สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง

โครงการสัมมนาทางวิชาการ
เจ้าหน้าที่วิเคราะห์และตรวจสอบ





การทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า แสง สี และการคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี

นางอาภาพร โอรส
นายพศิณ ปัทมาภรณ์
นางสาววราภรณ์ จันทร์ศักดิ์

วันที่ 27 - 28 สิงหาคม พ.ศ. 2569

ณ ห้องสัมมนา อาคารศูนย์พัฒนาเทคโนโลยีงานทาง

โคมไฟถนนชนิดแอลอีดี

เพิ่มความปลอดภัยและทัศนวิสัยในการขับขี่

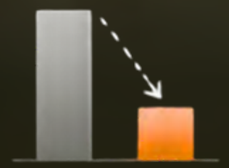
ลดก๊าซเรือนกระจก

ใช้พลังงานน้อยลง ช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม



ประหยัดพลังงาน

ใช้พลังงานน้อยว่าโคมไฟแบบเดิม ช่วยลดการใช้ไฟฟ้าในระยะยาว



เพิ่มความปลอดภัย

ช่วยเพิ่มทัศนวิสัยในการขับขี่ ทำให้ผู้ใช้ถนนมีการมองเห็นที่ดีในเวลากลางคืน



กรมทางหลวงพัฒนาระบบไฟฟ้าแสงสว่างบนทางหลวงด้วยโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี เพื่อเพิ่มความปลอดภัยและทัศนวิสัยในการขับขี่ โดย**มุ่งสู่ทางหลวงคาร์บอนต่ำและความยั่งยืนภายในปี 2040** ซึ่งมีนโยบายเพิ่มสัดส่วนการใช้โคมไฟ LED ให้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 นอกจากนี้ยังจัดทำแนวทางปฏิบัติสำหรับการออกแบบและติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่างเพื่อควบคุมคุณภาพโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี รวมถึงแนวทางในการออกแบบแสงสว่างให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

การควบคุมคุณภาพโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี (LED)
ตามข้อกำหนดในแนวทางปฏิบัติ ฯ

สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบควบคุมคุณภาพวัสดุโคมไฟถนน LED เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้เทคโนโลยีไฟฟ้าแสงสว่างในงานทาง โดยจัดทำแนวทางการขึ้นทะเบียนห้องปฏิบัติการทดสอบ

ควบคุมคุณภาพให้ครอบคลุม เพื่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพสูงสุด

ด้านความปลอดภัยของโคมไฟถนน
- การป้องกันฝุ่นและน้ำ
- การทนแรงกระแทก
- การทนต่อแรงสั่นสะเทือน
- การทดสอบอุณหภูมิแพ็คเกจ LED

ด้านความเข้ากันได้ทางแม่เหล็กไฟฟ้า (EMC)
- การป้องกันทางไฟฟ้า
- การรับรองขีดจำกัดสัญญาณรบกวนวิทยุ
- ความทนต่อแรงดันไฟฟ้าเกินเสิร์จ

ด้านประสิทธิภาพ
- ประเมินอายุการใช้งานของแพ็คเกจ LED
- การทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า แสง สี และการคำนวณค่าการให้แสงสว่าง



รายการทดสอบทางด้านไฟฟ้า แสง และสี
มี 3 หน่วยงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมทางหลวง

1 KMUTT
ห้องปฏิบัติการทดสอบ **ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (KMUTT)



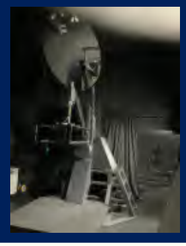


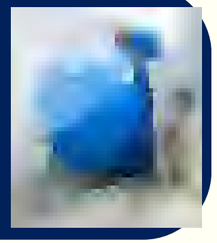
2 EEI
ห้องปฏิบัติการทดสอบ **สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (EEI)**





3 PTEC
ห้องปฏิบัติการทดสอบ **ศูนย์ทดสอบผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์** สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (PTEC)





การควบคุมคุณภาพโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี (LED)
ตามข้อกำหนดในแนวทางปฏิบัติ ฯ



ใบคำขอทดสอบโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี เพื่อใช้ในงานกรมทางหลวง

สำหรับผู้มีรายชื่อประกาศใน PRODUCT LIST

รายการทดสอบ

หัวข้อ	รายการทดสอบ	ห้องปฏิบัติการทดสอบของหน่วยงานกลางที่กรมทางหลวงให้การรับรอง			
		EEI	PTEC	KMUTT	กฟน.
1	ต้องมีรายงานรับรองผลการทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า แสงและสีของโคมไฟ ตาม มาตรฐาน IES LM-79 หรือ มาตรฐาน CIE S 025	☐	☐	☐	
2	ต้องมีรายงานรับรองผลการคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนน ตามรูปแบบการติดตั้งใช้งานของโคมไฟบนพื้นที่ที่จะติดตั้ง ซึ่งต้องผ่านเกณฑ์ความส่องสว่าง หรือความสว่างที่กำหนดไว้ในระดับชั้นการให้แสงสว่าง ของมาตรฐานการกรมทางหลวง หรือ มาตรฐาน BS EN 13201-2 สำหรับถนนระดับชั้น M ต้องแสดงผลการคำนวณทั้งค่าความส่องสว่างของพื้นผิวถนนและค่าความสว่างแนวนอนบนถนน ทั้งค่าโดยสรุปในภาพรวมและค่าแต่ละจุดคำนวณแสง (Calculation grid)				

แนวทางการออกแบบแสงสว่าง บนทางหลวง

ต้องคำนึงถึง

ด้านความปลอดภัย (Safety)



ช่วยให้ผู้ขับขี่มองเห็นสิ่งกีดขวางได้ในระยะที่สามารถตัดสินใจได้ทันเวลา ลดการเกิดอุบัติเหตุ

ด้านพลังงานไฟฟ้า (Electrical energy)



พิจารณาถึงสมรรถนะการใช้พลังงานไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ เช่น ลักษณะการกระจายแสง เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment)

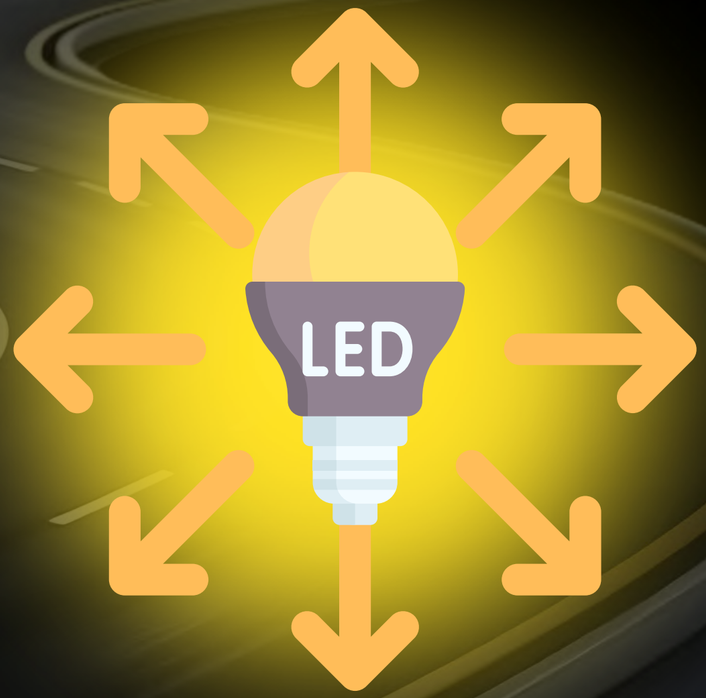


พิจารณาผลกระทบจากมลภาวะทางแสง มีการเลือกใช้โคมไฟถนน LED ที่มีการกระจายแสงให้เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดแสงรุกล้ำไปยังที่อยู่อาศัย หรือในพื้นที่เกษตรกรรม

พื้นฐานการส่องสว่างบนถนน

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux)

ปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงโดย
ไม่คำนึงถึงทิศทางที่กระจัดกระจายออกไป
หน่วยที่ใช้วัด คือ ลูเมน (Lumen, lm)



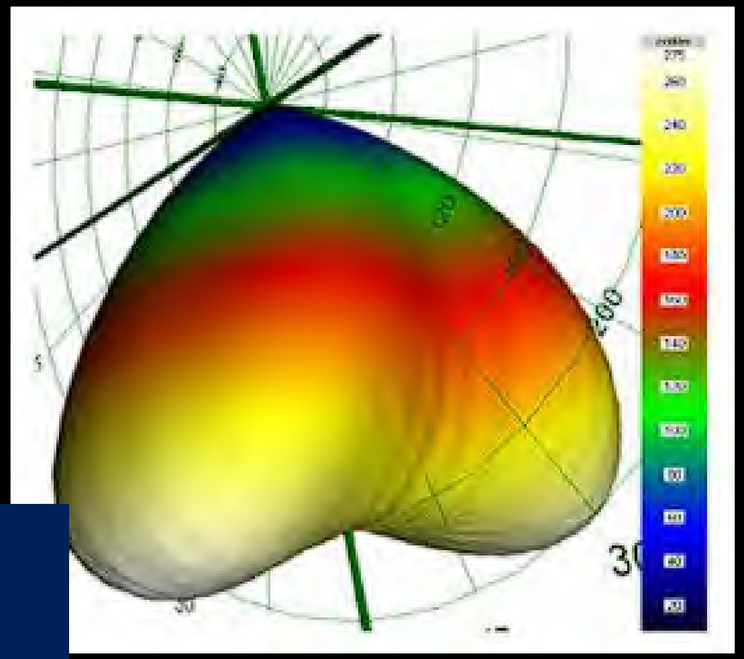
ฟลักซ์การส่องสว่างรวม (Total luminous flux)

ปริมาณแสงทั้งหมดที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง ในทุกทิศทาง
ที่กระจัดกระจายออกไป หน่วยที่ใช้วัด คือ ลูเมน (Lumen, lm)

พื้นฐานการส่องสว่างบนถนน

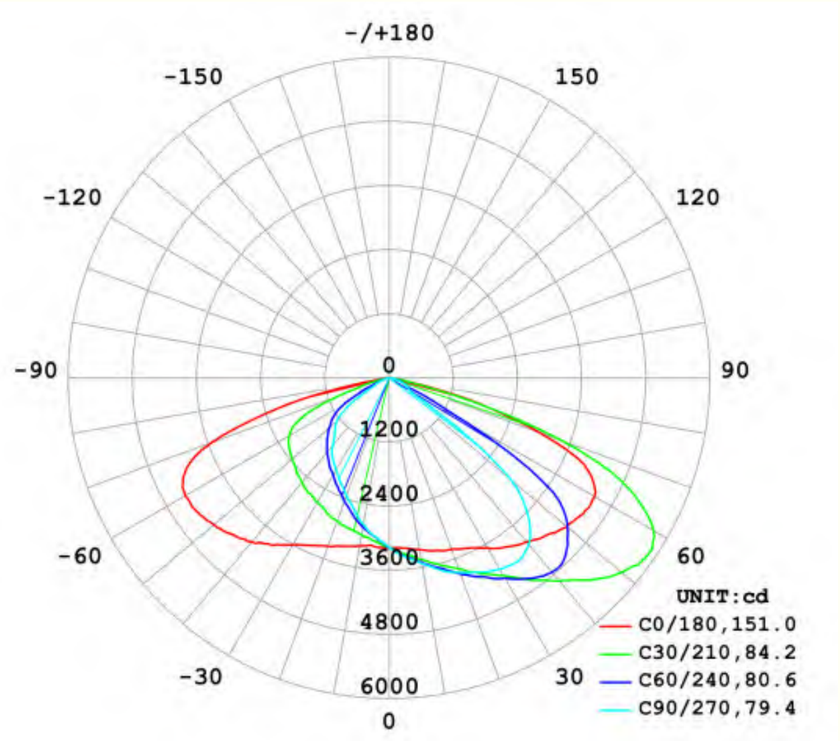
ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous intensity; I):

ความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างไปยังทิศทางหนึ่ง
หน่วยของความเข้มการส่องสว่าง คือ แคนเดลา
(Candela, cd)



“ทิศทางของแสงที่พุ่งออกไป มีความเข้มมากน้อยแค่ไหน?”

กราฟการกระจายความเข้มการส่องสว่าง (cd)



เส้นโค้งโพลาร์ (Polar curve):
หมายถึง เส้นโค้งที่แสดงการกระจายความเข้ม
การส่องสว่างของโคมไฟถนน โดยใช้พิกัดโพลาร์

พื้นฐานการส่องสว่างบนถนน

ประสิทธิศักย์การส่องสว่างของโคมไฟ (Luminaire luminous efficacy)

อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟและกำลังไฟฟ้า
ที่ใช้ในการทำให้เกิดฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟ
หน่วยวัดเป็น Lumen/watt (Im/W)

$$\text{Luminaire Luminous Efficacy (Im/W)} = \frac{\text{Visible Light Output Power, } \varphi\text{, (Im)}}{\text{Electrical Input Power, P (W)}}$$



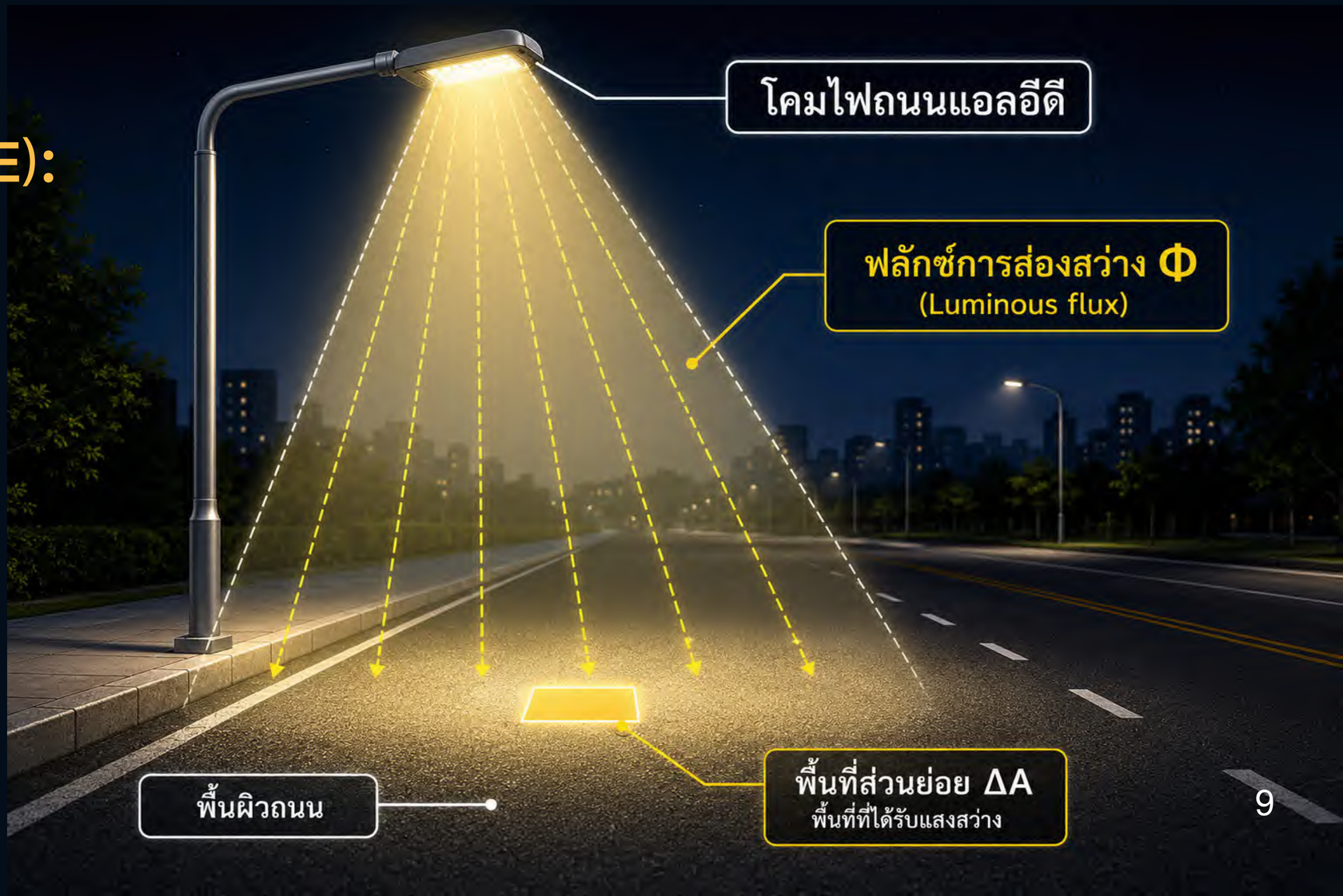
ค่ายิ่งสูง ยิ่งมีประสิทธิภาพ
ในการเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสงดี



พื้นฐานการส่องสว่างบนถนน

ความสว่าง (Illuminance; E):

ค่าที่ได้จากปริมาณฟลักซ์การส่องสว่าง
ที่ตกบนพื้นที่หนึ่งหน่วย
หน่วยที่ใช้วัด คือ ลักซ์ (Lux, lx)
หรือลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m2)



เครื่องวัดความสว่าง

Lux Meter



พื้นฐานการส่องสว่างบนถนน



ความส่องสว่าง (Luminance; L):

- ปริมาณความเข้มแสงที่สะท้อนออกจากพื้นผิวในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง เข้าสู่ตาผู้มอง
- บางคนจะรับรู้ถึงความสว่าง หรือเรียกว่าความจ้า (Brightness) ของแสงที่รับรู้ได้
- ขึ้นอยู่กับ illuminance และคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุ ทำให้มีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน มองเห็นวัตถุมีความส่องสว่างต่างกัน มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m2)

หลักการออกแบบแสงสว่างบนถนน

การประเมินคุณภาพแสงสว่างบนถนนไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าความส่องสว่างเฉลี่ย แต่ยังต้องพิจารณาความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เพื่อควบคุมความแตกต่างระหว่างบริเวณที่สว่างและมืด และช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นพื้นผิวถนนและวัตถุบนถนนได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย

1 ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Average Luminance)

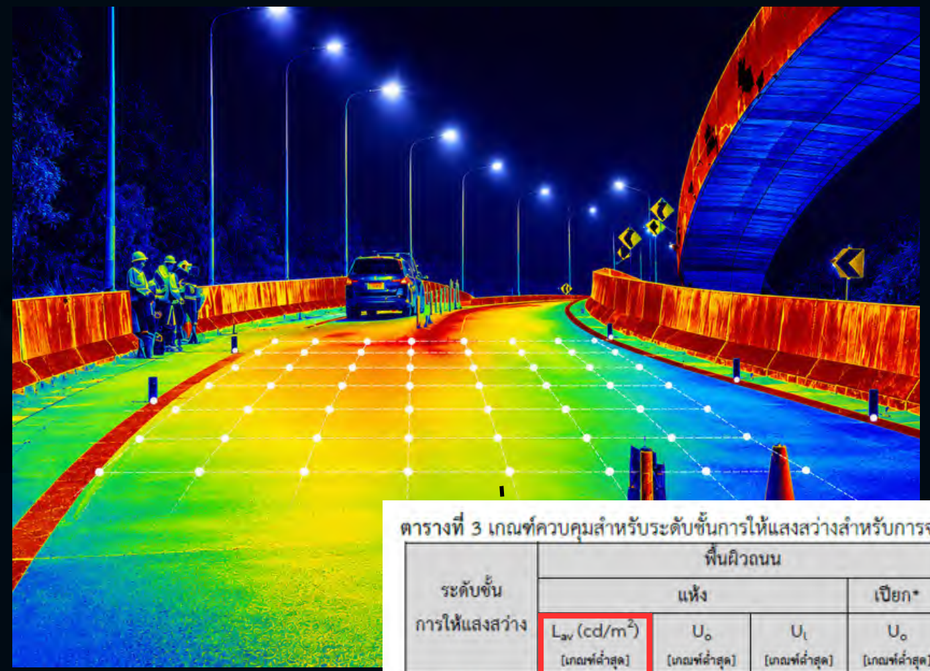
$$L_{avg} = \frac{\sum_{n=1}^{nN} L_n}{N}$$

L_n = ค่าความส่องสว่างของแต่ละจุด (cd/m²)
N = จำนวนจุดวัดทั้งหมด
L_{avg} = ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (cd/m²)

ถนนโดยรวม “สว่างแค่ไหน”

คำนวนจากผลรวมของค่าความส่องสว่างทุกจุด
หารด้วยจำนวนจุดทั้งหมด

ค่ายิ่งสูง = ถนนสว่างขึ้น (โดยรวม)



สเกลค่าความส่องสว่าง (cd/m2)

สูง

ปานกลาง

ต่ำ

ตารางที่ 3 เกณฑ์ควบคุมสำหรับระดับชั้นการให้แสงสว่างสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์ (M)

ระดับชั้นการให้แสงสว่าง	พื้นผิวถนน แห้ง L_{av} (cd/m²) [เกณฑ์ต่ำสุด]	แห้ง U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	แห้ง U_l [เกณฑ์ต่ำสุด]	เปียก* U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	ส่วนเพิ่มชดเชยเริ่มเปลี่ยน f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]	อัตราส่วนความสว่างบริเวณขอบทาง R_{EI} [เกณฑ์ต่ำสุด]
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

* ใช้เสริมกับสภาพผิวถนนแห้ง เมื่อพื้นผิวถนนเปียกเป็นเวลานานในช่วงฝน และมีข้อมูลการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนที่เหมาะสม

หลักการออกแบบแสงสว่างบนถนน

การประเมินคุณภาพแสงสว่างบนถนนไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าความส่องสว่างเฉลี่ย แต่ยังต้องพิจารณาความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เพื่อควบคุมความแตกต่างระหว่างบริเวณที่สว่างและมืด และช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นพื้นผิวถนนและวัตถุบนถนนได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย

2 ค่าความสม่ำเสมอโดยรวม

(Overall Uniformity : U0)

$$U_0 = \frac{L_{min}}{L_{avg}}$$

L_{min} = ค่าความส่องสว่างต่ำสุดในพื้นที่

L_{avg} = ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย

ป้องกันไม่ให้เกิด "จุดอับแสง" หรือมุมมืดอันตรายบนท้องถนนโดยรวม



ค่า U0 ยิ่งสูง → ความสม่ำเสมอยิ่งดี



สเกลค่าความส่องสว่าง (cd/m2)

สูง

ปานกลาง

ต่ำ

ตารางที่ 3 เกณฑ์ควบคุมสำหรับระดับชั้นการให้แสงสว่างสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์ (M)

ระดับชั้นการให้แสงสว่าง	พื้นผิวถนน				ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน	อัตราส่วนความสว่างบริเวณขอบทาง
	แห้ง			เปียก*		
	L_{av} (cd/m^2) [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_l [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]	R_{EI} [เกณฑ์ต่ำสุด]
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

* ใช้เสริมกับสภาพผิวถนนแห้ง เมื่อพื้นผิวถนนเปียกเป็นเวลานานในช่วงฝน และมีข้อมูลการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนที่เหมาะสม

หลักการออกแบบแสงสว่างบนถนน

การประเมินคุณภาพแสงสว่างบนถนนไม่ได้พิจารณาเฉพาะค่าความส่องสว่างเฉลี่ย แต่ยังต้องพิจารณาความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง เพื่อควบคุมความแตกต่างระหว่างบริเวณที่สว่างและมืด และช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถมองเห็นพื้นผิวถนนและวัตถุบนถนนได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย

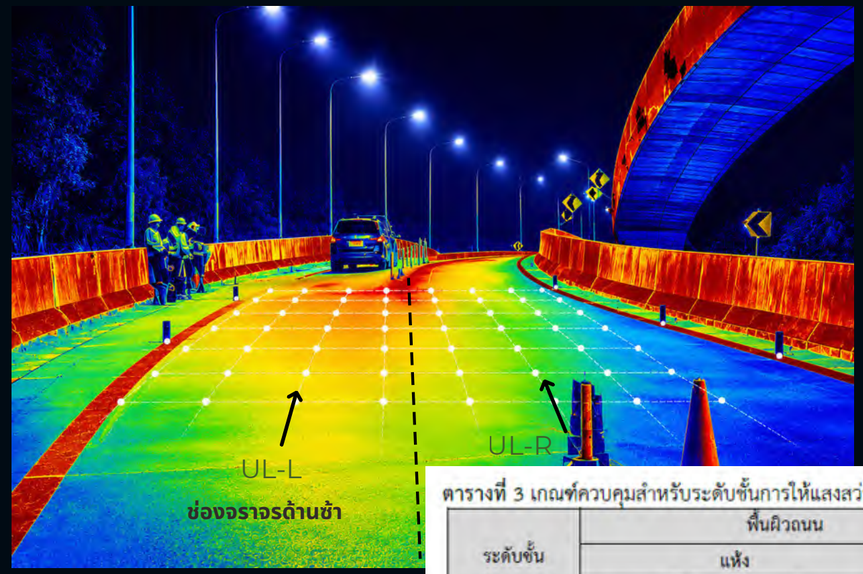
3 ค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาว

(Longitudinal Uniformity ; UL)

$$U_L = \frac{L_{min}}{L_{max}}$$

ไม่ได้พิจารณาทุกจุดบนถนน แต่พิจารณาแนวเส้นกึ่งกลางของแต่ละช่องจราจร

ค่า UL ต่ำ แสดงว่า แสงมีความสม่ำเสมอตามแนวยาวไม่เพียงพอ ทำให้ผู้ขับขี่มองเห็นพื้นถนนเป็นแถบสว่างสลับแถบมืดต่อเนื่องกัน คล้ายลายม้าลาย (Zebra effect)



สเกลค่าความส่องสว่าง (cd/m2)

สูง

ปานกลาง

ต่ำ

ตารางที่ 3 เกณฑ์ควบคุมสำหรับระดับชั้นการให้แสงสว่างสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์ (M)

ระดับชั้นการให้แสงสว่าง	พื้นผิวถนน แห้ง L_{av} (cd/m²) [เกณฑ์ต่ำสุด]	พื้นผิวถนน แห้ง U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	พื้นผิวถนน แห้ง U_l [เกณฑ์ต่ำสุด]	พื้นผิวถนน เปียก* U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]	อัตราส่วนความสว่างบริเวณขอบทาง R_{EI} [เกณฑ์ต่ำสุด]
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

* ใช้เสริมกับสภาพผิวถนนแห้ง เมื่อพื้นผิวถนนเปียกเป็นเวลานานในช่วงฝน และมีข้อมูลการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนที่เหมาะสม

ความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง U0 และ UL



การพิจารณาคุณสมบัติทางแสงของโคมไฟถนนแอลอีดี

รูปแบบการกระจายความเข้มการส่องสว่างที่สาดแสงไปทางด้านหน้า
(สัมพันธ์กับความกว้างถนน)



รูปแบบการกระจายความเข้มการส่องสว่างที่สาดแสงไปทางด้านซ้าย-ขวา
(สัมพันธ์กับระยะห่างของการติดตั้งโคมไฟถนนแต่ละคู่)



Zebra effect
แสงสว่างสลับมืด-สว่าง เป็นแถบ เกิดจากระยะห่างเสาไฟและมุมในการกระจายแสงของโคมไฟ

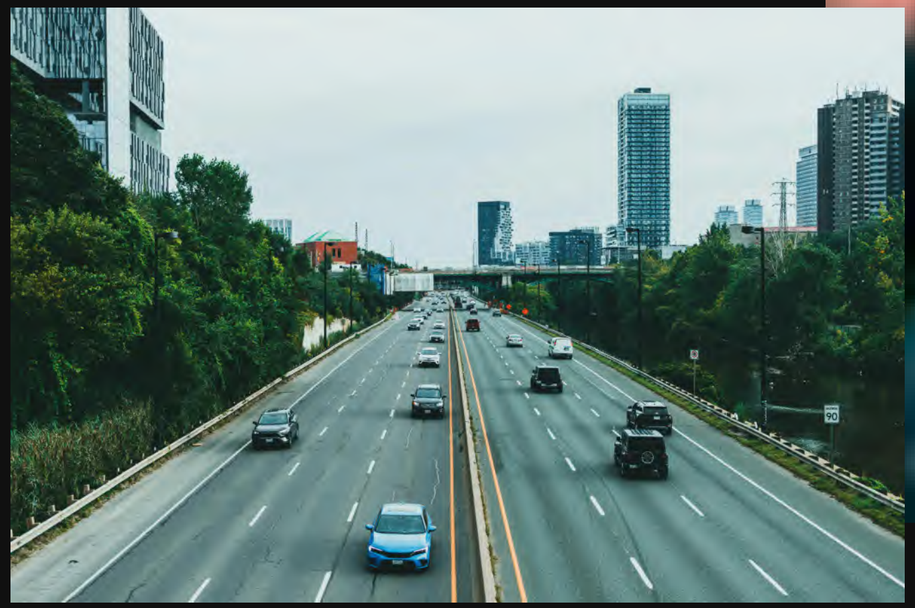
การแบ่งประเภทพื้นที่ถนนตามมาตรฐาน
มอก. 2954-2562 (CIE 115) และ BS EN 13201-1

M

Motor Traffic
ถนนสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์
Motorway / Link1-Link4

ถนนทางตรงยาว แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะพื้นที่ ตามปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็ว ปริมาณจราจร เป็นต้น

- พื้นที่ชนบท
- พื้นที่ชานเมือง
- พื้นที่เมือง









ต้องคำนึงถึงถนนต้องมีความส่องสว่างเพียงพอเพื่อช่วยให้ผู้ขับขี่มองเห็นวัตถุ สิ่งกีดขวาง ในระยะไกล ในทิศทางมองตรงไปด้านหน้า

เกณฑ์การควบคุม ตัวแปรที่สำคัญ

- ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนนที่ต้องดำรงไว้ (Lav)
- ค่าความสม่ำเสมอโดยรวมของความส่องสว่าง (U0)
- ค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาวของความส่องสว่าง (UL)
- ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน ซึ่งแสดงถึงความจ้าตาแบบเสียความสามารถ (Disability Glare)

ระดับชั้นและเกณฑ์ควบคุมการให้แสงสว่าง (ระดับชั้น M)

ตารางที่ 2 ระดับชั้นการให้แสงสว่างบนทางหลวงสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์ (ระดับชั้น M)

ลำดับชั้นทางหลวง (Road hierarchy)	สภาพแวดล้อมข้างทาง		
	พื้นที่ชนบท	พื้นที่ชานเมือง	พื้นที่เมือง
ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (Motorway)	M2		
ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน (Link1)	M3	M2	M1
ทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน (Link2)	M3	M2	M1
ทางหลวงแผ่นดินสายหลัก (Link3)	M4	M3	M2
ทางหลวงแผ่นดินสายรอง (Link4)	M4	M3	M2

ตารางที่ 3 เกณฑ์ควบคุมสำหรับระดับชั้นการให้แสงสว่างสำหรับการจราจรด้วยยานยนต์ (M)

ระดับชั้นการให้แสงสว่าง	ผิวถนน				ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน	อัตราส่วนความสว่างบริเวณขอบทาง
	แห้ง			เปียก*		
	L_{av} (cd/m^2) [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_l [เกณฑ์ต่ำสุด]	U_o [เกณฑ์ต่ำสุด]	f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]	R_{EI} [เกณฑ์ต่ำสุด]
M1	2.00	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M2	1.50	0.40	0.70	0.15	10	0.35
M3	1.00	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M4	0.75	0.40	0.60	0.15	15	0.30
M5	0.50	0.35	0.40	0.15	15	0.30
M6	0.30	0.35	0.40	0.15	20	0.30

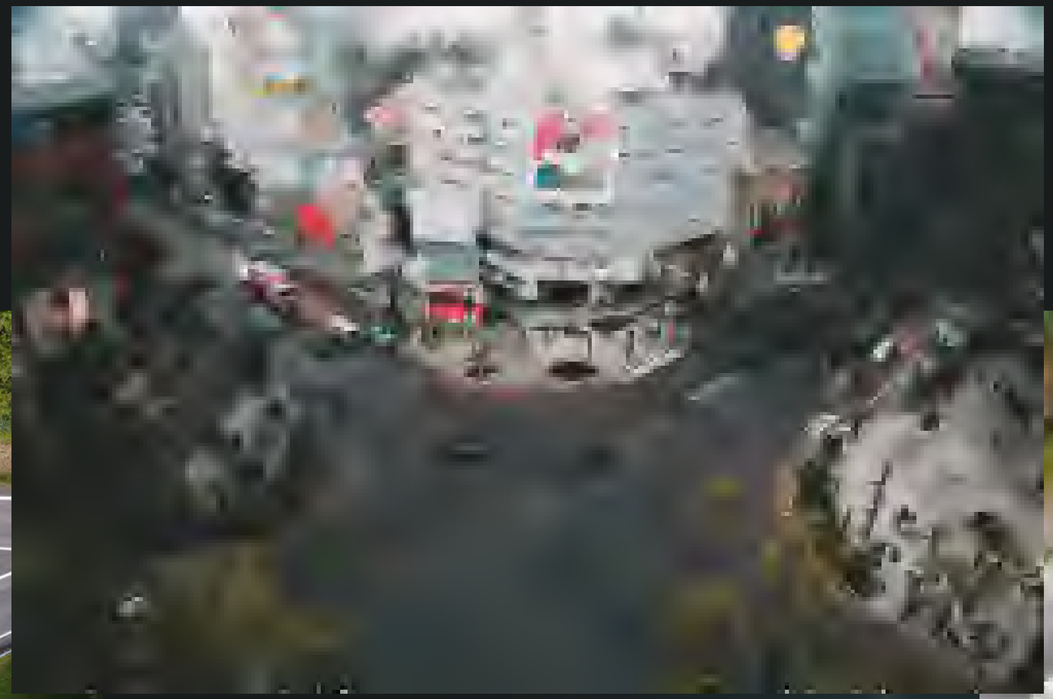
** ใช้เสริมกับสภาพผิวถนนแห้ง เมื่อพื้นผิวถนนเปียกเป็นเวลานานในช่วงมืด และมีข้อมูลการสะท้อนแสงของพื้นผิวถนนที่เหมาะสม*

การแบ่งประเภทพื้นที่ถนนตามมาตรฐาน
มอก. 2954-2562 (CIE 115) และ BS EN 13201-1

C

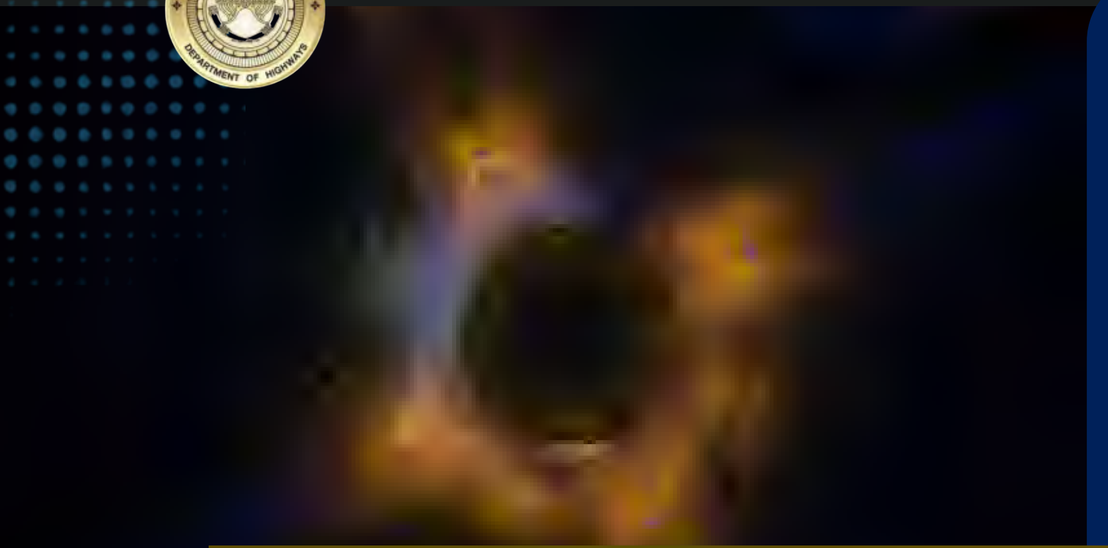
Conflict Area
ทางแยก วงเวียน จุดกลับรถ
พื้นที่จอดพัก ด่านเก็บค่าผ่านทาง











พื้นที่ขัดแย้ง จะมีระยะการมองเห็นสั้น มีตำแหน่งผู้สังเกตการณ์หลายตำแหน่ง รวมถึงมีการจัดวางตัวโคมไฟหลายรูปแบบ

เกณฑ์การควบคุม ตัวแปรที่สำคัญ

- ความสว่างแนวนอนเฉลี่ย E(av)
- ความสม่ำเสมอของความสว่าง (U0,E)
- ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน ซึ่งแสดงถึงความจ้าตาแบบเสีย ความสามารถ (Disability Glare)

ระดับชั้นและเกณฑ์ควบคุมการให้แสงสว่าง (C)

ตารางที่ 5 ระดับชั้นการให้แสงสว่างบริเวณพื้นที่เชื่อมต่อและทางแยกบนทางหลวงแผ่นดิน

ลำดับชั้นทางหลวง (Road hierarchy)	สภาพแวดล้อมข้างทาง		
	พื้นที่ชนบท	พื้นที่ชานเมือง	พื้นที่เมือง
ทางหลวงพิเศษระหว่างเมือง (Motorway)	C1		
ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน (Link1)	C2	C1	C0
ทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน (Link2)	C2	C1	C0
ทางหลวงแผ่นดินสายหลัก (Link3)	C3	C2	C1
ทางหลวงแผ่นดินสายรอง (Link4)	C3	C2	C1

ตารางที่ 6 เกณฑ์ควบคุมสำหรับระดับชั้นการให้แสงสว่างบนพื้นที่ขัดแย้งกัน (C)

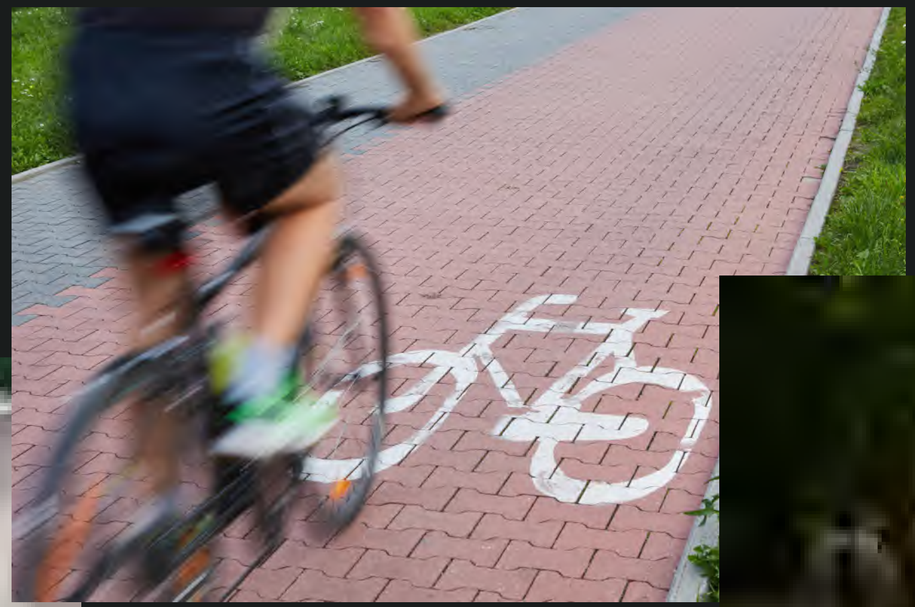
ระดับชั้นการส่องสว่าง	ความสว่างแนวนอนเฉลี่ย $E_{h,av}$ (lux) [เกณฑ์ต่ำสุด]	ความสม่ำเสมอของความสว่าง U_o (E) [เกณฑ์ต่ำสุด]	ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]
C0	50	0.40	15
C1	30	0.40	15
C2	20.0	0.40	15
C3	15.0	0.40	20
C4	10.0	0.40	20
C5	7.50	0.40	20

การแบ่งประเภทพื้นที่ถนนตามมาตรฐาน มอก. 2954-2562 (CIE 115) และ BS EN 13201-1

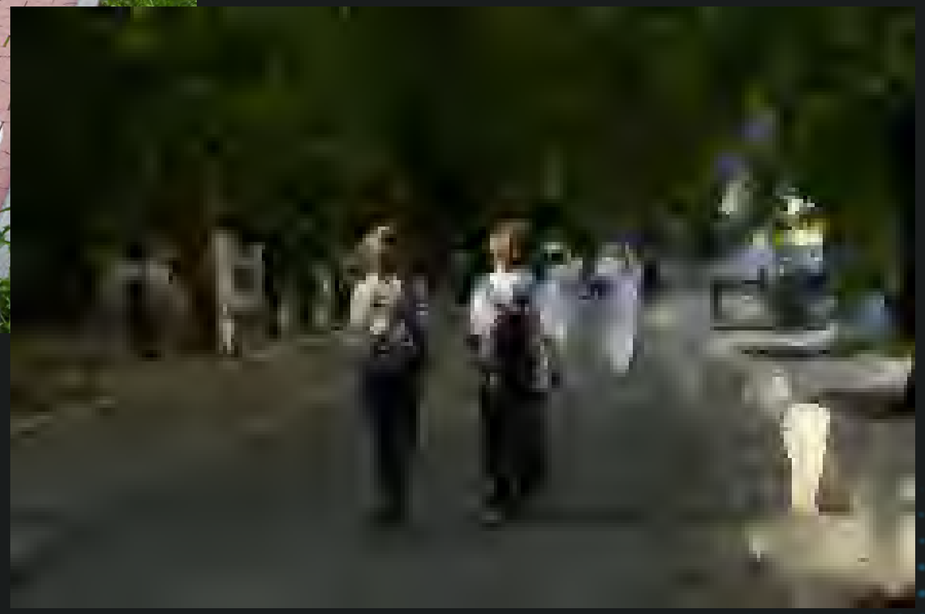


P

Pedestrian Traffic
ทางเดินเท้า ทางจักรยาน
ถนนที่มีความเร็วต่ำ









เกณฑ์การควบคุม ตัวแปรที่สำคัญ

- ค่าความสว่างแนวนอนเฉลี่ยบนผิวถนนที่ต้องดำรงไว้ E(av)
- ค่าความสว่างแนวนอนต่ำสุด (E min)

เกณฑ์ควบคุมการให้แสงสว่าง (P)

ระดับชั้นการส่องสว่าง	ความสว่างแนวนอนเฉลี่ย* $E_{h,av}$ (lux) [เกณฑ์ต่ำสุด]	ความสว่างแนวนอนต่ำสุด $E_{h,min}$ (lux) [เกณฑ์ต่ำสุด]	ส่วนเพิ่มขีดเริ่มเปลี่ยน f_{TI} (%) [เกณฑ์สูงสุด]	ข้อกำหนดเพิ่มเติมถ้าการรับรู้ใบหน้า หรือความสว่างบนวัตถุแนวตั้งเป็นสิ่งจำเป็น	
				ความสว่างแนวตั้งต่ำสุด $E_{v,min}$ (lux) [เกณฑ์ต่ำสุด]	ความสว่างครึ่งทรงกระบอกต่ำสุด $E_{sc,min}$ (lux) [เกณฑ์ต่ำสุด]
P1	15.0	3.00	20	5.0	5.0
P2	10.0	2.00	25	3.0	2.0
P3	7.50	1.50	25	2.5	1.5
P4	5.00	1.00	30	1.5	1.0
P5	3.00	0.60	30	1.0	0.6
P6	2.00	0.40	35	0.6	0.2
P7	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	ไม่กำหนด	-	-

** เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของความสว่าง ค่าจริงของความสว่างแนวนอนเฉลี่ยที่ต้องดำรงไว้ต้องมีค่าไม่เกิน 1.5 เท่าของค่าความสว่างแนวนอนเฉลี่ยต่ำสุดที่แสดงในแต่ละระดับชั้น*

การจัดประเภทผิวถนน

การออกแบบแสงสว่างบนถนนทางหลวงต้องใช้คุณสมบัติการสะท้อนแสงในทิศทางต่างๆ ของผิวถนน ตามมาตรฐาน CIE 144

R1

ผิวด้าน แสงกระจายมาก

$S1 < 0.42$



R2

ผิวด้านผสมเงา แสงสะท้อนและกระจาย

$0.42 \leq S1 \leq 0.85$



R3

ผิวเงาน้อย แสงมีการสะท้อนบางส่วน

$0.85 \leq S1 \leq 1.35$



R4

ผิวเงามาก แสงสะท้อนอย่างมาก

$1.35 \leq S1$

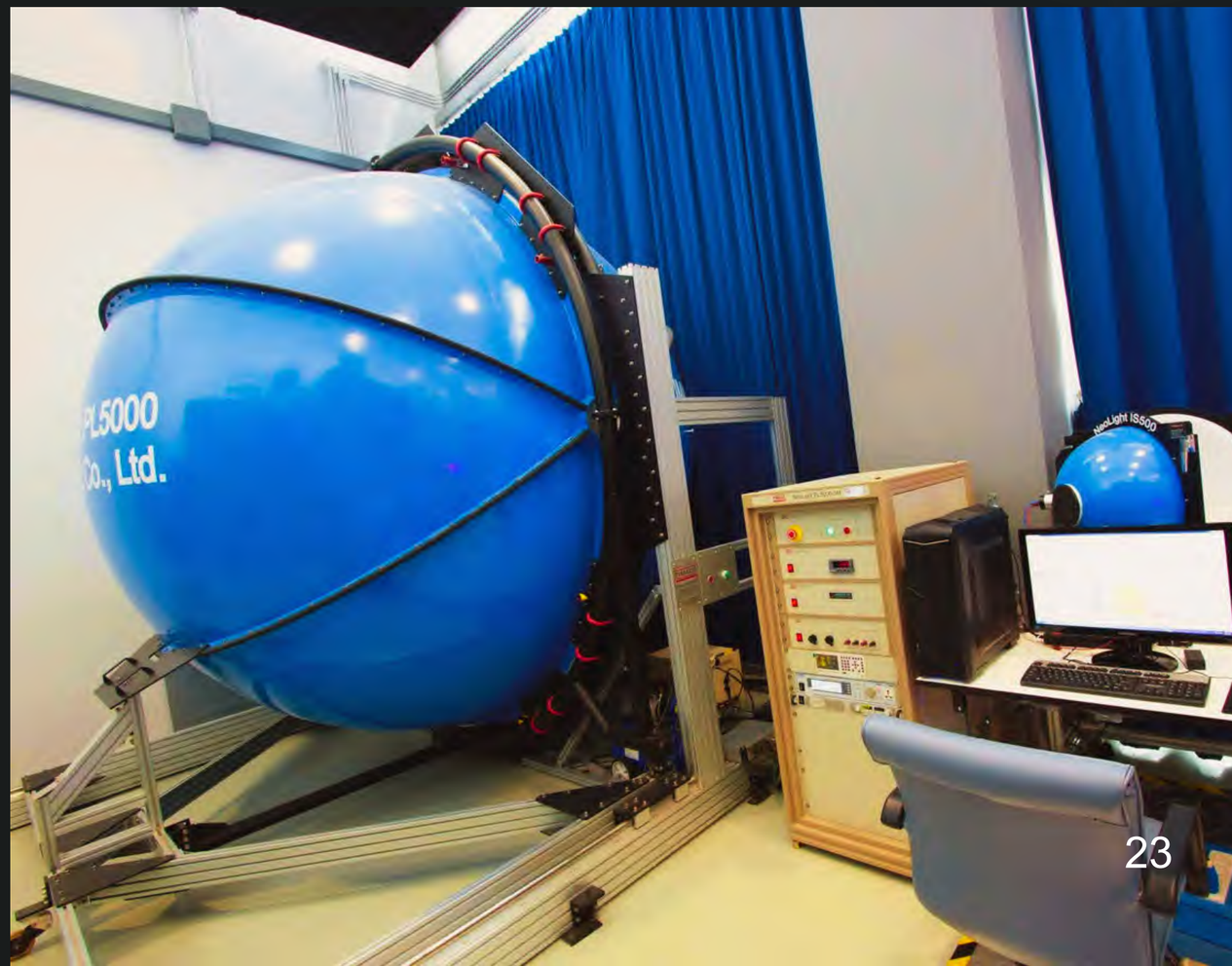


หมายเหตุ *1) ผิวถนนประเภทคอนกรีต กำหนดให้ใช้ตารางสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างประเภท R1*
2) ผิวถนนประเภทแอสฟัลต์ กำหนดให้ใช้ตารางสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างประเภท R3

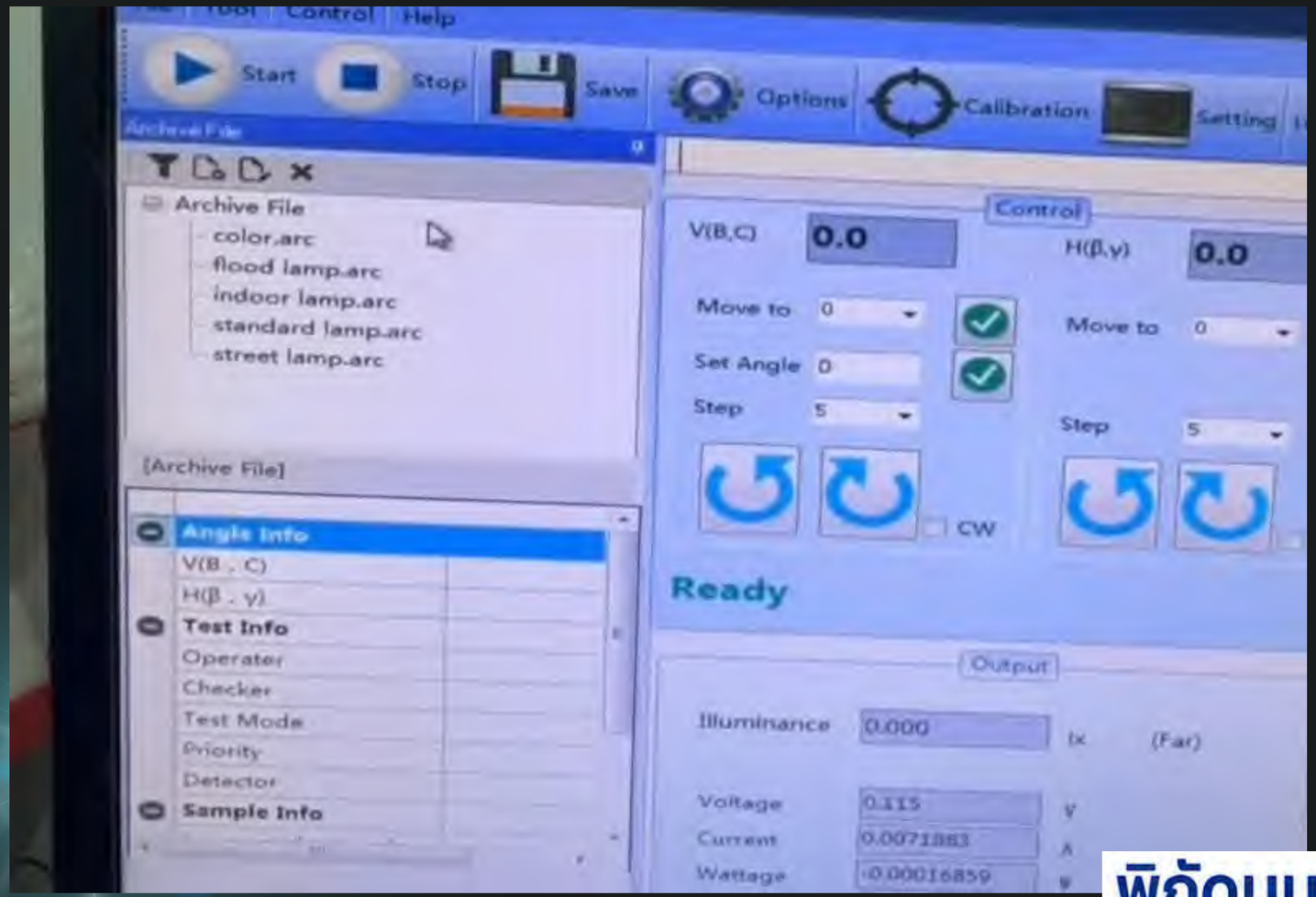
ผิวสว่าง R ต่ำ — ผิวเข้ม *R* สูง

การทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า แสง และสีด้วยเครื่อง Goniophotometer และ Sphere-photometer

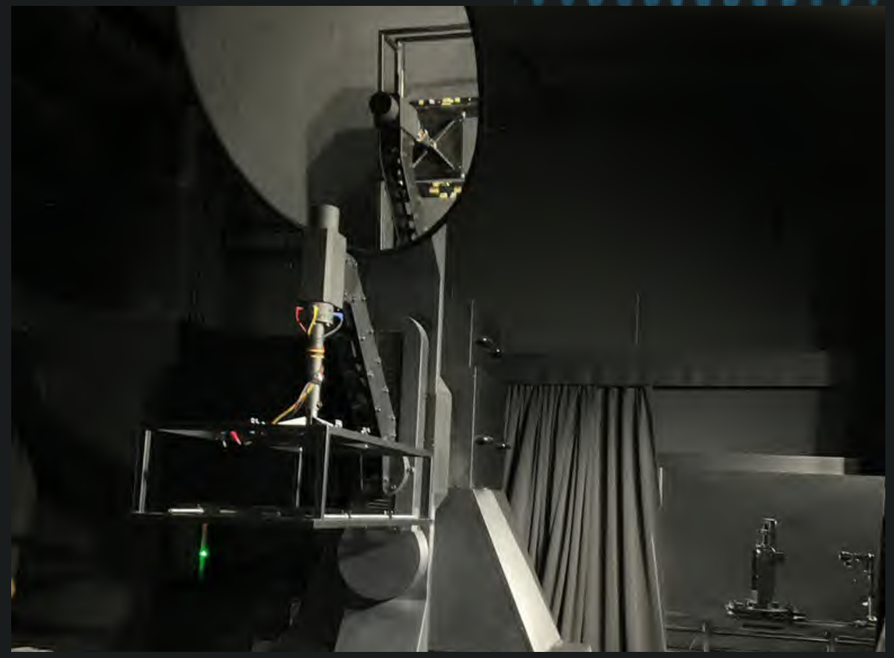


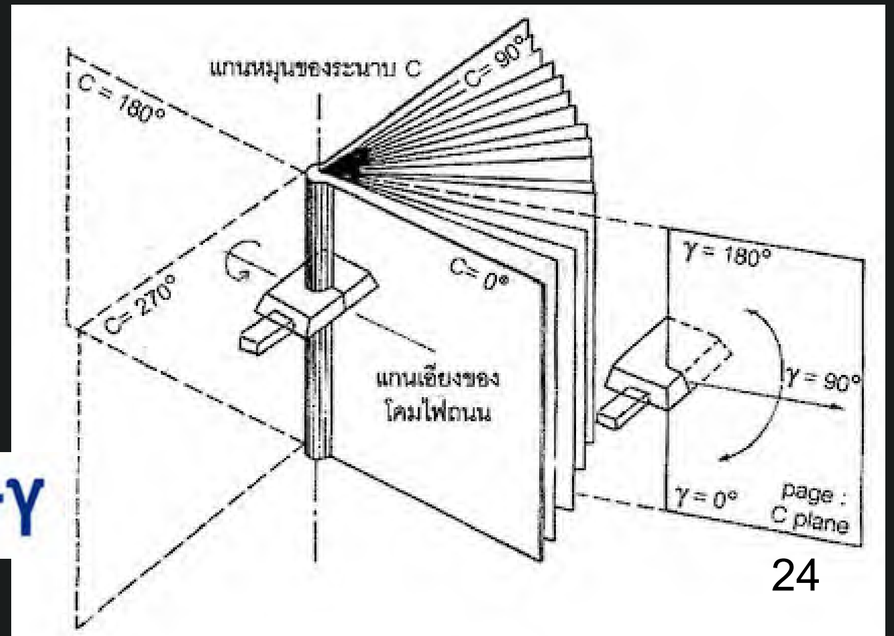


เครื่อง Goniophotometer



เครื่องมือทดสอบสมรรถนะทางไฟฟ้า แสงและสีของโคมไฟ
ตาม มาตรฐาน IES LM-79 หรือ CIE S 025



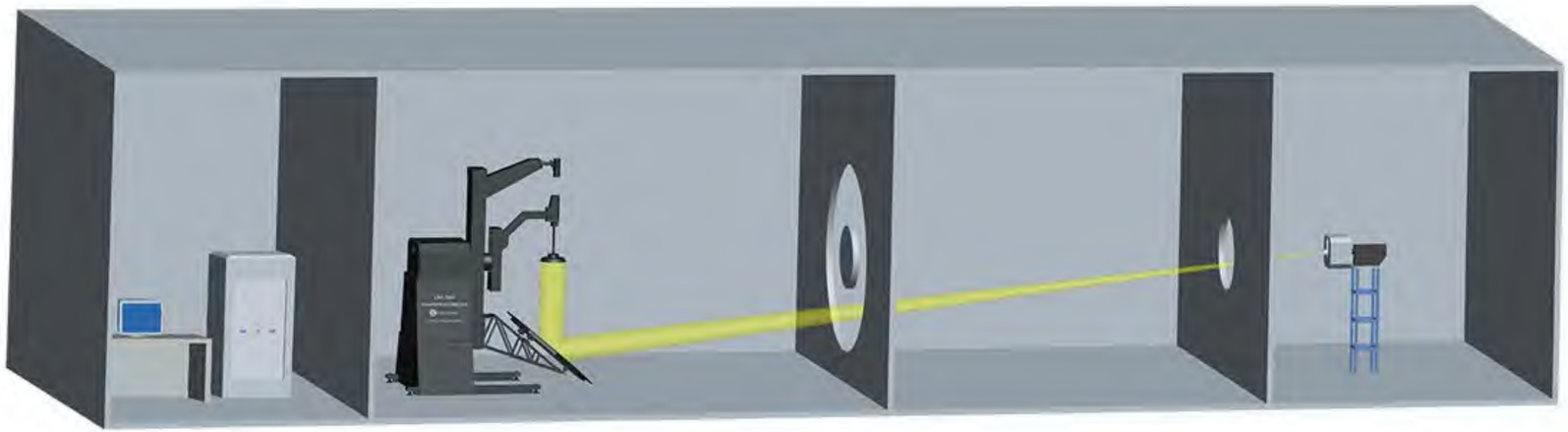


พิกัดมุม C-γ

เครื่อง Goniophotometer

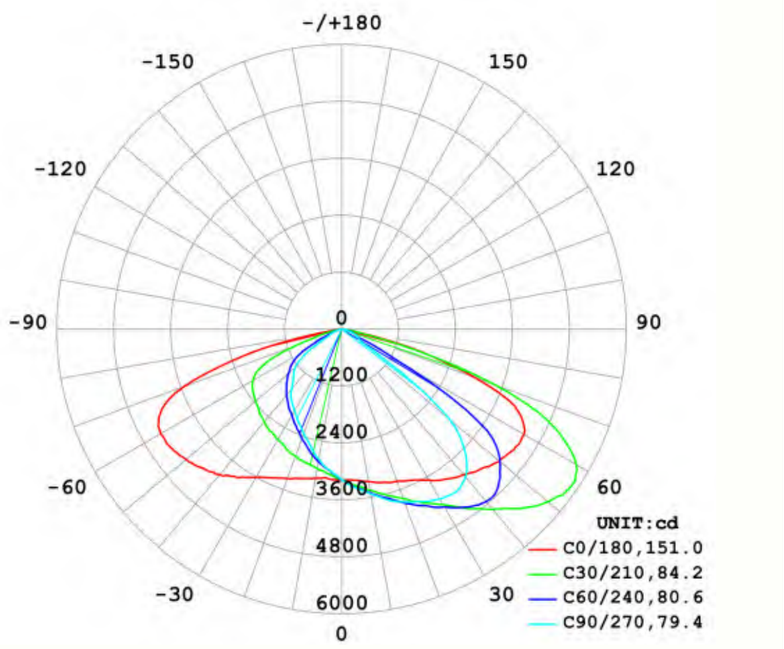
เครื่องทดสอบการกระจายแสงของโคมไฟ

การทำงานของเครื่อง Goniophotometer



ติดตั้งโคมไฟ > หมุนวัดมุม > บันทึกข้อมูล > สร้างกราฟ

Total Luminous flux



กราฟการกระจายแสงความเข้มการส่องสว่าง (cd)

เครื่อง Sphere-photometer

ใช้สำหรับประเมินคุณลักษณะทางสีและสีของโคมไฟ
โดยเฉพาะพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่

CCT
(Correlated Color Temperature)

CRI
(Color rendering index)

coordinate
(x,y)



เครื่องสำหรับวัดค่าทางแสง สี ของโคมไฟ



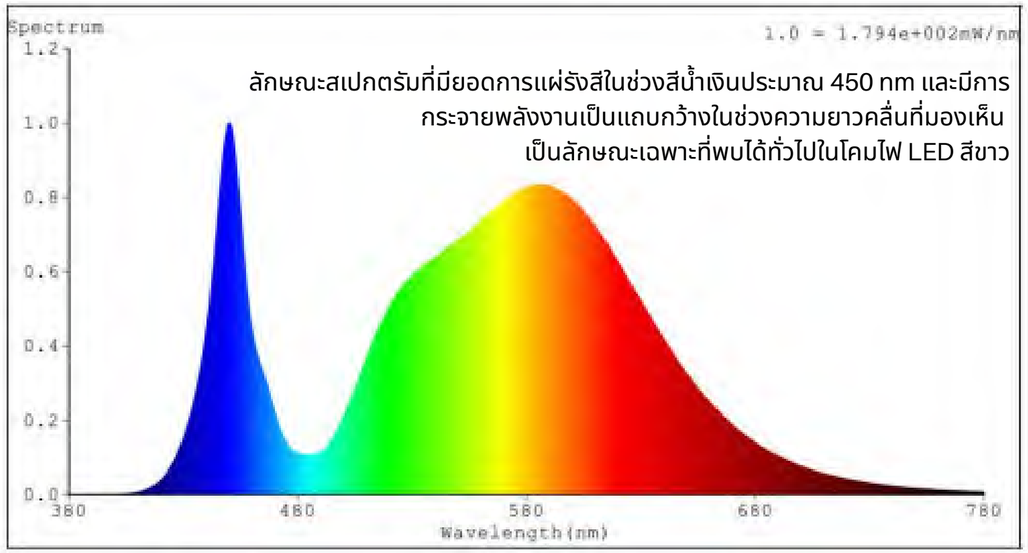
ผิวด้านในเคลือบสารสะท้อนแสงสูง

ค่าพารามิเตอร์ตัวอย่างที่ได้จากการวัด

Chromaticity Coordinate: x = 0.3836 y = 0.3823 / u' = 0.2250 v' = 0.5045 (duv=1.64e-03) Du,Dv:-0.0009,0.0014
CCT= 3956K Prcp WL: Ld=578.4nm Purity=29.8%
Peak WL: Lp=450nm FWHM: =17.6nm Ratio:R=16.9% G=80.7% B=2.4%
Render Index: Ra = 72.2 Rf=74 TM30-24: Rg=94

R1 =69	R2 =79	R3 =87	R4 =71	R5 =69	R6 =70	R7 =81	
R8 =51	R9 =0	R10=50	R11=66	R12=40	R13=71	R14=92	R15=63

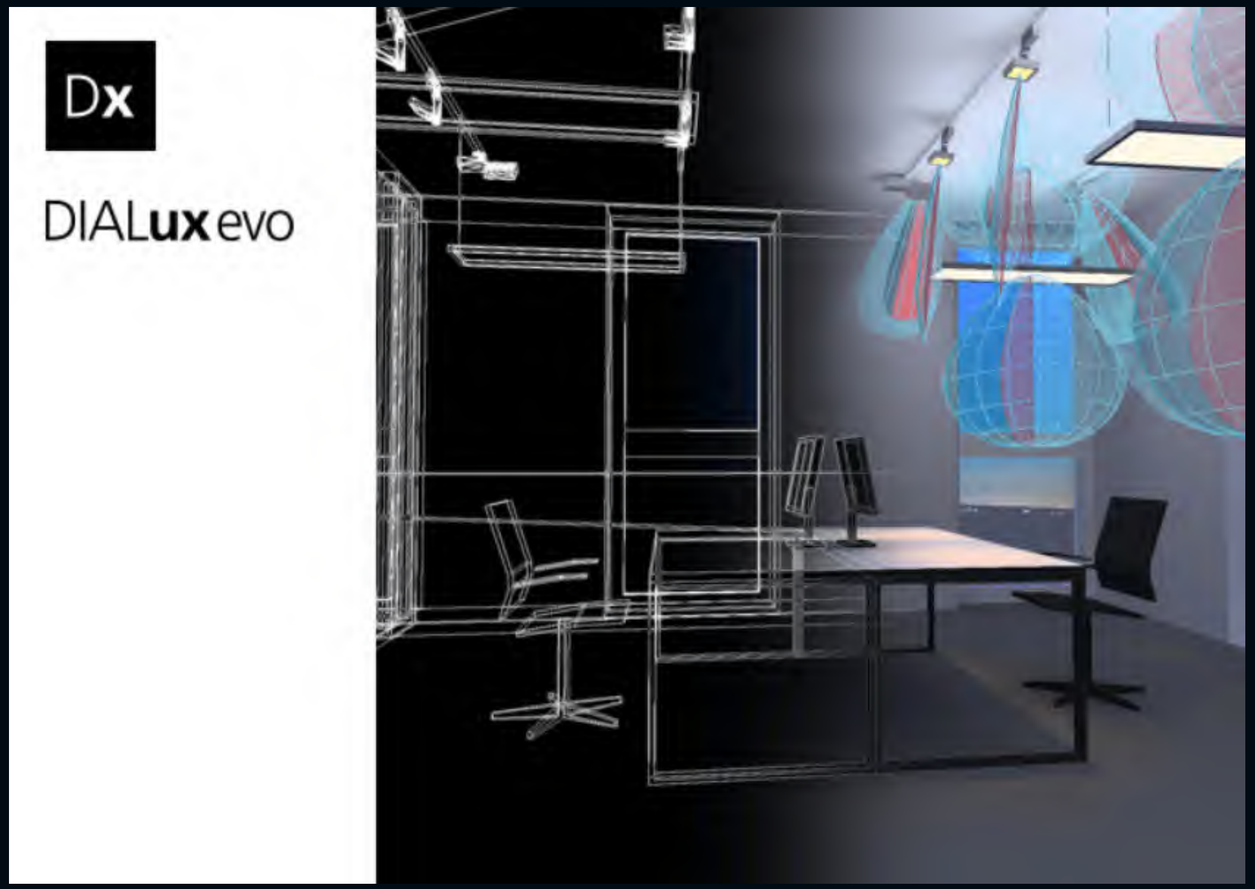
การกระจายกำลังของแสงเชิงสเปกตรัม และคุณลักษณะทางสี



ลักษณะสเปกตรัมที่มียอดการแผ่รังสีในช่วงสีน้ำเงินประมาณ 450 nm และมีการกระจายพลังงานเป็นแถบกว้างในช่วงความยาวคลื่นที่มองเห็น เป็นลักษณะเฉพาะที่พบได้ทั่วไปในโคมไฟ LED สีขาว

ช่วงสเปกตรัม 380 นาโนเมตร ถึง 780 นาโนเมตร โดยมีความละเอียด 1 นาโนเมตร

การคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี

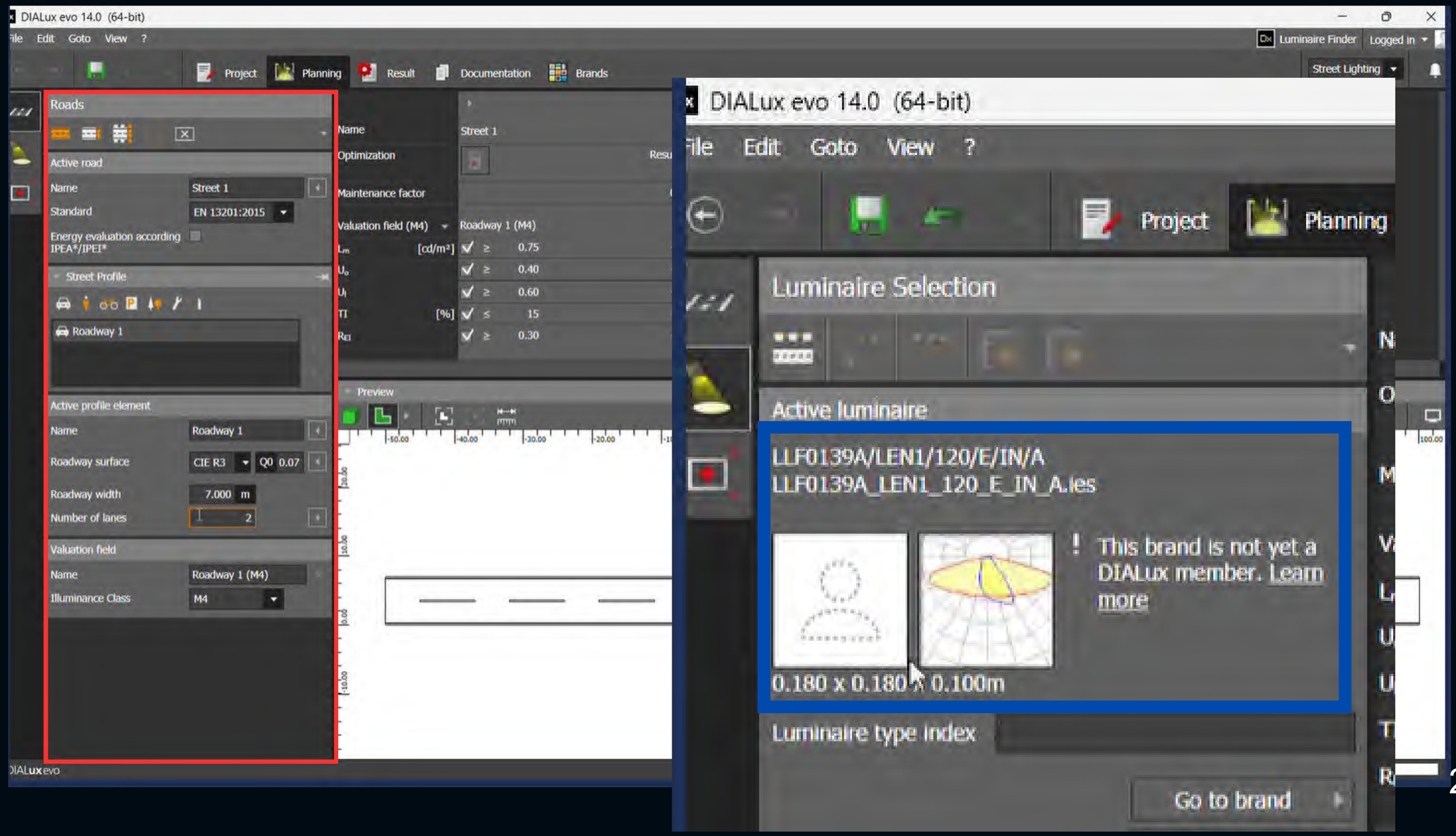


รายการทดสอบตามแนวทางปฏิบัติฯ หัวข้อการคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่าง

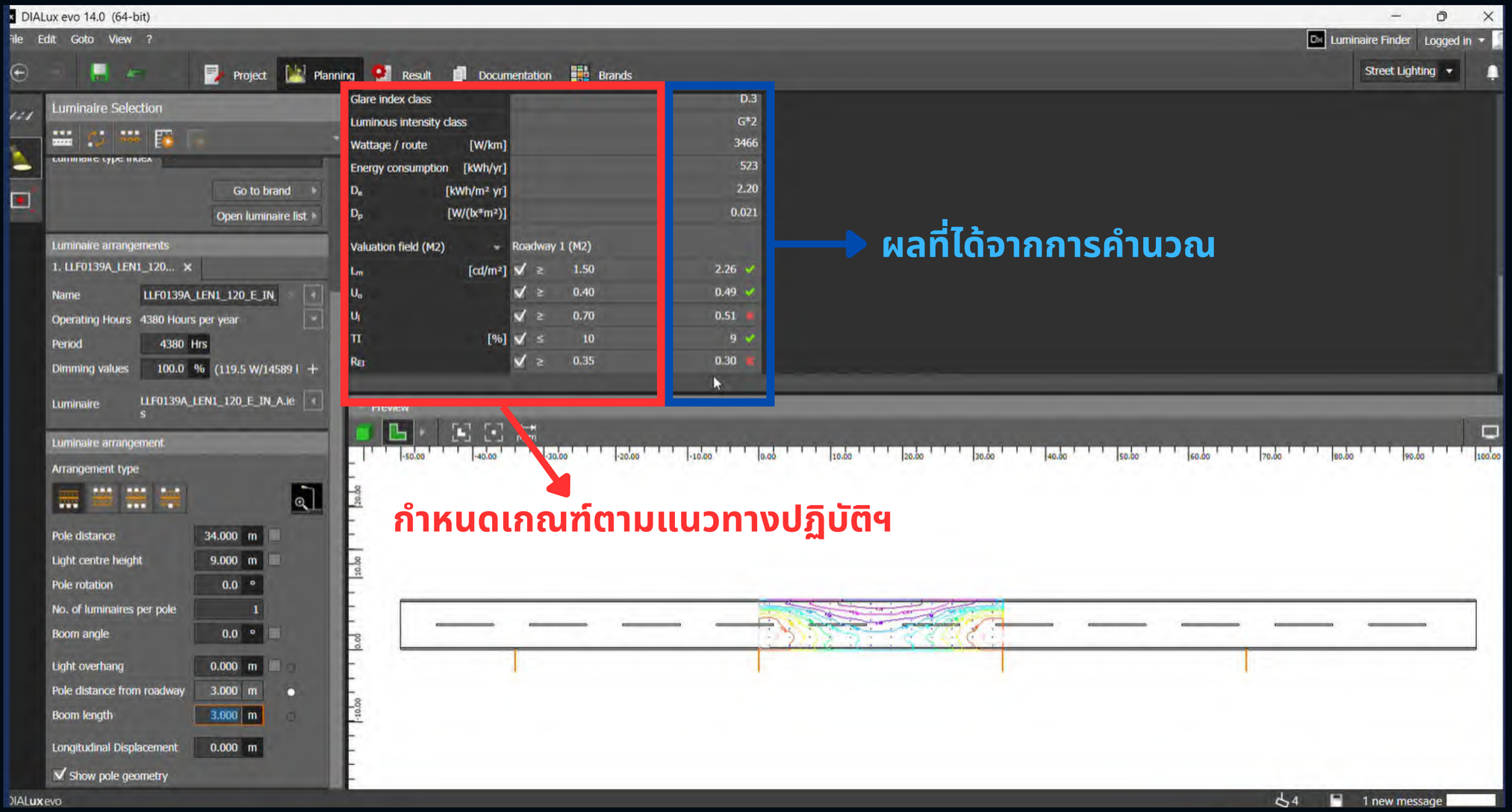
2.	ต้องมีรายงานรับรองผลการคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนน ตามรูปแบบการติดตั้งใช้งานของโคมไฟบนพื้นที่ที่จะติดตั้ง ซึ่งต้องผ่านเกณฑ์ความส่องสว่าง หรือความสว่างที่กำหนดไว้ในระดับชั้นการให้แสงสว่าง ของมาตรฐานการกรมทางหลวง หรือมาตรฐาน BS EN 13201-2 สำหรับถนนระดับชั้น M ต้องแสดงผลการคำนวณทั้งค่าความส่องสว่างของพื้นผิวถนนและค่าความสว่างแนวนอนบนถนน ทั้งค่าโดยสรุปในภาพรวมและค่าแต่ละจุดคำนวณแสง (Calculation grid)

การคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี

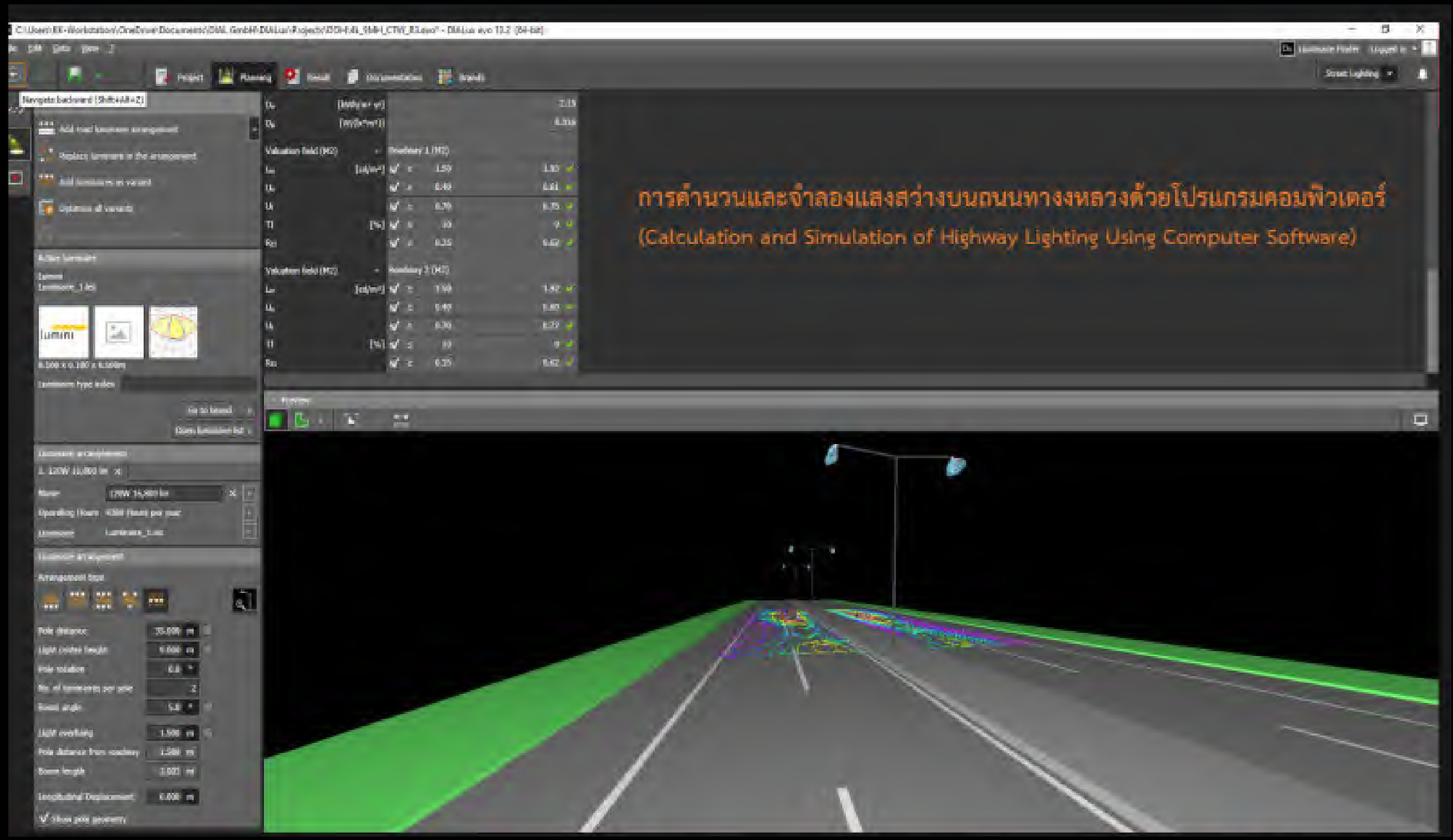
- ข้อมูลการกระจายแสง (IES File)
- ประเภทผิวถนน
- จำนวนเลนส์
- ความกว้างถนน
- รูปแบบการติดตั้งเสาไฟ
- ระดับชั้นทาง
- ความสูงเสาไฟ
- ระยะห่างเสาไฟ
- ฯลฯ



การคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี



การคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี



การคำนวณสมรรถนะการให้แสงสว่างบนถนนของโคมไฟถนนชนิดแอลอีดี

การเลือกใช้งานโคมไฟบนทางหลวงสำหรับทางตรง กรณีงานติดตั้งใหม่

จำนวนช่องจราจร (เลน)	รูปแบบการติดตั้ง	ความสูงโคมไฟ (เมตร)	ระยะช่วงห่างเสาไฟ (เมตร)	ระดับชั้นแสงสว่าง		พิกัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	D_P ($mW.lx^{-1}.m^{-2}$) [ไม่เกินกว่า]	D_E ($kWh.m^{-2}.yr^{-1}$) [ไม่เกินกว่า]
				M	C			
12	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	12	45	M1	C1	200	16	1.9
				M2	C2	150	16	1.4
10	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดสลับ	12	45	M1	C1	200	16	2.3
				M2	C2	150	16	1.7
8	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดสลับ	12	45	M1	C1	150	16	2.1
				M2	C2	120	16	1.7
	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	34	M1	C1	120	16	2.3
				M2	C2	80	16	1.5
6	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง	12	45	M1	C1	260	18	2.5
				M2	C2	200	18	1.9
				M3	C3	150	18	1.4
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	12	45	M1	C1	260	17	2.5
				M2	C2	200	17	1.9
				M3	C3	120	17	1.2
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	34	M1	C1	200	17	2.5
				M2	C2	120	17	1.5
				M3	C3	80	17	1.0
4	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง	9	34	M1	C1	150	18	2.8
				M2	C2	120	18	2.3
				M3, M4	C3, C4	80	18	1.5
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	34	M1	C1	120	17	2.3
				M2	C2	120	17	2.3
				M3, M4	C3, C4	80	17	1.5
2	กิ่งเดี่ยว ติดด้านเดียว	9	34	M2	C2	120	20	2.3
				M3, M4	C3, C4	80	20	1.5

การเลือกใช้งานโคมไฟบนทางหลวงสำหรับทางตรง กรณีงานเปลี่ยนทดแทนโคมไฟ HPS

จำนวนช่องจราจร (เลน)	รูปแบบการติดตั้ง	ความสูงโคมไฟ (เมตร)	ระยะช่วงห่างเสาไฟ (เมตร)	ระดับชั้นแสงสว่าง		พิกัดกำลังไฟฟ้า (วัตต์)	D_P ($mW.lx^{-1}.m^{-2}$) [ไม่เกินกว่า]	D_E ($kWh.m^{-2}.yr^{-1}$) [ไม่เกินกว่า]
				M	C			
12	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	12	48	M1	C1	200	16	1.9
				M2	C2	150	16	1.4
10	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดสลับ	12	48	M1	C1	200	16	2.3
				M2	C2	150	16	1.7
8	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดสลับ	12	48	M1	C1	150	16	2.1
				M2	C2	120	16	1.7
	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง และกิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	36	M1	C1	120	16	2.2
				M2	C2	80	16	1.5
6	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง	12	48	M1	C1	260	18	2.5
				M2	C2	200	18	1.9
				M3	C3	150	18	1.4
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	12	48	M1	C1	260	17	2.5
				M2	C2	200	17	1.9
				M3	C3	120	17	1.2
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	36	M1	C1	200	17	2.4
				M2	C2	120	17	1.5
				M3	C3	80	17	1.0
4	กิ่งคู่ ติดเกาะกลาง	9	36	M1	C1	150	18	2.7
				M2	C2	120	18	2.2
				M3, M4	C3, C4	80	18	1.5
	กิ่งเดี่ยว ติดตรงข้าม	9	36	M1	C1	120	17	2.2
				M2	C2	120	17	2.2
				M3, M4	C3, C4	80	17	1.5
2	กิ่งเดี่ยว ติดด้านเดียว	9	36	M2	C2	120	20	2.2
				M3, M4	C3, C4	80	20	1.5


QUIZ TIME

รางวัล

บัตรสตาร์บัค



โคมไฟ LED



หมอนรองคอ



2 1 3



THANK YOU

ส่วนวิเคราะห์วัสดุทางวิทยาศาสตร์ สำนักวิเคราะห์และตรวจสอบ กรมทางหลวง