บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาหาปัจจัยทางกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งเป็นงานวิจัยเชิงทดลองหารูปแบบของตัวแปรหิ้งสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ – ทิศใต้ โดยประเมินรูปแบบตัวแปร ที่มีประสิทธิภาพสูงต่อการนำแสงธรรมชาติ และข้อเสนอแนะในการนำไปใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งสรุปผลที่ได้จากการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

6.1 บทสรุป

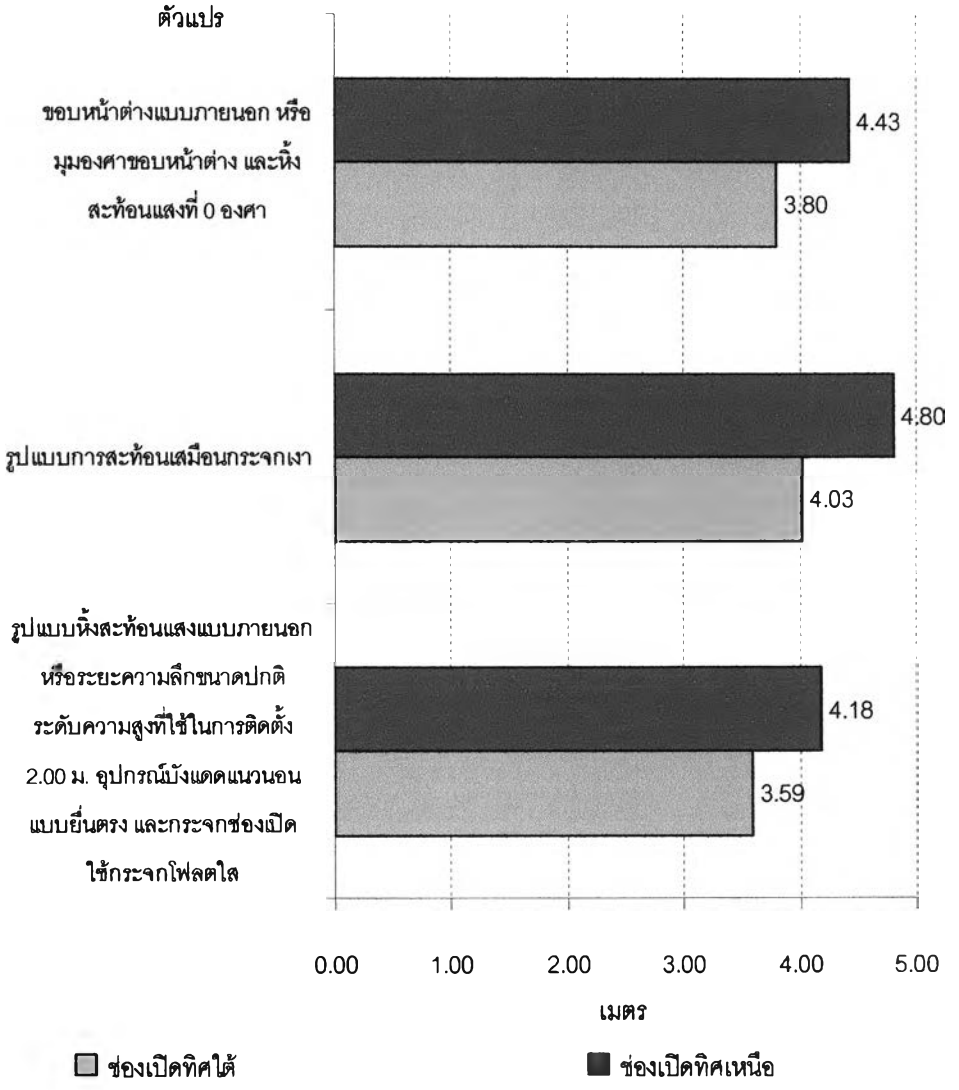
จากการวิจัยรูปแบบตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบรูปแบบตัวแปรที่มีประสิทธิภาพสูงสุดของช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ โดยประเมินจากค่า Daylight Factor (DF) ที่ผ่านเกณฑ์ 2.0 % ให้ได้ระยะความลึกมากที่สุด พบว่าช่องเปิดทิศเหนือจะมีแสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานอยู่ในระยะ 4.18 – 4.80 เมตร และทิศใต้อยู่ในระยะ 3.59 – 4.03 เมตร ซึ่งหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดดในช่องเปิดทิศใต้มีขนาดความยาวมากกว่าทิศเหนือถึง 2 เท่า จึงมีผลต่อปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามา และจากการทดลองสรุปได้ว่าตัวแปรที่มีภาพต่อการสะท้อนแสงในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้จะมีรูปแบบที่เหมือนกัน ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางสรุปผลการทดลองตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง

ลำดับ	ผลสรุปการทดลอง	ระยะที่แสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งานอยู่	
		ทิศเหนือ	ทิศใต้
ตัวแปรกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง			
1.	รูปแบบหิ้งสะท้อนแสงแบบภายนอก	4.18 ม.	3.59 ม.
2.	รูปแบบระยะความลึกขนาดปกติ		
3.	รูปแบบการเสมือนกระจกเงา	4.80 ม.	4.03 ม.
4.	ระดับความสูงที่ใช้ในการติดตั้งที่ 2.00 ม.	4.18 ม.	3.59 ม.
5.	มุมองศาที่ใช้ในการติดตั้งที่ 0 องศา	4.43 ม.	3.80 ม.
ตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสง			
1	ขอบหน้าต่างแบบภายนอก	4.43 ม.	3.80 ม.
2	มุมองศาขอบหน้าต่างที่ 0 องศา		
3	อุปกรณ์บังแดดแนวนอนแบบยื่นตรง	4.18 ม.	3.59 ม.
4	กระจกช่องเปิดใช้กระจกโฟลตใส		

โดยจะนำข้อมูลการทดสอบรูปแบบตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่ได้ มาเป็นแนวทางในการออกแบบหิ้งสะท้อน

แผนภูมิที่ 6.1 แสดงกราฟแท่งเปรียบเทียบสรุปตัวแปร โดยประเมินจากค่า Daylight Factor (DF) ที่ผ่านเกณฑ์ 2.0 % ในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้



ซึ่งจากการเปรียบเทียบโดยประเมินจากค่า Daylight Factor (DF) ที่ผ่านเกณฑ์ 2.0 % ในช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ พบว่าการออกแบบให้เกิดประสิทธิภาพสูง ควรจะพิจารณาตัวแปรที่มีรูปแบบ ดังต่อไปนี้

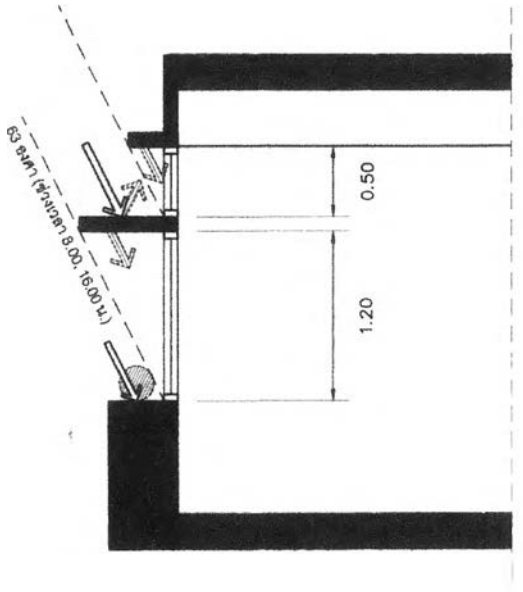
1) วัสดุที่ใช้ทำหิ้งสะท้อนแสง และอุปกรณ์บังแดดควรเลือกใช้รูปแบบการสะท้อนเสมือนกระจกเงา ช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้

2) การขยายขอบหน้าต่างในแนวนอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความสองสว่างภายใน และควรเลือกใช้รูปแบบการสะท้อนแสงแบบกระจายเพื่อลดแสงบาดตา ซึ่งจากการทดลองขอบหน้าต่างภายนอกที่ขนาด 0.40 เมตร พบว่าช่องเปิดทิศเหนือมีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มพื้นที่ได้ 0.25 เมตร และทิศใต้ช่วยเพิ่มพื้นที่ได้ 0.21 เมตร

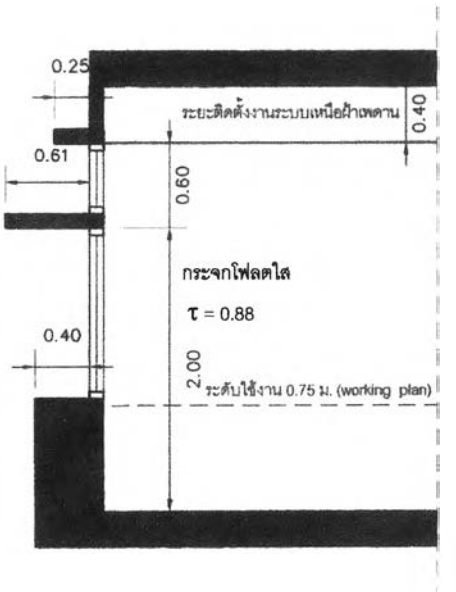
3) รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงภายนอก จะช่วยในการป้องกันความร้อนจากแสงแดดตรง ยังส่งผลต่อการสะท้อนแสงให้มีประสิทธิภาพสูง แต่ในทางกลับกันการยื่นหิ้งสะท้อนแสงแบบผสม เข้าสู่พื้นที่ภายในหากไม่มีแสงแดดตกกระทบจะเป็นการลดประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติ

4) ระดับที่ใช้ในการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ที่ความสูง 2.00 เมตร จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการป้องการแสงแดดตรง และช่วยสะท้อนแสงให้เข้าสู่พื้นที่ภายในอาคาร ที่มีระยะความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 2.60 เมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์ขั้นต่ำของระยะฝ้าเพดานที่มีใช้ในปัจจุบัน

5) หิ้งสะท้อนแสงที่ทำมุมติดตั้ง 0 องศา จะช่วยให้ความสว่างเพียงพอได้ในระยะ 3 – 4 เมตร หากออกแบบหิ้งสะท้อนแสงให้สามารถเปลี่ยนรูปแบบ เพื่อปรับมุมองศาให้ทำมุมสะท้อนกับแสงแดดตรง ในตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะมีผลต่อการสะท้อนแสงผ่านช่องเปิดช่วยเพิ่มประสิทธิภาพให้ได้ระยะที่ลึกขึ้น และจากการทดลองจะมีประสิทธิภาพมากในช่องเปิดทิศใต้โดยมีระยะที่เพิ่มขึ้น 0.58 เมตร ส่วนช่องเปิดทิศเหนือ เกิดความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเนื่องจากขนาดของหิ้งสะท้อนแสงมีพื้นที่การสะท้อนแสงที่น้อยกว่า

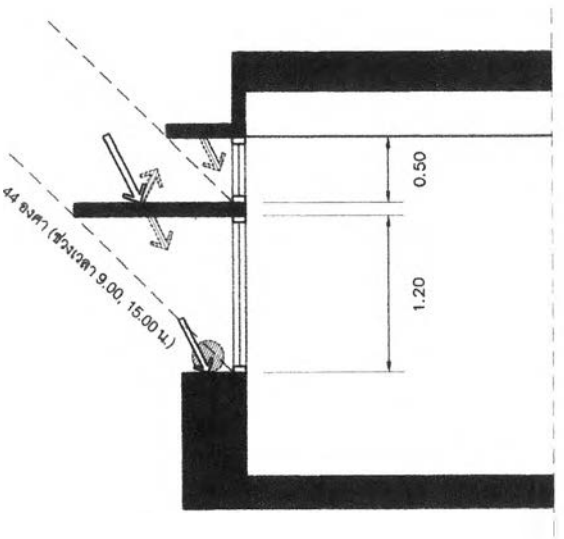


1) แสดงรูปแบบการสะท้อน และมุมกันแดด

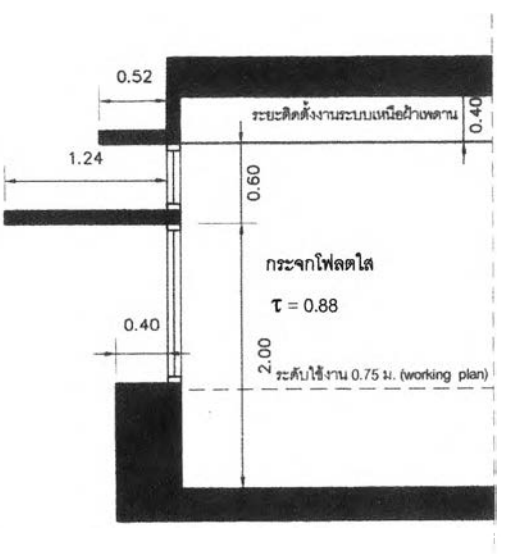


2) แสดงระยะต่าง ๆ

รูปที่ 6.1 แสดงตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศเหนือ



1) แสดงรูปแบบการสะท้อน และมุมกันแดด



2) แสดงระยะต่าง ๆ

รูปที่ 6.2 แสดงตัวแปรกายภาพ และตัวแปรช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของหิ้งสะท้อนแสงช่องเปิดทิศใต้

โดยการประเมินผลองค์ประกอบของต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงมีรูปแบบที่ใช้กันทั่วไป พบว่าสามารถประหยัดพลังงาน โดยต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือมีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มพื้นที่ได้ 0.38 เมตร ลดค่าไฟฟ้าลงได้ 13.63 % หรือ 314 บาทต่อปี และช่องเปิดทิศใต้มีประสิทธิภาพช่วยเพิ่มพื้นที่ได้ 0.58 เมตร ลดค่าไฟฟ้าลงได้ 25.54 % หรือ 1,310 บาทต่อปี แต่เมื่อเทียบกับพื้นที่เท่ากัน ที่เปิดใช้ไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ตลอดทั้งวัน (คิดไฟฟ้าแสงสว่างภายใน 12.5 วัตต์ต่อตารางเมตร) ช่องเปิดทิศเหนือลดค่าไฟฟ้าลงได้ 84.42 % หรือ 10,781 บาทต่อปี และช่องเปิดทิศใต้ ลดค่าไฟฟ้าลงได้ 70.10 % หรือ 8,952 บาทต่อปี

จากการศึกษาการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารโดยผ่านการสะท้อนแสง พบว่าในชั่วโมงของเวลาใช้งานตลอดทั้งปี คือ 2,064 ชั่วโมง มีช่วงเวลาที่ค่าความส่องสว่างภายนอกมีประสิทธิภาพสูง ส่งผลให้ค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่ของอาคาร ผ่านเกณฑ์ความสว่างที่ต้องการ คือ 300 lx ซึ่งหมายความว่าเป็นชั่วโมงที่ไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าแต่อย่างใด ในช่องเปิดทิศเหนือพบว่าตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงมีช่วงเวลาลดการเปิดใช้ไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระยะเวลา 389 ชั่วโมง หรือเป็น 18.8% ของจำนวนชั่วโมงใช้งานตลอดทั้งปี ส่วนต้นแบบหิ้งสะท้อนแสงที่ได้รับการออกแบบพัฒนาประสิทธิภาพการนำแสงจะมีช่วงเวลาที่ไม่เปิดใช้ไฟฟ้าเป็นระยะเวลา 601 ชั่วโมงต่อปี หรือ 29.1% ของจำนวนชั่วโมงใช้งานตลอดทั้งปี และเมื่อเปรียบเทียบต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง กับตัวแทนหิ้งสะท้อนแสงของช่องเปิดทิศเหนือ พบว่ามีจำนวนชั่วโมงที่ไม่เปิดใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจากเดิม 54.5 % หรือ 212 ชั่วโมง ที่ไม่เปิดใช้ไฟฟ้าจากจำนวนชั่วโมงใช้งานตลอดทั้งปี และช่องเปิดทิศใต้นั้นพบว่ามีเพียงต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง ที่มีค่าความส่องสว่างภายในพื้นที่ของอาคารจากแสงธรรมชาติ ผ่านเกณฑ์ความสว่างที่ต้องการ ซึ่งอยู่ในช่วงเดือน สิงหาคม เป็นเวลา 44 ชั่วโมง/ปี หรือ 2.1% ของช่วงเวลาที่ไม่เปิดใช้ไฟฟ้าจากจำนวนชั่วโมงใช้งานตลอดทั้งปี

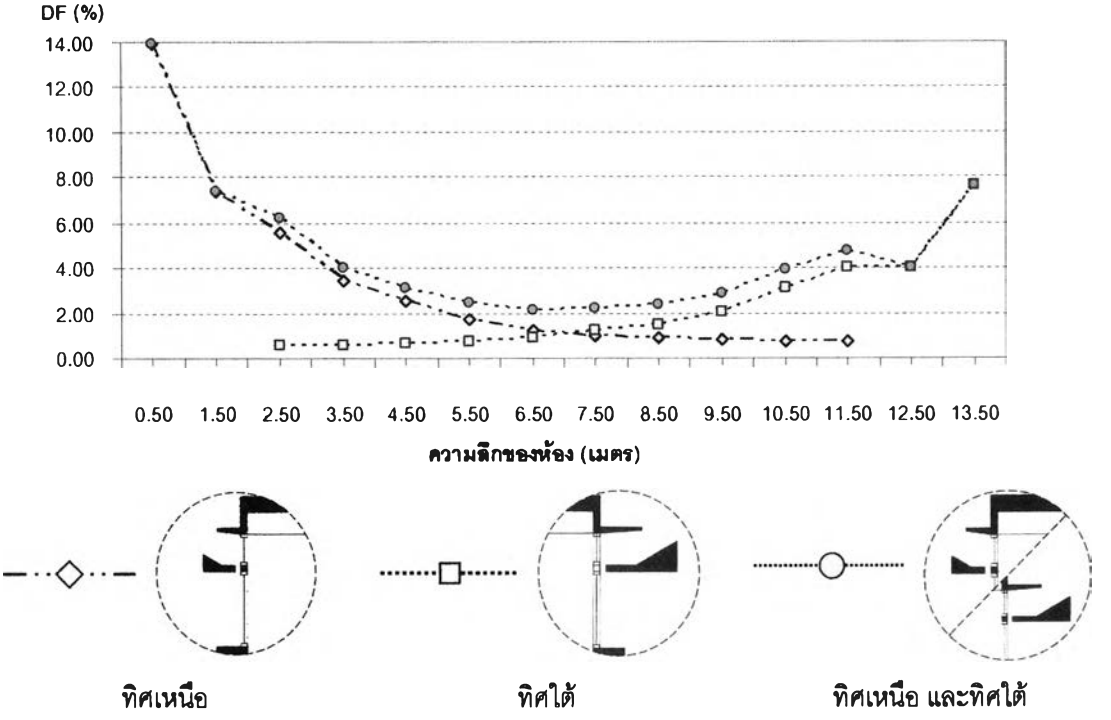
6.2 การประยุกต์ใช้งาน

ผลการทดลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับการออกแบบอาคารทุกประเภท ที่มีการใช้หน้าต่างหรือช่องแสงด้านข้าง มาใช้ในการออกแบบช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ โดยทิศเหนือเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากการโคจรของดวงอาทิตย์น้อย หิ้งสะท้อนแสงมีมุมเงาแดด หรือ มุมโปรฟาลย์ ที่ 63 องศา ส่งผลให้ปริมาณแสงเข้าได้มาก เกิดความแปรปรวนน้อยกว่า ช่องเปิดทิศใต้ที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ที่มากกว่า โดยมีมุมเงาแดด หรือ มุมโปรฟาลย์ ที่ 44 องศา ส่งผลให้หิ้งสะท้อนมีความยาวเป็นสาเหตุให้มีปริมาณแสงในระยะที่น้อยกว่า

จากข้อควรพิจารณาในการออกแบบหน้าต่างของอาคารควรติดตั้งหน้าต่างตั้งแต่ 2 ด้านขึ้นไปเพื่อเพิ่มปริมาณการส่องสว่างและลดความจ้าภายในอาคาร ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ ซึ่งจะออกแบบผสานช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ เพื่อการนำแสงสะท้อนเข้าสู่พื้นที่ใช้สอยให้ได้ระยะความกว้างของอาคารที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้มากที่สุด โดยนำค่า DF มาเปรียบเทียบ ตั้งแต่ระยะ 14 -15 เมตร ดังนี้

1) การนำต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ มาใช้ในระยะความกว้าง 14.00 เมตร

แผนภูมิที่ 6.1 กราฟผสานค่า DF ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ ในระยะความกว้าง 14.00 เมตร

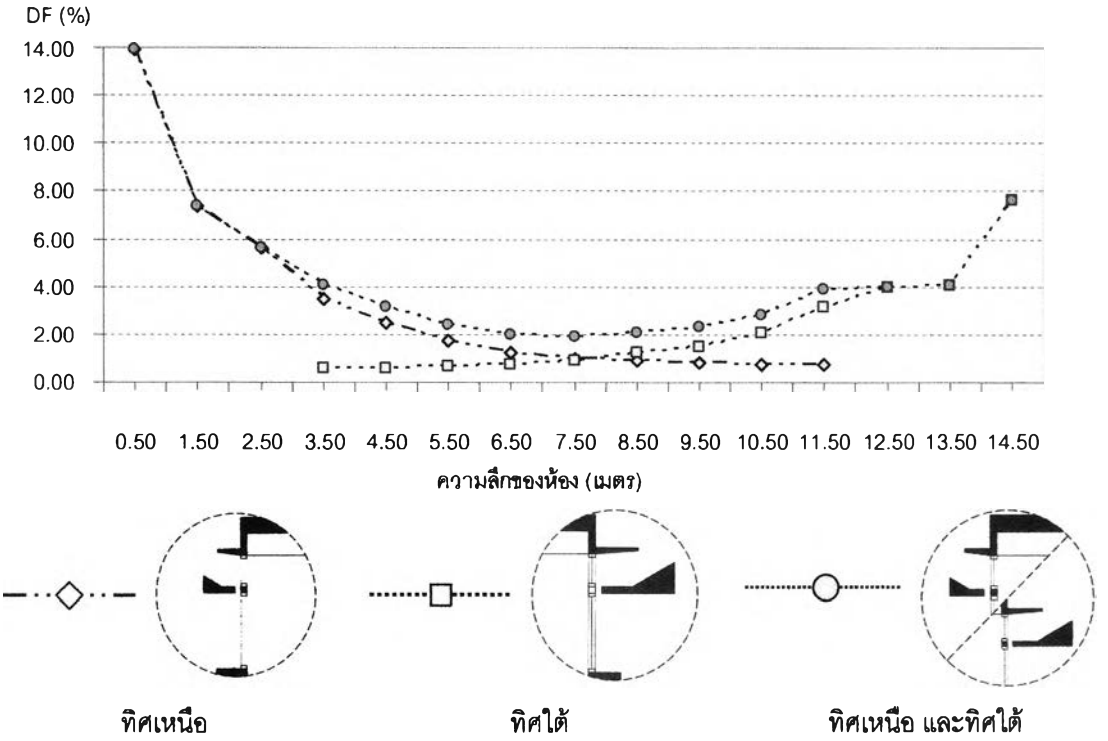


ตารางที่ 6.2 แสดงการผสานค่า DF ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ ในระยะความกว้าง 14.00 เมตร

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)														
รูปแบบ	0.50	1.50	2.50	3.50	4.50	5.50	6.50	7.50	8.50	9.50	10.50	11.50	12.50	13.50
เหนือ	13.91	7.36	5.6	3.44	2.51	1.76	1.24	0.98	0.87	0.8	0.77	0.74	-	-
ใต้	-	-	0.6	0.6	0.63	0.73	0.9	1.23	1.5	2.06	3.13	3.98	4.05	7.63
ผสาน	13.91	7.36	6.2	4.04	3.14	2.49	2.14	2.21	2.37	2.86	3.9	4.72	4.05	7.63

2) การนำต้นแบบหิ้งสะท้อนแสง ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ มาใช้ในระยะความกว้าง 15.00 เมตร

แผนภูมิที่ 6.2 กราฟผลสานค่า DF ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ ในระยะความกว้าง 15.00 เมตร



ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศเหนือ และทิศใต้

ตารางที่ 6.3 แสดงการผสานค่า DF ของช่องเปิดทิศเหนือ - ทิศใต้ ในระยะความกว้าง 15.00 เมตร

ตำแหน่งระยะความลึกของห้อง (เมตร)															
รูปแบบ	**0.50**	**1.50**	**2.50**	**3.50**	**4.50**	**5.50**	**6.50**	**7.50**	**8.50**	**9.50**	**10.50**	**11.50**	**12.50**	**13.50**	**14.50**
เหนือ	13.91	7.36	5.6	3.44	2.51	1.76	1.24	0.98	0.87	0.8	0.77	0.74	-	-	-
ใต้	-	-	-	0.6	0.6	0.63	0.73	0.9	1.23	1.5	2.06	3.13	3.98	4.05	7.63
ผสาน	13.91	7.36	5.60	4.04	3.11	2.39	1.97	1.88	2.10	2.30	2.83	3.87	3.98	4.05	7.63
	หมายเหตุ แสดงตำแหน่งที่มีค่า DF ต่ำกว่า 2.0 %														

ซึ่งจากการเปรียบเทียบการออกแบบผสานช่องเปิดทิศเหนือ และทิศใต้ ให้ได้ระยะความกว้างของอาคารที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้มากที่สุด คือระยะความกว้าง 14.00 เมตร โดยพบว่าค่า DF สามารถผ่านเกณฑ์ 2 .0 % และในส่วนระยะความกว้าง 15 เมตร จะมีบริเวณกลางห้องที่ระยะ 6.50 -7.50 ที่มีค่า DF ต่ำกว่าที่ต้องการ จึงต้องเพิ่มค่าความสว่างภายในจากไฟฟ้าประดิษฐ์ หรือผสานการนำแสงธรรมชาติจากด้านบน

6.3 ข้อเสนอแนะ

การนำแสงธรรมชาติให้เกิดประสิทธิภาพเต็มที่ ควรหลีกเลี่ยงการวางตำแหน่งของตู้เอกสาร เครื่องใช้ในสำนักงานใกล้ช่องเปิด และปิดผ้าม่านในอาคารสำนักงาน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญของการลดประสิทธิภาพนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ควรเปลี่ยนใช้ม่านแบบบานเกร็ดเพื่อปรับทิศทางของแสง ลดปริมาณแสงบาดตา จากการศึกษาทดลอง ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งไม่เจาะจงเฉพาะแต่อาคารสำนักงาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลาย แต่ในงานวิจัยนั้นมีระยะเวลาในการศึกษาที่จำกัด ดังนั้นจึงจะมีข้อจำกัดในงานวิจัย และแนวทางในการวิจัยในอนาคต ดังนี้

1) ข้อจำกัดในงานวิจัย

- เนื่องจากระยะเวลาที่จำกัดในการวิจัยครั้งนี้ จึงเลือกวิธีการศึกษาตัวแปรโดยใช้หุ่นจำลองและทดสอบแสงในห้องจำลองท้องฟ้าเพียงวิธีเดียว ซึ่งอาจเกิดความคาดเคลื่อนได้ ดังนั้นถ้ามีการทดสอบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผล สามารถช่วยตรวจสอบความถูกต้อง แม่นยำมากยิ่งขึ้น

- วัสดุที่เลือกใช้ในการทดลองอาจมีความคาดเคลื่อนในเรื่องของพื้นผิวที่มีความแตกต่าง ไม่เท่ากับวัสดุจริง

- บางช่วงของการทดลองค่าที่วัดได้ อาจมีความคลาดเคลื่อน เนื่องจากถ่านไฟฟ้ามีประสิทธิภาพที่ลดลง สาเหตุจากการใช้เครื่องวัดแสงติดต่อกันเป็นเวลานาน

2) แนวทางในการวิจัยในอนาคต

- งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณความส่องสว่างที่ได้จากหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งเป็นข้อมูลในเชิงปริมาณเท่านั้น ยังขาดเชิงคุณภาพ เช่น การพัฒนาหิ้งสะท้อนแสงให้ลดโอกาสในการเกิดแสงบาดตา หรือปริมาณความร้อนที่ลดลงจากการสะท้อนแสงแดดตรง

- ข้อสรุปที่ได้จากการศึกษาปัจจัยกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารครั้งนี้ ได้จากการจำลองสภาพเมฆเต็มท้องฟ้า (overcast sky) เท่านั้น จึงจะไม่มีแสงแดดตรงเข้ามาเกี่ยวข้องจึงเป็นช่วงที่ปริมาณแสงธรรมชาติมีค่าความสว่างน้อยที่สุด แต่แสงแดดตรงนั้นมีส่วนสำคัญในการสะท้อนปริมาณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร ดังนั้นการศึกษาข้อมูลให้ครอบคลุมควรคำนึงสภาพท้องฟ้าแจ่มใส (clear sky) และสภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (party cloudy sky) ประกอบ

- ตัวแปรกายภาพของหิ้งสะท้อนแสง ที่มีความสำคัญอีกประการโดยอยู่นอกเหนือจากการศึกษาครั้งนี้ คือ รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงแบบต่างๆ น่าจะมีผลต่างลักษณะการนำ และสะท้อนแสงสู่พื้นที่ภายใน

- จากการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงให้สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบ เพื่อเพิ่มค่าความสว่าง เป็นเพียงแนวความคิดขั้นต้น (concept design) หากสามารถศึกษา และพัฒนาด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสม (appropriate technology) โดยนำวัสดุที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เพื่อลดต้นทุนการผลิต และสามารถนำไปใช้ได้อย่างแพร่หลาย พัฒนาให้เกิดประโยชน์สูงสุด