บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาหาแนวทางในการปรับปรุงอาคารสถานศึกษา เพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยศึกษาจากอาคารจริงที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เลือกอาคารกรณีศึกษาเป็นอาคารคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ตั้งอยู่ที่ ต.ทุ่งหนองอ้อ อ.เมือง จ.พิษณุโลก ลักษณะอาคารเป็นอาคารสูง 7 ชั้น โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก พื้นที่ใช้สอยรวมทั้งอาคารประมาณ 11,585 ตร.เมตร เป็นพื้นที่ปรับอากาศประมาณ 4,509 ตร.เมตร โดยแบ่งพื้นที่ใช้สอยออกเป็นส่วน ๆ ดังนี้

ชั้น 1 เป็นพื้นที่สำหรับ ส่วนธุรการและสำนักงานเลขานุการ
ชั้น 2 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องพักอาจารย์และห้องประชุม
ชั้น 3 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องพักอาจารย์
ชั้น 4 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องพักอาจารย์ และผู้บริหาร
ชั้น 5 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องเรียนคอมพิวเตอร์และห้องบรรยาย
ชั้น 6 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องเรียน และปฏิบัติการเขียนแบบ
ชั้น 7 เป็นพื้นที่สำหรับ ห้องเรียน และปฏิบัติการเขียนแบบ

โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย เป็นลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 การสำรวจและเก็บข้อมูลอาคาร

ขั้นตอนในการสำรวจและเก็บข้อมูลอาคารนี้ จะเป็นการสำรวจกับอาคารจริงที่มีการใช้งานอยู่ในปัจจุบัน โดยแบ่งการสำรวจออกเป็นด้านต่าง ๆ ดังนี้

3.1.1. สำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้นของอาคาร

3.1.1.1. สำรวจสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

1. สำรวจข้อมูลสภาพอากาศ

1.1. รังสีแสงอาทิตย์ (solar radiation) สำรวจผลจากแสงอาทิตย์ที่ส่งผลกระทบต่ออาคารและที่ตั้ง 2 ประการ คือ พลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนที่ตั้ง และการโคจรของดวงอาทิตย์ในที่ตั้งนั้นๆ

1.2. อุณหภูมิ (temperature) อุณหภูมิเป็นพื้นฐานหลักในการจัดการและทำความเข้าใจต่อผลกระทบ ของความชื้น รังสีดวงอาทิตย์ และลม ต้องสำรวจและเก็บข้อมูล อุณหภูมิเฉลี่ยต่อเดือน ต่อปี อุณหภูมิสูงสุด ต่ำสุดในรอบปี ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิกลางวัน และกลางคืน

1.3 ความชื้น และปริมาณฝน (humidity & precipitation) ปริมาณความชื้นที่อยู่ในอากาศสามารถวัดออกมาใน 2 รูปแบบ คือ ความชื้นสมบูรณ์ (absolute humidity) และความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) นอกจากความชื้นแล้ว ควรนำข้อมูล ฝน มาวิเคราะห์ประกอบด้วย

1.4 ลม (wind) ลมสามารถนำมาช่วยปรับและควบคุมสภาวะน่าสบายได้ ต้องสำรวจข้อมูล ทิศทางของกระแสลม(wind direction) ข้อมูลความเร็วลม (wind speed) และข้อมูลความถี่ที่เกิด (wind frequency) ข้อมูลทั้งสามเกี่ยวกับลมตลอดทั้งปีนี้ จะถูกแสดงในตารางที่เรียกว่า "Wind Rose"

2. สำรวจข้อมูลสภาพที่ตั้งโดยรอบอาคาร

2.1 ลักษณะพื้นที่ดินโดยรอบ (landform) สำรวจลักษณะรูปร่างที่ตั้งรอบ ๆ อาคาร สภาพเนินดินสูง ต่ำ แอ่ง หรือหุบเขา จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบ ของกระแสลมท้องถิ่นด้วย

2.2 ลักษณะพืชพรรณแวดล้อม (vegetation) สำรวจชนิด ตำแหน่ง ความสูง และปริมาณของต้นไม้ที่อยู่ใกล้เคียง

2.3 ลักษณะแหล่งน้ำในพื้นที่ (water body) สำรวจ ขนาด ตำแหน่ง และสภาพลักษณะของแหล่งน้ำ ที่อยู่ในบริเวณอาคาร

2.4 ลักษณะสิ่งก่อสร้างข้างเคียง (built form) สำรวจ ขนาด ตำแหน่ง แลความสูงของอาคาร และสิ่งก่อสร้างที่ตั้งอยู่ใกล้เคียง ว่ามีผลกระทบกับอาคารกรณีศึกษามากน้อยเพียงใด

3.1.1.2 **สำรวจข้อมูลทางกายภาพของอาคาร**

1. ลักษณะทิศทางแนวแกนอาคาร (orientation) เพื่อสำรวจหาทิศทางที่แน่นอนของแนวอาคาร (หาทิศเหนือที่แท้จริง)

2. ลักษณะรูปร่างอาคาร (shape of building) สำรวจเพื่อกำหนดว่าอาคารมีลักษณะเป็นแบบ ILD.(internal load dominate) หรือแบบ ELD.(external load dominate)

3. ลักษณะวัสดุที่ใช้เป็นผนัง และหลังคา สำรวจวัสดุที่ใช้ก่อสร้างเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุ (wall&roof u – value)

4. ลักษณะผังอาคาร และการแบ่งพื้นที่ (planing&zoning) สำรวจลักษณะการใช้งานและการจัดแบ่งพื้นที่ใช้สอยภายในอาคาร

3.1.1.3 **สำรวจข้อมูลผู้ใช้อาคาร**

1. ลักษณะพฤติกรรมการใช้งานอาคารของผู้ใช้งาน
2. จำนวนผู้ใช้งานอาคารในแต่ละฝ่าย แต่ละแผนก และจำนวนผู้ใช้งานรวม
3. ตารางการใช้งานอาคารของฝ่ายต่าง ๆ

3.1.2 **สำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานรวมของอาคาร**

3.1.2.1 **สำรวจข้อมูลระบบปรับอากาศ**

1. ชนิดและลักษณะของเครื่องปรับอากาศ ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน
2. ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (COP / EER)
3. ตารางการใช้งานและอายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ
4. การจัดกลุ่มและแบ่งพื้นที่ใช้สอยของเครื่องปรับอากาศ
5. การดูแลและบำรุงรักษาเครื่อง

6. สำรวจตัวแปรต่าง, ที่มีอิทธิพลต่อภาระในการทำความเย็น (cooling load) ของระบบปรับอากาศ แบ่งออกเป็น 7 ตัวแปรได้แก่

6.1. การนำความร้อนผ่านเปลือกอาคาร (conduction heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการนำความร้อนภายนอกผ่านเข้ามาทางเปลือกอาคาร

6.2 การแผ่รังสีความร้อนผ่านผนังกระจก (radiation heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนจากภายนอนผ่านผนังกระจก เข้ามาในอาคาร

6.3 การรั่วไหลของอากาศภายในและภายนอก (infiltration heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากการรั่วไหลของอากาศผ่านการรั่วซึมจากรอยต่อของผนัง หรือประตูหน้าต่าง

6.4 การระบายอากาศ (ventilation heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดการระบายอากาศจากพัดลมดูดอากาศ

6.5 ความร้อนจากระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ (lighting heat gain) เป็นภาระความร้อนที่เกิดจากผลทางอ้อมของดวงไฟที่นอกจากจะให้แสงสว่างแล้ว ยังให้ความร้อนออกมาอีกด้วย

6.6 ความร้อนจากระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า (equipment heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากเครื่องไฟฟ้าบางชนิด ที่จะผลิตความร้อนออกมาด้วยในขณะที่ทำงาน

6.7 ความร้อนจากผู้ใช้อาคาร (occupant heat gain) เป็นความร้อนที่เกิดจากร่างกายคนที่ใช้อาคารจะผลิตความร้อนออกมา 2 ชนิดคือ ความร้อนที่รู้สึกได้ (sensible heat gain) และ ความร้อนแฝง (latent heat gain)

7. สำรวจปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับระบบปรับอากาศ โดยใช้อุปกรณ์แอมป์มิเตอร์ ตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่เครื่อง Chiller ของระบบปรับอากาศ ณ ช่วงเวลาที่เครื่องปรับอากาศทำงานอย่างเต็มที่

3.1.2.2. สำรวจข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

1. สำรวจ ชนิด ขนาด และ ปริมาณดวงไฟ และดวงโคม

2. สำรวจปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ตรวจสอบได้โดยอาศัยการคำนวณ โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้งานตามการใช้งานจริงของอาคาร

3.1.2.3. สำรวจข้อมูลระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในอาคาร

1. สำรวจ ชนิด ขนาด และ ปริมาณอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

2. สำรวจปริมาณพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้กับระบบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ตรวจสอบได้โดยอาศัยการคำนวณ โดยกำหนดระยะเวลาที่ใช้งานตามการใช้งานจริง

3.1.2.4. สำรวจข้อมูลระบบเครื่องกลในอาคาร

1. สำรวจ ชนิด ขนาด และ ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในระบบลิฟท์

3.1.2.5. **สำรวจข้อมูลการใช้พลังงานที่ผ่านมาของอาคาร**

1.ชนิดของพลังงานที่ใช้กับอาคารสำรวจว่าพลังงานชนิดใดที่ถูกใช้ในอาคาร เช่น พลังไฟฟ้า พลังงานน้ำมัน เป็นต้น

2. ปริมาณของพลังงานที่ใช้มากที่สุดหรือน้อยที่สุด สำรวจปริมาณของพลังงานที่ถูกใช้ และใช้ไปกับระบบใดมากที่สุด

3. ราคา ของพลังงาน สำรวจค่าใช้จ่ายที่ใช้ไปกับค่าพลังงาน

4. ช่วงเวลาการใช้พลังงานที่มากที่สุด

3.1.3. **สำรวจและเก็บข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อการควบคุมระดับสภาวะน่าสบาย**

ระดับสภาวะน่าสบายในอาคาร มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารด้วย โดยเฉพาะกับระบบเครื่องปรับอากาศ ตัวแปรที่มีผลต่อการควบคุมระดับสภาวะน่าสบาย มีอยู่ 6 ตัวแปร คือ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิในอากาศ ความเร็วลม อุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย เสื้อผ้าและ กิจกรรมของผู้ใช้อาคาร (เสื้อผ้าเป็นตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ จึงจะไม่นำมาร่วมในการสำรวจวิจัยในครั้งนี้)

3.1.3.1. **สำรวจข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์**(RH.)

ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์วัดค่าได้โดยการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการบันทึกค่า ทั้งภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

3.1.3.2. **สำรวจข้อมูลอุณหภูมิอากาศ** (air temperature)

ข้อมูลอุณหภูมิอากาศวัดค่าได้โดยการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการบันทึกค่า ทั้งภายในอาคาร และภายนอกอาคาร

3.1.3.3. **สำรวจข้อมูลความเร็วลม** (air velocity)

ข้อมูลความเร็วลมวัดค่าได้โดยการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการบันทึกค่า วัดเฉพาะภายในอาคาร

3.1.3.4. **สำรวจข้อมูลอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ย** (MRT)

ข้อมูลอุณหภูมิการแผ่รังสีเฉลี่ยวัดค่าได้โดยการใช้อุปกรณ์เครื่องมือในการบันทึกค่า Globe Temperature ภายในอาคาร และค่าอุณหภูมิผิวผนังภายในอาคาร แล้วนำมาคำนวณหาค่า MRT

3.1.3.5. **สำรวจลักษณะของกิจกรรมของผู้ใช้อาคาร**

ข้อมูลกิจกรรมของผู้ใช้อาคารสำรวจได้โดยการสำรวจจากลักษณะทั่ว ๆ ไปของผู้ใช้อาคาร และหาเป็นค่าเฉลี่ยจากข้อกำหนดตามมาตรฐาน ASHRAE

3.1.3.6 **วิธีการเก็บข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อระดับสภาวะน่าสบาย**

1. การเลือกห้องตัวแทนเพื่อบันทึกข้อมูล เนื่องจากอาคารกรณีศึกษาที่จะทำการวิจัยในครั้งนี้เป็นอาคารขนาดใหญ่ แบ่งเป็นห้องต่าง ๆ มากมาย การจะเข้าไปบันทึกข้อมูลในทุกห้องจึงเป็นไปได้ยากและไม่จำเป็นด้วย ดังนั้น จึงต้องเลือกตัวแทนของกลุ่มห้องเพื่อเข้าไปเก็บข้อมูล โดยมีเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาเลือกห้องตัวแทน ดังนี้

1.1. ลักษณะการปรับอากาศภายในห้อง แบ่งออกเป็นห้องที่ปรับอากาศและห้องที่ไม่ปรับอากาศ

1.2. ลักษณะผนังห้องภายนอกแบ่งออกเป็นห้องผนังทึบ (ห้องผนังทึบหมายถึงห้องที่มีผนังภายนอกเป็นผนังทึบมากกว่า 50% ขึ้นไปและมีหน้าต่างกระจกประกอบอยู่ด้วย)และห้องผนังกระจก(ห้องผนังกระจกหมายถึงห้องที่มีผนังภายนอกเป็นผนังกระจกทั้งหมด 100%)

1.3. ตำแหน่งและทิศทางของห้อง แบ่งออกเป็นห้องที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ (E/S) และห้องที่ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (W/N)

จากเกณฑ์นี้ จึงสามารถพิจารณาเลือกห้องตัวแทนได้ดังตารางต่อไปนี้

อาคารวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์					
ห้องที่ติดเครื่องปรับอากาศ				ห้องที่ไม่ติดเครื่องปรับอากาศ	
ผนังทึบ (ผนังทึบมากกว่า 50 %)		ผนังกระจก (ผนังกระจกทั้งหมด)		ผนังทึบ (ผนังทึบมากกว่า 50 %)	
E/S	W/N	E/S	W/N	E/S	W/N
กลุ่ม 1 ห้องในชั้น 1 /3 /4 / 5	กลุ่ม 2 ห้องในชั้น 1 / 5	กลุ่ม 3 ห้องในชั้น 2	กลุ่ม 4 ห้องในชั้น 2 /3 /4	กลุ่ม 5 ห้องในชั้น 6 / 7	กลุ่ม 6 ห้องในชั้น 6 / 7
เลือกห้องตัวแทน 1ห้องจากแต่ละกลุ่ม ทั้งหมดต้องเก็บข้อมูล 6 ห้อง					

ตารางที่ 3.1 เกณฑ์ในการเลือกห้องตัวแทนของอาคารเพื่อเก็บข้อมูล

2. วิธีการบันทึกค่า และเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ข้อมูลของตัวแปรที่มีผลต่อระดับสภาวะน่าสบาย ที่จะต้องทำการบันทึก มีดังนี้

2.1. ความชื้นสัมพันธ์ (RH) บันทึกค่าภายในห้อง 1 จุด และบันทึกค่านอกอาคาร 1 จุด (โดยที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีแสงอาทิตย์) เครื่องมือที่ใช้คือ Hygro-thermometer และ Hobo data locker

2.2. อุณหภูมิอากาศ (Ta) บันทึกค่าภายในห้อง 1 จุด และบันทึกค่านอกอาคาร 1 จุด (โดยที่ไม่ได้รับผลกระทบจากรังสีแสงอาทิตย์) เครื่องมือที่ใช้คือ Hygro-thermometer และ Hobo data locker

2.3. ความเร็วลมภายในห้อง (V) บันทึกค่าภายในห้อง 1 จุด เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องวัดความเร็วลม Solomet 500 e

2.4. Globe Temperature (Tg) บันทึกค่าภายในห้อง 1 จุด เครื่องมือที่ใช้ คือ Globe Thermometer

2.5. อุณหภูมิผิวผนัง (Ts) บันทึกค่าที่ผิวผนังทุกด้าน รวมทั้งอุณหภูมิที่ผิวฝ้าเพดานและผิวพื้นด้วย รวมทั้งหมด 6 จุด โดยในแต่ละจุดที่วัดนั้นจะต้องไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงจาก รังสีแสงอาทิตย์และแรงลมจากเครื่องปรับอากาศด้วย เครื่องมือที่ใช้ คือ เครื่องวัดอุณหภูมิผิว Solomet 500 e

3. เวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ใช้เวลาในการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1. กลุ่มห้องที่มีระบบปรับอากาศ การบันทึกในกลุ่มนี้ใช้เวลา 4 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลในช่วงเวลาทำงานปกติ จะเริ่มเก็บก่อนเปิดเครื่องปรับอากาศ 1 ชั่วโมง และเก็บจนกระทั่งหลังปิดเครื่องปรับอากาศ 2 ชั่วโมง วันที่เก็บจะเริ่มตั้งแต่วันอาทิตย์ จนถึง วันพุธ วันอาทิตย์เก็บข้อมูลเพื่อตรวจสอบสภาพอุณหภูมิที่มีการสะสมความร้อนมาในช่วงวันเสาร์อาทิตย์ที่ไม่มีการเปิดเครื่องปรับอากาศ ข้อมูลที่บันทึกในวันจันทร์ อังคาร วันพุธ เพื่อตรวจสอบสภาพอุณหภูมิในวันทำงานปกติ ในกลุ่มห้องที่มีระบบปรับอากาศนี้ มีทั้งหมด 4 ห้อง จะทำการบันทึก ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น.เวลา 4วัน อาทิตย์, จันทร์ , อังคาร , พุธ (สัปดาห์ที่ 1)
กลุ่มที่ 2 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น.เวลา 4วัน อาทิตย์, จันทร์ , อังคาร , พุธ (สัปดาห์ที่ 2)
กลุ่มที่ 3 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น.เวลา 4วัน อาทิตย์, จันทร์ , อังคาร , พุธ (สัปดาห์ที่ 3)
กลุ่มที่ 4 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น.เวลา 4วัน อาทิตย์, จันทร์ , อังคาร , พุธ (สัปดาห์ที่ 4)

3.2. กลุ่มห้องที่ไม่มีระบบปรับอากาศ มีทั้งหมด 2 กลุ่ม

กลุ่มที่ 5 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น. เวลา 2 วัน พฤหัส , ศุกร์ (สัปดาห์ที่ 5)
กลุ่มที่ 6 เก็บข้อมูลเวลา 8.00 – 18.00 น. เวลา 2 วัน พฤหัส , ศุกร์ (สัปดาห์ที่ 6)

3.1.4. สำรวจและเก็บข้อมูลตัวแปรที่มีผลต่อระบบแสงสว่างในอาคาร

3.1.4.1. สำรวจข้อมูลระบบแสงธรรมชาติ

การสำรวจการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาตินั้น แบ่งข้อมูลออกได้ ดังนี้

1. องค์ประกอบภายนอกอาคาร เป็นส่วนประกอบของอาคารที่มีผลกับแสงธรรมชาติก่อนที่จะส่องผ่านเข้ามาในอาคาร ส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

1.1. แผงกันแดดอาคาร (shading device) เป็นการสำรวจประสิทธิภาพในการป้องกันแสงแดดของแผงกันแดดอาคาร โดยอาศัยตารางแสดงมุมโปรไฟล์ และมุมอซิมุธ ซึ่งแสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์สำหรับเส้นรุ่งที่ 16 องศาเหนือ (จ. พิษณุโลก) และแผนภูมิแสดงการเคลื่อนที่ และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิดในทิศทางต่าง ๆ (sun – chart diagram)

1.2. คุณสมบัติของวัสดุช่องเปิดหรือช่องแสงเป็นองค์ประกอบสำคัญในการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้โดยการยอมให้แสงผ่านวัสดุที่เป็นช่องเปิดในที่นี้ คือ กระจก การสำรวจคุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่ คุณสมบัติการยอมให้แสงส่องผ่าน (transmission) การสำรวจใช้การวัดค่าจริงในอาคารจริงในตำแหน่งที่ต้องการ การตรวจสอบวัด หลายตำแหน่ง และนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนของวัสดุชนิดเดียวกันทั้งอาคารได้ โดยอาศัยเครื่องมือวัดแสง (lux Meter) วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบวัสดุเทียบกับปริมาณแสงที่สองผ่านระนาบวัสดุ นั้น ๆ ในทิศทางระนาบและ ระดับเดียวกัน และสรุปค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของวัสดุ

2. องค์ประกอบภายในอาคาร เมื่อแสงส่องผ่านช่องเปิดเข้ามายังพื้นที่ภายในอาคารแล้ว องค์ประกอบต่าง ๆ ที่อยู่ภายในอาคาร จะมีผลทำให้ปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามานั้น มีการกระจายแสงมากขึ้นหรือลดลง โดยพิจารณาในส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1. การจัดพื้นที่ใช้สอยภายใน สำรวจตำแหน่งของห้อง การกั้นผนังแบ่งส่วนใช้สอยภายใน การใช้งานจริงเพื่อพิจารณาตำแหน่งและการนำประโยชน์จากแสงธรรมชาติมาใช้

2.2. คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร มีวัสดุหลาย ๆ ส่วนภายในอาคารที่มีผลกับแสงธรรมชาติ เช่น วัสดุพื้น วัสดุผนัง ฝ้าเพดาน ตลอดจนเครื่องใช้ภายในอาคารต่าง ๆ การตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุเหล่านี้ ต้องตรวจสอบในเรื่องต่าง ๆ ได้แก่ คุณสมบัติในการส่องผ่านของวัสดุ (transmission) ในกรณีที่วัสดุเป็นวัสดุโปร่งแสง เช่น กระจก การสำรวจใช้วิธีการเดียวกับการตรวจสอบในคุณสมบัติของช่องเปิดที่เป็นองค์ประกอบภายนอก นอกจากนี้ต้องตรวจสอบคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของวัสดุ (reflection) การตรวจสอบใช้การวัดค่าจริงในอาคารจริงที่ตำแหน่งที่ต้องการ วัดหลายตำแหน่ง และนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อหาค่าที่สามารถเป็นตัวแทน วัสดุชนิดเดียวกันทั้งอาคารได้ โดยใช้เครื่องมือวัดแสง วัดปริมาณแสงที่ตกกระทบบนระนาบวัสดุเทียบกับปริมาณแสงที่สะท้อนจากวัสดุนั้น ๆ ในตำแหน่ง และระนาบ ระดับเดียวกัน และสรุปผลเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสง

3. การสำรวจปริมาณการกระจายแสงธรรมชาติภายในอาคาร (daylight distribution) เป็นการตรวจสอบแสงธรรมชาติภายในอาคารที่เกิดขึ้นจากองค์ประกอบภายนอก และภายในอาคาร เพื่อต้องการทราบปริมาณของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาในอาคาร การวัดปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามานั้น จะต้องทำการวัดค่า ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ของพื้นที่ในแต่ละด้าน แต่ละชั้น โดยใช้การเลือกกลุ่มห้องตัวแทนในการวัดค่าปริมาณแสง เป็นตัวแทนของทั้งอาคาร โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณาเลือกตำแหน่งตัวแทนเพื่อวัดปริมาณแสงดังนี้

3.1. วัดปริมาณแสงในทุกชั้น ยกเว้นชั้นที่มีลักษณะเหมือนกันและเป็นชั้นที่อยู่ติดกัน

3.2. วัดปริมาณแสงในอาคาร เฉพาะด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (E/S) และ ด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (W/N) เนื่องจากพื้นที่อาคารในด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือและด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นโถงบันได และห้องน้ำ ซึ่งมีแสงพอเพียงอยู่แล้ว

3.3. วัดปริมาณแสง จากห้องที่เป็นตัวแทนของห้องในแต่ละชั้นแต่ละด้านโดยห้องตัวแทนต้องมีลักษณะร่วมเหมือนกับห้องส่วนใหญ่ในกลุ่ม

3.4. จากเกณฑ์ข้างต้นสามารถเลือกตำแหน่งของห้องตัวแทนที่จะวัดปริมาณแสงได้ 10 ตำแหน่ง ดังนี้

ชั้นที่ 1	ตำแหน่งที่ 1 ในห้องเจ้าหน้าที่ธุรการ	ด้านทิศ E/S
	ตำแหน่งที่ 2 ในห้องเจ้าหน้าที่ธุรการ	ด้านทิศ W/N
ชั้นที่ 2	ตำแหน่งที่ 3 ในห้องพักอาจารย์	ด้านทิศ E/S
	ตำแหน่งที่ 4 ในห้องพักอาจารย์	ด้านทิศ W/N
ชั้นที่ 3	ตำแหน่งที่ 5 ในห้องพักอาจารย์	ด้านทิศ E/S
	ตำแหน่งที่ 6 ในห้องพักอาจารย์	ด้านทิศ W/N
ชั้นที่ 4	ลักษณะเหมือนกับ ชั้นที่ 3 จึงใช้ชั้น 3 เป็นตัวแทน	
ชั้นที่ 5	ตำแหน่งที่ 7 ในห้องเรียนคอมพิวเตอร์	ด้านทิศ E/S
	ตำแหน่งที่ 8 ในห้องเรียนคอมพิวเตอร์	ด้านทิศ W/N
ชั้นที่ 6	ตำแหน่งที่ 9 ในห้องเรียนและปฏิบัติการเขียนแบบ	ด้านทิศ E/S
	ตำแหน่งที่ 10 ในห้องเรียนและปฏิบัติการเขียนแบบ	ด้านทิศ W/N
ชั้นที่ 7	ลักษณะเหมือนกับชั้นที่ 6 จึงใช้ชั้น 6 เป็นตัวแทน	

4. วิธีการวัดปริมาณแสงธรรมชาติ มีวิธีการวัดแสงธรรมชาติ ดังนี้

4.1. วัดปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ ภายนอกอาคาร โดยไม่รวมแสงแดด ที่ตำแหน่งภายนอกอาคารโดยวัดบริเวณกึ่งกลางของความกว้างของช่องเปิดของพื้นที่ ที่ต้องการวัดโดยวัดห่างจากช่องเปิดออกไปประมาณ 1.50 เมตร ในแต่ละตำแหน่ง หรือ ห่างออกไปให้พ้นชายคาหรือกันสาด

4.2. วัดปริมาณความสว่างภายในอาคารจากแสงธรรมชาติเป็นระยะจากตำแหน่งช่องเปิดถัดเข้าไปยังพื้นที่ภายในที่ต้องการระยะห่างแต่ละจุด 1.50 เมตร การวัดแสงในแต่ละจุดจะมีการวัดค่าความสว่างภายนอกด้วยทุกครั้ง

4.3. ระดับความสูงของตำแหน่งที่วัด วัดที่ระดับความสูง 0.75 เมตร ซึ่งเป็นระดับของระนาบการทำงาน (work plane) โดยอาศัยอุปกรณ์ในการจับยึดให้เครื่องมือวัดแสงอยู่ในระดับคงที่

4.4. การเก็บค่าระดับความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ นั้นเก็บข้อมูลเป็นอัตราส่วนค่าประสิทธิภาพของแสงสว่างธรรมชาติ (daylight factor) เพื่อเป็นเกณฑ์ในการหาค่าความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้าสู่พื้นที่ภายในอาคาร ซึ่งหากสามารถทราบค่าความสว่างภายนอก ณ ช่วงเวลาใด ๆ ก็จะสามารถทราบค่าความสว่างภายในอาคารที่ตำแหน่งต่าง ๆ โดยอาศัยค่า Daylight Factor ณ ช่วงเวลานั้นได้

5. เวลาที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล วัดปริมาณแสงสว่าง การบันทึกข้อมูลนี้ใช้เวลา 2 วัน ตามสภาพท้องฟ้า (sky condition) ดังนี้

5.1 Over cast sky บันทึกข้อมูลปริมาณแสงสว่างธรรมชาติในวันที่สภาพท้องฟ้าปกคลุมด้วยเมฆจนมองไม่เห็นดวงอาทิตย์ ใน 1 วันนี้วัดปริมาณแสงทั้ง 10 ตำแหน่ง

5.2 Clear sky บันทึกข้อมูลปริมาณแสงสว่างธรรมชาติในวันที่สภาพท้องฟ้าโปร่งใสไม่มีเมฆปกคลุม ใน 1 วันนี้วัดปริมาณแสงทั้ง 10 ตำแหน่ง

การวัดปริมาณแสงตามสภาพท้องฟ้านี้ไม่สามารถกำหนดวันเวลาที่แน่นอนได้ ต้องรอจังหวะให้สภาพท้องฟ้าเป็นไปตามที่ต้องการจึงจะลงมือทำงานได้ เมื่อวัดปริมาณแสงได้ตามเงื่อนไขทั้ง 2 วัน แล้วจึงนำมาหาค่า D.F. เฉลี่ยของแต่ละจุดต่อไป

3.1.4.2. **สำรวจข้อมูลระบบแสงประดิษฐ์ในอาคาร**

แสงประดิษฐ์จัดเป็นการให้แสงสว่างที่ควบคุมได้ ทั้งในด้านปริมาณความสว่างของแสงและคุณภาพของแสง เพื่อให้พื้นที่ที่ใช้งานมีค่าความสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด การพิจารณาแสงประดิษฐ์ภายในอาคารครั้งนี้ จะพิจารณาในเชิงปริมาณเพื่อให้ระดับความส่องสว่างของพื้นที่ใช้งานอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ตลอดจนพิจารณาความสัมพันธ์ของการให้แสงประดิษฐ์ภายในอาคาร กับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ร่วมกัน ซึ่งจะช่วยให้ลดการใช้พลังงานที่ใช้ในแสงประดิษฐ์ โดยยังคงมีค่าระดับความสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด แยกการพิจารณาได้ดังนี้

1. สำรวจปริมาณดวงโคมแสงประดิษฐ์ โดยการตรวจสอบ นับปริมาณจำนวนและรายละเอียดของดวงโคมดังนี้

1.1 ชนิดของดวงโคม และชนิดของโคมไฟในอาคาร

1.2. ปริมาณแสง (ลูเมน) ที่เปล่งออกจากดวงโคม และค่าพลังงานที่ใช้ของดวงโคม (ปริมาณวัตต์ของหลอดไฟ) โดยอาศัยข้อมูลของผู้ผลิต ในการเก็บข้อมูลจะพิจารณาเป็นค่าประสิทธิภาพของแสง ซึ่งเป็นอัตราส่วนของปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิด ส่วนด้วยพลังงานที่ใช้เพื่อให้แหล่งกำเนิดเปล่งแสง (ลูเมนต่อวัตต์)

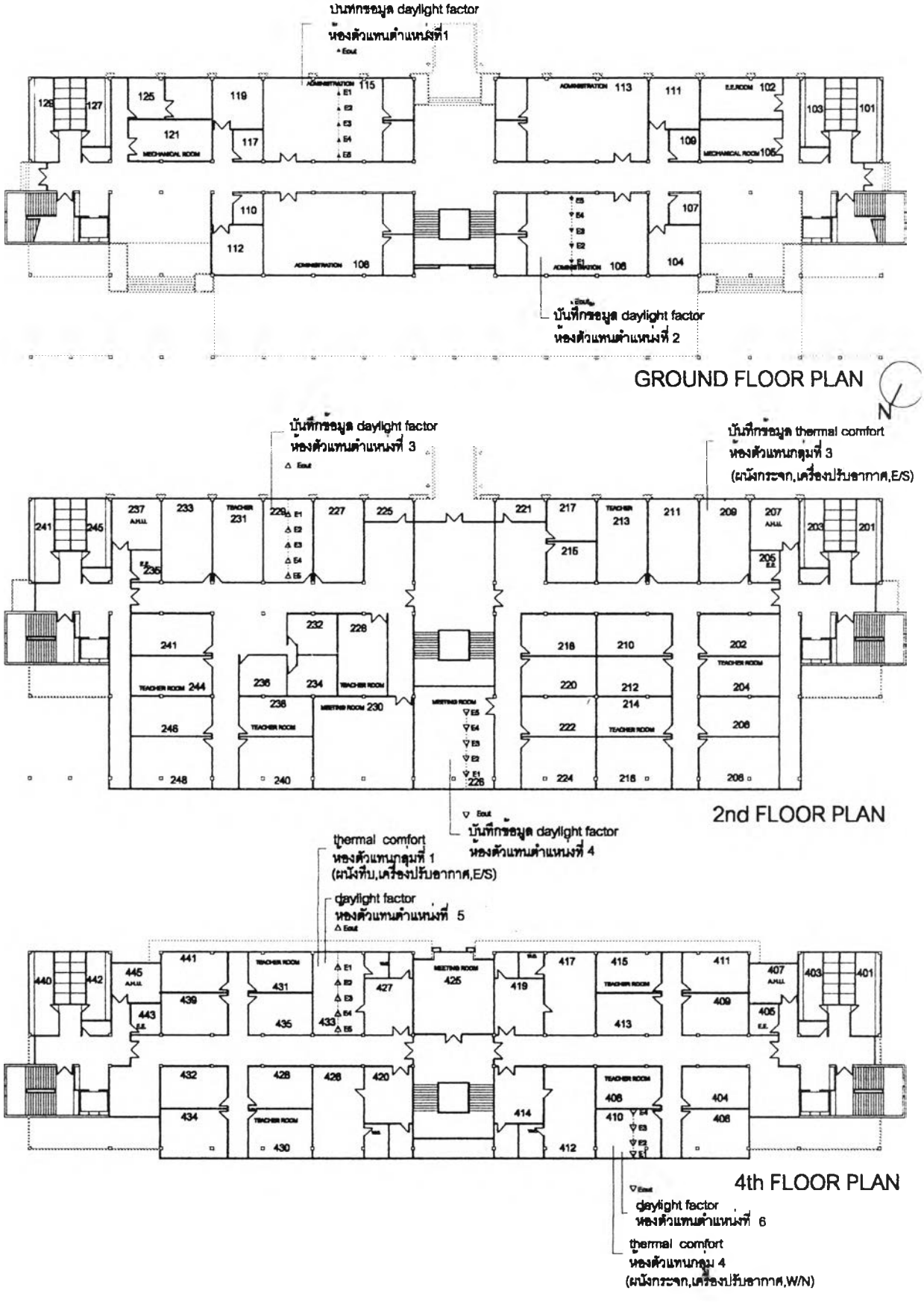
1.3. อุปกรณ์ประกอบของดวงโคม เช่น บัลลาสต์

2. สำรวจการจัดวงจรการเปิดปิด ของดวงโคมต่างๆ ในแต่ละพื้นที่การใช้งานภายในอาคาร ความเหมาะสมในการแยกวงจร การใช้งานเปิดปิดไฟภายในอาคารจริง และพิจารณาความสัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติ ที่ส่องผ่านเข้ามายังพื้นที่ใช้งานในอาคารเพื่อช่วยลดการใช้แสงประดิษฐ์ในช่วงเวลาที่พื้นที่การใช้งานนั้นๆ มีความสว่างจากแสงธรรมชาติพอเพียง

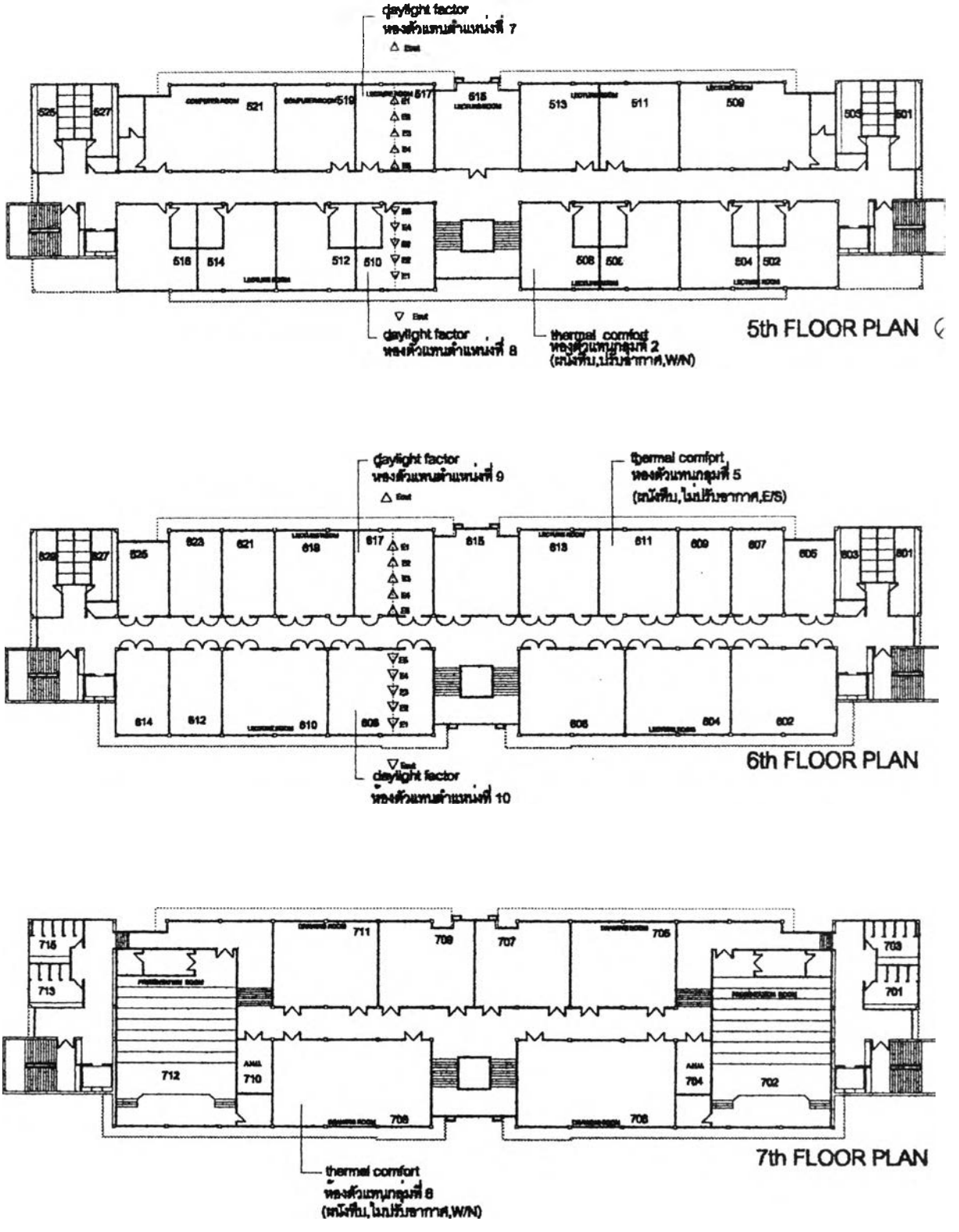
3. สำรวจตำแหน่งที่ติดตั้งของดวงโคม ในอาคาร ในด้านความเหมาะสม และความสัมพันธ์ของการกำหนดตำแหน่ง ของดวงโคม กับพื้นที่การใช้งาน

4. สำรวจค่าระดับความส่องสว่างของแสงภายในอาคาร อันเนื่องมาจากการให้แสงประดิษฐ์ และ การให้แสงธรรมชาติ เพื่อต้องการทราบปริมาณความส่องสว่างของแต่ละพื้นที่ ว่าการทำงานในช่วงเวลากลางวัน มีปริมาณแสงเพิ่มขึ้นเท่าใด และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ การตรวจสอบโดยการวัดจริงใช้เครื่องวัดแสง วัดตามจุดต่างๆเหมือนกับในการวัดแสงธรรมชาติที่เคยกล่าวถึงไว้แล้ว แต่มีการเปิดไฟประดิษฐ์เพิ่มขึ้นอีก และพิจารณาความสัมพันธ์ของการให้แสงประดิษฐ์ภายในว่ามีความสัมพันธ์กับแสงธรรมชาติเหมาะสมแล้วหรือไม่

5. สำรวจค่าความส่องสว่างของแสงประดิษฐ์ในอาคารอย่างเดียว เพื่อต้องการทราบว่าปริมาณความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ และ ต้องการทราบประสิทธิภาพของแสงประดิษฐ์ว่าอยู่ในเกณฑ์ใด การตรวจสอบในการวัดจริง ใช้เครื่องมือจัดแสงวัดในเวลากลางคืนโดยการเปิดไฟแสงประดิษฐ์ทั้งหมดในพื้นที่ ที่ต้องการวัดจริง



รูปที่ 3.1 ผังอาคารชั้น1,ชั้น2,ชั้น4 แสดงตำแหน่งห้องตัวแทนสำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรในด้านต่างๆ



รูปที่ 3.2 ผังอาคารชั้น5,ชั้น6,ชั้น7 แสดงตำแหน่งห้องตัวแทนสำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรในด้านต่างๆ

3.2 การประเมินและวิเคราะห์ปัจจัยในด้านการใช้พลังงานรวมของอาคาร

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้ในข้อ 3.1. นั้น นำข้อมูลที่รวบรวมไว้ทั้งหมด มาทำการประเมิน และวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียตามสภาพอาคารที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาที่เกิดขึ้นให้ชัดเจน โดยแยกการประเมินออกเป็นระบบต่างๆ ดังนี้

3.2.1. **ประเมินการใช้พลังงานรวมทั้งอาคาร** (energy consumption)

ทำการประเมินว่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดถูกใช้ไปกับระบบใดบ้างเป็นปริมานเท่าใดในแต่ละระบบนั้นๆ โดยการสำรวจเก็บข้อมูลจากอาคารจริงและการจำลองสภาพในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DOE 2.1. D นำข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดเข้าไปจำลองในโปรแกรม และ พยายามปรับข้อมูลในโปรแกรม ให้มีผลรวมของการใช้พลังงานใกล้เคียงกับอาคารจริงมากที่สุด เพื่อใช้เป็นตัวแทนของอาคารจริงเป็นสภาพอาคารที่ถูกจำลองไว้ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3.2.2. **ประเมินระดับสภาวะน่าสบาย** (thermal comfort)

ประเมินค่าระดับสภาวะน่าสบายทางอุณหภูมิของอาคารทั้งในส่วนที่ปรับอากาศและไม่ปรับอากาศ โดยพิจารณาจากค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้อง รวมทั้งค่าอุณหภูมิเฉลี่ยพื้นผิวโดยรอบ ซึ่งจะเป็นค่าที่นำมาใช้ประเมินว่าสภาพภายในห้องตัวแทนของกลุ่มที่ทำการศึกษานั้นอยู่ในระดับสภาวะน่าสบายหรือไม่

3.2.3 **ประเมินระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์**

โดยใช้ค่า Daylight Factor ที่ได้จากการวัดแสงธรรมชาติ รวมทั้งค่ามาตรฐานความส่องสว่างของ CIE. และ IES. พร้อมทั้งตรวจสอบว่าความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

3.2.4. **ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร**

ประเมินค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร (OTTV) และค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร (RTTV) โดยการคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนทั้ง 2 ค่า แล้วนำมาตรวจสอบเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดตามกฎกระทรวง

3.3 เสนอแนวทางการปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา เพื่อประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน

แนวทางในการปรับปรุงอาคารนี้ เกิดขึ้นจากการประเมินและวิเคราะห์อาคารพร้อมทั้งทราบปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนแล้ว จึงจะสามารถเสนอแนวทางในการปรับปรุงอาคารได้ สมมติฐานที่เป็นแนวทางหลักๆในการปรับปรุงอาคารมีดังนี้

3.3.1. **แนวทางในการป้องกันความร้อนผ่านเปลือกอาคาร**

เป็นแนวทางในการป้องกันความร้อนผ่านเปลือกหุ้มอาคารทางผนังและหลังคา

3.3.2. **แนวทางในการควบคุมการรั่วไหลและการระบายอากาศ**

เป็นแนวทางในการควบคุมการรั่วไหลของอากาศโดยไม่ได้ตั้งใจจากรอยรั่วประตูหน้าต่างของอาคารและการเปิดปิดประตูเข้าออกจากห้องปรับอากาศ

3.3.3. **แนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่าง**

เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบแสงสว่างทั้งจากแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร รวมทั้งแนวทางในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ร่วมกับแสงประดิษฐ์ในอาคารด้วย

3.3.4. **แนวทางในการปรับปรุงระดับสภาวะน่าสบาย**

เป็นแนวทางในการปรับปรุงสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร เพื่อช่วยปรับระดับอุณหภูมิในอาคารให้อยู่ใกล้เคียงกับระดับสภาวะน่าสบาย

3.4 **ประเมินผลแนวทางการปรับปรุงอาคาร**

เมื่อทราบแนวทางในการปรับปรุงอาคารที่ชัดเจนแล้ว นำแนวทางในการปรับปรุงนั้นมาประเมินผลอีกครั้งว่า เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับอาคารจริงมากน้อยเพียงใดโดยการประเมินผล ซึ่งจะแยกออกเป็น 2 แนวทางหลักๆ คือ

3.4.1. **ประเมินผลในเชิงเทคนิค**

ประเมินผลในเชิงเทคนิค โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการดำเนินการและพิจารณาทางด้านการลดปริมาณการใช้พลังงานในอาคาร โดยใช้การจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (computer simulation)

3.4.2. **ประเมินผลในเชิงเศรษฐศาสตร์**

ประเมินผลในเชิงเศรษฐศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการคำนวณระยะเวลาคืนทุน (discount payback period) และมูลค่าการสะสมของอาคาร (net present value) ที่ระยะเวลาในแต่ละปี เปรียบเทียบกับค่าพลังงานไฟฟ้าที่สามารถลดได้ในแต่ละแนวทาง

3.5 **สรุปผลแผนการดำเนินการที่เหมาะสมในการนำไปปรับปรุงอาคารกรณีศึกษา**

เมื่อประเมินผลแนวทางในการปรับปรุงอาคารในทุกๆแนวทางแล้ว จึงทำการสรุปผลแผนการที่เหมาะสมในหลายๆด้าน ทั้งในเชิงเทคนิค และเชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปปรับปรุงอาคารต่อไป พร้อมทั้งข้อเสนอแนะและข้อจำกัดในการนำไปใช้งานจริง

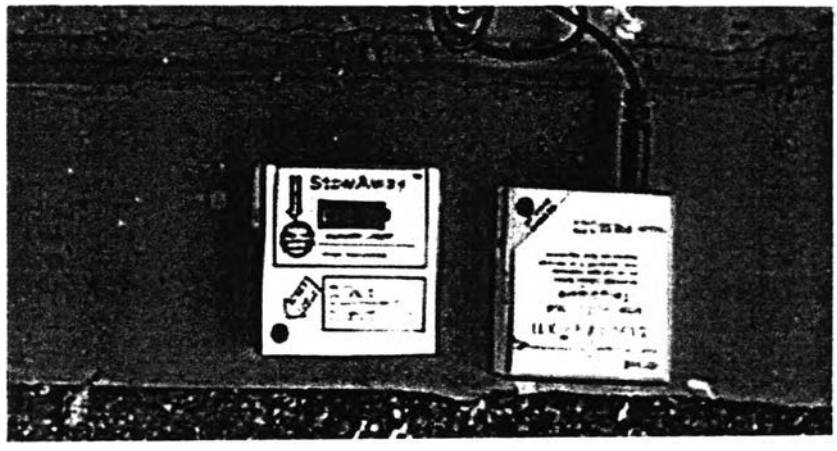
3.6 **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีการสำรวจและเก็บข้อมูลจากอาคารในด้านต่างๆมากมาย จึงต้องมีเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานหลายชนิด โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.6.1. **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลอาคาร**

3.6.1.1. Hobo Data Logger

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยมีหัวsensor สำหรับอ่านค่า แล้วบันทึกข้อมูลไว้ในกล่องเก็บ โดยอัตโนมัติ การสั่งงานและการอ่านค่าต้องใช้ร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สั่งงานโดยเฉพาะ (box car pro) สามารถเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดได้ ตั้งแต่ ทุกวินาที ทุกนาที ทุกชั่วโมง การเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้อุปกรณ์ Hobo Data Logger ทั้งหมด 8 เครื่อง(ใช้เป็นชุดอุปกรณ์หลัก) โดยแบ่งเป็นอุณหภูมิ 4 เครื่องและความชื้นสัมพัทธ์ 4 เครื่อง ทั้งหมดได้รับการเปรียบเทียบค่าให้ตรงกันแล้วจากบริษัทผู้ผลิต และเมื่อนำมาทดสอบโดยนำมาตั้งค่าวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์พร้อมๆกันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกันในห้องปรับอากาศ พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันไม่เกิน 1 %



รูปที่ 3.3 Hobo Data Logger

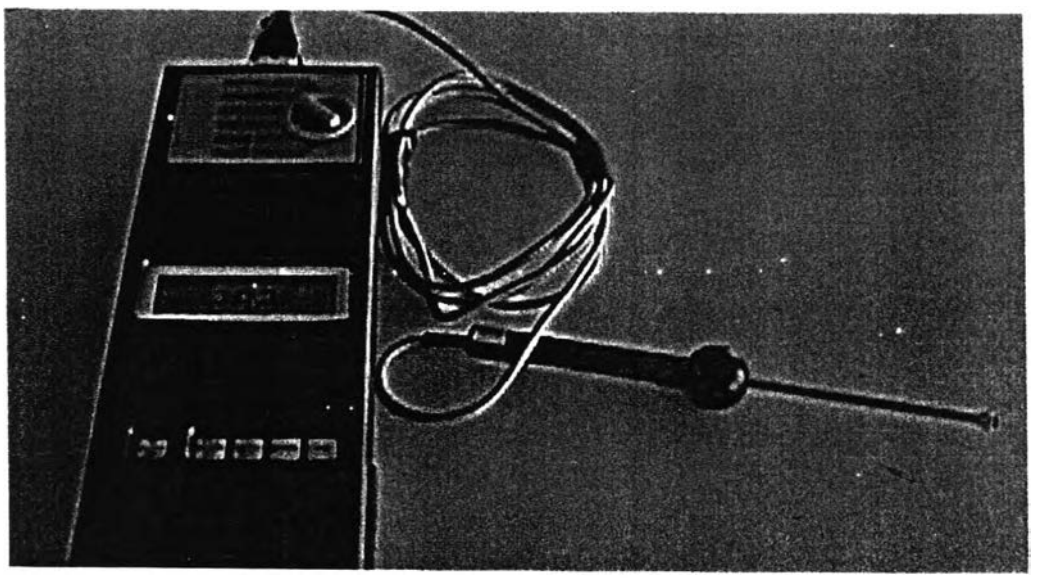
3.6.1.2. Digital Hygro-thermometer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดได้ทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ อ่านค่าและจะแสดงผลขึ้นบนจอเครื่อง ผู้วัดต้องทำการจดบันทึกข้อมูลด้วยตัวเอง การเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ Digital Hygro-thermometer จำนวน 2 เครื่อง โดยทำการเปรียบเทียบหาตัวประกอบมาคูณเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับชุดอุปกรณ์หลัก Hobo Data Logger มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3.4 Digital Hygro-thermometer

3.6.1.3. Solomet **รุ่น** 500 e **สำหรับวัดอุณหภูมิผิว**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิผิว มีหัว sensor ที่เป็น Thremocouple ต่ออุปกรณ์อ่านค่า การนำไปใช้งานให้นำหัว sensor แตะที่ผิววัสดุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ รอจนค่าอุณหภูมิที่แสดงบนจอคงที่ จึงอ่านค่าและบันทึกไว้ การเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ Solomet รุ่น 500 e สำหรับวัดอุณหภูมิผิว จำนวน 1 เครื่อง โดยทำการเปรียบเทียบหาตัวประกอบมาคูณเพื่อให้ได้ค่าใกล้เคียงกับชุดอุปกรณ์หลัก Hobo Data Logger มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.5 Solomet **รุ่น** 500 e **สำหรับวัดอุณหภูมิผิว**

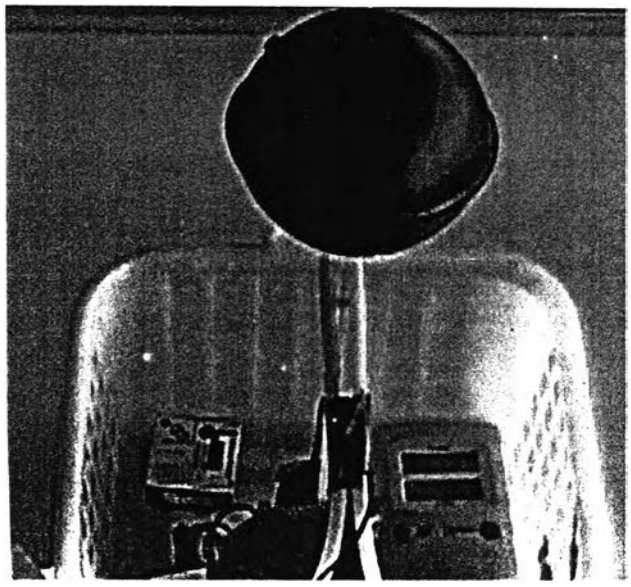
3.6.1.4. Solomet **รุ่น** 500 e **สำหรับวัดความเร็วลมภายในอาคาร**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดความเร็วลม มีหัว sensor ที่เป็น Thremister ขนาดเล็กเมื่อมีลมพัดผ่านหัว sensor จะทำให้อุณหภูมิลดลง เครื่องจะสั่งงานให้จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปเพื่อรักษาอุณหภูมิของ Thremisterไว้ให้คงที่ จึงทำให้สามารถคำนวณค่าความเร็วลมที่พัดผ่านหัว sensorได้ ค่าความเร็วลมจะแสดงขึ้นบนจอเครื่อง ผู้วัดต้องทำการจดบันทึกข้อมูลด้วยตัวเอง หน่วยที่วัดได้จะแสดงเป็นค่าความเร็วลมเมตรต่อวินาที

รูปที่ 3.6 Solomet **รุ่น** 500 e **สำหรับวัดความเร็วลมภายในอาคาร**

3.6.1.5. Globe-thermometer

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในห้องที่ได้รับอิทธิพลจากการแผ่รังสีของผิววัสดุโดยรอบจากสภาพสิ่งแวดล้อมภายในห้อง และจากแรงลมที่พัดอยู่ในห้องด้วย เป็นอุปกรณ์ที่ทำขึ้นจากลูกทองแดงกลวงเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 15 ซม. นำมาเจาะรูแล้วใช้เทอร์โมมิเตอร์ (ซึ่งได้เปรียบเทียบค่าให้ใกล้เคียงกับชุดอุปกรณ์หลัก Hobo Data Loggerแล้ว) สอดเข้าไปตรงกลางลูกทองแดงแล้วอุดรอยต่อด้วยซิลิโคน การเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้ใช้อุปกรณ์ Globe -thermometer จำนวน 4 ชุด ผู้วัดต้องทำอ่านค่าจดบันทึกข้อมูลด้วยตัวเอง



รูปที่ 3.7 Globe-thermometer

3.6.1.6. **เครื่องวัดแสง**

เครื่องมือวัดแสงที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ใช้ทั้งหมด 2 เครื่อง คือเครื่องที่ใช้สำหรับวัดแสงภายในอาคาร และสำหรับวัดแสงภายนอก ต้องใช้เครื่องวัดแสงพร้อมกันทั้งภายในและภายนอกอาคาร เพื่อนำมาคำนวณหาค่า Daylight Factor เครื่องที่ใช้วัดแสงภายในคือเครื่อง ลักซ์มิเตอร์ มีช่วงการวัดค่าระหว่าง 200-50,000 ลักซ์ สำหรับเครื่องที่ใช้วัดแสงภายนอกใช้เครื่อง มินอลต้า โครมามิเตอร์ มีช่วงการวัดค่าระหว่าง 10-200,000 ลักซ์

รูปที่ 3.8**เครื่องวัดแสง**

I19522629

3.6.2 เครื่องมือที่ใช้ในการจำลองสภาพอาคารใน โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมที่ใช้เป็นหลักในการจำลองสภาพอาคารในงานวิจัยครั้งนี้คือ โปรแกรม DOE2.1D ซึ่งเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้จำลองสภาพอาคารที่ต้องการทราบรูปแบบการใช้พลังงานในอาคารโดยเฉพาะ สมามารถใช้ทดสอบได้ทั้งกับอาคารที่กำลังออกแบบและอาคารเก่าที่สร้างเสร็จและมีการใช้งานไปแล้ว เพื่อดูลักษณะการใช้งานของอาคารในด้านการใช้พลังงานว่ามีรูปแบบการใช้งานอย่างไร โปรแกรมสามารถรายงานผลออกมาได้หลายรูปแบบ บอกได้ทั้งค่าพลังงานรวมในอาคารทั้งหมด พลังงานในส่วนระบบปรับอากาศ พลังงานในส่วนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง หรือในส่วนอื่นๆแล้วแต่การป้อนข้อมูลของผู้ใช้โปรแกรม ตลอดจนสามารถรายงานได้ละเอียดถึงในระดับรายชั่วโมง รายวัน รายเดือนหรือรายปี ดังนั้นการตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคารที่จำลองสภาพในโปรแกรมนี้ จึงสามารถตรวจสอบได้อย่างละเอียด ทำให้ทราบปัญหาและหาวิธีแก้ปัญหาได้อย่างใกล้เคียง แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการป้อนข้อมูลด้วย โปรแกรมต้องการรายละเอียดของข้อมูลอาคารจำนวนมาก และวิธีในการป้อนข้อมูลก็ค่อนข้างยุ่งยากต้องอาศัยความชำนาญและระยะเวลาในการทำงานมาก จึงเหมาะสำหรับใช้ในงานศึกษาวิจัยที่ต้องการความถูกต้องสูง มากกว่านำไปใช้ในการออกแบบอาคารเบื้องต้น การป้อนข้อมูลในโปรแกรมประกอบด้วยส่วนหลัก 5 ส่วนคือ

1. BDL (building description language processor) เป็นส่วนที่ใช้ปรับเปลี่ยนข้อมูลที่ผู้ใช้ INPUT เข้าไปด้วยภาษาปกติง่ายๆ โปรแกรมจะปรับให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้เพื่อนำมาคำนวณตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่ในอาคาร และวิเคราะห์ความสำคัญของตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในอาคาร

2. LOADS (loads simulation subprogram) เป็นการเขียนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมนำไปคำนวณหาองค์ประกอบต่างๆของอาคารเพื่อวิเคราะห์ปริมาณความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง รวมทั้งความต้องการการใช้พลังงานในอาคาร ทั้งภาระในการทำความเย็น (cooling load)หรือภาระในการทำความร้อน (heating load) ในแต่ละพื้นที่ที่จัดแบ่งไว้ ชุดคำสั่งนี้มีความสัมพันธ์กับภูมิอากาศ ตำแหน่งและข้อมูลด้านรังสีดวงอาทิตย์ ตารางการใช้งานอาคาร ผู้ใช้งานในอาคาร ระบบแสงสว่าง ระบบอุปกรณ์ในอาคาร รวมทั้งการรั่วไหลอากาศ

3. SYSTEMS (secondary HVAC systems simulations subprogram) เป็นการเขียนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมนำไปคำนวณประเมินหาความต้องการที่เกี่ยวกับงานในระบบปรับอากาศ การควบคุมระบบ HVAC ในอาคาร ชั่วโมงการใช้งานในระบบปรับอากาศ ตลอดจนปริมาณพลังงานที่ต้องใช้ในระบบปรับอากาศ

4. PLANT (primary HVAC systems simulations subprogram) เป็นการเขียนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมนำไปจำลองสภาพการใช้งานในส่วนอุปกรณ์ต่างๆในระบบ HVAC เช่น Boiler ,Chiller ,Turbine เป็นต้น ซึ่งจะนำไปคำนวณหาปริมาณพลังงานในรูปแบบต่างๆที่ใช้ในอาคาร เช่น น้ำมันเชื้อเพลิง ก๊าซ หรือพลังงานแสงอาทิตย์ เป็นต้น

5. ECONOMICS (economic analysis subprogram) เป็นการเขียนข้อมูล เพื่อให้โปรแกรมนำไปคำนวณหางบประมาณที่ต้องใช้ไปกับค่าพลังงานในอาคาร