

การพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร
DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR INDOOR LIGHTING DESIGN

นายธีรยุทธ ทองคำสุก รหัส 50361262
นายพงศ์ศักดิ์ มหาเมฆทัศนีย์ รหัส 50361729

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ.....17/พ.ย..2554.....
เลขทะเบียน.....15710443.....
เลขเรียกหนังสือ.....ฟ๕.....
มหาวิทยาลัยนเรศวร ๕๖41๗

2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร

ผู้ดำเนินโครงการ นายธีรยุทธ ทองคำสุก รหัส 50361262

นายพงศภัค มหาเมฆทัศนีย์ รหัส 50361729


ที่ปรึกษาโครงการ ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์

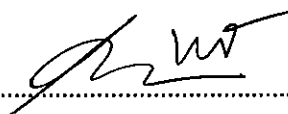
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

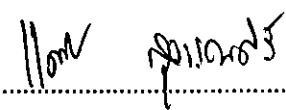
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา 2553

.....
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์)

.....กรรมการ
(ดร. ศุภวรรณ พลพิทักษ์ชัย)

.....กรรมการ
(ดร. แคทรียา สุวรรณศรี)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร	
ผู้ดำเนินโครงการ	นายธีรยุทธ ทองคำสุก	รหัส 50361262
	นายพงศภัค มหาเมฆทัศนีย์	รหัส 50361729
ที่ปรึกษาโครงการ	ดร. นิพัทธ์ จันทรมินทร์	
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า	
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์	
ปีการศึกษา	2553	

.....

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมออกแบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยประยุกต์ใช้โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008 และ SQL Server 2008 ซึ่งการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารเป็นการคำนวณตามวิธีแบ่งส่วนโพรง (Zonal cavity method) โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นช่วยอำนวยความสะดวกในการคำนวณหาจำนวน โคม ระยะห่างของการติดตั้งดวงโคม พร้อมทั้งแสดงภาพตัวอย่างการติดตั้งเป็นภาพที่มองจากด้านบน (Top view) จากการทดสอบโปรแกรมโดยเทียบกับตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ สรุปได้ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นให้ผลการคำนวณที่ถูกต้อง จึงสามารถนำไปช่วยในการออกแบบระบบแสงสว่าง นอกจากนี้ยังสามารถขยายฐานข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้โปรแกรมมีความหลากหลายในการใช้งาน

Project title Development of a Program for Indoor Lighting Design

Name Mr. Threerayuth Thongkomsug ID. 50361262

 Mr. Phongphak Mahamakthadsanee ID. 50361729

Project advisor Mr. Niphat Jantharamin, Ph.D.

Major Electrical Engineering

Department Electrical and Computer Engineering

Academic year 2010

Abstract

This thesis presents development of a program for indoor lighting design by means of Microsoft Visual Basic 2008 and SQL Server 2008. The design principles are based on the well-known zonal cavity method. The program devised in this project calculates luminaire number and layout spacing, and also shows the top view of luminaire mounting recommended for each application. Following the program testing and result comparison with manual calculation according to the aforementioned reference method, it shows that the program works successfully and correctly. In addition, the program database can be extended to support variety of applications in the future.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก คร. นิพัทธ์ จันทร์มินทร์ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ และให้ความกรุณาในการตรวจทานปริญาานิพนธ์ คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงและขอระลึกถึงความกรุณาของท่านไว้ตลอดไป

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้กับคณะผู้ดำเนินงาน

ขอขอบคุณ คุณปรัชญา เข้มมุข และคุณอภิชาติ อิ่มเต็ม ที่ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้งานของโปรแกรม Visual Basic 2008 และ Microsoft SQL Server ในระหว่างดำเนินโครงการ

ขอขอบคุณ คุณดาวลอย เรืองศรี และเพื่อนๆภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ารหัสปี 50 ทุกคน ที่ช่วยกระตุ้นและเป็นกำลังใจให้ผู้ดำเนินโครงการ ได้ดำเนินโครงการสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เหนือสิ่งอื่นใด คณะผู้ดำเนินโครงการขอขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้มอบความรัก ความเมตตา สติปัญญา รวมทั้งเป็นผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างตั้งแต่วัยเยาว์จวบจนถึงปัจจุบัน คอยเป็นกำลังใจทำให้ได้รับความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ และขอขอบคุณทุกคนในครอบครัวของคณะผู้ดำเนินโครงการที่ไม่ได้กล่าวไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายธีรยุทธ ทองคำสุก

นายพงศ์ภัค มหาเมฆทัศนีย์

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาโท	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ฉ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของ โครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของ โครงการ	1
1.3 ขอบเขตของ โครงการ	2
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ	2
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 หลักการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร	4
2.1 ศัพท์และหน่วยทางแสง	4
2.2 หลักการและลักษณะการให้แสงสว่าง	5
2.3 มาตรฐานการให้แสงสว่าง	7
2.4 การออกแบบแสงสว่างภายในด้วยวิธีการแบ่งส่วนของโพรง	10
2.4.1 คำนวณหาค่าอัตราส่วน โพรง (Cavity ratio)	11
2.4.2 หาค่าสัมประสิทธิ์ผลการสะท้อนของโพรง (Effective cavity reflectance)	11
2.4.3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง CU (Coefficient of utilization)	12
2.4.4 ปรับค่า CU	12
2.4.5 คำนวณหาจำนวนดวงโคม	12

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม	13
2.5.1 ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวง	13
2.5.2 อัตราส่วนของระยะห่างสูงสุดระหว่างดวงโคมแต่ละดวง ต่อ ความสูงของดวงโคม เหนือพื้นที่ทำงาน (Spacing per mounting height ration: S/H _m).....	13
บทที่ 3 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการออกแบบระบบส่องสว่าง	14
3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....	14
3.2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร	22
3.2.1 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008 และ Microsoft SQL Server	22
3.2.2 การสร้างฐานข้อมูลต่างๆของโปรแกรม.....	22
3.2.3 การสร้างตารางสำหรับเก็บฐานข้อมูลของโปรแกรม	23
3.2.4 การใช้ Microsoft Visual Basic 2008 เพื่อพัฒนาโปรแกรม.....	24
3.2.5 การเชื่อมโยงฐานข้อมูลกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและการเขียนคำสั่งในการคำนวณ ...	27
3.2.6 การสร้างแบบฟอร์มเอกสารสำหรับพิมพ์.....	28
บทที่ 4 ผลการทดสอบ โปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่าง	30
4.1 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 1.....	30
4.2 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 2.....	35
4.3 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 3.....	39
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
5.1 สรุปผลการดำเนิน โครงการ.....	45
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	46
5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป.....	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง.....	47
ภาคผนวก ก.....	48
ภาคผนวก ข.....	51
ภาคผนวก ค.....	61
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	63



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่ามาตรฐานความสว่างขั้นต่ำ ที่ใช้ภายในการพัฒนาโปรแกรมการออกแบบระบบการส่องสว่างภายในอาคารและโรงงาน	7



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การแบ่งส่วนของโครงห้อง	10
3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม.....	14
3.2 แผนผังการหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโครงเพดาน	18
3.3 แผนผังการหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโครงเพดาน	19
3.4 แผนผังลำดับการเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม	20
3.5 การติดตั้งโปรแกรม MICROSOFT VISUAL BASIC 2008 และ MICROSOFT SQL SERVER.....	22
3.6 การเข้าสู่โปรแกรมเกี่ยวกับข้อมูล SQL SEVER	22
3.7 การเก็บฐานข้อมูลโดยโปรแกรม MICROSOFT SQL SERVER.....	23
3.8 ตัวอย่างการกรอกฐานข้อมูล.....	23
3.9 โปรแกรม MICROSOFT VISUAL BASIC 2008	24
3.10 การสร้างเพิ่มสำหรับพัฒนาโปรแกรม.....	24
3.11 หน้าต่างหลักสำหรับการพัฒนาโปรแกรม.....	25
3.12 ออกแบบภาพลักษณ์ของโปรแกรม	25
3.13 รูปแบบหน้าต่างของโปรแกรมตอบรับกับผู้ใช้โปรแกรม	26
3.14 รูปแบบหน้าต่างของโปรแกรมแสดงผล.....	26
3.15 หน้าต่างสำหรับเขียนคำสั่งการทำงานของโปรแกรม	27
3.16 ส่วนของการสร้าง DATAREPORT1	28
3.17 การจัดวางตำแหน่งแบบฟอร์มสำหรับพิมพ์เอกสาร	29
4.1 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรม	32
4.2 ผลการคำนวณของโปรแกรม	32
4.3 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าของโปรแกรม.....	33
4.4 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์	34
4.5 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรม.....	37
4.6 ผลการคำนวณของโปรแกรม	37
4.7 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์	38
4.8 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรม.....	41

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.9 ผลการคำนวณของโปรแกรม	42
4.10 การเลือกดวงโคมดวงใหม่ (ดวงที่ 37).....	42
4.11 ผลการคำนวณของโปรแกรม	43
4.12 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าของโปรแกรม.....	43
4.13 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์.....	44



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องด้วยการออกแบบระบบการส่องสว่างภายในอาคารและโรงงานมีความยุ่งยากจากมาตรฐานบังคับไม่ว่าจะเป็นแสงสว่างภายในอาคาร เช่น ห้องเรียน ห้องประชุม ห้องทำงาน หรือภายในโรงงาน เช่น ห้องทดลอง ห้องปฏิบัติการ ซึ่งภายในโรงงานห้องดังกล่าวประกอบไปด้วยเครื่องมือและเครื่องจักรที่กำลังทำงานอยู่ตลอดเวลา ทั้งนี้ถ้าบริเวณนั้นๆมีระบบแสงสว่างที่ไม่เพียงพอหรือไม่ตรงตามมาตรฐาน อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการผลิตและอันตรายต่อทรัพย์สินและบุคลากรภายในบริเวณนั้นได้

ตัวโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นมาจะช่วยลดปัญหาความยุ่งยากจากการคำนวณระยะและการเปรียบเทียบรางลงได้ ซึ่งโปรแกรมนั้นได้แบ่งประเภทของอาคารและพื้นที่การออกแบบเพื่อความง่ายและได้ค่าความส่องสว่างตรงตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยและทำให้ผู้ใช้โปรแกรมนี้มีความสะดวกในการเลือกลักษณะดวงโคมไฟฟ้าที่ต้องการติดตั้งได้หลายประเภท ในส่วนตัวโปรแกรมนั้นจะคำนวณปริมาณจำนวนหลอดและจำนวนดวงโคม พร้อมระยะห่างระหว่างดวงโคมกับดวงโคมและระยะห่างระหว่างดวงโคมกับผนังห้อง ซึ่งโปรแกรมนั้นจะคำนวณค่าต่าง ๆ นั้นจากข้อมูลและระยะที่ผู้ใช้โปรแกรมเป็นผู้ป้อน โปรแกรมนี้ยังได้พัฒนารูปแบบการแสดงผลให้สามารถแสดงเป็นภาพ 2 มิติได้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจลักษณะและรูปแบบการติดตั้งได้อย่างชัดเจน ตลอดจนโปรแกรมสามารถพิมพ์ออกมาได้ ทำให้ผู้ใช้โปรแกรมสามารถวิเคราะห์และตัดสินใจในการเลือกรูปแบบดวงโคมที่เหมาะสมกับบริเวณและทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์อย่างสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารและโรงงานได้ตรงตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย (Illuminating Engineering Association of Thailand: TIEA)

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- 1) โปรแกรมสามารถใช้ออกแบบแสงสว่างภายในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมได้ตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย
- 2) โปรแกรมสามารถคำนวณปริมาณจำนวนดวง โคมไฟฟ้าและระยะห่างที่เหมาะสมในการติดตั้งได้และโปรแกรมสามารถแสดงผลเป็นรูปภาพ 2 มิติ

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

รายละเอียด	ปี 2553							ปี 2554		
	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1) ศึกษาวิธีการคำนวณและออกแบบระบบส่องสว่าง										
2) ศึกษาการใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้อง										
3) สร้างฐานข้อมูลและเขียนโปรแกรมการคำนวณ										
4) เขียนโปรแกรมในส่วนการแสดงผล										
5) ทดสอบและปรับปรุงโปรแกรม										
6) สรุปและจัดทำรูปเล่มปฏิญานិพนธ์										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการ

โปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาสามารถนำไปใช้เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารและโรงงานในทุกรูปแบบต่างๆ ได้อย่างเหมาะสมและตรงตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย ซึ่งส่งผลที่ดีต่อบุคลากร เพิ่มประสิทธิภาพให้กระบวนการผลิต และลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างปฏิบัติงานยิ่งขึ้น

1.6 งบประมาณ

1) ค่าหนังสือคู่มือสำหรับการเขียนโปรแกรม	1,000 บาท
2) ค่าถ่ายเอกสารและเข้าเล่มปริญญาบัตร	1,000 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สองพันบาทถ้วน)	<u>2,000 บาท</u>
หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ	



บทที่ 2

หลักการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมเพื่อการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารจึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจหลักการและทฤษฎีการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารดังต่อไปนี้

2.1 ศัพท์และหน่วยทางแสง

1) ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux: Φ)

คือ อัตราการแผ่พลังงานแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วย ลูเมน (lm)

2) ความเข้มส่องสว่าง (Luminance intensit: I)

คือ กำลังของแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยแคนเดลา (Candela: cd)

3) ความเข้มแสง (Illuminance: E)

คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างบนพื้นผิว โดย

ถ้าพื้นที่มีหน่วยตารางฟุต E จะมีหน่วย ฟุตแคนเดิล (footcandle: fc)

ถ้าพื้นที่มีหน่วยตารางเมตร E จะมีหน่วย ลักซ์ (lux: lx)

4) ความส่องสว่าง (Luminance: L)

คือ ปริมาณแสงสว่างที่ออกจากพื้นผิว มีหน่วยฟุตแลมเบิร์ต (Footlambert: fl)

5) สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง (Coefficient of utilization: CU)

คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบลงพื้นที่ทำงานทั้งที่ส่องโดยตรงมาจากดวงโคมและจากการสะท้อนจากส่วนต่างๆของห้องต่อฟลักซ์ส่องสว่างที่ได้จากหลอดไฟทุกหลอดที่ติดตั้งอยู่ภายในดวงโคมนั้น

6) ตัวประกอบการสูญเสียแสง (Light Loss Factor: LLF)

คือ ค่าการสูญเสียแสง ซึ่งขึ้นกับแรงดัน ไฟฟ้า อุณหภูมิแวดล้อม บัลลาสต์ที่ใช้ วัสดุที่ใช้ทำโคม ความสกปรกของห้อง ความสกปรกของดวงโคม หลอดเสื่อมสภาพ เป็นต้น

2.2 หลักการและลักษณะการให้แสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นเริ่มจากการทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่างคือการศึกษาดังประเภทหรือชนิดของงานที่จะการทำในพื้นที่นั้นๆว่าเป็นงานชนิดใดมีการทำงานในเวลาใดและต้องการระดับความสว่างสูงต่ำเพียงใด โดยคำนึงถึงขนาดการสะท้อนแสงความแปรปรวนและการเคลื่อนไหวของชิ้นงานรวมทั้งระยะห่างจากผู้ปฏิบัติงานในขณะเดียวกันก็พิจารณาหรือเลือกภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้นๆด้วยเช่นความสูงของเพดานช่องแสงนอกจากนี้สิ่งที่ใช้ทำส่วนต่างๆควรเป็นสี โทนสว่างเพื่อทำให้แสงสว่างขึ้นซึ่งค่าการสะท้อนแสงสว่างของเพดานผนังพื้นและแม้แต่เครื่องจักรอุปกรณ์ควรมีค่าที่เหมาะสม

เพื่อไม่ให้เกิดแสงแยงตาหรือคู่มืดเกินไปหลักการให้แสงสว่างที่สำคัญนั้นจะต้องคำนึงถึงจุดมุ่งหมายหลัก 3 ประการคือ

- ก) เพื่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพเช่นแสงสว่าง โต้ะทำงานแสงส่องให้พืชโตแสงฆ่าเชื้อแสงสว่างไฟถนนแสงสว่างลานจอดรถ เป็นต้น
- ข) เพื่อความปลอดภัยเช่นแสงสว่างไฟถนนแสงสว่างไฟรั้วแสงสว่างระบบรักษาความปลอดภัยแสงสว่างลานจอดรถ
- ค) เพื่อความสวยงามและสร้างบรรยากาศที่เหมาะสมเช่นแสงสว่างส่องรูปภาพแสงสว่างร้านอาหารแสงสว่างประดับอาคารและต้นไม้ เป็นต้น

การปฏิบัติงานภายใต้ระบบแสงสว่างที่เหมาะสมไม่เพียงแต่จะทำให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นมากขึ้นประมิตขึ้นที่สำคัญยังทำให้เกิดความพึงพอใจในการทำงานมากขึ้นทั้งยังมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ปฏิบัติงานวิธีการให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะคือ

- ก) การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ (General lighting) เป็นการให้แสงสว่างที่ใช้ทั่วไปโดยการให้แสงสว่างจาก โคมไฟที่ติดตั้งกระจายอย่างสม่ำเสมอบนเพดานซึ่งทำให้มีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่จึงทำให้มีข้อดีในแง่ที่สามารถออกแบบได้ง่ายไม่จำเป็นต้องทราบตำแหน่ง โต้ะทำงานที่แน่นอนและสามารถย้ายตำแหน่ง โต้ะทำงาน

ได้อย่างอิสระแต่ข้อเสียคือเป็นวิธีการให้แสงสว่างที่สิ้นเปลืองพลังงานสูงดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการให้แสงสว่างทางเดินการให้แสงสว่างสำหรับการทำความสะอาดห้องทำงานและห้องประชุมทั่วไป

ข) การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ (Local lighting) เป็นการให้แสงสว่างเสริมให้ได้ความสว่างสูงในจุดตำแหน่งที่ใช้งานเฉพาะตำแหน่งในบริเวณที่อยู่ใกล้ผู้ทำงานหรือชิ้นงานเพื่อให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่งและทิศทางที่ต้องการเท่านั้นเช่นงานที่ต้องการปริมาณแสงในระดับสูงงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงตัวอย่างงานเขียนในงานอิเล็กทรอนิกส์การให้แสงเพื่อให้มีการส่องสว่างมากเฉพาะที่จะช่วยประหยัดพลังงานได้มากกว่าการให้แสงสว่างทั่วไปโดยจะต้องควบคุมทิศทางและความสว่างเฉพาะที่และความสว่างแวดล้อมให้เหมาะสม

ค) การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่และเฉพาะที่ (General and localized lighting) เป็นการให้แสงสว่างโดยการออกแบบให้สอดคล้องกับการทำงานในแต่ละพื้นที่ที่มีแสงสว่างทั่วพื้นที่ประกอบกับแสงสว่างเฉพาะตำแหน่งจึงทำให้ประหยัดพลังงานกว่าลักษณะแรกแต่ก็มีข้อเสียคือการปรับย้ายตำแหน่งพื้นที่ทำงานไม่อิสระเหมาะสำหรับสำนักงานและโรงงานสมัยใหม่ที่ต้องการประหยัดพลังงานที่มีระดับความส่องสว่างเพียงพอ

การออกแบบระบบแสงสว่างที่ดีนั้นนอกจากจะต้องให้ได้ปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานแล้วยังต้องทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีความรู้สึกสบายในการใช้สายตา กล่าวคือความจ้าของแสงบนชิ้นงานและสภาพแวดล้อมไม่ควรแตกต่างกันเกิน 3 เท่าไม่มีแสงแยงตาโดยตรงจากดวงโคมเกินระดับที่ยอมรับได้หรือมีแสงบาดตาโดยอ้อมจากการสะท้อนจากพื้นผิววัตถุผนังนี้โดยการเลือกใช้ดวงโคมและการติดตั้งทิศทางให้เหมาะสมในกรณีที่เกิดเงาเนื่องจากชิ้นงานอยู่ในตำแหน่งที่แสงเข้าไม่ถึงอาจต้องติดตั้งดวงโคมเฉพาะตำแหน่งเข้าช่วยนอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสะดวกในการบำรุงรักษาความปลอดภัยและความสวยงามประกอบด้วย

2.3 มาตรฐานการให้แสงสว่าง

การออกแบบแสงสว่างต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างไม่น้อยกว่าที่กฎหมายกำหนดและควรไม่น้อยกว่าความต้องการในการใช้งานซึ่งได้มีมาตรฐานกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำสำหรับการใช้งานแต่ละประเภทไว้โดยมาตรฐานที่ยอมรับในทางวิศวกรรมของประเทศไทยให้อ้างอิงตามมาตรฐานของสมาคมไฟฟ้าแห่งประเทศไทย (TIEA) แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐานความส่องสว่างขั้นต่ำ ที่ใช้ภายในการพัฒนาโปรแกรมการออกแบบระบบการส่องสว่างภายในอาคารและโรงงาน

ลักษณะพื้นที่ของห้องภายในอาคาร	ค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ (lx)
1. อาคารประเภทโรงพยาบาล	
- พื้นที่ห้องปฐมพยาบาล	400
- พื้นที่ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป	500
- พื้นที่ทดสอบหูและตา	1,000
- พื้นที่ห้องทดสอบการอ่านและตาบอดสี	500
- พื้นที่ห้องฉายรังสี X-Ray	50
- พื้นที่ห้องตรวจโรคผิวหนัง (Dermatology)	500
- พื้นที่ห้องส่องกล้อง (Endoscopy)	300
- พื้นที่ห้องทำแผล	500
- พื้นที่กายภาพและรังสีบำบัด (Massage and Radiotherapy)	300
- พื้นที่ห้องพักฟื้น (Pre-op and Recovery)	500
- พื้นที่ห้องผ่าตัด	1,000
- พื้นที่ห้องฉุกเฉิน ICU	100
- พื้นที่ห้องทันตกรรม	500
- พื้นที่ห้องกำจัดเชื้อโรค	300
- พื้นที่ปลอดเชื้อ	300
- พื้นที่ห้องศึกษาการผ่า	5,000
- พื้นที่ห้องจ่ายยา	300

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่ามาตรฐานความสว่างขั้นต่ำ ที่ใช้ภายในการพัฒนาการ โปรแกรมออก
ออกแบบระบบการส่องสว่างภายในอาคารและโรงงาน

ลักษณะพื้นที่ของห้องภายในอาคาร	ค่าความสว่างขั้นต่ำ (lx)
2. อาคารประเภทที่อยู่อาศัย	
- ห้องครัว	500
- ห้องรับประทานอาหาร	300
- ห้องพักผ่อน	200
- ห้องออกกำลังกาย	200
- ห้องน้ำและห้องส้วม	300
- ห้อง ชัก อบ ริด	300
- ห้องนอน	300
- ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า	500
3. อาคารประเภทโรงงานอุตสาหกรรม	
- พื้นที่ห้องปฏิบัติการทดลอง	800
- พื้นที่ห้องอุปกรณ์ Switch Gear	200
- พื้นที่ห้องควบคุม	500
- พื้นที่ห้องทำงานเครื่องจักร	300-750
- พื้นที่ห้องทดสอบความละเอียดการอ่านมาตรวัด	500
- พื้นที่ห้องทดสอบด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์(Calibrate)	1,500
- พื้นที่ห้องเก็บเชื้อเพลิง	50
- พื้นที่ห้องทำการอบแห้งวัตถุดิบ	50
- พื้นที่ห้องพิมพ์ บีม ตัด เจาะ สำหรับเครื่องจักร	1,000
- พื้นที่ห้องงานตีเหล็ก งานเชื่อม ขึ้นรูปเย็น	100
- พื้นที่ห้องคัดเลือกขนาดวัตถุดิบและบรรจุหีบห่อ	300-500
- พื้นที่ห้องหีบ เกลือบผิว	300-500
- พื้นที่ห้องทดสอบสี	1,000-2,000
- พื้นที่สายการผลิต	500
- พื้นที่ห้องตกแต่งชิ้นงาน	500-1,000

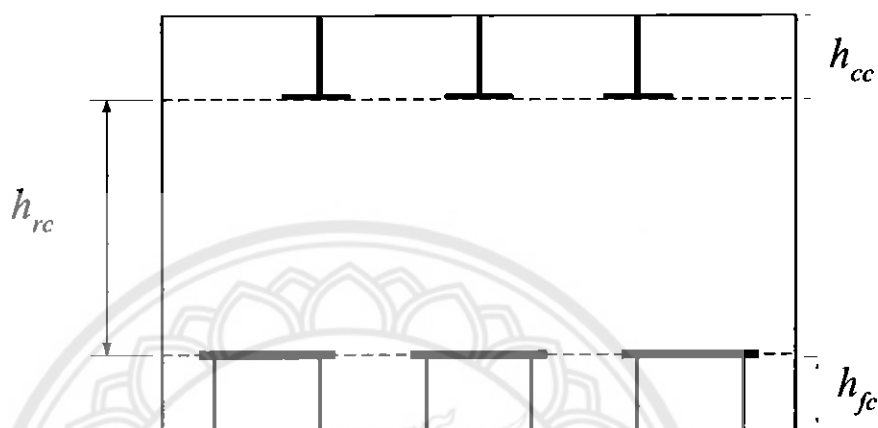
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) ค่ามาตรฐานความสว่างขั้นต่ำ ที่ใช้ภายในการพัฒนาการ โปรแกรมออก
ออกแบบระบบการส่องสว่างภายในอาคารและโรงงาน

ลักษณะพื้นที่ของห้องภายในอาคาร	ค่าความสว่างขั้นต่ำ (lx)
4. สำนักงานและสถานศึกษา	
- ห้องเรียน	300
- ห้องบรรยาย	500
- ห้องคอมพิวเตอร์	400
- ห้องประชุม	500
- ห้องถ่ายเอกสาร	300
- ห้องสมุด	200
- ห้องน้ำรวม	200
- โรงอาหาร	300
- ห้องปฏิบัติการ	500
5. ร้านค้า	
- พื้นที่ห้องจัดวางสินค้า	700
- พื้นที่จัดแสดงสินค้าในตู้กระจก	1,000

จากตารางที่ 2.1 แสดงถึงความต้องการแสงสว่างของแต่ละพื้นที่ มากน้อยขึ้นอยู่กับ
ลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่หรืออาคารนั้นๆ ทำให้มาตรฐานความส่องสว่างมีความสำคัญ
มากสำหรับการออกแบบการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า

2.4 การออกแบบแสงสว่างภายในด้วยวิธีการแบ่งส่วนของโพรง

หลักการการออกแบบด้วยวิธีการแบ่งส่วนของโพรง (Zonal cavity method) คือหลักการแบ่งห้องโถงที่ต้องการออกแบบออกเป็น 3 ส่วนของโพรง (Cavity zone) ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การแบ่งส่วนของโพรงห้อง

ส่วนที่ 1 เรียกโพรงเพดาน (Ceiling cavity) หมายถึง บริเวณตั้งแต่เพดานลงมาจนถึงระดับดวงโคม เรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงเพดาน (Ceiling cavity height) และใช้สัญลักษณ์ h_{cc}

ส่วนที่ 2 เรียกโพรงห้อง (Room cavity) หมายถึงบริเวณนับจากระดับของดวงโคมลงมาจนถึงพื้นที่ทำงาน (Working plane) เรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงห้อง (Room cavity height) ใช้สัญลักษณ์ h_{rc}

ส่วนที่ 3 เรียกโพรงพื้น (Floor cavity) หมายถึงบริเวณนับจากระดับพื้นที่ทำงานลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง เรียกความสูงระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงพื้น (Floor cavity height) ใช้สัญลักษณ์ h_{fc}

2.4.1 คำนวณหาอัตราส่วนโพรง (Cavity ratio)

หลังจากการแบ่งส่วนของโพรง สามารถคำนวณได้ดังขั้นตอนต่อไปนี้

$$CCR = \frac{5h_{cc}(L+W)}{L \times W} \quad (2.1)$$

$$RCR = \frac{5h_{rc}(L+W)}{L \times W} \quad (2.2)$$

$$FCR = \frac{5h_{fc}(L+W)}{L \times W} \quad (2.3)$$

โดยที่ CCR คือ อัตราส่วนโพรงเพดาน (Ceiling cavity ratio)

RCR คือ อัตราส่วนโพรงห้อง (Room cavity ratio)

FCR คือ อัตราส่วนโพรงพื้น (Floor cavity ratio)

h_{cc} คือ ความสูงของโพรงเพดาน (Ceiling cavity height) ในหน่วย เมตร (m)

h_{rc} คือ ความสูงของโพรงห้อง (Room cavity height) ในหน่วย เมตร (m)

h_{fc} คือ ความสูงของโพรงพื้น (Floor cavity height) ในหน่วย เมตร (m)

L คือ ความยาวของห้อง ในหน่วย เมตร (m)

W คือ ความกว้างของห้อง ในหน่วย เมตร (m)

2.4.2 หาอัตราสัมประสิทธิ์ผลการสะท้อนของโพรง (Effective cavity reflectance)

โดยนำค่า CCR และ FCR ร่วมกับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน (Ceiling reflectance: ρ_c) ของผนัง (wall reflectance: ρ_w) และของพื้น (Floor reflectance: ρ_f) เพื่อเทียบหาค่าประสิทธิผลการสะท้อนของโพรงเพดาน (Effective Ceiling reflectance: ρ_{cc}) และค่าประสิทธิผลการสะท้อนของโพรงพื้น (Effective floor reflectance: ρ_{fc}) ในภาคผนวก ก.

ถ้าดวงโคมถูกฝังหรือแนบกับเพดาน: $h_{cc} = 0 \rightarrow CCR = 0 \rightarrow \rho_{cc} = \rho_c$

ถ้าพื้นที่ทำงานคือพื้นห้อง: $h_{fc} = 0 \rightarrow FCR = 0 \rightarrow \rho_{fc} = \rho_f$

เนื่องจากการคำนวณหาค่าใช้งานจริงๆของค่าความสามารถในการสะท้อนของเพดานของผนังและของพื้นนั้นทำได้ยาก ดังนั้นในทางปฏิบัติอาจกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณดังกล่าวโดยมีค่าดังนี้

$$\rho_c = 80\%, \rho_w = 50\%, \rho_f = 30\%$$

2.4.3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง CU (Coefficient of utilization)

โดยทั่วไป บริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีตารางสำเร็จรูปของค่า CU ของดวงโคมแต่ละชนิดซึ่งทำให้เราสามารถหาค่า ρ_{cc}, ρ_{sc} และ RCR เทียบหาค่า CU ที่ต้องการได้ ในภาคผนวก ข

2.4.4 ปรับค่า CU

เนื่องจากตารางแสดงค่า CU ของดวงโคมแต่ละชนิดถูกจัดทำขึ้นที่ค่า ρ_{sc} ต่างๆกันเฉพาะโดยทั่วไป ค่า CU ในตารางมักถูกแสดงที่ค่า $\rho_{sc} = 20\%$ ดังนั้นถ้าค่า $\rho_{sc} \neq 20\%$ จะต้องมีการแก้ไขค่า CU ให้ถูกต้องด้วย “ตัวคูณปรับค่า” ในภาคผนวก ค.

กรณีไม่ทราบความสูงเหนือพื้นของระดับพื้นที่ทำงานสามารถใช้ค่าเฉลี่ยคือ 0.85 m

2.4.5 คำนวณหาจำนวนดวงโคม

ในการหาจำนวนดวงโคมที่จะใช้ให้แสงสว่างสม่ำเสมอในพื้นที่หนึ่งๆสามารถคำนวณได้โดยวิธีลูเมน (Lumen method) จากสมการต่อไปนี้

$$N = \frac{E \times A}{n \times \phi_L \times CU \times LLF} \quad (2.4)$$

โดยที่ N	คือ จำนวนดวงโคมที่จะใช้
E	คือ ความสว่างที่ต้องการ
A	คือ พื้นที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (m ²)
n	คือ จำนวนหลอดไฟใน 1 ดวงโคม
ϕ_L	คือ ฟลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้นของหลอดไฟ 1 หลอด(lm)
CU	คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง
LLF	คือ ตัวประกอบการสูญเสียแสง

2.5 การจัดวางตำแหน่งของดวงโคม

หลังจากทราบจำนวนดวงโคมที่จะใช้แล้ว การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมจึงเป็นสิ่งที่จะต้องถูกพิจารณาตามมาเพื่อการวางตำแหน่งของดวงโคมที่เหมาะสม นั่นคือจะต้องพยายามจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้อยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกัน ความเป็นระเบียบเรียบร้อย และได้ระดับความสว่างสม่ำเสมอ คือไม่สว่างมากจนเกินไปในที่หนึ่งหรือเกิดเงามืดในอีกบริเวณหนึ่ง โดยมีแนวทางการพิจารณาต่างๆดังต่อไปนี้

2.5.1 ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวง

$$S = \sqrt{\frac{A}{N}} \quad (2.5)$$

โดยที่ S คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวง (m)

A คือ พื้นที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (m^2)

N คือ จำนวนดวงโคมทั้งหมด

2.5.2 อัตราส่วนของระยะห่างสูงสุดระหว่างดวงโคมแต่ละดวง ต่อ ความสูงของดวงโคมเหนือพื้นที่ทำงาน (Spacing per mounting height ration: S/H_m)

$$SC = \frac{S_{max}}{H_m} \quad (2.6)$$

โดยที่ SC คือ เกณฑ์การจัดวางตำแหน่ง (Spacing criterion)

S_{max} คือ ระยะห่างสูงสุดระหว่างดวงโคมแต่ละดวง (m หรือ ft)

H_m คือ ความสูงของดวงโคมเหนือพื้นที่ทำงาน หรือเรียกว่า ความสูงติดตั้งดวงโคม (m)

โดยปกติทางผู้ผลิตดวงโคมจะกำหนด SC นี้มาให้ซึ่งรวมอยู่ในตารางค่า CU ดังแสดงในภาคผนวก ก

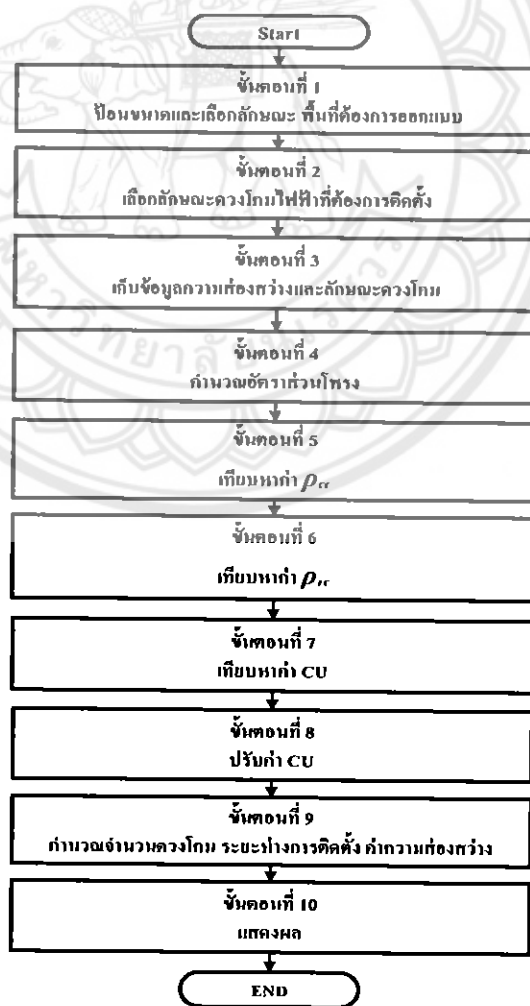
บทที่ 3

ขั้นตอนการการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการออกแบบระบบแสงสว่าง

จากการที่ได้ศึกษาทฤษฎีการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารจากบทที่ 2 ซึ่งอาศัยสมการการคำนวณต่างๆเพื่อมาพัฒนาโปรแกรมโดยแบ่งขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารและโรงงาน ได้ใช้โปรแกรม Visual Basic 2008 เพื่อเขียนโปรแกรมนี้นี้ขึ้นมา โดยมีแผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการทำงานของโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคารได้แบ่งลำดับขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 คือผู้ใช้โปรแกรมกรอกข้อมูลและเลือกลักษณะพื้นที่ที่ต้องการออกแบบ โดยแบ่งส่วนการกรอกข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1) เลือกประเภทอาคารและลักษณะห้องหรือพื้นที่ โดยโปรแกรมจะแบ่งประเภทอาคารออกเป็น 4 กลุ่ม และแบ่งห้องหรือพื้นที่ในแต่ละประเภทอาคารดังนี้

1. อาคารประเภทโรงพยาบาล ประกอบด้วย

- ◆ พื้นที่ห้องปฐมพยาบาล
- ◆ พื้นที่ห้องตรวจคนไข้ทั่วไป
- ◆ พื้นที่ทดสอบหูและตา
- ◆ พื้นที่ห้องทดสอบการอ่านและตาบอดสี
- ◆ พื้นที่ห้องฉายรังสี X-Ray
- ◆ พื้นที่ห้องตรวจโรคผิวหนัง (Dermatology)
- ◆ พื้นที่ห้องส่องกล้อง (Endoscopy)
- ◆ พื้นที่ห้องทำแผล
- ◆ พื้นที่กายภาพและรังสีบำบัด (Massage and radiotherapy)
- ◆ พื้นที่ห้องพักฟื้น (Pre-op and recovery)
- ◆ พื้นที่ห้องผ่าตัด
- ◆ พื้นที่ห้องฉุกเฉิน ICU
- ◆ พื้นที่ห้องทันตกรรม
- ◆ พื้นที่ห้องกำจัดเชื้อโรค
- ◆ พื้นที่ปลอดเชื้อ
- ◆ พื้นที่ห้องศึกษาการผ่า
- ◆ พื้นที่ห้องจ่ายยา

2. อาคารประเภทที่อยู่อาศัยประกอบด้วย

- ◆ ห้องครัว
- ◆ ห้องรับประทานอาหาร
- ◆ ห้องพักผ่อน
- ◆ ห้องออกกำลังกาย
- ◆ ห้องน้ำและห้องส้วม
- ◆ ห้อง ชัก อบ ริด
- ◆ ห้องนอน
- ◆ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้า

3. อาคารประเภทโรงงานอุตสาหกรรมประกอบด้วย

- ◆ พื้นที่ห้องปฏิบัติการทดลอง
- ◆ พื้นที่ห้องอุปกรณ์สวิตซ์เกียร์
- ◆ พื้นที่ห้องควบคุม
- ◆ พื้นที่ห้องทำงานเครื่องจักร
- ◆ พื้นที่ห้องทดสอบความละเอียดการอ่านมาตรวัด
- ◆ พื้นที่ห้องทดสอบด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (Calibrate)
- ◆ พื้นที่ห้องเก็บเชื้อเพลิง
- ◆ พื้นที่ห้องทำการอบแห้งวัตถุดิบ
- ◆ พื้นที่ห้องพิมพ์ บีม ตัด เจาะ สำหรับเครื่องจักร
- ◆ พื้นที่ห้องงานดีเหล็ก งานเชื่อม ขึ้นรูปเย็น
- ◆ พื้นที่ห้องคัดเลือกขนาดวัตถุดิบและบรรจุหีบห่อ
- ◆ พื้นที่ห้องชุบ เคลือบผิว
- ◆ พื้นที่ห้องทดสอบสี
- ◆ พื้นที่สายการผลิต
- ◆ พื้นที่ห้องตกแต่งชิ้นงาน

4. สำนักงานสถานศึกษาและอาคารทั่วไป ประกอบด้วย

- ◆ ห้องเรียน
- ◆ ห้องบรรยาย

- ◆ ห้องคอมพิวเตอร์
- ◆ ห้องประชุม
- ◆ ห้องถ่ายเอกสาร
- ◆ ห้องสมุด
- ◆ ห้องน้ำรวม
- ◆ โรงอาหาร
- ◆ ห้องปฏิบัติการ
- ◆ พื้นที่ห้องจัดวางสินค้า
- ◆ พื้นที่จัดแสดงสินค้าในตู้กระจก

ส่วนที่ 2) กรอกข้อมูลลักษณะเฉพาะของห้องที่ต้องการออกแบบ ดังนี้

1. ความกว้างของห้อง ในหน่วย เมตร
2. ความยาวของห้อง ในหน่วย เมตร
3. ความสูงของห้อง ในหน่วยเมตร
4. ความสูงของโพรงเพดาน ในหน่วย เมตร
5. ความสูงของโพรงห้อง ในหน่วย เมตร
6. ความสูงของโพรงพื้น ในหน่วย เมตร
7. เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน
8. เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของผนัง
9. เปอร์เซ็นต์ของค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้น
10. ค่าตัวประกอบการสูญเสียแสง
11. ค่าฟลักซ์ส่องสว่างเบื้องต้น

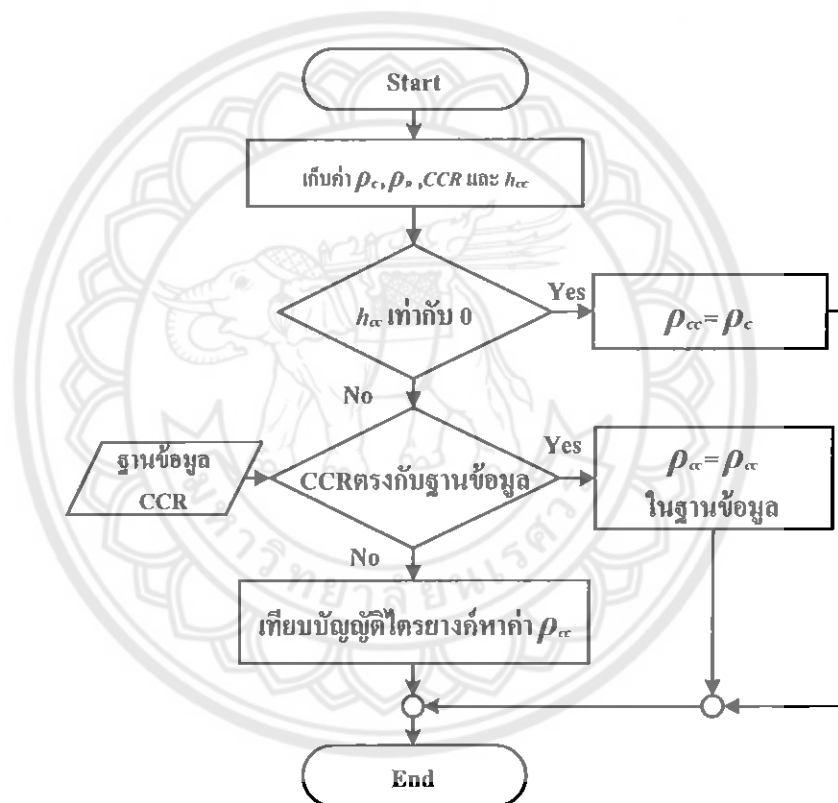
ขั้นตอนที่ 2 ผู้ใช้โปรแกรมเลือกลักษณะของดวงโคมไฟฟ้า ที่ต้องการติดตั้งภายในพื้นที่
ที่ทำการออกแบบ

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากผู้ใช้โปรแกรมเลือกและกรอกข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการออกแบบใน
ขั้นตอนที่ 1 โปรแกรมจะทำการเก็บค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (E) จากฐานข้อมูลค่าความเข้มแสงเฉลี่ย
ที่มีค่าตามมาตรฐานของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยตามตารางที่ 2.1 และยัง
ปรับเปลี่ยนค่าได้ตามความเหมาะสมของผู้ใช้โปรแกรม และหลังจากเลือกดวงโคมไฟฟ้าใน

ขั้นตอนที่ 2 เรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะเก็บค่าเกณฑ์การจัดวางตำแหน่ง (Spacing criterion: SC) และจำนวนหลอดไฟในดวงโคม (n) จากฐานข้อมูลของดวงโคม

ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณของโปรแกรมเริ่มที่คำนวณค่าอัตราส่วนโพรง คือ ค่า CCR , RCR และ FCR จากสมการที่ (2.1), (2.2) และ (2.3) ตามลำดับ เพื่อใช้เทียบกับฐานข้อมูลหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ρ_{cc} และ ρ_{fc} ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 5 การเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของโพรงเพดาน (ρ_{cc}) มีลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนผังการหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน

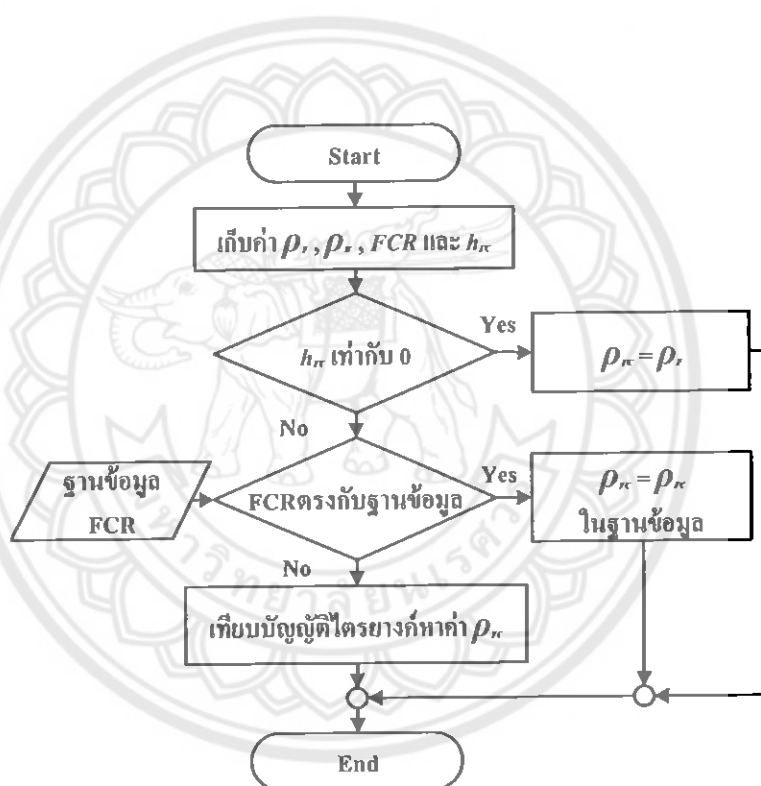
จากรูปที่ 3.2 ในการเทียบหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรงเพดาน (Effective Ceiling reflectance: ρ_{cc}) เริ่มที่โปรแกรมรับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน (Ceiling reflectance: ρ_c) ของผนัง (Wall reflectance: ρ_w) จากขั้นตอนที่ 1 และค่า CCR จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 4 เทียบกับฐานข้อมูล ซึ่งในบางกรณีไม่สามารถเทียบค่า ρ_{cc} จากฐานข้อมูลได้โดยตรง จำเป็นต้องมีการเทียบค่ามากกว่าและน้อยกว่าตำแหน่งของค่า CCR ดังสมการที่ 3.1

$$\rho_{CC} = \rho_{CC_{up}} - \left[\frac{CCR_{LOW} - CCR}{CCR_{UP} - CCR_{LOW}} \times (\rho_{CC_{low}} - \rho_{CC_{up}}) \right] \quad (3.1)$$

$$\% \rho_{CC} = \rho_{CC} \times 100\% \quad (3.2)$$

หลังจากได้ค่า ρ_{CC} จากการเทียบบัญญัติไตรยางค์ตามสมการที่ (3.1) และเปลี่ยนค่า ρ_{CC} เป็นเปอร์เซ็นต์ตามสมการที่ (3.2) ก่อนนำไปหาค่า CU ในขั้นตอนที่ 7 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 ค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรงพื้น (Effective floor reflectance: ρ_r) มีลำดับขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.3 แผนผังการหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน

จากรูปที่ 3.3 ในการเทียบเทียบหาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรงพื้น (Effective floor reflectance: ρ_{FC}) โปรแกรมเริ่มจากรับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้น (Floor reflectance: ρ_r) ของผนัง (Wall reflectance: ρ_w) จากขั้นตอนที่ 1 และค่า FCR จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 4 เทียบกับฐานข้อมูล ซึ่งในบางกรณีไม่สามารถเทียบค่า ρ_{FC} จากฐานข้อมูลได้โดยตรง จำเป็นต้องมีการเทียบค่ามากกว่าและน้อยกว่าตำแหน่งของค่า FCR ดังสมการที่ 3.3

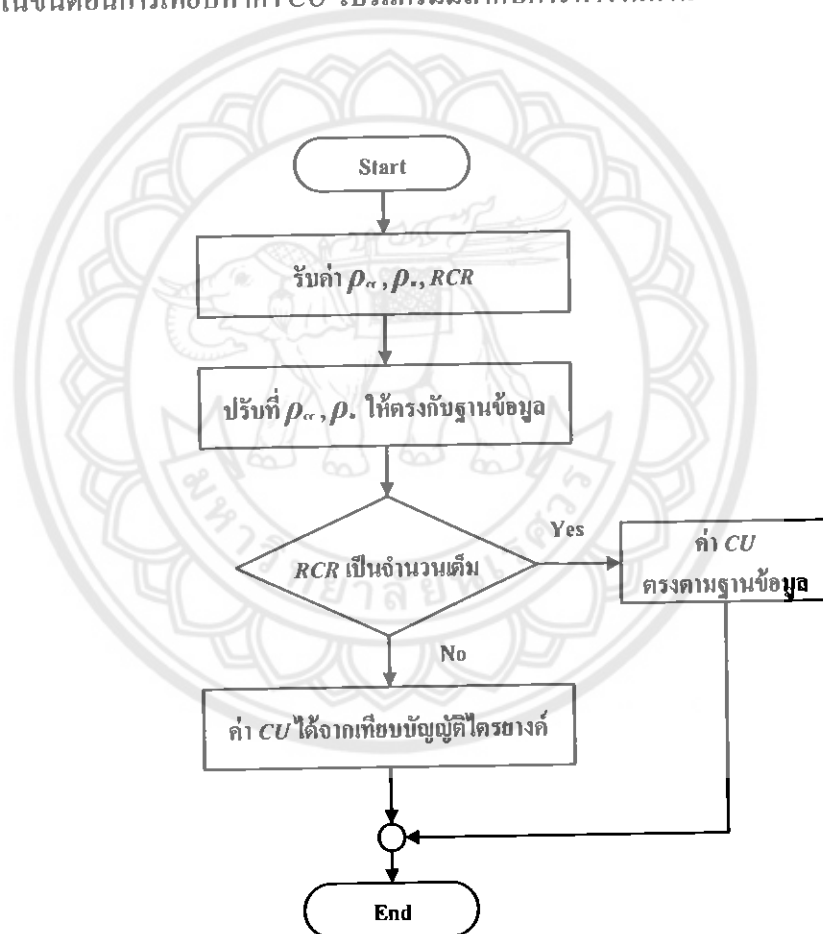
$$\rho_{FC} = \rho_{FC_{up}} - \left[\frac{FCR_{LOW} - FCR}{FCR_{UP} - FCR_{LOW}} \times (\rho_{FC_{low}} - \rho_{FC_{up}}) \right] \quad (3.3)$$

$$\% \rho_{FC} = \rho_{FC} \times 100\% \quad (3.4)$$

หลังจากได้ค่า ρ_{FC} จากการเทียบบัญชีไตรยางศ์ตามสมการที่ (3.3) และเปลี่ยนค่า ρ_{CC} เป็นเปอร์เซ็นต์ตามสมการที่ (3.4) ก่อนนำไปหาค่า CU ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 เทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (CU)

ในขั้นตอนการเทียบหาค่า CU โปรแกรมมีลำดับการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.4 แผนผังลำดับการเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม

จากรูปที่ 3.4 ในการเทียบหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม (CU) โปรแกรมจะเริ่มที่รับค่า ρ_{CC} , ρ_{FC} และ RCR จากขั้นตอนก่อนหน้านี้ เทียบกับฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมที่ผู้ใช้โปรแกรมได้เลือกไว้ในขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 8 ปรับค่า CU

เนื่องจากฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของควงโคมในขั้นตอนที่ 7 โปรแกรมจะได้ค่า CU ที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของโพรงพื้นเท่ากับ 20% เท่านั้น ดังนั้นในกรณีที่โปรแกรมคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของโพรงพื้นในขั้นตอนที่ 6 ได้ไม่เท่ากับ 20% โปรแกรมต้องทำการปรับค่า CU ใหม่ โดยคุณด้วยตัวคูณปรับค่า

ในการเทียบหาตัวคูณปรับค่า CU นั้นได้จากการเทียบค่า ρ_{cc} , ρ_w และ RCR จากฐานข้อมูลตัวคูณปรับค่า CU

ขั้นตอนที่ 9 คำนวณหาจำนวนควงโคม ระยะการติดตั้ง และค่าความส่องสว่างค่าใหม่

ขั้นตอนที่ 10 แสดงผล

หลังจากโปรแกรมคำนวณค่าต่างๆเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะแสดงผลของการคำนวณออกเป็นตัวเลข และภาพจำลองการติดตั้ง 2 มิติ



3.2 ขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร

3.2.1 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008 และ Microsoft SQL Server

ในการพัฒนาโปรแกรมได้ใช้ Microsoft Visual Basic 2008 ในการเขียนคำสั่งการทำงาน รูปแบบโครงสร้าง และการคำนวณของโปรแกรม ร่วมกับโปรแกรม Microsoft SQL Server ในการบันทึกฐานข้อมูลต่างๆ ดังนั้นขั้นตอนแรกในการพัฒนาโปรแกรมเริ่มที่การติดตั้งโปรแกรมทั้งสองโปรแกรมดังรูปที่ 3.5

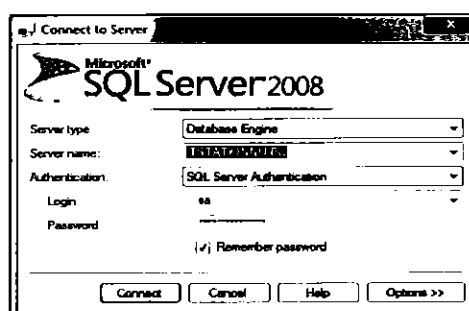


รูปที่ 3.5 การติดตั้งโปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008 และ Microsoft SQL Server

เมื่อติดตั้งโปรแกรมทั้งสองโปรแกรมดังรูปที่ 3.5 เรียบร้อยสมบูรณ์แล้วขั้นตอนต่อไปจะเริ่มสร้างฐานข้อมูลของโปรแกรมที่ใช้ออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร

3.2.2 การสร้างฐานข้อมูลต่างๆของโปรแกรม

เมื่อทำการเปิดงานโปรแกรม Microsoft SQL Server แล้ว ในการใช้โปรแกรม Microsoft SQL Server นั้นจะต้องทำการสร้างระบบเพื่อเก็บรักษาฐานข้อมูลต่างๆ

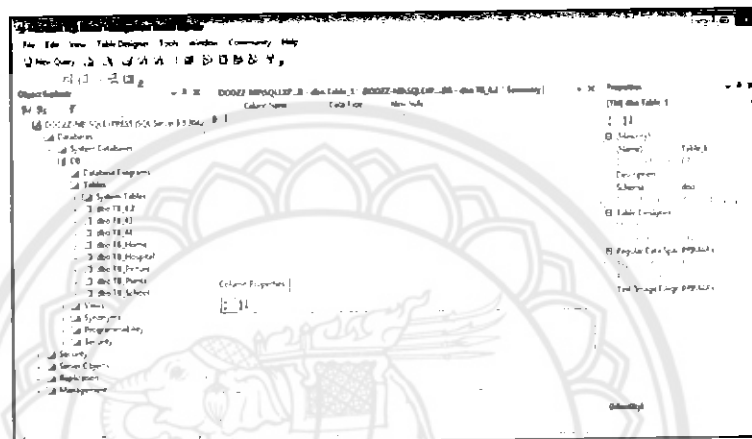


รูปที่ 3.6 การเข้าสู่โปรแกรมเก็บฐานข้อมูล SQL Sever

จากรูปที่ 3.6 เป็นหน้าต่างเมื่อทำการสร้างพื้นที่เพื่อเก็บรักษาฐานข้อมูลสมบูรณ์ และพร้อมสำหรับสร้างตารางฐานข้อมูลของโปรแกรมได้

3.2.3 การสร้างตารางสำหรับเก็บฐานข้อมูลของโปรแกรม

เมื่อเข้าโปรแกรม Microsoft SQL Server เรียบร้อย เลือกแฟ้มที่มีชื่อ Databases > DB และคลิกขวาที่ Table เลือก New Table จะได้ช่องว่างเพื่อกรอกชื่อของ Column ในตารางดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การเก็บฐานข้อมูลโดยโปรแกรม Microsoft SQL Server

เมื่อสร้าง Column ของฐานข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการกรอกฐานข้อมูลทั้งหมด ดังตัวอย่างฐานข้อมูลรูปที่ 3.8

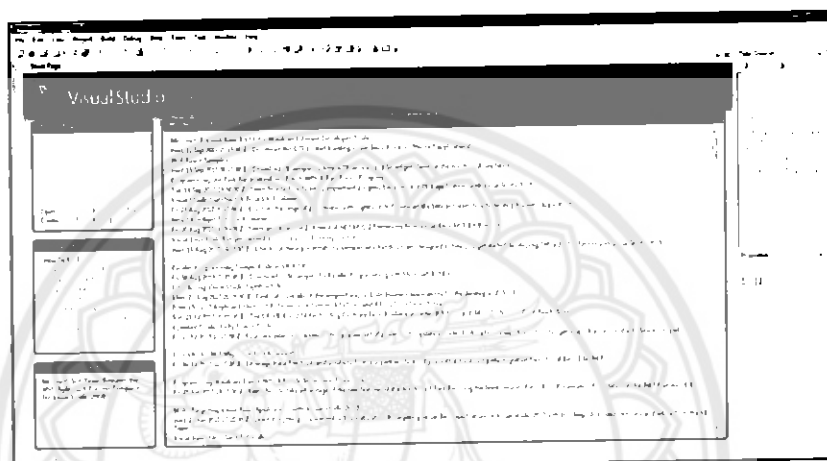
Pc	Pf	CCR_FOR	Pcc,Pfc
0	10	0.8	0.01
0	10	1	0.01
0	10	1.2	0.01
0	10	1.4	0.01
0	10	1.6	0.01
0	10	1.8	0.01
0	10	2	0.01
0	10	2.2	0.01
0	10	2.4	0.01
0	10	2.6	0.2
0	10	2.8	0.2
0	10	3	0.2
0	10	3.2	0.2
0	10	3.4	0.2
0	10	3.6	0.2
0	10	3.8	0.2
0	10	4	0.2
0	10	4.2	0.2
0	10	4.4	0.2

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการกรอกฐานข้อมูล

เมื่อทำการสร้างฐานข้อมูลต่างๆของโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการบันทึกและปิดโปรแกรม Microsoft SQL Server สิ้นสุดการสร้างฐานข้อมูล

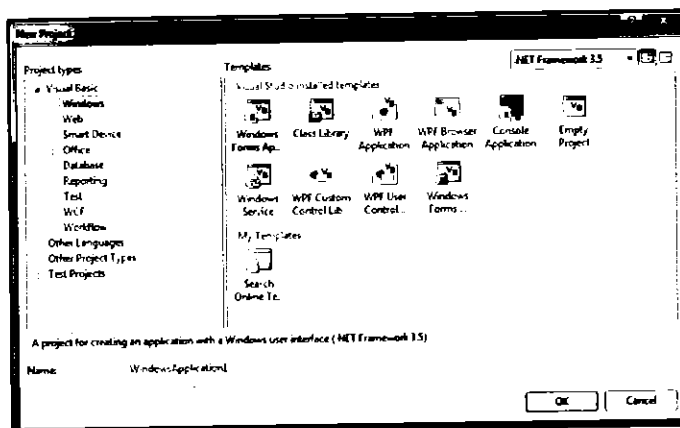
3.2.4 การใช้ Microsoft Visual Basic 2008 เพื่อพัฒนาโปรแกรม

หลังจากเก็บข้อมูลต่างเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสร้างโปรแกรมสำหรับคำนวณ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic 2008 ในการสร้างรูปแบบของโปรแกรมและการคำนวณ ดังรูปที่ 3.9



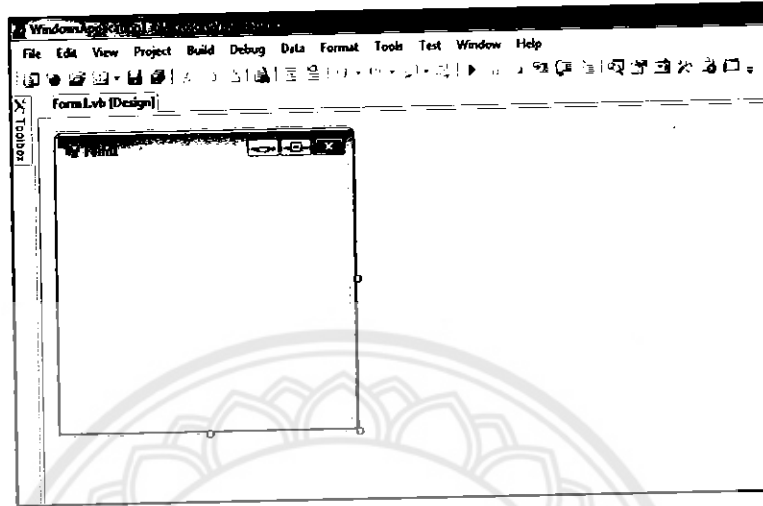
รูปที่ 3.9 โปรแกรม Microsoft Visual Basic 2008

โดยขั้นตอนแรก เลือก New Project > Windows Forms Application เพื่อสร้างแฟ้มสำหรับโปรแกรม ตามรูปที่ 3.10



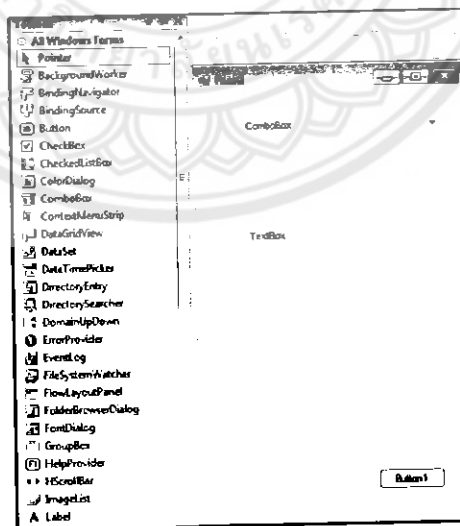
รูปที่ 3.10 การสร้างแฟ้มสำหรับพัฒนาโปรแกรม

เมื่อทำการสร้างเพิ่มเอกสารเรียบร้อยแล้วจะปรากฏหน้าต่างชื่อว่า Form1 สำหรับให้ผู้สร้างโปรแกรม ออกแบบภาพลักษณ์ของ โปรแกรมที่ต้องการพัฒนา ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 หน้าต่างหลักสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

คลิกที่ Toolbox เพื่อเลือกอุปกรณ์ต่างๆสำหรับการทำงานของโปรแกรม ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ออกแบบภาพลักษณ์ของโปรแกรม

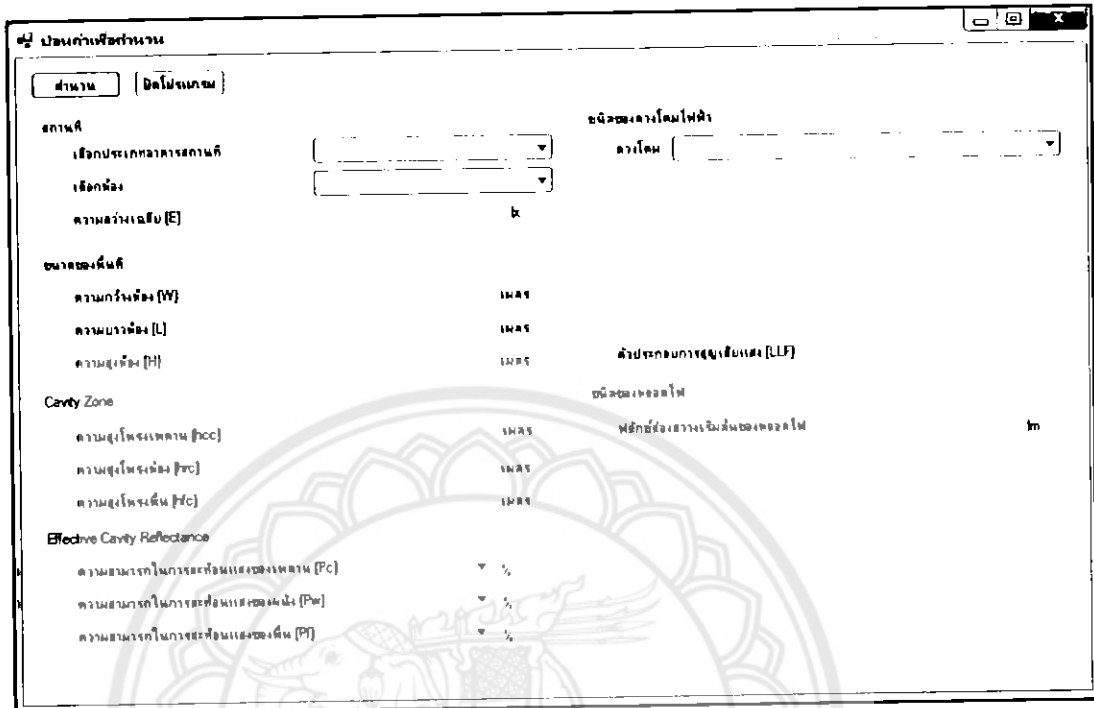
15710443

ร/อ.

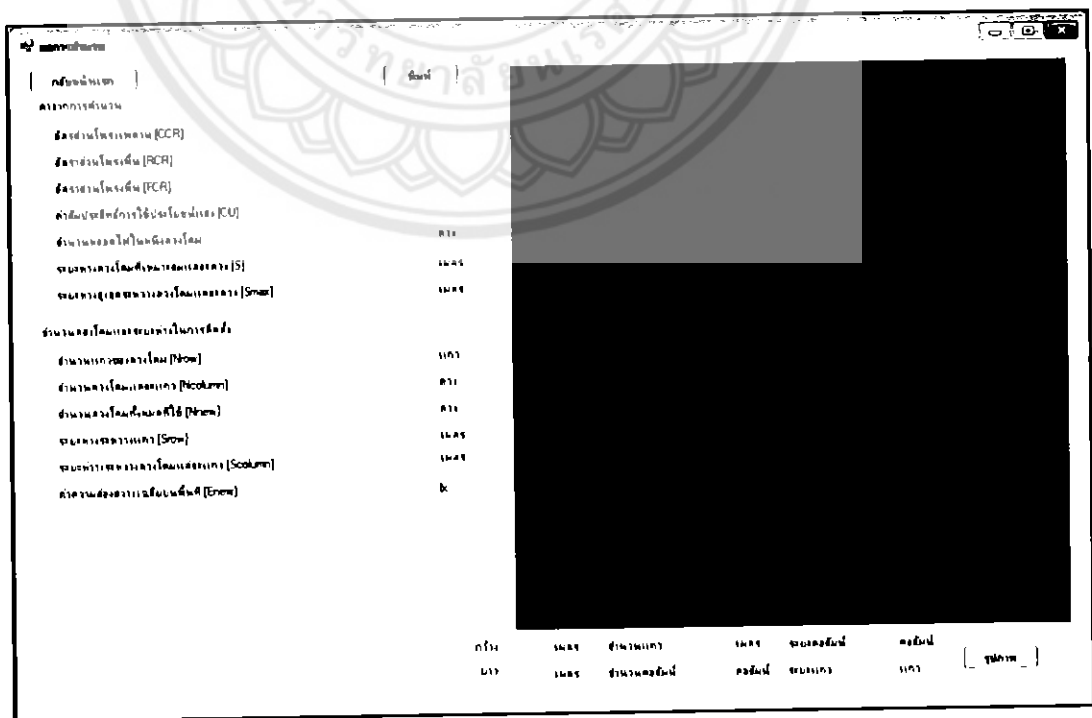
86417

2559

เมื่อออกแบบและสร้างหน้าต่างของ โปรแกรมเรียบร้อย ดังรูปที่ 3.13 และรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 รูปแบบหน้าต่างของ โปรแกรมตอบรับกับผู้ใช้ โปรแกรม



รูปที่ 3.14 รูปแบบหน้าต่างของ โปรแกรมแสดงผล

จากรูปที่ 3.13 เป็นรูปแบบโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคารที่พัฒนา เรียบร้อยในส่วนของการกรอกข้อมูล และรูปที่ 3.14 เป็นรูปแบบหน้าต่างของ โปรแกรมแสดงผล จากการคำนวณและภาพ 2 มิติ

3.2.5 การเชื่อมโยงฐานข้อมูลกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นและการเขียนคำสั่งในการคำนวณ

เมื่อได้ฐานข้อมูลและรูปแบบข้อคว้โปรแกรมเรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อไปคือ การเชื่อมโยง ฐานข้อมูลใน SQL กับ Visual Basic 2008 และเขียนโปรแกรมสำหรับการทำงานและการคำนวณ

เมื่อ Double Click ที่ปุ่มกด หรือจากรูปที่ 3.13 คือ ปุ่ม “คำนวณ” โปรแกรมจะเปิด หน้าต่างคำสั่งสำหรับเขียนคำสั่งการทำงานขอโปรแกรม ดังรูปที่ 3.15

```

Private Sub ComboBox1_SelectedIndexChanged(sender As System.Object, e As System.EventArgs) Handles C
    If ComboBox1.Text = "เปิดหลอด" Then
        Dim a As DataSet = connect("select * from table1 where id=1")
        ComboBox2.DataSource = a.Tables(0)
        ComboBox2.DisplayMember = "id"
        ComboBox2.ValueMember = "id"
        Dim a2 As DataSet = connect("select * from table2 where id=1")
        ComboBox3.DataSource = a2.Tables(0)
        ComboBox3.DisplayMember = "id"
        ComboBox3.ValueMember = "id"
        Dim a3 As DataSet = connect("select * from table3 where id=1")
        ComboBox4.DataSource = a3.Tables(0)
        ComboBox4.DisplayMember = "id"
        ComboBox4.ValueMember = "id"
    ElseIf ComboBox1.Text = "ปิดหลอด" Then
        Dim a As DataSet = connect("select * from table1 where id=2")
        ComboBox2.DataSource = a.Tables(0)
        ComboBox2.DisplayMember = "id"
        ComboBox2.ValueMember = "id"
        Dim a2 As DataSet = connect("select * from table2 where id=2")
        ComboBox3.DataSource = a2.Tables(0)
        ComboBox3.DisplayMember = "id"
        ComboBox3.ValueMember = "id"
    End If
End Sub

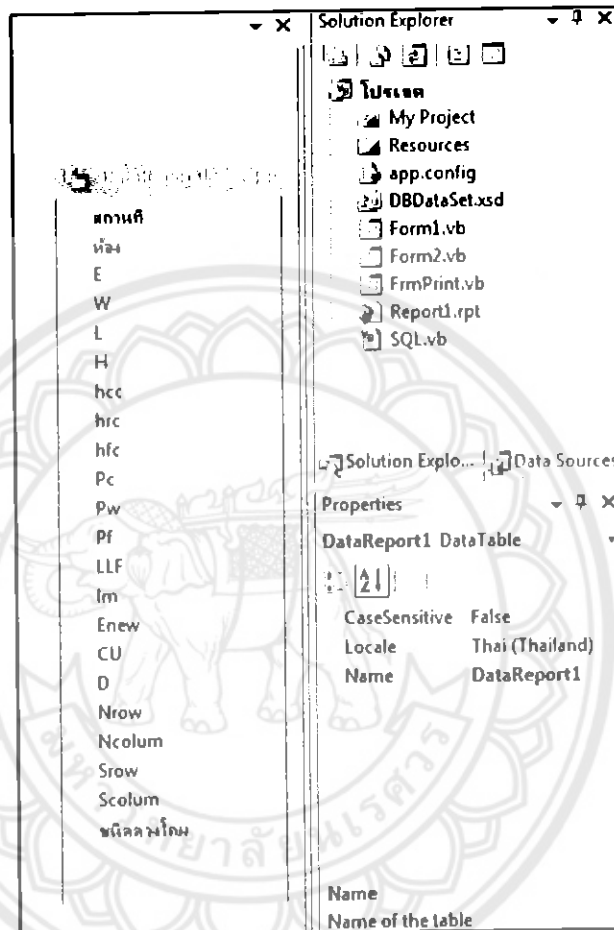
```

รูปที่ 3.15 หน้าต่างสำหรับเขียนคำสั่งการทำงานของโปรแกรม

จากรูปที่ 3.15 เป็นตัวอย่างการเขียนคำสั่งการทำงานของโปรแกรมให้ตัวโปรแกรม สามารถเชื่อมโยงกับฐานข้อมูลที่กรอกในโปรแกรม SQL แล้วก่อนหน้า

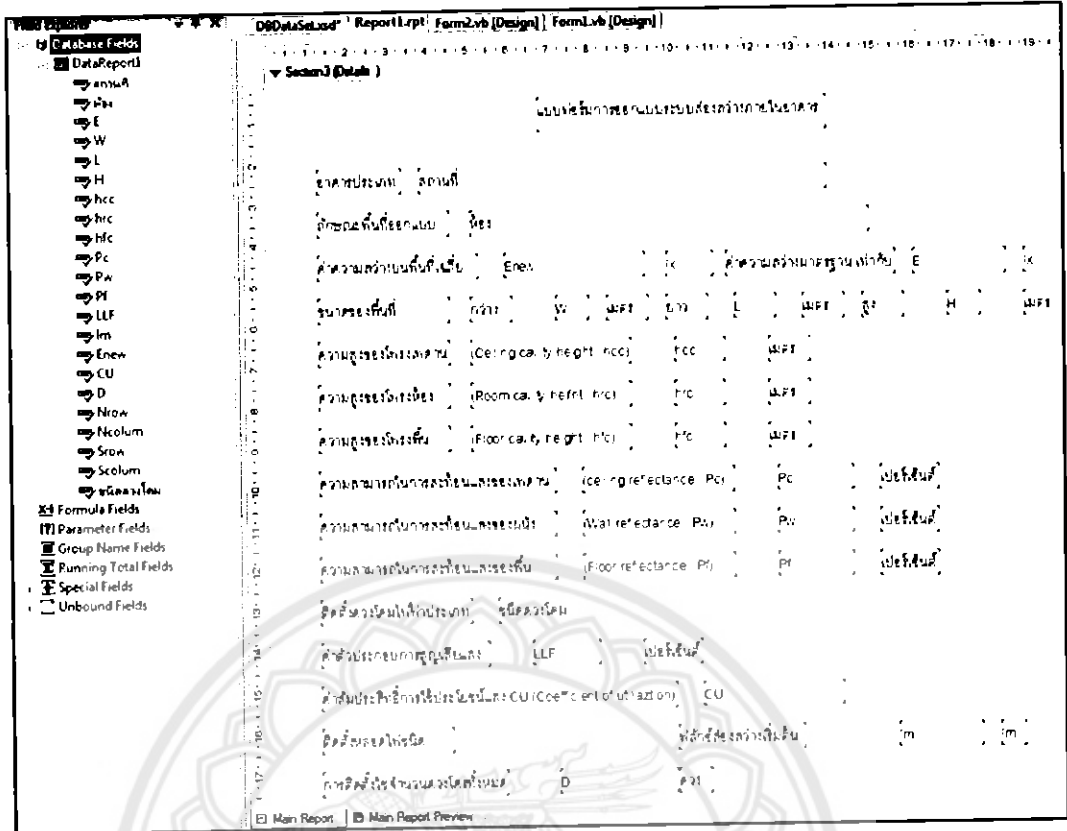
3.2.6 การสร้างแบบฟอร์มเอกสารสำหรับพิมพ์

ขั้นแรกสร้าง DataReport1 เพื่อกำหนดว่าตัวแปรใดๆ เพื่อนำไปแสดงในแบบฟอร์มเอกสารสำหรับพิมพ์ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ส่วนของการสร้าง DataReport1

เมื่อกำหนดตัวแปรต่างๆเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 3.16 จากนั้นจัดวางตำแหน่ง Report1 Design โดยให้ตัวแปรใน DataReport1 อยู่ในตำแหน่งที่ผู้ใช้โปรแกรมหรือผู้อื่นสามารถอ่านและเข้าใจแบบฟอร์มสำหรับพิมพ์ได้ง่าย ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 การจัดวางตำแหน่งแบบฟอร์มสำหรับพิมพ์เอกสาร

รูปที่ 3.17 แสดงการจัดรูปแบบเอกสารสำหรับพิมพ์ข้อมูลที่ได้ออกจากการคำนวณของโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่าง

บทที่ 4

ผลการทดสอบโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่าง

หลังจากการพัฒนาโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร ดั้งขั้นตอนการพัฒนาในบทที่ 2 จน โปรแกรมสมบูรณ์พร้อมใช้งานแล้ว ผู้ดำเนินโครงการได้ดำเนินการทดสอบการคำนวณของโปรแกรมเทียบกับการคำนวณแบบปกติ แสดงดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 1

การทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบโปรแกรมในกรณีที่กำลังประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรงเพดาน (ρ_{cc}) เทียบได้ตรงกับตารางฐานข้อมูลของดวงโคมไฟฟ้า

ออกแบบระบบส่องสว่างห้องคอมพิวเตอร์ที่มีความกว้าง 5 เมตร ความยาว 7 เมตร และความสูง 4 เมตร มีความสูงโต๊ะทำงาน 1.5 เมตร เลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ ติดตั้งติดเพดาน ดวงโคมที่ 30 ในตารางภาคผนวก ข ซึ่งมีค่า ϕ_L เท่ากับ 3000 lm/หลอด และค่า LLF เท่ากับ 0.76 เมื่อ ρ_c เท่ากับ 80% ρ_w เท่ากับ 50% และ ρ_f เท่ากับ 10% โดยตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย กำหนดให้ มีค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานอย่างน้อย 400 lx จะต้องใช้จำนวนดวงโคมไฟฟ้าในการติดตั้งเท่าไร

การคำนวณโดยปกติ

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรง

$$h_{cc} = 0 \text{ เมตร}$$

$$h_{RC} = 2.5 \text{ เมตร}$$

$$h_{FC} = 1.5 \text{ เมตร}$$

$$CCR = 0$$

$$RCR = \frac{5 \times 2.5 \times (5+7)}{5 \times 7} = 4.286$$

$$FCR = \frac{5 \times 1.5 \times (5+7)}{5 \times 7} = 2.57$$

ขั้นที่ 2 หาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรง (ใช้ตารางภาคผนวก ก.)

$$\rho_c = 80\% \quad \rho_w = 50\% \quad CCR = 0$$

$$\text{จะได้ } \rho_{cc} = 80\%$$

$$\rho_f = 10\% \quad \rho_w = 50\% \quad CCR = 2.57$$

$$\text{จะได้ } \rho_{FC} = 13\%$$

ขั้นที่ 3 เทียบหาค่า CU (ตารางภาคผนวก ข.)

จะได้ $CU = 0.38856$

ขั้นที่ 4 ปรับค่า CU

เนื่องจาก $\rho_{FC} \neq 20\%$ จึงต้องใช้ "ตัวคูณปรับค่า" เพื่อแก้ไขปรับค่า CU ให้ถูกต้องและ
เนื่องจาก $\rho_{FC} = 13\%$ จึงเลือกใช้ค่า $\rho_{FC} = 10\%$ ในตารางที่ภาคผนวก ค.

ได้ตัวคูณ เท่ากับ 0.96543

ดังนั้นได้ค่า CU จริง เท่ากับ 0.37

ขั้นที่ 5 คำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้า

$$N = \frac{400 \times 35}{2 \times 3000 \times 0.37 \times 0.76} = 8.2977 \approx 9 \text{ ดวง}$$

ขั้นที่ 6 จักรวางตำแหน่งดวงโคม

$$S = \sqrt{\frac{35}{9}} = 1.9722 \text{ เมตร}$$

จากตารางภาคผนวก ข. ดวงโคมที่ 30 มีค่า $SC=1$

$$S_{MAX} = SC \times H_m = 1 \times 2.5 = 2.5 \text{ เมตร}$$

จะเห็นว่า $S < S_{max}$ แสดงว่าดวงโคมไฟฟ้านี้เลือกติดตั้งได้

$$\text{จำนวนแถวของดวงโคม เท่ากับ } \frac{5}{1.9722} = 2.53 \approx 3 \text{ แถว}$$

$$\text{จำนวนดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ } \frac{9}{3} = 3 \text{ ดวงโคม}$$

จำนวนดวงโคมทั้งหมด 9 ดวงโคม

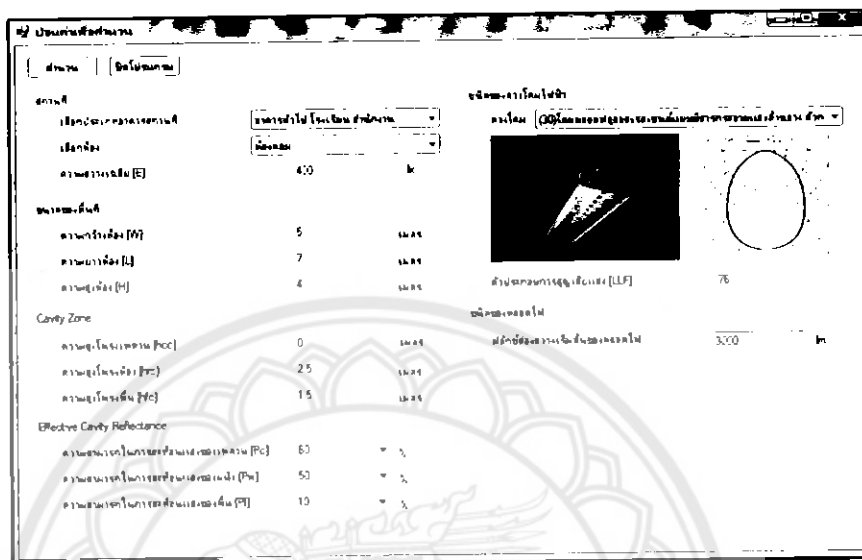
$$\text{ระยะห่างระหว่างแถว เท่ากับ } \frac{5}{3} = 1.67 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะห่างดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ } \frac{7}{3} = 2.33 \text{ เมตร}$$

$$\text{จะได้ความเข้มแสงเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน เท่ากับ } \frac{400 \times 9}{8.2977} = 433.85 \text{ lx}$$

การคำนวณโดยโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร

เมื่อกรอกข้อมูลต่างของพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรมที่ได้พัฒนาดังรูปที่ 4.1



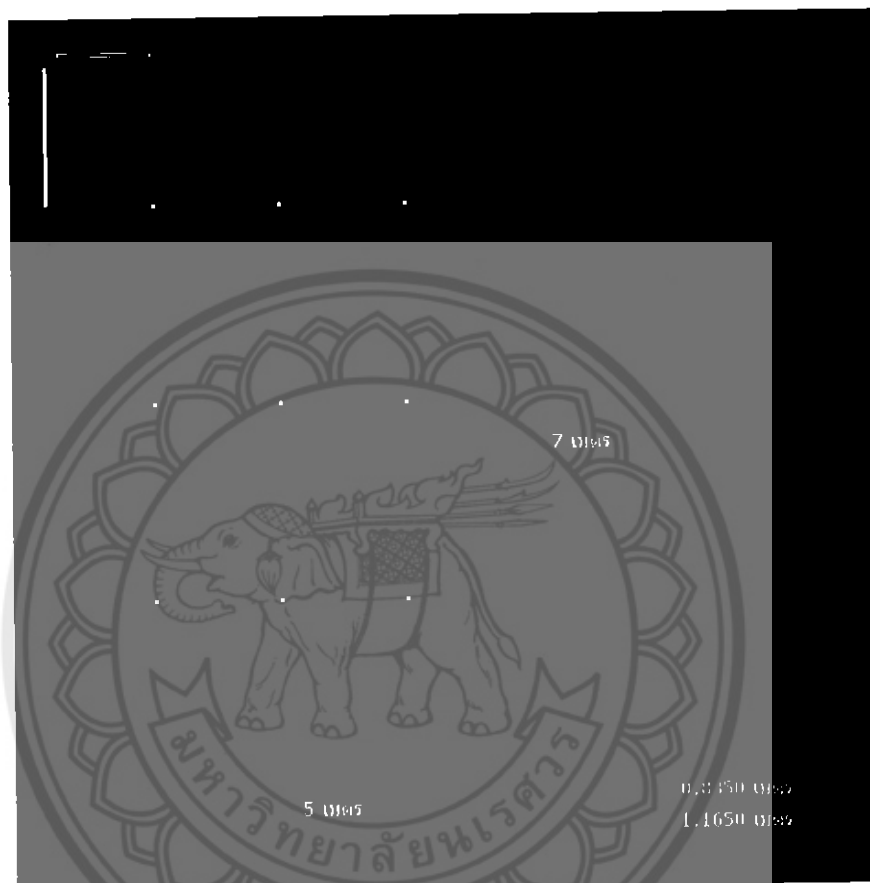
รูปที่ 4.1 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรม

เมื่อกรอกข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการออกแบบ และเลือกลักษณะดวงโคมเรียบร้อยแล้วดังรูปที่ 4.1 จากนั้นผู้ใช้โปรแกรม กดปุ่มคำนวณ เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลได้ดังรูปที่ 4.2

ค่าที่คำนวณ	หน่วย
ค่าการคำนวณ	
อัตราส่วนโคมต่อพื้นที่ (CCR)	
อัตราส่วนโคมพื้น (FCR)	4.29
อัตราส่วนโคมผนัง (PCR)	2.57
ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง (CU)	37
จำนวนของโคมในหนึ่งตารางโคม	2 ดวง
ระยะห่างระหว่างโคมที่แนะนำและค่า (S)	1.97 เมตร
ระยะห่างสูงสุดระหว่างดวงโคม (Smax)	2.5 เมตร
จำนวนดวงโคมแต่ละประเภทในการติดตั้ง	
จำนวนกรวยแสงจากโคม (Nrow)	3 แถว
จำนวนดวงโคมแต่ละแถว (Ncolumn)	3 ดวง
จำนวนดวงโคมทั้งหมดที่ติดตั้ง (Ntotal)	9 ดวง
ระยะห่างระหว่างแถว (Srow)	1.67 เมตร
ระยะห่างระหว่างดวงโคมแถวแรก (Scolumn)	2.33 เมตร
ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นผิว (Enew)	437.27 lx

รูปที่ 4.2 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.2 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม จะเห็นว่าผลการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ผู้ดำเนินโครงการได้พัฒนาขึ้นมา มีความใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยวิธีปกติมาก และโปรแกรมได้แสดงตัวอย่างการติดตั้งเป็นภาพ 2 มิติ ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 รูปแบบการติดตั้งวงโคมไฟฟ้าของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.3 แสดงถึงระยะห่างและตำแหน่งการติดตั้งวงโคมไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจรูปแบบและจินตนาการได้ง่าย

จากนั้นหากผู้ใช้โปรแกรมต้องการพิมพ์ข้อมูลที่โปรแกรมคำนวณ เพียงเมื่อทำกลุ่ม “พิมพ์” ปรากฏหน้าต่างแสดงรูปแบบเอกสารก่อนพิมพ์ดังรูปที่ 4.4

แบบฟอร์มการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร									
อาคารประเภท	อาคารทั่วไป โรงเรียน ส้วมข้าง								
ลักษณะพื้นที่ออกแบบ	ห้องเรียน								
ค่าความสูงจากบนพื้นถึงระดับ	4.37	27							
ขนาดของพื้นที่	กว้าง	5	เมตร	ยาว	7	เมตร	สูง	4	เมตร
ความสูงของโถงเพดาน	(Ceiling cavity height : hcc)	0		เมตร					
ความสูงของโถงห้อง	(Room cavity height : hrc)	2.5		เมตร					
ความสูงของโถงพื้น	(Floor cavity height : hfc)	1.5		เมตร					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน	(ceiling reflectance : Pc)	80		เปอร์เซ็นต์					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของผนัง	(Wall reflectance : Pw)	50		เปอร์เซ็นต์					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้น	(Floor reflectance : Pf)	10		เปอร์เซ็นต์					
ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าประเภท	(30) โคมชนิดฟลูออโรสเฟอรแบบมีถาดกระจายแสงด้านล่าง ตัวกระจายแสงโดยมุมกึ่งแสง 45								
ค่าตัวประกอบการสูญเสียแสง	.76	เปอร์เซ็นต์							
ค่าสัมประสิทธิ์การหักเหของแสง CU (Coefficient of utilization)	.37								
ฟลักซ์แสงสว่างเริ่มต้น	3000	lm							

รูปที่ 4.4 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์

สรุปผลการทดสอบโปรแกรมกรณีที่ 1 โปรแกรมสามารถคำนวณและแสดงผลได้ถูกต้อง สามารถนำไปติดตั้งจริงได้

4.2 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 2

การทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบโปรแกรมในกรณีที่ค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรงเพดาน (ρ_{CC}) เทียบได้ไม่ตรงกับตารางฐานข้อมูลของดวงโคมไฟฟ้า

ออกแบบระบบส่องสว่างห้องคอมพิวเตอร์ที่มีความกว้าง 5 เมตร ความยาว 7 เมตร และความสูง 4 เมตร มีความสูงโตะทำงาน 1.5 เมตร เลือกใช้ดวงโคมแขวนทรงกลมโคมที่ 1 ในตารางภาคผนวก ข ติดตั้งห่างจากเพดาน 1 เมตร ซึ่งมีค่า ϕ_L เท่ากับ 3000 lm/หลอด และค่า LLF เท่ากับ 0.76 เมื่อ ρ_c เท่ากับ 80% ρ_w เท่ากับ 50% และ ρ_f เท่ากับ 10% โดยตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย กำหนดให้ มีค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานอย่างน้อย 400 lx จะต้องใช้จำนวนดวงโคมไฟฟ้าในการติดตั้งเท่าไร

การคำนวณโดยปกติ

ขั้นที่ 1 กำหนดหาค่าอัตราส่วนโพรง

$$h_{CC} = 1 \text{ เมตร} \quad h_{RC} = 1.5 \text{ เมตร} \quad h_{FC} = 1.5 \text{ เมตร}$$

$$CCR = \frac{5 \times 1 \times (5+7)}{5 \times 7} = 1.714 \quad RCR = \frac{5 \times 1.5 \times (5+7)}{5 \times 7} = 2.57 \quad FCR = \frac{5 \times 1.5 \times (5+7)}{5 \times 7} = 2.57$$

ขั้นที่ 2 หาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรง (ใช้ตารางภาคผนวก ก.)

$$\rho_c = 80\% \quad \rho_w = 50\% \quad CCR = 1.714 \quad \text{จะได้ } \rho_{CC} = 58.86\%$$

$$\rho_f = 10\% \quad \rho_w = 50\% \quad CCR = 2.57 \quad \text{จะได้ } \rho_{FC} = 13\%$$

ขั้นที่ 3 เทียบหาค่า CU (ตารางภาคผนวก ข.)

$$\text{จะได้ } CU = 0.471$$

ขั้นที่ 4 ปรับค่า CU

เนื่องจาก $\rho_{FC} \neq 20\%$ จึงต้องใช้ “ตัวคูณปรับค่า” เพื่อแก้ไขปรับค่า CU ให้ถูกต้องและเนื่องจาก $\rho_{FC} = 13\%$ จึงเลือกใช้ค่า $\rho_{FC} = 10\%$ ในตารางที่ภาคผนวก ก.

$$\text{ได้ตัวคูณ เท่ากับ } 0.967$$

$$\text{ดังนั้น ได้ค่า } CU \text{ จริง เท่ากับ } 0.455$$

ขั้นที่ 5 คำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้า

$$N = \frac{400 \times 35}{1 \times 3000 \times 0.455 \times 0.76} = 13.49 \approx 14 \text{ ดวง}$$

ขั้นที่ 6 จัดวางตำแหน่งดวงโคม

$$S = \sqrt{\frac{35}{14}} = 1.58 \text{ เมตร}$$

จากตารางภาคผนวก ข. ดวงโคมที่ 1 มีค่า $SC=1.5$

$$S_{MAX} = SC \times H_m = 1.5 \times 1.5 = 2.25 \text{ เมตร}$$

จะเห็นว่า $S < S_{max}$ แสดงว่าดวงโคมไฟฟ้านี้เลือกติดตั้งได้

$$\text{จำนวนแถวของดวงโคม เท่ากับ } \frac{5}{1.58} = 3.165 \approx 3 \text{ แถว}$$

$$\text{จำนวนดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ } \frac{14}{3} = 4.667 \approx 5 \text{ ดวงโคม}$$

จำนวนดวงโคมทั้งหมด 15 ดวงโคม

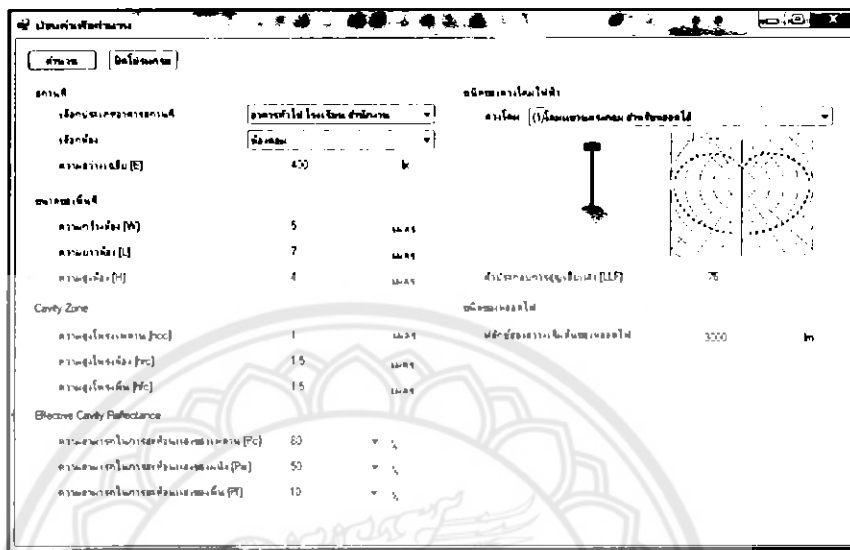
$$\text{ระยะห่างระหว่างแถว เท่ากับ } \frac{5}{3} = 1.67 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะห่างดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ } \frac{7}{5} = 1.4 \text{ เมตร}$$

$$\text{จะได้ความเข้มแสงเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน เท่ากับ } \frac{400 \times 15}{13.49} = 444.77 \text{ lx}$$

การคำนวณโดยโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร

เมื่อกรอกข้อมูลต่างของพื้นที่ออกแบบลงใน โปรแกรมที่ได้พัฒนาดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงใน โปรแกรม

เมื่อกรอกข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการออกแบบ และเลือกลักษณะดวง โคมเรียบร้อยแล้วรูปที่ 4.5 จากนั้นผู้ใช้โปรแกรมกดปุ่มคำนวณเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลได้ดังรูปที่ 4.6

ชนิดของโคม	พื้นที่
ค่าการกระจายความ	
อัตราส่วนโคมเพดาน (CCR)	1.71
อัตราส่วนโคมฝ้า (PCR)	2.57
อัตราส่วนโคมฝ้า (FCR)	2.57
ค่าสัมประสิทธิ์กำลังใช้ประโยชน์แสง (CU)	42
จำนวนหลอดไฟในหนึ่งดวงโคม	1 หลอด
ระยะห่างระหว่างโคมที่แนวรอบผนัง (S)	1.53 เมตร
ระยะห่างสูงสุดระหว่างโคมแต่ละดวง (Smax)	2.25 เมตร
จำนวนดวงโคมและขนาดในการติดตั้ง	
จำนวนแถวของดวงโคม (Nrow)	3 แถว
จำนวนดวงโคมต่อแถว (Ncolumn)	5 ดวง
จำนวนดวงโคมทั้งหมด (Ntotal)	15 ดวง
ระยะห่างระหว่างแถว (Srow)	1.67 เมตร
ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละแถว (Scolumn)	1.4 เมตร
ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นผิว (Eav)	410.79 lx

รูปที่ 4.6 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.6 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรม จะเห็นว่าผลการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ผู้ดำเนินโครงการ ได้พัฒนาขึ้นมา นี้ มีความคลาดเคลื่อนกับการคำนวณด้วยวิธีปกติเล็กน้อย แต่ผลสรุปของจำนวนดวงโคมยังคงเท่ากัน จึงถือว่ายอมรับได้

จากนั้นเมื่อทำคอปุ่ม “พิมพ์” ปรากฏหน้าต่างแสดง รูปแบบเอกสารก่อนพิมพ์รูปที่ 4.7

แบบฟอร์มการออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร									
อาคารประเภท	อาคารทั่วไป โรงเรียน สำนักงาน								
ลักษณะพื้นที่อาคาร	ห้องเรียน								
ค่าความสว่างบนโต๊ะเขียน	437.27	lx		ค่าความสว่างมาตรฐานเท่ากับ	400	lx			
ขนาดของโต๊ะ	กว้าง	5	เมตร	ยาว	7	เมตร	สูง	4	เมตร
ความสูงของโถงเพดาน	(Ceiling cavity height : hcc)	0		เมตร					
ความสูงของโถงห้อง	(Room cavity height : hrc)	2.5		เมตร					
ความสูงของโถงพื้น	(Floor cavity height : hfc)	1.5		เมตร					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน	(ceiling reflectance : Pc)	80		เปอร์เซ็นต์					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของผนัง	(Wall reflectance : Pr)	50		เปอร์เซ็นต์					
ความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้น	(Floor reflectance : Pf)	10		เปอร์เซ็นต์					
ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าประเภท	(30)โคมหลอดฟลูออโรสเกนชนิดแบบมีสารกระจายแสงด้านล่าง ตัวกระจายแสงโลหะมุมกันแสง ๔5								
ค่าตัวประกอบการสูญเสียแสง	.76	เปอร์เซ็นต์							
ค่าสัมประสิทธิ์การให้ประโยชน์แสง CU (Coefficient of utilization)	.37								
ฟลักซ์ของสว่างที่ต้น	3000	lm							

รูปที่ 4.7 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์

สรุปผลการทดสอบโปรแกรมกรณีที่ 2 โปรแกรมสามารถคำนวณและแสดงผลได้ใกล้เคียงแม้มีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ จึงสามารถนำผลของโปรแกรมใช้ในติดตั้งจริงได้

4.3 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมครั้งที่ 3

การทดสอบครั้งนี้เป็นการทดสอบโปรแกรมในกรณีว่า $SC > S_{max}$ แสดงว่าดวงโคมไฟฟ้าที่เลือกนั้นใช้ไม่ได้ จึงต้องเปลี่ยนดวงโคมไฟฟ้าเป็นดวงอื่น

ออกแบบระบบส่องสว่างห้องทดสอบหุและตาของโรงพยาบาลที่มีความกว้าง 4 เมตร ความยาว 4 เมตร และความสูง 3 เมตร มีความสูงโต๊ะทำงาน 1 เมตร เลือกใช้ดวงโคมไฟฟ้าที่ 38 ในตารางภาคผนวก ข ติดตั้งห่างจากเพดาน 1 เมตร ซึ่งมีค่า ϕ_L เท่ากับ 4000 lm/หลอด และค่า LLF เท่ากับ 0.6 เมื่อ ρ_c เท่ากับ 50% ρ_w เท่ากับ 30% และ ρ_f เท่ากับ 20% โดยตามมาตรฐานสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย กำหนดให้มีค่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงานอย่างน้อย 1000 lx จะต้องใช้จำนวนดวงโคมไฟฟ้าในการติดตั้งเท่าไร

การคำนวณโดยปกติ

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรง

$$h_{CC} = 1 \text{ เมตร} \quad h_{RC} = 1 \text{ เมตร} \quad h_{FC} = 1 \text{ เมตร}$$

$$CCR = \frac{5 \times 1 \times (4+4)}{4 \times 4} = 2.5 \quad RCR = \frac{5 \times 1 \times (4+4)}{4 \times 4} = 2.5 \quad FCR = \frac{5 \times 1 \times (4+4)}{4 \times 4} = 2.5$$

ขั้นที่ 2 หาค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของโพรง (ใช้ตารางภาคผนวก ก.)

$$\rho_c = 50\% \quad \rho_w = 30\% \quad CCR = 2.5 \quad \text{จะได้ } \rho_{CC} = 26.5\%$$

$$\rho_f = 20\% \quad \rho_w = 30\% \quad CCR = 2.5 \quad \text{จะได้ } \rho_{FC} = 14\%$$

ขั้นที่ 3 เทียบหาค่า CU (ตารางภาคผนวก ข.)

$$\text{จะได้ } CU = 0.3941$$

ขั้นที่ 4 ปรับค่า CU

เนื่องจาก $\rho_{FC} \neq 20\%$ จึงต้องใช้ “ตัวคูณปรับค่า” เพื่อแก้ไขปรับค่า CU ให้ถูกต้องและเนื่องจาก $\rho_{FC} = 14\%$ จึงเลือกใช้ค่า $\rho_{FC} = 10\%$ ในตารางที่ภาคผนวก ค.

$$\text{ได้ตัวคูณ เท่ากับ } 0.98325$$

$$\text{ดังนั้นได้ค่า } CU \text{ จริง เท่ากับ } 0.3875$$

ขั้นที่ 5 คำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้า

$$N = \frac{1000 \times 16}{4 \times 4000 \times 0.3875 \times 0.6} = 4.3 \approx 5 \text{ ดวง}$$

ขั้นที่ 6 จัดวางตำแหน่งดวงโคม

$$S = \sqrt{\frac{16}{5}} = 1.788 \text{ เมตร}$$

จากตารางภาคผนวก ข. ดวงโคมที่ 38 มีค่า $SC=1$

$$S_{MAX} = SC \times H_m = 1 \times 1 = 1 \text{ เมตร}$$

จะเห็นว่า $S > S_{max}$ แสดงว่าดวงโคมไฟที่ดวงที่ 38 ใช้ไม่ได้

จึงต้องเลือกดวงโคมใหม่ โคมเลือกดวงโคมดวงที่ 37 แทน

โดยกลับไปคิดในขั้นตอนที่ 3 อีกครั้ง

ขั้นที่ 3 เทียบหาค่า CU (ตารางภาคผนวก ข.)

จะได้ $CU = 0.2765$

และเมื่อปรับค่าด้วยตัวคูณปรับค่า จะได้ค่า CU จริง เท่ากับ 0.2718

ขั้นที่ 5 คำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟฟ้า

$$N = \frac{1000 \times 16}{2 \times 4000 \times 0.2718 \times 0.6} = 12.2 \approx 13 \text{ ดวง}$$

ขั้นที่ 6 จัดวางตำแหน่งดวงโคม

$$S = \sqrt{\frac{16}{13}} = 1.109 \text{ เมตร}$$

จากตารางภาคผนวก ข ดวงโคมที่ 37 มีค่า $SC=1.3$

$$S_{MAX} = SC \times H_m = 1 \times 1.3 = 1.3 \text{ เมตร}$$

จะเห็นว่า $S < S_{max}$ แสดงว่าดวงโคมไฟที่ดวงที่ 37 ใช้ได้

จำนวนแถวของดวงโคม เท่ากับ $\frac{4}{1.11} = 3.6 \approx 4$ แถว

จำนวนดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ $\frac{13}{4} = 3.25 \approx 4$ ดวงโคม

จำนวนดวงโคมทั้งหมด 16 ดวงโคม

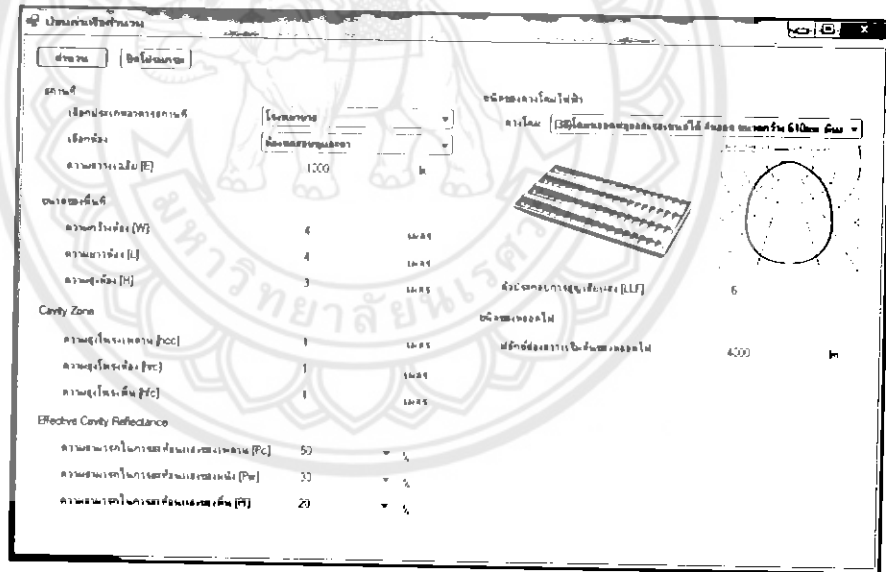
ระยะห่างระหว่างแถว เท่ากับ $\frac{4}{4} = 1$ เมตร

ระยะห่างดวงโคมในแต่ละแถว เท่ากับ $\frac{4}{4} = 1$ เมตร

จะได้ความเข้มแสงเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน เท่ากับ $\frac{1000 \times 16}{12.2} = 1311.48 \text{ lx}$

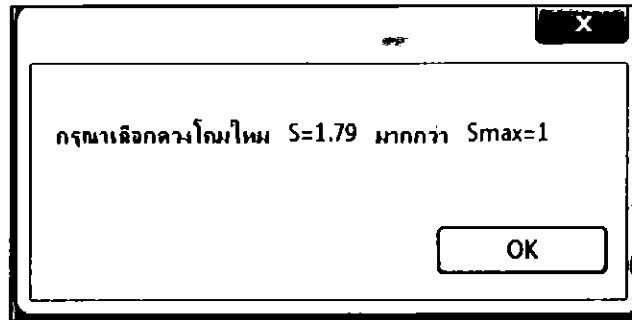
การคำนวณโดยโปรแกรมออกแบบระบบส่องสว่างภายในอาคาร

เมื่อกรอกข้อมูลต่างของพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรมที่ได้พัฒนาดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การกรอกข้อมูลพื้นที่ออกแบบลงในโปรแกรม

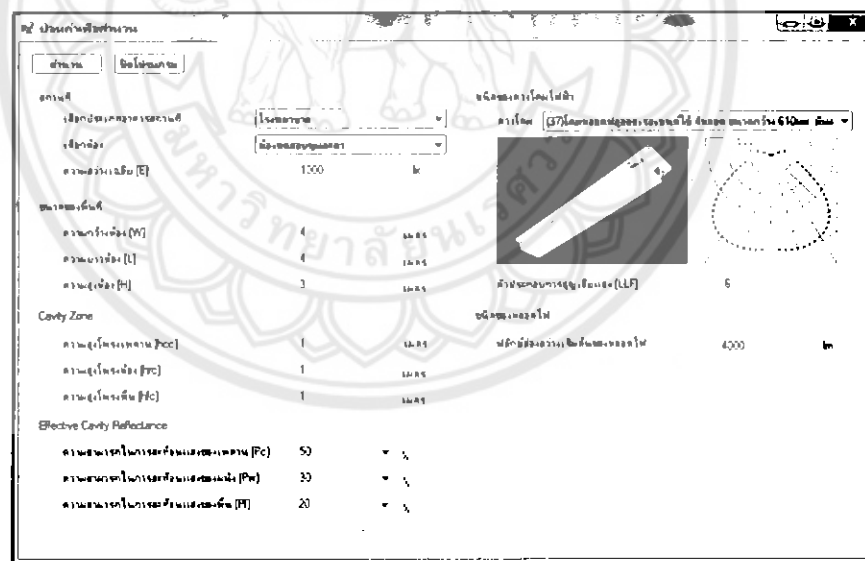
เมื่อกรอกข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการออกแบบ และเลือกลักษณะดวง โคมเรียบร้อยแล้วรูปที่ 4.8 จากนั้นผู้ใช้โปรแกรมคำนวณค่าจำนวนเพื่อให้โปรแกรมประมวลผลได้ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรมแต่เกิดปัญหาที่ เนื่องจากวง โคมที่เลือกนั้น ไม่เหมาะสมกับการติดตั้ง โปรแกรมเลยแจ้งเตือนให้เลือกวง โคมดวงอื่น

เมื่อผู้ใช้โปรแกรมกดปุ่ม “OK” โปรแกรมจะกลับไปหน้าจอต่างแรกเพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกวง โคมดวงอื่นดังรูปที่ 4.10



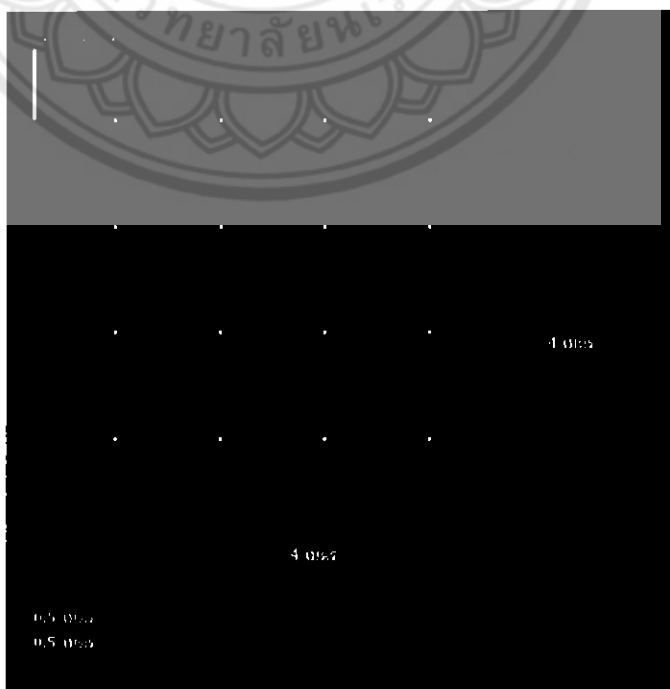
รูปที่ 4.10 การเลือกวง โคมดวงใหม่ (ดวงที่ 37)

จากรูปที่ 4.10 เมื่อผู้ใช้โปรแกรมกลับมาเลือกวง โคมดวงใหม่ คือ ดวงโคมดวงที่ 37 แล้ว เมื่อกดปุ่ม “คำนวณ” เพื่อให้โปรแกรมประมวลผลอีกครั้งจะได้ผลการคำนวณดังรูปที่ 4.11

ลักษณะประเภท	คิมพ์	
ค่าของกำลังรวม		
อัตราส่วนโหม่งเพลา (CCR)	25	
อัตราส่วนโหม่งค้ำ (RCR)	25	
อัตราส่วนโหม่งค้ำ (PCR)	25	
ค่าสัมประสิทธิ์กำลังใช้ประโยชน์ (CU)	27	
จำนวนของโหม่งค้ำในแผงโหม่ง	2	ค.ว.
ขนาดแผงโหม่งค้ำในแผงโหม่ง (S)	1.11	เม.ตร.
ขนาดแผงโหม่งค้ำในแผงโหม่ง (Smax)	13	เม.ตร.
จำนวนแผงโหม่งในระบบการติดตั้ง		
จำนวนแผงโหม่ง (Nrow)	4	แถว
จำนวนแผงโหม่งในคอลัมน์ (Ncolumn)	4	ค.ว.
จำนวนแผงโหม่งทั้งหมด (Ntotal)	16	ค.ว.
ขนาดแผงโหม่งรวม (Srow)	1	เม.ตร.
ขนาดแผงโหม่งรวมในคอลัมน์ (Scolumn)	1	เม.ตร.
ค่าความส่องสว่างเฉลี่ยบนพื้นผิว (Enew)	1.319 14	lx

รูปที่ 4.11 ผลการคำนวณของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.11 แสดงผลการคำนวณของโปรแกรมเมื่อทำการเลือกดวงโคมดวงใหม่ จะเห็นว่าผลการคำนวณด้วยโปรแกรมที่ผู้ดำเนินโครงการ ได้พัฒนาขึ้นมา มีความถูกต้องใกล้เคียงกับการคำนวณด้วยวิธีปกติ นอกจากนี้โปรแกรมได้แสดงตัวอย่างการติดตั้งเป็นภาพ 2 มิติดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 รูปแบบการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าของโปรแกรม

จากรูปที่ 4.12 แสดงถึงระยะห่างและตำแหน่งการติดตั้งดวงโคมไฟฟ้า เพื่อให้ผู้ใช้โปรแกรมเข้าใจรูปแบบและจินตนาการได้ง่าย

จากนั้นหากผู้ใช้โปรแกรมต้องการพิมพ์ข้อมูลที่โปรแกรมคำนวณ เพียงเมื่อทำคปุ่ม “พิมพ์” ปรากฏหน้าต่างแสดงรูปแบบเอกสารก่อนพิมพ์ดังรูปที่ 4.13

อาคารประเภท: โรงเรียน					
ลักษณะพื้นที่/ยก/ลบ: ชั้นแรก/ชั้นบน/โรงรถ					
ค่าความสว่างบนพื้นโต๊ะ	1319.14	lx	ค่าความสว่างมาตรฐานพื้นรับ	1000	lx
ขนาดช่องที่ติดตั้ง	กว้าง 4 เมตร	ยาว 4 เมตร	สูง	3 เมตร	
ความสูงช่องโถงเพดาน (Ceiling cavity height - hcc)	1	เมตร			
ความสูงช่องโถงห้อง (Room cavity height - hrc)	1	เมตร			
ความสูงช่องโถงพื้น (Floor cavity height - hfc)	1	เมตร			
ความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน (Ceiling reflectance - P _c)			50		เปอร์เซ็นต์
ความสามารถในการสะท้อนแสงของผนัง (Wall reflectance - P _w)			30		เปอร์เซ็นต์
ความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้น (Floor reflectance - P _f)			20		เปอร์เซ็นต์
ติดตั้งดวงโคมไฟฟ้าบนเพดาน	(37) โคมหลอดฟลูออโรสเฟียเรสเซนต์ใช้หลอดขนาดกำลัง 40W เป็นจำนวนหลอดทั้งหมด 35 ดวง				
ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายแสง	6				เปอร์เซ็นต์
ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ CU (Coefficient of utilization)			27		
หลักยึดของรางวิ่งรับ	4000	mm			
การติดตั้งจำนวนดวงโคมวิ่งรับ	16		ดวง		
จำนวนแถวติดตั้ง	4	แถว	แถวละ	4	ดวง/แถว

รูปที่ 4.13 แบบฟอร์มก่อนพิมพ์

สรุปผลการทดสอบโปรแกรมกรณีที่ 3 โปรแกรมสามารถประมวลผลและสามารถแจ้งเตือนให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกดวงโคมใหม่ได้ จากนั้นเมื่อเปลี่ยนดวงโคมใหม่โปรแกรมสามารถคำนวณและแสดงผลได้ถูกต้อง จึงสามารถนำผลของโปรแกรมใช้ในติดตั้งจริงได้

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงการสามารถสรุปผล ซึ่งแจ้งปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน รวมทั้งเสนอแนวทางแก้ปัญหา พร้อมให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงการไปพัฒนาต่อไป

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

ในโครงการนี้ได้พัฒนาโปรแกรมช่วยออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยใช้ Microsoft Visual Basic 2008 พัฒนาโปรแกรมสำหรับคำนวณและประมวลผลร่วมกับ Microsoft SQL Server ในการเก็บฐานข้อมูล สำหรับผู้ดำเนินโครงการหวังว่าโปรแกรมที่ได้พัฒนานั้นประมวลผลได้ความถูกต้องแม่นยำ และเพื่อความสะดวกแก่ผู้ประสงค์ออกแบบการระบบแสงสว่างภายในอาคารต่อไป

ซึ่งจากการทดสอบใช้งาน โปรแกรมที่ผู้ดำเนินโครงการได้พัฒนาขึ้นมาี้ ด้วยการใช้ค่าตัวแปรของระบบแสงสว่างด้วยวิธี แบ่งส่วนของ โพรง กรณีที่ตัวแปรค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของ โพรงเพดาน (Effective Ceiling reflectance: ρ_{cc}) สามารถเทียบได้ตรงกับฐานข้อมูลของดวงโคม จะได้ผลการคำนวณของโปรแกรมถูกต้องแม่นยำ รวมถึงกรณีค่า $SC > S_{max}$ แสดงว่าดวง โคม ไฟฟ้าที่เลือกนั้น ใช้ไม่ได้ จึงต้องเปลี่ยนดวง โคม ไฟฟ้าเป็นดวงอื่น

แต่ในกรณีที่ค่าประสิทธิภาพการสะท้อนของ โพรงเพดาน (ρ_{cc}) เทียบได้ไม่ตรงกับตาราง ฐานข้อมูลของดวงโคมไฟฟ้า โปรแกรมคำนวณค่าบางค่าได้ใกล้เคียงเมื่อเทียบด้วยวิธีคำนวณปกติ แต่ผลของจำนวนดวงโคมที่ใช้ติดตั้งนั้นเท่ากัน ฉะนั้นในกรณีนี้โปรแกรมสามารถคำนวณได้ ถูกต้องแต่ขาดความแม่นยำ

ผู้ดำเนินโครงการเชื่อว่าโปรแกรมออกแบบระบบแสงสว่างที่ได้พัฒนาขึ้นมาี้ มีประโยชน์อย่างมากในการออกแบบระบบแสงสว่างภายในอาคาร เพื่อให้กระบวนการออกแบบมีความ สะดวกและรวดเร็วมากขึ้นและได้ค่าแสงสว่างที่เหมาะสมที่สุด

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการทดสอบโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ แม้โปรแกรมจะสามารถประมวลผลได้ถูกต้อง แต่ในบางกรณี โปรแกรมยังขาดความแม่นยำในการคำนวณผลลัพธ์ ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการเทียบค่าจากฐานข้อมูลมีความซับซ้อนมาก และค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของฐานข้อมูลวงโคจรมีช่วงที่หยาบ แต่ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงที่โปรแกรมคำนวณได้นั้นมีค่าค่อนข้างละเอียดกว่า

แนวทางแก้ไขคือเพิ่มเงื่อนไขและกระบวนการคำนวณให้มีความละเอียดและครอบคลุมมากขึ้น

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

- 1) ระบบจัดการฐานข้อมูลสามารถออนไลน์ใช้ร่วมกับลูกข่ายได้
- 2) ตัวโปรแกรมสามารถใช้งานผ่านหน้า Home page ของ Internet ได้
- 3) ในการพิมพ์เป็นเอกสาร สามารถพิมพ์รูปตัวอย่างการคิดตั้งได้
- 4) เพิ่มความแม่นยำของโปรแกรม
- 5) โปรแกรมสามารถแสดงรูปภาพได้เป็น 3 มิติ

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุลี บรรจงจิตร. วิศวกรรมการส่องสว่าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2544.
- [2] ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ. เทคนิคการส่องสว่าง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.
- [3] กิตินันท์ พลสวัสดิ์ Visual Basic 2008 ฉบับโปรแกรมเมอร์: สำนักพิมพ์ดีอีวี บั๊ค, 2552.



ภาคผนวก ก

คำสัมประสิทธิ์ผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดานและพื้นสำหรับพื้นผิวที่มี
การสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน



ค่าสัมประสิทธิ์ผลการสะท้อนแสงของโพรงพาดานและพื้นสำหรับพื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน

เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของพื้นที่ (Percent Base Reflectance) ¹⁾	90										80										70										60										50									
	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	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0.2	88	88	88	87	86	85	84	82	79	76	73	70	67	64	61	58	55	53	51	48	46	44	41	39	36	33	31	29	28	26	25	23	22	20	18	16	14	12	09											
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	78	76	74	72	71	70	69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53	52	50	48	46	44	42	06												
0.6	87	86	84	82	80	77	74	73	70	68	66	65	63	61	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	38	36	34	08												
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	65	63	61	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	38	36	34	08													
1.0	86	83	80	77	75	73	71	69	67	65	63	61	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	44	43	42	41	40	38	36	34	08														
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	54	51	48	46	44	41	39	36	33	31	29	28	26	25	23	22	20	18	16	14	12	09	06	04	02	00														
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	55	53	50	48	46	44	41	39	36	33	31	29	28	26	25	23	22	20	18	16	14	12	09	06	04	02	00															
1.6	84	78	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	41	39	36	33	31	29	28	26	25	23	22	20	18	16	14	12	09	06	04	02	00	00	00	00	00													
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	49	45	41	38	35	32	29	26	23	20	17	14	12	09	06	04	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
2.0	82	77	72	67	62	58	54	50	46	42	38	34	30	27	24	21	18	15	12	09	06	04	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	36	32	28	24	20	16	12	08	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	33	29	25	21	17	13	09	05	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	34	30	26	22	18	14	10	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
2.8	81	73	66	60	54	48	44	40	36	32	28	24	20	16	12	08	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
3.0	80	72	64	58	52	47	42	38	34	30	26	22	18	14	10	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
3.2	79	71	63	56	50	45	40	36	32	28	24	20	16	12	08	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
3.4	79	70	62	54	48	43	38	34	30	27	23	19	15	11	07	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
3.6	78	68	61	53	47	42	38	34	30	26	22	18	14	10	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
3.8	78	69	60	51	45	40	36	31	27	23	19	15	11	07	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
4.0	77	69	59	51	44	39	33	29	25	22	18	14	10	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
4.2	77	62	57	50	43	37	32	28	24	21	17	13	09	05	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
4.4	76	61	56	48	42	36	31	27	23	20	16	12	08	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
4.6	76	60	55	47	40	35	30	26	22	19	15	11	07	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
4.8	75	59	54	46	39	34	28	25	21	18	14	10	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
5.0	75	59	53	45	38	33	28	24	20	16	12	08	04	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
5.0	73	51	48	41	34	29	24	20	16	11	08	03	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
7.0	70	59	48	39	30	27	21	18	14	08	04	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
8.0	68	55	42	35	27	21	18	15	12	06	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
9.0	66	52	38	31	25	21	16	14	11	06	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													
10.3	65	51	36	29	22	19	15	11	08	04	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00													

1) ใช้กับรอยดำ P_c, P_s 2) ใช้กับรอยดำ P_w 3) ใช้กับรอยดำ COR, FOR

ภาคผนวก ก.(ต่อ) ค่าสัมประสิทธิ์ผลการสะท้อนแสงของโพรงพาดามและพื้นสำหรับผิวที่มีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน


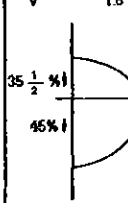
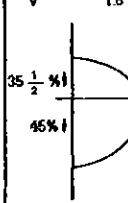

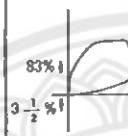
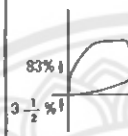



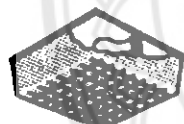



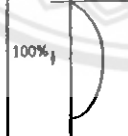
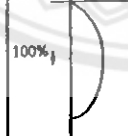
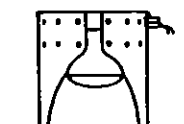
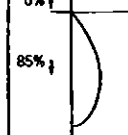
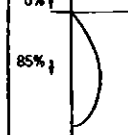
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของพื้น (Percent Base Reflection) ¹⁾	40										30										20										10										0											
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0		
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของผนัง (Percent Wall Reflection) ²⁾																																																				
อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio) ³⁾																																																				
0.2	40	40	39	38	37	36	35	34	34	34	34	33	32	31	31	30	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23	22	21	21	20	20	19	18	17	16	14	12	11	11	10	10	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0
0.4	41	40	39	38	37	36	35	34	34	34	33	32	31	30	30	29	28	27	26	25	25	24	23	22	21	21	20	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	11	11	10	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0	
0.8	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	21	20	19	18	18	17	16	15	14	14	13	12	11	11	11	10	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0					
0.8	41	40	39	37	36	35	33	32	31	30	29	28	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	14	13	12	11	11	10	10	09	08	07	06	05	04	04	03	02	01	0									
1.0	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0															
1.2	42	40	38	36	34	32	30	28	27	25	23	22	21	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																			
1.4	42	39	37	35	32	31	29	27	25	23	21	19	18	16	15	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																						
1.8	42	38	37	35	32	30	27	25	23	21	19	17	16	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																								
1.8	42	38	36	34	31	29	26	24	22	21	19	17	16	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																								
2.0	42	38	36	34	31	28	25	23	21	19	18	16	14	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																									
2.2	42	38	36	33	30	27	24	21	18	16	14	12	10	09	07	06	05	04	03	02	01	0																														
2.4	43	39	35	33	29	27	24	21	18	17	15	13	12	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																											
2.6	43	39	35	32	28	25	22	20	17	15	13	11	10	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																													
2.8	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14	12	10	09	07	06	05	04	03	02	01	0																															
3.0	43	39	35	31	27	24	21	18	15	13	11	09	07	06	05	04	03	02	01	0																																
3.2	43	39	35	31	27	23	20	17	14	12	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																
3.4	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																
3.6	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																
3.8	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																	
4.0	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																	
4.2	44	38	33	29	24	21	17	14	12	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																	
4.4	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																	
4.6	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																		
4.8	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0																																		
5.0	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07	06	05	04	03	02	01	0																																			
6.0	44	37	30	25	20	17	13	11	08	06	05	04	03	02	01	0																																				
7.0	44	35	28	23	18	14	11	09	06	04	03	02	01	0																																						
8.0	44	35	28	23	18	14	10	08	05	03	02	01	0																																							
9.0	44	35	28	21	16	13	10	08	05	02	01	0																																								
10.0	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02	01	0																																								

1) ใช้ตามค่า P_e, P_w, 2) ใช้ตามค่า P_w, 3) ใช้ตามค่า CCR, PCR

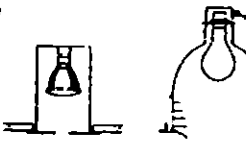
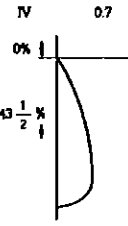

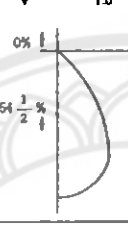





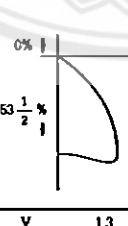
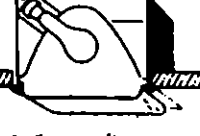
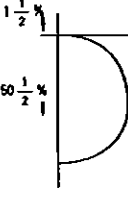


ภาคผนวก ข
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ







สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจายความเข้มแสงและทิศทางมุมบนระนาบของไฟ		$P_{oc} \rightarrow$	80			70			50			30			10			0		
	ประเภทของดวงโคม	SC'		RCR	60	30	10	60	30	10	60	30	10	60	30	10	60	30	10	0	
			ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงของโคมเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($p_c = 20$)																		
 <p>โคมแขวนทรงกลมสำหรับหลอดไส้</p>		1.5		0	.87	.87	.87	.81	.81	.81	.70	.70	.70	.69	.69	.69	.49	.49	.49	.46	
				1	.71	.67	.63	.66	.62	.59	.66	.63	.60	.47	.45	.42	.38	.37	.35	.31	
				2	.60	.54	.49	.66	.60	.55	.47	.43	.39	.39	.36	.33	.32	.29	.27	.23	
				3	.52	.45	.39	.48	.42	.37	.41	.36	.31	.34	.30	.26	.27	.24	.22	.18	
				4	.46	.38	.33	.42	.38	.30	.36	.33	.28	.30	.26	.22	.24	.21	.18	.15	
				5	.40	.33	.27	.37	.30	.25	.31	.28	.22	.26	.22	.18	.21	.18	.15	.12	
				6	.36	.28	.23	.33	.26	.21	.28	.23	.19	.23	.19	.16	.19	.15	.13	.10	
				7	.32	.25	.20	.29	.23	.18	.25	.20	.16	.21	.16	.13	.17	.13	.11	.09	
				8	.29	.22	.17	.26	.20	.16	.23	.17	.14	.19	.15	.12	.15	.12	.09	.07	
				9	.26	.19	.15	.24	.18	.14	.20	.15	.12	.17	.13	.10	.14	.11	.08	.06	
10	.23	.17	.13	.22	.16	.12	.19	.14	.10	.16	.12	.09	.13	.09	.07	.05					
 <p>โคมแขวนแบบวงแหวนหลายวงสำหรับหลอดไส้ชนิดเกลียวเงิน</p>		NA		0	.83	.83	.83	.72	.72	.72	.60	.60	.60	.30	.30	.30	.12	.12	.12	.03	
				1	.72	.69	.66	.62	.60	.57	.43	.42	.40	.26	.25	.26	.10	.10	.10	.03	
				2	.63	.59	.54	.54	.50	.47	.38	.36	.33	.23	.22	.21	.09	.09	.08	.02	
				3	.55	.49	.45	.48	.43	.39	.33	.30	.28	.20	.19	.17	.08	.08	.07	.02	
				4	.48	.42	.37	.42	.37	.33	.29	.28	.24	.18	.16	.15	.07	.07	.06	.02	
				5	.43	.36	.32	.37	.32	.28	.26	.23	.20	.16	.14	.13	.06	.06	.06	.01	
				6	.38	.32	.27	.33	.28	.24	.23	.20	.17	.14	.12	.11	.05	.05	.04	.01	
				7	.34	.28	.23	.30	.24	.21	.21	.17	.15	.13	.11	.09	.05	.04	.04	.01	
				8	.31	.25	.20	.27	.21	.18	.19	.15	.13	.12	.10	.08	.05	.04	.03	.01	
				9	.28	.22	.18	.24	.19	.16	.17	.14	.11	.10	.09	.07	.04	.03	.03	.01	
10	.25	.20	.16	.22	.17	.14	.16	.12	.10	.10	.08	.06	.04	.03	.03	.01					
 <p>โคมแขวนกระเบื้องเคลือบสำหรับหลอดไส้</p>		1.3		0	.99	.99	.99	.97	.97	.97	.93	.93	.93	.89	.89	.89	.85	.85	.86	.83	
				1	.88	.85	.82	.86	.83	.81	.83	.80	.78	.79	.78	.76	.77	.76	.73	.72	
				2	.78	.73	.68	.76	.72	.67	.73	.69	.66	.71	.67	.64	.68	.65	.63	.61	
				3	.69	.62	.57	.67	.61	.57	.65	.60	.56	.63	.58	.55	.61	.57	.54	.52	
				4	.61	.54	.49	.60	.53	.48	.68	.62	.48	.66	.61	.47	.64	.60	.48	.46	
				5	.54	.47	.41	.53	.46	.41	.51	.45	.41	.60	.44	.40	.60	.44	.40	.38	
				6	.48	.41	.36	.47	.40	.36	.46	.39	.35	.43	.38	.34	.42	.37	.34	.32	
				7	.43	.35	.30	.42	.35	.30	.41	.34	.30	.39	.34	.30	.38	.33	.29	.28	
				8	.38	.31	.26	.38	.31	.26	.37	.30	.26	.36	.30	.26	.35	.30	.26	.24	
				9	.35	.28	.23	.34	.27	.23	.33	.27	.23	.32	.27	.23	.31	.26	.22	.21	
10	.31	.25	.20	.31	.24	.20	.30	.24	.20	.29	.24	.20	.28	.23	.20	.18					
 <p>โคมสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีการกระจายแสงแบบเกล็ดแก้ว</p>		1.3		0	.89	.89	.89	.85	.85	.85	.77	.77	.77	.70	.70	.70	.63	.63	.63	.60	
				1	.78	.75	.72	.74	.72	.69	.68	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.55	.54	.51	
				2	.69	.66	.61	.66	.62	.58	.61	.57	.54	.56	.53	.50	.51	.47	.44	.41	.39
				3	.62	.57	.52	.60	.55	.50	.55	.51	.47	.50	.47	.44	.46	.43	.41	.38	
				4	.56	.50	.46	.54	.49	.44	.50	.45	.42	.46	.42	.39	.42	.39	.37	.35	
				5	.51	.45	.40	.49	.43	.39	.45	.41	.37	.42	.38	.35	.39	.36	.33	.31	
				6	.46	.40	.36	.45	.39	.35	.42	.37	.33	.39	.35	.31	.36	.32	.30	.28	
				7	.42	.36	.32	.41	.35	.31	.38	.33	.29	.36	.31	.28	.33	.29	.27	.25	
				8	.38	.32	.28	.37	.32	.28	.35	.30	.26	.32	.28	.25	.30	.27	.24	.22	
				9	.35	.29	.25	.34	.29	.25	.32	.27	.24	.30	.26	.23	.28	.24	.22	.20	
10	.32	.27	.23	.31	.26	.22	.29	.25	.21	.27	.23	.20	.26	.22	.20	.18					
 <p>โคมฝังแบบไม่มีตัวกันแสงใช้กับหลอด R-40</p>		0.8		0	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.16	1.11	1.11	1.11	1.06	1.06	1.06	1.02	1.02	1.02	1.00	
				1	1.09	1.07	1.04	1.07	1.05	1.02	1.03	1.01	.99	.99	.98	.96	.96	.95	.93	.92	
				2	1.01	.97	.93	.99	.95	.92	.96	.93	.90	.93	.90	.88	.90	.88	.86	.84	
				3	.93	.88	.84	.92	.87	.83	.89	.85	.81	.87	.83	.80	.84	.81	.79	.77	
				4	.87	.87	.76	.85	.80	.76	.83	.78	.76	.81	.77	.74	.79	.76	.73	.71	
				5	.80	.74	.69	.79	.73	.69	.77	.72	.68	.76	.71	.67	.74	.70	.67	.65	
				6	.74	.68	.63	.73	.67	.63	.72	.66	.62	.69	.65	.61	.69	.65	.61	.60	
				7	.69	.62	.57	.68	.62	.57	.67	.61	.57	.66	.60	.56	.64	.60	.56	.55	
				8	.64	.57	.53	.63	.57	.52	.62	.56	.52	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.50	
				9	.59	.52	.48	.59	.52	.48	.58	.52	.48	.57	.51	.48	.58	.51	.47	.46	
10	.55	.49	.44	.55	.48	.44	.54	.48	.44	.53	.48	.44	.52	.47	.44	.42					
 <p>โคมฝังชนิดมีตัวสะท้อนแสง 45 องศาใช้กับหลอด R-40</p>		0.7		0	1.01	1.01	1.01	.99	.99	.99	.94	.94	.94	.90	.90	.90	.87	.87	.87	.85	
				1	.96	.94	.92	.94	.92	.91	.90	.89	.88	.87	.86	.85	.84	.84	.83	.82	
				2	.91	.88	.86	.90	.87	.85	.87	.85	.83	.84	.83	.82	.82	.81	.80	.79	
				3	.87	.84	.81	.86	.83	.81	.84	.81	.79	.82	.80	.78	.80	.78	.77	.76	
				4	.83	.80	.77	.82	.79	.77	.81	.78	.76	.79	.77	.75	.78	.76	.74	.73	
				5	.79	.76	.73	.79	.76	.73	.77	.74	.72	.76	.73	.71	.75	.73	.71	.70	
				6	.76	.73	.70	.76	.72	.70	.75	.72	.69	.74	.71	.69	.73	.70	.68	.67	
				7	.73	.69	.66	.73	.69	.66	.72	.68	.66	.71	.68	.66	.70	.67	.65	.64	
				8	.70	.66	.63	.70	.66	.63	.69	.65	.63	.68	.65	.63	.67	.65	.63	.62	
				9	.67	.63	.60	.67	.63	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.60	.65	.62	.60	.59	
10	.64	.60	.58	.64	.60	.58	.63	.60	.58	.63	.60	.57	.62	.59	.57	.56					

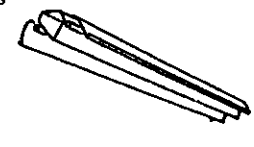
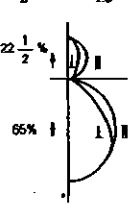
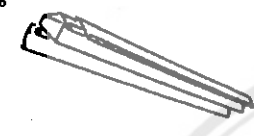
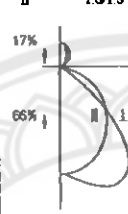
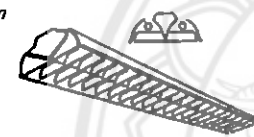
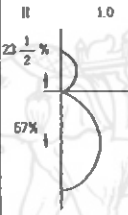
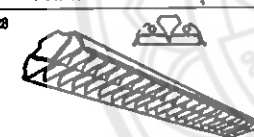
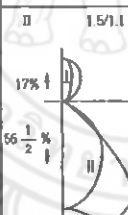
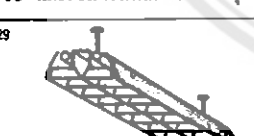
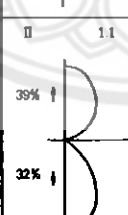

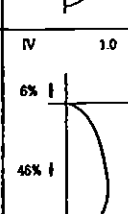
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจายแสงและระดับความสูงของหลอดไฟ	P_{00}^{-1}	80			70			60			30			10			0					
			P_{VV}^{-1}			P_{VV}^{-1}			P_{VV}^{-1}			P_{VV}^{-1}			P_{VV}^{-1}			P_{VV}^{-1}					
	ประเภทของดวงโคม	SC ^a	RQR	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงของโคมทั้งหมดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($\rho_c = 20$)																			
 <p>โคมฝังแบบมีช่องเปิดให้แสงออก 61 มม.</p>	IV	0.7		0	.52	.52	.52	.51	.51	.51	.48	.48	.48	.46	.46	.46	.45	.45	.45	.44			
				1	.49	.48	.48	.48	.48	.47	.46	.46	.45	.45	.44	.44	.43	.42	.43	.42	.42	.41	
				2	.47	.46	.45	.46	.45	.44	.45	.44	.43	.44	.42	.42	.43	.42	.41	.42	.41	.40	.40
				3	.45	.44	.43	.45	.43	.42	.44	.42	.42	.42	.41	.40	.41	.40	.39	.41	.40	.39	.38
				4	.43	.42	.41	.43	.41	.40	.42	.41	.40	.39	.38	.37	.39	.38	.37	.38	.37	.36	.37
				5	.42	.40	.39	.41	.40	.38	.41	.39	.38	.37	.36	.35	.38	.37	.36	.37	.36	.35	.36
				6	.40	.39	.37	.40	.38	.37	.39	.38	.37	.36	.35	.34	.37	.36	.35	.36	.35	.34	.35
				7	.39	.37	.36	.39	.37	.36	.38	.37	.36	.35	.34	.33	.36	.35	.34	.35	.34	.33	.34
				8	.37	.36	.34	.37	.36	.34	.37	.36	.34	.33	.32	.31	.34	.33	.32	.33	.32	.31	.32
				9	.36	.34	.33	.36	.34	.33	.35	.34	.33	.32	.31	.30	.33	.32	.31	.32	.31	.30	.31
				10	.35	.33	.32	.35	.33	.32	.34	.33	.32	.31	.30	.29	.32	.31	.30	.31	.30	.29	.30
 <p>โคมฝังแบบกระจายแสงผ่านกลางผ่านเลนส์ใช้กับหลอดเคลือบสาร</p>	V	1.0		0	.65	.65	.65	.63	.63	.63	.60	.60	.60	.58	.58	.58	.56	.55	.55	.54			
				1	.60	.58	.57	.58	.57	.56	.56	.55	.54	.52	.50	.49	.51	.49	.48	.49	.48	.47	.46
				2	.55	.53	.51	.54	.52	.50	.49	.48	.45	.49	.46	.44	.47	.45	.44	.46	.44	.43	.42
				3	.51	.48	.46	.50	.47	.45	.44	.43	.41	.45	.43	.41	.44	.42	.40	.43	.41	.40	.39
				4	.47	.44	.41	.47	.44	.41	.45	.43	.41	.42	.39	.37	.41	.39	.37	.40	.38	.37	.36
				5	.44	.40	.38	.43	.40	.38	.42	.39	.37	.37	.36	.34	.39	.36	.34	.38	.36	.34	.33
				6	.41	.37	.35	.40	.37	.35	.39	.36	.34	.36	.34	.31	.36	.33	.31	.35	.33	.31	.30
				7	.38	.34	.32	.37	.34	.32	.37	.34	.32	.32	.29	.27	.31	.28	.26	.31	.28	.26	.25
				8	.35	.32	.29	.35	.31	.29	.34	.31	.29	.34	.31	.29	.34	.31	.29	.33	.30	.29	.28
				9	.33	.29	.27	.32	.29	.27	.32	.29	.27	.32	.29	.26	.31	.28	.26	.31	.28	.26	.25
				10	.30	.27	.25	.30	.27	.24	.30	.27	.24	.30	.27	.24	.29	.26	.24	.29	.26	.24	.23
 <p>โคมฝังชนิดส่องแสงด้านล่างแบบเปิดช่องขนาด 140 มม. ใช้กับหลอด 150 PAR/VFL</p>	IV	0.5		0	.82	.82	.82	.80	.80	.80	.78	.78	.78	.73	.73	.73	.70	.70	.70	.68			
				1	.78	.77	.76	.77	.76	.75	.74	.74	.73	.72	.71	.70	.71	.70	.69	.69	.68	.67	.66
				2	.76	.74	.73	.76	.73	.72	.73	.71	.70	.69	.68	.67	.70	.68	.66	.68	.67	.66	.65
				3	.74	.72	.70	.73	.71	.70	.71	.70	.69	.68	.67	.66	.69	.67	.65	.67	.66	.65	.64
				4	.72	.70	.68	.71	.69	.68	.70	.68	.67	.66	.65	.64	.67	.65	.63	.66	.65	.64	.63
				5	.70	.68	.66	.69	.67	.66	.68	.67	.66	.65	.64	.63	.66	.64	.62	.65	.64	.63	.62
				6	.69	.66	.65	.68	.66	.65	.67	.66	.64	.63	.62	.61	.64	.63	.62	.64	.63	.62	.61
				7	.67	.65	.63	.67	.65	.63	.66	.64	.63	.62	.61	.60	.63	.62	.61	.63	.62	.61	.60
				8	.66	.64	.62	.65	.63	.62	.65	.63	.62	.61	.60	.59	.62	.61	.60	.62	.61	.60	.59
				9	.65	.63	.61	.64	.62	.61	.64	.62	.61	.60	.59	.58	.61	.60	.59	.61	.60	.59	.58
				10	.63	.61	.60	.63	.61	.60	.63	.61	.60	.59	.58	.57	.60	.59	.58	.60	.59	.58	.57
 <p>โคมฝังชนิดส่องแสงลงด้านล่างแบบช่องขนาด 140 มม. ใช้กับหลอด 75 BR 30</p>	IV	0.5		0	1.01	1.01	1.01	.99	.99	.99	.96	.96	.96	.91	.91	.91	.87	.87	.87	.85			
				1	.97	.95	.94	.95	.94	.92	.92	.91	.90	.88	.88	.87	.88	.87	.86	.86	.84	.84	.83
				2	.93	.91	.89	.91	.89	.88	.89	.87	.85	.85	.84	.83	.85	.83	.82	.83	.82	.81	.80
				3	.90	.87	.85	.89	.86	.84	.87	.85	.83	.82	.80	.79	.83	.81	.79	.81	.80	.79	.78
				4	.87	.84	.82	.86	.83	.81	.84	.82	.80	.79	.78	.77	.81	.79	.77	.80	.78	.76	.75
				5	.84	.81	.79	.83	.80	.78	.82	.79	.78	.77	.76	.75	.79	.77	.75	.78	.76	.75	.74
				6	.82	.79	.76	.81	.78	.76	.80	.78	.76	.75	.74	.73	.77	.75	.73	.76	.74	.73	.72
				7	.79	.76	.74	.79	.76	.74	.78	.75	.73	.72	.71	.70	.74	.73	.71	.75	.72	.71	.70
				8	.77	.74	.72	.77	.74	.72	.76	.73	.71	.70	.69	.68	.73	.71	.69	.73	.71	.69	.68
				9	.75	.72	.70	.75	.72	.70	.74	.71	.69	.68	.67	.66	.71	.69	.67	.71	.69	.67	.66
				10	.73	.70	.68	.73	.70	.68	.72	.69	.68	.67	.66	.65	.70	.68	.66	.70	.68	.67	.66
 <p>โคมฝังชนิดกระจายแสงกว้างผ่านเลนส์ใช้กับหลอดเคลือบสาร</p>	V	1.4		0	.63	.63	.63	.62	.62	.62	.59	.59	.59	.57	.57	.57	.54	.54	.54	.53			
				1	.59	.56	.54	.57	.55	.54	.54	.53	.52	.51	.50	.49	.51	.49	.47	.50	.49	.48	.47
				2	.53	.50	.48	.52	.49	.47	.50	.48	.48	.47	.46	.45	.48	.47	.45	.47	.45	.44	.43
				3	.49	.45	.42	.47	.44	.42	.46	.43	.41	.40	.39	.38	.41	.39	.37	.40	.38	.37	.36
				4	.44	.40	.37	.43	.40	.37	.42	.39	.37	.36	.35	.34	.37	.35	.33	.36	.34	.33	.32
				5	.40	.36	.33	.39	.36	.33	.38	.35	.33	.32	.31	.30	.34	.32	.30	.33	.31	.29	.28
				6	.36	.32	.30	.36	.32	.29	.35	.32	.29	.28	.27	.26	.31	.28	.26	.30	.28	.26	.25
				7	.33	.29	.26	.33	.29	.26	.32	.28	.26	.25	.24	.23	.28	.25	.23	.27	.25	.23	.22
				8	.30	.26	.23	.30	.26	.23	.29	.26	.23	.22	.21	.20	.26	.23	.21	.25	.23	.21	.20
				9	.27	.23	.21	.27	.23	.21	.26	.23	.21	.20	.19	.18	.24	.21	.19	.23	.21	.19	.18
				10	.25	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.21	.18	.17	.16	.15	.21	.18	.16	.20	.18	.17	.16
 <p>โคมฝังชนิดมีกระจกแก้วกระจายแสงกัน</p>	V	1.3		0	.62	.62	.62	.60	.60	.60	.57	.57	.57	.54	.54	.54	.52	.52	.52	.51			
				1	.53	.51	.48	.52	.49	.47	.49	.47	.46	.45	.44	.43	.46	.44	.42	.45	.43	.42	.41
				2	.46	.42	.39	.45	.42	.39	.43	.40	.38	.37	.36	.35	.41	.39	.36	.39	.37	.35	.34
				3	.41	.36	.33	.40	.35	.32	.38	.34	.31	.30	.29	.28	.35	.33	.31	.35	.32	.30	.29
				4	.36	.31	.28	.35	.31	.28	.34	.30	.27	.26	.25	.24	.31	.28	.26	.30	.28	.26	.25
				5	.32	.27	.24	.31	.27	.24	.30	.26	.23	.22	.21	.20	.27	.24	.22	.26	.24	.22	.21
				6	.29	.24	.20	.28	.24	.20	.27	.23	.20	.19	.18	.17	.24	.20	.18	.22	.20	.19	.18
				7	.26	.21	.18	.25	.21	.18	.24	.20	.17	.16	.15	.14	.21	.17	.15	.20	.18	.17	.16
				8	.23	.19	.16	.23	.18	.15	.21	.18	.15	.14	.13	.12	.19	.15	.13	.18	.16	.15	.14
				9	.21	.17	.14	.21	.16	.14	.20	.16	.13	.12	.11	.10	.17	.13	.11	.16	.14	.13	.12
				10	.19	.15	.12	.19	.15	.12	.18	.14	.12	.11	.10	.09	.15	.12	.10	.14	.12	.11	.10

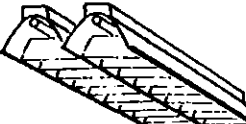
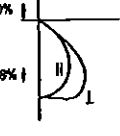
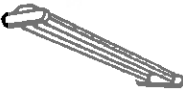
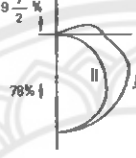

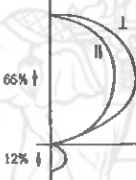



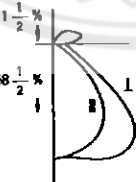

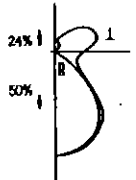
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจายความเข้มแสงและอัตราส่วนมุมของหลอดไฟ		P _{cc} ->		80			70			50			30			10			0						
	ประเภทของดวงโคม	SC*	RGR ↓	P _w ->		50			30			10			50			30			10			0		
				0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
 <p>โคมฝังชนิดกระจายแสงออก 2 รังแบบ มีปีกกั้นกวางผ่านเลนส์แบบเกล็ดแก้ว ใช้กับหลอด HID ชนิดใส</p>	V	NA	0	0.87	0.87	0.87	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80	0.80	0.76	0.76	0.76	0.73	0.73	0.73	0.71							
 <p>โคมฝังแบบสะท้อนแสงด้วยแก้วผ่านเลนส์พลาสติกใช้กับหลอด HID ชนิดใส</p>	V	1.3	0	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.77	0.73	0.73	0.73	0.70	0.70	0.70	0.67	0.67	0.67	0.68							
 <p>โคมแขวนชนิดมีตัวสะท้อนแสงรอบค้ำ ใช้กับหลอดใส</p>	V	1.4	0	0.85	0.85	0.85	0.83	0.83	0.83	0.80	0.80	0.80	0.76	0.76	0.76	0.73	0.73	0.73	0.72							
 <p>โคมแขวนชนิดไฮเบย์แบบกระจายแสงแบบ ใช้กับหลอด HID ชนิดใส</p>	III	0.7	0	0.93	0.93	0.93	0.90	0.90	0.90	0.88	0.88	0.86	0.82	0.82	0.82	0.78	0.78	0.78	0.77							
 <p>โคมแขวนชนิดไฮเบย์แบบกระจายแสงปานกลางใช้กับหลอด HID ชนิดใส</p>	III	1.0	0	0.91	0.91	0.91	0.89	0.89	0.89	0.85	0.85	0.85	0.81	0.81	0.81	0.78	0.78	0.78	0.76							
 <p>โคมแขวนชนิดไฮเบย์แบบกระจายแสงกว้างใช้กับหลอด HID ชนิดใส</p>	III	1.5	0	0.93	0.93	0.93	0.91	0.91	0.91	0.87	0.87	0.87	0.83	0.83	0.83	0.79	0.79	0.79	0.78							


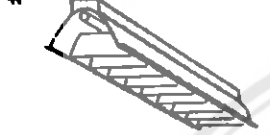




สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของควงโคมนชนิดต่างๆ

ลักษณะของควงโคม	ลักษณะการรวมควงโคมและทิศทางของมุมของควงโคม	p _{cc} ⁻	80		70			50			30			10			0		
			p _w ⁻		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
			ประเภทของควงโคม	SC*	RCR	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิผลของการสะท้อนแสงของโพรทมีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (p _{lc} = 20)													
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีหัวสะท้อนแสงแบบเคลือบสารมีมุมกั้นแสง 35°</p>		1.3	0	99	99	99	94	94	94	86	85	85	77	77	77	69	69	69	65
			1	88	85	82	84	81	78	76	74	72	69	67	66	62	61	60	57
			2	78	73	69	74	70	66	68	64	61	62	59	56	56	54	52	49
			3	70	63	58	67	61	57	61	56	53	56	52	49	51	48	46	43
			4	62	55	50	60	53	49	55	50	46	50	46	43	46	43	40	37
			5	58	48	43	53	47	42	49	44	39	45	41	37	41	38	35	32
			6	50	43	38	48	41	37	44	39	35	41	36	33	37	34	31	29
			7	45	38	33	43	37	32	40	34	30	37	32	29	34	30	27	25
			8	40	34	29	39	32	28	36	30	27	33	28	25	31	27	24	22
			9	36	30	26	35	29	24	32	27	23	30	25	22	28	24	22	19
			10	33	27	22	32	26	22	29	24	20	27	23	19	25	21	18	17
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีหัวสะท้อนแสงแบบอะลูมิเนียมมีมุมกั้นแสง 35°</p>		1.5/1.3	0	95	95	96	91	91	91	83	83	83	76	76	76	69	69	69	66
			1	85	82	80	82	79	77	75	73	72	69	68	66	64	63	62	59
			2	76	72	68	74	70	66	68	65	62	63	61	58	59	56	55	52
			3	69	63	59	68	61	57	62	58	54	57	54	51	53	51	48	46
			4	62	56	51	60	54	50	56	52	47	52	48	45	48	45	43	41
			5	55	49	44	53	46	43	50	45	41	47	43	41	44	40	38	36
			6	50	43	39	48	42	38	45	40	36	42	38	35	40	36	33	31
			7	45	38	34	43	37	33	41	36	32	38	34	30	36	32	29	27
			8	40	34	29	39	33	29	37	31	28	34	30	26	32	28	25	24
			9	38	30	26	35	29	25	33	28	24	31	26	23	29	25	22	20
			10	33	26	22	32	26	22	28	23	20	25	21	18	23	20	18	16
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีหัวสะท้อนแสงแบบเคลือบสารมีมุมกั้นแสง 35° และตะแกรงกั้นแสงมีใบทำมุม 35°</p>		1.0	0	91	91	91	86	86	86	77	77	77	69	69	69	61	61	61	57
			1	81	78	76	77	74	72	69	67	68	62	61	59	56	55	54	51
			2	72	68	64	69	65	61	62	59	57	56	54	52	51	49	47	45
			3	65	60	55	62	57	53	56	52	49	51	48	45	46	44	42	39
			4	58	52	48	56	50	46	51	46	43	48	43	40	42	39	37	35
			5	52	46	41	50	44	40	45	41	37	42	38	35	38	35	33	30
			6	47	41	36	45	39	36	41	37	33	38	34	31	35	31	29	27
			7	43	36	32	41	35	31	38	33	29	34	30	27	32	28	26	24
			8	39	32	28	37	31	27	34	29	26	31	27	24	29	26	23	21
			9	35	29	24	33	28	24	31	26	22	28	24	21	26	22	20	18
			10	32	26	22	30	25	21	28	23	20	26	22	19	24	20	18	16
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีหัวสะท้อนแสงเป็นอะลูมิเนียมมีมุมกั้นแสง 35° และตะแกรงกั้นแสงมีใบทำมุม 35°</p>		1.5/1.1	0	83	83	83	79	79	79	72	72	72	65	65	65	59	59	59	56
			1	76	72	70	72	69	67	65	64	62	60	59	58	55	54	53	50
			2	67	63	60	65	61	58	59	57	54	56	53	51	50	49	47	45
			3	61	56	52	58	54	51	54	50	48	50	47	45	46	44	42	40
			4	55	49	45	53	48	44	49	45	42	45	42	40	42	39	37	36
			5	49	44	40	47	42	39	44	40	37	41	38	35	38	35	33	31
			6	45	39	35	43	38	34	40	36	33	37	34	31	35	32	30	28
			7	40	35	31	39	34	30	36	32	29	34	30	27	32	29	28	26
			8	36	31	27	35	30	26	33	28	25	31	27	24	29	26	23	21
			9	33	27	23	32	26	23	29	25	22	28	24	21	26	22	20	19
			10	30	24	21	29	24	20	27	2	2.19	25	21	19	23	20	18	16
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแขวนแบบมีสารกระจายแสงซึ่งหลังจากตัวกระจายแสงโลหะมีมุมกั้นแสง 45° และตะแกรงกั้นแสงมีใบทำมุม 45°</p>		1.1	0	75	75	75	69	69	69	57	57	57	46	46	46	37	37	37	32
			1	67	64	62	61	59	57	51	50	49	42	41	40	34	33	32	29
			2	59	55	52	55	51	49	46	44	42	38	36	36	31	30	29	26
			3	53	48	45	49	45	42	41	39	36	35	32	31	28	27	26	23
			4	47	42	39	44	40	36	37	34	32	31	29	27	29	24	23	20
			5	43	37	33	40	36	31	34	30	28	28	26	24	23	22	20	18
			6	39	33	29	36	31	28	31	27	25	26	23	21	22	20	18	16
			7	35	30	26	33	28	25	28	24	22	24	21	19	20	18	16	15
			8	32	26	23	30	25	22	25	22	19	22	19	17	18	16	15	13
			9	29	24	20	27	22	19	23	20	17	20	17	16	16	15	13	12
			10	26	21	18	25	20	17	21	18	15	18	15	14	15	13	12	10
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบมีสารกระจายแสงลงด้านล่าง ตัวกระจายแสงเป็นโลหะมีมุมกั้นแสง 45° และตะแกรงกั้นแสงมีใบทำมุม 45°</p>		1.0	0	61	61	61	58	58	58	56	55	55	51	51	51	48	48	48	46
			1	54	52	51	52	51	49	49	48	47	46	45	44	43	43	42	40
			2	48	46	43	47	44	42	44	42	40	42	40	38	39	38	37	35
			3	44	40	37	43	39	37	40	38	35	38	36	34	36	34	33	31
			4	40	36	33	39	35	32	37	34	31	36	32	30	33	31	29	28
			5	36	32	29	35	31	28	33	30	28	32	29	27	30	28	26	25
			6	33	29	26	32	28	25	30	27	25	29	26	24	28	25	23	22
			7	30	26	23	29	25	23	28	25	22	27	24	22	25	23	21	20
			8	27	23	20	27	23	20	26	22	20	24	21	19	23	21	19	18
			9	25	21	18	24	21	18	23	20	18	22	19	17	21	19	17	16
			10	23	19	16	22	19	16	21	18	16	20	18	16	20	17	15	14

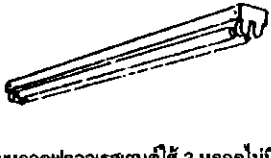
สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของควงโคมนชนิดต่างๆ

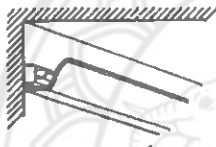
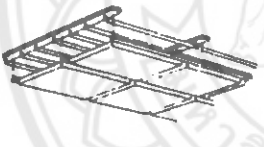
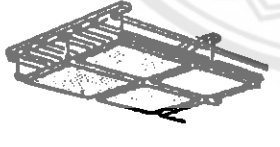

ลักษณะของควงโคม	ลักษณะภาพกระจาย		ความเข้มข้นและอัตราส่วนอนุภาคของควงโคม		P_{cc}		80		70		60		30		10		0					
	ประเภทควงโคม	SC*	RQR	สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิผลของการสะท้อนแสงของโหนดมีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซนต์ ($p_{pe} = 20$)																		
				P_w	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0		
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 2 หลอด แบบเซลล์ทาราโบลิกและมีกำบังขนาด 150x150 มม.</p>	IV	1.5/1.2		0	69	69	69	67	67	67	64	64	64	62	62	62	59	59	59	58		
				1	63	61	59	62	60	58	59	58	57	57	56	55	55	55	54	54	53	52
				2	57	54	52	58	53	51	54	52	50	52	50	49	49	49	48	48	48	47
				3	52	48	45	51	47	45	49	46	44	48	45	44	44	45	43	43	43	42
				4	47	42	39	46	42	39	44	41	38	43	40	38	42	40	38	42	40	38
				5	42	37	34	41	37	34	40	36	34	39	36	33	38	35	33	38	35	33
				6	38	33	30	37	33	30	38	32	29	35	32	29	35	32	29	34	31	29
				7	34	29	26	33	29	26	32	29	26	32	29	26	32	29	26	31	28	25
				8	30	26	22	30	26	22	29	26	22	28	25	22	28	25	22	28	24	22
				9	27	22	19	27	22	19	26	22	19	25	22	19	25	22	19	25	21	19
				10	24	20	17	24	20	17	23	19	17	23	19	17	23	19	17	22	19	17
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 2 หลอด แบบไม่ปักบังติดต่อกันห่างกัน 150 มม.</p>	I	1.3		0	1.02	1.02	1.02	99	99	99	92	92	92	86	86	86	81	81	81	78		
				1	86	82	78	83	79	75	78	74	71	73	70	67	69	66	64	61	58	52
				2	74	67	61	71	65	60	68	61	57	62	58	54	58	55	52	49	43	41
				3	64	56	50	62	55	49	58	52	47	54	49	45	48	42	38	35	30	28
				4	58	48	42	55	47	41	51	45	39	48	42	38	45	40	36	34	30	28
				5	49	41	35	48	40	34	45	38	33	42	36	32	39	34	30	28	24	22
				6	44	36	30	43	36	29	40	33	28	38	32	27	35	30	26	24	21	18
				7	39	31	25	38	30	25	36	29	24	34	28	23	32	26	22	23	20	18
				8	36	27	22	34	27	22	32	26	21	30	24	20	29	23	19	20	17	15
				9	32	24	19	31	23	19	29	22	18	27	21	17	26	20	17	22	18	16
				10	29	21	17	28	21	16	26	20	16	25	19	15	25	19	15	23	18	15
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบแขนชนิด กึ่งกระจายแสงขึ้น (เปิดด้านบน)</p>	VI	N.A.		0	77	77	77	68	68	68	60	60	60	54	54	54	49	49	49	46		
				1	67	64	62	59	57	54	44	42	41	30	29	28	17	16	16	16	16	10
				2	59	54	50	62	48	45	38	36	34	26	25	23	15	14	13	12	12	09
				3	51	46	42	45	41	37	34	31	28	23	21	20	13	12	12	12	12	07
				4	45	40	36	40	36	31	30	27	24	20	18	17	12	11	10	10	08	06
				5	40	34	30	35	30	27	26	23	20	18	16	14	10	09	08	05	04	03
				6	36	30	26	32	27	23	24	20	18	16	14	12	09	08	07	05	04	03
				7	32	26	22	28	23	20	21	18	15	15	12	11	08	07	06	04	04	03
				8	29	23	19	25	21	17	19	16	13	13	11	09	08	06	05	04	03	03
				9	26	20	17	23	18	15	17	14	12	12	10	08	07	06	05	04	03	03
				10	24	18	15	21	16	13	16	12	10	11	09	07	06	05	04	03	03	03
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 4 หลอด แบบแขนชนิดกึ่งกระจายแสงลงมีแผ่น กรองแสงแบบเกล็ดแก้วปิดด้านล่างส่วน ด้านบนและด้านบนเปิด</p>	VI	1.4/1.2		0	91	91	91	85	85	85	74	74	74	64	64	64	54	54	54	50		
				1	80	77	74	75	73	70	56	64	62	57	56	54	49	48	47	44	43	41
				2	71	66	62	67	63	60	50	56	53	51	49	47	44	43	41	40	38	36
				3	63	58	53	59	55	50	53	49	45	46	43	41	40	38	36	34	32	29
				4	57	50	45	53	48	43	47	43	39	41	38	35	36	34	32	30	28	26
				5	50	44	39	48	42	37	42	38	34	37	34	31	33	30	28	26	24	22
				6	45	39	34	43	37	33	38	33	30	34	30	27	30	27	24	22	20	18
				7	41	34	30	39	33	28	34	30	26	30	27	24	27	24	21	20	19	17
				8	37	30	26	35	29	25	31	26	23	27	24	21	24	21	19	17	15	14
				9	33	27	22	31	26	22	28	23	20	25	21	18	23	19	16	15	14	13
				10	30	24	20	28	23	19	25	21	18	23	19	16	20	17	14	13	12	10
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 2 หลอด มีตัวกรองแสงแบบเกล็ดแก้วปิดหุ้มรอบ ด้านขวาและปิดด้านซ้าย</p>	V	1.5/1.2		0	81	81	81	78	78	78	72	72	72	66	66	66	61	61	61	59		
				1	71	69	66	69	66	64	64	62	60	59	58	56	55	54	56	54	52	50
				2	64	59	56	61	58	54	57	54	51	53	51	49	49	48	46	44	42	40
				3	57	52	48	55	50	47	51	48	45	48	45	42	45	42	40	38	36	34
				4	51	45	41	49	44	41	46	42	39	43	40	37	41	38	36	34	32	30
				5	48	40	36	44	39	35	41	37	34	39	35	32	37	33	31	29	27	25
				6	41	35	31	40	35	31	38	33	30	35	31	28	33	30	27	24	23	21
				7	37	31	27	36	31	27	34	29	25	32	28	25	30	27	24	23	21	19
				8	33	28	24	32	27	23	30	26	22	29	25	22	27	24	21	20	19	17
				9	30	24	20	29	24	20	27	23	19	26	22	19	24	21	18	17	16	15
				10	27	22	18	26	21	18	25	20	17	23	19	16	22	18	15	14	13	11
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 2 หลอด มีตัวกรองแสงแบบเกล็ดแก้วปิดหุ้มรอบ ด้านบนและปิดด้านข้าง</p>	V	1.2		0	82	82	82	77	77	77	69	69	69	61	61	61	53	53	53	50		
				1	71	68	65	67	65	62	60	58	56	53	51	50	47	45	44	41	41	36
				2	63	58	54	59	55	52	53	50	47	47	45	42	42	40	38	36	33	31
				3	56	50	46	53	48	44	47	44	40	42	39	37	38	35	33	31	29	27
				4	50	44	40	48	42	38	43	39	35	38	35	32	34	32	29	27	25	23
				5	45	39	34	43	37	33	38	34	31	35	31	28	31	28	25	23	21	20
				6	41	35	30	39	33	29	35	30	27	32	28	25	28	25	22	21	20	19
				7	37	31	27	35	30	26	32	27	24	29	25	22	26	23	20	19	18	16
				8	33	27	23	32	26	23	29	24	21	26	22	19	23	20	18	17	16	14
				9	30	24	20	29	23	20	26	22	19	24	20	17	21	18	16	14	13	11
				10	27	22	18	26	21	18	24	19	16	22	18	15	21	16	14	13	12	10

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคมชนิดต่างๆ

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจาย ความเข้มแสงและทิศทาง ผ่านมุมของหลอดไฟ	p_{cc}			80			70			60			30			10			0						
		ประเภท ของ ดวงโคม	SC^*	RCR ↓	p_w																					
					50	30	10	60	30	10	60	30	10	50	30	10	50	30	10							
ถ้าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิภาพของกระสะท้อนแสง ของโคมที่นับค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($p_{te} = 20$)																										
 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ใช้ 4 หลอดมี ขนาดกว้าง 610 มม. มีแผ่นกรองแสงแบบ เกล็ดแก้วเรียบความสว่างต่ำ	V	1.4/1.3	0	78	78	78	76	76	76	73	73	73	70	70	70	67	67	67	66							
	 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์มีการกระจายแสง เป็นแบบบิกกันกว้าง	IV	N.A.	0	71	71	71	70	70	70	66	66	66	64	64	64	61	61	61	60						
		 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ใช้ 4 หลอดมี ขนาดกว้าง 610 มม. มีแผ่นกรองแสงแบบ เกล็ดแก้วเรียบกระจายแสงแบบบิกกันกว้าง	V	N.A.	0	67	67	67	66	66	66	63	63	63	61	61	61	59	59	59	58					
			 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ใช้มีแผ่นกรองแสง แบบเกล็ดแก้วหุ้มรอบด้านเปิดหัวท้าย	V	N.A.	0	87	87	87	84	84	84	77	77	77	72	72	72	66	66	66	64				
				 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ใช้ 4 หลอดมี ขนาดกว้าง 610 มม. มีแผ่นกรองแสงแบบ เกล็ดแก้วเรียบ	V	1.7	0	71	71	71	69	69	69	66	66	66	63	63	63	61	61	61	60			
					 โคมหลอดฟลูออโรเรสเซนต์ใช้ 2 หลอดแบบ ไม่มีตัวกันแสง หลอดทอบุรีดกัน	I	1.6/1.2	0	1.01	1.01	1.01	96	96	98	87	87	87	79	79	79	72	72	72	68		

สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวง โคมชนิดต่างๆ

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจาย ความส่องสว่างและทิศทาง ส่วนสูงของหลอดไฟ	P _{cc} ⁻		80			70			60			30			10			0	
		P _w ⁻		50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0	
	ประเภท ของ ดวงโคม	SC*	RCR ↓	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิภาพของแสง ของโคมทั้งหมดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (P _u = 20)																
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ใช้ 2 หลอดไม่มี ตัวกันแสงมีมุมกระจายแสง 235° หลอดคอมู ชิดกัน</p>	I	1.4/1.2	0	1.13	1.13	1.13	1.09	1.09	1.09	1.01	1.01	1.01	.94	.94	.94	.88	.88	.88	.85	
	1			.96	.92	.88	.93	.89	.85	.87	.83	.80	.81	.78	.75	.75	.73	.71	.68	.68
	2			.83	.76	.70	.80	.74	.68	.76	.69	.65	.70	.65	.61	.65	.61	.58	.55	.55
	3			.73	.65	.58	.70	.63	.57	.66	.59	.54	.61	.56	.52	.57	.53	.49	.46	.46
	4			.64	.55	.49	.62	.54	.48	.58	.51	.46	.54	.48	.44	.51	.46	.42	.39	.39
	5			.56	.47	.41	.55	.46	.40	.51	.44	.38	.48	.42	.37	.45	.39	.36	.33	.33
	6			.50	.41	.35	.49	.40	.34	.46	.38	.33	.43	.36	.32	.40	.35	.32	.28	.28
	7			.45	.36	.30	.44	.35	.30	.41	.34	.28	.38	.32	.27	.36	.31	.28	.24	.24
	8			.40	.32	.25	.39	.31	.26	.37	.30	.25	.35	.28	.24	.33	.27	.23	.21	.21
	9			.36	.28	.22	.35	.27	.22	.33	.26	.21	.31	.25	.20	.29	.24	.20	.18	.18
10			.33	.25	.20	.32	.24	.19	.30	.23	.19	.28	.22	.18	.27	.21	.17	.15	.15	

ลักษณะของดวงโคม	P _{cc} ⁻	80			70			60			30			10			0			
		P _w ⁻																		
	RCR ↓	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิภาพของแสง ของโคมทั้งหมดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (P _u = 20)																		
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแฉกเดี่ยว พร้อมตัวสะท้อนแสง</p>																				
	1	.42	.40	.39	.36	.35	.33	.25	.24	.22										
	2	.37	.34	.32	.32	.29	.27	.22	.20	.19										
	3	.32	.29	.26	.28	.25	.23	.20	.18	.17										
	4	.29	.25	.22	.26	.22	.19	.17	.15	.13										
	5	.25	.21	.18	.22	.19	.16	.15	.13	.11										
	6	.23	.19	.16	.20	.18	.14	.14	.12	.10										
	7	.20	.17	.14	.17	.14	.12	.12	.10	.09										
	8	.18	.15	.12	.16	.13	.10	.11	.09	.08										
	9	.17	.13	.10	.15	.11	.09	.10	.08	.07										
10	.15	.12	.09	.13	.10	.08	.09	.07	.06											
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีพลาสติกหรือแก้วสะท้อนแสง ประสิทธิภาพของเพดาน 60% แสงส่งผ่านได้ 60% สะท้อน แสงได้ 40%</p>																				
	1				.60	.58	.56	.58	.56	.54										
	2				.53	.49	.45	.51	.47	.43										
	3				.47	.42	.37	.45	.41	.36										
	4				.41	.36	.32	.39	.35	.31										
	5				.37	.31	.27	.35	.30	.28										
	6				.33	.27	.23	.31	.26	.23										
	7				.29	.24	.20	.28	.23	.20										
	8				.26	.21	.18	.25	.20	.17										
	9				.23	.19	.15	.23	.18	.15										
10				.21	.17	.13	.21	.16	.13											
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีพลาสติกหรือแก้วสะท้อนแสง แบบกลัดแก้วมีประสิทธิภาพของเพดาน 67% แสงส่งผ่านได้ 72% สะท้อนแสงได้ 18%</p>																				
	1				.71	.68	.66	.67	.66	.65	.65	.64	.62							
	2				.63	.60	.57	.61	.58	.55	.59	.56	.54							
	3				.57	.53	.49	.55	.52	.48	.54	.50	.47							
	4				.52	.47	.43	.50	.45	.42	.48	.44	.42							
	5				.46	.41	.37	.44	.40	.37	.43	.40	.36							
	6				.42	.37	.33	.41	.36	.32	.40	.35	.32							
	7				.38	.32	.29	.37	.31	.28	.36	.31	.28							
	8				.34	.28	.25	.33	.28	.25	.32	.28	.25							
	9				.30	.25	.22	.30	.25	.21	.29	.25	.21							
10				.27	.23	.19	.27	.22	.19	.26	.22	.19								
 <p>โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพของเพดานกรองแสง 50% สะท้อนแสงได้ 80%</p>																				
	1							.61	.49	.48						.47	.46	.45		
	2							.46	.44	.42						.43	.42	.40		
	3							.42	.39	.37						.39	.38	.36		
	4							.38	.35	.33						.36	.34	.32		
	5							.35	.32	.29						.33	.31	.29		
	6							.32	.29	.26						.30	.28	.26		
	7							.29	.26	.23						.28	.25	.23		
	8							.27	.23	.21						.26	.23	.21		
	9							.24	.21	.19						.24	.21	.19		
10							.22	.19	.17						.22	.19	.17			



ตัวคูณปรับค่าสำหรับประสิทธิผลของโพรงพื้นในกรณีต่างไปจาก 20%

ตัวคูณปรับค่าสำหรับประสิทธิผลของโครงการในกรณีต่างไปจาก 20%

% การสะท้อนประสิทธิภาพของโครงการ ρ_{cc}	80				70				50			30			10		
	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
สำหรับค่าประสิทธิภาพของการสะท้อนของโครงการที่มีค่าเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อค่า 20% = 1)																	
อัตราส่วนโครงการห้อง (RCR)																	
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	1.028	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	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	1.028	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
สำหรับค่าประสิทธิภาพของการสะท้อนของโครงการที่มีค่าเท่ากับ 10% (เมื่อค่า 20% = 1)																	
อัตราส่วนโครงการห้อง (RCR)																	
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	.978	.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	.988	.980	.985	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.976	.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	.988	.993	.998	.988	.994	.999
สำหรับค่าประสิทธิภาพของการสะท้อนของโครงการที่มีค่าเท่ากับ 0% (เมื่อค่า 20% = 1)																	
อัตราส่วนโครงการห้อง (RCR)																	
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.916	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.968	.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	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.976	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.976	.986	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.976	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.985	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.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

ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นายธีรยุทธ ทองคำสุก
 ภูมิลำเนา 156/7 ต. น้ำร้อน อ. เมือง จ. เพชรบูรณ์ 67000
 ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนเซนต์โยเซฟศรี
 เพชรบูรณ์ จ.เพชรบูรณ์
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: katana_muramasa@hotmail.com



ชื่อ นายพงศักร มหาเมฆทัสนีย์
 ภูมิลำเนา 3/73 ถ. เทพารักษ์ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. พิษณุโลก
 62000

ประวัติการศึกษา
 - จบระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
 จ.พิษณุโลก
 - ปัจจุบันกำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4
 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 มหาวิทยาลัยนเรศวร

Email: senk_whistle@hotmail.com