

บทที่ 5

ตัวอย่างการประเมินคุณภาพการส่องสว่าง

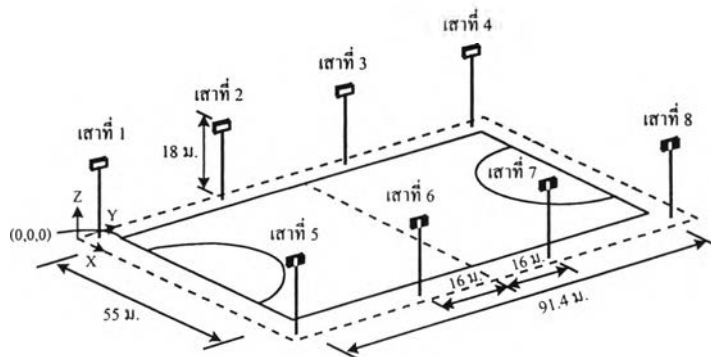
ในบทนี้จะนำเสนอตัวอย่างของการประเมินระดับคุณภาพของการให้แสงสว่างในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยใช้วิธีคิดที่ละเอียดวิเคราะห์ถึงระดับของแสงจ้า แสงตา และการเกิดเงา จากการให้แสงสว่างในพื้นที่นั้นๆ รวมถึงตรวจสอบความสม่ำเสมอของแสงด้วย ซึ่งในการทดสอบในเรื่องของเงาจะทำโดยสมมติวัตถุขึ้นมาแล้วฉายแสงลงไปทั่ววัตถุ พิจารณาถึงผลของเงาที่เกิดขึ้นบนพื้นที่คำนวณ และมีการแสดงผลการคำนวณออกมาเป็นข้อมูลตัวเลข ณ จุดต่างๆ ภาพสามมิติ ภาพลายเส้น และภาพเรเงา

ตัวอย่างการคำนวณได้แบ่งการพิจารณาเป็น 3 กรณี โดยกรณีแรกจะพิจารณาถึงการให้แสงสว่างในสนามกีฬา โดยคำนึงถึงค่าความสว่างเฉลี่ย ค่าความสม่ำเสมอ และระดับของแสงจ้า ตามมาตรฐาน CIE ส่วนกรณีที่สองพิจารณาผลจากการเกิดเงาของวัตถุบนพื้นที่คำนวณ และกรณีสุดท้ายพิจารณาถึงการให้แสงสว่างกับระนาบเอียงเช่น อัฒจันทร์

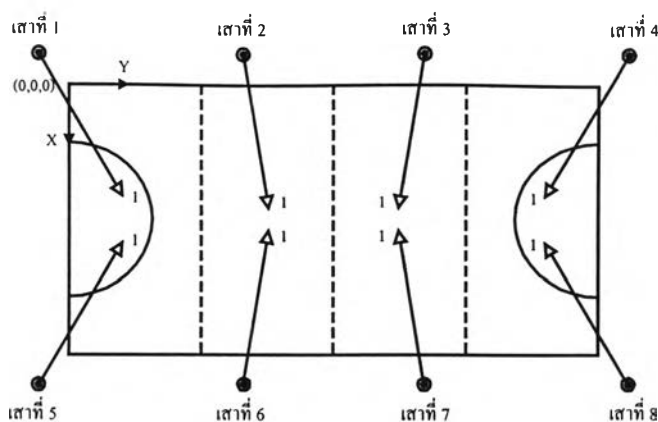
5.1 กรณีที่ 1 การให้แสงสว่างในสนามกีฬาขนาดใหญ่

5.1.1 การให้แสงสว่างในสนามกีฬาสำหรับฝึกซ้อม

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 55 เมตร ยาว 91.4 เมตร ติดตั้งโคมฉายสูง 18 เมตร จำนวน 8 ดวง ($\phi - lamp = 50,000$ ลูเมน ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ก การแสดงการกระจายแสงใช้ระบบมุม H-V) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้มีการจัดวางดังรูปที่ 5-1



(ก)



(ข)

รูปที่ 5-1 ลักษณะของพื้นที่คำนวณของสนามกีฬาสำหรับฝึกซ้อม

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-1 ข้อมูลของการติดตั้งโคมของสนามกีฬาสำหรับฝึกซ้อม

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	1	1	Ge7460	-4	-4	18	22.60	11.52	0
2	1	1	Ge7460	-4	29.7	18	25.62	33.54	0
3	1	1	Ge7460	-4	61.7	18	25.62	57.86	0
4	1	1	Ge7460	-4	95.4	18	22.60	79.88	0
5	1	1	Ge7460	59	-4	18	32.40	11.52	0
6	1	1	Ge7460	59	29.7	18	29.38	33.54	0
7	1	1	Ge7460	59	61.7	18	29.38	57.86	0
8	1	1	Ge7460	59	95.4	18	32.40	79.88	0

ตารางที่ 5-2 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณของสนามกีฬาสำหรับฝึกซ้อม

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	55	91.4	0	0	0	0

ข้อกำหนดในการให้แสงมีดังนี้ (การฝึกซ้อม)

- 1) $E_{h, ave} \geq 100$ ลักซ์, $U1 \geq 0.4$, $U0 \geq 0.6$

ตารางที่ 5-3 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของความสว่าง
บนระนาบนอนของสนามกีฬาสำหรับฝึกซ้อม

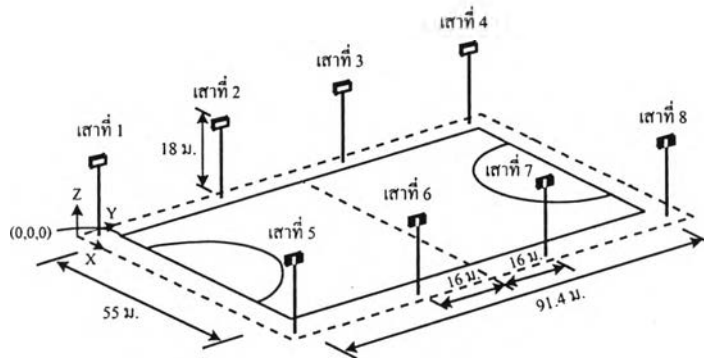
จำนวนจุดคำนวณ		E _{min}	E _{max}	E _{av}	U1	U0
แกน X	แกน Y	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(E _{min} /E _{max})	(E _{min} /E _{av})
10	10	181.97	438.70	320.74	0.41	0.57
55	100	133.15	446	319.26	0.30	0.42

การวิเคราะห์ผล

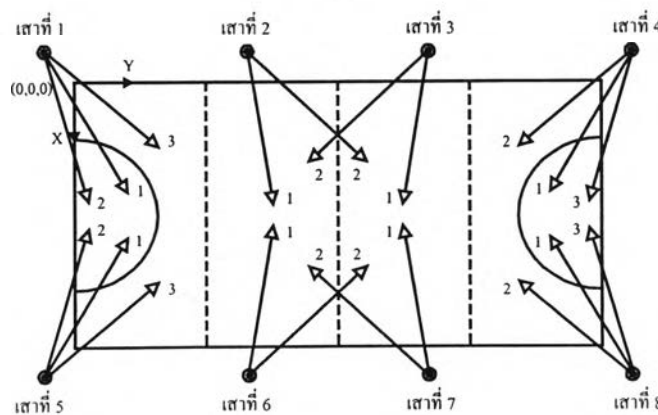
จากผลการคำนวณได้ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นสนาม 320.74 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ U1 (E_{min}/E_{max}) 0.41 และ U0 (E_{min}/E_{av}) 0.57 ซึ่งผ่านเงื่อนไขในการให้แสง โดยอนุโลมในเรื่อง U0

5.1.2 การให้แสงสว่างในสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับชาติ

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 55 เมตร ยาว 91.4 เมตร ติดตั้งโคมฉายสูง 18 เมตร จำนวน 20 ดวง (ϕ -lamp = 50,000 ลูเมน ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ก) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดนี้มีการจัดวางดังรูปที่ 5-2



(ก)



(ข)

รูปที่ 5-2 ลักษณะของพื้นที่คำนวณของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับชาติ

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-4 ข้อมูลของการติดตั้งโคมของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับชาติ

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตักแห่งโคม			ตักแห่งเสิง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	3	1	Ge7460	-4	-4	18	22.60	11.52	0
		2		-4	-4	18	26.37	2.30	0
		3		-4	-4	18	11.30	16.13	0
2	2	1	Ge7460	-4	29.7	18	25.65	33.54	0
		2		-4	29.7	18	15.07	50.44	0
3	2	1	Ge7460	-4	61.7	18	25.62	57.86	0
		2		-4	61.7	18	15.07	40.96	0
4	3	1	Ge7460	-4	95.4	18	22.60	79.88	0
		2		-4	95.4	18	11.30	75.27	0
		3		-4	95.4	18	26.37	89.10	0
5	3	1	Ge7460	59	-4	18	32.40	11.52	0
		2		59	-4	18	28.63	2.30	0
		3		59	-4	18	43.70	16.13	0
6	2	1	Ge7460	59	29.7	18	29.38	33.54	0
		2		59	29.7	18	39.93	50.44	0
7	2	1	Ge7460	59	61.7	18	29.38	57.86	0
		2		59	61.7	18	39.93	40.96	0
8	3	1	Ge7460	59	95.4	18	32.40	79.88	0
		2		59	95.4	18	43.70	75.27	0
		3		59	95.4	18	28.63	89.10	0

ตารางที่ 5-5 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับชาติ

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	55	91.4	0	0	0	0

ข้อกำหนดในการให้แสงมีดังนี้ (การแข่งขันระดับชาติ)

- 1) $E_{h, ave} \geq 200$ ลักซ์, $U_1 \geq 0.5$, $U_0 \geq 0.7$

ตารางที่ 5-6 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของความสว่าง
บนระนาบนอนของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับชาติ

จำนวนจุดคำนวณ		E _{min}	E _{max}	E _{av}	U1	U0
แกน X	แกน Y	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(E _{min} /E _{max})	(E _{min} /E _{av})
10	10	484.84	975.45	736.30	0.49	0.66
55	100	395.52	994.55	732.82	0.40	0.54

การวิเคราะห์ผล

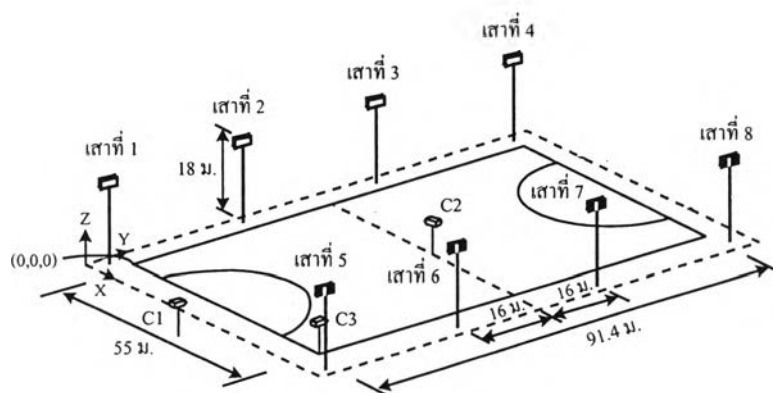
ก. จากผลการคำนวณได้ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นสนาม 736.30 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ U1 (E_{min}/E_{max}) 0.49 และ U0 (E_{min}/E_{av}) 0.66 ซึ่งไม่ผ่านเงื่อนไขในการให้แสง

ข. ตัวอย่างการคำนวณนี้ไม่ผ่านเงื่อนไขของการให้แสงในเรื่อง U0 ผู้ออกแบบจะต้องปรับจุดตั้งของดวงโคมบางดวงใหม่ เช่น ดวงโคมหมายเลข 1 หรือหมายเลข 3 ของเสาต้นที่ 1 และเสาต้นที่ 5 แล้วตรวจสอบเงื่อนไขการให้แสงใหม่จนกว่าจะผ่านเงื่อนไขทุกรายการ

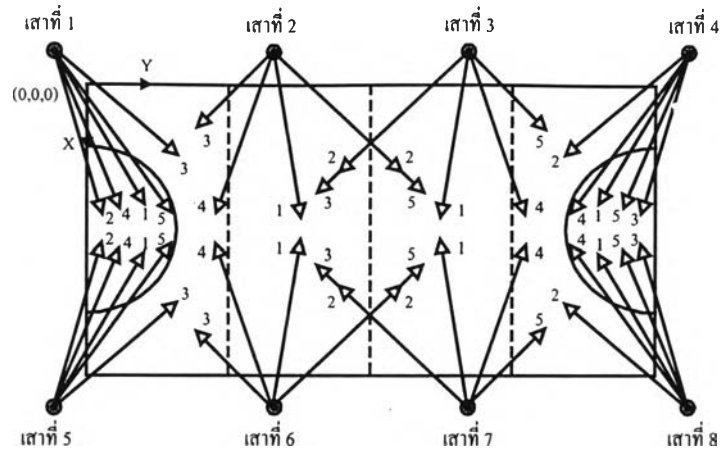
5.1.3 การให้แสงสว่างในสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

จากดวงโคมที่มีข้อมูลการกระจายแสงในระบบ H-V

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 55 เมตร ยาว 91.4 เมตร ติดตั้งโคมฉายสูง 18 เมตร จำนวน 40 ดวง (ϕ -lamp = 50,000 ลูเมน ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ก) และมีการติดตั้งกล้องสำหรับถ่ายทอดกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่คำนวณจำนวน 3 ตัว ข้อมูลทั้งหมดนี้มีการจัดวางดังรูปที่ 5-3



(ก)



(ข)

รูปที่ 5-3 ลักษณะของพื้นที่คำนวณของการแข่งขันระดับนานาชาติ

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-7 ข้อมูลของการติดตั้ง โคมของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

เสาที ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งสิ่ง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	5	1	Ge7460	-4	-4	18	22.60	11.52	0
		2		-4	-4	18	26.37	2.30	0
		3		-4	-4	18	11.30	16.13	0
		4		-4	-4	18	24.86	5.38	0
		5		-4	-4	18	24.11	15.36	0
2	5	1	Ge7460	-4	29.7	18	25.62	33.54	0
		2		-4	29.7	18	15.07	50.44	0
		3		-4	29.7	18	7.53	18.18	0
		4		-4	29.7	18	24.20	20.48	0
		5		-4	29.7	18	20.34	55.81	0
3	5	1	Ge7460	-4	61.7	18	25.62	57.86	0
		2		-4	61.7	18	15.07	40.96	0
		3		-4	61.7	18	20.34	35.59	0
		4		-4	61.7	18	24.20	70.92	0
		5		-4	61.7	18	7.53	73.22	0

ตารางที่ 5-7 (ต่อ) ข้อมูลของการติดตั้งโคมของสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
4	5	1	Ge7460	-4	95.4	18	22.60	79.88	0
		2		-4	95.4	18	11.30	75.27	0
		3		-4	95.4	18	26.37	89.10	0
		4		-4	95.4	18	24.11	76.04	0
		5		-4	95.4	18	24.86	86.02	0
5	5	1	Ge7460	59	-4	18	32.40	11.52	0
		2		59	-4	18	28.63	2.30	0
		3		59	-4	18	43.70	16.13	0
		4		59	-4	18	30.14	5.38	0
		5		59	-4	18	30.89	15.36	0
6	5	1	Ge7460	59	29.7	18	29.38	33.54	0
		2		59	29.7	18	39.93	50.44	0
		3		59	29.7	18	47.47	18.18	0
		4		59	29.7	18	30.80	20.48	0
		5		59	29.7	18	34.66	55.81	0
7	5	1	Ge7460	59	61.7	18	29.38	57.86	0
		2		59	61.7	18	39.93	40.96	0
		3		59	61.7	18	34.66	35.59	0
		4		59	61.7	18	30.80	70.92	0
		5		59	61.7	18	47.47	73.22	0
8	5	1	Ge7460	59	95.4	18	32.40	79.88	0
		2		59	95.4	18	43.70	75.27	0
		3		59	95.4	18	28.63	89.10	0
		4		59	95.4	18	30.89	76.04	0
		5		59	95.4	18	30.14	86.02	0

ตารางที่ 5-8 ข้อมูลของการติดตั้งกล้องของสนามกีฬา
สำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

กล้อง ตัวที่	ตำแหน่งกล้อง		
	X	Y	Z
1	27.5	-4	1.5
2	27.5	45.7	2
3	55	0	2

ตารางที่ 5-9 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณของสนามกีฬา
สำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	55	91.4	0	0	0	0

ข้อกำหนดในการให้แสงมีดังนี้ (การแข่งขันระดับนานาชาติ)

- 1) $E_{h, ave} \geq 500$ ลักซ์, $U1 \geq 0.5$, $U0 \geq 0.7$
- 2) $E_{TV main} \geq 1000$ ลักซ์, $U1 \geq 0.3$, $U0 \geq 0.5$
- 3) $E_{TV sec.} \geq 700$ ลักซ์, $U1 \geq 0.3$, $U0 \geq 0.5$
- 4) $GR \leq 50$

จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 5-10 ผลการวิเคราะห์การให้แสงสว่างบนสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

ความสว่าง บนระนาบ	จำนวนจุดคำนวณ		Emin (Lux)	Emax (Lux)	Eav (Lux)	U1 (Emin/Emax)	U0 (Emin/Eav)
	แกน X	แกน Y					
ระนาบนอน	10	10	1287.78	1799.21	1478.64	0.72	0.87
	55	100	1134.40	1810.85	1473.51	0.63	0.77
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 1	10	10	382.48	797.28	648.78	0.48	0.59
	55	100	239.72	832.54	644.87	0.29	0.37
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 2	10	10	520.65	818.81	647.84	0.64	0.80
	55	100	426.84	1161.36	650.05	0.37	0.66
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 3	10	10	413.03	1672.31	772.78	0.25	0.53
	55	100	300.30	1674.29	769.66	0.18	0.39

ตารางที่ 5-11 ผลการวิเคราะห์การเกิดแสงจ้าแยงตาจากการให้แสงสว่าง
บนสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

จุดสังเกตการณ์	พิกัดแสงจ้าแยงตา (Glare Rating : GR)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
กล้องตัวที่ 1	28.22	37.14	33.46
กล้องตัวที่ 2	24.49	38.35	33.26
กล้องตัวที่ 3	19.50	38.58	33.25

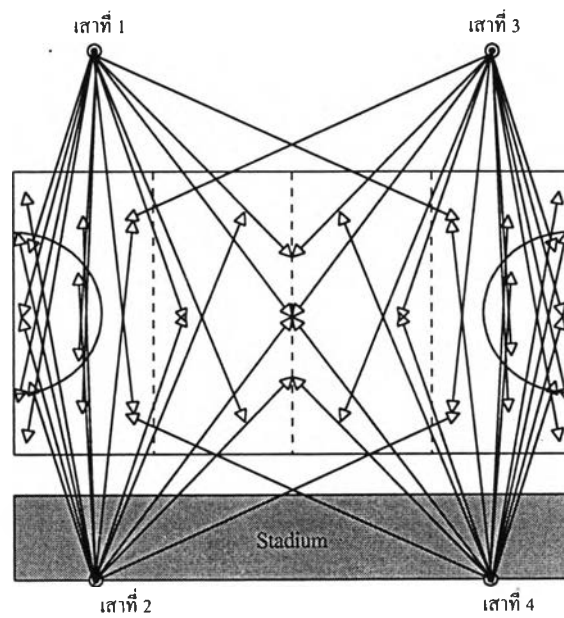
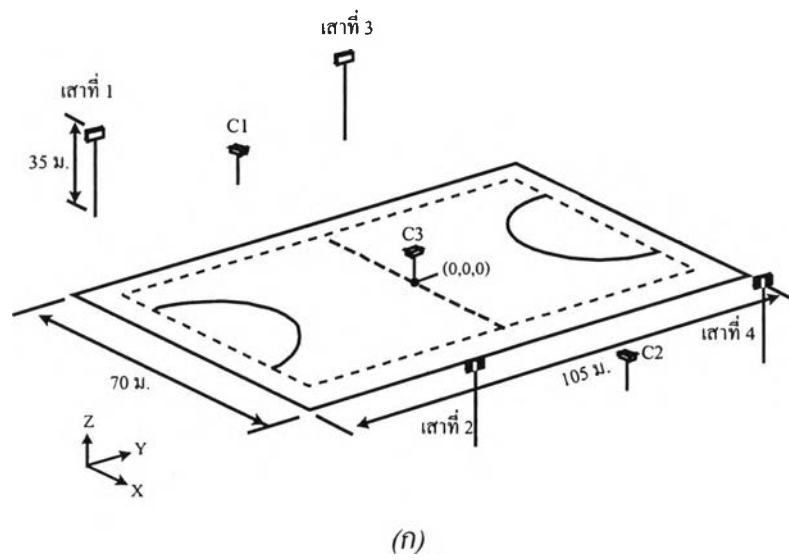
การวิเคราะห์ผล

- จากผลการคำนวณได้ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นสนาม 1,478.64 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ U1 (Emin/Emax) 0.72 และ U0 (Emin/Eav) 0.87 ซึ่งผ่านเงื่อนไขในการให้แสง
- สำหรับความสว่างบนระนาบที่ตั้งฉากกับแนวมองทั้ง 3 จุด คือ C1 (กล้องหลังประตู) C2 (ผู้เล่นที่จุดกลางสนาม) และ C3 (กล้องที่มุมสนาม) จะมีความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 648.78 ลักซ์ 647.84 ลักซ์ และ 772.78 ลักซ์ โดยมีความสม่ำเสมอ U1 เป็น 0.48, 0.64 และ 0.25 และ ความสม่ำเสมอ U0 เป็น 0.59, 0.8 และ 0.53 ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเงื่อนไขของการให้แสง
- ระดับแสงจ้าแยงตาสูงสุดที่มองเห็นจากจุดสังเกตการณ์ทั้ง 3 จุด จะเป็น 37.14 , 38.35 และ 38.58 ผ่านเงื่อนไขของการให้แสง
- ตัวอย่างการคำนวณนี้ไม่ผ่านเงื่อนไขของการให้แสงในเรื่อง E_{TV} ผู้ออกแบบจะต้องเพิ่มจำนวนดวงโคม ปรับจุดตั้งใหม่ หรือเปลี่ยนชนิดของดวงโคมแล้วตรวจสอบเงื่อนไขการให้แสงใหม่จนกว่าจะผ่านเงื่อนไขทุกรายการ

5.1.4 การให้แสงสว่างในสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

จากดวงโคมที่มีข้อมูลการกระจายแสงในระบบ C-γ

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 70 เมตร ยาว 105 เมตร โดยติดตั้งโคมฉายสูง 35 เมตร จำนวน 48 ดวง ใช้หลอดไฟ HPIT 2 กิโลวัตต์ (ϕ -lamp = 183,000 ลูเมน และใช้ค่า LLF = 0.8) ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ข การแสดงการกระจายแสงใช้ระบบมุม C-γ) และมีการติดตั้งกล้องสำหรับถ่ายทอดกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่คำนวณจำนวน 3 ตัว ข้อมูลทั้งหมดนี้มีการจัดวางดังรูปที่ 5-4



รูปที่ 5-4 ลักษณะของพื้นที่คำนวณของการแข่งขันระดับนานาชาติ

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-12 ข้อมูลของการติดตั้งโคม

เสา คันที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	12	1	MVF 480/2kW	-65	-36	35	25.17	-40.89	0
		2		-65	-36	35	-0.26	-51.38	0
		3		-65	-36	35	1.32	-20.81	0
		4		-65	-36	35	26.87	-11.33	0
		5		-65	-36	35	12.38	-40.57	0
		6		-65	-36	35	-26.35	30.56	0
		7		-65	-36	35	-14.23	-0.26	0
		8		-65	-36	35	25.29	-29.77	0
		9		-65	-36	35	32.51	-51.12	0
		10		-65	-36	35	-16.86	-48.74	0
		11		-65	-36	35	0.79	0	0
		12		-65	-36	35	23.19	-51.90	0
2	12	1	MVF 480/2kW	65	-36	35	-25.17	-40.89	0
		2		65	-36	35	0.26	-51.38	0
		3		65	-36	35	-1.32	-20.81	0
		4		65	-36	35	-26.87	-11.33	0
		5		65	-36	35	-12.38	-40.57	0
		6		65	-36	35	26.35	30.56	0
		7		65	-36	35	14.23	-0.26	0
		8		65	-36	35	-25.29	-29.77	0
		9		65	-36	35	-32.51	-51.12	0
		10		65	-36	35	16.86	-48.74	0
		11		65	-36	35	-0.79	0	0
		12		65	-36	35	-23.19	-51.90	0

ตารางที่ 5-12 (ต่อ) ข้อมูลของการติดตั้งโคม

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ค่าพิกัด		
				X	Y	Z	X	Y	Z
3	12	1	MVF 480/2kW	-65	36	35	15.17	40.89	0
		2		-65	36	35	-0.26	51.38	0
		3		-65	36	35	1.32	20.81	0
		4		-65	36	35	26.87	11.33	0
		5		-65	36	35	12.38	40.57	0
		6		-65	36	35	-26.35	-30.56	0
		7		-65	36	35	-14.23	0.26	0
		8		-65	36	35	25.29	29.77	0
		9		-65	36	35	32.51	51.12	0
		10		-65	36	35	-16.86	48.74	0
		11		-65	36	35	0.79	0	0
		12		-65	36	35	23.19	51.90	0
4	12	1	MVF 480/2kW	65	36	35	-25.17	40.89	0
		2		65	36	35	0.26	51.38	0
		3		65	36	35	-1.32	20.81	0
		4		65	36	35	-26.87	11.33	0
		5		65	36	35	-12.38	40.57	0
		6		65	36	35	26.35	-30.56	0
		7		65	36	35	14.23	0.26	0
		8		65	36	35	-25.29	29.77	0
		9		65	36	35	-32.51	51.12	0
		10		65	36	35	16.86	48.74	0
		11		65	36	35	-0.79	0	0
		12		65	36	35	-23.19	51.90	0

ตารางที่ 5-13 ข้อมูลของการติดตั้งกล้อง

กล้องตัวที่	ตำแหน่งกล้อง		
	X	Y	Z
1 (Main)	-60.00	0.00	18
2 (Secondary)	55.00	0.00	12
3	0.00	0.00	1.5

ตารางที่ 5-14 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณ

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	70	105	-35	-52.5	0	0

ข้อกำหนดในการให้แสงมีดังนี้ (การแข่งขันระดับนานาชาติ)

- 1) $E_{h, ave} \geq 500$ ลักซ์, $U1 \geq 0.5$, $U0 \geq 0.7$
- 2) $E_{TV\ main} \geq 1000$ ลักซ์, $U1 \geq 0.3$, $U0 \geq 0.5$
- 3) $E_{TV\ sec.} \geq 700$ ลักซ์, $U1 \geq 0.3$, $U0 \geq 0.5$
- 4) $GR \leq 50$

จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 5-15 ผลการวิเคราะห์การให้แสงสว่างบนสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

ความสว่าง บนระนาบ	จำนวนจุดคำนวณ		Emin (Lux)	Emax (Lux)	Eav (Lux)	U1 (Emin/Emax)	U0 (Emin/Eav)
	แกน X	แกน Y					
ระนาบนอน	10	10	154.36	247.59	201.96	0.62	0.76
	55	100	139.15	253.78	201.59	0.55	0.69
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 1	10	10	131.33	267.13	199.56	0.49	0.66
	55	100	116.13	268.57	199.07	0.43	0.58
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 2	10	10	129.21	261.08	192.36	0.49	0.67
	55	100	114.48	262.43	191.76	0.44	0.60
ระนาบที่ตั้งฉากกับแนว มองจากกล้องตัวที่ 3	10	10	82.70	200.40	131.96	0.41	0.61
	55	100	63.55	231.02	132.72	0.28	0.48

ตารางที่ 5-16 ผลการวิเคราะห์การเกิดแสงจ้าแยงตาจากการให้แสงสว่าง
บนสนามกีฬาสำหรับการแข่งขันระดับนานาชาติ

จุดสังเกตการณ์	พิกัดแสงจ้าแยงตา (Glare Rating : GR)		
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
กล้องตัวที่ 1	19.37	37.44	31.06
กล้องตัวที่ 2	18.53	39.03	31.67
กล้องตัวที่ 3	10	35.31	25.38

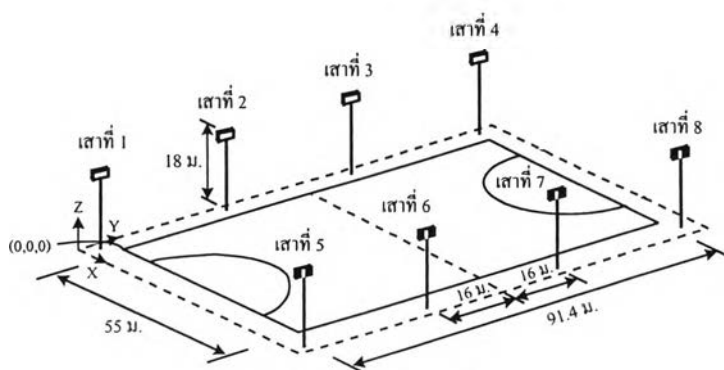
การวิเคราะห์ผล

- ก. จากผลการคำนวณได้ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นสนาม 201.96 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ U1 (Emin/Emax) 0.62 และ U0 (Emin/Eav) 0.76 ซึ่งไม่ผ่านเงื่อนไขในการให้แสง
- ข. สำหรับความสว่างบนระนาบที่ตั้งฉากกับแนวมองทั้ง 3 จุด คือ C1 (Main Camera) C2 (Secondary Camera) และ C3 (ผู้เล่นที่จุดกลางสนาม) จะมีความสว่างเฉลี่ยอยู่ที่ระดับ 199.56 ลักซ์ 192.36 ลักซ์ และ 131.96 ลักซ์ โดยมีความสม่ำเสมอ U1 เป็น 0.49, 0.49 และ 0.41 และความสม่ำเสมอ U0 เป็น 0.66, 0.67 และ 0.61 ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเงื่อนไขของการให้แสง
- ค. ระดับแสงจ้าแรงแทงสูงสุดที่มองเห็นจากจุดสังเกตการณ์ทั้ง 3 จุด จะเป็น 37.44, 39.03 และ 35.31 ผ่านเงื่อนไขของการให้แสง
- ง. ตัวอย่างการคำนวณนี้ไม่ผ่านเงื่อนไขของการให้แสงในเรื่องระดับความสว่าง จากผลการวิเคราะห์ข้อ ก. พบว่าผ่านเงื่อนไขของการให้แสงในกรณีเป็นสนามฝึกซ้อมเท่านั้น หากต้องการให้ผ่านเงื่อนไขของการให้แสงในระดับการแข่งขันระดับนานาชาติ จะต้องเพิ่มดวงโคมอีกประมาณ 4 เท้าตัว

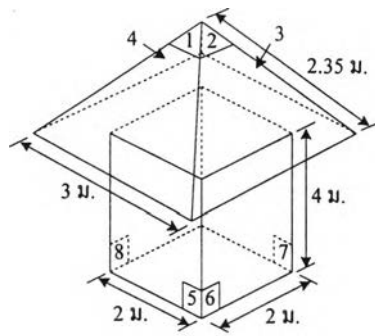
5.2 กรณีที่ 2 พิจารณาการเกิดเงาบนพื้นที่คำนวณ

5.2.1 วัตถุประสงค์สามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 55 เมตร ยาว 91.4 เมตร ติดตั้งโคมฉายสูง 18 เมตร จำนวน 8 ดวง (ϕ -lamp = 50,000 ลูเมน) มีลักษณะการวางดวงโคมดังรูปที่ 5-5 วัตถุประสงค์นี้มีลักษณะดังรูปที่ 5-6 โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรกให้จุดศูนย์กลางวัตถุอยู่ที่พิกัด X = 27.5 เมตร Y = 45.7 เมตร และ ตำแหน่งที่ 2 ให้จุดศูนย์กลางวัตถุอยู่ที่พิกัด X = 27.5 เมตร Y = 22.85 เมตร แล้วศึกษาผลของเงาที่มีต่อความสว่างในแนวระนาบจากการให้แสงในรูปแบบต่างๆ 3 กรณี



รูปที่ 5-5 ลักษณะของพื้นที่คำนวณ



รูปที่ 5-6 ลักษณะของวัตถุ

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-17 ข้อมูลของการติดตั้งโคม

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	1	1	Ge7460	-4	-4	18	22.60	11.52	0
2	1	1	Ge7460	-4	29.7	18	25.62	33.54	0
3	1	1	Ge7460	-4	61.7	18	25.62	57.86	0
4	1	1	Ge7460	-4	95.4	18	22.60	79.88	0
5	1	1	Ge7460	59	-4	18	32.40	11.52	0
6	1	1	Ge7460	59	29.7	18	29.38	33.54	0
7	1	1	Ge7460	59	61.7	18	29.38	57.86	0
8	1	1	Ge7460	59	95.4	18	32.40	79.88	0

ตารางที่ 5-18 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณ

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	55	91.4	0	0	0	0

ตารางที่ 5-19 ข้อมูลของวัตถุในตำแหน่งที่ 1

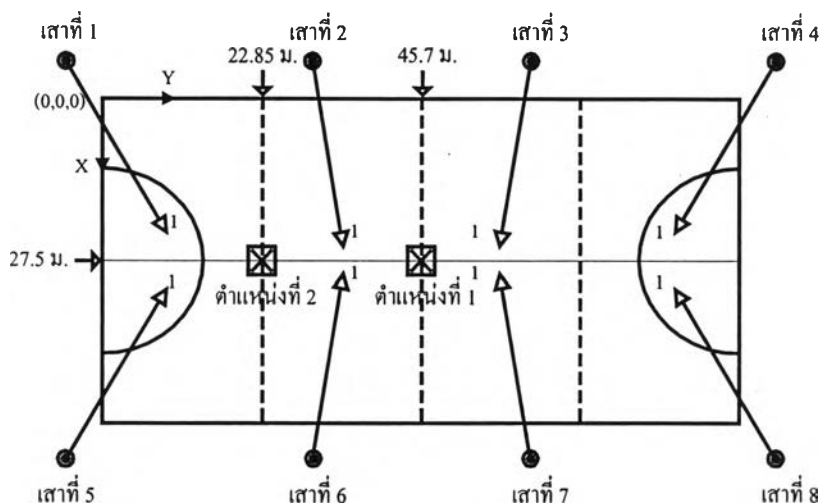
คู่ขั้ว	(Coordinate)	วัตถุรูปสามเหลี่ยมจันท์				วัตถุรูปสี่เหลี่ยมจันท์			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	X (m)	26.00	29.00	29.00	26.00	26.50	28.50	28.50	26.50
	Y (m)	44.20	44.20	47.20	44.20	44.70	44.70	46.70	44.70
	Z (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	0	0	0	0
2	X (m)	29.00	29.00	26.00	26.00	28.50	28.50	26.50	26.50
	Y (m)	44.20	47.20	47.20	47.20	44.70	46.70	46.70	46.70
	Z (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	0	0	0	0
3	X (m)	27.50	27.50	27.50	27.50	28.50	28.50	26.50	26.50
	Y (m)	45.70	45.70	45.70	45.70	44.70	46.70	46.70	46.70
	Z (m)	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4	X (m)	-	-	-	-	26.50	28.50	28.50	26.50
	Y (m)	-	-	-	-	44.70	44.70	46.70	44.70
	Z (m)	-	-	-	-	4.00	4.00	4.00	4.00

ตารางที่ 5-20 ข้อมูลของวัตถุในตำแหน่งที่ 2

คู่ขั้ว	(Coordinate)	วัตถุรูปสามเหลี่ยมจันท์				วัตถุรูปสี่เหลี่ยมจันท์			
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	X (m)	26.00	29.00	29.00	26.00	26.50	28.50	28.50	26.50
	Y (m)	21.35	21.35	24.35	21.35	21.85	21.85	23.85	21.85
	Z (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	0	0	0	0
2	X (m)	29.00	29.00	26.00	26.00	28.50	28.50	26.50	26.50
	Y (m)	21.35	24.35	24.35	24.35	21.85	23.85	23.85	23.85
	Z (m)	4.00	4.00	4.00	4.00	0	0	0	0
3	X (m)	27.50	27.50	27.50	27.50	28.50	28.50	26.50	26.50
	Y (m)	22.85	22.85	22.85	22.85	21.85	23.85	23.85	23.85
	Z (m)	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00
4	X (m)	-	-	-	-	26.50	28.50	28.50	26.50
	Y (m)	-	-	-	-	21.85	21.85	23.85	21.85
	Z (m)	-	-	-	-	4.00	4.00	4.00	4.00

จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

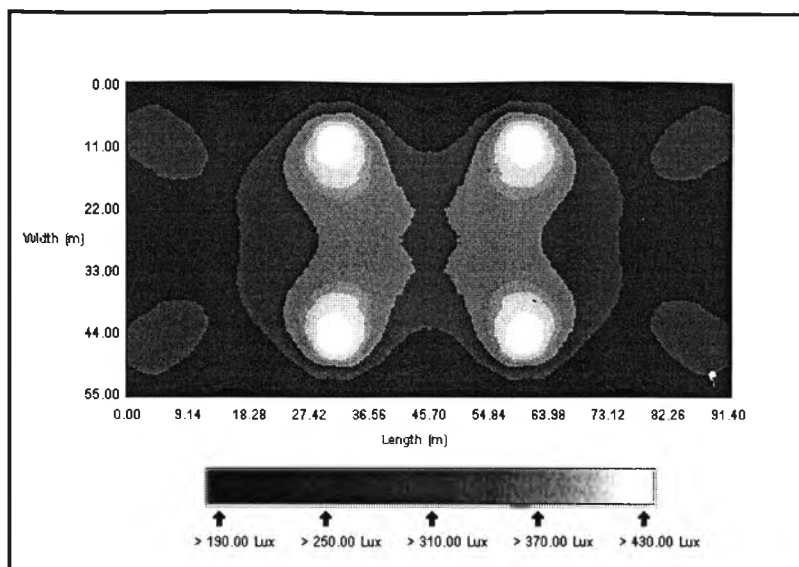
- กรณีที่ 1 ติดตั้งโคมฉาย 8 ดวง ดังรูปที่ 5-7



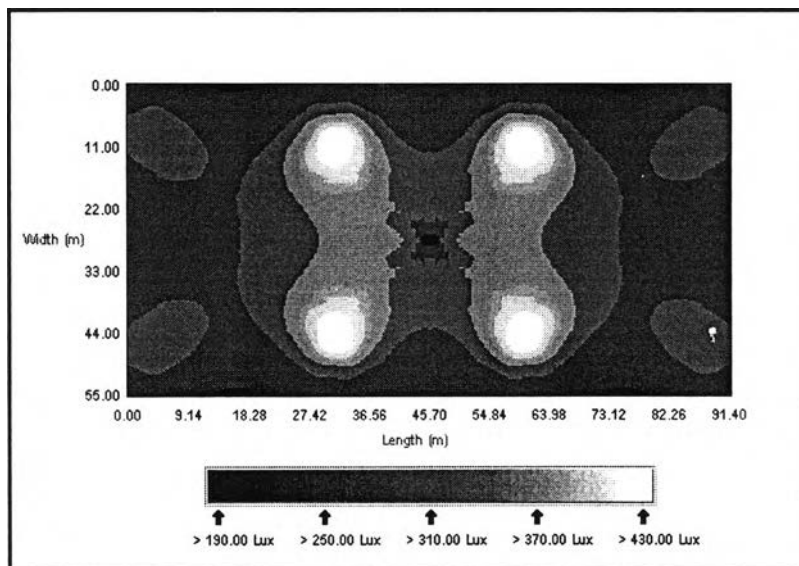
รูปที่ 5-7 ลักษณะการติดตั้งดวงโคมบนพื้นที่คำนวณในกรณีที่ 1

ตารางที่ 5-21 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของความสว่าง
บนระนาบนอนในกรณีที่ 1

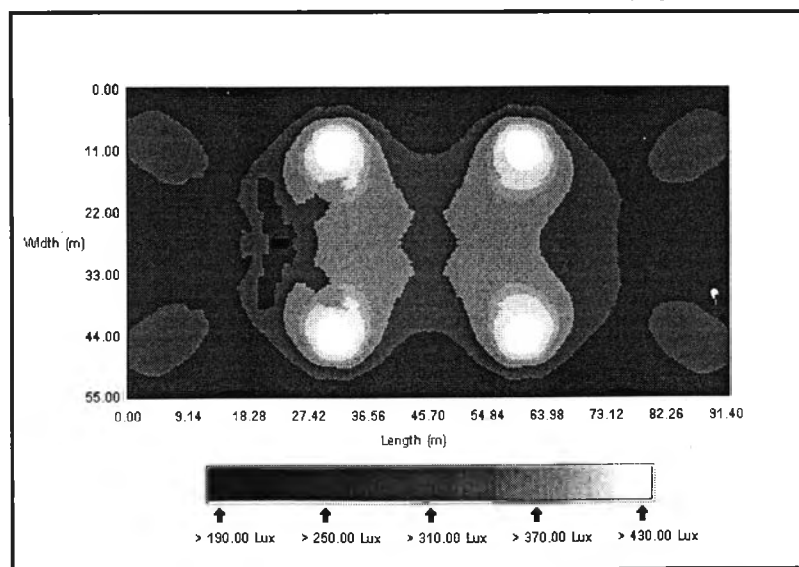
ตำแหน่งของวัตถุ ในสนาม	จำนวนจุดคำนวณ		E _{min} (Lux)	E _{max} (Lux)	E _{av} (Lux)	U ₁ (E _{min} /E _{max})	U ₀ (E _{min} /E _{av})
	แกน X	แกน Y					
1. ไม่มีวัตถุในสนาม	55	100	133.15	446.00	319.26	0.30	0.42
2. ตำแหน่งที่ 1	55	100	133.15	446.00	317.00	0.30	0.42
3. ตำแหน่งที่ 2	55	100	133.15	446.00	317.33	0.30	0.42



รูปที่ 5-8 ภาพแรงแสงของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อไม่มีวัตดูในสนาม

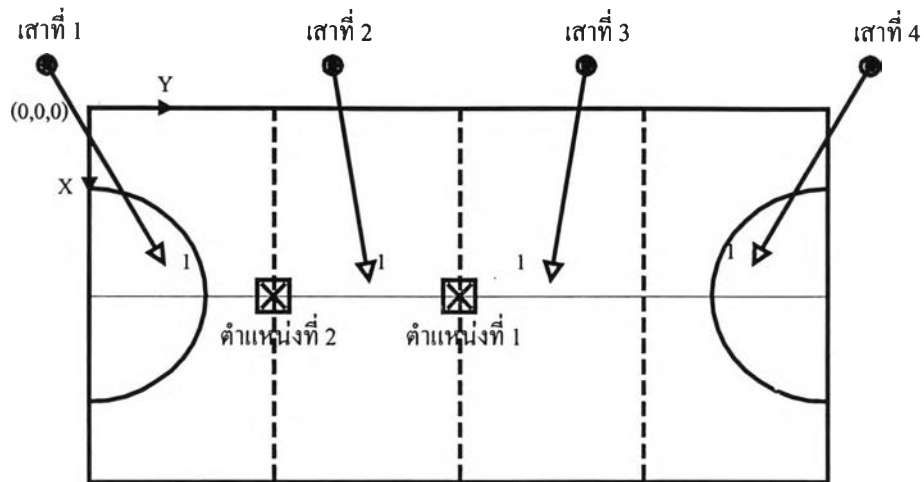


รูปที่ 5-9 ภาพแรงแสงของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อวัตดูอยู่ในตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 5-10 ภาพแรงแสงของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อวัตดูอยู่ในตำแหน่งที่ 2

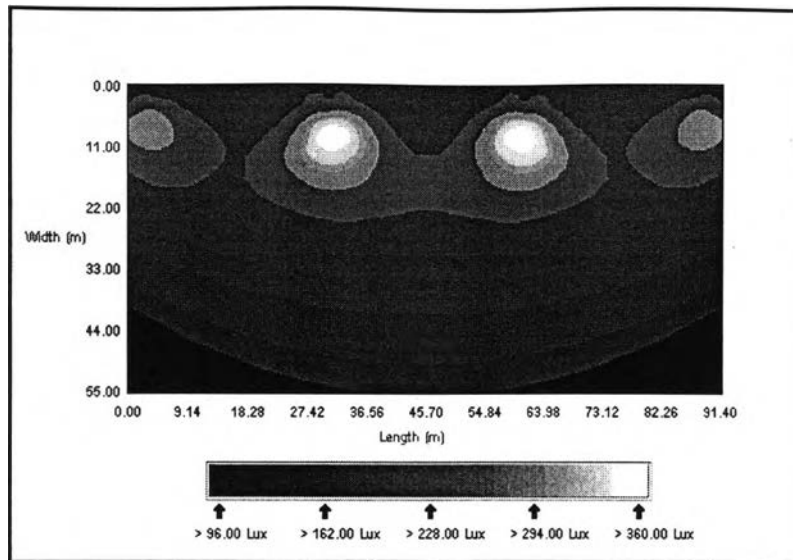
- กรณีที่ 2 ติดตั้งโคมฉาย 4 ดวง ดังรูปที่ 5-11



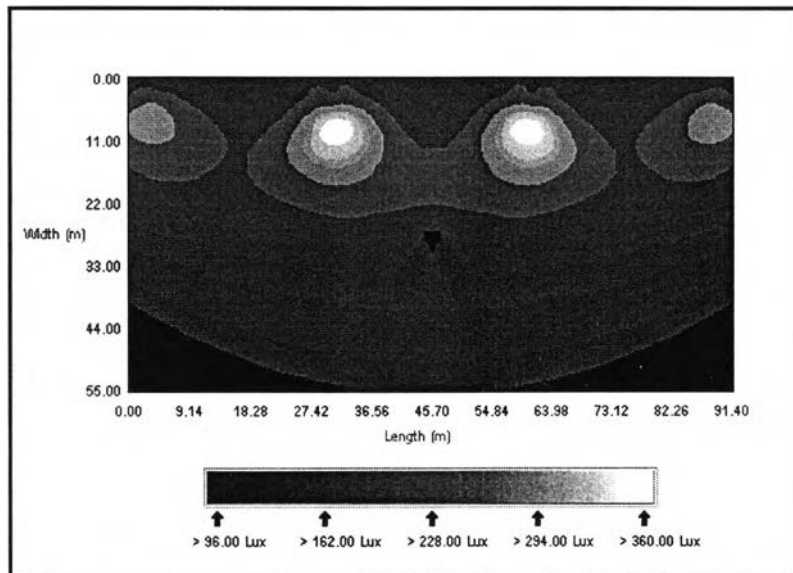
รูปที่ 5-11 ลักษณะการติดตั้งดวงโคมบนพื้นที่คำนวณในกรณีที่ 2

ตารางที่ 5-22 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่ 2

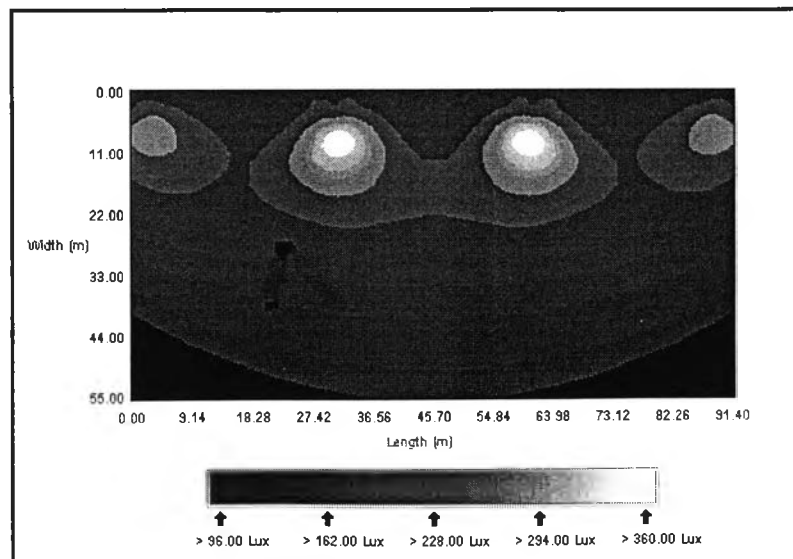
ตำแหน่งของวัตถุ ในสนาม	จำนวนจุดคำนวณ		E _{min} (Lux)	E _{max} (Lux)	E _{av} (Lux)	U1 (E _{min} /E _{max})	U0 (E _{min} /E _{av})
	แกน X	แกน Y					
1. ไม่มีวัตถุในสนาม	55	100	23.83	373.64	159.63	0.06	0.15
2. ตำแหน่งที่ 1	55	100	23.93	373.64	158.50	0.06	0.15
3. ตำแหน่งที่ 2	55	100	13.48	373.64	158.67	0.04	0.08



รูปที่ 5-12 ภาพแรงเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อไม่มีวัตถุในสนาม

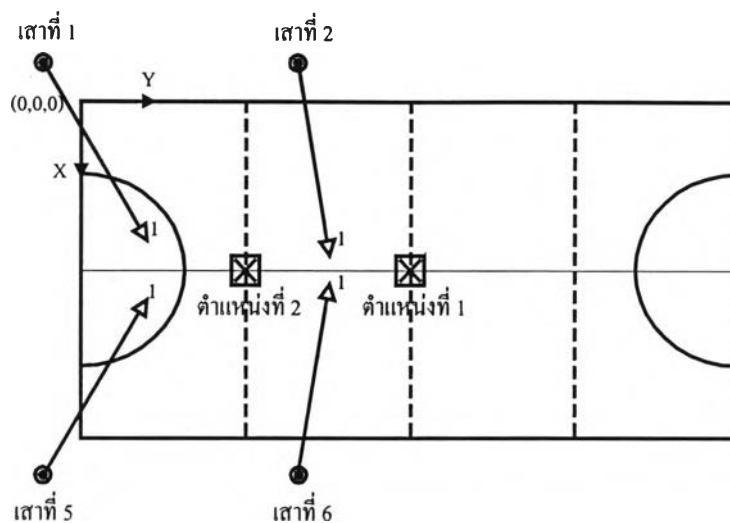


รูปที่ 5-13 ภาพแรงเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 5-14 ภาพแรงเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อวัตถุอยู่ในตำแหน่งที่ 2

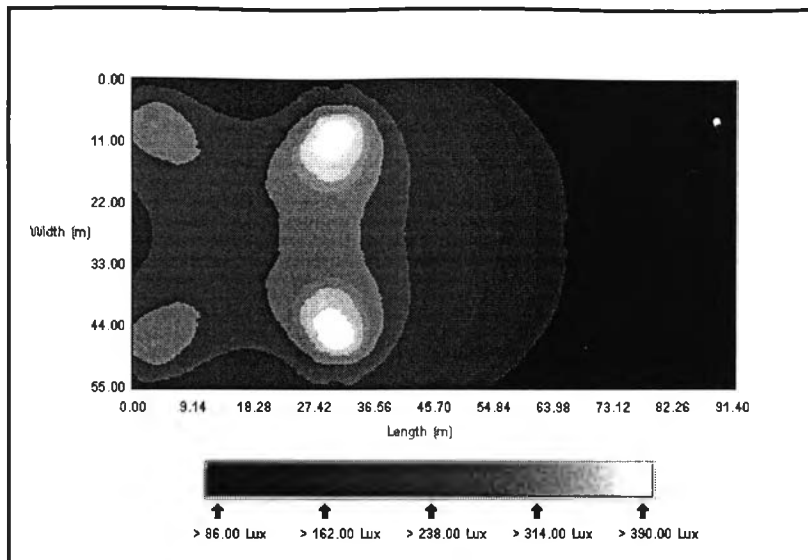
- กรณีที่ 3 ติดตั้งโคมฉาย 4 ดวง ดังรูปที่ 5-15



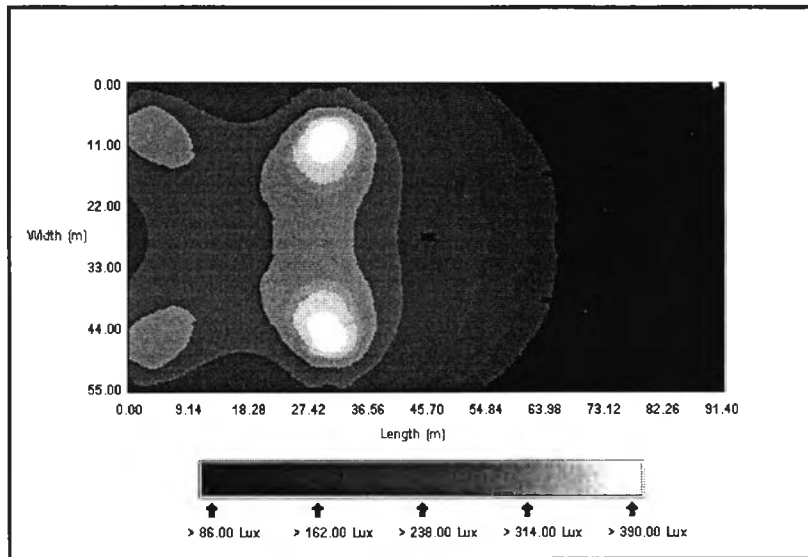
รูปที่ 5-15 ลักษณะการติดตั้งดวงโคมบนพื้นที่คำนวณในกรณีที่ 3

ตารางที่ 5-23 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างและความสม่ำเสมอของความสว่าง
บนระนาบนอนในกรณีที่ 3

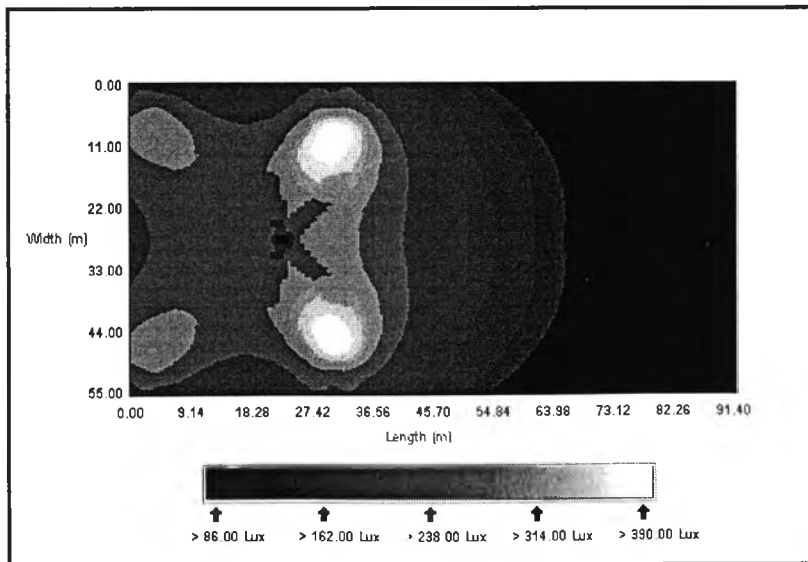
ตำแหน่งของวัตถุ ในสนาม	จำนวนจุดคำนวณ		E _{min} (Lux)	E _{max} (Lux)	E _{av} (Lux)	U1 (E _{min} /E _{max})	U0 (E _{min} /E _{av})
	แกน X	แกน Y					
1. ไม่มีวัตถุในสนาม	55	100	4.17	408.40	159.63	0.01	0.03
2. ตำแหน่งที่ 1	55	100	4.17	408.40	158.50	0.01	0.03
3. ตำแหน่งที่ 2	55	100	4.17	408.40	157.92	0.01	0.03



รูปที่ 5-16 ภาพแรเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อไม่มีหลอดในสนาม



รูปที่ 5-17 ภาพแรเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อหลอดอยู่ในตำแหน่งที่ 1



รูปที่ 5-18 ภาพแรเงาของความสว่างบนระนาบนอนเมื่อหลอดอยู่ในตำแหน่งที่ 2

การวิเคราะห์ผล

ผลการวิเคราะห์พิจารณาการวางวัตถุ 2 ตำแหน่ง ดังนี้

ก. ตัวอย่างนี้แสดงให้เห็นลักษณะของการกำหนดจุดติดตั้งดวงโคม 3 รูปแบบ ที่มีผลต่อการเกิดเงาของวัตถุซึ่งอยู่ในตำแหน่งแตกต่างกันไป

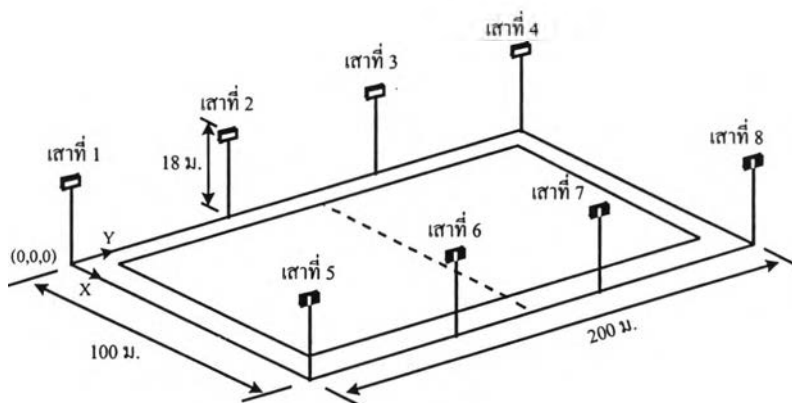
ข. กรณีที่ 1 วัตถุในตำแหน่งที่ 1 จะได้รับผลจากโคมทั้ง 8 ดวง ทำให้เงาที่เกิดขึ้นมีลักษณะทอดยาวไปบนพื้นสนามแบบสมมาตรกันทั้งด้านบนกับด้านล่างและด้านซ้ายกับด้านขวา ส่วนตำแหน่งที่ 2 เงาที่เกิดขึ้นจะได้รับอิทธิพลจากโคมที่อยู่ทางด้านซ้ายมือเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของเงาจึงเกิดขึ้นทางด้านขวามือ

ค. กรณีที่ 2 ติดตั้งโคม 4 ดวง ทางด้านบนของสนาม วัตถุในตำแหน่งที่ 1 จะได้รับผลจากโคมทั้ง 4 ดวง ทำให้เงาที่เกิดขึ้นมีลักษณะทอดยาวลงมาด้านล่างของพื้นสนามแบบสมมาตรกันทั้งด้านซ้ายกับด้านขวา ส่วนตำแหน่งที่ 2 เงาที่เกิดขึ้นจะได้รับอิทธิพลจากโคมที่อยู่ทางด้านซ้ายมือเป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของเงาจึงเกิดขึ้นทางด้านขวามือเช่นเดียวกัน

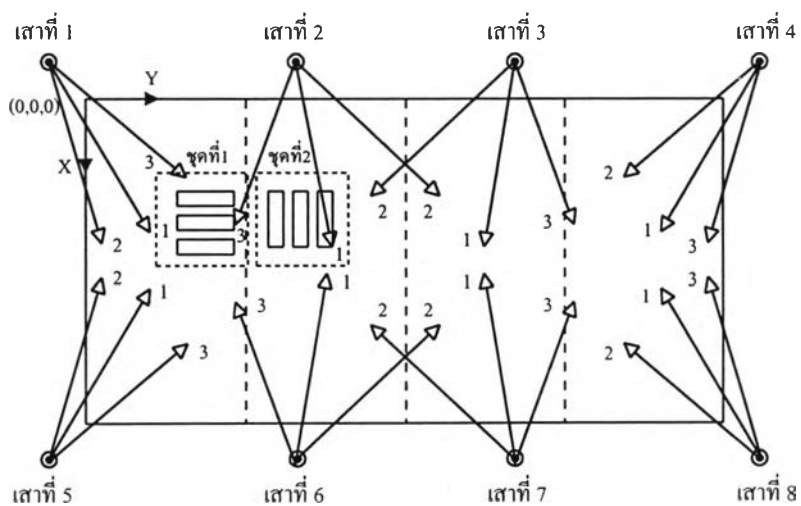
ง. ส่วนกรณีที่ 3 ติดตั้งโคม 4 ดวง ทางด้านซ้ายของสนาม ซึ่งวัตถุในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 2 จะได้รับอิทธิพลจากโคมทั้ง 4 ดวงเช่นกัน แต่ผลของเงาที่เกิดขึ้นพบว่าเงาของวัตถุที่ 1 ยาวกว่า เงาของวัตถุที่ 2 เนื่องจากผลของระยะห่างจากดวงโคม

5.2.2 พิจารณาการจำลองวัตถุเป็นคู่สินค้า

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 100 เมตร ยาว 200 เมตร ติดตั้งโคมฉายสูง 18 เมตร จำนวน 24 ดวง ($\phi - lamp = 20,000$ ลูเมน) มีลักษณะการวางดวงโคมและจุดเล็งแสดงดังรูปที่ 5-19 ในกรณีนี้มีวัตถุวางอยู่ในพื้นที่คำนวณดังรูปที่ 5-19 (ข) วัตถุที่พิจารณามีลักษณะดังรูปที่ 5-20 แล้วศึกษาผลของเงาที่มีต่อความสว่างในแนวระนาบ

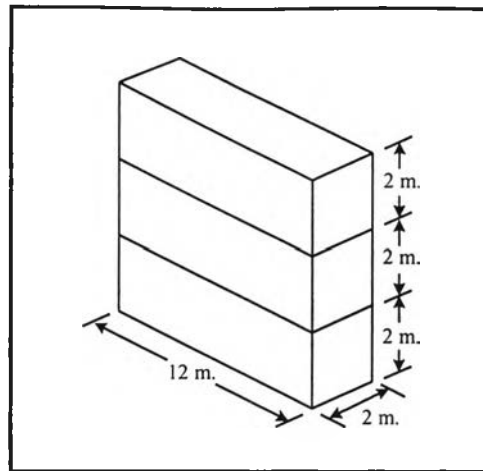


(ก)



(ข)

รูปที่ 5-19 ลักษณะของพื้นที่ที่พิจารณาการจำลองวัตถุเป็นคู่สินค้า



รูปที่ 5-20 ลักษณะของผู้สินค้า

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-24 ข้อมูลของการติดตั้งโคม

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	3	1	Ge7460	0	0	18	43	30	0
		2		0	0	18	48	15	0
		3		0	0	18	25	42	0
2	3	1	Ge7460	0	70	18	47	78	0
		2		0	70	18	30	113	0
		3		0	70	18	35	50	0
3	3	1	Ge7460	0	130	18	47	122	0
		2		0	130	18	30	87	0
		3		0	130	18	35	150	0
4	3	1	Ge7460	0	200	18	43	170	0
		2		0	200	18	48	185	0
		3		0	200	18	25	158	0
5	3	1	Ge7460	100	0	18	57	30	0
		2		100	0	18	52	15	0
		3		100	0	18	75	42	0
6	3	1	Ge7460	100	70	18	53	78	0
		2		100	70	18	70	113	0
		3		100	70	18	65	50	0

ตารางที่ 5-24 (ต่อ) ข้อมูลของการติดตั้งโคม

เสา คันที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
7	3	1	Ge7460	100	130	18	53	122	0
		2		100	130	18	70	87	0
		3		100	130	18	65	150	0
8	3	1	Ge7460	100	200	18	57	170	0
		2		100	200	18	52	185	0
		3		100	200	18	75	158	0

ตารางที่ 5-25 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณ

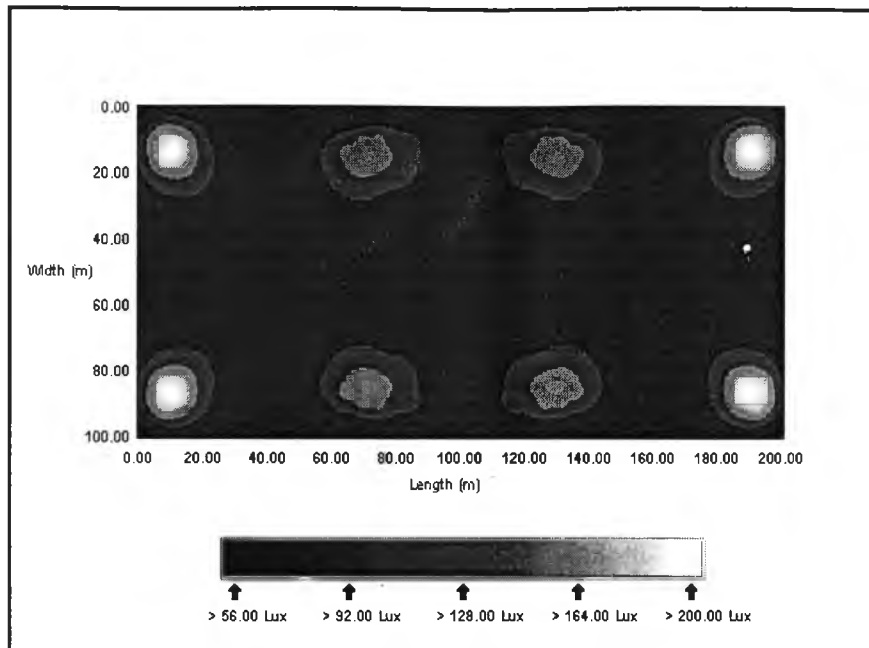
จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	100	200	0	0	0	0
2	60	90	0	0	0	0
3	50	40	0	0	0	0
4	30	30	15	30	0	0

จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

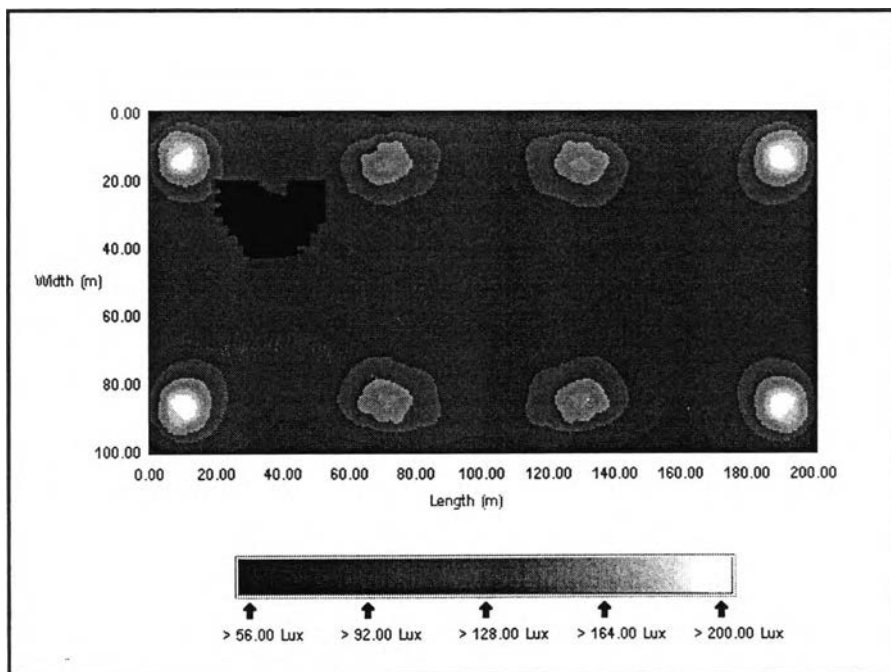
ตารางที่ 5-26 ผลของความสว่างบนระนาบนอนในแต่ละพื้นที่

ขนาดพื้นที่ (เมตร × เมตร)	จำนวนจุดคำนวณ		อุณหภูมิต่ำ	E _{min} (Lux)	E _{max} (Lux)	E _{av} (Lux)	U ₁ (E _{min} /E _{max})	U ₀ (E _{min} /E _{av})
	แกน X	แกน Y						
พื้นที่ 1 (100 × 200)	100	200	ไม่มี	11.79	213.33	100.37	0.06	0.12
			มี	1.23	213.33	97.18	0.01	0.01
พื้นที่ 2 (60 × 90)	120	180	ไม่มี	9.85	213.46	97.32	0.05	0.10
			มี	0.45	211.34	85.61	0	0.01
พื้นที่ 3 (50 × 40)	200	160	ไม่มี	9.93	213.47	102.24	0.05	0.10
			มี	0.44	211.46	83.96	0	0.01
พื้นที่ 4 (30 × 30)	120	120	ไม่มี	70.52	150.27	87.88	0.47	0.80
			มี	0.46	145.7	47.89	0	0.01

- พื้นที่ 1 (ขนาด 100 × 200 ตารางเมตร)

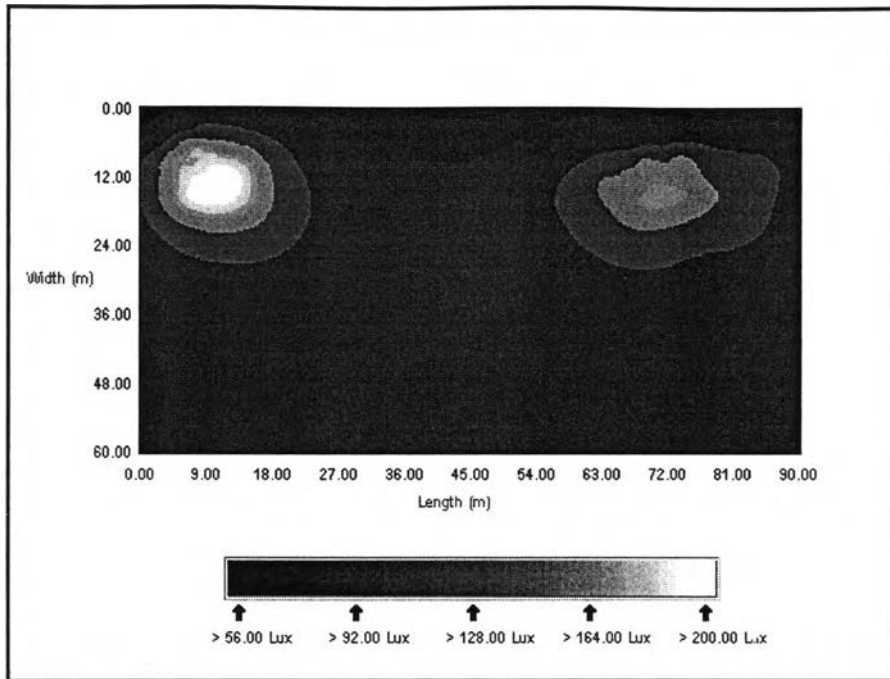


รูปที่ 5-21 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 1 กรณีไม่มีวัตถุ

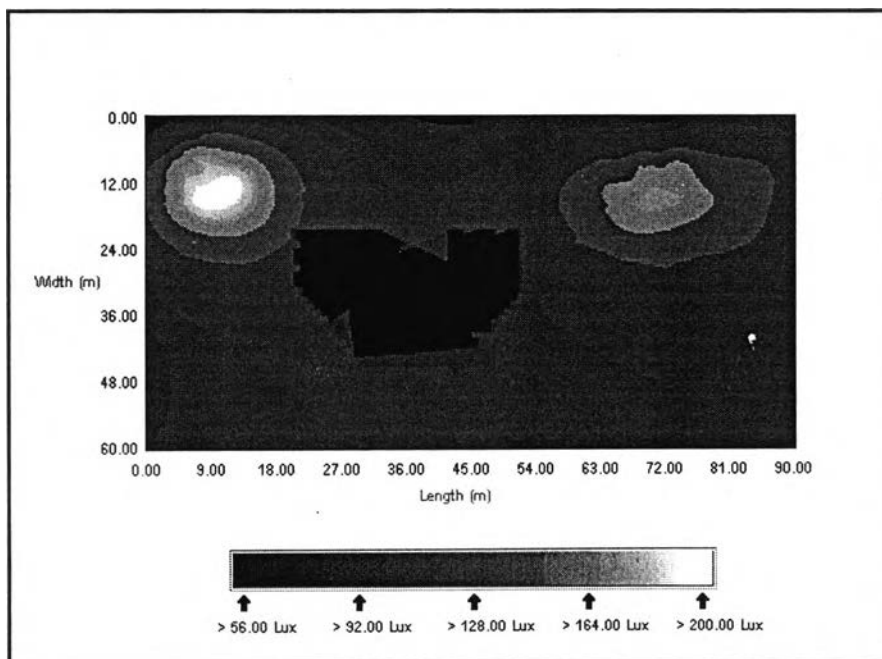


รูปที่ 5-22 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 1 กรณีมีวัตถุ

- พื้นที่ 2 (ขนาด 60 × 90 ตารางเมตร)

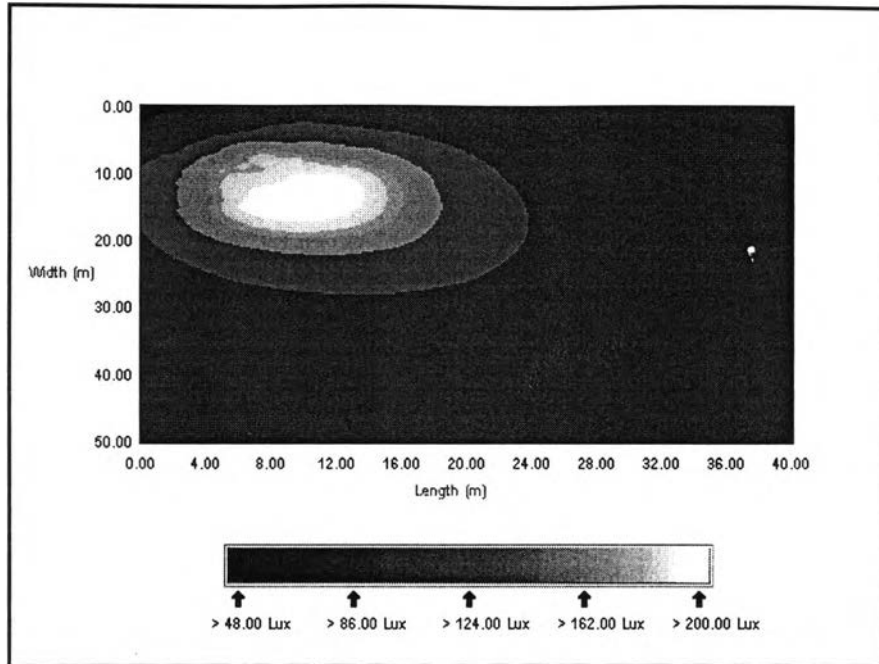


รูปที่ 5-23 ภาพแรงของแสงบนระนาบนอนในพื้นที่ 2 กรณีไม่มีวัตถุ

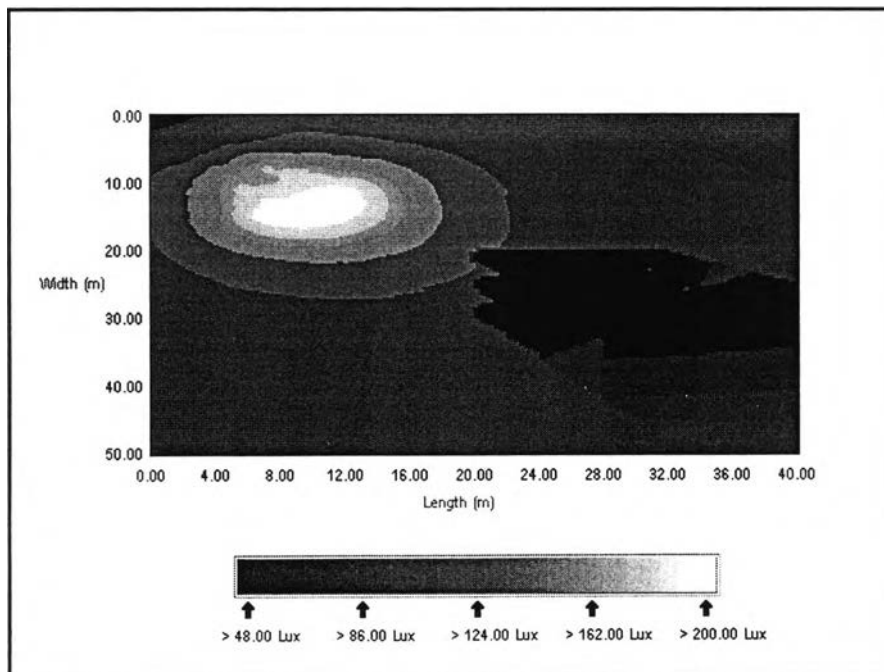


รูปที่ 5-24 ภาพแรงของแสงบนระนาบนอนในพื้นที่ 2 กรณีมีวัตถุ

- พื้นที่ 3 (ขนาด 50 x40 ตารางเมตร)

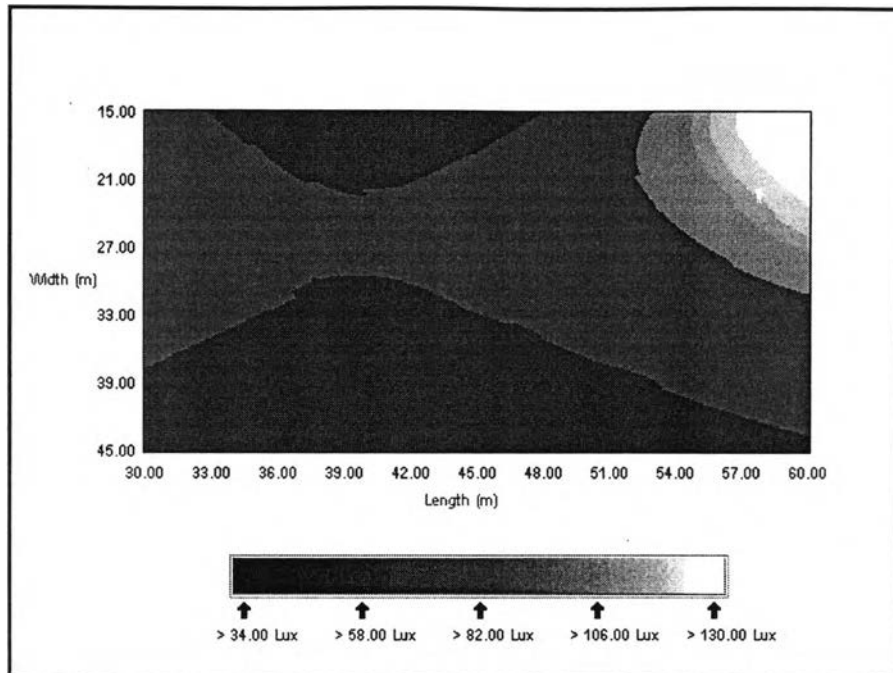


รูปที่ 5-25 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 3 กรณีไม่มีวัตถุ

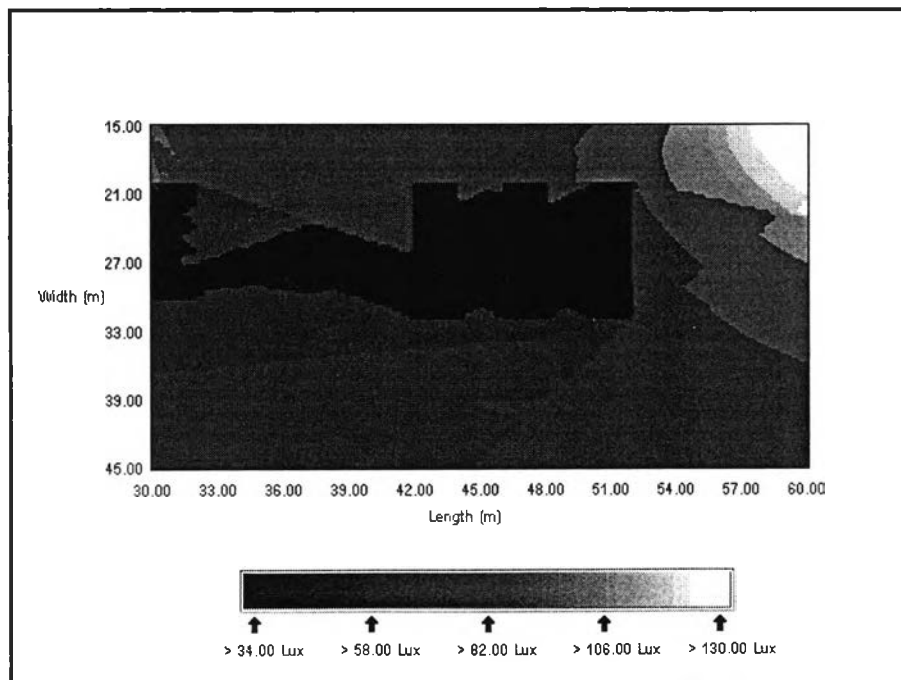


รูปที่ 5-26 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 3 กรณีมีวัตถุ

- พื้นที่ 4 (ขนาด 30 × 30 ตารางเมตร)



รูปที่ 5-27 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 4 กรณีไม่มีวัตถุ



รูปที่ 5-28 ภาพแรงของแสงสว่างบนระนาบนอนในพื้นที่ 4 กรณีมีวัตถุ

การวิเคราะห์ผล

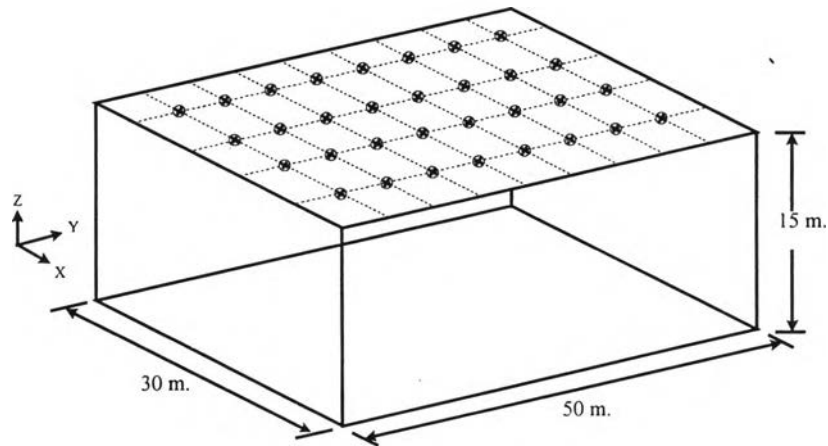
ตัวอย่างนี้แสดงถึงการเกิดเงาในพื้นที่วางตู้สินค้า โดยจำลองการวางตู้สินค้าดังรูปที่ 5-19 แบ่งพิจารณาเงาที่เกิดบนพื้นที่เป็น 4 กรณี

ก. พื้นที่ 1 และพื้นที่ 2 พิจารณาผลของเงาที่เกิดจากตู้สินค้าทั้ง 2 ชุด (18 ตู้) ส่วนพื้นที่ 3 และพื้นที่ 4 ได้แบ่งพื้นที่เพื่อพิจารณาเงาของวัตถุแต่ละชุด จะพบว่าบริเวณที่วางตู้สินค้าจะมีลักษณะเป็นเงามืด เนื่องจากเงาของวัตถุชุดที่ 1 และเงาของวัตถุชุดที่ 2

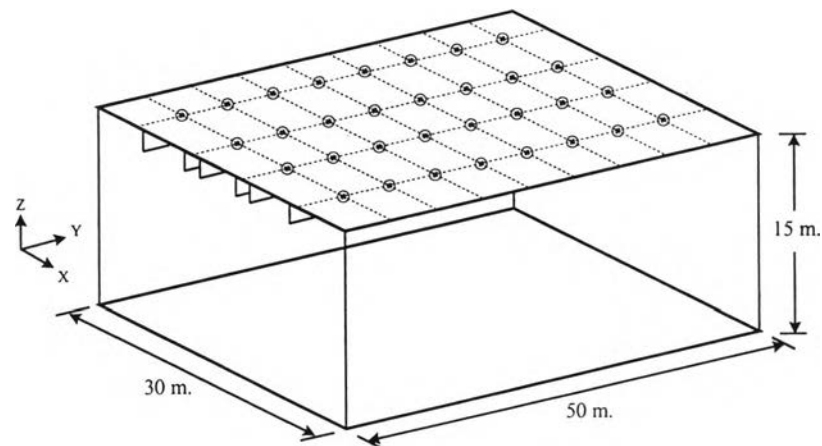
ข. ตัวอย่างผลการวิเคราะห์กรณีนี้ วิศวกรผู้ออกแบบไฟส่องสว่างบนพื้นที่วางตู้สินค้าสามารถใช้ประเมินความเหมาะสมของการกำหนดจุดติดตั้งดวงโคม ทิศทางการให้แสง จำนวนชุดของดวงโคม ตลอดจนความกว้างของลำแสงจากดวงโคมแต่ละชุดได้ว่า การให้แสงสว่างลักษณะใดจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เช่น เกิดเงาน้อยที่สุด ได้รับความสม่ำเสมอของความสว่างสูงที่สุด

5.2.3 การออกแบบไฟแสงสว่างโดยใช้ฉากบังแสง (การประยุกต์เรื่องเงา)

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่ขนาด กว้าง 30 เมตร ยาว 50 เมตร ติดตั้งโคมสูง 15 เมตร จำนวน 32 ดวง (ϕ -lamp = 50,000 ลูเมน ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ค การแสดงการกระจายแสงใช้ระบบมุม C- γ) มีลักษณะการวางดวงโคมดังรูปที่ 5-29 โดยกำหนดให้มีฉากบังแสงอยู่ในพื้นที่ที่กำหนดดังรูปที่ 5-29 (ข) ฉากบังแสงที่ใช้มีลักษณะดังรูปที่ 5-30 แล้วศึกษาผลของฉากบังแสงที่มีต่อความสว่างในแนวระนาบ

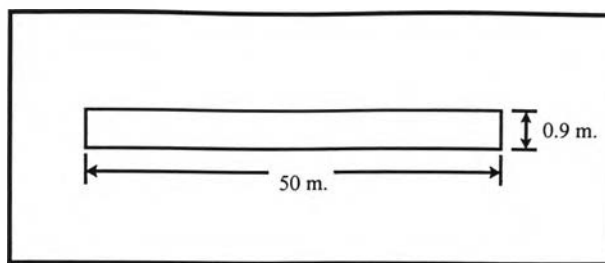


(ก)



(ข)

รูปที่ 5-29 ลักษณะการจัดวางดวงโคมและการติดตั้งฉากบังแสง



รูปที่ 5-30 ลักษณะของฉากบังแสง

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-27 ข้อมูลของการติดตั้งโคม

โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
		X	Y	Z	X	Y	Z
1	Highbay	3.75	3.125	15	3.75	3.125	0
2	Highbay	11.25	3.125	15	11.25	3.125	0
3	Highbay	18.75	3.125	15	18.75	3.125	0
4	Highbay	26.25	3.125	15	26.25	3.125	0
5	Highbay	3.75	9.375	15	3.75	9.375	0
6	Highbay	11.25	9.375	15	11.25	9.375	0
7	Highbay	18.75	9.375	15	18.75	9.375	0
8	Highbay	26.25	9.375	15	26.25	9.375	0
9	Highbay	3.75	15.625	15	3.75	15.625	0
10	Highbay	11.25	15.625	15	11.25	15.625	0
11	Highbay	18.75	15.625	15	18.75	15.625	0
12	Highbay	26.25	15.625	15	26.25	15.625	0
13	Highbay	3.75	21.875	15	3.75	21.875	0
14	Highbay	11.25	21.875	15	11.25	21.875	0
15	Highbay	18.75	21.875	15	18.75	21.875	0
16	Highbay	26.25	21.875	15	26.25	21.875	0
17	Highbay	3.75	28.125	15	3.75	28.125	0
18	Highbay	11.25	28.125	15	11.25	28.125	0
19	Highbay	18.75	28.125	15	18.75	28.125	0
20	Highbay	26.25	28.125	15	26.25	28.125	0
21	Highbay	3.75	34.375	15	3.75	34.375	0
22	Highbay	11.25	34.375	15	11.25	34.375	0

ตารางที่ 5-27 (ต่อ) ข้อมูลของการติดตั้งโคม

โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
		X	Y	Z	X	Y	Z
23	Highbay	18.75	34.375	15	18.75	34.375	0
24	Highbay	26.25	34.375	15	26.25	34.375	0
25	Highbay	3.75	40.625	15	3.75	40.625	0
26	Highbay	11.25	40.625	15	11.25	40.625	0
27	Highbay	18.75	40.625	15	18.75	40.625	0
28	Highbay	26.25	40.625	15	26.25	40.625	0
29	Highbay	3.75	46.875	15	3.75	46.875	0
30	Highbay	11.25	46.875	15	11.25	46.875	0
31	Highbay	18.75	46.875	15	18.75	46.875	0
32	Highbay	26.25	46.875	15	26.25	46.875	0

ตารางที่ 5-28 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณ

จำนวน พื้นที่	กว้าง (เมตร)	ยาว (เมตร)	พิกัดจุดเริ่มต้น			สูง (เมตร)
			X	Y	Z	
1	30	50	0	0	0	0

จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

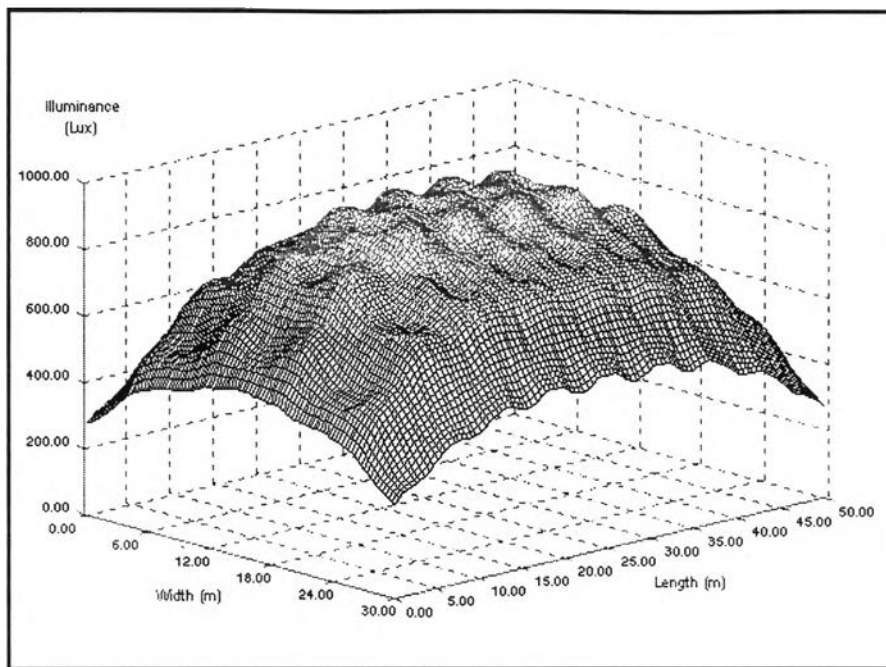
(ก) ผลการคำนวณความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่ไม่มีฉากบังแสง

ตารางที่ 5-29 ความสว่างบนระนาบนอนในกรณีไม่มีฉากบังแสง

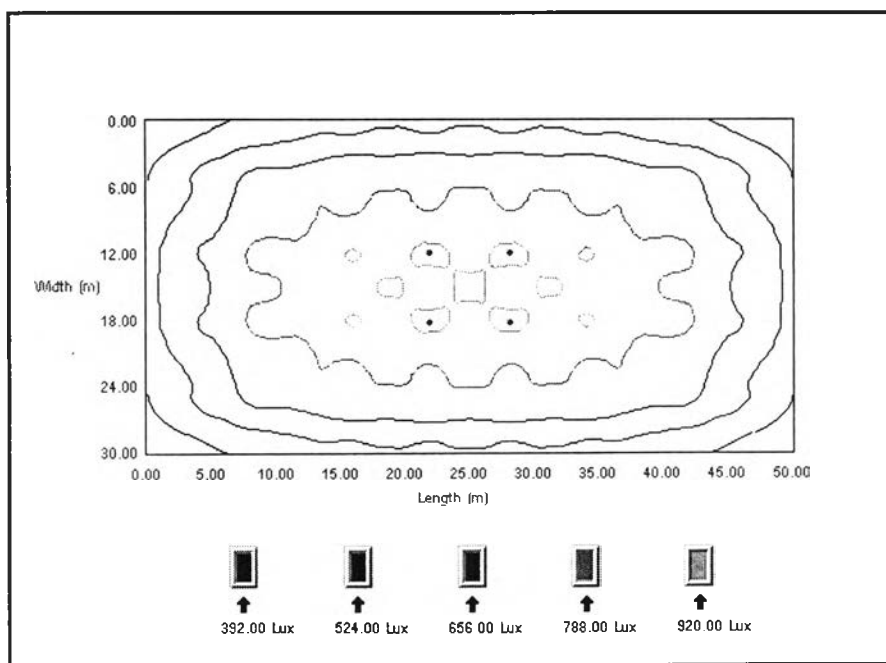
X\Y	2.50	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50	32.50	37.50	42.50	47.50
1.50	363.41<	471.54	530.82	561.2	559.92	559.92	561.2	530.82	471.54	363.41<
4.50	495.58	647.89	691.8	734.41	749.27	749.27	734.41	691.8	647.89	495.58
7.50	516.67	691.01	764.02	807.24	778.91	778.91	807.24	764.02	691.01	516.67
10.50	589.16	748.17	797.44	862.08	897.67	897.67	862.08	797.44	748.17	589.16
13.50	586.82	773.97	854.67	908.61>	905.79	905.79	908.61>	851.67	773.97	586.82
16.50	586.82	773.97	854.67	908.61>	905.79	905.79	908.61>	854.67	773.97	586.82
19.50	589.16	748.17	797.43	862.08	897.67	897.67	862.08	797.43	748.17	589.16
22.50	516.67	691.01	764.02	807.24	778.91	778.91	807.24	764.02	691.01	516.67
25.50	495.58	647.88	691.8	734.41	749.27	749.27	734.41	691.8	647.88	495.58
28.50	363.41<	471.54	530.81	561.19	559.92	559.92	561.19	530.81	471.54	363.41<

ตารางที่ 5-30 ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีไม่มีฉากบังแสง

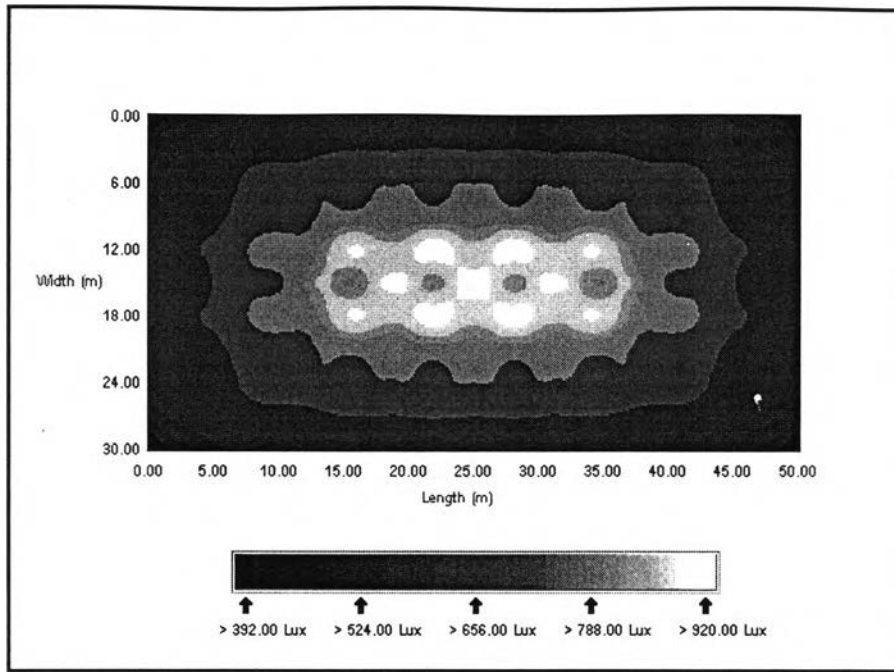
จำนวนจุดคำนวณ		Emin (Lux)	Emax (Lux)	Eav (Lux)	U1 (Emin/Emax)	U0 (Emin/Eav)
แกน X	แกน Y					
10	10	363.41	908.61	691.52	0.40	0.53



รูปที่ 5-31 ภาพสามมิติของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีไม่มีฉากบังแสง



รูปที่ 5-32 ภาพลายเส้นของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีไม่มีฉากบังแสง



รูปที่ 5-33 ภาพแรเงาของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีไม่มีฉากบังแสง

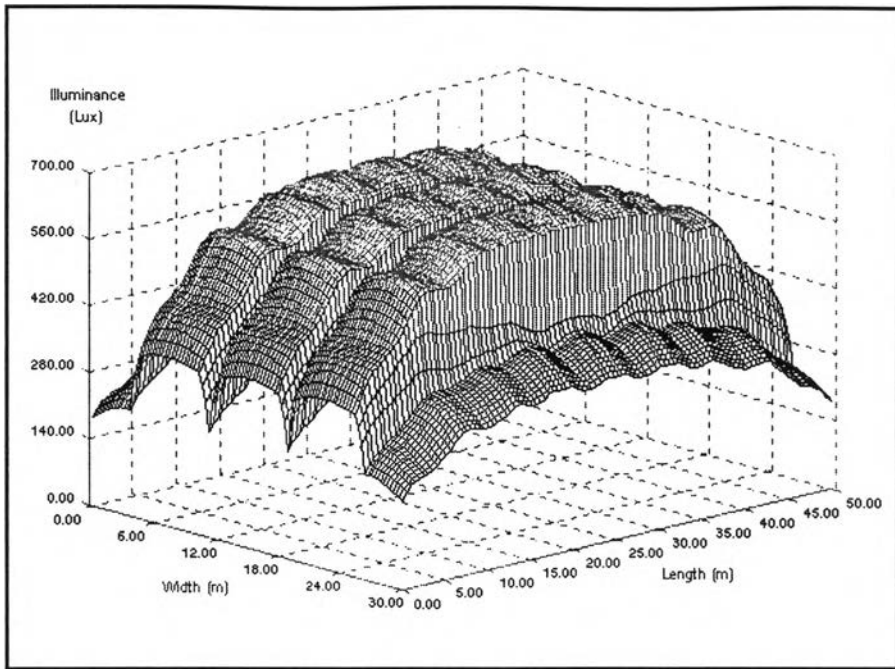
(ข) ผลการคำนวณความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากบังแสง

ตารางที่ 5-31 ความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากบังแสง

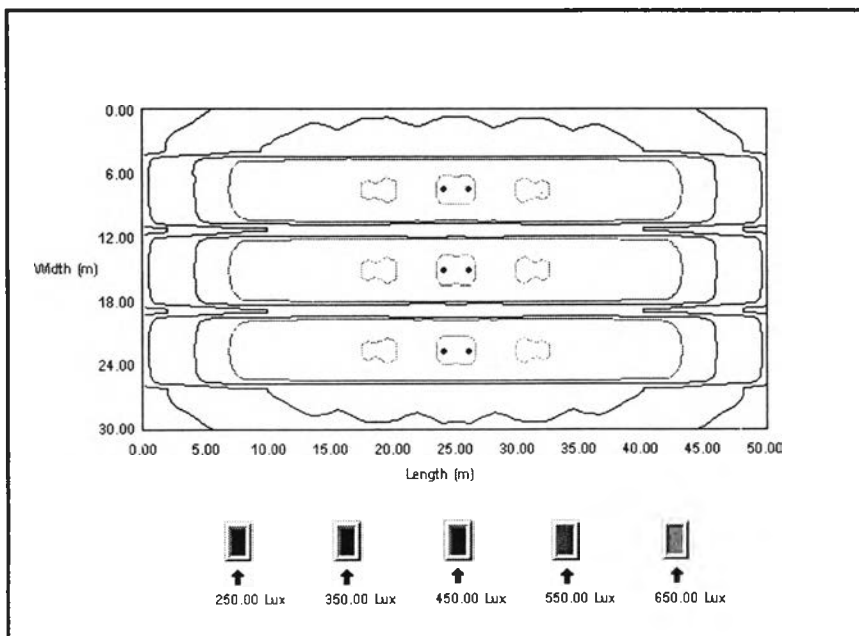
X \ Y	2.50	7.50	12.50	17.50	22.50	27.50	32.50	37.50	42.50	47.50
1.50	238.70<	320.26	343.12	364.09	325.97	325.97	364.09	343.12	320.26	238.70<
4.50	409.33	507.61	530.72	529.41	497.92	497.92	529.41	530.72	507.61	409.33
7.50	426.13	573.49	605.82	651.52>	632.29	632.29	651.52>	605.82	573.49	426.13
10.50	409.33	507.60	530.72	529.41	497.87	497.87	529.41	530.72	507.60	409.33
13.50	424.18	563.44	598.30	639.83	632.09	632.09	639.83	598.3	563.44	424.18
16.50	424.18	563.44	598.30	639.83	632.09	632.09	639.83	598.3	563.44	424.18
19.50	409.33	507.60	530.72	529.41	497.87	497.87	529.41	530.72	507.60	409.33
22.50	426.13	573.49	605.82	651.52>	632.29	632.29	651.52>	605.82	573.49	426.13
25.50	409.33	507.61	530.72	529.41	497.92	497.92	529.41	530.72	507.61	409.33
28.50	238.70<	320.26	343.12	364.09	325.97	325.97	364.09	343.12	320.26	238.70<

ตารางที่ 5-32 ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากบังแสง

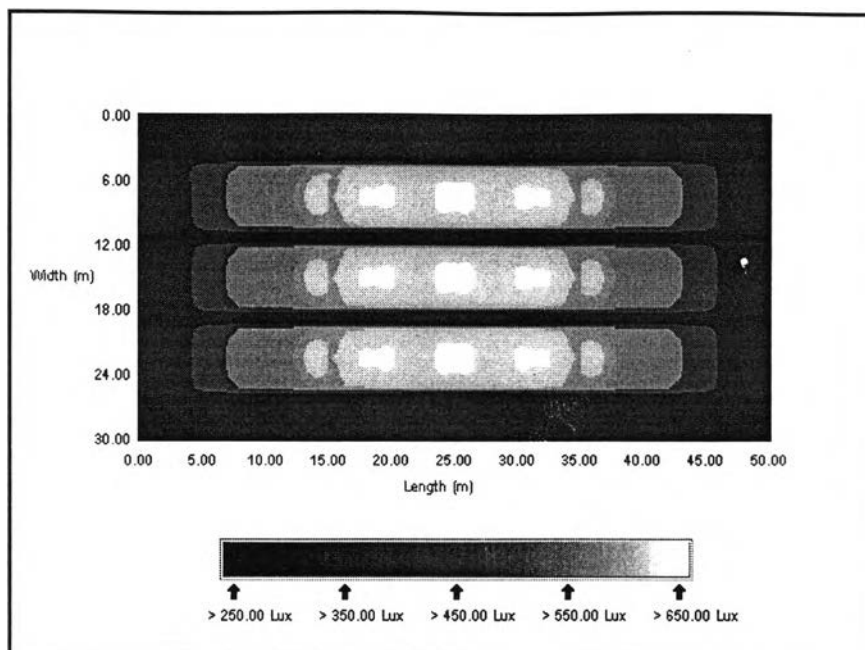
จำนวนจุดคำนวณ		E _{min}	E _{max}	E _{av}	U1	U0
แกน X	แกน Y	(Lux)	(Lux)	(Lux)	(E _{min} /E _{max})	(E _{min} /E _{av})
10	10	238.70	651.52	491.57	0.37	0.49



รูปที่ 5-34 ภาพสามมิติของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากบังแสง



รูปที่ 5-35 ภาพลายเส้นของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากบังแสง



รูปที่ 5-36 ภาพแรเงาของความสว่างบนระนาบนอนในกรณีที่มีฉากรัดบังแสง

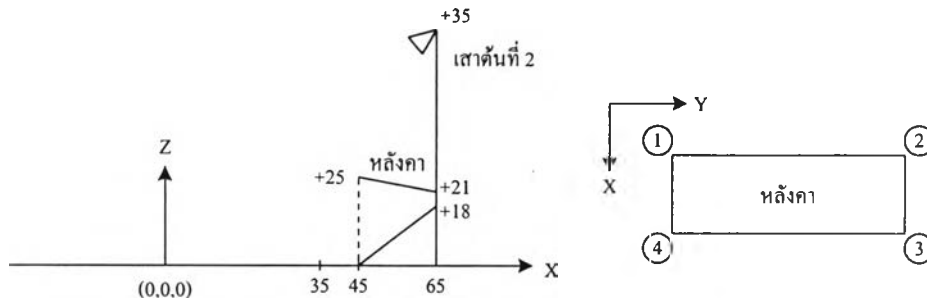
การวิเคราะห์ผล

การประยุกต์เรื่องเงาเพื่อใช้กับวัตถุที่อยู่ภายในอาคารดังเช่น การจัดวางฉากรัดบังแสงเพื่อช่วยลดปริมาณแสงจ้าแยงตา ซึ่งในตัวอย่างนี้แยกพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ ผลของความสว่างบนระนาบนอนก่อนและหลังติดตั้งฉากรัดบังแสง

กรณีที่ยังไม่มีการติดตั้งฉากรัดบังแสง ความสว่างเฉลี่ยในระนาบนอนมีค่าเป็น 691.52 ลักซ์ และหลังจากติดตั้งฉากรัดบังแสงแล้ว ค่าความสว่างเฉลี่ยลดลงเหลือ 491.57 ลักซ์ แสดงว่าการติดตั้งฉากรัดบังแสงภายในอาคารดังรูปที่ 5-29 (ข) มีผลทำให้ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นลดลง อันเนื่องมาจากมีฉากรัดบังแสงไปบดบังแนวลำแสงบางส่วนทำให้ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นลดลง

5.2.4 การบังแสงของหลังคาอฒันจันทร์

พื้นที่ทดสอบเป็นกรณีตัวอย่างตามหัวข้อ 5.1.4 รูปที่ 5-4 กำหนดให้มีหลังคาอฒันจันทร์ดังแสดงในรูปที่ 5-37



รูปที่ 5-37 ตำแหน่งหลังคาอฒันจันทร์

ตารางที่ 5-33 ข้อมูลตำแหน่งหลังคาอฒันจันทร์

คู่อันดับที่ 1			คู่อันดับที่ 2			คู่อันดับที่ 3			คู่อันดับที่ 4		
X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	X3	Y3	Z3	X4	Y4	Z4
45	-52.5	25	45	52.5	25	65	52.5	21	65	-52.5	21

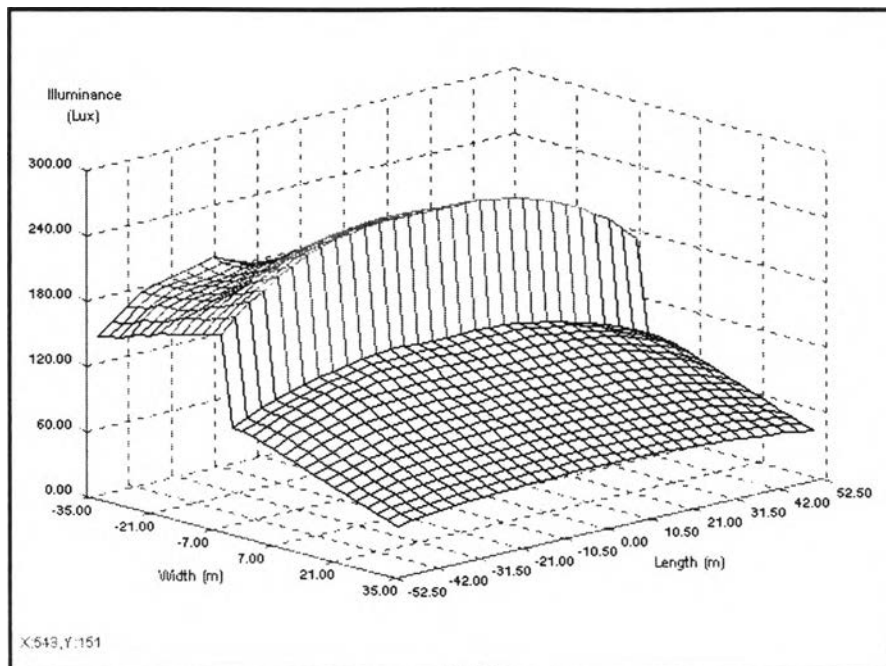
จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 5-34 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างบนระนาบขนานบนพื้นสนาม

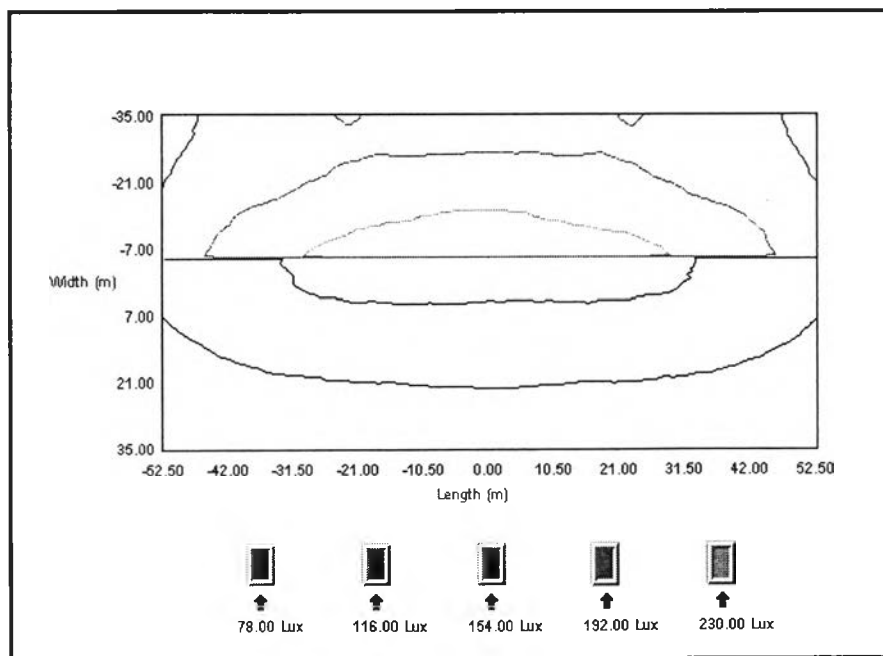
X Y	-47.25	-36.75	-26.25	-15.75	-5.25	5.25	15.75	26.25	36.75	47.25
-31.50	154.94	180.59	186.79	183.42	175.29	175.29	183.42	186.79	180.59	154.94
-24.50	164.73	182.54	189.27	197.50	201.16	201.16	197.50	189.27	182.54	164.73
-17.50	174.19	189.82	202.04	213.91	221.53	221.53	213.91	202.04	189.82	174.19
-10.50	182.40	207.24	225.25	232.75	236.87>	236.87>	232.75	225.25	207.24	182.40
-3.50	97.41	113.06	122.55	128.91	129.55	129.55	128.91	122.55	113.06	97.41
3.50	93.98	107.88	114.70	117.58	116.63	116.63	117.58	114.70	107.88	93.98
10.50	82.45	94.24	99.77	100.87	101.96	101.96	100.87	99.77	94.24	82.45
17.50	70.27	79.71	83.19	84.93	87.28	87.28	84.93	83.19	79.71	70.27
24.50	57.65	65.24	68.73	70.61	72.31	72.31	70.61	68.73	65.24	57.65
31.50	47.27<	52.40	54.74	57.01	57.90	57.90	57.01	54.74	52.40	47.27<

ตารางที่ 5-35 ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างบนระนาบนอน

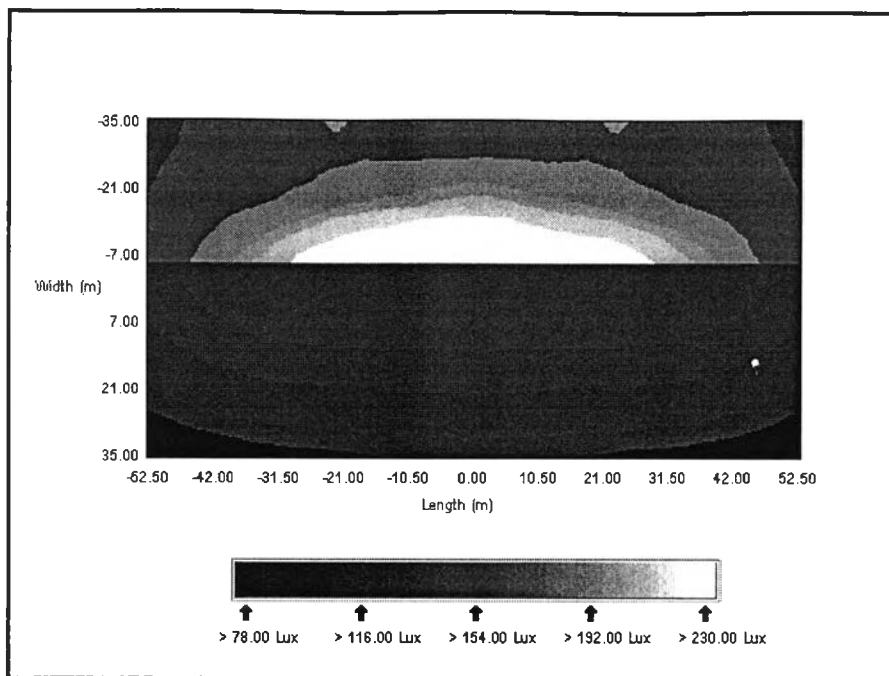
จำนวนจุดคำนวณ		Emin (Lux)	Emax (Lux)	Eav (Lux)	U1 (Emin/Emax)	U0 (Emin/Eav)
แกน X	แกน Y					
10	10	47.27	236.87	122.34	0.20	0.39



รูปที่ 5-38 ภาพสามมิติของความสว่างบนระนาบนอน



รูปที่ 5-39 ภาพลายเส้นของความสว่างบนระนาบนอน



รูปที่ 5-40 ภาพแรงเงาของความสว่างบนระนาบนอน

การวิเคราะห์ผล

ก. ความสว่างเฉลี่ยกรณีไม่มีหลังคาได้ 202.40 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ $U_1(E_{min}/E_{max})$ 0.59 และ $U_0(E_{min}/E_{av})$ 0.72

ข. ความสว่างเฉลี่ยกรณีมีหลังคาได้ 122.34 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ $U_1(E_{min}/E_{max})$ 0.20 และ $U_0(E_{min}/E_{av})$ 0.39

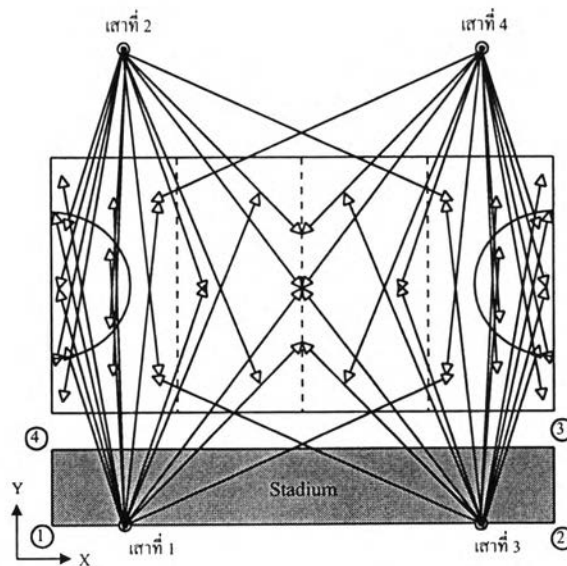
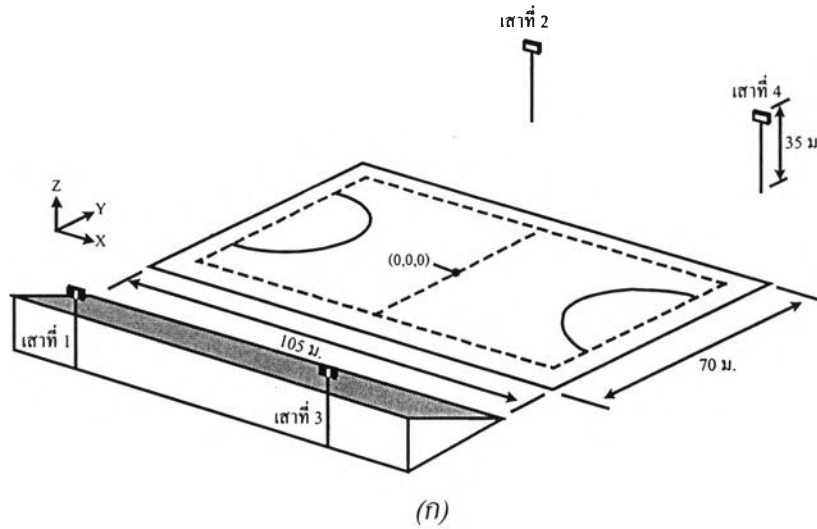
ค. จากการเปรียบเทียบพบว่าความสว่างเฉลี่ยบนพื้นสนามลดลง 80.06 ลักซ์ และความสม่ำเสมอดีน้อยกว่าเดิม

ง. การแก้ไขปัญหาการบดบังแสงของหลังคาอัฒจันทร์ทำได้โดยย้ายดวงโคมบางชุดมาติดตั้งที่ชายคาของหลังคาอัฒจันทร์แทนแล้ววิเคราะห์การให้แสงใหม่จนได้ตามเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

ตัวอย่างผลการวิเคราะห์ทั้งกรณี 5.2.1 , 5.2.2 , 5.2.3 และ 5.2.4 นี้ วิศวกรผู้ออกแบบไฟส่องสว่างบนพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น สนามกีฬา พื้นที่วางตู้สินค้า สามารถใช้ประเมินความเหมาะสมของการกำหนดจุดติดตั้งดวงโคม ทิศทางการให้แสง จำนวนชุดของดวงโคม ตลอดจนความกว้างของลำแสงจากดวงโคมแต่ละชุดได้ว่า การให้แสงสว่างลักษณะใดจะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เช่น เกิดเงาที่น้อยที่สุด ได้ความสม่ำเสมอของความสว่างสูงที่สุด มีแสงจ้าแยงตาน้อยที่สุด

5.3 กรณีที่ 3 การให้แสงสว่างบนระนาบเอียง

พื้นที่ทดสอบเป็นพื้นที่เอียงขนาด กว้าง 26.91 เมตร ยาว 105 เมตร เอียงทำมุม 41.98° โดยติดตั้งโคมฉายสูง 35 เมตร จำนวน 4 ดวง ใช้หลอดไฟ HPIT 2 กิโลวัตต์ ($\phi - lamp = 183,000$ ลูเมน และใช้ค่า LLF = 0.8) (ข้อมูลการกระจายแสงของโคมแสดงไว้ในภาคผนวก ข) ข้อมูลทั้งหมดนี้มีการจัดวางดังรูปที่ 5-41



รูปที่ 5-41 ลักษณะของพื้นที่คำนวณของการให้แสงสว่างบนระนาบเอียง

ข้อมูลทดสอบมีตารางแสดงรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5-36 ข้อมูลของการติดตั้งโคมของการให้แสงสว่างบนระนาบเอียง

เสา คันที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
1	12	1	MVF 480/2kW	-36	-65	35	-40.89	25.17	0
		2		-36	-65	35	-51.38	-0.26	0
		3		-36	-65	35	-20.81	1.32	0
		4		-36	-65	35	-11.33	26.87	0
		5		-36	-65	35	-40.57	12.38	0
		6		-36	-65	35	30.56	-26.35	0
		7		-36	-65	35	-0.26	-14.23	0
		8		-36	-65	35	-29.77	25.29	0
		9		-36	-65	35	-51.12	32.51	0
		10		-36	-65	35	-48.74	-16.86	0
		11		-36	-65	35	0	0.79	0
		12		-36	-65	35	-51.90	23.19	0
2	12	1	MVF 480/2kW	-36	65	35	-40.89	-25.17	0
		2		-36	65	35	-51.38	0.26	0
		3		-36	65	35	-20.81	-1.32	0
		4		-36	65	35	-11.33	-26.87	0
		5		-36	65	35	-40.57	-12.38	0
		6		-36	65	35	30.56	26.35	0
		7		-36	65	35	-0.26	14.23	0
		8		-36	65	35	-29.77	-25.29	0
		9		-36	65	35	-51.12	-32.51	0
		10		-36	65	35	-48.74	16.86	0
		11		-36	65	35	0	-0.79	0
		12		-36	65	35	-51.90	-23.19	0

ตารางที่ 5-36 (ต่อ) ข้อมูลของการติดตั้งโคมของการให้แสงสว่างบนระนาบเอียง

เสา ต้นที่	จำนวน โคม	โคม ที่	ชนิด โคม	ตำแหน่งโคม			ตำแหน่งแสง		
				X	Y	Z	X	Y	Z
3	12	1	MVF 480/2kW	36	-65	35	40.89	25.17	0
		2		36	-65	35	51.38	-0.26	0
		3		36	-65	35	20.81	1.32	0
		4		36	-65	35	11.33	26.87	0
		5		36	-65	35	40.57	12.38	0
		6		36	-65	35	-30.56	-26.35	0
		7		36	-65	35	0.26	-14.23	0
		8		36	-65	35	29.77	25.29	0
		9		36	-65	35	51.12	32.51	0
		10		36	-65	35	48.74	-16.86	0
		11		36	-65	35	0	0.79	0
		12		36	-65	35	51.90	23.19	0
4	12	1	MVF 480/2kW	36	65	35	40.89	-25.17	0
		2		36	65	35	51.38	0.26	0
		3		36	65	35	20.81	-1.32	0
		4		36	65	35	11.33	-26.87	0
		5		36	65	35	40.57	-12.38	0
		6		36	65	35	-30.56	26.35	0
		7		36	65	35	0.26	14.23	0
		8		36	65	35	29.77	-25.29	0
		9		36	65	35	51.12	-32.51	0
		10		36	65	35	48.74	16.86	0
		11		36	65	35	0	-0.79	0
		12		36	65	35	51.90	-23.19	0

ตารางที่ 5-37 ข้อมูลของพื้นที่คำนวณของการให้แสงสว่างบนระนาบเอียง

กว้าง (ม.)	ยาว (ม.)	จุดที่ 1			จุดที่ 2			จุดที่ 3			จุดที่ 4			มุม (องศา)
		X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2	X3	Y3	Z3	X4	Y4	Z4	
26.91	105	-52.5	-65	18	52.5	-65	18	52.5	-45	0	-52.5	-45	0	41.98

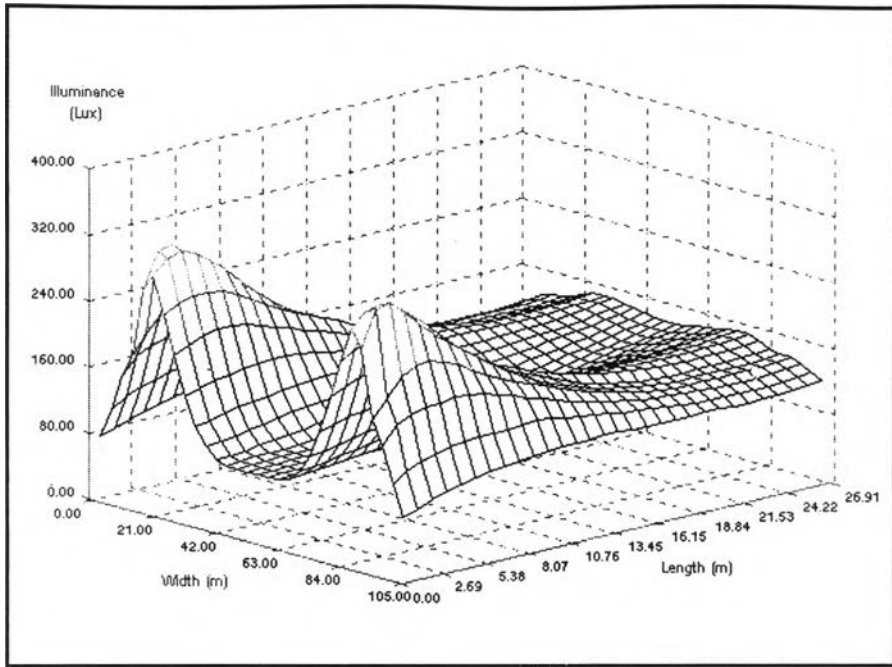
จากการคำนวณด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

ตารางที่ 5-38 ผลการวิเคราะห์ค่าความสว่างบนระนาบเอียง

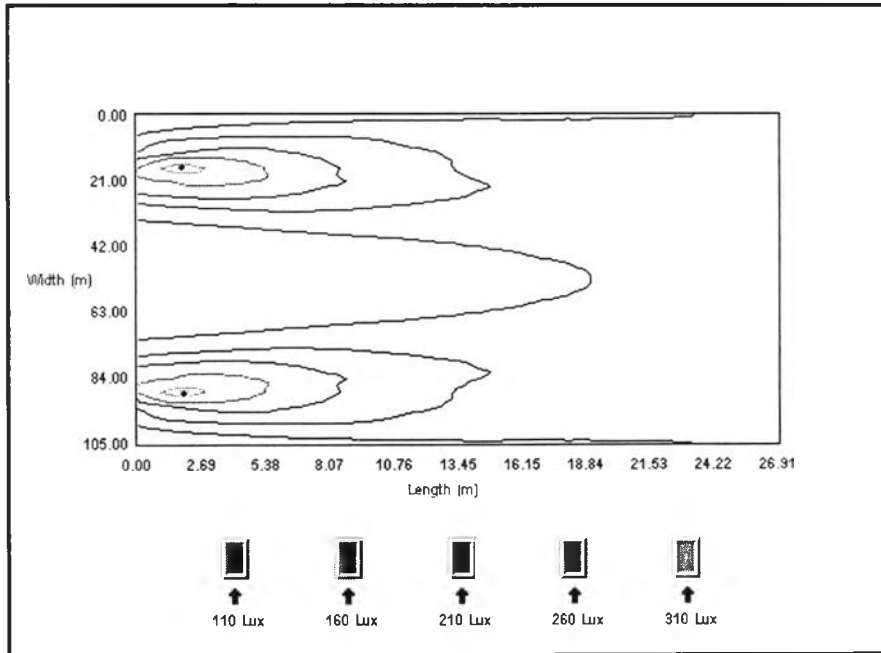
α (°)	-63	-59	-55	-51	-47
50	95.32	114.44	117.09	114.71	116.69
45	165.07	168.16	141.34	126.38	125.44
40	232.11	198.24	155.44	132.74	133.33
35	310.02>	215.07	158.43	135.79	135.57
30	257.26	211.68	166.94	145.07	142.65
25	187.98	180.43	156.94	146.53	147.65
20	128.92	143.29	140.56	139.26	145.91
15	94.48	111.81	121.40	130.03	141.52
10	79.42	89.72	106.69	120.95	137.84
5	78.03<	82.30	94.44	112.34	133.16
0	78.88	81.24	90.12	105.03	125.88
-5	78.03<	82.30	94.44	112.34	133.16
-10	79.42	89.72	106.69	120.95	137.84
-15	94.48	111.81	121.40	130.03	141.52
-20	128.92	143.29	140.56	139.26	145.91
-25	187.98	180.43	156.94	146.53	147.65
-30	257.26	211.68	166.94	145.07	142.65
-35	310.02>	215.07	158.43	135.79	135.57
-40	232.11	198.24	155.44	132.74	133.33
-45	165.07	168.16	141.34	126.38	125.44
-50	95.32	114.44	117.09	114.71	116.69

ตารางที่ 5-39 ค่าความสม่ำเสมอของความสว่างบนระนาบเอียง

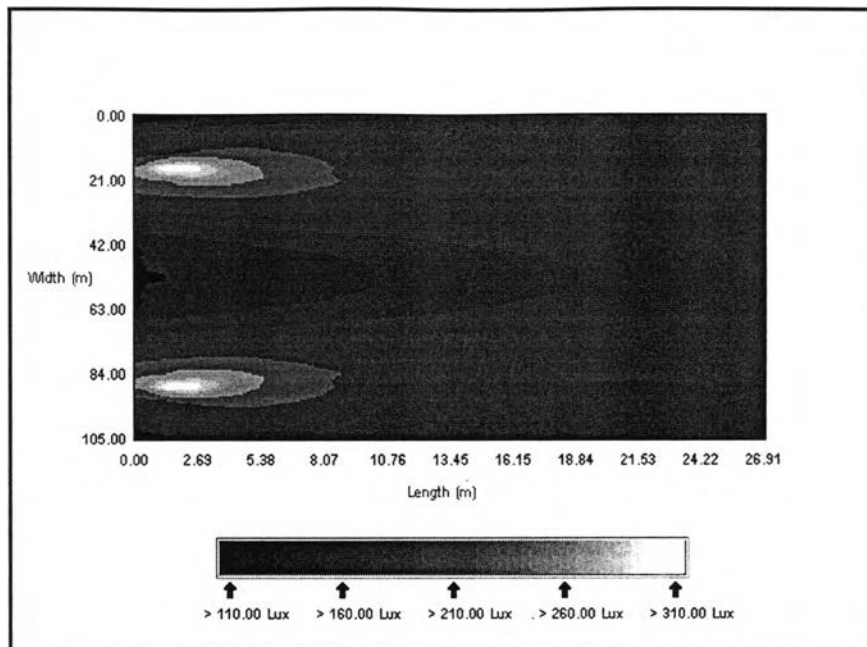
E _{min} (Lux)	E _{max} (Lux)	E _{av} (Lux)	U1 (E _{min} /E _{max})	U0 (E _{min} /E _{av})
78.03	310.02	141.08	0.25	0.55



รูปที่ 5-42 ภาพสามมิติของความสว่างบนระนาบเอียง



รูปที่ 5-43 ภาพลายเส้นของความสว่างบนระนาบเอียง



รูปที่ 5-44 ภาพแรงของแสงบนระนาบเอียง

การวิเคราะห์ผล

จากผลการคำนวณความสว่างบนระนาบเอียงได้ค่าความสว่างเฉลี่ยเป็น 141.08 ลักซ์ ความสม่ำเสมอ U1 (E_{min}/E_{max}) 0.25 และ U0 (E_{min}/E_{av}) 0.55 ซึ่งผ่านเงื่อนไขในการให้แสง