หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

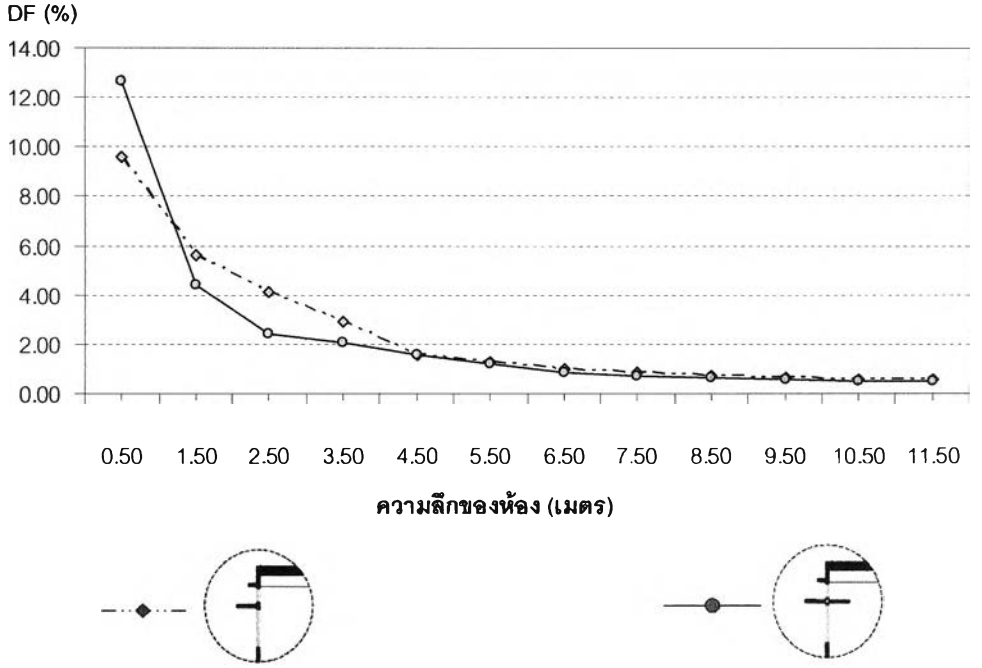
4.1 ผลการทดลองตัวแปรกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติ

4.1.1 ผลการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง

ตารางที่ 4.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ



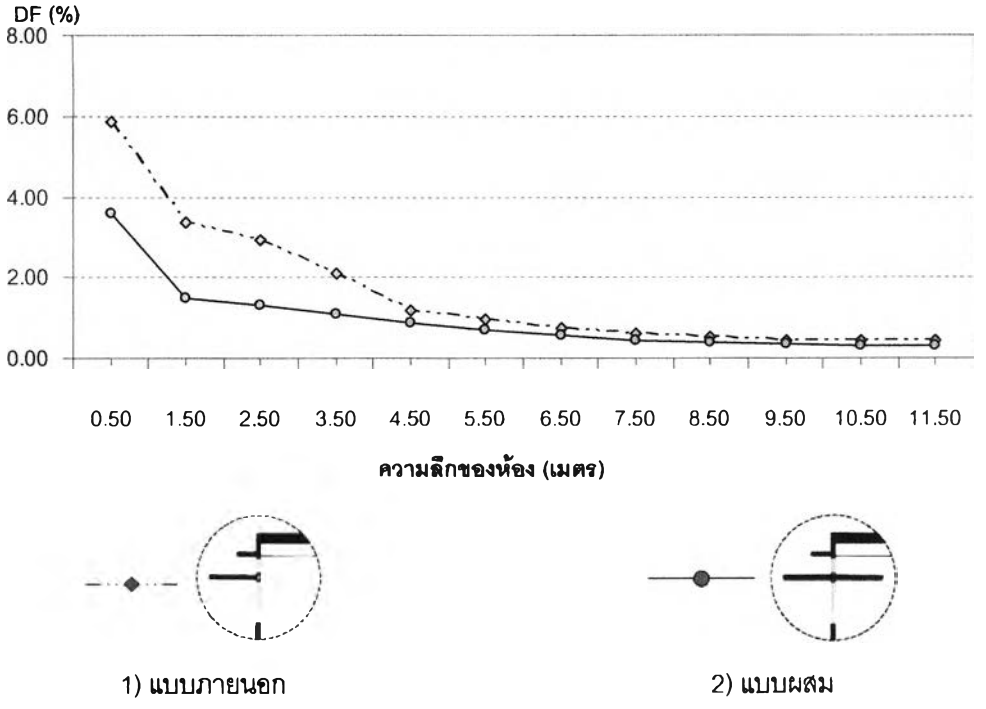
1) แบบภายนอก

2) แบบผสม

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
2)	12.65	4.38	2.43	2.05	1.55	1.19	0.87	0.73	0.62	0.55	0.50	0.50
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่า DF ของรูปแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้



1) แบบภายนอก

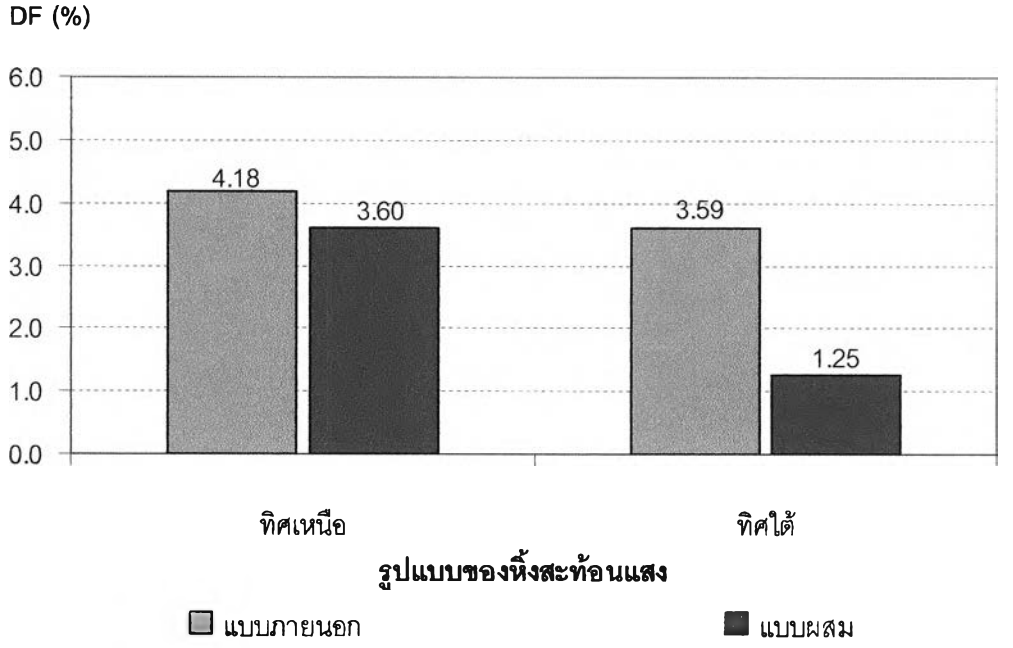
2) แบบผสม

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
2)	3.60	1.48	1.31	1.10	0.87	0.71	0.57	0.45	0.38	0.34	0.31	0.31
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ พบว่ารูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอกนั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่า รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 4.18 เมตร มีระยะทางเพิ่มขึ้น 0.58 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 เมตร มีระยะทางเพิ่มขึ้น 2.34 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลงตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น (โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง)

แผนภูมิที่ 4.3 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบหิ้งสะท้อนแสงกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.4 สรุปผลการทดลองรูปแบบของหิ้งสะท้อนแสง

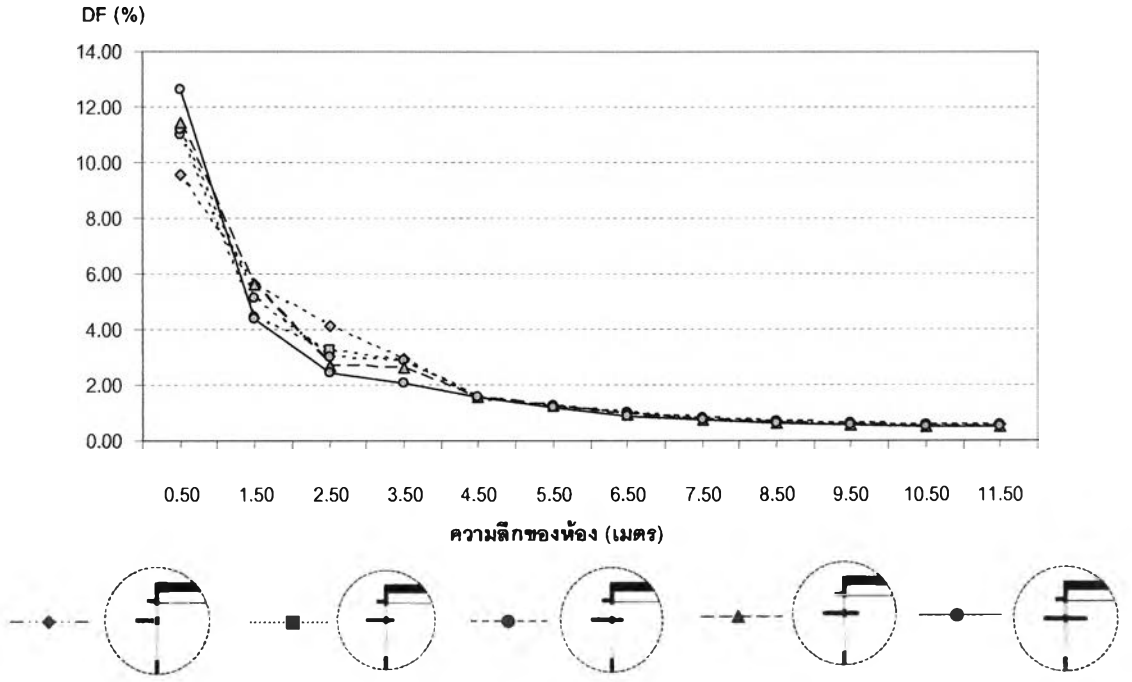
ช่องเปิดทิศ	**สรุปผลรูปแบบการทดลอง**	**ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %**	**% พื้นที่ผ่านเกณฑ์**
เหนือ	1) รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก	4.18 ม.	34.8
	2) รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม	3.60 ม.	30.0
ใต้	1) รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก	3.59 ม.	29.9
	2) รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม	1.25 ม.	10.5
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.1.2 ผลการทดลองระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสง

ตารางที่ 4.5 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

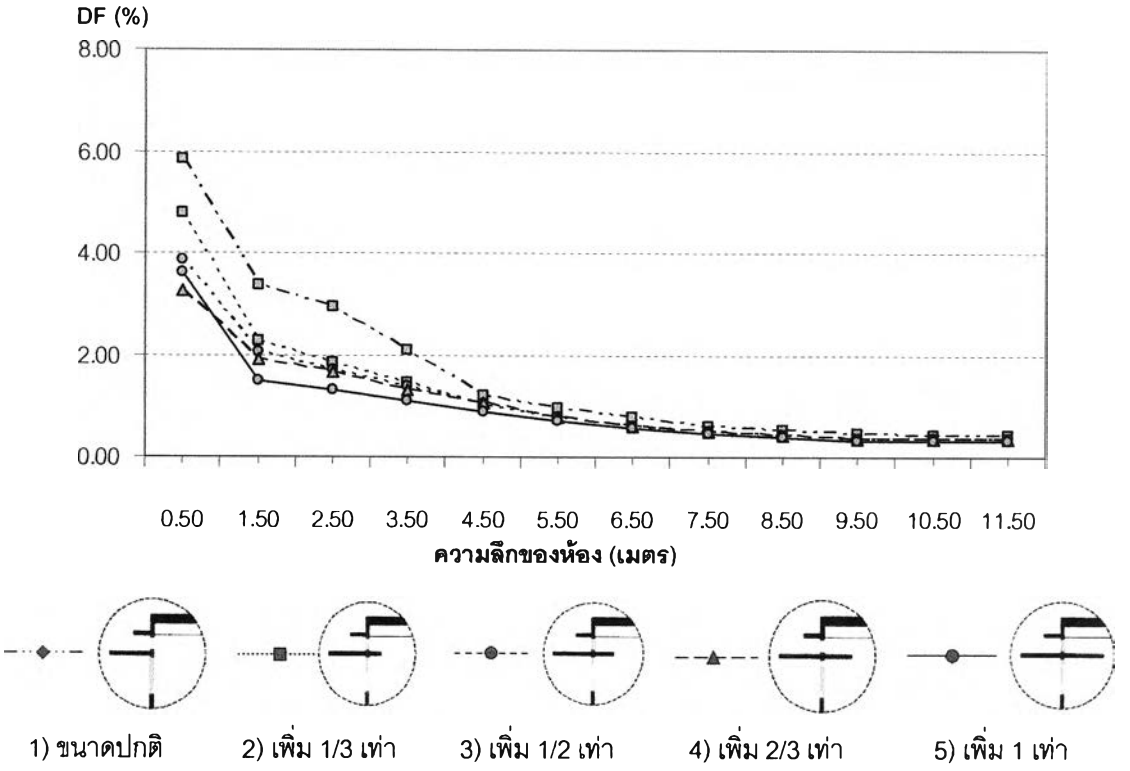


1) ขนาดปกติ 2) เพิ่ม 1/3 เท่า 3) เพิ่ม 1/2 เท่า 4) เพิ่ม 2/3 เท่า 5) เพิ่ม 1 เท่า

ตารางที่4.6 เปรียบเทียบค่า DF กับระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
2)	10.97	4.45	3.27	2.85	1.54	1.21	0.98	0.78	0.64	0.56	0.53	0.53
3)	11.21	5.11	2.98	2.85	1.50	1.28	0.95	0.84	0.71	0.62	0.57	0.57
4)	11.44	5.61	2.66	2.64	1.58	1.24	0.93	0.75	0.63	0.58	0.53	0.51
5)	12.65	4.38	2.43	2.05	1.55	1.19	0.87	0.73	0.62	0.55	0.50	0.50
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

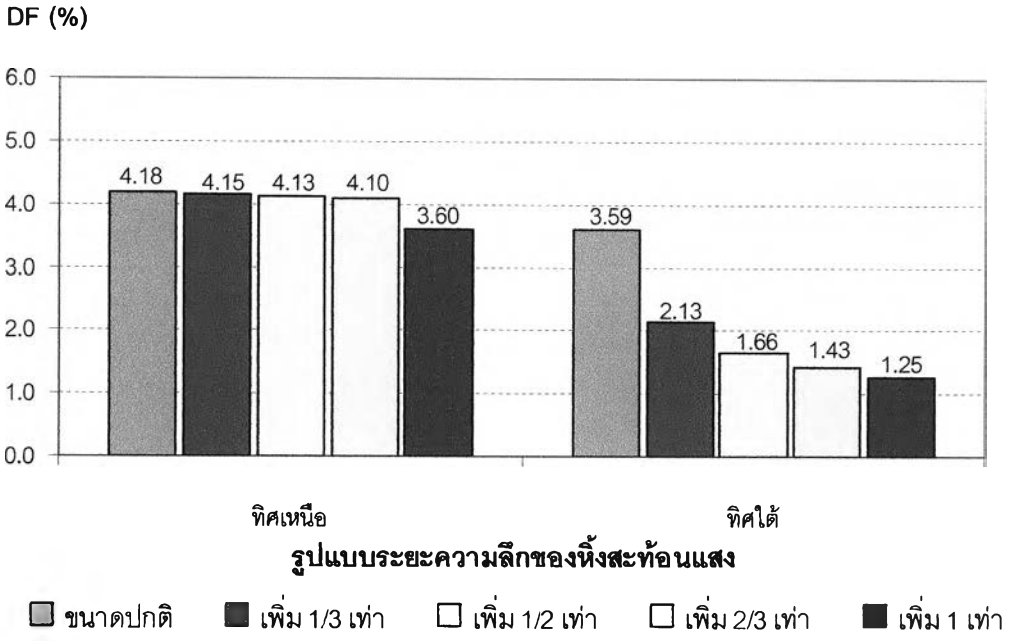


ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
2)	4.76	2.27	1.84	1.46	1.04	0.79	0.62	0.50	0.42	0.37	0.34	0.34
3)	3.88	2.06	1.69	1.38	1.03	0.79	0.61	0.49	0.42	0.36	0.34	0.34
4)	3.27	1.90	1.66	1.33	1.05	0.79	0.61	0.49	0.41	0.36	0.34	0.34
5)	3.60	1.48	1.31	1.10	0.87	0.71	0.57	0.46	0.38	0.34	0.31	0.31
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ โดยเริ่มจากขนาดปกติ (รูปที่ 1.1 แสดงตารางเงา (Shading mark)เพื่อใช้ในการออกแบบอุปกรณ์บังแดด และหิ้งสะท้อนแสง) แล้วเพิ่มอัตราส่วนที่ 1/3 1/2 2/3 และ 1 เท่าจากขนาดปกติ พบว่าการเพิ่มระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงจะมีผลให้แสงสว่างมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งรูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก หรือ ขนาดปกติ นั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่ารูปแบบอื่น โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 4.18 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.58 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 2.34 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.8

แผนภูมิที่ 4.6 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสงกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.8 สรุปผลการทดลองรูปแบบระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสง

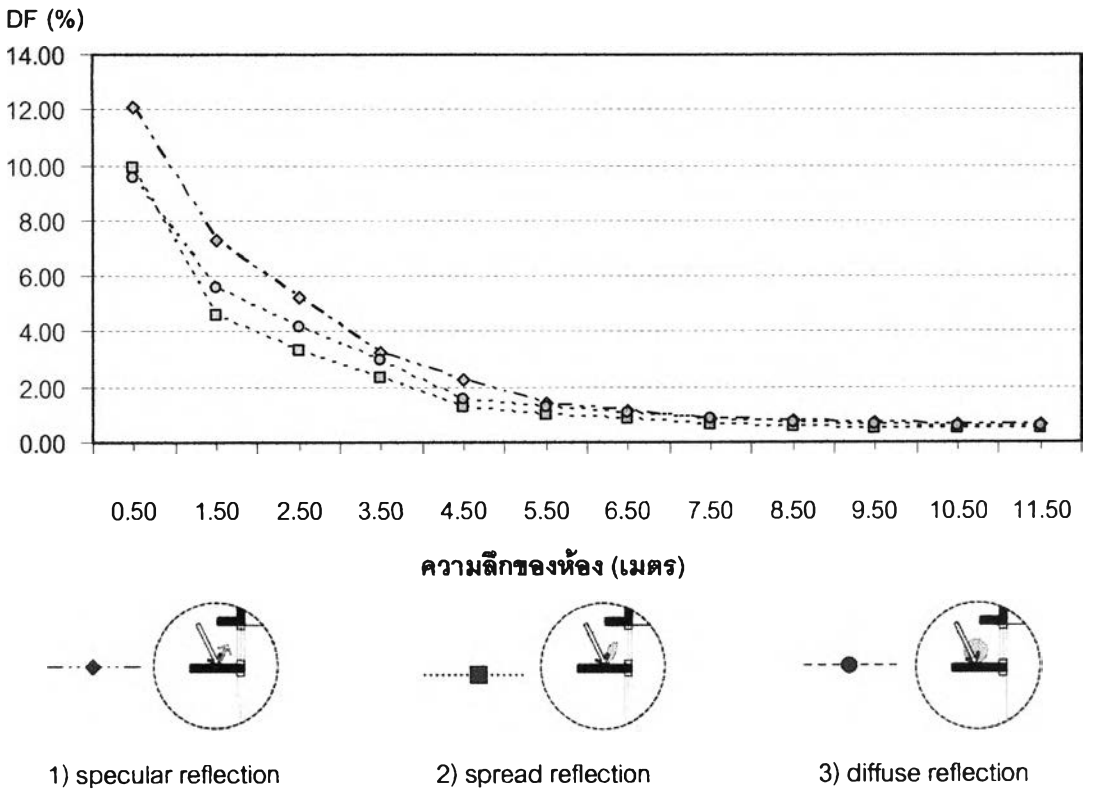
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) ขนาดปกติ	4.18 ม.	34.8
	2) เพิ่ม 1/3 เท่าของปกติ	4.15 ม.	34.6
	3) เพิ่ม 1/2 เท่าของปกติ	4.13 ม.	34.4
	4) เพิ่ม 2/3 เท่าของปกติ	4.10 ม.	34.2
	5) เพิ่ม1 เท่าของปกติ	3.60 ม.	30.0
ใต้	1) ขนาดปกติ	3.59 ม.	29.9
	2) เพิ่ม 1/3 เท่าของปกติ	2.13 ม.	17.7
	3) เพิ่ม 1/2 เท่าของปกติ	1.66 ม.	13.9
	4) เพิ่ม 2/3 เท่าของปกติ	1.43 ม.	11.9
	5) เพิ่ม1 เท่าของปกติ	1.25 ม.	10.5
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.1.3 ผลทดลองรูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงและอุปกรณ์บังแดด

ตารางที่ 4.9 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสงและอุปกรณ์บังแดด

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุทำหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบการสะท้อนของวัสดุช่องเปิดทิศเหนือ

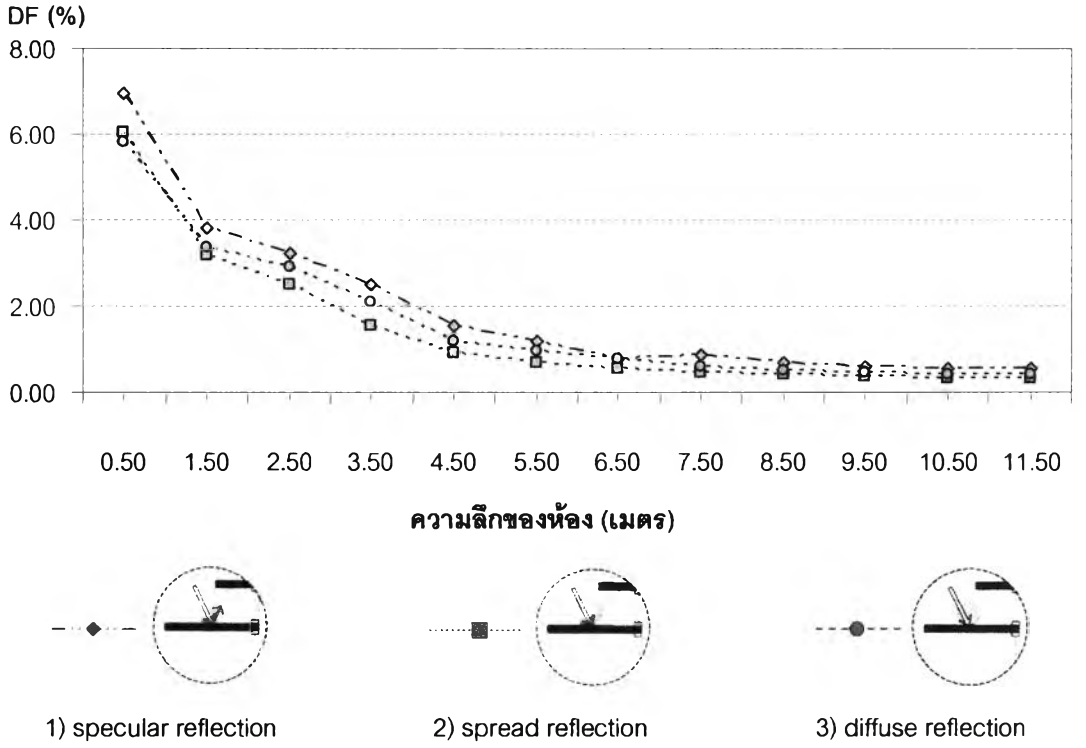


1) specular reflection 2) spread reflection 3) diffuse reflection

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบการสะท้อนของวัสดุช่องเปิดทิศเหนือ

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	12.12	7.25	5.20	3.27	2.26	1.40	1.12	0.87	0.78	0.70	0.64	0.63
2)	9.93	4.61	3.33	2.33	1.26	1.01	0.82	0.67	0.58	0.52	0.48	0.48
3)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.8 กราฟเปรียบทียบค่า DF กับรูปแบบการสะท้อนของวัสดุช่องเปิดทิศใต้

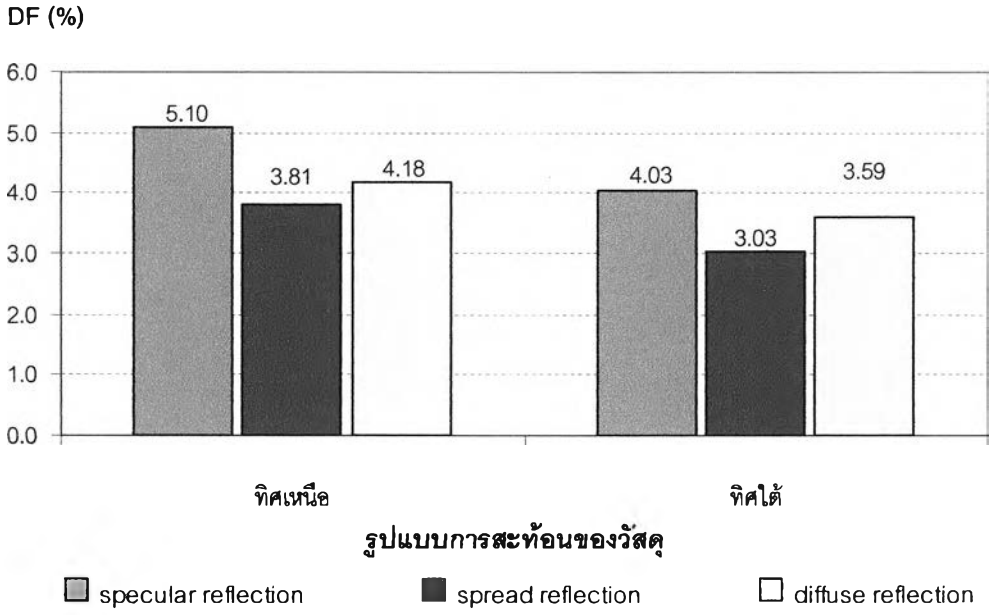


ตารางที่ 4.11 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบการสะท้อนของวัสดุช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	6.97	3.80	3.23	2.52	1.53	1.19	0.78	0.87	0.68	0.59	0.55	0.55
2)	6.05	3.20	2.52	1.53	0.89	0.70	0.56	0.47	0.40	0.35	0.33	0.33
3)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบการสะท้อนของวัสดุหิ้งสะท้อนแสงและอุปกรณ์บังแดดของช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ พบว่ารูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงา (specular reflection) นั้นมีประสิทธิภาพสูง รองลงมาจะเป็นการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) และสุดท้ายการสะท้อนเสมือนกระจกเงาบางส่วน (spread reflection) โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยทิศเหนือจะอยู่ในระยะ 4.80 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 1.29 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 4.03 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 1.00 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.12

แผนภูมิที่ 4.9 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดดกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.12 สรุปผลการทดลองรูปแบบการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดด

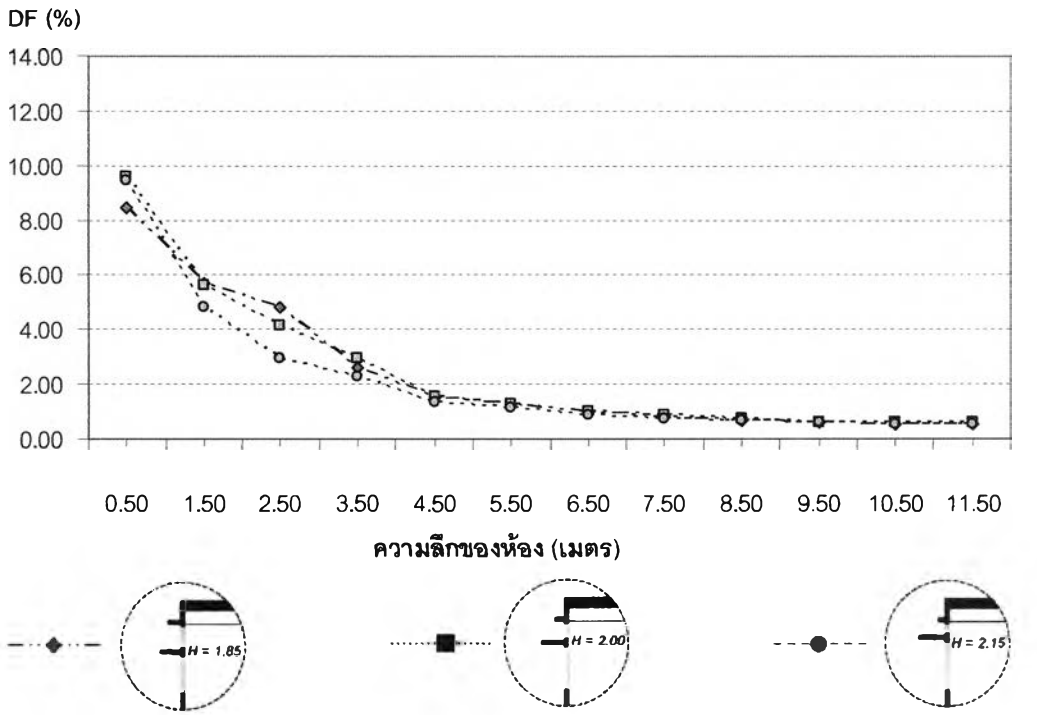
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) รูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงา (specular reflection)	4.80 ม.	40.0
	2) รูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงาบางส่วน (spread reflection)	3.81 ม.	31.7
	3) รูปแบบการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection)	4.18 ม.	34.8
ใต้	1) รูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงา (specular reflection)	4.03 ม.	33.5
	2) รูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงาบางส่วน (spread reflection)	3.03 ม.	25.2
	3) รูปแบบการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection)	3.59 ม.	29.9
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.1.4 ผลการทดลองระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ตารางที่ 4.13 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบของระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

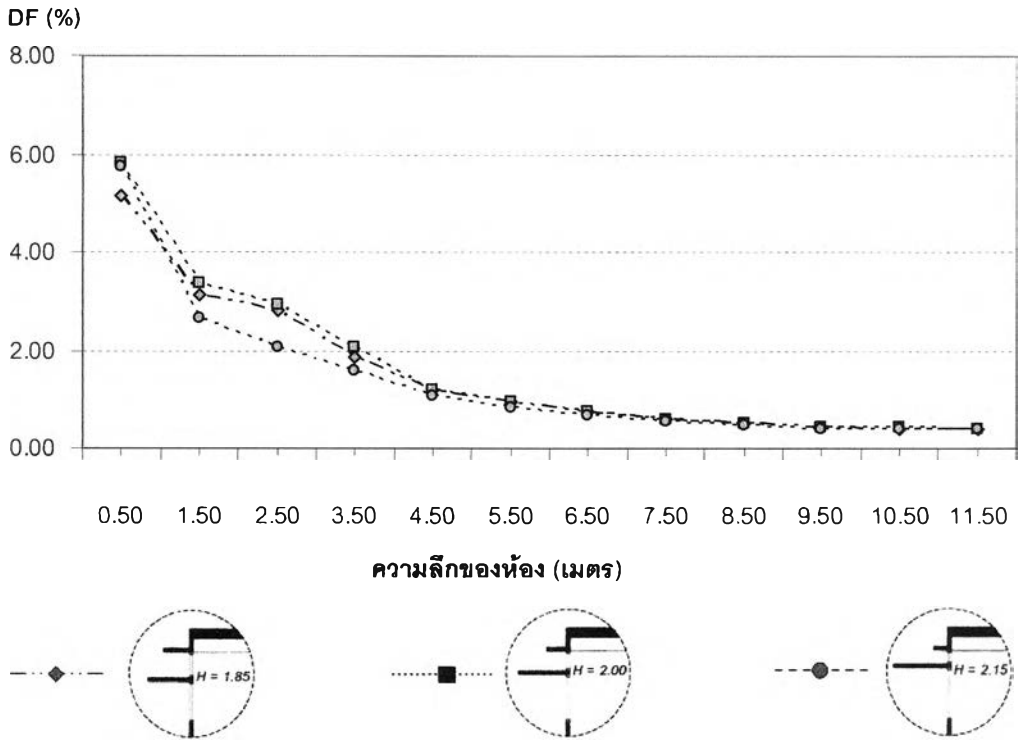


1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร 2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร 3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบค่า DF กับระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	8.44	5.72	4.84	2.64	1.55	1.25	1.01	0.83	0.70	0.61	0.56	0.56
2)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.57	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
3)	9.43	4.80	2.94	2.27	1.37	1.11	0.90	0.75	0.64	0.57	0.54	0.54
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.11 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้



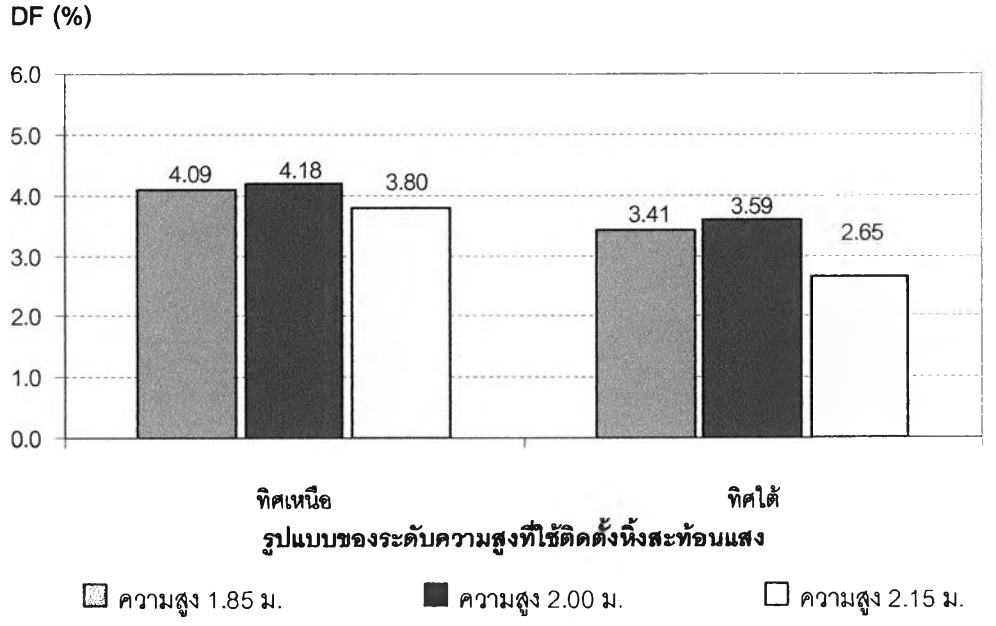
1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร 2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร 3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร

ตารางที่ 4.15 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.15	3.15	2.80	1.86	1.19	0.94	0.75	0.59	0.51	0.43	0.41	0.40
2)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
3)	5.75	2.64	2.07	1.60	1.05	0.84	0.67	0.54	0.47	0.41	0.39	0.39
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบของระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ของช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ พบว่าติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร นั้นมีประสิทธิภาพสูง รองลงมาจะเป็นที่ความสูง 1.85 เมตร และสุดท้ายที่ความสูง 2.15 เมตร โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 4.18 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้นจาก 1.29 เมตร 0.38 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.94 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.16

แผนภูมิที่ 4.12 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.16 สรุปผลการทดลองรูปแบบระดับความสูงในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

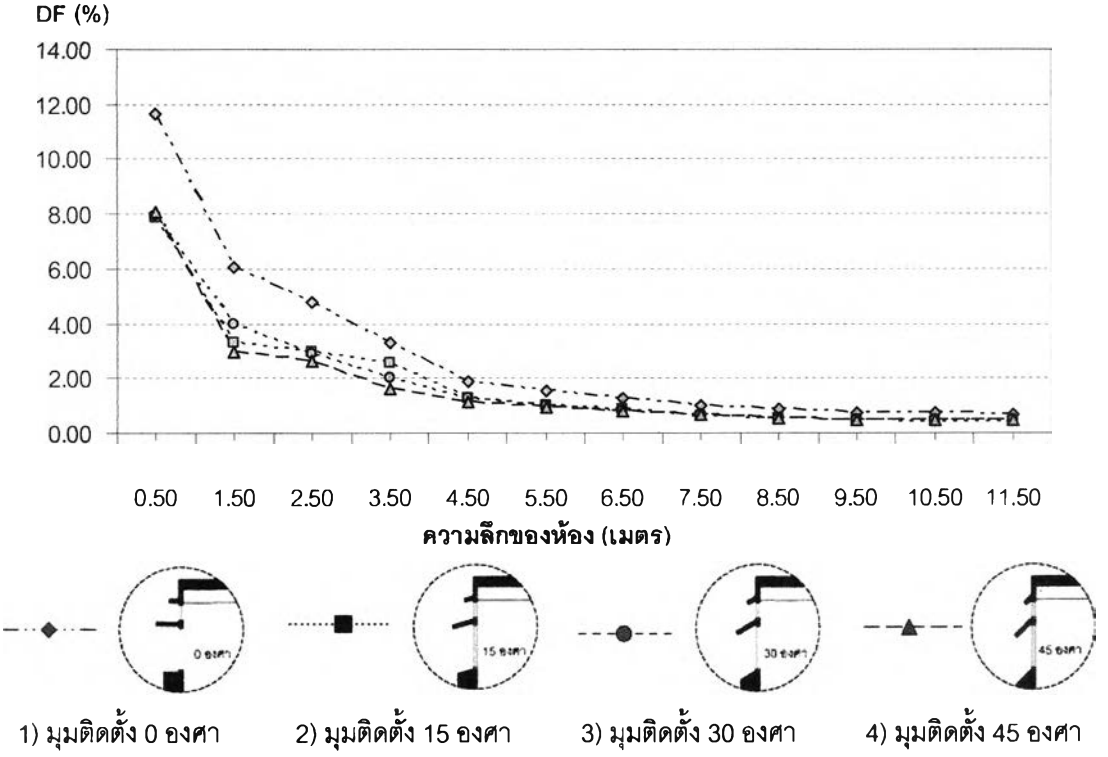
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร	4.09 ม.	34.1
	2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร	4.18 ม.	34.8
	3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร	3.80 ม.	31.7
ใต้	1) ติดตั้งที่ความสูง 1.85 เมตร	3.41 ม.	28.4
	2) ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร	3.59 ม.	29.9
	3) ติดตั้งที่ความสูง 2.15 เมตร	2.65 ม.	22.1
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.1.5 ผลการทดลองมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ตารางที่ 4.17 การกำหนดตัวแปรในการทดลองรูปแบบมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.13 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

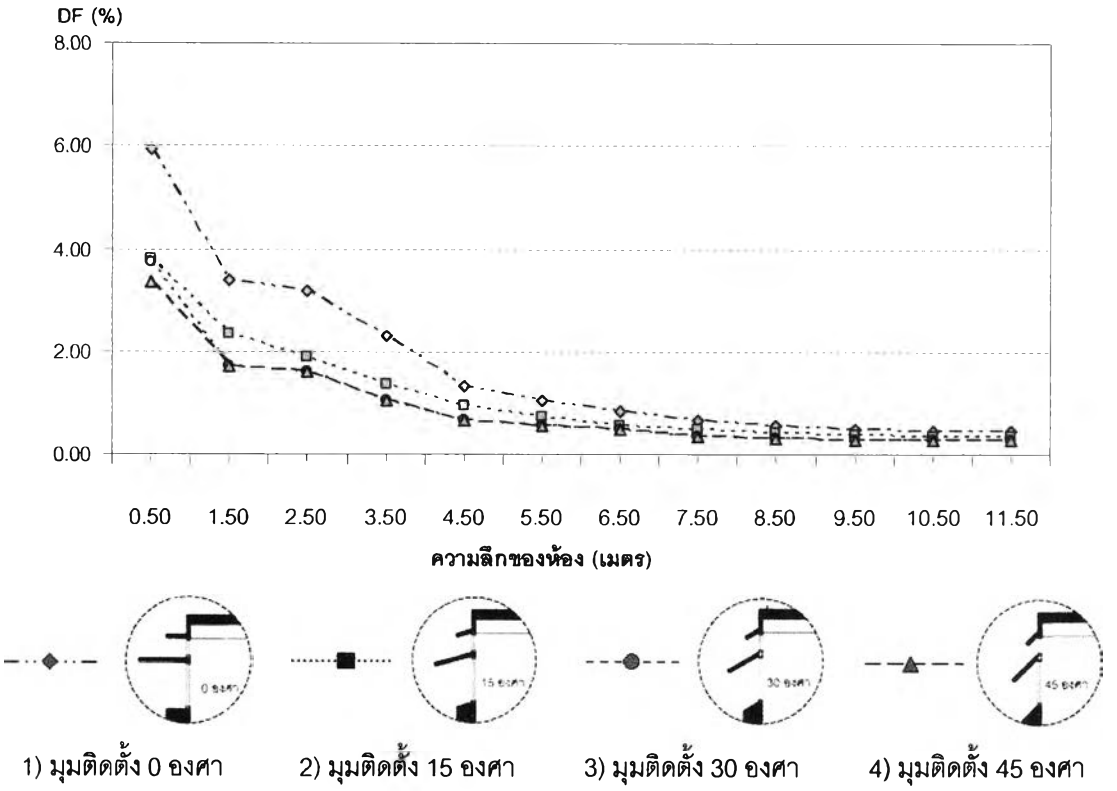


1) มุมติดตั้ง 0 องศา 2) มุมติดตั้ง 15 องศา 3) มุมติดตั้ง 30 องศา 4) มุมติดตั้ง 45 องศา

ตารางที่ 4.18 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	11.67	6.08	4.81	3.30	1.90	1.56	1.26	1.00	0.86	0.77	0.71	0.70
2)	7.87	3.31	2.94	2.57	1.29	1.02	0.85	0.60	0.51	0.46	0.43	0.42
3)	7.95	3.97	2.93	2.00	1.27	1.01	0.81	0.65	0.54	0.50	0.48	0.48
4)	8.06	2.97	2.64	1.65	1.13	0.94	0.78	0.65	0.56	0.49	0.47	0.47
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้



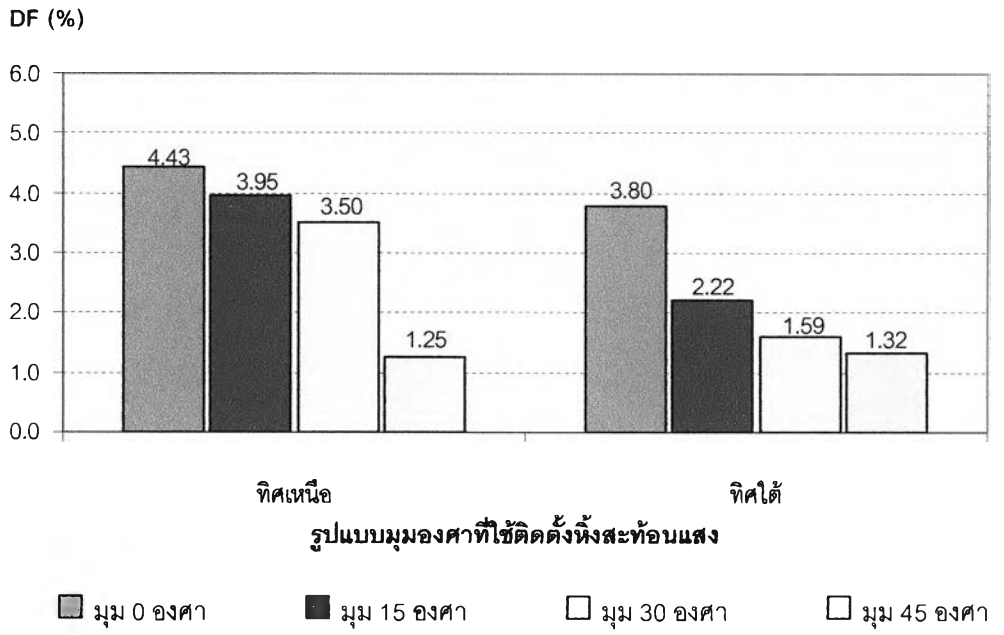
1) มุมติดตั้ง 0 องศา 2) มุมติดตั้ง 15 องศา 3) มุมติดตั้ง 30 องศา 4) มุมติดตั้ง 45 องศา

ตารางที่ 4.19 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) *0.50*	(B) *1.50*	(C) *2.50*	(D) *3.50*	(E) *4.50*	(F) *5.50*	(G) *6.50*	(H) *7.50*	(I) *8.50*	(J) *9.50*	(K) *10.50*	(L) *11.50*
1)	5.93	3.39	3.17	2.32	1.31	1.04	0.85	0.67	0.57	0.49	0.46	0.46
2)	3.80	2.33	1.87	1.35	0.93	0.74	0.55	0.48	0.42	0.38	0.35	0.35
3)	3.74	2.05	1.49	1.13	0.85	0.70	0.55	0.49	0.39	0.37	0.36	0.36
4)	3.37	1.70	1.61	1.04	0.66	0.55	0.47	0.36	0.30	0.28	0.28	0.27
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบมุมองศาในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ โดยเริ่มที่มุม 0 องศา และปรับเอียงที่มุม 15 30 และ 45 องศา พบว่าการปรับเอียงลงของหิ้งสะท้อนแสงจะมีผลให้แสงสว่างมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งรูปแบบมุมติดตั้งที่ 0 องศา นั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบอื่น ๆ โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0 % หรือ 300 lx) โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 4.38 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 3.18 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.80 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 2.48 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.20

แผนภูมิที่ 4.15 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบมุมองศาในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.20 สรุปผลการทดลองรูปแบบมุมองศาในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง

ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) มุมติดตั้ง 0 องศา	4.43	36.9
	2) มุมติดตั้ง 15 องศา	3.95	32.9
	3) มุมติดตั้ง 30 องศา	3.50	29.2
	4) มุมติดตั้ง 45 องศา	1.25	10.5
ใต้	1) มุมติดตั้ง 0 องศา	3.80	31.7
	2) มุมติดตั้ง 15 องศา	2.22	18.5
	3) มุมติดตั้ง 30 องศา	1.59	13.2
	4) มุมติดตั้ง 45 องศา	1.32	11.0
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

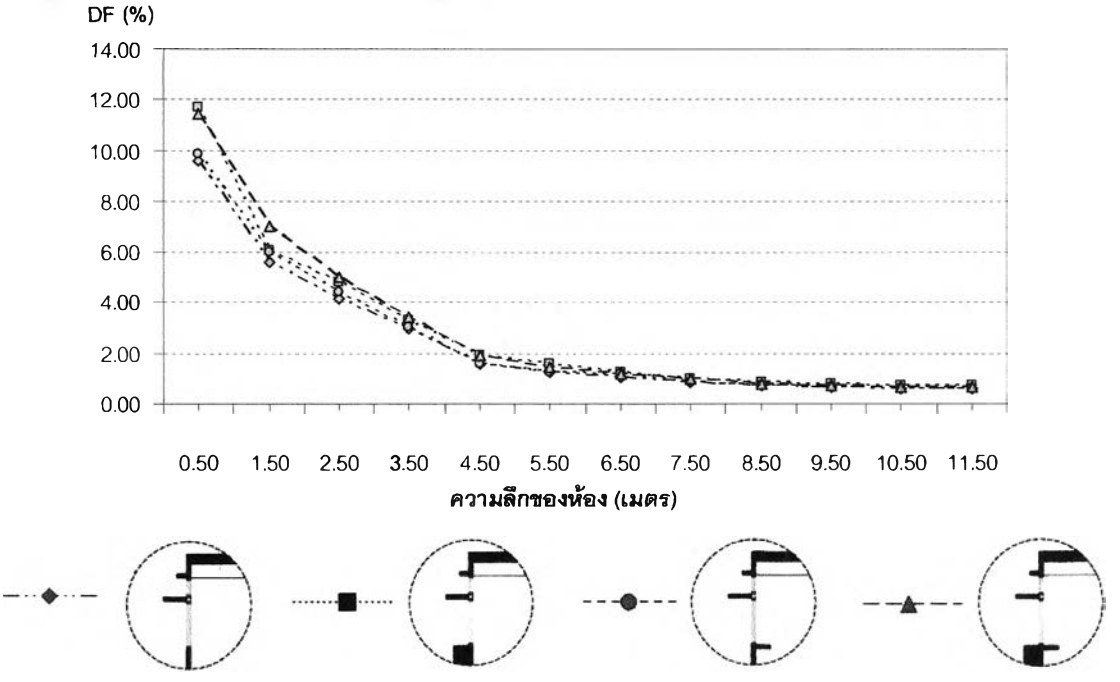
4.2 ผลการทดลองตัวแปรที่มีอิทธิพลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง

4.2.1 ผลการทดลองรูปแบบของขอบหน้าต่าง

ตารางที่ 4.21 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบของขอบหน้าต่าง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบของขอบหน้าต่างของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศเหนือ

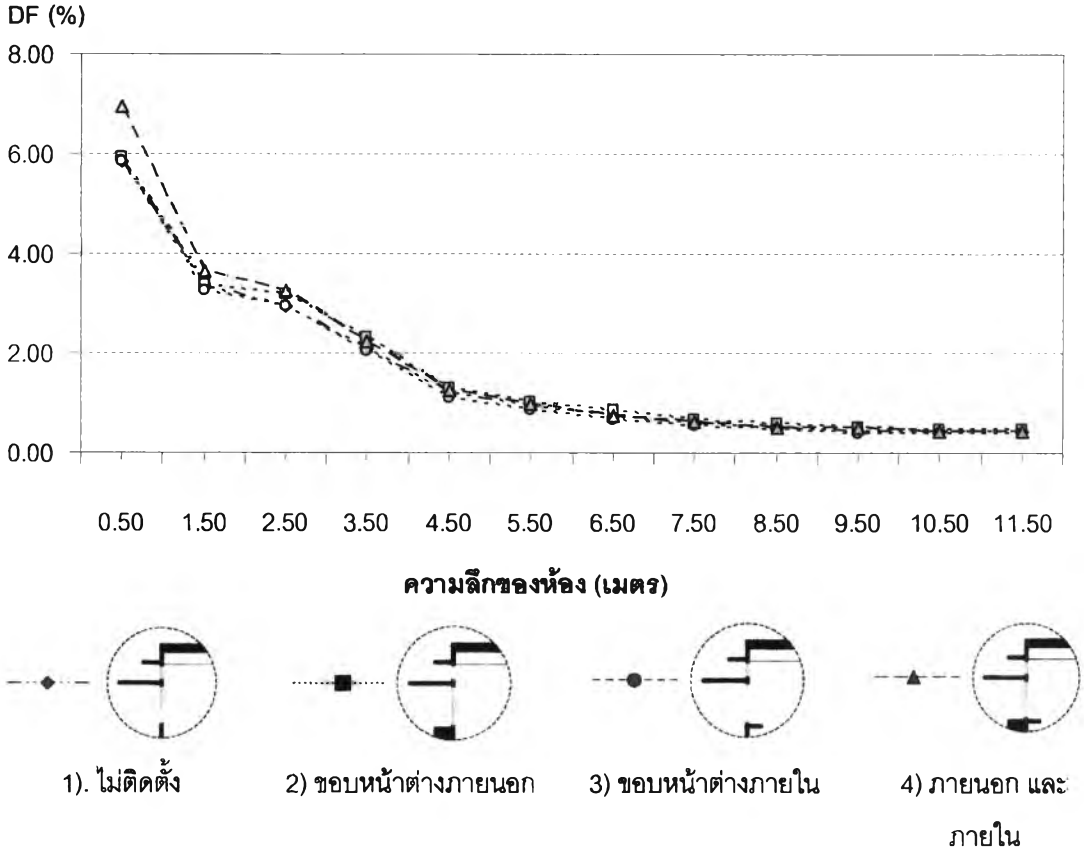


1). ไม่ติดตั้ง 2) ขอบหน้าต่างภายนอก 3) ขอบหน้าต่างภายใน 4) ภายนอก และภายใน

ตารางที่ 4.22 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
2)	11.67	6.08	4.81	3.30	1.90	1.56	1.26	1.00	0.86	0.77	0.71	0.70
3)	9.81	6.00	4.44	3.07	1.59	1.27	1.18	0.85	0.72	0.63	0.58	0.58
4)	11.44	7.03	5.05	3.46	1.90	1.48	1.20	0.98	0.81	0.72	0.66	0.66
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.17 กราฟเปรียบทียบค่า DF กับรูปแบบของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศใต้



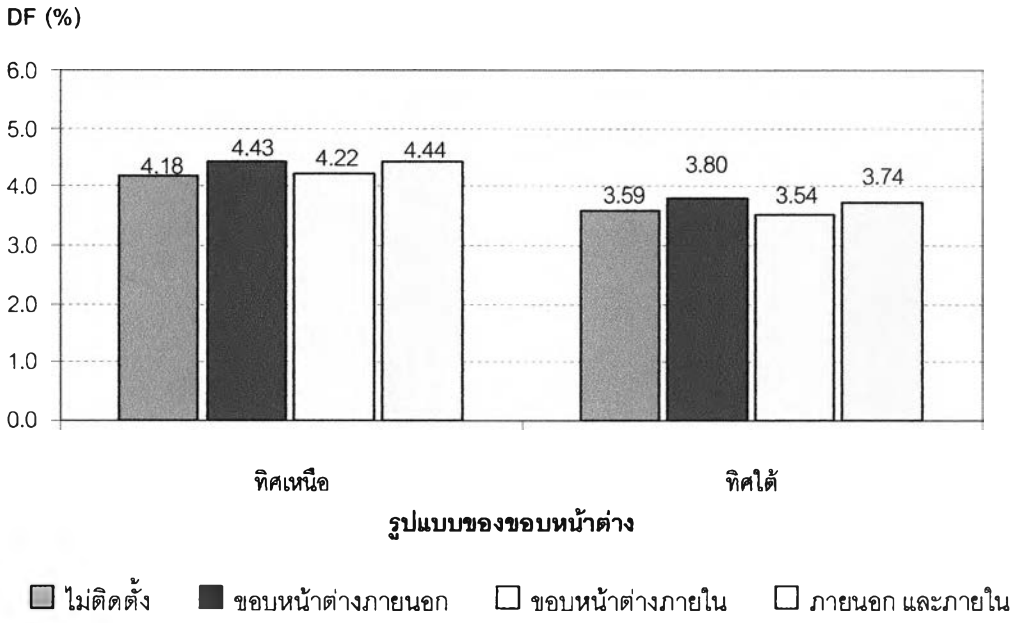
ตารางที่ 4.23 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
2)	5.93	3.39	3.17	2.32	1.31	1.04	0.85	0.67	0.57	0.49	0.46	0.46
3)	5.84	3.26	2.94	2.04	1.10	0.85	0.68	0.55	0.47	0.40	0.37	0.37
4)	6.96	3.65	3.24	2.24	1.26	0.97	0.75	0.62	0.52	0.50	0.42	0.42
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบของขอบหน้าต่างของช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ โดยเริ่มเปรียบเทียบจากไม่ติดตั้งกับขอบหน้าต่างภายนอก ขอบหน้าต่างภายใน และติดตั้งทั้งภายนอกกับภายใน พบว่าขอบหน้าต่างมีส่วนช่วยในการสะท้อนแสง ซึ่งพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) ในทิศเหนือรูปแบบการติดตั้งขอบหน้าต่างทั้งภายนอกและภายใน เปรียบเทียบกับรูปแบบภายนอก นั้นมีประสิทธิภาพอยู่ในระยะเกือบไม่ต่างกัน จึงเลือกรูปแบบภายนอกที่จะประหยัดพื้นที่ใช้สอยมากกว่า ส่วนทิศใต้ การติดตั้งขอบหน้าต่างภายนอกจะอยู่ในระยะ 3.80 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.26 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลงตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองใน

ตารางที่ 4.24 ยกเว้นรูปแบบขอบหน้าต่างแบบในช่องเปิดทิศเหนือ เปรียบเทียบกับรูปแบบภายในและภายนอก มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน จึงใช้รูปแบบ

แผนภูมิที่ 4.18 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบของขอบหน้าต่างกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.24 ตารางสรุปผลการทดลองรูปแบบของขอบหน้าต่าง

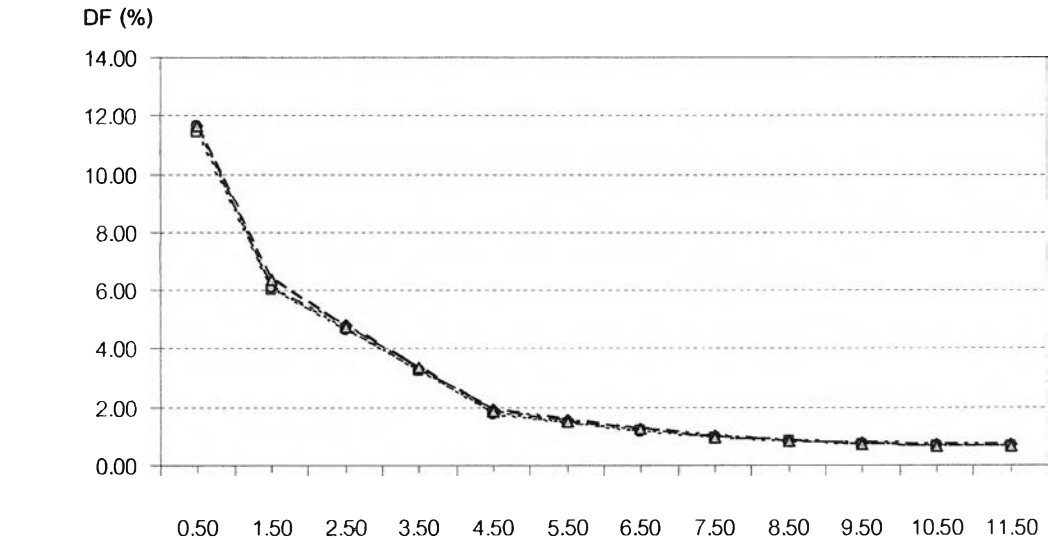
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1). ไม่ติดตั้ง	4.18	34.8
	2) ขอบหน้าต่างภายนอก	4.43	36.9
	3) ขอบหน้าต่างภายใน	4.22	35.2
	4) ภายนอก และภายใน	4.44	37.0
ใต้	1). ไม่ติดตั้ง	3.59	29.9
	2) ขอบหน้าต่างภายนอก	3.80	31.7
	3) ขอบหน้าต่างภายใน	3.54	29.5
	4) ภายนอก และภายใน	3.74	31.2
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

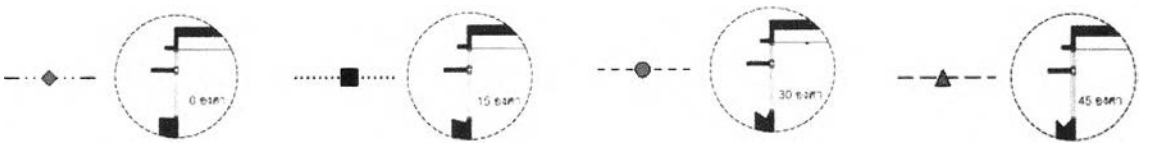
4.2.2 ผลการทดลองรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่าง

ตารางที่ 4.25 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่าง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบของมุมองศาขอบหน้าต่างของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.19 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศเหนือ



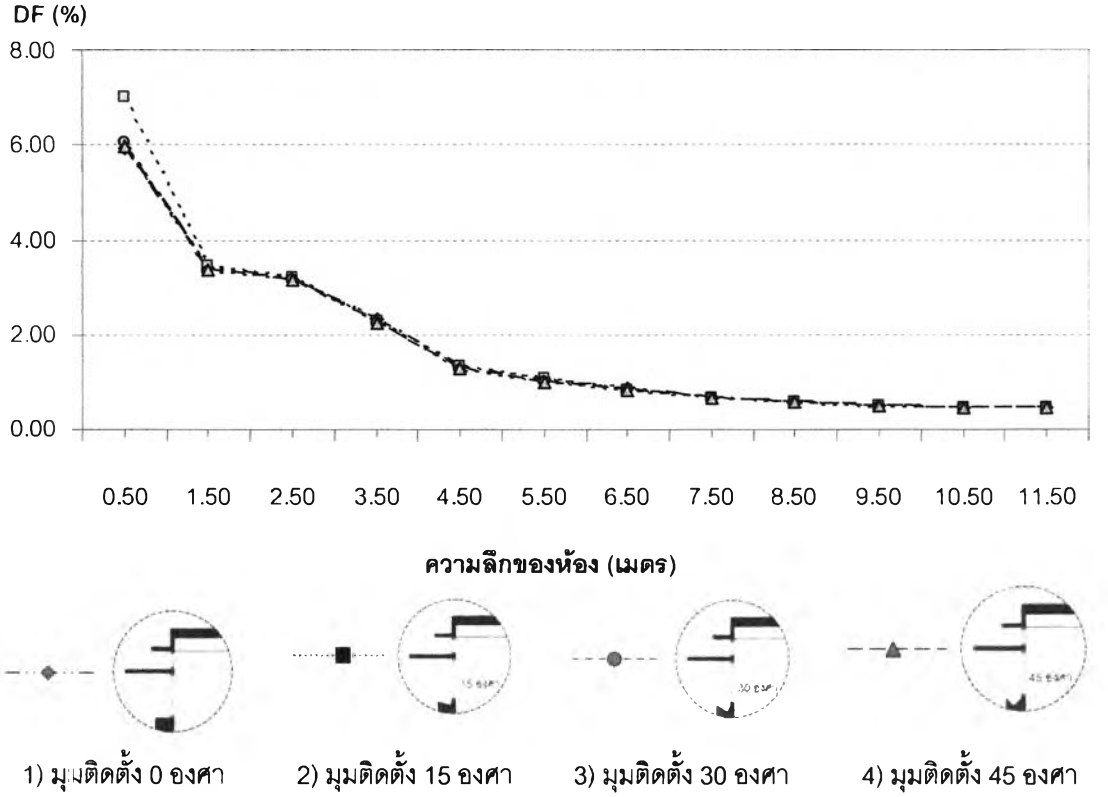


1) มุมติดตั้ง 0 องศา 2) มุมติดตั้ง 15 องศา 3) มุมติดตั้ง 30 องศา 4) มุมติดตั้ง 45 องศา

ตารางที่ 4.26 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศเหนือ

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	11.67	6.08	4.81	3.30	1.90	1.56	1.26	1.00	0.86	0.77	0.71	0.70
2)	11.44	6.01	4.70	3.25	1.83	1.47	1.19	0.96	0.82	0.72	0.67	0.66
3)	11.67	6.05	4.61	3.25	1.75	1.42	1.17	0.93	0.80	0.70	0.65	0.64
4)	11.67	6.39	4.74	3.34	1.85	1.49	1.23	0.98	0.84	0.73	0.68	0.66
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.20 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศใต้

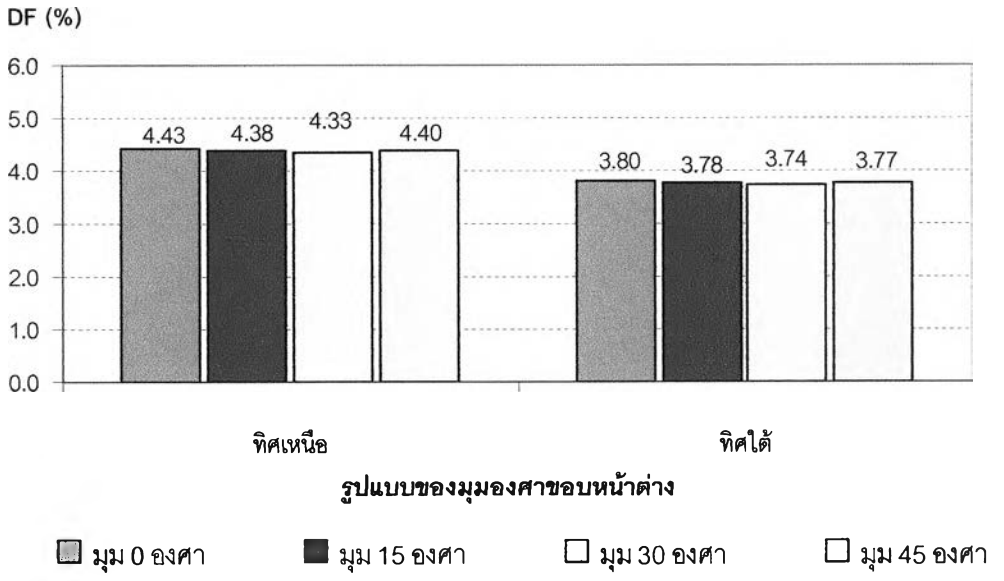


ตารางที่ 4.27 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างช่องเปิดทิศใต้

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.93	3.39	3.17	2.32	1.31	1.04	0.85	0.67	0.57	0.49	0.46	0.46
2)	6.99	3.46	3.18	2.29	1.33	1.06	0.84	0.67	0.57	0.49	0.46	0.46
3)	6.06	3.33	3.13	2.23	1.26	1.00	0.79	0.65	0.55	0.48	0.45	0.44
4)	5.97	3.35	3.13	2.26	1.29	1.01	0.81	0.65	0.56	0.49	0.46	0.46
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างภายนอกช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ โดยเริ่มที่มุม 0 องศา และปรับเอียงขึ้นที่มุม 15 30 และ 45 องศา พบว่าการเอียงมุมขอบหน้าต่างมีส่วนช่วยในการสะท้อนแสงได้เพียงเล็กน้อย โดยรูปแบบการมุมองศาขอบหน้าต่างที่มุม 0 องศา นั้นมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยในทิศเหนือ อยู่ในระยะ 4.43 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.10 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.80 เมตร เมื่อเทียบกับรูปแบบที่มีระยะน้อยที่สุดจะมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.06 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.28

แผนภูมิที่ 4.21 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่างกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.28 ตารางสรุปผลการทดลองรูปแบบมุมองศาของขอบหน้าต่าง

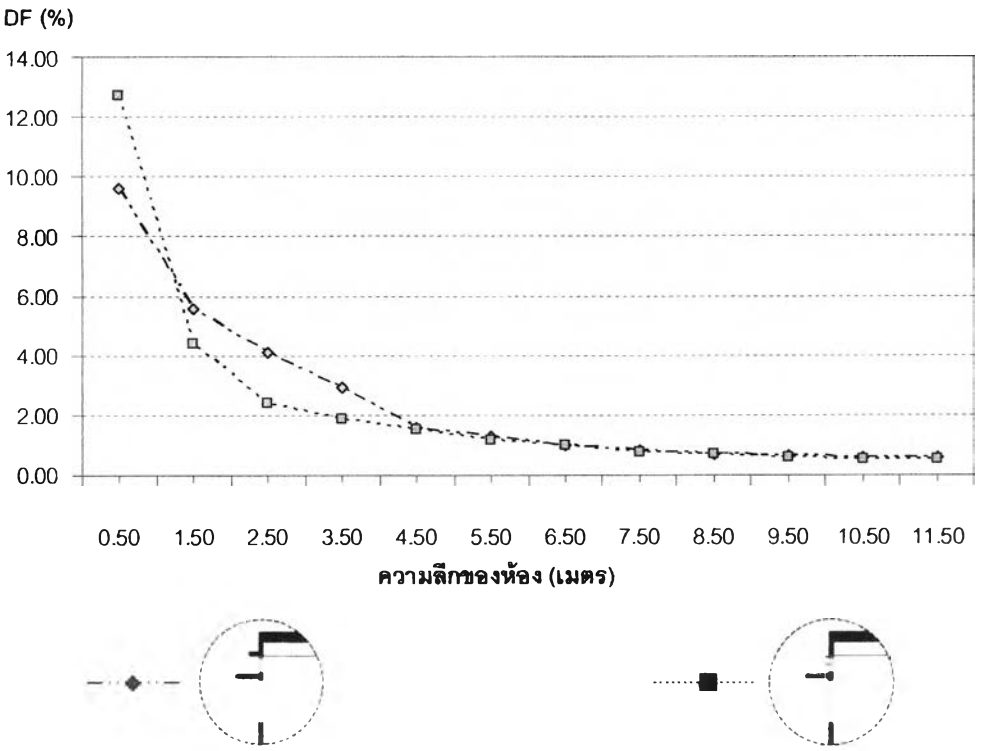
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) มุมติดตั้ง 0 องศา	4.43	36.9
	2) มุมติดตั้ง 15 องศา	4.38	36.5
	3) มุมติดตั้ง 30 องศา	4.33	36.1
	4) มุมติดตั้ง 45 องศา	4.40	36.7
ใต้	1) มุมติดตั้ง 0 องศา	3.80	31.7
	2) มุมติดตั้ง 15 องศา	3.78	31.5
	3) มุมติดตั้ง 30 องศา	3.74	31.1
	4) มุมติดตั้ง 45 องศา	3.77	31.4
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.2.3 ผลการทดลองรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

ตารางที่ 4.29 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
รูปแบบของของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		ชนิดกระจก	ใช้กระจกโฟลตใส หนา 6 มม. มีค่าที่ส่องผ่าน 88%

แผนภูมิที่ 4.22 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนช่องเปิดทิศเหนือ



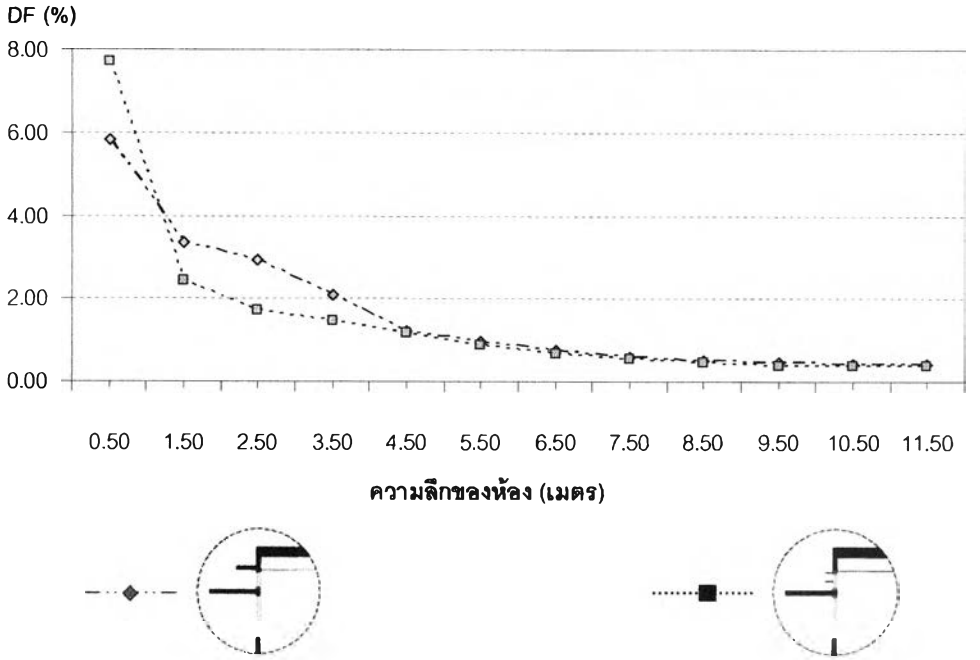
1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง

2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด

ตารางที่ 4.30 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนช่องเปิดทิศเหนือ

	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
2)	12.69	4.39	2.43	1.91	1.51	1.19	1.00	0.79	0.69	0.60	0.53	0.53
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.23 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนทิศใต้



1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง

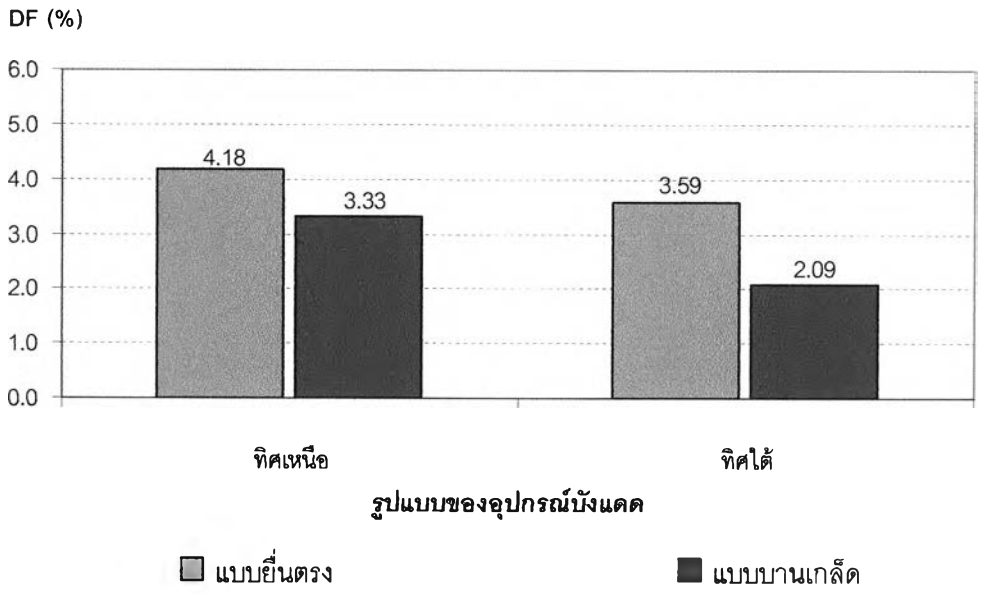
2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
2)	7.72	2.41	1.71	1.45	1.19	0.90	0.65	0.53	0.45	0.39	0.36	0.36
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนช่องเปิดทิศเหนือ – ใต้ โดยเปรียบเทียบแบบยื่นตรง (over hang) กับ แบบบานเกล็ด (blind) พบว่ารูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง นั้นมีประสิทธิภาพสูง ซึ่งพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยในทิศเหนือ อยู่ในระยะ 4.18 เมตร โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.85 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 เมตร โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 1.50 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.32

แผนภูมิที่ 4.24 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอนกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.32 ตารางสรุปผลการทดลองรูปแบบของอุปกรณ์บังแดดแนวนอน

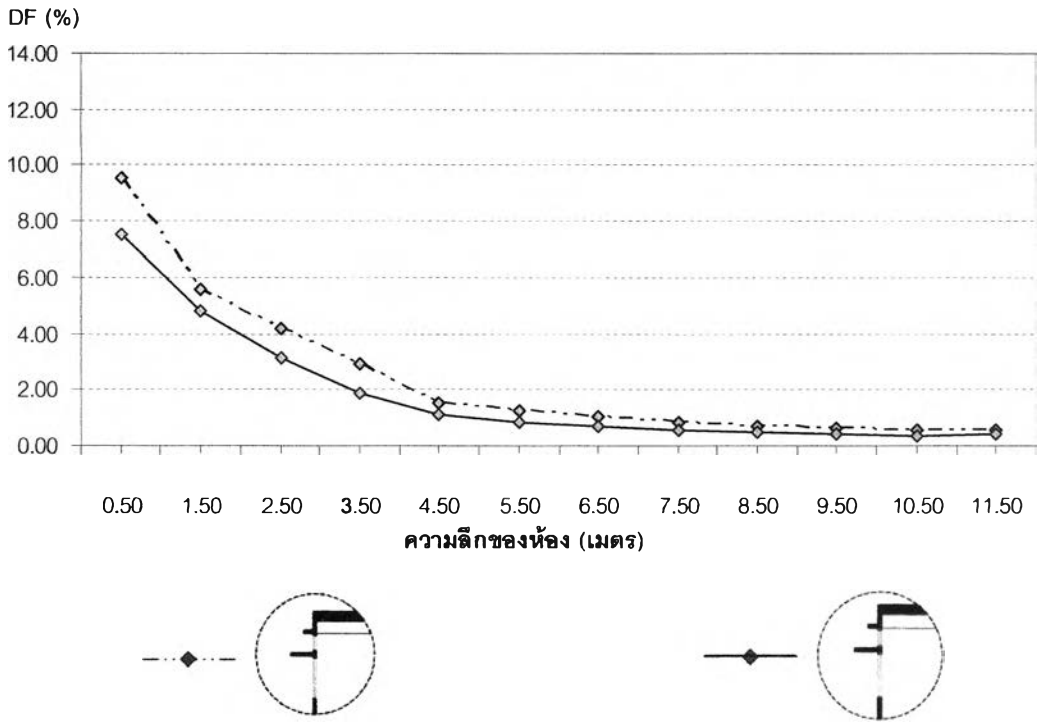
ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง	4.18 ม.	34.8
	2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด	3.33 ม.	27.7
ใต้	1) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง	3.59 ม.	29.9
	2) อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบบานเกล็ด	2.09 ม.	17.4
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

4.2.4 ผลการทดลองรูปแบบกระจกช่องเปิด

ตารางที่ 4.33 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองรูปแบบของกระจกช่องเปิด

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
ชนิดของกระจกช่องเปิด ของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้	ค่าการส่องผ่าน ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3

แผนภูมิที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบของกระจกช่องเปิดทิศเหนือ



1) กระจกโฟลตใส τ = 0.88 (บน+ล่าง)

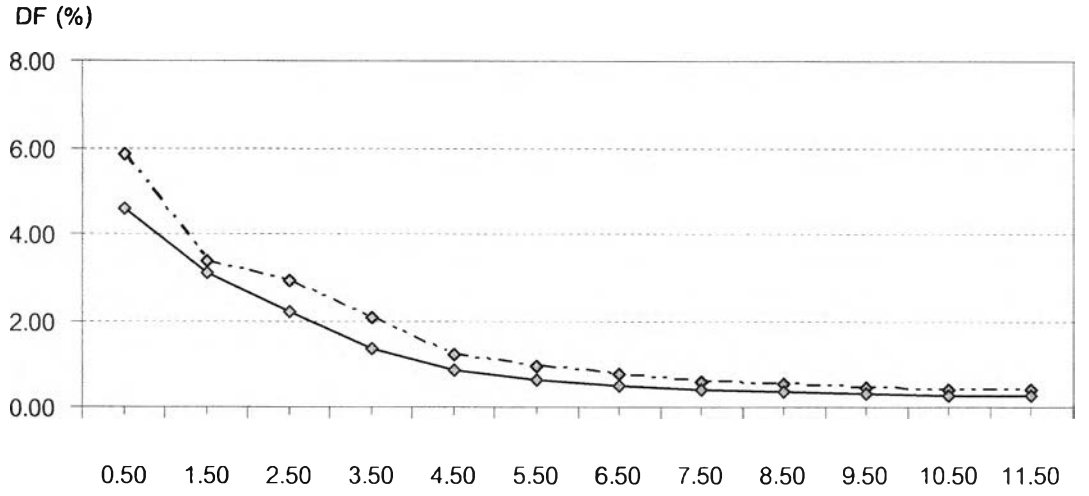
2) กระจกโฟลต τ = 0.88 (บน)

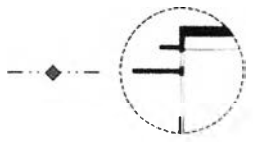
กระจกเขียว τ = 0.72 (ล่าง)

ตารางที่ 4.34 เปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบกระจกช่องเปิดทิศเหนือ

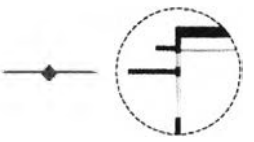
	ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)											
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	9.57	5.60	4.15	2.94	1.56	1.27	1.03	0.84	0.71	0.63	0.58	0.58
2)	7.54	4.82	3.14	1.91	1.10	0.84	0.69	0.58	0.48	0.44	0.38	0.38
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับรูปแบบกระจกช่องเปิดทิศใต้





1) กระจกโฟลตใส τ = 0.88 (บน+ล่าง)



2) กระจกโฟลต τ = 0.87 (บน)

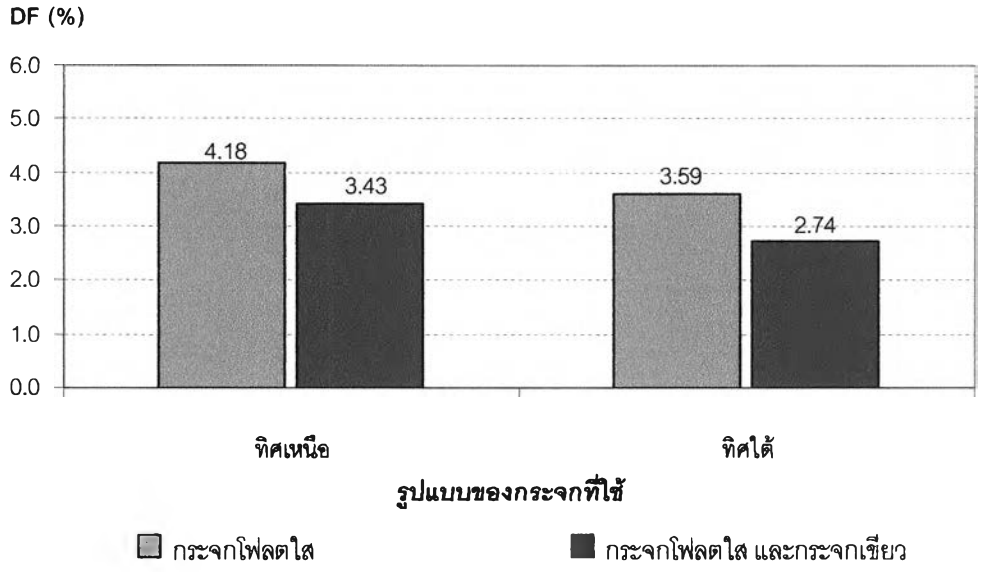
กระจกเขียว τ = 0.72 (ล่าง)

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบค่า DF กับกระจกช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	5.84	3.35	2.92	2.08	1.20	0.96	0.76	0.60	0.52	0.45	0.42	0.42
2)	4.60	3.10	2.21	1.35	0.84	0.64	0.51	0.42	0.35	0.31	0.28	0.28
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากการทดลองรูปแบบของช่องเปิดกระจกทิศเหนือ – ใต้ พบว่ารูปแบบกระจกโฟลตใสมีประสิทธิภาพสูงกว่า รูปแบบกระจกโฟลตใส ร่วมกับกระจกเขียวตัดแสง โดยจะพิจารณาจากปริมาณแสงสว่างที่เพียงพอ (กำหนดเกณฑ์ขั้นต้นที่ DF 2.0% หรือ 300 lx) โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 4.18 เมตร โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.75 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 เมตร โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.85 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลงตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น โดยแสดงผลการทดลองในตารางที่ 4.36

แผนภูมิที่ 4.27 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบของช่องเปิดกระจก กับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.36 ตารางสรุปผลการทดลองรูปแบบของช่องเปิดกระจก

ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) กระจกโฟลตใส τ = 0.88 (บน+ล่าง)	4.18 ม.	34.8
	2) กระจกโฟลต τ = 0.88 (บน) และ กระจกเขียว τ = 0.72 (ล่าง)	3.43 ม.	28.6
ใต้	1) กระจกโฟลตใส τ = 0.88 (บน+ล่าง)	3.59 ม.	29.9
	2) กระจกโฟลต τ = 0.88 (บน) และ กระจกเขียว τ = 0.72 (ล่าง)	2.74 ม.	22.9
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		

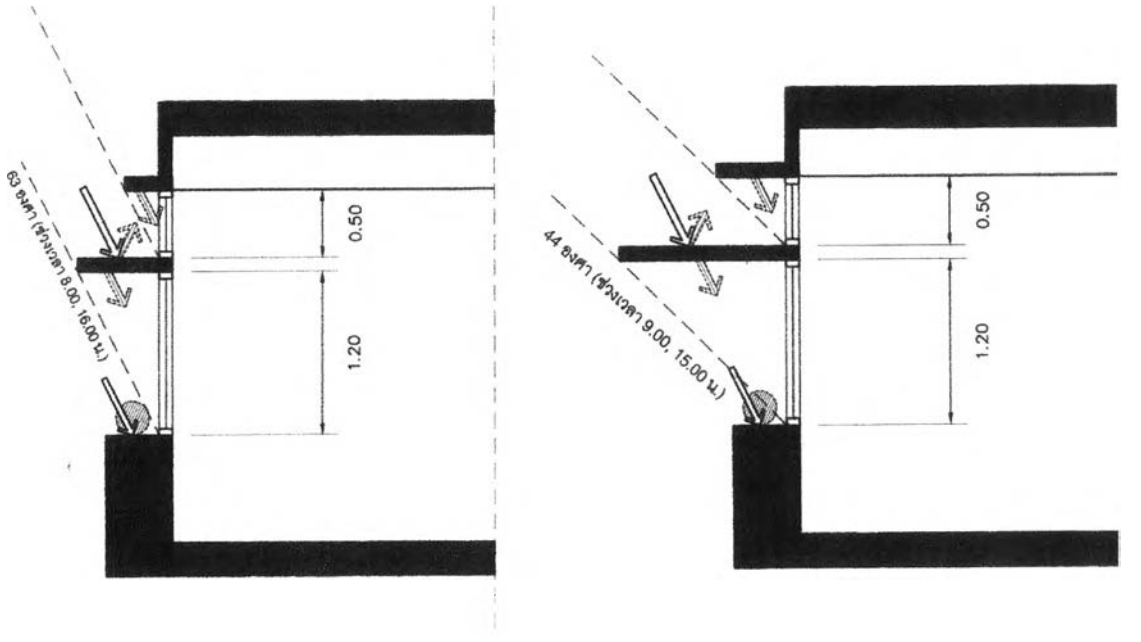
4.3 สรุปตัวแปรหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ – ทิศใต้

จากการทดสอบรูปแบบตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงสรุปได้ว่า ตัวแปรที่มีประสิทธิภาพต่อการสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้จะมีรูปแบบโดยรวมที่เหมือนกัน ดังนี้

ตารางที่ 4.37 ตารางสรุปผลการทดลองตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง

ลำดับ	ผลสรุปการทดลอง	รูปแบบที่มีประสิทธิภาพของช่องเปิด
		ทิศเหนือ - ทิศใต้
ตัวแปรกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง		
1	รูปแบบหิ้งสะท้อนแสง	หิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก
2	ระยะความลึกของหิ้งสะท้อนแสง	ขนาดปกติ
3	รูปแบบการสะท้อนของวัสดุ	การสะท้อนเสมือนกระจกเงา
4	ระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้ง	ติดตั้งที่ความสูง 2.00 เมตร
5	มุมองศาที่ใช้ในการติดตั้ง	ติดตั้งที่มุม 0 องศา
ตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง		
1	ขอบหน้าต่าง	ภายนอก
2	มุมองศาขอบหน้าต่าง	0 องศา
3	อุปกรณ์บังแดดแนวนอน	ยื่นตรง
4	กระจกช่องเปิด	กระจกโฟลตใส

โดยจะนำข้อมูลการทดสอบรูปแบบตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่ได้ มาเป็นแนวทางในการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ ที่ใช้เป็นต้นแบบเพื่อทำการทดลองวัดค่าความสว่างที่ผ่านเข้ามาภายใน



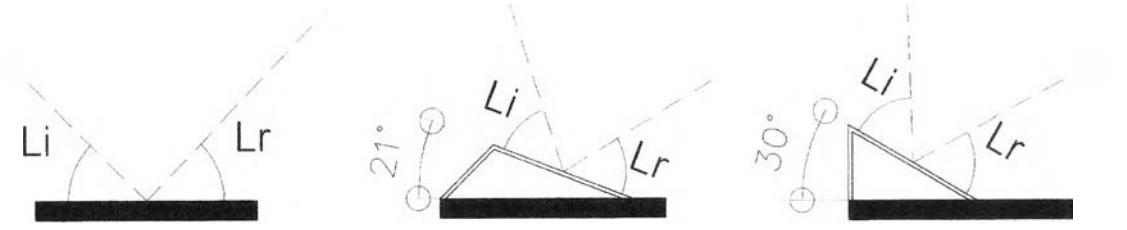
a) ทิศเหนือ b) ทิศใต้

รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบตัวแปรหิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

4.4 แนวทางการนำเสนอต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ – ทิศใต้

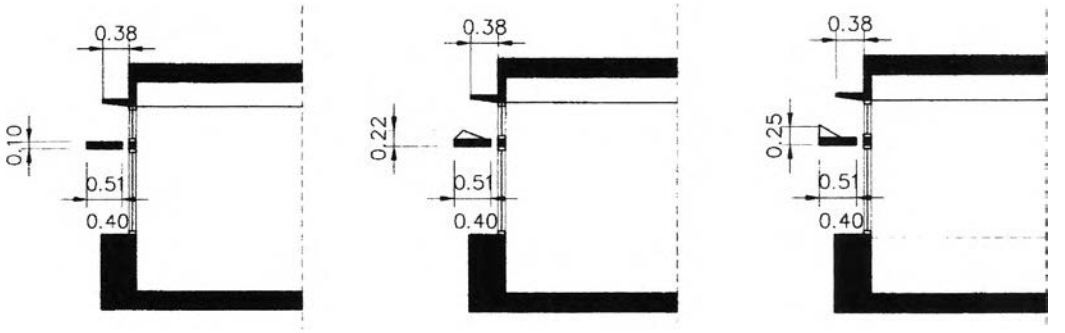
นำผลทดสอบรูปแบบตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด มาใช้ในการออกแบบช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ เพื่อการนำแสงสะท้อนเข้าสู่พื้นที่ใช้สอย ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่าการปรับมุมองศาเอียงขึ้นของหิ้งสะท้อนแสงมีผลต่อการสะท้อนแสงที่มากขึ้น(อ้างอิงจาก Moore, 1991: 89) จึงได้แนวทางเลือกในการออกแบบให้ผิวหน้าของต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงปรับรูปแบบมุมองศาได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1) หิ้งสะท้อนแสงมุม 0 องศา (ปกติ)
2) หิ้งสะท้อนแสงมุม 21 องศา
3) หิ้งสะท้อนแสงมุม 30 องศา



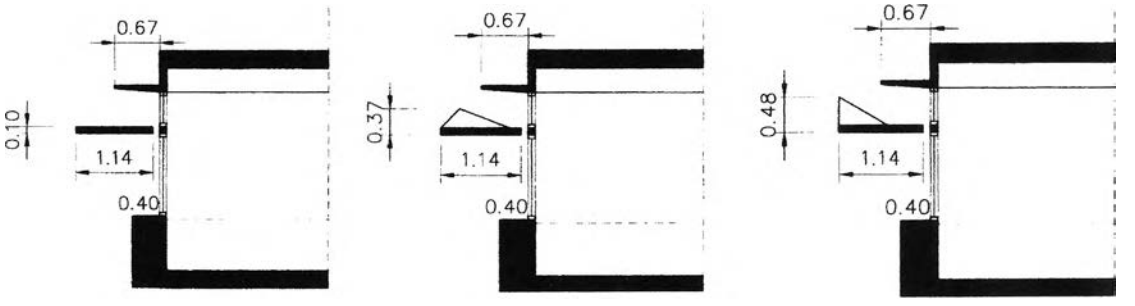
1) มุม 0 องศา (ปกติ) 2) มุม 21 องศา 3) มุม 30องศา

รูปที่ 4.2 แสดงการปรับมุมองศาเอียงขึ้นของหิ้งสะท้อนแสงมีผลต่อการสะท้อนแสงที่มากขึ้น



1) มุม 0 องศา (ปกติ) 2) มุม 21 องศา 3) มุม 30องศา

รูปที่ 4.3 แสดงรูปแบบต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงในช่องทิศเหนือ



1) มุม 0 องศา (ปกติ) 2) มุม 21 องศา 3) มุม 30องศา

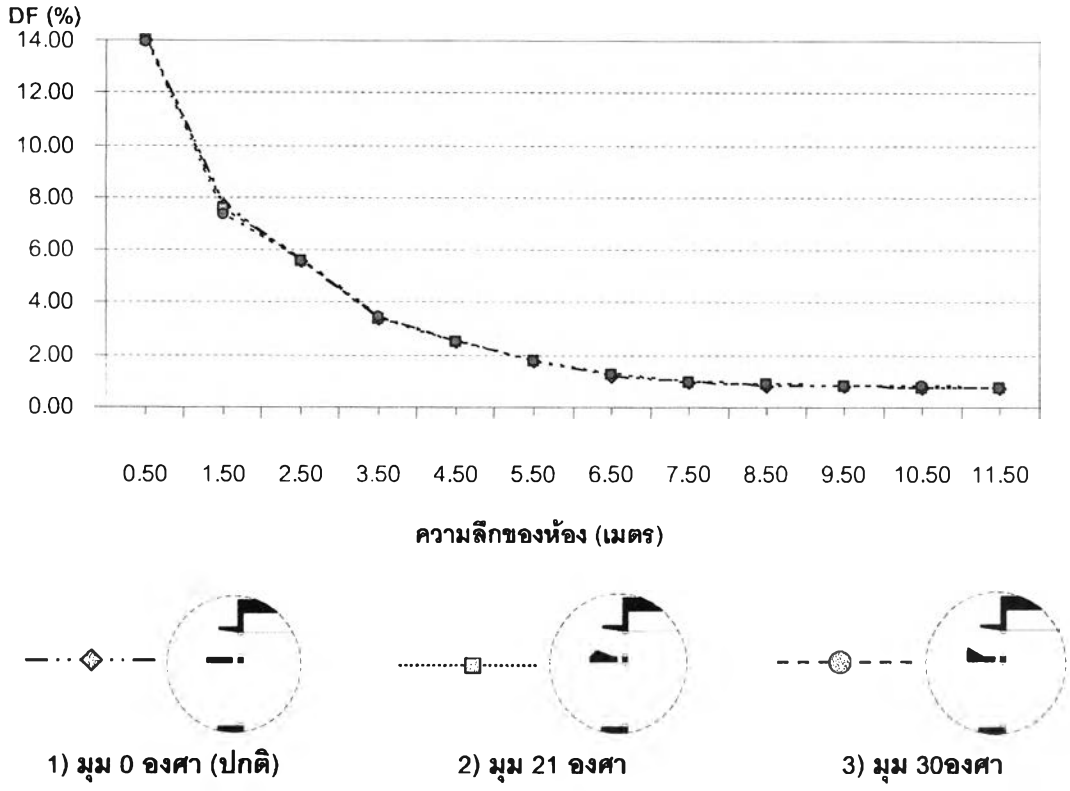
รูปที่ 4.4 แสดงรูปแบบต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงในช่องทิศใต้

4.5 ผลการทดลองสรุปต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้

ตารางที่ 4.38 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองสรุปต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม	หมายเหตุ
การปรับมุมองศาเอียงขึ้น	ค่าความสว่าง ณ ระนาบใช้งาน	สภาพที่ใช้ทดสอบ	ทดสอบใน skydome สภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky)
		หุ่นจำลอง และองค์ประกอบภายใน	รายละเอียดในตารางที่ 3.2 และ 3.3
		รูปแบบการทดลอง	รายละเอียดในตารางที่ 4.37

แผนภูมิที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

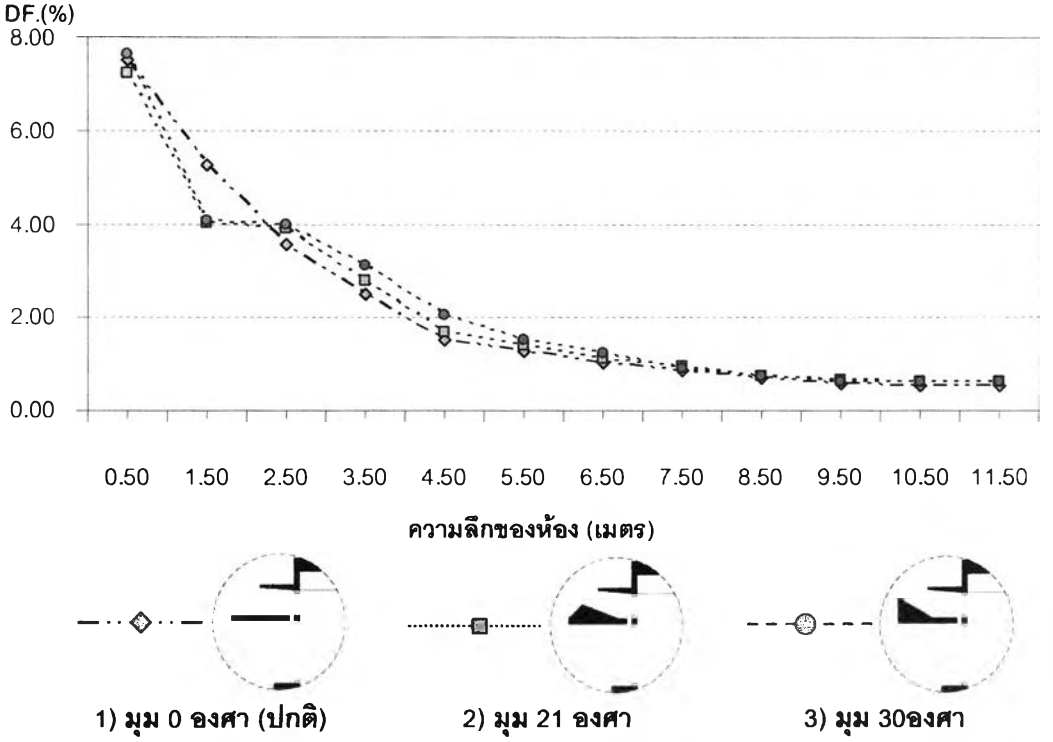


1) มุม 0 องศา (ปกติ) 2) มุม 21 องศา 3) มุม 30องศา

ตารางที่ 4.39 เปรียบเทียบค่า DF กับต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	14.01	7.68	5.58	3.38	2.49	1.73	1.20	0.94	0.82	0.78	0.73	0.71
2)	13.98	7.54	5.60	3.40	2.48	1.74	1.22	0.95	0.85	0.79	0.74	0.73
3)	13.91	7.36	5.60	3.44	2.51	1.76	1.24	0.98	0.87	0.80	0.77	0.74
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

แผนภูมิที่ 4.29 กราฟเปรียบเทียบค่า DF กับต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

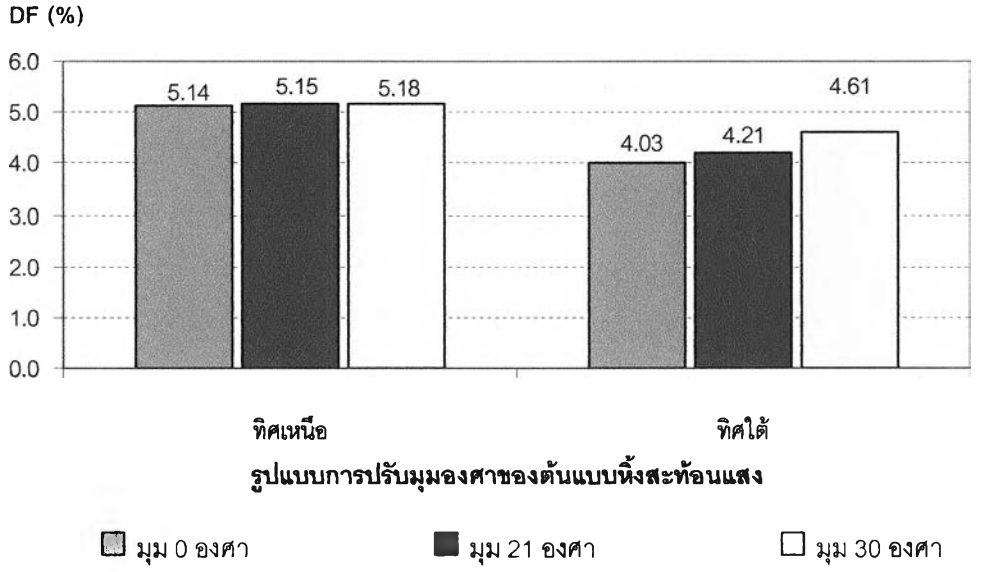


ตารางที่ 4.40 เปรียบเทียบค่า DF กับต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)												
รูปแบบ	(A) 0.50	(B) 1.50	(C) 2.50	(D) 3.50	(E) 4.50	(F) 5.50	(G) 6.50	(H) 7.50	(I) 8.50	(J) 9.50	(K) 10.50	(L) 11.50
1)	7.49	5.23	3.58	2.52	1.53	1.27	1.01	0.87	0.68	0.59	0.55	0.55
2)	7.23	4.02	3.91	2.77	1.68	1.40	1.11	0.96	0.75	0.65	0.61	0.61
3)	7.63	4.05	3.98	3.13	2.06	1.50	1.23	0.90	0.73	0.63	0.60	0.60
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง											

จากผลการทดลองต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง พบว่าการปรับมุมเอียงขึ้นทั้ง 3 รูปแบบ จะมีผลต่อการสะท้อนแสงผ่านช่องเปิด โดยทิศเหนือมีระยะที่ปริมาณแสงธรรมชาติ ณ จุดผ่านเกณฑ์ที่ 5.14 - 5.18 ม. (เรียงลำดับจากน้อย – มาก) โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.04 เมตร ซึ่งเกิดความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย จะไม่ชัดเจนเท่ากับทิศใต้มีระยะที่ปริมาณแสงธรรมชาติ ณ จุดผ่านเกณฑ์ที่ 4.03 – 4.61 ม. (เรียงลำดับจากน้อย – มาก) โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.58 เมตร การประเมินปริมาณแสงธรรมชาติโดยจะนำรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะพบว่ารูปแบบที่ปรับมุม 30 องศา โดยทิศเหนืออยู่ในระยะ 5.18 เมตร ส่วนทิศใต้อยู่ในระยะ 4.61 เมตร จากนั้นแสงสว่างจะมีปริมาณลดลง ตามระยะของห้องที่เพิ่มขึ้น

แผนภูมิที่ 4.30 กราฟแท่งเปรียบเทียบรูปแบบการปรับมุมองศา ของต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงกับระยะความลึกที่ DF 2.0 %



ตารางที่ 4.41 ตารางสรุปผลการทดลองรูปแบบของต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้

ช่องเปิดทิศ	สรุปผลรูปแบบการทดลอง	ระยะความลึกที่ DF = 2.0 %	% พื้นที่ผ่านเกณฑ์
เหนือ	1) หิ้งสะท้อนแสงมุม 0 องศา (ปกติ)	5.14 ม.	42.9
	2) หิ้งสะท้อนแสงมุม 21 องศา	5.15 ม.	42.9
	3) หิ้งสะท้อนแสงมุม 30 องศา	5.18 ม.	43.2
ใต้	1) หิ้งสะท้อนแสงมุม 0 องศา (ปกติ)	4.03 ม.	33.5
	2) หิ้งสะท้อนแสงมุม 21 องศา	4.21 ม.	35.1
	3) หิ้งสะท้อนแสงมุม 30 องศา	4.61 ม.	38.4
	หมายเหตุ แสดงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการทดลอง		