บทที่ 4
ผลการวิจัย

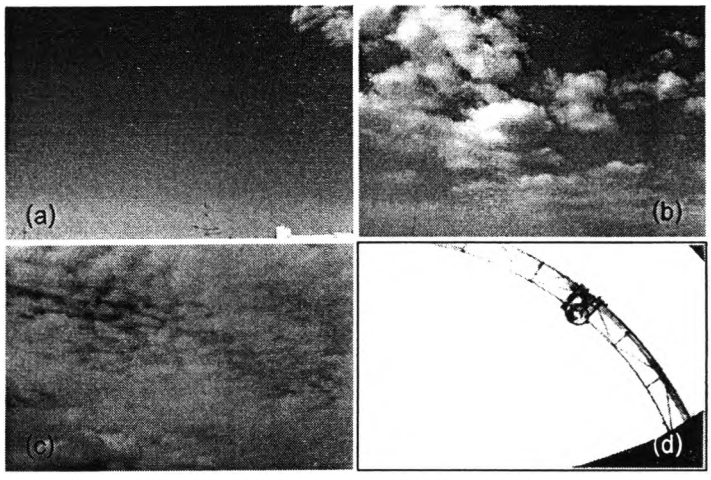
จากการทำการทดลองในสภาพท้องฟ้าจริง และทำการแปรข้อมูลให้อยู่ในรูปกราฟเส้น สามารถแสดงผลได้ตามการศึกษาตัวแปรที่ได้กล่าวไว้ในบทที่แล้ว และการวิเคราะห์เพิ่มเติม ดังจะกล่าวต่อไป

4.1 การศึกษาตัวแปร

ตามที่ได้กล่าวถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง ได้ทำการศึกษาตัวแปร 11 ตัว ได้แก่ สภาพท้องฟ้า, ตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากช่องเปิดด้านข้าง, ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก, ค่าสัดส่วนของพื้นภายนอกต่อท้องฟ้าซึกที่พิจารณา, ระดับของช่องเปิด (มุมตกกระทบมากที่สุด), พื้นที่ช่องเปิด, ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในห้อง, ความกว้างของห้อง, ความยาวของห้อง, ความสูงของฝ้าเพดานห้อง โดยเว้นไม่ศึกษาเรื่องค่าสัมประสิทธิ์ค่าการส่องผ่านแสงของกระจกช่องเปิด เนื่องจากต้องเลือกกระจกที่มีค่าการส่องผ่านมากที่สุดที่สามารถกันความร้อนได้ดีที่สุด จึงจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด ได้ผลเบื้องต้นแต่ละตัวแปรตามลำดับต่อไปนี้

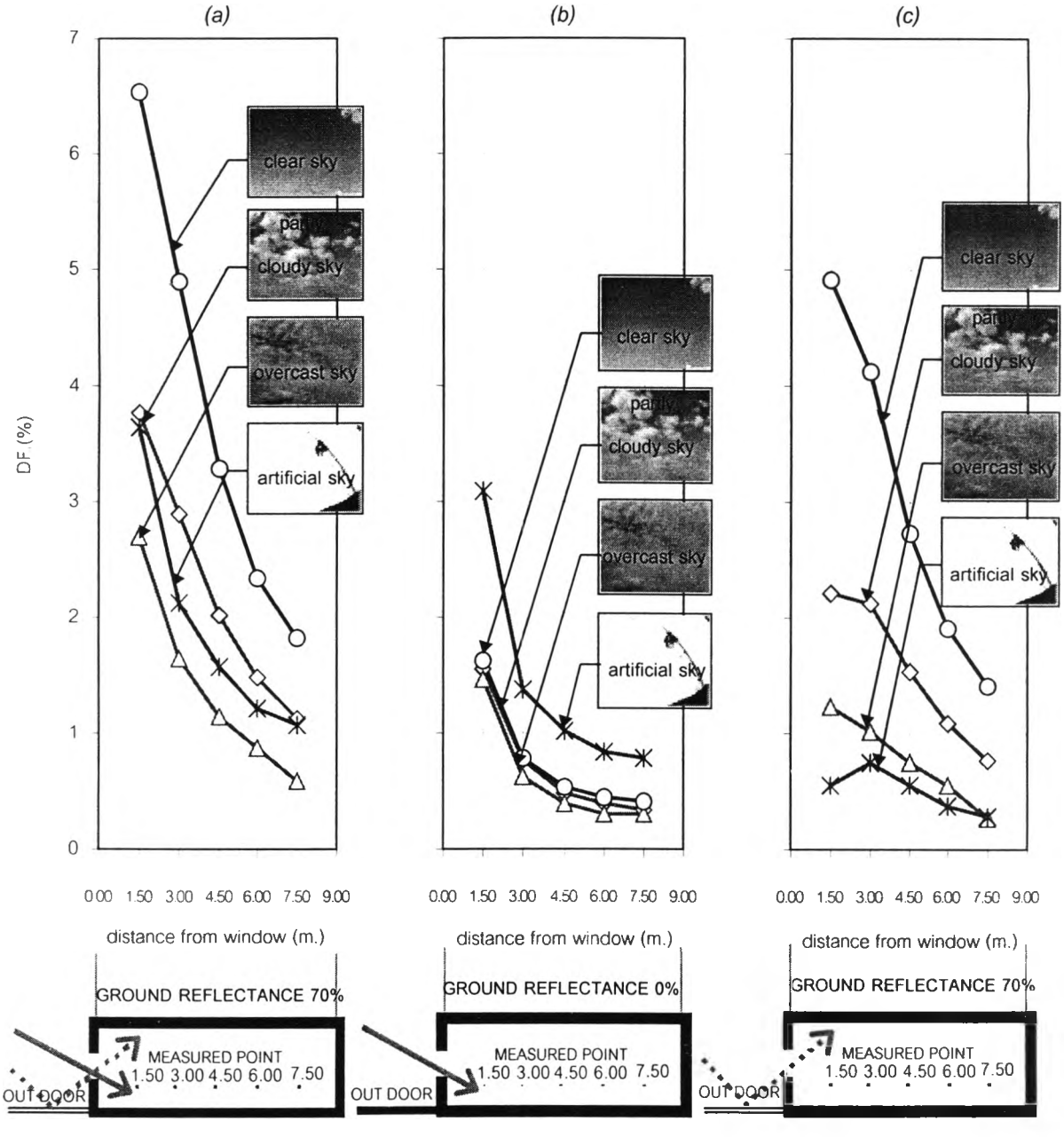
4.1.1 สภาพท้องฟ้า

จากการศึกษาใน 3 สภาพท้องฟ้าจริง ได้แก่ ท้องฟ้าโปร่ง (clear sky), ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloud sky) และท้องฟ้ามีเมฆมาก (overcast sky) โดยไม่รวมอิทธิพลจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์



ภาพที่ 4.1 *แสดงสภาพท้องฟ้า ณ สถานที่จริง*

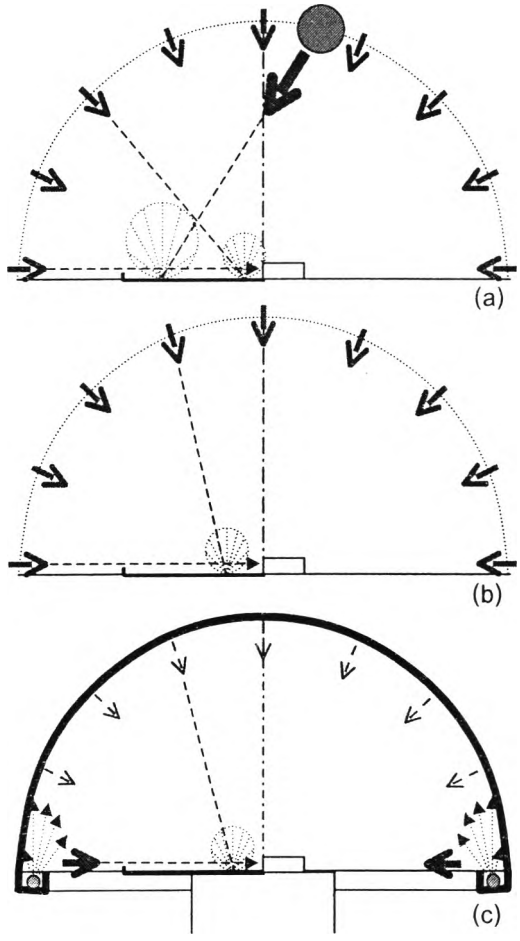
(a) สภาพท้องฟ้าโปร่ง (clear sky), (b) สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloud sky), (c) สภาพท้องมีเมฆมาก (overcast sky), (b) สภาพท้องฟ้าประดิษฐ์ (artificial sky)



แผนภูมิที่ 4.1 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง ภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบต่างๆ (a) เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงโดยรวม, (b) เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว, (c) เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว*

เมื่อมีการป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% สัดส่วน 50% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพท้องฟ้าต่างๆมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อได้รับแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว (แผนภูมิที่4.1(b)) และ มีค่าต่างกันเมื่อได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (แผนภูมิที่4.1(a) และ(c)) สภาพท้องฟ้าโปร่งมีค่าความส่องสว่างมากกว่าท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนและท้องฟ้ามีเมฆมากตามลำดับ โดยสภาพท้องฟ้าโปร่งจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าสภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วนประมาณ 1-2% และมากกว่าสภาพท้องฟ้ามีเมฆมากประมาณ 2-3% อาจสามารถสรุปได้ว่าสภาพท้องฟ้ามีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก ถ้าไม่มีการสะท้อนจากพื้นภายนอก

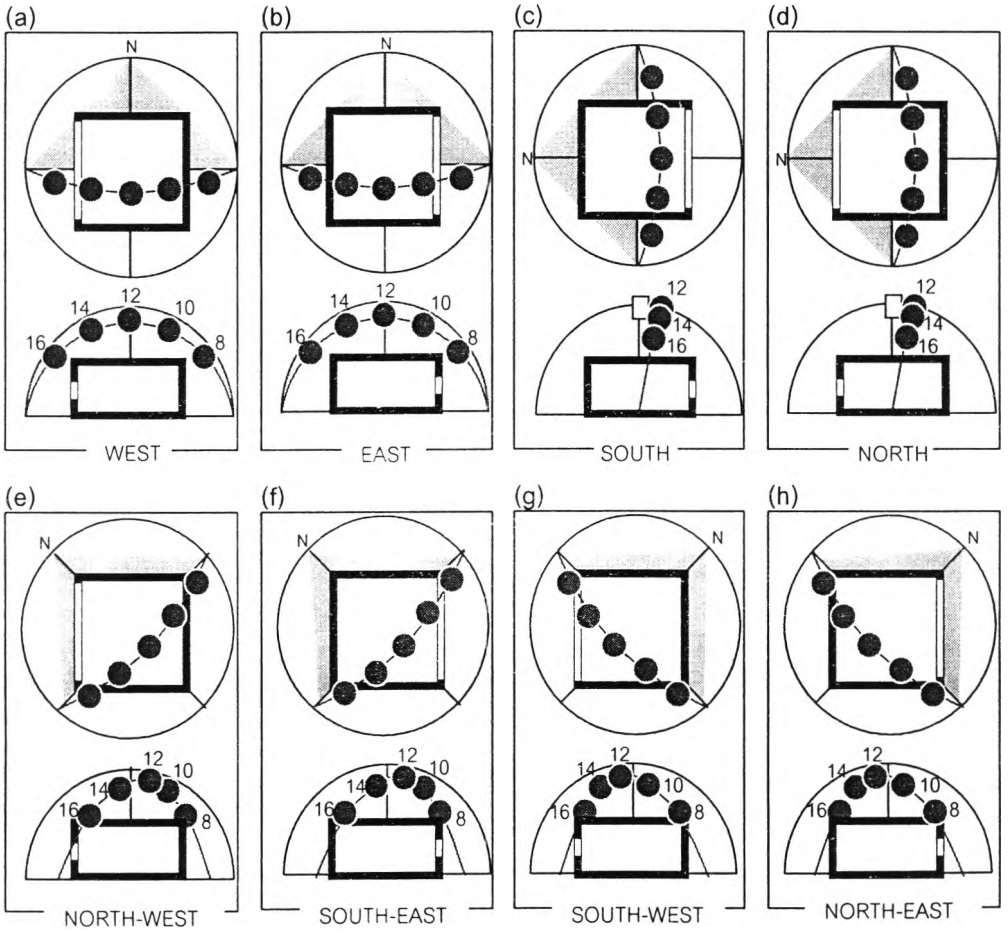
รูปแบบของแหล่งกำเนิดแสงจากท้องฟ้าจริงและท้องฟ้าประดิษฐ์แตกต่างกัน มีผลต่อศึกษาการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างของอาคาร ท้องฟ้าจริงจะมีปริมาณแสงเฉลี่ยโดยประมาณเท่าๆกันรอบทิศทาง (ภาพที่4.2(b)) ส่วนท้องฟ้าประดิษฐ์ เมื่อไม่รวมอิทธิพลจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดแหล่งคือพื้นที่ครึ่งทรงกลมที่ทำการสะท้อนแสงจากหลอดไฟด้านล่าง โดยด้านที่ใกล้กับหลอดไฟจะมีความเข้มของแสงสูงกว่าส่วนอื่นๆ ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถส่องเข้าสู่ช่องเปิดได้โดยตรง (ภาพที่4.2(c)) อิทธิพลของแสงจากท้องฟ้าจึงมีมากกว่าแสงสะท้อนจากพื้น



ภาพที่ *4.2 แสดงการจำลองสภาพแสงที่เข้าสู่ช่องเปิดด้านข้างในสภาพท้องฟ้าแบบต่างๆ*
(a) สภาพท้องฟ้าโปร่งและสภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน, (b) สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก, (c) สภาพท้องฟ้าประดิษฐ์

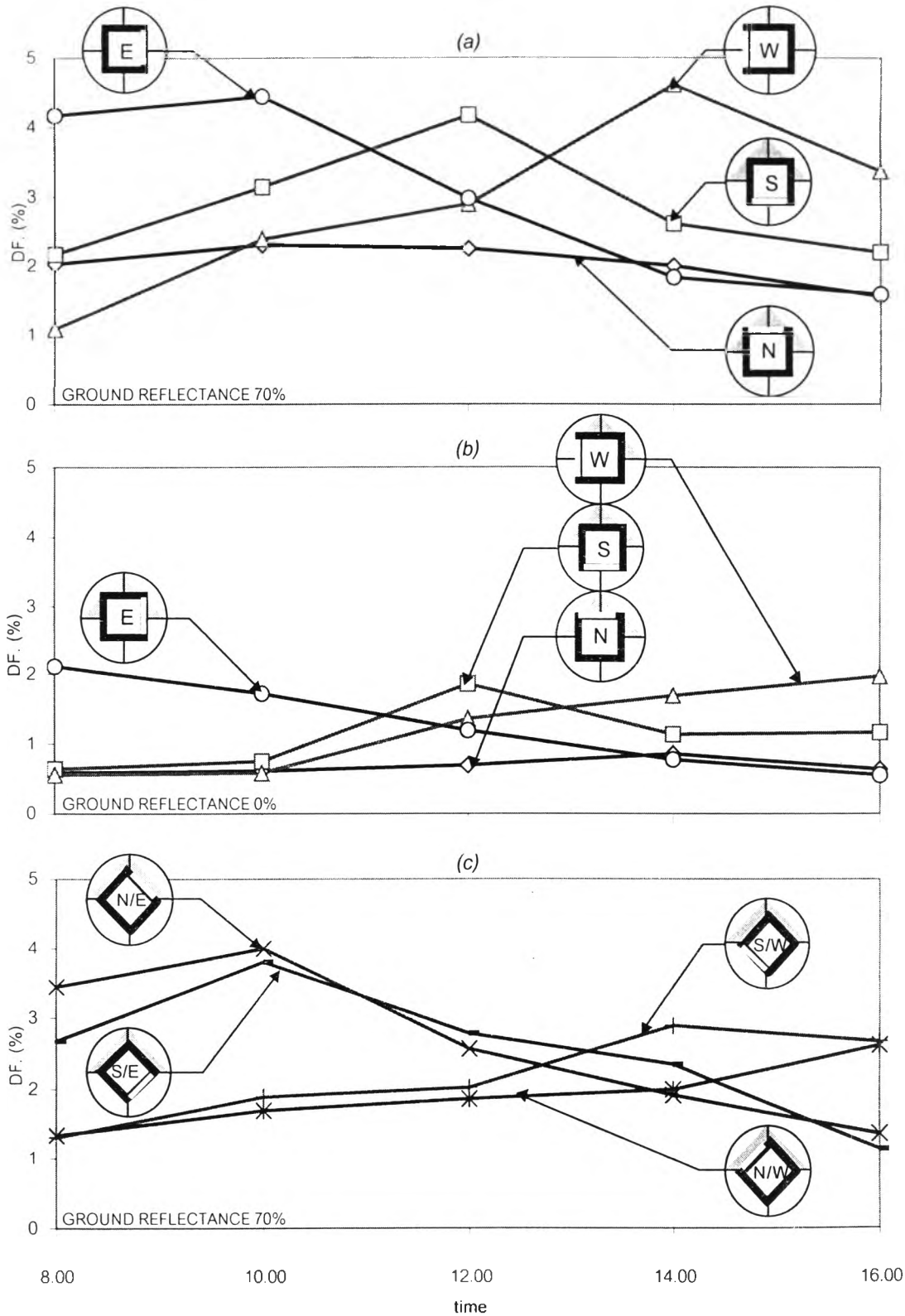
4.1.2 ตำแหน่งดวงอาทิตย์

ทำการศึกษาตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อระนาบช่องเปิดในทิศทางต่างๆ 8 ทิศทาง ได้แก่ ทิศเหนือ (N) , ทิศใต้ (S), ทิศตะวันออก (E), ทิศตะวันตก (W), ตะวันออกเฉียงเหนือ (NE), ตะวันออกเฉียงใต้ (SE), ตะวันตกเฉียงใต้ (NW) และ ตะวันตกเฉียงใต้ (SW) พบว่าจะมีความแตกต่างกันเมื่อท้องฟ้าซึกที่พิจารณามีอิทธิพลของแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ร่วมด้วย ถึงแม้จะมีการป้องกันแสงจากดวงอาทิตย์เข้าสู่ภายในห้องโดยตรงก็ตาม

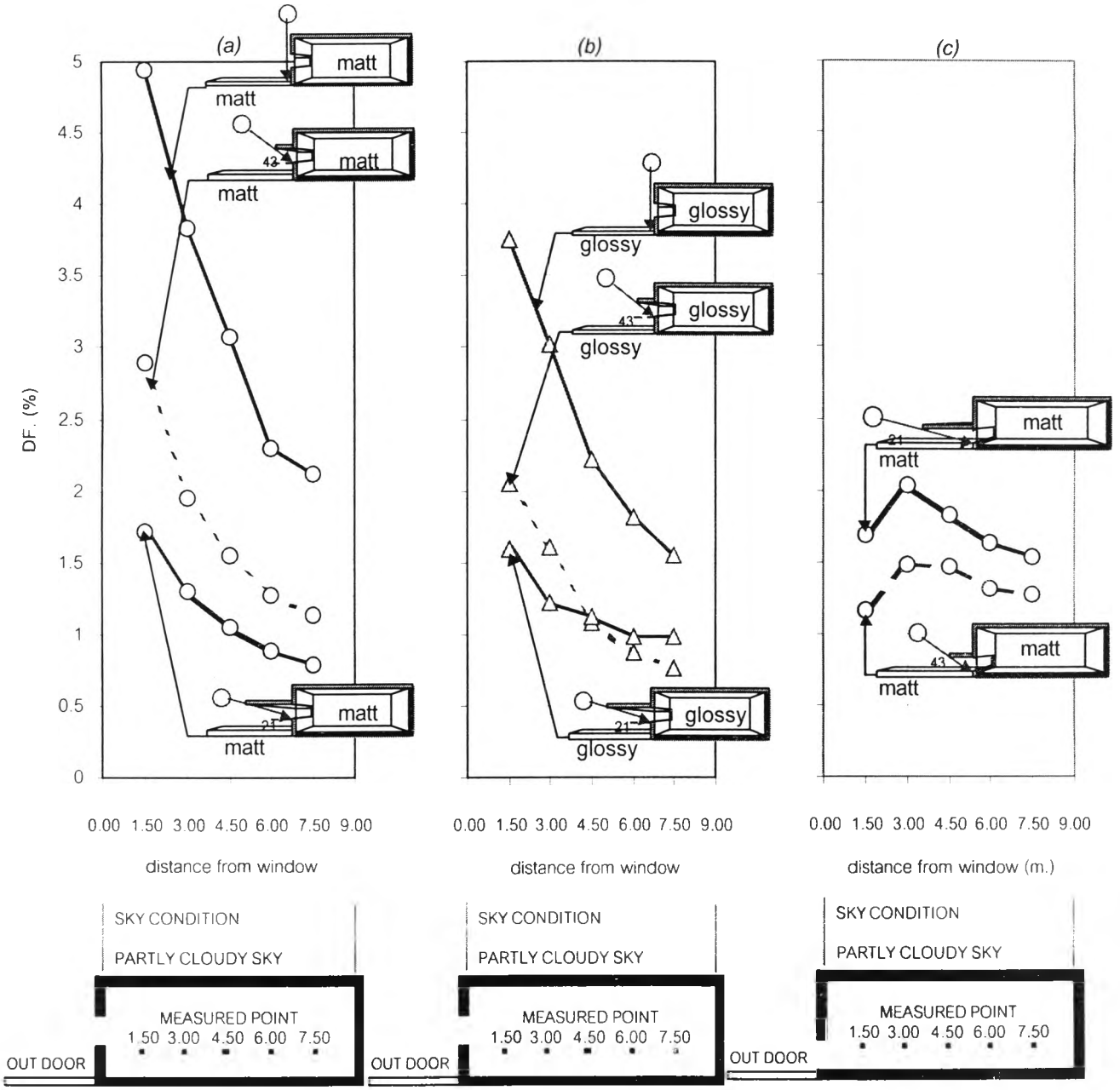


ภาพที่ *4.3 แสดงการจำลองตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบช่องเปิดในทิศทางต่างๆที่ศึกษา ภาพบนคือผังพื้น และภาพล่างคือรูปตัดตามความลึกของห้อง*

(a) ทิศตะวันตก , (b) ทิศตะวันออก , (c) ทิศใต้ , (d) ทิศเหนือ , (e) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ , (f) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ , (g) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ , (h) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ



แผนภูมิที่ *4.2* *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของช่องเปิดในทิศทางต่างๆ ตั้งแต่เวลา 8.00-16.00น. (a) ทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงโดยรวม, (b) ทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว, (c) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ และตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อได้รับอิทธิพลจากแสงโดยรวม*



แผนภูมิที่ 4.3 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของห้องที่ได้รับอิทธิพลแสงจากดวงอาทิตย์ที่ทำมุมอัลติจูดต่อระนาบช่องเปิดต่างๆกัน เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งตั้งฉากกับระนาบช่องเปิด พื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70 %*

(a) ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา พื้นผิวด้าน,

(b) ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา พื้นผิวมัน,

(c) ช่องเปิดต่ำขอบล่างของช่องเปิดอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง พื้นผิวด้าน

จากแผนภูมิที่4.2 เมื่อมีการบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ด้วยวิธีการบังเฉพาะจุด (บังเฉพาะช่องเปิดในช่วงเวลาที่วัดโดยเว้นระยะห่างในการบังออกไป เพื่อให้ห้องได้รับแสงกระจายจากท้องฟ้า) ช่องเปิดทิศใต้มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงสุดเวลา 12.00น. ค่าสูงสุดต่างจากต่ำสุดประมาณ 2% ช่องเปิดทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงเหนือและทิศตะวันตกเฉียงใต้ มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ต่ำช่วงสายและสูงช่วงบ่าย ความแตกต่างประมาณ 1-3% ตรงกันข้ามกับทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงเหนือและทิศตะวันออกเฉียงใต้ ที่มีค่าสูงช่วงสายและต่ำช่วงบ่าย ความแตกต่างประมาณ 2-3% ใกล้เคียงกัน ช่องเปิดทิศเหนือจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์โดยเฉลี่ยน้อยกว่าทิศอื่นและมีค่าใกล้เคียงกันตลอดวัน

โดยสรุปเมื่อดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิด(อยู่ด้านหลังของช่องเปิด) ตำแหน่งดวงอาทิตย์จะมีอิทธิพลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก ในขณะที่เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมกับช่องเปิดค่าความส่องสว่างจะมีความแตกต่างเมื่อตำแหน่งเปลี่ยนไป คือมุมอะซิมุทที่กระทำต่อช่องเปิด 0° (ตั้งฉากกับช่องเปิด) จะทำให้เกิดค่าความส่องสว่างมากกว่ามุมอะซิมุทค่ามาก ในขณะที่มุมอัลติจูดค่ามากจะทำให้เกิดค่าความส่องสว่างมากกว่ามุมอัลติจูดค่าน้อย

จากแผนภูมิที่4.2 พบจุดที่น่าสนใจเกี่ยวกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์และพื้นภายนอก คือ ช่วงเวลา 10.00น.ในทิศตะวันออก และ 14.00น.ในทิศตะวันตก จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าเวลาอื่นๆเมื่อได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (แผนภูมิที่4.2(a)) ในขณะที่เมื่อไม่มีการสะท้อนจากพื้นภายนอก (แผนภูมิที่4.2(b)) ช่วงเวลา 10.00น.ทิศตะวันออก และ 14.00น.ทิศตะวันตก จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่า ช่วงเวลา 8.00น.ทิศตะวันออก และ 16.00น.ทิศตะวันตก ซึ่งดวงอาทิตย์ทำมุมอะซิมุทต่อช่องเปิดใกล้เคียง 0° มุมอัลติจูดต่ำ อาจสามารถกล่าวได้ว่าการพื้นภายนอกมีอิทธิพลมากเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งมุมอัลติจูดค่ามาก ในขณะที่แสงจากท้องฟ้าจะมีอิทธิพลมากเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ตรงกับช่องเปิด คือ มีมุมอะซิมุทใกล้เคียง 0°

จากแผนภูมิที่4.3 เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งทำมุมอะซิมุทต่อช่องเปิดช่องเปิด 0° เปรียบเทียบมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบช่องเปิด ใช้อุปกรณ์บังแดดแบบแผงกันแดดแนวนอน (overhang) ให้มีระยะยื่นต่างกันตามมุมอัลติจูด

พบว่าเมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา (แผนภูมิที่4.3(a)และ(b)) ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่ามากที่สุดตลอดความลึกห้องเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่มุมอัลติจูดสูงสุดคือตั้งฉากกับพื้นดิน ซึ่งไม่มีอุปกรณ์บังแดดเนื่องจากช่องเปิดไม่ได้รับอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์เลย ส่วนมุมอัลติจูดอื่นๆแบ่งเป็น 2 กรณี คือ เมื่อลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายนอกและพื้นผิวภายในเป็นผิวด้าน มุม 43°จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่ามุม 21° ตลอดความลึกห้อง และ เมื่อลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายนอกและพื้นผิวภายในเป็นผิวมัน มุม 43°จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่ามุม 21° ช่วงริมช่องเปิดถึงกลางห้อง และ น้อยกว่า ช่วงกลางถึงริมผนังด้านหลังห้อง ทั้งๆที่อุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นน้อยกว่ามาก

เมื่อช่องเปิดต่ำ ขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง (แผนภูมิที่4.3(c)) มุม 21° จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่ามุม 43° ตลอดความลึกห้อง

4.1.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก

ได้มีการกำหนดสัดส่วนของพื้นภายนอกต่อท้องฟ้าที่ซึกที่พิจารณามีค่า 50% ลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอกเป็นพื้นผิวด้านเป็นพื้นฐาน ตัวแปร คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0%,10%, 30%, 50% และ 70%

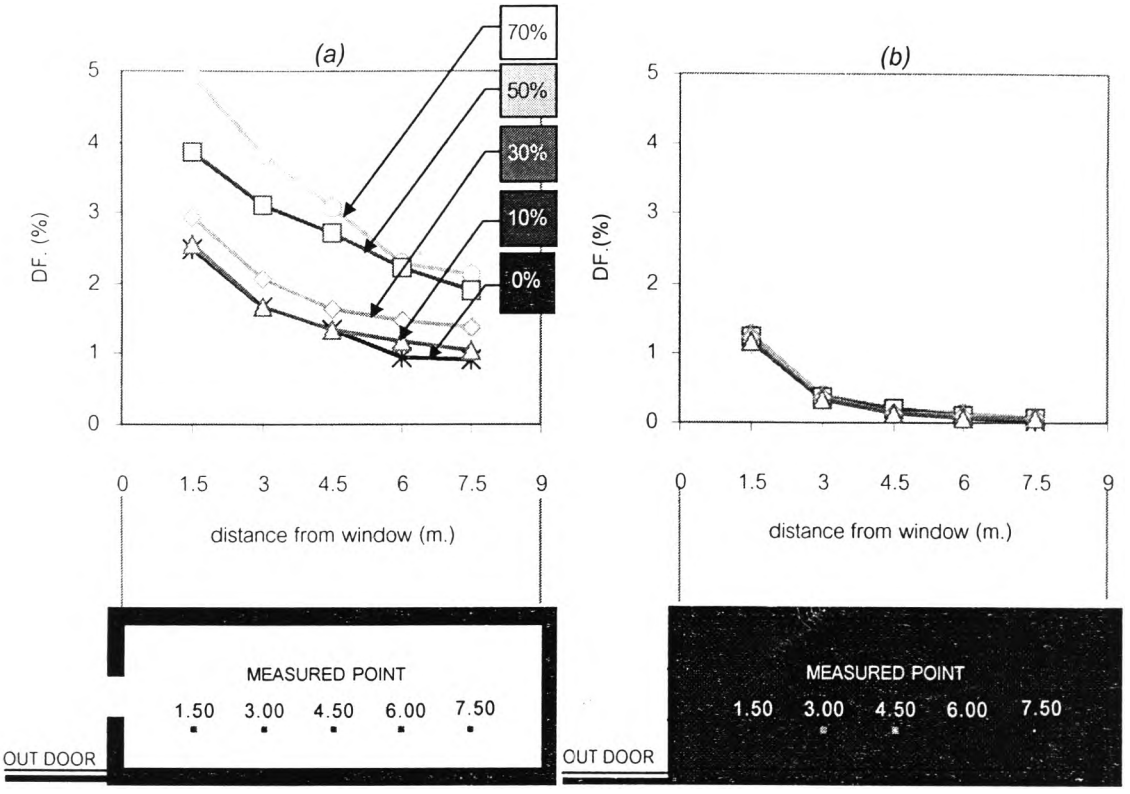
จากแผนภูมิที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกมีค่ามาก ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่ามากตามไปด้วยในอัตราการเพิ่มที่ไม่คงที่ โดยเพิ่มขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องด้วย คือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกจะมีผลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยมาก เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย จากแผนภูมิที่ 4.4 (b) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องมีค่า 10% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของค่าสะประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นภายนอกค่าต่างๆจะมีค่าใกล้เคียงกันมากจนเส้นกราฟที่ซ้อนกันเกือบจะเป็นเส้นเดียวกันตลอดความลึกห้อง

จากแผนภูมิที่ 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกมีอิทธิพลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องอย่างมาก เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่ามาก และจะมีอิทธิพลลดลงเรื่อยๆจนกระทั่งมีอิทธิพลน้อยมากเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายในห้อง 70% ที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ประมาณ 1.5% ในขณะที่หากเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็น 70% จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ประมาณ 3.25% ซึ่งหมายความว่าเมื่อได้รับแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยจะมีค่าประมาณ 1.5% น้อยกว่าเมื่อได้รับแสงจากสะท้อนพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียวซึ่งมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 1.75% ค่าความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ระหว่างจุดที่มากที่สุดและจุดที่น้อยที่สุดจึงอยู่ระหว่าง 0-1.75%

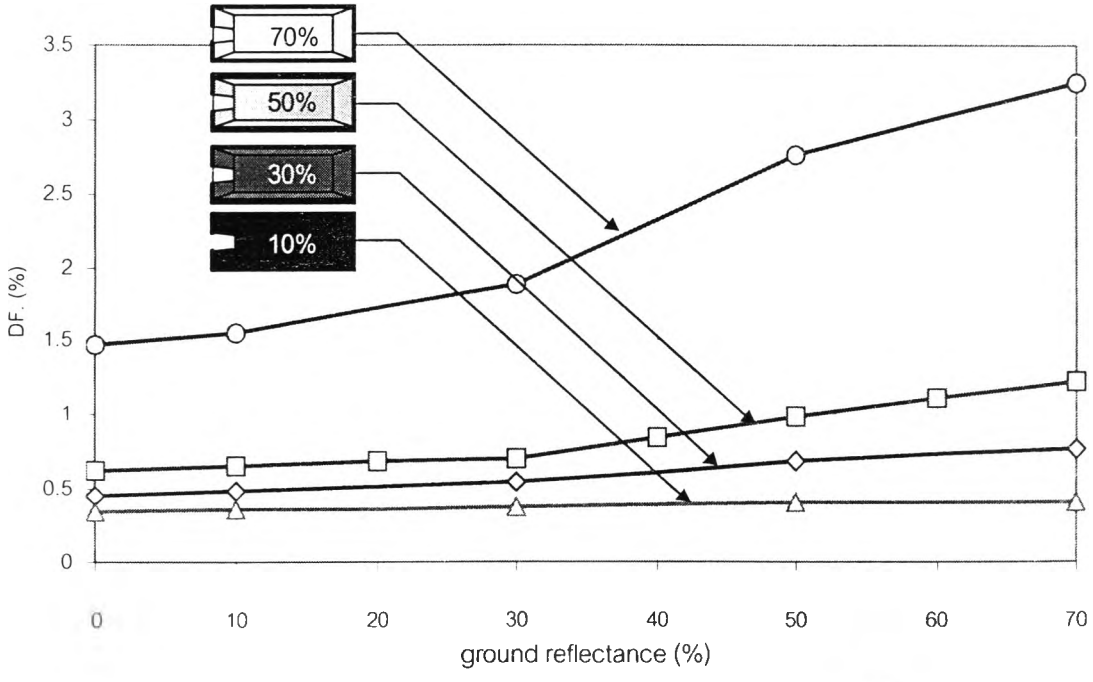
ในกรณีพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน ได้เปรียบเทียบในลักษณะเดียวกับกรณีพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวเป็นผิวด้าน แต่เลือกเปรียบเทียบเฉพาะ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากที่สุด คือ 70% กับ น้อยที่สุด คือ 0% เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 21° ต่อระนาบช่องเปิด ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้องภายในห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง และ ลักษณะพื้นผิวต่างๆกัน

เมื่อพื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ลักษณะพื้นผิวด้าน พื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมันที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่ามากกว่า ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ประมาณ 0.1-0.5% ตลอดความลึกห้อง จากแผนภูมิที่ 4.6 เส้นกราฟของห้องที่พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ที่จุดห่างจากช่องเปิด 4.5 เมตร จะมีค่าสูงขึ้นกว่าจุดอื่นๆมาก

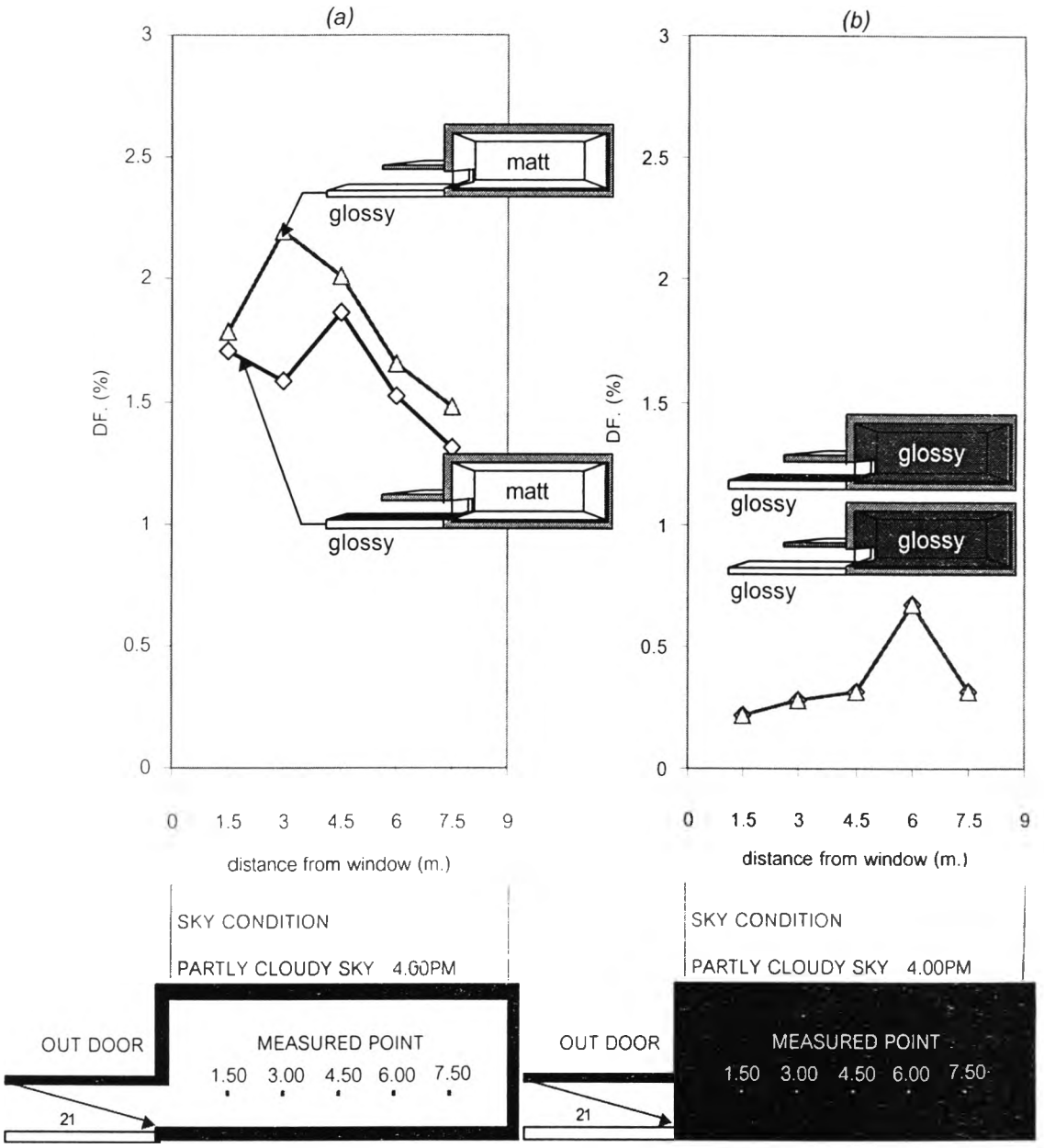
โดยสรุป พื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมัน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวด้านแล้ว โดยตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกจะขึ้นอยู่กับตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง



แผนภูมิที่ 4.4 ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก (a) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 70% (b) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 10%



แผนภูมิที่ 4.5 แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกเพิ่มขึ้น



แผนภูมิที่ *4.6 แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก เมื่อลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอกเป็นพื้นผิวมัน*

(a) เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวด้าน,

(b) เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% พื้นผิวมัน

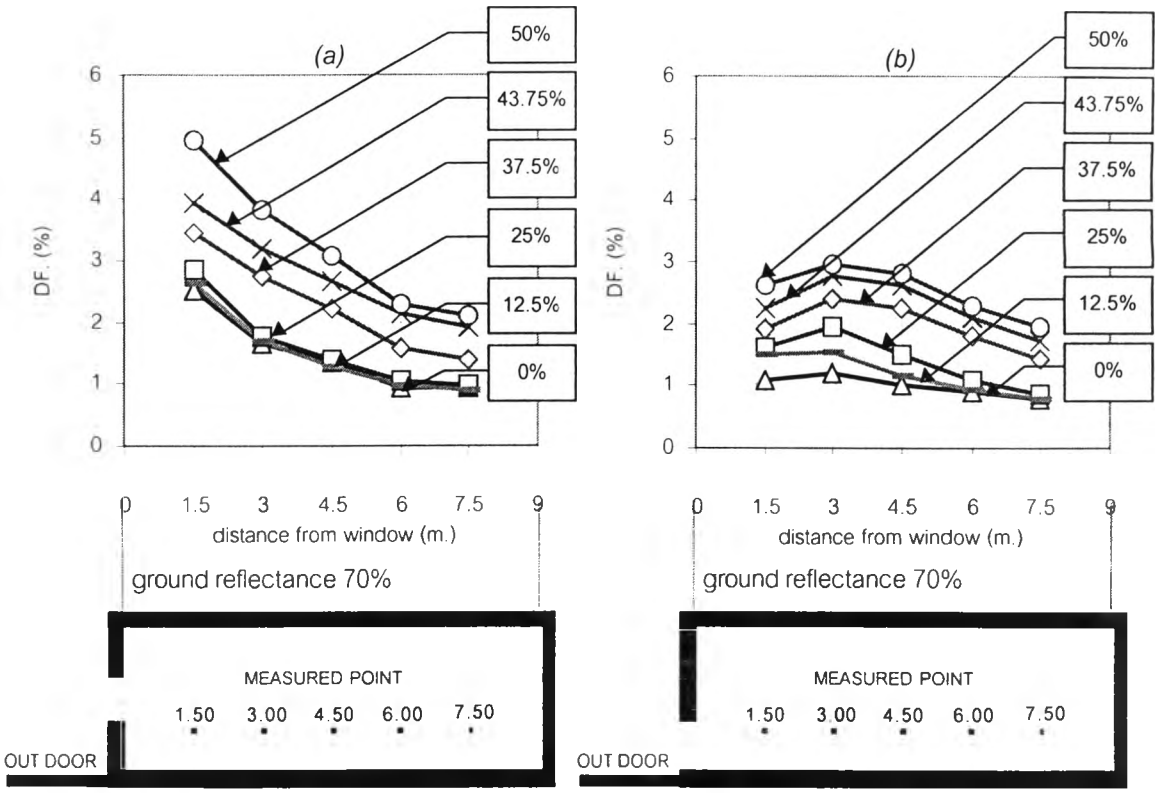
4.1.4 ค่าสัดส่วนของพื้นภายนอก

ได้พิจารณาค่าสัดส่วนของพื้นภายนอก โดยใช้พื้นภายนอกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ลักษณะพื้นผิวเป็นผิวด้านเป็นพื้นฐานในการพิจารณา ค่าสัดส่วนต่างๆที่เป็นตัวแปร คือ 0%, 12.5%, 25%, 37.5%, 43.75% และ 50% จากจุดริมผนังด้านช่องเปิดไปจนถึงขอบพื้นที่พื้นภายนอกในสัดส่วนดังกล่าว คือ ส่วนที่พิจารณามีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% และ ใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ในส่วนที่เหลือ ดังนั้นค่าสัดส่วนพื้นภายนอกทั้งหมดจะเท่ากับ 50% เสมอ ค่าสัดส่วนดังกล่าวหมายความถึงค่าสัดส่วนของพื้นภายนอกส่วนที่มีการสะท้อนแสง ทั้งนี้ เพื่อเป็นการควบคุมสัดส่วนของท้องฟ้าให้มีค่าคงที่ที่ 50% และ ควบคุมค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกในส่วนที่ไม่ได้ทำการพิจารณาไม่ให้มีอิทธิพลอื่นมารบกวน ในการวิจัยนี้จะใช้ค่าสัดส่วนเป็นหลัก จะสามารถเทียบค่าสัดส่วนเป็น ระยะของพื้นภายนอกจากริมผนังด้านช่องเปิด และ มุมที่พื้นภายนอกทำกับกึ่งกลางช่องเปิดในแนวระนาบ จากตารางที่ 4.1

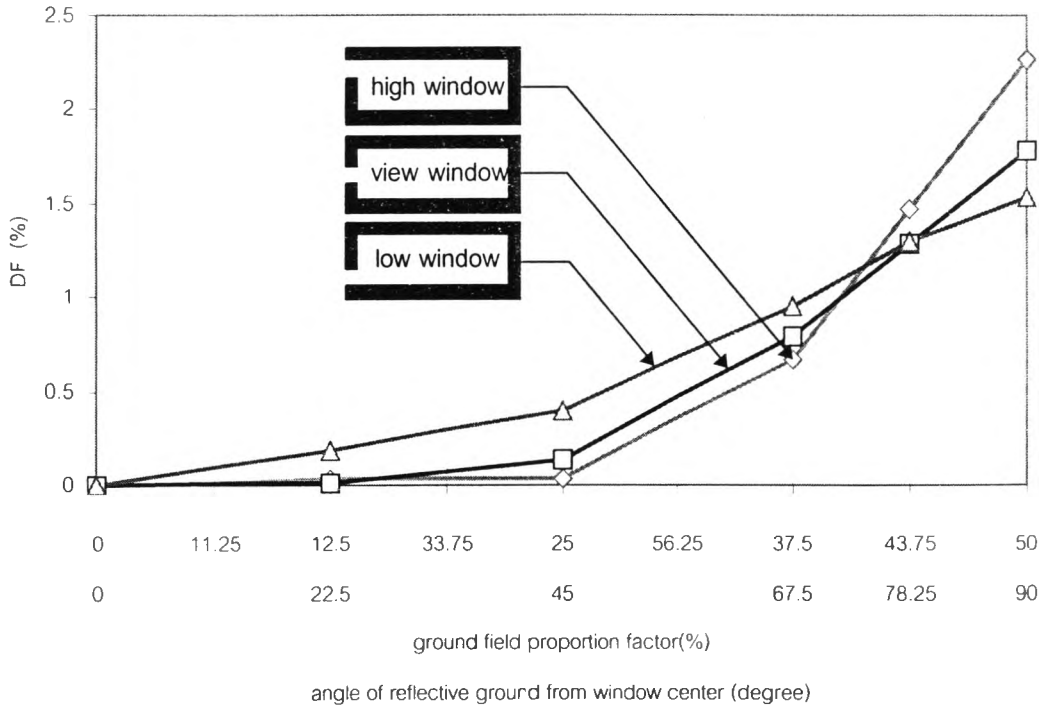
ตารางที่ 4.1 *ตารางเทียบค่าสัดส่วนพื้นภายนอก เป็นระยะของพื้นภายนอกจากริมผนังด้านช่องเปิด และ มุมที่พื้นภายนอกทำกับกึ่งกลางช่องเปิดในแนวระนาบ*

สัดส่วน (%)	**ระยะจากริมผนังด้านช่องเปิด** (m.)	**มุมที่ทำกับกึ่งกลางช่องเปิดในแนวระนาบ** (degree)
50.00	∝	90.00
43.75	7.20	78.75
37.50	3.60	67.50
25.00	1.50	45.00
12.50	0.60	22.50

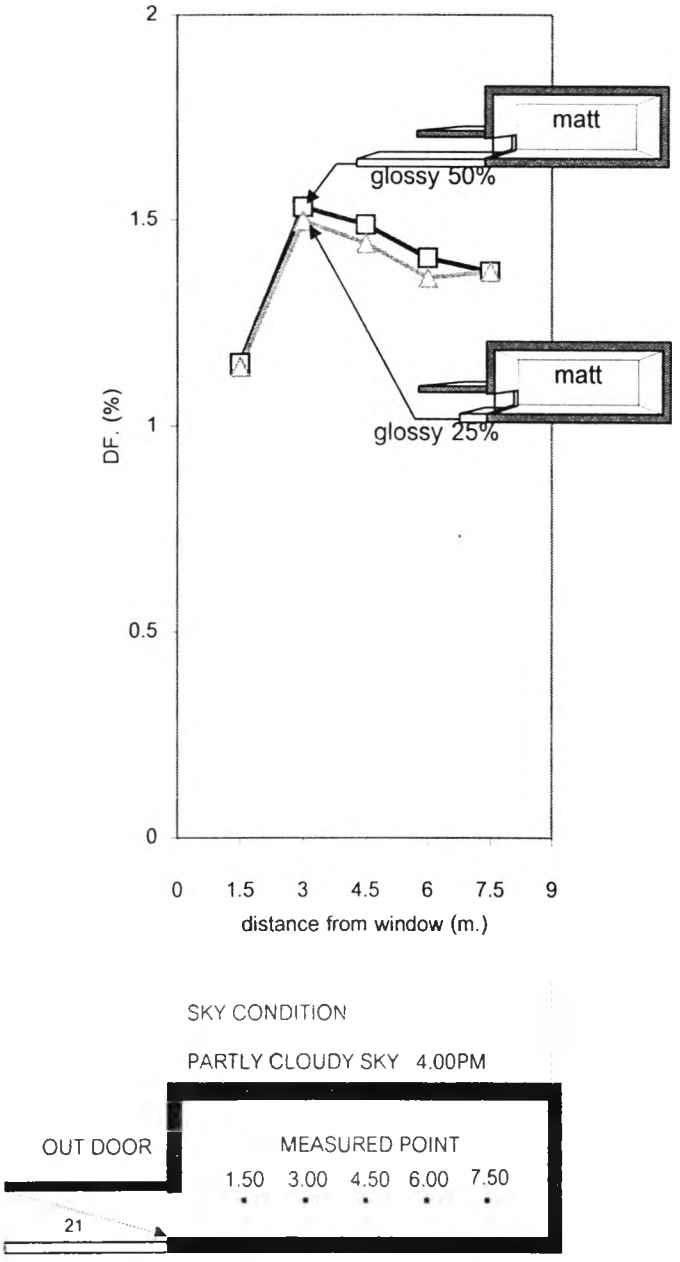
ส่วนการทดลองเรื่องค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวเป็นพื้นผิวมันจะให้ผลที่แตกต่างกันเป็นกรณีพิเศษ จะแยกออกไปแสดงในลำดับต่อไป



แผนภูมิที่ 4.7 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัดส่วนของพื้นภายนอกต่อท้องฟ้าที่ชีกที่พิจารณา (a) ช่องเปิดระดับกึ่งกลางความสูงจากพื้นห้องถึงเพดานห้อง ,(b) ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ระดับเดียวกับพื้นห้อง*



แผนภูมิที่ 4.8 *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของตำแหน่งช่องเปิด เมื่อสัดส่วนพื้นภายนอกส่วนที่พิจารณามีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว*



แผนภูมิที่ *4.9* *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัดส่วนของพื้นภายนอก เมื่อพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน ช่องเปิดต่ำ*

จากการทดลอง พบว่าค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่ามากขึ้นเมื่อค่าสัดส่วนพื้นภายนอกมีค่ามากขึ้น ดังแผนภูมิที่4.7(a) เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา ค่าสัดส่วนพื้น 0-12.5% จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ใกล้เคียงกัน เมื่อค่าสัดส่วนพื้นภายนอกมีค่า 25%-50% จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนพื้นภายนอกที่มากขึ้น โดยที่จุดริมช่องเปิดจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นมากกว่าค่าที่เพิ่มด้านหลังห้อง ค่าสัดส่วนพื้นภายนอก 50% จะมีผลให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ทางด้านหลังห้องมากกว่าสัดส่วนพื้นภายนอก 43.75% เล็กน้อย และ เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับต่ำ (แผนภูมิที่4.7(b)) ค่าสัดส่วนพื้นภายนอกที่มีค่าน้อย คือ 12.5% และ 25% จะมีอิทธิผลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ทางริมช่องเปิดถึงช่วงกลางห้อง แต่จะมีอิทธิพลน้อยมากทางด้านหลังห้อง เมื่อค่าสัดส่วนพื้นเพิ่มขึ้นเป็น 37.5%, 43.75% และ 50% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามสัดส่วนที่มากขึ้นและจะมีค่าใกล้เคียงกันตลอดความลึกห้อง

เมื่อพิจารณาเฉพาะอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว (แผนภูมิที่ 4.8) เมื่อช่องเปิดสูงอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก จะให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่น้อยกว่า ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา และช่องเปิดต่ำในทุกๆสัดส่วนพื้นภายนอก โดยสัดส่วนพื้นภายนอกที่มีค่าน้อยจะมีอิทธิพลต่อช่องเปิดต่ำมากที่สุด และสัดส่วนพื้นภายนอกที่มีค่ามากจะมีอิทธิพลต่อช่องเปิดสูงมากที่สุด จึงอาจสามารถสรุปได้ว่าแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกนั้นจะมีอิทธิพลน้อยลงเมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับที่สูงขึ้น โดยที่ตำแหน่งของช่องเปิดยิ่งอยู่ในระดับที่สูงขึ้น ยิ่งต้องมีค่าสัดส่วนพื้นภายนอกที่มีค่ามากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจึงจะมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างภายในห้อง

ในกรณีพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน ได้ทำการเปรียบเทียบ ค่าสัดส่วนพื้นภายนอกในลักษณะเดียวกับกรณีพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวเป็นลักษณะพื้นฐานคือผิวด้าน แต่ได้เลือกพิจารณาเปรียบเทียบเฉพาะสัดส่วนพื้นมากที่สุด คือ 50% กับ สัดส่วนพื้นภายนอกน้อยที่สุดที่สามารถสะท้อนแสงตรงจากดวงอาทิตย์แบบเสมือนกระจกเงาผ่านช่องเปิดสู่ภายในห้องได้ คือ 25% เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 21° ต่อระนาบช่องเปิด ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และพื้นผิวภายในห้อง 70% โดยมีลักษณะพื้นผิวเป็นพื้นผิวมันทั้งหมด

ในกรณีที่พื้นภายนอก มีลักษณะพื้นผิวมัน เมื่อได้รับอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์ตรงกับช่องเปิด (ดวงอาทิตย์ทำมุมอะซิมุทตั้งฉากกับระนาบช่องเปิด) พบว่าสัดส่วนพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก จากแผนภูมิที่ 4.9 สัดส่วนพื้นภายนอก 25% นับว่าเพียงพอต่อการสะท้อนแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในรูปแบบการสะท้อนแบบผสมผสานกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา(specular reflection) และการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) ผ่านพื้นที่ช่องเปิดเข้าสู่ภายในห้อง ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องจึงมีความแตกต่างจากสัดส่วนพื้นภายนอก 50% น้อยมาก โดยแทบจะไม่แตกต่างกันเลยบริเวณริมช่องเปิด และ ริมผนังด้านหลังห้อง

โดยสรุป เมื่อใช้พื้นผิวด้านสัดส่วนพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลมากเมื่อสัดส่วนมีค่ามาก และ มีอิทธิพลแตกต่างกันไปตามตำแหน่งของช่องเปิด ค่าสัดส่วนพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมากเมื่อใช้พื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน

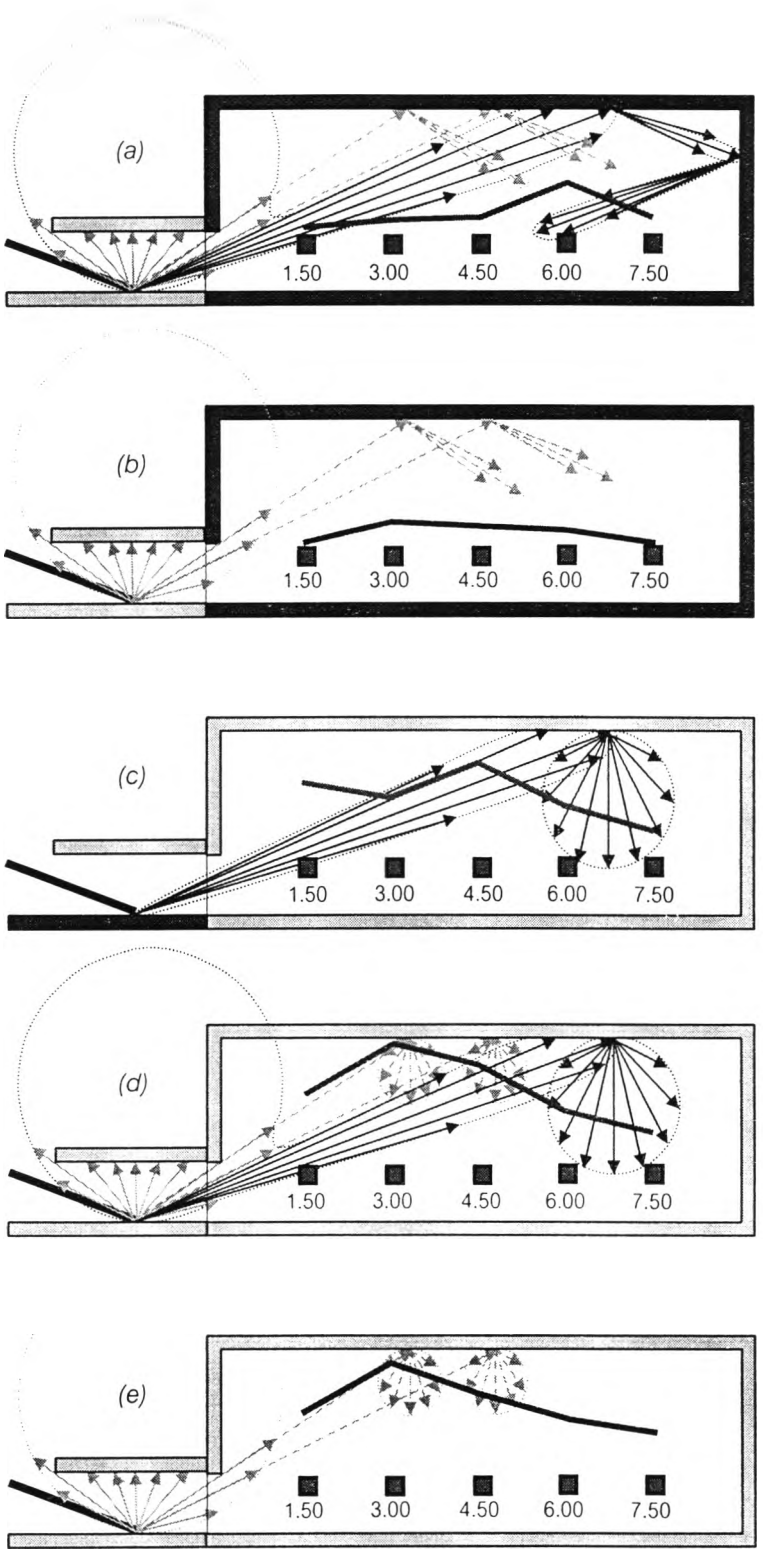
4.1.5 ลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอก

กำหนดตัวแปรลักษณะพื้นผิว คือ พื้นผิวมัน กับ พื้นผิวด้าน กำหนดค่าสัดส่วนพื้นภายนอกสูงสุดคือ 50% ห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน 0 และ 70% ลักษณะพื้นผิวมันและด้าน เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 21° ต่อระนาบช่องเปิด ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง

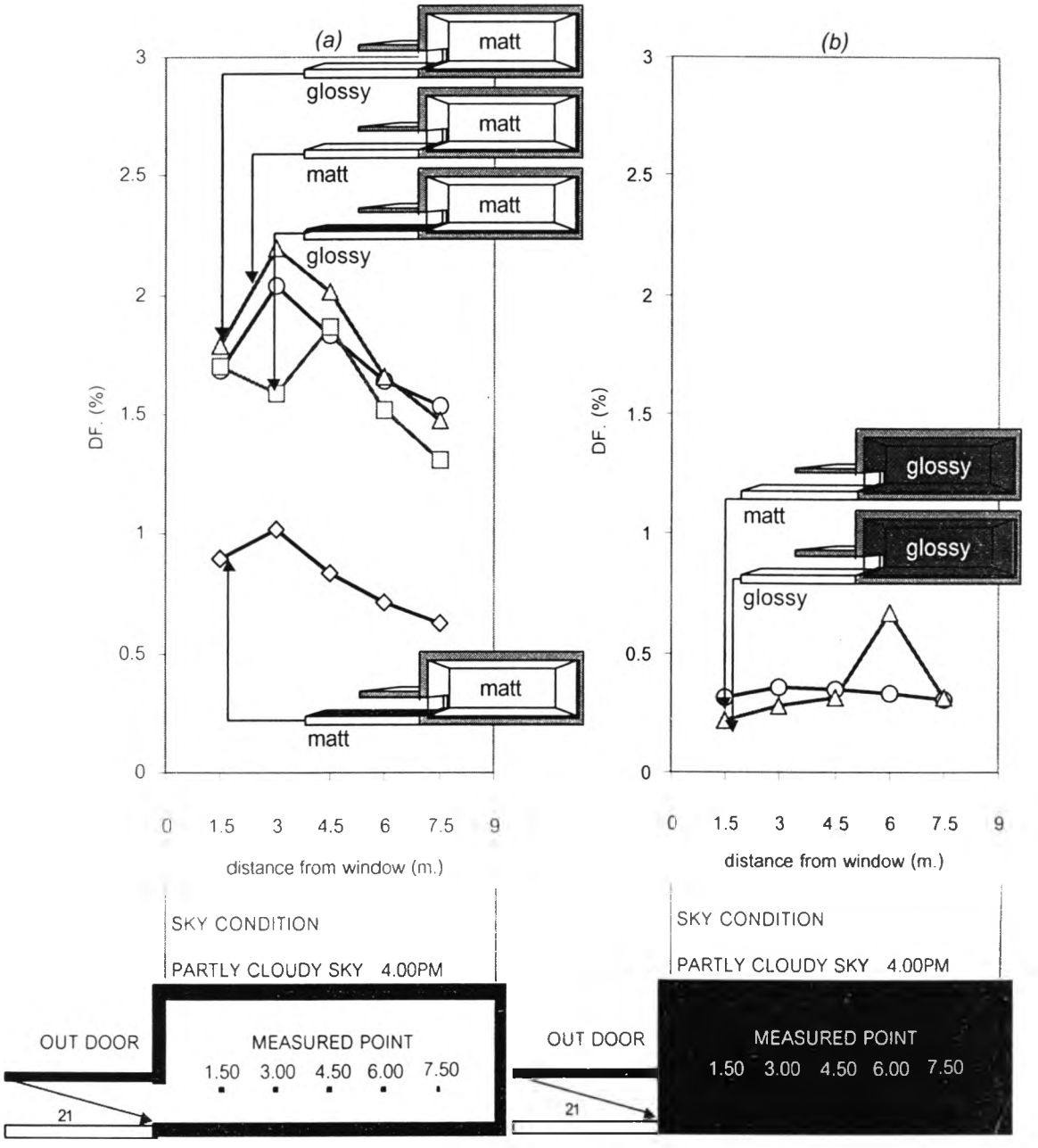
พบว่านอกจากตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงแล้ว ลักษณะพื้นผิวของวัสดุยังเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง จากแผนภูมิที่ 4.10(a) พื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ลักษณะพื้นผิวด้าน เมื่อพื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวมันจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าพื้นผิวด้าน ช่วงริมช่องเปิดไปจนถึงกลางห้อง และลดลงจนต่ำกว่าในช่วงริมผนังด้านหลังห้อง ในขณะที่เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกมีค่า 0% กรณีที่ใช้พื้นผิวด้านจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ต่ำกว่าพื้นผิวมันมาก ดังนั้นแม้พื้นภายนอกจะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงไม่มากนัก ลักษณะพื้นผิวมันจะสามารถช่วยในการสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในห้องได้มากเช่นเดียวกับพื้นภายนอกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง ในขณะที่พื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ลักษณะพื้นผิวมันจะมีลักษณะที่ต่างออกไป จากแผนภูมิที่ 4.10(b) เมื่อพื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวมัน จะให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่าพื้นผิวด้านช่วงริมช่องเปิดไปจนถึงกลางห้อง และจะมีค่าสูงกว่าในช่วงริมผนังด้านหลังห้อง โดยจะมีจุดที่มีค่ามากที่สุดที่ระยะห่างจากช่องเปิด 6 เมตร จะมีค่ามากกว่าจุดอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด ความต่างเดย์ไลท์แฟคเตอร์ประมาณ 0.3%

การสะท้อนภายในห้องที่พื้นผิวภายในมีลักษณะพื้นผิวมัน ไม่มีการสะท้อนจากสีของวัสดุ (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0%) แสงตรงจากดวงอาทิตย์จะสะท้อนจากพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมัน สู่เพดานผิวมัน แล้วตกลงสู่ระนาบทำงานที่ตำแหน่งห่างจากช่องเปิด 6 เมตร ดังภาพที่ 4.4 (a) จากมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ 21° ถือเป็นตำแหน่งที่ตรงกับการสะท้อนรูปแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกัน (partially specular or directional reflection) ในขณะที่เมื่อพื้นภายนอกที่มีพื้นผิวด้านที่มีการสะท้อนแบบกระจาย จะสะท้อนสู่ระนาบทำงานช่วงริมหน้าต่างมากกว่า (ภาพที่ 4.4 (b))

เมื่อพื้นผิวภายในมีลักษณะพื้นผิวด้านจะมีเพียงการสะท้อนจากสีของวัสดุ แสงตรงจากดวงอาทิตย์สะท้อนจากพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมันในรูปแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกันสู่เพดานพื้นผิวด้าน แล้วกระจายแสงที่เข้มข้นนี้สู่จะนาบทำงานบริเวณกลางห้อง (ภาพที่ 4.4 (c)) ในขณะที่หากพื้นภายนอกมีทั้งการสะท้อนจากพื้นผิวมันและสีของวัสดุ การสะท้อนจะอยู่ในรูปแบบเสมือนกระจกเงาผสมผสานกับแบบกระจาย ซึ่งการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาจะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ช่วงกลางห้องมากกว่า นั่นหมายความว่าการสะท้อนในส่วนที่เกิดขึ้นจากสีซึ่งเป็นการสะท้อนแบบกระจายจะทำให้เกิดการสะท้อนสู่ระนาบทำงานเป็นบริเวณกว้างใกล้ช่องเปิด ต่างจากพื้นผิวมันเป็นการสะท้อนแบบกระจายอย่างมีทิศทางจะทำให้เกิดการสะท้อนสู่ระนาบทำงานในตำแหน่งหนึ่งๆที่แสงตกกระทบและสะท้อนกลับไปมาที่ระนาบพื้นและเพดานด้วยมุมเท่าๆกัน



ภาพที่ 4.4 *ภาพแสงรูปแบบการสะท้อนแสงตรงจากดวงอาทิตย์โดยพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวต่างๆกัน* *<u>พื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ลักษณะพื้นผิวมัน</u>* *(a) พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวมัน,* *(b) พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวด้าน,* *<u>พื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ลักษณะพื้นผิวด้าน</u>* *(c) พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% พื้นผิวมัน,* *(d) พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวมัน,* *(e) พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวด้าน*



แผนภูมิที่ *4.10* *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง ของลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอก*

(a) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวภายในห้อง 70% ลักษณะพื้นผิวด้าน,

(b) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวภายในห้อง 0% ลักษณะพื้นผิวมัน

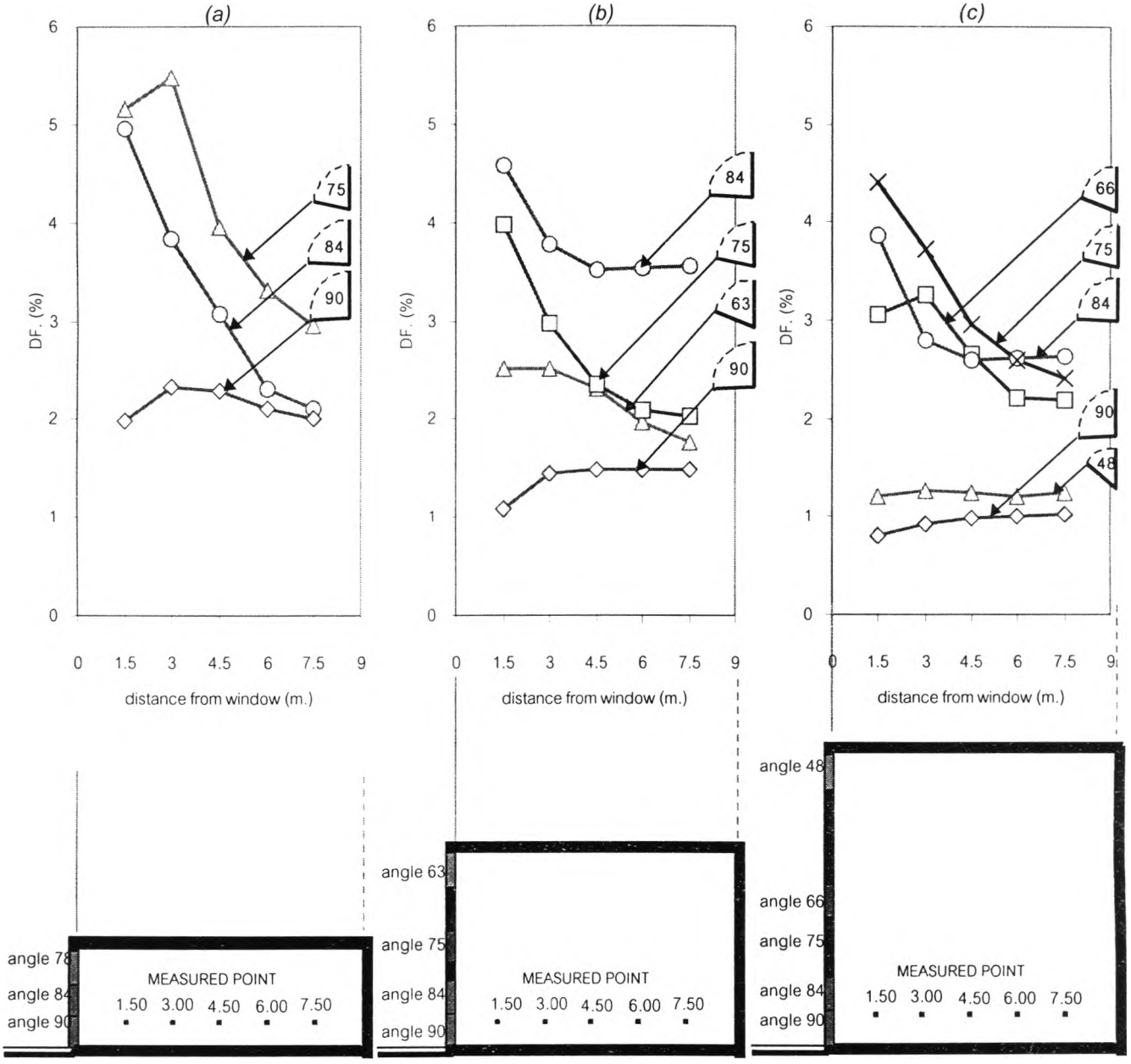
4.1.6 ระดับของช่องเปิด (มุมตกกระทบมากที่สุด)

ตัวแปรระดับของช่องเปิด กำหนดเป็นค่ามุมตกกระทบมากที่สุด ซึ่งเป็นค่าโดยประมาณของเส้นสมมติจากจุดจากขอบบนของช่องเปิด ถึงจุดริมผนังด้านในในระดับระนาบทำงาน ที่ทำต่อระนาบในแนวตั้ง ซึ่งจะสามารถเทียบค่ามุมดังกล่าวกับระดับความสูงที่วัดจากระดับพื้นห้องถึงระดับกึ่งกลางช่องเปิด และตำแหน่งที่ใช้ระบุได้จากตารางต่อไปนี้

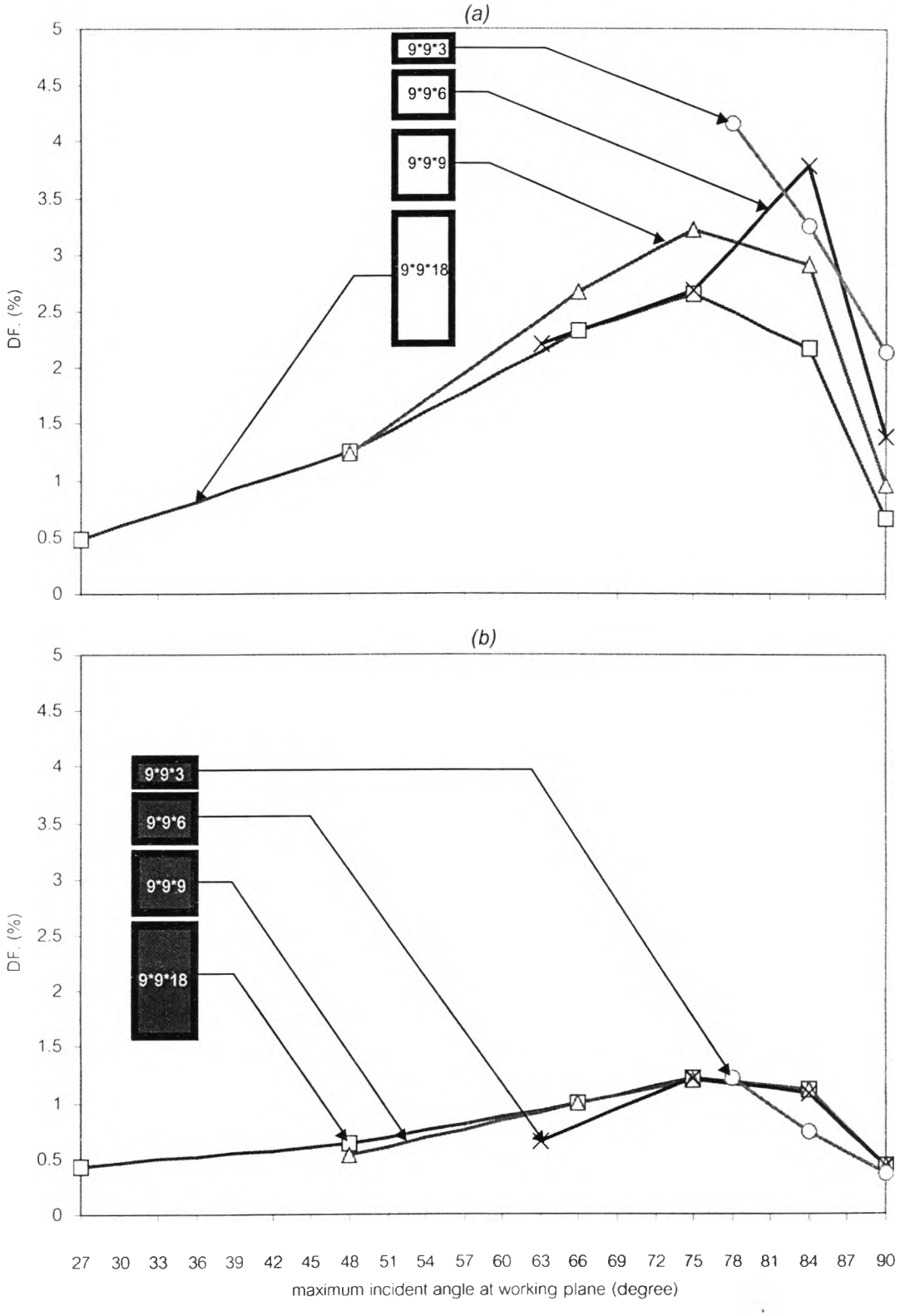
ตารางที่ 4.2 ตารางเทียบค่ามุมตกกระทบมากที่สุดกับระดับความสูง และตำแหน่งที่ระบุในห้องขนาดต่างๆ

มุมตกกระทบ incident angle (degree)	ระดับความสูงจากพื้นห้อง วัดจากจุดกึ่งกลางช่องเปิด (rn.)	รายละเอียด	
		ตำแหน่ง	ความสูงฝ้าเพดาน
90	0.50	ช่องเปิดต่ำ (low window)	ทุกๆกรณี
84	1.50	ช่องเปิดระดับสายตา (view window)	ทุกๆกรณี
78	2.50	ช่องเปิดสูง (high window)	3 m.
75	3.00	ช่องเปิดกลาง (mid-window)	6 m.
66	4.50	ช่องเปิดกลาง (mid-window)	9 m.
63	5.50	ช่องเปิดสูง (high window)	6 m.
48	8.50	ช่องเปิดสูง (high window)	9 m.
		ช่องเปิดกลาง (mid-window)	18 m.
27	17.50	ช่องเปิดสูง (high window)	18 m.

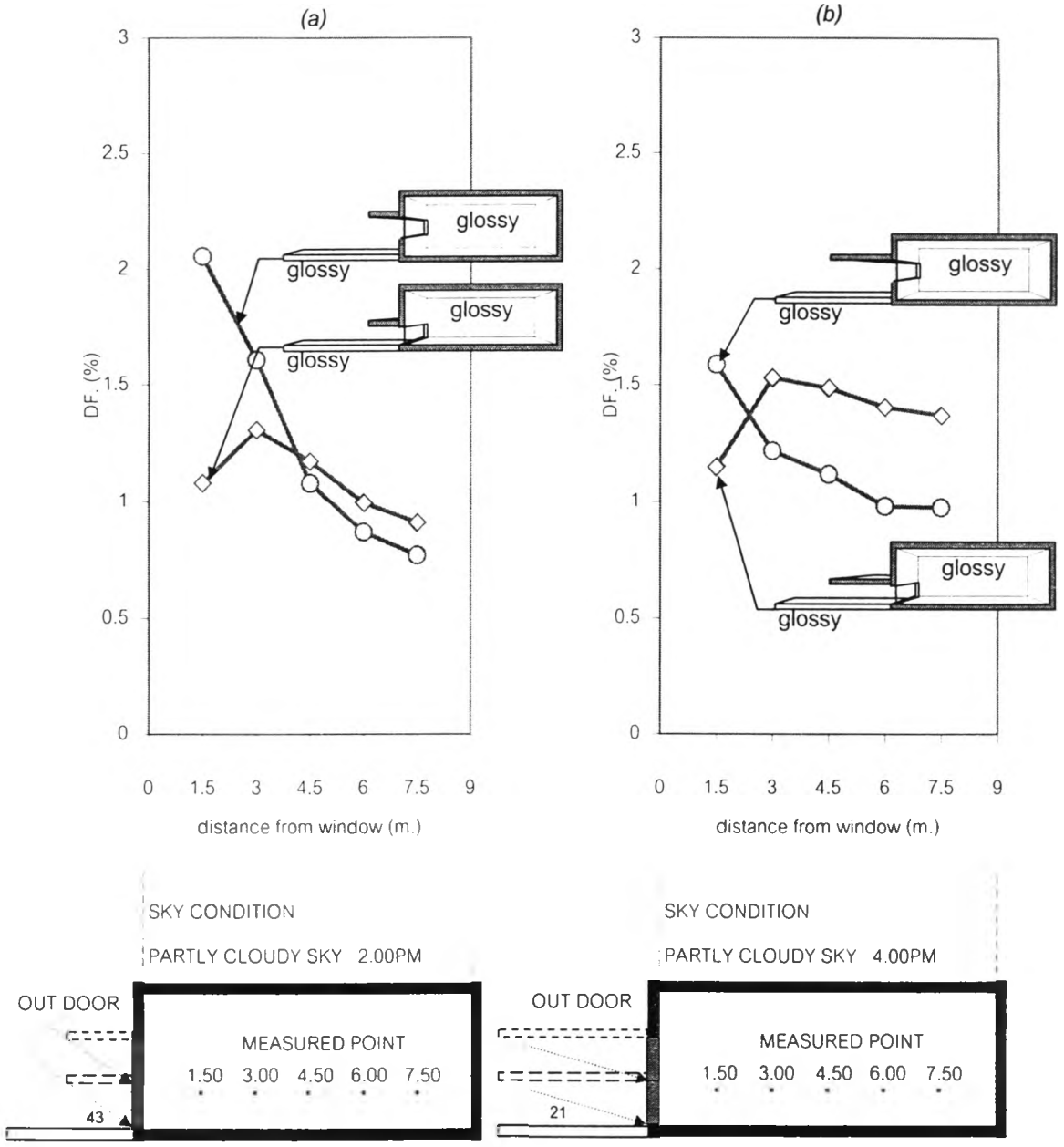
จะสังเกตได้ว่าเมื่อมุมตกกระทบมากที่สุดมีค่ามาก หน้าต่างจะอยู่ในระดับต่ำ และเมื่อมุมตกกระทบมากที่สุดมีค่าน้อย หน้าต่างจะอยู่ในระดับสูง



แผนภูมิที่ 4.11 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง ของระดับช่องเปิด (a) เมื่อฝ้าเพดานห้องสูง 3 เมตร, (b) เมื่อฝ้าเพดานห้องสูง 6 เมตร, (c) เมื่อฝ้าเพดานห้องสูง 9 เมตร*



แผนภูมิที่ *4.12 แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของความสูงฝ้าเพดาน เมื่อมุมตกกระทบมีค่าเพิ่มขึ้น (a) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ พื้นผิวภายในมีค่า 70%, (b) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในมีค่า 0%*



แผนภูมิที่ 4.13 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง เมื่อลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องเป็นพื้นผิวมัน*

(a) มุมอัลติจูด 43 ^{o}, (b) มุมอัลติจูด 21 ^{o}

ที่ฝ้าเพดานสูง 3 เมตร (แผนภูมิที่4.11(a)) ช่องเปิดที่อยู่สูงที่สุดจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุดตลอดความลึกห้อง ที่ฝ้าเพดานสูง 6 เมตร (แผนภูมิที่4.11(b)) ช่องเปิดที่มีมุมตกกระทบมากที่สุด 84°คือช่องเปิดในระดับสายตาซึ่งสูงจากพื้นห้อง 1.5 เมตร จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุดตลอดความลึกห้อง ที่ฝ้าเพดานสูง 9 เมตร (แผนภูมิที่4.11(c)) ช่องเปิดที่มีมุมตกกระทบมากที่สุดที่ 75°คือสูงจากพื้น 3 เมตรจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากที่สุด ทั้งนี้จะสังเกตเห็นว่าเมื่อฝ้าเพดานสูงช่องเปิดที่อยู่ในระดับต่ำที่สุดขอบล่างอยู่ระดับเดียวกับพื้นห้อง และ สูงที่สุดขอบบนอยู่ระดับเดียวกับเพดานห้อง จะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์บนระนาบทำงานภายในห้อง มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับช่องเปิดในระดับอื่นๆที่อยู่ระหว่างนั้น

ความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ระหว่างห้องที่มีช่องเปิดในระดับสายตากับช่องเปิดที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุดมีค่าประมาณ 0-1% (กรณีเพดานสูง 6 เมตร ช่องเปิดในระดับสายตาจะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด) นอกจากนี้ยังมีข้อสังเกตคือช่องเปิดต่ำจะมีการกระจายแสงภายในห้องสม่ำเสมอที่สุดตลอดความลึกห้อง ช่องเปิดในระดับที่สูงขึ้นไปจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากในช่วงริมหน้าต่าง (1.5-3 เมตรจากริมช่องเปิด) และจะลดลงอย่างมากเมื่อวัดในตำแหน่งที่ลึกขึ้น

จากแผนภูมิที่4.12 เมื่อเพดานห้องต่ำช่องเปิดสูงจะทำให้มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมีค่ามาก ในขณะที่เมื่อเพดานสูงขึ้นช่องเปิดสูงไม่สามารถทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์บนระนาบทำงานภายในห้องมากกว่าช่องเปิดที่ต่ำกว่าเสมอไป เมื่อเพดานสูงจากพื้นห้อง 6 เมตร ช่องเปิดในระดับสายตา(มุมตกกระทบมากที่สุด 84°) จะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากที่สุด ช่องเปิดต่ำ(มุมตกกระทบมากที่สุด 90°) จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยน้อยที่สุด เมื่อเพดานสูงจากพื้นห้อง 9 เมตร ช่องเปิดที่มีมุมตกกระทบมากที่สุด 75° จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากที่สุด และ ช่องเปิดต่ำจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยน้อยที่สุด และเมื่อเพดานสูง 18 เมตร ช่องเปิดที่มีมุมตกกระทบมากที่สุดมีค่า 75° จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากที่สุด เช่นเดียวกันกับเพดานสูง 9 เมตร ช่องเปิดที่สูงที่สุด(มุมตกกระทบมากที่สุด 27°) จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยน้อยที่สุดซึ่งต่างกรณีอื่น

โดยสรุป ช่องเปิดที่มุมตกกระทบมากที่สุดมีค่าระหว่าง 66°- 84° เป็นช่วงที่ทำให้เกิดปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องมากที่สุดทั้งจากอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก หากช่องเปิดมีมุมตกกระทบน้อยไปกว่านี้ (ช่องเปิดสูงขึ้น) แสงที่เข้ามาสู่ภายในห้องจะถูกดูดซับโดยพื้นผิวภายในห้อง และอิทธิพลแสงจากพื้นภายนอกจะลดลงเมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสูงขึ้น ทั้งที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีอิทธิพลต่อตัวแปรตำแหน่งของช่องเปิดในรูปแบบที่เพิ่มค่าความสว่าง ไม่มีผลทำให้ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของช่องเปิดในตำแหน่งต่างๆเปลี่ยนไป (ดูแผนภูมิที่4.12(b))

ทำการศึกษาเปรียบเทียบกรณีเดียวกันเมื่อพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวมัน เลือกตัวแปรช่องเปิดต่ำเปรียบเทียบกับช่องเปิดระดับสายตา โดยจะทำการทดลองเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูดต่อระนาบช่องเปิดต่างกัน พบว่าเมื่อพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในมีลักษณะพื้นผิวมัน ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้องจะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องทางด้านหลังห้องมากกว่า เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา โดยค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของช่องเปิดต่ำจะมีค่าน้อยกว่าบริเวณริมช่องเปิด

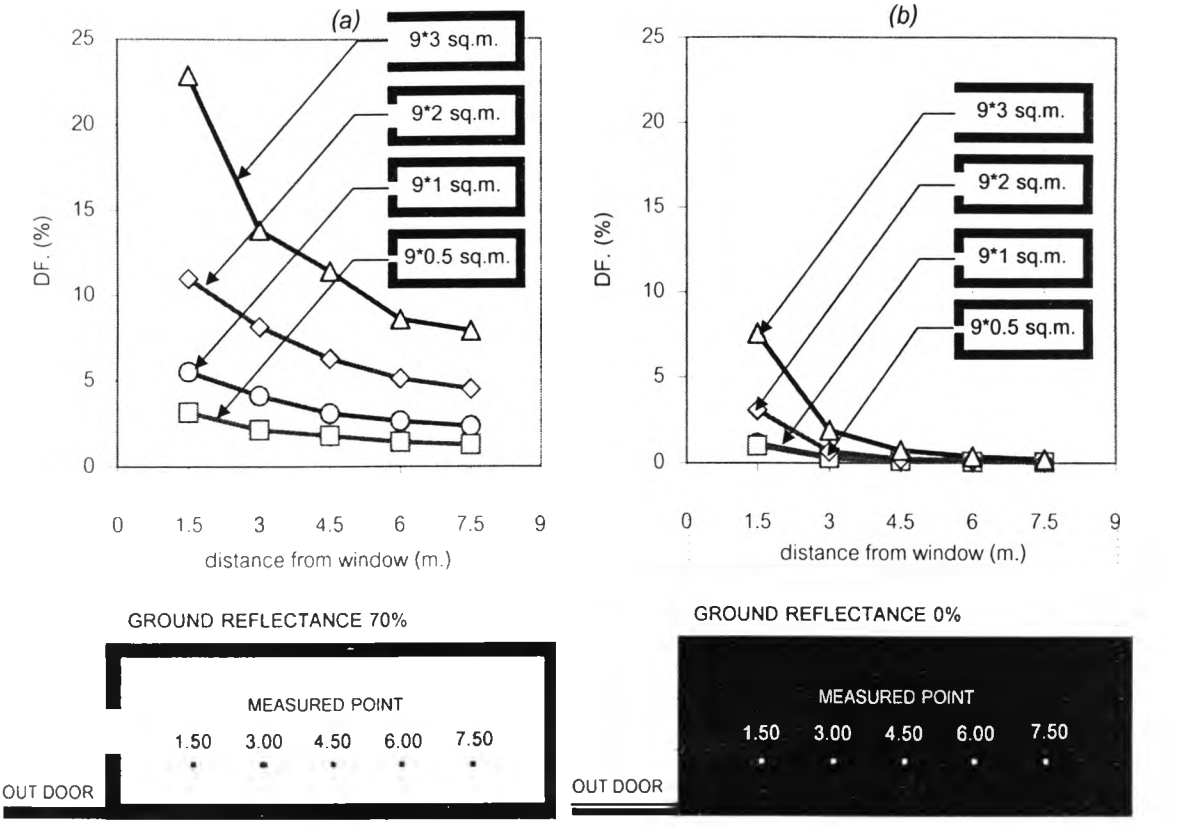
จากแผนภูมิที่4.13(a) เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 43°ต่อช่องเปิด ห้องที่มีช่องเปิดต่ำจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ช่วงจากริมช่องเปิดจนถึงกลางห้องน้อยกว่าห้องที่มีช่องเปิดระดับสายตา และจากจุดกลางห้องค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีช่องเปิดในระดับสายตาจะมีค่าลดลงเรื่อยๆจนมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ต่ำกว่าห้องที่มีช่องเปิดต่ำเล็กน้อย (ประมาณ 0.1-0.2%) ไปตลอดจนถึงริมผนังด้านหลังห้อง ในขณะที่เมื่อมุมอัลติจูดมีค่าลดลง เป็น 21° ห้องที่มีช่องเปิดต่ำจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงาน น้อยกว่า ห้องที่มีช่องเปิดระดับสายตาที่จุดริมช่องเปิดเพียงจุดเดียวเท่านั้นจากนั้นจะมีค่ามากกว่าไปตลอดความลึกห้องมีค่าประมาณ 0.3-0.5% (ดูแผนภูมิที่ 4.13 (b))

4.1.7 ขนาดช่องเปิด

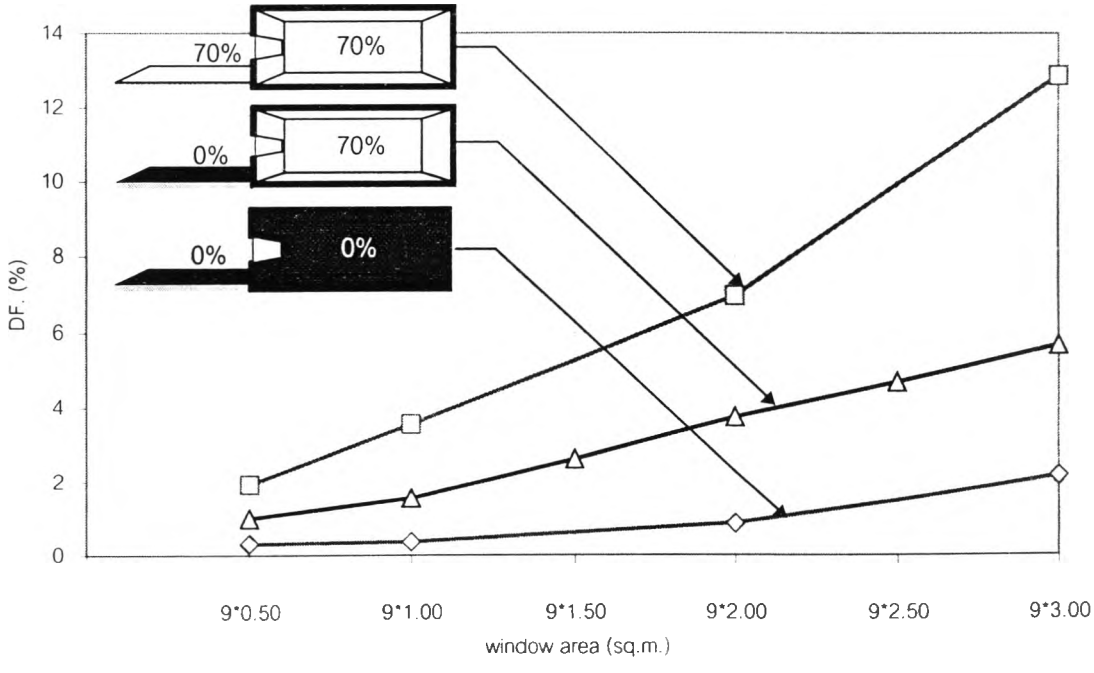
ตัวแปรขนาดช่องเปิด คือ ช่องเปิดสูง 0.5, 1, 2 และ 3 เมตร กับหุ่นจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 70% พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 70% พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% และ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 0% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0%

เมื่อช่องเปิดมีพื้นที่มากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องจะมีค่ามาก ห้องที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าห้องที่มีช่องเปิดขนาดเล็กกว่าตามลำดับ มากกว่าในอัตราเพิ่มที่มากขึ้น (แผนภูมิที่4.14(a)) เมื่อไม่มีอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้อง (แผนภูมิที่ 4.14(b)) ช่วงกลางห้องถึงด้านหลังห้องที่มีช่องเปิดขนาดต่างๆ จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ใกล้เคียงกันมาก สามารถสรุปได้ว่าขนาดพื้นที่ของช่องเปิดจะมีอิทธิพลมาก ณ. บริเวณริมช่องเปิด และอิทธิพลนั้นจะลดลงเรื่อยๆตามความลึกห้อง และหากไม่มีการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง(ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0%) ขนาดของช่องเปิดจะมีอิทธิพลน้อยมากในช่วงกลางถึงหลังห้อง

ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดช่องเปิด จะมีความต่างระหว่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยค่ามากที่สุดที่ช่องเปิดสูง 3 เมตรกับช่องเปิดสูง 1 เมตรที่เป็นกรณีเปรียบเทียบจะต่างกันตามค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในและพื้นภายนอก จากแผนภูมิที่ 4.15 เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในและพื้นภายนอกเท่ากับ 0% ห้องที่มีช่องเปิดขนาดต่างๆจะมีความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ 2% ซึ่งค่านี้เป็นค่าเฉลี่ยจากทุกจุดบนระนาบทำงานภายในห้องซึ่งความต่างนี้เกิดขึ้นจากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ริมช่องเปิดเป็นหลัก โดยค่าความต่างเดย์ไลท์แฟคเตอร์ในส่วนหลังห้องจะมีค่าประมาณ 0% เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน 70% และ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% ค่าความต่างของเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 4% และเมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในและพื้นภายนอก 70% ค่าความต่างของเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 9%



แผนภูมิที่ 4.14 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของพื้นที่ช่องเปิด (a) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 70% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 70% (b) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 70% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0%*

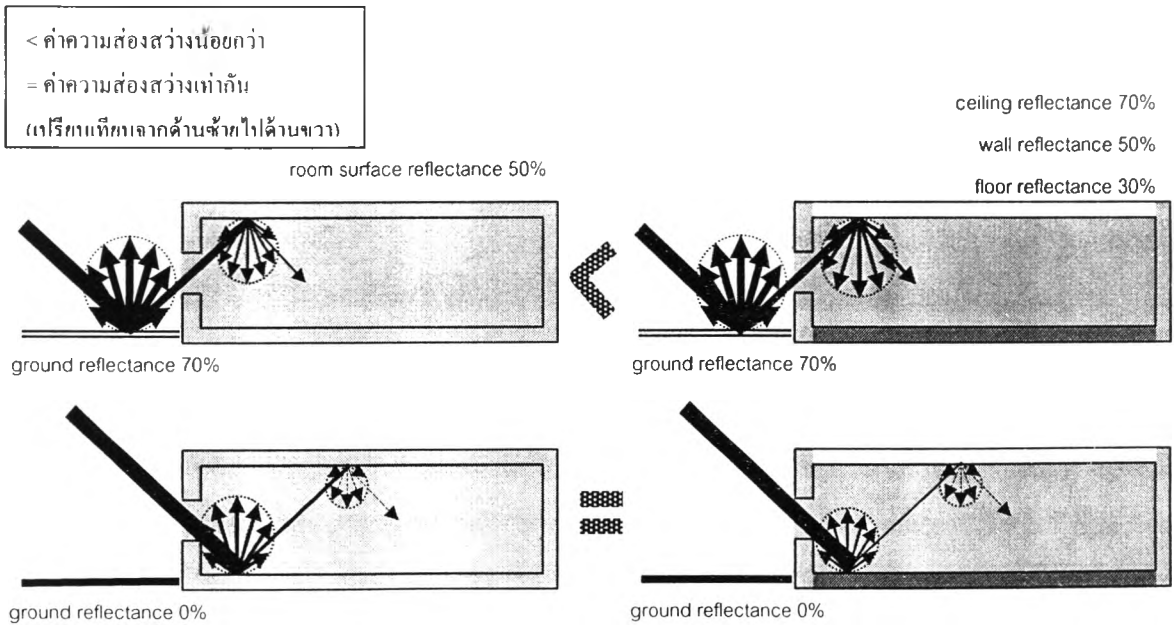


แผนภูมิที่ 4.15 *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อมีพื้นที่ช่องเปิดเพิ่มขึ้น*

4.1.8 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง

กำหนดตัวแปรเป็นค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เป็นสองรูปแบบคือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากันหมดทุกระนาบภายในห้อง เปรียบเทียบกัน 5 ตัวแปร คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0%, 10%, 30%, 50% และ 70% และอีกรูปแบบคือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องเฉลี่ยเท่ากัน เปรียบเทียบระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากันหมดทุกระนาบภายในห้องกับ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นห้อง 30% ผนังห้อง 50% และ เพดานห้อง 70% โดยใช้ลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้องเป็นพื้นผิวด้านเป็นพื้นฐาน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่เกิดจากลักษณะพื้นผิวภายในห้องที่เป็นพื้นผิวมันนั้นจะแตกต่างออกไปเป็นพิเศษ จึงจะแยกออกไปแสดงในหัวข้อลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้อง

จากแผนภูมิที่4.16(a)และ(b) จะเห็นได้ว่าห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากจะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากตามไปด้วยโดยมีอัตราการเพิ่มที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเมื่อมีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นห้อง 30% ผนังห้อง 50% และ เพดานห้อง 70% ในห้องขนาดเดียวกัน คือ 9*9*3 ลูกบาศก์เมตร (มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ย 50%) จะมีผลทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์สูงกว่าห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน 50% ประมาณ 1% เมื่อห้องได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้น (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70%) และ จะมีค่าใกล้เคียงกันเมื่อได้รับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว (แผนภูมิที่ 4.16(a) และ(b)) จะเห็นได้ว่าระนาบเพดานค่อนข้างมีความสำคัญในการรับแสงสะท้อนจากพื้นในขณะที่การใช้พื้นที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนน้อย (30%) ร่วมกับเพดานที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนมาก (70%) จะทำให้แสงจากท้องฟ้าสะท้อนไปมาเฉลี่ยแล้วมีค่าใกล้เคียงกับใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน 50% ทั้งหมด ตามที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.5



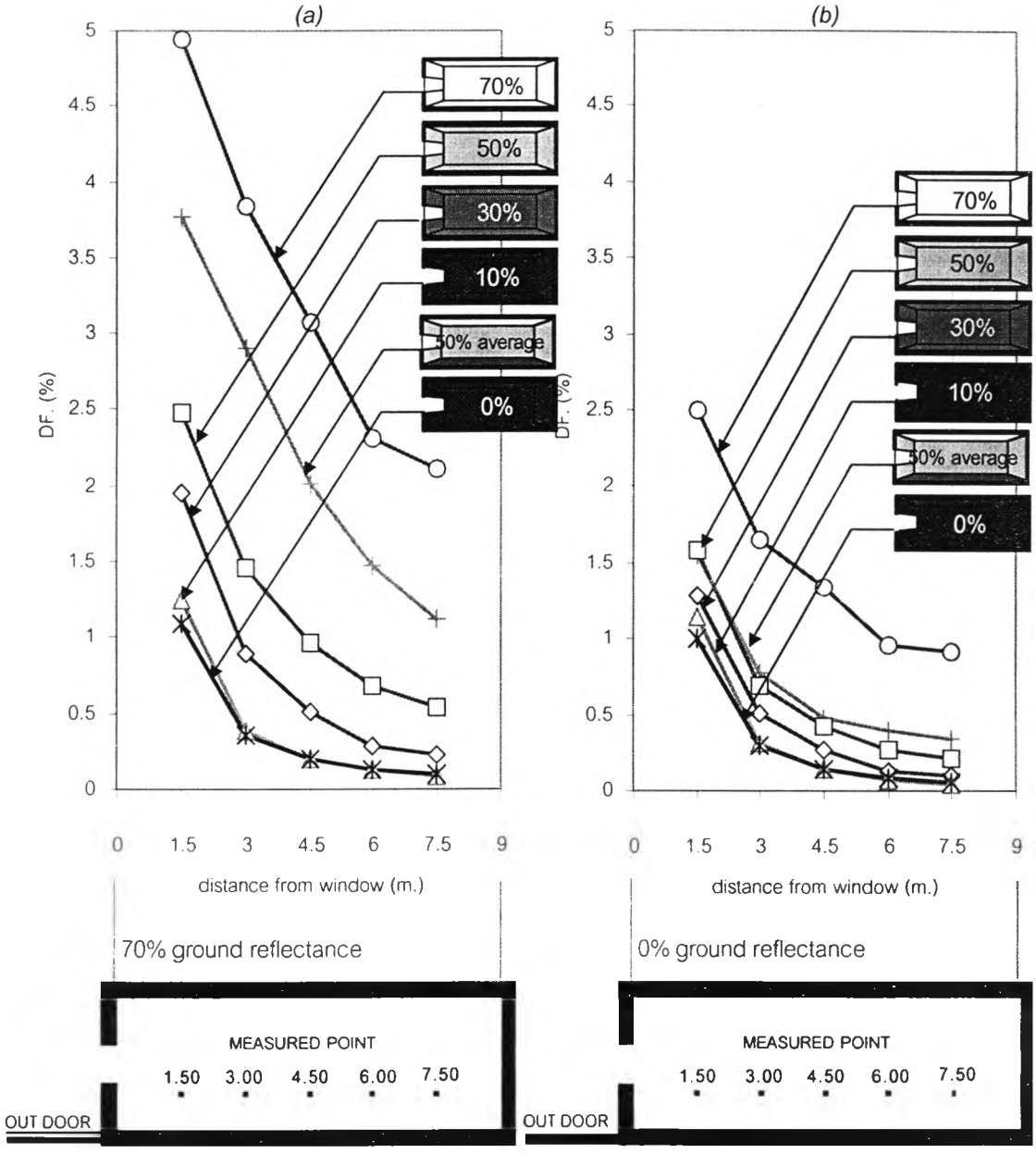
ภาพที่ 4.5 *ภาพจำลองพฤติกรรมการสะท้อนแสงภายในห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายใน 50% และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ย 50%*

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีอิทธิพลมากกว่าค่าการสะท้อนแสงของพื้นภายนอก เนื่องจากในกรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายในห้องมีค่า 0% คือไม่มีค่าการสะท้อนเกิดขึ้นภายในห้อง ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นมาจากแสงที่เข้ามาโดยตรงเพียงอย่างเดียว การสะท้อนแสงจากพื้นภายนอกจะไม่มีผลต่อปริมาณแสงภายในเลยแม้ว่าพื้นภายนอกจะมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากเพียงไร ในทางกลับกันถ้าพื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ได้รับอิทธิผลแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในจะขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง คือยิ่งพื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากยิ่งทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีค่ามาก จึงสามารถสรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องยิ่งมีค่ามากยิ่งทำให้ค่าความส่องสว่างภายในห้องในระนาบทำงานมีค่ามากขึ้น ทั้งนี้หากได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกก็จะสามารถเพิ่มปริมาณแสงได้มากขึ้นแปรผันตามค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกด้วยอัตราการเพิ่มที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของระนาบเพดานจะมีผลอย่างมากต่อการนำแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเข้าสู่ระนาบทำงาน ในขณะที่ระนาบพื้นห้องก็มีผลต่อการสะท้อนกระจายแสงจากท้องฟ้าร่วมกันกับระนาบเพดานในส่วนที่ลึกเข้าไปภายในห้อง ทั้งนี้ห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน 70% ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดในการทดลองจะเกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องมากกว่าประมาณ 0.5-1% เมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของ เพดาน ผนัง และ พื้นห้อง 70% 50% และ 30% ตามลำดับ ซึ่งเป็นรูปแบบเป็นข้อกำหนดให้ใช้ภายในอาคารบางประเภท

ในกรณีพื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวมัน ทำการทดลองในลักษณะเดียวกันโดยเลือกเปรียบเทียบเฉพาะ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากที่สุด คือ 70% กับ น้อยที่สุด คือ 0% เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 21° ต่อระนาบช่องเปิด ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง

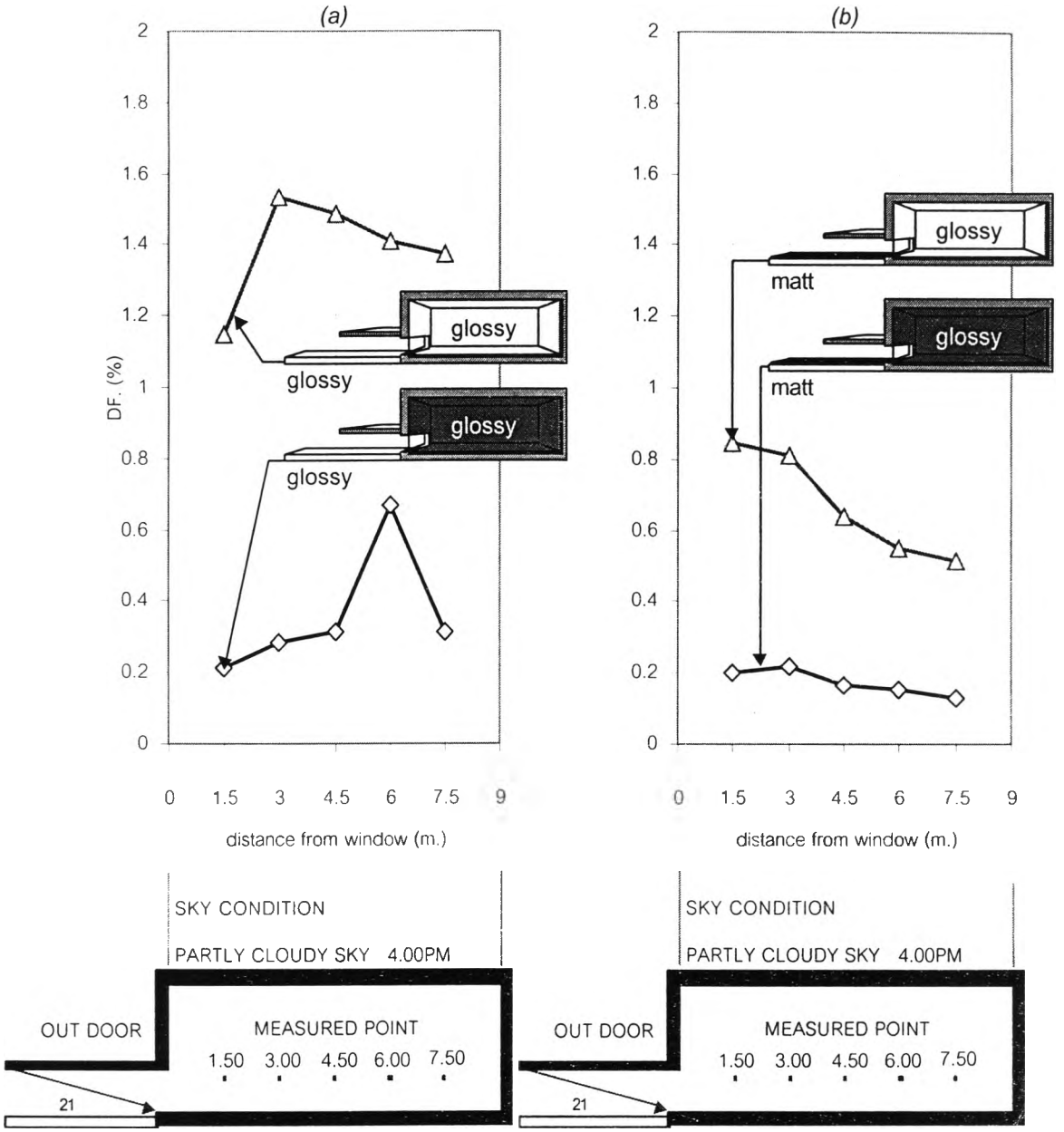
เมื่อพื้นผิวภายในห้องเป็นพื้นผิวมัน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องที่มีค่าต่ำกว่าจะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ต่ำกว่าด้วย จากแผนภูมิที่4.17(b) เมื่อไม่ได้รับอิทธิพลจากพื้นภายนอกห้องที่มีพื้นผิวภายในมัน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับ 0% จะมีปริมาณแสงบนระนาบทำงานน้อยมากมีค่าน้อยกว่า เมื่อพื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ประมาณ 0.4-0.6% ในขณะที่เมื่อได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (แผนภูมิที่4.17(a)) พื้นผิวภายในห้องลักษณะพื้นผิวมัน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องจะมีค่าสูงกว่าจุดอื่นๆอย่างเห็นได้ชัด ที่จุดห่างจากช่องเปิด 6เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อพื้นผิวภายในห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% ประมาณ 0.8-1.2%

จะเห็นได้ว่าพื้นผิวภายในห้องที่มีลักษณะพื้นผิวมันจะทำให้ความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องระหว่างห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากที่สุดกับน้อยที่สุด (70% และ 0% ตามลำดับ) มีค่าน้อยกว่าที่เกิดในห้องที่มีลักษณะพื้นผิวเป็นผิวด้าน



แผนภูมิที่ 4.16 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง*

(a) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 70%, (b) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 0%



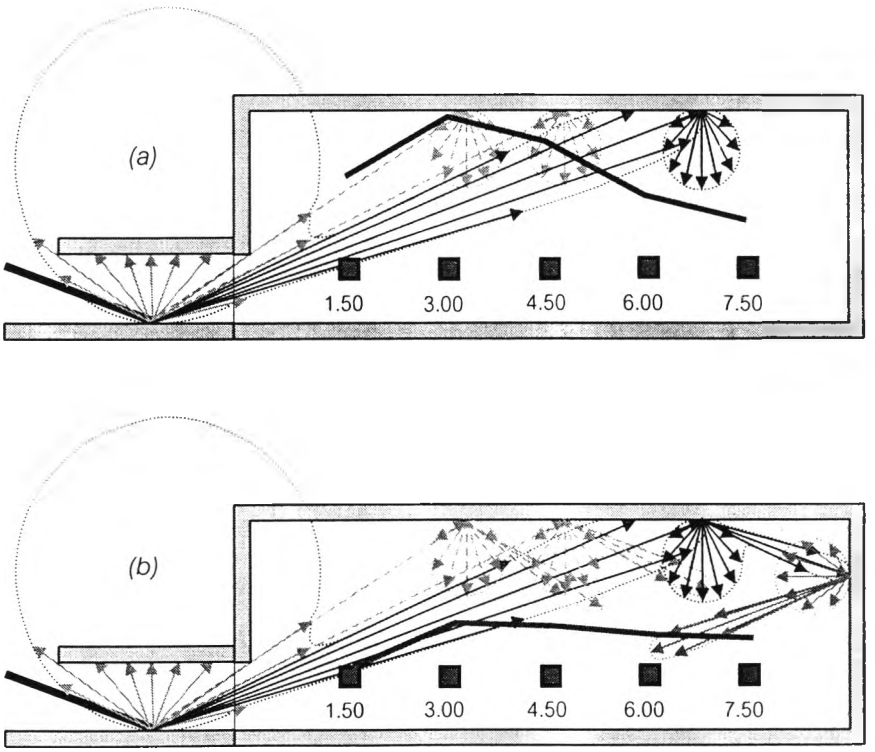
แผนภูมิที่ 4.17 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อห้องมีลักษณะพื้นผิวเป็นผิวมัน (a) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 70% ลักษณะพื้นผิวมัน, (b) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 0% ลักษณะพื้นผิวด้าน*

4.1.9 ลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้อง

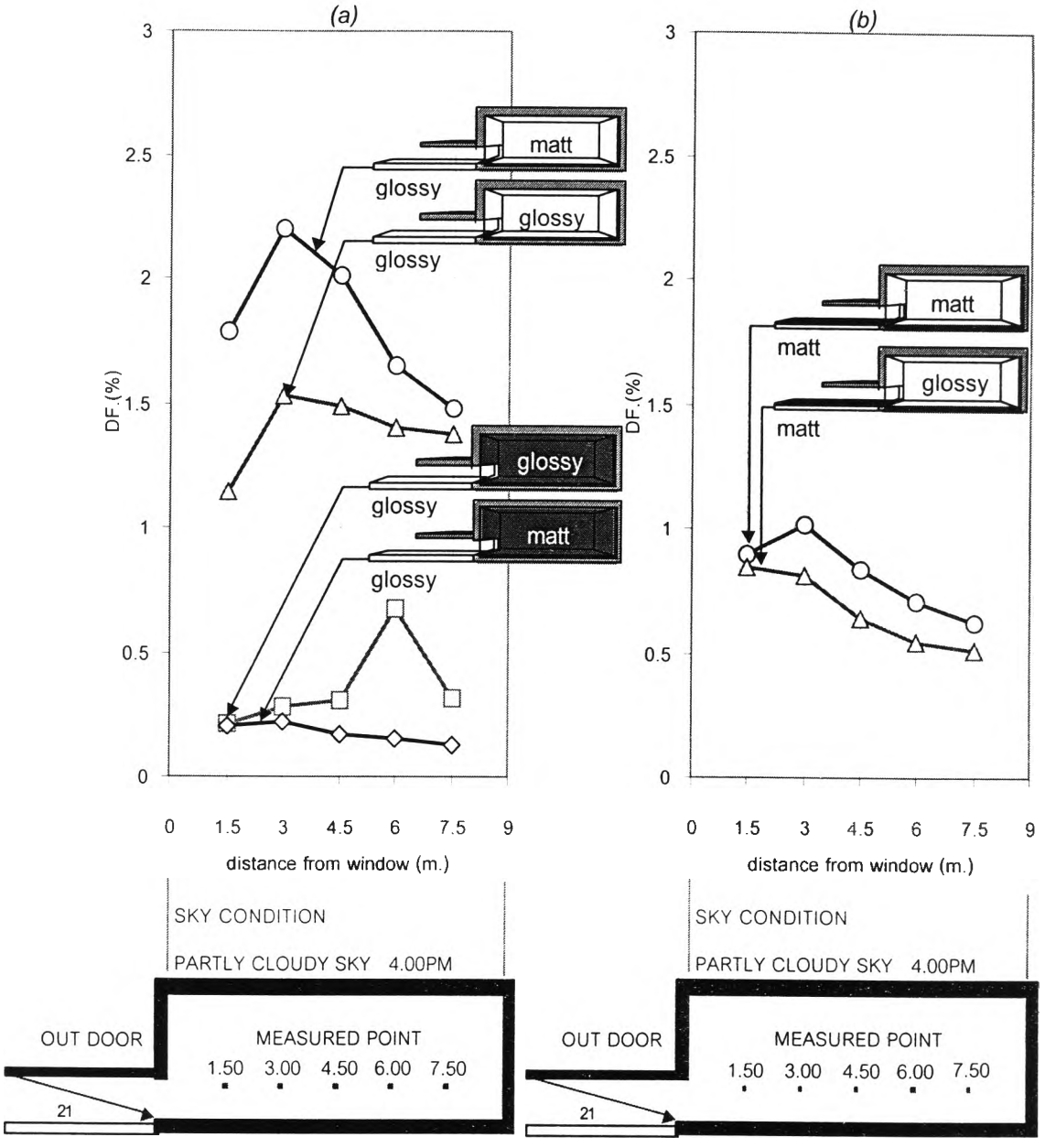
กำหนดตัวแปรลักษณะพื้นผิวคือพื้นผิวมันและพื้นผิวด้าน ดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด 21° ต่อระนาบช่องเปิด ช่องเปิดต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง ทำการทดลองเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในมีค่า 0 และ 70%

จากแผนภูมิที่4.18 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่า 70% พื้นผิวมันจะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องมีค่าน้อยกว่าพื้นผิวด้านตลอดความลึกห้อง โดยที่หากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% พื้นผิวมันจะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่าพื้นผิวด้าน ประมาณ 0.1-0.3% และเมื่อได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% พื้นผิวมัน) ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องที่มีพื้นผิวด้านจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าพื้นผิวมัน ประมาณ 0.5-0.7% ในช่วงริมช่องเปิดจนถึงกลางห้อง และมีค่าใกล้เคียงพื้นกันด้านหลังห้อง ในทางตรงกันข้ามเมื่อห้องที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% พื้นผิวมันจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่า พื้นผิวด้าน โดยเฉพาะตำแหน่งห่างจากช่องเปิด 6 เมตร ที่มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าประมาณ 0.5%

ในการใช้วัสดุที่ลักษณะพื้นผิวมันจำเป็นต้องมีการออกแบบระนาบสะท้อนความสูงเพดานและตำแหน่งช่องเปิด เพื่อให้ การสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกันสะท้อนแสงไปสู่ตำแหน่งที่ลึกที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยให้มีการสะท้อนน้อยครั้งที่สุด ในกรณีนี้การสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องที่มีพื้นผิวมันจะมีผลด้านหลังห้อง ทั้งนี้การใช้พื้นผิวมันยังมีข้อจำกัดด้านความปลอดภัยเมื่อใช้กับพื้นและอาจเกิดการสะท้อนรบกวนมุมมองของสายตา ซึ่งจะต้องระวัง



ภาพที่ 4.6 *ภาพแสดงการจำลองลักษณะการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อพื้นภายนอกเป็นผิวมัน*
(a) เมื่อพื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวด้าน, (b) เมื่อพื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวมัน



แผนภูมิที่ 4.18 *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ตามความลึกของห้อง ของลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้อง (a) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 70% ลักษณะพื้นผิวมัน ,(b) ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นภายนอก 0% ลักษณะพื้นผิวด้าน*

4.1.10 ความกว้างของห้อง

ตัวแปรคือความกว้างของห้อง ทดลองเป็นสัดส่วนกัน คือ ห้องกว้าง 9, 18 และ 27 เมตร สัดส่วน 1:1, 2:1 และ 3:1 ตามลำดับ โดยที่ความกว้างของช่องเปิดจะกว้างขึ้นตามความกว้างห้อง ส่วนตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้คงที่ ได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่างๆกัน

พบว่าความกว้างของห้องมีผลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องน้อยมากตลอดความลึกห้อง ยกเว้นในกรณี เมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% (แผนภูมิที่4.19) ห้องที่มีความกว้าง 9 เมตร ทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่า ห้องที่มีความกว้าง 18 และ 27 เมตร เฉลี่ยประมาณ 0.5% โดยห้องที่มีขนาดความกว้างที่กว้างขึ้นคือ 18 และ 27 เมตร มีความแตกต่างขอค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตลอดความลึกห้องน้อยมาก ทั้งนี้หากห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงน้อย ความกว้างของห้องจะมีอิทธิพลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตลอดความลึกห้องน้อยมากจนแทบไม่มีความแตกต่างกันเลย

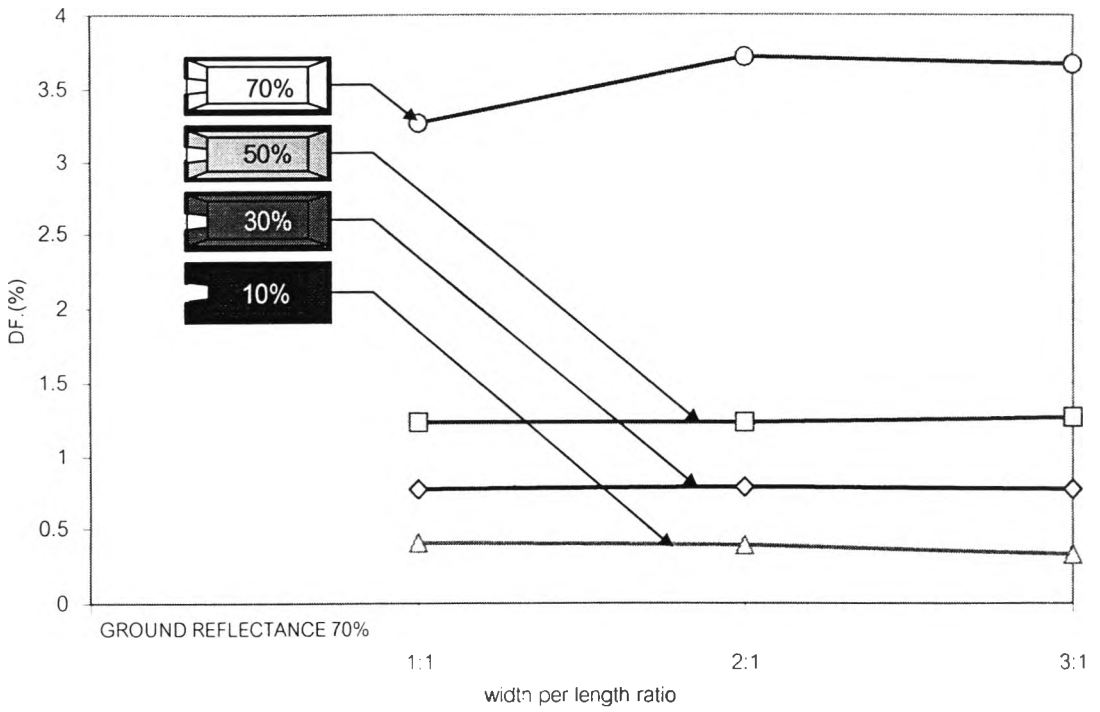
สรุปได้ว่าความกว้างของห้องมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างภายในห้อง ณ. ระนาบทำงานน้อยมาก แต่หากจะทำการกำหนดรูปร่างของห้องควรกำหนดให้มีความกว้างมาก เพราะจะมีผลในการเพิ่มค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ. ระนาบทำงานภายในห้องเล็กน้อยหากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่ามาก

4.1.11 ความลึกของห้อง

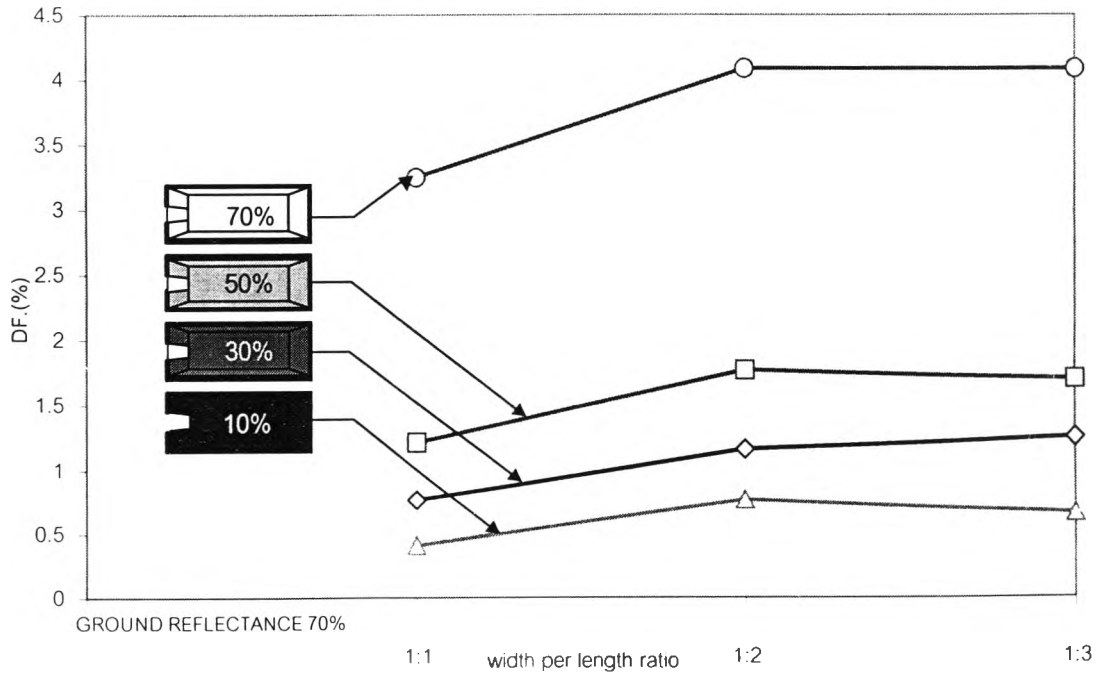
ตัวแปรคือความลึกของห้อง คือ ห้องกว้าง 9, 18 และ 27 เมตร สัดส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ ตัวแปรอื่นๆ กำหนดให้คงที่ ได้ทำการทดลองกับหุ่นจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่างๆกัน

พบว่าความลึกห้องมีผลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ภายในห้องน้อยมาก ถ้านับตำแหน่งเดียวกัน 7.5 เมตรแรกจากช่องเปิด (จุดวัดสุดท้ายของห้องที่มีความลึกน้อยที่สุด) ความแตกต่างมากที่สุดเกิดขึ้นเมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากที่สุด 70% โดยยิ่งห้องมีความลึกมากจะยิ่งทำให้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น จากแผนภูมิที่4.20 ห้องที่มีความลึก 9 เมตร จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่า 18 และ 27 เมตร ประมาณ 1% โดยที่ที่ความลึก 18 และ 27 เมตร จะมีความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยมาก ทั้งนี้หากห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงน้อย ความลึกของห้องจะมีอิทธิพลต่อค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ 7.5 เมตรแรกน้อยมาก

สรุปความลึกของห้องนั้นมีอิทธิพลน้อยมากต่อค่าความส่องสว่างภายในห้อง ณ. ระนาบทำงาน แต่หากจะทำการกำหนดรูปร่างของห้องควรกำหนดให้มีความลึกมาก เพราะจะช่วยเพิ่มค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เล็กน้อยถ้าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่ามาก



แผนภูมิที่ *4.19* *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อความกว้างห้องเพิ่มขึ้น*



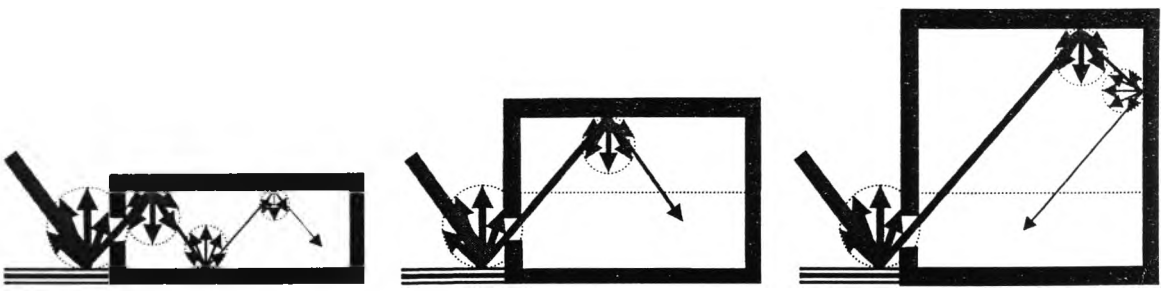
แผนภูมิที่ *4.20* *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ระยะความลึก 7.5 เมตรแรกของห้อง นับจากช่องเปิด ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อความลึกห้องเพิ่มขึ้น*

4.1.12 ความสูงฝ้าเพดานห้อง

กำหนดความสูงเพดาน คือ 3, 6, 9 และ 18 เมตร (เทียบเป็นสัดส่วนพื้นที่พื้นห้องต่อความสูงต่อความสูงฝ้าเพดาน 27:1, 27:2, 27:3 และ 27:6 ตามลำดับ) ตัวแปรอื่นคงที่ พบว่าตำแหน่งของช่องเปิดทำให้เกิดผลต่าง ในการเปรียบเทียบความสูงฝ้าเพดานในระดับต่างๆ

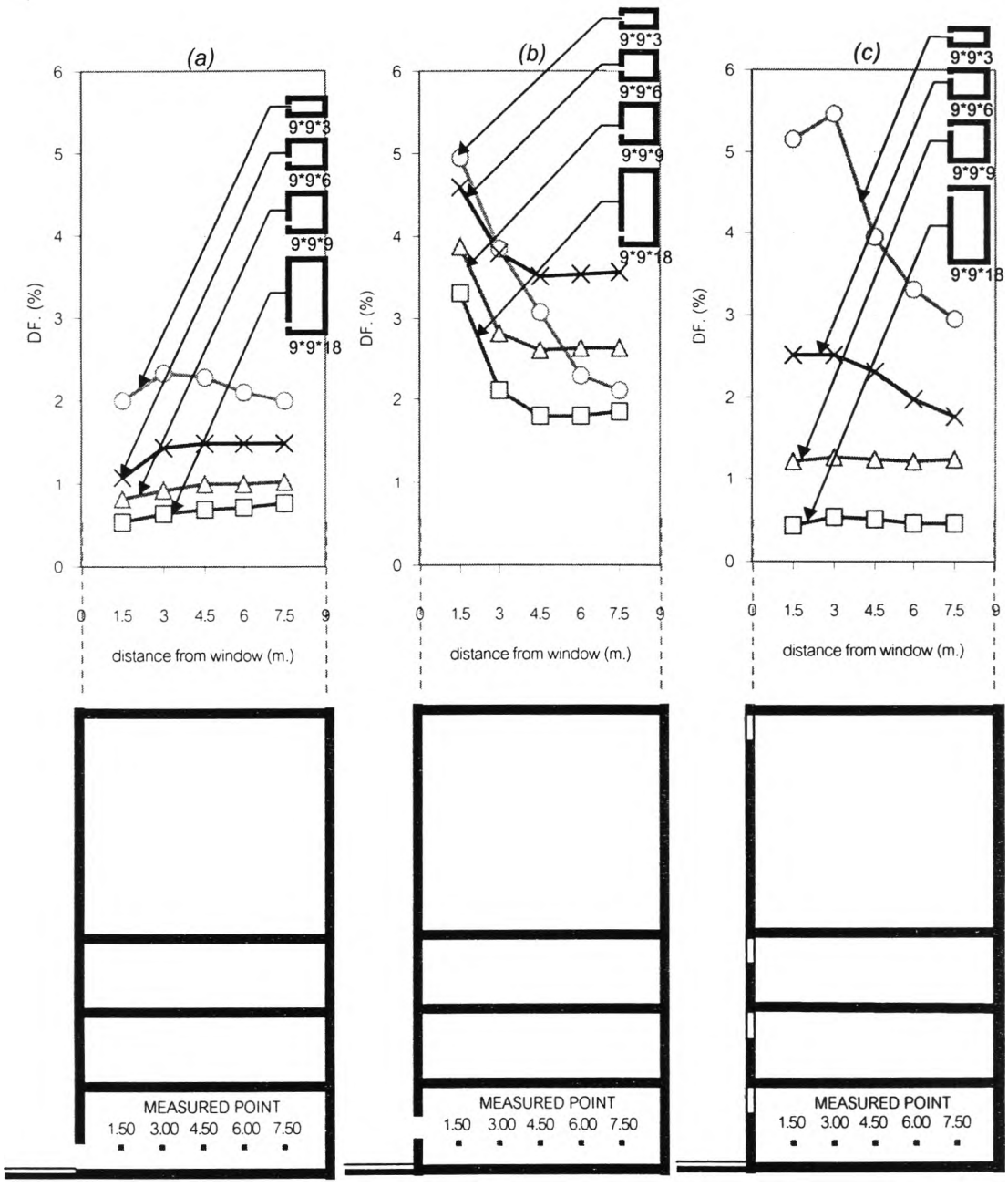
เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับต่ำและสูง หากฝ้าเพดานสูงขึ้นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะน้อยลง เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา ห้องที่มีเพดานสูง 6 เมตร จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากกว่าห้องที่มีเพดานสูง 9 และ 18 เมตร ตลอดความลึกของห้อง และ มีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่าห้องที่มีเพดานสูง 3 เมตร เล็กน้อยบริเวณริมช่องเปิด และ มากกว่าจากช่วงกลางถึงหลังห้อง โดยที่ห้องที่มีเพดานสูง 3 เมตร จะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากช่วงริมช่องเปิดและต่ำลงมากจนมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์น้อยกว่าห้องที่มีเพดานสูง 9 เมตร ในช่วงหลังห้อง (แผนภูมิที่4.21 และ แผนภูมิ4.22) โดยในกรณีช่องเปิดในระดับสายตาเมื่อห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผิวภายใน 70% จุดที่ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมีค่ามากที่สุดกับน้อยที่สุด มีความแตกต่างกันประมาณ 2% และความต่างนั้นจะลดลงมาเรื่อยๆ จนแทบจะไม่มีความแตกต่างเลยเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในลดลงมาอยู่ในช่วง 10-30% (ดูแผนภูมิที่4.23)

สรุปได้ว่า การใช้ฝ้าเพดานห้องสูงไม่ได้เป็นผลทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีค่าสูงเสมอไป ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะมีค่าสูงที่สุดที่ความสูงฝ้าเพดานหนึ่ง เป็นผลเนื่องมาจากกรณีที่มีการเพิ่มความสูงฝ้าเพดานขึ้นจะทำให้แสงที่เข้าไปเกิดการสะท้อนน้อยครั้งลง ทำให้ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่า แต่การเพิ่มความสูงฝ้าเพดานจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ของพื้นผิวภายในขึ้นด้วย ดังนั้นเมื่อถึงจุดหนึ่งที่พื้นผิวภายในมีมากจนการดูดกลืนของแสงมีมาก ก็จะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีค่าน้อยกว่าห้องที่มีฝ้าเพดานต่ำกว่า (ดูภาพที่ 4.7)

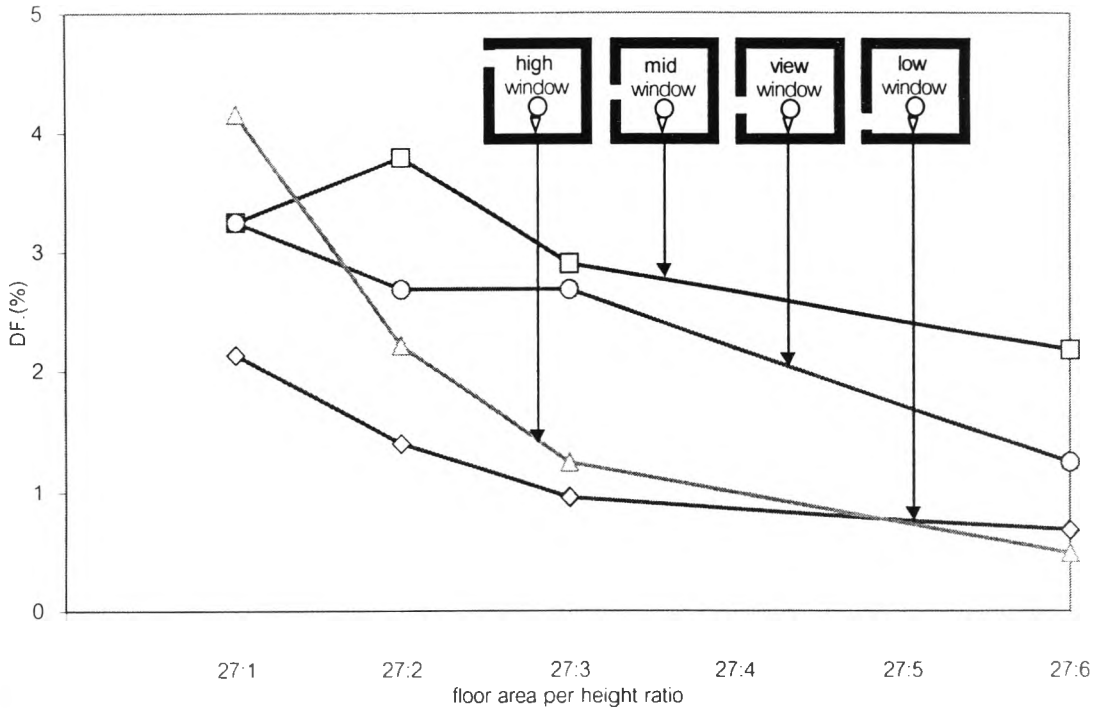


ภาพที่ 4.7 *ภาพจำลองพฤติกรรมการสะท้อนแสงภายในห้องที่มีความสูงฝ้าเพดานต่างกัน*

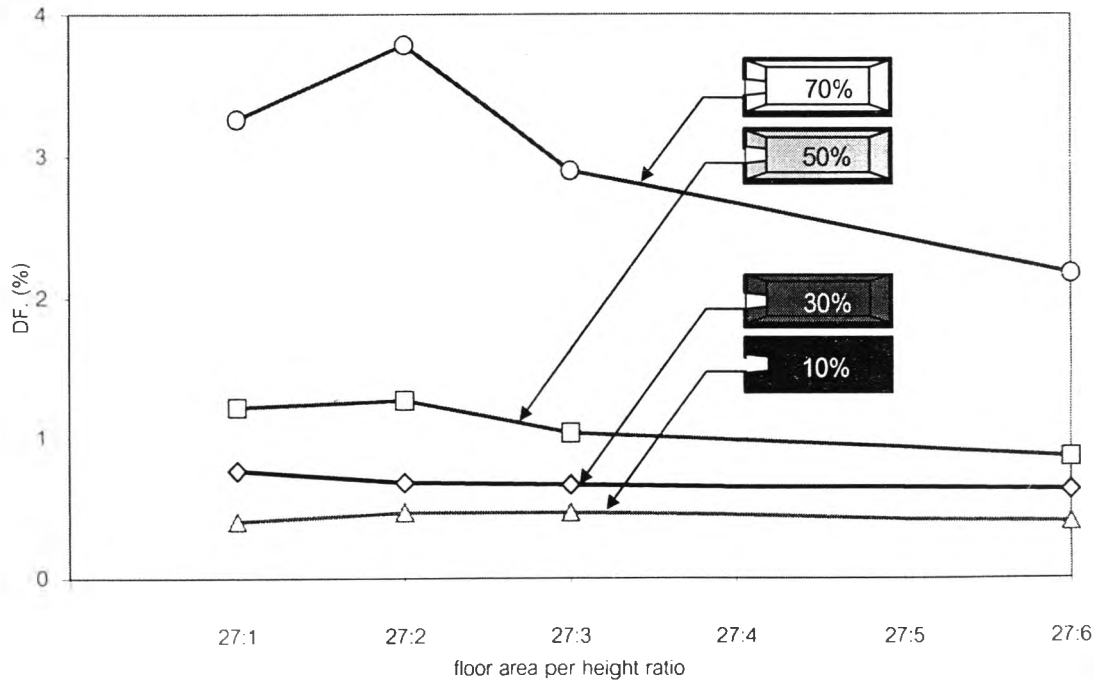
ความสูงฝ้าเพดานที่จะทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีค่ามากที่สุดจะต่างออกไปตามตำแหน่งของช่องเปิด ซึ่งขึ้นอยู่กับความสอดคล้องกันของมุมที่แสงจากท้องฟ้าผ่านช่องเปิดเข้าสู่ระนาบทำงานและมุมของแสงสะท้อนจากพื้นผ่านช่องเปิดเข้าสู่เพดานห้อง กับ ระยะความห่างระหว่างพื้นห้องกับเพดานห้อง จะเห็นได้ว่าโดยมากแล้วยิ่งความสูงเพดานมีค่าน้อยยิ่งทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มีค่ามาก ยกเว้นในกรณีที่ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา ตำแหน่งของช่องเปิดทำให้เกิดมุมในการสะท้อนสู่ระนาบทำงานที่เหมาะสม เมื่อความสูงเพดานเท่ากับ 6 เมตร



แผนภูมิที่ *4.21* *ชุดแผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง ของความสูงฝ้าเพดานห้อง* *(a) เมื่อช่องเปิดอยู่ระดับต่ำขอบล่างอยู่ในระดับเดียวกับพื้นห้อง,* *(b) เมื่อช่องเปิดอยู่ระดับสายตา,* *(c) เมื่อช่องเปิดอยู่ระดับสูงขอบบนอยู่ในระดับเดียวกับฝ้าเพดานห้อง*



แผนภูมิที่ 4.22 *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของตำแหน่งช่องเปิด เมื่อความสูงฝ้าเพดานเพิ่มขึ้น*



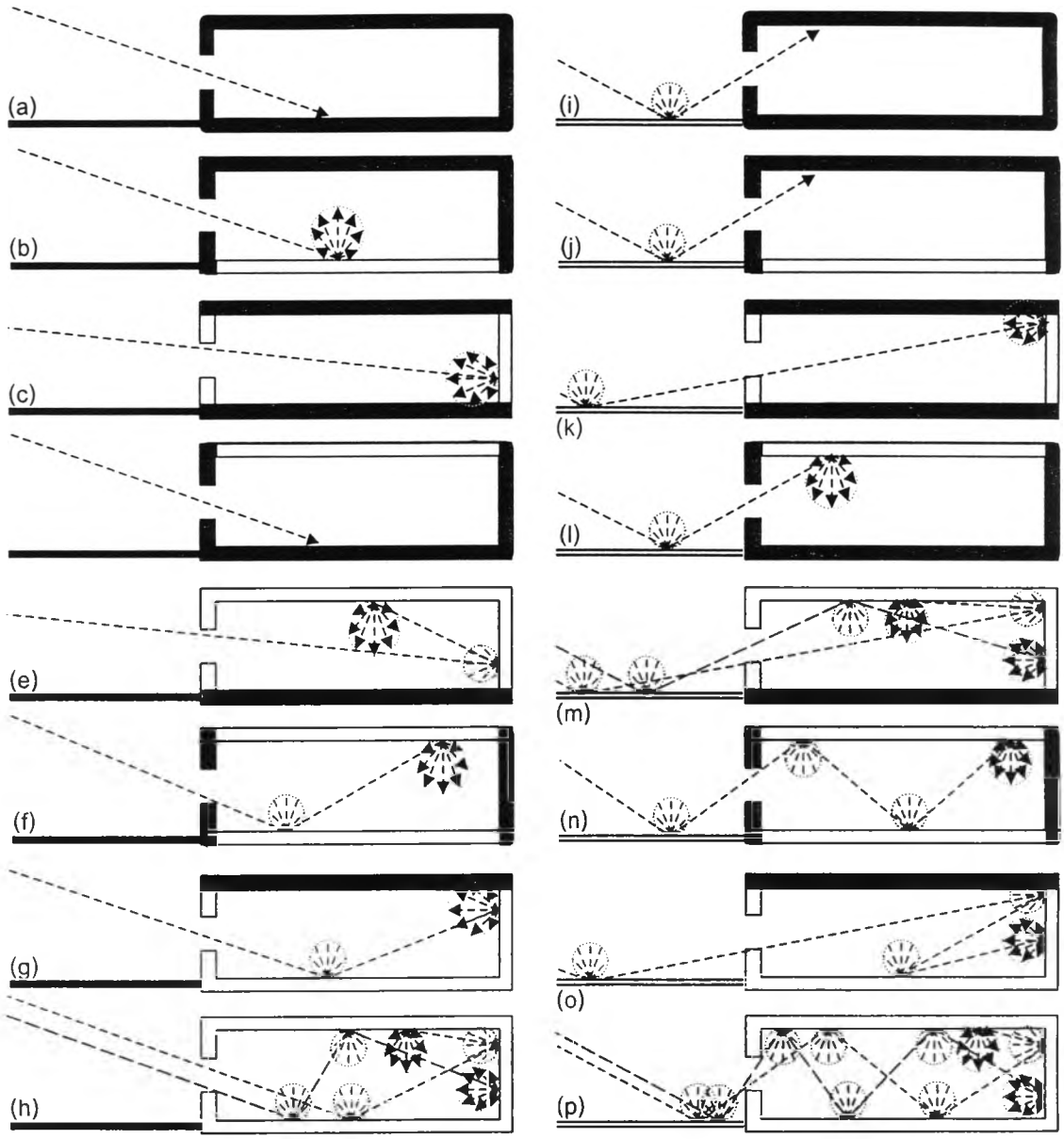
แผนภูมิที่ 4.23 *แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องที่มีช่องเปิดในระดับสายตา เมื่อความสูงฝ้าเพดานเพิ่มขึ้น*

4.1.13 รูปแบบการสะท้อนแสงภายในห้อง

ได้ทำการแบ่งรูปแบบการสะท้อนออกเป็น 3 ชั้น เพื่อศึกษาอิทธิพลการสะท้อนจากระนาบระนาบเดียว คือ พื้น, ผนัง และ เพดาน ศึกษาอิทธิพลการสะท้อนจาก 2 ระนาบ คือ ผนังและเพดาน, เพดานและพื้น และ ผนังและพื้น และศึกษาอิทธิพลการสะท้อนจากทุกๆ ระนาบรวมกัน ทั้งนี้จะทำการศึกษาเป็น 3 ขั้น เพื่อแยกอิทธิพลที่เกิดขึ้นซ้ำซ้อนกัน หมายความว่า ในการศึกษาอิทธิพลจาก 2 ระนาบ จะศึกษาปริมาณแสงที่เกิดขึ้นจาก 2 ระนาบนี้สะท้อนถึงกันเท่านั้น ได้แก่ ผนังและเพดาน จะต้องมีการลบอิทธิพลซึ่งเกิดจากแสงที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานภายในห้องโดยตรง, อิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากผนังและอิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากเพดานเพียงอย่างเดียว, เพดานและพื้น จะต้องมีการลบอิทธิพลซึ่งเกิดจากแสงที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานภายในห้องโดยตรง, อิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากเพดานและอิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากพื้นเพียงอย่างเดียว, ผนังและพื้น จะต้องมีการลบอิทธิพลซึ่งเกิดจากแสงที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานภายในห้องโดยตรง, อิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากผนังและอิทธิพลซึ่งเกิดจากการสะท้อนจากพื้นเพียงอย่างเดียว เพื่อให้ได้ค่าที่เกิดจากการสะท้อนจาก 2 ระนาบที่แท้จริง และ ในการศึกษาขั้นที่ 3 อิทธิพลจากทั้ง 3 ระนาบร่วมกัน ก็ต้องมีการลบ แสงตรง, แสงจากการสะท้อนในขั้นแรก (พื้น, ผนัง และ เพดาน) และ แสงจากการสะท้อนในขั้นที่ 2 (ผนังและเพดาน, เพดานและพื้น และ ผนังและพื้น)

โดยสรุปแล้วรูปแบบที่จะทำการศึกษาจะมีทั้งหมด 12 แบบ (ตามภาพที่ 4.8) ซึ่งมีผลต่อค่าความส่องสว่างภายในห้อง ณ. ระนาบทำงาน จาก 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว และกลุ่มที่ได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว กลุ่มละ 6 แบบ กลุ่มที่ได้รับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ได้แก่ แสงจากท้องฟ้าโดยตรง แสงสะท้อนจากผนังห้อง แสงสะท้อนจากผนังและเพดาน แสงสะท้อนจากเพดานและพื้น และสะท้อนจากผนังและพื้น และ แสงสะท้อนจากผนัง เพดานและพื้น กลุ่มที่ได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว ได้แก่ แสงสะท้อนจากผนังห้อง แสงสะท้อนจากเพดานห้อง แสงสะท้อนจากผนังและเพดาน แสงสะท้อนจากเพดานและพื้น และสะท้อนจากผนังและพื้น และ แสงสะท้อนจากผนัง เพดานและพื้น

รวมเมื่อได้รับอิทธิพลแสงโดยรวมแล้ว จะได้ 7 แบบ ได้แก่ แสงจากท้องฟ้าโดยตรง, แสงสะท้อนจากผนังห้องเพียงอย่างเดียว, แสงสะท้อนจากเพดานห้องเพียงอย่างเดียว, แสงสะท้อนจากผนังและเพดาน, แสงสะท้อนจากเพดานและพื้น, แสงสะท้อนจากผนังและพื้น และ แสงสะท้อนจากผนัง เพดานและพื้น (แสงสะท้อนจากพื้นห้องเพียงอย่างเดียวไม่มีผลต่อปริมาณแสง ณ. ระนาบทำงานภายในห้อง แสงจากท้องฟ้าโดยตรงจะได้รับอิทธิพลจากแสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว ในขณะที่แสงสะท้อนจากเพดานห้องเพียงอย่างเดียวจะได้รับอิทธิพลจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกเพียงอย่างเดียว ส่วนกรณีอื่นๆจะได้รับอิทธิพลจากทั้งสองแหล่งร่วมกัน) โดยจะทำการแปรผลที่ได้จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ให้เป็นสัดส่วนร้อยละของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ที่เกิดขึ้นภายในห้องได้รับอิทธิพลจากทุกระนาบ เพื่อจะได้ทราบอิทธิพลของแต่ละระนาบว่ามีผลต่อค่าความส่องสว่างภายในห้องมากน้อยเพียงใด



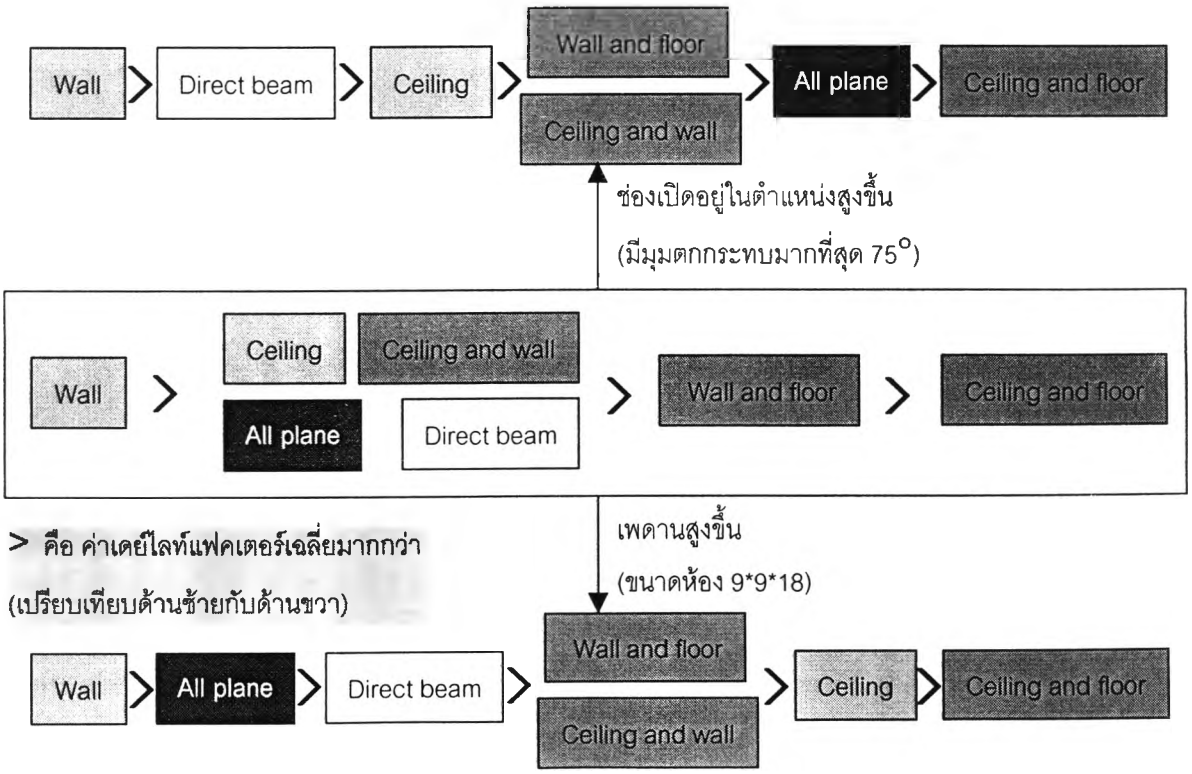
ภาพที่ *4.8 ภาพจำลองพฤติกรรมการสะท้อนแสงภายในห้อง จำแนกตามระนาบต่างๆ*

<u>แสงจากท้องฟ้า</u> (a) แสงที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานโดยตรง, (b) แสงสะท้อนจากพื้นห้อง, (c) แสงสะท้อนจากผนังห้อง, (d) แสงสะท้อนจากเพดานห้อง, (e) แสงสะท้อนจากผนังและเพดาน, (f) แสงสะท้อนจากเพดานและพื้น, (g) แสงสะท้อนจากผนังและพื้น, (h) แสงสะท้อนจากผนัง เพดานและพื้น

<u>แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก</u> (i) แสงที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานโดยตรง, (j) แสงสะท้อนจากพื้นห้อง, (k) แสงสะท้อนจากผนังห้อง, (l) แสงสะท้อนจากเพดานห้อง, (m) แสงสะท้อนจากผนังและเพดาน, (n) แสงสะท้อนจากเพดานและพื้น, (o) แสงสะท้อนจากผนังและพื้น, (p) แสงสะท้อนจากผนัง เพดานและพื้น

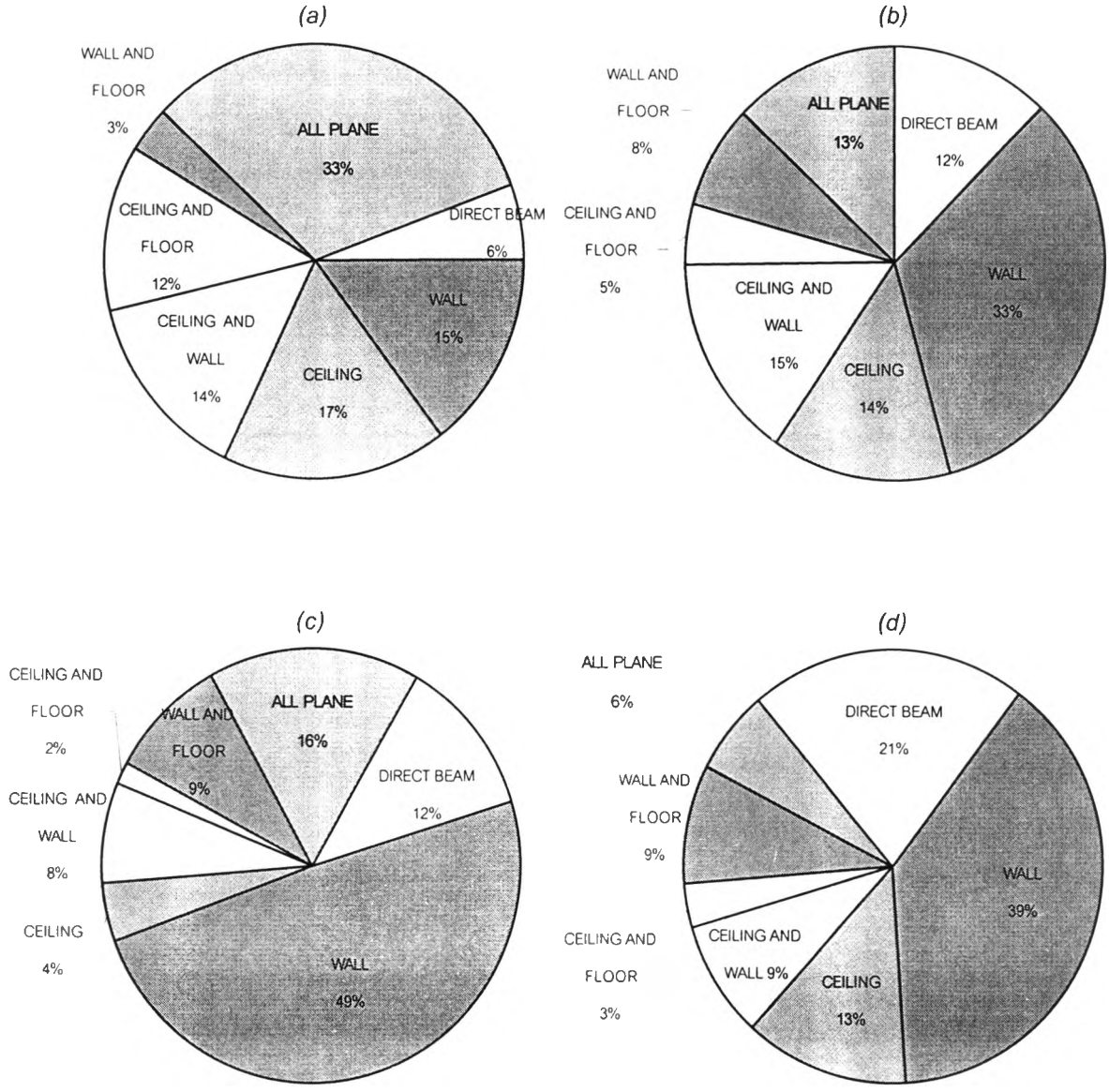
เมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่าผลของการทดลองสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก คือ กลุ่มฝ้าเพดานสูง ได้แก่ ขนาดห้อง 9*9*6, 9*9*9, และ 9*9*18 และ กลุ่มที่สอง คือกลุ่มฝ้าเพดานต่ำ ได้แก่ ห้องขนาด 9*9*3 ซึ่งจะมีอิทธิพลการสะท้อนจากระนาบต่างๆ แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

กลุ่มแรก ฝ้าเพดานสูง (6, 9, และ 18 เมตร) ระนาบที่มีอิทธิพลต่อปริมาณแสงภายในห้อง ณ.ระนาบทำงานมากที่สุด คือ ผนัง มีอิทธิพลสูงถึงประมาณ 30-60% (ดูแผนภูมิที่4.24) โดยยิ่งฝ้าเพดานสูงผนังยิ่งมีอิทธิพลมาก (แผนภูมิที่4.24(b) คือความสูงฝ้าเพดาน 6 เมตร ผนังอิทธิพลน้อยกว่า ความสูงเพดาน 18 เมตร ในแผนภูมิที่4.24(c)) การสะท้อนจากเพดานและพื้นมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่าง ณ. ระนาบทำงานน้อยที่สุดคือประมาณ 1-5% อิทธิพลจะลดลงเมื่อเพดานสูงขึ้น แสงจากท้องฟ้าโดยตรงในทุกๆขนาดความสูงฝ้าเพดานจะมีอิทธิพลมากเมื่อมุมตกกระทบมากที่สุดมีค่า 75° มีอิทธิพลถึงประมาณ 20% (แผนภูมิที่4.24(d)) การสะท้อนจากฝ้าเพดานเพียงอย่างเดียวและการสะท้อนจากผนังและเพดานจะมีอิทธิพลประมาณ 5-20% จะมีอิทธิพลน้อยลงเมื่อเพดานสูงขึ้น โดยการสะท้อนจากผนังและเพดานจะมีอิทธิพลน้อยลงเมื่อตำแหน่งช่องเปิดมีมุมตกกระทบอยู่ในช่วง 75° การสะท้อนจากผนังและพื้น ซึ่งมีอิทธิพลใกล้เคียงกันคือประมาณ 5-20% ในทุกความสูงเพดานและตำแหน่งช่องเปิด การสะท้อนจากทั้ง 3 ระนาบร่วมกันจะมีอิทธิพลประมาณ 5-25% โดยเฉลี่ยแล้วมีค่ามากรองจากการสะท้อนจากผนัง ยกเว้นกรณีช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่มีมุมตกกระทบในช่วง 75° ซึ่งจะได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากผนังมากที่สุด แสงตรงจากท้องฟ้าในอันดับรองลงมา ซึ่งอิทธิพลของแสงสะท้อนจากทั้ง 3 ระนาบ และ การสะท้อนจากผนังและเพดานจะมีค่าลดลง



ภาพที่ 4.9 *แผนภาพแสดงการเรียงลำดับความสำคัญของอิทธิพลแสงสะท้อนจากระนาบต่างๆ*

ที่มา: จากแผนภูมิที่ 4.24 (b), (c), และ (d)



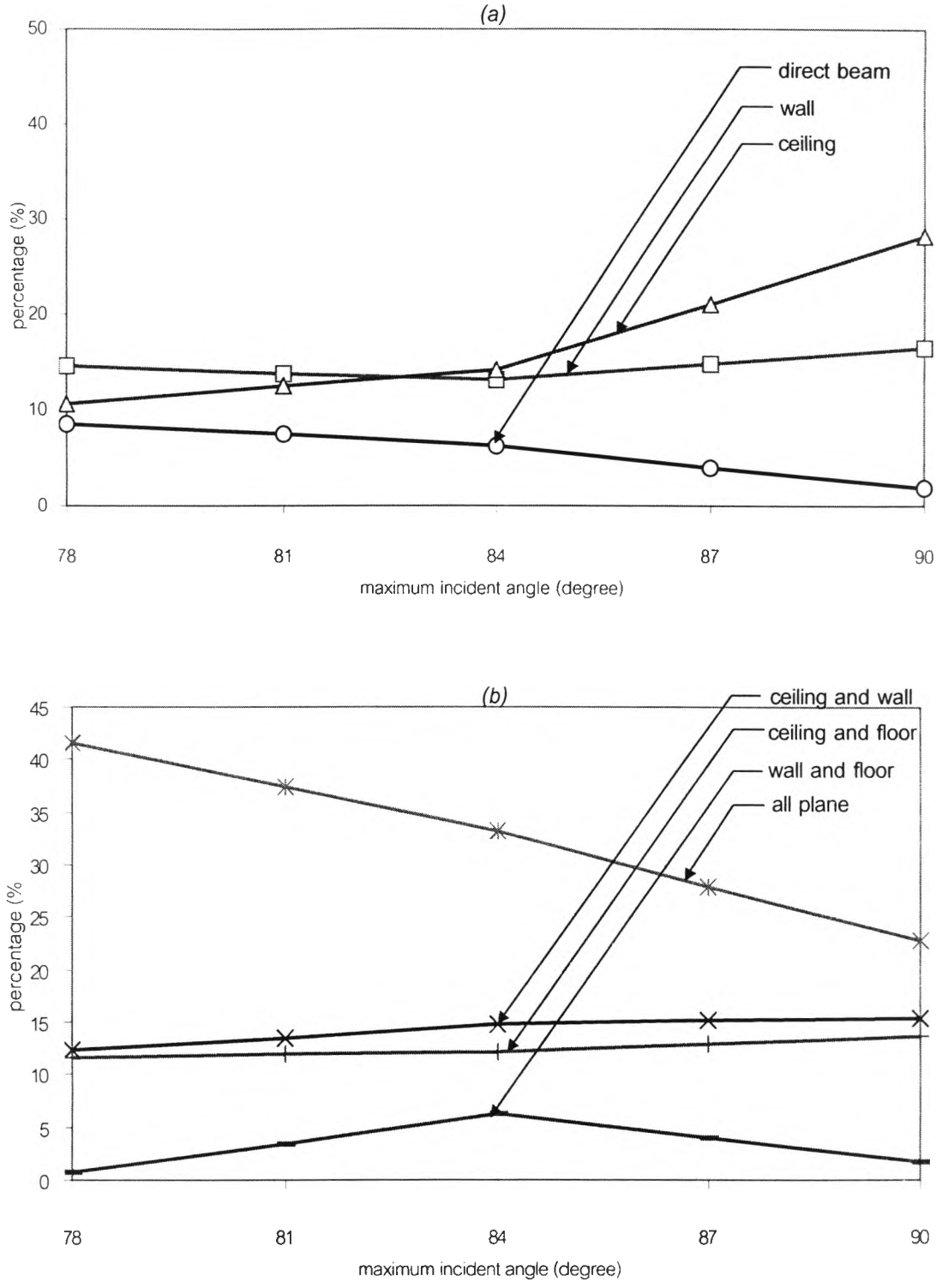
แผนภูมิที่ *4.24* *ชุดแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ภายในห้องโดยตรง และ แสงสะท้อนจากระนาบต่างๆ จากปริมาณแสงทั้งหมด ณ. ระนาบทำงาน*

*(a) ห้องขนาด 9*9*3 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

*(b) ห้องขนาด 9*9*6 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

*(c) ห้องขนาด 9*9*18 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

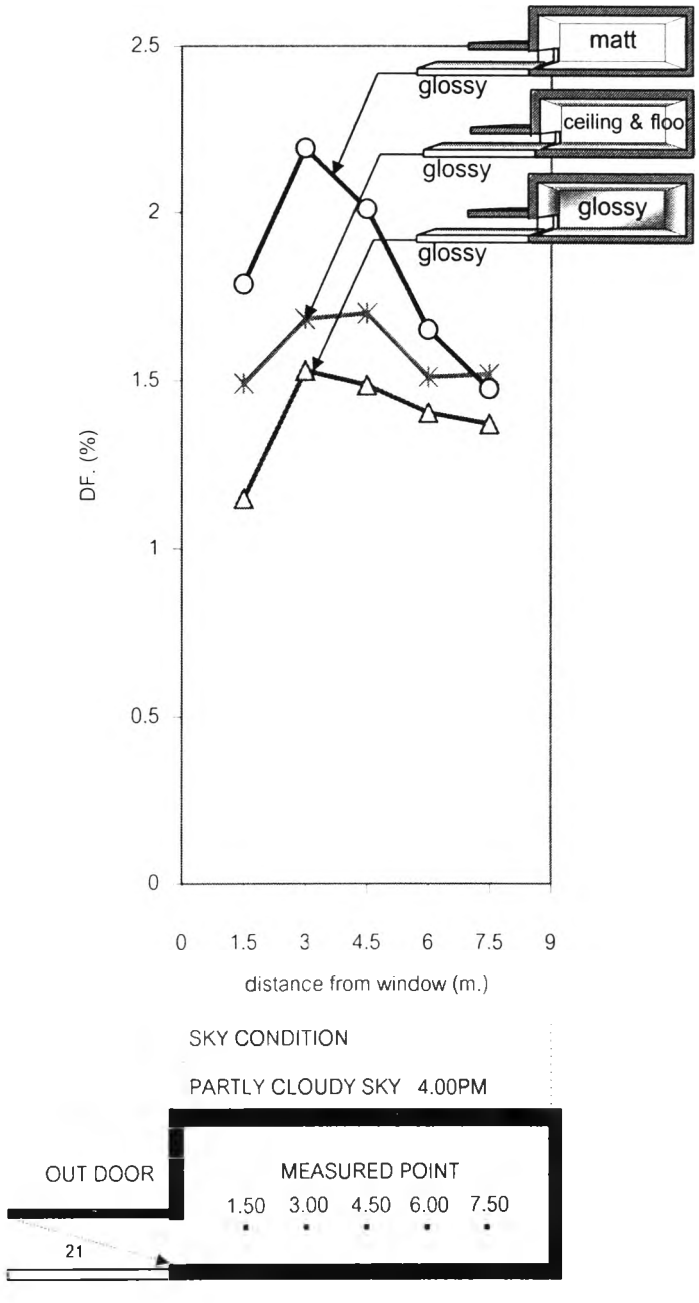
*(d) ห้องขนาด 9*9*6 ช่องเปิดสูงจากพื้น 3 เมตร (มุมตกกระทบมากที่สุด 75 องศา)*



แผนภูมิที่ 4.25 *ชุดแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบค่าสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ภายในห้องโดยตรง และ แสงสะท้อนจากระนาบต่างๆ เมื่อช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่มีมุมตกกระทบมากที่สุดเพิ่มขึ้น (ตำแหน่งต่ำลง) จากปริมาณแสงทั้งหมด ณ. ระนาบทำงาน ภายในห้องขนาด 9*9*3*

(a) แสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ภายในห้องโดยตรง และ แสงสะท้อนในขั้นแรก(ระนาบเดียว),

(b) แสงสะท้อนขั้นที่ 2 (2 ระนาบร่วมกัน) และ แสงสะท้อนขั้นที่ 3 (3 ระนาบร่วมกัน)



แผนภูมิที่ 4.26 แผนภูมิแสดงความแตกต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยตามความลึกของห้อง เปรียบเทียบอิทธิพลของลักษณะพื้นผิวของระนาบต่างๆ

กลุ่มที่สอง คือกลุ่มฝ้าเพดานต่ำ ได้แก่ ห้องขนาด 9*9*3 พบว่าการสะท้อนขั้นสุดท้ายจากทั้ง 3 ระนาบ จะมีอิทธิพลมากที่สุดประมาณ 20-40% (แผนภูมิที่4.24(a) และ แผนภูมิที่4.25) ยิ่งช่องเปิดสูงจะยิ่งมีอิทธิพลมากขึ้น ตรงกันข้ามกับที่มีอิทธิพลรองลงมาคือการสะท้อนจากฝ้าเพดานมีอิทธิพลประมาณ 10-30% ซึ่งจะมีอิทธิพลมากเมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับต่ำ การสะท้อนจากผนังและพื้น และ แสงจากท้องฟ้าตรงจะมีอิทธิพลน้อยที่สุดคือประมาณ 0-5% การสะท้อนจากผนัง, การสะท้อนจากผนังและเพดาน และ การสะท้อนจากเพดานและพื้น จะมีอิทธิพลใกล้เคียงกันที่ระดับปานกลาง ประมาณ 15%

สามารถสรุปได้ว่า เพดานสูง ระนาบผนังจะมีอิทธิพลมากที่สุดเนื่องจากเมื่อเพดานสูงผนังห้องจะมีพื้นที่ผิวมากที่สุดมื่อเปรียบเทียบกับระนาบอื่นๆ สังเกตได้จากการสะท้อนขั้นแรก ผนังจะมีอิทธิพลมากที่สุด และในการสะท้อนขั้นที่ 2และ3 มีอิทธิพลสูงเพราะมีระนาบผนังร่วมด้วย โดยอิทธิพลของระนาบเพดานจะลดลงเมื่อเพดานสูงขึ้น และ อิทธิพลแสงจากท้องฟ้าโดยตรงจะมีอิทธิพลมากเมื่อช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งมุมตกกระทบมากที่สุด 75°เพดานสูง 6 เมตร ในขณะที่เมื่อเพดานต่ำ การสะท้อนจากระนาบทุกระนาบร่วมกันมีอิทธิพลมากที่สุด โดยระนาบเพดานและระนาบผนังจะมีความสำคัญมากกว่าระนาบพื้นตามลำดับ อิทธิพลของระนาบเพดานจะมีค่าลดลงเมื่อช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่สูงขึ้น

ทำการทดลองเพื่อทำการเปรียบเทียบการสะท้อนของแต่ละระนาบ โดยกำหนดให้ พื้น ผนัง และ เพดาน มีพื้นผิวมัน (ตั้งแต่ 1-3 โดยระนาบที่เหลือเป็นพื้นผิวด้าน) เปรียบเทียบกับเมื่อใช้ลักษณะพื้นผิวด้านกับทุกระนาบภายในห้อง

การสะท้อนแบบกระจายของพื้นผิวด้านจะให้ปริมาณแสงมากช่วงริมช่องเปิดถึงกลางห้อง โดยจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากในช่วงริมช่องเปิดถึงกลางห้องแล้วจะลดลงอย่างมากด้านหลังห้อง ในขณะที่ลักษณะการสะท้อนแบบกระจายอย่างมีทิศทางที่เกิดขึ้นจากการใช้พื้นผิวมันกับระนาบเพดานร่วมกับพื้นจะให้ปริมาณแสงหลังห้องมากกว่า (แผนภูมิที่ 4.26) เมื่อระนาบเพดานและพื้นมีลักษณะพื้นผิวมันและทุกๆระนาบมีลักษณะพื้นผิวมันจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ด้านหลังห้องจะลดลงไปจากกลางห้องไม่มากนัก ซึ่งเกิดจากการสะท้อนแบบกระจายอย่างมีทิศทางไปยังหลังห้องนั่นเอง ทั้งนี้การที่ห้องมีพื้นผิวทั้งหมดเป็นผิวมันให้ค่าความส่องสว่างน้อยกว่ากรณีที่ห้องมีผนังเป็นพื้นผิวด้าน ดังนั้นการกำหนดผนังเป็นพื้นผิวด้านจึงจะเป็นผลดีกว่าพื้นผิวมัน

ในการใช้งานกับพื้นผิวมัน ระนาบที่มีผลในการควบคุมแสงให้สะท้อนในรูปแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกันคือระนาบเพดานและระนาบพื้น ซึ่งสอดคล้องกับห้องที่มีเพดานต่ำ อีกทั้งผนังเป็นระนาบที่อยู่ในระดับสายตา การสะท้อนแบบกระจายอย่างมีทิศทางของแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มข้นมากสู่ผนังในบางมุม อาจจะสะท้อนเข้าตาได้โดยตรง นับเป็นลักษณะที่ไม่ดีต่อการออกแบบ

จากผลการวิจัยข้างต้น สามารถวิเคราะห์สรุป ความสำคัญของตัวแปรแต่ละตัว และ ความสัมพันธ์ต่อกัน ได้ดังต่อไปนี้

4.2 ความสำคัญ และ ความสัมพันธ์ของตัวแปร

จากผลการทดลองข้างต้นพบความแตกต่างระหว่างการใช้ลักษณะพื้นผิวด้าน และ พื้นมัน ในหลายตัวแปรจึงสรุปความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยจำแนกออกเป็นสองประเด็น คือ การใช้ลักษณะพื้นผิวด้านและการใช้ลักษณะพื้นผิวมัน

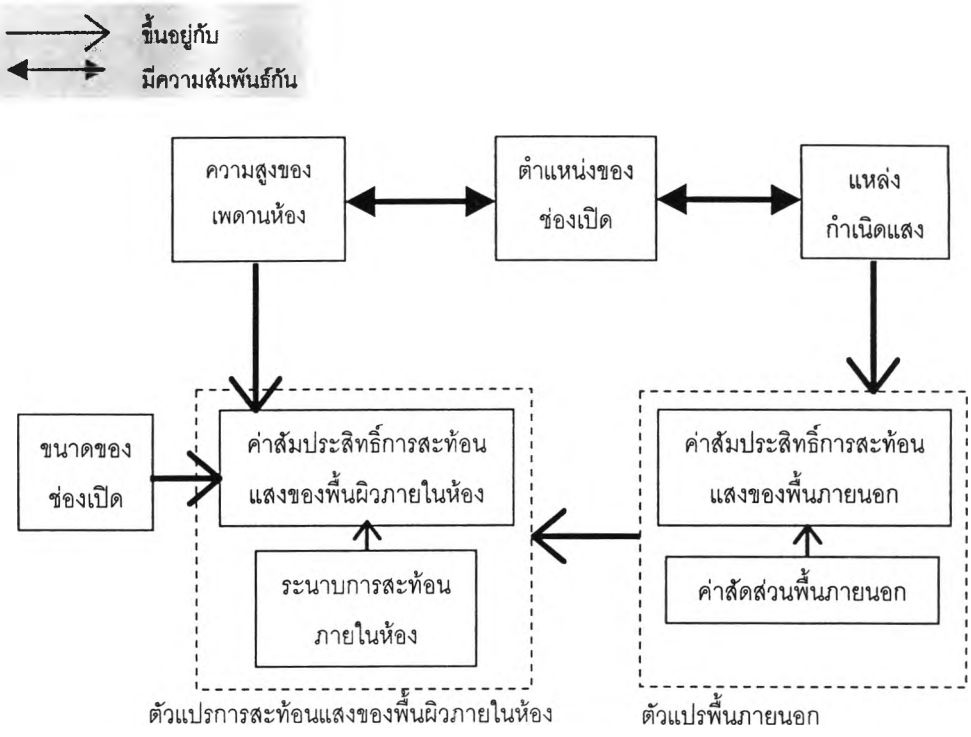
4.2.1 การใช้ลักษณะพื้นผิวด้าน

พบว่าเทคนิคการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง ซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกรวมกัน เมื่อตัวแปรแต่ละตัวเปลี่ยนค่าไปจะมีผลทำให้อิทธิพลของแสงจากแหล่งทั้งสองเปลี่ยนแปลงในเชิงมีค่ามากกว่ากันหรือน้อยกว่ากัน ซึ่งสามารถทำให้เราเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งเป็นหลักในการออกแบบสภาพภายนอกได้ เช่นเดียวกับเทคนิคการรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงานซึ่งขึ้นอยู่กับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานโดยตรงและแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องรวมกัน เมื่อตัวแปรเปลี่ยนไปจะมีผลทำให้อิทธิพลของแสงจากแหล่งทั้งสองเปลี่ยนแปลงในเชิงมีค่ามากกว่ากันหรือน้อยกว่ากัน ซึ่งสามารถทำให้เราเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งเป็นหลักในการออกแบบรูปลักษณ์ภายในห้องได้เช่นกัน ได้จำแนกการสรุปออกเป็น 3 หัวข้อ ได้แก่ ความสำคัญและความสัมพันธ์ต่อกันของตัวแปร, การนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง และ การรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน

1) ความสำคัญ และ ความสัมพันธ์ต่อกันของตัวแปร

จากตัวแปรทั้งหมด นอกจากตัวแปรลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป พบว่าขนาดความลึกของห้อง และ ความกว้างของห้อง เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลน้อยมากต่อการนำแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างเข้ามาใช้ภายในห้อง ตัวแปรนอกจากนี้เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลซึ่งนอกจากจะมีความสำคัญมากน้อยไม่เท่ากันแล้ว ตัวแปรทั้งหมดยังมีความสัมพันธ์ต่อกันแบบมีข้อแม้คือไม่สามารถกล่าวโดยรวมได้ในความสัมพันธ์ของตัวแปรคู่หนึ่งๆ เพราะหากมีการเปลี่ยนแปลงตัวแปรหนึ่งๆ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว อาจจะมีรูปแบบเปลี่ยนไป

ตัวแปรระนาบการสะท้อนภายในห้องเป็นส่วนหนึ่งของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ในลักษณะเดียวกับสัดส่วนพื้นซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นภายนอก เนื่องจากจะขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็นหลัก ตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีความสัมพันธ์ต่อพื้นภายนอก, ขนาดของช่องเปิด และ ความสูงของเพดานห้อง ในลักษณะเดียวกัน คือ หากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย ตัวแปรต่างๆเหล่านี้จะมีอิทธิพลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก

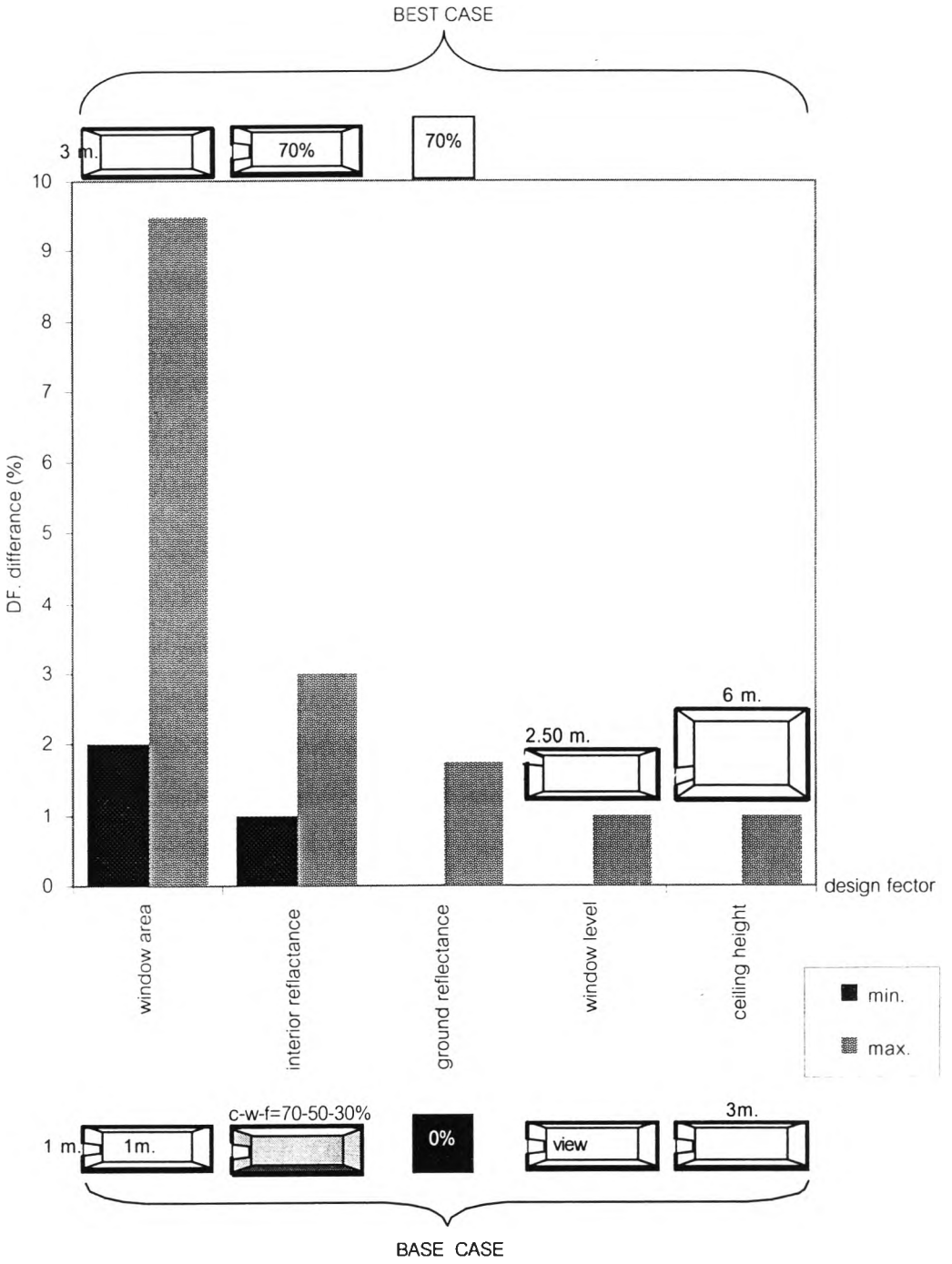


ภาพที่ 4.10 *แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมด*

จากภาพที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์เชิงการมีอิทธิพลต่อกันระหว่างตัวแปรทุกตัวที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง จะเห็นได้ว่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องและพื้นภายนอกเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตัวอื่นๆ โดยตัวแปรพื้นภายนอกจะขึ้นอยู่กับตัวแปรการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องทำให้ตัวแปรส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับตัวแปรการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง กล่าวคือเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย หรือ การใช้ค่าน้อยในระนาบการสะท้อนที่ไม่เหมาะสมตัวแปรอื่นๆจะมีค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก ยกเว้นตำแหน่งช่องเปิดซึ่งเป็นตัวแปรเพียงตัวแปรเดียวที่ไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรดังกล่าวคือยังมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่างภายในห้องถึงแม้ค่าสัมประสิทธิ์ของพื้นผิวภายในห้องจะมีค่าน้อย ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องจึงมีผลทำให้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เพิ่มขึ้นเท่านั้น ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอิทธิพลที่มีต่อค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องเหมือนตัวแปรตัวอื่นๆ จึงอาจสรุปความสำคัญของตัวแปรตามความสัมพันธ์ต่อกันของตัวแปรได้ว่า ตัวแปรการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญมากที่สุด และ ตัวแปรพื้นภายนอกจะมีความสำคัญรองลงมาซึ่งในการออกแบบควรมีการพิจารณาก่อนตัวแปรอื่นๆ โดยที่อาจเลือกใช้ตัวแปรตำแหน่งของช่องเปิดเมื่อไม่สามารถใช้ค่ามากของตัวแปรทั้งสองได้

ทั้งนี้เรียงลำดับความสำคัญเชิงปริมาณ ซึ่งเปรียบเทียบจากความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยของตัวแปรระหว่างตัวแปรที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่ามากที่สุดกับตัวแปรที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าน้อยที่สุด (ดูแผนภูมิที่4.27) ได้ดังนี้

1. ขนาดช่องเปิด เมื่อเปรียบเทียบช่องเปิดสูง 1 เมตร กับช่องเปิดสูง 3 เมตร พบความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ย อยู่ระหว่าง 2-9.5% ค่าเฉลี่ยนี้เกิดขึ้นจากการเฉลี่ยของทุกตำแหน่งภายในห้อง โดยเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย ปริมาณแสงจะมีค่าความต่างน้อยมากเมื่ออยู่ในตำแหน่งที่ลึกเข้าไปในห้อง ความต่างจึงเกิดขึ้นที่ริมช่องเปิดเป็นส่วนใหญ่ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่ามาก การเพิ่มขนาดช่องเปิด 0.5 เมตร สามารถทำให้ค่าเดย์ไลท์เฟคเตอร์เพิ่มขึ้นได้ถึง 1-3% ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่สูงมาก
2. ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% และ 70% ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1-3% โดยเมื่อทำการเปรียบเทียบกับกรณีที่ใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของระนาบต่างๆต่างกัน คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดานมีค่า 70% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของผนังมีค่า 50% และ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นมีค่า 30% การใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงค่ามากที่สุด (70%) ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากกว่า ประมาณ 1%
3. ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 0% และ 70% ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0-1.75% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลต่อค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องน้อยมาก
4. ระดับของช่องเปิด เมื่อเปรียบเทียบช่องเปิดในระดับสายตา กับ ช่องเปิดที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0-1% ทั้งนี้ โดยเมื่อเพดานสูง 6 เมตร ระดับของช่องเปิดที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด คือช่องเปิดที่ทำมุมตกกระทบมากที่สุด 84^{o}(ช่องเปิดระดับสายตา) ความต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ระหว่างค่าที่มากที่สุดกับน้อยที่สุดจึงเท่ากับ 0% เมื่อเพดานสูง 9-18 เมตร ระดับของช่องเปิดที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด คือช่องเปิดที่ทำมุมตกกระทบมากที่สุด 75^{o}(สูงจากพื้น 3 เมตร) ความต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ประมาณ 0.5% เมื่อเพดานสูง 3 เมตร ระดับของช่องเปิดที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด คือช่องเปิดที่ทำมุมตกกระทบมากที่สุด 78^{o}(สูงจากพื้น 2.5 เมตร) ความต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ประมาณ 1%
5. ความสูงฝ้าเพดานห้อง เมื่อเปรียบเทียบเพดานสูง 3 เมตร กับ เพดานสูงระดับอื่นที่ทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0-1% เมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา เพดานสูง 6 เมตร จะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด ความต่างค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เมื่อเปรียบเทียบกับ เพดานสูง 3 เมตร มีค่าประมาณ 1% โดยเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์นี้จะมีค่าน้อยมาก และเมื่อช่องเปิดอยู่ในระดับอื่น เพดานสูง 3 เมตรจะทำให้เกิดค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์มากที่สุด ความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จึงเท่ากับ 0%



แผนภูมิที่ 4.27 *แสดงการค่าความต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ระหว่างค่ามากที่สุด กับ ค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบ (BASE CASE) ของตัวแปรในการออกแบบ*

ถึงแม้ว่าขนาดของช่องเปิดจะมีความแตกต่างของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยมากกว่าตัวแปรอื่นๆ แต่จะมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารโดยจะมีการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารมากแปรผันตามการเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิด อีกทั้งตัวแปรขนาดของช่องเปิดยังขึ้นอยู่กับตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ดังนั้นตัวแปรค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องจึงความสำคัญที่สุด โดยอาจสามารถแบ่งกลุ่มของตัวแปรออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ใช้เทคนิคการสะท้อน คือ กลุ่มที่มีตัวแปรการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องเป็นตัวแปรหลัก ปริมาณแสงส่วนใหญ่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นผิวภายนอกและพื้นผิวภายในห้อง และ กลุ่มที่ใช้ระดับของช่องเปิดที่เหมาะสม คือ กลุ่มที่ใช้ช่องเปิดสูงในช่วงที่เหมะสมเป็นหลัก ปริมาณแสงส่วนใหญ่เกิดจากแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานภายในห้องโดยตรง ซึ่งกลุ่มดังกล่าวสามารถใช้ร่วมกันได้ คือการใช้เทคนิคการสะท้อนร่วมกับการใช้แสงจากท้องฟ้าด้วยการเลือกใช้การผสานตัวแปรที่เหมาะสม

ซึ่งเรื่องอิทธิพลแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนนี้จะมีความสำคัญในการเลือกใช้เทคนิคดังกล่าวเป็นอย่างมาก ดังจะกล่าวในลำดับต่อไป

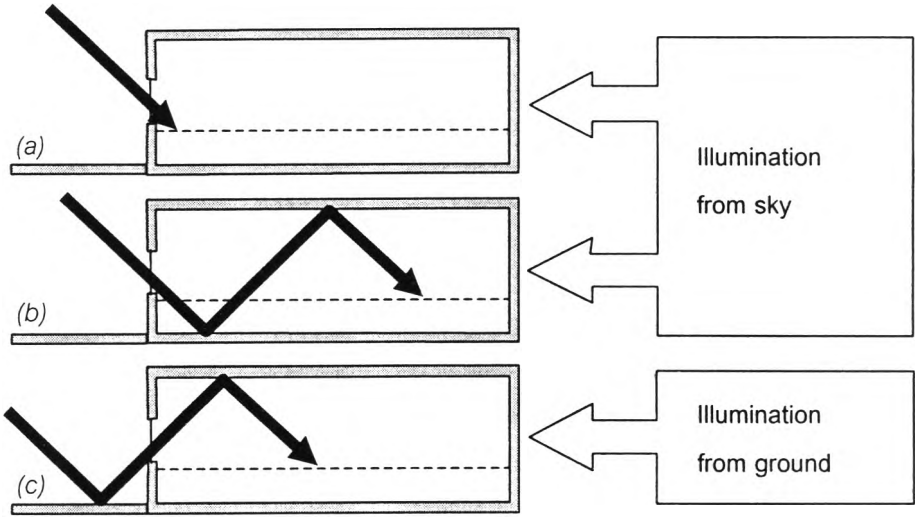
2) **อิทธิพลของแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อน**

แบ่งออกเป็น การนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง ซึ่งจะศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลแสงจากท้องฟ้ากับแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ที่จะเข้าสู่ภายในห้อง และ การรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน ซึ่งจะศึกษาเปรียบเทียบอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานโดยตรงกับแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องซึ่งเกิดจากทั้งแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก

<u>**การนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง**</u>

การนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องคือการศึกษาอิทธิพลของที่มาของแสงอันได้แก่ แสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ซึ่งอิทธิพลของค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้าและตัวแปรจากองค์ประกอบภายนอกมีค่ารวมกันได้เท่ากับแสงรวม ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ซึ่งตัวแปรทั้งสองจะมีผลต่อการกำหนดรูปแบบในการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ช่องเปิดในรูปแบบการเพิ่มขึ้นหรือลดลง ในทางตรงกันข้ามกัน คือ หากอิทธิพลแสงจากท้องฟ้ามีค่ามากขึ้น อิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าลดลง จากค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานทั้งหมด ในการแปรผลการทดลองจริงได้ทำการแปลงข้อมูลผลการทดลองเชิงปริมาณให้อยู่ในรูปสัดส่วนร้อยละของอิทธิพลจากจำนวนเต็มคือปริมาณแสงรวม ณ.ระนาบทำงานภายในห้องใช้ในการเปรียบเทียบความสำคัญของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าโดยตรงและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกซึ่งรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับปริมาณแสงรวม ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง นำค่าที่ได้ไปใช้ในการพิจารณาเลือกเทคนิคการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง

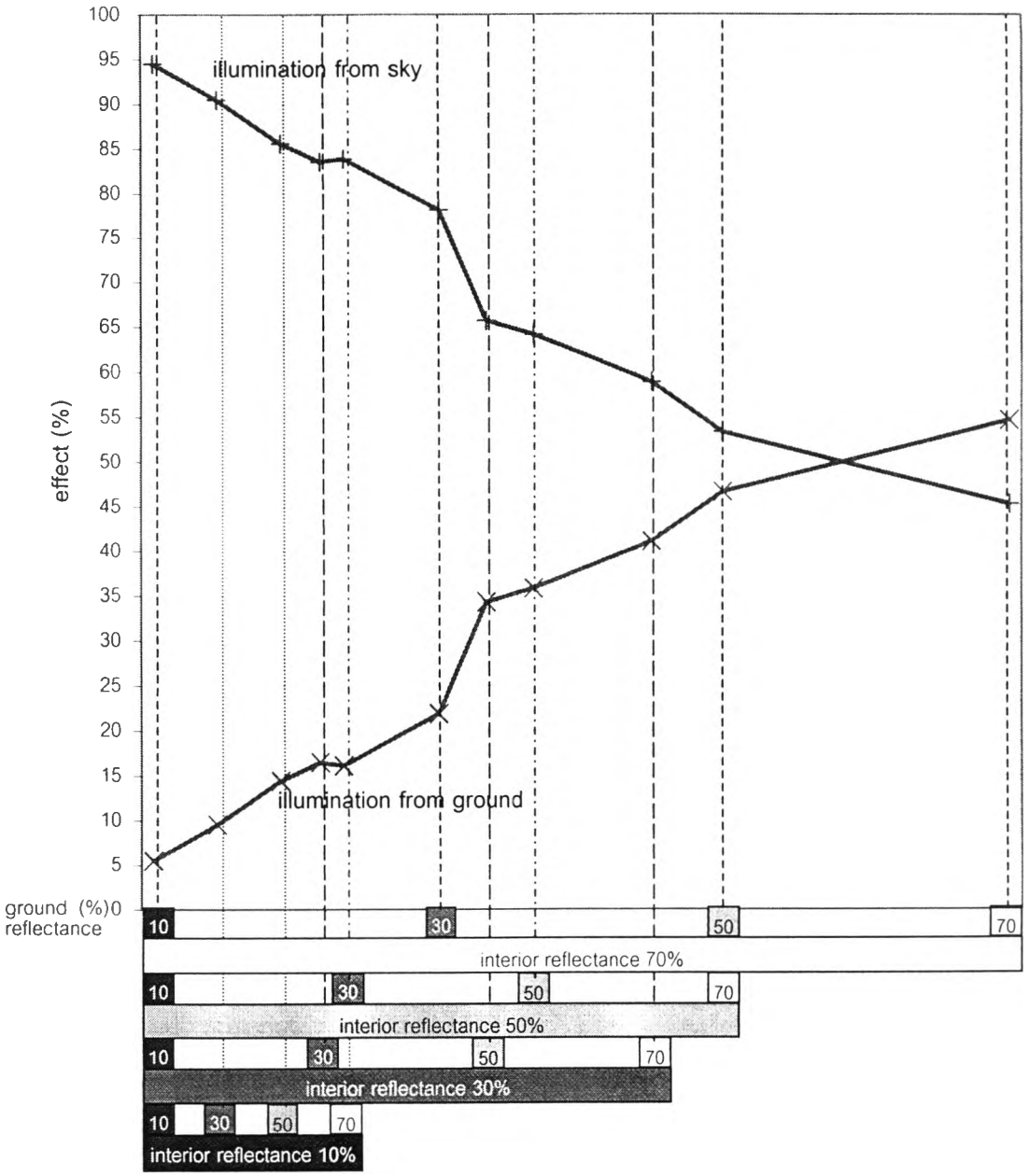
ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ พื้นผิวภายในห้อง นับว่ามีความสำคัญที่สุดสำหรับการสะท้อนจากพื้นภายนอกเนื่องจากการนำแสงสู่ระนาบทำงานอาศัยการสะท้อนจากพื้นผิวดังกล่าวทั้งสิ้น (ภาพที่ 4.11 (c)) ในขณะที่ ค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้าโดยตรง จะประกอบด้วยแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรง และ แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง (ภาพที่4.11(a)และ(b))



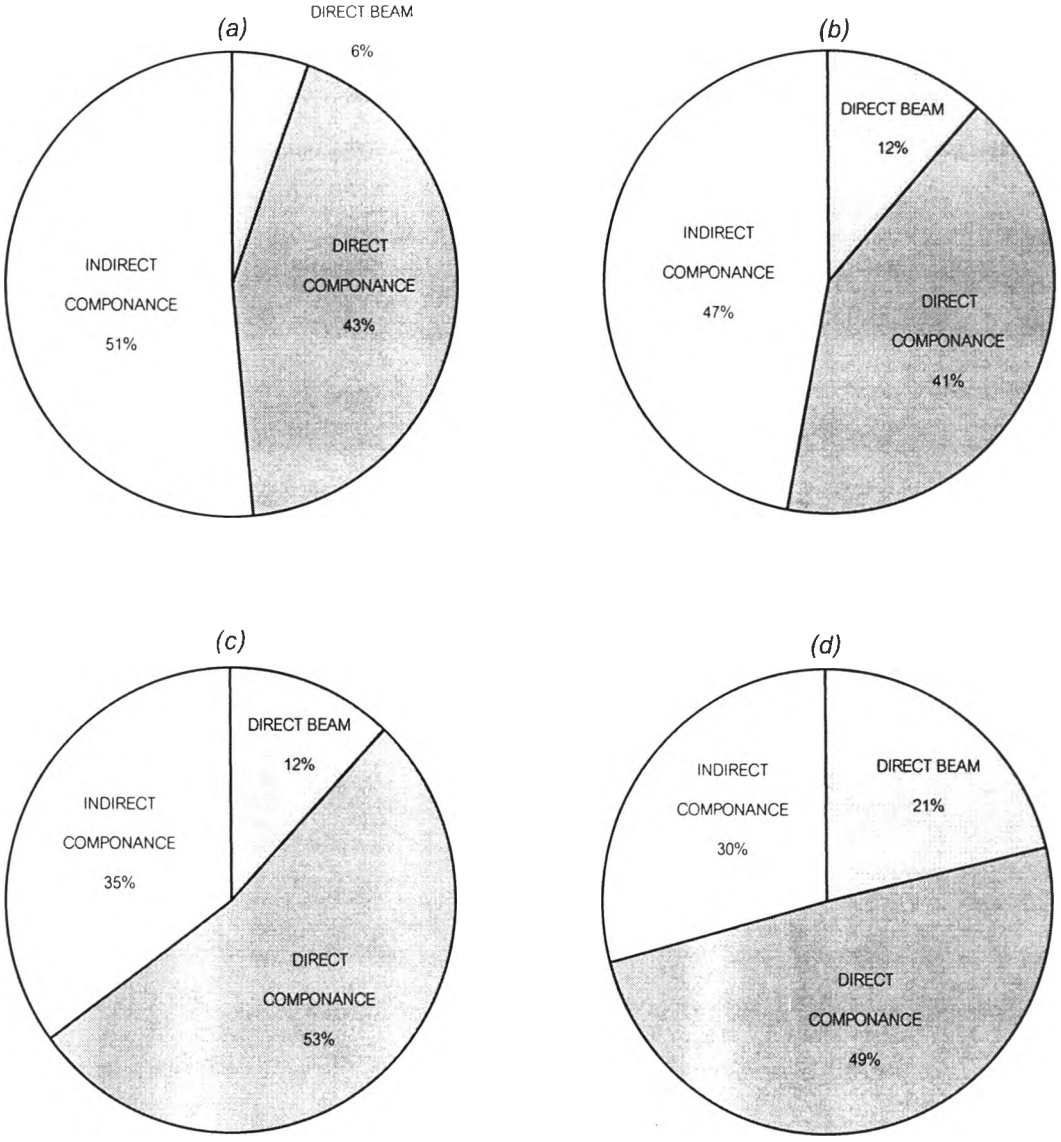
ภาพที่ 4.11 *ภาพแสดงการจำลองการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง*
ความสว่างจากท้องฟ้า (a) แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรง (Direct beam),
(b) แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง (Direct component),
ความสว่างจากการสะท้อนจากพื้นภายนอก (c) แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (Indirect component)

การใช้แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ตัวแปรค่าการสัมประสิทธิ์สะท้อนแสงของพื้นภายนอก และพื้นผิวภายในห้องจะมีอิทธิพลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อยอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าลดลง ในขณะที่แสงจากท้องฟ้าจะอาศัยค่าการสะท้อนแสงจากพื้นผิวภายในเพียงอย่างเดียว โดยที่ยิ่งสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะยิ่งมีอิทธิพลมาก

ในการเปรียบเทียบอิทธิพลแสงจากท้องฟ้ากับแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ดังแผนภูมิที่4.28 (ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา เพดานห้องสูง 3 เมตร) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่าน้อย อิทธิพลแสงจากท้องฟ้าจะมีค่ามากกว่า เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องเพิ่มขึ้นอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าเท่ากับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในมีค่า 70% และ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นภายนอกมีค่า 60% จากนั้นจะมีอิทธิพลมากกว่า โดยมากที่สุดประมาณ 5-10% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่า 70% ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณแสงภายในห้องจะได้รับอิทธิพลแสงจากท้องฟ้ามากกว่าแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกโดยส่วนใหญ่



แผนภูมิที่ *4.28* *แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก จากปริมาณแสงเฉลี่ย ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ที่มีช่องเปิดในระดับสายตา เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่าเพิ่มขึ้น*



แผนภูมิที่ *4.29 ชุดแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ภายในห้องโดยตรง แสงสะท้อนที่เกิดจากแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก*

*(a) ห้องขนาด 9*9*3 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

*(b) ห้องขนาด 9*9*6 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

*(c) ห้องขนาด 9*9*18 เฉลี่ยจากช่องเปิดตำแหน่งต่างๆ,*

*(d) ห้องขนาด 9*9*6 ช่องเปิดสูงจากพื้น 6 เมตร (มุมตกกระทบมากที่สุด 75 องศา)*

จากกรณีเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่า 70% ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตา เพดานสูง 3 เมตร ที่แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกมีอิทธิพลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องเล็กน้อย (แผนภูมิที่4.29(a)) เมื่อระยะจากพื้นห้องถึงเพดานห้องมีค่ามากขึ้น อิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าลดลง (แผนภูมิที่4.29(b)และ(c)) หมายความว่าเมื่อเพดานสูงขึ้นอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าลดลง เมื่อตำแหน่งของช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่สามารถทำให้แสงเข้าสู่ระนาบทำงานได้มาก (อยู่ในช่วงมุมตกกระทบมากที่สุด 66-84^{o}) ในที่นี้คือ 75^{o}เมื่อเพดานห้องสูง 6 เมตร (แผนภูมิที่4.29(d)) อิทธิพลแสงจากท้องฟ้าจะมีค่ามากกว่าอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีเฉลี่ยจากช่องเปิดระดับต่างๆ เพดานสูง 6 เมตร (แผนภูมิที่4.29(b)) ค่าที่มากขึ้นนี้เกิดจากแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานโดยตรงเป็นหลัก

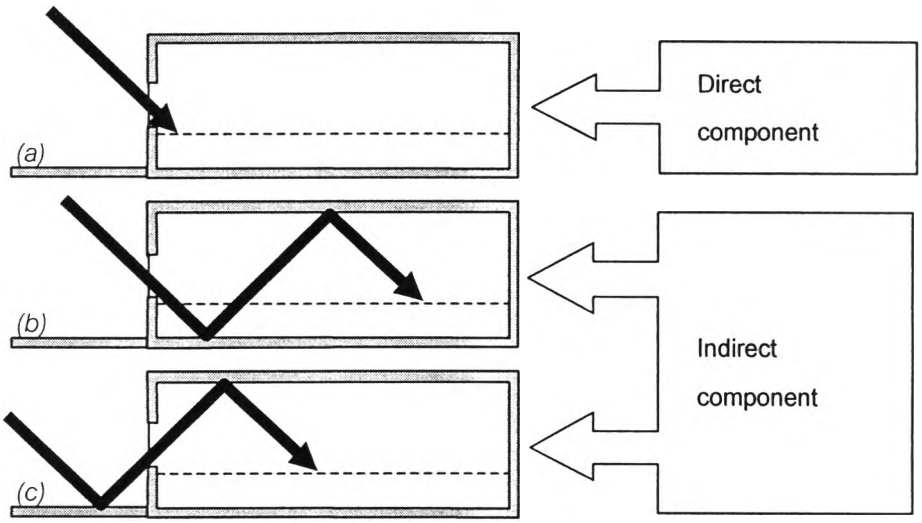
อาจสามารถกล่าวได้ว่า กรณีที่แสงสะท้อนมีอิทธิพลเท่ากันกับแสงจากท้องฟ้า ปริมาณแสงโดยรวมจะเป็นผลรวมของแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกในอัตราที่เท่ากัน หมายถึง ยิ่งรับแสงจากท้องฟ้าได้ยิ่งมากเท่าไรจะยิ่งทำให้เกิดแสงสะท้อนได้มากเท่านั้น ดังนั้นการเลือกใช้เทคนิคการสะท้อนจะเป็นผลดีต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างมากกว่า โดยการใช้ช่องเปิดต่ำและค่าการสะท้อนสูง แต่ในกรณีที่ไม่สามารถกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกที่มีค่ามากได้ ก็สามารถเลือกใช้เทคนิคการใช้แสงจากท้องฟ้าโดยการใช้ช่องเปิดสูง และ เพดานสูงได้

จากอิทธิพลของตัวแปรจะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีอิทธิพลมากกว่าอิทธิพลของตัวแปรตัวอื่น ดังนั้นสิ่งที่สำคัญที่ควรจะนำมาพิจารณาเลือกใช้ตัวแปรอีกอย่างหนึ่งคือ เทคนิคการรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน ซึ่งสามารถใช้ได้ 2 วิธี คือ การสะท้อนซึ่งอาศัยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็นตัวแปรสำคัญ และ การใช้แสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานโดยตรง

<u>การรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน</u>

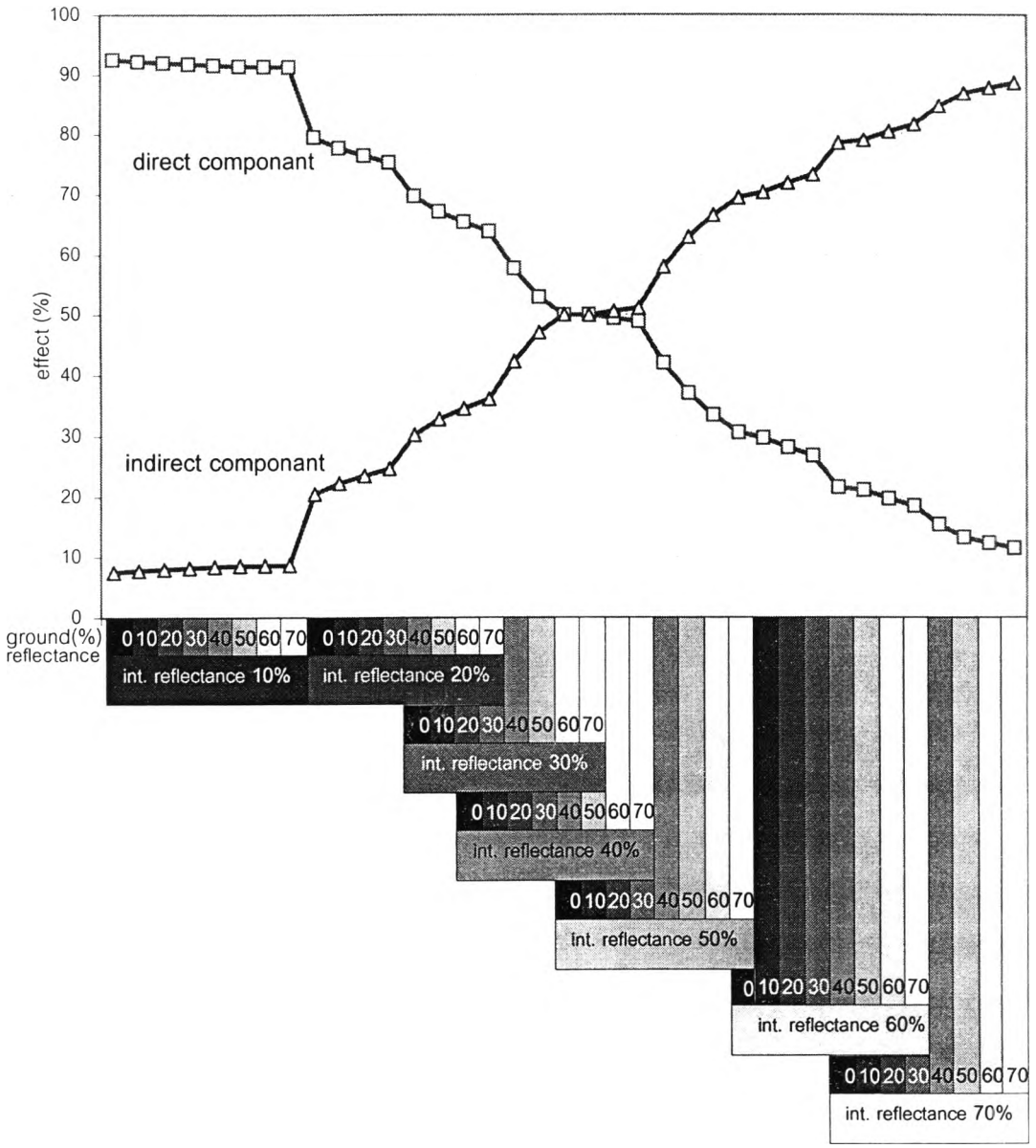
การรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงานคือการศึกษา อิทธิพลของสิทธิภาพการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องภายในห้อง ซึ่งเมื่อแสงสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องภายในห้องรวมกับแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรงแล้วจะเท่ากับแสง ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ซึ่งตัวแปรทั้งสองจะมีผลต่อการกำหนดรูปแบบในการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ช่องเปิดในรูปแบบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงในทางตรงกันข้ามกันกัน คือ หากอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรงมีค่ามากขึ้นอิทธิพลแสงสะท้อนของพื้นผิวภายในห้องภายในห้องจะมีค่าลดลง จากค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานทั้งหมด ในการแปรผลการทดลองจริงได้ทำการแปลงข้อมูลผลการทดลองเชิงปริมาณให้อยู่ในรูปสัดส่วนร้อยละจากจำนวนเต็มคือค่าความส่องสว่างรวม ใช้ในการเปรียบเทียบอิทธิพล เพื่อนำไปใช้ในการพิจารณาเลือกเทคนิคการนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง นับว่ามีความสำคัญสำหรับแสงจากท้องฟ้าโดยตรงและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ส่งเข้าสู่ห้องแล้วเกิดการสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องสู่ระนาบทำงาน (ภาพที่4.12(b)และ(c)) ในขณะที่ แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรงนั้นไม่รวมแสงสะท้อนจากทั้งพื้นภายนอกและพื้นผิวภายใน (ภาพที่4.12(a)) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจึงไม่มีอิทธิพลต่อแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรง



ภาพที่ 4.12 *ภาพแสดงการจำลองการรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน*
จากแหล่งกำเนิดโดยตรง (a) แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรง (Direct beam),
จากการสะท้อนของพื้นผิวภายในห้อง (b) แสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยการสะท้อนจากพื้นผิวภาย
ในห้อง (Direct component), (c) แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก (Indirect component)

ในการเปรียบเทียบอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรงและแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง ดังแผนภูมิที่4.30 เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่า 10% อิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรงจะมีค่ามากกว่าจนใกล้เคียงค่าของปริมาณแสงทั้งหมด ในทุกๆ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ อิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้องจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องและพื้นภายนอกที่เพิ่มขึ้น จนมีอิทธิพลเท่ากันเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 30% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 60-70%, ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 40% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 40-70% และ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 50% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0-30% และจากจุดดังกล่าวอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายในห้อง จะมีค่าเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ตามค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ พื้นผิวภายในห้องที่เพิ่มมากขึ้น โดยจะมีค่ามากกว่าอิทธิพลแสงจากท้องฟ้าที่ตกลงสู่ระนาบทำงานโดยตรง ซึ่งสามารถเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงดังกล่าวเมื่อจะใช้เทคนิคการสะท้อน และใช้ช่องเปิดสูงเมื่อไม่สามารถใช้พื้นผิวภายในสีอ่อนได้



แผนภูมิที่ *4.30 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลของแสงจากท้องฟ้าที่เข้าสู่ระนาบทำงานภายในห้องโดยตรง และ แสงที่เกิดจากการสะท้อนของพื้นผิวภายในห้อง จากปริมาณแสงเฉลี่ย ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ที่มีช่องเปิดในระดับสายตา เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องมีค่าเพิ่มขึ้น*

ทั้งนี้การใช้พื้นผิวด้านยังมีข้อกำจัดบางประการที่ทำให้ใช้เทคนิคการสะท้อนได้ไม่ดีนัก ข้อกำจัดดังกล่าวได้แก่ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องและพื้นภายนอกจะต้องมีค่ามาก, ค่าสัดส่วนพื้นภายนอกต้องมีค่ามากเนื่องจากการสะท้อนที่เกิดขึ้นเป็นการสะท้อนแบบกระจายและเมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่มุมอัลติจูดต่ำจะทำให้ระนาบทำงานภายในห้องได้รับแสงในปริมาณน้อย ซึ่งข้อจำกัดดังกล่าวเป็นข้อได้เปรียบของการใช้พื้นผิวมัน ดังจะกล่าวต่อไปนี้

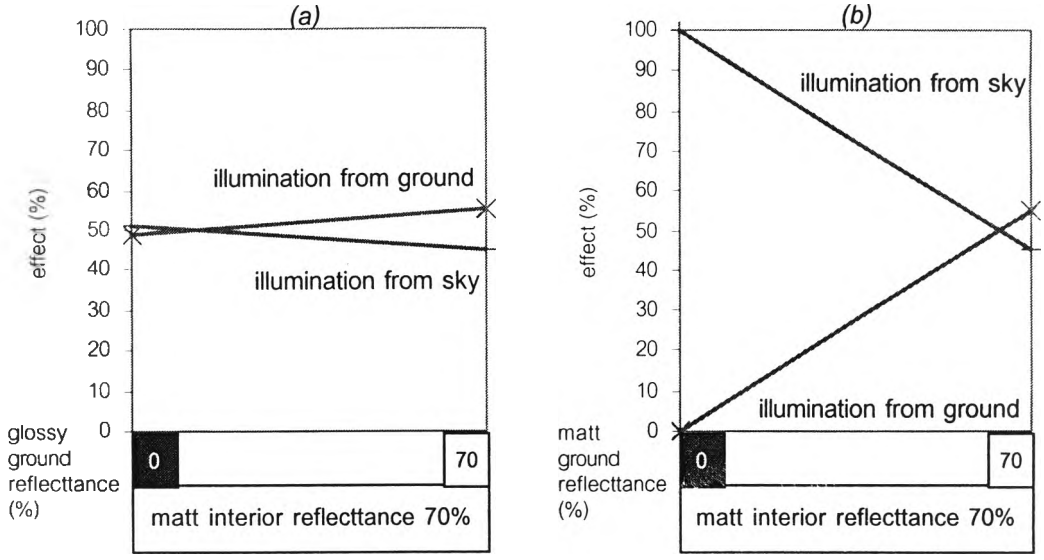
4.2.2 การใช้ลักษณะพื้นผิวมัน

การใช้ลักษณะพื้นผิวมันจะมีลักษณะที่แตกต่างออกไป คือ ทั้งกระบวนการ การนำแสงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้อง และการรับแสงเข้าสู่ระนาบทำงาน จะมีลักษณะการสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งเป็นการสะท้อนแบบมีทิศทางที่แน่นอน คล้ายคลึงกับการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงา จึงสามารถควบคุมตำแหน่งในการตกกระทบ และ สะท้อนได้ ในขณะที่การสะท้อนแบบกระจายไม่สามารถควบคุมได้

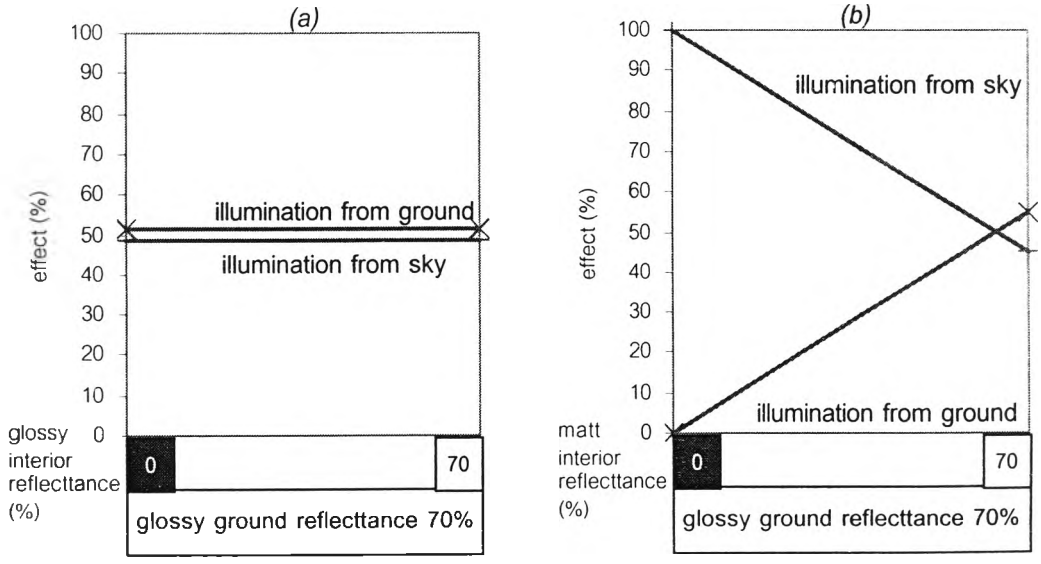
จากผลการทดลองพบว่า พื้นผิวมันจะมีผลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานเมื่อได้รับแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่มีพื้นผิวมัน ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิวมันสามารถสะท้อนแสงตรงจากดวงอาทิตย์ที่มีความเข้มสูงอย่างมีทิศทางเข้าสู่เพดานห้อง ในขณะที่แสงจากท้องฟ้าถูกลดทอนโดยการบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์เพื่อเป็นการป้องกันความร้อน แสงจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียวนั้นความเข้มแสงไม่มากพอที่จะทำให้เกิดการสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกันในค่าความส่องสว่างที่สูงจึงมีอิทธิพลต่อการสะท้อนด้วยพื้นผิวมันน้อย นอกจากนี้การรับแสงสะท้อนโดยตรงจากดวงอาทิตย์ มีความจำเป็นที่จะต้องได้รับอิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่มีพื้นผิวมันจากแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ในแนวทำมุมอะซิมุทตั้งฉากกับระนาบช่องเปิดเพื่อให้แสงสะท้อนเข้าสู่เพดานห้องลึกที่สุด ด้วยมุมอัลติจูด ตำแหน่งช่องเปิด และ ความสูงเพดาน ที่ทำให้เกิดการสะท้อนน้อยครั้งที่สุดโดยที่แสงเข้าสู่เพดานห้องในส่วนที่ลึกที่สุด จะเห็นได้ว่าค่าสัดส่วนพื้นภายนอกก็ไม่จำเป็นต้องมีค่ามาก โดยระนาบที่สำคัญในการสะท้อน คือ เพดาน และ พื้น

มีน้อยกรณีในลักษณะพื้นผิวด้าน ที่แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีอิทธิพลมากกว่าแสงจากท้องฟ้า ได้แก่ กรณีที่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกมีค่า 70% ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง 60-70% เมื่อห้องมีเพดานสูง 3 เมตร ช่องเปิดอยู่ในระดับสายตาหรือต่ำกว่า (แผนภูมิที่4.28และแผนภูมิที่4.31(b) ตามลำดับ) แตกต่างอย่างมากเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมัน (แผนภูมิที่4.31(a)) อิทธิพลแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมากกว่าแสงสะท้อนจากท้องฟ้าเป็นส่วนใหญ่ แสงจากท้องฟ้าจะมีอิทธิพลมากกว่าเล็กน้อยเมื่อพื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่ำ

อาจสามารถสรุปได้ว่า การใช้พื้นภายนอกลักษณะพื้นผิวมันเป็นเทคนิคซึ่งสามารถทำให้อิทธิพลแสงสะท้อนมีมากขึ้น คือ เมื่อใช้พื้นภายนอกลักษณะพื้นผิวมันจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในมีอิทธิพลต่อเทคนิคการสะท้อนแสงน้อยกว่ากรณีใช้พื้นภายนอกลักษณะพื้นผิวด้าน โดยจะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่ดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูดต่อช่องเปิดต่ำเท่านั้น



แผนภูมิที่ *4.31 ชุดแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก จากปริมาณแสงเฉลี่ย ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ที่มีช่องเปิดต่ำ พื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้น (a) เมื่อพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน, (b) เมื่อพื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวด้าน*



แผนภูมิที่ *4.32 ชุดแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละเฉลี่ย ของอิทธิพลแสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกผิวมันค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% จากปริมาณแสงเฉลี่ย ณ.ระนาบทำงานภายในห้อง ที่มีช่องเปิดต่ำ เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าเพิ่มขึ้น (a) พื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวมัน, (b) เมื่อพื้นผิวภายในห้องมีลักษณะพื้นผิวด้าน*

จากแผนภูมิที่4.32 กรณีที่พื้นภายนอกมีลักษณะพื้นผิวมัน เมื่อพื้นผิวภายในลักษณะพื้นผิวมันอิทธิพลของแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดยแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกมีอิทธิพลมากกว่าแสงจากท้องฟ้าประมาณ 5% ในทุกกรณีของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง ในขณะเมื่อพื้นผิวภายในมีลักษณะพื้นผิวด้าน แสงจากท้องฟ้าจะมีอิทธิพลเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่าเท่ากับ 0% อิทธิพลของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าเพิ่มขึ้น และจะมีค่ามากกว่าแสงจากท้องฟ้าประมาณ 10% เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่า 70%

โดยสรุป พื้นผิวภายในลักษณะพื้นผิวมันจะทำให้แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกมีอิทธิพลมากกว่าแสงจากท้องฟ้าในทุกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ในขณะที่พื้นผิวภายในห้องผิวด้านจะทำให้แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกมีอิทธิพลมาก เมื่อค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่ามากเท่านั้น

ในการออกแบบ โดยใช้เทคนิคการสะท้อนแสง ควรเลือกใช้พื้นผิวมันร่วมกับช่องเปิดต่ำ ความสูงเพดานห้องที่เหมาะสม ซึ่งลักษณะพื้นผิวมันนี้ สามารถทำให้เกิดการสะท้อนได้ดี เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งมุมอัลติจูดต่ำ แม้สัดส่วนพื้นภายนอกและค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่าน้อย แต่ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถกำหนดและเปลี่ยนแปลงได้ จึงควรใช้การค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงค่ามากเข้าช่วยเสริมจุดด้อยของกันและกัน

4.3 เทคนิคในการนำแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างเข้ามาใช้บนระนาบทำงานภายในห้อง

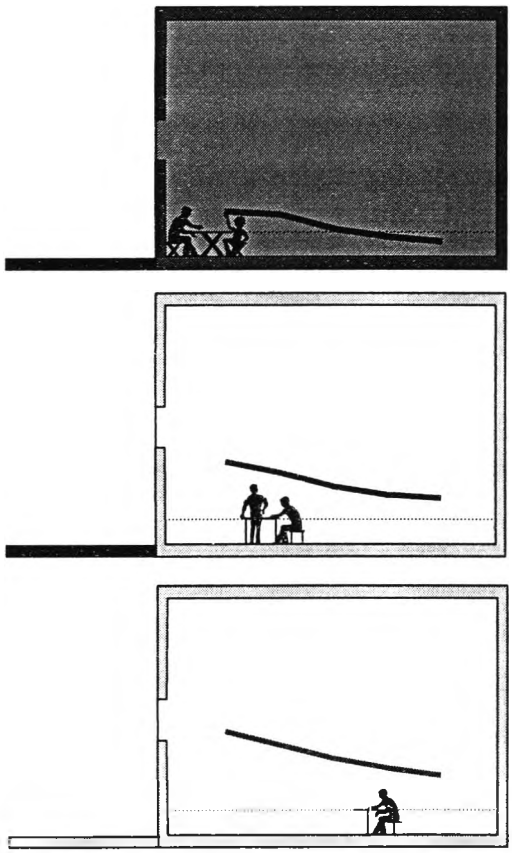
เทคนิคในการนำแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างเข้ามาใช้ภายในอาคาร เกิดขึ้นจากการนำแสงเข้าสู่อาคารจาก 2 แหล่ง คือ แสงจากท้องฟ้า และ แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ซึ่งมีความแตกต่างกัน ในเทคนิคการเลือกใช้ตัวแปรต่างๆผสานกัน เพื่อนำแสงสู่ระนาบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.3.1 การใช้แสงจากท้องฟ้าโดยตรง

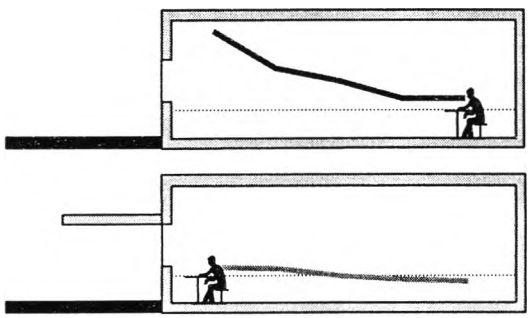
การใช้ช่องเปิดสูงเป็นวิธีการในการนำแสงจากท้องฟ้าเข้าสู่ระนาบทำงานเป็นหลัก แสง ณ.ระนาบทำงานที่มีค่ามาก มุมตกกระทบที่ใกล้เคียงศูนย์ที่สุด และระยะทางจากแหล่งกำเนิด ถึงระนาบทำงานที่ไม่มากจนเกินไป

เมื่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานเกิดขึ้นได้จากแสงจากท้องฟ้าโดยตรง แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องจะมีความสำคัญลดลง แต่สามารถใช้เทคนิคการสะท้อนเพื่อช่วยในการกระจายแสง เข้าสู่ระนาบทำงานได้มากขึ้นและลึกขึ้น ทั้งนี้พื้นภายนอกจะต้องอยู่ในสัดส่วนที่มีค่ามาก หรือถูกประยุกต์ให้อยู่ในระดับเดียวกับขอบล่างของช่องเปิด เช่น หิ้งสะท้อนแสง เป็นตัวช่วยในการสะท้อนแสงจากท้องฟ้าเข้าสู่เพดานห้องอีกทาง ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการใช้เทคนิคการสะท้อนโดยพื้นภายนอกอาคารนั่นเอง แต่หิ้งสะท้อนแสงมีข้อจำกัด

คือ มีระยะยื่นได้ไม่มากเท่าพื้นภายนอกอาคารจึงจะมีสัดส่วนพื้นภายนอกได้ไม่มากนัก การใช้วัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงค่ามาก มีข้อจำกัด ด้านการบำรุงรักษา เพราะอยู่ภายนอกอาคารและสูงจากพื้นดินมากพอสมควร การใช้เทคนิคการสะท้อนร่วมกับการใช้ช่องเปิดสูงจึงอาจมีประสิทธิภาพไม่ดีนัก นอกจากนี้อาจสามารถเพิ่มขนาดของช่องเปิด เพื่อให้ปริมาณแสงเข้าสู่ภายในห้องมากขึ้น โดยแสงจะกระจายเข้าสู่ระนาบทำงานในตำแหน่งที่ลึกขึ้นได้มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง



ภาพที่ 4.13 *ภาพแสดงกราฟของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เพิ่มขึ้นตามเทคนิคการใช้แสงจากท้องฟ้าโดยตรง*



ภาพที่ 4.14 *ภาพแสดงกราฟของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตามเทคนิคการใช้ช่องเปิดสูง ที่มีสิทธิภาพลดลงเมื่ออุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นมาก*

เทคนิคการใช้ช่องเปิดสูงนี้ค่อนข้างมีข้อจำกัด คือ อยู่ในตำแหน่งที่ ทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้ และเมื่อช่องเปิดอยู่ในตำแหน่งที่สูงจากพื้นมากกว่าปกติ จะเป็นการบังคับให้ระยะจากพื้นเพดานห้องมีค่ามากขึ้นด้วย นอกจากนี้การรับแสงจากท้องฟ้านั้นจะต้องมีการหลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งการบังแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ จะบังแสงจากท้องฟ้าไปด้วยในขณะเดียวกัน ดังนั้นในกรณีที่ต้องบังแสงตรงจากดวงอาทิตย์ในมุมอัลติจูดต่ำ อุปกรณ์บังแดดจะบังแสงจากท้องฟ้าในพื้นที่ที่มาก ทำให้การใช้ช่องเปิดสูงมีประสิทธิภาพลดลง เนื่องจากมุมตกกระทบของแสงที่เข้าสู่ระนาบทำงานมีค่ามากขึ้นนั่นเอง

ดังนั้นเทคนิคในการใช้ช่องเปิดสูงจึงเหมาะสำหรับ การเปิดช่องเปิดในทิศทางที่ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับด้านหน้าของช่องเปิดหรือทำมุมอัลติจูดค่ามาก (ไม่ต้องมีอุปกรณ์บังแดดหรืออุปกรณ์บังแดดมีระยะยื่นน้อย) เช่น การเปิดช่องเปิดทางทิศเหนือโดยใช้ช่องเปิดสูง โดยเทคนิคนี้จะรับแสงตรงจากท้องฟ้าเข้าสู่ระนาบทำงานโดยตรงปริมาณแสงจะมีค่ามากที่จุดๆหนึ่งบนระนาบทำงาน ซึ่งอาจทำให้เกิดความต่างของปริมาณแสงจุดสูงสุดกับจุดต่ำสุดบริเวณหลังห้องมีค่ามากโดยเฉพาะเมื่อห้องมีความลึกมาก เทคนิคนี้จึงไม่เหมาะกับห้องที่มีความลึกมาก

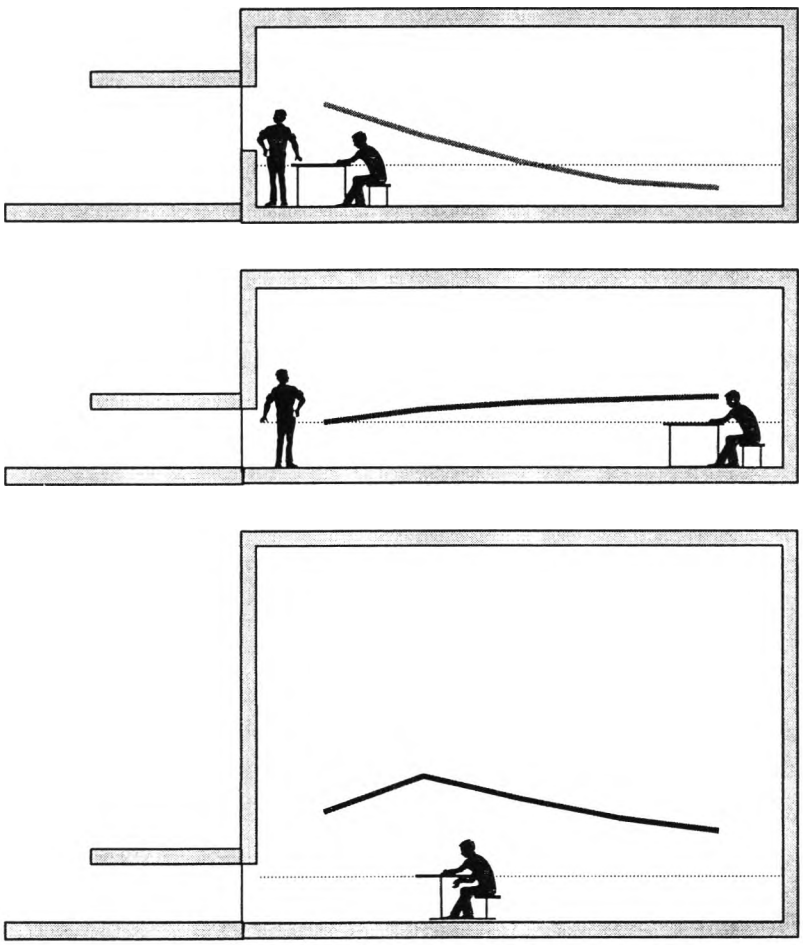
4.3.2 การใช้เทคนิคการสะท้อน

เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งทำมุมอัลติจูดค่าน้อยทำให้ต้องมีการบังแดดในระยะยื่นที่มาก ทำให้ได้รับแสงจากท้องฟ้าน้อยลง เทคนิคการสะท้อนจะมีความเหมาะสมมากกว่า โดยเนื่องจากตำแหน่งดวงอาทิตย์จะเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเวลาเปลี่ยนไป ช่องเปิดที่อยู่ในทิศทางที่ได้รับอิทธิพลของดวงอาทิตย์อัลติจูดค่าน้อย จะได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ในมุมที่ต่างกันในบางเวลา ดังที่เกิดขึ้นกับการเปิดช่องเปิดในทิศใต้ ทิศตะวันออก และ ทิศตะวันตก จึงควรมีการใช้การสะท้อนจากพื้นผิวมันร่วมกับการสะท้อนจากสีของวัสดุซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง (สีอ่อน) โดยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้องควรมีค่ามาก พื้นภายนอกควรมีลักษณะพื้นผิวมัน สัดส่วนพื้นมีระยะเพียงพอที่จะเกิดการสะท้อนพอดีกับพื้นที่ช่องเปิดในมุมอัลติจูดน้อยที่สุด ห้องมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมาก โดยที่พื้นห้องและเพดานห้องที่มีลักษณะพื้นผิวมันจะทำให้สามารถสะท้อนแสงได้ลึกขึ้น ช่องเปิดอยู่ในระดับต่ำ เพดานสูง (ขึ้นอยู่กับมุมของการสะท้อน)

ในกรณีที่ดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูดต่อช่องเปิดค่ามากจะสามารถใช้เทคนิคการสะท้อนได้ดีเช่นกัน แต่พื้นผิวมันจะมีผลต่อปริมาณแสง ณ.ระนาบทำงานน้อย จึงควรใช้เทคนิคการสะท้อนโดยพื้นผิวด้านคือใช้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในค่ามาก สัดส่วนพื้นภายนอกค่ามาก ใช้ช่องเปิดต่ำร่วมกับเพดานต่ำ หรือ ใช้ ช่องเปิดระดับสายตากับเพดานสูง 6 เมตร

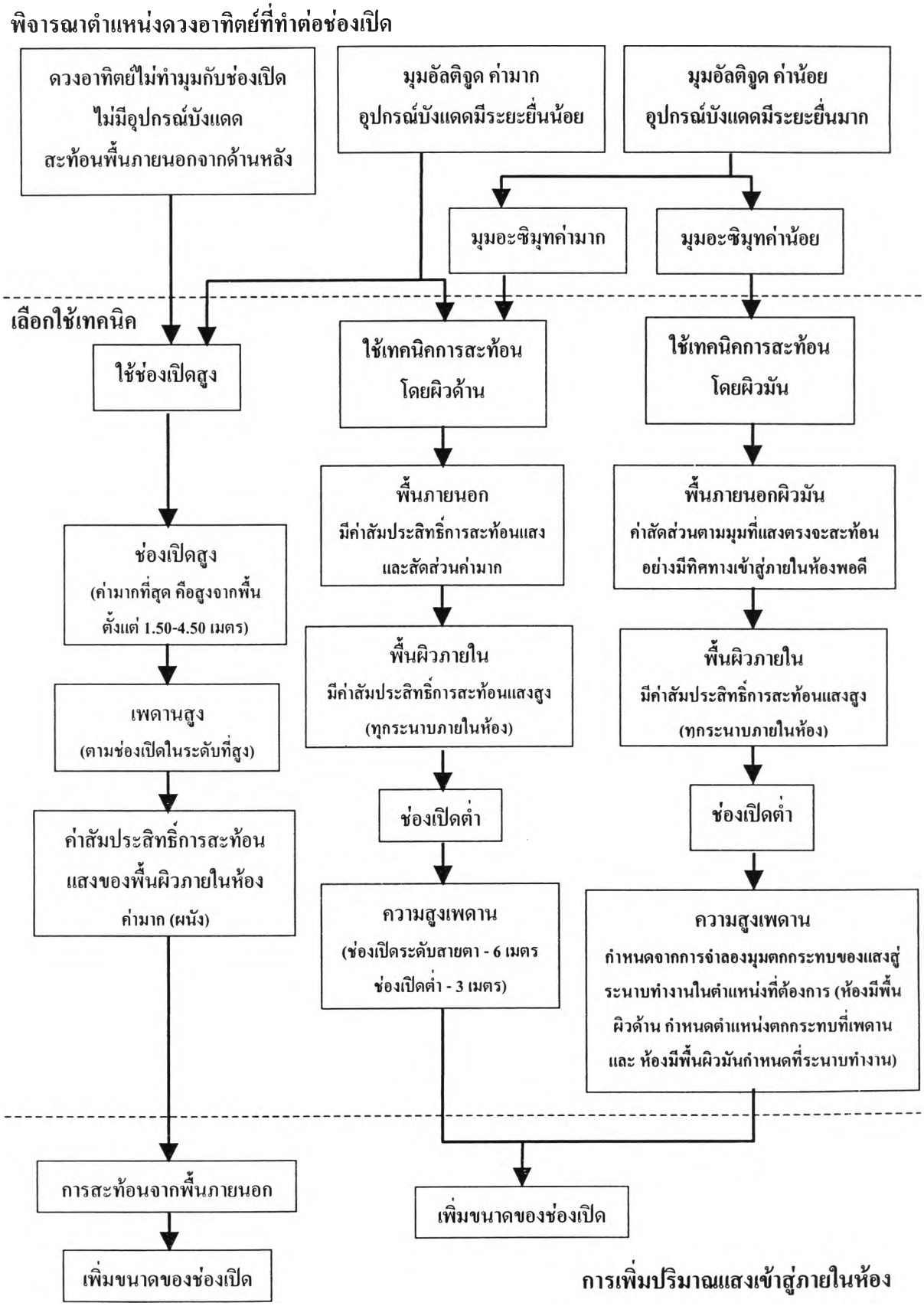
เทคนิคการสะท้อนนี้จะสามารถทำให้แสงเข้าสู่ระนาบทำงานภายในห้องในตำแหน่งที่ลึก ทำให้ปริมาณแสงตลอดความลึกห้องสม่ำเสมอกว่าการใช้ช่องเปิดสูง จึงเหมาะกับห้องที่มีความลึกมากกว่า แต่เทคนิคการสะท้อนมีข้อจำกัด คือ ช่องเปิดต่ำอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ผู้ใช้อาคารไม่สามารถมองเห็นทัศนียภาพภายนอกได้ การสะท้อนที่เกิดขึ้นอาจจะมีประสิทธิภาพลดลงเนื่องจากการวางเครื่องเรือนภายในห้อง แสงสะท้อนจากพื้นภายนอกโดยเฉพาะพื้นภายนอกที่มีลักษณะพื้นผิวมันหรือค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูงอาจก่อให้เกิดปัญหา

แสงบาดตาเมื่อผู้ใช้อาคารมองไปยังพื้นผิวที่แสงตกกระทบด้วยความเข้มสูงในบางช่วงเวลา รวมทั้งวัสดุที่มีพื้นผิวมันและวัสดุที่มีสีอ่อนยังง่ายต่อการสกปรก เมื่อวัสดุพื้นผิวมันถูกปกคลุมด้วยฝุ่นละอองลักษณะการสะท้อนจะเปลี่ยนรูปแบบไปเป็นการสะท้อนแบบกระจายเหมือนวัสดุพื้นผิวด้าน ในขณะที่วัสดุสีอ่อนเมื่อสกปรกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจะมีค่าลดลงซึ่งจะเป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนลดลง ดังนั้นจะต้องมีการบำรุงรักษาพื้นภายนอกให้สะอาดอยู่เสมอ



ภาพที่ 4.15 *ภาพแสดงกราฟของค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เพิ่มขึ้นตามเทคนิคการใช้แสงสะท้อน*

นอกจากนี้การใช้พื้นผิวมันจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อพื้นภายนอกได้รับอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งที่ทำมุมอะซิมุทตั้งฉากกับระนาบช่องเปิดและทำมุมอัลติจูดต่ำ ซึ่งได้แก่การหันช่องเปิดไปทางทิศใต้ หรือทิศตะวันออกและทิศตะวันตกช่วงเช้าหรือช่วงบ่าย ซึ่งแม้จะมีการบังแสงตรงด้วยอุปกรณ์บังแดดที่มีระยะยื่นมาก ก็ยังสามารถทำให้เกิดการสะท้อนมากต่างจากเทคนิคการใช้ช่องเปิดสูง แต่ทั้งนี้หากพื้นภายนอกได้รับอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์แล้วเกิดการสะท้อนในทิศทางที่ไม่สามารถผ่านช่องเปิดเข้าสู่เพดานห้องเทคนิคนี้จะมีประสิทธิภาพน้อยมาก (เช่น กรณีดวงอาทิตย์ทำมุมอะซิมุทต่อช่องเปิดค่ามาก) จึงต้องใช้การสะท้อนแบบกระจายจากสีของวัสดุที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมากประกอบด้วย



ภาพที่ 4.16 ผังแสดงเทคนิคในการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง

จากเหตุผลด้านการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารพร้อมกับแสงธรรมชาติ ช่องเปิดควรมีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถให้แสงธรรมชาติอย่างพอเหมาะ ในกรณีที่จำเป็นต้องใช้ช่องเปิดในระดับสายตา ให้พิจารณาใช้เทคนิคการสะท้อนร่วมด้วยเนื่องจากช่องเปิดระดับสายตาสามารถรับแสงจากท้องฟ้าและแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกได้ดีทั้ง 2 แหล่ง แต่การใช้ช่องเปิดระดับสายตาจะทำให้ความต่างความสว่างระหว่างจุดที่สว่างที่สุดบนระนาบทำงานคือบริเวณริมช่องเปิดกับจุดที่มืดที่สุดด้านหลังห้องมีค่ามากกว่ากรณีอื่นๆซึ่งไม่เหมาะกับห้องที่มีความลึกมาก ดังนั้นหากไม่มีความจำเป็นต้องใช้ช่องเปิดในระดับสายตาควรเลือกใช้เทคนิคการสะท้อนจากพื้นผิวมันร่วมกับค่าการสะท้อนแสงสูงและช่องเปิดต่ำในกรณีที่ระนาบช่องเปิดได้รับอิทธิพลแสงตรงจากดวงอาทิตย์มุมอัลติจูดมีค่าน้อย เมื่อดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิดควรเลือกใช้ช่องเปิดสูงที่มุมตกกระทบมากที่สุด 66-80° และ เมื่อดวงอาทิตย์มุมอัลติจูดต่อช่องเปิดค่ามากสามารถเลือกใช้เทคนิคใดเทคนิคหนึ่งระหว่างเทคนิคการสะท้อนโดยพื้นผิวด้านกับเทคนิคช่องเปิดสูง โดยวิธีสุดท้ายที่สามารถเลือกใช้เพิ่มปริมาณแสงให้เพียงพอต่อการใช้งานนั่นคือการเพิ่มพื้นที่ของช่องเปิดซึ่งจะต้องระวังเนื่องจากเป็นวิธีที่นำมาซึ่งปริมาณความร้อนด้วย

จากวิธีการและผลการทดลองข้างต้น ได้ทำโนโมกราฟเพื่อใช้ทำนายค่าความส่องสว่างเบื้องต้น ที่จะเกิดขึ้นจากวิธีการที่เลือกใช้ในการนำแสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างเข้าสู่อาคาร

4.4 การประยุกต์ใช้

"โนโมกราฟ" (Nomograph) นี้เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของตัวแปรจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีรีเกรสชั่น (regression) และ คอรีเลชั่น (correlation) ด้วยโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล* เป็นอุปกรณ์ประมาณค่าความส่องสว่างเบื้องต้น ค่าที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยของห้อง และ ที่จุดระยะห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร สามารถเลือกใช้ตัวแปรและเปลี่ยนค่าได้ด้วยการลากเส้นตัดเส้นกราฟของตัวแปรต่างๆ ซึ่งเป็นวิธีง่ายๆ

4.4.1 โนโมกราฟ

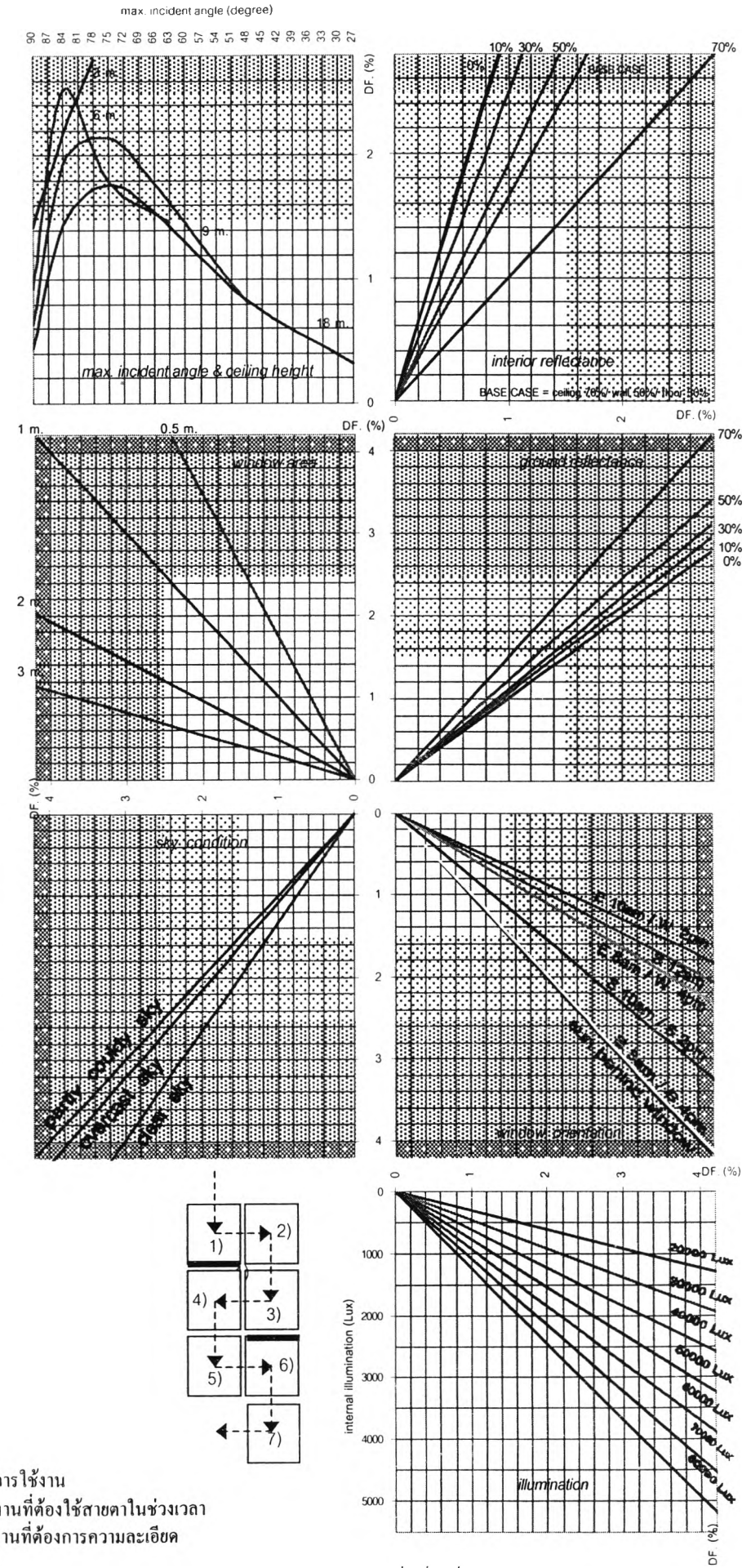
โนโมกราฟ 1 ชุด ประกอบด้วย 7 แผนภูมิ ประกอบด้วย

1) แผนภูมิระดับของช่องเปิด

เลือกได้ 2 กรณี ตามเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านข้าง คือ กรณีช่องเปิดสูงหรือสะท้อนจากพื้นผิวด้าน โดยมีการบังแดดเฉพาะจุด ใช้แผนภูมิ a และกรณีการสะท้อน เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอะซิมุทต่อช่องเปิดค่าน้อย ใช้แผงกันแดดแนวนอน (overhang) ใช้แผนภูมิ b ดังวิธีต่อไปนี้

---

* ดูข้อมูลจากภาคผนวก ข.



แผนภูมิที่ 4.33 *โนโมกราฟแสดงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงในการใช้งานตัวแปรแต่ละตัว*

<u>แผนภูมิมุมตกกระทบมากที่สุดและความสูงฝ้าเพดานห้อง</u>

ใช้แผนภูมิ 1)a เลือกค่ามุมตกกระทบมากที่สุดของระดับของช่องเปิดจากด้านบนของแผนภูมิ ลากเส้นลงมาตัดกราฟความสูงของเพดานที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นไปทางด้านขวาได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าหนึ่งซึ่งเป็นค่าของห้องที่มีระดับช่องเปิดและความสูงเพดานที่เลือก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้อง 70% ช่องเปิดสูง 1 เมตร สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด จากค่าที่ได้ลากเส้นต่อไปทางด้านขวาไปยัง แผนภูมิ 2)

<u>แผนภูมิมุมอัลติจูด ระดับช่องเปิดและลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้อง</u>

ใช้แผนภูมิ 1)b เลือกมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ที่ทำต่อช่องเปิดจากด้านบนของแผนภูมิ ลากเส้นลงมาตัดเส้นกราฟระดับช่องเปิดและลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายในห้องที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นไปทางด้านขวาจะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีระดับช่องเปิดและลักษณะพื้นผิวที่เลือก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกและพื้นผิวภายในห้อง 70% ขนาดช่องเปิดสูง 1 เมตร สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน โดยดวงอาทิตย์อยู่ในตำแหน่งมุมอัลติจูดที่เลือกในขั้นตอนแรก จากค่าที่ได้ลากเส้นไปทางด้านขวาไปยัง แผนภูมิ 2) ถ้าเลือกกราฟนี้ให้เว้นไม่ต้องใช้ แผนภูมิ 6)

เมื่อเลือกแผนภูมิตามเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านข้างที่ต้องการแล้ว สามารถเลือกทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยของห้อง โดยใช้ แผนภูมิ 1)a-1หรือ แผนภูมิ 1)b-1 หรือทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่จุดระยะห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร โดยใช้ แผนภูมิ 1)a-2 หรือ แผนภูมิ 1)b-2

2) แผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าแรก กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ลากเส้นจาก แผนภูมิ 1) ตัดเส้นกราฟค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นลงด้านล่าง ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีระดับช่องเปิด และค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องที่เลือก โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 70% ช่องเปิดสูง 1 เมตร สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด จากค่าที่ได้ลากเส้นต่อไปยัง แผนภูมิ 3)

3) แผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าที่สอง กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนของพื้นนอก จากนั้นลากเส้นจาก แผนภูมิ 2) มาตัดเส้นกราฟค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนพื้นภายนอก

ที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นไปทางด้านซ้าย จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีระดับช่องเปิด ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนของพื้นภายนอกที่เลือก โดยมีช่องเปิดสูง 1 เมตร สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด จากค่าที่ได้ลากเส้นต่อไปทางด้านซ้ายไปยัง แผนภูมิ 4)

แผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนพื้นภายนอกเป็นแผนภูมิที่ซ้อนกัน เพื่อลดทอนเส้นกราฟในแผนภูมิ ได้จำแนกแผนภูมิดังกล่าวออกเป็น แผนภูมิ 3)-1 เป็นแผนภูมิค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอกที่มีค่าสัดส่วนพื้นภายนอก 50% แผนภูมิ 3)-2.1 แผนภูมิ 3)-2.2 แผนภูมิ 3)-2.3 และ แผนภูมิ 3)-2.4 เป็นแผนภูมิแสดงสัดส่วนพื้นค่าต่างๆเมื่อพื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน 70%, 50%, 30% และ 10% ใช้วิธีการเปลี่ยนแผนภูมิเมื่อเลือกค่าที่ต้องการได้แล้ว

4) แผนภูมิขนาดของช่องเปิด

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าที่สาม กำหนดขนาดช่องเปิด จากนั้นลากเส้นจาก แผนภูมิ 3) ตัดเส้นกราฟขนาดช่องเปิดที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นลงด้านล่าง จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีระดับช่องเปิด ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนของพื้นภายนอก และขนาดช่องเปิดที่เลือก โดยสภาพท้องฟ้าเป็นแบบมีเมฆบางส่วน ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด จากค่าที่ได้ลากเส้นต่อไปทางด้านล่างไปยัง แผนภูมิ 5)

5) แผนภูมิสภาพท้องฟ้า

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าที่สี่ เลือกสภาพท้องฟ้า แล้วลากเส้นจาก แผนภูมิ 4) ตัดเส้นกราฟสภาพท้องฟ้าที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นไปทางด้านขวา จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของห้องที่มีระดับช่องเปิด ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนของพื้นภายนอก ขนาดช่องเปิด และ สภาพท้องฟ้าที่เลือก โดยดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด จากค่าที่ได้ลากเส้นต่อไปทางด้านล่างไปยัง แผนภูมิ 6)

6) แผนภูมิตำแหน่งของดวงอาทิตย์

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ค่าที่ห้า เลือกตำแหน่งของดวงอาทิตย์ตามทิศทางและเวลา ลากเส้นจาก แผนภูมิ 5) ตัดเส้นกราฟตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ต้องการ จากจุดตัดลากเส้นลงด้านล่าง ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ห้องที่มีระดับช่องเปิด ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้อง ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงและสัดส่วนของพื้นภายนอก ขนาดช่องเปิด สภาพท้องฟ้า และตำแหน่งดวงอาทิตย์ที่เลือก เป็นอันสิ้นสุดการทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ โดยสามารถเทียบเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่

เหมาะสมต่อการใช้งานด้วยพื้นที่แรเงา สีเข้มที่สุดคือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เหมาะกับงานที่ต้องการความละเอียดสูง สีเข้มรองลงมาคือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เหมาะกับงานที่ต้องใช้สายตาในช่วงเวลานาน และ สีอ่อนที่สุดคือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่เหมาะกับการใช้งานปกติ

แผนภูมิ 6) นี้ เป็นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ณ.ระนาบทำงานภายในห้องที่มีช่องเปิดทิศใต้ ทิศตะวันออกและตะวันตกในเวลาต่างๆ และ เมื่อดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังของช่องเปิด ในช่วงเดือนมีนาคม และเดือนกันยายน เท่านั้น ค่าที่ได้จึงเป็นค่าโดยคร่าวเท่านั้น

7) **แผนภูมิแปลงค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เป็นค่าความส่องสว่าง**

จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ได้ ลากเส้นจาก แผนภูมิ 6) ตัดเส้นกราฟค่าความส่องสว่างภายนอกจากจุดตัดลากเส้นไปทางด้านซ้ายที่แกนวาย (Y) จะได้ค่าความส่องสว่าง ณ.ระนาบทำงานภายในห้องมีหน่วยเป็นลักซ์

การใช้โนโมกราฟตามวิธีดังกล่าวจะต้องทำควบคู่กับ ความเข้าใจเรื่องความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งเป็นข้อแม้ทำให้ไม่สามารถเลือกเส้นกราฟตามค่าที่ต้องการ โดยจะต้องเปลี่ยนไปเลือกกราฟเส้นอื่น

4.4.2 ความเข้าใจเรื่องความสัมพันธ์ของตัวแปร

โนโมกราฟนี้ใช้ร่วมกับความเข้าใจเรื่องความสัมพันธ์ของตัวแปรดังต่อไปนี้

1) เมื่อค่าความสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย 0-30% ให้เลือกพื้นภายนอก 0% เสมอ
2) การใช้เพดานห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง เมื่อค่าสัมประสิทธิ์พื้นภายนอกมีค่าน้อย ความสว่างที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเฉลี่ยของทั้งห้อง เช่น พื้นภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงน้อย เมื่อเพดาน ผนัง และ พื้นห้อง มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70%, 50%, 30% ตามลำดับ (เฉลี่ยค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงกับพื้นที่ของพื้นผิว จะได้ค่าเฉลี่ย 50%) จะมีค่าความส่องสว่างเท่ากับที่เกิดในห้องที่มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 50%
3) เมื่อค่าความสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องมีค่าน้อย 0-30% การเพิ่มขนาดช่องเปิดจะมีผลต่อปริมาณแสงเฉลี่ยเท่านั้น การประมาณการปริมาณแสงที่ระยะห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ให้เลือกขนาดช่องเปิด 1 เมตร เสมอ
4) เมื่อพื้นภายนอกมีผิวมัน ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงค่าใดๆ สัดส่วนพื้นภายนอก 25% ขึ้นไป มีค่าใกล้เคียงกับพื้นผิวด้านค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 70% สัดส่วนพื้น 50%

5) สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก ตำแหน่งของดวงอาทิตย์มีอิทธิพลน้อยมาก เนื่องจากถูกเมฆบังเป็นส่วนใหญ่ ให้แทนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่เส้นกราฟ"ดวงอาทิตย์อยู่ด้านหลังช่องเปิด" (sun behind window) เสมอ

ในการใช้โนโมกราฟให้กำหนดตัวแปรไปตามลำดับของกราฟตามที่ได้กำหนดไว้ โดยหากถึงจุดสุดท้ายแล้วค่าความส่องสว่างยังไม่เพียงพอต่อความต้องการ ก็ให้ลากเส้นกลับไปยังกราฟตัวแปรที่ต้องการแก้ไขเพื่อเปลี่ยนค่าแล้วลากเส้นกลับตามเดิม โดยเรื่องความเข้าใจที่ได้กล่าวมานี้ก็ใช้วิธีการเปลี่ยนค่าให้เป็นไปตามกฎดังกล่าวด้วยวิธีเดียวกัน

4.4.3 ตัวอย่างการใช้โนโมกราฟ

ยกตัวอย่างวิธีการใช้โนโมกราฟ เพื่ออธิบายเทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านข้าง ได้แก่ กรณีที่ใช้เปรียบเทียบ (base case) การใช้ช่องเปิดสูง และ การสะท้อน โดยใช้ แผนภูมิ 1) – แผนภูมิ 4) ซึ่งเป็นแผนภูมิของตัวแปรในการออกแบบ

1) กรณีเปรียบเทียบ

ใช้แผนภูมิ 1)a-1 และ 1)a-2 ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร เลือกช่องเปิดระดับสายตา(มุมตกกระทบมากที่สุด 84^{o}) เพดานสูง 3 เมตร เลือกกราฟค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเพดาน ผนัง และพื้นห้อง 70% 50% และ 30% ตามลำดับ ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% ที่แผนภูมิ 3) แต่เมื่อไม่มีการสะท้อนจากพื้นภายนอก การสะท้อนของเพดานจะมีอิทธิพลลดลงตามข้อแม้ที่ 2) ให้กลับไปเลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในห้องใหม่เป็นค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 50% ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% ที่แผนภูมิ 3)-1 เลือกช่องเปิดสูง 1 เมตร ที่แผนภูมิ 4) จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 1.20% และ ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตรประมาณ 0.75% ซึ่งยังไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งานปกติ (ดูภาพที่4.17และ4.18 ตามลำดับ) ความต่างของจุดที่ต่ำที่สุดกับค่าเฉลี่ยมีค่าประมาณ 0.45%

2) การใช้ช่องเปิดสูง

ใช้แผนภูมิ 1)a-1 และ 1)a-2 เพื่อหาค่าเดยไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร เลือกช่องเปิดสูง(มุมตกกระทบมากที่สุด 78^{o}) เพดานสูง 3 เมตร เลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง 50% ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 0% ที่แผนภูมิ 3)-1

เลือกขนาดความสูงของช่องเปิด 1 เมตร ที่แผนภูมิ 4) จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 1.45% และ ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ประมาณ 1.05% (ภาพ4.17และ4.18 ตามลำดับ)ถึงแม้ว่าจะสามารถเพิ่มปริมาณแสงได้ แต่เป็นวิธีที่ทำให้ความสม่ำเสมอของปริมาณแสงตามความลึกห้องมีค่าน้อย ความต่างเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร มี 0.45%

3) **การใช้เทคนิคการสะท้อน**

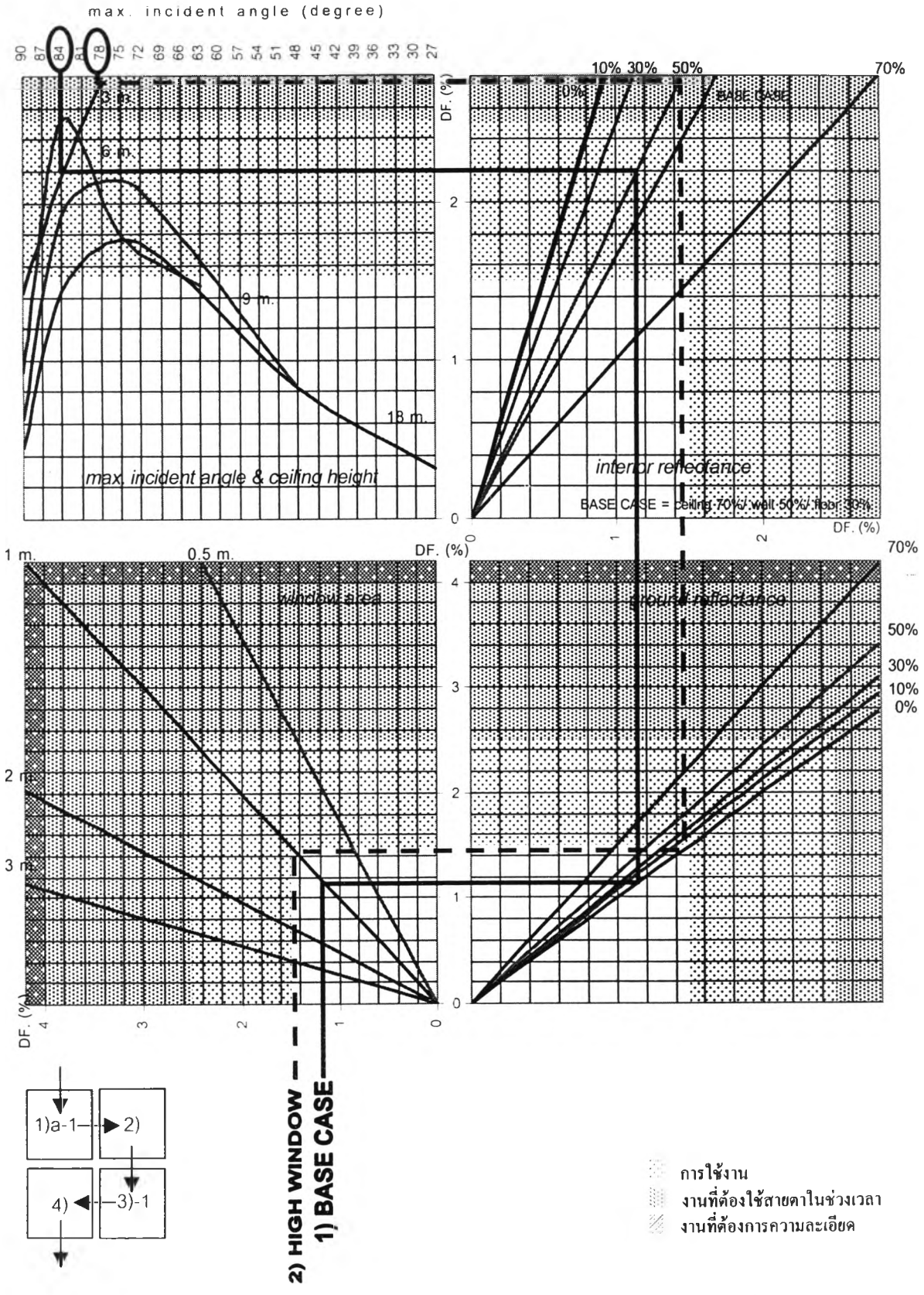
เทคนิคการสะท้อนต้องใช้การสะท้อนจากสีของวัสดุในบางช่วงเวลาจึงต้องทำนายค่ามุมอัลติจูดต่างๆควบคู่กันไป สมมติว่าเป็นช่องเปิดทิศตะวันออก เมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมกับช่องเปิด อะซิมุทจะมีค่าน้อย อัลติจูด 20° คือมุมของดวงอาทิตย์ที่ทำต่อช่องเปิดในเวลา 16.00น. มุม 40° ซึ่งเป็นมุมที่ทำให้เกิดปริมาณแสงน้อยที่สุดเมื่อเลือกใช้พื้นผิวมันสีอ่อน และ ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิดในช่วงบ่าย การบังแดดเป็นรูปแบบที่ปรับเปลี่ยนได้ตาม มุมอัลติจูด

ใช้แผนภูมิ 1)b-1 และ 1)b-2 หาค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร เลือกอัลติจูด 20° พื้นผิวภายในห้องผิวด้าน ช่องเปิดต่ำ เลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง 70% ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 70% ที่แผนภูมิ 3)-1 ซึ่งใกล้เคียงการใช้พื้นภายนอกพื้นผิวมัน สัดส่วนพื้น 25% เลือกขนาดความสูงของช่องเปิด 1 เมตร ที่แผนภูมิ 4) ได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 1.80% และที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ประมาณ 1.60% ซึ่งสามารถเพิ่มปริมาณแสงได้มากและมีความสม่ำเสมอกว่ากรณีการใช้ช่องเปิดสูง

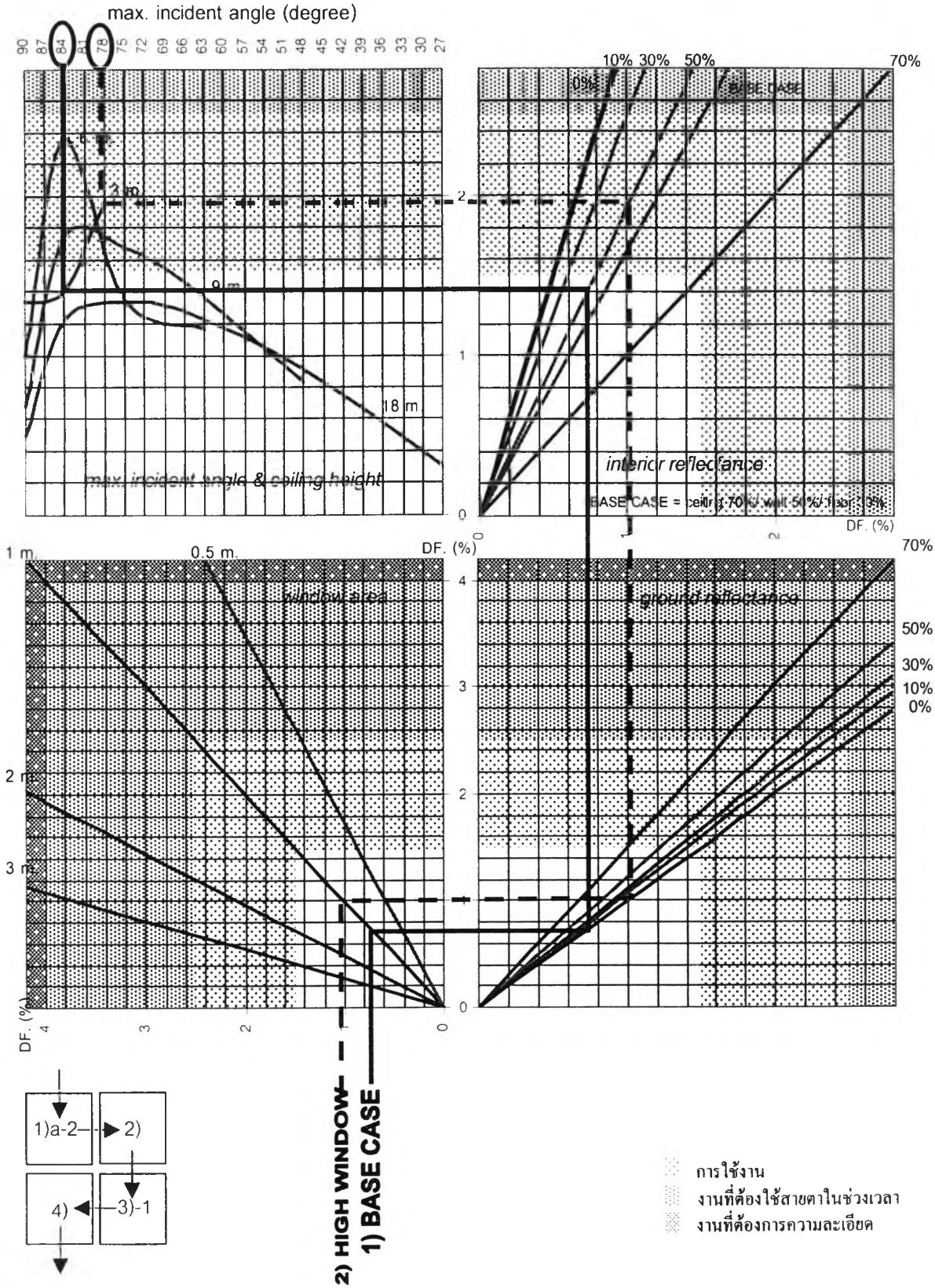
กรณีมุมอัลติจูด 40° ใช้แผนภูมิ 1)b-1 และ 1)b-2 เพื่อหาค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร เลือกอัลติจูด 40° พื้นผิวภายในห้องผิวด้านช่องเปิดต่ำ เลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง 70% ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 70% ที่แผนภูมิ 3)-1 ค่าที่ได้จะเทียบเท่าการใช้พื้นภายนอกพื้นผิวมัน สัดส่วนพื้น 25% เลือกขนาดความสูงของช่องเปิด 1 เมตร ที่แผนภูมิ 4) จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิดใกล้เคียงกัน ประมาณ คือ 1.35% และ 1.30% ตามลำดับ ดูภาพที่4.19และ4.20 ประกอบ

เมื่อดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิด ใช้แผนภูมิ 1)a-1 และ 1)a-2 หาค่าเดยไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยและที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร เลือกช่องเปิดต่ำ(มุมตกกระทบมากที่สุด 90°) เพดานสูง 3 เมตร เลือกค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของห้อง 70% ที่แผนภูมิ 2) เลือกสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก 70% สัดส่วน 25% ที่แผนภูมิ 3)-2.1 เลือกขนาดความสูงของช่องเปิด 1 เมตร ที่แผนภูมิ 4) จะได้ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยประมาณ 1.50% ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ประมาณ 1.35% ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกัน

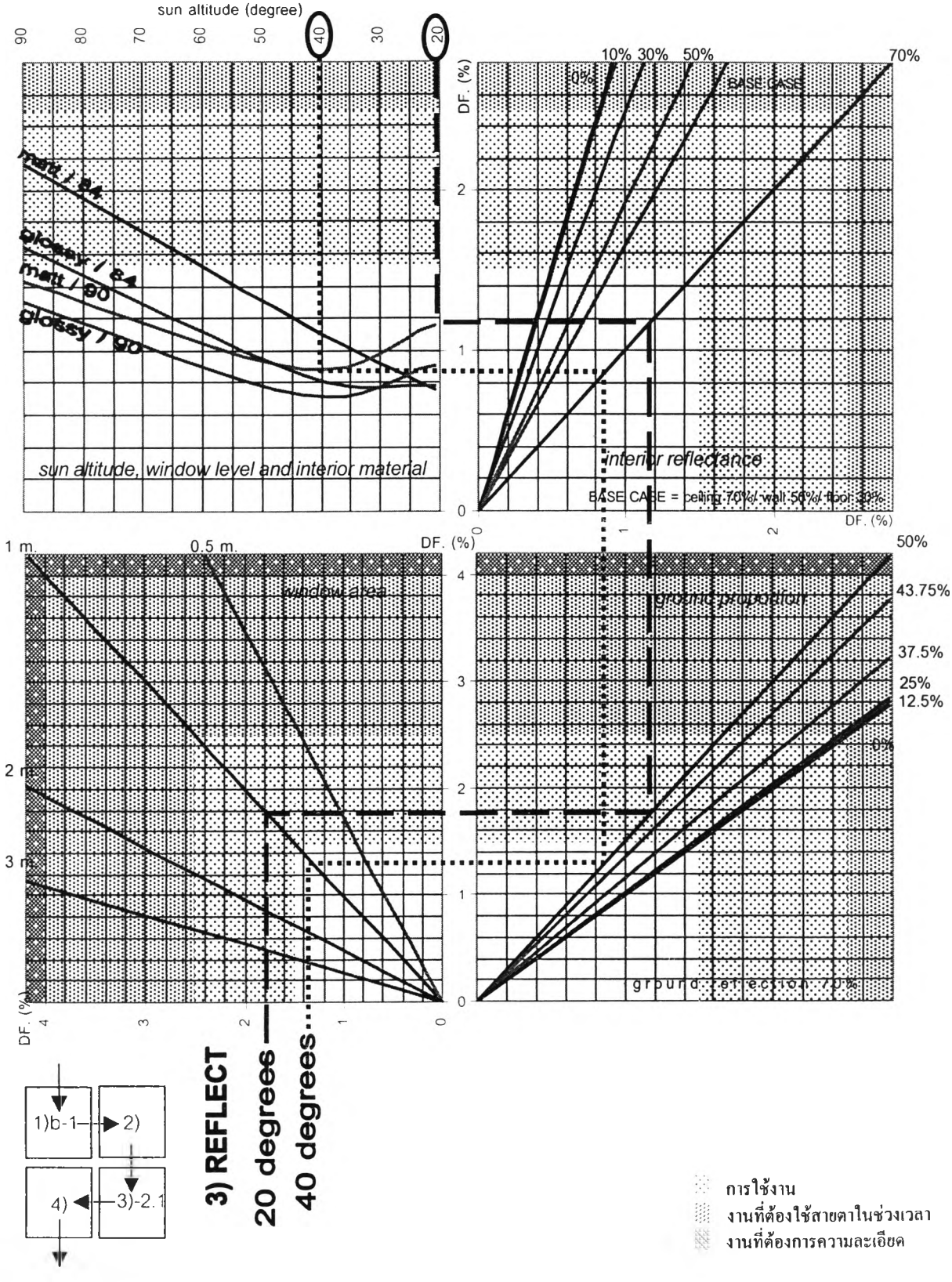
โดยสรุปจะมีค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ต่ำที่สุด 1.30% ซึ่งมากกว่ากรณีใช้ช่องเปิดสูง ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าน้อยที่สุดที่จุดลึกที่สุดมีค่าน้อยกว่าเทคนิคการใช้ช่องเปิดสูงมาก



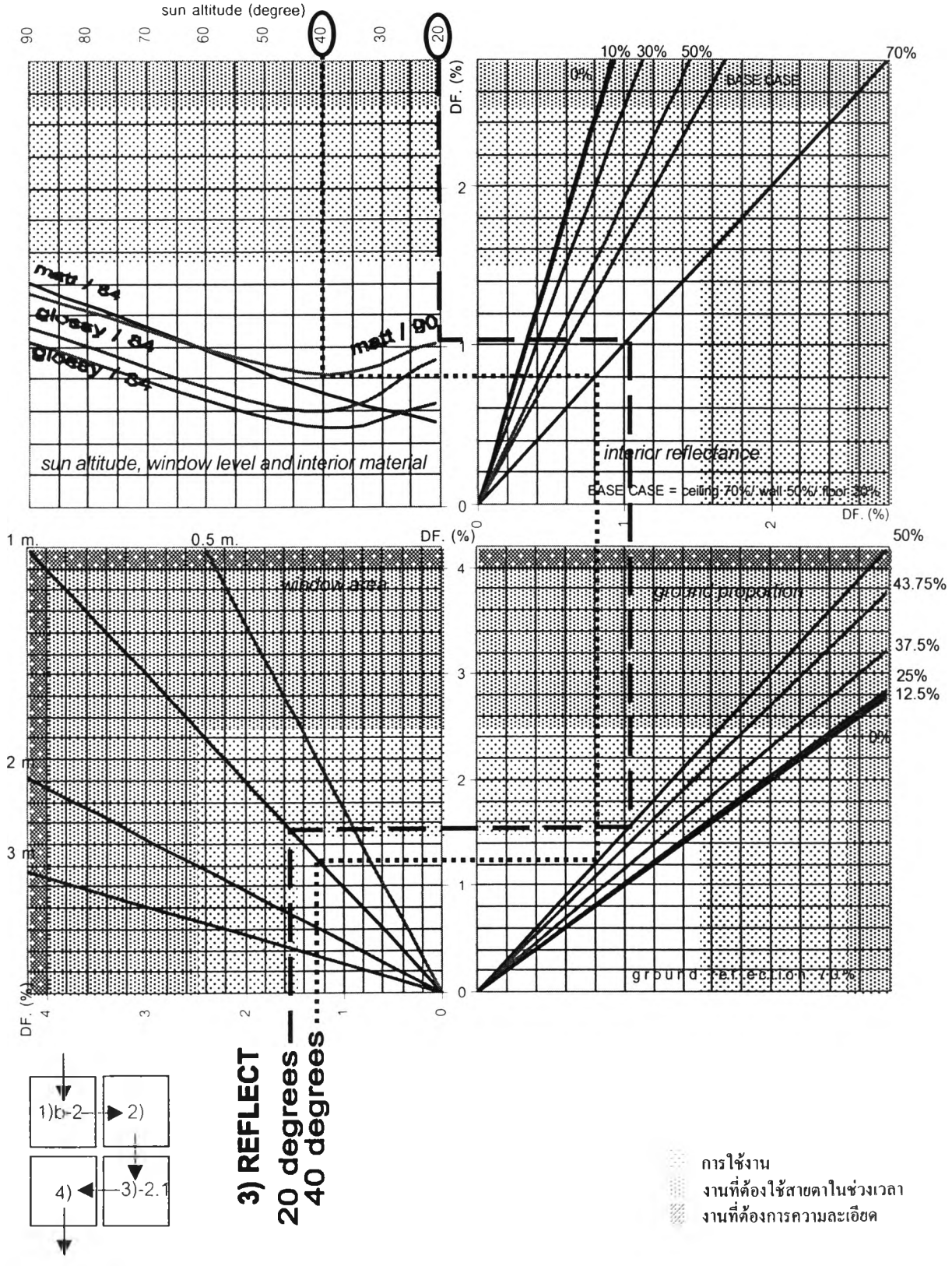
ภาพที่ *4.17 ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยของห้องกรณีเปรียบเทียบ (BASE CASE) และ ห้องที่ใช้ช่องเปิดสูง*



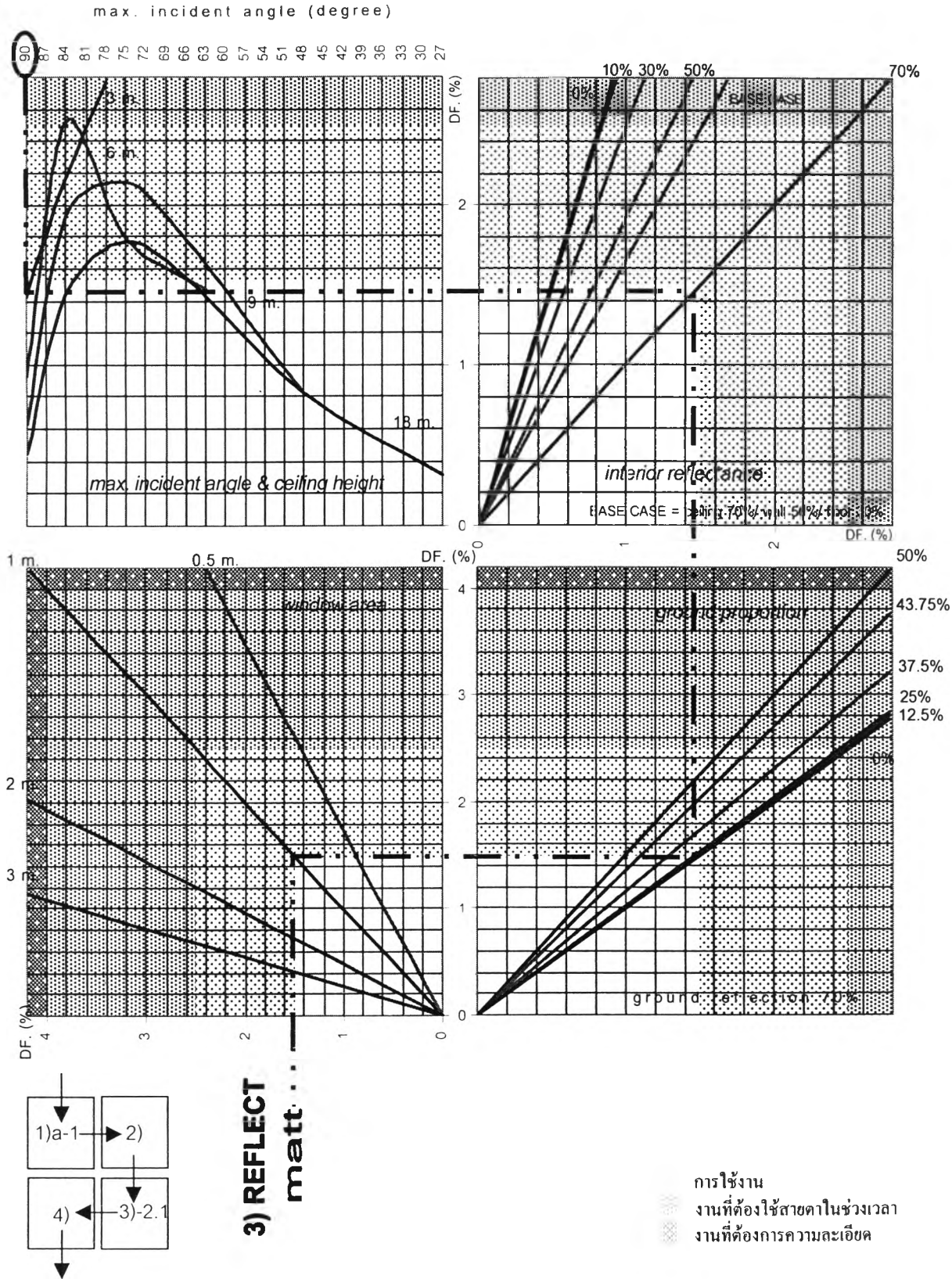
ภาพที่ 4.18 *ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ของห้องกรณีเปรียบเทียบ (BASE CASE) และ ห้องที่ใช้ช่องเปิดสูง*



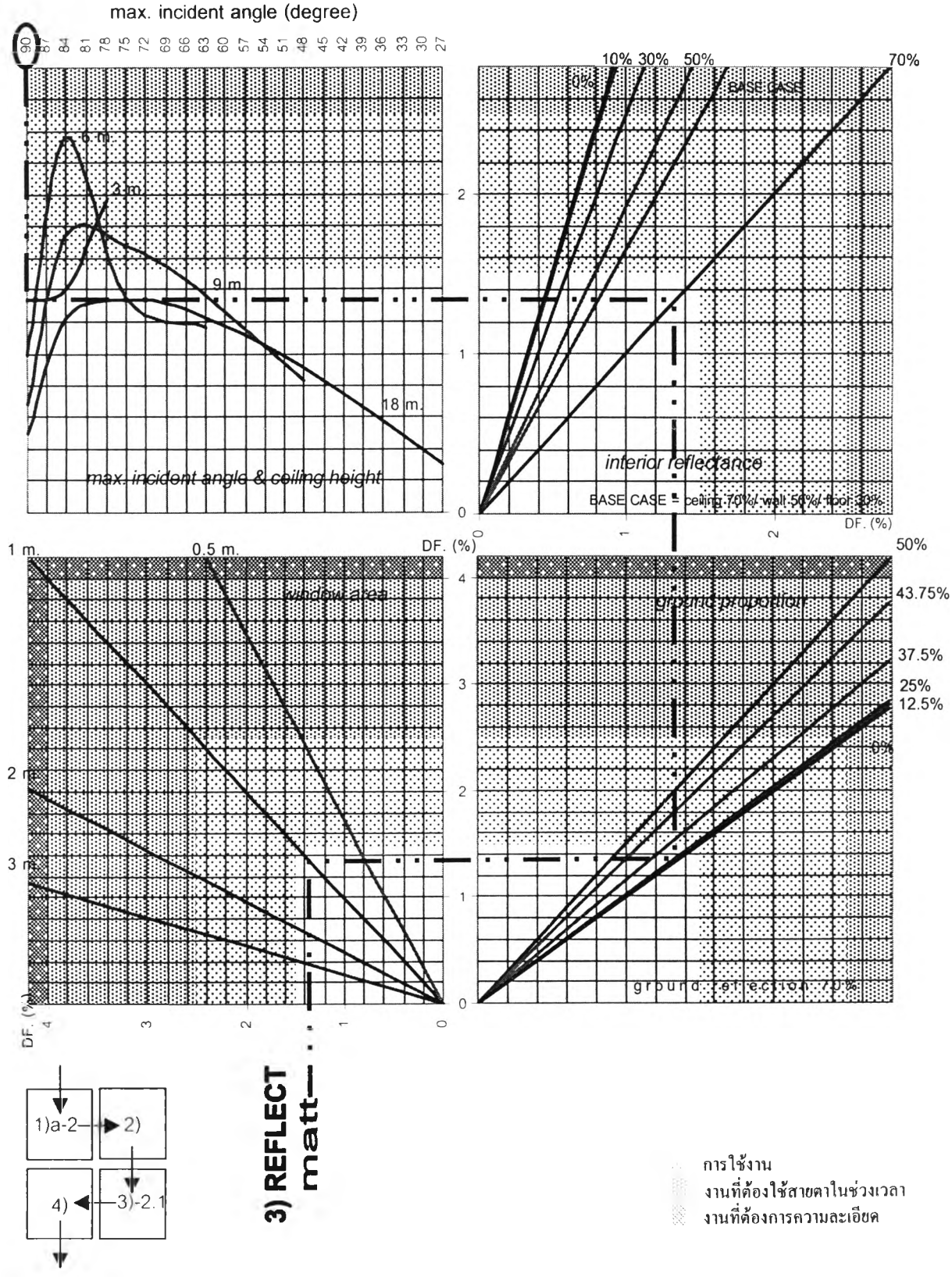
ภาพที่ *4.19 ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยของห้องที่ใช้เทคนิคการสะท้อน โดยทำนายค่าเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป มุมอัลติจูด 20 ^{o} และ 40 ^{o}*



ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ของห้องที่ใช้เทคนิคการสะท้อน โดยทำนายค่าเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป มุมอัลติจูด 20 ^{o} และ 40 ^{o}



ภาพที่ 4.21 *ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์เฉลี่ยของห้องที่ใช้เทคนิคการสะท้อน โดยทำนายค่าเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิด*



ภาพที่ *4.22 ภาพแสดงการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่จุดห่างจากช่องเปิด 7.5 เมตร ของห้องที่ใช้เทคนิคการสะท้อน โดยทำนายค่าเมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์เปลี่ยนไป ดวงอาทิตย์ไม่ทำมุมกับช่องเปิด*

ดังจะเห็นได้ว่า การเลือกใช้เทคนิคตามความเหมาะสมของสภาพต่างๆ ค่อนข้างมีความสำคัญ แต่เทคนิคต่างๆย่อมมีข้อจำกัดของตัวเอง เช่นเดียวกับการใช้โนโมกราฟเพื่อทำนายปริมาณแสงตามเทคนิคที่เลือกใช้ ถึงแม้ว่าจะมีความง่ายต่อการใช้งาน และ เป็นเทคนิคที่สามารถเปลี่ยนค่าต่างๆกลับไปมาได้โดยสามารถมองเห็นภาพรวมของปริมาณของแสงที่จะทำนายได้ ซึ่งแตกต่างจากวิธีการอื่นๆซึ่งมักซับซ้อน และต้องใช้อุปกรณ์หลากหลายร่วมกันการคำนวณ แต่โนโมกราฟนี้ก็ยังมีจุดด้อยอยู่มากเนื่องจากยังไม่มีข้อมูลบางส่วนที่ไม่ได้ทำการศึกษาทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าโดยคร่าวเท่านั้น อย่างไรก็ตามโมโนแกรมนี้ยังมีประโยชน์ทางอ้อมคือสามารถช่วยให้ผู้ออกแบบสามารถทำความเข้าใจกับเรื่องอิทธิพลของตัวแปรที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติด้านข้างเข้ามาใช้ภายในอาคาร จากการลองออกแบบผสานตัวแปรและทดลองใช้อุปกรณ์ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบอย่างยิ่ง