



การศึกษาและวิเคราะห์การกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์
LIGHTING DISTRIBUTION ANALYSIS



วัน เดือน ปี.....-5.ค.ค.2541
เลขทะเบียน.....038574
เลขเรียกหนังสือ.....T 400.๖๖.๖55ก

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ศุภี บรรจงจิตร

อ.ชาย ชมภูอินไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 038574

ปริญญาโทปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง การศึกษาและวิเคราะห์การกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

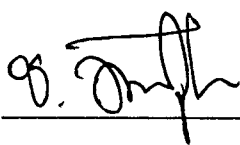
ผู้จัดทำ

1. นายเจษฎา ประสมทอง

2. นายเชาว์ ชมภูอินไหว



 อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ. สุลี บรรจงจิตร)

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ. ชาย ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและวิเคราะห์การกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

นายเจษฎา ทองประสม

นายเชาว์ ชมภูอินไหว

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ศุภี บรรจงจิตร

อ. ชาย ชมภูอินไหว

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็น เรื่องเกี่ยวกับการทดสอบ และ เก็บข้อมูล เพื่อทำการ ศึกษาและวิเคราะห์ถึงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ โดยใช้ มาตรฐานของ “ IES Standard ” เพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบ, การเก็บข้อมูล และ การวิเคราะห์ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า รวมไปถึงการนำข้อมูลการ กระจายแสง ของดวงโคมที่ได้ ไปทำการจำลองใช้งานในพื้นที่ใช้งานจริง โดยผ่านทาง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งช่วยในการคำนวณและแสดงผล

LIGHTING DISTRIBUTION ANALYSIS

Jetsada Prasomthong

Chow Chompoo-inwai

Advisor

Assoc. Prof. Sulee Banjongjit

Lecturer Chai Chompoo-inwai

1997

ABSTRACT

This project is an experiment and gather data for studying and analysis about lighting distribution characteristics of various lamps and luminaires.

The process of this experiment and gathered data are based on "IES Standard". And a computer program is used for computing and display a completely result. From that, the model for use in working plane is obtained and this model can develop for other applications.

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	VI
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตที่ทำการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ปริมาณและหน่วยของแสง	3
2.2 ชนิดและคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า	5
2.3 ดวงโคมไฟฟ้า	10
2.4 ข้อมูลทางแสง	23
2.5 การวัดฟลักซ์การส่องสว่าง	37
2.6 การออกแบบระบบแสงสว่างภายใน	43
2.7 การออกแบบระบบแสงสว่างภายนอก	57
2.8 รูปแบบการเก็บข้อมูลตามมาตรฐานของ IES Standard	68
บทที่ 3 การทดลอง	
3.1 การทดลองหาข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า	70
3.2 การหาค่าความเข้มแสง โดยใช้โปรแกรมออโตลักซ์ (AutoLux)	75
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 รายละเอียดของการแสดงผลการทดลอง	81
4.2 ผลการทดลองของดวงโคมฉาย	87
4.3 ผลการทดลองของโคมไฟถนน	102
4.4 ผลการทดลองของดวงโคมภายในอาคาร	117
บทที่ 5 สรุปผลและวิจารณ์	132
กิตติกรรมประกาศ	

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและการคำนวณ

รูปที่ 2.2.1	รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดเผาไส้	8
รูปที่ 2.2.2	รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดไอปรอทความดันสูง	8
รูปที่ 2.2.3	รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดเมทัลฮาไลด์	9
รูปที่ 2.2.4	รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดหลอดโซเดียมความดันไอสูง	9
รูปที่ 2.3.1	แสดงชนิดของโคมไฮเบย์	12
รูปที่ 2.3.2	แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมคัทออฟ	14
รูปที่ 2.3.3	แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมเซมิคัทออฟ	14
รูปที่ 2.3.4	แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมเซมิคัทออฟ (โซเดียม)	15
รูปที่ 2.3.5	แสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนนในระนาบความเข้มสูงสุด (I_{max}) เพื่อหาค่าโทรว์ (throw) ของดวงโคม	15
รูปที่ 2.3.6	แสดงการพิจารณาค่าสเปรด (Spread)	16
รูปที่ 2.3.7	แสดงกราฟไอโซแคนเดลาเพื่ออธิบายการหาค่าโทรว์และสเปรด	17
รูปที่ 2.3.8	แสดงโทรว์และสเปรดทั้ง 3 ประเภทตามมาตรฐานของ CIE	18
รูปที่ 2.3.9	แสดงนิยามของ โทรว์ และ สเปรด ตามมาตรฐาน CIE	19
รูปที่ 2.3.10	แสดงตัวอย่างของการแบ่งคลาสของดวงโคมไฟถนน	19
รูปที่ 2.3.11 (ก)	ไดอะแกรมแสดงการกระจายแสงของโคมฉายในรูปกราฟโพลาร์	21
รูปที่ 2.3.11 (ข)	ไดอะแกรมแสดงการกระจายแสงของโคมฉายในรูปไอโซแคนเดลา	21
รูปที่ 2.3.12	แสดงการกระจายแสงของดวงโคมฉายที่ใช้งานจริง	21
รูปที่ 2.3.13	แสดงการกระจายแสงของดวงโคมฉายใช้งานจริง (ต่อ)	22
รูปที่ 2.4.1	ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งจัดทำขึ้นตามมาตรฐานของ CIE	24
รูปที่ 2.4.2	ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคมไฮเบย์ซึ่งจัดทำขึ้นตามมาตรฐานของ IES	25
รูปที่ 2.4.3	ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งจัดทำขึ้นตามมาตรฐานของ IES	25
รูปที่ 2.4.4	แสดงโซนย่อย 10 องศา ที่ใช้คำนวณหาฟลักซ์การส่องสว่างของดวงโคม	27
รูปที่ 2.4.5	ย่านที่จะเกิดแกลร์ (Glare) โดยตรงและแกลร์ทางอ้อม	27

สารบัญญรูปร่าง (ต่อ)

รูปที่ 2.4.6	การกระจายแสงของโคมไฟทั้ง 5 ประเภทที่จำแนกตามมาตรฐาน IES	30
รูปที่ 2.4.7	ระยะการติดตั้งดวงโคม	30
รูปที่ 2.4.8	แฟคเตอร์การเสื่อมสภาพจากความสกปรกของดวงโคมทั้ง 6 ประเภท ในสภาพแวดล้อมของห้อง 5 ระดับตามระยะเวลา ก่อน ทำความสะอาด	32
รูปที่ 2.4.9	แผนภาพความส่องสว่างและเส้นโค้งจำกัดของแกลร์	36
รูปที่ 2.5.1	การติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงในการทดลอง วัดค่าลูเมน	37
รูปที่ 2.5.2	เส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่างของหลอดเผาไส้	37
รูปที่ 2.5.3	การกระจายแสงในระนาบต่าง ๆ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	39
รูปที่ 2.5.4	โซนอลลูเมน (Zonal Lumens)	39
รูปที่ 2.5.5	การนำค่าความเข้มการส่องสว่างมากำหนดจุดในระนาบ Rectangular	42
รูปที่ 2.6.1	แสดงวิธีการหาความส่องสว่างของดวงโคมที่มุม γ	43
รูปที่ 2.6.2	การกระจายความส่องสว่างในทิศทาง ขนาน และ ตั้งฉาก กับหลอดฟลูออเรสเซนต์	44
รูปที่ 2.6.3	(ก) ตัวอย่างการพิจารณาความส่องสว่าง	45
รูปที่ 2.6.3	(ข) ตัวอย่างการพิจารณาความส่องสว่าง	46
รูปที่ 2.6.3	(ค) ตัวอย่างการพิจารณาความส่องสว่าง	47
รูปที่ 2.6.4	แสดงการคำนวณแบบจุดต่อจุดอย่างง่าย	49
รูปที่ 2.6.5	แสดงการหาค่าความเข้มแสงที่จุดใด ๆ	49
รูปที่ 2.6.6	แสดงหลักการของการแบ่งโซนควิวตี้ (Zone Cavity)	50
รูปที่ 2.6.7	แสดงตัวอย่างของ CU ของดวงโคมชนิดหนึ่ง	55
รูปที่ 2.7.1	ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมฉาย	60
รูปที่ 2.7.2	การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ลำแสงของโคมฉาย	61
รูปที่ 2.7.3	แสดงผลที่เกิดขึ้นเมื่อใช้โคมฉายที่มีลำแสงกว้างเกินไป	62
รูปที่ 2.7.4	ความกว้างลำแสงตามมาตรฐาน IES/NEMA และระยะห่างติดตั้งยังผล	62
รูปที่ 2.7.5	แสดงการซ้อนกันของลำแสงที่ออกมาจากดวงโคมฉาย	63
รูปที่ 2.7.6	มาตรฐานที่ใช้ในการวัดค่าความเข้มส่องสว่างของโคมฉาย	64
รูปที่ 2.7.7	ความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิตของ ตำแหน่ง โคมไฟ , จุดถึงและจุดที่ต้องการหาค่าความส่องสว่าง	65
รูปที่ 2.7.8	ขั้นตอนการคำนวณค่าความสว่างตามวิธีการคำนวณแบบจุดต่อจุด	68
รูปที่ 2.8.1	แสดงรายละเอียดของ IES Standard Files	69

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

บทที่ 3 การทดลอง

รูปที่ 3.1	รูปแผนภูมิแสดงขั้นตอนการทดลองเก็บข้อมูลการกระจายแสง	70
รูปที่ 3.2 (ก)	ห้องปฏิบัติการทางแสง (มองจากด้านบน)	71
รูปที่ 3.2 (ข)	ห้องปฏิบัติการทางแสง (มองจากด้านหน้า)	71
รูปที่ 3.2 (ค)	ห้องปฏิบัติการทางแสง (ไอโซเมตริก)	71
รูปที่ 3.3 (ก)	การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ในการทดลอง (โคมไฟถนน)	72
รูปที่ 3.3 (ข)	การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ในการทดลอง (โคมภายใน)	72
รูปที่ 3.3 (ค)	การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ในการทดลอง (ดวงโคมฉาย)	72
รูปที่ 3.2.1	แบบจำลองของพื้นที่ใช้งาน	75
รูปที่ 3.2.2	แสดงการกำหนด Gridline ที่แตกต่างกันบนพื้นที่สนามเดียวกัน	76
รูปที่ 3.2.3	แสดงตัวอย่างการกำหนดรายละเอียดของดวงโคมที่ใช้ในออดิทอรี	77
รูปที่ 3.2.4 (ก)	แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งของเสาและดวงโคมลงบนพื้นที่ที่ต้องการ	78
รูปที่ 3.2.4 (ข)	แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งของเสาและดวงโคมลงบนพื้นที่ที่ต้องการ	78
รูปที่ 3.2.5	- การแสดงผลการคำนวณแบบจุดต่อจุด	79
	- การแสดงผลการคำนวณแบบไอโซไลน์	80
	- การแสดงผลการคำนวณแบบ 3 มิติ	80

บทที่ 4 ผลการทดลอง

รูปที่ 4.1.1	แผนภูมิแสดงขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง	82
รูปที่ 4.1.1	รูปแบบการนำเสนอทางกายภาพของดวงโคม	83
รูปที่ 4.1.2 (ก)	แสดงรูปแบบการนำเสนอดวงโคมฉาย	84
รูปที่ 4.1.2 (ข)	แสดงรูปแบบการนำเสนอโคมไฟถนน	85
รูปที่ 4.1.2 (ค)	แสดงรูปแบบการนำเสนอดวงโคมภายใน	86

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
บทที่ 2 ทฤษฎีและการคำนวณ	
ตารางที่ 2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของหลอดชนิดต่าง ๆ	7
ตารางที่ 2.3.1 แสดงดวงโคมภายในชนิดต่าง ๆ ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์	11
ตารางที่ 2.3.2 การแบ่งประเภทของดวงโคมไฟถนนตามมาตรฐาน CIE (ค.ศ. 1965)	12
ตารางที่ 2.3.3 การแบ่งประเภทของดวงโคมไฟถนนตามมาตรฐาน BS	13
ตารางที่ 2.3.4 การแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะการกระจายแสง	18
ตารางที่ 2.4.1 การแบ่งประเภทของดวงโคมตามมาตรฐาน CIE	29
ตารางที่ 2.4.2 การจัดประเภทการบำรุงรักษาดวงโคมที่ใช้งานในอาคาร	31
ตารางที่ 2.6.1 Percent effective ceiling or floor cavity reflectances for various reflectances combination	53
ตารางที่ 2.6.2 Multiplying factors for other than 20% effective floor cavity reflectance	56
ตารางที่ 2.8.1 แสดงรายละเอียดการเก็บข้อมูลรูป IES Standard Files	68
บทที่ 3 การทดลอง	
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการป้อนข้อมูลในการทดลองหาค่าการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าทั้ง 3 ประเภท	73
ตารางที่ 3.2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่ต้องป้อนให้กับโปรแกรมออดิโอลักซ์แยกตามชนิดของดวงโคมทั้ง 3 ประเภท	65

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันนี้มีดวงโคม (Luminaires) มากมาย หลายชนิด หลายรุ่น หลายยี่ห้อ ออกจำหน่ายตามแต่วัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันออกไป ได้แก่โคมที่ใช้ในอาคารทั่ว ๆ ไป (Interior Luminaires) ใช้กับไฟถนน (CIE Roadway Luminaires) หรือใช้เป็น โคมฉาย (Flood-Light Luminaires) และอื่น ๆ อีกมากมายหลายชนิด ซึ่งในการประชาสัมพันธ์เพื่อส่งเสริมการขายนั้น แต่ละยี่ห้อ แต่ละบริษัท ก็จะทำให้ข้อมูลเกี่ยวกับดวงโคมกับลูกค้าแตกต่างกันตามไปด้วย เพื่อให้เกิดแรงจูงใจในการซื้อสินค้า โดยที่เราอาจไม่ทราบเลยว่า ดวงโคมที่เราตัดสินใจซื้อมาใช้ มีคุณสมบัติตรงตามที่เราต้องการหรือไม่ ทั้งในแง่ขององค์ประกอบต่าง ๆ ของดวงโคม , ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม , รวมไปถึงการนำไปใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง

โครงการนี้จึงเกิดขึ้นจากความคิดที่จะตอบสนองความต้องการ ของผู้บริโภคซึ่งก็คือผู้ซื้อสินค้าทั่ว ๆ ไป และผู้สนใจที่จะทำการศึกษาในเรื่องของลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า โดยได้ทำการทดลองด้วยหลอดไฟและดวงโคมไฟฟ้าจริง ๆ ในห้องปฏิบัติการทางแสง¹ เพื่อทำการเก็บข้อมูลจากการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า และจากนั้นก็นำข้อมูลที่ได้ มาทำการวิเคราะห์และคำนวณ เพื่อนำเสนอในรูปแบบที่เป็นสากลและได้รับการยอมรับกันโดยทั่วไป นอกจากนี้เรายังจะนำข้อมูลของการกระจายแสงที่ได้นี้ไปทำการจำลองการติดตั้งในพื้นที่ใช้งานจริง โดยผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณเพื่อที่จะดูว่าเวลาใช้งานจริงแล้วลักษณะของแสงที่ได้จากดวงโคม นั้น ๆ จะเป็นอย่างไรบ้าง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกใช้งานได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

[1] ห้องปฏิบัติการทางแสง (KMITL Lighting Distribution Laboratory) โดยความร่วมมือกันของ

บริษัท ค. ไทศาลเอ็นจิเนียริงกรุ๊ป และ สถาบันเทคโนโลยีพระ

1.2 วัตถุประสงค์

- 1) ทดสอบ และ เก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นฐานข้อมูล จะใช้ทำการศึกษาค้นคว้า และวิจัยต่อไป •
- 2) ศึกษา และ วิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบในข้อที่ (1)
- 3) จำลองการติดตั้งดวงโคมที่ทำการทดสอบบนพื้นที่ใช้งานจริงผ่านทางโปรแกรม คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์
- 4) นำเสนอผลการทดสอบในรูปแบบของเอกสารทางวิชาการ
- 5) สรุปผลการทดสอบพร้อมเสนอแนวทางในการวิจัย ค้นคว้า และพัฒนาต่อไปในภายหลัง

1.3 ขอบเขตที่ทำการศึกษา

โครงการนี้ได้ทำการศึกษาลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมที่พบว่ามีใช้อยู่ทั่วไป ในท้องตลาดเมืองไทยปัจจุบัน ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อประโยชน์สูงสุดในการจะศึกษาค้นคว้า วิเคราะห์ ข้อมูลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ อีกทั้งเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลที่จะเปิดโอกาสให้ผู้สนใจที่จะทำการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในภายหลังได้มาค้นคว้าประกอบกันไปได้ โดยทำการแบ่งลักษณะดวงโคมที่ศึกษาออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- 1) ดวงโคมที่ใช้ภายในอาคาร (Interior Luminaires)
ประเภทนี้จะทำการทดสอบแบบชนิด A (Type A Test)
 - 2) ดวงโคมภายนอกอาคารที่เข้ากับไฟถนน (Exterior Luminaires)
ประเภทนี้จะทำการทดสอบแบบชนิด Roadway (Roadway B Test)
 - 3) ดวงโคมภายนอกอาคารที่ใช้เป็นโคมฉาย (Flood-Light Luminaires)
ประเภทนี้จะทำการทดสอบแบบชนิด B (Type B Test)
- เพื่อจะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการ ศึกษาและวิเคราะห์ต่อไป

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปริมาณและหน่วยของแสง (Quantities and Units of Light)

1. มุมครึ่งยอด (Half Apex Angle ; γ) คือ อัตราส่วนของความยาวเส้นโค้งต่อรัศมี มีหน่วยเป็น เรเดียน (radian)

$$\gamma = b/r$$

2. มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle ; Ω) คือ อัตราส่วนของพื้นที่ทรงกลมต่อ กำลังสองของรัศมี มีหน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian)

$$\Omega = A_{\text{sphere}}/r^2 = dA / r^2$$

3. ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux ; ϕ) คือ ปริมาณของแสงที่แพร่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสง หรือปริมาณของแสงที่ได้รับบนพื้นผิวหนึ่ง มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen ; lm)

4. ความเข้มแห่งการส่องสว่าง (Luminous Intensity ; I) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสง และแพร่กระจายในส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งที่อยู่ในทิศทางที่กำหนดหาด้วยส่วนย่อยของมุมเชิงของแข็งนั้น มีหน่วยเป็น แคนเดลา (candela ; cd)

$$I = d\phi/d\Omega$$

5. ความเข้มแสง (Illuminance ; E) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบส่วนย่อยหนึ่งของพื้นผิวนั้นหาด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้น

$$E = d\phi/dA$$

ถ้าฟลักซ์การส่องสว่างมีหน่วยเป็นลูเมน

พื้นที่การส่องสว่างเป็น ตารางเมตร ความสว่างมีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux;l_x)

พื้นที่ที่มีหน่วยเป็น ตารางฟุต ความสว่างมีหน่วยเป็น ฟุตแคนเดิล (Footcandle ; fc)

โดยที่ 1 ฟุตแคนเดิล เท่ากับ 10.764 ลักซ์

6. การส่องสว่าง (Luminance ; L) คือ ฟลักซ์การส่องสว่างต่อหน่วยของพื้นที่ที่ตกกระทบและหน่วยของมุมเชิงของแข็ง ไม่ว่าจะออกจากพื้นผิวที่ กำหนดให้จากทิศทางที่กำหนด หรือมาถึงพื้นผิวที่ กำหนดให้จากทิศทางที่กำหนด

ถ้าฟลักซ์การส่องสว่างมีหน่วยเป็น ลูเมน

พื้นที่ที่มีหน่วยเป็น ตารางเมตร การส่องสว่างมีหน่วยเป็น อะโพสทิลบ์ (Apostilb)

พื้นที่ที่มีหน่วยเป็น ตารางฟุต การส่องสว่างมีหน่วยเป็น ฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert)

นอกจากนี้การส่องสว่างสามารถนิยามได้อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นความเข้มแห่งการส่องสว่าง ของ ส่วนย่อยหนึ่งบนพื้นผิวนั้นหารด้วยพื้นที่ของส่วนย่อยนั้นที่ฉายตั้งฉากบนระนาบ ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางที่ กำหนดให้

$$L = I / (Ar \cdot \cos \gamma)$$

ถ้าความเข้มแห่งการส่องสว่างมีหน่วยเป็น แคนเดลา

พื้นที่ที่มีหน่วยเป็น ตารางเมตร การส่องสว่างมีหน่วยเป็น แคนเดลา/ตารางเมตร

โดยที่ 1 แคนเดลา/ตารางเมตร เท่ากับ 3.1416 อะโพสทิลป์

พื้นที่ที่มีหน่วยเป็น ตารางนิ้ว การส่องสว่างมีหน่วยเป็น แคนเดลา/ตารางนิ้ว

โดยที่ 1 แคนเดลา/ตารางเมตร เท่ากับ 0.000645 แคนเดลา/ตารางนิ้ว

7. Scalar Illuminance or Mean Spherical Illuminance คือ ความสว่างเฉลี่ยที่ได้รับบนพื้นผิวทั้งหมดของทรงกลมที่มีขนาดเล็กมาก โดยอยู่ที่จุดกำหนดให้จุดหนึ่ง มีหน่วยเป็น ลักซ์

8. Mean Cylindrical Illuminance คือ การส่องสว่างเฉลี่ยที่ได้รับบนพื้นผิวของทรงกระบอกที่มีขนาดเล็กมาก โดยอยู่ที่จุดกำหนดให้จุดหนึ่ง มีหน่วยเป็น ลักซ์

9. Mean Semicylindrical Illuminance คือ ความสว่างเฉลี่ยที่ได้รับบนพื้นผิวโค้งของครึ่งทรงกระบอกที่มีขนาดเล็กมาก โดยอยู่ที่จุดกำหนดให้จุดหนึ่ง มีหน่วยเป็น ลักซ์

10. Illuminance Vector คือ ความแตกต่างสูงสุดระหว่างความสว่างที่ตกกระทบลงบนด้านหน้าของแผ่นงานเล็กแผ่นหนึ่ง กับความสว่างที่ตกกระทบบนด้านหลังของแผ่นงานเล็กแผ่นนั้น มีหน่วยเป็น ลักซ์

11. สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectance) คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่างที่สะท้อนออกจากผิวหนึ่งต่อฟลักซ์ การส่องสว่างที่ตกกระทบลงบนพื้นผิวนั้น

12. ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Luminous Efficiency) คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ได้รับจากแหล่งกำเนิดแสงต่อ กำลังงานทั้งหมดที่จ่ายให้กับแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็น ลูเมน/วัตต์ (Lumen/Watt)

13. Light Output Ratio นิยามได้ดังนี้ คือ

$$LOR = \frac{F}{S \times PHI}$$

โดย F คือ ฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ออกจากดวงโคม

S คือ จำนวนหลอดต่อดวงโคม

PHI คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Downward Light Output Ratio

$$DLOR = \frac{DF}{S \times PHI}$$

Upward Light Output Ratio

$$ULOR = \frac{UHF}{S \times PHI}$$

Lower Flux Fraction

$$IFF = \frac{DF}{F}$$

Upper Flux Fraction

$$UFF = \frac{UHF}{F}$$

โดยที่

DF คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากดวงโคมในทิศทางข้างล่าง

UHF คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกจากดวงโคมในทิศทางข้างบน

14. พื้นที่การส่องสว่าง (Luminous Area) คือ พื้นที่ส่วนที่มีการส่องสว่างของดวงโคมฮาโลเจนก็จะดับไปโดยอัตโนมัติ

15. CRI (Color Rendering Index) คือ ดัชนีการตอบสนองสีมาจากอังกฤษโดย CRI จะวัดสำหรับหลอดที่มีความสัมพันธ์กับวัตถุค่าซึ่งเป็นมาตรฐานการ ที่อุณหภูมิสีเดียวกันกับหลอด

2.2 ชนิดและคุณสมบัติของหลอดไฟฟ้า

หลอดไฟฟ้าที่ผลิตออกมาซื้อขายกันเพื่อใช้ให้แสงสว่างต่างๆ ไปในปัจจุบันนั้นมีอยู่ 3 ชนิดคือ

1. หลอดเผาไส้ หรือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamps)

2. หลอดทังสเตน-ฮาโลเจน หรือ หลอดควอตซ์ (Quartz Lamps)

3. หลอดดิสชาร์จ (Gas Discharge Lamps)

3.1 หลอดความดันไอต่ำ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ , หลอดความดันไอโซเดียมต่ำ

3.2 หลอดความดันไอสูง เช่น หลอดแสงจันทร์ , หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดความดันไอโซเดียมสูง

คุณสมบัติต่างๆ ของหลอดทั้ง 3 ชนิด นี้สรุปไว้ในตาราง 2.2.1 ถ้าพิจารณาเฉพาะด้านการประหยัดพลังงานเพียงอย่างเดียวจะพบว่าหลอดโซเดียมความดันต่ำจะเหมาะสมที่สุดเพราะมีประสิทธิภาพแสงสูงที่สุด หลอดไฟฟ้า 1 วัตต์เป็นฟลักซ์การส่องสว่างได้ถึง 183 ลูเมน อย่างไรก็ตามหลอดโซเดียมความดันต่ำไม่เหมาะที่จะนำมาใช้งานทั่วไป เนื่องจาก ทำให้สีของวัตถุต่างๆ ผิดเพี้ยนไปหมด เพราะให้แสงที่มีความยาวคลื่นเดียว คือที่ 589 และ 589.6 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นแสงสีเหลืองจึงเหมาะกับการใช้งาน ตามทางแยกของทางหลวงต่างๆ และด้านรักษาความปลอดภัย เช่น ไฟโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ หลอดที่ให้คุณภาพทางด้านสีดี และมีประสิทธิภาพสูงรองมาตามลำดับ คือ หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยเฉพาะหลอดฟลูออเรสเซนต์ นี้จะเหมาะกับการให้ แสงในอาคารที่มีเพดานต่ำ คือสูงไม่เกิน 4 เมตร เพราะเป็นหลอดที่มีกำลังงานฟลักซ์ต่ำ สำหรับหลอดโซเดียมความดันสูง และหลอดเมทัลฮาไลด์ นั้นเหมาะกับการให้แสงในอาคารที่มีเพดานสูง คือสูงตั้งแต่ 5 เมตร ขึ้นไป เนื่องจากเป็นหลอดที่มีขนาดกำลังงานสูง ปัจจุบันมีการผลิตหลอดขนาดเล็กและให้คุณภาพทางด้านสีสูงออกมาใช้งานบ้างแล้ว เพื่อใช้กับอาคารที่มีเพดานต่ำ หลอดโซเดียมความดันสูงจะให้บรรยากาศออกสีเหลืองทอง อาจจะทำให้รู้สึกว้าวร้อน เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตภูมิอากาศร้อน ส่วนหลอดเมทัลฮาไลด์จะให้บรรยากาศออกขาวนวลแลดูเย็นขึ้น

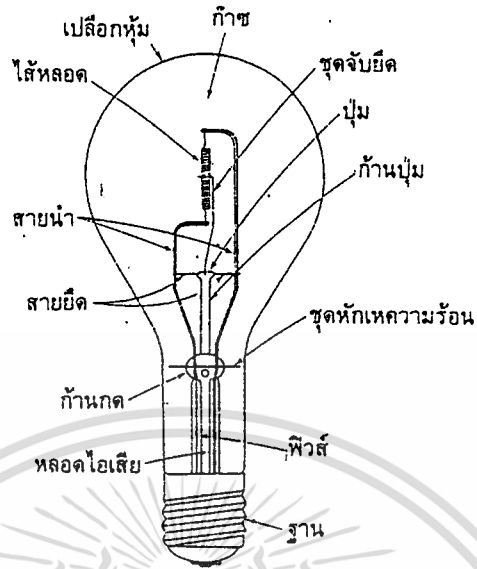
หลอดประหยัดพลังงานที่กล่าวถึงในที่นี้ คือ หลอดโซเดียมความดันสูง หลอดเมทัลฮาไลด์ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาดเล็ก

อย่างไรก็ตามการใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพแสงสูงๆ อย่างเช่น หลอดโซเดียมความดันสูงนั้น ต้องคำนึงถึงเรื่องความถูกต้องของสีของวัตถุที่อาจผิดเพี้ยนไปด้วย ในกรณีนี้ต้องเลือกใช้หลอดที่มีค่า CRI=85 สำหรับการใช้หลอดเมทัลฮาไลด์ก็ต้องคำนึงถึงเรื่องระยะเวลาจรดชำรุดด้วย เพราะเมื่อไฟฟ้ากระพริบทำให้หลอดดับหรือปิดแล้วต้องการเปิดใช้งานใหม่ทันที จะต้องรอเวลาจรดชำรุดนานถึง 10-15 นาที หรืออาจนานกว่านี้ได้ ถ้าโคมไฟระบายอากาศไม่ดีทำให้อุณหภูมิของหลอดอาร์คเย็นตัวช้า อย่างไรก็ตามปัญหานี้แก้ไขได้ โดยใช้อุปกรณ์จุกวงจร (อิแกนิเตอร์) ชนิดพิเศษที่จุกติดได้ในขณะที่หลอดอาร์คยังร้อนอยู่ หรือติดตั้งระบบ ไฟฟ้าแสงสว่างเสริมโดยใช้หลอดทังสเตน-ฮาโลเจนที่ควบคุมการปิด-เปิด ด้วยโฟโตเซลล์ เมื่อหลอดเมทัลฮาไลด์ให้แสงตามปกติแล้วหลอดทังสเตน-ฮาโลเจนก็จะดับ ไปโดยอัตโนมัติ

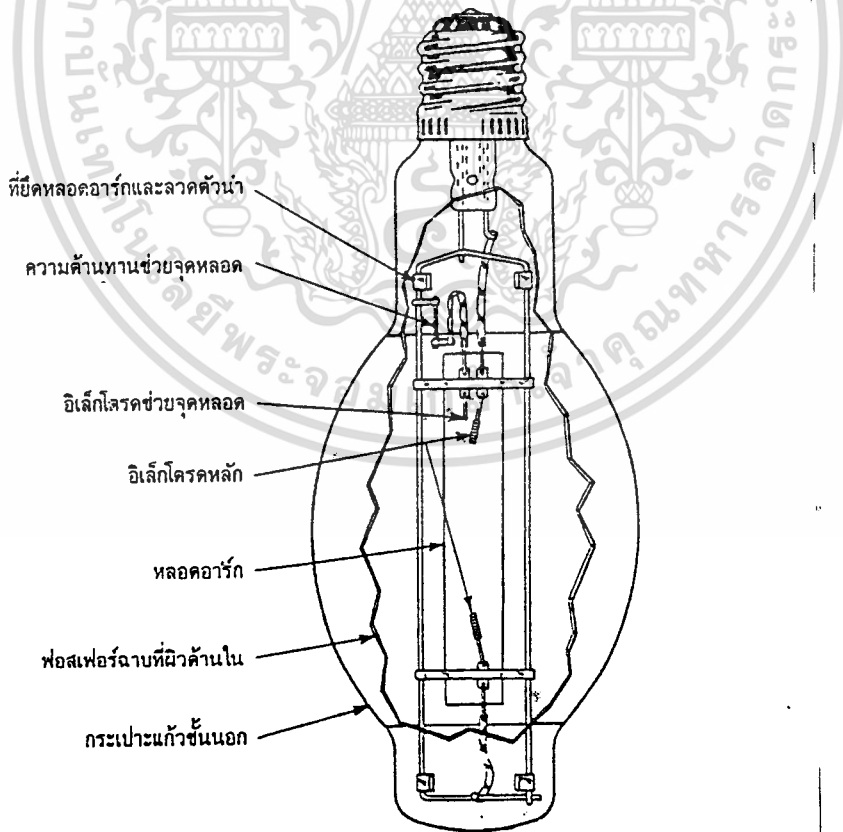
ตารางที่ 2.2.1 คุณสมบัติที่สำคัญของหลอดชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอด	ขนาดวัตต์ (วัตต์)	ประสิทธิภาพ แสง (ลูเมนต่อ วัตต์)	อายุการใช้ งาน (ชั่วโมง)	ช่วง เวลาอุ่น หลอด (นาที่)	ช่วง เวลารอ จุดชำ (นาที่)	คุณภาพ ทางด้าน สี (CRI)
1.หลอดอินแคน เดสเซนต์	~10 ถึง มากกว่า1,000	8 - 20	750 - 1,000	0	0	95-96
2.หลอดทั้งสแตน ฮาโลเจน	~100 ถึง มากกว่า 1,000	17 - 25	2,000	0	0	98
3.หลอดไอปรอท ความดันสูง	~100 ถึง 1,000	35 - 50	+24,000	5-7	3-6	25,40
4.หลอดฟลูออ- เรสเซนซ์	~10 ถึง 215	46 - 65	6,000-8,000 (Preheat) 20,000(RS)	-	-	53-94
5.หลอดเมทัล- ฮาไลด์	175 ถึง 1,500	45 - 70	10,000- 20,000	2-5	10-15	65,70,90
6.หลอดโซเดียม ความดันสูง	35 ถึง 1,000	60 - 110	+24,000	3-4	1	25,60,85
7. หลอดโซเดียม ความดันต่ำ	18 ถึง 180	70 - 155	18,000	10-12	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

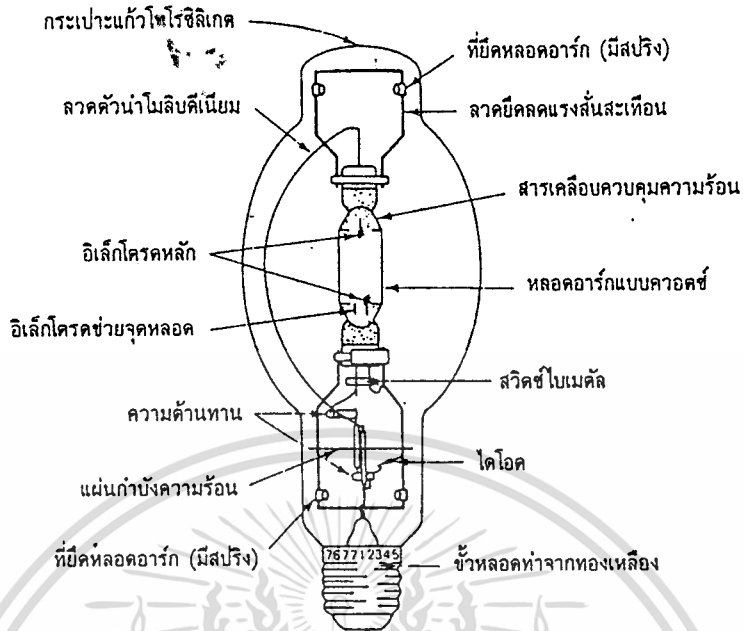


รูปที่ 2.2.1 รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดตะเกียบ

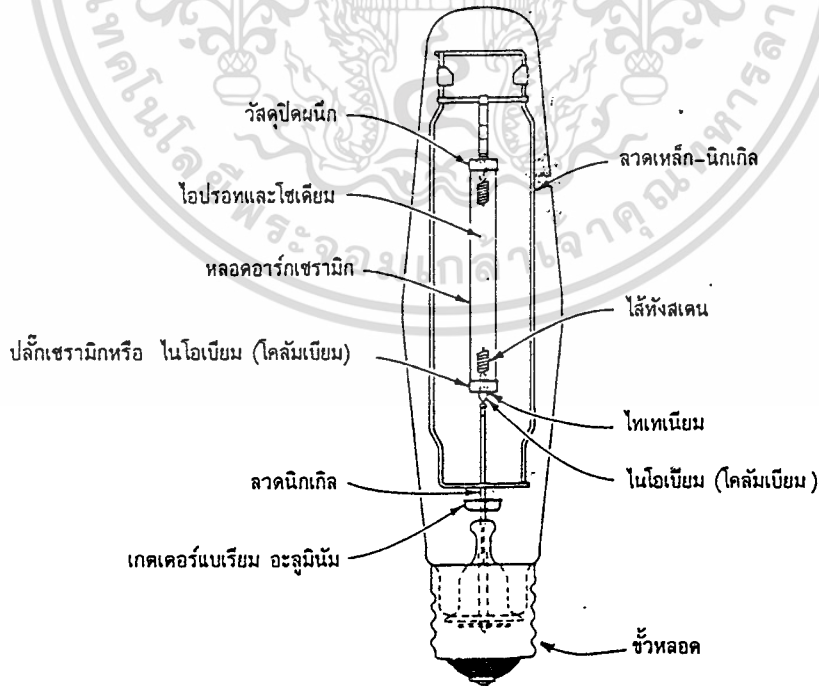


รูปที่ 2.2.2 รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดไอปรอทความดันสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.3 รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดเมทัลฮาไลด์



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.2.4 รูปร่างและส่วนประกอบของหลอดหลอดโซเดียมความดันไอสูง ซึ่งขึ้นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ดวงโคมไฟฟ้า (Luminaires)

ดวงโคม เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่หลัก ต่างๆ ดังนี้

- เพื่อคุมการกระจายแสงจากหลอดไฟ
- เพื่อรองรับหลอดไฟและต่อวงจรทางไฟฟ้า รวมถึงเป็นตัวป้องกันหลอดไฟให้มิดชิด
- เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิของหลอดไฟภายในให้อยู่ในระดับที่ต้องการ
- เพื่อสะดวกในการติดตั้งและดูแลรักษา
- เพื่อความสวยงามและปลอดภัย

โดยจุดประสงค์หลักของดวงโคมก็คือ การควบคุมการกระจายแสงจากหลอดเปลือย โดยจะทำการบีบแสงให้ไปตกในทิศทางที่ต้องการ และจะลดการกระจายแสงในทิศทางที่อาจก่อให้เกิด discomfort glare ขึ้นได้ ดังนั้นการควบคุมแสงจึงเป็นจุดหลักสำคัญ โดยแสงจะต้องควบคุมทั้งตามแนวยาวและแนวขวางของหลอด ปกติแล้วแสงจะถูกควบคุมโดยตัวสะท้อนแสง (Reflector) และตัวหักเหแสง (Refractor)

2.3.1 ดวงโคมภายใน

ดวงโคมที่ใช้ภายในจะสามารถแบ่งได้ เป็นประเภทใหญ่ๆ คือ ประเภททั่วไป , ประเภทใช้ในอุตสาหกรรม , ประเภทใช้สำหรับชี้แสดงภาวะฉุกเฉิน

ดวงโคมภายในประเภททั่วไป ส่วนใหญ่มักจะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมักจะพบเห็นในร้านค้า สำนักงาน และอื่นๆ นอกจากนี้อาจจะนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมได้โดยที่ความสูงของการติดตั้งน้อยกว่า 5 ถึง 6 เมตร ดวงโคมภายในประเภททั่วไป นี้ ได้มีการผลิตขึ้นมาหลายชนิดๆ โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นดวงโคม ที่มีหลอดฟลูออเรสเซนต์และอุปกรณ์ควบคุมหลอด มีอุปกรณ์ช่วยการควบคุมแสง ตลอดจนการควบคุมแกลร์ (glare) อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมแกลร์ที่สำคัญคือ ชุดแผ่นกำบังแสง (louver) อาจเป็นทั้งแบบโลหะและพลาสติก ซึ่งจะสามารถพิจารณาได้จาก ตารางที่ 2.3.1

ดวงโคมภายในประเภทใช้ในงานอุตสาหกรรม แบ่งออกได้เป็นประเภทต่างๆ ดังนี้

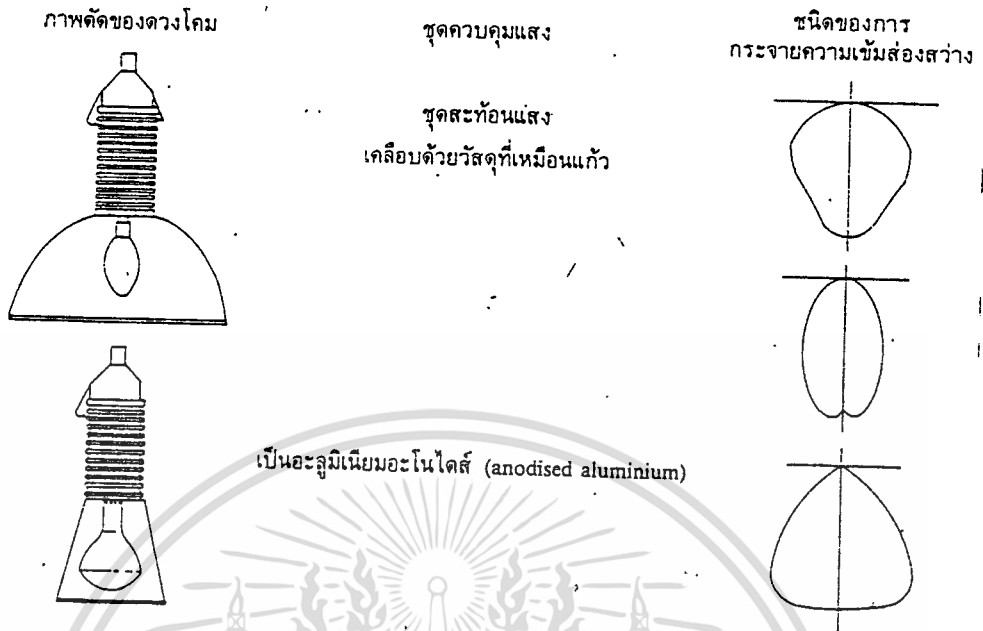
1. ดวงโคมที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ดวงโคมประเภทนี้จะติดตั้ง ที่ความสูงประมาณ 6 เมตร ปัจจุบันจะใช้เป็นรางซึ่งสะดวกสบายมากกว่าการติดตั้งแบบห้อยแขวน

2. ดวงโคมที่เป็นลักษณะโคมไฮเบย์ (High-bay) ดวงโคมประเภทนี้จะติดตั้งในโรงงานที่มีความสูงจากพื้นมากกว่า 5 - 6 เมตร และหลอดที่ใช้เป็นหลอด HID และมีแผ่นสะท้อนแสง เป็นชุดประกอบภายในโคมในรูปแบบที่ 2.3.1 เป็นการแสดงชนิดของดวงโคมไฮเบย์

ตารางที่ 2.3.1 แสดงดวงโคมภายในที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

พื้นที่หน้า ผดดวงโคม	รายละเอียด	ส่วนที่ควบคุมแสง	การติดตั้ง	ชนิดของการ กระจายทางแสง
		ไม่มี	แขวนหรือติดลอย	
	มีเพียงด้านเดียว			
	มีตัวแพร่แสงห่อหุ้มรอบ ๆ			
	ตัวสะท้อนเป็นแบบราบ			
	ตัวสะท้อนเป็นแบบราบพร้อมทั้งมี แผ่นกำบังแสงแบบตาข่ายสีเหลี่ยม			
	มีแผงด้านข้างพร้อมทั้งมีแผ่นกำบัง แสงแบบตาข่ายสีเหลี่ยม			
	มีแผงด้านข้างพร้อมทั้งมีแผ่นกำบัง แสงวางขวาง			
	ตัวสะท้อนเป็นกระจกพร้อมทั้งชุด กำบังเป็นกระจก		ติดลอยหรือฝังในฝ้า	
	ตัวแพร่แสงเป็นปริซึม			
	ชุดกำบังแสงเป็นตะแกรงสีเหลี่ยม			
	ตัวสะท้อนด้านข้างเป็นกระจก พร้อมทั้งมีชุดกำบังแสง			
	แผงแพร่แสง			
	มีแผงแพร่แสงหุ้มล้อมรอบ			เฉพาะติดลอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.3.1 แสดงชนิดของโคมไฮเบย์

2.3.2 ดวงโคมใช้ภายนอก มีรายละเอียดดังจะกล่าวได้ดังต่อไปนี้

1. การแยกประเภททางแสงของโคมไฟถนน

CIE ได้แบ่งประเภทโคมไฟโดยเริ่มใช้ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1965 โดยจะแบ่งตามลักษณะของการกระจายความเข้มแสงออกเป็น 3 ประเภท คือ คัทออฟ (cut off) , เซมิคัทออฟ (semi-cut off) และ นอนคัทออฟ (non-cut off) ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 2.3.2

ตารางที่ 2.3.2 การแบ่งประเภทของดวงโคมไฟถนนตาม CIE (ค.ศ. 1965)

ชนิดของการกระจายแสง	ค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดที่มุม γ (cd/klm)		ค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่มุม γ ซึ่งน้อยกว่า
	80°	90°	
คัทออฟ	30	10	65°
เซมิคัทออฟ	100	50	75°
นอนคัทออฟ	ใดๆ	ใดๆ	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

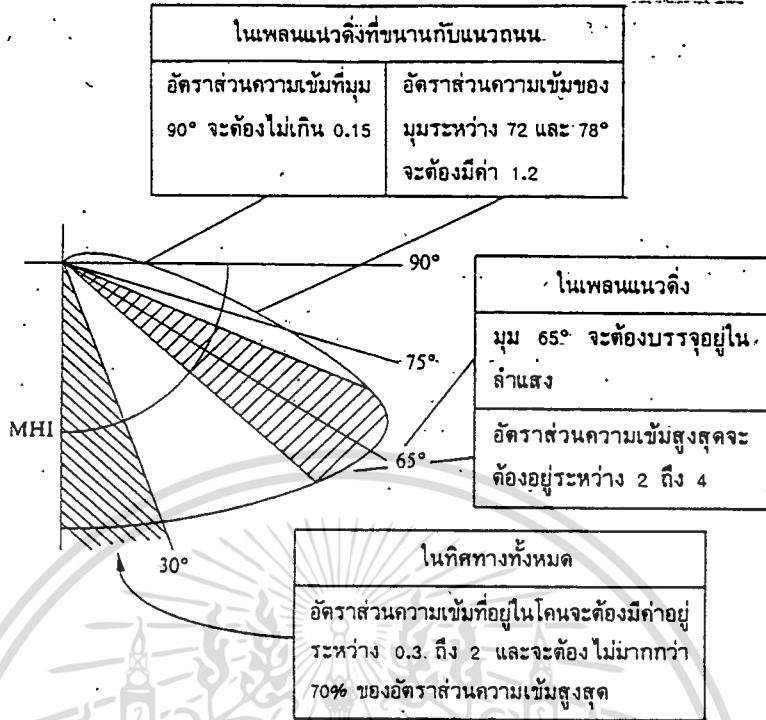
นอกจากนี้ตามมาตรฐานของ BS 4533 : section 103.1 : 1981 ได้กำหนดการแบ่งประเภทของดวงโคมไฟถนนออกตามค่าความส่องสว่าง ซึ่งสามารถพิจารณาได้จาก ตารางที่ 2.3.3

ตารางที่ 2.3.3 การแบ่งประเภทของดวงโคมไฟถนนตาม BS

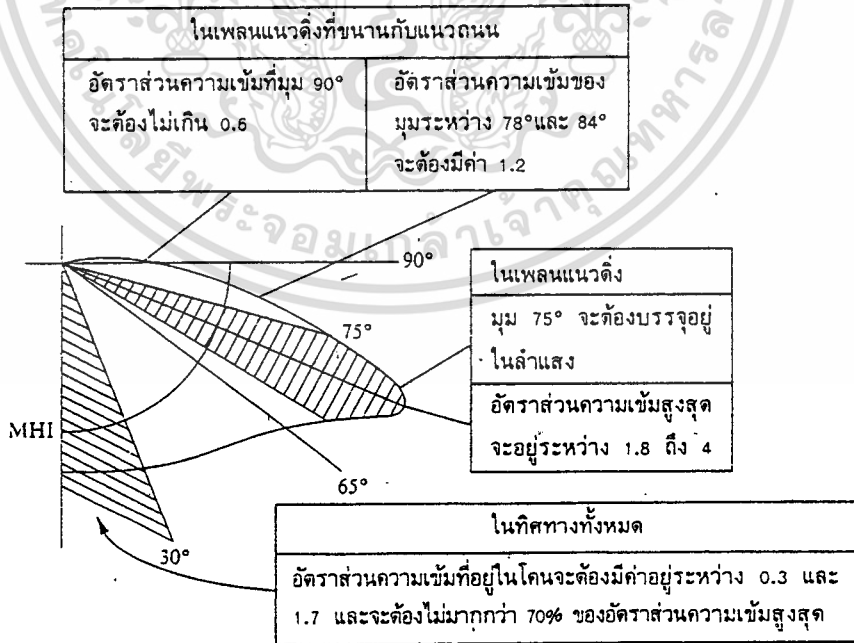
ชนิด	รูปโพลาร์เคอร์พของเพนหลัก			จำกัดของ ความ เข้มอยู่ใน โซน 30°		พิจารณาในเพนที่ขนาน กับแกนในแนวนอน		
	มุมยกเงย	จำกัดของความเข้มสูง สุด		จากแนวดิ่ง		มุมยกที่ค่า ความเข้ม 150 (cd/klm)		ความเข้ม ที่มุมยกเงย 90° , I ₉₀
กระจาย แสง	ที่อยู่ใน ลำแสง	ต่ำสุด (cd/klm)	สูงสุด (cd/klm)	ต่ำ สุด	สูง สุด	ต่ำ สุด	สูง สุด	สูงสุด (cd/klm)
คัทออฟ	65°	200	500	30	250*	72°	78°	15
เซมิ คัทออฟ	75°	180	500	30	250*	78°	84°	75

* ค่าสูงสุดจะมีค่าไม่เกิน 80 เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มสูงสุด

ถ้าพิจารณาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.3.3 กับรูปที่ 2.3.2 , 2.3.3 และ 2.3.4 จะเข้าใจได้ง่าย แต่รูปที่ 2.3.2 เป็นการกำหนดการกระจายแสงของดวงโคมที่เป็นไปตาม BS 1788 : 1964

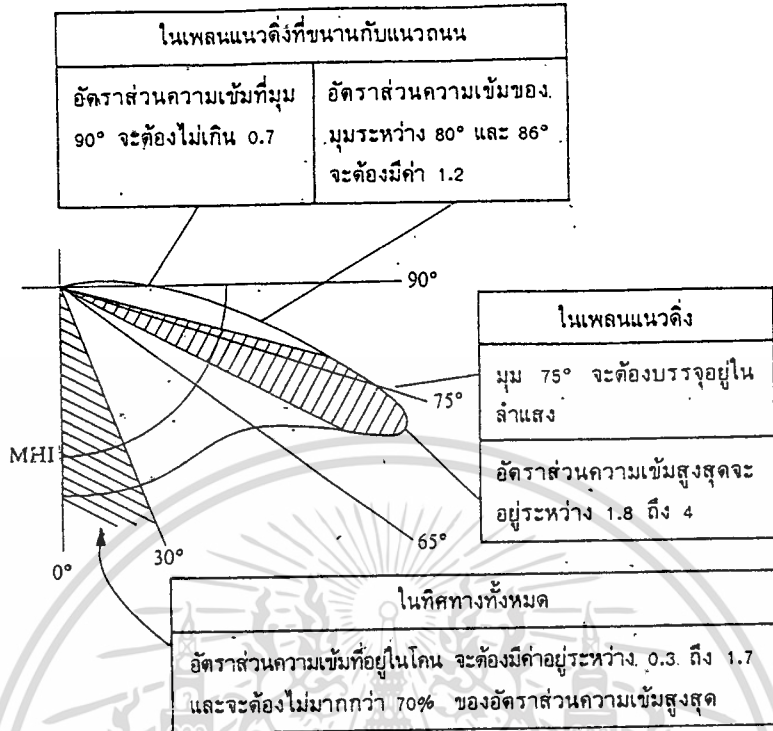


รูปที่ 2.3.2 แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมคัทออฟ



รูปที่ 2.3.3 แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมเซมิคัทออฟ

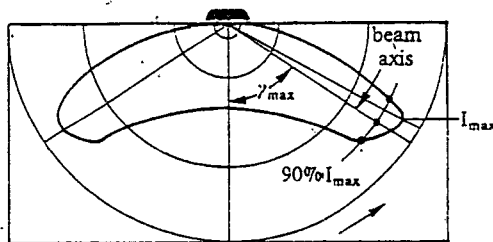
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3.4 แสดงลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมเซมิคัทออฟ (โซเดียม)

จากรายละเอียดข้างต้นเป็นการเปรียบเทียบประเภทของดวงโคมตาม CIE (ค.ศ. 1965) และ BS แต่ในปัจจุบัน CIE ได้แบ่งประเภทของดวงโคมใหม่โดยจะแบ่งตามคุณสมบัติทางแสงของโคมไฟซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ Throw, Spread และ Control ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ก. Throw เป็นลักษณะของแสงที่เปล่งออกจากโคมไฟที่ติดตั้งแล้ว ส่องลงไปยังผิวถนน ซึ่งจะพิจารณาได้จาก รูปที่ 2.3.5 โดยที่มุม γ_{max} เป็นมุมที่วัดจากแนวกึ่งกลางของเส้น 90 เปอร์เซ็นต์ของ I_{max} มายังแกนแนวดิ่ง และมุม γ_{max} ก็คือค่า throw นั้นเอง



รูปที่ 2.3.5 แสดงการกระจายความเข้มส่องสว่างของโคมไฟถนนในเพนแนวดิ่งสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต (L_{max}) เพื่อหาค่า throw ของดวงโคม

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเบี่ยงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

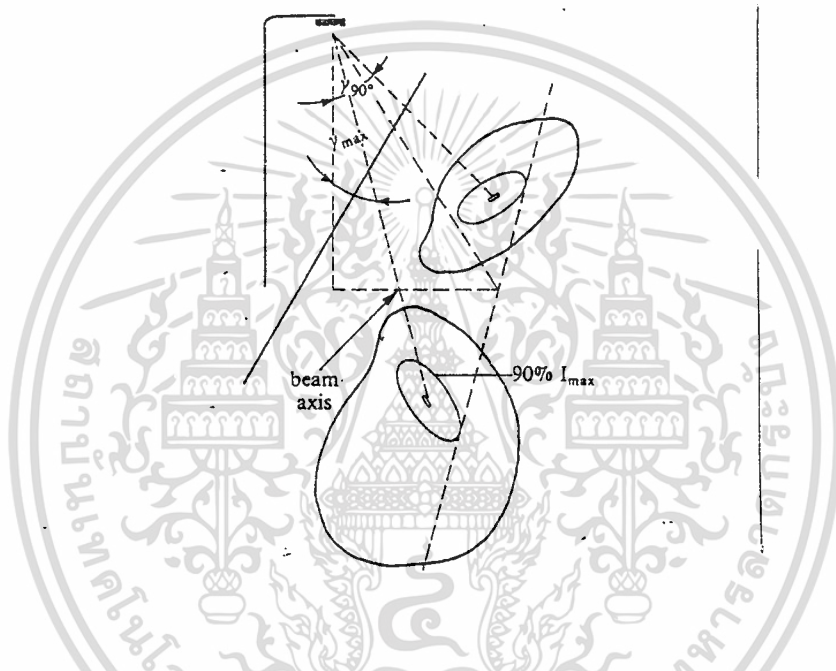
จากรูปที่ 2.3.5 จะสามารถพิจารณามุม throw ได้ต่อไปอีก คือ

ถ้า $\gamma_{\max} < 60^\circ$ หมายถึง throw แบบสั้น (short throw)

$60^\circ \leq \gamma_{\max} \leq 70^\circ$ หมายถึง throw แบบปานกลาง (intermediate throw)

$\gamma_{\max} > 70^\circ$ หมายถึง throw แบบยาว (long throw)

ข. Spread จะหาได้จากตำแหน่งของเส้นที่ขนาน กับแนวยาวของถนนและสัมผัสกับเส้น 90 เปอร์เซ็นต์ ของ I_{\max} ที่ฉายลงไปบนผิวถนนซึ่งอาจจะมียู่ด้วยกันหลายเส้น แต่จะเลือกเส้นที่อยู่ห่างจากคอมมากที่สุด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3.6 ค่า spread นี้ก็คือมุม γ_{90} ในรูปนั่นเอง และเป็นมุมที่อยู่ในระนาบ C_{90}



รูปที่ 2.3.6 แสดงการพิจารณาค่า spread

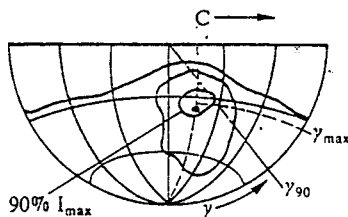
จากรูปที่ 2.3.6 จะสามารถพิจารณามุม spread ได้ดังต่อไปนี้คือ

$\gamma_{90} < 45^\circ$ หมายถึง spread แบบแคบ (narrow spread)

$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$ หมายถึง spread แบบเฉลี่ย (average spread)

$\gamma_{90} > 55^\circ$ หมายถึง spread แบบกว้าง (broad spread)

ถ้าค่า throw และ spread ของดวงโคมอาจอธิบายได้จากรูปไอโซแคนเดลาโคอะแกรมของรูปที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.3.7 โดยที่ $\text{throw} = \gamma_{\max}$ และ $\text{spread} = \gamma_{90}$



รูปที่ 2.3.7 แสดงไอโซแคนเดลาเพื่ออธิบายหาค่า throw และ spread

ก. Control คือ ค่าดัชนีจำเพาะของดวงโคม (Specific Luminaire Index ; SLI) และ SLI นี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการพิจารณาถึงแสงจ้า ซึ่งจะสามารถแสดงความสัมพันธ์ของ SLI ได้คือ

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log (I_{80}/I_{88})^{0.5} - 0.08 \log (I_{80}/I_{88}) + 1.29 \log F + C$$

โดยที่ I_{80} คือ ความเข้มส่องสว่างที่มุมยกสูง 80° และพิจารณาเพลาที่ขนานกับแกนแนวนอน ($C = 0^\circ$ หรือ 360°)

I_{80}/I_{88} คือ อัตราส่วนของความเข้มส่องสว่างที่มุมยกสูง 80° และ 88°

F คือ พื้นที่แฟลช (Flashed area) ที่แสงแพร่ออกไปจากดวงโคมในแนวมุมยก 76°

C คือ แฟคเตอร์ซี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟที่ใช้ เช่น หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (SOX) มีค่า 0.4 หลอดอื่นๆ มีค่า 0

ดังนั้น จาก control จึงมีการพิจารณารายละเอียดดังนี้

$SLI < 2$ หมายถึง control แบบจำกัด (Limited)

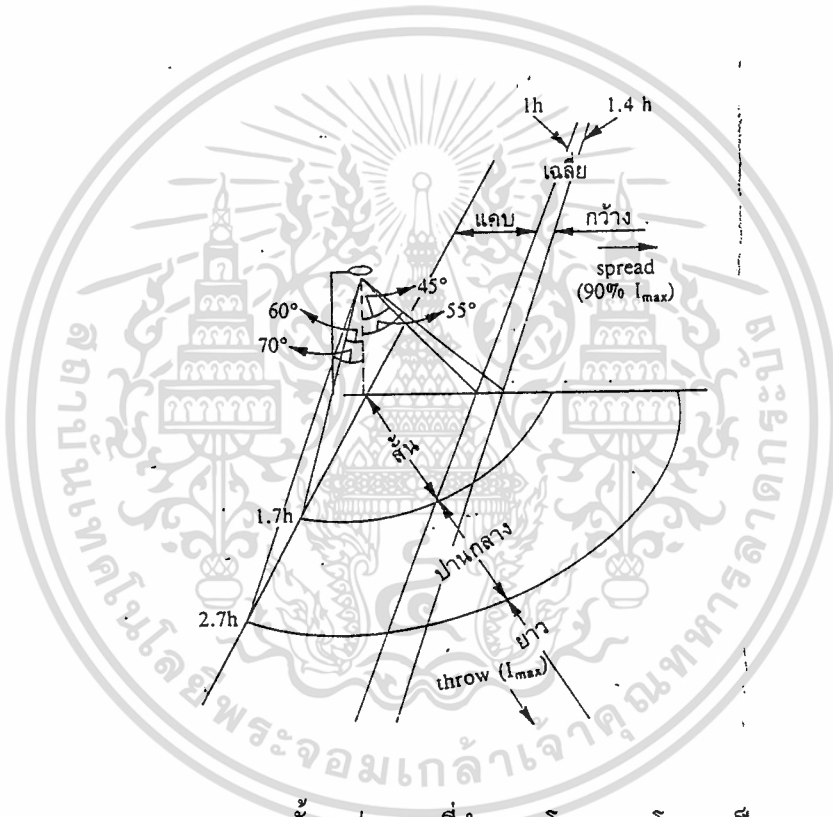
$2 \leq SLI \leq 4$ หมายถึง control แบบพอประมาณ (moderate)

$SLI > 4$ หมายถึง control แบบพอควร (tight)

จากรายละเอียดข้างต้นทำให้ทราบว่า CIE ได้แบ่งประเภทของ throw และ spread และ control ออกเป็น 3 ประเภท ดังตารางที่ 2.3.4 ส่วนรูปที่ 2.3.8 เป็นการแสดงแปลนถนนและมีการแสดงการแบ่งประเภทของ throw และ spread โดยจะอยู่ในเทอมของความสูงของดวงโคม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3.4 แสดงการแบ่งประเภทของคุณสมบัติทางแสงของดวงโคม

Throw		Spread		Control	
สั้น	$\gamma_{max} < 60^\circ$	แคบ	$\gamma_{90} < 45^\circ$	จำกัด	$SLI < 2$
ปานกลาง	$60^\circ \leq \gamma_{max} \leq 70^\circ$	เฉลี่ย	$45^\circ \leq \gamma_{90} \leq 55^\circ$	พอประมาณ	$2 \leq SLI \leq 4$
ยาว	$\gamma_{max} > 70^\circ$	กว้าง	$\gamma_{90} \geq 55^\circ$	พอควร	$SLI > 4$



รูปที่ 2.3.8 แสดง throw และ spread ทั้ง 3 ประเภทที่กำหนดโดย CIE โดย h เป็นความสูงของดวงโคม

หมายเหตุ พื้นที่แฟลชของดวงโคมจะหมายถึงพื้นที่ของดวงโคมที่มองเห็นในทิศทาง $\gamma = 76^\circ$ และ เพลน $C = 0^\circ$ ซึ่งค่าความส่องสว่างมีค่าเกิน 1 เปอร์เซ็นต์ของค่าความส่องสว่างของส่วนที่สว่าง

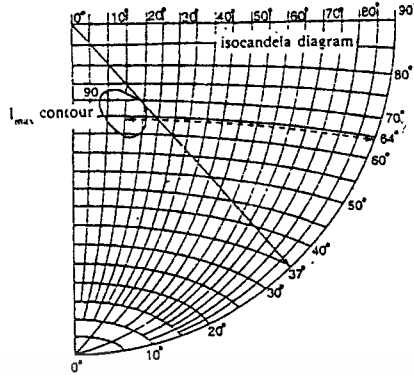
ในกรณีที่โคมมีการออกแบบ และมีเครื่องกำบังที่ $\gamma = 76^\circ$ ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถเห็นภาพของ หลอด ณ.มุมดังกล่าวได้ พื้นที่แฟลชจะหาได้จากส่วนที่หักเหหรือส่วนที่เป็นฝาครอบ ซึ่งอาจจะเป็นแบบ ไม่ใส หรือวัสดุที่หักเหและหลอด

ในรูปที่ 2.3.9 จะเป็นการแสดงนิยามของ Throw และ Spread ตามมาตรฐาน CIE ส่วนในรูปที่

2.3.10 เป็นการแสดงตัวอย่างของการแบ่งคลาสของดวงโคมไฟถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

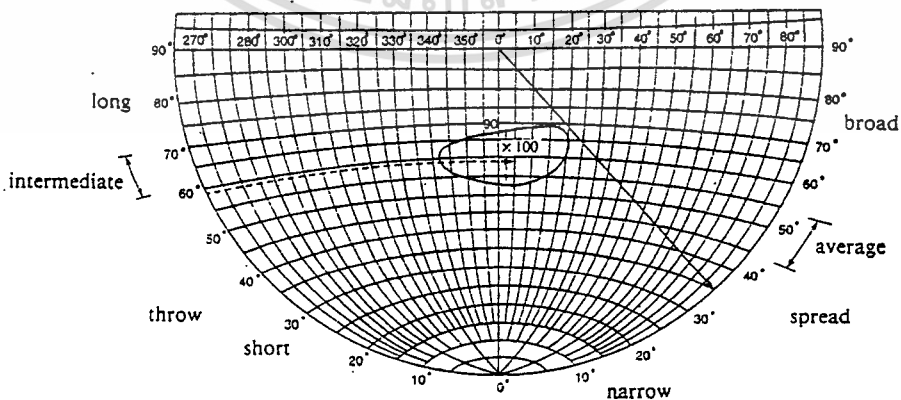


I Table cd/klm

C	330	355	340	345	350	355	360
60	126	140	155	175	207	250	263
62.5	116	128	145	168	199	254	267
65	110	121	139	157	190	218	257
67	102	115	134	152	179	210	247
70	9	104	126	150	177	204	241
72.5	77	93	115	142	168	190	219
75	52	65	97	120	151	160	168
77.5	12	20	39	60	82	80	77
80	6	7	7	8	11	12	13
82.5	1	1	2	2	2	2	2
85	0	0	0	1	1	1	1
87.5	0	0	0	1	1	1	0.5
90	0	0	0	0	0	0	0

Lamp flux = 21500 lm
 Lantern flashed area = 0.03 m²
 $SLI = 13.84 - 3.31 \log (13 \times 21.5)$
 $+ 1.3 (\log 13/0.4)^{1/2}$
 $- 0.08 \log (13/0.4)^{1/2}$
 $+ 1.29 \log 0.03$
 = 5.26
 Elevation of beam centre
 = 64° Intermediate throw
 Roadway line intercepting beam
 = 37° Narrow spread
 Specific Lantern Index
 = 5.3 Tight control

รูปที่ 2.3.9 แสดงนิยามของ Throw และ Spread ตามมาตรฐาน CIE



รูปที่ 2.3.10 แสดงตัวอย่างของการแบ่งคลาสของดวงโคมไฟถนน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบรรณาธิการเพื่อวัตถุประสงค์เท่านั้น ไม่ควรแจกจ่ายให้วงใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

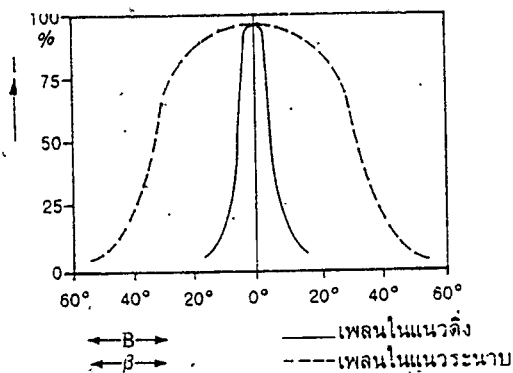
2.3.3 ดวงโคมฉาย ข้อมูลทางแสงจะประกอบไปด้วย ความเข้มสูงสุด (peak intensity), ช่วงแผ่ของลำแสง (beam spread), ประสิทธิภาพลำแสง (beam efficiency) และการกระจายของความเข้มแสง ความเข้มสูงสุดของดวงโคมฉาย จะเกิดขึ้นในทิศทางของแกนลำแสง โดยปกติจะพิจารณาในเทอมของ cd/klm

ช่วงแผ่ของลำแสงของดวงโคมฉาย หรือ อาจจะเป็นที่รู้จักกันในชื่อของช่วงกว้างของลำแสง หรือมุมลำแสง จะหมายถึง มุมที่พิจารณาค่าความเข้มแสงที่เปอร์เซ็นต์ต่างๆ (ปกติจะพิจารณาที่ความเข้มแสง 50 หรือ 10 เปอร์เซ็นต์) ตัวอย่าง เช่น ดวงโคมฉายที่เป็นลักษณะฉายแสงแบบสมมาตรมีค่ามุม 50° (มีมุมซ้าย ขวาที่ทำมุมกับแกนลำแสงข้างละ 25°) ถ้าเป็นแบบลักษณะข้อมูลที่มีค่ามุม $6^{\circ}/24^{\circ}$ จะหมายถึง ดวงโคม จะมีการพิจารณามุมลำแสงออกเป็น 2 แกน คือแกนตั้งและแกนระนาบ (ทั้ง 2 แกนทำมุมตั้งฉากซึ่งกันและกัน) และมีมุมซ้าย ขวาที่ทำกับแกนลำแสงแต่ละแกนดังนี้ ทำกับแกนตั้งข้างละ 3° และทำกับแกนระนาบข้างละ 12°

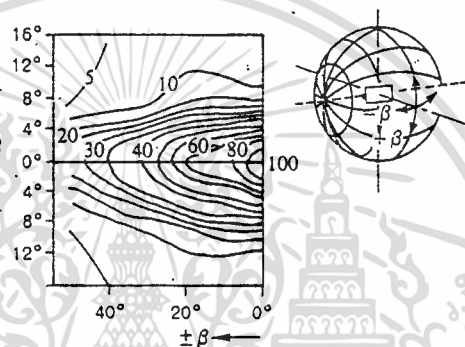
ในกรณีที่ดวงโคมฉายที่มีลักษณะการกระจายแสงแบบไม่สมมาตร ตัวอย่างเช่น $5^{\circ}-8^{\circ}/24^{\circ}$ หมายถึง ในแนวตั้งจะมีมุมด้านบน 5° และด้านล่าง 8° ส่วนในแนวระนาบจะมีมุมด้านซ้ายและขวาข้างละ 12° การกล่าวถึงช่องแผ่ของลำแสง จะพบเห็นกันทั่วไปคือ ลำแสงแคบ ลำแสงกลาง และลำแสงกว้าง โดยปกติเป็นที่ยอมรับกันว่า การแบ่งประเภทของ ลำแสงจะแบ่งที่ค่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของความเข้มแสงสูงสุด จึงสรุปได้ว่า

	ช่วงแผ่ของลำแสงที่ 50% I_{max}
ลำแสงแคบ	$\leq 20^{\circ}$
ลำแสงกลาง	20° ถึง 40°
ลำแสงกว้าง	$\geq 40^{\circ}$

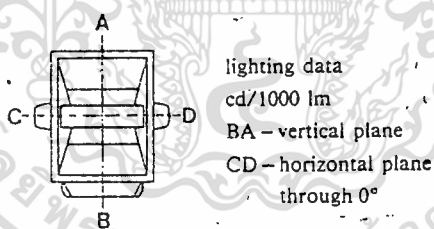
ประสิทธิภาพลำแสง หรือ อัตราส่วนของเอาต์พุตแสงของดวงโคมฉาย หมายถึง อัตราส่วนของฟลักซ์ ลำแสง (beam flux) ต่อฟลักซ์ของหลอดไฟ (lamp flux) ดังนั้น อัตราส่วนของเอาต์พุตแสงจะต้องพิจารณาจากฟลักซ์ทั้งหมดที่แพร่จากดวงโคม และการพิจารณาอัตราส่วนของเอาต์พุตแสงนั้นอาจจะพิจารณาที่ลำแสง 10 เปอร์เซ็นต์ หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของความเข้มแสงสูงสุดก็ได้แล้วแต่การพิจารณา ในรูปที่ 2.3.11 เป็นการแสดงไดอะแกรมการกระจายความเข้มแสงสูงสุดก็ได้แล้วแต่การพิจารณา ส่วนรูปที่ 2.3.12 และรูปที่ 2.3.13 แสดงตัวอย่างของการกระจายแสงแบบสมมาตรของดวงโคมฉายใช้งานจริง



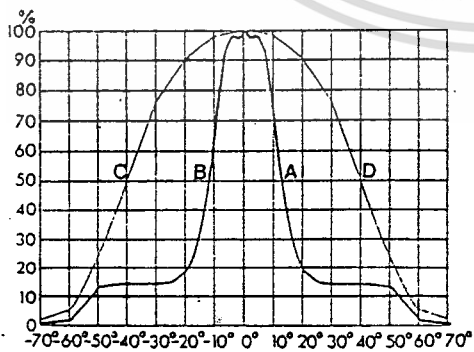
รูปที่ 2.3.11 (ก) โค้ดแอมแสดงการกระจายแสงของโคมฉาย



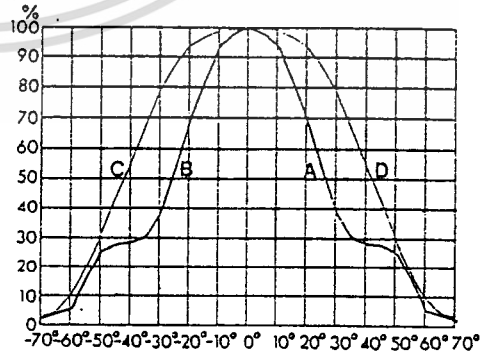
รูปที่ 2.3.11 (ข) โค้ดแอมแสดงการกระจายแสงของโคมฉาย



Light distribution diagrams



narrow beam
1 x SOX 90 W
vertical : 2 x 12°
horizontal : 2 x 40°



wide beam
1 x SOX 90 W
vertical : 2 x 26°
horizontal : 2 x 42°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดย บริษัท อีทีอี จำกัด
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ข้อมูลทางแสง (Photometric Data)

ดวงไฟที่ใช้ในอาคารประกอบด้วย ดวงไฟที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ , ดวงไฟ Down Light ใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอด HID , ดวงไฟ High Bay ใช้หลอด HID ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ข้อมูลทางแสงของดวงไฟพวกนี้ประกอบด้วย

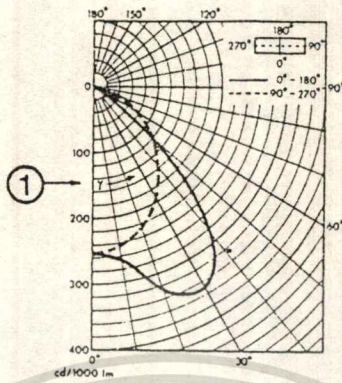
1. เส้นโค้งการกระจายแสง (และ/หรือตารางข้อมูลการกระจายแสง)
2. ประสิทธิภาพ
3. สัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องขึ้นข้างบนและส่องลงข้างล่างละสัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างในช่วงมุม (วัดจากแนวดิ่ง) ต่าง ๆ
4. การจัดประเภทตามระบบ CIE และ IES
5. ระยะห่างสูงสุดของการติดตั้งต่อความสูงของการติดตั้ง
6. การจัดประเภทการบำรุงรักษา
7. สัมประสิทธิ์การใช้แสง ทั้งของระบบอังกฤษและระบบอเมริกา
8. ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Lav) และค่าความส่องสว่างสูงสุด (Lmax) ที่มุม (วัดจากแนวดิ่งต่างๆ)
9. รหัสฟลักซ์การส่องสว่างของ CIE
10. แผนภาพความส่องสว่างและเส้นโค้งจำกัดแกลร์ (Glare)

รูปที่ 2.4.1 ถึงรูปที่ 2.4.3 แสดงตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงไฟที่ใช้ในอาคาร ซึ่งจัดทำตามวิธีการที่กำหนดโดยประเทศอังกฤษและอเมริกา เนื่องจากดวงไฟที่ขายอยู่ในบ้านเรามีทั้งที่ผลิตภายในประเทศ (ไม่ค่อยมีข้อมูลทางแสง) และที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้น ผู้ใช้จึงจำเป็นต้องทราบข้อมูลทางแสงที่ผู้ผลิตดวงไฟให้มานั้น แต่ละตัวคืออะไร นำไปใช้ในการคำนวณ หรือประกอบการพิจารณาเพื่อตัดสินใจเลือกใช้งานอย่างไร เพราะข้อมูลทางดวงไฟที่ผลิตในแต่ละประเทศอาจไม่เหมือนกัน

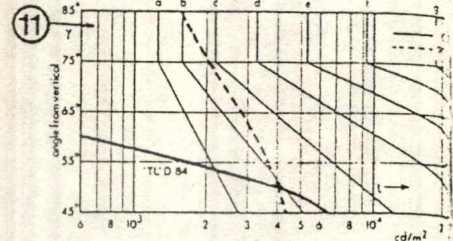
TBS 300/236
with mirror optic M1

Luminous intensity diagram

Luminance diagram and glare limitation



quality class	G	valid for service illuminance E _v					
A	115	2000	1000	500	300		
B	1.5		2000	1000	500	300	
C	1.85			2000	1000	500	300
D	2.2				2000	1000	500
E	2.55					2000	1000



TBS 300 236 M1
C.I.E. FLUX CODE : 60 91 98 100 70
DIMENSIONS LUMINOUS AREA : L = 1.175 M W = 0.260 M

γ	INTENSITY PER 1000 LUMEN CD		LUMINANCE PER 1000 LUMEN CD/M ²		ZONAL FLUX IM x
	0-180	90-270	0-180	90-270	
0	254	254	.830	.830	0
5	257	252	.843	.826	5
10	270	246	.896	.816	24
15	295	236	1.000	.800	55
20	324	225	1.130	.782	99
25	349	210	1.260	.757	157
30	352	194	1.350	.734	228
35	327	177	1.303	.706	309
40	284	158	1.213	.676	394
45	204	138	.942	.637	475
50	116	118	.592	.601	546
55	42	96	.237	.546	600
60	14	75	.90	.491	637
65	7	54	.57	.414	660
70	5	36	.47	.341	674
75	3	24	.35	.298	685
80	1	15	.26	.275	692
85	1	6	.26	.229	696

LIGHT OUTPUT RATIO	
SERVICE UPWARD	= 0.00
SERVICE DOWNWARD	= 0.70
TOTAL	= 0.70
OPTICAL TOTAL	= 0.72

ROOM INDEX	DRR	C.I.E. REF. CLASS SET
0.60	.389	4
0.80	.484	3
1.00	.562	3
1.25	.635	3
1.50	.687	3
2.00	.765	3
2.50	.812	3
3.00	.845	3
4.00	.880	3
5.00	.900	3

γ	TLD 84		TLD 33	
	LUMINANCE CD/M ²	0-180	90-270	LUMINANCE CD/M ²
45	6499	4395	5652	
55	1635	3767	1422	
65	393	2856	342	
75	241	2056	210	
85	179	1580	156	

TABLES OF REDUCED UTILIZATION FACTORS FOR THE CALCULATION OF AVERAGE ILLUMINANCES
LUMINAIRE ARRANGEMENTS : C.I.E. REFERENCE ARRANGEMENT

BNR002
SUSPENSION RATIO =

(REDUCED) WORKING PLANE UTILIZATION FACTOR

room index	reflectances :																					
	751	731	711	551	531	511	331	311	753	733	713	553	533	513	333	313	871	851	831	873	853	833
0.60	.36	.32	.29	.36	.31	.28	.31	.28	.38	.33	.29	.37	.32	.29	.32	.29	.44	.37	.32	.48	.39	.33
0.80	.43	.39	.35	.42	.38	.35	.38	.35	.46	.40	.36	.44	.39	.36	.39	.35	.51	.44	.39	.56	.47	.41
1.00	.49	.44	.41	.48	.44	.41	.43	.41	.52	.46	.42	.50	.45	.42	.44	.41	.55	.49	.45	.62	.53	.47
1.25	.53	.49	.46	.52	.49	.46	.48	.46	.58	.52	.48	.55	.51	.47	.50	.47	.60	.54	.50	.67	.59	.53
1.50	.57	.53	.50	.56	.52	.50	.52	.49	.62	.57	.53	.59	.55	.52	.53	.51	.62	.57	.53	.71	.63	.58
2.00	.61	.59	.56	.60	.58	.55	.57	.55	.68	.63	.60	.65	.61	.58	.59	.56	.66	.62	.59	.76	.70	.65
2.50	.64	.62	.60	.63	.61	.59	.60	.58	.72	.68	.64	.68	.65	.62	.62	.60	.68	.65	.62	.79	.74	.69
3.00	.66	.64	.62	.65	.63	.61	.62	.61	.74	.71	.68	.70	.68	.65	.65	.63	.70	.67	.65	.81	.76	.72
4.00	.68	.67	.65	.67	.65	.64	.64	.63	.77	.74	.72	.73	.71	.69	.67	.66	.71	.69	.67	.84	.80	.76
5.00	.69	.68	.67	.68	.67	.66	.66	.65	.79	.77	.74	.75	.73	.71	.69	.68	.72	.70	.69	.85	.82	.79

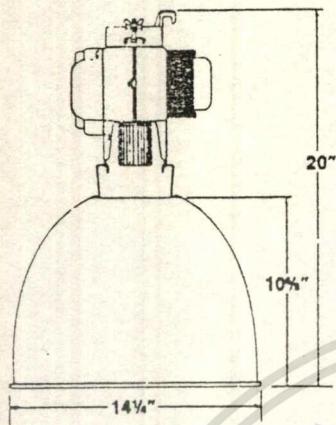
REDUCED CEILING UTILIZATION FACTOR

room index	reflectances :																					
	751	731	711	551	531	511	331	311	753	733	713	553	533	513	333	313	871	851	831	873	853	833
0.60	.09	.05	.02	.08	.05	.02	.05	.02	.12	.07	.03	.11	.07	.03	.07	.03	.15	.09	.05	.20	.12	.07
0.80	.09	.05	.02	.09	.05	.02	.05	.02	.14	.09	.05	.13	.08	.05	.08	.05	.15	.09	.05	.22	.14	.09
1.00	.09	.05	.03	.09	.05	.03	.05	.03	.15	.10	.07	.14	.10	.06	.10	.06	.14	.09	.05	.23	.15	.10
1.25	.09	.06	.03	.08	.06	.03	.05	.03	.16	.12	.08	.16	.11	.08	.11	.08	.13	.09	.06	.23	.17	.12
1.50	.09	.06	.04	.08	.06	.04	.06	.04	.17	.13	.10	.17	.13	.10	.12	.09	.13	.09	.06	.24	.18	.13
2.00	.08	.06	.04	.08	.06	.04	.06	.04	.19	.15	.12	.18	.15	.12	.14	.12	.11	.08	.06	.24	.20	.16
2.50	.08	.06	.05	.08	.06	.05	.06	.05	.20	.17	.14	.19	.16	.14	.15	.13	.10	.08	.06	.25	.21	.17
3.00	.08	.06	.05	.08	.06	.05	.06	.05	.21	.18	.16	.20	.17	.15	.16	.15	.10	.08	.07	.25	.22	.19
4.00	.08	.07	.06	.08	.07	.06	.06	.05	.22	.20	.18	.21	.19	.17	.18	.16	.09	.08	.07	.26	.23	.20
5.00	.08	.07	.06	.08	.07	.06	.06	.07	.23	.21	.19	.21	.20	.18	.19	.17	.09	.08	.07	.26	.24	.21

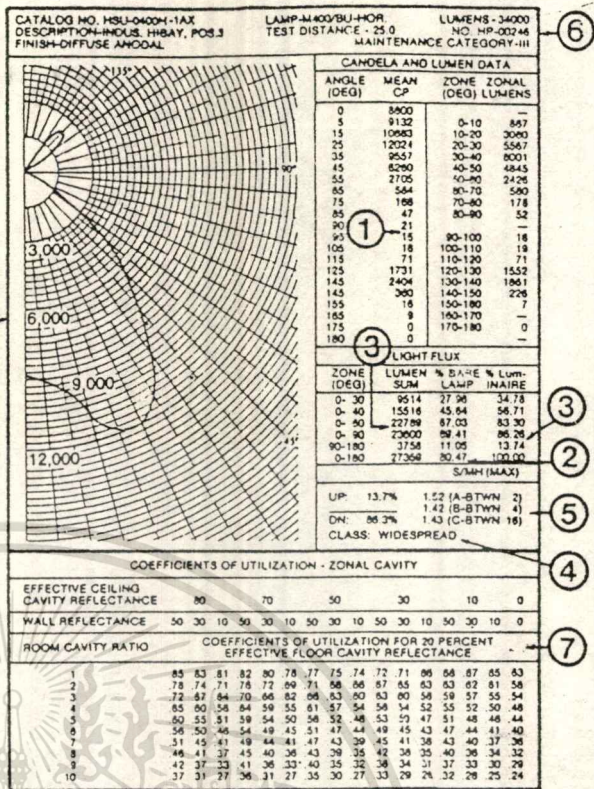
REDUCED WALL UTILIZATION FACTOR

room index	reflectances :																					
	751	731	711	551	531	511	331	311	753	733	713	553	533	513	333	313	871	851	831	873	853	833
0.60	.21	.17	.15	.20	.17	.14	.17	.14	.24	.19	.16	.23	.19	.16	.18	.16	.27	.21	.17	.32	.24	.19
0.80	.23	.19	.17	.22	.19	.16	.18	.16	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.21	.18	.28	.23	.19	.35	.28	.23
1.00	.23	.20	.18	.23	.20	.18	.19	.17	.29	.24	.21	.27	.24	.21	.23	.20	.28	.24	.20	.37	.30	.25
1.25	.24	.21	.19	.23	.21	.19	.20	.18	.31	.26	.23	.29	.25	.23	.24	.22	.28	.24	.21	.38	.32	.27
1.50	.24	.22	.20	.23	.21	.19	.21	.19	.32	.28	.25	.30	.27	.24	.26	.23	.28	.25	.22	.39	.33	.29
2.00	.24	.22	.20	.23	.21	.20	.21	.19	.33	.30	.27	.31	.28	.26	.27	.25	.27	.24	.22	.39	.34	.31
2.50	.24	.22	.20	.23	.21	.20	.21	.20	.34	.31	.28	.31	.29	.27	.27	.25	.26	.24	.22	.39	.35	.32
3.00	.23	.22	.21	.23	.21	.20	.21	.20	.34	.32	.29	.32	.30	.28	.28	.26	.26	.24	.22	.40	.36	.33
4.00	.24	.23	.21	.23	.22	.21	.21	.20	.36	.34	.32	.33	.31	.29	.29	.28	.26	.24	.23	.40	.37	.35
5.00	.24	.23	.22	.24	.23	.22	.22	.21	.37	.35	.33	.34	.32	.31	.30	.29	.26	.25	.24	.41	.39	.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
รูปที่ 2.4.1 ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคมใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนต์ชนิดขงจัดทำขึ้นตามระบบของ CIE
ไม่วางกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมไฟ High Bay ซึ่งจัดทำขึ้นตามระบบของ IES (อเมริกา)



รูปที่ 2.4.2 ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคม High Bay ซึ่งจัดทำขึ้นตามระบบของ IES

Typical Luminaire	Typical Intensity Distribution and Per Cent Lamp Lumens	pcc →	COEFFICIENTS OF UTILIZATION FOR 20 PER CENT EFFECTIVE FLOOR CAVITY REFLECTANCE (pcc = 20)																				
			80		70		50		30		10		0										
Maint. Cat.	SC	RCR ↓	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10			
<p>150 mm x 150 mm (6" x 6") cell parabolic wedge louver (multiply by 1.1 for 250 x 250 mm (10" x 10") cells)</p>	IV	1.5/1.2	0	.69	.69	.69	.67	.67	.67	.64	.64	.64	.62	.62	.62	.59	.59	.59	.58	.58	.58		
			1	.83	.81	.59	.82	.60	.58	.59	.58	.57	.57	.56	.55	.55	.55	.54	.53	.52	.51	.51	.51
			2	.57	.54	.52	.56	.53	.51	.54	.52	.50	.52	.50	.49	.51	.49	.48	.47	.47	.46	.44	.44
			3	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.49	.48	.44	.48	.45	.43	.46	.44	.42	.41	.41	.40	.38	.36
			4	.47	.42	.39	.46	.42	.39	.44	.41	.38	.43	.40	.38	.42	.40	.38	.36	.35	.33	.32	.32
			5	.42	.37	.34	.41	.37	.34	.40	.36	.34	.39	.36	.33	.38	.35	.33	.32	.31	.29	.28	.27
			6	.38	.33	.30	.37	.33	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.34	.31	.29	.28	.27	.25	.24	.24
			7	.34	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.29	.26	.32	.28	.26	.31	.28	.25	.24	.23	.22	.21	.21
			8	.30	.26	.22	.30	.25	.22	.29	.25	.22	.28	.25	.22	.28	.24	.22	.21	.20	.19	.18	.18
			9	.27	.22	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19	.25	.22	.19	.25	.21	.19	.18	.17	.16	.16	.16
10	.24	.20	.17	.24	.20	.17	.23	.19	.17	.23	.19	.17	.22	.19	.17	.16	.15	.14	.14	.14			

WCR	pcc →	Wall Luminance Coefficients for 20 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (pcc = 20)										Ceiling Cavity Luminance Coefficients for 20 Per Cent Floor Cavity Reflectance (pcc = 20)																		
		80		70		50		30		10		80		70		50		30		10										
	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10									
0	.111	.111	.111	.094	.094	.094	.064	.064	.064	.037	.037	.037	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.012									
1	.131	.075	.024	.127	.072	.023	.119	.069	.022	.113	.065	.021	.106	.062	.020	.101	.091	.082	.087	.078	.070	.059	.054	.049						
2	.128	.069	.021	.122	.067	.021	.116	.064	.020	.110	.062	.019	.104	.059	.019	.094	.077	.062	.081	.068	.054	.055	.048	.037	.032	.027	.022	.010	.009	.007
3	.121	.064	.019	.118	.063	.019	.113	.061	.019	.107	.059	.018	.103	.057	.018	.089	.068	.048	.078	.057	.042	.052	.040	.029	.030	.023	.011	.010	.008	.006
4	.117	.061	.018	.114	.060	.018	.109	.058	.017	.105	.058	.017	.100	.055	.017	.084	.058	.038	.072	.050	.033	.050	.035	.023	.029	.020	.014	.009	.007	.005
5	.113	.057	.017	.110	.057	.017	.106	.055	.016	.102	.054	.016	.098	.052	.016	.081	.052	.030	.069	.045	.026	.048	.031	.019	.028	.018	.011	.009	.006	.004
6	.108	.054	.016	.106	.054	.015	.102	.052	.015	.098	.051	.015	.095	.050	.015	.077	.047	.025	.066	.041	.022	.048	.028	.015	.027	.017	.009	.009	.005	.003
7	.104	.051	.015	.102	.051	.015	.099	.050	.014	.095	.048	.014	.092	.048	.014	.074	.043	.021	.064	.037	.018	.044	.028	.013	.026	.015	.008	.008	.005	.003
8	.100	.049	.014	.099	.049	.014	.095	.048	.014	.092	.047	.013	.090	.046	.013	.072	.040	.018	.062	.034	.015	.043	.024	.011	.025	.014	.006	.008	.005	.002
9	.097	.047	.013	.095	.046	.013	.092	.046	.013	.089	.045	.013	.087	.044	.013	.069	.037	.015	.060	.032	.013	.041	.023	.009	.024	.013	.006	.008	.004	.002
10	.092	.044	.012	.091	.044	.012	.088	.043	.012	.086	.043	.012	.083	.042	.012	.067	.035	.013	.058	.030	.012	.040	.021	.008	.023	.013	.005	.008	.004	.002

เอกสารรูปที่ 2.4.3 ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของดวงโคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ ซึ่งจัดทำขึ้นตามระบบของ IES ราคาไม่ว่าครมึโดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เส้นโค้งการกระจายแสง (Lighting Distribution Curves)

ข้อมูลตัวนี้จะแสดงกระดาษกราฟโพลาร์ การกระจายแสงของดวงไฟ Down Light และ High bay จะมีลักษณะสมมาตรรอบแกนตั้ง โดยปกติจึงแสดงเพียงเส้นเดียว ส่วนดวงไฟที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น การกระจายแสงบนระนาบที่ขนาน และตั้งฉากกับหลอด มักจะไม่เหมือนกันจึงมีข้อมูลเส้นโค้งการกระจายแสงอย่างน้อย 2 เส้น คือ เส้นที่แสดงลักษณะการกระจายแสงบนระนาบที่ขนานกับหลอด และระนาบที่ตั้งฉากกับหลอด ในกรณีที่การกระจายแสงบนระนาบทั้งสองนี้แตกต่างกันมากก็จะแสดงเส้นโค้งการกระจายแสงเฉลี่ย บนระนาบที่ทำมุม 45° และ 135° กับหลอดเพิ่มขึ้นอีก 1 เส้น ข้อมูลตัวนี้ใช้ประโยชน์ในการดูแลลักษณะการกระจายแสงของดวงไฟ ว่าการกระจายแสงมีลักษณะกว้างหรือแคบมากน้อยเพียงใด เพื่อเลือกใช้ดวงไฟให้เหมาะสมกับพื้นที่ เช่น ห้องแคบๆ หรือ ห้องสูงๆ ควรจะเลือกใช้ดวงไฟที่มีการกระจายแสงแคบเพื่อไม่ให้แสงส่วนใหญ่มุ่งตกลงบนฝ้าผนัง ซึ่งใช้ประโยชน์ได้น้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าเป็นห้องกว้างๆ หรือห้องที่มีเพดานต่ำ ก็ควรเลือกใช้ดวงโคมที่มีการกระจายแสงกว้าง เพื่อลดปัญหาการสว่างเป็นจุดๆ ไม่สม่ำเสมอการใช้ข้อมูลตัวนี้ใช้ในการพิจารณาขั้นต้นเท่านั้น ต้องใช้ข้อมูลตัวอื่นๆ ประกอบด้วย

2. ประสิทธิภาพของดวงโคม

ประสิทธิภาพของดวงโคม คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกมาจากดวงโคม ต่อฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟทั้งหมด ที่ติดตั้งอยู่ในดวงโคมเท่านั้น ข้อมูลตัวนี้จะบอกให้ทราบว่าดวงโคมต่างๆ มีประสิทธิภาพมากน้อยแค่ไหน ดวงโคมที่ใช้วัสดุคุณภาพสูงทำแผ่นสะท้อนแสง แผ่นกรองแสง และเลนส์เบี่ยงเบนแสงต่างๆ และมีการออกแบบสร้างอย่างดีจะมีประสิทธิภาพสูง ข้อมูลประสิทธิภาพของดวงโคมนี้ไม่ใช่ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประสิทธิภาพที่แท้จริงของระบบแสงสว่าง นอกจากจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของดวงโคมแล้วยังขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม สีที่ใช้ทาห้อง (สีโทนสว่างหรือโทนมืด) ขนาดของห้องและความสูงต่ำของการติดตั้งดวงโคมด้วย อย่างไรก็ตามโดยทั่วไป ดวงโคมที่มีประสิทธิภาพสูงย่อมให้ผลดีกว่าดวงโคมที่มีประสิทธิภาพต่ำ

3. สัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างในช่องมุมต่างๆ (วัดจากแนวตั้ง)

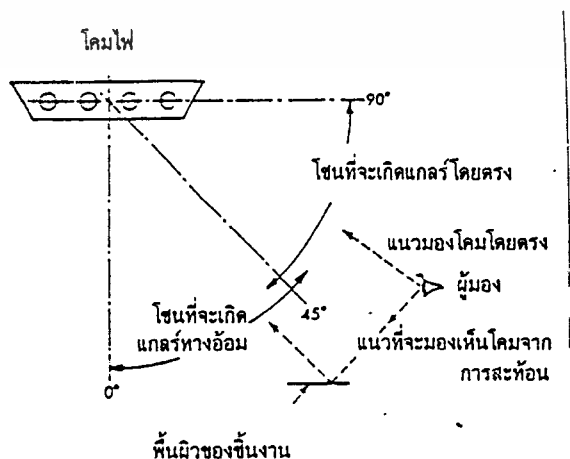
โดยปกติการคำนวณฟลักซ์การส่องสว่างของดวงโคมจะคำนวณไว้ที่ทุกๆ โชน 10 องศา จาก 0 องศา (แนวตั้ง) ถึง 90 องศา (แนวนอน) รวมเป็น 9 โชน สำหรับดวงโคมที่มีแต่แสงส่องลงข้างล่าง และถึง 180 องศา รวมเป็น 18 โชน สำหรับดวงโคมที่มีแสงออกทั้งข้างบนและข้างล่าง เมื่อรวมฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟจะได้ประสิทธิภาพของดวงโคมข้อมูลฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟจะได้ประสิทธิภาพของดวงโคมข้อมูลฟลักซ์การส่องสว่างนี้จะถูกนำมารวมกันในช่องมุมต่างๆ เช่น $0^{\circ} - 30^{\circ}$, $0^{\circ} - 40^{\circ}$, $0^{\circ} - 60^{\circ}$, $0^{\circ} - 90^{\circ}$, $90^{\circ} - 180^{\circ}$ เป็นต้น แล้วคิดเทียบเป็นร้อยละกับฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดหรือฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกมาจากดวงโคมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะใช้ข้อมูลตัวนี้ประกอบการพิจารณาขั้นต้นในเรื่องคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เช่น ถ้าไม่ต้องการให้เกิดแกลร์โดยตรง (Direct glare) มาก ก็ต้องใช้ดวงโคมที่มีสัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างในช่วง $40^{\circ} - 90^{\circ}$ น้อย แต่ถ้าไม่ต้องการให้เกิดแกลร์ทางอ้อมมาก (Indirect glare) มาก ก็ต้องใช้ดวงโคมที่มีสัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างในช่วง $0^{\circ} - 40^{\circ}$ น้อย เป็นต้น เช่น 45° จะใช้เป็นเส้นแบ่งเขตเพียง คร่าวๆ เท่านั้นสัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องขึ้นข้างบนและส่องลงข้างล่างข้อมูลตัวนี้จะบอกให้ทราบว่าดวงโคมให้แสงสว่างขึ้นข้างบนและส่องลงข้างล่างมากน้อยเพียงใด ดวงโคมที่ใช้ให้แสงสว่างในงานอุตสาหกรรมและงานต่างๆ ไปควรใช้แบบที่ให้แสงส่องลงข้างล่างมาก เพราะจะมีประสิทธิภาพสูง ส่วนดวงโคมที่ใช้ในสำนักงาน ในโรงเรียนและงานที่คล้ายๆกันก็เลือกชนิดที่มีแสงส่องขึ้นข้างบนบ้างเพื่อให้สภาพแวดล้อมทุกๆ ไป ของห้องเหมาะกับการทำงาน ข้อมูลตัวนี้ตามมาตรฐาน CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) ใช้ในการจำแนกประเภทของดวงโคมเพื่อให้สะดวกต่อการเลือกใช้งาน



รูปที่ 2.4.4 แสดงโซนย่อย 10 องศาที่ใช้คำนวณหาฟลักซ์การส่องสว่างของดวงโคม



รูปที่ 2.4.5 ย่านที่จะเกิดแกลร์โดยตรงและแกลร์ทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะการศึกษารายงานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การจำแนกประเภทของดวงโคม

ตามระบบ CIE


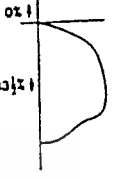

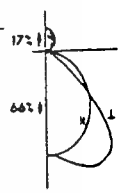

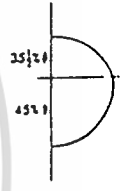

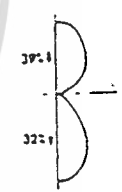

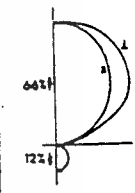

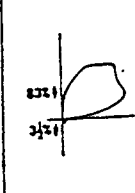
CIE ได้แบ่งประเภทของดวงโคมตามสัดส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องขึ้นข้างบน และส่องลงข้างล่าง ออกเป็น 5 ประเภท ดังแสดงในตาราง 2.4.1

ตามระบบ IES

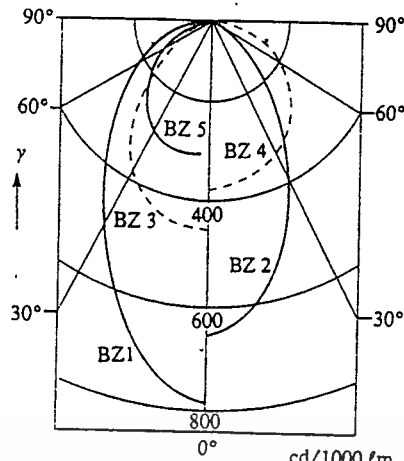
IES (Illuminating Engineering Society of North America) ได้แบ่งประเภทของดวงโคมออกเป็น 5 ประเภท ตามลักษณะความกว้างของลำแสงโดยใช้ อัตราส่วนระยะห่างสูงสุดของการติดตั้งต่อความสูงของการติดตั้งเหนือระดับพื้นที่ ทำงาน (SC) ของดวงโคม 2 ดวงเป็นเกณฑ์การแบ่งประเภท ดังนี้

ประเภทของดวงโคม	ค่า SC
1. ลำแสงแคบมาก (Highly Concentrating)	$SC < 0.5$
2. ลำแสงแคบ (Concentrating)	$0.5 < SC \leq 0.70$
3. ลำแสงปานกลาง (Medium Spread)	$0.70 < SC \leq 1.0$
4. ลำแสงกว้าง (Spread)	$1.0 < SC \leq 1.5$
5. ลำแสงกว้างมาก (Wide Spread)	$1.5 < SC$

ตารางที่ 2.4.1 การแบ่งประเภทของดวงโคมตามระบบ CIE

ชนิดของโคม	ปริมาณของแสงส่วนที่ส่องลงข้างล่าง (%)	ตัวอย่างโคมและลักษณะการกระจายแสง
1. แบบโดยตรง (Direct)	90-100	 <p>Porcelain-enameled ventilated standard dome with incandescent lamp</p> 
2. แบบกึ่งโดยตรง (Semi-Direct)	60-90	 <p>Diffuse aluminum reflector with 35° CW shielding</p> 
3. แบบกระจายแสงทั่วไป (General Diffuse) หรือแบบโดยตรง-ทางอ้อม (Direct-Indirect)	40-60	 <p>Pendant diffusing sphere with incandescent lamp</p> 
	40-60	 <p>Metal or dense diffusing sides with 45° CW x 45° LW shielding</p> 
4. แบบกึ่งทางอ้อม (Semi-Indirect)	10-40	 <p>Luminous bottom suspended unit with extra-high output lamp</p> 
5. แบบทางอ้อม (Indirect)	0-10	 <p>Concentric ring unit with incandescent silvered-bowl lamp</p> 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

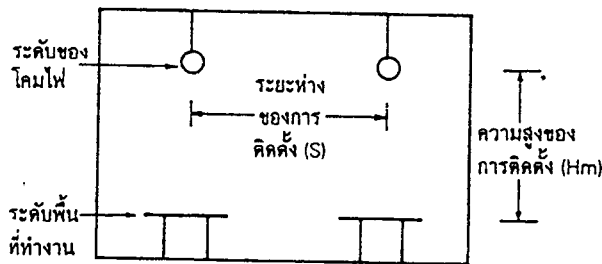


เป็นการแสดงโพลาร์เคอร์ฟของ BZ 1 ถึง BZ 10

รูปที่ 2.4.6 ลักษณะการกระจายแสงของโคมไฟทั้ง 5 ประเภทที่จำแนกตามระบบ IES

5. ระยะห่างสูงสุดของการติดตั้งต่อความสูงของการติดตั้งเหนือระดับพื้นที่ทำงาน

ในการติดตั้งดวงโคมใช้งานถ้าต้องการความสว่างสม่ำเสมอทั้งพื้นที่ทำงาน จะต้องติดตั้งดวงโคมให้มีระยะห่างระหว่างดวงโคม ในแต่ละแถวและระยะห่างระหว่างแถวที่เหมาะสม ไม่กว้างมากเกินไป เนื่องจากดวงโคมมีลักษณะการกระจายแสงแตกต่างกันมากมายหลายแบบ ตั้งแต่ลำแสงแคบมากจนถึงกว้างมาก ระยะห่างของการติดตั้งใช้งานจึงมีผลต่อความสม่ำเสมอของความสว่างบนพื้นที่ทำงาน เราจึงต้องตรวจสอบว่าระยะห่างของการติดตั้งใช้งานได้หรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกับค่าระยะห่างสูงสุดของการติดตั้งต่อความสูงของการติดตั้งเหนือระดับพื้นที่ทำงานของดวงโคมที่ให้มา ถ้าระยะห่างของการติดตั้งเทียบกับความสูงของการติดตั้งเหนือระดับพื้นที่ทำงานที่จะใช้ยังต่ำกว่าค่าสูงสุดที่ยอมให้ใช้ได้ของดวงโคม ความสม่ำเสมอของความสว่างบนพื้นที่ทำงานก็จะยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แต่ถ้ามีค่ามากกว่าค่าที่ให้มาความสม่ำเสมอของความสว่างก็จะไม่ได้ตามเกณฑ์ที่แนะนำไว้ ในกรณีนี้ให้เปลี่ยนไปใช้ดวงโคมที่มีค่า S_{max}/H_m ที่สูงกว่าหรือลดกำลังงานฟลักซ์ของหลอดไฟลง เพื่อให้ได้จำนวนดวงโคมที่จะใช้มากขึ้น ระยะห่างของการติดตั้งจะได้น้อยลง



6. การจัดการประเภทการบำรุงรักษา

ในการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ปริมาณแสงที่ได้จะลดลงตามเวลาที่ใช้งาน เนื่องจากการเสื่อมสภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ความสกปรกของดวงโคมจากฝุ่นละอองและแมลงตัวเล็กๆ ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้แสงลดลง ทาง IES จึงได้จัดแบ่งประเภทของดวงโคมตามลักษณะโครงสร้างที่จะทำให้สิ่งสกปรกต่างๆ สะสมอยู่ในตัวโคมได้ช้าเร็วและมากน้อยเพียงใด ออกเป็น 6 ประเภท (ใช้สัญลักษณ์เป็นเลขโรมัน) โดยดูจากลักษณะของฝาครอบด้านบนและฝาครอบด้านล่าง

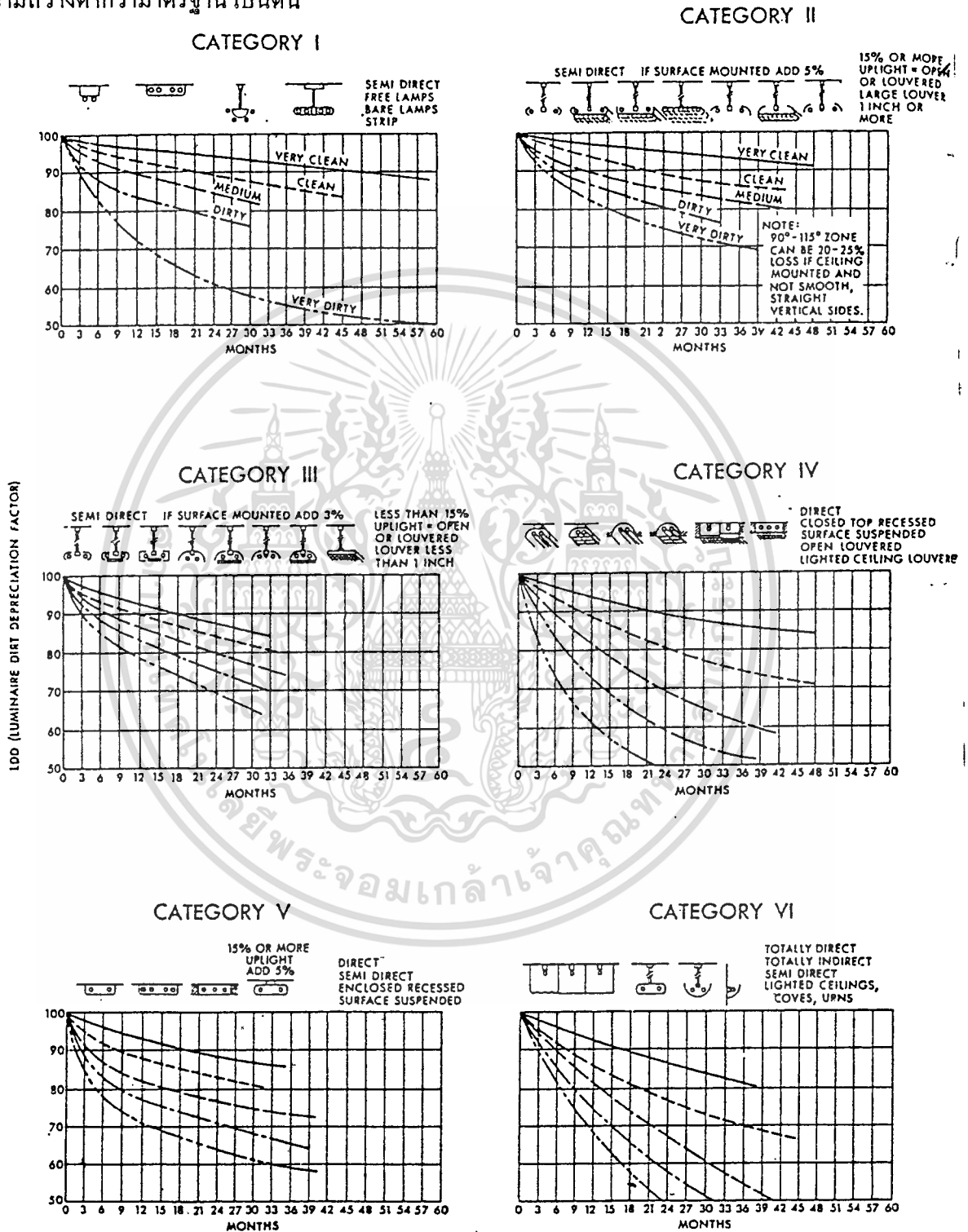
ตารางที่ 2.4.2 การจัดการประเภทการบำรุงรักษา (Maintenance Category ; MC) ดวงโคมที่ใช้งาน
ในอาคาร

ลักษณะฝาครอบด้านบน		ลักษณะฝาครอบด้านล่าง
1. ไม่มี		1. ไม่มี
ไม่มี วัสดุโปร่งใส	มีช่องเปิดแสงผ่านได้มากกว่า 15 %	1. ไม่มี 2. ตะแกรงรวงผึ้ง (Louvers) หรือ ตะแกรงก้างปลา
2. วัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง		
วัสดุโปร่งใส	มีช่องเปิดแสงผ่านได้น้อยกว่า 15 %	1. ไม่มี 2. ตะแกรงรวงผึ้ง (Louvers) หรือ ตะแกรงก้างปลา
3. วัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง		
วัสดุโปร่งใส	ไม่มีช่องเปิด	1. ไม่มี 2. ตะแกรงรวงผึ้ง (Louvers)
4. วัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง		
วัสดุโปร่งใส		1. วัสดุโปร่งใสไม่มีช่องเปิด 2. วัสดุโปร่งแสง
5. วัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง		
ไม่มี วัสดุโปร่งใส	ไม่มีช่องเปิด	1. วัสดุโปร่งใส 2. วัสดุโปร่งแสง ไม่มีช่องเปิด 3. วัสดุทึบแสง
6. วัสดุโปร่งแสง วัสดุทึบแสง		

* **ข้อสังเกต** ถ้าเป็นไปได้นั้นมากกว่า 1 ประเภทให้จัดเป็นประเภทที่ตัวเลขต่ำกว่า เช่น โคมแบบเปลือยให้จัดเป็นประเภท I เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยฯ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 0-2916-1111 หรือ e-mail: info@kmitl.ac.th

เมื่อทราบประเภทดวงโคม (ประเภท I, II , ... หรือ VI) สิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่จะให้แสง (สะอาดมาก, สะอาด, ปานกลาง, สกปรก หรือ สกปรกมาก) และระยะเวลาที่จะทำความสะอาด ทำให้สามารถออกแบบดวงโคมได้อย่างถูกต้อง ไม่มากหรือน้อยเกินไปอันจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย หรือ ความสว่างต่ำกว่ามาตรฐาน เป็นต้น



รูปที่ 2.4.8 แฟคเตอร์การเสื่อมสภาพจากความสกปรกของดวงโคมทั้ง 6 ประเภท ในสภาพแวดล้อมของห้อง ระดับตามระยะเวลาก่อน ทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. สัมประสิทธิ์การใช้แสง (Coefficient of Utilization),

สัมประสิทธิ์การใช้แสง คือ อัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ทำงานทั้งที่ส่องโดยตรงมาจากโคมไฟ และจากการสะท้อนจากส่วนต่างๆ ของห้อง ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ได้จากหลอดไฟทุกหลอดที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น สัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟนั้นจะขึ้นอยู่กับ

1. ประสิทธิภาพของโคมไฟ 2. ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม 3. การสะท้อนแสงของส่วนต่างๆ ของห้อง (เพดาน ฝาผนัง พื้นห้อง) 4. ขนาดของห้อง (กว้าง ยาว สูง) และ 5. ความสูงของการติดตั้งเหนือระดับพื้นที่ทำงาน ในการหาจำนวนดวงโคมที่ใช้ให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่หนึ่งๆ เราจะคำนวณหาได้จากสมการ

$$N = \frac{E \times A}{n \times \Phi L \times COU \times LLF}$$

เมื่อ N = จำนวนโคมไฟที่จะใช้

E = ความสว่างที่ต้องการ (ลักซ์)

A = พื้นที่ที่จะติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (ตร.ม.)

n = จำนวนหลอดไฟต่อโคมไฟ 1 ดวง

L = ฟลักซ์การส่องสว่างเริ่มต้นของหลอดไฟ 1 หลอด (ลูเมน)

COU = สัมประสิทธิ์การใช้แสง

LLF = แฟกเตอร์การสูญเสียแสง ซึ่งขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิแวดล้อมบัลลาสต์ที่ใช้วัสดุที่ใช้ทำโคม ความสกปรกของห้อง ความสกปรกของดวงโคม หลอดเสื่อมสภาพ และ หลอดขาดแล้วยังไม่ได้เปลี่ยนใหม่

จากสมการดังกล่าวจะเห็นว่า จำนวนดวงโคมที่คำนวณได้จะถูกต้องแม่นยำก็ต่อเมื่อ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของดวงโคมและแฟกเตอร์การสูญเสียแสงที่ถูกต้องเท่านั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟและแฟกเตอร์การสูญเสียแสงที่ถูกต้องเท่านั้น ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟนั้นผู้ผลิตจะให้มาเป็นตารางการเปิดหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงที่ต้องการนั้นต้องทราบค่าการสะท้อนแสงของช่องเพดาน (Ceiling Cavity) ฝาผนัง และช่องพื้น (Floor Cavity) และค่าดัชนีห้อง (Room Index , Kr) หรือค่าอัตราส่วนช่องห้อง (Room Cavity Ratio ; RCR) โคมไฟที่ดีต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสงสูงเพราะจะทำให้ได้ระบบไฟฟ้า แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง

$$K_r = \frac{W \times L}{Hm (W + L)} \quad \text{ระบบอังกฤษ}$$

$$RCR = \frac{5Hm (W + L)}{W \times L} \quad \text{ระบบอเมริกา}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสาร $K_r \times RCR = 5$ การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยและค่าความส่องสว่างสูงสุดที่มุมต่างๆ (วัดจากแนวดิ่ง)

ค่าความส่องสว่างของดวงโคมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าสูงสุดที่มุมซึ่งวัดจากแนวดิ่ง ที่มุมต่าง ๆ นั้น ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ดีต้องไม่มีแกลร์ (แสงจ้าแยงตา) เราสามารถควบคุมแกลร์โดยตรงได้โดยให้ (ตามวิธีปฏิบัติบางข้อของ IES)

1. อัตราส่วนของความสูงสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยของดวงโคมที่มุม 45° , 55° , 65° , 75° และ 85° วัดจากแนวดิ่งซึ่งในแนวที่ตั้งฉากกับหลอดและขนานกับหลอดต้องไม่เกิน 3 ต่อ 1 (ในทางปฏิบัติ นิยมใช้ 3 ต่อ 1)

2. ความส่องสว่างสูงสุดของดวงโคมทั้งในแนวที่ตั้งฉากกับหลอดและขนานกับหลอด ต้องไม่เกินค่าที่กำหนดดังต่อไปนี้

มุมวัดจากแนวดิ่ง (องศา)	ค่าความส่องสว่างสูงสุด (cd/m ²)
45	7,710
55	5,500
65	3,855
75	2,570
85	1,695

9. รหัสฟลักซ์การส่องเฉลี่ยของ CIE

รหัสฟลักซ์การส่องสว่างของ CIE ของโคมไฟตัวอย่างในรูปที่ 2.4.1 คือ 60, 91, 98, 100, 70 นั้น มีความหมายดังนี้

- 60 คือ ร้อยละของฟลักซ์การส่องสว่างระหว่างมุม $0^\circ - 41.41^\circ$ ต่อฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟที่ส่องลงข้างล่าง
- 91 คือ ร้อยละของฟลักซ์การส่องสว่างระหว่างมุม $0^\circ - 60^\circ$ ต่อฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟที่ส่องลงข้างล่าง
- 98 คือ ร้อยละของฟลักซ์การส่องสว่างระหว่างมุม $0^\circ - 75.5^\circ$ ต่อฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟที่ส่องลงข้างล่าง
- 100 คือ ร้อยละของฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟที่ส่องลงข้างล่างต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ออกมาจากโคมไฟทั้งหมด
- 70 คือ ร้อยละของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกมาจากโคมไฟต่อฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟ ซึ่งก็คือประสิทธิภาพของโคมไฟนั่นเอง

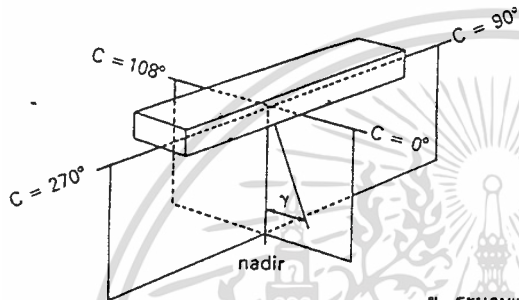
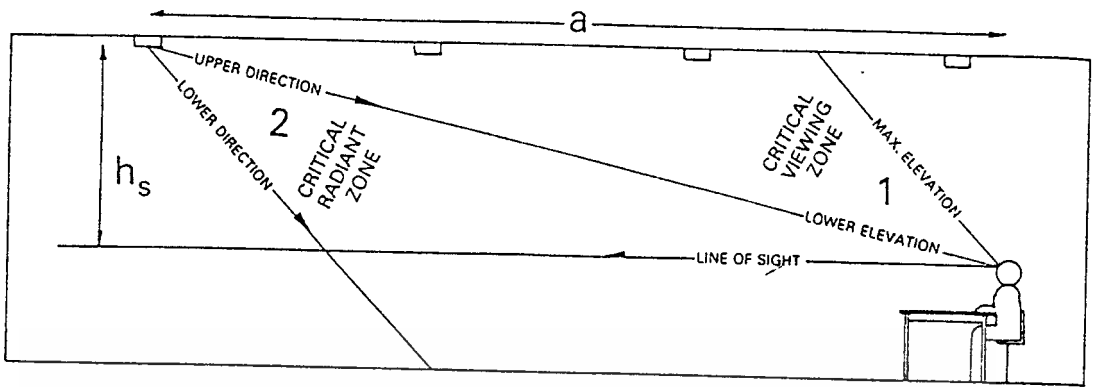
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. แผนภาพความส่องสว่างและเส้นโค้งจำกัดแกลร์

ข้อมูลตัวนี้ใช้กำหนดระดับคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ต้องการ โดยแบ่งชั้นคุณภาพ (Quantity class) ของระบบออกเป็น 5 ระดับ คือ A, B, C, D และ E ซึ่งตรงกับค่าพิคกแกลร์ (G) 1.15, 1.5, 1.85, 2.2 และ 2.55 ตามลำดับ โดยพิคกแกลร์จะแบ่งออกเป็น 6 ระดับดังนี้

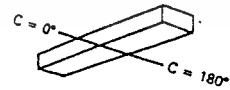
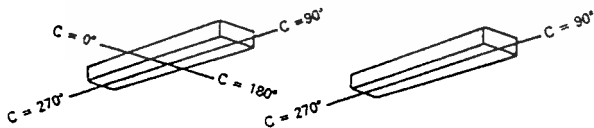
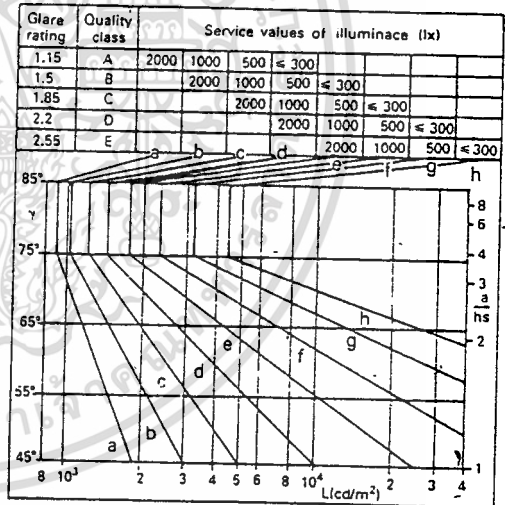
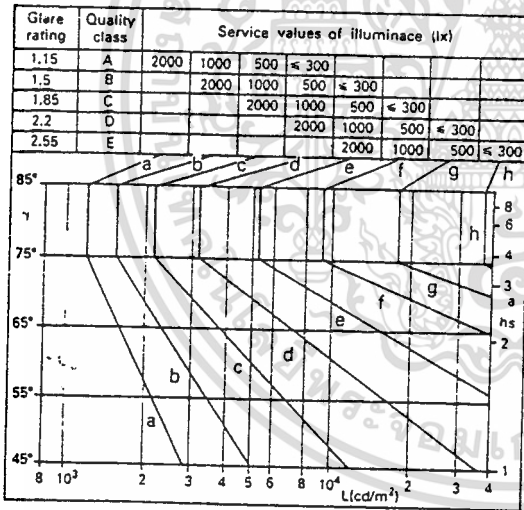
ระดับ พิคกแกลร์(G)	ความหมาย
0	ไม่มีแกลร์
1	ระหว่างไม่มีแกลร์และเริ่มสังเกตเห็นได้
2	เริ่มสังเกตเห็นได้
3	ระหว่างเริ่มสังเกตเห็นได้กับเริ่มทำให้เกิดความรำคาญ
4	เริ่มทำให้เกิดความรำคาญ
5	ระหว่างเริ่มทำให้เกิดความรำคาญและไม่อาจจะทนทานได้

โดยคุณภาพของระบบไฟฟ้าแสงสว่างนี้จะขึ้นอยู่กับระดับความสว่างนี้ จะขึ้นอยู่กับระดับความสว่างที่ต้องการด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ $\leq 300, 500, 1000$ และ 2000 ลักซ์ เช่น ถ้าต้องการระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ให้คุณภาพแสงในระดับ B ($G = 1.5$) ที่ค่าความสว่างประมาณ 1000 ลักซ์ โดยใช้ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์แบบฝังเพดานจากรูปที่ 2.4.9 (ค) จะพบว่าดวงโคมที่ใช้ต้องมีค่าความส่องสว่างไม่ต่ำไปทางด้านขวาของเส้นโค้งจำกัดแกลร์เส้น C ตั้งแต่มุมที่วัดจาก แนวตั้ง 45° ถึง 85° จากตัวอย่างดังกล่าว ข้อมูลทางแสงของดวงโคมดังรูปที่ 2.4.1 จะเห็นว่าดวงโคมนี้ใช้กับงานนี้ได้เพราะค่าความส่องสว่างอยู่ทางด้านซ้ายมือ ของเส้นโค้ง C ทุกค่ามุม



ก. ความส่องสว่างในโซน 2 ของดวงโคม จะทำให้เกิดแกลร์โดยตรง (45-85°)

ข. ระบุขนาดและมุมหัวค้ำค่าความส่องสว่าง

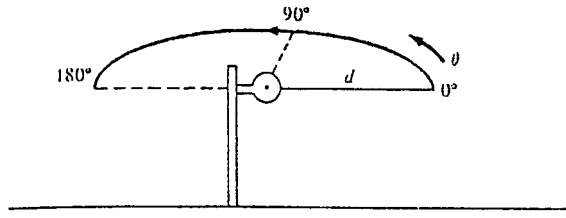


ค. แผนภาพเส้นโค้งจำกัดแกลร์สำหรับดวงโคมที่ไม่มีพื้นที่ให้แสงทางด้านข้างและดวงโคมยาวที่มีพื้นที่ให้แสงทางด้านข้างเมื่อมองทางด้านหัวท้าย

ง. แผนภาพเส้นโค้งจำกัดแกลร์สำหรับดวงโคมที่มีพื้นที่ให้แสงทางด้านข้าง (ยกเว้นดวงโคมยาวที่มีพื้นที่ให้แสงทางด้านข้างเมื่อมองด้านหัวท้าย)

2.5 การวัดฟลักซ์การส่องสว่าง

แหล่งกำเนิดแสงถูกติดตั้งบนเสา ในแนวระดับ ดังรูปที่ 2.5.1

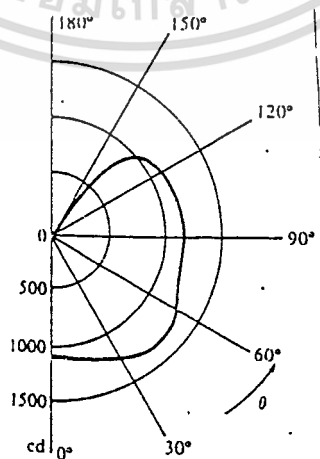


รูปที่ 2.5.1 การติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงในการทดลอง วัดค่าลูเมน

เราจะ ทำการเดินรอบๆ แหล่งกำเนิดนั้น อย่างช้าๆ โดยรักษาระยะห่างจากแหล่งกำเนิดคงที่ไว้ที่ ระยะ d และเดินตามเส้นทางดังที่แสดงไว้ ทุกๆ 10° เราจะหยุดเดินและใช้มิเตอร์สำหรับวัดการส่องสว่าง ซึ่งไปทางแหล่งกำเนิดแล้วอ่านค่าที่มิเตอร์วัดได้ โดยจะทำการวัดเช่นนี้จนอ่านค่าครบ ตั้งแต่ 0° ถึง 180° แล้วจะใช้ สมการ

$$E = \frac{d\phi}{dA} = \frac{I \cos \theta}{d^2}$$

เพื่อหาความเข้มการส่องสว่างของแหล่งกำเนิด ที่ตำแหน่งต่างๆ กัน เราจะทำการพล็อตค่าความเข้มการส่องสว่าง ต่อมุม (องศา) บนโพลาร์ไดอะแกรม ซึ่งจะได้เส้นโค้งดังรูปที่ 2.5.2 โดยเส้นโค้งนี้ เป็น เส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง ของแหล่งกำเนิดที่เราพิจารณา จากครึ่งวงกลม จะเห็นว่า โลโซของความเข้มการส่องสว่าง จะเป็น 500, 1000, 1500 ซึ่งอยู่ในหน่วย แคนเดลา (candela)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 2.5.2 เส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่างของหลอดไฟ โยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่จะหาความเข้มการส่องสว่าง ที่มุมต่างๆ นั้น จะต้องทำการประมาณค่า (Interpolate) ระหว่างไลโซ เหล่านั้น เช่น ที่มุม 30° จะมีความเข้มของการส่องสว่าง ประมาณ 1250 แคนเดลา เป็นต้น จะเห็นว่าเส้นโค้งจะแสดงค่าความเข้มการส่องสว่าง ตั้งแต่ 0° ถึง 180° เท่านั้น เพราะว่าเราได้สมมุติให้แหล่งกำเนิดมีการส่องสว่าง อย่างสมมาตร ดังนั้นจะเห็นว่าความเข้มการส่องสว่าง ที่มุม 330° จะมีค่าเท่ากับที่มุม 30° แต่ถ้าในกรณีที่ ไม่ได้สมมุติให้การส่องสว่างสมมาตร จะต้องให้มีเตอร์วัดให้ครบ 360° คือ จะต้องทำการหมุนมิเตอร์รอบแหล่งกำเนิด ในรูปที่ 2.5.1 ในแนวระดับให้ครบ 360° นั่นเอง เพื่อให้ได้ค่าความเข้มการส่องสว่างเฉลี่ย ในแต่ละมุมตามทิศทางที่เคลื่อนที่ไป

ผู้ผลิตดวงโคม และ หลอดไฟ จะใช้อุปกรณ์ Goniophotometers เพื่อให้ได้เส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง ซึ่งคำว่า “ Gonio “ หมายถึง การชี้ทิศทาง ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ใช้หลักการเหมือนกับที่ได้อธิบายในรูปที่ 2.5.1 อุปกรณ์เหล่านี้ประกอบด้วย Calibrated light- sensitive cell ซึ่งใช้สำหรับวัดการส่องสว่าง แหล่งกำเนิดกำเนิดที่ติดตั้งบนเสา โดยจะหมุนไปรอบๆ แหล่งกำเนิด พร้อมทั้งต้องรักษาระยะห่างจากแหล่งกำเนิดให้คงที่ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ในการวัดนั้นจะมีการพิจารณาระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองด้วย (แหล่งกำเนิด และ Goniophotometers) เพราะว่า จากกฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law : ISL) ระยะห่างระหว่าง แหล่งกำเนิดกับมิเตอร์จะมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดสูงสุดของแหล่งกำเนิด โดยทั่วไปจะให้ระยะห่างมีค่ามากกว่า 5 เท่า ของขนาดของแหล่งกำเนิด ซึ่งจะให้ค่าความแม่นยำในการวัด $\pm 1\%$ สำหรับ หลอดไฟที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ดังนั้น หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งยาว 8 ฟุต (ขนาดยาวที่สุดที่มีจำหน่าย) ระยะห่างจะต้องมีอย่างน้อย 40 ฟุต จะเห็นว่ามิเตอร์จะต้องหมุนเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 ฟุต ซึ่งจะเห็นว่าไม่สะดวกต่อการวัด เพราะต้องใช้ห้องที่สูงถึง 80 ฟุต ดังนั้นจึงต้องทำการลดระยะห่างลง โดยมีวิธีการอยู่ 2 วิธี คือ

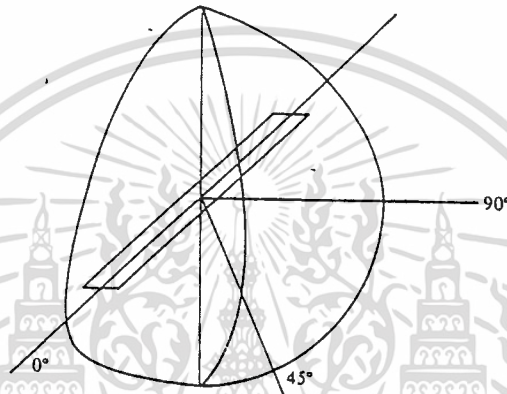
1. ติดตั้งมิเตอร์ให้อยู่ใกล้ แหล่งกำเนิดได้ แต่ต้องใช้กระจกเพื่อสะท้อนแสงที่ส่องมาจากแหล่งกำเนิดมายังมิเตอร์ ซึ่งวิธีการนี้จะทำให้สามารถลดระยะห่างจาก 40 ฟุต ให้เหลือเพียง 20 ฟุต เท่านั้น
2. ติดตั้งดวงโคมบนเพดานห้อง เพื่อให้ได้เส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง จาก 0° ถึง 90° ต่อจากนั้นก็ย้ายดวงโคมมาไว้บนพื้น เพื่อให้ได้เส้นโค้ง จาก 90° ถึง 180° ซึ่งทำให้ลดความสูงของห้องจาก 80 ฟุต เหลือเพียง 40 ฟุต

การใช้อัตราส่วนมากกว่า 5 : 1 นั้น จะใช้สำหรับงานที่ต้องการแสงสว่างที่แน่นอน เช่น แสงจากสปอตไลท์ (spot light) ในบางกรณีระยะห่างน้อยๆ ก็สามารถทำได้แสงสว่างที่แน่นอนได้ โดยการใช้อุปกรณ์ของแผ่นสะท้อนแสง (Reflector) และ เลนส์ (Lens)

Goniophotometers จะถูก calibrate กับดวงโคม ซึ่งจะเป็นไปตามมาตรฐานของ National Bureau of Standard in Washington D.C. Goniophotometers รุ่นใหม่จะทำงานโดยอัตโนมัติ และทำการคำนวณได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของแขนมิเตอร์, การบันทึกข้อมูล และการพล็อตเส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง จะทำโดยอัตโนมัติทั้งหมด ซึ่งจะมีการใช้ เซลล์เพียงเซลล์เดียว

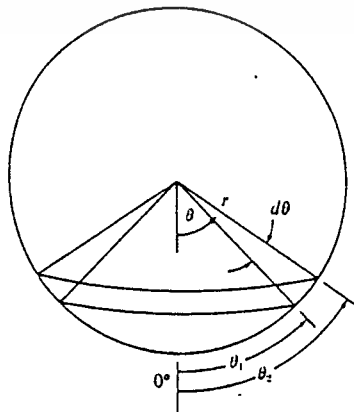
แต่ในปัจจุบัน ได้มีการคิดแบบจำลองใหม่ ซึ่งจะใช้เซลล์หลายเซลล์ โดยจะทำการวางเซลล์ ไว้ที่มุมต่างๆ ที่ต้องการวัดค่าการส่องสว่างเลย

การกระจายความเข้มการส่องสว่าง ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และดวงโคม ส่วนใหญ่ จะไม่สมมาตร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาเส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง โดยทั่วไป ข้อมูลของความเข้มการส่องสว่าง จะต้องมียังน้อย 3 เพลน คือที่ 0° , 45° และ 90° ซึ่งสัมพันธ์กับแกนของดวงโคม หรือหลอดไฟ ซึ่งคังแสดงรูปที่ 2.2.3 และเพื่อให้ photometry สมบูรณ์ยิ่งขึ้นจำเป็นต้องใช้ระนาบ 22.5° และ 67.5° ด้วย



รูปที่ 2.5.3 การกระจายแสงในเพลนต่างๆของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ผู้ผลิตดวงโคมจะต้องสามารถบอกกับลูกค้าได้ว่า ดวงโคมสามารถให้แสงสว่างได้ กี่ ลูเมน สำหรับแหล่งกำเนิดในอุดมคติ (Ideal) ที่มีความเข้มการส่องสว่างเท่ากันทุกทิศทาง สามารถหาลูเมนได้ไม่ยาก โดยการคูณความเข้มการส่องสว่างด้วย 4π แต่โดยปกติความเข้มการส่องสว่างจะกระจายไม่สม่ำเสมอ (Non-uniform) ดังนั้นการหาค่าลูเมนค่อนข้างจะยุ่งยาก และจะต้องคำนวณค่าจากเส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง ซึ่งต้องสร้างขึ้นมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง **รูปที่ 2.5.4 Zonal Lumens** ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าแหล่งกำเนิด มีความเข้มแสง $I(\theta)$ ที่มุมเล็กๆ $d\theta$ ดังแสดงในรูปที่ 2.5.4 และเมื่อวางรูปทรงกลมซึ่งมีรัศมี r รอบแหล่งกำเนิด แล้วจาก ISL จะได้ว่าการส่องสว่างบนวงแหวน ซึ่งถูกตัดโดย $d\theta$ ทรงกลมเกิดขึ้นทุกๆ ที่โดย

$$E = \frac{I(\theta)}{r^2}$$

เพื่อให้ได้ลูเมนที่รับได้ที่วงแหวน จะต้องทำการคูณ E กับพื้นที่ของวงแหวน ดังนี้

$$d\theta = \frac{I(\theta)}{r^2} (2\pi r^2 \sin\theta d\theta) = 2\pi I(\theta) \sin\theta d\theta \quad 2.5.1$$

$I(\theta)$ ถูกประมาณให้คงที่ จากมุม θ_1 ถึง θ_2 ทำการอินทิเกรตสมการ 2.5.1 จะได้

$$\phi_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = 2\pi I(\theta) (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \quad 2.5.2$$

จะเห็นว่า $I(\theta)$ ที่ได้เป็นความเข้มที่จุดกึ่งกลางระหว่างมุม θ_1 และ θ_2 ถ้า $I(\theta)$ มีค่าคงที่เท่ากับ I สำหรับทุกๆ θ แล้วจากสมการ 2.32 จะได้ $\phi = 4\pi I$

ปริมาณ $2\pi(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$ เรียกว่า Zonal Constant ซึ่ง Zonal Constant สำหรับโซนต่างๆ แสดงดังตาราง A

ตาราง A

Zone (degrees)	Zonal constant	Zone (degrees)
0-10	0.095	170-180
10-20	0.283	160-170
20-30	0.463	150-160
30-40	0.628	140-150
40-50	0.774	130-140
50-60	0.897	120-130
60-70	0.993	110-120
70-80	1.058	100-110
80-90	1.091	90-100

Zonal Constant สำหรับมุมที่มากกว่า 90° มีค่าเท่ากับมุมที่น้อยกว่า 90° เช่น 30° - 40° โซนมีค่า Zonal Constant (บริเวณเดียวกัน) เท่ากับ 140° - 150° โซน

แทน $2\pi(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$ ในสมการที่ 2.5.2 ด้วย ZC (Zonal Constant) จะได้

$$\phi_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} = I(\theta) ZC_{\theta_1 \rightarrow \theta_2} \quad 2.5.3$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย ZC คือ Zone Constant จากสมการ (2.5.3) จะเห็นว่า ลูเมนในโซน θ_1 ถึง θ_2 สามารถหาได้จาก การคูณความเข้มการส่องสว่างในโซน กับ Zonal Constant ของโซนนั้น เช่นกัน

เพื่อให้ได้ลูเมนทั้งหมดจากโคมไฟ จะต้องทำการรวมลูเมน จากทุกๆ โซน จากสมการที่ 2.5.2 สามารถหาผลรวมได้ดังนี้

$$\phi = \sum_0^{180} 2\pi I(\theta)(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

หรือ สมการ 2.5.3 ได้

$$\phi = \sum_0^{180} I(\theta)ZC_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}$$

ตัวอย่าง

หาลูเมนรวมที่ได้จากดวงโคม ที่มีเส้นโค้งการกระจายความเข้มการส่องสว่าง ดังรูป 2.14

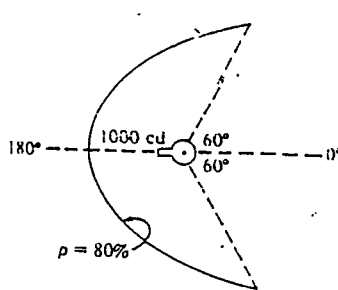
วิธีทำ สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ Zonal Constant และสมมติให้ความเข้มการส่องสว่างในแต่ละโซน มีค่าคงที่ ซึ่งการสมมุติเช่นนั้นจะใช้ได้ดียกเว้น บริเวณ 120° ถึง 150° ซึ่งเป็นการประมาณอย่างเห็นได้ชัด

Zone	Average I (candelas)	ZC	Zonal lumens
0-30	1200	0.841	1009
30-60	1250	2.299	2874
60-90	1100	3.142	3456
90-120	1050	3.142	3299
120-150	850	2.299	1954
150-180	0	0.841	0
Total lumens =			12,592 = 12,600

ตารางของโคมไฟ

ตัวอย่าง

หลอดไฟมีการกระจายความเข้มการส่องสว่าง อย่างสม่ำเสมอ เท่ากับ 1000 cd และทุกทิศทางมีการวางแผ่นสะท้อนแสงดังรูป A แผ่นสะท้อนแสงตัดกับลูเมนทั้งหมดในโซน 60° ถึง 180° และมีลูเมนสะท้อนจากแผ่นสะท้อนเท่ากับ 80% ลูเมนที่สะท้อนทั้งหมดจะเข้าไปยังโซน 0° ถึง 60° จงหา ลูเมนรวมในโซน 0° ถึง 60° และหาค่าความเข้มการส่องสว่างเฉลี่ยของบีม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูป A
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ เมื่อ I คงที่ พิจารณาบริเวณจาก 60° ถึง 180° เป็นโซนเดียวและใช้สมการ 2.32 จะได้

$$\begin{aligned}\phi_{60 \rightarrow 180} &= 2\pi 1000(\cos 60 - \cos 180) \\ &= 2000\pi(0.5+1) = 3000\pi \text{ lm.}\end{aligned}$$

จากลูเมนทั้งหมด จะมีลูเมนที่สะท้อนกลับไปเข้าโซน 0° ถึง 60° เพียง 80% เท่านั้น ดังนั้น

$$\phi_{refl} = 0.8(3000\pi) = 2400\pi \text{ lm.}$$

จะเห็นว่า สามารถหาลูเมนที่เดินทางจากโคมไฟไปยังโซน 0° ถึง 60° จาก

$$\begin{aligned}\phi_{0 \rightarrow 60} &= 2\pi 1000(\cos 0 - \cos 60) \\ &= 2000\pi(1-0.5) = 1000\pi \text{ lm.}\end{aligned}$$

ดังนั้น ลูเมนรวมในบีม 0° ถึง 60° คือ

$$\phi_{beam} = 2400\pi + 1000\pi = 3400\pi \text{ lm.}$$

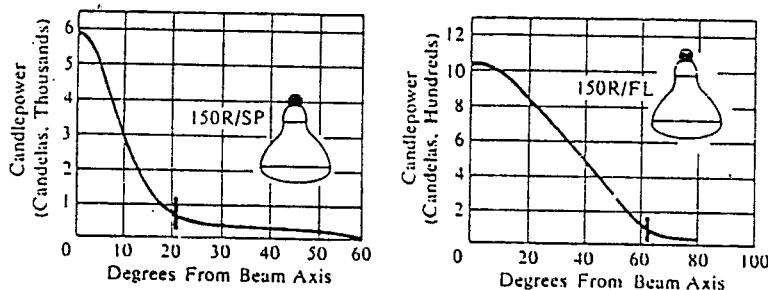
ในการหาความเข้มการส่องสว่างของบีม เราจะแทน $\phi_{\theta_1 \rightarrow \theta_2}$ ด้วย ϕ_{beam} ในสมการ 2.5.2 แล้วจึงหา I_{beam} ออกมา

$$\begin{aligned}3400 &= 2\pi I_{beam} (\cos 0^\circ - \cos 60^\circ) \\ I_{beam} &= 3400 \text{ cd}\end{aligned}$$

สังเกตได้ว่า การใช้แผ่นสะท้อนแสงจะเปลี่ยน แหล่งกำเนิดที่มีความเข้มการส่องสว่าง 1000 cd และมีการกระจายความเข้มสม่ำเสมอทุกทิศทาง ไปเป็นแหล่งกำเนิดที่มีความเข้มการส่องสว่างของบีม 3400 cd และมีการกระจายทำมุม 120° (60° จากแต่ละข้างของ center line) เท่านั้น แสดงว่าจะไม่มีการกระจายความเข้มในทิศทางอื่น ๆ นอกบีมนั้น

จากหลักการดังกล่าว เป็นหลักการของดวงโคมแบบ spot และ flood , auto headlights , searchlights และ projection lamps

ข้อมูลความเข้มการส่องสว่าง ไม่จำเป็นต้องแสดงบนโพลาร์ไดอะแกรมเท่านั้น สำหรับดวงโคมที่เป็นแบบ directed beam จะนิยมพล็อตความเข้มการส่องสว่างบน Rectangular ไดอะแกรม ดังรูปที่ 2.5.5

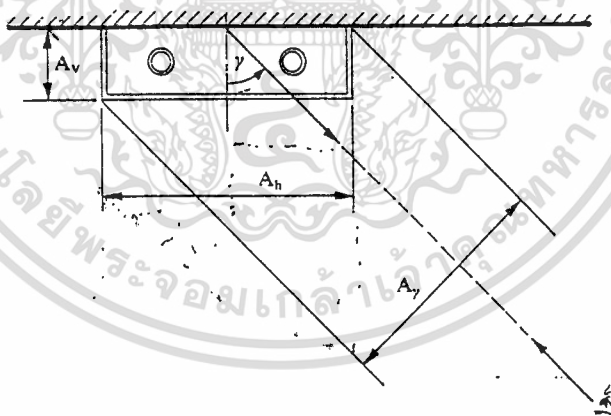


ซึ่งแสดงดวงโคม 4 หลอด แบบ 150-W PAR และ R โดย PAR หมายถึง Parabolic Aluminized Reflector ดวงโคมเหล่านี้มีโครงสร้างที่เป็น heat-resistant glass สองชั้น , ชั้นแรกเป็น parabolic reflector และอีกชั้นเป็น เลนส์ ส่วน ดวงโคมแบบ R ประกอบด้วย blown glass bulb ที่เป็นแผ่นสะท้อนแบบพาราโบลาเพียง 1 ชั้น ดวงโคมทั้ง 2 แบบ ถูกใช้อย่างแพร่หลาย และใช้สำหรับการกระจายแสงทั้งแบบ spot และ flood ซึ่งต่อมาได้ พัฒนามาเป็นมาตรฐานของการแผ่ลำแสง หรือ beam spread ซึ่งเป็นมาตรฐานตาม NEMA (The National Electrical Manufacturers Association) โดยนิยามไว้ว่า คือ มุมระหว่าง 10% ของค่าความเข้มของการส่องสว่างสูงสุด

2.6 การออกแบบแสงสว่างภายใน

หลักในการออกแบบอย่างแรกก็คือ การลดแสงจ้าระคายตา (Discomfort glare) ทั้งนี้เพราะแสงที่มากจากหลอดได้และเข้าสู่สายตาราโดยตรงจะเกิดการระคายตา ซึ่งวิธีการออกแบบเพื่อหลีกเลี่ยงแสงจ้าจะมีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ในที่นี่จะขอกล่าวคือ วิธี Luminance Curve System ซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. คำนวณหาค่าความสว่างของดวงโคมที่ใช้งานติดตั้งที่มุมวิกฤต γ ระหว่าง 45° และ 85° โดยจะสามารถ คำนวณหาได้จากรูปที่ 2.6.1



รูปที่ 2.6.1 แสดงวิธีการหาความส่องสว่างของดวงโคมที่มุม γ

โดยค่าความส่องสว่างของดวงโคม เมื่อมีมุมสังเกตเป็น γ จะมีค่า L_γ

$$L_\gamma = \frac{L_f}{A_\gamma}$$

โดยที่ L_γ = ความเข้มส่องสว่างที่มุม γ

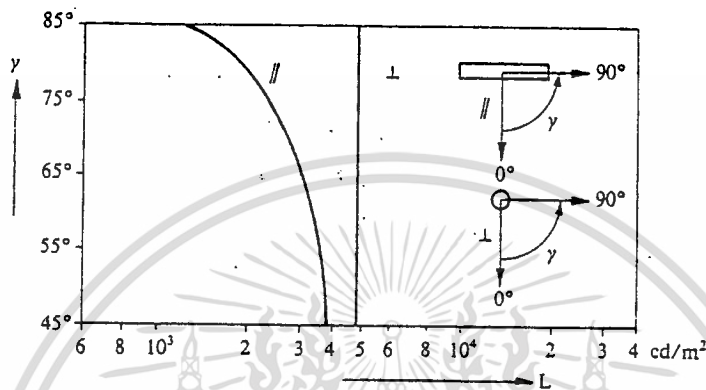
A_γ = พื้นที่ปรากฏของดวงโคมที่มุม γ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6.1 จะได้ว่า

$$A_{\gamma} = A_h \cos \gamma + A_v \sin \gamma \approx A_h \cos \gamma$$

ในกรณีที่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์เปลือย ทิศทางการมองอยู่บนเพดานที่ผ่านแกนหลอดไฟ จะพบว่าความส่องสว่างเฉลี่ยมีค่าลดลง เมื่อมุม γ เข้าใกล้ 90° และมองในทิศทางขนานกับหลอด (คือ แนวทางการมองขนานกับแนวความยาวหลอด) จะพิจารณาได้จากรูปที่ 2.6.2



รูปที่ 2.6.2 การกระจายความส่องสว่างในทิศทางขนาน และ ตั้งฉาก กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เปลือย

จะได้ความส่องสว่างเฉลี่ย (L_{av}) มีค่า

$$L_{av} = L \cos^{0.5} \gamma$$

2. หาควอลิตีคลาสดและความเข้มแสงที่ใช้งาน
3. เลือกกราฟว่าต้องการ โคอะแกรมใด หลังจากนั้นจะได้คลาสดโคอะแกรม
4. ใส่กราฟความส่องสว่างของดวง โคมจากข้อที่ 1 ลงในข้อที่ 3 ซึ่งกราฟความส่องสว่างของดวง โคมอาจจะมีจากผู้ผลิตดวง โคมก็ได้ กราฟความส่องสว่างนี้อาจจะมี 2 กราฟก็ได้ โดยกราฟเส้นหนึ่งเป็นการกระจายในแนวขวาง อีกเส้นเป็นการกระจายในแนวยาวกับหลอด
5. หามุมวิกฤต γ สูงสุด ที่จะพิจารณา

$$\tan \gamma = a/h_s$$

โดยการหาแนวยาวและแนวขวางของโคม

a เป็นระยะทางตามแนวสายตาจาก โคมตัวสุดท้ายต่อผู้สังเกตที่อยู่อีกด้านของห้อง

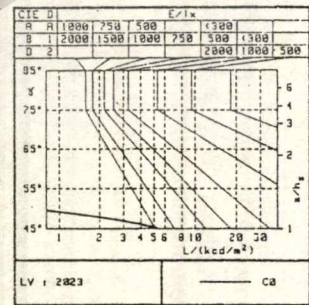
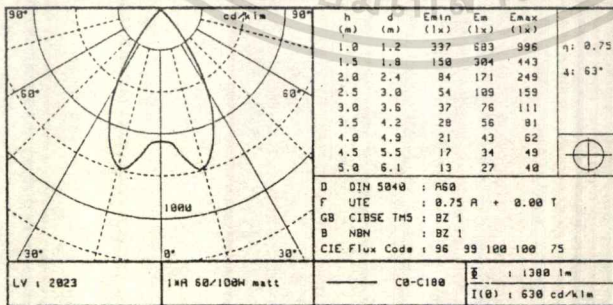
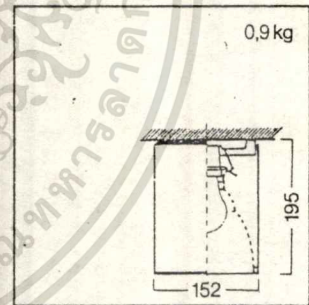
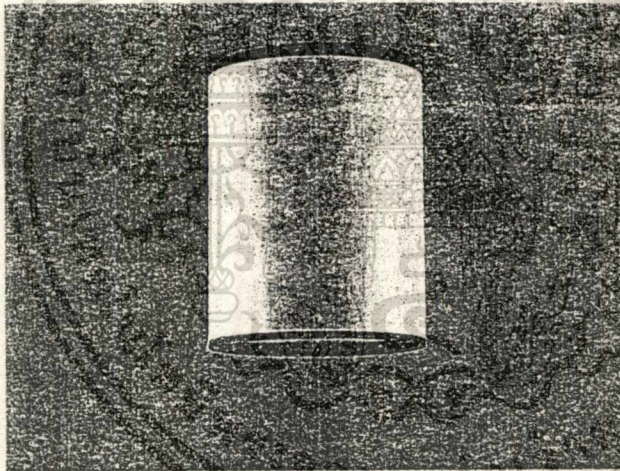
6. นำค่า γ ไปใส่ในข้อ 4 ส่วนของมุมในกราฟที่มากกว่า 85° ไม่ต้องพิจารณา
7. กราฟความส่องสว่างของโคมที่พล็อตลงไป ตกอยู่ทางซ้ายของกราฟลูมิแนนซ์ แสดงว่าใช้งานได้ที่ขนาดความเข้มแสงและควอลิตีคลาสดของโคมนี้ๆ ตัวอย่างเช่น โคมในรูปที่ 2.6.3

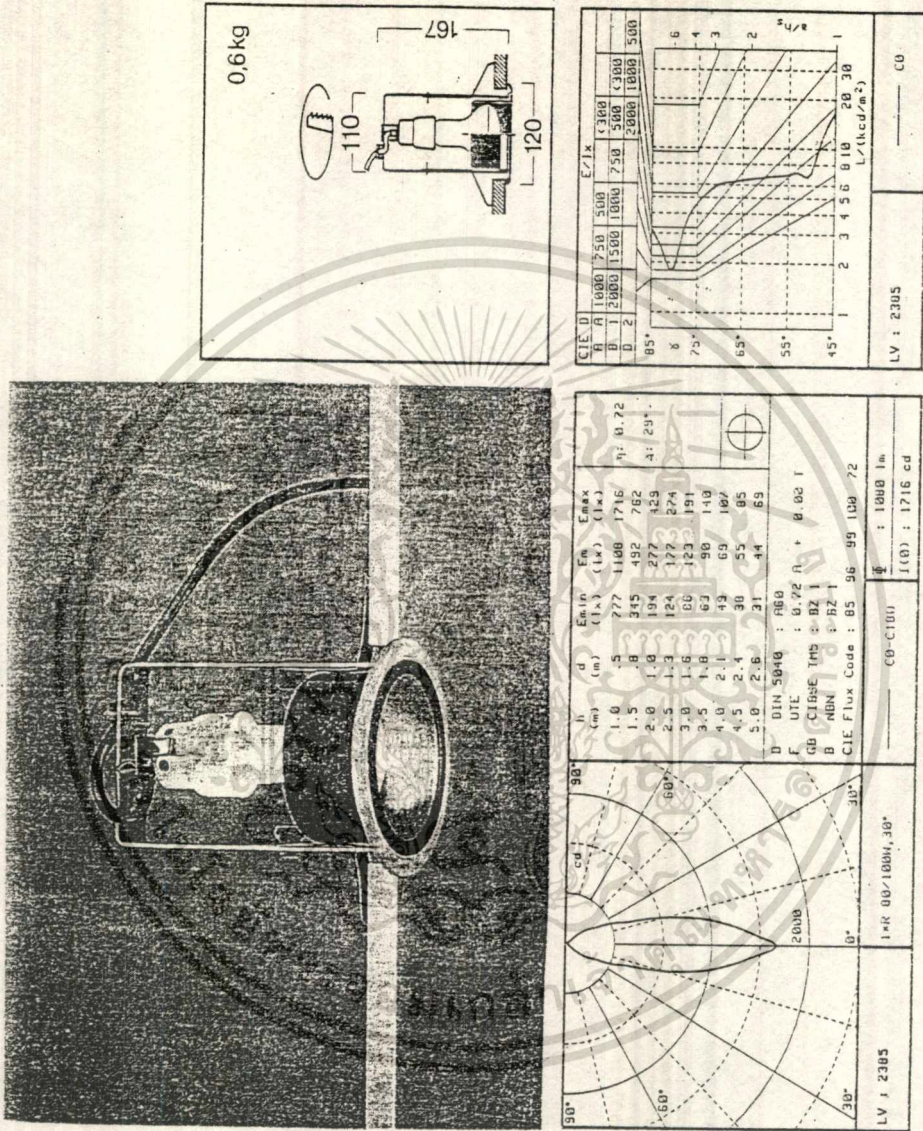
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6.3 รูปที่ 2.6.3(ก) ใช้ได้กับงานที่ต้องการแสงจ้าบ้าง (Class A) โดยความเข้มแสงไม่เกิน 1000 ลักซ์ รูปที่ 2.6.3(ข) ใช้ได้กับงานที่ต้องการแสงจ้าน้อย (Class A) โดยความเข้มแสงน้อยกว่า 300 ลักซ์ และใช้กับงานที่มีแสงจ้าบ้าง (Class D) โดยความเข้มแสงไม่เกิน 2000 ลักซ์ ในรูปที่ 2.6.4(ค) ใช้ได้กับงานที่ต้องการแสงจ้าพอสมควร (Class B) โดยความเข้มแสงน้อยกว่า 300 ลักซ์ หรืออาจใช้กับงานที่ต้องการแสงจ้าน้อย (Class A) โดยความเข้มแสงไม่เกิน 500 ลักซ์ ได้ แต่ขนาดของห้องต้องมีขนาด $\frac{a}{h} < 1.2$

ในกรณีที่รูปกราฟอยู่ด้านขวา แสดงว่าควรจะแก้ไขเพื่อเหมาะสมกับการใช้งานโดยจะ

- เปลี่ยนชนิดของดวงโคม โดยเลือกใช้ดวงโคมที่สามารถจำกัดแสงจ้าได้
- เปลี่ยนตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมใหม่





รูปที่ 2.6.3 (ค) ตัวอย่างการพิจารณาความส่องสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การหาค่าความเข้มแสงเฉลี่ย

ในการคำนวณความเข้มแสง มักต้องการให้ความเข้มแสงเป็นไปในลักษณะยูนิฟอร์ม ความเข้มแสงที่เกิดขึ้นจากหลอดไฟ อาจจะมีค่าตั้งแต่ดีที่สุดจนถึงค่าที่ยอมรับไม่ได้ เช่น อาจมีค่าตั้งแต่ 3000 lux ลงมาถึง 100 lux และน้อยกว่า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนและชนิดของหลอด จึงทำให้ IES กำหนดค่าที่ต่ำสุดไว้ในการทำงาน นั่นคือ ที่ค่าความเข้มแสง 300 lux ถือว่าเป็นค่าต่ำสุดของการทำงาน

ถ้ากำหนดให้ E คือ ค่าความเข้มแสง

E_{av} คือ ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย

$E_{av} =$ แสงที่มากกระทบ/พื้นที่

ตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization Factor: UF) ตัวประกอบการใช้ประโยชน์หรือ UF จะเป็นอัตราส่วนของฟลักซ์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวใช้งานต่อฟลักซ์ที่ติดตั้ง

$$UF = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบบนพื้นผิวที่ใช้งาน}}{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}$$

$$= \frac{\text{ความเข้มแสง} \times \text{พื้นที่}}{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}$$

นอกจากนี้ยังต้องนำค่าตัวประกอบบำรุงรักษา (Maintenance Factor : MF) โดยปกติจะมีค่าประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จะได้

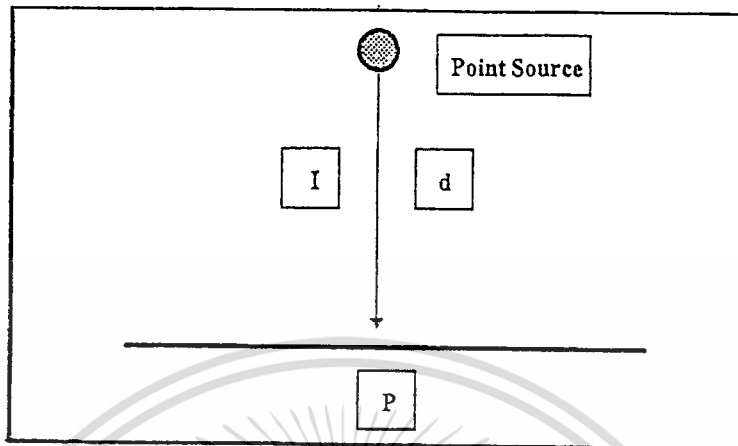
$$E = \frac{UF \times \text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}{\text{พื้นที่}} \times MF$$

2. การคำนวณแบบจุดต่อจุด (Point by Point Calculation)

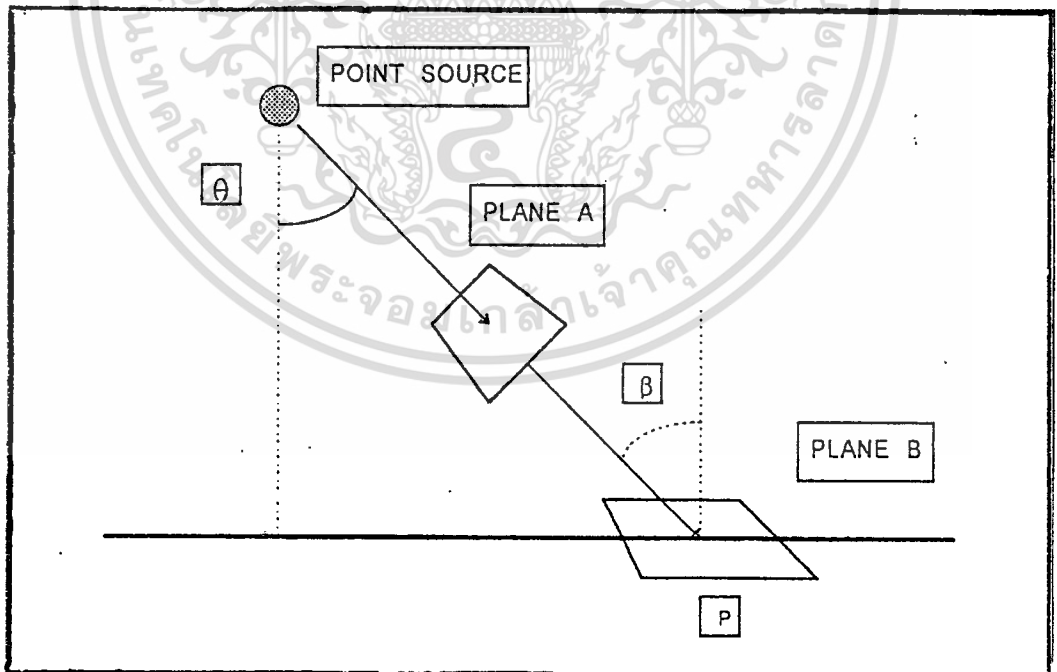
เป็นวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มแสง (Illuminance ; E) แบบพื้นฐานที่เป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป เพราะง่ายต่อการคำนวณ และง่ายต่อการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณเพราะขั้นตอนการคำนวณและวิธีคิดไม่ยุ่งยากซับซ้อน

โดยมีเงื่อนไข 2 ประการที่ต้องกำหนดก่อนการคำนวณคือ

1. กำหนดให้แหล่งกำเนิดแสงเป็นแบบจุด (Point Source)
2. กำหนดให้แหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสง ไปยังพื้นผิว



รูปที่ 2.6.4 แสดงการคำนวณแบบจุดต่อจุดอย่างง่าย



รูปที่ 2.6.5 แสดงการหาค่าความเข้มแสงที่จุดใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าจากรูป 2.6.4 เราสามารถหาค่าของความเข้มแสงได้จากสูตร

$$E = I / d^2$$

เมื่อ E คือ ค่าความเข้มแสง (Illuminance) ณ จุดใดๆ บนพื้นผิวที่ต้องการ
มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) หรือ ฟุตแคนเดิล (Foot-Candle)

I คือ ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity) จากแหล่งกำเนิดแสง
มีหน่วยเป็น (Candela)

d คือ ระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสง ถึง พื้นผิวที่ต้องการ หน่วย (meter)

ในกรณีที่ต้องการหาค่าความเข้มแสง ณ จุดใดๆ ก็จะเป็นดังรูปที่ 2.6.5

จากรูปพบว่า พื้นที่ระนาบ $B =$ พื้นที่ระนาบ $A \times \cos\beta$
นั่นคือ

$$E = I \times \cos\beta / d^2$$

และเราพบอีกว่า

$$H = d \times \cos\theta$$

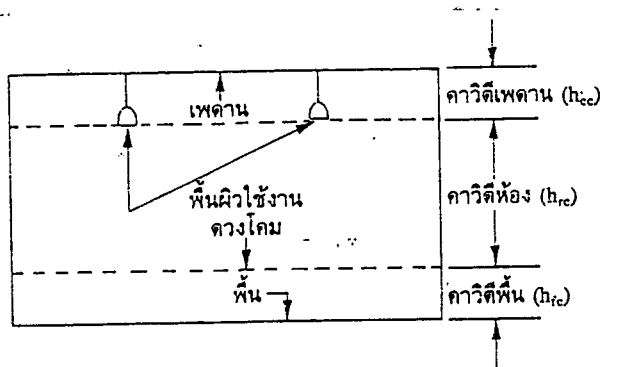
แทนค่าแล้วพบว่าจะได้สูตรที่ใช้ในการคำนวณจริงๆ คือ

$$E = I \cos^3\theta / H^2$$

เมื่อ H เป็นระยะทางตั้งฉากจากแหล่งกำเนิดแสง ไปหาพื้นผิวระนาบที่ต้องการ

3. การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตี

การคำนวณโดยวิธีโซนอลคาวิตีโดยตามมาตรฐาน IES ของอเมริกาจะเป็นความหมายของ
โซนอลคาวิตีที่ใช้ ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่างมาจากการแบ่งห้องใดๆ ที่ต้องการจะ
ออกแบบออกเป็นสามส่วนหรือสามโซนคาวิตี (zone cavity) ด้วยกัน ดังรูปที่ 2.6.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.6.6 แสดงหลักการของการแบ่งโซนคาวิตี
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุผลเบื้องหลังเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ส่วนหนึ่งจะเรียกว่า *คาวิตีเพดาน* (ceiling cavity) ส่วนนี้หมายถึงบริเวณนับตั้งแต่เพดานลงมาจนถึงระดับของดวงโคม (Luminaire plane) ความสูงของระยะนี้เราเรียกว่าความสูงของคาวิตีเพดาน (ceiling cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{cc}

ส่วนที่สองจะเรียกว่า *คาวิตีห้อง* (room cavity) คือส่วนที่อยู่จากระดับของดวงโคมลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง และเรียกความสูงของระยะนี้ว่าความสูงของคาวิตีพื้น (floor cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{fc}

หลังจากที่แบ่งคาวิตีแล้วก็จะสามารถ จำแนกขั้นตอนของการคำนวณได้ดังต่อไปนี้คือ

- ขั้นตอนที่ 1 หาค่าอัตราส่วนคาวิตี
- ขั้นตอนที่ 2 หาค่าการสะท้อนของคาวิตี
- ขั้นตอนที่ 3 เลือกค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน โดยอาศัยข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2
- ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาจำนวนดวงโคมหรือระดับของความสว่าง โดยใช้สูตรพื้นฐานในวิธีการลูเมน (Lumen method)

ขั้นตอนที่ 1

การคำนวณหาค่าอัตราส่วนคาวิตี หาได้จาก

$$\text{RCR (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของห้อง)} = \frac{5h_{rc}(L+W)}{LW}$$

$$\text{FCR (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของพื้น)} = \frac{5h_{fc}(L+W)}{LW}$$

$$\text{CCR (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของเพดาน)} = \frac{5h_{cc}(L+W)}{LW}$$

ในกรณีที่ดวงโคมติดตั้งที่เพดานหรือฝังในเพดาน CCR จะมีค่าเท่ากับ 0 และในกรณีที่พื้นผิวใช้งานกับพื้นห้องเป็นอันเดียวกัน จะได้ว่า

$$\text{FCR} = 0$$

โดยที่ L คือ ความยาวของห้องที่ออกแบบ

 W คือ ความกว้างของห้องที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง ห้องที่มีขนาดกว้าง 20 ฟุต ยาว 100 ฟุต สูง 15 ฟุต ดวงโคมถูกแขวนต่ำลงจากเพดาน 2 ฟุต และโต๊ะทำงานอยู่สูงจากพื้น 3 ฟุต จะได้

วิธีทำ

$$h_{cc} = 2$$

$$h_{rc} = 10$$

$$h_{fc} = 3$$

$$\therefore RCR = \frac{5(10)(100+20)}{100 \times 20} = 3.0$$

$$FCR = \frac{5(3)(100+20)}{100 \times 20} = 0.9$$

$$CCR = \frac{5(2)(100+20)}{100 \times 20} = 0.6$$

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนนี้จะขั้นตอนทำการหาค่าการสะท้อนเสมือน โดยจะเป็นค่าที่สมมติขึ้นมาเพื่อจะใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะต้องมีค่าการสะท้อนเสมือน โดยจะเป็นค่าที่สมมติขึ้นมาเพื่อจะใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะต้องมีค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น เนื่องจากว่าในการคำนวณนั้น จะหาค่าใช้งานจริงๆ ของการสะท้อนของห้องนั้นจะทำได้ยาก จึงได้ กำหนดขึ้นมาว่ากรณีที่เป็นของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น จะใช้ค่าการสะท้อนเท่ากับ 80,50 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังนั้นจึงพอที่จะกล่าวได้ว่า ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน หมายถึง ผลรวมของการสะท้อนจริง ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าควิตีขึ้นมา กับค่าการสะท้อนจริง ซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าควิตีขึ้นมา กับค่าการสะท้อนที่สมมติขึ้น ณ ผิวของควิตีนั้น

โดยที่ ρ_{cc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน

ρ_{rw} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของฝ้าผนัง

ρ_{fc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น

ในตารางที่ 2.6.1 จะเป็นการแสดงค่าของการสะท้อนเสมือนของเพดาน

ตารางที่ 2.6.1 percent effective ceiling or floor cavity reflectances for various reflectances combination

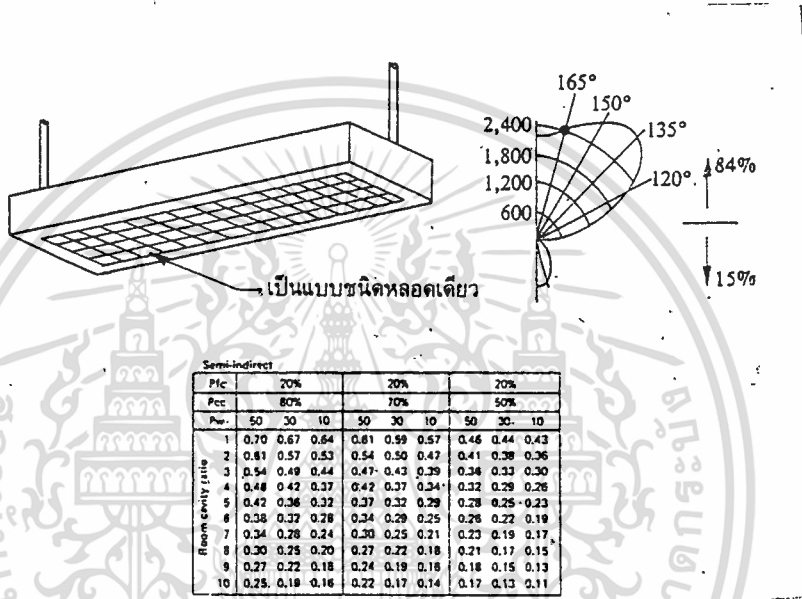
Per Cent Base Reflectance	60					70					80																				
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
Cavity Ratio	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	
0.2	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
0.4	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
0.6	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
0.8	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
1.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
1.2	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
1.4	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
1.6	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
1.8	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
2.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
2.2	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
2.4	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
2.6	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
2.8	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
3.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
3.2	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
3.4	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
3.6	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
3.8	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
4.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
4.2	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
4.4	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
4.6	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
4.8	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
5.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
6.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
7.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
8.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
9.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30
10.0	60	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30

*Ceiling, floor, or finish of cavity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 จากขั้นตอนที่ 2 ทำให้ทราบค่าการสะท้อนของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการคำนวณออกแบบ แต่โดยส่วนมากแล้วจะพิจารณาค่าการสะท้อนของเพดาน และพื้นเป็นหลักใหญ่ๆ กว้างๆ ส่วนการสะท้อนของฝ้าผนังนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่าต่าง ๆ หลังจากนั้นก็ทำการคำนวณหาค่า RCR ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน (CU)

โดยปกติทั่วไปแล้วบริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีตารางสำเร็จรูปของสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคม แต่ละชนิดมาให้ ซึ่งจะสามารถแสดงดังตัวอย่างได้ใน รูปที่ 2.6.7



รูปที่ 2.6.7 แสดงตัวอย่างของ CU ของดวงโคมชนิดหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 จากขั้นตอนที่ 3 การหาค่า CU ถ้ายึดถือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยมาจากตาราง CU ที่ผู้ผลิตดวงโคมแสดง) ในกรณีที่มีข้อมูลที่หาค่า CU เพื่อไปสู่ค่าการสะท้อนของพื้นมีความแตกต่าง 20 เปอร์เซ็นต์ จะต้องมาทำการปรับค่า CU เพื่อไปสู่ค่าการสะท้อนของพื้นที่ จะทำการคำนวณจริง ๆ โดยใช้ตัวคูณจากตารางที่ 2.6.2 ในกรณีที่ค่าตัวคูณไม่ทำให้ค่า CU เปลี่ยนแปลงเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วก็ไม่จำเป็นต้องนำค่าตัวคูณมาพิจารณา

ขั้นตอนที่ 5 ทำการคำนวณหาค่าที่ต้องการต่างๆ ทั้งหมด

ตารางที่ 2.6.2 multiplying factors for other than 20% effective floor cavity reflectance

% Effective Ceiling Cavity Reflectance, pcc	80%				70%				50%				30%				10%			
	70°	50°	30°	10°	70°	50°	30°	10°	50°	30°	10°	50°	30°	10°	50°	30°	10°			
% Wall Reflectance, pvc	70°	50°	30°	10°	70°	50°	30°	10°	50°	30°	10°	50°	30°	10°	50°	30°	10°			
For 30 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008			
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.066	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006			
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005			
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004			
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004			
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003			
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003			
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003			
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002			
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002			
For 10 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993			
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995			
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996			
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.986	.989	.991	.987	.992	.996			
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997			
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997			
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998			
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998			
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999			
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999			
For 0 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.915	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987			
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.947	.954	.963	.971	.978	.983	.991			
3	.882	.904	.915	.947	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993			
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994			
5	.903	.931	.954	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995			
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996			
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997			
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.999			
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.968	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998			
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7. การออกแบบแสงสว่างภายนอก

โดยทั่วไปการให้แสงสว่างภายนอกอาคารจะประกอบไปด้วยงานหลายๆ ประเภท เช่น การให้แสงสว่างพื้นที่เพื่อใช้เป็นสนามกีฬา สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ พื้นที่ทำงาน ลานจอดรถ พื้นที่เก็บกองวัสดุ ตลอดจนการให้แสงสว่างถนน ตัวอาคาร อนุสาวรีย์ และป้ายโฆษณาต่างๆ ซึ่งงานดังกล่าวนี้ มีข้อแตกต่างอยู่ตรงที่งานลักษณะหนึ่งต้องการความสว่างในระนาบตั้ง แต่งานอีกประเภทหนึ่งต้องการความสว่างในระนาบนอน หรือระนาบเอียงๆ การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างของงานเหล่านี้ จึงใช้อุปกรณ์และวิธีการออกแบบแตกต่างจากงานประเภทอื่นๆ อย่างเด่นชัดจึงถูกแยกออกไปเป็นเรื่องเฉพาะของตัวเอง โดยทั่วไปแล้วการให้แสงสว่างภายนอกอาคารจะใช้โคมฉาย (Flood light) โดยให้โคมฉายแสงลงไปยังพื้นที่ที่ต้องการให้แสงสำหรับการคำนวณนั้นมีวิธีที่นิยมใช้กันอยู่สองวิธี คือ วิธีคำนวณแบบทีละจุด (Point by Point Method) และวิธีลูเมนลำแสง (Beam- Lumen Method) วิธีคำนวณแบบทีละจุดสามารถใช้หาค่าความเข้มแสง ณ จุดใดๆ ได้ ทำให้สามารถตรวจสอบความสม่ำเสมอของความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดทั้งพื้นที่ แต่ไม่สามารถระบุค่าความเข้มแสงสูงสุด ต่ำสุด และความสม่ำเสมอของความเข้มแสงได้

1. วิธีลูเมนลำแสง

สมการพื้นฐานของการคำนวณด้วยวิธีนี้ คือ

$$E = \frac{N \times BL \times CBU \times LLF}{A}$$

เมื่อ E = ความเข้มแสงเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาที่ใช้งาน (lux)

N = จำนวนโคมฉาย (ดวง)

BL = ลูเมนลำแสง (lumen)

CBU = สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ลำแสง (Coefficient of Beam Utilization)

LLF = แฟกเตอร์การสูญเสียของแสง (เป็นเลขทศนิยม)

A = พื้นที่ที่ต้องการให้แสง (ตารางเมตร)

โดยทั่วไปในการออกแบบโคมฉายพื้นที่เรามักจะเริ่มต้นด้วยการคำนวณหา จำนวนดวงโคมฉายที่ต้องการใช้ ดังนั้นอาจเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$N = \frac{E \times A}{BL \times CBO \times LLF}$$

จากสมการเราต้องทราบค่าต่างๆ ทั้งทราบค่าจึงจะสามารถหาจำนวนโคมไปส่องที่ต้องการใช้ได้ สำหรับค่าต่างๆ นั้นเราสามารถหาได้ดังนี้

1. พื้นที่ที่ต้องการให้แสง (A) เราจะทราบขนาดของพื้นที่ที่ได้จากการที่เรา กำหนดว่าจะให้แสงสว่างกับพื้นที่ใด มีรูปร่างอย่างไร ขนาดกว้างยาวแค่ไหน เช่น จะให้แสงสว่างสนามเทนนิส ก็จะทราบว่าพื้นที่ที่จะให้แสงนั้นโดยทั่วไปมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

2. ความเข้มแสงเฉลี่ย (E) สำหรับค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของงานภายนอกอาคารและกีฬาประเภทต่างๆ ได้ถูกกำหนดเป็นค่ามาตรฐานไว้แล้ว ซึ่งจะดูได้จากภาคผนวกด้านหลัง

3. ลูเมนลำแสง (BL) คือฟลักซ์ส่องสว่างที่อยู่ภายในลำแสงล้อมรอบด้วยเส้นไอโซแคนเดลา ที่เป็น 10% ของค่าความเข้มส่องสว่างของโคมฉาย หรือมีค่าเท่ากับค่าส่องสว่างของหลอดไฟคูณกับ Beam Efficiency ของโคมฉาย จากรูปที่ 2.7.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมฉายรูปหนึ่ง จะเห็นว่าลูเมนลำแสงมีค่าเท่ากับ 21,942 ลูเมน ซึ่งเป็นปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างที่ถูกล้อมรอบไว้ด้วยเส้นไอโซแคนเดลา 111,535 แคนเดลา หรือเท่ากับ 140,000 ลูเมน x 16% ค่าลูเมนลำแสงเราสามารถหาได้จากข้อมูลทางแสงโคมฉายที่เราเลือกใช้

4. สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ลำแสง (CBU) การหาค่า CBU ของโคมฉายนั้นทำได้โดยการกำหนด ตำแหน่งโคมฉาย กำหนดตำแหน่งจุดตั้งเทียบกับพื้นที่ที่ต้องการให้แสง จากการเขียนพื้นที่ที่ต้องการให้แสงลงบนข้อมูลทางแสงของโคมไฟแล้วคำนวณหาค่าปริมาณลูเมนที่ตกลงบนพื้นที่ที่ต้องการให้แสงจากโคมฉายโดยจากรูปที่ 2.7.2 พื้นที่ ABCD เป็นผนังอาคารแห่งหนึ่ง ติดตั้งโคมฉายไว้ที่จุด F และเส้นโคมไฟไปที่จุด O เราจะกำหนดการติดตั้งแบบนี้โคมฉายที่จุด F มีค่า CBU เท่าใด

ตัวอย่างในรูปที่ 2.7.1 ค่า CBU มีค่าเท่ากับ $15,305 / 18,790 = 0.814$ นั่นคือปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างในลำแสงจำนวน 18,790 ลูเมนของโคมไฟดวงนี้ จะถูกนำไปใช้ประโยชน์ 81.4 % คือมีฟลักซ์ส่องสว่างตกลงบนผนัง ABCD ของอาคารจำนวน 15,305 ลูเมน

ในการเลือกใช้โคมฉาย จึงต้องเลือกโคมฉายให้มีความกว้างของลำแสงเหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการให้แสงสว่างด้วย ถ้าเลือกโคมฉายที่มีลำแสงแคบมากเกินไปจะได้ค่า CBU สูง คือ ฟลักซ์ส่องสว่างในลำแสงจะตกลงบนพื้นที่ทั้งหมดหรือเกือบทั้งหมด แต่ถ้าไม่มีการจัดให้ลำแสงของโคมฉายที่สาดแสงลงไปบนพื้นที่เหลื่อมกันไว้ จะทำให้ความเข้มแสงไม่สม่ำเสมอ บางจุดจะสว่างมากแต่บางจุดจะมีมาก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้ามถ้าเลือกโคมฉายที่มีลำแสงกว้างมากเกินไปจะได้ค่า CBU ต่ำ นั่นคือ แสงส่วนใหญ่จะตกอยู่นอกพื้นที่ที่ต้องการให้แสงทำให้ระบบแสงสว่างมีประสิทธิภาพต่ำ และถ้าเป็นการให้แสงในสนามกีฬาอาจเกิดปัญหาเรื่องแสงแยงตาตามมาอีกด้วย ดังในรูปที่ 2.7.3

รูปที่ 2.7.4 และ 2.7.5 แสดงตัวอย่างการเลือกโคมไฟให้มีความกว้างของลำแสงเหมาะสมกับพื้นที่ จากรูปที่ 2.7.4 จะพบว่าถึงแม้จะเป็นการให้แสงสว่างบนพื้นที่เดียวกัน ถ้าตำแหน่งการติดตั้งโคมไฟแตกต่างกัน ตำแหน่งการติดตั้งของโคมไฟก็จะเป็นตัวกำหนดขนาดความกว้างของลำแสงของโคมฉายที่ใช้ สำหรับรูปที่ 2.7.5 จะเห็นว่า ถ้าเลือกใช้โคมฉายที่มีความกว้างของลำแสงเหมาะสมกับพื้นที่แล้ว เราสามารถลดจำนวนโคมไฟที่จะใช้ลงได้ ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ความเข้มแสงบนพื้นที่จะมีความสม่ำเสมอสูงกว่าด้วย

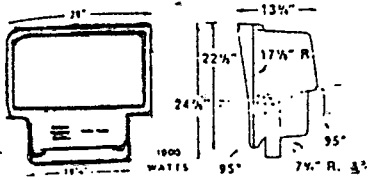
โดยทั่วไปค่า CBU ที่เหมาะสมของการออกแบบระบบแสงสว่าง โดยใช้โคมฉาย ควรจะอยู่ระหว่าง 0.75 ถึง 0.85

5. แฟกเตอร์การสูญเสียแสง (LLF) แฟกเตอร์การสูญเสียแสงจะเป็นคำกำหนดว่าเราต้องออกแบบเพื่อใช้มากน้อยเพียงใด ถ้าระบบแสงสว่างมีการสูญเสียแสงมากเราก็ต้องออกแบบเพื่อไว้มากเพื่อให้ความเข้มแสงมีค่าไม่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่แนะนำไว้ โดยทั่วไปแฟกเตอร์การสูญเสียแสงของระบบแสงสว่างนอกอาคาร จะประกอบด้วยการสูญเสียหลักสามตัว คือ การเสื่อมสภาพของหลอดไฟ (LLD : Lamp Lumen Depreciation) ตามอายุการใช้งาน, โคมไฟสกปรก (LDD : Luminaire Dirt Depreciation) เนื่องจากฝุ่นละอองและสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่ทั้งภายในและนอกโคมไฟ และผลของการเอียงหลอด (TCF : Tilt Correction Factor) ซึ่งแฟกเตอร์ตัวหลังนี้จะเกิดกับหลอดเมทัลฮาไลด์เท่านั้น หลอดไอปรอทความดันสูงก็มีบ้างแต่ไม่มากนัก

สำหรับ LDD นั้น ถ้าเป็นโคมแบบปิดผนึกและมีการกรองฝุ่น (En-closed filtered) จะใช้ค่า LDD 0.95 แต่ถ้าเป็นโคมแบบไม่มีการกรองฝุ่น (Unfiltered) จะใช้ค่า LDD 0.80

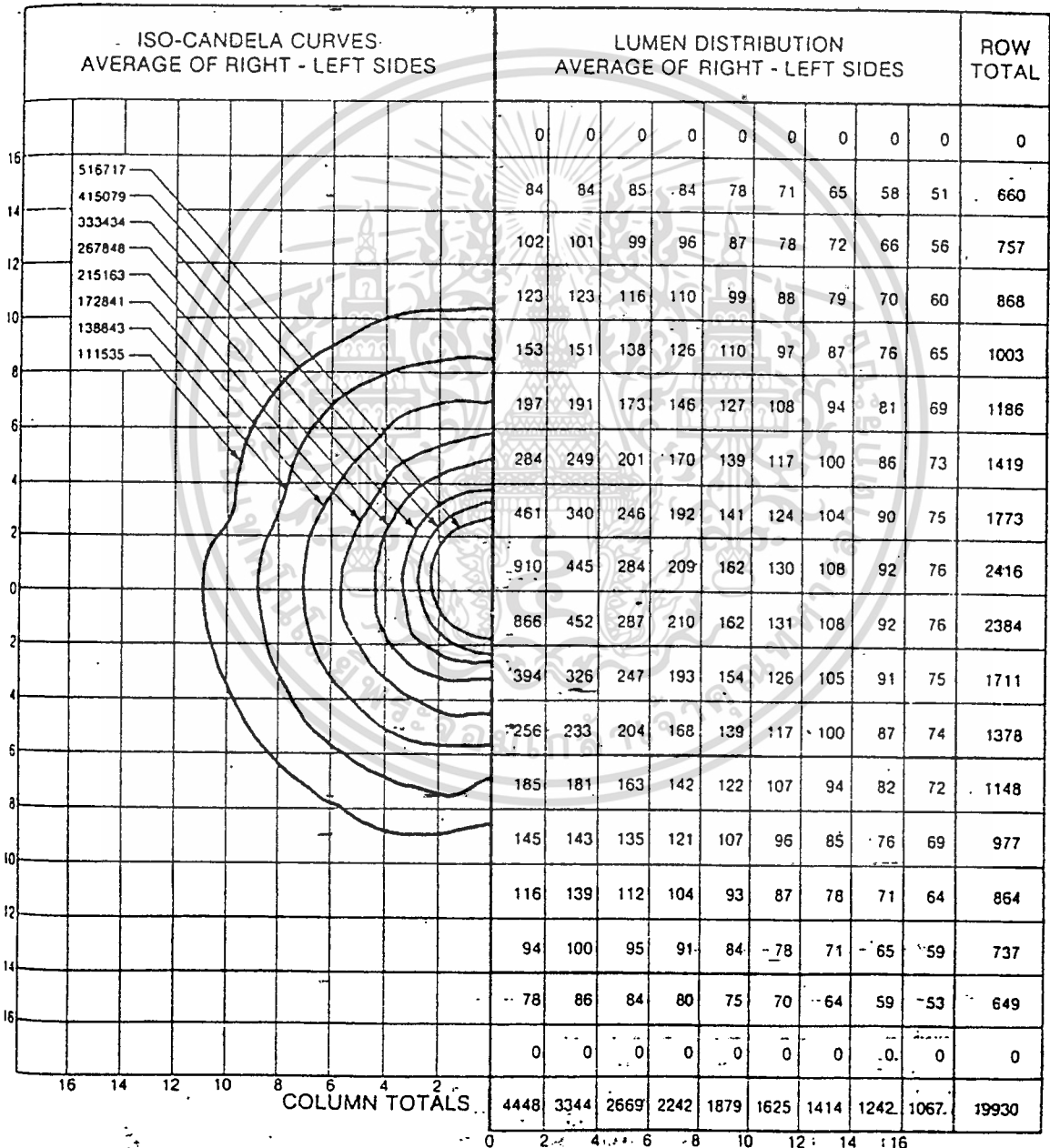
PHOTOMETRIC REPORT

SLX-1000S-X2X

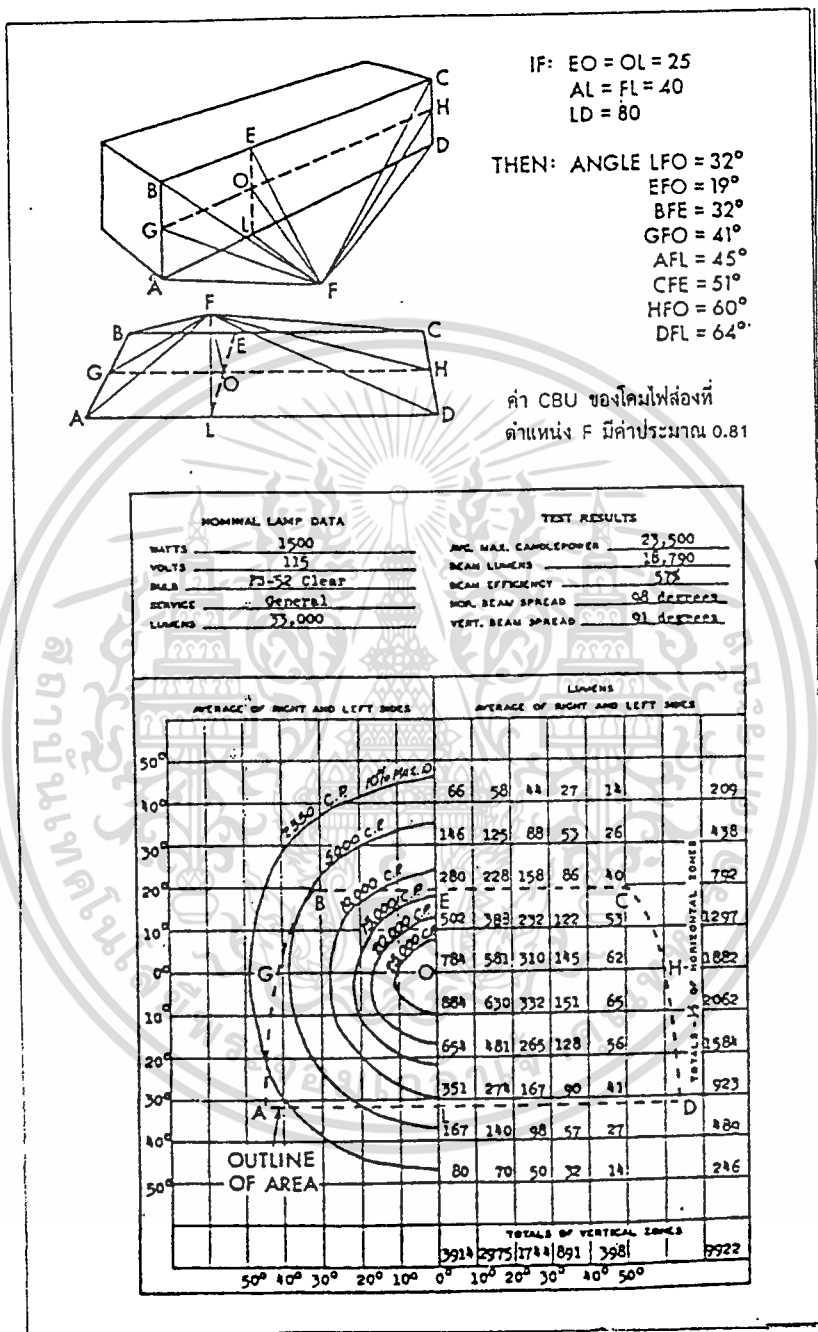


TEST NO HP-00961
 SOURCE HIGH PRESSURE SODIUM
 LAMP LU 1000
 WATTS 1000
 LCL 8.75
 LUMENS 140000
 APPROVED

IES/NEMA TYPE 2
 BEAM SPREAD HORIZONTAL 22°
 BEAM SPREAD VERTICAL 21°
 BEAM EFFICIENCY 16%
 BEAM LUMENS 21942
 MAX. BEAM CANDLEPOWER 1115353
 AVG. MAX. CANDLEPOWER 516714

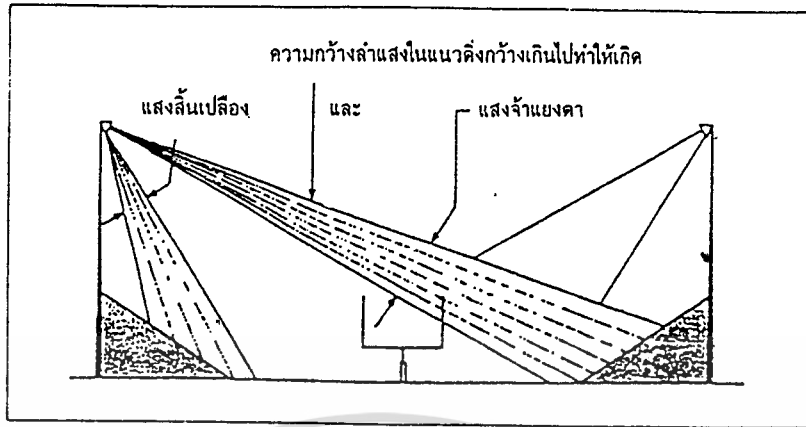


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังรูปที่ 2.7.1 ตัวอย่างข้อมูลทางแสงของโคมฉาย เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

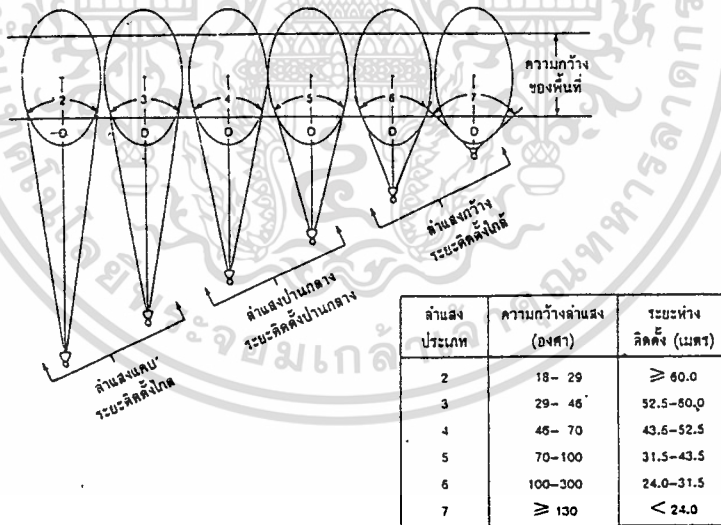


รูปที่ 2.7.2 การหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ลำแสงของโคมฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

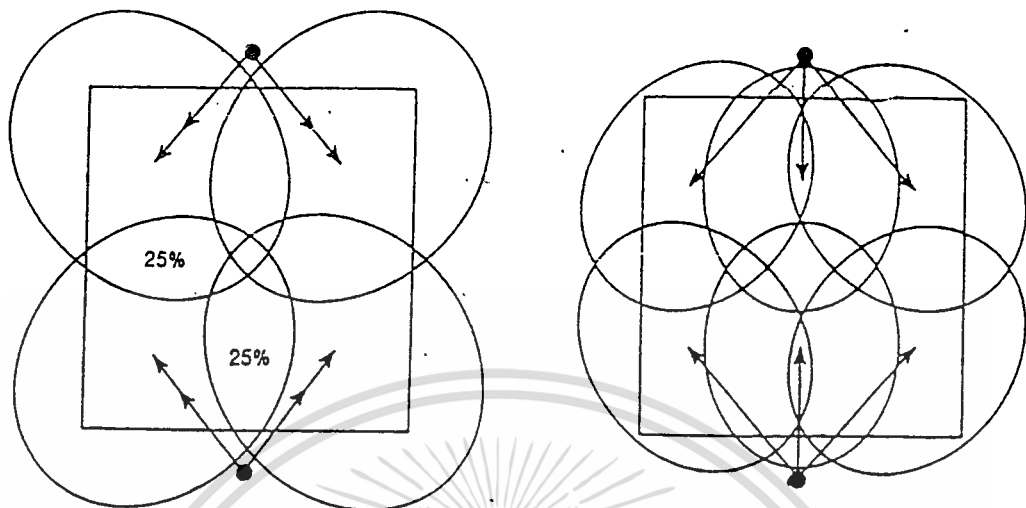


รูปที่ 2.7.3 โคมฉายที่มีลำแสงกว้างเกินไปจะทำให้เกิดการสั้นเปลือยแสงและมีแสงจําแนงคา



รูปที่ 2.7.4 การจัดประเภทความกว้างลำแสงตามระบบ IES/NEMA และระยะห่างติดตั้งยังผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) ใช้โคมไฟส่องลำแสงประเภท 6x7 ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 8 วัตต์ จำนวน 8 ชุด ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 30x30 ตารางเมตร ให้ค่าสัมประสิทธิ์การ ใช้ประโยชน์ ลำแสง 60 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าความสว่างเฉลี่ย 80 ลักซ์

(ข) ใช้โคมไฟส่องลำแสงประเภท 5x5 ขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 6 ชุด ครอบคลุมพื้นที่ขนาด 30x30 ตารางเมตร ให้ค่าสัมประสิทธิ์การ ใช้ประโยชน์ ลำแสง 85 เปอร์เซ็นต์ ได้ค่าความสว่างเฉลี่ย 78 ลักซ์

รูปที่ 2.7.5 ตำแหน่งของโคมฉายต้องซ้อนกันไม่ต่ำกว่า 50% เพื่อให้ความเข้มแสงมีความสม่ำเสมอ (การเลือกใช้โคมไฟส่องที่มีความกว้างที่เหมาะสมจะช่วยลดค่าใช้จ่ายโดยให้ค่าสัมประสิทธิ์สูง)

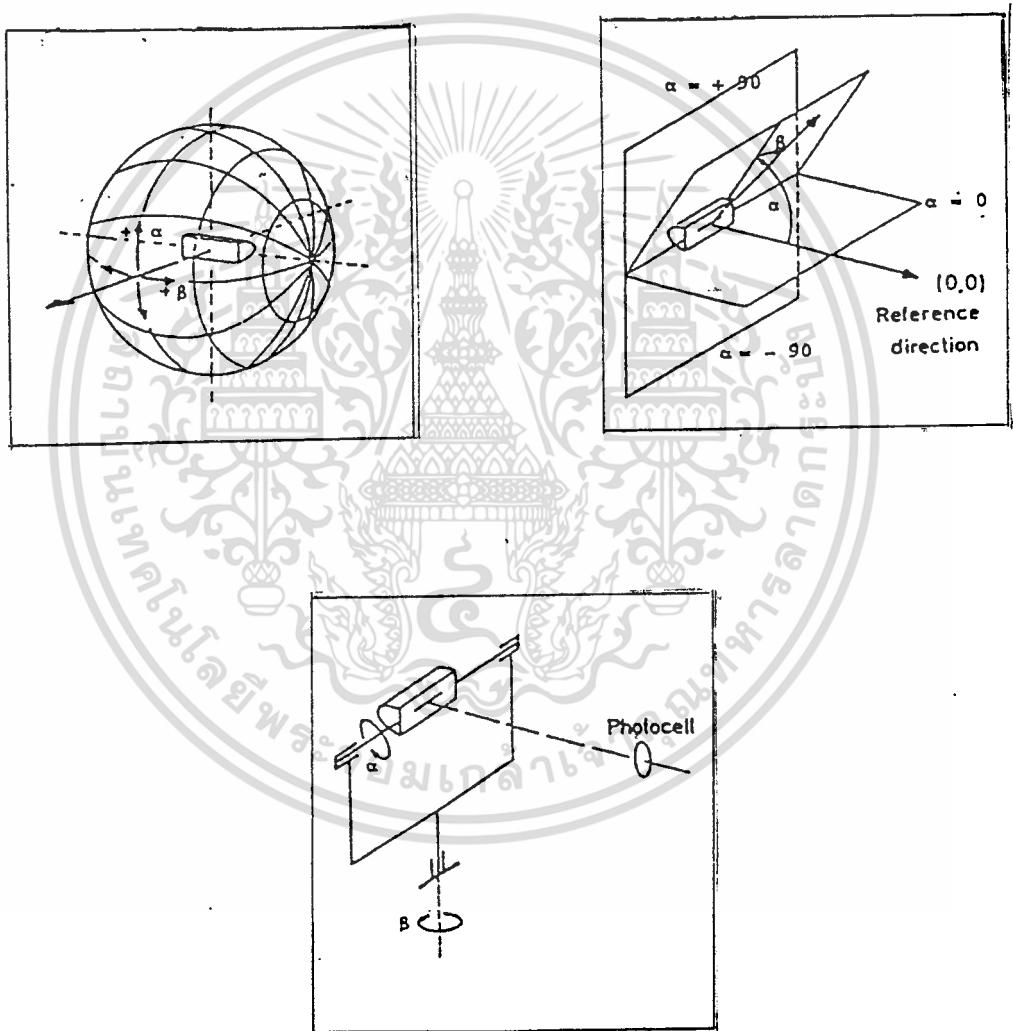
2. วิธี Point by Point

การคำนวณแบบที่ละจุด โดยใช้กฎกำลังสองผกผัน เป็นวิธีที่เสียเวลามากเพราะมีการคำนวณซ้ำๆ กันมาก อย่างไรก็ตาม ผลการคำนวณของวิธีนี้มีความแม่นยำสูงและสามารถตรวจสอบความสม่ำเสมอหรือค่าความเข้มแสง ณ จุดที่ต้องการได้ เพื่อให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องแม่นยำ และลดเวลาที่ใช้ในการคำนวณลงจึงมักจะนำคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งาน

การคำนวณค่าความเข้มแสงของสนามหรือพื้นระนาบเชิงใดๆ ที่ใช้การคำนวณแบบที่ละจุดจะอาศัยข้อมูลแสงทั้งสามตัว คือ การกระจายค่าความเข้มต่อสว่างของดวงโคม ฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟแสงสว่าง และความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิตของ ตำแหน่งของโคมไฟและจุดที่ต้องการคำนวณค่าความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแสดงข้อมูลของโคมไฟ ข้อมูลของโคมไฟประเภทโคมฉาย ส่วนใหญ่จะมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.7.1 นี้ ข้อมูลที่ถูกใช้ในการคำนวณ คือ ค่าฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟแสงสว่างและเส้นโค้งแคนเดลา (Iso-Candela Curves) แสดงลักษณะการกระจายค่าความส่องสว่างของโคมไฟ การวัดค่าความส่องสว่างโคมฉายจะวัดในระบบ α, β ดังแสดงในรูปที่ 2.7.6 การนำไปใช้งานจึงต้องเปลี่ยนเส้นโค้งไอโซแคนเดลาให้เป็นตัวเลขตามระบบที่ได้กำหนดไว้แล้วป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ต่อไป

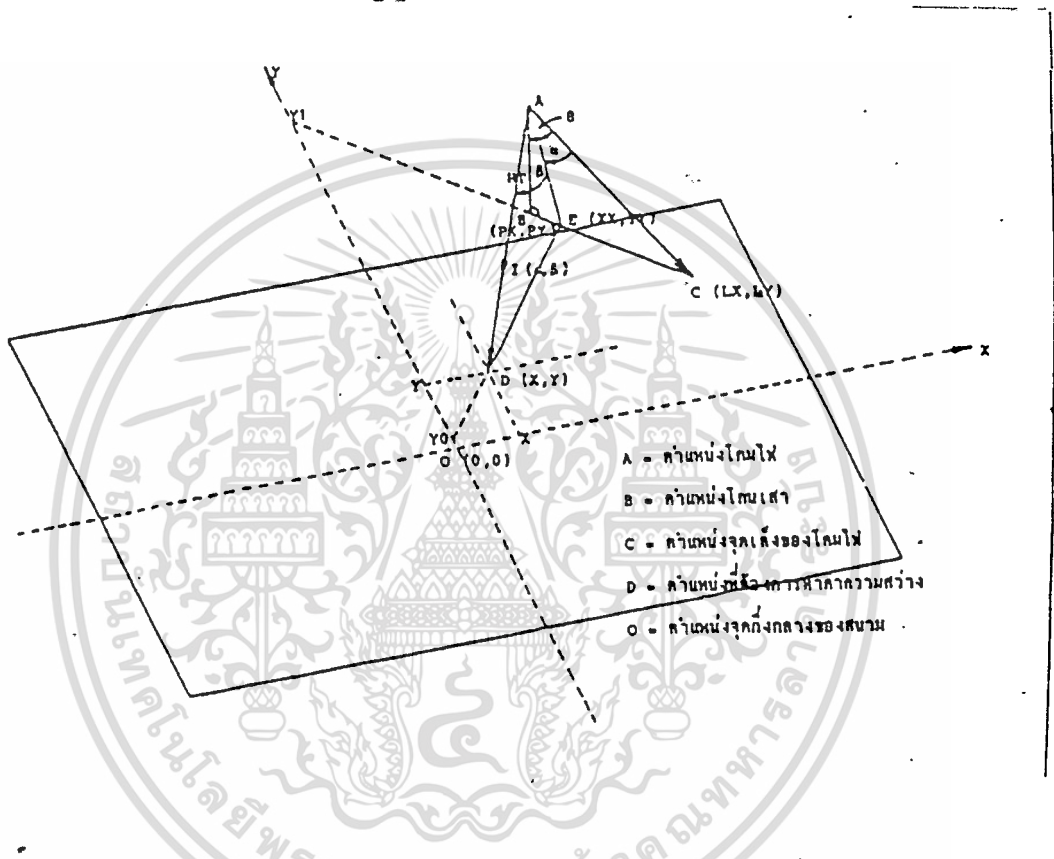


รูปที่ 2.7.6 ระบบที่ใช้ในการวัดค่าความเข้มส่องสว่างของโคมฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การคำนวณค่าความส่องสว่างบนพื้นระนาบ

การคำนวณค่าความส่องสว่าง ณ จุดใดๆ บนพื้นสนาม จะกระทำได้โดยพิจารณารูปที่ 2.7.7 จากตำแหน่งโคมไฟ (A) ตำแหน่งจุดเลี้ยงของโคมไฟ (C) และ ตำแหน่งที่ต้องการหาค่าความเข้มแสง (D) สามารถหาค่ามุม α และ มุม β ซึ่งเป็นมุมที่บอกให้ทราบค่าความเข้มส่องสว่างที่ตกกระทบ ณ จุดที่ต้องการหาค่าความส่องสว่าง



รูปที่ 2.7.7 ความสัมพันธ์เชิงเรขาคณิตของ ตำแหน่งโคมไฟจุดเลี้ยงและจุดที่ต้องการหาค่าความส่องสว่าง

จากรูปที่ 2.7.7 สมการของเส้นตรง BC ที่ต่อระหว่างโคมเสา B(PX,PY) กับจุดเลี้ยงของโคมไฟ C(LX,LY) คือ

$$Y = m.x + Y_1$$

$$\text{เมื่อ } m \text{ คือ ความชันของเส้นตรง} = \frac{LY - PY}{LX - PX}$$

$$Y_1 \text{ คือ จุดตัดบนแกน } Y = PY - m.PX$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการของเส้นตรง DE ที่ลากจากจุดที่ต้องการหาค่าความเข้มแสง ไปตั้งฉาก กับเส้นตรง BC ที่จุด E คือ

$$Y = -X.m + Y_0$$

เมื่อ Y_0 คือ จุดตัดบนแกน

$$Y = Y + X/m$$

ซึ่งจะหาค่า XX และ YY ของตำแหน่งจุดตัด E ได้ดังนี้

$$XX = \frac{m.(Y - PY) + m^2.PX + X}{m^2 + 1}$$

$$YY = m.XX + Y_1$$

เมื่อเราได้ตำแหน่งจุดตัด E แล้ว เราสามารถหาค่ามุมต่างๆ ได้ดังนี้

$$\text{มุม } \theta = \arctan(BC / AB)$$

$$\theta' = \arctan\left(\frac{\sqrt{(LX - PX)^2 + (LY - PY)^2}}{HT}\right)$$

$$\alpha = \theta - \arctan(BE / AB)$$

$$\alpha = \theta - \arctan\left(\frac{\sqrt{(XX - PX)^2 + (YY - PY)^2}}{HT}\right)$$

$$\beta = \arctan(DE / AE)$$

$$\beta = \left(\frac{\sqrt{(XX - X)^2 + (YY - Y^2)}}{(XX - PX)^2 + (YY - PY)^2 + HT^2}\right)$$

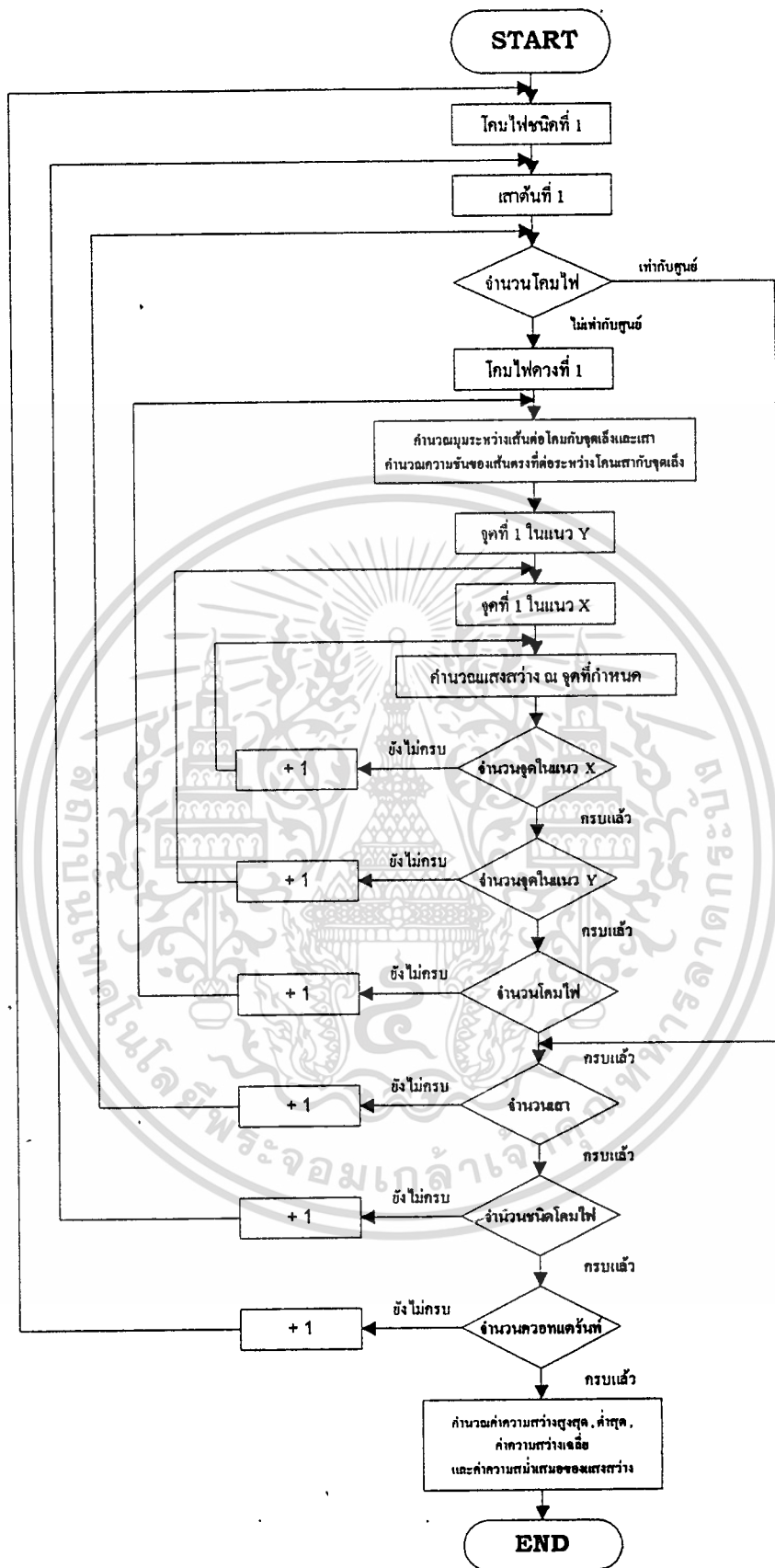
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้มุม α และ β ก็สามารถหาค่าความเข้มส่องสว่าง $I(\alpha, \beta)$ ได้ และสามารถหาค่าความเข้มแสงบนพื้นสนามที่จุด D ได้ ดังนี้

$$E = I(\alpha, \beta) \times AB/AD^3$$

$$E = I(\alpha, \beta) \times \frac{HI}{((X - PX)^2 + (Y - PY)^2 + HI^2)^{3/2}}$$

เมื่อ $I(\alpha, \beta)$ คือ ค่าความเข้มส่องสว่างที่มุม α, β การคำนวณค่าความเข้มแสงที่จุดใด จุดหนึ่งที่ต้องการจะต้องใช้สมการทั้งหมด ทำให้เสียเวลามากและเกิดความเบื่อหน่าย ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ เมื่อนำสมการทั้งหมดไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ก็จะได้ลักษณะของแผนภูมิการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.7.8 ซึ่งจะเห็นว่าเป็นการคำนวณแบบซ้ำ ๆ อยู่ตลอดเวลา ระยะเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ใช้ เช่น จำนวนจุดที่ต้องการหาค่าความส่อง จำนวนเสาที่ติดตั้งโคมไฟ จำนวนชนิดของโคมไฟที่ใช้ และจำนวนของโคมไฟ แต่ละชนิดที่ติดตั้งอยู่บนแต่ละต้น เป็นต้น



รูปที่ 2.7.8 ขั้นตอนการคำนวณค่าความสว่างตามวิธีการคำนวณแบบทีละจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

* (ค่าความเข้มการส่องสว่าง < Candela > ของมุมในแนวตั้ง θ ทั้งหมด ที่มุมระนาบแรก α_1

* (ค่าความเข้มการส่องสว่าง < Candela > ของมุมในแนวตั้ง θ ทั้งหมด ที่มุมระนาบที่ 2 α_2

#

#

#

* (ค่าความเข้มการส่องสว่าง < Candela > ของมุมในแนวตั้ง θ ทั้งหมด ที่มุมระนาบสุดท้าย α_n

- จากตารางจะเห็นว่ามีการใช้ * เป็นตัวที่จะบอกให้ทราบว่ามีการขึ้นบรรทัดใหม่ทุกครั้ง สำหรับการแยกค่าของมุม หรือ ค่าความเข้มการส่องสว่าง (แคนเดลา) ที่ได้แต่ละค่านั้นจะใช้การเว้นวรรคโดยการเคาะที่แป้น Space Bar 2 ครั้ง

- ที่เป็นภาษาไทยอยู่ในวงเล็บ () คือค่าที่จะต้องป้อนหรือได้จากการทดลอง

- ที่เป็นตัวพิมพ์ใหญ่ภาษาอังกฤษ คือ ค่าที่จะต้องป้อนตามนั้น

เพื่อความเข้าใจยิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่าง IES Files จริง ๆ ที่ชื่อ 182400HB.IES ดังรูป 2.8.1

```
400 W. HPS TEST FOR FLOOD LIGHT
(USE DPGONIO NEWEST VERSION 04/1997)
Lamp 1: REFERENCE HPS 400 W. (Test for floodlight)
Ballast SCHWABE 400 W.
Starter SCHWABE Z 400 M
Capacitor PLESSEY DUCON 25 uF (two parallel)
TILT=NONE
1 1000.0 1.0 21 21 2 2 0.310 0.000 0.350
1.00 1.00 445.0
```

ส่วนของรายละเอียด

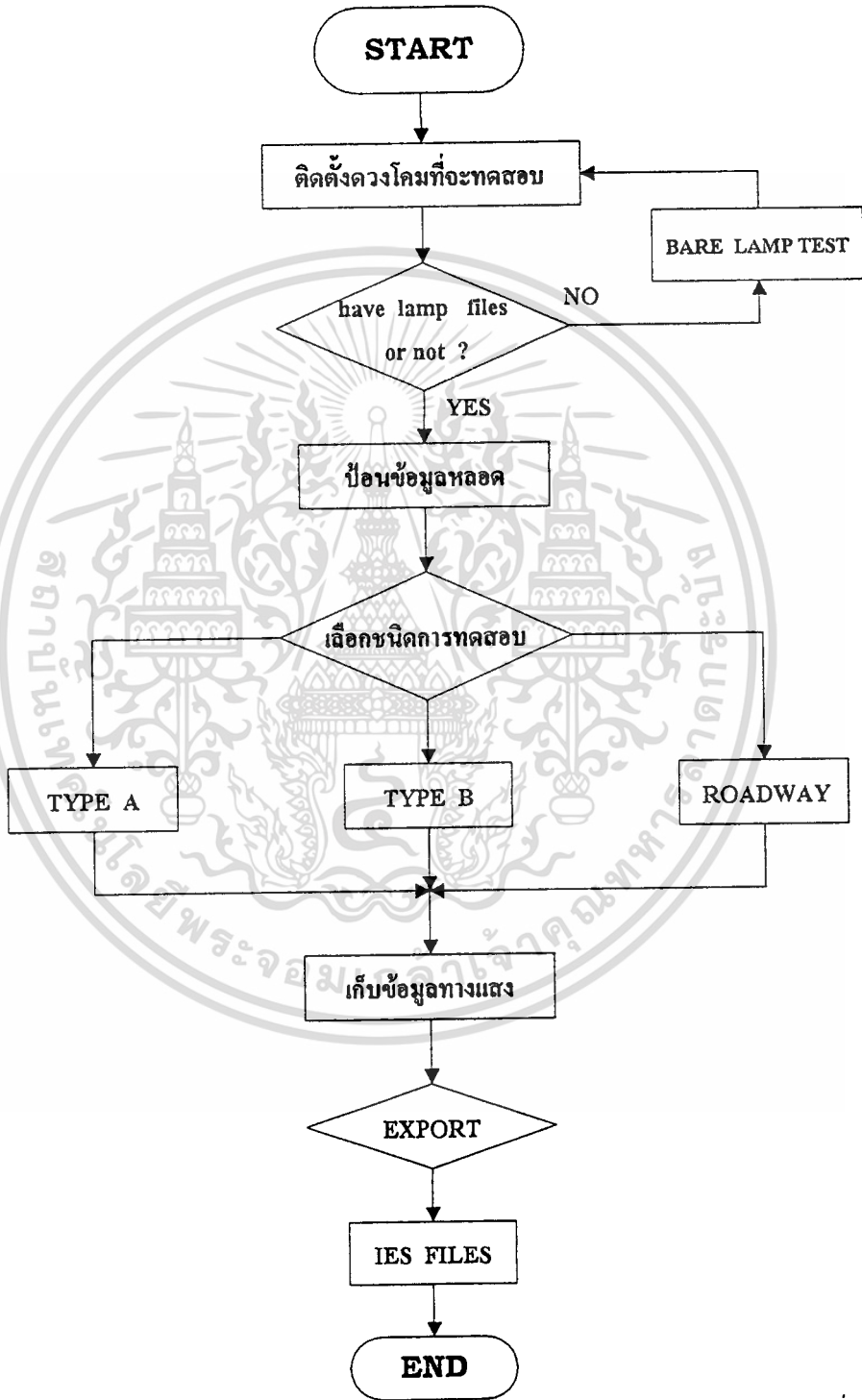
-76.0	-68.0	-60.0	-52.0	-44.0	-36.0	-28.0	-20.0
-12.0	-4.0	0.0	4.0	12.0	20.0	28.0	36.0
44.0	52.0	60.0	68.0	76.0			
-76.0	-68.0	-60.0	-52.0	-44.0	-36.0	-28.0	-20.0
-12.0	-4.0	0.0	4.0	12.0	20.0	28.0	36.0
44.0	52.0	60.0	68.0	76.0			
3.5	3.7	4.0	4.3	4.5	4.7	4.8	4.8
4.9	5.0	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.6
4.5	4.2	3.9	3.6	3.4			
3.7	4.2	4.6	5.0	5.5	5.7	5.8	5.8
5.9	6.2	6.3	6.2	5.9	6.0	5.9	5.6
5.3	4.9	4.5	4.0	3.6			
4.0	4.7	5.5	6.4	7.0	8.8	9.9	8.9
8.7	8.6	8.7	8.7	9.1	9.5	11.3	8.0
7.0	6.2	5.2	4.5	3.8			
4.3	5.2	6.4	7.4	8.2	9.5	11.4	14.1
16.9	18.1	18.4	18.1	17.1	13.4	11.5	9.8
8.3	7.3	6.2	5.0	4.1			

ส่วนของข้อมูลที่ทดสอบ

รูปที่ 2.8.1 แสดงรายละเอียดของ IES Standard Files พอสั่งแปล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง



รูปที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทดลองเก็บข้อมูลการกระจายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การทำการทดลองหาข้อมูลของดวงโคมไฟฟ้า

ในการหาค่าความเข้มแสง (Illuminance) มีหน่วยเป็นลักซ์ของดวงโคมไฟฟ้า บนพื้นที่ใด ๆ ทั้งภายในอาคาร (Interior) และ ภายนอกอาคาร (Exterior) โดยผ่านทางโปรแกรม ออกโตนิกส์ นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีข้อมูลของหลอดไฟฟ้า (Lamp Files) และ ข้อมูลซึ่งแสดงถึงลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้า (IES Files) เพื่อเป็นข้อมูลป้อนเข้า (Input) ของโปรแกรมออกโตนิกส์ เพื่อทำการคำนวณผ่านทางตัวโปรแกรมอีกครั้งหนึ่ง

ซึ่งพบว่าทั้งข้อมูลของหลอดไฟฟ้า และ ข้อมูลของการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้านั้นมี ขั้นตอนการทดลองดังแสดงในรูปของโฟลว์ชาร์ต รูปที่ 3.1 ซึ่งได้แบ่งขั้นตอนในการทดลองออกเป็น 5 ขั้นตอนใหญ่ ๆ ด้วยกันคือ

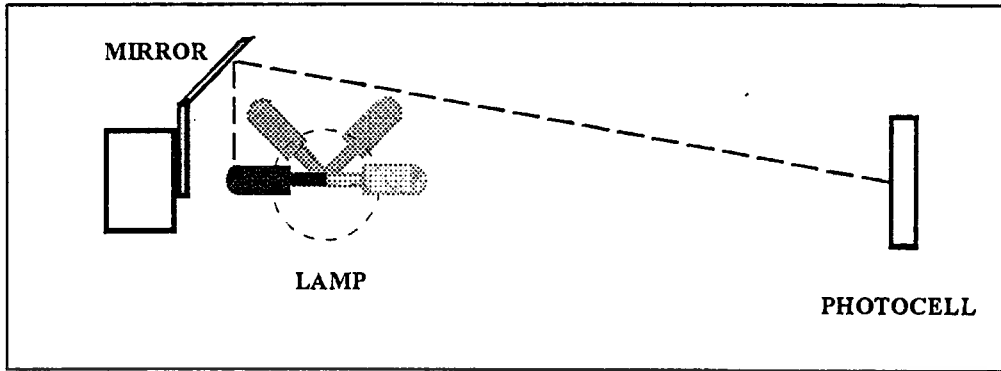
1. ขั้นตอนในการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า จากทฤษฎีพบว่าในทางปฏิบัติสามารถแบ่งดวงโคมไฟฟ้าออกได้เป็น 3 แบบ ในการทดลองการหาค่าข้อมูลการกระจายแสงของหลอดและดวงโคมไฟฟ้า แต่ละแบบสามารถหาได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการทางแสง (KMITL Lighting Distribution Laboratory) ดังแสดงได้ในรูปที่ 3.2 (ก) , 3.2 (ข) , 3.2 (ค) และดวงโคมที่นำมาติดตั้งเพื่อทำการทดสอบแต่ละดวงโคม ก็จะมีวิธีการในการติดตั้งดวงโคมที่แตกต่างกันไปตามลักษณะทางกายภาพของดวงโคมไฟฟ้า , ลักษณะการกระจายแสง และ การเก็บข้อมูลของดวงโคมไฟฟ้าแต่ละแบบซึ่งจะแตกต่างกันออกไปดังรูป 3.3 (ก) , 3.3 (ข) , 3.3 (ค)

2. ขั้นตอนในการป้อนข้อมูลหลอดไฟฟ้า ในขั้นตอนนี้จะแบ่งได้อีก 2 ขั้นตอนย่อยคือ

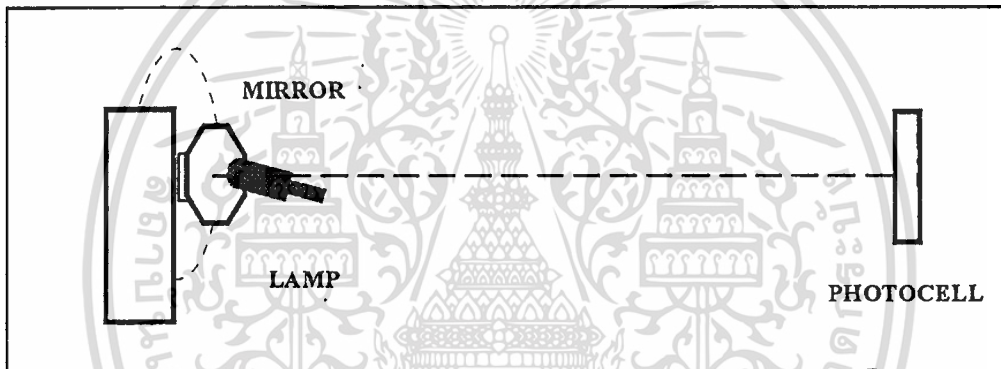
2.1 ในกรณีที่ไม่มีทราบข้อมูลหลอดไฟฟ้า จะต้องทำการทดลองหาข้อมูลหลอดที่เรียกว่า การทดสอบหลอดแบบเปลือย (Bare Lamp Test) ก่อน ซึ่งจากการทดลองพบว่าข้อมูลของหลอดไฟฟ้าที่จะได้คือ ค่าของฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux ; Lumen) ของหลอด , ค่ากำลังไฟฟ้าป้อนเข้า (wattage) , ค่าแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า (voltage) และ ค่ากระแสไฟฟ้าป้อนเข้า (Amp) ของทั้งระบบประธาน (Main) และ ที่หลอดไฟฟ้าที่ทำการทดสอบ

เมื่อได้ค่าข้อมูลหลอดไฟฟ้า (Lamp Files) ตามที่ต้องการแล้วก็จะทำการป้อนค่าข้อมูลที่ได้โดยผ่านทางตัวติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) ซึ่งในโครงการนี้จะใช้คอมพิวเตอร์ในการทำงานเป็นตัวติดต่อกับผู้ใช้งานดังกล่าว

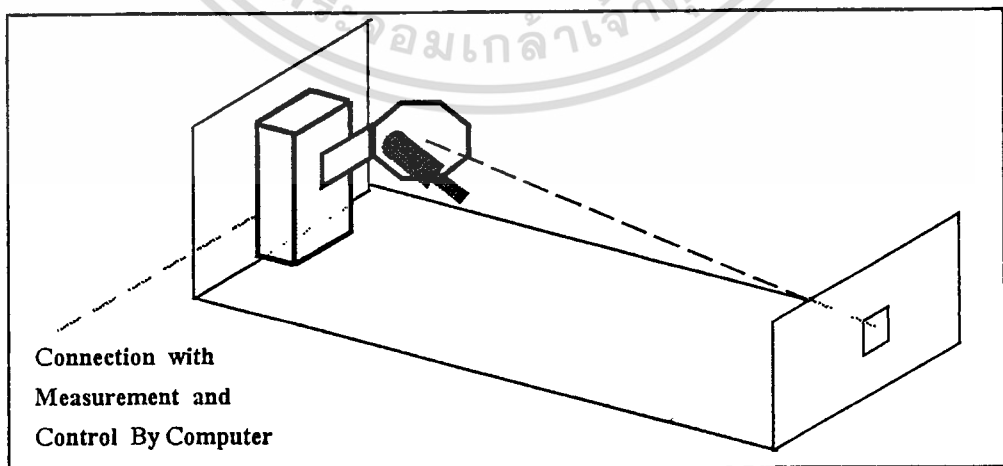
2.2 ในกรณีที่ทราบข้อมูลของหลอดไฟฟ้า ซึ่งอาจเป็นข้อมูลที่เก็บไว้แล้วซึ่งได้มาจากการทดลองครั้งก่อน ๆ หรือ ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลอื่น ๆ ที่มีอยู่แล้ว ก็สามารถทำการป้อนข้อมูลนั้น ๆ ลงไปในคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ติดต่อกับผู้ใช้งานได้เลย



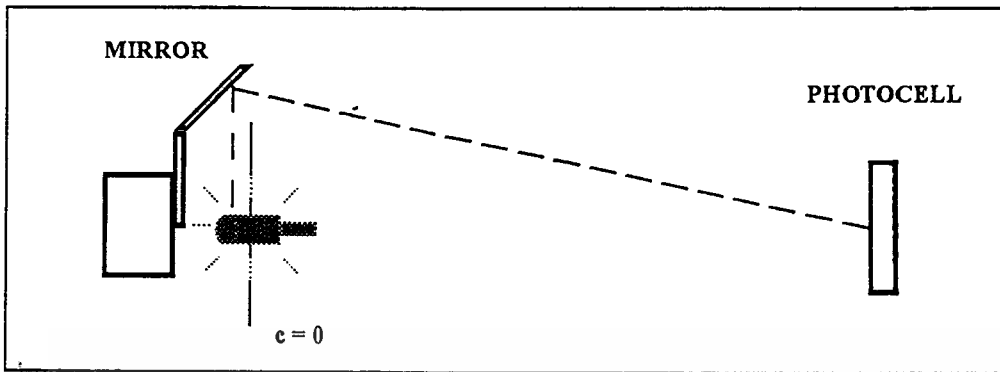
รูปที่ 3.2 (ก) แสดงรูปห้องปฏิบัติการทางแสงที่ใช้ทดลองเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม



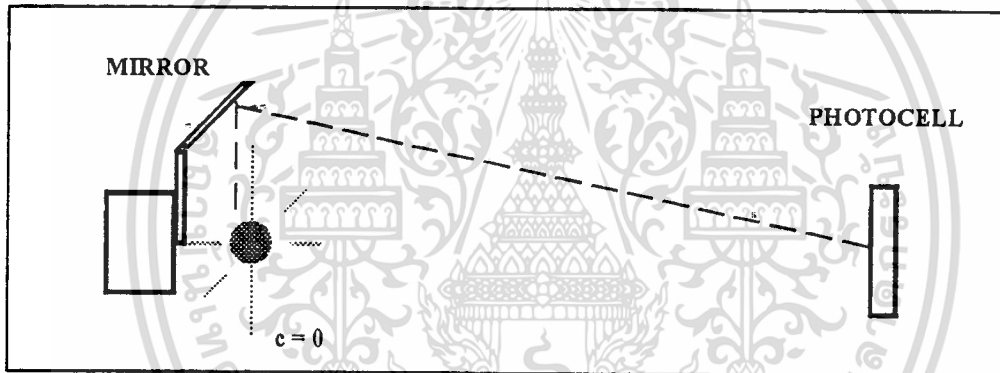
รูปที่ 3.2 (ข) แสดงรูปห้องปฏิบัติการทางแสงที่ใช้ทดลองเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม



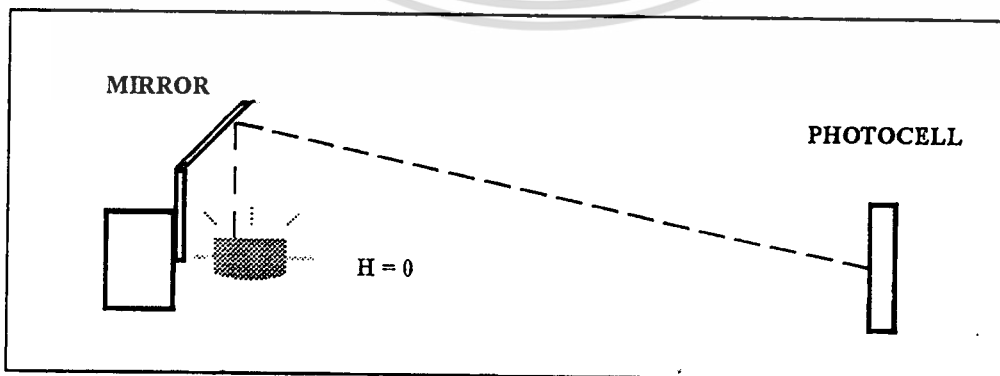
รูปที่ 3.2 (ค) แสดงรูปห้องปฏิบัติการทางแสงที่ใช้ทดลองเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ก) การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ทดลองกรณีที่เป็นโคมไฟถนน



รูปที่ 3.3 (ข) การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ทดลองกรณีที่เป็นดวงโคมที่ใช้ภายในอาคาร



รูปที่ 3.3 (ค) การติดตั้งดวงโคมที่ใช้ทดลองกรณีที่เป็นดวงโคมฉาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ขั้นตอนในการเลือกชนิดในการทดสอบ เราทราบแล้วว่ามีความถี่ของดวงโคมที่แตกต่างกันอยู่ 3 ชนิด ดังนั้นขั้นตอนการเลือกการทดสอบดวงโคมแต่ละชนิดนั้นก็จะต้องแตกต่างกันไปตามชนิดของดวงโคมที่แตกต่างกันด้วย กล่าวคือดวงโคมที่ใช้ภายในอาคาร (Interior Luminaires) ดวงโคมที่ใช้กับไฟถนน (CIE Roadway Luminaires) และ ดวงโคมฉาย (Floodlight Luminaires) ซึ่งการป้อนข้อมูลในการทดสอบดวงโคมทั้ง 3 ชนิดนั้นก็จะมี ลำดับขั้นตอนและรายละเอียดในการป้อนที่แตกต่างกันดังตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดการป้อนข้อมูลในการทดลองหาค่าการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ กัน

ขั้นตอนการป้อนรายละเอียด	โคมภายใน	โคมไฟถนน	ดวงโคมฉาย
1. ป้อนข้อมูลหลอดไฟ (Lamp file)	0	0	0
2. ป้อนความละเอียดในการวัดค่าและเก็บข้อมูลในการทดลอง	0	0	0
3. กำหนดค่าพิกัดแรงดันที่ใช้	0	0	0
4. กำหนดค่าลูเมนเริ่มต้น	0	0	0
5. กำหนด NEMA Type ของดวงโคม	x	0	x

4. ขั้นตอนในการทดลองและเก็บข้อมูลจากการทดลอง ขั้นตอนนี้จะกระทำหลังจากการป้อนข้อมูลทั้งหมดของหลอดไฟฟ้า และ ดวงโคมไฟฟ้าเสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยการสั่งให้เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองอันประกอบไปด้วย โฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความเข้มแสง และตัวบันทึกข้อมูลอัตโนมัติทำการเก็บรายละเอียดการกระจายแสง และ ค่าความสว่างของแสงในแต่ละมุมที่เราต้องการผลจากการทดลองในขั้นตอนนี้จะได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบของแฟ้มข้อมูล (Luminaires Data Files) ซึ่งเก็บลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าไว้เรียบร้อยแล้ว

5. ขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ได้ออกมาเพื่อแสดงผล ในขั้นตอนนี้สามารถแสดงผลการทดลองที่ได้ออกมาใน 2 รูปแบบคือ

5.1 แสดงในรูปแบบของ IES Standard Format Data Files หรือ IES Files ^{อ้างอิงตามหัวข้อ 2.3} นั่นเอง เมื่อได้ IES Files ซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานสากลแล้ว ก็สามารถนำไปใช้งานอื่น ๆ ได้ตามที่ต้องการ อาทิ การนำไปใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าของโปรแกรมออดิโอคลิกซ์ การนำเอาข้อมูลไปสร้างเป็นรายงานข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าในรูปแบบต่าง ๆ

5.2 แสดงผลออกมาในรูปของรายงานการทดลอง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองสามารถนำไปใช้ในการนำเสนอรายงานผลการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ ได้ อาทิ การนำเสนอในรูปของกราฟไอโซแคนเดลา (Isocandela Curve) , ตารางแสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux Table) , กราฟไอโซลักซ์ (Isolux Diagram) , กราฟแสดงค่าความเข้มการกระจายของฟลักซ์ (Luminous Intensity Distribution) เป็นต้น ตัวอย่างของรายงานการทดลองสามารถดูได้จาก **บทที่ 4 ตัวอย่างการนำเสนอผลการทดลองในรูปแบบต่าง ๆ**

เมื่อทำการทดลองจนครบ 5 ขั้นตอนแล้วพบว่าสิ่งที่ได้คือ รายงานการนำเสนอของข้อมูลการกระจายแสงในรูปแบบต่าง ๆ และ เพิ่มข้อมูลการกระจายแสง ที่เก็บในรูปแบบมาตรฐานสากล (IES Files) ซึ่งข้อมูลส่งออก (Output Data) ที่ได้ทั้ง 2 รูปแบบนี้จะนำไปใช้งานต่อไปในภายหลัง โดยนำไปใช้ในการหาค่าความเข้มแสงของพื้นที่ที่ต้องการต่อไป



3.2 การหาค่าความเข้มแสงโดยใช้โปรแกรมออโตลักซ์ (AutoLux)

AutoLux เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการหาค่าความเข้มแสง (Illuminance ; E) มีหน่วยเป็นลักซ์ ของพื้นที่ที่เราต้องการ โดยที่จะสามารถแสดงผลได้ 2 แบบด้วยกัน คือ

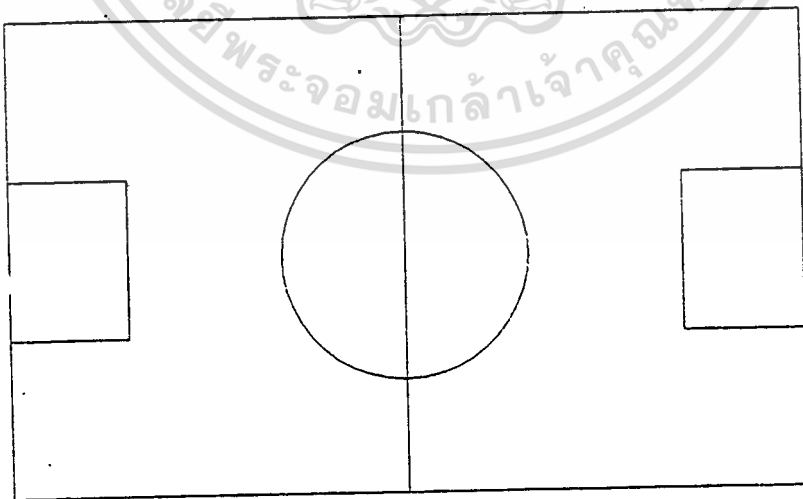
1. แบบจุดต่อจุด (point by point)¹
2. แบบเส้นระดับค่าความเข้มแสงไอโซไลน์ (Isoline)²

ซึ่งตัวโปรแกรม AutoLux นั้นต้องใช้งานร่วมกับโปรแกรม AutoCAD เพราะจะใช้โปรแกรม AutoCAD ในการวาดรูปพื้นที่ที่ต้องการหาค่าความเข้มแสงก่อน แล้วจึงเข้าไปใช้ในส่วนการคำนวณของโปรแกรม AutoLux ในการติดตั้งนั้น เราจะทำการติดตั้งโปรแกรม AutoLux ลงบน AutoCAD ดังนั้นเมนูในการใช้งานทั้งหมด ก็คือเมนูของ AutoCAD นั่นเอง แต่ก็จะมีบางส่วนที่เพิ่มเติมขึ้นมาในส่วนที่จะทำให้การใช้งานสะดวกและง่ายยิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากขึ้น

ขั้นตอนในการทำงานของโปรแกรม AutoLux

1. ขั้นตอนการออกแบบพื้นที่

เป็นการออกแบบพื้นที่ที่ต้องการหาค่าความเข้มแสง (Illuminance :E) โดยในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ จะยกตัวอย่างการใช้โปรแกรม AutoLux หาค่าความเข้มแสงของดวงโคมไฟฟ้าในกรณีที่เป็นดวงโคมภายนอก (EXTERIOR) เช่น ดวงโคมที่ใช้กับสนามกีฬา, ลานจอดรถ , ถนน โดยวาดพื้นที่ที่ต้องการจากโปรแกรม AutoCAD ดังในรูปที่ 3.2.1

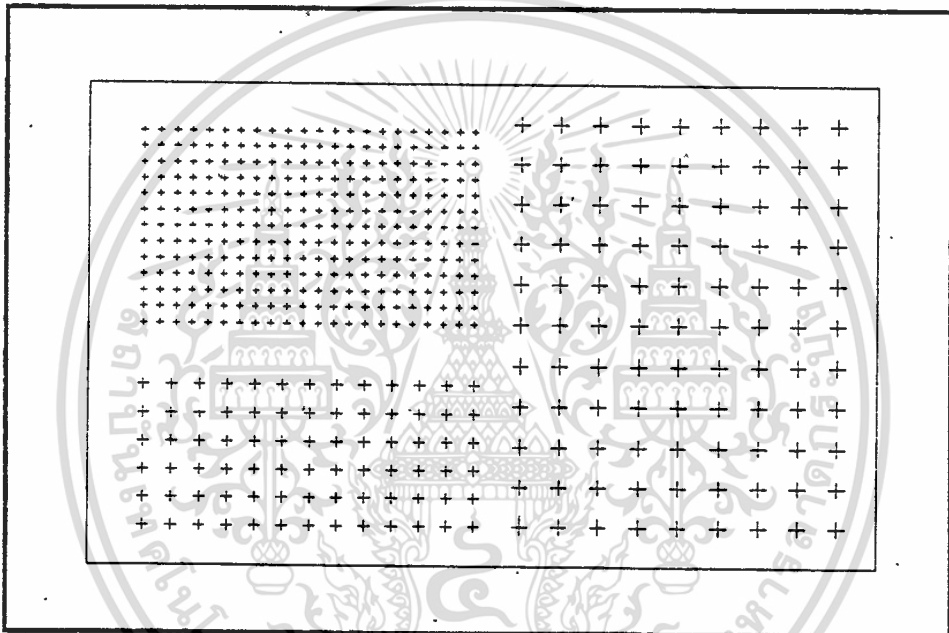


รูปที่ 3.2.1 แบบจำลองของพื้นที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การกำหนดขอบเขตพื้นที่ และ จุดที่ต้องการทราบค่าความเข้มแสง

เป็นการกำหนดพื้นที่ที่ต้องการหาค่าความเข้มแสงซึ่งในโปรแกรม AutoLux จะมีเมนูย่อย **GRIDLINES** ที่สามารถใช้กำหนดขอบเขตพื้นที่ที่ต้องการหาค่าความเข้มแสงออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ และยังสามารถกำหนดความละเอียดของจุดที่ต้องการทราบค่าในแต่ละส่วนย่อยนั้นได้อีก โดยจะกำหนดได้ว่าต้องการความละเอียดในการคำนวณ (ระยะห่างระหว่างจุดต่อจุด) มากน้อยเพียงใด ดังรูปที่ 3.2.2



รูปที่ 3.2.2 แสดงการกำหนด Gridline ที่แตกต่างกันบนพื้นที่สนามเดียวกัน

3. การกำหนดรายละเอียดของดวงโคม

โคมที่ใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันนี้ จะแบ่งออกได้ 3 ประเภทด้วยกันคือ

- ดวงโคมที่ใช้ภายในอาคาร (Interior luminaires)
- โคมไฟถนน (CIE Roadway Luminaires)
- ดวงโคมฉาย (Flood - Light Luminaires)

ซึ่งในการกำหนดรายละเอียดของดวงโคมแต่ละชนิด ที่จะใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าเริ่มต้นของโปรแกรม AutoLux จะแตกต่างกันดังตารางที่ 3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อมูลที่จะต้องป้อนให้กับโปรแกรม AutoLux แยกตามชนิดของดวงโคมทั้ง 3 ประเภท

โคมภายใน	โคมไฟถนน	โคมฉาย
- IES file	- IES file	- IES file
- Lumens per Lamp	- Lumens per Lamp	- Lumens per Lamp
- Mounting Hight	- Light Loss Factor	- Light Loss Factor
- ขนาดห้อง	- Mounting Hight	- Mounting Hight
- ค่าการสะท้อนของผนัง , เพดาน และพื้น	- ความยาวแขน ของดวง โคมไฟฟ้า	- จำนวนดวงโคมไฟฟ้า
	- มุมเงย (Tile Angle)	- จุดตั้ง

Layer FIXTURES Snap

39.000, 48.000

Edit Attributes

IES Candela Files.....	***.ies
Lumens Per Lamps.....	10,000
LLF.....	1.0
Mounting Height.....	30
Arm Lenght (to P.C.).....	3
Tilt Angle.....	0
Description Line 1.....	(Describe Luminaires and/or Lamps)
Description Line 2.....	(Describe Luminaires and/or Lamps)

Command :

AutoCAD
ALUNITS
VANTAGE
GRIDPTS
CONCEAL

POLETOP
POLEXY
LUMINAIR
LUMXY

CROSSARM
CROSSXY
BEAMTYPE
AIMINGPT
CALCULAT
PT x PT
ISOLINES

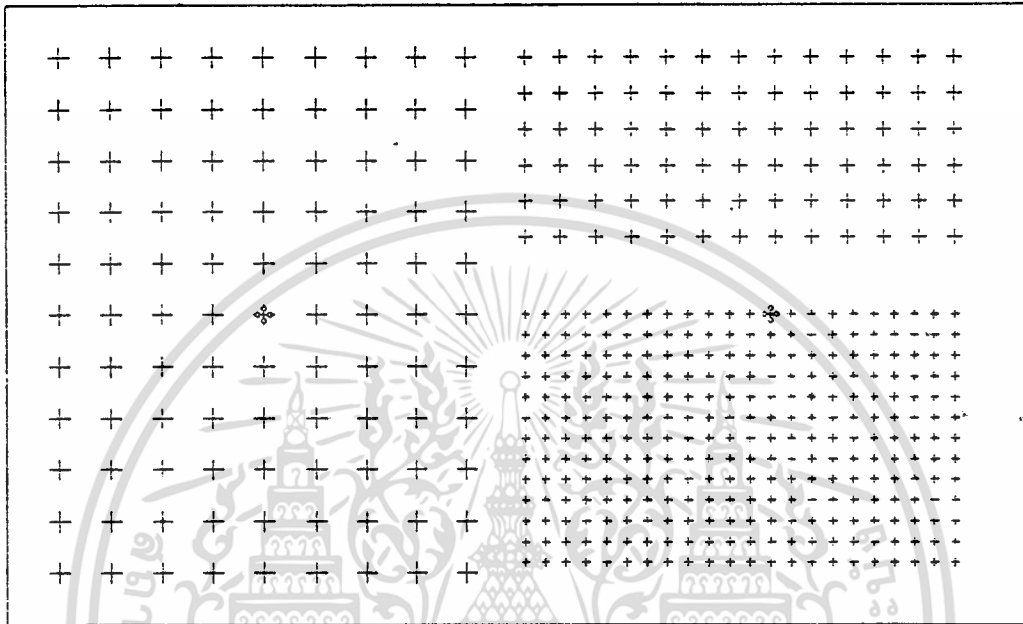
ERASE
ZOOM
PAN
CHAGE
LAYER

รูปที่ 3.2.3 แสดงตัวอย่างการกำหนดรายละเอียดของดวงโคมไฟฟ้าในโปรแกรมออโตลักซ์

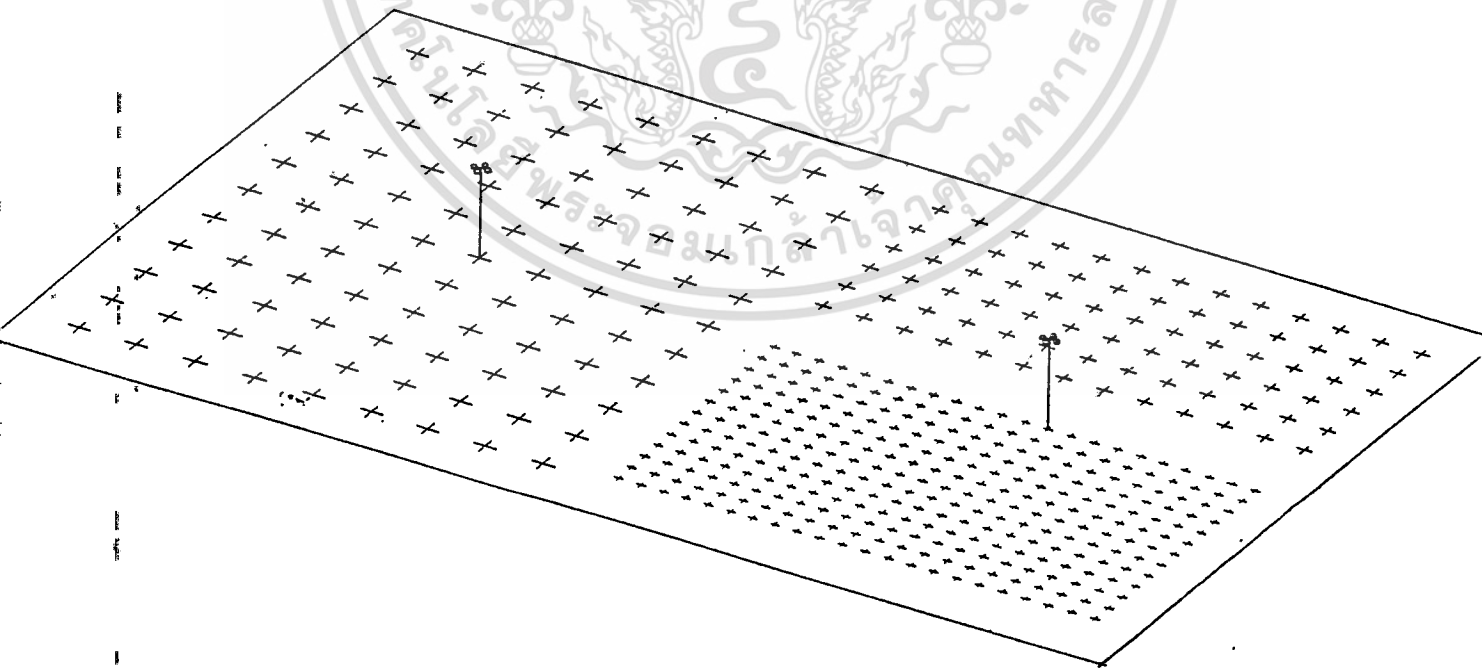
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การกำหนดตำแหน่งในการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า

จะกำหนดตำแหน่งที่จะทำการติดตั้งดวงโคมได้ก็ต่อเมื่อ ได้มีการกำหนดรายละเอียดของดวงโคมไฟฟ้า ตามตารางที่ 3.2.1 เสร็จเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงจะสามารถวางตำแหน่งของเสา พร้อมทั้งดวงโคมที่เราต้องการทดสอบลงบนพื้นที่จำลองในโปรแกรมออดิทัศน์ได้ รูปที่ 3.2.4 (ก) และ (ข)

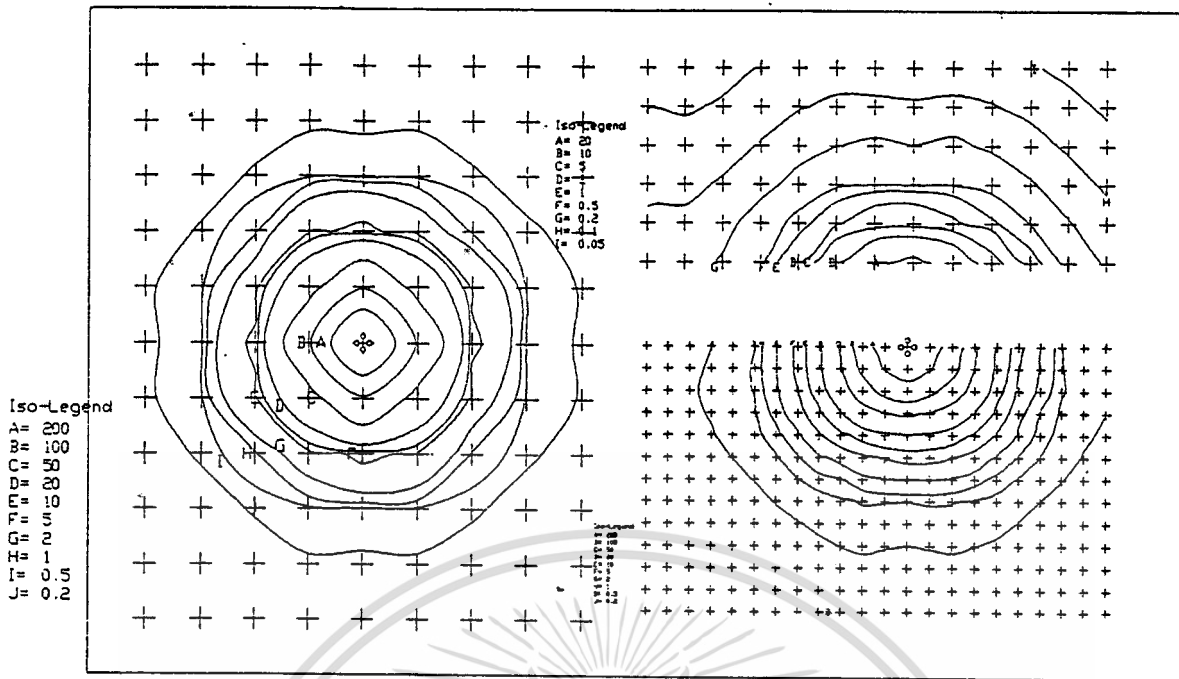


รูปที่ 3.2.4 (ก) แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งของเสาและดวงโคมลงบนพื้นที่ที่ต้องการ

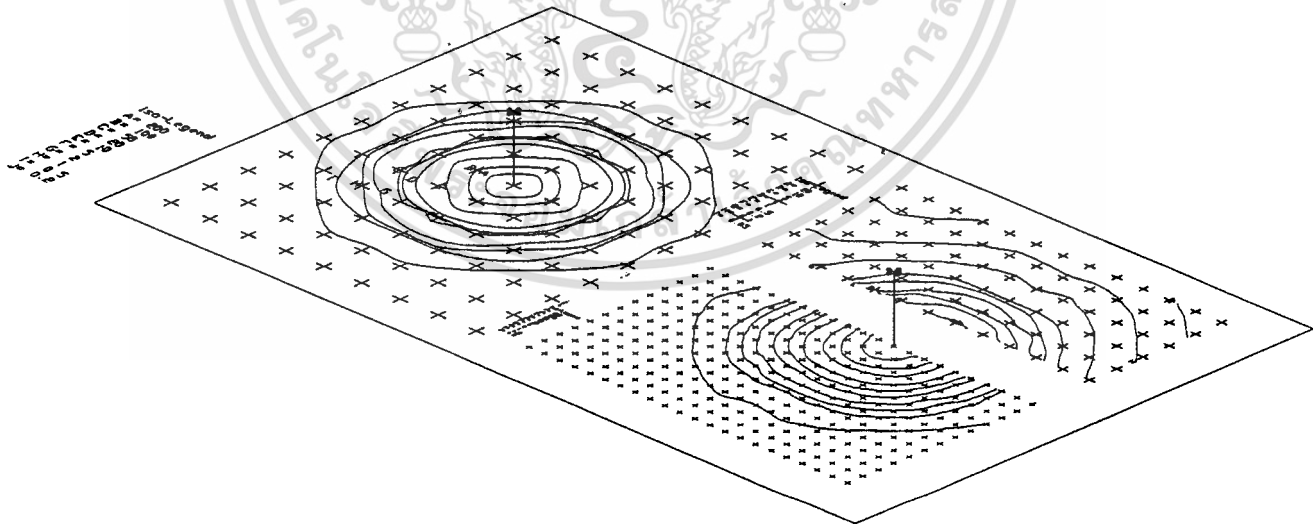


รูปที่ 3.2.4 (ข) แสดงตัวอย่างการกำหนดตำแหน่งของเสาและดวงโคมลงบนพื้นที่ที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2.5 ตัวอย่างการแสดงผลของค่าความเข้มแสงแบบไอโซไลน์ของดวงโคมที่ทำการทดสอบ



รูปที่ 3.2.5 ตัวอย่างการแสดงผลของค่าความเข้มแสงแบบ 3 มิติของดวงโคมที่ทำการทดสอบ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

เอกสารการนำเสนอผลการทดลอง

สิ่งสำคัญที่สุด ที่จะได้จากโครงการนี้ก็คือข้อมูลลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วตามขั้นตอนของแผนภูมิในรูปที่ 4.1.1 (เป็นแผนภูมิแสดง ขั้นตอน และ รายละเอียดในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ) ที่ผู้ใช้งาน จะใช้ในการช่วยตัดสินใจเลือกใช้ หรือ ถ้าเป็นผู้สนใจศึกษาหรือค้นคว้าวิจัยทางด้านนี้ ก็ต้องการที่จะทราบข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะการกระจายแสงของดวง โคม ไฟฟ้า (Photometric Data) มากกว่า ในการที่จะติดต่อสื่อสาร และตอบสนอง ผู้ที่ต้องการข้อมูลจากการทดลองในโครงการนี้ด้วยวัตถุประสงค์ต่าง ๆ กันที่ดีที่สุด ก็คือ จะต้องมีการนำเสนอที่หลากหลาย

ในโครงการนี้จึงเลือกที่จะใช้การนำเสนอในรูปแบบที่มีความหลากหลาย (ลักษณะคล้าย กับ แคตตาล็อก สินค้า แต่จะมีข้อมูลของลักษณะการกระจายแสงอยู่ด้วย) เพื่อตอบสนองผู้ที่สนใจ ในทุกระดับ ซึ่งการนำเสนอในรูปแบบนี้นั้น ได้แบ่งออกเป็น ส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนด้วยกัน กล่าวคือ

1. ส่วนที่ใช้แสดงรายละเอียดทางกายภาพของดวงโคม

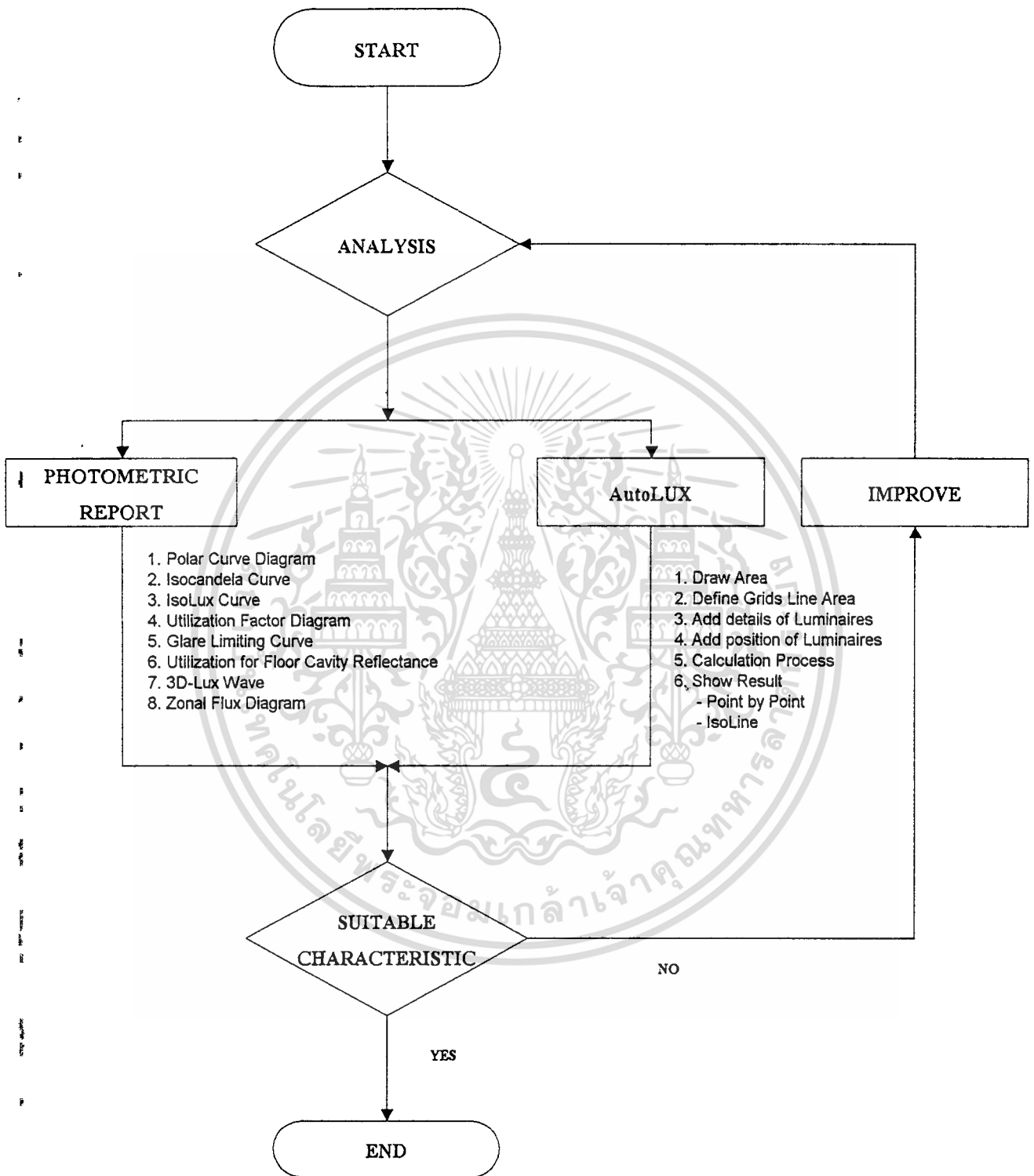
จะบอกให้ทราบถึงรายละเอียดทางกายภาพทั้งหมดของแต่ละดวงโคมที่ใช้ในการ ทดสอบ (ชื่อดวงโคม , ชนิดการทดสอบ , ขนาด , มิติ , ส่วนประกอบ รวมไปถึงลักษณะ การประยุกต์ใช้กับงานจริง ๆ ที่จะบอกได้ว่า โคมแต่ละดวงจะนำไปใช้งานจริงได้อย่างไร ไร่บ้าง) รูป 4.1.2

2. ส่วนของข้อมูลการกระจายแสง (Photometric Data)

จะบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม ไฟฟ้า ที่ทำการทดสอบออกมาในรูป ของกราฟลักษณะต่าง ๆ กันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคม และยังบอกถึงประสิทธิภาพ ของดวงโคม ได้ด้วยว่าดวงโคม ที่ทำการทดสอบ ได้มาตรฐานหรือไม่อย่างไร รูป 4.1.3

3. ส่วนแสดงตัวอย่างการจำลองใช้บนพื้นที่ใช้งาน

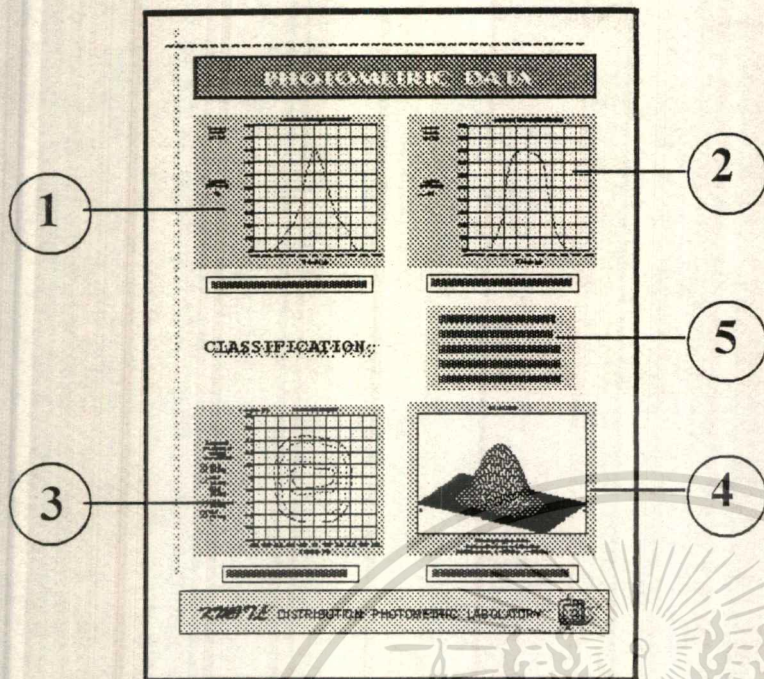
เป็นส่วนที่แสดงลักษณะการกระจายแสงบนพื้นที่ใช้งานจริงเมื่อทำการติดตั้งดวง โคม ไฟฟ้าลงไป โดยการจำลองผ่านทางโปรแกรมอโต้แล็กซ์ เพื่อให้ผู้อ่านได้มองเห็น แนวทางในการนำไปใช้งานจริง ๆ ว่าตรงตามความต้องการหรือไม่ รูปที่ 4.1.4



รูปที่ 4.1.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงรายละเอียดและขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้เผยแพร่ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Description

1. Horizontal Plane Polar Curve

เป็นกราฟการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉาย ในแนวนอน มีหน่วยเป็น cd/klm

2. Vertical Plane Polar Curve

เป็นกราฟการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉายในแนวตั้ง มีหน่วยเป็น cd/Klm

3. Isocandela diagram

เป็นกราฟแสดงค่าความเข้มส่องสว่างของดวงโคมฉาย โดยจะลากเส้นกราฟผ่านจุดที่มีค่าความส่องสว่างเท่ากันลงบนระนาบรอบ ๆ โคมฉาย

4. 3-Dimension Lux Curve

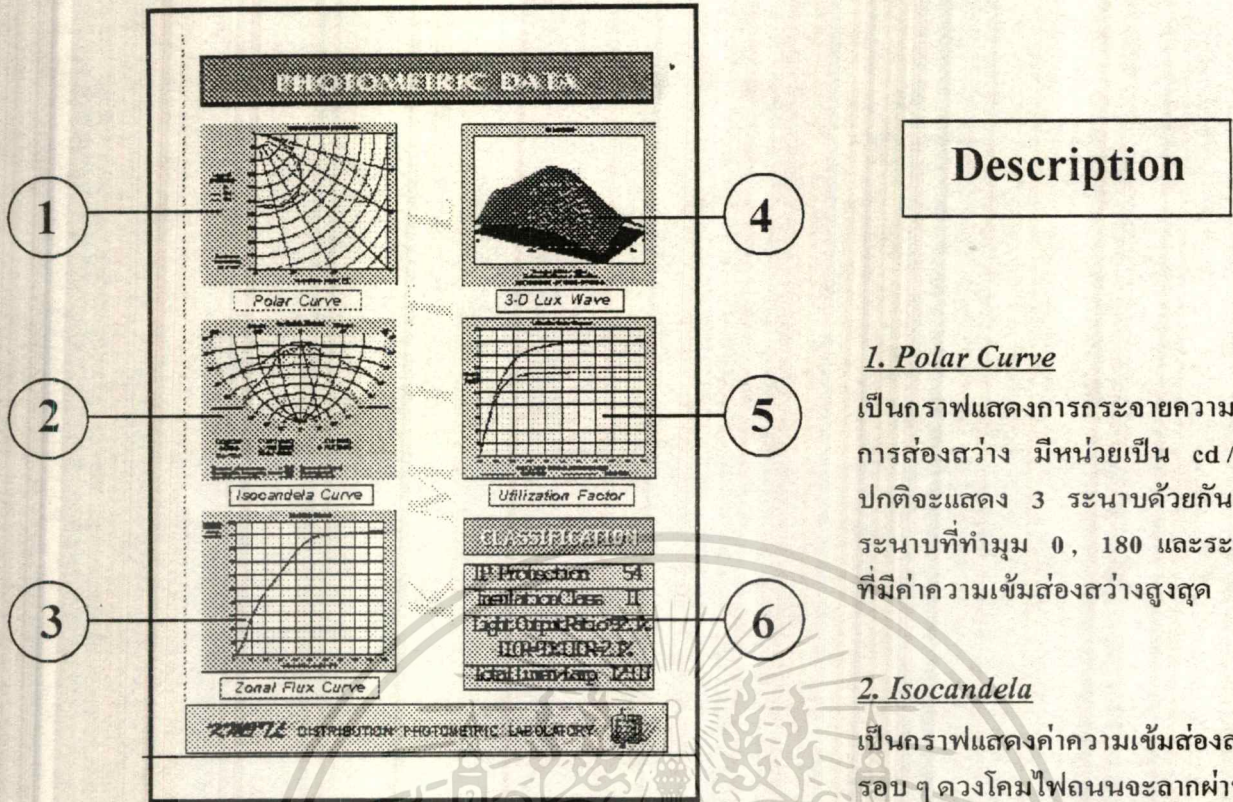
เป็นกราฟที่แสดงค่าความเข้มแสงของดวงโคมฉายแต่ละจะแสดงในลักษณะ 3 มิติ เพื่อจะได้มองเห็นภาพการกระจายความเข้มแสง ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. Classification

เป็นตัวที่จะแสดงรายละเอียดทางการภาพที่แสดงถึงคุณภาพของดวงโคม

- IP Protection แสดงความสามารถในการป้องกันทั้งของแข็งและของเหลวจากสภาพแวดล้อมภายนอกโคมฉาย
- Insulation Class แสดงความสามารถของการทนต่ออุณหภูมิ และ ความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการทำดวงโคมฉาย
- Beam Lumen แสดงค่าลูเมนลำแสงของโคมฉาย
- Total Lumen แสดงค่าลูเมนทั้งหมดที่ออกมาจากดวงโคมฉาย
- Total Lumen Per Lump แสดงค่าลูเมนทั้งหมดที่ออกมาจากหลอดไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.1.2 (ข) แสดงรูปแบบการนำเสนอในรูปแบบการกระจายแสงของดวงโคมไฟถนน

4. 3-D Lux Wave

เป็นกราฟที่แสดงค่าความเข้มแสงของดวงโคมไฟถนน แต่จะแสดงออกมาในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อที่จะได้มองเห็นการกระจายความเข้มแสงของโคมไฟได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

5. Utilization Factor (UF)

เป็นกราฟที่แสดงถึงแฟคเตอร์ที่เปรียบเทียบกันระหว่างค่าความเข้มแสงบนถนน (Street side) กับความเข้มแสงบนทางเดิน (Houseside) ว่ามีอัตราส่วนเป็นเท่าใด โคมไฟถนนที่ดีจะต้องมีค่า UF บนถนนมากกว่าบนทางเดิน

6. Classification

เป็นตัวที่จะแสดงรายละเอียดทางการภาพที่แสดงถึงคุณภาพของดวงโคม

- IP Protection แสดงความสามารถในการป้องกันทั้งของแข็งและของเหลวจากสภาพแวดล้อมภายนอกโคมไฟถนน
- Insulation Class แสดงความสามารถของการทนต่ออุณหภูมิ และ ความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการทำดวงโคมไฟถนน
- Lighting Output Ratio คืออัตราส่วนระหว่าง LDOR กับ UDOR
- LDOR คืออัตราส่วนระหว่างผลรวมของแสงจากดวงโคมที่พุ่งลงสู่ข้างล่างกับผลรวมของแสงจากหลอดไฟ
- UDOR คืออัตราส่วนระหว่างผลรวมของแสงจากดวงโคมที่พุ่งขึ้นด้านบนกับผลรวมของแสงจากหลอดไฟ
- Total Lumen Per Lamp เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟมีหน่วยเป็นลูเมน

Description

1. Polar Curve

เป็นกราฟแสดงการกระจายความเข้มการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น cd/klm ปกติจะแสดง 3 ระนาบด้วยกันคือ ระนาบที่ทำมุม 0, 180 และระนาบที่มีค่าความเข้มส่องสว่างสูงสุด

2. Isocandela

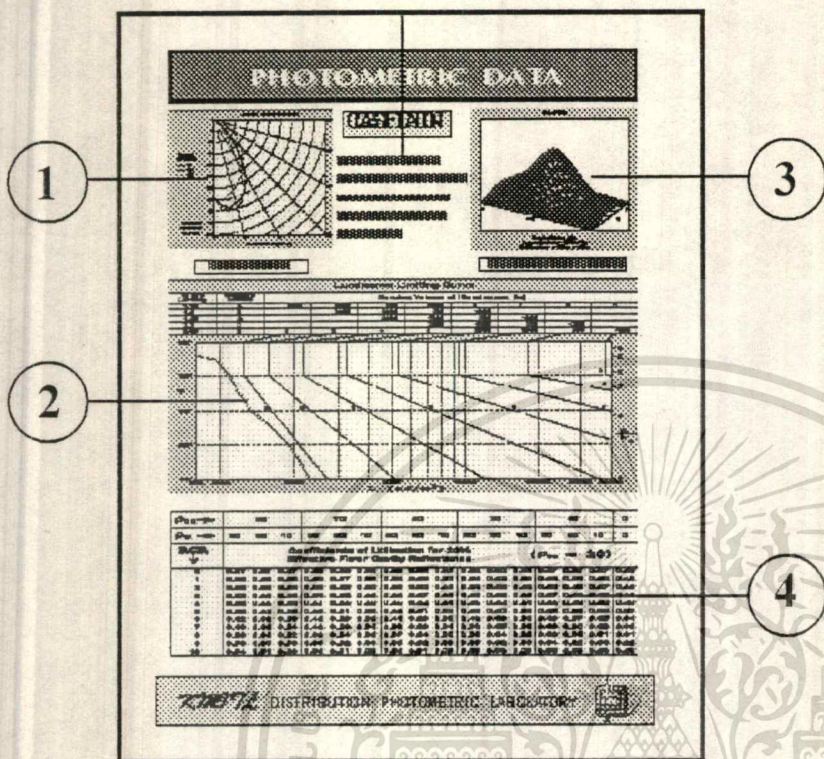
เป็นกราฟแสดงค่าความเข้มส่องสว่างรอบ ๆ ดวงโคมไฟถนนจะลากผ่านจุดที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเท่ากันลงบนระนาบรอบ ๆ ดวงโคม

3. Zonal Flux Curve

เป็นกราฟแสดงปริมาณฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมน ซึ่งจะให้เป็นค่าผลรวมเฉลี่ยของแต่ละโซน

5

Description



รูป 4.1.2 (ค) แสดงรูปแบบการนำเสนอในรูปแบบการกระจายแสงของดวงโคมภายใน

3. 3-Dimension Lux Wave

เป็นกราฟที่แสดงค่าความเข้มแสงของดวงโคมภายในโดยจะแสดงออกมาในรูปแบบ 3 มิติเพื่อจะได้มองเห็นการกระจายความเข้มแสงได้ชัดเจนขึ้น

4. Coefficient of Utilization Factor

ใช้ในการหาค่าความเข้มแสงแบบโชนควิตซ์ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในหัวข้อ 2.6

5. Classification

เป็นตัวที่จะแสดงรายละเอียดทางการภาพที่แสดงถึงคุณภาพของดวงโคม

- Insulation Class แสดงความสามารถของการทนต่ออุณหภูมิ และ ความชื้นของวัสดุที่ใช้ในการทำดวงโคมภายใน
- Lighting Output ratio คืออัตราส่วนระหว่าง LDOR กับ UDOR
- LDOR คืออัตราส่วนระหว่างผลรวมของแสงจากดวงโคมที่พุ่งลงสู่ข้างล่างกับผลรวมของแสงจากหลอดไฟ
- UDOR คืออัตราส่วนระหว่างผลรวมของแสงจากดวงโคมที่พุ่งขึ้นด้านบนกับผลรวมของแสงจากหลอดไฟ
- Total Lumen Per Lamp เป็นค่าฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดของหลอดไฟมีหน่วยเป็นลูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Polar Curve

เป็นกราฟที่แสดงการกระจายความเข้มการส่องสว่างของดวงโคมภายในโดยมีหน่วยเป็น cd / klm

- โคมโอบีเบย์มีลักษณะสมมาตรรอบแกนตั้ง
- โคมที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์การกระจายแสงบนระนาบที่ขนาน และ ตั้งฉากกับหลอดจะไม่เหมือนกันส่วนใหญ่จะแสดงให้เห็น 3 ระนาบคือ บนระนาบที่ทำมุม 0, 45, และ 90 องศา

2. Luminaire Limiting Curve

เป็นกราฟแสดงการเกิดแสงจ้าของโคม โคมชนิดเดียวกันเมื่อเราออกแบบให้ห้องมีค่าความเข้มแสงแตกต่างกันแสงจ้าที่เกิดขึ้นก็จะแตกต่างกันไปด้วยโดยจะแบ่งออกได้เป็น 5 class ด้วยกันคือ A, B, C, D และ E โดยค่าของแสงจ้าที่เกิดขึ้นจะมากขึ้นตามลำดับ class ที่เพิ่มขึ้น

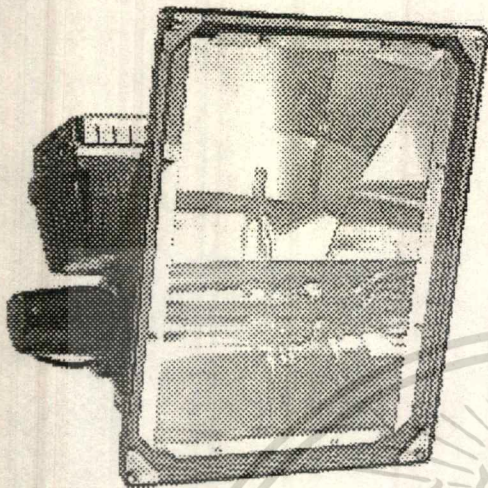
K

M

I

T

L

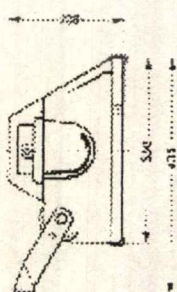
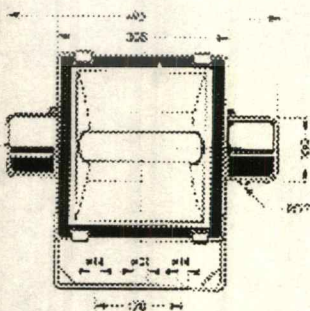


APPLICATION

- Suitable for Construction sites , Parking , Substation yards , Any Fields , or High Mast Lighting
- Design for Both use with 250 w. and 400 w.

FEATURES

- The body is made of Pressure die cast Aluminium and housing with screw cover with glass lens
- High purity Anodized Aluminium reflector
- Special lamp holder (E/40 type)
- The hinged cover is made from heat resistant , tempered shock resistance clear glass and sealed to the housing with a silicon rubber gasket
- Grey standard color, although options are available
- Ready to connection with 220-230 volt , 50 Hz.



dimension

Type B

M 7100072

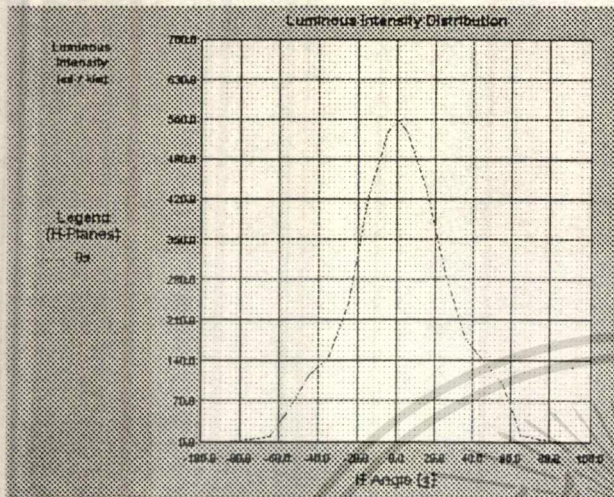
KM972

DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY

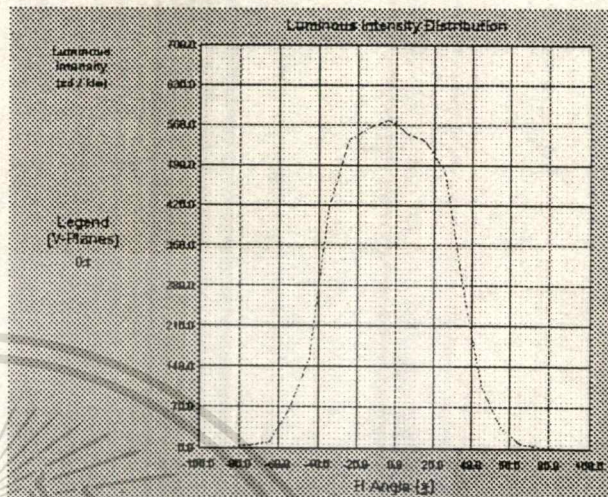


ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA



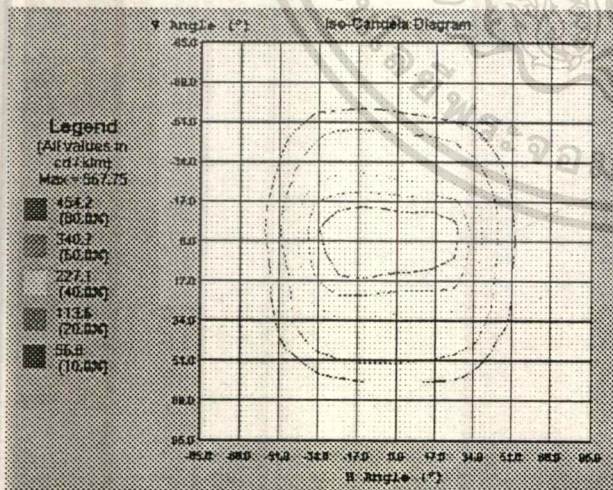
Horizontal Plane Polar Curve



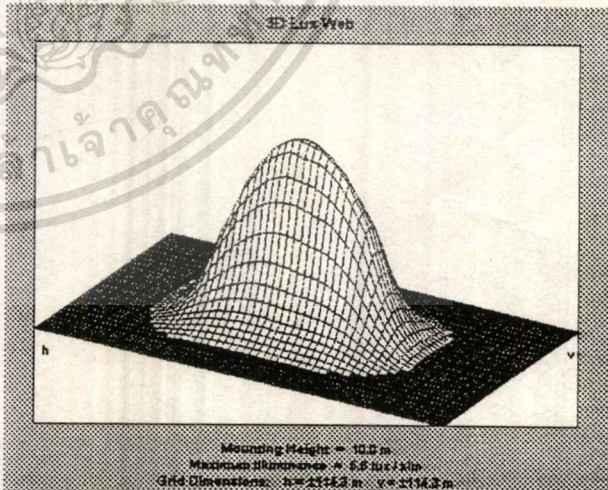
Vertical Plane Polar Curve

CLASSIFICATION

IP Protection	65
Insulation Class	I
Beam Lumen	411.9
Total Lumen	738.8
Total lumen per lamp	78000



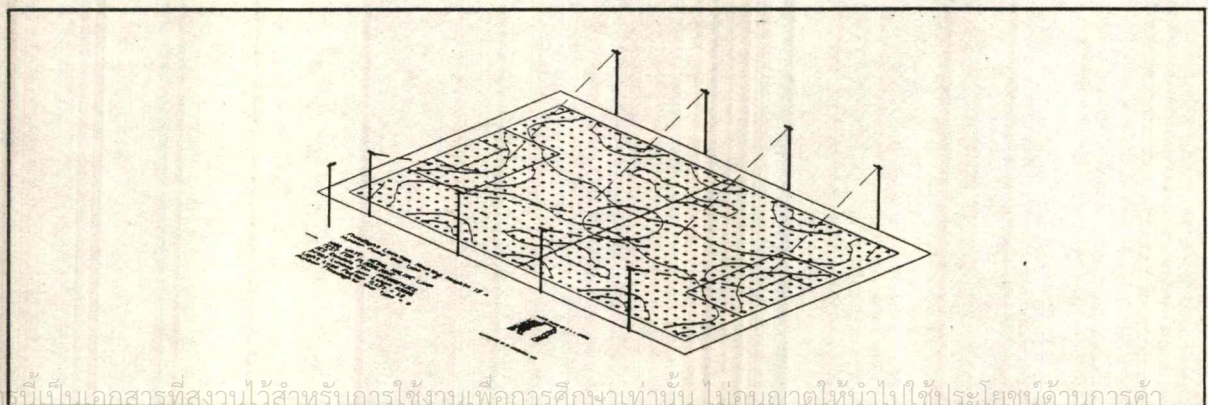
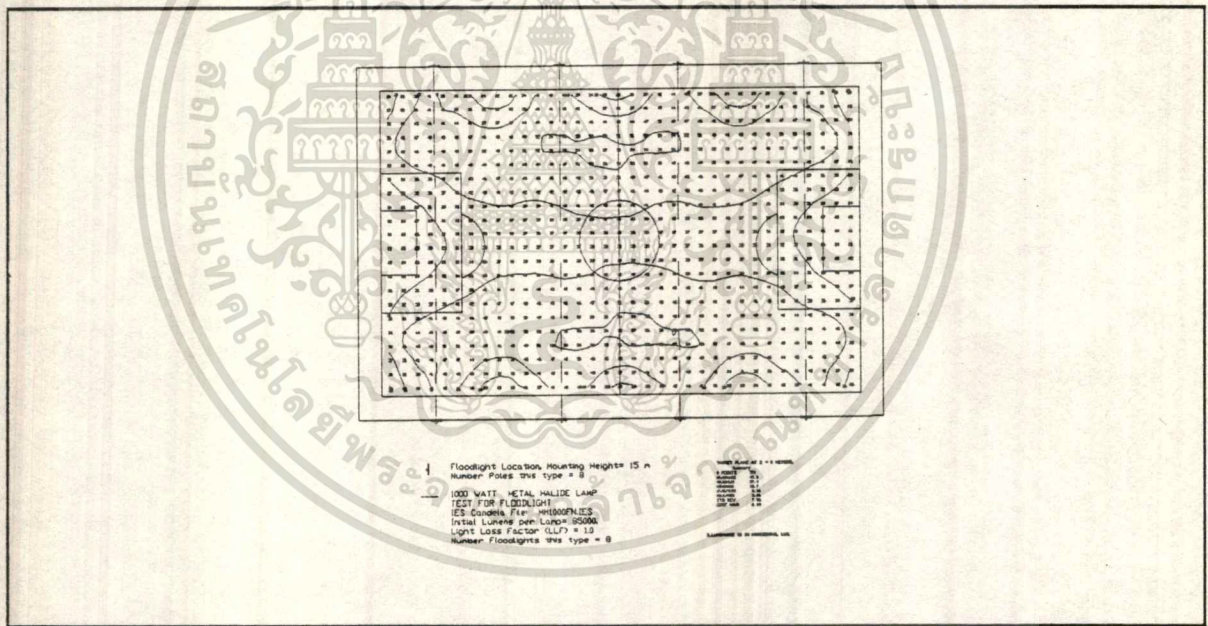
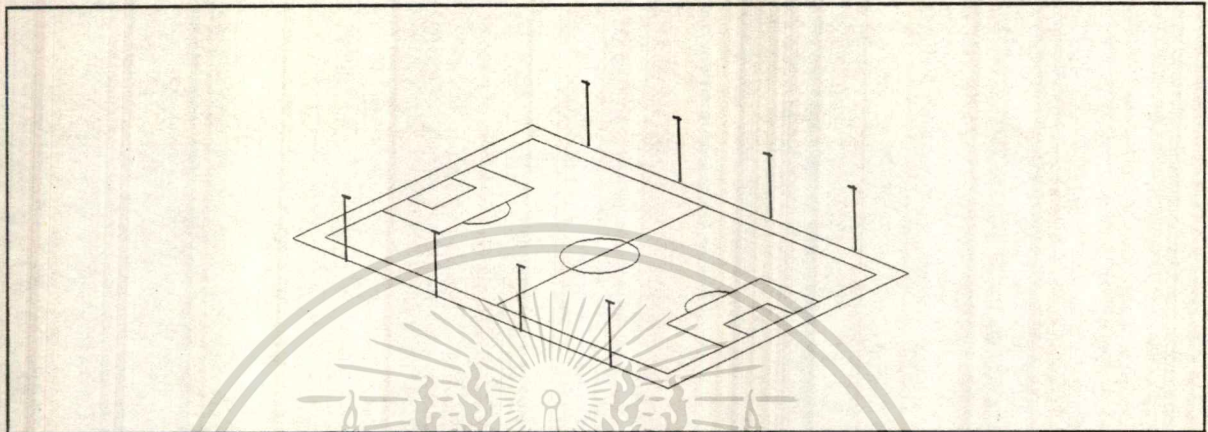
Isocandela Diagram



3 - Dimension Lux Wave



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมฉายโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

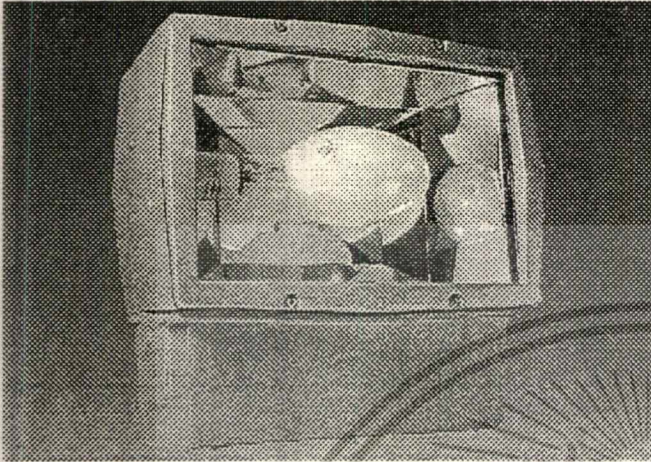
K

M

I

T

L

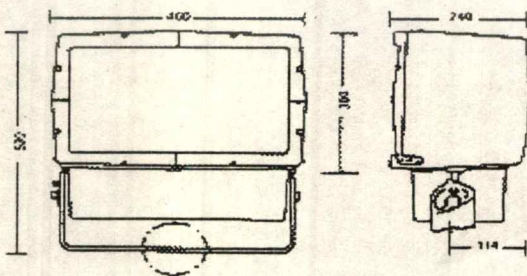


APPLICATION

- Suitable for Construction sites , Parking , Substation yards , Any Fields , or High Mast Lighting
- Design for Both use with 250 w. and 400 w.

FEATURES

- The body is made of Pressure die cast Aluminium and housing with screw cover with glass lens
- High purity Anodized Aluminium reflector
- Special lamp holder (E/40 type)
- The hinged cover is made from heat resistant , tempered shock resistance clear glass and sealed to the housing with a silicon rubber gasket
- Grey standard color, although options are available
- Ready to connection with 220~230 volt , 50 Hz.

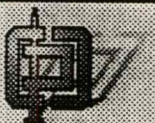


dimension

Type B

1834007R

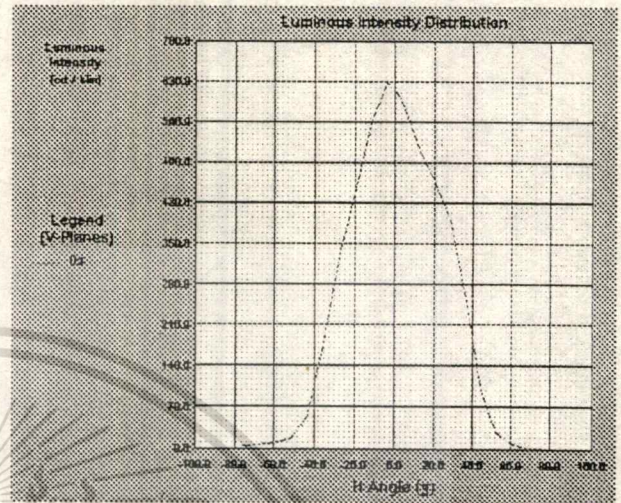
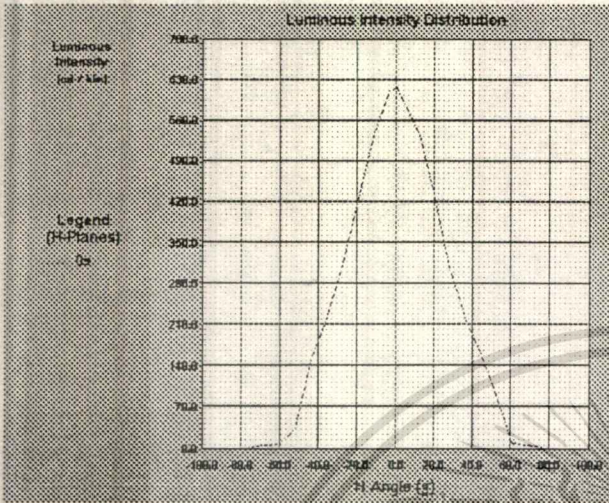
KMILT DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ การแจกจ่ายเพื่อนำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA

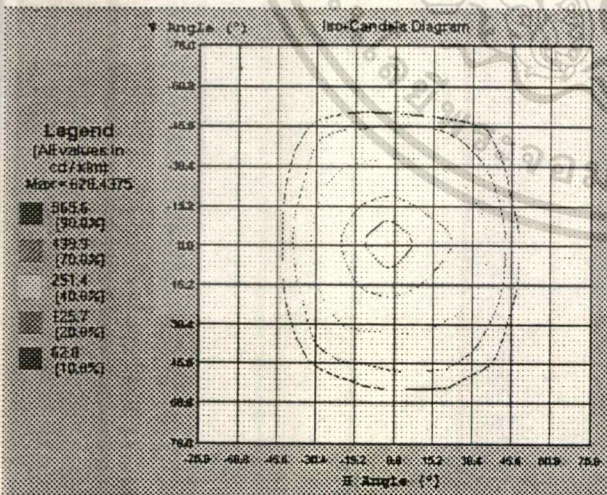


Horizontal Plane Polar Curve

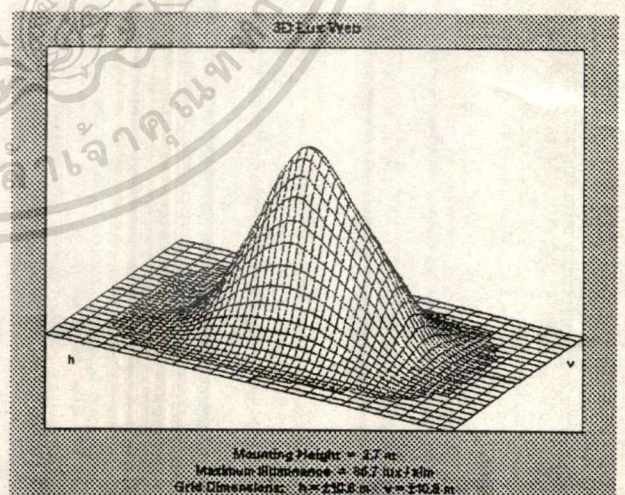
Vertical Plane Polar Curve

CLASSIFICATION

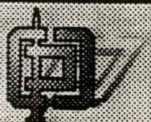
IP Protection	54
Insulation Class	II
Beam Lumen	347.2
Total Lumen	652.2
Total lumen per lamp	41000



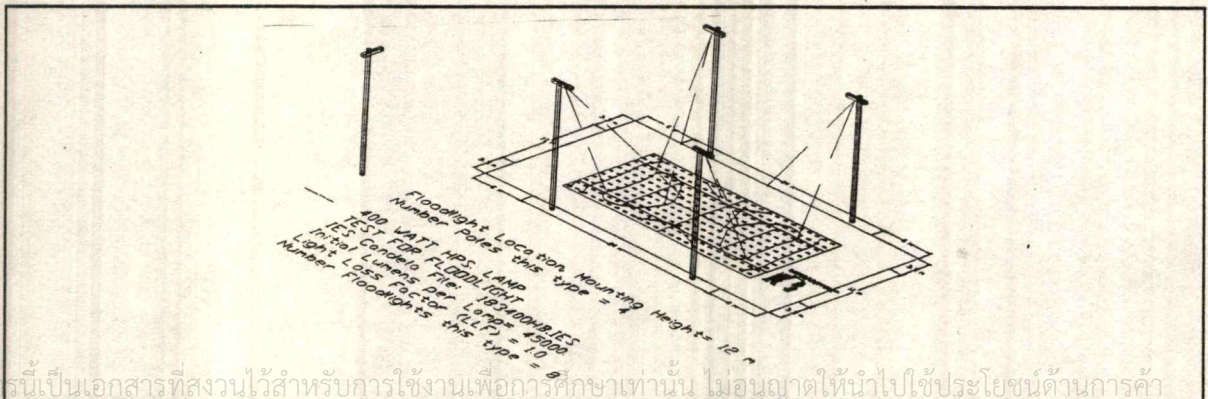
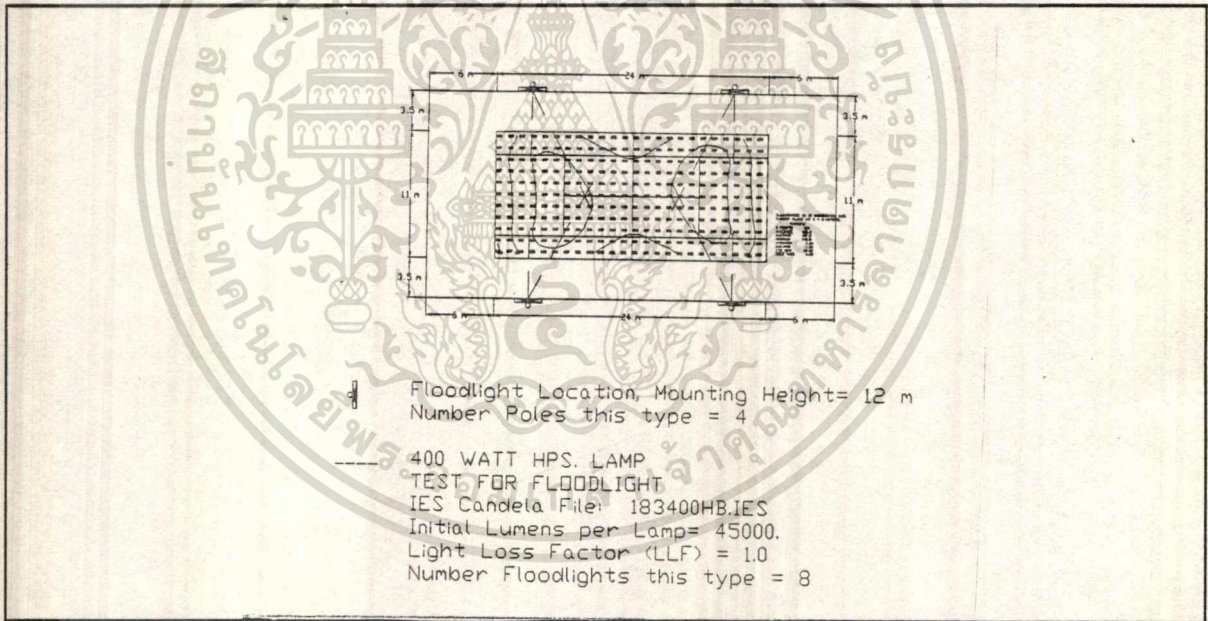
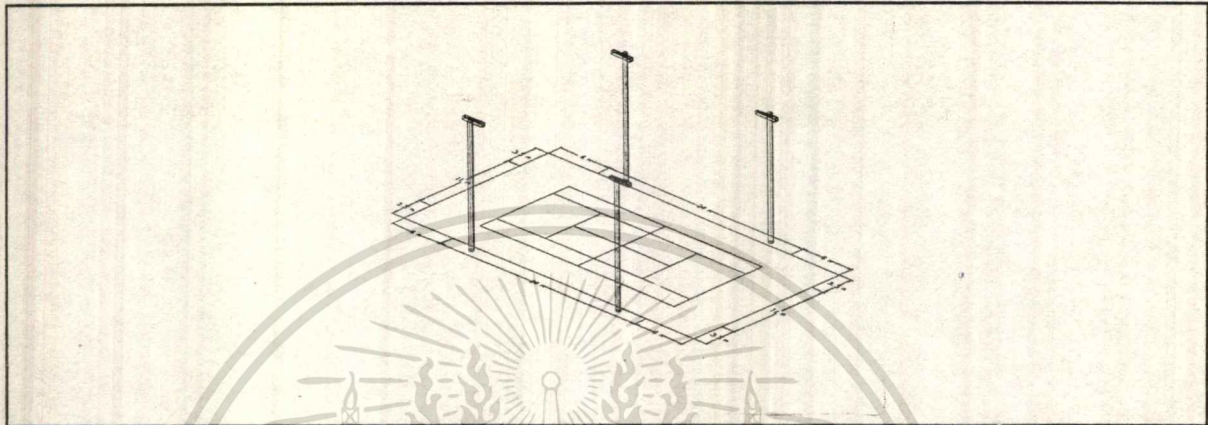
Isocandela Diagram



3 - Dimension Lux Wave



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมฉายโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K

M

I

T

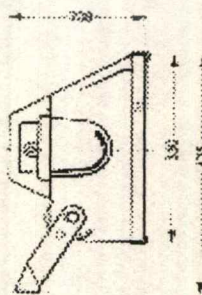
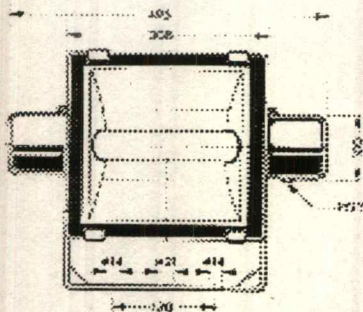
L

APPLICATION

- Suitable for Construction sites , Parking , Substation yards , Any Fields , or High Mast Lighting
- Design for Both use with 250 w. and 400 w.

FEATURES

- The body is made of Pressure die cast Aluminium and housing with screw cover with glass lens
- High purity Anodized Aluminium reflector
- Special lamp holder (E/40 type)
- The hinged cover is made from heat resistant , tempered shock resistance clear glass and sealed to the housing with a silicon rubber gasket
- Grey standard color, although options are available
- Ready to connection with 220~230 volt , 50 Hz.

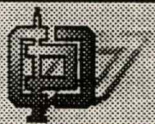


dimension

Type B

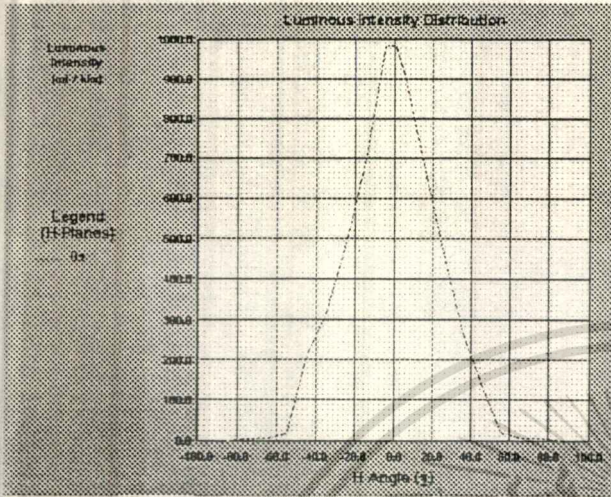
EDC4007S

KMI T DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY

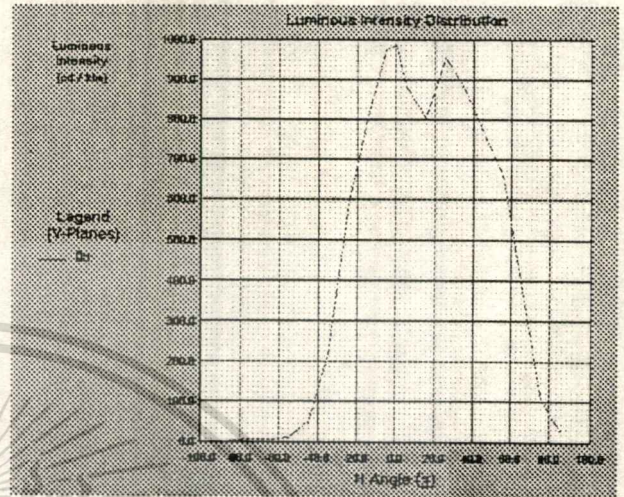


ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA



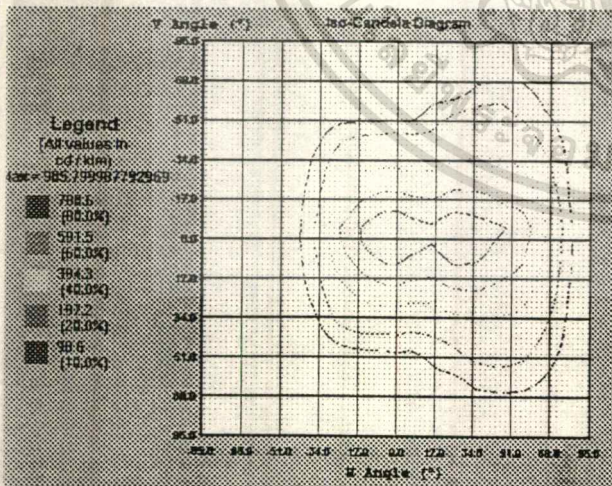
Horizontal Plane Polar Curve



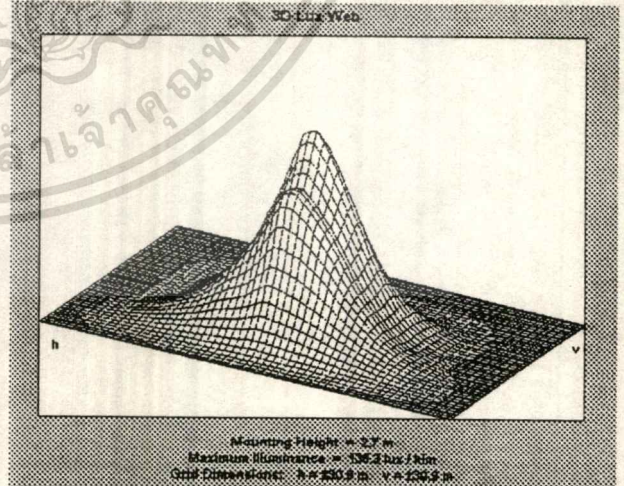
Vertical Plane Polar Curve

CLASSIFICATION

IP Protection	65
Insulation Class	I
Beam Lumen	737.1
Total Lumen	1318.5
Total lumen per lamp	41000

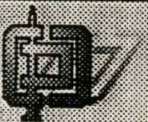


Isocandela Diagram



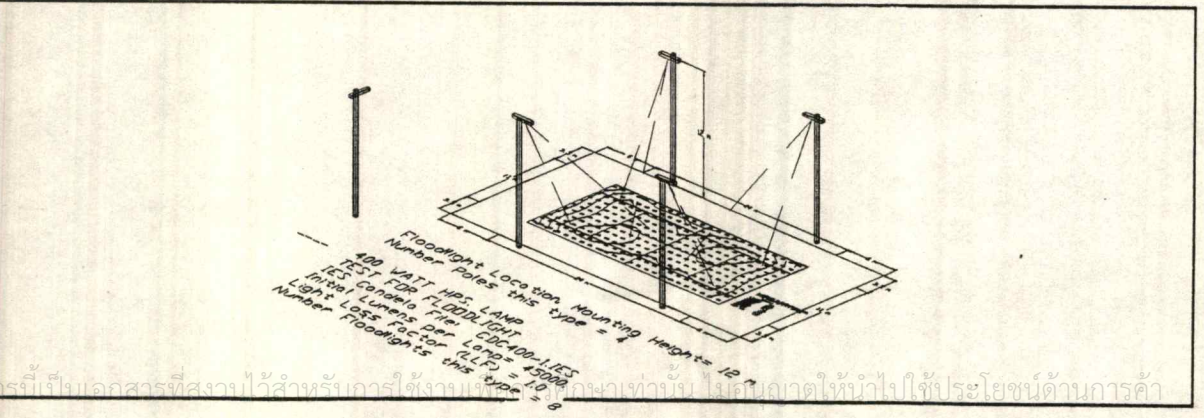
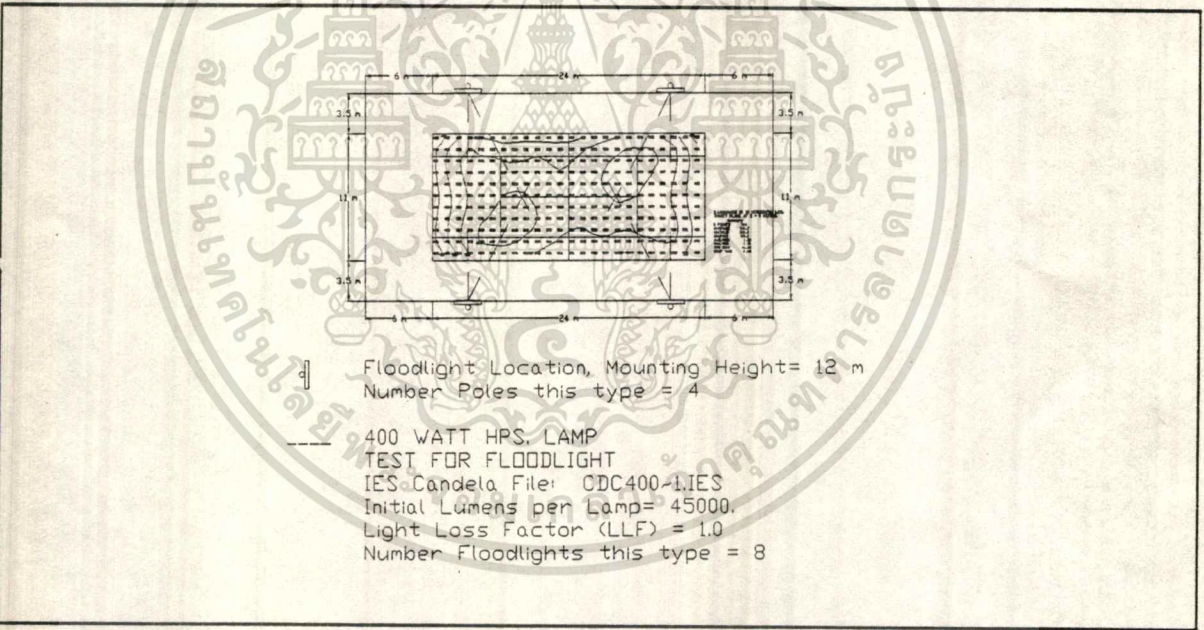
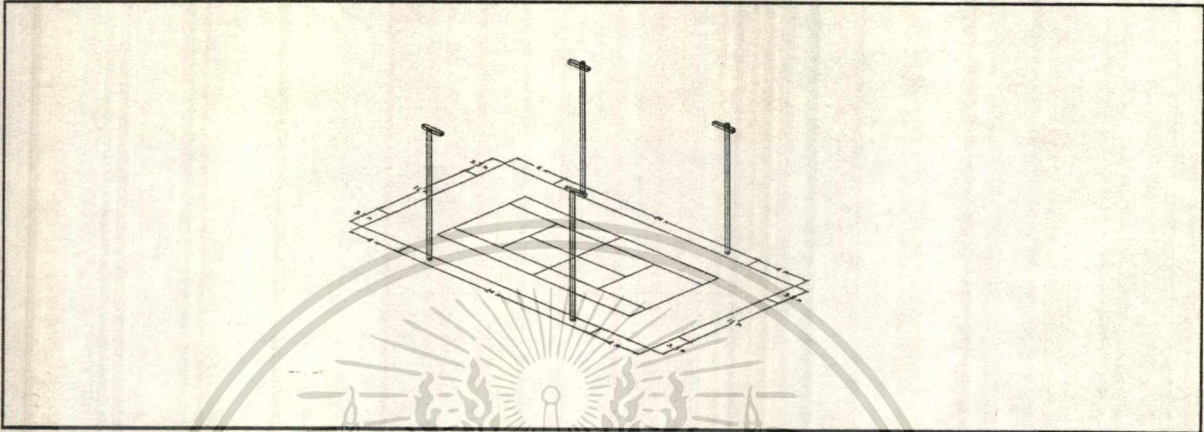
3 - Dimension Lux Wave

2MATA DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



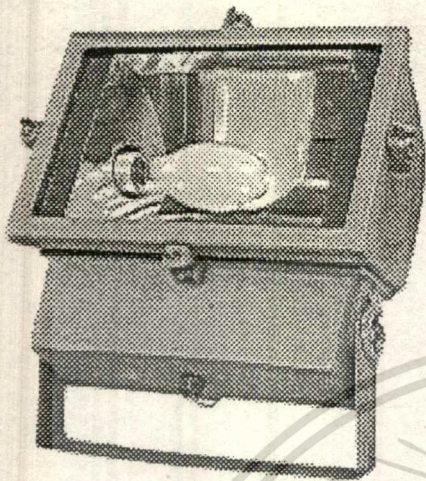
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมฉายโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

K M I T L

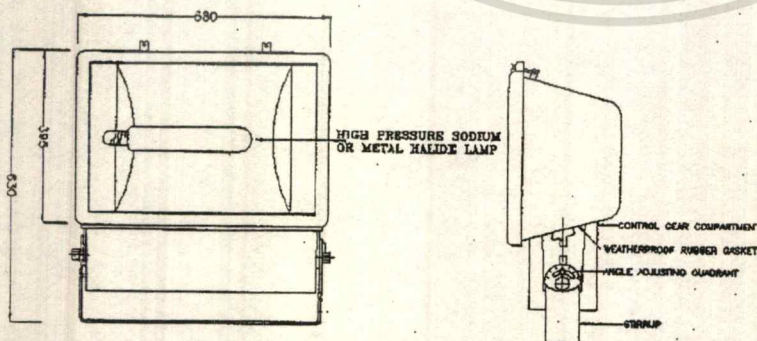


APPLICATION

- Suitable for Construction sites , Parking , Substation yards , Any Fields , or High Mast Lighting
- Design for Both use with 250 w. and 400 w.

FEATURES

- The body is made of Pressure die cast Aluminium and housing with screw cover with glass lens
- High purity Anodized Aluminium reflector
- Special lamp holder (E/40 type)
- The hinged cover is made from heat resistant , tempered shock resistance clear glass and sealed to the housing with a silicon rubber gasket
- Grey standard color, although options are available
- Ready to connection with 220~230 volt , 50 Hz.

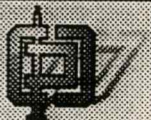


dimension

Type B

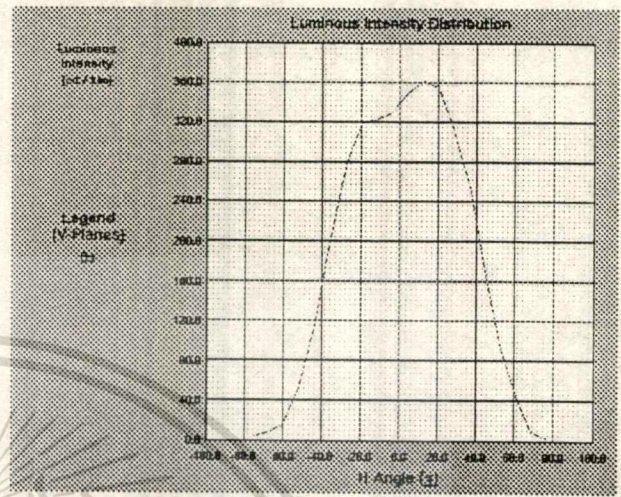
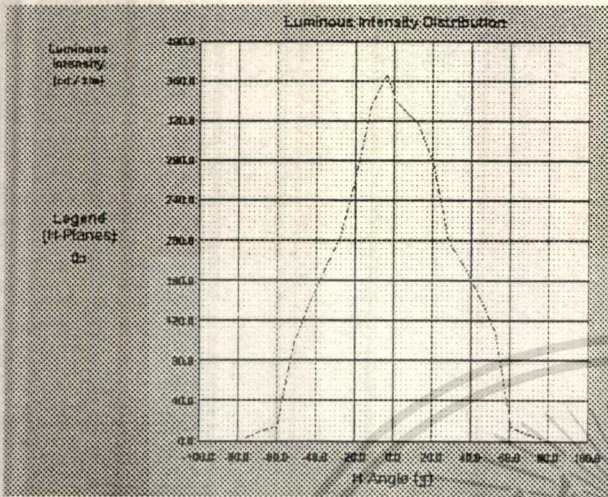
207400ZR

KMILA DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA

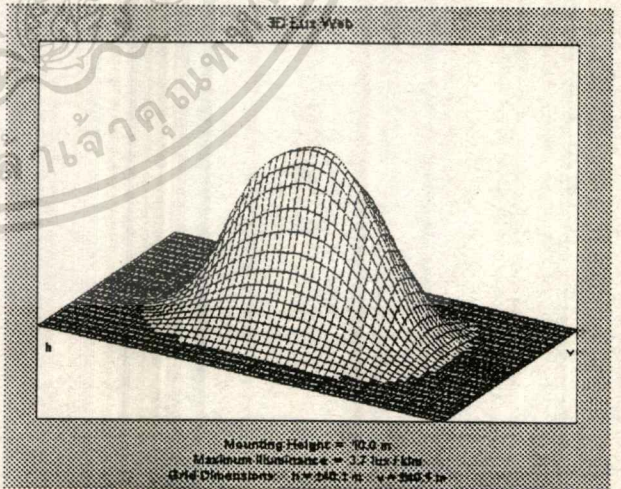
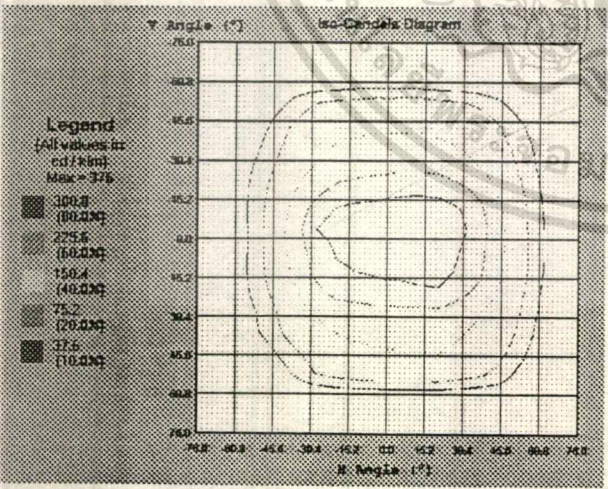


Horizontal Plane Polar Curve

Vertical Plane Polar Curve

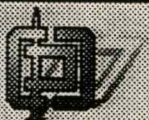
CLASSIFICATION

IP Protection	54
Insulation Class	II
Beam Lumen	334.7
Total Lumen	578.2
Total lumen per lamp	41000



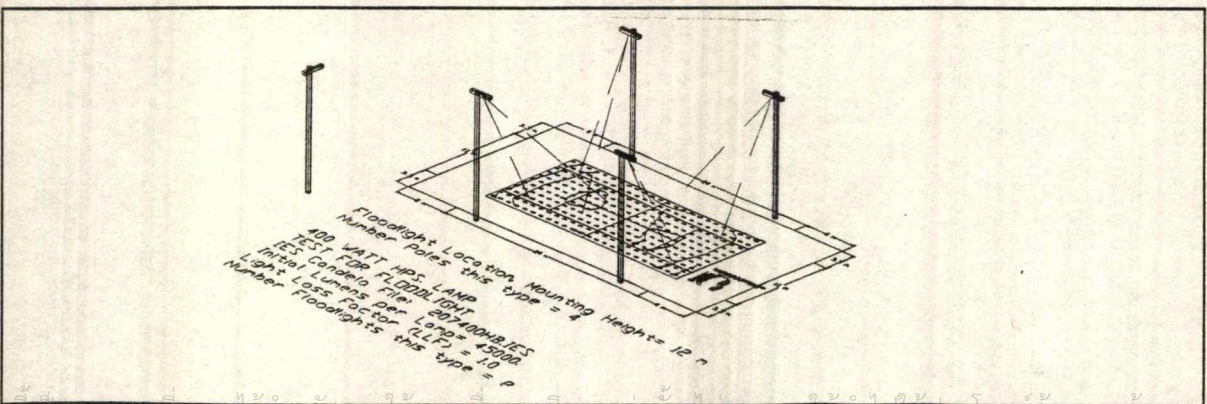
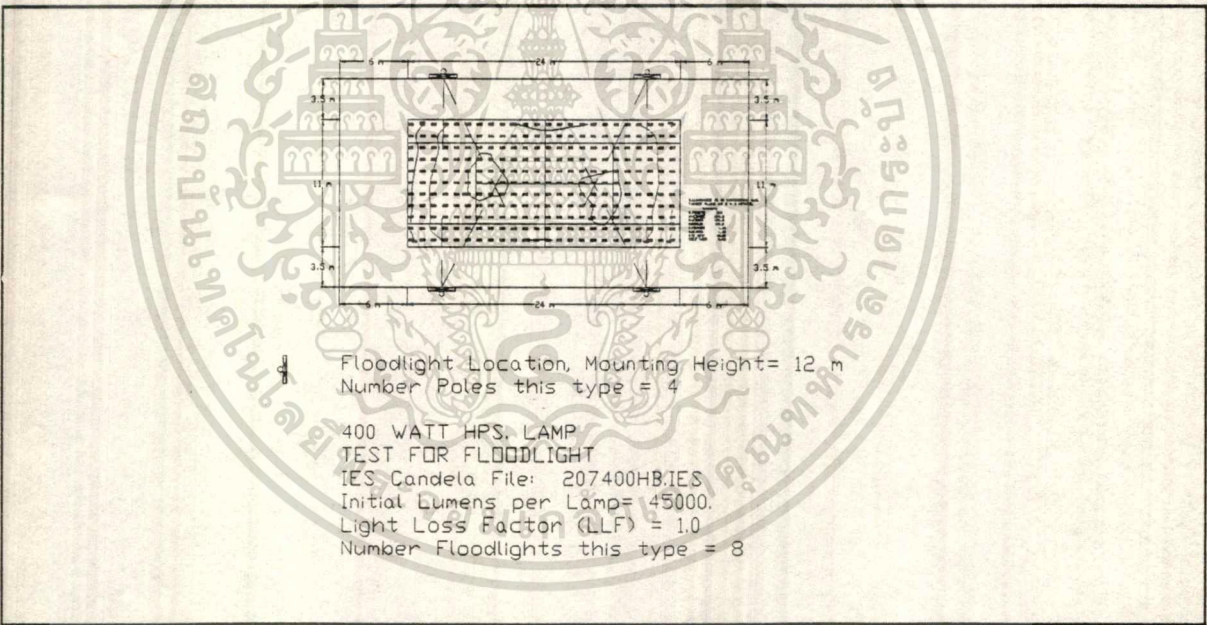
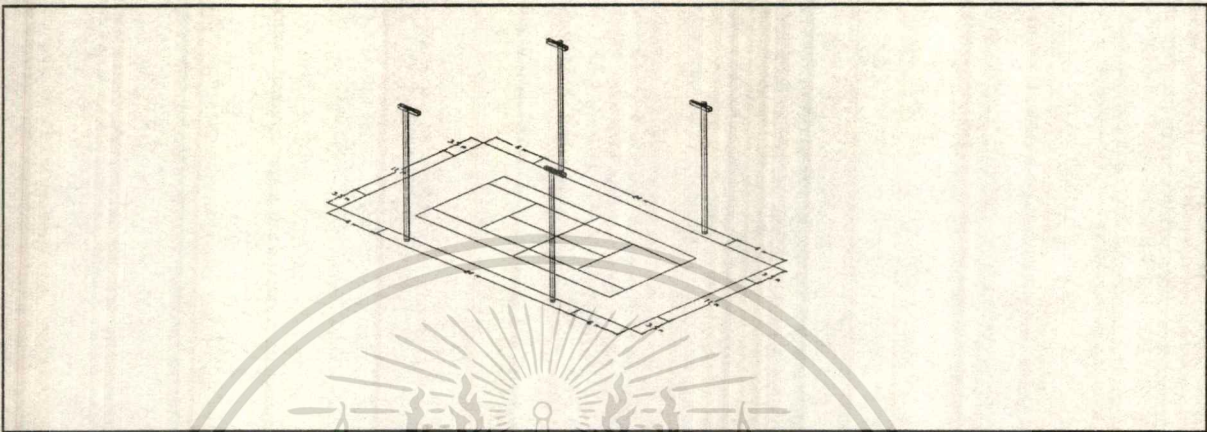
Isocandela Diagram

3 - Dimension Lux Wave



ไม่พากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมฉายโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

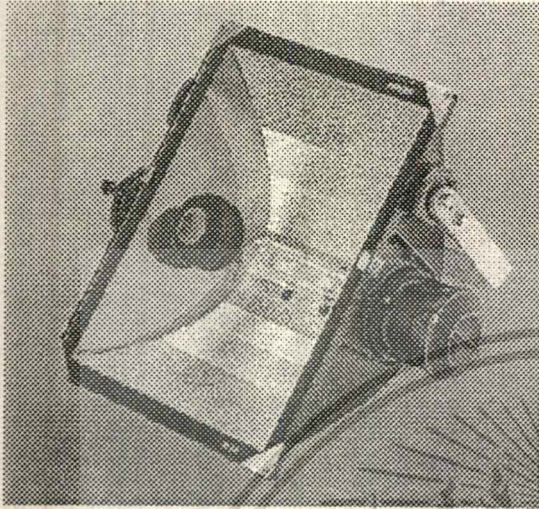
K

M

I

T

L

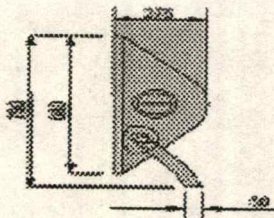
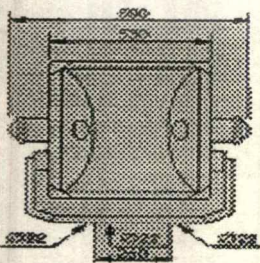


APPLICATION

- Suitable for Construction sites , Parking , Substation yards , Any Fields , or High Mast Lighting
- Design for Both use with 250 w. and 400 w.

FEATURES

- The body is made of Pressure die cast Aluminium and housing with screw cover with glass lens
- High purity Anodized Aluminium reflector
- Special lamp holder (E/40 type)
- The hinged cover is made from heat resistant , tempered shock resistance clear glass and sealed to the housing with a silicon rubber gasket
- Grey standard color, although options are available
- Ready to connection with 220~230 volt , 50 Hz.



dimension

Type B

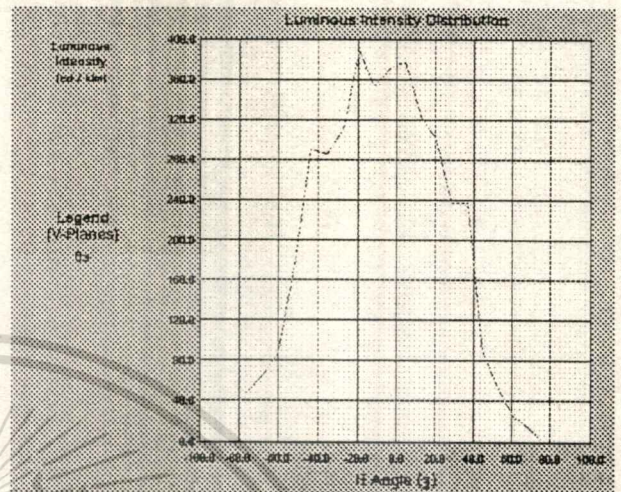
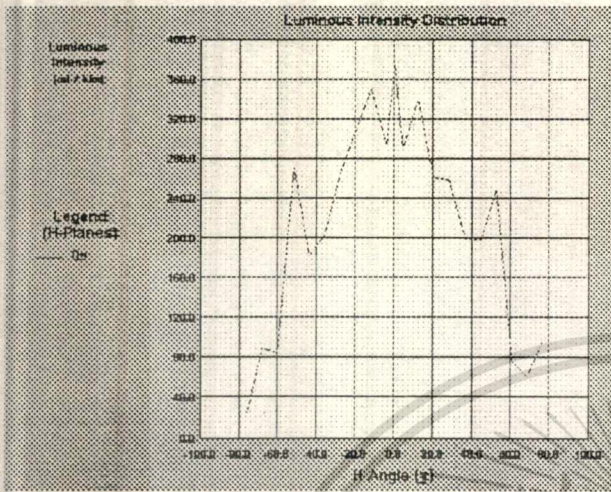
KMILT

KMILT

DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



PHOTOMETRIC DATA

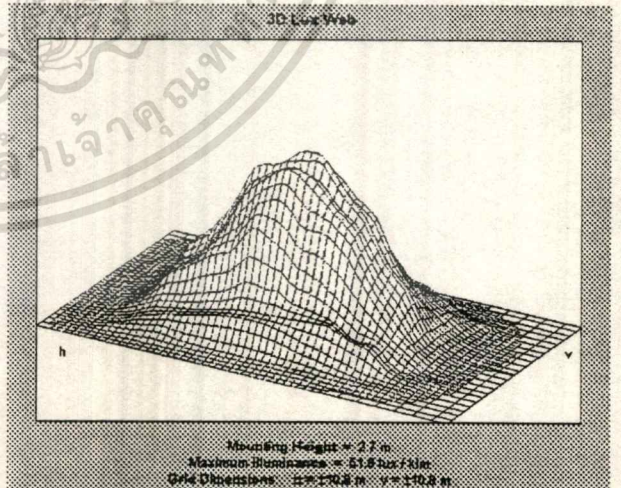
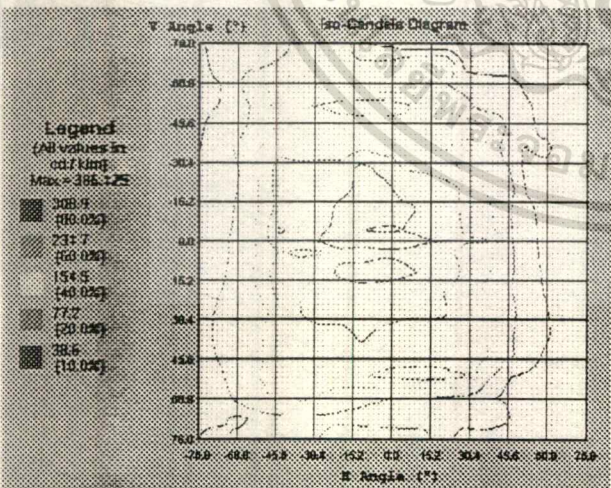


Horizontal Plane Polar Curve

Vertical Plane Polar Curve

CLASSIFICATION

IP Protection	65
Insulation Class	I
Beam Lumen	502.1
Total Lumen	813.5
Total lumen per lamp	120000

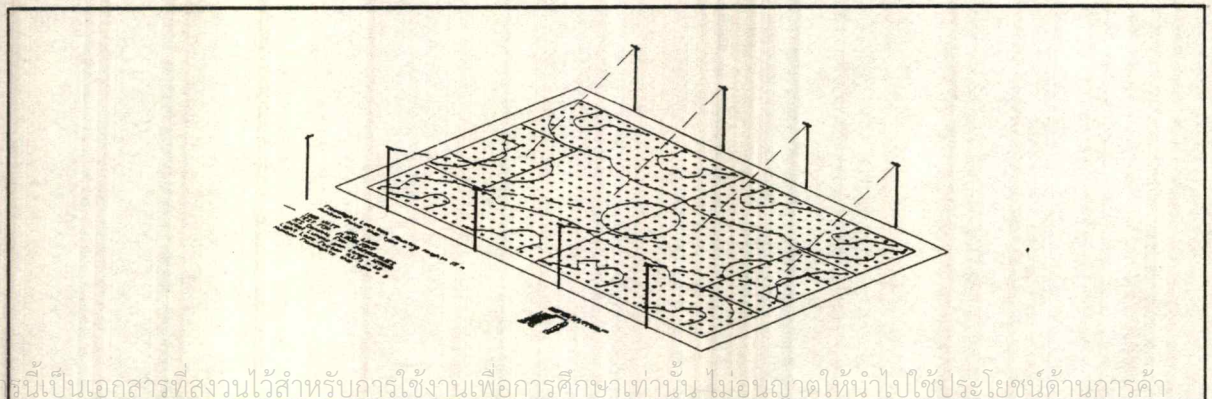
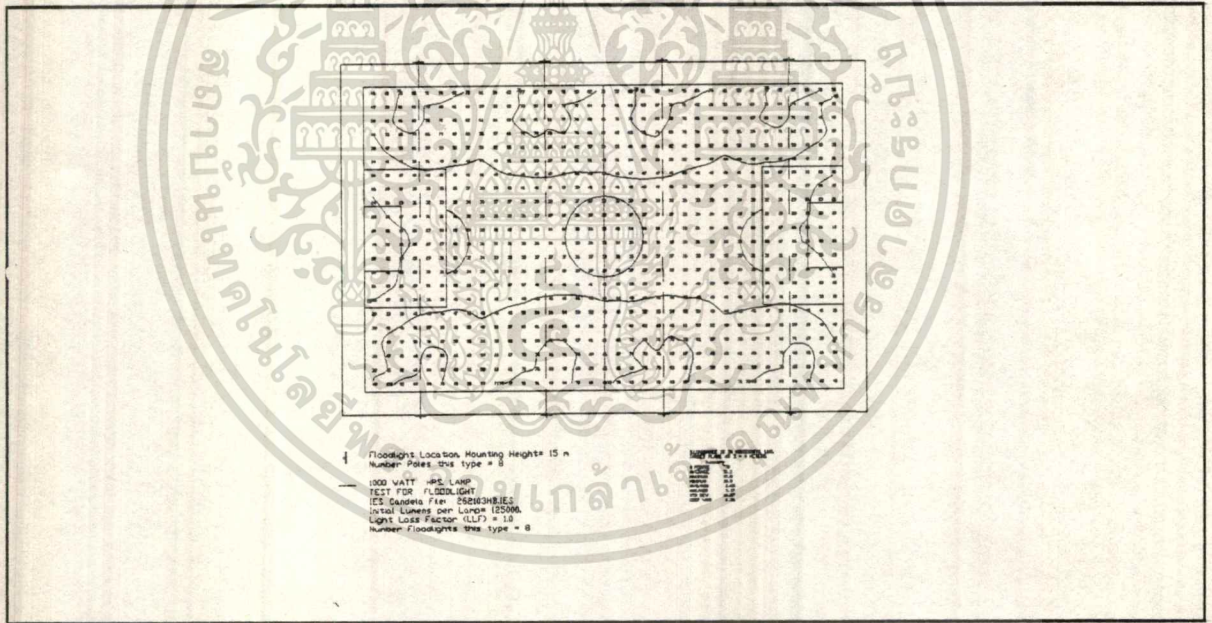
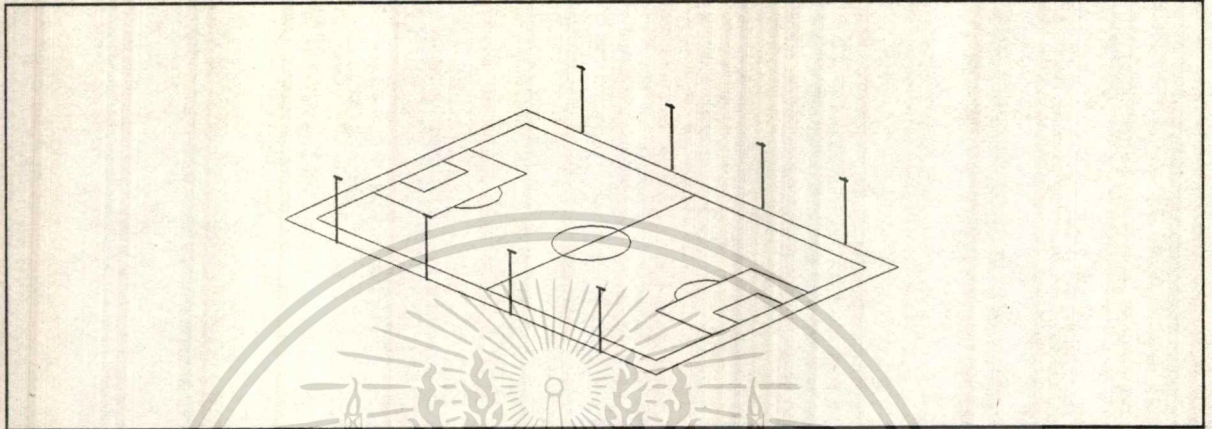


Isocandela Diagram

3 - Dimension Lux Wave



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมฉายโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux

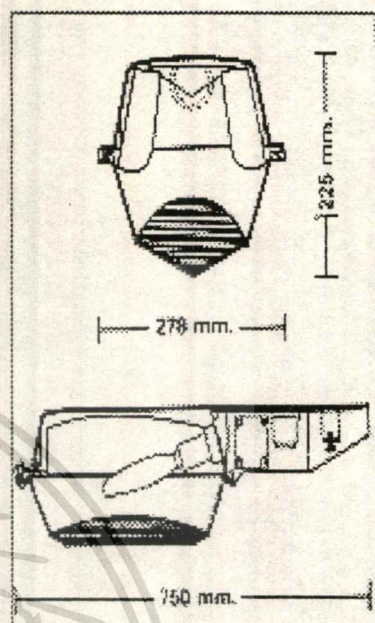


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

061250hr Roadway Type

KMITL

dimension



FEATURES

- Degree of Protection IP 54
- Three component die-cast Aluminium Housing : top housing, optical door and ballast door Finished with grey Polyester Paint
- Easy Installation and maintenance
- Completed wired and ready for connection with 220~230 voltage and 50~60 Hz.
- Standard E40 or E27 base socket (depend on lamp)

Application

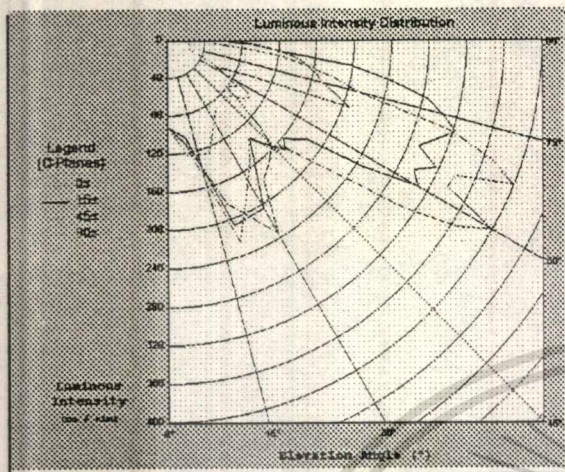
- For roadways, bridges, intersections, highway, parking, and area lighting or where high level of illumination and high efficiency are required

Recommended Mounting Height

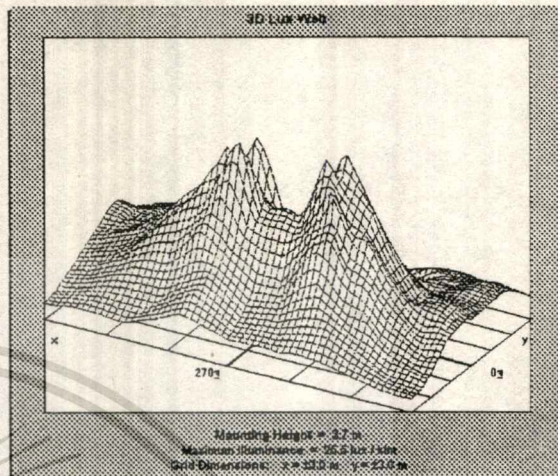
- 9.00 ~ 15.00 meters are recommended



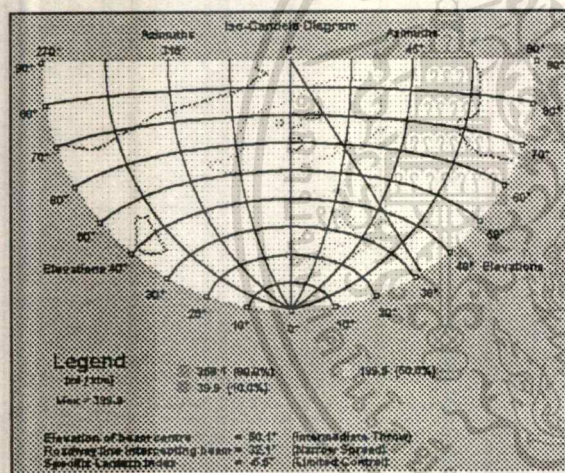
PHOTOMETRIC DATA



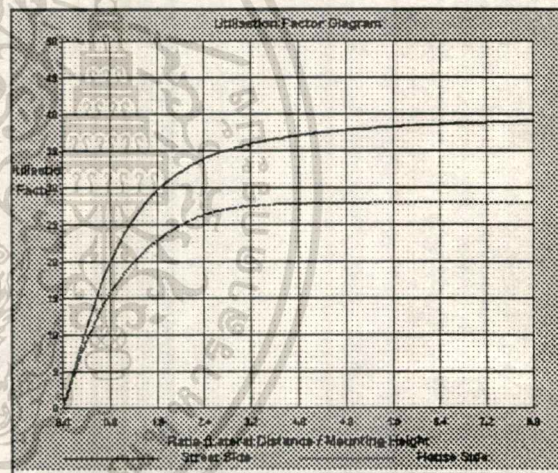
Polar Curve



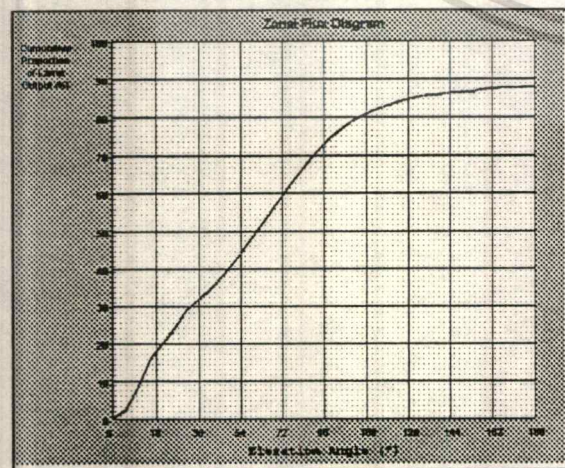
3-D Lux Wave



Isocandela Curve



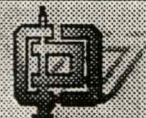
Utilization Factor



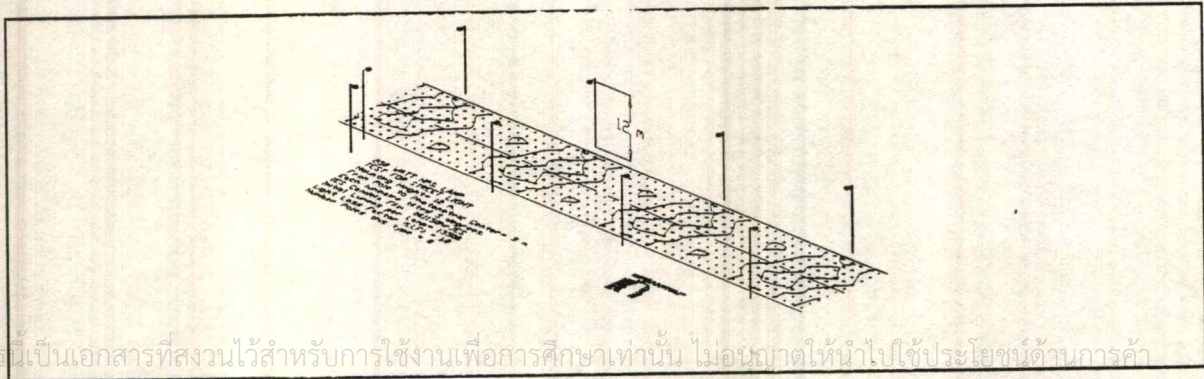
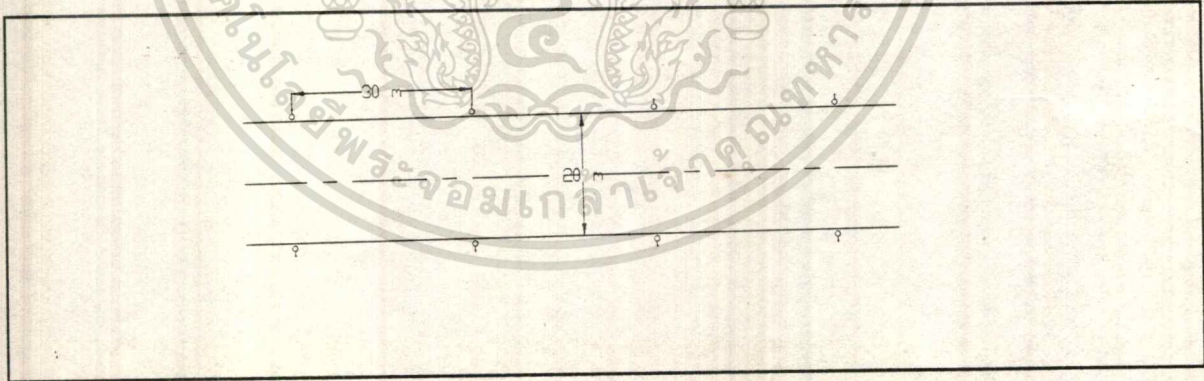
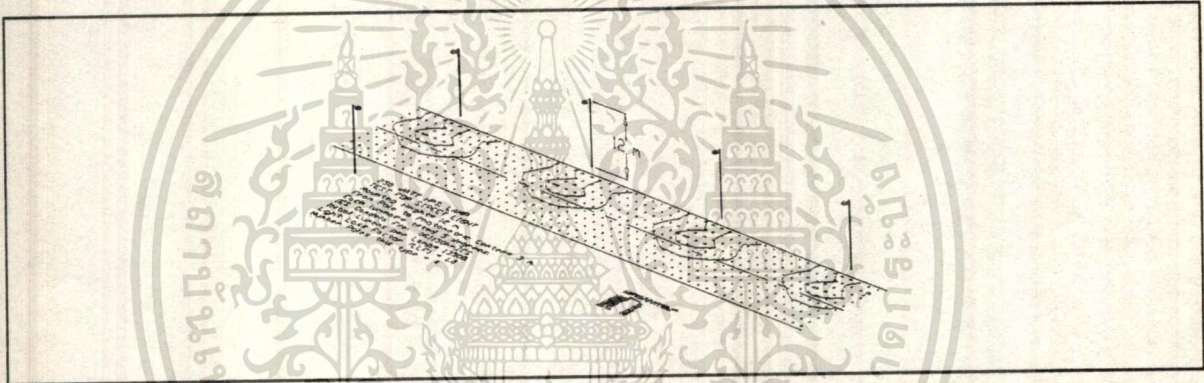
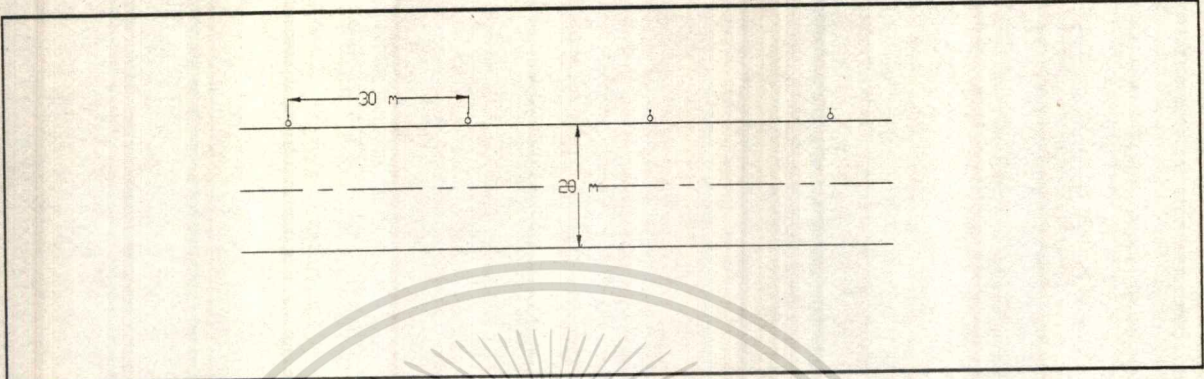
Zonal Flux Curve

CLASSIFICATION

IP Protection	54
Insulation Class	II
Light Output Ratio	87.92
DLOR=87% ULOR=7.92%	
Total Lumen/Lamp	14000



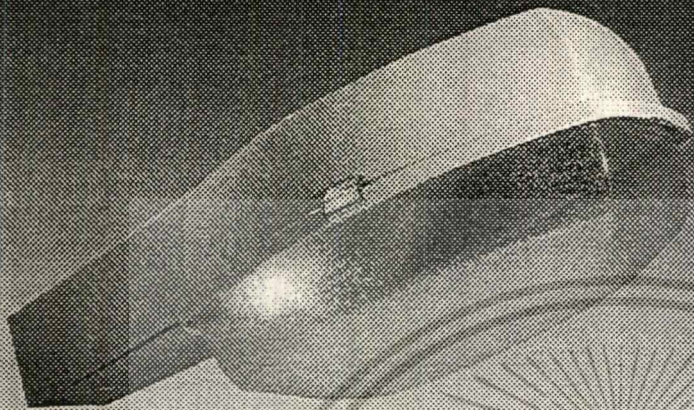
แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมไฟถนนโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLUX



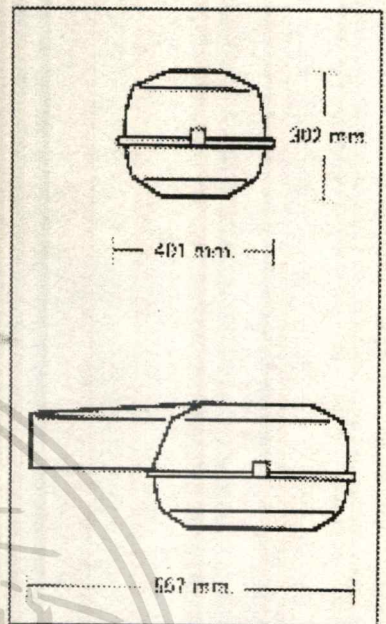
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

091250QR Roadway Type

KMITL



dimension



FEATURES

- Degree of Protection IP 54
- Three component die-cast Aluminium Housing : top housing, optical door and ballast door Finished with grey Polyester Paint
- Easy Installation and maintenance
- Completed wired and ready for connection with 220~230 voltage and 50~60 Hz.
- Standard E40 or E27 base socket (depend on lamp)

Application

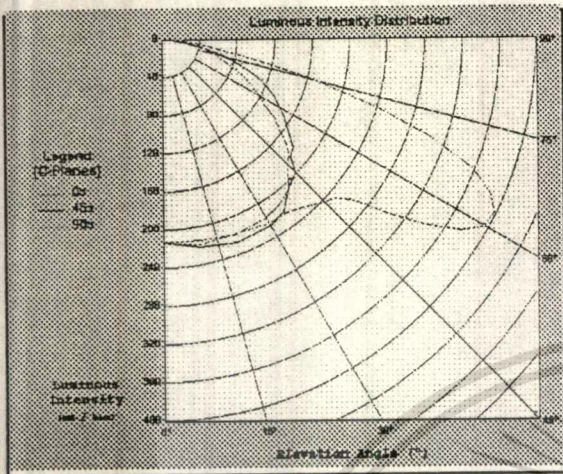
- For roadways, bridges, intersections, highway, parking, and area lighting or where high level of illumination and high efficiency are required

Recommened Mounting Hight

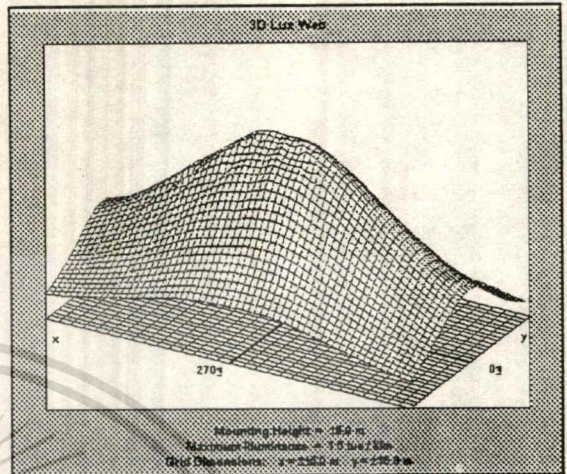
- 9.00 ~ 15.00 meters are reccommended



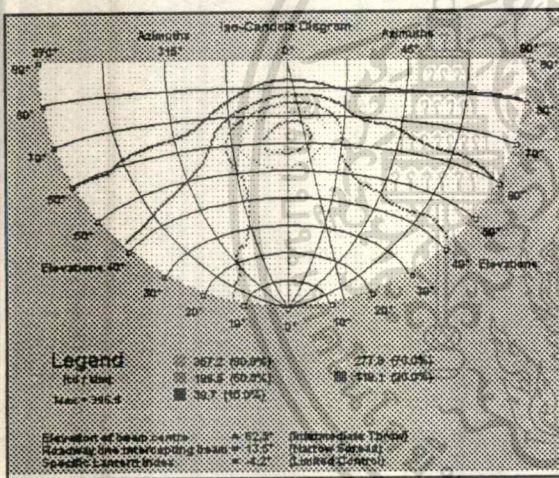
PHOTOMETRIC DATA



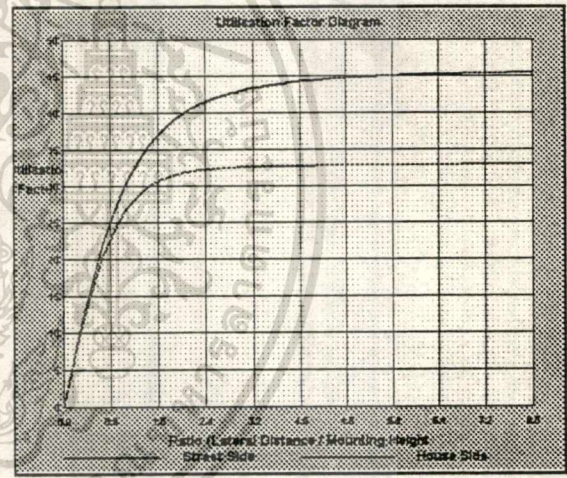
Polar Curve



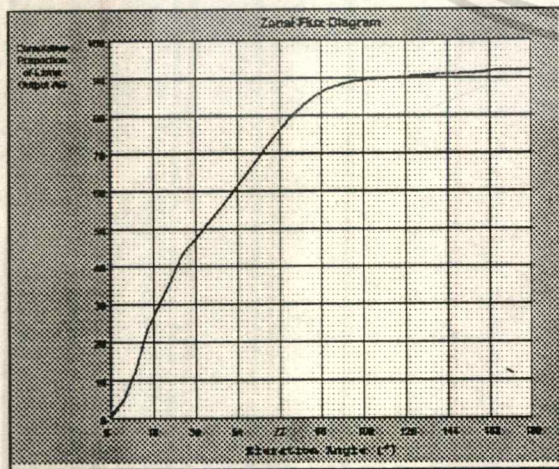
3-D Lux Wave



Isocandela Curve

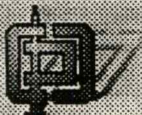


Utilization Factor

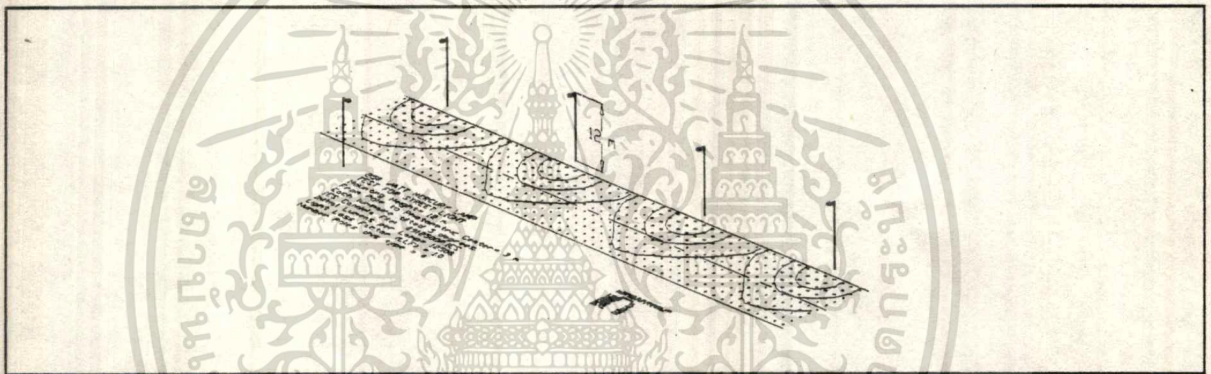
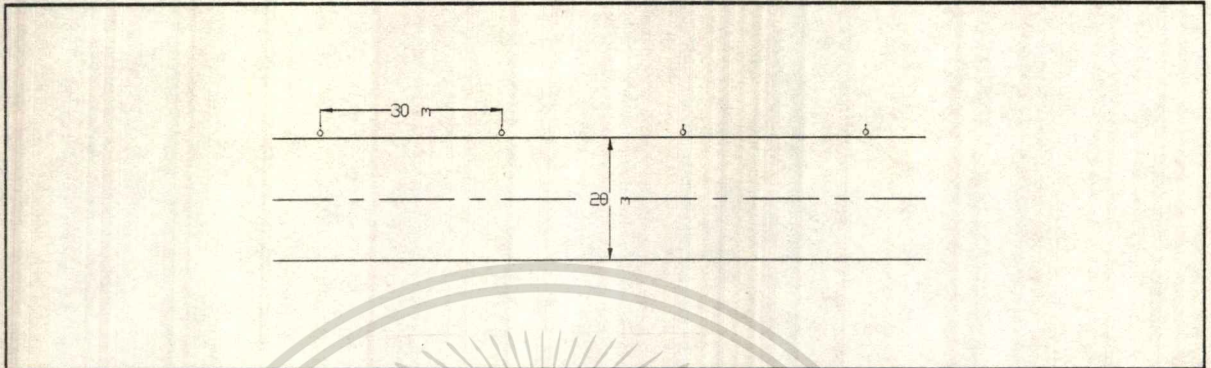


Zonal Flux Curve

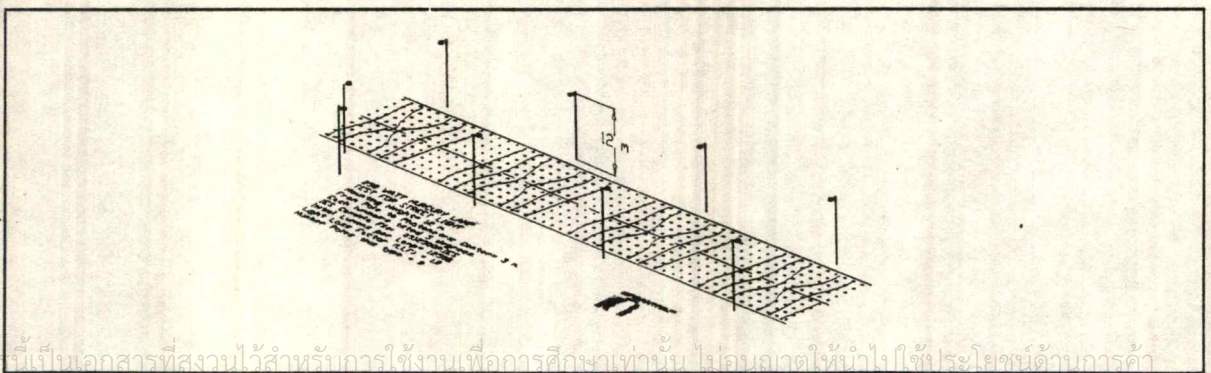
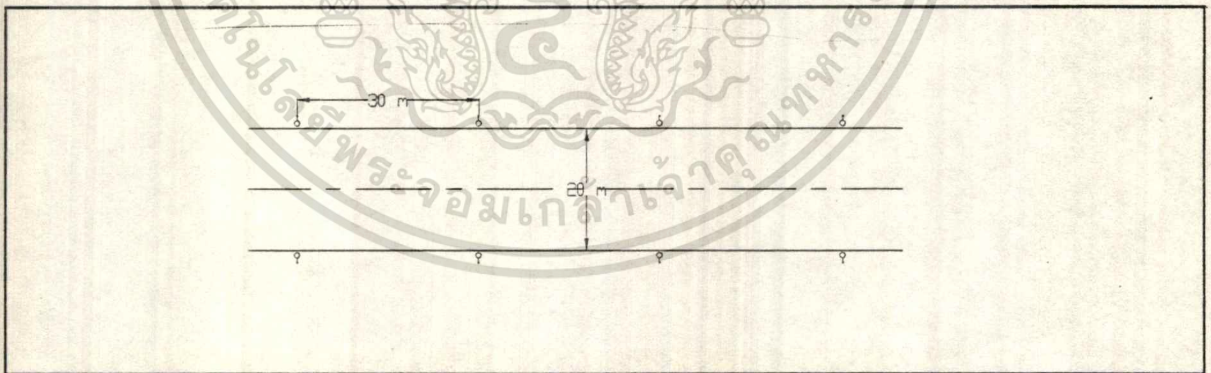
CLASSIFICATION	
IP Protection	54
Insulation Class	II
Light Output Ratio	92.1%
DLOR=90%	ULOR=2.1%
Total Lumen/Lamp	12500



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นคอมพิวเตอร์บนโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLisp



a

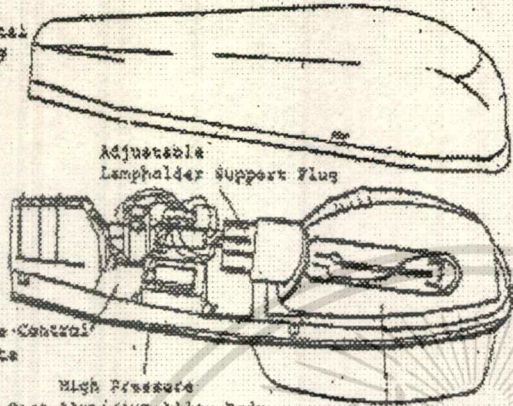


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CDC-070 Roadway Type

KMITL

Choice Of Horizontal
Or Vertical Fixing

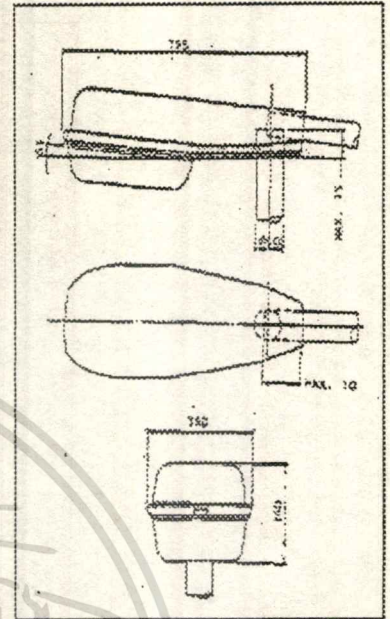


Removable Control
Gear Plate

High Pressure
Die-Cast Aluminium Alloy Body

Sealed Beam Optical Unit

dimension



FEATURES

- Degree of Protection IP 54
- Three component die-cast Aluminium Housing : top housing, optical door and ballast door Finished with grey Polyester Paint
- Easy Installation and maintenance
- Completed wired and ready for connection with 220-230 voltage and 50-60 Hz.
- Standard E40 or E27 base socket (depend on lamp)

Application

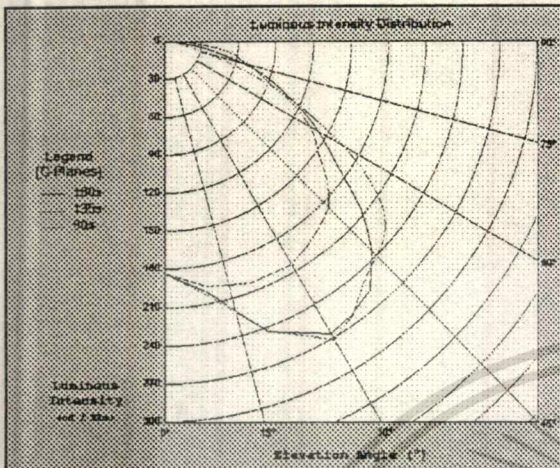
- For roadways, bridges, intersections, highway, parking, and area lighting or where high level of illumination and high efficiency are required

Reccommended Mounting Hight

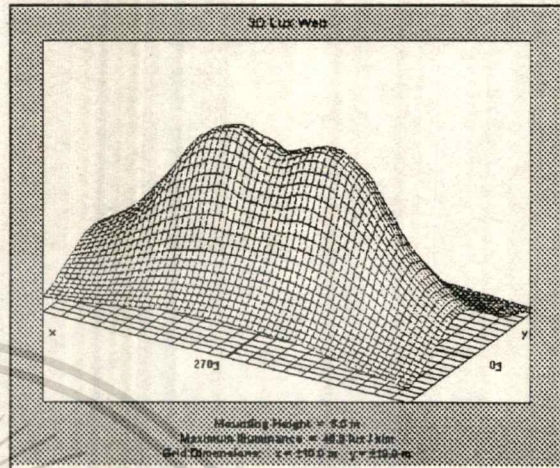
- 7.00 ~ 10.00 meters reccommended



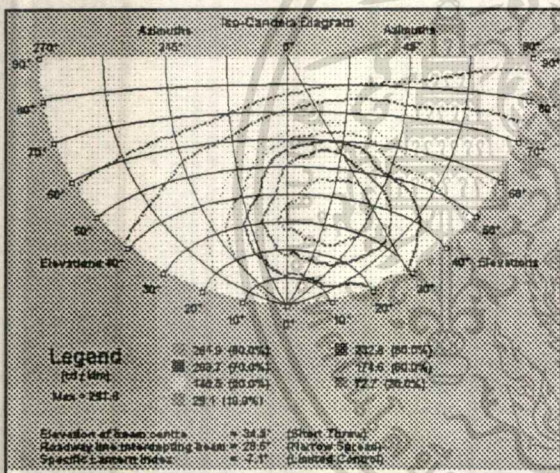
PHOTOMETRIC DATA



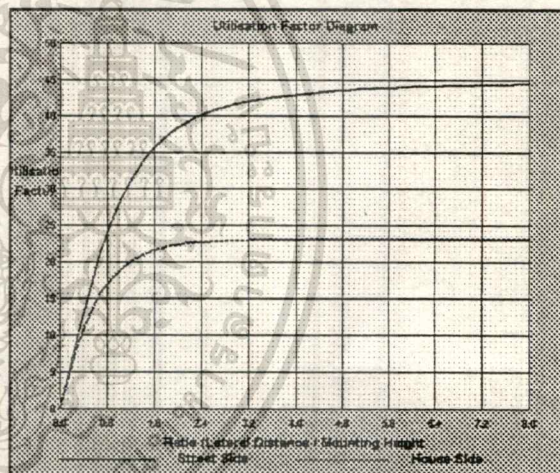
Polar Curve



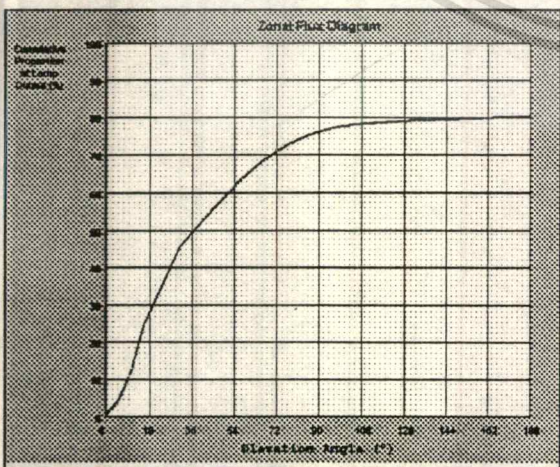
3-D Lux Wave



Isocandela Curve



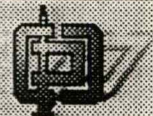
Utilization Factor



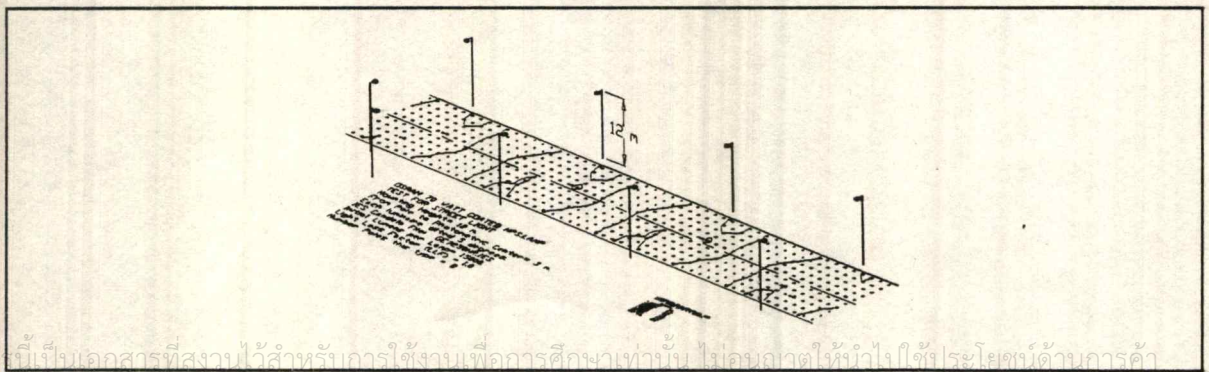
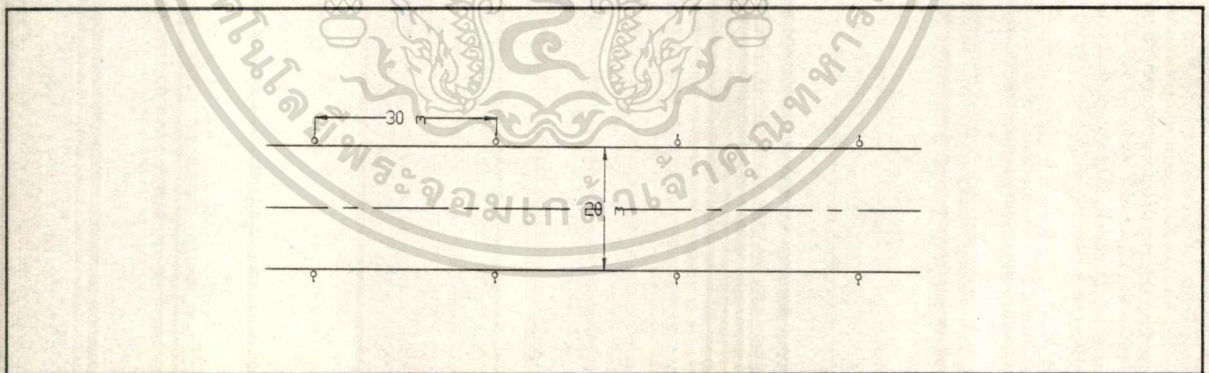
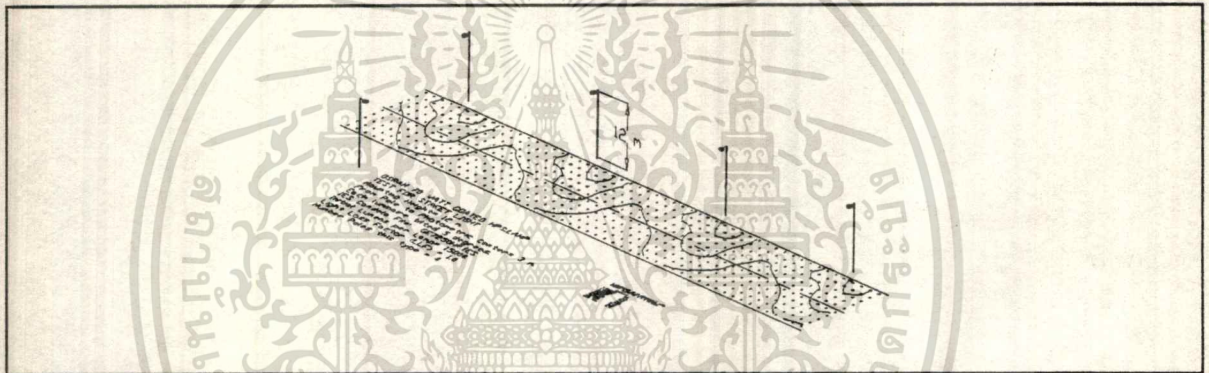
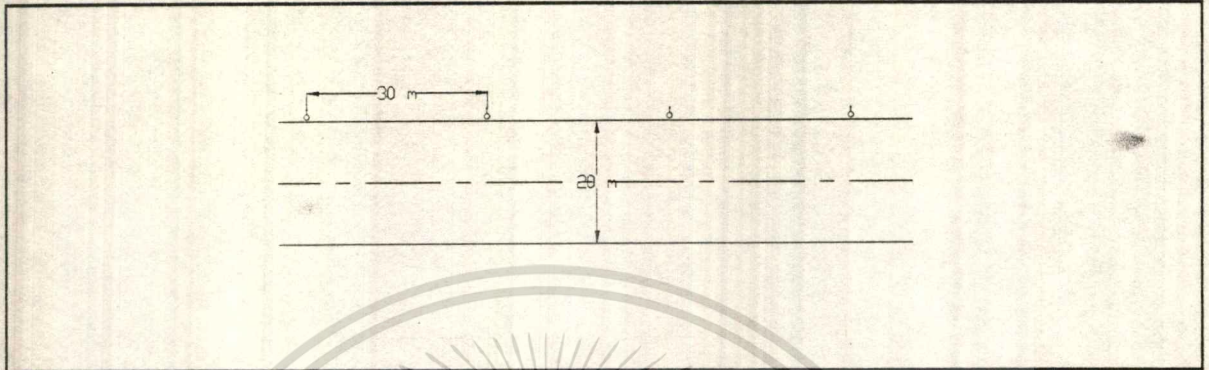
Zonal Flux Curve

CLASSIFICATION

IP Protection	54
Insulation Class	II
Light Output Ratio	80.1%
DLOR=75.6% ULOR=0.5%	
Total Lumen/Lamp	8500



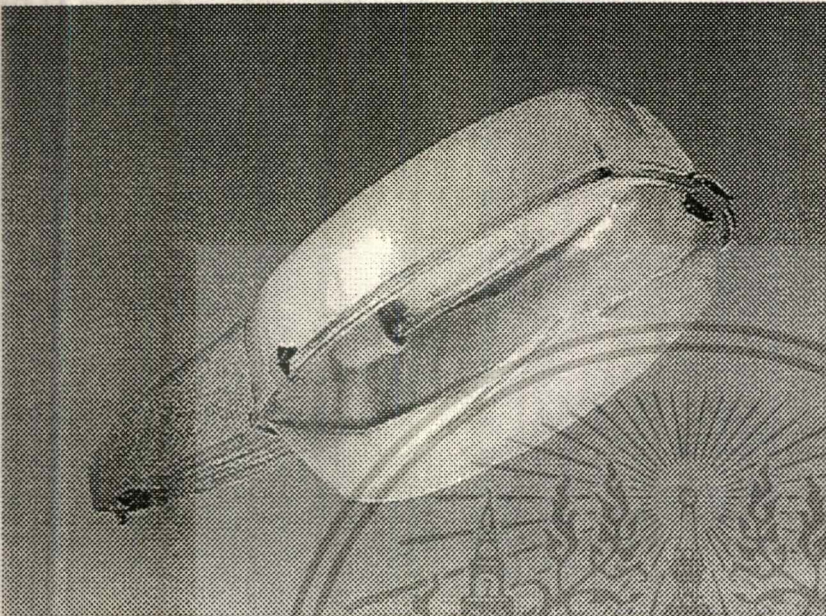
แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมไฟถนนโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



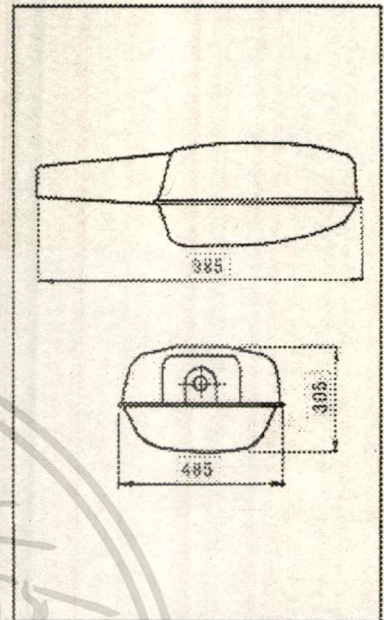
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GE7250HR Roadway Type

KMITL



dimension



FEATURES

- Degree of Protection IP 54
- Three component die-cast Aluminium Housing : top housing, optical door and ballast door Finished with grey Polyester Paint
- Easy Installation and maintenance
- Completed wired and ready for connection with 220-230 voltage and 50-60 Hz.
- Standard E40 or E27 base socket (depend on lamp)

Application

- For roadways, bridges, intersections, highway, parking, and area lighting or where high level of illumination and high efficiency are required

Reccommended Mounting Hight

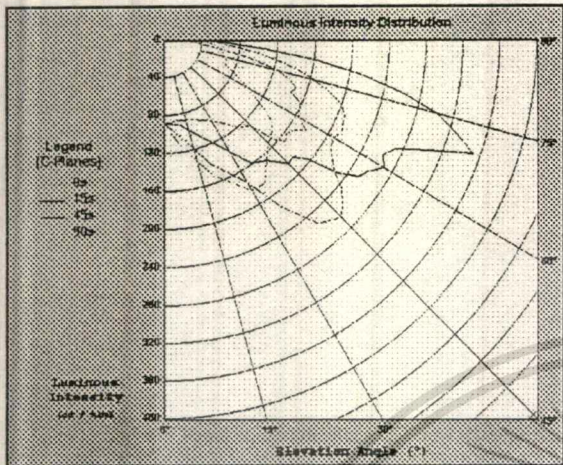
- 9.00 ~ 15.00 meters are reccommended

KMITL

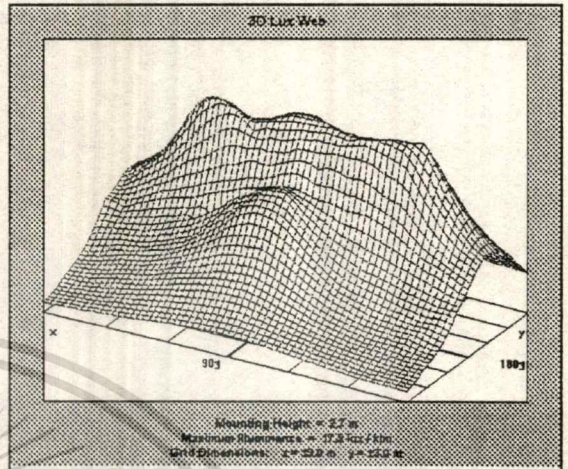
DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



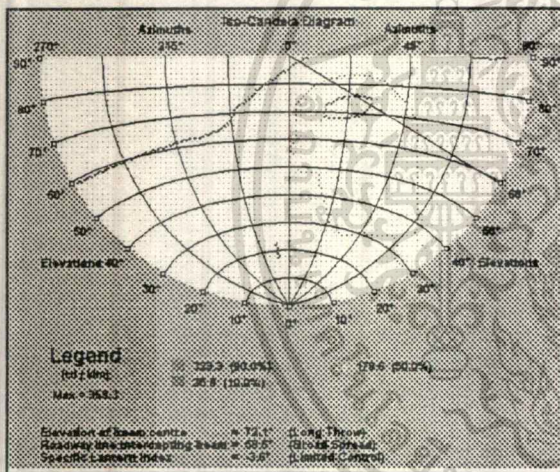
PHOTOMETRIC DATA



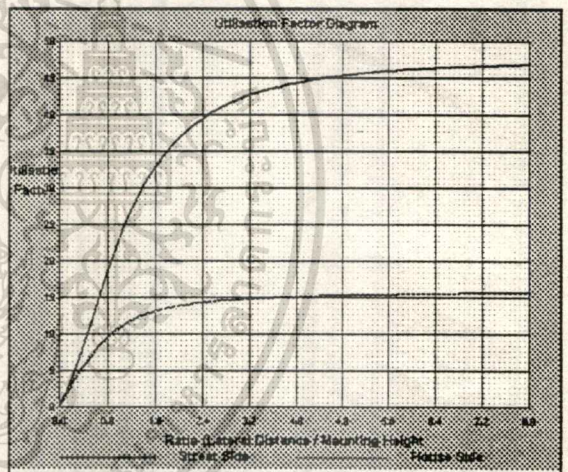
Polar Curve



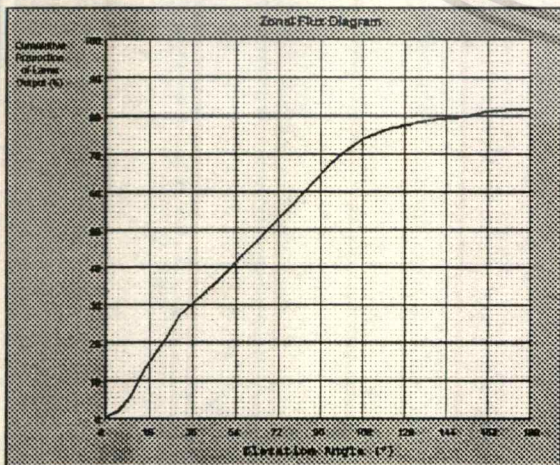
3-D Lux Wave



Isocandela Curve



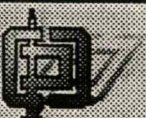
Utilization Factor



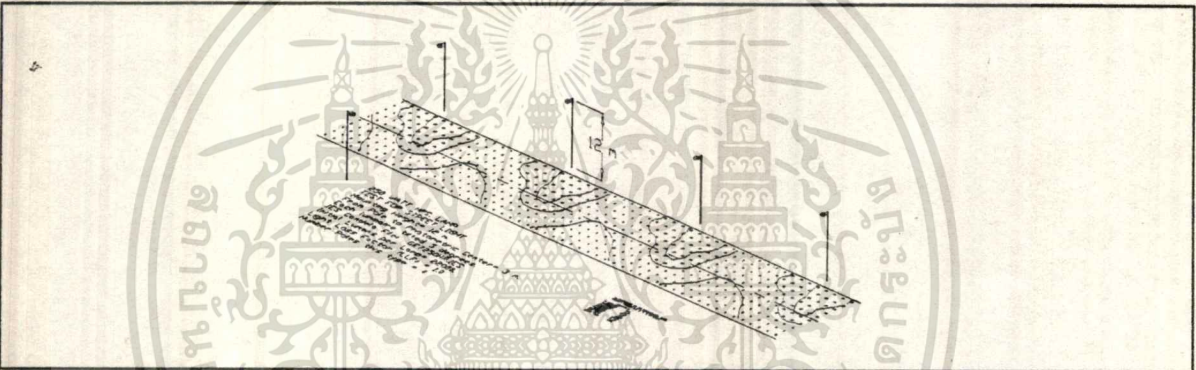
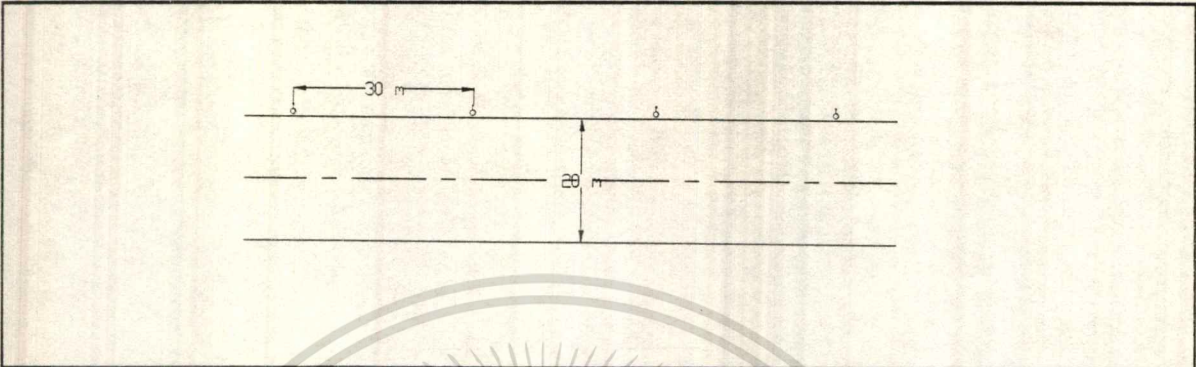
Zonal Flux Curve

CLASSIFICATION

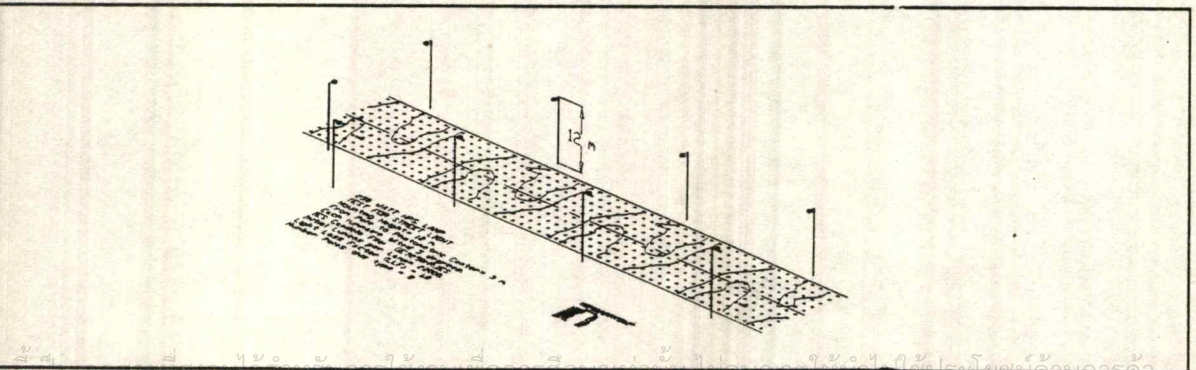
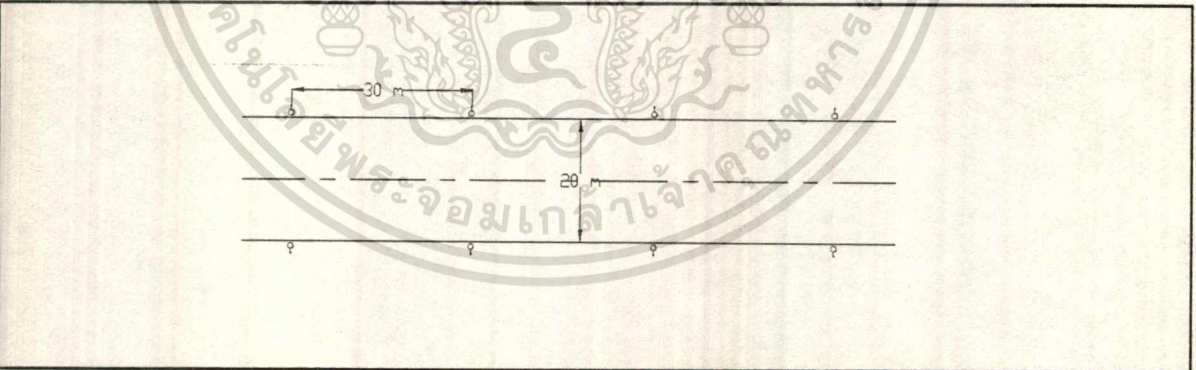
IP Protection	54
Insulation Class	II
Light Output Ratio	81.6%
DLOR=80% ULOR=1.6%	
Total Lumen/Lamp	27000



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมไฟถนนโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



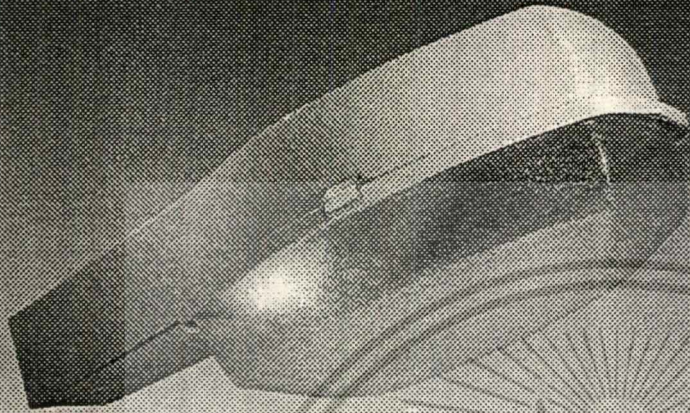
a



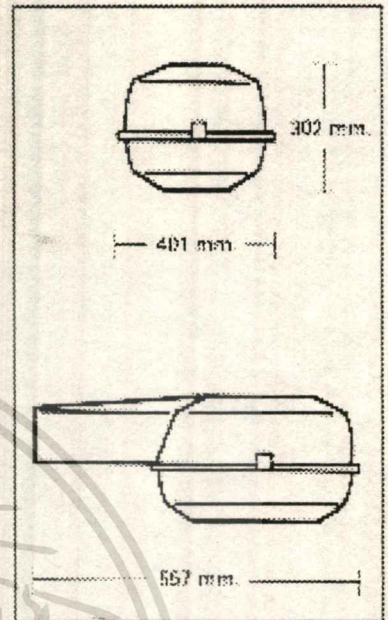
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษานี้ เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

173250HR Roadway Type

KMITL



dimension



FEATURES

- Degree of Protection IP 54
- Three component die-cast Aluminium Housing : top housing, optical door and ballast door Finished with grey Polyester Paint
- Easy Installation and maintenance
- Completed wired and ready for connection with 220-230 voltage and 50~60 Hz.
- Standard E40 or E27 base socket (depend on lamp)

Application

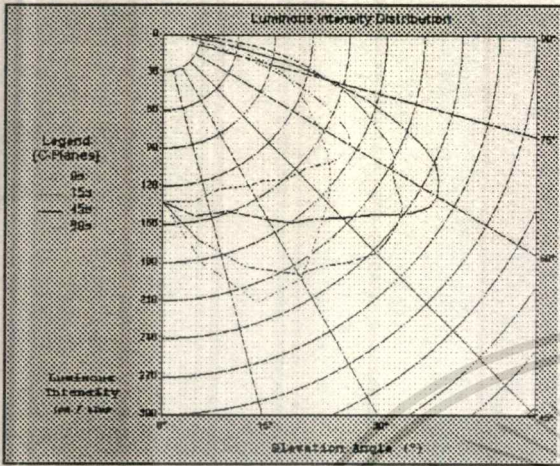
- For roadways, bridges, intersections, highway, parking, and area lighting or where high level of illumination and high efficiency are required

Recommended Mounting Height

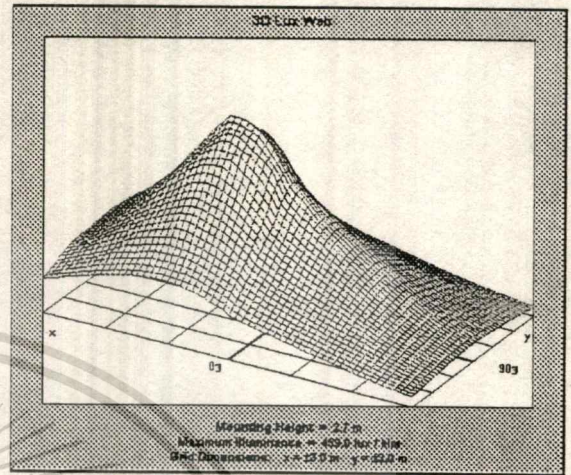
- 9.00 ~ 15.00 meters are recommended



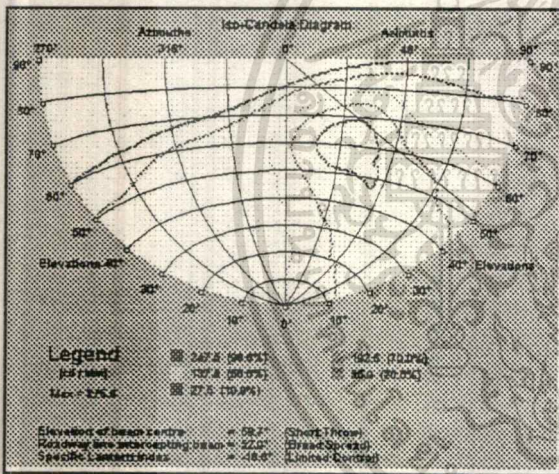
PHOTOMETRIC DATA



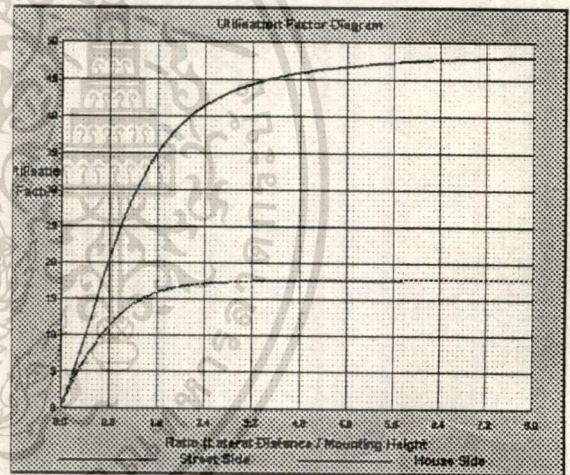
Polar Curve



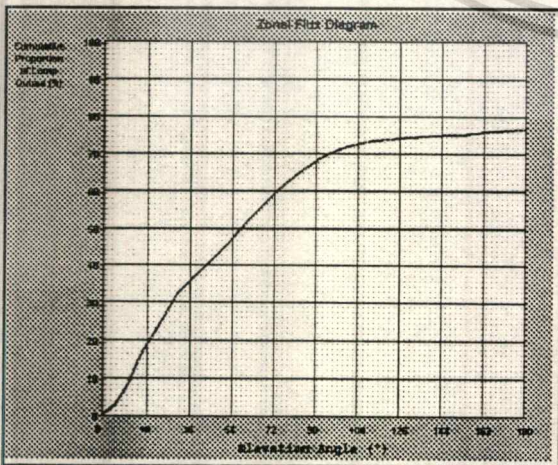
3-D Lux Wave



Isocandela Curve



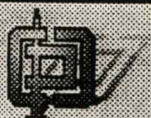
Utilization Factor



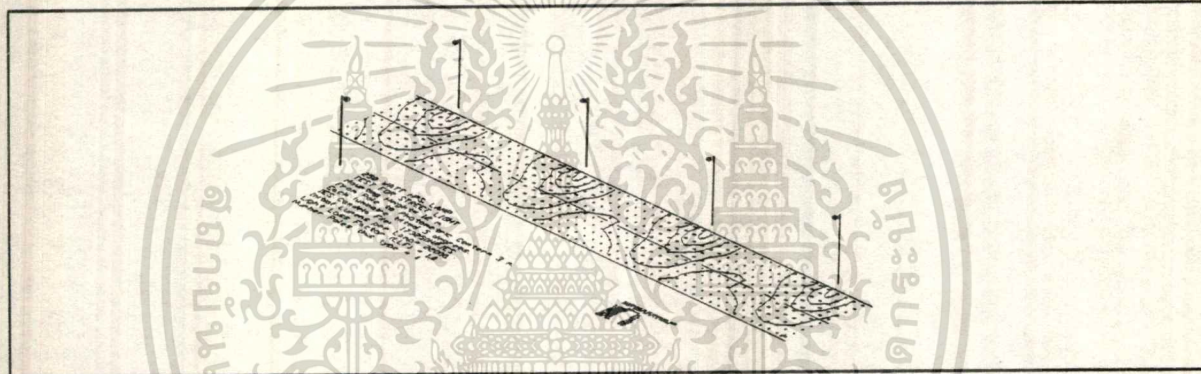
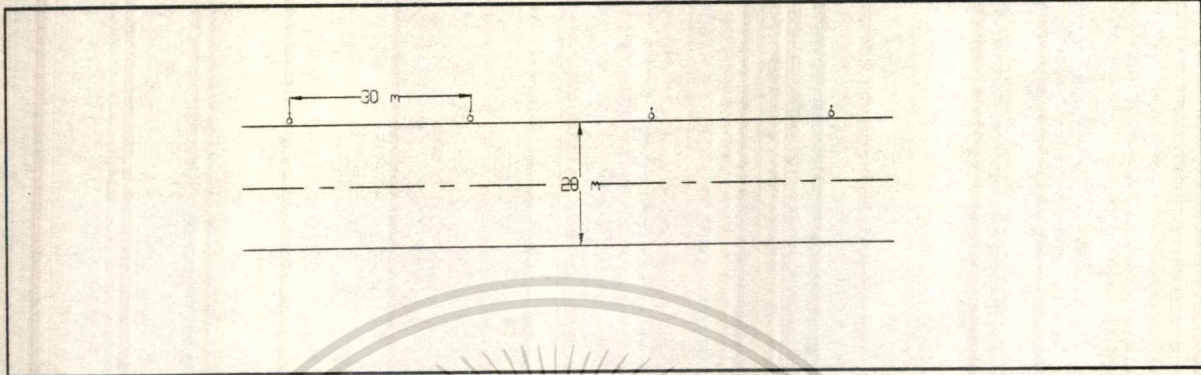
Zonal Flux Curve

CLASSIFICATION

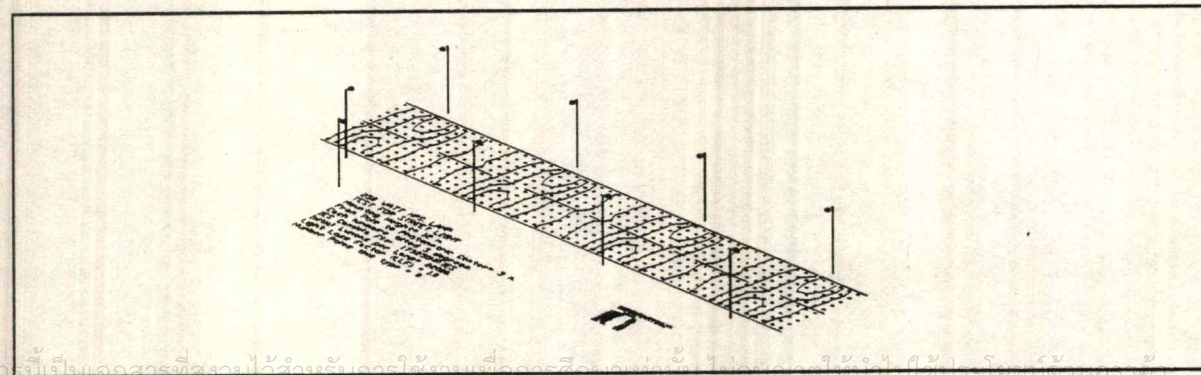
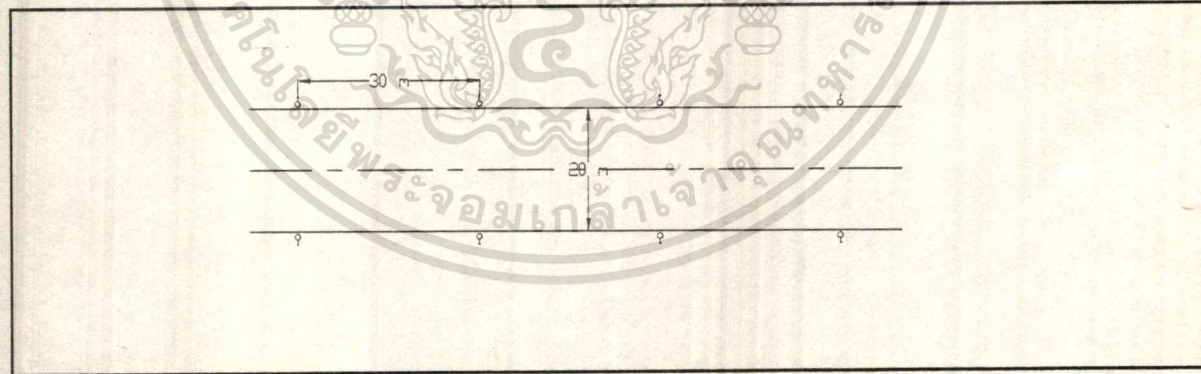
IP Protection	54
Insulation Class	II
Light Output Ratio	95.8
DLOR=93.7% ULOR=2.1%	
Total Lumen/Lamp	27000



**แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้เป็นโคมไฟถนนโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux**

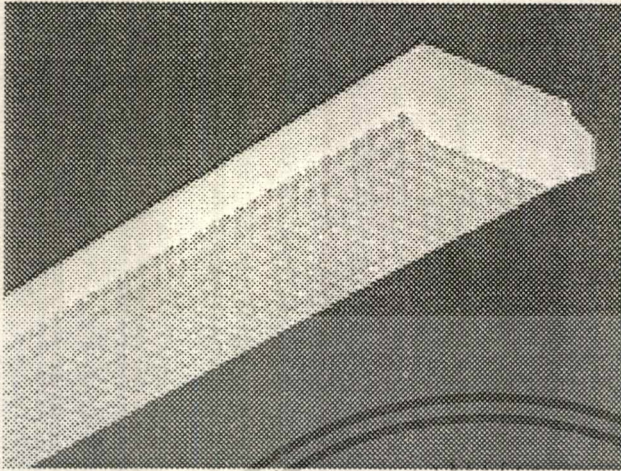


a



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KNM77L



APPLICATION

- Ideal for Classroom, General office, home, drawing room and the others purpose that need warming light
- Can be used with both 18 or 36 watt energy saving lamp type
- Compatible with all kind ballast

dimension



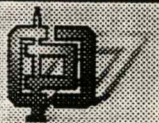
FEATURES

- Cable entry protected by dust seal
- Electrical connection by mean of terminal block with screw
- Humm-free Ballast with low wattage loss
- High performance electrical starter & capacitor build in to improve power factor to 0.85~0.95 pf. lagging
- Lock roter terminal connection with lamp
- Already Built in wiring with 0.5 mm. ribbon wire
- Swing-out Bracket easy to installation and maintanance
- Ready to connection with 220~230 volt, 50 Hz

Type A No.

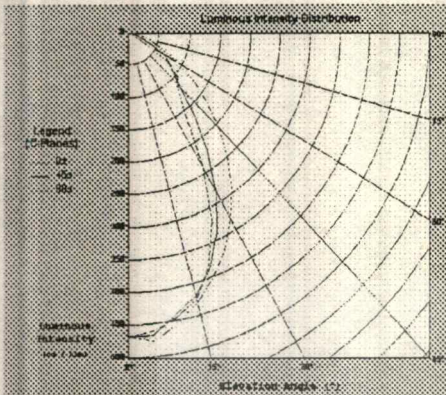
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 100

KNM77L DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



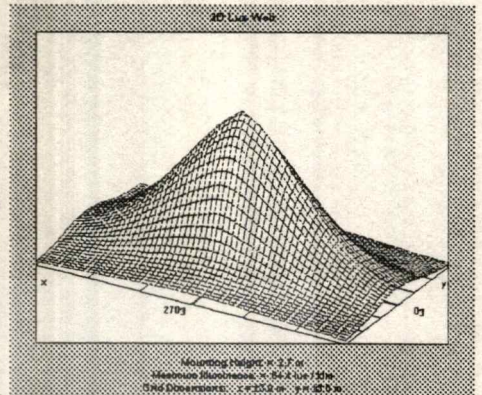
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA



CLASSIFICATION

Insulation Class II
 Light Output Ratio 64.4%
 DLOR 64.4% , ULOR 0 %
 Total lumen per lamp
 800

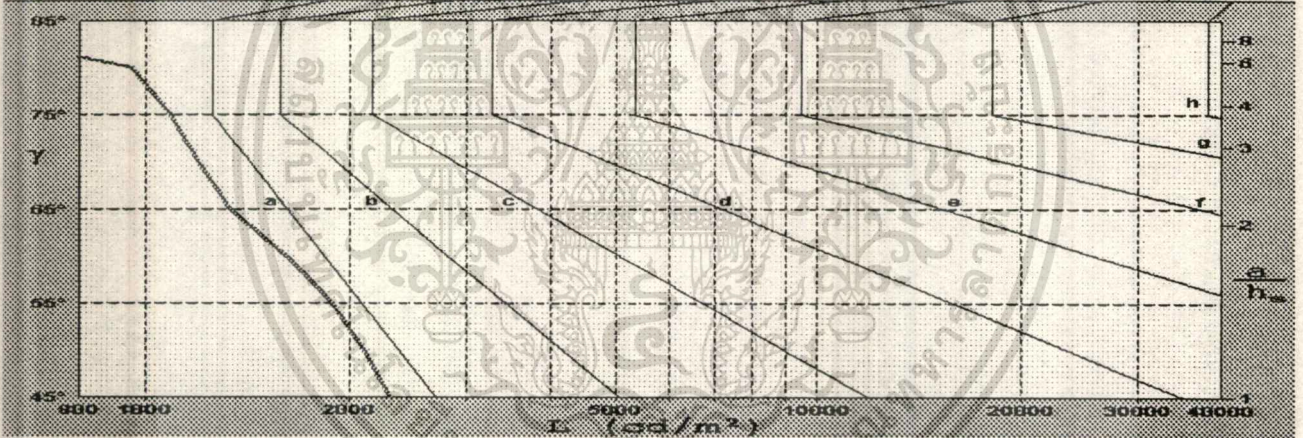


Polar Curve

3-Dimension Lux Wave

Luminance Limiting Curve

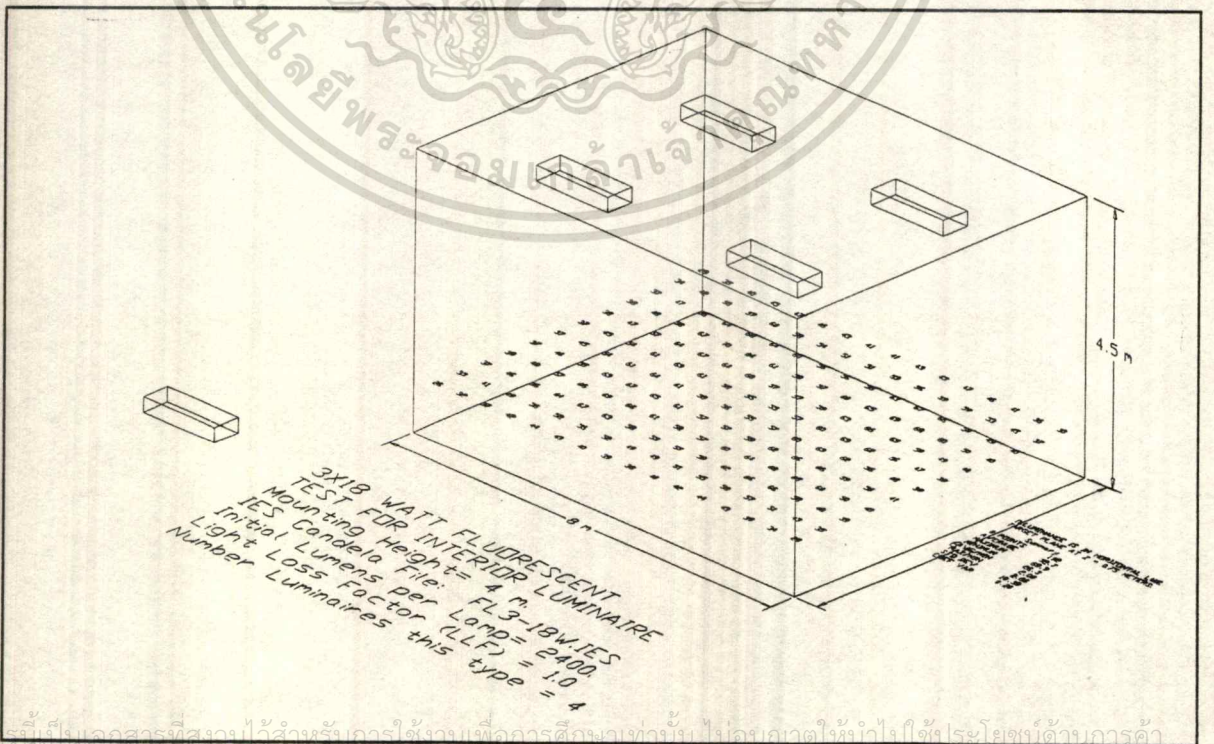
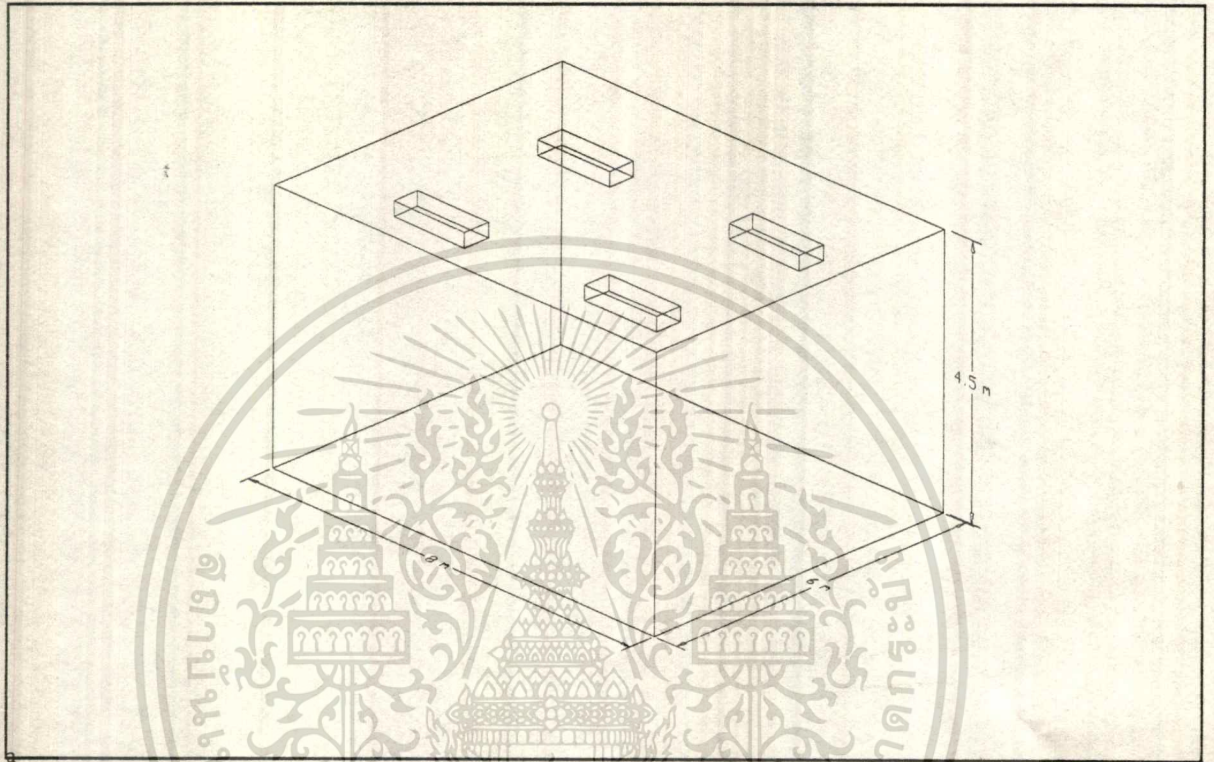
Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance (lx)							
		2000	1000	500	<300	a	r	g	h
1.15	A								
1.5	B		2000	1000	500	<300			
1.85	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.55	E	a	b	c	d	2000	1000	500	<300



$\rho_{cc} \rightarrow$	80	70	50	30	10	0										
$\rho_w \rightarrow$	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10										
RCR \downarrow	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance												($\rho_{rc} = 20$)			
0	0.67	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.63	0.63	0.63	0.60	0.60	0.60	0.57	0.57	0.57	0.56
1	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.55	0.56	0.55	0.53	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49
2	0.56	0.53	0.50	0.55	0.52	0.50	0.53	0.50	0.49	0.51	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.46
3	0.52	0.48	0.46	0.51	0.48	0.45	0.49	0.47	0.45	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43	0.42
4	0.48	0.45	0.42	0.47	0.44	0.42	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.44	0.42	0.40	0.39
5	0.45	0.42	0.39	0.45	0.41	0.39	0.44	0.41	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.39	0.38	0.37
6	0.42	0.39	0.36	0.42	0.39	0.36	0.41	0.38	0.36	0.40	0.38	0.36	0.40	0.37	0.36	0.34
7	0.40	0.36	0.34	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32
8	0.38	0.34	0.32	0.38	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32	0.36	0.34	0.32	0.36	0.33	0.31	0.31
9	0.36	0.33	0.30	0.36	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.34	0.32	0.30	0.29
10	0.34	0.31	0.29	0.34	0.31	0.29	0.34	0.31	0.29	0.33	0.30	0.29	0.33	0.30	0.28	0.28



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้ภายในอาคารโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux

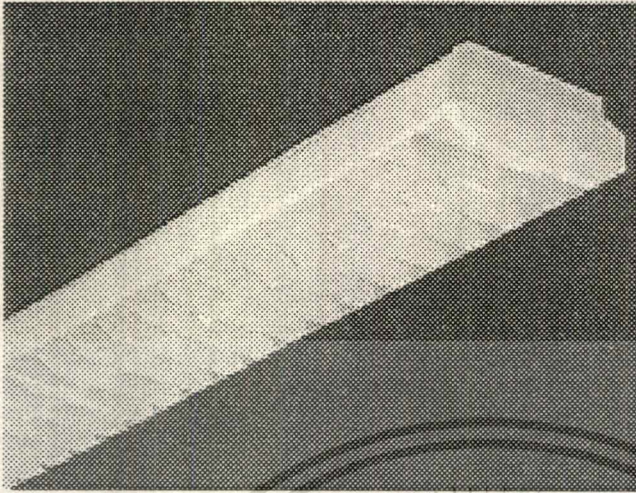


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้อื่นใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

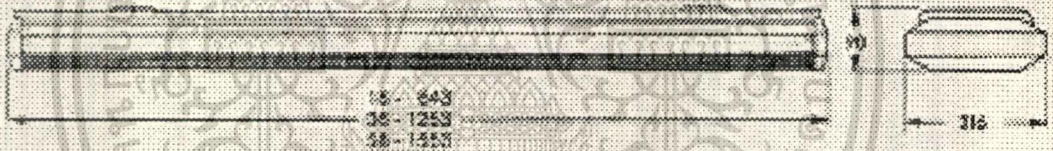
KMITLE

1 2 3 4 5 6

Type A No.



dimension



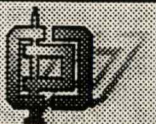
APPLICATION

- Ideal for Classroom, General office, home, drawing room and the others purpose that need warming light
- Can be used with both 18 or 36 watt energy saving lamp type
- Compatible with all kind ballast

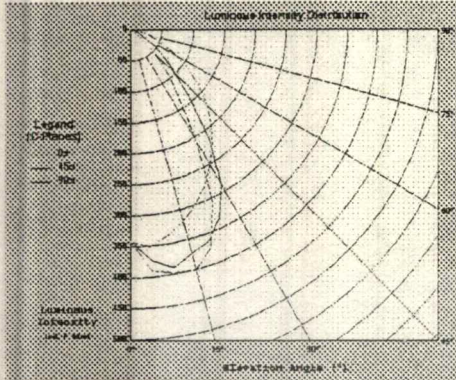
FEATURES

- Cable entry protected by dust seal
- Electrical connection by mean of terminal block with screw
- Humm-free Ballast with low wattage loss
- High performance electrical starter & capacitor build in to improve power factor to 0.85~0.95 pf. lagging
- Lock roter terminal connection with lamp
- Already Built in wiring with 0.5 mm. ribbon wire
- Swing-out Bracket easy to installation and maintanance
- Ready to connection with 220~230 volt, 50 Hz

KMITLE DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABOLATORY

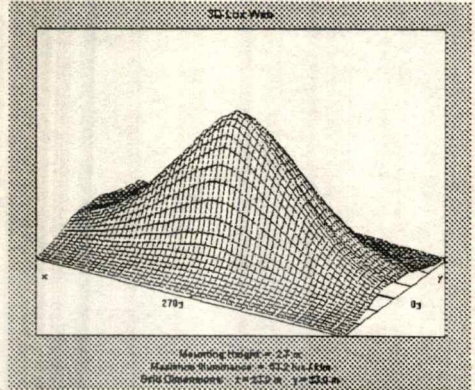


PHOTOMETRIC DATA



CLASSIFICATION

Insulation Class II
Light Output Ratio 56.3%
 DLOR 56.3% , ULOR 0%
Total lumen per lamp
800

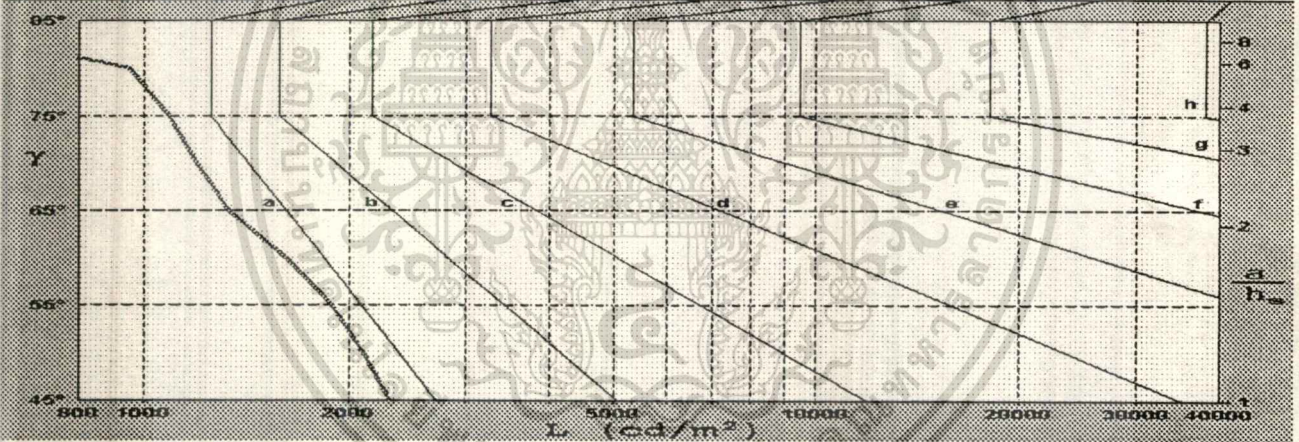


Polar Curve

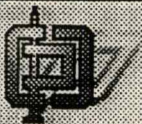
3-Dimension Lux Wave

Luminance Limiting Curve

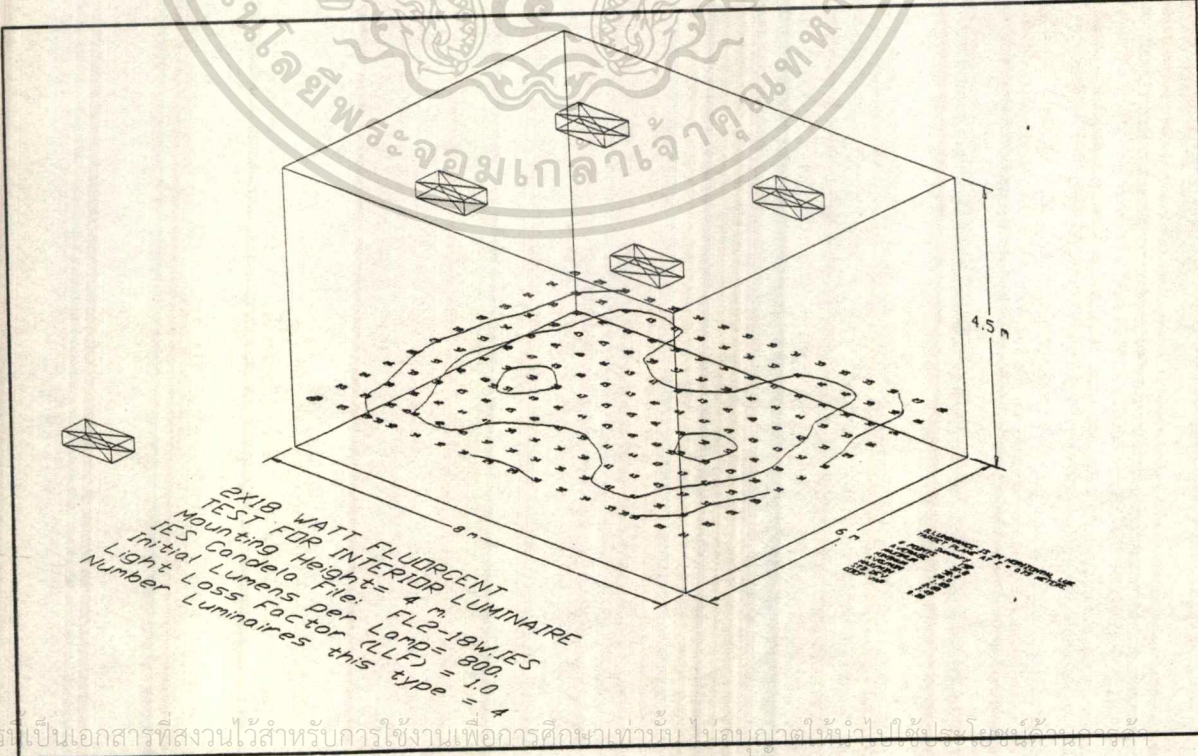
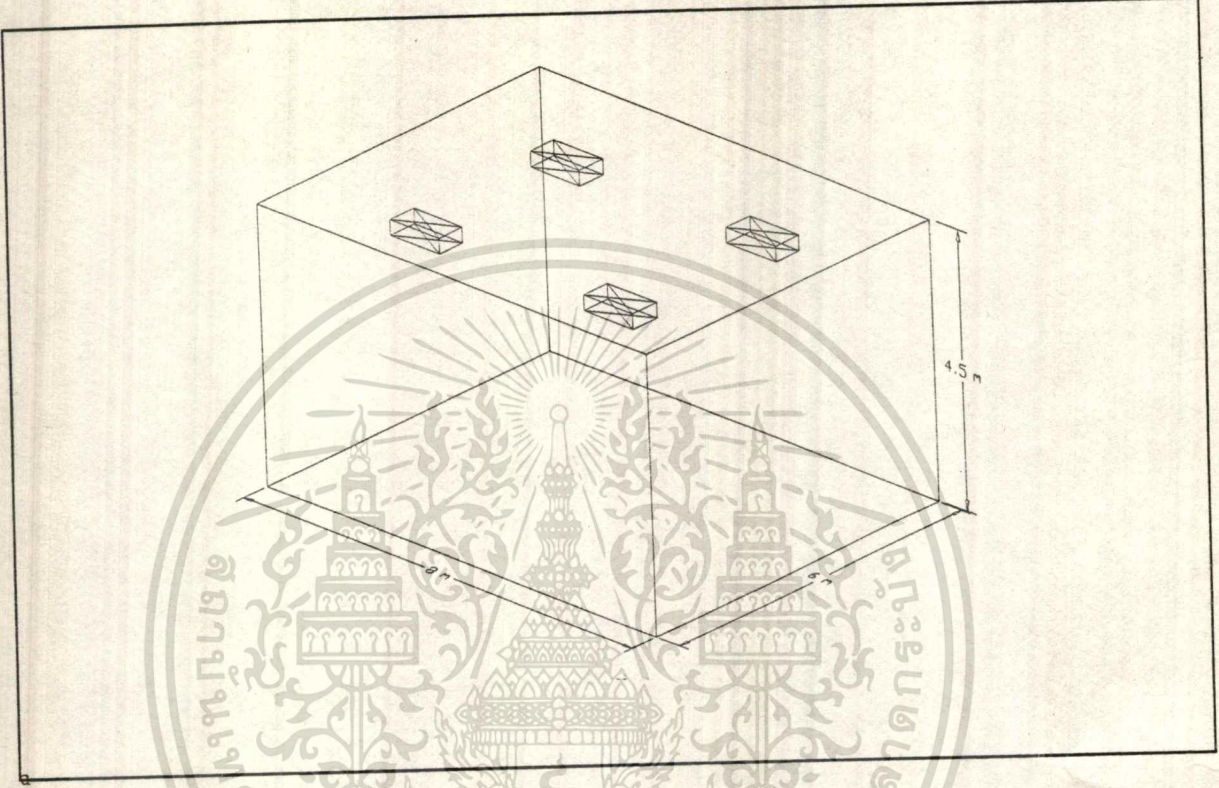
Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance (lx)							
		a	b	c	d	e	f	g	h
1.15	A	2000	1000	500	<300	e	f	g	h
1.5	B		2000	1000	500	<300			
1.65	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.66	E	a	b	c	d	2000	1000	500	<300



$\rho_{cc} \rightarrow$	80	70	50	30	10	0										
$\rho_{wc} \rightarrow$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR ↓	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance ($\rho_{fc} = 20$)															
0	0.67	0.67	0.67	0.65	0.65	0.65	0.63	0.63	0.63	0.60	0.60	0.60	0.57	0.57	0.57	0.56
1	0.60	0.58	0.56	0.59	0.57	0.55	0.56	0.55	0.53	0.54	0.53	0.52	0.52	0.51	0.50	0.49
2	0.56	0.53	0.50	0.56	0.52	0.50	0.53	0.50	0.49	0.51	0.49	0.48	0.49	0.48	0.47	0.46
3	0.52	0.48	0.46	0.51	0.48	0.45	0.49	0.47	0.46	0.48	0.46	0.44	0.47	0.45	0.43	0.42
4	0.48	0.45	0.42	0.47	0.44	0.42	0.46	0.43	0.41	0.45	0.43	0.41	0.44	0.42	0.40	0.39
5	0.45	0.42	0.39	0.46	0.41	0.39	0.44	0.41	0.38	0.43	0.40	0.38	0.42	0.39	0.38	0.37
6	0.42	0.39	0.36	0.42	0.39	0.36	0.41	0.38	0.36	0.40	0.38	0.36	0.40	0.37	0.35	0.34
7	0.40	0.36	0.34	0.40	0.36	0.34	0.39	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33	0.38	0.35	0.33	0.32
8	0.38	0.34	0.32	0.38	0.34	0.32	0.37	0.34	0.32	0.36	0.34	0.32	0.36	0.33	0.31	0.31
9	0.36	0.33	0.30	0.36	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.35	0.32	0.30	0.34	0.32	0.30	0.29
10	0.34	0.31	0.29	0.34	0.31	0.29	0.34	0.31	0.29	0.33	0.30	0.29	0.33	0.30	0.28	0.28



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้ภายในอาคารโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux

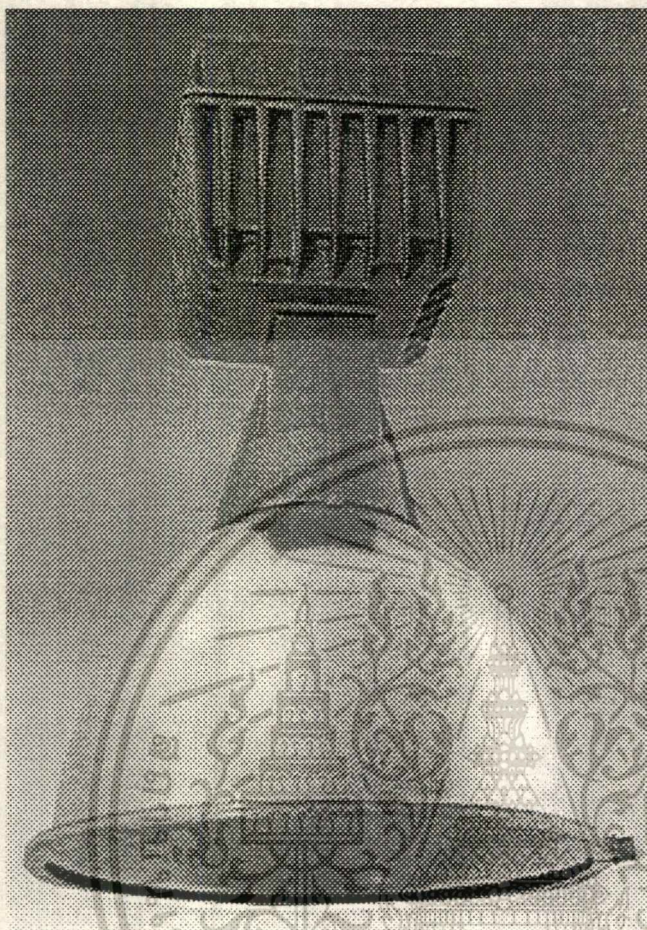


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเอาไปทำสิ่งอื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางบริษัทฯ
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL

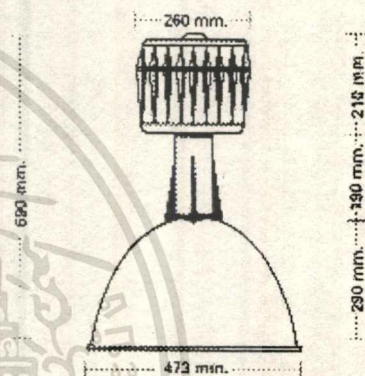
4 4 1 4 5 6 7 8 9

Type A No.



APPLICATION

- Ideal for factories, machine shop, power plants and aircraft hangers lighting
- Can be converted by area floodlighting



dimension

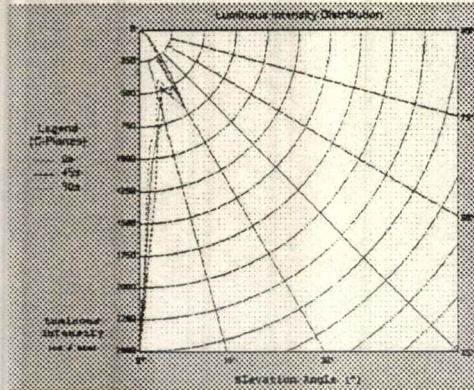
FEATURES

- Build in Control Gears for 250 and 400 wattage lamp
- Build in Capacitor for power factor correction to more than 0.9 P.F. lagging
- Material when finished
 - Housing : Phenol formaldehyde
 - Ballast Box : Cast Aluminium
 - Reflector : Anodized Aluminium
 - Dust cover : Glass Lens (If require)
- Easy Installation and maintainance
- Ready to connection with 220~230 volt, 50 Hz.

KMITL DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



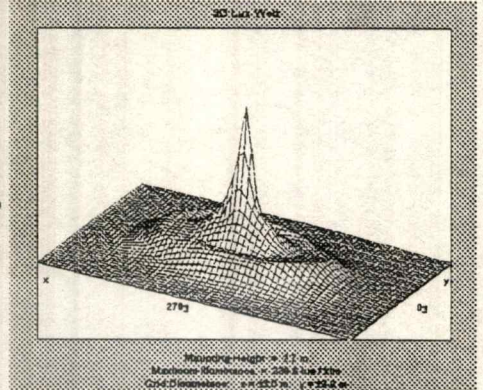
PHOTOMETRIC DATA



Polar Curve

CLASSIFICATION

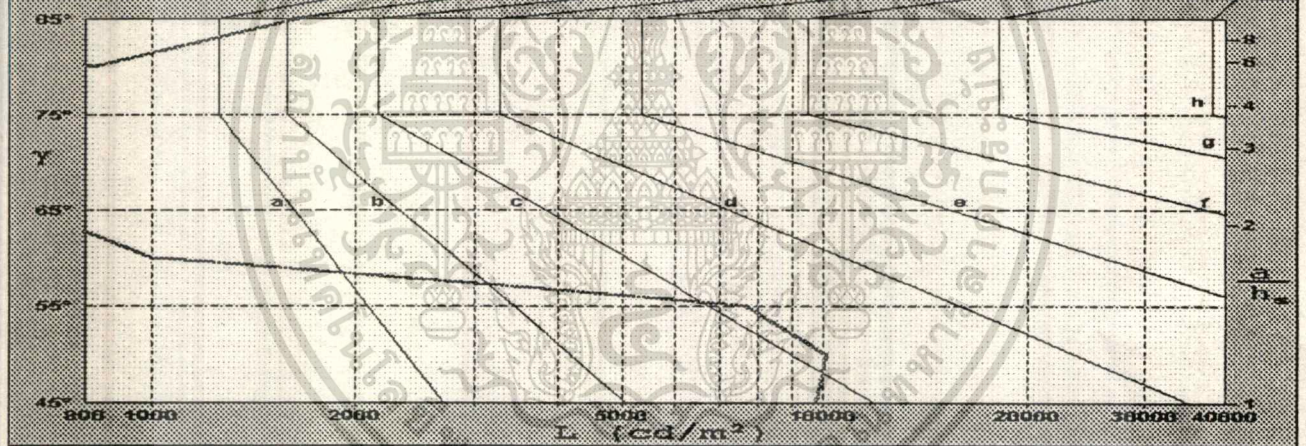
Insulation Class II
Light Output Ratio 83%
 DLOR 83% , ULOR 0%
Total lumen per lamp
16,000



3-Dimension Lux Wave

Luminance Limiting Curve

Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance [lx]							
		2000	1000	500	<300	e	f	g	h
1.16	A								
1.5	B		2000	1000	500	<300			
1.85	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.66	E	a	b	c	d	2000	1000	500	<300



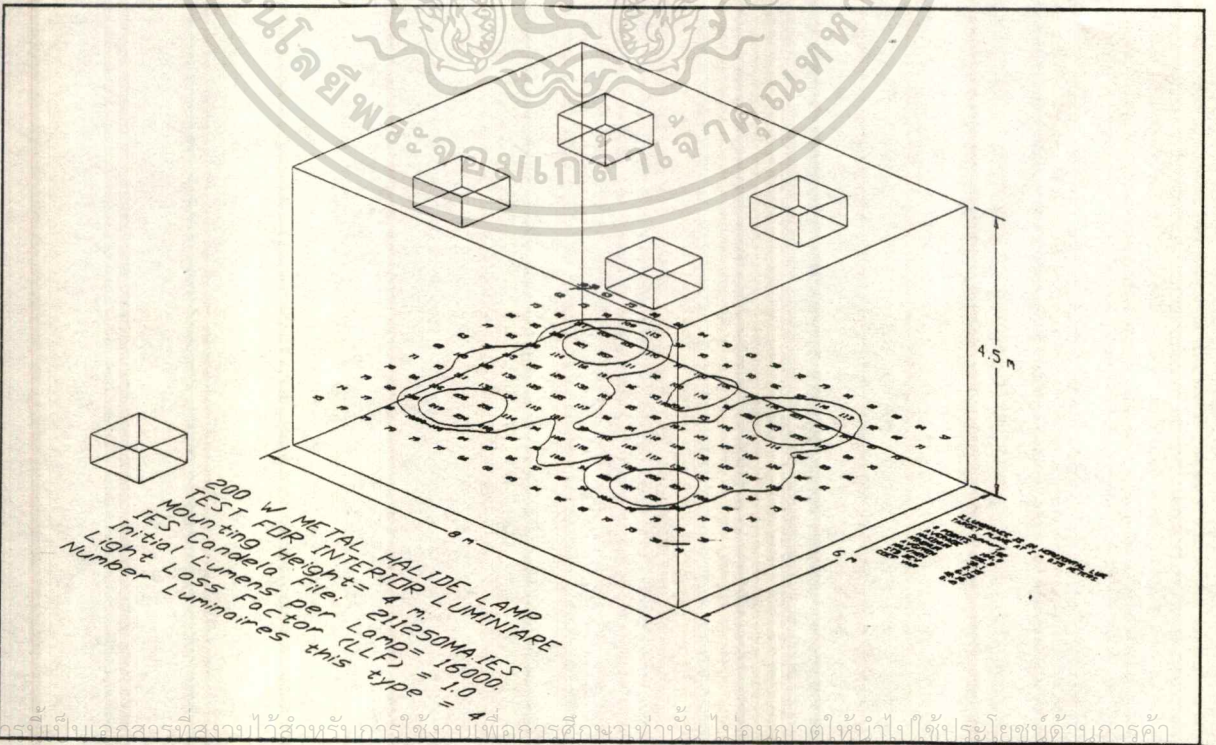
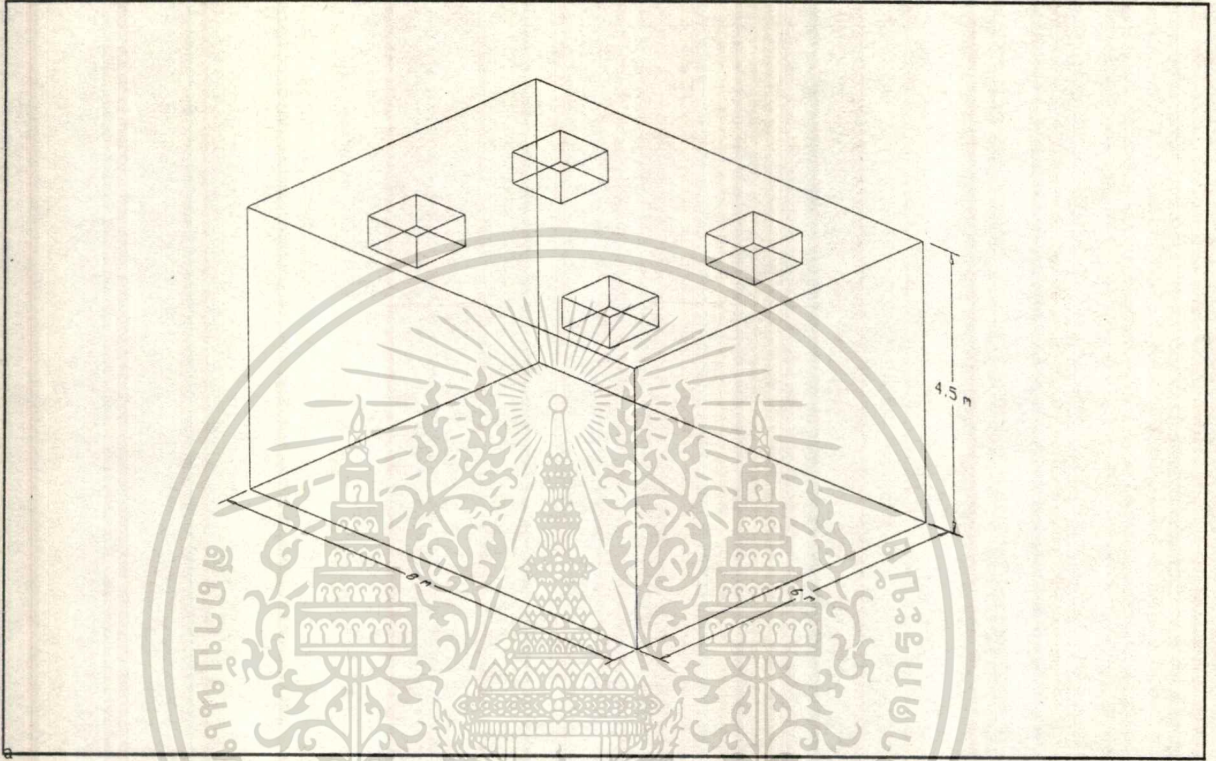
$\rho_{cc} \rightarrow$	80			70			50			30			10			0
$\rho_w \rightarrow$	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0
RCR ↓	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance ($\rho_{TC} = 20$)															
0	0.99	0.99	0.99	0.97	0.97	0.97	0.93	0.93	0.93	0.89	0.89	0.89	0.85	0.85	0.85	0.84
1	0.86	0.83	0.79	0.84	0.81	0.78	0.81	0.78	0.76	0.78	0.75	0.73	0.75	0.73	0.71	0.69
2	0.81	0.76	0.72	0.79	0.75	0.72	0.76	0.73	0.70	0.74	0.71	0.68	0.71	0.69	0.67	0.65
3	0.76	0.71	0.67	0.76	0.70	0.66	0.72	0.68	0.65	0.70	0.67	0.64	0.68	0.66	0.63	0.62
4	0.71	0.66	0.62	0.70	0.66	0.62	0.69	0.64	0.61	0.67	0.63	0.60	0.65	0.62	0.60	0.58
5	0.68	0.62	0.58	0.67	0.62	0.58	0.65	0.61	0.58	0.64	0.60	0.57	0.62	0.59	0.57	0.55
6	0.64	0.59	0.56	0.63	0.58	0.55	0.62	0.58	0.54	0.61	0.57	0.54	0.60	0.56	0.54	0.52
7	0.61	0.56	0.52	0.60	0.55	0.52	0.59	0.55	0.52	0.58	0.54	0.51	0.57	0.54	0.51	0.50
8	0.58	0.53	0.50	0.58	0.53	0.49	0.57	0.52	0.49	0.56	0.52	0.49	0.55	0.51	0.49	0.48
9	0.55	0.51	0.47	0.56	0.50	0.47	0.54	0.50	0.47	0.54	0.50	0.47	0.53	0.49	0.47	0.46
10	0.53	0.48	0.45	0.53	0.48	0.45	0.52	0.48	0.45	0.51	0.48	0.45	0.51	0.47	0.45	0.44

KMATA DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้ภายในอาคารโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux

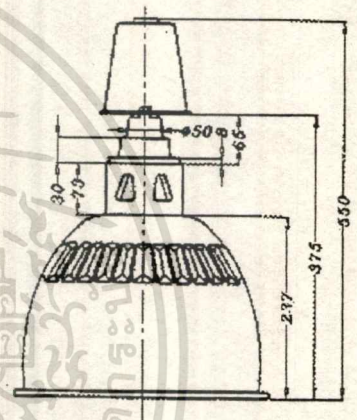
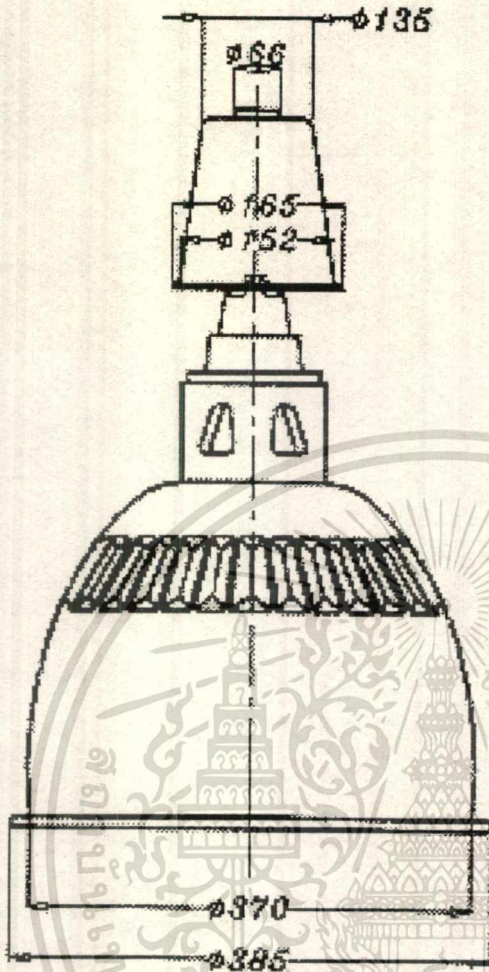


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL

APPLICATION

- Ideal for factories, machine shop, power plants and aircraft hangers lighting
- Can be converted by area floodlighting



dimension

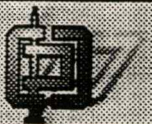
FEATURES

- Build in Control Gears for 250 and 400 wattage lamp
- Build in Capacitor for power factor correction to more than 0.9 P.F. lagging
- Material when finished

Housing	:	Phenol formaldehyde
Ballast Box	:	Cast Aluminium
Reflector	:	Anodized Aluminium
Dust cover	:	Glass Lens (If require)
- Easy Installation and maintainance
- Ready to connection with 220~230 volt, 50 Hz.

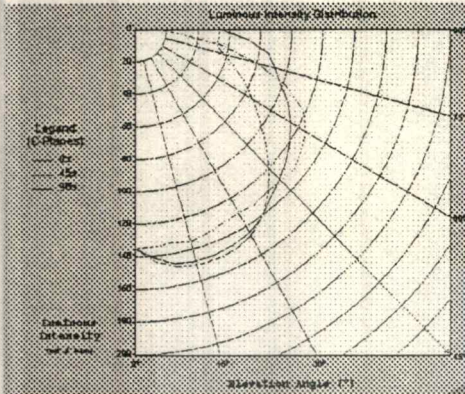
Type A No.

KMITL DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY



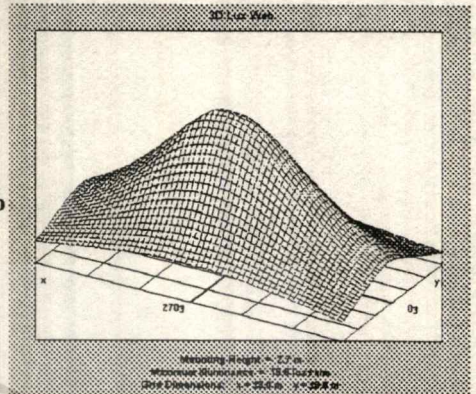
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PHOTOMETRIC DATA



CLASSIFICATION

Insulation Class II
 Light Output Ratio 56.2%
 DLOR 55.4% , ULOR 0.8%
 Total lumen per lamp
 7500

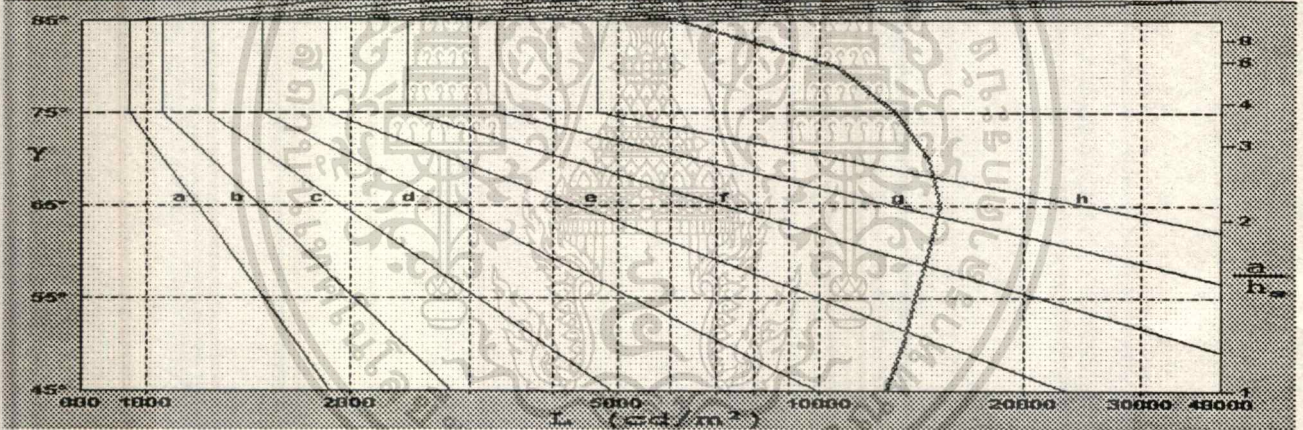


Polar Curve

3-Dimension Lux Wave

Luminance Limiting Curve

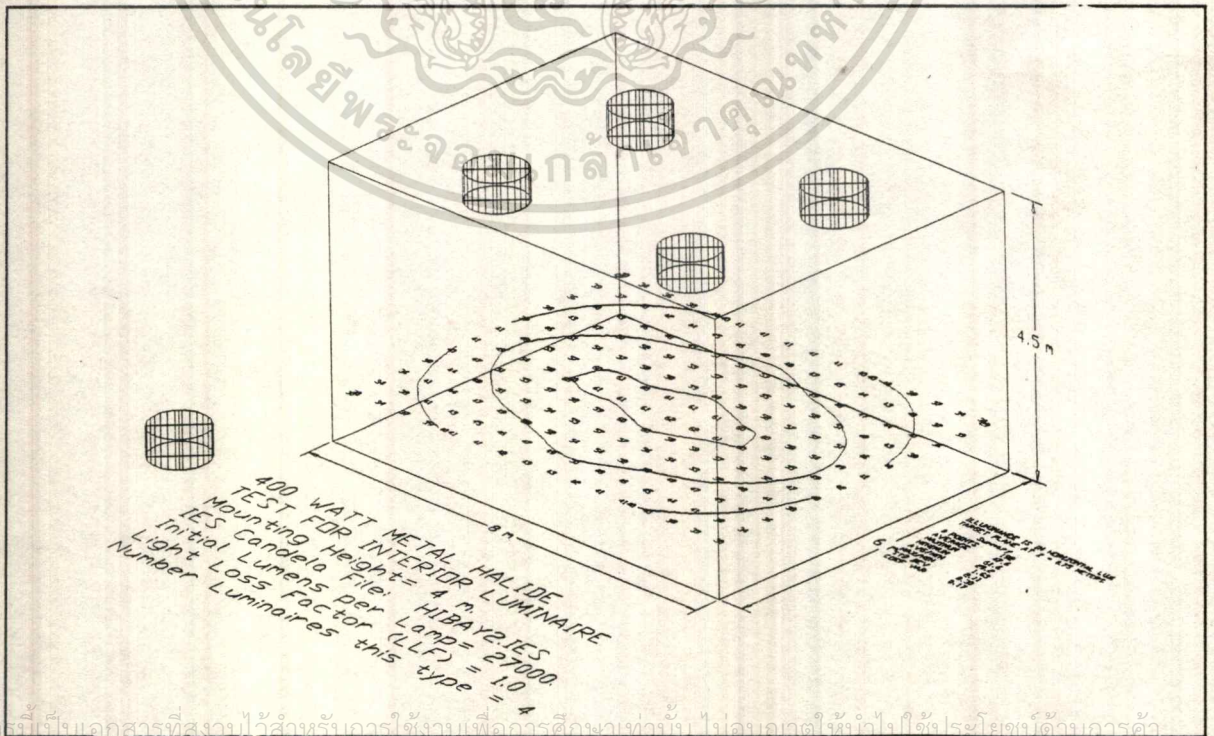
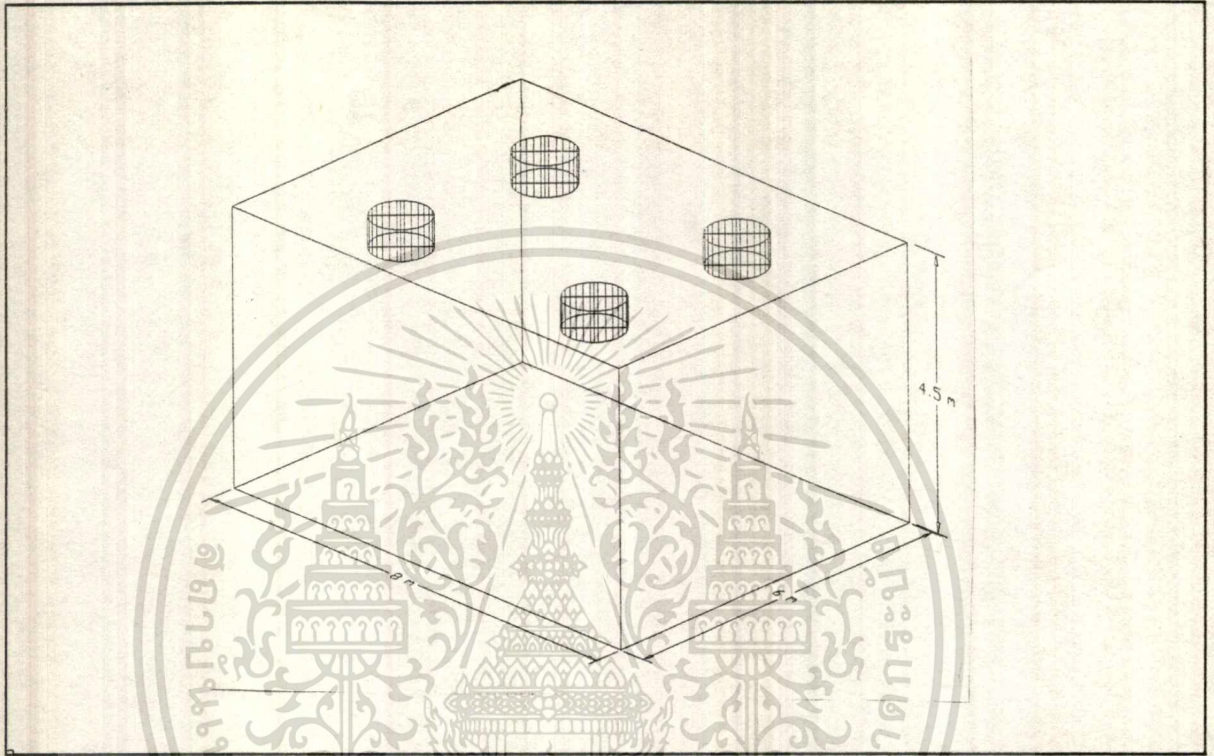
Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance [lx]							
		a	b	c	d	e	f	g	h
1.16	A	2000	1000	500	<300	a	f	g	h
1.5	B		2000	1000	500	<300			
1.85	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.66	E	a	b	c	d	2000	1000	500	<300



$\rho_{cc} \rightarrow$	80	70	50	30	10	0										
$\rho_w \rightarrow$	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10 0										
RCR ↓	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance ($\rho_{rc} = 20$)															
0	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.62	0.62	0.62	0.59	0.59	0.59	0.57	0.57	0.57	0.56
1	0.58	0.55	0.53	0.56	0.54	0.52	0.54	0.52	0.51	0.52	0.50	0.49	0.50	0.49	0.48	0.48
2	0.51	0.47	0.44	0.49	0.46	0.43	0.46	0.45	0.42	0.46	0.43	0.41	0.44	0.42	0.40	0.39
3	0.46	0.40	0.37	0.44	0.40	0.36	0.42	0.39	0.38	0.41	0.38	0.36	0.39	0.37	0.34	0.33
4	0.40	0.35	0.31	0.39	0.35	0.31	0.36	0.34	0.31	0.36	0.33	0.30	0.35	0.32	0.30	0.29
5	0.36	0.31	0.27	0.36	0.31	0.27	0.34	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.26	0.25
6	0.33	0.28	0.24	0.32	0.27	0.24	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.24	0.29	0.26	0.24	0.22
7	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.27	0.24	0.21	0.20
8	0.27	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.26	0.22	0.19	0.26	0.22	0.19	0.25	0.22	0.19	0.18
9	0.25	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.24	0.20	0.18	0.23	0.20	0.18	0.17
10	0.24	0.19	0.16	0.23	0.19	0.16	0.23	0.19	0.16	0.22	0.19	0.16	0.22	0.19	0.16	0.16



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง ของโคมไฟที่ใช้ภายในอาคารโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่ควรเอาไปทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

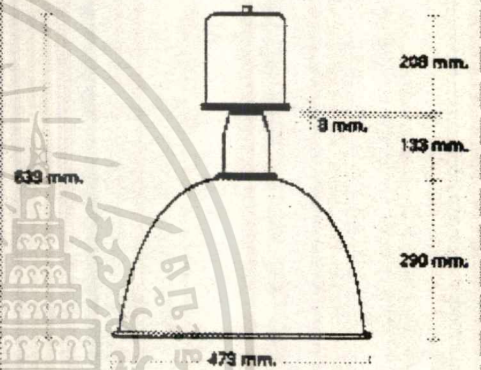
KMITL

Type A No. 6464-62-62



APPLICATION

- Ideal for factories, machine shop, power plants and aircraft hangers lighting
- Can be converted by area floodlighting



dimension

FEATURES

- Build in Control Gears for 250 and 400 wattage lamp
- Build in Capacitor for power factor correction to more than 0.9 P.F. lagging
- Material when finished

Housing	:	Phenol formaldehyde
Ballast Box	:	Cast Aluminium
Reflector	:	Anodized Aluminium
Dust cover	:	Glass Lens (If require)
- Easy Installation and maintainance
- Ready to connection with 220~230 volt, 50 Hz.

KMITL DISTRIBUTION PHOTOMETRIC LABORATORY

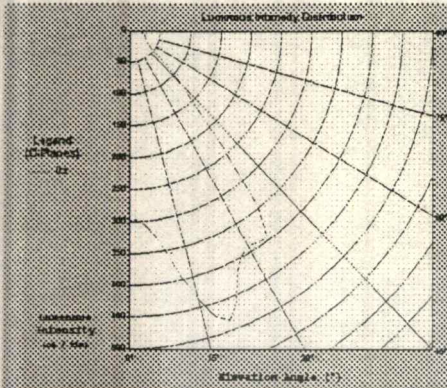


ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

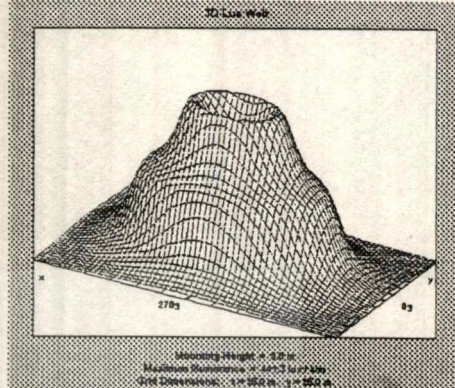
PHOTOMETRIC DATA

CLASSIFICATION

Insulation Class II
Light Output Ratio 88.4%
 DLOR 78.4% , ULOR 9.9%
Total lumen per lamp
27,000



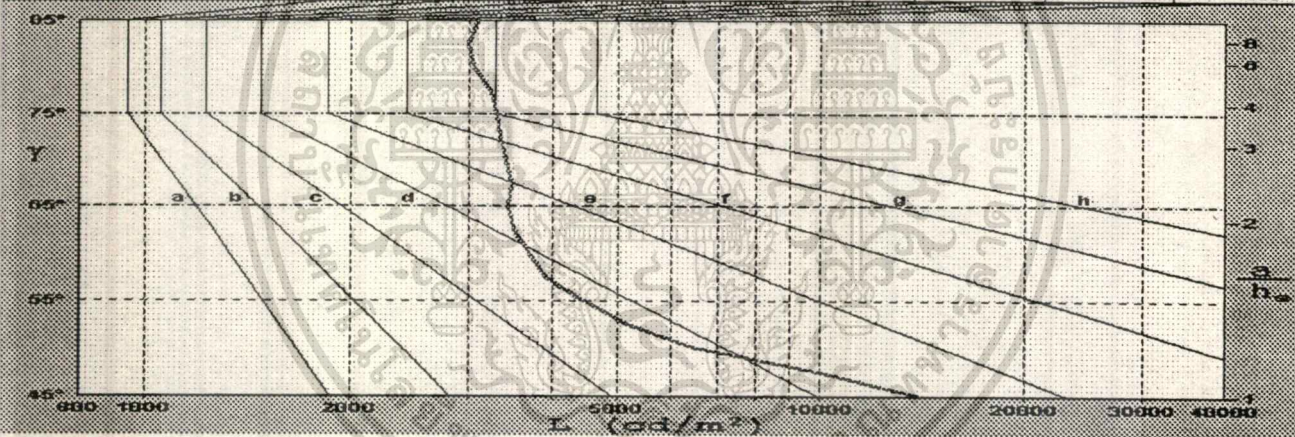
Polar Curve



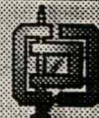
3-Dimension Lux Wave

Luminance Limiting Curve

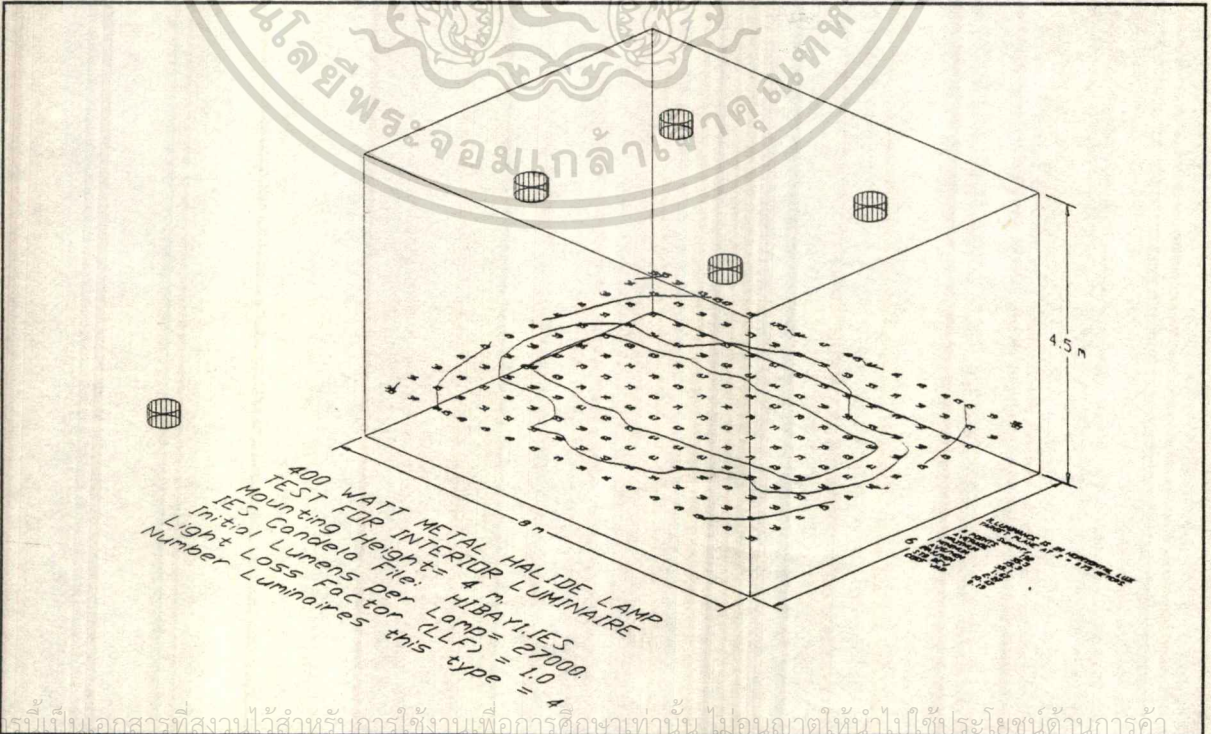
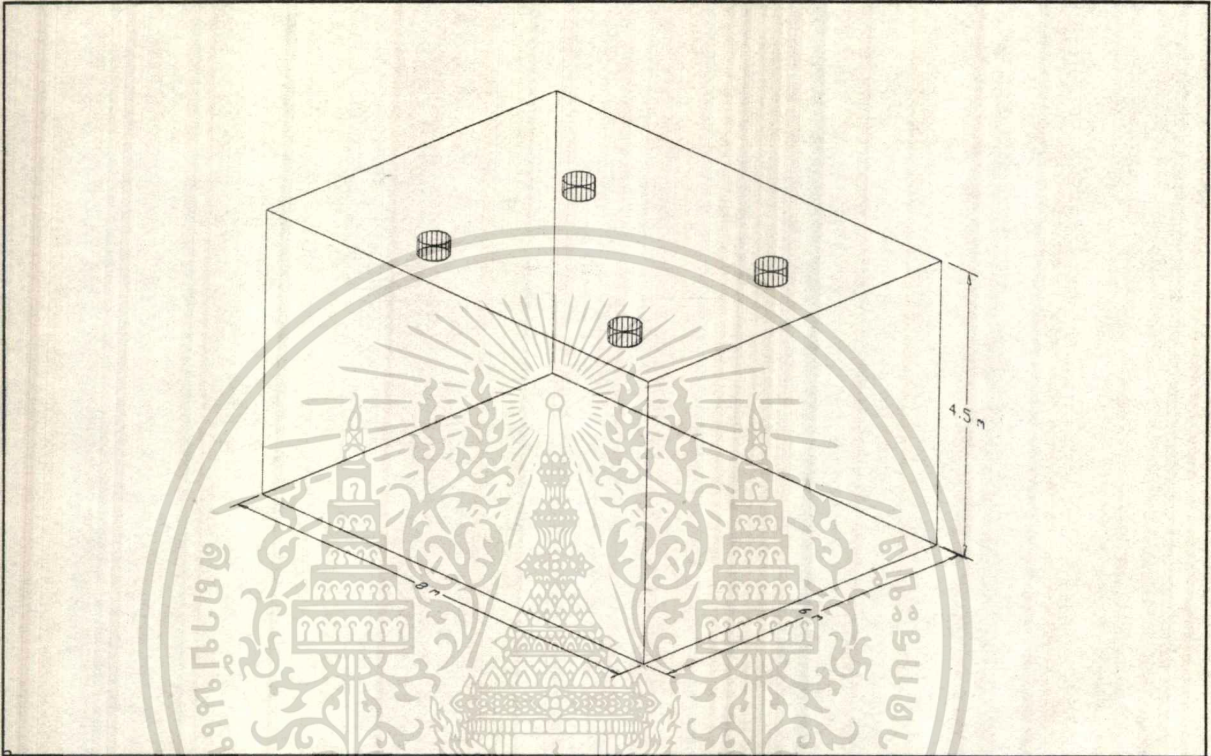
Glare Rating	Quality Class	Service Values of Illuminance (lx)							
		e	b	c	d	2000	1000	500	<300
1.15	A	2000	1000	500	<300	e	f	g	h
1.5	B	2000	1000	500	<300				
1.85	C			2000	1000	500	<300		
2.2	D				2000	1000	500	<300	
2.65	E	e	b	c	d	2000	1000	500	<300



$\rho_{cc} \rightarrow$	80	70	50	30	10	0										
$\rho_w \rightarrow$	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	0										
RCR ↓	Coefficients of Utilisation for 20% Effective Floor Cavity Reflectance ($\rho_{fc} = 20$)															
0	1.03	1.03	1.03	0.99	0.99	0.99	0.93	0.93	0.93	0.87	0.87	0.87	0.81	0.81	0.81	0.78
1	0.93	0.90	0.87	0.90	0.87	0.85	0.84	0.82	0.80	0.79	0.78	0.76	0.75	0.73	0.72	0.70
2	0.85	0.81	0.77	0.83	0.79	0.75	0.78	0.75	0.72	0.74	0.71	0.69	0.70	0.68	0.66	0.64
3	0.79	0.73	0.69	0.76	0.72	0.68	0.73	0.69	0.66	0.69	0.66	0.63	0.66	0.63	0.61	0.59
4	0.73	0.67	0.63	0.71	0.66	0.62	0.68	0.64	0.60	0.65	0.62	0.59	0.62	0.59	0.57	0.55
5	0.68	0.63	0.58	0.67	0.62	0.58	0.64	0.60	0.56	0.61	0.58	0.55	0.59	0.56	0.53	0.52
6	0.64	0.58	0.54	0.63	0.57	0.54	0.60	0.56	0.52	0.58	0.54	0.51	0.56	0.53	0.50	0.49
7	0.60	0.55	0.51	0.59	0.54	0.50	0.57	0.53	0.49	0.55	0.51	0.48	0.53	0.50	0.47	0.46
8	0.57	0.51	0.48	0.56	0.51	0.47	0.54	0.50	0.46	0.53	0.49	0.46	0.51	0.47	0.45	0.43
9	0.54	0.49	0.46	0.53	0.48	0.46	0.52	0.47	0.44	0.50	0.46	0.43	0.49	0.45	0.43	0.41
10	0.51	0.46	0.43	0.51	0.46	0.42	0.49	0.45	0.42	0.48	0.44	0.41	0.47	0.43	0.41	0.39



แสดงการจำลองลักษณะตัวอย่างการใช้งานบนพื้นที่ใช้งานจริง
ของโคมไฟที่ใช้ภายในอาคารโดยผ่านทางโปรแกรม AutoLux



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง วิจัย เสนอแนะ

จากการวางแผนการปฏิบัติงาน และการดำเนินงานที่ได้ทำผ่านมาพอจะสรุปได้ว่าในโครงการนี้ แบ่งการปฏิบัติงานออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ๆ นั้นคือ

1. ส่วนของการศึกษาเก็บข้อมูลของการกระจายแสงของดวงโคมชนิดต่าง ๆ

- จากเอกสารอ้างอิงที่มีผู้ทำไว้แล้วตามแหล่งต่าง ๆ
- จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการทางแสง

เป็นงานหลักส่วนแรกที่ได้ลงมือทำซึ่งก็ทำการเก็บข้อมูลของดวงโคมชนิดต่าง ๆ ไปได้ จำนวนทั้งสิ้น 46 โคมโดยแยกได้เป็น

ดวงโคมภายใน	10	ดวงโคม
ดวงโคมฉาย	8	ดวงโคม
ดวงโคมไฟถนน	18	ดวงโคม

1.1 ในโครงการนี้เราต้องทำการเก็บข้อมูลค่อนข้างมากเพื่อความหลากหลายของแต่ละกรณีศึกษาต่าง ๆ กันไป เพื่อจะสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิงได้

1.2 สืบเนื่องจากในข้อ 1.1 ที่ต้องทำการเก็บข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าจากการทดลองเป็นส่วนใหญ่ ทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลทำได้ค่อนข้างช้าเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการทดลอง เพื่อจะเก็บข้อมูลในรูปของ IES Files ของดวงโคมแต่ละแบบนั้นต้องใช้เวลามาก จึงทำให้ต้องใช้เวลาดำเนินการส่วนใหญ่เพื่อเก็บข้อมูลตรงส่วนนี้

2. ส่วนของการศึกษา การคำนวณ และการวิเคราะห์

ข้อมูลการทดลองที่ได้จากในห้องปฏิบัติการทางแสงสามารถที่จะนำข้อมูลในรูปของ *IES STANDARD* เหล่านั้นไปใช้ในการนำเสนอข้อมูลทางวิชาการ เกี่ยวกับการกระจายแสงในลักษณะต่าง ๆ ของดวงโคมไฟฟ้า นั้นคือ

แผนภูมิรูปโพลาร์ (Polar Curve Diagram)

แผนภูมิเส้นระดับค่าความเข้มส่องสว่าง (Isocandela Curve)

แผนภูมิเส้นระดับค่าความเข้มแสง (Iso-Lux Curve)

แผนภูมิเส้นแสดงค่าประโยชน์การใช้งาน (Utilization Factor Diagram)

แผนภูมิเส้นแสดงค่าระดับแสงจ้า (Glare Limiting Curve)

แผนภูมิตัวเลขแสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้น , เพดาน , ผนัง

(Utilization for Floor Cavity Reflectance)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยค่าของข้อมูลและแผนภูมิต่าง ๆ ที่ได้นี้จะมีประโยชน์อย่างมากทั้งในแง่ของการนำไปใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการค้นคว้า และการนำไปใช้งานด้านการออกแบบเพื่อเลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้าให้เหมาะสมและตรงกับความต้องการของผู้ใช้ให้มากที่สุด อีกทั้งยังสามารถบอกให้เราทราบถึงคุณสมบัติ และลักษณะทางกายภาพของดวงโคมแต่ละดวงได้อย่าง ถูกต้องและชัดเจนยิ่งขึ้น

3. ส่วนของการประยุกต์ใช้งานจริงโดยจำลองจากโปรแกรม

วัตถุประสงค์หลักของส่วนนี้คือ เพื่อจะดูผลจากการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าที่ทราบลักษณะการกระจายแสงลงบนพื้นที่ที่ต้องการว่า จะให้ค่าความสว่างเป็นอย่างไร โดยขั้นตอนที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เราไม่ได้ทำการทดสอบติดตั้งจริง แต่จะทำการจำลองผ่านทางโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อว่าออโตลักซ์ (AutoLux) ซึ่งเป็นจะช่วยในการคำนวณหาค่าความเข้มแสงในแต่ละจุดบนพื้นที่ทำงานที่เราสนใจ และสามารถแสดงผลจากการคำนวณได้เป็น 2 แบบด้วยกันคือ

การแสดงผลแบบจุด (Point by Point Method)

การแสดงผลแบบเส้นระดับค่าความเข้มแสง (IsoLine Method)

จากการที่เราจำลองผลการกระจายแสงของดวงโคมที่จะติดตั้งบนพื้นที่ที่เราต้องการได้นั้นทำให้การตัดสินใจเลือกใช้งาน ดวงโคมไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ เป็นไปอย่างถูกต้อง และเหมาะสม

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นได้ว่าจากโครงการนี้สามารถนำข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าที่ได้จากการทดลองไปใช้ในการนำเสนอได้ในรูปแบบที่ต่าง ๆ กันมากมายหลายแบบก็จริง แต่ก็ยังมีอีกส่วนหนึ่งในการนำเสนอที่จะพบได้จากการทำงานจริง แต่ในโครงการนี้ไม่ได้กล่าวถึงไว้นั้นก็คือ การนำเสนอในรูปแบบของกราฟไอโซลูมิแนนซ์ (Isoluminance) ซึ่งเป็นกราฟที่จะแสดงค่าการส่องสว่าง (Luminance) ซึ่งจะช่วยบอกเราได้ว่า พื้นที่ใช้งานนั้น ๆ มีความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง (Uniform Factor) มากน้อยเพียงใด ซึ่งค่อนข้างจะจำเป็นในการใช้ออกแบบระบบไฟส่องสว่างบนถนนทั่ว ๆ ไปเพื่อความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถยนต์บนท้องถนน จึงนำเสนอไว้ในที่นี้เพื่อเป็นแนวทางกับผู้สนใจจะทำการศึกษาค้นคว้า และวิจัยงานทางด้านนี้ต่อไป

- [1] CIE Committec TC-3.4 : Diccomfort Glare in the Interior Working Environment. CIE Publication No 55 , 1983
- [2] CIE Committec TC-4.1 : Guide on Interior Lighting , Second Edition , CIE Publication No.29.2 , 1998
- [3] Engineer Bulletin 0-345 : Troubleshooting High Intensity Discharge Lighting System , Sylvania
- [4] IES Lighting Handbook : Application Volume . Illuminating Engineering Society of North America. New York 1981.
- [5] IES Lighting Handbook : Reference Volume. Illuminating Engineering . Society of North America , New York,1981
- [6] John P. Frier and Mary E. Gazley Frier “ Industrial Lighting System ” . Mc Graw Hill Book Company 1980
- [7] William E. Barrow S , Lighting , Photometry and Illuminating Engineer
- [8] Jame L. Nuckolls Interior Lighting for Environmental Designs.
- [9] D.W. Bean R.H. Simsons. “ Lighting Fittings Performance and Design ” Pegamon Press, 1968
- [10] Ronald N. Helms. “ Illumination Engineerings for Energy Efficiency Luminious Environments” . Prentice-Hall, 1980.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] Joseph B. Murdock, “ Illumination Engineering from Edison’s Lamp to the Laser Macmillan Publishing,1985. ”
- [12] วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. “ ศัพท์เทคนิควิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ” สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- [13] แคมตาลอกดวงโคมไฟฟ้า ของบริษัท ต. ไพศาล เอ็นจิเนียริงกรุ๊ป
- [14] สุทธิ บรรจงจิต วิศวกรรมกรรมการส่องสว่าง บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2531.
- [15] ชมรมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. “ เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง เทคนิคการส่องสว่างภายในอาคาร ”. 16-17 ธันวาคม 2533 , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้เป็นการทดสอบ เก็บข้อมูล และ วิเคราะห์ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมไฟฟ้าที่มีใช้กันอยู่ทั่ว ๆ ไป โดยการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ในส่วนของการคำนวณ เพื่อให้สามารถเลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้าได้อย่าง ถูกต้องและเหมาะสมกับความต้องการในการใช้งานจริง จำลองการใช้ดวงโคมโดยใช้คอมพิวเตอร์วิเคราะห์การเลียนแบบการติดตั้งก่อนที่จะนำไปใช้งาน หรือ เปิดสายการผลิตจริง รวมไปถึงการเก็บข้อมูลของลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ตามท้องตลาด เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาและเป็นข้อมูลทางวิชาการแก่ผู้สนใจในโอกาสต่อไปข้างหน้าด้วย

โครงการนี้จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมิได้รับข้อมูล , คำแนะนำ และการให้คำแนะนำปรึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งจากผู้ทรงคุณวุฒิ ดังต่อไปนี้

1. รองศาสตราจารย์สุลี บรรจงจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
2. อาจารย์ชาย ชมภูอินไหว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ
3. คุณยศ เด่นไพศาล ประธานบริษัท ต. ไพศาล Engineering group
4. คุณเด่นพงศ์ เด่นไพศาล กรรมการบริษัท ต. ไพศาล Engineering group

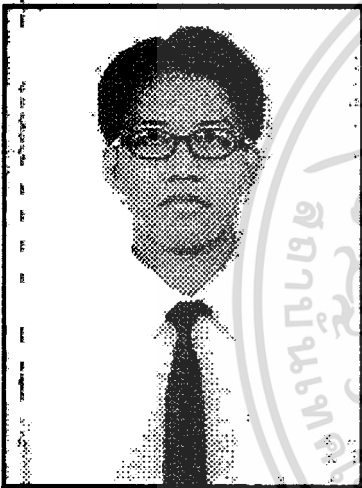
ทางคณะผู้จัดทำใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านผู้ทรงคุณวุฒิ รวมไปถึงทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ที่มีส่วนร่วมในการให้คำแนะนำ ปรึกษา ตลอดจนให้กำลังใจจนปริญญาพันธบัตรฉบับนี้ถือกำเนิดขึ้นได้ด้วยดี มา ณ ที่นี้ด้วย



ผู้ร่วมโครงการและจัดทำปฏิญานិพนธ์

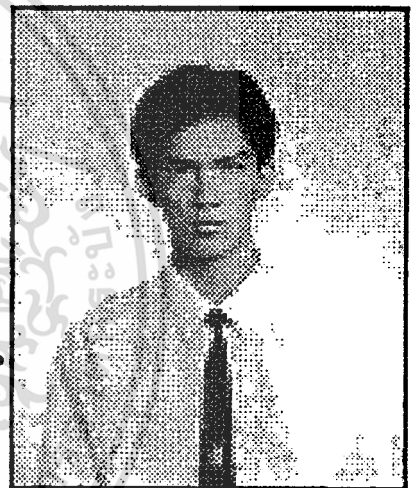
อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน

รศ.ศุภี บรรจงจิตร
อ.ชาย ชมภูอินไหว



..... นายเชาว์
ชมภูอินไหว

นายเจษฎา
ประสมทอง



353 หมู่ 11 ถ.ยันตรกิจโกศล ต.นาจักร อ.เมือง จ.แพร่ 54000	ที่อยู่ปัจจุบัน	28/1 หมู่ 2 ต.บ้านกล้วย อ.บ้านหมี่ จ.ลพบุรี 15110
(054) 521-781 , (01) 455-3722	โทรศัพท์	(036) 628-351
1500-305830	เฟจเจอร์	162-238920

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้