



การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอก

(CAD FOR EXTERIOR LIGHTING)

วิศรุต ปาริยะประเสริฐ

Witsaroot Pariyaprasert

ศุภชัย ตังตระกุลวงศ์

Suppachai Tangtrakulwong

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศลิ บรรจงจิตร

Sulee Banjongjitr

(Associate Professor)

B. Eng. (KMIT), M. Eng. (KMITL)

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

028817

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ปีการศึกษา 2533

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง ปี 2534

การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในงานออกแบบแสงสว่างภายนอก

วิศรุต ปาริยะประเสริฐ

ศุภชัย ตั้งตระกูลวงศ์

รศ. ศลิ บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ:

ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอกนั้นมีลักษณะการออกแบบที่ยุ่งยากซับซ้อนและต้องใช้ไดอะแกรมซึ่งแสดงถึงลักษณะทางแสงสว่างของดวงโคมเพื่อช่วยในการออกแบบ ขั้นตอนการสร้างไดอะแกรมของโคมไฟแต่ละดวงนั้นต้องผ่านการคำนวณที่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน ต้องอาศัยข้อมูล เวลาและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ มากมาย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงให้เห็นถึงโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมา เพื่อช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอกตามวิธีของ CIE (International Commission on Illumination) ซึ่งสามารถใช้งานได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิตและ 32 บิต ของ IBM หรือ IBM Compatible โปรแกรมนี้จะแสดงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมแสงสว่างบนโพล่าไดอะแกรม (Polar Diagram), ไอโซแคนเดลาไดอะแกรม (Isocandela Diagram), ไอโซลักซ์ไดอะแกรม (Isolux Diagram), ไอโซลูมินานซ์ไดอะแกรม (Isoluminance Diagram), ยูทิลิเซชันแฟคเตอร์เคิร์ฟ (Utilization Factor Curve), การหาค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่างเพื่อนำไปเทียบกับมาตรฐานของอังกฤษ (British Standard)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะขอก้าวเฉพาะไฟถนนเท่านั้น ทั้งนี้เพราะจะเป็นประโยชน์ในการติดตั้งโคมไฟบนท้องถนนและช่วยให้ผู้ขับขี่รถยนต์สามารถขับขี่ได้อย่างปลอดภัย และโปรแกรมที่เขียนขึ้นนี้จะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบแสงสว่างมีคุณภาพที่ดีและประหยัดค่าใช้จ่าย

Computer Aid Design for Exterior Lighting

Witsaroot Pariyaprasert

Suppachai Tangtrakulwong

Sulee Banjongjitr Advisor

1990

Abstract:

In exterior lighting system design, It is a difficult and complicated work which needs diagrams that show the luminaire characteristic for helping the system design. The process in constructing the diagrams is a complicate calculated, time-consuming and high-costed work.

This thesis represents a microcomputer program developed to help in designing the exterior lighting system according to CIE method (International Commision on Illumination method). It can be used with both 16 and 32 bits IBM or IBM compatible microcomputer. This program represents the lighting distribution characteristic of the exterior luminaire such as Polar Diagram, Isocandela Diagram, Isolux Diagram, Isoluminance Diagram, Utilization Factor Diagram, Intensity Ratio for comparing to the British Standard.

This thesis represent only the road lighting characteristic which is useful for installation in the road and make the driver drive safely. This program gives the fast and accurate result which make the lighting design better quality and economic.

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบแสงสว่าง	1
	1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย	2
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
บทที่ 2	ศัพท์ทางด้านแสงสว่าง	3
บทที่ 3	ไฟถนน	23
	3.1 ส่วนประกอบภายในดวงโคม	23
	3.2 การแบ่งประเภทของดวงโคม	23
	3.3 การติดตั้งไฟถนน	27
	3.4 ระบบไฟฟ้าของไฟถนน	31
	3.5 ผิวถนน	33
	3.6 หลอดไฟถนน	38
บทที่ 4	การคำนวณทางด้านแสงสว่าง	43
	4.1 การคำนวณค่าความสว่างและค่าการส่องสว่าง	43
	4.2 การคำนวณ Disability Glare	49
	4.3 การคำนวณ Discomfort Glare	55
บทที่ 5	ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม	57
	5.1 การแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง	59
	5.2 การแสดงค่าความสว่าง	60
	5.3 การแสดงค่าการส่องสว่าง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 6 การประยุกต์คอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในงานออกแบบแสงสว่าง	76
X 6.1 ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของโปรแกรม	76
6.2 หลักการใช้งานของโปรแกรมต่างๆ	84
6.3 ตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรม	97
บทสรุป	120
ภาคผนวก ก โปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายนอก	
ภาคผนวก ข ตารางความเข้มแห่งการส่องสว่างและตารางค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง	
ภาคผนวก ค วิธีการหาค่าฟลักซ์โดยใช้ตาราง	
ภาคผนวก ง มาตรฐานของอังกฤษ (British Standard) และ ตารางแสดงขอบเขตของไฟถนนของ GEC	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงการหาค่าความส่องสว่าง	4
2.2 การมองเห็นจะยากขึ้นเมื่อ Contrast ลดลง	5
2.3 ความสว่างและการส่องสว่างที่มองเห็น ตำแหน่งและระยะที่สังเกต..	6
2.4 ผลของระดับการส่องสว่างที่มีต่อความสามารถในการมองเห็นเมื่อ สภาวะ Contrast ต่างกัน	7
2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสม่ำเสมอทั้งหมด (U_{0}) กับ การส่องสว่างเฉลี่ยบนผิวถนน (L_{av}) เมื่อให้สังเกตวัตถุสี่เหลี่ยม ขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรได้ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวางวัตถุ ไว้ตรงจุดที่มีค่าที่สุดของผิวถนน	9
2.6 ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนน	11
2.7 Glare จากไฟถนน	13
2.8 แสดงค่า Discomfort Glare Control Mark (G) กับการส่อง สว่างเฉลี่ย (L_{av}) ของผิวถนน	14
2.9 ระบายมันเชล	16
2.10 แสดงไดอะแกรมของสี	17
2.11 แสดงไดอะแกรมของสีของ CIE ที่แสดงเส้นแพลนเคียนโลกัส (P) และเส้นคงที่อุณหภูมิสีเทียบเคียง	18
2.12 ค่าความสว่างที่แนะนำสำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่มีอุณหภูมิต่างกัน	19

รูปที่	หน้า
3.1 แสดงการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟถนนใน เพลนความเข้มสูงสุด (I_{max}) เพื่อหาค่า Throw ของโคมไฟ	24
3.2 แสดงการพิจารณาค่า Spread	25
3.3 แสดงไอโซแคนเตลล่า เพื่ออธิบายค่า Throw และ Spread	25
3.4 แสดง Throw และ Spread ทั้งสามประเภทที่กำหนดโดย CIE โดย h เป็นความสูงในการติดตั้งดวงโคม	26
3.5 ระบบระนาบ C- θ ที่ใช้แสดงลักษณะการกระจายความเข้มแห่ง การส่องสว่างของไฟถนน	27
3.6 แสดงการติดตั้งโคมไฟถนน	28
3.7 แบบติดตั้งเสาไฟ	30
3.8 ไตอะแกรมของวงจร	32
3.9 รายละเอียดการติดตั้งหม้อแปลงและอุปกรณ์อื่นๆ	32
3.10 การติดตั้งไฟถนนและการมองการส่องสว่างของผิวถนน	33
3.11 การกำหนดค่ามุมของแนวที่มองกับแนวระดับ	34
3.12 ตัวอย่างผิวถนนมาตรฐาน R_1, R_2, R_3 และ R_4	37
3.13 หลอดเมอร์คิวรีขนาดต่างๆ	39
3.14 หลอดโซเดียมความดันต่ำขนาดต่างๆ	40
3.15 หลอดโซเดียมความดันสูงขนาดต่างๆ	42

4.1 แสดงตำแหน่งของโคม ผู้สังเกตและจุดที่พิจารณา (จุด P) บนผิวถนน..	44
--	----

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.2 แสดงการคำนวณหาค่ามุม θ มุม ϕ และมุม p	46
---	----

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
4.3 แสดงการคำนวณหาค่ามุม C	48
4.4 แสดงช่วงมุมมองของผู้ขับขีวดยานบนถนน	49
4.5 แสดงการคำนวณหามุม θ	50
4.6 แสดงการคำนวณหาค่ามุมต่างๆเพื่อนำมาคำนวณหาค่า L	51
5.1 ข้อกำหนดการกระจายแสงของโคมไฟแบบคัทออฟ	58
5.2 ข้อกำหนดการกระจายแสงของโคมไฟแบบเซมิคัทออฟ	58
5.3 ตัวอย่างโพลาร์ไดอะแกรมที่มีการกระจายแสงในระนาบขนานกับถนน (Δ) ระบายตามแนวขวางของถนน (θ) และในระนาบที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุด (x)	59
5.4 ตัวอย่างของไอโซแคนเทลล่าไดอะแกรม	60
5.5 ไดอะแกรมยูลิไลเซชันแพ็คเตอร์	
a) กรณี n เป็นฟังก์ชันของ h	
b) กรณี n เป็นฟังก์ชันของมุม θ_1 และ θ_2	61
5.6 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 1	62
5.7 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 2	63
5.8 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 3	64
5.9 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 4	65
5.10 แสดงการหาความสว่างที่จุด P แบบที่ 1	67
5.11 a) ไอโซลักซ์ไดอะแกรม	

รูปที่	หน้า
5.12 ตัวอย่างการหาความสว่างที่จุด P แบบที่ 2	68
5.13 ไอโซลักซ์ไดอะแกรมของตัวอย่างที่ 5 เพื่อหาความสว่างที่จุด P ที่ได้จากโคมไฟ L_1 , L_2 และ L_3	69
5.14 ไอโซลุมิแนนซ์ไดอะแกรมของพื้นผิวถนนมาตรฐาน 4 แบบ	71
5.15 a) ไอโซลุมิแนนซ์ไดอะแกรม b) การหาค่าการส่องสว่างกรณีผู้สังเกตอยู่ในแนวโคมไฟ	73
5.16 แสดงการหาค่าการส่องสว่างในกรณีที่ผู้สังเกตอยู่นอกแนวโคมไฟ ...	73
5.17 ตัวอย่างการหาค่าการส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด	74
6.1 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับเก็บค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง...	77
6.2 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับเก็บค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการ ส่องสว่าง.....	78
6.3 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตโพล่าไดอะแกรม.....	80
6.4 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซแคนเดลล่าไดอะแกรม....	80
6.5 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลักซ์ไดอะแกรม.....	81
6.6 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลุมิแนนซ์ไดอะแกรม.....	81
6.7 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับหาอัตราส่วนการส่องสว่าง.....	82
6.8 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตยูทิลไลเซชันแฟคเตอร์ไดอะแกรม.	83

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงการแบ่งประเภทถนนตาม CIE	8
2.2	แสดงการกำหนดค่าทางแสงสว่างของไฟถนนตาม CIE	8
2.3	อุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้น	19
2.4	อุณหภูมิสีเทียบเคียงและสีที่ปรากฏ	20
2.5	สีที่ใช้ในการทดสอบหาค่าดัชนีการตอบสนองสี	21
2.6	การตอบสนองสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่างๆ	22
3.1	การแบ่งประเภทของโคมไฟตามมาตรฐาน CIE (พ.ศ.2508-2520) .	24
3.2	แสดงการแบ่งประเภทของคุณสมบัติทางแสงของดวงโคม	26
3.3	พิจารณาการติดตั้งโคมไฟถนนบนเสาของการไฟฟ้านครหลวง	29
3.4	แสดงการแบ่งประเภทของผิวถนนตาม CIE	36
3.5	แสดงค่าทางแสงของหลอดเมอร์คิวรี	39
3.6	แสดงค่าทางแสงของหลอดโซเดียมความดันต่ำ	41
3.7	แสดงค่าทางแสงของหลอดโซเดียมความดันสูง	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบแสงสว่าง

คอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในงานวิศวกรรมแสงสว่างประมาณ 30 ปีมาแล้ว โดยถูกนำมาใช้ในสถาบันวิจัยเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางแสง เช่น ประสิทธิภาพลำแสง (Beam Efficiency) และค่าลูเมนต่อวัตต์ทั้งหมด เป็นต้น ต่อมาได้มีผู้ผลิตคอมพิวเตอร์มาใช้คำนวณหาค่าตารางยูทิลิเซชันแฟคเตอร์ (Utilization Factor) เพื่อใช้กับคอมพิวเตอร์ในอาคาร จนกระทั่งในราว ๆ ปี 1960 เมื่อมีแนวคิดเกี่ยวกับเรื่องการส่องสว่างสำหรับไฟถนน ซึ่งต้องนำตัวเลขจำนวนมากมาคำนวณเพื่อสร้างอีพีไดอะแกรม (EP-Diagrams) โดยสามารถนำไดอะแกรมนี้ไปคำนวณหาค่าการส่องสว่างแบบเป็นจุดสำหรับการสะท้อนพื้นผิวถนนชนิดหนึ่ง ๆ เริ่มมีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบติดตั้งคอมพิวเตอร์บ้าง แต่ไม่มากนัก งานหลักๆของมันส่วนมากจะเป็นการสร้างข้อมูล เพื่อนำมาช่วยในการออกแบบแสงสว่างเสียมากกว่า

จนกระทั่งในราวๆปี 1970 เมื่อมีการพัฒนาวิทยาการต่างๆจนทำให้คอมพิวเตอร์ใช้งานได้ง่ายขึ้น จึงมีการใช้คอมพิวเตอร์กับงานแสงสว่างเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยไม่จำเป็นต้องป้อนโปรแกรมเกี่ยวกับข้อมูลทางแสงและองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ เพื่อใช้คำนวณอีกต่อไป เพียงแค่ป้อนองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ไป โปรแกรมและข้อมูลทางแสงสามารถถูกเรียกขึ้นมาอีกครั้งหนึ่งได้จากหน่วยความจำคอมพิวเตอร์ ต่อมาเมื่อสามารถทำงานกับคอมพิวเตอร์จากระยะทางไกลๆโดยผ่านทางสายโทรศัพท์ จึงมีการใช้คอมพิวเตอร์กันอย่างแพร่หลายจนเกิดงานออกแบบแสงสว่างโดยนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการทำงาน (Computer-aided Lighting Design, CALD) มีการใช้งานอย่างแพร่หลายโดยสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบของกราฟิก ซึ่งไม่เพียงแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้เพื่อการค้า
ลักษณะทางแสงเท่านั้น ยังสามารถแสดงรายละเอียดทางกายภาพในการติดตั้งได้อีกด้วย ใน
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันยังสามารถแสดงผลออกมาในรูปแบบเปอร์สเปคทีฟ (Perspective) ซึ่งช่วยให้สามารถศึกษารายละเอียดการติดตั้งจากมุมมองต่างๆได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอกนั้นมีลักษณะการออกแบบที่ยู่ยากซับซ้อน จำต้องใช้ไดอะแกรมซึ่งแสดงถึงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมเพื่อช่วยในการออกแบบ ซึ่งขั้นตอนการสร้างไดอะแกรมของโคมไฟชนิดต่างๆนั้นต้องผ่านการคำนวณที่ยู่ยาก สลับซับซ้อน ต้องมีการทดสอบติดตั้งดวงโคมเพื่อดูการกระจายแสง อีกทั้งยังต้องวัดค่าทางแสงในตำแหน่งต่างๆบนถนนที่ต้องการส่องสว่าง ซึ่งต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่ายต่างๆเป็นจำนวนมาก

การทำวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอกตามวิธีของ CIE (International Commission on Illumination) ซึ่งสามารถใช้งานได้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC/XT/AT/386/386SX หรือเครื่องเลียนแบบ (Compatible) ขนาด 16 หรือ 32 บิต ซึ่งมีใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน โดยโปรแกรมนี้อาจใช้กับไฟถนนเท่านั้น ทั้งนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างของถนนสายตรง เพื่อเป็นประโยชน์ในการติดตั้งโคมไฟและช่วยให้ผู้ขี้นยวดยานสามารถขับขี่ได้อย่างปลอดภัย โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้จะให้ผลที่ถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็ว ซึ่งจะช่วยให้การออกแบบแสงสว่างมีคุณภาพที่ดีและประหยัดค่าใช้จ่าย

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. โปรแกรมที่ใช้เก็บค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง
2. โปรแกรมที่ใช้เก็บค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง
3. โปรแกรมสำหรับพล็อตโพล่าไดอะแกรม
4. โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซแคนเดลล่าไดอะแกรม
5. โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลักซ์ไดอะแกรม
6. โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลูมินแนนซ์ไดอะแกรม
7. โปรแกรมสำหรับพล็อตยทิลเด เซชันแฟคเตอร์ไดอะแกรม
8. โปรแกรมสำหรับหาอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่าง

บทที่ 2

ศัพท์ทางด้านแสงสว่าง

ในงานวิศวกรรมแสงสว่างนั้น มีศัพท์เทคนิคทางด้านแสงสว่างดังต่อไปนี้

2.1 มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle) เขียนย่อด้วย w คืออัตราส่วนของพื้นที่ทรงกลม (A_s) ต่อรัศมีของทรงกลม (r) ยกกำลังสอง

$$w = \frac{A_s}{r^2}$$

2.2 ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux) เขียนย่อด้วย ϕ เป็นพลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen, lm)

เมื่อเราเปรียบเทียบฟลักซ์แสงสว่างของหลอดไฟฟ้าชนิดหนึ่งกับกำลังไฟฟ้าของหลอดนั้น จะได้ประสิทธิภาพผลการส่องสว่าง (Luminous efficacy) มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (lm/W) เช่น หลอดโซเดียมความดันสูง 70 วัตต์ มีฟลักซ์ส่องสว่าง 5900 lm จะมีประสิทธิภาพการส่องสว่าง 84 lm/W หรือหลอดแสงจันทร์ 125 วัตต์ มีฟลักซ์แสงสว่าง 6520 lm จะมีประสิทธิภาพผลทางแสงเป็น 52 lm/W

ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าที่กำหนดโดยผู้ผลิตต่างๆ ไม่ได้แจ้งเกี่ยวกับการกระจายแสงแต่อย่างใด การกระจายแสงของหลอดไฟจะขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนซึ่งทำหน้าที่สะท้อน หักเห และปิดบังแสงของหลอดไฟฟ้า

2.3 ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity) เขียนย่อด้วย I เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์การส่องสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางใด ๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง มีหน่วยเป็นแคนเดลา (Candela, Cd) ความเข้มแห่งการส่องสว่างจากโคมไฟที่กระจายในทิศ

ทางต่างๆ อาจแสดงได้ด้วยกราฟการกระจายแสงในทิศทางต่างๆ เช่นแสงที่มุม θ ในระนาบ C_0

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

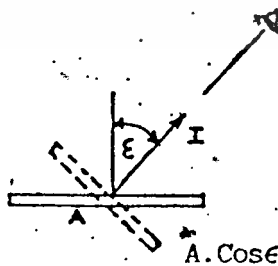
$$I = \frac{d\phi}{dw}$$

2.4 ความสว่าง (Illuminance) เขียนย่อด้วย E คือฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยส่วนหนึ่งของพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ส่วนย่อยนั้น โดยถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางเมตร ความสว่างจะมีหน่วยเป็น Lux (lx) แต่ถ้าพื้นที่มีหน่วยเป็นตารางฟุต ความสว่างจะมีหน่วยเป็น Footcandle (fc) โดย 1 Footcandle = 10.764 Lux เพื่อที่จะให้การมองเห็นบนถนนดี จึงมีการกำหนดความสว่างที่ใช้ในงานต่างๆ ไว้เป็นมาตรฐาน

$$E = \frac{d\phi}{dA}$$

ความสว่างบนถนนสายประธาน ทางด่วน และตามทางแยกที่มีการจราจรหนาแน่น และใช้ความเร็วสูง จะมีค่าความสว่างโดยเฉลี่ยสูงกว่าตามถนน ซอยและทางเดินเท้า ความสว่างพื้นถนนควรมีความสม่ำเสมอ (Uniformity) ถนนที่มีความสว่างน้อยแต่สม่ำเสมอจะดีกว่าถนนที่สว่างและมีคสลับกันเป็นช่วงๆ

2.5 การส่องสว่าง (Luminance) เขียนย่อด้วย L คือค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในทิศทางที่มองของพื้นที่ย่อยนั้น หารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นในทิศตั้งฉากกับทิศทางที่มอง นั่นคือ ความรู้สึกของตาในการส่องสว่างของพื้นผิวที่ส่องแสงหรือที่ถูกละแสง หน่วยที่ใช้วัดคือ cd/m^2



รูปที่ 2.1 แสดงการหาค่าการส่องสว่าง

$$L = \frac{I}{A \cdot \cos \theta}$$

ค่าการส่องสว่างสามารถหาได้อีกแบบคือ ผลคูณของค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่าง (Coefficient of Luminance, q) ในทิศทางที่มองกับค่าความสว่างของพื้นผิวนั้น นั่นคือ

$$L = q \cdot E$$

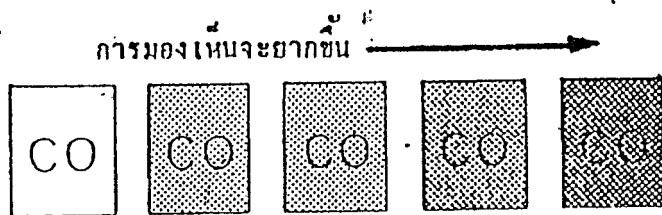
2.6 Luminance Contrast (C) โดยทั่วไปไฟถนนจะมีระดับแสงค่อนข้างต่ำ การมองเห็นจึงไม่ค่อยดี การที่จะทำให้การมองเห็นดีขึ้นนั้นทำได้โดยการให้แสงที่แตกต่างกันระหว่างวัตถุกับบริเวณที่มองเห็น ซึ่งเรียกว่า Luminance Contrast (C) โดย

$$C = \frac{L_o - L_b}{L_b}$$

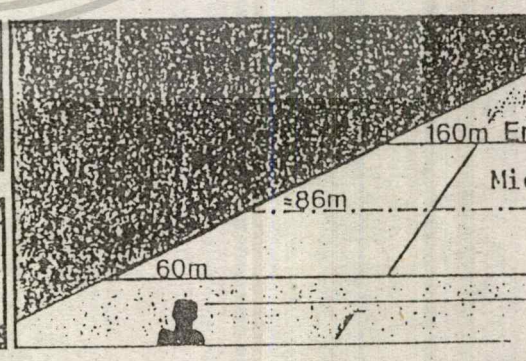
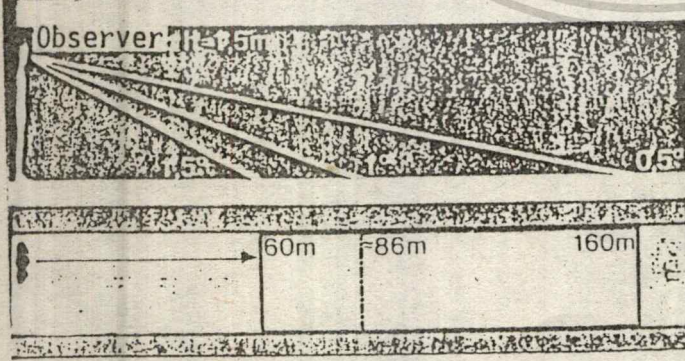
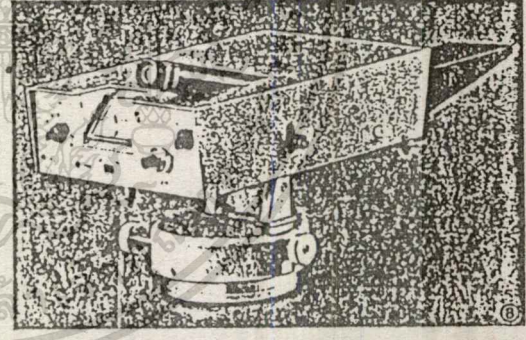
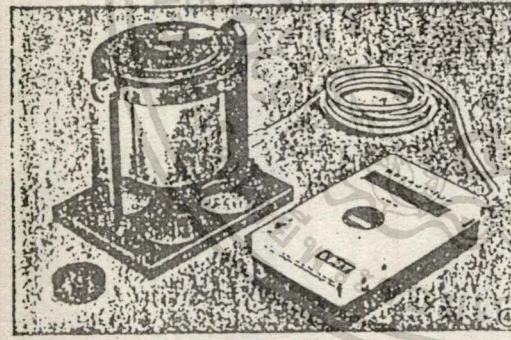
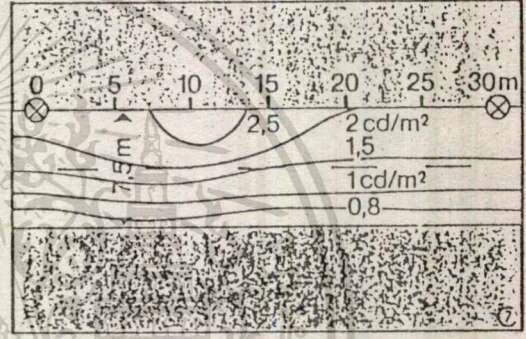
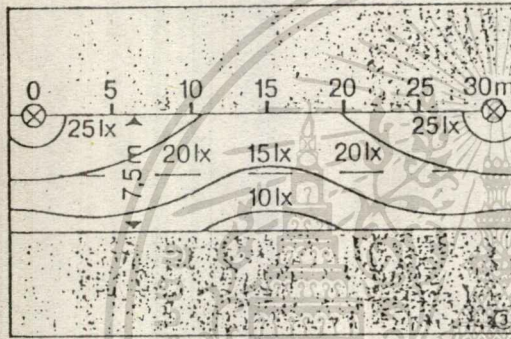
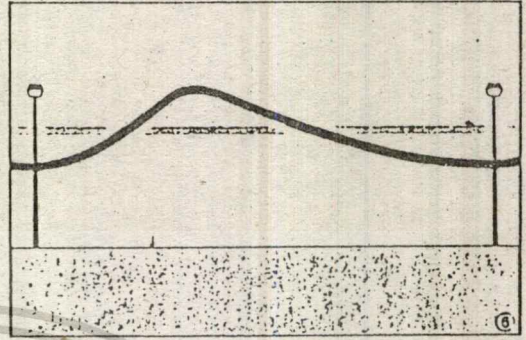
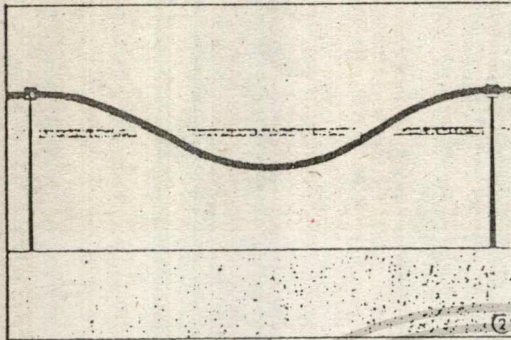
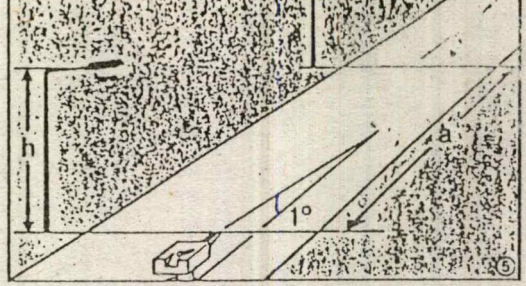
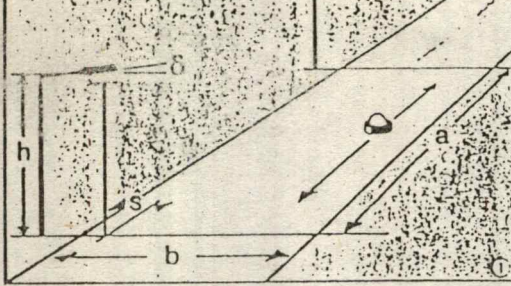
โดยที่ L_o เป็นการส่องสว่างของวัตถุ มีหน่วยเป็น Cd/m^2

L_b เป็นการส่องสว่างของบริเวณที่มอง มีหน่วยเป็น Cd/m^2

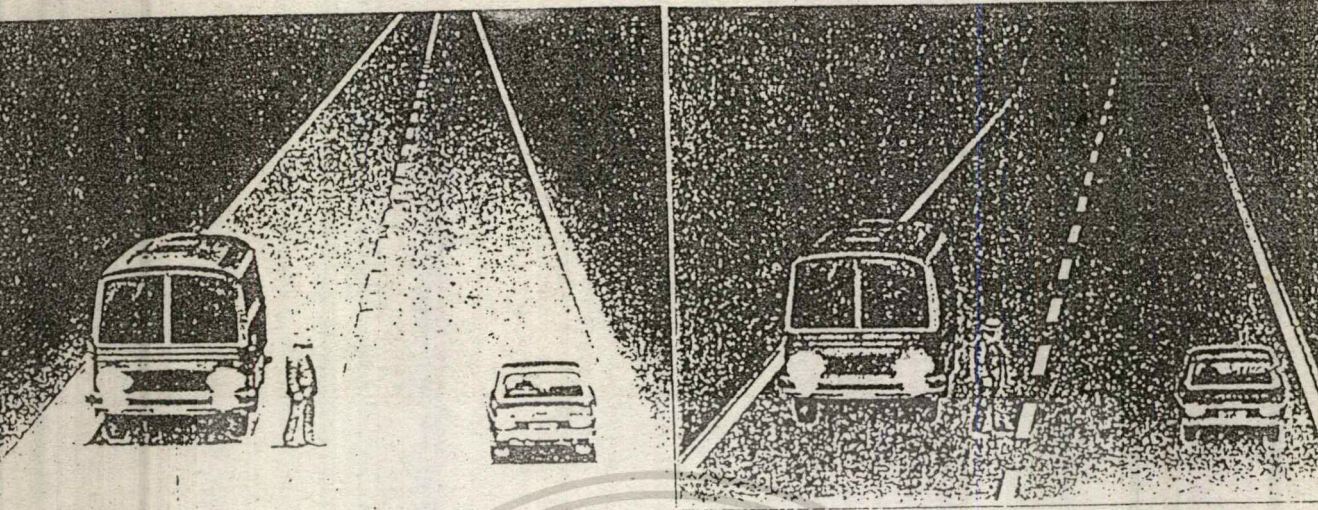
ถ้าวัตถุมืดกว่าบริเวณที่มอง จะทำให้เห็นวัตถุเป็นเงาดำ ซึ่ง C จะมีค่าเป็นลบ และถ้าวัตถุสว่างกว่าบริเวณที่มอง ค่า C จะเป็นบวก โดยทั่วไปการมองเห็นวัตถุบนถนนในขณะขับขี่ชิวคยานั้นค่า C จะมีค่าเป็นลบ นั่นคือ วัตถุมืดการส่องสว่างต่ำกว่าการส่องสว่างของบริเวณที่มองโดยรอบ ดังนั้น การที่จะทำให้การมองเห็นของผู้ขับขี่ชิวคยานดีขึ้นนั้น ทำได้โดยการเพิ่มการส่องสว่างบนพื้นผิวถนน



รูปที่ 2.2 การมองเห็นจะยากขึ้นเมื่อ Contrast ลดลง



รูปที่ 2.3 ความสว่างและการส่องสว่างที่มองเห็น ตำแหน่งและระยะที่สังเกต



รูปที่ 2.4 ผลของระดับการส่องสว่างที่มีต่อความสามารถในการมองเห็น
เมื่อสภาวะ Contrast ต่างกัน

จากรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึงผลของระดับการส่องสว่างที่มีต่อความสามารถในการมองเห็นงานชิ้นเดียวกัน แต่ถูกจัดให้อยู่ในสภาวะ Contrast ที่แตกต่างกัน ซึ่งจะพบว่า หากฉากหลังมีสีขาวหรือสว่างมากแล้ว เมื่อระดับการส่องสว่างลดลงความสามารถในการมองเห็นจะลดลงเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ฉากหลังที่มีสีเทาหรือมืด ความสามารถในการมองเห็นจะลดลงอย่างมากเมื่อระดับการส่องสว่างลดลง แต่งานการมองเห็นที่ดีจะต้องมี Contrast ระหว่างชิ้นงานกับพื้นผิวอื่นๆต่ำ กล่าวคือ ความสว่างของพื้นผิวต่างๆในภาพที่มองเห็นต้องไม่แตกต่างกันมาก มิฉะนั้นจะทำให้การปรับสายตาเป็นไปด้วยความลำบากและทำให้เกิดความเมื่อยล้าได้ง่าย หลักการนี้เองจึงเป็นตัวจำกัดระดับค่า Contrast ของวัตถุกับฉากหลังไม่ให้มีค่าสูงดังที่อยากจะให้เป็น

2.7 การส่องสว่างเฉลี่ย (Average Luminance) เขียนย่อด้วย L_v คือค่าเฉลี่ยของการส่องสว่างของถนนในบริเวณที่มอง ถ้าระดับการส่องสว่างเฉลี่ยของผิวดนนั้นมีค่าสูงขึ้น จะทำให้การมองเห็นดีขึ้น โดย CIE แนะนำว่าควรมีค่าระหว่าง 0.5 ถึง 100 cd/m^2 ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของถนนว่ามีสภาพการจราจรคับคั่งหรือไม่ ซึ่งมีการแบ่งประเภทของถนนตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการแบ่งประเภทถนนตาม CIE

Category of road	Type and density of traffic	Types of road	Examples
A		Road with separated carriageways, completely free of crossings at grade complete access control	Motorways Express roads
B	Heavy and high speed motorized traffic	Important traffic roads for motorized traffic only, possibly separate carriageways for slow traffic and/or pedestrians	Trunk roads Major roads
C	Heavy and moderate speed motorized traffic or Heavy mixed traffic of moderate speed	Important, all purpose, rural or urban roads	Ring roads Radial roads
D	Fairly heavy mixed traffic of which a major part may be slow traffic or pedestrians	Roads in city or shopping centers, approach roads to official buildings and areas, where motorized traffic meets heavy slow traffic or pedestrians	Trunk roads Commercial Shopping str etc.
E	Mixed traffic of limited speed and moderate traffic density	Collector roads between residential areas (residential streets) and A- to D-type roads	Collector roads Local streets etc.

mixed traffic ; motorized traffic

ตารางที่ 2.2 แสดงการกำหนดค่าทางแสงสว่างของไฟถนนตาม CIE

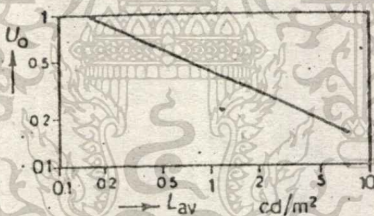
Category	Surrounds	Luminance level	Uniformity ratios		Glare restriction	
			Overall uniformity ratio U_o	Lengthwise uniformity ratio U_l	Glare control mark G	Threshold increment Tl ("")
A	any	2	\geq	\geq	6	10
B 1	bright	2			0.7	5
B 2	dark	1			6	10
C 1	bright	2	0.4		5	20
C 2	dark	1			6	10
D	bright	2		0.5	4	20
E 1	bright	1			4	20
E 2	dark	0.5			5	20



2.8 ความสม่ำเสมอทั้งหมด (Overall Uniformity) เขียนย่อด้วย U_o โดยทั่วไป ในการมองเห็นของผู้ขับขี่ยานบนท้องถนนนั้น ความแตกต่างระหว่างการส่องสว่างต่ำสุดบนพื้นถนนกับค่าเฉลี่ยไม่ควรแตกต่างกันมากนัก โดยอัตราส่วนนี้ควรมีค่าเข้าใกล้ 1 ดังนั้น พารามิเตอร์ทางแสงสว่างที่จะกล่าวถึงก็คือค่าความสม่ำเสมอทั้งหมด ซึ่งมีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างการส่องสว่างต่ำสุดกับการส่องสว่างเฉลี่ยของบริเวณที่มอง

$$U_o = \frac{L_{min}}{L_{av}}$$

จากการทดลองให้ผู้ขับขี่สังเกตวัตถุสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 20 เซนติเมตรที่วางไว้บนถนนตรงจุดที่มีการส่องสว่างของผิวถนนต่ำที่สุด โดยให้วัตถุดังกล่าวมีค่า Luminance Contrast = 0.25 และผู้ขับขี่ชวยยานอยู่ห่างจากวัตถุเป็นระยะทาง 60 ถึง 100 เมตร ซึ่งได้ผลทดลองดังรูป 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสม่ำเสมอทั้งหมด (U_o) กับการส่องสว่างเฉลี่ยบนผิวถนน (L_{av}) เมื่อให้สังเกตวัตถุสี่เหลี่ยมขนาด 20 ลูกบาศก์เซนติเมตรได้ 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวางวัตถุไว้ตรงจุดที่มืดที่สุดของผิวถนน

จากรูปที่ 2.5 เมื่อ $U_o = 0.4$ จะได้ $L_{av} = 1.5 \text{ Cd/m}^2$ แต่เมื่อค่า U_o ลดลงครึ่งหนึ่ง นั่นคือ $U_o = 0.2$ แล้วจะได้ว่า $L_{av} = 5 \text{ Cd/m}^2$ จะเห็นว่าเมื่อมีการลดค่า U_o ลงครึ่งหนึ่ง จะต้องเพิ่ม L_{av} ประมาณ 3 เท่าจึงจะทำให้การสังเกตวัตถุมีผลเท่าเดิม สำหรับค่าความสม่ำเสมอทั้งหมดนี้ CIE แนะนำว่าค่าต่ำสุดควรมีค่าเท่ากับ 0.4 ในขณะที่

2.9 ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนน (Longitudinal Uniformity) เขียนย่อด้วย U_L สำหรับพื้นผิวถนนที่มีแถบมืดสว่างสลับกันไปนี้จะรบกวนต่อผู้ขับขี่รถยนต์ ซึ่งผลอันนี้สามารถลดลงได้โดยการลดความแตกต่างของการส่องสว่างระหว่างแถบมืดสว่างลง พารามิเตอร์ที่ใช้วัดผลกระทบอันนี้เรียกว่า ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนน ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนของค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของการส่องสว่างพื้นผิวถนน

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

ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนของช่องว่างตามแนวนอนนี้ เป็นพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ช่วยให้ผู้ขับขี่รถยนต์รู้สึกสบายตาในขณะที่ขับขี่ จากรูปที่ 2.6 ถ้าค่าความสม่ำเสมอตามแนวยาวต่ำ คือมีการส่องสว่างของผิวนถนนน้อยและมากสลับกันไป อาจทำให้เกิดอาการตาลายและก่อให้เกิดอุบัติเหตุตามมาได้ ค่าที่กรมทางหลวงแนะนำให้ใช้นั้นกำหนดว่าจะต้องไม่ต่ำกว่า 1/6

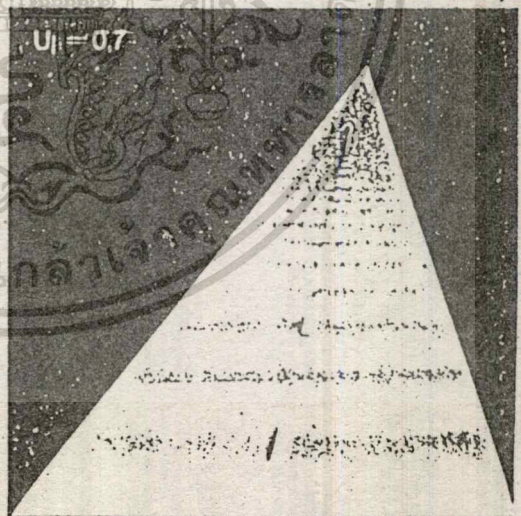
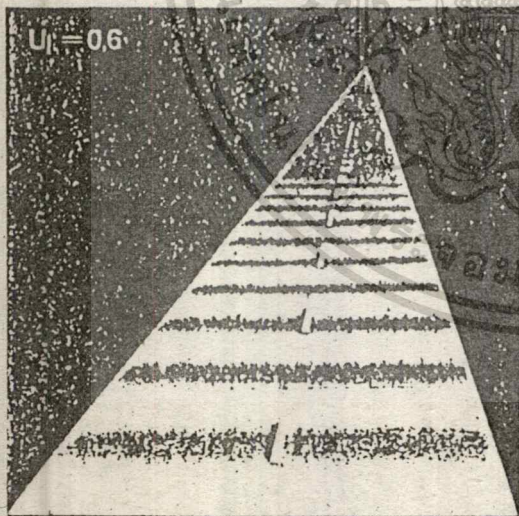
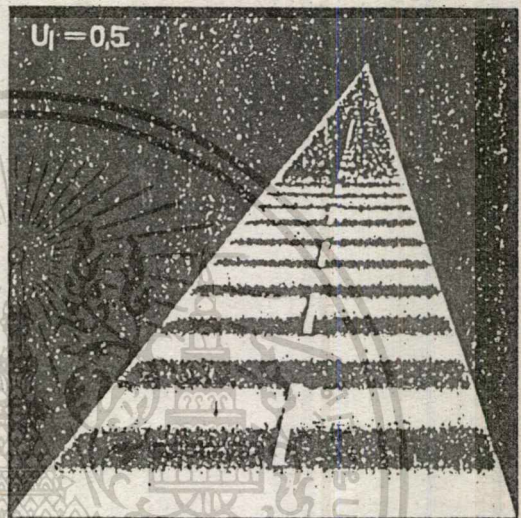
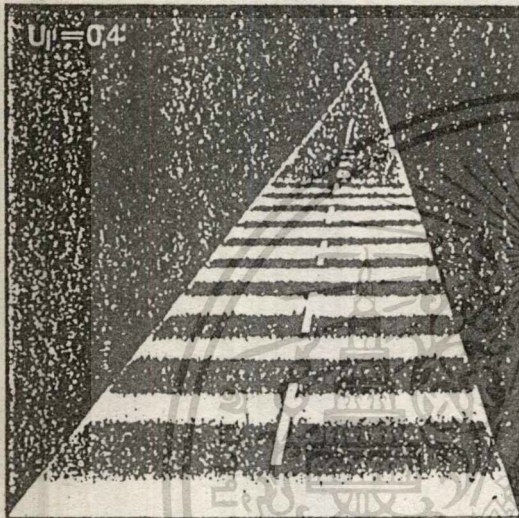
2.10 Glare คือความสว่างจ้าที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงที่มีความสว่างมากเกินไป เมื่อเทียบกับความสว่างโดยทั่วไป อันก่อให้เกิดความไม่สบายในการมองเห็น อาการระคายตาทำให้ดวงตาเมื่อยตาและรบกวนต่อการมองเห็น

2.11 Disability Glare ในการมองวัตถุใดให้ด้วยความชัดเจนนั้น ภาพของวัตถุนั้นจะต้องตกลงบนเรตินาภายในดวงตา แต่หากมีแสงที่อยู่ข้างเคียงกับวัตถุที่มองส่องเข้าสู่ดวงตา จะทำให้เสมือนมีม่านบางๆกั้นภาพที่มองนั้นไว้ก่อนที่จะถึงเรตินา เป็นผลให้ภาพของวัตถุไม่ชัดเจน ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าเกิด Disability Glare ซึ่งม่านของแสงสว่างดังกล่าวอาจเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$L_v = \frac{10 \cdot E_{s \cdot v \cdot s}}{\theta^2}$$

โดยที่ L_v คือค่าของม่านความส่องสว่าง (Veiling Luminance) มีหน่วยเป็น Cd/m^2
 $E_{s \cdot v \cdot s}$ คือค่าความสว่างที่ตาที่เกิดจากต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด

๑ เป็นมุมระหว่างทิศทางที่มองกับต้นกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare มีหน่วยเป็นองศา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.6 ความสม่ำเสมอในแนวยาวของถนนไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่า σ นั้นจะมีค่าระหว่าง 1.5 ถึง 60 องศา และค่า 10 ในสมการเป็นค่าคงที่มีหน่วยเป็น องศา²/สเตอเรเดียน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอายุของผู้มอง โดยมีค่าเป็น 10 เมื่อผู้มองมีอายุระหว่าง 20 ถึง 30 ปี และจะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.2 องศา²/สเตอเรเดียนต่อปีอายุผู้มองที่เพิ่มขึ้น

หากมีแหล่งกำเนิดแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare หลาย ๆ แหล่ง ค่ามัณของการส่องสว่างทั้งหมดคือผลรวมของค่ามัณการส่องสว่างที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงแต่ละอัน

$$L_v = \sum_{i=1}^n L_{v_i}$$

ดังนั้นเมื่อมองวัตถุใดแล้วมีแสงที่ทำให้เกิด Disability Glare แล้ว หากต้องการมองวัตถุให้ชัดเจน จะต้องเพิ่มค่า Luminance Contrast ของวัตถุนั้นขึ้นอีก ส่วนที่ต้องเพิ่มขึ้นมานั้นเรียกว่า Threshold Increment (TI)

CIE แนะนำว่าค่า TI สูงสุดเท่ากับ 20% โดยมีเหตุผลเดียวกับค่า U_0 ซึ่งจากการทดลองถ้าค่า TI เพิ่มขึ้นจาก 7% เป็น 30% จะต้องเพิ่มค่า L_v ขึ้นประมาณ 2.5 เท่าจึงจะทำให้การสังเกตเห็นวัตถุบนถนนติดตั้งเดิม

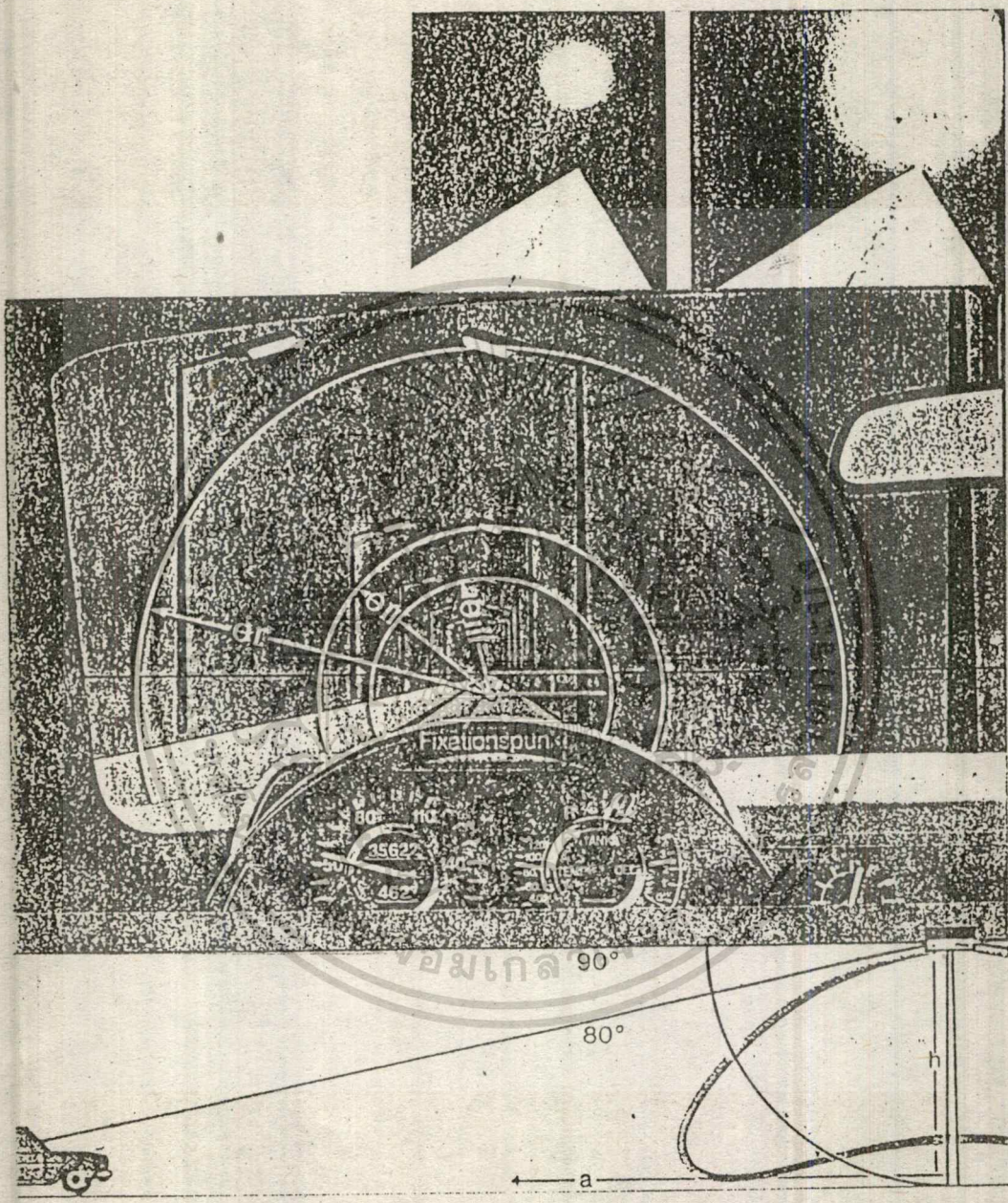
2.12 Discomfort Glare แสงจากโคมไฟที่เข้าตาผู้ขับขี่รถยนต์บนถนนนั้น นอกจากจะทำให้ความสามารถในการมองเห็นวัตถุลดลงแล้ว ยังทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายตาอีกด้วย ค่า Discomfort Glare ที่ทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายตาจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของหลอดไฟ โคมไฟ และการติดตั้งโคมไฟ ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

ก. ลักษณะหลอดไฟและโคมไฟ

I_{80} เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มุม 80 องศา กับแนวตั้งลง และขนานกับแนวถนน

I_{80}/I_{88} เป็นอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มุม 80 กับ 88 องศา กับแนวตั้งลงและขนานกับแนวถนน

F คือ Flashed Area เป็นพื้นที่ที่โคมไฟเปล่งแสงออกมาที่มุม 76 องศา ในระนาบ C_0 มีหน่วยเป็นตารางเมตร ถ้าค่า F คลาดเคลื่อนไป 10 % จะทำให้ค่า Glare Control Mark (G) ผิดไป 0.06 %



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ที่ 2.7 Glare จากไฟถนน
 ไม่ควรคัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ลักษณะการติดตั้งโคมไฟ

L_{uv} เป็นค่าการส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน

h เป็นความสูงระหว่างระดับสายตาซึ่งสูงจากพื้นถนน 1.5 เมตร ถึงระดับโคมไฟ มีหน่วยเป็นเมตร

P เป็นจำนวนโคมไฟต่อความยาวถนน 1 กิโลเมตร

โดย CIE กำหนดสมการเพื่อหาค่า Glare นี้โดยเรียกว่า Discomfort Glare Control Mark (G)

$$G = 13.84 - 3.31 \log(I_{\text{so}}) + 1.9^{2.5} \log(I_{\text{so}}/I_{\text{so}0})^{0.5}$$

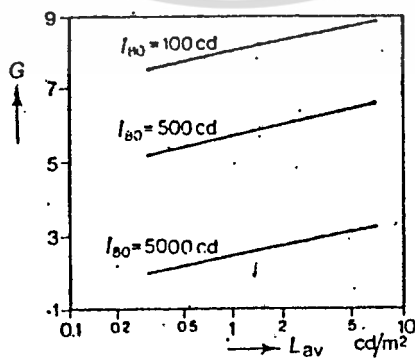
$$- 0.08 \log(I_{\text{so}}/I_{\text{so}0}) + 1.29 \log(F) + C$$

$$+ 0.97 \log(L_{uv}) + 4.41 \log(h') - 1.46 \log(P)$$

หรือ $G = SLI + C + 0.97 \log(L_{uv}) + 4.41 \log(h')$

$$- 1.46 \log(P)$$

โดยที่ SLI คือ Specific Lantern Index



รูปที่ 2.8 แสดงค่า Discomfort Glare Control Mark (G) กับ

จากรูป 2.8 เป็นรูปแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า L_v และค่า G เมื่อมีการติดตั้งไฟถนนแบบด้านเดียว (Single Sided) โดยมีค่า I_{10} ต่างๆกัน และค่า $h' = 7.5$ m, $p = 33$, $F = 0.07$ m² และ $I_{10}/I_{100} = 1.75$

CIE ได้ทดลองโดยให้คนนั่งรถที่ขับไปตามถนนในสถานการณ์ติดตั้งไฟถนนต่างๆกัน แล้วสอบถามถึงความพอใจและความสบายตาในการมองผิวถนนแล้ว สรุปออกมาได้ว่า

- ถ้า $G = 1$ หมายถึง มีแกลร์ระดับที่ทนไม่ได้
- $G = 3$ หมายถึง มีแกลร์ระดับรบกวนตา
- $G = 5$ หมายถึง มีแกลร์ระดับที่พอรับได้
- $G = 7$ หมายถึง มีแกลร์ระดับที่น่าพอใจ
- $G = 9$ หมายถึง ไม่รู้สึกว่ามีแกลร์เลย

ส่วนค่า G ที่เป็นเลขคู่หมายถึงความรู้สึกที่อยู่ระหว่างค่า G ที่เป็นเลขคี่ ซึ่งจะสังเกตได้ว่าการคำนวณค่า G นั้นไม่ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง ความกว้างของถนน และชนิดการติดตั้งโคมไฟเลย

2.13 สีของแสง (Colour) สีเป็นปัจจัยที่สำคัญอันหนึ่งในการเสริมสร้างบรรยากาศและอารมณ์ การมองเห็นสีนั้นเกิดจากแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งสเปกตรัมของคลื่นที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงนี้จะมีผลอย่างมากต่อสีที่ปรากฏบนวัตถุ โดยวัตถุจะมีสีเปลี่ยนไปเมื่ออยู่ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงต่างชนิดกัน

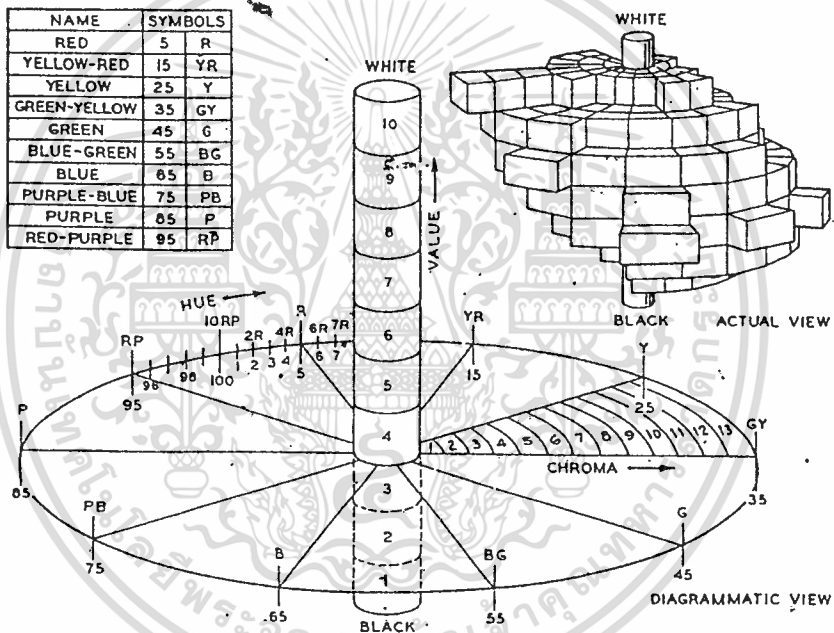
2.14 ระบบในการแบ่งสี (Systems of Colour Specification) ในการแบ่งสีนั้นในระบบวิศวกรรมแสงสว่างสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ กลุ่มแรกเป็นระบบที่แบ่งสีแบบเอกรงค์ (Monochromatic Colour Classification System) โดยระบบที่ใช้ในกลุ่มนี้จะประกอบด้วยตัวอย่างสีมาตรฐานที่ถูกจัดเรียงและตั้งชื่อเพื่อสะดวกในการกำหนด สีที่ต้องการจะนำมาจัดประเภทจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับสีใดสีหนึ่งในระบบนี้ ระบบที่เป็นที่รู้จักกันดีและใช้กันแพร่หลายที่สุดคือ ระบบมันเชล (Munsell System) ส่วนกลุ่มหลังนี้เป็นระบบที่แบ่งสีแบบไตรรงค์ (Trichromatic Colour Classification System) ระบบนี้อาศัยหลักที่ว่า สีใดๆก็ตามสามารถสร้างขึ้นได้โดยการผสมแม่สีทั้งสาม ระบบที่เด่นที่สุดในกลุ่มนี้ถูกดัดแปลงโดย CIE โดยใช้โคออร์ดิเนต Uniform Chromaticity Scale (UCS) สำหรับแบ่งประเภทความแตกต่างของสี

2.14.1 ระบบมันเชล (Munsell system) ระบบนี้แบ่งประเภทสีของวัตถุภายใต้แสงตะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
วัน โดยจะกำหนดประเภทสีจากลักษณะดังต่อไปนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีควรรนำไปใช้
ก. ความเป็นสี (Hue) โดยแบ่งออกเป็น 5 สีหลักคือ แดง (R), เหลือง (Y),

เขียว (G), ฟ้า (B) และม่วง (P) กับ 5 สีกลางคือ YR, GY, BG, PB และ RP ซึ่งความเป็นสี (Hue) ทั้งสิบนี้ยังถูกแบ่งแยกย่อยออกเป็น 10 ประเภทโดยกำหนดเป็นตัวเลขตั้งแต่ 1 ถึง 10 โดยนำมาใส่หน้าชื่อของความเป็นสี (Hue) ที่อยู่ใกล้ที่สุด เช่น 4R หรือ 7BG

ข. **น้ำหนักของสี (Value)** คือค่าความสว่างหรือความมืดของสี ในระบบมันเชลจะแบ่งน้ำหนักของสีจาก 0 (ดำ) ไปจนถึง 10 (ขาว) ซึ่งค่าน้ำหนักของสีนี้มีความสัมพันธ์กับการสะท้อนอีกด้วย

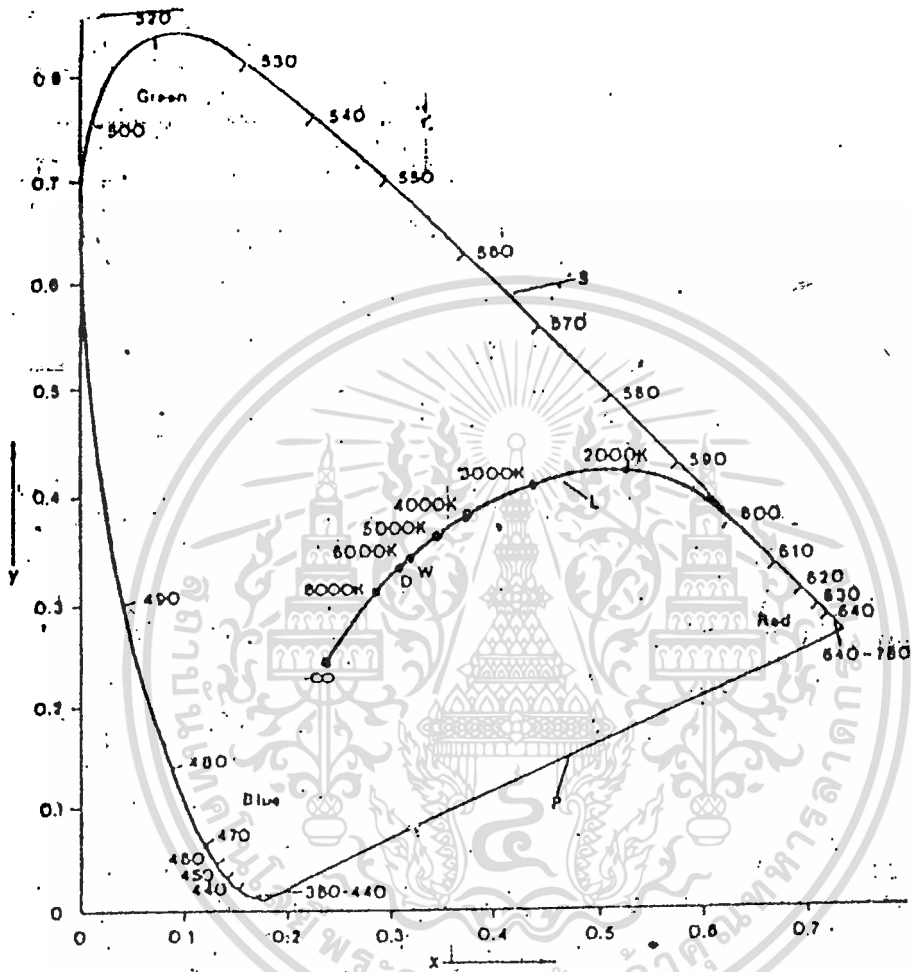
ค. **ความจัดของสี (Saturation) หรือบางที่เรียกว่า Chroma** คือความสดหรือความบริสุทธิ์ของสีสีหนึ่ง ซึ่งถ้าหากสีนั้นถูกสีขาว เทาหรือดำผสมเข้าไปแล้วทำให้สีสีนั้นมีค่าจัดลดน้อยลง



รูปที่ 2.9 ระบบมันเชล

ในระบบมันเชล สีใดๆก็ตามสามารถกำหนดได้โดยใช้ลักษณะทั้งสามอย่างนี้ โดยเรียงลำดับอยู่ในรูป "ความเป็นสี (Hue), น้ำหนักของสี (Value)/ ความจัดของสี (Chroma)" เช่น 5R 6/10 เป็นต้น

2.14.2 ระบบ CIE (the CIE system) CIE ได้เสนอวิธีกำหนดสีของแสงโดยกำหนดอยู่ในรูปโคออร์ดิเนต (x,y) ในโคออร์ดิเนตสี ดังรูปที่ 2.10 ซึ่งค่าโคออร์ดิเนตของสีเหล่านี้สามารถคำนวณได้จากค่ากระจายสเปกตรัมในการแผ่รังสีของแหล่งกำเนิดแสง โดยจุดต่างๆที่อยู่ในพื้นที่ที่ล้อมรอบโดยเส้นโลกส S จะแทนสีต่างๆ โดยมีเส้น P เชื่อมปลายทั้งสองของไม่ว่าจุดใดของเส้น ล้วนข้างห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ เส้นโลกส S เส้นโลกสของวัตถุดำ (Black Body) บนโคออร์ดิเนตสีจะเรียกว่าแพลนเคียนโลกส

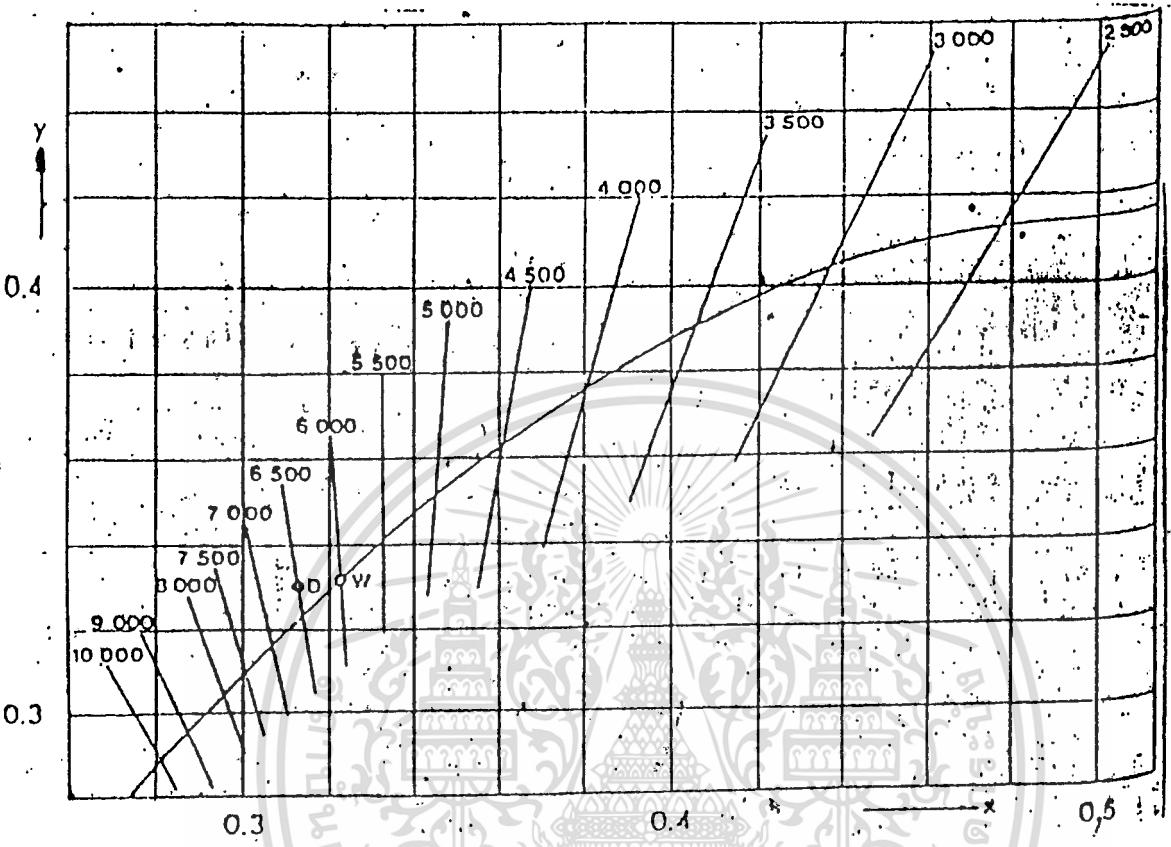


รูปที่ 2.10 แสดงโตอะแกรมของสี

(Planckian Locus, L) เช่น จุด W ในรูปที่ 2.10 คือจุดที่มีค่าโคออร์ดิเนต (0.33, 0.33) แทนจุดสีที่มีค่าสเปกตรัมของพลังงานเท่ากัน ซึ่งจุดนี้ CIE กำหนดให้เป็นสีขาว

2.15 อุณหภูมิสี (Colour Temperature) อุณหภูมิสีใช้เพื่อแสดงสีที่ปรากฏ (Colour Appearance) ของแหล่งกำเนิดแสงเมื่อเปรียบเทียบกับสีของวัตถุดำ ถ้าอุณหภูมิของวัตถุดำใดที่สีสามารถเทียบเคียงได้จะเรียกว่าเป็นอุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดนั้น โดยในการกำหนดค่าอุณหภูมิสีนั้นจะอยู่ในรูปขององศาเคลวิน (K) รูปที่ 2.11 เป็นโตอะแกรมสีของ CIE โดยแสดง

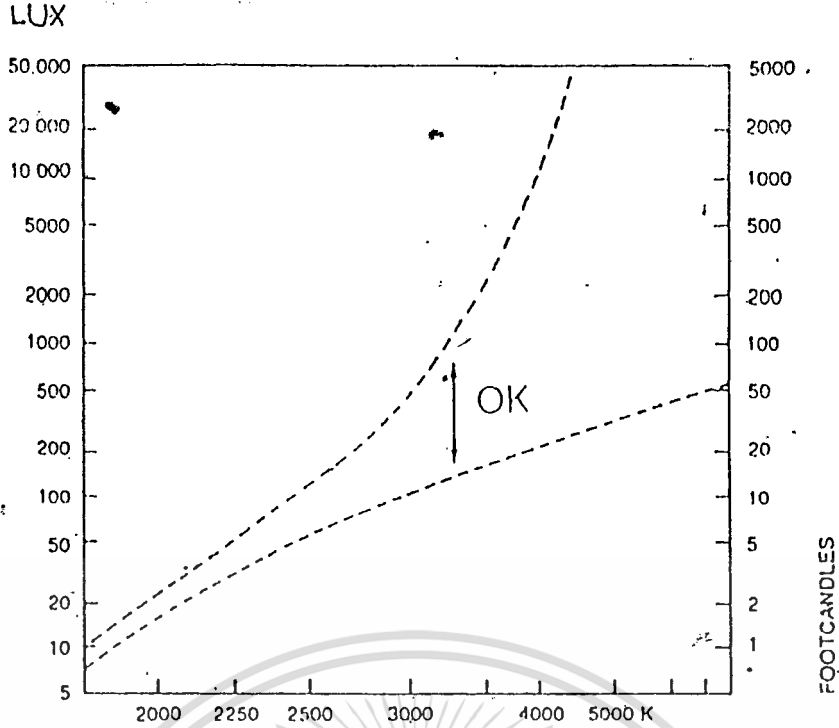
เส้นแพลนเคียนโลกัส (Planckian locus, P) และเส้นอุณหภูมิสีเทียบเคียง (Correlated colour temperature, CCT) ดังนั้น แหล่งกำเนิดแสงใดที่มีสีบนเส้นโลกัสนี้จะสามารถกำหนด



รูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมสีของ CIE ที่แสดงเส้นแพลนเคียนโลกัส (P) และเส้นคงที่อุณหภูมิสีเทียบเคียง

หนดได้โดยอุณหภูมิสี อย่างไรก็ตาม ถ้าแหล่งกำเนิดแสงใดไม่อยู่บนเส้นแพลนเคียนโลกัส ก็สามารถหาค่าอุณหภูมิสีเทียบเคียงมากำหนดแทนได้ โดยถือเอาค่าอุณหภูมิของวัตถุดำที่อยู่ใกล้กับค่าของแหล่งกำเนิดแสงนั้นมากที่สุดเป็นค่าอุณหภูมิสีเทียบเคียง โดยต้องอยู่ในแนวขนานกับเส้นโลกัส เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด cool white มีค่าอุณหภูมิสีเทียบเคียง (CCT) 4100 K จะให้สีที่ปรากฏใกล้เคียงกับสีของวัตถุดำที่อุณหภูมิ 4100 K ตารางที่ 2.3 แสดงค่าอุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้น ส่วนตารางที่ 2.4 แสดงสีที่ปรากฏเมื่อมีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ค่าความสว่างที่แนะนำสำหรับแหล่งกำเนิดแสงที่มีอุณหภูมิต่างกัน

จากรูปที่ 2.12 ถ้าใช้หลอดไฟที่มีอุณหภูมิสีสูง จะต้องออกแบบให้มีความสว่างมากกว่าเมื่อเลือกใช้หลอดไฟที่มีค่าต่ำกว่า ถ้าออกแบบให้มีความสว่างไม่สอดคล้องกับหลอดไฟที่เลือกใช้แล้ว เราจะรู้สึกอึดอัดไม่สบาย เช่น ถ้าใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Warm white ที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 3000 เคลวิน ควรจะออกแบบให้ค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 100-500 Lux แต่ถ้าเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Cool white ที่มีอุณหภูมิสีประมาณ 4000 เคลวิน ค่าความสว่างควรอยู่ระหว่าง 200-10000 Lux ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน

ตารางที่ 2.3 อุณหภูมิสีของแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติและที่สังเคราะห์ขึ้น

Light Source	Colour Temperature (K)
Candles	1900- 1950
Carbon filament lamps	2100
Tungsten filament lamps:	
40 W	2700
150 W- 500 W	2800- 2900
Film and projection lamps	2850- 3200
Carbon arc lamps	3700- 3800 and above
Moonlight	4100
Sunlight	5300- 5800
Daylight (sun + clear sky)	5800- 6500
Overcast sky	6400- 6900
Clear blue sky	10000-26000
Fluorescent lamps	2600- 7500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 อุณหภูมิสีเทียบเคียงและสีที่ปรากฏ

Correlated Colour Temperature (K)	Colour Appearance
> 5500	cool (bluish white)
3300-5500	intermediate (white)
< 3300	warm (reddish white)

2.16 การตอบสนองสี (Colour Rendering) ลักษณะทางสีของแหล่งกำเนิดแสงสามารถบอกได้โดยใช้อุณหภูมิสีเพื่อแสดงสีที่ปรากฏ และคุณสมบัติการตอบสนองสี เพื่อแสดงผลกระทบของแหล่งกำเนิดแสงที่มีต่อสีที่ปรากฏของวัตถุ แหล่งกำเนิดแสงที่มีสีที่ปรากฏคล้ายกันอาจจะมีคุณสมบัติการตอบสนองสีแตกต่างกันอย่างมากก็ได้ ดังนั้น จึงไม่สามารถที่จะบอกคุณสมบัติการตอบสนองสีของแหล่งกำเนิดแสงได้จากสีที่ปรากฏ

CIE ได้แนะนำวิธีการวัดและกำหนดคุณสมบัติการตอบสนองสีของแหล่งกำเนิดแสงโดยพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับสีของวัตถุที่มองเห็น เมื่อแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบถูกแทนที่โดยแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง (วัตถุขาว หรือตัวแผ่รังสีแพลนเคียน Planckian radiator สำหรับอุณหภูมิสีต่ำกว่า 5000 K หรือแสงตะวันที่มีการกระจายพลังงานสเปกตรัมแบบพิเศษที่มีอุณหภูมิสีเทียบเคียงมากกว่า 5000 K) ซึ่งค่าการเปลี่ยนแปลงนี้สามารถหาได้จากขนาดของการเลื่อนโคออร์ดิเนตจุดสีในโคออร์ดิเนตโครมาติก โดยสามารถหาได้โดยในขั้นแรกนำสีของแหล่งกำเนิดแสงที่ต้องการทดสอบมาลือทลงบน UCS diagram (Uniform chromaticity scale diagram) จากนั้น นำมาเปรียบเทียบกับจุดสีของแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงที่มีอุณหภูมิสีใกล้เคียงกับแหล่งกำเนิดแสงที่ทดสอบ ผลต่างระหว่างค่าสีทั้งสองจะเรียกว่าเป็นค่าการเลื่อนสีแบบเฉพาะ (Specific colour shift, ΔE_{sc}) ซึ่งสามารถนำไปหาค่าดัชนีการตอบสนองสีเฉพาะ (Special colour rendering index, R_i) ได้จากสูตร

$$R_i = 100 - 4.6\Delta E_{sc}$$

ค่า R_u สูงสุดมีค่าเท่ากับ 100 ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อการกระจายสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ทดสอบเหมือนกับแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิง แต่ CIE ได้แนะนำให้ทดสอบกับสีของวัตถุที่ CIE กำหนดขึ้น 8 สี (ดูได้จากตารางที่ 2.5 โดยสีที่ 9 ถึง 14 เป็นสีที่ CIE เพิ่มขึ้นมาสำหรับการทดสอบกับผิวหนังของมนุษย์และใบไม้) ซึ่งค่าเฉลี่ยจากทั้ง 8 สีจะเรียกว่าดัชนีการตอบสนองสีทั่วไป (General colour rendering index, R_u) โดยหาได้จากสูตร

$$R_u = 100 - 4.6 \Delta E_{uv}$$

ค่า R_u ยิ่งมีค่าน้อยกว่า 100 มากเท่าไร จะแสดงถึงคุณสมบัติการตอบสนองสีของหลอดไฟที่ทดสอบจะบิดเบือนจากแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงมากเท่านั้น

ตารางที่ 2.5 สีที่ใช้ในการทดสอบหาค่าดัชนีการตอบสนองสี

No.	Approximate notation	Colour appearance under daylight
1	7.5R6/4	Light greyish red
2	5Y6/4	Dark greyish yellow
3	5GY6/8	Strong yellow green
4	2.5G6/6	Moderate yellowish green
5	10BG6/4	Light bluish green
6	5PB6/8	Light blue
7	2.5P6/8	Light violet
8	10P6/8	Light reddish purple
9	4.5R 4/13	Strong red
10	5Y8/10	Strong yellow
11	4.5G5/8	Strong green
12	3PB3/11	Strong blue
13	5YR8/4	Light yellowish pink (human complexion)
14	5GY4/4	Moderate olive green (leaf green)

เนื่องจากในการทดสอบนั้น แหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงที่ใช้จะต้องมีอุณหภูมิสีใกล้เคียงกับหลอดไฟที่ทดสอบ ดังนั้นการเปรียบเทียบคุณสมบัติการตอบสนองสีจะต้องใช้กับหลอดไฟที่มีอุณหภูมิสีประเภทเดียวกัน ในวิธีทดสอบสีของ CIE นั้น ทั้งตัวแปรังสีแพลนเคียนที่มีอุณหภูมิสี 3000 K กับแสงตะวันที่มีอุณหภูมิสี 7500 K จะมีค่า R_u เท่ากับ 100 ทั้งๆที่คุณสมบัติการตอบสนองสีของทั้งสองจะแตกต่างกัน หลอดไฟชนิด warm-white กับชนิด daylight ที่มีค่า R_u เหมือนกันไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นใช้ประโยชน์ด้านการค้า ได้หมายความว่าหลอดทั้งสองจะมีคุณสมบัติการตอบสนองสีเหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากหลอดทั้งสองไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปเปรียบเทียบับแหล่งกำเนิดแสงอ้างอิงต่างชนิดกัน

ตารางที่ 2.6 การตอบสนองสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่างๆ

Colour rendering index R_a	Source
100	Reference illuminant (reconstituted daylight, Planckian radiator)
(92-97)	'Special white' fluorescent lamps
90 (92-95)	Xenon lamps 'De luxe white' fluorescent lamps
80	
70	'Standard white' fluorescent lamps
60	
50	'Standard warm-white' fluorescent lamps
90-100	'True' colour rendering
70- 90	Good colour rendering
50- 70	Moderate colour rendering

ค่า R_a เป็นค่าเฉลี่ยที่ได้การบิดเบือนของสี 8 สี ดังนั้นจึงไม่สามารถบอกความสามารถในการตอบสนองสีของวัตถุแต่ละชนิดได้ เช่น หลอดไฟที่มีค่า R_a เท่ากับ 70 หรือต่ำกว่าไม่ได้หมายความว่าวัตถุทุกชนิดจะมีการตอบสนองสีของหลอดไฟชนิดนั้นไม่ดี ดังนั้นค่า R_a จึงเป็นเพียงตัวบอกโดยประมาณว่าหลอดชนิดนั้นมีการตอบสนองทางสีได้ดีเท่าไร จากตารางที่ 2.6 เป็นตารางบอกค่าการตอบสนองสีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่างๆ จะเห็นว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด special white ให้การตอบสนองสีที่ดีที่สุด โดยให้ค่า R_a อยู่ในช่วง 92-97

บทที่ 3

ไฟถนน

3.1 ส่วนประกอบภายในดวงโคม

โคมไฟถนนประกอบด้วยส่วนหลักๆ คือ ตัวโคมซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนหน้าเป็นส่วนหนึ่งของระบบแสงและหลอดไฟฟ้า ตอนหลังติดตั้งเครื่องควบคุมกระแสและจุดหลอด มีบาลาสต์ คาปาซิเตอร์และอินิเตอร์ ส่วนล่างเป็นฝาครอบหลอดไฟ ซึ่งเป็นแก้วทนความร้อนหรือสารอะคริลิก เป็นต้น

ตัวโคมไฟควรทำด้วยโลหะไม่ขึ้นสนิมและผุกร่อนง่าย แข็งแรงทนทานต่อดินฟ้าอากาศ โคมไฟบางแบบอาจทำด้วยสารสังเคราะห์ และเสริมให้แข็งแรงด้วยใยแก้วระหว่างตัวโคมกับฝาครอบ มีปะเก็นกันแมลงและฝุ่นเข้า ติดกันแน่นด้วยบานพับและสปริงล็อก

ระบบอปติคประกอบด้วยฝาครอบแก้วใส หรือมีร่องลักษณะปริซึมเพื่อหักเหแสง ด้านข้างหลอดมักจะมีแผ่นสะท้อนแสงเพื่อช่วยให้มีการกระจายแสงจากดวงโคมมากยิ่งขึ้น

อุปกรณ์ไฟฟ้าภายในประกอบด้วยหลอดไฟฟ้า ขั้วหลอด บาลาสต์ คาปาซิเตอร์สำหรับ แก้วเพาเวอร์แฟลคเตอร์ และอินิเตอร์ซึ่งใช้จุดหลอด สายทนความร้อนและขั้วต่อสาย

3.2 การแบ่งประเภทของดวงโคม

การแบ่งประเภทของโคมไฟที่ CIE ใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2508 (ค.ศ. 1965) แบ่งตามลักษณะของการกระจายความเข้มการส่องสว่างเป็น 3 ประเภทคือ Cut-off, Semi Cut-off และ Non Cut-off ดังตารางที่ 3.1

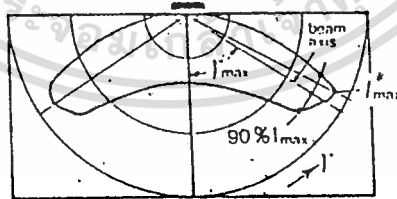
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า แต่ในปี พ.ศ. 2520 (ค.ศ. 1977) CIE ได้แบ่งประเภทของโคมไฟใหม่ ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3.1 การแบ่งประเภทของโคมไฟตามมาตรฐาน CIE (พ.ศ.2508-2520)

	ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดที่มุม γ		ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่มุม γ น้อยกว่า
	80°	90°	
Cut-off	30 cd/1000 lm	10 cd/1000 lm	65°
Semi-cut-off	100 cd/1000 lm	50 cd/1000 lm	75°
Non-cut-off	any	any	-

โดยแบ่งตามคุณสมบัติทางแสงของโคมไฟ 3 แบบคือ Throw, Spread และ Control ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. Throw เป็นลักษณะของแสงที่เปล่งออกจากโคมไฟที่ติดตั้งแล้วส่องลงไปบนผิวดน โดยสามารถวัดได้จากโพล่าไดอะแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.1 มุม θ_{max} เป็นมุมที่วัดจากแนวกึ่งกลางของเส้น 90% I_{max} มายังแกนแนวตั้ง ซึ่งมุม θ_{max} นี้ก็คือค่า Throw นั้นเอง



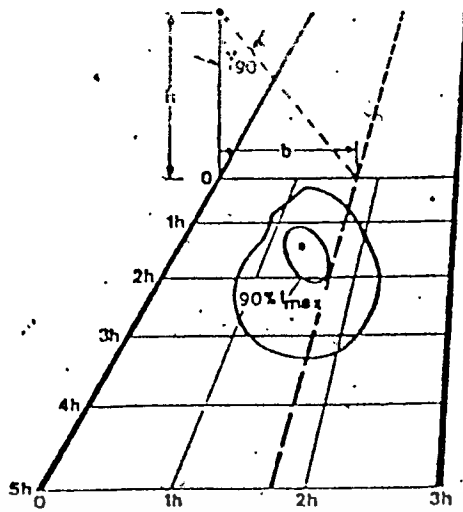
รูป 3.1 แสดงการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟถนน
ในเพลนความเข้มสูงสุด (I_{max}) เพื่อหาค่า Throw ของโคมไฟ

ข. Spread หาได้จากตำแหน่งของเส้นที่ขนานกับแนวยาวของถนนซึ่งสัมผัสกับ

เส้น 90% I_{max} ที่ฉายลงไปบนผิวดนซึ่งอาจมีได้หลายเส้น แต่จะเลือกเส้นที่อยู่ห่างจาก

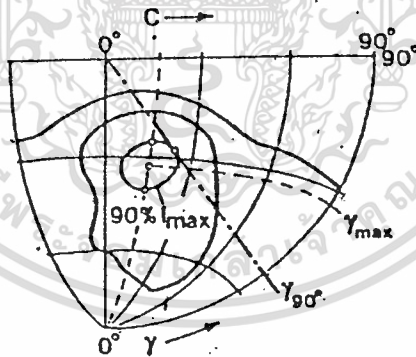
โคมมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ค่า spread นี้คือมุม θ_{90} ในรูปนั่นเอง ซึ่งเป็นมุมที่อยู่

ในระนาบ C จากรูปจะได้ว่า $spread = \arctan(b/h)$



รูปที่ 3.2 แสดงการพิจารณาค่า Spread

ทั้งค่า Throw และ Spread ของโคมไฟ อาจอธิบายได้จากรูปไอโซแคนเดลล่า โดยแกรม ดังแสดงในรูปที่ 3.3 โดยที่ $Throw = \sigma_{max}$ และ $Spread = \sigma_{90}$



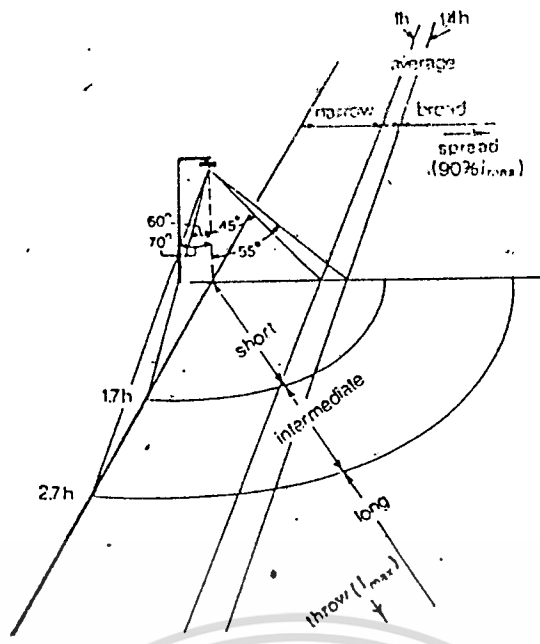
รูปที่ 3.3 แสดงไอโซแคนเดลล่า เพื่ออธิบายค่า Throw และ Spread

ค. Control คือค่า Specific Lantern Index (SLI) นั้นเอง ซึ่งได้กล่าวไว้ในเรื่อง Discomfort Glare

CIE ได้แบ่งประเภทของ Throw, Spread และ Control ออกเป็น 3 ประเภทดังตารางที่ 3.2 รูป 3.4 แสดงแปลนถนนซึ่งแบ่งประเภทของ Throw และ Spread

โดยอยู่ในเทอมของความสูงในการติดตั้งดวงโคม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดง Throw และ Spread ทั้งสามประเภทที่กำหนดโดย CIE โดย h เป็นความสูงในการติดตั้งดวงโคม

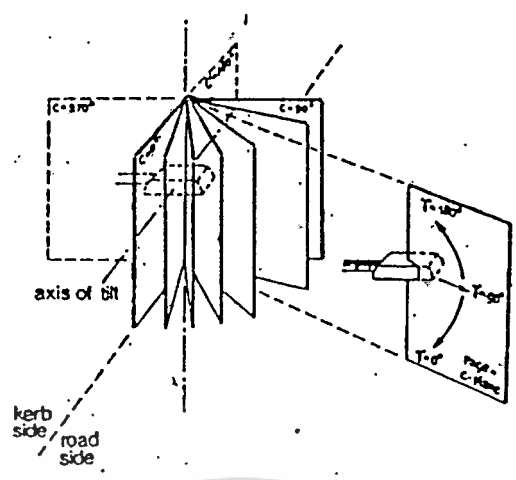
ตาราง 3.2 แสดงการแบ่งประเภทของคุณสมบัติทางแสงของดวงโคม

Throw	Spread	Control
Short	narrow	limited
Intermediate	average	moderate
Long	broad	tight

จากลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมข้างต้น ทำให้สามารถแบ่งประเภทของดวงโคมได้ถึง 27 แบบ ซึ่งจะใช้งานกับลักษณะของถนนต่าง ๆ กัน เช่น โคมไฟประเภท Broad-Spread จะใช้กับเสาไฟต่ำและถนนที่ลักษณะกว้าง โคมไฟประเภท Short-Throw ไม่เหมาะกับเสาไฟต่ำ เว้นแต่ช่วงห่างของเสาไฟจะสั้น เป็นต้น

3. การแบ่งระนาบทางแสงของโคมไฟถนน

โคมไฟเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแสงที่ออกจากหลอดไฟให้ส่องไปในทิศทางต่างๆ ที่ต้องการ ซึ่งความเข้มการส่องสว่างที่ออกจากโคมไฟในมุมต่างๆกันนั้น สามารถวัดได้โดยใช้โฟโตมิเตอร์ โดยมุมและทิศทางที่อยู่รอบโคมไฟสามารถกำหนดได้โดยใช้ระบบระนาบ C-θ ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ในรูป 3.5 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.5 ระบบระนาบ C- θ ที่ใช้แสดงลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของไฟถนน

ระบบระนาบ C- θ เป็นการแบ่งระนาบในแนวดิ่งโดยแบ่งตามมุมต่างๆตั้งแต่ C_0 ถึง C_{180} โดยกำหนดให้ระนาบที่ขนานกับด้านขวาของแกนโคมไฟเป็นระนาบ C_0 และในแต่ละระนาบ C จะแบ่งการกระจายแสงตามมุม θ โดยแบ่งจาก 0 ไปจนถึง 180 องศา

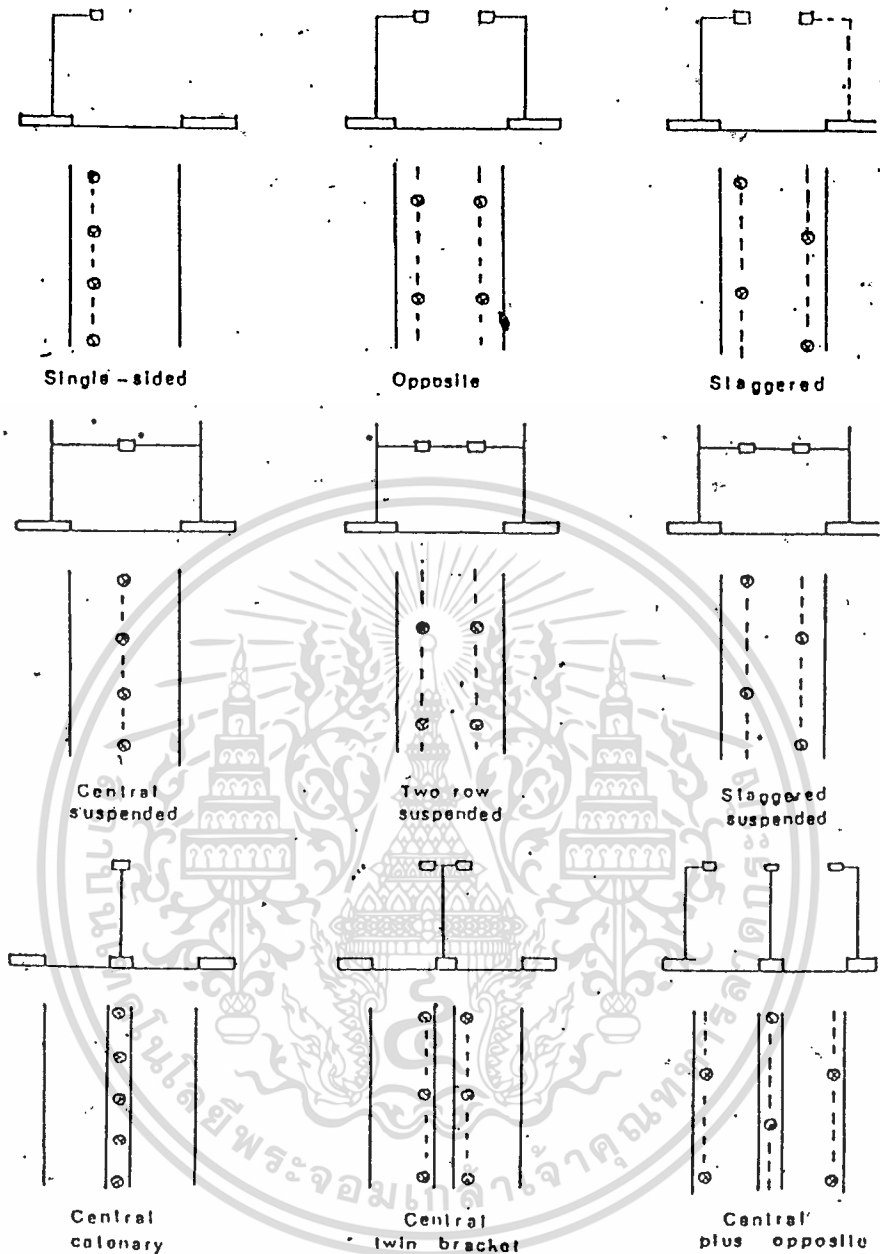
3.3 การติดตั้งไฟถนน

การติดตั้งไฟถนนมีอยู่หลายแบบขึ้นอยู่กับเหตุผลทางเทคนิคและทางเศรษฐกิจ นอกจากนี้ยังขึ้นกับความสวยงามและสภาพของสถานที่นั้นอีกด้วย เสาไฟที่นิยมใช้กันทั่วไปเป็นเสาเหล็กชุบสังกะสี ซึ่งมีความแข็งแรง ทนทาน ปลอดภัยและติดตั้งง่ายอีกด้วย รูป 3.6 แสดงการติดตั้งโคมไฟถนน

3.3.1 ความสูงในการติดตั้ง (Mounting Height)

ไฟถนนที่ติดตั้งกันทั่วไปนั้นใช้เสาสูงประมาณ 9-12 เมตร แต่บนทางแยกที่ซับซ้อนวงเวียนและถนนกว้างหลายเลน การติดตั้งด้วยเสา 9-12 เมตรแบบทั่วไปจะไม่เหมาะสมเพราะต้องใช้เสาและโคมจำนวนมาก ทำให้ผู้ขับขี่รถยนต์เกิดความสับสนได้ นอกจากนี้ยังทำให้ดูรุงรังไม่สวยงามในตอนกลางวันอีกด้วย จึงมีการนำระบบแสงสว่างแบบใช้เสาสูงซึ่งมีความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ การใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ประมาณ 20-50 เมตร ซึ่งทำให้การมองเห็นดีกว่าการใช้เสาต่ำมาก ในการออกแบบจะต้องไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ กำหนดตำแหน่ง ความสูงของเสา และจำนวนโคมไฟต่อเสา เพื่อให้ได้ความสว่างตามที่กำหนด



รูปที่ 3.7 แบบติดตั้งเสาไฟ

การส่องสว่างเฉลี่ยจะลดลงด้วย โดยทั่วไประยะห่างระหว่างช่วงเสาจะประมาณ 30-50 เมตร

3.3.3 มุมเงย (Tilt Angle)

ในกรณีที่มีการจำกัดความสูงของเสาไฟถนน อาจทำให้ถนนด้านตรงข้ามกับโคมไฟมี

แสงไม่เพียงพอ การเอียงโคมไฟให้สูงขึ้นจากแนวระดับจะช่วยเพิ่มปริมาณแสงให้ตกถึงด้านตรง

ข้ามมากขึ้น แต่การเอียงโคมไฟมากเกินไปจะทำให้เกิดเงามากขึ้น ดังนั้นจึงไม่ควรเอียงโคม

ไฟจากแนวระดับมากกว่า 10 องศา โดยทั่วไปนิยมเอียงเป็นมุม 5 องศา

ไม่ว่ากรณีใดๆ หวังสัน อีกทั้งห้ามมิให้คิดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

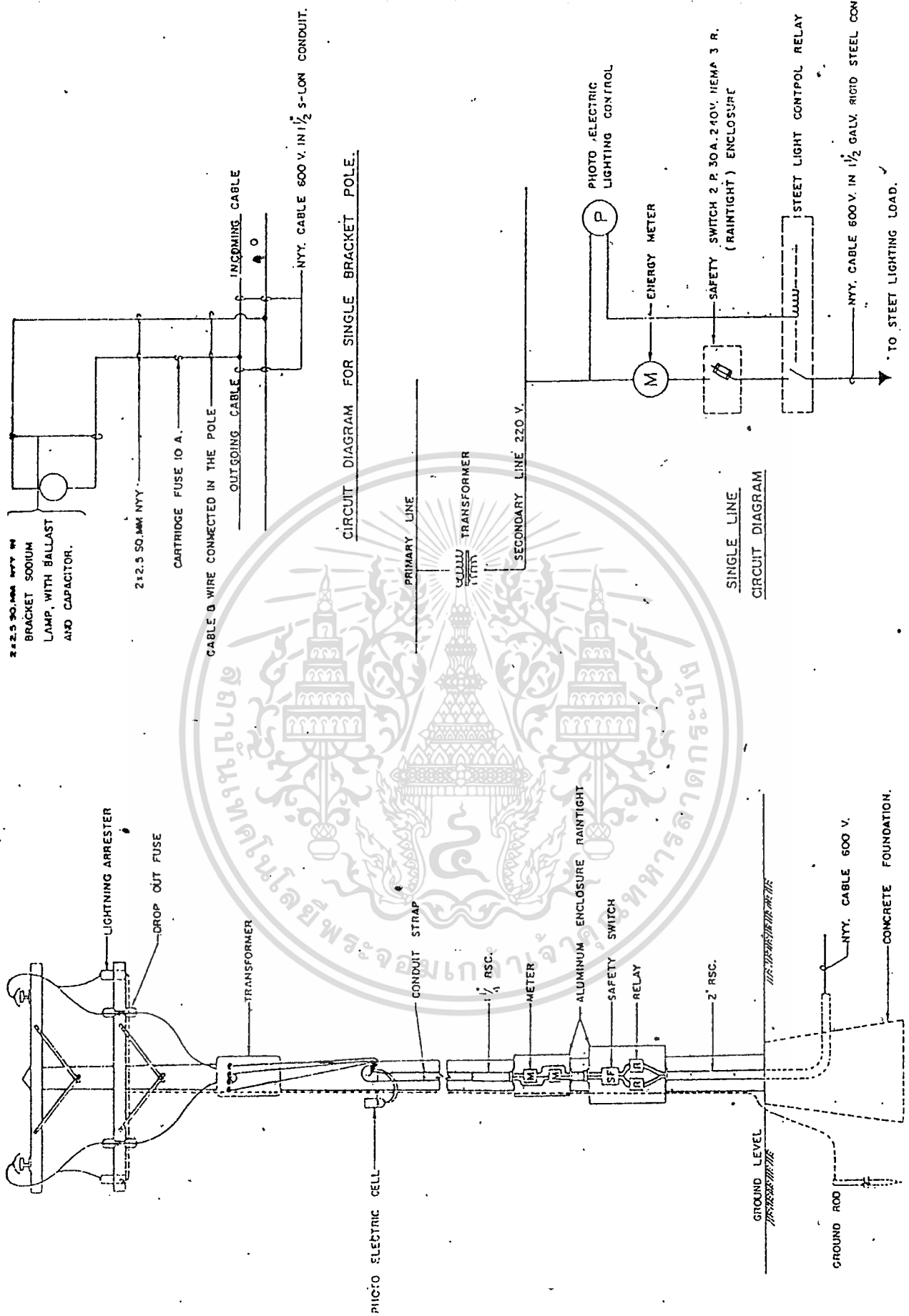
3.3.4 ช่วงยื่น (Overhang)

ในการติดตั้งเสาไฟถนนนั้น จะต้องติดตั้งให้ไฟถนนเรียงเป็นแนวเส้นเดียวกันไปตามขอบถนน เพื่อให้แสงที่เข้าตาม้าชั้ยวดยานมีความสม่ำเสมอตลอดเส้นทางขับขี่ ดังนั้นในบริเวณที่ถนนมีการเว้าเข้าไป เช่น บริเวณป้ายรถประจำทาง เสาไฟถนนที่ปักในช่วงนั้นจะต้องมีช่วงยื่นออกมามากกว่าปกติ เพื่อให้โคมไฟอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน

3.4 ระบบไฟฟ้าของไฟถนน

ระบบไฟฟ้าที่ใช้กับไฟถนนนั้นจะใช้ไฟฟ้าที่มีอยู่แล้วในบริเวณนั้น ซึ่งอาจเป็นระบบไฟแรงต่ำ 3φ 4W 380V/220V หรือ 1φ 3W 220V/440V ถ้าบริเวณนั้นไม่มีไฟแรงต่ำ จะต้องใช้หม้อแปลงลดแรงดันจาก 11 kV หรือ 22 kV แล้วแต่ระบบไฟฟ้าแรงสูงในบริเวณนั้น จากไฟแรงต่ำจะผ่านมิเตอร์คิดเงิน เซลล์ลวิตช์ ฟิวส์ คอนแทคเตอร์หรือรีเลย์ แล้วแยกไปจ่ายตามดวงโคม อาจเป็นวงจรเดี่ยวหรือหลายวงจรก็ได้ขึ้นกับจำนวนโคมและลักษณะการติดตั้ง แต่โดยปกติจะแยกออกไปคนละทางกัน เพื่อให้จ่ายดวงโคมได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยที่แรงดันตกคร่อมระหว่างต้นทางถึงดวงโคมที่ไกลที่สุดต้องไม่เกินกว่าที่กำหนดไว้คือ 2 % ของแรงดันพิกัด (220V) คือประมาณ 4.4 V สายไฟที่ใช้เป็นแบบฝังดินโดยตรง (สาย NYY) แบบ 3 แกน (สำหรับไฟ 1φ 3W) หรือ 4 แกน (สำหรับไฟ 3φ 4W) และร้อยท่อ RSC กรณีที่ต้องลอดใต้ถนน ดวงโคมที่อยู่เรียงกันจะต่อจากไฟต่างเฟสต่างกัน เพื่อว่าเวลาเกิดฟิวส์ขาด ไฟจะได้ไม่ดับเป็นบริเวณกว้าง การต่อไฟเข้าดวงโคมจะผ่านฟิวส์ซึ่งอยู่ในช่องภายในโคมเสา เพื่อป้องกันการลัดวงจรภายในดวงโคมและเพื่อการบำรุงรักษา การเปิดปิดคอนแทคเตอร์หรือรีเลย์จะถูกควบคุมด้วยโฟโตเซลล์หรือลวิตช์เวลา บางครั้งไฟถนนชุดหนึ่งอาจออกแบบมาให้ใช้กับระบบไฟ 3φ 4W หรือ 1φ 3W ก็ได้ การจะเลือกระบบนั้นต้องพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายของอุปกรณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องว่าระบบใดจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

วงจรแสดงระบบไฟถนนแสดงไว้ดังรูปที่ 3.8 และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าในรูปที่ 3.9



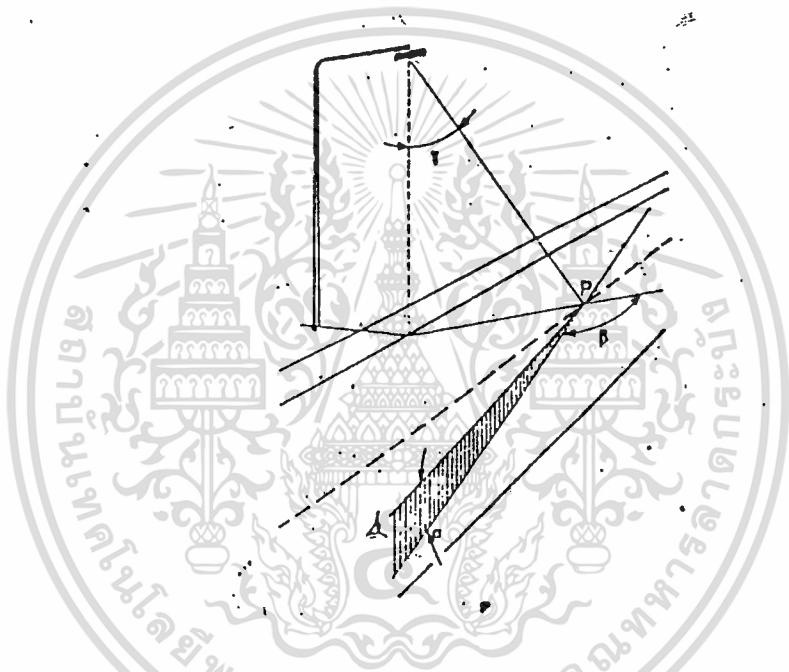
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 3.8 และรูป 3.9 มอนูญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ผิวถนน

3.5.1 ค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างของผิวถนน

ค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่าง (Luminance Coefficient) สามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าการส่องสว่างของผิวถนนต่อค่าความสว่างบนผิวถนนที่พิจารณา

$$q = L/E$$



รูปที่ 3.10 การติดตั้งไฟถนนและกวมองการส่องสว่างของผิวถนน

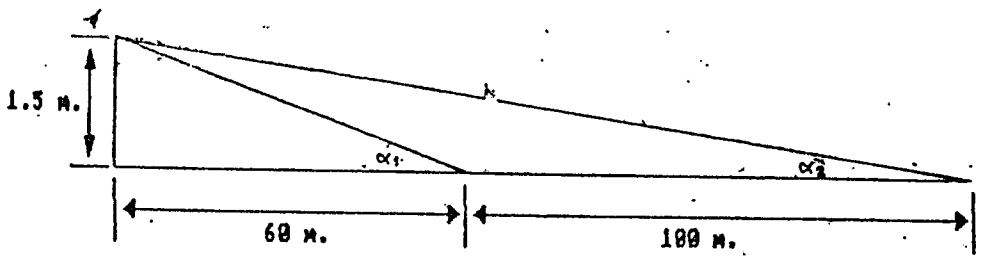
โดย α คือมุมของแนวที่มองกับแนวระดับ

β คือมุมของระนาบแสงตกกับระนาบที่มอง โดยวัดในแนวนอน

θ คือมุมของแนวแสงตกกับแนวตั้ง โดยวัดในแนวตั้ง

ค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่าง (q) ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำผิวถนน ตำแหน่งที่แสงตกลงบนผิวถนนและตำแหน่งของผู้มองไปยังผิวถนนที่พิจารณา ซึ่งตำแหน่งต่างๆนี้กำหนดได้ด้วยมุม α มุม ดังรูปที่ 3.10

โดยทั่วไปแล้วในทางปฏิบัติ ระยะจากผู้สังเกตถึงจุดที่พิจารณาอยู่ระหว่าง 60 เมตร ถึง 160 เมตรและผู้สังเกตอยู่สูงจากพื้น 1.5 เมตร ดังรูป 3.11 จะได้มุม α อยู่ระหว่าง 0.53 ถึง 1.43 องศา โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างมีผลเปลี่ยนแปลงน้อยมากในช่วงของมุมดังกล่าวมาตรฐาน CIE จึงกำหนดให้ค่ามุม α มีค่าคงที่เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างมุม 0.53 ถึง 1.43



รูป 3.11 การกำหนดค่ามุมของแนวที่มองกับแนวระดับ

องศาคือเท่ากับ 1 องศา ดังนี้

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{1.5}{60} = 0.59$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} \frac{1.5}{60} = 1.49$$

$$\alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = \frac{0.59 + 1.49}{2} = 1$$

ดังนั้นค่าประสิทธิผลการส่องสว่างจึงขึ้นอยู่กับมุม 2 มุม คือ ρ และ σ เวลาหาค่าสามารถเขียนอยู่ในรูป $q(\rho, \sigma)$ ส่วนในการคำนวณค่าการส่องสว่างของผิวถนน นิยมใช้ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง (Reduced Luminance Coefficient, r) ในการคำนวณ เนื่องจากสะดวกกว่าค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่าง (Luminance Coefficient, q) ดังจะเห็นได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$L = q \cdot E$$

$$L = \frac{q \cdot I \cdot \cos^3(\theta)}{h^2} \quad (l = h \cdot \cos(\theta))$$

$$L = \frac{r \cdot I}{h^2} \quad (r = q \cdot \cos^3(\theta))$$

ในการหาค่า r ที่มุม θ และ h ต่างๆนั้น สามารถทำการวัดได้ในห้องปฏิบัติการ โดยค่ามุม θ ในตาราง r นั้นจะกำหนดอยู่ในรูปของค่า Tangent ของมุม θ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์

3.5.2 การจัดประเภทของผิวถนนในสภาพแห้ง

การจัดประเภทของผิวถนนในสภาพแห้ง โดยพิจารณาจากคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวนั้น เป็นประโยชน์ต่อการคำนวณค่าการส่องสว่างของผิวน้อยมาก เพราะถนนต่างๆแม้จะใช้วัสดุทำผิวถนนที่เหมือนกัน แต่คุณสมบัติของการสะท้อนแสงก็อาจจะแตกต่างกันบ้าง ยิ่งกว่านั้น คุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวนั้นจะแตกต่างกันมากขึ้นตามเวลาและสภาพการใช้งาน ดังนั้น ในกรณีที่ไม่ว่าค่าจริงของคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของผิวนั้น แต่รู้ประเภทของวัสดุที่ใช้ทำผิวถนน เราก็ยังสามารถคำนวณออกแบบไฟถนนโดยคิดค่าการส่องสว่างของผิวนั้นได้ประมาณใกล้เคียงกับความเป็นจริงมาก

จากตารางที่ 3.4 จะเห็นว่าผิวนั้นจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการสะท้อนแสง โดยคุณสมบัติการสะท้อนแสงของผิวนั้นกำหนดด้วยค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่าง (Average Luminance Coefficient, q_0) และค่าความมันผิว (Specular Factor, x) ผิวนั้นแบ่งออกเป็น 4 แบบตามมาตรฐาน CIE คือ R_1, R_2, R_3 และ R_4 ในทางปฏิบัติจะคิดจากผิวนั้น 4 ประเภทนี้

- 1) R_1 ผิวนั้นมีสีสว่างและหยาบมาก เป็นผิวนั้นที่เหมาะสมที่สุดกับไฟถนน ค่า q_0 และ x มีค่าที่เหมาะสม ราคาไม่แพง ตัวอย่างวัสดุของผิวนั้นประเภทนี้คือ ผิวนั้นคอนกรีต
- 2) R_2 ผิวนั้นมีสีสว่างและหยาบ ค่า q_0 อยู่ในเกณฑ์ดี ค่า x สูงขึ้นแต่ยังไม่มีผลต่อการส่องสว่างมากนัก ตัวอย่างวัสดุของผิวนั้นแบบนี้ ได้แก่ ผิวนั้นแอสฟัลต์คอนกรีตผสมหิน

เกล็ดสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 แสดงการแบ่งประเภทของผิวถนนตาม CIE

Class	Description
I	<ul style="list-style-type: none"> - Asphaltic type road surface containing either at least 15 per cent artificial brightener or at least 30 per cent very bright anorthosites. - Surface dressings containing chippings that cover over 80 per cent of the road surface, where the chippings mainly consist of either artificial brighteners or are 100 per cent very bright anorthosites. - Concrete road surfaces.
II	<ul style="list-style-type: none"> - Surface dressings having a harsh texture and containing normal aggregates. - Asphaltic surfaces containing 10 to 15 per cent artificial brighteners. - Coarse and harsh asphaltic concrete, rich in gravel (> 60%) of sizes up to or greater than 10 mm. - New condition mastic asphalt.
III	<ul style="list-style-type: none"> - Asphaltic concrete (cold asphalt, mastic asphalt) having gravel sizes up to 10 mm, but of a harsh texture (similar to sand paper). - Polished, coarse textured, surface dressings.
IV	<ul style="list-style-type: none"> - Mastic asphalt after some months of use. - Road surfaces having a rather smooth or polished texture.

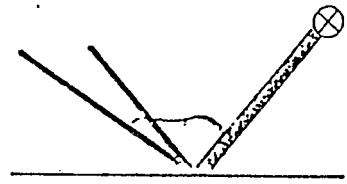
3) R_3 ผิวถนนมีสีมืดและเรียบ ค่า α_0 ลดลง ค่า x ยังมีค่าไม่สูงมากนัก ผิวถนนแบบนี้มีข้ออยู่ทั่วไปทั้งที่แบบ R_1 และ R_2 ดีกว่า ตัวอย่างวัสดุของผิวถนนชนิดนี้ได้แก่ ผิวถนนแอสฟัลต์คอนกรีต

4) R_4 ผิวถนนมีสีมืดและเรียบมาก การสะท้อนแสงไม่ดี ค่า x มีค่าไม่น่าพอใจนัก บนถนนเปียกตอนฝนตกจะเห็นแถบแสงสว่างจ้าเป็นแถบ ๆ ตัวอย่างวัสดุของผิวถนนชนิดนี้ได้แก่ ผิวถนนราดยางมะตอยและผิวเรียบ

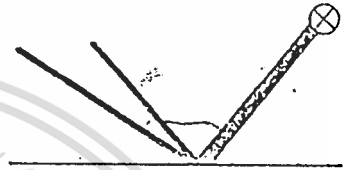
รูปที่ 3.12 เป็นตัวอย่างผิวถนนตามมาตรฐาน CIE ซึ่งแสดงให้เห็นส่วนผสมที่เป็นหินเกล็ดสีขาวหยาบและละเอียดในผิวแต่ละชนิด โดยการผสมด้วยหินเกล็ดสีขาวกับวัสดุผสมยาง

เมื่อยอดที่ใช้ลวดผิวถนนวิธีนี้จะช่วยยกระดับการส่องสว่างของผิวถนนให้สูงขึ้นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

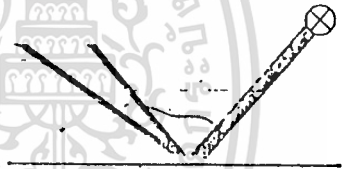
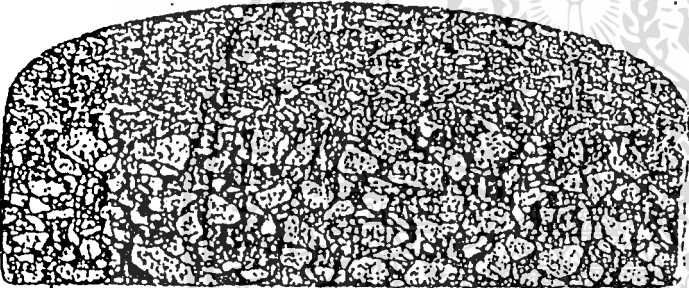
Standard R 1,



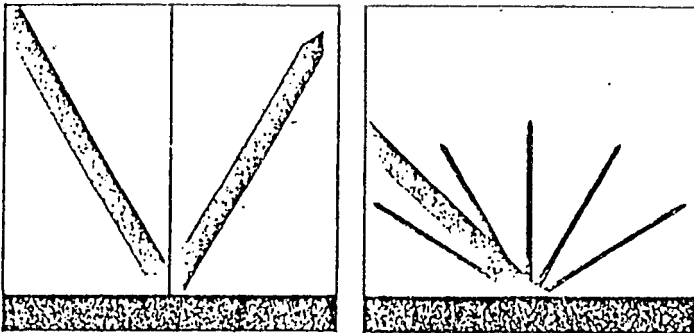
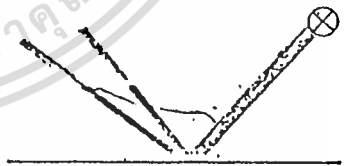
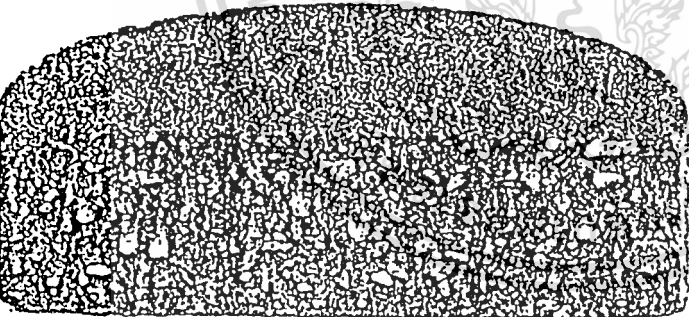
Standard R 2,



Standard R 3,



Standard R 4,



การสะท้อนแสงของผิวมัน การสะท้อนแสงของผิวด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับสถาบันที่มอบหมายให้ดำเนินการโดยไม่อยู่ภายใต้เงื่อนไขใดๆ สำหรับการนำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลอดไฟถนน

หลอดไฟเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ให้แสงสว่าง ส่วนใหญ่เป็นแบบที่ให้กำเนิดแสงจากพลังงานไฟฟ้า คุณสมบัติที่สำคัญและต้องคำนึงถึงเกี่ยวกับหลอดไฟที่ใช้ส่องสว่างทั่วไปคือ ประสิทธิภาพการส่องสว่าง อายุการใช้งานของหลอด ความเหมาะสมในการใช้งาน สีหรือสเปกตรัมของแสงและการตอบสนองสี (colour rendering) การส่องสว่าง และค่าทางไฟฟ้าในการใช้งาน

ประสิทธิภาพการส่องสว่างเป็นสิ่งสำคัญมาก พลังงานไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดส่วนใหญ่เปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและรังสีที่ตามองไม่เห็น จึงมีการนำเทคนิคใหม่มาใช้เช่น เพิ่มอุณหภูมิทำงานของไส้หลอดให้สูงขึ้น หรือใช้หลอดก๊าซดีสซัลไฟด์ซึ่งเพิ่มสสารบางชนิดเข้าไป ทำให้สามารถเกิดรังสีที่ตามองเห็นมากขึ้น เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างและอายุการใช้งานของหลอดด้วย หลอดไฟที่ดีควรมีแสงสีขาวและมีการแผ่รังสีตลอดทั้งสเปกตรัมเท่ากัน

หลอดไฟที่ใช้กับระบบไฟถนนของกรมทางหลวง และการไฟฟ้านครหลวงมีอยู่ 4 ประเภทคือ

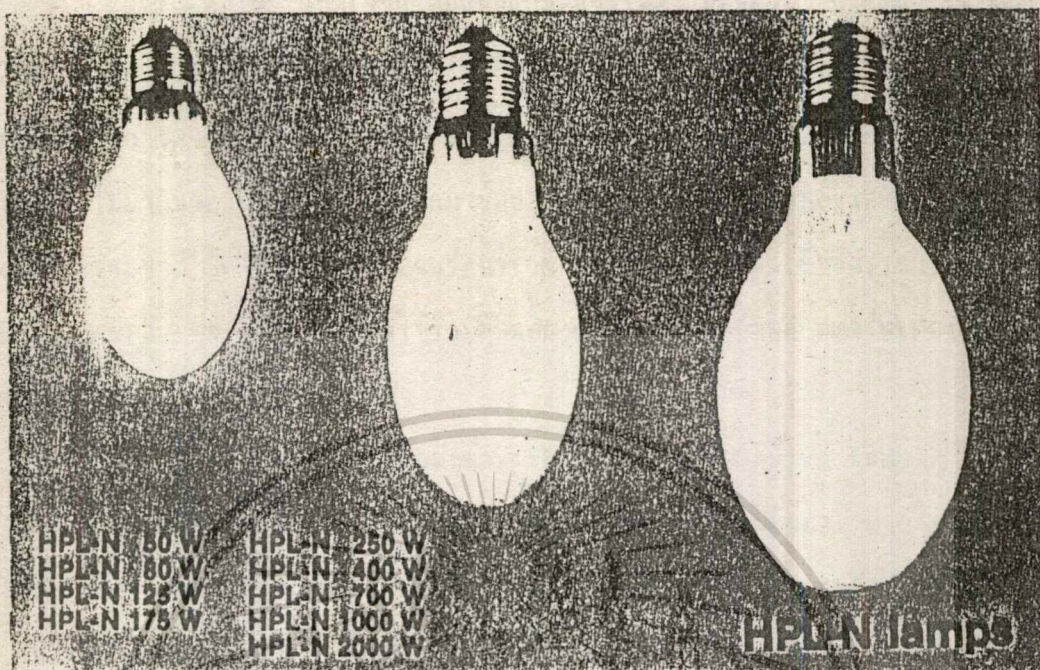
3.6.1 หลอดเมอร์คิวรี (High Pressure Mercury-Vapor Lamp)

หลอดเมอร์คิวรีเป็นหลอดแบบแก๊สดีสซัลไฟด์ความดันสูง ภายในบรรจุไอปรอทความดันสูง ตัวหลอดมีลักษณะเป็นแบบ Elliptical มีตั้งแต่ 50-2000 วัตต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.13

หลอดเมอร์คิวรีนี้ใช้แรงดันสูงในการสตาร์ท ความต้านทานของไอปรอทจะแปรผกผันกับกระแสไฟฟ้า เมื่อมีกระแสเพิ่มขึ้นความต้านทานจะลดลง จึงต้องใช้เวลาสตาร์ทเพื่อทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟฟ้าและเพิ่มแรงดันไฟฟ้าให้สูงพอในการสตาร์ท เวลาที่ใช้ในการจุดหลอดประมาณ 4-5 นาที ถ้าตัดวงจรขณะหลอดทำงานเป็นเวลานานกว่า 0.01 วินาที หลอดจะดับ เมื่อต้องการจะจุดหลอดใหม่ จะต้องทิ้งไว้ให้หลอดเย็นก่อนประมาณ 5-15 นาทีจึงจะจุดติด

หลอดเมอร์คิวรีนี้มีอายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 12,000 - 24,000 ชั่วโมง ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่าง 30-60 lm/W ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตต์ที่ใช้และชนิดสีของหลอด หลอดชนิดนี้ให้ปริมาณแสงได้สม่ำเสมอทำให้ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาน้อย แต่ข้อเสียของหลอดชนิดนี้คือการลงทุนติดตั้งสูง เพราะต้องใช้อุปกรณ์ประเภทบาลาสต์และสตาร์ทเตอร์ซึ่งมีราคาแพง

High-pressure mercury vapour lamps



รูปที่ 3.13 หลอดเมอร์คิวรีขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าทางแสงของหลอดเมอร์คิวรี

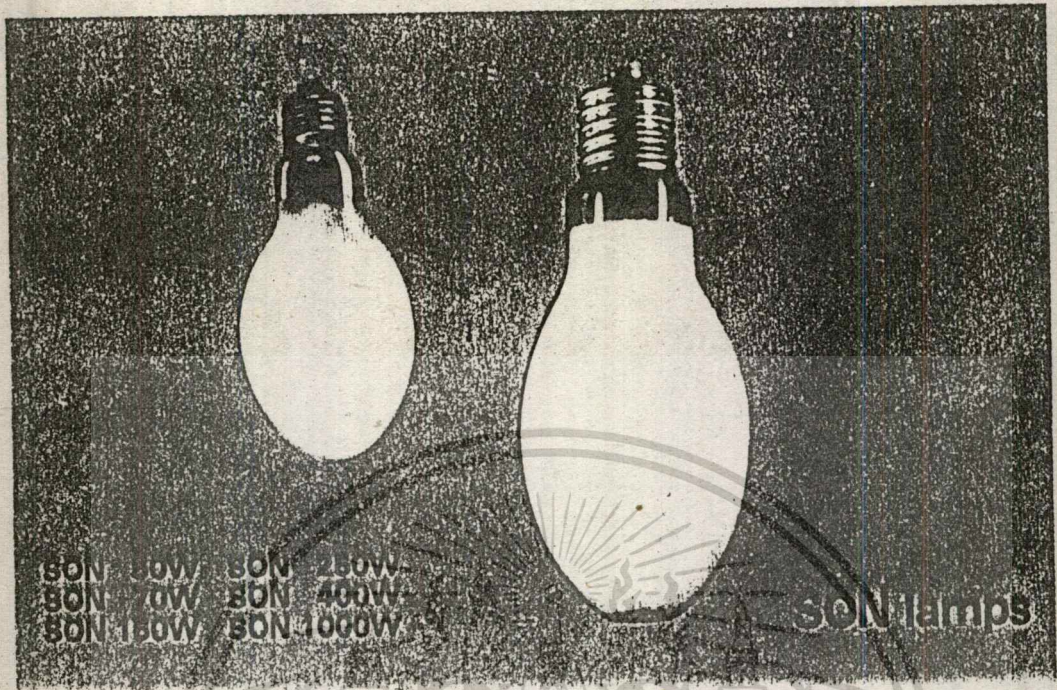
Technical data

Lamp designation	Min. supply voltage for ignition ¹⁾ V		Average lamp voltage ²⁾ V	Average lamp current ²⁾ A	Min. supply voltage for stable operation V	Average luminous flux ²⁾⁷⁾ lm	Average red ²⁾ %	Average luminance ²⁾ cd/cm ²	Run-time min
	+20°C	-18°C							
HPL-N 50 W ⁴⁾	180	210	95	0,60	198	1800	13,5	4,5	5
HPL-N 80 W ⁴⁾	180	210	115	0,80	198	3700	13,0	5,0	4
HPL-N 125 W ⁴⁾⁵⁾	180	210	125	1,15	198	6300	12,5	9,0	4
HPL-N 175 W ⁵⁾	180	210	130	1,50	198	8400	12,0	9,5	4
HPL-N 250 W ⁵⁾	180	210	135	2,13	198	13000	12,0	10,0	4
HPL-N 400 W ⁵⁾	180	210	140	3,25	198	22000	12,0	11,5	4
HPL-N 700 W ⁵⁾	180	210	145	5,40	198	38500	10,5	14,5	4
HPL-N 1000 W ⁵⁾	180	210	145	7,50	198	58000	10,0	18,0	4
HPL-N 2000 W ⁵⁾	310	345	270	8,00	242	120000	10,0	26,0	4

¹⁾ At 0 hours. ²⁾ After 100 burning hours. ³⁾ The number of minutes after which the lamp has reached 90% of its final luminous flux. ⁴⁾ Normal glass. ⁵⁾ Hard glass. ⁶⁾ Lamps with base E27 and E40 also available in hard glass. ⁷⁾ Vertical burning position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

High-pressure sodium lamps



รูป 3.15 หลอดโซเดียมความดันสูงขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 3.7 แสดงค่าทางแสงของหลอดโซเดียมความดันสูง

Technical data

Lamp designation	Base	Min. supply voltage for ignition ¹⁾ V	Average lamp voltage ²⁾ V	Average lamp current ²⁾ A	Min. supply voltage for stable operation V	Max. starting current (mains current) A	Average luminous flux ²⁾ lm	Average luminance cd/cm ²	Run time min
SON 50W-I ¹⁾	E27	198	85	0.76	200	1.08	3 300	4.5	5
SON 50W-E ⁴⁾	E27	198	85	0.76	200	1.08	3 300	4.5	5
SON 70W-I ¹⁾	E27	198	90	1.00	200	1.35	5 800	7.0	5
SON 70W-E ⁴⁾	E27	198	90	1.00	200	1.35	5 800	7.0	5
SON 150W	E40/45	198	100	1.80	200	2.40	13 500	10.0	5
SON 250W	E40/45	198	100	3.00	200	4.50	25 000	19.0	5
SON 400W	E40/45	198	105	4.45	200	6.50	47 000	24.0	5
SON 1000W	E40/45	198	110	10.30	200	14.00	120 000	36.0	6

¹⁾ At 0 hours, between - 30°C and + 20°C.

²⁾ After 100 burning hours.

³⁾ The number of minutes after which the lamp has reached 80% of its final luminous flux.

⁴⁾ E with external ignitor, I with internal ignitor.

บทที่ 4

การคำนวณทางด้านแสงสว่าง

4.1 การคำนวณค่าความสว่าง (Illuminance) และค่าการส่องสว่าง (Luminance)

วิธีการคำนวณที่ใช้จะเป็นการคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point by Point Method) เพราะสามารถคำนวณหาคุณสมบัติทางแสงบนผิวถนน เช่น ค่าความสม่ำเสมอ ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของความสว่างและการส่องสว่างได้

ค่าความสว่างในแนวระดับที่จุด P บนผิวถนน (พิจารณารูปที่ 4.1) โดยหาได้จาก

$$E_{p(hor)} = \frac{I(\theta, C) \cdot \cos(\theta)}{D^2}$$

โดย $E_{p(hor)}$ คือค่าความสว่างในแนวระดับที่จุด P

$I(\theta, C)$ คือค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟในทิศทางมาที่จุด P

โดยมีมุม θ บนระนาบ C ดังรูป

D คือระยะห่างจากโคมไฟมายังจุด P

จากรูปที่ 4.1 จะเห็นว่า $D = H / \cos(\theta)$ ดังนั้น

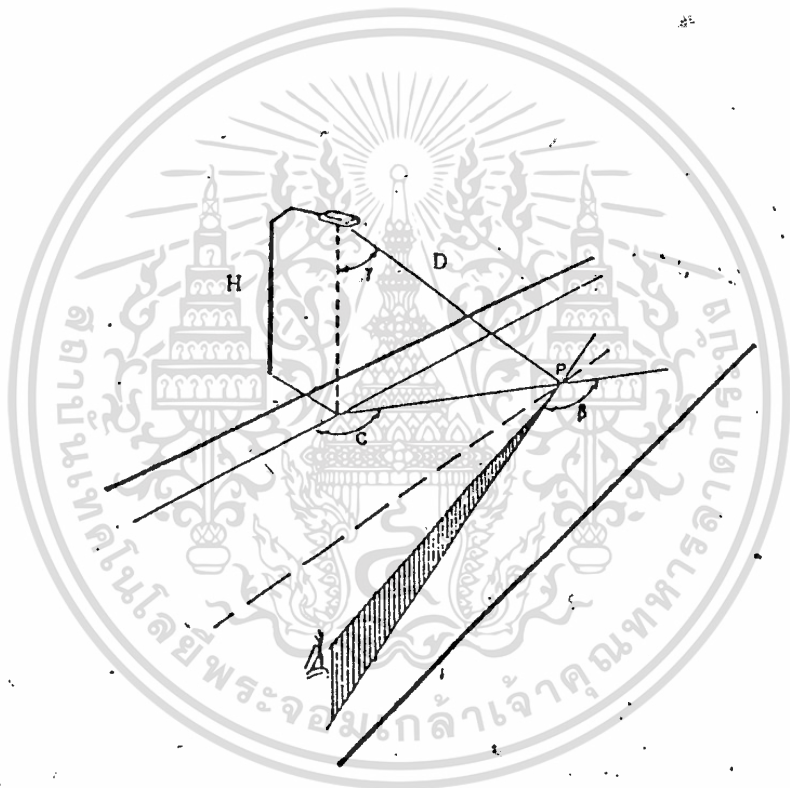
$$E_{p(hor)} = \frac{I(\theta, C) \cdot \cos^3(\theta)}{H^2}$$

ค่าการส่องสว่างที่จุด P บนพื้นผิวถาด หาได้จาก

$$L_p = q(\theta, \rho) \cdot E_{p(\text{hor})}$$

โดย $q(\theta, \rho)$ คือสัมประสิทธิ์การส่องสว่างบนผิวถาด

$$L_p = \frac{q(\theta, \rho) \cdot I(\theta, C) \cdot \cos^3(\theta)}{H^2}$$



รูป 4.1 แสดงตำแหน่งของโคม ผู้สังเกตและจุดที่พิจารณา (จุด P) บนผิวถาด

เนื่องจาก $R(\theta, \rho) = q(\theta, \rho) \cdot \cos^3(\theta)$ โดย $R(\theta, \rho)$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง (Reduced Luminance Coefficient) ดังนั้น

$$L_p = \frac{R(\theta, \rho) \cdot I(\theta, C)}{H^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่จำนวนดวงโคมเท่ากับ n ดวงโคม จะได้ว่า

$$E_{p(\text{hor})} = \frac{\sum_{i=1}^n I(\theta_i, C) \cdot \cos^3(\theta_i)}{H^2}$$

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^n R(\theta_i, \beta) \cdot I(\theta_i, C)}{H^2}$$

แต่โดยปกติการติดตั้งดวงโคมจะมีมุมเงย (Tilt Angle) ด้วย ดังแสดงในรูปที่

4.2 ดังนั้นค่าความสว่างและการส่องสว่างจะมีค่า

$$E_{p(\text{hor})} = \frac{I(\theta_1, C) \cdot \cos^3(\theta_2)}{H^2}$$

$$L_p = \frac{R(\theta_2, \beta) \cdot I(\theta_1, C)}{H^2}$$

จากรูปที่ 4.2 พิจารณาสองเหลี่ยม $A'PE'$ จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$A'P = \sqrt{(A'x - Px)^2 + (A'y - Py)^2}$$

$$PE' = \sqrt{(Px - E'x)^2 + (Py - E'y)^2}$$

$$E'A' = \sqrt{(E'x - A'x)^2 + (E'y - A'y)^2}$$

โดยใช้ Cosine Law จะได้ว่า

$$\alpha = \text{Cos}^{-1} \frac{A'P^2 + PE'^2 - E'A'^2}{2 \cdot A'P \cdot PE'}$$

$$\beta = 180 - \alpha$$

พิจารณาสามเหลี่ยม A'PL

$$PL = \sqrt{(Px-Lx)^2 + (Py-Ly)^2 + H^2}$$

$$LA' = H / \text{Cos}(\lambda)$$

โดยใช้ Cosine Law จะได้ว่า

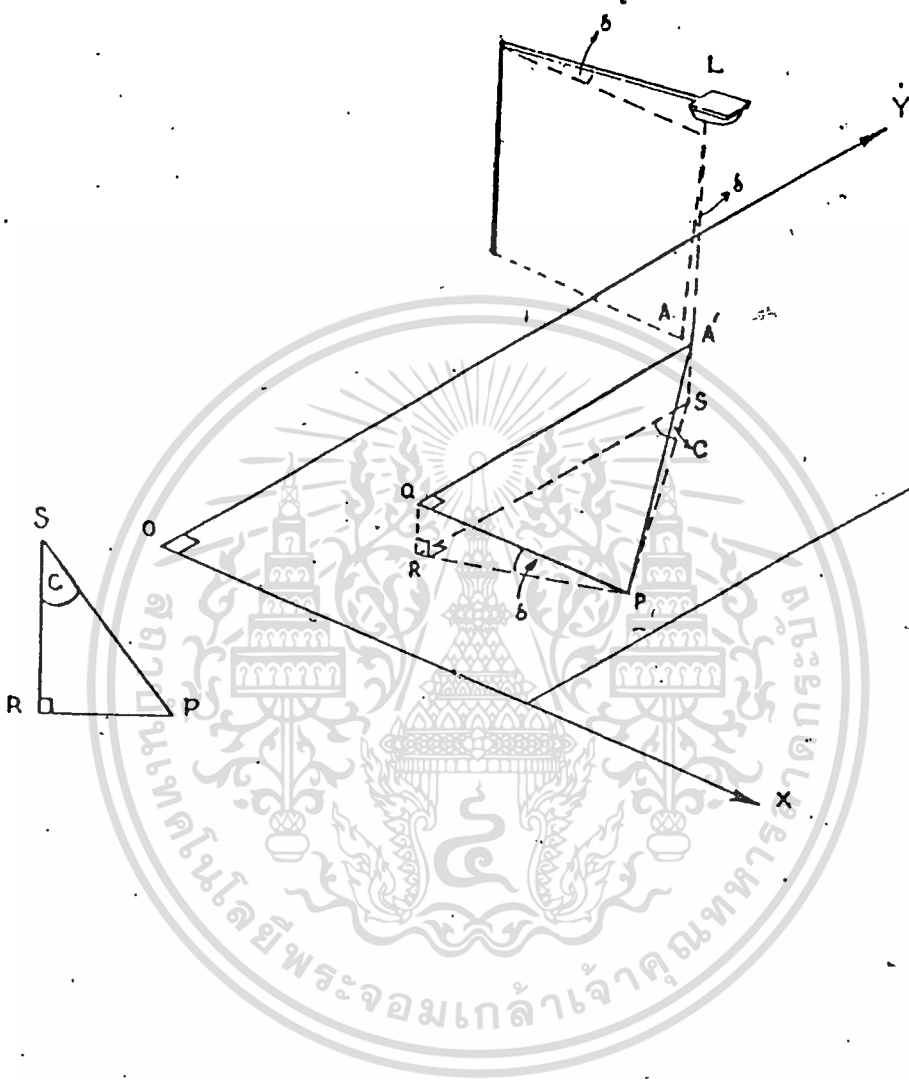
$$\theta_1 = \text{Cos}^{-1} \frac{LA'^2 + PL^2 - A'P^2}{2 \cdot LA' \cdot PL}$$

$$\theta_2 = \text{Tan}^{-1} (AP/H)$$

โดยที่ $AP = \sqrt{(Lx-Px)^2 + (Ly-Py)^2}$

การคำนวณหาค่ามุม C ทำได้โดยการพิจารณาจากรูปที่ 4.3 เนื่องจากมุมเงย (Tilt Angle) มาเกี่ยวข้องทำให้ผิวถนนไม่ตั้งฉากกับ C-Plane ดังนั้นจึงต้องหาระนาบที่ตั้งฉากกับ C-Plane ที่ผ่านจุด P. จากรูปคือระนาบ PRS ที่มีด้าน RS อยู่ใต้ผิวถนนยาวเท่ากับ A'Q ซึ่งอยู่บนผิวถนน

พิจารณาสามเหลี่ยม PRS ซึ่งเป็นสามเหลี่ยมมุมฉาก



รูปที่ 4.3 แสดงการคำนวณหาค่ามุม C โดยกำหนดให้

- L_x คือตำแหน่งของโคมไฟตามแกน X
- L_y คือตำแหน่งของโคมไฟตามแกน Y
- A'_x คือตำแหน่งของจุดเส็งของโคมไฟตามแกน X
- A'_y คือตำแหน่งของจุดเส็งของโคมไฟตามแกน Y (เท่ากับ L_y)
- P_x คือตำแหน่งจุดที่พิจารณาบนพื้นถนนตามแกน X
- P_y คือตำแหน่งจุดที่พิจารณาบนพื้นถนนตามแกน Y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

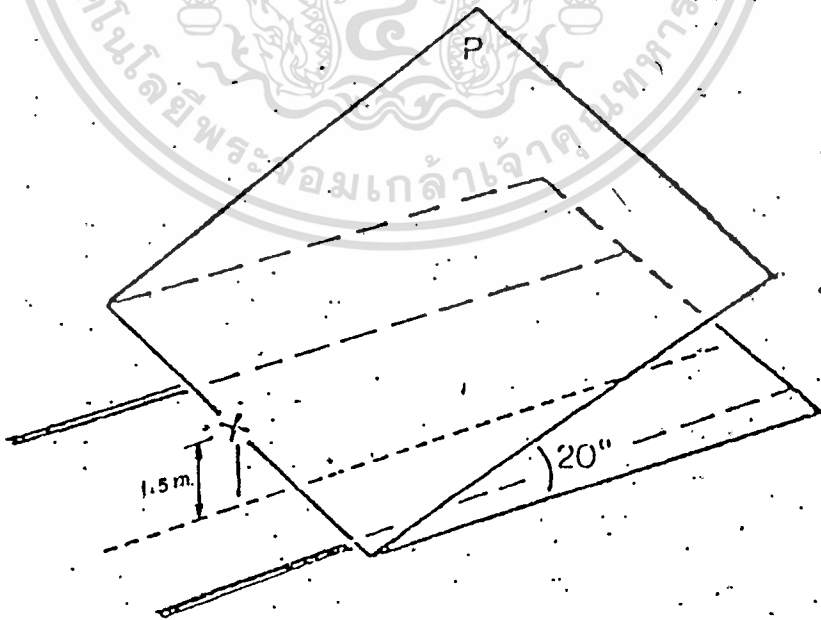
$$RS = A'Q = Py - A'y$$

$$C = \text{Tan}^{-1}(PR/RS)$$

จากค่ามุม C และมุม α_1 นำไปคำนวณหาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างจากตาราง I ของดวงโคม และค่ามุม θ และมุม α_2 นำไปหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจากตาราง R ของผิวถนนที่กำหนดให้ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าความสว่างและความส่องสว่างที่จุด P ต่อไป

4.2 การคำนวณ Disability Glare

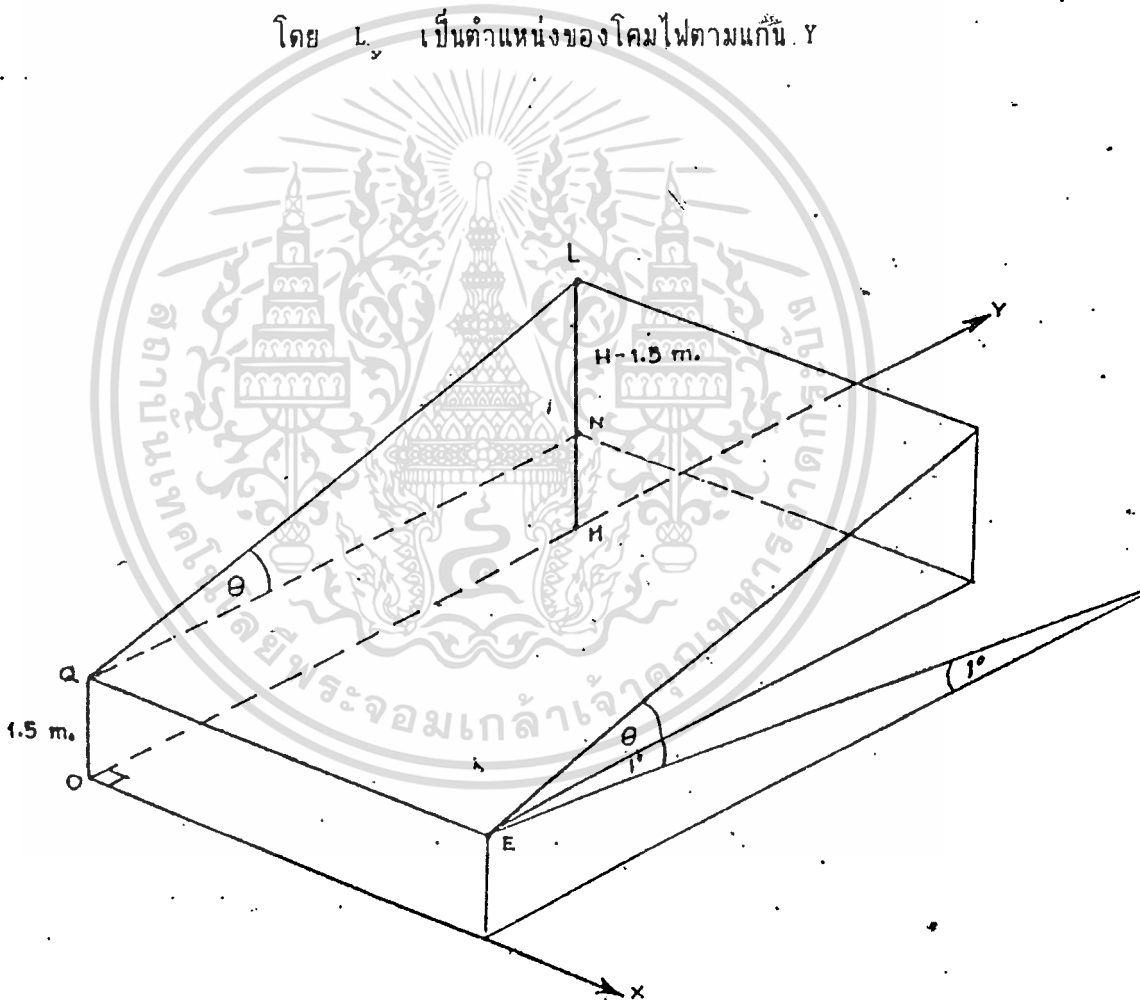
ในการหาค่า Disability Glare โดยทั่วไปจะพิจารณาในเทอมของค่า Veiling Luminance (L_v) หรือค่า Threshold Increment (TI) ซึ่งมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ดังนั้นการคำนวณต่อไปนี้จะเป็นส่วนตอนในการหา Disability Glare



จากรูป 4.4 กำหนดให้ ผู้ขับขี้อวดยานมองผิวถนนโดยที่มุมสูงจากแนวระดับที่ 1 องศาและโคมไฟที่อยู่ภายในมุมยกขึ้น 20 องศากับแนวมองจะนำมาคิดค่า Veiling Luminance นั้นคือโคมไฟที่อยู่ภายในมุม 19 องศากับแนวระดับ ขั้นตอนในการคำนวณมีดังต่อไปนี้

$$\text{มุม } \theta = \frac{\text{Tan}^{-1} (H-1.5)}{L_v}$$

โดย L_v เป็นตำแหน่งของโคมไฟตามแกน Y



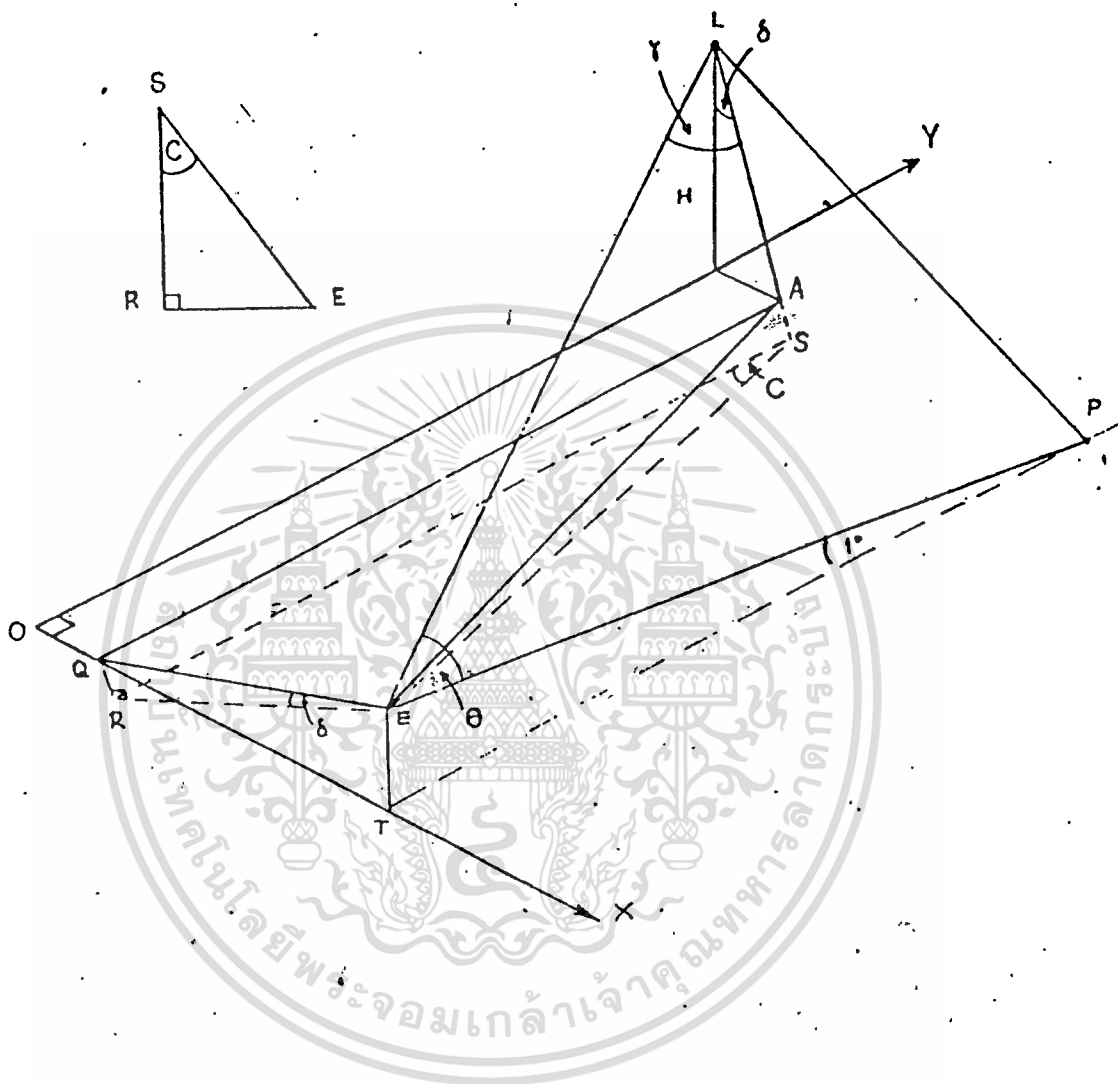
รูป 4.5 แสดงการคำนวณหามุม θ โดยกำหนดให้

E เป็นตำแหน่งตาผู้สังเกต โดยอยู่สูงจากผิวถนน 1.5 เมตร

P เป็นจุดสังเกตบนผิวถนน

L เป็นตำแหน่งของดวงโคม

H เป็นความสูงของดวงโคม โดยวัดจากผิวถนน



รูป 4.6 แสดงการคำนวณหาค่ามุมต่างๆเพื่อนำมาหาค่ามุม L โดยกำหนดให้

- E เป็นตำแหน่งตาผู้สังเกต โดยอยู่สูงจากผิวนอน 1.5 เมตร
- P เป็นจุดสังเกตบนผิวนอน
- L เป็นตำแหน่งของดวงโคม
- A เป็นจุดเลี้ยงของดวงโคมบนผิวนอน
- α เป็นค่ามุมเงย (Tilt Angle) ของโคมไฟ
- H เป็นความสูงของดวงโคมจากผิวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 คำนวณหาตำแหน่งของโคมไฟดวงแรก โดยพิจารณาจากโคมไฟดวงที่อยู่ใกล้
 ด้านหน้าของผู้สังเกตมากที่สุดในแต่ละแถว ซึ่งมีขั้นตอนพิจารณาดังนี้ จากรูป 4.5 ทำการหามุม θ
 ถัดน้อยกว่า 19 องศา ก็นำโคมดวงนั้นมาพิจารณาค่า Veiling Luminance แต่ถ้ามุม θ มี
 ค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 19 องศา ให้พิจารณาโคมดวงถัดไปในแถวเดียวกันมาหามุม θ จนกว่าจะ
 มีค่าน้อยกว่า 19 องศา จึงกำหนดให้โคมดวงนั้นเป็นโคมดวงแรกในแถวที่จะคำนวณหา
 Veiling Luminance (L_v) จนกระทั่งค่า L_v ของโคมที่พิจารณามีค่าน้อยกว่า 2 % ของค่า
 L_v รวมของแถวนั้น จากรูป 4.5 เราสามารถหามุม θ ได้จาก

4.2.2 คำนวณหามุม θ

จากรูป 4.6 พิจารณาสามเหลี่ยม LAE

$$LA = \sqrt{H^2 + (A_x - L_x)^2}$$

$$AE = \sqrt{(1.5)^2 + (E_x - A_x)^2 + (E_y - A_y)^2}$$

$$EL = \sqrt{(H-1.5)^2 + (L_x - E_x)^2 + (L_y - E_y)^2}$$

โดยกำหนดให้

- L_x เป็นตำแหน่งของโคมไฟตามแกน X
- L_y เป็นตำแหน่งของโคมไฟตามแกน Y
- A_x เป็นตำแหน่งของจุดแสงของโคมไฟตามแกน X
- A_y เป็นตำแหน่งของจุดแสงของโคมไฟตามแกน Y (เท่ากับ L_y)
- E_x เป็นตำแหน่งผู้สังเกตตามแกน X (มีค่าเท่ากับ 1/4 ของความกว้างถนน)
- E_y เป็นตำแหน่งผู้สังเกตตามแกน Y (มีค่าเท่ากับ 0)

จาก Cosine Law จะได้ว่า

$$\theta = \cos^{-1} \frac{LA^2 + EL^2 + AE^2}{2 \cdot LA \cdot EL}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับปริญญาตรี ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การหามุม C

จากรูป 4.6 พิจารณาสัมเหลี่ยมมุมฉาก SRE

$$SR = AQ = AY$$

$$RE = QE \cdot \cos(\lambda) = \sqrt{(E_x - A_x)^2 + (1.5)^2}$$

$$C = \tan^{-1}(RE/SR)$$

จากค่ามุม θ , C ที่ได้ นำไปคำนวณค่า I จากโคมไฟในทิศทางมายังผู้สังเกต โดยหาจากตาราง

4.2.4 คำนวณหาค่า Veiling Luminance

ความสว่างจากโคมไฟที่ปรากฏบนสายตาผู้สังเกตสามารถหาได้จาก

$$E = \frac{I(\theta, C)}{D^2}$$

โดยที่ D เป็นระยะจากดวงโคมมายังตาผู้สังเกต (ระยะ LE ตามรูป 4.6)

$$D = \sqrt{(H-1.5)^2 + (L_x - E_x)^2 + (L_y - E_y)^2}$$

ดังนั้นค่าความสว่างในทิศตั้งฉากกับทิศการมองของผู้สังเกตสามารถหาได้จาก

$$E_v = E \cdot \cos(\theta) = \frac{I(\theta, C) \cdot \cos(\theta)}{D^2}$$

จากรูป 4.6 พิจารณาสัมเหลี่ยม LPE มุม θ หาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตนแปลงเนื้อหา และผลงานอันยังถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$LP = \sqrt{H^2 + (L_x - P_x)^2 + (L_y - P_y)^2}$$

$$PE = 1.5/\sin(1^\circ)$$

$$LE = \sqrt{(H-1.5)^2 + (L_x - E_x)^2 + (L_y - E_y)^2}$$

จาก Cosine Law

$$\theta = \cos^{-1} \frac{LE^2 + PE^2 - LP^2}{2 \cdot LE \cdot PE}$$

ดังนั้นสามารถหา Veiling Luminance (L_v) ได้จาก

$$L_v = 0.003 \sum_{i=1}^n \frac{E_{v1}}{\theta^2} \quad (\theta \text{ อยู่ในรูปเรเดียน})$$

$$L_v = 10 \sum_{i=1}^n \frac{E_{v1}}{\theta^2} \quad (\theta \text{ อยู่ในรูปองศา})$$

โดยที่ n เป็นจำนวนโคมไฟทั้งหมดที่ทำให้เกิด Veiling Luminance (เป็นโคมที่ถูกพิจารณาภายใต้เงื่อนไขตามที่ได้กล่าวมาแล้ว)

4.2.5 คำนวณหา Disability Glare

เมื่อทราบค่า Veiling Luminance แล้วก็สามารถหาค่า Disability Glare หรือ Threshold Increment (TI %)

$$TI = \frac{65 L_v}{(L_u)^{0.8}} \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งลิงก์อ้างอิงถึงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย L เป็นค่าการส่องสว่างเฉลี่ยในบริเวณที่พิจารณา

ในการคำนวณหา Disability Glare นั้น กำหนดให้จุดสังเกตอยู่ห่างจากขอบซ้ายของถนนเท่ากับ 1/4 ของความกว้างถนน โดยอยู่สูงจากพื้นถนน 1.5 เมตร และท่ามุมยกขึ้น 19 องศา กับแนวระดับซึ่งโคมไฟที่อยู่ในมุมนี้จะต้องนำมาคำนวณทั้งหมด โดยกำหนดให้ผู้ขับที่ยาวดยานมองผิวถนนห่างออกไป 90 เมตรจากจุดสังเกตหรือมองลงประมาณ 1 องศา กับแนวระดับนั่นเอง

4.3 การคำนวณ Discomfort Glare

ค่า Discomfort Glare นั้นสามารถคำนวณได้จาก

$$G = 13.84 - 3.31 \log(I_{80}) + 1.3 \log(I_{80}/I_{88})^{0.5} - 0.08 \log(I_{80}/I_{88}) + 1.29 \log(F) + C + 0.97 \log(L_{\text{uv}}) + 4.41 \log(h') - 1.46 \log(P)$$

หรือ

$$G = SLI + C + 0.97 \log(L_{\text{uv}}) + 4.41 \log(h') - 1.46 \log(P)$$

เมื่อ I_{80} เป็นความเข้มการส่องสว่างที่มุม 80 องศา กับแนวตั้งลง และขนานกับแนวถนน

I_{80}/I_{88} เป็นอัตราส่วนความเข้มการส่องสว่างที่มุม 80 กับ 88 องศา กับแนวตั้งลงและขนานกับแนวถนน

F เป็นพื้นที่การส่องสว่างเมื่อมองที่มุม 76 องศา กับแนวตั้งลง มีหน่วยเป็นตารางเมตร

C เป็นค่าคงที่ทางสีของหลอดไฟซึ่งขึ้นกับการกระจายสเปกตรัม (Spectral Distribution) ของแสงจากหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เป็นค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของผิวถนน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

h' เป็นความสูงระหว่างระดับสายลวดซึ่งสูงจากพื้นถนน 1.5 เมตร
ถึงระดับโคมไฟ มีหน่วยเป็นเมตร

P เป็นจำนวนโคมไฟต่อความยาวถนน 1 กิโลเมตร

SLI คือ Specific Lantern Index

ซึ่งสมการหาค่า Discomfort Glare จะใช้ได้ต่อเมื่อ

$$50 < I_{so} < 7000 \text{ cd}$$

$$1 < I_{so}/I_{sb} < 50$$

$$0.007 < F < 0.4 \text{ m}^2$$

$$0.3 < L < 7 \text{ cd/m}^2$$

$$5 < h' < 20 \text{ m}$$

$$20 < P < 100$$

จำนวนแถวของโคมไฟ = 1 หรือ 2

สำหรับการคำนวณเรื่อง Discomfort Glare มีข้อกำหนดในการคำนวณดังนี้

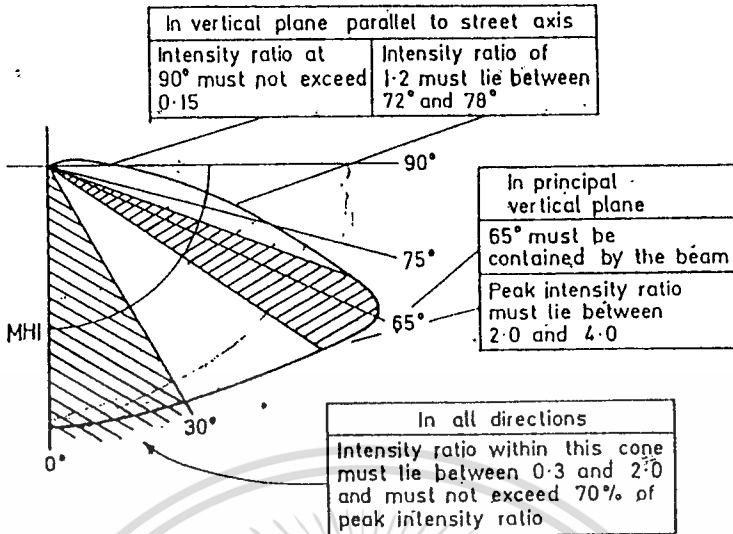
1. ถนนเป็นเส้นตรง และโคมไฟติดตั้งเป็นแถวเรียงตามถนน
2. โคมไฟทั้งหมดต้องมีการกระจายความเข้มการส่องสว่างเหมือนกันและเป็นแบบสมมาตร

ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม

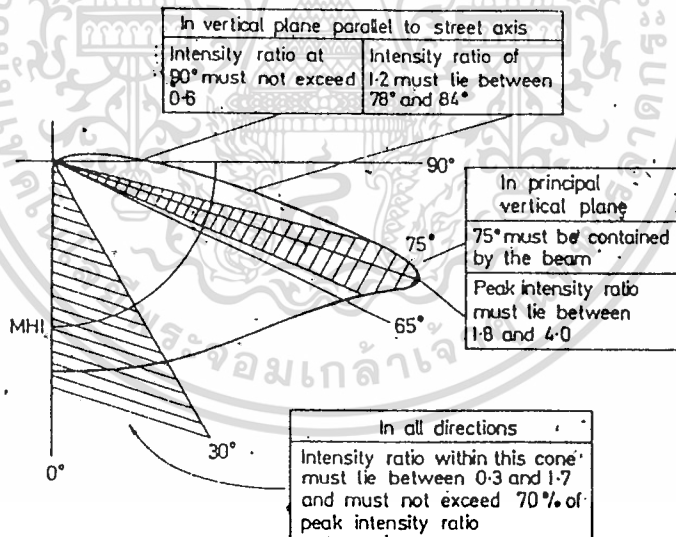
ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายนอกอาคารนั้น ก่อนที่วิศวกรแสงสว่างจะตัดสินใจใช้โคมไฟแบบไหนในการส่องสว่างบริเวณที่ต้องการนั้น จะต้องพิจารณาข้อมูลทางแสงของโคมไฟชนิดต่างๆก่อน ซึ่งวิธีในการนำเสนอข้อมูลทางแสงนั้นมีความสำคัญเท่ากับข้อมูลทางแสง โดยการแสดงข้อมูลทางแสงนั้นควรที่จะมีลักษณะที่เข้าใจ เป็นสากล และไม่ต้องนำมาตีความหมายมากนัก

ในระบบแสงสว่างภายนอกอาคาร การหาค่าทางแสงนั้นจะอาศัยข้อมูลการกระจายแสงของโคมไฟที่นำไปติดตั้ง การวัดค่าทางแสงนั้นจะต้องนำอุปกรณ์วัดค่าทางแสงมาวัดจุดที่ต้องการวัด ซึ่งเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก ต้องเสียค่าใช้จ่ายและเวลาอย่างมากมาย จึงมีการคิดที่จะสร้างไดอะแกรมทางแสงซึ่งแสดงค่าการกระจายแสงของดวงโคมที่นำมาใช้ ซึ่งการกระจายแสงของโคมไฟควรมีความสัมพันธ์กับความสูงในการติดตั้ง ช่วงยื่นของโคมไฟ ระยะห่างระหว่างโคมไฟ ความกว้างของถนนที่จะให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ การจัดเรียงดวงโคม เป็นต้น

ดังนั้นเพื่อที่จะให้การกระจายแสงของดวงโคมเป็นไปในลักษณะที่ต้องการ จึงมีการกำหนดลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมตามชนิดของดวงโคมชนิดต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.1 - 5.2 โดยกำหนดให้ ประการแรก โคมไฟควรมีค่าความเข้มสูงสุดที่มุมสูงพอที่จะใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติการสะท้อนของพื้นผิวถนนได้ ประการที่สอง ค่าความเข้มที่มีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดควรจะค่อยๆลดลง เพื่อว่าค่าการส่องสว่างบนถนนบริเวณใกล้กับเสาไฟจะได้ไม่มีค่าสูงมากนักจนทำให้เกิดความสว่างเป็นหย่อมๆ ประการที่สาม การลดลงของความเข้มเหนือจุดสูงสุดควรมีลักษณะชันเพื่อที่จะลดค่าแกลร์ แต่ไม่ควรชันมาก เพราะจะทำให้ระยะห่างระหว่างเสามีค่าน้อย



รูปที่ 5.1 ข้อกำหนดการกระจายแสงของโคมไฟแบบคัทออฟ



รูปที่ 5.2 ข้อกำหนดการกระจายแสงของโคมไฟแบบเซมิคัทออฟ

เพื่อความสะดวกของผู้ใช้ ข้อมูลทางแสงจะแสดงอยู่ในรูปของกราฟ ซึ่งกราฟต่างๆ

มักจะมีการแสดงผลการกระจายแสงของดวงโคมอยู่ 3 ประเภทคือ

1. ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2. ค่าความสว่าง (Illuminance)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

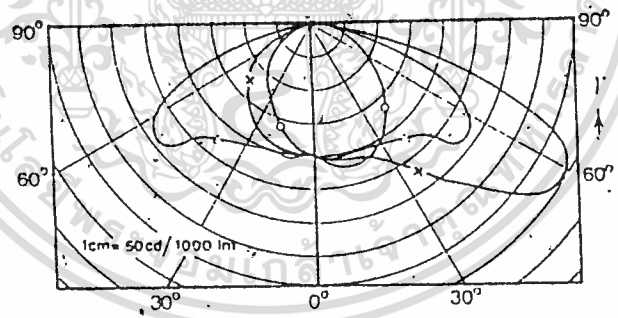
3. ค่าการส่องสว่าง (Luminance)

5.1 การแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity)

ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างมีหน่วยเป็นแคนเดลล่าซึ่งมักจะมีค่าสูง ดังนั้นเพื่อให้
ง่ายต่อการเปรียบเทียบระหว่างโคมไฟชนิดต่าง ๆ จึงมักจะบอกในรูปของค่าความเข้มแห่งการ
ส่องสว่างต่อปริมาตรพื้นที่ได้จากหลอดไฟจำนวนหนึ่งซึ่งมักกำหนดให้มีความเท่ากับหนึ่งพันลูเมน ดังนั้นจึงนิยมระบุค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างอยู่ในรูปของแคนเดลล่าต่อหนึ่งพันลูเมน (cd/1000
lm) การกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของไฟถนนสามารถแสดงได้ 2 แบบคือ

5.1.1 โพลาร์ไดอะแกรม (Polar Diagram)

เป็นไดอะแกรมที่แสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบต่างๆ โดยที่ระนาบ
หนึ่งๆ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างจะมีค่าแตกต่างกันไปตามมุม θ ที่เปลี่ยนไป โดยทั่วไปจะ
แสดงระนาบ C ที่ขนานกับแกนถนน ($C = 0$ และ $C = 180$) ระนาบตามแนวขวางของถนน
($C = 90$ และ $C = 270$) เพื่อหาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่กระจายไปตามความกว้างของ
ถนน หรืออาจแสดงระนาบของ C ที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 5.3



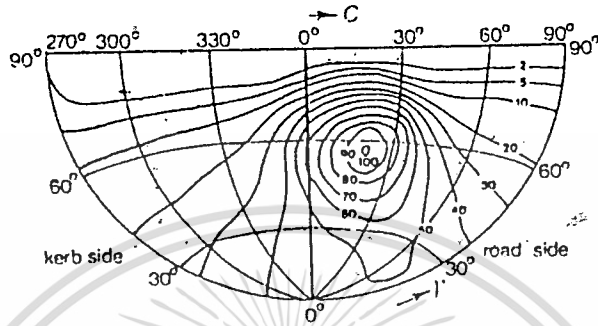
รูปที่ 5.3 ตัวอย่างโพลาร์ไดอะแกรมที่มีการกระจายแสงใน
ระนาบขนานกับถนน(Δ) ระนาบตามแนวขวางของถนน(\circ)
และในระนาบที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุด (x)

5.1.2 ไอโซแคนเดลล่าไดอะแกรม (Isocandela Diagram)

เป็นการแสดงการกระจายค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างรอบ ๆ โคมไฟ ในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ส่วนตัวเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สร้างไอโซแคนเดลล่าบนจะลากจุดที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเท่ากัน (Isocandela
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Contours) ลงบนระนาบรอบๆโคมไฟ (คล้ายกับแผนที่โลก) ดังนั้นไอโซแคนเดลล่าไดอะแกรม

จะแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบ C และมุม σ ที่มีค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเท่ากัน สำหรับโคมไฟที่มีการกระจายแสงอย่างสมมาตรรอบระนาบ C_{270} และ C_{90} สามารถแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเพียงครึ่งหนึ่งได้ ดังรูป 5.4



รูปที่ 5.4 ตัวอย่างของไอโซแคนเซลล์้าโดยแกรม

5.2 การแสดงค่าความสว่าง (Illuminance)

ค่าความสว่างเฉลี่ยที่ได้จากโคมไฟบนถนนและค่าความสว่างที่จุดใด ๆ บนพื้นถนนสามารถคำนวณหาได้ง่ายและรวดเร็ว โดยใช้แผ่นข้อมูลที่แสดงยูทิลิเซชันแฟกเตอร์โดยแกรม (Utilization Factor Diagram) และไอโซลักซ์โดยแกรม (Isolux Diagram)

5.2.1 ยูทิลิเซชันแฟกเตอร์โดยแกรม (Utilization Factor Diagram)

ค่ายูทิลิเซชันแฟกเตอร์ของโคมไฟสามารถหาได้จากอัตราส่วนระหว่างค่าฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกลงบนพื้นถนน (ϕ_u) กับค่าฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่กระจายออกมาจากหลอดไฟ (ϕ)

$$n = \frac{\phi_u}{\phi}$$

โดยสามารถนำค่านี้ไปคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยของถนนสายตรงที่มีระยะทางไม่

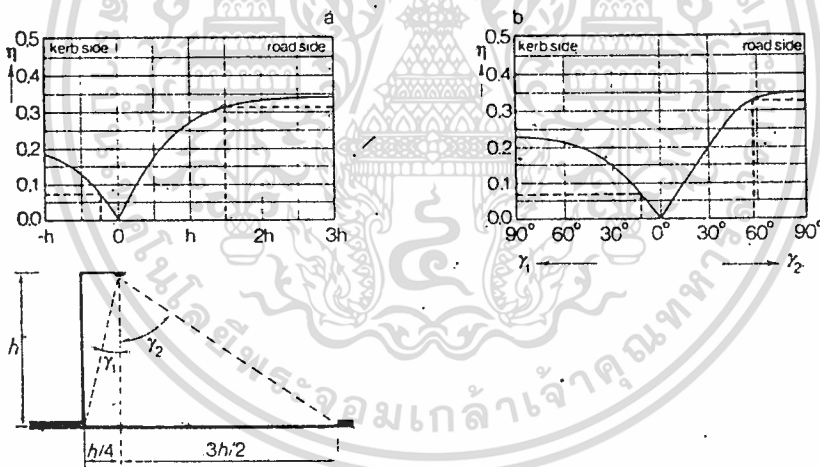
จำกัดได้จากสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดย ϕ_c คือค่าของ ϕ_c สว่างของหลอดไฟที่ติดตั้งในดวงโคม (ลูเมน)
- n คือจำนวนของหลอดไฟต่อโคมไฟ 1 ดวง
- w คือความกว้างของถนน (เมตร)
- s คือระยะห่างระหว่างดวงโคม (เมตร)
- n คือค่ายุติไลเซชันแฟคเตอร์

ยุติไลเซชันแฟคเตอร์ไดอะแกรมสำหรับโคมไฟดวงหนึ่งสามารถบอกได้ 2 แบบคือ

1. บอกในรูปของระยะทางตามแนวขวาง โดยวัดในหน่วยของความสูงในการติดตั้งดวงโคม โดยวัดจากดวงโคมไปยังขอบถนนทั้งสองฝั่ง วิธีนี้ใช้หาค่า n เมื่อรู้ความกว้างของถนน
2. บอกในรูปของมุม α_1 และ α_2 วิธีนี้ใช้ดูว่าการเอียงของดวงโคมจะช่วยให้ได้ค่ายุติไลเซชันแฟคเตอร์มากขึ้นหรือทำให้ได้ค่าความสว่างเฉลี่ยดีขึ้นหรือไม่ ดังแสดงในรูป 5.5



รูปที่ 5.5 ไดอะแกรมยุติไลเซชันแฟคเตอร์

- กรณี n เป็นฟังก์ชันของ h
- กรณี n เป็นฟังก์ชันของมุม α_1 และ α_2

จากรูปที่ 5.5 ค่ายุติไลเซชันแฟคเตอร์นั้นจะต้องรวมค่ายุติไลเซชันแฟคเตอร์ของถนนกับขอบถนนเข้าด้วยกัน เพื่อจะได้ค่าที่แท้จริงสำหรับความกว้างทั้งหมดของถนน จากรูป 5.5 a)

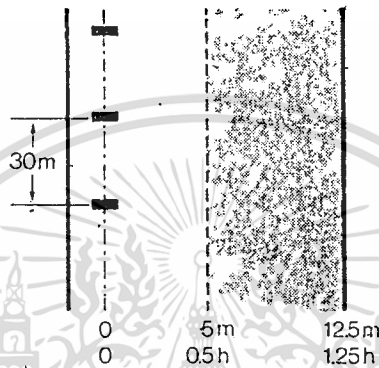
ค่า $n = 0.075 + 0.32 = 0.395$ และรูป 5.5 b) มุม $\alpha = \arctan h/4h = 14$ องศา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และตั้งลิขสิทธิ์ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มุม $\alpha_2 = \arctan 3h/2h = 56.5$ องศา ดังนั้นค่า $n = 0.075 + 0.32 = 0.395$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยโดยใช้ทึโลเซนแฟคเตอร์โดยระบบ

ตัวอย่างที่ 1 หาค่าความสว่างเฉลี่ยของถนนเลนขวามือ โดยจัดโคมไฟแบบข้างเดียว (Single side) ทางซ้ายมือ ดังรูป 5.6 โดยกำหนดให้ความสูงในการติดตั้งเท่ากับ 10 เมตร และหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 40,000 ลูเมน



รูปที่ 5.6 รูปตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 1

จากรูปที่ 5.5 หาค่าทึโลเซนแฟคเตอร์ของถนนฝั่งขวามือได้เท่ากับ

$$n_{0-1.25h} = 0.30$$

$$n_{0-0.50h} = 0.17$$

ดังนั้น $n_{0.50-1.25h} = 0.30 - 0.17$

$$= 0.13$$

แทนค่า n ที่ได้ในสมการ

$$E_{av} = \frac{n\phi_L}{ws}$$

$$= \frac{0.13 \times 40,000}{7.5 \times 30}$$

$$= 23.1 \text{ lux}$$

ตัวอย่างที่ 2 หาค่าความสว่างเฉลี่ยของถนนเลนขวามือ โดยจัดโคมไฟแบบข้างเดียว (Single sided) ดังรูป 5.7 โดยกำหนดให้ความสูงในการติดตั้งดวงโคมเท่ากับ 10 เมตร และหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 40,000 ลูเมน



รูปที่ 5.7 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 2

จากรูป 5.5 หาค่าที่ไลเซนซ์แฟคเตอร์ของเลนขวามือได้เท่ากับ

$$n \text{ ขอบถนน} = 0.075$$

$$n \text{ ฝั่งถนน} = 0.17$$

$$\text{ดังนั้น } n \text{ ขอบถนน} + n \text{ ฝั่งถนน} = 0.075 + 0.17$$

$$= 0.245$$

ตั้งขึ้น

$$E_{uv} = \frac{0.245 \times 40,000}{7.5 \times 30}$$
$$= 43.5 \text{ lux}$$

ตัวอย่างที่ 3 หาค่าความสว่างเฉลี่ยบนถนนเลนขวามือ โดยมีการจัดโคมไฟแบบตรงกันข้าม (Opposite) ดังรูปที่ 5.8 โดยกำหนดให้ความสูงในการติดตั้งดวงโคมเท่ากับ 10 เมตร และหลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าฟลักซ์การส่องสว่างเท่ากับ 40,000 ลูเมน

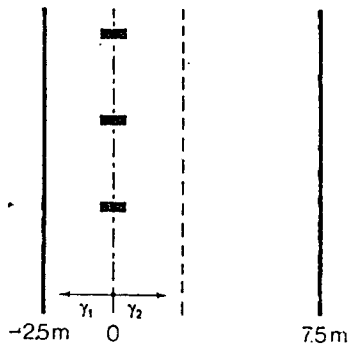


คำนวณตามตัวอย่างที่ 1 และ 2 ความสว่างทั้งหมดจะมีค่าเท่ากับผลรวมของความสว่างที่ได้จากโคมไฟแต่ละแถว

$$E_{uv} = 23.1 + 43.5$$
$$= 66.6 \text{ lux}$$

ตัวอย่างที่ 4 จงหาว่าที่มุมเอียง (τ) 0, 5, 10 หรือ 15 องศา มุมใดให้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงสุดบนความกว้างถนนดังรูป 5.9 โดยกำหนดให้ความสูงในการติดตั้งดวงโคมเท่ากับ 10 เมตร และช่วงยื่น (Overhang) เท่ากับ 2.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างการคำนวณความสว่างเฉลี่ยแบบที่ 4

จากสมการ $E_v = \frac{n\phi_L}{ws}$

จะเห็นว่ายิ่งค่าระยะโวลต์ เช่น แฟลคเตอร์สูงเท่าไร ค่าความสว่างเฉลี่ยจะยิ่งมากตามไปด้วย ดังนั้นจึงหาค่าระยะโวลต์ เช่น แฟลคเตอร์ของมุมเอียงแต่ละมุม

จาก $n = n_1 \theta_{1+r} + n_2 \theta_{2+r}$

โดย $r =$ มุมเอียง

$$\theta_1 = \arctan \frac{2.5}{10} = 14 \text{ องศา}$$

$$\theta_2 = \arctan \frac{7.5}{10} = 37 \text{ องศา}$$

จากรูป 5.5 สามารถหาค่าระยะโวลต์ เช่น แฟลคเตอร์ได้

$$= 0.08 + 0.23$$

$$= 0.31$$

สำหรับ $r = 5$ องศา: $n = n_{19} + n_{32}$

$$= 0.11 + 0.21$$

$$= 0.32$$

สำหรับ $r = 10$ องศา: $n = n_{24} + n_{27}$

$$= 0.13 + 0.18$$

$$= 0.31$$

สำหรับ $r = 15$ องศา: $n = n_{29} + n_{22}$

$$= 0.14 + 0.14$$

$$= 0.28$$

จะเห็นว่าค่าความสว่างเฉลี่ยมีค่าสูงสุดที่มุมเอียงเท่ากับ 5 องศา
หมายเหตุ มุมเอียงที่ทำให้ได้ค่าความสว่างเฉลี่ยสูงขึ้น อาจทำให้ค่าความสม่ำเสมอลดลงหรือมีค่า
แกว่งมากขึ้น

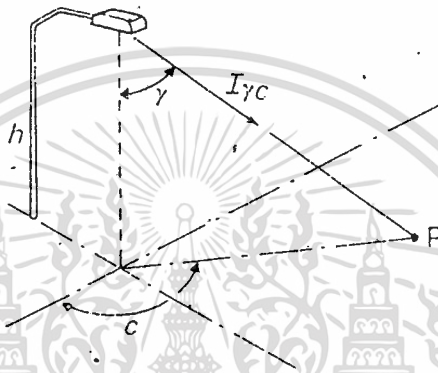
5.2.2 ไอโซลักซ์ไดอะแกรม (Isolux Diagram)

ความสว่างที่จุดใดจุดหนึ่งบนถนนสามารถหาได้โดยใช้ไอโซลักซ์ไดอะแกรมของดวง

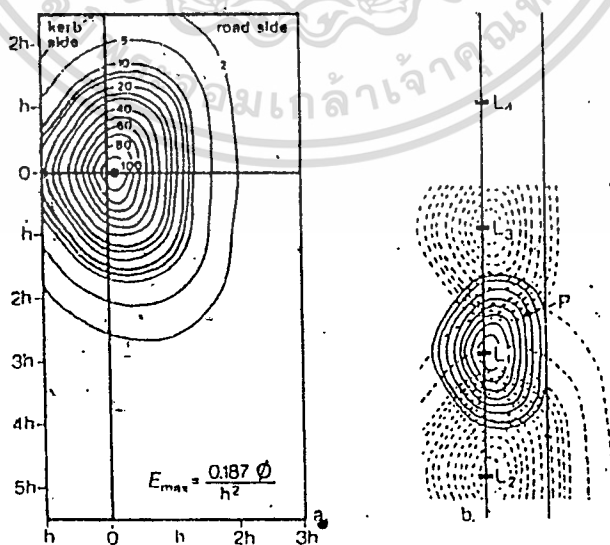
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเมื่อเวลาผ่านไปเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ
โดยไม่ได้อนุญาต โดยในการสร้างไอโซลักซ์นั้นจะหาความสว่างที่จุด P ใดๆก่อน ซึ่งหาได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
จากสมการ

$$E_p = \frac{\sum I_{\gamma c}}{h^2} \cos^3 \theta$$

โดย $I_{\gamma c}$ เป็นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของดวงโคมที่จุด P โดยมีมุม θ และ C ดังรูป 5.10 n เป็นจำนวนของดวงโคม



รูปที่ 5.10 แสดงการหาความสว่างที่จุด P



รูปที่ 5.11 a) ไอโซลักซ์โคโยแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับคนไข้เท่านั้น ไม่ควรนำเข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และอ้างถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b) การหาความสว่างที่จุด P โดยใช้ไอโซลักซ์โคโยแกรม

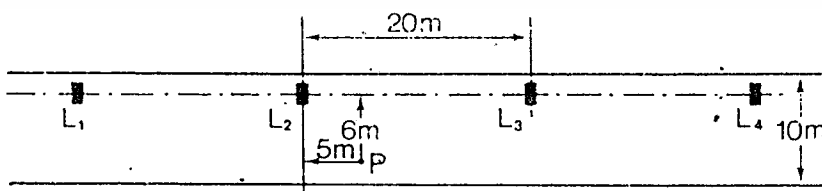
จากสูตรข้างต้นสามารถคำนวณหาค่าความสว่างที่จุดต่างๆบนพื้นถนนได้ เมื่อค่าเหล่านี้ถูกพล็อตลงบนแปลนถนน และเชื่อมจุดที่มีความสว่างเท่ากัน (Illuminance Contour) โดยเส้นไอโซลักซ์แต่ละเส้นกำหนดให้เป็นจำนวนเปอรเซ็นต์ของความสว่างสูงสุดที่ได้จากโคมไฟ ซึ่งค่าความสว่างที่จุดใดๆสามารถอ่านได้จากไอโซลักซ์ไดอะแกรมนี้ โดยทั่วไปไอโซลักซ์ไดอะแกรมจะมีลักษณะดังรูป 5.11 a) จะเห็นว่าหน่วยของแกนตั้งและแกนนอนจะอยู่ในเทอมของความสูงในการติดตั้งดวงโคม (h) เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้กับการติดตั้งโคมไฟที่ระดับความสูงต่างๆได้

ความสว่างที่จุดใด ๆ สามารถหาได้โดยนำไอโซลักซ์ไดอะแกรมมาวางทาบบนแปลนถนนที่มีสเกลเดียวกัน โดยให้จุด (0,0) ของไดอะแกรมอยู่ตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งของโคมไฟ ดังรูป 5.11 b) ซึ่งค่าความสว่างที่จุด P สามารถหาได้โดยรวมค่าความสว่างที่ได้จากโคมไฟดวงอื่นที่อยู่ใกล้เคียง ในทางปฏิบัตินิยมรวมค่าความสว่างจากโคมไฟเพียง 3 ดวงเท่านั้น นั่นคือดวงที่อยู่ใกล้ที่สุดกับจุดที่พิจารณาและดวงที่อยู่ข้างๆ เพื่อที่จะให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องแม่นยำ

เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากไดอะแกรมเป็นจำนวนเปอรเซ็นต์ของค่าความสว่างสูงสุด ดังนั้นจะต้องนำค่าที่อ่านได้มาคูณกับค่าความสว่างสูงสุดซึ่งอาจจะระบุไว้ในไดอะแกรม เช่น จากรูป 5.11 b) ค่า $E_{max} = 0.187 \phi/h^2$ โดย ϕ คือฟลักซ์การส่องสว่างจากดวงโคม h คือความสูงที่ใช้ในการติดตั้งดวงโคม

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าความสว่างที่จุดใดๆโดยใช้ไอโซลักซ์ไดอะแกรม

ตัวอย่างที่ 5 หาความสว่างที่จุด P ดังรูป 5.12 โดยกำหนดให้ความสูงของดวงโคมเท่ากับ 10 เมตร หลอดไฟแต่ละหลอดมีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 40,000 ลูเมน



รูปที่ 5.12 ตัวอย่างการหาความสว่างที่จุด P

ขั้นแรก กำหนดให้ระยะทางจากแถวโคมไฟไปยังจุด P อยู่ในเทอมของความสูงในการติดตั้ง (h) ลากเส้น A-A ที่มีระยะทางเท่ากันลงบนไอโซลักซ์ไดอะแกรมโดยให้ขนานกับแนว

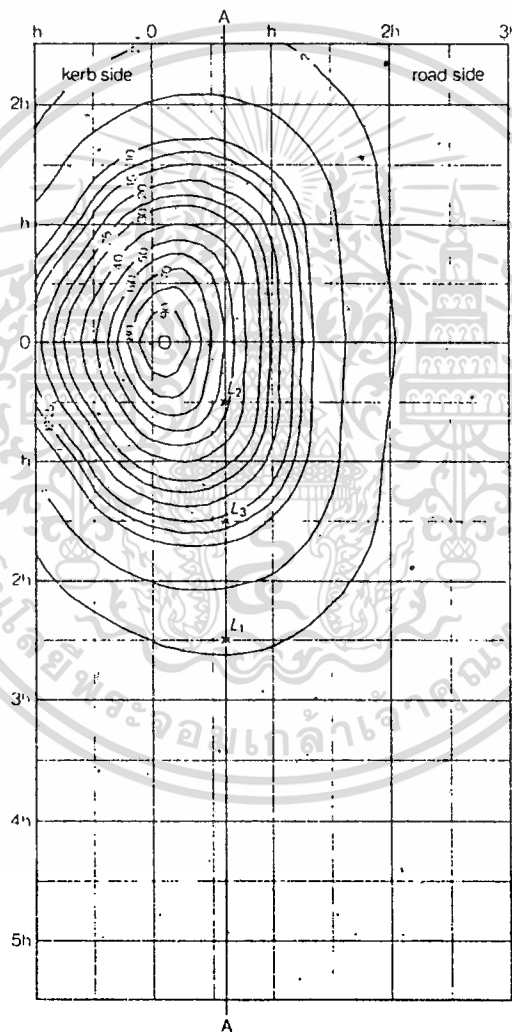
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ไปโดยไม่ได้รับอนุญาต การค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ของโคมไฟ ดังรูป 5.13

จากนั้น ทหารยะทางระหว่างจุด P กับโคมไฟแต่ละดวงที่นำมาพิจารณาในเทอมของความสูงในการติดตั้ง จากรูป 5.12

$$L_1 \text{ ถึงจุด } P = 25 \text{ m} = 2.5h$$

$$L_2 \text{ ถึงจุด } P = 5 \text{ m} = 0.5h$$

$$L_3 \text{ ถึงจุด } P = 15 \text{ m} = 1.5h$$



รูปที่ 5.13 ไอโซลักซ์ไดอะแกรมของตัวอย่างที่ 5 เพื่อหาความสว่างที่จุด P ที่ได้จากโคมไฟ L_1 , L_2 และ L_3

จากนั้น อาณาเขตความสว่างที่จุดทั้งสามและคำนวณหาค่าความสว่างรวมที่จุด P

$$E_{L1} = 3 \% \text{ ของ } E_{max}$$

$$E_{L2} = 53 \% \text{ ของ } E_{max}$$

$$E_{L3} = 13 \% \text{ ของ } E_{max}$$

จะได้ว่า $E_{รวม} = 69 \% \text{ ของ } E_{max}$

จาก $E_{max} = \frac{0.187 \phi}{h^2}$

$$= \frac{0.187 \times 40,000}{10^2}$$

$$= 74.8 \text{ lux}$$

ดังนั้นความสว่างที่จุด P มีค่าเท่ากับ

$$E_p = \frac{69 \times 74.8}{100}$$

$$= 51.6 \text{ lux}$$



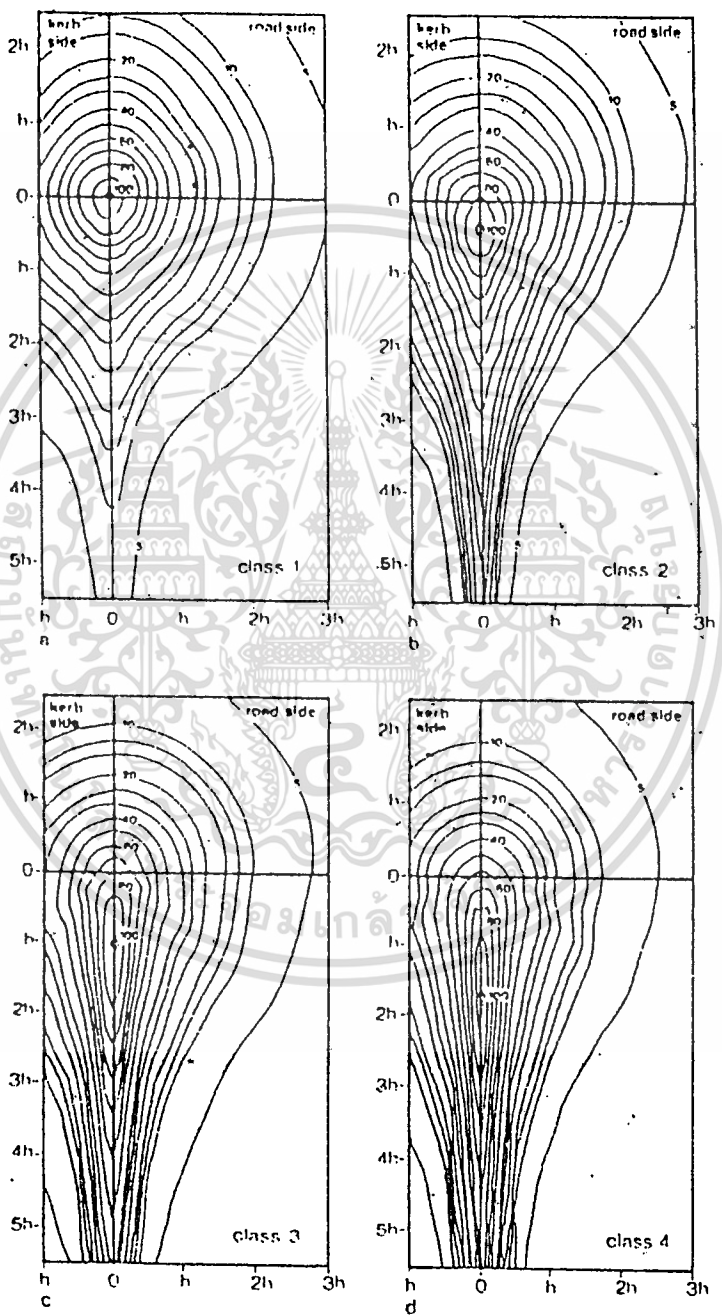
5.3 การแสดงค่าการส่องสว่าง (Luminance)

ค่าการส่องสว่างที่จุดใดๆบนท้องถนนสามารถหาได้ง่ายและรวดเร็วโดยอาศัยแผ่นข้อมูลที่มีไอโซลูมิแนนซ์ไคอะแกรม (Isoluminance Diagram)

5.3.1 ไอโซลูมิแนนซ์ไคอะแกรม (Isoluminance Diagram) วิธีคำนวณหา

การส่องสว่างแบบจุดจะเหมือนกับการหาค่าความสว่างแบบจุด ค่าการส่องสว่างที่จุด ๆ หนึ่งบนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ผล P หาได้จากสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 5.14 โอโซลแมนซ์ โคออร์เนตของพื้นผิวดนมาตรฐาน 4 แบบ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น ยักทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_p = \frac{\sum I_{yc} q(\rho\theta) \cos^2 \theta}{h^2}$$

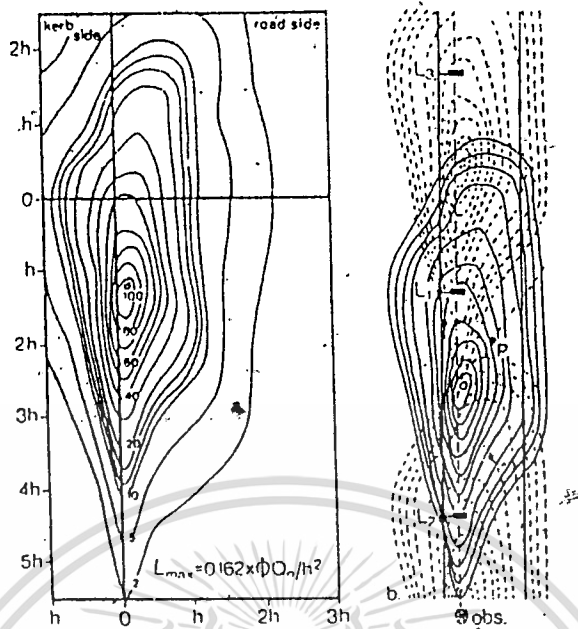
โดยที่ I_{yc} คือค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างของดวงโคม
 $q(\rho\theta)$ คือค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างบนผิวถนน

จากสูตรนี้สามารถหาค่าการส่องสว่างที่จุดต่างๆ บนผิวถนนได้ เมื่อนำค่าเหล่านี้มาพล็อตลงบนแปลนถนน และเชื่อมจุดที่มีค่าการส่องสว่างเท่ากัน (Isoluminance Contour) ก็จะได้ไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรม (Isoluminance Diagram หรืออาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Iso-cd/m² Diagram) เนื่องจาก CIE ได้แบ่งประเภทของถนนเป็น 4 แบบตามค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างของผิวถนน ดังนั้นจึงมีไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรม 4 แบบตามค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างของผิวถนน ดังรูปที่ 5.14

จากรูป 5.14 จะเห็นเส้นไอโซลูมิแนนซ์แต่ละเส้นมีค่าเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ของค่าการส่องสว่างที่ได้จากโคมไฟ และหน่วยทางแกนตั้งและแกนนอนของไดอะแกรมจะอยู่ในเทอมของความสูงในการติดตั้งดวงโคม (h) เพื่อที่จะสามารถนำไปใช้ได้กับการติดตั้งโคมไฟที่ระดับความสูงต่างๆกันได้ โดยไดอะแกรมเหล่านี้ถูกคำนวณสำหรับผู้สังเกตในระนาบ C₀ โดยอยู่ห่างจากดวงโคมเป็นระยะทาง 10h ดังนั้น การใช้ไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรมจึงขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่แท้จริงของผู้สังเกต ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 กรณี

1) กรณีผู้สังเกตอยู่ในแนวแถวเดียวกับโคมไฟ กรณีนี้ค่อนข้างง่าย โดยในขั้นแรกทำการวาดแปลนถนนโดยให้มีสเกลอยู่ในเทอมของความสูงในการติดตั้งดวงโคม จากนั้นนำไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรมมาวางทับบนแปลนถนนนี้ โดยให้แกนตามยาวของถนนกับไดอะแกรมขนานกัน ให้ตำแหน่งของโคมไฟที่พิจารณาอยู่ในตำแหน่ง (0,0) ของไดอะแกรม ค่าการส่องสว่างที่จุด P ใด ๆ สามารถหาได้โดยรวมค่าการส่องสว่างที่ได้จากโคมไฟที่อยู่ใกล้กับจุดที่พิจารณา โดยทั่วไปนิยมใช้โคมไฟเพียง 3 ดวง โดยใช้โคมไฟดวงที่อยู่ใกล้กับจุดที่พิจารณามากที่สุดกับดวงที่อยู่ข้าง ๆ ดังรูป 5.15 b)

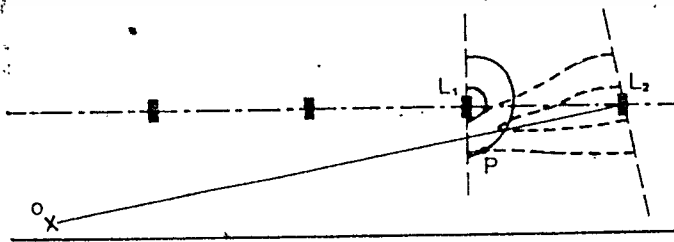
เนื่องจากค่าที่อ่านได้จากไดอะแกรมนี้เป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ของค่าการส่องสว่างสูงสุด ดังนั้น จะต้องนำค่าที่อ่านได้มาคูณกับค่าการส่องสว่างสูงสุดซึ่งอาจจะระบุไว้ในไดอะแกรม ดังรูป 5.15 a) เช่น ค่า $L_{lum} = 0.089 \phi \cdot \rho_0 / h^2$ โดย ϕ คือฟลักซ์การส่องสว่างจากดวงโคม h คือความสูงที่ใช้ในการติดตั้งดวงโคม และ ρ_0 เป็นค่าสัมประสิทธิ์การส่องสว่างเฉลี่ย



รูปที่ 5.15 a) ไอโซลูมินแนนซ์โดยแกรม

b) การหาการส่องสว่างกรณีผู้สังเกตอยู่ในแนวโคมไฟ

2) กรณีผู้สังเกตอยู่ในตำแหน่งนอกแนวแกรมของโคมไฟ ค่าการส่องสว่างที่จุด ๆ หนึ่ง บนถนนที่อยู่ระหว่างผู้สังเกตกับโคมไฟไม่เพียงขึ้นอยู่กับการกระจายแสงของดวงโคมเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับตำแหน่งของจุดที่พิจารณาเมื่ออ้างอิงกับผู้สังเกตและโคมไฟ สำหรับค่าการส่องสว่างของจุดบนถนนที่อยู่ด้านหลังโคมไฟจะขึ้นอยู่กับค่าการกระจายแสงของโคมไฟเพียงอย่างเดียว ไม่ค่อยมีผลต่อตำแหน่งของผู้สังเกต



รูปที่ 5.16 แสดงการหาค่าการส่องสว่างในกรณีที่ผู้สังเกตอยู่นอกแกรมโคมไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
 ดังนั้น ในกรณีที่จุดที่พิจารณาอยู่ด้านหลังของโคมไฟโดยผู้สังเกตอยู่ในระนาบ $c = 0$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ นั้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเปลี่ยนแปลงข้อความ และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารทุกครั้งที่มีงานนำไปใช้
 อังศา ก็จะสามารถหาค่าการส่องสว่างที่จุดใดๆ ได้โดยใช้เหมือนดังกรณีที่ 1 อย่างไรก็ตาม ใน

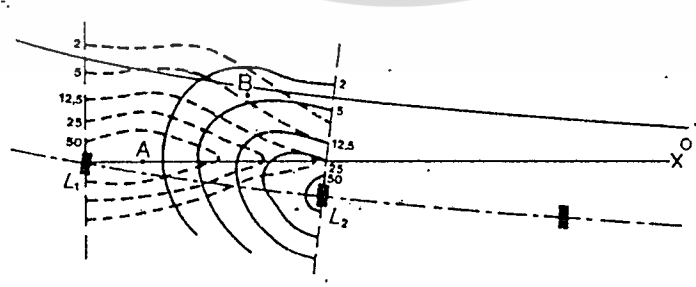
กรณีจุดที่สนใจอยู่ระหว่างโคมไฟกับผู้สังเกต จะต้องใช้วิธีแทนที่โคยะแกรมให้แกนตามยาวของโคยะแกรมอยู่ในแนวเดียวกับตำแหน่งผู้สังเกตที่กำหนดไว้บนแปลนถนน ดังรูป 5.16 ซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องยิ่งขึ้น จากนั้นก็ทำการอ่านค่าการส่องสว่างที่จุดนั้น ซึ่งขั้นตอนการคำนวณหาค่าการส่องสว่างจะเหมือนกับในกรณีที่ 1 ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

วิธีนี้จะมีความถูกต้องอยู่ในระหว่าง 10 กับ -10 เปอร์เซ็นต์ในกรณีที่ไอโซลูมินานซ์โคยะแกรมถูกหมุนเป็นมุมไม่มากกว่า 5 องศา นั่นคือ ผู้สังเกตจะต้องอยู่ในระยะ 0.875h จากระนาบ $C = 0$ องศาของดวงโคมที่ระยะการมอง 10h

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าการส่องสว่างที่จุดใดๆโดยใช้ไอโซลูมินานซ์โคยะแกรม

ตัวอย่างที่ 6 หาค่าการส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุดบนพื้นผิวถนนระหว่างโคมไฟ 2 ดวงที่อยู่ติดกัน ดังรูปที่ 5.16 โดยกำหนดให้

- ค่าฟลักซ์การส่องสว่างต่อหลอด = 40,000 ลูเมน
- ความสูงในการติดตั้งดวงโคม = 10 เมตร
- ระยะห่างระหว่างดวงโคม = 40 เมตร
- ความกว้างของถนน = 15 เมตร
- ระยะระหว่าง L_1 กับผู้สังเกต = 100 เมตร
- ชนิดของผิวถนน = แบบที่ 2
- Q_0 = 0.10 (cd/m²)/lux



รูปที่ 5.17 ตัวอย่างการหาค่าการส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุด

แต่ละดวงโดยให้แกนตามแนวขั้วระจอยระจอยแกนขนานกับแกนของถนน สำหรับโคมไฟ L หมุน
 โดຍกรรมเข้าหาผู้สังเกต (ดูว่ามุมที่หมุนเกินกว่า 5 องศาหรือไม่) จากนั้นอ่านค่าการส่องสว่าง
 ที่จุด A และ B ที่มีค่าสูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ

$$\text{ที่จุด A: } L_{L1} = 100 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$L_{L2} = 1 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$\text{รวม} = 101 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$\text{ที่จุด B: } L_{L1} = 4 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$L_{L2} = 4 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$\text{รวม} = 8 \% \text{ ของค่า } L_{\max}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก } L_{\max} &= \frac{a \cdot \phi \cdot Q_0}{h^2} \\ &= \frac{0.104 \times 40,000 \times 0.10}{10^2} \\ &= 4.16 \text{ cd/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{ค่าการส่องสว่างสูงสุด} = \frac{101 \times 4.16}{100}$$

$$= 4.2 \text{ cd/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าการส่องสว่างต่ำสุด} &= \frac{8 \times 4.16}{100} \\ &= 0.33 \text{ cd/m}^2 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การประยุกต์คอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง

ในบทนี้จะกล่าวถึงโปรแกรมที่ได้ออกมา เพื่อที่จะช่วยในการออกแบบไฟถนน ซึ่งในบทนี้ จะแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่คือ ส่วนของโครงสร้างและการทำงานของโปรแกรม และส่วนของการนำเอาโปรแกรมไปใช้งาน เพื่อที่จะเป็นแนวทางสำหรับรุ่นน้องหรือผู้สนใจในการพัฒนาโปรแกรมนี้ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และต่อไปก็จะกล่าวถึงรายละเอียดต่างๆ ของโปรแกรมดังนี้

6.1 ลักษณะโครงสร้างและการทำงานของโปรแกรม

โปรแกรมที่สร้างขึ้นมานี้เป็นโปรแกรมที่จะมีลักษณะโดยรวมคือ นำข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในแผ่นเก็บข้อมูลมาคำนวณค่าต่างๆ ที่ต้องการ แล้วนำไปพล็อตไดอะแกรมต่างๆ สำหรับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมานี้ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

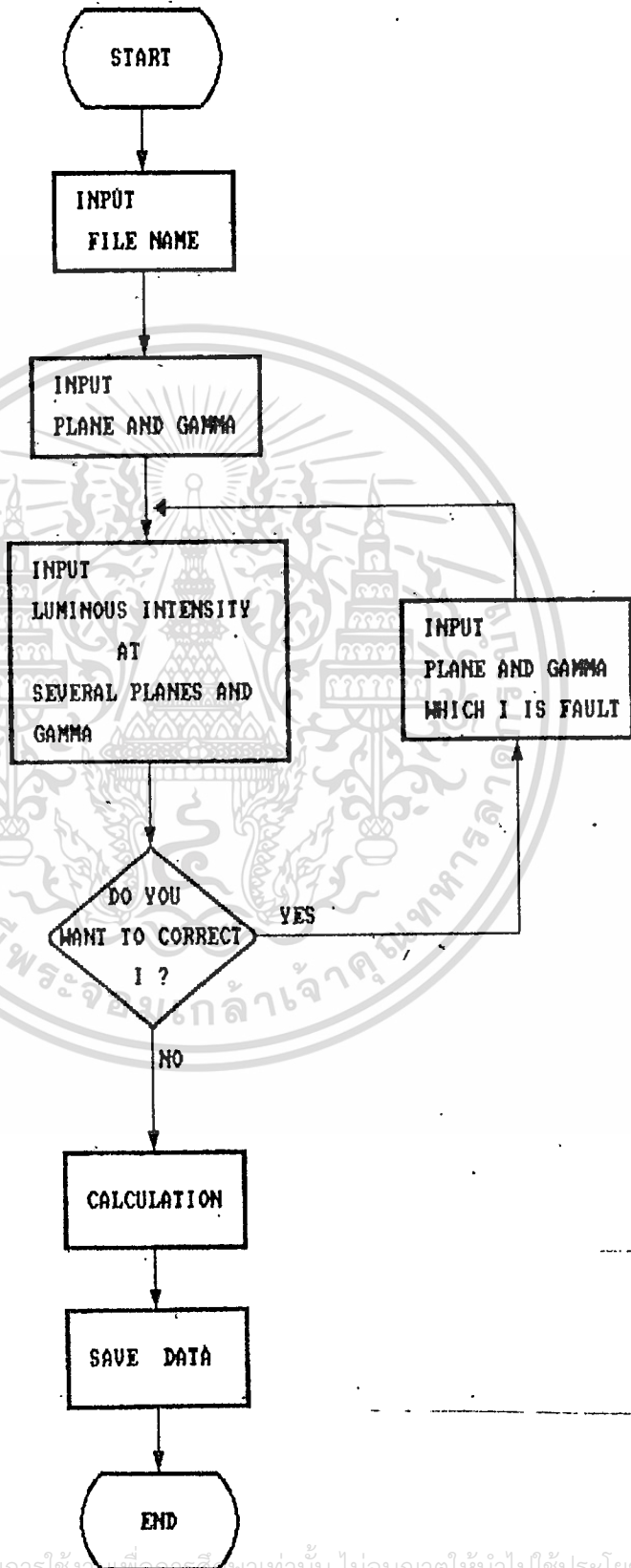
6.1.1 โปรแกรมสำหรับเก็บค่าที่ต้องการต่างๆ ในแผ่นเก็บข้อมูล แบ่งได้ออกเป็น

1) โปรแกรมที่ใช้เก็บค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง

• สำหรับโปรแกรมนี้นั้นพัฒนาขึ้นมาสำหรับการเก็บข้อมูลของความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminance Intensity) โดยที่ข้อมูลที่กำหนดมานั้นจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าระนาบ (C) และมุมแกมมา (θ) โดยที่โปรแกรมจะนำค่าที่ได้รับนี้ไปทำการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมและมีความละเอียดแล้วนำไปเก็บลงในแผ่นเก็บข้อมูล ตัวอย่างเช่น ถ้าข้อมูลที่กำหนดให้มานั้นค่าระนาบที่กำหนดมาอยู่ในช่วง 270 - 300 องศา โดยมีระยะห่างของช่วงเท่ากับ 15 องศา และในช่วง 300 - 330 องศา โดยมีความห่างช่วงละ 10 องศา ฯลฯ ซึ่งจะเห็นว่าช่วงห่างจะไม่เท่ากัน ซึ่งโปรแกรมนี้อาจทำการคำนวณค่าใหม่โดยให้ข้อมูลที่ได้ออกมาจากการป้อนระหว่างระนาบ C_{270}

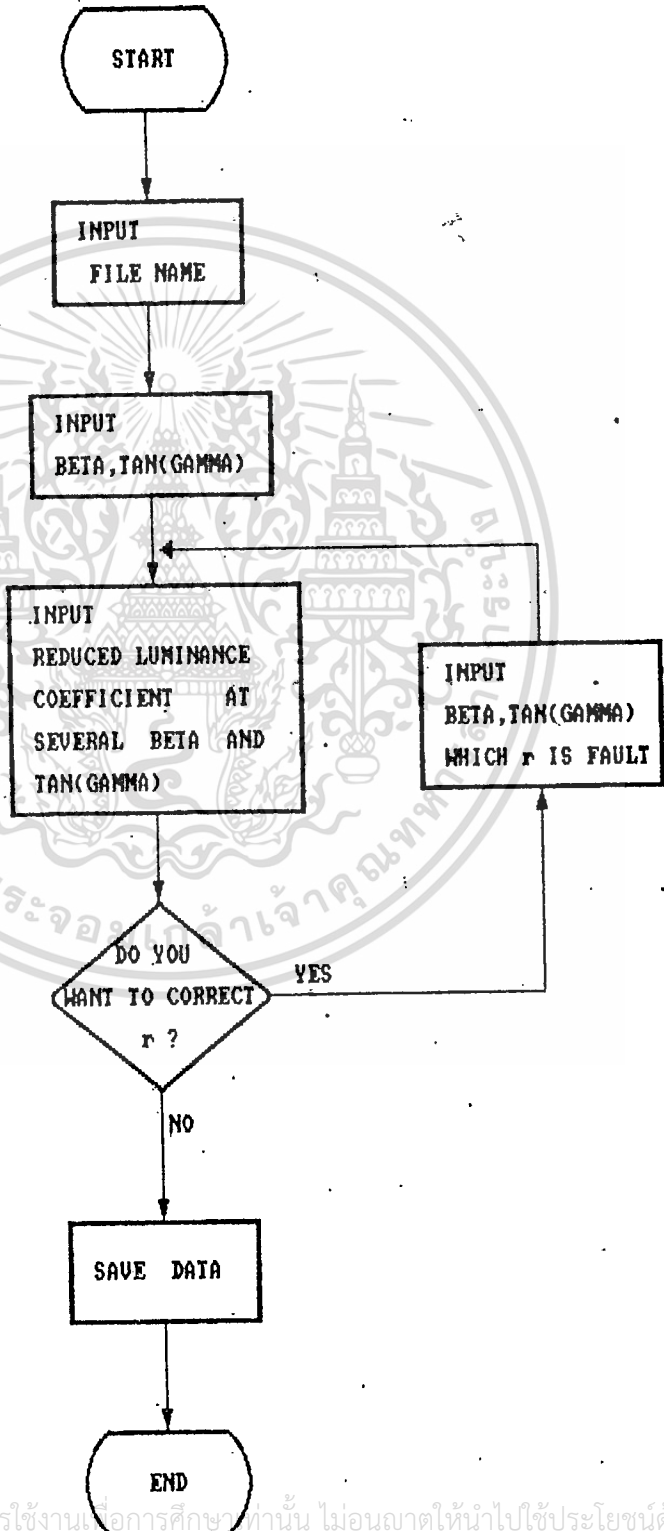
ถึง C_{330} องศา โดยมีช่วงห่างเพียง 5 องศาเท่านั้น สำหรับมุมแกมมาก็ใช้หลักการเดียวกันโดยไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ป้อนมุม θ จาก 0 ถึง 180 องศา จากนั้นคำนวณค่าที่ป้อนเข้าไปใหม่ให้มีระยะห่าง 5 องศา

ดังนั้นค่าความเข้มแสง I ของสว่างที่คำนวณได้จะอยู่ในรูป $I(C, \theta)$ โดยจะเริ่มจาก $I(270, 0)$, $I(270, 5)$, $I(270, 10), \dots, I(265, 0), I(265, 5), \dots, I(90, 180)$ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการนำเอาข้อมูลนี้ไปพล็อตโดยโปรแกรมต่าง ๆ



2) โปรแกรมที่เก็บค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง (r)

สำหรับโปรแกรมนี้อาจมีลักษณะเช่นเดียวกับโปรแกรมในการเก็บข้อมูลของความเข้มแห่งการส่องสว่าง แต่ข้อมูลที่กำหนดมาให้จะอยู่ในรูปมุมเบต้า (β) และค่าแทนแกมมา $\tan(\gamma)$ จากตาราง r1-r4 (ภาคผนวกท้ายเล่ม) จะเห็นว่ามิช่วงห่างของมุมเบต้า และค่าแทนแกมมาไม่คงที่ แต่โปรแกรมนี้อาจไม่ต้องมีการคำนวณค่าใด ๆ เลย จะเป็นเพียงการรับค่าต่าง ๆ เข้ามาและทำการเก็บไว้ในแผ่นเก็บข้อมูล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปที่ 6.2 โฟลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับโปรแกรมที่เก็บค่าส.ป.ส. การลดลงของการส่องสว่าง

6.1.2 โปรแกรมสำหรับพล็อตไดอะแกรม แบริ่งออกได้เป็นไดอะแกรมต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) โพล่าไดอะแกรม (Polar Diagram)

ลักษณะของโปรแกรมนี้ จะเป็นการนำเอาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างจากแผ่นเก็บข้อมูลมาพล็อต โดยในขั้นแรกจะทำการเลือกขนาดตามที่ใช้ต้องการ โปรแกรมจะนำค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบนั้น ๆ ออกมาแสดง โดยพล็อตออกมาในรูปของโพล่าไดอะแกรม จากนั้นโปรแกรมจะถามต่อไปว่าต้องการที่จะดูไดอะแกรมในระนาบอื่น ๆ หรือไม่ ถ้าต้องการ โปรแกรมก็จะกลับไปดึงเอาข้อมูลตามที่ต้องการออกมาจนกว่าผู้ใช้จะไม่ต้องการดู โปรแกรมก็จะสิ้นสุดการทำงาน

๒) ไอโซแคนเดลล่าไดอะแกรม (Isocandela Diagram)

ลักษณะของโปรแกรมนี้ จะเป็นการนำเอาข้อมูลความเข้มการส่องสว่างจากแผ่นเก็บข้อมูลที่มีค่าเท่ากันมาพล็อตลงในไดอะแกรม ซึ่งจะกำหนดให้เส้นไอโซแคนเดลล่าแต่ละเส้นมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุด เช่น 90%, 80%, 70%, ... ของค่าความเข้มสูงสุด ซึ่งในโปรแกรมนี้สามารถที่จะกำหนดเปอร์เซ็นต์ที่ต้องการได้ แต่ไม่ควรมีค่าต่ำมากนัก เพราะจะทำให้ข้อมูลที่หาได้มีไม่พอ และไม่สามารถพล็อตไดอะแกรมที่สมบูรณ์ได้

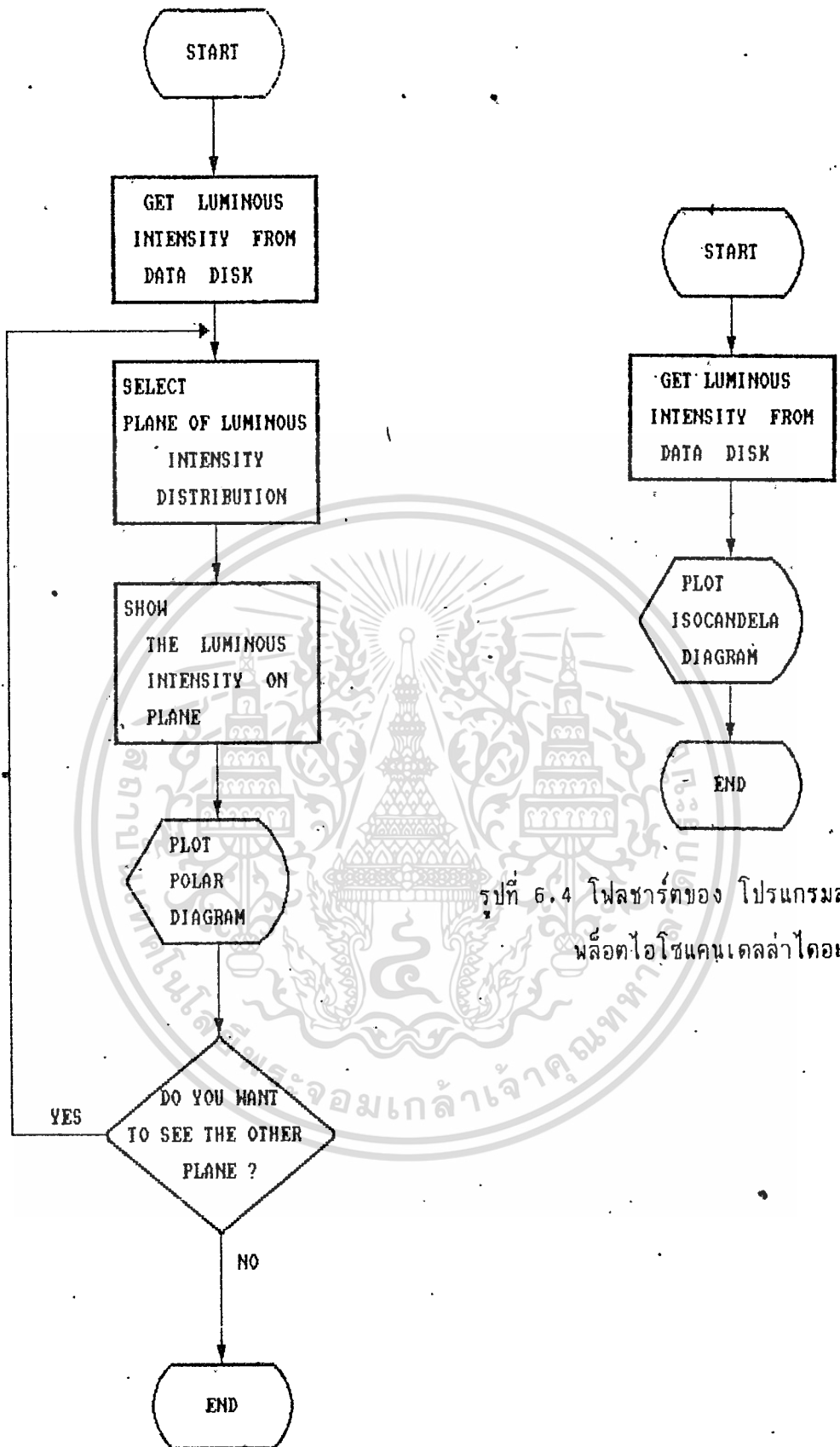
3) ไอโซลักซ์ไดอะแกรม (Isolux Diagram)

ลักษณะของโปรแกรมนี้ จะเป็นการนำเอาข้อมูลความเข้มแห่งการส่องสว่างจากแผ่นเก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณซึ่งได้กล่าวในข้างต้นมาหาค่าความสว่าง ซึ่งจะนำค่าที่ได้มาทำการพล็อตไดอะแกรมบนพื้นที่ซึ่งสมมุติให้เป็นพื้นที่ของถนน 2 ทางรวมกับทางเดินเท้าอีก 2 ฝั่ง นอกจากนั้นยังจะมีการหาค่าความสว่างสูงสุด และค่าความสว่างเฉลี่ย ในที่นี้เส้นกราฟที่พล็อตจะมีลักษณะเช่นเดียวกับไอโซแคนเดลล่า คือเป็นเส้นที่แสดงถึงค่าเปอร์เซ็นต์ของค่าสูงสุด

4) ไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรม (Isoluminance Diagram)

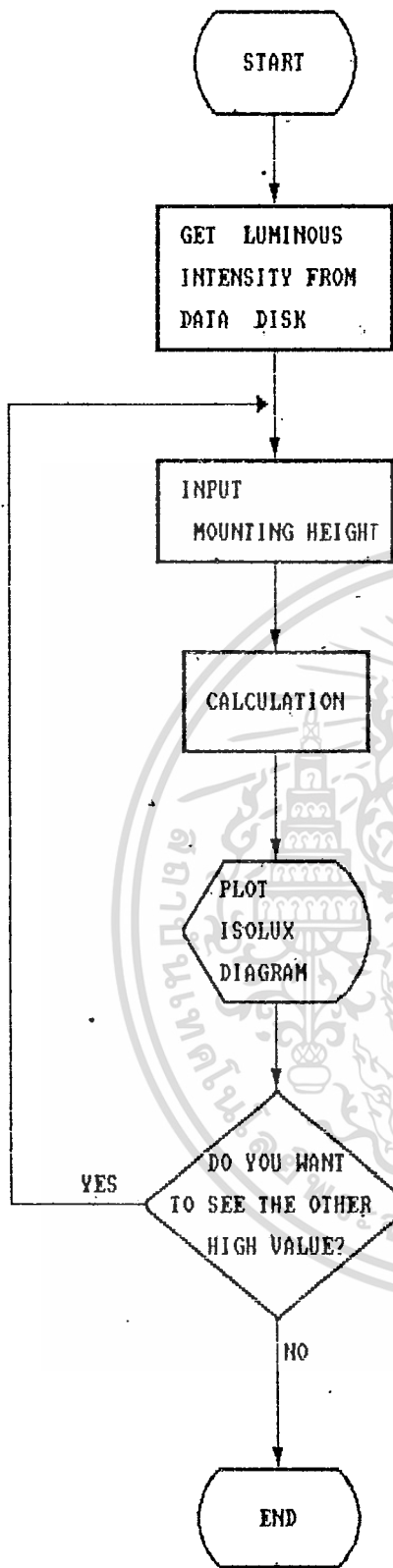
ลักษณะของโปรแกรมนี้จะเป็นการนำเอาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างจากแผ่นเก็บข้อมูลที่ได้จากการคำนวณมาหาค่าการส่องสว่าง โดยที่จะนำเอาข้อมูลของสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่างจากแผ่นเก็บข้อมูลมาทำการคำนวณกับค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง และนำค่าที่ได้มาหาค่าที่มากที่สุดและค่าเฉลี่ย ซึ่งหลักการต่าง ๆ ที่ใช้ในการพล็อตจะเหมือนกับของไอโซลักซ์ไดอะแกรมและนอกจากนี้ทั้งในไอโซลูมิแนนซ์ และไอโซลักซ์ ไดอะแกรมนั้นสามารถที่จะปรับความสูงของเสา (mounting high) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

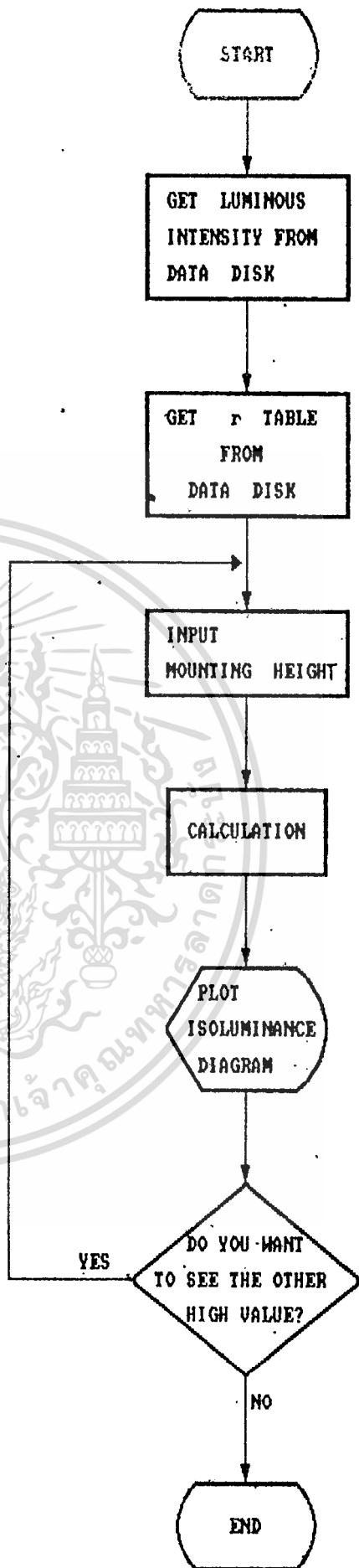


รูปที่ 6.4 โพลชาร์ตของ โปรแกรมสำหรับ
พล็อตไอโซแคนเดลา โดยแกรม

รูปที่ 6.8 โพลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับ
พล็อตโพล่าโดยแกรม



รูปที่ 6.5 โฟลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับ
พล็อตไอโซลักซ์ โคอเยแกรม



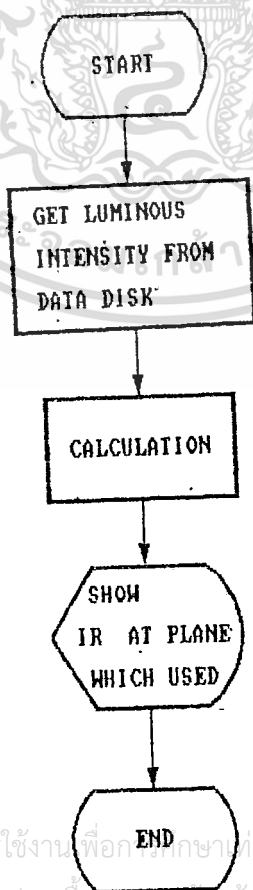
รูปที่ 6.6 โฟลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับ
พล็อต ไอโซลิมแนนซ์โคอเยแกรม

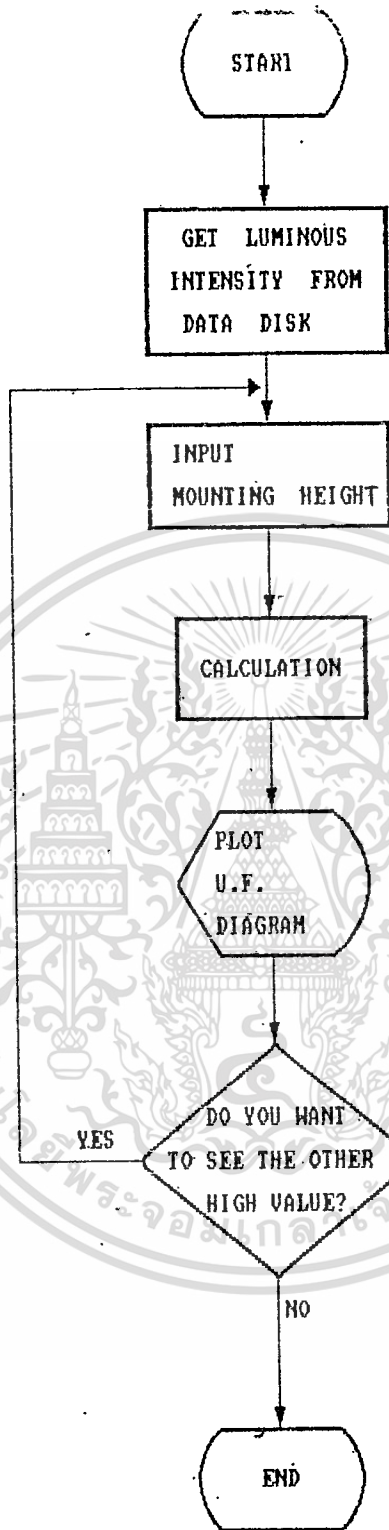
5) การหาอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Intensity Ratio) เพื่อใช้ไปเทียบกับ มาตรฐานของอังกฤษ (British Standard)

ลักษณะของโปรแกรมนี้ จะเป็นการหาค่าฟลักซ์ที่ส่องลงมาด้านล่างของดวง โคมซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ที่จะใช้การคูณค่าความเข้มการส่องสว่าง จะอยู่ในภาคผนวกตอนท้าย ซึ่งเมื่อ หาฟลักซ์ตามที่ต้องการได้แล้ว จะนำค่านี้มาหาอัตราส่วนความเข้มการส่องสว่าง และหาค่านี้ออกมา ต่างๆ หรือระดับต่างๆ ที่จะใช้ในการเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ซึ่งในที่นี้จะใช้ของประเทศไทย ง่ายๆ ตัวอย่างของค่าที่หาได้นั้นจะอยู่ในตัวอย่างของโปรแกรมในส่วนของภาคผนวก

6) ยูทิลิเซชัน แฟคเตอร์ ไดอะแกรม (Utilization Factor Diagram)

ลักษณะของโปรแกรมนี้ จะเป็นการนำเอาค่าที่ได้จากการคำนวณในไอโซลักซ์ ไดอะแกรมมาทำการคำนวณหาค่ายูทิลิเซชันแฟคเตอร์ โดยที่จะนำเอาค่าความสว่างที่ได้มาหาค่า เฉลี่ย และคำนวณหาค่าฟลักซ์ของหลอดไฟ แล้วนำมาเข้าสู่ตรรกการคำนวณดังที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 5 เมื่อได้ค่าที่ต้องการก็จะนำมาพล็อตไดอะแกรม โดยเปรียบเทียบกับขนาดความกว้างของถนน และ สำหรับโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาี้ ผู้ใช้สามารถที่จะเปลี่ยนความสูงของเสาไฟได้ตามต้องการ โดย โปรแกรมที่ได้ออกมาสามารถนำไปใช้ได้ทันทีเพราะค่าต่างๆ ที่คำนวณได้ออกมานั้นจะเปรียบเทียบกับ หน่วยความกว้างของถนนที่เป็นเมตร ซึ่งจะสะดวกกว่าในไดอะแกรมที่มีอยู่ทั่วไป





รูปที่ 6.8 โฟลชาร์ตของโปรแกรมสำหรับพล็อตยู่ทีไลเซชันแฟลเตอร์ไคอะแกรม

6.2 หลักการใช้งานของโปรแกรมต่างๆ

ในการใช้โปรแกรมนี้อุปกรณ์ที่ต้องการคือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิต IBM PC/XT/AT/386 หรือเครื่องเลียนแบบ(Compatible) โดยที่จอภาพที่ใช้จะต้องสามารถแสดงผลทางกราฟฟิคได้ ซึ่งได้แก่จอ CGA/EGA/VGA และสำหรับการพิมพ์รูปภาพฟิคที่ปรากฏบนหน้าจอให้ออกทางเครื่องพริ้นเตอร์นั้น สามารถทำได้โดยโหลดไฟล์ graphics.com จากแผ่น DOS โดยโหลดเข้ามาเป็นเรสซิเดนท์ (resident) ก่อนที่โหลดโปรแกรมที่แสดงการกระจายแสงของดวงโคมิทขึ้นมา และเมื่อต้องการพิมพ์ออกทางเครื่องพริ้นเตอร์ให้ใช้คำสั่ง Shift Print Screen ก็จะได้รูปตามที่ต้องการ

สำหรับโปรแกรมนี้นี้ได้ใช้ภาษาเบสิค(Basic) จากซอฟต์แวร์ เทอร์โบเบสิคเวอร์ชัน 1.0 (Turbo Basic ver 1.0) ซึ่งจะมีลักษณะของภาษาค่อนข้างคล้ายคลึงกับภาษาปาสคาล(Pascal) โดยที่มีรูปแบบเป็นแบบโครงสร้างที่มีระบบและระเบียบ ทำให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจสำหรับผู้สนใจและง่ายต่อการนำไปพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ต่อไปจะขอกล่าวถึงการนำเอาโปรแกรมนี้ออกไปใช้งาน ดังนี้

1) โปรแกรมสำหรับเก็บค่าการส่องสว่าง

โปรแกรมนี้นี้มีชื่อไฟล์ว่า INPUT.BAS เมื่อทำการรัน(run)โปรแกรมนี้นี้แล้ว ที่หน้าจอจะปรากฏคำสั่งว่า

Please insert your data disk in drive A:

หมายถึงให้ใส่แผ่นที่จะใช้เป็นแผ่นข้อมูล เข้าไปในไดร์ฟเอ เมื่อใส่เรียบร้อยแล้วให้กด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

What is your intensity file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่จะทำการเก็บข้อมูล โดยชื่อที่ใส่ไม่ต้องใส่จุดและต่อด้วยชื่อสกุลลงไป เช่น I_HPSSL, I1, LIGHT เป็นต้น ห้ามใช้ชื่อไฟล์ที่มีลักษณะดังนี้ I_HPSSL.DAT

เอกสารนี้.COM เพราะจะทำให้เกิดความสับสนเมื่อเวลานำโปรแกรมมาใช้งานนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น เมื่อใส่ชื่อที่ต้องการแล้วให้กด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

How many plane which you have?

หมายถึงให้ใส่จำนวนของระนาบที่มีอยู่ ไม่ใช่ค่าของระนาบ เช่น จากระนาบ -90 ถึง 90 ห่างระนาบละ 5 องศา ดังนั้นจำนวนระนาบทั้งหมดจะเท่ากับ 37 ระนาบ ให้ใส่เลข 37 ลงไป แล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

How many gamma which you have?

หมายถึงให้ใส่จำนวนของแกมมาที่มีอยู่ ไม่ใช่ค่าของแกมมา เหมือนกับการใส่จำนวนระนาบ เช่น แกมมาจาก 0 - 180 องศา ห่างกันช่วงละ 5 องศา ก็จะทำให้มีจำนวนของแกมมาทั้งหมดเท่ากับ 37 ก็ให้ใส่ค่าลงไปแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please input plane from -90' to 90' only

หมายถึงให้ใส่ค่าของระนาบซึ่งจะต้องมีค่าระหว่าง -90 องศาถึง 90 องศาเท่านั้น ซึ่งจะมีตัวแปรปรากฏขึ้นมาคือ

$c(x) =$

หมายถึงให้ใส่ค่าของระนาบตามคำสั่งข้างบน โดยที่ค่า x นี้จะเป็นเลขเรียงจาก 1 ไปยังค่าของจำนวนระนาบที่ใส่ไว้แล้ว ซึ่งจากข้างบนที่ได้ยกตัวอย่างจะได้ว่า จะมี $c(1)-c(37)$ โดยที่ $c(1) = -90, c(2) = -85, \dots, c(37) = 90$ เมื่อใส่ค่าแต่ละค่าแล้วให้กด Enter เพื่อให้เครื่องรับข้อมูลเข้าไป เมื่อใส่ถึงตัวสุดท้ายจะมีคำสั่งใหม่คือ

Please input gamma from 0' to 180' only

หมายถึงให้ใส่ค่าของแกมมา ซึ่งจะต้องมีค่าระหว่าง 0 องศาถึง 180 องศาเท่านั้น

จากนั้นจะมีตัวแปรปรากฏขึ้นมาคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$g(y) =$

หมายถึงให้ใส่ค่าของแกมมา เหมือนกับการใส่ค่าของระนาบตั้งที่อธิบายไปแล้ว โดยที่ y จะมีค่าตั้งแต่ 1 จนถึงค่าของจำนวนแกมมาที่ได้ใส่ไว้ในตอนต้นแล้ว ซึ่งจะต้องกด Enter ทุกครั้งหลังจากใส่ข้อมูลแต่ละตัว

เมื่อใส่ตัวเลขสุดท้ายแล้วกด Enter จะปรากฏตัวแปรขึ้นมาที่หน้าจอคือ

$I(\text{plane}, \text{gamma}) =$

หมายถึงให้นำค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างจากตารางมาป้อนใส่ลงโปรแกรม โดยต้องป้อนให้ตรงกับค่าของตัวแปรที่กำหนด เช่นถ้าตัวแปรเท่ากับ $I(-90, 55)$ หมายถึงให้ป้อนค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่ระนาบ -90 องศาโดยมีมุมแกมมาที่ 55 องศา ถ้าในตารางมีค่าเท่ากับ $250 \text{ cd}/1000 \text{ lumen}$ ก็ให้ใส่ค่า 250 นี้ลงไปแล้วกด Enter ทำอย่างนั้นจนกว่าข้อมูลจะหมด ถ้าเกิดป้อนข้อมูลผิดที่ไหน ให้จดค่าระนาบและค่าแกมมาไว้ เพื่อนำไปแก้ไขในภายหลัง เมื่อใส่ค่าของตัวเลขสุดท้ายแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

Do you want to change your data?

ถ้าต้องการแก้ไขข้อมูลที่เพิ่งป้อนลงไปให้กดปุ่มใดๆก็ได้ ยกเว้น n ซึ่งจะปรากฏคำสั่งต่อมาคือ

Please insert plane and gamma

หมายถึงให้ใส่ค่าระนาบและแกมมาที่เกิดความผิดพลาดในการใส่ข้อมูลลงไป เสร็จแล้วกด Enter ซึ่งถ้าหาข้อมูลไม่พบโปรแกรมจะบอกว่า not found data แต่ถ้าพบข้อมูลที่ใส่ไปแล้ว ก็จะปรากฏข้อมูลเก่าขึ้นที่หน้าจอ ซึ่งจะมีคำสั่งต่อมาว่า Change it to ก็ให้ใส่ข้อมูลใหม่ที่ต้องการแก้ไขลง

เมื่อแก้ไขเสร็จแล้ว ก็จะมีคำสั่งว่า Will you change another data? ซึ่ง

ถ้าต้องการที่จะแก้ไขค่าอื่นๆ อีกก็ให้กดปุ่มใดๆ ยกเว้น n ก็จะทำการแก้ไขเหมือนดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถ้าตอบคำถามทั้ง 2 คำถามข้างบน ว่า n แล้ว จะปรากฏคำสั่งว่า

Press any key to do process

โปรแกรมจะทำการคำนวณและเก็บข้อมูลลงในไฟล์ที่ได้ตั้งชื่อไว้ข้างต้น ซึ่งจะเป็น
การจบการทำงานของโปรแกรมนี้

2) โปรแกรมสำหรับเก็บค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า INPUTR.BAS เมื่อทำการรัน(run)โปรแกรมนี้แล้วที่หน้า
จอจะปรากฏคำสั่งว่า

Please insert your data disk in drive A:

หมายถึงให้ใส่แผ่นที่จะใช้เป็นแผ่นข้อมูล เข้าไปในไดรฟ์เอ เมื่อใส่เรียบร้อยแล้วให้
กด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

What is your intensity file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่จะทำการเก็บข้อมูล โดยชื่อที่ใส่ไม่ต้องใส่จุดและต่อด้วย
ชื่อสกุลลงไป เช่น r1,r3,r4 ห้ามใช้ r1.DAT, r2.DAT เพราะจะทำให้เกิดความสับสน
เมื่อเวลานำโปรแกรมมาใช้งาน

เมื่อใส่ชื่อที่ต้องการแล้วให้กด Enter จะปรากฏคำสั่งว่า

How many beta which you have ?

หมายถึงให้ใส่จำนวนของมุมเบต้าที่มีอยู่ ไม่ใช่ค่าของเบต้า เช่น จากตารางในภาค
ผนวกท้ายเล่มนั้น เมื่อนับจำนวนของมุมเบต้าจะได้เท่ากับ 20 ก็ให้ใส่ค่านี้ลงไปแล้วกด Enter
จะปรากฏคำสั่งว่า

หมายถึงให้ใส่จำนวนของแทนแกมมาที่มีอยู่ ไม่ใช่ค่าของแทนแกมมา เหมือนกับการใส่จำนวนของเบต้า เช่น ในตารางภาคผนวกท้ายเล่มนั้นจะมีจำนวนของแทนแกมมาทั้งหมดจาก 0 -12 เท่ากับ 29 ก็ให้ใส่ค่าลงไปแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please input beta from 0' to 180' only

หมายถึงให้ใส่ค่าของเบต้าซึ่งจะต้องมีค่าระหว่าง 0 องศาถึง 180 องศา เท่านั้น ซึ่งจะมีตัวแปรปรากฏขึ้นมาคือ

$b(x) =$

หมายถึงให้ใส่ค่าของเบต้า ตามคำสั่งข้างบน โดยที่ค่า x นี้จะเป็นเลขเรียงจาก 1 ไปยังค่าของจำนวนเบต้า ที่ใส่ไว้แล้ว ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นจะมี $b(1) = b(20)$ โดยที่ $b(1) = 0, b(2) = 2, \dots$ และอื่นๆ เมื่อใส่ค่าแต่ละค่าแล้วให้กด Enter เพื่อให้เครื่องรับข้อมูลเข้าไป เมื่อใส่ถึงตัวเลขสุดท้ายจะมีคำสั่งใหม่คือ

Please input $\tan(\text{gamma})$ which ≥ 0 only

หมายถึงให้ใส่ค่าของแทนแกมมา ซึ่งจะต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 องศา จากนั้นจะมีตัวแปรปรากฏขึ้นมาคือ

$t_g(y) =$

หมายถึงให้ใส่ค่าของแทนแกมมาเหมือนกับการใส่ค่าของเบต้าดังที่อธิบายแล้ว โดยที่ y จะมีค่าตั้งแต่ 1 จนถึงค่าของจำนวนแทนแกมมาที่ได้ใส่ไว้ในตอนต้นแล้ว โดยจะต้องกด Enter ทุกครั้งหลังจากใส่ข้อมูลแต่ละตัว เมื่อใส่ตัวเลขสุดท้ายและกด Enter จะปรากฏตัวแปรขึ้นมาที่หน้าจอก็คือ

หมายถึงให้นำค่าจากตารางมาป้อนลงให้ตรงกับค่าของตัวแปรที่กำหนด ตัวอย่างเช่น ถ้าเราต้องการป้อนตาราง r4 ค่าตัวแปรเท่ากับ r(0,0.5) ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่างในตารางมีค่าเท่ากับ 330 ก็ให้ใส่ค่านี้ลงไปแล้วกด Enter ทำอย่างนี้จนกว่าข้อมูลจะหมด ถ้าเกิดป้อนข้อมูลผิดพลาดที่ไหน ให้จดค่าเบต้าและค่าแทนแกมมาไว้ เพื่อนำไปแก้ไขในภายหลัง เมื่อใส่ค่าของตัวสุดท้ายแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่ง

Do you want to change your data?

ถ้าตอบว่าใช่ ให้กดปุ่มใดๆก็ได้ ยกเว้น n ซึ่งจะปรากฏคำสั่งต่อมาคือ

Please input beta and tan(gamma)

หมายถึงให้ใส่ค่าเบต้าและแทนแกมมาที่เกิดความผิดพลาดในการใส่ข้อมูลลงไป แล้วกด Enter ซึ่งถ้าหาข้อมูลไม่พบโปรแกรมจะบอกว่า not found data แต่ถ้าพบข้อมูลที่ใส่ไปแล้ว ก็จะปรากฏข้อมูลเก่าขึ้นที่หน้าจอ ซึ่งจะมีคำสั่งต่อมาว่า Change it to ก็ให้ใส่ข้อมูลใหม่ที่ต้องการแก้ไขของ

เมื่อแก้ไขเสร็จแล้ว ก็จะมีคำสั่งว่า Will you change another data? ซึ่งถ้าต้องการที่จะแก้ไขค่าอื่นๆ อีกก็ให้กดปุ่มใดๆ ยกเว้น n ก็จะทำการแก้ไขเหมือนเดิม

แต่ถ้าตอบคำถามทั้ง 2 คำถามข้างบนว่า n แล้ว โปรแกรมจะทำการเก็บข้อมูลลงในแผ่นข้อมูล ซึ่งจะเป็นการจบการทำงานของโปรแกรมส่วนนี้

3) โปรแกรมสำหรับพล็อตโพล่าโตแกรม

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า POLAR.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรม จะปรากฏคำสั่งที่หน้าจอว่า

Please input your file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับภาควิชาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปประโยชน์ด้านการค้า ไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนั้นจะต้องมี ไม่ว่าใครจะแก้ไขไฟล์นี้ อีกก็ให้เติมแต่แค่เปลี่ยนเนื้อหา และต้องอยู่เบื้องหลังเจ้าของเอกสารทุกครั้งห้ามการนำไปใช้

สกุลเท่านั้น DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please insert your data disk in drive b: and press any key

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่มีชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้นเข้าไปที่ไดรฟ์ b. แล้วกด Enter จะมีคำสั่งต่อไปว่า

Please input plane

หมายถึงให้ใส่ค่าระนาบที่ต้องการจะนำไปพล็อต แล้วกด Enter หลังจากนั้น โปรแกรมจะแสดงค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในระนาบนั้น แล้วกดปุ่มใดปุ่มหนึ่ง โปรแกรมจะแสดงค่ามากที่สุด และเมื่อกดปุ่มอีกหนึ่งหน โปรแกรมจะทำการพล็อตรูปตามที่ต้องการออกมาโดยที่บริเวณใต้ไดอะแกรมนั้นจะมีคำสั่งว่า

Press any key to see other plane

or press N for end

หมายถึงว่าถ้าต้องการจะดูค่าในระนาบอื่นๆ ให้กดปุ่มใดก็ได้ยกเว้น N ซึ่งโปรแกรมจะกลับไปทำงานเหมือนกับข้างต้น และถ้า กด N ก็จะเป็นการสั่งให้จบการทำงานของโปรแกรมนี้

4) โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซแคนเทลล่าไดอะแกรม

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า ISOCAN.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรมแล้ว จะปรากฏคำสั่งบนหน้าจอว่า

Please input your file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนี้นี้ต้องมีสกุลเท่ากับ DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า การทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Please input your data disk in drive a: and press any key

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่มีชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้นเข้าไปที่ไดรฟ์ a แล้วกด Enter โปรแกรมจะทำการคำนวณหาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มีค่ามากที่สุด แล้วแสดงออกที่หน้าจอ

MAXIMUM VALUE = XXX.XXX

PRESS ANY KEY

หมายถึงให้กดปุ่มใดๆก็ได้ แล้วโปรแกรมจะทำการพล็อตไอโซแคนเทลล่าออกมาตามที่ต้องการ และเมื่อทำการพล็อตโดยแกรมเสร็จแล้ว ถ้าต้องการจะจบโปรแกรม ก็เพียงแต่กดปุ่มใดๆก็ได้ ซึ่งจะเป็นการสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม

5) โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลักซ์โดยแกรม

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า ISOLUX.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรม จะปรากฏคำสั่งที่

หน้าจอว่า

Please input your file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนี้จะต้องมีสกุลเท่ากับ DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please insert your data disk in drive a:

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่มีชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้น เข้าไปที่ไดรฟ์ a แล้วกดปุ่มใดๆก็ได้ ก็จะมีคำสั่งต่อไปว่า

หมายถึงให้ใส่ค่าความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งโคมไฟในหน่วยเมตร ตั้งแต่ 5-14 เมตร
เท่านั้น แล้วกด Enter หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความสว่างและ ทำการพล็อต
ไดอะแกรมตามที่ต้องการออกมาที่หน้าจอ โดยที่บริเวณใต้ไดอะแกรมนั้นจะมีคำสั่งว่า

Do you want to see the others

หมายถึงว่าถ้าต้องการจะดูค่าความสว่างที่ความสูงของเสาอื่นๆ ให้กดปุ่มใดๆ ยก
เว้น N ซึ่งโปรแกรมจะกลับไปทำงานเหมือนกับข้างต้น คือตามถึงระดับความสูงของเสาใหม่
ถ้ากด N ก็จะเป็นการสั่งให้จบการทำงานของโปรแกรมนี้นี้

6) โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลูมิแนนซ์ไดอะแกรม

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า ISOLUMI.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรม จะปรากฏคำสั่งที่
หน้าจอว่า

Please input your intensity file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อ
ไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนี้นี้จะต้องมี
สกุลเท่ากับ DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please insert your data disk in drive a:

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่ใส่ชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้น เข้าไปที่ไดรฟ์ a แล้วกดปุ่มใดๆ
ก็ได้ ก็จะมีคำสั่งต่อไปว่า

Please input your reflection file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ของค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง ซึ่งจะต้องตจาก
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ
ชดเชยของถนน โดยมีหลักการใส่ชื่อไฟล์เหมือนกับการใส่ชื่อไฟล์ปกติ คือใส่เฉพาะชื่อเท่านั้น เช่นใน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามนำข้อมูลที่มีลิขสิทธิ์ของผู้อื่นไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากนำไปใช้

แผ่นข้อมูลอาจจะมีไฟล์ชื่อเต็มว่า r1.r ก็ให้ใส่ว่า r1 เท่านั้น และสำหรับไฟล์ที่จะใช้ได้ในส่วนนี้จะต้องมีสกุลเป็น .r เท่านั้น เมื่อโอนชื่อไฟล์แล้วไปกด Enter ก็จะปรากฏคำสั่งว่า

Please input the mounting height in metres (5-12)

หมายถึงให้ใส่ค่าความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งคอมพิวเตอร์ในหน่วยเมตร ตั้งแต่ 5-12 เมตรเท่านั้น แล้วกด Enter หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณการส่องสว่างและ ทำการพล็อตไดอะแกรมตามที่ต้องการออกมาที่หน้าจอ โดยที่บริเวณใต้ไดอะแกรมนั้นจะมีคำสั่งว่า

Do you want to see the others

หมายถึงว่าถ้าต้องการจะดูค่าความสว่างที่ความสูงของเสาอื่นๆ ให้กดปุ่มใดๆ ยกเว้น N ซึ่งโปรแกรมจะกลับไปทำงานเหมือนกับข้างต้น คือถามถึงระดับความสูงใหม่ ฯลฯ และถ้า กด N ก็จะเป็นการสั่งให้จบการทำงานของโปรแกรมนี้

7) โปรแกรมสำหรับพล็อตยูทิลิตี้ เซ็นเซอร์ไดอะแกรม

โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า UTF.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรม จะปรากฏคำสั่งที่หน้าจอว่า

Please input your intensity file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนี้นี้จะต้องมีสกุลเท่ากับ DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please insert your data disk in drive a:

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่ชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้น เข้าไปที่ไดรฟ์ a แล้วกดปุ่มใดๆ

ก็ได้ ก็จะมีคำสั่งต่อไปว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Please input the mounting height in metres (5-14)

หมายถึงให้ใส่ค่าความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งโคมไฟในหน่วยเมตร ตั้งแต่ 5-14 เมตร
เท่านั้น แล้วกด Enter หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความสว่างและ ทำการหาค่า
ยูทิลิเซชันแฟคเตอร์ และนำมาพล็อตโดยแกรมตามที่ต้องการออกมาที่หน้าจอ โดยที่โดยแกรมที่
ได้นี้เป็นกราฟระหว่างค่ายูทิลิเซชันแฟคเตอร์กับค่าความกว้างของถนน มีหน่วยเป็นเมตร โดยที่
บริเวณใต้โดยแกรมนั้นจะมีคำสั่งว่า

Do you want to see the others

หมายถึงว่าถ้าต้องการจะดูค่าความสว่างที่ความสูงของเสาอื่นๆ ให้กดปุ่มใดๆ ยก
เว้น N ซึ่งโปรแกรมจะกลับไปทำงานเหมือนกับข้างต้น คือตามถึงระดับความสูงใหม่ ฯลฯ และ
ถ้า กด N ก็จะเป็นการสั่งให้จบการทำงานของโปรแกรมนั้น

8) โปรแกรมสำหรับหาค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่าง
โปรแกรมนี้มีชื่อไฟล์ว่า IR.BAS เมื่อทำการรันโปรแกรม จะปรากฏคำสั่งที่หน้าจอ

ว่า

Please input your intensity file name

หมายถึงให้ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการที่จะนำไปพล็อต โดยไม่ต้องใส่ชื่อสกุล เช่น ถ้าชื่อ
ไฟล์เต็มๆ คือ LIGHT.DAT ก็ให้เติมเพียง LIGHT เท่านั้น ซึ่งไฟล์ที่จะใช้ในโปรแกรมนี้นี้จะต้องมี
สกุลเท่ากับ DAT เท่านั้น เสร็จแล้วกด Enter จะปรากฏคำสั่งต่อไปว่า

Please insert your data disk in drive a:

หมายถึงให้ใส่แผ่นข้อมูลที่มีชื่อไฟล์ที่ใส่ลงไปข้างต้น เข้าไปที่ไดรฟ์ a แล้วกดปุ่มใดๆ
ก็ได้ ก็จะมีคำสั่งต่อไปว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณี **Please wait** ห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายถึงให้แสดงผลการคำนวณที่กำลังคิดอยู่ ซึ่งผลที่ย่อออกมาจะอยู่ในรูปดังนี้

Flux below per 1000 lumen = XXX.XXXXXXXXXX

หมายถึงค่าฟลักซ์ที่ตกลงมาด้านล่าง โดยค่านี้เทียบกับขนาดของฟลักซ์ทั้งหมดที่กระจายออกมาเท่ากับ 1000 ลูเมนต์

Flux below horizontal (lumen) = XXXXX.XXXXXXXXXX

หมายถึงค่าฟลักซ์ทั้งหมดที่ตกลงมา โดยที่เทียบกับค่าฟลักซ์ทั้งหมดที่หลอดไฟนี้กระจายออกมา ซึ่งค่านี้หาได้จากการนำเอาค่าฟลักซ์ต่อ 1000 ลูเมนมาคูณกับค่าฟลักซ์ทั้งหมดของหลอดไฟหารด้วย 1000

MHI = XXXX.XXXXXXXXXX

หมายถึงการนำเอาค่าฟลักซ์ที่ตกลงมาทั้งหมดที่คำนวณได้ในส่วนที่แล้ว หารด้วย 2π ซึ่ง MHI ในที่นี้ก็คือ มินแฮมิสเฟียร์อินเทนซิตี (Mean Hemisphere Intensity)

Peak IR = X.XXXXXXXXXX

at plane = XX

at gamma = XX

หมายถึงค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มีค่ามากที่สุด ซึ่งจะอยู่ที่ตำแหน่งตามที่ได้แสดงออกมา คือ ที่ระนาบเท่าใด และที่แกมมาเท่าใด

เราจะนำค่านี้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐาน (ในบทที่ 5 รูปที่ 5.1 และ 5.2) ว่ามีค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่างสูงสุดเท่าใดและอยู่ที่ตำแหน่งใด ถ้าค่าที่เราคำนวณได้ไม่ตรงกับที่มีแสดงไว้ในมาตรฐานแสดงว่าโคมนี้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

Max IR = X.XXXXXX

Min IR = X.XXXXXX

หมายถึงในทุกระนาบที่แกมมาเท่ากับ 0 ถึง 30 องศา จะมีค่าอัตราส่วนความเข้ม
แห่งการส่องสว่างมากที่สุดเท่าใดและน้อยที่สุดเท่าใด ซึ่งค่าที่ได้นี้จะไปเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ว่า
ในทุกระนาบที่แกมมาเท่ากับ 0-30 องศา มีค่าอัตราส่วนนี้มากที่สุดและน้อยที่สุดได้เท่าใด
ถ้าค่าที่คำนวณออกมาอยู่ภายนอกช่วงที่มาตรฐานที่กำหนดแสดงว่า หลอดนี้ไม่อยู่ในมาตรฐาน
ที่ได้กำหนดไว้

In vertical plane

IR at 90' = X.XXXXXXXXXX

IR at 78' = X.XXXXXXXXXX

IR at 75' = X.XXXXXXXXXX

IR at 72' = X.XXXXXXXXXX

IR at 65' = X.XXXXXXXXXX

IR maximum = X.XXXXXXXXXX

at gamma = XX

หมายถึง ในระนาบที่ขนานกับถนน ซึ่งก็คือ ระนาบที่ 0 องศา โปรแกรมจะคำนวณ
หาค่าอัตราส่วนที่แกมมา 90 องศา ซึ่งจะต้องนำไปเทียบกับมาตรฐานที่มีกำหนดไว้ ส่วนค่าอัตรา
ส่วนระหว่างแกมมาที่ 72 - 78 องศา จะแสดงให้เห็นว่าในระหว่างมุมสองมุมนี้ ค่าอัตราส่วนจะ
มีค่าอยู่ระหว่างเท่าใด โดยที่ต้องนำค่านี้ไปเทียบกับมาตรฐานซึ่งกำหนดว่า จะต้องมียุทธศาสตร์
ที่กำหนดในช่วงมุมนี้ และสำหรับค่าอัตราส่วนที่แกมมาเท่ากับ 65 องศา นั้น จะเป็นการแสดงค่า
เปรียบเทียบกับค่าอัตราส่วนที่สูงสุดในระนาบที่ 0 องศา นี้ ซึ่งก็จะเป็นการสิ้นสุดการทำงานของ
โปรแกรม

6.3 ตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรม

ในหัวข้อนี้จะแสดงถึงลักษณะการแสดงผลที่ได้จากการใช้งานโปรแกรม โดยที่วิธีการใช้งานในโปรแกรมแต่ละโปรแกรมนั้น ได้อธิบายโดยละเอียดมาแล้วในหัวข้อก่อน ดังนั้นในหัวข้อนี้จะแสดงถึงข้อมูลที่นำมาใช้ และการแสดงผลที่ออกมาเป็นไดอะแกรมต่างๆ ดังที่จะได้แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

- หน้าที่ 98-99 เป็นข้อมูลของความเข้มแห่งการส่องสว่างที่นำมาใช้ในการคำนวณ และในการพล็อตไดอะแกรมต่างๆ ในตัวอย่างหน้าต่อไป
- หน้าที่ 100-106 เป็นตัวอย่างของโพล่าไดอะแกรม ที่มีค่าระนาบแตกต่างกัน
- หน้าที่ 107-108 เป็นตัวอย่างของไอโซแคนเซลล์าไดอะแกรม ที่ได้จากข้อมูลเดียวกัน แต่มีช่วงห่าง (step) ของช่วงห่างในการแสดงค่ากราฟแต่ละเส้นแตกต่างกัน
- หน้าที่ 109-111 เป็นตัวอย่างของไอโซลักซ์ไดอะแกรม ที่ได้จากข้อมูลชุดเดียวกัน แต่มีค่าของความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งหลอดไฟ ที่แตกต่างกัน
- หน้าที่ 112-114 เป็นตัวอย่างของไอโซลูมินันซ์ไดอะแกรม ที่ได้จากข้อมูลชุดเดียวกัน แต่มีค่าของความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งหลอดไฟ ที่แตกต่างกัน
- หน้าที่ 114-118 เป็นตัวอย่างของยูทิลิเซชันแฟคเตอร์ไดอะแกรม ที่ได้จากข้อมูลชุดเดียวกัน แต่มีค่าของความสูงของเสาที่ใช้ติดตั้งหลอดไฟ ที่แตกต่างกัน
- หน้าที่ 119 เป็นผลของการคำนวณค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่าง และจะนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟในรูปที่ 5.1 หรือ 5.2 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ

POLAR GRAPH

180

135

90

45

0

225

270

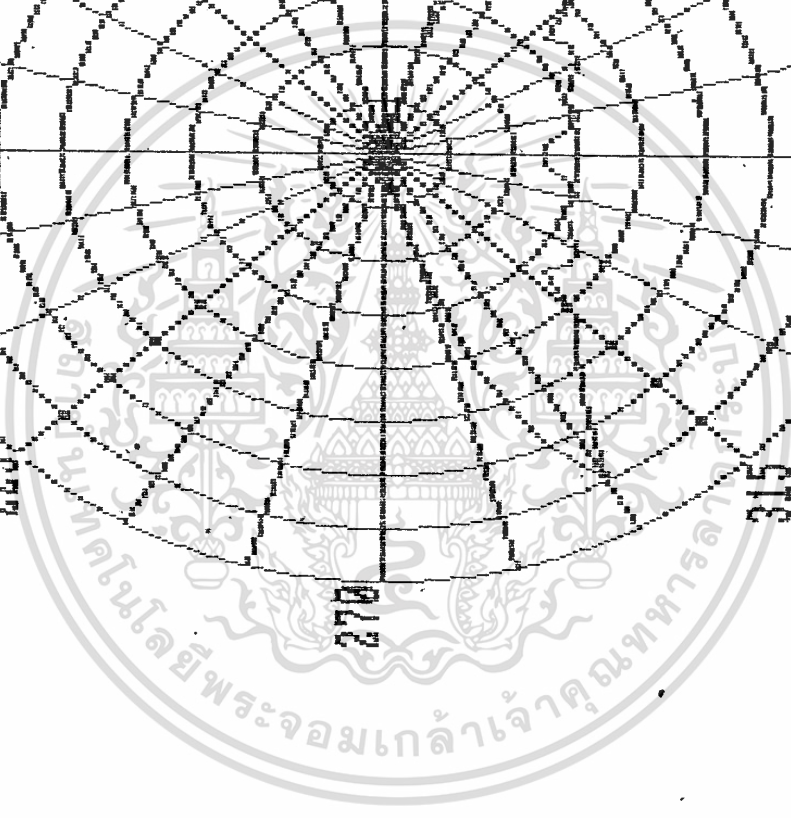
315

Scale = 1 : 70 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = 15

Press any key to see other plan
or press N for end?



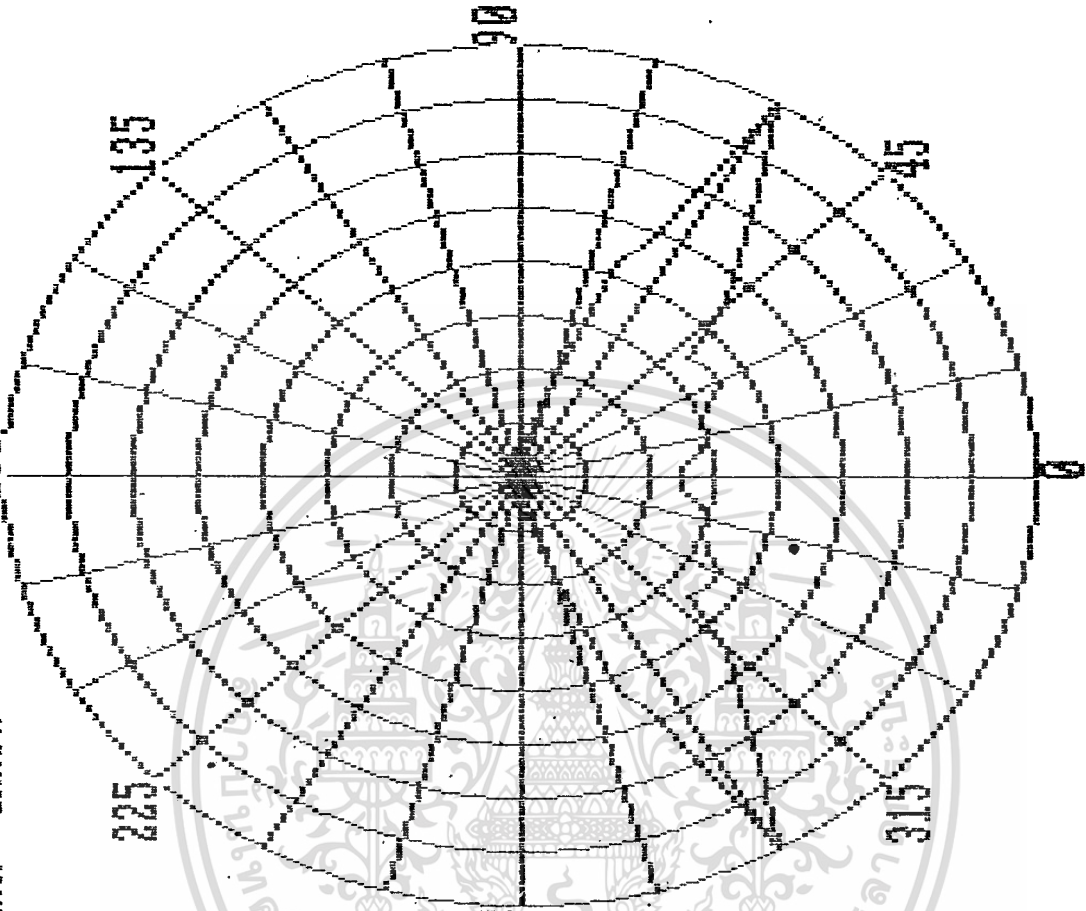
POLAR GRAPH

180

Scale = 1 : 70 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = 0



Press any key to see other plan
or press N for end?

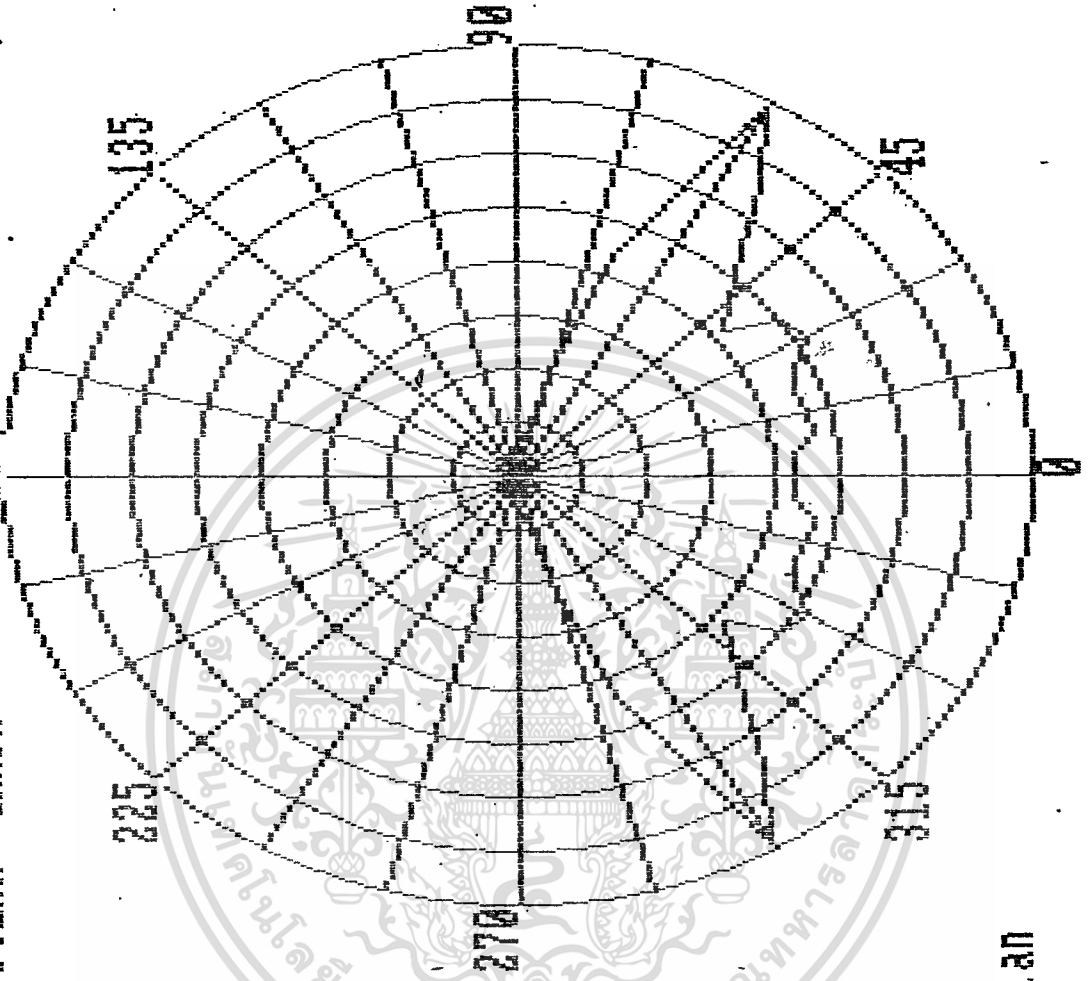
POLAR GRAPH

180

Scale = 1 : 40 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = -15



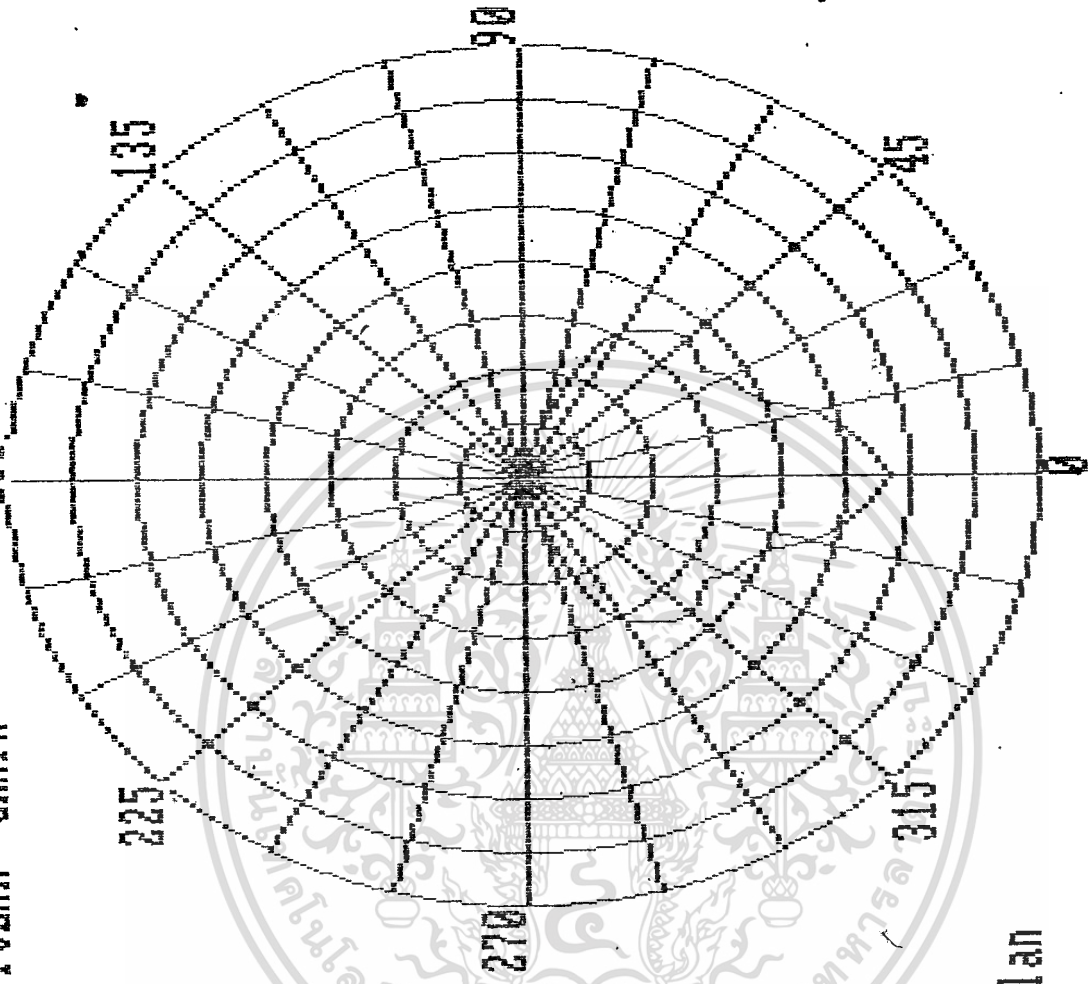
Press any key to see other plan
or press N for end?

POLAR GRAPH

Scale = 1 : 30 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = -45



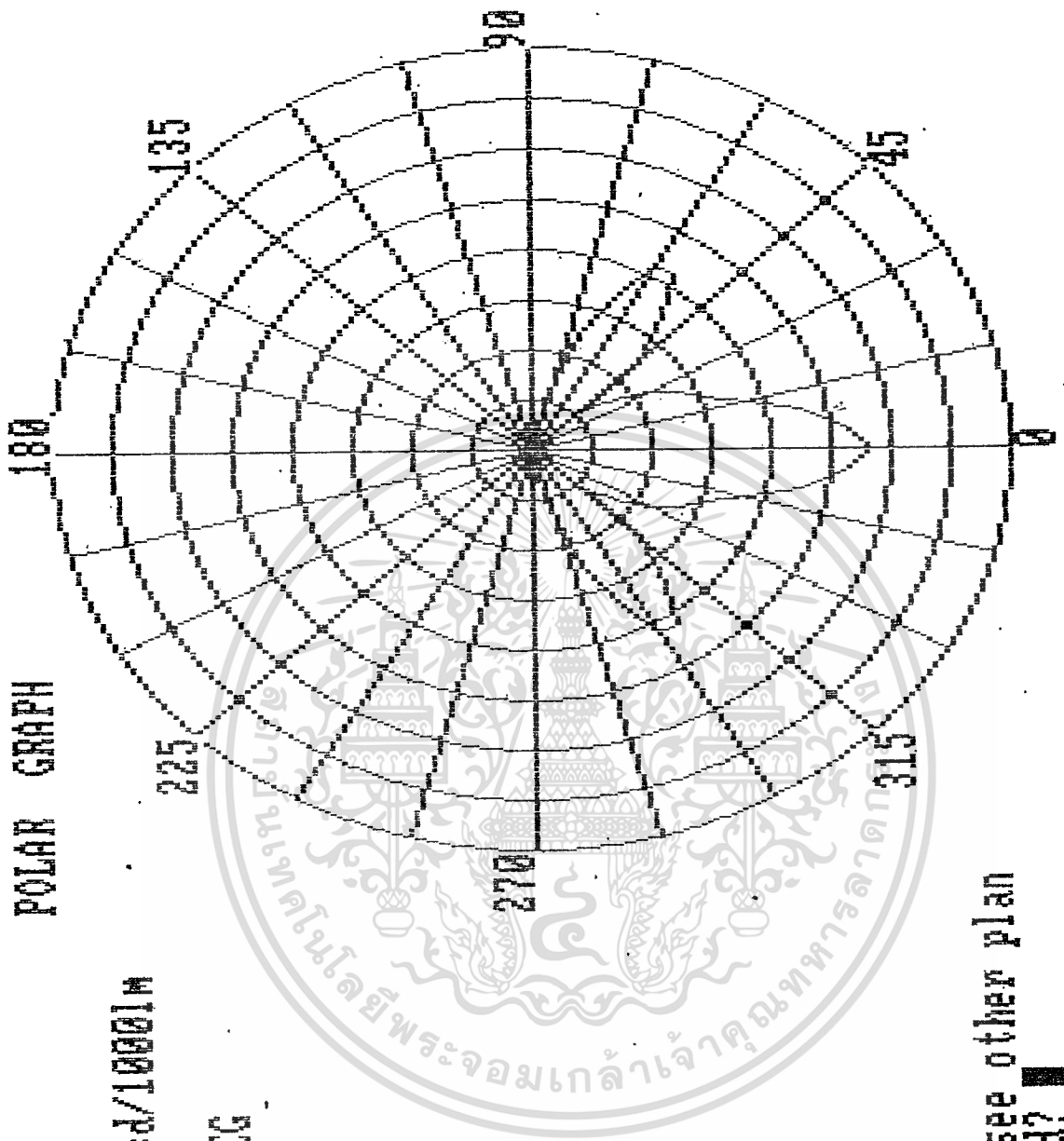
**Press any key to see other plan
or press N for end?**

POLAR GRAPH

Scale = 1 : 30 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = -90



Press any key to see other plan
or press N for end? ■

POLAR GRAPH

180

135

90

45

0

225

270

315

Scale = 1 : 30 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = 45

Press any key to see other plan
or press N for end?

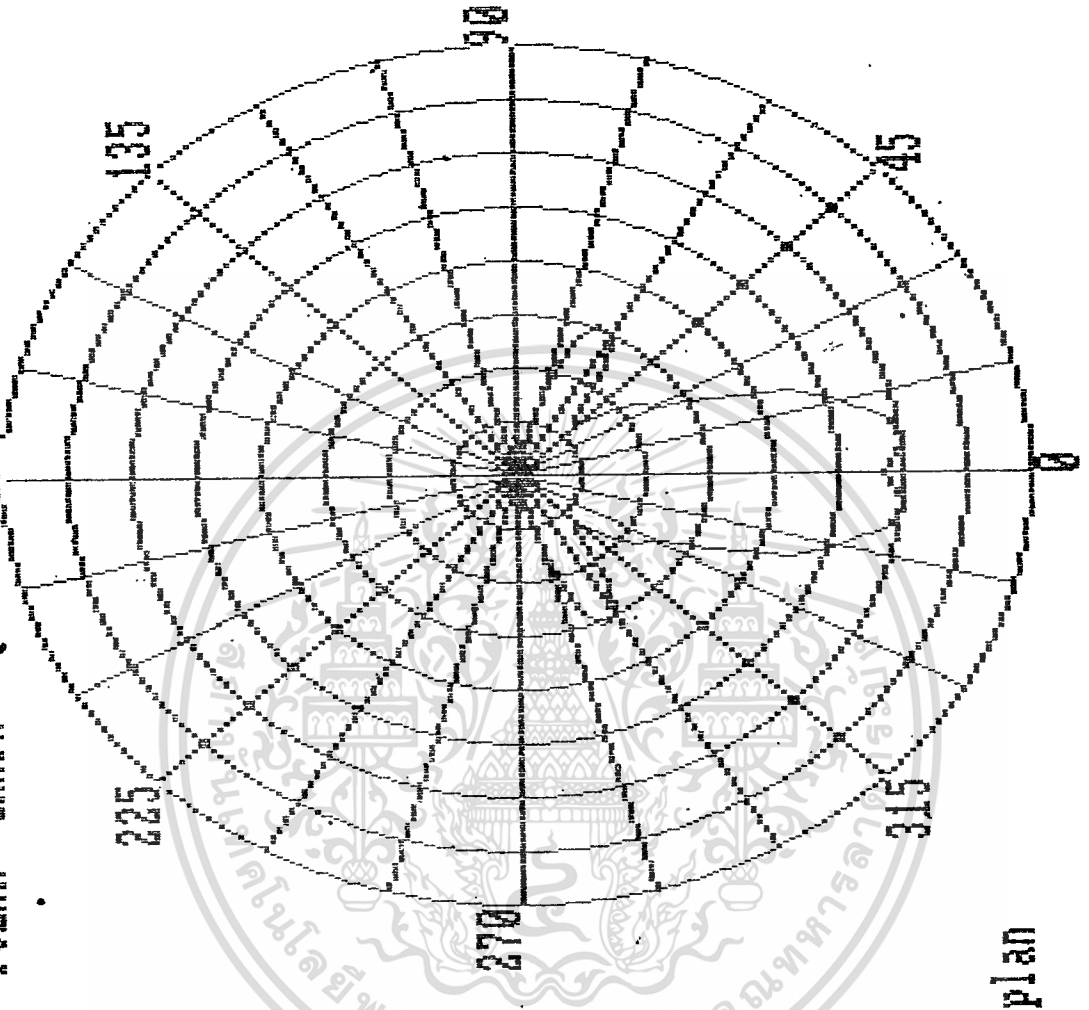
POLAR GRAPH

180

Scale = 1 : 30 cd/1000lm

Angle = 1 : 15 DEG

Plane = 90



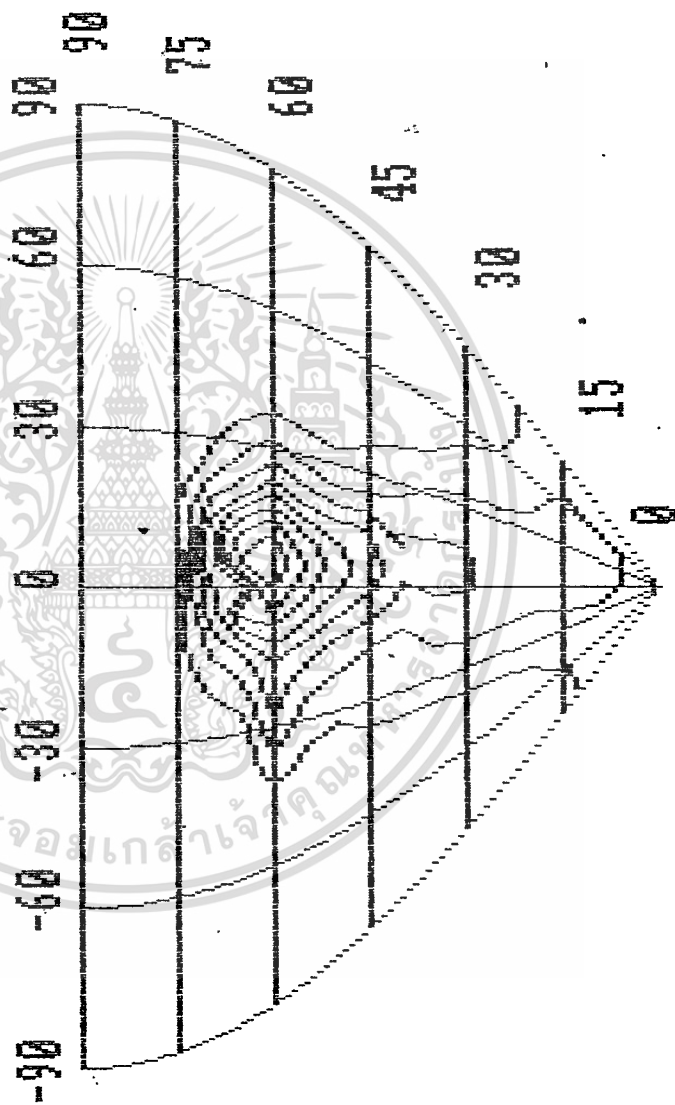
Press any key to see other plan
or press N for end?

ISOCANDELA DIAGRAM

MAXIMUM VALUE = 611 cd/1000 lumen

- 1 90 %
- 2 80 %
- 3 70 %
- 4 60 %
- 5 50 %
- 6 40 %
- 7 30 %
- 8 20 %

STEP = -10 %

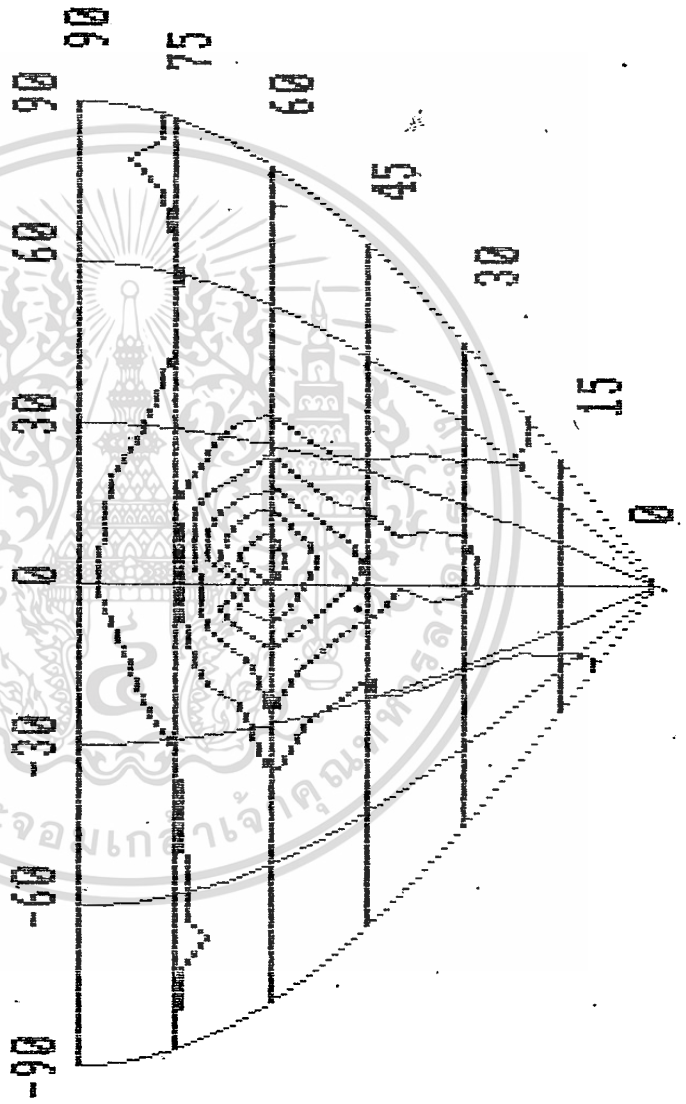


ISOCANDELA DIAGRAM

MAXIMUM VALUE = 611 cd/1000 lumen

- 1. 90 %
- 2. 73 %
- 3. 56 %
- 4. 39 %
- 5. 22 %
- 6. 5 %

STEP = -17 %



ISOLUX DIAGRAM

length (metres)

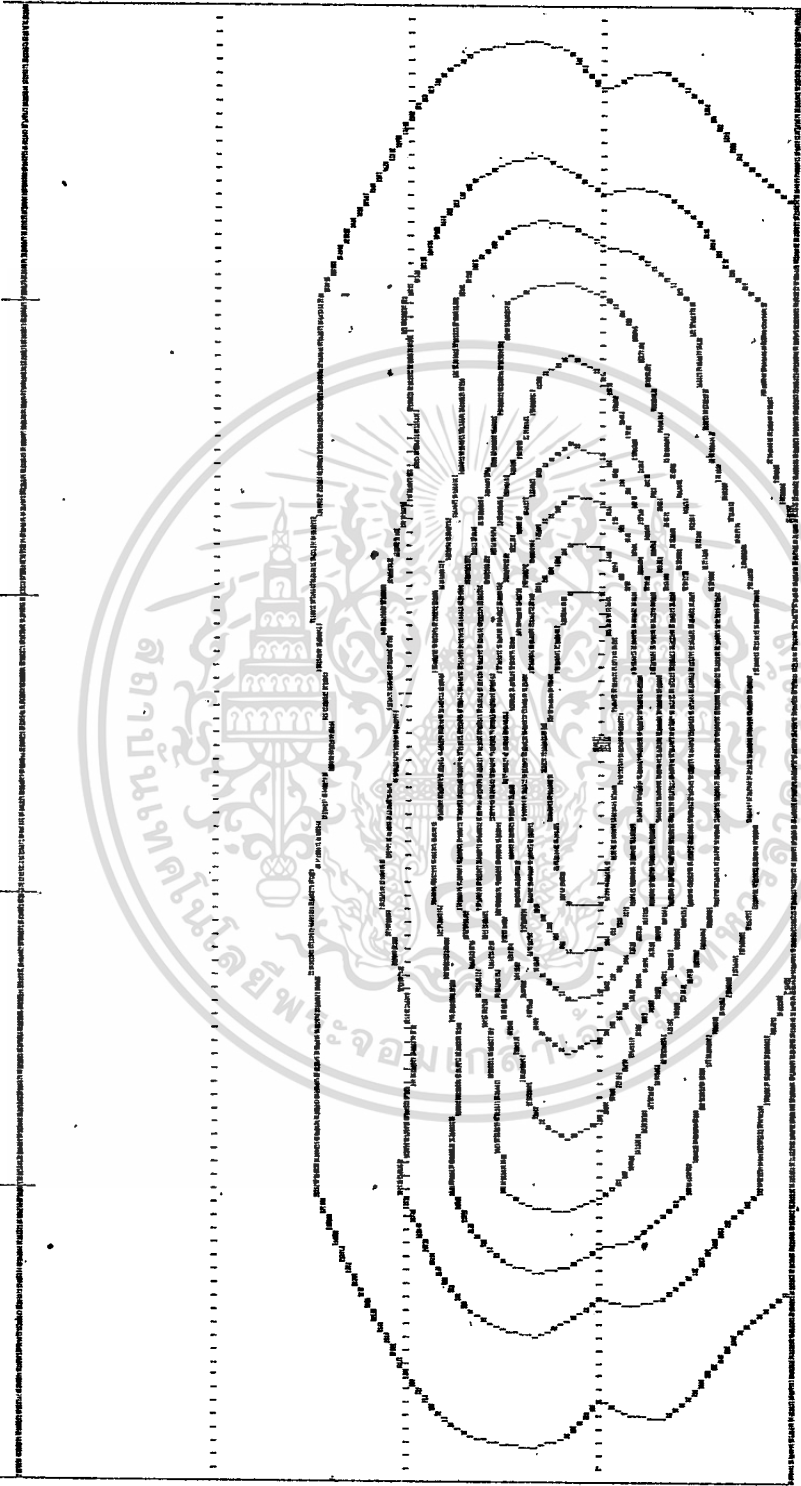
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



width (metres)

mounting height = 9.00 metres
max illuminance = 83.085 lux
min illuminance = 0.507 lux

file name = i_hps1.dat
show value from 90%-10% step 10%
Do you want see to the others?

ISOLUX DIAGRAM

length (metres)
50.00

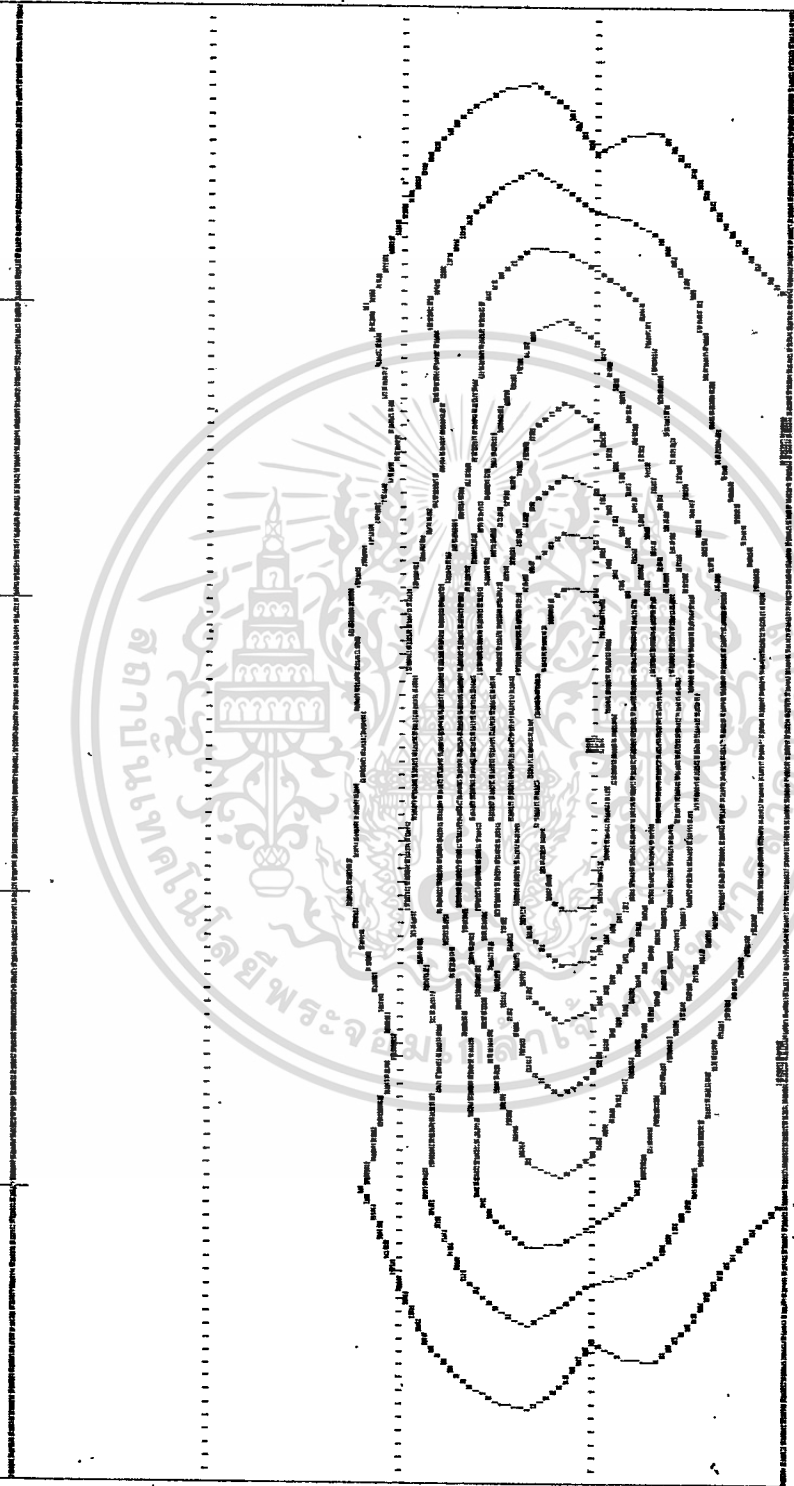
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



0.00

6.00

18.00

24.00

width (metres)

mounting height = 10.00 metres
max illuminance = 67.816 lux
min illuminance = 0.702 lux

file name = i_hps1.dat
show value from 90%-10%, step 10%
Do you want see to the others?

ISOLUX DIAGRAM

length (metres)
50.00

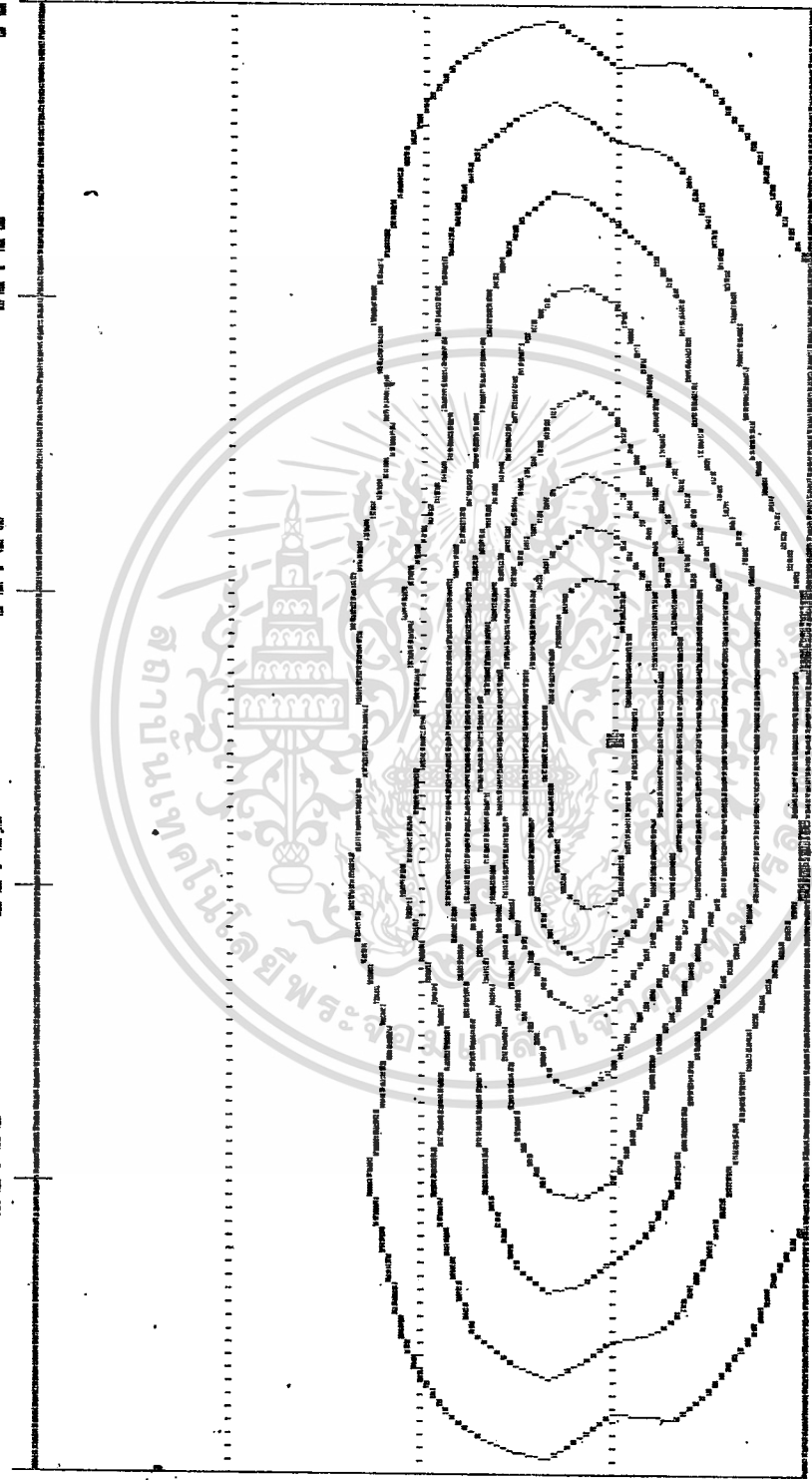
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



6.00

18.00

24.00

width (metres)

mounting height = 11.00 metres
MAX illuminance = 56.383 lux
MIN illuminance = 0.912 lux

file name = i_hpsl.dat
show value from 90%-10% step 10%
Do you want see to the others? █

ISOLUMINANCE DIAGRAM

length (metres)
50.00

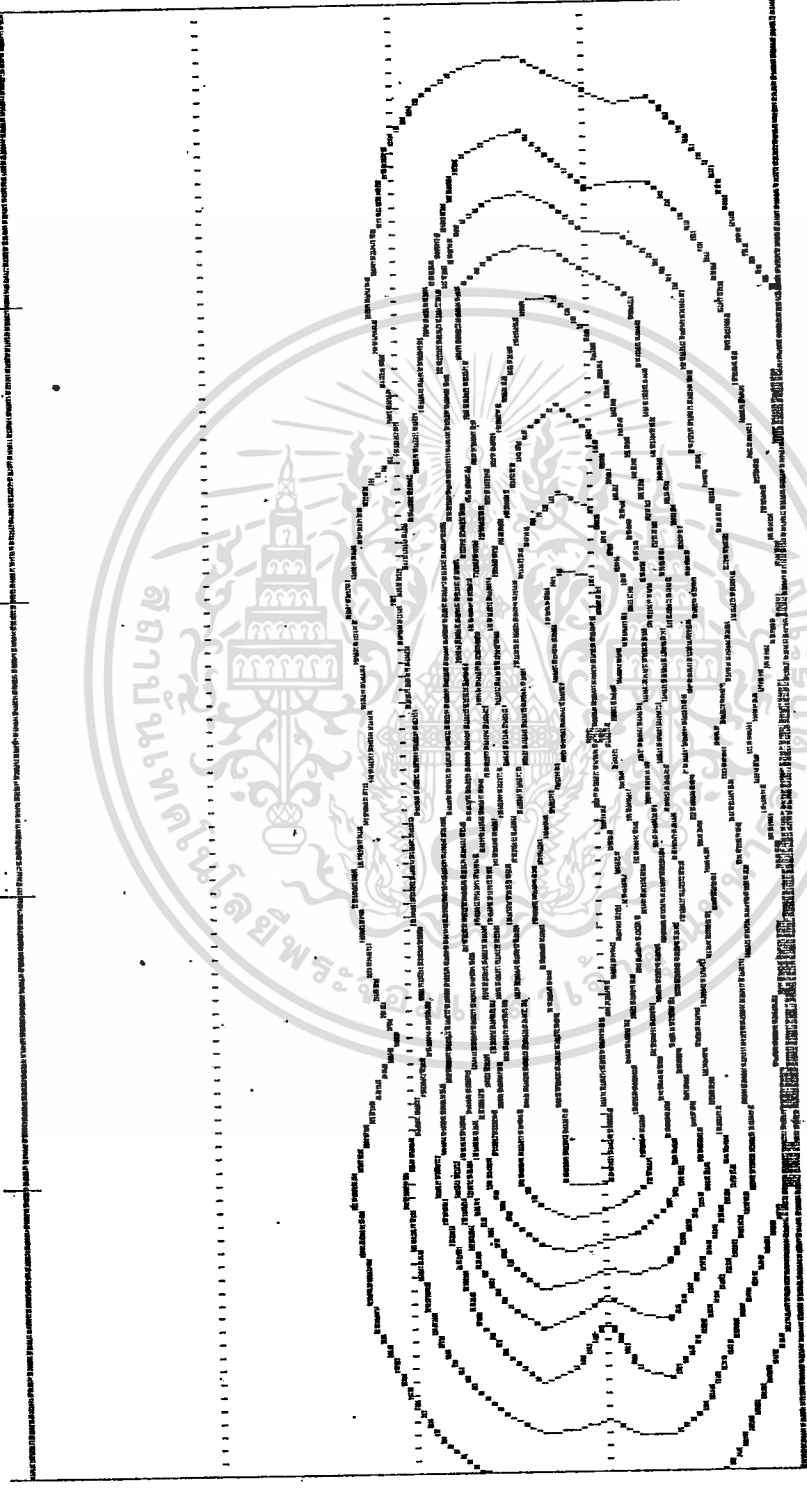
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



0.00

6.00

18.00

24.00

width (metres)

road surface = r1

file name = i_hps1.dat

show value from 90%-20% step 10%

Do you want to the others?

mounting height = 9.00 metres

max luminance = 6.219 cd/sqm

average lumi = 1.643 cd/sqm

ISOLUMINANCE DIAGRAM

length (metres)
50.00

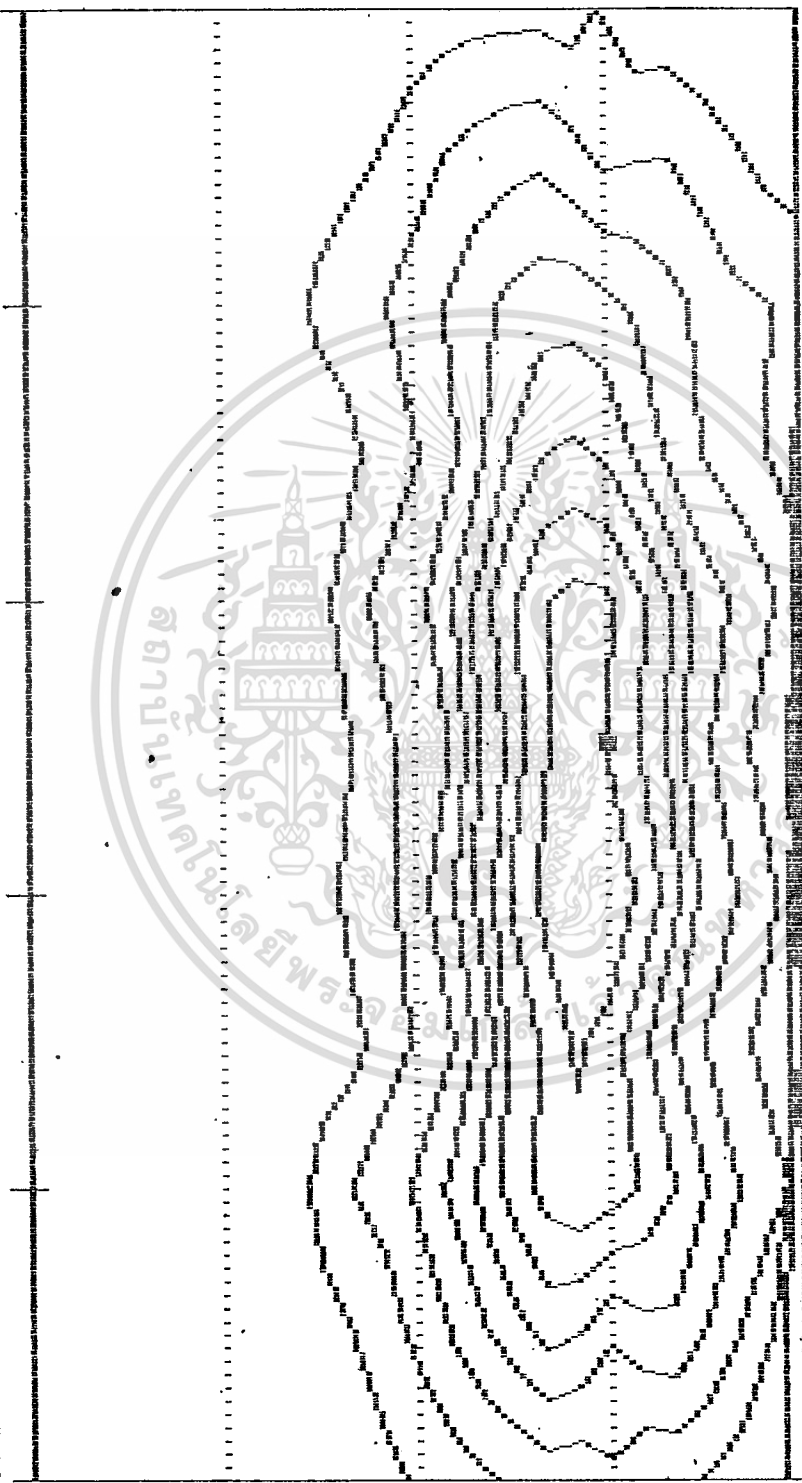
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



0.00

6.00

18.00

24.00

width (metres)

road surface = r1

file name = i_hpsl.dat

show value from 90%-20% step 10%

Do you want to the others?

mounting height = 10.00 metres

max luminance = 4.786 cd/sqm

average lumi = 1.421 cd/sqm

ISOLUMINANCE DIAGRAM

length (metres)
50.00

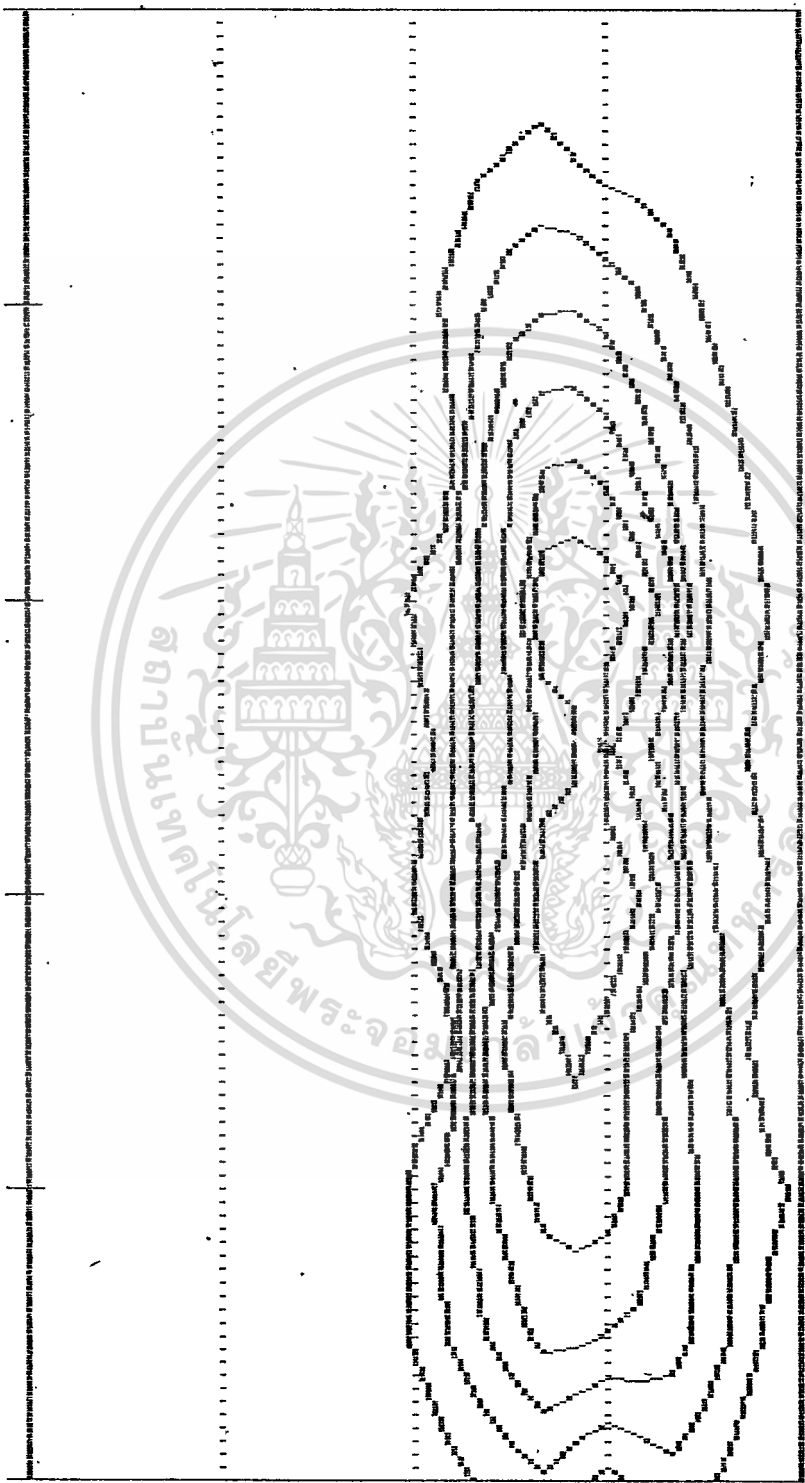
40.00

30.00

20.00

10.00

0.00



0.00

6.00

18.00

24.00

width (metres)

road surface = rl

file name = i_hpsl.dat

show value from 90%-40% step 10%

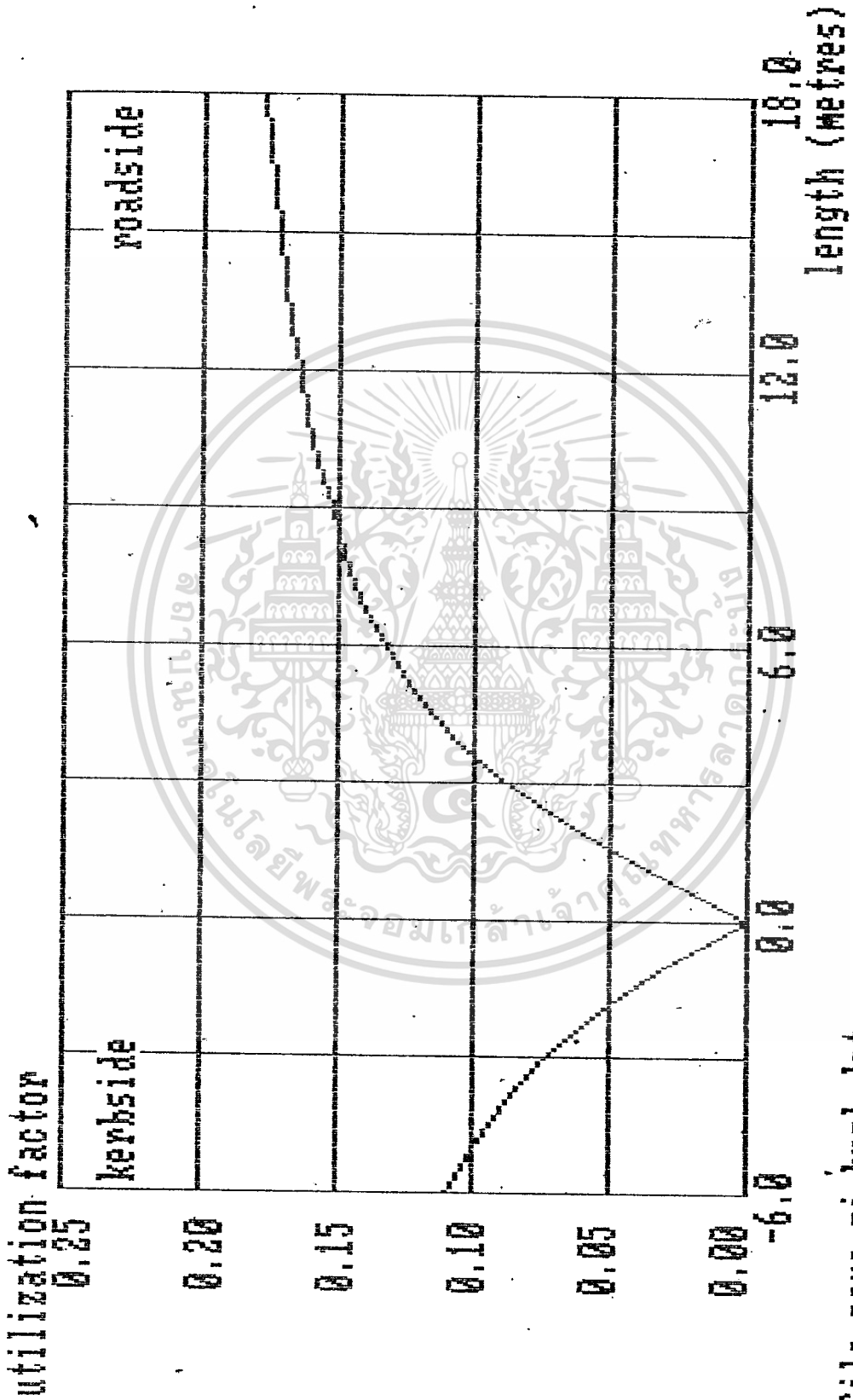
Do you want to the others?

mounting height = 11.00 metres

max luminance = 4.304 cd/sqm

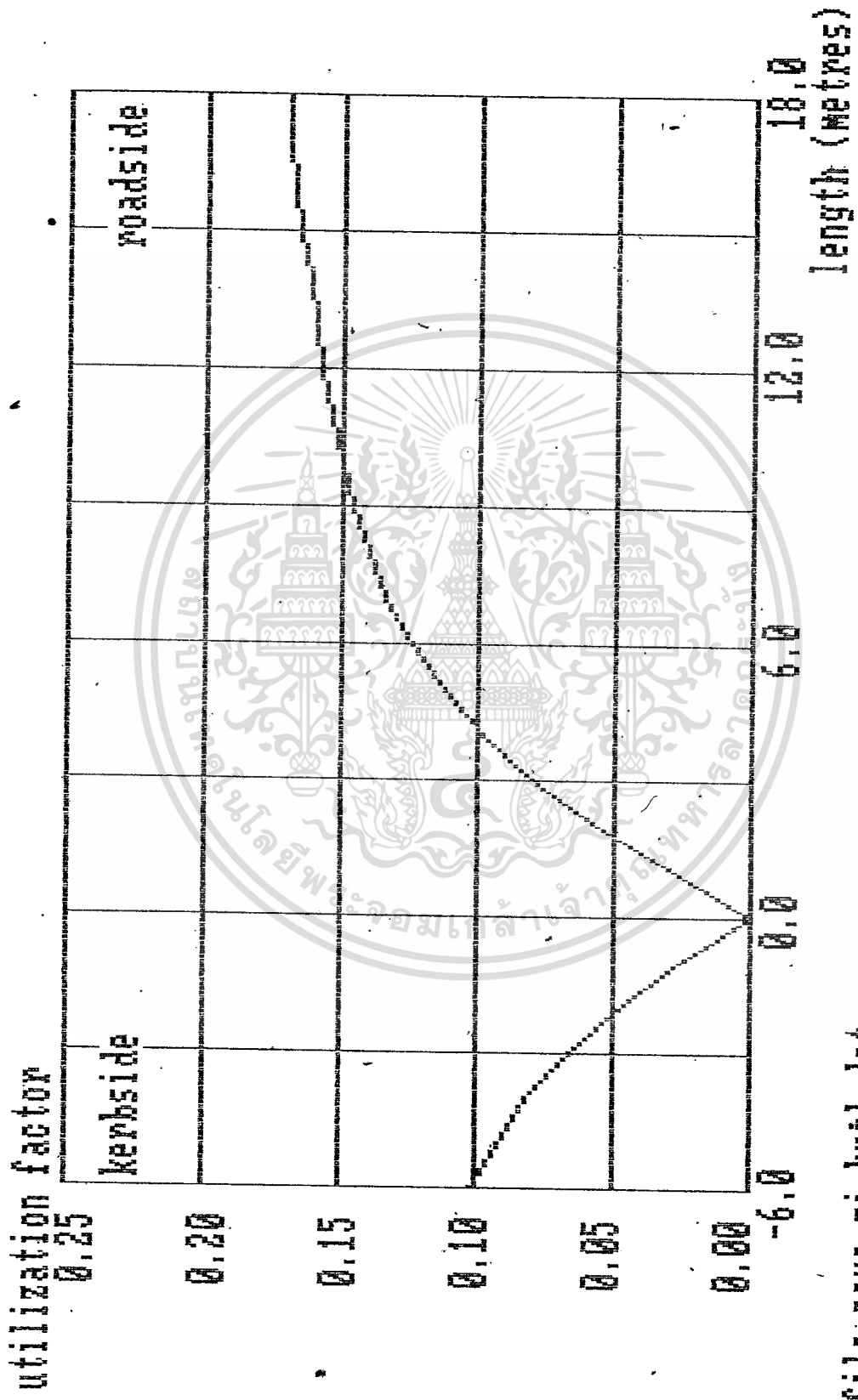
average lumi = 1.397 cd/sqm

UTILIZATION FACTOR CURVES



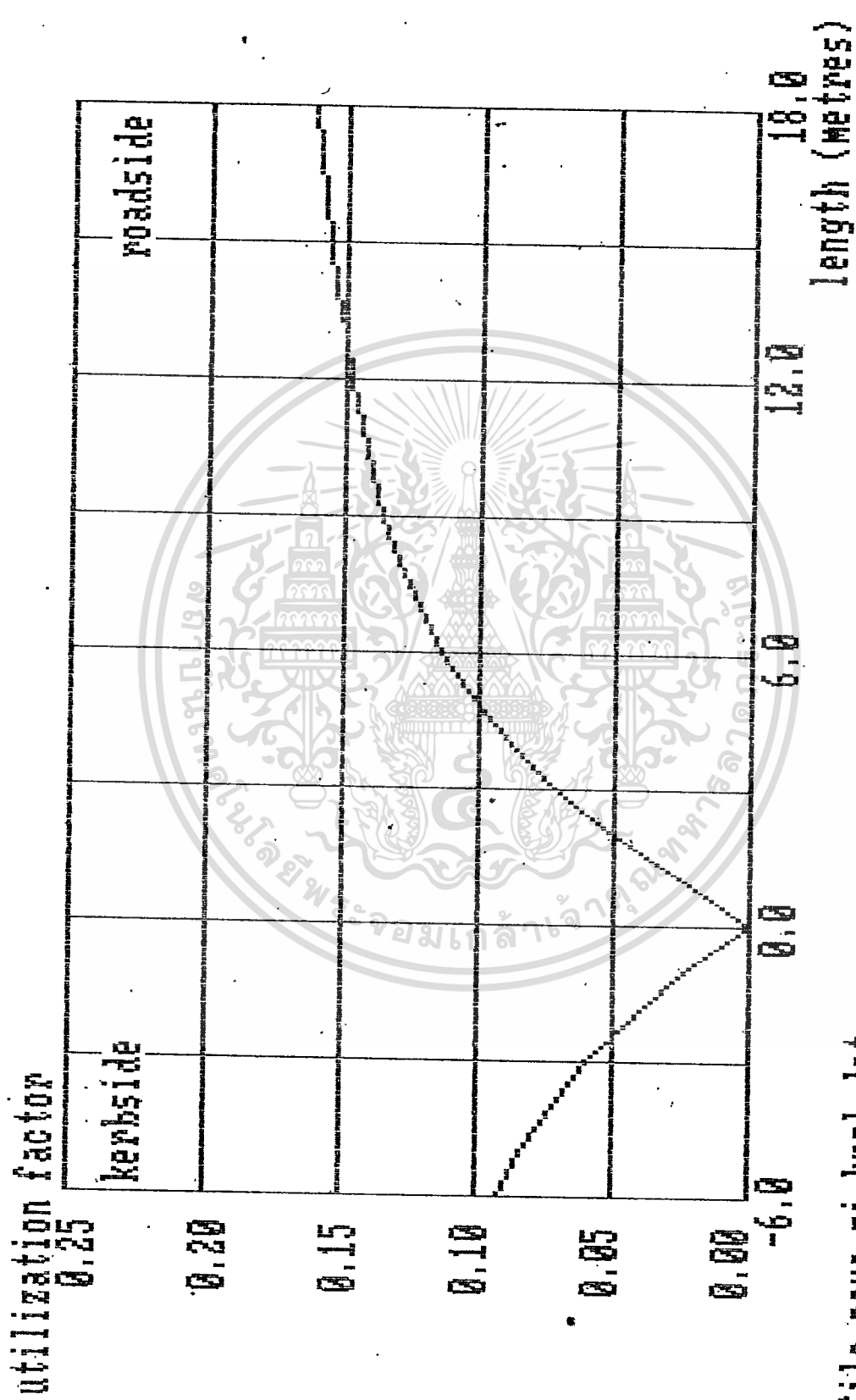
file name = i_hps1.dat
 mounting height = 8.00 metres
 Do you want to see the others?

UTILIZATION FACTOR CURVES



file name = i_hps1.dat
 mounting height = 9.00 metres
 Do you want to see the others? █

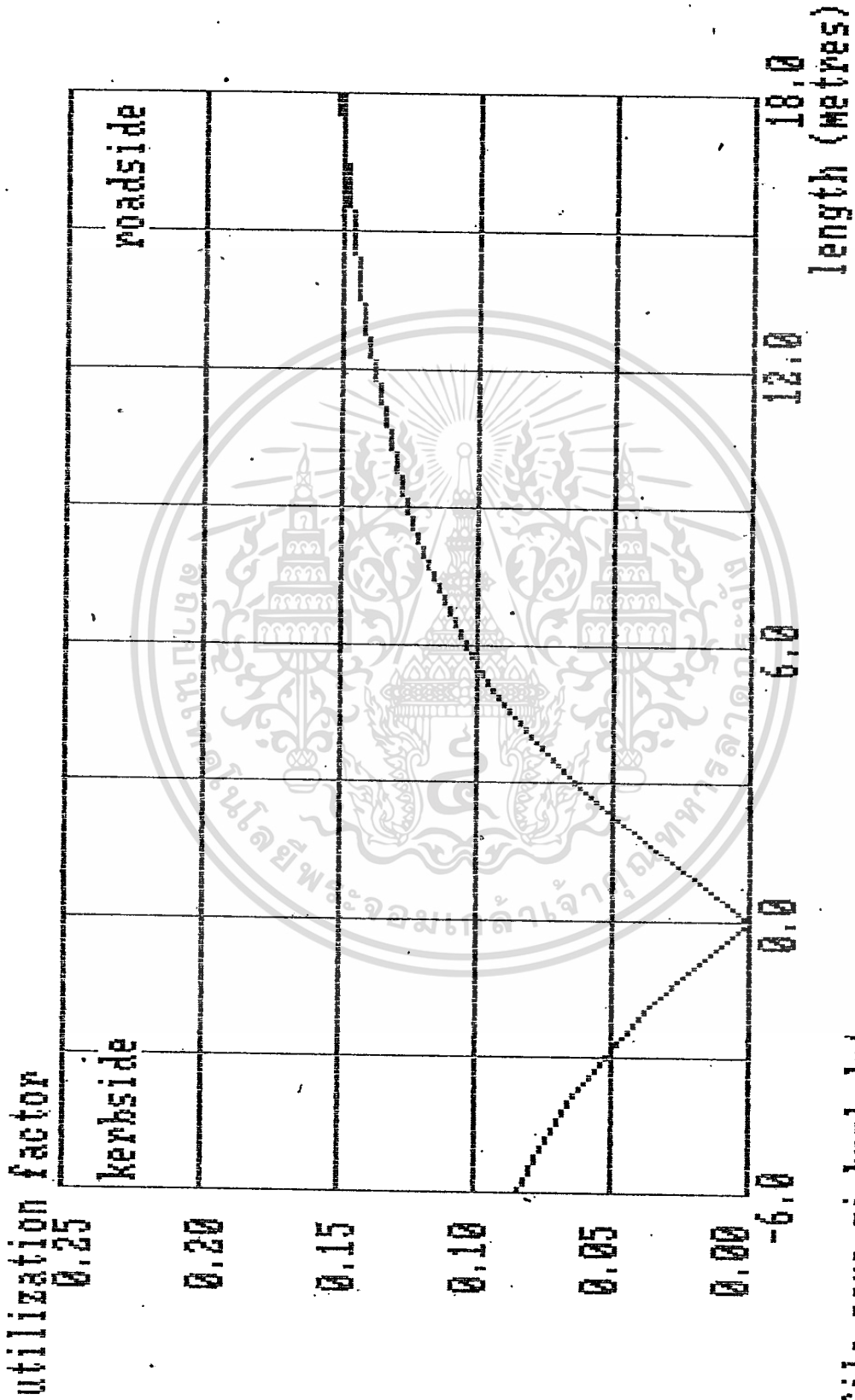
UTILIZATION FACTOR CURVES



file name = i_hps1.dat
 mounting height = 10.00 metres
 Do you want to see the others? █

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UTILIZATION FACTOR CURVES



file name = i_hps1.dat
 mounting height = 11.00 metres
 Do you want to see the others? █

Flux below per 1000 lumen = 726.1340942382812
 Flux below horizontal (lumen) = 27593.095703125
 MHI = 4391.57763671875

Peak IR = 5.286938298863314
 at plane = 5
 at gamma = 60

In all direction which gamma = 0 to 30
 Max IR = 2.145925856167106
 Min IR = .597051951917461

In vertical plane
 IR at 90° = .1903643904664368
 IR at 78° = .6697365505716008
 IR at 75° = .8047221960626648
 IR at 72° = 1.8690321973066834
 IR at 65° = 2.89873049119347
 IR maximum = 4.828333176375989
 at gamma = 60



บทสรุป

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถแสดงการกระจายแสงของโคมไฟชนิดต่างๆ โดยจะต้องป้อนข้อมูลค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่างลงไปก่อน จึงจะสามารถแสดงผลการกระจายแสงของดวงโคมดวงนั้นได้ ซึ่งค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง และค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่างนี้ผู้จัดทำนำมาจากมาตรฐานของ CIE ดังนั้นผู้ที่สนใจที่จะนำโปรแกรมนี้ไปใช้งานจะต้องพิจารณาว่าดวงโคมและบริเวณที่ต้องการมีลักษณะตรงตามมาตรฐาน CIE หรือไม่ ถ้าไม่ตรงตามมาตรฐาน CIE ผู้จัดทำได้เตรียมส่วนป้อนข้อมูลที่ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลของตนมาใช้แทนของต้นได้ ซึ่งจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้ใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างได้ อีกทั้งโปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นมาให้ผู้ใช้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความสูงในการติดตั้งของดวงโคมได้ ทั้งนี้เนื่องจากการติดตั้งโคมไฟบนถนนนั้นจะคำนึงถึงความสะดวกด้วย จึงต้องมีการปรับความสูงของเสาในบริเวณต่างๆ ซึ่งจะช่วยให้ไม่ต้องวัดค่ามากนัก

อย่างไรก็ตามในการพัฒนาโปรแกรมนี้ยังเป็นเพียงการเริ่มต้นของการพัฒนาเพื่อใช้ในการออกแบบถนนทางตรง ทั้งนี้เนื่องจากการใช้งานจริงจะมีการติดตั้งโคมไฟเป็นแถวยาวรวมทั้งยังมีการติดตั้งโคมไฟเป็นชนิดต่างๆ เช่นแบบติดตั้งแถวเดียว (Single Sided) ติดตั้งแบบตรงข้าม (Opposite) ฯลฯ ซึ่งในแต่ละแบบจะมีค่าความสว่างแตกต่างกัน รวมทั้งการพัฒนาการออกแบบแสงสว่างบริเวณทางโค้ง.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับการเก็บค่าความเข้มการส่องสว่าง

```
cls
print " Please insert your data disk in drive A: "
a$ = input$(1)
input " What is your intensity file name ";na$
nam$ = na$ + ".dat"
open nam$ for output as#1
cls
dim c(1:500),g(1:500),l(1:100,1:100)
input " How many plane which you have ?";plane
input " How many gamma which you have ?";gam
print " Please input plane from -90' to 90' only"
for a = 1 to plane
    print "c(";a;") = ";
    input " "; c(a)
    write #1,c(a)
    print
next a
print " Please input gamma from 0' to 180' only"
for b = 1 to gam
    print "g(";b;") = ";
    input " "; g(b)
    print
next b

for x = 1 to plane
    for y = 1 to gam
        print "l(";c(x);",";g(y);")";
        input " "; l(x,y)
        print l(x,y);
    print
next y
next x
b$=input$(1)
input " Do you want to change your data? Y or N";a$
do until a$= "n"
    print
    input "please insert plane and gamma"; c,d
    for a = 1 to beta
        if c = c(a) then
            for b = 1 to tag
                if d = g(b) then
                    print l(a,b)
                    input " Change it to ";v
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        l(a,b)=v
        if l(a,b) = l(a,b) then end1:
    else
    end if
    next b
else
end if
next a
print " not found data "
end1:
input "Will you change another data? Y or N ";a$
loop
print "Press any ket to do process"
for x = 0 to 36
    for y = 0 to 36
        aa = 5*(x - 18)
        bb = y * 5
        for m = 1 to plane
            if aa >= c(m) then
                w = m
            else
            end if
        next m
        for n = 1 to gam
            if bb >= g(n) then
                v = n
            else
            end if
        next n
        i1 = ((aa-c(w))*(l(w+1,v+1)-l(w,v+1))/(c(w+1)-c(w)))+l(w,v+1)
        i2 = ((aa-c(w))*(l(w+1,v)-l(w,v))/(c(w+1)-c(w)))+l(w,v)
        i3 = ((bb-g(v))*(i1-i2)/(g(v+1)-g(v)))+i2
        l(x,y) = i3
        write#1,l(x,y)
    next y
next x
close #1
print chr$(7)
end

```

โปรแกรมสำหรับเก็บค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของการส่องสว่าง

```
cls
print " Please insert yourdata disk in drive A: "
a$ = input$(1)
input " What is your file name ";na$
nam$ = na$ + ".r"
open nam$ for output as#1
cls
dim b(1:500),tg(1:500),r(1:100,1:100)
input " How many Beta which you have ?";beta
input " How many tan(gamma) which you have ?";tag
write #1,beta,tag
print " Please input beta from 0' to 180' only"
for a = 1 to beta
  print "B(";a;") = ";
  input " "; b(a)
  write #1,b(a)
  print
next a
print " Please input tan(gamma) which >= 0 only "
for b = 1 to tag
  print "TG(";b;") = ";
  input " "; tg(b)
  write #1,tg(b)
  print
next b

for x = 1 to beta
  for y = 1 to tag
    print"I(";b(x);",";tg(y);")" ;
    input " ";r(x,y)
    print r(x,y);
  print
next y
next x
b$=input$(1)
input" Do you want to change your data? Y or N";a$
do until a$= "n"
  print
  input "please insert beta and tan(gemma)"; c,d
  for a = 1 to beta
    if c = b(a) then
      for b = 1 to tag
        if d = tg(b) then
```

```

        print r(a,b)
        input " Change it to ";v
        r(a,b)=v
        if r(a,b) = r(a,b) then end1:
            else
                end if
            next b
        else
            end if
        next a
        print " not found data "
        end1:
        input "Will you change another data? Y or N ";a$
    loop
for x = 1 to beta
    for y = 1 to tag
        write #1,r(x,y)
    next y
next x
close #1
print chr$(7)
end

```



โปรแกรมสำหรับพล็อตโหนดโคมไฟ

```
cls
screen 2 :
input "Please input your file name";fi$
print
print "please insert data disk in drive b: and press any key"
a$ = input$(1)
fl$ = "b:"+fi$ + ".dat"
open fl$ for input as#1
dim l(0:36,0:36)
if pl <= 450 and pl >= 90 then c = abs(270 - pl)/5 else c = (pl + 90)/5
for w = 0 to 36
  for r = 0 to 36
    input #1,l(w,r)
  next r
next w
do until ans$ = "n"
cls
do
input "please input plane";pl
j = pl mod 5
loop until j = 0
if pl <= 450 and pl >= 90 then c = abs(270 - pl)/5 else c = (pl + 90)/5
max = 0
for r = 0 to 18
  d$ = "\ \###\ \###\ \###"
  print using d$;"l(";pl;"",";5*r;"")= "; I(c,r)
  if max < I(c,r) then max = I(c,r)
next r
input "Press any key";sp$
for r = 19 to 36
  print using d$;"l(";pl;"",";5*r;"")= "; I(c,r)
  if max < I(c,r) then max = I(c,r)
next r
print "maximum lighting intensity value =";max
input "Press any key";sp$
m = max\80
m = m + 1
q = m * 80
cls
line (0,0)-(639,199),b
ra = 22/(7*180)
po = I(c,0)*80/q
```

```

f = po * sin(90*ra)
h = e
for r = 1 to 36
  po = I(c,r)*80/q
  s = 90+(5*r)
  u = po * cos(s * ra)
  v = po * sin(s * ra)
  z = - u
  line ((440+2*e),(95+f))-((440+2*u),(95+v))
  line ((440+2*h),(95+f))-((440+2*z),(95+v))
  e = u
  f = v
  h = z
next r

```

```
close #1
```

```
locate 2,2
```

```
print"
```

```
locate 4,4
```

```
print" Scale = 1 :";10 * m;" cd/1000lm"
```

```
locate 6,4
```

```
print" Angle = 1 :15 DEG"
```

```
locate 8,4
```

```
print" Plane =";pl
```

```
for a = 1 to 8
```

```
circle (440,95),a * 20,,,1/2
```

```
next a
```

```
for i = 0 to 360 step 15
```

```
ra = 22*i/(7*180)
```

```
x = 160* cos(ra)
```

```
y = 80.* sin(ra)
```

```
line (440,95)-(440+x,95+y),3
```

```
next i
```

```
locate 2,55
```

```
print"180"
```

```
locate 12,33
```

```
print"270"
```

```
locate 12,76
```

```
print"90"
```

```
locate 23,56
```

```
print"0"
```

```
locate 20,39
```

```
print"315"
```

```
locate 20,70
```

```
print"45"
```

```
print"225"  
locate 1,0  
print"195"  
locate 22,4  
print"Press any key to see other plan "  
locate 23,4  
input"or press N for end";ans$  
loop  
print chr$(7)  
end
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับหาค่าไอโซแคนเดลาโดยแกรม

```
CLS
SCREEN 2
INPUT " PLEASE INPUT A FILE NAME ";FL$
PRINT
PRINT " PLEASE INPUT DATA DISK IN DRIVE A: AND PRESS ANY KEY "
A$ = INPUT$(1)
FL$ = FL$ + ".DAT"
OPEN FL$ FOR INPUT AS #1
DIM LIGHT(0:37,0:180)
MAX = 0
FOR C = 0 TO 36
  FOR I = 0 TO 36
    INPUT #1,LIGHT(C,I)
    IF MAX < LIGHT(C,I) THEN MAX = LIGHT(C,I)
  NEXT I
NEXT C
PRINT
PRINT "MAXIMUM VALUE = ";MAX
PRINT
INPUT "PRESS ANY KEY ";SP$
PRINT
CLS
LINE (2,2)-(638,198), , B
LOCATE 2,32
PRINT "ISOCANDELA DIAGRAM"
X = 320
FOR AMPLITUDE = -90 TO 90 STEP 30
  FOR ANG = 90 TO 180 STEP 1
    L = AMPLITUDE * SIN(ANG * 3.14/180)
    HEIGH = ANG
    PSET (X+(2*L),HEIGH)
    IF AMPLITUDE = 90 AND HEIGH MOD 15 = 0 THEN
      LINE (X+(2*L),HEIGH)-(X-(2*L),HEIGH)
      HEIGH = (HEIGH+10.6)\8
      L = (24+X+(2*L))\8
      LOCATE HEIGH,L
      PRINT 180-ANG
    END IF
  NEXT ANG
  POSITION = (X +(2*AMPLITUDE))\8
  LOCATE 11,POSITION
  PRINT AMPLITUDE
NEXT AMPLITUDE
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOCATE 4,2

PRINT "MAXIMUM VALUE =" ; MAX ; " cd/1000 lumen"

DIM P(1:100), Q(1:100)

N = MAX

STE = 0.17

LL = -1

LN = 1

LO = 1

PO% = 1

OO% = 1

FOR L = 0.9*N TO 0.05*N STEP -(STE*N)

LOCATE 4 + OO%, 2

PRINT OO% ; " : " ;

PRINT USING "####" ; L*100/MAX ;

PRINT " %"

OO% = OO% + 1

BEGIN:

J = 1

FOR I = 0 TO 36

W = 0

Z = 0

FOR C = 0 TO 36

IF L = LIGHT(C, I) THEN

LC = C

P(J) = (LC * 5) - 90

Q(J) = I * 5

J = J + 1

ELSEIF L < LIGHT(C, I) THEN

Z = LIGHT(C, I)

ZC = C

ELSEIF L > LIGHT(C, I) THEN

W = LIGHT(C, I)

WC = C

END IF

IF Z > 0 AND W > 0 THEN

LC = ((L - W)*(ZC - WC)/(Z - W)) + WC

P(J) = (LC * 5) - 90

Q(J) = I * 5

J = J + 1

IF LC = C THEN Z = 0 : W = 0

IF ZC > WC THEN W = 0

IF WC > ZC THEN Z = 0

END IF

NEXT C

```

NEXT I
FOR C = 0 TO 3C
  W = 0
  Z = 0
  FOR I = 0 TO 36
    IF L = LIGHT(C,I) THEN
      Z = 0 : W = 0
    ELSEIF L < LIGHT(C,I) THEN
      Z = LIGHT(C,I)
      ZI = I * 5
    ELSEIF L > LIGHT(C,I) THEN
      W = LIGHT(C,I)
      WI = I * 5
    END IF
    IF Z > 0 AND W > 0 THEN
      LI = ((L - W)*(ZI - WI)/(Z - W)) + WI
      P(J) = (C * 5) - 90
      Q(J) = LI
      J = J + 1
      IF ZI > WI THEN W = 0
      IF WI > ZI THEN Z = 0
    END IF
  NEXT I
NEXT C
MAXR = 0
B = 1
MINL = Q(1)
C = 1
RIGH = 0
D = 1
LEFT = P(1)
E = 1
FOR A = 1 TO J-1
  IF MAXR < Q(A) THEN
    MAXR = Q(A)
    B = A
  ELSEIF MAXR = Q(A) THEN
    IF P(B) < P(A) THEN
      MAXR = Q(A)
      B = A
    ELSE
  END IF
END IF
END IF
IF MINL > Q(A) THEN
  MINL = Q(A)

```

```

C = A
ELSEIF MINL = Q(A) THEN
  IF P(C) > P(A) THEN
    MINL = Q(A)
    C = A
  ELSE
    END IF
END IF
IF RIGH < P(A) THEN
  RIGH = P(A)
  D = A
ELSEIF RIGH = P(A) THEN
  IF Q(D) > Q(A) THEN
    RIGH = P(A)
    D = A
  ELSE
    END IF
END IF
IF LEFT > P(A) THEN
  LEFT = P(A)
  E = A
ELSEIF LEFT = P(A) THEN
  IF Q(E) > Q(A) THEN
    LEFT = P(A)
    E = A
  ELSE
    END IF
END IF
NEXT A
DIM R(0:100),S(0:100),T(0:100),U(0:100),V(0:100)
DIM X(0:100),K(0:100),Y(0:100)
  PMAX = P(B)
  QMAX = Q(B)
  PMIN = P(C)
  QMIN = Q(C)
  PRIGH = P(D)
  QRIGH = Q(D)
  PLEFT = P(E)
  QLEFT = Q(E)

```

```
IF PRIGH <> 90 AND PLEFT <> -90 THEN
```

```
R(1) = 0
```

```
S(1) = 0
```

```
T(1) = 0
```

```
U(1) = 0
```

```

V(1) = 0
W(1) = 0
X(1) = 0
K(1) = 0
F = 1
G = 1
H = 1
I = 1
FOR A = 1 TO J-1
  IF PMAX <= P(A) AND P(A) < PRIGH AND QRIGH < Q(A) AND Q(A) <= QMAX
    THEN
      R(F) = P(A)
      S(F) = Q(A)
      F = F+1
      R(F) = 0 : S(F) = 0
    ELSEIF PLEFT <= P(A) AND P(A) < PMAX AND QLEFT <= Q(A) AND Q(A) <
      QMAX THEN
      T(G) = P(A)
      U(G) = Q(A)
      G = G+1
      T(G) = 0 : U(G) = 0
    ELSEIF PLEFT < P(A) AND PMIN >= P(A) AND QMIN <= Q(A) AND Q(A) <
      QLEFT THEN
      V(H) = P(A)
      W(H) = Q(A)
      H = H + 1
      V(H) = 0 : W(H) = 0
    ELSEIF PMIN < P(A) AND P(A) <= PRIGH AND Q(A) > QMIN AND Q(A) <=
      QRIGH THEN
      X(I) = P(A)
      K(I) = Q(A)
      I = I+1
      X(I) = 0 : K(I) = 0
    END IF
  NEXT A

PSTART = PRIGH
QSTART = QRIGH
F = F - 1
IF F < 2 THEN GOTO DONE5:
DO
  LENGTH = 100000
  FOR A = 1 TO F
    LONG = ((R(A) - PSTART)^2 + (S(A) - QSTART)^2)^0.5
    IF LENGTH > LONG THEN

```

```

        LENGTH = LONG
        Z = A
    ELSE
        END IF
    NEXT A
    IF R(Z) = 0 AND S(Z) = 0 THEN GOTO DONE1:
    IF R(Z) = PMAX AND S(Z) = QMAX THEN END1:
    K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
    M = 180 - QSTART
    N = R(Z)*SIN((180-S(Z))*3.14/180)
    O = 180 - S(Z)
    LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
    PSTART = R(Z)
    QSTART = S(Z)
    DONE1:
    ASP = F + 1
    FOR A = Z TO ASP
        R(A) = R(A+1)
        S(A) = S(A+1)
    NEXT A
    F = F-1
    LOOP UNTIL F = 1
    DONE5:
    K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
    M = 180 - QSTART
    N = PMAX*SIN((180-QMAX)*3.14/180)
    O = 180 - QMAX
    LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
    END1:

    PSTART = PMAX
    QSTART = QMAX
    G = G - 1
    IF G < 2 THEN GOTO DONE6:
    DO
        LENGTH = 100000
        FOR B = 1 TO G
            LONG = ((T(B) - PSTART)^2 + (U(B) - QSTART)^2)^0.5
            IF LENGTH > LONG THEN
                LENGTH = LONG
                Z = B
            ELSE
                END IF
            NEXT B
            IF T(Z) = 0 AND U(Z) = 0 THEN GOTO DONE2:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น NEXT B มิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IF T(Z) = 0 AND U(Z) = 0 THEN GOTO DONE2:

```

IF T(Z) = PLEFT AND U(Z) = QLEFT THEN GOTO END2:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = T(Z)*SIN((180-U(Z))*3.14/180)
O = 180 - U(Z)
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
PSTART = T(Z)
QSTART = U(Z)
DONE2:
ASP = G + 1
FOR B = Z TO ASP
    T(B) = T(B+1)
    U(B) = U(B+1)
NEXT B
G = G - 1
LOOP UNTIL G = 1
DONE6:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = PLEFT*SIN((180-QLEFT)*3.14/180)
O = 180 - QLEFT
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
END2:
PSTART = PLEFT
QSTART = QLEFT
H = H - 1
IF H < 2 THEN GOTO DONE7:
DO
    LENGTH = 100000
    FOR C = 1 TO H
        LONG = ((V(C) - PSTART)^2 + (W(C) - QSTART)^2)^.5
        IF LENGTH > LONG THEN
            LENGTH = LONG
            Z = C
        ELSE
            END IF
    NEXT C
    IF V(Z) = 0 AND W(Z) = 0 THEN GOTO DONE3:
    IF V(Z) = PMIN AND W(Z) = QMIN THEN GOTO END3:
    K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
    M = 180 - QSTART
    N = V(Z)*SIN((180-W(Z))*3.14/180)
    O = 180 - W(Z)
    LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)

```

```

PSTART = V(Z)
QSTART = W(Z)
DONE3:
ASP = H + 1
  FOR C = Z TO ASP
    V(C) = V(C+1)
    W(C) = W(C+1)
  NEXT C
H = H - 1
LOOP UNTIL H = 1
DONE7:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = PMIN*SIN((180-QMIN)*3.14/180)
O = 180 - QMIN
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
END3:

PSTART = PMIN
QSTART = QMIN
I = I - 1
IF I < 2 THEN GOTO DONE8:
DO
LENGTH = 100000
FOR D = 1 TO 1
LONG = ((X(D) - PSTART)^2 + (K(D) - QSTART)^2)^0.5
IF LENGTH > LONG THEN
LENGTH = LONG
Z = D
ELSE
END IF
NEXT D
IF X(Z) = 0 AND K(Z) = 0 THEN GOTO DONE4:
IF X(Z) = PRIGH AND K(Z) = QRIGH THEN GOTO END4:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = X(Z)*SIN((180-K(Z))*3.14/180)
O = 180 - K(Z)
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
PSTART = X(Z)
QSTART = K(Z)
DONE4:
ASP = I + 1
FOR D = Z TO ASP
X(D) = X(D+1)

```

```

      K(D) = K(D+1)
NEXT D
  I = I - 1
LOOP UNTIL I = 1
DONE8:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = PRIGH*SIN((180-QRIGH)*3.14/180)
O = 180 - QRIGH
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
END4:
ELSE
  R(1) = 0
  S(1) = 0
  T(1) = 0
  U(1) = 0
  F = 1
  G = 1
  FOR A = 1 TO J-1
    IF PMAX <= P(A) AND P(A) < PRIGH THEN
      R(F) = P(A)
      S(F) = Q(A)
      F = F+1
      R(F) = 0
      S(F) = 0
    ELSEIF PLEFT <= P(A) AND P(A) < PMAX THEN
      T(G) = P(A)
      U(G) = Q(A)
      G = G+1
      T(G) = 0
      U(G) = 0
    END IF
  NEXT A

  PSTART = PRIGH
  QSTART = QRIGH
  F = F - 1
  IF F < 2 THEN GOTO DONE50:
DO
  LENGTH = 100000
  FOR A = 1 TO F
    LONG = ((R(A) - PSTART)^2 + (S(A) - QSTART)^2)^0.5
    IF LENGTH > LONG THEN
      LENGTH = LONG
    END IF
  NEXT A
  Z = A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Z = A

```

ELSE
END IF

NEXT A

IF R(Z) = 0 AND S(Z) = 0 THEN GOTO DONE10:
IF R(Z) = PMA $\bar{X}$  AND S(Z) = QMAX THEN END10:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = R(Z)*SIN((180-S(Z))*3.14/180)
O = 180 - S(Z)
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
PSTART = R(Z)
QSTART = S(Z)
DONE10:
ASP = F + 1
FOR A = Z TO ASP
R(A) = R(A+1)
S(A) = S(A+1)
NEXT A
F = F-1
LOOP UNTIL F = 1
DONE50:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = PMA $\bar{X}$ *SIN((180-QMAX)*3.14/180)
O = 180 - QMAX
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
END10:

PSTART = PMA $\bar{X}$ 
QSTART = QMAX
G = G - 1
IF G < 2 THEN GOTO DONE60:
DO
LENGTH = 100000
FOR B = 1 TO G
LONG = ((T(B) - PSTART)^2 + (U(B) - QSTART)^2)^0.5
IF LENGTH > LONG THEN
LENGTH = LONG
Z = B
ELSE
END IF
NEXT B
IF T(Z) = 0 AND U(Z) = 0 THEN GOTO DONE20:
IF T(Z) = PLEFT AND U(Z) = QLEFT THEN GOTO END20:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)

```

```

M = 180 - QSTART
N = T(Z)*SIN((180-U(Z))*3.14/180)
O = 180 - U(Z)
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
PSTART = T(Z)
QSTART = U(Z)
DONE20:
ASP = G + 1
  FOR B = Z TO ASP
    T(B) = T(B+1)
    U(B) = U(B+1)
  NEXT B
  G = G - 1
LOOP UNTIL G = 1
DONE60:
K = PSTART*SIN((180-QSTART)*3.14/180)
M = 180 - QSTART
N = PLEFT*SIN((180-QLEFT)*3.14/180)
O = 180 - QLEFT
LINE (320+(2*K),M) - (320+(2*N),O)
END20:
END IF
NEXT L
LOCATE 00% + 4,2
PRINT "STEP =-";
PRINT USING "##";STE*100;
PRINT " %"
END

```

โปรแกรมสำหรับพล็อตไฮโซลกร์โดยคอมพิวเตอร์

```
cls
screen 2 :
input "Please input your Intensity file";fi$
print
print "Please insert data disk in drive a:"
a$ = input$(1)
fl$ = fi$ + ".dat"
open fl$ for input as #1
dim I(0:36,0:36)
  for w = 0 to 36
    for r = 0 to 36
      input #1, I(w,r)
    next r
  next w
print
do
begin3:
input "Please input the mounting height in metres (5-14)";h
heigh := h
  if h > 14 or h < 5 then begin3:
print
dim E(0:100,0:100)
max = 0
minov = 100
minst = 100
pi = atn(1)*4
for x = 0 to 25 step 5
  m = 50 - x
  for y = 0 to 24
    if x = 25 then
      if y =< 18 then
        c = 90
      else
        c = -90
      end if
      gam1 = ((atn((18-y)/h))^2)^.5*180/pi
    else
      c = atn((18-y)/(25-x))*180/pi
      gam1 = atn((((18-y)^2+(25-x)^2)^.5)/h)*180/pi
    end if
    p = ((c+90)/5)
    q = gam1/5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

q = gam1/5

```

s      = gam1\5
t      = r+1
u      = s+1
light1 = ((I(r,u)-I(r,s))*(q-s))+I(r,s)
light2 = ((I(t,u)-I(t,s))*(q-s))+I(t,s)
light3 = ((light2-light1)*(p-r))+light1
light4 = (light3*(cos(gam1*pi/180))^3)/(h^2)
E(x,y) = light4*38
E(m,y) = light4*38
if max < E(x,y) then max = E(x,y)
if minov > E(x,y) then minov = E(x,y)
next y
next x

```

```

for a = 0 to 25 step 5
  for b = 12 to 18
    if minst > E(a,b) then minst = E(a,b)
  next b
next a

```

```

cls
screen 2:
dim p(1:100),q(1:100)
n = max
ll = -1
ln = 1
lo = 1
for l = 0.9*n to 0.1*n step -(0.1*n)

```

```

begin:
j = 1
for y = 0 to 24
  w = 0
  z = 0
  for x = 0 to 25 step 5
    if l = E(x,y) then
      lc = x
      p(j) = x
      q(j) = y
      j = j + 1
    elseif l < E(x,y) then
      z = E(x,y)
      zc = x

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end if
if z > 0 and w > 0 then
  lc = (1 - w)*(zc - wc)/(z - w) + wc
  p(j) = lc
  q(j) = y
  j = j + 1
  if lc = x then z = 0 : w = 0
  if zc > wc then w = 0
  if wc > zc then z = 0
end if
next x
next y
for x = 0 to 25 step 5
  w = 0
  z = 0
  for y = 0 to 24
    if l = E(x,y) then
      z = 0 : w = 0
    elseif l < E(x,y) then
      z = E(x,y)
      zi = y
    elseif l > E(x,y) then
      w = E(x,y)
      wi = y
    end if
    if z > 0 and w > 0 then
      li = ((1 - w)*(zi - wi)/(z - w)) + wi
      p(j) = x
      q(j) = li
      j = j + 1
      if zi > wi then w = 0
      if wi > zi then z = 0
    end if
  next y
next x
maxr = 0
b = 1
minl = q(1)
c = 1
righ = 0
d = 1
g = 1
left = p(1)
e = 1
for a = 1 to j-1

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if maxr < q(a) then
    maxr = q(a)
    b = a
elseif maxr = q(a) then
    if p(b) < p(a) then
        b = a
    else
        end if
end if
if minl > q(a) then
    minl = q(a)
    c = a
elseif minl = q(a) then
    if p(c) > p(a) then
        c = a
    else
        end if
end if
if righ < p(a) then
    righ = p(a)
    d = a
    g = a
elseif righ = p(a) then
    if q(d) > q(a) then
        righ = p(a)
        d = a
    else
        g = a
    end if
end if
if left > p(a) then
    left = p(a)
    e = a
    f = a
elseif left = p(a) then
    if q(e) > q(a) then
        e = a
    else
        end if
end if
next a

```

```
dim r(0:100),s(0:100),t(0:100),u(0:100),v(0:100)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ศึกษานี้เป็นการนำเสนอสู่สาธารณะโดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

rmax = q(b)
rmin = p(c)
qmin = q(c)
pleft = p(e)
qleft = q(e)
primax = p(g)
qrimax = q(g)
primin = p(d)
qrimin = q(d)
r(1) = 0
s(1) = 0
t(1) = 0
u(1) = 0,
h = 1
i = 1
for a = 1 to j-1
  if q(a) <= qleft and p(a) < pmin and q(a) > qmin then
    r(h) = p(a)
    s(h) = q(a)
    h = h + 1
    r(h) = 0
    s(h) = 0
  elseif q(a) > qleft and p(a) <= pmax and q(a) <= qmax then
    t(i) = p(a)
    u(i) = q(a)
    i = i + 1
    t(i) = 0
    u(i) = 0
  end if
next a

pstart = pmin
qstart = qmin
h = h - 1
if h < 2 then done5:
do
  length = 100000
  for a = 1 to h
    long = ((r(a) - pstart)^2 + (s(a) - qstart)^2)^0.5
    if length > long then
      length = long
    end if
  next a
end if

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 25
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

next a
:if r(z) = 0 and s(z) = 0 then done1:
if r(z) = pleft and s(z) = qleft then end1:
kk = (pstart*11)+56
oo = 662 - kk
ll = (qstart*5) +28
mm = (r(z)*11) +56
pp = 662 - mm
nn = (s(z)*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
line (oo,ll)-(pp,nn)
pstart = r(z)
qstart = s(z)
done1:
asp = h + 1
  for a = z to asp
    r(a) = r(a+1)
    s(a) = s(a+1)
  next a
  h = h - 1
loop until h = 1
done5:
kk = (pstart*11)+56
oo = 662 - kk
ll = (qstart*5) +28
mm = (pleft*11) +56
pp = 662 -mm
nn = (qleft*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
line (oo,ll)-(pp,nn)
endi:

pstart = pleft
qstart = qleft
i = i - 1
if i < 2 then done6:
do
length = 100000
  for a = 1 to i
    long = ((t(a) - pstart)^2 + (u(a) - qstart)^2)^0.5
    if length > long then
      length = long

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ z = a ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
end if

```

next a
if t(z) = 0 and u(z) = 0 then done1:
if t(z) = pmax and u(z) = qmax then end1:
kk = (pstart*11)+56
oo = 662 - kk
ll = (qstart*5) +28
mm = (t(z)*11) +56
pp = 662 - mm
nn = (u(z)*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
line (oo,ll)-(pp,nn)
pstart = t(z)
qstart = u(z)
done2:
asp = i + 1
  for a = z to asp
    t(a) = t(a+1)
    u(a) = u(a+1)
  next a
  i = i - 1
loop until i = 1
done6:
kk = (pstart*11)+56
oo = 662 - kk
ll = (qstart*5) +28
mm = (pmax*11) +56
pp = 662 - mm
nn = (qmax*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
line (oo,ll)-(pp,nn)
end2:
if primax <> pmax and qrimax <> qrimin then
  kk = (primax*11)+56
  oo = 662 - kk
  ll = (qrimax*5) +28
  mm = (pmax*11) +56
  pp = 662 - mm
  nn = (qmax*5) +28
  line (kk,ll)-(mm,nn)
  line (pp,nn)-(oo,ll)
else
end if

```

```

if primin <> pmin then

```

```

  kk = (primin*11)+56

```

```

  oo = 662 - kk

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีค่าลิขสิทธิ์และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    ll = (qrimin*5) +28
    mm = (pmin*11) +56
    pp = 662 - mm
    nn = (qmin*5) +28
    line (kk,ll)-(mm,nn)
    line (pp,nn)-(oo,ll)
else
end if
next l

```

ISOLUX DIAGRAM

```

print "
y = 0
b = 0
line(56,28)-(606,28)
line(56,148)-(606,148)
for c = 1 to 6
  for d = 1 to 3
    pset (329 + c,116 + d)
  next d
next c
for a = 1 to 110
  pset (56 + 5*a,58)
  pset (56 + 5*a,88)
  pset (56 + 5*a,118)
next a
line (56,28)-(56,148)
line (606,28)-(606,148)
for x = 0 to 550 step 110
  for b = 1 to 6
    pset (56 + x,24 + b)
  next b
next x
locate 4,1
print using "##.##";0
locate 8,1
print using "##.##";6
locate 15,1
print using "##.##";18
locate 19,1
print using "##.##";24
locate 20,1
print "width (metres)"

```

```
locate 3,6
```

```
print using "##.##";0
```

```
locate 3,20
```

```
print using "##.##";10
locate 3,34
print using "##.##";20
locate 3,48
print using "##.##";30
locate 3,62
print using "##.##";40
locate 3,75
print using "##.##";50
locate 2,66
print "length (metres)"
locate 22,50
print "max illuminance =";
print using "###.###";max;
print " lux"
locate 23,50
print "min illuminance =";
print using "###.###";minov;
print " lux"
locate 23,1
print "show value from 90%-10% step 10%"
locate 22,1
print "file name = ";f1$
locate 21,50
print "mounting height = ";
print using "##.##";heigh;
print " metres"
locate 24,1
input "Do you want to the others";b$
loop until b$ = "n"
end
```

โปรแกรมสำหรับพล็อตไอโซลัมเนนซ์โดยกรรม

```
cls
screen 2 :
input "Please input your Intensity file"; fi$
print
print "Please insert data disk in drive a:"
a$ = input$(1)
fl$ = fi$ + ".dat"
open fl$ for input as #1
dim I(0:36,0:36)
  for w = 0 to 36
    for r = 0 to 36
      input #1, I(w,r)
    next r
  next w
close #1
print
dim b(1:100),tg(1:100),ss(1:100,1:100)
input "Please input your reflection file name"; ri$
rl$ = ri$ + ".r"
open rl$ for input as #1
input #1,bet,tag
  for a = 1 to bet
    input #1,b(a)
  next a
  for b = 1 to tag
    input #1,tg(b)
  next b
  for x = 1 to bet
    for y = 1 to tag
      input #1,ss(x,y)
    next y
  next x

print
do
begin3:
input "Please input the mounting height in metres (5-12)"; h
heigh = h
  if h > 12 or h < 5 then begin3:
print
dim E(0:100,0:100),L(0:100,0:100)
pi = atn(1)*4
for x = 0 to 25 step 5 คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
```

```

m = 50 - x
for y = 0 to 24
  if x = 25 then
    if y <= 18 then
      c = 90
    else
      c = -90
    end if
    gam1 = (atn((18-y)/h))^2^.5*180/pi
  else
    c = atn((18-y)/(25-x))*180/pi
    gam1 = atn((((18-y)^2+(25-x)^2)^0.5)/h)*180/pi
  end if

  p = (c+90)/5
  q = gam1/5
  r = (c+90)\5
  s = gam1\5
  t = r+1
  u = s+1
  light1 = ((l(r,u)-l(r,s))*(q-s))+l(r,s)
  light2 = ((l(t,u)-l(t,s))*(q-s))+l(t,s)
  light3 = ((light2-light1)*(p-r))+light1
  light4 = light3/(h^2)
  E(x,y) = light4*38
  E(m,y) = light4*38
  w = tan (gam1*pi/180)
  if x = 25 and y = 18 then
    beta1 = 180
    beta2 = 180
  else
    j1 = ((18 - y)^2 + (25 - x)^2)^0.5
    k1 = ((125 - x)^2 + (9.25 - y)^2)^0.5
    l1 = ((18 - 9.25)^2 + (100)^2)^0.5
    j2 = ((18 - y)^2 + (25 - m)^2)^0.5
    k2 = ((125 - m)^2 + (9.25 - y)^2)^0.5
    l2 = ((18 - 9.25)^2 + (100)^2)^0.5
    co1 = (((j1)^2) + ((k1)^2) - ((l1)^2))/(2*j1*k1)
    co2 = (((j2)^2) + ((k2)^2) - ((l2)^2))/(-2*j2*k2)
    ta1 = ((1 - (co1)^2)^0.5)/co1
    ta2 = ((1 - (co2)^2)^0.5)/co2
    alpha1 = (atn(ta1))*180/pi
    alpha2 = (atn(ta2))*180/pi
    beta1 = alpha1
    beta2 = 90 - alpha2
  end if

```

```

for a = 1 to bet
    if betai >= b(a) then
        cc = a
    else
        end if
    if beta2 >= b(a) then
        cd = a
    else
        end if
next a
tang = tan(gam1*pi/180)
for b = 1 to (tag-1)
    if tang >= tg(b) then
        ce = b
    else
        end if
next b
re1 = ((beta1-b(cc))*(ss(cc+1,ce)-ss(cc,ce))/(b(cc+1)-b(cc)))+ss(cc,ce)
re2 = ((beta1-b(cc))*(ss(cc+1,ce+1)-ss(cc,ce+1))/(b(cc+1)-b(cc)))+ss(cc+1,ce)
re3 = ((tang-tg(ce))*(re2-re1)/(tg(ce+1)-tg(ce)))+re1
re4 = ((beta2-b(cd))*(ss(cd+1,ce)-ss(cd,ce))/(b(cd+1)-b(cd)))+ss(cd,ce)
re5 = ((beta2-b(cd))*(ss(cd+1,ce+1)-ss(cd,ce+1))/(b(cd+1)-b(cd)))+ss(cd+1,ce)
re6 = ((tang-tg(ce))*(re5-re4)/(tg(ce+1)-tg(ce)))+re4
L(x,y) = E(x,y)*re3/10000
L(m,y) = E(m,y)*re6/10000
next y
next x
minst = 1000
max = 0
mave = 0
for a = 0 to 50 step 5
    for b = 0 to 24
        if minst > L(a,b) then minst = L(a,b)
        if max < L(a,b) then max = L(a,b)
        mave = mave + L(a,b)
    next b
next a
aver = mave/275

```

cls

screen 2:

dim p(1:100),q(1:100)

n = max

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ได้ลิขสิทธิ์ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ln = -1
lo = 1
for l = 0.9*n to 0.3*n step -(0.1*n)
begin:
j = 1
for y = 0 to 24
w = 0
z = 0
for x = 0 to 50 step 5
if l = L(x,y) then
lc = x
p(j) = x
q(j) = y
j = j + 1
elseif l < L(x,y) then
z = L(x,y)
zc = x
elseif l > L(x,y) then
w = L(x,y)
wc = x
end if
if z > 0 and w > 0 then
lc = ((1 - w)*(zc - wc)/(z - w)) + wc
p(j) = lc
q(j) = y
j = j + 1
if lc = x then z = 0 : w = 0
if zc > wc then w = 0
if wc > zc then z = 0
end if
next x
next y

```

```

for x = 0 to 50 step 5
w = 0
z = 0
for y = 0 to 24
if l = L(x,y) then
z = 0 : w = 0
elseif l < L(x,y) then
z = L(x,y)
zi = y
elseif l > L(x,y) then
w = L(x,y)
wi = y

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขข้อมูลเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end if
if z > 0 and w > 0 then
    li = ((1 - w) * (zi - wi) / (z - w)) + wi
    p(j) = x
    q(j) = li
    j = j + 1
    if zi > wi then w = 0
    if wi > zi then z = 0
end if
next y
next x

```

```

maxr = 0
b = 1
minl = q(1)
c = 1
right = 0
d = 1
g = 1
left = p(1)
e = 1
for a = 1 to j-1
    if maxr < q(a) then
        maxr = q(a)
        b = a
    elseif maxr = q(a) then
        if p(b) < p(a) then
            maxr = q(a)
            b = a
        else
            end if
    end if
    if minl > q(a) then
        minl = q(a)
        c = a
    elseif minl = q(a) then
        if p(c) > p(a) then
            minl = q(a)
            c = a
        else
            end if
    end if
end if

```

```

end if
if right < p(a) then
    right = p(a)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถ้าท่านห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

elseif righ = p(a) then
    if q(d) > q(a) then
        righ = p(a)
        d = a
    else
        end if
end if
if left > p(a) then
    left = p(a)
    e = a
elseif left = p(a) then
    if q(e) > q(a) then
        left = p(a)
        e = a
    else
        end if
end if
next a

```

```

dim r(0:100),s(0:100),t(0:100),u(0:100)
dim x(0:100),k(0:100),v(0:100),y(0:100)
pmax = p(b)
qmax = q(b)
pmin = p(c)
qmin = q(c)
pleft = p(e)
qlleft = q(e)
prigh = p(d)
qrigh = q(d)
r(1) = 0
s(1) = 0
t(1) = 0
u(1) = 0
v(1) = 0
w(1) = 0
x(1) = 0
y(1) = 0
f = 1
g = 1
h = 1
i = 1
for a = 1 to j-1

```

```

    if pmax <= p(a) and p(a) < prigh and qrigh < q(a) and q(a) <=
    qmax then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น $r(f) = p(a)$ หักดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

s(f) = q(a)
f = f + 1
r(f) = 0 : s(f) = 0.
elseif pleft <= p(a) and p(a) < pmax and qlleft <= q(a) and q(a) <
qmax then
t(g) = p(a)
u(g) = q(a)
g = g + 1
t(g) = 0 : u(g) = 0
elseif pleft < p(a) and p(a) <= pmin and qmin <= q(a) and q(a) <
qlleft then
v(h) = p(a)
w(h) = q(a)
h = h + 1
v(h) = 0 : w(h) = 0
elseif qmin < q(a) and q(a) <= qright and p(a) > pmin and p(a) <=
pright then
x(i) = p(a)
y(i) = q(a)
i = i + 1
x(i) = 0 : y(i) = 0
end if
next a

pstart = pright
qstart = qright
f = f - 1
if f < 2 then done5:
do
length = 100000
for a = 1 to f
long = ((r(a) - pstart)^2 + (s(a) - qstart)^2)^0.5
if length > long then
length = long
z = a
else
end if
next a
if r(z) = 0 and s(z) = 0 then done1:
if r(z) = pmax and s(z) = qmax then end1:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (r(z)*11) +56
nn = (s(z)*5) +28
line (kk, ll)-(mm, nn)

```

```

pstart = r(z)
qstart = s(z)
done1:
asp = f + 1
  for a = z to asp
    r(a) = r(a+1)
    s(a) = s(a+1)
  next a
  f = f - 1
loop until f = 1
done5:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (pmax *11) +56
nn = (qmax *5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
end1:

pstart = pmax
qstart = qmax
g = g - 1
if g < 2 then done6:
do
length = 100000
  for a = 1 to g
    long = ((t(a) - pstart)^2 + (u(a) - qstart)^2)^0.5
    if length > long then
      length = long
      z = a
    else
      end if
  next a
  if t(z) = 0 and u(z) = 0 then done1:
  if t(z) = pleft and u(z) = qlleft then end1:
  kk = (pstart*11)+56
  ll = (qstart*5) +28
  mm = (t(z)*11) +56
  nn = (u(z)*5) +28
  line (kk,ll)-(mm,nn)
  pstart = t(z)
  qstart = u(z)
done2:
asp = g + 1
  for a = z to asp
    t(a) = t(a+1)

```

```

        u(a) = u(a+1)
    next a
    g = g - 1
loop until g = 1
done6:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (pleft*11) +56
nn = (qleft*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
end2:

pstart = pleft
qstart = qleft
h = h - 1
if h < 2 then done7:
do
length = 100000
for a = 1 to h
long = ((v(a) - pstart)^2 + (w(a) - qstart)^2)^0.5
if length > long then
length = long
z = a
else
end if
next a
if v(z) = 0 and w(z) = 0 then done3:
if v(z) = pmin and w(z) = qmin then end3:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (v(z)*11) +56
nn = (w(z)*5) +28
line (kk,ll)-(mm,nn)
pstart = v(z)
qstart = w(z)
done3:
asp = h + 1
for a = z to asp
v(a) = v(a+1)
w(a) = w(a+1)
next a
h = h - 1
loop until h = 1
done7:
kk = (pstart*11)+56

```

```

ll = (qstart*5) +28
mm = (pmin*11) +56
nn = (qmin*5) +28
line (kk,11)-(mm,nn)
end3:

```

```

pstart = pmin
qstart = qmin
i = i - 1
if i < 2 then done8:
do
length = 100000
for a = 1 to i
    long = ((x(a) - pstart)^2 + (y(a) - qstart)^2)^0.5
    if length > long then
        length = long
        z = a
    else
        end if
next a
if x(z) = 0 and y(z) = 0 then done4:
if x(z) = prigh and y(z) = qrigh then end4:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (x(z)*11) +56
nn = (y(z)*5) +28
line (kk,11)-(mm,nn)
pstart = x(z)
qstart = y(z)
done4:
asp = i + 1
for a = z to asp
    x(a) = x(a+1)
    y(a) = y(a+1)
next a
i = i + 1
loop until i = 1
done8:
kk = (pstart*11)+56
ll = (qstart*5) +28
mm = (prigh*11) +56
nn = (qrigh*5) +28
line (kk,11)-(mm,nn)
end4:

```

```
next l
```

```
print "
```

ISOLUMINANCE DIAGRAM "

```
y = 0
```

```
b = 0
```

```
line(56,28)-(606,28)
```

```
line(56,148)-(606,148)
```

```
for c = 1 to 6
```

```
  for d = 1 to 3
```

```
    pset (329 + c,116 + d)
```

```
  next d
```

```
next c
```

```
for a = 1 to 110
```

```
  pset (56 + 5*a,58)
```

```
  pset (56 + 5*a,88)
```

```
  pset (56 + 5*a,118)
```

```
next a
```

```
line (56,28)-(56,148)
```

```
line (606,28)-(606,148)
```

```
for x = 0 to 550 step 110
```

```
  for b = 1 to 6
```

```
    pset (56 + x,24 + b)
```

```
  next b
```

```
next x
```

```
locate 4,1
```

```
print using "##.##";0
```

```
locate 8,1
```

```
print using "##.##";6
```

```
locate 15,1
```

```
print using "##.##";18
```

```
locate 19,1
```

```
print using "##.##";24
```

```
locate 20,1
```

```
print "width (metres)"
```

```
locate 3,6
```

```
print using "##.##";0
```

```
locate 3,20
```

```
print using "##.##";10
```

```
locate 3,34
```

```
print using "##.##";20
```

```
locate 3,48
```

```
print using "##.##";30
```

```
locate 3,62
```

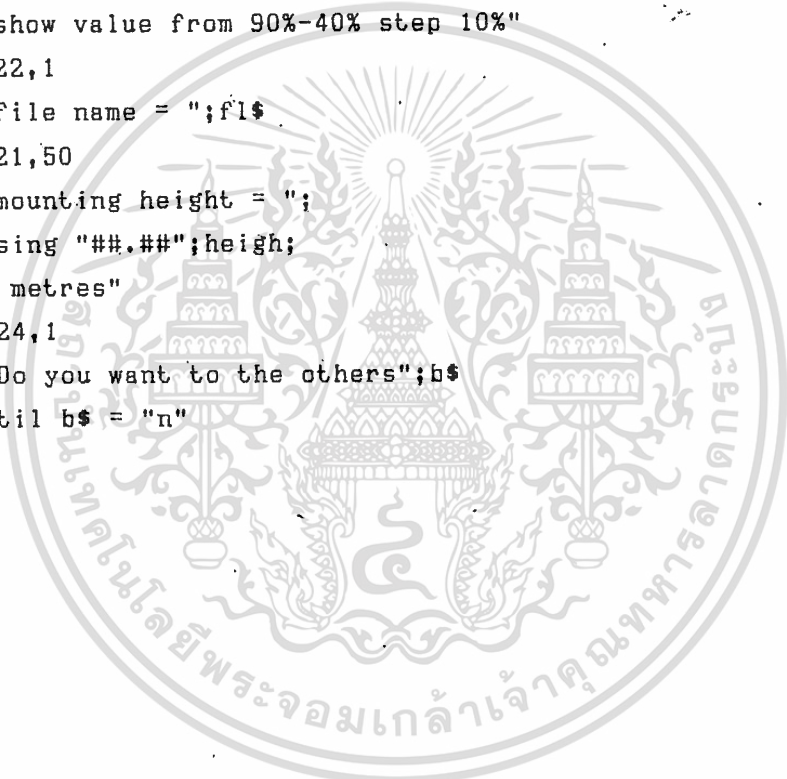
```
print using "##.##";40
```

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
locate 3,75
print using "##.##";50
locate 2,66
print "length (metres)"
locate 22,50
print "max luminance =";
print using "###.###";max;
print" cd/sqm"
locate 23,50
print "average lumi =";
print using "###.###";aver;
print" cd/sqm"
locate 23,1
print "show value from 90%-40% step 10%"
locate 22,1
print "file name = ";f1$
locate 21,50
print "mounting height = ";
print using "##.##";heigh;
print " metres"
locate 24,1
input "Do you want to the others";b$
loop until b$ = "n"
end
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมสำหรับพล็อตทึ่ไลเซนซ์แพคเตอร์โดยแกรม

```
cls
screen 2 :
input "Please input your Intensity file";fi$
print
print "Please insert data disk in drive a:"
a$ = input$(1)
fl$ = fi$ + ".dat"
open fl$ for input as #1
dim l(0:36,0:36)
  for w = 0 to 36
    for r = 0 to 36
      input#1,l(w,r)
    next r
  next w
print
do
begin3:
input "Please input the mounting height in metres (5-14)";h
heigh = h
  if h > 14 or h < 5 then begin3:
print
dim E(0:100,0:100)
pi = atn(1)*4
for x = 0 to 25 step 5
  m = 50 - x
  for y = 0 to 24
    if x = 25 then
      if y =< 18 then
        c = 90
      else
        c = -90
      end if
      gam1 = ((atn((18-y)/h))^2)^.5*180/pi
    else
      c = atn((18-y)/(25-x))*180/pi
      gam1 = atn((((18-y)^2+(25-x)^2)^0.5)/h)*180/pi
    end if
    p = (c+90)/5
    q = gam1/5
    r = (c+90)\5
    s = gam1\5
    t = r+1
    u = s+1
```

```

light1 = ((I(r,u)-I(r,s))*(q-s))+I(r,s)
light2 = ((I(t,u)-I(t,s))*(q-s))+I(t,s)
light3 = ((light2-light1)*(p-r))+light1
light4 = (light3*(cos(gam1*pi/180))^3)/(h^2)
E(x,y) = light4*38
E(m,y) = light4*38

```

```

next y
next x
dim pp(0:100)
oo = 1
for str = 0 to 17
mass = 0
for x = 0 to 25 step 5
for y = str to 18
mass = mass + E(x,y)
next y
next x
up = 18 - str
down = 114 - (str * 6)
pp(oo) = mass*up*25/(38000*down)
oo = oo + 1
next str

for str = 18 to 24
mass = 0
for x = 0 to 25 step 5
for y = 18 to str
mass = mass + E(x,y)
next y
next x
up = str - 18
down = (str - 18 + 1) * 6
pp(oo) = mass*up*25/(38000*down)
oo = oo + 1
next str
cls
print "
for ff = 1 to (oo - 2)
mm = 150 - (pp(ff)*500)
vv = 150 - (pp(ff+1)*500)
xx = 600 - (ff*20)
yy = 600 - ((ff+1)*20)
line (xx,mm)-(yy,vv)
next ff

```

UTILIZATION FACTOR CURVES"

```

line (580-1,150)-(580-1,25)
next l
for z = 0 to 125 step 25
  line (580,150-z)-(100,150-z)
next z
locate 5,65
print "roadside"
locate 5,14
print "kerbside"
locate 4,8
print using "#.##";.25
locate 7,8
print using "#.##";.2
locate 10,8
print using "#.##";.15
locate 13,8
print using "#.##";.1
locate 16,8
print using "#.##";.05
locate 19,8
print using "#.##";0
locate 20,11
print using "##.#";-6
locate 20,27
print using "#.#";0
locate 20,42
print using "#.#";6
locate 20,57
print using "##.#";12
locate 20,72
print using "##.#";18
locate 21,64
print "length (metres)"
locate 3,1
print " utilization factor"
locate 22,1
print " file name =";f1$
locate 23,1
print " mounting height =";
print using "###.##";heigh;
print " metres"
locate 24,1
input " Do you want to see the others";b$
loop until b$ = "n"
end

```

โปรแกรมสำหรับหาค่าอัตราส่วนความเข้มแห่งการส่องสว่าง

```

cls
screen 2 :
input "Please insert your Intensity file";fi$
print
print "Please insert data disk in drive a:"
a$ = input$(1)
cls
max = 0
print "Please wait"
fl$ = fi$ + ".dat"
open fl$ for input as #1
dim I(0:36,0:36)
  for w = 0 to 36
    for r = 0 to 36
      input #1, I(w,r)
      if max < I(w,r) then
        max = I(w,r)
        q = w
        v = r
      else
      end if
    next r
  next w
print
mass = 0
for x = 0 to 36
  for y = 0 to 2
    if x <> 0 or 36 then
      mass = mass + (2*I(x,y))
    else
      mass = mass + I(x,y)
    end if
  next y
next x
flux(1) =(mass*0.095)/216
mass = 0
for x = 0 to 36
  for y = 2 to 4
    if x <> 0 or 36 then
      mass = mass + (2*I(x,y))
    else
      mass = mass + I(x,y)
    end if
  next y
next x

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

next x
flux(7) = (mass*0.897)/216
mass = 0
for x = 0 to 36
  for y = 12 to 14
    if x <> 0 or 36 then
      mass = mass + (2*I(x,y))
    else
      mass = mass + I(x,y)
    end if
  next y
next x
flux(7) = (mass*0.993)/216
mass = 0
for x = 0 to 36
  for y = 14 to 16
    if x <> 0 or 36 then
      mass = mass + (2*I(x,y))
    else
      mass = mass + I(x,y)
    end if
  next y
next x
flux(8) = (mass*1.058)/216
mass = 0
for x = 0 to 36
  for y = 16 to 18
    if x <> 0 or 36 then
      mass = mass + (2*I(x,y))
    else
      mass = mass + I(x,y)
    end if
  next y
next x
flux(9) = (mass*1.091)/216
cls
print
maf = 0
for x = 1 to 9
  maf = maf + flux(x)
next x
print "Flux below per 1000 lumwn = ";maf
total = maf * 38
print "Flux below horizontal (lumen) = ";total
pi = 3.1415927

```

```

mhi = total/(2*pi)
print "MHI = ";mhi
print
print "Peak IR = ";max*38/mhi
print "  at plane =";(q*5)-90
print "  at gamma =";v*5
mx = 0
mn = 10000
for a = 0 to 36
  for b = 0 to 6
    if mx < I(a,b) then mx = I(a,b)
    if mn > I(a,b) then mn = I(a,b)
  next b
next a
print
print "In all direction which gamma = 0 to 30"
print "  Max IR =";mx*38/mhi
print "  Min IR =";mn*38/mhi
print
a = 18
b = 18
print "In vertical plane"
print "  IR at 90' = ";I(a,18)*38/mhi
sss = ((I(a,16)-I(a,15))*3/5)+I(a,15)
print "  IR at 78' = ";sss*38/mhi
print "  IR at 75' = ";I(a,15)*38/mhi
ttt = ((I(a,15)-I(a,14))*2/5)+I(a,14)
print "  IR at 72' = ";ttt*38/mhi
print "  IR at 65' = ";I(a,13)*38/mhi
ma = 0
for b = 0 to 36
  if ma < I(a,b) then
    ma = I(a,b)
    c = b
  else
  end if
next b
print "  IR maximum = ";ma*38/mhi
print "    at gamma = ";c*5

end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลของโคมไฟ
ชนิดของหลอดไฟ High Pressure Sodium Lamp

ปลั๊กการส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟ 380000 lumens

ข้อมูลการกระจายแสงของโคม

C (deg.)	LAMP TYPE		TYPE		CO		LAMP TYPE		HPS												
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2											
0.0	270.0	275.0	280.0	285.0	290.0	295.0	300.0	305.0	310.0	315.0	320.0	325.0	330.0	335.0	340.0	345.0	350.0	355.0	360.0	0.0	
5.5	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	172.0
10.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
15.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
20.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
25.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
30.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
35.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
40.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
45.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
50.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
55.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
60.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
65.5	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
70.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
75.5	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
80.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
85.5	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
90.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
95.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
100.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0
105.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	173.0	175.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ตาราง R2

	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180							
0	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390	390					
0.25	411	411	411	411	411	411	411	411	411	411	379	368	357	346	335	325	314	303	291	280	269	258	247	236	225	214	203	192	181	170	159	148	137	126	115	104	93	82	71	60	49	38	27	16	5
0.5	411	411	411	403	403	403	384	379	370	360	346	335	325	314	303	291	280	269	258	247	236	225	214	203	192	181	170	159	148	137	126	115	104	93	82	71	60	49	38	27	16	5			
0.75	379	379	379	368	357	346	325	303	281	260	236	214	192	170	148	126	104	82	60	38	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	335	335	335	325	292	271	258	247	236	225	214	203	192	181	170	159	148	137	126	115	104	93	82	71	60	49	38	27	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.25	303	303	292	271	258	247	236	225	214	203	192	181	170	159	148	137	126	115	104	93	82	71	60	49	38	27	16	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5	271	271	260	227	179	152	141	119	106	93	80	67	54	41	28	15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
1.75	249	236	227	195	152	124	106	91	78	67	54	41	28	15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
2	227	216	195	152	117	95	80	67	54	41	28	15	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
2.5	195	160	146	110	74	58	48	40	35	30	27	24	21	18	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		
3	160	155	115	67	43	33	26	21	18	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11		
3.5	146	131	87	41	25	18	15	13	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11			
4	132	113	67	27	15	12	10	9,4	8,7	8,2	7,9	7,6	7,4	7,2	7,1	7,0	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,4	6,3	6,2	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	
4.5	118	95	50	20	12	8,9	7,4	6,6	6,3	6,1	6,0	5,9	5,8	5,7	5,6	5,5	5,4	5,3	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	
5	106	61	38	14	8,2	6,3	5,4	5,1	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4		
5.5	96	59	29	11	6,3	5,1	4,4	4,1	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6			
6	87	58	22	8,0	5,0	3,9	3,5	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0		
6.5	78	50	17	6,1	3,8	3,1	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
7	71	43	14	4,9	3,1	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
7.5	67	38	12	4,1	2,6	2,1	1,9	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
8	63	31	10	3,4	2,2	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
8.5	58	20	8,7	2,9	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
9	55	25	7,4	2,5	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
9.5	52	23	6,5	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
10	49	21	5,6	1,9	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
10.5	47	18	5,0	1,7	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
11	44	16	4,4	1,6	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
11.5	42	14	4,0	1,5	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
12	41	13	3,6	1,4	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			

t-table for standard surface R2
 $\alpha = 0,07, S1 = 0,50, S2 = 1,00$

ภาคผนวก ตาราง R3

$\lg \beta$	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294	294
0.25	326	326	321	317	312	308	308	308	303	299	294	290	271	262	250	233	249	240	240	240
0.5	344	344	339	336	331	327	325	320	315	311	306	302	283	274	262	245	269	260	260	260
0.75	357	353	348	345	341	337	335	330	326	322	317	313	294	285	273	256	280	271	271	271
1	362	362	357	354	350	346	344	339	335	331	326	322	303	294	282	265	289	280	280	280
1.25	357	357	348	348	344	340	336	332	328	324	319	315	296	287	275	258	282	273	273	273
1.5	353	353	346	346	342	338	334	330	326	322	317	313	294	285	273	256	280	271	271	271
1.75	336	336	331	331	327	323	320	316	312	308	304	300	281	272	260	243	267	258	258	258
2	326	321	320	320	316	312	308	304	300	296	292	288	269	260	248	231	255	246	246	246
2.5	269	280	282	287	286	285	284	283	282	281	280	279	260	251	239	222	246	237	237	237
3	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	253	234	225	213	196	220	211	211	211
3.5	217	194	122	60	35	25	22	19	16	15	13	12	9	8	7	5	9	9	9	9
4	190	163	90	43	26	20	15	14	12	12	9	9	7	6	5	3	7	7	7	7
4.5	163	136	73	31	20	15	12	9	9	8	7	7	5	4	3	2	6	6	6	6
5	145	109	60	24	16	12	9	6	6	6	6	6	4	3	2	1	5	5	5	5
6.5	127	74	47	18	14	9	7	6	6	6	6	6	4	3	2	1	4	4	4	4
8	113	77	36	15	11	9	8	8	8	8	8	8	6	5	4	3	3	3	3	3
6.5	104	68	30	11	8	6	5	4	4	4	4	4	3	2	1	1	3	3	3	3
7	95	60	24	8	6	5	4	4	4	4	4	4	3	2	1	1	2	2	2	2
7.5	87	53	21	7	5	4	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2
8	81	47	17	6	4	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	2	2	2	2
8.5	78	42	15	5	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
9	73	38	12	4	3	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
9.5	69	34	9	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
10	65	32	9	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
10.5	62	29	8	3	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
11	59	26	7	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
11.5	56	24	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2
12	51	22	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2	2

r-table for standard surface #3
 $\alpha = 0,07, S_1 = 1,11, S_2 = 2,38$

ตารางแจกแจงความถี่ ตาราง R4

β	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	
0	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264	264
0,25	297	317	317	317	317	310	304	290	284	277	271	244	231	224	224	218	218	211	211	211	211
0,5	330	343	343	343	330	310	297	284	277	264	251	218	198	185	178	172	172	165	165	165	165
0,75	376	383	370	350	330	304	277	251	231	211	198	165	139	132	132	125	125	125	119	119	119
1	396	396	396	330	290	251	218	198	185	165	145	112	86	86	86	86	86	87	87	87	87
1,25	403	409	370	310	251	211	178	152	132	115	103	77	66	65	65	63	65	66	67	67	68
1,5	409	396	356	284	218	172	139	115	100	88	79	61	50	50	50	50	52	55	55	55	55
1,75	409	396	343	251	178	139	108	88	75	66	59	44	37	37	37	38	40	41	42	42	45
2	409	383	317	224	145	106	85	71	59	53	45	33	29	29	29	30	32	33	34	37	37
2,5	396	356	264	152	100	73	55	45	37	32	28	21	20	20	20	21	22	24	25	26	26
3	370	304	211	95	63	44	30	25	21	17	16	13	12	12	13	13	15	16	17	19	19
3,5	343	271	165	63	40	26	19	15	13	12	11	9,8	9,1	8,8	8,8	9,4	11	12	13	15	15
4	317	238	132	45	24	16	13	11	9,6	9,0	8,4	7,5	7,4	7,4	7,5	7,9	8,6	9,4	11	12	12
4,5	297	211	106	33	17	11	9,2	7,9	7,3	6,6	6,3	6,1	6,1	6,2	6,5	6,7	7,1	7,7	8,7	9,6	9,6
5	277	185	79	24	13	8,3	7,0	6,3	5,7	5,0	4,6	4,1	3,8	3,8	4,1	4,6	5,1	5,8	6,3	6,9	7,7
5,5	257	161	59	19	9,9	7,1	5,7	5,0	4,6	4,1	3,8	3,2	2,6	2,6	2,8	3,2	3,8	4,6	5,1	5,8	6,7
6	244	140	46	13	7,7	5,7	4,8	4,1	3,8	3,2	2,6	2,1	1,7	1,7	1,7	2,1	2,8	3,4	4,1	4,9	5,8
6,5	231	122	37	11	5,9	4,6	3,7	3,2	2,6	2,1	1,7	1,3	0,9	0,9	0,9	1,3	1,7	2,1	2,8	3,4	4,2
7	218	106	32	9,0	5,0	3,8	3,2	2,6	2,1	1,7	1,3	0,9	0,6	0,6	0,6	0,9	1,3	1,7	2,1	2,8	3,4
7,5	205	94	26	7,5	4,4	3,3	2,8	2,1	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7	2,1	2,8
8	193	82	22	6,3	3,7	2,9	2,4	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7	2,1
8,5	184	74	19	5,3	3,2	2,5	2,1	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7	2,1
9	174	66	16	4,6	2,8	2,1	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7
9,5	169	59	13	4,1	2,5	2,0	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3	1,7
10	164	53	12	3,7	2,2	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
10,5	158	49	11	3,3	2,1	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
11	153	45	9,5	3,0	2,0	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
11,5	149	41	8,4	2,6	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3
12	145	37	7,7	2,5	1,7	1,3	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,9	1,3

TABLE 4.4 t-table for standard surface R4
 $Q0 = 0,08, S1 = 1,55, S2 = 3,03$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการหาค่าฟลักซ์โดยใช้ตาราง

จากตารางที่กำหนดในภาคผนวกนี้ จะขอกล่าวอธิบายความหมายของคัมภ์ต่างๆที่ปรากฏในตารางดังนี้

- Angle above Nadir คือ ค่ามุมแกมมาในระนาบต่างๆที่จะกำหนดมา
- Luminous Intensity in Candella per 1000 lm คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง ที่มีหน่วยเป็นแคนเดลล่าต่อ 1000 ลูเมน
- Azimut Angle คือ ค่าของมุมระนาบ
- Zone Total คือ ผลรวมของความเข้มแห่งการส่องสว่างในทุกๆระนาบ ที่มีค่าของแกมมาเท่ากัน
- Zone Average คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างเฉลี่ย ซึ่งค่านี้สามารถหาได้โดยการนำเอาค่า Zone Total มาหารด้วยจำนวนของระนาบทั้งหมดที่นำเอาค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างมารวมกัน
- Zone Factor คือ ค่าที่ต้องนำมาคูณกับค่า Zone Average เพื่อให้ได้ผลออกมาเป็นค่าฟลักซ์ที่ต้องการ ที่มีมมแกมมานั้นๆ
- Zone Flux in Lumen คือ ค่าฟลักซ์ที่ได้จากหัวข้อที่แล้ว
- Total Flux /lumens คือ ค่าที่ได้จากการนำเอา Zone Flux in Lumen มารวมกัน ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นฟลักซ์ที่ตกลงมาด้านล่างของดวงโคม โดยที่ค่านี้เป็นค่าต่อ 1000 ลูเมน
- Light Output Ratio คือ การนำเอา Total Flux /lumens มาหารด้วย 1000

ในการหาค่าฟลักซ์ที่ตกลงมาด้านล่างของดวงโคมนั้น จะต้องนำค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในทุกๆระนาบ ซึ่งจากตารางจะเห็นว่า มีเพียงระนาบ 0, 90, 180, 270 เท่านั้น แต่จริงๆแล้วถ้ามีระนาบที่มีข้อมูลมากกว่านี้ ก็ให้นำเอาความเข้มแห่งการส่องสว่างที่มีค่าแกมมาเท่ากันตามที่ได้กำหนดไว้ในตาราง คือ 5, 15, 25, ... ในทุกๆระนาบมารวมกัน เป็นค่า Zone Total และทำการหา Zone Average โดยนำเอาจำนวนของระนาบทั้งหมดมาหารค่า Zone Total แล้วนำเอาค่า Zone Average นี้ไปคูณกับ Zone Factor จะได้ค่าฟลักซ์ที่มีมมแกมมาที่ได้กำหนด

ตามตาราง และนำค่าฟลักซ์ย่อย (Zone Flux in Lumen) มารวมกัน ก็จะได้ค่าฟลักซ์รวมไม่ว่า (Total Flux / lumens) ซึ่งสามารถตีความหมายได้จากส่วนอธิบายค่าคัมภ์ข้างบนที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราต้องการที่จะหาค่าฟลักซ์จริงๆที่ตกลงมา ที่มีหน่วยเป็นลูเมน เราจำเป็นต้อง
รู้ค่าของฟลักซ์ทั้งหมดที่หลอดไฟนั้นส่งออกมา ซึ่งสูตรที่ใช้คือ

$$\text{ฟลักซ์ที่ตกลงมาด้านล่างทั้งหมด} = (\text{ฟลักซ์ของหลอดไฟทั้งหมด} / 1000) \times \text{ค่า Total Flux / lumens}$$

โดยค่าฟลักซ์ที่ได้มีหน่วยเป็นลูเมน ตารางต่อไปนี้เป็นตารางที่ใช้ในการคิดค่าฟลักซ์
ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว

Angle above Nadir	Luminous Intensity in Candelas per 1000 lm				Azimuth angle		Zone Factor	Zone Flux 1 Lumen
	0°	90°	180°	270°	Zone Total	Zone Average		
0°	: 228	:228	: 228	: 228	: 912	: 228	: -	: -
5°	: 227	:224	: 227	: 227	: 905	: 226	:0,095	: 21,
15°	: 219	:219	: 221	: 221	: 880	: 220	:0,284	: 62,
25°	: 213	:209	: 217	: 217	: 856	: 214	:0,463	: 98,
35°	: 195	:193	: 197	: 202	: 787	: 197	:0,628	: 124
45°	: 186	:185	: 191	: 198	: 870	: 187	:0,774	: 129
55°	: 153	:153	: 155	: 166	: 627	: 157	:0,897	: 141
65°	: 123	:126	: 123	: 140	: 512	: 128	:0,993	: 127
75°	: 63,5	: 65,7	: 87,6	: 107	: 324	: 80,9	:1,058	: 85,
85°	: 13,1	: 13,1	: 4,38	: 10,9	: 43,5	: 10,3	:1,091	: 10,
95°	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	: 0	:1,091	: 0
105°	:	:	:	:	:	:	:1,058	:
115°	:	:	:	:	:	:	:0,993	:
125°	:	:	:	:	:	:	:0,897	:
135°	:	:	:	:	:	:	:0,774	:
145°	:	:	:	:	:	:	:0,628	:
155°	:	:	:	:	:	:	:0,463	:
165°	:	:	:	:	:	:	:0,284	:
175°	:	:	:	:	:	:	:0,095	:
180°	:	:	:	:	:	:	: -	:

Total Flux /lumens/

799

Light Output Ratio: $0,799 \approx C_{80}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

British Standard Luminaires

Part 102. Particular requirements

Section 102.3 Specification for luminaires for road and street lighting

3.1 Scope

This section of Part 2 of IEC Publication 598 specifies requirements for luminaires for road and street lighting, for use with tungsten filament, tubular fluorescent and other discharge lamps on supply voltages not exceeding 1 000 V. It is to be read in conjunction with those sections of Part 1 to which reference is made.

3.2 General test requirements

The provisions of Section Zero of Publication 598-1 apply. The tests described in each appropriate section of Part 1 shall be carried out in the order listed in this section of Part 2.

3.3 Definitions

For the purposes of this section, the definitions of Section One of Publication 598-1 apply.

3.4 Classification of luminaires

Luminaires shall be classified in accordance with the provisions of Section Two of Publication 598-1.

Note. — Luminaires for road and street lighting are normally suitable for one or more of the following modes of installation:

- 1) On a pipe (bracket) or the like.
- 2) On a mast (column) arm.
- 3) On a post top.
- 4) On suspension wires.
- 5) On a wall.

3.5 Marking

The provisions of Section Three of Publication 598-1 apply. In addition, the following information shall be provided in the instruction leaflet supplied with the luminaire:

- 1) Design attitude (normal operating position).
- 2) Weight including control gear if any.
- 3) Overall dimensions.
- 4) If intended for mounting more than 8 m above ground level, the maximum projected area subjected to wind force, see Sub-clause 3.6.4.

3.6 Construction

The provisions of Section Four of Publication 598-1 apply together with the requirements of Sub-clauses 3.6.1 to 3.6.4.

3.6.1 Road and street lighting luminaires shall have protection against ingress of moisture of at

3.6.2 Devices for suspending luminaires on span wires shall be capable of clamping span wires of cross sectional areas between 16 mm² and 25 mm², in such a way that they cannot move with respect to the span wire. They shall not damage the span wire during installation and during normal use of the luminaire. Compliance shall be checked by inspection after fitting the luminaire to the span wire.

Note. — Care should be taken to avoid electrolytic corrosion between the clamping device and span wire.

3.6.3 The means for attaching the luminaire to its support shall be appropriate to the weight of the luminaire. The connection shall be designed to withstand wind speeds of 150 km/h on the projected surface of the assembly without undue deflection.

Fixings which carry the weight of the luminaire and internal accessories shall be provided with means to prevent the dislodgement of any part of the luminaire by vibration, either in service or during maintenance.

Parts of luminaires which are fixed other than with at least two devices, for example, screws or equivalent means of sufficient strength, shall have such extra protection as to prevent those parts falling and endangering persons, animals and surroundings, should a fixing device fail under normal conditions.

Compliance shall be checked by inspection and, for mast arm or post top mounted luminaires, by the test of Sub-clause 3.6.3.1.

Note. — In considering the possible effects of vibration, the luminaire should be studied in conjunction with the lamp and the column with which it may be used.

3.6.3.1 Wind force test for mast arm or post top mounted luminaires.

The luminaire is mounted with its largest projected area as viewed in elevation lying in the horizontal plane, and with the means of attachment secured in accordance with the manufacturer's recommendations.

A constant evenly distributed load is applied for 10 min on the luminaire using sand bags providing 1.5 kN/m² of lantern projected area for mounting heights up to 8 m, 2.0 kN/m² for mounting heights of 8 m to less than 15 m and 2.4 kN/m² for mounting heights of 15 m and over. The luminaire is then turned 180°, in the vertical plane, about the point of attachment, and the test is repeated.

During the test, there shall be no failure or movement about the point of attachment and after either part of this test, there shall be no permanent set exceeding 1°.

3.6.4 If the use of a single lampholder does not ensure the correct position of the lamp, an adequate supporting device shall be provided.

For adjustable lampholders or optical parts, suitable reference marks shall be provided.

Compliance shall be checked by inspection.

3.7 Creepage distances and clearances

The provisions of Section Eleven of Publication 598-1 apply.

3.8 Provision for earthing

The provisions of Section Seven of Publication 598-1 apply.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 Terminals

The provisions of Sections Fourteen and Fifteen of Publication 598-1 apply.

Terminals for supply connection shall allow the connection of conductors having nominal cross sectional areas according to Table XIII of Section Fourteen of Publication 598-1, excluding provision of supply cables with cross sectional areas smaller than 1 mm^2 .

Compliance shall be checked by fitting conductors of the smallest and largest cross sectional areas specified.

3.10 External and internal wiring

The provisions of Section Five of Publication 598-1 apply together with the requirements of Sub-clause 3.10.1.

3.10.1 A luminaire for road and street lighting shall be provided with a cord anchorage such that the conductors for supply cables are relieved from strain where they are connected to the terminals, if, without the cord anchorage the weight of the supply cables would exert a strain on the connections.

Compliance shall be checked by the relevant test of Section Five of Publication 598-1, but with a pull of 60 N and a torque of 0.25 Nm.

The values for the pull and the torque to be applied depend on the weight of the supply cables. In general, the specified values are adequate, but for luminaires intended to be mounted higher than 20 m and where the weight of the supply cables affecting the cord anchorage exceeds 4 kg a pull of 100 N and a torque of 0.35 Nm are applied.

3.11 Protection against electric shock

The provisions of Section Eight of Publication 598-1 apply.

3.12 Endurance tests and thermal tests

The provisions of Section Twelve of Publication 598-1 apply but with the modification of Sub-clause 3.12.1.

3.12.1 When applying the limits given in the tables of Section Twelve of Publication 598-1, 10°C shall be deducted from the temperatures measured on the luminaire in the test enclosure to allow for the effects of natural air movement which occur in the working environment of the luminaire.

3.13 Resistance to dust and moisture

The provisions of Section Nine of Publication 598-1 apply.

3.14 Insulation resistance and electric strength

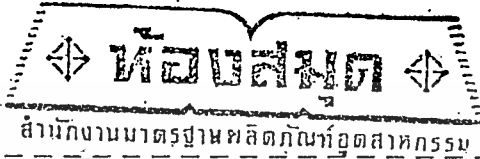
The provisions of Section Ten of Publication 598-1 apply.

3.15 Resistance to heat, fire and tracking

The provisions of Section Thirteen of Publication 598-1 apply.

Amendment No. 1
 published and effective from 30 November 1987.
 to BS 4533 : Section 103.1 : 1981

Luminaires
 Part 103. Performance requirements
 Section 103.1 Specification for light distribution
 from road-lighting lanterns



Revised text

AMD 5718
November 1987

Contents

Delete the existing text and substitute the following.

	Page
Foreword	Inside front cover
Cooperating organizations	Back cover
Specification	
1. Scope	1
2. References	1
3. Definitions	1
4. <i>Text deleted</i>	1
5. Lanterns for group B 5/6 lighting installations	2
6. <i>Text deleted</i>	2
7. Performance data to be provided by the manufacturer.	2
Tables	
1. <i>Table deleted</i>	1
2. <i>Table deleted</i>	2
Figure	
1. <i>Figure deleted</i>	3

เอกสารลิขสิทธิ์
 หามคัดถ่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต

AMD 5718
November 1987

Foreword

Delete the existing text and substitute the following.

'This British Standard has been prepared under the direction of the Electrical Illumination Standards Committee, BS 4533 has been revised by adopting IEC Publication 598 : Parts 1 and 2 as BS 4533 : Parts 101 and 102 respectively. However, BS 4533 : Section 102.3 being based on the IEC text is concerned only with matters of safety whereas the Section it replaced, BS 4533 : Section 2.7 : 1976, included performance requirements. This Section 103.1 has been produced in order to provide the performance requirements for road-lighting lanterns and specifically those needed for use in conjunction with BS 5489 'Road lighting'.

Compliance with a British Standard does not of itself confer immunity from legal obligations.'

AMD 5718
November 1987

Clause 1. Scope

Delete the existing text and substitute the following.
'This British Standard specifies light distribution requirements for road-lighting lanterns used in group B 5/6 lighting installations as defined in BS 5489 : Part 3.'

AMD 5718
November 1987

Clause 3. Definitions

Delete definitions 3.2 to 3.6 and substitute '3.2 to 3.6 Text deleted'.
Delete definition 3.9 and substitute '3.9 Text deleted'.

AMD 5718
November 1987

Clause 4. Lanterns for group A lighting installations

Delete the existing clause and substitute '4. Text deleted'.

AMD 5718
November 1987

Table 1. Light distribution from cut-off and semi-cut-off lanterns

Delete the existing table and substitute 'Table 1. Table deleted'.

AMD 5718
November 1987

Clause 5. Lanterns for group B lighting installations

In the title, after 'group B' insert '5/6'

AMD 5718
November 1987

Clause 5.1

Delete the existing clause and substitute '5.1 Text deleted'.

AMD 5718
November 1987

Clause 5.2

In line 1 delete 'for group B 5/6 installations'.

AMD 5718
November 1987

Clause 5.3

In line 1 delete 'for group B 5/6 installations'.

AMD 5718
November 1987

Clause 6. Lanterns for lighting installations in the vicinity of aerodromes

Delete the existing clause and substitute '6. Text deleted'.

AMD 5718
November 1987

Table 2. Light distribution from type AIR lanterns in the vicinity of aerodromes

Delete the existing table and substitute 'Table 2. Table deleted'.

AMD 5718
November 1987

Clause 7. Performance data to be provided by the manufacturer

In line 1 of item (b), delete the footnote marker * after '(LORL)':

Delete the associated footnote.

In the same item, delete lines 4 and 5 and substitute 'BS 5489 : Part 3, for group B 5/6 lighting installations.'

Delete note 1 and the associated footnotes.

In line 1 of note 2, delete '2'.

AMD 5718
November 1987

Figure 1. 45° planes

Delete the existing figure and substitute 'Figure 1. *Figure deleted*'.

AMD 5718
November 1987

Inside back cover

In the list of standards publications referred to delete the entries for BS 4553 : Section 2.7, BS 5489 and IEC 598, and substitute the following in numerical order.

- BS 5489 Road lighting
Part 3 Lighting for subsidiary roads (group B)
- IEC 598 Luminaires
Part 1 General requirements and tests
Part 2 Particular requirements

⇔ **ห้องสมุด** ⇔

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดถ่ายโดยไม่ได้รับอนุญาต

British Standard

Luminaires

Part 103. Performance requirements

Section 103.1 Specification for light distribution from road-lighting lanterns

1. Scope

This British Standard specifies light distribution requirements for road-lighting lanterns used in:

- (a) group A lighting installations as defined in BS 5489 : Part 2;
- (b) group B lighting installations as defined in BS 5489 : Part 3;
- (c) lighting installations in the vicinity of aerodromes, as defined in BS 5489 : Part 8.

2. References

The titles of the standards publications referred to in this standard are listed on the inside back cover.

3. Definitions

For the purposes of this Section of this standard, the following definitions apply.

- 3.1 lantern.** A luminaire designed for road lighting.
- 3.2 principal vertical polar curve (PVPC).** The polar curve of luminous intensity in the vertical plane taken half-way between the extremes in azimuth of the solid angle that is bounded by directions having intensities equal to 90 % of the maximum intensity on that side of the lantern.
- 3.3 peak intensity (PI).** The maximum luminous intensity in the plane of the principal vertical polar curve.
- 3.4 beam.** That portion of the light output from one side of a lantern contained by the solid angle subtended at the photometric centre of the lantern containing the peak intensity and all intensities greater than 90 % of this peak intensity.
- 3.5 beam centre.** The direction midway between the upper and lower limits of the beam in the plane of the principal vertical polar curve.

3.6 principal conical polar curve (PCPC). The polar curve of intensity distribution around a lantern at the angle of elevation of the beam centre.

3.7 intensity per thousand total lumens. The luminous intensity from a lantern in a stated direction per thousand lumens of the (aggregate) light output of the lamp(s) used in the lantern, where each lamp is measured separately under reference conditions but with a practical ballast where relevant.

NOTE. The unit associated with this term is cd/klm.

3.8 light output ratio luminaire (LORL). The ratio of the light output of a luminaire measured under specified practical conditions with the lamp(s) connected to a practical ballast, to the sum of the individual light output(s) of the lamp(s) when operating outside the luminaire under reference conditions but with the same ballast(s).

3.9 downward flux fraction (DFF). The fraction of the total luminous flux of a luminaire emitted below the horizontal plane containing the photometric centre of the luminaire.

3.10 downward light output ratio luminaire (DLORL). The product of the light output ratio luminaire of a luminaire and the downward flux fraction.

4. Lanterns for group A lighting installations

4.1 General

4.1.1 When measured in accordance with the methods specified in BS 5225 : Part 1, the light distribution from cut-off (CO) or semi-cut-off (SCO) lanterns for group A lighting installations shall comply with the values in table 1.

4.1.2 The PVPC and the vertical polar curve in the plane parallel to the road axis shall be smooth and free from marked re-entrants in directions below the elevation of the beam centre.

Table 1. Light distribution from cut-off and semi-cut-off lanterns

Type of light distribution	In plane of principal vertical polar curve		Limits of intensity within the cone from downward vertical to 30° therefrom		In vertical plane parallel to road axis		
	Angle of elevation contained within the beam	Limits of peak intensity	min.	max.	Elevation at which an intensity of 130 cd/klm occurs		Intensity at 90° elevation (1/90)
					min.	max.	
CO (cut-off)	65°	200 cd/klm 500 cd/klm	30 cd/klm 250* cd/klm	250* cd/klm	72° 70°	78° 84°	15 cd/klm 75 cd/klm

Light distribution in azimuth

1. The direction of the beam centre from the lantern in all cases lie below the plane that passes through the photometric centre of the lantern, is parallel to the road axis, and is inclined towards the road side at 45° to the downward vertical. In addition, the direction of the beam centre shall not diverge by more than 5° in azimuth from the road axis towards the kerb side.

2. For lanterns providing a wide lateral spread or beam orientation to meet the recommendations of 2.3.1 of BS 5489 : Part 2 : 1974, for a single side arrangement or individual sides of a twin central arrangement, some part of the beam (as defined in 3.4) shall pass through the plane inclined at 45° defined in 4.2.1. For a single-lantern twin central arrangement, the beam shall extend to pass through two such planes inclined at 45° towards opposite sides of the road. (See figure 1.)

Lanterns for group B lighting installations

1. The light distribution from lanterns for group B8 lighting installations shall comply with the values given for semi-cut-off (SCO) lanterns in table 1.

2. Lanterns for group B5/6 installations shall be classified by light distribution as follows:

- (a) *limited horizontal intensity (LHI)*, for lanterns emitting 3500 lm or more in the lower hemisphere;
- (b) *limited downward flux (LDF)*, for lanterns emitting less than 3500 lm in the lower hemisphere.

3. Lanterns for group B5/6 installations shall provide control of glare as recommended in BS 5489 : Part 3, and such lanterns emit 3500 lm or more in the lower hemisphere, the intensities at 80° and 90° to the downward vertical, in the plane parallel to the road axis, shall not exceed 175 cd/klm and 100 cd/klm respectively.

Lanterns for lighting installations in the vicinity of aerodromes

1. Upward light distribution. The upward light distribution from lanterns for lighting installations in the vicinity of aerodromes shall be *either*:

- (a) *FCO*, where the intensity at and above the horizontal in any vertical plane through the centre of the lantern, when the lantern has been erected and adjusted in accordance with the manufacturer's instructions, shall be zero; *or*
- (b) *A/R*, where the intensity at and above the horizontal in any vertical plane through the centre of the lantern, when the lantern has been erected and adjusted in accordance with the manufacturer's instructions, shall comply with the values given in table 2.

2. Downward light distribution. The downward light distribution shall be cut-off (CO) or semi-cut-off (SCO) and shall comply with the values given in table 1.

Table 2. Light distribution from type AIR lanterns in the vicinity of aerodromes

Angle from downward vertical	Maximum permissible intensity
	cd
90°	750
92°	300
94°	95
96°	75
100°	60
110°	40
120° and above	30

7. Performance data to be provided by the manufacturer

The following data shall be stated for a clean lantern mounted in the design attitude and equipped with a lamp or lamps, each lamp having its light centre in the correct nominal position. The data shall be measured in accordance with the methods specified in BS 5225 : Part 1 and shall be prepared on the basis of lanterns operating in an ambient temperature of 15 °C with no wind.

- (a) Type of light distribution for lantern.
- (b) Light output ratio luminaire (LORL)* or downward light output ratio luminaire (DLORL), as appropriate, for lanterns claimed to satisfy the recommendations of BS 5489 : Part 2 for group A lighting installations, or of BS 5489 : Part 3, for group B lighting installations.
- (c) Design attitudes(s).

NOTE 1. The following additional data may be provided:

- † (a) the angle of elevation of the upper and lower limit of the beam in the plane of the principal vertical polar curve;
- † (b) the peak intensity (PI), in candelas per thousand total lumens.
- (c) the maximum (and minimum) intensity in the zone from the downward vertical to 30° therefrom, expressed in candelas per thousand total lumens;
- † (d) the angle of elevation at which an intensity of 130 cd/klm occurs in the vertical plane parallel to the road axis;
- (e) the intensity at 80° to the downward vertical (I_{80}) and at the horizontal (I_{90}) in the vertical plane parallel to the road axis, expressed in candelas per thousand total lumens;
- (f) the principal vertical polar curve expressed in candelas per thousand total lumens; this should be the mean of both sides of the lantern;
- * (g) the principal conical polar curve expressed in candelas per thousand total lumens; this should be the mean of both sides of the lantern;
- (h) the polar curve in the vertical plane parallel to the street axis expressed in candelas per thousand total lumens; this should be the mean of both sides of the lantern;
- (i) for type AIR lanterns, the maximum lighting design lumens and the lamp type(s) for which the lantern is designed.

NOTE 2. The photometric characteristic of lanterns with a symmetric distribution about a vertical plane through the lantern axis, can usefully be shown on an isocandela diagram. If an isocandela diagram is used this should preferably be of the 'zenithal circular equal area web projection'.

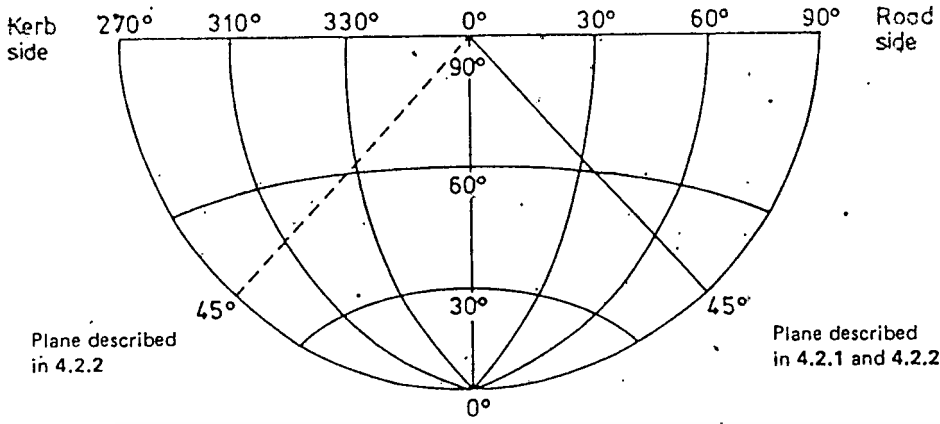


Figure 1. 45° planes



	250W MBF/U	250W SON	310W SON	400W SON	400W MBF/U	Requirements of BS 1764 and CP-1001
Lighting Design Lumens	12,100	9,500	25,000	36,800	21,700	---
Light Flux in lower hemisphere (lumens)	8,349	13,455	16,250	22,000	14,105	See CP 1001 Tables 7 & 8
Downward light output ratio	0.69	0.69	0.65	0.65	0.65	---
Angle of elevation of upper limit of beam	68°	68°	69°	69°	69°	65° must be within beam
Angle of elevation of lower limit of beam	61°	61°	60°	60°	60°	---
Peak intensity ratio	3.15	3.15	2.72	2.72	2.72	2.0 to 4.0
Max. intensity ratio in zone 0°-30°	1.65	1.65	1.58	1.58	1.58	0.3 to 2.0
Min. intensity ratio in zone 0°-30°	1.01	1.01	1.04	1.04	1.04	---
Max. intensity ratio 0°-30° Peak intensity ratio	0.52	0.52	0.58	0.58	0.58	0.8 Max
Angle at which 1:2 intensity ratio occurs above peak	75°	75°	76°	76°	76°	72° to 78°
Intensity ratio at the horizontal	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.15 Max
Divergence of beam centre from the axis of the road in azimuth	9°	9°	9°	9°	9°	---

28526 SEMI CUT-OFF DATA*

	ISOCANDELA C		ISOCANDELA D			
Lighting Design Lumens	12,100	19,500	25,000	36,800	21,700	---
Light Flux in lower hemisphere (lumens)	9,196	14,820	18,750	27,600	16,275	See CP 1001 Tables 10 & 11
Downward light output ratio	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	---
Angle of elevation of upper limit of beam	77°	77°	75.5°	75.5°	75.5°	75° must be within beam
Angle of elevation of lower limit of beam	69°	69°	68°	68°	68°	---
Peak intensity ratio	2.91	2.91	2.24	2.24	2.24	1.8 to 4.0
Max. intensity ratio in zone 0°-30°	1.45	1.45	1.47	1.47	1.47	0.3 to 1.0
Min. intensity ratio in zone 0°-30°	1.04	1.04	1.04	1.06	1.06	---
Max. intensity ratio 0°-30° Peak intensity ratio	0.50	0.50	0.66	0.66	0.66	0.8 Max
Angle at which 1:2 intensity ratio occurs above peak	81°	81°	81°	81°	81°	78° to 88°
Intensity ratio at the horizontal	0.13	0.13	0.1	0.1	0.1	0.5 Max
Divergence of beam centre from the axis of the road in azimuth	5°	5°	5°	5°	5°	15° Max

*Isocandela data shown are the mean of two sides and apply for a lamp of 1000 lumens output.

GEC (Street Lighting) Limited

P.O. BOX 17, East Lane,
Wembley, Middlesex, HA9 7PG, England
Telephone: 01-904 4321. Telex: 22454
Cables: GECOLAMP WEMBLEY TELX
GEC (Street Lighting) Limited

This publication gives a specification of the described equipment, as at the date of publication. The Company reserves the right from time to time and without notice, to vary such specification as regards performance data and constructions of, or materials used for, certain features of such equipment. Order placed quoting the catalogue number may, therefore, be fulfilled with equipment having certain modifications. The material listed in this publication is offered subject to the Company's Terms Business and Conditions of Sale, a copy of which may be obtained on request.

กิติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบคุณ รศ. ศุภี บรรจงจิตร ที่กรุณาให้ข้อมูลความรู้และคำแนะนำต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วง และขอบคุณคุณบุญมา หาญอุตม คุณสุชาติ ตั้งตฤชณา รุ่งพีปรีญาโทภาควิชาไฟฟ้ากำลัง รวมถึงเพื่อนๆภาควิชาไฟฟ้ากำลังและภาควิชาคอมพิวเตอร์ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ท้ายนี้ขอขอบคุณบริษัทไฟฟ้าฟิลิปส์แห่งประเทศไทย จำกัด ที่กรุณาให้คำแนะนำและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัยนี้

หนังสืออ้างอิง

1. ชมรมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, "เอกสารประกอบการอบรมสัมมนา เรื่องเทคนิคการส่องสว่าง", 1-2 เมษายน 2531.
2. ชมรมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, "เอกสารประกอบการอบรมสัมมนา เรื่องเทคนิคการส่องสว่างภายในอาคาร", 16-17 ธันวาคม 2531.
3. ชมรมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย, "เอกสารการประชุมสัมมนา เรื่องเทคนิคการส่องสว่าง", 27-28 กรกฎาคม 2533.
4. ปัญญา คิยะจามร และ ไพบูลย์ ตวงศิริกุลวัฒนา, "การประยุกต์คอมพิวเตอร์ในงานออกแบบระบบแสงสว่าง", วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2531.
5. ศุภชัย ไชยสังข์ และ สุรพงษ์ เจริญพงษ์พันธ์, "การออกแบบแสงสว่างบนทางด่วน", วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี ภาควิชาไฟฟ้ากำลัง คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2526.
6. สาคร พลราชม, "ทฤษฎีการส่องสว่าง", พิมพ์ครั้งที่ 2, 2525.
7. Philips, "Lighting Manual", Fourth edition, 1986.
8. Publication CIE No. 30 (TC-4.6), "Calculation and Measurement of Luminance and Illuminance in Road Lighting", Paris, France, 1976.
9. Ir.W.J.M Van Bounmel and Prof. J.B. De Boer, "Road Lighting", Eindhoven, Netherland, 1980.