การใช้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร

มาลินี ศรีสุวรรณ

บทนำ

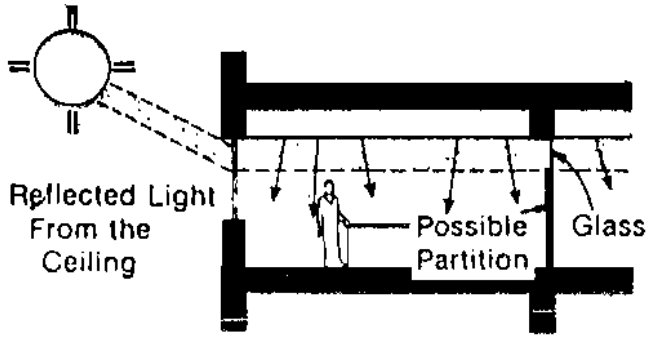
การใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างในอาคาร เป็นวิธีการที่สำคัญวิธีหนึ่งในการประหยัดภาระกรรมพลังงาน (energy load) ในอาคาร แสงธรรมชาติเป็นแหล่งของการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพและประหยัดทางด้านเศรษฐกิจ ในสมัยโบราณก่อนที่จะมีการนำไฟฟ้ามาใช้ในอาคาร แสงธรรมชาติเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบอาคาร หลังจากที่มีการนำไฟฟ้าและระบบปรับอากาศมาใช้ในอาคาร การออกแบบส่วนใหญ่จะไม่คำนึงถึงการใช้แสงธรรมชาติ เนื่องจากการใช้แสงไฟฟ้ามีความสะดวกและแน่นอนกว่าแสงธรรมชาติ ทั้งสามารถใช้ได้ในทุกส่วนของอาคาร จากวิกฤติการณ์ในเรื่องน้ำมันเมื่อ ค.ศ. 1973 ทำให้เกิดการศึกษาค้นคว้าและตรวจสอบในเรื่องการประหยัดพลังงานในด้านต่าง ๆ การใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างในอาคารร่วมกับแสงไฟฟ้าเป็นวิธีการที่สำคัญที่สุดวิธีหนึ่งในการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้า เพื่อประหยัดพลังงานทั้งหมดในอาคาร โดยเฉพาะในอาคารสำนักงานและอาคารพาณิชยกรรม บทความนี้จะเป็นการนำเสนอเรื่องราวเกี่ยวกับ

1. แสงสว่างธรรมชาติ
2. การประมาณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคาร และ
3. กรณีศึกษาเกี่ยวกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร

1. แสงสว่างธรรมชาติ

แสงธรรมชาติที่ใช้ในการให้ความสว่างในอาคาร ได้แก่ แสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแสงที่ได้รับจากดวงอาทิตย์นี้ประกอบด้วยแสงอาทิตย์โดยตรง (direct beam sunlight) และแสงที่กระจายจากท้องฟ้า (diffuse light or daylight) แสงทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างในเรื่องความเข้มของแสงตามเวลามาก ในการนำแสงทั้งสองชนิดนี้มาใช้ในการให้ความสว่างในอาคาร มีเรื่องที่จะต้องพิจารณาประกอบหลายเรื่องเพื่อให้ได้แสงสว่างที่มีคุณภาพและเหมาะสม

1.1 แสงอาทิตย์โดยตรง (direct beam sunlight) แสงอาทิตย์โดยตรงไม่ควรนำมาใช้ในการให้แสงสว่างโดยตรง เนื่องจากความเข้มของแสงอยู่ในระดับที่สูงมาก โดยทั่วไปแสงอาทิตย์โดยตรงจะให้ความส่องสว่างในระนาบนอนเกิน 100,000 ลักส์ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหามากในเรื่องของแสงที่เข้าตา (glare) ถ้าไม่มีการควบคุมในเรื่องการให้แสงสว่างที่ถูกต้อง ได้มีการออกแบบใช้ลำแสงอาทิตย์โดยตรงในการให้แสงสว่างในอาคาร โดยการควบคุมการสะท้อนรังสีแสงโดยตรงจากมูลี่สะท้อนแสงสีเงิน ซึ่งติดไว้ที่หน้าต่างส่วนบน (ภาพที่ 1) รังสีสะท้อนนี้จะสะท้อนแสงไปสู่ผ้าเพดานในห้องได้ลึกประมาณ 10 ถึง 15 เมตร และผ้าเพดานจะทำหน้าที่เป็นตัวกระจายแสงสะท้อนนี้ไปสู่ส่วนในของห้องต่อไป อาคารที่ออกแบบโดยการใช้เทคนิคนี้ในการให้แสงสว่าง ได้แก่ อาคาร Tennessee Valley Authority ในสหรัฐอเมริกา

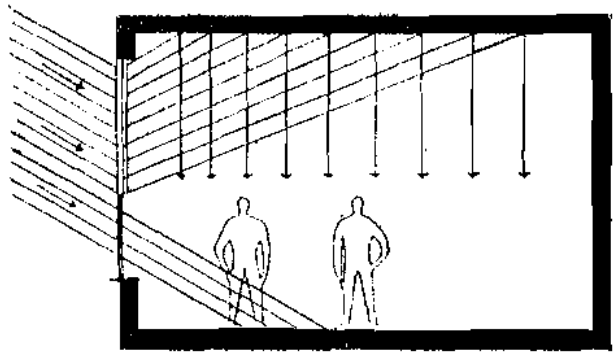


ภาพที่ 1 รูปตัดตามขวางแสดงตำแหน่งและการใช้ลำแสงอาทิตย์ในการให้แสงสว่างในอาคาร

นอกจากวิธีดังกล่าวแล้วก็ยังมีการใช้บล็อคแก้วปริซึม เป็นตัวรับลำแสงอาทิตย์โดยตรง โดยใช้ปริซึมไว้ด้านในของบล็อคแก้วเป็นตัวรับลำแสงอาทิตย์และให้ส่องขึ้นด้านบนผ้าเพดานภายในห้องแล้วกระจายแสงลงสู่ห้อง การให้แสงในลักษณะนี้จะเป็นการกระจายแสงที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 2)

การใช้วิธีการทั้งสองแบบนี้ถึงแม้จะได้ผลในเรื่องคุณภาพของแสง แต่การควบคุมการสะท้อนของแสงเมื่อมุมของดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงนั้นเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายสูง ฉะนั้นในการใช้ลำแสงอาทิตย์โดยตรงในการให้แสงสว่างอาคารจึงไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากต้องใช้เทคนิคสูงและราคาแพง

1.2 แสงที่กระจายจากท้องฟ้า (diffuse light or daylight) แสงที่กระจายจากท้องฟ้าเป็นแสงธรรมชาติที่เหมาะสมในการให้แสงสว่างในอาคาร แต่ในการใช้แสงนี้มีเรื่องที่ต้องศึกษา



ภาพที่ 2 รูปตัดตามขวางแสดงการใช้เลือดแก้วปริซึมเพื่อให้การกระจายแสงที่สม่ำเสมอ

ที่มา ภาพที่ 1, 2 : R.K. Rao : "Availability and Prediction of Daylight" เอกสารประกอบการสัมมนา Lighting Design, National University of Singapore, 1984 หน้า 2, 3

เกี่ยวกับปริมาณของแสง ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และสภาวะในบรรยากาศซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามวัน เวลา และฤดูกาล ในการออกแบบโดยการใช้แสงนี้ พิจารณาจากประเภทสภาพของท้องฟ้าในที่นั้น ๆ ซึ่งสภาพของท้องฟ้านั้นแบ่งเป็น สภาพท้องฟ้ามืดมน (overcast sky) ท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) และท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (partly cloudy sky or intermediate sky) แสงสว่างจากท้องฟ้าและแสงที่ได้รับในแนวราบนั้นจะแตกต่างกันในสภาพท้องฟ้าที่ต่างกัน ปริมาณของแสงสว่างที่เข้าสู่หน้าต่างของอาคารขึ้นอยู่กับแสงสว่างที่ได้รับจากสภาพท้องฟ้าแต่ละประเภท

1.2.1 ท้องฟ้ามืดมน (overcast sky) เป็นสภาพท้องฟ้าในแถบยุโรป ในการออกแบบให้แสงสว่างธรรมชาตินี้ ความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ (horizon) จะมีค่าเป็นหนึ่งในสามส่วนของด้านตั้งฉาก (zenith)[1] ฉะนั้นแสงสว่างที่เข้าสู่หน้าต่างในด้านต่างๆ ของอาคารจะมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากความแตกต่างของมุมในแนวนอนนั้นไม่จำเป็นต้องใช้ ในการให้แสงสว่างในอาคารนั้นจะคิดค่าแสงสว่างในแนวนอนที่ได้รับ 80 หรือ 90 เปอร์เซ็นต์ของชั่วโมงการทำงานทั้งปี ซึ่งในสหราชอาณาจักรอังกฤษซึ่งมีสภาพท้องฟ้ามืดมนนี้จะมีค่าประมาณ 5,000 ลักซ์[2] ค่า luminous efficacy สำหรับสภาพท้องฟ้านี้ประมาณ 115 lumen/watt[3]

1.2.2 ท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) มีพื้นที่หลายส่วนบนพื้นโลก ซึ่งมีสภาพท้องฟ้าที่แจ่มใสหรือมีเมฆปกคลุมบางส่วน การกระจายแสงของท้องฟ้าแจ่มใสนี้จะแตกต่างจากสภาพท้องฟ้ามืดมนมาก ความสว่างของท้องฟ้าในวัน

ที่อากาศแจ่มใสจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์และปริมาณของฝุ่นในบรรยากาศ โดยทั่วไปแล้วท้องฟ้าแจ่มใสจะมีแสงสว่างในแนวราบ (horizon) มากกว่าในแนวดั้งฉาก (zenith) ค่า luminous efficacy สำหรับท้องฟ้าแจ่มใสจะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 115 lumen/watt ถึง 134 lumen/watt ค่าเฉลี่ย 125 lumen/watt[4]

1.2.3 ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วนหรือท้องฟ้าระดับกลาง (partly cloudy or intermediate sky) สภาพท้องฟ้าชนิดนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในย่านเส้นศูนย์สูตร ซึ่งความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมีน้อย และท้องฟ้าจะมีเมฆปกคลุมบางส่วนเป็นประจำ ในการหาค่าการกระจายแสงของท้องฟ้าในลักษณะนี้ จะใช้วิธีเปรียบเทียบกับสภาพท้องฟ้ามืดมนและท้องฟ้าแจ่มใส

ในการหาค่าแสงสว่างจากท้องฟ้าเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องควรมีการเก็บข้อมูลโดยการวัดค่าความสว่างในท้องฟ้าอย่างน้อย 5 ปี ในแต่ละท้องที่เพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการใช้แสงธรรมชาติที่แท้จริงในท้องที่นั้น ๆ ในปัจจุบันนี้ข้อมูลส่วนใหญ่เกี่ยวกับดวงอาทิตย์ จะเป็นเรื่องเกี่ยวกับการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) มากกว่าเรื่องการส่องสว่างของดวงอาทิตย์ (solar beam) หรือความสว่างของท้องฟ้า ฉะนั้นการใช้ข้อมูลในเรื่องการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ทั้งรังสีตรงและกระจายเพื่อแปลงเป็นข้อมูลในเรื่องความส่องสว่างโดยการใช้ค่า luminous efficacy จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะหาข้อมูลสำหรับการหาค่าความส่องสว่างในท้องฟ้า

2. การประมาณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคาร

การประมาณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคาร มีวิธีการหลายอย่าง เช่น การใช้คอมพิวเตอร์, การใช้ตารางข้อมูลอ้างอิง, nomogram, ไม้วัดมุม, ท้องฟ้าจำลองและการใช้หุ่นจำลอง ซึ่งวิธีการทั้งหมดดังกล่าวต้องอาศัย Daylight Factor Method หรือ Lumen Method สำหรับวิธีแรกนั้นใช้มากในกลุ่มประเทศทางยุโรป ส่วนวิธีหลังใช้มากในประเทศสหรัฐอเมริกา วิธีทั้งสองนี้จะใช้ข้อมูลสถิติของ CIE สำหรับการกระจายแสงสว่างของท้องฟ้าสำหรับสภาพท้องฟ้าแจ่มใสและความสว่างในแนวราบจากท้องฟ้าที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง (unobstructed sky)

2.1 **Daylight Factor Method** วิธีการนี้เริ่มในเครือจักรภพอังกฤษ เพื่อหาค่าแสงสว่างธรรมชาติที่จุดใด ๆ ในห้องสำหรับสภาวะท้องฟ้ามาตรฐาน daylight factor คือค่าอัตราส่วนของความส่องสว่างที่ได้รับ ณ จุดใดจุดหนึ่งในอาคารต่อความส่องสว่างทางแนวราบจากท้องฟ้าที่ไม่มีสิ่งกีดขวางเป็นเปอร์เซ็นต์ (แสงอาทิตย์โดยตรงจะไม่ใช้สำหรับคิดค่าความส่องสว่างทั้งภายในและภายนอกอาคาร)

$$\text{daylight factor (D.F.)} = \frac{\text{ความส่องสว่างที่ได้รับ ณ จุดอ้างอิง}}{\text{ความส่องสว่างทางแนวราบนอกอาคาร}} \times 100$$

ค่าของ D.F. นี้ขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า, ขนาด, รูปร่าง, ตำแหน่งของหน้าต่าง, สิ่งกีดขวางภายนอกหน้าต่าง และการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในและภายนอก daylight factor นั้นประกอบด้วยองค์ประกอบของแสง 3 อย่างซึ่งกระจายเข้าสู่อาคารดังภาพ (ภาพที่ 3) แสงกระจายทั้ง 3 นั้นคือ

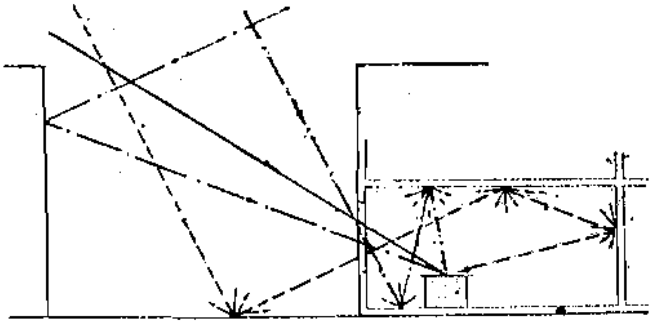
2.1.1 แสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง (sky component หรือ S.C.)

2.1.2 แสงที่ได้รับหลังจากการสะท้อนจากพื้น อาคาร หรือพื้นผิวอื่น ๆ ภายนอกอาคาร (Externally Reflected Component หรือ ERC)

2.1.3 แสงที่ได้รับ ณ จุดอ้างอิงหลังจากการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง (Internal Reflected Component หรือ IRC)

ในการคำนวณหาค่า D.F. นั้น จะต้องหาค่าองค์ประกอบของแสงกระจายทั้ง 3 นี้ แต่ละองค์ประกอบ แล้วจึงมารวมกันเป็นค่า D.F. ของแสงกระจายที่เข้าสู่อาคาร เพื่อหาค่าความส่องสว่างที่จุดอ้างอิง

$$\text{D.F.} = \text{S.C.} + \text{ERC} + \text{IRC}$$



ภาพที่ 3 ลักษณะการเข้าสู่อาคารของแสงกระจายทั้ง 3 ชนิด

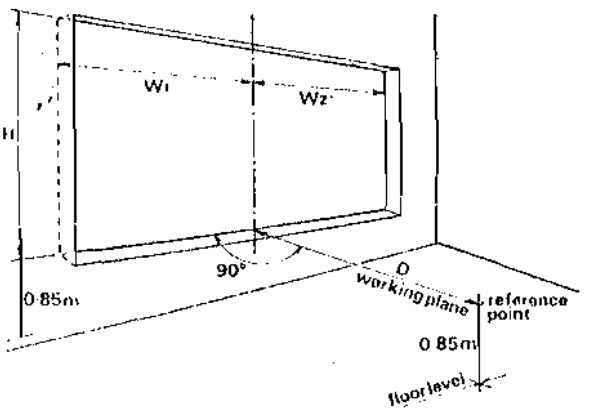
ที่มา : Building Research Establishment : "Estimating daylight in Building--1" Digest No. 41, New Edition 1970, หน้า 3

2.1.1 แสงกระจายที่ได้รับจากท้องฟ้าโดยตรง (sky component หรือ S.C.)

ในการหาค่าของ S.C. นี้ ถ้าไม่ใช้วิธีการคำนวณจะสามารถหาค่า S.C. ได้ดังนี้

2.1.1.1 การหาค่า S.C. จากการอ่านค่าจากตารางโดยตรง โดยใช้ Reference Daylight Tables สิ่งที่จะต้องทราบในการใช้ตารางนี้คือ ความสูงของส่วนหน้าต่าง : ระยะทางไปยังจุด

อ้างอิง (H : D) และความกว้างของหน้าต่าง : ระยะทางไปยังจุดอ้างอิง (ภาพที่ 4) ในการหาค่า S.C. ที่จุดอ้างอิงอื่น ๆ หาได้ด้วยการบวกหรือลบจากจุดอ้างอิงแรก



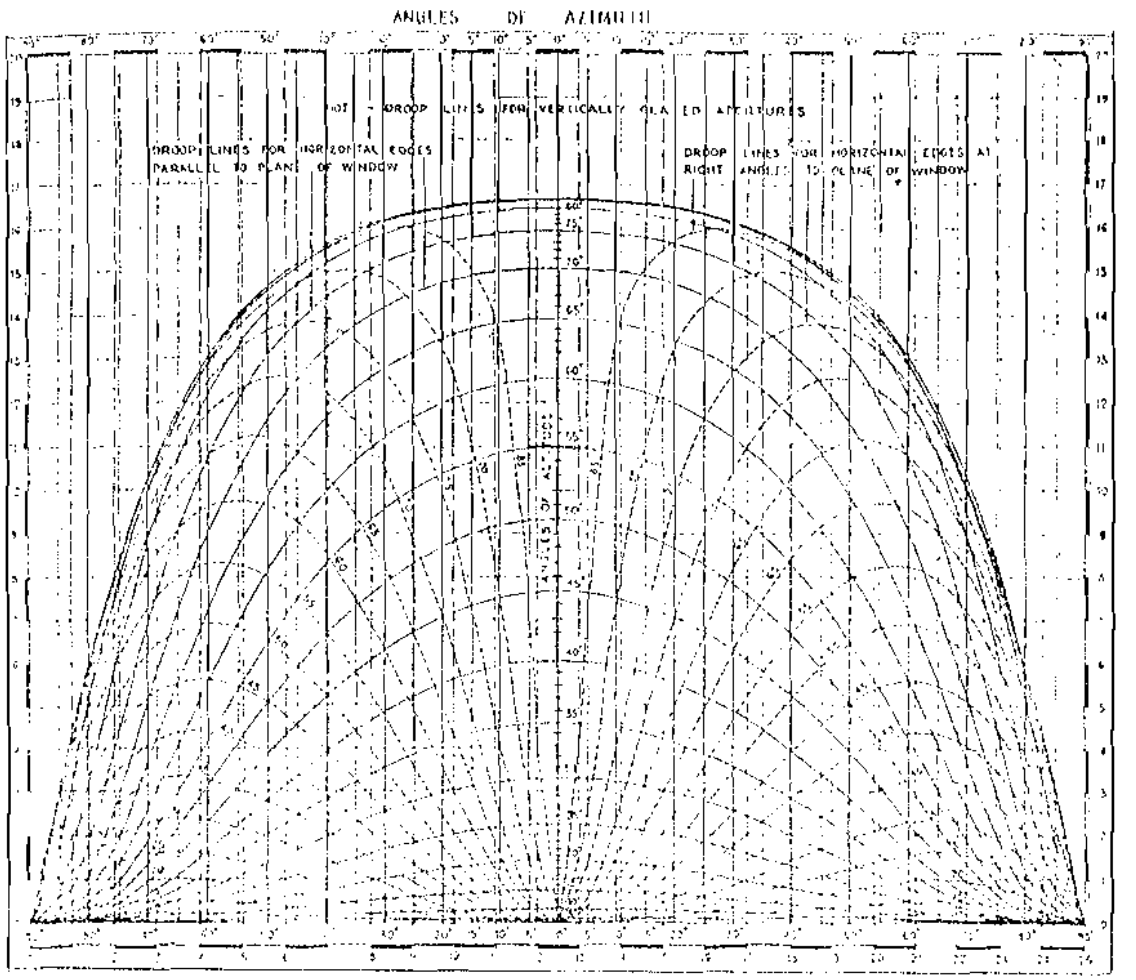
ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างหน้าต่างและระยะทางไปยังจุดอ้างอิงเพื่อใช้ในการอ่านค่า S.C. จาก Reference Daylight Tables

ที่มา : Building Research Establishment : "Estimating daylight in Building–1" Digest No. 41, New Edition 1970, หน้า 4

2.1.1.2 การหาค่า S.C. จากการใช้วิธีตาราง ซึ่งเรียกว่า Waldram Diagram (ภาพที่ 5) วิธีนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในการหาค่า S.C. ซึ่งมีสิ่งกีดขวางด้านนอก ซึ่งไม่เป็นแนวกับหน้าต่าง

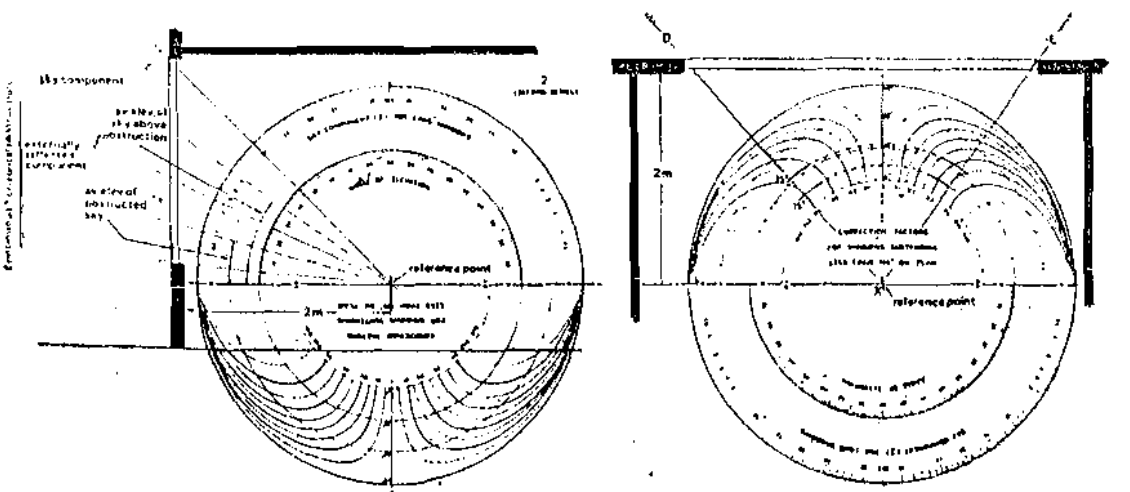
2.1.1.3 การหาค่า S.C. จาก Daylight Factor protractors (ภาพที่ 6) วิธีนี้เป็นวิธีที่นักออกแบบนิยมใช้ที่สุด เพราะสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้วิธีตาราง ถึงแม้ค่าที่ได้จะไม่ถูกต้อง 100% ในกรณีที่มีสิ่งกีดขวางซึ่งไม่เป็นแนวกับหน้าต่าง ค่าของ S.C. ที่ได้จากวิธีดังกล่าวนี้ใช้สำหรับ CIE overcast sky การนำมาใช้สำหรับสภาวะท้องฟ้าอื่น ๆ ต้องปรับตามลักษณะสภาพท้องฟ้าซึ่งสามารถทำได้โดยใช้หลักการเดียวกัน

ลักษณะของเส้น contour ทั่วไปของ S.C. สำหรับห้องที่มีหน้าต่างด้านเดียว (ภาพที่ 7) และหน้าต่างสองด้าน (ภาพที่ 8 – 9) ในห้องขนาด 20 ฟุต x 40 ฟุต โดยขอบหน้าต่างด้านล่างอยู่เหนือแนวทำงาน 2 ฟุต และขนาดหน้าต่าง 6 ฟุต x 3 ฟุต



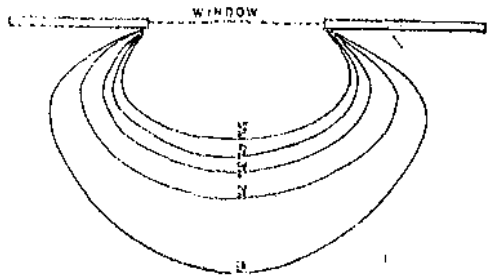
ภาพที่ 5 Waldram Diagram สำหรับสภาพท้องฟ้ามืดมน

ที่มา : Building Research Establishment : "Estimating daylight in Building–1" Digest No. 41, New Editon 1970, หน้า 6



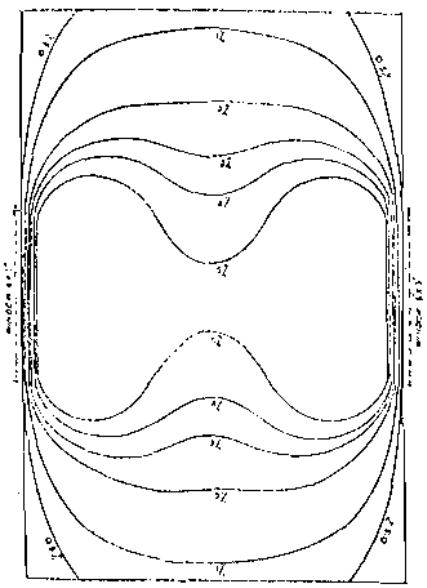
ภาพที่ 6 Daylight Factor protractor ที่ใช้หาค่า S.C. สำหรับสภาพท้องฟ้ามืดมน

ที่มา : Building Research Establishment : "Estimating Daylight in Building–1" Digest No. 41, New Edition 1970, หน้า 5



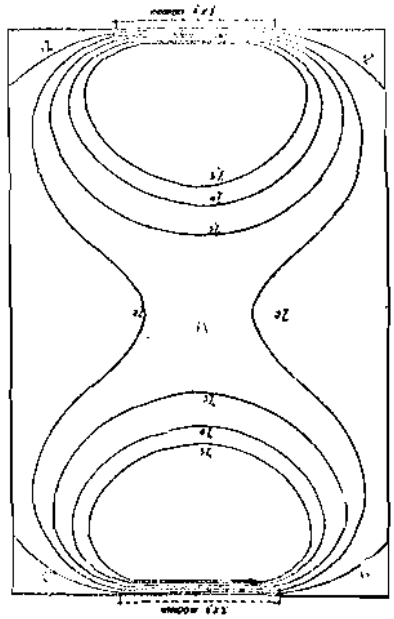
ภาพที่ 7 เส้น contour ของ S.C. สำหรับห้องที่มีหน้าต่างด้านเดียว

ที่มา : R.K. Rao : "Availability and Prediction of Daylight" เอกสารประกอบการสัมมนา Lighting Design, National University of Singapore, 1984, หน้า 14



ภาพที่ 8

เส้น contour ของ S.C. สำหรับห้องที่มีหน้าต่าง 2 ด้านอยู่ด้านยาวของห้อง



ภาพที่ 9

เส้น contour ของ S.C. สำหรับห้องที่มีหน้าต่าง 2 ด้านอยู่ด้านแคบของห้อง

ที่มา 8, 9 : R.K. Rao : "Availability and Prediction of Daylight" เอกสารประกอบการสัมมนา Lighting Design, National University of Singapore, 1984, หน้า 15, 16

2.1.2 แสงที่ได้รับหลังจากการสะท้อนจากพื้น อาคาร หรือพื้นผิวอื่น ๆ ภายนอกอาคาร (Externally Reflected Component หรือ ERC)

แสง ERC นี้สามารถคำนวณหาค่าได้โดยพิจารณาสิ่งกีดขวางภายนอกอาคารให้มีค่าแสงสว่างเป็นเศษส่วนของ S.C. ซึ่งในทางปฏิบัติค่าของ S.C. ซึ่งหาได้จากวิธีการใดวิธีหนึ่งดังกล่าวข้างต้น จะถูกแปลงเป็นค่าแสงสว่างที่ได้รับหลังจากการสะท้อนจากส่วนอื่นๆ ภายนอกอาคารโดยกำหนดให้ค่าความส่องสว่างของพื้นผิวที่กีดขวางมีค่าน้อยกว่าค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า ซึ่งค่าของความส่องสว่างของสิ่งกีดขวางนี้จะแปรเปลี่ยนไปเมื่อดวงอาทิตย์สูงขึ้น ในการคำนวณโดยทั่วไปสำหรับ uniform sky ถ้าไม่รู้ค่าที่แท้จริงของความส่องสว่างนี้ ให้ใช้ค่าความส่องสว่าง $\frac{1}{10}$ ของค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้า[5] การใช้ค่านี้จะแตกต่างกันตามสภาพท้องฟ้า ถ้าสภาพท้องฟ้ามืดมน ค่าความส่องสว่างนี้มีค่า $\frac{1}{5}$ ของค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของท้องฟ้า[6]

2.1.3 แสงที่ได้รับ ณ จุดอ้างอิงหลังจากการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง (Internally Reflected Component หรือ IRC)

แสงที่ได้รับ ณ จุดอ้างอิงหลังจากการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการสะท้อนแสงของกำแพง, ผ้าเพดาน, พื้นภายในห้อง และปริมาณของแสงที่ส่วนต่างๆ ดังกล่าวได้รับจากท้องฟ้า, สิ่งกีดขวาง และพื้นภายนอกอาคาร ในทางปฏิบัติ ปริมาณของแสงสะท้อนภายในห้องนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะห่างจากจุดอ้างอิงไปถึงหน้าต่าง โดยทั่วไปการประมาณหาค่าเฉลี่ยของ IRC นี้จะประมาณจากพื้นที่ส่วนใหญ่ของห้อง โดยใช้ค่าต่ำสุดที่จุดที่ไกลจากหน้าต่างมากที่สุด การคำนวณหาค่า IRC สำหรับการให้แสงทางด้านข้างสามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้[7]

$$IRC = \frac{0.85w}{A(1-R)} \times (CR_{fw} + 5.R_{cw})\ \%$$

W = พื้นที่หน้าต่าง

A = พื้นที่ทั้งหมดของผ้าเพดาน พื้น และกำแพง รวมทั้งพื้นที่หน้าต่าง

R = ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงของผ้าเพดาน พื้น และกำแพงทุกด้าน รวมทั้งหน้าต่างซึ่งมีค่าเป็นเศษส่วน

R_{fw} = ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงของพื้นและส่วนของกำแพงที่อยู่ใต้ระดับกึ่งกลางของความสูงของหน้าต่าง

R_{cw} = ค่าเฉลี่ยของการสะท้อนแสงของกำแพงซึ่งอยู่เหนือระดับกึ่งกลางของความสูงของหน้าต่าง (ไม่รวมกำแพงด้านหน้าต่าง)

C = ค่าสัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับสิ่งกีดขวางด้านนอกหน้าต่าง (ในกรณีที่ไม่มีสิ่งกีดขวางค่าของ C นี้ = 39 ค่าของ C นี้จะน้อยลงเมื่อมุมของสิ่ง

ก็ดชวางจากจุดกึ่งกลางของหน้าต่างน้อยลง)

นอกจากวิธีการคำนวณแล้ว สามารถหาค่าเฉลี่ยของ IRC โดยใช้ nomogram ซึ่งจัดทำโดย Building Research Station U.K. (ภาพที่ 10) ถ้าต้องการหาค่าต่ำสุดของ IRC ก็นำค่าเฉลี่ยที่หาได้จาก nomogram มาแปลงค่าจากตารางการแปลงค่าอีกครั้ง

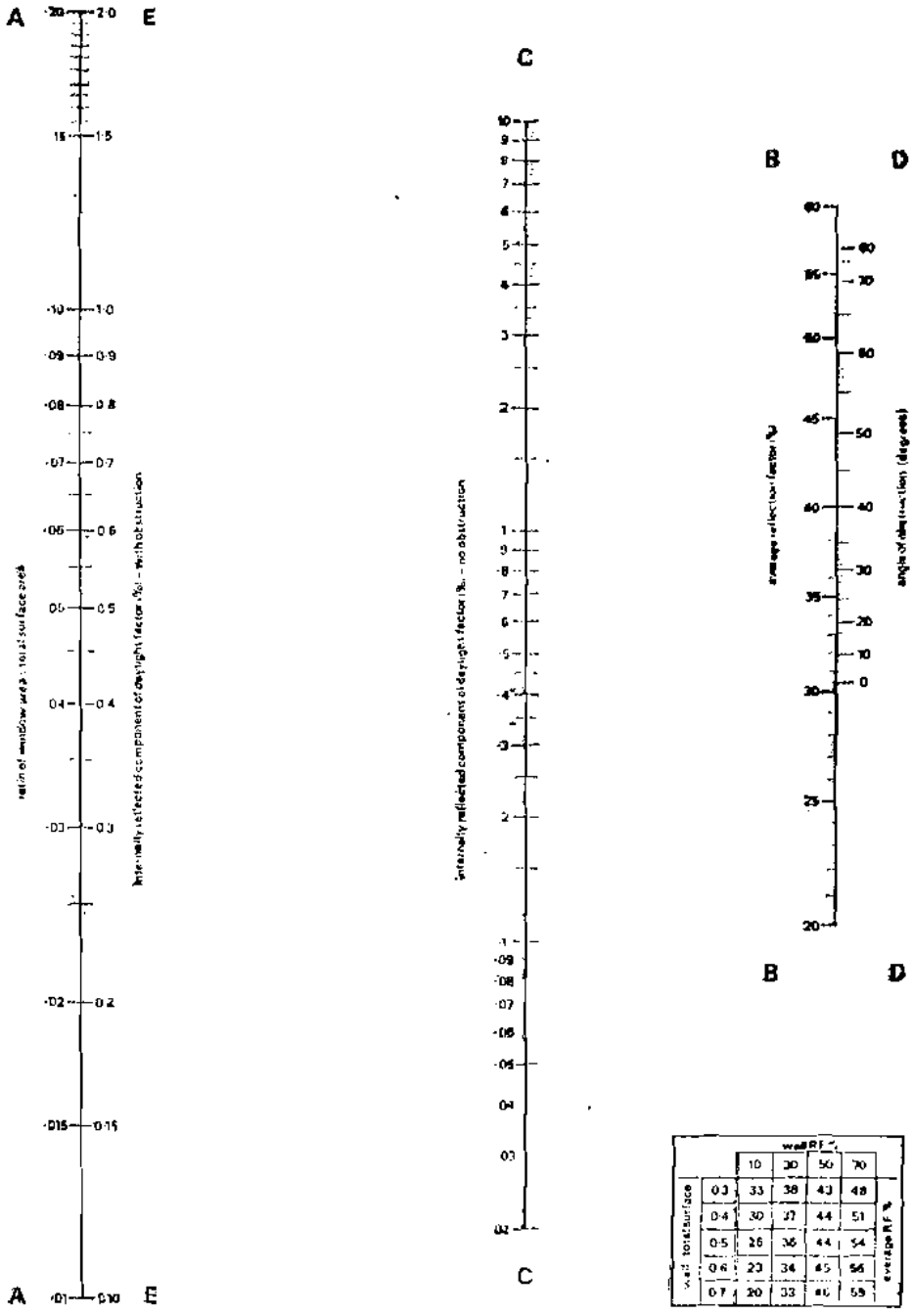
เมื่อหาค่า S.C., ERC และ IRC ได้แล้ว ก็นำค่าทั้งสามรวมกันเป็นค่า daylight factor ถ้าต้องการหาค่าความส่องสว่างที่จุดอ้างอิง ก็ใช้ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าในแนวราบคูณกับค่า daylight factor ที่จุดอ้างอิงนั้น

2.2 Lumen method การใช้ Lumen method นี้ ความส่องสว่างที่หน้าต่าง ซึ่งได้รับจากดวงอาทิตย์, ท้องฟ้า และการสะท้อนจากพื้นดินจะประมาณค่าไว้ก่อน ผลของการสะท้อนแสงจากแสงธรรมชาติภายในห้องจะนำมาพิจารณาโดยการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ (coefficients of utilisation) 2 ชุด ผลของการใช้ที่กันแดด เช่น การยื่นชายคานำมาพิจารณาโดยการใช้วิธี Equivalent Room ผังการส่องสว่างภายในห้องพิจารณาจากจุดที่กำหนด 3 จุด ตามแนวเส้นกลางห้องที่จุดห่างจากหน้าต่าง 5 ฟุต ที่จุดกลางห้อง และที่จุดห่างจากหลังห้อง 5 ฟุต วิธีนี้ได้มีการพัฒนาปรับปรุงโดย Illuminating Engineering Society (IES) ซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลายในสหรัฐอเมริกา

วิธีนี้ใช้ในการประเมินผลของการจัดหน้าต่างในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อหาค่าการใช้แสงธรรมชาติที่ให้ประโยชน์มากที่สุด มากกว่าการหาค่าเพียงให้ได้ค่าต่ำสุดที่ต้องการเท่านั้น แต่วิธีนี้ใช้ได้สำหรับการให้แสงสว่างทางด้านตั้ง (Vertical glazing) และใช้ได้กับรูปร่างของหน้าต่างบางชนิดเท่านั้น ข้อดีของวิธีนี้คือสามารถเปรียบเทียบการใช้พลังงานทั้งในด้าน HVAC และพลังงานไฟฟ้า ในการใช้กำแพงหน้าต่างหลายๆ แบบได้ ในการคำนวณด้วยวิธีนี้ ผลของการใช้กระจกชนิดต่างๆ การใช้ที่กันแดด, มู่ลี่, การยื่นชายคา, สภาพท้องฟ้าแจ่มใสและมืดมน รวมทั้งการแผ่รังสีโดยตรงจะรวมอยู่ในการคำนวณทั้งหมด ซึ่งทำให้สามารถประเมินผลในเรื่องการใช้พลังงานและการคุ้มทุนได้

ในการประมาณหาค่าแสงสว่างตามธรรมชาติโดยวิธีดังกล่าวนี้มีขั้นตอนซึ่งค่อนข้างยุ่งยาก ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในขั้นการออกแบบเริ่มแรก ซึ่งยังไม่มีการเขียนแบบขั้นสุดท้าย เพื่อใช้ประกอบการประเมินผลเกี่ยวกับค่าแสงสว่างตามธรรมชาติ ถึงแม้ค่าที่ได้จะเป็นค่าโดยประมาณแต่ก็สามารถใช้ในการประเมินผลได้

การทำหุ่นจำลองเพื่อหาค่าแสงสว่างตามธรรมชาติเป็นวิธีที่ได้ผลแน่นอนกว่า คือ สามารถประเมินผลได้ทั้งคุณภาพและปริมาณของแสง หุ่นจำลองนี้ควรมีขนาดใหญ่พอที่จะใช้วัดค่าความส่องสว่างภายใน โดยใช้เครื่องมือได้



Nomogram 1. Average internally reflected component of daylight factor

ภาพที่ 10 Nomogram ที่ใช้ในการหาค่าเฉลี่ยของ IRC ของ daylight factor

ที่มา : Building Research Establishment : Estimating daylight in Building—2, Digest No. 42, New Edition, 1970 หน้า 5

โดยทั่วไปควรใช้มาตราส่วน 1 : 20 ในการทำหุ่นจำลองนั้นนอกจากส่วนหน้าต่างแล้วส่วนกำแพงอื่น ๆ ควรใช้วัสดุที่ทึบต้น หุ่นจำลองนี้สามารถใช้ทดสอบได้ภายนอกอาคารภายใต้สภาพอากาศต่าง ๆ กัน หรือทดสอบภายใต้ท้องฟ้าจำลอง ซึ่งสามารถควบคุมสภาพอากาศและความส่องสว่างได้

ได้มีการทำคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำหรับการคำนวณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติหลายโปรแกรมโดยการใช้ daylight factor method และ lumen method โดยการใช้ระดับความส่องสว่างของ sky component และ reflected components ที่ตำแหน่งของจุดตัดกันของตารางในห้อง แต่การใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมนี้ยังไม่สามารถเข้าถึงรายละเอียดต่าง ๆ ทางด้านสถาปัตยกรรม รวมทั้งข้อมูลต่าง ๆ ของห้องซึ่งจะมีผลต่อรูปแบบการกระจายแสงภายในห้องได้

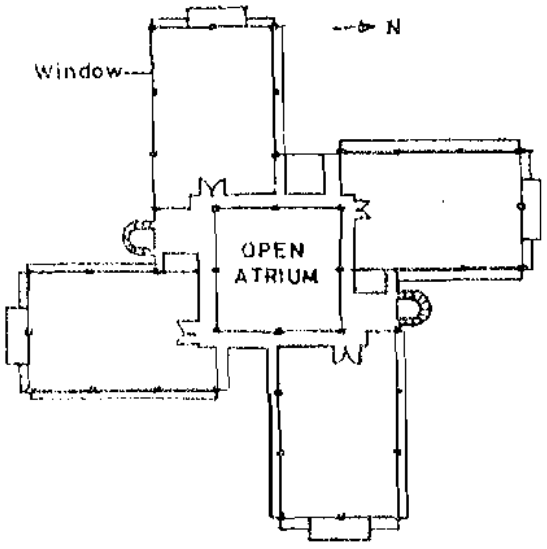
โดยสรุปแล้วการทำหุ่นจำลองจะเป็นวิธีที่สะดวกและให้ผลที่สมบูรณ์ที่สุดในการประมาณค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคาร ทั้งด้านคุณภาพและปริมาณของแสง

3. กรณีศึกษาเกี่ยวกับการใช้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร

เนื่องจากประเทศไทยยังขาดข้อมูลและสถิติต่าง ๆ สำหรับใช้ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการใช้แสงสร้างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคาร ผู้เขียนจึงขอยกกรณีศึกษาซึ่งเป็นผลงานวิจัยจากการประชุมทางวิชาการของประเทศในกลุ่ม ASEAN ในการเสนอบทความนี้ โดยใช้กรณีศึกษาจากอาคารสำนักงานซึ่งไม่ใช้ระบบปรับอากาศและอาคารสำนักงานที่ใช้ระบบปรับอากาศ

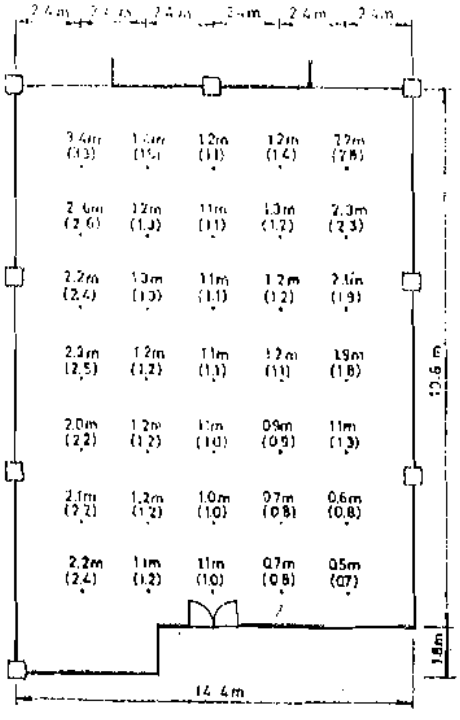
3.1 อาคารสำนักงานซึ่งไม่ใช้ระบบปรับอากาศ ได้มีการวิจัยในอาคารสำนักงานของรัฐบาลในอินโดนีเซียที่เมืองจากาต้าเกี่ยวกับการให้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอาคาร ซึ่งได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการ Asean Conference on Energy Conservation ที่จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างวันที่ 20-21 ตุลาคม 2528 อาคารนี้เป็นอาคารสูง 8 ชั้น ไม่ใช้ระบบปรับอากาศ ผังพื้นอาคารมีลักษณะคล้ายรูปสวัสดิกะ (ภาพที่ 11) โดยผังพื้น แต่ละส่วนกว้าง 14.4 เมตร ยาว 21.4 เมตร พื้นถึงฝ้าเพดานสูง 2.95 เมตร ขอบหน้าต่างบนสูง 1.8 เมตร แสงสว่างธรรมชาติจะเข้าสู่อาคารจากหน้าต่างตามภาพ

ในการประมาณ หาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคาร ใช้วิธีวัดหาค่า daylight factor ที่จุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้โดยตรง โดยใช้ situ instrument แล้วเปรียบเทียบค่าที่ได้นี้กับค่าที่จุดต่าง ๆ เดียวกันที่วัดได้จากหุ่นจำลองภายใต้ท้องฟ้าจำลอง ค่าของ daylight factor ที่หาได้ทั้ง 2 วิธีมีความแตกต่างกันน้อยมาก (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 ผังพื้นอาคารสำนักงาน

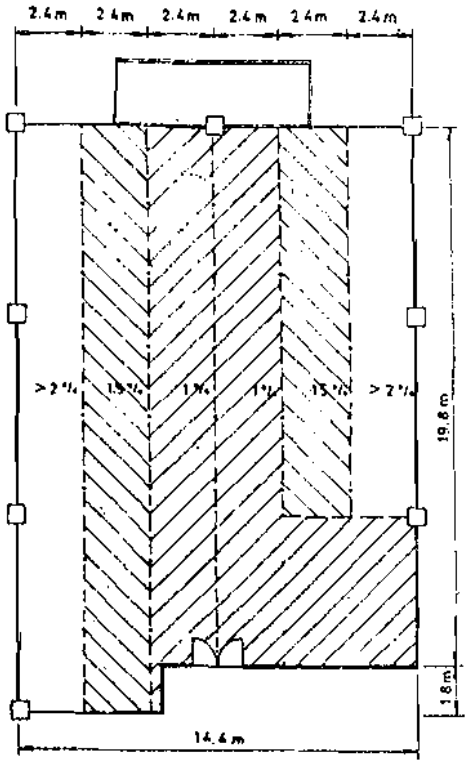
ที่มา : Soegijanto . Daylighting Contribution in Energy Saving : เอกสารประกอบการประชุม Asean Conference on Energy Conservation in Building, 1985, หน้า 2



ภาพที่ 12 ค่าของ daylight factor ที่จุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ค่าบนเป็นค่าที่ได้จากการวัดโดยตรง ค่าล่างเป็นค่าที่ได้จากการวัดจากหุ่นจำลอง

ที่มา : Soegijanto : Daylighting Contribution in Energy Saving : เอกสารประกอบการประชุม Asean Conference on Energy Conservation in Building, 1985, หน้า 2

ค่าความส่องสว่างในแนวราบของท้องฟ้าที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีค่าระหว่าง 5,000 ลักส์ ถึง 15,000 ลักส์ ซึ่ง 77% ของชั่วโมงทำงานตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. จะได้ความส่องสว่าง 15,000 ลักส์ ค่าความส่องสว่างที่จุดอ้างอิงสำหรับอาคารสำนักงานตามมาตรฐานมีค่า 300 ลักส์ จากภาพที่ 13 บริเวณรอบนอกของผังพื้นซึ่งใกล้บริเวณหน้าต่างจะมีค่า daylight factor 2%



ภาพที่ 13 แสดงบริเวณที่มีค่า daylight factor เท่ากัน

ที่มา : Soegijanto : Daylighting Contribution in Energy Saving : เอกสารประกอบการประชุม Asean Conference on Energy conservation in Building, 1985, หน้า 3

จากสูตร

$$\text{daylight factor} = \frac{\text{ความส่องสว่างที่จุดอ้างอิง}}{\text{ความส่องสว่างในแนวราบของท้องฟ้า}} \times 100$$

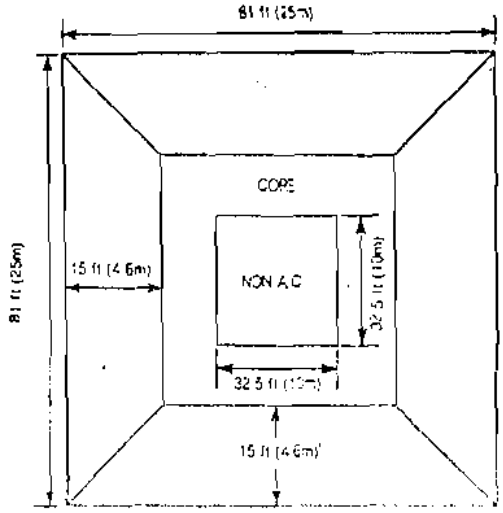
$$\text{ความส่องสว่างที่จุดอ้างอิง} = 2 \times \frac{15,000}{100} = 300 \text{ ลักส์}$$

ดังนั้นค่าความส่องสว่างที่จุดต่าง ๆ ที่กำหนดจากการหาค่า daylight factor ซึ่งมีค่า 2%, 1.5% และ 1% จะมีค่าความส่องสว่างภายนอก 15,000 ลักส์ เท่ากับ 300, 225 และ 150 ลักส์ตามลำดับ และ 100, 75 และ 50 ลักส์ เมื่อความส่องสว่างภายนอก 5,000 ลักส์ ฉะนั้นจุดที่ค่า daylight factor 2% จะมีค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการเมื่อความส่องสว่างภายนอก 15,000 ลักส์ แต่ในบริเวณที่ค่า daylight factor มีค่า 1.5% และ 1% ต้องใช้ไฟฟ้าช่วยเพื่อให้ค่าระดับความส่องสว่าง 300 ลักส์

จากผลการวิจัย การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างเดียวในการให้แสงสว่างในอาคารนี้มีค่า 15 วัตต์/ตารางเมตร เพื่อให้ได้ระดับความส่องสว่าง 300 ลักส์ แต่ถ้าใช้แสงธรรมชาติช่วยในการให้แสงสว่าง การใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างในอาคารจะใช้เพียง 5.2 วัตต์/ตารางเมตร ซึ่งจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการให้แสงสว่างอาคารได้ถึง 65%

3.2 อาคารสำนักงานที่ใช้ระบบปรับอากาศ คณะทำงานของ Lawrence Berkeley Laboratory แห่งสหรัฐอเมริกา ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องหน้าต่างและการใช้แสงสว่างธรรมชาติในอาคารของประเทศอาเซี่ยน โดยใช้อาคารสำนักงานที่ประเทศสิงคโปร์เป็นกรณีศึกษา และได้เสนอผลการวิจัยในที่ประชุม Asean Conference on Energy Conservation in Building ซึ่งจัดขึ้นที่ประเทศสิงคโปร์ระหว่างวันที่ 29–31 พฤษภาคม 2527

อาคารที่ใช้สำหรับการวิจัยนี้เป็นอาคารสูง 10 ชั้น พื้นที่ส่วนทำงานที่ใช้ระบบปรับอากาศทั้งหมด 5,200 เมตร^2 พื้นที่ส่วนแกนบริการที่ไม่ใช้ระบบอากาศ 100 ตารางเมตรต่อชั้น ลักษณะของผังพื้นอาคารจะมีพื้นที่ในส่วนรอบนอก (perimeter zone) ที่จะได้รับแสงสว่างธรรมชาติจากหน้าต่างมากกว่าพื้นที่ในส่วนในมาก (ภาพที่ 14) ซึ่งเป็นลักษณะการออกแบบที่ดีในการใช้แสงสว่างธรรมชาติ ในการประเมินค่าการใช้พลังงานในอาคารใช้โปรแกรม DOE-2B ซึ่งจัดทำโดย Lawrence Berkeley Laboratory มหาวิทยาลัยแคลิฟอเนีย สหรัฐ



ภาพที่ 14 ผังพื้นอาคารโดยสังเขป

ที่มา : Mark D. Levine และคณะ Windows and Daylighting in Asean Building เอกสารประกอบการสัมมนา Asean Conference on Energy Conservation in Building, 1984, หน้า 273

อเมริกาซึ่งในส่วนของการประมาณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคารอาศัยวิธีการจาก Daylight Factor Method

สำหรับการวิเคราะห์เรื่องการใช้แสงสว่างธรรมชาติในอาคาร จะรวมเรื่องการใช้ photo-sensors ในการหาค่าระดับแสงสว่างภายในระบบการควบคุมซึ่งปรับระดับแสงไฟฟ้าในเขตพื้นที่ในส่วนรอบนอกให้สอดคล้องกับระดับแสงสว่างจากภายนอกอาคาร และการใช้ม่านเพื่อลดแสงที่เข้าตา (glare)

ในการออกแบบอาคารโดยการใช้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคารนี้ พิจารณาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้[8]

- พื้นที่หน้าต่าง (ใช้เป็นอัตราส่วนของหน้าต่าง : พื้นที่อาคาร)
- ปริมาณของรังสีแสงที่ผ่านทะลุกระจก (visible radiation transmitted through glass)
- พื้นที่ของอาคารที่อยู่ในเขตพื้นที่รอบนอก (ได้แก่พื้นที่ใกล้หน้าต่าง)
- การใช้ที่กันแดดภายนอกสำหรับหน้าต่าง
- การใช้กำลังไฟฟ้าในการให้แสงสว่าง (วัตต์/ตารางเมตร)
- ระดับของแสงสว่าง (ฟุตแคนเดอร์) ในเขตพื้นที่รอบนอกของอาคาร
- การควบคุมที่ใช้ในการลดแสงไฟฟ้าในเขตพื้นที่รอบนอกอาคาร
- วิธีควบคุมปัญหาเรื่องแสงที่เข้าตาที่เกิดจากการใช้แสงสว่างธรรมชาติ

องค์ประกอบทั้งหมดนี้มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคาร คือ พลังงานที่ใช้ในอาคารทั้งหมดจะเพิ่มขึ้นเมื่อ

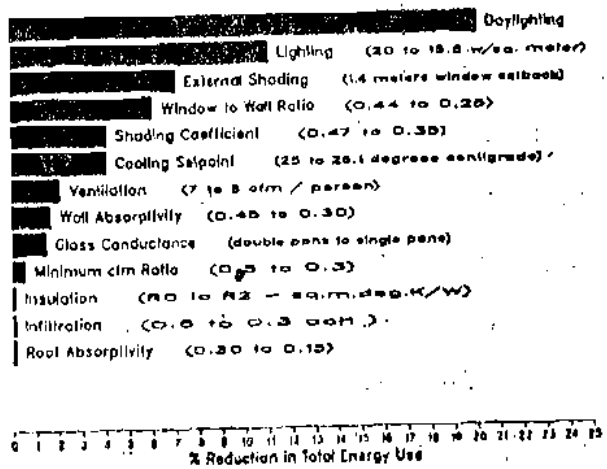
- การใช้กำลังไฟฟ้าในการให้แสงสว่างมากขึ้น
- ระดับแสงสว่างเพิ่มขึ้น
- เครื่องป้องกันแสงที่เข้าตา (ม่าน, มูลี่ ฯลฯ) ใช้มากเกินไป

พลังงานในอาคารทั้งหมดจะลดลงเมื่อ

- พื้นที่อาคารที่อยู่ในเขตพื้นที่รอบนอกเพิ่มขึ้น
- ใช้ที่กันแดดภายนอกสำหรับหน้าต่าง
- ใช้ระบบการควบคุมการปรับระดับแสงไฟฟ้าในเขตพื้นที่อาคารรอบนอกที่ต่อเนื่องแทนระบบการควบคุมที่เป็นช่วงๆ

การเพิ่มพื้นที่หน้าต่างจะช่วยลดปริมาณพลังงานในการให้แสงสว่างแต่จะเพิ่มพลังงานในการให้ความเย็น ดังนั้นผลของการเพิ่มพื้นที่หน้าต่างกับการเพิ่มขึ้นในเรื่องการใช้พลังงานในการปรับอากาศ จึงเป็นเรื่องที่ต้องวิเคราะห์กันอย่างละเอียด

จากการวิจัยสรุปได้ว่าการให้แสงสว่างธรรมชาติในอาคารนี้ มีความเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงานในอาคารมากว่าการประหยัดพลังงานทางด้านอื่น ๆ (ภาพที่ 15)



ภาพที่ 15 แสดงเปอร์เซ็นต์ในการประหยัดพลังงานในส่วนต่าง ๆ ของอาคารที่ใช้ในการวิจัยจากการใช้โปรแกรม DOE–2B

ที่มา : Mark D. Levine : Windows and Daylighting in Asean Building เอกสารประกอบการสัมมนา Asean Conference on Energy Conservation in Building, 1984, หน้า 279

การให้แสงสว่างธรรมชาติจากผลการวิจัยนี้ สามารถประหยัดพลังงานที่ใช้มากกว่า 20% การใช้ที่กันแดดด้านนอกและการใช้แสงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสามารถลดพลังงานได้เพิ่มขึ้นถึง 30%[9]

บทสรุป

แสงธรรมชาติเป็นแหล่งของการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพและประหยัดทางด้านเศรษฐกิจ เพราะค่าใช้จ่ายจะมีเพียงการก่อสร้างและการบำรุงรักษาส่วนที่ให้แสงสว่างเข้า เช่น ส่วนหน้าต่างต่าง ๆ เท่านั้น การใช้แสงธรรมชาติในการให้แสงสว่างในอาคารต้องพิจารณาถึงคุณภาพและปริมาณของแสงให้เหมาะสม ซึ่งสามารถประเมินได้จากวิธีการประมาณหาค่าแสงสว่างธรรมชาติในอาคารโดยวิธีการต่าง ๆ ดังกล่าว ซึ่งวิธีที่ง่ายและสะดวกที่สุดคือ การใช้หุ่นจำลอง

การใช้แสงธรรมชาติเพื่อให้ความสว่างในอาคารเป็นวิธีที่สำคัญในการประหยัดพลังงานในอาคารโดยเฉพาะอาคารพาณิชยกรรมในกลุ่มประเทศในอาเซียน ซึ่งใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยถึง 1 ใน 3 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด[10] ถึงแม้ว่าการใช้แสงธรรมชาติจะช่วยประหยัดพลังงานใน

อาคาร ดังกรณีศึกษาที่กล่าวมาแล้ว การออกแบบโดยคำนึงถึงการใช้แสงสว่างธรรมชาติ ในอาคารซึ่งใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมากเช่นนี้ ก็ยังมีน้อยมาก ทั้งนี้ก็คงด้วยสาเหตุหลายประการ สาเหตุหนึ่งก็คือวิธีการประเมินผลของการใช้แสงสว่างธรรมชาติในรูปลักษณะต่าง ๆ มีน้อยมากและวิธีการค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้นผู้ออกแบบอาคารถึงแม้จะคำนึงถึงการประหยัดพลังงานโดยการใช้แสงสว่างธรรมชาติ ก็ยังไม่สามารถประเมินผลของความแตกต่างในการใช้แสงธรรมชาติได้หรือเลือกการออกแบบที่ให้แสงสว่างธรรมชาติที่ดีที่สุดได้

ปัจจุบันนี้ได้มีการตื่นตัวในการค้นคว้าและวิจัยในเรื่องการให้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคารมากขึ้น ซึ่งผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสำหรับประเทศไทยเราซึ่งเป็นประเทศหนึ่งในกลุ่มอาเซียน คงจะตื่นตัวในเรื่องนี้และคงจะมีการเก็บข้อมูลและสถิติต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องการให้แสงสว่างธรรมชาติเพื่อประหยัดพลังงานในอาคารสำหรับอาคารในประเทศไทยและวิธีการประเมินผลที่สะดวกและเหมาะสมสำหรับผู้ออกแบบอาคารได้ใช้ต่อไป.

เชิงอรรถ

1. Building Research Establishment (BRE), "Estimating daylight in Building–1", Digest No. 41, New edition 1970.

2. เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน.

3. R.K. Rao "Availability and Prediction of Daylight".

เอกสารประกอบการสัมมนา, Lighting Design, National University of Singapare. 26 January, 1984, หน้า 4.

4. เรื่องเดียวกัน หน้า 5.

5. Building Research Establishment, อ้างแล้ว หน้า 7.

6. เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน.

7. Building Research Eslablishment (BRE), "Estimating daylight in Building–2", Digest No. 42, New edition 1970, หน้า 1.

8. Mark D. Levine, Isaac Turiel, Richard B. Curtis "Windows and Daylighting in Asean Buildings" เอกสารประกอบการสัมมนา Asean Conference on Energy Conservation in Building. Ministry of National Development, Republic of Singapore, 29–31 May, 1984 หน้า 277–278.

9. เรื่องเดียวกัน, หน้า 280.

10. เรื่องเดียวกัน, หน้าเดียวกัน.

บรรณานุกรม

Building Research Establishment. (BRE) *Estimating daylight in Building–1* Digest No. 41, New Edition 1970.

Building Rsearch Establishment (BRE) *Estimating daylight in Building–2* Digest No. 42, New Edition 1970.

Curtis, B. Richard และคณะ *The Use of DEO–2 To Evaluate the Energy Performance of Buildings* เอกสารประกอบการสัมมนา Asean Conference on Energy Conservation in Building, Ministry of National Development, Republic of Singapore, 29–31 May, 1984.

Hass, Eileen *Natural Lighting* How to use daylight for saving energy and for better interior illumination. Solar vision Publications, Church Hill, Harrisville, N.H., U.S.A.

Levine, D. Mark Turiel, Isaac Curtis, B. Richard *Windows and Daylighting in Asean Buildings* เอกสารประกอบการสัมมนา Asean Conference on Energy Conservation in Building. Ministry of National Development, Republic of Singapore. 29–31 May, 1984.

Rao, R.K. *Availability and Prediction of Daylight* เอกสารประกอบการสัมมนา Lighting Design; National University of Singapore 26 January, 1984.

Saegijanto *Daylighting Contribution in Energy Saving; A case Study of An Eight Storey Office Building in Jakarta* เอกสารประกอบการประชุม Asean Conference on Energy Conservation in Building. Asean Working Group on Non–Couventional Energy Research. Chiang Mai, Thailand, 21–22 October, 1985.

The Development & Building Control Division, Singapore *Handbook on Energy Conservation in Buildings and Building Services, 1979.*