บทที่ 3

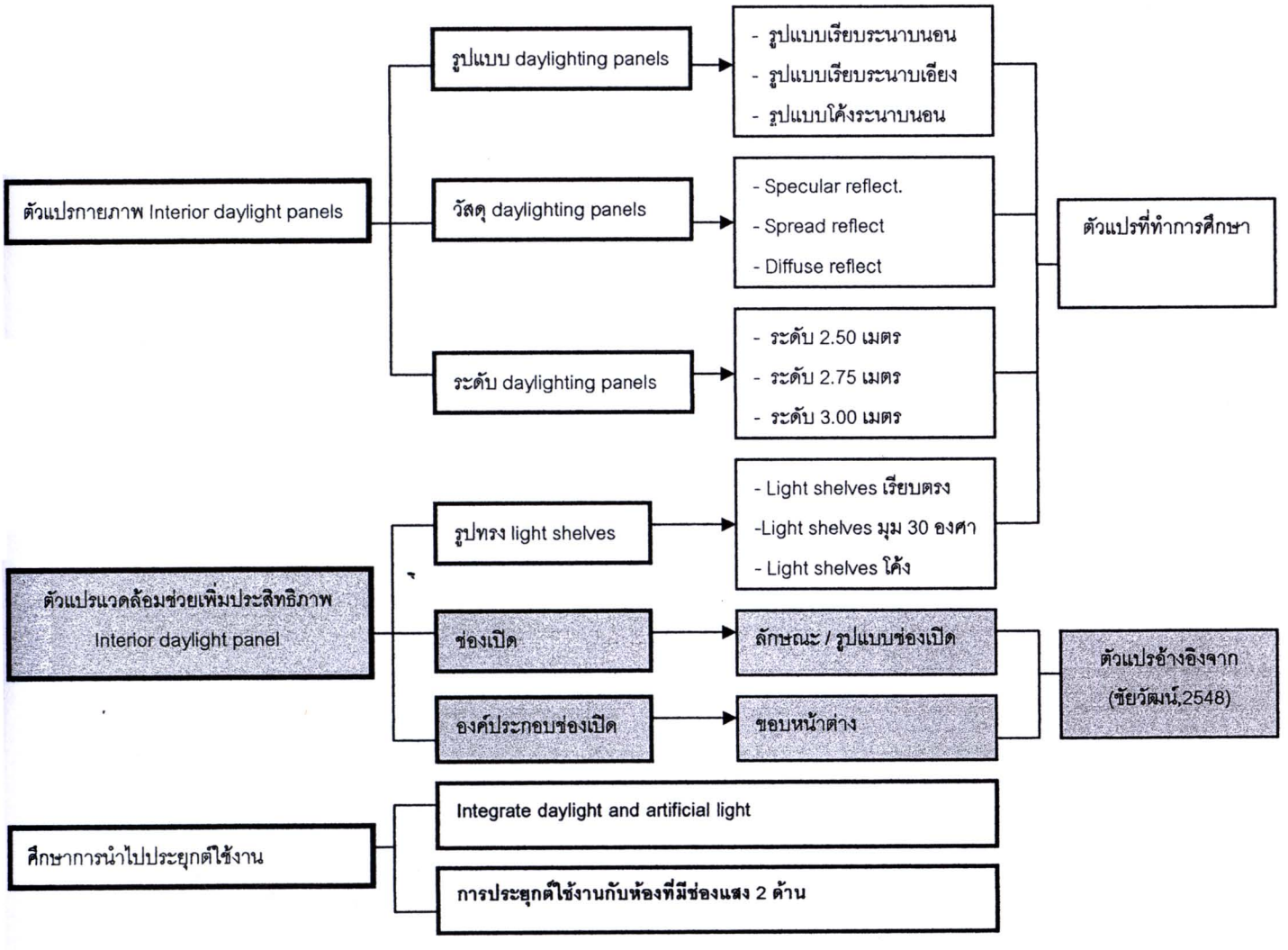
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ตัวแปรในการศึกษา

แนวคิดของวิจัยต้องการศึกษาการเสริมประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคารด้วยแผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานภายในอาคาร(interior daylighting panels) ผ่านทางช่องเปิดด้านข้างของอาคารในแนวทิศเหนือ-ใต้ของอาคารสำนักงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานจากแสงประดิษฐ์จากการใช้ ระบบหิ้งสะท้อนแสงเพียงอย่างเดียว โดยจากการศึกษากรณีศึกษาและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องพบว่าตัวแปรที่เกี่ยวข้องและมีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของ interior daylighting panels นั้นแบ่งได้เป็น 2 ส่วนคือ

1. **ตัวแปรกายภาพของ** interior daylighting panels
2. **ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพ**

สำหรับในการทดลองเปรียบเทียบตัวแปรนั้นศึกษาในส่วนของปัจจัยกายภาพของ Interior daylighting panels เป็นหลัก ในส่วนของตัวแปรแวดล้อมเรื่องช่องเปิดและองค์ประกอบช่องเปิดจะอ้างอิงจากผลการศึกษาของชัยวัฒน์ มุติศานต์ เรื่อง " ปัจจัยกายภาพของหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้าในอาคาร " เพื่อนำรูปแบบของตัวแปรแวดล้อมแต่ละตัวแปรที่มีประสิทธิภาพที่สุดมาเป็น base case ของการทดลอง โดยจะสามารถจำแนกรายละเอียดของการศึกษาทดลองได้ดังนี้



แผนภูมิที่ 3.1 แสดงการแจกแจงตัวแปรที่ทำการศึกษา

3.1.1 **ตัวแปรกายภาพของ** Interior daylighting panels ที่มีผลต่อการศึกษาประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ตัวแปรกายภาพอิสระ จากการทบทวนวรรณกรรมสามารถแบ่งออกเป็น 3 ตัวแปรดังนี้

1. **การศึกษารูปแบบของ** Interior daylighting panels เพื่อศึกษาตัวแปรทางด้านรูปแบบ/รูปทรงกับประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามา โดยกำหนดรูปแบบที่ศึกษาเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) รูปแบบเรียบระนาบนอน

2) รูปแบบเรียบระนาบเอียง

3) รูปแบบโค้งระนาบนอน

2. **การศึกษาพื้นผิววัสดุของ** Interior daylighting panels เพื่อศึกษารูปแบบการสะท้อนของวัสดุ/surface ที่มีค่าการสะท้อนแสงแตกต่างกันกับประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามา โดยกำหนดรูปแบบของวัสดุ/surface ที่ศึกษาเป็น 3 รูปแบบ คือ

1) พื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงแบบ specular reflection

2) พื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงแบบ spread reflection

3) พื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงแบบ diffuse reflection

โดยพิจารณาเลือกใช้วัสดุในการทดลองที่มีค่าการสะท้อนแสงตามตัวแปรที่ศึกษา(ดูภาคผนวก ค. ประกอบ) ดังนี้

- การสะท้อนแสงแบบ specular reflection ศึกษาแทนด้วยสติกเกอร์สีมันวาวที่มีค่าการสะท้อนแสง 97.31 %

- การสะท้อนแสงแบบ spread reflection ศึกษาแทนด้วยแผ่นพีวีซีสีขาวกึ่งมันที่มีค่าการสะท้อนแสง 86.20 %

- การสะท้อนแสงแบบ diffuse reflection ศึกษาแทนด้วยผ้าเลนิน (linin) สีขาว ที่มีค่าการสะท้อนแสง 65.92 %

3. **การศึกษาระดับของ** Interior daylighting panels เพื่อศึกษาตัวแปรด้านความสูงในการติดตั้งกับประสิทธิภาพในการเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามา โดยกำหนดระดับของการติดตั้งเป็น 3 ระดับ คือ

1) ติดตั้งที่ระดับ 2.50 เมตร (ระดับเสมอขอบบนของหน้าต่างส่วนบน)

2) ติดตั้งที่ระดับ 2.75 เมตร (ระดับระหว่างขอบหน้าต่างส่วนบนกับฝ้าเพดาน)

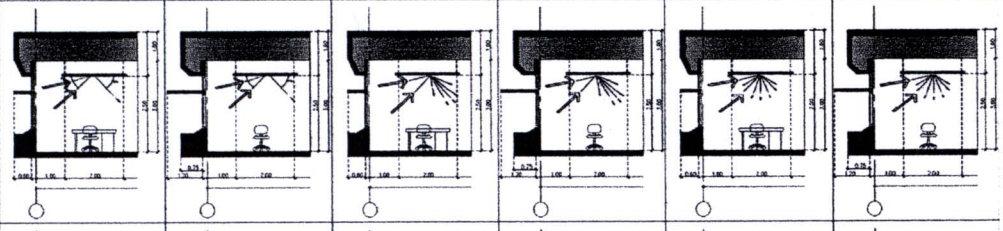
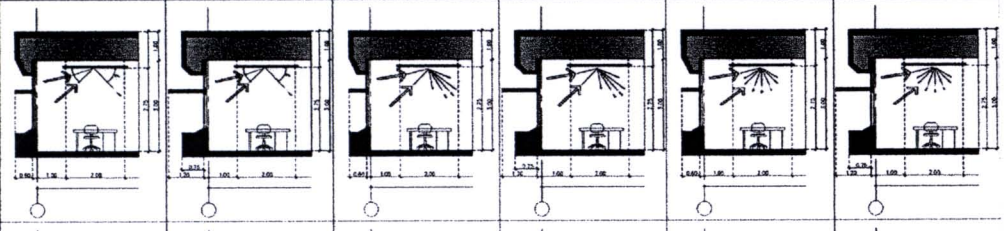
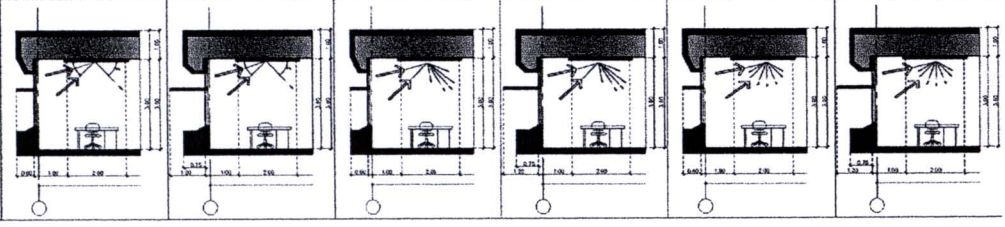
3) ติดตั้งที่ระดับ 3.00 เมตร (ระดับเสมอฝ้าเพดาน)

ตัวแปรกายภาพควบคุม

4. **ขนาดของ** Interior daylighting panels อ้างอิงจากระยะห่างของการจัดวางแถวดวงโคม (layout the luminaire) ที่เหมาะสมกับการใช้งานในการกำหนดขนาด Interior daylighting panels

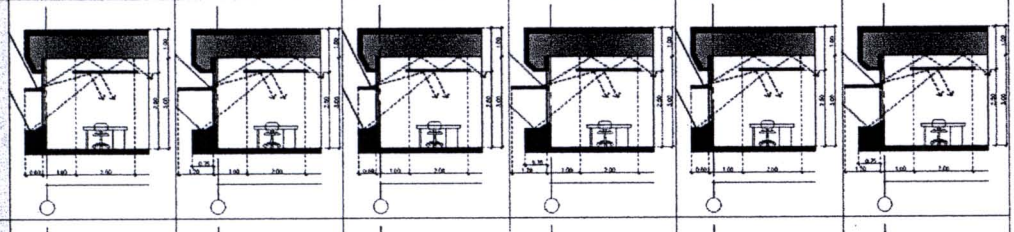
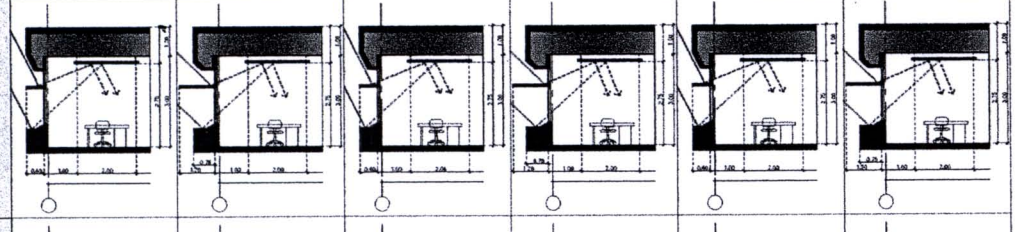
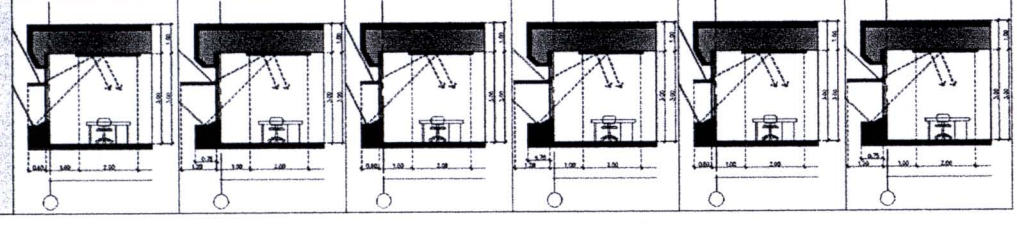
ตารางที่ 3.1 แสดงตัวแปรด้านวัสดุและระดับของ daylighting panels

รูปแบบที่ 1 (เรียบระนาบนอน) 36 การทดลอง

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular Reflect.		Spread Reflect.		Diffuse Reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

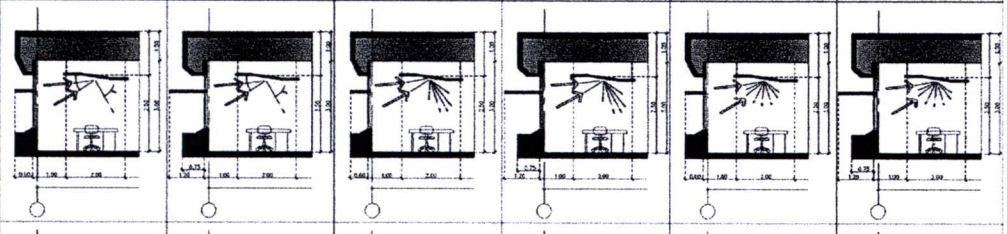
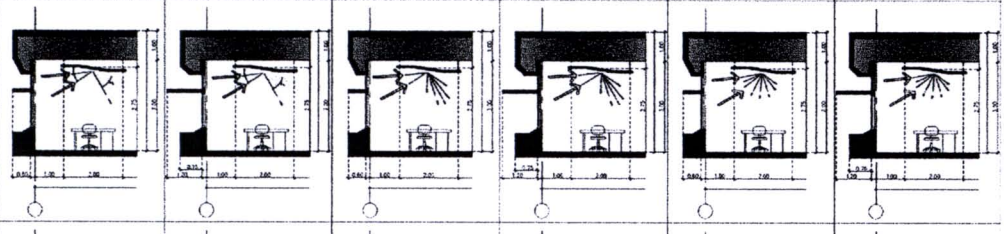
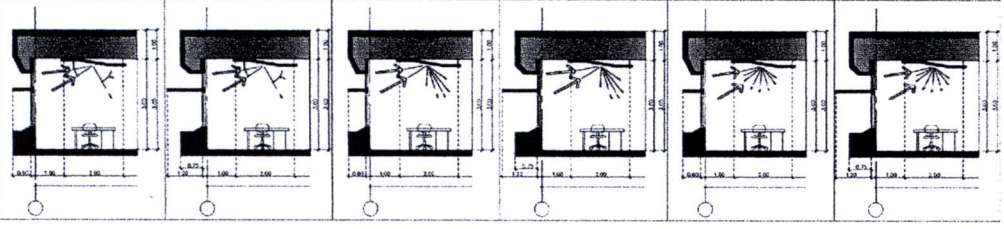
ตารางที่ 3.2 Diagram แสดงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ของ interior daylighting panels เรียบระนาบนอน

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular reflect.		Spread reflect.		Diffuse reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

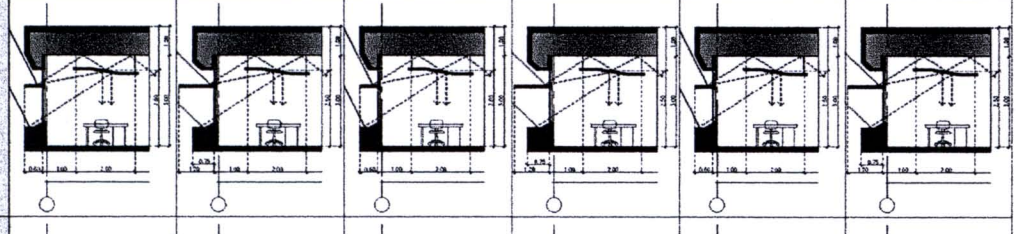
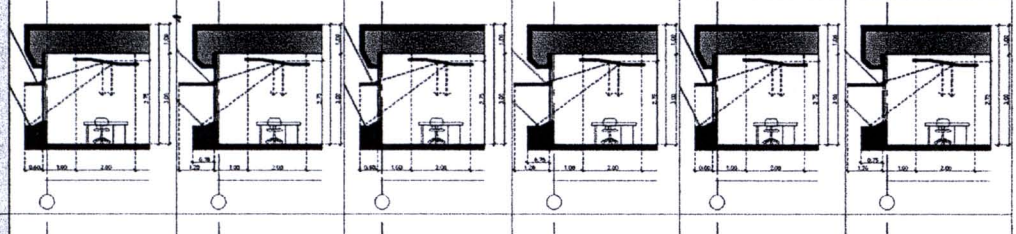
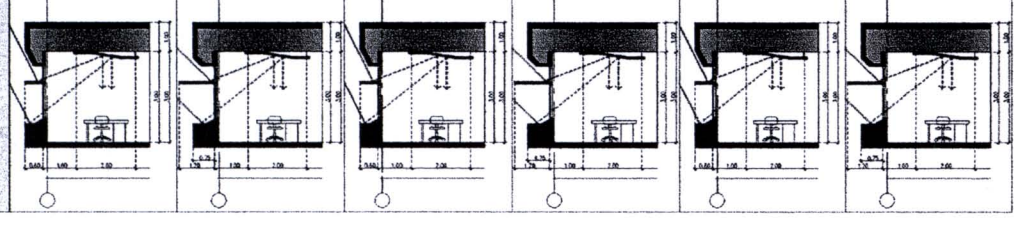
ตารางที่ 3.3 แสดงตัวแปรด้านวัสดุและระดับของ daylighting panels

รูปแบบที่ 2 (เรียบระนาบเอียง) 36 การทดลอง

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular Reflect.		Spread Reflect.		Diffuse Reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

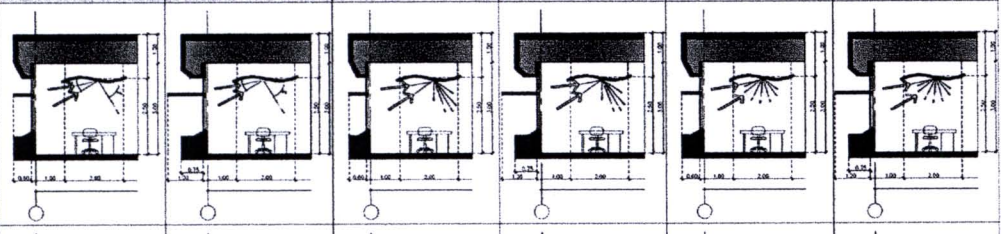
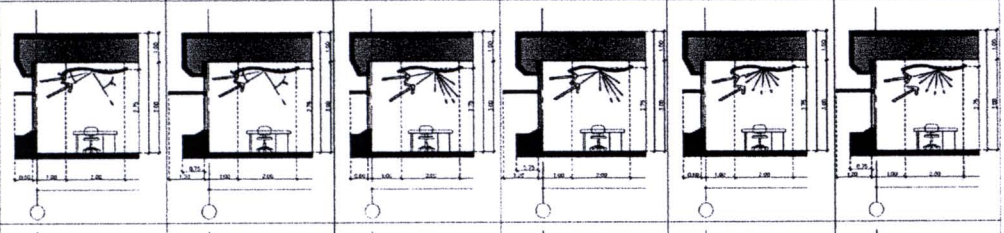
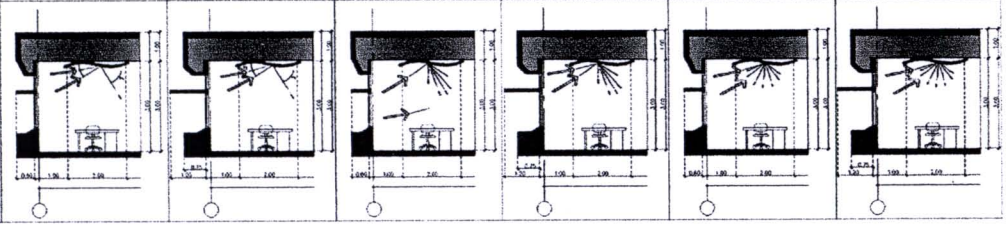
ตารางที่ 3.4 Diagram แสดงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ของ interior daylighting panels เรียบระนาบเอียง

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular reflect.		Spread reflect.		Diffuse reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

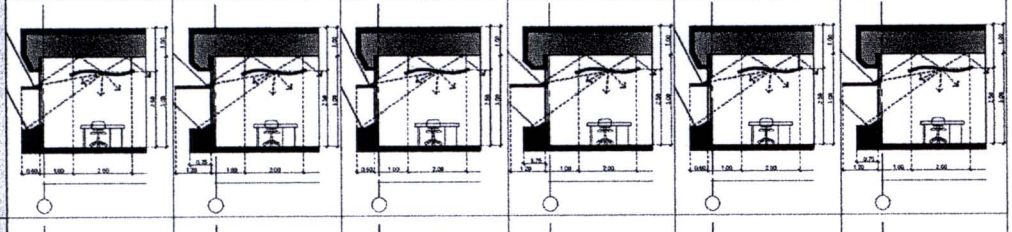
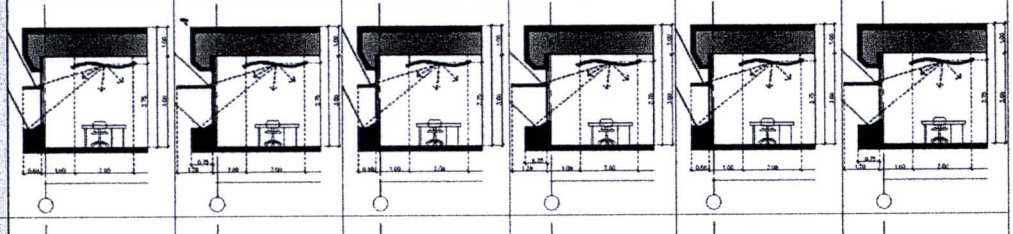
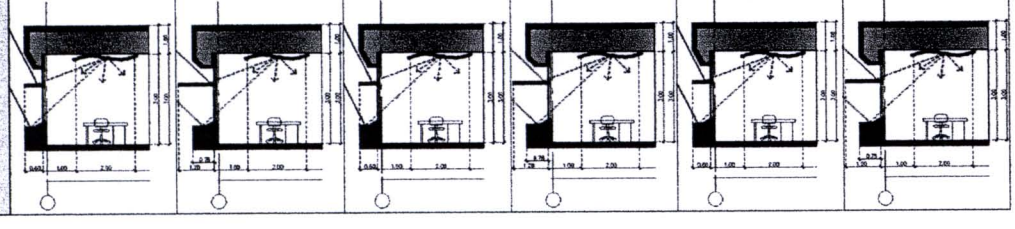
ตารางที่ 3.5 แสดงตัวแปรด้านวัสดุและระดับของ daylighting panels

รูปแบบที่ 3 (โค้งระนาบนอน) 36 การทดลอง

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular Reflect.		Spread Reflect.		Diffuse Reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

ตารางที่ 3.6 Diagram แสดงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร

ของ interior daylighting panels โค้งระนาบนอน

วัสดุ / ระดับ(m.)	Specular reflect.		Spread reflect.		Diffuse reflect.	
	North	South	North	South	North	South
ระดับ 2.50 m.						
ระดับ 2.75 m.						
ระดับ 3.00 m.						

3.1.2 **ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้** Interior daylighting panels

จากการศึกษาทฤษฎีและทบทวนวรรณกรรมจะพบว่าองค์ประกอบอื่นๆของช่องเปิด สามารถเป็นอุปกรณ์สะท้อนแสงธรรมชาติเข้าภายในอาคารเพื่อเพิ่มค่าความส่องสว่างได้ ในการศึกษาจึงพิจารณาตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการใช้ Interior daylighting panels ได้ดังนี้

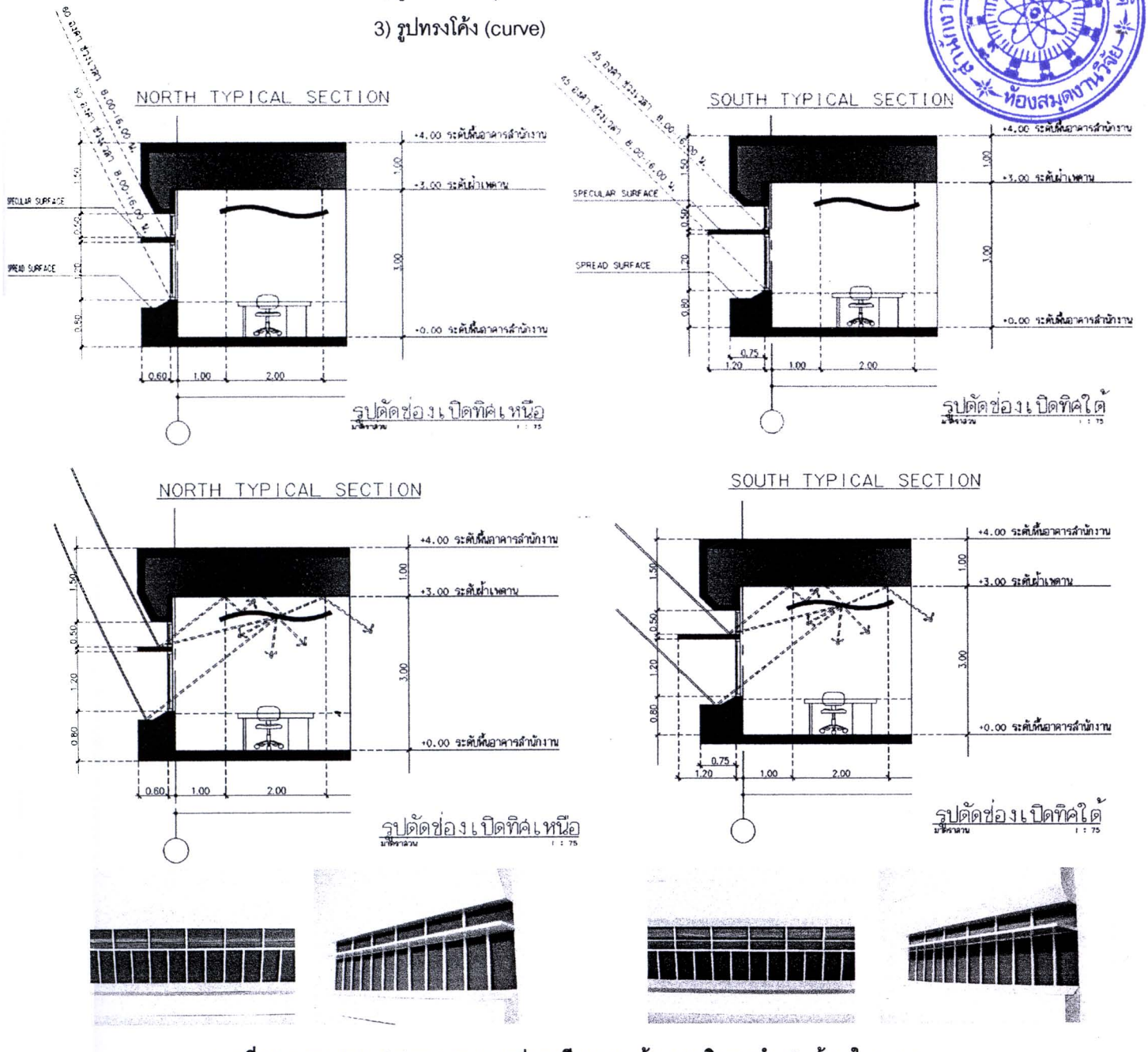
ตัวแปรแวดล้อมอิสระ

1. **รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดอาคาร** เพื่อศึกษารูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดกับการเสริมประสิทธิภาพ Interior daylighting panels ในการเพิ่มค่าความส่องสว่างภายในอาคารจากการนำแสงธรรมชาติเข้ามา โดยกำหนดรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดเป็น 3 รูปแบบ 12 การทดลองคือ

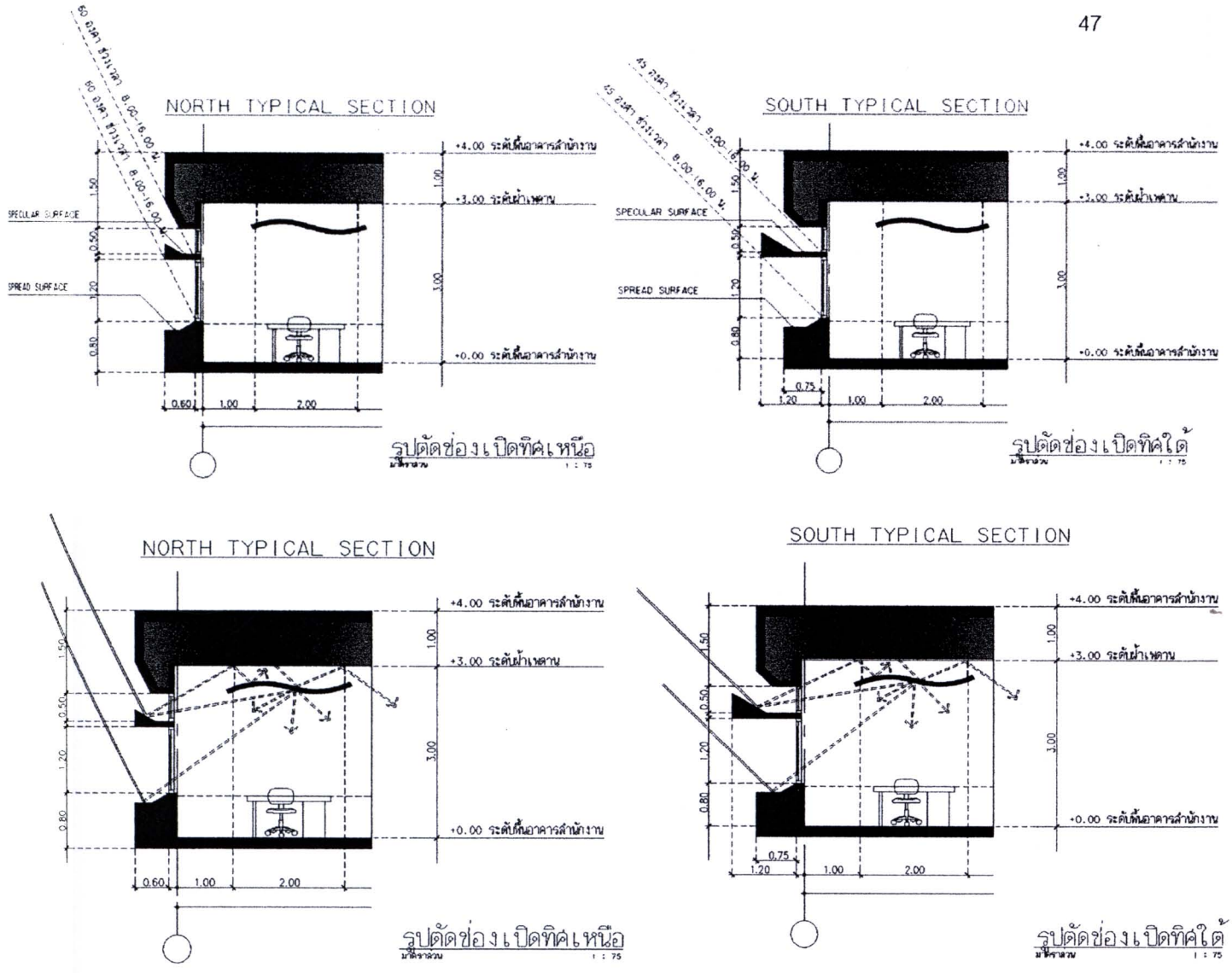
1) รูปทรงเรียบตรง

2) รูปทรงปรับมุม 30 องศา

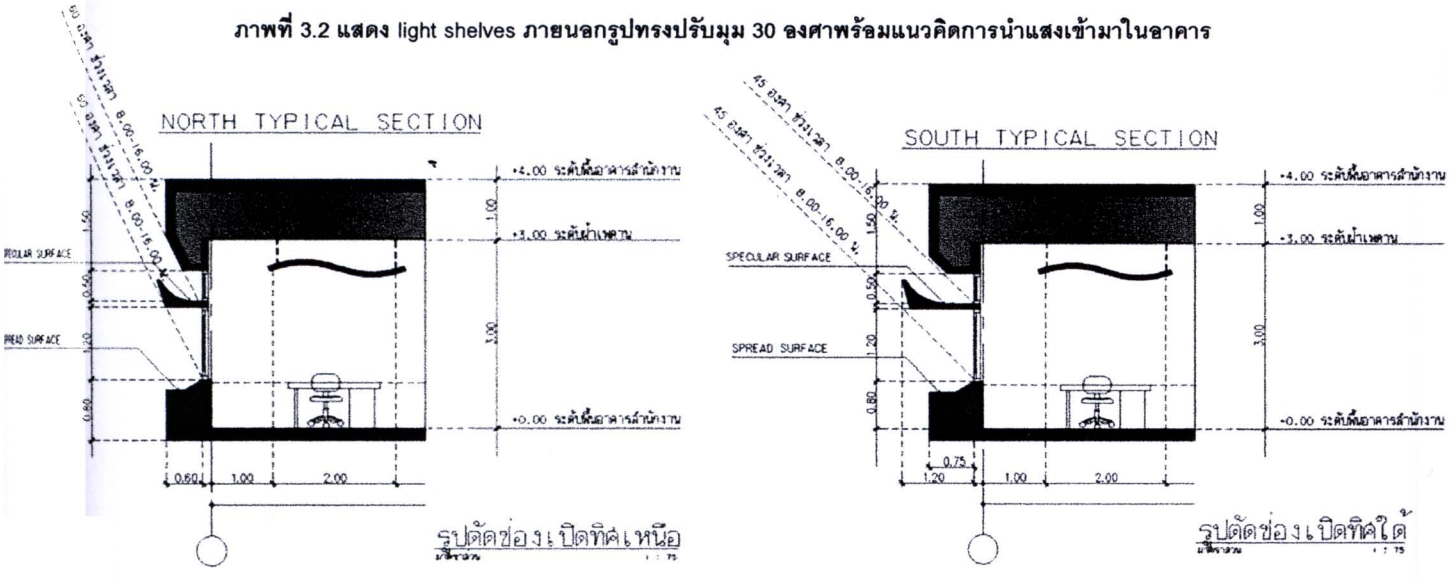
3) รูปทรงโค้ง (curve)

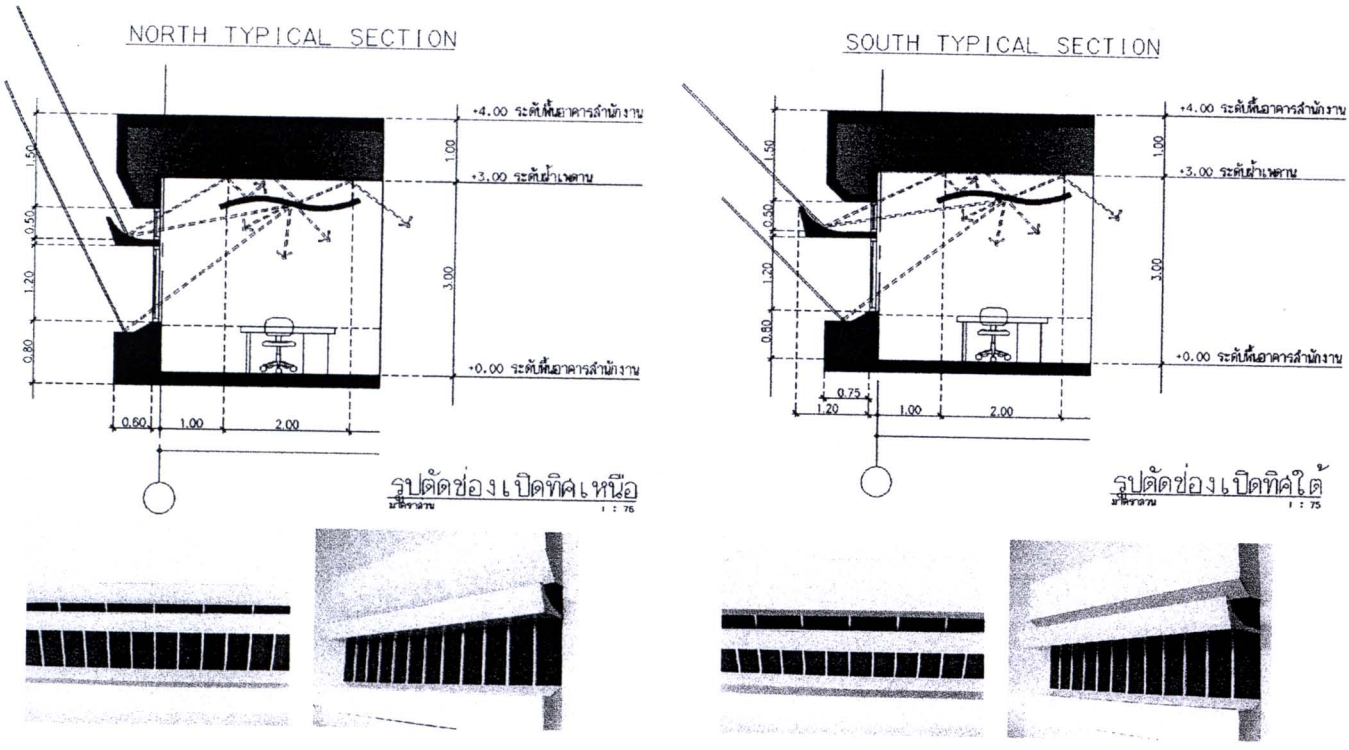


ภาพที่ 3.1 แสดง light shelves **ภายนอกรูปทรงเรียบตรงพร้อมแนวคิดการนำแสงเข้ามาในอาคาร**



ภาพที่ 3.2 แสดง light shelves **ภายนอกรูปทรงปรับมุม 30 องศาพร้อมแนวคิดการนำแสงเข้ามาในอาคาร**





ภาพที่ 3.3 แสดง light shelves **ภายนอกรูปทรงโค้ง พร้อมแนวคิดการนำแสงเข้ามาในอาคาร**

<u>ตัวแปรแวดล้อมควบคุม</u> เลือกรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดของแต่ละตัวแปรมาใช้เป็น base case ของการศึกษาตัวแปรกายภาพ

2. **รูปทรงของหิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดอาคาร** ในการศึกษาตัวแปรกายภาพ Interior daylighting panels จะใช้ base case หิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดอาคารรูปแบบเรียบตรง และเมื่อได้ผลของการศึกษาตัวแปรกายภาพ Interior daylighting panels ที่มีประสิทธิภาพที่สุดจะนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับการใช้หิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดอาคารรูปแบบโค้งต่อไป

3. **ลักษณะช่องเปิด** อ้างอิงจากรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้แก่ รูปแบบหน้าต่างลักษณะต่อเนื่องแบบแยกส่วน (spilt windows)

4. **องค์ประกอบช่องเปิด(ขอบหน้าต่าง)** อ้างอิงจากรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดจากการศึกษาของนายชัยวัฒน์ มุตติศานต์ เรื่อง "ปัจจัยกายภาพหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาในใช้ในอาคาร" คือ ขอบหน้าต่างภายนอกรูปแบบเรียบตรง

3.1.3 การศึกษาเกี่ยวกับการนำไปประยุกต์ใช้งาน

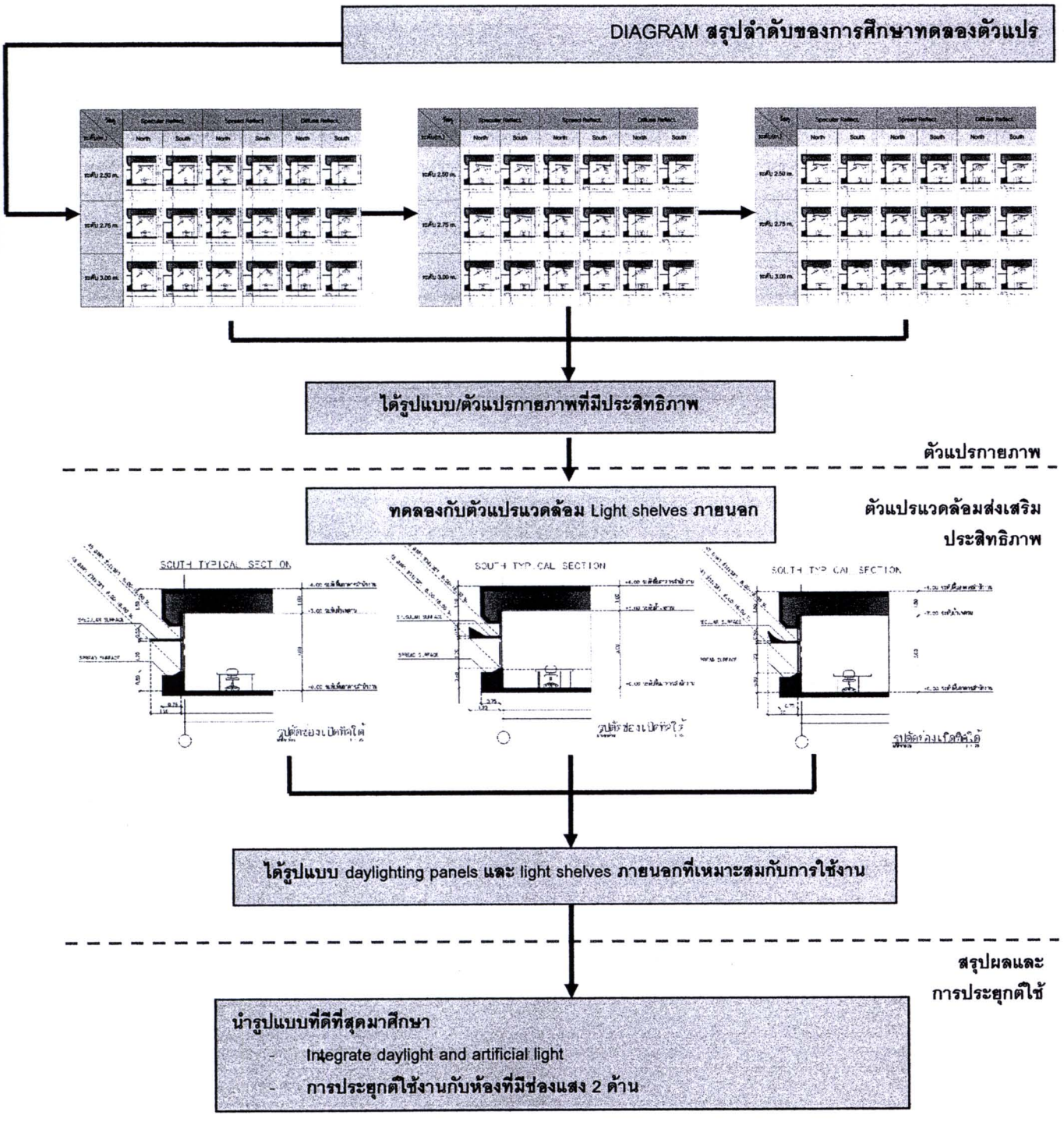
1. **การศึกษาการรวมแสงธรรมชาติเข้ากับแสงประดิษฐ์** (Integrate daylight and artificial light)

เป็นการศึกษาการนำผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพไปแปรผลเปรียบเทียบกับข้อมูลแสงกระจายรายชั่วโมงของทุกเดือน เพื่อหาค่าความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่ได้รับและแสงประดิษฐ์ที่ต้องการเพิ่ม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงาน

2. **การนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้กับห้องที่มีช่องแสง 2 ด้าน**

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การใช้ช่องแสงทั้งในทิศเหนือ และใต้ภายในห้องเดียวกันจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มปริมาณความส่องสว่างและลดความจ้าภายในอาคารที่เกิดจากช่อง

แสงเพียงด้านเดียวได้ จึงทำการศึกษาขนาดห้องหรือช่วงเสาที่เหมาะสมสำหรับใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติทั้ง 2 ด้าน และมีค่าความส่องสว่างเพียงพอโดยไม่ต้องใช้แสงประดิษฐ์เสริม



แผนภูมิที่ 3.2 แสดงลำดับของการศึกษาทดลอง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 **ลักซ์มิเตอร์** (Lux meter) หรือ illuminance meter อุปกรณ์วัดค่าความส่องสว่างที่มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือฟุตแคนเดิล (Fc) มาใช้ในงานวิจัยเพื่อนำค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากเครื่องมือไปหา

ประสิทธิภาพความส่องสว่าง (daylight factor) และใช้ในการวัดค่าความสะท้อนแสงรวมถึงค่าการส่องผ่านวัสดุที่ทำการทดลอง โดยลักซ์มิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยจะแบ่งเป็น 2 รูปแบบได้แก่

1. **ลักซ์มิเตอร์ รุ่น** DX-200 มีช่วงการวัด (measuring range) ระหว่าง 0-200,000 lx หรือ 0 - 20,000 fc

2. **ลักซ์มิเตอร์ รุ่น** Minolta T – 10 มีช่วงการวัด (measuring range) ระหว่าง 0.01 – 99,900 lx หรือ 0.1 - 9,990 fc

3.2.2 **ลูมิแนนท์ มิเตอร์** (luminance Meter) ใช้วัดระดับความสว่าง(brightness) และความเปรียบต่าง (contrast)ของ task area และ surrounding ของพื้นที่ทำงานที่มีการใช้ lighting panel ซึ่งสามารถอ่านค่าออกเป็นหน่วย foot lambert หรือ cd/m^2 โดยมีระยะห่างระหว่างวัตถุที่ต้องการวัดกับตัวเครื่อง ตั้งแต่ 1.014 – ตามระยะจุดโฟกัสของเลนส์ที่เลือกใช้ โดยพื้นที่ของวัตถุที่ต้องการวัดต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างน้อย 4.8 มม. โดย luminance Meter ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นรุ่น Minolta LS-110

(1) (2) (3)

ภาพที่ 3.4 แสดงอุปกรณ์ / เครื่องมือในการทดลองประกอบด้วย 1) Lux meter **รุ่น** DX-200, 2) Lux meter **รุ่น** Minolta T – 10 **และ** 3) luminance Meter **รุ่น** Minolta LS-110 **ตามลำดับ**

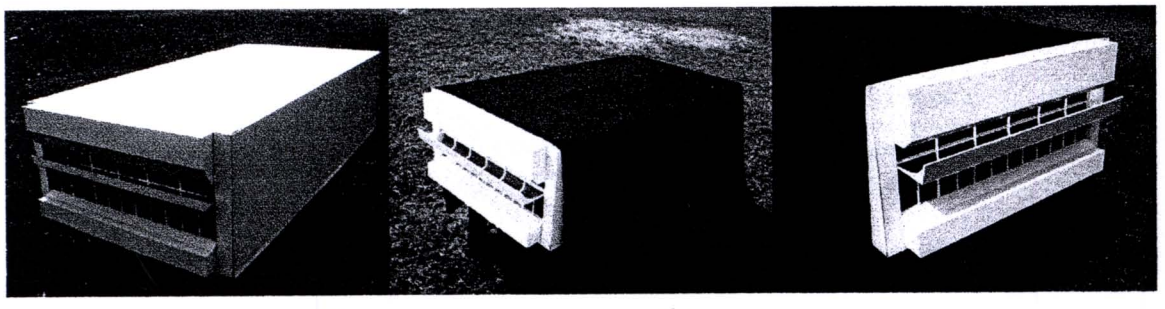
3.3 วิธีการวิจัย

งานวิจัยเชิงทดลองเพื่อหาปัจจัยที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้ Interior daylighting panel เสริมหิ้งสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงาน มีลำดับขั้นตอนการวิจัยดังนี้

3.3.1 การเตรียมการทดลอง

กำหนดสภาพแวดล้อมที่เป็นตัวแปรคงที่ที่มีอยู่ในการทดลองทุกกรณี ต่อไปนี้

1. ทดลองตัวแปรด้วยการใช้หุ่นจำลองมาตราส่วน 1:15 โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานห้องต้นแบบที่ใช้ทดลอง ตามลักษณะห้องอาคารสำนักงาน มีขนาด 8 x 16 เมตร สูง 3.00 เมตร (floor-ceiling) ขนาดพื้นที่ 128 ตารางเมตร



ภาพที่ 3.5 แสดงลักษณะของหุ่นจำลองที่ใช้ในการศึกษา

2. ช่องเปิดของหุ่นจำลองที่ศึกษาจะเป็นลักษณะเปิดโล่ง แล้วใช้ค่าการส่องผ่านกระจก เป็นตัวคูณปรับค่าความส่องสว่างที่วัดได้จากหุ่นจำลองในภายหลัง โดยการทดลองกำหนดใช้กระจกโฟลตใส ความหนา 6 มม. ที่มีค่าการส่องผ่าน (transmittance) 90 %

3. การทดลองทั้งหมดศึกษาภายใต้สภาพท้องฟ้าจริงลักษณะ clear sky และ overcast sky ที่ใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดทางด้านทิศเหนือและทิศใต้

3.3.2 การตั้งสมมุติฐานของการทดลอง

ตารางที่ 3.7 แสดงการสรุปตัวแปรและสมมุติฐานของการทดลอง

	ตัวแปรที่ศึกษา (Variables)	รูปแบบตัวแปร	สมมุติฐานในการศึกษา (Hypothesis)
ตัวแปรกายภาพ Interior daylighting panel			
1.	รูปแบบของ interior daylighting panels	- รูปแบบเรียบระนาบนอน - รูปแบบเรียบระนาบเอียง - รูปแบบโค้งระนาบนอน	รูปแบบโค้งซึ่งเปลี่ยนองศาการสะท้อนแสงได้มีประสิทธิภาพในการเกลี่ยแสงเพื่อเพิ่มความส่องสว่างในอาคารได้ดี
2.	พื้นผิววัสดุ (materials)	-Specular reflect. -Spread reflect. -Diffuse reflect.	วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงจะมีประสิทธิภาพในการเพิ่มความส่องสว่างภายในอาคารได้ดี
3.	ระดับติดตั้ง	- ระดับ 2.50 เมตร - ระดับ 2.75 เมตร - ระดับ 3.00 เมตร	ระดับที่สูงจากระนาบทำงาน (workplane) น้อยจะให้ค่าความส่องสว่างจากการสะท้อนที่มากกว่า
ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพ			
1.	รูปทรง light shelves ที่ช่องเปิด	- รูปทรงเรียบตรง - รูปทรงปรับมุม 30 องศา - รูปทรงโค้ง	รูปทรงโค้งมีประสิทธิภาพในการนำแสงเข้ามาในอาคารได้มาก ระยะลึกและส่งเสริมประสิทธิภาพ daylighting panels ได้ดีกว่า
2.	รูปแบบช่องเปิด (ไม่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้)	ช่องเปิด split windows แบบต่อเนื่อง	Split windows รูปแบบต่อเนื่องทำให้ค่าความส่องสว่างภายในมากและมีความสม่ำเสมอ
3.	องค์ประกอบช่องเปิด (ไม่ได้ศึกษาในงานวิจัยนี้)	ขอบหน้าต่างเรียบ	ขอบหน้าต่างเรียบมีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงเข้ามาในอาคารได้ดี
การศึกษาการนำไปประยุกต์ใช้งาน			
1.	Integrate daylight and artificial light	-	ช่วยลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์และการบริโภคพลังงานลง
2.	การประยุกต์ใช้งานกับห้องที่มีช่องแสง 2 ด้าน (เหนือ-ใต้)	-	เมื่อนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้กับช่องแสง2 ด้านจะช่วยเพิ่มความส่องสว่างภายในอาคาร

หมายเหตุ : ตัวแปรแวดล้อมที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพ ในด้านรูปแบบหน้าต่างและองค์ประกอบช่องเปิด อ้างอิงรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุดจากการศึกษาเรื่องปัจจัยกายภาพหิ้งสะท้อนแสงของชัยวัฒน์ , 2548

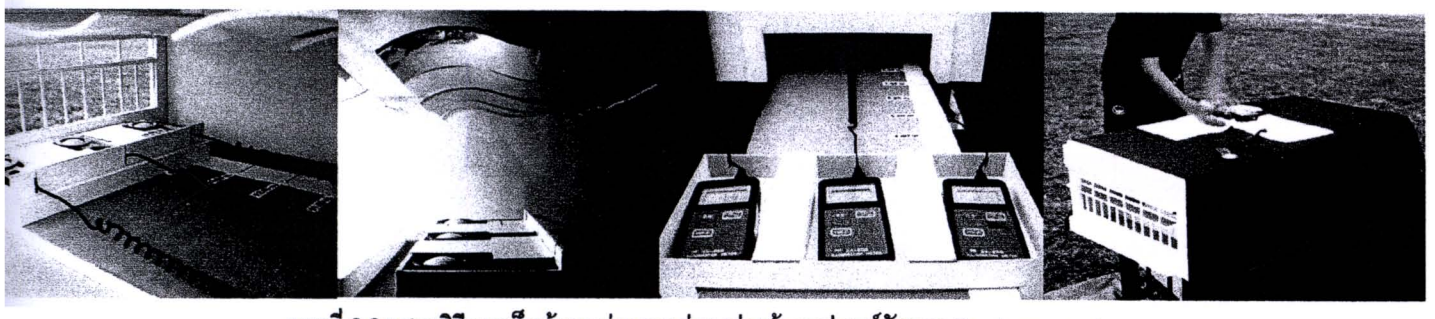
3.3.3 การทำการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ตรวจสอบสภาพและการอ่านค่า(calibration) ของเครื่องมือ/อุปกรณ์ทดลองให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน (ดูการตรวจสอบการอ่านค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยที่ภาคผนวก ฉ.) พร้อมจัดทำตารางสำหรับบันทึกค่าความส่องสว่างภายใน (Ein) และภายนอก (Eex) ที่วัดได้จากการทดลอง

2. ติดตั้งตัวแปรแต่ละกรณีที่ใช้ในการทดลอง

3. ทำการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก(Eex) และภายในหุ่นจำลอง(Ein) ในลักษณะจุดต่อจุด ด้วยเครื่องมือ Illuminance meter โดยการวัดค่าความส่องสว่างภายในนั้นจะวัดที่ระดับ workplane 0.75 เมตร ทุกระยะห่าง 1 เมตรจากช่องเปิดอาคาร ด้วยตำแหน่งวัด 3 จุดที่ระยะห่างเท่าๆกัน แล้วนำค่ามาเฉลี่ยเพื่อความถูกต้องของค่าที่ได้

4. จดบันทึกผลการทดลองที่ได้



ภาพที่ 3.6 แสดงวิธีการเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างด้วยอุปกรณ์วัดแสง illuminance meter

3.3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำผลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณเป็นค่า daylight factor (%DF) ในแต่ละจุดเพื่อทำการประเมินผล (ดูสูตรการคำนวณค่า %DF จากบทที่ 2 หน้า 21 หรือ บทที่ 5 หน้า156)

2. ประเมินผลประสิทธิภาพของตัวแปรต้นด้วยการพิจารณาระยะจากช่องเปิดอาคารมากสุดที่มีค่า daylight factor ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานความส่องสว่างอาคารสำนักงาน 2%DF(ดูการพิจารณาค่า daylight factor เทียบกับข้อมูลปริมาณแสงกระจายจากท้องฟ้าเฉลี่ยรายชั่วโมงที่ภาคผนวก ช.3)

3. นำผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดของตัวแปรต้นแต่ละตัวแปร มาสรุปเป็นการออกแบบ lighting panels ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อนำค่า %DF ที่ได้ มาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณแสงกระจายจากท้องฟ้า เฉลี่ยรายชั่วโมงของทุกเดือน เพื่อหาความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่ได้รับ และความส่องสว่างจากแสงประดิษฐ์ที่ต้องการเพิ่มตลอดปี(ดูภาคผนวก ช.2 แสดงข้อมูลปริมาณแสงกระจายในท้องฟ้า อ้างอิงจาก Jirattananon and Chaiwiwatworakul, 2001: A-16.1)

3.3.5 การสรุปผลข้อมูล

1. สรุปผลตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ Interior daylighting panels เสริมหิ้งสะท้อนแสงที่ช่องเปิดแนวเหนือ – ใต้ เพื่อใช้เป็นแนวทางพื้นฐานในการออกแบบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพแสงสว่างภายในอาคารสำนักงานและบนระนาบทำงาน

2. สรุปประสิทธิภาพด้านการประหยัดพลังงานในแง่เศรษฐศาสตร์ประมาณการค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี (kW-hr) และค่า heat gain ที่ลดลงได้จากการลดการใช้แสงประดิษฐ์

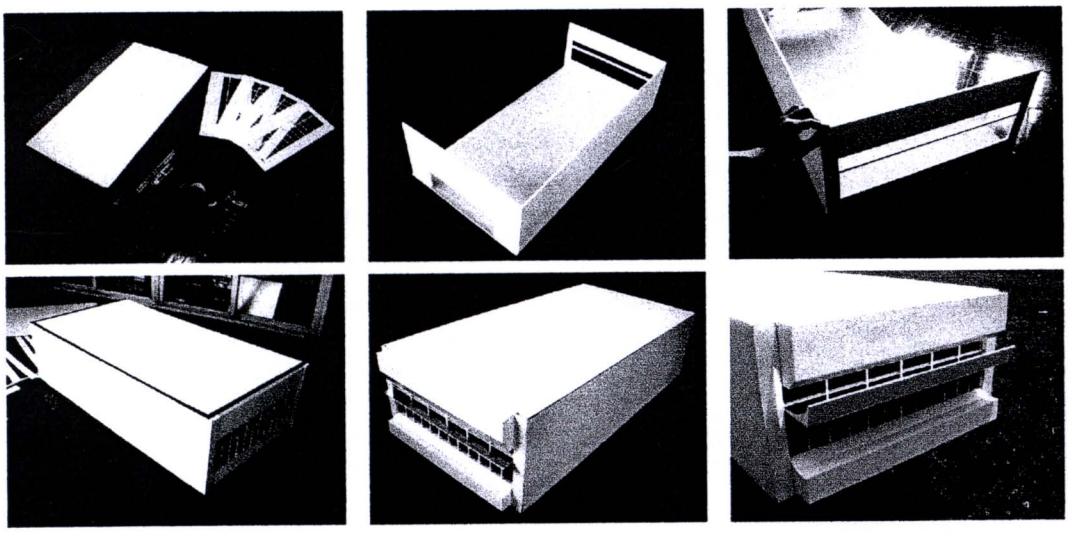
3. อภิปราย/เสนอแนะความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการออกแบบ interior daylighting panels เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานจริงให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด

3.4 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

1. มาตราส่วนของหุ่นจำลองพิจารณาจากขนาดที่เหมาะสมกับการทดลอง ไม่ให้มีขนาดเล็กจนเครื่องมือทดลองไม่สามารถใช้ได้ หรือใหญ่จนยากแก่การขนย้าย การวิจัยจึงกำหนดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ 1:15 ขนาดของห้อง 8 x16 เมตร ซึ่งพิจารณาจาก modular ของช่วงเสาอาคาร

2. การพิจารณาความสูงของห้องต้นแบบของอาคารสำนักงาน จะพิจารณาเกณฑ์จากข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ที่กล่าวถึงห้องที่ใช้เป็นอาคารสำนักงานว่าต้องมีระยะดิ่งระหว่างพื้นถึงพื้นไม่น้อยกว่า 3.00 เมตร

3. ระบบโครงสร้างของพื้นที่ใช้ เป็นระบบพื้นไร้คาน (flat plate) เนื่องจากเป็นระบบที่นิยมในปัจจุบันประหยัดและก่อสร้างได้รวดเร็ว ให้มีความสูงจากพื้นถึงพื้น (floor-floor) 4.00 เมตร , ความสูงพื้นถึงฝ้าเพดาน (floor-ceiling) 3.00 เมตรและมีระบบช่องท่อเหนือฝ้าเพดาน 1.00 เมตร

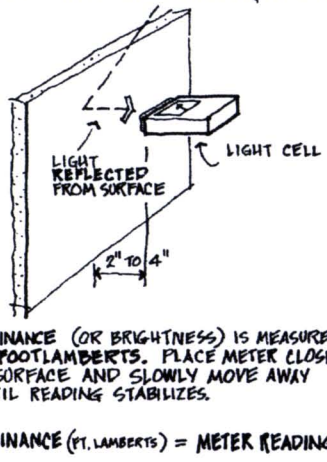


ภาพที่ 3.7 แสดงขั้นตอนในการทำหุ่นจำลอง

ตารางที่ 3.8 แสดงการสรุปรายละเอียดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการศึกษา

ขนาดห้องมาตรฐาน			พื้นที่ผนังด้านที่พิจารณา				ค่าการสะท้อนแสงภายใน		
ความกว้าง	8.0 m.	WWR(%)	ช่องเปิด(m^2)	ส่วนทึบ(m^2)			เพดาน	ผนัง	พื้น
ความยาว	16.0m.			วงกบ	ผนัง	เสา	(%)	(%)	(%)
ความสูง(พื้น-ฝ้า)	3.0 m.	38.25	12.24		17.36	2.4	70	50	30
พื้นที่ใช้งาน	128.0 m^2								
พื้นที่ผนังช่องเปิด	32 m^2								

4. ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุที่เลือกใช้ในการทำหุ่นจำลอง อ้างอิงจากเกณฑ์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน (Lechner , 2001:347) คือ ให้วัสดุที่ใช้ทำพื้นมีค่าการสะท้อนแสง 30 % ผนัง 50% และฝ้าเพดาน 70 %(ดูภาคผนวก แสดงรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในหุ่นจำลอง และตารางแสดงค่าการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง)

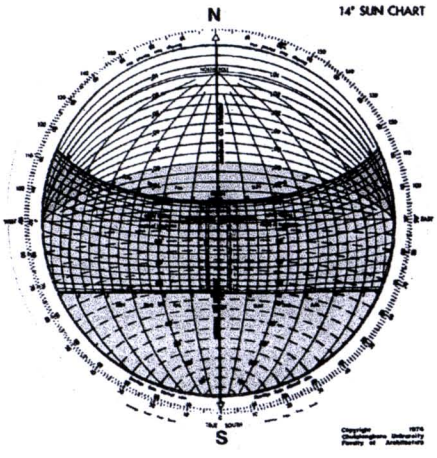


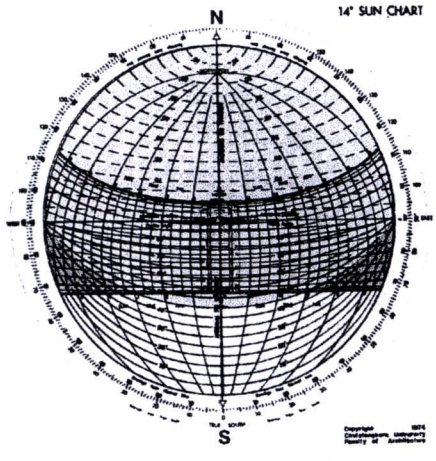
ภาพที่ 3.8 แสดงการเลือกใช้ค่าการสะท้อนแสงวัสดุ พื้น , ผนัง และฝ้าเพดานที่เหมาะสม (Lechner , 2001: 347)

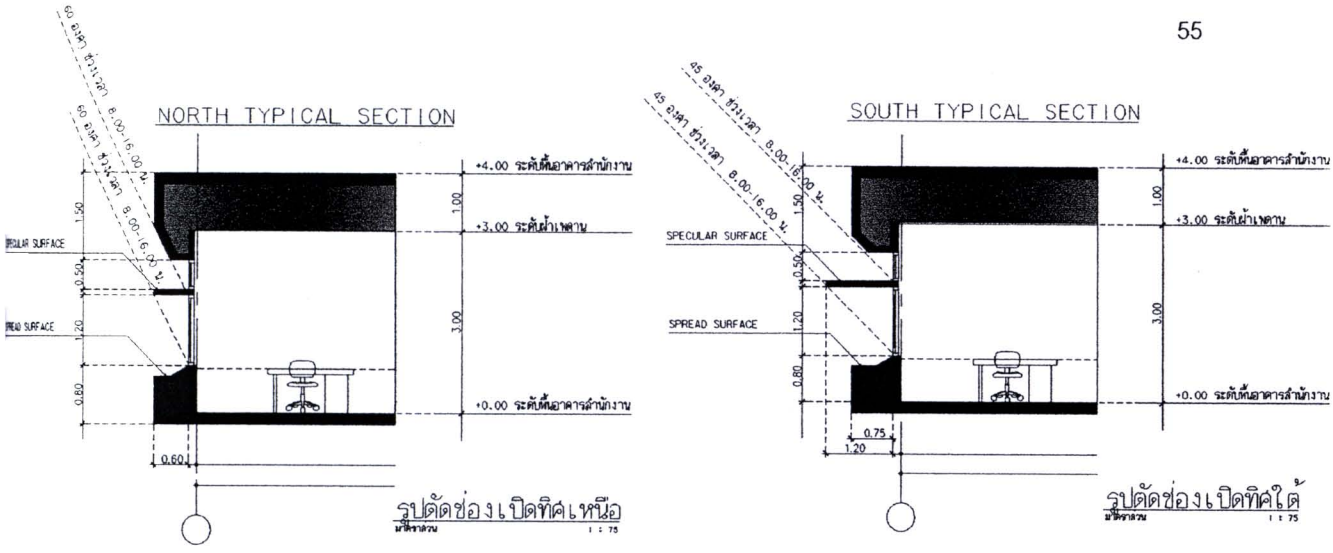
ตารางที่ 3.9 แสดงค่าและรูปแบบการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

	วัสดุที่ใช้	แทนค่าของ	ค่าการสะท้อน	รูปแบบการสะท้อน
1.	กระดาษโปสเตอร์บางสีเทา	พื้น	34.50 %	-
2.	กระดาษเทา-ขาว	ผนัง	56.91 %	-
3.	กระดาษอาร์ตสีขาว	ฝ้าเพดาน, อุปกรณ์บังแดด, ขอบหน้าต่าง, daylighting panels	73.42 %	-
4.	สติกเกอร์สีเงินมันวาว	หิ้งสะท้อนแสง, daylighting panels	97.31 %	Specular reflect.
5.	สติกเกอร์ PVC สีขาวกึ่งมัน	Daylighting panels	86.20 %	Spread reflect.
6.	ผ้า linin สีขาว	Daylighting panels	65.92%	Diffuse reflect.
ดูรายละเอียดการทดสอบค่าการสะท้อนแสงได้จากภาคผนวกที่ ง.				

5. พิจารณาใช้การกันแดดด้วย light shelves(สำหรับหน้าต่างส่วนล่าง)และแผงบังแดด(สำหรับหน้าต่างส่วนบน) วัสดุ specular reflect. ที่ช่องเปิดอาคารติดตั้งที่ระดับสูง 2.00 m. (ชัยวัฒน์,2548 : 89) โดยระยะยื่นของ shading นั้นคำนวณจากแผนที่ทางเดินดวงอาทิตย์ที่ 14 องศาเหนือ ใช้มุม profile angle ที่ 60 องศาสำหรับระยะยื่น shading ช่องแสงทิศเหนือ และ 45 องศาสำหรับระยะยื่น shading ช่องแสงทิศใต้ตามลำดับเพื่อให้สามารถกันแสงตรงได้ตั้งแต่เวลา 8.00 น.-16.00 น.ซึ่งเป็นเวลาทำการสำนักงาน







ภาพที่ 3.9 แสดงมุม profile angle **ที่ใช้ในการกำหนดระยะยื่นของ** shading **อาคารทิศเหนือ – ใต้ โดยใช้มุม 60 องศาสำหรับ** shading **ทิศเหนือ และ 45 องศาสำหรับ** shading **ทิศใต้**

6. พิจารณาใช้หน้าต่างอาคารแยกส่วน (split windows) รูปแบบต่อเนื่อง(ชัยวัฒน์,2548 : 58) มีค่าสัดส่วนพื้นที่โปร่งแสงต่อผนังทึบ WWR = 38.25 % และมีการยื่นขอบล่างของหน้าต่างในรูปแบบเรียบตรง

7. วัสดุกระจกที่ช่องเปิด ในหุ่นจำลองจะเปิดเป็นช่องโล่ง แล้วนำผลการทดลองมาคูณปรับค่าความส่องสว่างด้วยค่าการส่องผ่านภายหลังเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง เช่น หากวัดความส่องสว่างในหุ่นจำลองได้ 300 ลักซ์ ค่าที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลคือ

300 lux (ค่าความส่องสว่างที่วัดได้) x 90%(ค่าการส่องผ่านกระจก) = 270 ลักซ์ เป็นต้น

8. ออกแบบหุ่นจำลองให้สามารถปรับเปลี่ยนส่วนต่างๆได้เพื่อรองรับรูปแบบตัวแปรที่เปลี่ยนไปตามการทดลอง

9. การกำหนดจำนวนของ daylighting panels พิจารณาจากจำนวนหลอดไฟที่สัมพันธ์กับพื้นที่ใช้สอย (ดูวิธีการหาค่าต่างๆเพิ่มเติมได้จากบทที่ 5 การพิจารณาค่าความส่องสว่างภายในและการบริโภคพลังงาน)

จากสูตรปริมาณแสงที่ต้องการ (L) = $\frac{\text{illuminance x Area}}{\text{CU x (LLD x LDD)}}$

ห้องที่ศึกษามีความต้องการระดับความสว่าง 300-500 lux และใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ของ Lekise 28 watt ความสว่าง 2,800 lumen จะได้

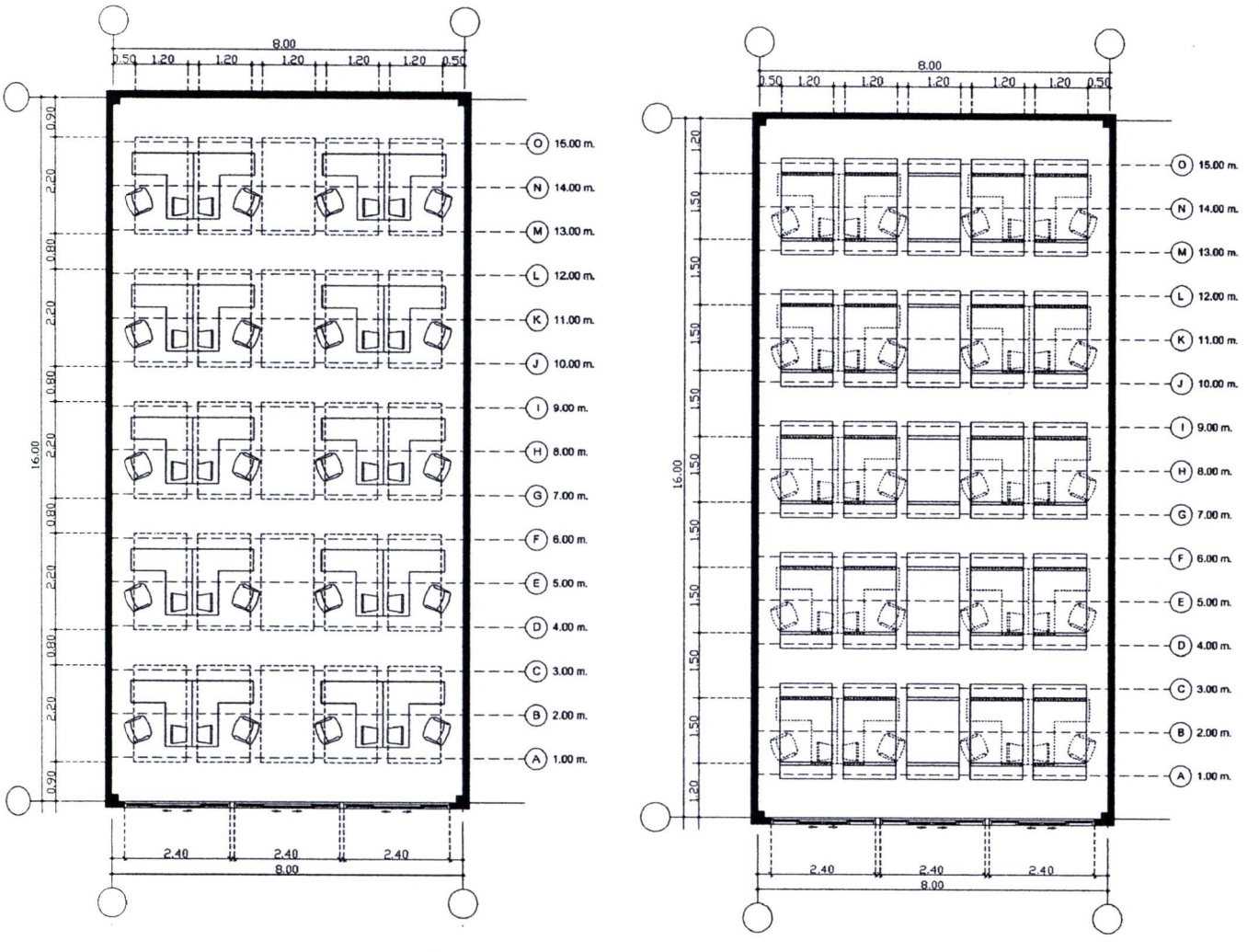
หาปริมาณแสงที่ต้องการ = $\frac{500 \times 128}{0.55 \times (0.9 \times 0.8)}$

= 161,616 lumen

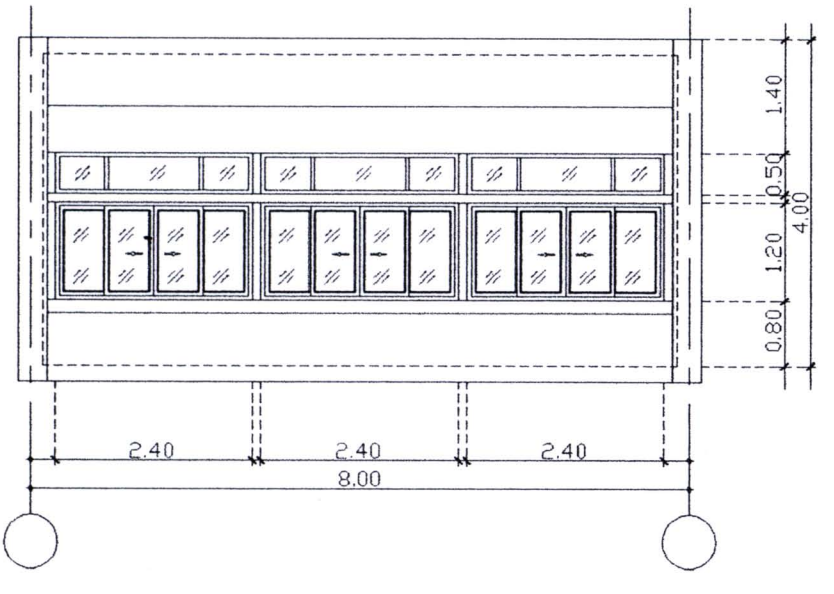
หาจำนวนโคม(N) = $\frac{\text{ปริมาณแสงทั้งหมดที่ต้องการ (L)}}{\text{ปริมาณแสงต่อ 1 ดวงโคม}}$

= 161,616 / 2,800 = 57 โคม

นำค่าที่ได้มาประกอบการพิจาณาจัดดวงโคมที่สัมพันธ์กับพื้นที่ใช้งาน เพื่อกำหนดจำนวน daylighting panels จะสามารถจัด daylighting panels ได้ 5 panels ต่อแถว จำนวน 5 แถว สำหรับดวงโคมทั้งหมด 50 โคม



ภาพที่ 3.10 แสดงผังพื้นของหุ่นจำลอง ประกอบกับการจัดวางผังดวงโคมและพื้นที่ใช้งาน



ภาพที่ 3.11 แสดงรูปด้านหน้า (façade) ของหุ่นจำลองที่ใช้ในการศึกษา