คู่มือ
แนวทางการออกแบบ
การส่องสว่างภายในอาคาร
Guidelines for Indoor Lighting Design

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

คู่มือแนวทางการออกแบบ การส่องสว่างภายในอาคาร

Guidelines for Indoor Lighting Design

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

คณะทำงาน

ผศ.ดร.จรรยาพร จุลตามระ	ประธาน
รศ.ไชยะ แช่มช้อย	ที่ปรึกษา
ดร.อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์	คณะทำงาน
รศ.พรรณชลัท สุริโยธิน	คณะทำงาน
คุณกิตติ สุขุตมตันติ	คณะทำงาน
คุณเกษม นิลเจริญ	คณะทำงาน
คุณพีรอนงค์ วงศ์ธนากรชัย	คณะทำงาน
คุณจรินทร์ หาลาภี	คณะทำงาน
คุณจรัญ บุญยะคงรัตน์	คณะทำงาน
คุณศักดา บุญทองใหม่	คณะทำงาน
คุณวีรพล เอาทารย์สกุล	คณะทำงานและเลขานุการ

คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร
(Guidelines for Indoor Lighting Design)
เลขมาตรฐานสากลประจำหนังสือ 978-616-91662-1-4
ผู้เขียน / จัดทำโดย สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
487 ชั้น 3 อาคาร วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ซ.รามคำแหง39
ถ.รามคำแหง แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กทม.10310
โทรศัพท์ 0-2935-6905 โทรสาร 0-2935-6569
ภาพปก ศรีรัฏฐ์ สมสวัสดิ์
ออกแบบ ศาตนันท์ ปรัชญาพรศรี

สารบัญ

		หน้า
1	บทนำ	5
2	คำศัพท์และบทนิยาม	7
3	แนวทางการออกแบบการส่องสว่าง	11
	3.1 การกระจายความสว่าง	11
	3.2 ความส่องสว่าง	12
	3.2.1 ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน	13
	3.2.2 ความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ	14
	3.2.3 ความส่องสว่างบนพื้นที่พื้นหลัง	14
	3.2.4 ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง	15
	3.2.5 จุดคำนวณความส่องสว่าง	15
	3.3 แสงจ้า	17
	3.3.1 แสงจ้าระคายตา	17
	3.3.2 การบังแสงจ้า	17
	3.3.3 การสะท้อนบดบัง และแสงจ้าสะท้อน	18
	3.4 การส่องสว่างพื้นที่ภายใน	18
	3.4.1 ความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ยที่ต้องการในพื้นที่กิจกรรม	18
	3.4.2 การมองเห็นความเป็นสามมิติ	19
	3.4.3 แสงสว่างแบบมีทิศทาง สำหรับงานที่ใช้สายตา	20
	3.5 แสงขาว	20
	3.5.1 ลักษณะสีปรากฏ	20
	3.5.2 ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ	21
	3.6 การกระเพื่อมของแสง และปรากฏการณ์สโตรโบสโคป	21

หน้า

3.7 การส่องสว่างสำหรับโต๊ะทำงานที่มีหน้าจอแสดงผล 22
3.8 ตัวประกอบการบำรุงรักษา 24
3.9 ความต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน 25
3.10 ประโยชน์ของแสงธรรมชาติ 26
3.11 การแปรเปลี่ยนของแสง 26

4 ตารางเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ 29

5 การออกแบบการส่องสว่างในงานสถาปัตยกรรม 51
5.1 เทคนิคของการออกแบบการส่องสว่างในสถาปัตยกรรม 51
5.1.1 การให้แสงเพื่อสร้างบรรยากาศ 52
5.1.2 การให้แสงเพื่อการทำงานเฉพาะที่ 53
5.1.3 การให้แสงที่เน้นส่วนที่สำคัญ 52
5.1.4 การให้แสงเพื่อตกแต่ง หรือเป็นสื่อบอกเล่าความเป็นอัตลักษณ์ 55
5.2 กรณีศึกษาการออกแบบการส่องสว่างในสถาปัตยกรรม 56
5.2.1 โครงการ Aloft, Bangkok (ห้องอาหาร) 56
5.2.2 โครงการ Citadine สุขุมวิท 23 (โถงโรงแรม) 58
5.2.3 โครงการ The Sukhothai Residence, Bangkok (ห้องออกกำลังกาย) 59
5.2.4 พิพิธภัณฑ์ (ส่วนจัดแสดง) 60
5.2.5 โครงการ โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์ 62
5.2.6 โครงการ สำนักงาน C-ASEAN 64
5.2.7 โครงการ บางกอก อรีนา (สนามกีฬาในร่ม) 65
5.2.8 โครงการ ร้าน i Studio สาขา Central World 67

ภาคผนวก ก ปริมาณทางแสง หน่วยวัด และการแปลงหน่วย 71

1

บทนำ

แสงสว่างที่ดีถือเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้คนเราสามารถมองเห็นได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และมีความสบายตา อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งมีการใช้งานแตกต่างกัน ย่อมต้องการสภาพแสงที่แตกต่างกัน สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยจึงจัดทำคู่มือการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารฉบับนี้ขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบการส่องสว่าง โดยคำนึงถึงเกณฑ์ทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ เพื่อให้ได้สภาพแวดล้อมการส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยลักษณะต่าง ๆ โดยครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ภายในอาคาร อย่างไรก็ตาม พื้นที่พิเศษบางประเภท เช่น ห้องผ่าตัดในโรงพยาบาล ห้องควบคุมการบิน และสนามกีฬา เป็นต้น อาจต้องพิจารณาเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างและข้อกำหนดเฉพาะของพื้นที่นั้น ๆ เพิ่มเติม

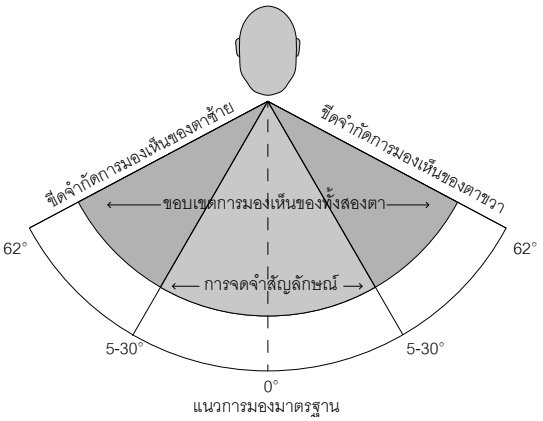
เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นโดยใช้ข้อมูลปัจจุบันและใช้ทดแทนเอกสารเดิมของสมาคมฯ คือ TIEA - GD 002 “ข้อแนะนำการส่องสว่างสำหรับห้องที่มีจอคอมพิวเตอร์” และ TIEA – GD 004 “ข้อแนะนำระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ของประเทศไทย” ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาได้แก่ คำศัพท์และบทนิยาม (ข้อ 2.) เพื่ออธิบายคำศัพท์เทคนิคต่าง ๆ ให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น; แนวทางการออกแบบการส่องสว่าง (ข้อ 3.) รวมถึงปัจจัยสำคัญที่ควรใช้พิจารณาในการกำหนดสภาพแวดล้อมการส่องสว่าง; ตารางเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ (ข้อ 4.) ในการใช้งานประเภทต่าง ๆ ; และสุดท้ายคือการออกแบบการส่องสว่างในงานสถาปัตยกรรม (ข้อ 5.) ที่จะกล่าวถึงเทคนิคในการออกแบบการส่องสว่างอย่างง่าย ๆ และกรณีศึกษาในการสร้างสรรค์การออกแบบการส่องสว่างในอาคาร

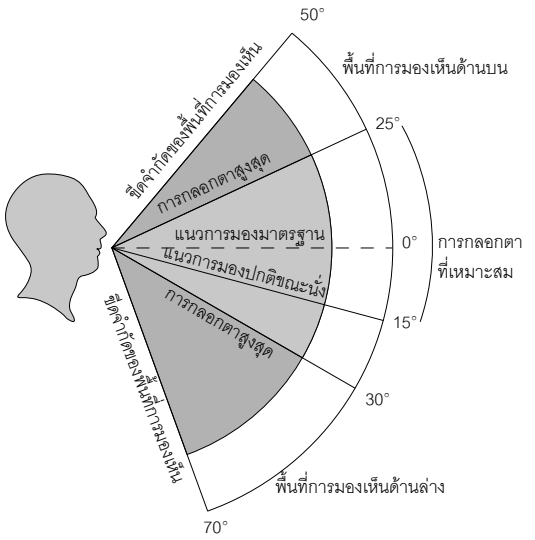
2

คำศัพท์และบทนิยาม

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารนี้ได้กำหนดความหมายและคำอธิบายสำหรับ คำศัพท์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 **บริเวณการมอง** (field of vision **หรือ** visual field)
พื้นที่การมองเห็นทั้งหมดซึ่งรวมถึงการมองเห็นที่ชัดเจนบริเวณจุดเพ่งมองของสายตาและโดยรอบ





รูปที่ 2.1 แสดงบริเวณการมอง

2.2 **งานที่ใช้สายตา** (visual task)
กิจกรรมที่ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบในการมอง อันได้แก่ ขนาดของงาน ความสว่าง ความเปรียบต่าง เมื่อเทียบกับพื้นหลัง และระยะเวลาที่ใช้ในการมอง

2.3 **พื้นที่กิจกรรม** (activity area)
พื้นที่ที่ใช้ทำกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง

2.4 **พื้นที่ทำงาน** (task area)
พื้นที่สำหรับการทำงานที่ใช้สายตา

2.5 **พื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ**
(immediate surrounding area)
แถบบริเวณรอบ ๆ พื้นที่ทำงานที่อยู่ในบริเวณการมอง

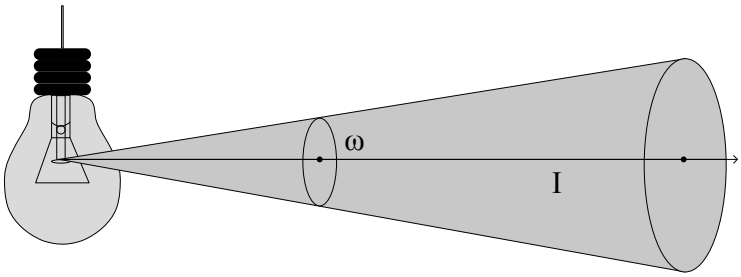
2.6 **พื้นที่พื้นหลัง** (background area)
พื้นที่ซึ่งถัดจากพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ

2.7 **จอแสดงผล** (Display Screen Equipment, DSE **หรือ** Visual Display Unit, VDU)
หน้าจอแสดงผลตัวเลขหรือกราฟฟิก

2.8 **ช่องแสงหลังคา** (roof light)
ช่องเปิดรับแสงธรรมชาติบนหลังคา

2.9 **ฟลักซ์การส่องสว่าง** (luminous flux, ϕ)
ปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในแต่ละวินาที มีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen)

2.15 **ความสว่าง** (luminance, L)
ปริมาณแสงที่ออกจากพื้นผิวของวัตถุหรือแหล่งกำเนิดแสงที่เข้ามาในทิศทางการมองของผู้สังเกต มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m2)



รูปที่ 2.2 ความเข้มการส่องสว่าง (I) และมุมตัน (ω)

2.10 **ความเข้มการส่องสว่าง** (luminous intensity, I)
ปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางหนึ่ง ๆ (มุมตัน) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela, cd)

2.16 **มุมกำบัง** (shielding angle)
มุมระหว่างแนวระนาบนอนกับแนวเล็ง (line of sight) แรก ที่สามารถมองเห็นส่วนเรืองแสงของหลอดไฟที่อยู่ภายในโคมไฟได้โดยตรง

2.11 **มุมตัน** (solid angle, ω)
มุมในวัตถุทรงตัน ใช้อธิบายขนาดของการกวาดมุมแบบสามมิติ (ทรงกรวย) มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian, sr)

2.17 **การสะท้อนบดบัง** (veiling reflection)
การสะท้อนแสงของพื้นผิวสว่างขนาดใหญ่บนพื้นที่ทำงานที่มีความเป็นมันเงาสูง เป็นผลให้สูญเสียความเปรียบต่างระหว่างพื้นที่ทำงานกับพื้นหลัง

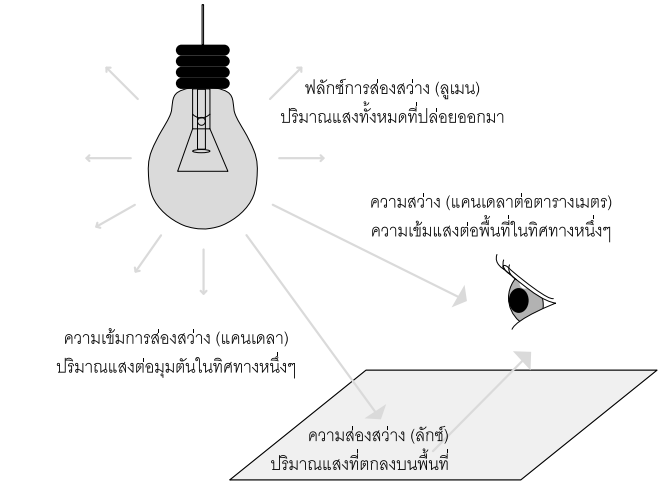
2.12 **ความส่องสว่าง** (illuminance, E)
ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นที่ต่อตารางเมตร มีหน่วยเป็น ลักซ์ (lux, lx)

2.18 **ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิว** (reflectance)
อัตราส่วนของแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิวต่อแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นผิว มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 (หรือ 0 ถึง 100%)

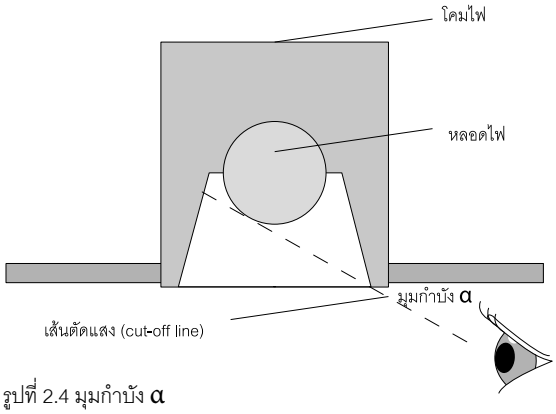
2.13 **ค่าดำรงความส่องสว่างเฉลี่ย**
(maintained illuminance, $\bar{E}_m$)
ระดับความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ ที่ต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้

2.19 **แสงธรรมชาติ** (daylight)
แสงที่ผ่านบรรยากาศมายังพื้นผิวโลก ประกอบด้วยสองส่วน ได้แก่ แสงตรงจากดวงอาทิตย์หรือแสงแดด (sunlight) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (skylight) โดยแสงตรงจากดวงอาทิตย์ คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศเป็นแนวเส้นตรงจากดวงอาทิตย์มายังพื้นผิวโลก ส่วนแสงกระจายจากท้องฟ้า คือ รังสีดวงอาทิตย์ที่กระเจิง (scatter) เมื่อเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลของอากาศ ฝุ่นละอองและเมฆ มีทิศทางไม่แน่นอน โดยส่วนหนึ่งกระจายมาตกกระทบยังพื้นผิวโลก

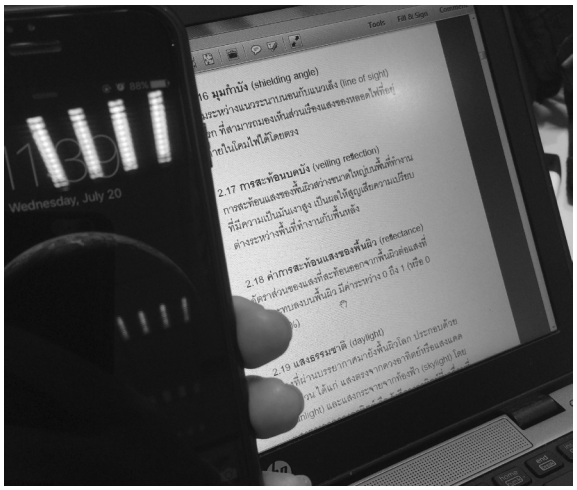
2.14 **ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง**
(illuminance uniformity, U_o)
อัตราส่วนระหว่างความส่องสว่างต่ำสุดบนพื้นผิวต่อความส่องสว่างเฉลี่ยของทั้งพื้นผิว



รูปที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแสงชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 2.4 มุมกำบัง α



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการสะท้อนบดบัง

3

แนวทางการออกแบบการส่องสว่าง

การสร้างสภาพแวดล้อมการส่องสว่าง (luminous environment) ที่ดีนั้นก็เพื่อตอบสนองความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ อันได้แก่ ความสามารถในการมองเห็น ความสบายตา และความปลอดภัย โดยปัจจัยสำคัญที่ควรใช้พิจารณาในการกำหนดสภาพแวดล้อมการส่องสว่าง ประกอบด้วยหลายปัจจัย อาทิ การกระจายความสว่าง (luminance distribution) ความส่องสว่าง (illuminance) แสงจ้า (glare) ทิศทางการให้แสง (directionality of light) การส่องสว่างพื้นที่ภายใน (lighting in the interior space) แสงขาว (white light) การกระเพื่อมของแสง (light flicker) และแสงธรรมชาติ (daylight) เป็นต้น โดยมีรายละเอียดเพิ่มเติมตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 การกระจายความสว่าง (luminance distribution)

การกระจายความสว่างบนพื้นผิวต่าง ๆ ภายในอาคารจะทำให้การมองเห็นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความสบายตา ความสว่างที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดแสงจ้า หรือหากมีความเปรียบต่างของความสว่างสูงเกินไปก็อาจจะทำให้เกิดความเมื่อยล้าในการมองได้ ในขณะที่ความสว่างและความเปรียบต่างที่ต่ำเกินไปอาจทำให้พื้นที่หรือบริเวณนั้นดูน่าเบื่อไม่มีชีวิตชีวา

ความสว่างของพื้นผิวต่าง ๆ จึงมีความสำคัญ และถูกกำหนดโดยการสะท้อนแสงของพื้นผิว รวมถึงความส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นผิว ซึ่งโดยทั่วไปควรใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสง และมีค่าความส่องสว่างบนพื้นผิวต่าง ๆ เป็นไปตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าการสะท้อนแสงและระดับความส่องสว่างที่แนะนำสำหรับพื้นผิวต่าง ๆ

พื้นผิว	ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิว(%)	ความส่องสว่างบนพื้นผิวต่าง ๆ
เพดาน	70-90	$\bar{E}_m \geq$ 30 ลักซ์ โดยมีความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง U_o ไม่น้อยกว่า 0.1
ผนัง	50-80	$\bar{E}_m \geq$ 50 ลักซ์ โดยมีความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง U_o ไม่น้อยกว่า 0.1
พื้น	20-40	

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างวัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงต่าง ๆ กัน

ตัวอย่างวัสดุ	ค่าการสะท้อนแสง (%)[1)]
กระดาษขาว	78
ปูนพลาสเตอร์	78
หินอ่อน	68
โลหะ	80
ไม้ (สีอ่อน)	52
ไม้ (สีเข้ม)	15
ปูน (สีอ่อน)	47
คอนกรีต	27
อิฐ	20
กระจกใส	6

[1)] เป็นค่ากลาง ๆ ทั่วไป ค่าการสะท้อนแสงอาจเปลี่ยนแปลงตามชนิดและสีของวัสดุนั้น ๆ (ข้อมูลจาก DIALux version 4.12)

สำหรับพื้นที่ที่ต้องใช้สายตาเป็นเวลานาน เช่น ภายในสำนักงาน โรงเรียน สถานพยาบาล ควรพิจารณาการกระจายความสว่างบนพื้นผิวต่าง ๆ โดยให้มีความสว่างบนเพดานและผนังสูงขึ้นเพื่อให้เกิดความสบายตา แนะนำให้มีค่าความสว่างดังนี้

เพดาน ควรมีค่าความสว่างไม่ต่ำกว่า 20 แคนเดลาต่อตารางเมตร (หรือประมาณ 75 ลักซ์ บนพื้นผิวที่มีค่าการสะท้อนแสง 80%)

ผนังหรือ**ฉากกั้นที่ติดกับพื้นที่ทำงาน** ควรมีค่าความสว่างไม่ต่ำกว่า 35 แคนเดลาต่อตารางเมตร (หรือประมาณ 150 ลักซ์ บนพื้นผิวที่มีค่าการสะท้อนแสง 60%)

3.2 **ความส่องสว่าง** (illuminance)

ความส่องสว่างมีผลอย่างมากต่อการรับรู้สเปซ (spatial perception) และความสามารถในการมองเห็น ดังนั้นในการออกแบบการส่องสว่างต้องให้พื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ พื้นที่ทำงาน พื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ และพื้นที่พื้นหลัง มีระดับความส่องสว่างที่เหมาะสมและสัมพันธ์กัน เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมการส่องสว่างที่ดี อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

3.2.1 ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน

เกณฑ์การส่องสว่างในข้อ 4. กำหนดค่าความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานซึ่งอาจอยู่ในแนวระนาบ แนวตั้ง หรือแนวเอียง ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้ โดยค่าที่กำหนดเป็นค่าสำหรับสภาพการมองเห็นทั่วไป ซึ่งได้จากการพิจารณารวมปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่

- คุณลักษณะด้านจิตสรีรศาสตร์ (psycho-physiological aspect) เช่น ความสบายตา และความเป็นอยู่ที่ดี
- ความต้องการแสงสว่างสำหรับงานที่ใช้สายตา
- การยศาสตร์ในการมองเห็น (visual ergonomic)
- ประสบการณ์จากการใช้งานจริง
- ความปลอดภัย
- ความคุ้มค่า

ค่าความส่องสว่างนี้อาจปรับเพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อสภาพการมองเห็นแตกต่างจากสภาพปกติ โดยอาจปรับเพิ่มขึ้นเมื่อ

- เป็นงานที่มีความสำคัญ
- มีค่าใช้จ่ายสูงเมื่อเกิดความผิดพลาด
- เป็นงานที่ต้องการความแม่นยำ และต้องการเพิ่มผลิตภาพ หรือเป็นงานที่ต้องการสมาธิสูง
- รายละเอียดของงานมีขนาดเล็กกว่าปกติทั่วไป หรือมีความเปรียบต่างน้อย
- เป็นงานที่ต้องใช้เวลาทำมากกว่าปกติ
- ความสามารถในการมองเห็นของผู้ปฏิบัติงานต่ำกว่าทั่วไป

และอาจปรับลดลงเมื่อ

- รายละเอียดของงานมีขนาดใหญ่กว่าปกติหรือมีความเปรียบต่างสูง
- เป็นงานที่ทำในช่วงเวลาสั้น ๆ

สำหรับกรณีที่ไม่ทราบขนาดและ/ หรือตำแหน่งของพื้นที่ทำงาน อาจทำการออกแบบโดย

วิธีที่ 1: พิจารณาพื้นที่ทั้งหมดเป็นพื้นที่ทำงาน และให้มีความส่องสว่างเป็นไปตามที่แนะนำในข้อ 4. หรือ

วิธีที่ 2: ให้พื้นที่ทั้งหมดมีค่าความส่องสว่างเป็นไปตามที่กำหนดโดยผู้ออกแบบ ซึ่งอาจกำหนดให้มีค่าอยู่ระหว่างความส่องสว่างของพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบและของพื้นที่พื้นหลัง (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานและความต้องการของผู้ออกแบบ) และความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง $U_o \geq 0.4$ โดยหลังจากทราบขนาดและ/หรือตำแหน่งของพื้นที่ทำงานแล้วจึงออกแบบเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการ

หมายเหตุ: แนวทางการออกแบบการส่องสว่างตามวิธีที่ 1 เป็นวิธีที่ง่ายต่อการออกแบบ แต่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่ำเนื่องจากในบางพื้นที่อาจมีค่าความส่องสว่างสูงกว่าที่จำเป็น ส่วนวิธีที่ 2 เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง แต่ซับซ้อนต่อการออกแบบ เนื่องจากต้องมีข้อมูลลักษณะของงานที่ทำและตำแหน่งของพื้นที่ทำงานที่ชัดเจน

3.2.2 **ความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ**

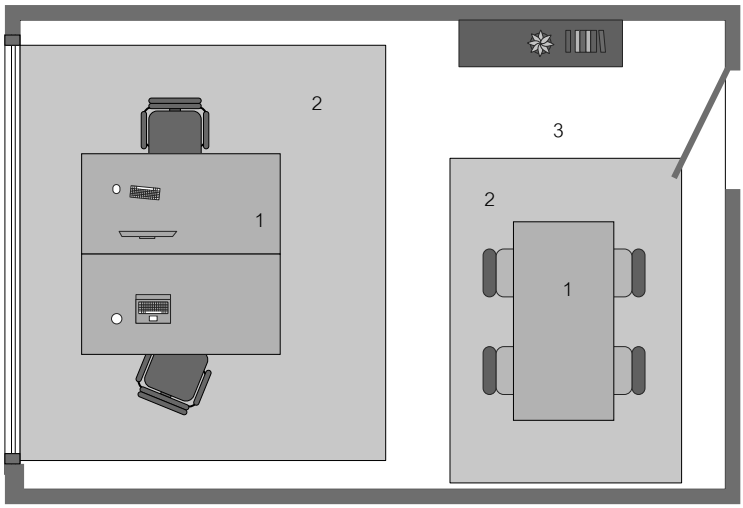
การที่ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานกับพื้นที่โดยรอบมีค่าแตกต่างกันมากจะทำให้เกิดความเครียดในการมอง และไม่สบายตา ดังนั้นความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบอาจมีระดับที่ต่ำกว่าความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานแต่ไม่ควรต่ำกว่าค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 3.3
สำหรับขนาดของพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ ควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 0.5 เมตร รอบ ๆ พื้นที่ทำงาน

ตารางที่ 3.3 ความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบที่สัมพันธ์กับความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน

ความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน (ลักซ์)	**ความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ (ลักซ์)**
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	เท่ากับความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน

3.2.3 **ความส่องสว่างบนพื้นที่พื้นหลัง**

นอกจากพื้นที่ทำงานและพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ พื้นที่ถัดมารอบ ๆ ซึ่งเรียกว่า พื้นที่พื้นหลัง ควรมีการส่องสว่างด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะบริเวณที่ไม่ค่อยได้รับแสง ธรรมชาติ พื้นที่พื้นหลังควรมีความกว้างไม่น้อยกว่า 3 เมตรถัดออกมาจากพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ และมีความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 1 ใน 3 ของความส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ



1) พื้นที่ทำงาน
$\bar{E}_m$ 500 ลักซ์, $U_O \geq 0.6$

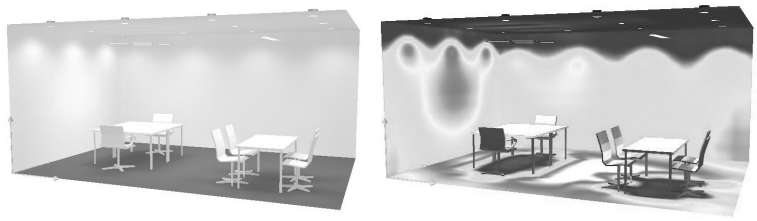
2) พื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ
$\bar{E}_m$ 300 ลักซ์, $U_O \geq 0.4$

3) พื้นที่พื้นหลัง
$\bar{E}_m$ 100 ลักซ์, $U_O \geq 0.1$

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างแสดงพื้นที่ทำงาน พื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ พื้นที่พื้นหลัง และความส่องสว่าง

3.2.4 **ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง** (uniformity)

ความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U_o) บนพื้นที่ทำงานไม่ควรน้อยกว่าค่าที่ให้ไว้ในข้อ 4. สำหรับพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบและพื้นที่พื้นหลัง ควรมีค่า $U_o \geq 0.4$ และ ≥ 0.1 ตามลำดับ ยกเว้นบริเวณที่ได้รับแสงธรรมชาติจากทางหน้าต่าง ซึ่งความส่องสว่างจะลดลงอย่างมากเมื่ออยู่ถัดเข้าไปภายในจากบริเวณริมหน้าต่าง ทำให้มีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างต่ำ อย่างไรก็ตามข้อดีของการได้รับแสงธรรมชาติสามารถชดเชยความไม่สม่ำเสมอนี้ได้



รูปที่ 3.2 เฉดสีแสดงความสม่ำเสมอของความส่องสว่างที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมจำลองสภาพแสง

3.2.5 **จุดคำนวณความส่องสว่าง** (calculation grid)

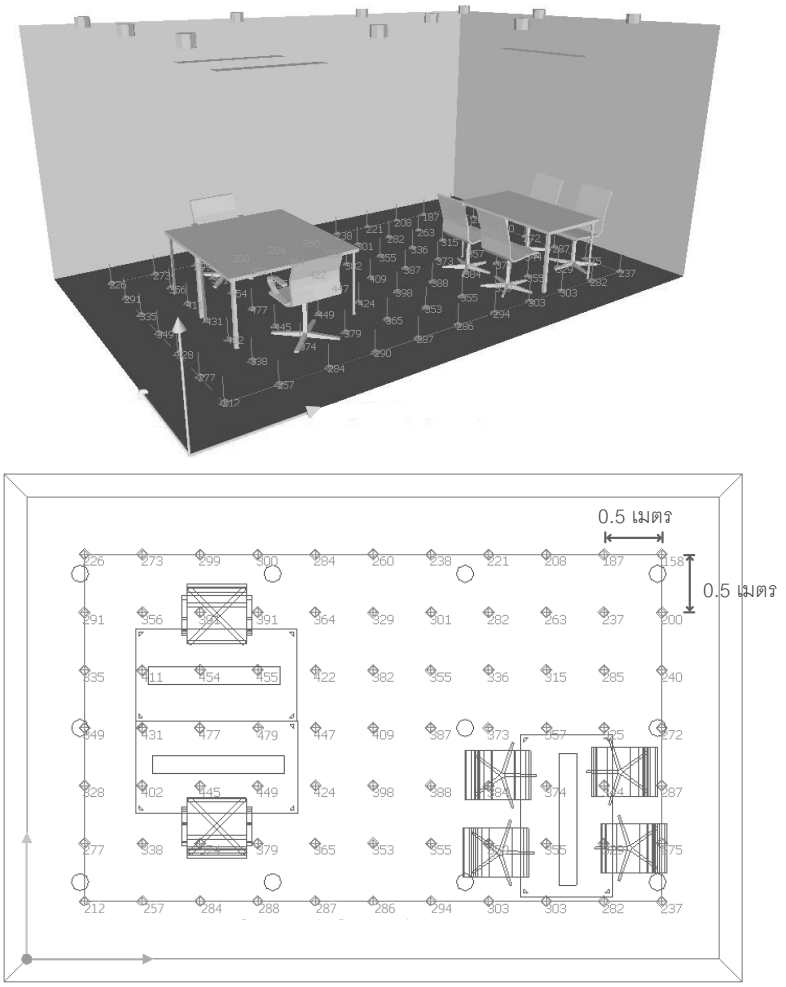
เพื่อให้การคำนวณความส่องสว่างเป็นไปอย่างถูกต้อง จุดที่ใช้คำนวณความส่องสว่างบนพื้นที่ทำงาน พื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบ และพื้นที่พื้นหลัง ควรมีระยะห่างเท่า ๆ กันทั้งในแนวด้านกว้างและแนวด้านยาว โดยระยะห่างระหว่างจุดและจำนวนจุดที่คำนวณควรมีความสัมพันธ์กับความยาวของพื้นที่ตามแนวด้านยาว ดังตัวอย่างตามตารางที่ 3.4 และมีระยะห่างระหว่างจุดสูงสุดไม่เกิน 10 เมตร

ตารางที่ 3.4 ระยะห่างระหว่างและจำนวนจุดคำนวณที่แนะนำ

ความยาวของพื้นที่ (เมตร)	**ระยะห่างระหว่างจุด ไม่เกิน (เมตร)**	**จำนวนจุด ไม่น้อยกว่า (จุด)**
0.40	0.15	3
0.60	0.20	3
1.00	0.20	5
2.00	0.30	6
5.00	0.60	8
10.00	1.00	10
25.00	2.00	12
50.00	3.00	17
100.00	5.00	20
≥ 200.00	10.00	-

ในกรณีที่ด้านกว้างของพื้นที่มีระยะน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของด้านยาว ให้ใช้ระยะด้านกว้างแทนด้านยาว ในการพิจารณาระยะห่างระหว่างจุดคำนวณ

โดยแถบพื้นที่รอบ ๆ ห้องห่างจากผนังเป็นระยะ 0.5 เมตร ถือเป็นพื้นที่ชายขอบ (border area) ไม่ต้องนำมาคำนวณ ยกเว้นว่ามีการใช้งานในพื้นที่นี้ และใช้แนวทางเช่นเดียวกันนี้ในการกำหนดจุดคำนวณบนผนังและเพดาน



รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างจุดคำนวณความส่องสว่างบนระดับพื้นและค่าที่คำนวณได้โดยโปรแกรมจำลองสภาพแสง

3.3 แสงจ้า (glare)

แสงจ้าเป็นความรู้สึกที่เกิดจากการที่ในบริเวณการมอง มีพื้นผิวหรือสิ่งที่มีความสว่างจ้ามาก ๆ เมื่อเทียบกับพื้นหลัง ซึ่งควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากจะทำให้เกิดความเมื่อยตา อาจเกิดความผิดพลาด หรือเกิดอุบัติเหตุได้ แสงจ้าอาจเกิดได้หลายลักษณะทั้งจากแสงไฟฟ้าหรือแสงธรรมชาติ ดังนี้

- เกิดจากการมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง เรียกว่า “แสงจ้าโดยตรง” (direct glare) เช่น การมองเห็นหลอดไฟโดยตรง หรือการมองเห็นแสงสว่างจากช่องหน้าต่าง
- เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นผิวที่มีความมันวาว เรียกว่า “แสงจ้าสะท้อน” (reflected glare) เช่น การมองเห็นแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์บนกระจกเงา

แสงจ้าที่ทำให้เกิดความไม่สบายตา เรียกว่า “แสงจ้าระคายตา” (discomfort glare) ส่วนแสงจ้าที่ทำให้สูญเสียความสามารถในการมองเห็น เรียกว่า “แสงจ้าพร่านัยน์ตา” (disability glare) สำหรับพื้นที่ภายในอาคาร แสงจ้าพร่านัยน์ตามักไม่เป็นปัญหาเมื่อมีการจำกัดแสงจ้าระคายตาในระดับที่เหมาะสม

3.3.1 แสงจ้าระคายตา

แสงจ้าระคายตาที่เกิดจากโคมไฟโดยตรงสามารถประเมินได้โดยใช้ค่า “พิกัดแสงจ้ารวม” (Unified Glare Rating, UGR) โดยในแต่ละพื้นที่ใช้งานควรจำกัดค่า UGR ไม่ให้เกินตามที่ระบุในข้อ 4. ซึ่งได้กำหนดค่าจำกัดสำหรับ UGR นี้ไว้ในลักษณะเป็นลำดับขั้นคือ 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28 ทั้งนี้เพื่อให้เห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในแต่ละขั้น

โดยถ้าค่า UGR สูงสุดภายในห้องเกินกว่าค่าที่กำหนดในข้อ 4. ผู้ออกแบบควรให้ข้อมูลตำแหน่งพื้นที่ทำงานที่เหมาะสมไว้ด้วย

อนึ่ง สำหรับการประเมินแสงจ้าระคายตาที่เกิดจากหน้าต่าง ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการที่เป็นมาตรฐาน

สูตรการคำนวณ UGR

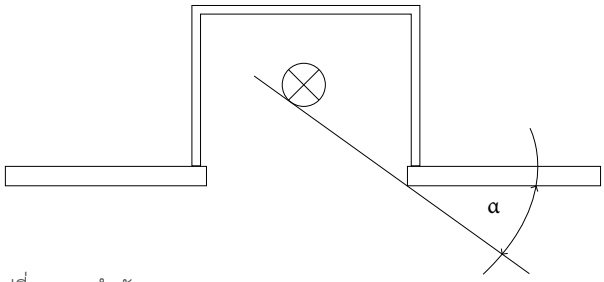
$$UGR = 8 \log_{10} \left(\frac{0{,}25}{L_B} \sum \frac{L^2 \omega}{p^2} \right)$$

L_B	ความสว่างของพื้นหลัง มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร
L	ความสว่างของส่วนที่แปล่งแสงของโคมไฟแต่ละโคมในทิศทางการมองของผู้สังเกต มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร
ω	มุมตันในหน่วยสเตอเรเดียนของส่วนที่เปล่งแสงของโคมไฟแต่ละโคมที่ดวงตาของผู้สังเกต
p	ดัชนีตำแหน่งกัธ (Guth position index) ของโคมไฟแต่ละโคม ซึ่งสัมพันธ์กับระยะกระจัดของแนวเส้นการมอง

3.3.2 การบังแสงจ้า

แหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมาก ๆ สามารถเป็นสาเหตุของแสงจ้า ควรหลีกเลี่ยงโดยการบังแสงจากหลอดไฟ ช่องแสงหลังคา หรือแสงแดดที่เข้ามาทางหน้าต่างด้วยวิธีการที่เหมาะสม

สำหรับโคมไฟ ควรให้มีมุมกำบัง α (ดูรูปที่ 3.4) อย่างน้อยสุดเป็นไปตามตารางที่ 3.5 โดยขึ้นอยู่กับความสว่างของหลอดไฟ



รูปที่ 3.4 มุมกำบัง α

ตารางที่ 3.5 มุมกำบังต่ำสุดสำหรับหลอดไฟที่มีความสว่างต่าง ๆ กัน

ความสว่างของหลอดไฟ (1000 แคนเดลาต่อตารางเมตร)	มุมกำบังอย่างน้อยสุด
20 ถึง < 50	15°
50 ถึง < 500	20°
≥ 500	30°

3.3.3 การสะท้อนบดบัง และแสงจ้าสะท้อน

แสงสะท้อนที่สว่างจ้ามาก ๆ บนงานที่ใช้สายตาอาจรบกวนการมองและทำให้เกิดอันตรายได้ การป้องกันการสะท้อนบดบังและแสงจ้าสะท้อนสามารถทำได้โดยวิธีการ ดังนี้

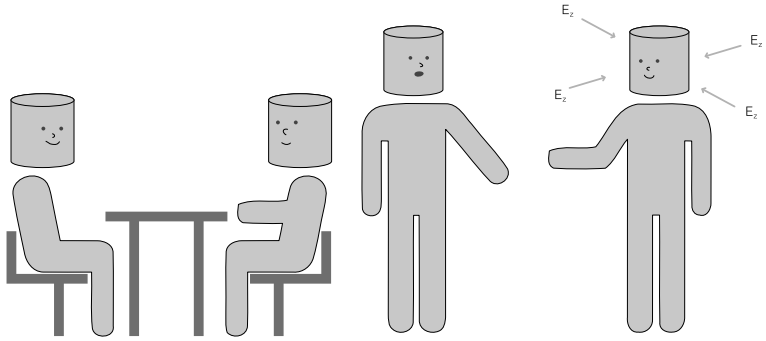
- จัดวางตำแหน่งโต๊ะทำงานให้เหมาะสมกับตำแหน่งโคมไฟ หน้าต่าง และช่องแสงหลังคา
- เลือกลักษณะพื้นผิวของวัสดุต่าง ๆ ให้เหมาะสม เช่น ใช้วัสดุผิวด้าน
- จำกัดความสว่างของโคมไฟ หน้าต่าง และช่องแสงหลังคา
- เพิ่มความสว่างให้กับเพดานและผนัง

3.4 การส่องสว่างพื้นที่ภายใน (lighting in interior space)

นอกเหนือจากการส่องสว่างเพื่อการทำงาน ปริมาตร (volume) ของพื้นที่ภายในต้องมีการส่องสว่างที่เหมาะสมเพื่อส่องเน้นวัตถุ เผยให้เห็นลักษณะพื้นผิว (texture) ของวัสดุ รวมทั้งทำให้มองเห็นลักษณะและใบหน้าผู้คนที่อยู่ในพื้นที่เพื่อให้เกิดการสื่อสารและมีปฏิสัมพันธ์ได้ดียิ่งขึ้น โดยใช้คำเหล่านี้ในการอธิบายสภาพการส่องสว่าง เช่น ความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ย (mean cylindrical illuminance) การมองเห็นความเป็นสามมิติ (modeling) และแสงสว่างแบบมีทิศทาง (directional lighting)

3.4.1 ความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ยที่ต้องการในพื้นที่กิจกรรม

ในการสื่อสารทางการมองและการจดจำวัตถุที่อยู่ภายในสเปซจำเป็นต้องอาศัยแสงสว่างที่ส่องภายในสเปซนั้น ๆ สามารถพิจารณาโดยใช้ค่าความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ย ($\bar{E}_z$) ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่า 50 ลักซ์ และมีความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (U_0) ไม่น้อยกว่า 0.1 บนระนาบแนวนอนที่ความสูงจากพื้น 1.2 เมตรสำหรับระดับคนนั่ง และที่ 1.6 เมตรสำหรับระดับคนยืน



รูปที่ 3.5 อธิบายค่าความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ย

สำหรับบริเวณที่การสื่อสารทางการมองมีความสำคัญ เช่น สำนักงาน ห้องประชุม ห้องเรียน ควรมีความส่องสว่างทรงกระบอกเฉลี่ยไม่น้อยกว่า 150 ลักซ์ และมีความสม่ำเสมอของความส่องสว่างไม่น้อยกว่า 0.1

3.4.2 การมองเห็นความเป็นสามมิติ

การส่องสว่างลักษณะโครงสร้าง ผู้คนและสิ่งของให้สามารถเห็นถึงรูปทรงและลักษณะพื้นผิวได้อย่างชัดเจนและเป็นที่พึงพอใจ มีส่วนช่วยส่งเสริมการมองเห็นภายในอาคาร แสงสว่างไม่ควรจะส่องมาในทิศทางโดยตรงเท่านั้นเนื่องจากจะทำให้เกิดเงาเข้ม แต่ก็ไม่ควรจะกระจายมากเกินไปจนทำให้การรับรู้สภาพแวดล้อมดูแบนไม่น่าสนใจและสูญเสียลักษณะความเป็นสามมิติ นอกจากนี้เงาซ้อนที่เกิดจากแสงโดยตรงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงมากกว่าหนึ่งจุดก็เป็นสิ่งที่ควรหลีกเลี่ยงเนื่องจากจะทำให้ มองแล้วเกิดความสับสน

ดังนั้น เพื่อให้เกิดการมองเห็นความเป็นสามมิติ จึงควรรักษาสมดุลระหว่างแสงสว่างโดยตรงและแสงสว่างแบบกระจาย (diffuse light) โดยสามารถพิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างความส่องสว่างทรงกระบอกต่อความส่องสว่างในแนวระนาบ (ณ ระนาบคำนวณเดียวกัน) สำหรับพื้นที่ที่มีการติดตั้งโคมไฟอย่างสม่ำเสมอ หรือใช้แสงจากช่องหลังคา ซึ่งค่าระหว่าง 0.3 ถึง 0.6 ถือเป็นตัวบ่งชี้การมองเห็นความเป็นสามมิติที่ดี

แสงธรรมชาติที่เข้ามาทางหน้าต่างจะมีผลอย่างมากต่อค่านี้ อย่างไรก็ตามประโยชน์ที่ได้รับจากแสงธรรมชาติสามารถชดเชยผลกระทบนี้ได้

รูปที่ 3.6 สภาพการส่องสว่างที่ได้จากการใช้แสงสว่างโดยตรงเท่านั้น (ซ้าย) และสภาพการส่องสว่างที่ได้จากการใช้แสงสว่างโดยตรงและโดยอ้อม (ขวา)

3.4.3 แสงสว่างแบบมีทิศทาง สำหรับงานที่ใช้สายตา

การให้แสงจากทิศทางหนึ่ง ๆ สามารถเผยให้เห็นรายละเอียดของงานที่ใช้สายตา ทำให้การมองเห็นดีขึ้น และสามารถทำงานได้ง่ายขึ้น แต่ต้องระวังการเกิดการสะท้อนบดบังและแสงจ้าสะท้อนที่ไม่พึงปรารถนา นอกจากนี้ควรต้องหลีกเลี่ยงเงาเข้มที่รบกวนงานที่ใช้สายตา อย่างไรก็ตาม บางครั้งเงาก็ทำให้สามารถมองเห็นงานได้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการใช้แสงสว่างแบบมีทิศทางในการตรวจหาความสม่ำเสมอของชิ้นงาน

3.5 แสงขาว (white light)

คุณภาพของแสงขาว หรือแสงที่เป็นแบบเดียวกับแสงธรรมชาติ สามารถกำหนดได้ด้วยคุณลักษณะสองประการซึ่งต้องพิจารณาแยกกัน คือ

- ลักษณะสีปรากฏ (color appearance) ของแสง
- ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ (color rendering)

3.5.1 ลักษณะสีปรากฏ

ลักษณะสีปรากฏของหลอดไฟ หมายถึงลักษณะสีของแสงที่เปล่งออกมา สามารถอธิบายในเชิงปริมาณได้โดยใช้ค่า “อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์” (correlated color temperature, CCT หรือ T_{cp}) มีหน่วยเป็นเคลวิน (K) และอธิบายอย่างกว้าง ๆ ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.6 กลุ่มของลักษณะสีปรากฏ

ลักษณะสีปรากฏ	อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์
อุ่น	ต่ำกว่า 3300 K
ปานกลาง	ระหว่าง 3300 ถึง 5300 K
เย็น	สูงกว่า 5300 K

ขาวอุ่น <3300 เคลวิน ขาวปานกลาง 3300-5300 เคลวิน ขาวเย็น >5300 เคลวิน

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างลักษณะสีปรากฏและอุณหภูมิสีสหสัมพันธ์

การเลือกลักษณะสีปรากฏเป็นเรื่องทางด้านจิตวิทยา ความสวยงาม และความเป็นธรรมชาติ โดยขึ้นกับระดับความส่องสว่าง สีของห้องและเฟอร์นิเจอร์ ภูมิอากาศ การใช้งานและความคมชัดในการมองเห็น (visual clarity) ตัวอย่างเช่นคนที่อาศัยอยู่ในประเทศที่มีภูมิอากาศเย็นมักชอบลักษณะสีปรากฏอุ่น ส่วนคนที่อาศัยอยู่ในประเทศที่มีภูมิอากาศร้อนมักชอบลักษณะสีปรากฏที่เย็นกว่า ในการประยุกต์ใช้งานบางประเภทมีการจำกัดช่วงลักษณะสีปรากฏที่เหมาะสม โดยได้ระบุไว้ในข้อ 4.

3.5.2 ความสามารถในการทำให้สีวัตถุปรากฏ

สีของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่แวดล้อมทั้งที่เป็นวัตถุหรือสีของผิวมนุษย์จะต้องดูเป็นธรรมชาติ เพื่อให้มีความสามารถในการมองเห็น เกิดความสบายตา และมีสุขภาพความเป็นอยู่ที่ดี โดยใช้ตัวชี้วัดได้แก่ “ดัชนีความถูกต้องของสี” (color rendering index, CRI หรือ Ra) ซึ่งมีค่าสูงสุดคือ 100

2700K CRI 97 | 2700K CRI 90 | 2700K CRI 80 | 2700K CRI 70

รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างสีของวัตถุที่เห็นภายใต้แสงที่มีค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่าง ๆ กัน

ดัชนีความถูกต้องของสีที่เหมาะสำหรับการใช้งานพื้นที่ในอาคาร งานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ไม่ควรต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในข้อ 4.

3.6 การกระเพื่อมของแสง และปรากฏการณ์สโตรโบสโคป (flicker and stroboscopic effect)

การกระเพื่อมของแสงเป็นสาเหตุทำให้เสียสมาธิ และมีผลทางสรีรวิทยา เช่น ปวดศีรษะ ในขณะที่ปรากฏการณ์สโตรโบสโคปอาจนำไปสู่สถานการณ์ที่เป็นอันตราย เนื่องจากทำให้การรับรู้ความเคลื่อนไหวเปลี่ยนไป เช่น เครื่องจักรที่กำลังหมุนด้วยความถี่ที่สัมพันธ์กับความถี่แสงทำให้ดูเหมือนหมุนย้อนกลับหรือหยุดนิ่ง

ดังนั้นการออกแบบระบบส่องสว่างต้องหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดการกระเพื่อมของแสงและปรากฏการณ์สโตรโบสโคป เช่น การเลือกใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง

3.7 การส่องสว่างสำหรับโต๊ะทำงานที่มีหน้าจอแสดงผล

(lighting for work station with display screen equipment)

การส่องสว่างสำหรับโต๊ะทำงานที่มีหน้าจอแสดงผลต้องเหมาะสมสำหรับการทำงานทุกอย่างที่เกิดขึ้นบนโต๊ะทำงานนั้น ไม่ว่าจะเป็นการอ่านข้อมูลบนหน้าจอ การอ่านและเขียนบนกระดาษ การพิมพ์งานบนแป้นคีย์บอร์ด เป็นต้น โดยใช้เกณฑ์การส่องสว่างให้สัมพันธ์กับลักษณะงานหรือกิจกรรมซึ่งได้กำหนดไว้ในข้อ 4.

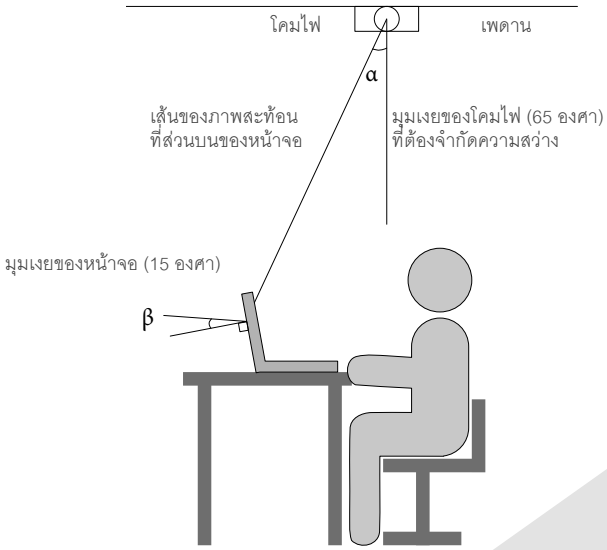
อย่างไรก็ตาม แสงสะท้อนบนหน้าจอแสดงผล (หรือบางครั้งบนคีย์บอร์ด) อาจทำให้เกิดแสงจ้าระคายตาหรือแสงจ้าพร่านัยน์ตา ดังนั้น ผู้ออกแบบจึงจำเป็นต้องคำนึงถึงการจัดวางตำแหน่งและเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อหลีกเลี่ยงการสะท้อนที่จะทำให้เกิดการรบกวนนั้น

การจำกัดความสว่างของโคมไฟ

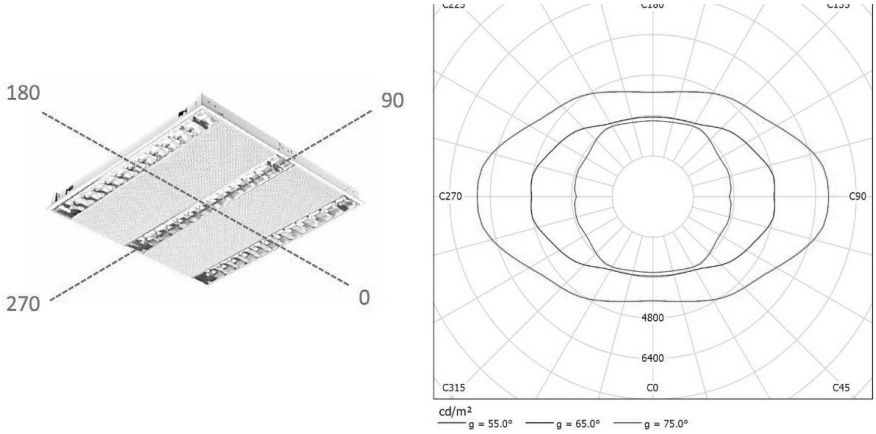
แสงสว่างอาจทำให้ความคมชัดของสิ่งที่แสดงบนหน้าจอแสดงผลลดลง อันเนื่องมาจาก

- การสะท้อนบดบังจากความส่องสว่างบนหน้าจอ และ
- ความสว่างของโคมไฟ ที่สะท้อนบนหน้าจอ

ดังนั้นความสว่างของโคมไฟจึงต้องถูกจำกัดให้เหมาะสมกับคุณภาพของหน้าจอแสดงผล (คุณภาพหน้าจอแสดงผลมีอธิบายไว้ใน ISO 9241-307) ในตารางที่ 3.7 ได้กำหนดค่าจำกัดความสว่างเฉลี่ยของโคมไฟที่มุมเงย 65 องศาจากแนวดิ่ง ในทิศทางรอบโคมไฟ สำหรับโต๊ะทำงานที่มีหน้าจอแสดงผลวางเงยหน้าขึ้น 15 องศา



รูปที่ 3.10 แสดงมุมเงย (ของโคมไฟ) 65 องศา และมุมเงยของหน้าจอ 15 องศา



รูปที่ 3.11 ข้อมูลการจำกัดความสว่างของโคมไฟในทิศทางต่าง ๆ ที่มุมเงย 55 (สีแดง), 65 (สีน้ำเงิน) และ 75 องศา (สีเขียว)

ตารางที่ 3.7 ค่าจำกัดความสว่างเฉลี่ยของโคมไฟ ที่สามารถสะท้อนบนจอแบน

ความสว่างสถานะสูงของหน้าจอ (screen high state luminance)	**หน้าจอความสว่างมาก** $L > 200$ cd/m^2	**หน้าจอความสว่างปานกลาง** $L \leq 200$ cd/m^2
กรณี A (หน้าจอที่มีพื้นหลังสีอ่อน ตัวอักษรสีเข้ม และมีความต้องการทางสีและการแสดงรายละเอียดของข้อมูลแบบปกติ เช่น ที่ใช้ในสำนักงาน สถานศึกษา)	≤ 3000 cd/m^2	≤ 1500 cd/m^2
กรณี B (หน้าจอที่มีพื้นหลังสีเข้ม ตัวอักษรสีอ่อน และ/หรือมีความต้องการทางสีและการแสดงรายละเอียดของข้อมูลสูงกว่าปกติ เช่น ที่ใช้ในงาน CAD เพื่อตรวจสอบสี)	≤ 1500 cd/m^2	≤ 1000 cd/m^2
หมายเหตุ ความสว่างสถานะสูงของหน้าจอ (ดู ISO 9241-302) เป็นการอธิบายความสว่างของส่วนสีขาวบนหน้าจอ ซึ่งสามารถหาค่านี้ได้จากผู้ผลิตหน้าจอ		

งานและกิจกรรมบางประเภท และเทคโนโลยีหน้าจอแสดงผลบางชนิด (โดยเฉพาะอย่างยิ่งชนิดที่มีความมันวาว) อาจต้องใช้วิธีการอื่น เช่น จำกัดให้มีความสว่างลดลง หรือใช้อุปกรณ์บังแสง หรือปรับหรี่แสงสำหรับแต่ละคน

ในงานอุตสาหกรรม บางครั้งมีการเพิ่มกระจกป้องกันด้านหน้าจอแสดงผล ดังนั้นการลดการสะท้อนที่ไม่ต้องการบนกระจกป้องกันเหล่านี้ สามารถทำได้โดยการใช้กรรมวิธีลดการสะท้อน การปรับมุมกระจก หรือการใช้อุปกรณ์บังแสง เป็นต้น

3.8 **ตัวประกอบการบำรุงรักษา** (maintenance factor, MF)

ค่าความส่องสว่างที่กำหนดให้สำหรับงานแต่ละประเภทเป็นระดับความส่องสว่างที่ต้องคงไว้ ดังนั้นในการออกแบบการส่องสว่างต้องนำตัวประกอบการบำรุงรักษารวม (overall maintenance factor) มาใช้ในการคำนวณ ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษานี้ขึ้นกับคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ (หลอดไฟและโคมไฟ) การสะท้อนแสงของพื้นผิว สิ่งแวดล้อม และการบำรุงรักษา ซึ่งสามารถคำนวณโดยใช้สูตรข้างล่าง และแสดงตัวอย่างการคำนวณค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาในตารางที่ 3.8

MF = LLMF x LSF x LMF x RMF

โดย

MF	ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)
LLMF	ตัวประกอบค่าดำรงลูเมนของหลอดไฟ (Lamp Lumen Maintenance Factor) แสดงถึงค่าลูเมนของหลอดไฟที่ลดลงตามอายุการใช้งาน
LSF	ตัวประกอบการอยู่รอดของหลอดไฟ (Lamp Survival Factor) แสดงถึงอัตราการอยู่รอดของหลอดไฟ
LMF	ตัวประกอบการบำรุงรักษาของโคมไฟ (Luminaire Maintenance Factor) โดยคำนึงถึงการเสื่อมสภาพของโคมไฟ เช่น การมีฝุ่นสะสม การเสื่อมสภาพของอุปกรณ์ควบคุมแสง
RMF	ตัวประกอบการบำรุงรักษาของห้อง (Room Maintenance Factor) การเสื่อมสภาพของคุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิวต่าง ๆ ภายในห้อง

ตารางที่ 3.8 ตัวอย่างการคำนวณค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา

ตัวอย่าง	**โคมไฟหลอด T5 ในพื้นที่สำนักงานที่การใช้งาน 16000 ชั่วโมง**	**โคมไฟ LED ในพื้นที่สำนักงานที่การใช้งาน 30000 ชั่วโมง**
LLMF : ตัวประกอบค่าดำรงลูเมนของหลอดไฟ	0.90	0.90
LSF : ตัวประกอบการอยู่รอดของหลอดไฟ	0.94	0.94
LMF : ตัวประกอบการบำรุงรักษาของโคมไฟ	0.95	0.95
RMF : ตัวประกอบการบำรุงรักษาของห้อง	0.98	0.98
MF : ตัวประกอบการบำรุงรักษา	0.90 x 0.94 x 0.95 x 0.98 = **0.79**	0.90 x 0.94 x 0.95 x 0.98 = **0.79**

ดังนั้นในการออกแบบ ผู้ออกแบบควรต้อง

- ระบุค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา พร้อมทั้งรายการสมมติฐานทั้งหมดถึงที่มาของค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาที่ใช้
- กำหนดหลอดไฟ โคมไฟและอุปกรณ์ประกอบให้เหมาะกับสภาพการใช้งาน
- จัดทำตารางกำหนดการบำรุงรักษา ความถี่ในการเปลี่ยนหลอดไฟ การทำความสะอาดโคมไฟและกระจก พร้อมทั้งวิธีการทำความสะอาดที่เหมาะสม

ตัวประกอบการบำรุงรักษามีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพพลังงาน ดังนั้นสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำหนดค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาต้องมีความเหมาะสม

3.9 **ความต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน** (energy efficiency requirement)

การออกแบบการส่องสว่างต้องให้มีเกณฑ์การส่องสว่างเป็นไปตามที่ต้องการ และมีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม โดยในการประหยัดพลังงานต้องไม่ทำโดยลดคุณภาพเกณฑ์การส่องสว่าง เนื่องจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้นี้เป็นค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ต้องคงไว้

การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถพิจารณาได้จากอุปกรณ์ที่ผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) หรือพิจารณาจากฉลากประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Label) เช่น ฉลากเบอร์ 5 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งปัจจุบันได้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าส่องสว่างอยู่หลายรายการ

ตารางที่ 3.9 เกณฑ์ด้านประสิทธิภาพพลังงานและผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าส่องสว่างที่ครอบคลุม

เกณฑ์	ผลิตภัณฑ์ที่ครอบคลุม
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	- มอก. 2237-2557 บัลลาสต์สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ : คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2309-2556 หลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2310-2556 หลอดมีบัลลาสต์ในตัวสำหรับการให้แสงสว่างทั่วไป - คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน - มอก. 2334-2557 หลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วเดี่ยว - คุณลักษณะที่ต้องการด้านประสิทธิภาพพลังงาน
กฎกระทรวงพลังงาน	- กำหนดแบลลัสต์ขดลวดที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ พ.ศ. 2558 - กำหนดโคมไฟฟ้าเพื่อการอนุรักษ์พลังงานสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนซ์ขั้วคู่ พ.ศ. 2558

ฉลากประสิทธิภาพพลังงาน (ฉลากเบอร์ 5) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	- หลอดฟลูออเรสเซนซ์ชนิดแท่งตรง T5
	- หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนซ์ชนิดบัลลาสต์ในตัว
	- หลอด LED
	  ■ ชนิด MR16
	  ■ ชนิด PAR30/38
	  ■ ชนิดแท่งตรง T8
	  ■ ชนิดขั้วเกลียว E27 (แบบไม่บังคับทิศทางแสง)
	- โคม LED ไฮเบย์/โลว์เบย์

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพพลังงานของทั้งพื้นที่ (หรือทั้งอาคาร) สามารถทำได้โดยการหาค่า “ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง (Light Power Density, LPD)” คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่าง} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้สำหรับระบบส่องสว่าง (วัตต์)}}{\text{พื้นที่ (ตารางเมตร)}}$$

มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร (W/m2)

โดยความหนาแน่นกำลังไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีค่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดยกระทรวงพลังงาน ว่าด้วยการกำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน และอาจพิจารณาเกณฑ์อื่น ๆ ทั้งในและต่างประเทศร่วมด้วย เช่น EN 15193 (ของสหภาพยุโรป) หรือ ASHRAE (ของสหรัฐอเมริกา) ทั้งนี้เพื่อส่งเสริมให้การออกแบบใช้งานระบบส่องสว่างเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพพลังงานสูงสุด

การประหยัดพลังงานเพิ่มเติมสามารถทำได้โดยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ การปรับการทำงานให้ตอบสนองต่อรูปแบบการเข้าใช้งานพื้นที่ การปรับปรุงการบำรุงรักษา และการนำระบบควบคุมมาใช้อย่างเหมาะสม

3.10 **ประโยชน์ของแสงธรรมชาติ** (benefits of daylight)

แสงธรรมชาติสามารถใช้ในการส่องสว่างเพื่อการใช้งานได้เช่นเดียวกับแสงไฟฟ้า จึงทำให้มีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน นอกจากนี้การที่แสงธรรมชาติมีความแปรเปลี่ยนตามเวลา ทั้งด้านระดับความสว่าง ทิศทาง สี ทำให้เกิดการมองเห็นความเป็นสามมิติและรูปแบบความสว่างที่หลากหลาย ซึ่งถือเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานในสภาพแวดล้อมการทำงานภายในอาคาร

ช่องหน้าต่างเป็นที่นิยมใช้เพื่อรับแสงธรรมชาติ และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก อย่างไรก็ตามควรออกแบบเพื่อป้องกันความร้อน และความไม่สบายตา (เนื่องจากแสงจ้า) และคำนึงถึงการสูญเสียความเป็นส่วนตัว

3.11 *การแปรเปลี่ยนของแสง* (variability of light)

แสงมีผลต่อความเป็นอยู่ที่ดี อารมณ์และความตื่นตัวของมนุษย์ แสงสามารถใช้ในการส่งเสริมหรือปรับจังหวะรอบวัน (circadian rhythms) และส่งผลต่อทั้งสรีรวิทยาและจิตวิทยาของมนุษย์ ในปัจจุบันมีผลการวิจัยซึ่งบ่งชี้ว่าปรากฏการณ์เหล่านี้สามารถทำได้โดยใช้ความส่องสว่างและลักษณะสีปรากฏของแสงซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการมองเห็นภาพ (non-image forming) การปรับเปลี่ยนโดยใช้ความส่องสว่างที่สูงขึ้น ลักษณะการกระจายความสว่าง และช่วงอุณหภูมิสีที่กว้างขึ้นสามารถช่วยในการกระตุ้นและทำให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม แนวทางในการนำไปใช้ยังอยู่ระหว่างการศึกษา

4

ตารางเกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ

เกณฑ์คุณภาพการส่องสว่างดังต่อไปนี้เป็นคำแนะนำสำหรับพื้นที่ทำงานของห้องและกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งอาจอยู่ในแนวระนาบ แนวตั้ง หรือแนวเอียง ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน โดย

- คอลัมน์ที่ 1 เป็นรายการชนิดของงานหรือกิจกรรมภายในต่าง ๆ
- คอลัมน์ที่ 2 เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยขั้นต่ำ หรือ $\bar{E}_m$ ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่าค่านี้
- คอลัมน์ที่ 3 เป็นค่าจำกัดพิกัดแสงจ้ารวม หรือ UGR_L ซึ่งต้องไม่ให้เกินกว่าค่านี้
- คอลัมน์ที่ 4 เป็นค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง หรือ U_O ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้
- คอลัมน์ที่ 5 เป็นค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่ำสุด หรือ R_a
- คอลัมน์ที่ 6 แสดงคำแนะนำ ข้อยกเว้น และงานพิเศษของสถานการณ์ในคอลัมน์ที่ 1

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
1. **พื้นที่ในอาคารทั่วไป** (general areas)					
ทางเข้าอาคาร (entrance halls)	100	22	0.4	60	
โถงพักรอ (lounge)	200	22	0.4	80	
บริเวณสัญจรและทางเดิน (circulation areas and corridors)	100	28	0.4	40	พื้นที่เชื่อมต่อระหว่างพื้นที่หนึ่งไปสู่อีกพื้นที่หนึ่ง โดยหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างอย่างทันทีทันใด
บันได, บันไดเลื่อน (stairs, escalators)	150	25	0.4	40	
ทางลาด, เวิ้งระหว่างเสา (ramp, bay)	150	25	0.4	40	
ห้องอาหาร (canteens)	200	22	0.4	80	
ห้องน้ำ (rest rooms)	100	22	0.4	80	
ห้องออกกำลังกาย (physical exercise)	300	22	0.4	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ห้องฝากของ, ห้องล้างมือล้างหน้า (cloakroom, washroom)	200	25	0.4	80	
ห้องพยาบาล (sick bay)	500	19	0.6	80	
ห้องพบแพทย์ (medical attention)	500	16	0.6	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ห้องเครื่อง (plant, switch gear rooms)	200	25	0.4	60	
ห้องไปรษณีย์, ห้องโทรศัพท์ (post room, switchboard)	500	19	0.6	80	
คลังสินค้า, ห้องเก็บของ, ห้องเย็น (store, stockrooms, cold store)	100	25	0.4	60	200 ลักซ์ ถ้าทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน
บริเวณหีบห่อสิ่งของ (dispatch packing handling areas)	300	25	0.6	60	
สถานีควบคุม (control station)	150	22	0.6	60	200 ลักซ์ ถ้าทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน
2. อาคารการเกษตร (agriculture building)					
ที่วางอุปกรณ์จับสินค้าและเครื่องจักร (loading and operating of goods handling equipment and machinery)	200	25	0.4	80	
พื้นที่สำหรับปศุสัตว์ (livestock building)	50	28	0.4	40	
พื้นที่สำหรับสัตว์ป่วย, ห้องคลอด (sick animal pens, calving stalls)	200	25	0.6	80	
ที่เตรียมเมล็ดพันธุ์, รีดนม, ล้างของใช้ (feed preparation, dairy, utensil wash)	200	25	0.6	80	
3. ร้านเบเกอรี (bakeries)					
เตรียมและอบ (preparation, baking)	300	22	0.6	80	
ตกแต่ง, เคลือบ, โรยหน้า (finishing, glazing, decorating)	500	22	0.7	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
4. **อุตสาหกรรมซีเมนต์, คอนกรีต, อิฐ** (cement, concrete and bricks industry)					
อบแห้ง (drying)	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
จุดเตรียมวัสดุ, เตาเผา/ผสม (preparation of materials, work on kilns and mixers)	200	28	0.4	40	
งานเครื่องจักรทั่วไป (general machine work)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
ขึ้นรูปหยาบ (rough forms)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
5. **อุตสาหกรรมเซรามิกและแก้ว** (ceramics and glass industry)					
อบแห้ง (drying)	50	28	0.4	20	
งานเครื่องจักรทั่วไป (general machine work)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
เคลือบ, ม้วน, อัด, ขึ้นรูป, ขัดเงา, เป่าแก้ว (enameling, rolling, pressing, shaping simple parts, glazing, glass blowing)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
บด, แกะ, ขัดเงา, ขึ้นรูปชิ้นส่วนละเอียด, ทำเครื่องมือ (grinding, engraving, polishing, shaping precision part, manufacture instrument)	750	19	0.7	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
งานตกแต่ง (decorative work)	500	19	0.7	80	
เจียระไนเลนส์แว่นตา, เจียระไนคริสตัล, ฯลฯ (grinding optical glass, crystal grinding and engraving, work on average goods)	750	16	0.7	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
งานประณีต เช่น เจียระไน ตกแต่ง, เขียนสี (precision work e.g. decorative grinding, hand painting)	1000	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
หินล้ำค่าสังเคราะห์ (synthetic precious stone)	1500	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
6. **อุตสาหกรรมเคมี, พลาสติก, ยางพารา** (chemicals, plastics, rubber industry)					
กระบวนการผลิตที่ทำงานระยะไกล (remote operated processing installation)	50		0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
กระบวนการผลิตที่อาจมีการทำงานด้วยมือ (processing installations with limited-manual intervention)	150	28	0.4	40	
พื้นที่ทำงานด้วยมืออย่างต่อเนื่องในกระบวนการผลิต (constantly manned work places in processing installations)	300	25	0.6	80	
ห้องวัดละเอียด, ห้องทดลอง (precision measuring room, laboratory)	500	19	0.6	80	
ผลิตยา (pharmaceutical production)	500	22	0.6	80	
ผลิตยางรถยนต์ (tyre production)	500	22	0.6	80	
ตรวจสอบสี (color inspection)	1000	16	0.7	90	T_{cp} อย่างน้อย 6500K
ตัด, จบงาน, ตรวจสอบรายละเอียด (cutting, finishing, inspection)	750	19	0.7	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
7. **อุตสาหกรรมไฟฟ้า** (electrical industry)					
ผลิตสายสัญญาณและสายไฟฟ้า (cable and wire manufacture)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
การม้วนพัน (winding) : - ขดลวดขนาดใหญ่ (large coils) - ขดลวดขนาดกลาง (medium coils) - ขดลวดขนาดเล็ก (small coil)	 300 500 750	 25 22 19	 0.6 0.6 0.7	 80 80 80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
การชุบขดลวด (coil impregnating)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
การอาบ/ชุบสังกะสี (galvanizing)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
งานประกอบ (assembly work): - หยาบ เช่น หม้อแปลงขนาดใหญ่ (rough e.g. large transformers) - กลาง เช่น แผงไฟฟ้า, แผงโทรศัพท์ (medium e.g. switchboards) - ละเอียด เช่น โทรศัพท์ (fine e.g. telephones) - ประณีต แม่นยำ เช่น เครื่องมือวัดต่าง ๆ (precision e.g. measuring equipments)	 300 500 750 1000	 25 22 19 16	 0.6 0.6 0.7 0.7	 80 80 80 80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ทดสอบ, ปรับตั้งทางอิเล็กทรอ-นิกส์ (electronics workshops, test, adjust)	1500	16	0.7	80	
8. อุตสาหกรรมอาหาร (food industry)					
บริเวณต้ม, หมัก, เติม, ล้าง, กรอง, บ่ม และเก็บ เครื่องดื่ม, น้ำตาล, ยาสูบ (workplaces and zones in breweries, malting floor, for washing, barrel filling, cleaning, sieving, peeling, cooking in preserve and chocolate factories, work places and zones in sugar factories, for drying and fermenting raw tobacco, fermentation cellar)	200	25	0.4	80	
แยก, บด, ผสม, หีบห่อ ผลิตภัณฑ์ (sorting and washing of products, milling, mixing, packing)	300	25	0.6	80	
เชือด, แล่เนื้อ, รีดนม, ทำน้ำตาล (workplace and zone in slaughter house, butchers, dairies mills, on filtering floor, in sugar refineries)	500	25	0.6	80	
หั่น, ผ่า, คัดแยก ผักและผลไม้ (cutting and sorting fruit and vegetable)	300	25	0.6	80	
ผลิตอาหารสำเร็จรูป, ห้องครัว (manufacture delicatessen food, kitchen)	500	22	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ผลิตบุหรี่, ยาสูบ (manufacture work of cigars and cigarettes)	500	22	0.6	80	
ตรวจสอบแก้วและขวด, ควบคุม, ตัดแต่ง, คัดแยก (inspection of glasses and bottles, product control, trimming, sorting decoration)	500	22	0.6	80	
ห้องทดลอง, ห้องปฏิบัติการ (laboratory)	500	19	0.6	80	
ตรวจสอบสี (color inspection)	1000	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
9. โรงหล่อ, หลอม โลหะ (foundries)					
ท่อใต้ดินขนาดเท่าคน (man-size tunnels)	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
พื้นยก (platform)	100	25	0.4	40	
เตรียมทราย (sand preparation)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
ซ่อมชิ้นงาน เก็บงาน (dressing room)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
บริเวณวางเตาหลอมแบบพ่นลมและเครื่องผสม (workplaces at cupola and mixer)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
โรงหล่อ (casting bay)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
บริเวณแกะชิ้นงานหล่อออกจากแบบ (shake out area)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
ทำแบบหล่อด้วยเครื่องจักร (machine molding)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
ทำแบบหล่อด้วยมือและแกน (hand & core molding)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
การหล่อด้วยแบบโลหะ (die casting)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ขึ้นรูปจำลอง (model building)	500	22	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
10. **ร้านทำผม** (hairdressers)					
ทำผม (hairdressing)	500	19	0.6	90	
11. **อุตสาหกรรมเพชรพลอยอัญมณี** (jewellery manufacturing)					
งานที่ทำกับหินมีค่า (precious stones work)	1500	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
งานเพชรพลอย (jewellery)	1000	16	0.7	90	
งานทำนาฬิกาด้วยมือ (manual watch making)	1500	16	0.7	80	
งานทำนาฬิกาอัตโนมัติ (automatic watch making)	500	19	0.6	80	
12. **ร้านซักรีดและซักแห้ง** (laundries)					
ที่รับของ, ทำสัญลักษณ์, คัดแยก (goods in, marking and sorting)	300	25	0.6	80	
ซัก, ซักแห้ง (washing, dry cleaning)	300	25	0.6	80	
รีด (ironing, pressing)	300	25	0.6	80	
ตรวจสอบและซ่อมแซม (inspection and repairs)	750	19	0.7	80	
13. **อุตสาหกรรมฟอกหนัง** (leather)					
วางบ่อ ถัง ภาชนะ (work on vats, barrels, pits)	200	25	0.4	40	
ขูด, ถู, นวด, กลิ้งหนัง (flashing, skiving, rubbing, tumbling of skins)	300	25	0.4	80	
ทำอานม้า, เย็บ, ขัด, ร่าง, ตัด, ตอกรู(saddlery work, shoe manufacture stitching, sewing, polishing, shaping, cutting, punching)	500	22	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
คัดแยกกลุ่ม (sorting)	500	22	0.6	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ย้อมสีด้วยเครื่อง (dyeing by machine)	500	22	0.6	80	
ควบคุมคุณภาพ (quality control)	1000	19	0.7	80	
ตรวจสอบสี (color inspection)	1000	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ทำรองเท้า (shoe making)	500	22	0.6	80	
ทำถุงมือ (glove making)	500	22	0.6	80	
14. งานและกระบวนการโลหะ (Metal)					
การตีขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ชนิดเปิด (open die forging)	200	25	0.6	60	
การทุบกระแทก, เชื่อม, ขึ้นรูปเย็น (drop forging, welding, cold forming)	300	25	0.6	60	
การตบแต่งด้วยเครื่องมือกลอย่างหยาบและปานกลาง: เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ≥ 0.1 mm (rough & average machining: tolerances ≥ 0.1 mm)	300	22	0.6	60	
การตบแต่งด้วยเครื่องมือกลอย่างประณีต: การเจียระไน: เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน < 0.1 mm (precision machining: grinding: tolerances < 0.1 mm)	500	19	0.7	60	
การขีดเส้นโลหะ; ตรวจสอบ (scribing; inspection)	750	19	0.7	60	
ขึ้นรูปด้วยการดึงลวดและดึงท่อ (wire & pipe drawing shape)	300	25	0.6	60	
การทำแผ่นเพลทด้วยเครื่องมือกล ≥ 5 mm (plate machining ≥ 5 mm)	200	25	0.6	60	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
งานโลหะแผ่น (sheet metalwork) < 5 mm	300	22	0.6	60	
ทำเครื่องมือ: อุปกรณ์ตัด (tool making: cutting equipment)	750	19	0.7	60	
งานประกอบ (assembly)					สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
- หยาบ (rough)	200	25	0.6	80	
- กลาง (medium)	300	25	0.6	80	
- ละเอียด (fine)	500	22	0.6	80	
- ประณีต (precision)	750	19	0.7	80	
การอาบ/ชุบสังกะสี (galvanizing)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
เตรียมพื้นผิวและทำสี (surface preparation & painting)	750	25	0.7	80	
การทำเครื่องมือ แบบ ตัวจับยึดที่มีความประณีต และเครื่องกลขนาดเล็ก (tool, template and jig making, precision and micro mechanic)	1000	19	0.7	80	
15. **อุตสาหกรรมกระดาษ** (Paper)					
บดเยื่อกระดาษ ตัดขอบกระดาษ (pulp mills, edge runners)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
งานและกระบวนการผลิตกระดาษ เครื่องผลิตกระดาษและขึ้นรูปกระดาษลูกฟูก ผลิตกระดาษแข็ง (paper manufacture and process-ing, paper and corrugating machines, cardboard manufacture)	300	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
งานเข้าเล่มหนังสือมาตรฐาน เช่น พับ จัดเรียง ติดกาว ตัด ปั๊มนูน เย็บ (standard book binding works, e.g. folding, sorting, gluing, cutting, embossing, sewing)	500	22	0.6	60	
16. **สถานีพลังงาน** (power stations)					
แท่นเติมเชื้อเพลิง (fuel supply plant)	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
โรงต้ม (boiler house)	100	28	0.4	40	
ห้องเครื่อง (machine halls)	200	25	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
ห้องเครื่อง เช่น ห้องปั๊ม ห้องตัวควบแน่น แผงไฟฟ้า (auxiliary room, ex. pump room, condenser room, switchboard)	200	25	0.4	60	
ห้องควบคุม (control rooms)	500	16	0.7	80	1. หน้าจอควบคุมส่วนใหญ่อยู่ในแนวตั้ง (Vertical) อาจจำเป็นต้องปรับหรี่แสง 2.สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
17. **เครื่องพิมพ์** (printers)					
ห้องตัด เคลือบทอง ปั๊มนูน ทำบล็อกพิมพ์ ทับหินบนบล็อกพิมพ์ เครื่องพิมพ์ เรียงตัวหนังสือที่พิมพ์ (cutting, gilding, embossing, block engraving, work on stone and platen, printing machines, matrix making)	500	19	0.6	80	
เรียงกระดาษและงานพิมพ์มือ (paper sorting and hand printing)	500	19	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
เตรียมการพิมพ์ ตกแต่ง พิมพ์หิน (type setting, retouching, lithography)	1000	19	0.7	80	
ตรวจสอบสีสำหรับงานพิมพ์หลากสี (color inspection in multi-colored print)	1500	16	0.7	90	T_{cp} 5000K
ทำลวดลายโลหะและทองแดง (steel and copper engraving)	2000	16	0.7	80	สำหรับแสงสว่างแบบมีทิศทาง ดูข้อ 3.7.3
18. **อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า** (iron and steel works)					
โรงผลิตที่ไม่มีการทำงานด้วยมือ (production plants without manual operation)	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
โรงผลิตที่มีการทำงานด้วยมือเป็นครั้งคราว (production plants with occasional manual operation)	150	28	0.4	40	
โรงผลิตที่มีการทำงานด้วยมือตลอดเวลา (production plants with continuous manual operation)	200	25	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
คลังเหล็กแผ่น (slab store)	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
เตาหลอม (furnace)	200	25	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
รางรีด เข้าม้วน ตัดแผ่น (mill train, coiler, shear line)	300	25	0.6	40	
แท่นควบคุม, แผงควบคุม (control platform, control panel)	300	22	0.6	80	
ทดสอบ วัด และตรวจสอบ (test, measurement and inspection)	500	22	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
อุโมงค์ใต้ดิน, หลุมใต้ดิน (under-floor man size tunnel belt section, cellar, etc	50	28	0.4	20	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
19. **อุตสาหกรรมสิ่งทอ** (textile industry)					
งานชำระล้าง เปิดเส้นใยที่อัดอยู่ในกอง (workplace in bath, bale opening)	200	25	0.6	60	
สางเส้นใย ซักล้าง รีดเรียบ สาวดึงเส้นใย หวีให้เส้นใยเรียงตัว ใส่แป้งและสารเคมีเพื่อให้เส้นยืนแข็งแรง ตัดเส้นใยที่สางแล้ว เตรียมการก่อนปั่นเส้นใย ปั่นเส้นใยปอกระเจาและป่าน (carding, washing, ironing, drawing, combing, sizing, card cutting, pre-spinning, jute and hemp spinning)	300	22	0.6	80	
ปั่นด้าย เข้าเกลียว สาวไหม ม้วนด้าย เตรียมเส้นยืน ทอ ถักเปีย ถัก (spinning, plying, reeling, winding, warping, weaving, braiding, knitting)	500	22	0.6	80	ต้องป้องกันปรากฏการณ์สโตรโบสโคป
เย็บ, ถักละเอียด, เย็บตะเข็บ (sewing, fine knitting, taking up stitch)	750	22	0.7	90	
ออกแบบด้วยมือ ร่างแพ็ทเทิร์น (manual design, drawing patterns)	750	22	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ตกแต่งผิว ย้อมสี (Finishing, dyeing)	500	22	0.6	80	
ห้องอบแห้ง (Drying room)	100	28	0.4	60	
พิมพ์ผ้าแบบอัตโนมัติ (automatic fabric printing)	500	25	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ตัดปมผ้า ตัดแต่งเก็บงาน ตัดแต่งขอบ (burling, picking, trimming)	1000	19	0.7	80	
ตรวจสอบสี ควบคุมคุณภาพผ้า (color inspection, fabric control)	1000	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ซ่อมแซมรอยผ้า (invisible mending)	1500	19	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
งานผลิตหมวก (hat manufacturing)	500	22	0.6	80	
20. อุตสาหกรรมยานยนต์ (vehicle)					
งานตัวถังและงานประกอบ (body work and assembly)	500	22	0.6	80	
พ่นสี, ขัดเงา (spraying, polishing)	750	22	0.7	80	
แต่งสี (touch up), ตรวจสอบสี	1000	16	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ทำเบาะ (upholstery manufacture)	1000	19	0.7	80	
ตรวจสอบรวมขั้นสุดท้าย (final)	1000	19	0.7	80	
งานบริการทั่วไป ซ่อม ทดสอบ (general vehicle services, repair and testing)	300	22	0.6	80	พิจารณาใช้แสงสว่างเฉพาะที่
21. อุตสาหกรรมไม้และเฟอร์นิเจอร์ (wood working & furniture industry)					
งานผลิตอัตโนมัติ เช่น ห้องอบไม้อัด (automatic processing e.g. drying plywood manufacturing)	50	28	0.4	40	
ห้องไอน้ำ (steam pit)	150	28	0.4	40	
เลื่อยกรอบ (saw frame)	300	25	0.6	60	ต้องป้องกันปรากฏการณ์สโตรโบสโคป
งานประกอบม้านั่ง, ลงกาว (work at joiner's bench, gluing, assembly)	300	25	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
เคลือบเงา ลงสี ทำลวดลาย (polishing, painting, fancy joinery)	750	22	0.7	80	
วางเครื่องจักรงานไม้ เช่น ขัด, กลึง, ทำร่อง, ลบเสี้ยน, ตัด, เล็ม, เลื่อย, เจาะ (work on wood working machine e.g. turning, fluting, dressing, rebating, grooving, cutting, sawing, sinking)	500	19	0.6	80	ต้องป้องกันปรากฏการณ์สโตรโบสโคป
เลือกไม้บาง, เลี่ยมขอบ (selection of veneer wood, inlay work)	750	22	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
ควบคุมคุณภาพ (quality control)	1000	19	0.7	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
22. สำนักงาน (offices)					
เก็บเอกสาร, ที่ถ่ายเอกสาร, โถงกลาง (filing, coping, circulation, etc.)	300	19	0.4	80	
เขียน, พิมพ์, อ่าน, จัดการข้อมูล (writing, typing, reading, processing)	500	19	0.6	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
เขียนแบบ (technical drawing)	750	16	0.7	80	
โต๊ะเขียนแบบคอมพิวเตอร์ (CAD workstation)	500	19	0.6	80	เป็นความส่องสว่างบนโต๊ะ สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
ห้องประชุม, ห้องสัมมนา (conference room, meeting room)	300	19	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรมได้
โต๊ะพนักงานต้อนรับ (reception desk)	300	22	0.6	80	ความส่องสว่างในแนวตั้งมีความสำคัญ

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ห้องเก็บเอกสารสำคัญ (archives)	200	25	0.4	80	
23. ร้านค้าปลีก (retailing)					
พื้นที่ขายขนาดเล็ก (sales area small)	300	22	0.4	80	
พื้นที่ขายขนาดใหญ่ (sales area large)	500	22	0.6	80	
เครื่องเก็บเงิน (till area)	500	19	0.6	80	
โต๊ะห่อของ (wrapper table)	500	19	0.6	80	
24. ภัตตาคาร,โรงแรม (restaurant, hotel)					
โต๊ะพนักงานต้อนรับ, โต๊ะเก็บเงิน, โต๊ะพนักงานถือกระเป๋า (reception, cashier, porters desk)	300	22	0.6	80	
ห้องครัว (kitchen)	500	22	0.6	80	
ภัตตาคาร, ห้องอาหาร, ห้องสัมมนาย่อย (restaurant, dining room, function room)	-	-	-	80	ควรออกแบบการส่องสว่างให้ได้บรรยากาศที่ดี
ภัตตาคารแบบบริการตัวเอง (self-service restaurant)	200	22	0.4	80	
ห้องอาหารบุฟเฟ่ต์ (buffet)	300	22	0.6	80	
ห้องประชุม (conference room)	300	19	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรมได้
ทางเดิน (corridors)	100	25	0.4	80	ควรลดระดับความส่องสว่างในช่วงกลางคืน
25. สถานเพื่อความบันเทิงและพิพิธภัณฑ์ (entertainment place and Museum)					
โรงภาพยนตร์, มหรสพ (theater, concert halls)	200	22		80	
หออเนกประสงค์ (multi-purpose halls)	300	22	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรมได้
ห้องฝึกซ้อม, ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า (practice rooms, dressing rooms)	300	22	0.6	80	สำหรับการแต่งหน้า ต้องการแสงสว่างที่กระจก (mirror lighting) ที่ปราศจากแสงจ้า

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
พิพิธภัณฑ์ (museums)	-	-	-	-	รายละเอียดให้ดูในคู่มือแนะนำการออกแบบการส่องสว่างเฉพาะสำหรับพิพิธภัณฑ์
26. ห้องสมุด (libraries)					
ชั้นวางหนังสือ (bookshelves)	200	19	0.4	80	เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนสันหนังสือ
บริเวณอ่านหนังสือ (reading area)	500	19	0.6	80	
โต๊ะทำงานเจ้าหน้าที่ (counters)	500	19	0.6	80	
27. ที่จอดรถสาธารณะ (public car park)					
ทางลาดช่วงกลางวัน (day ramp)	300	25	0.4	60	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
ทางลาดช่วงกลางคืน (night ramp)	75	25	0.4	60	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
ทางรถวิ่ง (traffic lanes)	75	25	0.4	60	ต้องสามารถมองเห็นและจดจำสีเพื่อความปลอดภัยได้
ลานจอดรถ (parking area)	75	28	0.4	60	ความส่องสว่างแนวตั้งจะช่วยในการจดจำใบหน้าและเพิ่มความรู้สึกปลอดภัย
จุดออกตั๋ว (ticket office)	300	19	0.6	80	1. ควรหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนในกระจก 2. ควรป้องกันแสงจ้าจากภายนอก
28. อาคารเรียน (educational building)					
ห้องเรียนและห้องทั่วไป (school room)	300	19	0.6	80	
ห้องเรียนตอนเย็น, ห้องเรียนผู้ใหญ่ (room for evening classes and adult)	500	19	0.6	80	
อาคารเรียนรวม (lecture hall)	500	19	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างให้เหมาะสมกับกิจกรรมได้

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
กระดานดำ (blackboard)	500	19	0.7	80	เป็นความส่องสว่างบนแนวตั้ง อาจารย์/ผู้สอนควรมีระดับความส่องสว่างในแนวตั้งที่เหมาะสม
กระดานขาว (whiteboard)	300	19	0.7	80	เป็นความส่องสว่างบนแนวตั้ง ต้องระวังแสงสะท้อนบนกระดาน อาจารย์/ผู้สอนควรมีระดับความส่องสว่างในแนวตั้งที่เหมาะสม
โต๊ะทดลอง (demonstration table)	500	19	0.7	80	ในอาคารเรียนรวมควรเป็น 750 ลักซ์
ห้องศิลปะ/งานฝีมือ (art/craft room)	500	19	0.6	80	
ห้องเรียนศิลปะในโรงเรียนศิลปะ (art rooms in art schools)	750	19	0.7	90	T_{cp} > 5000K
ห้องเขียนแบบ (technical drawing)	750	16	0.7	80	
ห้องปฏิบัติการ (practical room/lab)	500	19	0.6	80	
ห้องปฏิบัติการสอน (teaching workshop)	500	19	0.6	80	
ห้องดนตรี (music practice room)	300	19	0.6	80	
ห้องคอมพิวเตอร์ (computer room)	500	19	0.7	80	เป็นความส่องสว่างบนโต๊ะสำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
ห้องฝึกภาษา (language lab)	300	19	0.6	80	
ห้องเตรียมสอน (preparation room)	500	22	0.6	80	
ห้องพักนักเรียน (student common room/ assembly hall)	200	22	0.4	80	
ห้องพักครู (teachers rooms)	300	19	0.6	80	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
สนามกีฬาในร่ม, สระว่ายน้ำในร่ม (sport gymnasiums, swimming pools)	300	22	0.6	80	สำหรับอาคารกีฬาสาธารณะให้ดูข้อกำหนดของกีฬานั้น ๆ เพิ่มเติม
29. **สถานดูแลสุขภาพ** (health care premise)					
ห้องพักรอ (waiting room)	200	22	0.4	80	เป็นความส่องสว่างที่ระดับพื้น
ทางเดินช่วงกลางวัน (day corridor)	200	22	0.4	80	
ทางเดินช่วงกลางคืน (night corridor)	50	22	0.4	80	
ห้องพักผ่อน (day rooms)	200	22	0.6	80	
ห้องทำงานเจ้าหน้าที่ (staff office)	500	19	0.6	80	
ห้องพักเจ้าหน้าที่ (staff rooms)	300	19	0.6	80	
ตึกแผนกคนไข้ (wards)					ควรเลี่ยงไม่ให้เกิดความสว่างมาก ๆ ที่อยู่ในบริเวณการมองของผู้ป่วย
- แสงสว่างทั่วไป (general lighting)	100	19	0.4	80	เป็นความส่องสว่างที่ระดับพื้น
- แสงอ่านหนังสือ (reading lighting)	300	19	0.7	80	
- การทดสอบง่าย ๆ (simple examine)	300	19	0.6	80	
การตรวจและการรักษา (examination and treatment)	1000	19	0.7	90	
แสงช่วงกลางคืน, แสงสำหรับการสังเกตการณ์ (night lighting, observation lighting)	5	-	-	80	
ห้องอาบน้ำและสุขาสำหรับผู้ป่วย (bathrooms and toilets for patients)	200	22	0.4	80	
ห้องตรวจทั่วไป (general exam room)	500	19	0.6	90	$4000K \leq T_{cp} \leq 6500K$
หูและตา (ear and eye)	1000	19	0.7	90	ใช้โคมไฟสำหรับการตรวจเฉพาะที่
ทดสอบการอ่านและตาบอดสี (reading & color vision test)	500	16	0.7	90	

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ห้องสแกนที่มีจอแสดงผล (scanner with image enhance and TV)	50	19	-	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
ห้องฟอกไต (dialysis rooms)	500	19	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างได้
ห้องโรคผิวหนัง (dermatology room)	500	19	0.6	90	
ห้องส่องกล้อง (endoscopy rooms)	300	19	0.6	80	
ห้องเข้าเฝือก (plaster rooms)	500	19	0.6	80	
บริเวณทำความสะอาดและบำบัดผู้ป่วย (medical baths)	300	19	0.6	80	
นวดและรังสีบำบัด (massage and radiotherapy)	300	19	0.6	80	
ห้องเตรียมผ่าตัดและพักฟื้น (pre-op and recovery rooms)	500	19	0.6	90	
ห้องผ่าตัด (operating theatre)	1000	19	0.6	90	
บริเวณที่กำลังทำการผ่าตัด (operating cavity)	พิเศษ				$\bar{E}_m$ = 1,000 ลักซ์ – 100,000 ลักซ์
ห้อง ICU (intensive care unit)					
- แสงสว่างทั่วไป (general lighting)	100	19	0.6	90	ที่ระดับพื้น
- การตรวจอย่างง่าย (simple examinations)	300	19	0.6	90	ที่ระดับเตียง
- การตรวจและรักษา (examination & treatment)	1000	19	0.7	90	ที่ระดับเตียง
- แสงสว่างตอนดึก (night watch)	20	19	-	90	
ทันตกรรม (dental)					
- แสงสว่างทั่วไป (general lighting)	500	19	0.6	90	แสงสว่างไม่ควรจ้าบาดตาคนไข้
- ที่ผู้ป่วย (at the patient)	1000	-	0.7	90	ใช้โคมไฟสำหรับการตรวจเฉพาะที่
- อุดฟัน (operating cavity)	5000	-	-	90	แสงควรสว่างมากกว่า 5000 ลักซ์ ดูข้อกำหนดความต้องการเพิ่มเติมจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง
- เทียบสีฟัน (white teeth matching)	5000	-	-	90	T_{cp} > 6000K ดูข้อกำหนดความต้องการเพิ่มเติมจากมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ห้องตรวจสอบสี (color inspect lab)	1000	19	0.7	90	T_{cp} > 5000K
ห้องกำจัดเชื้อ (sterilization rooms)	300	22	0.6	80	
ห้องปลอดเชื้อ (disinfection room)	300	22	0.6	80	
ห้องผ่า/เก็บศพ (autopsy / mortuary)	500	19	0.6	90	
โต๊ะผ่า/ศึกษา (autopsy / dissecting)	5000	-	-	90	แสงควรสว่างมากกว่า 5000 ลักซ์
30. สนามบิน (airports)					
โถงผู้โดยสารเข้า / ออก, บริเวณรอรับกระเป๋า (arrival/departure halls, baggage areas)	200	22	0.4	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
บันไดเลื่อน, ลิฟท์ (escalators, lifts)	150	22	0.4	80	
ประชาสัมพันธ์, ลงทะเบียน (information desks, Check-in desks)	500	19	0.7	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
ศุลกากร / ตรวจหนังสือเดินทาง (customs and passport control desks)	500	19	0.7	80	ความส่องสว่างในแนวตั้งมีความสำคัญ
พื้นที่พักรอ (waiting areas)	200	22	0.4	80	
ห้องเก็บกระเป๋าเดินทาง (luggage room)	200	28	0.4	60	
พื้นที่ตรวจสอบเพื่อรักษาความปลอดภัย (security check area)	300	19	0.6	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
หอควบคุมการบิน/จราจรทางอากาศ (air traffic control tower)	500	16	0.6	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
ห้องควบคุมการบิน/จราจรทางอากาศ (air traffic rooms)	500	16	0.6	80	สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล ดูข้อ 3.7
โรงเก็บ/ซ่อมเครื่องบิน (hangars)	500	22	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
พื้นที่ทดสอบเครื่องยนต์ (engine test)	500	22	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม
พื้นที่วัดค่าในโรงเก็บ/ซ่อมเครื่องบิน (measuring area in hangars)	500	22	0.6	80	สำหรับโคมไฮเบย์ที่ใช้หลอด HID ดูหมายเหตุ 1 เพิ่มเติม

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGR_L	U_O	R_a	คำแนะนำเพิ่มเติม
ชานชาลาและอุโมงค์ผู้โดยสาร (platforms and passenger subways)	100	28	0.5	40	
อาคารขายตั๋วโดยสารและอาคารเทียบอากาศยาน (ticket hall and concourse)	200	28	0.5	40	
สำนักงานตั๋วโดยสารและกระเป๋า และเคาน์เตอร์ (ticket and luggage offices & counters)	300	19	0.5	80	
ห้องพักรอ (Waiting rooms)	200	22	0.4	80	
31. โบสถ์ สุเหร่า วิหาร วัด (churches, mosques, synagogues, temples)					
ตัวโบสถ์, สุเหร่า, วิหาร (church body)	100	25	0.4	80	
เก้าอี้, แท่นบูชา, ธรรมาสน์ (chair, altar, pulpit)	300	22	0.6	80	

หมายเหตุ 1: เนื่องจากหลอด HID ส่วนใหญ่มีค่า R_a ต่ำกว่า 80 อย่างไรก็ตามในพื้นที่ที่มีการทำงานต่อเนื่องกันหรือที่ต้องมีการจดจำสีเพื่อความปลอดภัย ควรใช้หลอดที่มีค่า R_a สูงที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

5

การออกแบบการส่องสว่าง ในงานสถาปัตยกรรม

การออกแบบการส่องสว่างในงานสถาปัตยกรรมนั้น วิธีการออกแบบที่ไม่จำกัดอยู่แค่การสร้างความสว่างและค่าความสม่ำเสมอของแสง หรือให้ความสว่างเพื่อมองเห็นแต่เพียงอย่างเดียว เพราะสำหรับนักออกแบบแสงที่ดี จะเลือกมองลงไปให้ลึกกว่าความต้องการพื้นฐาน และเฟ้นหาวิธีการสร้างประสบการณ์รูปแบบใหม่ ๆ ที่งดงามและประทับใจให้กับผู้ที่ได้เข้าไปสัมผัสที่ว่างในงานสถาปัตยกรรมด้วยแสง แต่ยังมีแนวทางอื่น ๆ ให้ได้ลองนำไปใช้ตามบริบทที่เหมาะสม จึงขออธิบายแนวทางและเทคนิคในการออกแบบการส่องสว่างอย่างง่าย ๆ และหยิบยกตัวอย่างผลงานการสร้างสรรค์จากนักออกแบบแสงเพื่อการเรียนรู้ ในเรื่ององค์ประกอบในการรับรู้ในการมองเห็น งานสถาปัตยกรรม พื้นที่ว่าง แสงสว่างธรรมชาติ และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ในบทนี้จะกล่าวถึงเทคนิคในการออกแบบการส่องสว่าง ตามด้วยกรณีศึกษาในอาคารชนิดต่าง ๆ

5.1 เทคนิคของการออกแบบการส่องสว่างในสถาปัตยกรรม

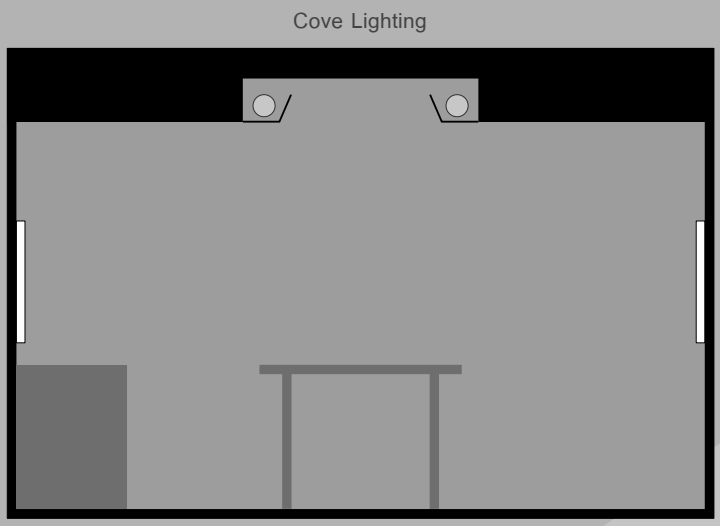
แนวความคิดในการออกแบบควรเน้นเรื่องความสัมพันธ์ของมนุษย์กับสภาพแวดล้อม โดยแสงเป็นตัวทำให้พื้นที่ว่างของอาคารปรากฏตัวขึ้น การสร้างแสงและเงาเป็นองค์ประกอบที่ดี นอกเหนือจากการทำให้มองเห็นหรือปลอดภัยเท่านั้น มันยังจะทำให้อาคารดูมีชีวิตและสวยงาม กลายเป็นเนื้อเรื่องเดียวกับสถาปัตยกรรมได้อย่างกลมกลืนหรือไม่แปลกแยก ในที่นี้จะขออ้างอิงจากนักออกแบบแสง เจมส์ เบนยา (James Benya) ซึ่งแบ่งรูปแบบการให้แสงในสถาปัตยกรรมให้เป็น layer

โดย Layered technique นั้นสามารถแบ่ง

รูปที่ 5.1 layer การให้แสงในสถาปัตยกรรม

5.1.1 การให้แสงเพื่อสร้างบรรยากาศ (Ambient /General light)

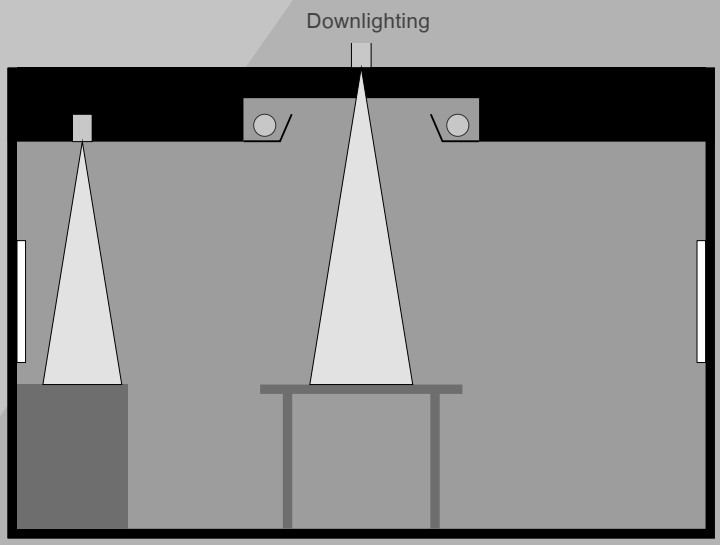
คือการสร้างบรรยากาศด้วยการสร้างพื้นผิวฝ้าเพดาน ผนังหรือพื้นที่สว่างด้วยแสงตกกระทบลงบนพื้นที่นั้น ๆ ไม่ว่าจะด้วยdown light indirect light หรือ โคมไฟโป๊ะก็ตาม ความสว่างเพียงไม่เท่าไรที่ตกกระทบบนวัสดุผิวสีอ่อนก็จะสะท้อนออกมาให้ความสว่างกับห้องได้ ลดความแข็งของวัสดุหรือที่ว่างในงานสถาปัตยกรรม หากความสว่างนั้นน้อยกว่า task light หรือสว่างน้อยกว่าแสงที่ต้องการเพื่อการทำงานเฉพาะจุดนั้น เรียก Ambient light แต่หากความสว่างนั้นมากพอ ๆ กับ Task light เรียก General light และในบางครั้ง Decorative light หรือไฟประดับนั้นก็สามารถสร้างบรรยากาศ หรือ Ambient light ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงไม่มีสูตรเฉพาะเจาะจงหรือตายตัวสำหรับ Layered technique ทั้งนี้มันเป็นคำแนะนำในการออกแบบ การใช้งานขึ้นอยู่กับจุดประสงค์และความพึงพอใจในการเลือกใช้เทคนิค



รูปที่ 5.2 การให้แสงเพื่อสร้างบรรยากาศ

5.1.2 การให้แสงเพื่อการทำงานเฉพาะที่ (Task light)

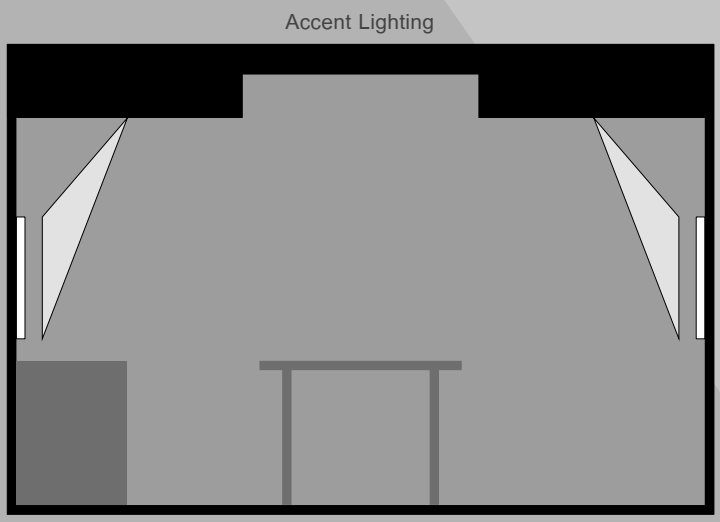
โดยทั่วไปแล้วคือการให้ความสว่างในจุดที่ต้องการในการทำงานเฉพาะ เช่นโต๊ะอ่านเขียนหนังสือ ทั้งนี้ความสว่างของแสงนั้นก็ควรเป็นไปตามความต้องการในการมองเห็นของมนุษย์ดังที่กล่าวในบทต้น ๆ และข้อควรระวังคือการเกิดเงาบังจากจุดติดตั้งที่ไม่เหมาะสมกับเนื้องานและคนใช้งาน อีกประเด็นก็คือเทคนิคการออกแบบที่ควรเอื้อให้เกิดความยืดหยุ่นในการควบคุมความสว่างสำหรับความต้องการของแต่ละคนในกรณีที่หลายคนอยู่ในห้องเดียวกัน



รูปที่ 5.3 การให้แสงเพื่อการทำงานเฉพาะที่

5.1.3 การให้แสงที่เน้นส่วนที่สำคัญ (Focal light)

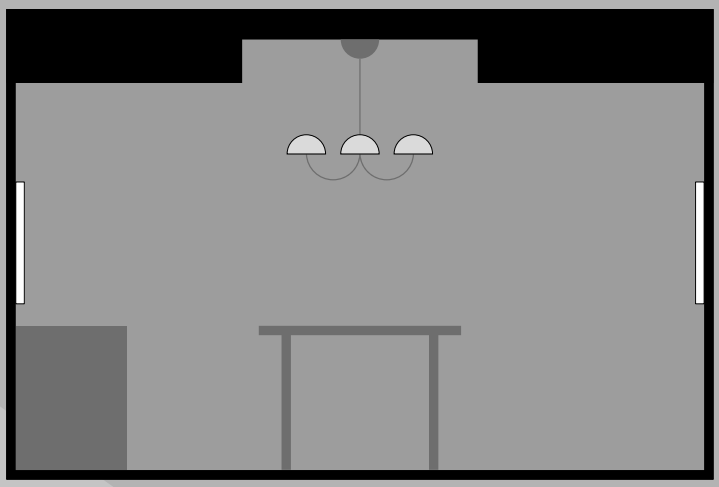
ในการให้แสงเพื่อบรรยากาศและการใช้งานนั้น อาจยังไม่ทำให้ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นดีพอ ขาดมิติ หรือความหมายที่ต้องการสื่อให้งานนั้น ๆ ประสบความสำเร็จได้ จากห้องที่เรียบสงบนิ่งที่สวยอยู่แล้ว ถูกทำให้เกิดความจับใจขึ้นได้ด้วยแสงและเงาของความเปรียบต่างของความเข้มของแสง หรือสีของแสง แสงที่เพิ่มขึ้นเพื่อส่องเน้นบางจุดที่สำคัญนั้นเรียก Accent light หรือ Focal light โดยผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นไม่ใช่เพียงเพราะความบังเอิญที่มีแสงอยู่ในบริเวณนั้นพอดี แต่เป็นการออกแบบที่ตั้งใจให้มีน้ำหนักขึ้นเพื่อสะท้อนหัวใจของงานที่จะไม่สามารถเห็นได้ชัดจากความสว่างปกติ ทั้งนี้เพื่อสร้างความทรงจำที่ดีอย่างมีความหมาย ในหลาย ๆ กรณี Focal light จะช่วยเพิ่มความสว่างในแนวตั้งและเพิ่มโอกาสในการมองเห็นที่สวยงาม



รูปที่ 5.4 การให้แสงที่เน้นส่วนที่สำคัญ

5.1.4 การให้แสงเพื่อตกแต่ง หรือเป็นสื่อบอกเล่าความเป็นอัตลักษณ์ (Decorative light)

ความคิดของการออกแบบไม่ได้จบลงแค่รังสรรค์ความสว่างและการสร้างความเปรียบต่างของแสงเท่านั้น การแสดงความเป็นตัวตนของโครงการนั้นก็มีส่วนให้คนทั่วไปรับรู้ถึงปรัชญาหรือแนวทางของโครงการให้ลุล่วงได้ด้วยรูปแบบของโคม Decorative light การเลือกรูปแบบโคมที่เหมาะสมนั้นจะเป็นตัวให้ความสว่างและสไตล์ของโครงการได้เป็นอย่างดี ความเป็นอัตลักษณ์นั้นจึงถูกรับรู้ได้ด้วย Decorative light นอกจากนี้แล้วยังช่วยลดความเปรียบต่างของแสงในห้อง ทำให้ห้องดูนุ่มขึ้น หากเป็นโถงสูงและมีการเลือกใช้โคมตั้งโต๊ะหรือพื้น โคมนั้นจะช่วยให้รู้สึกลดทอนขนาดให้ห้องดูอบอุ่นกันเองขึ้น ทั้งนี้ข้อพึงระวังในการเลือกโคมนั้นคือเรื่องรูปแบบ ขนาดและตำแหน่งของโคมกับขนาดของที่ว่างในงานสถาปัตยกรรมนั้น ๆ ควรพิจารณาหลักการจัดวางองค์ประกอบทางศิลปะด้วย

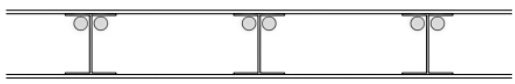


รูปที่ 5.5 การให้แสงเพื่อตกแต่ง

การสร้างความประทับใจในการมองเห็นนั้นที่มีแสงเป็นส่วนเกี่ยวข้อง กับประสบการณ์การเข้าไปสัมผัสรูปแบบใหม่ๆ ทำให้เราได้เข้าไปสัมผัสแสงและงานสถาปัตยกรรมอย่างใกล้ชิด ความสว่างของแสง วัสดุที่แสงตกกระทบ การจัดวางองค์ประกอบของแสง ตำแหน่งและทิศทางของแสง รวมทั้งเวลาของมุมมองจะสร้างบรรยากาศที่ให้อารมณ์ ความรู้สึกที่ต่างกันได้อย่างสิ้นเชิงแม้ว่าจะเป็นห้องหรือสถานที่เดียวกันก็ตาม โดยดูตัวอย่างจากกรณีศึกษาที่คัดเลือกมานี้

5.2 กรณีศึกษาการออกแบบการส่องสว่างในสถาปัตยกรรม

5.2.1 โครงการ Aloft, Bangkok (ห้องอาหาร)

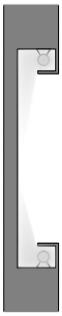


แสงไฟเปลี่ยนสีได้ หลอดไฟซ่อนบริเวณขอบใต้พื้นกระจกขุ่น

ออกแบบโดย DJCOALITION
ภาพโดย วีระเกียรติ เสวตวิวัฒน์

พื้นที่เป็นบาร์ของโรงแรม ใช้เฉพาะเวลากลางคืน ต้องการความส่องสว่างที่น้อยกว่า 20 ลักซ์ ส่วนโต๊ะ ซึ่งจะมีเทียนให้แสง ส่วนบริเวณพื้นที่ใกล้ชิดโดยรอบนั้น จะมีระดับการส่องสว่างที่ต่ำกว่าบริเวณโต๊ะ ช่วยเสริมให้ผู้ใช้สอยสนใจแสง เพราะตามธรรมชาติแล้ว คนจะมองไปในส่วนที่สว่างกว่า ไม่มองไปทิศทางอื่นๆที่มืดกว่า คือแสงช่วยกำหนดสเปซได้ เหมือนกับการถือเทียนเล่าเรื่องในเวลามืดผู้ฟังจะจับจ้องไปที่แสงเทียนที่ผู้พูดถือเล่า และเนื่องจากพื้นที่นี้ไม่มีแสงธรรมชาติ จึงต้องการแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์

การออกแบบ: มีการให้แสงด้วยแหล่งกำเนิดหลายรูปแบบ ทั้งแบบ Spot Light และการให้แสงจากแหล่งกำเนิดแบบเส้น ซึ่งในส่วนที่น่าสนใจของพื้นที่นี้ นอกจากจะเป็นเรื่องแสงไฟเปลี่ยนสีเพื่อช่วยให้เกิดอารมณ์ต่างๆตามสีและปรับให้บรรยากาศมีการเปลี่ยนแปลงไม่นิ่งได้แล้วนั้น ยังเป็นเรื่องว่า มีการซ่อนแสงไฟไว้ในพื้นกระจก ซึ่งเป็นกระจกฝ้า เมื่อเปิดไฟแล้วแสงจะทำให้พื้นที่นี้ มีความแตกต่างและเป็นแสงที่ให้บรรยากาศกับพื้นที่นี้



แสงไฟเปลี่ยนสีได้ หลอดไฟซ่อนในช่องแสง แสงออกมาบริเวณขอบ

ออกแบบโดย DJCOALITION
ภาพโดย David Skelley

5.2.2 โครงการ Citadine สุขมวิท 23 (โถงโรงแรม)

พื้นที่กิจกรรมหลักอยู่ด้านล่าง บริเวณชั้นหนึ่งเป็นโถงหน้าลิฟท์ มีช่องแสงซึ่งมีขนาดแคบและสูง บริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่ใช้สอยตลอดเวลา ทั้งกลางวันและกลางคืน ต้องการ ความส่องสว่างที่ประมาณ 50 ลักซ์

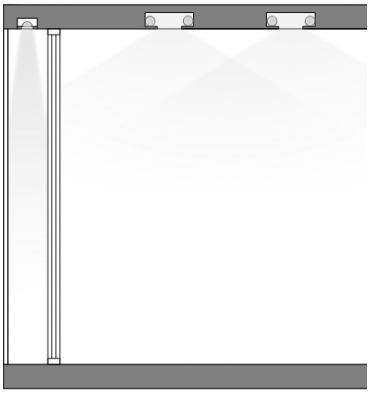
การออกแบบ: ออกแบบโดยมีลักษณะการให้แสงแบบต่าง ๆ ประกอบด้วย
- แสงเพื่อสร้างบรรยากาศ บริเวณชั้นหนึ่ง ให้แสงไฟส่องลงเพื่อให้ความสว่างทั่วไป ใช้แสงที่มีอุณหภูมิสีสหสัมพันธ์ 2700 K เพื่อให้มีลักษณะที่ปรากฏอุ่น
- แสงเพื่อการทำงานเฉพาะที่ ที่ส่องลงเฉพาะบริเวณที่นั่งซึ่งเป็นเฟอร์นิเจอร์ที่อยู่ที่ชั้นหนึ่ง มีการผสานเข้ากับเฟอร์นิเจอร์
- แสงที่เน้นส่วนที่สำคัญ ที่เป็นส่วนหนึ่งของงานตกแต่งภายใน เป็นแสงที่มาจากแหล่งกำเนิดแสงชนิดเส้นโดยใช้สีที่เข้ากับอัตลักษณ์ของโรงแรม ซ่อนในผนังเพื่อให้เกิดลวดลาย แสงไฟสีมีการเปลี่ยนสีของแสง ซึ่งแสงนี้จะเกิดขึ้นทั้งบนผนังและฝ้า

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการบำรุงรักษา เนื่องจากบางพื้นที่มีการเข้าถึงยาก จึงเลือกหลอดไฟที่มีอายุการใช้งานนาน และอุปกรณ์ควบคุมที่เหมาะสมกับหลอด

5.2.3 **โครงการ** The Sukhothai Residence, Bangkok (**ห้องออกกำลังกาย**)

เป็นพื้นที่สำหรับกิจกรรมโยคะและการออกกำลังกาย ซึ่งมีการใช้สอยทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ในเวลากลางวันจะได้รับแสงธรรมชาติจากพื้นที่ด้านนอก

การออกแบบแสงเพื่อสร้างบรรยากาศโดยรวมให้มีค่าความส่องสว่าง 250 – 500 ลักซ์ โดยไม่มีการส่องเน้นเฉพาะจุด แสงที่เกิดขึ้นเป็นแสงที่สะท้อนจากหลืบฝ้า ไม่เห็นหลอดไฟโดยตรง เพื่อไม่ให้เกิดแสงจ้าต่อการมองของผู้ใช้ แสงที่ปรากฏเป็นสีโทนอุ่น ค่าอุณหภูมิสีสหสัมพันธ์ 3000 K และมีการใช้ผนังกระจกเงาเพื่อสะท้อนช่วยเพิ่มค่าความส่องสว่างให้กับพื้นที่ภายในให้มากขึ้น



ออกแบบโดย DJCOALITION
ภาพโดย วีระเกียรติ เสวตวิวัฒน์

5.2.4 พิพิธภัณฑ์ (ส่วนจัดแสดง)

การใช้ diffusing ceiling panels บนฝ้าเพดานเพื่อส่องสว่างทั่วไปในห้องจัดแสดง และใช้ไฟส่องเฉพาะจุด (spotlighting) เพื่อส่องเน้นภาพที่ผนังแต่ละภาพให้โดดเด่นขึ้น

Hyogo Prefecture Museums of Art – Kobe, Japan
ภาพโดย พรรณชลัท สุริโยธิน

ไฟส่องผนัง (wall washing) ในระบบรางไฟ (track lighting) ติดตั้งเป็นระยะยาวต่อเนื่องเพื่อให้แสงสว่างบนผนังที่จัดแสดงภาพศิลปะ ให้แสงเกลี่ยจากขอบบนลงมาจนถึงขอบล่างของผนังอย่างสม่ำเสมอ

Hyogo Prefecture Museums of Art – Kobe, Japan
ภาพโดย พรรณชลัท สุริโยธิน

Museo del Duomo – Milan, Italy
ภาพโดย พรรณชลัท สุริโยธิน

ไฟส่องเฉพาะจุด ส่องสว่างวัตถุที่จัดแสดงให้มีลักษณะเป็นสามมิติ โดยใช้การรักษาสมดุลระหว่างแสงสว่างโดยตรงและแสงสว่างแบบกระจาย พิจารณาได้จากอัตราส่วนระหว่างความส่องสว่างทรงกระบอกต่อความส่องสว่างในแนวระนาบ (ณ จุดเดียวกัน)

5.2.5 โครงการ โรงพยาบาลศิริราช ปิยมหาราชการุณย์

โรงพยาบาลนั้นมีหลายส่วน ตัวอย่างในที่นี้ได้คัดเลือกมาสองส่วนหลักๆได้แก่ ส่วนห้องพักผู้ป่วยและส่วนโถงต้อนรับ โรงพยาบาลศิริราชปิยมหาราชการุณย์

จากผลการวิจัยหลายชิ้นงานบ่งว่าการรับรู้ถึงแสงธรรมชาติที่เชื่อมโยงกับสภาวะภายนอกนั้นช่วยให้ผู้ป่วยหายเร็วขึ้น การให้แสงที่ไม่แยงตาด้วยการเลือกโคมชนิดที่มีครีบกันแสงจ้า และตัวหลอดลึกเข้าไปจากหน้าโคม การใช้ม่าน หรือต้นไม้ เพื่อกรองแสงแดดจ้าจากภายนอก ประกอบกับการให้ความสว่างกับฝ้าเพดานและ/หรือผนัง นอกเหนือไปจากการให้แสงที่เพียงพอสำหรับการใช้สอยนั้นช่วยให้ผู้ป่วยและผู้ทำงานในโรงพยาบาลมีความสบายตา และลดความเครียดลงได้

เมื่อกล่าวถึงโรงพยาบาลศิริราช ผู้ป่วยส่วนใหญ่ที่มาใช้บริการจะเป็นผู้ป่วยหนัก ดังนั้นแนวทางในการออกแบบสถาปัตยกรรมและการออกแบบแสงจะให้ผู้ป่วยได้ใกล้ชิดกับวิว ต้นไม้ และแสงธรรมชาติให้มากที่สุด ระเบียงห้องพักผู้ป่วยจะมีต้นไม้เพื่อความสวยงามสบายตา ในห้องพักนั้นมีหลีบไฟเพื่อบรรยากาศทั่วไปที่ดี มีหลอดไฟฟลูออเรสเซนซ์พร้อมครีบกันแสงแยงตาอยู่เหนือปลายเตียง ให้ความสว่างทั่วไปที่เพียงพอในการตรวจอาการเบื้องต้นและไม่แยงตาผู้ป่วย หากแพทย์ต้องการตรวจดูรายละเอียดนั้นก็มีไฟเพิ่มเติมอีก ในกรณีที่ผู้ป่วยต้องการพักผ่อนหรืออ่านหนังสือจะมีไฟหัวเตียงอีกหนึ่งชุด

ห้องพักผู้ป่วยดีลักซ์ ภาพโดย ศรีรัฏฐ์ สมสวัสดิ์

มุมมองจากโถงพักรอในโรงพยาบาลมองออกไปยังคลองบางกอกใหญ่ ภาพโดย ศรีรัฏฐ์ สมสวัสดิ์

ในส่วนของโถงพักคอยหลัก ผู้ออกแบบจงใจเปิดใต้ถุนของชั้นบนทางด้านทิศเหนือเพื่อสร้างมุมมองออกไปยังภายนอกได้ เป็นการนำแสงธรรมชาติและการมองเห็นวิวสู่ผู้ใช้อาคาร ใต้ถุนอาคารนั้น ภูมิสถาปนิกได้ผูกเรื่องราวของประวัติศาสตร์ของวังหลังที่ถูกค้นพบระหว่างการก่อสร้างอาคาร โดยได้ออกแบบสระน้ำ ให้มีการจำลองรูปแบบฐานของวังเก่าใต้สระน้ำนั้น แสงอาทิตย์และเงาสะท้อนภายนอกจะทำให้มองเห็นมันไม่ชัดนัก ด้วยความจงใจในการบอกเล่าเรื่องราวที่ถูกลืม หากตั้งใจมองจะรับรู้ได้ การให้แสงตอนกลางคืนที่โถงนี้เช่นกัน ความส่องสว่างในโถงโดยรอบๆสระจะถูกออกแบบให้น้อยกว่าตรงส่วนเคาน์เตอร์ด้วยโคมตั้งพื้นและโคมที่สร้างมากับเฟอร์นิเจอร์ เพื่อให้มองเห็นสระน้ำที่มี Photoluminscent หรือพรายน้ำประปรายแบบคลุมเครือด้วย LED ในช่วงสีม่วงใกล้รังสีอัลตราไวโอเลท

5.2.6 **โครงการ สำนักงาน** C-ASEAN

C-ASEAN คือสถานที่พบปะเพื่อความร่วมมือในโครงการหรือกิจกรรมต่างๆระหว่างกลุ่มทำงานในภูมิภาค ASEAN โดยมีจุดประสงค์ที่จะเป็นศูนย์กลางองค์ความรู้ สร้างเครือข่ายในกลุ่มประเทศนี้เน้นไปยังคนหนุ่มสาวกลุ่มเริ่มต้น การต่อยอดศิลปวัฒนธรรมในเชิงธุรกิจอย่างสร้างสรรค์ ที่ C-ASEAN ประกอบด้วยพื้นที่เพื่อการใช้สอยต่างๆกันไปเช่น โถงต้อนรับที่ใช้เป็นโถงอเนกประสงค์เพื่อการจัดงานนิทรรศการหรืองานเลี้ยงได้ ห้องสมุด ร้านกาแฟ ห้องประชุมเล็กใหญ่ ห้องทำงานเดี่ยว ห้องทำงานรวมสำหรับเจ้าหน้าที่และผู้บริหาร ห้องสตูดิโอถ่ายทำรายการโทรทัศน์ ลานอเนกประสงค์ภายนอกเป็นต้น ในที่นี้จะขอหยิบยกส่วนทำงานเดี่ยวเพื่อเป็นตัวอย่าง

โคมไฟตั้งพื้นส่องขึ้นและลงเพื่อความสว่างทั่วไปและสำหรับโต๊ะทำงาน

ภาพโดย Waldermann

การออกแบบแสงสำหรับสถานที่ทำงานก็ควรให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในห้องทำงานนั้น ๆ เช่นการทำงานกับคอมพิวเตอร์ที่ต้องการความสว่างทั่วไปเพียง 300 ลักซ์ โดยการใช้โคมตั้งพื้นสูงที่มีการกระจายแสงด้านบนที่กว้างไปบนฝ้าเพดานทำให้เกิดความสว่างที่เนียนบนฝ้าสะท้อนลงทำให้บรรยากาศห้องสว่างแบบสบายตาเพียงพอแก่การมองและทำงานทั่วไป ค่าอัตราส่วนความสว่างระหว่างจุดที่สว่างที่สุดและมืดที่สุดบนฝ้าเพดานนั้นไม่ควรสูงกว่า 3 ต่อ 1 แต่หากมีการอ่านหนังสือ หรือเขียนงานบนโต๊ะความสว่างบนโต๊ะที่เพียงพอก็ควรเพิ่มเป็น 400-500 ลักซ์ โคมไฟตั้งพื้นเดียวกันนั้นสามารถเปิดให้ความสว่างลงมาบนโต๊ะทำงานโดยตรง ให้ความยืดหยุ่นในกิจกรรมต่างๆ นอกจากความสว่างที่เพียงพอบนโต๊ะแล้วนั้นอัตราส่วนความสว่างก็ไม่ควรเกิน 3 ต่อ 1 อีกด้วยเพื่อความสบายตาในการอ่านหรือเขียน ในขณะเดียวกันห้องทำงานนี้มีไฟหลีบให้ความสว่างบนผนังจากโคม LED ทำให้ผนังไม่มืดจนเกิดความเปรียบต่างของความสว่างจนเกินไป โดยมีอัตราส่วนความสว่างบนโต๊ะทำงานต่อความสว่างบนผนังไม่เกิน 10 ต่อ 1 และถ้าจะให้ดียิ่งขึ้นการใช้ผนังที่มีลักษณะพื้นผิวด้านจะทำให้มีการสะท้อนและกระจายแสงได้ดีกว่าแบบมัน

5.2.7 โครงการ บางกอก อรีนา (สนามกีฬาในร่ม)

ภาพโดย อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์

บางกอกอรีนา เป็นสนามกีฬาที่สร้างขึ้นเพื่อสามารถรองรับการแข่งขันฟุตซอลในระดับนานาชาติที่มีการถ่ายทอดโทรทัศน์ คุณภาพแสงสว่างจึงต้องเป็นไปตามข้อกำหนดของสหพันธ์ฟุตบอลนานาชาติ (FIFA) ในระดับสูงสุด นอกจากความส่องสว่างในแนวระนาบแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความส่องสว่างในแนวตั้ง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้สำหรับการถ่ายทอดโทรทัศน์ และเนื่องจากสนามกีฬานี้อาจใช้ในการแข่งขันกีฬาประเภทอื่น หรือใช้ในการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ระบบส่องสว่างจึงถูกออกแบบให้สามารถปรับลักษณะการเปิด/ปิดให้เหมาะกับลักษณะการใช้งานได้

ภาพโดย อัจฉราวรรณ จุฑารัตน์

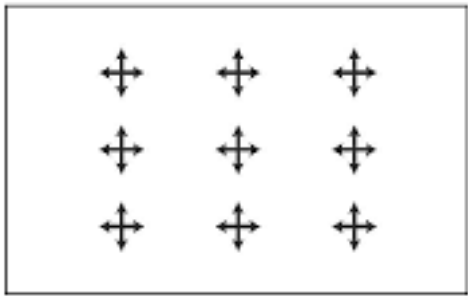
ความส่องสว่างในแนวตั้งเป็นการคำนวณปริมาณแสงที่ตกลงบนคน/วัตถุในแนวตั้ง มีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะสำหรับการถ่ายทอดโทรทัศน์ เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ว่ากล้องสามารถมองเห็นผู้เล่นหรือวัตถุได้ดีเพียงใด และมีผลต่อคุณภาพของภาพที่ได้

การออกแบบ:

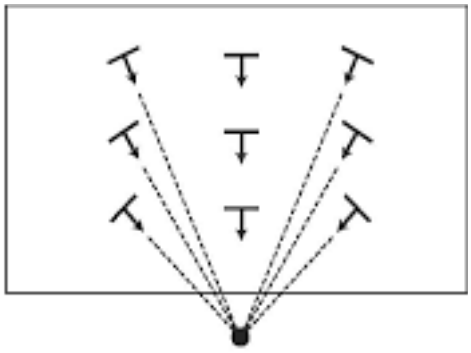
- ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวระนาบ ($\bar{E}_h$) ของพื้นที่แข่งขัน ที่ระดับพื้น ไม่น้อยกว่า 1000 ลักซ์ และมีความสม่ำเสมอไม่น้อยกว่า 0.7 (ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย)
- ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวตั้ง ($\bar{E}_v$) ของพื้นที่แข่งขันที่ระดับความสูงจากพื้น 1.5 เมตร (ทั้งสี่ทิศทาง) ไม่น้อยกว่า 1500 ลักซ์ และมีความสม่ำเสมอไม่น้อยกว่า 0.6 (ค่าต่ำสุด/ค่าเฉลี่ย)
- ดัชนีความถูกต้องของสี ไม่น้อยกว่า 80
- อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์ 5000 – 6000 K
- ค่าพิกัดแสงจ้า (Glare Rating, GR) ไม่เกิน 50

หมายเหตุ กรณีสนามกีฬาจะใช้ค่าพิกัดแสงจ้า (GR) แทนพิกัดแสงจ้ารวม (UGR) ในการประเมินไม่ให้มีระดับแสงจ้าสูงจนทำให้สูญเสียการมองเห็นหรือรำคาญตาจนเกินไป

นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงแสงสว่างบนอัฒจันทร์ซึ่งต้องมีค่าความส่องสว่างเพียงพอสำหรับผู้ชมในการมองเห็นและสัญจรผ่านไปมา



การคำนวณความส่องสว่างในแนวตั้งในสี่ทิศทาง (บน, ล่าง, ซ้าย, ขวา) กรณีกล้องไม่ประจำตำแหน่ง (mobile camera)



การคำนวณความส่องสว่างในแนวตั้งในทิศทางกล้องหลัก (main camera)

5.2.8 โครงการ ร้าน i Studio สาขา Central World

ร้าน i Studio เป็นตัวแทนจำหน่ายอย่างเป็นทางการของสินค้าแบรนด์ Apple ในประเทศไทย โดยสาขานี้ได้รับการออกแบบตกแต่งภายในด้วยแนวคิดใหม่เพื่อให้เป็นร้านต้นแบบของ i Studio สาขาอื่นทั่วประเทศ เน้นการสร้างความรับรู้และส่งเสริมภาพลักษณ์ของแบรนด์ที่เป็นสินค้าเทคโนโลยีขั้นสูง แต่มีรูปทรงที่เรียบง่ายไม่ยึดติดกับลักษณะการใช้งาน ซึ่งต่างจากแนวคิดการออกแบบผลิตภัณฑ์แบบดั้งเดิมคือ FORMS FOLLOW FUNCTIONS นอกจากนี้ยังตอบสนองการใช้ชีวิตของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายที่เป็นคนรุ่นใหม่ ใช้เวลาส่วนใหญ่กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่ โดยพื้นที่ใช้สอยภายในแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักได้แก่ ด้านหน้าร้าน เคาน์เตอร์ชำระเงินและบริการลูกค้า ส่วนจัดแสดงสินค้าหลักประเภทเครื่องคอมพิวเตอร์ ส่วนจัดแสดงสินค้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เคลื่อนที่และอุปกรณ์เสริมขนาดเล็ก และบริเวณสาธิตการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างประสบการณ์ที่ดีของสินค้าและบริการ

การออกแบบแสงสว่างจึงสามารถแบ่งได้เป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้
- การส่งเสริมภาพลักษณ์ของแบรนด์ และทำให้สามารถมองเห็นชื่อร้านและโลโก้ได้เด่นชัดจากภายนอก โดยใช้เทคนิคการให้แสงจากด้านหลังของวัสดุโปร่งแสง (back-lit) ได้แก่ กระจกฝ้า เคาน์เตอร์หิน สังเคราะห์ (corian) ที่เซาะร่องจากด้านหลังเป็นชื่อของร้านและซ่อนไฟสีขาวกลาง (intermediate white) ทำให้เห็นแสงเรืองออกมาด้านหน้า (ภาพที่ 1) เพื่อสะท้อนปรัชญาการออกแบบของแบรนด์ที่มักใช้ user interface ระบบสัมผัสและกราฟฟิคที่เรียบเนียนไปกับพื้นผิวของผลิตภัณฑ์

- สร้างความโดดเด่นและทำให้เห็นทัศนียภาพภายในร้านได้ชัดเจน ด้วยการเน้นความโปร่งใสของกระจกโดยทำให้พื้นผิวขนาดใหญ่มีความสว่างสูง ด้วยเทคนิคแสงสาดผนัง (wall-wash) ลงบนผนังคอนกรีตและกล่องไฟบนเพดานที่ใช้เทคนิคการให้แสงจากด้านหลัง (back-lit) ด้วยแสงขาวที่มีอุณหภูมิสีสหสัมพันธ์ 4000K นอกจากนี้เพื่อเน้นให้เห็นบริเวณทางเข้าร้าน (transitional area) ได้ชัดเจน แสงในบริเวณนี้จึงมีค่าความส่องสว่าง 1,200 ลักซ์ ซึ่งสูงกว่าบริเวณทั่วไปภายในร้านประมาณสองเท่า

- แสงบริเวณทั่วไปภายในร้านมาจากโคมไฟหลอดเซรามิคเมทัลเฮไลด์ 35 วัตต์ 40 องศา และจากกล่องไฟที่ให้แสงแบบฟุ้งกระจาย (diffuse light) บริเวณเหนือโต๊ะแสดงสินค้า โดยค่าเฉลี่ยความส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงทั้งสองประเภทประมาณ 600 ลักซ์ และ 300 ลักซ์ตามลำดับ

- แสงสำหรับการจัดวางสินค้า (display lighting) ได้แก่ คอมพิวเตอร์และสินค้าขนาดใหญ่ที่วางบนโต๊ะได้รับแสงในแนวระนาบเพื่อส่องเน้น (accent lighting) ประมาณ 1,500 ลักซ์ เป็นแสงจากโคมส่องลงแบบปรับได้ที่ผสมผสานระหว่างโคมไฟหลอดเซรามิคเมทัลเฮไลด์ 35 วัตต์ 40 องศาและโคมไฟหลอดทังสเตนฮาโลเจนชนิด IRC (infrared coating) 50 วัตต์ 25 องศา อุณหภูมิสีสหสัมพันธ์ 3000K

- แสงเพื่อส่องเน้นสินค้าและอุปกรณ์เสริมขนาดเล็กบนชั้นติดผนังได้รับแสงในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยระหว่าง 800-1,200 ลักซ์ จากโคมไฟหลอดเซรามิคเมทัลเฮไลด์ 35 วัตต์ อุณหภูมิสีสัมพันธ์ 3000K แบบปรับได้และกระจายแสงเป็นวงรี (oval distribution) ซึ่งเหมาะกับการส่องเน้นชั้นวางของโดยเฉพาะ นอกจากแสงเพื่อส่องเน้นในแนวตั้งจากฝ้าเพดานแล้ว ภายในชั้นวางของยังได้เสริมไฟซ่อน (concealed linear lights) ตามความยาวของชั้น เพื่อเพิ่มความโดดเด่นให้แก่สินค้าอีกด้วย

- แสงสำหรับการทำกิจกรรมส่งเสริมการขาย เช่น สาธิตการใช้งาน การให้คำปรึกษาแก่ลูกค้า ได้ลดการให้แสงแบบส่องเน้นบนสินค้าซึ่งทำให้เกิดแสงและเงาชัดเจน แต่เสริมด้วยแสงจากโคมไฟแบบแขวน (pendant) ทำให้มีแสงเพียงพอสำหรับการใช้งานและไม่สว่างจ้าจนรบกวนการสนทนา และสร้างบรรยากาศที่เป็นกันเองมากกว่าบริเวณอื่น ๆ ภายในร้าน

จากตัวอย่างรูปแบบทั้งหมดที่ได้หยิบยกมาเพื่อทำความเข้าใจให้เกิดการเรียนรู้นั้น ทำให้เห็นว่าการส่องสว่างนั้นสามารถถูกออกแบบให้กลายเป็นส่วนหนึ่งของสถาปัตยกรรมได้อย่างดี เข้าไปช่วยเสริมในสิ่งที่ต้องการจะสื่อสารให้เกิดการรับรู้ ลดการมองเห็นของสิ่งที่ไม่พึงให้ปรากฏลงไป และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะเป็นแรงบันดาลใจให้แก่นักออกแบบหรือบุคคลทั่วไป เปิดมุมมองการสร้างสรรค์งานที่ดีให้เกิดขึ้นในประเทศเราได้อีกต่อ ๆ ไป

ภาคผนวก ก

ปริมาณทางแสง หน่วยวัด และการแปลงหน่วย

หน่วยวัดสำหรับปริมาณทางแสง (ได้แก่ ฟลักซ์การส่องสว่าง ความเข้มการส่องสว่าง ความส่องสว่าง และความสว่าง) ที่ใช้ในคู่มือเล่มนี้เป็นหน่วยในระบบ SI ซึ่งถูกใช้อย่างกว้างขวาง อย่างไรก็ตามในตำราหรือมาตรฐานบางประเทศอาจใช้หน่วยวัดที่แตกต่างออกไป จึงได้รวบรวมและสรุปไว้ดังนี้

ปริมาณ	หน่วย	ที่มา/คำอธิบาย	ตัวคูณ เพื่อทำให้เป็นหน่วย SI
ฟลักซ์การส่องสว่าง (luminous flux)	Dekalumen	10 ลูเมน	10 lm
	light-watt	1 วัตต์ของพลังงานที่แผ่ออกมาของความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร	683 lm
ความเข้มการส่องสว่าง (luminous intensity)	candle	ปริมาณแสงที่ได้มาจากหลอดไส้มาตรฐาน (incandescent standard lamp) อาจเรียกว่า แรงเทียน	1 cd
	Hefner candle	ปริมาณแสงที่ได้มาจากหลอดเปลวมาตรฐาน (flame standard lamp)	0.9 cd
ความส่องสว่าง (illuminance)	Metrecandle	1 ลูเมนต่อตารางเมตร	1 lux
	footcandle	1 ลูเมนต่อตารางฟุต	10.764 lux
	phot	1 ลูเมนต่อตารางเซนติเมตร	10000 lux
	nox	0.001 ลูเมนต่อตารางเมตร	0.001 lux
ความสว่าง (luminance)	lambert	$1/\pi$ แรงเทียนต่อตารางเซนติเมตร	3183 cd/m^2
	footlambert	$1/\pi$ แรงเทียนต่อตารางฟุต	3.426 cd/m^2
	nit	1แรงเทียนต่อตารางเมตร	1 cd/m^2
	stilb	1 แรงเทียนต่อตารางเซนติเมตร	10000 cd/m^2
	apostilb	$1/10000\pi$ แรงเทียนต่อตารางเซนติเมตร (0.0001 lambert)	0.3183 cd/m^2
	blondel	= 1 apostilb	0.3183 cd/m^2
	skot	= 0.001 apostilb	0.00032 cd/m^2

Magazine

เอกสารอ้างอิง

EN 12464-1:2011 Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places

CIE S 008/E:2002 Lighting of indoor work places

Benya, James. http://www.unicamp.br/unicamp

Philips Lighting Correspondence Course – Quantities and Units, Measurements

Philips Lighting – Basic of light and lighting by Wout van Bommel and Abdo Rouhana

http://www.omslighting.com//data/files/PDF/BROCHURES/rl_school_en_screen.pdf

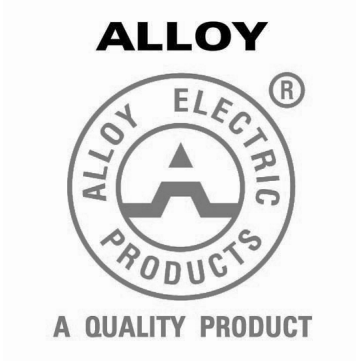
http://blog.lightingever.co.uk/choose-the-suitable-light-colour-for-your-room/

http://www.mazzoleni.co.nz/blog/how-can-high-cri-led-lights-can-add-value-to-your-merchandise

ขอขอบคุณผู้สนับสนุน

กฟผ.
ผลิตไฟฟ้าเพื่อความสุขของคนไทย

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
ที่อยู่: เลขที่ 53 หมู่ 2 ถนนจรัญสนิทวงศ์
ตำบลบางกรวย อำเภอบางกรวย
นนทบุรี 11130
โทรศัพท์: 02-436-8380-3
โทรสาร: 02-436-8388
www.egat.co.th

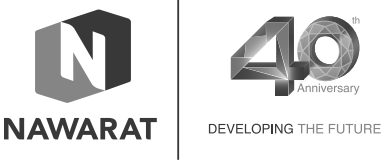


บริษัท อัลลอยอินดัสทรี จำกัด
(สาขาปิ่นเกล้า)
ที่อยู่: 71/53 ถนนบรมราชชนนี
แขวงอรุณอมรินทร์ เขตบางกอกน้อย
กรุงเทพมหานคร 10700
โทรศัพท์: 02-434-3688
โทรสาร: 02-434-5344,02-434-3686
www.alloyindustry.com

บริษัท อีฟ ไลท์ติ้ง จำกัด (สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 256 ซอยลาดพร้าว 84
(สังคมสงเคราะห์ใต้ 1) แขวงวังทองหลาง
เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร 10130
โทรศัพท์: 02-538-9900
โทรสาร: 02-538-0202
www.evelighting.com

บริษัท ไลท์ติ้ง แอนด์ อีควิปเมนท์ จำกัด (มหาชน)
ที่อยู่: เลขที่ 539/2 ชั้น 16-17 อาคารมหานครยิบซั่ม
ถนนศรีอยุธยา แขวงถนนพญาไท เขตราชเทวี
กรุงเทพมหานคร 10400
โทรศัพท์: 02-248-8133
โทรสาร: 02-248-8144,02-642-5091
www.lighting.co.th

บริษัท ลิกมันไลท์ติ้ง จำกัด (สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 17/2 หมู่ที่ 4 ตำบลหมอนทอง
อำเภอบางน้ำเปรี้ยว ฉะเชิงเทรา 24150
โทรศัพท์: 038-581-676-80
โทรสาร: 038-581-680
www.ligman.com



บริษัท เนาวรัตน์พัฒนาการ จำกัด (มหาชน)
ที่อยู่: ชั้น 18 และ 19 อาคารบางนาทาวเวอร์ เอ
เลขที่ 2/3 หมู่ 14 ถนนบางนา-ตราด กม.6.5
ตำบลบางแก้ว อำเภอบางพลี
สมุทรปราการ 10540
โทรศัพท์: 02-730-2100
โทรสาร: 02-751-9484-6
www.nawarat.co.th

PHILIPS

บริษัท ฟิลิปส์อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด
ที่อยู่: เลขที่ 1768 อาคารไทยซัมมิททาวเวอร์
ชั้น 26 ถนนเพชรบุรีตัดใหม่ แขวงบางกะปิ
เขตห้วยขวาง กรุงเทพมหานคร 10310
โทรศัพท์: 02-614-3300
โทรสาร: 02-614-3361
www.philips.co.th

PowerBar pb
quality busbar systems
BETAflam® FRMI
by SATTEL (THAILAND)

บริษัท แซทเทล (ประเทศไทย) จำกัด
(สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 52/84 หมู่ที่ 4 ซอยพหลโยธิน 52
ถนนพหลโยธิน แขวงคลองถนน เขตสายไหม
กรุงเทพมหานคร 10220
โทรศัพท์: 02-973-8729-30
โทรสาร: 02-973-8731
www.satteltthailand.com

Thaixin Resources Co.,Ltd.
บริษัท ไทยซิน รีซอร์สเซส จำกัด

บริษัท ไทยซิน รีซอร์สเซส จำกัด
(สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 799/81 ซอยลาดพร้าว 80 (จันทิมา)
แขวงวังทองหลาง เขตวังทองหลาง
กรุงเทพมหานคร 10310
โทรศัพท์: 02-106-2000 ต่อ 1
โทรสาร: 02-106-2002
www.thaixinled.com

บริษัท สยาม แอลอีดี จำกัด (สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 440 ถนนพระรามที่ 2
แขวงบางมด เขตจอมทอง
กรุงเทพมหานคร 10150
โทรศัพท์ : 02-877-0010
โทรสาร: 02-877-3519
www.siamled.co.th

บริษัท อิมแพ็ค เอ็กซิบิชั่น แมเนจเมนท์ จำกัด
ที่อยู่: เลขที่ 47/569-576 หมู่ที่ 3 ชั้น 10 อาคาร
บางกอกแลนด์ ถนนป๊อปปูล่า 3 ตำบลบ้านใหม่
อำเภอปากเกร็ด นนทบุรี 11120
โทรศัพท์: 02-833-5348
โทรสาร: 02-833-5127-9
www.ledexpothailand.com

บริษัท ทาซ่า อินดัสเทรียล จำกัด

(สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: เลขที่ 2/4 ซอยพระราม 2 ซอย 47
ถนนอนามัยงามเจริญ แขวงท่าข้าม
เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร 10150
โทรศัพท์: 02-417-2777
โทรสาร: 02-417-2233
www.tasaindustrial.com

บริษัท แสงมิตร อีเลคตริค จำกัด

ที่อยู่: เลขที่ 77/21-24 หมู่ 11 อาคารแสงมิตร
ถ.สวนผัก แขวงตลิ่งชัน เขตตลิ่งชัน
กรุงเทพมหานคร 10170
โทรศัพท์: 02-882-2033
โทรสาร: 02-882-2044-45
www.delight.co.th

บริษัท สกายคอมเมอเชี่ยล จำกัด

(สำนักงานใหญ่)
ที่อยู่: 484,486 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 66/1 แขวงบางพลัด
เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700
โทรศัพท์: 02-879-0240,02-862-5560-4
โทรสาร: 02-879-0241,02-862-5565
www.skycommercial.co.th

TIEA

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ISBN 978-616-91662-1-4

500.-