การออกแบบแผงกันแดดบนอาคารเรือนกระจก
กรณีศึกษา : คุ้มเค้าแมว จังหวัดเชียงราย

นางสาว ชลธิชา ประเสริฐสุขแสน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-0760-4
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SHADING DEVICE DESIGN ON GLASS HOUSE
CASE STUDY: KOOMKAOMAW, CHIANG RAI

Miss Cholthicha Prasertsuksean

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Architecture in Architecture

Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University

Academic Year 2001

ISBN 974-03-0760-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบแผงกันแดดบนอาคารเรือนกระจก กรณีศึกษา : คุ้มเค้าแมว จังหวัดเชียงราย
โดย	นางสาว ชลธิชา ประเสริฐสุขแสน
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วีระ สัจกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปราโมทย์ แตงเที่ยง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

..... กรรมการ
(อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชลธิชา ประเสริฐสุขแสน : การออกแบบแผงกันแดดบนอาคารเรือนกระจก กรณีศึกษา: คุ้มเค้าแมว จังหวัดเชียงราย. (Shading Device Design on Glass House. Case study : Koomkaomaw, Chiang Rai) อ. ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ, อ. ที่ปรึกษาร่วม : อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน, 128 หน้า. ISBN 974-03-0760-4.

การพิจารณาความสบายตาในเรือนกระจกนั้น อัตราส่วนความสว่างระหว่างส่วนใช้งานและฉากหลังจะต้องได้รับการปรับอย่างเหมาะสม หากอัตราส่วนมีค่าสูงเกินไป จะก่อให้เกิดความไม่สบายตาได้ ในการศึกษานี้ เรือนกระจกตรงกลางของคุ้มเค้าแมว บ้านพักตากอากาศที่จังหวัดเชียงรายถูกใช้เป็นอาคารกรณีศึกษา เรือนกระจกเป็นเรือนรับรองแขก เชื่อมต่อระหว่างเรือนนอนและเรือนครัว หากไม่สามารถควบคุมอัตราส่วนความสว่างระหว่างส่วนใช้งานและฉากหลังตามต้องการได้ จะทำให้ผู้ใช้สอยภายในอาคารรู้สึกไม่สบายตา การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความสบายตา โดยการออกแบบปรับปรุงเรือนกระจก และออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการตรวจสอบเรือนกระจกกรณีศึกษาเพื่อหาข้อดี ข้อเสียจากแผงกันแดดและสภาพแวดล้อมเดิม โดยมีต้นหางนกยูงช่วยให้ร่มเงา จากการวิเคราะห์พบว่า ต้นหางนกยูงไม่สามารถให้ร่มเงาอย่างมีประสิทธิภาพ และแสงแดดสามารถลอดเข้ามาทางจั่วหลังคากระจก เมื่อแสงแดดส่องจากทิศใต้ของอาคาร

ผลการวิจัยพบว่า การออกแบบปรับปรุงเรือนกระจกมีวิธีการปรับปรุงทั้งหมดสามขั้นตอน ขั้นตอนแรกปรับปรุงผนังกระจกให้มีค่าแสงส่องผ่านที่กำหนด เช่น ติดฟิล์มกรองแสง หรือเปลี่ยนชนิดกระจก เป็นต้น ขั้นตอนที่สองติดตั้งครีบกันแดดเสริมบริเวณช่องว่างบนแผงกันแดดเดิม ครีบกันแดดเสริมนี้สามารถทำจากวัสดุบังแดดที่หลากหลาย โดยใช้วัสดุโครงหลักเป็นอลูมิเนียม ส่วนวัสดุบังแดดที่คลุมโครงหลักเป็นได้ทั้งวัสดุชั่วคราวและถาวร ขั้นตอนสุดท้ายติดตั้งม่านบังแดดในส่วนผนังกระจกและส่วนจั่วหลังคากระจก โดยสามารถใช้มู่ลี่ใบพลาสติก อลูมิเนียม เป็นต้น ในส่วนความคุ้มค่าทางการลงทุนผู้ใช้สามารถเลือกวัสดุได้ตามงบประมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ผลการวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงกับเรือนกระจกลักษณะเดียวกันในจังหวัดต่าง ๆ ทั่วประเทศไทย

ภาควิชา	สถาปัตยกรรมศาสตร์	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา	2544	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4374120225 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: DAYLIGHTING / SHADING DEVICE / GLASS HOUSE/ EYE COMFORTABLE

CHOLTHICHA PRASERTSUKSEAN : SHADING DEVICE DESIGN ON GLASS HOUSE. CASE STUDY : KOOMKAOMAW, CHIANG RAI. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMSIT NITTAYA, THESIS COADVISOR : LECTURER PANCHALATH SURIYOTHIN, 128 pp. ISBN 974-03-0760-4.

This research studies visual comfort in glass house and how a brightness ratio between a task and background must be adjusted appropriately. If the ratio is too high, it could cause visual discomfort. In this case study, a glass house in the center of *Koomkaomaw* chalet in Chiang Rai was used. The glass house is a living room connected to bedrooms and a kitchen. If the brightness ratio cannot be controlled as needed, the chalet residents would experience in discomfort. This case study aims to optimize the visual comfort by renovating *Koomkaomaw* chalet and find a more efficient shading device.

The case study began by examining the glass house for advantages and disadvantages using a Pulcherrima tree to provide shade. The analysis showed that a Pulcherrima tree is incapable of providing efficient shade, and that the sunlight can penetrate the glass gable triangle when in a southern setting.

It was also found that there are three procedures to renovate the glass house. The first one is to reduce the level of transmittance of the glass walls. For example, applying tinted film and changing the glass type. The second is to fill the gaps on the roof with additional fins made of sunscreen materials and aluminum plate as framework. The sunscreen that covers the framework can be either permanent or temporary. Finally, glass walls and a glass gable triangle can be covered by vertical blinds or curtains. The blinds can be made of plastic, aluminium, etc. Other substantial materials can be used for the most efficient investment. Furthermore, this research is applicable with the same type of glass house in other provinces in Thailand.

Department/Program	Architecture	Student's signature .....
Field of study	Architecture	Advisor's signature …….....
Academic year	2001	Co-advisor's signature …….....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี อันเนื่องด้วยความกรุณา ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือและน้ำใจจากหลายสถาบัน และหลายบุคคลดังนี้

ขอขอบพระคุณในความกรุณาของ รองศาสตราจารย์ สมสิทธิ์ นิตยะ และครอบครัว ที่เป็นธุระเรื่องสถานที่พักและสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ ณ คุ้มเค้าแมว รวมทั้งให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณในความกรุณาของ อาจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาที่มีประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัย

ขอขอบพระคุณในความกรุณาของ อาจารย์ พิรัส พัชรเศวต ที่ให้คำปรึกษาในทุก ๆ ด้านในการทำวิจัยโดยตลอด

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้สนับสนุนให้ทุนในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณ จักรัตน์ บุญวรพัฒน์ บริษัท 3เอ็ม ประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความกรุณาให้ข้อมูลเกี่ยวกับฟิล์มกรองแสงของ 3เอ็ม

ขอขอบคุณในความช่วยเหลือของน้องจุ๋ม คุณจารุวรรณ ประภาทรงสิทธิ์ พี่จันทร์เจ้า คุณวรรณนิภา อมาตยกุล พี่ยายยาย คุณกฤติกา จารุทะวัย พี่เมย์ คุณนลินา และเพื่อน ๆ ที่ให้ความเพลิดเพลินสนุกสนาน สบายใจและกาย ตลอดการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณวุฒ สุธีรชาติกุล ที่ช่วยแปลบทคัดย่อวิทยานิพนธ์เป็นภาษาอังกฤษ

ท้ายสุดขอขอบคุณครอบครัวประเสริฐสุขแสน ที่เป็นครอบครัวที่อบอุ่น ดูแลความสะดวกสบายทั้งกายและใจ ระหว่างทำการวิจัยทั้งที่กรุงเทพฯ เชียงใหม่ และเชียงราย รวมทั้งเป็นแหล่งเงินทุนหลักของการวิจัยครั้งนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทที่ หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฏ

บทที่

1 บทนำ..... 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 6

2.1 ดวงตา..... 6

2.2 วงโคจรของโลก..... 7

2.3 ดวงอาทิตย์..... 8

2.4 สภาพท้องฟ้า..... 11

2.5 ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอน..... 12

2.6 ปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้ง..... 13

2.7 ความสว่างของท้องฟ้า..... 16

2.8 ความจ้า..... 17

2.9 ความเปรียบต่าง..... 18

2.10 การเปรียบเทียบความน่าสบายตาระหว่างค่ามาตรฐานและค่าความเปรียบต่าง..... 19

3 สภาพที่ตั้งเรือนกระจกกรณีศึกษา..... 23

3.1 สถานที่ตั้งเรือนกระจกกรณีศึกษา..... 23

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
4	ระเบียบวิธีวิจัย	29
	4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	29
	4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเรือนกระจกกรณีศึกษา	31
5	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	34
	5.1 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ	34
	5.2 ค่าการส่องผ่านของวัสดุ	34
	5.3 มุมมองสายตา	35
	5.4 อัตราส่วนความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ในระนาบตั้ง	35
	5.5 ผลการวิเคราะห์	36
	5.6 กรณีที่ 1 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง	37
	5.7 กรณีที่ 2 : เรือนกระจกกรณีศึกษา ไม่มีต้นหางนกยูง	42
	5.8 กรณีที่ 3 : การออกแบบแผงกันแดดบนเรือนกระจกกรณีศึกษา จังหวัดเชียงราย	46
6	บทสรุปและข้อเสนอแนะ	88
	6.1 บทสรุปของเรือนกระจกกรณีศึกษา	88
	6.2 ข้อเสนอแนะ	91
รายการอ้างอิง		93
ภาคผนวก		94
	ภาคผนวก ก. ตารางโคจรของดวงอาทิตย์ของจังหวัดต่าง ๆ	95
	ภาคผนวก ข. สภาพท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ ตลอดปี	99
	ภาคผนวก ค. ตารางแสดงปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนจากสมการการคำนวณ	101
	ภาคผนวก ง. ค่าปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน และค่าความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ	106
	ภาคผนวก จ. ค่าปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบตั้งของจังหวัดต่าง ๆ	123

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

ภาคผนวก ฉ. เกณฑ์การเลือกใช้กระจกผนังและหลังคา รวมถึง เกณฑ์การเลือกค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดของจังหวัดต่าง ๆ.....125

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....128

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	แสดงขั้นตอนการวิจัย	5
2.1	แสดงค่า K_s ของคริสป์และลินน์	15
2.2	ขอบเขตค่าความสว่างผนังกระจก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย	21
2.3	ขอบเขตค่าความสว่างผนังกระจก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย	21
2.4	เปรียบเทียบค่าความสว่างมาตรฐานและค่าที่ได้จากความเปรียบต่าง	22
5.1	แสดงมุมของครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน	73
5.2	แสดงมุมของครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม	75
5.3	แสดงระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด วันที่ 21 มิถุนายน	82
5.4	แสดงระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด วันที่ 21 ธันวาคม	84
5.5	แสดงราคาม่านบังแดดชนิดต่าง ๆ	85
5.6	แสดงราคาครีบกันแดดเสริมชนิดต่าง ๆ	86
6.1	แสดงราคาม่านบังแดดชนิดต่าง ๆ	91
ข-1	แสดงสภาพท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ ตลอดปี	100
ค-1	แสดงสมการในการคำนวณปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน	102
ค-2	แสดงข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ จังหวัดกรุงเทพฯ	104
ค-3	แสดงข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ข้อมูลจากสมการของลินน์ จังหวัดกรุงเทพฯ	104
ค-4	แสดงข้อมูลค่าแอลทิทยูดของดวงอาทิตย์ตลอดปี จังหวัดกรุงเทพฯ	105
ง-1	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดเชียงใหม่	107
ง-2	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดกรุงเทพฯ	108
ง-3	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ	

สารบัญตาราง (ต่อ)

บทที่		หน้า
	ท้องฟ้า จังหวัดเชียงราย	109
ง-4	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดขอนแก่น	110
ง-5	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดอุบลราชธานี	111
ง-6	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดนครราชสีมา	112
ง-7	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดหนองคาย	113
ง-8	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	114
ง-9	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดสุราษฎร์ธานี	115
ง-10	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดสงขลา	116
ง-11	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดภูเก็ต	117
ง-12	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดพิษณุโลก	118
ง-13	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดนครสวรรค์	119
ง-14	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดกาญจนบุรี	120
ง-15	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดปราจีนบุรี	121
ง-16	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของ ท้องฟ้า จังหวัดชลบุรี	122

สารบัญตาราง (ต่อ)

บทที่		หน้า
จ-1	แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบตั้งของท้องฟ้า	124
ฉ-1	แสดงเกณฑ์ในการเลือกค่าแสงส่องผ่านของผนังกระจกและหลังคากระจก	126
ฉ-2	แสดงเกณฑ์ในการเลือกค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดด	127

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
2.1	แสดงภาพตัดด้านหน้าตา	6
2.2	แสดงมุมมองของตาที่มุมต่าง ๆ	7
2.3	แสดงวงโคจรของโลก	7
2.4	แสดงภาพตัดวงโคจรของโลก	8
2.5	แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์	8
2.6	แสดงภาพสัญลักษณ์ต่าง ๆ	9
2.7	แสดงสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง	11
2.8	แสดงสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก	12
2.9	แสดงความสว่างของท้องฟ้าแบบโปร่ง	16
2.10	แสดงความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก	17
2.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเปรียบต่างและเปอร์เซ็นต์การมองเห็นชัด	19
2.12	ค่ามาตรฐานความสว่างที่ระดับมุมมองต่าง ๆ	20
3.1	สภาพแวดล้อมคุ้มเค้าแมว	23
3.2	ลักษณะเรือนกระจกกรณีศึกษาด้านทิศตะวันตก	24
3.3	สภาพแวดล้อมด้านหลังเรือนกระจก	24
3.4	ต้นหางนกยูงด้านหลังและซานด้านหน้าเรือนกระจก	25
3.5	ซานไม้ด้านทิศตะวันตกของเรือนกระจก	25
3.6	ภาพภายในเรือนกระจกเมื่อมองไปยังเรือนนอน	26
3.7	ภาพภายในเรือนกระจกเมื่อมองไปยังเรือนครัว	26
3.8	แสดงโครงเหล็กบังแดดเหนือหลังคากระจก	27
3.9	แสดงระยะต่าง ๆ ภายในเรือนกระจก	27
3.10	แสดงแปลนพื้นเรือนกระจกในกลุ่มคุ้มเค้าแมว	28
4.1	แสดงเครื่องวัดแสง StowAway Light Intensity Logger	29
4.2	แสดงเครื่องวัดแสง Lux Meter	30
4.3	แสดงเครื่อง Luminance Meter LS-110 Minolta	31
4.4	แสดงระยะของโฟกัสต่าง ๆ เครื่อง Luminance Meter LS-110 Minolta	32
5.1	แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจก	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
5.2	ภาพแสดงค่าการส่องผ่านของวัสดุต่าง ๆ ของเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	35
5.3	ภาพแสดงมุมมองของสายตาขณะยืนและนั่งภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา...	35
5.4	ภาพแสดงอัตราส่วนความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา	36
5.5	ภาพแสดงค่าแสงส่องผ่านเรือนกระจกกรณีที่ 1.....	37
5.6	ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่างๆ จังหวัดเชียงราย(21 มิ.ย.)..	40
5.7	ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่างๆ จังหวัดเชียงราย(21 ธ.ค.)...	40
5.8	ภาพแสดงค่าแสงส่องผ่านเรือนกระจกกรณีที่ 2.....	42
5.9	ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่างๆ จังหวัดเชียงราย(21 มิ.ย.)..	44
5.10	ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่างๆ จังหวัดเชียงราย(21 ธ.ค.)..	44
5.11	ภาพแสดงตำแหน่งของแผงกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	46
5.12	ภาพแสดงระยะของครีบกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	46
5.13	ภาพแสดงรูปด้านข้างเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	47
5.14	ภาพแสดงรูปด้านหน้าเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	47
5.15	ภาพแสดงแสงแดดส่องผ่านแผงกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา.....	48
5.16	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 07:00 น.....	49
5.17	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 08:00 น.....	50
5.18	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 09:00 น.....	51
5.19	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น.....	52
5.20	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 11:00 น.....	53
5.21	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.....	54
5.22	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 13:00 น.....	55
5.23	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 14:00 น.....	56
5.24	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 15:00 น.....	57
5.25	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16:00 น.....	58
5.26	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น.....	59
5.27	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 18:00 น.....	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
5.28	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 07:00 น.	61
5.29	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 08:00 น.	62
5.30	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 09:00 น.	63
5.31	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น.	64
5.32	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 11:00 น.	65
5.33	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	66
5.34	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 13:00 น.	67
5.35	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 14:00 น.	68
5.36	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 15:00 น.	69
5.37	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16:00 น.	70
5.38	ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 17:00 น.	71
5.39	ภาพแสดงตำแหน่งเงาที่เกิดขึ้นภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา	72
5.40	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 07:00 น.	76
5.41	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 08:00 น.	76
5.42	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 09:00 น.	76
5.43	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น.	77
5.44	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 14:00 น.	77
5.45	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 15:00 น.	77
5.46	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16:00 น.	78
5.47	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น.	78
5.48	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 18:00 น.	78
5.49	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 07:00 น.	79
5.50	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 08:00 น.	79
5.51	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 09:00 น.	79
5.52	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น.	80
5.53	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 11:00 น.	80
5.54	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 13:00 น.	80

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ		หน้า
5.55	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 14:00 น.	81
5.56	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 15:00 น.	81
5.57	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16:00 น.	81
5.58	ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 17:00 น.	82
6.1	ภาพแสดงลำดับค่าแสงส่องผ่านของเรือนกระจกกรณีศึกษา	88
ก-1	ภาพแสดงแผนที่เวลามาตรฐานโลก	96
ก-2	ภาพแสดงตำแหน่งจังหวัดที่ทำฐานข้อมูลในประเทศไทย	97
ก-3	ภาพแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ในจังหวัดเชียงราย เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม	98
ก-4	ภาพแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ในจังหวัดเชียงราย เดือนธันวาคมถึงมิถุนายน	98
ค-1	ภาพแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ระหว่างข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ และ สมการของลินน์ จังหวัดกรุงเทพฯ	103

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

คุ้มเค้าแมวเป็นบ้านพักตากอากาศอยู่ในหุบเขาจังหวัดเชียงราย คุ้มเค้าแมวประกอบด้วยเรือนสามหลัง ได้แก่ เรือนครัว เรือนรับรอง และเรือนนอน โดยเรือนรับรองเป็นเรือนกระจกซึ่งเป็นอาคารกรณีศึกษา เรือนกระจกกรณีศึกษาเป็นเรือนที่เชื่อมต่อระหว่างเรือนนอนและเรือนครัว การสัญจรไปมาของผู้ใช้สอยระหว่างเรือนนอนและเรือนครัว จะต้องผ่านเรือนกระจกกรณีศึกษา ในปัจจุบันเรือนกระจกมีความสว่างมากเมื่อเทียบกับเรือนนอนและเรือนครัว เพราะเรือนทั้งสองมีหลังคาทึบ ทำให้ความสว่างเมื่อเทียบกับเรือนกระจกเกิดความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อเดินผ่านไปผ่านมาระหว่างเรือนทั้งสามจะเกิดความไม่สบายตาเนื่องจากความมืดและสว่างของเรือนแต่ละหลัง เช่นเดียวกับเมื่อมองจากเรือนกระจกไปยังเรือนนอนหรือเรือนครัว จะเห็นเป็นภาพมืดของเรือนทั้งสองหลัง ทำให้เกิดอาการปวดตาเมื่อความสว่างของเรือนทั้งสามหลังแตกต่างกันมาก โดยเฉพาะเวลากลางวัน เมื่อตำแหน่งของดวงอาทิตย์อยู่เหนือหัว จะเกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวชัดเจน

เรือนกระจกกรณีศึกษาใช้ผนังกระจกสีเขียวอ่อน ขนาด 6 มม. ชั้นเดียว ส่วนหลังคาใช้กระจกสีเขียวอ่อนลามิเนต ขนาด 6+6 มม. บนหลังคามีการทำครีบกันแดดเป็นระยะ 47.5 เซนติเมตร ด้านหลังอาคารมีการปลูกต้นไม้ ช่วยในการบังแดดให้กับอาคาร หากความเปรียบต่างของแสงในระนาบตั้งมากเกินไป จะก่อให้เกิดความไม่สบายตาได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นในเรือนกระจกกรณีศึกษานั้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ประการ ได้แก่ ปัญหาด้านกายภาพ และปัญหาด้านความสบายตา

. **ปัญหาด้านกายภาพ**

1) แผงกันแดดเดิมไม่มีความสม่ำเสมอในการบังแดด
2) ผนังกระจกมีค่าแสงส่องผ่านสูงเกินกำหนด
3) หากใช้ต้นไม้ช่วยบังแดดจะต้องมีค่าแสงส่องผ่านเท่าไรจึงเหมาะสม

. **ปัญหาด้านความสบายตา**

1) ความเปรียบต่างระหว่างเรือนทั้งสามหลังมีค่าสูงเกินกำหนด
2) การปรับสายตาในแต่ละระดับเมื่อมองผ่านผนังและหลังคากระจกไปยังท้องฟ้ามีค่าสูงเกินกำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหาต่าง ๆ เหล่านี้จะทำการวิจัยต่อไป เพื่อหาแนวทางการออกแบบปรับปรุงเรือนกระจก โดยเริ่มจากการปรับปรุงแผงกันแดดเดิม การหาค่าแสงส่องผ่านของผนังและหลังคากระจกที่เหมาะสม และการบังแดดผนังกระจกโดยใช้ม่านบังแดด ตามลำดับ โดยวัสดุที่เลือกใช้ควรมีอายุใช้งานยาวนาน และบำรุงรักษาง่าย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาปัญหาด้านกายภาพและปัญหาด้านความสบายตาที่เกิดขึ้นในเรือนกระจกกรณีศึกษา

2. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งด้านกายภาพ เช่น ความสว่างในระนาบตั้งภายในเรือนกระจก และด้านประสิทธิภาพของอุปกรณ์บังแดดเดิม เป็นต้น และด้านความสบายตา เช่น การปรับสายตา ความจ้าและความเปรียบต่างที่กับเรือนกระจกกรณีศึกษา เป็นต้น

3. ออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกเรือนกระจกกรณีศึกษา โดยให้สามารถใช้ควบคู่กับแผงกันแดดเดิม เพื่อป้องกันแสงแดดที่ส่องเข้ามาในเรือนกระจกกรณีศึกษา

4. การเลือกใช้วัสดุประกอบแผงกันแดดส่วนที่เพิ่มเติมจากแผงกันแดดเดิม โดยใช้วัสดุที่คำนึงถึงอายุการใช้งานยาวนาน การบำรุงรักษาง่าย

5. ศึกษาการลงทุนของอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่ต่าง ๆ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ข้อมูลความสว่างของท้องฟ้าได้จากการสมการคำนวณ โดยใช้วันในการเทียบค่ารวมสองวัน ได้แก่ วันที่ 21 มิถุนายน (ตัวแทนวันในฤดูร้อน) และวันที่ 21 ธันวาคม (ตัวแทนวันในฤดูหนาว)

2. ทำการวิจัยการออกแบบแผงกันแดด เพื่อป้องกันแสงแดด และการปรับสายตาของผู้อยู่อาศัยในเรือนกระจกกรณีศึกษาเท่านั้น

3. ข้อมูลที่ทำการวัดและบันทึกมีดับนี้

   . ค่าการสะท้อนของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

   . ค่าการส่องผ่านของกระจกที่ใช้ในเรือนกระจกกรณีศึกษา

   . บันทึกตำแหน่ง ลักษณะ รูปทรง พุ่มใบของต้นไม้และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่มีผลต่อการศึกษา

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

1. ขั้นตอนการศึกษาการคำนวณค่าความสว่างของท้องฟ้า รวมถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ

2. ขั้นตอนการเตรียมเครื่องมือที่ใช้ในการวัด

ก. แบบอาคาร ประกอบด้วย ผังพื้น รูปตัด รายละเอียดของเรือนกระจกกรณีศึกษา

. เข็มทิศ

. สายวัด

. เครื่องวัดความส่องสว่าง Lux Meter

. เครื่องวัดค่าความสว่าง Luminance Meter ของ Minolta LS-110

. ขาตั้งกล้อง เพื่อยึดเครื่องวัดแสงให้ได้ตามความสูงและระนาบที่ต้องการ

3. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

ก. เก็บข้อมูลด้านกายภาพของเรือนกระจกกรณีศึกษา เช่น ทิศทางการตั้งอาคาร ความกว้าง ความยาว และความสูงของอาคาร เพื่อตรวจสอบกับแบบอาคาร รวมถึงการตรวจสอบต้นไม้และสภาพแวดล้อมอาคาร เพื่อจัดทำแผนผังอาคารจริง

ข. การวัดค่าความสว่าง โดย

1) วัดค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อน และค่าการส่องผ่านและการดูดซับแสงของวัสดุประกอบภายในเรือนกระจก โดยใช้เครื่องวัดความส่องสว่าง Lux Meter โดยคิดค่าเป็นเปอร์เซ็นต์

2) วัดค่าความสว่างในแนวระนาบตั้ง โดยใช้เครื่องวัดค่าความสว่าง Luminance Meter ของ Minolta LS-110 โดยทำการวัดในทุกระนาบตั้งของวัสดุประกอบภายในอาคาร รวมทั้งพื้น ผนัง หลังคา เป็นต้น ภาพทิวทัศน์ภายนอก และพื้นที่ต่อเนื่องระหว่างเรือนครัว เรือนนอน และเรือนกระจก มีหน่วยเป็น cd/m^2

ค. แปลงข้อมูลดิบในข้อ ข. โดยทำเป็นตาราง กราฟ แผนภูมิต่าง ๆ เพื่อเตรียมวิเคราะห์ต่อไป

4. การคำนวณค่าแสงสว่างต่าง ๆ จากสมการการคำนวณดังนี้

. ค่าปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของท้องฟ้า

. ค่าปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งของท้องฟ้า

. ค่าความสว่างของท้องฟ้าที่มุมมองในระดับต่าง ๆ

5. การวิเคราะห์ข้อมูล จากตาราง กราฟ โดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบการวิเคราะห์ เรื่อง ความเปรียบต่าง และการปรับสายตาภายในเรือนกระจกกรณีศึกษาทั้งที่มีต้นไม้และไม่มีต้นไม้ช่วยให้ร่มเงาแก่อาคาร

6. ออกแบบแผงกันแดด และหาค่าแสงส่องผ่านของกระจกผนังและหลังคาที่เหมาะสมเพื่อลดค่าความเปรียบต่างที่มีผลต่อความสบายตาของผู้ใช้สอยภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

7. วิเคราะห์การลงทุนของแผงกันแดดที่เพิ่มขึ้นใหม่

8. สรุปผลและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดค่าความเปรียบต่างของแสงสว่าง เพื่อให้เกิดความสบายทางสายตา

2. สามารถออกแบบแผงกันแดดที่เพิ่มขึ้นใหม่จากวัสดุต่าง ๆ

3. สามารถนำผลการทดลองไปประยุกต์ใช้กับเรือนกระจกกรณีศึกษา และเรือนกระจกที่มีรายละเอียดใกล้เคียงกันได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1.1 แสดงขั้นตอนการวิจัย

ศึกษาปัญหาด้านกายภาพและปัญหาด้านความสบายตา

- เก็บข้อมูลด้านกายภาพของเรือนกระจก
- วัดค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในเรือนกระจก
- วัดค่าการส่องผ่านของกระจกผนัง หลังคา และแผงกันแดด
- วัดค่าความสว่างในระนาบตั้งของวัสดุประกอบภายในอาคาร
- คำนวณค่าความสว่างของท้องฟ้า
- คำนวณค่าความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจก

▼

วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งด้านกายภาพและด้านความสบายตา

- ค่าความเปรียบต่าง และการปรับสายตาภายในเรือนกระจก
  กรณีศึกษาที่ 1 : เรือนกระจก มีต้นไม้
  กรณีศึกษาที่ 2 : เรือนกระจก ไม่มีต้นไม้
- เกณฑ์ค่าการส่องผ่านของกระจกผนังและหลังคาที่เหมาะสม
- เกณฑ์ค่าการส่องผ่านของแผงกันแดดที่เหมาะสม

▼

ออกแบบอุปกรณ์บังแดดภายนอกเรือนกระจกกรณีศึกษา

- ครีบกันแดด
- ม่านบังแดด

▼

การเลือกใช้วัสดุโดยคำนึงถึงอายุการใช้งานยาวนาน การบำรุงรักษาง่าย

- วัสดุถาวร
- วัสดุชั่วคราว

▼

ศึกษาการลงทุนของอุปกรณ์ที่ออกแบบใหม่ต่าง

▼

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

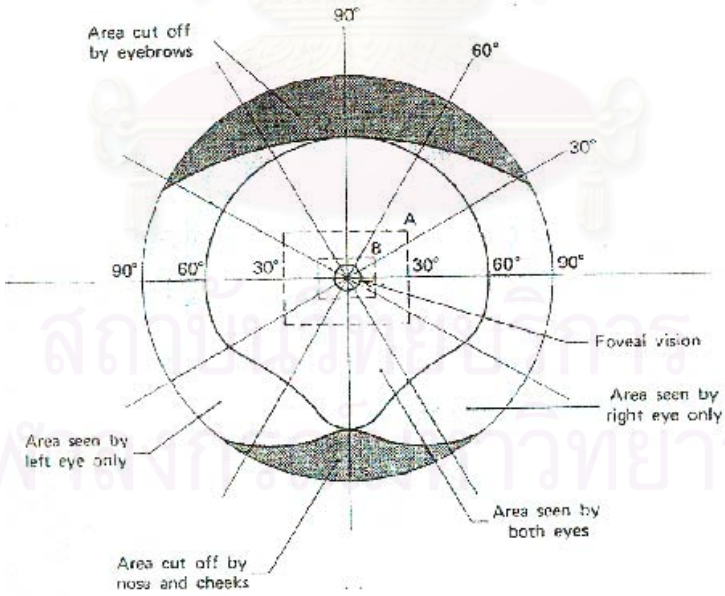
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ดวงตา

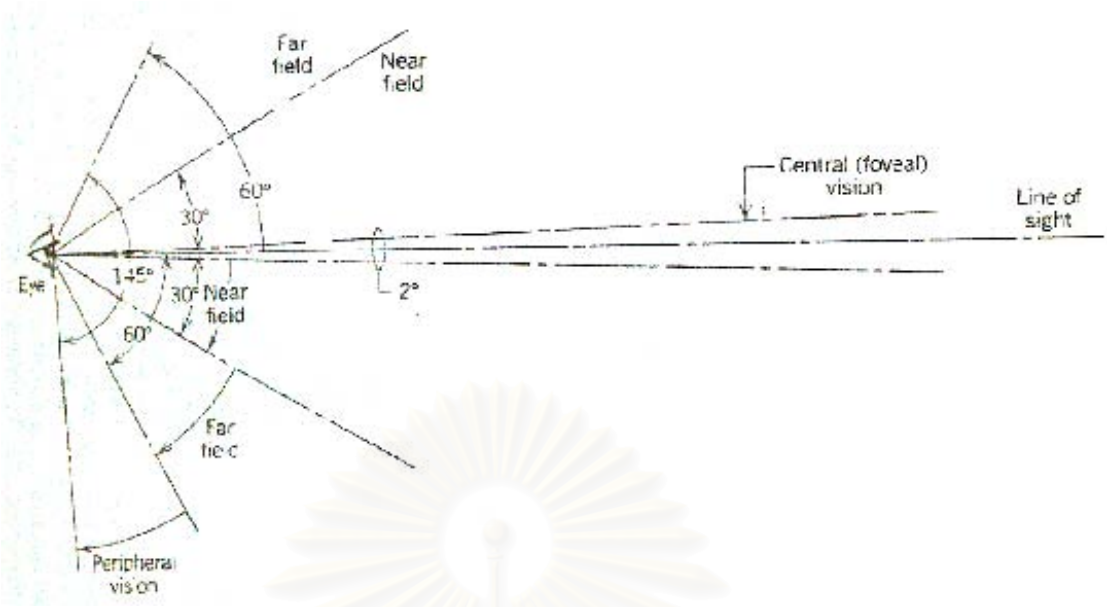
ดวงตาเป็นอวัยวะในการมองเห็นของมนุษย์ เมื่อแสงจากวัตถุตกลงจอรับภาพภายในดวงตา จะเห็นเป็นภาพต่าง ๆ ภาพดังกล่าวนี้มีขอบเขตการรับภาพ ซึ่งกำหนดจากอวัยวะที่ใกล้เคียงตาเป็นส่วนบดบังพื้นที่รับภาพ โดยดวงตาแบ่งเป็นพื้นที่รับภาพส่วนต่าง ๆ ได้ดังนี้ (Stein, 1992 : 929)

พื้นที่ด้านบนของดวงตา ซึ่งถูกคิ้วบังภาพ
พื้นที่ด้านล่างของดวงตา ซึ่งถูกโหนกแก้มและจมูกบังภาพ
พื้นที่ด้านข้างของดวงตา โดยพื้นที่ด้านซ้ายจะเห็นเมื่อใช้ตาข้างซ้ายมอง ส่วนพื้นที่ด้านขวาจะเห็นเมื่อใช้ตาข้างขวามอง ทั้งสองส่วนจัดเป็นมุมมองระยะไกลที่ 60 องศา
พื้นที่ส่วนกลางภาพ ที่ 30 องศา จัดเป็นมุมมองระยะใกล้
พื้นที่ศูนย์กลางตา ที่ 2 องศา จัดเป็นจุดศูนย์กลางการมองภาพ



รูปที่ 2.1 แสดงภาพตัดด้านหน้าของตา

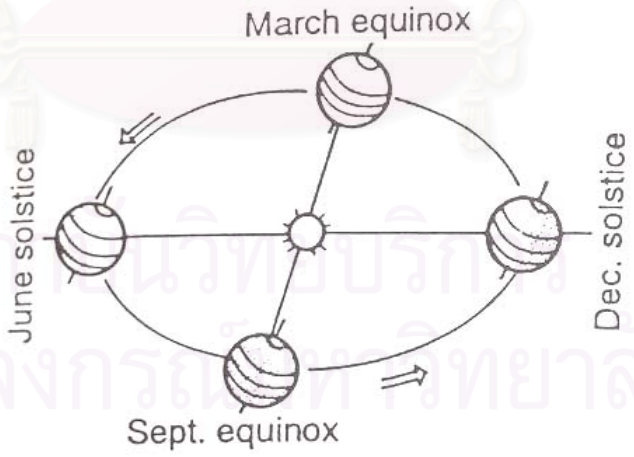
ที่มา : Stein, B. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. (New York : John Wiley & Sons, 1992), p. 929.



รูปที่ 2.2 แสดงมุมมองของตาที่มุมต่าง ๆ

ที่มา : Stein, B. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. (New York : John Wiley & Sons, 1992), p. 929.

2.2 วงโคจรของโลก



รูปที่ 2.3 แสดงวงโคจรของของโลก

ที่มา : Szokolay, S. V. Solar Geometry. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1996), p. 5.

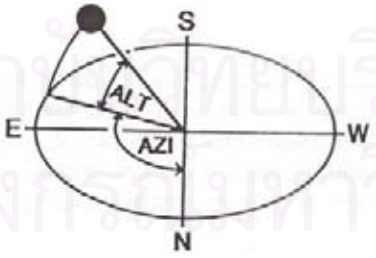
โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของโลกตามฤดูกาลต่าง ๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ตำแหน่ง ได้แก่ (Szokolay, 1996 : 6)

1. ตำแหน่งในวันที่ 22 มีนาคม เป็นตัวแทนของวันที่มีจำนวนชั่วโมงของกลางวันและกลางคืนเท่ากัน (Equinox)
2. ตำแหน่งในวันที่ 22 มิถุนายน เป็นตัวแทนของวันในฤดูร้อน (Winter solstice)
3. ตำแหน่งในวันที่ 21 กันยายน เป็นตัวแทนของวันที่มีจำนวนชั่วโมงของกลางวันและกลางคืนเท่ากัน (Autumnal equinox)
4. ตำแหน่งในวันที่ 22 ธันวาคม เป็นตัวแทนของวันในฤดูหนาว (Winter solstice)

รูปที่ 2.4 แสดงภาพตัดวงโคจรของของโลก

ที่มา : Szokolay, S. V. Solar Geometry. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1996), p. 5.

2.3 ดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.5 แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์

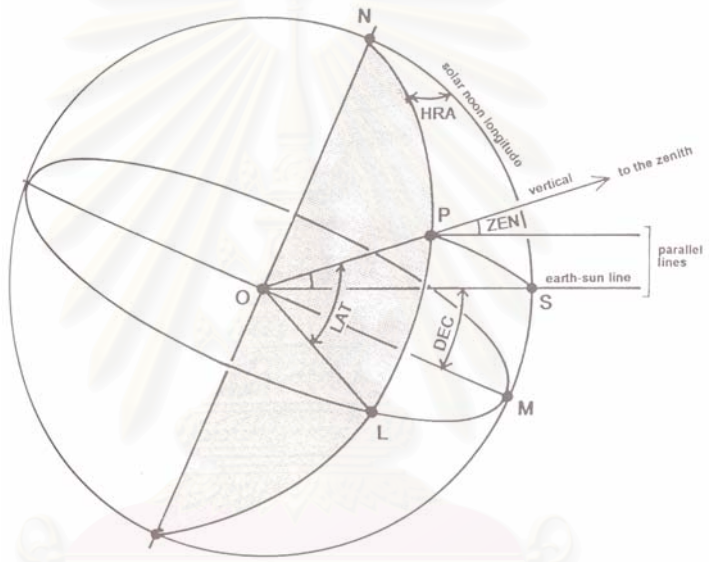
ที่มา : Szokolay, S. V. Solar Geometry. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1996), p. 6.

เมื่อมองดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า จะสามารถกำหนดตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้ด้วยคำนิยาม 2 คำ ได้แก่ (Szokolay, 1996 : 6)

แอลทิทยูด (altitude - *ALT*) คือ หน่วยวัดในระนาบตั้ง ระหว่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์และเส้นขอบฟ้า

แอสอิมัธ (azimuth - *AZI*) คือ หน่วยวัดในระนาบนอน ระหว่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์จากทิศเหนือตามเข็มนาฬิกา

หมายเหตุ: ภาษาอังกฤษแปลมาจาก Sethaputra. S. New model Engligh – Thai Dictionary. 1st edition. Bangkok : Thaiwat Th, 1993.



รูปที่ 2.6 แสดงภาพสัญลักษณ์ต่าง ๆ

ที่มา : Szokolay, S. V. Solar Geometry. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1996), p. 42.

มุมต่าง ๆ ในรูปที่ 2.4 และ 2.5 สามารถคำนวณได้จากสมการ (Szokolay, 1996 : 22)

$$ALT = arcsin(sinDEC * sinLAT + cosDEC * cosLAT * cosHRA) \quad \ldots 1)$$

โดยที่ $HRA = 15 * (hour - 12)$ ค่าลบ คือ ช่วงเช้าและค่าบวก คือ ช่วงบ่าย

ALT คือ แอลทิทยูด (altitude) หรือ หน่วยวัดในระนาบตั้ง ระหว่างตำแหน่งของดวงอาทิตย์และเส้นขอบฟ้า

DEC คือ มุมระหว่างเส้นจากดวงอาทิตย์ถึงโลกและเส้นศูนย์สูตร (Declination)

LAT คือ แลทอิทยูด (Latitude) หรือ เส้นที่ขนานกับเส้นศูนย์สูตรของโลก

HRA คือ เวลาของวันโดยอ้างอิงจากตำแหน่งดวงอาทิตย์ในตอนเที่ยง (Hour angle)

$$AZI = \arccos[(\cos LAT * \sin DEC - \cos DEC * \sin LAT * \cos HRA) / \cos ALT] \quad ...2)$$

หรือ

$$AZI = \arcsin[(\cos DEC * \sin HRA) / \cos ALT] \quad ...3)$$

ผลลัพธ์จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 180 องศา เฉพาะตอนกลางวัน ส่วนตอนกลางคืนให้ใช้ $AZI = 360 - AZI$

จากสมการข้างต้นจะต้องมีค่าที่ต้องหาเพิ่มเติมดังนี้ (Szokolay, 1996 : 22)

$$DEC = 23.45 * \sin [0.986 * (284 + NDY)] \quad ...4)$$

โดยที่ *NDY* (Number of day of the year) คือ จำนวนวันในหนึ่งปี โดยเริ่มจากวันที่ 1 มกราคม ดังนั้นวันที่ 22 มีนาคม จะได้ NDY = 31 + 28 + 22 = 81 วันที่ 31 ธันวาคม จะได้ NDY = 365

ถ้าจะให้สมการดังกล่าวมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น จะใช้สมการดังนี้ (Szokolay, 1996 : 22)

$$DEC = 0.33281 - 22.984 * \cos N + 3.7872 * \sin N - 0.3499 * \cos(2*N) + 0.03205 * \sin(2*N) - 0.1398 * \cos(3*N) + 0.07187 * \sin(3*N) \quad ...5)$$

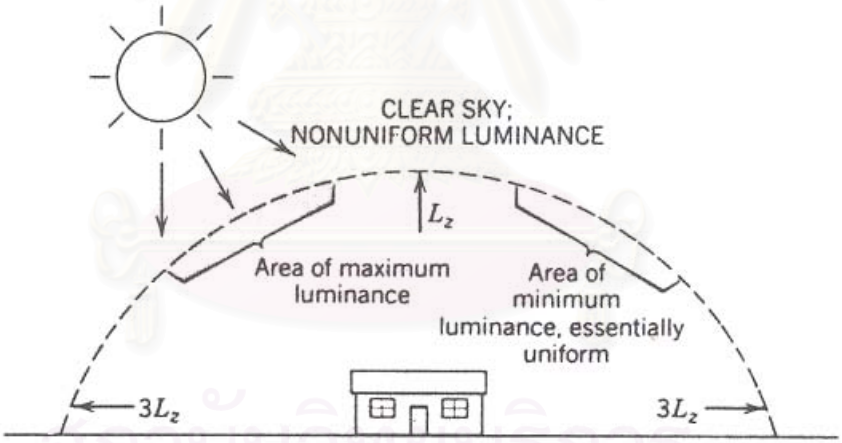
โดย**ที่** $N = 0.9836 * NDY$ (*N* เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณข้างต้น)

2.4 สภาพท้องฟ้า

ความสว่างของท้องฟ้าขึ้นอยู่กับปริมาณของเมฆ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่นละออง ไอน้ำ เป็นต้น โดยทั่วไปสภาพท้องฟ้าสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง (Clear sky)
2. สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน (Partly cloudy sky)
3. สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Overcast sky)

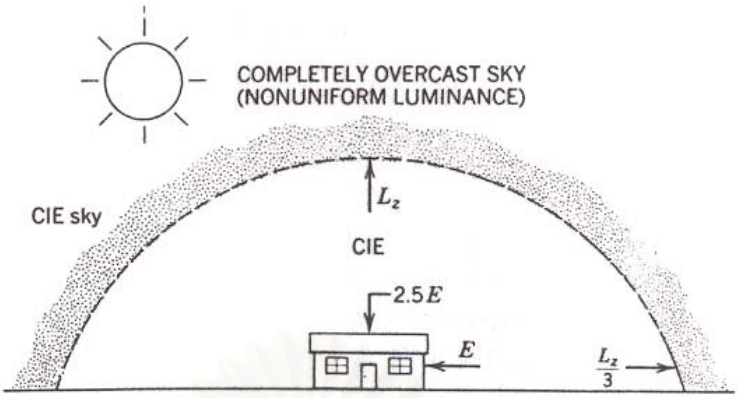
ในการพิจารณาประกอบสมการต่าง ๆ นั้น สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วนจะไม่นำมาพิจารณา เพราะเป็นสภาพท้องฟ้าที่ไม่คงที่ สภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง คือ ท้องฟ้าที่ปราศจากเมฆ ความสว่างจากดวงอาทิตย์สามารถส่องลงมาได้โดยตรง ซึ่งความสว่างของท้องฟ้าเกิดจากสององค์ประกอบ คือ แสงกระจายจากท้องฟ้า และ แสงตรงจากดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.7 แสดงสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง

ที่มา : Stein, B. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. (New York : John Wiley & Sons, Inc., 1992), p. 974.

สภาพท้องฟ้าแบบโปร่งจะมีปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนเป็น 2.5 เท่าของระนาบตั้ง ในขณะเดียวกันความสว่างที่จุดสูงสุดมีค่ามากเป็น 3 เท่าของขอบฟ้า



รูปที่ 2.8 แสดงสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก

ที่มา : Stein, B. Mechanical and Electrical Equipment for Buildings. 8th Edition. (New York : John Wiley & Sons, Inc., 1992), p. 974.

สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก คือ สภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสง ท้องฟ้าแบบนี้จะมีความสว่างที่ขอบฟ้ามากเป็น 3 เท่าของจุดที่สูงที่สุด

ในส่วนสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วนจะไม่นำมาพิจารณา เนื่องจากเป็นสภาพท้องฟ้าที่มีการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา โดยทั่วไปความสว่างของท้องฟ้าแบบนี้จะมีความสว่างมากกว่าสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 – 15% (Nagamura and Oki, 1983: 34)

2.5 ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอน

ปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน สามารถนำมาหาปริมาณความส่องสว่างของวัตถุต่าง ๆ ภายในอาคารได้ เช่น ปริมาณความส่องสว่างของพื้นอาคารระดับทำงาน บนโต๊ะทำงาน เป็นต้น ซึ่งวัตถุต่าง ๆ เหล่านี้เป็นวัตถุที่อยู่ในระนาบนอน ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนมีหน่วยเป็นลักซ์ และสามารถคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง และสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมากได้ดังนี้

สมการปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง (Stein, 1992 : 974) มีดังนี้

$$E_{h,c} = 1{,}345 + 14{,}795 \sin a \qquad \ldots 6)$$

โดยที่ $E_{h,c}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง (Exterior horizontal illuminance from a clear sky)

a คือ แอลทิทยูดของตำแหน่งดวงอาทิตย์

สมการปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Stein, 1992 : 974) มีดังนี้

$$E_{h,o} = 300 + 21,000 \sin a \qquad ...7)$$

โดยที่ $E_{h,o}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนของสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Exterior horizontal illuminance from a overcast sky)

2.6 ปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้ง

ปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบตั้ง สามารถนำมาหาปริมาณความส่องสว่างของวัตถุต่าง ๆ ภายในอาคารได้ เช่น ปริมาณความส่องสว่างของผนัง เสา เป็นต้น ซึ่งวัตถุเหล่านี้อยู่ในระนาบตั้ง ในการหาปริมาณความส่องสว่างของระนาบตั้งไม่สามารถนำวัตถุในระนาบนอนมาคำนวณได้ เพราะอยู่ในระนาบที่แตกต่างกัน ปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งมีหน่วยเป็นลักซ์ และสามารถคำนวณหาปริมาณความส่องสว่างงนระนาบตั้งของสภาพท้องฟ้าแบบโปร่ง และสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมากได้ดังนี้

สมการปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งของคริสป์และลินน์ (Crisp and Lynes, 1979) ซึ่งเป็นสมการหลักในการคำนวณ มีดังนี้ (Robbin, 1986 : 34)

$$E_{GV,e} = E_{dV,c} + (K_s I_{DN} \cos i) \qquad ...8)$$

โดยที่ $E_{GV,e}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้ง (Global illuminance on a vertical surface exposed to the sun) หน่วยเป็นกิโลลักซ์

$E_{dV,c}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งแบบกระจายของท้องฟ้าโปร่ง (Diffuse illuminance on a vertical surface from a clear sky)

K_s คือ ค่าคงที่ประจำเดือนต่าง ๆ

I_{DN} คือ แสงส่องตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct normal irradiance)

i คือ มุมตกกระทบระหว่างดวงอาทิตย์และพื้นผิว (Angle of incidence between the sun and the surface)

สมการย่อยของปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งแบบกระจายของท้องฟ้าโปร่ง มีหน่วยเป็นกิโลลักซ์ ซึ่งจะนำไปแทนค่าในสมการ 8) สามารถอธิบายได้จากสมการ (Robbin, 1986 : 34)

$$E_{dV,c} = 0.5\, E_{dH,c} + 0.1\, E_{GH,c} \qquad \ldots 9)$$

โดยที่ $E_{dH,c}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอน แบบกระจายของท้องฟ้าโปร่ง (Diffuse illuminance on a horizontal surface from a clear sky)

$E_{GH,c}$ คือ ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนทั้งหมดของท้องฟ้าโปร่ง (Total global illuminance on a horizontal surface from a clear sky)

สมการของคลอคแมน (Krockmann, 1974) ซึ่งเป็นสมการย่อยเพื่อนำไปแทนในสมการ 9) ได้อธิบายถึงปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนแบบกระจายของท้องฟ้าโปร่งไว้ดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

$$E_{dH,c} = 1.1 + 15.5 \sin^{0.5} h \qquad \ldots 10)$$

โดยที่ h คือ แอลทิทยูด

สมการของนากามูระและโอกิ (Nakamura and Oki, 1979) ซึ่งเป็นสมการย่อยเพื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ 9) ได้อธิบายถึงปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนทั้งหมดของท้องฟ้าโปร่งไว้ดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

$$E_{GH,c} = 1.5 \sin^{1.2h} \qquad \ldots 11)$$

สมการของฮอบกินสัน (Hopkinson, 1966) ซึ่งเป็นสมการย่อยเพื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ 9) ได้อธิบายปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนทั้งหมดของท้องฟ้ามีเมฆมากไว้ดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

$$E_{GH,o} = 0.215\, h \qquad \ldots 12)$$

ค่า K_s เป็นค่าคงที่ที่ใช้แทนค่าในสมการ โดยแต่ละเดือนจะมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับสภาพของท้องฟ้า ค่า K_s ของคริสป์และลินน์มีดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า K_s ของคริสป์และลินน์

เดือน	ค่า K_s
มกราคม	0.237
กุมภาพันธ์	0.213
มีนาคม	0.316
เมษายน	0.262
พฤษภาคม	0.307
มิถุนายน	0.328
กรกฎาคม	0.260
สิงหาคม	0.297
กันยายน	0.338
ตุลาคม	0.311
พฤศจิกายน	0.258
ธันวาคม	0.269
โดยเฉลี่ย	0.295

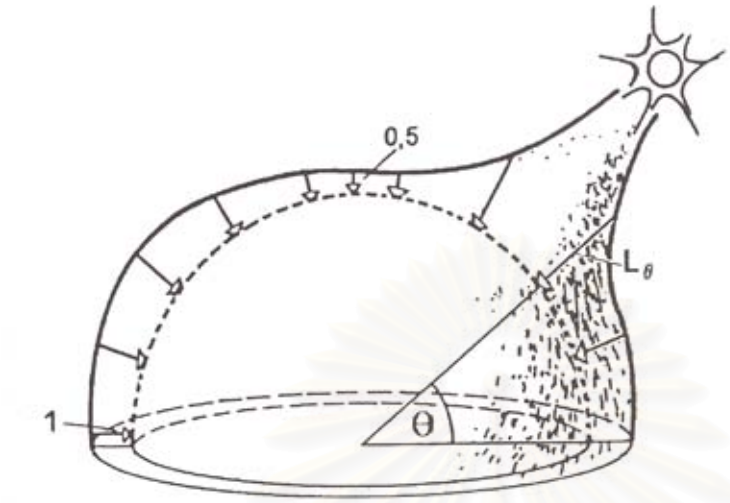
สมการที่อธิบายค่าแสงส่องตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นสมการย่อยเพื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ 8) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร ซึ่งสมการดังกล่าวได้รับการยอมรับจากนานาชาติที่ประเทศฝรั่งเศส ปี 1973 ดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

$$I_{DN} = 1074.16 \sin h + 198.006 \sin 3h + 70.1766 \sin 5h + 30.3902 \sin 7h + 13.3842 \sin 9h + 5.59234 \sin 11h + 2.93048 \sin 13h + 0.606472 \sin 15h \quad \text{...13)}$$

ส่วนสมการที่อธิบายค่าแสงส่องตรงแบบกระจายจากดวงอาทิตย์ในระนาบนอน ซึ่งเป็นสมการย่อยเพื่อนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ 8) มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตรดังนี้ (Robbin, 1986 : 33)

$$I_{dH,c} = 5.04h \quad \text{...14)}$$

2.7 ความสว่างของท้องฟ้า



รูปที่ 2.9 แสดงความสว่างของท้องฟ้าแบบโปร่ง
ที่มา : Szokolay, S. V. Daylighting. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1998), p. 11.

ความสว่างของท้องฟ้ามีปริมาณแตกต่างกันตามสภาพของท้องฟ้า ในที่นี้จะพิจารณาจากสภาพท้องฟ้าแบบโปร่งและสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก ส่วนสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วนจะไม่พิจารณา เพราะความสว่างของท้องฟ้าไม่คงที่ เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเมฆตลอดเวลา ความสว่างของท้องฟ้าจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเมฆที่เป็นตัวสะท้อนแสง ในทางกลับกันถ้ามีเมฆมาก จะได้ค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุดมากกว่าค่าความสว่างในแนวระนาบสามเท่า หากเป็นท้องฟ้าแบบโปร่ง นั่นคือ ไม่มีเมฆ จะได้ค่าความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุดน้อยกว่าครึ่งเท่าของค่าความสว่างในแนวระนาบ

ความสว่างของท้องฟ้าแบบโปร่งมีสมการดังนี้ (Szokolay, 1998 : 11)

$$L_{p,c} = L_{z,c}\left\{[(1 - e^{-0.32 \sec a})(0.91 + 10_e^{-3b} + 0.45 \cos^2 b)] / [0.274\,(0.91 + 10_e^{-3c} + 0.45 \cos^2 c)]\right\} \quad \ldots 15)$$

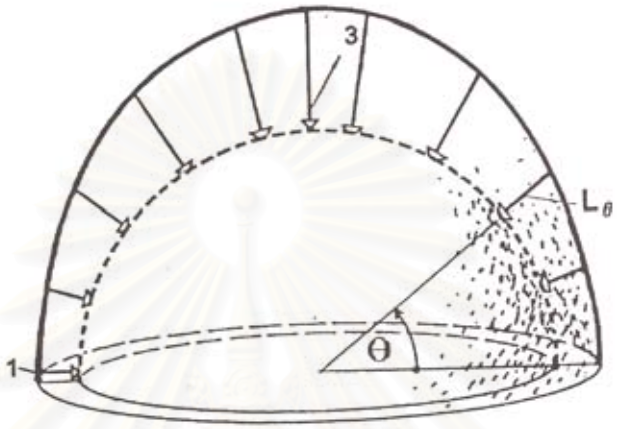
โดยที่ $L_{p,c}$ คือ ความสว่างของท้องฟ้าแบบโปร่ง (Luminance at any point in the sky dome from a clear sky)

$L_{z,c}$ คือ ความสว่างของท้องฟ้าที่จุดสูงสุด (Luminance at the zeninth from a clear sky)

a คือ แอลทิทยูด

b คือ มุมระหว่างดวงอาทิตย์และจุดที่พิจารณา

c คือ คือมุมของดวงอาทิตย์จากจุดสูงสุด



รูปที่ 2.10 แสดงความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก

ที่มา : Szokolay, S. V. Daylighting. 1st Edition. (Syndney : University of Queensland Printery, 1998), p. 11.

ความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆมากมีสมการดังนี้ (Szokolay, 1998 : 11)

$$L_{p,o} = L_{z,o}((1 + 2\sin d)/3) \quad \textit{...16)}$$

โดยที่ $L_{p,o}$ คือ ความสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก (Luminance at any point in the sky dome from a overcast sky)

d คือ มุมจากแนวระดับไปยังจุดที่พิจารณา

2.8 ความจ้า

แสงส่องกระทบวัตถุแล้วเข้ามายังตา คุณสมบัติหนึ่งก็คือ ความจ้าของแสง (Brightness) ซึ่งไม่เพียงแต่ขึ้นอยู่กับปริมาณความสว่าง แต่ยังเกี่ยวข้องกับการปรับสายตาอีกด้วย ความจ้านั้นเป็นการวัดค่าความสว่างของวัตถุ ความสว่างสามารถเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ความเข้มแสง (Intensity) นั่นคือ ความเข้มของความสว่าง ต่อ หน่วยพื้นที่ที่สะท้อนแสง มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร เช่น ในวันที่มีเมฆปกคลุม 80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความสว่างโดยเฉลี่ย

2,000 แคนเดลาต่อตารางเมตร และดวงจันทร์มีค่าความสว่างที่จุดสว่างสุด 2,500 แคนเดลาต่อตารางเมตร (Kaufmann, 1981 : 8)

การแปลงหน่วยความสว่างจากเมตริกเป็นยูนิต

ความสว่าง = แคนเดลาต่อตารางเมตร * 0.2919 = ฟุตแลมเบิร์ต

= ฟุตแลมเบิร์ต * 3.4263 = แคนเดลาต่อตารางเมตร

2.9 **ความเปรียบต่าง**

ความเปรียบต่างเป็นหนึ่งในคุณสมบัติในการมองภาพที่ชัดเจน ในการมองตาจะเห็นเฉพาะความเปรียบต่าง เช่น การมองตัวหนังสือในที่มืด เราไม่สามารถมองตัวหนังสือที่มีความเปรียบต่างที่ศูนย์ได้ แต่หากมีแสงสว่างเพียง 1 หน่วย ก็จะเห็นตัวหนังสือได้ และเมื่อแสงมากขึ้นเรื่อย ๆ ความสามารถในการมองเห็นจะลดลง เช่นเดียวกับความเปรียบต่างที่ลดลง ทำให้เกิดความไม่สบายในการมอง ความเปรียบต่างเป็นอัตราส่วนดังนี้

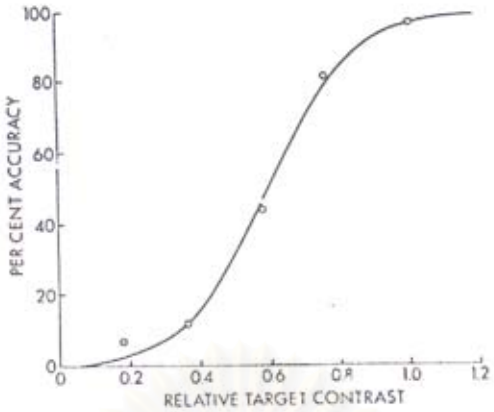
$$C = \frac{| L_T - L_B |}{L_B}$$

เมื่อ L_T คือ แสงสว่างในส่วนพื้นที่ทำงาน มีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร

L_B คือ แสงสว่างที่ฉากหลัง มีหน่วยแคนเดลาต่อตารางเมตร

ค่าความเปรียบต่างมีตั้งแต่ 0 – 1 ค่าความเปรียบต่างยิ่งน้อยความชัดเจนในการมองก็มีน้อย แต่ถ้าค่าความเปรียบต่างยิ่งมากความชัดเจนในการมองก็มีมาก ซึ่งไม่ขึ้นกับความสว่าง เช่น ในตอนกลางคืนเราวัดระดับความส่องสว่างได้ที่ 0.1 ลักซ์ แต่ถ้าค่าความเปรียบต่าง 0.94 ก็สามารถเห็นภาพได้ชัดเจน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเปรียบต่างและเปอร์เซ็นต์การมองเห็นชัด
ที่มา : Kaufman, J. E. IES Lighting Handbook. Reference Volume. (New York : IES., 1981), p. 3-15.

อัตราส่วนความสว่างระหว่างส่วนใช้งานและฉากหลัง เป็นตัวบอกถึงเวลามองพื้นที่ทั้งสองส่วนแล้วเกิดอาการแสบตาหรือหน้ามืด เนื่องจากความสว่างของพื้นที่ส่วนใดส่วนหนึ่งมากเกินไปหรือไม่ คือ บอกว่ามีความสบายทางสายตาหรือไม่นั่นเอง เกณฑ์ที่นำมาใช้มีหลายสถานการณ์ เช่น กรณีอยู่ในพื้นที่ที่มีความสว่างน้อย พื้นที่ที่มีความสว่างมาก พื้นที่ที่มีความสว่างปกติ เป็นต้น นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ในมุมมองสายตาว่ามีความสบายทางสายตาหรือไม่ โดยดูจากอัตราส่วนต่าง ๆ ดังนี้

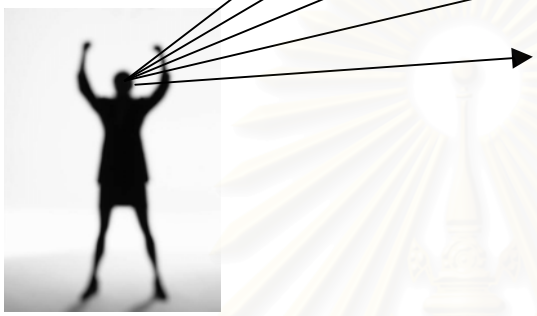
อัตราส่วนระหว่างความสว่างในส่วนใช้งานและฉากหลังมากที่สุดมีดังนี้

3 : 1 พื้นที่ใช้งาน ต่อ พื้นที่ฉากหลัง
10 : 1 พื้นที่ใช้งาน ต่อ พื้นที่ค่อนข้างมืด
1 : 10 พื้นที่ใช้งาน ต่อ พื้นที่ค่อนข้างสว่าง
20 : 1 ทางเดิน ต่อ พื้นที่โดยรอบ
40 : 1 พื้นที่ใด ๆ ในมุมมองสายตา

2.10 การเปรียบเทียบความน่าสบายตาระหว่างค่ามาตรฐานและค่าความเปรียบต่าง

ในการมองเห็นภาพโดยทั่ว ๆ ไป สามารถบอกว่า การมองเห็นนั้นเกิดความสบายหรือไม่ โดยสังเกตจากค่าขอบเขตความสว่างในแต่ละระดับมุมมอง หากค่าความสว่างมีค่า

สูงเกินกำหนด จะทำให้ไม่สบายตา แต่ถ้าค่าความสว่างมีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด แสดงว่ามีความสบายตา มุมมองสายตาที่ระดับต่าง ๆ จะมีขอบเขตค่าความสว่างที่กำหนดไว้ดังรูป



รูปที่ 2.12 ค่ามาตรฐานความสว่างที่ระดับมุมมองต่าง ๆ
ที่มา : Robins, C. L. Daylighting : Design & Analysis. 1st Edition. (New York : Van Nostrand Reinhold, 1986), p. 236.

หากพิจารณาเฉพาะมุมมองจากค่ามาตรฐานข้างต้น จะไม่สามารถแก้ปัญหาได้ เพราะ ปัญหาเกิดจากความไม่สม่ำเสมอของค่าความสว่างภายในคุ้มเค้าแมว ซึ่งผู้ใช้สอยจะต้องเดินไปมาระหว่างเรือนทั้งสามหลัง โดยที่เรือนอีกสองหลังเป็นเรือนไม้ เพื่อให้เกิดความสบายตาเมื่ออยู่ในคุ้มเค้าแมว จะต้องควบคุมค่าความสว่างภายในเรือนกระจกให้มีค่าที่เหมาะสม โดยกำหนดให้ค่าความสว่างของเสาไม้เป็นตัวแทนของค่าความสว่างของเรือนไม้ทั้งสองหลัง และกำหนดให้ค่าความสว่างของผนังกระจกเป็นตัวแทนของค่าความสว่างของเรือนกระจก

ค่าความสว่างที่ได้จากความเปรียบต่างระหว่างเสาไม้และผนังกระจก ใช้อัตราส่วนความเปรียบต่าง 1 : 3 นั่นคือ ค่าความสว่างของเสาไม้หนึ่งส่วน ต่อ ค่าความสว่างของผนังกระจกสามส่วน โดยใช้ค่าความสว่างของท้องฟ้าจากการคำนวณในสมการ 16) ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ขอบเขตค่าความสว่างผนังกระจก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย

ระดับมุมมอง	ค่าความสว่างท้องฟ้า	ค่าความสว่างเสาไม้	ค่าความสว่างผนังกระจกไม่ควรเกิน
45º	12,724 cd/m^2	1,354 cd/m^2	4,062 cd/m^2
35º	11,953 cd/m^2	1,272 cd/m^2	3,816 cd/m^2
25º	11,084 cd/m^2	1,180 cd/m^2	3,540 cd/m^2
15º	10,139 cd/m^2	1,079 cd/m^2	3,237 cd/m^2
5º	9,149 cd/m^2	974 cd/m^2	2,922 cd/m^2

ตารางที่ 2.3 ขอบเขตค่าความสว่างผนังกระจก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย

ระดับมุมมอง	ค่าความสว่างท้องฟ้า	ค่าความสว่างเสาไม้	ค่าความสว่างผนังกระจกไม่ควรเกิน
45º	6,576 cd/m^2	700 cd/m^2	2,100 cd/m^2
35º	7,225 cd/m^2	769 cd/m^2	2,307 cd/m^2
25º	8,361 cd/m^2	890 cd/m^2	2,670 cd/m^2
15º	10,481 cd/m^2	1,116 cd/m^2	3,348 cd/m^2
5º	13,720 cd/m^2	1,460 cd/m^2	4,380 cd/m^2

จากตารางที่ 2.2 – 2.3 จะได้ขอบเขตของค่าความสว่างของผนังกระจกในแต่ละระดับมุมมอง ทั้งในฤดูร้อนและฤดูหนาว ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในบทต่อไป

การเปรียบเทียบค่าความสว่างมาตรฐานและค่าที่ได้จากความเปรียบต่างมีความแตกต่างกันดังนี้

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบค่าความสว่างมาตรฐานและค่าที่ได้จากความเปรียบต่าง

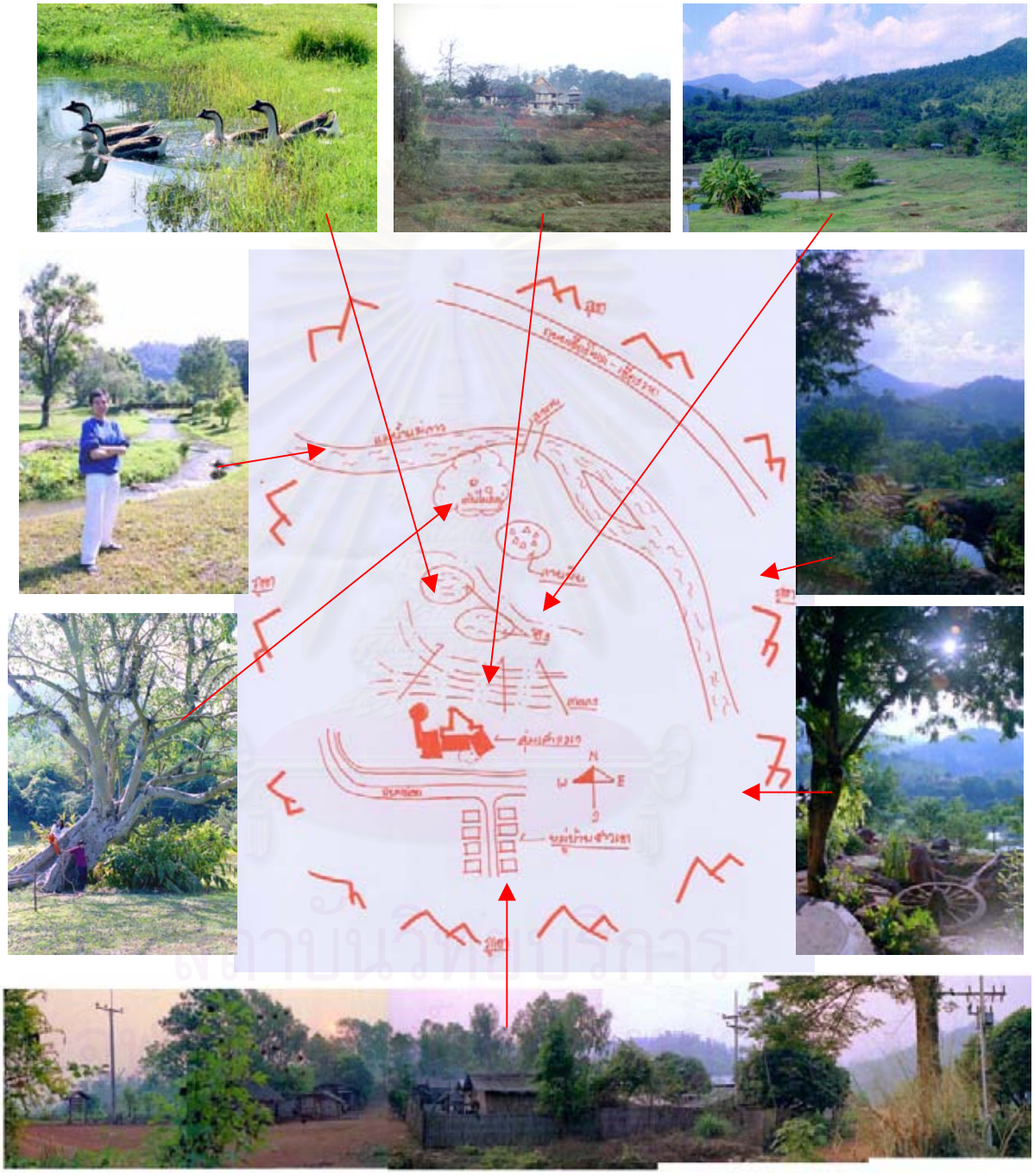
ระดับมุมมอง	ค่ามาตรฐาน	ค่าที่ได้จากความเปรียบต่าง	
		21 มิถุนายน	21 ธันวาคม
45º	2,570 cd/m^2	4,062 cd/m^2	2,100 cd/m^2
35º	1,834 cd/m^2	3,816 cd/m^2	2,307 cd/m^2
25º	1,285 cd/m^2	3,540 cd/m^2	2,670 cd/m^2
15º	857 cd/m^2	3,237 cd/m^2	3,348 cd/m^2
5º	583 cd/m^2	2,922 cd/m^2	4,380 cd/m^2

จากตารางข้างต้น ค่ามาตรฐานเป็นค่าเฉพาะที่ใช้ได้ตลอดปี แต่ค่าที่ได้จากความเปรียบต่างเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพท้องฟ้าและวัสดุที่ใช้ในอาคาร ด้วยวัตถุประสงค์ในการใช้งานที่แตกต่างกันจากเหตุผลข้างต้น ค่ามาตรฐานจึงไม่เหมาะสมที่จะใช้กับงานวิจัยนี้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าที่ได้จากความเปรียบต่างมาวิเคราะห์ในบทต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3
สภาพที่ตั้งเรือนกระจกกรณีศึกษา

3.1 สถานที่ตั้งเรือนกระจกกรณีศึกษา



รูปที่ 3.1 สภาพแวดล้อมคุ้มเค้าแมว

สถานที่ตั้งของเรือนกระจกอยู่ในคุ้มเค้าแมว ซึ่งตั้งอยู่ที่เขตรอยต่อระหว่างเชียงใหม่ กับ เชียงราย ด้านหลังของอาคารเป็นภูเขา ด้านหน้าเป็นทางลาดลงไปยังที่ราบหุบเขามีแม่น้ำแม่ลาวไหลผ่าน

รูปที่ 3.2 ลักษณะเรือนกระจกกรณีศึกษาด้านทิศตะวันตก

เรือนกระจกหันด้านกว้างในแนวทิศเหนือ-ใต้ ทิศเหนือหันไปทางเรือนนอน ส่วนด้านยาวในแนวทิศออก-ตก เพื่อเปิดรับมุมมองและรับแสงแดดในฤดูหนาวทำความอบอุ่นให้กับอาคาร และด้านทิศตะวันออกของอาคารมีต้นหางนกยูงอยู่ชิดกับอาคาร โดยเรือนนอนและครัวซึ่งเป็นอาคารข้างเคียง เป็นทรงล้านนา ส่วนเรือนกระจกมีหลังคาทรงมนิลา

รูปที่ 3.3 สภาพแวดล้อมด้านหลังเรือนกระจก

รูปที่ 3.4 ต้นหางนกยูงด้านหลังและชานด้านหน้าเรือนกระจก

ด้านหลังเรือนกระจกประกอบด้วยสวนหย่อม ถัดไปเป็นถนนลูกรัง ดินแดง และมีต้นไม้รอบรั้ว ถนนดังกล่าวเป็นถนนซึ่งขึ้นไปยังหมู่บ้านชาวเขาบนภูเขาดังรูป ซึ่งมีต้นมะขาม มะม่วง และต้นหางนกยูง ช่วยบังแดดให้แก่อาคารในตอนเช้า ส่วนด้านทิศตะวันตกของเรือนกระจกเป็นชานไม้ออกไปซึ่งสามารถชมวิวหุบเขา

รูปที่ 3.5 ชานไม้ด้านทิศตะวันตกของเรือนกระจก

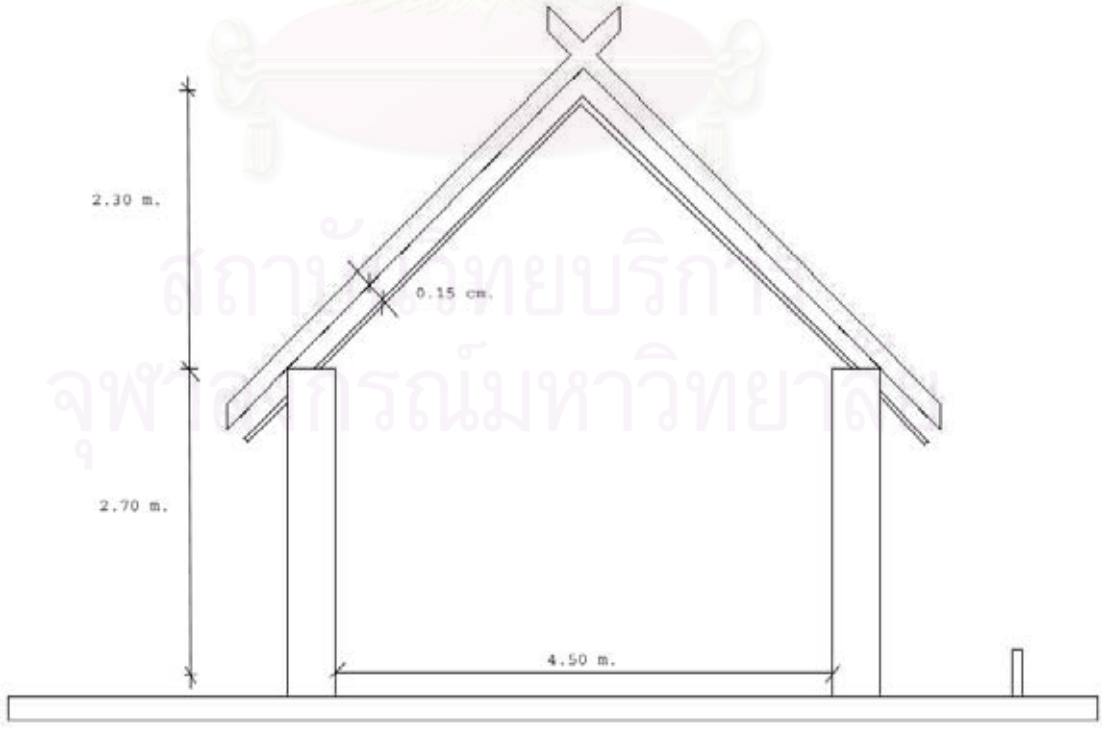
รูปที่ 3.6 ภาพภายในเรือนกระจกเมื่อมองไปยังเรือนนอน

รูปที่ 3.7 ภาพภายในเรือนกระจกเมื่อมองไปยังเรือนครัว

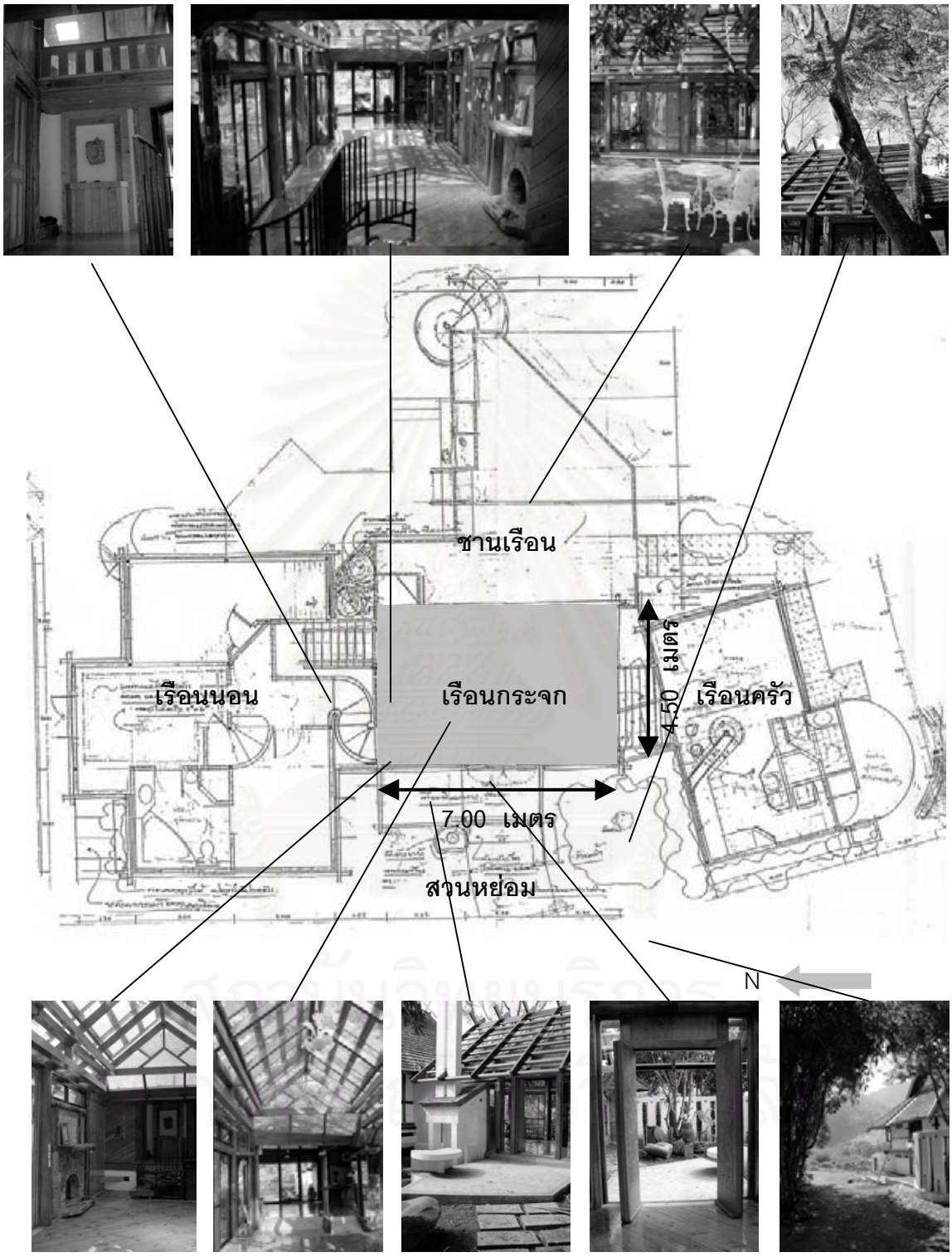
วัสดุกระจกเป็นกระจกสีเขียวอ่อน โดยที่ผนังเป็นกระจกชั้นเดียว หนา 6 มม. ส่วนหลังคา เป็นกระจก 2 ชั้น เคลือบแผ่นฟิล์มนิรภัยตรงกลาง หนา 12 มม. โครงกระจกเป็นอะลูมิเนียมสีบรอนซ์เข้ม เสาโครงสร้างเป็นไม้สักสีปานกลาง โครงหลังคาภายในเป็นโครงไม้สักสีอ่อน ส่วนพื้นเป็นไม้สีอ่อนขัดเงา ประตูไม้สักที่เปิดไปยังสวนหย่อมด้านหลัง แกะสลักสีอ่อน มีเตาผิงก่อด้วยอิฐและบุผนังด้วยหินแกรนิตสีเทาขาว

รูปที่ 3.8 แสดงโครงเหล็กบังแดดเหนือหลังคากระจก

ลักษณะโครงเหล็กบังแดด แยกออกจากตัวหลังคากระจก เป็นระยะประมาณ 15 ซม. โดยมีแกนบังแดดในแนวนอนด้านละ 9 แถว ขนาดกว้าง 0.20 เมตร และยาวตลอดแนว และมีแกนบังแดดในแนวตั้ง 7 แถว ยาวขึ้นไปและไขว้กันด้านบน เรือนกระจกกว้าง 4.50 เมตร ยาว 7.00 เมตร ความสูงถึงขื่อ 2.70 เมตร ความสูงถึงยอดจั่ว 5.00 เมตร



รูปที่ 3.9 แสดงระยะต่าง ๆ ภายในเรือนกระจก

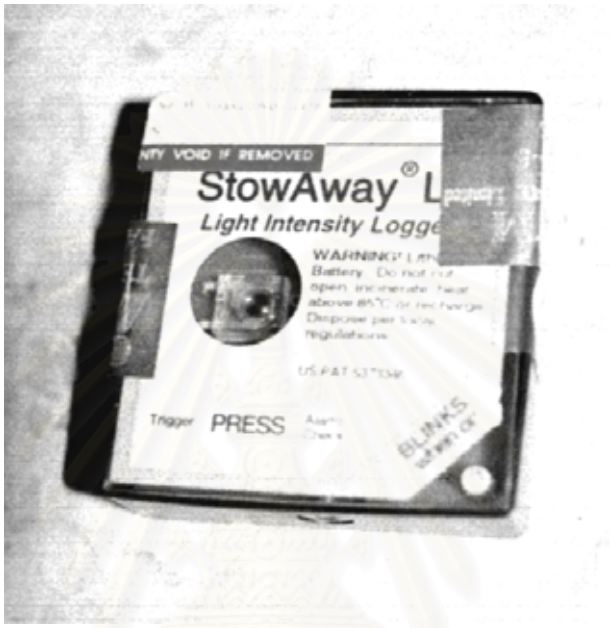


รูปที่ 3.10 แสดงแปลนพื้นเรือนกระจกในกลุ่มคุ้มเค้าแมว

บทที่ 4
ระเบียบวิธีวิจัย

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ก. เครื่องวัดแสง StowAway Light Intensity Logger



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องวัดแสง StowAway Light Intensity Logger

เป็นเครื่องขนาดเล็ก กว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 4 เซนติเมตร หนา 1 เซนติเมตร โดยมีตัวรับแสงอยู่ด้านบนดังรูป ซึ่งใช้เหมือนกับลักซ์มิเตอร์ โดยที่ขอบของตัวเครื่อง (รูที่ขอบด้านล่างของเครื่องดังรูป) จะมีสายสัญญาณเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านทางโปรแกรม Boxcar Pro เพื่อทำการตั้งหน่วยในการวัดแสง ตั้งวัน-เวลาในการวัด ความถี่ในการวัดแสง เป็นต้น เมื่อทำการตั้งค่าต่าง ๆ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์แล้ว ดึงสายสัญญาณออก เครื่องจะทำงานอัตโนมัติ โดยจะมีแบตเตอร์รี่ลิเธียมขนาดเล็กอยู่ที่ฝาด้านหลังของตัวเครื่อง ซึ่งใช้ได้เป็นเวลานานมาก โดยในการเปลี่ยนแบตเตอร์รี่ จะต้องเกาะกล่องออกเพื่อเปลี่ยน แล้วประกอบตามเดิม ส่วนในการติดตั้งเครื่องที่สถานที่ทำการวัดแสงนั้น เครื่องนี้ไม่ควรรับแสงแดดโดยตรง โดยใช้วัดค่าแสงภายในอาคาร หากต้องการวัดแสงที่มีแสงแดด จะต้องมีร่มสีเทา เพื่อช่วยในการสกัดกั้นแสงแดด และสีเทาเป็นสีที่มีค่าการสะท้อนแสงเป็นกลาง เมื่อทำการเก็บข้อมูลตามวัน-เวลาที่ทำการตั้งค่าไว้เรียบร้อยแล้ว ให้นำเครื่องมาต่อสายสัญญาณเชื่อมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ ผ่านโปรแกรม Boxcar Pro

เพื่อทำการอ่านค่าที่เก็บมา โดยโปรแกรมดังกล่าวดำเนินงานเป็นภาพกราฟ และตารางค่าต่าง ๆ โดยสามารถย้ายไฟล์ไปยัง Excel ได้ เพื่อเลือกทำกราฟได้ตามต้องการ ซึ่งกราฟที่เกิดขึ้นจะเป็นไปตามช่วงวัน-เวลา (แกนนอน) และค่าแสงที่ได้ตามหน่วยการวัดที่เลือก (แกนตั้ง) และสามารถพิมพ์งานออกมาได้ทันทีหลังจากทำการอ่านค่าแล้ว

ข. เครื่องวัดแสง LUX METER **หรือ** ILLUMINATION METER

ILLUMINATION METER รุ่น DX – 200

รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องวัดแสง Lux Meter

ILLUMINATION METER รุ่น DX – 200 หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า ลักซ์มิเตอร์ นี้ เป็นเครื่องวัดค่าความเข้มแสงในหน่วยลักซ์ และฟุตแคนเดิล โดยสามารถวัดความเข้มแสงได้ในช่วงตั้งแต่ 5 – 50,000 ลักซ์ และความสามารถของเครื่องนี้จะใช้วัดได้เฉพาะรังสีสะท้อนจากท้องฟ้าและวัดค่าการส่องผ่านแสง และ สะท้อนแสงของวัตถุ แต่เครื่องนี้จะไม่สามารถใช้วัดแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์

คุณสมบัติพิเศษของเครื่องนี้คือ ถ้าเป็นรุ่นที่มีความละเอียดมากขึ้นจะสามารถใช้วัดวัตถุที่อยู่ภายในกล่องทดลองหรือในตำแหน่งที่เราไม่สามารถเข้าไปได้สะดวก และในการวัดจะวัดได้ 1 เครื่องต่อ 1จุดเท่านั้น เช่น Minolta Lux meter

ค. เครื่อง LUMINANCE METER LS-110 MINOLTA

มุมองศาในการยิงภาพอยู่ที่ 1/3 องศา แสดงผลเป็นตัวเลข 4 หลัก ทั้งภายในและภายนอกกล้อง ช่วงของค่าแสงอยู่ระหว่าง 0.01 – 999,900 แคนเดลาต่อตารางเมตร มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร หรือ ฟุตแลมเบิร์ต

รูปที่ 4.3 แสดงเครื่อง Luminance Meter LS-110 Minolta

<u>ลักษณะในการวัดแสง</u>

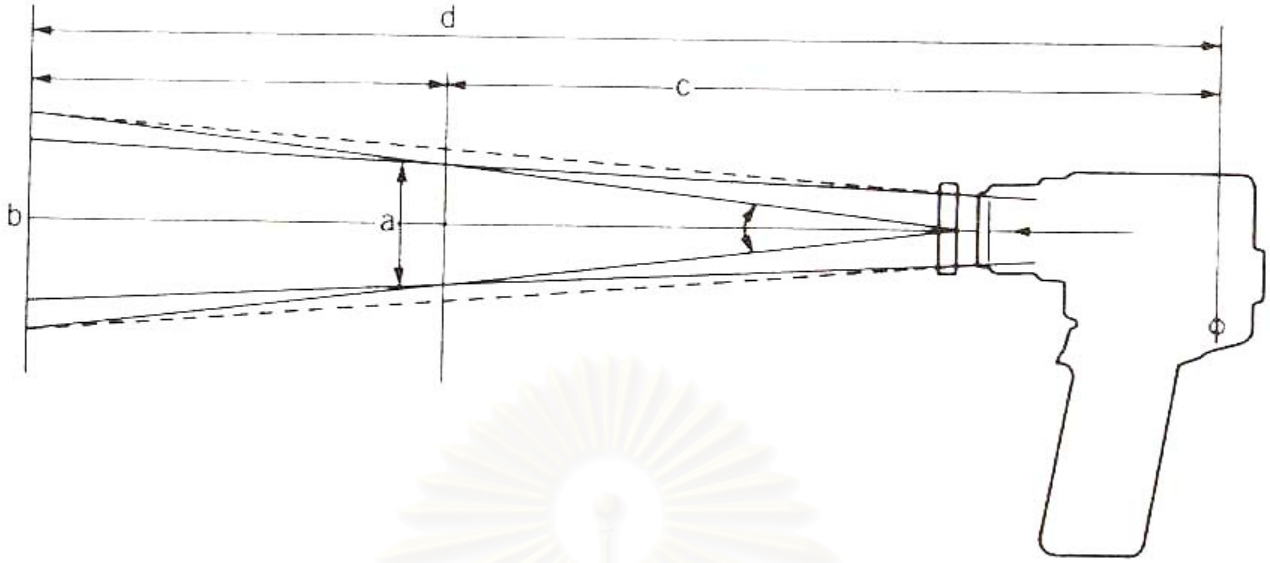
1) กำหนดระนาบในการวัด โดยจะต้องวัดตั้งฉากกับระนาบนั้น ๆ

2) ต้องใช้ขาตั้งกล้องคู่กับการใช้กล้องวัดแสงเท่านั้น เพื่อให้ได้ระดับความสูงของระนาบตั้งที่กำหนด

3) เมื่อปรับความชัดเจนของภาพในครั้งแรกแล้ว ให้ใช้สกรูขันโฟกัส แต่อย่าให้แน่นเกินไป พอให้เลนส์กล้องไม่ขยับเท่านั้น

4) ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมในการวัดไม่ควรอยู่นอกจากช่วง 0 องศาเซลเซียส ถึง 40 องศาเซลเซียส

5) ต้องใช้กราฟค่าความจ้าของแสงและค่าความเปรียบต่างของแสงประกอบ (ดูในบทที่ 2)



รูปที่ 4.4 แสดงระยะของโฟกัสต่าง ๆ เครื่อง Luminance Meter LS-110 Minolta

	ไม่ใส่เลนส์ CLOSE-UP	ใส่เลนส์ CLOSE-UP (153)
a. เส้นผ่านศูนย์กลางมุมมองต่ำสุด (มม.)	14.4	8.0
b. เส้นผ่านศูนย์กลางมุมมองสูงสุด (มม.)	-	18.7
c. ระยะใกล้สุด (มม.)	1,014	623
d. ระยะไกลสุด (มม.)	ไม่จำกัด	1,210

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจากเรือนกระจกกรณีศึกษา

ก่อนการเก็บข้อมูลเครื่องมือทุกชิ้นจะต้องทำการเทียบเครื่องมือก่อน เพื่อหาตัวคูณในการปรับแก้ เพื่อให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องที่สุด

ข้อมูลที่จะทำการเก็บสามารถแบ่งได้ดังนี้

ก. ข้อมูลทางกายภาพของสถานที่ตั้ง เช่น ทิศ ขนาดของเรือนกระจก ขนาดพื้นที่กระจก ความสูง เพื่อทำอัตราส่วนระหว่างพื้นที่กระจกต่อพื้นที่พื้นอาคาร

ข. ข้อมูลของวัสดุภายในเรือนกระจก ได้แก่ ค่าแสงตกกระทบ ค่าการสะท้อนแสง ค่าการส่องผ่านของกระจก ของพื้น ผนัง หลังคา และแผงกันแดดเดิม ในกรณีที่เป็นกระจกให้เก็บค่าที่ได้เทียบกับค่าที่มาจากบริษัทผู้ผลิต (มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์) และเก็บค่าที่ได้จากร่มเงาของต้นไม้ข้างเคียงด้วย โดยสังเกตชนิดของต้นไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูง รูปทรงของพุ่มไม้ ความหนาแน่นของพุ่มใบ และการผลัดใบของต้นไม้นั้น ๆ โดยเขียนลงในแปลนพื้นอาคารด้วย

ค. ข้อมูลค่าอัตราส่วนความสว่างของแสงในแนวระนาบตั้งหรือในมุมมองสายตา โดยวัดจากเรือนกระจกกรณีศึกษา (มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร และ เปอร์เซ็นต์)

1) วัดค่าความสว่างของท้องฟ้าและกระจก รวมเป็นข้อมูล 4 ชุด

2) ใช้กระดาษขาวเป็นตัวกลางวางทั้งแนวตั้งและแนวนอน เพื่อเทียบค่าระหว่างพื้นผิวที่แตกต่างกัน และนำค่าที่ได้กลับมามาทำหุ่นจำลองในการทดลองต่อไป

3) ทำการวัดในตอนกลางวันและตอนกลางคืน เมื่อมีแสงดาว ตลอดจนสภาพท้องฟ้ากลางคืนที่แตกต่างกันไปกับสภาพแวดล้อม เพื่อหาค่าความเปรียบต่าง

4) ในการวัดทุกมุมมองของสายตา จะต้องถ่ายรูปโดยไม่ใช้แฟลช

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุ

รูปที่ 5.1 แสดงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจก

ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษามีดังนี้

วัสดุ	ค่าการสะท้อนแสง
พื้นไม้สีเข้ม	23%
เสาไม้	14%
เฟอร์นิเจอร์	45%
กรอบอลูมิเนียมสีน้ำตาลเข้ม	14%
ผนังหินเหนือเตา	41%
ผนังไม้ด้านห้องนอน	21%

5.2 ค่าการส่องผ่านของวัสดุ

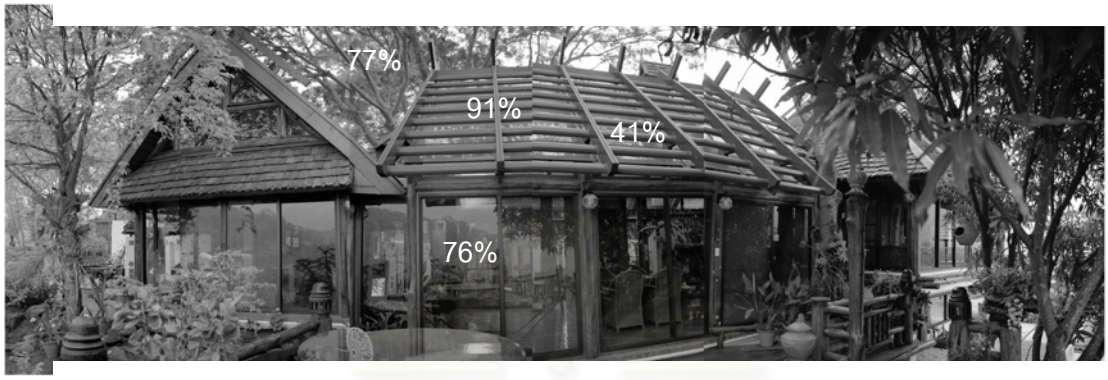
ค่าการส่องผ่านของวัสดุต่าง ๆ บนเรือนกระจกกรณีศึกษามีดังนี้

ต้นหางนกยูง	77%
แผงกันแดดอลูมิเนียมสีน้ำตาลเข้ม	91%

ค่าการส่องผ่านของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษามีดังนี้

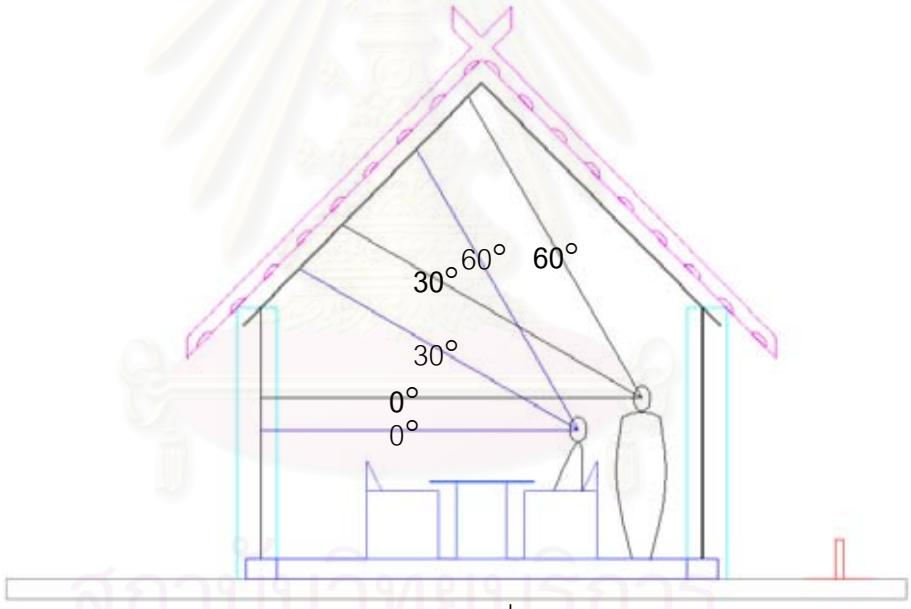
กระจกลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 6+6 มม.	58% (หลังคา)
กระจกสีเขียวอ่อนหนา 6 มม.	76% (ผนัง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 ภาพแสดงค่าการส่องผ่านของวัสดุต่าง ๆ ของเรือนกระจกกรณีศึกษา

5.3 มุมมองของสายตา



รูปที่ 5.3 ภาพแสดงมุมมองของสายตาขณะยืนและนั่งภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

มุมมองระยะใกล้อยู่ที่ 30° จากระดับสายตา

มุมมองระยะไกลอยู่ที่ 60° จากระดับสายตา

5.4 อัตราส่วนความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ในระนาบตั้ง

อัตราส่วนความสว่างระหว่าง เฟอร์นิเจอร์ ต่อ เสาไม้	3 : 1
อัตราส่วนความสว่างระหว่าง ผนังกระจก ต่อ เสาไม้	3 : 1

รูปที่ 5.4 ภาพแสดงอัตราส่วนความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

5.5 ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์อัตราส่วนความสว่างของวัสดุต่าง ๆ ภายในเรือกนระจก เพื่อให้เกิดความสบายทางสายตาของผู้ใช้สอย ไม่ให้เกิดอาการแสบตาหรือมองไปยังเรือนข้างเคียงแล้วหน้ามืด ในการวิเคราะห์จะทำในวันที่ 21 มิถุนายน ซึ่งเป็นตัวแทนของวันในฤดูร้อน และวันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งเป็นตัวแทนของวันในฤดูหนาว เวลา 12:00 น. เพราะเป็นเวลาที่มีความสว่างสูงสุดของวัน โดยกำหนดมุมมองสายตาเริ่มตั้งแต่ 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 และ 60 องศาจากระดับสายตา หากมุมมองสายตาอยู่ในอัตราส่วนความสว่างระหว่างผนังกระจกต่อเสาไม้ที่เหมาะสม จะทำให้เกิดความสบายทางสายตาแก่ผู้ใช้สอยภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

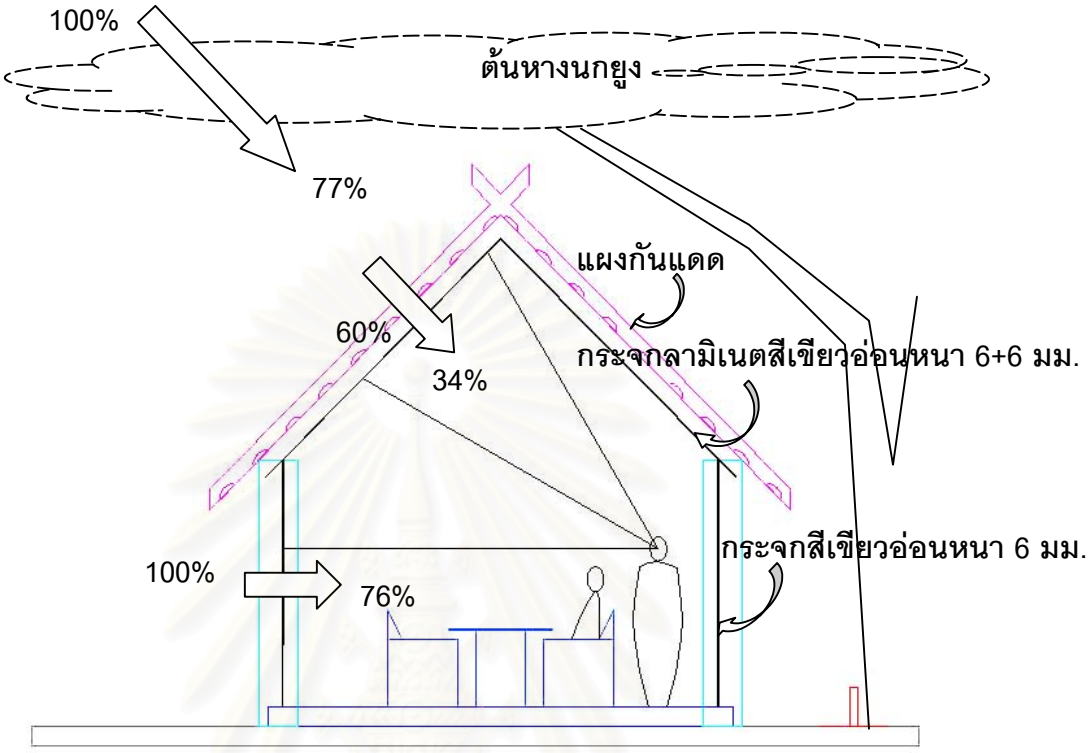
ผลการวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ดังนี้

. วิเคราะห์โดยทำการลดค่าแสงส่องผ่านของกระจกลงไปเรื่อย ๆ ครั้งละ 5% โดยเริ่มตั้งแต่ผนังกระจกสีเขียวอ่อนเดิมที่มีค่าแสงส่องผ่าน 75% จนถึง 45% โดยสภาพแผงกันแดดและต้นหางนกยูงเหมือนเดิม

. วิเคราะห์เช่นเดียวกันกับข้อ 1 แต่ไม่มีต้นหางนกยูง

. ทำการออกแบบแผงกันแดดบนเรือนกระจกกรณีศึกษา เพื่อบังแสงแดดโดยใช้ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อ 2 ประกอบ

5.6 กรณีที่ 1 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง



รูปที่ 5.5 ภาพแสดงค่าแสงส่องผ่านเรือนกระจกกรณีที่ 1

เงื่อนไขที่ 1 : แสงส่องผ่านลงมาจากด้านบนเรือนกระจกกรณีศึกษา

	ค่าการส่องผ่าน	ค่าการส่องผ่านคงเหลือ
ต้นหางนกยูง	77%	77%
แผงกันแดด	78%	60%
กระจกหลังคาลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 6+6 มม.	58%	34%

เงื่อนไขที่ 2 : แสงส่องผ่านด้านข้างเรือนกระจกกรณีศึกษา

	ค่าการส่องผ่าน	ค่าการส่องผ่านคงเหลือ
กระจกผนังสีเขียวอ่อนหนา 6 มม.	76%	76%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 5.5 พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสว่างที่เข้ามายังเรือนกระจกกรณีศึกษาแบ่งได้ 2 กรณี ได้แก่

กรณีที่ 1 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง ความสว่างที่ส่องลงมาทางด้านบนหรือหลังคา ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสว่างที่เข้ามายังเรือนกระจกกรณีศึกษา คือ ต้นหางนกยูง แผงกันแดดภายนอก และกระจกลามิเนตสีเขียวอ่อน ซึ่งความสว่างภายในเรือนกระจกจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับค่าแสงส่องผ่านของปัจจัยดังกล่าว ซึ่งต้นหางนกยูงเป็นต้นไม้ที่มีพุ่มใบกว้าง ลำต้นมีความสูงมาก เงาของต้นหางนกยูงปกคลุมเรือนกระจกได้ทั้งเรือน ลักษณะพุ่มใบโปร่ง ดังนั้นเมื่อวัดค่าแสงส่องผ่านของต้นหางนกยูง จะได้ 77% นั่นคือ ถ้าให้ความสว่างจากท้องฟ้าคิดเป็น 100% เมื่อผ่านต้นหางนกยูงจะกรองแสงเหลือความสว่างใต้ต้นหางนกยูงเพียง 77% นอกจากนี้ยังมีแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจกที่ช่วยบังแดดให้กับเรือนกระจก เมื่อวัดค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจกได้ 78% นั่นคือ จากความสว่างใต้ต้นหางนกยูงที่เหลือเพียง 77% เมื่อผ่านแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจกความสว่างจะลดลงอีก 78% จากค่าเดิม ดังนั้นความสว่างใต้แผงกันแดดภายนอกจะมีค่าเหลือเพียง 60% ปัจจัยสุดท้ายคือ กระจกลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 12 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นกระจกหลังคาเรือนกระจก มีค่าแสงส่องผ่าน 58% เมื่อความสว่างผ่านแผงกันแดดภายนอกแล้ว ก่อนที่จะเข้ามาภายในเรือนกระจกได้ จะต้องผ่านกระจกหลังคา โดยความสว่างเมื่อผ่านกระจกหลังคาแล้ว จะมีค่าแสงส่องผ่านเหลือเพียง 34% นั่นคือ ความสว่างของท้องฟ้าภายนอกเรือนกระจก เมื่อผ่านเข้ามาภายในเรือนกระจกความสว่างจะเข้ามาได้เพียง 34% เท่านั้น

ส่วนความสว่างที่ผ่านทางผนังจะมีปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสว่างภายในเรือนกระจกเพียง ค่าแสงส่องผ่านของกระจกผนังเท่านั้น โดยที่กระจกผนังนั้นเป็นกระจกสีเขียวอ่อนหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าแสงส่องผ่าน 76% นั่นคือ ความสว่างภายนอกเมื่อผ่านผนังกระจกเข้ามาภายในเรือนกระจก ความสว่างจะเหลือเพียง 76% เท่านั้น

จากความสว่างทั้งที่ผ่านมาจากหลังคาและผนังของเรือนกระจกกรณีศึกษานั้นจะมีค่าที่เหมาะสมต่อการมองของคนหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับการใช้สอยพื้นที่ภายในและระดับของสายตาผู้ใช้สอยภายในว่าอยู่ในระดับสูงจากพื้นเท่าไร และมุมมองสายตานั้นมองเห็นส่วนใดของเรือนกระจกบ้าง

การใช้สอยภายในเรือนกระจกกรณีศึกษานั้น ใช้เป็นเรือนรับรองและทานอาหาร ซึ่งจะมีกิจกรรมทั้งนั่งและยืน โดยที่ระดับสายตาของคนนั่งจะมีระดับความสูงจากพื้น 1.20 เมตร

และระดับสายตาของคนยืนจะมีระดับความสูงจากพื้น 1.50 เมตร ขอบบนของมุมมองสายตาอยู่ที่ 60 องศา ซึ่งมองเห็นกระจกหลังคา ขอบล่างของมุมมองสายตาอยู่ที่ 70 องศา ซึ่งมองเห็นพื้นไม้ ในการพิจารณาจะกำหนดให้ใช้กิจกรรมคนยืนเป็นตัวแทนของผู้ใช้สอย เนื่องจากมุมมองของสายตาคนยืนจะครอบคลุมพื้นที่หลังคามากกว่ามุมมองของคนนั่ง ดังนั้นคนยืนจะมองเห็นผนังกระจกเริ่มตั้งแต่มุมมองสายตาในแนวระดับ หรือ 0 องศา ขึ้นไปจนถึง 10 องศา และจะมองเห็นกระจกหลังคาตั้งแต่มุมมองสายตาที่ 15 องศาขึ้นไป

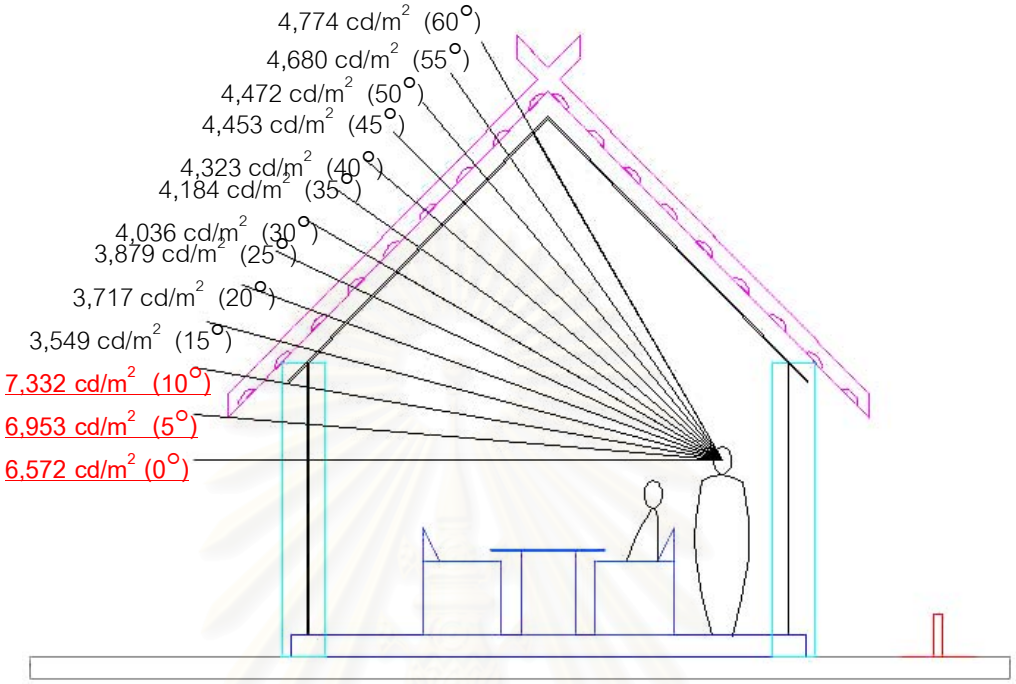
ในการพิจารณาความสว่างที่เกินความสบายของสายตานั้น สามารถแบ่งพิจารณาได้ดังนี้

ความสว่างของมุมมองในส่วนผนังกระจก เมื่อพิจารณาความสว่างในมุมมองแต่ละระดับสายตาตั้งแต่ 0 องศา ถึง 10 องศา หากที่ระดับใดมีความสว่างเกินกว่าค่าที่กำหนด นั่นหมายความว่า การมองผ่านผนังกระจกไม่มีความสบายทางสายตา ดังนั้นจะต้องลดค่าแสงส่องผ่านของผนังกระจก

ความสว่างของมุมมองในส่วนหลังคากระจก เมื่อพิจารณาความสว่างในมุมมองแต่ละระดับสายตาตั้งแต่ 10 องศา ถึง 60 องศา หากที่ระดับใดมีความสว่างเกินกว่าค่าที่กำหนด นั่นหมายความว่า การมองผ่านหลังคากระจกไม่มีความสบายทางสายตา ดังนั้นจะต้องลดค่าแสงส่องผ่านของหลังคากระจก

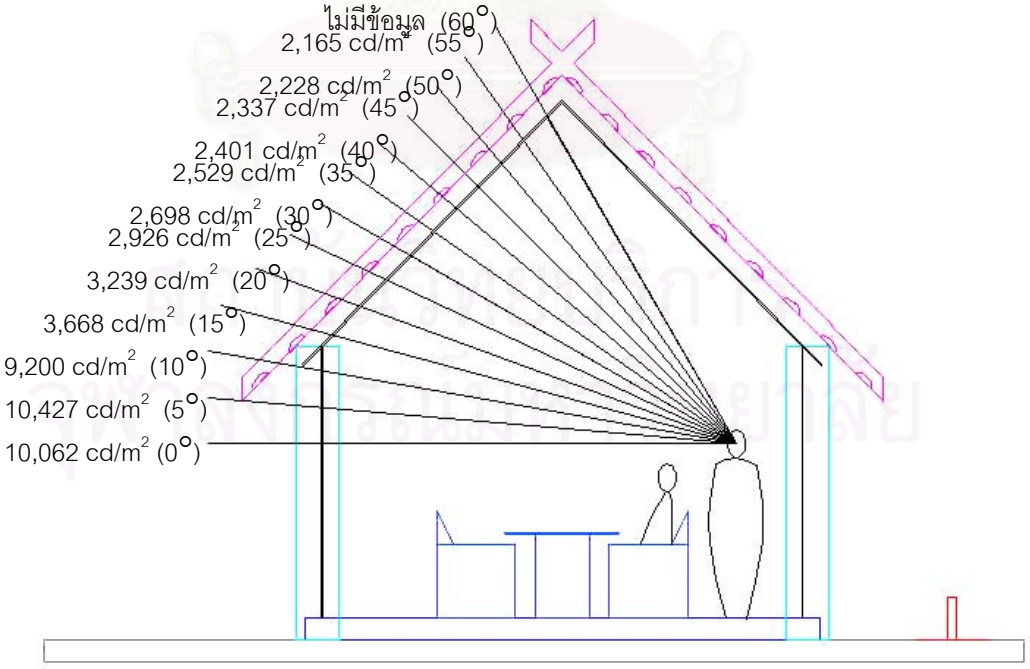
โดยในรูปที่ 5.6 – 5.7 ค่าความสว่าง ณ ระดับมุมมอง (°) ที่ขีดเส้นใต้ไว้ จะเป็นค่าที่เกินกำหนด ณ ระดับมุมมองที่องศานั้น ๆ ไม่ว่าจะอยู่ในตำแหน่งผนังกระจกหรือหลังคากระจก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่าง ๆ จังหวัดเชียงราย (21 มิ.ย.)

ความสว่างทุกระดับไม่ควรเกิน 6,471 แคนเดลาต่อตารางเมตร



รูปที่ 5.7 ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่าง ๆ จังหวัดเชียงราย (21 ธ.ค.)

ความสว่างทุกระดับไม่ควรเกิน 13,935 แคนเดลาต่อตารางเมตร

ผลจากการวิเคราะห์กรณีที่ 1 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง ผนังกระจกสีเขียวอ่อนมีค่าการส่องผ่าน 76% กระจกหลังคาลามิเนตสีเขียวอ่อนมีค่าการส่องผ่าน 58% บนเรือนกระจกมีแผงบังแดดและต้นหางนกยูง สามารถแยกผลการวิเคราะห์ได้ตามสถานที่ตั้งได้ดังนี้

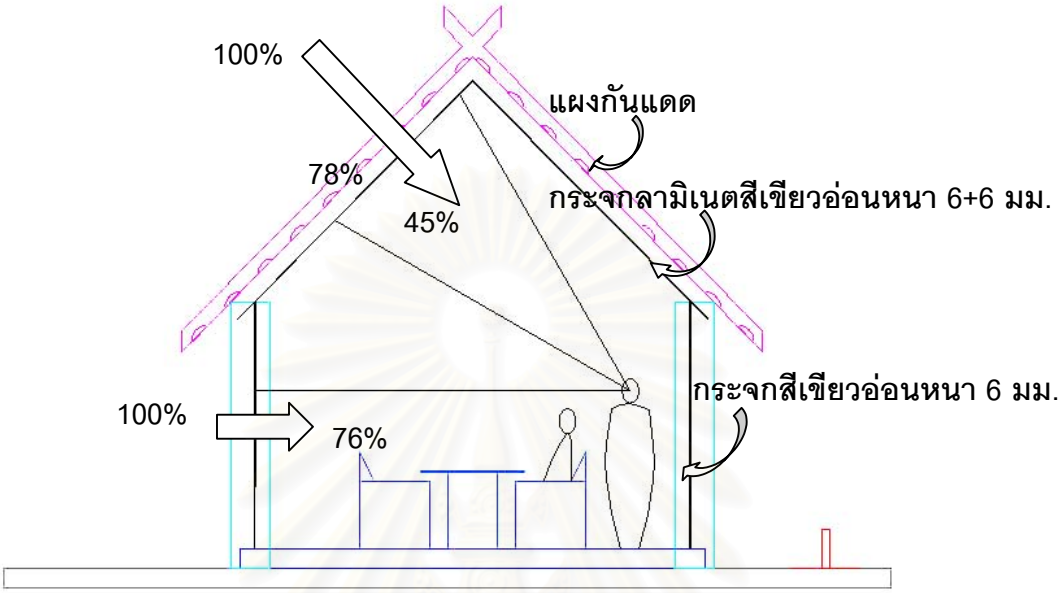
ภาคเหนือ จังหวัดเชียงราย

มุมมองสายตาที่ 0 - 10° มีความสว่างมากเกินกว่า 6,471 แคนเดลาต่อตารางเมตร แนวทางปรับปรุง คือ ลดค่าการส่องผ่านของผนังกระจกลงเหลือ 65% จะต้องลดค่าแสงส่องผ่านผนังกระจกของทั้งบานลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน เนื่องจากอัตราส่วนความสว่างระหว่างผนังกระจกและเสาไม้มีค่าเกินกำหนด คือ 3 ต่อ 1

แนวทางปรับปรุงผนังกระจกของจังหวัดเชียงราย เดิมผนังกระจกมีค่าแสงส่องผ่าน 76% ดังนั้นต้องติดฟิล์มที่มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 85% สามารถใช้ฟิล์ม 3เอ็ม เบอร์ Ultra600 ซึ่งเป็นฟิล์มนิรภัยใส มีค่าแสงส่องผ่าน 84% ราคา 200 บาท ต่อ ตารางฟุต ผนังกระจกมีพื้นที่รวม 27 ตารางเมตร คิดเป็น 293 ตารางฟุต หากคิดราคาฟิล์มและค่าติดตั้งในส่วนผนังกระจกจะเป็นเงินงบประมาณ 58,500 บาท เหตุผลที่เลือกฟิล์มดังกล่าวเนื่องจาก ค่าแสงส่องผ่านของฟิล์ม 3เอ็ม เบอร์ดังกล่าวมีค่าแสงส่องผ่านใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมาก ยังเป็นฟิลม์นิรภัยหากกระจกแตกจะไม่หลุดร่วงลงมาซึ่งไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้สอยอาคาร เหตุผลสำคัญอีกข้อหนึ่งคือ ไม่ต้องเปลี่ยนกระจกเดิมเพียงติดฟิลม์เพิ่มเข้าไปประกอบกับการมองที่ไม่มีม่านกันแดดมาบดบังทัศนียภาพ และมีความรวดเร็วในการติดตั้ง ส่วนหลังคากระจกมีความสบายทางสายตา ไม่แสบตาเวลามอง เนื่องจากเป็นกระจกลามิเนตสีเขียวอ่อน หนา 12 มิลลิเมตร มีค่าแสงส่องผ่านเพียง 58% เท่านั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.7 กรณีที่ 2 : เรือนกระจกกรณีศึกษา ไม่มีต้นหางนกยูง



รูปที่ 5.8 ภาพแสดงค่าแสงส่องผ่านเรือนกระจกกรณีที่ 2

เงื่อนไขที่ 1 : แสงส่องผ่านลงมาจากด้านบนเรือนกระจกกรณีศึกษา

	ค่าการส่องผ่าน	ค่าการส่องผ่านคงเหลือ
แผงกันแดด	78%	78%
กระจกหลังคาลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 6+6 มม.	58%	45%

เงื่อนไขที่ 2 : แสงส่องผ่านด้านข้างเรือนกระจกกรณีศึกษา

	ค่าการส่องผ่าน	ค่าการส่องผ่านคงเหลือ
กระจกผนังสีเขียวอ่อนหนา 6 มม.	76%	76%

ในกรณีที่ 2 : เรือนกระจกกรณีศึกษา ไม่มีต้นหางนกยูง ดังรูปที่ 5.38 คือ การศึกษาสภาพเรือนกระจกต้นแบบกรณีศึกษา โดยที่ไม่มีร่มเงาจากต้นหางนกยูงว่ามีผลอย่างไรต่อ

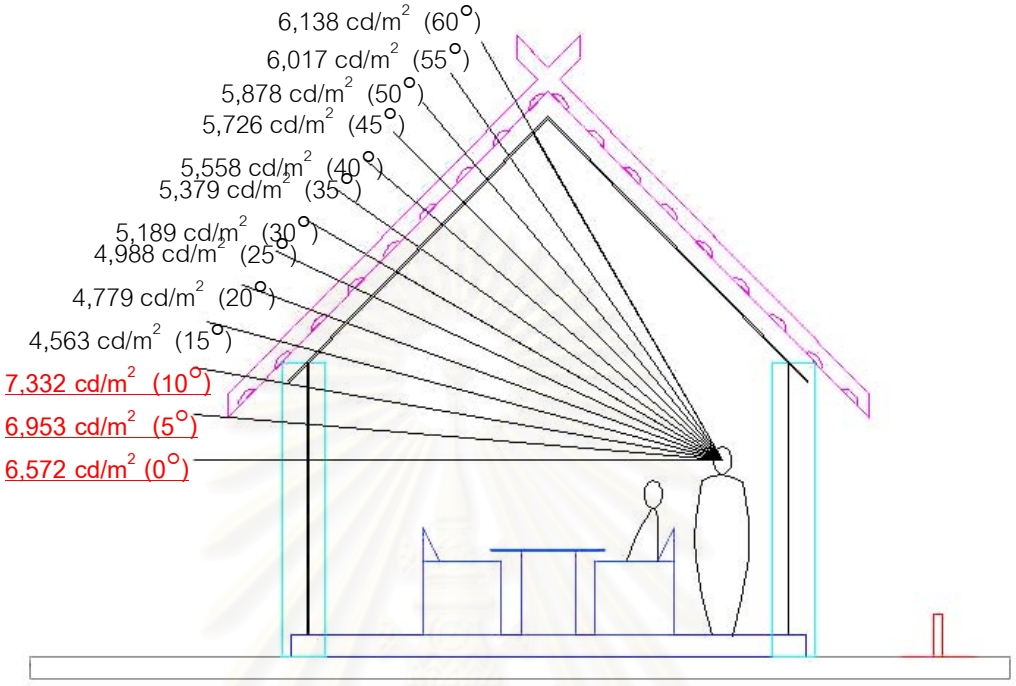
ความสว่างภายในเรือนกระจกกรณีศึกษาที่ตั้งยังจังหวัดในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย เมื่อไม่มีต้นหางนกยูงแล้ว ความสว่างภายในเรือนกระจกในส่วนที่ผ่านหลังคาจะเหลือเพียง แผงกันแดดภายนอกและหลังคากระจกเท่านั้นที่จะนำมาพิจารณา ซึ่งถ้ากำหนดให้ความสว่างของท้องฟ้าภายนอกคิดเป็น 100% และค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจกกรณีศึกษาแสงสามารถส่องผ่าน 78% ผ่านลงมายังหลังคากระจก ซึ่งมีค่าแสงส่องผ่าน 58% ดังนั้นจะได้ความสว่างภายในเรือนกระจกเหลือ 45% นั่นคือ ความสว่างของท้องฟ้าภายนอกเรือนกระจก เมื่อผ่านเข้ามาภายในเรือนกระจกความสว่างจะเข้ามาได้เพียง 45% เท่านั้น

ส่วนความสว่างที่ผ่านทางผนังจะให้ผลเช่นเดียวกับกรณีที่ 1 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง เนื่องจากปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความสว่างภายในเรือนกระจก มีเพียงค่าแสงส่องผ่านของผนังกระจกเท่านั้น โดยที่ผนังกระจกมีสีเขียวอ่อนหนา 6 มิลลิเมตร มีค่าแสงส่องผ่าน 76% นั่นคือ ความสว่างภายนอกเมื่อผ่านผนังกระจกเข้ามาภายในเรือนกระจก จะเหลือเพียง 76% เท่านั้น

หากพิจารณาจากความสว่างที่มองผ่านหลังคากระจกของกรณีที่ 1 และ 2 นั้น จะพบว่ามีความแตกต่างกันที่ความสว่างในแต่ละระดับมุมมองสายตา โดยที่ในกรณีที่ 1 จะมีความสว่างน้อยกว่ากรณีที่ 2 ทุกระดับมุมมองสายตา เนื่องจากในกรณีที่ 1 มีต้นหางนกยูงช่วยให้ร่มเงาแก่อาคาร ส่วนกรณีที่ 2 เรือนกระจกกรณีศึกษาจะได้รับความสว่างเต็มที่จากท้องฟ้าเพราะไม่มีต้นหางนกยูงให้ร่มเงาแก่อาคาร

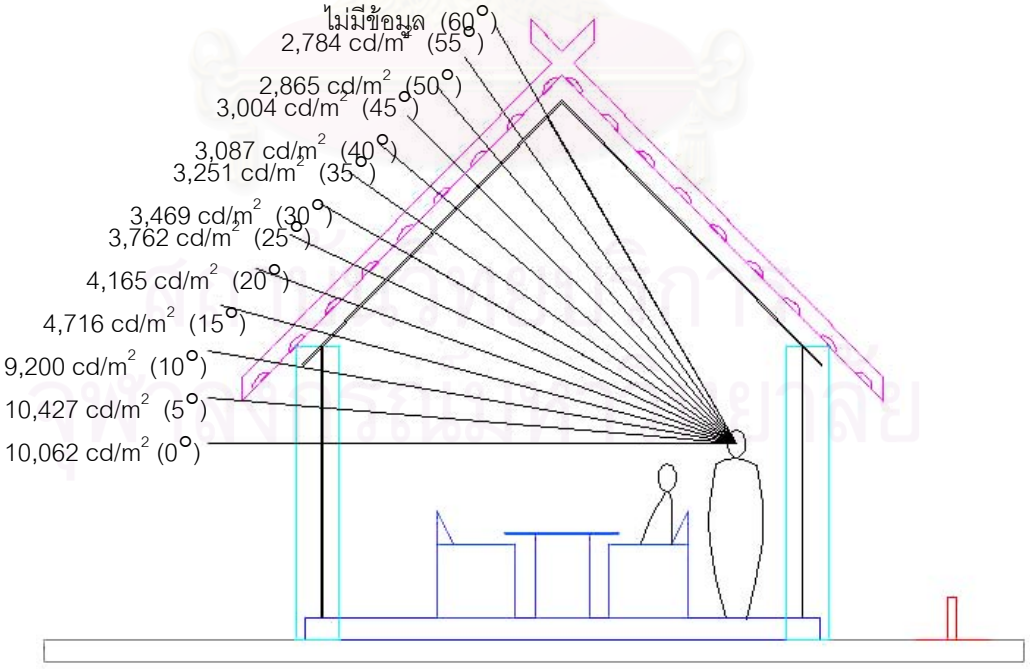
โดยในรูปที่ 5.9 – 5.10 ค่าความสว่าง ณ ระดับมุมมอง (°) ที่ขีดเส้นใต้ไว้ จะเป็นค่าที่เกินกำหนด ณ ระดับมุมมองที่องศานั้น ๆ ไม่ว่าจะอยู่ในตำแหน่งผนังกระจกหรือหลังคากระจก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่าง ๆ จังหวัดเชียงราย (21 มิ.ย.)

ความสว่างทุกระดับไม่ควรเกิน 6,471 แคนเดลาต่อตารางเมตร



รูปที่ 5.10 ภาพแสดงความสว่างที่มุมมองสายตาระดับต่าง ๆ จังหวัดเชียงราย (21 ธ.ค.)

ความสว่างทุกระดับไม่ควรเกิน 13,935 แคนเดลาต่อตารางเมตร

ผลจากการวิเคราะห์กรณีที่ 2 : เรือนกระจกกรณีศึกษา มีต้นหางนกยูง ผนังกระจกสีเขียวอ่อนมีค่าการส่องผ่าน 76% กระจกหลังคาลามิเนตสีเขียวอ่อนมีค่าการส่องผ่าน 58% บนเรือนกระจกมีแผงบังแดด แต่ไม่มีต้นหางนกยูง สามารถแยกผลการวิเคราะห์ได้ตามสถานที่ตั้งได้ดังนี้

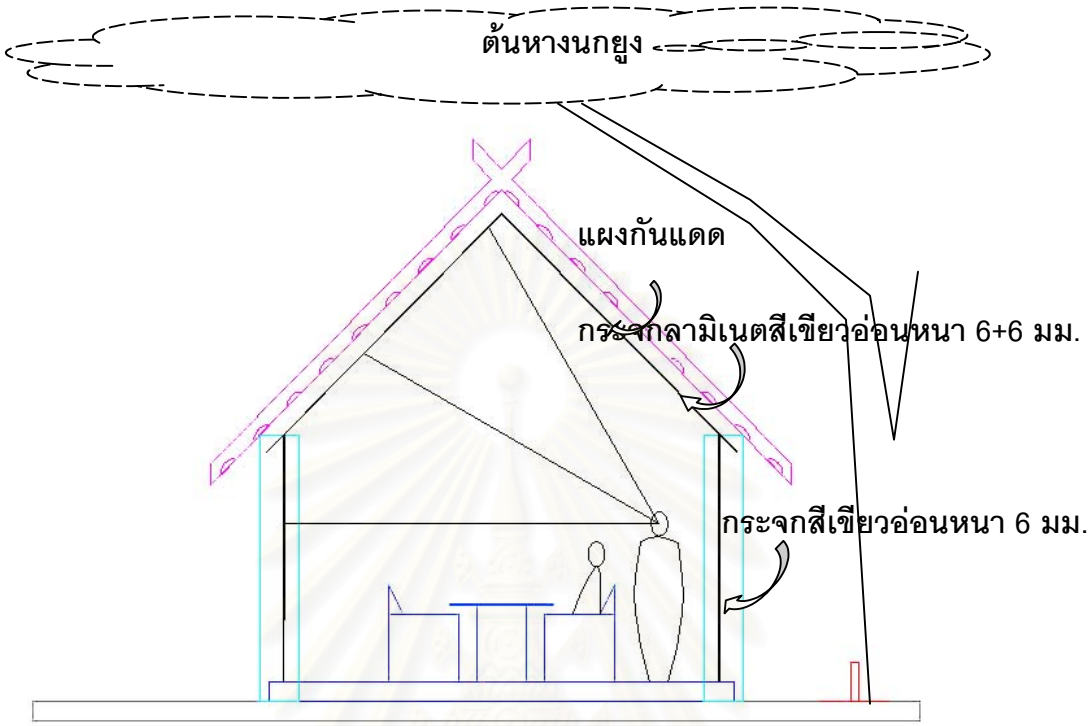
ภาคเหนือ จังหวัดเชียงราย

มุมมองสายตาที่ 0 - 10° มีความสว่างมากเกินกว่า 6,471 แคนเดลาต่อตารางเมตร แนวทางปรับปรุง คือ ลดค่าการส่องผ่านของผนังกระจกลงเหลือ 65%จะต้องลดค่าแสงส่องผ่านผนังกระจกของทั้งบานลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูร้อน เนื่องจากอัตราส่วนความสว่างระหว่างผนังกระจกและเสาไม้มีค่าเกินกำหนด คือ 3 ต่อ 1

แนวทางปรับปรุงผนังกระจกของจังหวัดเชียงราย เดิมผนังกระจกมีค่าแสงส่องผ่าน 76% ดังนั้นต้องติดฟิล์มที่มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 85% สามารถใช้ฟิล์ม 3เอ็ม เบอร์ Ultra600 ซึ่งเป็นฟิล์มนิรภัยใส มีค่าแสงส่องผ่าน 84% ราคา 200 บาท ต่อ ตารางฟุต ผนังกระจกมีพื้นที่รวม 27 ตารางเมตร คิดเป็น 293 ตารางฟุต หากคิดราคาฟิล์มและค่าติดตั้งในส่วนผนังกระจกจะเป็นเงินงบประมาณ 58,500 บาท เหตุผลที่เลือกฟิล์มดังกล่าวเนื่องจาก ค่าแสงส่องผ่านของฟิล์ม 3เอ็ม เบอร์ดังกล่าวมีค่าแสงส่องผ่านใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมาก ยังเป็นฟิลม์นิรภัยหากกระจกแตกจะไม่หลุดร่วงลงมาซึ่งไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้สอยอาคาร เหตุผลสำคัญอีกข้อหนึ่งคือ ไม่ต้องเปลี่ยนกระจกเดิมเพียงติดฟิล์มเพิ่มเข้าไปประกอบกับการมองที่ไม่มีม่านกันแดดมาบดบังทัศนียภาพ และมีความรวดเร็วในการติดตั้ง ส่วนหลังคากระจกมีความสบายทางสายตา ไม่แสบตาเวลามอง เนื่องจากเป็นกระจกลามิเนตสีเขียวอ่อน หนา 12 มิลลิเมตร มีค่าแสงส่องผ่านเพียง 58% เท่านั้น

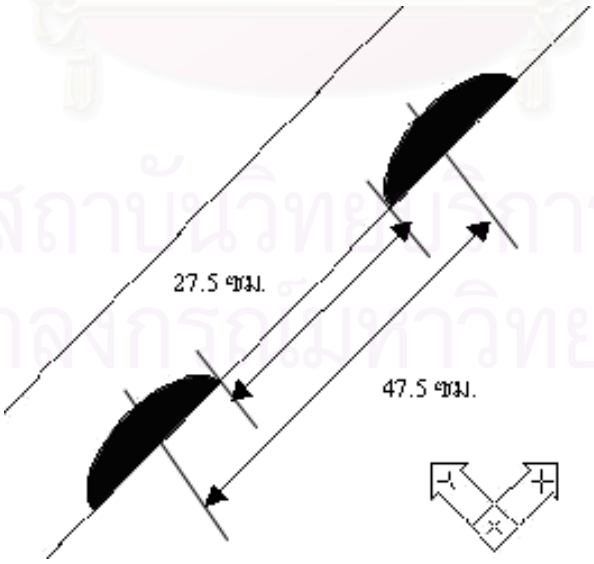
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.8 กรณีที่ 3 : การออกแบบแผงกันแดดบนเรือนกระจกกรณีศึกษา จังหวัดเชียงราย



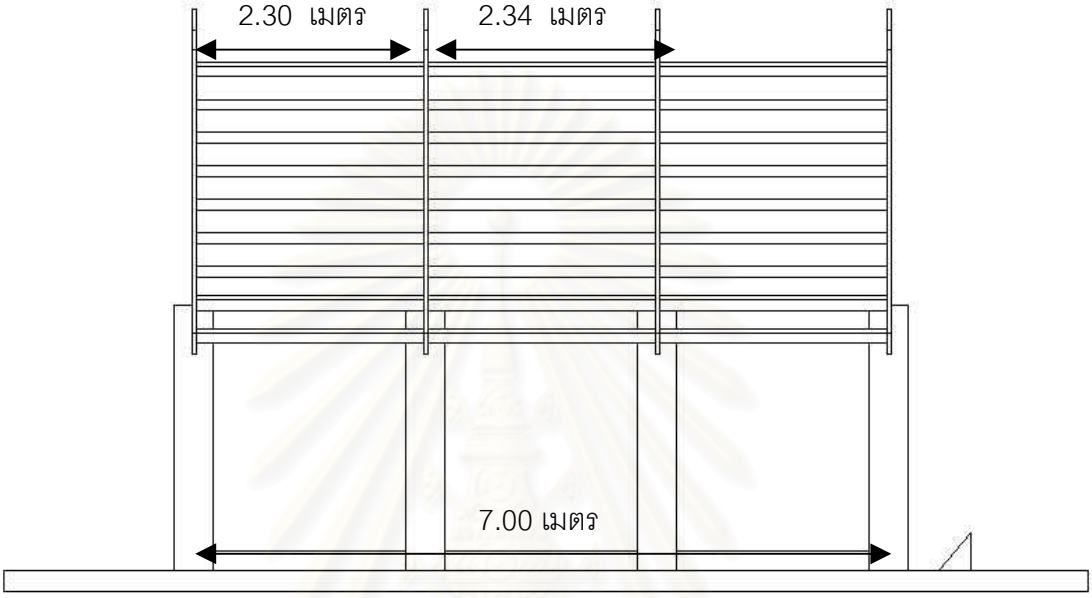
รูปที่ 5.11 ภาพแสดงตำแหน่งของแผงกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา

เนื่องจากแผงกันแดดเดิมของเรือนกระจกกรณีศึกษามีลักษณะเป็นครีบตามแนวนอนทึบเว้นช่วงดังรูป

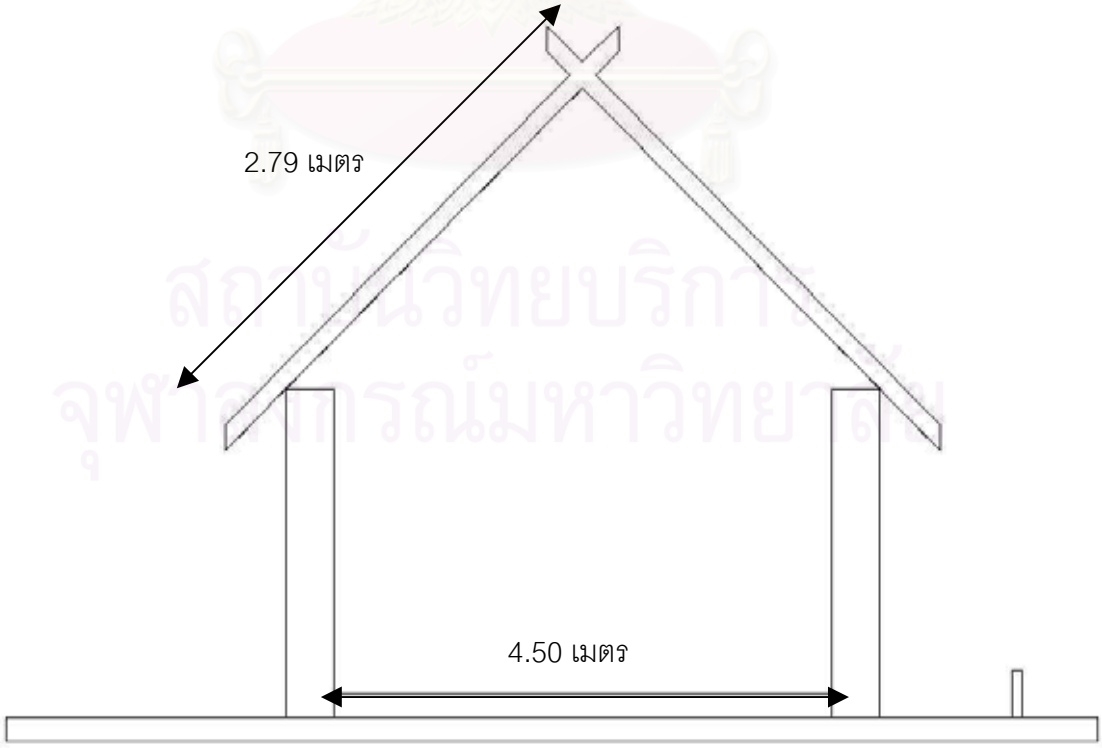


รูปที่ 5.12 ภาพแสดงระยะของครีบกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา

แผงกันแดดตามแนวนอนมีระยะห่างจากศูนย์กลางซึ่งกันและกัน 47.5 เซนติเมตร และมีระยะเว้นว่าง 27.5 เซนติเมตรตามลำดับ มีทั้งหมด 9 แนวในแต่ละด้านของหลังคา นอกจากนั้นยังมีจันทันภายนอกเรือนกระจกยังทำหน้าที่บังแดดให้กับอาคารดังรูป



รูปที่ 5.13 ภาพแสดงรูปด้านข้างเรือนกระจกกรณีศึกษา



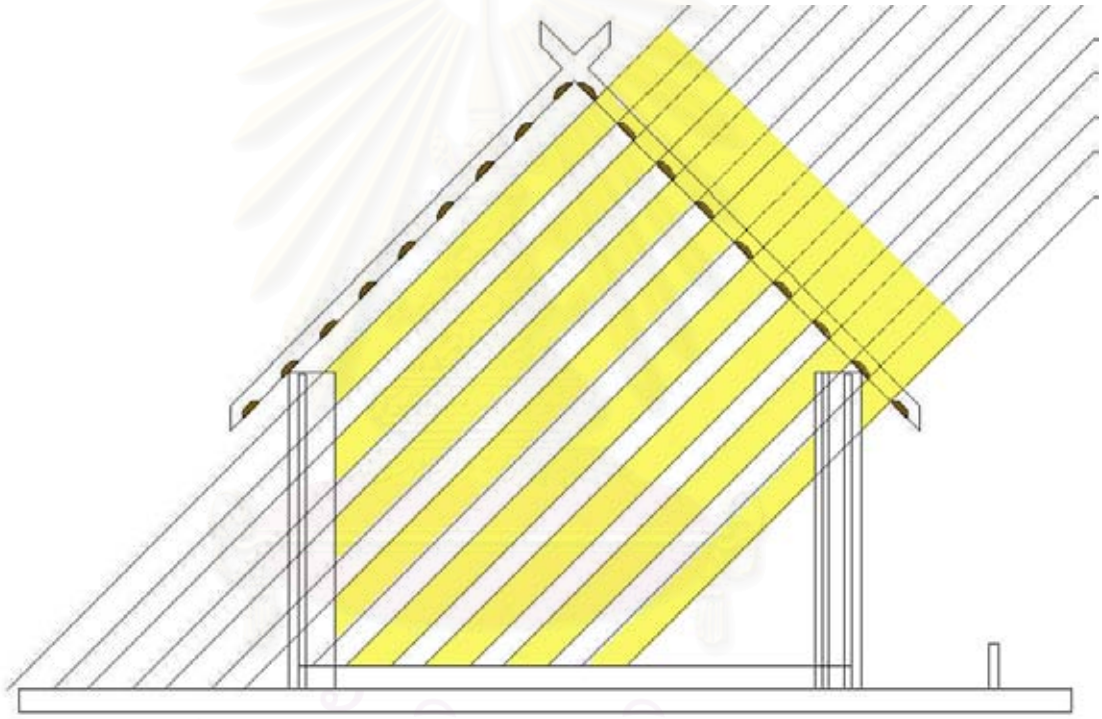
รูปที่ 5.14 ภาพแสดงรูปด้านหน้าเรือนกระจกกรณีศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จันทันภายนอกมีระยะห่างจากศูนย์กลางซึ่งกันและกัน 2.34 เมตร และมีระยะเว้นว่าง 2.30 เมตรตามลำดับ มีทั้งหมด 4 แนวในแต่ละซีกของหลังคา

หากคิดพื้นที่ของแผงกันแดดบนเรือนกระจก มีพื้นที่รวม 10.35 ตารางเมตร คิดเป็น 22% ของพื้นที่กระจกหลังคา นั่นคือ 48.30 ตารางเมตร และคิดเป็นค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดด 78%

แผงกันแดดเดิมมีข้อควรปรับปรุง เนื่องจากแสงแดดที่ส่องลงมาสามารถผ่านช่องว่างระหว่างครีบกันแดด ทำให้เกิดความไม่สม่ำเสมอของการกันแดดดังรูป

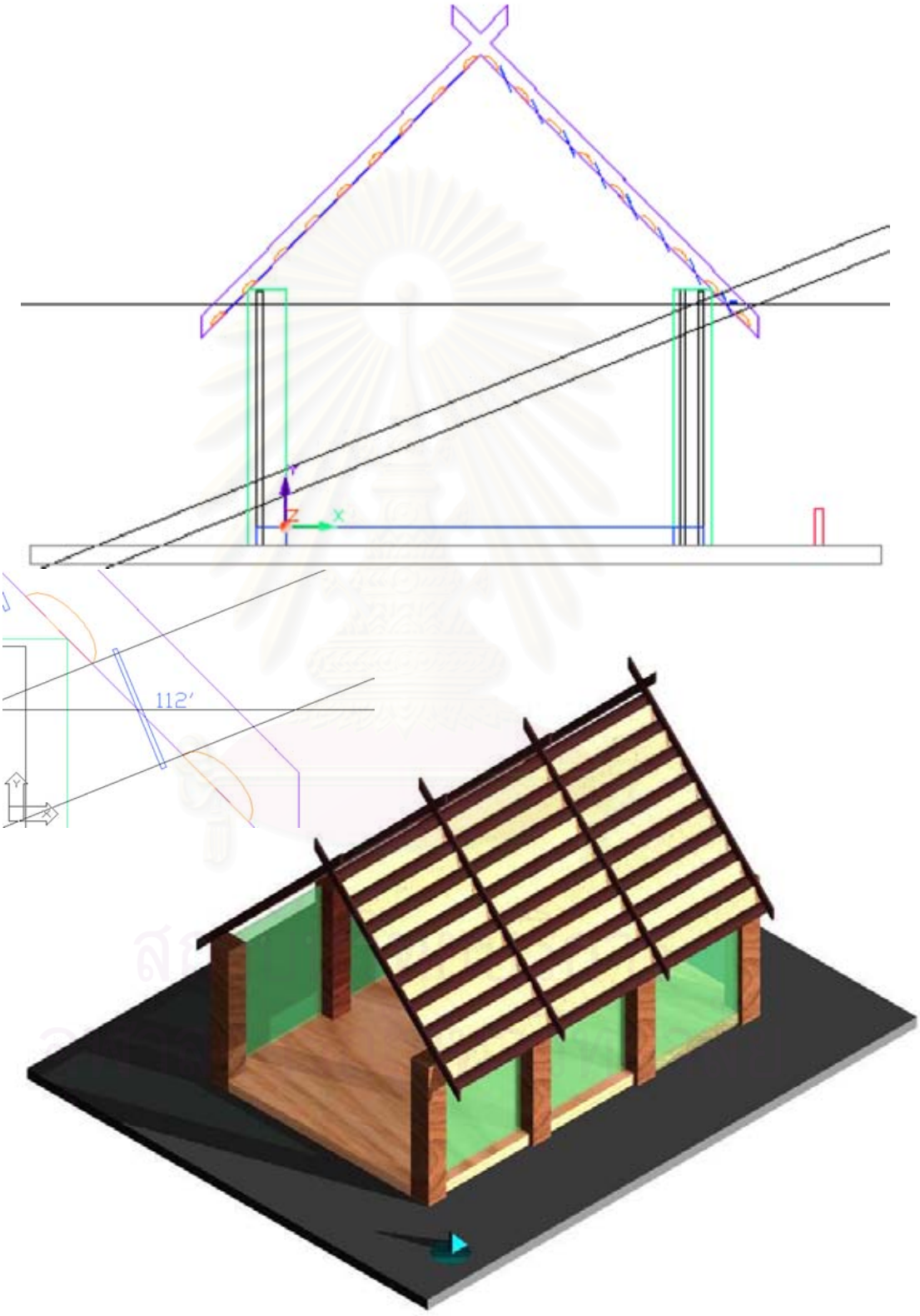


รูปที่ 5.15 ภาพแสดงแสงแดดส่องผ่านแผงกันแดดเรือนกระจกกรณีศึกษา

ดังนั้นในการจะทำให้แผงกันแดดเดิมมีความสม่ำเสมอในการกันแดดได้ดี จะต้องกันแดดของช่องว่างระหว่างแผงกันแดดเดิม โดยมีรูปแบบของแผงกันแดดเพิ่มเติมของเรือนกระจกกรณีศึกษา จังหวัดเชียงราย ในวันที่ 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม ในช่วงเวลา 07:00 น. ถึง 18:00 น. โดยมีรูปแบบดังนี้

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 07:00 น. จังหวัดเชียงราย

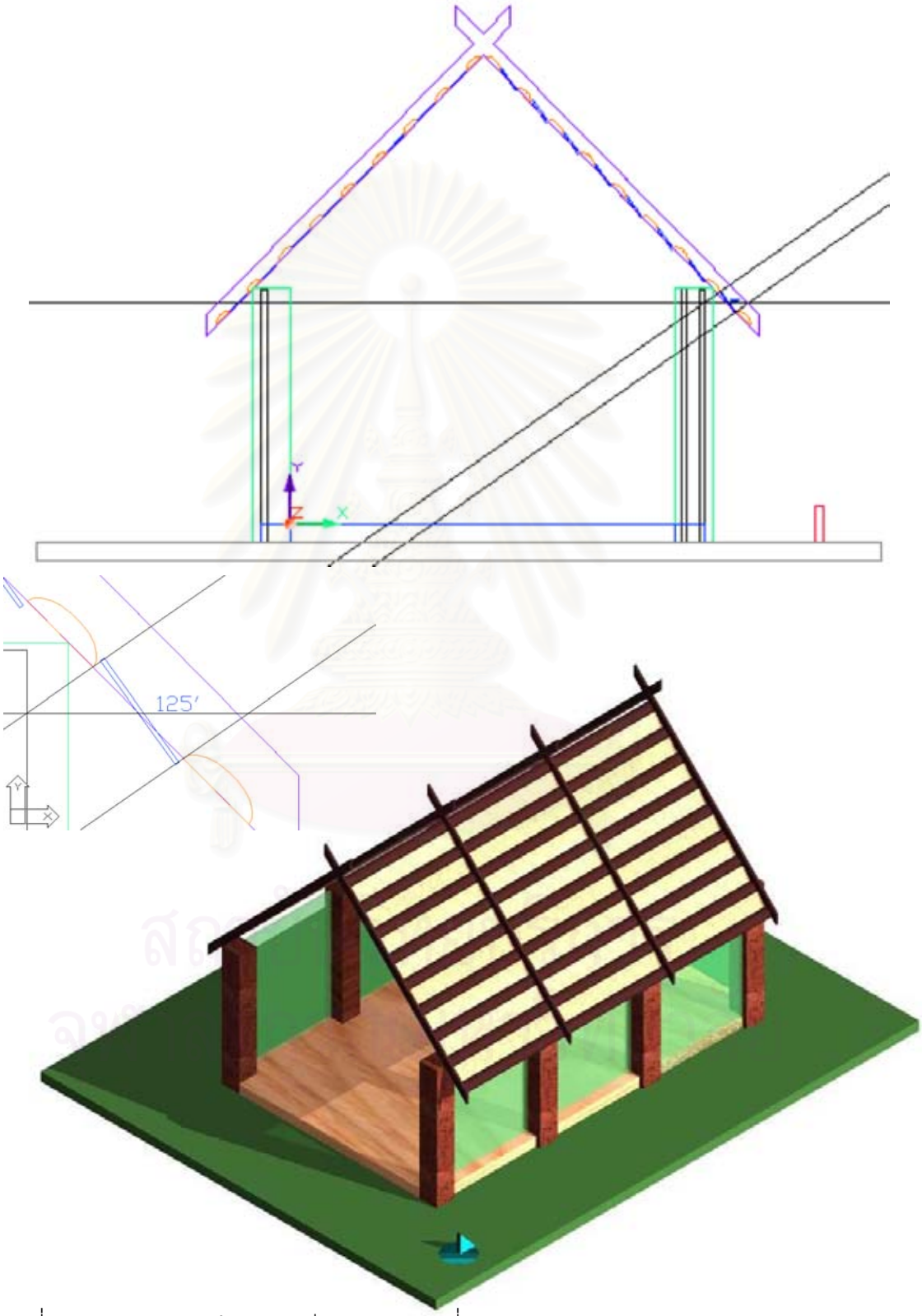
มุมพโรไฟลที่ 22 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 112 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.16 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 07:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 08:00 น. จังหวัดเชียงราย

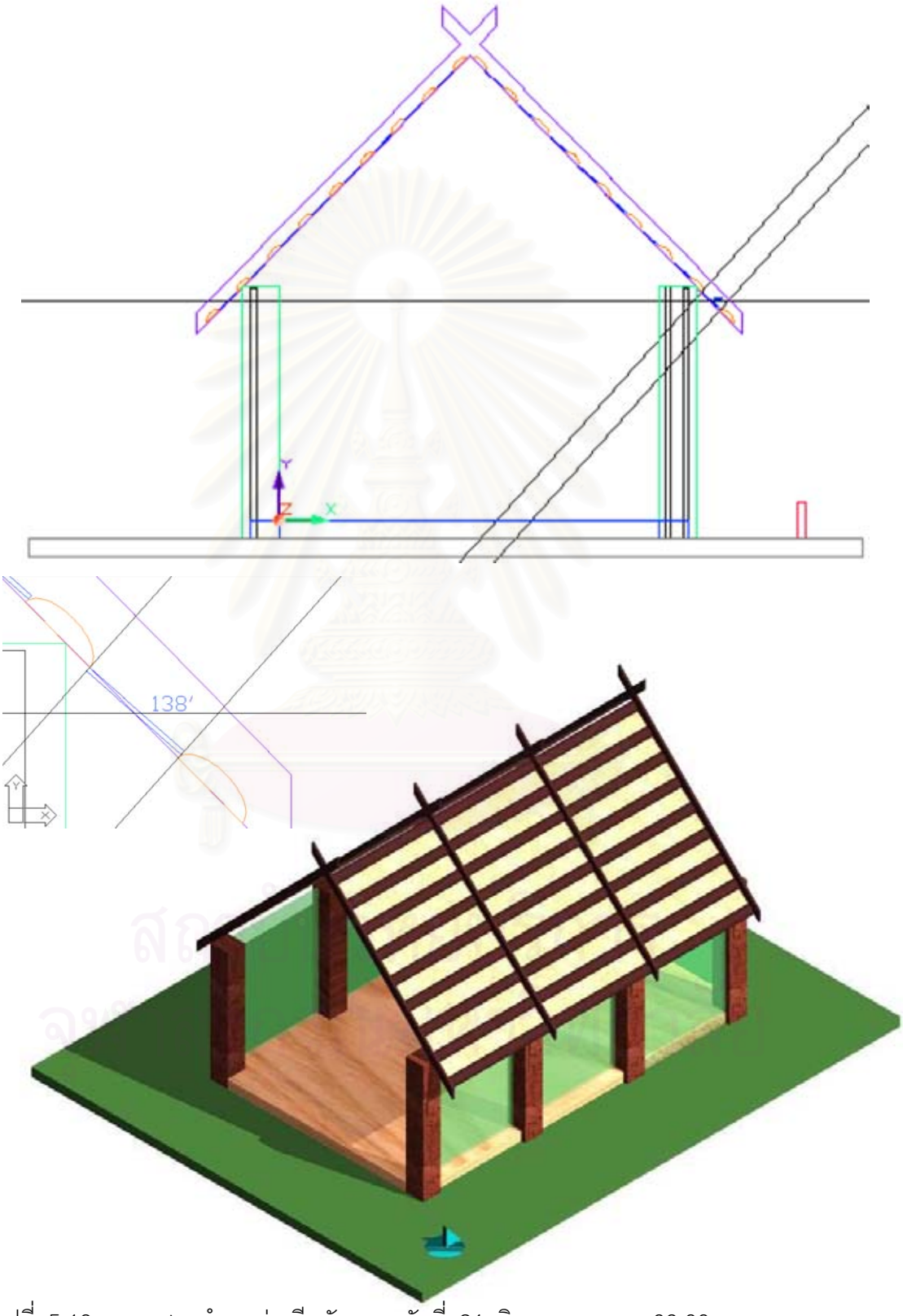
มุมพโรไฟลที่ 35 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 125 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.17 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 08:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 09:00 น. จังหวัดเชียงราย

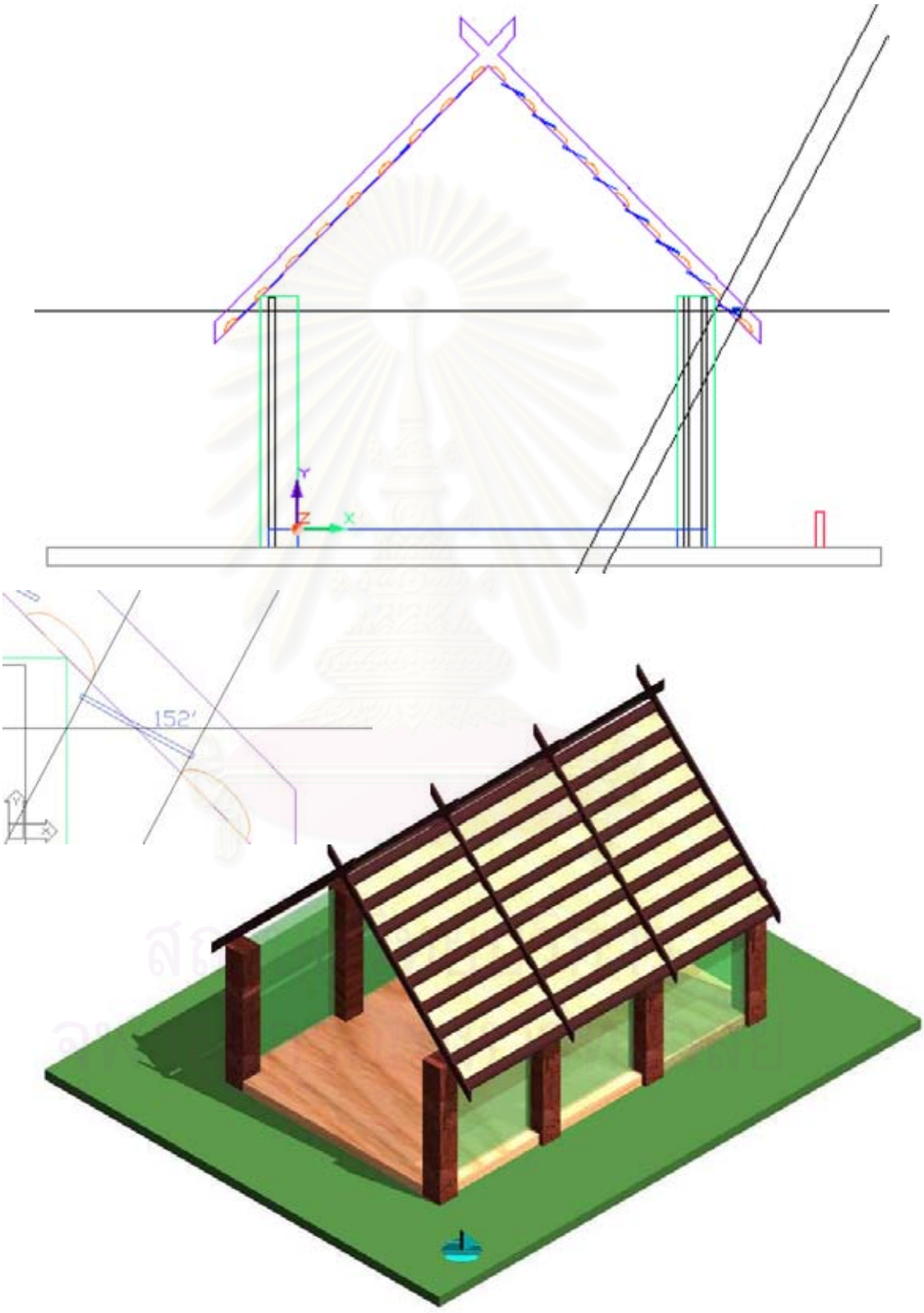
มุมพโรไฟลที่ 48 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 138 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.18 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 09:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น. จังหวัดเชียงราย

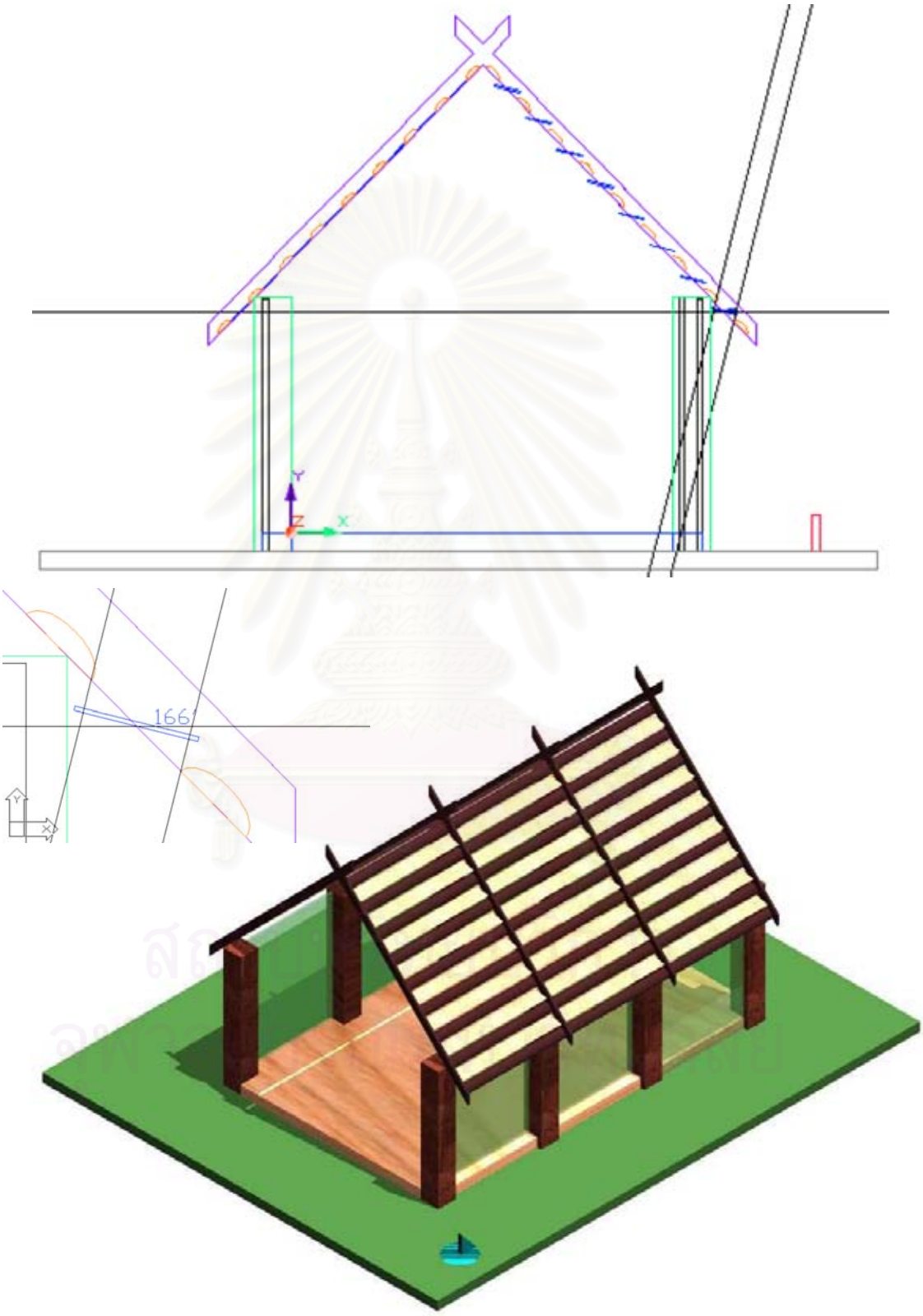
มุมพโรไฟลที่ 62 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 152 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.19 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 11:00 น. จังหวัดเชียงราย

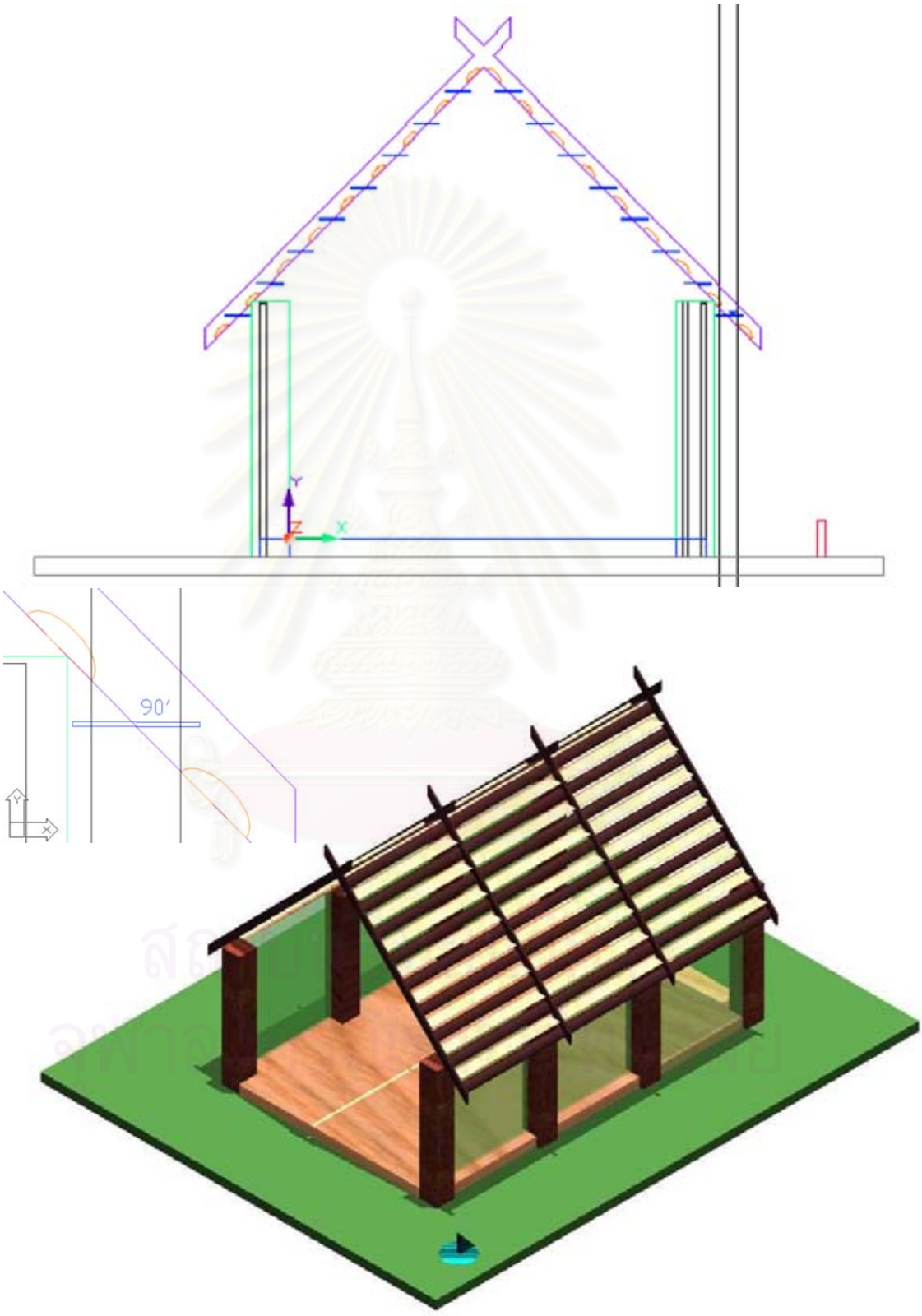
มุมพโรไฟลที่ 76 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 166 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.20 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 11:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย

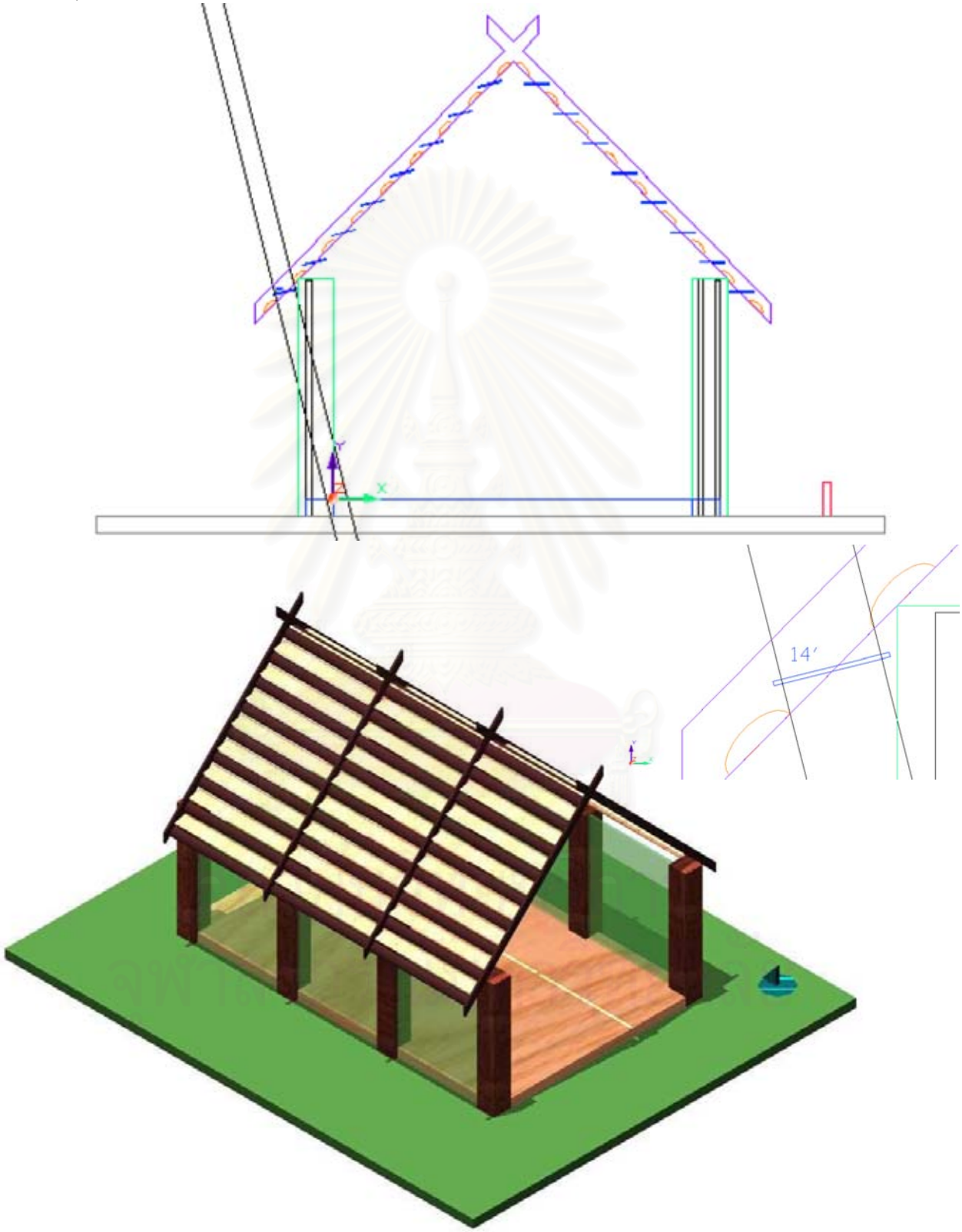
มุมพโรไฟลที่ 90 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 90 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.21 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 13:00 น. จังหวัดเชียงราย

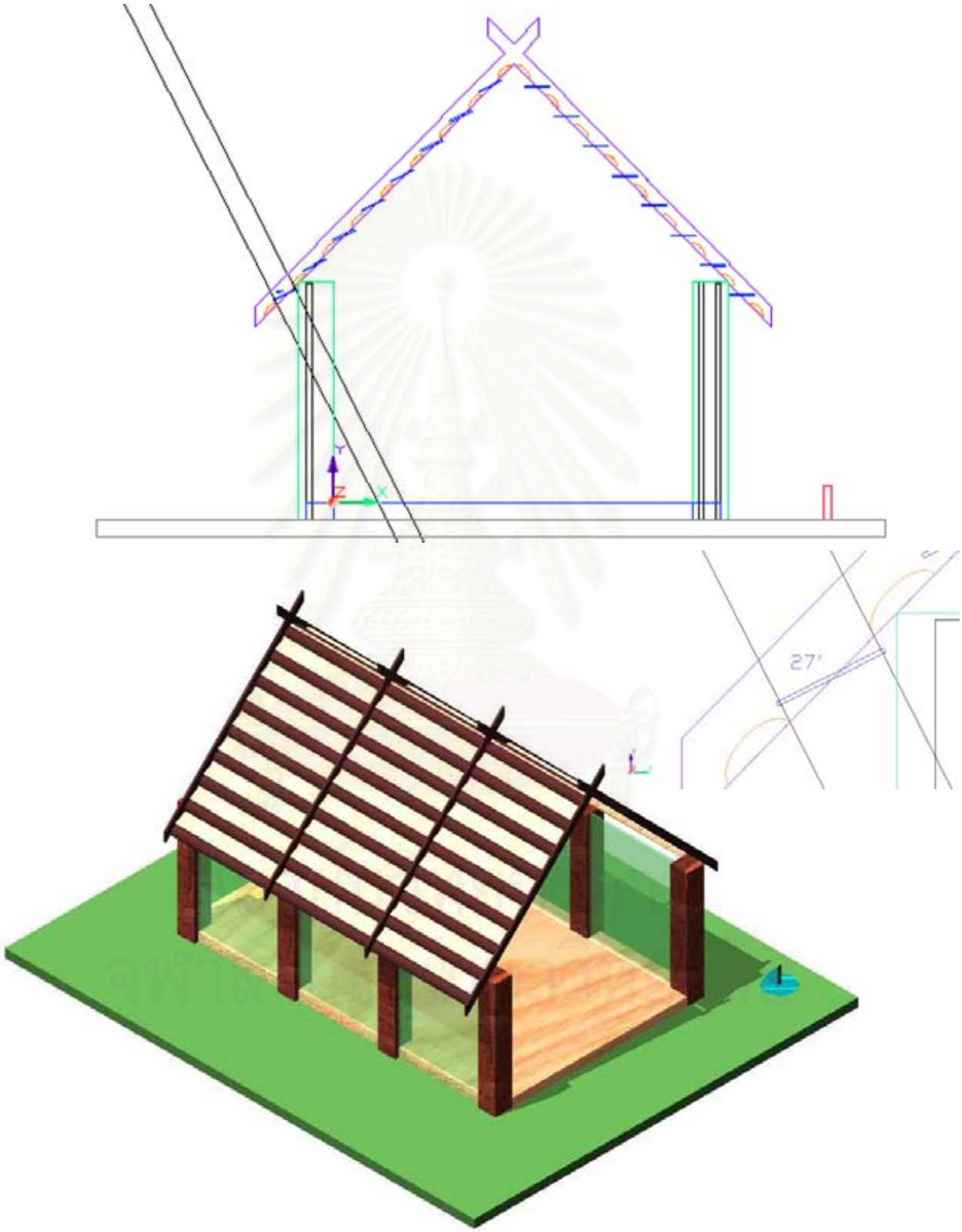
มุมพโรไฟลที่ 76 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 14 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.22 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 13:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 14:00 น. จังหวัดเชียงราย

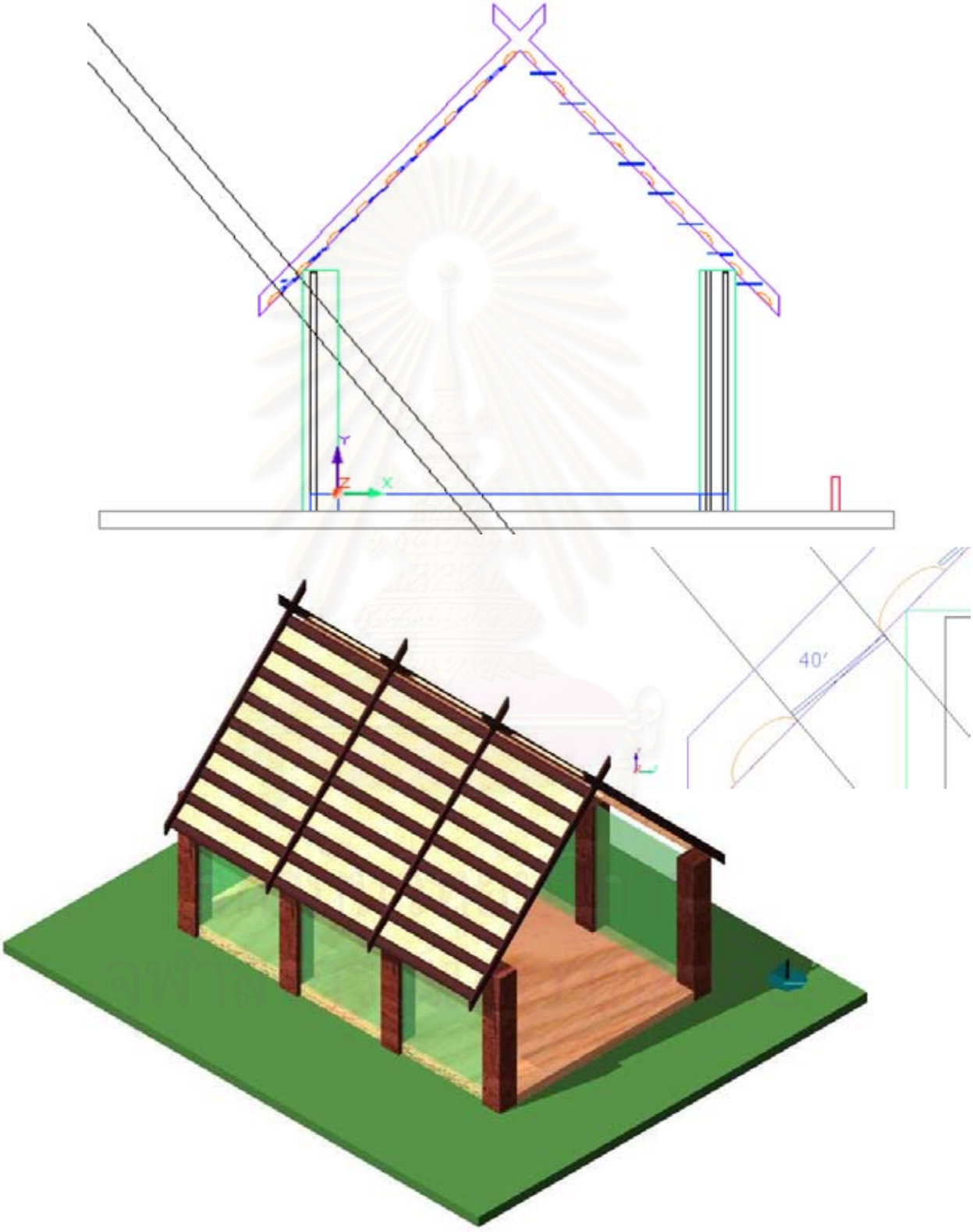
มุมพโรไฟลที่ 63 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 27 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.23 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 14:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 15:00 น. จังหวัดเชียงราย

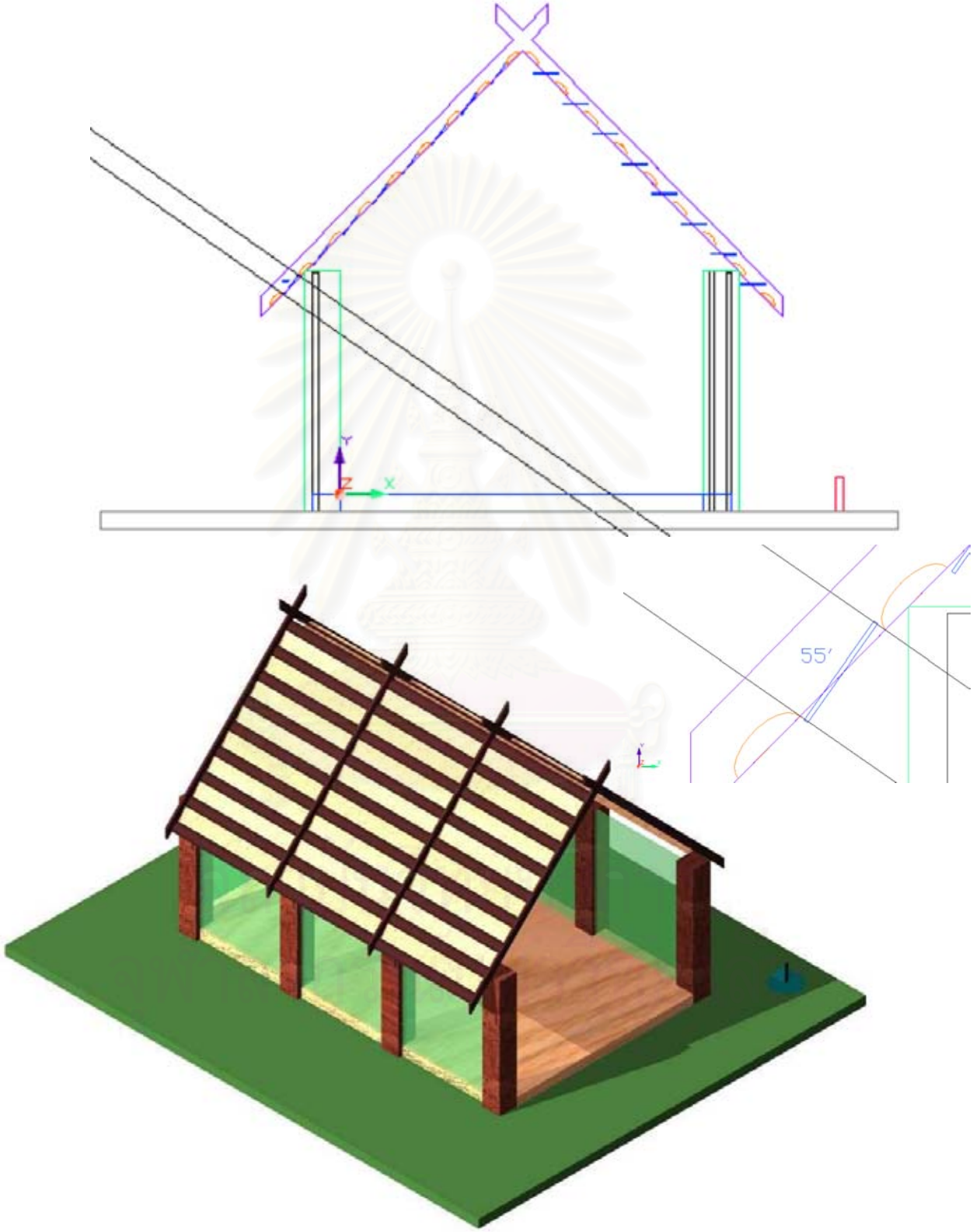
มุมพโรไฟลที่ 50 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 40 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.24 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 15:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16:00 น. จังหวัดเชียงราย

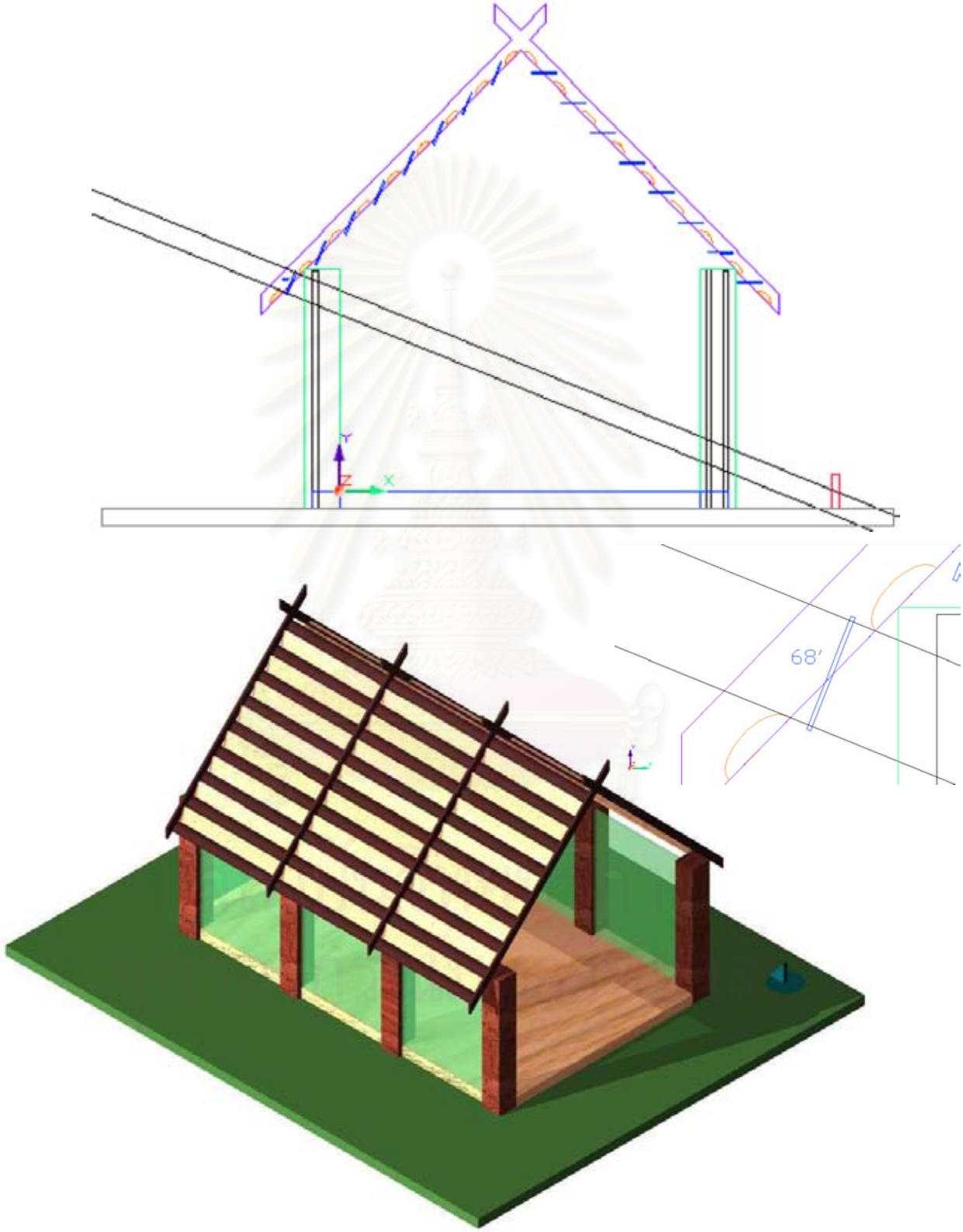
มุมพโรไฟลที่ 35 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 55 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.25 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น. จังหวัดเชียงราย

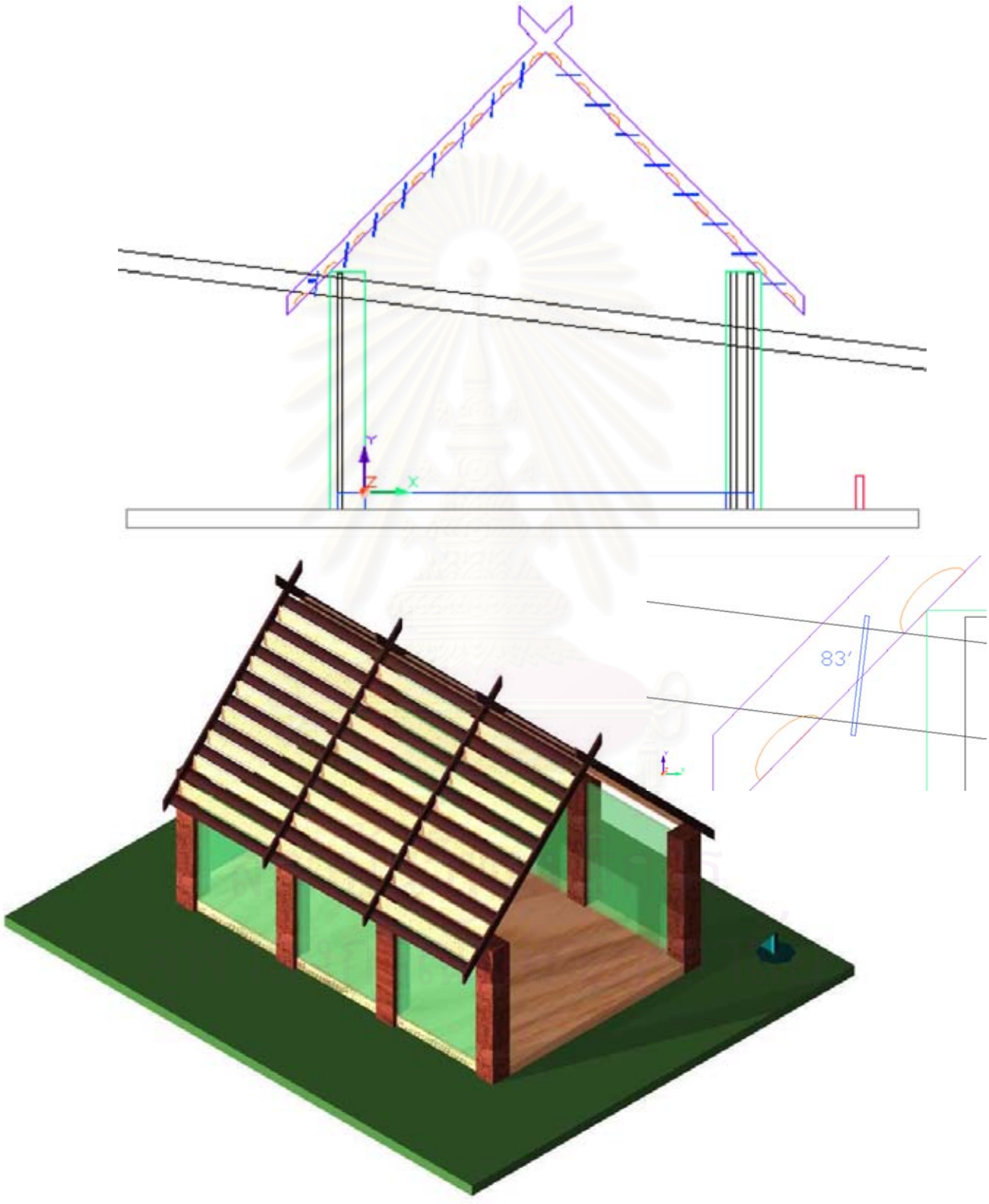
มุมพโรไฟลที่ 22 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 68 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.26 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น.

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น. จังหวัดเชียงราย

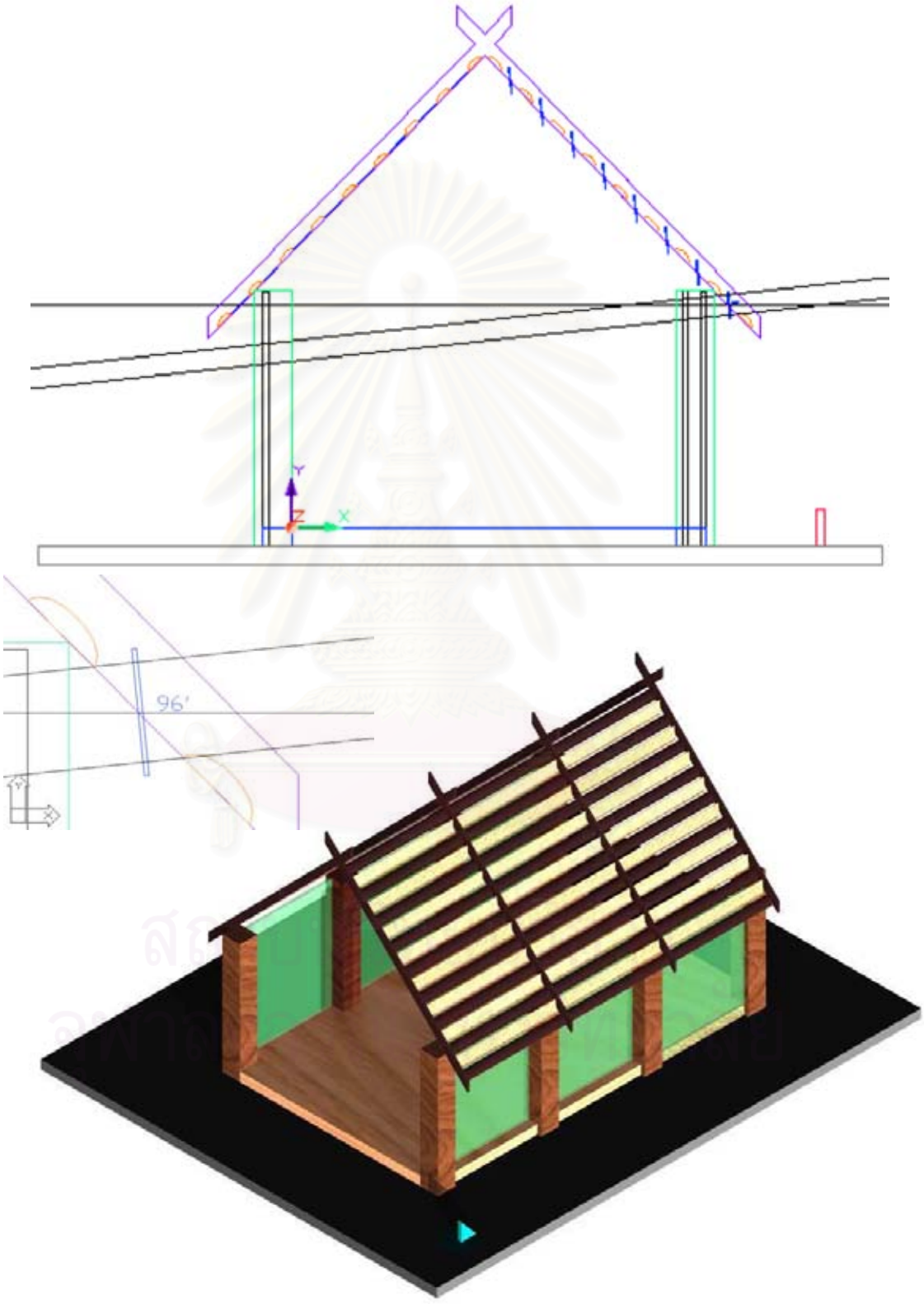
มุมพโรไฟลที่ 7 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 83 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.27 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 18:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 07:00 น. จังหวัดเชียงราย

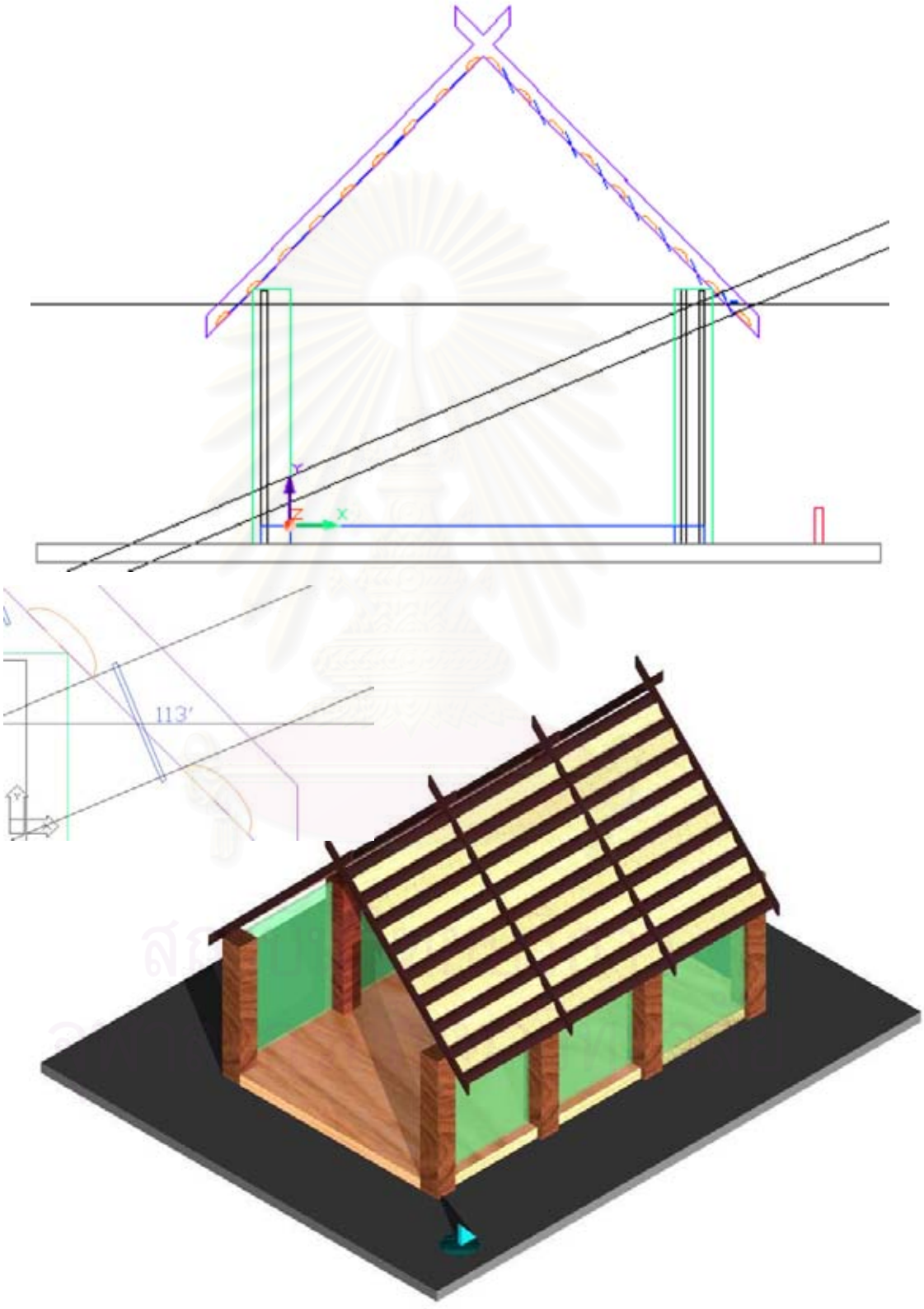
มุมพโรไฟลที่ 6 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 96 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.28 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 07:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 08:00 น. จังหวัดเชียงราย

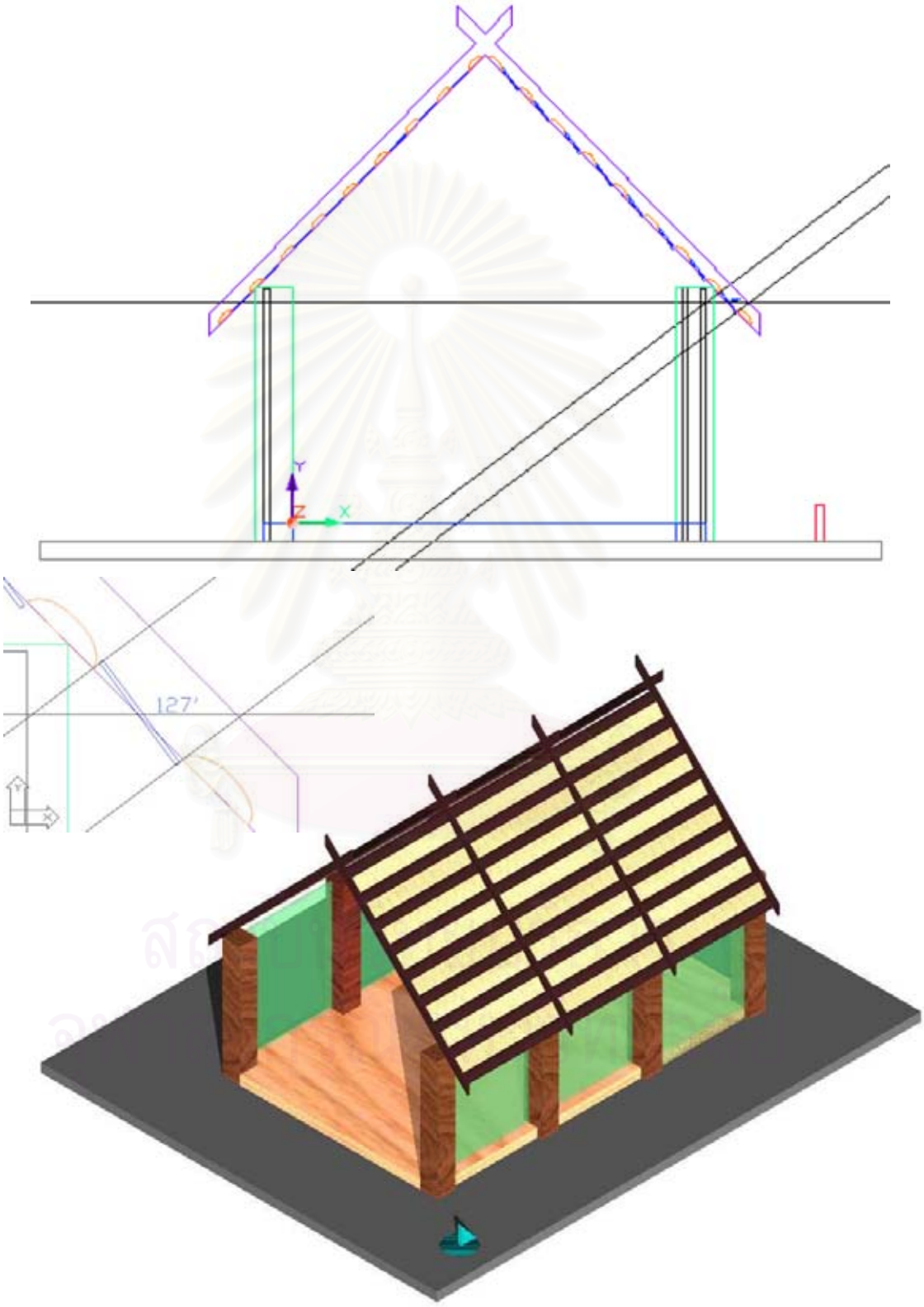
มุมพโรไฟลที่ 23 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 113 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.29 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 08:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 09:00 น. จังหวัดเชียงราย

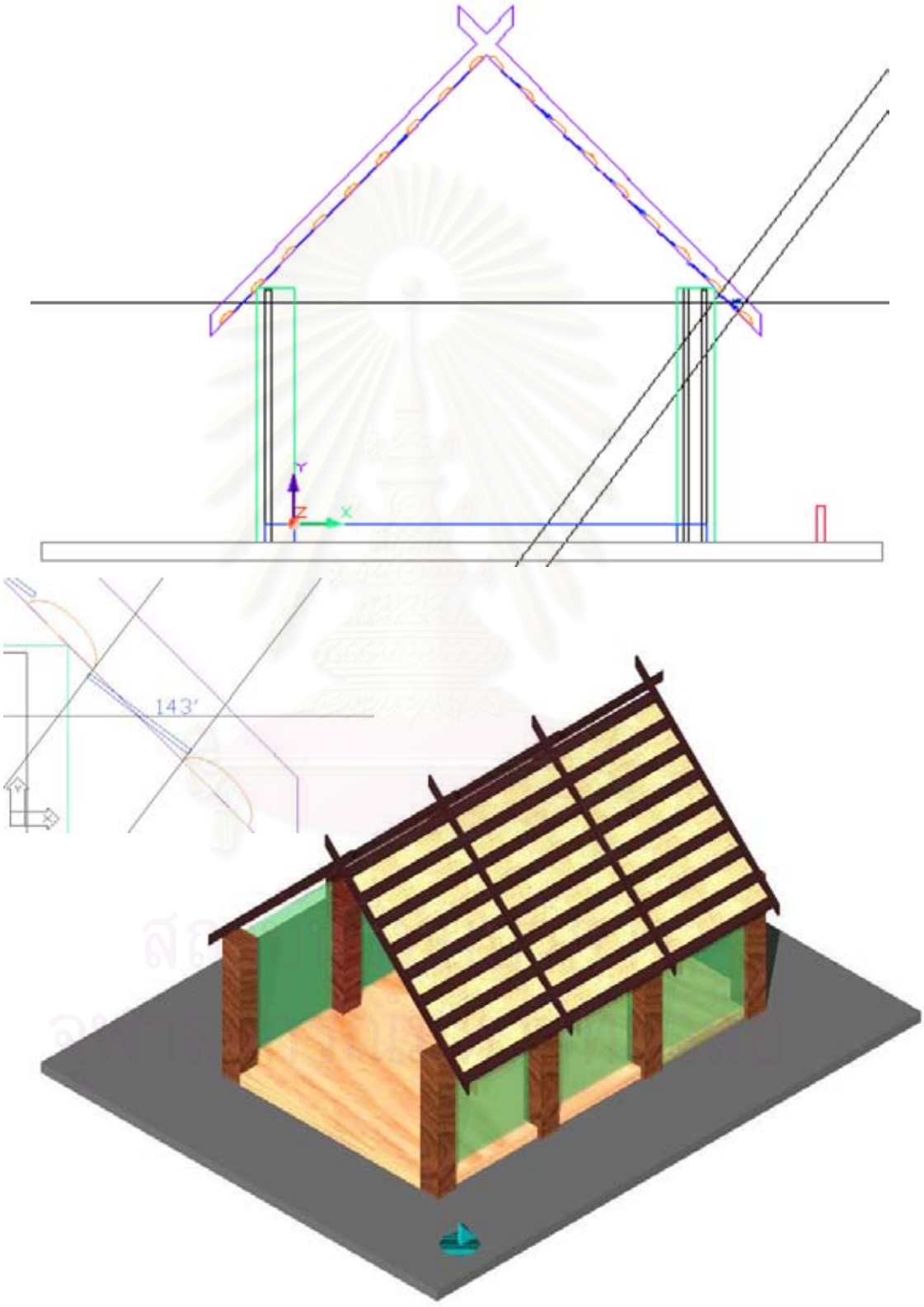
มุมพโรไฟลที่ 37 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 127 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.30 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 09:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น. จังหวัดเชียงราย

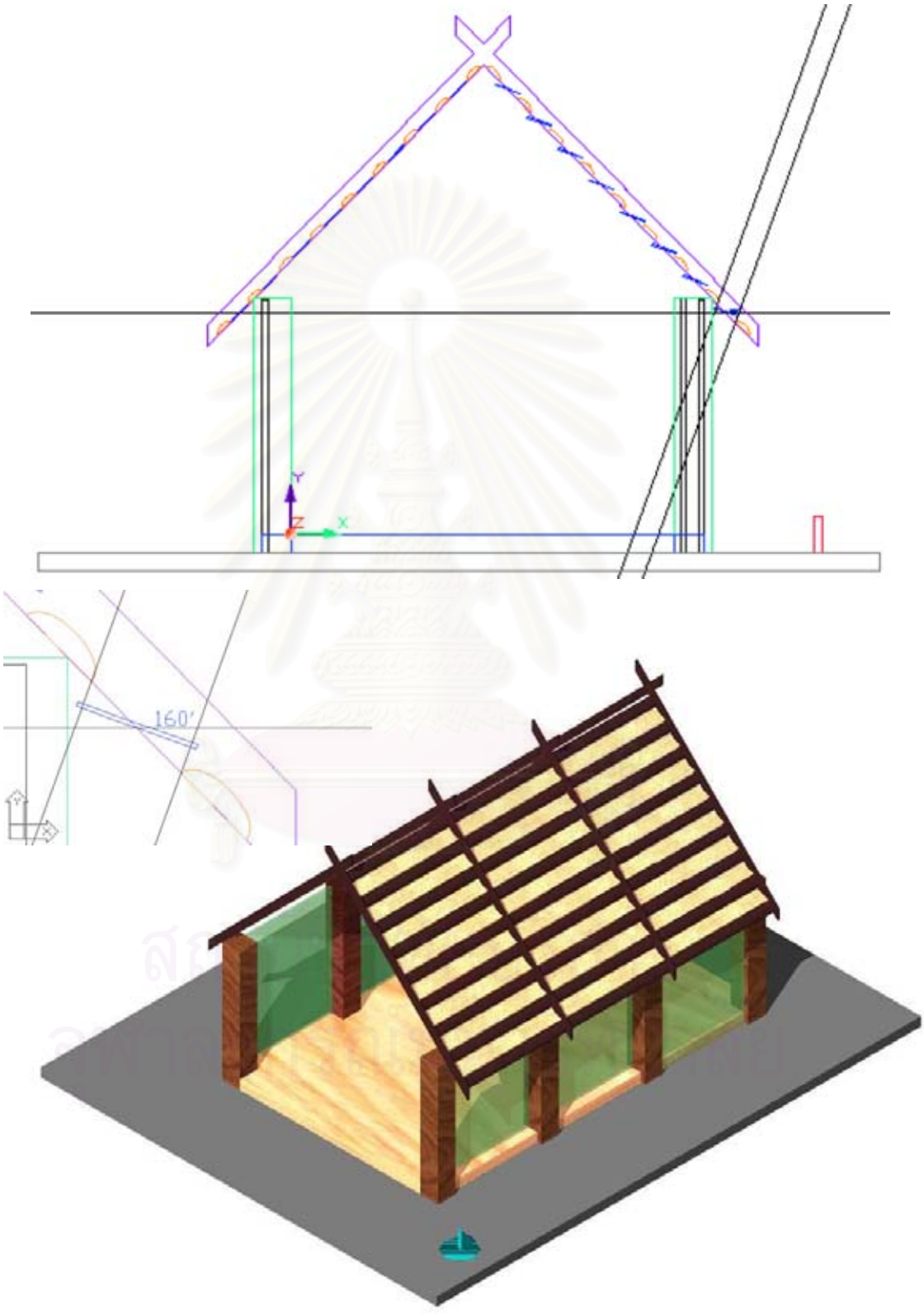
มุมพโรไฟลที่ 53 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 143 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.31 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 11:00 น. จังหวัดเชียงราย

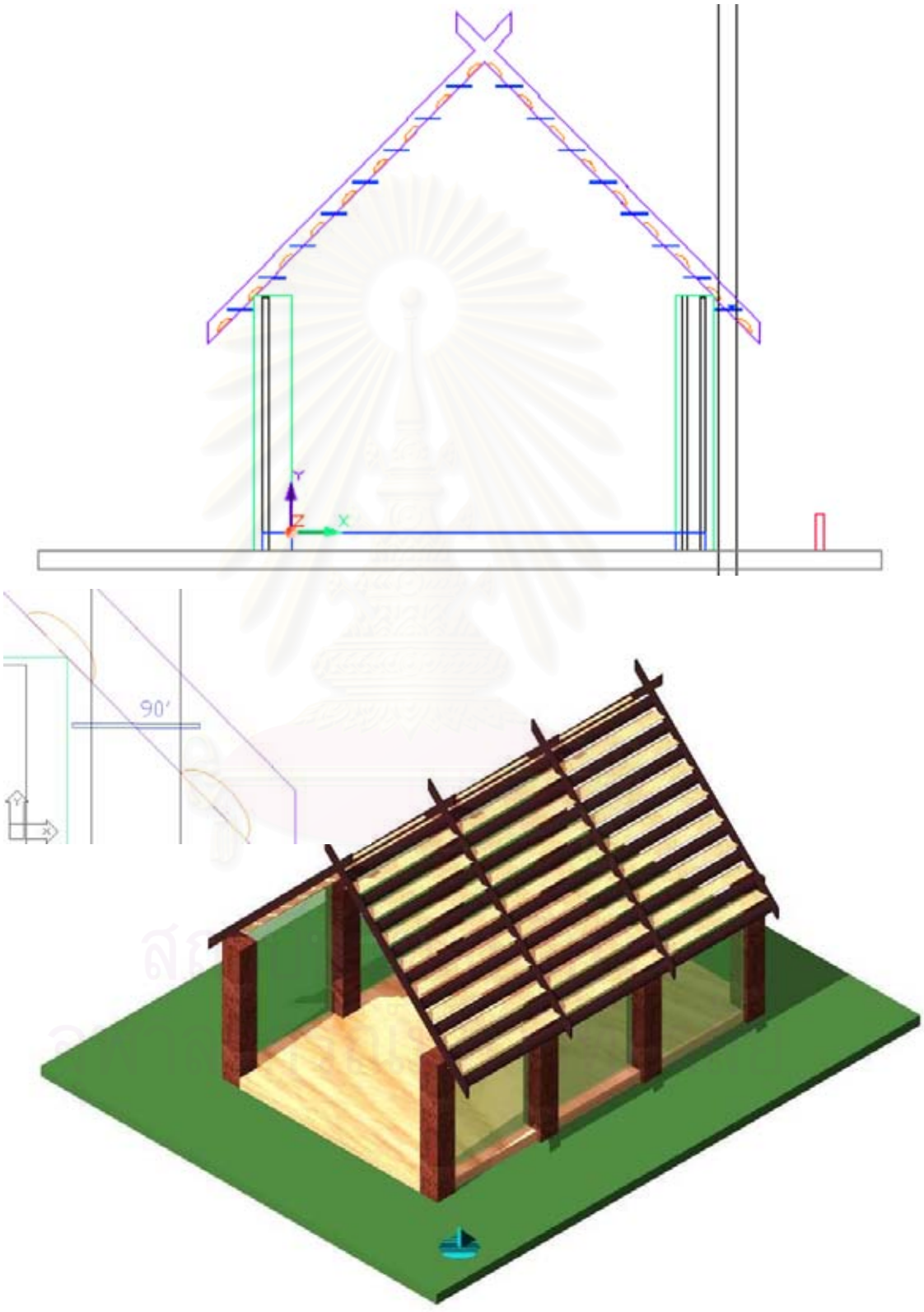
มุมพโรไฟลที่ 70 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 160 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.32 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 11:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. จังหวัดเชียงราย

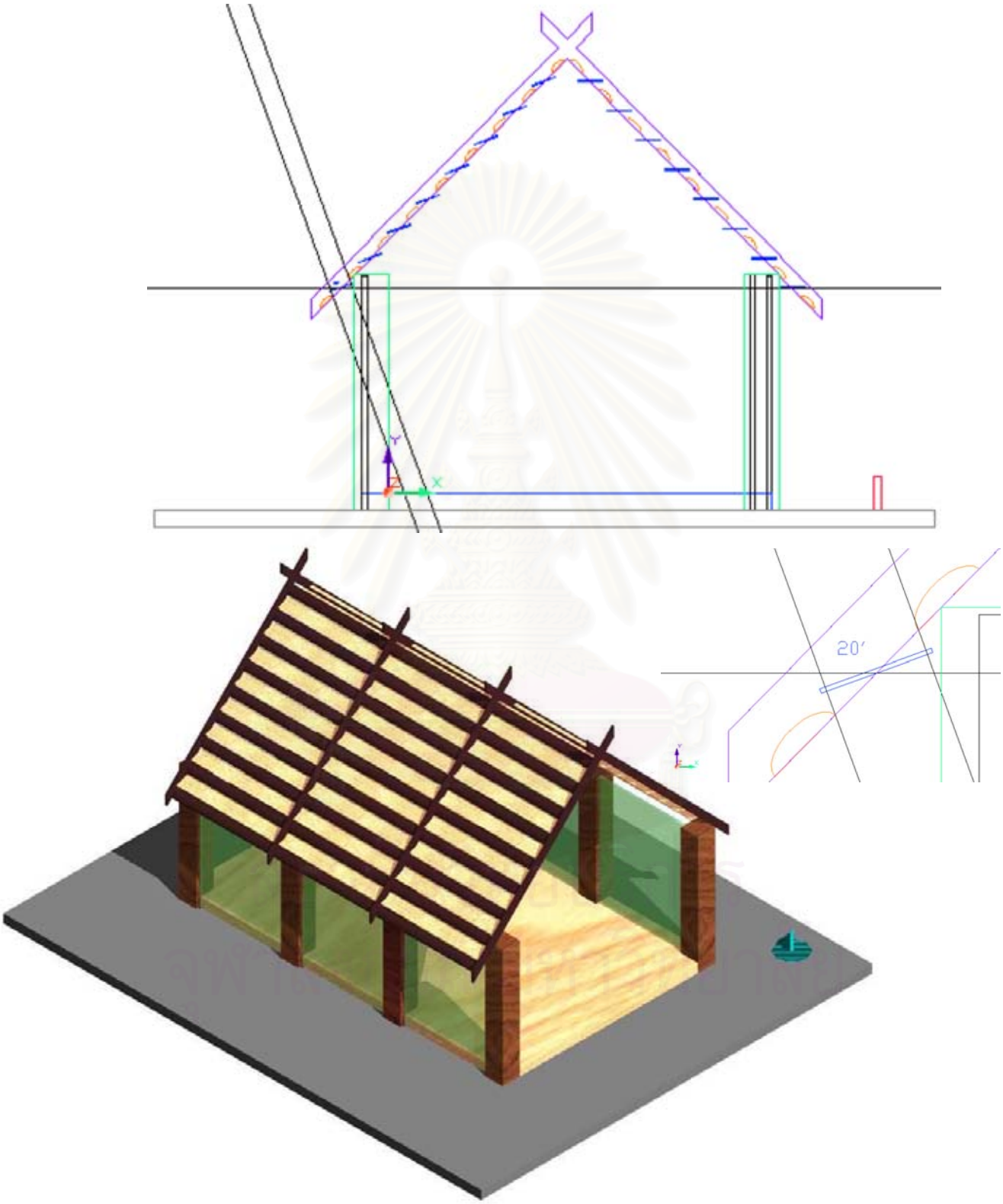
มุมพโรไฟลที่ 90 องศาตะวันออก ครีบกันแดดปรับระดับ 90 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.33 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 13:00 น. จังหวัดเชียงราย

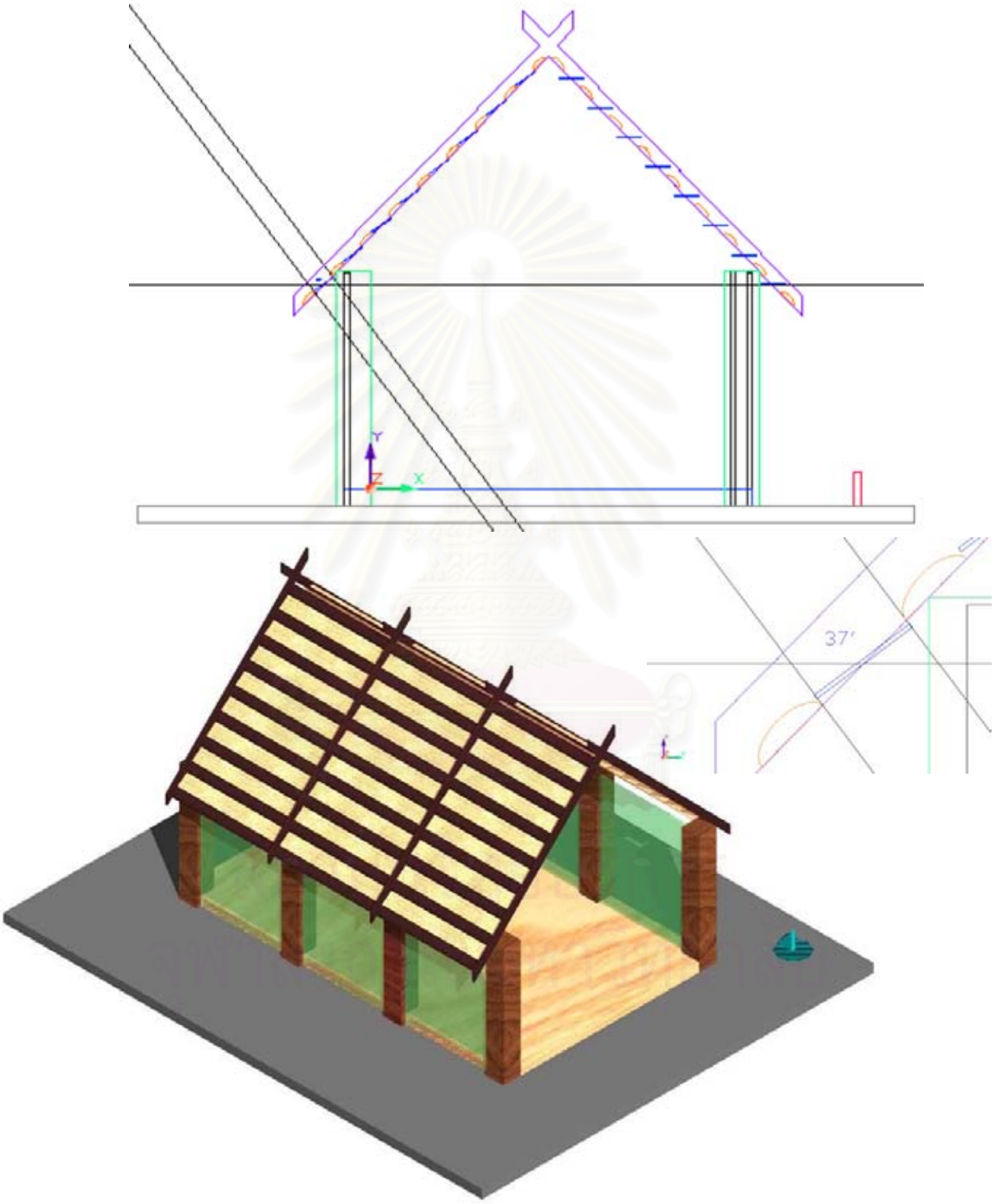
มุมพโรไฟลที่ 70 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 20 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.34 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 13:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 14:00 น. จังหวัดเชียงราย

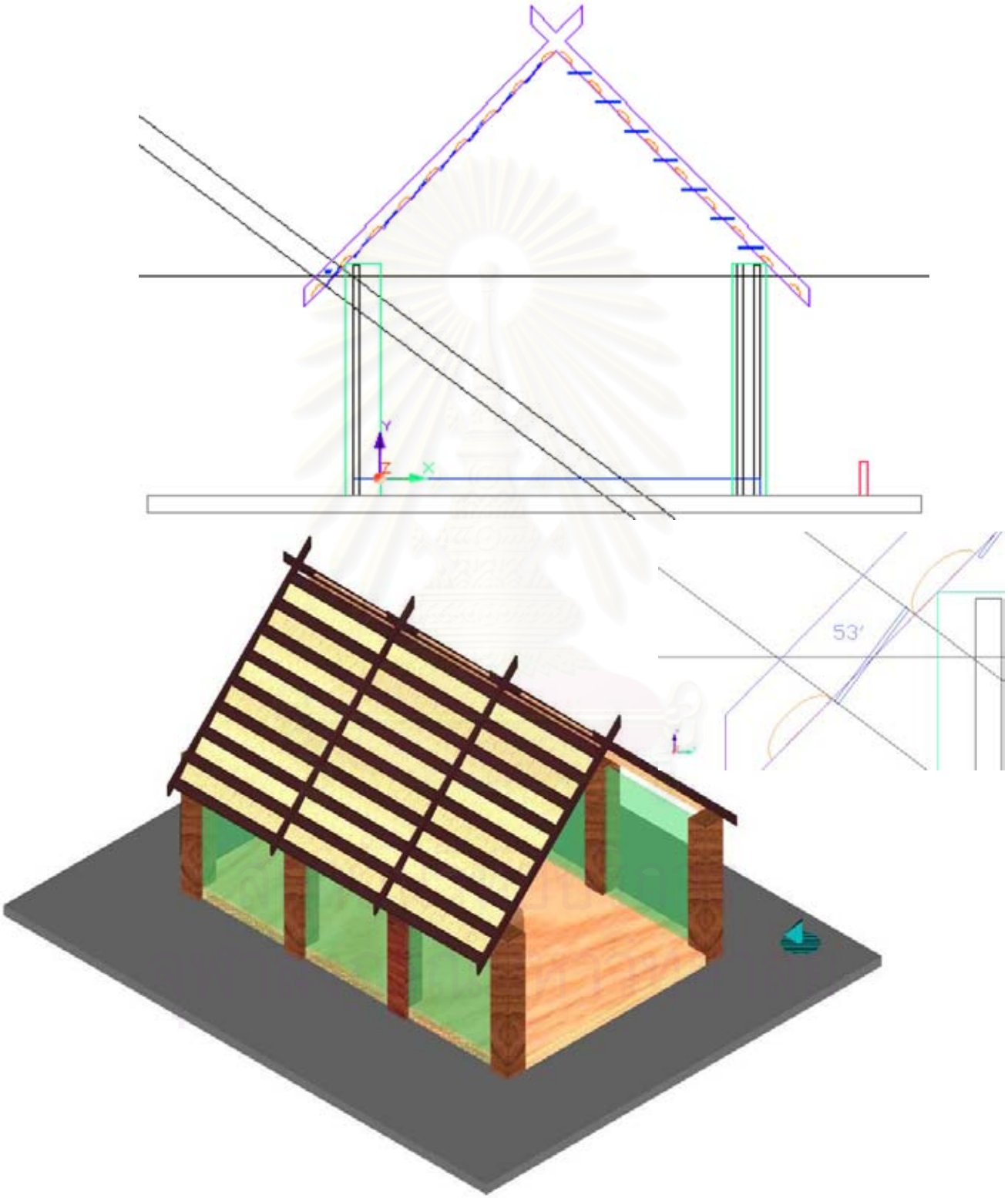
มุมพโรไฟลที่ 53 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 37 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.35 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 14:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 15:00 น. จังหวัดเชียงราย

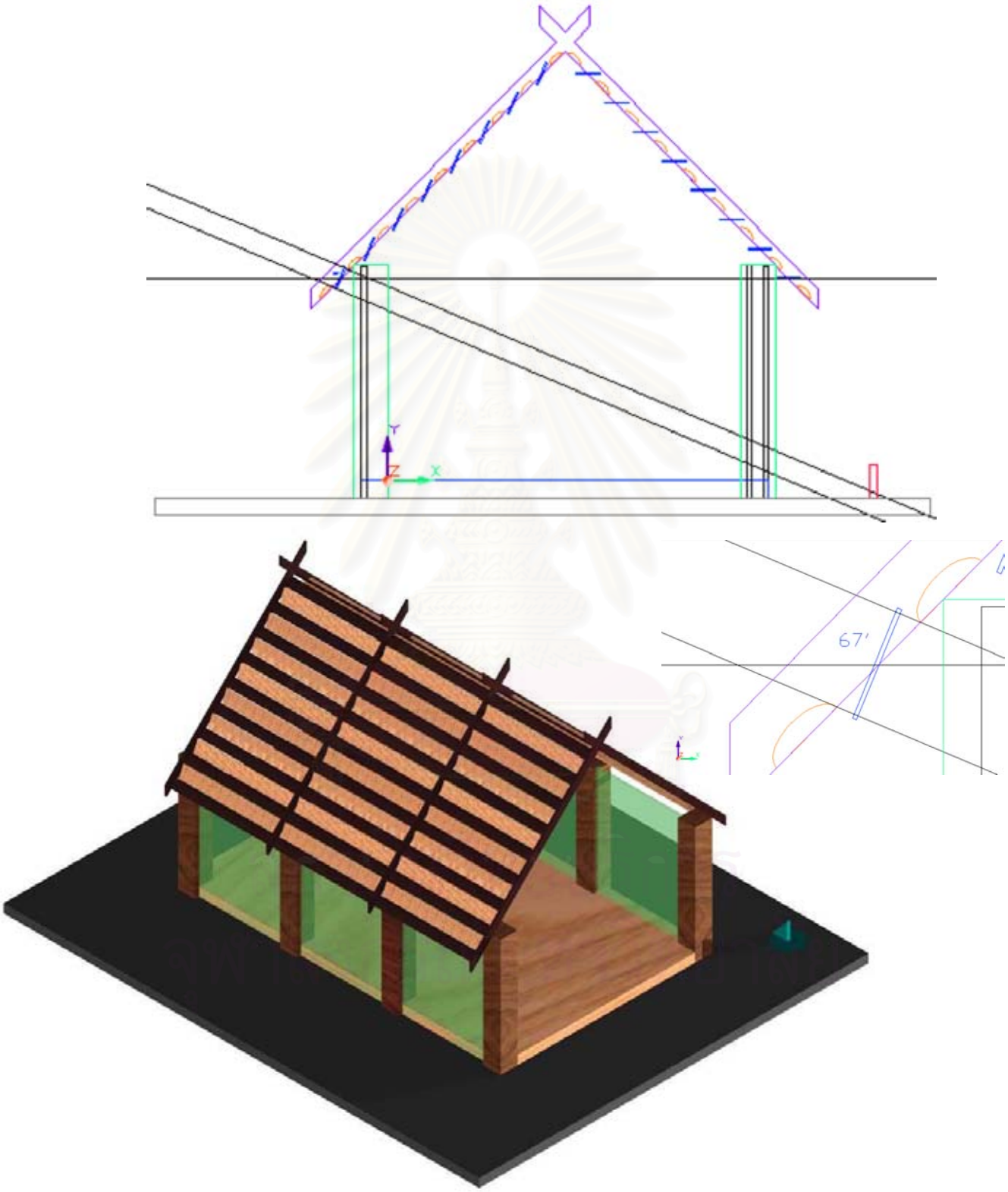
มุมพโรไฟลที่ 37 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 53 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.36 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 15:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16:00 น. จังหวัดเชียงราย

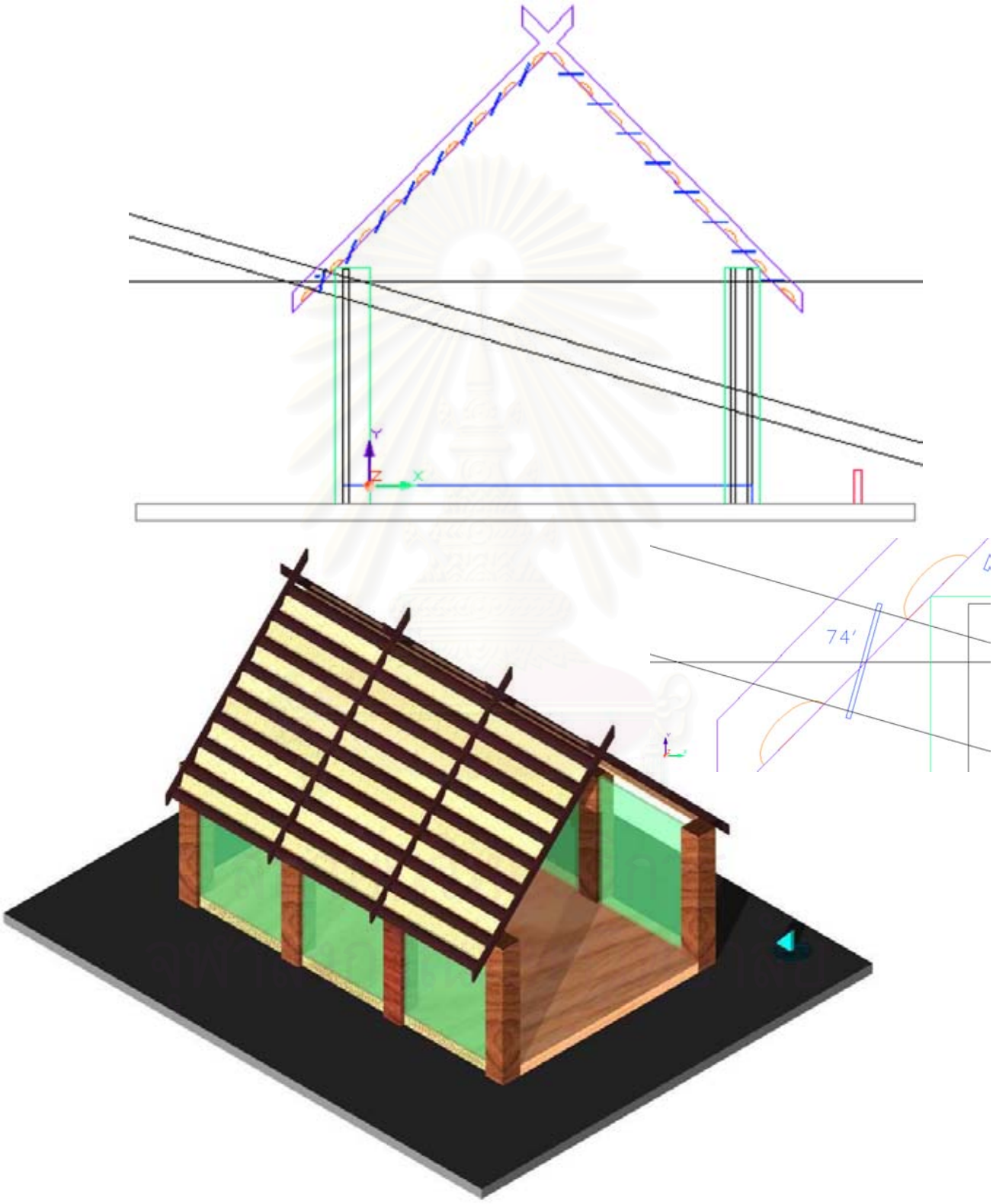
มุมพโรไฟลที่ 23 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 67 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.37 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16:00 น.

วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 17:00 น. จังหวัดเชียงราย

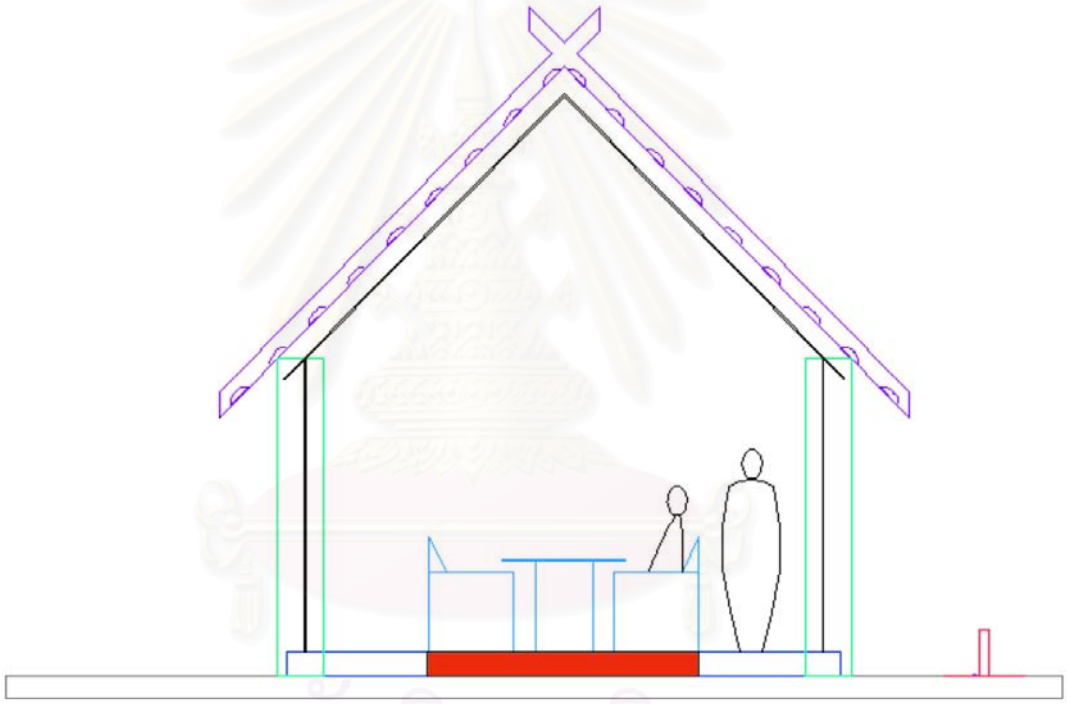
มุมพโรไฟลที่ 16 องศาตะวันตก ครีบกันแดดปรับระดับ 74 องศาจากแนวระดับ



รูปที่ 5.38 ภาพแสดงตำแหน่งครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 17:00 น.

ในการออกแบบครีบกันแดดเพิ่มเติมจากแผงกันแดดเดิมนั้น เนื่องจากเรือนกระจกกรณีศึกษา ตั้งอยู่ในแนวทิศตะวันออกและตะวันตก ช่วงเวลาตั้งแต่ดวงอาทิตย์ขึ้นในทิศตะวันออกจนถึงเวลาเที่ยงแสงจะส่องในด้านทิศตะวันออก ส่วนตั้งแต่เวลาเที่ยงจนถึงดวงอาทิตย์ตกแสงจะส่องด้านทิศตะวันตก ดังนั้นจะแยกพิจารณาเป็นครีบกันแดดด้านทิศตะวันออกและครีบกันแดดด้านทิศตะวันตก มีเพียงตอนเที่ยงที่ตำแหน่งดวงอาทิตย์อยู่เหนือหัว ซึ่งตำแหน่งของครีบกันแดดของทั้งสองด้านจะต้องสัมพันธ์กัน

ตำแหน่งเงาของครีบกันแดดจะกำหนดให้ตกอยู่ในตำแหน่งพื้นที่ใช้งาน นั่นคือตำแหน่งเฟอร์นิเจอร์ภายในเรือนกระจกกรณีศึกษาดังรูป



รูปที่ 5.39 ภาพแสดงตำแหน่งเงาที่เกิดขึ้นภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา

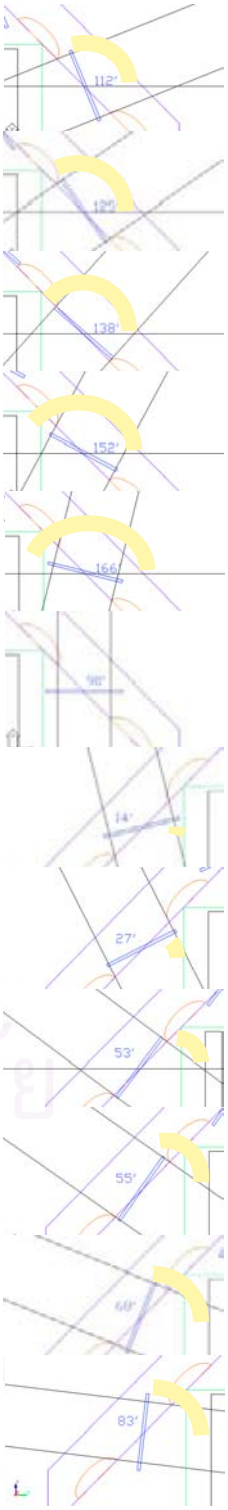
ครีบกันแดดมีหน้าที่กันแสงแดดไม่ให้ผ่านเข้ามาภายในเรือนกระจกโดยตรง จะต้องผ่านการกรองแสงส่วนหนึ่งเพื่อให้เกิดความสบายในการมอง และมีหน้าที่ให้ความสม่ำเสมอของการกันแดดของแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจก จากการวิเคราะห์ตำแหน่งของครีบกันแดดข้างต้น สามารถนำมาสรุปได้ดังนี้

<u>วันที่ 21 มิถุนายน</u> ซึ่งเป็นตัวแทนของวันในฤดูร้อน โดยตำแหน่งของครีบกันแดดตลอดวันสามารถนำไปใช้ได้ตลอดฤดูร้อน โดยตำแหน่งของครีบกันแดดจะตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์เพื่อประโยชน์ในการกันแดดได้อย่างเต็มที่ (มุมพโรไฟล์ คือ มุมยกของ

ดวงอาทิตย์จากเส้นขอบฟ้า มุมพโรไฟล์ที่ 90 องศา คือ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์เหนือหัว หรือตอนเที่ยง) ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในวันที่ 21 มิถุนายนแบ่งตามเวลาดังนี้

ตารางที่ 5.1 แสดงมุมของครีบกันแดด วันที่ 21 มิถุนายน

เวลา	มุมพโรไฟล์ดวงอาทิตย์	มุมของครีบกันแดดจากแนวระดับ
07:00 น.	22° ตะวันออก	112°
08:00 น.	35° ตะวันออก	125°
09:00 น.	48° ตะวันออก	138°
10:00 น.	62° ตะวันออก	152°
11:00 น.	76° ตะวันออก	166°
12:00 น.	90° ตะวันออก	0°
13:00 น.	76° ตะวันตก	14°
14:00 น.	63° ตะวันตก	27°
15:00 น.	50° ตะวันตก	40°
16:00 น.	35° ตะวันตก	55°
17:00 น.	22° ตะวันตก	68°
18:00 น.	7° ตะวันตก	83°



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ส่วนตำแหน่งการปรับครีบกันแดดในวันที่ 21 มิถุนายน ด้านฝั่งทิศตะวันออกของเรือนกระจกจะทำการปรับตำแหน่งทุกชั่วโมง ส่วนครีบกันแดดฝั่งทิศตะวันตกจะไม่มีการปรับตำแหน่ง เพราะไม่มีผลต่อการกันแดด เนื่องจากดวงอาทิตย์อยู่ฝั่งทิศตะวันออก ตำแหน่งของครีบกันแดดฝั่งทิศตะวันออก

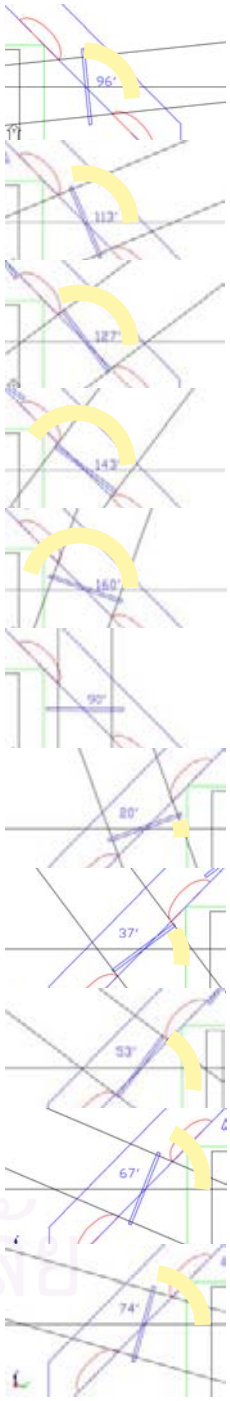
จะเห็นได้ว่าเวลา 12:00 น. ครีบกันแดดจะอยู่ในตำแหน่ง 90 องศาจากแนวระดับ นั่นคือ ครีบกันแดดอยู่ในแนวนอนตั้งฉากกับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่อยู่เหนือเรือนกระจกพอดี ในช่วงหลังตอนเที่ยงเป็นต้นไป ดวงอาทิตย์จะย้ายตำแหน่งจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ดังนั้นครีบกันแดดฝั่งทิศตะวันตกจะต้องปรับตำแหน่งตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ส่วนครีบกันแดดในทิศตะวันออกให้อยู่ในตำแหน่งแนวนอนตามเดิมจนถึงดวงอาทิตย์ตก ตำแหน่งของครีบกันแดดฝั่งทิศตะวันตก

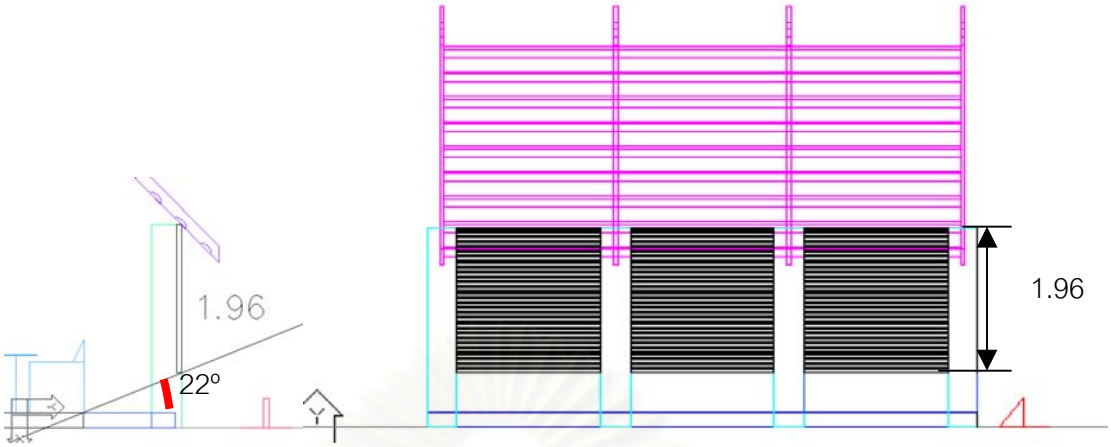
<u>วันที่ 21 ธันวาคม</u> เป็นตัวแทนของวันในฤดูหนาว จะเห็นได้ว่าวันที่ 21 ธันวาคม ดวงอาทิตย์ตกเร็วกว่าวันที่ 21 มิถุนายน และที่สังเกตได้ชัดเมื่อดูจากเงาที่ทอดตัวเข้ามาที่พื้นของเรือนกระจก พบว่าเงาในวันที่ 21 ธันวาคม เงาจะลึกเข้าไปยังทิศเหนือ นั่นคือในวันที่ 21 ธันวาคม ดวงอาทิตย์จะโคจรอ้อมทิศใต้นั่นเอง ดังนั้นถ้าจะกันแดดให้แก่เรือนกระจกได้อย่างเต็มที่ บริเวณจั่วกระจกทิศใต้จะต้องจัดให้มีการกันแดดอย่างเต็มที่ โดยการติดมู่ลี่บังแดดภายนอกเพื่อกันแดดที่จะส่องเข้ามาภายในเรือนกระจก ส่วนบริเวณจั่วกระจกทิศเหนือไม่ต้องติดมู่ลี่บังแดดแต่อย่างไร เพราะไม่ถูกแสงแดด เพื่อแต่เลือกกระจกให้มีค่าแสงส่องผ่านตามที่กำหนดข้างต้นก็เพียงพอ

เมื่อสังเกตจากเงาที่ทอดตัวเมื่อมีการปรับครีบกันแดดตลอดปีแล้ว จะพบว่ามีแสงแดดเข้าทางผนังกระจก ซึ่งแสงแดดที่เข้ามานี้ส่องลงมายังพื้นที่ใช้งาน แสดงว่าการติดตั้งครีบกันแดดให้ผลในการกันแดดได้ไม่ครบถ้วน จะต้องมีการกันแดดเสริมในส่วนผนังกระจกของเรือนกระจก เช่นกันจะแยกพิจารณาทั้งทิศตะวันออกและทิศตะวันตก การออกแบบม่านบังแดดภายนอกเรือนกระจกบริเวณผนังกระจกนั้น มีวัตถุประสงค์ที่จะไม่ให้แสงแดดตกลงบนพื้นที่ใช้งานภายในเรือนกระจก เพื่อเสริมการกันแดดในส่วนที่ครีบกันแดดไม่สามารถกันแดดได้ โดยม่านบังแดดนี้จะมีการเคลื่อนตัวขึ้นและลงตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (มุมพโรไฟล์) ในวันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม

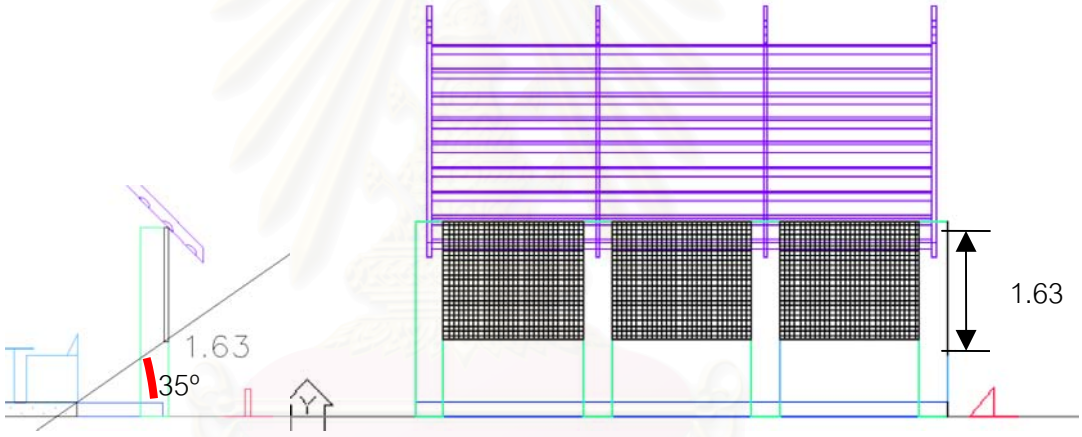
ตารางที่ 5.2 แสดงมุมของครีบกันแดด วันที่ 21 ธันวาคม

เวลา	มุมพโรไฟล์ดวงอาทิตย์	มุมของครีบกันแดดจากแนวระดับ
07:00 น.	6° ตะวันออก	96°
08:00 น.	23° ตะวันออก	113°
09:00 น.	37° ตะวันออก	127°
10:00 น.	53° ตะวันออก	143°
11:00 น.	70° ตะวันออก	160°
12:00 น.	90° ตะวันออก	0°
13:00 น.	70° ตะวันตก	20°
14:00 น.	53° ตะวันตก	37°
15:00 น.	37° ตะวันตก	53°
16:00 น.	23° ตะวันตก	67°v
17:00 น.	16° ตะวันตก	74°

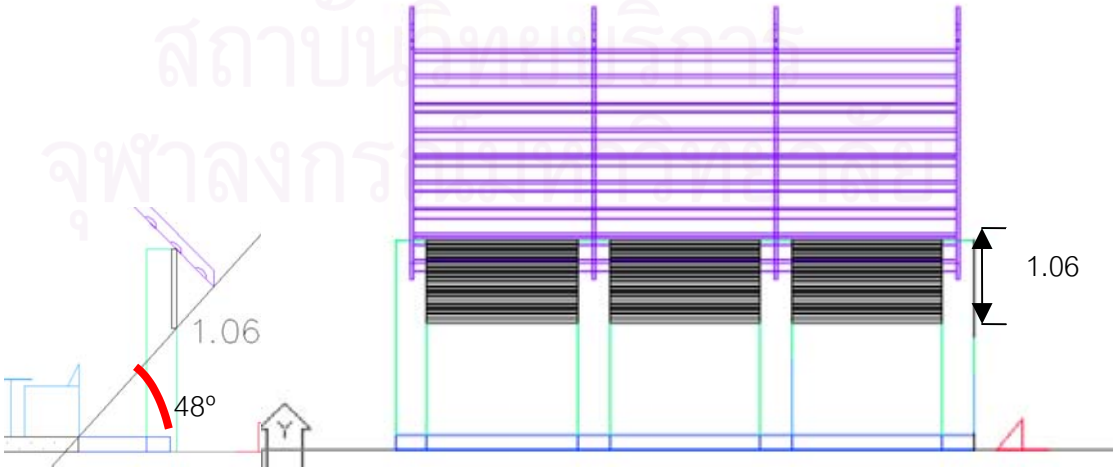




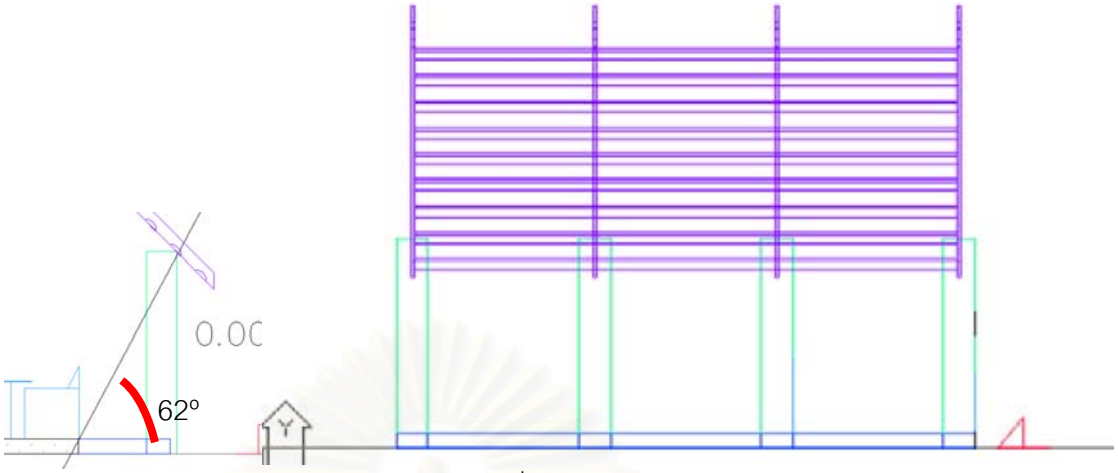
รูปที่ 5.40 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 07:00 น.



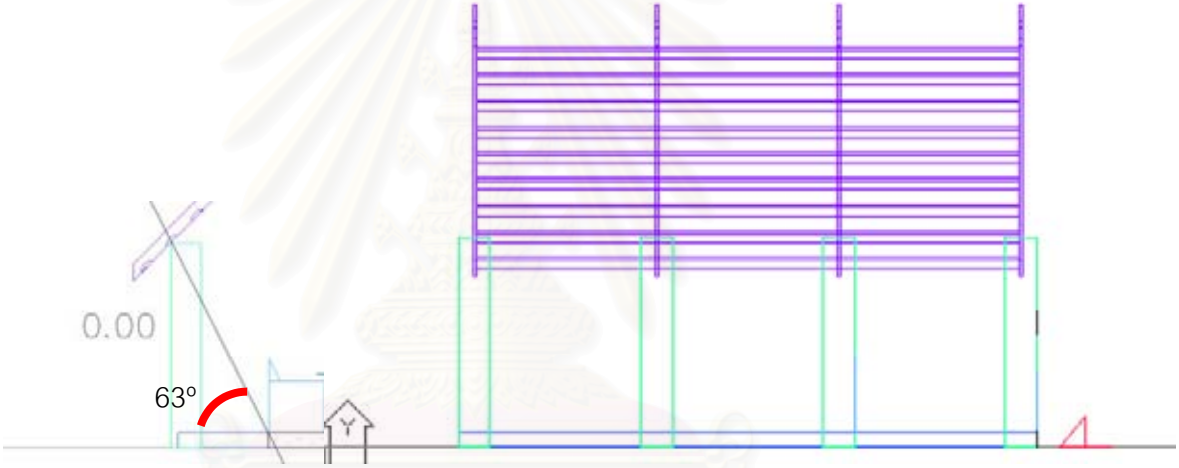
รูปที่ 5.41 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 08:00 น.



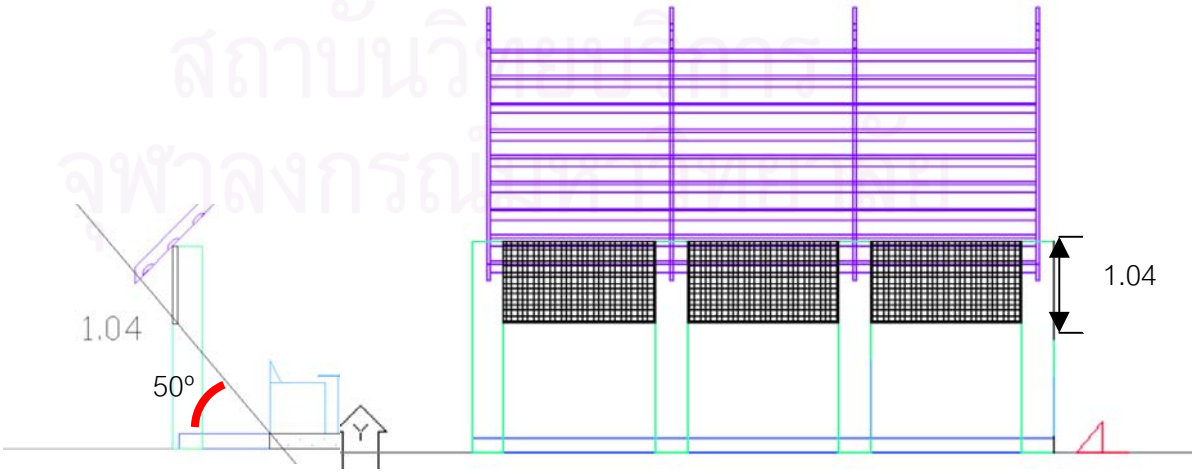
รูปที่ 5.42 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 09:00 น.



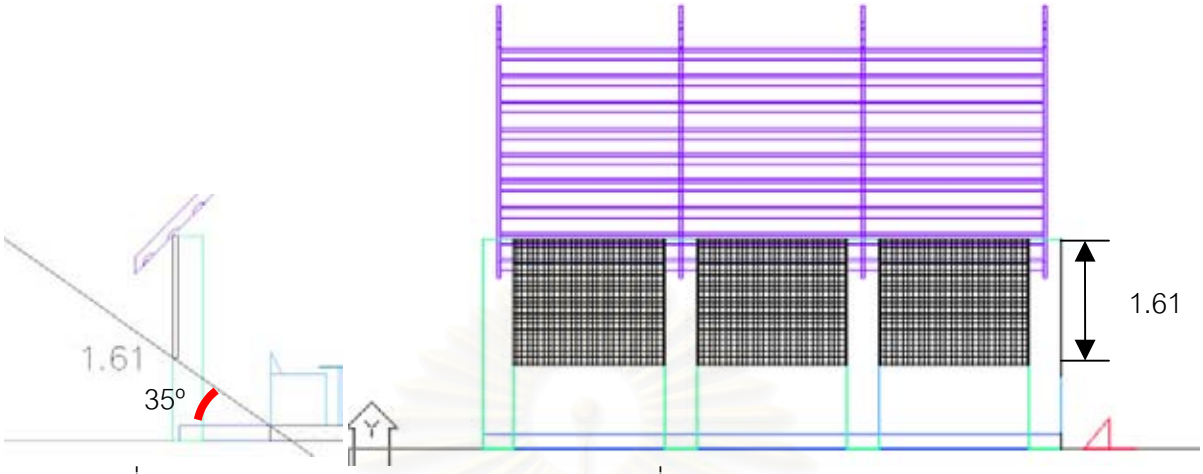
รูปที่ 5.43 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 10:00 น.



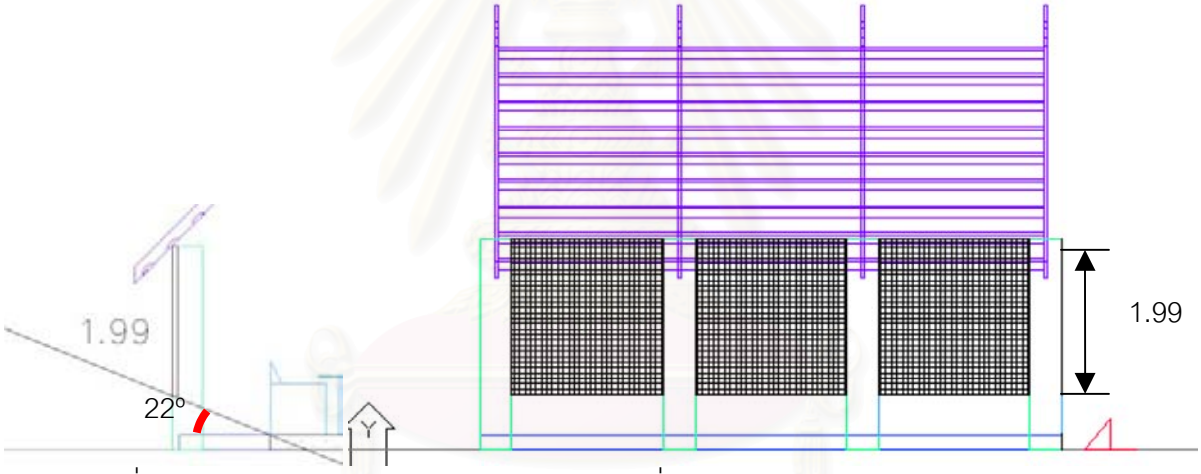
รูปที่ 5.44 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 14:00 น.



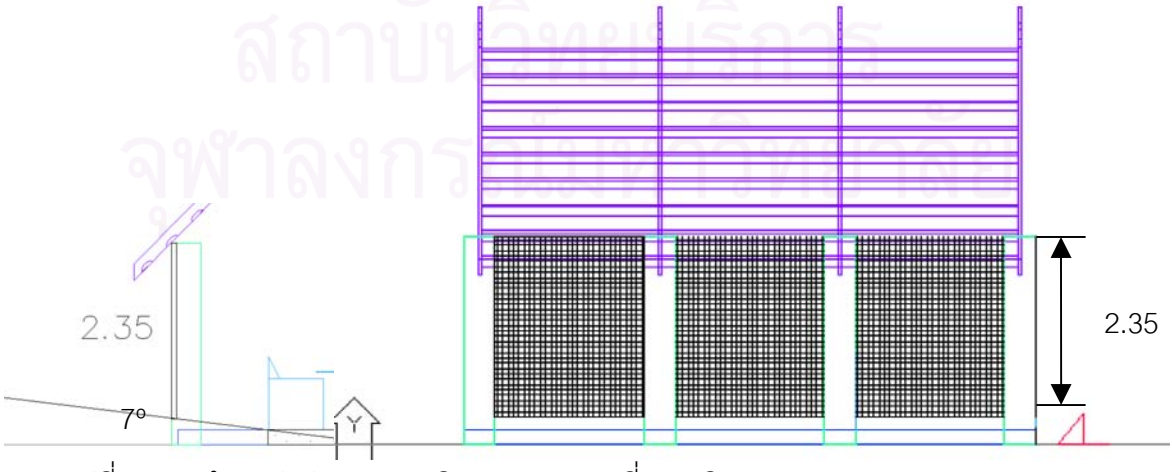
รูปที่ 5.45 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 15:00 น.



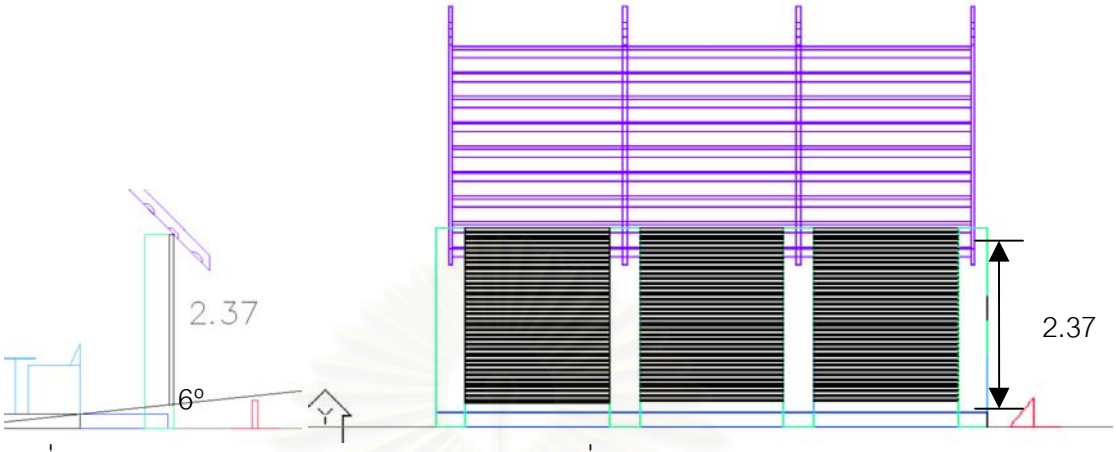
รูปที่ 5.46 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 16:00 น.



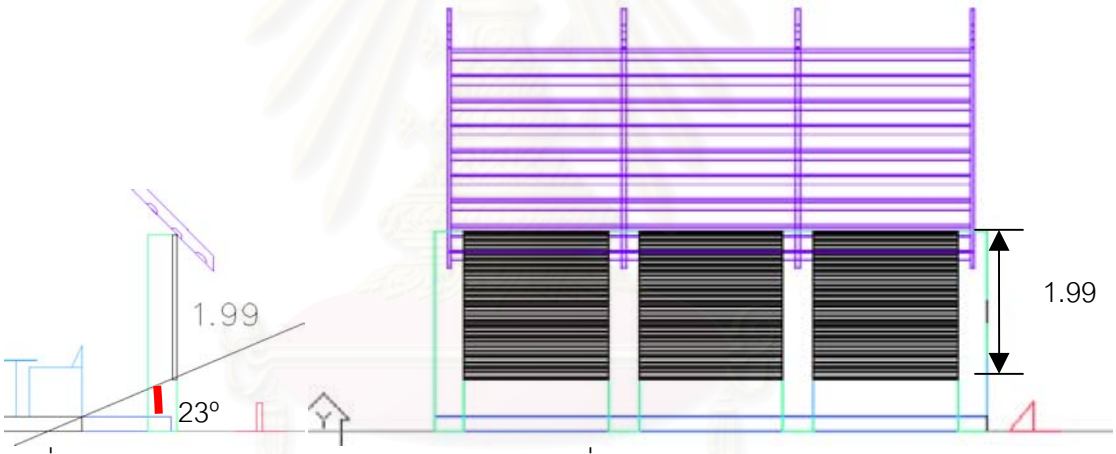
รูปที่ 5.47 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 17:00 น.



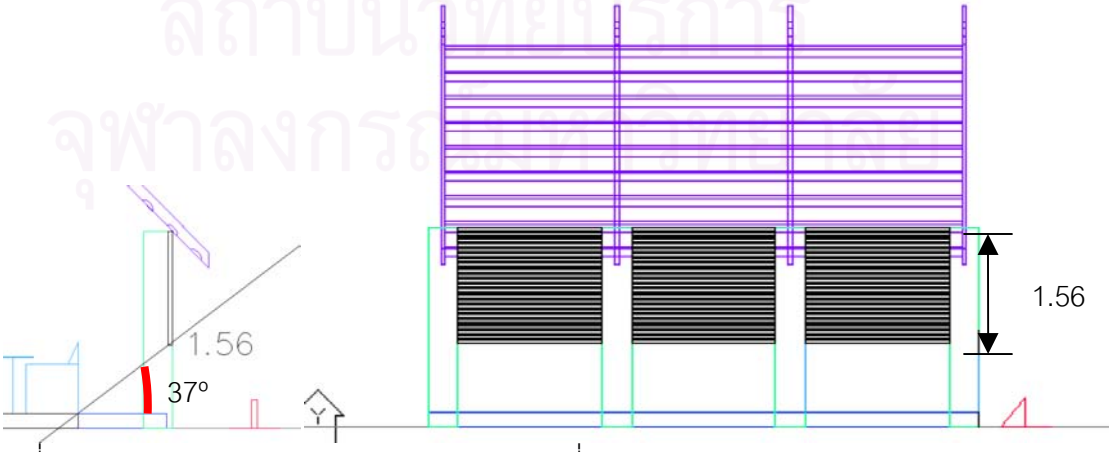
รูปที่ 5.48 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 18:00 น.



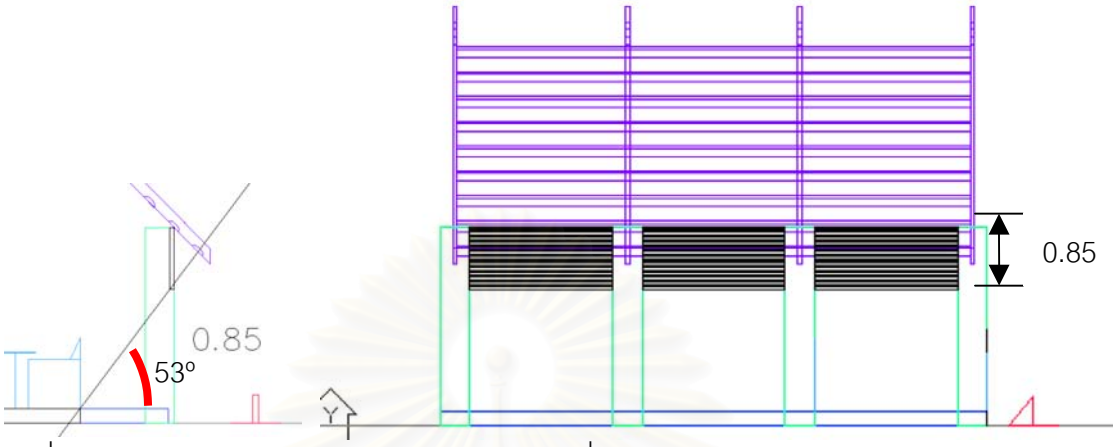
รูปที่ 5.49 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 07:00 น.



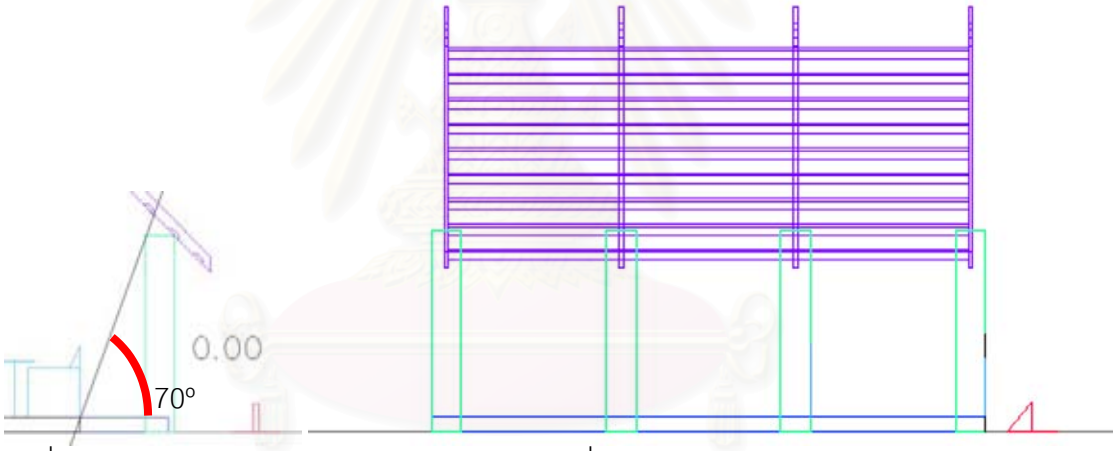
รูปที่ 5.50 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 08:00 น.



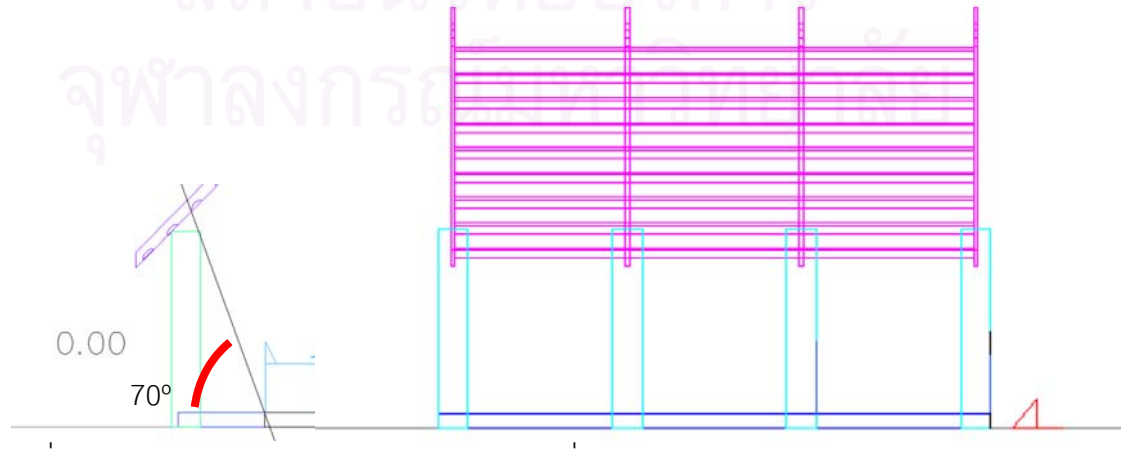
รูปที่ 5.51 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 09:00 น.



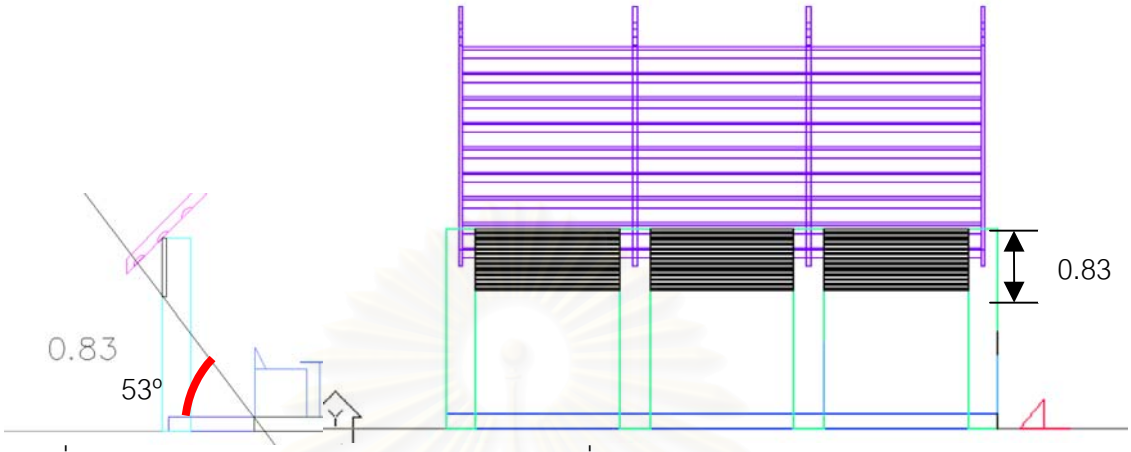
รูปที่ 5.52 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 10:00 น.



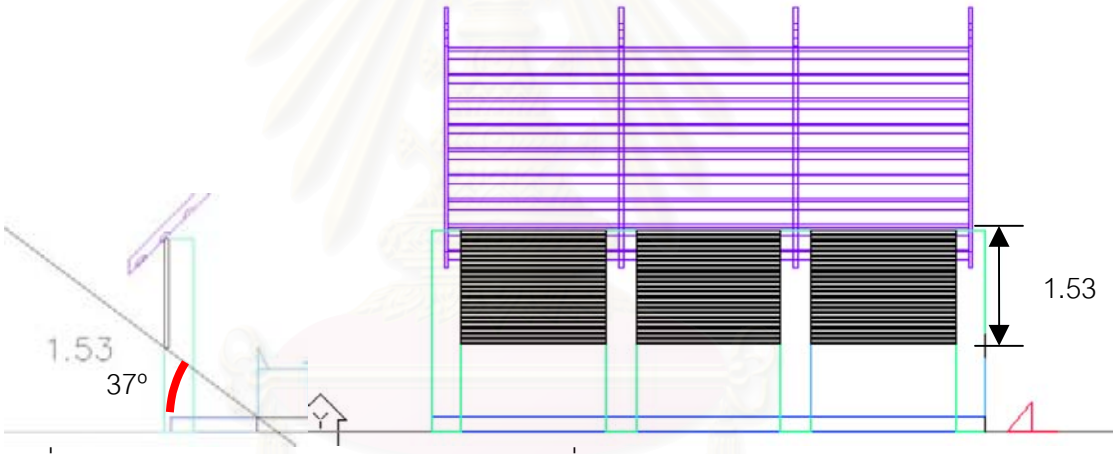
รูปที่ 5.53 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันออก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 11:00 น.



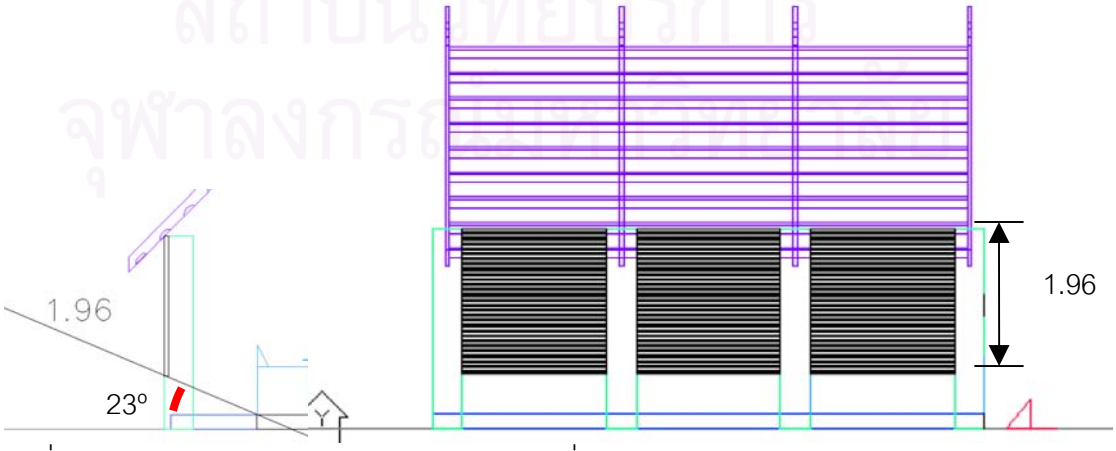
รูปที่ 5.54 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 13:00 น.



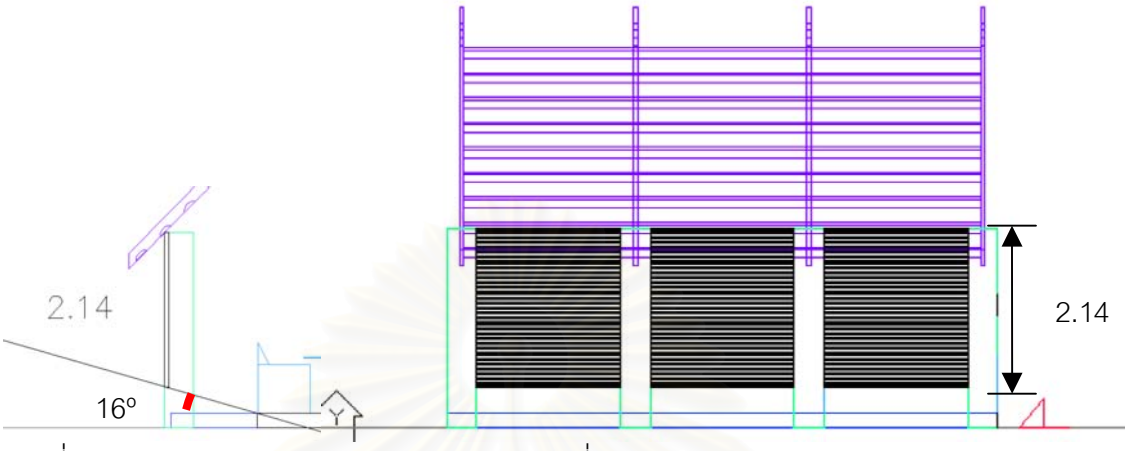
รูปที่ 5.55 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 14:00 น.



รูปที่ 5.56 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 15:00 น.



รูปที่ 5.57 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 16:00 น.



รูปที่ 5.58 ตำแหน่งม่านบังแดดทิศตะวันตก วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 17:00 น.

ในวันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม เมื่อใช้ม่านบังแดดควบคู่กับแผงกันแดดเดิมและครีบกันแดด สามารถกันแสงแดดที่ส่องเข้ามาภายในเรือนกระจกได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการใช้ม่านบังแดดจะพิจารณาที่ผนังกระจกด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เงาที่เกิดขึ้นจะทอดลงบนพื้นที่ใช้งานภายในเรือนกระจก เมื่อติดตั้งม่านบังแดดภายนอกผนังกระจกในลักษณะเลื่อนขึ้นลงตามมุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์ดังนี้

วันที่ 21 มิถุนายน ตำแหน่งของม่านบังแดดจะแยกพิจารณาฝั่งผนังกระจกทิศตะวันออก ตั้งแต่เวลา 07:00 น. ถึง 12:00 น. ส่วนฝั่งผนังกระจกทิศตะวันตกจะพิจารณา ตั้งแต่เวลา 12:00 น. ถึง 18:00 น.

ตารางที่ 5.3 แสดงระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด วันที่ 21 มิถุนายน

เวลา	มุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์	มุมของม่านบังแดด	ระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด
07:00 น.	22° ตะวันออก	22°	1.96 เมตร
08:00 น.	35° ตะวันออก	35°	1.63 เมตร
09:00 น.	48° ตะวันออก	48°	1.06 เมตร
10:00 น.	62° ตะวันออก	62°	0.00 เมตร

ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด วันที่ 21 มิถุนายน (ต่อ)

เวลา	มุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์	มุมของม่านบังแดด	ระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด
11:00 น.	76° ตะวันออก	76°	0.00 เมตร
12:00 น.	90° ตะวันออก	90°	0.00 เมตร
13:00 น.	76° ตะวันตก	76°	0.00 เมตร
14:00 น.	63° ตะวันตก	63°	0.00 เมตร
15:00 น.	50° ตะวันตก	50°	1.04 เมตร
16:00 น.	35° ตะวันตก	35°	1.61 เมตร
17:00 น.	22° ตะวันตก	22°	1.99 เมตร
18:00 น.	7° ตะวันตก	7°	2.35 เมตร

จะเห็นได้ว่า ม่านบังแดดฝั่งทิศตะวันออก ในช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 07:00 น. ถึง 09:00 น. จะช่วยกันแดดร่วมกันแผงกันแดดภายนอกและครีบกันแดด ส่วนเวลา 10:00 น. ถึง 14:00 น. ไม่จำเป็นต้องใช้ม่านบังแดด เพราะแผงกันแดดภายนอกและครีบกันแดดสามารถบังแสงแดดในส่วนพื้นที่ใช้สอยภายในเรือนกระจกได้อย่างสมบูรณ์ และจะต้องใช้ม่านบังแดดอีกครั้งในตอนบ่ายโดยเริ่มตั้งแต่เวลา 15:00 น. ถึง 18:00 น. เพื่อกันแดดของผนังกระจกฝั่งทิศตะวันตก

วันที่ 21 ธันวาคม ตำแหน่งของม่านบังแดดจะแยกพิจารณาฝั่งผนังกระจกทิศตะวันออก เริ่มตั้งแต่เวลา 07:00 น. ถึง 12:00 น. ส่วนฝั่งผนังกระจกทิศตะวันตกจะพิจารณาเริ่มตั้งแต่เวลา 12:00 น. ถึง 18:00 น.

ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด วันที่ 21 ธันวาคม

เวลา	มุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์	มุมของม่านบังแดด	ระยะเลื่อนลงของม่านบังแดด
07:00 น.	6° ตะวันออก	6°	2.37 เมตร
08:00 น.	23° ตะวันออก	23°	1.99 เมตร
09:00 น.	37° ตะวันออก	37°	1.56 เมตร
10:00 น.	53° ตะวันออก	53°	0.85 เมตร
11:00 น.	70° ตะวันออก	70°	0.00 เมตร
12:00 น.	90° ตะวันออก	90°	0.00 เมตร
13:00 น.	70° ตะวันตก	70°	0.00 เมตร
14:00 น.	53° ตะวันตก	53°	0.83 เมตร
15:00 น.	37° ตะวันตก	37°	1.53 เมตร
16:00 น.	23° ตะวันตก	23°	1.96 เมตร
17:00 น.	16° ตะวันตก	16°	2.14 เมตร

จะเห็นได้ว่า ม่านบังแดดฝั่งทิศตะวันออก จะใช้งานในช่วงเช้าตั้งแต่เวลา 07:00 น. ถึง 10:00 น. ซึ่งจะช่วยกันแดดร่วมกันแผงกันแดดภายนอกและครีบกันแดด ส่วนเวลา 11:00 น. ถึง 13:00 น. ไม่ต้องใช้ม่านบังแดด เพราะแผงกันแดดภายนอกและครีบกันแดดสามารถบังแสงแดดในส่วนพื้นที่ใช้สอยภายในเรือนกระจกได้อย่างสมบูรณ์ และจะต้องใช้ม่านบังแดดอีกครั้งในตอนบ่ายโดยเริ่มตั้งแต่เวลา 14:00 น. ถึง 17:00 น. เพื่อกันแดดให้กับผนังกระจกฝั่งทิศตะวันตก

<u>ม่านบังแดด</u> สามารถใช้วัสดุได้หลายประเภท เช่น มู่ลี่ไม้ไผ่ มู่ลี่ใบพลาสติก มู่ลี่ใบอลูมิเนียม ม่านผ้า เป็นต้น หากติดตั้งม่านบังแดดไว้ภายนอก จะสะท้อนความร้อนได้ดีกว่าการติดตั้งม่านบังแดดไว้ภายในเรือนกระจก แต่ให้ความสบายทางสายตาเท่ากัน มู่ลี่แต่ละประเภทมีราคาแตกต่างกัน เช่นเดียวกับการบำรุงรักษา รวมถึงอายุการใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพอากาศของสถานที่ตั้งเรือนกระจก โดยผนังกระจกทั้งเรือนกระจกมีพื้นที่รวม 26.325 ตารางเมตร หรือ 292.5 ตารางฟุต วัสดุที่ใช้เป็นม่านบังแดดมีดังนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงราคาม่านบังแดดชนิดต่าง ๆ

ชนิดม่านบังแดด	ราคา ตร.ม. ละ (บาท)	ราคารวม (บาท)
มู่ลี่ใบพลาสติกทึบ	400	10,530
มู่ลี่ใบพลาสติกใส	330	11,990
มู่ลี่อลูมิเนียม	340	8,950
มู่ลี่ไม้ไผ่เพอร์ลา	1,000	26,330
ม่านผ้า	570	15,000
ม่านพลาสติก	530	14,000

ราคาข้างต้นเป็นราคาประเมินจากผู้ผลิต ข้อแตกต่างในการเลือกใช้ม่านบังแดด คือ มู่ลี่ใบพลาสติกทึบ ใส อลูมิเนียม และ ไม้ไผ่เพอร์ลา สามารถใช้ทั้งภายนอกและภายในเรือนกระจก ส่วนม่านผ้าและพลาสติกใช้ได้เฉพาะภายในเรือนกระจกเท่านั้น การบำรุงรักษา มู่ลี่ใบพลาสติก และอลูมิเนียมดูแลรักษาง่ายที่สุด ทนทาน อายุการใช้งานยาวนาน ในขณะที่มู่ลี่ไม้ไผ่เพอร์ลา มีโอกาสเป็นเชื้อราและปลวกกัดกินรวมถึงมีตะไคร่เกาะ เพราะสภาพอากาศของที่ตั้งเรือนกระจกกรณีศึกษา หนาวและชื้นมาก อายุการใช้งานประมาณ 3 ปี การบำรุงรักษาต้องทำการเช็ดคราบสกปรกออกทุกเดือน เมื่อถูกแสงแดดเป็นเวลานาน แสงอุลตร้าไวโอเลตจะทำลายเนื้อไม้ไผ่ให้เปราะและกรอบ แห้ง ส่วนม่านผ้าใช้บังแดดภายในเรือนกระจก สามารถเลือกค่าส่องผ่านของแสงได้ตามต้องการ นั่นคือ ความหนาหรือบางของเนื้อผ้า ผู้ผลิตบางรายจะเคลือบสารป้องกันแสงอัลตราไวโอเลต ทำให้สีผ้าไม่จืดจาง การบำรุงรักษาเพียงแค่ซักทำความสะอาดปกติ อายุการใช้งาน 3-5 ปี ส่วนม่านพลาสติก ใช้ภายในเรือนกระจกมีความทนทาน และบำรุง

รักษาง่ายกว่าม่านผ้า ทั้งหมดนี้เป็นชนิดของม่านบังแดด โดยลักษณะการใช้งาน จะเลื่อนขึ้นลงด้วยเชือกดึงหรือสามารถติดมอเตอร์และรีโมทคอนโทรล เพื่อควบคุมการเลื่อนขึ้นลง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่มเติม การเลือกใช้ชนิดของม่านบังแดด แล้วแต่สภาพภูมิอากาศ ลักษณะการติดตั้งภายในหรือภายนอกเรือนกระจก งบประมาณ และความชอบของเจ้าของบ้าน

ครีบกันแดดเสริม มีโครงหลักเป็นอลูมิเนียม ส่วนประกอบเพื่อบังแดดสามารถเลือกใช้ได้หลายชนิด เช่น ตาข่ายกรองแสง ผ้าใบพลาสติก สังกะสีปรุ อลูมิเนียมปรุ สแตนเลสปรุ เป็นต้น โดยส่วนประกอบนี้จะติดตั้งบนโครงหลักที่เป็นอลูมิเนียม ลักษณะการใช้งาน ราคา การบำรุงรักษา อายุการใช้งาน รวมถึงความสวยงามจะแตกต่างกัน ครีบกันแดดเสริม คือ ครีบกันแดดที่ติดเสริมจากแผงกันแดดภายนอก โดยติดตั้งอยู่ในช่องว่างระหว่างแผงกันแดดเดิม เพื่อให้ความสม่ำเสมอในการกันแดดที่ส่องลงมาภายในเรือนกระจก ครีบกันแดดเสริมมีพื้นที่ทั้งหมด 30.36 ตารางเมตร วัสดุที่ใช้เป็นครีบกันแดดเสริมมีดังนี้

ตารางที่ 5.6 แสดงราคาครีบกันแดดเสริมชนิดต่าง ๆ

ชนิดครีบกันแดดเสริม	ราคา ตร.ม. ละ (บาท)	ราคารวม (บาท)
ตาข่ายกรองแสง 50%	8	245
ตาข่ายกรองแสง 60%	10	310
ตาข่ายกรองแสง 85%	13	400
ผ้าใบพลาสติก	45	1,370
สังกะสีปรุ	120	3,650
อลูมิเนียมปรุ (หนา 0.30 มิลลิเมตร)	60	1,825
สแตนเลสปรุ (หนา 2 มิลลิเมตร)	860	25,810

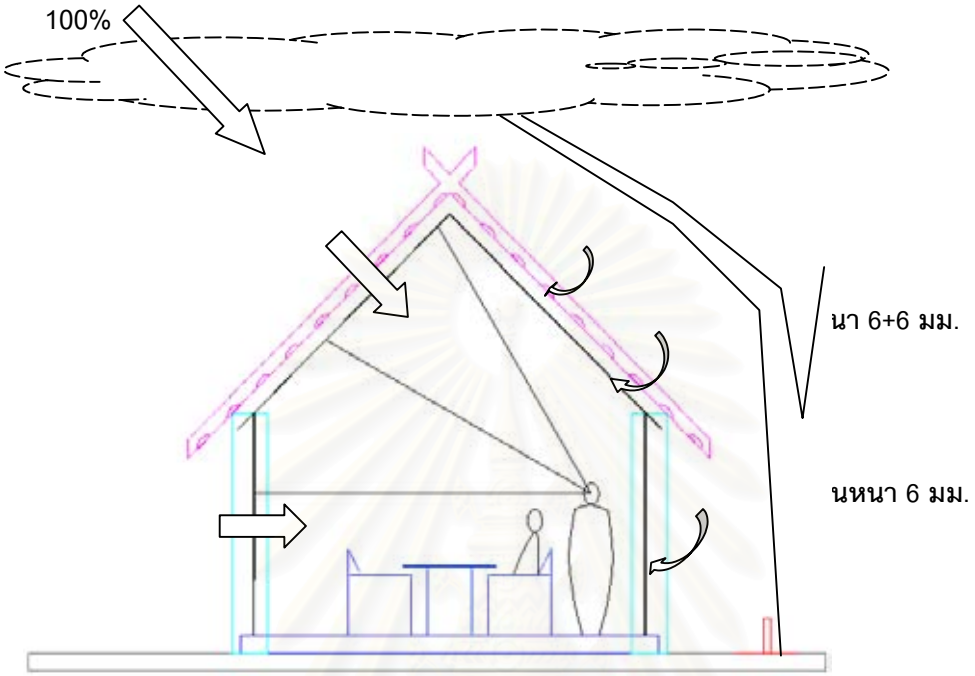
หมายเหตุ : ราคาดังกล่าวเป็นราคาประเมิน ไม่รวมราคาโครงอลูมิเนียมหลัก

วัสดุต่าง ๆ ข้างต้นสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ วัสดุชั่วคราว และวัสดุถาวร โดยวัสดุชั่วคราว ได้แก่ ตาข่ายกรองแสงและผ้าใบพลาสติก ซึ่งอายุการใช้งาน 1 ปี ไม่ต้องบำรุงรักษา ใช้แล้วทิ้ง ส่วนวัสดุถาวร ได้แก่ สังกะสีปรุ อลูมิเนียมปรุ และสแตนเลสปรุ ซึ่งอายุการใช้งานยาวนานหากไม่เป็นสนิม การบำรุงรักษาเพียงฉีดน้ำไล่ความสกปรกออก วัสดุถาวรนี้สามารถปรุให้มีค่าแสงส่องผ่านตามกำหนดได้ มีความสวยงาม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 บทสรุปของเรือนกระจกกรณีศึกษา



รูปที่ 6.1 ภาพแสดงลำดับค่าแสงส่องผ่านของเรือนกระจกกรณีศึกษา

เนื่องจากเรือนกระจกกรณีศึกษาเป็นอาคารเชื่อมต่อระหว่างเรือนครัวและเรือนนอน ซึ่งเป็นเรือนไม้ทั้งสองหลัง เมื่อผู้ใช้สอยเดินผ่านไปมาระหว่างเรือนทั้งสามหลัง จะไม่สบายตา เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของค่าความสว่างภายในเรือนกระจก ในกรณีดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้ทฤษฎีความเปรียบต่างของความสว่างระหว่างเรือนไม้และเรือนกระจก โดยกำหนดให้ค่าความสว่างของเสาไม้แทนค่าความสว่างของเรือนไม้ และกำหนดให้ค่าความสว่างของผนังกระจกแทนค่าความสว่างของเรือนกระจก โดยกำหนดอัตราส่วนค่าความสว่างระหว่างเสาไม้และผนังกระจก ที่ 1 : 3 นั่นคือ ค่าความสว่างของเสาไม้หนึ่งส่วน ต่อ ค่าความสว่างของผนังกระจกสามส่วน ซึ่งค่าความสว่างได้มาจากการคำนวณตามสมการในบทที่ 2 และทำการคำนวณในวันที่ 21 มิถุนายน และวันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่มีค่าความสว่างสูงสุดของวัน ต่อจากนั้นทำการวิเคราะห์ค่าความสว่างภายในเรือนกระจกกรณีศึกษาแบบมีต้นไม้และแบบไม่มีต้นไม้เพื่อทำการออกแบบปรับปรุงเรือนกระจกให้เกิดความสบายตา

การออกแบบปรับปรุงเรือนกระจก กรณีศึกษา : คุ้มเค้าแมว จังหวัดเชียงราย เพื่อความสบายตาจะต้องทำการปรับปรุงทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่

<u>ส่วนที่ 1</u> *ปรับปรุงผนังกระจกให้มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 65% โดยติดฟิล์มกรองแสงที่มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 85% หรือ เปลี่ยนกระจกที่มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 65% เป็นต้น รวมถึงจั่วหลังคากระจกทั้งด้านทิศเหนือและใต้ด้วย*

<u>ส่วนที่ 2</u> *ติดตั้งครีบกันแดดเสริม เพื่อความสม่ำเสมอในการบังแดด โดยวัสดุโครงหลักเป็นอลูมิเนียม และวัสดุของส่วนประกอบในการบังแดดเป็นได้ทั้งแบบชั่วคราวและแบบถาวร*

<u>ส่วนที่ 3</u> *ติดตั้งม่านบังแดดในส่วนผนังกระจกและส่วนจั่วหลังคากระจก โดยสามารถใช้มู่ลี่ใบพลาสติกทึบ มู่ลี่อลูมิเนียม เป็นต้น*

<u>ส่วนที่ 1 : การปรับปรุงผนังกระจก</u>

ในการปรับปรุงผนังกระจกมีแนวทางการปรับปรุงอยู่สองแนวทาง แนวทางแรก หากไม่ต้องการเปลี่ยนกระจกเดิม สามารถติดฟิล์มกรองแสงเพิ่มเติม เพื่อให้ความสว่างอยู่ในค่าที่กำหนด หรือแนวทางที่สอง คือ การเปลี่ยนกระจกให้ได้ค่าแสงส่องผ่านที่กำหนด เพื่อให้เกิดความสบายทางสายตา โดยงบประมาณในการติดตั้งแต่ละแนวทางมีดังนี้

<u>แนวทางที่ 1</u> คือ การติดฟิล์ม 3เอ็ม เบอร์ Ultra600 ซึ่งเป็นฟิล์มนิรภัยใส มีค่าแสงส่องผ่าน 84% (ไม่ควรเกิน 85% จากการคำนวณ) ราคา 200 บาท ต่อ ตารางฟุต ผนังกระจกมีพื้นที่รวม 27 ตารางเมตร หรือ 293 ตารางฟุต หากติดฟิล์มบนกระจกเดิมจะมีค่าใช้จ่ายรวม 58,500 บาท เหตุผลที่เลือกเพราะว่า ฟิล์มดังกล่าวมีค่าการส่องผ่านใกล้เคียงกับค่าที่กำหนดมาก นอกจากนั้นยังเป็นฟิล์มนิรภัย เมื่อกระจกแตกจะไม่หลุดกระจายออกมา ติดตั้งง่าย ใช้เวลาน้อยในการติดตั้ง ประการสำคัญคือ ไม่บดบังทัศนียภาพเวลามอง

<u>แนวทางที่ 2</u> คือ การเปลี่ยนกระจกสีเขียวที่มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 85% กระจกสีเขียวอ่อนหนา 6 มิลลิเมตร ราคา 280 บาท ต่อ ตารางเมตร รวมราคาการติดตั้งกระจกใหม่ทั้งหมด 7,371 บาท

<u>ส่วนที่ 2 : การติดตั้งครีบกันแดดเสริม</u>

ครีบกันแดดเสริมที่ใช้มีขนาดพอดีกับขนาดของช่องว่าง และสามารถปรับองศาได้ตามมุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์ เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการบังแดดตลอดวัน (องศาการปรับมุมดูใน บทที่ 5) โดยขนาดของครีบกันแดดมีความกว้าง 27.5 เซนติเมตร ยาว 2.30 เมตร จำนวน 48 อัน โครงสร้างของครีบกันแดดแบ่งออกเป็น โครงสร้างหลัก และส่วนประกอบในการกันแดด โดยโครงสร้างหลักเป็นอลูมิเนียมขึ้นรูป และส่วนประกอบในการกันแดดมีวัสดุหลายชนิด เช่น ตาข่ายกรองแสง ผ้าใบพลาสติก สังกะสีปรุ อลูมิเนียมปรุ และสแตนเลสปรุ ซึ่งวัสดุดังกล่าวสามารถแบ่งลักษณะการใช้งานเป็นแบบชั่วคราวและถาวร โดยมีแนวทางการปรับปรุงดังนี้

<u>แนวทางที่ 1</u> คือ ใช้แบบถาวร เพราะมีความคงทนต่อสภาพภูมิอากาศ และบำรุงรักษาน้อย อายุการใช้งานยาวนาน ที่สำคัญคือมีโอกาสเป็นสนิมน้อยมาก ได้แก่ อลูมิเนียมปรุ หนา 0.3 มิลลิเมตร มีค่าแสงส่องผ่านไม่เกิน 26% ราคาตารางเมตรละ 60 บาท ราคาเมื่อติดตั้งบนครีบกันแดดทั้งหลังรวม 3,650 บาท (ราคานี้ไม่รวมโครงหลักอลูมิเนียม) หรือจะใช้สแตนเลสปรุ หนา 2 มิลลิเมตร ตารางเมตรละ 860 บาท ราคาเมื่อติดตั้งบนครีบกันแดดทั้งหลังรวม 25,810 บาท (ราคานี้ไม่รวมโครงหลักอลูมิเนียม)

<u>แนวทางที่ 2</u> คือ ใช้แบบชั่วคราว สามารถถอดเปลี่ยนได้ ราคาประหยัด ได้แก่ วัสดุ ตาข่ายกรองแสง 85% ตารางเมตรละ 13 บาท ราคารวมเมื่อติดตั้งบนครีบกันแดดเสริมทั้งหลังรวม 400 บาท (ราคานี้ไม่รวมโครงหลักอลูมิเนียม) หรือ ใช้ผ้าใบพลาสติก 85% ตารางเมตรละ 45 บาท ราคารวมเมื่อติดตั้งบนครีบกันแดดเสริมทั้งหลังรวม 1,370 บาท (ราคานี้ไม่รวมโครงหลักอลูมิเนียม) แต่ไม่ทนต่อสภาพภูมิอากาศ จะต้องเปลี่ยนทุกปี

<u>ส่วนที่ 3 : ติดตั้งม่านบังแดดในส่วนผนังกระจกและส่วนจั่วหลังคากระจก</u>

เมื่อใช้ครีบกันแดดควบคู่กับแผงกันแดดภายนอกแล้ว ปรากฏว่ายังมีแสงแดดเล็ดลอดเข้ามายังพื้นที่ใช้งานภายในเรือนกระจกกรณีศึกษา โดยผ่านเข้ามาทางผนังกระจก และจั่วกระจกด้านทิศใต้ ในส่วนจั่วกระจกด้านทิศใต้อยู่ในส่วนของหลังคา แนวทางแก้ไขคือ จะต้องติดม่านบังแดดเต็มพื้นที่จั่วกระจก เพื่อไม่ให้แสงลอดเข้ามา เพราะในฤดูหนาวดวงอาทิตย์จะอ้อมทิศใต้ ในส่วนผนังกระจกด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก จะต้องทำการติดตั้งม่านบังแดดเพิ่มเติม โดยมีลักษณะการใช้งานแบบเลื่อนขึ้นลงตามมุมพโรไฟล์ของดวงอาทิตย์ เพื่อบังเฉพาะแดดที่จะส่องเข้ามาภายในพื้นที่ใช้สอยภายในเรือนกระจกเท่านั้น

ม่านบังแดดสามารถใช้วัสดุได้หลายชนิด เช่น มู่ลี่ไม้ไผ่ มู่ลี่ใบพลาสติก มู่ลี่ใบอลูมิเนียม ม่านผ้า เป็นต้น จะแตกต่างกันที่การบำรุงรักษา ลักษณะการใช้งานภายนอกหรือภายในอาคาร และอายุการใช้งาน โดยจะแนะนำให้ใช้ม่านบังแดดภายนอก เพราะจะสะท้อนความร้อนได้ดีกว่าม่านบังแดดภายใน และวัสดุจะต้องมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ บำรุงรักษาน้อยดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงราคาม่านบังแดดชนิดต่าง ๆ

ชนิดม่านบังแดด	ราคา ตร.ม. ละ (บาท)	ราคารวม (บาท)
มู่ลี่ใบพลาสติกทึบ	400	10,530
มู่ลี่ใบพลาสติกใส	330	11,990
มู่ลี่อลูมิเนียม	340	8,950

เมื่อปรับปรุงได้ตามข้างต้นแล้ว จะทำให้ผู้ใช้สอยภายในเรือนกระจก มีความสบายทางสายตา เมื่อมองระหว่างเรือนทั้งสามหลัง อันได้แก่ เรือนครัว เรือนกระจก และเรือนนอน ไม่ปวดตา หน้ามืด มีความสว่างจากแสงธรรมชาติที่เหมาะสม และยังมีการบังแสงแดดที่ส่องเข้ามาภายในพื้นที่ใช้งาน จึงถือเป็นการออกแบบแผงกันแดดบนอาคารเรือนกระจก

6.2 ข้อเสนอแนะ

สามารถนำแนวทางปฏิบัติตลอดจนขั้นตอนการวิเคราะห์นำไปใช้กับเรือนกระจกในจังหวัดอื่น ๆ ได้ โดยในภาคผนวกมีข้อมูลขั้นต้นของแสงสว่างระนาบนอนและระนาบตั้ง รวมถึงความสว่างของท้องฟ้าที่มุมมองระดับต่าง ๆ และในบทที่ 5 มีข้อเสนอแนะในการเลือกกระจกและแผงกันแดด โดยดูจากค่าแสงส่องผ่านที่คำนวณ สามารถเทียบกับข้อมูลของวัสดุต่าง ๆ ได้

ก. ข้อมูลในการวิเคราะห์มาจากสมการคำนวณ ซึ่งมีข้อสังเกตดังนี้

1) ขั้นแรกจะต้องทราบข้อมูลสภาพท้องฟ้าตลอดปีของจังหวัดที่ตั้งเรือนกระจกว่ามีเดือนใดที่มีสภาพท้องฟ้าโปร่ง มีเมฆบางส่วน หรือมีเมฆมาก เพื่อใช้สมการในการคำนวณที่ถูกต้อง ซึ่งข้อมูลปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนและระนาบตั้ง รวมถึงค่าความสว่างของท้องฟ้าในทิศต่าง ๆ มีเก็บเพียงจังหวัดกรุงเทพฯ เท่านั้น ดังนั้นในการใช้สมการคำนวณจะต้อง

เลือกสมการที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่เก็บได้จริงมากที่สุดเป็นเกณฑ์ สำหรับใช้ในการคำนวณปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนและระนาบตั้ง รวมถึงค่าความสว่างของท้องฟ้าจังหวัดอื่นๆ

2) ปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอน ใช้แทนค่าสมการสำหรับวัตถุที่อยู่ในระนาบนอน เช่น โต๊ะ พื้น เป็นต้น ส่วนปริมาณความส่องสว่างในระนาบตั้งนั้น ใช้แทนค่าสมการสำหรับวัตถุที่อยู่ในระนาบตั้ง เช่น ผนัง กระจก เสา เป็นต้น ไม่สามารถแทนค่าสลับกันได้

3) สมการค่าความสว่างในมุมมองระดับต่าง ๆ นั้น ใช้ค่าปริมาณความส่องสว่างในระนาบนอนแทนค่า โดยสมการดังกล่าวเป็นสมการที่ทดลองจากท้องฟ้าทรงโดม ซึ่งในท้องฟ้าทรงโดมไม่ว่าทิศทางใด ค่าความสว่างในมุมมองระดับเดียวกันจะมีค่าเท่ากัน จึงเป็นข้อจำกัดของสมการนี้ ส่วนสมการที่สามารถบอกค่าความสว่างในแต่ละทิศนั้น มีตัวแปรที่ยังไม่มีข้อมูลที่เพียงพอ เช่น สภาพของชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

4) ค่าปริมาณความส่องสว่างและค่าความสว่าง จะต้องใช้ค่าที่ปราศจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยใช้ค่าที่ได้จากรังสีกระจายของดวงอาทิตย์

5) ในการวัดค่าความสว่างของวัสดุ จะต้องวัดค่าความสว่างของท้องฟ้าเทียบด้วยเสมอ เพื่อให้ได้ค่าความสว่างที่ถูกต้องจะต้องวัดแสงในเวลาเดียวกัน แต่เนื่องจากมีเครื่องมือวัดค่าความสว่างเพียงเครื่องเดียว จึงมีความแตกต่างกันของช่วงเวลาเล็กน้อย

ข. ต้นไม้ ที่ช่วยบังแดดให้กับเรือนกระจกไม่จำเป็นต้องเป็นต้นหางนกยูง แต่จะต้องเป็นต้นไม้ใหญ่ มีความสูงใต้พุ่มใบ 6 เมตร ความกว้างของพุ่มใบ 12 เมตร เพื่อให้ร่มเงาครอบคลุมเรือนกระจกทั้งหลังตลอดปี ไม่จำกัดความหนาแน่นของพุ่มใบ แต่จำกัดเฉพาะค่าการส่องผ่าน 77 เปอร์เซ็นต์

ค. เกณฑ์การเลือกใช้กระจกผนังและหลังคา รวมถึงเกณฑ์การเลือกค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดด ของจังหวัดอื่น ๆ เพื่อให้เกิดความสบายตาอยู่ในภาคผนวก ฉ

ง. การวิจัยนี้สามารถจัดทำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการออกแบบเรือนกระจกและแผงกันแดดภายนอกอาคาร ซึ่งมีฐานข้อมูลของสภาพท้องฟ้าจากสมการคำนวณในจังหวัดต่างๆ ได้โดยทำเป็นข้อเสนอแนะเบื้องต้นในการออกแบบเพื่อให้เกิดความสบายทางสายตา

จ. การวิจัยนี้สามารถนำไปสู่การเขียนโปรแกรม เพื่อควบคุมการทำงาน ของทั้งครีบกันแดดและม่านบังแดดได้ตลอดทั้งปี และทุกจังหวัดในประเทศไทย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ธนิต จินดาวณิค. ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

ภาษาอังกฤษ

Ander, G. D. Daylighting Performance and Design. 1st Edition. New York : Van Nostrand Reinhold, 1995.

Chirarattananon, S. Daylight Availability Models for Global and Diffuse Horizontal Illuminance and Irradiance and Models for Sky Luminance for Bangkok. 1st Edition. Bangkok : Energy Program, School of Environment Resources and Development, Asian Institute of Technology, 2001.

Kraufman, J. E. IES Lighting Handbook. Reference Volume. New York : IES, 1981.

Moore, F. Concepts and Practice of Architectural Daylighting. 1st Edition. New York : Van Nostrand Reinhold, 1984.

Robbins, C. L. Daylighting : Design & Analysis. 1st Edition. New York : Van Nostrand Reinhold, 1986.

Stein. B. Mechanical and Electrical Equipment for Building. 8th Edition. New York : John Wiley & Sons, 1992.

Szokolay, S. V. Solar Geometry. 1st Edition. Syndney : University of Queensland Printery, 1996.

University of Oregon. Sun chart[Online]. Available from : http://www.UO SRML Sun chart program.html[2001, June 29].

U.S. Naval Observatory. World Time Zone[Online]. Available from : http://www.World Time Zone Map.html[2001, December 6].

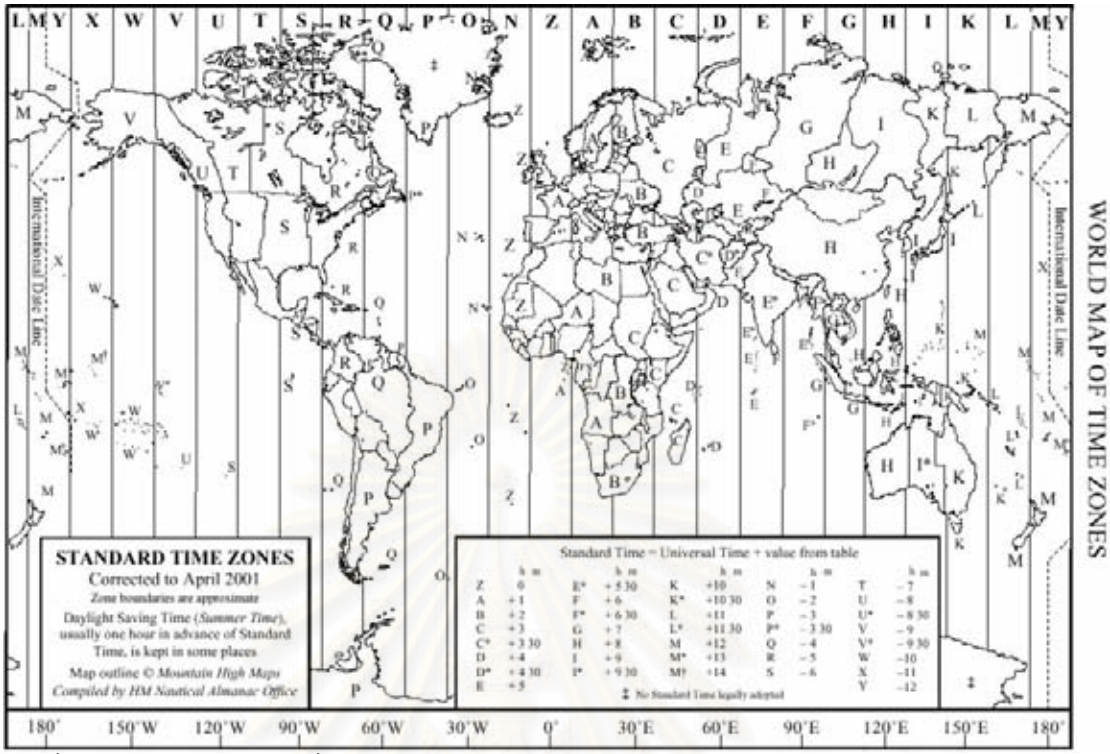
ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางโคจรของดวงอาทิตย์ของจังหวัดเชียงราย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก-1 ภาพแสดงแผนที่เวลามาตรฐานโลก

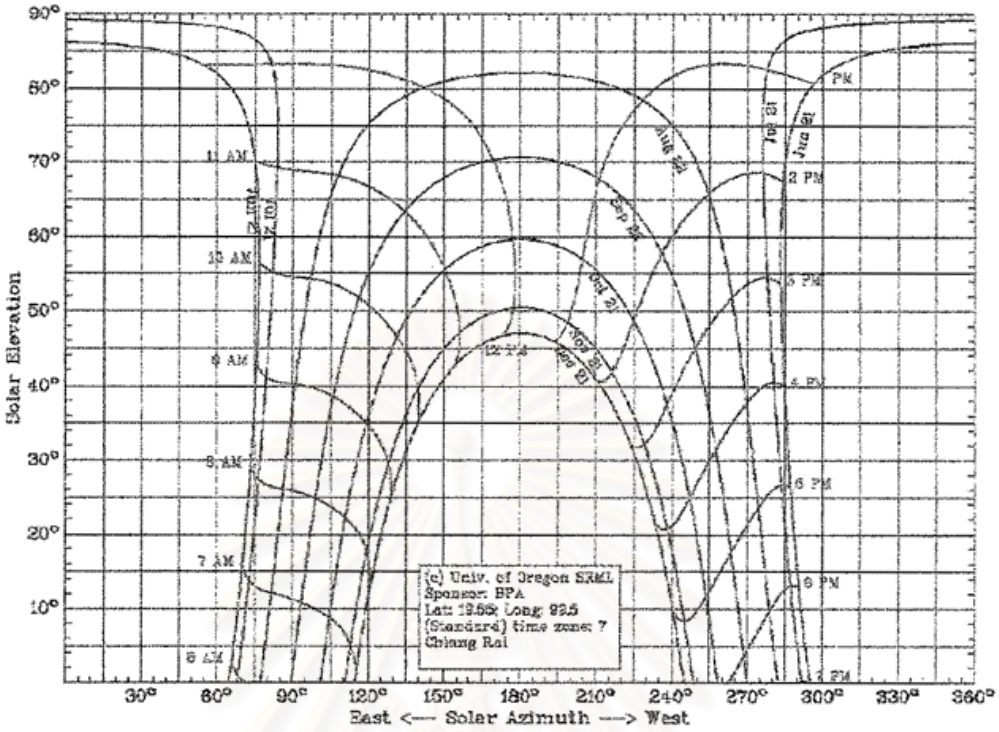
ที่มา : http://www.World Time Zone Map.htm

แผนที่เวลามาตรฐานโลกเป็นแผนที่ที่บอกถึงเวลาของประเทศต่าง ๆ แบ่งออกโดยใช้เส้นลอนจิทยูด หรือ เส้นแวงเป็นตัวกำหนดช่วงเวลาที่ห่างกัน โดยเริ่มเวลามาตรฐานที่เมืองกรีนิช เป็นเมืองที่อยู่ในกลุ่ม Z มีพื้นที่เวลามาตรฐานโลกที่ 0 ส่วนประเทศไทยอยู่ในกลุ่ม G มีพื้นที่เวลามาตรฐานโลกที่ +7 เครื่องหมายบวกแสดงว่าเป็นพื้นที่ที่ต้องเพิ่มเวลาเข้าไปในเวลามาตรฐาน ส่วนพื้นที่ที่มีเครื่องหมายลบแสดงว่าเป็นพื้นที่ที่ต้องหักเวลาออกจากเวลามาตรฐาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

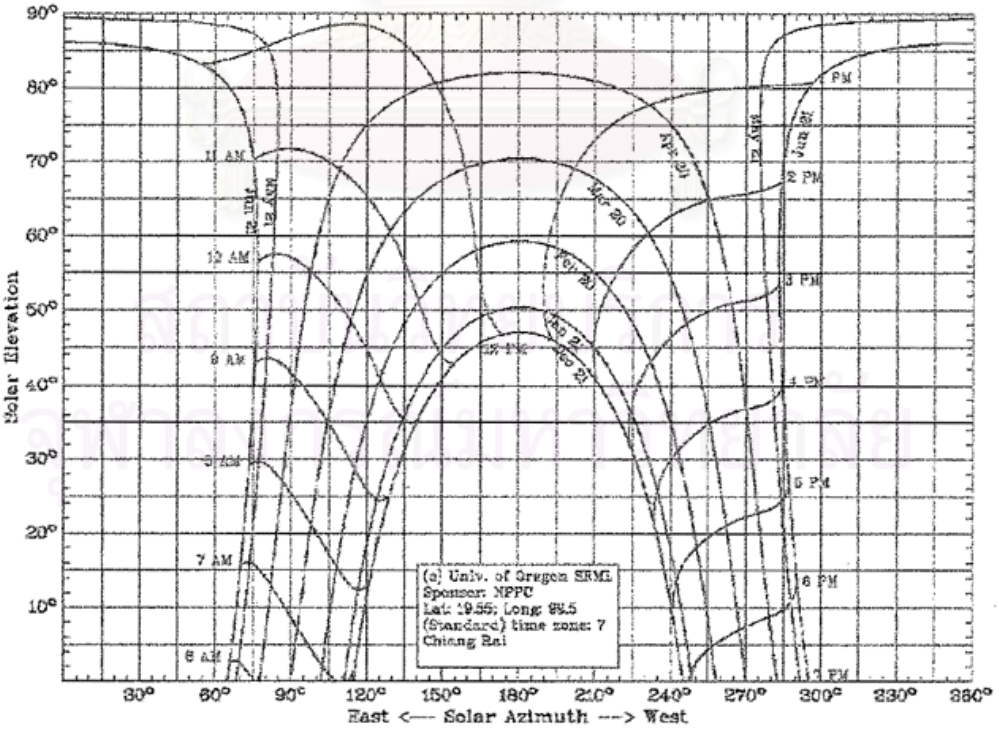
รูปที่ ก-2 ภาพแสดงตำแหน่งจังหวัดที่ทำฐานข้อมูลในประเทศไทย

ที่มา : ธนิต จินดาวณิค. ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. (กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543) หน้า 3.



รูปที่ ก-3 ภาพแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ในจังหวัดเชียงราย เดือนมิถุนายนถึงธันวาคม

ที่มา : http://www.UO SRML Sun chart program.htm



รูปที่ ก-4 ภาพแสดงการโคจรของดวงอาทิตย์ในจังหวัดเชียงราย เดือนธันวาคมถึงมิถุนายน

ที่มา : http://www.UO SRML Sun chart program.htm

ภาคผนวก ข
สภาพท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ ตลอดปี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 แสดงสภาพท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ ตลอดปี

กลาง			ใต้				ตะวันออก		ตะวันออกเฉียงเหนือ				เหนือ			ภาค
กาญจนบุรี	กรุงเทพฯ	นครสวรรค์	ภูเก็ต	สงขลา	สุราษฎร์ธานี	ประจวบคีรีขันธ์	ชลบุรี	ปราจีนบุรี	หนองคาย	นครราชสีมา	อุบลราชธานี	ขอนแก่น	พิษณุโลก	เชียงใหม่	เชียงราย	จังหวัด
โปร่ง	เมฆน้อย	โปร่ง	โปร่ง	เมฆน้อย	เมฆน้อย	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง	ม.ค.
																ก.พ.
เมฆน้อย			เมฆน้อย			เมฆน้อย		เมฆน้อย								มี.ค.
		เมฆน้อย					เมฆน้อย		เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย				เม.ย.
													เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	พ.ค.
	เมฆมาก								เมฆมาก							มิ.ย.
เมฆมาก		เมฆมาก		เมฆมาก	เมฆมาก	เมฆมาก		เมฆมาก		เมฆมาก	เมฆมาก	เมฆมาก	เมฆมาก	เมฆมาก	เมฆมาก	ก.ค.
							เมฆมาก					เมฆมาก				ส.ค.
		เมฆน้อย							เมฆน้อย			เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	ก.ย.
เมฆน้อย			เมฆน้อย		เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย		เมฆน้อย	เมฆน้อย					ต.ค.
	เมฆน้อย											โปร่ง	โปร่ง			พ.ย.
		โปร่ง	โปร่ง	เมฆน้อย			โปร่ง		โปร่ง	โปร่ง	โปร่ง			โปร่ง	โปร่ง	ธ.ค.
เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เมฆน้อย	เฉลี่ย

ที่มา : ธนิต จินดาวณิค. ข้อมูลอากาศประเทศไทยสำหรับงานอนุรักษ์พลังงาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. (กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543) หน้า 3.

ภาคผนวก ค
การเปรียบเทียบค่าปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ระหว่างสมการการคำนวณและข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ จังหวัดกรุงเทพฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ระหว่างสมการการคำนวณและข้อมูลที่เก็บจริง แหล่งที่มามาจากข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ โดยสมการในการคำนวณปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอนนั้น มีนักวิจัยหลายท่านที่ได้ทำวิจัยไว้ โดยมีสมการหลากหลายซึ่งสามารถแบ่งออกได้ดังตารางดังนี้

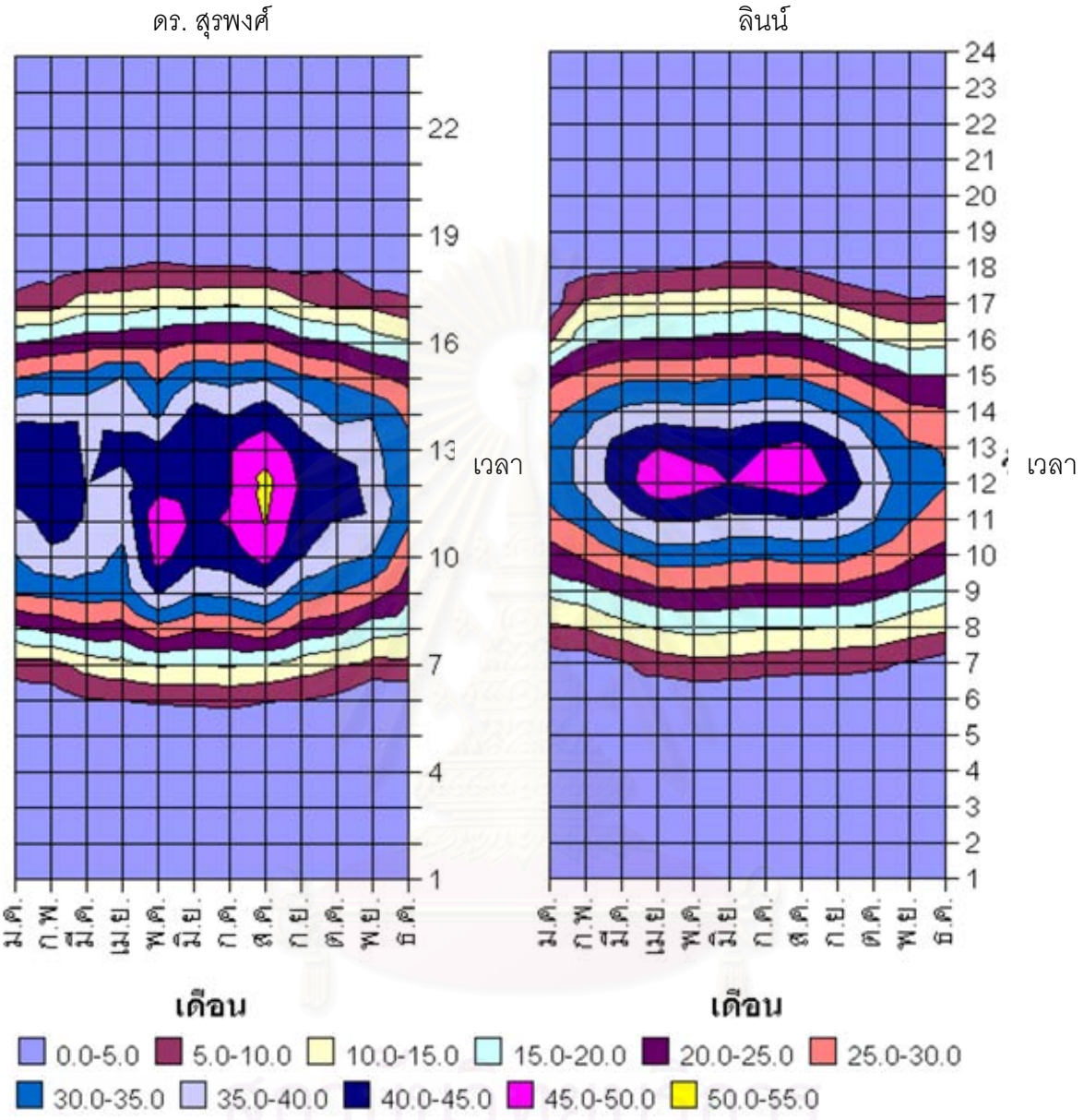
ตารางที่ ค-1 แสดงสมการในการคำนวณปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน

สภาพท้องฟ้า	สมการ	นักวิจัย
ท้องฟ้าโปร่ง	$E = 1.5 (\sin \alpha)^{1.2}$	Nagamura and Oki - min
	$E = 1.1 + 15.5 (\sin \alpha)^{0.5}$	Krochmann
	$E = (1345 + (14795 \sin \alpha)) / 1000$	Krochmann
	$E = 3.0 + 0.17 \alpha$	Chrosciki
ท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน	$E = 2.0 + 80.0 (\sin \alpha)^{0.8}$	Nagamura and Oki - max
	$E = 0.89 (16.25 (\sin \alpha)^{0.7})$	Elvegard
	$E = 10 (0.434 + 0.31 \log \alpha)$	Hopkinson
	$E = 0.57 \alpha$	Lynes
ท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก	$E = 0.5 + 42.5 \sin \alpha$	Nagamura and Oki - min
	$E = 0.3 + 21.0 \sin \alpha$	Krochmann
	$E = (300 + 21000 \sin \alpha) / 1000$	Krochmann
	$E = 23.7 \sin \alpha$	Lynes

ที่มา : Chirarattananon. S. Daylight Avilability Models for Global and Diffuse Horizontal Illuminance and Irradiance and Models for Sky Luminance for Bangkok. 1st Edition. (Bangkok : Energy Program, School of Environment Resources and Development, Asian Institute of Technology., 2001), p. 9.

โดยที่ α คือ ค่าแอลทิทยูดของดวงอาทิตย์

ปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน มีหน่วยเป็น กิโลลักซ์



รูปที่ ค-1 ภาพแสดงการเปรียบเทียบปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ระหว่างข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ และ สมการของลินน์ จังหวัดกรุงเทพฯ

ปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน มีหน่วยเป็น กิโลลักซ์

รูปข้างต้นใช้สมการของลินน์ คือ $E = 0.57\,\alpha$ ซึ่งเป็นสมการของสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน โดยคำนวณทั้งปี เนื่องจากเป็นสมการที่มีค่าใกล้เคียงกับข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ มากที่สุด

ตารางที่ ค-2 แสดงข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ข้อมูลของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ จังหวัดกรุงเทพฯ (มีหน่วยเป็น กิโลลักซ์)

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	1.9	4.4	5.0	5.5	5.9	6.3	5.2	4.7	3.6	0.0	0.0
7	8.1	8.1	11.6	13.2	15.2	14.8	15.3	14.5	12.4	10.3	8.3	8.6
8	18.4	21.1	23.7	22.6	27.8	25.6	25.9	28.2	22.9	21.6	17.3	16.1
9	30.4	31.0	32.3	31.6	40.4	35.6	35.8	38.8	31.8	29.6	26.7	21.4
10	34.7	38.8	37.3	33.9	46.9	41.4	42.5	46.8	40.1	36.2	34.7	25.8
11	37.1	42.4	39.5	36.6	48.3	44.3	45.4	50.3	42.3	39.6	38.5	30.7
12	43.6	45.0	39.9	37.8	44.0	42.8	44.6	51.6	44.4	45.0	36.7	31.9
13	42.7	43.9	39.1	41.4	41.3	42.9	44.7	48.3	42.6	39.0	36.1	31.4
14	39.1	38.8	38.9	38.6	34.1	42.1	39.7	43.0	37.6	33.8	34.6	28.9
15	29.9	32.0	31.8	35.3	29.1	34.6	33.3	34.5	31.0	29.2	26.2	23.4
16	19.7	21.4	22.8	23.2	23.2	25.4	25.1	25.4	21.5	20.3	17.4	15.7
17	8.8	8.5	12.9	13.1	14.6	14.3	15.3	14.7	10.9	9.3	9.3	7.1
18	0.0	3.2	5.1	5.6	6.4	5.9	5.8	5.6	4.2	5.3	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ตารางที่ ค-3 แสดงข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน ข้อมูลจากสมการของลินน์ จังหวัดกรุงเทพฯ (มีหน่วยเป็น กิโลลักซ์)

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1.7	2.3	4.6	7.4	8.6	8.6	7.4	6.8	6.8	6.3	4.6	2.9
8	9.1	10.3	13.1	15.4	16.5	16.0	15.4	15.4	14.8	14.3	12.0	10.8
9	16.5	18.2	21.1	23.9	24.5	23.9	23.4	23.4	23.4	21.7	19.4	17.1
10	22.8	25.7	29.6	32.5	32.5	31.4	30.8	31.4	31.4	29.1	25.7	22.8
11	28.5	31.9	37.1	40.5	40.5	38.8	38.8	39.9	38.8	35.3	30.2	27.9
12	31.9	36.5	42.8	48.5	46.7	46.0	46.2	47.9	43.9	37.6	32.5	30.2
13	31.9	36.5	42.2	45.0	43.9	43.3	45.0	46.2	41.6	35.3	30.8	29.6
14	28.5	32.5	35.9	37.1	36.5	36.5	37.6	37.6	34.2	30.2	26.2	25.7
15	22.8	26.2	28.5	28.5	28.5	29.1	29.6	29.1	26.2	22.8	20.0	20.0
16	9.1	18.8	20.0	20.5	20.5	21.1	21.7	21.1	18.2	14.8	13.1	13.7
17	1.7	10.8	12.0	12.5	12.5	13.1	13.7	12.5	9.7	7.4	5.7	6.3
18	0.0	2.9	3.4	4.0	4.6	5.7	5.7	4.0	1.7	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

ตารางที่ ค-4 แสดงข้อมูลค่าแอลทิทยูดของดวงอาทิตย์ตลอดปี จังหวัดกรุงเทพฯ

	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
7	3	4	8	13	15	15	13	12	12	11	8	5
8	16	18	23	27	29	28	27	27	26	25	21	19
9	29	32	37	42	43	42	41	41	41	38	34	30
10	40	45	52	57	57	55	54	55	55	51	45	40
11	50	56	65	71	71	68	68	70	68	62	53	49
12	56	64	75	85	82	79	81	84	77	66	57	53
13	56	64	74	79	77	76	79	81	73	62	54	52
14	50	57	63	65	64	64	66	66	60	53	46	45
15	40	46	50	50	50	51	52	51	46	40	35	35
16	29	33	35	36	36	37	38	37	32	26	23	24
17	16	19	21	22	22	23	24	22	17	13	10	11
18	3	5	6	7	8	10	10	7	3	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ตารางค่าแอลทิทยูดของดวงอาทิตย์ เป็นตารางที่บอกมุมยกของดวงอาทิตย์จากแนวระดับ ซึ่งเป็นค่าแทนในสมการต่าง ๆ ในการปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าทั้งในระนาบนอนและระนาบตั้ง

ข้อมูลปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าของ ดร. สุรพงศ์ จิระรัตนานนท์ เป็นข้อมูลที่เริ่มทำการเก็บเมื่อปี พ.ศ. 2541 ถึง พ.ศ. 2542

ภาคผนวก ง
ค่าปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบนอน และค่าความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้าของจังหวัดต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-1 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดเชียงใหม่

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
เชียงใหม่	82	82	21,094	13,451
ลัดติจูด 18.47 องศาเหนือ	82	80	21,094	14,292
ลองติจูด 98.59 องศาตะวันออก	82	75	21,094	14,183
	82	70	21,094	14,032
	82	65	21,094	13,840
	82	60	21,094	13,609
	82	55	21,094	13,339
	82	50	21,094	13,033
	82	45	21,094	12,695
	82	40	21,094	12,324
	82	35	21,094	11,926
	82	30	21,094	11,503
	82	25	21,094	11,058
	82	20	21,094	10,595
	82	15	21,094	10,116
	82	10	21,094	9,626
	82	5	21,094	9,128
	82	0	21,094	8,628
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
เชียงใหม่	57	57	17,911	6,511
ลัดติจูด 18.47 องศาเหนือ	57	55	17,911	6,187
ลองติจูด 98.59 องศาตะวันออก	57	50	17,911	6,367
	57	45	17,911	6,576
	57	40	17,911	6,859
	57	35	17,911	7,225
	57	30	17,911	7,709
	57	25	17,911	8,361
	57	20	17,911	9,255
	57	15	17,911	10,481
	57	10	17,911	12,105
	57	5	17,911	13,720
	57	0	17,911	13,865

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-2 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดกรุงเทพฯ

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
กรุงเทพฯ	79	79	20,914	14,151
ลัดติจูด 13.44 องศาเหนือ	79	75	20,914	14,062
ลองติจูด 100.34 องศาตะวันออก	79	70	20,914	13,912
	79	65	20,914	13,722
	79	60	20,914	13,492
	79	55	20,914	13,225
	79	50	20,914	12,922
	79	45	20,914	12,586
	79	40	20,914	12,219
	79	35	20,914	11,824
	79	30	20,914	11,405
	79	25	20,914	10,964
	79	20	20,914	10,504
	79	15	20,914	10,029
	79	10	20,914	9,544
	79	5	20,914	9,050
	79	0	20,914	8,554
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Overcast sky				
กรุงเทพฯ	53	53	17,071	10,700
ลัดติจูด 13.44 องศาเหนือ	53	50	17,071	10,548
ลองติจูด 100.34 องศาตะวันออก	53	45	17,071	10,274
	53	40	17,071	9,974
	53	35	17,071	9,652
	53	30	17,071	9,310
	53	25	17,071	8,949
	53	20	17,071	8,574
	53	15	17,071	8,187
	53	10	17,071	7,790
	53	5	17,071	7,388
	53	0	17,071	6,982

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-3 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดเชียงราย

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
เชียงราย	83	83	21,143	14,369
ลัดติจูด 19.55 องศาเหนือ	83	80	21,143	14,325
ลองติจูด 99.50 องศาตะวันออก	83	75	21,143	14,216
	83	70	21,143	14,064
	83	65	21,143	13,872
	83	60	21,143	13,640
	83	55	21,143	13,370
	83	50	21,143	13,063
	83	45	21,143	12,724
	83	40	21,143	12,352
	83	35	21,143	11,953
	83	30	21,143	11,530
	83	25	21,143	11,084
	83	20	21,143	10,619
	83	15	21,143	10,139
	83	10	21,143	9,648
	83	5	21,143	9,149
	83	0	21,143	8,647
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
เชียงราย	57	57	17,911	6,509
ลัดติจูด 19.55 องศาเหนือ	57	55	17,911	6,187
ลองติจูด 99.50 องศาตะวันออก	57	50	17,911	6,367
	57	45	17,911	6,576
	57	40	17,911	6,859
	57	35	17,911	7,225
	57	30	17,911	7,709
	57	25	17,911	8,361
	57	20	17,911	9,255
	57	15	17,911	10,481
	57	10	17,911	12,105
	57	5	17,911	13,720
	57	0	17,911	13,239

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-4 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดขอนแก่น

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
ขอนแก่น	83	83	21,143	14,369
ลัดติจูด 16.26 องศาเหนือ	83	80	21,143	14,325
ลองติจูด 102.50 องศาตะวันออก	83	75	21,143	14,216
	83	70	21,143	14,064
	83	65	21,143	13,872
	83	60	21,143	13,640
	83	55	21,143	13,370
	83	50	21,143	13,063
	83	45	21,143	12,724
	83	40	21,143	12,352
	83	35	21,143	11,953
	83	30	21,143	11,530
	83	25	21,143	11,084
	83	20	21,143	10,619
	83	15	21,143	10,139
	83	10	21,143	9,648
	83	5	21,143	9,149
	83	0	21,143	8,647
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
ขอนแก่น	50	50	16,386	4,777
ลัดติจูด 16.26 องศาเหนือ	50	45	16,386	5,081
ลองติจูด 102.50 องศาตะวันออก	50	40	16,386	4,676
	50	35	16,386	4,926
	50	30	16,386	5,256
	50	25	16,386	5,700
	50	20	16,386	6,310
	50	15	16,386	7,146
	50	10	16,386	8,253
	50	5	16,386	9,354
	50	0	16,386	9,480

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-5 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดอุบลราชธานี

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
อุบลราชธานี	82	82	21,095	14,324
ลัดติจูด 15.15 องศาเหนือ	82	80	21,095	14,293
ลองติจูด 104.52 องศาตะวันออก	82	75	21,095	14,184
	82	70	21,095	14,033
	82	65	21,095	13,841
	82	60	21,095	13,609
	82	55	21,095	13,340
	82	50	21,095	13,034
	82	45	21,095	12,695
	82	40	21,095	12,325
	82	35	21,095	11,927
	82	30	21,095	11,504
	82	25	21,095	11,059
	82	20	21,095	10,595
	82	15	21,095	10,117
	82	10	21,095	9,627
	82	5	21,095	9,129
	82	0	21,095	8,628
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
อุบลราชธานี	52	52	16,848	5,521
ลัดติจูด 15.15 องศาเหนือ	52	50	16,848	5,131
ลองติจูด 104.52 องศาตะวันออก	52	45	16,848	5,299
	52	40	16,848	5,527
	52	35	16,848	5,822
	52	30	16,848	6,212
	52	25	16,848	6,738
	52	20	16,848	7,459
	52	15	16,848	8,446
	52	10	16,848	9,755
	52	5	16,848	11,057
	52	0	16,848	11,048

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-6 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดนครราชสีมา

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
นครราชสีมา	81	81	21,041	14,272
ลัดติจูด 14.58 องศาเหนือ	81	80	21,041	14,256
ลองติจูด 102.05 องศาตะวันออก	81	75	21,041	14,147
	81	70	21,041	13,997
	81	65	21,041	13,806
	81	60	21,041	13,574
	81	55	21,041	13,306
	81	50	21,041	13,001
	81	45	21,041	12,663
	81	40	21,041	12,293
	81	35	21,041	11,896
	81	30	21,041	11,475
	81	25	21,041	11,030
	81	20	21,041	10,568
	81	15	21,041	10,091
	81	10	21,041	9,602
	81	5	21,041	9,106
	81	0	21,041	8,606
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
นครราชสีมา	52	52	16,848	5,520
ลัดติจูด 14.58 องศาเหนือ	52	50	16,848	5,131
ลองติจูด 102.05 องศาตะวันออก	52	45	16,848	5,299
	52	40	16,848	5,527
	52	35	16,848	5,822
	52	30	16,848	6,212
	52	25	16,848	6,738
	52	20	16,848	7,459
	52	15	16,848	8,446
	52	10	16,848	9,755
	52	5	16,848	11,057
	52	0	16,848	11,049

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-7 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดหนองคาย

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
หนองคาย	83	83	21,143	14,370
ลัดติจูด 17.52 องศาเหนือ	83	80	21,143	14,325
ลองติจูด 102.43 องศาตะวันออก	83	75	21,143	14,216
	83	70	21,143	14,065
	83	65	21,143	13,873
	83	60	21,143	13,640
	83	55	21,143	13,370
	83	50	21,143	13,064
	83	45	21,143	12,724
	83	40	21,143	12,353
	83	35	21,143	11,954
	83	30	21,143	11,530
	83	25	21,143	11,084
	83	20	21,143	10,619
	83	15	21,143	10,140
	83	10	21,143	9,648
	83	5	21,143	9,150
	83	0	21,143	8,648
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
หนองคาย	49	49	16,149	4,766
ลัดติจูด 17.52 องศาเหนือ	49	45	16,149	5,012
ลองติจูด 102.43 องศาตะวันออก	49	40	16,149	4,609
	49	35	16,149	4,855
	49	30	16,149	5,180
	49	25	16,149	5,618
	49	20	16,149	6,219
	49	15	16,149	7,042
	49	10	16,149	8,133
	49	5	16,149	9,219
	49	0	16,149	9,409

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-8 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
ประจวบคีรีขันธ์	77	77	20,762	14,008
ลัดติจูด 11.50 องศาเหนือ	77	75	20,762	13,960
ลองติจูด 99.50 องศาตะวันออก	77	70	20,762	13,811
	77	65	20,762	13,622
	77	60	20,762	13,394
	77	55	20,762	13,129
	77	50	20,762	12,828
	77	45	20,762	12,494
	77	40	20,762	12,130
	77	35	20,762	11,738
	77	30	20,762	11,322
	77	25	20,762	10,884
	77	20	20,762	10,428
	77	15	20,762	9,957
	77	10	20,762	9,474
	77	5	20,762	8,985
	77	0	20,762	8,492
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Overcast sky				
ประจวบคีรีขันธ์	55	55	17,502	11,068
ลัดติจูด 11.50 องศาเหนือ	55	50	17,502	10,814
ลองติจูด 99.50 องศาตะวันออก	55	45	17,502	10,533
	55	40	17,502	10,226
	55	35	17,502	9,895
	55	30	17,502	9,545
	55	25	17,502	9,175
	55	20	17,502	8,790
	55	15	17,502	8,393
	55	10	17,502	7,987
	55	5	17,502	7,574
	55	0	17,502	7,158

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-9 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดสุราษฎร์ธานี

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
สุราษฎร์ธานี	76	76	20,676	13,927
ลัดติจูด 9.07 องศาเหนือ	76	75	20,676	13,902
ลองติจูด 99.21 องศาตะวันออก	76	70	20,676	13,754
	76	65	20,676	13,566
	76	60	20,676	13,339
	76	55	20,676	13,075
	76	50	20,676	12,775
	76	45	20,676	12,443
	76	40	20,676	12,080
	76	35	20,676	11,690
	76	30	20,676	11,275
	76	25	20,676	10,839
	76	20	20,676	10,385
	76	15	20,676	9,916
	76	10	20,676	9,435
	76	5	20,676	8,948
	76	0	20,676	8,457
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Overcast sky				
สุราษฎร์ธานี	57	57	17,912	11,422
ลัดติจูด 9.07 องศาเหนือ	57	55	17,912	11,327
ลองติจูด 99.21 องศาตะวันออก	57	50	17,912	11,067
	57	45	17,912	10,780
	57	40	17,912	10,465
	57	35	17,912	10,127
	57	30	17,912	9,768
	57	25	17,912	9,390
	57	20	17,912	8,996
	57	15	17,912	8,590
	57	10	17,912	8,174
	57	5	17,912	7,751
	57	0	17,912	7,326

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-10 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดสงขลา

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
สงขลา	71.5	71.5	20,215	13,495
ลัดติจูด 6.55 องศาเหนือ	71.5	70	20,215	13,447
ลองติจูด 100.26 องศาตะวันออก	71.5	65	20,215	13,263
	71.5	60	20,215	13,041
	71.5	55	20,215	12,783
	71.5	50	20,215	12,490
	71.5	45	20,215	12,165
	71.5	40	20,215	11,810
	71.5	35	20,215	11,429
	71.5	30	20,215	11,024
	71.5	25	20,215	10,597
	71.5	20	20,215	10,153
	71.5	15	20,215	9,694
	71.5	10	20,215	9,225
	71.5	5	20,215	8,748
	71.5	0	20,215	8,268
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Overcast sky				
สงขลา	60	60	18,486	11,926
ลัดติจูด 6.55 องศาเหนือ	60	55	18,486	11,690
ลองติจูด 100.26 องศาตะวันออก	60	50	18,486	11,422
	60	45	18,486	11,125
	60	40	18,486	10,800
	60	35	18,486	10,452
	60	30	18,486	10,081
	60	25	18,486	9,691
	60	20	18,486	9,285
	60	15	18,486	8,865
	60	10	18,486	8,436
	60	5	18,486	8,000
	60	0	18,486	7,561

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-11 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดภูเก็ต

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
ภูเก็ต	74	74	20,485	13,747
ลัดติจูด 7.53 องศาเหนือ	74	70	20,485	13,627
ลองติจูด 98.24 องศาตะวันออก	74	65	20,485	13,441
	74	60	20,485	13,216
	74	55	20,485	12,954
	74	50	20,485	12,657
	74	45	20,485	12,328
	74	40	20,485	11,968
	74	35	20,485	11,582
	74	30	20,485	11,171
	74	25	20,485	10,739
	74	20	20,485	10,289
	74	15	20,485	9,824
	74	10	20,485	9,348
	74	5	20,485	8,865
	74	0	20,485	8,378
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Overcast sky				
ภูเก็ต	59	59	18,300	11,762
ลัดติจูด 7.53 องศาเหนือ	59	55	18,300	11,572
ลองติจูด 98.24 องศาตะวันออก	59	50	18,300	11,307
	59	45	18,300	11,013
	59	40	18,300	10,692
	59	35	18,300	10,347
	59	30	18,300	9,980
	59	25	18,300	9,594
	59	20	18,300	9,191
	59	15	18,300	8,776
	59	10	18,300	8,351
	59	5	18,300	7,919
	59	0	18,300	7,485

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-12 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดพิษณุโลก

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
พิษณุโลก	82	82	21,095	14,324
ลัดติจูด 16.47 องศาเหนือ	82	80	21,095	14,293
ลองติจูด 100.16 องศาตะวันออก	82	75	21,095	14,184
	82	70	21,095	14,033
	82	65	21,095	13,841
	82	60	21,095	13,609
	82	55	21,095	13,340
	82	50	21,095	13,034
	82	45	21,095	12,695
	82	40	21,095	12,325
	82	35	21,095	11,927
	82	30	21,095	11,504
	82	25	21,095	11,059
	82	20	21,095	10,595
	82	15	21,095	10,117
	82	10	21,095	9,627
	82	5	21,095	9,129
	82	0	21,095	8,628
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
พิษณุโลก	50	50	16,387	4,777
ลัดติจูด 16.47 องศาเหนือ	50	45	16,387	5,081
ลองติจูด 100.16 องศาตะวันออก	50	40	16,387	4,677
	50	35	16,387	4,926
	50	30	16,387	5,256
	50	25	16,387	5,701
	50	20	16,387	6,311
	50	15	16,387	7,146
	50	10	16,387	8,253
	50	5	16,387	9,355
	50	0	16,387	9,481

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-13 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดนครสวรรค์

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
นครสวรรค์	82	82	21,095	14,324
ลัดติจูด 15.48 องศาเหนือ	82	80	21,095	14,293
ลองติจูด 100.10 องศาตะวันออก	82	75	21,095	14,184
	82	70	21,095	14,033
	82	65	21,095	13,841
	82	60	21,095	13,609
	82	55	21,095	13,340
	82	50	21,095	13,034
	82	45	21,095	12,695
	82	40	21,095	12,325
	82	35	21,095	11,927
	82	30	21,095	11,504
	82	25	21,095	11,059
	82	20	21,095	10,595
	82	15	21,095	10,117
	82	10	21,095	9,627
	82	5	21,095	9,129
	82	0	21,095	8,628
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
นครสวรรค์	51	51	16,620	4,791
ลัดติจูด 15.48 องศาเหนือ	51	50	16,620	4,403
ลองติจูด 100.10 องศาตะวันออก	51	45	16,620	4,547
	51	40	16,620	4,743
	51	35	16,620	4,996
	51	30	16,620	5,331
	51	25	16,620	5,782
	51	20	16,620	6,400
	51	15	16,620	7,248
	51	10	16,620	8,371
	51	5	16,620	9,488
	51	0	16,620	9,548

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-14 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดกาญจนบุรี

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
กาญจนบุรี	81	81	21,041	14,272
ลัดติจูด 14.01 องศาเหนือ	81	80	21,041	14,256
ลองติจูด 99.32 องศาตะวันออก	81	75	21,041	14,147
	81	70	21,041	13,997
	81	65	21,041	13,806
	81	60	21,041	13,574
	81	55	21,041	13,306
	81	50	21,041	13,001
	81	45	21,041	12,663
	81	40	21,041	12,293
	81	35	21,041	11,896
	81	30	21,041	11,475
	81	25	21,041	11,030
	81	20	21,041	10,568
	81	15	21,041	10,091
	81	10	21,041	9,602
	81	5	21,041	9,106
	81	0	21,041	8,606
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
กาญจนบุรี	53	53	17,071	5,532
ลัดติจูด 14.01 องศาเหนือ	53	50	17,071	5,199
ลองติจูด 99.32 องศาตะวันออก	53	45	17,071	5,369
	53	40	17,071	5,600
	53	35	17,071	5,899
	53	30	17,071	6,294
	53	25	17,071	6,827
	53	20	17,071	7,557
	53	15	17,071	8,558
	53	10	17,071	9,884
	53	5	17,071	11,203
	53	0	17,071	11,116

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-15 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดปราจีนบุรี

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
ปราจีนบุรี	81	81	21,041	14,272
ลัดติจูด 14.03 องศาเหนือ	81	80	21,041	14,256
ลองติจูด 101.22 องศาตะวันออก	81	75	21,041	14,147
	81	70	21,041	13,997
	81	65	21,041	13,806
	81	60	21,041	13,574
	81	55	21,041	13,306
	81	50	21,041	13,001
	81	45	21,041	12,663
	81	40	21,041	12,293
	81	35	21,041	11,896
	81	30	21,041	11,475
	81	25	21,041	11,030
	81	20	21,041	10,568
	81	15	21,041	10,091
	81	10	21,041	9,602
	81	5	21,041	9,106
	81	0	21,041	8,606
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
ปราจีนบุรี	53	53	17,071	5,532
ลัดติจูด 14.03 องศาเหนือ	53	50	17,071	5,199
ลองติจูด 101.22 องศาตะวันออก	53	45	17,071	5,369
	53	40	17,071	5,600
	53	35	17,071	5,899
	53	30	17,071	6,294
	53	25	17,071	6,827
	53	20	17,071	7,557
	53	15	17,071	8,558
	53	10	17,071	9,884
	53	5	17,071	11,203
	53	0	17,071	11,116

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง-16 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบนอน และ ความสว่างในระดับต่าง ๆ ของท้องฟ้า จังหวัดชลบุรี

วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น. Overcast sky	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	a	Eh,c (lx)	Lp,c
ชลบุรี	80	80	20,981	14,215
ลัดติจูด 13.22 องศาเหนือ	80	75	20,981	14,107
ลองติจูด 100.59 องศาตะวันออก	80	70	20,981	13,957
	80	65	20,981	13,766
	80	60	20,981	13,535
	80	55	20,981	13,267
	80	50	20,981	12,963
	80	45	20,981	12,626
	80	40	20,981	12,258
	80	35	20,981	11,862
	80	30	20,981	11,442
	80	25	20,981	10,999
	80	20	20,981	10,538
	80	15	20,981	10,062
	80	10	20,981	9,574
	80	5	20,981	9,079
	80	0	20,981	8,581
วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น. Clear sky				
ชลบุรี	53	53	17,071	5,532
ลัดติจูด 13.22 องศาเหนือ	53	50	17,071	5,199
ลองติจูด 100.59 องศาตะวันออก	53	45	17,071	5,369
	53	40	17,071	5,600
	53	35	17,071	5,899
	53	30	17,071	6,294
	53	25	17,071	6,827
	53	20	17,071	7,557
	53	15	17,071	8,558
	53	10	17,071	9,884
	53	5	17,071	11,203
	53	0	17,071	11,116

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
ค่าปริมาณความส่องสว่างของท้องฟ้าในระนาบตั้ง ของจังหวัดต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ-1 แสดงปริมาณความส่องสว่างระนาบตั้งของท้องฟ้า

จังหวัด	วัน - เดือน - เวลา	สภาพท้องฟ้า	แอลทิทยูดดวงอาทิตย์	EGV,e (lx)
เชียงใหม่	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	82	22,389
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	57	43,657
กรุงเทพฯ	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	79	28,364
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Overcast sky	53	45,915
เชียงราย	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	83	20,274
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	57	43,657
ขอนแก่น	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	83	20,274
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	50	45,074
อุบลราชธานี	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	82	22,389
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	52	44,929
นครราชสีมา	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	81	24,446
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	52	44,929
หนองคาย	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	83	20,282
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	49	45,080
ประจวบคีรีขันธ์	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	77	32,022
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Overcast sky	55	45,724
สุราษฎร์ธานี	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	76	33,753
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Overcast sky	57	44,881
สงขลา	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	71.5	40,731
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Overcast sky	60	43,557
ภูเก็ต	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	74	37,014
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Overcast sky	59	44,049
พิษณุโลก	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	82	22,388
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	50	45,074
นครสวรรค์	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	82	22,388
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	51	45,028
กาญจนบุรี	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	81	26,952
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	53	44,778
ปราจีนบุรี	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	81	26,952
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	53	44,792
ชลบุรี	วันที่ 21 มิถุนายน เวลา 12:00 น.	Overcast sky	80	28,948
	วันที่ 21 ธันวาคม เวลา 12:00 น.	Clear sky	53	44,777

ภาคผนวก ฉ
เกณฑ์การเลือกใช้กระจกผนังและหลังคา รวมถึง เกณฑ์การเลือกค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดของจังหวัดต่าง ๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากกรณีที่ 2 : เรือนกระจกกรณีศึกษา ไม่มีต้นไม้ นั้น สามารถสรุปหลักเกณฑ์การเลือกใช้กระจกทั้งผนังและหลังคาของเรือนกระจกกรณีศึกษา โดยให้แผงกันแดดมีค่าแสงส่องผ่าน 78% ได้ดังนี้

ตารางที่ ฉ.1 แสดงเกณฑ์ในการเลือกค่าแสงส่องผ่านของผนังกระจกและหลังคากระจก

ภาค จังหวัด	ค่าแสงส่องผ่านไม่ควรเกิน	
	ผนังกระจก	หลังคากระจก
1. ภาคเหนือ จังหวัดเชียงราย	65%	35%
2. ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่	70%	40%
3. ภาคเหนือ จังหวัดพิษณุโลก	70%	40%
4. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น	65%	35%
5. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุบลราชธานี	70%	40%
6. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา	80%	45%
7. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดหนองคาย	65%	35%
8. ภาคตะวันออก จังหวัดปราจีนบุรี	35%	30%
9. ภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี	95%	50%
10. ภาคใต้ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	100%	60%
11. ภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	100%	60%
12. ภาคใต้ จังหวัดสงขลา	100%	90%
13. ภาคใต้ จังหวัดภูเก็ต	100%	65%
14. ภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์	70%	40%
15. ภาคกลาง จังหวัดกรุงเทพฯ	90%	50%
16. ภาคกลาง จังหวัดกาญจนบุรี	85%	60%

หมายเหตุ : ค่าแสงส่องผ่านของหลังคากระจกข้างต้นรวมแผงกันแดดมีค่าแสงส่องผ่าน 78%

จากตารางข้างต้นพบว่า จังหวัดในภาคใต้ไม่จำเป็นต้องติดผนังกระจก เนื่องจากสภาพท้องฟ้ามีเมฆมากเกือบตลอดปี อันเนื่องมาจากภาคใต้มีเพียงฤดูฝนและฤดูร้อนเท่านั้น

แต่ถ้าต้องการใช้กระจกตามรายละเอียดเดิม จะต้องทำการเปลี่ยนแปลงค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจกให้มีค่าที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดความสบายทางสายตาของผู้ใช้สอยภายในอาคารในแต่ละจังหวัด ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะในออกแบบแผงกันแดดภายนอกเรือนกระจก โดยดูจากค่าแสงส่องผ่านไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ส่วนรูปแบบของแผงกันแดดสามารถคงรูปแบบเดิมหรือออกแบบเพิ่มเติม เพื่อให้มีค่าตามที่เสนอไว้ หรือออกแบบแผงกันแดดใหม่ แต่จะต้องมีค่าแสงส่องผ่านตามที่เสนอไว้ควบคู่กัน

หากกำหนดให้ใช้กระจกหลังคาลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 6+6 มม. ที่มีค่าแสงส่องผ่าน 58% จะสามารถหาค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดได้ดังนี้

ตารางที่ ฉ.2 แสดงเกณฑ์ในการเลือกค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดด

ภาค จังหวัด	ค่าแสงส่องผ่านของแผงกันแดดไม่ควรเกิน
1. ภาคเหนือ จังหวัดเชียงราย	26%
2. ภาคเหนือ จังหวัดเชียงใหม่	29%
3. ภาคเหนือ จังหวัดพิษณุโลก	70%
4. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น	26%
5. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดอุบลราชธานี	29%
6. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา	31%
7. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดหนองคาย	26%
8. ภาคตะวันออก จังหวัดปราจีนบุรี	20%
9. ภาคตะวันออก จังหวัดชลบุรี	37%
10. ภาคใต้ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์	44%
11. ภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี	46%
12. ภาคใต้ จังหวัดสงขลา	55%
13. ภาคใต้ จังหวัดภูเก็ต	49%
14. ภาคกลาง จังหวัดนครสวรรค์	29%
15. ภาคกลาง จังหวัดกรุงเทพฯ	37%
16. ภาคกลาง จังหวัดกาญจนบุรี	34%

หมายเหตุ : ค่าแสงส่องผ่านของหลังคากระจกลามิเนตสีเขียวอ่อนหนา 6+6 มม. มีค่าแสงส่องผ่าน 58%

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว ชลธิชา ประเสริฐสุขแสน เกิดวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2519 ที่กรุงเทพฯ เข้ารับการศึกษาระดับปริญญาที่มหาวิทยาลัยรังสิต และได้รับปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต เมื่อ พ.ศ. 2542 จากนั้นเข้ารับการศึกษาต่อหลักสูตรสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสำเร็จการศึกษาเมื่อปี พ.ศ. 2445

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย