รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. "เอกสารเผยแพร่ เรือง การวิจัยประยุกต์ ประกอบการออกแบบอาคารอนุรักษ์พลังงานเฉลิมพระเกียรติ",2543.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. "เอกสารเผยแพร่ ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เรื่อง บัลลาสต์ประสิทธิภาพสูง",2544.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. "เอกสารเผยแพร่ ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เรื่อง หลอดไฟฟ้า และ บัลลาสต์",2544.

กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน. "เอกสารเผยแพร่ ชุดความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการใช้พลังงาน เรื่อง หลอดฟูลออเรสเซนต์",2544.

คมกฤษ ชูเกียรติมั่น. การใช้แสงธรรมชาติเสริมเพื่อลดพลังงานในอาคาร : กรณีศึกษา อาคารในจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

ชำนาญ ห่อเกียรติ.ดร.เทคนิคการส่องสว่าง.กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์."การนำแสงธรรมชาติสู่อาคาร", สาระศาสตร์สถาปัตย์ วาระสารวิชาการภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

พิรัส เหล่าไพศาลศักดิ์."Towards The Daylight", เอกสารประกอบการสัมนา Energy Conservation in Large Building , 2541.

พิบูล ดิษฐอุดม. การออกแบบระบบแสงสว่าง. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2537

มานะ หุตินทะ. แ นวทางการออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

สมยศ วงศ์สุข. การศึกษาแผ่นสะท้อนแสง. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.2536.

ภาษาอังกฤษ

Benjamin Stein and John S. Reynolds. Mechanical and Electrical Equipment for Building 8th Edition. Singapore : John Wiley & Sons, Inc.,1992.

Claude L. Robbins. Daylighting Design & Analysis. New York : Van Nostrand Reinhold Company, 1986.

IES. Illuminating Engineering Society of North America. IES Recommended Practice for the Lumen Method of Daylighting Calculations. New York, 1989.

IES. Illuminating Engineering Society of North America. IES Lighting Handbook 1981 Reference Volume. New York, 1981.

Osram. Indoor and Outdoor Lighting. Germanny: Osram Gmbh,1998.

Osram. Indoor and Outdoor Lighting. Germanny: Osram Gmbh,1999

Surapong C. Daylighting for Building in the Tropic I : Daylight Availability and Heat Gain into Building. Asian Institute of Technology. Pathum Thani. 1998.

Surapong C. Daylighting for Building in the Tropic II : Daylighting Methodology. Asian Institute of Technology. Pathum Thani. 1998.

William B. Elmer. Tha Optical Design of Reflectors. TLA Lighting Consultants, Inc., Salem. MA. 1989.

Wlihide, Elizabeth . Lighting. Creative Planning for successful Lighting Solutions. Lodon: Ryland Peter & Small, 1998.

Zumtobel Staff. "From Shadow to Sparkle" . The Art of Architectural Illumination. Austria, 1999.

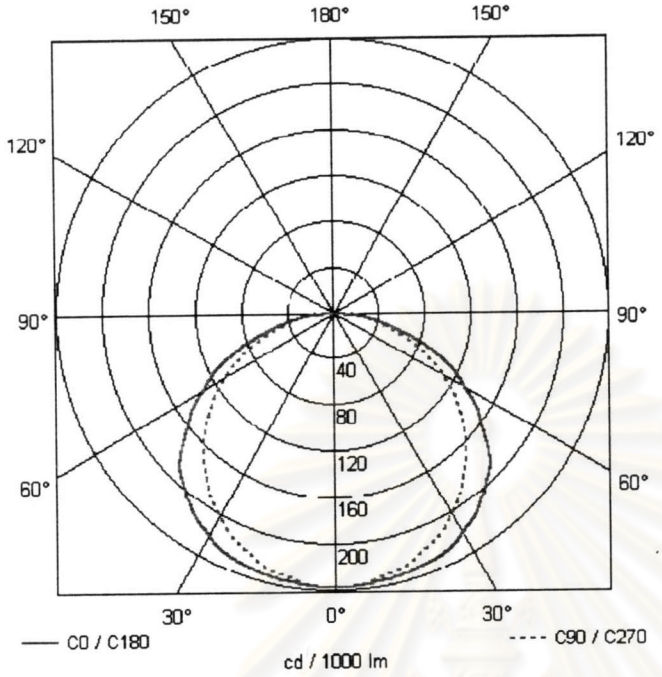
Zumtobel Staff. "From Lux to Lumen : technical Reference Catalogue" . The Art of Architectural Illumination. Austria, 2000.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

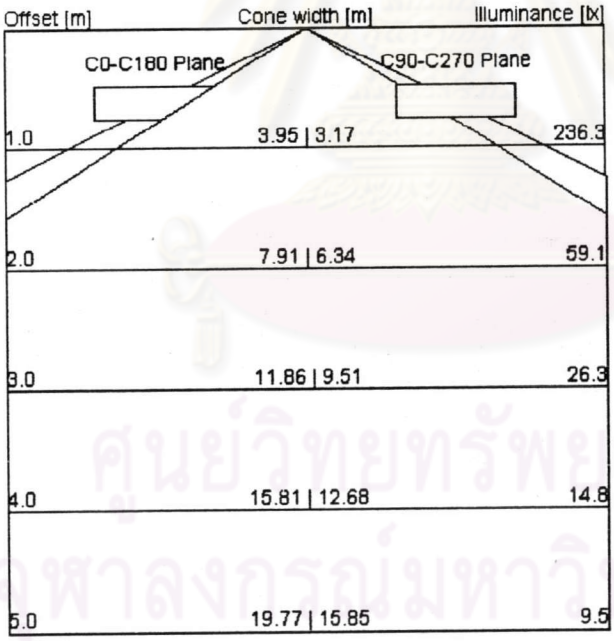
ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมโรงงาน



	C0	C90	C180
0°	236	236	236
5°	235	235	235
10°	234	232	234
15°	233	228	233
20°	230	220	230
25°	228	212	228
30°	220	201	220
35°	212	189	212
40°	201	175	201
45°	191	161	191
50°	172	146	172
55°	153	128	153
60°	132	109	132
65°	110	90	110
70°	85	69	85
75°	59	48	59
80°	32	30	32
85°	6	12	6
90°	0	1	0
	cd / 1000 lm		



Luminaire name : Standard Industrial White Reflector

Order name : LIST3-240wh.IES

Equipment : 2 x 0 x 500 lm

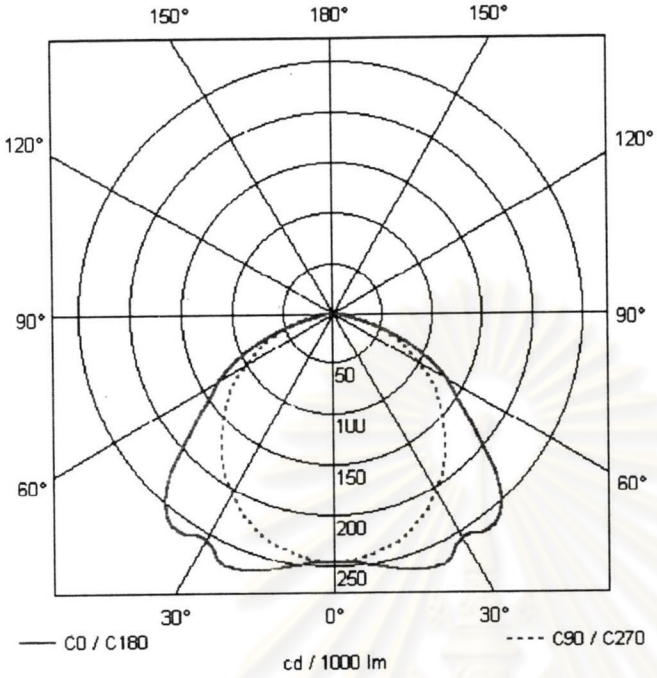
Efficiency : 75.4 %

Light distribution : sym. to C0-C180 / C90-C270

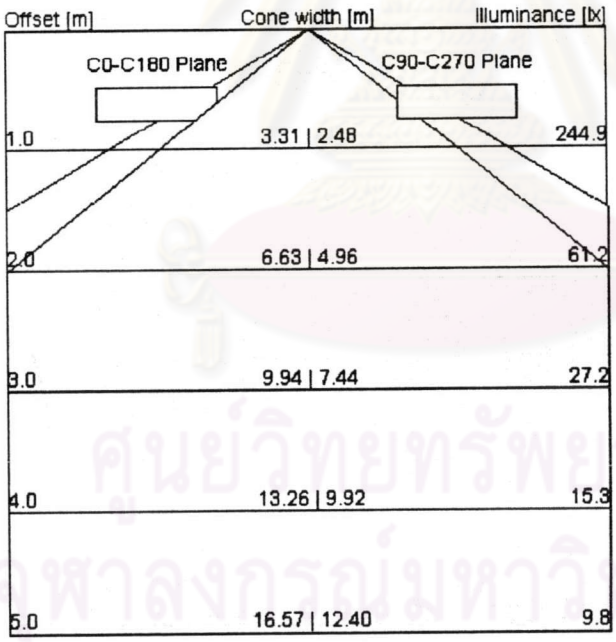
Angle of radiation: 126.3° C0-C180
115.5° C90-C270

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมโรงงาน



	C0	C90	C180
0°	245	245	245
5°	246	244	246
10°	263	240	263
15°	262	235	262
20°	269	227	269
25°	270	218	270
30°	257	204	257
35°	263	191	263
40°	259	174	259
45°	232	156	232
50°	190	139	190
55°	154	122	154
60°	130	100	130
65°	103	78	103
70°	68	60	68
75°	39	38	39
80°	9	20	9
85°	1	7	1
90°	0	1	0
	cd / 1000 lm		



Luminaire name : Standard Industrial
87% Mirror Reflector

Order name : LIST3-240mi.IES

Equipment : 2 x 0 x 500 lm

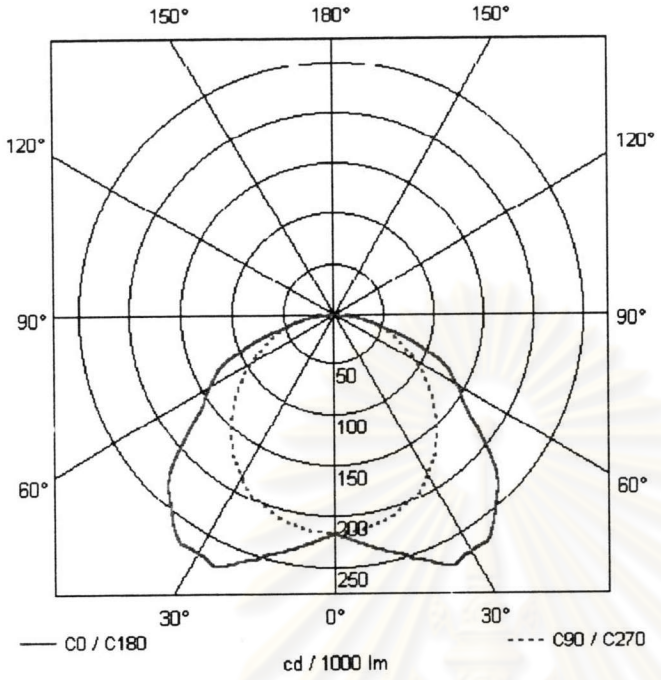
Efficiency : 79.9 %

Light distribution : sym. to C0-C180 / C90-C270

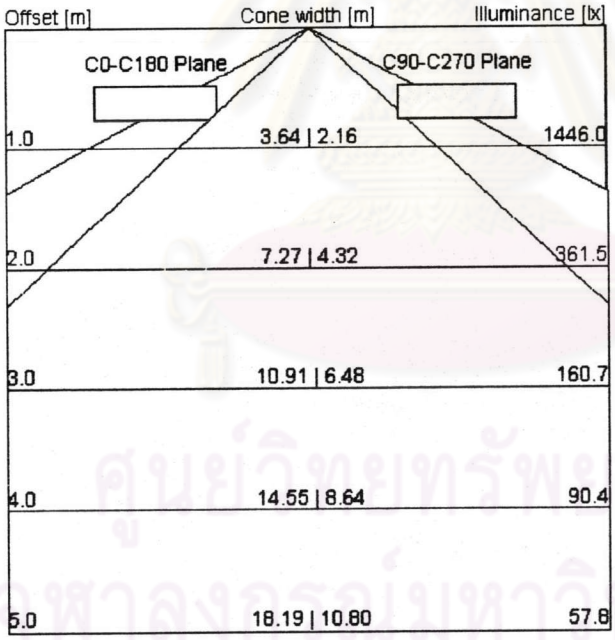
Angle of radiation: 117.8° C0-C180
102.3° C90-C270

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมโรงงาน



	C0	C90	C180
0°	216	216	216
5°	224	216	224
10°	234	213	234
15°	244	209	244
20°	258	203	258
25°	272	196	272
30°	271	184	271
35°	269	173	269
40°	250	158	250
45°	231	143	231
50°	195	127	195
55°	159	111	159
60°	141	94	141
65°	122	77	122
70°	85	60	85
75°	49	43	49
80°	25	27	25
85°	1	11	1
90°	1	5	1
	cd / 1000 lm		



Luminaire name : Standard Industrial
95% Mirror Reflector

Order name : LISP5-240mi.IES

Equipment : 2 x 0 x 500 lm

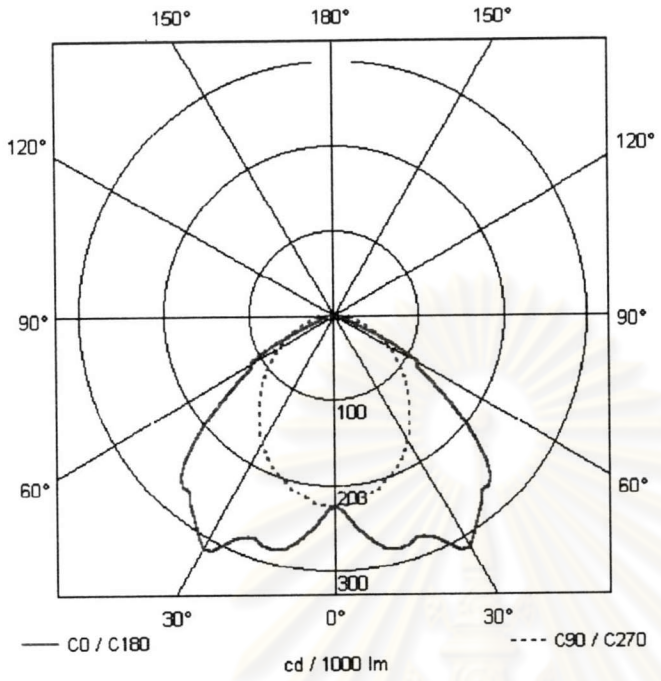
Efficiency : 81.8 %

Light distribution : sym. to C0-C180 / C90-C270

Angle of radiation: 122.4° C0-C180
94.4° C90-C270

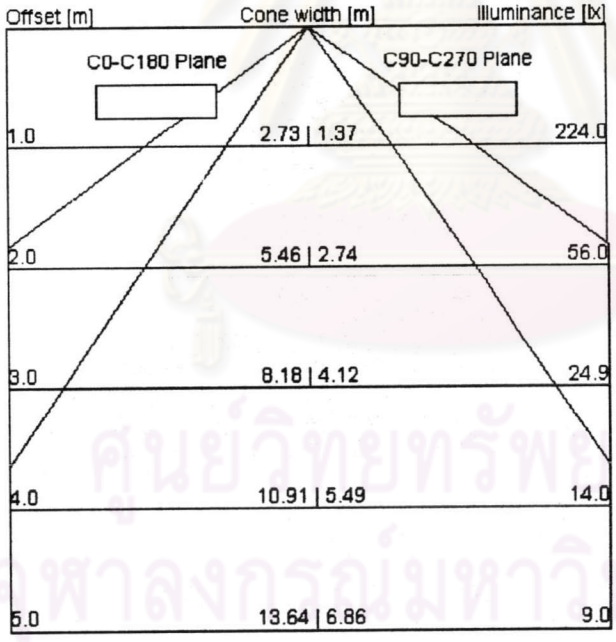
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมเงาริ้ว 87%



	C0	C90	C180
0°	224	224	224
5°	243	222	243
10°	268	215	268
15°	281	207	281
20°	276	197	276
25°	289	185	289
30°	312	170	312
35°	299	154	299
40°	267	137	267
45°	256	122	256
50°	201	106	201
55°	140	88	140
60°	113	74	113
65°	65	59	65
70°	11	42	11
75°	8	31	8
80°	7	20	7
85°	7	12	7
90°	0	0	0

cd / 1000 lm



Luminaire name : Surface Standard
87% Mirror Reflector

Order name : LMPM3-240smi.IES

Equipment : 2 x 0 x 500 lm

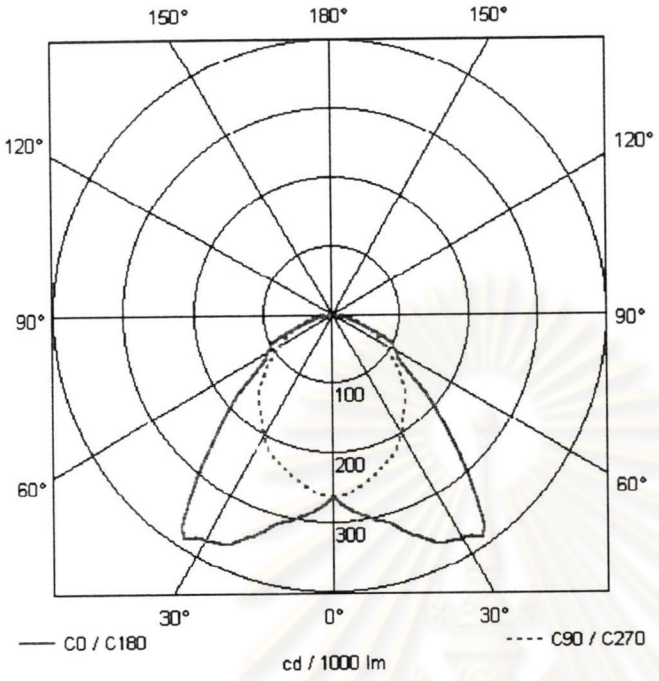
Efficiency : 70.0 %

Light distribution : sym. to C0-C180 / C90-C270

Angle of radiation: 107.5° C0-C180
68.9° C90-C270

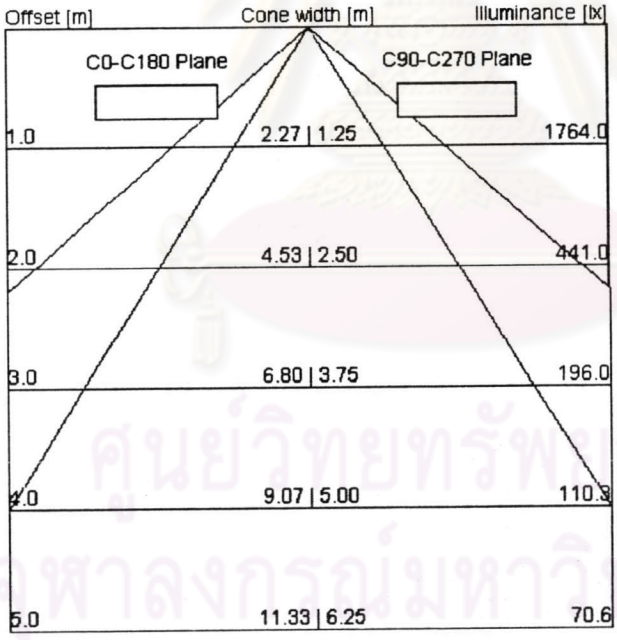
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก. แสดงแผนภูมิการกระจายแสงของดวงโคมเงาริ้ว 95%



	C0	C90	C180
0°	263	263	263
5°	262	260	262
10°	256	249	256
15°	311	238	311
20°	336	228	336
25°	362	218	362
30°	372	199	372
35°	382	190	382
40°	307	164	307
45°	232	149	232
50°	176	127	176
55°	121	105	121
60°	108	86	108
65°	94	68	94
70°	48	53	48
75°	1	37	1
80°	1	24	1
85°	0	12	0
90°	0	6	0

cd / 1000 lm



Luminaire name : Surface Standard
95% Mirror Reflector

Order name : LMP5-240smi.IES

Equipment : 2 x 0 x 500 lm

Efficiency : 82.0 %

Light distribution : sym. to C0-C180 / C90-C270

Angle of radiation: 97.1° C0-C180
64.0° C90-C270

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนมกราคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	89.8321643	419.2167667	1272.090611	1503.379813	1099.286628	1135.929516	1647.024414	1529.379813	587.9370406	340.3846024
1.5	61.91895119	288.9551056	752.2591902	889.0335884	890.9719057	920.6709692	985.4207876	915.0335884	411.1533576	238.0361544
2.5	54.38682526	253.8051846	605	715	750.2420412	775.2501093	798	741	363.4498933	210.4183593
3.5	54.18398178	252.8585816	604.1592117	714.0063411	820.5465043	847.8980544	796.9299058	740.0063411	362.1652179	209.6745998
4.5	46.85299406	218.6473056	666.6883978	787.9044702	918.8140464	949.4411813	876.5125063	813.9044702	315.735629	182.7943115
5.5	31.63208303	147.6163875	637.3376283	753.217197	888.5885519	918.2081703	839.1569814	779.217197	219.3365259	126.9843045
6.5	24.26403633	113.2321695	539.6471665	637.7648331	712.8183484	736.57896	714.8236665	663.7648331	172.6722301	99.96813319
7.5	21.23548955	99.09895123	340.7443563	402.6978756	499.5244482	516.1752631	461.6746353	428.6978756	153.4914338	88.86346168
8.5	18.76010019	87.54713421	256.2198672	302.8052976	356.490258	368.3732666	354.0980128	328.8052976	137.8139679	79.78703402

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนกุมภาพันธ์

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	59.88810953	389.272712	1272.090611	1619.024414	1099.286628	1099.286628	1705.846715	1529.379813	649.8251501	371.3286572
1.5	41.2793008	268.3154552	752.2591902	957.4207876	890.9719057	890.9719057	1020.614387	915.0335884	454.4326584	259.6758048
2.5	36.25788351	235.6762428	605	770	750.2420412	750.2420412	826.5	741	401.7077768	229.5473011
3.5	36.12265452	234.7972544	604.1592117	768.9299058	820.5465043	820.5465043	825.3916882	740.0063411	400.2878724	228.7359271
4.5	31.23532937	203.0296409	666.6883978	848.5125063	918.8140464	918.8140464	907.8165244	813.9044702	348.9709584	199.4119762
5.5	21.08805536	137.0723598	637.3376283	811.1569814	888.5885519	888.5885519	869.1268736	779.217197	242.4245812	138.5283321
6.5	16.17602422	105.1441574	539.6471665	686.8236665	712.8183484	712.8183484	740.3530831	663.7648331	190.8482543	109.0561453
7.5	14.15699303	92.02045472	340.7443563	433.6746353	499.5244482	499.5244482	478.1630151	428.6978756	169.6484268	96.9419582
8.5	12.50673346	81.29376748	256.2198672	326.0980128	356.490258	356.490258	366.7443704	328.8052976	152.3207013	87.04040075

ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนมีนาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	209.6083834	479.1048763	1445.557513	1734.669015	1282.501066	1282.501066	1823.491316	1647.024414	742.6573144	464.1608215
1.5	144.4775528	330.2344064	854.8399889	1025.807987	1039.467223	1039.467223	1091.001586	985.4207876	519.3516095	324.594756
2.5	126.9025923	290.0630681	687.5	825	875.2823814	875.2823814	883.5	798	459.0946021	286.9341263
3.5	126.4292908	288.9812361	686.5445588	823.8534705	957.304255	957.304255	882.3152529	796.9299058	457.4718542	285.9199089
4.5	109.3236528	249.882635	757.6004521	909.1205425	1071.949721	1071.949721	970.4245606	876.5125063	398.8239525	249.2649703
5.5	73.80819375	168.7044429	724.2473048	869.0967658	1036.686644	1036.686644	929.066658	839.1569814	277.0566643	173.1604152
6.5	56.61608476	129.4081937	613.2354165	735.8824998	831.6214065	831.6214065	791.4119164	714.8236665	218.1122906	136.3201816
7.5	49.54947562	113.2559443	387.2094958	464.6513949	582.7785229	582.7785229	511.1397748	461.6746353	193.8839164	121.1774477
8.5	43.7735671	100.0538677	291.15894	349.390728	415.905301	415.905301	392.0370856	354.0980128	174.0808015	108.8005009

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนเมษายน

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	359.3286572	688.7132596	1387.735212	1908.135917	1172.572404	1319.143954	1764.669015	1823.491316	680.7692048	526.048931
1.5	247.6758048	474.7119591	820.6463893	1128.388785	950.3700327	1069.166287	1055.807987	1091.001586	476.0723087	367.8740568
2.5	217.5473011	416.9656603	660	907.5	800.2581773	900.2904495	855	883.5	420.8367186	325.1920098
3.5	216.7359271	415.410527	659.0827764	906.2388176	875.2496046	984.6558052	853.8534705	882.3152529	419.3491997	324.0425634
4.5	187.4119762	359.2062878	727.296434	1000.032597	980.0683162	1102.576856	939.1205425	970.4245606	365.5886231	282.5002997
5.5	126.5283321	242.5126366	695.2774126	956.0064424	947.8277887	1066.306262	899.0967658	929.066658	253.9686089	196.2484705
6.5	97.0561453	186.0242785	588.7059998	809.4707497	760.3395716	855.3820181	765.8824998	791.4119164	199.9362664	154.4962058
7.5	84.9419582	162.8054199	371.721116	511.1165344	532.8260781	599.4293378	494.6513949	511.1397748	177.7269234	137.3344408
8.5	75.04040075	143.8274348	279.5125824	384.3298008	380.2562752	427.7883097	379.390728	392.0370856	159.574068	123.3072344

ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนพฤษภาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	329.3846024	658.7692048	1908.135917	2081.602818	1135.929516	1245.858179	1705.846715	1941.135917	866.4335334	247.5524381
1.5	227.0361544	454.0723087	1128.388785	1230.969584	920.6709692	1009.76816	1020.614387	1161.388785	605.9102111	173.1172032
2.5	199.4183593	398.8367186	907.5	990	775.2501093	850.2743134	826.5	940.5	535.6103691	153.031534
3.5	198.6745998	397.3491997	906.2388176	988.6241647	847.8980544	929.9527049	825.3916882	939.2388176	533.7171632	152.4906181
4.5	171.7943115	343.5886231	1000.032597	1090.944651	949.4411813	1041.322586	907.8165244	1033.032597	465.2946112	132.9413175
5.5	115.9843045	231.9686089	956.0064424	1042.916119	918.2081703	1007.067025	869.1268736	989.0064424	323.232775	92.35222143
6.5	88.96813319	177.9362664	809.4707497	883.0589997	736.57896	807.8607949	740.3530831	842.4707497	254.464339	72.70409687
7.5	77.86346168	155.7269234	511.1165344	557.5816739	516.1752631	566.1277079	478.1630151	544.1165344	226.1979025	64.62797213
8.5	68.78703402	137.574068	384.3298008	419.2688736	368.3732666	404.0222924	366.7443704	417.3298008	203.0942684	58.02693383

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนมิถุนายน

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	329.3846024	598.8810953	1561.202114	1965.958217	1282.501066	1209.215291	1941.135917	1764.669015	773.6013691	309.4405477
1.5	227.0361544	412.793008	923.227188	1162.582385	1039.467223	980.0690963	1161.388785	1055.807987	540.9912599	216.396504
2.5	199.4183593	362.5788351	742.5	935	875.2823814	825.2662454	940.5	855	478.2235439	191.2894175
3.5	198.6745998	361.2265452	741.4681235	933.7005999	957.304255	902.6011547	939.2388176	853.8534705	476.5331815	190.6132726
4.5	171.7943115	312.3532937	818.2084883	1030.336615	1071.949721	1010.695451	1033.032597	939.1205425	415.4416171	166.1766469
5.5	115.9843045	210.8805536	782.1870892	984.9763346	1036.686644	977.4474071	989.0064424	899.0967658	288.600692	115.4402768
6.5	88.96813319	161.7602422	662.2942498	834.0001664	831.6214065	784.1001833	842.4707497	765.8824998	227.2003027	90.88012108
7.5	77.86346168	141.5699303	418.1862554	526.6049143	582.7785229	549.476893	544.1165344	494.6513949	201.9624129	80.78496517
8.5	68.78703402	125.0673346	314.4516552	395.9761584	415.905301	392.1392838	417.3298008	379.390728	181.3341682	72.53366729

ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนกรกฎาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	389.272712	718.6573144	1619.024414	1908.135917	1319.143954	1282.501066	1999.958217	1882.313616	742.6573144	402.272712
1.5	268.3154552	495.3516095	957.4207876	1128.388785	1069.166287	1039.467223	1196.582385	1126.195186	519.3516095	281.3154552
2.5	235.6762428	435.0946021	770	907.5	900.2904495	875.2823814	969	912	459.0946021	248.6762428
3.5	234.7972544	433.4718542	768.9299058	906.2388176	984.6558052	957.304255	967.7005999	910.7770352	457.4718542	247.7972544
4.5	203.0296409	374.8239525	848.5125063	1000.032597	1102.576856	1071.949721	1064.336615	1001.728579	398.8239525	216.0296409
5.5	137.0723598	253.0566643	811.1569814	956.0064424	1066.306262	1036.686644	1018.976335	959.0365502	277.0566643	150.0723598
6.5	105.1441574	194.1122906	686.8236665	809.4707497	855.3820181	831.6214065	868.0001664	816.9413331	218.1122906	118.1441574
7.5	92.02045472	169.8839164	433.6746353	511.1165344	599.4293378	582.7785229	560.6049143	527.6281546	193.8839164	105.0204547
8.5	81.29376748	150.0808015	326.0980128	384.3298008	427.7883097	415.905301	429.9761584	404.6834432	174.0808015	94.29376748

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนสิงหาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	299.4405477	778.5454239	1156.44601	1965.958217	1392.429729	1172.572404	2117.602818	882.3345077	618.8810953	340.3846024
1.5	206.396504	536.6309103	683.8719911	1162.582385	1128.564414	950.3700327	1266.969584	527.9039933	432.793008	238.0361544
2.5	181.2894175	471.3524856	550	935	950.3065856	800.2581773	1026	427.5	382.5788351	210.4183593
3.5	180.6132726	469.5945087	549.235647	933.7005999	1039.358905	875.2496046	1024.624165	426.9267353	381.2265452	209.6745998
4.5	156.1766469	406.0592818	606.0803617	1030.336615	1163.831125	980.0683162	1126.944651	469.5602713	332.3532937	182.7943115
5.5	105.4402768	274.1447196	579.3978439	984.9763346	1125.545499	947.8277887	1078.916119	449.5483829	230.8805536	126.9843045
6.5	80.88012108	210.2883148	490.5883332	834.0001664	902.9032413	760.3395716	919.0589997	382.9412499	181.7602422	99.96813319
7.5	70.78496517	184.0409094	309.7675966	526.6049143	632.7309677	532.8260781	593.5816739	247.3256975	161.5699303	88.86346168
8.5	62.53366729	162.587535	232.927152	395.9761584	451.5543269	380.2562752	455.2688736	189.695364	145.0673346	79.78703402

ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนกันยายน

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	449.1608215	718.6573144	1908.135917	2081.602818	1319.143954	1319.143954	1999.958217	1529.379813	804.5454239	278.4964929
1.5	309.594756	495.3516095	1128.388785	1230.969584	1069.166287	1069.166287	1196.582385	915.0335884	562.6309103	194.7568536
2.5	271.9341263	435.0946021	907.5	990	900.2904495	900.2904495	969	741	497.3524856	172.1604758
3.5	270.9199089	433.4718542	906.2388176	988.6241647	984.6558052	984.6558052	967.7005999	740.0063411	495.5945087	171.5519453
4.5	234.2649703	374.8239525	1000.032597	1090.944651	1102.576856	1102.576856	1064.336615	813.9044702	432.0592818	149.5589822
5.5	158.1604152	253.0566643	956.0064424	1042.916119	1066.306262	1066.306262	1018.976335	779.217197	300.1447196	103.8962491
6.5	121.3201816	194.1122906	809.4707497	883.0589997	855.3820181	855.3820181	868.0001664	663.7648331	236.2883148	81.79210898
7.5	106.1774477	169.8839164	511.1165344	557.5816739	599.4293378	599.4293378	560.6049143	428.6978756	210.0409094	72.70646865
8.5	93.80050094	150.0808015	384.3298008	419.2688736	427.7883097	427.7883097	429.9761584	328.8052976	188.587535	65.28030056

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนตุลาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	269.4964929	748.6013691	1734.669015	1965.958217	1245.858179	1282.501066	2058.780518	823.5122072	556.9929858	309.4405477
1.5	185.7568536	515.9912599	1025.807987	1162.582385	1009.76816	1039.467223	1231.775984	492.7103938	389.5137072	216.396504
2.5	163.1604758	453.2235439	825	935	850.2743134	875.2823814	997.5	399	344.3209516	191.2894175
3.5	162.5519453	451.5331815	823.8534705	933.7005999	929.9527049	957.304255	996.1623823	398.4649529	343.1038907	190.6132726
4.5	140.5589822	390.4416171	909.1205425	1030.336615	1041.322586	1071.949721	1095.640633	438.2562532	299.1179643	166.1766469
5.5	94.8962491	263.600692	869.0967658	984.9763346	1007.067025	1036.686644	1048.946227	419.5784907	207.7924982	115.4402768
6.5	72.79210898	202.2003027	735.8824998	834.0001664	807.8607949	831.6214065	893.5295831	357.4118332	163.584218	90.88012108
7.5	63.70646865	176.9624129	464.6513949	526.6049143	566.1277079	582.7785229	577.0932941	230.8373176	145.4129373	80.78496517
8.5	56.28030056	156.3341682	349.390728	395.9761584	404.0222924	415.905301	442.622516	177.0490064	130.5606011	72.53366729

ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนพฤศจิกายน

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	269.4964929	538.9929858	1619.024414	1503.379813	1209.215291	1209.215291	1882.313616	1647.024414	526.048931	402.272712
1.5	185.7568536	371.5137072	957.4207876	889.0335884	980.0690963	980.0690963	1126.195186	985.4207876	367.8740568	281.3154552
2.5	163.1604758	326.3209516	770	715	825.2662454	825.2662454	912	798	325.1920098	248.6762428
3.5	162.5519453	325.1038907	768.9299058	714.0063411	902.6011547	902.6011547	910.7770352	796.9299058	324.0425634	247.7972544
4.5	140.5589822	281.1179643	848.5125063	787.9044702	1010.695451	1010.695451	1001.728579	876.5125063	282.5002997	216.0296409
5.5	94.8962491	189.7924982	811.1569814	753.217197	977.4474071	977.4474071	959.0365502	839.1569814	196.2484705	150.0723598
6.5	72.79210898	145.584218	686.8236665	637.7648331	784.1001833	784.1001833	816.9413331	714.8236665	154.4962058	118.1441574
7.5	63.70646865	127.4129373	433.6746353	402.6978756	549.476893	549.476893	527.6281546	461.6746353	137.3344408	105.0204547
8.5	56.28030056	112.5606011	326.0980128	302.8052976	392.1392838	392.1392838	404.6834432	354.0980128	123.3072344	94.29376748

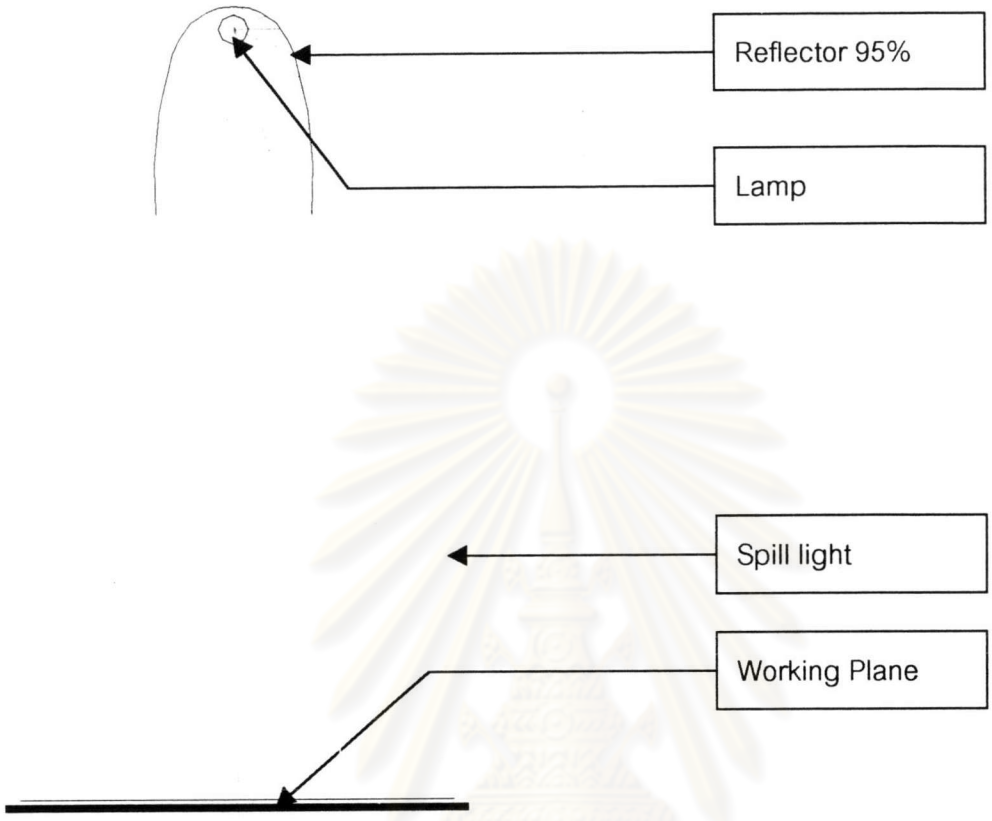
ภาคผนวก ข. แสดงตารางระดับความสว่างภายในจากข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุด เดือนธันวาคม

	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
0.5	89.8321643	389.272712	1272.090611	1387.735212	1135.929516	1099.286628	1647.024414	1294.090611	618.8810953	185.6643286
1.5	61.91895119	268.3154552	752.2591902	820.6463893	920.6709692	890.9719057	985.4207876	774.2591902	432.793008	129.8379024
2.5	54.38682526	235.6762428	605	660	775.2501093	750.2420412	798	627	382.5788351	114.7736505
3.5	54.18398178	234.7972544	604.1592117	659.0827764	847.8980544	820.5465043	796.9299058	626.1592117	381.2265452	114.3679636
4.5	46.85299406	203.0296409	666.6883978	727.296434	949.4411813	918.8140464	876.5125063	688.6883978	332.3532937	99.70598811
5.5	31.63208303	137.0723598	637.3376283	695.2774126	918.2081703	888.5885519	839.1569814	659.3376283	230.8805536	69.26416607
6.5	24.26403633	105.1441574	539.6471665	588.7059998	736.57896	712.8183484	714.8236665	561.6471665	181.7602422	54.52807265
7.5	21.23548955	92.02045472	340.7443563	371.721116	516.1752631	499.5244482	461.6746353	362.7443563	161.5699303	48.4709791
8.5	18.76010019	81.29376748	256.2198672	279.5125824	368.3732666	356.490258	354.0980128	278.2198672	145.0673346	43.52020037

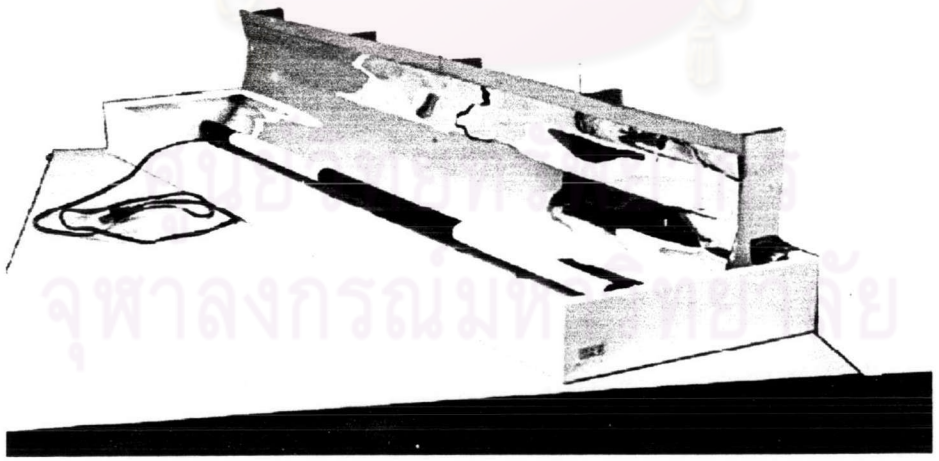
ที่มา : กำหนดระดับความสว่างภายนอกโดยใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีความถี่สูงสุดของชั่วโมงและเดือนนั้นๆ

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลสภาพอากาศที่มีค่าน้อย เมื่อข้อมูลมีความถี่เท่ากัน

ภาคผนวก ค. แสดงแผนภูมิเส้นแสง (Ray Diagram)



แผนภูมิเส้นแสง (Ray Diagram)



รูปแสดงดวงโคมที่ใช้ในหุ่นจำลองเพื่อหาค่า สัมประสิทธิการใช้ประโยชน์ (CU)

ภาคผนวก ง. การศึกษาในด้านเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น

การวิเคราะห์ทางการเงิน (Financial Analysis) ของการใช้ระบบส่องสว่างด้วยแสงประดิษฐ์ในแต่ละรูปแบบ ต้องคำนึงถึงจุดคุ้มทุน และระยะเวลาผลตอบแทนการลงทุน (Payback Period) ตามมูลค่าใช้จ่ายสะสมของแต่ละรูปแบบ เพื่อใช้ประกอบการพิจารณารูปแบบที่เหมาะสม ซึ่งมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการใช้ระบบส่องสว่างด้วยแสงประดิษฐ์ในแต่ละรูปแบบนี้ประกอบด้วย

- ค่าไฟฟ้ารวมที่เกิดจากปริมาณพลังงานไฟฟ้าเพื่อการส่องสว่าง

  โดยอาศัยการคำนวณตามหน่วยของพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ที่ได้จากแต่ละรูปแบบ โดยมีเกณฑ์การพิจารณา ใช้อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปี 2545 โดยอาคารโครงการโรงเรียนต้นแบบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นอาคารประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร (อัตราต่อหน่วยคงที่) โดยการคำนวณค่าไฟฟ้ามีส่วนประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

  ส่วนที่ 1 ค่าไฟฟ้าฐาน

  = (จำนวนพลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) x อัตราค่าพลังงานไฟฟ้า) + ค่าบริการ

  ส่วนที่ 2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)

  = จำนวนพลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์-ชั่วโมง) x ค่า F_t

  ส่วนที่ 3 ค่าภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

  = (ค่าไฟฟ้าฐาน + ค่า F_t) x 7/100

  ค่าไฟฟ้ารวม = ส่วนที่1 + **ส่วนที่** 2 + **ส่วนที่** 3

- ราคาค่าก่อสร้าง[1] และอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละรูปแบบ

- อายุการใช้งานของอุปกรณ์ (Life Cycle) จากข้อมูลชั่วโมงการใช้งานของอุปกรณ์[2]แต่ละประเภท นำมาพิจารณาเป็นมูลค่าใช้จ่ายสะสม

---

[1] ที่มา : สำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ 2544

[2] ที่มา : บริษัท ฟิลิปป์ ประทศไทย จำกัด และ บริษัท Lighting& Equipment จำกัด

- อัตราดอกเบี้ย (Discount Rate) พิจารณาตามอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เฉลี่ย (MLR และ MOR) ของธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 29 เมษายน 2545 ซึ่งมีอัตราเท่ากับ 7.40%

- อัตราเงินเฟ้อ (Inflation) พิจารณาตามอัตราเงินเฟ้อของธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 29 เมษายน 2545 ซึ่งมีอัตราเท่ากับ 1.35 %

1. ค่าไฟฟ้ารวม

1.1 อัตราค่าไฟฟ้า

ผู้ใช้ไฟฟ้าที่เป็นส่วนราชการหน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องที่มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไรจะจัดเข้าอยู่ในอัตรานี้

ตารางแสดงอัตราค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าบริการประเภทที่ 6

	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท / หน่วย	ค่าบริการ บาท / เดือน
แรงดันต่ำกว่า 12 กิโลโวลท์		20.00
10หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)แรก (หน่วยที่ 1-10)	1.3576	
เกินกว่า 10 หน่วย (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	2.4482	

ที่มา : การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

1.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร

ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ มีค่าเป็นสตางค์ต่อหน่วยเป็นค่า ไฟฟ้าผันแปรที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงในทุก ๆ 4 เดือน ซึ่งจะพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่ การไฟฟ้าไม่สามารถควบคุมได้ เช่น ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปจาก แผน ผลกระทบ

ของอัตราแลกเปลี่ยน (FOREX) ที่เปลี่ยนแปลงไปจากแผน และอัตราเงินเฟ้อ เป็นต้น โดยค่า F_t จะแยกตามกิจการ ได้แก่ กิจการผลิต กิจการระบบส่ง กิจการระบบจำหน่าย และกิจการค้าปลีก

การคิดเงินค่า F_t คำนวณจากจำนวนหน่วยที่ใช้ คูณด้วยราคาค่า F_t ต่อหน่วยของเดือนนั้น ๆ ค่า F_t ที่เรียกเก็บในแต่ละเดือนจะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าทุกประเภทและทุกหน่วยของการใช้ในอัตราเดียวกัน โดยการไฟฟ้าจะแสดงราคาค่า F_t เป็นสตางค์ต่อหน่วย และจำนวนเงินค่า F_t เป็นบาท ไว้ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้า

โดยค่าไฟฟ้าผันแปร (F_t)ที่ใช้ในการคำนวณเป็นของช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม 2545 เท่ากับ 21.95

2. ราคาค่าก่อสร้าง และอุปกรณ์

ตารางแสดงราคาอุปกรณ์ บาท/ชิ้น และค่าแรงงานที่ใช้ประกอบคำนวณ

ชนิด		มูลค่า(บาท)	หมายเหตุ
ดวงโคม		3500.00	จำนวน 10 ดวงโคม
หลอดไฟฟ้า	หลอดฟูลออเรสเซนต์มาตรฐาน	52.00	
	หลอดฟูลออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง	75.00	
	หลอดฟูลออเรสเซนต์TL5	300.00	
บัลลาสต์	ขดลวดแกนเหล็ก	70.00	
	ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง	133.00	
	อิเลคทรอนิก	800.00	สินค้าในประเทศ
สตาร์ทเตอร์		12.00	
สวิทต์ไฟ		30.00	
สายไฟ (ม.)		4.88	
ค่าแรงติดตั้ง		260.00	ราคากลาง

ที่มา: บริษัท ฟิลิปป์ ประทศไทย จำกัด และ บริษัท Lighting& Equipment จำกัด

ที่มา : สำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ 2544

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. **อายุการใช้งานของอุปกรณ์** (Life Cycle)

ตารางแสดงอายุการใช้งานของอุปกรณ์ (Life Cycle)

รูปแบบ	บัลลาสต์	อายุบัลลาสต์(ปี)	อายุหลอด(ชั่วโมง)
หลอดมาตรฐาน	แกนเหล็ก	10	15000
	ประสิทธิภาพสูง	10	15000
	อิเลคทรอนิก	5	18750 (25%)
หลอดประสิทธิภาพสูง	แกนเหล็ก	10	15000
	ประสิทธิภาพสูง	10	15000
	อิเลคทรอนิก	5	18750 (25%)
หลอดTL5	อิเลคทรอนิก	5	20000

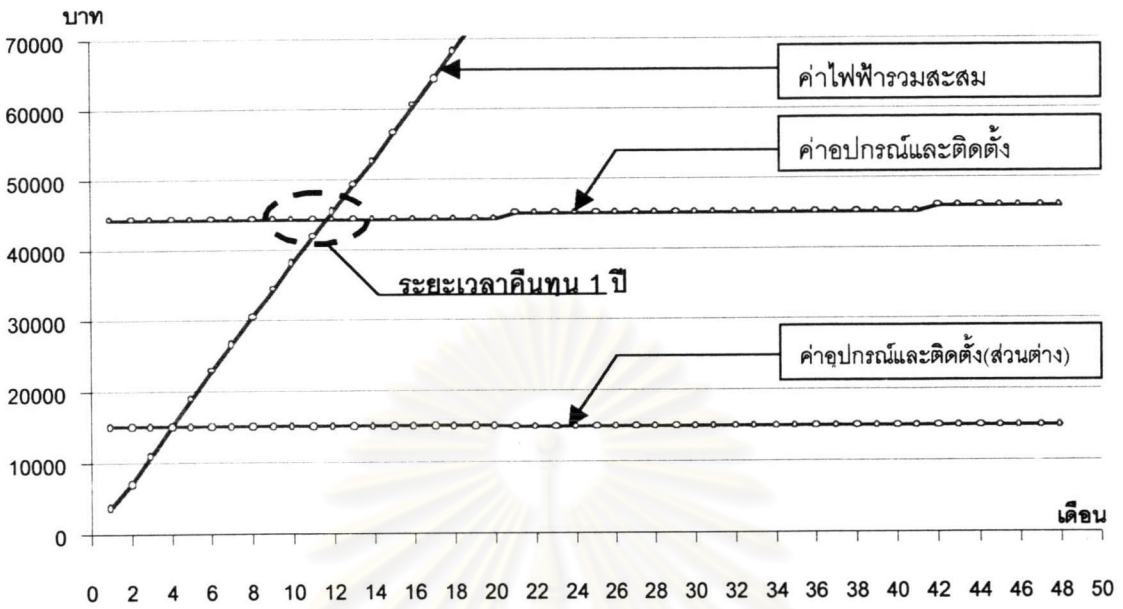
ที่มา: บริษัท ฟิลิปป์ ประทศไทย จำกัด และ บริษัท Lighting& Equipment จำกัด

4. **การศึกษาระยะเวลาคืนทุน** (Discount Payback Period) แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ

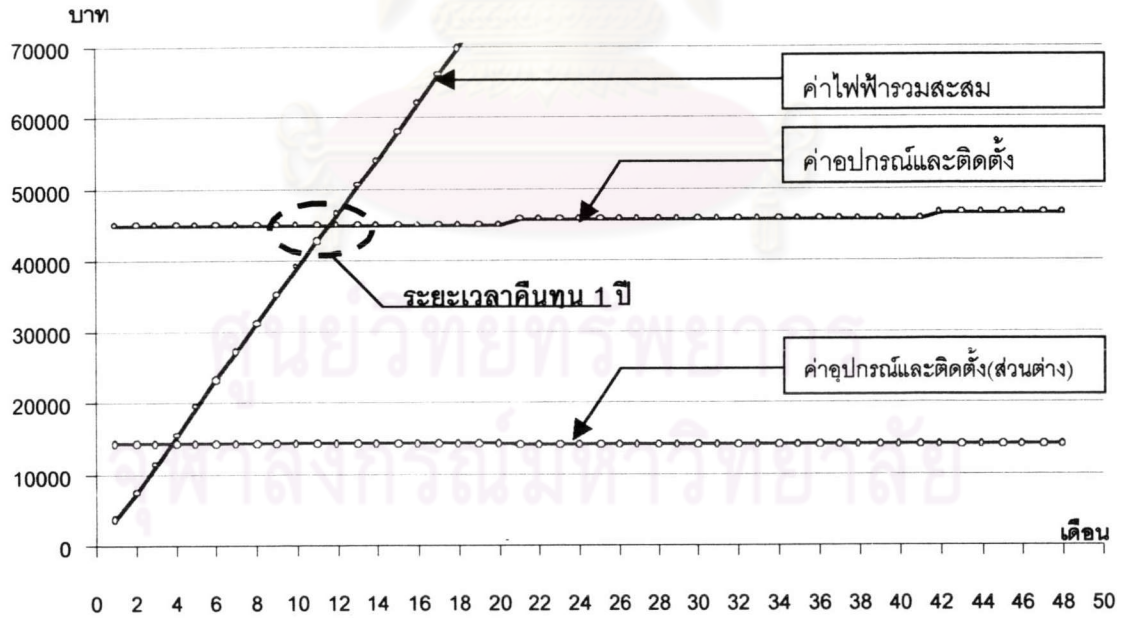
ส่วนที่ 1 การศึกษาระยะเวลาคืนทุนโดยไม่พิจารณาอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ

ศึกษาโดยการเปรียบเทียบระหว่างเงินลงทุนขั้นต้น (ค่าอุปกรณ์และค่าแรง) กับค่าไฟฟ้าสะสมในแต่ละเดือนที่สามารถลดลงจากการใช้งานปกติ(14หลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็ก ใช้งานตลอดเวลา)

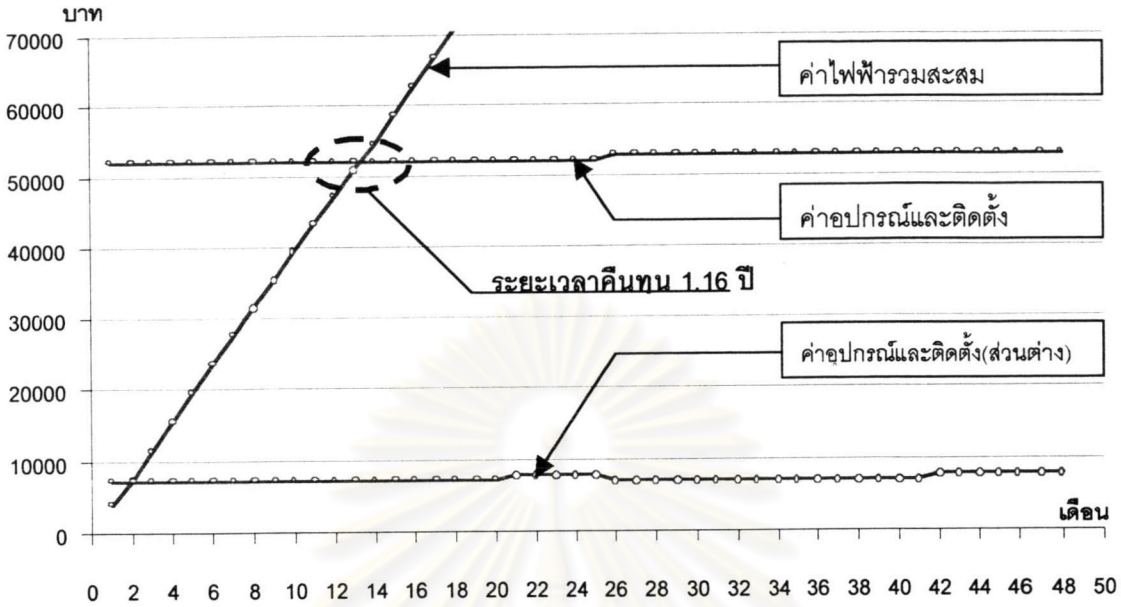
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



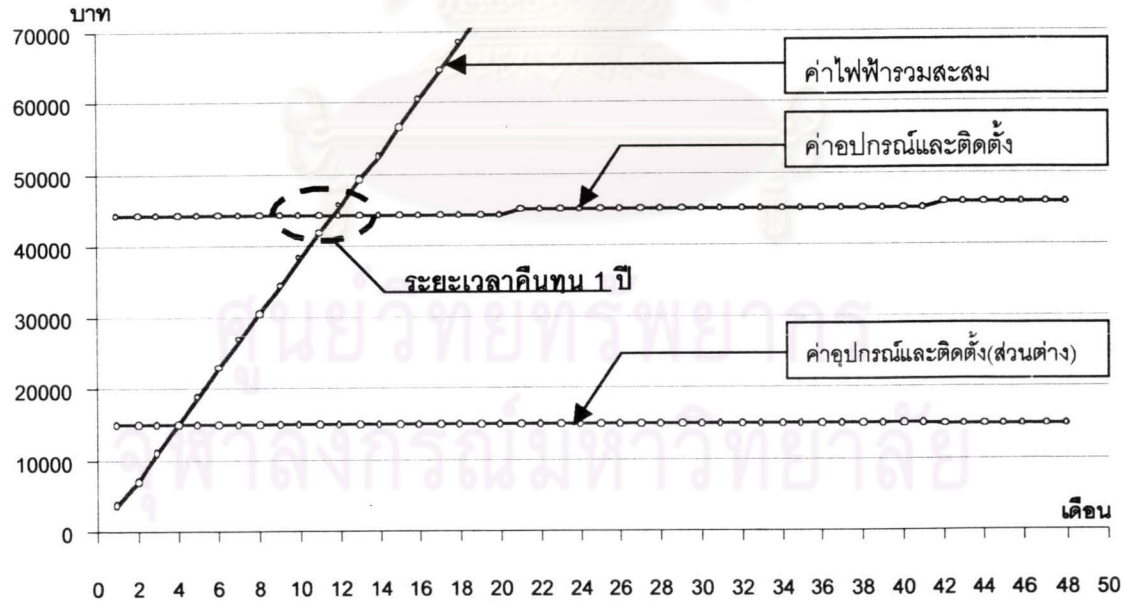
แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็ก



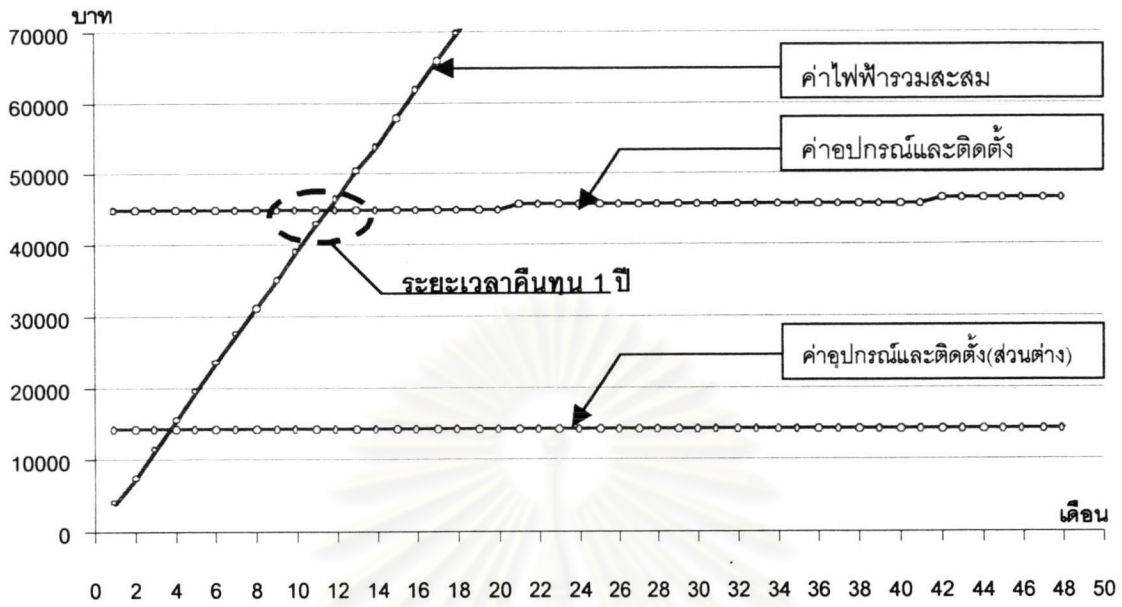
แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซนต์มาตรฐาน
บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง



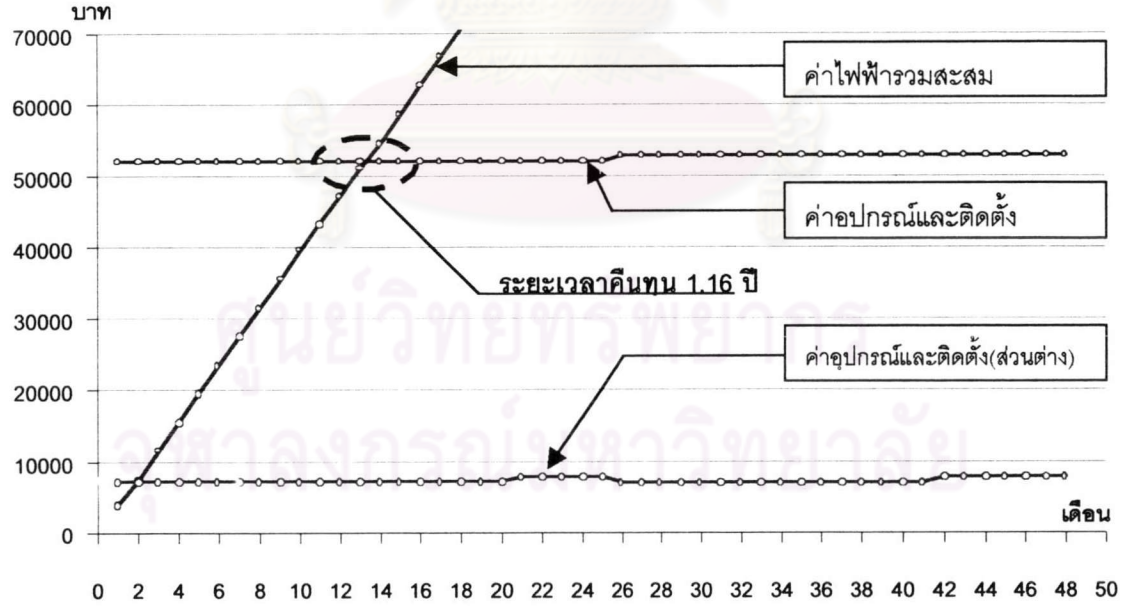
แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซน์มาตรฐาน บัลลาสต์อิเลคทรอนิก



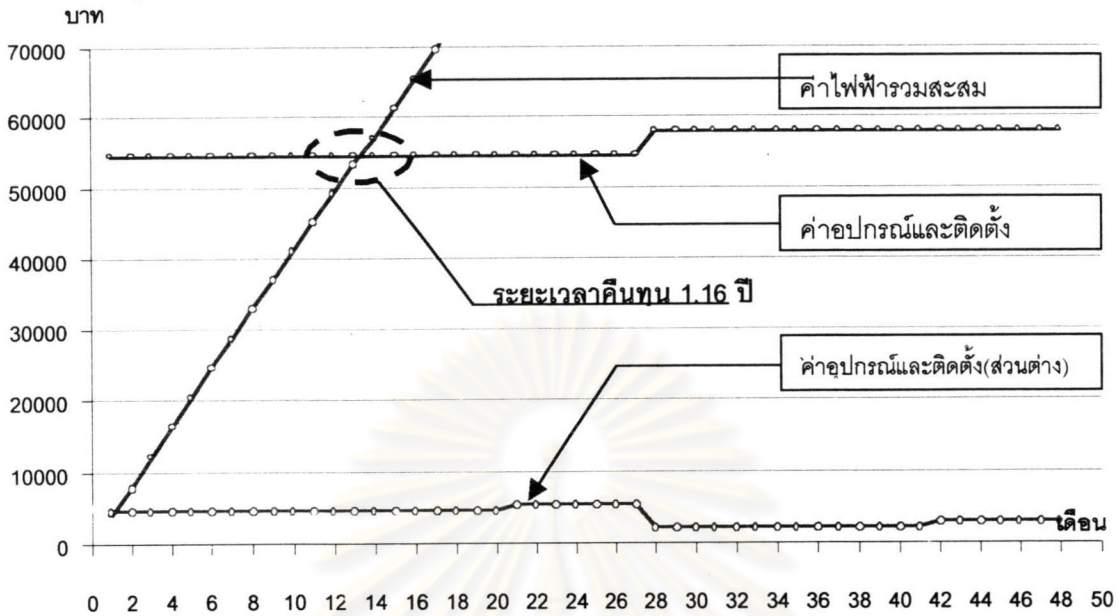
แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซน์ประสิทธิภาพสูง บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็ก



แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซนส์ประสิทธิภาพสูง
บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง



แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซนส์ประสิทธิภาพสูง บัลลาสต์อิเลคทรอนิก



แผนภูมิแสดงระยะเวลาคืนทุนของหลอดฟลูออเรสเซนต์TL5 บัลลาสต์อิเลคทรอนิก

ส่วนที่ 2 การศึกษาระยะเวลาคืนทุนโดยพิจารณาอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ

ศึกษาโดยการคำนวณระยะเวลาคืนทุนจากสมการ

$$\text{Discount Payback Period (year)} = \frac{\ln \frac{\{(r-d) \times c+1\}}{A}}{\ln \frac{(1+r)}{(1+d)}}$$

โดยที่ A คือ ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี

c คือ ค่าเงินที่ลงทุน

d คือ อัตราดอกเบี้ยที่ใช้พิจารณา

r คือ อัตราเงินเฟ้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางแสดงระยะเวลาคืนทุนโดยพิจารณาอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ

หลอด	บัลลาสต์	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงรายปี(บาท)	ค่าเงินที่ลงทุน (บาท)	อัตราดอกเบี้ย (%)	อัตราเงินเฟ้อ (%)	ระยะเวลาคืนทุน (เดือน)
14 - มาตรฐาน	แกนเหล็ก	42703.34	59199.20	7.40	1.35	18.12
	ประสิทธิภาพสูง	43795.09	60144.20	7.40	1.35	17.95
	อิเลคทรอนิก	44340.97	69924.20	7.40	1.35	20.74
10 - ประสิทธิภาพสูง	แกนเหล็ก	46296.31	44187.34	7.40	1.35	12.30
	ประสิทธิภาพสูง	47075.84	44880.34	7.40	1.35	12.28
	อิเลคทรอนิก	47465.34	52085.34	7.40	1.35	14.20
10 - TL5	อิเลคทรอนิก	49024.40	54560.34	7.40	1.35	14.42

5. **สรุปผลการศึกษาระยะเวลาคืนทุน**

นำผลจากการศึกษาระยะเวลาคืนทุน ทั้ง 2 ส่วน มาเปรียบเทียบกันจะพบว่า การใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูง ให้สัมพันธ์กับปริมาณแสงธรรมชาติจะใช้ระยะเวลาคืนทุนน้อยที่สุด 12.28 เดือน (อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราเงินเฟ้อ) เนื่องจากต้นทุนในการลงทุนต่ำและมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูง ถึงแม้ว่าการใช้หลอดประสิทธิภาพสูงและหลอดTL5 ร่วมกับบัลลาสต์อิเลคทรอนิกจะใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าน้อยที่สุด แต่มีลงทุนขั้นต้น (ค่าอุปกรณ์-บัลลาสต์อิเลคทรอนิกในประเทศ) สูงกว่าบัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กประสิทธิภาพสูงถึง 6 เท่า

ตารางแสดงผลสรุประยะเวลาคืนทุน

หลอด	บัลลาสต์	ระยะเวลาคืนทุน ไม่พิจารณาอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อ(เดือน)	ระยะเวลาคืนทุน พิจารณาอัตราดอกเบี้ย และอัตราเงินเฟ้อ(เดือน)
14 - มาตรฐาน	แกนเหล็ก	12	18.12
	ประสิทธิภาพสูง	12	17.95
	อิเลคทรอนิก	14	20.74
10 - ประสิทธิภาพสูง	แกนเหล็ก	12	12.30
	ประสิทธิภาพสูง	**12**	**12.28**
	อิเลคทรอนิก	14	14.20
10 - TL5	อิเลคทรอนิก	14	14.42

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอานิก สกุลญานนท์วิทยา เกิดวันที่ 23 พฤษภาคม 2515 Epsom, Auckland, New Zealand. เข้ารับการศึกษาที่โรงเรียนสวนเด็ก โรงเรียนอำนวยศิลป์ พระนคร ตามลำดับ สำเร็จการศึกษาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยรังสิต ปีการศึกษา 2538 เข้าทำงานที่บริษัท ดี ไซน์ 103 จำกัด และเข้ารับการศึกษาต่อหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร ในปีการศึกษา 2543

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย