บทที่ 5

การคำนวณแสงธรรมชาติตามสภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า

จากข้อมูลการวัดความสว่างและความส่องสว่างของท้องฟ้าในบทที่ 3 สามารถนำมาคำนวณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารภายใต้สภาวะต่าง ๆ ท้องฟ้าได้

5.1 การคำนวณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารตามข้อมูลที่วัด โดยวิธี IES

1. หาค่าโซลาแอ็ลติจูด (Al) และโซลาอะซิมุต (Az) ตามวันเวลาที่กำหนดจากตารางผนวกที่ 1.1 หรือ 1.2

2. เลือกกราฟสภาวะของท้องฟ้าตามข้อมูลการวัดความสว่างของท้องฟ้าในบทที่ 3 ซึ่งอาจเป็นท้องฟ้ามืดหรือท้องฟ้าแจ่มใสก็ได้

3. สูตรการคำนวณและวิธีคำนวณแสดงไว้ในบทที่ 2

5.2 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธี IES

1. รายละเอียดของห้องตัวอย่าง

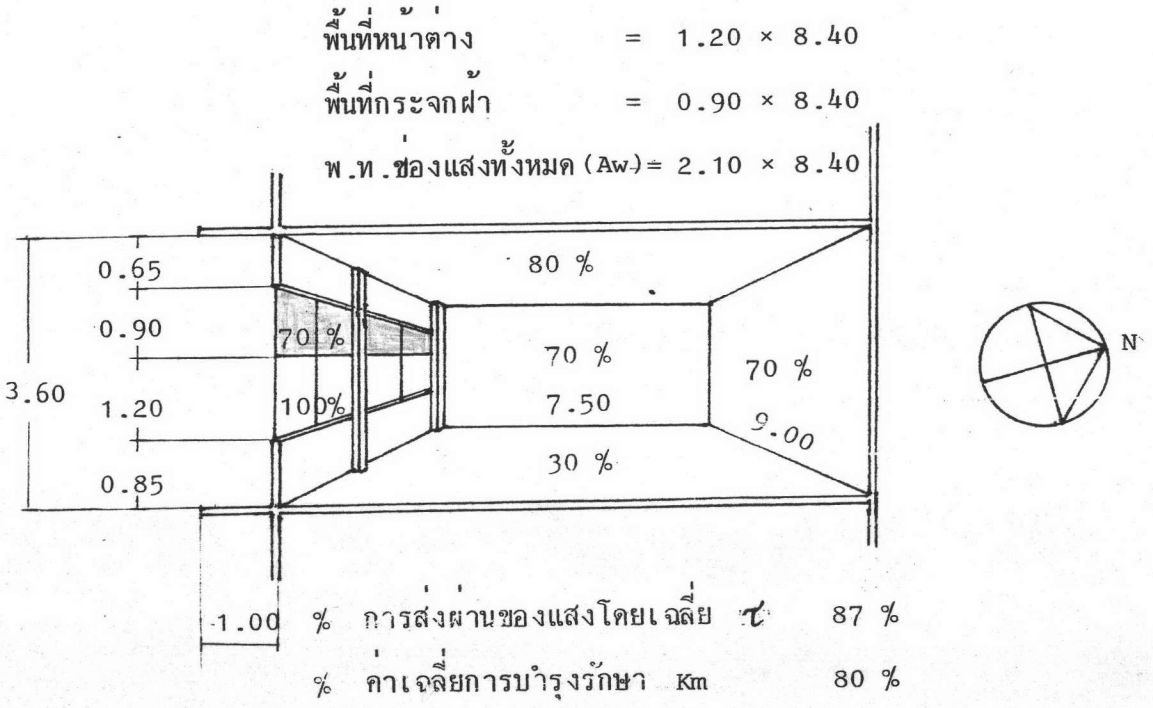
ความยาวของห้อง	9.00	เมตร
ความกว้างของห้อง	7.50	เมตร
เพดานสูง	3.60	เมตร
ความสูงธรณีหน้าต่าง	0.85	เมตร
ชายคากันสาด (overhang) ยื่นออกไป	1.00	เมตร
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของเพดาน	80	%
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงของผนัง	70	%
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงจากพื้นห้อง	30	%

กระจกฝ้ามีเปอร์เซ็นต์การส่งผ่านของแสง 70 %

ตำแหน่งหน้าต่าง 100° N

รายละเอียดอื่น ๆ ดังแสดงไว้ในรูป 5.1

เปอร์เซ็นต์การสะท้อนจากพื้นดินโดยเฉลี่ย (Rg) 15 %



% การส่งผ่านของแสงโดยเฉลี่ย τ 87 %

% ค่าเฉลี่ยการบำรุงรักษา Km 80 %

รูป 5.1 แสดงรายละเอียดของห้องที่ใช้เป็นตัวอย่างคำนวณ

2. สภาวะของท้องฟ้า

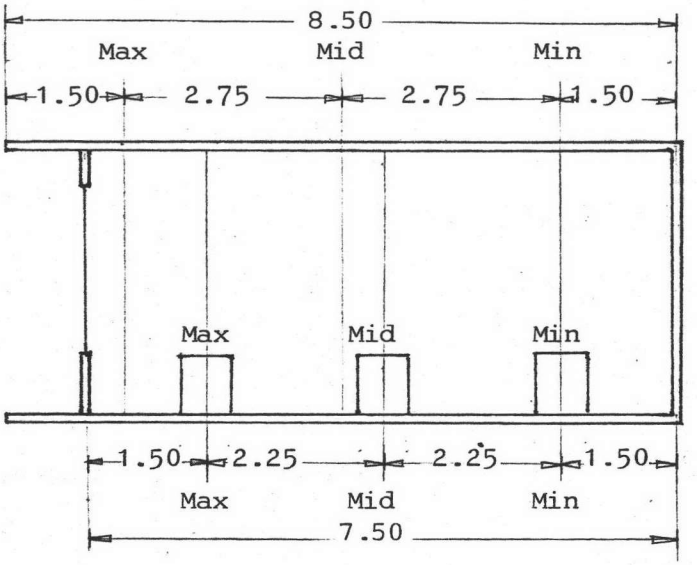
ในสภาวะท้องฟ้ามืด ดูจากกราฟที่ 3.3.1 และจากตารางที่ 3.3.1 – 3.3.3 และในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส ดูจากกราฟที่ 3.3.3 – 3.3.11 และในตารางที่ 3.3.4 – 3.3.5 ในบทที่ 3

3. ห้องสมมูลย์ (equivalent room) [9]

ในการคำนวณตามวิธี IES ที่หน้าต่างต้องไม่มีกันสาด (overhang) แต่อย่างไรก็ตามอาคารทั่วๆ ไปย่อมมีกันสาดอยู่ด้วย ในการคำนวณจึงจำเป็นต้องคิดขนาดห้องเป็นห้องสมมูลย์ เพื่อหาค่าความสว่างที่ถูกต้องภายในห้องแท้จริง ในทำนองเดียวกันอาคารที่ไม่มีกันสาด

ขนาดห้องสมมูลย์ ก็คือ ขนาดห้องแท้จริง ดังรูป 5.2

ห้องสมมูลย์ (equivalent room)



ห้องแท้จริง (actual room)

รูปที่ 5.2 แสดงห้องสมมูลย์ และห้องแท้จริงในกรณีที่มีชายคากันสาด

4. ห้องแท้จริง (actual room) เป็นกราฟที่หาได้จากห้องสมมูลย์ทั้ง Max, Mid และ Min จะเป็นเส้นโค้งที่ลากผ่านจุดต่าง ๆ ที่ผ่าน Max, Mid และ Min ของห้องแท้จริง

5. ตัวอย่างวิธีคำนวณความสว่างห้องสมมูลย์กรณีท้องฟ้ามืด เมื่ออาคารมีกันสาด

สภาวะท้องฟ้ามืด (มีแสงสลัว ๆ) ในเดือนมิถุนายน จากตารางที่ 3.3.1 หรือจากกราฟที่ 3.3.1 เวลา 8.30 น. ตำแหน่งหน้าต่าง 10° ใต้ (S) หรือ 100° เหนือ(N) มุม Az = 109° (ตารางผนวกที่ 1.1)

∴ หน้าต่างทำมุมอะซิมุติกับดวงอาทิตย์ = 109° + 10° = 119°

เมื่อ Ew ที่ 90° = 7.96 klx ที่ 180° = 6.21 klx (ในกรณีท้องฟ้ามืดมีแสงสลัวหรือจากสภาวะท้องฟ้าแจ่มใสเท่านั้น ถ้าเป็นกรณีท้องฟ้ามืดสนิท ถือว่าความสว่างเท่ากันทุกทิศทาง)

∴ Ew ที่ 119° = 7.40 klx หรือ 7400 lx (690 fc)

และ Eh1 = 19.37 klx หรือ 19370 lx (1800 fc)

เมื่อ Ep = Es + Eg

Es = Ew × Aw × τ × Km × Ku × 10.76 ลักซ์

Eg = 0.5 × (Eh1 × Rg) × Aw × τ × Km × Ku × 10.76 ลักซ์

หาค่า Ku ได้จากตารางผนวกที่ 1.9 โดยกำหนดจากห้องกว้าง 8.50 เมตร (30 ฟุต) ยาว 9.00 เมตร (30 ฟุต) และสูง 3.60 เมตร (12 ฟุต) R_c = 75 % R_w = 70 % R_f = 30 % , อัตราส่วนพื้นที่ส่งผ่านต่อพื้นที่หน้าต่าง 80 % ไม่มีการควบคุมแสงธรรมชาติ (No daylight control)

Ku	ท้องฟ้ามืด (overcast sky)
Max	1.465×10^{-3}
Mid	4.20×10^{-4}
Min	2.35×10^{-4}
Ku	พื้นดินสม่ำเสมอ (Uniform ground)
Max	8.15×10^{-4}
Mid	4.90×10^{-4}
Min	3.25×10^{-4}

Ep (Max) = (7400 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 1.465×10^{-3} × 10.76) + (0.5 × 19370 × 0.15 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 8.15×10^{-4} × 10.76)

= 1600 lx หรือ 1.60 klx (150 fc)

Ep (Mid) = (7400 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 4.20×10^{-4} × 10.76) + (0.5 × 19370 × 0.15 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 4.90×10^{-4} × 10.76)

= 507 lx หรือ 0.51 klx (47 fc)

Ep (Min) = (7400 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 2.35×10^{-4} × 10.76) + (0.5 × 19370 × 0.15 × 2.1 × 8.4 × 0.87 × 0.8 × 3.25×10^{-4} × 10.76)

= 293 Ix หรือ 0.29 klx (27 fc)

การคำนวณตามวิธี IES ในสภาวะท้องฟ้ามืด แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 และ 5.2

6. ตัวอย่างวิธีคำนวณความสว่างห้องสมมูลย์กรณีท้องฟ้าแจ่มใส เมื่ออาคารมีกันสาด

สภาวะท้องฟ้าแจ่มใสในเดือนมิถุนายน จากตารางที่ 3.3.5 หรือ จากกราฟที่ 3.3.4 เวลา 8.00 น. ตำแหน่งหน้าต่าง 10° ใต้ (S) หรือ 100° เหนือ (N) มุม Az = 110°

∴ ตำแหน่งหน้าต่างทำมุมอะซิมุตกับดวงอาทิตย์ = 110 + 10 = 120°

เมื่อ Ew ที่ 90° = 5.92 klx ที่ 135° = 4.30 klx

∴ Ew ที่ 120° = 4.84 klx = 4840 Ix

Ep = Es + Eg

Es = Ew × Aw × τ × Km × Ku × 10.76 ลักซ์

Eg = 0.5 ×(Eh1 + Eh2) × Rg × Aw × τ × Km × Ku × 10.76 ลักซ์

Eh1 + Eh2 = (12.05 + 18.20) = 30.25 klx = 30250 Ix

หาค่า Ku จากตารางผนวกที่ 1.9 โดยกำหนดจากห้องกว้าง 8.50 เมตร (30 ฟุต) ยาว 9.00 เมตร (30 ฟุต) สูง 3.60 เมตร (12 ฟุต) R_c = 75 % R_w = 70 % และ R_f = 30 % อัตราส่วนพื้นที่ส่งผ่านต่อพื้นที่หน้าต่าง 80 % ไม่มีการควบคุมแสงธรรมชาติ (No daylight control)

Ku	ท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky)
Max	1.08×10^{-3}
Mid	5.0×10^{-4}
Min	3.6×10^{-4}
Ku	พื้นดินสม่ำเสมอ (Uniform ground)
Max	8.15×10^{-4}
Mid	4.90×10^{-4}
Min	3.25×10^{-4}

$$Ep\ (Max) = (4840 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 1.08 \times 10^{-3} \times 10.76) + (0.5 \times 30250 \times 0.15 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 8.15 \times 10^{-4} \times 10.76)$$

$$= 934 \text{ lx หรือ } 0.94 \text{ klx}$$

$$Ep\ (Mid) = (4840 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 5.0 \times 10^{-4} \times 10.76) + (0.5 \times 30250 \times 0.15 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 4.90 \times 10^{-4} \times 10.76)$$

$$= 46.5 \text{ lx หรือ } 0.47 \text{ klx}$$

$$Ep(Min) = (4840 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 3.6 \times 10^{-4} \times 10.76) + (0.5 \times 30250 \times 0.15 \times 2.1 \times 8.4 \times 0.87 \times 0.8 \times 3.25 \times 10^{-4} \times 10.76)$$

$$= 327 \text{ lx หรือ } 0.33 \text{ klx}$$

การคำนวณตามวิธี IES ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส แสดงไว้ในตารางที่ 5.3 และ 5.4

5.3 การคำนวณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารตามข้อมูลที่วัดโดยวิธี CIE

1. หาค่าความสว่างในแนวราบของท้องฟ้ามืด (Eh1) ในกราฟที่ 3.3.1 และจากตารางที่ 3.3.1 - 3.3.3

2. หาค่า IDF ตามรูปผนวกที่ 2.1 ตามลำดับขั้นตอนที่ 2.5.3

3. หาค่า CF ตามกราฟผนวกที่ 2.2 (กรณีภายนอกอาคารมีสิ่งกีดขวาง) และตารางผนวกที่ 2.1 (a), (b) และ (c)

4. ค่า DF = IDF × CF

5. Eh = Eh1 × DF

5.4 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธี CIE

ใช้ห้องเดิม เวลา 8.30 น. ไม่มีสิ่งกีดขวางภายนอกอาคาร

Eh1 = 19.37 klx (1800 fc) ความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ (กราฟที่ 3.3.1 ในเดือนมิถุนายน)

$$\frac{Rd}{H} = \frac{7.5}{2.1} = 3.57\ H$$

พ.ท. หน้าต่าง 1.20 × 8.40 แสงส่องผ่านได้ 100 %

พ.ท. กระจกฝ้า 0.90 × 8.40 แสงส่องผ่านได้ 70 %

$$\therefore \text{ เปอร์เซ็นต์แสงส่องผ่านเฉลี่ย } = \frac{15.372 \times 100}{17.64}$$

$$= 87\ \%$$

จากตารางผนวกที่ 2.1 แสงส่องผ่าน 80 % ค่า CF 95 %

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่างโดยเฉลี่ย } = \frac{8.40 \times 100}{9.00}$$

$$\therefore \text{ Wd } = 93\ \% \approx 90\ \%$$

อ่านค่า IDF ตามรูปผนวกที่ 2.1 = 1.80 %

DF = 1.80 × 0.95 × 1 × 0.8 = 1.368 %

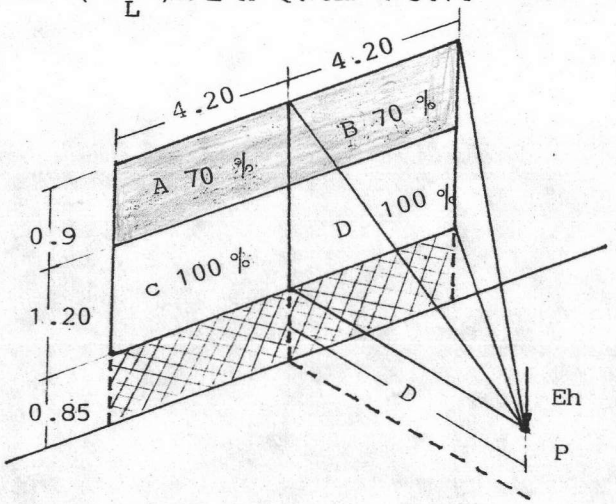
$$Eh = 19370 \times 1.368 \times 10^{-2}$$

= 0.265 klx (24.624 fc)

การคำนวณตามวิธี CIE ในสภาวะท้องฟ้ามืดดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.5

5.5 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติ ตามวิธีความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอ รูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก

$$Eh = \left(\frac{Eh}{L}\right) \times L \times \tau \times Km \times 3.14$$ ลักซ์



ใช้ขนาดห้องเดิม เมื่อห้องกว้าง 8.50 เมตร (ห้องสมมูลย์) ถ้าวัดความสว่างที่ระยะ 1.50 เมตร จากหน้าต่าง ลำดับขั้นการคำนวณตามหัวข้อที่ 2.3.1 และ 2.3.2

หน้าต่าง B + D; D/H = 1.5/2.1 = 0.74

W/H = 4.2/2.1 = 2

จากกราฟผนวกที่ 1.4 ; Eh/L = 0.83

หน้าต่าง D; D/H = 1.5/1.2 = 1.25

W/H = 4.2/1.2 = 3.5

จากกราฟผนวกที่ 1.4 ; Eh/L = 0.043 × 1 × 1 = 0.043

หน้าต่าง B = 0.083 - 0.043 = 0.04

= 0.04 × 0.7 × 0.8 = 0.0224

∴ หน้าต่าง B + D = 0.043 + 0.0224

= 0.0654

∴ หน้าต่าง A + C + B + D = 0.0654 × 2 = 0.1308

เมื่อเวลา 9.00 น. ความส่องสว่างในสภาวะท้องฟ้ามืด = 5624 cd/m^2

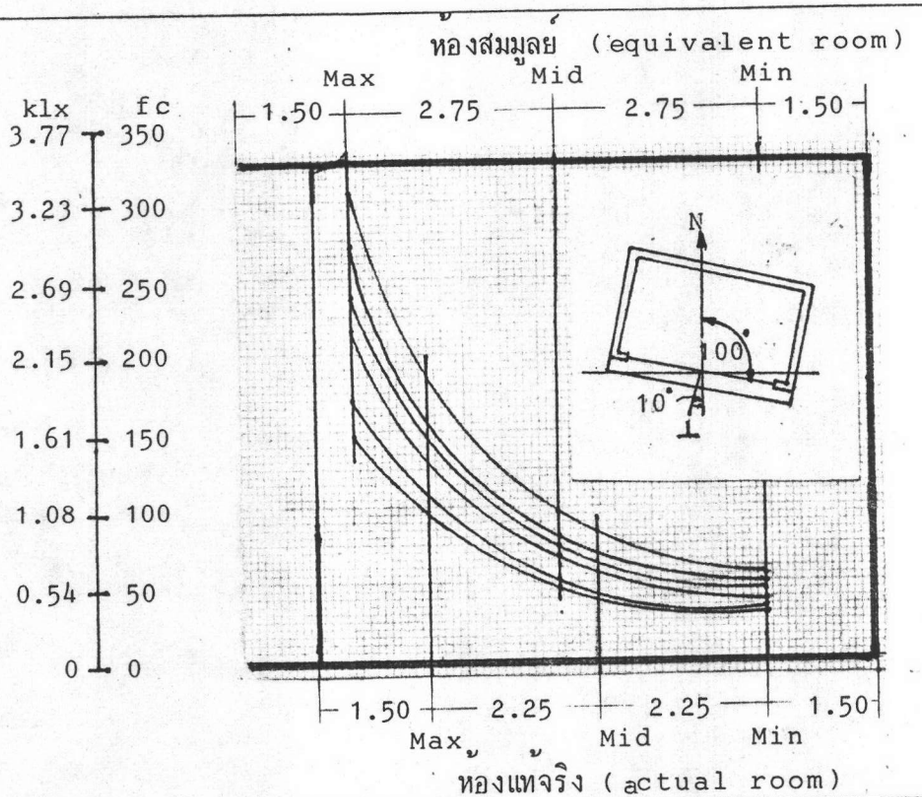
จากตารางที่ 3.4.2 ในเดือนมิถุนายน

∴ Eh = 5624 × 0.1308 × 3.14

= 2310 lx (2.31 klx)

การคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธี ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5.6

ตำแหน่งอาคาร และความสว่างเป็น กิโลลักซ์ (klx)

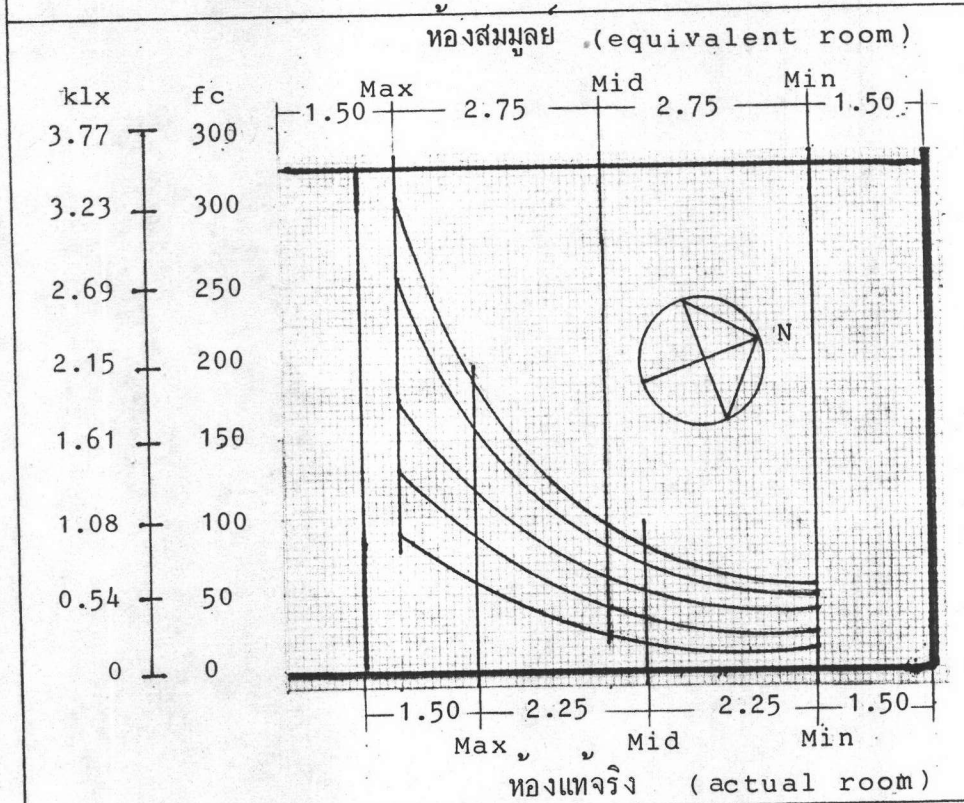


เวลา	Az องศา	Al องศา	ห้องสมมูลย์ Max	ห้องสมมูลย์ Mid	ห้องสมมูลย์ Min	ห้องแท้จริง Max	ห้องแท้จริง Mid	ห้องแท้จริง Min
8.00	110	28	0.95	0.30	0.17	0.65	0.27	0.17
8.30	109	35	1.60	0.50	0.29	1.08	0.40	0.29
9.00	108	41	1.83	0.58	0.33	1.20	0.48	0.33
9.30	110	48	2.37	0.75	0.43	1.46	0.59	0.43
10.00	111	55	2.94	0.95	0.54	1.70	0.75	0.54
10.30	115	62	3.28	1.04	0.60	2.02	0.88	0.60
11.00	119	69	2.80	0.89	0.52	1.72	0.70	0.52
11.30	135	75	2.73	0.86	0.49	1.70	0.68	0.49
12.00	150	80	2.57	0.82	0.47	1.68	0.67	0.47

ท้องฟ้ามืด 25 มิถุนายน

ตารางที่ 5.1 แสดงตัวอย่างการคำนวณห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้ามืด (overcast sky) เพื่อหาความสว่างห้องแท้จริง ตามวิธี IES เมื่อ R_c = 80 % R_w = 70 % และ R_f = 30 % ลักษณะอาคารมีกันสาด ไม่มีการควบคุมแสง (No daylight control)

ตำแหน่งอาคารและความสว่างเป็นกิโลลักซ์ (klx)

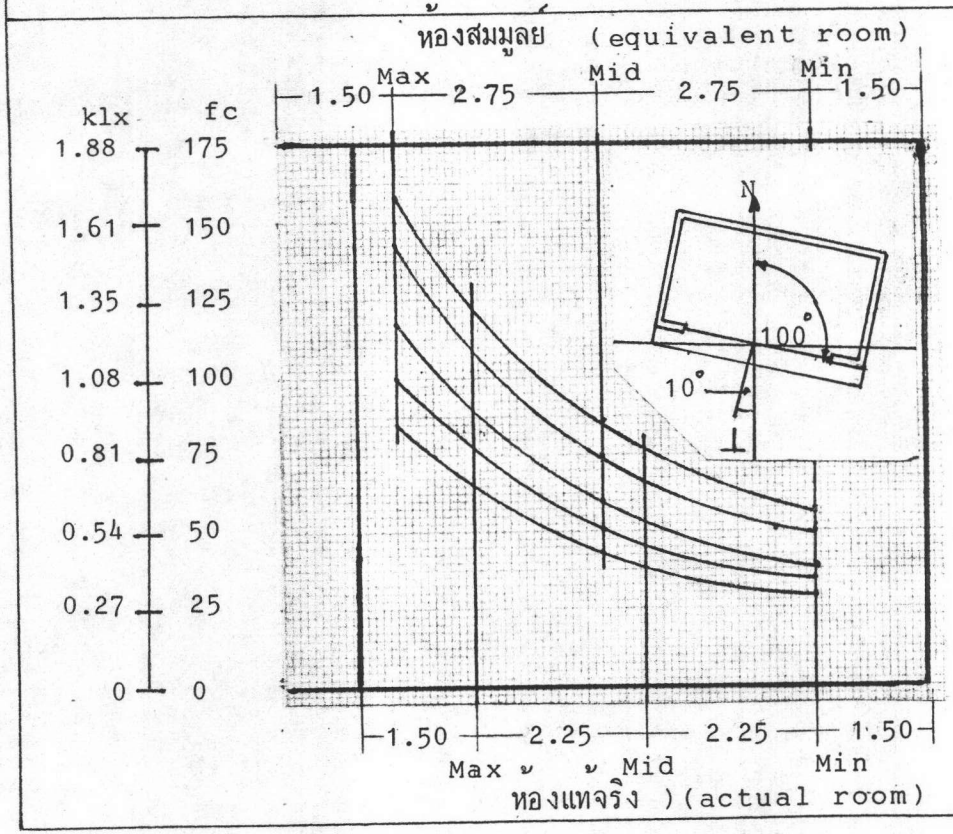


เวลา	Az องศา	Al องศา	ห้องสมมูลย์			ห้องแท้จริง		
			Max	Mid	Min	Max	Mid	Min
8.00	110	28	0.92	0.29	0.17	0.65	0.27	0.17
8.30	109	35	1.15	0.37	0.20	0.85	0.30	0.21
9.00	108	41	1.39	0.44	0.26	0.99	0.38	0.26
9.30	110	48	1.65	0.54	0.21	1.17	0.46	0.31
10.00	111	55	1.91	0.64	0.37	1.35	0.54	0.37
10.30	115	62	2.32	0.75	0.43	1.62	0.62	0.43
11.00	119	69	2.74	0.86	0.50	1.88	0.70	0.50
11.30	135	75	3.03	0.95	0.55	2.02	0.78	0.55
12.00	150	80	—	—	—	—	—	—

ท้องฟ้ามืด 25 มิถุนายน

ตารางที่ 5.2 แสดงตัวอย่างการคำนวณห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้ามืด (overcast sky) ที่ค่าความสว่างของท้องฟ้าจากรูปผนวกที่ 1.7 ตามวิธี IES เมื่อ R_c = 80 % R_w = 70 % และ R_f = 30 % ลักษณะอาคารมีกันสาด ไม่มีการควบคุมแสง (No daylight control)

ตำแหน่งอาคารและความสว่างเป็นกิโลลักซ์ (klx)

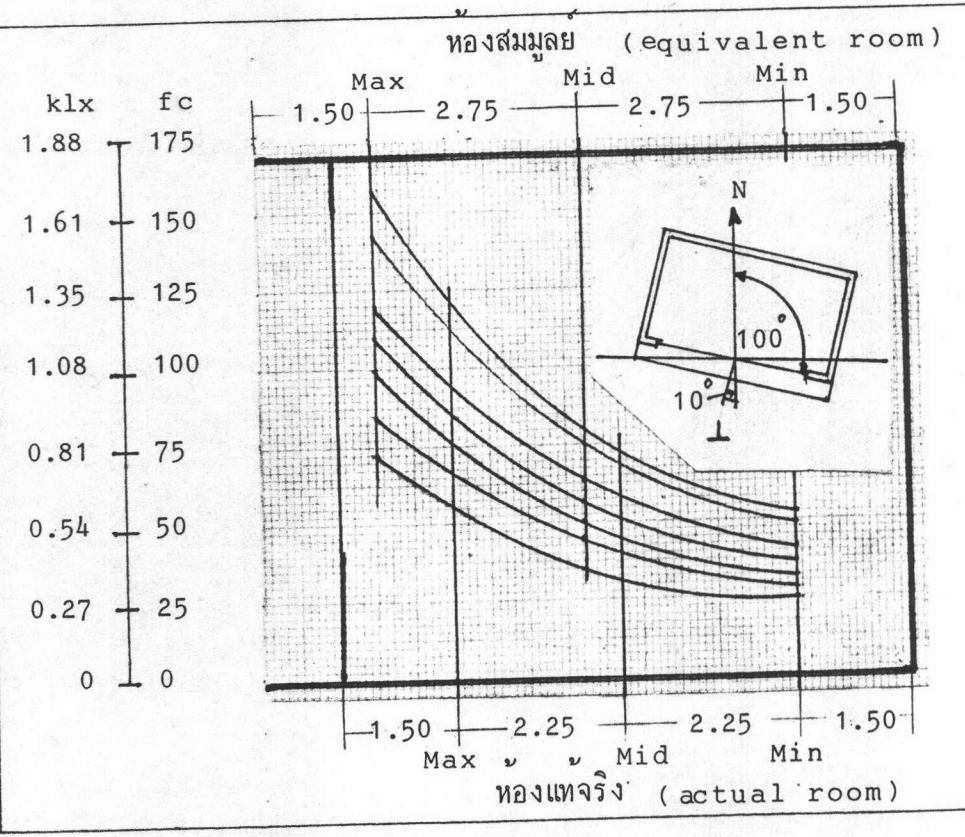


เวลา	Az	Al	ห้องสมมูลย์			ห้องแท้จริง		
	องศา	องศา	Max	Mid	Min	Max	Mid	Min
8.00	110	28	0.94	0.47	0.33	0.73	0.40	0.33
8.30	109	35	1.08	0.55	0.38	0.86	0.48	0.38
9.00	108	41	1.26	0.65	0.45	0.97	0.62	0.45
9.30	110	48	1.51	0.77	0.54	1.21	0.67	0.54
10.00	111	55	1.55	0.81	0.55	1.21	0.72	0.55
10.30	115	62	1.52	0.81	0.55	1.22	0.72	0.55
11.00	119	69	1.57	0.82	0.56	1.22	0.73	0.56
11.30	135	75	1.63	0.85	0.58	1.30	0.78	0.58
12.00	150	80	1.69	0.88	0.60	1.38	0.83	0.60

ท้องฟ้าแจ่มใส 18 มิถุนายน

ตารางที่ 5.3 แสดงตัวอย่างการคำนวณห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) เพื่อหาความสว่างห้องแท้จริงตามวิธี IES เมื่อ R_c = 80 % R_w = 70% และ R_f =30 % ลักษณะอาคารมีกันสาด ไม่มีการควบคุมแสง (No daylight control)

ตำแหน่งอาคารและความสว่างเป็นกิโลลักซ์ (klx)

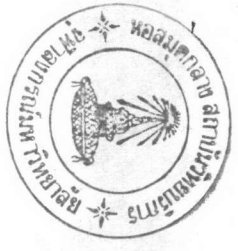


เวลา	Az องศา	Al องศา	ห้องสมมูลย์			ห้องแท้จริง		
			Max	Mid	Min	Max	Mid	Min
8.00	110	28	0.79	0.40	0.28	0.62	0.35	0.28
8.30	109	35	0.93	0.47	0.32	0.73	0.43	0.32
9.00	108	41	1.08	0.56	0.39	0.86	0.49	0.39
9.30	110	48	1.18	0.61	0.43	0.97	0.57	0.43
10.00	111	55	1.30	0.68	0.47	1.02	0.59	0.47
10.30	115	62	1.43	0.74	0.52	1.12	0.66	0.52
11.00	119	69	1.56	0.81	0.56	1.21	0.73	0.56
11.30	135	75	1.62	0.84	0.58	1.28	0.75	0.58
12.00	150	80	1.69	0.88	0.60	1.35	0.78	0.60

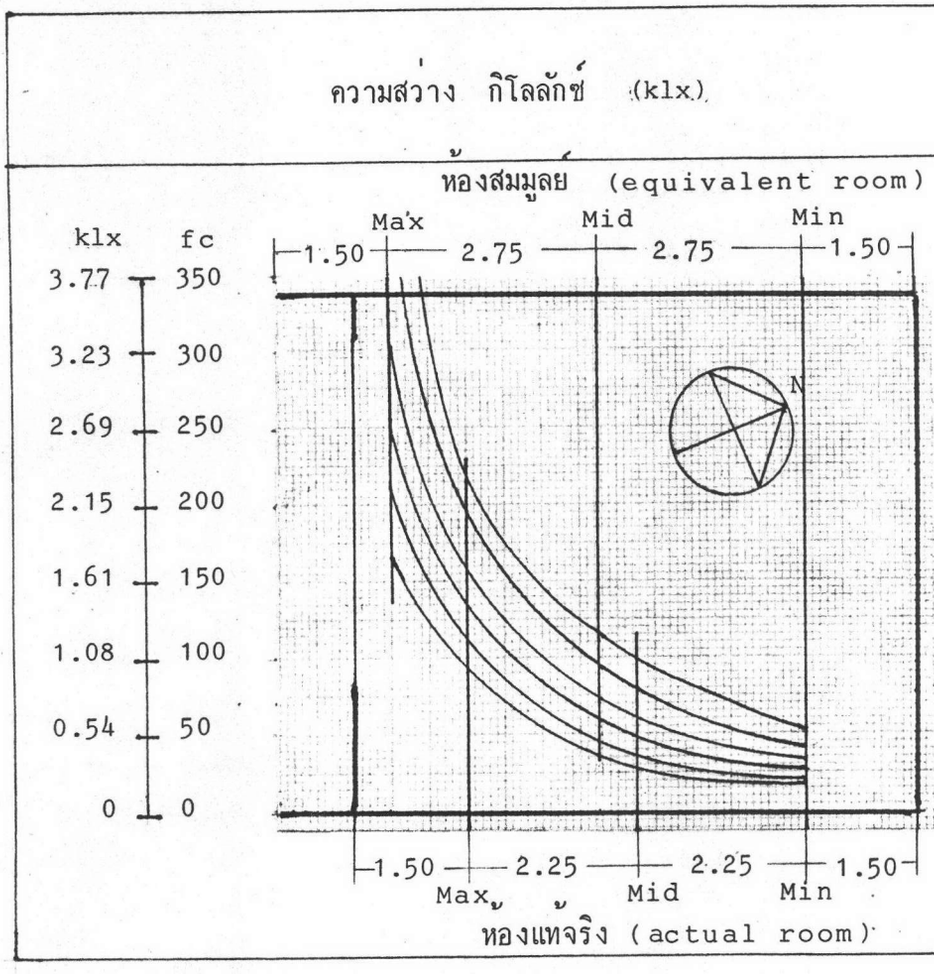
ท้องฟ้าแจ่มใส 2 กรกฎาคม

ตารางที่ 5.4 แสดงตัวอย่างการคำนวณห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) เพื่อหาความสว่างห้องแท้จริงตามวิธี IES เมื่อ R_c = 80 % R_w = 70 % และ R_f = 30 % ลักษณะอาคารมีกันสาด ไม่มีการควบคุมแสง (No daylight control)

เวลา	CIE กราฟ 3.3.1	CIE กราฟผนวก 1.7	CIE กราฟผนวก 2.3 8.00-16.00 น.
8.00	0.147	0.132	
8.30	0.265	0.170	
9.00	0.291	0.206	ค่าความสว่าง
9.30	0.397	0.250	ต่ำที่สุด
10.00	0.544	0.295	
10.30	0.567	0.347	0.150
11.00	0.471	0.398	
11.30	0.471	0.455	
12.00	0.442	-	
ท้องฟ้ามืด		กิโลลักซ์ (klx)	



ตารางที่ 5.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณตามวิธี CIE ในเดือนมิถุนายน สภาวะท้องฟ้ามืด เมื่อ R_c = 70 % R_w = 50 % และ R_f = 15 % ค่าความสว่างนี้คิดจาก 0.60 เมตร (2 ฟุต) จากหลังห้อง



เวลา	ห้องสมมูลย์			ห้องแท้จริง		
	Max	Mid	Min	Max	Mid	Min
8.00	1.78	0.37	0.17	1.02	0.30	0.17
8.30	2.00	0.42	0.20	1.07	0.34	0.20
9.00	2.31	0.47	0.22	1.18	0.38	0.22
9.30	2.78	0.62	0.30	1.45	0.52	0.30
10.00	3.26	0.78	0.35	1.67	0.64	0.35
10.30	4.52	0.98	0.45	2.09	0.86	0.45
11.00	5.78	1.18	0.54	2.15	0.97	0.54
11.30	5.85	1.20	0.54	2.26	1.02	0.54
12.00	5.92	1.22	0.55	2.31	1.07	0.55

ห้องฟ้ามืด 25 มิถุนายน

ตารางที่ 5.6 แสดงตัวอย่างการคำนวณความสว่าง ในสภาวะท้องฟ้ามืด ตามวิธีความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ในแนวราบบนพื้นที่ทำงาน โดยถือว่าผนังและเพดานไม่มีการสะท้อนแสง