บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้เป็นการนำผลการทดลองที่ได้จากการวิจัยมาประมวลเป็นข้อสรุป แล้วนำเสนอแนวทางที่สามารถนำไปใช้ได้ โดยอาศัยการอ้างอิงจากผลการทดลอง นอกจากนี้ยังมีส่วนที่กล่าวถึงข้อจำกัดในการทดลอง และนำเสนอหัวข้อการวิจัยในอนาคตที่สามารถดำเนินต่อเนื่องจากการศึกษาครั้งนี้

5.1 บทสรุป

เพื่อให้เข้าใจคุณลักษณะของแสงธรรมชาติ (Daylight) ที่จะเกิดขึ้นภายในพื้นที่ Atrium และสามารถเห็นภาพได้ชัดเจน จึงต้องมีการทำความเข้าใจต่อสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อแสงตกกระทบกับอาคารเป็นขั้นแรก ซึ่งจะพบว่าต่อเนื่องมาจนถึงปัจจุบันลักษณะของทิศทางการสะท้อนได้รับการยอมรับว่ามีบทบาทต่อลักษณะของแสงที่เกิดขึ้น การสะท้อนที่มีแนวโน้มที่จะเป็นการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา (Specular reflection) ถูกหลีกเลี่ยงเพราะค่อนข้างควบคุมทิศทางของแสงได้ยากและอาจทำให้เกิดแสงจ้าบาดตา (Glare) ต่างจากการสะท้อนที่มีแนวโน้มค่อนไปทางการสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse reflection) ที่มีความสว่างค่อนข้างคงที่ในทุกๆทิศทางการสะท้อน ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งความสนใจไปที่การนำพื้นผิวของ Atrium ที่ให้การสะท้อนแบบกระจาย (Diffuse reflection) มาใช้ประโยชน์เพื่อต่อยอดจากข้อมูลการวิจัยในปัจจุบันและเพื่อให้เข้าใจความต่างความเข้มของแสงที่เกิดจากรูปทรงของ Atrium โดยไม่มีอิทธิพลของแสงสะท้อนแบบเป็นลำแสงมาบวกเพิ่ม ทำให้ความเข้มของแสงในตำแหน่งใดๆเปลี่ยงเบนไป

ในทำนองเดียวกันเพื่อเชื่อมต่อกับข้อมูลและงานวิจัยในปัจจุบัน การวิจัยในครั้งนี้จึงเลือกการนำแสงกระจาย (Diffused light)มาใช้ประโยชน์ หลีกเลี่ยงแสงตรง (Direct light) จากดวงอาทิตย์จึงปรากฏลักษณะของแสงที่ได้เลือกใช้ตามแบบในการทดลอง และเป็นเหตุผลที่ทำการทดลองภายใต้ห้องจำลองสภาพท้องฟ้าในขั้นแรก แล้วจึงเปรียบเทียบกับการวัดกับท้องฟ้าจริงภายใต้เงื่อนไขสภาพท้องฟ้าแบบต่างๆ

หุ่นจำลองเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อหาผลที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลค่าการสะท้อนแสงภายในและรูปทรงของ Atrium โดยสร้างหุ่นจำลองที่มีรูปทรงทางเรขาคณิต และมีค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในที่ต่างกันออกไป ซึ่งในการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงของค่าสัดส่วนทางเรขาคณิตนั้น ค่าสัดส่วนทางเรขาคณิตที่นำมาใช้ศึกษาเปรียบเทียบประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ Section aspect ratio (SAR) และ Well index (WI) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า Well index เป็นปัจจัยหนึ่งที่จำเป็นต่อการคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น โดยสามารถนำมาประยุกต์เทียบที่ตำแหน่งกึ่งกลางของพื้น Atrium และไล่กระจายออกไปตามตำแหน่งอื่นๆบนพื้น และผนัง

การศึกษาผลกระทบของพื้นผิวภายในต่อการให้ความสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติถูกแปลงให้อยู่ในรูปของการเปลี่ยนองค์ประกอบการสะท้อนภายใน (Internal reflected component หรือ IRC) ที่พื้น ผนัง และเพดานของ Atrium ระบบการวัดใช้ Grid system ซึ่งจะทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน และต่อเนื่อง และทำให้ทราบว่าคุณสมบัติของ Atrium แต่ละสัดส่วน แต่ละรูปทรงมีอิทธิพลต่อปริมาณและรูปแบบของการส่องสว่างภายใน (Pattern of Interior Illumination) อย่างไร ใน Atrium ที่มีรูปทรงเรียวผอม Direct component มีแนวโน้มที่จะเป็นตัวแปรสำคัญโดยมีองค์ประกอบการสะท้อนภายในปรับเปลี่ยนผลที่เกิดขึ้น ขณะเดียวกันเมื่อ Atrium มีความลึกมากขึ้น องค์ประกอบการสะท้อนภายใน (IRC) ก็มีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน

จากแผนภูมิที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า Daylight Factor (DF) Well Index (WI) และ ค่า Reflectance (R) ระหว่าง Well ทั้ง 3 รูปทรงเทียบกับ ค่า Daylight Factor ขั้นต่ำที่กำหนดไว้ คือ 2% นั้น พบว่าเปอร์เซ็นต์ค่าการสะท้อนที่ให้ค่า Daylight Factor ณ จุดกึ่งกลางของพื้นที่ Atrium เพียงพอต่อการใช้งาน เมื่อ Atrium มีค่า Well Index ตั้งแต่ 0-3 ได้แก่ค่าการสะท้อนที่ 60% และ 80% ยกเว้น Well ที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เมื่อมีค่า WI มากกว่า 2.25 จะมีค่า DF ต่ำกว่า 2%

นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่าการดึงแสงลงมา ในระดับค่าการสะท้อนแสงหนึ่งๆ เมื่อมีค่า Well Index มากขึ้น ซึ่งหมายถึงอาคารมีความสูงขึ้น Well มีความลึกมากขึ้น ค่า Daylight Factor จะลดลง ขณะเดียวกันจะพบว่าปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญได้แก่ รูปทรงของ Atrium

ในระดับค่าการสะท้อนแสงภายในที่เท่ากันและค่า WI ที่เท่ากัน ที่ทุกค่าการสะท้อนยกเว้นค่าการสะท้อน 20% เมื่อผังพื้นของ Atrium มีรูปทรงวงกลมจะมีค่า Daylight Factor มากกว่า Atrium ที่มีผังพื้นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้า ตามลำดับ และถึงแม้จะมีค่า WI มากกว่าแต่ปรากฏว่าค่า Daylight Factor ของ Atrium ที่มีผังพื้นรูปทรงวงกลมก็ยังคงมีค่ามากกว่าค่า Daylight Factor ของ Atrium ผังพื้นรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ที่ค่าการสะท้อน 20% เมื่อมีค่า WI ตั้งแต่ 1.5 ขึ้นไป ค่า DF ระหว่าง Atrium ผังพื้นรูปทรงวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัสและสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า เมื่อมีค่าการสะท้อนภายในต่ำ ค่า Daylight Factor มีการแปรผันตามค่า Well Index อย่างต่อเนื่อง คือ เมื่อ ค่า Well Index ต่ำ ค่า Daylight Factor จะสูง และเมื่อ ค่า Well Index สูงขึ้น ค่า Daylight Factor จะต่ำลง และลักษณะของรูปทรงไม่มีนัยสำคัญต่อค่า Daylight Factor ต่างจากเมื่อพื้นผิวภายในมีค่าการสะท้อน 40% 60% และ 80%

ตารางที่ 5.1 แสดงค่า DAYLIGHT FACTOR ของ ATRIUM ที่เงื่อนไของค์ประกอบต่างๆ

ค่าการสะท้อนภายใน 80%		
WI	รูปทรงของ Atrium	DF(%)
1	ผังพื้นวงกลม	15.15
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	14.25
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	8.30
2	ผังพื้นวงกลม	8.00
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	7.90
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	4.20
3	ผังพื้นวงกลม	5.13
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	4.89
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	2.20
ค่าการสะท้อนภายใน 60%		
WI	รูปทรงของ Atrium	DF(%)
1	ผังพื้นวงกลม	9.99
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	9.10
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	5.40
2	ผังพื้นวงกลม	4.82
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	4.60
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	2.50
3	ผังพื้นวงกลม	2.69
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	2.55
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1.20
ค่าการสะท้อนภายใน 40%		
WI	รูปทรงของ Atrium	DF(%)
1	ผังพื้นวงกลม	3.33
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	3.22
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1.80
2	ผังพื้นวงกลม	1.21
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	1.13
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.50

ค่าการสะท้อนภายใน 40%		
WI	รูปทรงของ Atrium	DF(%)
3	ผังพื้นวงกลม	0.59
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.53
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.20
ค่าการสะท้อนภายใน 20%		
WI	รูปทรงของ Atrium	DF(%)
1	ผังพื้นวงกลม	1.48
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	1.56
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	1.57
2	ผังพื้นวงกลม	0.38
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.40
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.28
3	ผังพื้นวงกลม	0.18
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.16
	ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.08

5.1.1 การพิจารณาด้านปริมาณ

เมื่อค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน Atrium มีค่าต่ำมากจนแทบไม่มีผลต่อการส่องสว่างภายใน ค่า Daylight Factor จะขึ้นอยู่กับ ค่า Well Index แต่เมื่อค่าการสะท้อนแสงเพิ่มมากขึ้น เริ่มมีผลกระทบต่อการส่องสว่างภายใน ค่า Daylight Factor ภายในอาคารจะเปลี่ยนแปลงไปตามค่า Well Index และลักษณะของรูปทรงของ Well

หลักการและเหตุผล คือ โครงสร้างในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ให้ความสว่างภายในอาคารนั้น หากทำการแบ่งออกตามลักษณะการทำงาน อาจกล่าวได้ว่าประกอบไปด้วยระบบต่างๆ 3 ระบบ ดังต่อไปนี้ คือ ระบบที่เป็นส่วนนำแสงธรรมชาติจากภายนอกเข้ามาสู่อาคาร (Collecting system) ระบบที่ทำหน้าที่นำแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องแสงเข้ามาไปยังระดับทำงาน หรือ Working plane (Delivery system) และระบบที่ทำหน้าที่กระจายแสง (Distribution system) ในขั้นตอนสุดท้าย

เมื่อพิจารณาตามลักษณะทางกายภาพของ Atrium แล้วจะพบว่า Atrium นั้น ทำหน้าที่นำแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องแสงเข้ามาไปยังระดับทำงาน (Delivery system) และทำหน้าที่กระจายแสง (Distribution system) และดังที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นของบทที่ 4 ว่า ปริมาณแสงด้านล่างที่ได้รับ ขึ้นอยู่กับปัจจัย 3 ประการ คือ ปริมาณและ

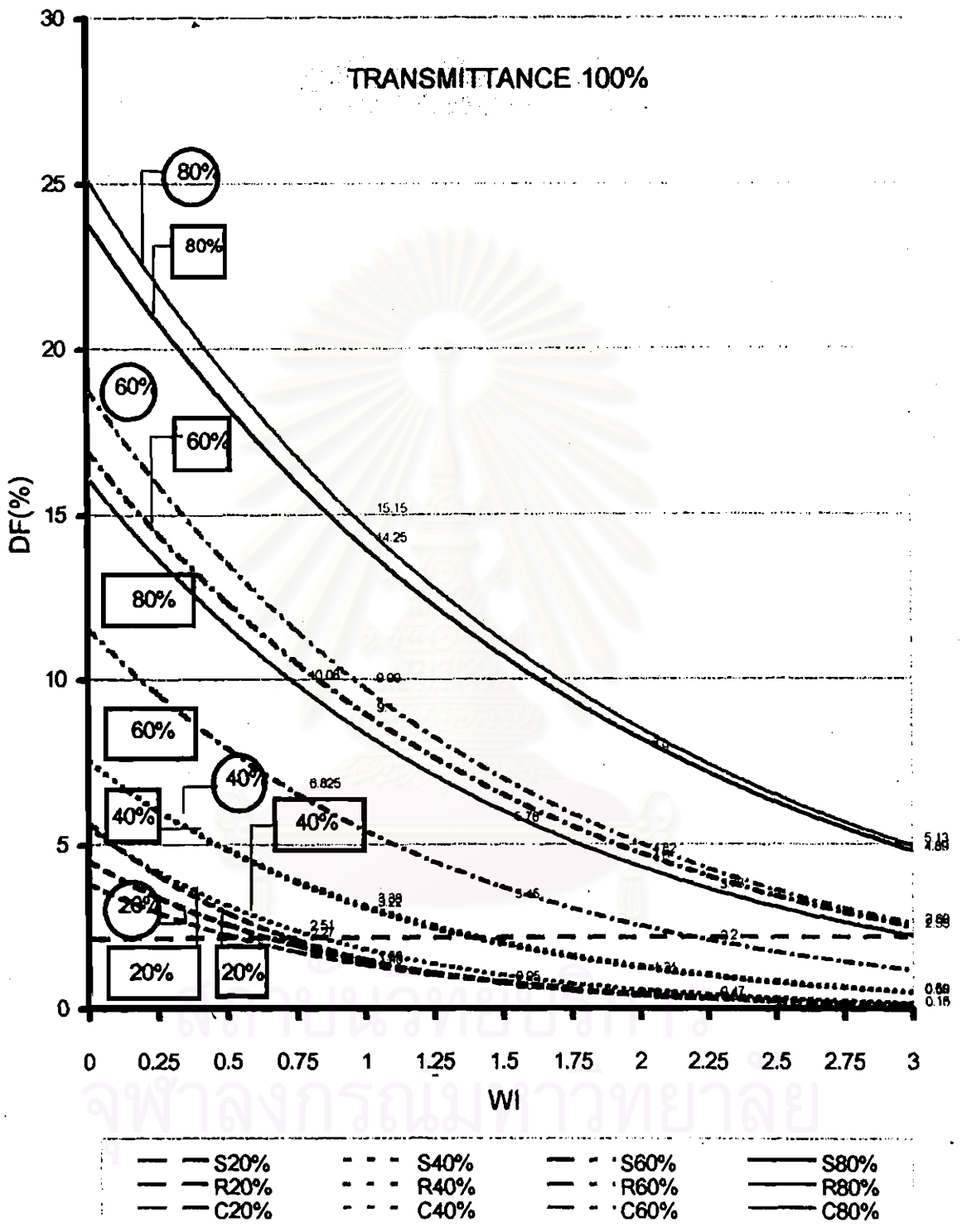
ทิศทางของแสงธรรมชาติที่ได้รับ คุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิว และลักษณะรูปทรงของ Atrium ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นจึงประกอบด้วย แสงที่ได้จากท้องฟ้าโดยตรง (Direct light) และแสงที่เกิดจากการสะท้อน (Indirect light) ซึ่งมีอิทธิพลต่อความส่องสว่างภายในไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขต่างๆ

เมื่อพื้นผิวภายในมีค่าการสะท้อนน้อย อิทธิพลของแสงตรงจากท้องฟ้า (Direct light) จะเข้ามามีบทบาทมากกว่าอิทธิพลของแสงสะท้อน (Indirect light) ซึ่งหมายถึงว่าแสงที่ผ่านเข้ามานั้น ไม่มีการสะท้อนภายในเกิดขึ้นเลย อย่างไรก็ตามแสงดังกล่าวเป็นแสงกระจาย (Diffused light) ไม่ใช่แสงตรงจากดวงอาทิตย์ ด้วยเหตุดังกล่าวจากผลการทดลอง เมื่อมีค่าการสะท้อนของพื้นผิวภายในเท่ากับ 20% ระดับของค่า DF ของ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าจึงมีค่ามากที่สุด เนื่องจากอิทธิพลของ Angle factor จากลักษณะของรูปทรงที่ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีมากกว่ารูปทรงอื่นๆ เมื่อพิจารณาที่ค่า SAR เดียวกัน ที่ ณ ระดับพื้น ทำให้ได้รับแสง Direct light มากกว่า ขณะที่ Atrium รูปทรงอื่น ความส่องสว่างที่ระดับพื้นเกิดจากการได้รับแสง Indirect light ซึ่งจะเห็นผลต่างได้ชัดเจนยิ่งขึ้นเมื่อมีค่า SAR มากกว่า 1(รูปที่ 5.1 และ 5.2)

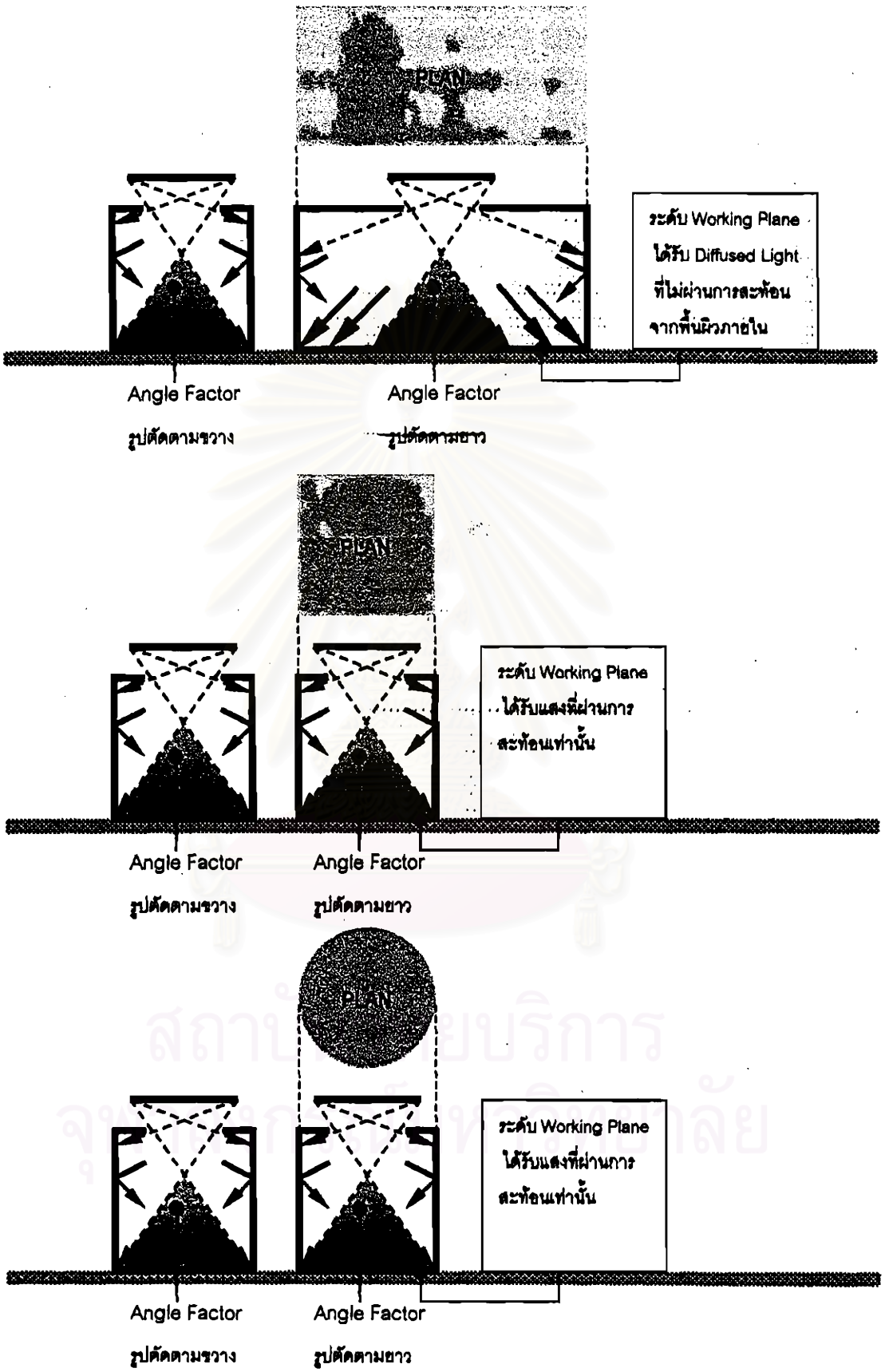
เมื่อค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในเพิ่มมากขึ้น จากการทดลอง คือ ตั้งแต่ 40% ขึ้นไป (ดูแผนภูมิที่ 4.2-4.5) พบว่าอิทธิพลของแสงสะท้อน (Indirect light)มีมากกว่าอิทธิพลของแสงตรงจากท้องฟ้า (Direct light) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสะท้อน (Indirect component) กลายเป็นตัวแปรสำคัญต่อปริมาณการส่องสว่างภายใน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวก็คือ ค่าการสะท้อนแสงภายในและลักษณะของรูปทรงนั่นเอง เราจึงจะพบว่าในกรณีนี้ ค่า DF ของ Atrium แบบวงกลมจึงมากกว่า ค่า DF ของ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

การที่ค่า DF ของ Atrium แบบวงกลมมากกว่า ค่า DF ของ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสและแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื่องมาจาก เมื่อมีขนาดช่องแสงที่เท่ากัน ปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามาเท่ากัน และ Atrium ทั้งสามแบบมีค่า SAR ที่เท่ากันแล้ว พื้นที่ผิวของ Atrium แบบวงกลม มีน้อยที่สุด ความเข้มของแสงที่กระจายไปบนพื้นผิวจึงมีมากกว่า เพื่อให้เข้าใจและเห็นภาพชัดเจนขึ้นอาจเปรียบเทียบได้กับการทาสี ปริมาณแสงที่ผ่านเข้ามาคือสีกระป๋องหนึ่ง เมื่อทาลงบนพื้นที่ขนาดเล็กความเข้มของสีย่อมมีมากกว่าการทาลงบนพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ในทำนองเดียวกัน พื้นที่ผิวของ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสก็มีน้อยกว่าพื้นที่ผิวของ Atrium แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ค่า DF ของ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสจึงมีมากกว่า

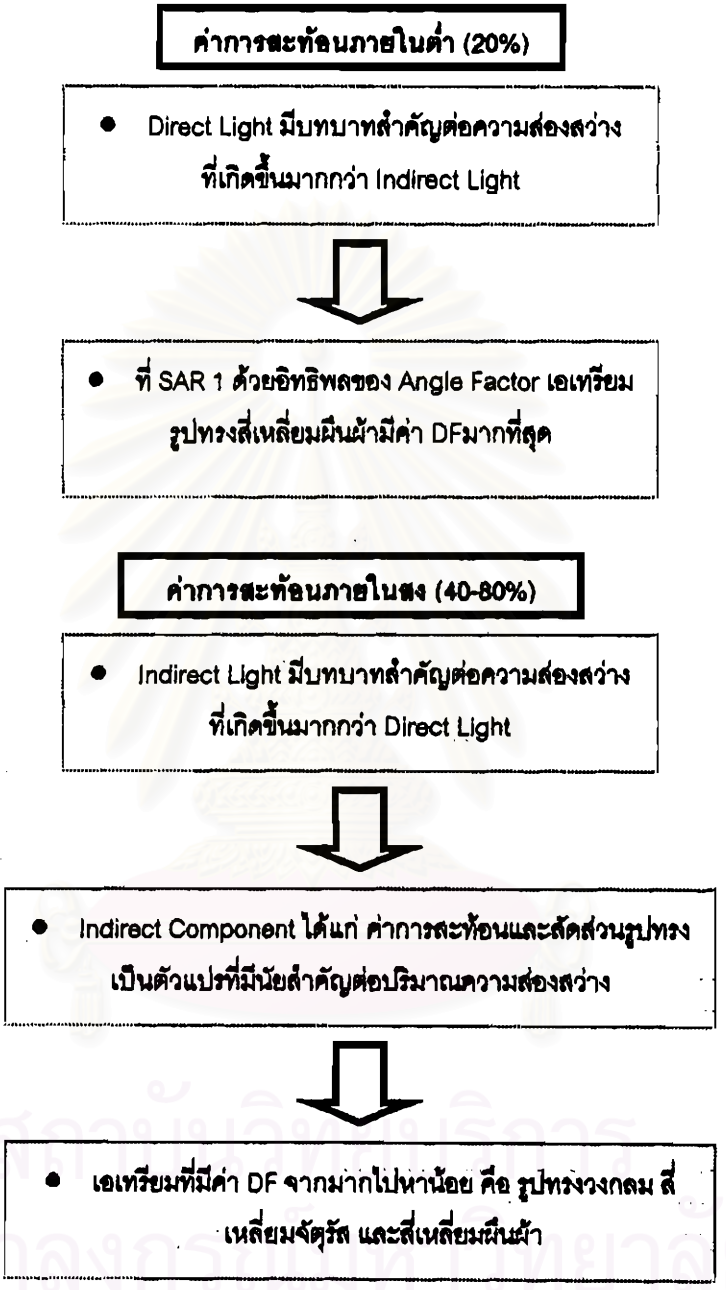
หรืออาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า เมื่อ Atrium มีขนาดใหญ่ Direct component มีอิทธิพลมากกว่า Indirect component ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณการส่องสว่างภายในมากที่สุด ได้แก่ ค่า Angle factor แต่เมื่อ Atrium มีขนาดเล็ก Indirect component มีอิทธิพลมากกว่า Direct component ตามความเป็นจริงในทางปฏิบัติ เมื่อต้องการเพิ่มค่าการส่องสว่างภายใน Indirect component เป็นปัจจัยที่เราสามารถควบคุมได้ ขณะที่ Direct component อยู่นอกเหนือการควบคุม ทางออกที่ดีในการออกแบบ Atrium จึงควรเป็น Atrium แบบวงกลมหรือ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส



แผนภูมิที่ 5.1 แสดงค่า DF ที่เกิดจากค่าการสะท้อนภายใน ค่า WI และ Well รูปทรงต่าง ๆ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 100 %
(ข้อมูลจากการทดลอง)



รูปที่ 5.1 แสดง Angle Factor และลักษณะของแสงที่ได้รับของ Atrium แต่ละรูปทรง



รูปที่ 5.2 ผังแสดงลำดับที่มาของผลการทดลองที่เกิดขึ้น

การประเมินผล

เกณฑ์ในการพิจารณา : ระดับค่า DFเทียบที่ 2%

ผลการประเมิน : Atrium แบบวงกลมหรือ Atrium แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ตารางที่ 5.2 แสดงผลสรุปตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อค่า DF

ที่ระดับค่าการสะท้อนแสงภายในต่ำจนไม่มีผลต่อการส่องสว่าง (20%)	
การพิจารณาเฉพาะรูปทรง	• ตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อค่า DF คือ ค่า WI
การพิจารณาระหว่างรูปทรง	• ตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อค่า DF คือ รูปทรงของเอเทรียม และค่า WI • ที่ค่า WI ต่ำกว่า 1.5 ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน Well ที่มีค่า DF มากที่สุด คือ รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า • ที่ค่า WI ตั้งแต่1.5 ขึ้นไป ค่า DF ของเอเทรียมทุกรูปทรงแปรผันตามค่า WI อย่างต่อเนื่องโดยรูปทรงไม่มีนัยสำคัญ
ที่ระดับค่าการสะท้อนแสงภายในเริ่มมีผลต่อการส่องสว่าง (40-80%)	
การพิจารณาเฉพาะรูปทรง	• ตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อค่า DF คือ ค่า WI
การพิจารณาระหว่างรูปทรง	• ตัวแปรที่มีนัยสำคัญต่อค่า DF คือ รูปทรงของเอเทรียม และค่า WI • ภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน Well ที่มีค่า DF จากมากไปน้อย คือ รูปทรงวงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้า

5.1.2 การพิจารณาด้านคุณภาพ

เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาด้านคุณภาพในงานวิจัยนี้ คือ ความสม่ำเสมอของแสง (Uniformity) ที่เกิดขึ้นภายใน Atrium โดย Atrium ที่ให้แสงที่มีความสม่ำเสมอมากที่สุดถือว่าเป็น Atrium ที่ให้แสงที่มีคุณภาพมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องมาจากความเกี่ยวเนื่องของเรื่องอิทธิพลของความเปรียบต่าง (Contrast) กับความต้องการที่จะให้ผู้ใช้อาคารเกิดความสบายตา (Visual comfort) พื้นที่ที่มีระดับแสงต่างกันมาก หรือมีค่าความเปรียบต่างมากอาจทำให้เกิดแสงจ้าบาดตา (Glare) ขึ้นและมีประสิทธิภาพในการมองเห็น (Visual performance)ลดลง ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 (รูปที่ 5.3)

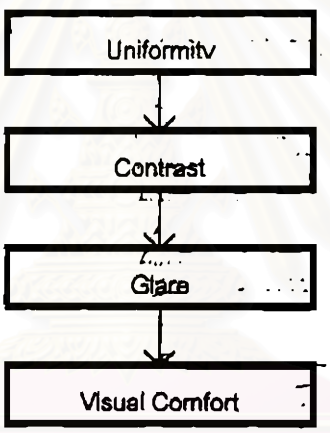
จากการทดลองพบว่า หากพิจารณาจากความแตกต่างของค่า DF ระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดในแนวทิศต่างๆ ได้แก่ แนวทิศเหนือ-ใต้ ทิศตะวันออก-ตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ (รูปที่ 4.5) โดยดูจากภาพรวมของทุกกรณีการทดลอง คือ ที่ค่า SAR เท่ากับ 1 2 และ 3 และค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในเป็น 20% 40% 60% และ 80% พบว่า Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมผืน

ผ้ามีความแปรปรวน (Variation) ของค่า DF สูงสุด รองลงมาได้แก่ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และ Atrium รูปทรงวงกลม สำหรับ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส และ Atrium รูปทรงวงกลมนั้น มีค่าความต่างของความเข้มแสงที่ใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาในส่วนของพื้นที่ที่ใกล้จุดศูนย์กลาง แต่ระดับแสงของ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะตกลงเมื่ออยู่ที่ตำแหน่งมุมห้อง ขณะที่ค่าความต่างของความเข้มแสงของ Atrium รูปทรงวงกลม แทบจะเท่ากันในทุกทิศทาง ดังนั้นสำหรับการพิจารณาด้านคุณภาพ (Quality) สรุปว่า Atrium ที่ให้แสงที่มีคุณภาพมากที่สุด ได้แก่ Atrium รูปทรงวงกลม

การประเมินผล

เกณฑ์ในการพิจารณา : ความสม่ำเสมอของแสง

ผลการประเมิน : เอเทรียมที่มีผังพื้นวงกลม



รูปที่ 5.3 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Uniformity และ Visual Comfort

5.2 แนวทางการนำไปประยุกต์ใช้งาน

ถึงแม้จำนวนของกรณีศึกษาที่ทำการทดลองจะมีกรณีไม่หลากหลายนัก แต่ก็เกิดขึ้นจากการพิจารณาคัดเลือกอย่างระมัดระวัง โดยพยายามให้ครอบคลุมขอบเขตของงานสถาปัตยกรรมในความเป็นจริงให้มากที่สุด มีค่าการสะท้อนภายในที่ 80% เป็นค่าการสะท้อนสูงสุดสำหรับกรณีศึกษา และค่าการสะท้อนภายในที่ 20% เป็นค่าการสะท้อนต่ำสุด เพราะในทางปฏิบัติกรณีที่มีค่าการสะท้อนภายในสูงกว่า 80% หรือต่ำกว่า 20% ย่อมเป็นไปได้ยาก ส่วนใหญ่แล้วน่าจะอยู่ในช่วงกลางช่วงใดช่วงหนึ่ง ซึ่งสามารถใช้ค่าการสะท้อนที่ 60% หรือ 40% เป็นตัวแทนได้ (ดูตารางที่ 1.3 ประกอบ) รูปทรงของ Atrium ช่วงของค่า WI และสัดส่วนค่า SAR พิจารณาจากรูปแบบพื้นฐานที่พบเห็นได้ทั่วๆไป การทดสอบกับสภาพท้องฟ้าจริงทำการทดสอบกับท้องฟ้าทั้ง 3 สภาพ คือ ท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky) และท้องฟ้ามีเมฆปกคลุม (Cloudy sky) โดยเลือกทดสอบกับรูป

ทรงของ Atrium แบบที่ดีที่สุด คือ วงกลม เพื่อศึกษาศักยภาพของแสงที่ดีที่สุดที่จะเกิดขึ้น เมื่อพื้นผิวภายในมีค่าการสะท้อน 80% และ 40% ซึ่งถือเป็นค่าการสะท้อนสูงสุดและเป็นค่าการสะท้อนเฉลี่ย ขยายขอบเขตการศึกษาเงื่อนไขการให้ความสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติให้ชัดเจนขึ้น ดังนั้นกรณีศึกษาเหล่านี้จึงสามารถนับได้ว่าเป็นกรณีพื้นฐานในการเปรียบเทียบอ้างอิง และคาดว่าผลที่ได้มีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำไปใช้ทำความเข้าใจอย่างเร่งรัดและเป็นเหตุเป็นผลเกี่ยวกับพฤติกรรมที่สามารถมองเห็นได้ของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายใน Atrium หรืออย่างน้อยที่สุดผลการศึกษาครั้งนี้ก็สามารถนำไปใช้ได้สำหรับกรณีที่มีความคล้ายคลึงกัน

ในด้านการนำข้อสรุปที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ (Design guidance) เพื่อคาดการณ์ปริมาณแสงในการออกแบบ Atrium จะทำให้ผู้ออกแบบทราบว่า เพื่อให้ได้มาซึ่งค่า Daylight Factor ที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานของลักษณะการใช้งานนั้น ผู้ออกแบบมีทางเลือกในการออกแบบอย่างไรบ้าง (ดูตารางที่ 5.2)

ปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อปริมาณแสงภายในอีกปัจจัยหนึ่งได้แก่ค่าการส่งผ่านแสงของกระจก (Light transmittance) งานวิจัยนี้กระทำบนพื้นฐานการคิดค่าการส่งผ่านแสงแบบสมบูรณ์ (Perfect transmission) คือ ที่ 100% เพื่อให้สามารถใช้เป็นพื้นฐานการคำนวณเมื่อนำไปใช้คาดการณ์กับอาคารจริง แผนภูมิที่ 5.1 แสดงข้อสรุปแนวทางการออกแบบที่ค่าการส่งผ่านที่ 100% เป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลองนอกเหนือจากนั้น แผนภูมิที่ 5.2-5.5 เป็นข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ ณ ตำแหน่งที่จุดกึ่งกลางของผังพื้น ในตารางที่ 5.2 แสดงเงื่อนไขของลักษณะทางกายภาพของ Atrium ที่เป็นตัวแปรในการศึกษา เปรียบเทียบกับค่า DF มาตราฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งานของพื้นที่ เมื่อวัสดุช่องแสงมีค่าการส่งผ่านแสงเป็น 100% 90% 80% 70% และ 60% อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วอาคารแต่ละหลังย่อมมีค่าการส่งผ่านของกระจกแตกต่างกันไปตามประเภทของวัสดุกรุช่องแสงที่เลือกใช้ซึ่งอาจไม่ตรงกับค่าที่กำหนดมาให้ และผู้ออกแบบอาจต้องการทราบข้อมูลการส่องสว่างที่เกิดขึ้น ณ ตำแหน่งอื่นๆที่ไม่ใช่จุดกึ่งกลาง จึงแสดงวิธีการคำนวณหาค่าการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการส่องสว่าง ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนการคำนวณ

ขั้นที่ 1 หาค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่ต้องการใช้ *(1)*
(ตารางที่ 1.2)
(การใช้ข้อมูลจากตารางควรใช้เมื่อไม่มีค่าการส่งผ่านที่แท้จริง ในทางปฏิบัติควรใช้ข้อมูลจากผู้ผลิตวัสดุนั้นๆเพื่อความแม่นยำ)

ขั้นที่ 2 เปิดภาคผนวก จ ตารางบันทึกข้อมูล
(การเลือกใช้ตารางขึ้นกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตและค่าการสะท้อนแสงภายใน)

ขั้นที่ 3 เทียบพิกัดของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่งนั้น
(ดูค่าพิกัดจากรูปที่ 5.4) *(2)*

ขั้นที่ 4 คำนวณผลของ (1) * (2) *(3)*

ขั้นที่ 5 นำ (3) มาหารด้วยค่าความส่องสว่างภายนอก ณ ตำแหน่งนั้น เพื่อหาค่า DF
((3) / Outdoor Illumination) * 100 *(4)*

ขั้นที่ 6 ค่า (4) ที่ได้ คือ ค่า DF ที่ต้องการหา

ขั้นที่ 7 นำค่า DF ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานในตารางที่ 2.4 *(5)*

ตัวอย่างการคำนวณที่ 1

ต้องการหาค่า DF ของ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีค่า SAR เท่ากับ 1 และค่า WI เท่ากับ 1 ค่าการสะท้อนแสงภายในเท่ากับ 60% มีขนาดและลักษณะของช่องแสงด้านบนเหมือนกับกรณีที่ทำการศึกษา ต้องการหาค่า DF ที่เกิดขึ้น ณ จุดกึ่งกลางผังพื้นว่ามีค่าเท่าไรและเพียงพอสำหรับการใช้เป็นโถงทางเข้าหรือไม่ เมื่อเลือกใช้วัสดุกระจองแสงเป็น Double Glazed-two Light Clear Glass

ขั้นที่ 1 หาค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่ต้องการใช้
ค่าการส่งผ่านแสงของ Double Glazed-two Light Clear Glass = 77% *(0.77)*
(ตารางที่ 1.2)

ขั้นที่ 2 เปิดภาคผนวก จ ตารางบันทึกข้อมูลที่ 27
(การเลือกใช้ตารางขึ้นกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตและค่าการสะท้อนแสงภายใน)

ขั้นที่ 3 เทียบพิกัดของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่ง C3
(ดูค่าพิกัดจากรูปที่ 5.4) *(542 Lux)*

ขั้นที่ 4 คำนวณผลของ (0.77) * (542) *(417.34 Lux)*

ขั้นที่ 5 นำ (417.34) มาหารด้วยค่าความส่องสว่างภายนอก ณ ตำแหน่งนั้น เพื่อหาค่า DF
((417.34) / (5952.72)) * 100 *(7.01%)*

ขั้นที่ 6 ค่า (4) ที่ได้ คือ ค่า DF ที่ต้องการ *(7.01%)*

ขั้นที่ 7 นำค่า DF ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานในตารางที่ 2.4

จากนั้นนำไปเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.4 เพื่อหาค่า DF ที่เป็นมาตรฐานขั้นต่ำสำหรับลักษณะการใช้งานเป็นโถงทางเข้า ซึ่งได้แก่ที่ 2% ดังนั้นสรุปว่าค่า DF ที่เกิดขึ้นเพียงพอต่อความต้องการ

ตัวอย่างการคำนวณที่ 2

ต้องการหาค่า DF ของ Atrium รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีค่า SAR เท่ากับ 1 ค่าการสะท้อนแสงภายในเท่ากับ 20% มีขนาดและลักษณะของช่องแสงด้านบนเหมือนกับกรณีที่ทำการศึกษา ต้องการหาค่า DF ที่เกิดขึ้นในทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ณ จุด H5 ว่ามีค่าเท่าไร เมื่อเลือกใช้วัสดุกรุช่องแสงเป็น Corrugated Glass

ขั้นที่ 1 หาค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่ต้องการใช้
ค่าการส่งผ่านแสงของ Corrugated Glass = 80% *(0.80)*
(ตารางที่ 1.2)

ขั้นที่ 2 เปิดภาคผนวก ฯ ตารางบันทึกข้อมูลที่ 13
(การเลือกใช้ตารางขึ้นกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตและค่าการสะท้อนแสงภายใน)

ขั้นที่ 3 เทียบพิกัดของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่ง H5
(ดูค่าพิกัดจากรูปที่ 5.4) *(79.2 Lux)*

ขั้นที่ 4 คำนวณผลของ (0.80) * (79.2) *(63.36 Lux)*

ขั้นที่ 5 นำ (63.36) มาหารด้วยค่าความส่องสว่างภายนอก ณ ตำแหน่งนั้น เพื่อหาค่า DF
((63.36) / (6046.621)) * 100 *(1.05%)*

ขั้นที่ 6 ค่า (4) ที่ได้ คือ ค่า DF ที่ต้องการ *(1.05%)*

ตัวอย่างการคำนวณที่ 3

ต้องการหาค่า DF ของ Atrium รูปทรงวงกลม ที่มีค่า SAR เท่ากับ 3 ค่าการสะท้อนแสงภายในเท่ากับ 80% มีขนาดและลักษณะของช่องแสงด้านบนเหมือนกับกรณีที่ทำการศึกษา ต้องการหาค่า DF ที่เกิดขึ้น ณ จุด ที่ติดกับผนังในทิศตะวันตกเฉียงใต้ว่ามีค่าเท่าไร เมื่อเลือกใช้วัสดุกรุช่องแสงเป็น Sheet Glass

ขั้นที่ 1 หาค่าการส่งผ่านแสงของวัสดุที่ต้องการใช้
ค่าการส่งผ่านแสงของ Sheet Glass = 85% *(0.85)*
(ตารางที่ 1.2)

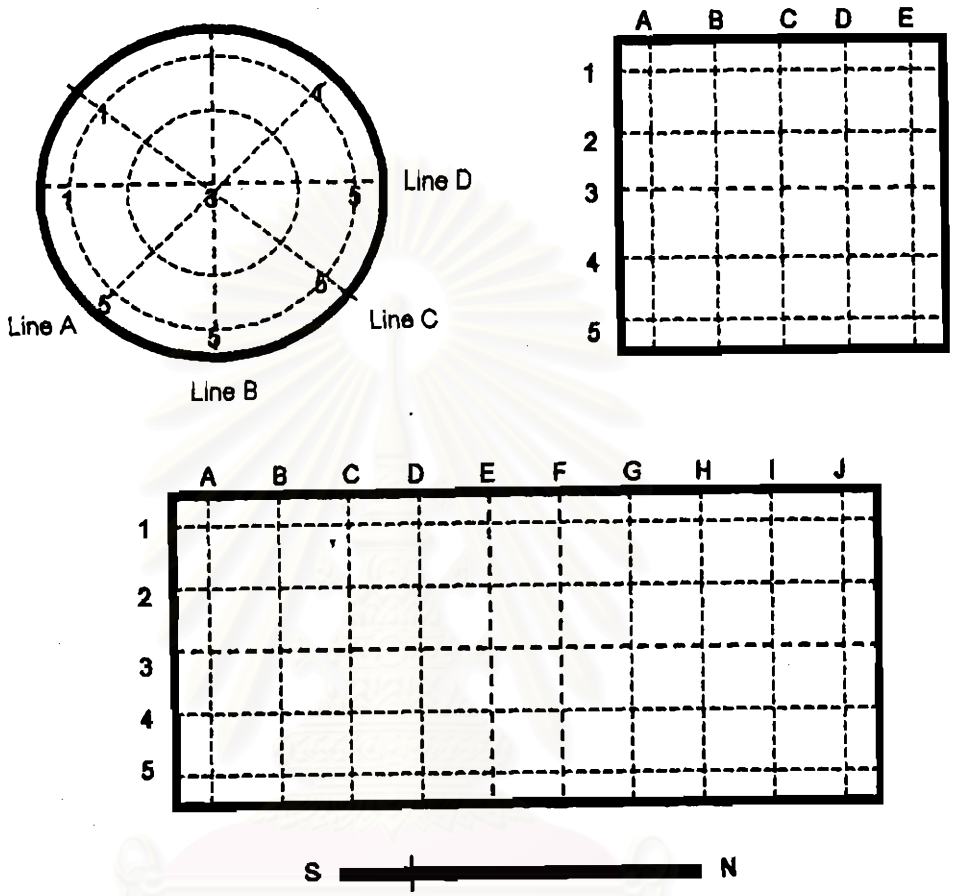
ขั้นที่ 2 เปิดภาคผนวก ฯ ตารางบันทึกข้อมูลที่ 12
(การเลือกใช้ตารางขึ้นกับคุณสมบัติทางเรขาคณิตและค่าการสะท้อนแสงภายใน)

ขั้นที่ 3 เทียบพิกัดของตำแหน่งที่ต้องการคำนวณเพื่อหาค่าความส่องสว่างภายใน ณ ตำแหน่ง C1
(ดูค่าพิกัดจากรูปที่ 5.4) *(294 Lux)*

ขั้นที่ 4 คำนวณผลของ (0.85) * (294) *(249.9 Lux)*

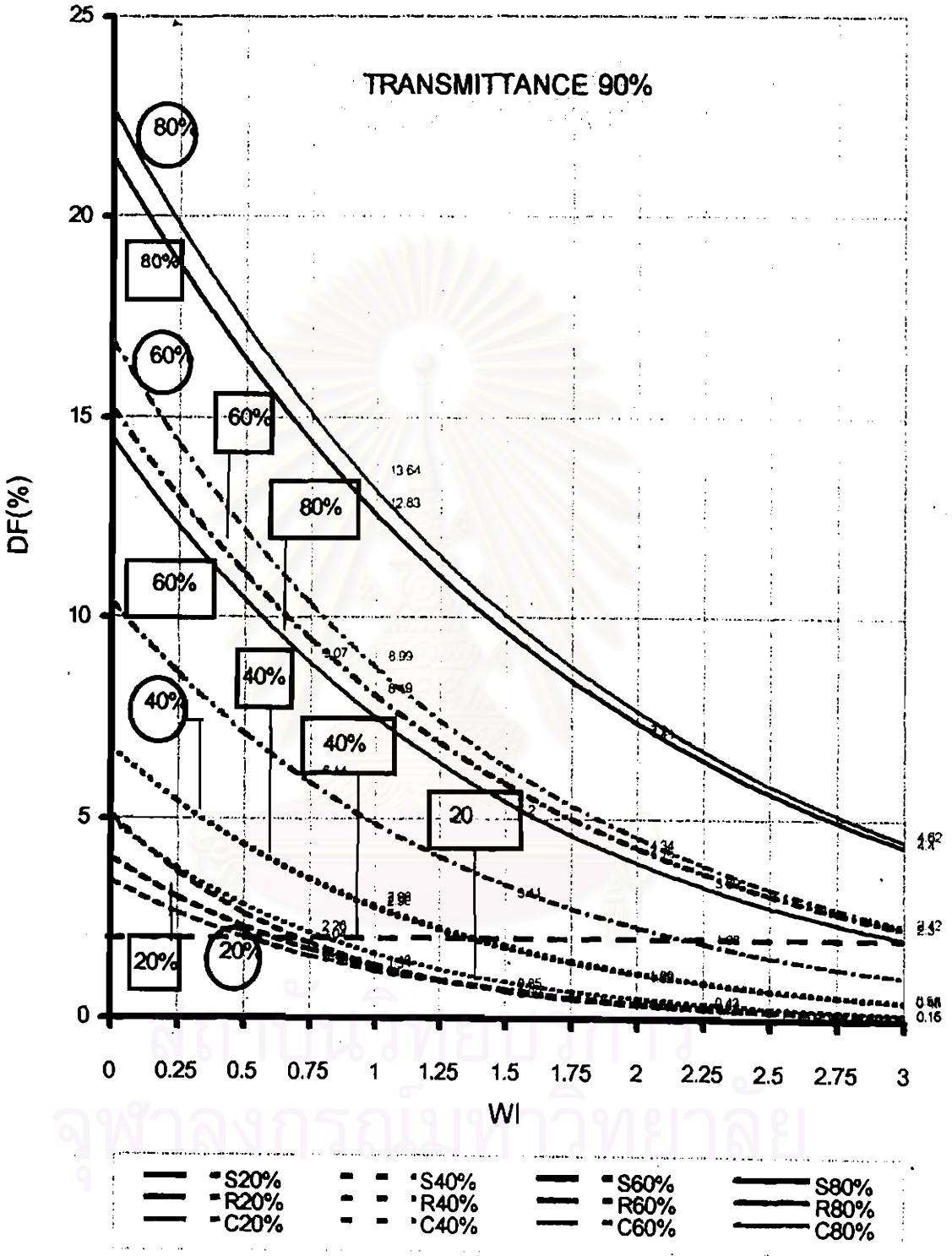
ขั้นที่ 5 นำ (249.9) มาหารด้วยค่าความส่องสว่างภายนอก ณ ตำแหน่งนั้น เพื่อหาค่า DF
((249.9) / (6131.131)) * 100 *(4.08%)*

ขั้นที่ 6 ค่า (4) ที่ได้ คือ ค่า DF ที่ต้องการ *(4.08%)*



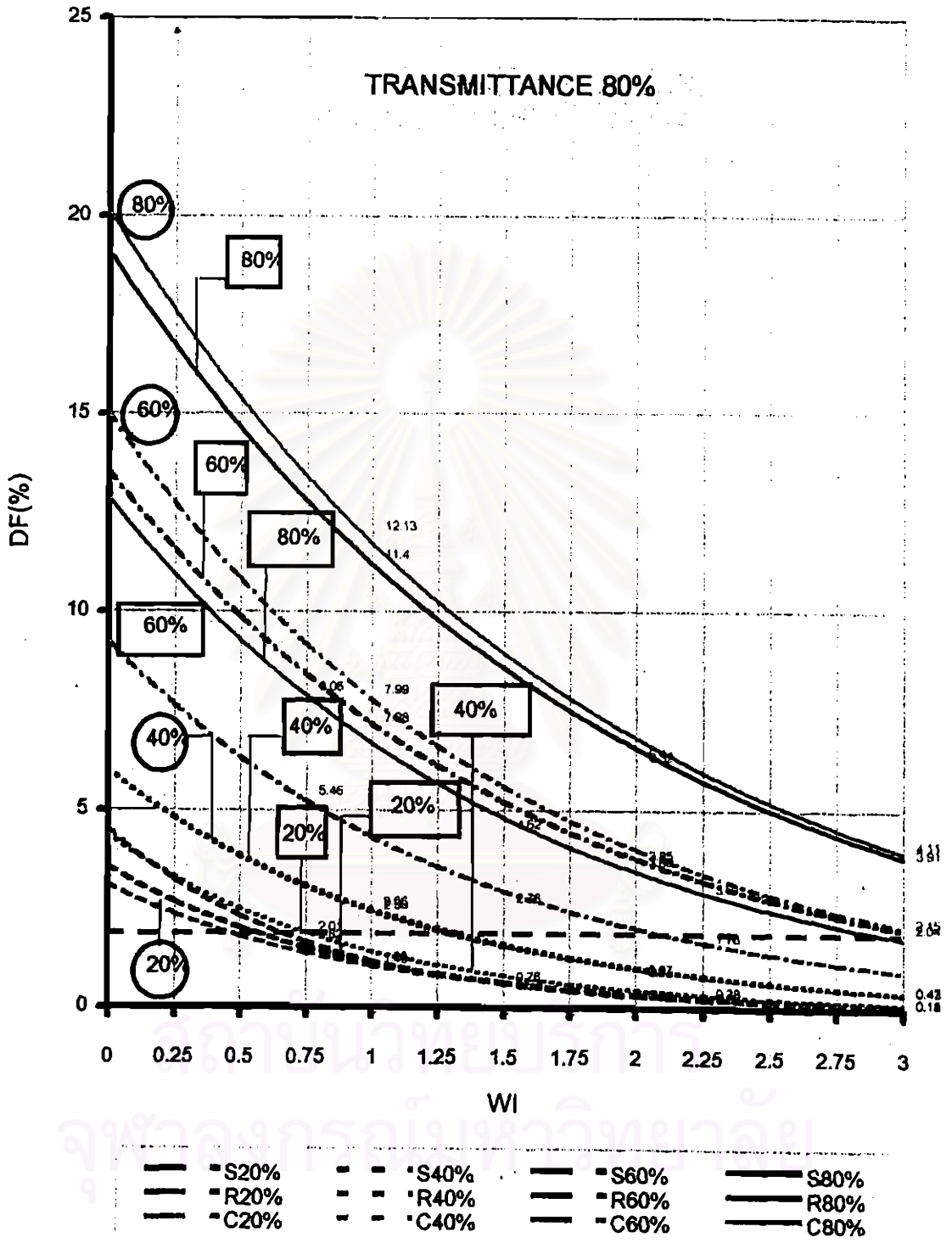
รูปที่ 5.4 ผังพื้นแสดงพิกัดตำแหน่งวัดค่าความต่อเนื่อง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



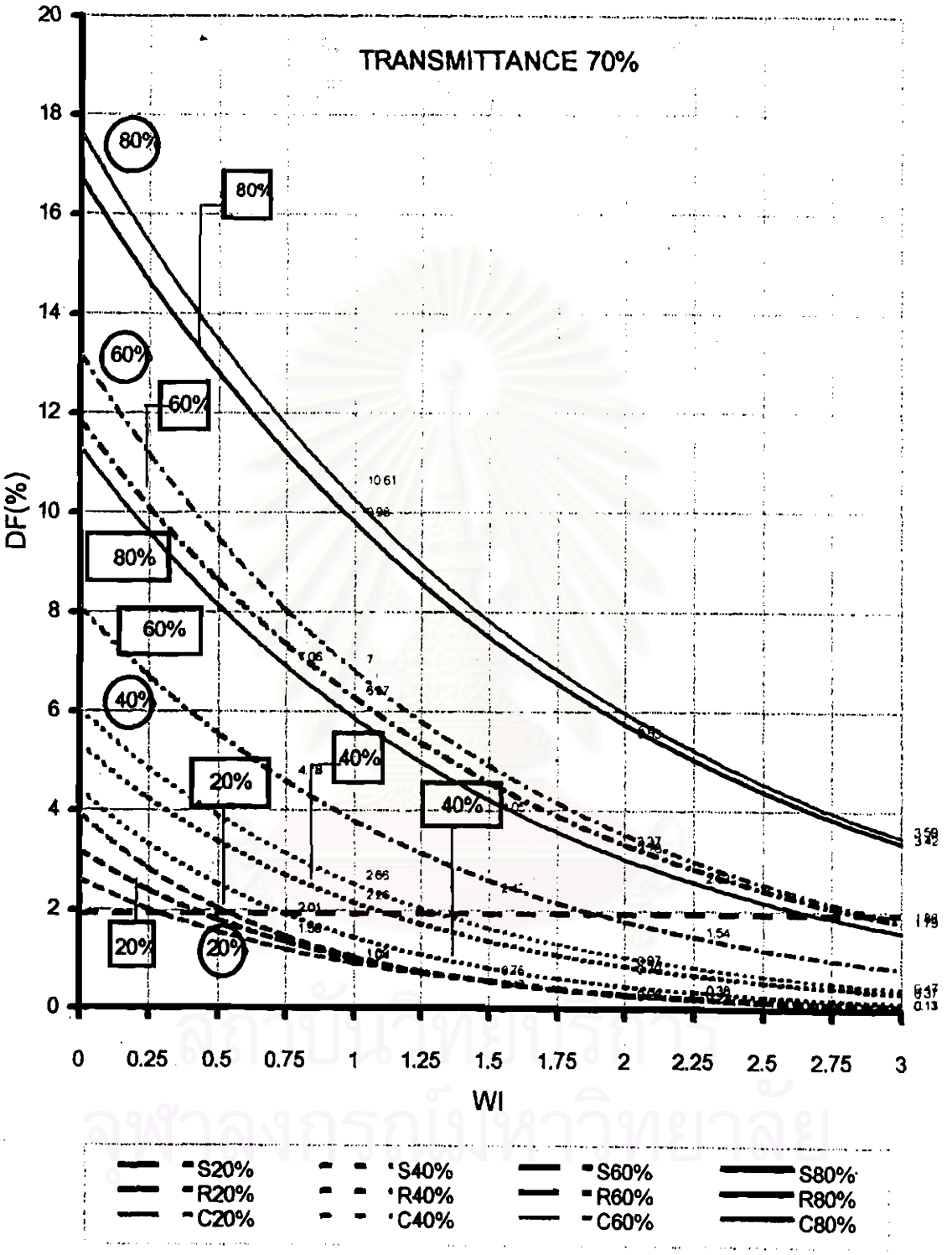
แผนภูมิที่ 5.2 แสดงค่า DF ที่เกิดจากค่าการสะท้อนภายใน ค่า WI และ Well รูปทรงต่าง ๆ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 90 %

(ข้อมูลจากการคำนวณ)



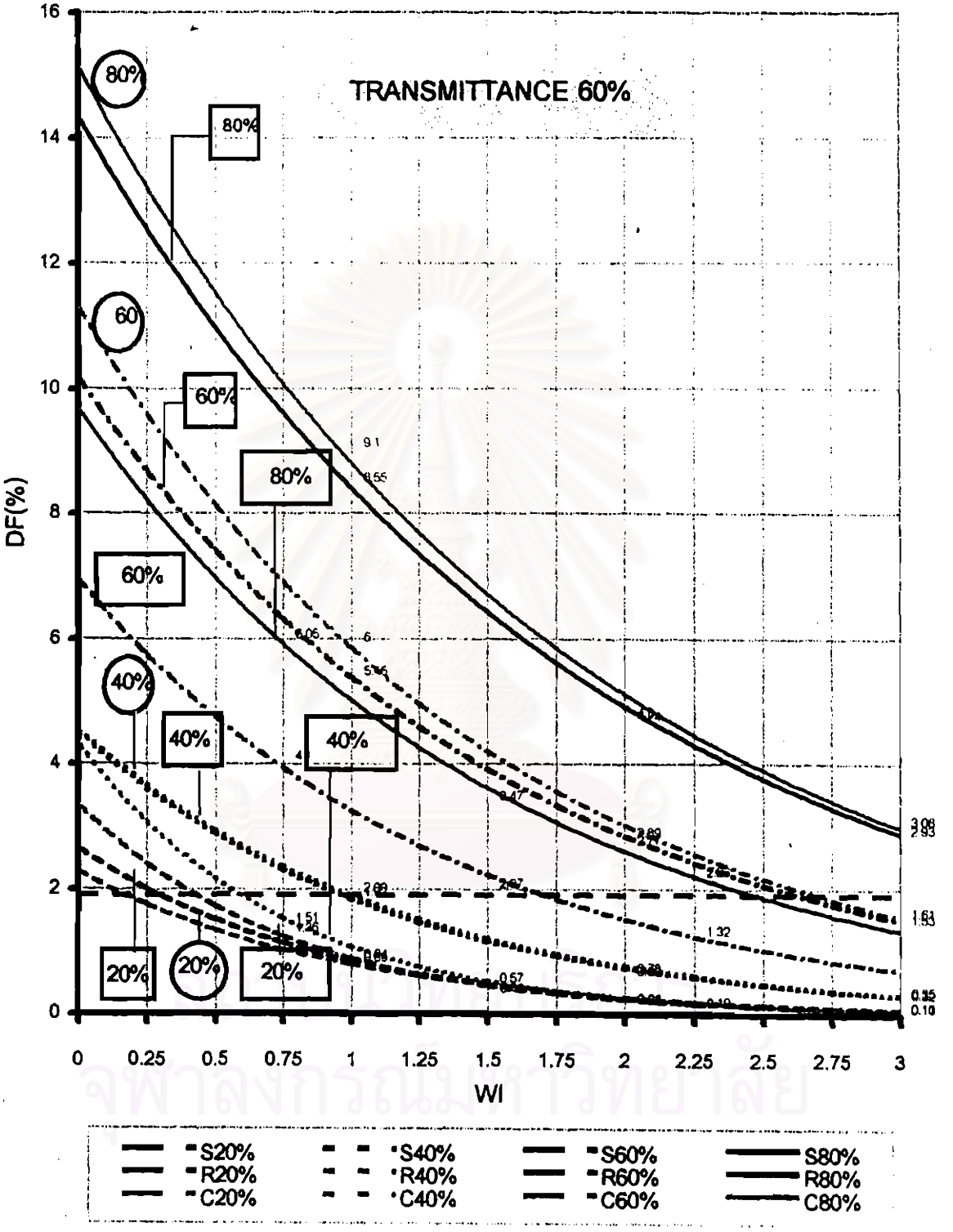
แผนภูมิที่ 5.3 แสดงค่า DF ที่เกิดจากค่าการสะท้อนภายใน ค่า WI และ Well รูปทรงต่าง ๆ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 80 %

(ข้อมูลจากการคำนวณ)



แผนภูมิที่ 5.4 แสดงค่า DF ที่เกิดจากค่าการสะท้อนภายใน ค่า WI และ Well รูปทรงต่าง ๆ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 70 %

(ข้อมูลจากการคำนวณ)



แผนภูมิที่ 5.5 แสดงค่า DF ที่เกิดจากค่าการสะท้อนภายใน ค่า WI และ Well รูปทรงต่าง ๆ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 60 %

(ข้อมูลจากการคำนวณ)

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 100%

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
อาคารทั่วไป			0.25															
ทางเดิน	2	BSI Draft for Development, 1987 :31	0.5															
บันได บันไดเลื่อน	2	BSI Draft for Development, 1987 :32	0.75											1				
สำนักงาน			1	1					1									
โถงทางเข้า	2	BSI Draft for Development, 1987 :34	1.25															
			1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 100% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ห้องสมุด			0.25															
ส่วนเคาน์เตอร์	5	BSI Draft for Development, 1987 :36	0.5															
ห้องประชุม			0.75											1				
ส่วนอเนกประสงค์	5	BSI Draft for Development, 1987 :38	1	1					1									
บรรยากาศที่มีชีวิตชีวา	5 ถึง10	Joshi, 1997 : 31	1.25															
Atrium ที่ปลูกต้นไม้	5 ถึง 40	Joshi, 1997 : 32	1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 90% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
อาคารทั่วไป			0.25															
ทางเดิน	2	BSI Draft for Development, 1987 :31	0.5															
บันได บันไดเลื่อน	2	BSI Draft for Development, 1987 :32	0.75											1				
สำนักงาน			1	1					1									
โถงทางเข้า	2	BSI Draft for Development, 1987 :34	1.25															
			1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 90% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ห้องสมุด			0.25															
ส่วนเคาน์เตอร์	5	BSI Draft for Development, 1987 :36	0.5															
ห้องประชุม			0.75											1				
ส่วนอเนกประสงค์	5	BSI Draft for Development, 1987 :38	1	1					1									
บรรยากาศที่มีชีวิตชีวา	5 ถึง10	Joshi, 1997 : 31	1.25															
Atrium ที่ปลูกต้นไม้	5 ถึง 40	Joshi, 1997 : 32	1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 80% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
อาคารทั่วไป			0.25															
ทางเดิน	2	BSI Draft for Development, 1987 :31	0.5															
บันได บันไดเลื่อน	2	BSI Draft for Development, 1987 :32	0.75											1				
สำนักงาน			1	1					1									
โถงทางเข้า	2	BSI Draft for Development, 1987 :34	1.25															
			1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 80% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ห้องสมุด			0.25															
ส่วนเคาน์เตอร์	5	BSI Draft for Development, 1987 :36	0.5															
ห้องประชุม			0.75											1				
ส่วนอเนกประสงค์	5	BSI Draft for Development, 1987 :38	1	1					1									
บรรยากาศที่มีชีวิตชีวา	5 ถึง10	Joshi, 1997 : 31	1.25															
Atrium ที่ปลูกต้นไม้	5 ถึง 40	Joshi, 1997 : 32	1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 70% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ธนาคารทั่วไป			0.25															
ทางเดิน	2	BSI Draft for Development, 1987 :31	0.5															
บันได บันไดเลื่อน	2	BSI Draft for Development, 1987 :32	0.75											1				
สำนักงาน			1	1					1									
โถงทางเข้า	2	BSI Draft for Development, 1987 :34	1.25															
			1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 70% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ห้องสมุด			0.25															
ส่วนเคาน์เตอร์	5	BSI Draft for Development, 1987 :36	0.5															
ห้องประชุม			0.75											1				
ส่วนอเนกประสงค์	5	BSI Draft for Development, 1987 :38	1	1					1									
บรรยากาศที่มีชีวิตชีวา	5 ถึง10	Joshi, 1997 : 31	1.25															
Atrium ที่ปลูกต้นไม้	5 ถึง 40	Joshi, 1997 : 32	1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 60% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
อาคารทั่วไป			0.25															
ทางเดิน	2	BSI Draft for Development, 1987 :31	0.5															
บันได บันไดเลื่อน	2	BSI Draft for Development, 1987 :32	0.75											1				
สำนักงาน			1	1					1									
โถงทางเข้า	2	BSI Draft for Development, 1987 :34	1.25															
			1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.3 แสดงเงื่อนไขของ Atrium ที่มีค่า Daylight Factor ตามมาตรฐานที่กำหนดตามลักษณะการใช้งาน เมื่อวัสดุมีค่าการส่งผ่านแสง 60% (ต่อ)

พื้นที่ใช้งาน	ค่า DF(%)	ที่มา	WI	Atrium ผังพื้นวงกลม					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส					Atrium ผังพื้นสี่เหลี่ยมผืนผ้า				
				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน				SAR	ค่าการสะท้อนแสงภายใน			
					20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%		20%	40%	60%	80%
ห้องสมุด			0.25															
ส่วนเคาน์เตอร์	5	BSI Draft for Development, 1987 :36	0.5															
ห้องประชุม			0.75											1				
ส่วนอเนกประสงค์	5	BSI Draft for Development, 1987 :38	1	1					1									
บรรยากาศที่มีชีวิตชีวา	5 ถึง10	Joshi, 1997 : 31	1.25															
Atrium ที่ปลูกต้นไม้	5 ถึง 40	Joshi, 1997 : 32	1.5											2				
			1.75															
			2	2					2									
			2.25											3				
			2.5															
			2.75															
			3	3					3									

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3 ข้อจำกัดในการวิจัย

งานวิจัยนี้ถูกจำกัดภายใต้เงื่อนไขที่ได้กล่าวไปอย่างชัดเจนแล้วข้างต้น แต่ถึงกระนั้นก็ตามผลของข้อสรุปที่ได้ก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อการทำความเข้าใจในเรื่องคุณสมบัติในการส่องสว่างของสภาพแวดล้อมของ Atrium ในแง่การออกแบบทางสถาปัตยกรรม

- Atrium แบบ Four-sided atrium เพียงแบบเดียวเท่านั้นที่ถูกนำมาศึกษา ดังนั้นรูปแบบของ Atrium แบบอื่นรวมทั้งรายละเอียดของช่องเปิดระบบอื่นๆที่ต่างออกไปจึงต้องใช้วิจารณญาณในการนำข้อสรุปมาใช้
- คุณสมบัติของกระจกที่ใช้ในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีการส่งผ่านแสงอย่างสมบูรณ์ (Perfect transmission) คือ ที่ค่าการส่งผ่านแสง 100% และถือว่าไม่มีผลที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางของแสง
- ข้อจำกัดในเรื่องวัสดุ ทำให้เป็นการยากที่จะสามารถหาวัสดุที่มีค่าการสะท้อนตรงกับค่าที่กำหนดไว้ ดังนั้นค่าการสะท้อนแสงภายในที่ใช้เป็นตัวแทนค่าการสะท้อน 20% 40% 60% และ 80% จึงมีความคลาดเคลื่อนไปบ้างโดยมีค่าการสะท้อนที่แท้จริงเป็น 24.45% 45.05% 64.30% และ 76.29% ดังนั้นที่ค่าการสะท้อน 80% ค่า DF ที่ได้จะต้องสูงกว่านี้
- หุ่นจำลองที่ใช้ในการศึกษายังค่อนข้างต่างจากสภาพอาคารจริง ในความเป็นจริงแล้วพื้นที่ที่อยู่ติดกันกับ Atrium นั้นไม่ได้เป็นผนังเรียบทั้งหมดแต่มีส่วนที่เป็นระเบียงเปิดสู่พื้นที่ Atrium ด้วย ซึ่งจะทำให้แสงถูกดูดกลืนหายไปส่วนหนึ่ง เมื่อคำนึงถึงทิศทางของแสงที่ตกกระทบค่าการสะท้อนของพื้นที่เปิดโล่งลึกเข้าไปเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการสะท้อนแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามาจากด้านบน นั่นคือหากพื้นบริเวณดังกล่าวมีค่าการสะท้อนสูงการสะท้อนที่เกิดขึ้นจะเป็นการสะท้อนกลับในทิศเดียวกันกับมุมตกกระทบ อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงพื้นมักมีค่าการสะท้อนต่ำ ทำให้แสงที่เกิดจากการสะท้อนซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่จะนำแสงเข้าไปที่พื้นที่เปิดเข้าสู่ Atrium จะมีค่าลดลงอย่างมาก หรืออาจเกิดการสะท้อนเข้ามาใน Atrium บางส่วนหากเป็นการสะท้อนแบบกระจาย นั่นคือช่องที่เปิดโล่งที่อยู่ติดกับ Atrium นี้ มีผลกระทบต่อการกระจายความส่องสว่างภายในตามประเภทของการสะท้อนและลักษณะของช่องโล่ง โดยที่การส่องสว่างในช่องโล่งนี้เป็นการดึงแสงจาก Atrium เข้าไป หุ่นจำลองการศึกษาครั้งนี้ไม่ครอบคลุมถึงลักษณะทางกายภาพดังกล่าวแต่จากหลักการที่กล่าวไปแล้วประมาณการณ์ว่าที่ระดับพื้น ค่าความส่องสว่างจะลดลง ซึ่งหากต้องการศึกษาพฤติกรรมของแสงในกรณีที่มีพื้นที่ส่วนเปิดโล่งดังกล่าว การทดลองในขั้นต่อไปสามารถทำได้โดยการวัดปริมาณแสงในระนาบตั้ง (Vertical plane) แล้วใช้การจำลองแบบคอมพิวเตอร์ (Computer Simulation) สร้างภาพ 3 มิติ
- การทดสอบภายใต้ท้องฟ้าจริง ทำการทดสอบที่กรุงเทพมหานคร ที่ละติจูด 14° เหนือ ดังนั้นหากตำแหน่งที่ตั้งมีการเปลี่ยนแปลงไป ผลการทดสอบที่กระทำภายใต้ท้องฟ้าจริงจะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยในแง่ของเวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์

- เพื่อให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการนำผลการวิจัยในครั้งนี้ไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ ผู้ออกแบบควรพิจารณาถึงความร้อนที่จะเกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย นั่นคือต้องไม่ลืมว่าเมื่อมีปริมาณแสงผ่านเข้ามามาก ปริมาณความร้อนก็จะสูง ดังนั้นจึงควรนำแสงธรรมชาติมาใช้ โดยพิจารณาให้อยู่บนพื้นฐานที่มีความพอดี
- การวิจัยครั้งนี้พิจารณาค่าความส่องสว่างที่เกิดจากค่าสะท้อนโดยรวมเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐาน ไม่ครอบคลุมไปถึงการหาอัตราส่วนค่าความส่องสว่างที่เกิดจากการสะท้อนที่เกิดจากเพดาน ผนัง หรือพื้น อย่างใดอย่างหนึ่ง ในขั้นตอนการทดลองการเปลี่ยนค่าสะท้อนจึงทำการเปลี่ยนทั้งเพดาน ผนัง และ พื้นในคราวเดียวกัน อย่างไรก็ดีหากพิจารณาตามทิศทางการตกกระทบของแสง จะพบว่าค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่มาจากการสะท้อนจากเพดาน และผนัง การสะท้อนจากพื้นคาดว่าน่าจะมีผลต่อค่าความส่องสว่างภายในไม่มากนัก ในการหาค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากแต่ละส่วน คือ จากเพดาน ผนัง หรือ พื้น ก็สามารถทำได้ในการทดลองขั้นต่อไปโดยให้ส่วนที่ไม่ต้องการทดสอบใช้ค่าการสะท้อนที่ 0% แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเทียบเป็นอัตราส่วนกับปริมาณแสงที่เกิดจากการเปลี่ยนค่าสะท้อนทั้งหมดของข้อมูลที่มีอยู่แล้วจากงานวิจัยครั้งนี้
- หากค่าการสะท้อนแสงของผนังแต่ละด้านมีค่าไม่เท่ากัน การจะเปรียบเทียบข้อมูลจากงานวิจัยชิ้นนี้โดยการหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงแล้วนำไปหาค่า DF ไม่สามารถทำได้ เนื่องจากแสงที่ได้จากการสะท้อนครั้งที่ 1 ซึ่งเป็นแสงตกกระทบของการสะท้อนครั้งที่ 2 จะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปในความเป็นจริง ดังนั้นท้ายสุดแล้วค่า DF ที่เกิดขึ้นจึงมีค่าต่างกันด้วย

ตัวอย่างเช่น แสงที่ได้รับจากช่องแสงด้านบนเท่ากับ 2,000 ลักซ์ หากเป็น Atrium วงกลมที่มีค่า SAR เท่ากับ 3 ซึ่งสามารถแบ่งระยะความสูงได้เป็น 3 ส่วนเท่าๆกัน กรณีที่ 1 ค่าการสะท้อนภายในของความสูงทั้ง 3 ส่วนเป็น 60% กรณีที่ 2 ค่าการสะท้อนภายในของความสูงส่วนบน กลาง และล่าง เป็น 40% 60% และ 80% ตามลำดับ ในพื้นที่ที่เท่ากัน(รูปที่ 5.5)

ทำการหาค่าการสะท้อนเฉลี่ยจะพบว่าทั้ง 2 กรณีมีค่าการสะท้อนเฉลี่ยเท่ากัน

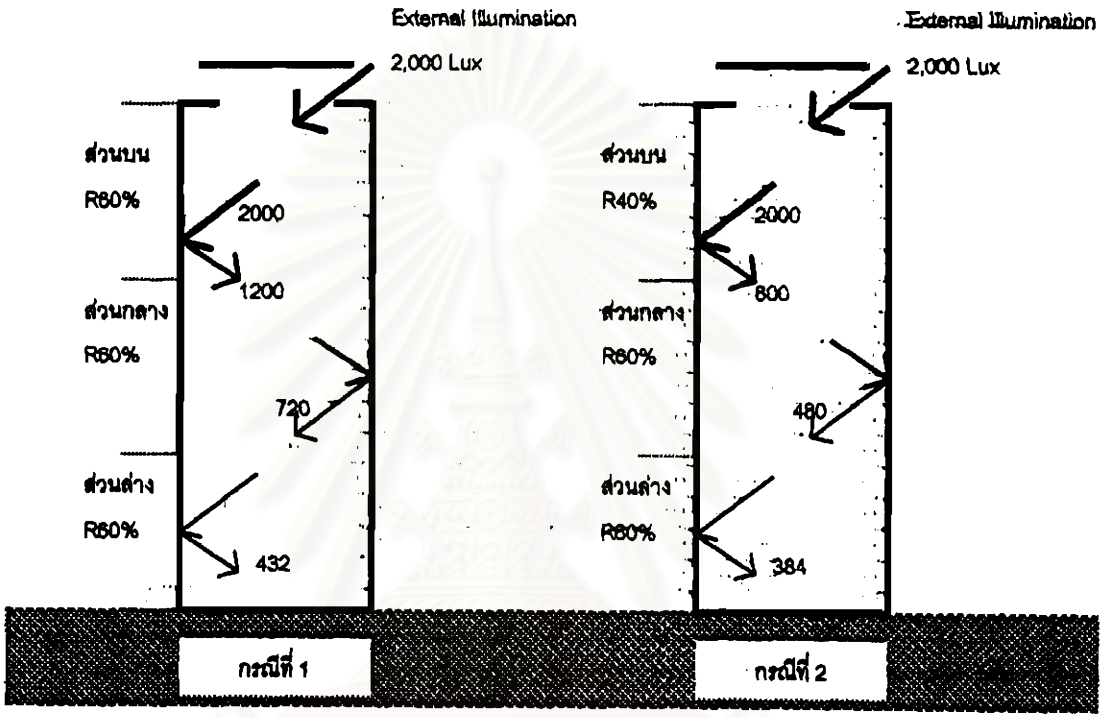
<u>กรณีที่ 1</u> (60+60+60) / 3 = 60%

<u>กรณีที่ 2</u> (40+60+60) / 3 = 60%

แต่ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นมีค่าต่างกัน

<u>กรณีที่ 1</u> การสะท้อนครั้งที่ 1 ค่าการสะท้อน 60%	2,000 * 0.60 = 1,200 ลักซ์
การสะท้อนครั้งที่ 2 ค่าการสะท้อน 60%	1,200 * 0.60 = 720 ลักซ์
การสะท้อนครั้งที่ 3 ค่าการสะท้อน 60%	720 * 0.60 = 432 ลักซ์
แสงที่ได้รับเท่ากับ	432 ลักซ์

<u>กรณีที่ 2</u>	การสะท้อนครั้งที่ 1 ค่าการสะท้อน 40%	2,000 * 0.40 = 800 ลักซ์
	การสะท้อนครั้งที่ 2 ค่าการสะท้อน 60%	800 * 0.60 = 480 ลักซ์
	การสะท้อนครั้งที่ 3 ค่าการสะท้อน 80%	480 * 0.80 = 384 ลักซ์
	แสงที่ได้รับเท่ากับ	384 ลักซ์



รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณแสงที่เกิดขึ้นเมื่อมีค่าสะท้อนต่างกัน

5.4 แนวทางการวิจัยในอนาคต

การศึกษาในครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาต่อเนื่องในหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการให้ความส่องสว่างภายใน Atrium โดยใช้แสงธรรมชาติและเป็นจุดเริ่มต้นที่จะนำไปสู่การศึกษาค้นหาข้อมูลอื่นๆเพื่อขยายองค์ความรู้ใหม่ให้เพิ่มมากขึ้น เช่นบางตัวอย่างที่ยกมาต่อไปนี้

- อิทธิพลของช่องโล่งที่ต่อเนื่องกับ Atrium (Special cavity) ต่อการส่องสว่างภายใน Atrium ปัจจัยที่ทำการศึกษาอาจได้แก่ คุณสมบัติการสะท้อนแสงของพื้นผิวซึ่งแบ่งเป็นแบบที่มีการสะท้อนเสมือนกระจก และการสะท้อนแบบกระจายที่ระดับเปอร์เซนต์การสะท้อนต่างๆ ที่พื้นผิวแต่ละส่วนของช่องโล่ง คุณสมบัติของลักษณะรูปร่างของช่องเปิด ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิด เป็นต้น

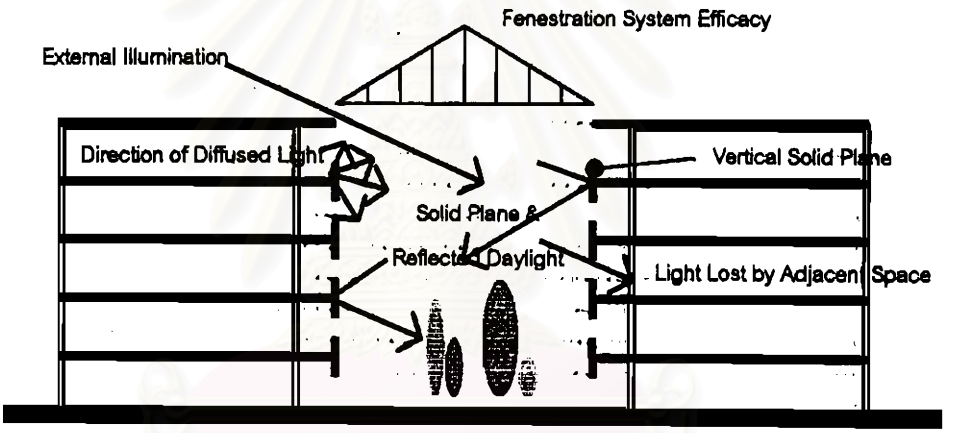
- การขยายขนาดของหุ่นจำลองที่ทำการศึกษา เป็นการขยายขอบเขตพื้นที่ที่ทำการศึกษาไปถึงพื้นที่ที่อยู่ติดกันกับส่วนของ Atrium (Adjacent spaces) ซึ่งจะทำให้เกิดมุมมองที่เชื่อมโยงกันกับลักษณะของแสงธรรมชาติจาก Atrium ที่จะส่องผ่านเข้าไปในช่องโล่งเหล่านี้ โดยศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อการส่องสว่างภายในพื้นที่ที่ติดกันจากรูปทรงของ Atrium คุณสมบัติของพื้นผิว และตำแหน่งของพื้นที่ดังกล่าว
- ค้นหาแนวทางการประเมินประสิทธิภาพลักษณะการกระจายของแสงธรรมชาติ (Daylight distribution) ใน Atrium โดยคำนึงถึงความสามารถในการรับรู้ของมนุษย์ (Human perception) และความถี่ที่ลักษณะการกระจายเช่นนั้นสามารถเกิดขึ้นได้
- การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการส่องสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติในระนาบแนวตั้ง (Vertical plane) ต่อระดับการส่องสว่างในระนาบแนวนอน (Horizontal plane) ที่ระดับพื้น โดยการวัดระดับความส่องสว่างที่ผนังแต่ละจุด ซึ่งจะทำให้เห็นภาพรูปแบบการส่องสว่าง (Luminance distribution pattern) ที่ต่อเนื่อง มาจากช่องแสงด้านบนจนกระทั่งตกกระทบลงที่พื้น นอกจากนี้อาจทำการทดลองเปลี่ยนตำแหน่งค่าการสะท้อน เปลี่ยนลักษณะการสะท้อนแบบต่างๆ ที่นอกจากจะทำให้ทราบว่าค่าการส่องสว่างที่ระดับพื้นมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรแล้ว ยังทำให้เห็นรูปแบบความต่อเนื่องของความส่องสว่างระดับต่างๆที่เกิดขึ้น (Daylight patches) ด้วย
- ผลกระทบของลักษณะระบบช่องแสง (Fenestration system หรือ skylight system) ต่อลักษณะการกระจายแสง (Daylight distribution) และภาวะความสบายตา (Visual comfort) ที่เกิดขึ้นใน Atrium
- ขยายช่วงเวลาการศึกษาการส่องสว่างภายใน Atrium ให้ครอบคลุมไปถึงช่วงเย็นที่ยังพอมีแสงธรรมชาติบ้าง โดยผสมผสานเข้ากับการใช้แสงประดิษฐ์ และช่วงที่กลางคืนที่ไม่ได้รับแสงธรรมชาติเลย เป็นการศึกษาเทคนิคการให้ความสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์
- การนำฐานข้อมูลที่มีไปทำการทดลองเพิ่มเติมในส่วนที่จำเป็น แล้วนำไปประยุกต์เขียนโปรแกรมการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถใส่ข้อมูลเฉพาะของ Atrium อาคารแต่ละหลัง คาดคะเนลักษณะการส่องสว่างโดยแสงธรรมชาติที่จะเกิดขึ้น ทั้งในด้านปริมาณแสงและผลกระทบต่อการรับรู้ของมนุษย์
- การนำฐานข้อมูลที่มีไปใช้เป็นแนวทางปรับปรุงแก้ไขอาคารจริง และทำการประเมินผลที่เกิดขึ้น
- อิทธิพลของมุมดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงและทิศทางเคลื่อนที่ของแสงใน Atrium แต่ละรูปทรง ที่มีลักษณะระบบช่องแสงแต่ละแบบรวมทั้งหาช่วงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในเวลาหนึ่งวันของทุกสภาพท้องฟ้า เป็นขยายขอบเขตการศึกษาให้ครบทั้ง Collecting system Delivery system และ Distribution system

5.5 ข้อเสนอแนะ

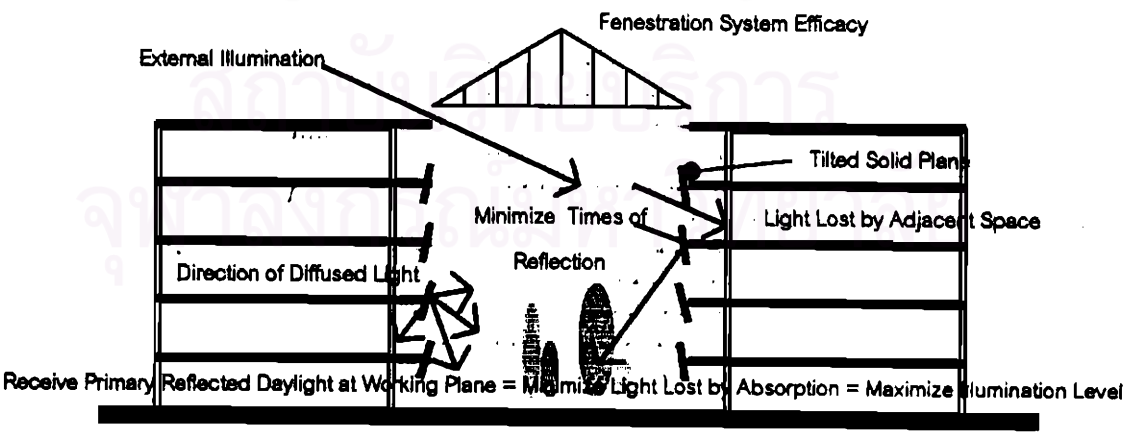
5.5.1 การออกแบบสถาปัตยกรรมภายใน

เพื่อให้สามารถดึงแสงลงมาที่ระดับพื้นได้มากที่สุด การออกแบบสถาปัตยกรรมภายในโดยคำนึงถึงทิศทางของแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญปัจจัยหนึ่ง

ผนัง หรือ Solid plane ที่อยู่ติดกับส่วน Atrium คือปัจจัยที่สำคัญดังกล่าว ระนาบของผนัง คือ ตัวกำหนดหรือตัวบังคับทิศทางของแสง และทิศทางของแสงก็เป็นตัวกำหนดปริมาณแสงที่ได้รับอีกทอดหนึ่งด้วยจำนวนครั้งของการสะท้อน หากระนาบของผนังอยู่ในแนวที่ทำมุม 90 องศากับระนาบนอน จำนวนครั้งของการสะท้อนที่เกิดขึ้นจนถึงระดับพื้นก็จะมีมาก การสูญเสียจะมากขึ้นหากแสงไปตกกระทบส่วนที่เป็นผนังโล่ง แต่หากระนาบของผนังทำมุมแคบโดยเบ้ลงมาทางระนาบนอนเล็กน้อย แสงถูกบังคับให้มีทิศทางลงมาที่ระดับพื้นโดยตรง ขณะเดียวกันจำนวนครั้งของการสะท้อนที่เกิดขึ้นจนถึงระดับพื้นก็น้อยลงด้วย (รูปที่ 5.6 และ 5.7)

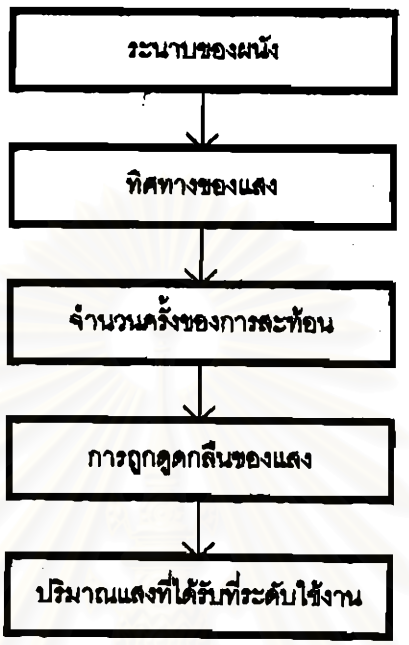


(ก)



(ข)

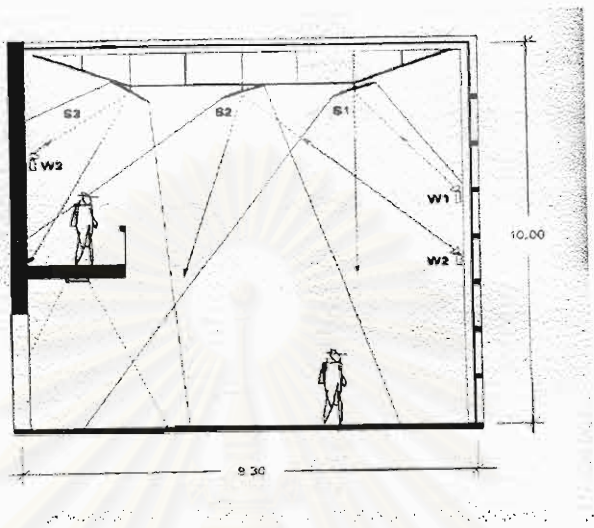
รูปที่ 5.6 แสดงทิศทางของแสงที่เกิดจากการสะท้อนของผนังทึบ
(ก) ผนังทึบในแนวตั้งฉากกับระนาบนอน
(ข) ผนังทึบในแนวทำมุมเอียงกับระนาบนอน



รูปที่ 5.7 ผังแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระนาบของผนังและปริมาณแสงที่ได้รับที่ระดับใช้งาน

5.5.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์

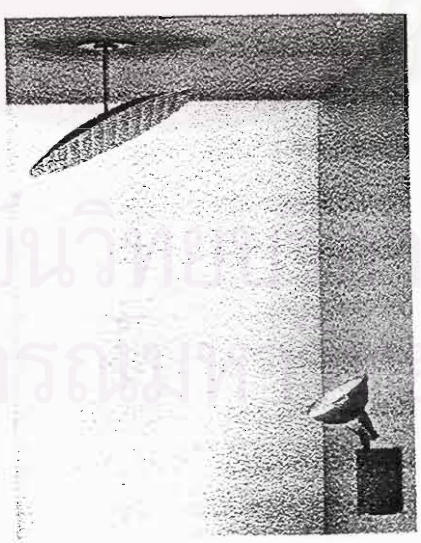
ในบางช่วงของวันที่อาจไม่ได้รับแสงธรรมชาติเพียงพอเนื่องจากเงื่อนไขของปัจจัยภายนอก เช่น ฤดูกาล สภาพท้องฟ้า การเกิดขึ้นของอาคารข้างเคียง รวมไปถึง Atrium ที่มีการใช้งานต่อเนื่องไปถึงเวลากลางคืน หากแต่ต้องการลักษณะการส่องสว่างที่คล้ายคลึงกับเมื่อได้รับแสงธรรมชาติตามปกติ สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการเลือกใช้ลักษณะการติดตั้งระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์ที่เหมาะสม โดยการใช้ไฟส่องขึ้น ไปที่ตัวสะท้อนแล้วสะท้อนแสงลงมายัง Atrium อีกครั้งหนึ่ง หรืออาจใช้โปรเจคเตอร์ในกรณีที่แหล่งกำเนิดแสงอยู่ห่างจากอุปกรณ์สะท้อนมากๆ (รูปที่ 5.8) วิธีการเช่นนี้จะทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลคล้ายแสงกระจายจากธรรมชาติมากกว่าการส่องไฟจากแหล่งกำเนิดแสงบนเพดานลงมาโดยตรง (รูปที่ 5.10) นอกจากนี้ยังการติดตั้งไฟที่เพดานยังมีข้อจำกัดเรื่องความสูงของ Atrium ด้านการติดตั้งและดูแลรักษา แต่การใช้โปรเจคเตอร์ส่องไปที่ตัวสะท้อนนี้สามารถติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงที่ระดับต่ำซึ่งสามารถดูแลรักษาได้ง่ายกว่า



รูปที่ 5.8 แสดงตำแหน่งการติดตั้งส่วนประกอบของระบบไฟฟ้าแสงประดิษฐ์เพื่อให้ได้แสงที่คล้ายกับแสงธรรมชาติใน Atrium ตามปกติ

(Zumtobel Staff, 1999: 4)

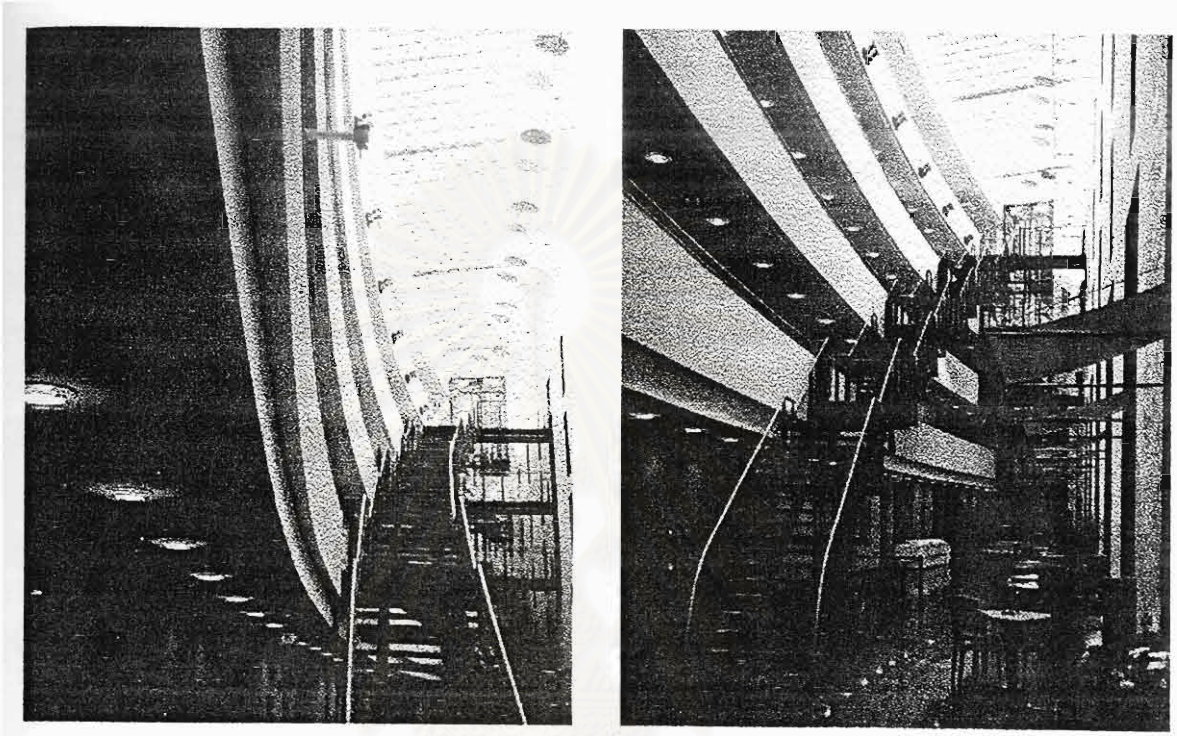
(With permission from the Author)



รูปที่ 5.9 แสดงตัวอย่างชุดอุปกรณ์ ประกอบด้วย Light projector และ ตัว Reflector

(Zumtobel Staff, 1999: 5)

(With permission from the Author)



รูปที่ 5.10 แสดงบรรยากาศที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปิดใช้ Hotel Allegro เมือง Bern ประเทศ Switzerland

(Zumtobel Staff, 1999: 7)

(With permission from the Author)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย