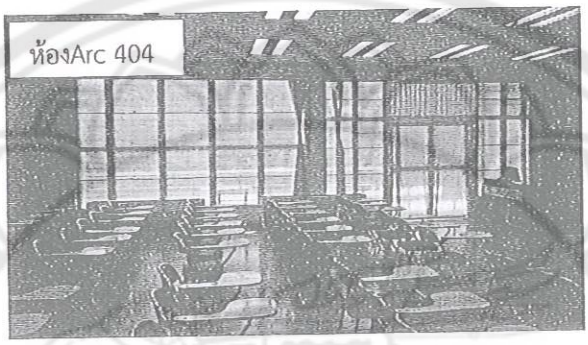
รูป 42 แสดงสภาพประตูและหน้าต่างที่ปิดไว้ตลอดการทดลอง ห้อง Arc 404



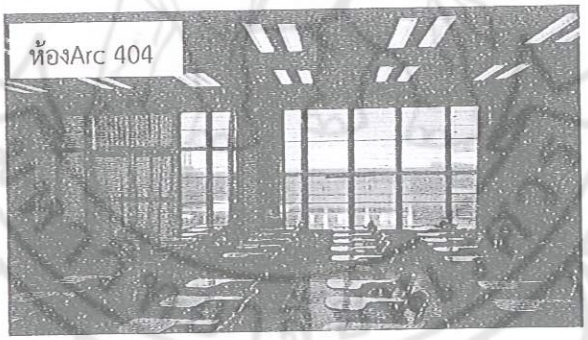
รูป 43 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านหลัง) ห้อง Arc 404



รูป 44 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 404

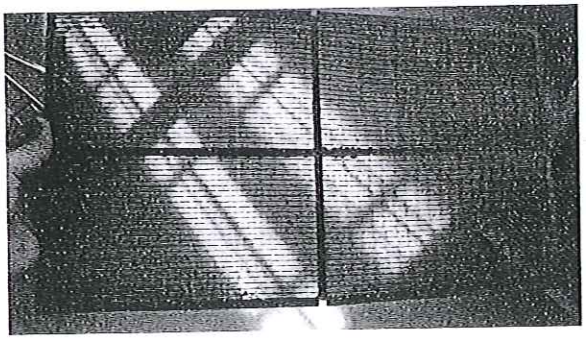


รูป 45 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านซ้าย) ห้อง Arc 404 (ในขณะทำการทดลองได้ปิดม่านทั้งสองด้าน)

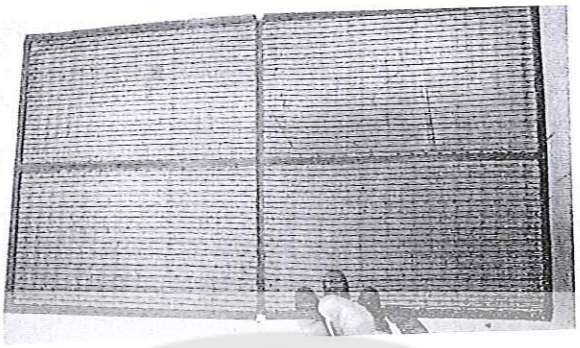


รูป 46 แสดงสภาพภายในห้อง (ด้านขวา) ห้อง Arc 404 (ในขณะทำการทดลองได้ปิดม่านทั้งสองด้าน)

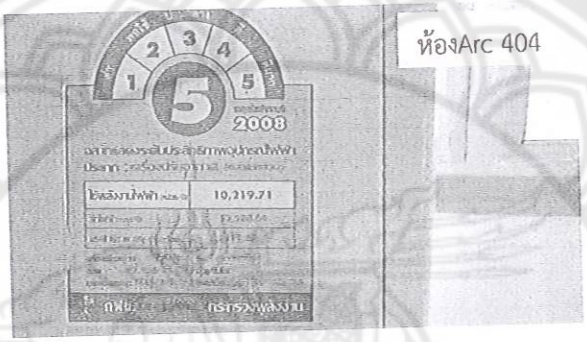
ก่อนทำการทดลองได้ทำการทำความสะอาด แผ่นกรองให้อยู่ในสภาพดีและผึ่งให้แห้งก่อนทำการทดลอง และทำเช่นเดียวกันกับเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 ห้องเพื่อประสิทธิภาพการทำความเย็นที่ดีของเครื่องปรับอากาศทั้ง 2 เครื่องและลดปัจจัยความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศให้มากที่สุด



รูป 47 แสดงสภาพก่อนการทำความสะอาดแผ่นกรองก่อนการทดลองทั้งสองห้อง



รูป 48 แสดงสภาพหลังการทำความสะอาดแผ่นกรองก่อนการทดลองทั้งสองห้อง



รูป 49 แสดงขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในห้องที่เก็บข้อมูลห้อง Arc 404

การทดลองถูกบันทึกโดยเครื่อง Data Locker ยี่ห้อกราฟเทค รุ่น GL-820 เครื่องเดียวโดยโยงสายรับสัญญาณความชื้นและอุณหภูมิไปยัง ในตำแหน่งเดียวกันทั้งสองห้องในเวลาเดียวกันตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลองดังตาราง

ตาราง 14 แสดงตำแหน่งการเก็บข้อมูลการทดลอง

ห้อง	ตำแหน่งปลายสายสัญญาณอุณหภูมิ			ตำแหน่งปลายสายสัญญาณความชื้น			
	จุดที่1และ6	จุดที่2และ7	จุดที่3และ8	จุดที่4	จุดที่5	จุดที่9	จุดที่10
Arc 305	นอกห้อง (ทิศเหนือ)	กลางห้อง	ริมห้อง (ทิศใต้)	หน้าห้อง ตำแหน่งที่ 12 นาฬิกา	หลังห้อง ตำแหน่งที่ 6นาฬิกา	ด้านขวา ตำแหน่งที่ 3นาฬิกา	ด้านซ้าย ตำแหน่งที่ 9 นาฬิกา
Arc 404	นอกห้อง (ทิศเหนือ)	กลางห้อง	ริมห้อง (ทิศใต้)	หน้าห้อง ตำแหน่งที่ 12 นาฬิกา	หลังห้อง ตำแหน่งที่ 6นาฬิกา	ด้านขวา ตำแหน่งที่ 3นาฬิกา	ด้านซ้าย ตำแหน่งที่ 9 นาฬิกา

โดยการทดลองได้แบ่งเป็น 4 ช่วงดังตารางนี้

ตาราง 15 แสดงช่วงเวลาการเก็บข้อมูลการทดลอง

ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลการทดลอง
ช่วงที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 19 ธันวาคม 2557 ถึงวันที่ 22 ธันวาคม 2557
ช่วงที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 23 ธันวาคม 2557 ถึงวันที่ 26 ธันวาคม 2557
ช่วงที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 27 ธันวาคม 2557 ถึงวันที่ 29 ธันวาคม 2557
ช่วงที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 29 ธันวาคม 2557 ถึงวันที่ 2 มกราคม 2557

โดยตั้งการเก็บอุณหภูมิและความชื้นไว้ทุก 5 นาทีและนำผลที่ได้ตลอดช่วง 4 ครั้ง มาทำการวิเคราะห์ผลในบทที่ 4 โดยได้เทียบค่าการใช้กระแสไฟฟ้าโดยติดมิเตอร์วัดค่าการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศไว้ทั้ง 2 ห้อง และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบค่า โดยเปรียบเทียบทั้งอุณหภูมิ ความชื้น และค่าการใช้ไฟฟ้า พร้อมทั้งทำการสลับห้องทั้ง 2 ชั้นโดยใช้การติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศตามตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 16 แสดงการจัดห้องเพื่อเก็บข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศและชนิดของช่องเปิด

	การทดลอง ครั้งที่ 1	การทดลอง ครั้งที่ 2	การทดลอง ครั้งที่ 3	การทดลอง ครั้งที่ 4
ห้องที่ทำการทดลอง	19 ธ.ค.57-22ธ.ค.57	23 ธ.ค.57-26ธ.ค.57	27 ธ.ค.57-29ธ.ค.57	29 ธ.ค.57-2ม.ค.58
ห้อง 305	ชนิดบานเกล็ด	ชนิดบานเกล็ด	ชนิดบานเลื่อน	ชนิดบานเลื่อน
ห้อง 404	ชนิดบานเลื่อน	ชนิดบานเลื่อน	ชนิดบานเกล็ด	ชนิดบานเกล็ด

โดยเมื่อได้ข้อมูลแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความแตกต่างของค่าการใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศในช่วงต่างๆ และวิเคราะห์ผลในแต่ละช่วงเพื่อเปรียบเทียบค่าการใช้กระแสไฟฟ้าที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้ผลการทดลองเฉลี่ยเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้ห้องที่มีค่าการใช้พลังงานน้อยกว่าเป็นฐานที่ 100 % ซึ่งได้ทำการบันทึกผลการทดลองแลละสรุปผลในบทต่อไป

บทที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 บทนำ

ประเด็นปัญหาของการพยายามลดการใช้ไฟฟ้าด้วยการออกแบบการใช้หน้าต่างบานเกล็ด ซึ่งในขณะเดียวกันทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศเพิ่มขึ้นจากการรั่วซึมของช่องหน้าต่างบานเกล็ด สมมุติฐานนี้นำมาซึ่งการออกแบบการทดลองในบทที่ 3 ได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองครั้งนี้ ทดลองเก็บอุณหภูมิพร้อมกันเพื่อเปรียบเทียบกัน 2 ห้อง ซึ่งทั้งสองห้องมีขนาด กว้าง ยาวและสูงเท่ากัน และอยู่ในตำแหน่งเดียวกันตามผังอาคาร แต่ต่างชั้นกัน คือ ใช้หนึ่งห้องจากชั้น 3 (ห้อง305) และอีกหนึ่งห้องจากชั้น 4 (ห้อง 404) ของอาคารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยติดตั้งแผ่นพลาสติกปิดที่ช่องหน้าต่างบานเกล็ดเพื่อใช้เป็นตัวแทนห้องที่ถูกทดลองเป็นห้องที่มีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศ เพื่อเปรียบเทียบผลระหว่างห้องที่ใช้บานเกล็ดปรกติกับห้องที่ใช้บานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ

ในการทดลอง แบ่งออกเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 19 ถึง 22 ธันวาคม 2557

ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 ถึง 26 ธันวาคม 2557

ครั้งที่ 3 ระหว่างวันที่ 26 ถึง 29 ธันวาคม 2557

ครั้งที่ 4 ระหว่างวันที่ 29 ถึง 1 มกราคม 2558

โดยมีการติดตั้งแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมสำหรับห้องทั้งสองห้องดังนี้

ครั้งที่ 1 และ 2 ห้องชั้น 3 บานเกล็ดปรกติ ในส่วนห้องชั้น 4 บานเกล็ดติดตั้งแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึม (แทนบานเลื่อน)

ครั้งที่ 3 และ4 ห้องชั้น 3 บานเกล็ดติดตั้งแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึม (แทนบานเลื่อน) ในส่วนห้องชั้น 4 บานเกล็ดปรกติ

สำหรับการตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศดังนี้

ครั้งที่ 1 และ 4 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

ครั้งที่ 2 และ 3 ตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ที่ 15 องศาเซลเซียส

ดังตารางต่อไปนี้

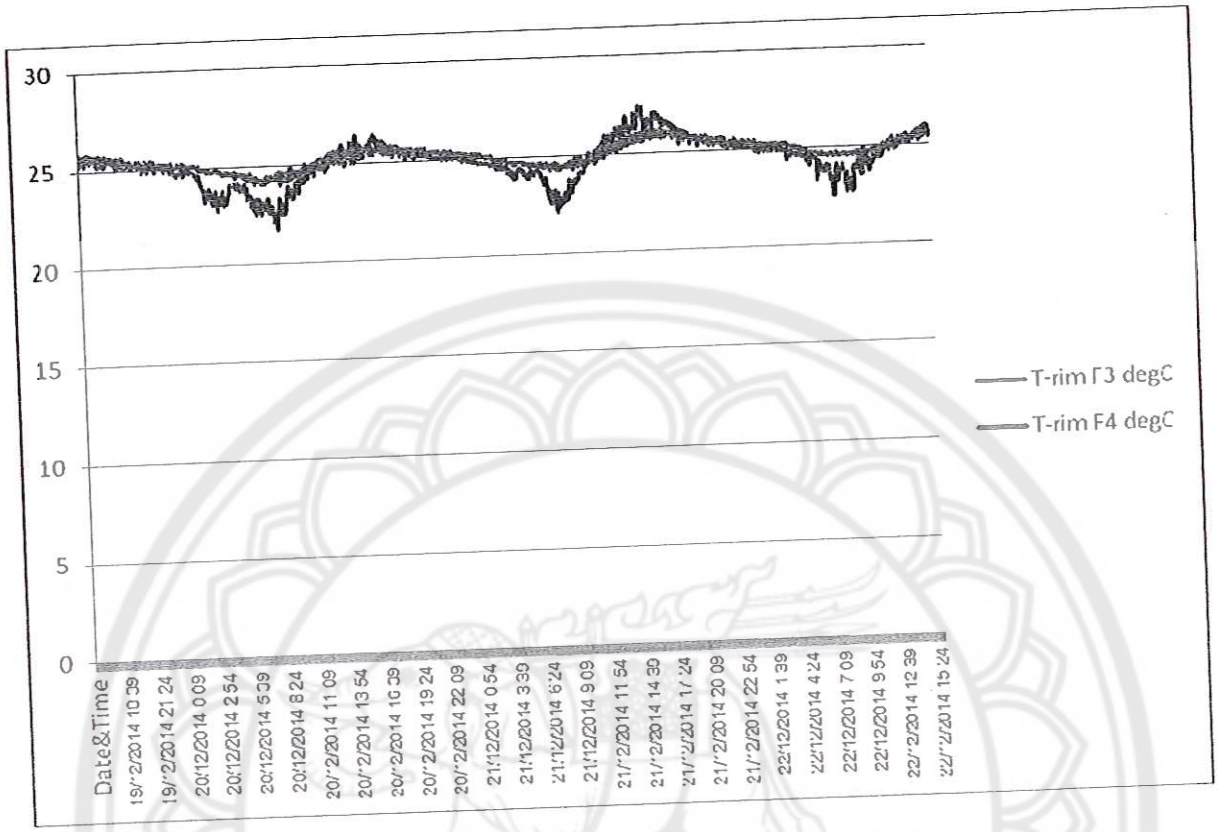
ตาราง 17 แสดงระยะเวลาการทดลอง การตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศ และวันที่ทำการทดลอง

	19-22 พ.ย.	23-26 พ.ย.	26-29 พ.ย.	29พ.ย.-1 ม.ค.
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
อุณหภูมิ	25 ℃	15 ℃	15 ℃	25 ℃
เวลาเริ่มต้น	16.04	10.01	16.01	17.06
เวลาสิ้นสุด	16.04	10.01	16.01	17.06

การเปิดเครื่องปรับอากาศ เริ่มที่เวลาเดียวกันทั้งสองห้อง โดยใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 40156.51 บีทียู/ชั่วโมง ยี่ห้อ เทรน (TRANE) เหมือนกัน ซึ่งเครื่องปรับอากาศทั้งสองเครื่อง ถูกซื้อ และติดตั้งในตำแหน่งเดียวกันของแต่ละห้อง และใช้งานมา นานเท่าๆกัน โดยก่อนทำการทดลอง ได้ทำความสะอาดเครื่องและแผงกรองฝุ่นให้อยู่ในสภาพดี สะอาด และใช้งานได้ปรกติเช่นเดียวกันทั้งสองเครื่อง

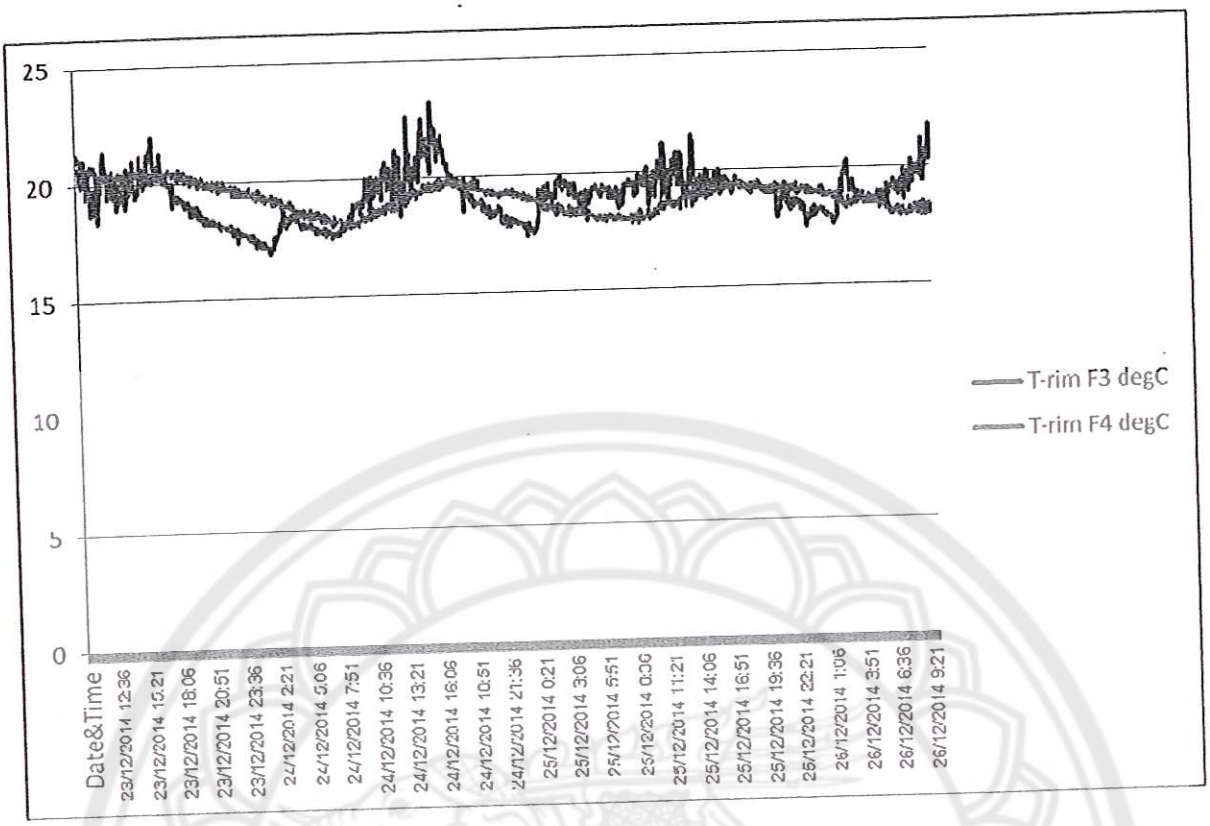
4.2. การอภิปรายวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากทดลองตามขั้นตอนที่ระบุไว้ การทดลองได้ผลตามรูปต่างๆ ดังนี้



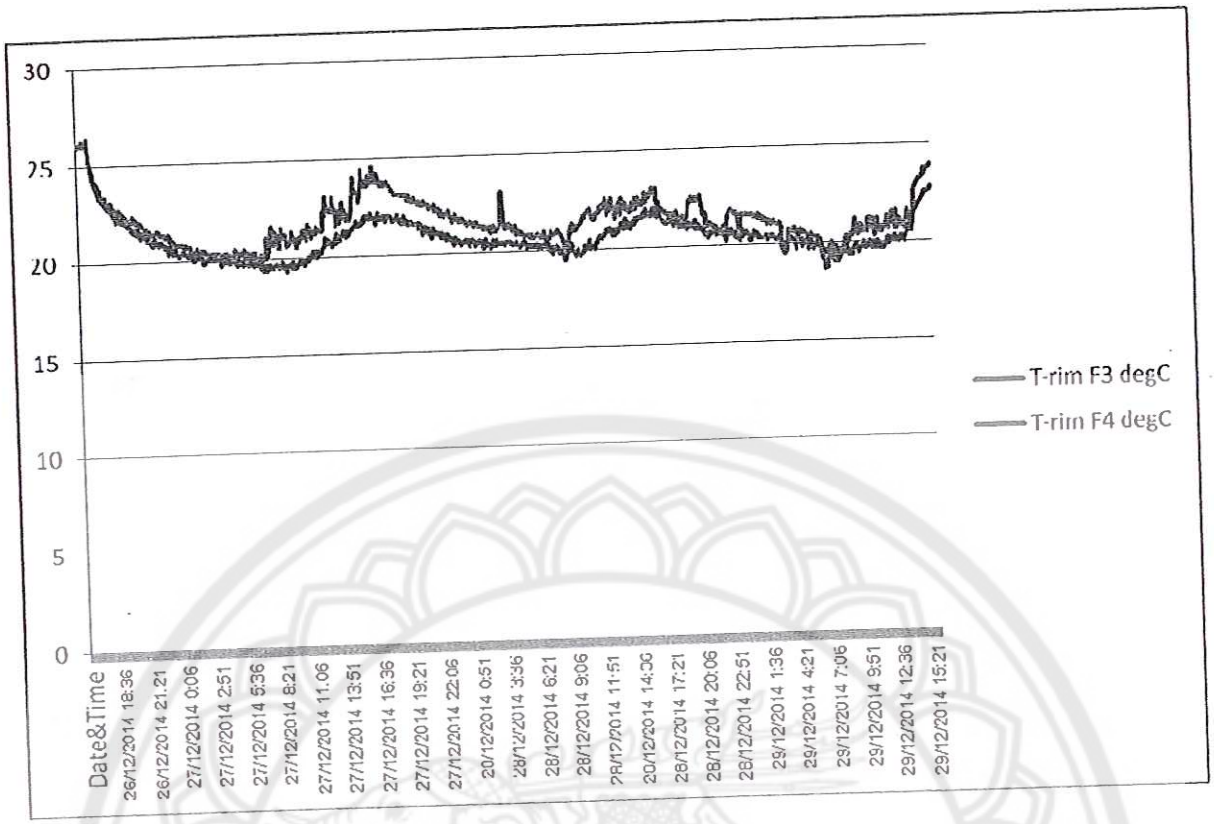
รูป 50 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-rim F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 1 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C

รูป 50 นี้แสดงอุณหภูมิภายในของห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติและห้องหน้าต่างซึ่งบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ในการทดลองช่วงที่ 1 ตลอด 3 วัน เปิดเครื่องปรับอากาศโดยตั้งอุณหภูมิไว้ 25 °C ผลปรากฏว่าอุณหภูมิของห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ มีการลดของอุณหภูมิลงต่ำสุด ราว 22°C ในเวลาประมาณ 08:00 น. ของทุกวันเนื่องจากในวันเวลาดังกล่าวอุณหภูมิภายนอกอยู่ที่ประมาณ 21°C เพราะเป็นฤดูหนาว จึงสามารถสรุปได้ว่าแม้เครื่องปรับอากาศได้ตัดการทำงานของคอนเดนซิ่งยูนิตแล้วเพราะอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ 25 °C แต่มวลอากาศระหว่างภายในกับภายนอกเกิดการถ่ายเท เนื่องจากความต่างกันของอุณหภูมิภายนอกและภายใน ทำให้ข้อมูลการวัดอุณหภูมิภายในห้องบานเกล็ดปกตินั้นมีอุณหภูมิต่ำสุดใกล้เคียงกับอุณหภูมิภายนอกในช่วงเวลานั้นๆ ในขณะที่ปรากฏการณ์เช่นนี้ไม่เกิดขึ้นกับห้องชั้นบานเกล็ด ซึ่งมีการป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ทำให้อุณหภูมิค่อนข้างคงที่ที่ 25°C ตลอดระยะเวลาการทดลอง 3 วัน



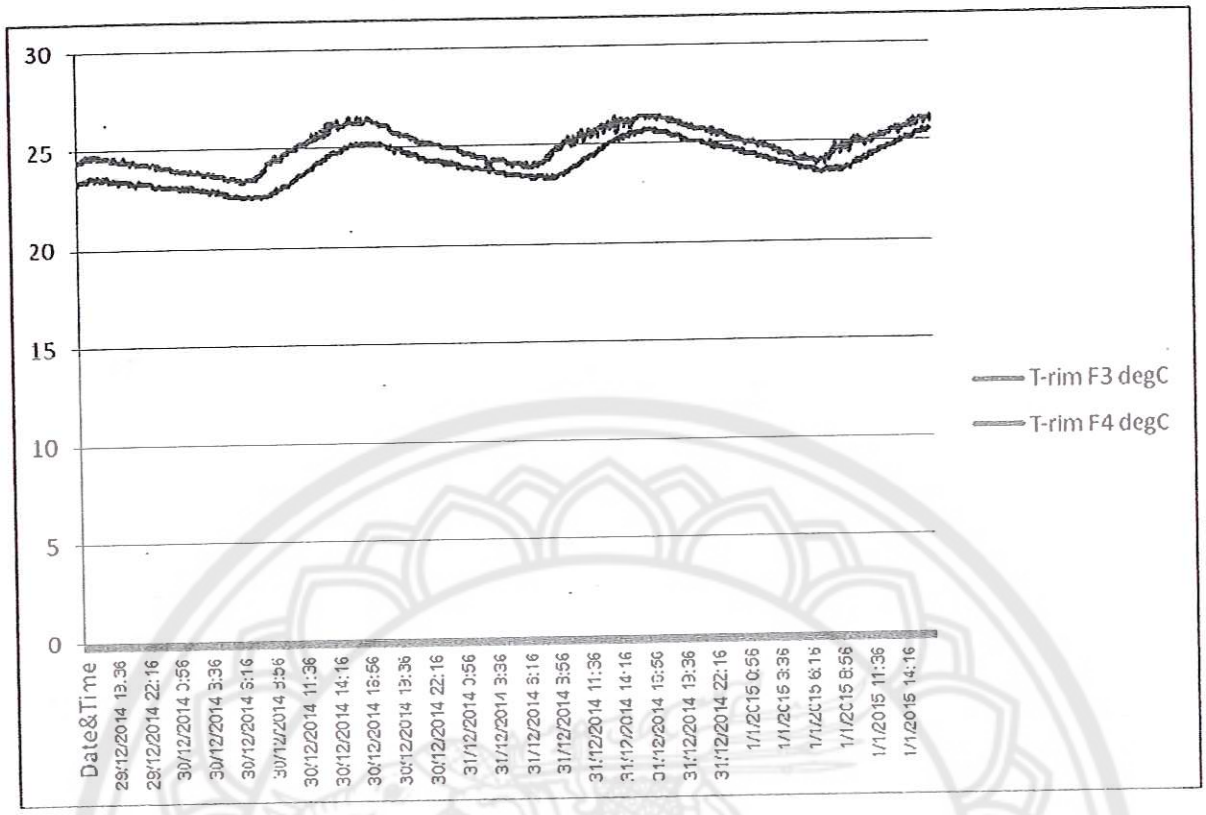
รูป 51 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F3 degC) ห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-rim F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 2 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C

รูป 51 นี้แสดงอุณหภูมิภายในของห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติและห้องหน้าต่างซึ่งบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ในการทดลองช่วงที่ 2 ตลอด 3 วันโดยเปิดเครื่องปรับอากาศ ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C จากการทดลองพบว่าแม้ว่าจะตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C แต่อุณหภูมิที่วัดได้ ริมหน้าต่างด้านในห้องนั้น มีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 16-17°C ซึ่งไม่ถึง 15°C แต่ใกล้เคียงที่สุดในเวลาช่วง 24:00 น. ถึง 02:00 น. ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสาเหตุ 2 ประการ ประการแรกคือเกิดจากการรั่วซึมของอากาศซึ่งจะสังเกตได้ว่าห้องชั้น 3 ซึ่งเป็นบานเกล็ดปรกตินั้นมีความผันผวนของอุณหภูมิสูงกว่าห้องชั้น 4 ซึ่งบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ซึ่งความผันผวนของห้องชั้น 3 ที่เป็นบานเกล็ดปรกตินั้นอยู่ที่ + -3°C ในขณะที่ห้องชั้น 4 ที่เป็นบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศนั้นอยู่ระหว่าง + - 1°C



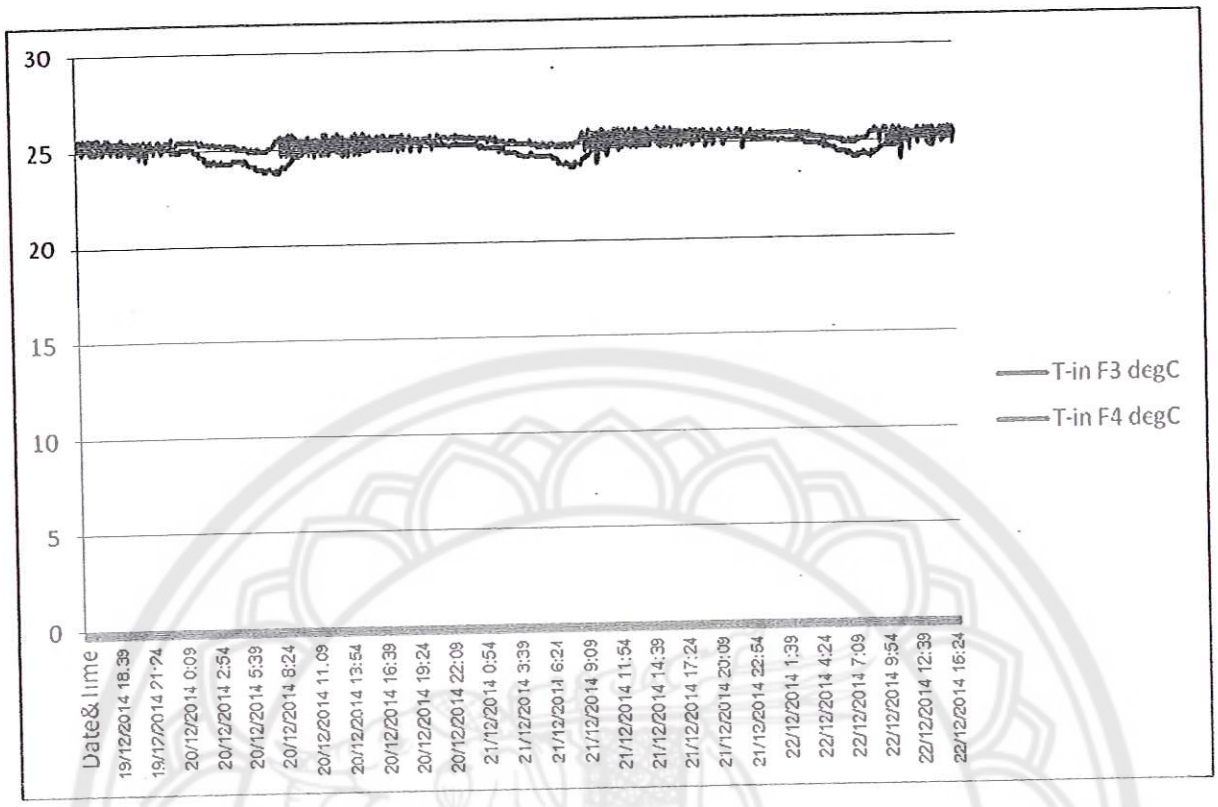
รูป 52 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-rim F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 3 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C

รูป 52นี้แสดงอุณหภูมิภายในของห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติและห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ในการทดลองช่วงที่ 3 ตลอด 3 วันโดยเปิดเครื่องปรับอากาศที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C โดยเปลี่ยนสลับการติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ จากห้องชั้น 4 มาเป็นห้องชั้น 3 ซึ่งในการทดลองช่วงที่ 3 นี้ควบคุมตัวแปรอื่นๆ คงที่ คือตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศไว้ 15°C ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าความผันผวนสูงของอุณหภูมิเกิดขึ้นที่ห้องชั้น 4 ซึ่งเป็นหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (สลับกับการทดลองในช่วงที่ 2 รูปที่ 2) โดยมีค่าความผันผวนอยู่ที่ + - 3°C ในขณะที่ความผันผวนของอุณหภูมิของห้องชั้น 3 ที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ไว้นั้นอยู่ที่ + - 1°C สลับกับการทดลองในช่วงที่ 2 (ทั้งนี้ เริ่มวัดค่าเมื่ออุณหภูมิเข้าสู่วัฏจักรในรอบวัน โดยตัดอุณหภูมิช่วงเริ่มต้นประมาณ 3 ชั่วโมงออกเนื่องจากเป็นช่วงที่ยังไม่เข้าสู่วัฏจักรการปรับอุณหภูมิในรอบวัน)



รูป 53 แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-rim F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 4 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C

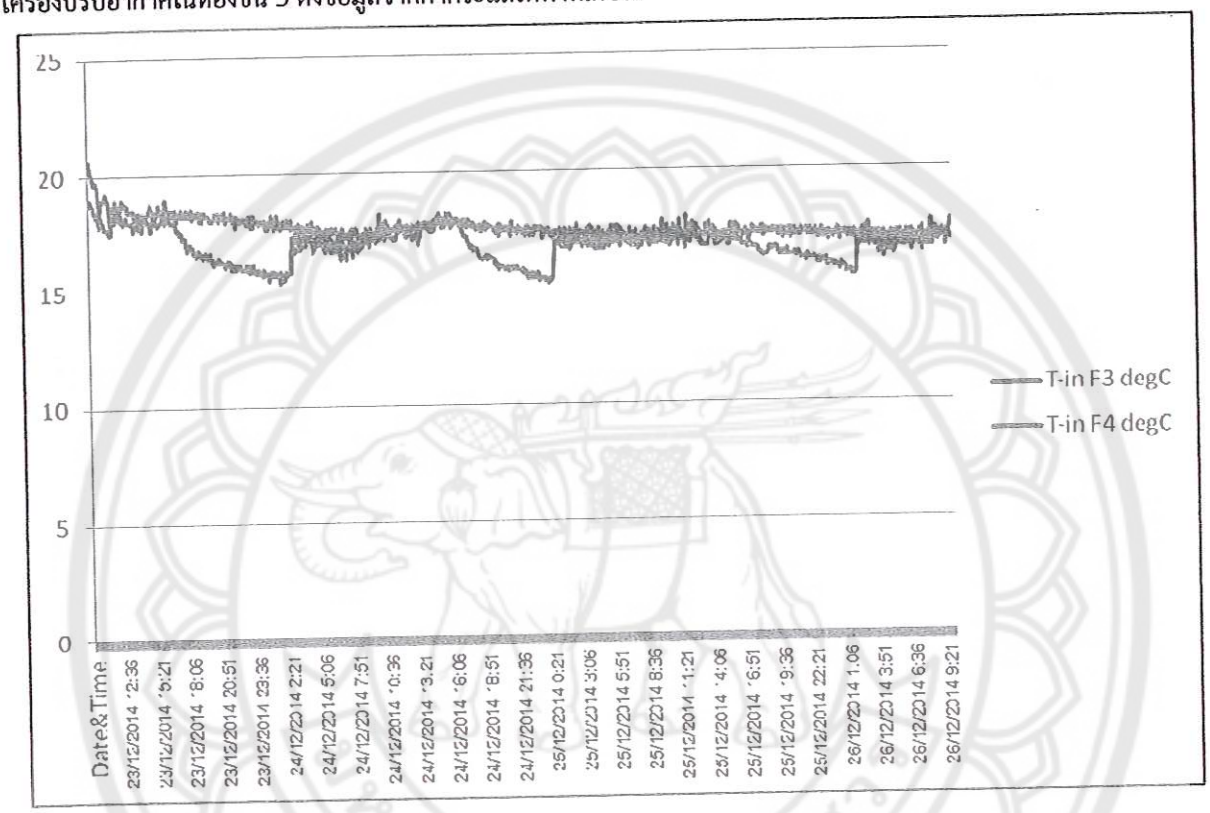
รูป 53 นี้แสดงอุณหภูมิ ภายในห้องด้านผนังทิศเหนือเปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-rim F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-rim F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 4 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C ผลปรากฏว่าความผันผวนในครั้งนี้ใกล้เคียงกันทั้ง 2 ห้องทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงที่ 4 ระหว่างวันที่ 29 ธันวาคม 2557 ถึงวันที่ 1 มกราคม 2558) นั้นอุณหภูมิภายนอกค่อนข้างเย็นสบายใกล้เคียงถึงอุณหภูมิ 25°C ที่ตั้งเครื่องปรับอากาศไว้อยู่แล้ว ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนหรือการรั่วไหลของมวลอากาศและอุณหภูมิน้อย จึงมีความผันผวนของอุณหภูมิภายในห้องน้อยตามไปด้วย ในกรณีนี้ค่าความผันผวนของทั้ง2 ห้อง มีค่าประมาณ + - 1.5°C แต่กระนั้นก็ตามอุณหภูมิที่ห้องชั้น 3 ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ไว้อุณหภูมิภายในห้องมีความเย็นมากกว่าอุณหภูมิที่ห้องชั้น 4 อยู่ตลอดเวลาโดยต่างกันเล็กน้อยราว 1°C และเมื่อพิจารณาการใช้กระแสไฟของห้องชั้น 3 แม้จะทำอุณหภูมิได้เย็นกว่าแต่มีการใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยกว่าคือ 23.2 kW.h ในขณะที่ห้องชั้น 4 ใช้กระแสไฟฟ้า 27.0 kW.h



รูป 54 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 1 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C

รูป 54 นี้แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิกลางห้อง ในห้องในห้องชั้น 3 บานเกล็ดปรกติเปรียบเทียบกับอุณหภูมิกลางห้องในห้องชั้น 4 บานเกล็ดถูกติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ โดยเปิดเครื่องปรับอากาศตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C นั้น เกิดผลการทดลองที่น่าสนใจโดยพบว่า ประการแรก ห้องชั้นที่ 4 ที่บานเกล็ดถูกติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศไว้ มีการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศมากกว่าห้องชั้น 3 ที่เป็นบานเกล็ดปกติและประการที่ 2 ห้องชั้น 4 ที่บานเกล็ดถูกติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศไว้ มีอุณหภูมิโดยเฉลี่ยสูงกว่าของชั้น 3 ที่เป็นบานเกล็ดปกติเล็กน้อยประมาณ 1° ซึ่งหากพิจารณาผิวเผินก็เข้าใจว่าเกิดการทดลองผิดพลาดไม่เป็นไปตามทฤษฎีหรือหลักการที่ว่า ห้องที่ไม่มีการรั่วซึมของอากาศน่าจะมีการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าและมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าห้องที่มีการรั่วซึมของอากาศ แต่เหตุผลของข้อมูลที่การทดลองครั้งนี้ที่ทำให้เกิดผลการทดลองเช่นนี้ มีสาเหตุมาจาก ในวันที่ทำการทดลองนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก มีอุณหภูมิต่ำกว่า 25°C อยู่แล้วและจากข้อมูลการใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศทั้งสองห้องซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าน้อยมาก ทั้งสองห้องคือ 24.2kW.h สำหรับห้องชั้น 3 หน้าต่างบานเกล็ดปกติ และ 29.5 kW.h สำหรับห้องชั้น 4 บานเกล็ดที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึม ทำให้ทราบว่าเครื่องปรับอากาศนั้นเกือบจะไม่มีการใช้งานคอนเดนซิ่งยูนิตเลย คงทำงานแต่พัดลมในเครื่องปรับอากาศเท่านั้น เนื่องจากอุณหภูมิปกติภายนอกในช่วงเวลาที่ทำทดลองนั้น อยู่ในช่วงฤดูหนาวและมีอุณหภูมิต่ำกว่ายี่สิบห้าองศาอยู่แล้ว ทำให้ลมเย็นจากภายนอกนั้นรั่วไหลเข้ามาภายในห้องชั้น 3 ทำให้บางช่วงอุณหภูมิในห้องชั้น 3 นั้นต่ำกว่า 25°C ในขณะที่ลมเย็นภายนอกไม่สามารถเข้ามาในห้องชั้น 4 ได้พร้อมๆกัน กับในห้องชั้น 4 นั้นผนังอาคารด้านทิศใต้ถูกแสงอาทิตย์ในช่วงเช้า (8.00 น. -10.00 น.) ความร้อนสะสมที่ผนังจึงทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงาน และเกิดการผันผวนอุณหภูมิในช่วงสั้นๆ ตั้งแต่เวลา

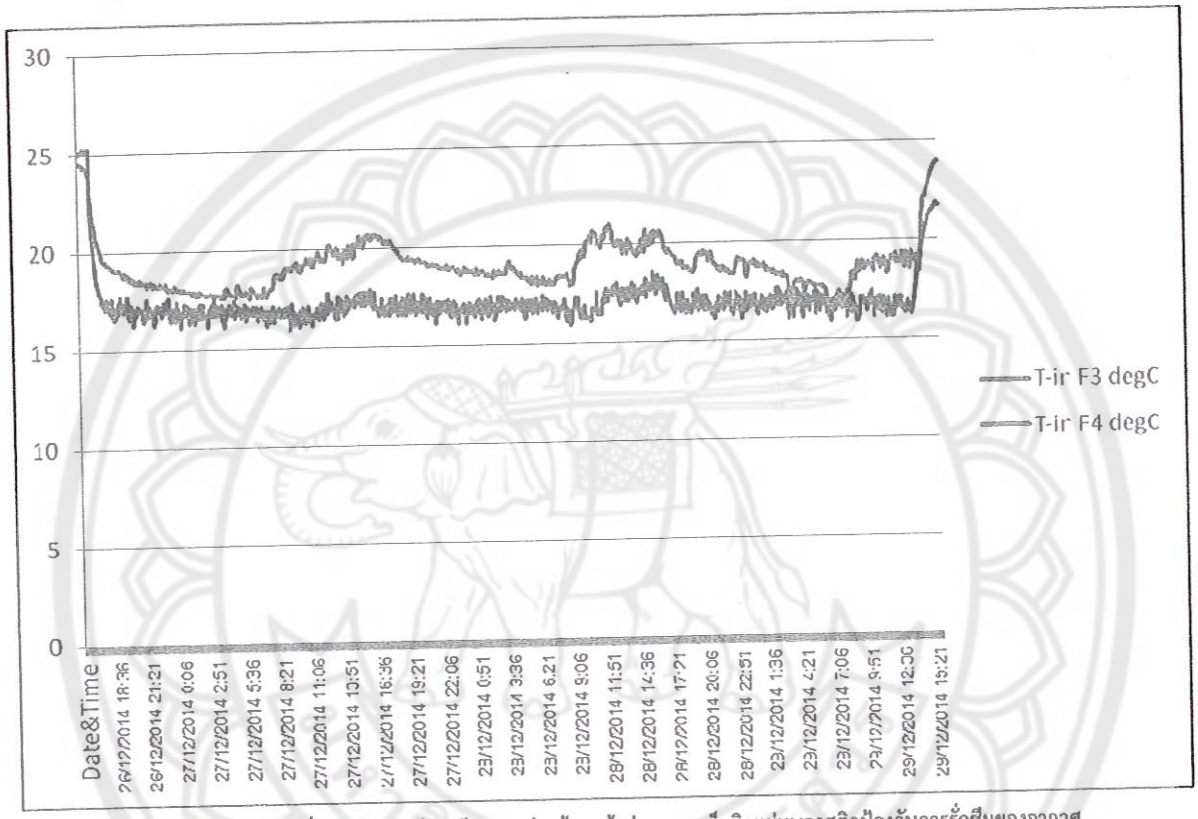
08.00 น. จนถึงราว 22.00 น. จึงเริ่มมีอุณหภูมิคงที่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการผันผวนของอุณหภูมิในเวลาดังกล่าวเป็นการติดดับของคอมเพรสเซอร์ที่พยายามทำงานเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามเป้าหมาย 25°C ซึ่งห้องชั้น 4 มีช่วงผันผวนนี้ ยาวนานกว่าห้องชั้น 3 คือตั้งแต่ประมาณ 07.00 น. ถึง 22.00 น. ทำให้กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าห้องชั้น 3 และดังที่สังเกตเห็นในรูป อุณหภูมินั้นหยุดผันผวนในราว 22.00 น. ถึง 08.00 น. สำหรับห้องชั้น 4 และหยุดผันผวนตั้งแต่ 20.00 น. ถึง 09.00 น. สำหรับห้องชั้น 3 ทำให้เป็นที่ยืนยันแน่ชัดว่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องชั้น 4 นั้นมากกว่า และยาวนานกว่าการทำงานของเครื่องปรับอากาศในห้องชั้น 3 ดังข้อมูลจากค่ากระแสไฟฟ้าที่เก็บได้



รูป 55 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 2 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C

รูป 55 นี้แสดงอุณหภูมิ ที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 2 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C ซึ่งมีสาเหตุสืบเนื่องมาจากการทดลองในรอบแรกซึ่งอุณหภูมิไว้ที่ 25° แล้วพบการที่หยุดทำงาน ของเครื่องปรับอากาศในส่วนของคอนเดนซิ่งยูนิต เนื่องจากอุณหภูมิภายนอกต่ำกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่เครื่องปรับอากาศ ในการทดลองรอบนี้จึงปรับลดอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศไว้จาก ครั้งที่1 ซึ่งตั้งไว้ที่ 25°C เปลี่ยนเป็น 15°C ผลการทดลองพบว่าการเก็บอุณหภูมิที่กลางห้องชั้น 4 อยู่ที่ประมาณ 17°C แต่คอมเพรสเซอร์ซึ่งทำงานตลอดเวลาและไม่สามารถปรับอากาศจนถึง 15°C ได้ซึ่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตลอดเวลาที่อุณหภูมินี้พบได้เช่นเดียวกันทั้งสองห้อง นอกจากนี้ยังพบปรากฏการณ์ที่น่าสนใจคือการลดลงของอุณหภูมิที่ห้องชั้น 3 ซึ่งเป็นห้องบานเกล็ดปรกติ โดยพบว่าอุณหภูมิลดลงต่ำลงจนใกล้ถึง15°C ตั้งแต่ช่วงเวลา ราว 17:00 น. จนถึงราว 02:00 น. ซึ่งเกิดจากลมเย็นภายนอกที่รั่วไหลเข้าไปภายในห้อง ในช่วงกลางคืนและทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงในช่วงเวลาดังกล่าว การทดลองครั้งนี้ พบว่าห้องที่บานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศมีความผันผวนของ

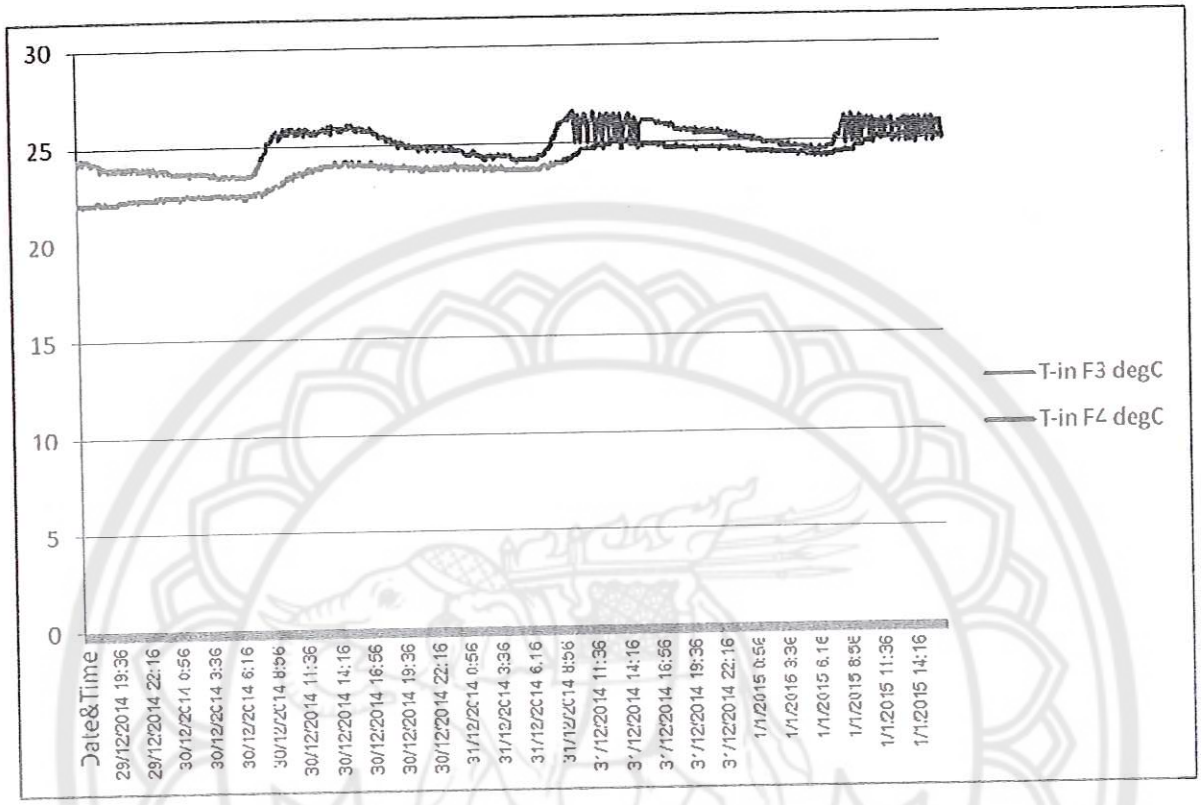
อุณหภูมิที่กลางห้องน้อยกว่าห้องที่บานเกล็ดไม่ได้ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ซึ่งเป็นเหตุนำไปสู่การใช้กระแสไฟฟ้าที่น้อยกว่าห้องที่บานเกล็ดไม่ได้ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (ผลการใช้กระแสไฟฟ้าห้องชั้น 4 ต่อห้องชั้น 3 อยู่ที่ 146 kW.h ต่อ 194kW. ดังแสดงในตารางที่ 2) ทำให้ทราบว่าการรั่วซึมของมวลอากาศเย็นภายในห้องออกสู่ภายนอกโดยเฉพาะในช่วงกลางวันที่อุณหภูมิภายนอกสูงกว่าอุณหภูมิภายในห้องมากๆนั้น เป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เครื่องปรับอากาศใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้น



รูป 56 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 3 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C

รูป 56 นี้แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 3 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 15°C แต่ปรับสลับการติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ จากห้องชั้นที่ 4 มาเป็นห้องชั้นที่ 3 เพื่อตรวจสอบปัจจัยและผลการทดลอง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่า ห้องชั้น 3 ซึ่งจากการทดลองครั้งที่แล้ว (รูปที่ 6) ความผันผวนของอุณหภูมิมากกว่าห้องชั้น 4 กลับมีความเสถียรของอุณหภูมิที่ราวๆ 16°C ถึง 17°C และห้องชั้นที่ 4 ซึ่งเคยติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ จากการทดลองครั้งก่อนหน้า เมื่อไม่มีการติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ พบว่ามีการผันผวนของอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยยะสำคัญ อุณหภูมิที่กลางห้องเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงกลางวันโดยเริ่มปรับสูงขึ้นตั้งแต่ 08:00 น. จนถึง 19:00 น. ซึ่งทำให้สรุปได้ชัดเจนว่าความร้อนจากภายนอกนั้นรั่วซึมเข้ามาในห้องทำให้ห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้นในช่วงกลางวันและทำให้เครื่องปรับอากาศใช้กระแสไฟฟ้ามากขึ้นกว่าปกติและไม่สามารถทำอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่เครื่องปรับอากาศได้ นอกจากนั้นยังใช้กระแสไฟฟ้ามากกว่าโดยอัตราส่วนการใช้กระแสไฟฟ้าของห้อง 4 ที่ไม่ติดแผ่นพลาสติก

ป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ต่ออัตราส่วนการใช้กระแสไฟฟ้าของห้องชั้น 3 ที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศนั้น เท่ากับ 214 kW.h ต่อ 179 kW.h



รูป 57 แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 4 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C

รูป 57 นี้แสดงอุณหภูมิที่กลางห้อง เปรียบเทียบระหว่างห้องหน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ (T-in F3 degC) และห้องหน้าต่างบานเกล็ดปกติ (T-in F4 degC) ในการทดลองช่วงที่ 4 ที่ตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25°C ได้ผลการทดลองคือ อุณหภูมิของห้องหน้าต่างบานเกล็ดที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศนั้นมีอุณหภูมิเสถียรและต่ำกว่าอุณหภูมิของห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ตลอดช่วง การทดลองทั้ง 3 วัน อีกทั้งพบว่าห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ มีความผันผวนในช่วงกลางวัน ซึ่งเกิดจาก มวลอากาศร้อนภายนอกรั่วไหลเข้าไปภายในห้องและเพิ่มภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้ง เพิ่มการใช้กระแสไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศด้วย และจากข้อมูลการทดลองซึ่งแสดงในรูปทั้งหมดนั้น นำมาสู่บทสรุปในบทต่อไป

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1. บทนำ

อาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นตัวอย่างของการพยายามออกแบบในแนวทางแบบธรรมชาติ (Passive Design) โดยใช้หน้าต่างแบบบานเกล็ดเพื่อให้ลมธรรมชาติสามารถระบายความร้อนภายในห้องได้ดี และทำให้ภาวะภายในห้องอยู่ในภาวะที่สะดวกสบายต่อการใช้งานหรือที่เรียกว่า ภาวะน่าสบาย (Comfort Zone) ซึ่งสภาวะมีอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 22°C- 27 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 20- 75% (สุนทร, 2542, หน้า 34) อ้างอิงจาก (Olgyay, 1961)

ในบางเอกสาร เช่นเอกสารวิจัย เรื่องการใช้สวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคาดาดฟ้าอาคาร ระบุว่าสภาวะน่าสบายคือสภาวะที่มีอุณหภูมิอากาศอยู่ระหว่าง 20 °C- 26.6 °C และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศอยู่ระหว่าง 20- 80% (ศุภกิจ, 2556)

สำหรับการใช้บานเกล็ดเป็นช่องเปิดในอาคารนั้น สิ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญพื้นฐานประการแรกเพื่อให้การระบายลมและระบายความร้อนมีประสิทธิภาพนั้น คือการวางอาคารให้มีทิศทางที่รับลมประจำทิศ และลมประจำถิ่นให้ถูกต้อง นอกจากนั้นการออกแบบช่องเปิดให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีช่องทางลมออก และ ลมเข้า ที่เหมาะสมกับความเร็วลม และการใช้งานภายในห้องด้วย (มาลินี, 2543) จากเอกสารประกอบการสอน การออกแบบในเขตร้อน (สุทัศน์, 2549)

อย่างไรก็ตาม ข้อมูลประจำภูมิภาคด้านภาวะน่าสบาย และอุณหภูมิ ในช่วง 1 รอบปีในประเทศไทยแสดงให้เห็นว่าอาคารในประเทศไทยไม่สามารถใช้แนวคิดการออกแบบการใช้พลังงานในอาคารแบบธรรมชาติ (Passive Design) แบบเดียวได้ เพราะในบางช่วงรอบปีอุณหภูมิภายนอกนั้นสูงเกินสภาวะน่าสบายไปมาก จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องใช้เครื่องปรับอากาศ แต่การปิดบานเกล็ดนั้น พบว่าช่องระหว่างบานเกล็ดที่ไม่สามารถปิดให้สนิทได้นั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการรั่วซึมของอากาศในขณะใช้เครื่องปรับอากาศ และนำมาซึ่งการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานลดลง

5.2. บทสรุปผลการทดลอง

จากการทดลองและการอภิปรายผลการทดลองทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้คือ

ประการที่ 1 ห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ มีความผันผวนของอุณหภูมิมากกว่าของที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ

ประการที่ 2 ห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ใช้กระแสไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศมากกว่าห้องที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ

ประการที่ 3 ห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ มีอุณหภูมิในห้องเฉลี่ยตลอดรอบวัน สูงกว่าห้องที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ ในกรณีที่อุณหภูมิที่ตั้งที่เครื่องปรับอากาศนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิภายนอก

นอกจากนั้นข้อมูลจากการทดลองด้านค่าการใช้กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างการจากใช้ไฟฟ้าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างห้องที่หน้าต่างบานเกล็ดติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึม และห้องที่หน้าต่างบานเกล็ดปกติ จากการทดลองทำให้สามารถสรุปได้ดังนี้

ตาราง 18 แสดงค่าการใช้กระแสไฟฟ้า และค่าความต่างการ ใช้ไฟฟ้าจากการทดลอง (หน่วยเป็น kW.h)

ครั้ง	ค่าการใช้กระแสไฟฟ้า (kW.h) ตลอด 72 ช.ม.ของการทดลอง		ส่วนต่างของค่าการใช้ไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ		อุณหภูมิตั้ง (เซลเซียส)
	ห้องชั้น 3	ห้องชั้น 4	(kW.h)	(ร้อยละ)	
1	24.20 (บานเกล็ด)	29.50* (บานเลื่อน)	-5.30	-21.90%	25 °C
2	194.10 (บานเกล็ด)	146.00* (บานเลื่อน)	48.10	32.94%	15 °C
3	179.80* (บานเลื่อน)	214.50 (บานเกล็ด)	34.70	19.29%	15 °C
4	23.20* (บานเลื่อน)	27.00 (บานเกล็ด)	3.80	16.37%	25 °C

(*ห้องที่พื้นสีเข้ม คือ ห้องที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ)

ตาราง 18 นี้ แสดงให้เห็นว่า ห้องที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศนั้น มีค่าการใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ จำนวน 3 ครั้ง จากผลการทดลอง 4 ครั้ง ซึ่งการทดลองครั้งที่1 ที่ผลการทดลอง ไม่เป็นไปตามสมมติฐานนั้น มีสาเหตุมาจาก การที่อุณหภูมิภายนอกนั้นต่ำกว่าอุณหภูมิตั้งที่เครื่องปรับอากาศ จึงทำให้มวลอากาศเย็นภายนอกรั่วซึมเข้ามาในห้องที่ไม่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศ และช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เครื่องปรับอากาศใช้กระแสไฟฟ้าน้อยกว่าห้องที่ติดแผ่นพลาสติกป้องกันการรั่วซึมของอากาศไว้

ผลสรุปในบทนี้ได้นำไปสู่ข้อเสนอแนะที่ได้ถูกบรรยายในหัวข้อต่อไป

5.3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งนี้

สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ได้แบ่งเป็นข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในลำดับต่อไป และข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงกายภาพของอาคาร เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศสำหรับอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวรซึ่งถูกบรรยายดังนี้

5.3.1. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในลำดับต่อไป

ก.หากมีการศึกษาวิจัยในเรื่องภาวะน่าสบายในอาคารควรศึกษาภาวะน่าสบายจากสภาพความเป็นจริงในกรณีที่มีผู้ใช้งานอยู่และอยู่ในสภาพใช้งานจริงในอาคาร เนื่องจากทำให้ได้ข้อมูลจริง แสดงให้เห็นถึงการใช้งานอาคารที่ถูกออกแบบตามแนวคิดการประหยัดพลังงานในแนวทาง Passive Design (ใช้ธรรมชาติสร้างภาวะน่าสบายในอาคาร) ว่าสามารถตอบสนองต่อการใช้งานในสภาพจริงและเอื้อให้เกิดภาวะน่าสบายในอาคารแก่ผู้ใช้สอยได้ดีหรือไม่เพียงใด

ข.การศึกษาวิจัยในลำดับต่อไป หากต้องต้องการศึกษาเรื่องของค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศในอาคาร ที่ถูกออกแบบในแนวทาง Passive Design (ใช้ธรรมชาติสร้างภาวะน่าสบายในอาคาร) ควรทำการศึกษาในช่วงฤดูอื่น เช่น ฤดูร้อน หรือฤดูฝน เพื่อให้สามารถทำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลการทดลองครั้งนี้และสามารถสรุปผลให้ได้ผลครบทั้ง 3 ฤดู ซึ่งจะทำให้ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองมีความเที่ยงตรงต่อสภาพความเป็นจริงและผลการทดลองสามารถต่อเรียงกันจนครบวัฏจักรวงรอบตลอดทั้งปีได้

5.3.2. ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับปรุงกายภาพของอาคารเรียนคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศ

ก.จากผลการทดลองซึ่งแม้ทำการทดลองในฤดูหนาว ทำให้ทราบว่าค่าการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศ ในห้องที่ใช้บ้านเกิดนั้น สิ้นเปลืองมากกว่าห้องที่ใช้บานเลื่อนปกติถึง 25% ทำให้สรุปได้ว่าภาษาอะไรภาระค่าใช้ไฟฟ้าหักต้องชำระเฉพาะค่าไฟฟ้าจาก ระบบเครื่องปรับอากาศนั้นมากเกินความจำเป็นไปถึง 25% ในฤดูหนาวและอาจมากกว่านั้นในฤดูที่มีอุณหภูมิสูง เช่น ฤดูร้อน หรือฤดูฝน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูญเปล่านี้ ยังไม่ได้มีการคำนวณเป็นตัวเลข แต่อาจพอสรุปได้ว่าค่าไฟฟ้าที่ใช้ในปัจจุบัน อาจสามารถถูกทำให้ลดลงได้อย่างน้อย 25 % หากมีการปรับปรุงอาคารในส่วนของช่องเปิดซึ่งเป็นปัญหาหลักในการรั่วซึมของอากาศ และความเย็นจากเครื่องปรับอากาศตลอดเวลาที่มีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศในอาคาร

ข.แนวทางการปรับปรุงช่องเปิดของห้องต่างๆ ในอาคาร ที่ใช้บานเกล็ดอยู่อาจถูกคำนวณเพื่อเปรียบเทียบกับค่าการใช้พลังงานที่สูญเสียไปในทุกๆ ปี ตั้งแต่มีการเปิดใช้อาคาร ซึ่งเป็นค่าพลังงานในรูปของค่าใช้จ่ายที่สูญเปล่าไปเพื่อประกอบการตัดสินใจของผู้บริหาร ในการบริหารงบประมาณด้านการปรับปรุงด้านกายภาพของอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อพิจารณาต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

Conditioning Engineers, Inc., (ASHRAE). (1989). *American Society of Heating Refrigerating and Air Fundamental Volume.* Atlanta. Georgia.

Landscape Planning for Energy Conservation.

ASHRAE. (2001). *2001 ASHRAE handbook–Fundamentals (SI).* Atlanta: The American Society of Heating,.

B. Givoni. (1969). *Man, climate and architecture.* Amsterdam: Elsevier Publishing Company Limited.

http://www.tktelectricfan.com. (ม.ป.ป.). เรียกใช้เมื่อ 12 ธันวาคม 2557 จาก http://www.tktelectricfan.com: http://www.tktelectricfan.com/ความรู้เกี่ยวกับพัดลม.htm

Ian Doebber. (2004). Investigate of Concrete Wall System for Reducing Heating and Cooling Requirements in Single Fammilly Residences. *Master's Thesis,Mechanical Engineering,Virginia Polytechnic Institute and State Univesity* .

J., Yamtraipat, N., Pratintong, N., & Hirunlabh, J. Khedari. (2000). *Energy and Buildings.*

Olgyay, V. (1961). *Design with Climate:Bioclimatic Approach to Architecture Regionalism.* (Vol. 4). New Jersey: Princeton Univesity Press.

R. J., & Brager, G. S. de Dear. (2002). *Energy and Buildings.*

Sue Roaf. (2005). *Adapting Buildings and cities for climate change.* Italy: Macmillan Publishing Solution.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (ม.ป.ป.). *การออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน.* เรียกใช้เมื่อ 2558 เมษายน 25 จาก http://www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/Commercial(PDF)/Bay38%20Building%20Features.pdf

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. *เอกสารเผยแพร่การออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงาน "การใช้ฉนวน".*

ฉัตรชัย สุรินทร์. (ม.ป.ป.). *http://www.airhomenet.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=181527.* เรียกใช้เมื่อ 11 11 2557 จาก http://www.airhomenet.com/: http://www.airhomenet.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=181527

ณัฐพล แซ่ห่าน. (2553). *การศึกษาประสิทธิภาพของกระจกระบายความร้อนด้วยอากาศ กรณีศึกษาอาคารที่ทำการกรมสรรพากร.* กรุงเทพมหานคร: คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ดารณีจารีมิตร เฉลิม วัฒน์ตันตสวัสดิ์. (2005). การระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ แนวทางการออกแบบผังอาคารชุดพักอาศัยประเภทอาคารสูง. *วารสารคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และผังเมือง ฉบับที่ 3* , 26-27.

บุญญาธิการ สุนทร. (2542). *เทคนิค บ้านประหยัดพลังงาน*. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภูวนันท์ และคณะ จรัญพัฒน์. (2555). *การศึกษาและออกแบบผนังโฟมสำเร็จรูปที่ใช้เป็นแบบหล่อคอนกรีตได้ในตัวเพื่อใช้ในการก่อสร้างบ้านประหยัดพลังงานและเพื่อการผลิตทางอุตสาหกรรม*. กรุงเทพ: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

มาลินี ศรีสุวรรณ. (2554). การศึกษาความสำคัญของทิศทางกระแสลมกับการเจาะช่องเปิดที่ผนังอาคารสำหรับผู้มีอากาศร้อนชื้นในประเทศไทย. *หน้าจั่ว วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร ปีที่ 17* , 157-162.

ยิ้มสรวล ศุภกิจ. (2556). *การใช้สวนหลังคาเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนผ่านทางหลังคาดาดฟ้าอาคาร*. พิษณุโลก: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เยี่ยมวัฒนา สุทัศน์. (2549). *เอกสารประกอบการสอน รายวิชา 306413 สถาปัตยกรรมเขตร้อน*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

รศ.ดร.ตรึงใจ บูรณสมภพ. *การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน*.

รศ.ดร.สมสิทธิ์ นิตยะ. *การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น*, .

วรรณฉัตร กระต่ายจันทร์. (ม.ป.ป.). เรียกใช้เมื่อ 16 กุมภาพันธ์ 2558 จาก http://student.mahidol.ac.th/~u4809160/body_temp.htm

วราภรณ์ กาญจนวิโรจน์. (2541). *การศึกษาการเพิ่มขอบเขตสภาวะน่าสบายในเขตภูมิอากาศเขตร้อนชื้น*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (1 ธันวาคม 2557). *http://th.wikipedia.org*. เรียกใช้เมื่อ 4 ธันวาคม 2557 จาก http://th.wikipedia.org/wiki/: http://th.wikipedia.org/wiki/การถ่ายเทความร้อน

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (19 พฤศจิกายน 2557). *http://th.wikipedia.org/*. เรียกใช้เมื่อ 4 ธันวาคม 2557 จาก http://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องปรับอากาศ: http://th.wikipedia.org/wiki/เครื่องปรับอากาศ

ศรีสุวรรณ มาลินี. (2543). *การศึกษาความสัมพันธ์ของทิศทางกระแสลมกับการเจาะชิ่งเปิดที่ผนังอาคาร สำหรับภูมิภาคร้อนชื้น*. กรุงเทพ.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. (2544). *http://www.e-report.energy.go.th/EPPO_files/doc-35.pdf*. เรียกใช้เมื่อ 19 ธันวาคม 2557 จาก http://www.e-report.energy.go.th/EPPO_files/doc-35.pdf

สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา. (6 2546). งานบริการข้อมูล ข้อมูลสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครตั้งแต่ปีพ.ศ. 2544–254.

สุทัศน์ เยี่ยมวัฒนา. (2555). *คนรักบ้านอาคารรักษ์โลก.* กรุงเทพ: การพิมพ์ดอทคอม.

สุนทร บุญญาธิการ และ ธนิต จินดาวนิค. (2536). *รายงานการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช เรื่องการวิเคราะห์ความน่าสบายและสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับสถาปัตยกรรมไทย.* กรุงเทพ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายภณ วชิระนิเวศ

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Pon Vajiranivesa

หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 6599 00221 205

ตำแหน่งปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายส่งเสริมกิจการคณะ

สถานที่ติดต่อ

ที่ทำงาน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

โทรศัพท์ 055 962488 โทรสาร 055 962477

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 080 509 0330 E-Mail Ponv@nu.ac.th

ประวัติการศึกษา

ปีการศึกษา	คุณวุฒิ	สถาบันการศึกษา
พ.ศ.2537	สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม	มหาวิทยาลัยรังสิต
พ.ศ.2541	เคหพัฒนศาสตร์มหาบัณฑิต	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ.2551	Ph.D. (Property, Construction & Project management)	RMIT University, Melbourne, AU

ประสบการณ์การทำวิจัย (ในตำแหน่งหัวหน้าโครงการ)

ปีงบประมาณ	โครงการ	แหล่งทุน	สถานะดำเนินงาน
2544	การศึกษาความเชื่อเกี่ยวกับบ้านที่ส่งผลกระทบต่อ	มหาวิทยาลัยนเรศวร	แล้วเสร็จ

	การออกแบบสถาปัตยกรรม		
2556	การศึกษาเพื่อการออกแบบสะพานปลา/ท่าเทียบเรือ เขื่อนแคว้นน้อย บำรุงแดน	กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	อยู่ระหว่างดำเนินการ

สาขาวิชาที่เชี่ยวชาญ สถาปัตยกรรม

ภาระงานในปัจจุบัน รองคณบดีฝ่ายส่งเสริมกิจการคณะ

ผลงานวิจัย

ก. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติ

- พ.ศ. 2550 เสนอบทความวิชาการ "Housing demand modeling: Achieving sustainable housing market"
- พ.ศ. 2550 ร่วมเสนอบทความวิชาการ "Sufficiency economy vs. Consumerism: A comparison by Modeling"
- พ.ศ. 2552 เสนอบทความวิชาการ "A Modelling comparison between Econometrics and System Dynamics"
- พ.ศ. 2553 หนังสือ "Housing demand Model: System Dynamics Approach: Basics, Concepts, Methods"

ข. ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

-

ค. ผลงานวิจัยที่นำไปใช้ประโยชน์ได้

- การศึกษาความเชื่อเกี่ยวกับบ้านที่ส่งผลกระทบต่อการออกแบบสถาปัตยกรรม
  A Study of beliefs about house that affects on architectural design

ง. ผลงานอื่นๆ เช่น ตำรา บทความ สิทธิบัตร ฯลฯ

- พ.ศ. 2548 ยื่นขออนุสิทธิบัตร เลขที่106866 เลขที่คำขอ 0503001537
  "เหล็กปลอกต่อเนื่องเกลียวเหลี่ยม"

กองกลาง สำนักงานอธิการบดี
เลขรับ 15170
วันที่ 29 ก.ย. 2558
เวลา 11.44 น.

"R2557C069"
R2557C069

บันทึกข้อความ

กองบริหารการวิจัย
รับที่ 5323
วันที่ 29 ก.ย. 2558
เวลา 16.21 น.

ส่วนราชการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ ภาควิชา สถาปัตยกรรม โทร. 2459
ที่ ศธ 0527.17.03/ 837 วันที่ 28 กันยายน 2558
เรื่อง ขอปิดโครงการวิจัยและส่งผลงานตามตัวชี้วัด

(1) เรียน อธิการบดี

ตามที่ มหาวิทยาลัยอนุมัติให้ทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบงบประมาณรายได้ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยนเรศวร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557 สัญญาเลขที่ R2557C069 เรื่อง การใช้พลังงานเพื่อปรับอากาศระหว่างห้องที่ใช้บานเกล็ด และห้องที่ใช้บานเลื่อนในอาคารเรียน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ในวงเงิน 180,000.00 บาท (หนึ่งแสนแปดหมื่นบาทถ้วน) โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภณ วชิระนิเวศ สังกัดคณะคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นหัวหน้าโครงการ นั้น

ขณะนี้ได้ดำเนินการมาเป็นระยะเวลา 2 ปี .....เดือน และมีผลงานวิจัยตามตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการวิจัย (รายละเอียดดังเอกสารที่แนบมาพร้อมนี้) และเพื่อให้ผลงานทางวิชาการของข้าพเจ้าเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและสาธารณชน ข้าพเจ้าอนุญาตให้กองบริหารการวิจัยและสำนักหอสมุดเผยแพร่ผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์และบทคัดย่อ ในระบบสารสนเทศ ดังนี้

- ☑ ระบบผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ (http://dra-is.research.nu.ac.th/dra-elibrary/)
- ☑ ฐานข้อมูล NU Digital Repository (http://obj.lib.nu.ac.th/media)
- ☐ ไม่ยินยอม เนื่องจาก.....

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอปิดโครงการวิจัยดังกล่าว และหากมีผลงานวิจัยเกิดขึ้นภายหลังจักนำแจ้งให้มหาวิทยาลัยทราบทันที

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

งานธุรการ (หน่วยสัญญา) 28 ก.ย. 2558
☑ ตรวจสอบและคุมยอด.....
☐ ระบบบริหารโครงการวิจัย 30 ก.ย. 2558
☐ ระบบ NRPM.....

.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภณ วชิระนิเวศ
หัวหน้าโครงการวิจัย

(2) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ และให้ดำเนินการบันทึกข้อมูล

ลงชื่อ .....
(.....นางสาวศรีอุรา...เสือทะยาน.)
ผู้ประสานงานวิจัยคณะ
(วันที่ 28/ก.ย./58)

(3) เรียน อธิการบดี
เห็นควรอนุมัติ

ลงชื่อ .....
(...ดร.สันต์ จันทร์สมศักดิ์.....)
รองคณบดีฝ่ายวิจัย/คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(วันที่ 28/ก.ย./58)

(4) เรียน อธิการบดี
(/) เห็นควรอนุมัติ ( ) เห็นควรไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(นางสาวสิริกร ชูแก้ว)
ผอ.กองบริหารการวิจัย
(วันที่ 29/ก.ย./2558)

(5) เรียน อธิการบดี
(/) อนุมัติ ( ) ไม่อนุมัติ

ลงชื่อ .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)
รองอธิการบดีฝ่ายวิจัย
(วันที่ 29/ก.ย./58)

28 ก.ย. 2558