

บทที่ 4

การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายใน

การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร หากสามารถนำเข้ามาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากจะเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานของอาคารแล้ว แสงธรรมชาติยังจะช่วยเพิ่มความงามให้กับภายในอาคารอีกด้วย เพราะแสงธรรมชาติเป็นแสงที่มีสเปกตรัมของแสงครบทุกสี ทำให้สามารถเห็นวัตถุและสีของวัตถุได้อย่างถูกต้อง และแสงธรรมชาติยังทำให้ผู้ใช้อาคารรู้สึกอบอุ่นอีกด้วย โดยมีข้อควรคำนึงในการออกแบบการให้แสงธรรมชาติกับภายในอาคาร ดังนี้

1. ควรหลีกเลี่ยงปริมาณความร้อนจากการที่ได้รับแสงธรรมชาติมากเกินไปจนความจำเป็นในการใช้งาน
2. ควรหลีกเลี่ยงการเกิดแสงจ้าในลักษณะที่มองเห็นแหล่งกำเนิดแสงสะท้อนเข้าสู่ตา ดังนั้นในการออกแบบจึงควรหลีกเลี่ยงการมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง สำหรับแสงธรรมชาติ คือ จากดวงอาทิตย์
3. ควรหลีกเลี่ยงการใช้วัสดุที่มีผิวมันวาวภายในอาคาร เพื่อลดปัญหาเรื่องของแสงจ้าที่จะสะท้อนเข้าตาให้เกิดความรำคาญ
4. ควรกำหนดให้ค่าสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคารมีค่าสูงสุด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงมาสู่ตำแหน่งที่ต้องการใช้งาน

อย่างไรก็ตาม ในการออกแบบอาคารทางสถาปัตยกรรมนั้น นอกจากความต้องการปริมาณความส่องสว่างที่เพียงพอ ซึ่งผู้ออกแบบสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับอาคาร โดยใช้หลักการเบื้องต้นดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง เช่น สีขาว ในส่วนต่าง ๆ ของอาคาร จะช่วยในการสะท้อนแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารได้มากกว่า เมื่อเทียบกับการใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำ เช่น อิฐ มอญ หรือกระเบื้องสีเข้ม เป็นต้น ถึงแม้ว่าในการออกแบบจะมีหลักปฏิบัติในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุดดังที่ได้กล่าวมา แต่ในความเป็นจริงการออกแบบอาคารแต่ละครั้งผู้ออกแบบยังต้องคำนึงถึงแนวความคิดในการออกแบบ, งบประมาณ และความต้องการของผู้ใช้อาคาร ซึ่งมีหลากหลายอีกด้วย เช่น หากผู้ออกแบบต้องการโทนสีภายในอาคารเป็นสีเข้ม แต่ก็ยังต้องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารให้ได้ปริมาณตามที่ต้องการ ผู้ออกแบบสามารถทำได้อย่างไรบ้าง

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นในการหาแนวทางในการออกแบบ การให้แสงธรรมชาติจากทางด้านบนผ่านแผงควบคุมรูปแบบต่าง ๆ ให้ผู้ออกแบบสามารถเลือกใช้ได้ตามความต้องการในการออกแบบอาคารนั้น ๆ โดยการพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในของการวิจัย ที่ทำการทดสอบจากหุ่นจำลองนั้น ทำการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลในรูปของค่า Daylight Factor (DF) โดยใช้ข้อมูลของค่าระดับความส่องสว่างภายนอก ไม่รวมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ที่ตกกระทบในแนวราบ ซึ่งต้องทำการวัดและอ่านค่า ณ เวลาเดียวกับการวัดปริมาณแสงภายในหุ่นจำลอง

การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายใน ของรูปแบบการให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบน (Top Aperture) แก่อาคารนั้น จากการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลของแต่ละรูปแบบ จะเห็นว่ารูปแบบที่มีการควบคุมแสงธรรมชาติ โดยการใช้แผงควบคุม (Fenestration Controls) เป็นรูปแบบที่มีการกระจายตัวของแสงภายในที่ค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ เมื่อเทียบกับรูปแบบที่ไม่มีแผงควบคุม หรือรูปแบบของการให้แสงทางด้านข้าง (Side Lighting) ทั่วไป และมีค่าความส่องสว่างเปลี่ยนแปลงไปตามปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์ การทดสอบเกี่ยวกับรูปแบบของแผงควบคุม ซึ่งปริมาณความส่องสว่างภายในจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา ทั้งนี้อาจจะเป็นผลจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ สภาพท้องฟ้า เป็นต้น ดังนั้นในการพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดขึ้น จึงต้องพิจารณาองค์ประกอบแวดล้อมต่าง ๆ ไปพร้อมกัน เพื่อจะได้ทราบค่าความส่องสว่างภายใน ณ ช่วงเวลาหรือวันต่าง ๆ ได้ตลอดทั้งปี โดยอาศัยค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลแวดล้อมต่าง ๆ ที่คาดว่าจะมีผลต่อปริมาณแสงภายในที่ตกกระทบในแนวระนาบ ดังนี้

- 1) การศึกษาปัจจัยภายนอก : ระบบการรวบรวมแสง (Collection System)
- 2) การศึกษาปัจจัยภายใน : ระบบการนำพาแสง (Delivery System)

โดยเริ่มศึกษาตั้งแต่ปัจจัยภายนอกเข้าสู่ภายในว่าปัจจัยใดมีผลอย่างไรกับการนำแสงธรรมชาติจากท้องฟ้าภายนอกไปใช้ภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถเข้าใจ และ นำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบได้อย่างถูกต้อง

4.1 การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองเป็น 2 ส่วน ตามหัวข้อระเบียบวิธีวิจัยในบทที่ 1 ซึ่งจะทำการพิจารณาตัวแปรในแต่ละส่วน ดังนี้

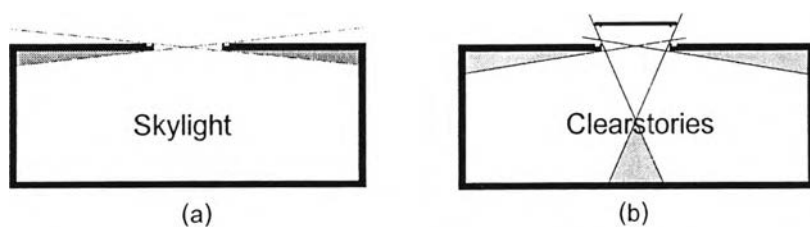
4.1.1 การศึกษาปัจจัยภายนอก

เป็นส่วนของพื้นที่ที่จะรวบรวมความส่องสว่างของแสงภายนอก เพื่อนำไปใช้ภายในอาคาร โดยอาศัยการสะท้อน เพื่อนำแสงผ่านช่องเปิดเข้าสู่ภายในอาคาร จากการสะท้อนของแสง ทำให้แสงที่เข้าสู่อาคารมีลักษณะเป็นแสงกระจาย (Diffuse Light) ซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการส่องสว่างสูงถึง 140 ลูเมน / วัตต์ เป็นแสงที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการใช้งานในอาคาร เพราะจะทำให้เกิดประโยชน์จากท้องฟ้า (Indirect Light) สูงสุด เนื่องจากได้ทั้งการประหยัดพลังงานและคุณภาพของแสงที่ดีกว่า (สุนทร นุญญาธิการ, 2542) และเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อปริมาณความส่องสว่างภายนอกที่จะเข้าสู่อาคาร โดยตัวแปรที่สำคัญของระบบนี้ ได้แก่ รูปแบบของช่องเปิดด้านบน และแผงควบคุม ซึ่งจะทำการพิจารณาใน 6 รูปแบบ ตามที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 และกำหนดตัวแปรในการทดลองส่วนที่ 1 ทั้งหมด 3 ตัวดังนี้

- ตัวแปรที่ 1 : รูปแบบช่องเปิดด้านบน
- ตัวแปรที่ 2 : ขนาดพื้นที่ช่องเปิด
- ตัวแปรที่ 3 : ค่าการสะท้อนแสงของหลังคา

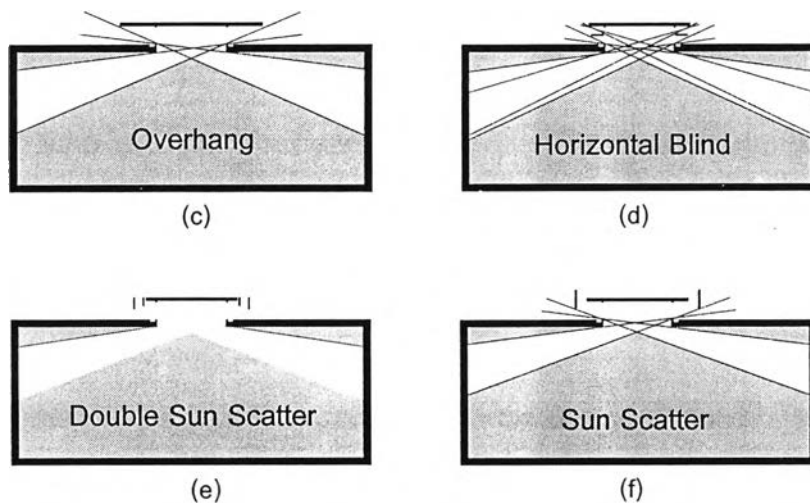
การศึกษาตัวแปรที่ 1 : รูปแบบช่องเปิดด้านบน

ในการทดสอบรูปแบบช่องเปิดด้านบน สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ต้องการศึกษถึงความแตกต่างของอิทธิพลของแสงภายนอกที่เข้าสู่อาคาร จากช่องเปิดด้านบนแบบต่าง ๆ เพื่อนำไปใช้กับอาคารจริง ดังนั้นในการทดสอบจึงนำรูปแบบของช่องเปิดด้านบน ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กับอาคารจริงในปัจจุบัน คือ ช่องเปิดที่มีลักษณะเป็นแบบ Skylight กับช่องเปิดด้านบนที่เป็นรูปแบบพื้นฐาน ก่อนที่จะมีการติดตั้งแผงควบคุมช่องเปิด นำมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบค่าความส่องสว่างภายใน ที่เกิดจากรูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ ดังนี้



รูปที่ 4.1 แสดงรูปแบบแผงควบคุมช่องเปิดด้านบนที่ใช้ในการทดสอบ

- (a) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight
 (b) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบนแบบ Clearstories



รูปที่ 4.2 แสดงรูปแบบแผงควบคุมช่องเปิดด้านบนแบบที่มีแผงควบคุมที่ใช้ในการทดสอบ

- (c) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบน มีแผงกันแดดแบบ Overhang
 (d) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบน มีแผงกันแดดแบบ Horizontal Blind
 (e) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบน มีแผงกันแดดแบบ Sun Scatter
 (f) กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบน มีแผงกันแดดแบบ Double Sun Scatter

จากรูป 4.1(a) รูปแบบ Skylight ที่มีรูปแบบช่องเปิดรับแสงในแนวนอน เป็นรูปแบบที่ปัจจุบันมีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นรูปแบบที่ไม่มีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) จึงเลือกนำมาทำการทดสอบ เพื่อศึกษาอิทธิพลของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ต่อระดับความส่องสว่างภายใน

จากรูป 4.1(b) รูปแบบ Clearstories เป็นรูปแบบที่มีช่องเปิดรับแสงในแนวตั้งโดยรอบทั้ง 4 ด้าน จากรูปแบบดังกล่าวสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้บางส่วน เนื่องจากยังมีบางช่วงเวลา คือ ช่วงเวลาเช้าถึงสาย หรือช่วงบ่ายแก่ ๆ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ ยังสามารถลอดผ่านช่องเปิดเข้าไปในอาคารได้อยู่ จึงเลือกนำมาศึกษาเป็นรูปแบบพื้นฐานในการพัฒนาเป็น รูปแบบที่สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งหมด โดยการใช้แผงควบคุม (ดังรูป 4.1(c) – 4.1(f)) และทำการทดสอบเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรณีอื่น ๆ ต่อไป

จากรูป 4.1(c) – 4.1(f) เป็นรูปแบบช่องเปิดที่พัฒนามาจากรูปแบบ Clearstories โดยการใช้แผงควบคุมรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถป้องกันแสงดวงอาทิตย์ได้ ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00-16.00 น. ตามรายละเอียดในบทที่ 3 นำมาทดสอบค่าระดับความส่องสว่างภายใน ที่เกิดขึ้นกับการใช้แผงควบคุมทั้ง 4 แบบ และลักษณะของแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคาร โดยตัวแปรคงที่ สำหรับการศึกษาระยะท่อนแสงของหลังคา กำหนดให้

- หุ่นจำลองมีพื้นที่ใช้งานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงต่อความกว้างของหุ่นจำลอง = 1 : 2
- ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน = 1 : 25
- ค่าการส่องผ่านของช่องเปิดกระจก เท่ากับ 1
- ส่วนของฝ้าหลังคา มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 75 %
- ส่วนของฝ้าเพดานและผนัง มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 75 %
- ส่วนของพื้น มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 30 %

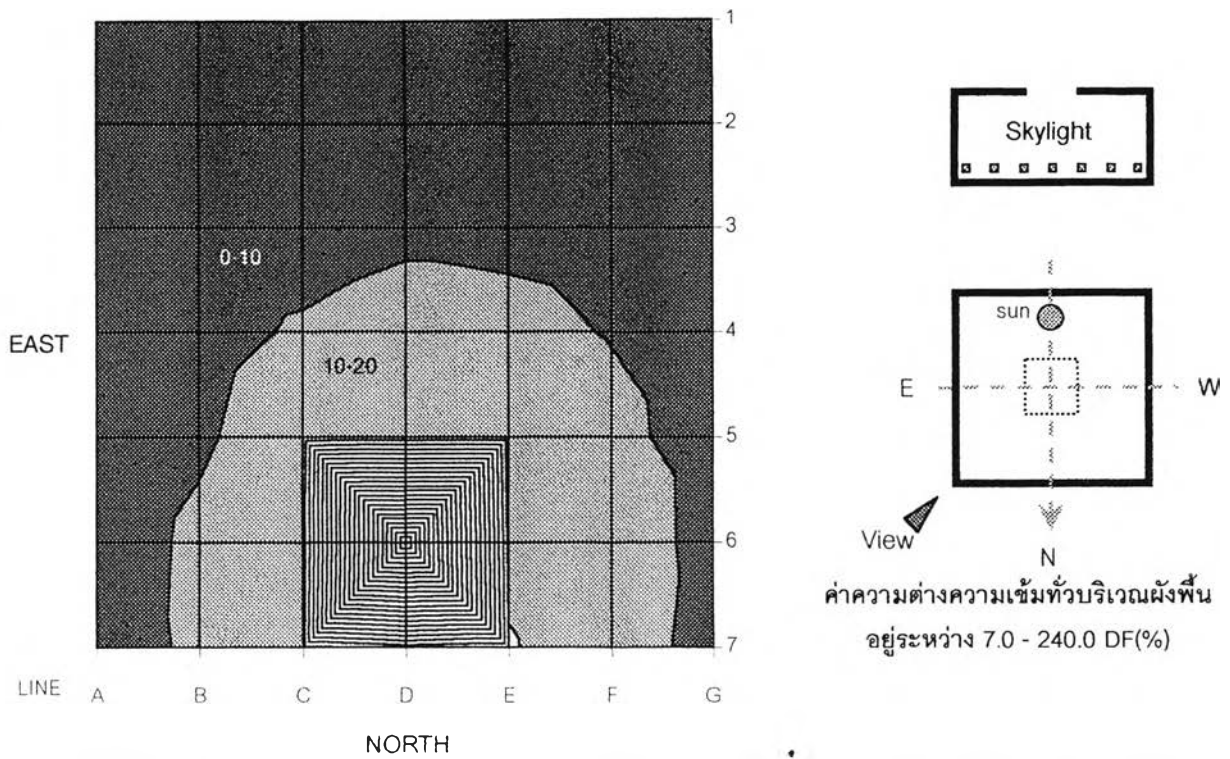
โดยทำการทดสอบที่ช่วงเวลา 8.00–16.00 น. กับ สภาพท้องฟ้าจริงเพื่อศึกษาช่วงความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดขึ้น กับรูปแบบช่องเปิดด้านบนในแต่ละแบบ ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ โดยนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อนำรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารในประเทศไทย

▶▶ ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตัวแปรที่ 1 : รูปแบบช่องเปิดด้านบน

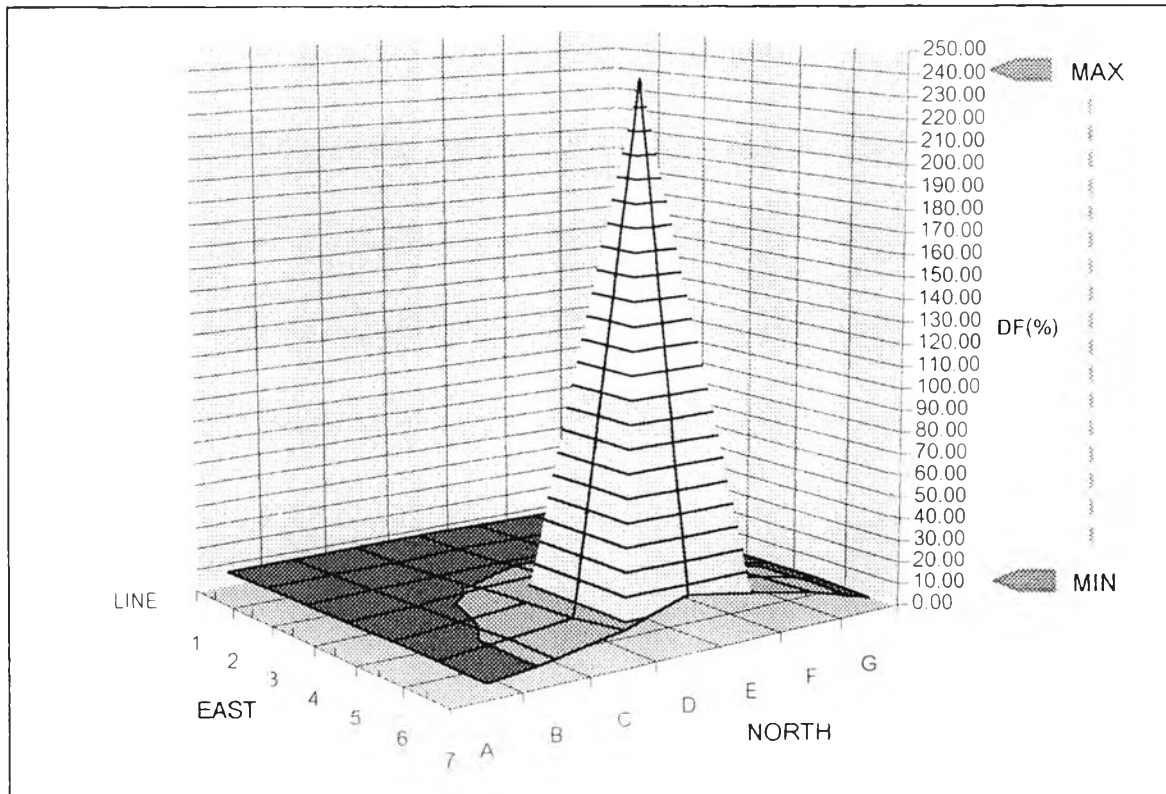
รูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุม (Fenestration Controls) เป็นปัจจัยหลักที่ผู้ออกแบบจะต้องทำการพิจารณาในการออกแบบ เพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) และเปลี่ยนให้แสงที่สามารถผ่านเข้าไปภายในเป็นแสงแบบแสงสะท้อน (Indirect Sunlight) เท่านั้น และยังเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญต่อปริมาณแสงภายใน และการกระจายตัวของแสงภายใน

อาคารอีกด้วย ดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ได้พิจารณาสรุปรูปแบบที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ (ดังรูปที่ 4.1) ทำการทดสอบรูปแบบต่าง ๆ ณ ช่วงเวลาที่กำหนดไว้ตั้งแต่ 8.00-16.00 น. จะทำการทดสอบโดยใช้เวลา 12.00 น. 14.00 น. และ 16.00 น. ตามเวลา Solar Time สำหรับเวลา 8.00 น. และ 10.00 น. จะเป็นเวลาเดียวกับ 14.00 น. และ 16.00 น. คือตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอยู่ในตำแหน่งเดียวกันแต่คนละด้านของท้องฟ้า

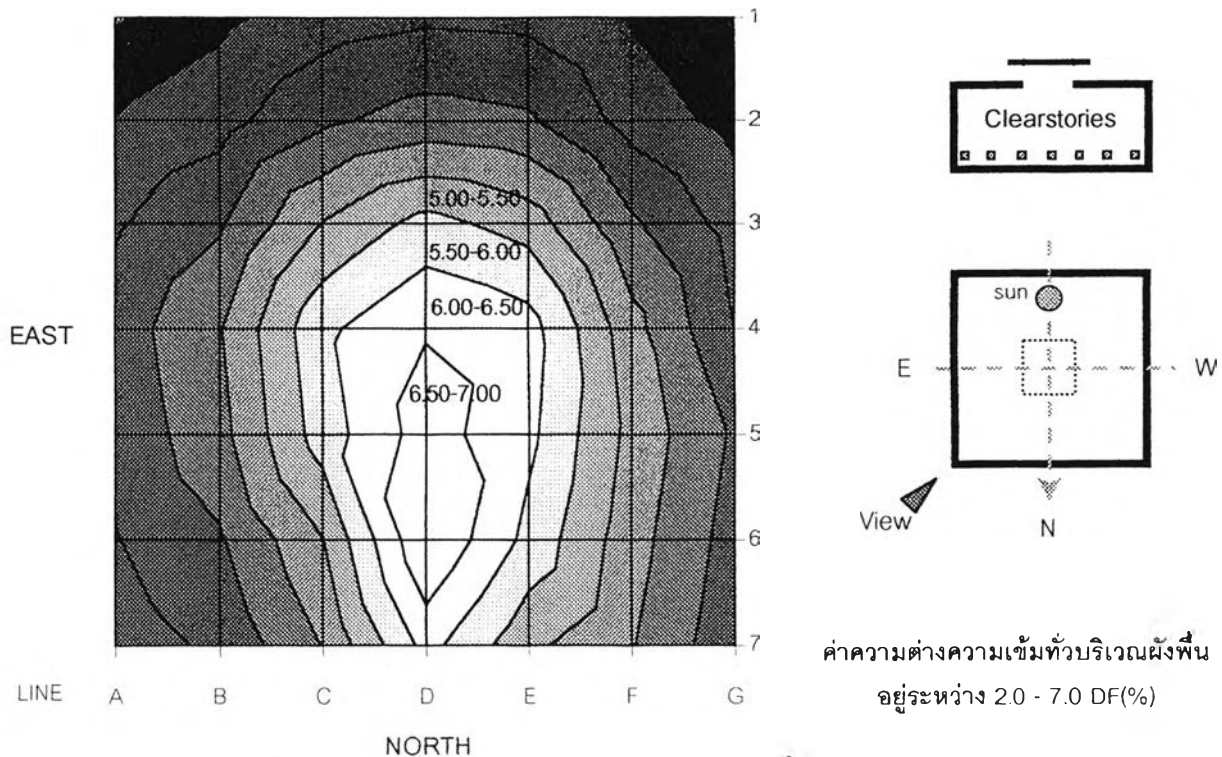
ในการทดสอบหุ่นจำลอง เพื่อหาค่าปริมาณความส่องสว่างภายในที่ตกกระทบในแนวระนาบ (Interior Horizontal Illumination) ตลอดทั้งปีของรูปแบบช่องเปิดต่าง ๆ จึงต้องอาศัย การเก็บข้อมูลภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงที่แผงควบคุม (Fenestration Controls) มีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะพิจารณาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปร และค่าความส่องสว่างภายใน โดยเริ่มทำการทดสอบระดับความส่องสว่างภายใน ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) ซึ่งเป็นสภาพท้องฟ้าที่พบมากที่สุดในประเทศไทย เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์กับสภาพท้องฟ้าแบบอื่น ๆ (ภาคผนวก ค) และพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูล จากแผนภูมิแสดงการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร และระดับความส่องสว่างในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ดังนี้



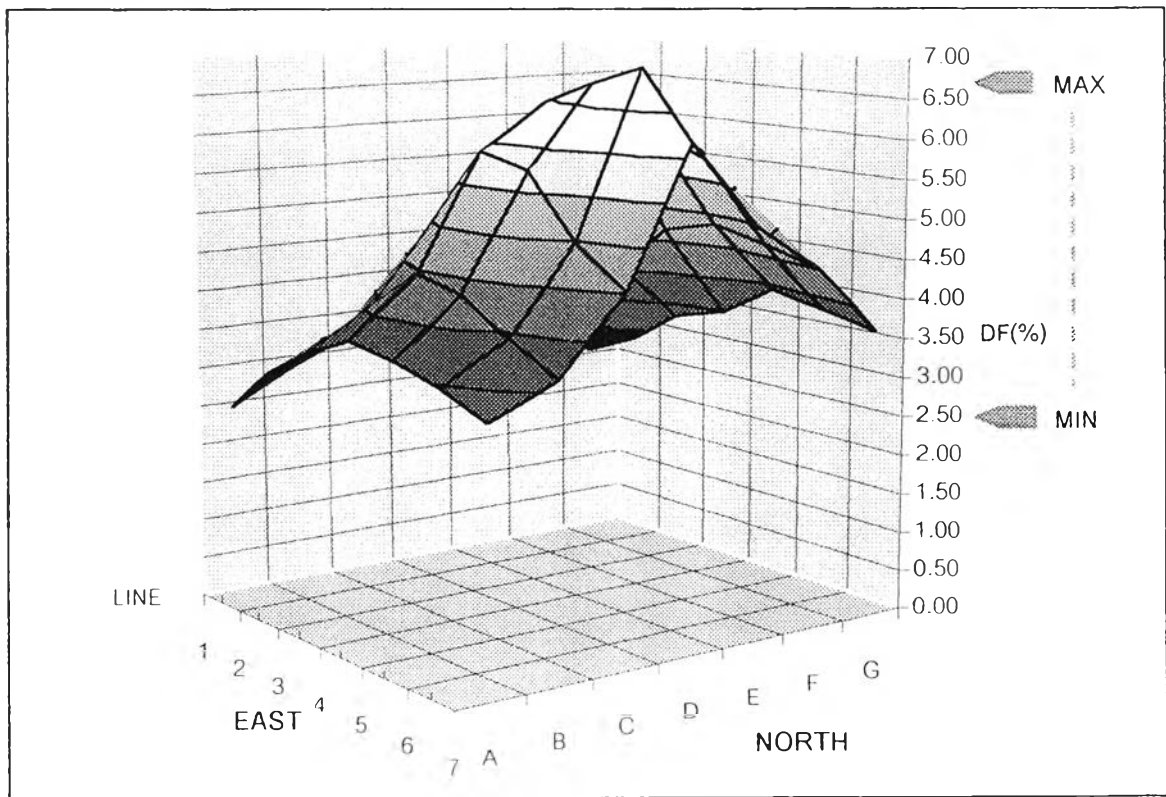
Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM. / Skylight



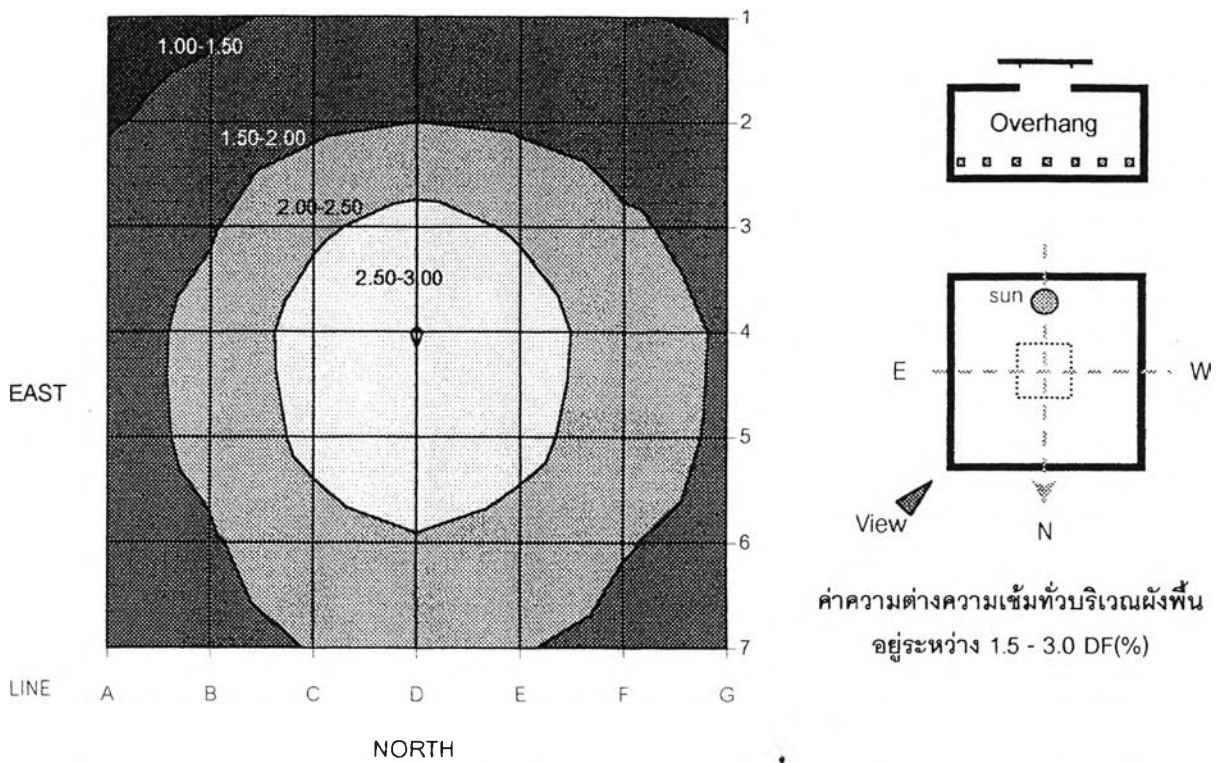
แผนภูมิที่ 4.1 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Skylight



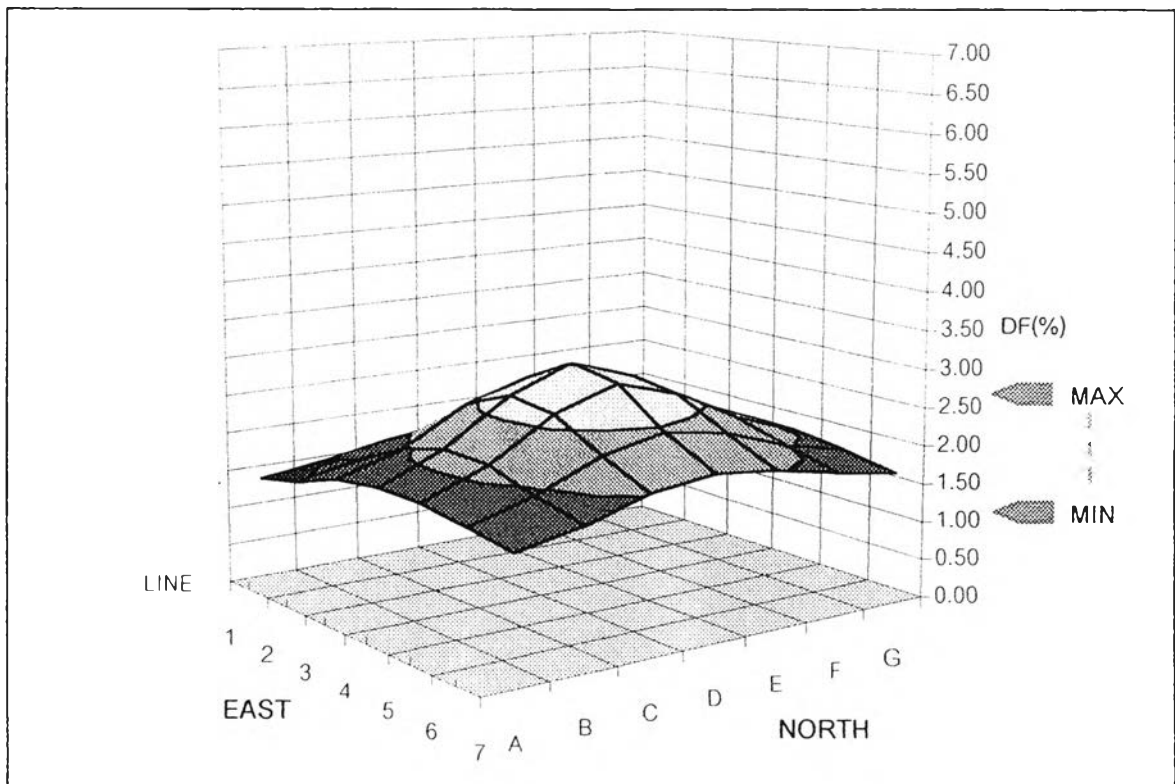
Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM. / Clearstories



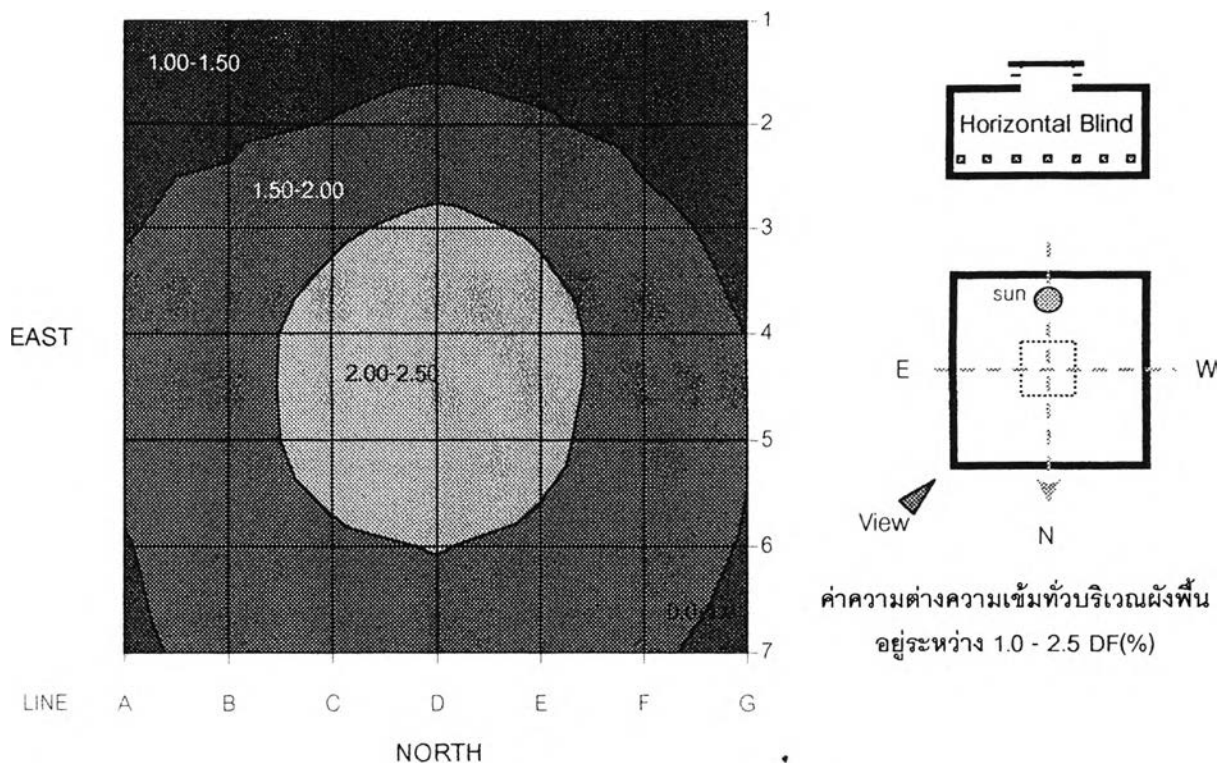
แผนภูมิที่ 4.2 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Clearstories



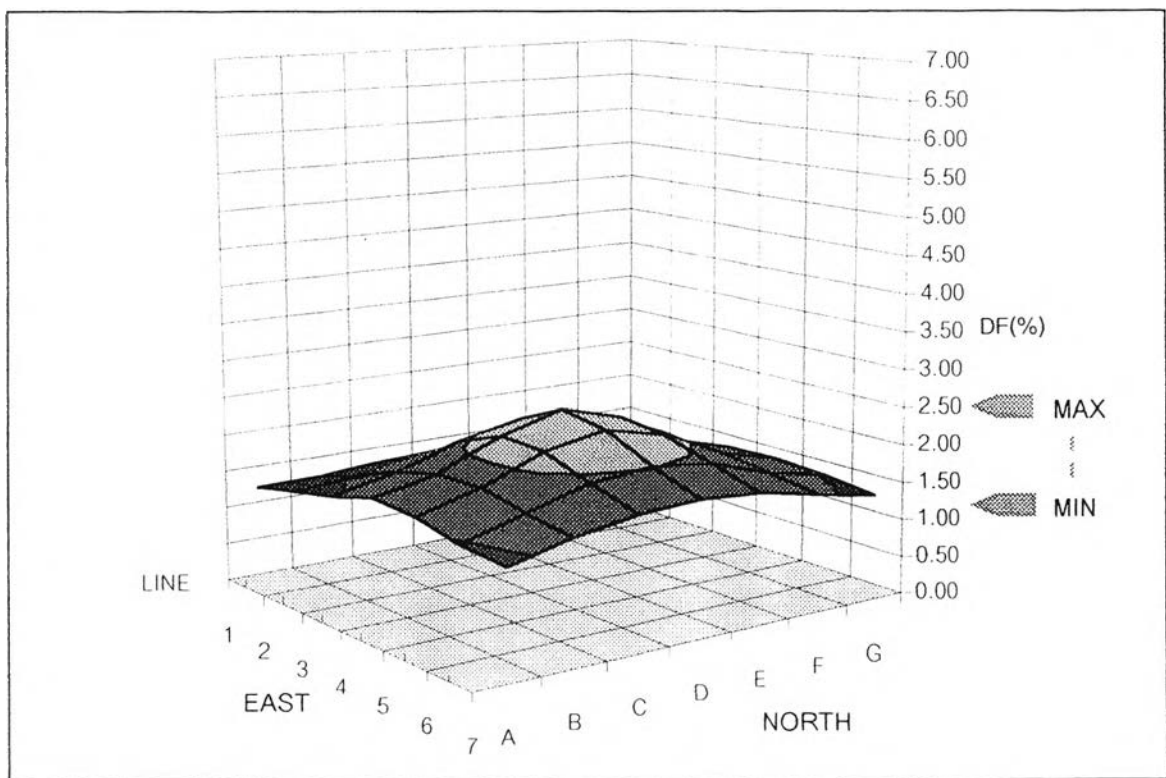
Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM. / Overhang



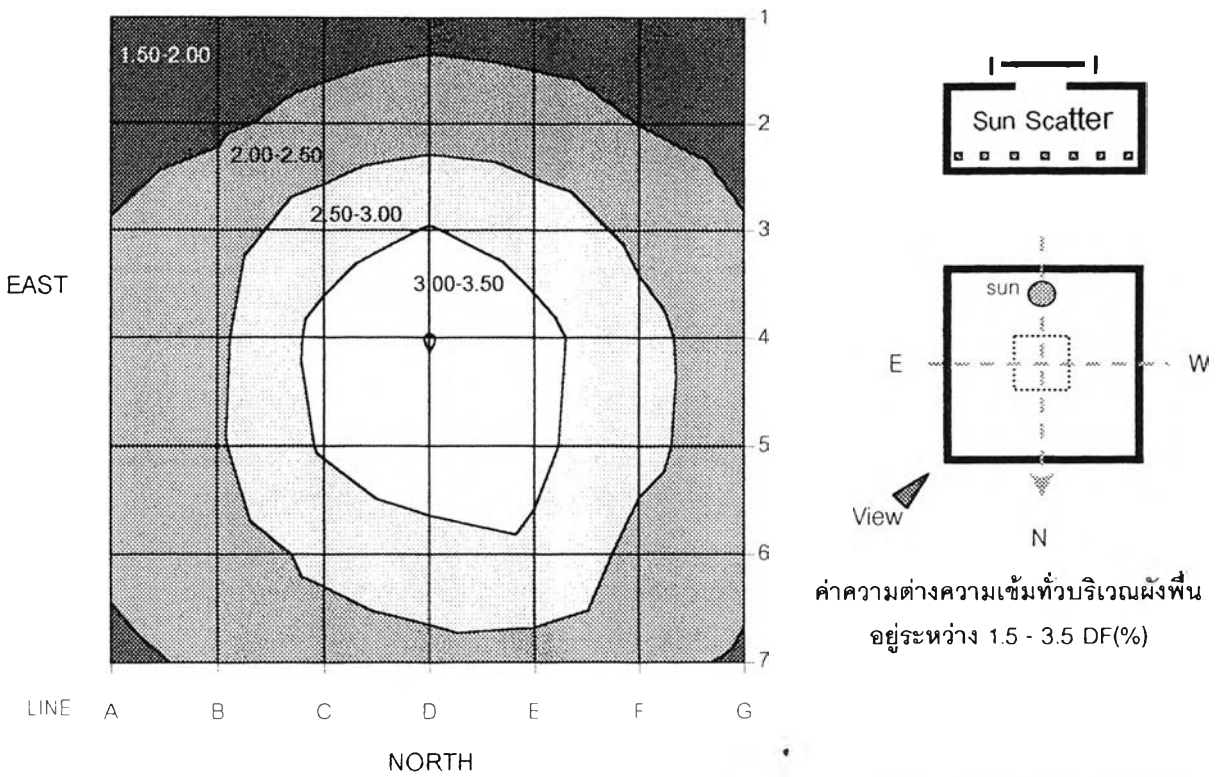
แผนภูมิที่ 4.3 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Overhang



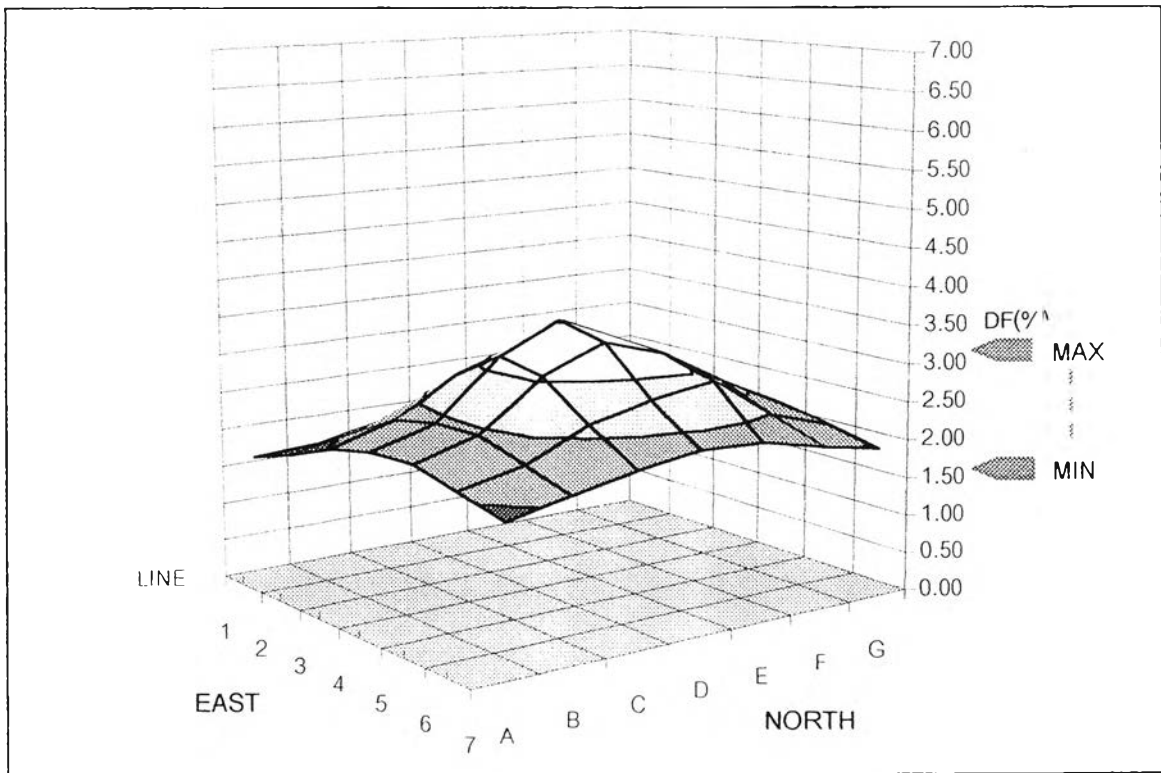
Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM. / Horizontal Blind



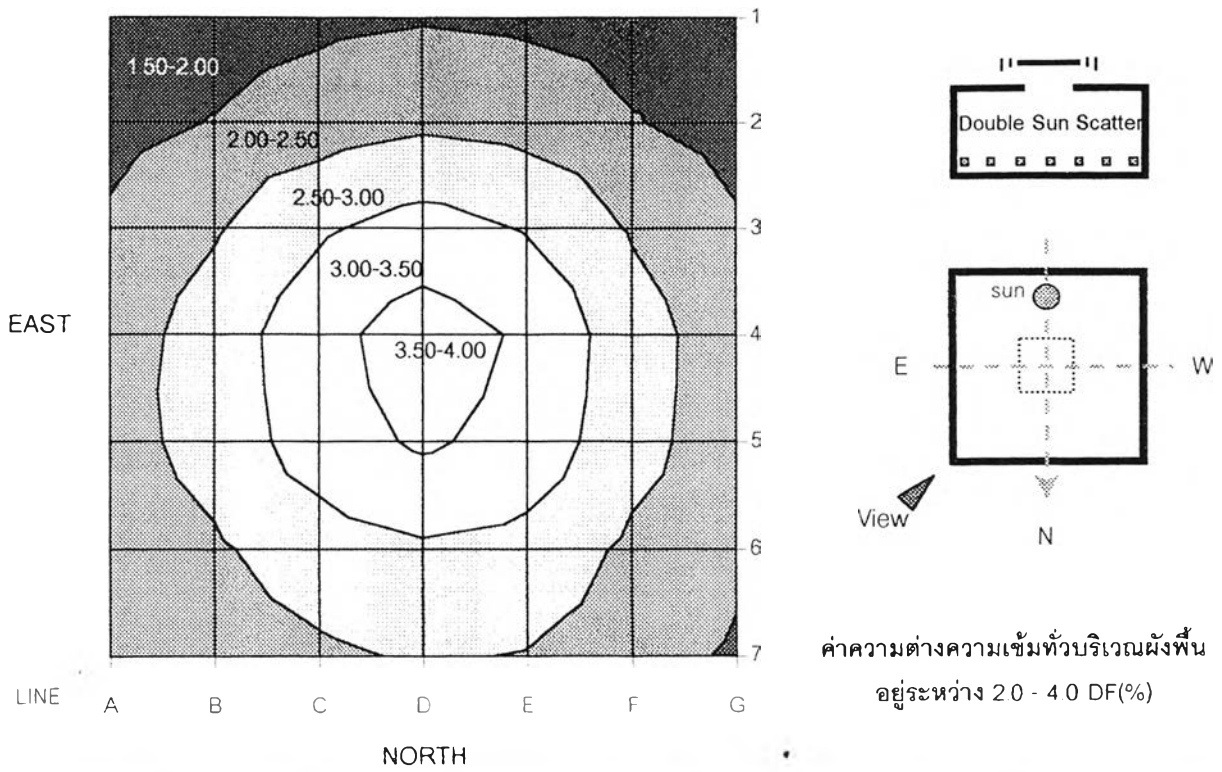
แผนภูมิที่ 4.4 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องทำแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Horizontal Blind



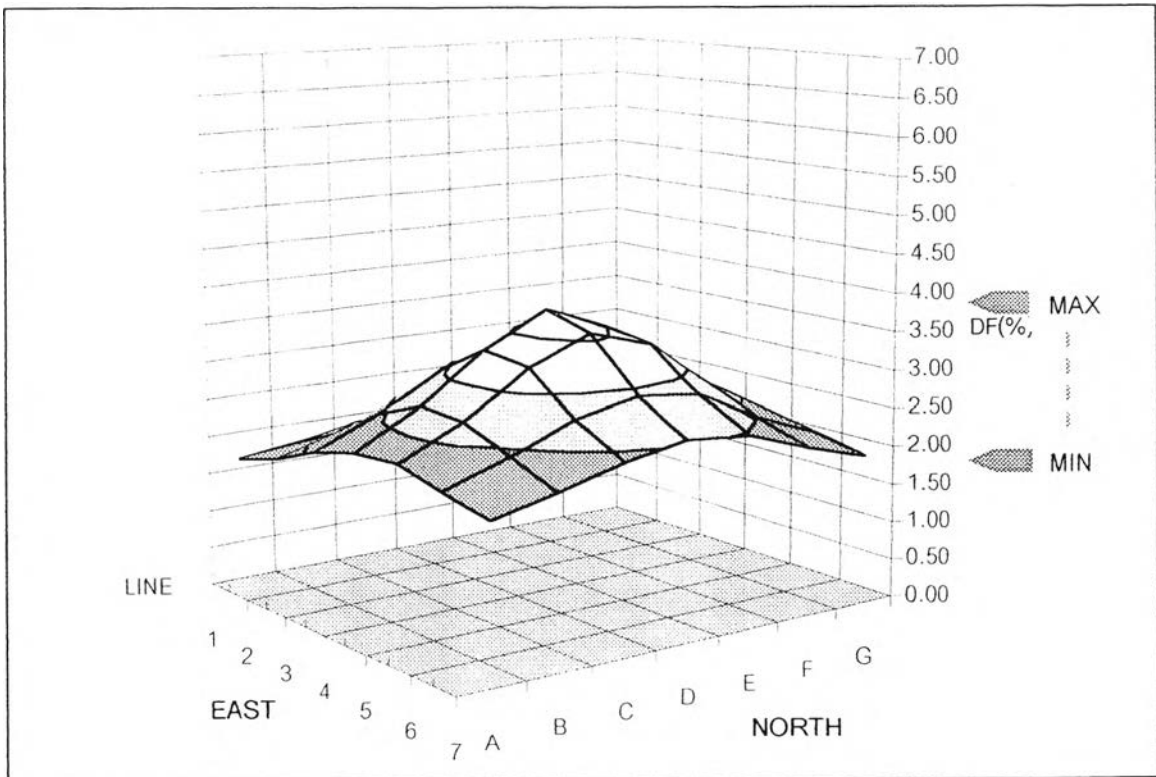
Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM. / Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky
ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75% และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Sun Scatter



Partly Cloudy Sky / Time : 12.00 AM / Double Sun Scatter

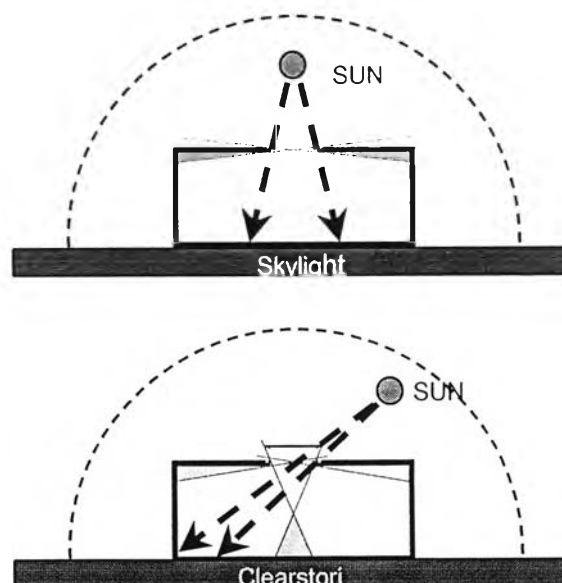


แผนภูมิที่ 4.6 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Double Sun Scatter

จากแผนภูมิที่ 4.1 - 4.6 จะเห็นว่าในกรณีศึกษาแบบช่องเปิดด้านบนทั้ง 6 แบบ จะมีลักษณะของห้องและค่าการสะท้อนแสงภายในและภายนอก ที่มีลักษณะเดียวกันในทุกรูปแบบ แตกต่างกันตรงรูปแบบของช่องเปิดและแผงควบคุมที่ใช้ในการให้แสงธรรมชาติจากทางด้านบน ที่มีลักษณะพื้นผิวหยาบ มีการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และมีค่าการสะท้อนที่แผงควบคุมเท่ากับ 75% นั้น จากผลการทดสอบรูปแบบของแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) ในช่วงเวลา 12.00 น. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่า

จากแผนภูมิที่ 4.1 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Skylight รูปแบบนี้เป็นรูปแบบที่ไม่มีการควบคุมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่จะผ่านเข้าสู่อาคาร ความส่องสว่างภายในห้องมีค่าความแตกต่างของระดับความส่องสว่างระหว่างบริเวณกลางห้องกับบริเวณส่วนที่ใกล้ผนังสูง ทำให้แสงภายในไม่มีความสม่ำเสมอ และเปลี่ยนแปลงตามสภาพท้องฟ้าภายนอก เนื่องจาก ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยมีค่าเฉลี่ยของแสงภายใน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 10 - 20 % DF และมีค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D6 เท่ากับ 240 % DF ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับอิทธิพลจากแสงอาทิตย์โดยตรง

จากแผนภูมิที่ 4.2 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Clearstories จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูปประฆังคว่ำ มีลักษณะยอดระฆังเบี่ยงไปทางด้านเหนือของห้อง และจากการที่ภายในห้องได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ที่มีวงโคจรอ้อมไปทางด้านใต้ในวันที่ทำการทดสอบ มีค่าความแตกต่างของระดับความส่องสว่างระหว่างบริเวณกลางห้องกับบริเวณส่วนที่ใกล้ผนังสูง ทำให้แสงภายในไม่มีความสม่ำเสมอ เช่นเดียวกับกรณีศึกษาแบบ Skylight โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 2.00 - 7.00 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D5 เท่ากับ 7.00 %



รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบมุมแสงตรงของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นที่ใช้งานของรูปแบบ Skylight กับ Clearstories

อย่างไรก็ตาม กรณีศึกษาแบบ Clearstories ก็ยังมีความสม่ำเสมอของค่าความส่องสว่างภายในมากกว่า กรณีศึกษาช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight เนื่องจากอิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่ภายในห้องผ่านช่องเปิดแบบ Clearstories มีมุมของการรับแสงน้อยกว่าการเปิดรับแสงด้านบนแบบ Skylight (ดังรูป 4.2) จะเห็นได้ว่า ช่องเปิดด้านบนแบบ Clearstories ในช่วงที่ดวงอาทิตย์ทำมุมกับพื้นโลกต่ำลง อิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ที่ บริเวณพื้นที่ใช้งานจะลดลง จากการที่รังสีตรงตกกระทบผนังและสะท้อนกลับออกมาในรูปของรังสีกระจาย ซึ่งจะ ทำให้ปริมาณแสง ณ บริเวณพื้นที่ใช้งานมีความแปรปรวนน้อยลง

จากแผนภูมิที่ 4.3 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับ พื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Overhang จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูปประฆังคว่ำ มีค่าความส่องสว่าง สูงสุดอยู่ที่บริเวณกลางห้อง ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ได้รับแสงธรรมชาติจากช่องเปิดทั้ง 4 ด้านโดยรอบ จึงทำให้มีความ ส่องสว่างสูงกว่าบริเวณอื่นของห้อง โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.50 - 3.00 % และมี ค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 3.00 %

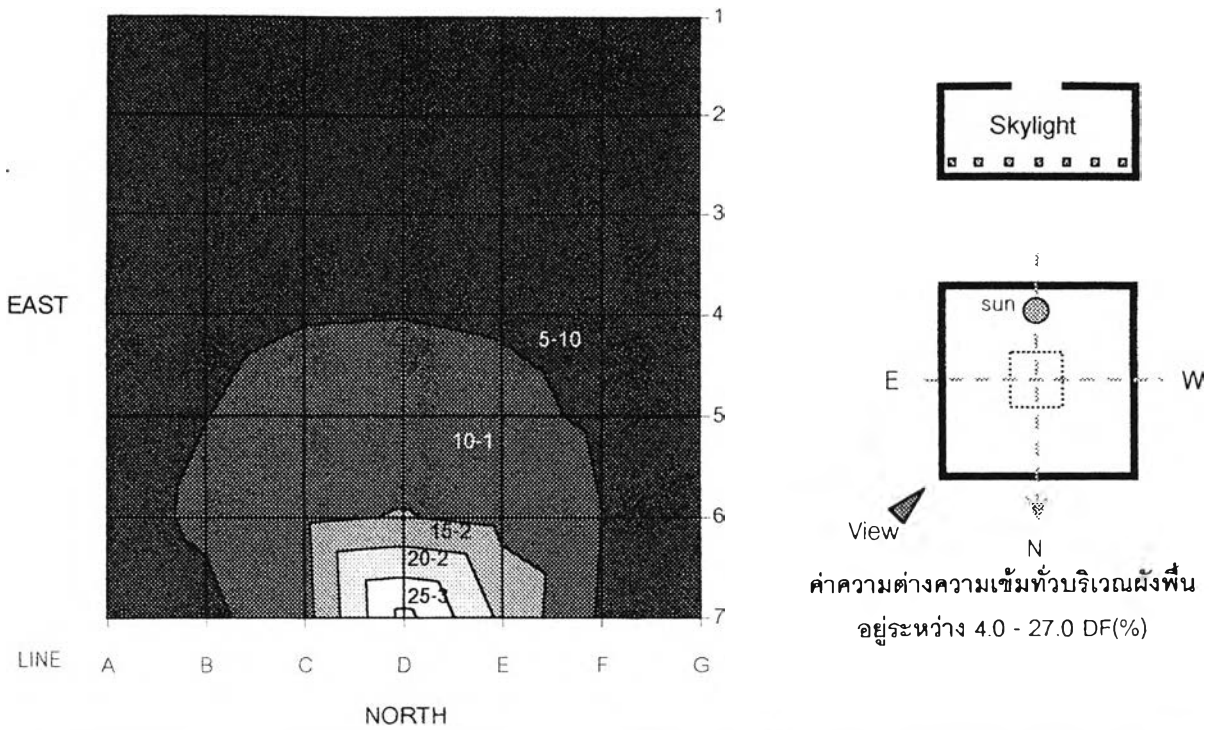
จากแผนภูมิที่ 4.4 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับ พื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Horizontal Blind จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงในลักษณะเดียวกับรูปแบบ Overhang แต่จะมีค่าของช่วงความส่องสว่างภายในต่ำกว่าแบบ Overhang โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำ สุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.00 - 2.50 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 2.50 %

จากแผนภูมิที่ 4.5 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับ พื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Sun Scatter จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูปประฆังคว่ำเช่นเดียวกับแบบอื่น ๆ โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.50 - 3.50 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 3.50 %

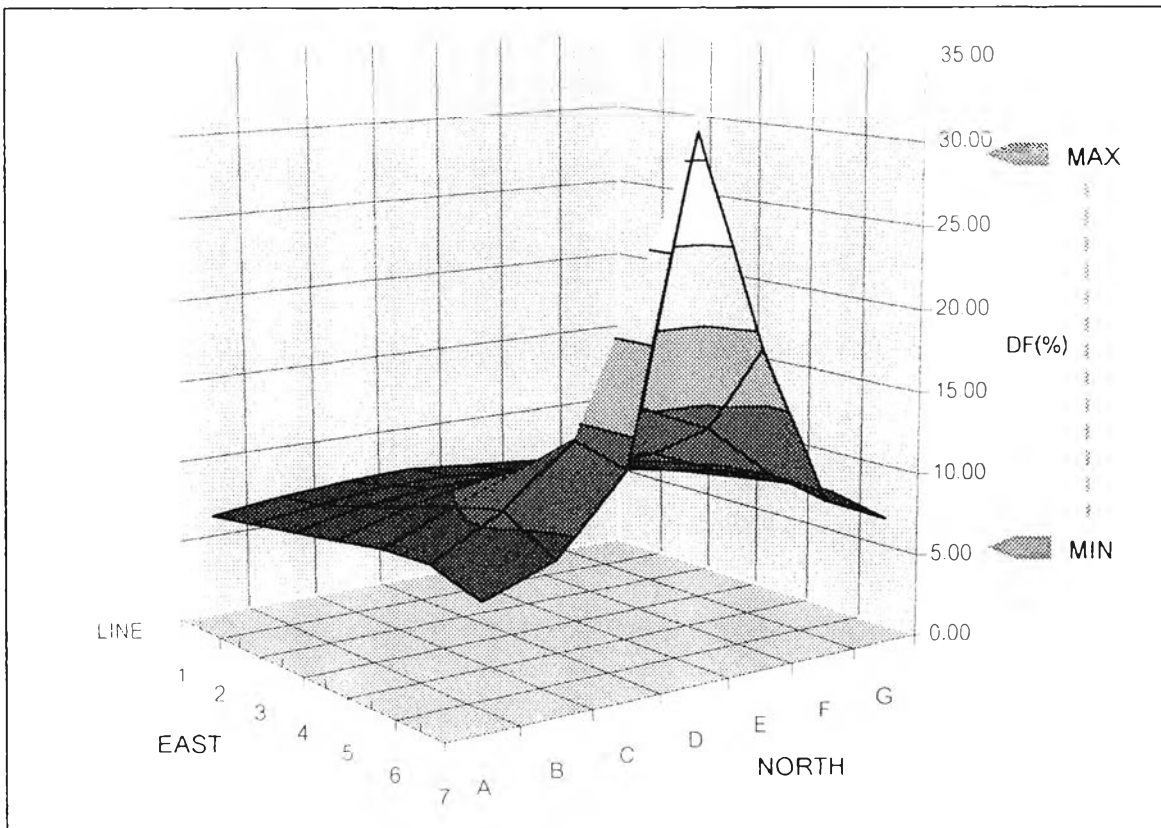
จากแผนภูมิที่ 4.6 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ ณ ระดับ พื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Double Sun Scatter จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูปประฆังคว่ำเช่นเดียวกับแบบอื่น ๆ โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 2.00 - 4.00 % และมีค่าความส่องสว่างสูง สุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 4.00 %

เพื่อศึกษาช่วงความแปรปรวนและลักษณะการกระจายตัวของปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในอาคาร ณ ช่วงเวลาเดียวกันการทดสอบแรก คือ 12.00 น. แต่ทำการทดสอบที่สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุม ทุกสภาพท้องฟ้าที่มีในประเทศไทย คือ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่งปราศจากเมฆ (Clear Sky) สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆ ปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) และสภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ (Cloudy Sky)

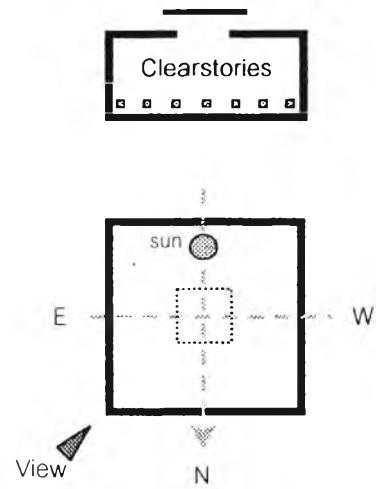
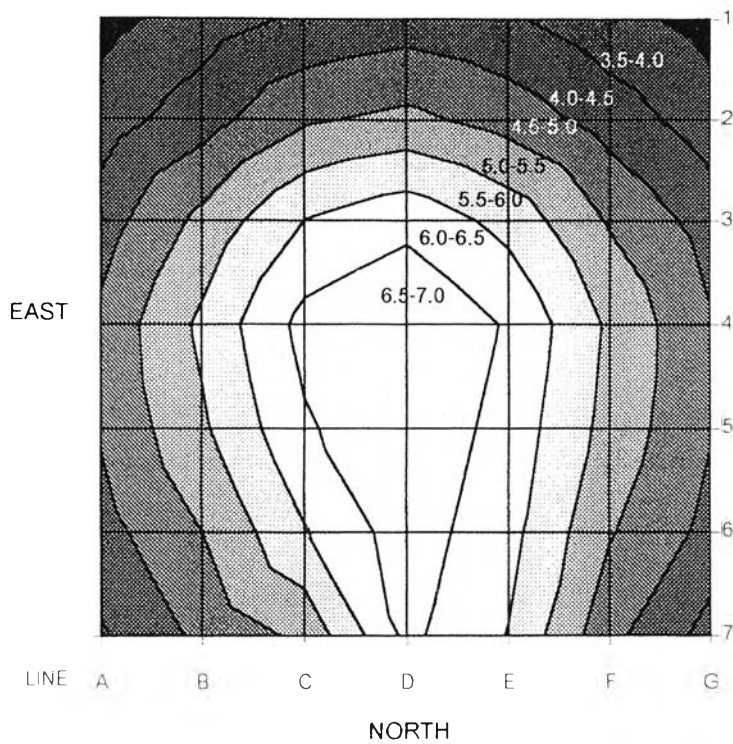
เมื่อทำการทดสอบในลักษณะเดียวกัน ในสภาพท้องฟ้าแบบแบบโปร่ง ปราศจากเมฆปกคลุม (Clear Sky) และสภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ (Cloudy Sky) ได้ผลการทดสอบดังแผนภูมิที่ 4.7 - 4.12



Clear Sky / Time : 12.00 AM. / Skylight

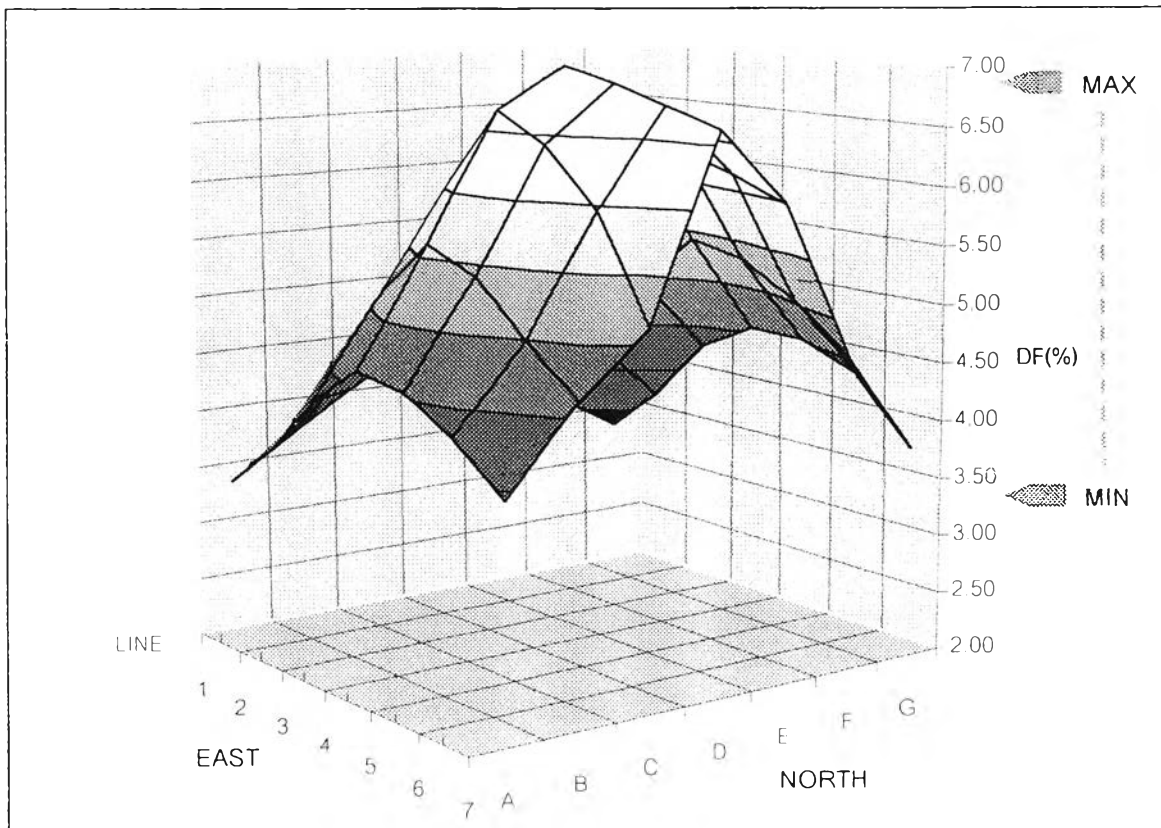


แผนภูมิที่ 4.7 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ท้องฟ้าแบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Skylight

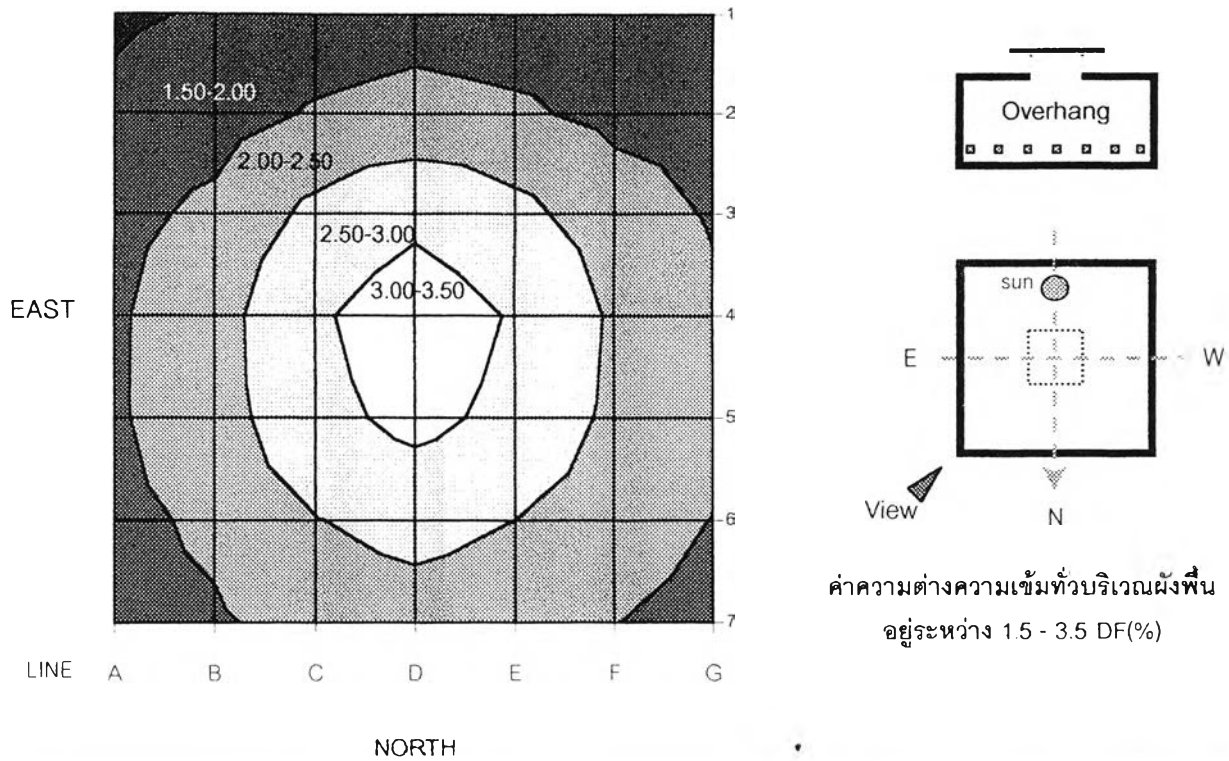


ค่าความต่างความเข้มทั่วบริเวณผังพื้น อยู่ระหว่าง 3.5 - 7.0 DF(%)

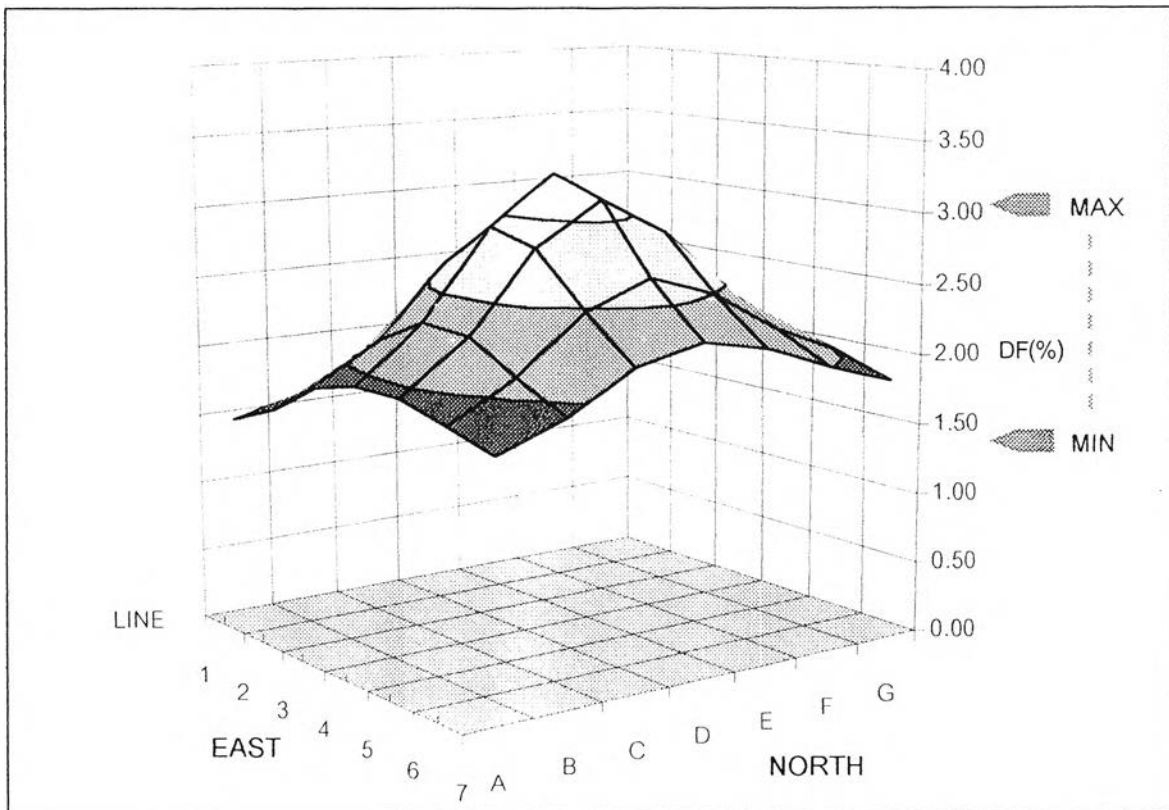
Clear Sky / Time : 12 00 AM. / Clearstories



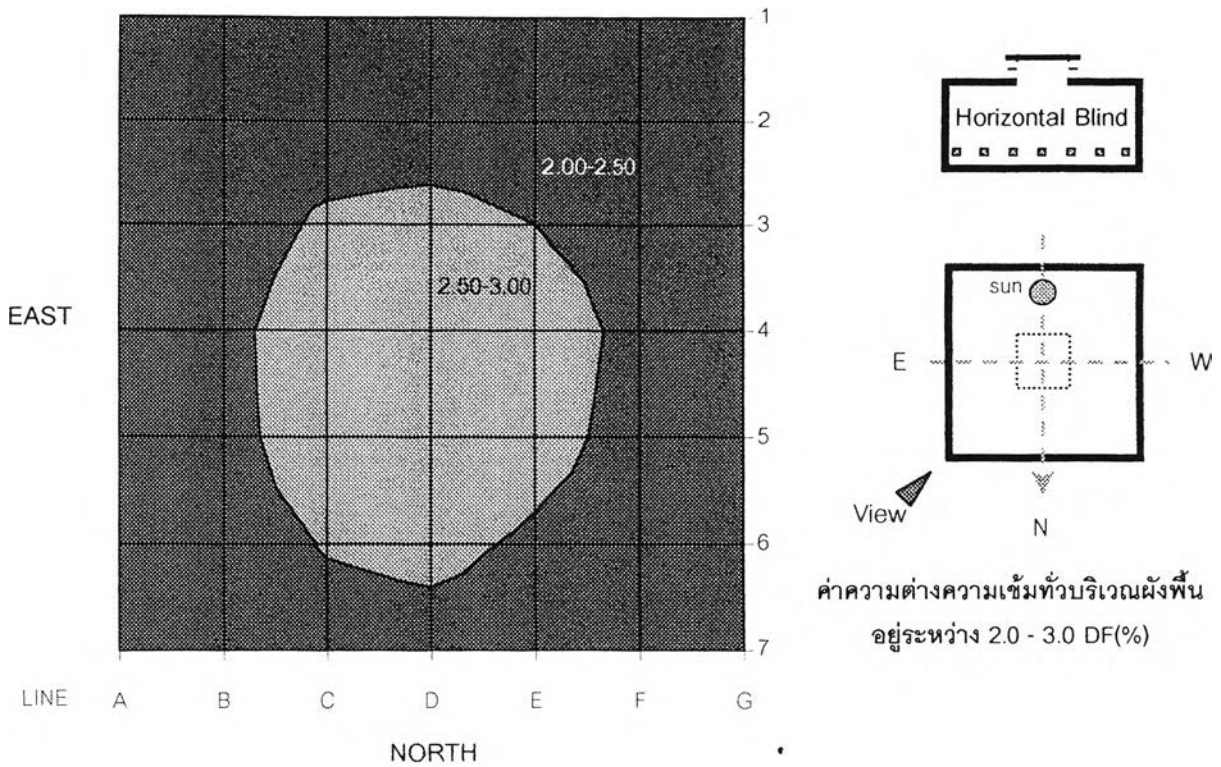
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Clearstories



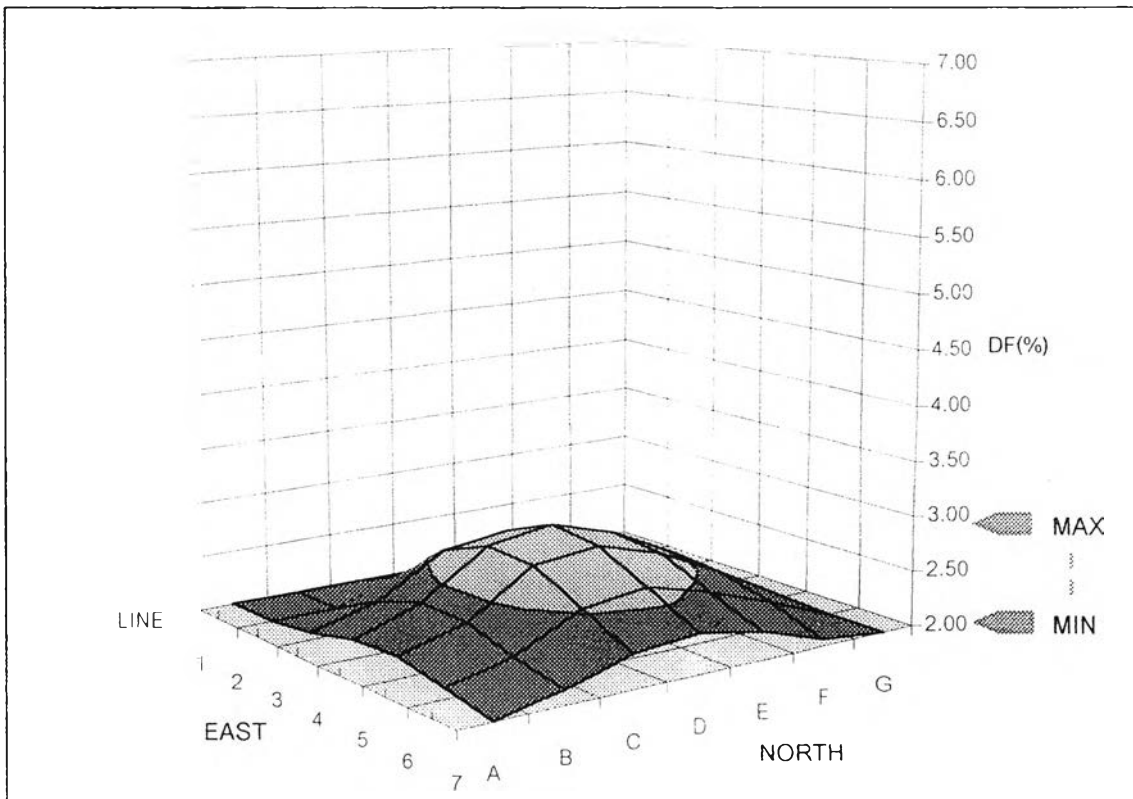
Clear Sky / Time : 12.00 AM. / Overhang



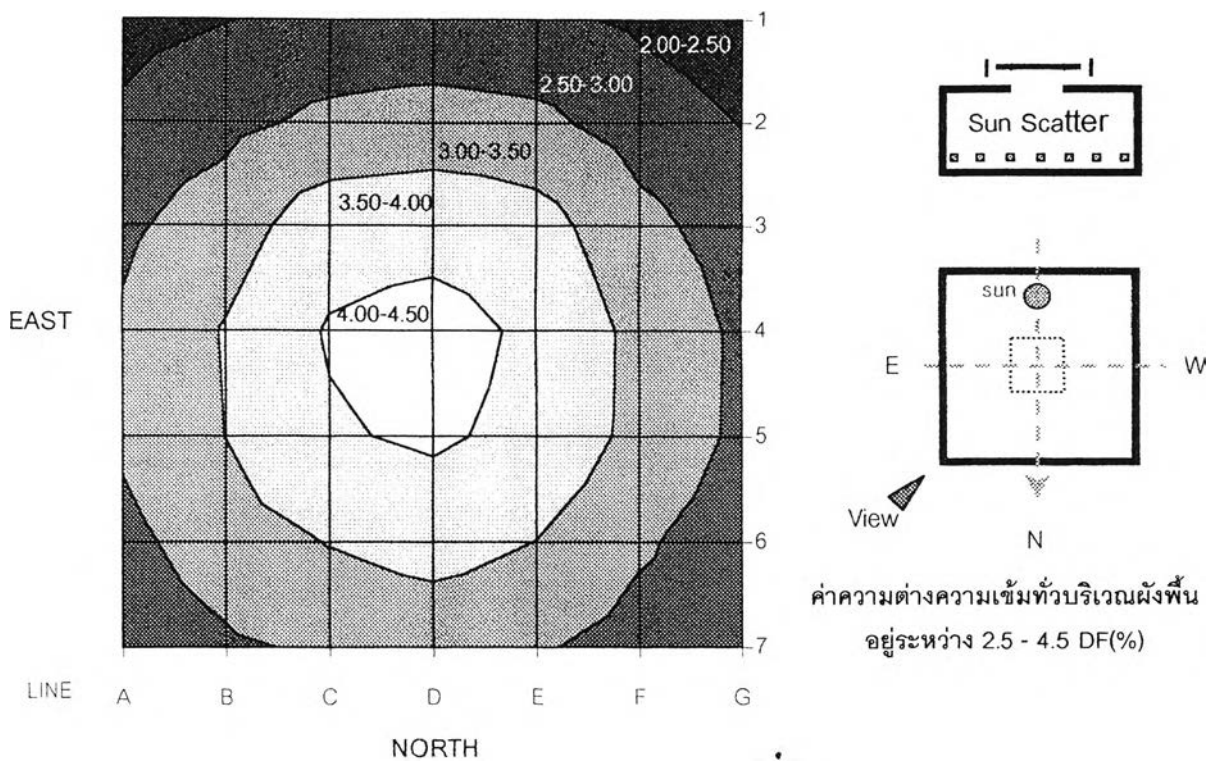
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Overhang



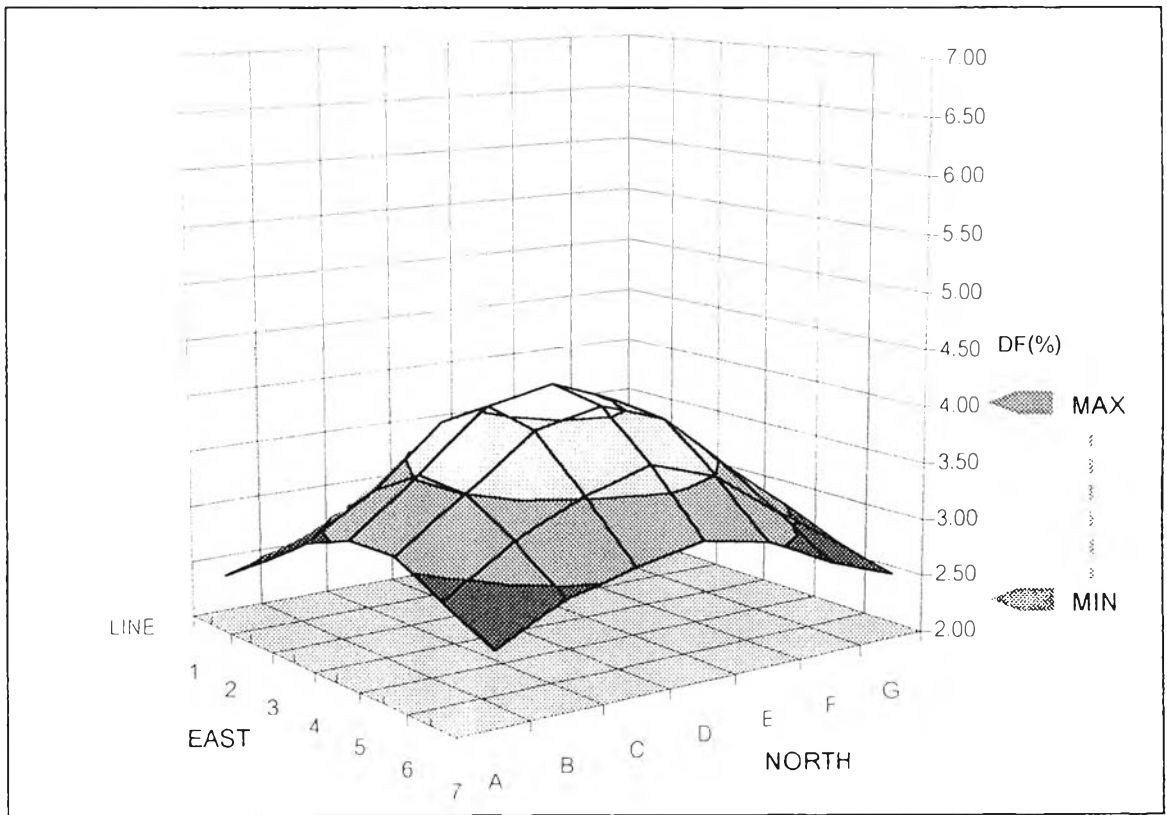
Clear Sky / Time : 12.00 AM. / Horizontal Blind



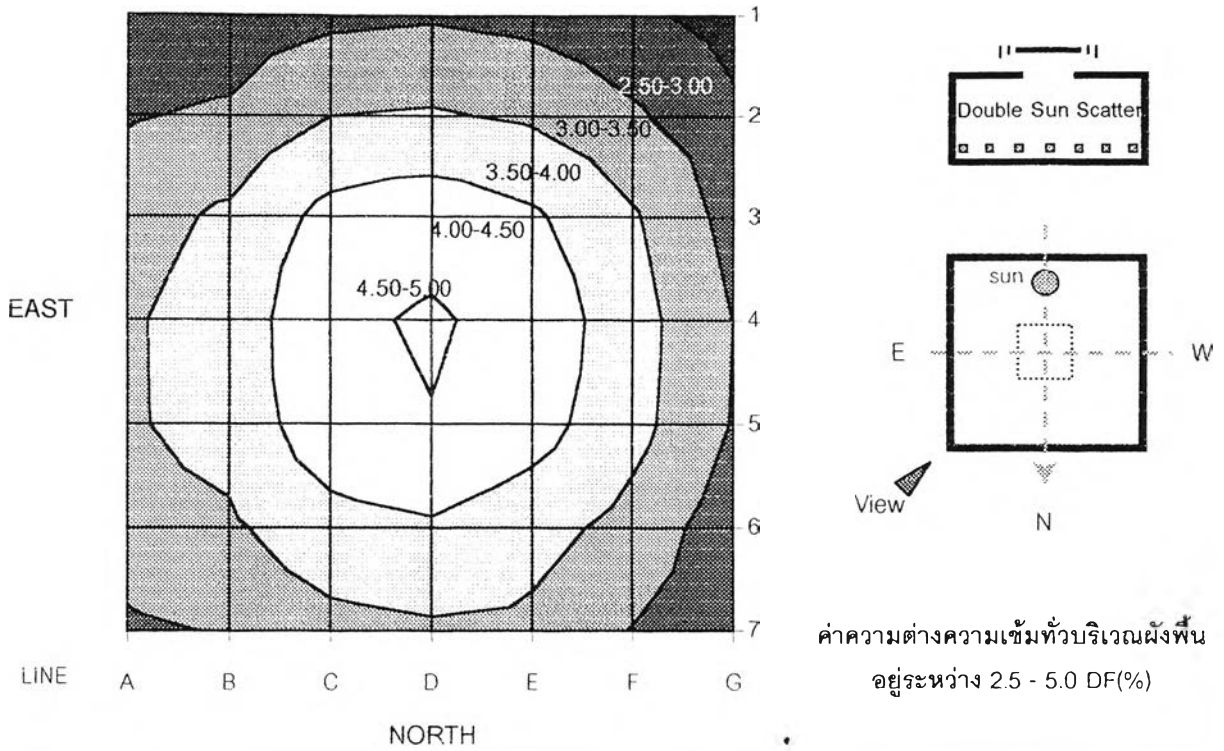
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องที่แบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Horizontal Blind



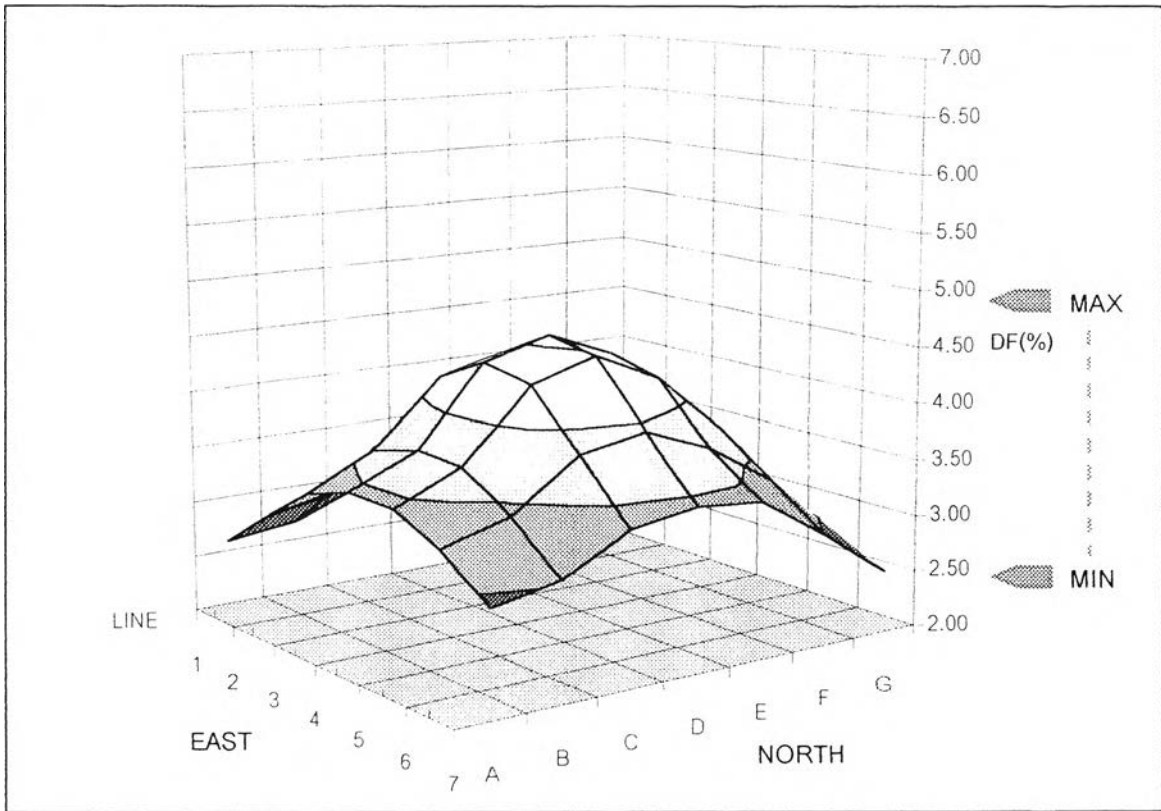
Clear Sky / Time : 12.00 AM. / Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องที่แบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Sun Scatter



Clear Sky / Time : 12.00 AM. / Double Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Clear Sky ช่วงเวลา 12.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Double Sun Scatter

จะเห็นได้ว่า ในกรณีศึกษาแบบของเปิดด้านบนทั้ง 6 แบบ จะมีลักษณะของห้องและค่าการสะท้อนแสงภายในและภายนอก ที่เหมาะสมในทุกรูปแบบ แตกต่างกันตรงรูปแบบของช่องเปิดและแผงควบคุมที่ใช้ในการให้แสงธรรมชาติจากทางด้านบน ที่มีลักษณะพื้นผิวหยาบ มีการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และมีค่าการสะท้อนที่แผงควบคุมเท่ากับ 75% นั้น จากผลการทดสอบรูปแบบดังกล่าว ณ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง ปรากฏจากเมฆปกคลุม (Clear Sky) และสภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ (Cloudy Sky) ในช่วงเวลา 12.00 น. จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบพบว่า

จากแผนภูมิที่ 4.7 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Skylight จะมีความแปรปรวนของค่าความส่องสว่างภายในสูง เปลี่ยนแปลงตามสภาพท้องฟ้าภายนอก เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ เช่นเดียวกับกรณีศึกษา ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky และมีความส่องสว่างสูงสุด ณ ตำแหน่งที่โดนแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Beam) สูงกว่าสภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เนื่องจากสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky มีปริมาณความเข้มของรังสีตรงของดวงอาทิตย์สูงกว่า

จากแผนภูมิที่ 4.8 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Clearstories จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงใกล้เคียงกับสภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 3.50 - 7.00 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 7.00 %

จากแผนภูมิที่ 4.9 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Overhang จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูประฆังคว่ำ มีความส่องสว่างสูงสุดอยู่บริเวณกลางห้อง โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.50 - 3.50 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 3.50 %

จากแผนภูมิที่ 4.10 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Horizontal Blind จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูประฆังคว่ำ มีความส่องสว่างสูงสุดอยู่บริเวณกลางห้อง โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 2.00 - 3.00 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 3.00 %

จากแผนภูมิที่ 4.11 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Sun Scatter จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูประฆังคว่ำ มีความส่องสว่างสูงสุดอยู่บริเวณกลางห้อง โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 2.50 - 4.50 % และมีค่าความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 4.50 %

จากแผนภูมิที่ 4.12 ผลการทดสอบระดับความส่องสว่าง เป็นค่า Daylight Factor ในแนวราบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน กรณีศึกษาแบบ Double Sun Scatter จะมีรูปแบบการกระจายตัวของแสงเป็นรูประฆังคว่ำ มีความส่องสว่างสูงสุดอยู่บริเวณกลางห้อง โดยมีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 2.50 - 5.00 % และมีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 5.00 %

ในการพิจารณาการกระจายตัวของแสงและปริมาณความส่องสว่างภายใน ณ สภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ (Cloudy Sky) ในแต่ละรูปแบบช่องเปิดด้านบน (ภาคผนวก ง.) พบว่า

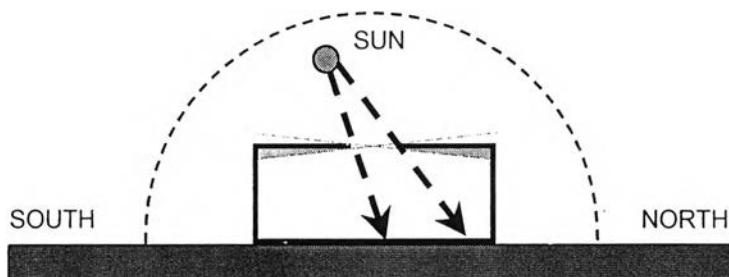
- กรณีศึกษาแบบ Skylight จะมีความแปรปรวนของค่าความส่องสว่างภายในและการกระจายตัวของแสงค่อนข้างสม่ำเสมอตามสภาพท้องฟ้าภายนอก โดยมีค่า DF % อยู่ในช่วง 6.00 - 7.00 %
- กรณีศึกษาแบบ Clearstories มีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 2.00 - 3.00 % และมีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 3.00 %
- กรณีศึกษาแบบ Overhang มีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 0.50 - 1.00 % และ มีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 1.00 %
- กรณีศึกษาแบบ Horizontal Blind มีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 0.75 - 0.50 % และมีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 0.75 %
- กรณีศึกษาแบบ Sun Scatter มีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 1.00 - 1.50 % และมีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 1.50 %
- กรณีศึกษาแบบ Double Sun Scatter มีค่าความส่องสว่าง DF (%) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 1.00 - 1.50 % และมีความส่องสว่างสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่ง D4 เท่ากับ 1.50 %

จากผลการทดสอบดังกล่าว จะเห็นได้ว่าค่าความส่องสว่างภายในอาคาร นอกจากจะขึ้นอยู่กับตัวแปรเรื่องรูปแบบแผงควบคุมของช่องเปิดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้าภายนอกอีกด้วย ถึงแม้ว่ารูปแบบแผงควบคุมต่าง ๆ จะสามารถช่วยลดอิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ลงได้ แต่ความสว่างภายนอกอาคาร นอกจากดวงอาทิตย์แล้ว ยังมีท้องฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดแสงอีกแหล่งที่สำคัญ นั่นก็คือค่าความส่องสว่างของรังสีกระจายของท้องฟ้าภายนอก ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงหลัก ที่ถูกนำเข้ามาใช้ภายในอาคารโดยผ่านแผงควบคุมรูปแบบต่าง ๆ ดังนั้นในกรณีที่ท้องฟ้ามีอิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Beam) สูง อย่างในสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky จะเห็นว่าปริมาณความส่องสว่างภายในก็สูงขึ้น อันเนื่องมาจากอิทธิพลของแหล่งกำเนิดแสงตรง โดยผ่านการสะท้อนจากแผงควบคุมและเช่นเดียวกับแสงกระจายจากท้องฟ้า ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสัดส่วนของปริมาณแสงตรง (Direct Light) ต่อแสงกระจาย (Diffuse Light) ซึ่งจะมีสัดส่วนเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะของท้องฟ้า (บทที่ 2) ดังนั้นจึงทำการพิจารณาแยกในแต่ละรูปแบบ เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงอิทธิพลของสภาพท้องฟ้า ที่มีต่อลักษณะการ

กระจายตัว และระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight, Clearstories, Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter

จากแผนภูมิที่ 4.1 – 4.12 เป็นการศึกษาลักษณะของการกระจายตัวของแสงธรรมชาติในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ที่เข้าสู่อาคารจากทางด้านบน ในช่วงเวลา 12.00 น. ณ สภาพท้องฟ้าจริง ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนและแผงควบคุมต่าง ๆ โดยแสดงผลการทดลองค่าระดับความส่องสว่างเป็นค่า Daylight Factor (DF%) พบว่า การกระจายตัวของแสงภายในมีค่าระดับความส่องสว่างสูงสุดบริเวณกลางห้อง และมีระดับความส่องสว่างลดลงตามลำดับ ไปสู่บริเวณที่ใกล้กับผนังห้องทั้ง 4 ด้าน สังเกตได้จากแผนภูมิที่มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ เนื่องจากอิทธิพลของปริมาณแสงภายนอก ที่เกิดจากสภาพท้องฟ้าและทิศทางของดวงอาทิตย์ มีลักษณะสมมาตร จากการทดลองวัดแสงในช่วงเวลา 12.00 น. ซึ่งดวงอาทิตย์โคจรมาอยู่ตรงจุดกึ่งกลางเหนือศีรษะ เมื่อมองผ่านรูปตัดทางด้านทิศตะวันออก – ทิศตะวันตก

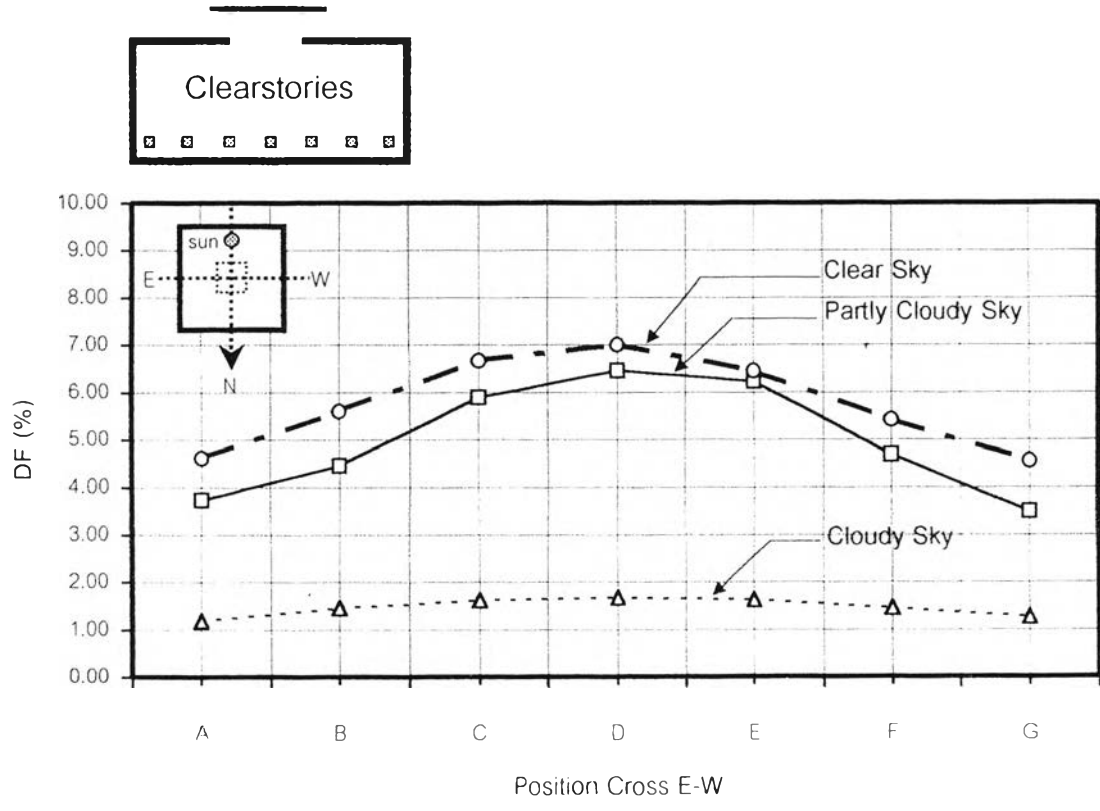
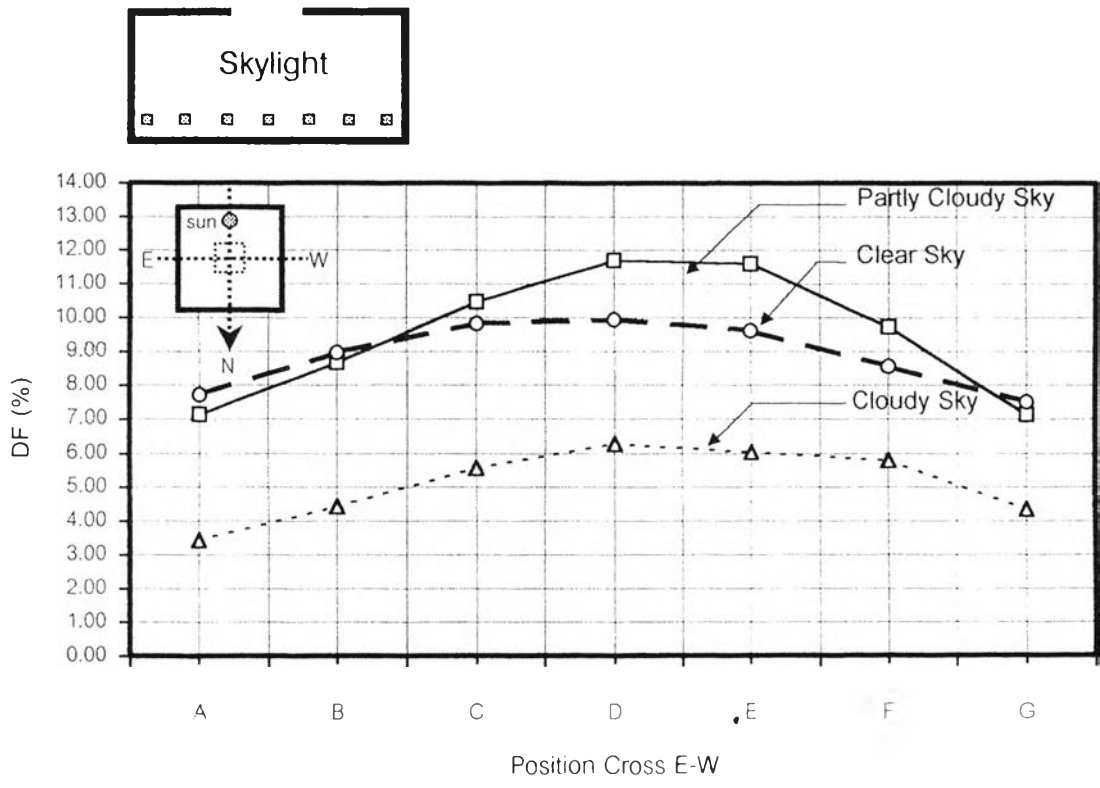
อย่างไรก็ตามในการทดสอบครั้งนี้ได้ทำการทดสอบหุ่นจำลองในช่วงเดือนสิงหาคม – ธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่การโคจรของดวงอาทิตย์ ณ ละติจูด 14° N ลักษณะของการกระจายปริมาณความส่องสว่างที่ภายในห้องทางด้านทิศเหนือจะมีปริมาณค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ ของห้อง ทั้งนี้เนื่องจากอิทธิพลจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ที่มีความเข้มของความส่องสว่างสูงมาก โดยเฉพาะในช่วงเวลา 12.00 น. ที่ดวงอาทิตย์มีลักษณะเกือบตั้งฉากกับพื้นโลก



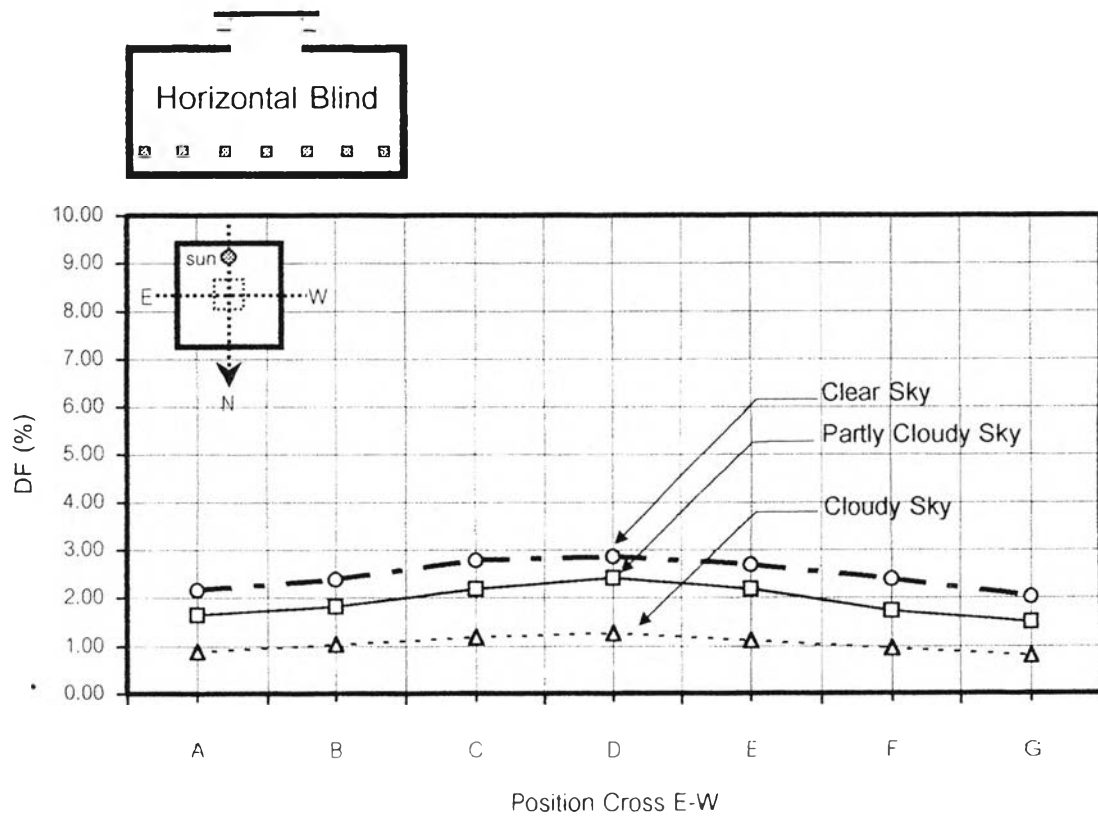
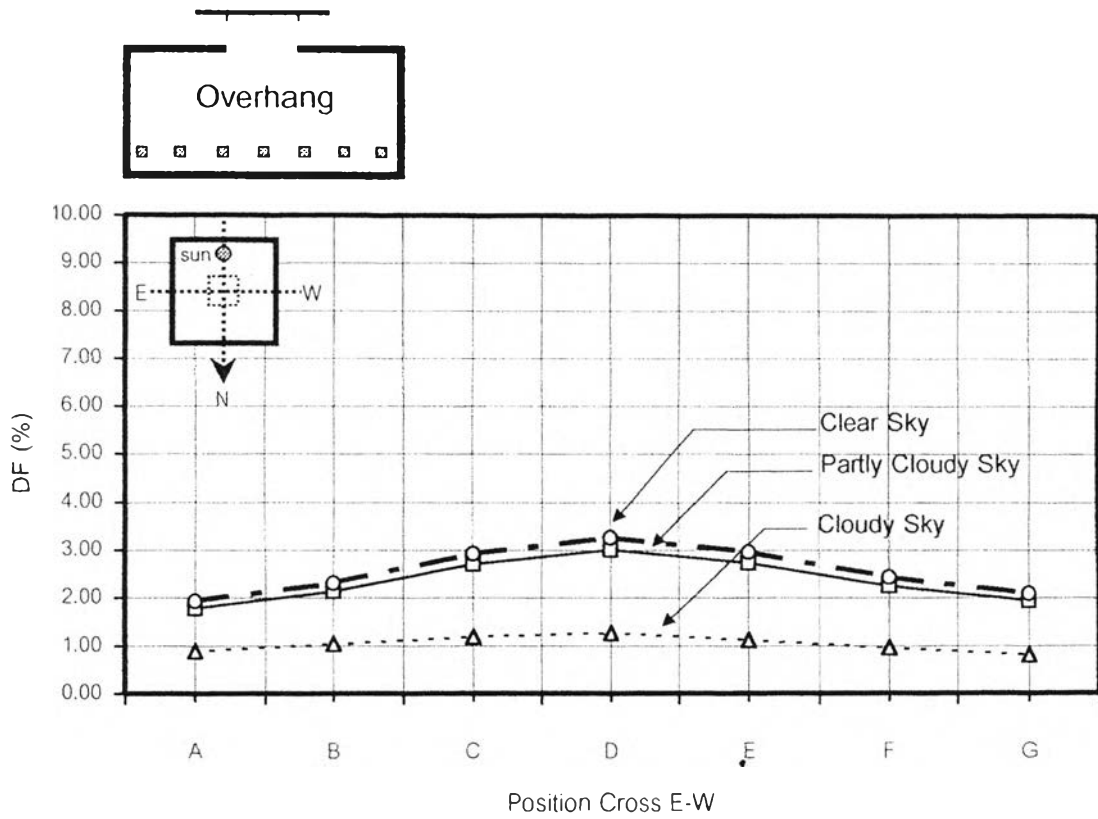
รูปที่ 4.4 แสดงอิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิดทางด้านทิศใต้

ดังนั้น จากการพิจารณาอิทธิพลของแสงภายนอก ที่กระทำต่อช่องเปิดด้านบนรูปแบบต่าง ๆ พบว่า แสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารได้รับอิทธิพลมาจากแสงภายนอก 2 ลักษณะ คือ รังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sunlight) และรังสีกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Light)

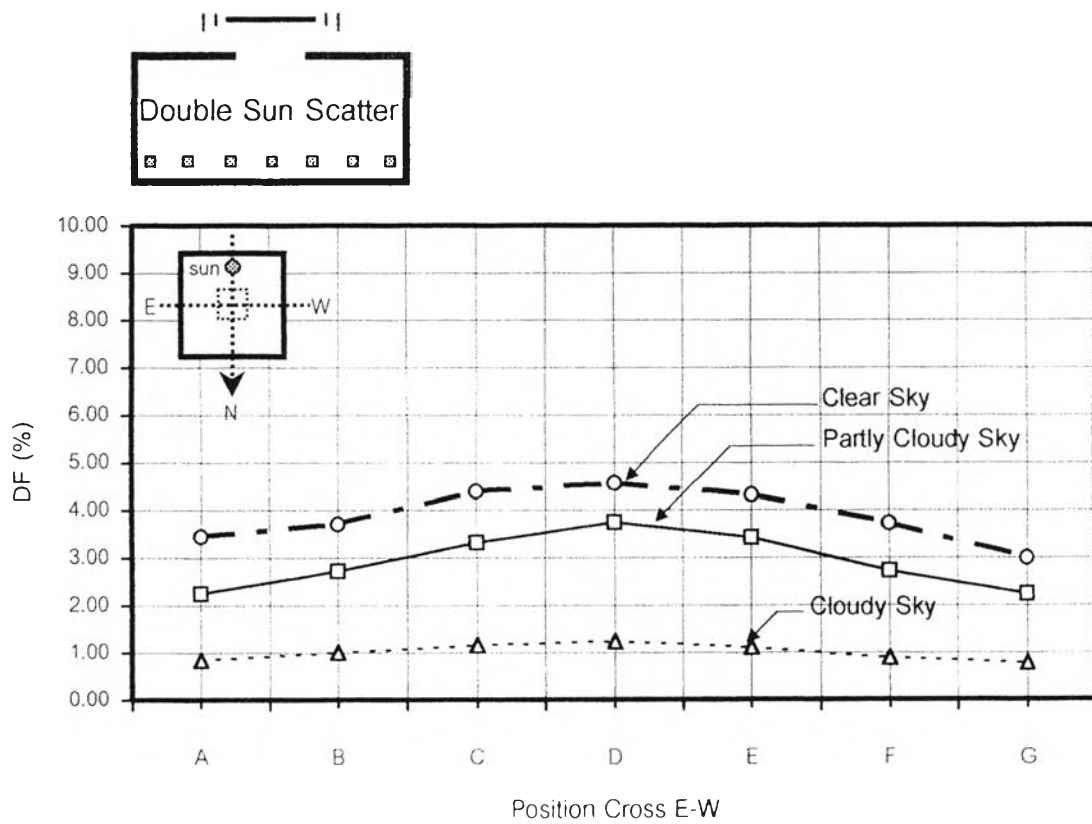
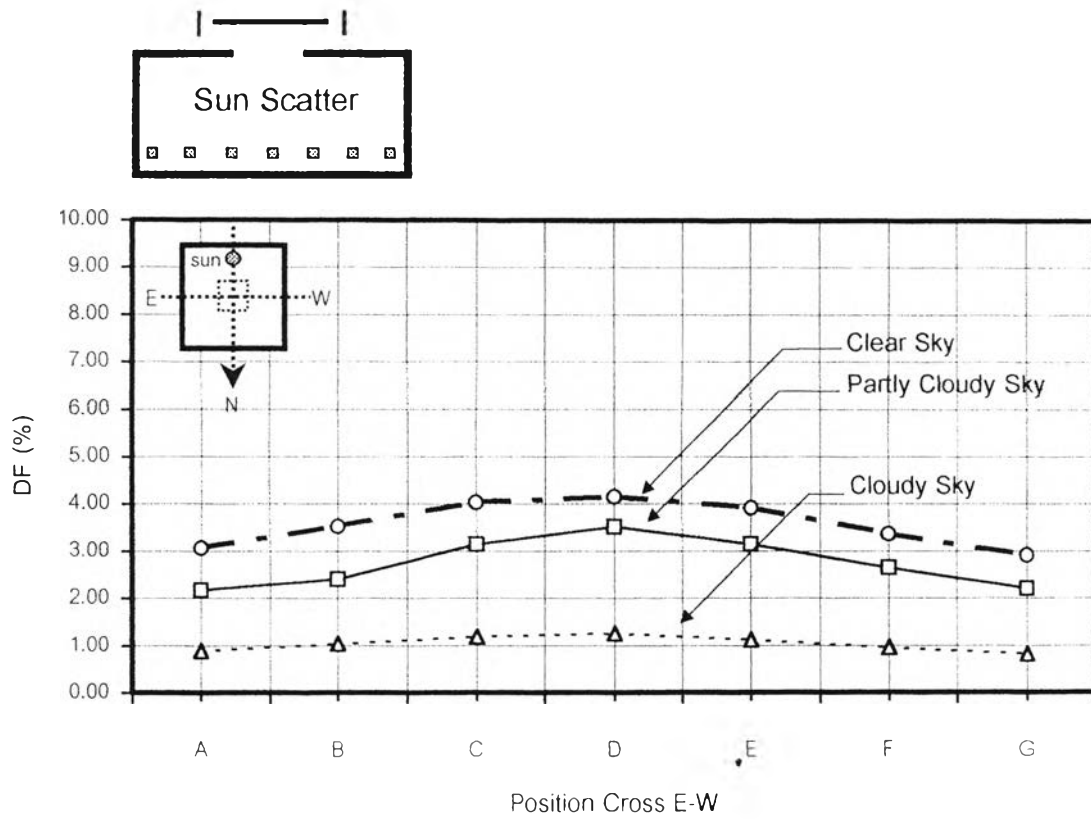
จากผลการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายของแสง และระดับความส่องสว่างภายในอาคาร ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีตรงของดวงอาทิตย์และรังสีกระจายของท้องฟ้า ในขณะที่เดียวกันค่าของปริมาณรังสีทั้ง 2 แบบ นั้น ขึ้นอยู่กับสภาพท้องฟ้าและมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อพื้นโลกในแนวระนาบ ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลา จึงทำการทดสอบรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky และ Cloudy Sky เพิ่มเติม เพื่อพิจารณาการกระจายแสงและค่าระดับความส่องสว่างภายใน เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้กับอาคารจริง



แผนภูมิที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00 น. รูปแบบ Skylight และ Clearstories



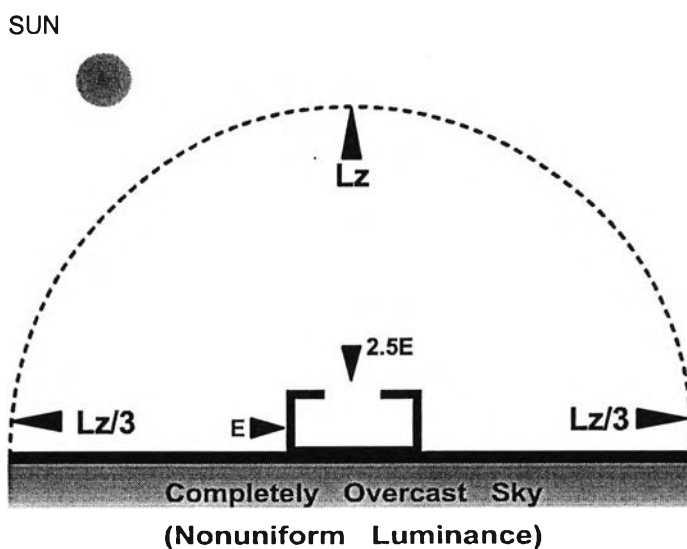
แผนภูมิที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ
 ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00 น. รูปแบบ Overhang และ Horizontal Blind



แผนภูมิที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ

ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00 น รูปแบบ Sun Scatter และ Double Sun Scatter

จากแผนภูมิที่ 4.13 - 4.15 ในการเปรียบเทียบค่าระดับความส่องสว่าง ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนทั้ง 6 แบบ เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาพท้องฟ้าที่มีผลต่อปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารนั้น เมื่อพิจารณาในเรื่องของสภาพท้องฟ้า จะเห็นได้ว่าสภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ (Cloudy Sky) ให้ระดับความส่องสว่างภายในมีความสม่ำเสมอ และมีค่าความแตกต่างของระดับความส่องสว่างสูงสุดและต่ำสุดอยู่ไม่เกิน 1 % DF ยกเว้นแบบ Skylight ซึ่งมีลักษณะการเปิดช่องเปิดรับแสงจากทางด้านบนในแนวระนาบโดยตรง มีระดับความส่องสว่างอยู่ในช่วง 3.00 – 6.00 % เนื่องจากสภาพท้องฟ้าแบบนี้ จะมีค่าความส่องสว่างภายนอกสูงสุดอยู่ตรงที่ระดับสูงสุดของท้องฟ้า ที่ระดับเซนิต (Zenith - Brightness) ดังรูป



รูปที่ 4.5 แสดงความส่องสว่างภายนอกสูงสุด ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุม ที่กระทำต่อช่องเปิดแบบ Skylight

สำหรับกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบ Clearstories, Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter ระดับความส่องสว่างภายในได้รับอิทธิพลจาก ความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้า ที่เกิดขึ้น ณ จุดใด ๆ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่ระดับเซนิต เมื่อพิจารณาจากสภาพท้องฟ้าแบบที่ปกคลุมด้วยเมฆ ทำให้ปริมาณความส่องสว่างภายในที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยกว่าแบบ Skylight

หากพิจารณาเฉพาะสภาพท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุม (Cloudy Sky) จะพบว่า รูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight นั้น สามารถให้ประสิทธิภาพในการส่องสว่างภายในต่อพื้นที่ใช้งาน หรือลูเมนต่อตารางเมตร สูงกว่ารูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบอื่น แต่ในความเป็นจริง สภาพท้องฟ้าในประเทศไทยมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตามฤดูกาลตลอดทั้งปี ดังนั้นในการศึกษาแต่ละรูปแบบ จึงต้องทำการพิจารณาระดับความส่องสว่างภายใน ณ สภาพท้องฟ้าอื่น ๆ ควบคู่ไปด้วย

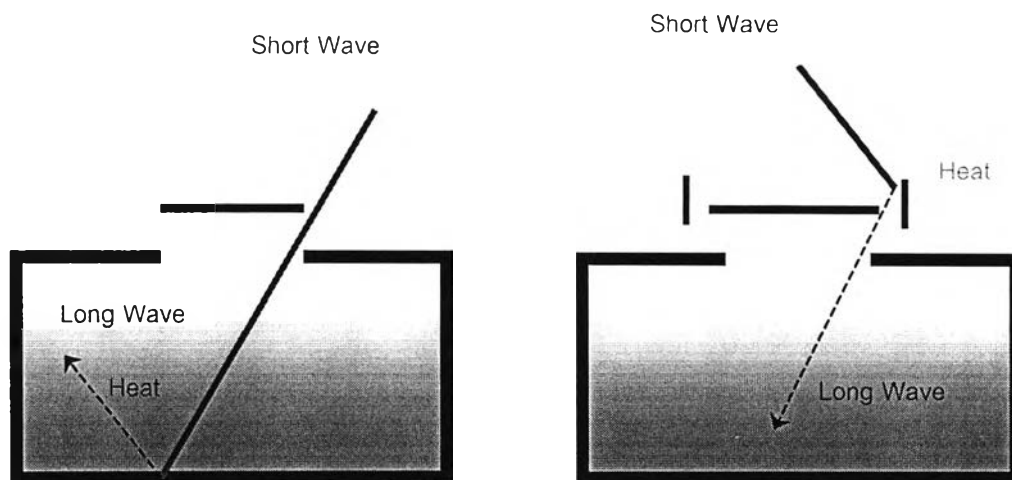
เมื่อพิจารณา ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) และแบบท้องฟ้าโปร่งปราศจากเมฆปกคลุม (Clear Sky) จากแผนภูมิที่ 4.13 - 4.15 จะเห็นได้ว่า จะมีระดับความส่องสว่างภายในและ

การกระจายตัวของแสงในแต่ละรูปแบบใกล้เคียงกัน โดยค่าระดับความส่องสว่างภายใน ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky จะมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย เนื่องจากอิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ที่ผ่านการสะท้อนเข้ามาภายในอาคารมีค่าสูงกว่า ถึงแม้ว่าปริมาณความส่องสว่างภายนอกของสภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky จะมีความส่องสว่างของท้องฟ้ามากกว่าสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky ประมาณ 10-15 % แต่ปริมาณความส่องสว่างที่เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการที่แสงจากดวงอาทิตย์ส่องกระทบก้อนเมฆ และสะท้อนไปมาระหว่างก้อนเมฆ (Prof. Nakamura and Prof. Oki, 1983) ในลักษณะของรังสีกระจาย หรืออาจกล่าวได้ว่า พฤติกรรมดังกล่าว ทำให้อิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ลดลง เนื่องจากปริมาณของเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้า ทำให้ปริมาณความส่องสว่างภายใน ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy มีความสม่ำเสมอ และมีช่วงความแตกต่างระหว่างระดับความส่องสว่างสูงสุด – ต่ำสุด อยู่ในวงแคบกว่าเมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky

จากอิทธิพลของสภาพท้องฟ้าที่กระทำต่อช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ ทำให้เกิดค่าระดับความส่องสว่างภายในที่แตกต่างกัน ในการวิจัยครั้งนี้ ต้องการหารูปแบบของช่องเปิดด้านบนที่มีความเหมาะสม และสามารถนำมาใช้กับอาคารจริงในประเทศไทย เพื่อนำไปพัฒนาเป็นเทคนิคในการออกแบบของเปิดด้านบนต่อไป ดังนั้นรูปแบบดังกล่าว จะต้องสามารถใช้ได้กับทุกสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ซึ่งจะมีอยู่ 3 ลักษณะ คือ Partly Cloudy Sky, Clear Sky และ Cloudy Sky โดยมีระดับความแปรปรวนอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน คือ มีค่าความส่องสว่างสูงสุดไม่เกิน 3 เท่า ของระดับความส่องสว่างต่ำสุด

จากแผนภูมิที่ 4.13 กรณีศึกษาแบบ Skylight และ Clearstories ใช้งานในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ต่ำสุด – สูงสุด อยู่ในช่วง 6.20 – 11.80 % สำหรับแบบ Skylight และ 1.70 – 7.00 % สำหรับแบบ Clearstories เมื่อพิจารณาสภาพท้องฟ้าทั้ง 3 แบบ ปริมาณระดับความส่องสว่างภายในของรูปแบบดังกล่าว มีความแตกต่างของความเข้มแสงสูง โดยมีค่าเท่ากับ 5.60 % และ 5.30 % ตามลำดับ ดังนั้นช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight และแบบ Clearstories จึงเป็นรูปแบบที่ไม่เหมาะสมจะนำมาใช้กับอาคารหรือห้อง ที่ต้องการความสม่ำเสมอของความส่องสว่างภายในอาคาร

อย่างไรก็ตาม ในส่วนของพื้นที่ที่ไม่มีความจำเป็น ในการควบคุมระดับความแปรปรวนของแสงภายในมากนัก เช่น บริเวณที่ต้องการบรรยากาศเสมือนอยู่ภายนอกอาคาร โดยสามารถปล่อยให้ระดับความส่องสว่างภายในเปลี่ยนแปลงตามปริมาณความส่องสว่างภายนอกได้ ก็สามารถนำรูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight หรือ Clearstories มาใช้ได้ แต่ก็ต้องคำนึงถึง ปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาภายในอาคาร พร้อมกับปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่อาคารด้วย ซึ่งจะเป็นความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ หรือความร้อนที่เกิดจากการสะท้อนรังสีตรงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร (ดังรูป 4.6) ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นภายใน จากการเปลี่ยนแปลงของแสงจากรังสีคลื่นสั้น (Short Wave) เมื่อตกกระทบกับวัสดุใด ๆ จะเปลี่ยนเป็นรังสีคลื่นยาว (Long Wave) ในรูปของความร้อน (บทที่ 2) เป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นกับอาคารที่มีระบบปรับอากาศ ส่งผลต่อการสิ้นเปลืองพลังงานต่อไป ดังนั้นในการพิจารณาเลือกใช้รูปแบบช่องเปิดแบบ Skylight และ Clearstories จึงควรใช้กับอาคารที่มีระบบการระบายอากาศด้วยวิธีธรรมชาติ (Natural Ventilation) ที่ดีพอ เพื่อช่วยในการระบายความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร



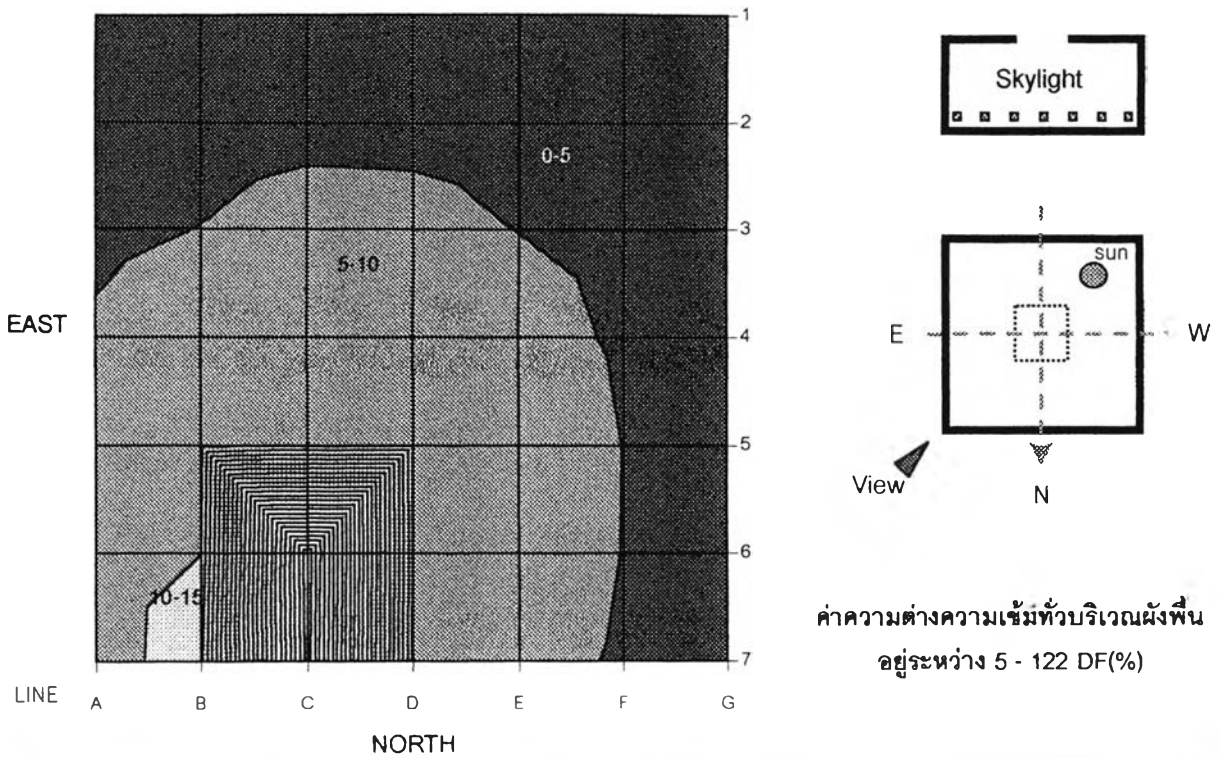
รูปที่ 4.6 แสดงความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์

จากแผนภูมิที่ 4.14 - 4.15 การพิจารณาระดับความส่องสว่างภายใน ณ ระดับพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ของกรณีศึกษารูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมทั้ง 4 แบบ เมื่อพิจารณาทั้ง 3 สภาพท้องฟ้า จะพบค่าความส่องสว่างภายในต่ำสุดที่สภาพท้องฟ้าแบบ Cloudy Sky และสูงสุดที่สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky โดยมีรายละเอียด ดังนี้

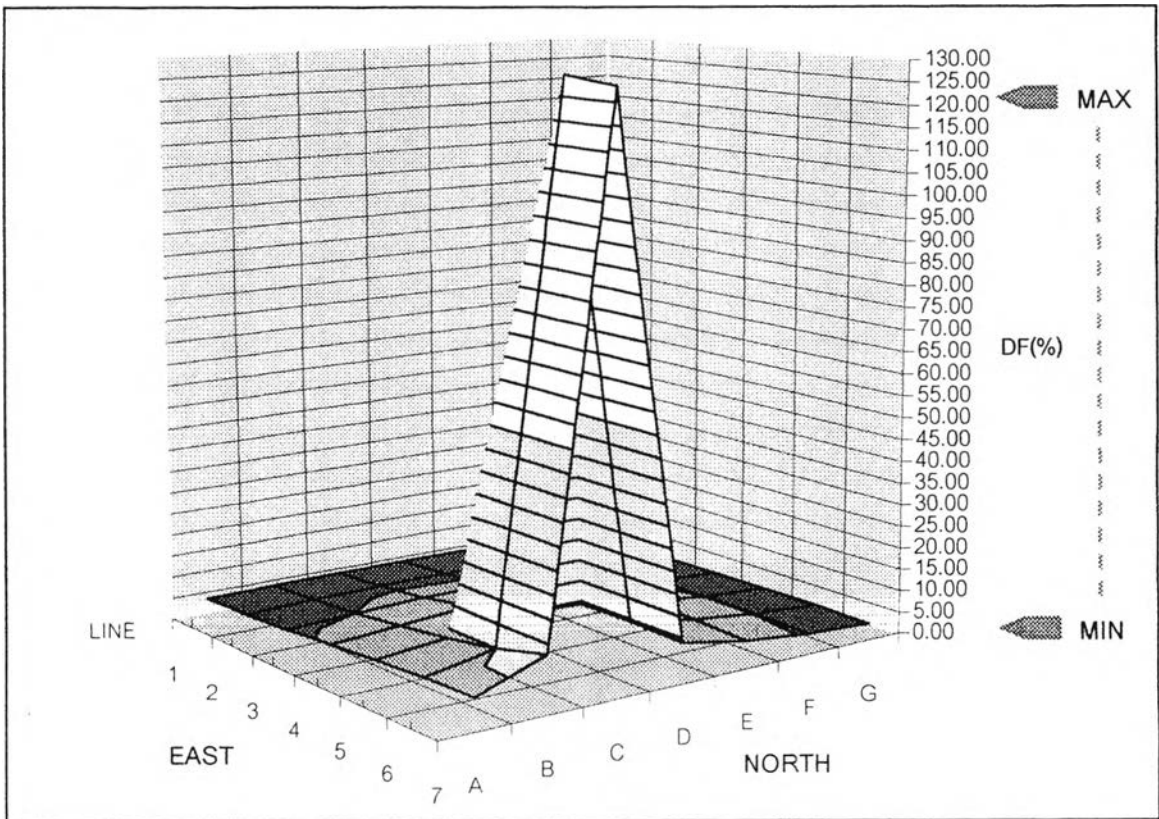
- กรณีศึกษาแบบ Overhang มีระดับความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 0.80 - 3.30 %
- กรณีศึกษาแบบ Horizontal Blind มีระดับความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 0.80 - 2.90 %
- กรณีศึกษาแบบ Sun Scatter มีระดับความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.10 - 4.20 %
- กรณีศึกษาแบบ Double Sun Scatter มีระดับความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ในช่วง 1.10-4.50 %

ปริมาณความส่องสว่างภายในที่เกิดขึ้น จากรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีการใช้แผงควบคุม จะเห็นได้ว่าสามารถลดอิทธิพลจากความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้า โดยสามารถควบคุมความสม่ำเสมอของระดับความส่องสว่างภายในให้อยู่ในช่วงแคบ เมื่อพิจารณา ณ ระดับพื้นที่ใช้งานบริเวณตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D_4) พบว่ามีค่าความแปรปรวนต่ำสุดอยู่ที่สภาพท้องฟ้าแบบ Cloudy Sky และสูงสุดอยู่ที่สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky คือ อยู่ในช่วง 1.50 - 4.50 % ณ ช่วงเวลา 12.00 น.

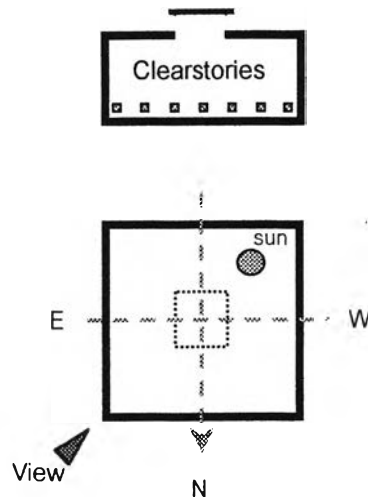
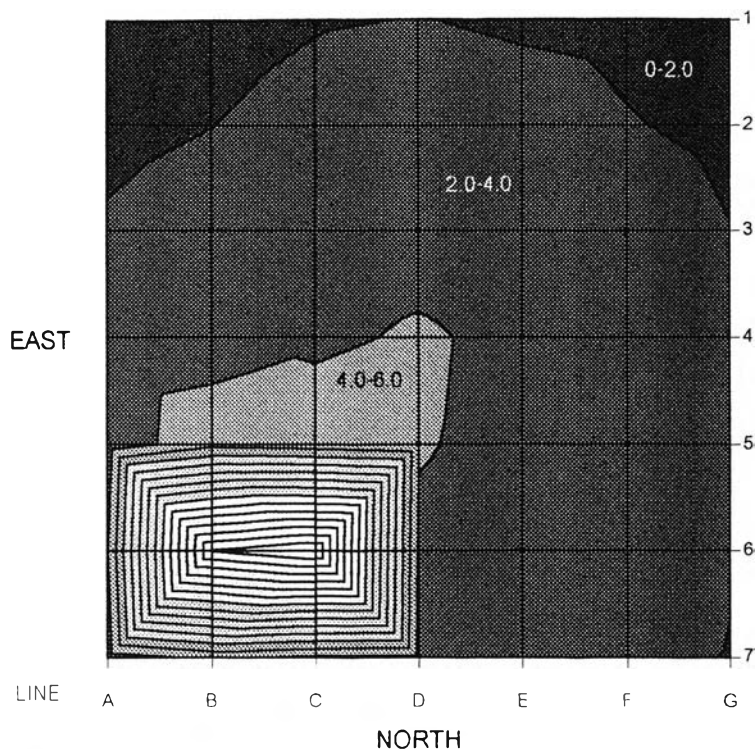
ปริมาณความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคาร จากการวิเคราะห์ พบว่าเกิดจากองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ความสว่างของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) และความสว่างของแสงจากการกระจายแสง (Diffuse Illumination) ของท้องฟ้า โดยองค์ประกอบทั้งสองนี้ จะแปรผันตามตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ (Solar Altitude) เป็นหลัก (Prof. Kittler, 1981) โดยตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ ก็จะแปรผันตามช่วงเวลาในแต่ละวัน ซึ่งจะส่งผลให้ในการพิจารณาเลือกรูปแบบของช่องเปิดด้านบน จึงต้องทำการพิจารณา และศึกษาค่าระดับความส่องสว่างภายใน ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ใช้ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00 - 16.00 น. เพื่อดูลักษณะและช่วงความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายในตลอดทั้งวัน ที่เกิดขึ้นกับรูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบต่าง ๆ



Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Skylight

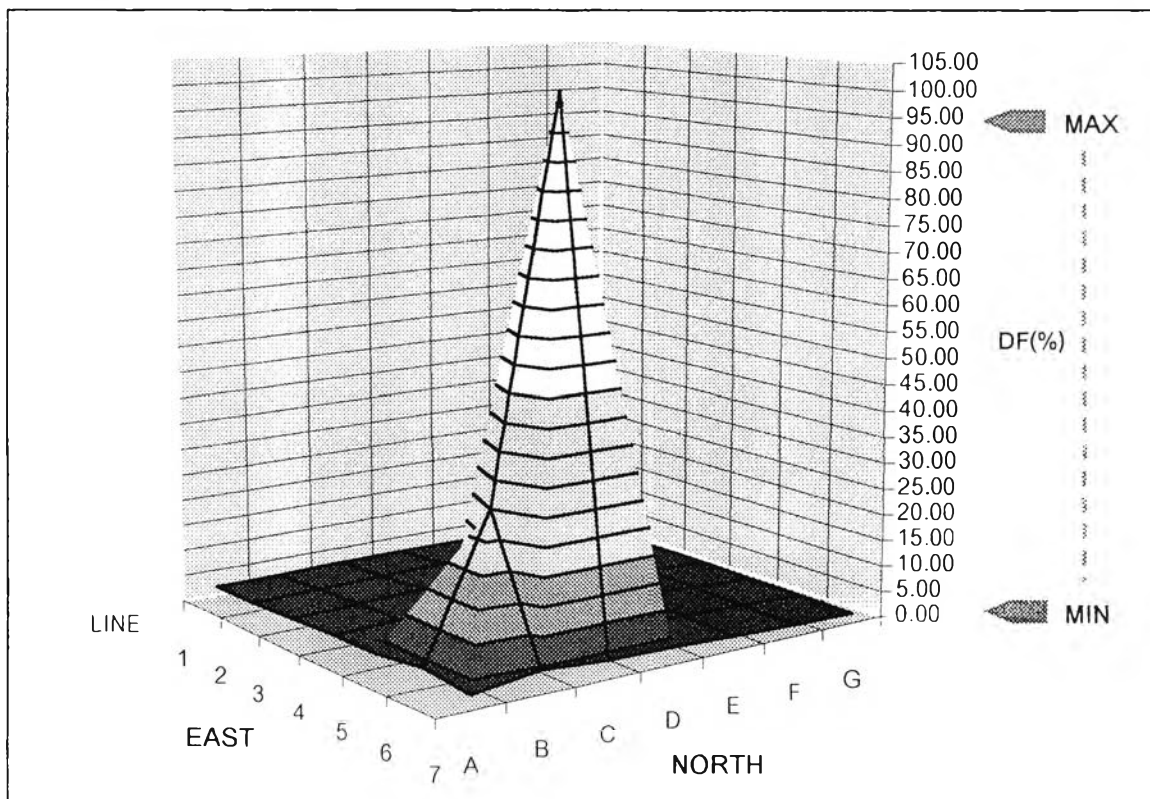


แผนภูมิที่ 4.16 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Skylight

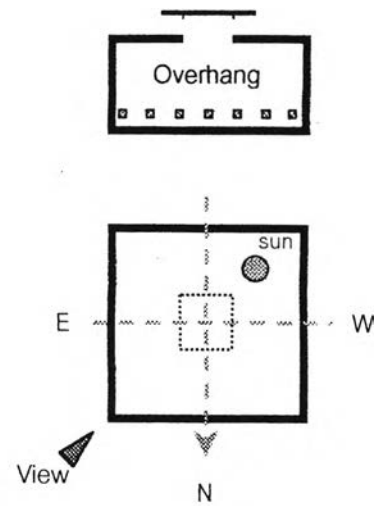
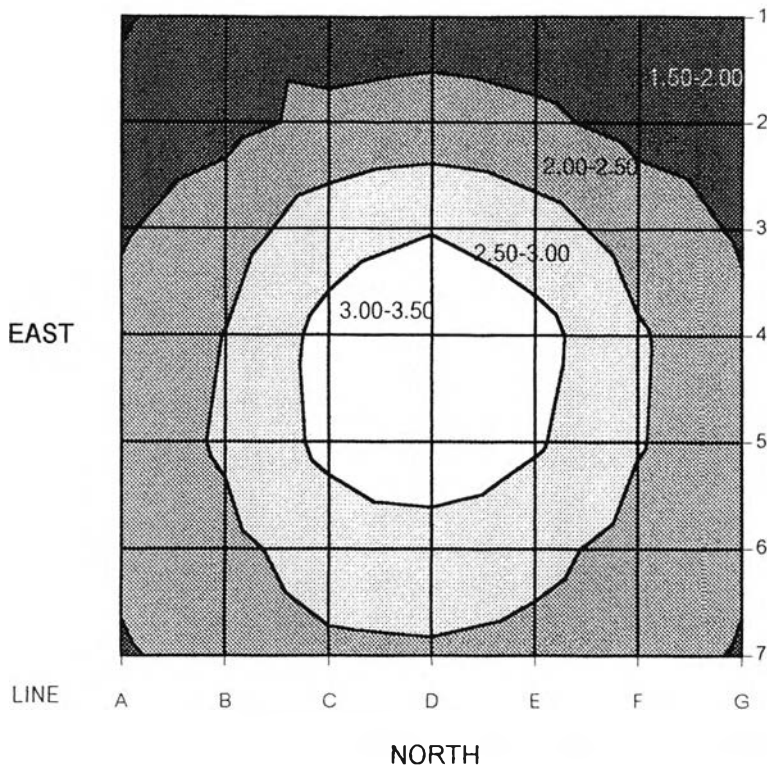


ค่าความต่างความเข้มทั่วบริเวณผนัง
อยู่ระหว่าง 1.5 - 95.0 DF(%)

Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Clearstories

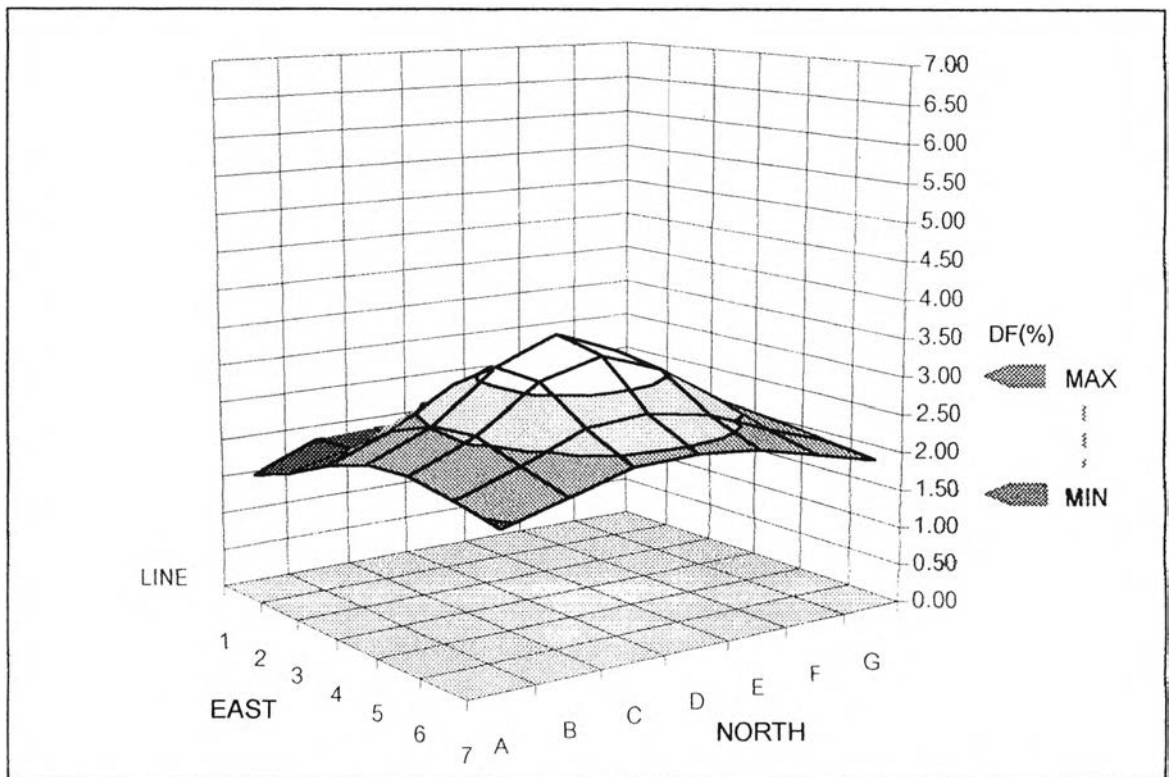


แผนภูมิที่ 4.17 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky
ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Clearstories

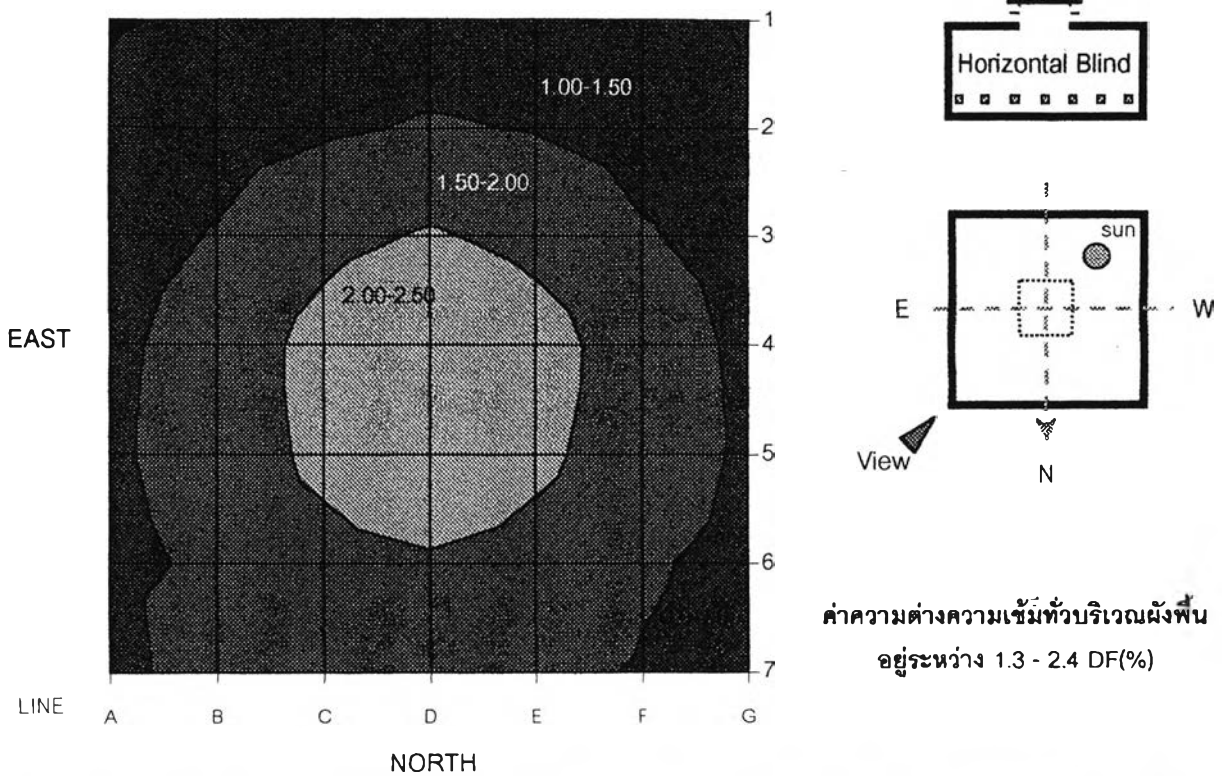


ค่าความต่างความชื้นทั่วบริเวณผนัง
อยู่ระหว่าง 2.1 - 3.4 DF(%)

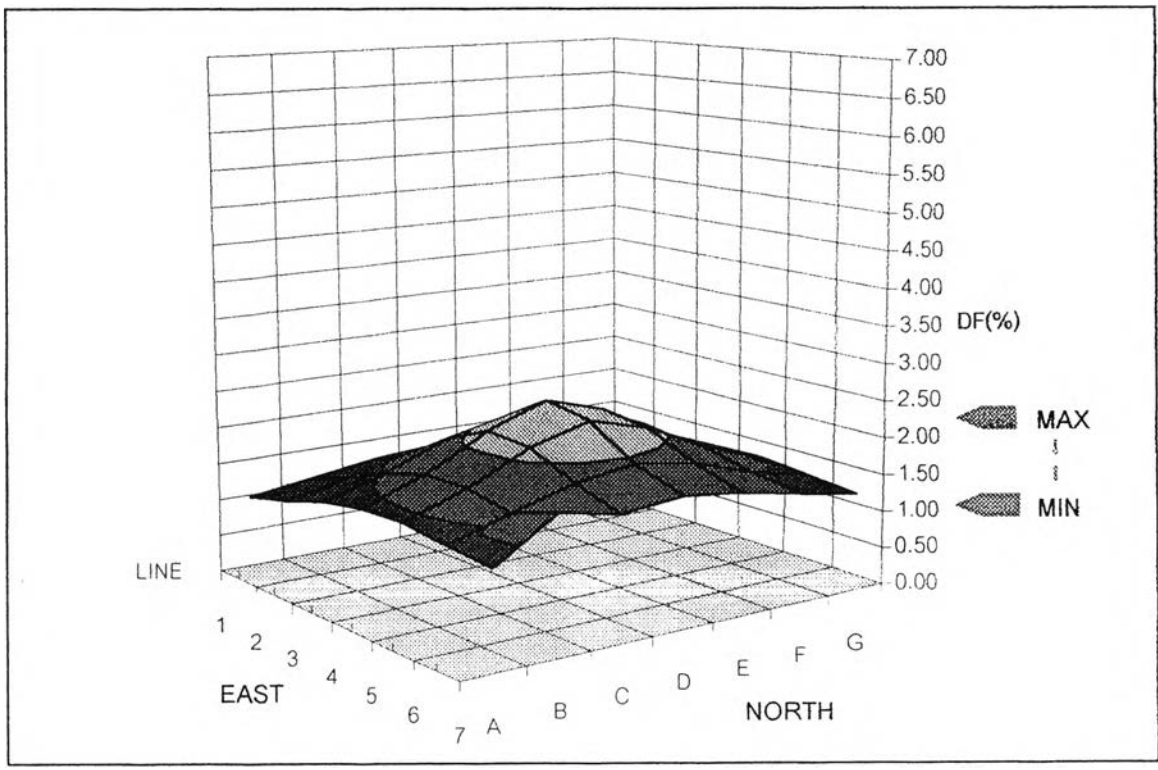
Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Overhang



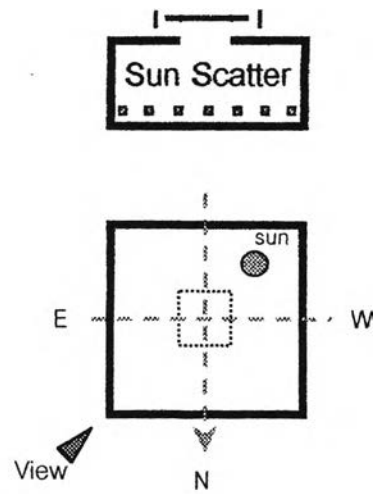
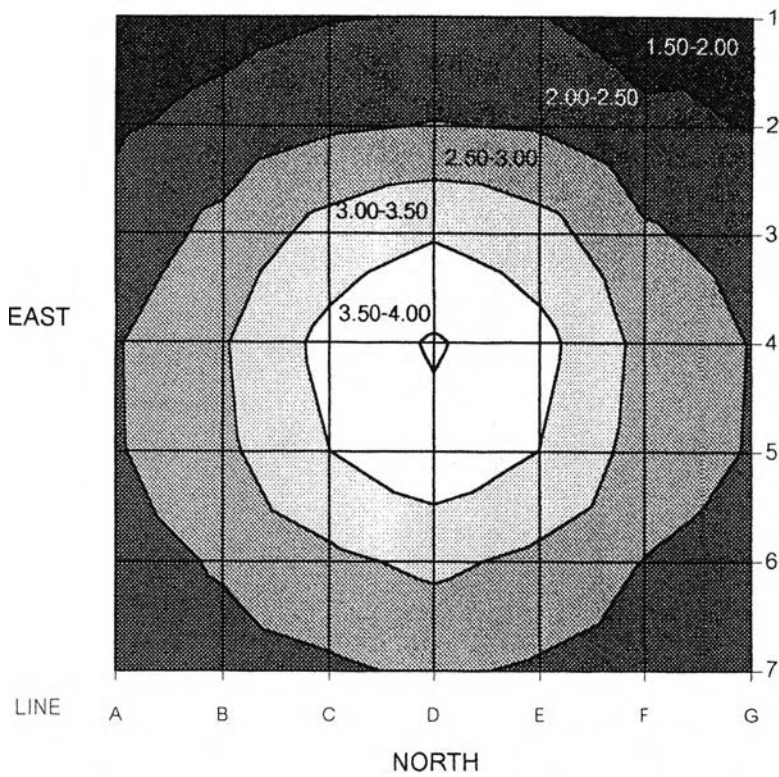
แผนภูมิที่ 4.18 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky
ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Overhang



Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Horizontal Blind

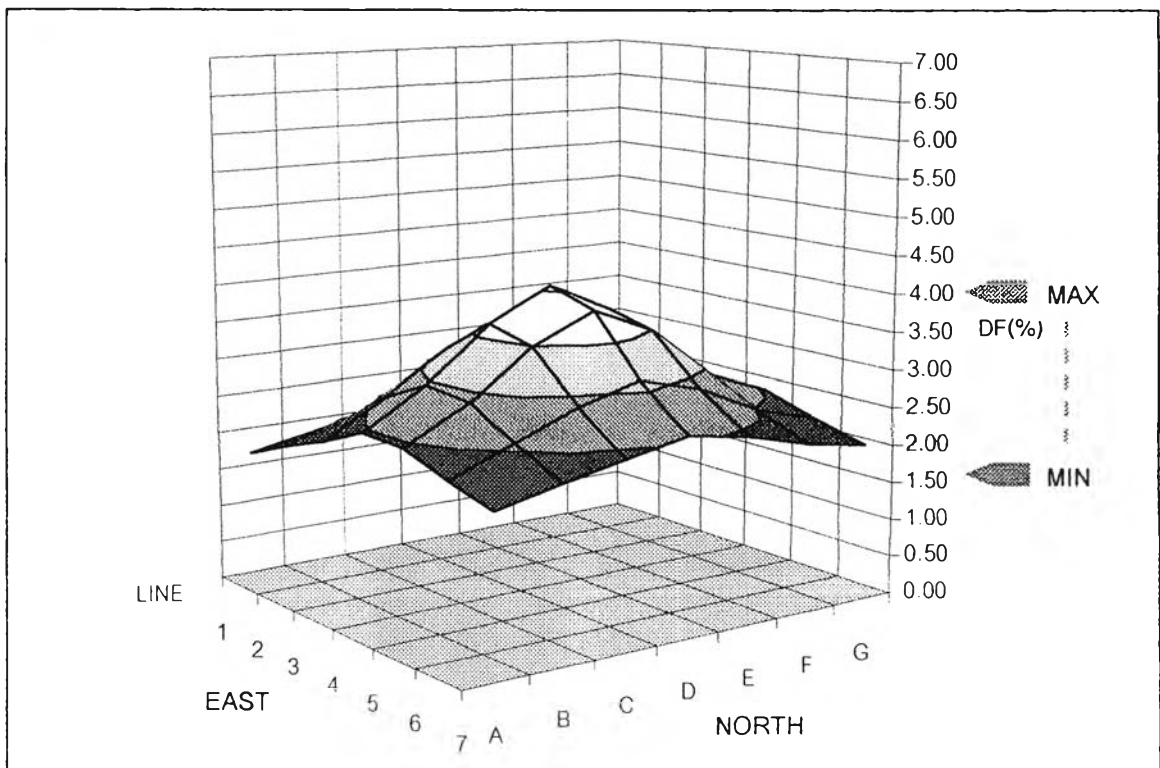


แผนภูมิที่ 4.19 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Horizontal Blind

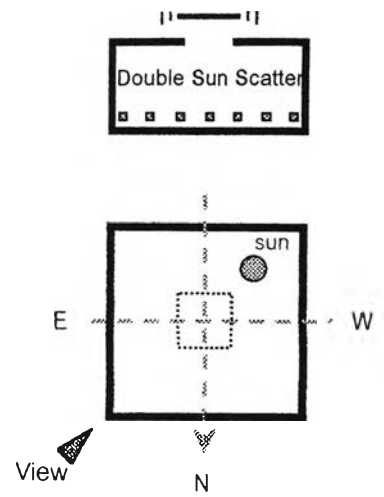
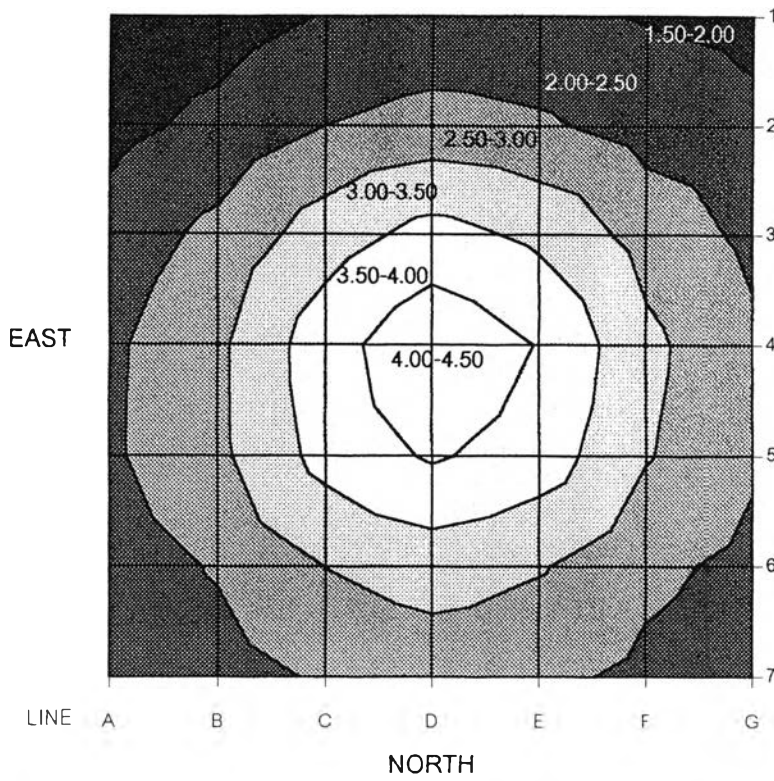


ค่าความต่างความเข้มที่บริเวณผนัง
อยู่ระหว่าง 2.3 - 4.0 DF(%)

Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Sun Scatter

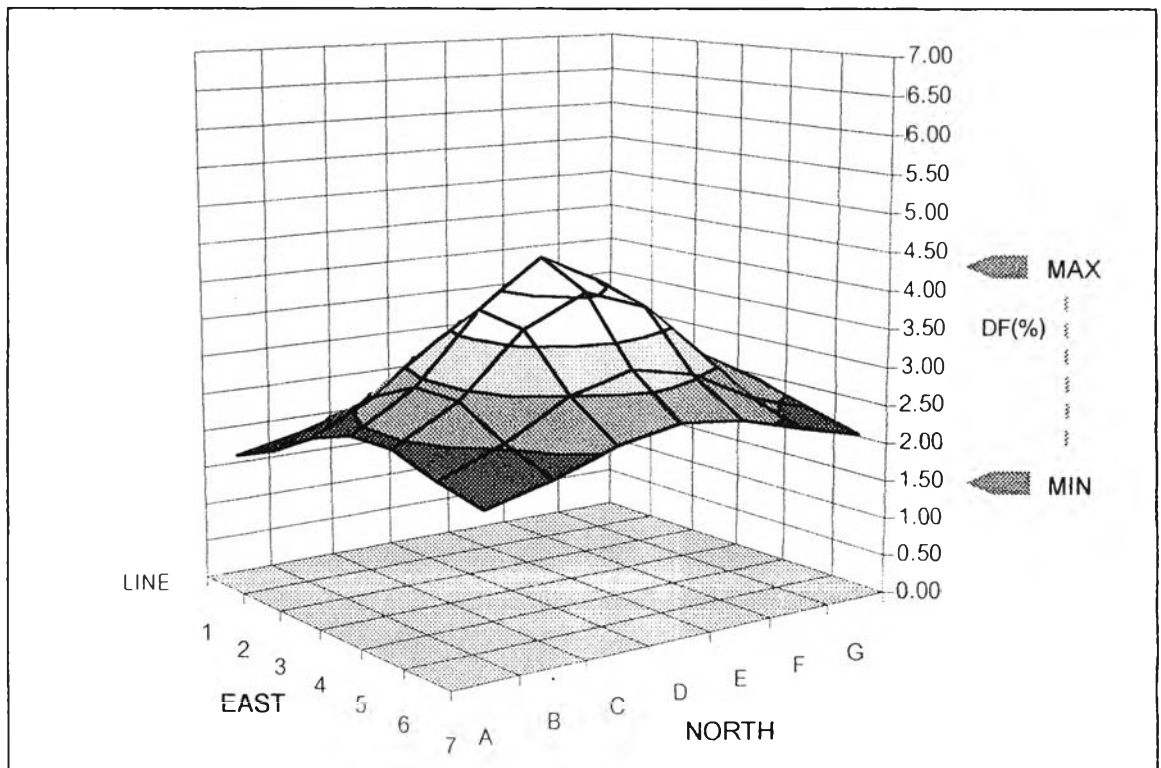


แผนภูมิที่ 4.20 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องที่แบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Sun Scatter

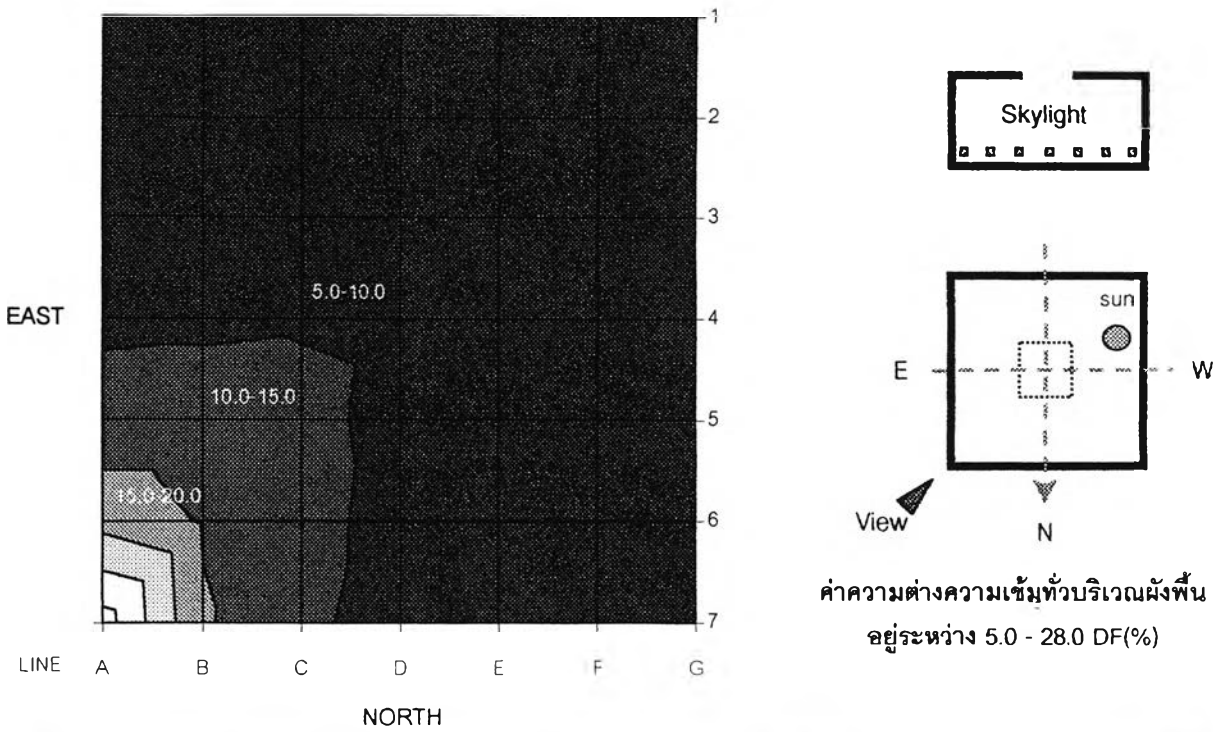


ค่าความต่างความเข้มทั่วบริเวณผิวน้ำ
อยู่ระหว่าง 2.4 - 4.3 DF(%)

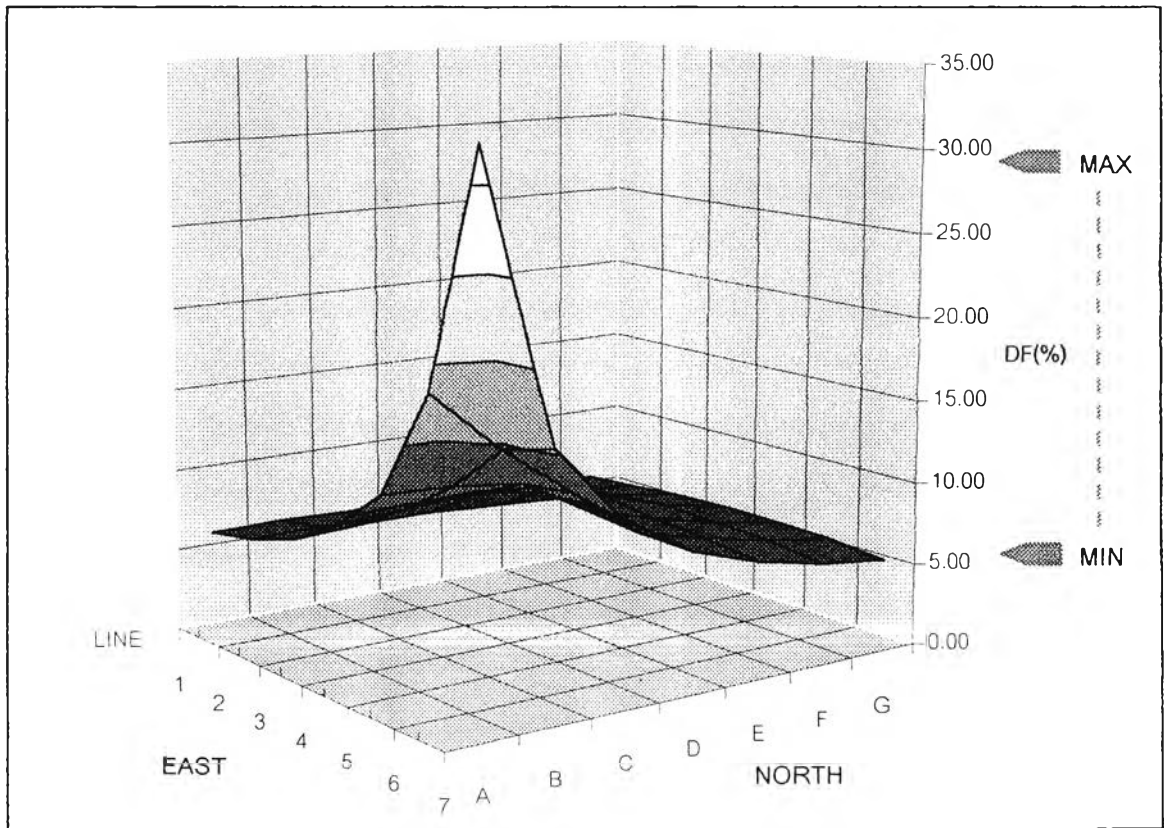
Partly Cloudy Sky / Time : 14.00 AM. / Double Sun Scatter



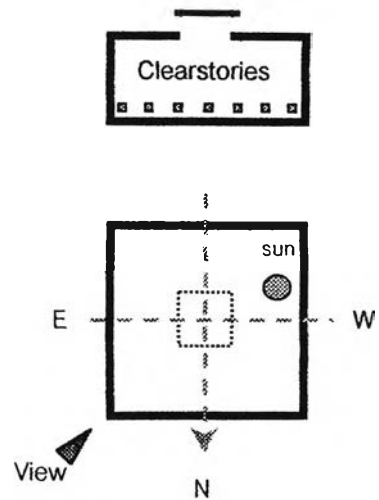
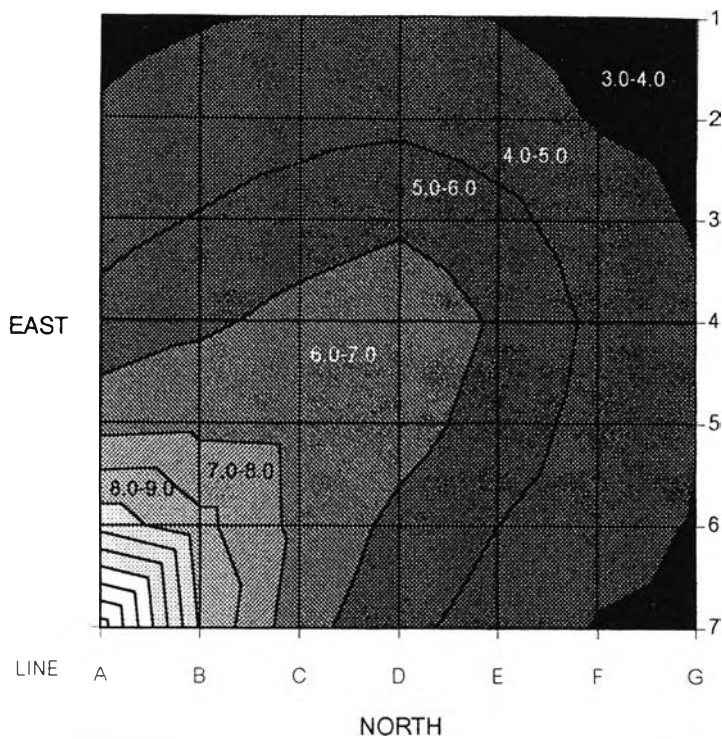
แผนภูมิที่ 4.21 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky
ช่วงเวลา 14.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Double Sun Scatter



Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM. / Skylight

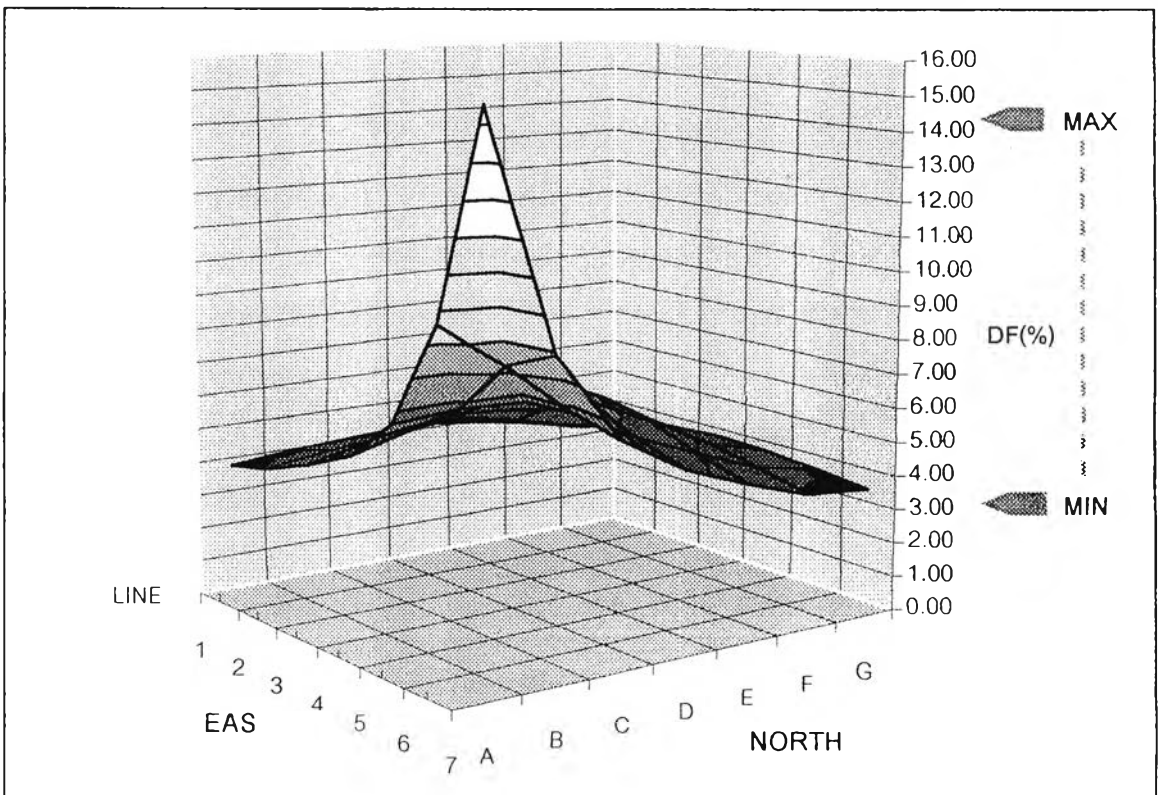


แผนภูมิที่ 4.22 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Skylight

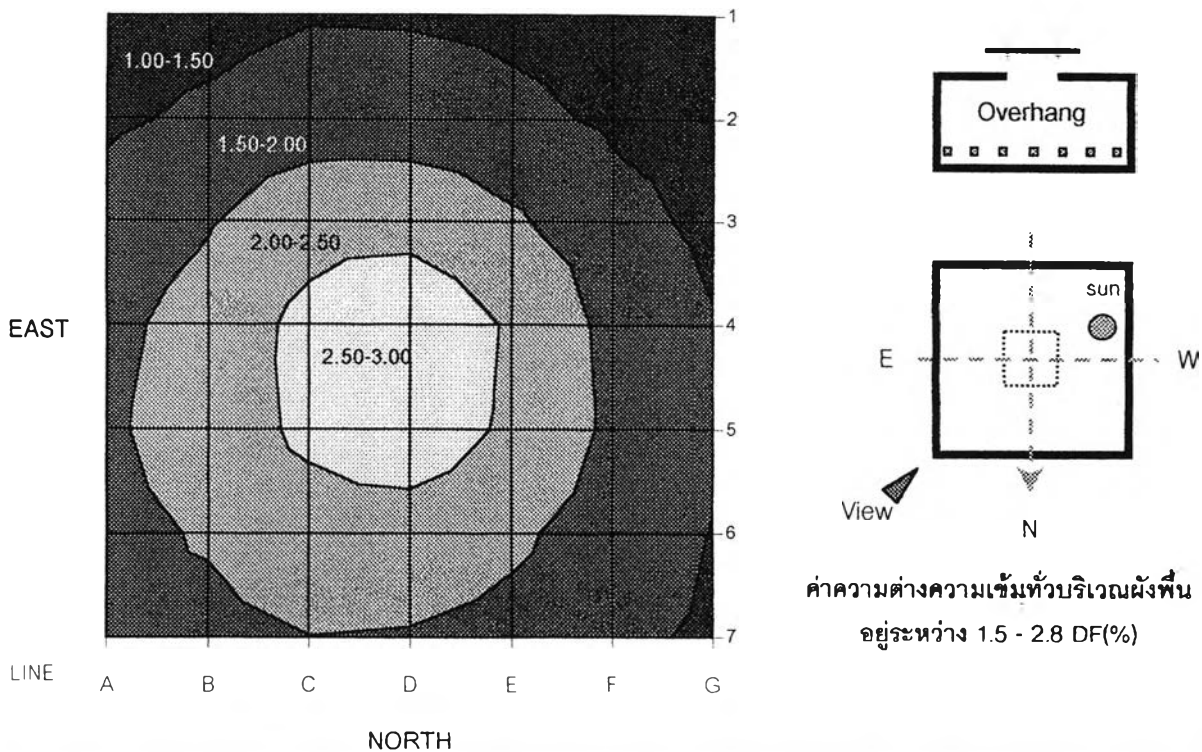


ค่าความต่างความเข้มทั่วบริเวณผังพื้น
อยู่ระหว่าง 3.5 - 14.0 DF(%)

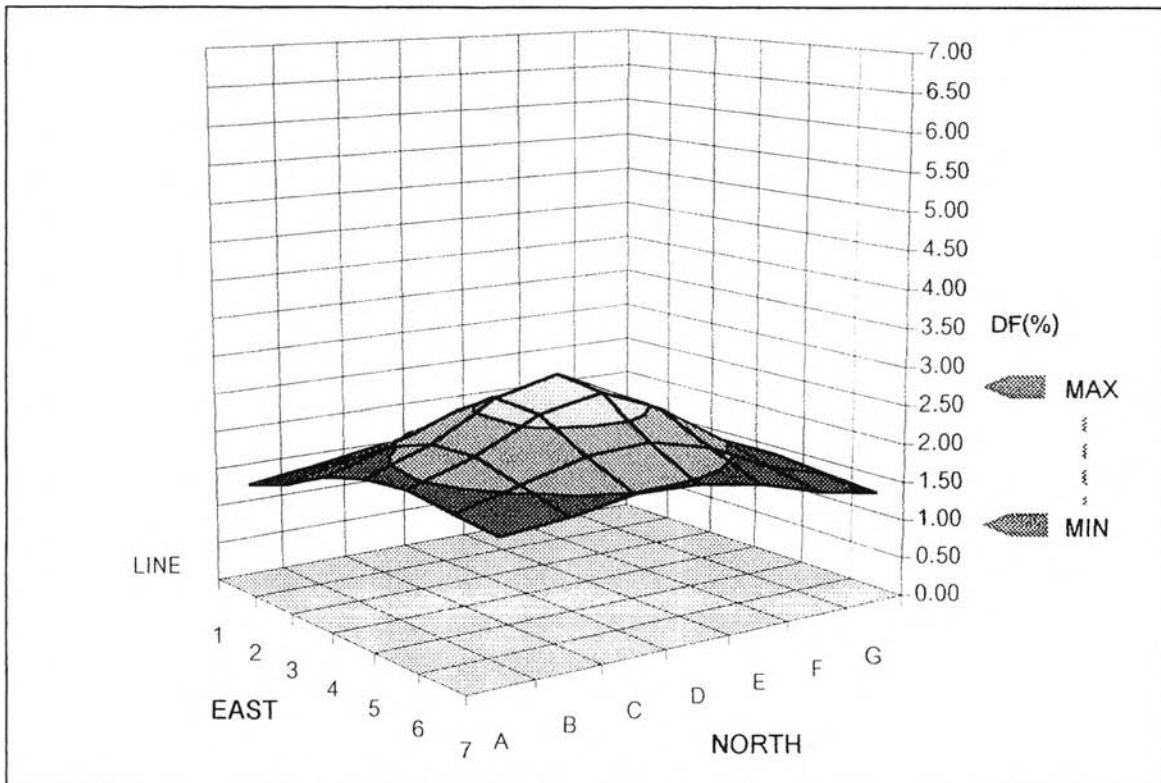
Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM. / Clearstories



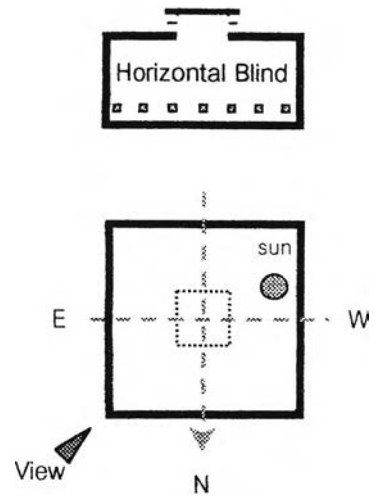
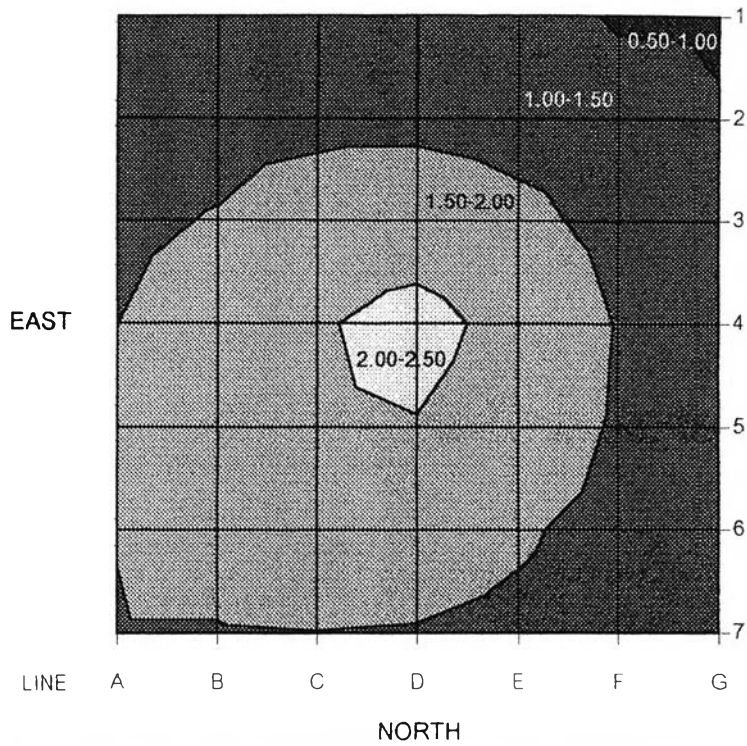
แผนภูมิที่ 4.23 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Clearstories



Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM. / Overhang

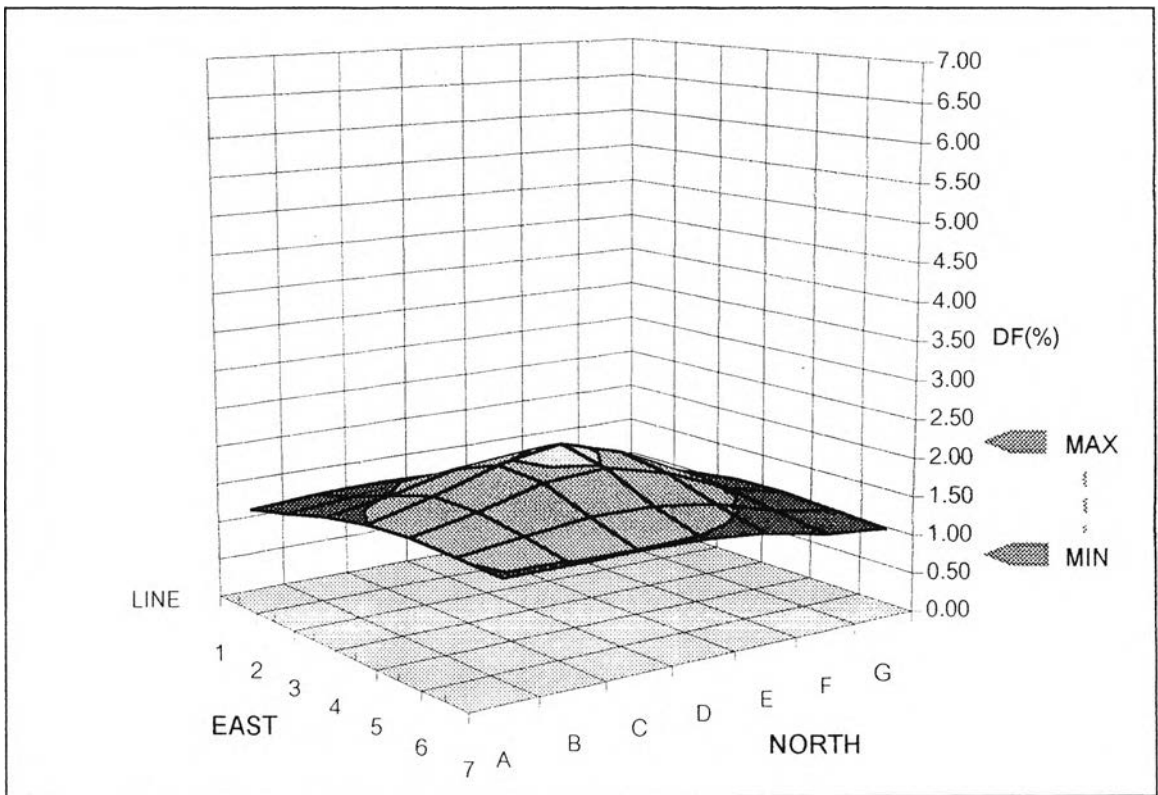


แผนภูมิที่ 4.24 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $Ag/Af = 1 : 25$ รูปแบบ Overhang

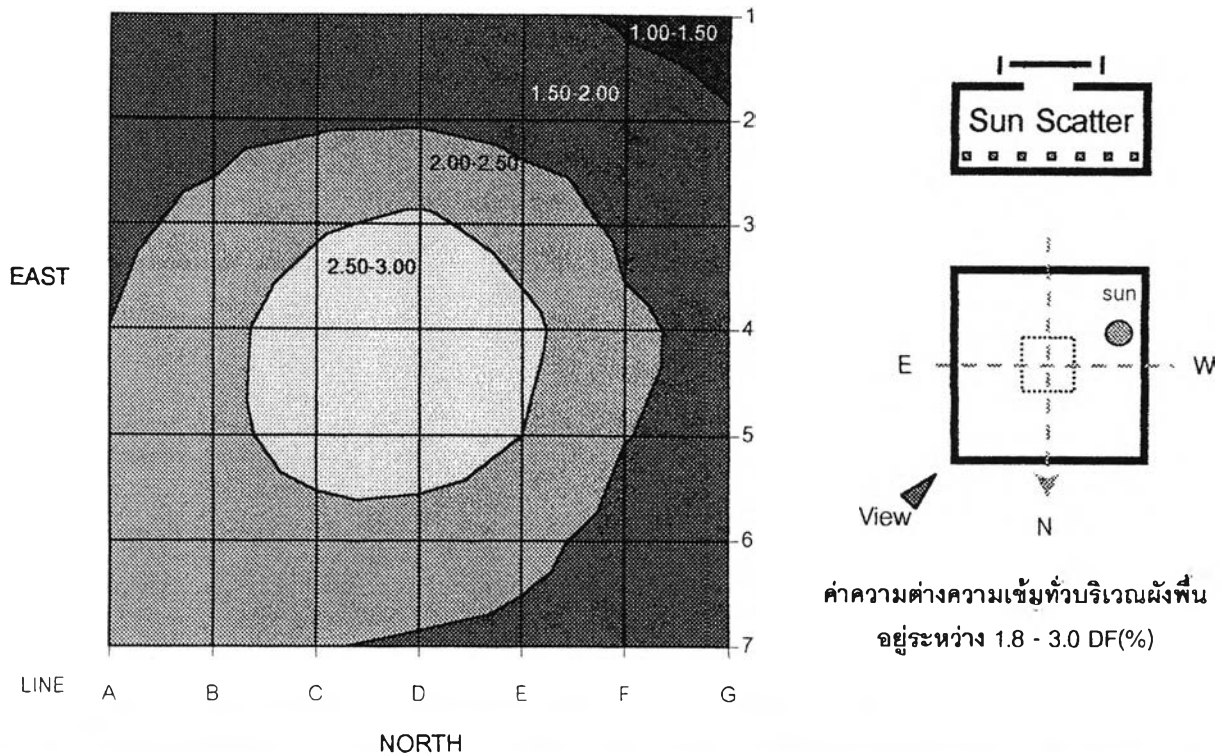


ค่าความต่างความเข้มทั่วบริเวณผนัง
อยู่ระหว่าง 1.2 - 2.1 DF(%)

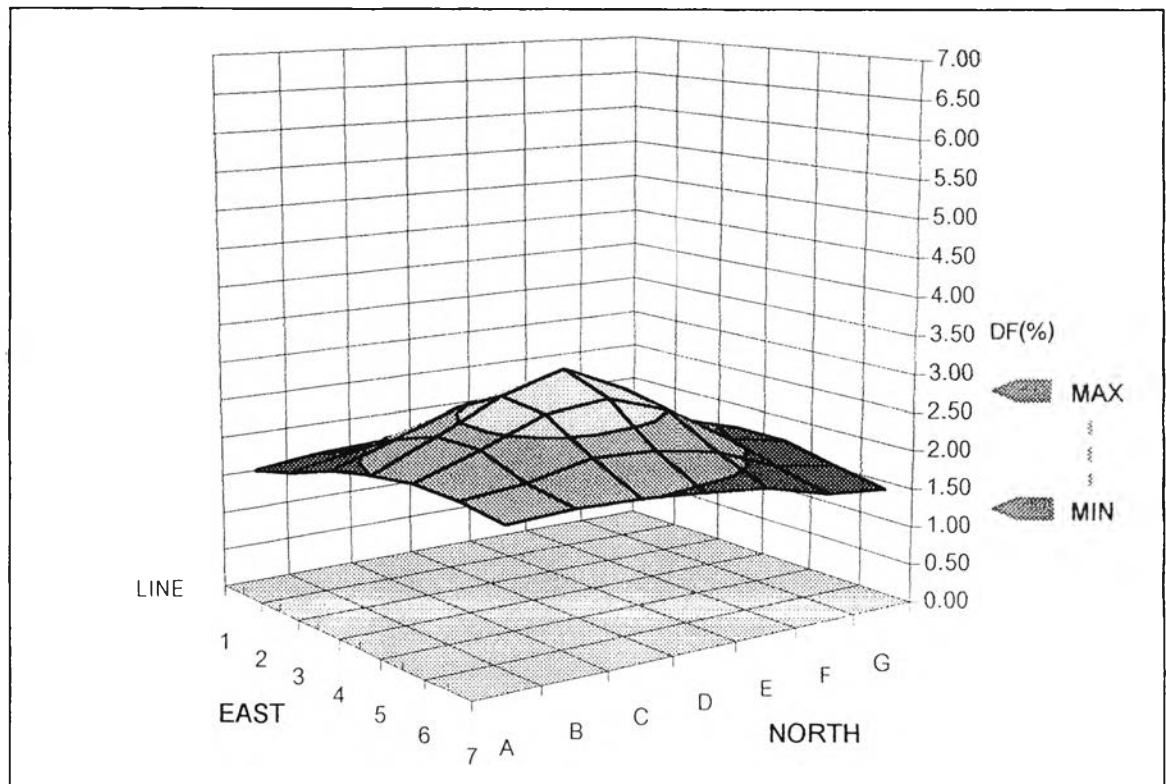
Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM. / Horizontal Blind



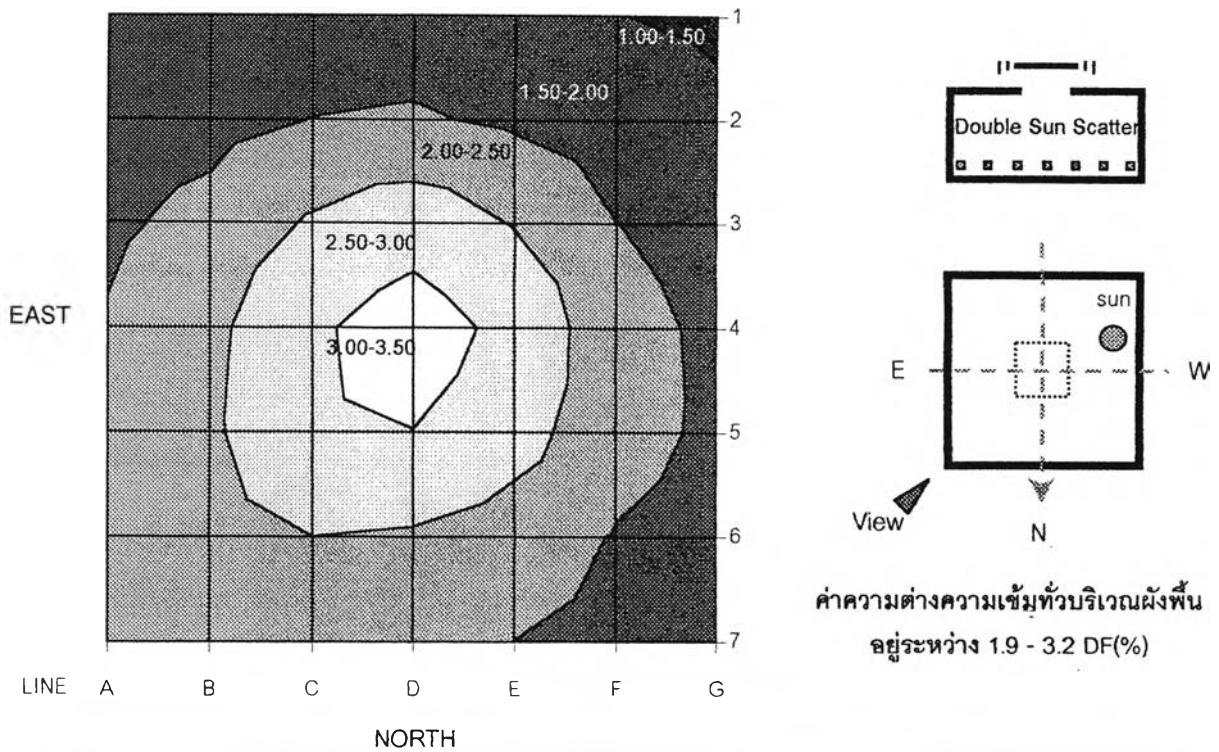
แผนภูมิที่ 4.25 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky
ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Horizontal Blind



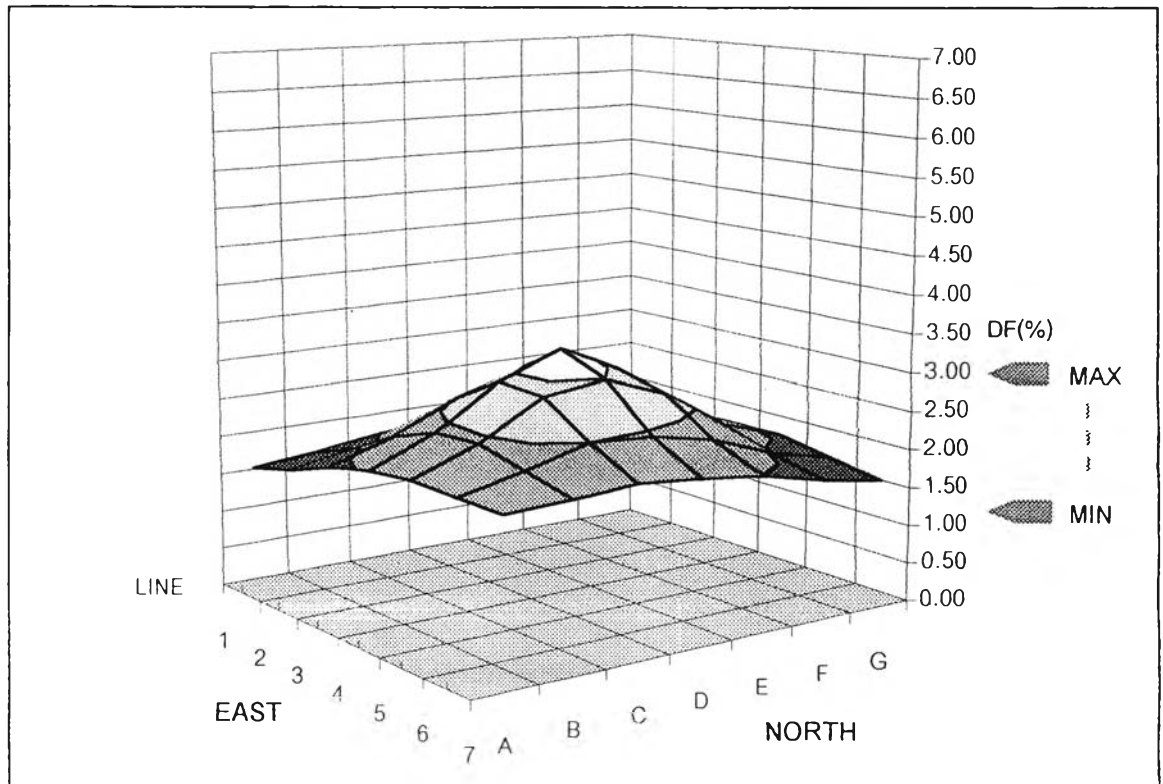
Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM / Sun Scatter



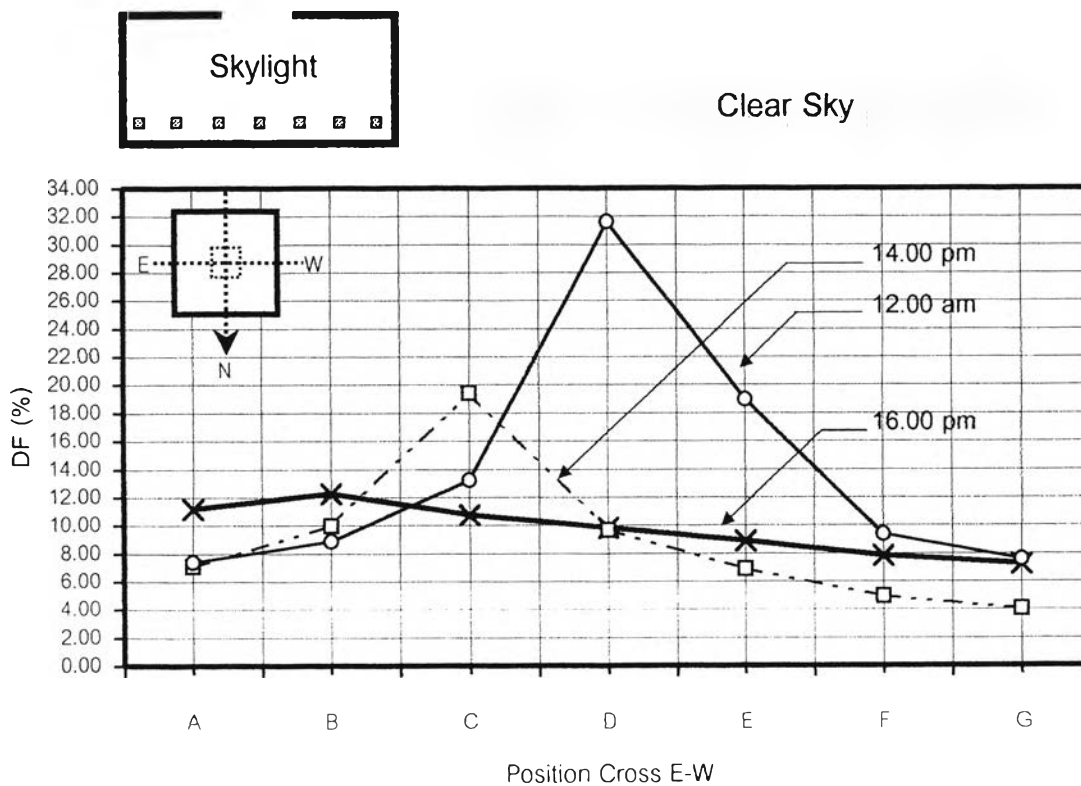
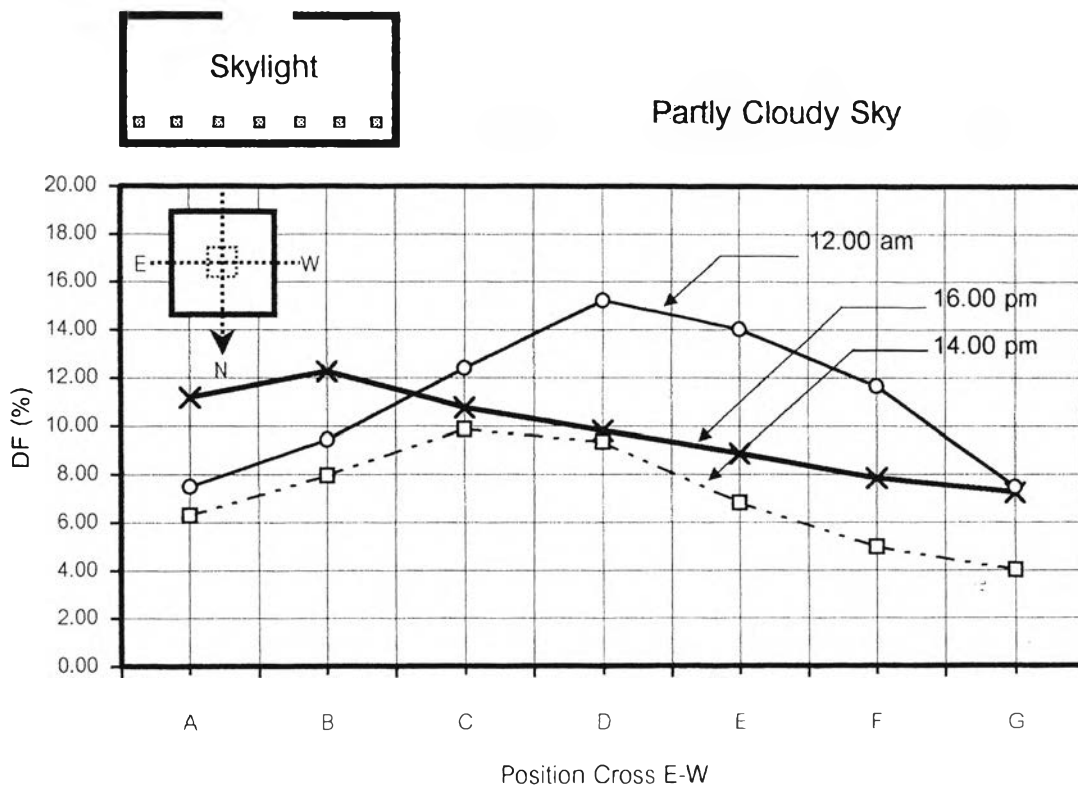
แผนภูมิที่ 4.26 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ $A_g/A_f = 1 : 25$ รูปแบบ Sun Scatter



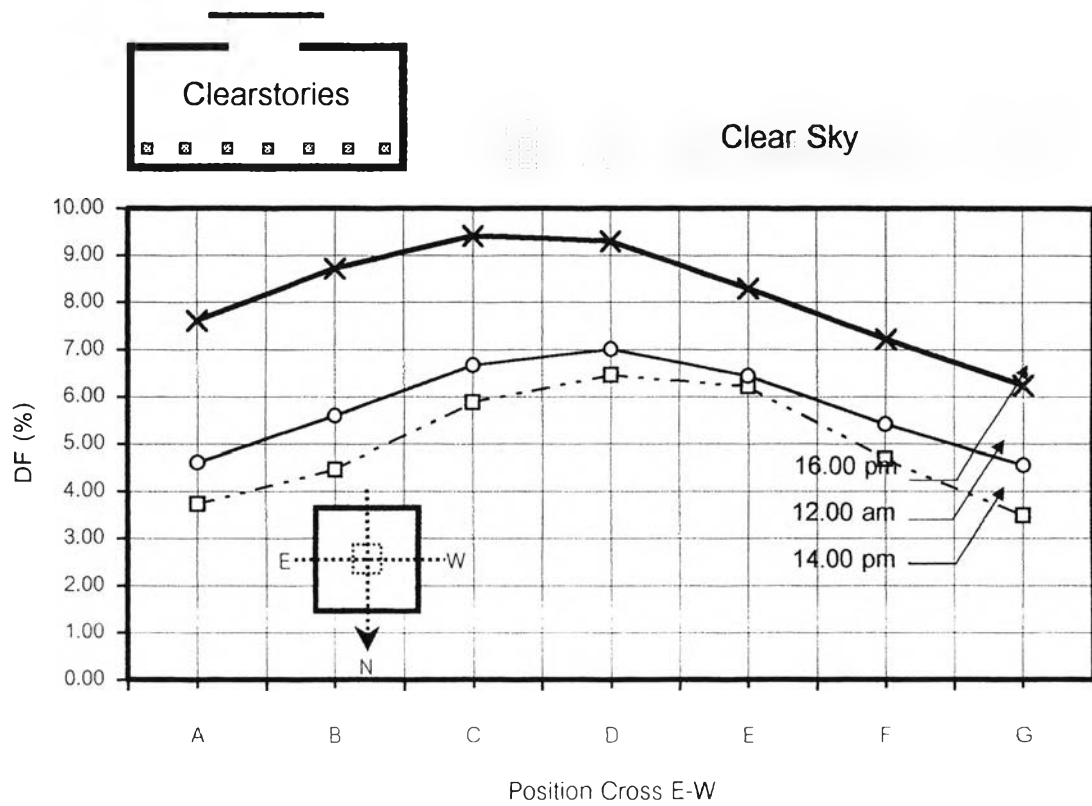
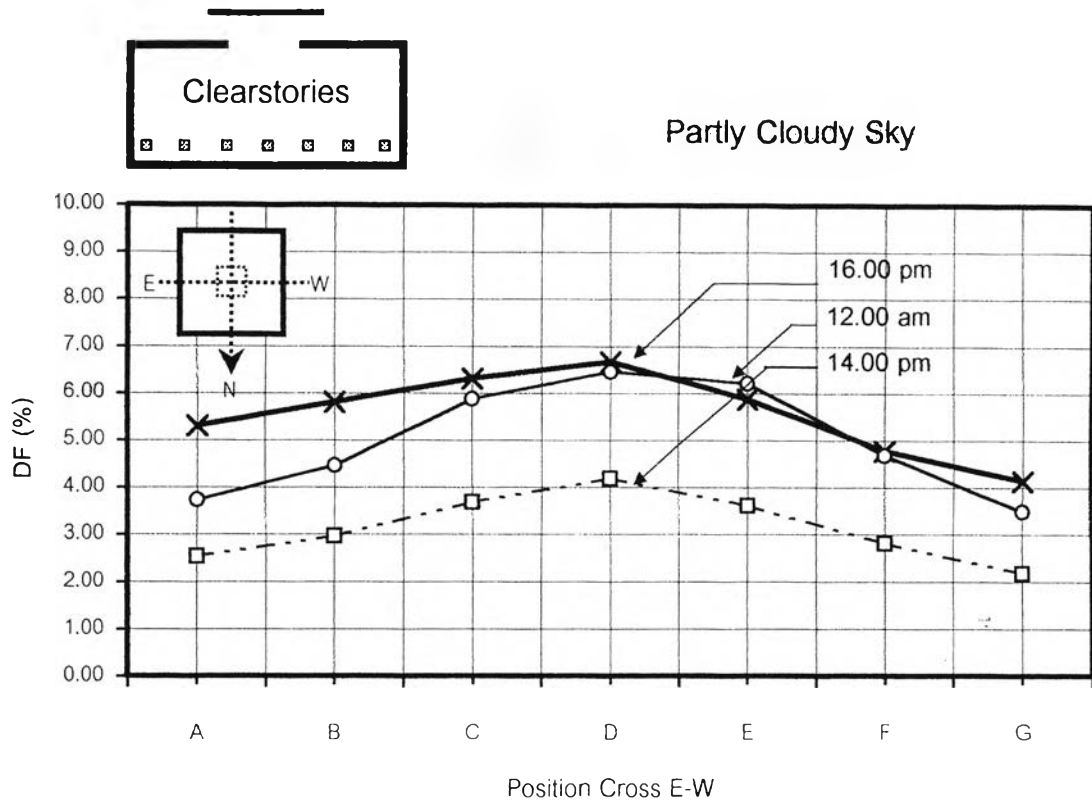
Partly Cloudy Sky / Time : 16.00 AM. / Double Sun Scatter



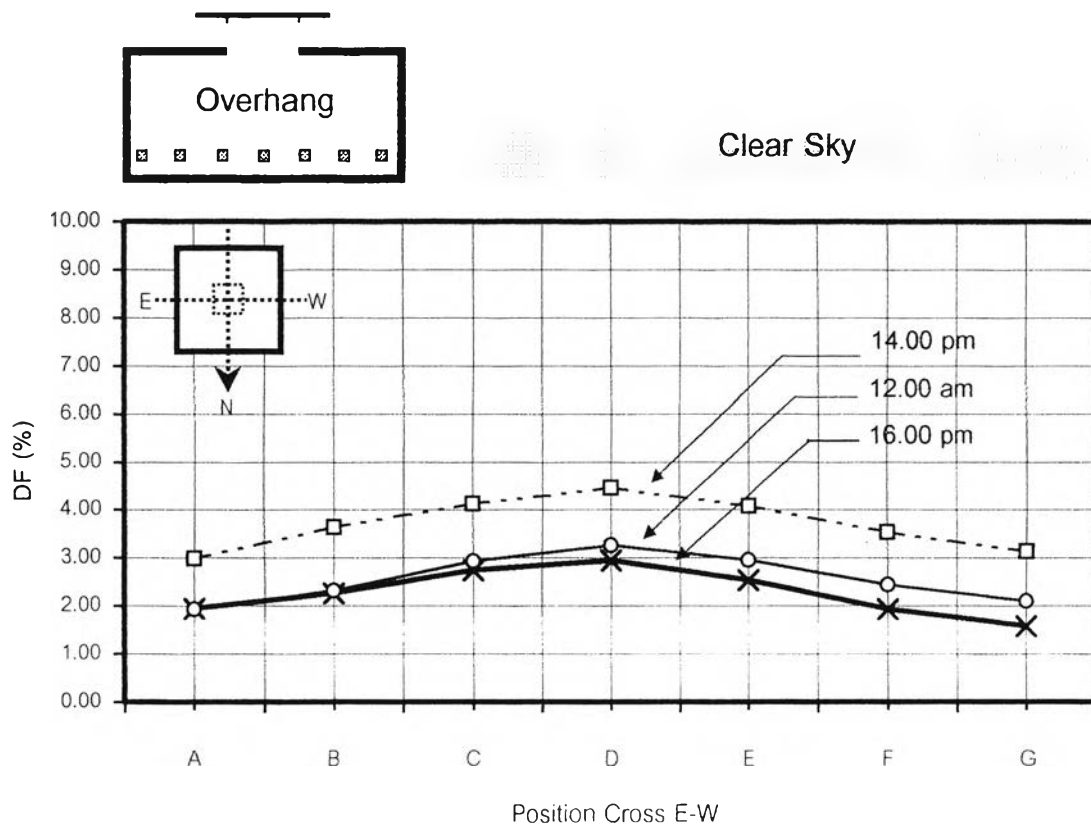
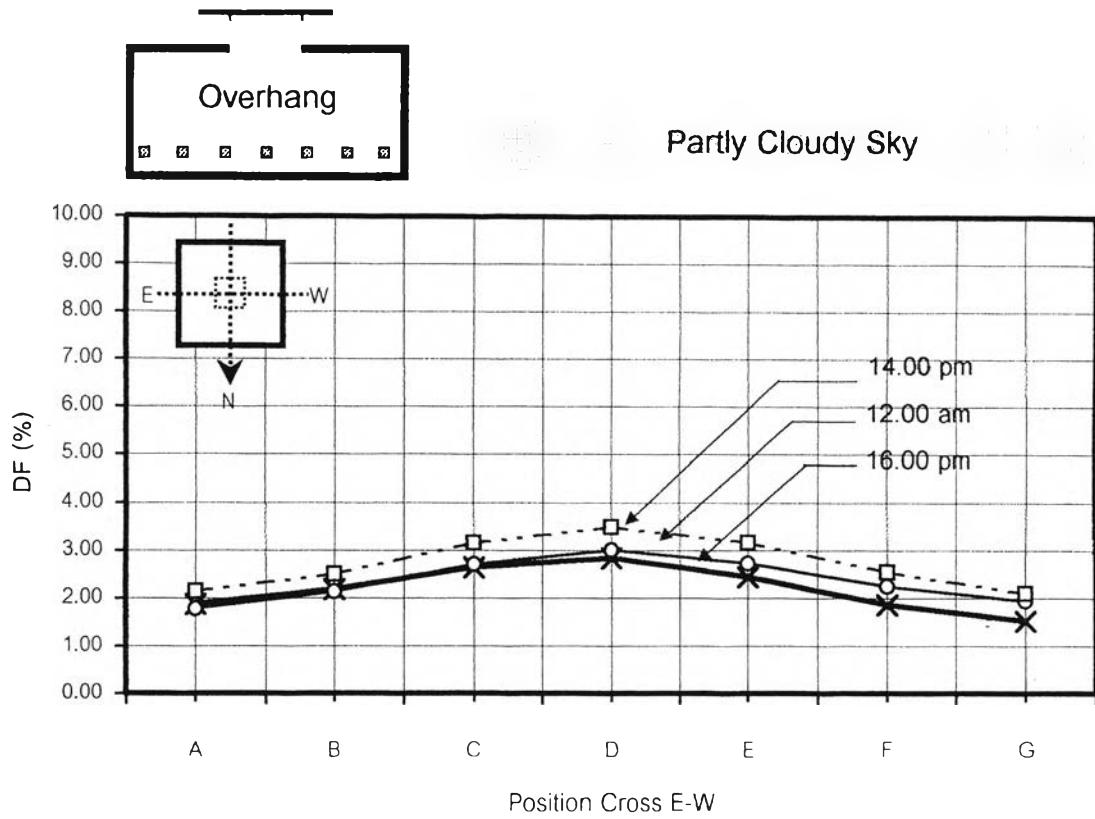
แผนภูมิที่ 4.27 แสดงค่า Df (%) และการกระจายตัวของแสงภายใน ณ ห้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ช่วงเวลา 16.00 น. ที่ค่าการสะท้อนภายใน 75 % และ Ag/Af = 1 : 25 รูปแบบ Double Sun Scatter



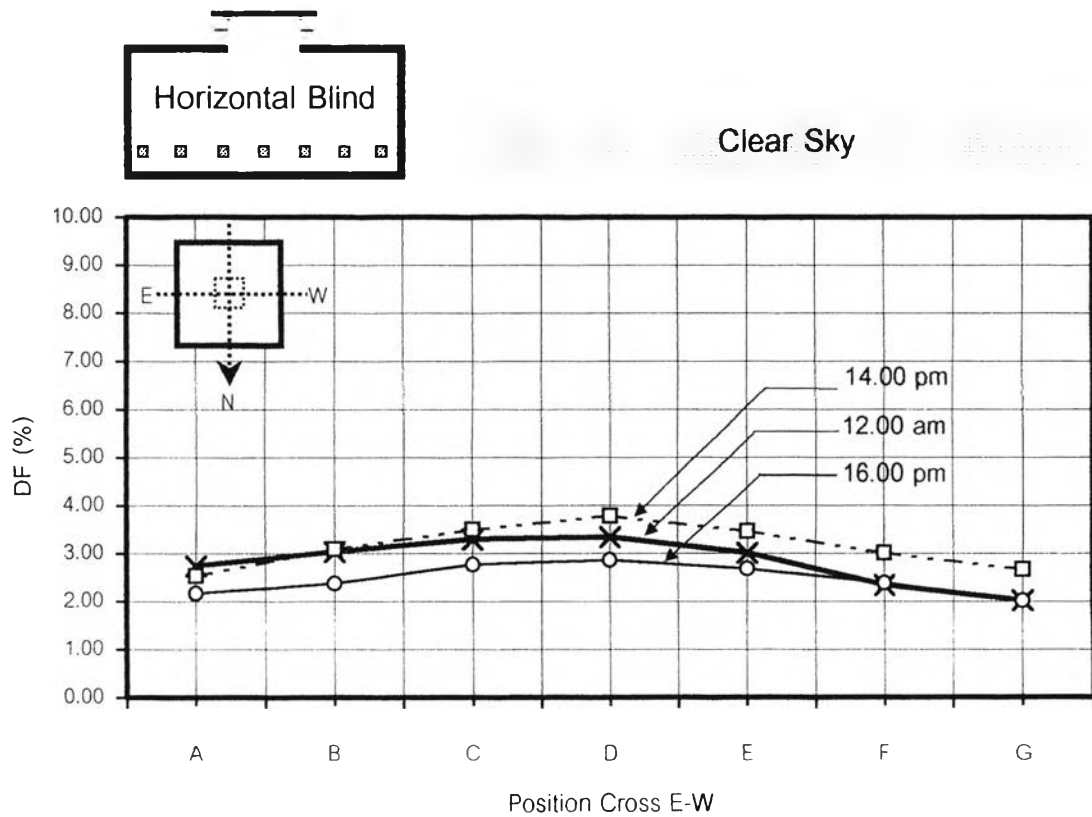
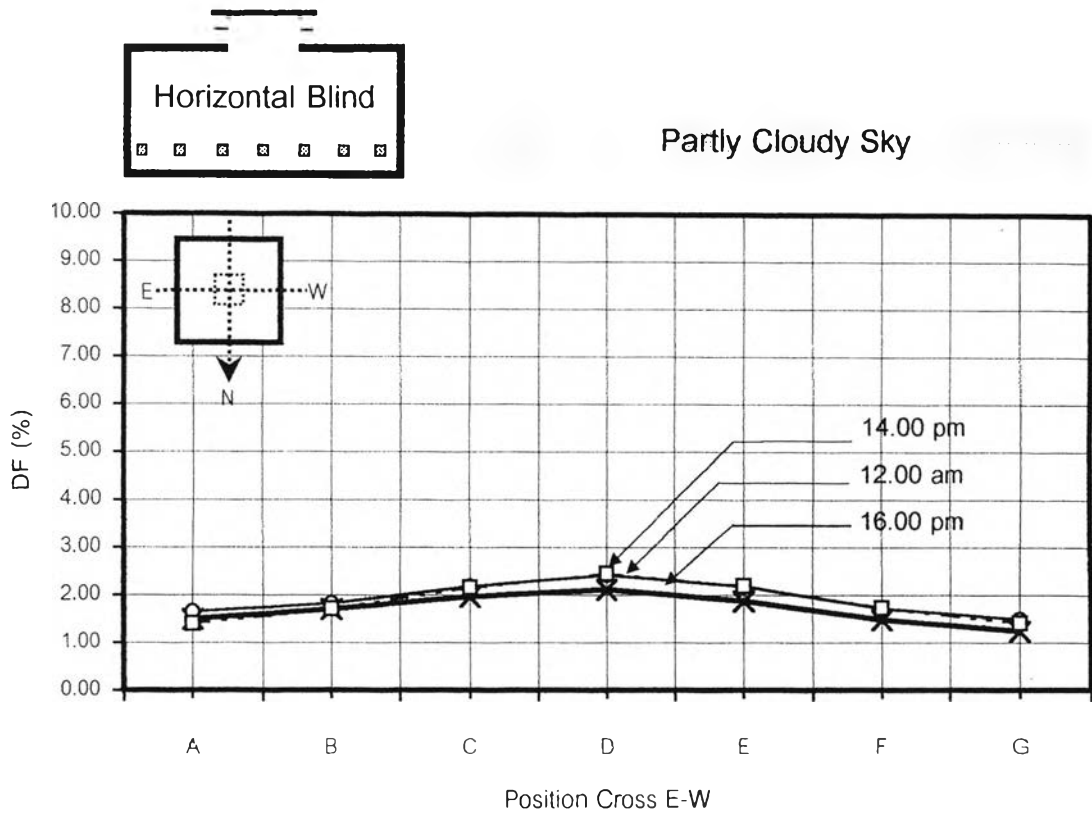
แผนภูมิที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_0/A_1 = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Skylight



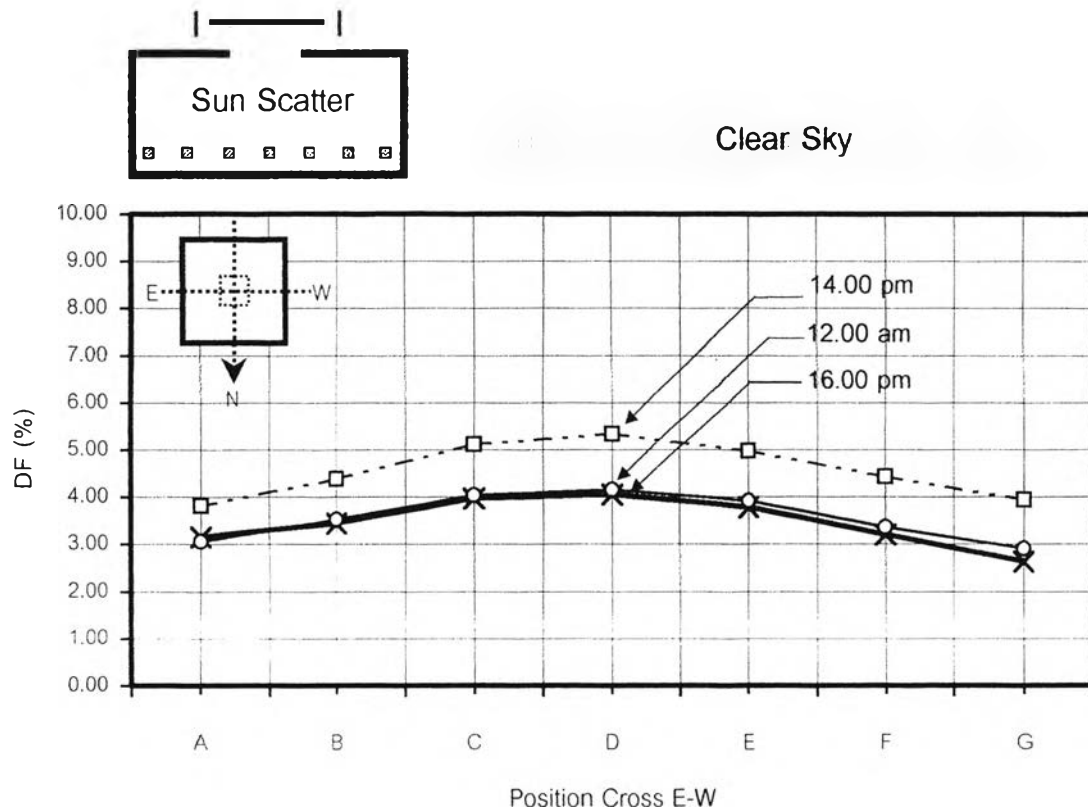
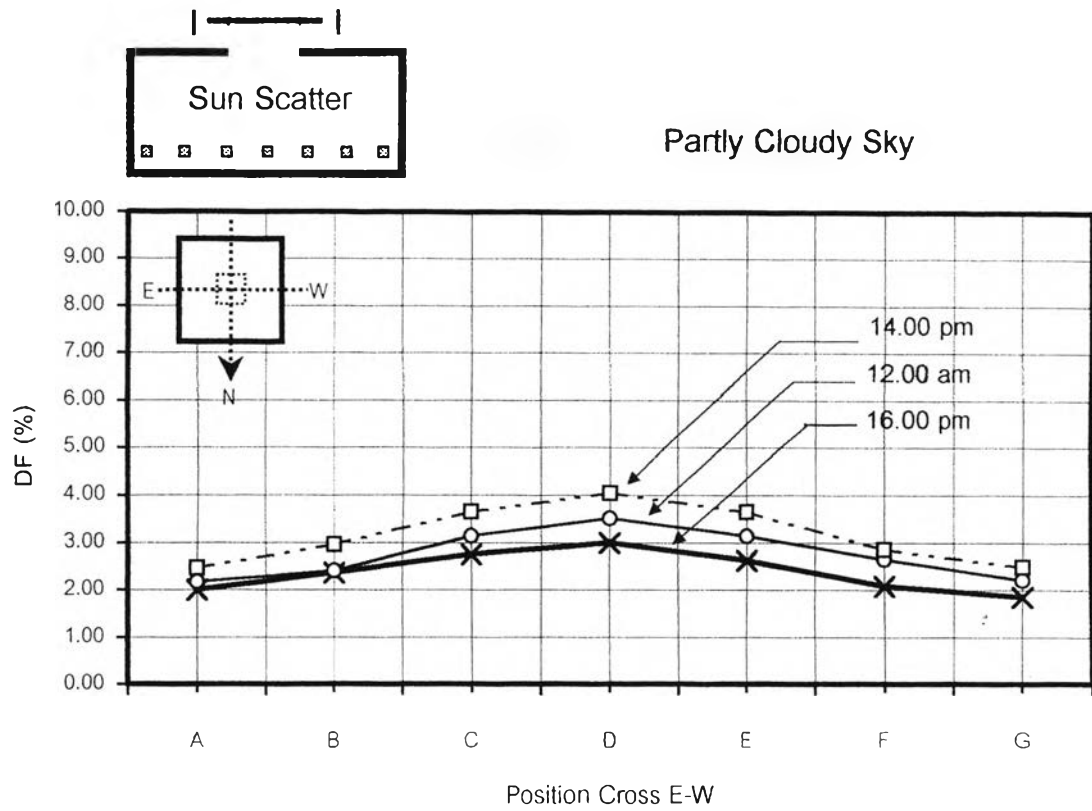
แผนภูมิที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน
ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Clearstories



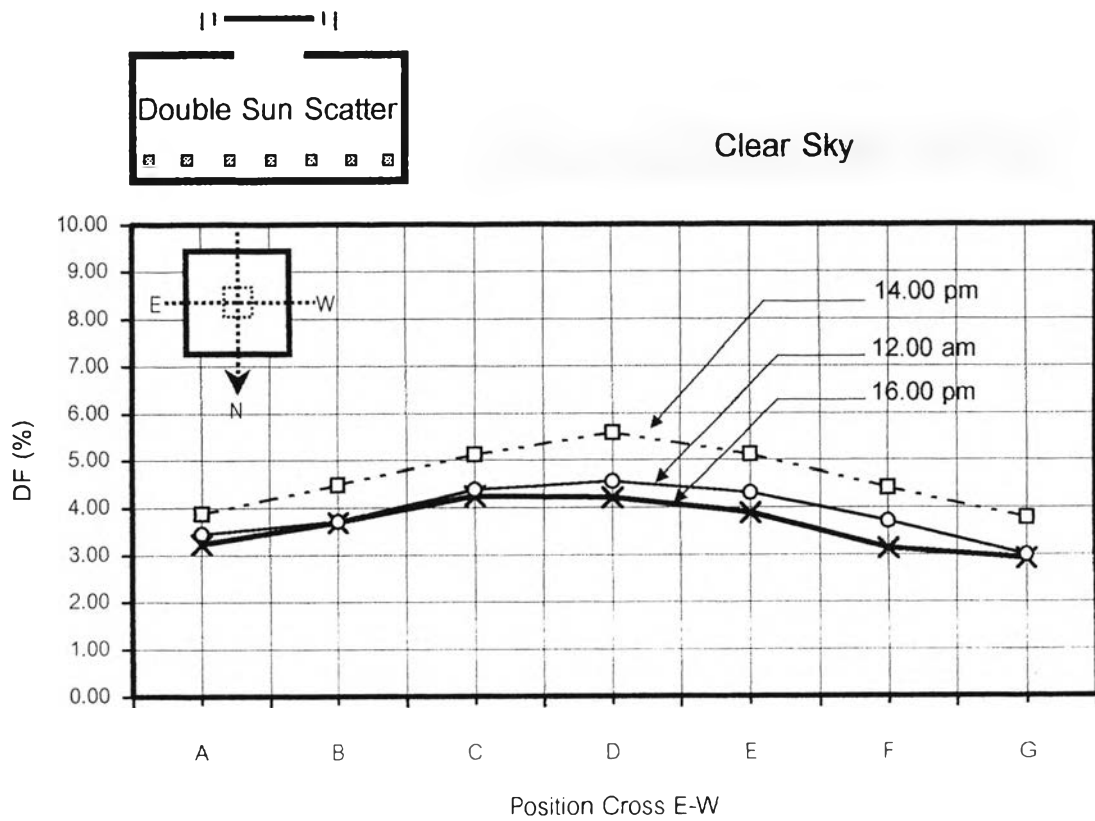
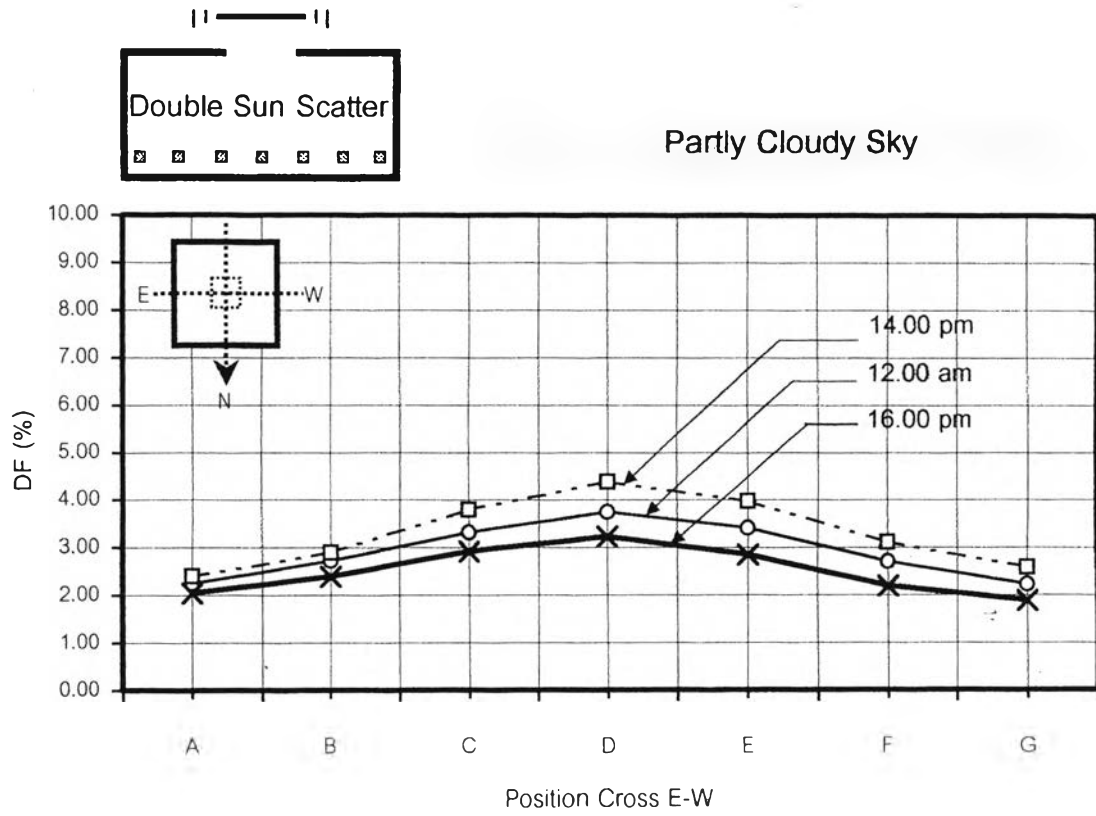
แผนภูมิที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_f = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Overhang



แผนภูมิที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Horizontal Blind



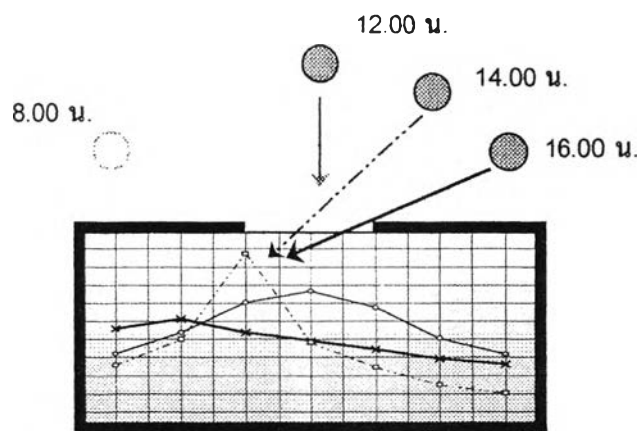
แผนภูมิที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_0/A_1 = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน
 ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ณ เวลา 12.00, 14.00, 16.00 น. รูปแบบ Double Sun Scatter

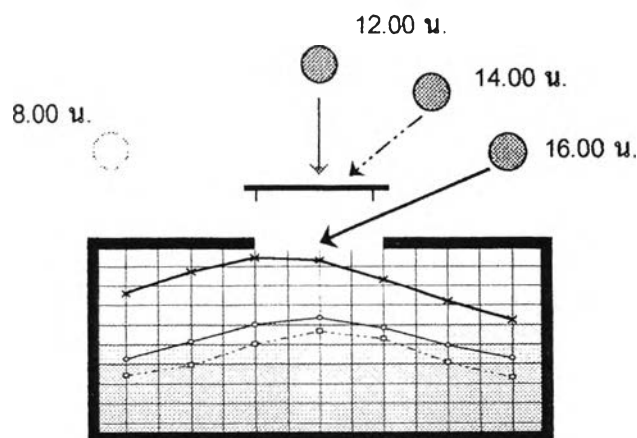
จากแผนภูมิที่ 4.18 - 4.35 จะเห็นว่าในกรณีศึกษาแบบช่องเปิดด้านบนทั้ง 6 แบบ จะมีลักษณะของห้องและค่าการสะท้อนแสงภายในและภายนอก ที่เหมือนกันในทุกรูปแบบ แตกต่างกันตรงรูปแบบของช่องเปิดและแผงควบคุมที่ใช้ในการให้แสงธรรมชาติจากทางด้านบน ที่มีลักษณะพื้นผิวหยาบ มีการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และมีค่าการสะท้อนที่แผงควบคุมเท่ากับ 75% นั้น จากผลการทดสอบ ณ สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ พบว่า

ระดับความส่องสว่างภายใน เป็น Daylight Factor ณ ระดับพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ของกรณีศึกษาแบบช่องเปิดด้านบนแบบ Skylight และแบบ Clearstories จะมีความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายในสูง โดยที่รูปแบบ Skylight จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด อยู่ที่เวลา 12.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่อิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ มีความเข้มสูงสุด ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky



รูปที่ 4.7 แสดงการวิเคราะห์อิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อรูปแบบ Skylight ณ ช่วงเวลา 8.00-16.00 น.

รูปแบบ Clearstories มีระดับความส่องสว่างสูงสุดในช่วงเวลา 16.00 น. ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ได้รับอิทธิพลของรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในอาคาร

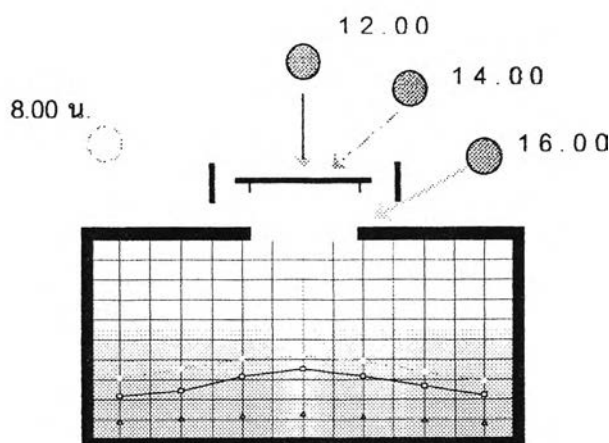


รูปที่ 4.8 แสดงการวิเคราะห์อิทธิพลของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อรูปแบบ Clearstories ณ ช่วงเวลา 8.00-16.00 น.

จากแผนภูมิที่ 4.32 - 4.35 ค่าระดับความส่องสว่างภายใน เป็น Daylight Factor ณ ระดับพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบที่มีแผงควบคุมทั้ง 4 แบบ คือ แบบ Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter มีค่าความส่องสว่างภายในสูงสุดอยู่ที่ช่วงเวลา 14.00 น. ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky เมื่อเปรียบเทียบทุกช่วงเวลา พบว่า

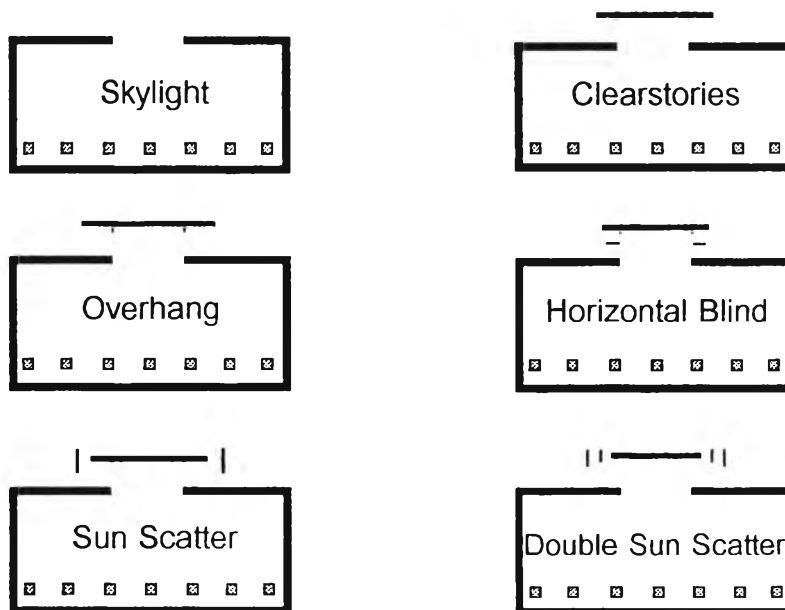
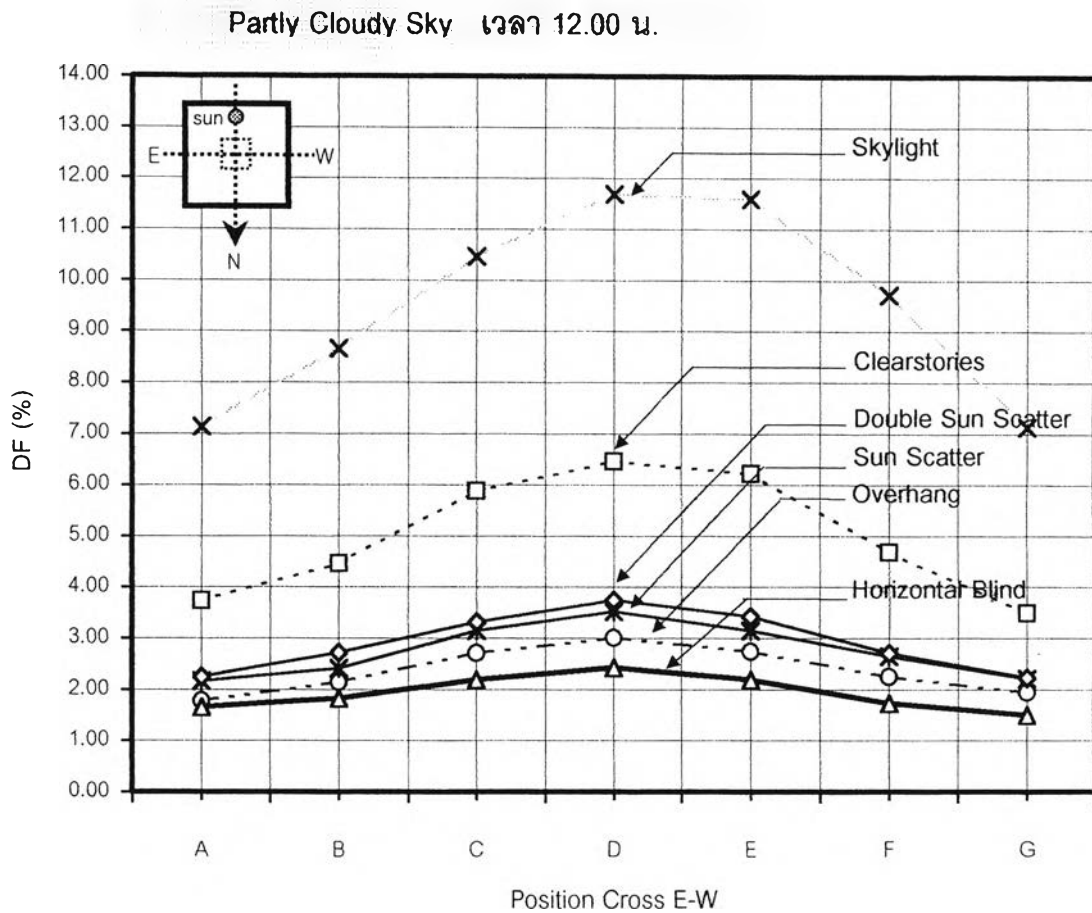
- ระดับความส่องสว่างภายในของช่องเปิดด้านบนแบบ Overhang มีค่าเท่ากับ 3.00 – 4.50 %
- ระดับความส่องสว่างภายในของช่องเปิดด้านบนแบบ Horizontal Blind มีค่าเท่ากับ 2.90 – 3.90 %
- ระดับความส่องสว่างภายในของช่องเปิดด้านบนแบบ Sun Scatter มีค่าเท่ากับ 4.00 – 5.30%
- ระดับความส่องสว่างภายในของช่องเปิดด้านบนแบบ Double Sun Scatter มีค่าเท่ากับ 4.20-5.60 %

จากข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ จะเห็นได้ว่าระดับความส่องสว่างภายในอาคารในแนวระนาบ (Horizontal Plane) มีความแตกต่างของความเข้มของการส่องสว่างอยู่ในช่วงแคบและสม่ำเสมอ เนื่องจากในช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ คือ ช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00-16.00 น. แผงควบคุมทั้ง 4 แบบ มีประสิทธิภาพในการป้องกันรังสีตรงของดวงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้ 100 % ดังนั้นการเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ จึงไม่มีผลต่อรูปแบบการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร เหมือนกับรูปแบบ Skylight และ Clearstories แต่ไม่มีแผงควบคุมแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (ดังรูป)



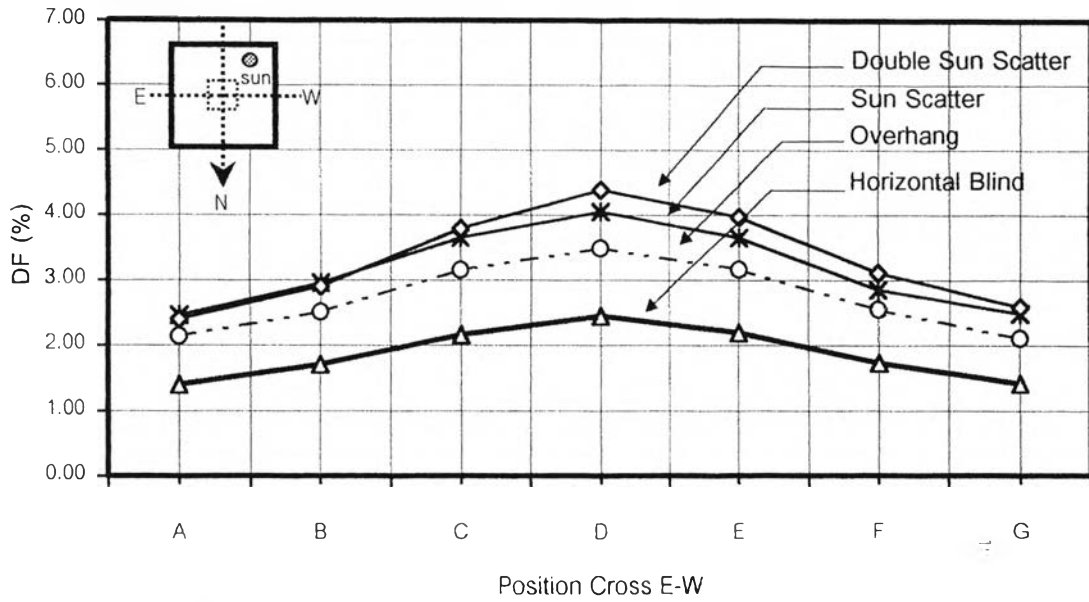
รูปที่ 4.9 แสดงประสิทธิภาพในการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุม ณ ช่วงเวลา 8.00-16.00 น.

จากรูปถึงแม้ว่าจะสามารถป้องกันแสงตรงของดวงอาทิตย์ที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้ ตลอดเวลาที่ต้องการใช้งานแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ อยู่ในส่วนของแสงตรงที่สะท้อนปัจจัยภายนอก เช่น แผงควบคุม หรือหลังคา เข้ามาสู่ภายในอาคาร โดยมีค่าความส่องสว่างของการสะท้อน ขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงตรงและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่จะทำมุมสะท้อนกับองค์ประกอบภายนอกต่าง ๆ เข้าสู่ภายในอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาพท้องฟ้าแบบ Clear Sky จะเห็นความแตกต่างของระดับความส่องสว่างภายในที่เกิดจากอิทธิพลดังกล่าวได้อย่างชัดเจน โดยที่รูปแบบช่องเปิดที่มีแผงควบคุมทั้ง 4 แบบ จะมีระดับความส่องสว่างภายในสูงสุดที่เวลา 14.00 น. และ 10.00 น. จากการทดสอบ เนื่องจากมีมุม Cosine Angle สูง จึงให้ค่าการสะท้อนสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเวลา 8.00, 12.00 และ 16.00 น.

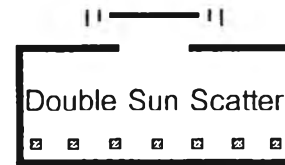
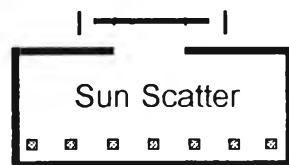
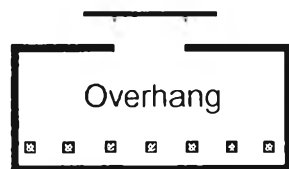
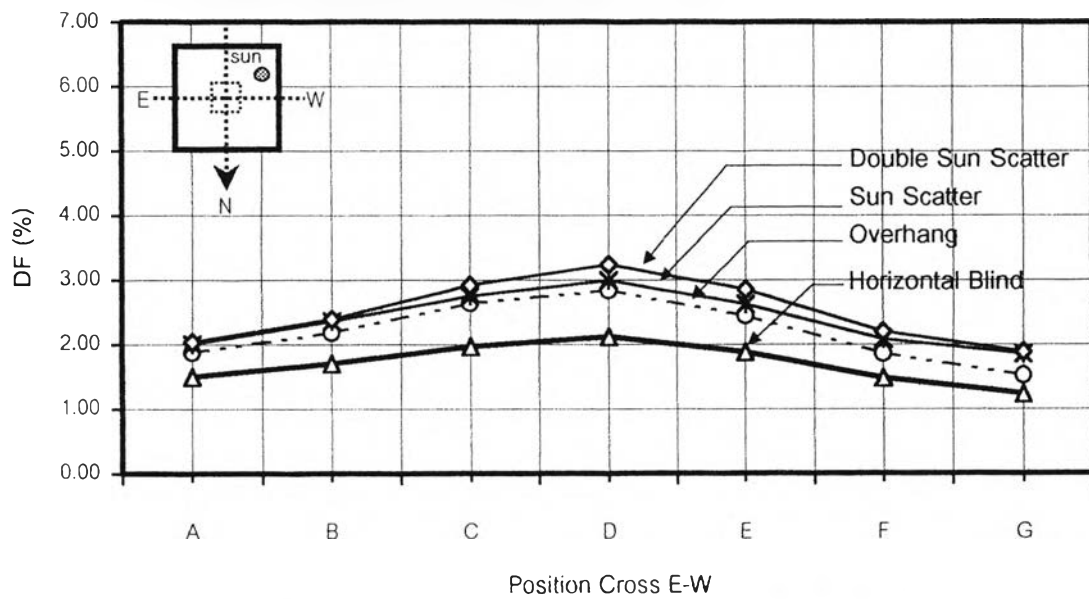


แผนภูมิที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ที่รูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ
 ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ที่สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ณ เวลา 12.00 น.

Partly Cloudy Sky เวลา 14.00 น.

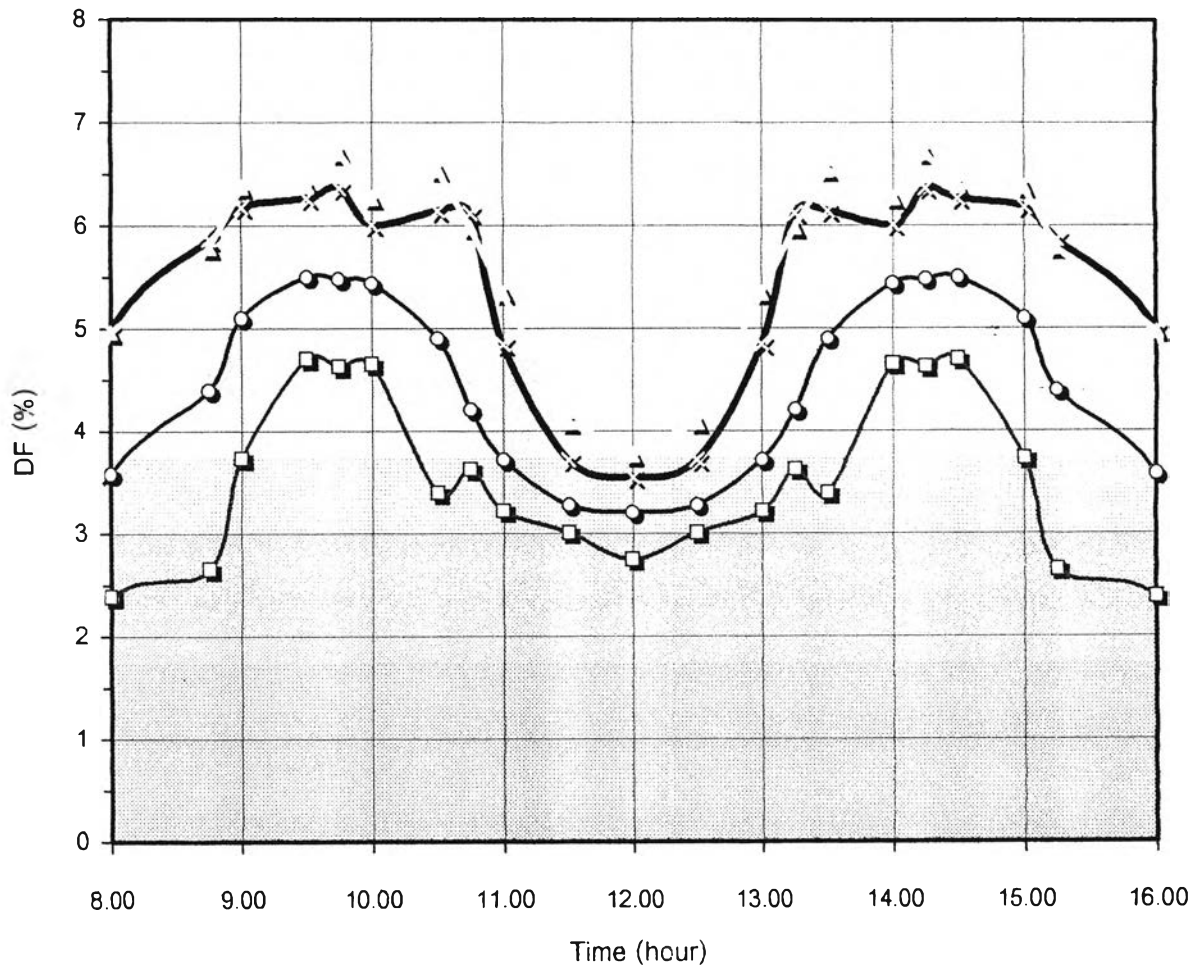


Partly Cloudy Sky เวลา 16.00 น.



แผนภูมิที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ที่รูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ ที่ค่าสะท้อนแสง = 75%, $A_g/A_t = 1 : 25$ ที่สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky ณ เวลา 14.00, 16.00 น.

จากผลการทดลองและศึกษาระดับความส่องสว่างภายใน ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ณ เวลา 12.00, 14.00 และ 16.00 น. ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky จะเห็นได้ว่า ช่องเปิดด้านบนแบบที่มีแผงควบคุม สามารถช่วยลดอิทธิพลอันเนื่องมาจาก การเคลื่อนที่ของดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ตลอดวันได้ดีกว่า คือ มีความแปรปรวนของค่าต่ำสุด - สูงสุด ตลอดวันอยู่ในช่วงแคบกว่า



แผนภูมิที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายใน ตั้งแต่ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. ที่ค่าสะท้อนแสง 75%, Ag/Af = 1 : 25 ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky

แนวความคิดหลักในการนำแสงธรรมชาติภายนอกมาใช้ ผ่านทางแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน คือ การใช้แสงสะท้อนจากท้องฟ้า ซึ่งเป็นแสงที่มีคุณภาพสูงและสม่ำเสมอ มาใช้เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ ให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยการใช้แสงธรรมชาติที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพสูงในช่วงเวลากลางวัน มาใช้ทดแทนการใช้ไฟจากแสงประดิษฐ์ โดยเลือกรูปแบบของช่องเปิดด้านบนที่ออกแบบให้สามารถนำแสงเข้าสู่ตัวอาคารได้มากเพียงพอต่อการใช้งานสำหรับกิจกรรมต่าง ๆ โดยปราศจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ในช่วงเวลา 8.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่แสงธรรมชาติภายนอกมีประสิทธิภาพ และปริมาณความส่องสว่างมากพอที่จะนำมาใช้ภายในอาคาร เป็นค่า Daylight Factor ในแนวระนาบ (Horizontal Plane) ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน จากแนวความคิดดังกล่าว สามารถสรุปผลการทดสอบดังแผนภูมิที่ 4.36

การศึกษาตัวแปรที่ 2 : ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

ส่วนนี้เป็นส่วนของช่องเปิดของอาคาร ซึ่งอยู่บริเวณด้านบนเหนือศีรษะ การศึกษาส่วนนี้มีจุดประสงค์เพื่อแนวทางที่เหมาะสมในการเลือกช่องเปิดที่สามารถนำแสงผ่านช่องเปิดไปสู่พื้นที่ใช้งาน ให้ได้ระดับความส่องสว่างตามความต้องการต่าง ๆ โดยกำหนดตัวแปรตามในการทดลอง ดังนี้

การทดสอบขนาดของพื้นที่ช่องเปิด จะกำหนดขนาดของพื้นที่ช่องเปิดขนาดต่าง ๆ โดยการเปรียบเทียบกับขนาดของพื้นที่ที่ต้องการแสงธรรมชาติในการใช้งาน เพื่อศึกษาแนวโน้มของระดับความส่องสว่างที่เปลี่ยนไป เมื่อขนาดของพื้นที่ช่องเปิดเปลี่ยนแปลงไป โดยทำการทดสอบแต่ละรูปแบบของช่องเปิดที่ขนาดของพื้นที่ช่องเปิดเมื่อเทียบกับพื้นที่ใช้งาน ดังนี้

- สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน $A_o/A_f = 1 : 25$ หรือ 4 % ของพื้นที่ใช้งาน
- สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน $A_o/A_f = 2 : 25$ หรือ 8 % ของพื้นที่ใช้งาน
- สัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน $A_o/A_f = 3 : 25$ หรือ 12 % ของพื้นที่ใช้งาน

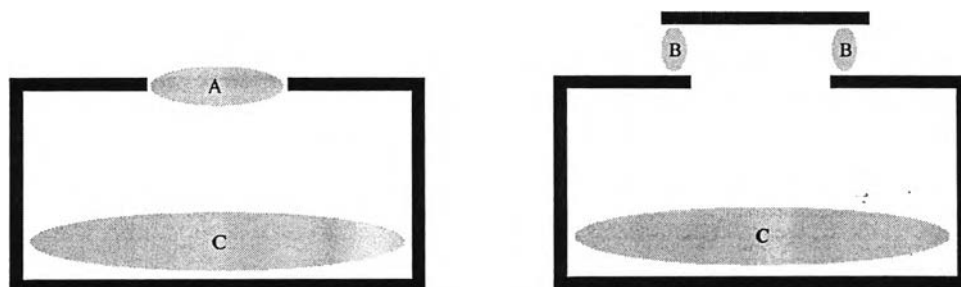
โดยทำการทดสอบกับรูปแบบช่องเปิดที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter ตามลำดับ และ ตัวแปรคงที่ สำหรับการศึกษขนาดพื้นที่ช่องเปิด กำหนดให้

- หุ่นจำลองมีพื้นที่ใช้งานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงต่อความกว้างของหุ่นจำลอง = 1 : 2
- ค่าการส่องผ่านของช่องเปิดกระจก เท่ากับ 1
- ส่วนของผ้าเพดานและผนัง มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 75 %
- ส่วนของพื้น มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 30 %

▶▶ ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตัวแปรที่ 2 : ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

จากการทดสอบและวิเคราะห์ตัวแปรที่ 1 เรื่องของรูปแบบของช่องเปิดด้านบน พบว่ารูปแบบที่มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้กับอาคารจริง สำหรับเขตร้อนอย่างประเทศไทย คือ รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีการใช้แผงควบคุมบริเวณช่องเปิด ที่เป็นตัวป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ไม่ให้เข้าสู่อาคารโดยตรง ทำให้แสงภายในอาคารมีระดับความส่องสว่างที่สม่ำเสมอ และไม่จ้ามากเกินไป ดังนั้นในการพิจารณาเรื่องขนาดพื้นที่ช่องเปิดด้านบน จึงเลือกรูปแบบช่องเปิดด้านบนแบบที่มีแผงควบคุม คือ แบบ Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter นำมาทดสอบ เพื่อหาแนวโน้มของระดับความส่องสว่างที่เปลี่ยนไป ณ ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่าง ๆ และนำไปพัฒนาเป็นเทคนิคการออกแบบที่ผู้ออกแบบจะสามารถนำไปใช้ในการออกแบบกับอาคารจริง โดยใช้รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมดังกล่าวข้างต้น

ในการทดสอบเรื่ององศาของขนาดของเปิดนั้น จะทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบพื้นที่ช่องเปิดกับพื้นที่ใช้งานที่ต้องการแสงธรรมชาติเป็นสัดส่วนกันในลักษณะของเปอร์เซ็นต์ (Ag/Af) โดยในการทำหุนจำลองเพื่อใช้ในการทดสอบสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ จะทำการเปลี่ยนขนาดของพื้นที่ใช้งานตามสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดที่ต้องการ โดยยึดสัดส่วนของพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีความสูง : ความกว้าง = 1 : 2 เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง เนื่องจากการเปลี่ยนพื้นที่ช่องเปิดต้องทำหุนจำลองรูปแบบของแผงควบคุมใหม่ในทุก ๆ สัดส่วน ซึ่งอาจมีผลให้มุมและระยะห่างของหุนจำลองรูปแบบต่าง ๆ มีค่าคลาดเคลื่อนไปจากเดิม



เมื่อ A คือ พื้นที่ช่องเปิดของการศึกษาแบบ Skylight

B คือ พื้นที่ช่องเปิดของการศึกษาแบบ Clearstories ,Overhang ,HzBlind ,Sun Scatter,Double Sun Scatter

C คือ พื้นที่ใช้งาน

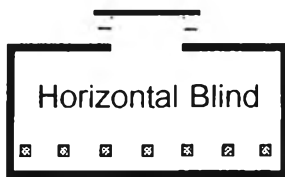
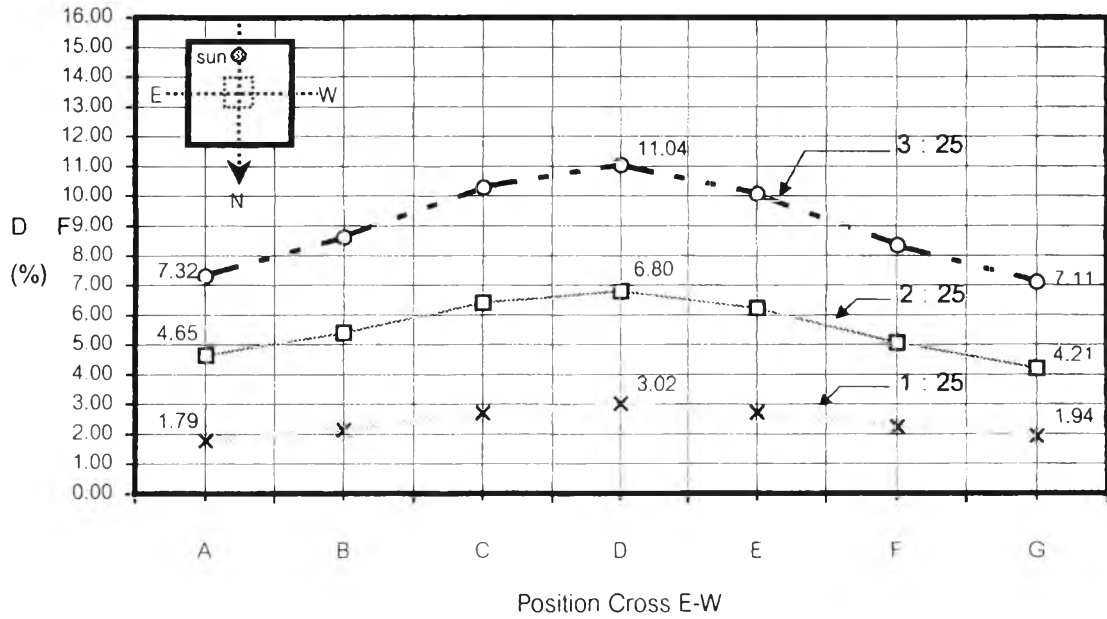
รูปที่ 4.10 แสดงส่วนของช่องเปิดและพื้นที่ใช้งานที่ใช้ในการวิจัย

จากการทดสอบและวิเคราะห์ข้อมูลของตัวแปรที่ 1 นั้น พบว่าสภาพท้องฟ้าดังกล่าว เป็นแบบที่มีความเหมาะสมที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร สำหรับการใส่ช่องเปิดแบบที่มีแผงควบคุม เนื่องจากรูปแบบช่องเปิดที่มีแผงควบคุมต้องการแสงภายนอกที่มีลักษณะเป็นแสงกระจาย (Diffuse Light) และป้องกันอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ในขณะที่เดียวกัน สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) เป็นสภาพท้องฟ้าที่มีปริมาณรังสีกระจายสูงที่สุด จึงเป็นสภาพท้องฟ้าที่แสงมีคุณภาพและประสิทธิภาพในการนำมาใช้กับรูปแบบช่องเปิดที่ใช้แผงควบคุม เมื่อเทียบกับสภาพท้องฟ้าแบบอื่น ดังนั้นในการทดสอบตัวแปรที่ 2 เรื่องของขนาดพื้นที่ช่องเปิดจึงทำการทดสอบภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง แบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) โดยทำการทดสอบในช่วงเวลา 12.00 น. ตามเวลา Solar Time

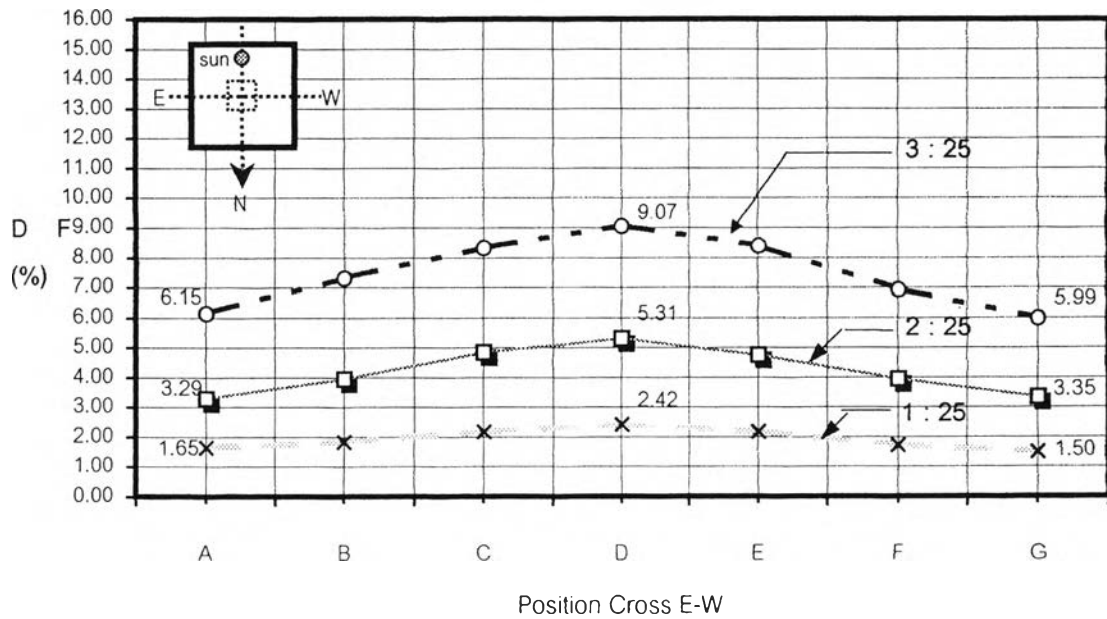
จากแผนภูมิที่ 4.37 – 4.38 เมื่อทดสอบค่าระดับความส่องสว่างภายใน ณ ระดับพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบ (Horizontal Plane) มีปริมาณแสงเพิ่มขึ้นตามเป็นสัดส่วน ตามค่าระดับความส่องสว่าง ณ ตำแหน่งนั้น ๆ โดยมีค่าสูงสุดอยู่ที่บริเวณกึ่งกลางห้อง (ตำแหน่ง D_4) และต่ำสุดอยู่บริเวณใกล้ผนัง โดยมีการกระจายตัวของแสงเป็นรูประฆังคว่ำในลักษณะเดียวกันทั้งหมด แต่จะมีความแตกต่างของค่าความเข้มของแสงที่จุดต่ำสุด-สูงสุด เพิ่มขึ้นตามขนาดของพื้นที่ช่องเปิดที่เปิดรับปริมาณแสงภายนอกที่เข้าสู่ภายในอาคารมีมากขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้



Partly Cloudy Sky เวลา 12.00 น.

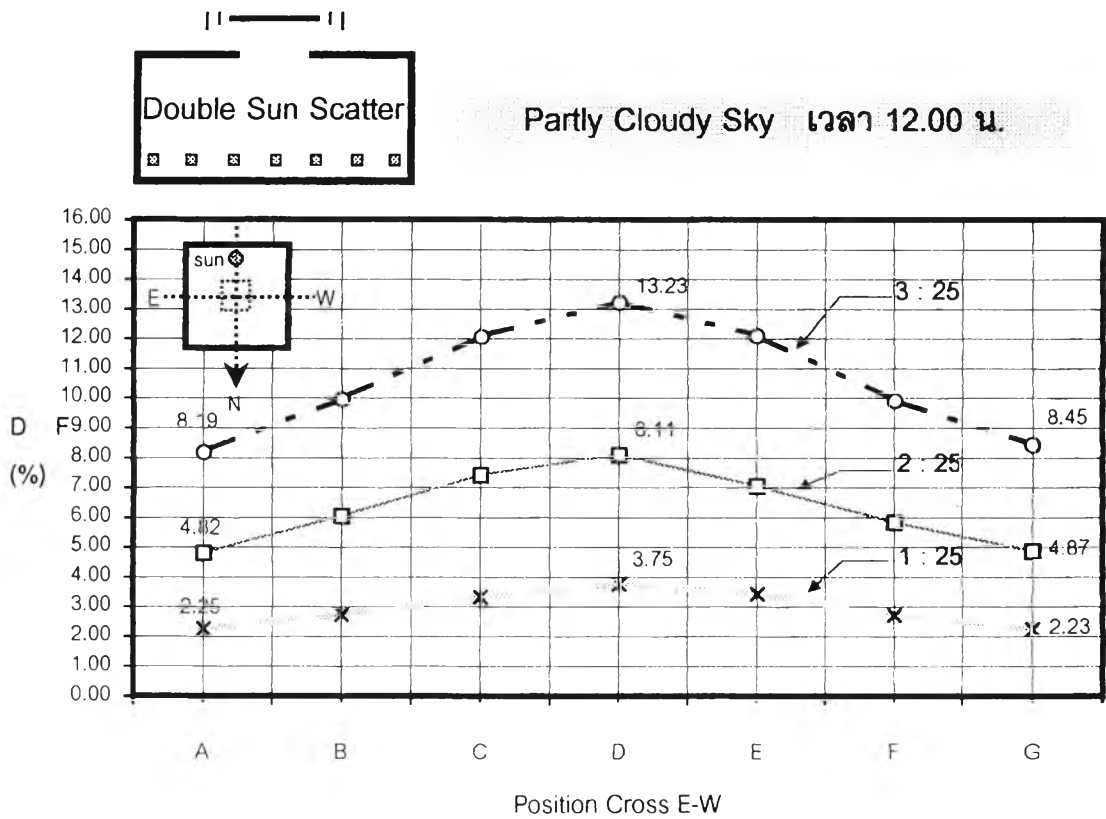
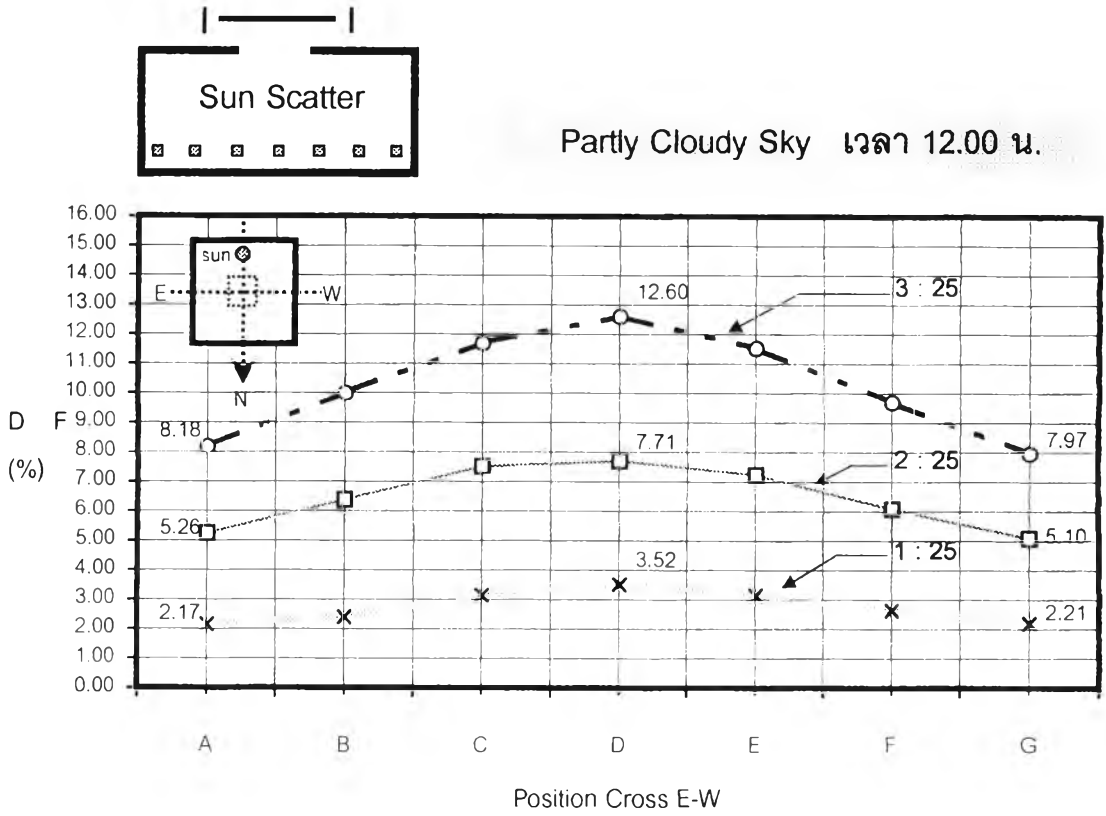


Partly Cloudy Sky เวลา 12.00 น.



แผนภูมิที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ที่ขนาดพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ

ที่ค่าสะท้อนแสง = 75% , ณ เวลา 12.00 รูปแบบ Overhang และ รูปแบบ Horizontal Blind



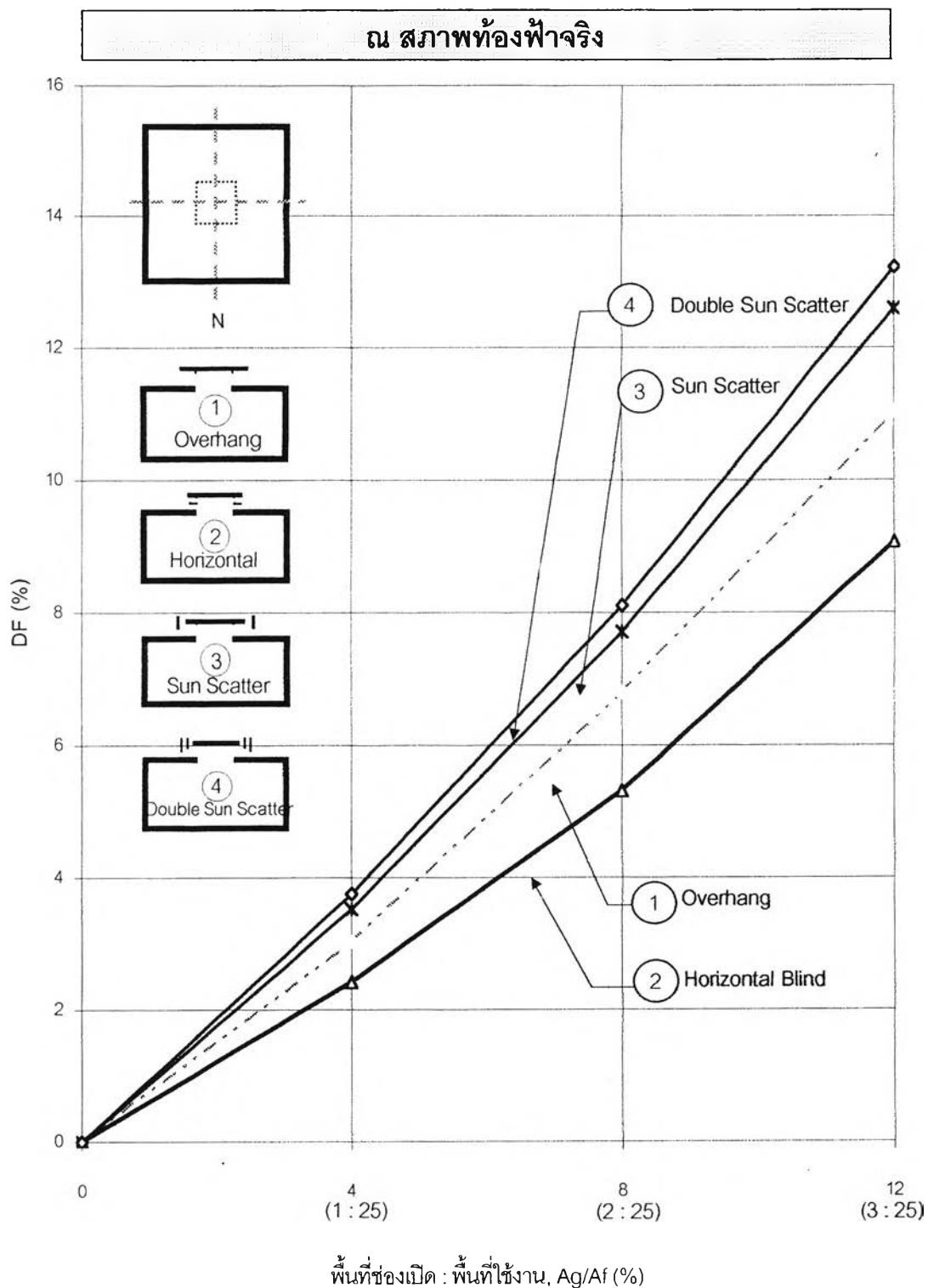
แผนภูมิที่ 4.38 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ที่ขนาดพื้นที่ใช้งานต่าง ๆ
 ที่ค่าสะท้อนแสง = 75% , ณ เวลา 12.00 รูปแบบ Sun Scatter และ Double Sun Scatter

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 12.60 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 7.97 – 12.60 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 13.23 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 8.19 – 13.23 %

จากผลการทดสอบดังกล่าว เมื่อพิจารณาค่าระดับความส่องสว่างบนแนววัดแสงที่ 4 จากด้านทิศตะวันออก (A4) ไปยังด้านทิศตะวันตก (G4) พบว่า

- รูปแบบ Overhang
 - ที่ $A_g/A_f = 1 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 1.23 %
 - ที่ $A_g/A_f = 2 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 2.59 %
 - ที่ $A_g/A_f = 3 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 3.93 %
- รูปแบบ Horizontal Blind
 - ที่ $A_g/A_f = 1 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 0.92 %
 - ที่ $A_g/A_f = 2 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 2.02 %
 - ที่ $A_g/A_f = 3 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 3.08 %
- รูปแบบ Sun Scatter
 - ที่ $A_g/A_f = 1 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 1.35 %
 - ที่ $A_g/A_f = 2 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 2.61 %
 - ที่ $A_g/A_f = 3 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 4.63 %
- รูปแบบ Double Sun Scatter
 - ที่ $A_g/A_f = 1 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 1.52 %
 - ที่ $A_g/A_f = 2 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 3.29 %
 - ที่ $A_g/A_f = 3 : 25$ มีค่าความต่างความเข้มของแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 5.04 %

จากการพิจารณาเบื้องต้น พบว่า ณ ตำแหน่งใด ๆ บนพื้นที่ใช้งาน เมื่อขนาดของพื้นที่ช่องเปิดเพิ่มมากขึ้น ค่าระดับความส่องสว่างก็จะมีค่าสูงขึ้น ในลักษณะที่แปรผันตาม เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่ง D_4 บริเวณจุดกลางห้อง ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากช่องเปิด โดยรอบทุกด้าน ทั้งทางด้านทิศเหนือ ได้ ตะวันออก ตะวันตก นำมาหาความสัมพันธ์ เพื่อคาดการณ์แนวโน้มของระดับความส่องสว่างภายใน ณ ขนาดของพื้นที่ช่องเปิดต่าง ๆ โดยพิจารณาแยกตามรูปแบบของแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.40



แผนภูมิที่ 4.39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานขนาดต่าง ๆ (A_g/A_f) กับค่าความส่องสว่างภายใน DF(%) ที่ค่าการสะท้อนแสงหลังคาและภายในอาคาร 75 %

การศึกษาตัวแปรที่ 3 : ค่าการสะท้อนแสงของหลังคา

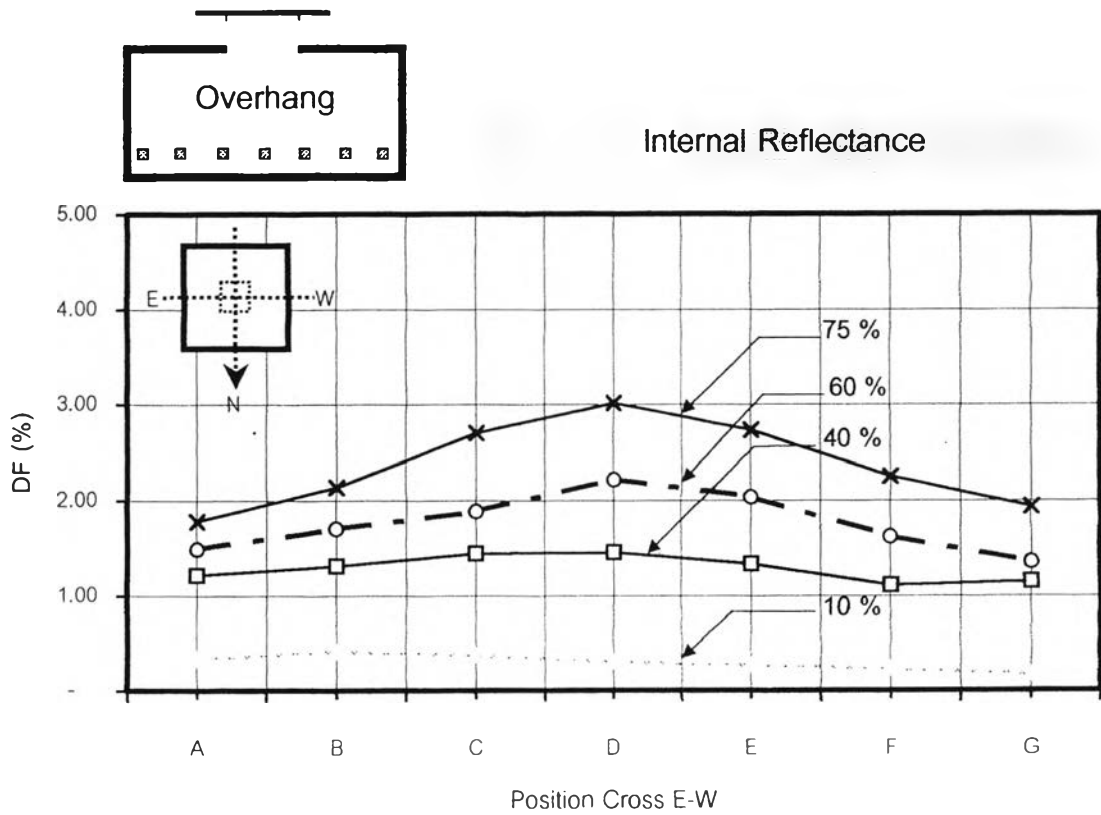
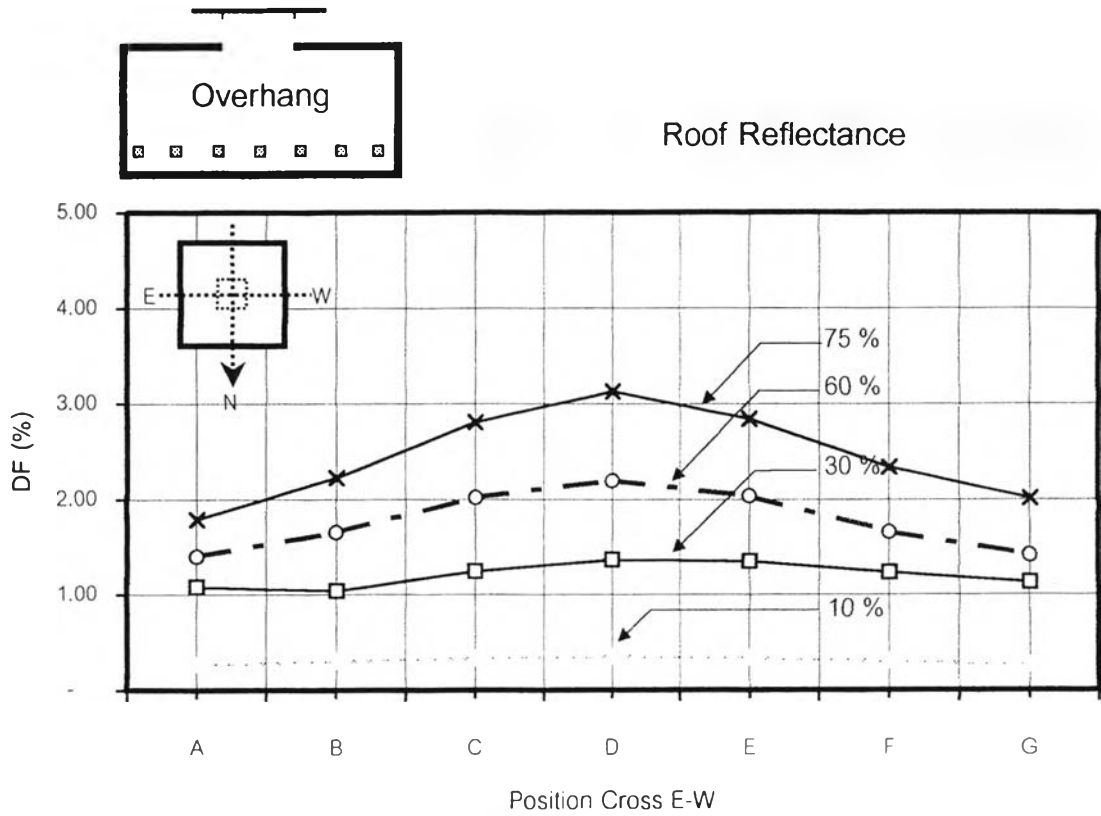
การทดสอบค่าสะท้อนแสงหลังคานั้น กำหนดให้หลังคามีลักษณะการสะท้อนแสงแบบกระจาย (Diffuse Reflection) ซึ่งเป็นลักษณะการสะท้อนที่จะช่วยลดความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายใน จากอิทธิพลของรังสีตรงของดวงอาทิตย์ ในขณะที่เดียวกัน ยังลดปัญหาการเกิดแสงจ้าจากการสะท้อนแหล่งกำเนิดแสงตรง ในกรณีที่มีผิวสะท้อนมีลักษณะเป็นแบบผิวมันวาว การทดสอบค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่ในส่วนหลังคา มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มของระดับความส่องสว่างภายในที่เปลี่ยนไป เมื่อหลังคาด้านบนมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงเข้าสู่อาคารต่างกัน ในการกำหนดค่าสะท้อนแสงของหลังคา ที่จะนำมาทำการทดสอบ ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 โดยทำการทดสอบดังนี้

- ค่าสะท้อนแสงหลังคา มีค่าเท่ากับ 10 %
- ค่าสะท้อนแสงหลังคา มีค่าเท่ากับ 40 %
- ค่าสะท้อนแสงหลังคา มีค่าเท่ากับ 60 %
- ค่าสะท้อนแสงหลังคา มีค่าเท่ากับ 75 %

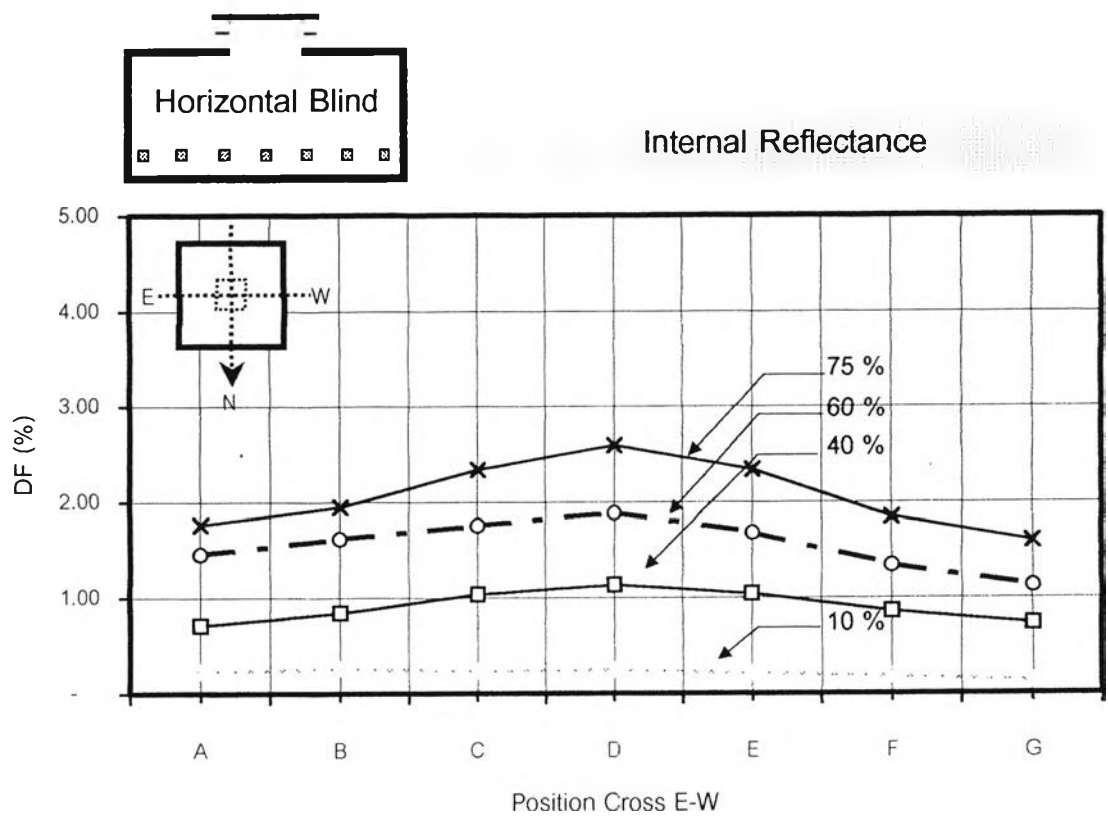
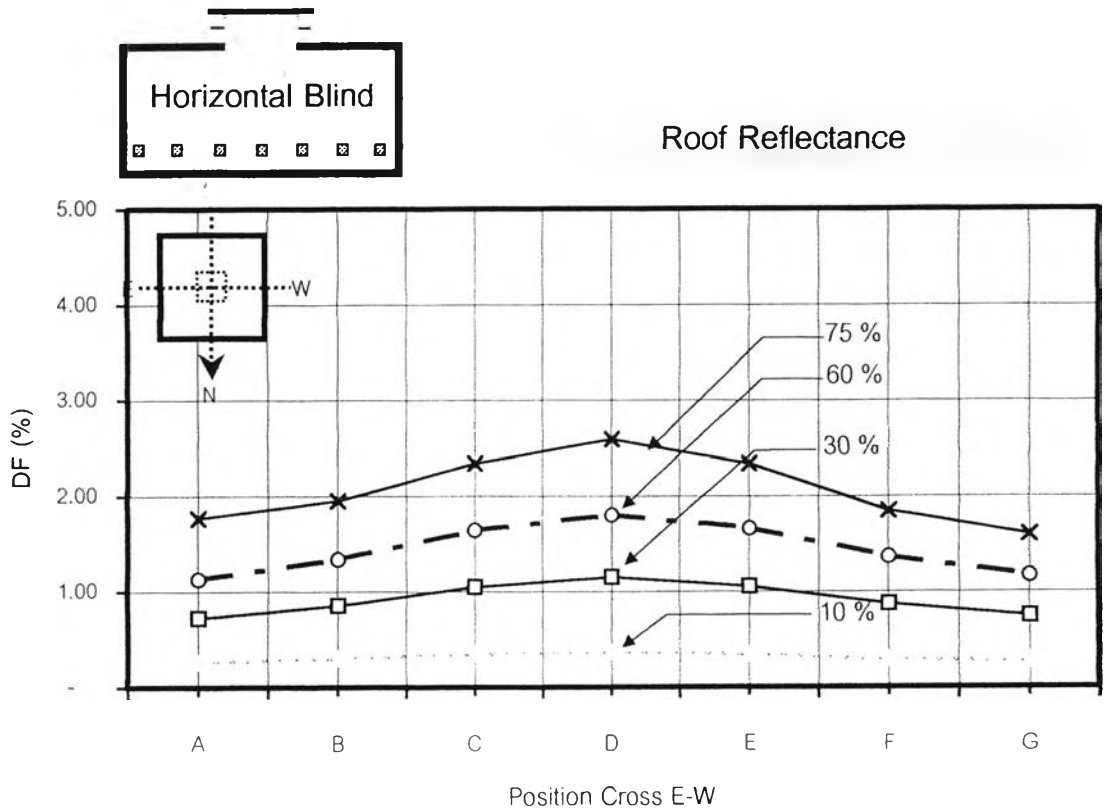
การทดสอบค่าการสะท้อนแสงของหลังคา จะทำการทดสอบกับรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter และ ตัวแปรคงที่ สำหรับการศึกษาค่าการสะท้อนแสงของหลังคา กำหนดให้

- หุ่นจำลองมีพื้นที่ใช้งานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงต่อความกว้างของหุ่นจำลอง = 1 : 2
- ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน = 1 : 25
- ค่าการส่องผ่านของช่องเปิดกระจก เท่ากับ 1
- ส่วนของฝ้าเพดานและผนัง มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 75 %
- ส่วนของพื้น มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 30 %

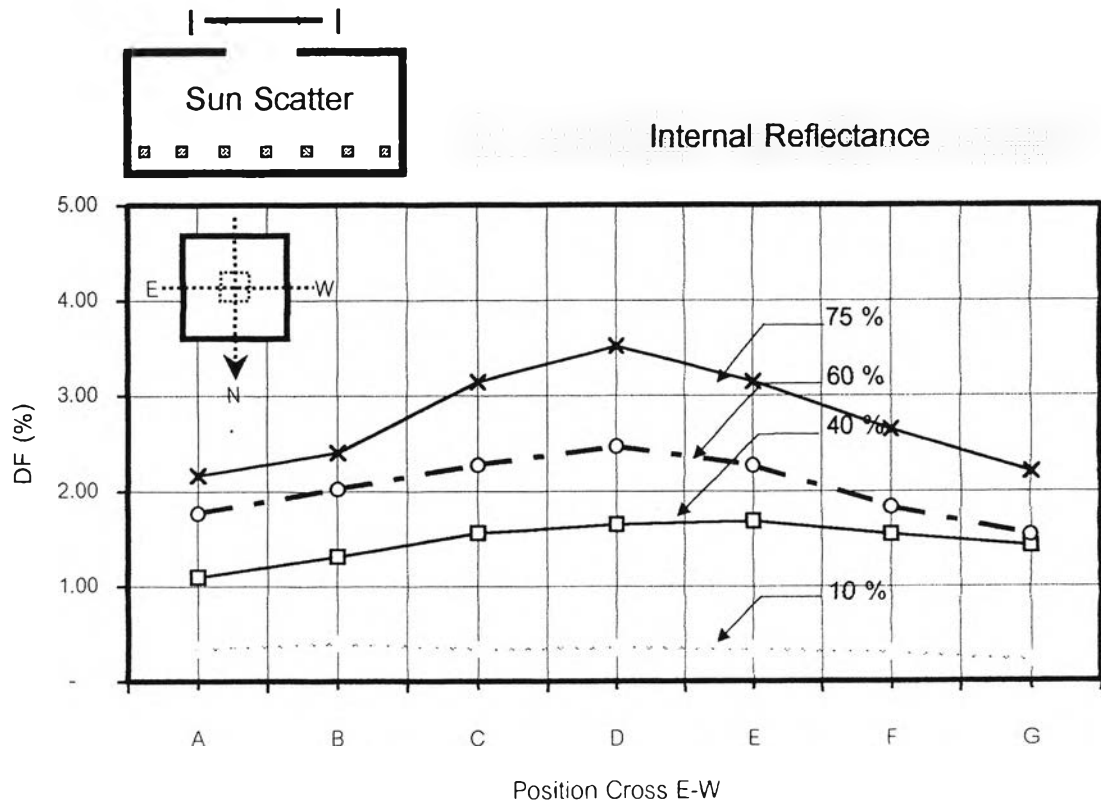
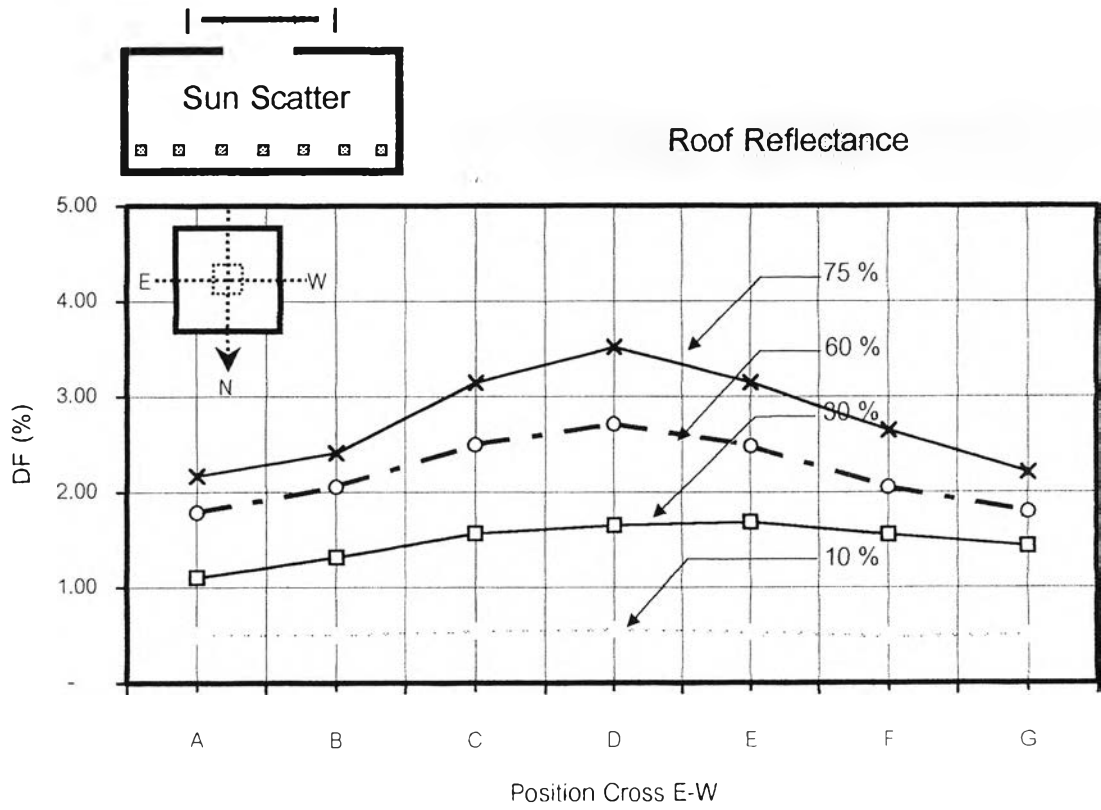
โดยทำการทดสอบที่ช่วงเวลา 8.00–16.00 น. เพื่อศึกษาช่วงความแปรปรวนของระดับความส่องสว่างภายในอาคารที่เกิดขึ้น กับรูปแบบช่องเปิดด้านบนในแต่ละแบบ ณ สภาพท้องฟ้าต่าง ๆ โดยนำผลการทดสอบที่ได้มาทำการวิเคราะห์ เพื่อหารูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับการออกแบบอาคารในประเทศไทย



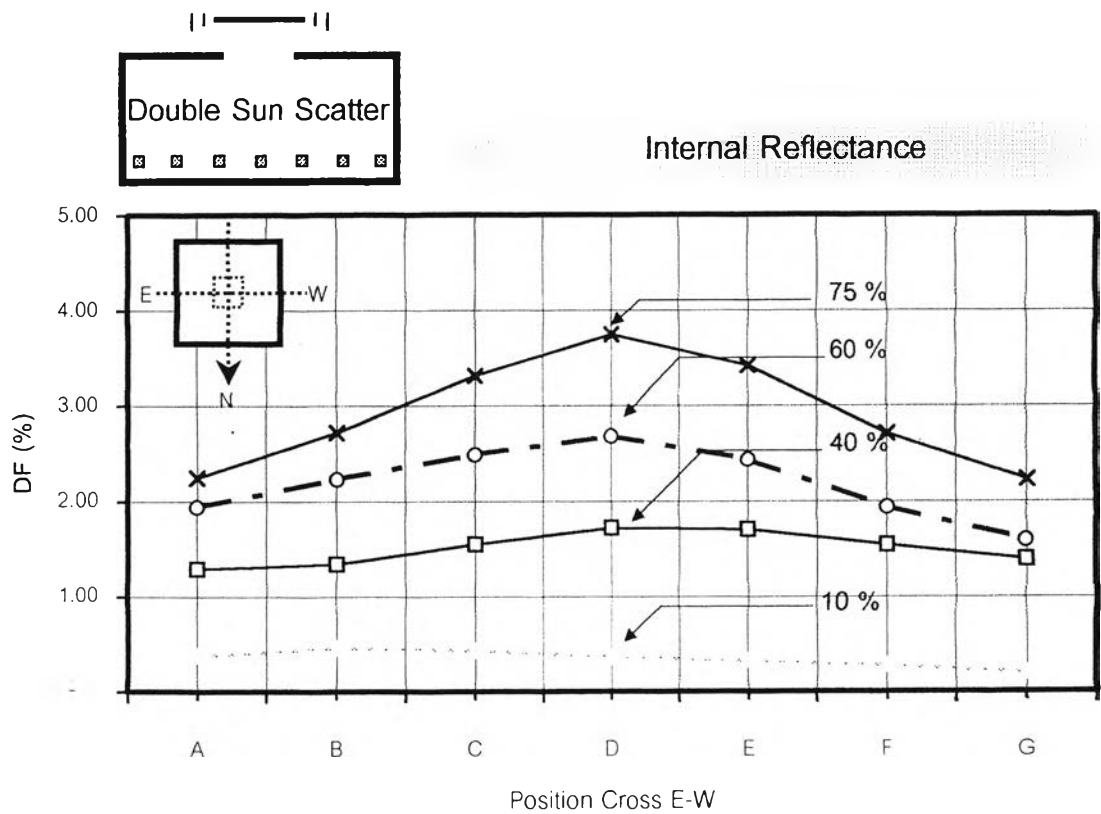
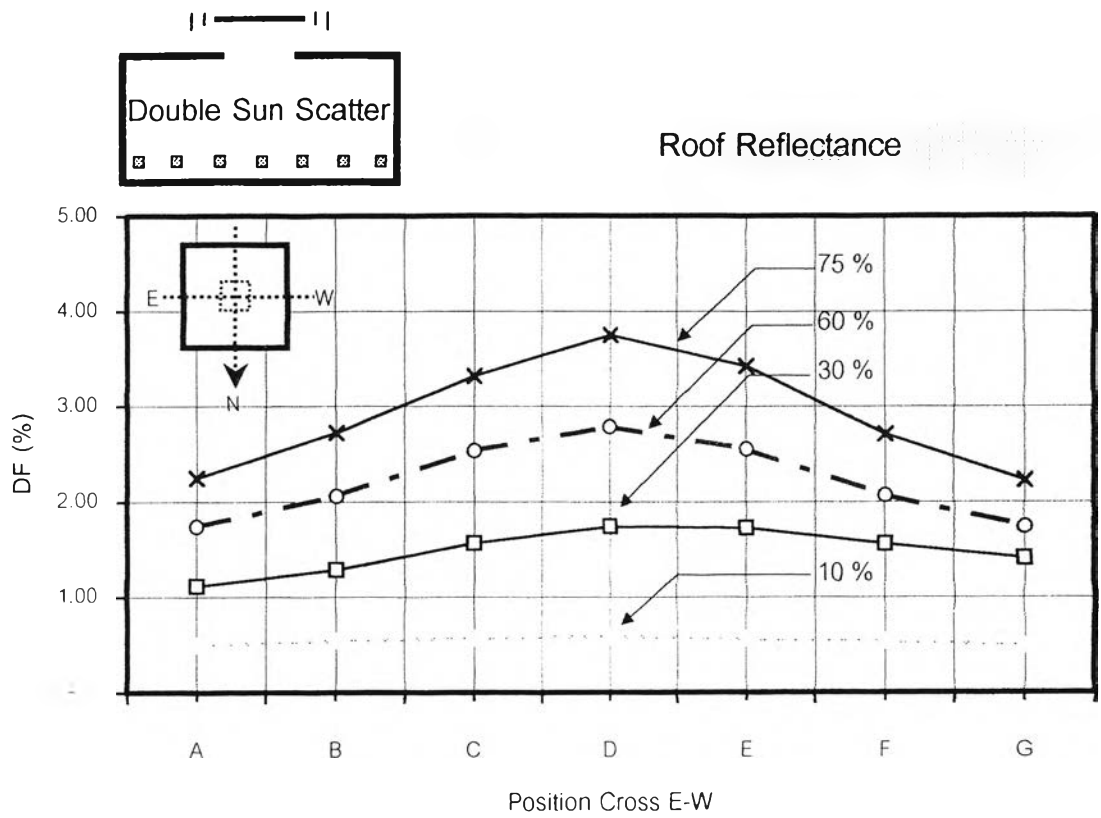
แผนภูมิที่ 4.40 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ค่าสะท้อนแสงภายใน และค่าสะท้อนแสงหลังคา $A_0/A_f = 1 : 25$ ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky รูปแบบ Overhang



แผนภูมิที่ 4.41 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ค่าสะท้อนแสงภายใน และค่าสะท้อนแสงหลังคา $A_0/A_f = 1 : 25$ ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky รูปแบบ Horizontal Blind



แผนภูมิที่ 4.42 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ค่าสะท้อนแสงภายใน และค่าสะท้อนแสงหลังคา $A_g/A_r = 1 : 25$ ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky รูปแบบ Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4.43 แสดงการเปรียบเทียบค่า DF ของแสงในแนวระนาบ ณ ค่าสะท้อนแสงภายใน และค่าสะท้อนแสงหลังคา $A_g/A_r = 1 : 25$ ณ สภาพท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky รูปแบบ Double Sun Scatter

▶▶ ผลการทดสอบและวิเคราะห์ตัวแปรที่ 3 : ค่าสะท้อนแสงหลังคา

ในการทดสอบเรื่องของค่าสะท้อนแสงภายใน จะทำการทดสอบค่าสะท้อนในส่วนของพื้นที่หลังคา โดยกำหนดให้ค่าสะท้อนแสงของพื้นที่หลังคาเป็นตัวแปรตาม โดยมีค่าสะท้อนแสงของพื้นที่หลังคาอยู่ที่ 10 ,40 ,60 , และ 75% ตามความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแสงและ ระดับความส่องสว่างภายในที่เกิดขึ้น เมื่อค่าสะท้อนแสงขององค์ประกอบภายใน (Internal Reflection Component) เปลี่ยนไป โดยทำการศึกษากับรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang ,Horizontal Blind ,Sun Scatter ,และ Double Sun Scatter ต่อเนื่องจากการศึกษาในส่วนของปัจจัยภายนอก ณ.สภาพท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) เป็นหลัก และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปของแผนภูมิเส้น ที่แสดงค่าระดับความส่องสว่างภายในห้องจากทางด้านทิศ ตะวันออก - ตะวันตก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.36 – 4.39 จากแผนภูมิ จะเห็นได้ว่าระดับความส่องสว่างภายในจะแปรผันตามค่าสะท้อนแสงภายใน และมีช่วงความส่องสว่าง ต่ำสุด - สูงสุด กว้างขึ้นตามค่าสะท้อนแสงหลังคาที่เพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงหลังคา 10 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.41 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.27 –0.41 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.46 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.22 – 0.46 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.53 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.47 - 0.53 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.59 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.46 - 0.59 %

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงหลังคา 40 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 0.76 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.65 – 0.76 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 0.88 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.62 – 0.88 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.01 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.71 – 1.01 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.07 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.75 – 1.07 %

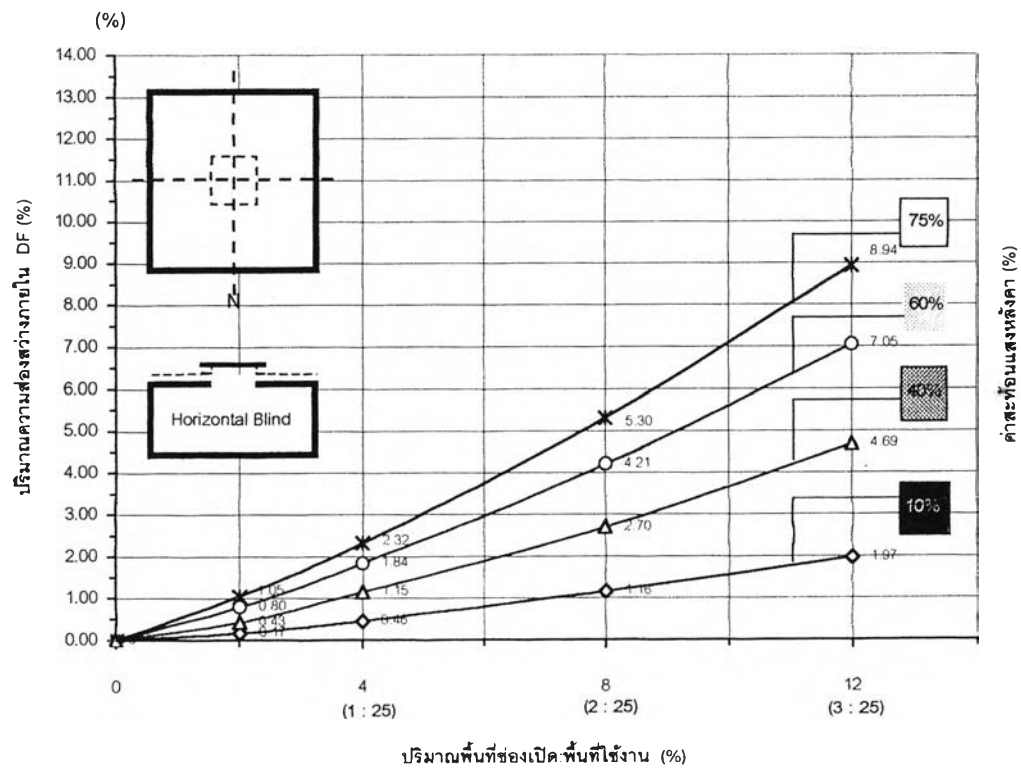
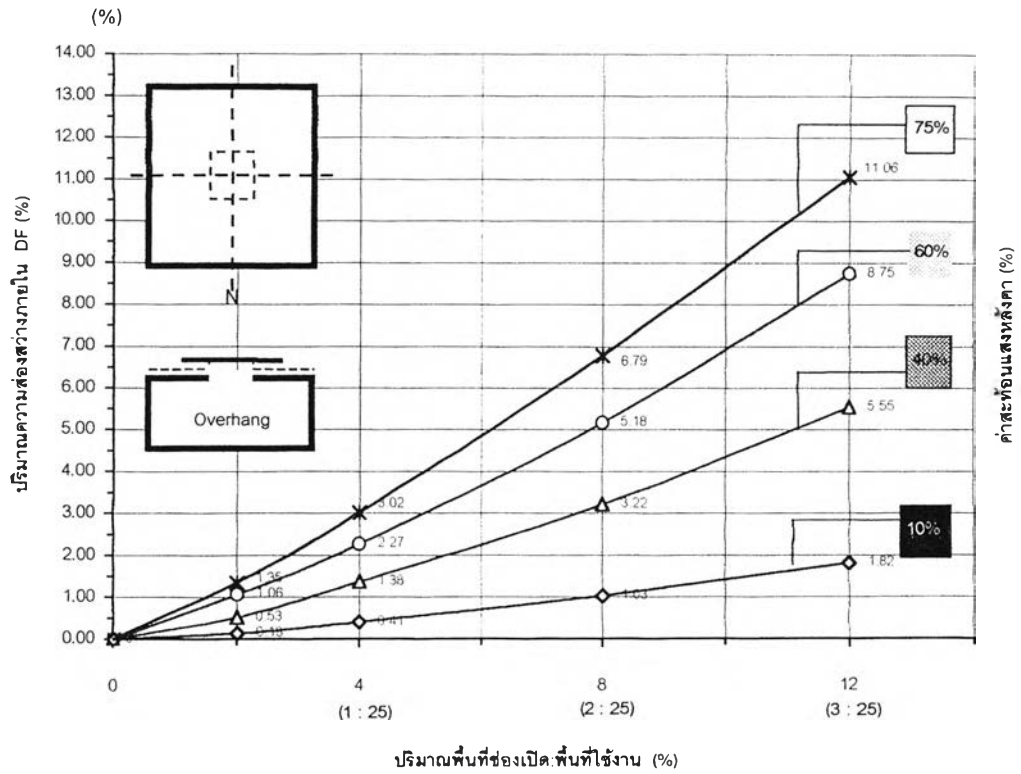
จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงหลังคา 60 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.52 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.97 – 1.52 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.29 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.80 – 1.29 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.63 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.08 – 1.63 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.70 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.10 – 1.70 %

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงหลังคา 75 %

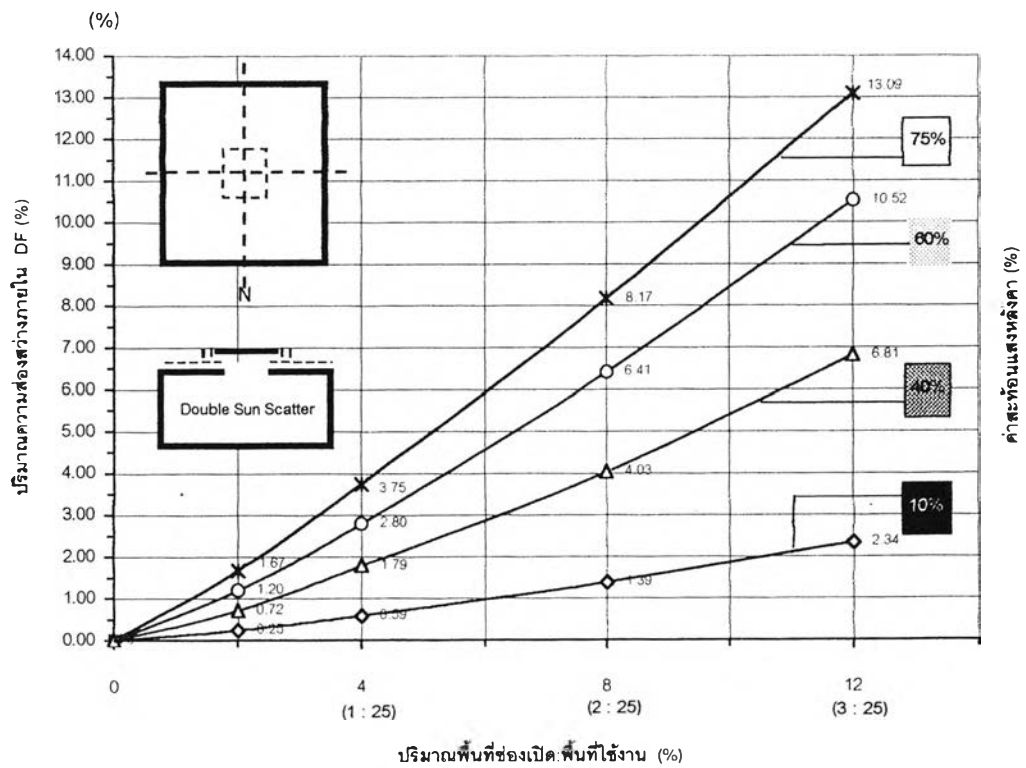
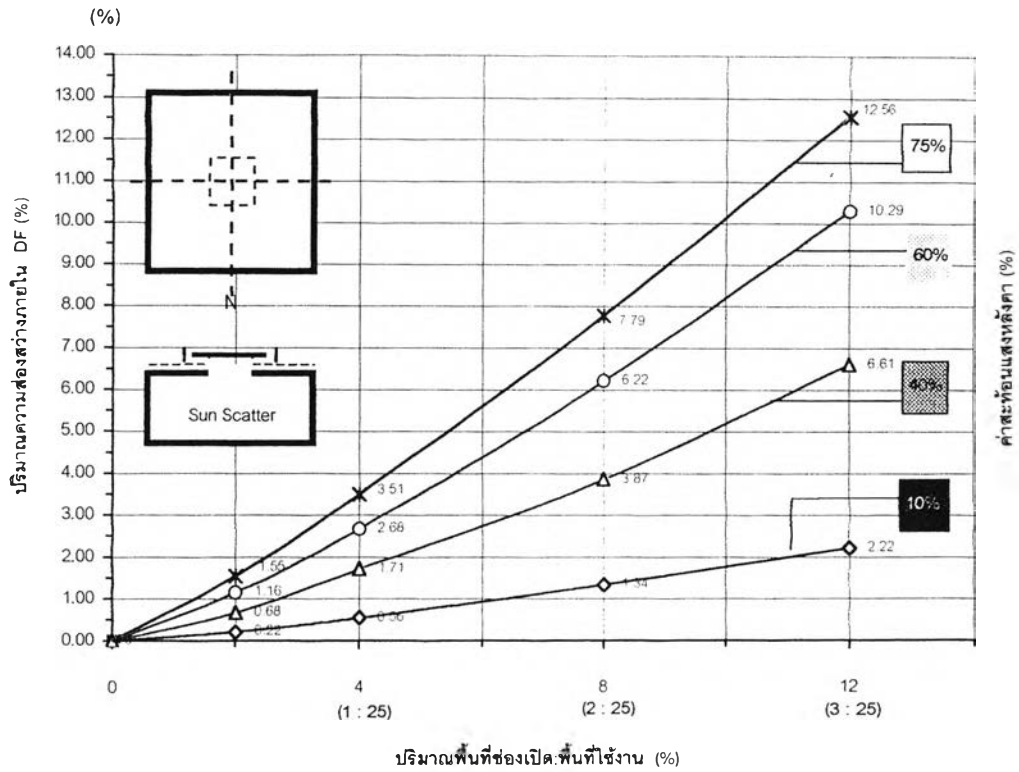
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.95 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.24 – 1.95 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.57 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.00 – 1.57 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 2.12 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.38 – 2.12 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 2.14 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.32 – 2.14 %

นำข้อมูลที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยภายนอกทั้งหมด คือรูปแบบของช่องเปิดด้านบนแบบที่มีแผงควบคุม (Top Aperture with Fenestration Controls) ,ขนาดพื้นที่ช่องเปิด , และค่าสะท้อนแสงหลังคา เพื่อหาแนวโน้มในการคาดการณ์ระดับความส่องสว่างภายใน DF% จากกราฟสรุปผลการศึกษานี้ปัจจัยภายนอก สำหรับประยุกต์ใช้ในการออกแบบ



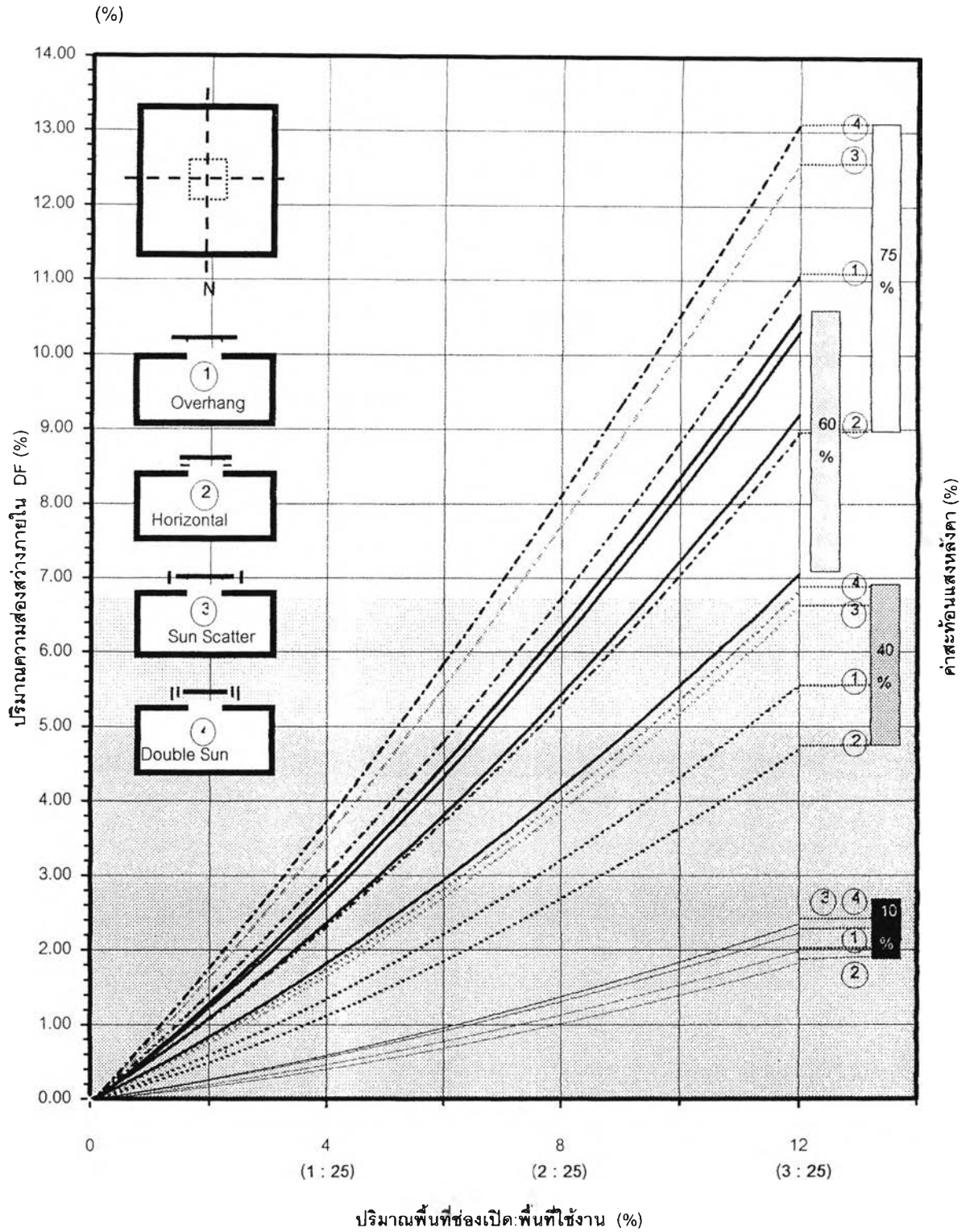
แผนภูมิที่ 4. 44 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายใน กับ ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

ณ.ค่าการสะท้อนแสงหลังค่างานต่าง ๆ ของรูปแบบ Overhang และ Horizontal Blind



แผนภูมิที่ 4. 45 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายใน กับ ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

ณ.ค่าการสะท้อนแสงหลังคาต่างๆ ของรูปแบบ Sun Scatter และ Double Sun Scatter



แผนภูมิที่ 4. 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายใน กับ องค์ประกอบภายนอก

ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ

4.1.2 การศึกษาปัจจัยภายใน

เป็นส่วนที่จะนำพาแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดด้านบนเข้ามาภายในอาคาร ให้กระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ที่ต้องการใช้งาน ในการศึกษาครั้งนี้ ช่องเปิดของอาคารที่จะทำการศึกษายูบริเวณด้านบน ในขณะที่พื้นที่ใช้งานที่ทำการศึกษายูบริเวณพื้นด้านล่างในแนวระนาบ (ดังรูป 4.10) ดังนั้นในการกระจายแสงธรรมชาติที่ได้จากช่องเปิดด้านบนสู่พื้นที่ใช้งานด้านล่าง จึงขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงของพื้นที่ผิวภายในอาคาร ในการวิจัยจึงกำหนดตัวแปรที่จะทำการทดสอบในส่วนที่ 2 ดังนี้

การทดสอบค่าสะท้อนแสงภายใน จะทำการทดสอบโดยเปลี่ยนค่าสะท้อนแสงบริเวณฝ้าเพดาน และผนังของห้องจำลอง การกำหนดค่าสะท้อนแสงที่จะนำมาทดสอบ ได้ให้รายละเอียดไว้ในบทที่ 3 โดยทำการทดสอบดังนี้

- ค่าสะท้อนแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 10 %
- ค่าสะท้อนแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 40 %
- ค่าสะท้อนแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 60 %
- ค่าสะท้อนแสงภายใน มีค่าเท่ากับ 75 %

โดยทำการทดสอบกับรูปแบบแผงควบคุมช่องเปิดด้านบนแบบ Overhang, Horizontal Blind, Sun Scatter และ Double Sun Scatter ตามลำดับ และ ตัวแปรคงที่ สำหรับการศึกษาค่าสะท้อนแสงของภายใน กำหนดให้

- ห้องจำลองมีพื้นที่ใช้งานรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความสูงต่อความกว้างของห้องจำลอง = 1 : 2
- ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน = 1 : 25
- ค่าการส่องผ่านของช่องเปิดกระจก เท่ากับ 1
- ส่วนของหลังคา มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 75 %
- ส่วนของพื้น มีลักษณะผิวการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse Reflection) และ ค่าการสะท้อนแสง มีค่าเท่ากับ 30 %

การวิจัยมุ่งเน้นด้านการนำมาใช้ ดังนั้นในการวิจัย จึงทำการทดสอบโดยการเน้นการทดสอบภายใต้ท้องฟ้าจริงเป็นหลัก และเพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และวิจัย จึงได้ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ตามลักษณะของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการนำพาแสงธรรมชาติจากภายนอก เข้าสู่ภายในอาคาร มายังตำแหน่งหรือพื้นที่ที่ต้องการใช้งาน ตามที่ได้กล่าวไว้ในระเบียบวิธีวิจัย สำหรับการทดสอบในส่วนนี้ จะเลือกทำการทดสอบกับสภาพท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) ซึ่งนอกจากจะเป็นสภาพท้องฟ้าที่พบมากที่สุดในประเทศไทยแล้ว ยังเป็นสภาพท้องฟ้าที่มีปริมาณแสงกระจายสูง ซึ่งเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในบรรดาแสงธรรมชาติทั้งหมด ในการนำมาใช้ภายในอาคาร แะจากการที่สภาพท้องฟ้าแบบนี้มีความแปรปรวนสูง จึงเป็นข้อดีในการที่จะนำมาศึกษา กล่าวคือ หากสามารถคุมความแปรปรวนของสภาพท้องฟ้าที่มีความแปรปรวนอยู่ตลอดเวลาได้ ก็จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสภาพท้องฟ้าอื่น ๆ ได้ ดังนี้

▶▶ ผลการทดสอบและวิเคราะห์ค่าสะท้อนแสงภายใน

ในการทดสอบเรื่องของค่าสะท้อนแสงภายใน จะทำการเปลี่ยนค่าในส่วนของผนัง และฝ้าเพดานเท่านั้น โดยกำหนดให้ค่าสะท้อนแสงของพื้นเป็นตัวแปรคงที่ โดยมีค่าสะท้อนแสงของพื้นอยู่ที่ 30% ตามมาตรฐานของ IES และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้งานจริง เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายตัวของแสงและ ระดับความส่องสว่างภายในที่เกิดขึ้น เมื่อค่าสะท้อนแสงขององค์ประกอบภายใน (Internal Reflection Component) เปลี่ยนไป โดยทำการศึกษากับรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang ,Horizontal Blind ,Sun Scatter ,และ Double Sun Scatter ต่อเนื่องจากการศึกษาในส่วนของปัจจัยภายนอก ณ.สภาพท้องฟ้าแบบที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly Cloudy Sky) เป็นหลัก และนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผลในรูปของแผนภูมิเส้น ที่แสดงค่าระดับความส่องสว่างภายในห้องจากทางด้านทิศ ตะวันออก - ตะวันตก ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4.36 - 4.39 จากแผนภูมิ จะเห็นได้ว่าระดับความส่องสว่างภายในจะแปรผันตามค่าสะท้อนแสงภายใน และมีช่วงความส่องสว่าง ต่ำสุด - สูงสุด กว้างขึ้นตามค่าสะท้อนแสงภายในที่เพิ่มขึ้น โดยมีรายละเอียด ดังนี้

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงภายใน 10 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.31 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.20 - 0.31 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.25 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.19 - 0.25 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.36 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.24 - 0.36 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่ง (B4) มีค่าเท่ากับ 0.38 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.25 - 0.38 %

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงภายใน 40 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 0.82 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.69 - 0.82 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 0.92 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.54 - 0.92 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.08 % และ มีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด อยู่ที่ 0.72 - 1.08 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.07 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.75 – 1.07 %

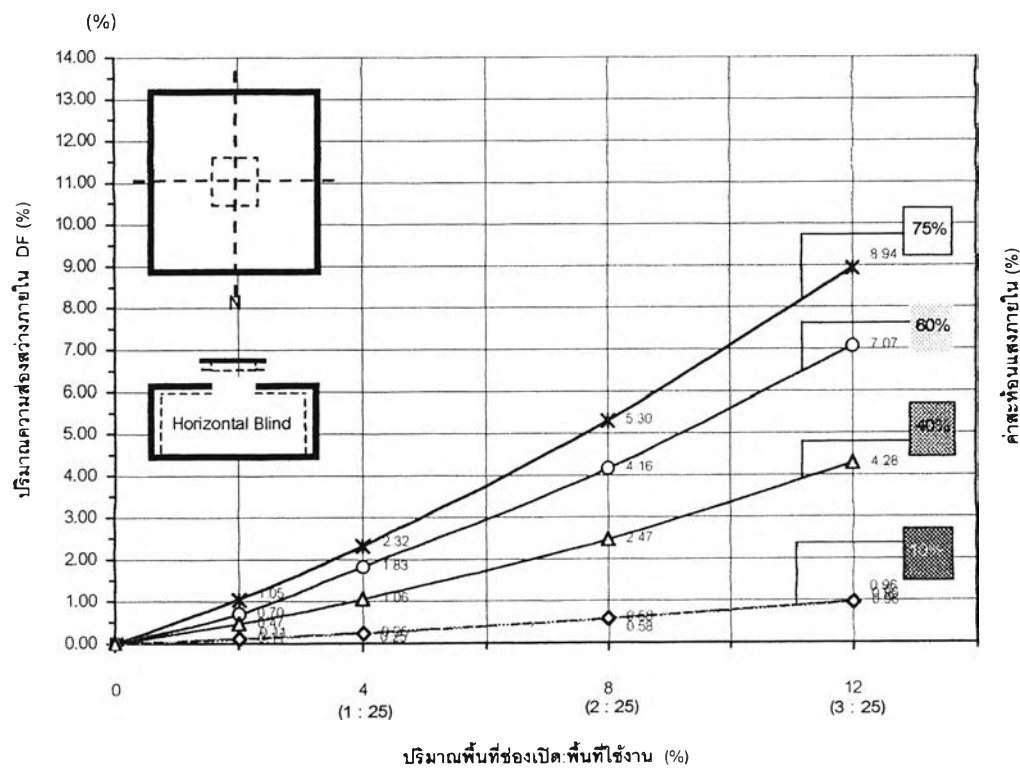
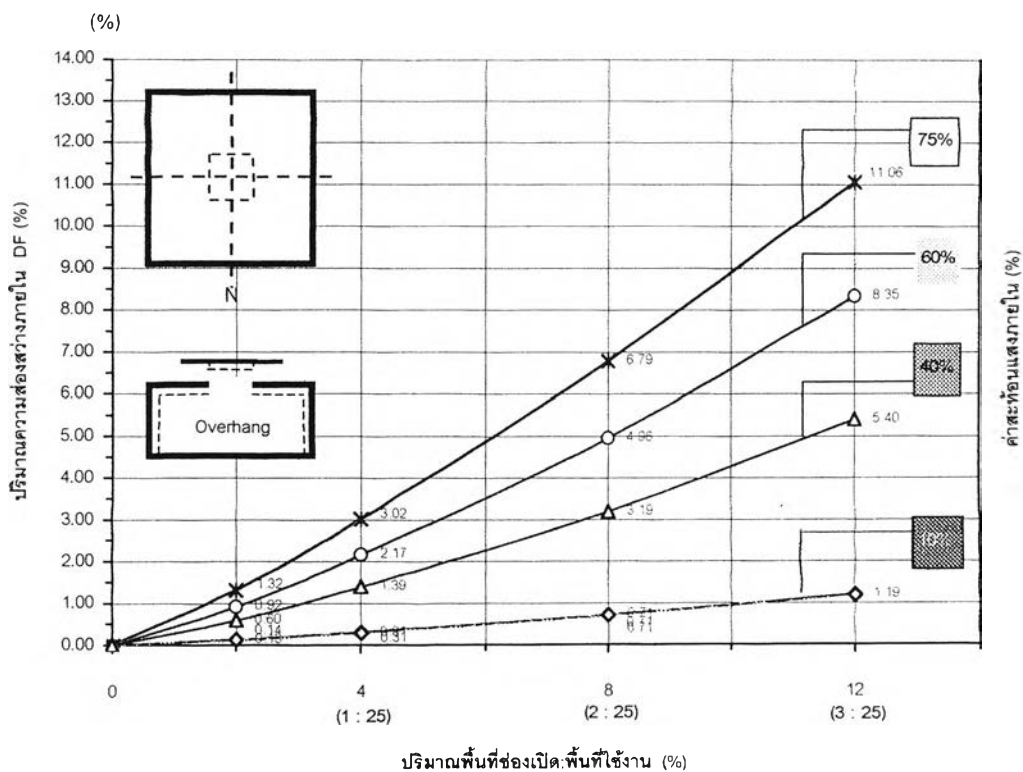
จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงภายใน 60 %

- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.42 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.94 – 1.42 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.14 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.67 – 1.14 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.52 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.70 – 1.52 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.55 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 0.96 – 1.55 %

จากการทดสอบ ที่ค่าสะท้อนแสงภายใน 75 %

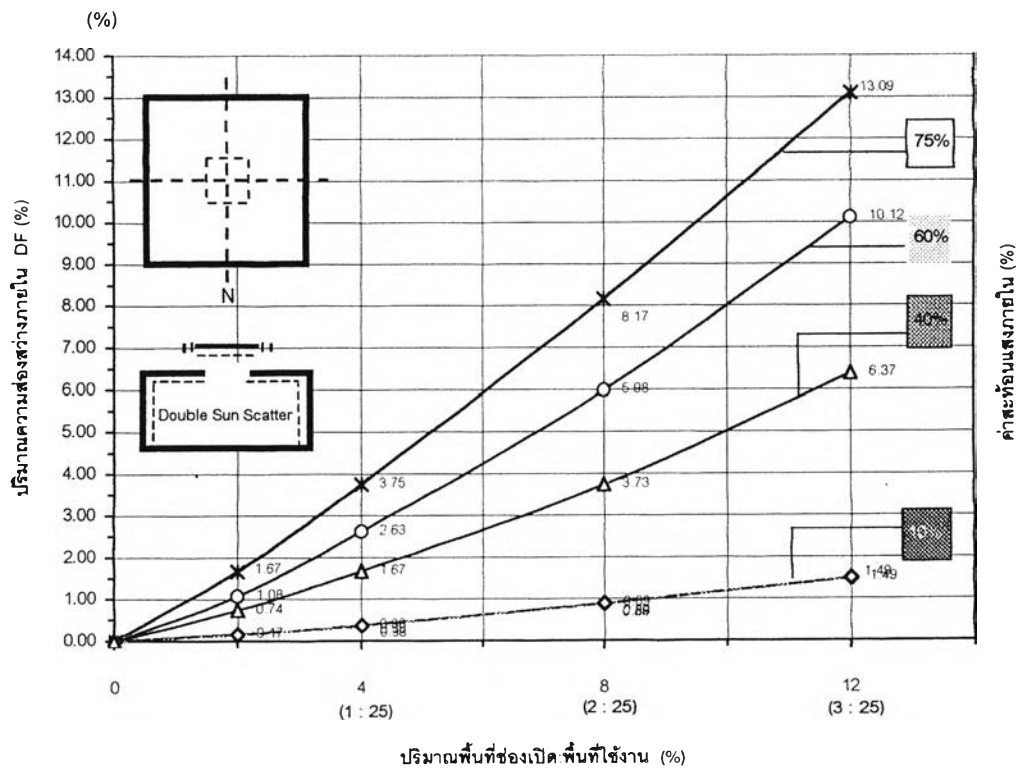
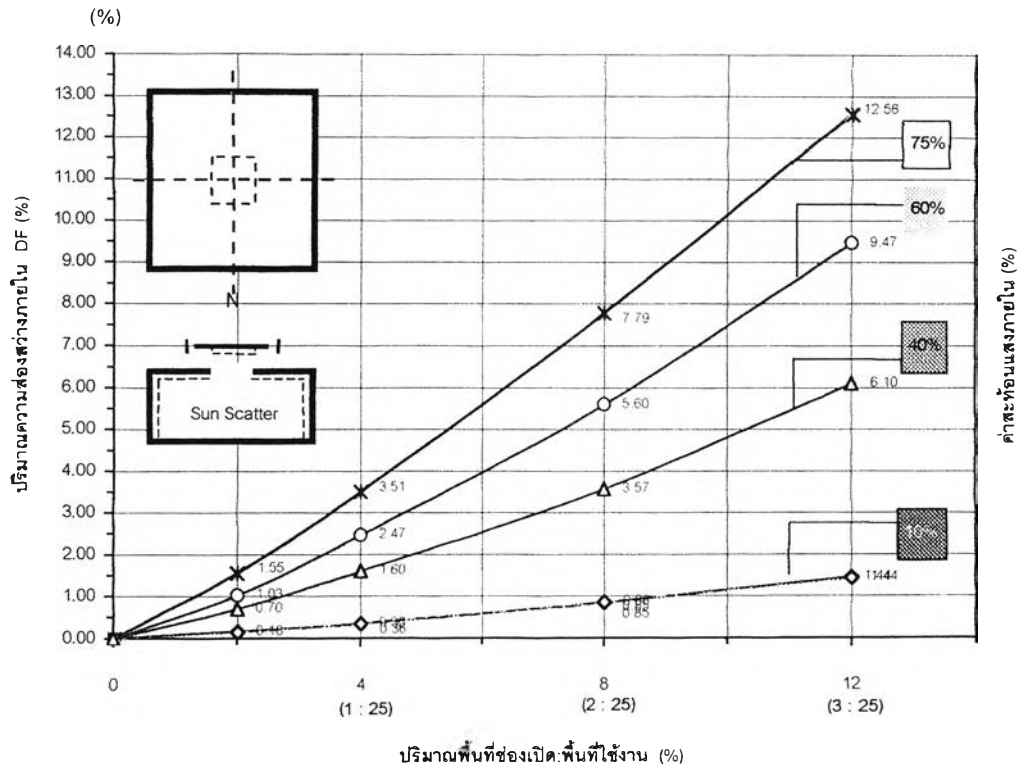
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Overhang จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 2.06 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.24 – 2.06 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Horizontal Blind จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 1.67 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.00 – 1.67 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 2.16 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.38 – 2.16 %
- รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีแผงควบคุมแบบ Double Sun Scatter จะมีระดับความส่องสว่างสูงสุด DF (%) อยู่ที่ตำแหน่งกึ่งกลางห้อง (D4) มีค่าเท่ากับ 2.18 % และมีช่วงความส่องสว่างต่ำสุด – สูงสุด อยู่ที่ 1.32 – 2.18 %

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะการกระจายตัวของแสงและระดับความส่องสว่างภายใน จากข้อมูลข้างต้น พบว่าที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน 1 : 25 ของรูปแบบช่องเปิดที่มีแผงควบคุมทั้ง 4 แบบ ค่าสะท้อนแสงภายในอาคารมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเข้ามาสู่บริเวณพื้นที่ใช้งาน มากกว่าการเปลี่ยนแปลงค่าสะท้อนแสงของ



แผนภูมิที่ 4. 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายใน กับ ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

ณ. ค่าการสะท้อนแสงภายในต่างๆ ของรูปแบบ Overhang และ Horizontal Blind



แผนภูมิที่ 4. 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความส่องสว่างภายใน กับ ขนาดพื้นที่ช่องเปิด

ณ.ค่าการสะท้อนแสงภายในต่างๆ ของรูปแบบ Sun Scatter และ Double Sun Scatter

หลังคาในสัดส่วนที่เท่ากัน กล่าวคือ ถ้าเปลี่ยนค่าสะท้อนแสงของหลังคาเป็น 60% จะให้ค่าความส่องสว่างภายในสูงกว่าการเปลี่ยนค่าสะท้อนแสงภายในเป็น 60% เนื่องจากค่าสะท้อนแสงภายในเป็นตัวแปรเพียงตัวเดียวที่จะนำพาแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านบน ลงมาสู่บริเวณพื้นที่ใช้งานด้านล่าง ในขณะที่ประสิทธิภาพของการสะท้อนแสงของหลังคาลดลงมาอยู่ที่ 60% เช่นเดียวกันนั้น ปริมาณความส่องสว่างที่ได้จากการสะท้อนหลังคาอาจจะลดลง แต่ก็ยังมีปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ ที่ช่วยรวบรวมความส่องสว่างภายนอกเข้ามาสู่ภายในอาคาร เช่น แผงควบคุม ซึ่งยังให้ประสิทธิภาพเต็มที่ ดังนั้น หากพื้นผิวภายในอาคารมีค่าการสะท้อนแสงสูง ก็จะช่วยให้อาคารนำแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านบนลงมายังพื้นที่ใช้งานเพิ่มสูงตามไปด้วย

อย่างไรก็ตามในการออกแบบอาคารจริง หากผู้ออกแบบต้องการเลือกใช้โทนสีของพื้นผิวภายใน เพื่อให้ได้บรรยากาศตามต้องการในการใช้งานที่แตกต่างกันไป และยังคงได้แสงธรรมชาติในระดับที่ต้องการ ผู้ออกแบบสามารถทำได้โดย การปรับเปลี่ยนองค์ประกอบแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อปริมาณแสงภายในอาคาร เช่น ขนาดของพื้นที่ช่องเปิด หรือรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ จึงได้ทำการสรุปและประมวลผลข้อมูลจากองค์ประกอบแวดล้อมต่าง ๆ แสดงความสัมพันธ์ในรูปของแผนภูมิเส้น ระหว่างสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน กับค่าสะท้อนแสงภายในของรูปแบบแผงควบคุมช่องเปิดด้านบนทั้ง 4 แบบ

จากแผนภูมิที่ 4.48 และ 4.53 จะแสดงค่าระดับความส่องสว่างภายใน จากการเลือกใช้องค์ประกอบภายนอก และองค์ประกอบภายใน ตามลำดับ สำหรับการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน โดยผู้ออกแบบสามารถนำไปเป็นแนวทางในการคาดการณ์ระดับความส่องสว่างภายใน ณ จุดกึ่งกลางห้องได้ และหากต้องการทราบค่าระดับความส่องสว่าง ณ จุดอื่น ๆ ภายใน ก็สามารถนำค่าที่ได้ไปเทียบกับแผนภูมิที่แสดงลักษณะการกระจายตัว ก็จะทราบระดับความส่องสว่างภายในและการกระจายตัวของแสงภายในอาคาร ณ ระดับพื้นที่ใช้งาน ในการประยุกต์ใช้กับการออกแบบ ดังนั้นในการออกแบบ ผู้ออกแบบสามารถพิจารณาเลือกแนวทางและรูปแบบของแผงกันแดดที่มีความเหมาะสมตามความต้องการ ทั้งในด้านของการกระจายตัวของแสง และปริมาณความส่องสว่างภายในตามความต้องการใช้งาน

4.2 แนวทางในการพัฒนาการหาค่าความส่องสว่างภายใน

การนำแสงธรรมชาติมาใช้เป็นองค์ประกอบหนึ่งในการออกแบบอาคารมาเป็นเวลานาน แม้ว่าปัจจุบันจะมีแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ เช่น แสงจากหลอดไฟฟ้าประดิษฐ์ เข้ามาแทนที่ แต่คุณภาพของแสงเหล่านี้ก็ยังไม่อาจที่จะเทียบได้กับคุณภาพของแสงจากธรรมชาติ อีกทั้งแสงจากการประดิษฐ์ จะเป็นแสงที่ได้จากแหล่งพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปเป็นส่วนใหญ่ อาจจะทำให้เกิดมลพิษคลื่นสสาร แต่หากเรากลับมาพิจารณาการใช้พลังงานแสงที่ได้จากแสงอาทิตย์ เราจะพบว่าเป็นพลังงานแสงที่สะอาดไม่ก่อให้เกิดมลพิษ และมีให้เราใช้ได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการนำแสงอาทิตย์มาใช้งานในการออกแบบสถาปัตยกรรม เพื่อให้ได้งานสถาปัตยกรรมที่ดีนั้น จำเป็นที่ผู้ออกแบบจะต้องมีความเข้าใจถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ของแสงธรรมชาติอย่างดีเสียก่อน มิเช่นนั้นอาจทำให้เกิดการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารนั้น เป็นการบั่นทอนคุณค่าของงานสถาปัตยกรรมลงก็ได้ เช่นการนำแสงตรง

จากดวงอาทิตย์มาใช้ โดยขาดความเข้าใจที่ดีพอ ก็อาจจะกลับกลายเป็นการเพิ่มภาระการปรับอากาศให้แก่อาคาร จากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ก็ได้เช่นกัน นอกจากนี้ความแตกต่างของแสงธรรมชาติที่ส่องเข้าสู่ภายในอาคาร ตามความแตกต่างของเวลา และสภาพของท้องฟ้าที่เปลี่ยนแปลง จะให้ความรู้สึกและสีสันทึ่สร้างความรู้สึกที่พึงพอใจต่อมนุษย์ กระตุ้นให้มนุษย์เกิดความตื่นตัว และไม่เบื่อหน่าย ดังนั้นการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุด จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงคุณสมบัติต่าง ๆ ของแสงจากธรรมชาติเสียก่อน ซึ่งในส่วนของวิทยานิพนธ์นี้ ได้ทำการศึกษาในส่วนของแสงสว่างจากธรรมชาติ และตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่ตัวอาคาร เพื่อนำมาพัฒนาต่อเนื่องเป็นรูปแบบของกราฟ

การคำนวณหาปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณช่วยให้การหาปริมาณความส่องสว่างภายในสามารถที่จะนำเอาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้ ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์แสงธรรมชาติ แต่การใช้งานมักจะถูกจำกัดการใช้งานอยู่อย่างจำกัด เฉพาะกลุ่มบุคคลที่มีความเชี่ยวชาญทางคณิตศาสตร์เป็นหลัก บุคคลที่ไม่มีทักษะทางคณิตศาสตร์ที่เพียงพอ ซึ่งเป็นกลุ่มคนกลุ่มใหญ่ ไม่สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้งานได้ โดยเฉพาะสถาปนิก หรือวิศวกรที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงมุ่งเน้นการพัฒนาในรูปแบบของการหาค่าความส่องสว่างภายใน ของรูปแบบการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน โดยเริ่มจากการศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อปริมาณความส่องสว่างภายใน ดังที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้ในหัวข้อ 4.1 จากหัวข้อดังกล่าว ได้ทำการสรุปผลและแสดงผลของการวิเคราะห์ในรูปแบบของกราฟ ในแต่ละตัวแปรที่ทำการศึกษา ซึ่งผู้ออกแบบสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติภายในอาคาร ณ ระดับพื้นที่ใช้งานได้ในเบื้องต้น อย่างไรก็ตามเพื่อความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งผู้ใช้งานไม่ต้องใช้กราฟจำนวนมากในการเปิดหาค่าที่ต้องการ โดยนำผลสรุปที่ได้มาจัดเรียงในรูปแบบของ Monograph ซึ่งกราฟที่สามารถแสดงผลได้ในหลาย ๆ ตัวแปร โดยมีแกนอ่านค่าหลาย ๆ แกน ตามตัวแปรที่มีและสามารถอ่านผลต่อเนื่องกันไปเป็นทอด ๆ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนา Monograph ดังนี้

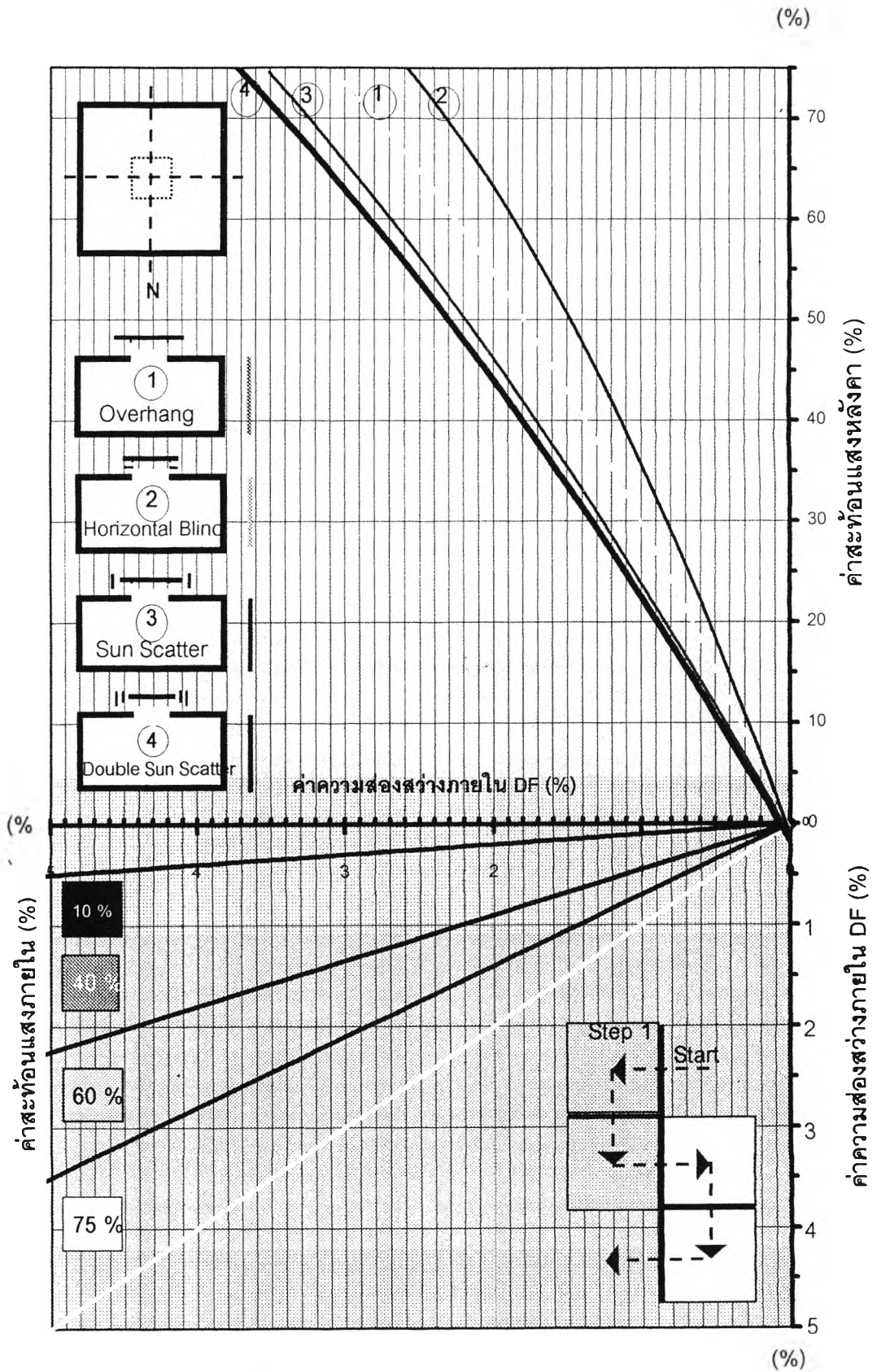
ขั้นตอนที่ 1 นำผลที่ได้จากการทดสอบและวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.1 มาหาความสัมพันธ์และแสดงผลในรูปแบบกราฟ

ขั้นตอนที่ 2 นำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์ในรูปแบบของสมการ เพื่อหาแนวโน้มของรูปแบบตัวแปรแต่ละตัว ว่ามีผลต่อปริมาณความส่องสว่างภายในอย่างไรบ้าง โดยอาศัยฟังก์ชันของโปรแกรม Excel 7.0 หมวด Addtendline เป็นตัววิเคราะห์แนวโน้มของสมการและกราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร

ขั้นตอนที่ 3 นำกราฟความสัมพันธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มารวมกันในรูปแบบของ Monograph โดยใช้ส่วนที่มีตัวแปรรวมกันนำมาต่อกัน เพื่อความสะดวกในการหาค่าความส่องสว่างภายในที่ต้องการ จึงได้แบ่งขั้นตอนการอ่าน Monograph ออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

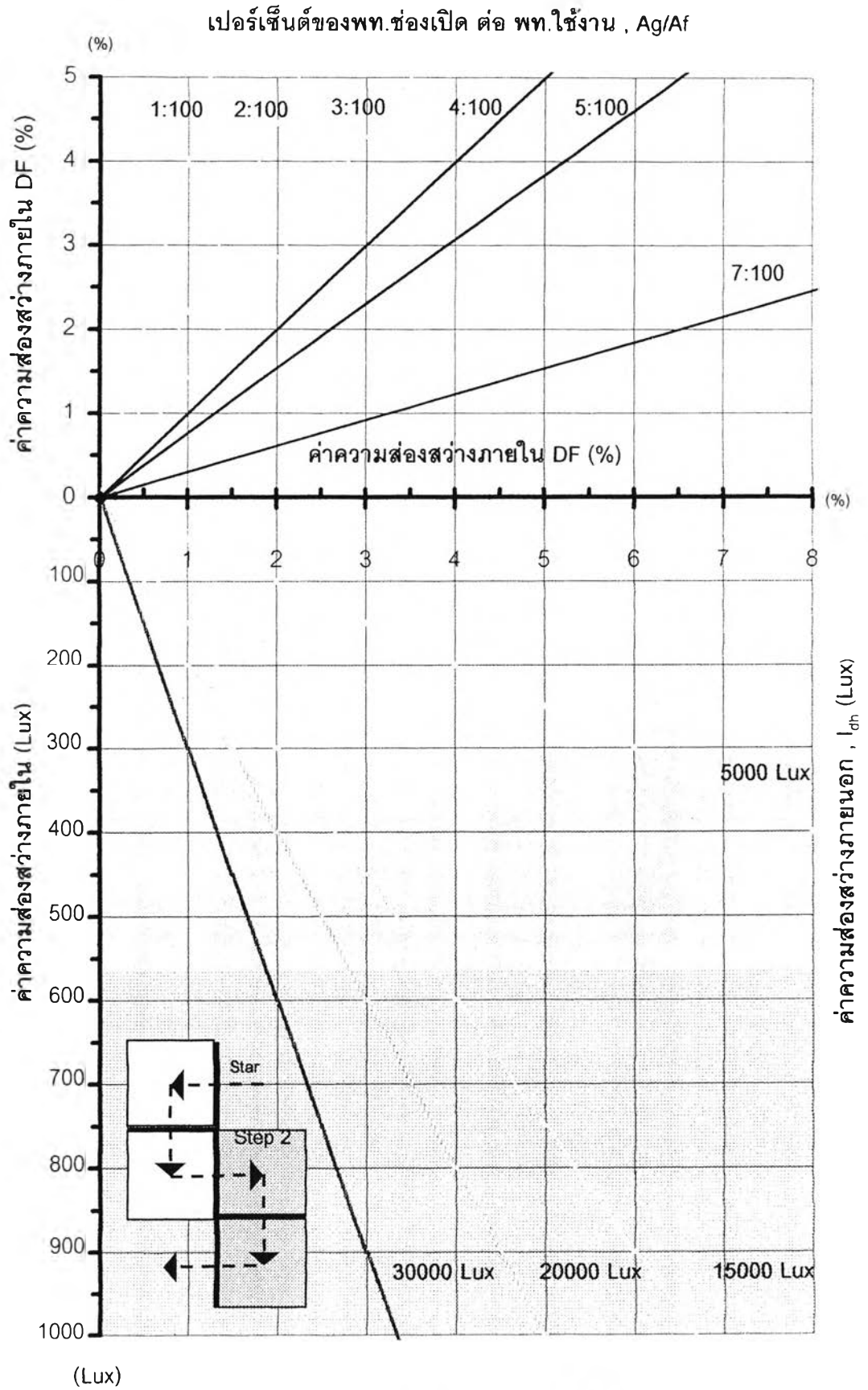
STEP 1 : แสดงความสัมพันธ์ของรูปแบบแผงควบคุม-ค่าสะท้อนแสงหลังคา-ค่าสะท้อนแสงภายใน

STEP 2 : แสดงความสัมพันธ์ของสัดส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน-ปริมาณความส่องสว่างของรังสีกระจายภายนอก



แผนภูมิที่ 4. 50 Monograph แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณความส่องสว่างภายใน - ค่าสะท้อนแสงหลังคา - ค่าสะท้อนแสงภายใน



แผนภูมิที่ 4. 51 Monograph แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณความส่องสว่างภายใน - ขนาดพื้นที่ช่องเปิด - ปริมาณความส่องสว่างภายนอก

ผู้ใช้งานโดยทั่วไป ไม่จำเป็นจะต้องมีความเข้าใจในการคำนวณอย่างลึกซึ้ง เพียงแค่ทราบถึงข้อมูลเบื้องต้นก็สามารถหาผลลัพธ์ที่ต้องการ เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์หรือช่วยในการออกแบบได้ทันที

อย่างไรก็ตามจากการหาค่าความส่องสว่างภายในของแต่ละรูปแบบ พบว่ามีความความผิดพลาดของผลลัพธ์ที่ใช้คาดการณ์ค่าความส่องสว่างภายในอยู่ในช่วงไม่สูงมากนัก เมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของช่วงข้อมูลที่วัดได้ อย่างไรก็ตามความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจมีสาเหตุมาจาก

1. ช่วงเวลาที่ทำการวัดกับการหาค่ามาตรฐานของมุมอะติจูดของดวงอาทิตย์คลาดเคลื่อนกัน
2. สภาพท้องฟ้าที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วงของท้องฟ้าแบบ Partly Cloudy Sky จนถึง Clear Sky โดยขาดการวัดผลในช่วงท้องฟ้าแบบ Cloudy Sky อันเนื่องมาจากระยะเวลาที่ทำการทดสอบอยู่ในช่วงฤดูหนาว ฤดูร้อน และช่วงวันที่ทำการทดสอบมีจำกัด
3. เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลอาจมีความผิดพลาด เช่น ระบายที่วัด หรือตัว Sensor ที่ใช้อ่านค่ามีความคลาดเคลื่อน ซึ่งอยู่ในช่วงของความคลาดเคลื่อนของอุปกรณ์

ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมานี้ คือข้อจำกัดในการใช้ Monograph ของการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดที่เกิดจากขอบเขตของการวิจัยอีกด้วย กล่าวคือ Monograph ที่ได้จะสามารถใช้กับพื้นที่ห้องรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีสัดส่วน ความสูง : ความกว้าง ของห้องเป็น 1 : 2

4.3 การใช้โมโนกราฟ (Monograph)

จากการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน มีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการคาดการณ์ปริมาณความส่องสว่างภายใน และทราบรูปแบบการกระจายตัวของแสงธรรมชาติ จากช่องเปิดด้านบนผ่านแผงควบคุม โดยผู้ออกแบบอาคาร สถาปนิก และวิศวกรสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติกับอาคาร ในขั้นตอนการออกแบบเบื้องต้น (Schematic Design) หรือในขั้นตอนการปรับปรุงการออกแบบ (Design Development) การใช้เทคนิคการออกแบบในรูปแบบของ Monograph เพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน จะมีความง่ายและสะดวกกว่าการใช้วิธีการคำนวณ และสามารถให้ผลลัพธ์ได้เร็วกว่าการใช้วิธีการคำนวณ โดยอาศัยหลักของเรขาคณิต หรือการทดลองวัดผลจากหุ่นจำลอง โดยมีขั้นตอนในการใช้ Monograph ดังนี้

เมื่อผู้ออกแบบต้องการออกแบบอาคาร ที่มีความต้องการใช้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบนในลักษณะที่มีการใช้แผงควบคุม จากนั้นผู้ออกแบบก็กำหนดโจทย์ เพื่อเป็นข้อมูลหรือรายละเอียดในการออกแบบ เช่น กำหนดรูปแบบของแผงควบคุม (Fenestration Controls) ที่จะใช้ในการออกแบบค่าสะท้อนแสงของผนัง ดังตัวอย่าง

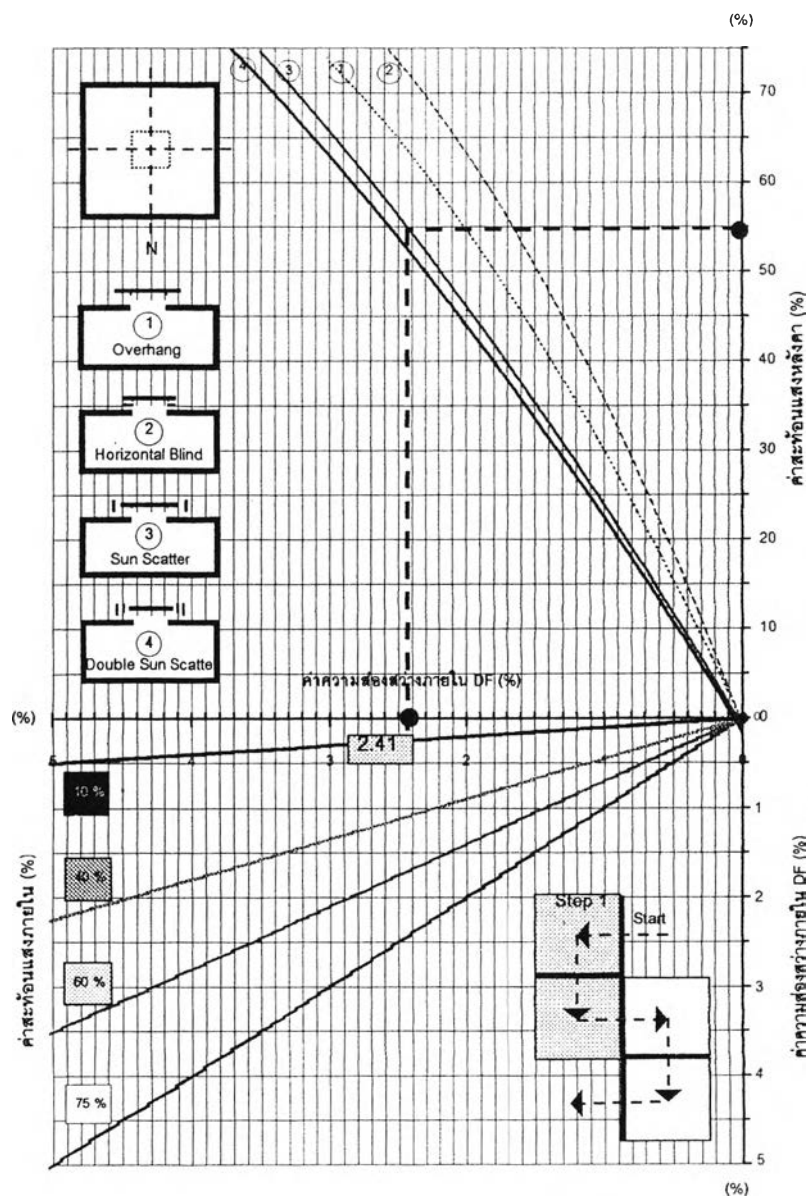
ตัวอย่าง : เมื่อผู้ออกแบบต้องการทราบค่าความส่องสว่างภายในของอาคารสำนักงาน ที่มีภานำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในจากทางด้านบน โดยใช้แผงควบคุมรูปแบบ Sun Scatter เข้าสู่บริเวณพื้นที่ใช้งานภายใน โดยมีลักษณะของพื้นที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมค้อนข้างจัตุรัส และมีสัดส่วนความสูง : ความกว้าง ของพื้นที่ = 1 : 2 โดยประมาณ เมื่ออาคารมีหลังคาสี่เหลี่ยม มีค่าสะท้อนแสงของหลังคาเท่ากับ 55% และสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งานของอาคารเท่ากับ 1 : 25 โดยมีขั้นตอนในการใช้งาน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 หาข้อมูลจากอาคาร เพื่อนำไปหาค่าความส่องสว่างดังนี้

รูปแบบแผงควบคุม : แบบ Sun Scatter

ค่าสะท้อนแสงหลังคา : 55 %

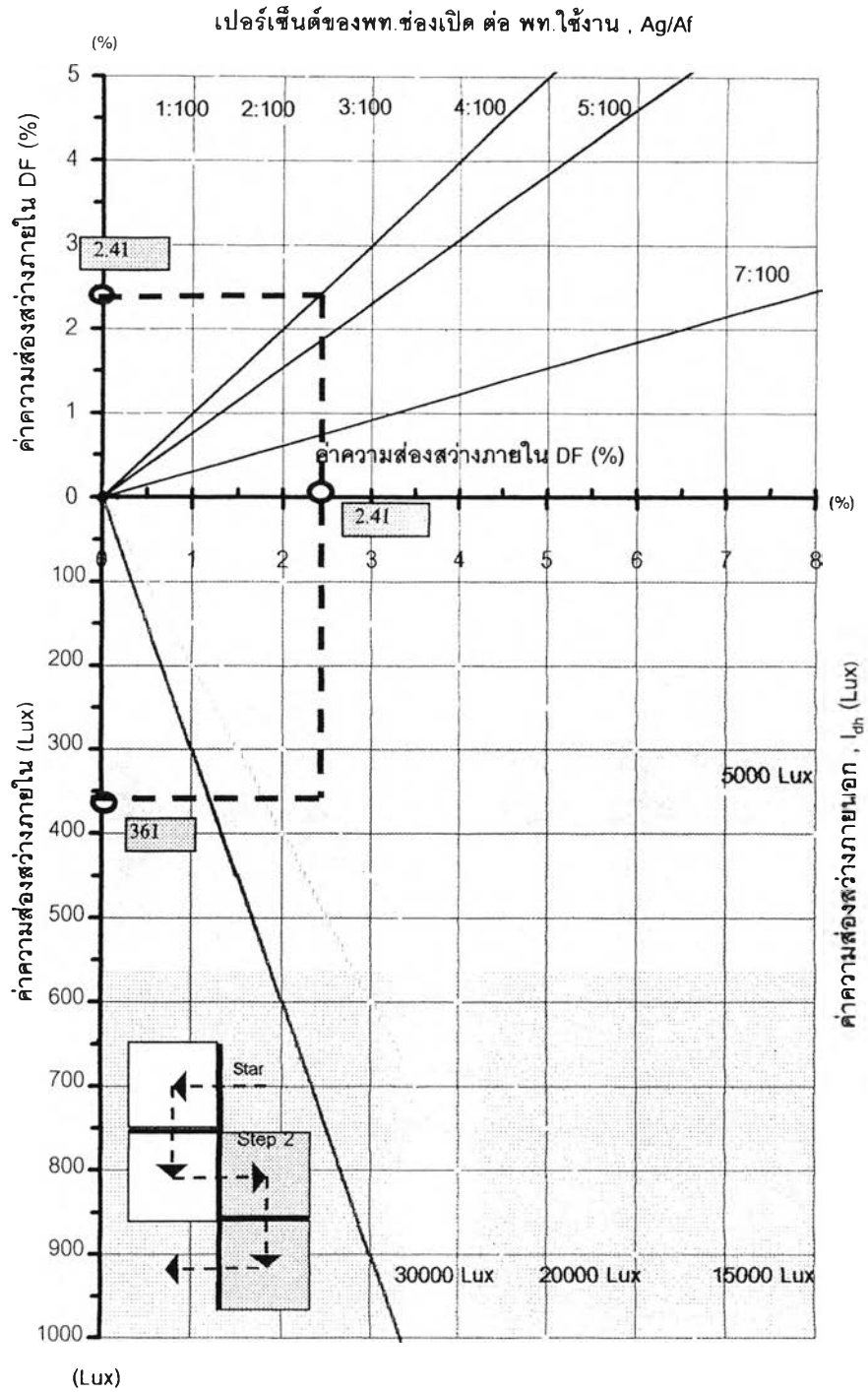
ขั้นตอนที่ 2 นำข้อมูลที่ได้อไป Plot ใน Monograph STEP1 (แผนภูมิที่ 4.50) เพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน (ดังรูป) จะได้อค่าความส่องสว่างภายใน ในรูปของ DF (%) = 2.41 %



รูปที่ 4.11 แสดงขั้นตอนการ Plot หาค่าความส่องสว่างภายใน DF (%) จาก Monograph Step 1

ขั้นตอนที่ 3

นำค่า DF (%) ที่ได้ คือ 2.41 ไป Plot ต่อใน Monograph STEP2 (แผนภูมิที่) โดยเริ่มจากค่า DF (%) ที่ได้จาก STEP1 ลากไปบรรจบกับแนวเส้นกราฟของที่แสดงสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน = 1 : 25 (ดังรูป) จะสามารถทราบค่า DF (%) ที่เกิดขึ้น ณ บริเวณพื้นที่ใช้งาน คือ เท่ากับ 2.41 %



รูปที่ 4.12 แสดงขั้นตอนการ Plot หาค่าความส่องสว่างภายใน DF (%) จาก Monograph Step 2

จากนั้นหากต้องการทราบค่าความส่องสว่างภายใน ในรูปของ Lux Scale ณ เวลาใด ๆ ก็สามารถ Plot ค่าต่อมาจาก Monograph STEP2 หากค่าความส่องสว่างภายนอกของรังสีกระจายจากท้องฟ้า ณ ช่วงเวลาที่พิจารณาอยู่ในช่วงประมาณ 15,000 ลักซ์ ความส่องสว่างภายใน ณ พื้นที่ใช้งานเท่ากับ 361 ลักซ์ (ดังรูป)

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับความส่องสว่างภายใน ถ้าพิจารณาตามมาตรฐานของ IESNA (ภาคผนวก ฉ.) จะได้ว่า

มาตรฐานค่าระดับความส่องสว่างภายในของสำนักงาน =	300	ลักซ์
ค่าระดับความส่องสว่างภายในที่ได้ =	361	ลักซ์

ดังนั้นผู้ออกแบบจะทราบว่า ปริมาณความส่องสว่างของอาคารสำนักงานดังกล่าวที่คาดการณ์ได้จาก Monograph มีค่าความส่องสว่างต่ำกว่ามาตรฐานของ IESNA 61 ลักซ์ ดังนั้นผู้ออกแบบสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการพิจารณา เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบต่อไป เช่น การพิจารณาลดขนาดของพื้นที่ช่องเปิด หรือ การลดค่าสะท้อนแสงภายในอาคาร เป็นต้น แล้วนำแนวทางที่ได้กลับมาหาความส่องสว่างภายในอีกตามขั้นตอนข้างต้น จนได้ค่าความส่องสว่างตามที่ต้องการ

ค่าปริมาณความส่องสว่างภายในที่คาดการณ์ได้จากการใช้โมโนกราฟ สามารถนำมาประเมินช่วงความแปรปรวนของปริมาณความส่องสว่างต่ำสุด - สูงสุด ในช่วงวันได้จากแผนภูมิที่ 3.36 หน้า 135, แสดงปริมาณความส่องสว่างตั้งแต่เวลา 8 โมงเช้าถึง 4 โมงเย็น

จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนและวิธีการใช้เทคนิคการออกแบบในรูปของ Monograph มีขั้นตอนและวิธีการใช้ที่ไม่น่าซับซ้อน และไม่สิ้นเปลือง ใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ คือ ค่าความส่องสว่างภายในที่ต้องการ นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังสามารถประยุกต์ใช้ได้หลากหลายหลายแนวทาง เช่น ถ้าผู้ออกแบบต้องการทราบค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนของหลังคาที่เหมาะสมกับอาคาร ผู้ออกแบบก็สามารถเริ่มพิจารณาจากค่ามาตรฐานความส่องสว่างที่ต้องการ แล้วหาย้อนกลับมาที่ค่าการสะท้อนได้

4.4 การหาค่าความส่องสว่างภายในตลอดปี

จากการหาค่าความส่องสว่างภายในจาก Monograph ค่าความส่องสว่างเบื้องต้นที่ได้ จะอยู่ในรูปของ DF (%) และมีข้อจำกัดของการใช้ Monograph อยู่ที่ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ เพื่อพัฒนาเทคนิคการออกแบบเพื่อคาดการณ์ความส่องสว่างภายใน ในรูปของ Monograph ทำการทดสอบเฉพาะในช่วงเวลา 12.00 น. ดังนั้นหากผู้ออกแบบนำไปพิจารณาในช่วงเวลาอื่น ๆ ของวัน อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ อย่างไรก็ตามผู้ออกแบบสามารถนำผลที่ได้ไปพิจารณาควบคู่ไปกับรูปแบบการกระจายแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา (ภาคผนวก จ.) เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาตามช่วงเวลาที่ต้องการใช้งานต่อไป

นอกจากนี้ยังสามารถนำค่าที่คาดการณ์ได้จาก Monograph ไปประยุกต์ใช้ในการหาค่าความส่องสว่างตลอดปี ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ ที่ต้องการได้ เนื่องจากค่าความส่องสว่างภายในที่ได้จาก Monograph เป็นต้น อยู่ในรูปของ DF (%) ดังนั้นหากผู้ออกแบบสามารถทราบค่าความส่องสว่างของรังสีกระจายภายนอก (Horizontal Illumination in Shade หรือ I_{dh}) ตลอดปี ก็จะสามารถหาค่าความส่องสว่างภายในตลอดปีได้จากสมการ

$$E_{in} = DF_{hz} (I_{dh} / 100) \dots\dots\dots(4.1)$$

โดยที่ E_{in} = ค่าความส่องสว่างภายใน (lux)

DF_{hz} = ค่า Daylight Factor ของความส่องสว่างภายในรูปแบบต่าง ๆ

I_{dh} = ค่าความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบ ไม่รวมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

จากสมการที่ 4.1 สามารถหา I_{dh} โดยอาศัยข้อมูลของค่ารังสีกระจายของท้องฟ้าในระนาบนอน เฉลี่ย 10 ปีของกรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้แทนค่าในสมการ (ที่มา : ทศพร นามเทพ, วิทยานิพนธ์, 2542. (เอกสารยังไม่ตีพิมพ์))

$$I_{dh} = 7221.54 + (62.27 * G.rad) - (0.03 * G.rad^2) - (4557.82 * 1/Sky Ratio) + (0.72 * Alt^2) \dots\dots(4.2)$$

โดยที่ I_{dh} = Horizontal Illumination, in shaded (lux)

G.rad = Global Horizontal Radiation (watt/sqm)

Sky Ratio = Diffuse Radiation_{raw data}/Global Radiation_{raw data} (watt/sqm)





Alt = Solar Altitude Angle (degree)

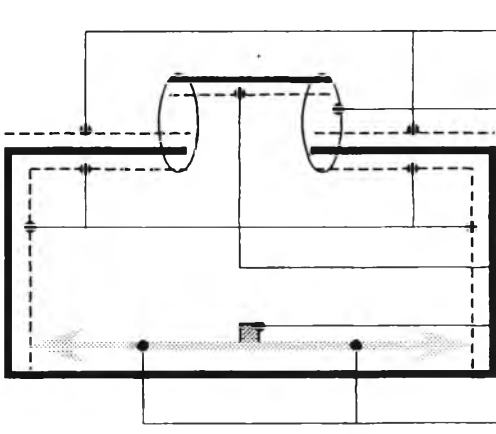
จากสมการที่ 4.2 ก็จะทราบค่าความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบ ไม่รวมรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Horizontal Illumination in Shade) ได้ตลอดทั้งปี นำค่า I_{dh} มาแทนในสมการที่ 4.1 จะสามารถคาดการณ์ค่า Daylight Factor ของรูปแบบ Fenestration Controls ต่าง ๆ ได้ตลอดทั้งปี

ค่าที่ได้จากสมการจะได้ค่าความส่องสว่างภายใน เป็นหน่วย ลักซ์ ผู้ออกแบบสามารถนำไปพิจารณาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานความส่องสว่างภายใน (ภาคผนวก ฉ.) เพื่อพิจารณาปรับปรุงแนวทางการออกแบบการให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบนให้ได้ปริมาณความส่องสว่างตามต้องการต่อไป

จากแผนภูมิโมโนกราฟ สามารถสรุปความสัมพันธ์ขององค์ประกอบต่างๆ แสดงผลในรูปของค่า DF(%) ตามตารางที่ 4.1-4.3 ในบริเวณช่องที่แรเงา เป็นค่าที่ต่ำกว่า 0.15 % DF จะเห็นได้ว่าค่าส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงที่มีค่าสะท้อนแสงหลังคาหรือค่าสะท้อนแสงภายในต่ำไม่เพียงพอต่อการใช้งาน(ตารางที่ 2.3) แต่อาจสามารถใช้ได้กับกิจกรรมบางประเภท เช่น บริเวณทางเดินหรือห้องเก็บของ ดังนั้นในการเลือกใช้องค์ประกอบต่างๆ ในการออกแบบอาคารจึงควรเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า DF(%) ในการเลือกใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน เท่ากับ 1 : 25 ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ

Type	Roof Reflectance (%)	Interior Reflectance (%)			
		10	40	60	75
 Overhang	10	0.03	0.15	0.20	0.30
	40	0.15	0.60	0.90	1.85
	60	0.21	1.00	1.60	2.25
	75	0.30	1.40	2.15	3.10
 Horizontal Blind	10	0.03	0.15	0.20	0.25
	40	0.15	0.50	0.80	1.15
	60	0.20	0.80	1.30	1.80
	75	0.25	1.15	1.80	2.60
 Sun Scatter	10	0.05	0.18	0.25	0.40
	40	0.17	0.75	1.20	1.68
	60	0.25	1.20	1.85	2.65
	75	0.38	1.60	2.45	3.55
 Double Sun Scatter	10	0.05	0.20	0.30	0.45
	40	0.18	0.78	1.25	1.78
	60	0.26	1.30	2.00	2.80
	75	0.40	1.70	2.60	3.75



พื้นที่ผิวสะท้อนของหลังคา (Roof Reflection Area)

พื้นที่ช่องเปิด (Top Aperture Area)





พื้นที่ผิวสะท้อนภายใน (Interior Reflection Area)

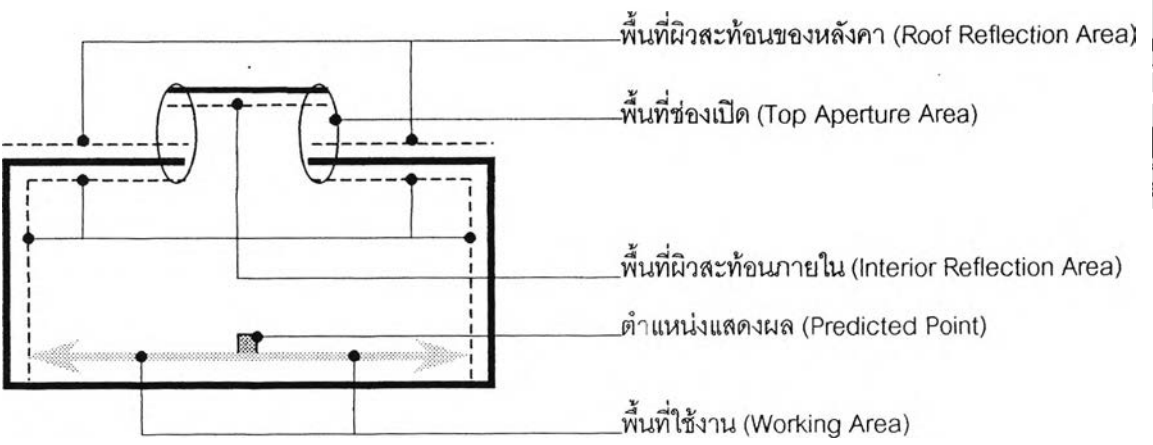
ตำแหน่งแสดงผล (Predicted Point)

พื้นที่ใช้งาน (Working Area)

ภาพประกอบแสดงตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ





ตารางที่ 4.2 แสดงค่า DF(%) ในการเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบต่าง ๆ ที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน เท่ากับ 2 : 25 ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ

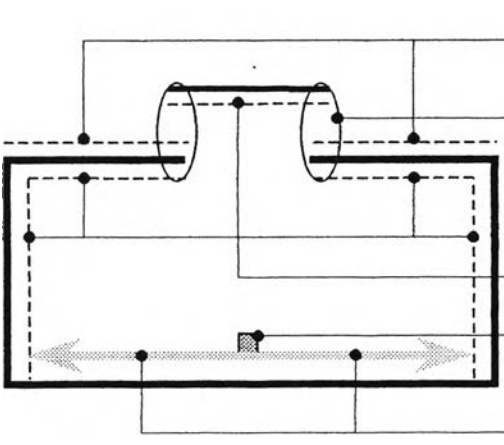
Type	Roof Reflectance (%)	Interior Reflectance (%)			
		10	40	60	75
 Overhang	10	0.07	0.35	0.46	0.69
	40	0.35	1.38	2.07	4.26
	60	0.48	2.30	3.68	5.18
	75	0.69	3.22	4.95	7.13
 Horizontal Blind	10	0.07	0.35	0.46	0.58
	40	0.35	1.15	1.84	2.65
	60	0.46	1.84	2.99	4.14
	75	0.58	2.65	4.14	5.98
 Sun Scatter	10	0.12	0.41	0.58	0.92
	40	0.39	1.73	2.76	3.86
	60	0.58	2.76	4.26	6.10
	75	0.87	3.68	5.64	8.17
 Double Sun Scatter	10	0.12	0.46	0.69	1.04
	40	0.41	1.79	2.88	4.09
	60	0.60	2.99	4.60	6.44
	75	0.92	3.91	5.98	8.63



ภาพประกอบแสดงตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า DF(%) ในการเลือกใช้องค์ประกอบต่าง ๆ ที่ขนาดพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ใช้งาน เท่ากับ 3 : 25 ของรูปแบบช่องเปิดด้านบนต่าง ๆ

Type	Roof Reflectance (%)	Interior Reflectance (%)			
		10	40	60	75
 Overhang	10	0.12	0.58	0.77	1.16
	40	0.58	2.31	3.47	7.12
	60	0.81	3.85	6.16	8.66
	75	1.16	5.39	8.28	11.94
 Horizontal Blind	10	0.12	0.58	0.77	0.96
	40	0.58	1.93	3.08	4.43
	60	0.77	3.08	5.01	6.93
	75	0.96	4.43	6.93	10.01
 Sun Scatter	10	0.19	0.69	0.96	1.54
	40	0.65	2.89	4.62	6.47
	60	0.96	4.62	7.12	10.20
	75	1.46	6.16	9.43	13.67
 Double Sun Scatter	10	0.19	0.77	1.16	1.73
	40	0.69	3.00	4.81	6.85
	60	1.00	5.01	7.70	10.78
	75	1.54	6.55	10.01	14.44



พื้นที่ผิวสะท้อนของหลังคา (Roof Reflection Area)

พื้นที่ช่องเปิด (Top Aperture Area)

พื้นที่ผิวสะท้อนภายใน (Interior Reflection Area)

ตำแหน่งแสดงผล (Predicted Point)

พื้นที่ใช้งาน (Working Area)

ภาพประกอบแสดงตำแหน่งขององค์ประกอบต่าง ๆ