ประสิทธิภาพของร่มเงาต้นไม้ที่มีผลต่อผนังอาคารพักอาศัย

นายศุภณัฐ กาญจนวงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสถาปัตยกรรม ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

EFFICIENCY OF TREE SHADES ON HOUSE'S EXTERIOR WALLS

Mr. Supanut Kanchanawong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Landscape Architecture Program in Landscape Architecture

Department of Landscape Architecture

Faculty of Architecture

Chulalongkorn University

Academic Year 2013

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ประสิทธิภาพของร่มเงาต้นไม้ที่มีผลต่อผนังอาคารพักอาศัย.
โดย	นายศุภณัฐ กาญจนวงศ์
สาขาวิชา	ภูมิสถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.นวณัฐ โอศิริ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ศักดิ์ วัฒนสินธุ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์จามรี อาระยานิมิตสกุล)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวณัฐ โอศิริ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร)

ศุภณัฐ กาญจนวงศ์ : ประสิทธิภาพของร่มเงาต้นไม้ที่มีผลต่อผนังอาคารพักอาศัย. (EFFICIENCY OF TREE SHADES ON HOUSE'S EXTERIOR WALLS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร. นวนัฐ โอศิริ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.ดร.อรรจน์ เศรษฐบุตร, 91 หน้า.

ในการปลูกอาคารในปัจจุบันได้คำนึงถึงความร้อนจากแสงแดดที่เกิดขึ้นบริเวณเปลือกอาคาร ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการใช้พลังงานภายในบ้านพักอาศัยพลังงานที่เสียไปเกิดจากการใช้เครื่องปรับ อากาศในการทำความเย็นภายในอาคาร วิธีแก้ไขปัญหาที่ง่ายและประหยัดค่าใช้จ่าย คือการปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ต้นไม้เป็นเหมือนเกราะป้องกันแสงแดดสู่เปลือกอาคาร โดยต้นไม้ใหญ่แต่ละชนิดมีรูปแบบของทรงพุ่มที่ต่างกันให้ร่มเงาจะต่างกันไปตามทิศที่ปลูก วิทยานิพนธ์ชิ้นนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อค้นหาประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่ในแต่ละรูปแบบและทิศทางเพื่อให้เป็นแนวทางในการเลือกใช้ในการลดพลังงาน

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือ เพื่อหาประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่ในแต่ละรูปแบบ โดยการทดลองในพื้นที่ที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้งซึ่งเป็นตัวแทนภูมิอากาศส่วนมากของประเทศไทย การศึกษารูปแบบของต้นไม้ใหญ่ทั้ง 14 รูปทรง ซึ่งการศึกษาของต้นไม้ในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ ด้วยการปลูก 8 ทิศ รอบอาคาร โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้จำลองแสงแดดตลอดทั้งวันเป็นเวลา 1 ปี กับเปลือกอาคารในแต่ละด้าน เพื่อหาร้อยละของพื้นที่ของเงาที่จะเกิดขึ้น และจัดอันดับความสามารถในการให้เงาของต้นไม้ในแต่ละรูปแบบทั้ง 8 ทิศ โดยแบบจำลองของบ้านพักอาศัย ผู้วิจัยได้เลือกใช้บ้านพักอาศัยแบบบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวและบ้านเดี่ยวสองชั้นเป็นต้นแบบเพื่อหาความแตกต่างและหลากหลายในการทดลอง

จากผลการทดลองสรุปว่า ทิศที่เหมาะแก่การปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคารบ้านชั้นเดียวและบ้านเดี่ยวสองชั้น ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ ตามลำดับ รูปทรงของต้นไม้ที่ให้ประสิทธิภาพของพื้นที่เงาสูง จะขึ้นอยู่กับพื้นที่และความกว้างและความทึบของทรงพุ่ม ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับว่าในการใช้ผู้ที่นำไปใช้มีจุดประสงค์ในการวางต้นไม้ในแต่ละทิศเพื่อจุดประสงค์อะไรต่อไป

ภาควิชา___ภูมิสถาปัตยกรรม___ลายมือชื่อนิสิต _____

สาขาวิชา___ภูมิสถาปัตยกรรม___ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก_____

ปีการศึกษา___2556_____ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม_____

##5374198525 : MAJOR LANDSCAPE ARCHITECTURE

KEY WORD : TREE SHADES

SUPANUT KANCHANAWONG : EFFICIENCY OF TREE SHADES ON HOUSE'S EXTERIOR WALLS. ADVISOR : ASSOC. PROF. NAVANATH OSIRI, Ph.D., CO-ADVISOR : ASST. PROF. ATCH SRESHTHAPUTRA , Ph.D., 91 pp.

One of the main considerations in today's modern buildings is the heat from sunlight on building envelopes, which is an important factor that affects domestic energy consumption. Air conditioners with large BTU units consume large amounts of energy. A simple and safe solution to this problem can be found through trees. Trees have the capacity to act as an outer shield, filtering sunlight over the building envelopes.

The main purpose of this research is to analyze the shapes and shades of tree in different forms. This study was conducted in Chiang Mai, which is representative of the weather of Thailand. The weather is generally hot and humid alternating with cool and dry. The investigation investigated trees in 14 forms in 8 directions surrounding the buildings. The computer calculated the daily sunlight that affected each side of the building walls for one year. This was done to calculate the percentage of shaded areas and then ranked the order of shade generated by each tree. The experimental houses were energy saving and were chosen from the designs offered by the Ministry of Energy, that is, 1-and 2-tier houses.

The study concludes that the best directions for a tree to reduce the heat for the 1-and 2-tier houses are the east side, the south east side, the south side, and the south west side, respectively. The effectiveness of the shadows from the trees depends on the width and height of the tree shapes. However, it also depends on the purpose of the tree placement.

Department : Landscape Architecture Student's Signature_____

Field of Study : Landscape Architecture Advisor's Signature_____

Academic Year : 2013 Co-advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่องประสิทธิภาพของร่มเงาต้นไม้ที่มีผลต่อผนังอาคารพักอาศัยฉบับนี้ได้ดำเนินการศึกษาสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี จึงขอขอบคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นวณัฐ โอศิริ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา และชี้แนะในการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงมาด้วยดี

ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์จามรี อาระยานิมิตสกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรรจน์ เศรษฐบุตร และ ดร.ณรงค์วิทย์ อารีมิตร ทั้งสามท่านที่ได้เสียสละเวลาเป็นประธานกรรมการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และกรรมการภายนอกมหาวิทยาลัยในการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ น้องเจน และน้องสาวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจสำคัญและไม่เคยทิ้งกัน และสนับสนุนทุนทรัพย์ในการศึกษามาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยอยู่เคียงข้างและคอยร่วมเดินทางในการสำรวจและเก็บข้อมูล จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามมา ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการศึกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การออกแบบภูมิทัศน์ที่เหมาะสมบริเวณรอบๆอาคาร เป็นหนึ่งวิธีที่ช่วยลดการใช้พลังงานภายในอาคาร การเลือกใช้ต้นไม้ที่เหมาะสมนั้นจะช่วยลดรังสีและความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้อุณหภูมิภายในอาคารลดลงอีกทั้งยังช่วยให้เกิดการไหลเวียนอากาศที่ดีภายในอาคาร ทำให้เกิดภาวะน่าสบายแก่ผู้ที่อยู่ภายในอาคาร

ในปัจจุบันอาคารต่างๆใช้พลังงานมากในการปรับอากาศภายในอาคารมากขึ้น ปัจจัยหนึ่งที่ทำให้อาคารเหล่านั้นใช้พลังงานในการปรับอากาศมากขึ้นเกิดจากความร้อนที่ได้รับจากแสงแดด การศึกษาหาประสิทธิภาพของต้นไม้ใหญ่รูปทรงต่างๆ ในการสร้างร่มเงาให้แก่ผนังอาคารและช่องเปิดนั้นจะเป็นวิธีหนึ่งในการลดความร้อนจากแสงแดดสู่อาคาร การศึกษาควรคำนึงถึงทิศทางและองศาของแสงแดดซึ่งขึ้นอยู่กับทิศทางและองศาของแสงแดดในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล เพื่อให้เกิดผลของการลดการใช้พลังงานภายในอาคารให้เกิดผลและประสิทธิภาพ

จากการศึกษาด้านการใช้ต้นไม้ใหญ่เพื่อลดความร้อนและลดการใช้พลังงานในอาคารของต่างประเทศมีการศึกษาที่หลากหลาย ได้แก่ การใช้เงาของต้นไม้เพื่อลดความร้อนของแสงแดดสู่อาคาร(Gary O. Robinette, 1983: 60-61,70-72) การใช้ต้นไม้ใหญ่เพื่อบังคับทิศทางลมเข้าสู่อาคาร(Gary O. Robinette, 1981: 32-36) เป็นต้น

สำหรับประเทศไทย การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ต้นไม้ในรูปทรงต่างๆเพื่อลดการใช้พลังงานภายใน อาคารยังมีไม่มาก ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในด้านการใช้ต้นไม้ใหญ่ในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร(กาญจนา สิริภัทรวณิช, 2541: 80-84) เนื่องจากเป็นการศึกษารูปทรงและลักษณะของภูมิอากาศจากหนังสือต่างประเทศหรือเป็นการแปลมาจากหนังสือของต่างประเทศ(สุดสวาท ศรีสถาปัตย์, 2545:55-57) ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมกับการใช้ในพื้นที่และสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย

การศึกษาการใช้ต้นไม้ใหญ่ในการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร มุ่งเน้นไปที่การศึกษาพื้นที่เงาจากรูปทรงต้นไม้ใหญ่และตำแหน่งการปลูกเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการลดความร้อนจากแสงอาทิตย์สู่อาคาร ด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์จากโมเดลศึกษาในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยต้นไม้ใหญ่ที่นำมาศึกษาเป็นต้นไม้ในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ และเป็นต้นไม้ท้องถิ่นที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศภาคเหนือของประเทศไทยเพื่อที่จะได้เลือกใช้ต้นไม้ใหญ่ตามชนิดและรูปทรงอย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปทรงของต้นไม้ใหญ่ที่มีในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์และเป็นต้นไม้ท้องถิ่นของภาคเหนือ

2. ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทดลองเพื่อคำนวณหาพื้นที่ของเงาของต้นไม้ใหญ่บนผนังอาคารเพื่อการศึกษาประสิทธิภาพของรูปทรง และตำแหน่งการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่เหมาะสมที่สุดในการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ต้นไม้ที่นำมาศึกษาเป็นต้นไม้ใหญ่ในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์

1.3.2 ทดลองในแบบบ้านต้นแบบ จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4 ประโยชน์ที่คิดว่าจะได้รับ

เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกใช้และจัดวางตำแหน่งต้นไม้ในการออกแบบภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อการลดอุณหภูมิภายในอาคารที่พักอาศัย

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการใช้ต้นไม้ใหญ่เพื่อลดการใช้พลังงานภายในที่อยู่อาศัย มีระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย ตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1.5.1 การรวบรวมข้อมูลเอกสาร

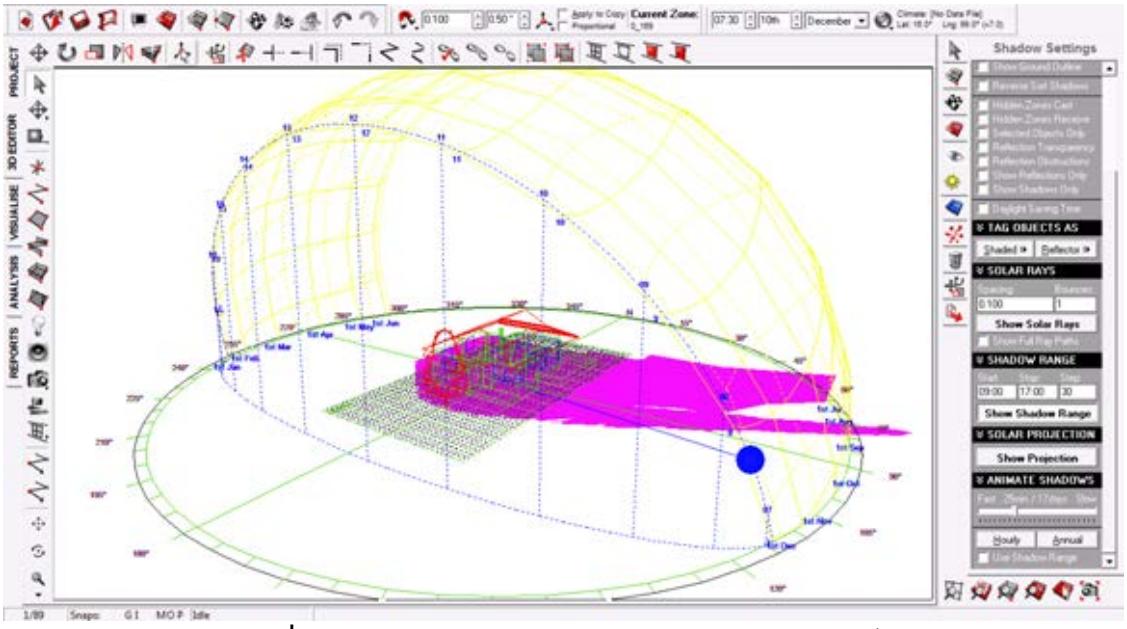
1) สำรวจข้อมูลรูปทรงของต้นไม้ และข้อมูลต้นไม้ใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ของภาคเหนือ

2) เก็บรวบรวมข้อมูลจากหนังสือที่เกี่ยวข้องในด้านการใช้ต้นไม้ในการลดผลกระทบจากความร้อนของแสงอาทิตย์ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในด้านการใช้ร่มเงาของต้นไม้ในการลดใช้พลังงานในอาคาร เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลและอ้างอิงในการทดลอง

1.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลและขั้นตอนดำเนินการ

1) จัดกลุ่ม(Categorization) รูปทรงของต้นไม้ใหญ่ที่เติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้ง โดยพิจารณาจากรูปทรง ความหนาแน่นของทรงพุ่ม ของต้นไม้

2) ทดลอง(Experiment) โดยนำรูปทรงของต้นไม้แบบต่างๆที่ได้เก็บข้อมูลในข้างต้น โดยกำหนดความสูงจากโคนถึงส่วนยอดของต้นไม้ที่ 5 เมตร โดยไม่ได้คำนึงถึงอายุของต้นไม้ที่จะนำมาทดลอง เพื่อหาตำแหน่งที่ต้นไม้ให้พื้นที่เงาที่เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่อาคารในทิศทางการจัดวางในแต่ละทิศ ด้วยวิธีการใช้เกณฑ์การคำนวณจากร้อยละของพื้นที่เงาของต้นไม้ที่เกิดขึ้นกับจุดที่กำหนดขึ้นในแต่ละด้านบนเปลือกหรือผนังอาคารในแต่ละด้านของตัวอาคาร ด้วยการใช้โปรแกรม Ecotect 5.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถใช้จำลองและคำนวณสภาพแสงแดดในภูมิภาคและเวลาที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้น ซึ่งจากภาพที่ 1-1 ได้แสดงตัวอย่างการทดลองด้วยการใช้โปรแกรมจำลองเงาที่เกิดขึ้นจากรูปทรงของต้นไม้ใหญ่บนผนังอาคาร ในช่วงเวลาตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 17.00 น. ในหนึ่งวัน



ภาพที่ 1-1 แสดงตัวอย่างการทดลองรูปทรง(Form) ของต้นไม้
ที่กำหนดขึ้นเพื่อหาพื้นที่เงาที่กระทบกับตัวอาคาร

3) จัดกลุ่มของต้นไม้ใหญ่ตามรูปทรงของต้นไม้ ความหนาแน่นของทรงพุ่ม และตำแหน่งทิศทางในการปลูกที่ทำให้เกิดพื้นที่ร่มเงากับอาคารในในแต่ละหัวข้อการทดลอง

4) สรุปเป็นตารางอันดับของรูปทรงของต้นไม้ที่ให้พื้นที่เงาที่มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร ในระดับต่างๆกัน ในรูปแบบอาคารและระยะห่างจากตัวอาคาร

1.6 นิยามคำสำคัญที่ใช้ในงานวิจัย

1.6.1 ต้นไม้ใหญ่ หมายถึง ไม้ยืนต้นที่สามารถขึ้นได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้ง มีอายุตั้งแต่ 2-10 ปี มีความสูง 5 เมตร และเป็นต้นไม้ที่ใช้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม

1.6.2 ภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้ง หรือแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Tropical wet-dry climate or Tropical savannah climate : Aw) หมายถึง ภูมิอากาศที่ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะมีฝนตกตลอดฤดู แต่ในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาวอากาศจะแห้งแล้ง ได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก บริเวณทางเหนือและทางตะวันตกของภาคตะวันออก ของประเทศไทย

1.6.3 การลดการใช้พลังงานภายในอาคาร หมายถึง การลดการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร โดยการใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อน หรือการใช้ร่มเงาจากต้นไม้หรือครีบของอาคารเพื่อลดผลกระทบจากความร้อนที่เกิดจากดวงอาทิตย์

บทที่ 2

แนวคิดและการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ต้นไม้เพื่อลดการใช้พลังงานในอาคาร

การศึกษาวิจัย เรื่อง การเลือกตำแหน่งในการปลูกและรูปทรงของต้นไม้เพื่อลดการใช้พลังงานในบ้านพักอาศัย ครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาจากหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ได้กรอบแนวคิดในการวิจัย โดย พอสรุปในหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ต้นไม้ใหญ่กับการลดการใช้อุณหภูมิในระดับเมือง

2.2 การใช้สภาพแวดล้อมและงานภูมิสถาปัตยกรรมในลดการใช้อุณหภูมิในระดับอาคาร

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้ต้นไม้เพื่อลดวามร้อนสู่อาคาร

2.1 ต้นไม้ใหญ่กับการลดการใช้อุณหภูมิในระดับเมือง

ในช่วงสภาวะอากาศที่ร้อนอบอ้าวและมีอุณหภูมิโลกสูงขึ้น 0.6 – 0.7 องศาเซลเซียส ตามรายงานของ IPCC นั้นอาจจะไม่ใช่แค่คำตอบด้วยของความร้อนที่เรากำลังสัมผัสอยู่ในขณะนี้ก็เป็นได้ เพราะความร้อนดังกล่าวนั้นอาจจะเป็นความร้อนที่เกิดจากปรากฏการณ์เกาะร้อน (Urban Heat island: UHI) ก็เป็นได้ และเป็นไปได้สูงอีกด้วย ซึ่งสาเหตุดังกล่าวนั้น ได้สอดคล้องกับผลวิเคราะห์จากงานวิจัยต่างๆ ไม่เพียงแค่ประเทศไทยที่อยู่ในแถบเส้นศูนย์สูตรอย่างประเทศไทยเท่านั้น แต่ในประเทศญี่ปุ่นก็มีการเปิดเผยผลการวิเคราะห์ผลกระทบจากปรากฏการณ์เกาะความร้อน (Urban Heat Island: UHI) บริเวณใจกลางเมืองใหญ่ด้วยเช่นกัน (wanutwira,2013 : ออนไลน์) ผลกระทบระดับจุลภาค หรือระดับกลาง (meso-scale impact) ของปรากฏการณ์เกาะความร้อนเมือง หลายสถานีตรวจวัดในเมืองอาจร้อนกว่าสถานีในชนบท แต่สถานีตรวจวัดทางอุตุนิยมวิทยาส่วนใหญ่จะตั้งอยู่ในสวนสาธารณะซึ่งเป็น “เกาะเย็น” (T. C. Peterson, 2003: 2941–2959)

คุณประโยชน์ของต้นไม้ใหญ่ในเมืองนั้นมีมากมายซึ่งรวมถึงความสวยงาม การลดปรากฏการณ์เกาะความร้อน (urban heat island) การลดปริมาณการระบายน้ำฝนของเมือง การลดมลพิษทางอากาศ การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานด้วยการเพิ่มเงาต้นไม้กำบังอาคารให้มากขึ้น

การเพิ่มมูลค่าทางราคาแก่อสังหาริมทรัพย์ ช่วยเพิ่มที่พักพิงแก่สัตว์ต่างๆ ตลอดการช่วยบรรเทาปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยรวมให้แก่เมืองได้มาก(I. Camilloni and V. Barros, 1997: 665–681)

การพัฒนาพื้นที่ว่างเปล่าเพื่อสร้างสวนหย่อม บริเวณเกาะกลางถนน ริมคลอง พื้นที่ว่างริมทางเท้า และการรณรงค์ให้มีการนำแนวคิดสวนแนวตั้ง หลังคาสีเขียวมาพัฒนาพื้นที่ชุมชนต่าง ๆ เช่น ตอม่อรถไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นแนวทางในการส่งเสริมและรักษาอุณหภูมิของเมืองให้อยู่ในระดับภาวะสบาย(วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ, 2555: 30-35)

2.2 การใช้สภาพแวดล้อมและงานภูมิสถาปัตยกรรมในลดการใช้อุณหภูมิในระดับอาคาร

อิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิความร้อนในอากาศได้ เนื่องจากการปลูกต้นไม้ใหญ่แต่ละด้าน สามารถช่วยลดความร้อนให้กับสภาพแวดล้อมได้มากแล้ว ดังนั้นในการปรับสภาพแวดล้อมโดยใช้ต้นไม้ใหญ่ในการแปลงพลังงานความร้อนจากรังสีดวงอาทิตย์ให้กลายเป็นไอน้ำ จะช่วยให้อากาศในบริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลงได้ และสามารถเป็นผลให้วัสดุที่อยู่ในบริเวณนั้นสะสมความร้อนลดน้อยลงด้วย (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 72)

นอกเหนือจากการใช้กระบวนการคายน้ำของต้นไม้เพื่อปรับสภาพแวดล้อมแล้ว ต้นไม้ยังมีคุณสมบัติในการป้องกันการถ่ายเทรังสีความร้อนที่มาจากดวงอาทิตย์ และช่วยในการบดบังแสงแดดที่จะส่องลงมายังพื้นผิว พร้อมสร้างพื้นที่ร่มเงาให้กับสภาพแวดล้อมนั้นด้วย ถือเป็นการลดพื้นที่ตกกระทบของแสงโดยตรงได้

ลักษณะทั่วไปของต้นไม้ยืนต้นที่ได้รับผลจากการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์ ซึ่งจะตกกระทบผิวใบบริเวณด้านพุ่มไม้ส่วนด้านบน ใบไม้จะเกิดการดูดซับรังสีความร้อนและสะท้อนความร้อนโดยพุ่มใบ จะทำให้บริเวณชั้นล่างถัดลงมามีอุณหภูมิที่ต่ำลง เมื่อชั้นล่าง ๆ มีปริมาณความร้อนที่น้อยลง ชั้นถัดมาก็จะเย็นลงตามลำดับ ดังนั้นถ้าต้นไม้ที่มีใบหนาแน่นมากก็จะช่วยป้องกันรังสีความร้อนได้มากกว่าต้นไม้ที่มีความหนาแน่นน้อย ซึ่งสามารถสรุปประโยชน์ที่ได้จากต้นไม้ที่สามารถช่วยลดอุณหภูมิสภาพแวดล้อมได้ ดังนี้

ต้นไม้สามารถควบคุมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ จากการศึกษา ของ ธีรศักดิ์ สิงห์ปรีชา (2546: 260-265) พบว่าต้นไม้ที่มีใบหนาแน่นมากจะสามารถดูดซับแสงได้ถึง 80% จากปริมาณของแสงทั้งหมดที่ได้รับ โดยอีก 10% จะถูกสะท้อนออกไป และที่เหลืออีก 10% จะถูกส่งผ่านมายังพื้นผิวด้านล่าง

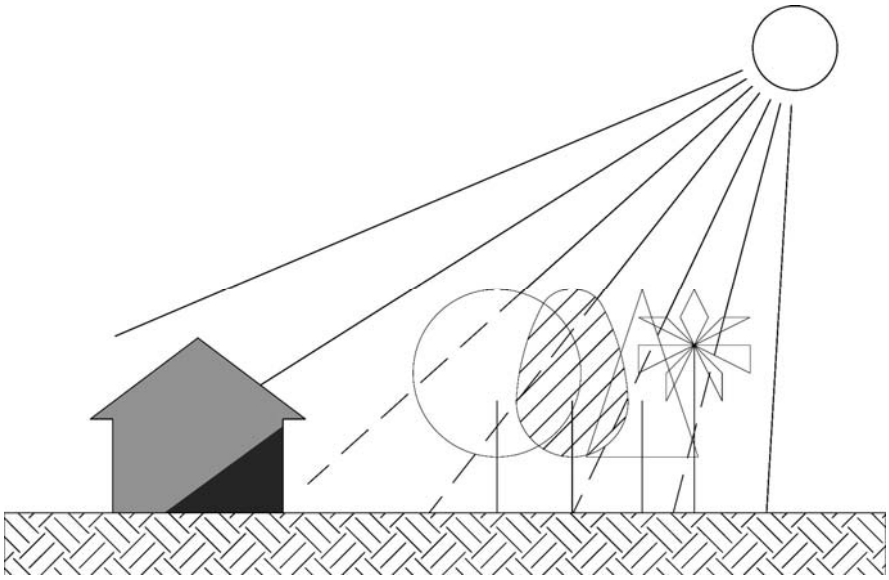
ต้นไม้สามารถควบคุมอุณหภูมิอากาศ โดยต้นไม้จะดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ในเวลากลางวัน และจะคายความร้อนออกมาในเวลากลางคืน ทำให้อุณหภูมิใต้พุ่มใบในเวลากลางวันต่ำกว่าปกติและในเวลากลางคืนจะรู้สึกอบอุ่น

ต้นไม้สามารถควบคุมกระแสลม ต้นไม้ใหญ่สามารถใช้กั้นขวางกระแสลม เพื่อลดความเร็วและเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมได้ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติและลักษณะของต้นไม้ชนิดนั้น

จากการศึกษาของ Givoni (1994: 41-65) พบว่าอิทธิพลของร่มเงา และการคายน้ำของต้นไม้ จะสามารถลดอุณหภูมิใต้พุ่มใบได้ถึง 14 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาพบว่า 75% ของการสร้างความรู้สึกเย็นของต้นไม้มาจากการคายน้ำ และอีก 25% มาจากอิทธิพลของร่มเงาใต้พุ่มใบ

ต้นไม้และพืชพันธุ์ต่างๆ เป็นสิ่งมีค่าที่จะอำนวยประโยชน์ ช่วยเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากแสงแดดเป็นไอน้ำและก๊าซอื่นๆ การหายใจพร้อมกับการคายความชื้นให้อากาศของต้นไม้มีผลทำให้อากาศเย็นลงกลุ่มพืชที่หนาแน่นสามารถทำให้อุณหภูมิของอากาศในร่มลดต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศทั่วไป และจะดีกว่านี้หากมีการปล่อยให้ลมพัดผ่านเข้าไปในอาคาร ใบที่หนาแน่นของต้นไม้ช่วยบังแดดให้อาคารและบริเวณรอบๆอาคารเป็นอย่างดี ส่วนความสำคัญของการออกแบบวัสดุพืชพรรณ มีส่วนเกี่ยวข้องสำคัญอย่างมากกับการประหยัดพลังงาน โดยสามารถลดอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมทั่วไปในบริเวณนั้นให้อยู่ใกล้เคียงกับสภาวะที่น่าสบาย และช่วยลดพลังงานในรูปแบบต่างๆ ซึ่งใช้ในการอำนวยความสะดวกสบายให้กับมนุษย์ที่อยู่อาศัยในสภาพแวดล้อมนั้น ซึ่งการออกแบบวัสดุพืชพรรณจะสามารถบรรลุผลที่ต้องการได้ จำเป็นต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆ เพื่อประกอบการพิจารณาเช่น อุณหภูมิ ลม น้ำ ความชื้น และสภาพพื้นดิน เป็นต้น ตัวอย่างเช่น การ

ใช้วัสดุพืชพรรณเพื่อให้เกิดร่มเงาในตำแหน่งที่ถูกต้องและได้ประโยชน์แก่อาคารทำให้อุณหภูมิของอากาศในบริเวณร่มเงามีอุณหภูมิต่ำเมื่อมีลมพัดผ่าน(สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์, 2545: 20)



ภาพที่ 2 - 1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้วัสดุพืชพรรณเพื่อให้เกิดร่มเงาในตำแหน่งที่ถูกต้อง
ที่มาดัดแปลงจาก สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์ (2545: 20)

ทั้งช่วยปรับทิศทางการเคลื่อนไหวของลม ต้นไม้ยังมีประโยชน์ในการช่วยกรองฝุ่นและซับเสียง ดังนั้นการออกแบบปรุงแต่งบริเวณภายนอกอาคารควบคู่ไปกับการจัดวางอาคารจะทำให้ได้อุณหภูมิที่เอื้อต่อการประหยัดพลังงานได้อย่างมาก (ตรึงใจ บูรณสมภพ, 2539: 4-9)

จากการศึกษาของ สมจิต โยธะคง(2540: 4, 10, 21)การปลูกต้นไม้เพื่อป้องกันแสงแดดทำให้เกิดร่มเงาและเงาไม้ในบริเวณบ้าน ถ้าในสภาพปกติบ้านที่ปราศจากต้นไม้ใหญ่อุณหภูมิภายในสูงถึง 40 องศาเซลเซียส ถ้าปลูกต้นไม้ใหญ่เพื่อให้ร่มเงา ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่จะช่วยลดอุณหภูมิลงถึง 11 องศาเซลเซียส นอกจากจะป้องกันแดดแล้ว ต้นไม้ยังช่วยสร้างลม ทำให้เกิดความรู้สึกเย็นสบาย ถ้าอุณหภูมิในอากาศปกติ 25 องศาเซลเซียส เมื่อยืนกลางแจ้งได้รับแสงแดดเต็มที่จะให้ความรู้สึกเป็นอุณหภูมิสูงถึง 27 องศาเซลเซียสแต่ถ้ายืนหรือนั่งใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ความรู้สึกจะลดลงเป็น 16 องศาเซลเซียสในสภาพลมพัดปกติ 15 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ดังนั้น

วัตถุประสงค์หลักประการหนึ่งของการนำวัสดุพืชพรรณมาใช้คือ การใช้ควบคุมสภาพภูมิอากาศ โดยต้นไม้ใหญ่สามารถทำหน้าที่ควบคุมสภาพภูมิอากาศได้เป็นอย่างดีจากร่มเงาของทรงพุ่มไม้ยืนต้นรูปทรงต่างๆ ไม้ทรงพุ่มกว้าง อาทิเช่น พฤกษ์ (Tibet tree-*Albizialebbeck*) จามจุรี (Rain tree-*Samaneasaman*) ประดู่กิ่งอ่อนหรือประดู่อินเดียหรือประดู่อังสนา (Angsana-*Pterocarpusindicus*) จะให้ร่มเงากว้าง การให้ร่มเงากว้างสามารถปรับอุณหภูมิภายในได้เป็นอย่างดี จะรู้สึกเย็นสบายเวลาเข้าไปนั่งพักผ่อน หรือทำให้บริเวณร่มเย็น นอกจากร่มเงาต้นไม้ใหญ่จะเป็นสิ่งที่ช่วยควบคุมอุณหภูมิได้แล้วยังเป็นตัวสกัดกั้นการเปลี่ยนทิศทางของกระแสลมได้

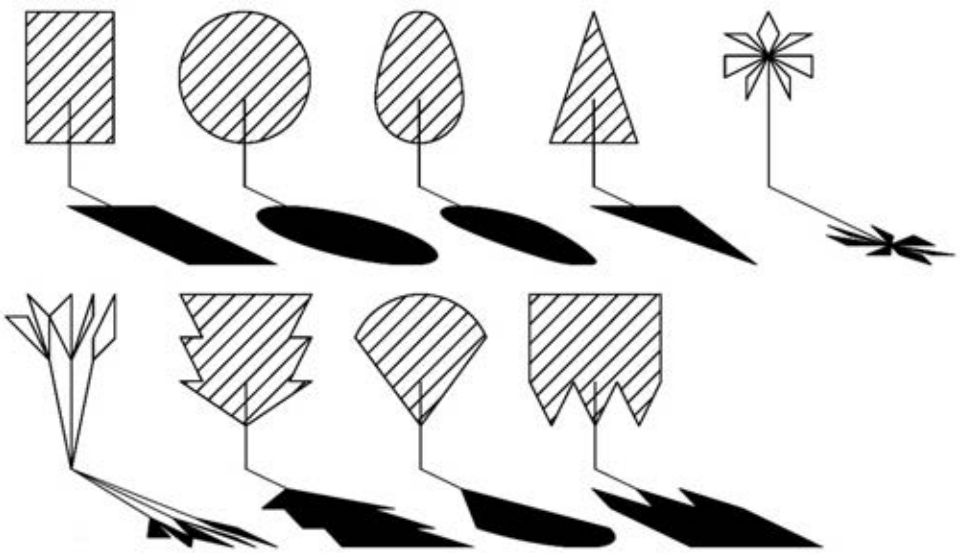
ในขณะที่อัจฉรี เหมสันต์ (2551: 451) ได้อธิบายถึงการใช้พืชพรรณเพื่อสร้างร่มเงาว่า โดยปกติแล้วความต้องการร่มเงาจะพบมากในช่วงบ่าย โดยเฉพาะฤดูร้อน ส่วนในช่วงเช้าแสงแดดยังคงเย็นอุ่นสบาย จึงมักเปิดพื้นที่รับแดดมากกว่าต้องการร่มเงา บริเวณที่ต้องการร่มเงาจากต้นไม้มักจะอยู่ทางทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ร่มเงาของต้นไม้ช่วยสร้างบริเวณที่เหมาะสมกับการพักผ่อนและช่วยลดความแรงของแสงเข้าสู่ตัวอาคาร สร้างร่มเงาให้กับพัดลมเครื่องปรับอากาศ ทำให้อากาศเย็นสบาย ประหยัดพลังงาน

ลักษณะพิเศษของวัสดุพืชพรรณที่นำมาใช้ในการออกแบบเป็นส่วนสำคัญในการจัดให้เกิดสัดส่วนผสมผสานและตรงกับความต้องการของผู้ออกแบบ สมจิต โยธะคง(2540: 49-56) ได้กำหนดลักษณะพิเศษของพืชพรรณได้แก่ขนาด รูปทรง สี ประเภทของใบ และผิวสัมผัส โดยอาจสรุปประเด็นลักษณะพิเศษของพืชพรรณที่ใช้เป็นปัจจัยในการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงานได้ 2 ลักษณะคือ ขนาด และรูปทรง ดังรายละเอียดดังนี้

1. ขนาดของพืช (plant size) คือการเปรียบเทียบรูปร่างหรือรูปทรงโดยการวัด ขนาดเป็นลักษณะพิเศษที่สามารถมองเห็นได้

2. รูปทรงหรือรูปลักษณะของพืช (plant form) เกิดจากระนาบที่ปิดล้อมทำให้เกิดปริมาตร (volume) มี 3 มิติ ได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง และแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือ รูปทรงธรรมชาติ (รูปทรงของพืชพรรณ) โดยไม่ได้ตัดแต่ง และรูปทรงเรขาคณิต สำหรับปริมาตรนั้น

เกิดจากการนำเอาระนาบมาประกอบกัน รูปทรงของพืชจึงเป็นมวลแน่นของใบที่ปรากฏเมื่อพืชพรรณโตอย่างเต็มที่



ภาพที่ 2-2 แสดงความแตกต่างของรูปทรงเงาในแต่ละรูปทรงของต้นไม้

ในการควบคุมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ (Solar Radiation Control) ต้นไม้สามารถช่วยกรองรังสีดวงอาทิตย์ ควบคุมอุณหภูมิที่ผิวดิน และปริมาณความร้อนที่สะสม สะท้อนหรือแผ่รังสีจากพื้นผิวต่าง ๆ ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ที่พาดลงบนผิวอาคาร สามารถช่วยลดอุณหภูมิผิวอาคารได้เนื่องจาก โซล-แอร์ เอฟเฟค (sol-air effect) ช่วยลดความร้อนเข้าสู่อาคาร ต้นไม้ที่มีใบหนาแน่น แสงอาจจะถูกดูดซับได้สูงถึง 80% สะท้อนออก 10% และส่องผ่านลงสู่ด้านล่าง 10% ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดลักษณะของต้นไม้และความหนาแน่นของพุ่มใบ (สมจิต โยธะคง 2540: 68-72)

จากการศึกษาการใช้พืชพรรณช่วยในการปรับสภาพแวดล้อม (สุนทร บุญญาธิการ, 2542: 70-75) พบว่า การยอมให้ลมพัดผ่านใต้พุ่มใบทั้งในระดับบนและระดับล่างของไม้ยืนต้นโดยเฉพาะส่วนที่อยู่ติดผิวเพื่อให้เกิดการระเหยของน้ำ เป็นผลให้พื้นดินเย็นลงมากกว่าปกติ ส่วน

ต้นไม้ใหญ่ที่เป็นพุ่มใบในระดับบนทำหน้าที่สกัดกั้นแสงแดดโดยพุ่มใบมีลักษณะโปร่งโล่ง เพื่อไม่ให้เกิดการกักเก็บความชื้นและยังพบอีกว่าในการใช้สภาพภูมิทัศน์เพื่อปรับสภาพแวดล้อม พบว่าสภาพภูมิทัศน์มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก ดังนั้นในการจัดวางสภาพภูมิทัศน์ในพื้นที่และทิศทาง ย่อมส่งผลต่อสภาพอากาศโดยรอบและภายในของอาคาร

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการใช้ต้นไม้เพื่อลดวามร้อนสู่อาคาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการปรุงแต่งสภาพแวดล้อมโดยการใช้ต้นไม้ มีอยู่หลายงานวิจัยจากการศึกษา ต้นไม้สามารถช่วยสร้างสรรค์ธรรมชาติให้น่าอยู่และเหมาะสมกับสภาวะน่าสบายของมนุษย์ จึงมีการคิดค้นการใช้ประโยชน์จากธรรมชาติ

2.3.1 การใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานสำหรับอาคาร

กาญจนา สิริภัทรวณิช (2541: 148-149) ได้ศึกษาการลดความร้อนที่เกิดภายในอาคาร โดยใช้ต้นไม้ยืนต้นในการปรับสภาพแวดล้อม เป็นการศึกษาแนวทางวิธีการป้องกันการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ และลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นแก่ผนังอาคารโดยใช้วิธีการทางธรรมชาติ โดยการวัดปริมาณการแผ่รังสีแนวตั้งภายใต้ร่มเงาของต้นไม้บางชนิด โดยมีผลสรุปดังนี้

ร่มเงาจากต้นไม้ยืนต้นต่างชนิดกัน จะส่งผลทำให้ปริมาณพลังงานของดวงอาทิตย์ในการแผ่รังสีต่างกัน โดยจะช่วยในการกรองการแผ่รังสีกระจาย(I diffuse) ส่งผลให้ผนังอาคารเกิดความร้อนน้อยกว่าในส่วนที่แผ่รังสีโดยตรง อันเนื่องมาจากอุณหภูมิโซล-แอร์ ที่ลดลง ตัวอย่างเช่น ต้นจามจุรีและต้นพิกุลสามารถลดปริมาณความร้อนซึ่งเป็นภาระให้กับการปรับที่อากาศผ่านผนังก่ออิฐฉาบปูน หนา 10 เซนติเมตร 11.88% และ 13.52% ตามลำดับ ของผนังที่ไม่ได้รับการบังเงา โดยพิจารณาจากวันที่ใช้ค่าพลังงานสูงสุด และต้นจามจุรีและต้นพิกุลในการบังเงาให้อาคาร สามารถลดค่าพลังงานในอาคารแต่ละเดือนได้ 13.85% และ 15.68% ต่อปี

ตามลำดับ ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับต้นไม้ยืนต้นแต่ละชนิดกันมีความหนาแน่นและลักษณะของพุ่มใบและทิศทางที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาและวิจัยข้อมูลพลังงานการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ที่เกิดขึ้นจริงในสภาพแวดล้อมธรรมชาติ จะเห็นได้ว่าปริมาณการแผ่รังสีจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับช่วงเวลาสถานที่และสภาพท้องฟ้า โดยที่จะสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อในการคาดการณ์ปริมาณรังสีที่เกิดขึ้น ณ ผนังแนวตั้งที่หันไปในทิศทางต่างๆ ได้โดยตัวแปรที่มีความสำคัญคือ

- มุมดวงอาทิตย์ที่อยู่เหนือระนาบนอน (Altitude)

- มุมดวงอาทิตย์ในระนาบจากทิศใต้ทำมุมกับผนัง (Surface Solar Azimuth)

James R. Simpson and E.Gregory McPherson(1996: 10-18) ได้ศึกษาศักยภาพของการใช้ร่มต้นไม้ในการลดใช้การพลังงานให้บ้านพักในมลรัฐคาลิฟอร์เนียโดยการใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองพื้นที่ร่มไม้ที่ได้จากการออกแบบจัดภูมิสถาปัตยกรรมต้นไม้ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งจะวัดพื้นที่ด้วยการจำลองรูปแบบเงา (The shadow pattern simulator program : SPS) โดยการคำนวณพื้นที่ร่มเงาบริเวณกำแพงและหลังคาบนพื้นฐานของขนาดต้นไม้และระยะทางของต้นไม้กับตัวบ้าน รวมทั้งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MICROPAS Version 4.01 เพื่อแสดงคุณลักษณะของสภาพอุณหภูมิ สภาพอากาศ รวมถึงพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยควบคู่ไปด้วยได้ข้อมูลสรุปเป็นการใช้พลังงานเฉลี่ยของบ้าน เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานเฉลี่ยมาตรฐานเพื่อดูการประหยัดพลังงานและคำนวณออกมาในรูปของค่าใช้จ่ายที่เป็นมูลค่าตัวเงิน

HashemAkbari and groups (1997: 148) ได้ศึกษาการใช้เงาต้นไม้ในการประหยัดพลังงานเมืองซาคาเมนโต้ มลรัฐคาลิฟอร์เนีย โดยใช้บ้านตัวอย่าง 2 หลังโดยใช้ต้นไม้จำนวนทั้งหมด16 ต้น โดยมีต้นสูงที่มีความสูงประมาณ 16 เมตร จำนวน 8 ต้น และต้นต่ำที่มีความสูงประมาณ 2.4 เมตร จำนวน 8 ต้นปลูกบังด้านทิศใต้และทิศตะวันตกเพื่อบังพื้นผนัง

หน้าต่างและเครื่องทำความเย็นของแอร์ของบ้านและขอความร่วมมือเจ้าของบ้านปิดหน้าต่างตลอดเวลา การเปิดปิดของไฟมีกำหนดเวลาแน่นอน และแยกการใช้เครื่องวัดต่างหาก การศึกษาแบ่งการเก็บข้อมูลเป็น 3 ครั้ง โดยครั้งแรกยังไม่มีการใช้ต้นไม้บังทั้งสองหลัง เก็บข้อมูลครั้งที่สองมีการใช้ต้นไม้สร้างร่มเงาเฉพาะบ้านหลังที่ 2 และครั้งที่สามมีการใช้ต้นไม้สร้างร่มเงาเฉพาะบ้านหลังที่ 1 ในแต่ละครั้งเก็บข้อมูลจากข้อมูลการใช้เครื่องปรับอากาศ ข้อมูลสภาพความชื้นและอุณหภูมิภายในและภายนอก อุณหภูมิพื้นผิวของหลังคาและผนัง ความเร็วลม ทิศทางลม แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม DOE-2.1E (energy analysis program) พบว่าต้นไม้ช่วยประหยัดพลังงานความเย็นได้ระหว่าง 26-47% ร่มเงาต้นไม้ช่วยลดได้ทั้งอุณหภูมิภายนอกและความเร็วลม

2.3.2 การใช้องค์ประกอบทางภูมิทัศน์อื่น ๆในการลดความร้อนโดยรอบอาคาร

การเปรียบเทียบพื้นคอนกรีตที่โดนแดดและไม่โดนแดด

จากการทดสอบการนำความร้อนที่มหาวิทยาลัยอินเดีย พบว่า ขณะที่อุณหภูมิอากาศ 28.9°C พื้นคอนกรีตที่โดนแดดจะมีอุณหภูมิสูงถึง 42.2°C ขณะที่ พื้นคอนกรีตใต้ร่มเงา ต้นเมเปิ้ลจะมีอุณหภูมิเพียง 31.1°C " (Federal Energy Administration [FEA], 1975: 3 cited in Hastings and Crenshaw, 1977: 1-9) ดังนั้น การถ่ายเทความร้อนผ่านร่มเงาของต้นไม้จะช่วยลดการแผ่รังสีความร้อนจากพื้นดินและสามารถทำให้อุณหภูมิอากาศเย็นลง

การเปรียบเทียบพื้นผิวต่าง ๆ ที่โดนแดดและไม่โดนแดด

"ข้อมูลจากรัฐอริโซน่า สหรัฐอเมริกา แสดงถึงความแตกต่างของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิอากาศ 42.2°C อุณหภูมิของพื้นดินมีความแตกต่างจะขึ้นอยู่กับพื้นผิวและการอยู่ภายใต้ร่มเงาของต้นไม้หรือไม่ ด้วยเหตุนี้ พบว่าอุณหภูมิจากดวงอาทิตย์ภายใต้พื้นคอนกรีตสูง 43.3°C บนพื้นยางมะตอยสูง 51.1°C และบนพื้นหญ้า 35°C ขณะที่อุณหภูมิภายใต้ร่มเงาบนพื้นคอนกรีตเหลือเพียง 37.8°C และภายใต้ร่มเงาบนพื้นหญ้าเหลือเพียง 32.2°C ทั้งนี้จะสามารถบ่งบอกให้เห็นว่าการคายน้ำบนพื้นผิวหญ้าสามารถช่วยทำให้อุณหภูมิอากาศลดลงได้"

การวัดอัตราส่วนแสง – เงา ของพืชพรรณ

Robinettle (1983: 60-61,70-72) พบว่า การวัดอัตราส่วนของแสง – เงาของพืชพรรณ เพื่อเป็นเครื่องมือในการปรับปรุงสภาพภูมิอากาศ ดังนี้

- อัตราการดูดกลืนความร้อนจากดวงอาทิตย์ (Degree of Sun Absorption) ร่มเงาที่เกิดจากต้นไม้สามารถป้องกันความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้มากกว่า 70% ก่อนที่จะถูกดูดกลืนจากพื้นดิน

- ผลกระทบกับอุณหภูมิอากาศ (Effect on Air Temperature) อุณหภูมิอากาศภายใต้ร่มเงาของต้นไม้ สามารถเย็นลงประมาณ 5-10 °C เมื่ออุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 32.2 °C และสามารถเย็นลงประมาณ 3 - 5 °C เมื่ออุณหภูมิอากาศอยู่ที่ 21.1 °C
- ผลกระทบกับอุณหภูมิบนพื้นดิน (Effect on Ground Temperature) ป่าไม้ที่มีความหนาแน่นสูง จะสามารถสกัดกั้นความร้อนจากดวงอาทิตย์ได้ถึง 80% ด้วยความหนาแน่นของพุ่มใบ ดังนั้นจะเหลือเพียง 5% เท่านั้นที่ตกลงบนพื้นตลอดทั้งวัน (Geiger, 1957: 317 cited in Robinette, 1983: 23)
- การสร้างความรู้สึกเย็น (Cooling Effect) ในช่วงเวลากลางวันเมื่อพระอาทิตย์ขึ้น พืชพรรณจะสร้างความรู้สึกเย็น จากความเย็นใต้ต้นไม้ที่ทำให้เกิดชั้นบรรยากาศเย็นบริเวณพื้นดินประมาณ 3 ชั่วโมง จนกระทั่งเวลาเที่ยง พื้นดินยังคงรักษาความเย็นไว้ต่ำกว่าอุณหภูมิอากาศ จนกว่าแสงอาทิตย์จะสามารถส่องผ่านพุ่มใบได้

การควบคุมทิศทางดวงอาทิตย์โดยใช้พืชพรรณ

Foster (1994) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทิศทางและมุมของดวงอาทิตย์ตลอดปี เพื่อทำการควบคุมโดยใช้พืชพรรณ ดังตัวอย่าง ณ เมืองบอสตัน สหรัฐอเมริกา โดยทำการเปรียบเทียบเดือนกรกฎาคมและเดือนมกราคม เลือกพิจารณาในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์มีประสิทธิภาพในด้านความร้อนระหว่างเวลา 9.00 – 15.00 น.

การจัดวางตำแหน่งและทิศทางกับรูปแบบของร่มเงา

Laurie (1986) ศึกษาว่า เมื่อดวงอาทิตย์เสมือนมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา ดังนั้นพื้นที่ของร่มเงาที่เกิดขึ้นย่อมมีการเปลี่ยนแปลงทั้งตำแหน่งและพื้นที่ของร่มเงา ขนาดความกว้างยาวที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณและเขียนรูปแบบของเงาที่เกิดขึ้น โดยมีการเปรียบเทียบรูปแบบของเงาบนผังบริเวณ (Plan) ในเวลา 8.00 น., 10.00 น., 12.00 น., 14.00 น. และ 16.00 น. ของวันเดียวกัน รวมทั้งสามารถเปรียบเทียบดูความแตกต่างของเดือนที่เป็นตัวแทนของฤดูกาล

Beer (1998: 74-78) พบว่า “ร่มเงา เป็นเครื่องมือที่รู้จักดีสำหรับการใช้ประโยชน์ในการควบคุมสภาพภูมิอากาศขนาดเล็ก ซึ่งมีความสำคัญที่ควรมีร่มเงาที่เหมาะสมแก่สภาพแวดล้อมในท้องถิ่น การคำนวณตำแหน่งของพื้นที่ใต้ร่มเงาบนสถานที่ตั้ง เป็นเรื่องที่น่ากระทำ ทั้งก่อนและเริ่มต้นปรับปรุง เมื่อมุมองศาของดวงอาทิตย์มีความแตกต่างกันตามเส้นรุ้งและเวลาในรอบปี ถ้าสถานที่ตั้งอยู่ใกล้เส้นศูนย์สูตรมากเท่าใด ยิ่งไม่มีความสำคัญเท่าใดที่จะเขียนทุกช่วงฤดู ในการพิจารณาขั้นพื้นฐานของการใช้ร่มเงา ควรพิจารณาความแตกต่างของร่มเงาในแต่ละฤดูกาล รวมทั้งระหว่างเวลาเช้า เวลาเที่ยงวัน และเวลาบ่าย”

และจากนี้ Beer ยังพบว่า “การสร้างแอ่งเล็ก ๆ ที่สามารถมีอุณหภูมิอากาศแตกต่างจากบริเวณโดยรอบ โดยอาศัยร่มเงาจากอาคารและพื้นที่โล่งหรือจากการจัดตำแหน่งต้นไม้อย่างรอบคอบและอาคารอื่น ๆ ร่วมกัน ให้ร่มเงาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพยายามเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในท้องถิ่นของเมืองร้อน” การวางผังอาคารและพืชพรรณสามารถเป็นตัวเก็บกักความร้อน หรือสร้างพื้นที่ร่มเงาในการเก็บกักความเย็นให้กับบริเวณโดยรอบอาคารได้

Olgyay (1992: 60-65) ศึกษารูปแบบของร่มเงาที่เกิดจากพืชพรรณต่าง ๆ โดยพิจารณารูปทรงและลักษณะพืชพรรณต้นไม้ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน รวมทั้งรูปแบบของเงาสำหรับการกันแดดด้วยวิธีทางธรรมชาติ หลังจากนั้นจึงพิจารณาสภาพภูมิอากาศในบริเวณที่ตั้ง

ตลอดทั้งปี เพื่อพิจารณาช่วงเวลาที่ร่มเงามีความจำเป็น เนื่องจากอุณหภูมิอยู่นอกเขตสภาวะน่าสบาย ซึ่งสามารถจัดแสดงช่วงเวลาที่ร้อนเกินไปลงบนแผ่นตาราง โดยแบ่งเวลากลางวันเป็น 12 ชั่วโมง และปีเป็น 12 เดือน การใช้ประโยชน์จากร่มเงาของต้นไม้ควรครอบคลุมในช่วงเวลาที่ร้อนมากที่สุดในรอบปี ส่วนการเคลื่อนตำแหน่งของดวงอาทิตย์ จะพิจารณาตั้งแต่เวลาพระอาทิตย์ขึ้นจนถึงพระอาทิตย์ตก โดยทำการจำลองสภาพให้เห็นแสงเงา 3 มิติ ทุก ๆ ชั่วโมง

ลักษณะองค์ประกอบภูมิทัศน์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน (นายมนตรี ตั้งศิริมงคล, 2545: 10-12) ในการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของภูมิทัศน์เมืองที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลต่อสภาวะน่าสบายในเรื่องอุณหภูมิอากาศ จากการศึกษาพบว่า ลักษณะองค์ประกอบของภูมิทัศน์เมืองที่ต่างกันมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอากาศ โดยบริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ บริเวณขอบเกาะกลางฝั่งตะวันออก โดยที่พื้นที่ผิวดินที่ไม่มีต้นไม้ปกคลุม และบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำสุดได้แก่ พื้นที่โล่งระหว่างอาคารกับถนนเป็นผิวหญ้ามีต้นไม้ปกคลุม ซึ่งแตกต่างของอุณหภูมิอากาศระว่าง 2 จุด เท่ากับ 1.88 องศาเซลเซียส

จากงานเอกสารและงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการอ้างอิงในการทดลองการใช้เงาของต้นไม้ใหญ่ เพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคารจากการที่เงาของต้นไม้ใหญ่นั้นสามารถช่วยลดความร้อนจากแสงอาทิตย์ ที่ส่งผลกระทบสู่อาคารคาร จึงทำให้เกิดกระบวนการทดลองเพื่อหาความแต่ต่างของเงาที่เกิดจากต้นไม้ในรูปทรงต่างๆ ในบทต่อไป

บทที่ 3

ข้อมูลพื้นฐานและวิธีวิจัย

3.1 การศึกษารูปทรงของต้นไม้

จากการศึกษาและการสำรวจการจัดกลุ่มรูปทรงของต้นไม้ใหญ่ในงานอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ ที่สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้งของประเทศไทย และต้นไม้ใหญ่ที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างดีในสภาพภูมิอากาศของภาคเหนือ ซึ่งมีรูปทรงที่หลากหลายประเภทมากมายในการจัดกลุ่ม จากการสำรวจต้นไม้ในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์โดยอ้างอิงจากหนังสือ พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1(เอื้อมพร วีสมหมาย,2533) และไม้ยืนต้นข้องไทย 1 (เอื้อมพร วีสมหมาย,2547) 14 รูปทรง ได้แก่

1. รูปทรงกระบอก-ทึบ
2. รูปทรงกลม-ทึบ
3. รูปทรงกลม-โปร่ง
4. รูปทรงไข่-ทึบ
5. รูปทรงไข่-โปร่ง
6. รูปทรงคล้ายปาล์ม
7. รูปทรงปาล์ม
8. รูปทรงปิรามิด-ทึบ
9. รูปทรงปิรามิด-โปร่ง
10. รูปทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ
11. รูปทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง
12. รูปทรงแผ่-ทึบ
13. รูปทรงแผ่-โปร่ง
14. รูปทรงห้อยย้อย-ทึบ

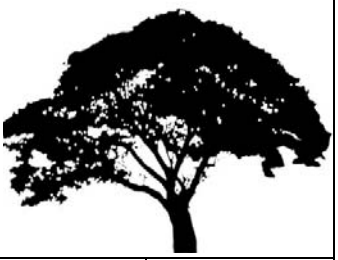
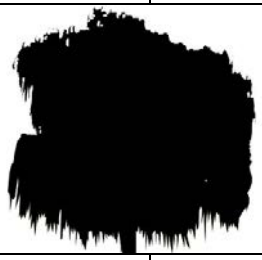
<u>หมายเหตุ</u> จากการศึกษาจากหนังสืออ้างอิง ทรงกระบอก และทรงห้อยย้อยไม่มี ทรงพุ่มที่มีความโปร่ง

โดยความหมายของคำว่า ทึบ และ โปร่ง มีดังนี้

1. ทึบ หมายถึง ทรงพุ่มที่แสงผ่านไม่ได้ หรือน้อย มีค่าความแสงส่องผ่านประมาณ 0-50% ได้แก่ ทรงกระบอก-ทึบ ทรงกลม-ทึบ ทรงไข่-ทึบ ทรงปิรามิด-ทึบ ทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ ทรงแผ่-ทึบ และทรงห้อยย้อย-ทึบ (ตารางที่ 3-1)

2. โปร่งหมายถึง ทรงพุ่มที่แสงผ่านได้ มีค่าความแสงส่องผ่านประมาณ 50% ขึ้นไป ได้แก่ ทรงกลม-โปร่ง ทรงไข่- โปร่ง ทรงคล้ายปาล์ม ทรงปาล์ม ทรงปิรามิด-โปร่ง แผ่เป็นชั้น-โปร่ง และทรงแผ่กว้าง-ทึบ (ตารางที่ 3-2)

ตารางที่ 3-1 แสดงประเภทรูปทรงของต้นไม้ที่มีทรงพุ่มทึบ

รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์
ทรงกระบอก ทึบ		ทรงกลม ทึบ		ทรงไข่ ทึบ	
					
รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์
ทรงปิรามิด ทึบ		ทรงแผ่เป็นชั้น ทึบ		ทรงแผ่ ทึบ	
					
รูปทรง	สัญลักษณ์				
ทรงห้อยย้อย ทึบ					

ตารางที่ 3-2 แสดงประเภทรูปทรงของต้นไม้ที่มีทรงพุ่มโปร่ง

รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์
ทรงกลม โปร่ง		ทรงไข่ โปร่ง		ทรงคล้าย ปาล์ม	
รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์	รูปทรง	สัญลักษณ์
ทรงปาล์ม		ทรงปิรามิด โปร่ง		ทรงแผ่เป็น ชั้น โปร่ง	
รูปทรง	สัญลักษณ์				
ทรงแผ่ โปร่ง					

3.2 ด้านตำแหน่งระยะห่างจากอาคารและความสูงของต้นไม้

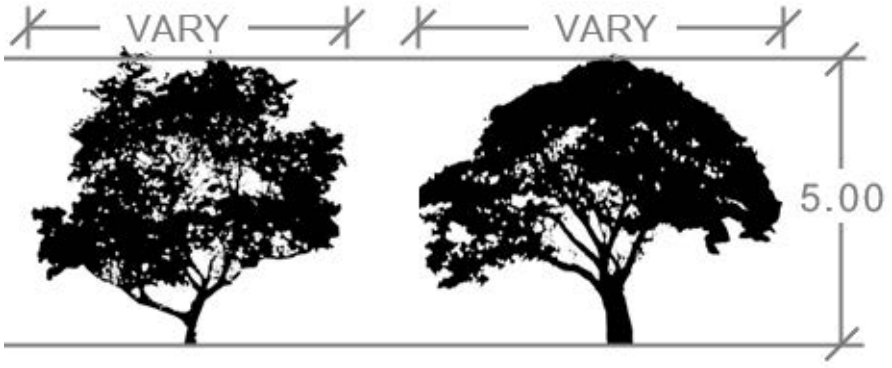
ระยะห่างจากอาคาร การว่างตำแหน่งของต้นไม้ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เกิดจาก

1. พื้นที่มาตรฐานของแบบบ้านที่เลือกใช้ในครั้งนี้ มีพื้นที่ค่อนข้างจำกัด โดยให้ระยะถอยร่น(Set Back) จากแนวรั่วถึงผนังอาคาร 3 เมตร

2. จากการศึกษารูปทรงต่อไปนี้ส่วนใหญ่จะต้องมีระยะห่างจากอาคารไม่ต่ำกว่า 3 เมตร เพื่อไม่เป็นอันตรายแก่อาคารได้แก่ รูปทรงกระบอก-ทึบ รูปทรงกลมทึบ รูปทรงกลม-โปร่ง รูปทรงไข่-ทึบ รูปทรงไข่-โปร่ง รูปทรงคล้ายปาล์ม รูปทรงปาล์ม รูปทรงปิรามิด-ทึบ รูปทรงปิรามิด-โปร่ง รูปทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ และรูปทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง ส่วนรูปทรงแผ่-ทึบ รูปทรงแผ่-โปร่ง และรูปทรงห้อยย้อย จะต้องมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 5 เมตร เพื่อไม่ให้เกิดความอันตรายแก่อาคารเช่นกัน อ้างอิงจากหนังสือ พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1(เอื้อมพร วีสมหมาย,2533)

จึงทำให้เกิดระยะการวางตำแหน่งต้นไม้ในการทดลองที่ 3 เมตร และ 5 เมตร จากอาคาร เพื่อให้เห็นผลในทุกรูปทรง

ส่วนด้านความสูงของแบบจำลองต้นไม้ในการทดลองครั้งนี้ ถูกกำหนดความสูงของต้นไม้จากระดับดินถึงส่วนยอดที่ความสูง 5 เมตร โดยที่อายุของต้นไม้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 2-10 ปี ซึ่งเป็นความสูงมาตรฐานที่นักออกแบบงานภูมิทัศน์ และภูมิสถาปัตยกรรมส่วนใหญ่ สามารถนำไปใช้ในการออกแบบ และสามารถนำไปใช้ได้ด้วยวิธีการล้อมตุ้มรากในสถานที่จริงได้



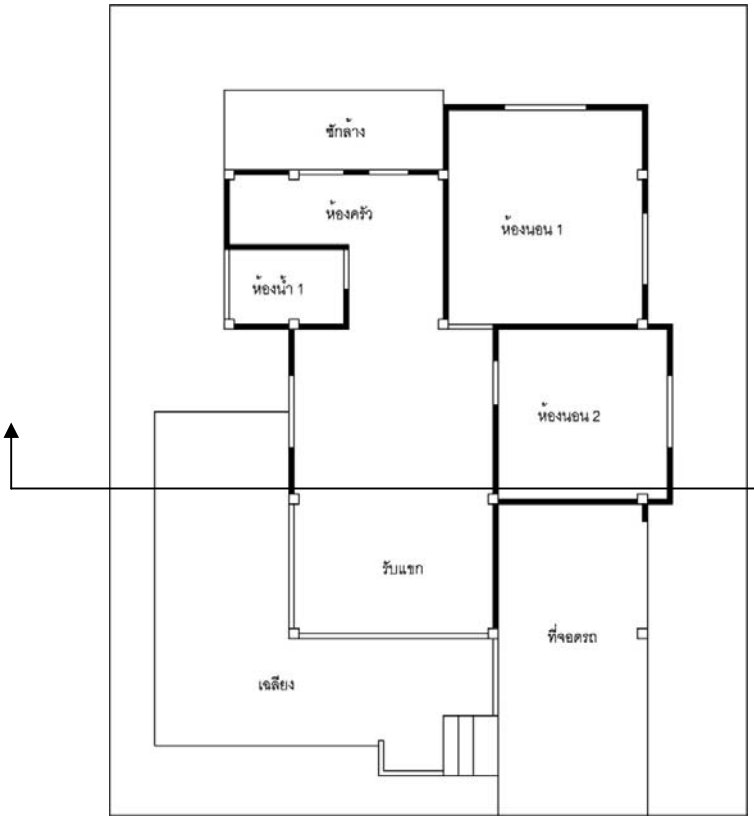
ภาพที่ 3-1 แสดงขนาดของรูปแบบจำลองรูปทรงพุ่มต้นไม้ใหญ่ ด้านซ้าย รูปทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง และด้านขวา รูปทรงแผ่กว้าง-ทึบ

3.3 แบบอาคารที่ใช้ในการทดลอง

แบบอาคารทีใช้ในการทดลองในครั้งนี้จะใช้รูปแบบบ้านสำเร็จรูป จากแบบบ้านประหยัดพลังงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในภาคผนวก ข) ซึ่งเป็นแบบบ้านที่มีแนวคิดในการออกแบบให้ใช้วิถีทางธรรมชาติ (Passive Cooling) ในการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร ทั้งในด้านการลดผลกระทบของแสงแดดที่มีผลกระทบกับเปลือกอาคารด้วยวิธีการการยื่นชายคาเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารและการไหลเวียนอากาศบริเวณรอบๆอาคาร และมีการเตรียมการสำหรับการทำให้เกิดความเย็นด้วยวิธีกลไกและพึ่งพาเทคโนโลยี (Active Cooling) ซึ่งสอดคล้องกับวิถีชีวิตในปัจจุบัน ทำให้แบบบ้านที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้มีการออกแบบและเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสม ซึ่งรวมไปถึงการให้ความสำคัญกับการป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคาร

ภาพที่ 3-2 ภาพแสดงแนวความคิดด้วยการยื่นชายคาและการใช้ต้นไม้ใหญ่และพืชพันธุ์ป้องกันความร้อนสู่อาคาร ที่มา บ้านประหยัดพลังงาน. (กระทรวงพลังงาน, 2554)

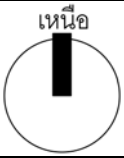
1. แบบบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A



ภาพที่ 3 - 3 แสดงแบบบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A ผังพื้นชั้นล่าง

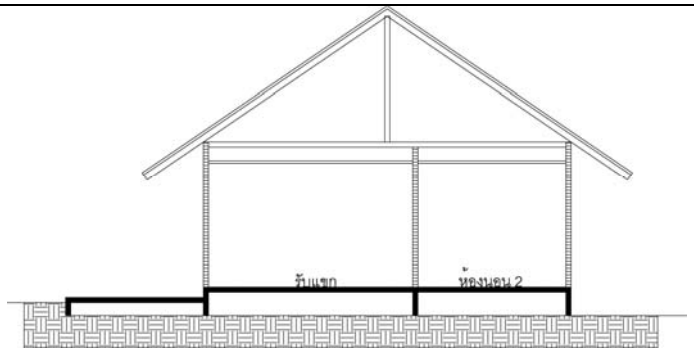
ดัดแปลงมาจาก : บ้านประหยัดพลังงาน. (กระทรวงพลังงาน, 2554)

SCALE BAR :



\

1. รูปตัดบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A

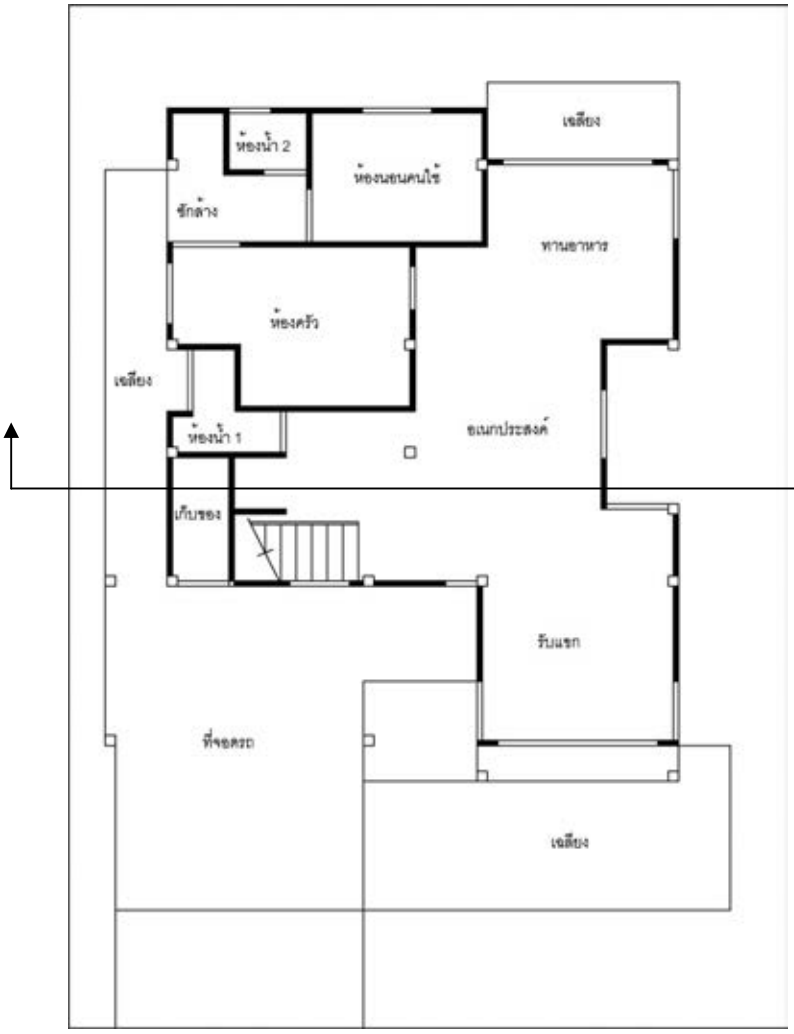


ภาพที่ 3-4 แสดงแบบบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A รูปตัด A

ดัดแปลงมาจาก : บ้านประหยัดพลังงาน. (กระทรวงพลังงาน, 2554)

SCALE BAR :

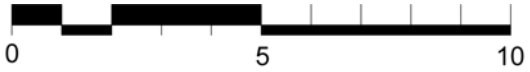
2. แบบบ้านสองชั้นรูปแบบ C ชั้น 1

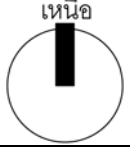


ภาพที่ 3-5 แสดงแบบบ้านชั้นเดียวรูปแบบ C แสดงผังพื้นชั้นล่าง

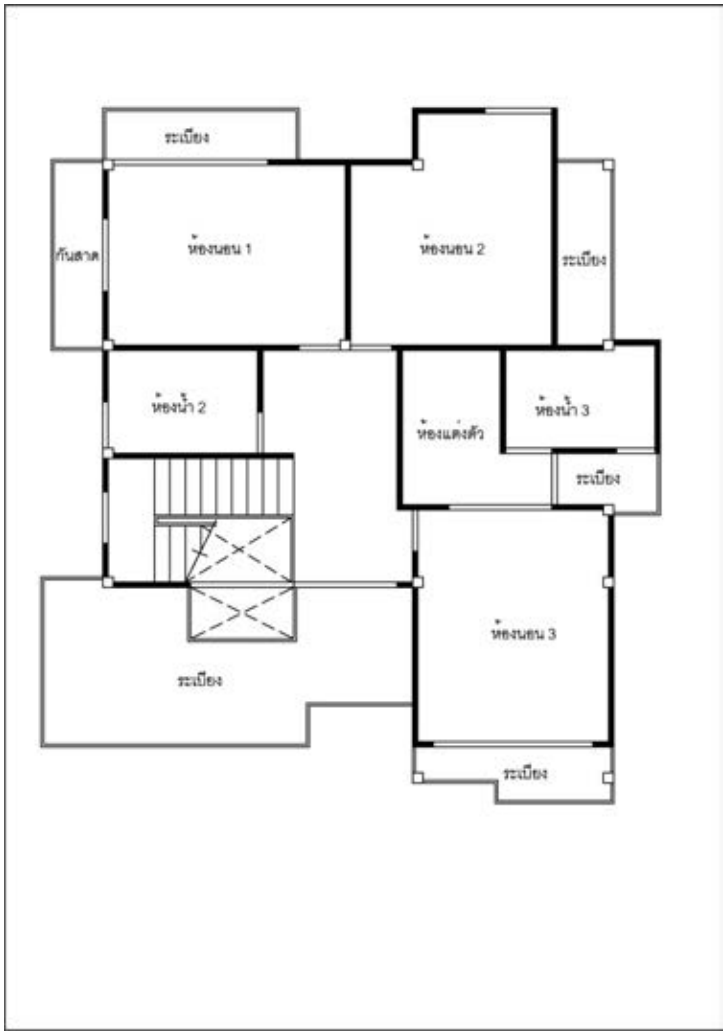
ดัดแปลงมาจาก : บ้านประหยัดพลังงาน. (กระทรวงพลังงาน, 2554)

SCALE BAR :





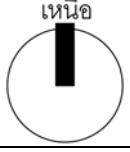
2. แบบบ้านสองชั้นรูปแบบ C ชั้น 2



ภาพที่ 3-6 แสดงแบบบ้านชั้นเดียวรูปแบบ C แสดงผังพื้นชั้นบน

ดัดแปลงมาจาก : บ้านประหยัดพลังงาน. (กระทรวงพลังงาน, 2554)

SCALE BAR :

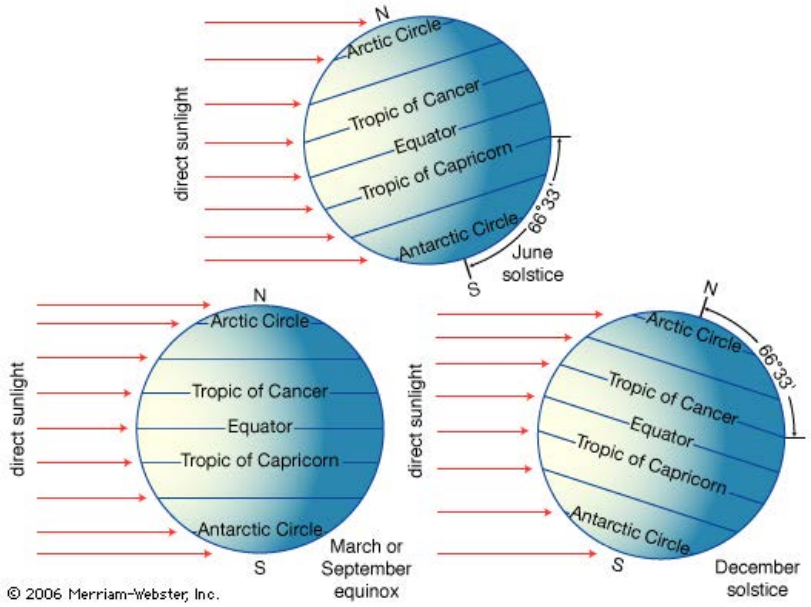


3.4 วิธีวิจัย

3.4.1 การเลือกสถานที่

ผู้วิจัยได้เลือกการทดลองในครั้งนี้โดยใช้สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้งซึ่งเป็นภูมิอากาศในภาคเหนือและเป็นภูมิอากาศส่วนใหญ่ของประเทศไทย[1] ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นจังหวัดที่เป็นศูนย์กลางความเจริญและอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ของภาคเหนือเป็นตัวแทนสถานที่ที่ใช้เป็นจุดในการทดลอง

จังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่บนความสูงประมาณ 310 เมตรจากระดับน้ำทะเลมีลักษณะของเมืองเป็นแอ่งกระทะมีภูเขาล้อมรอบ โดยจุดบริเวณในการทดลองตั้งอยู่ ณ ละติจูต 16 องศาเหนือ ลองติจูต 99 องศา ตะวันออก ซึ่งอยู่ในตำแหน่งใกล้กับเส้น Topic of Cancer ซึ่งต่างจาก ภาคกลาง และภาคใต้ซึ่งอยู่ใกล้กับ Equator (ภาพที่ 3-7)

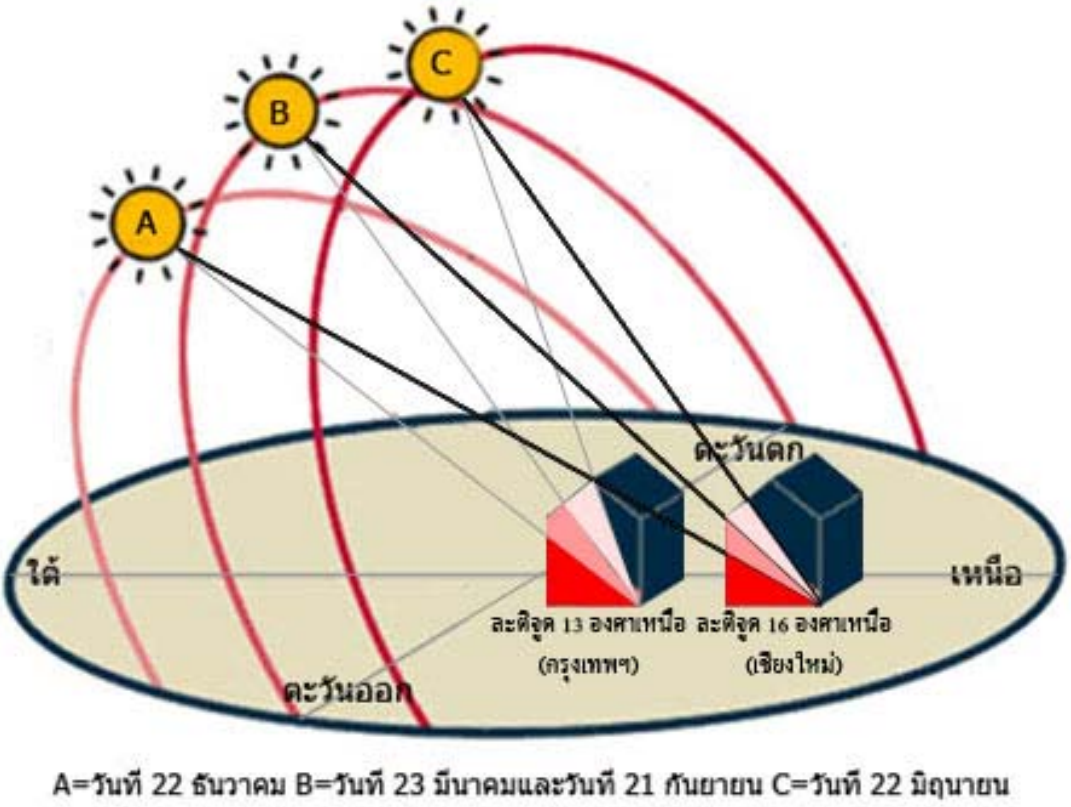


ภาพที่ 3-7 แสดงตำแหน่งของโลกในช่วงเดือนที่ต่างกันในการโดนแสงอาทิตย์

ที่มา : (Summer Solstice, 2011)

---

[1] ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตกมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ส่วน ภาคใต้ มีภูมิอากาศแบบป่าฝนเขตร้อน



ภาพที่ 3-8 แสดงองศาของพระอาทิตย์กับบริเวณละติจูด 16 องศาเหนือ (จังหวัดเชียงใหม่)
ดัดแปลงจาก : (โลกกับภาพท้องฟ้า(ดวงอาทิตย์),2554)

จากภาพที่ 3-8 ความแตกต่างขององศาที่ตกกระทบของแสงแดดจะเกิดขึ้นแปรผันไปตามละติจูดที่ทดลองระหว่างจังหวัดเชียงใหม่ตั้งอยู่บริเวณละติจูดที่ 16 องศาเหนือ ส่วนกรุงเทพตั้งอยู่บริเวณละติจูด 13 องศาเหนือ

3.4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ โปรแกรม Ecotect 5.2 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศต่างๆในแต่ละช่วงเวลาของวัน และสามารถกำหนดจุดในการทดลองจากตำแหน่งละติจูดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นได้ ด้วยการใช้ Sun-path Diagram ซึ่ง

เป็นเครื่องมือที่โปรแกรมสามารถคำนวณเงาของตัวทดลองเพื่อหาค่าต่างๆโดยแผนภาพดังกล่าวมีชุดเครื่องมือให้ใช้ดังนี้

1. Spherical Projection

2. Equidistant Projection

3. Sterographic Projection

4. BRE Sun-Path Indicator

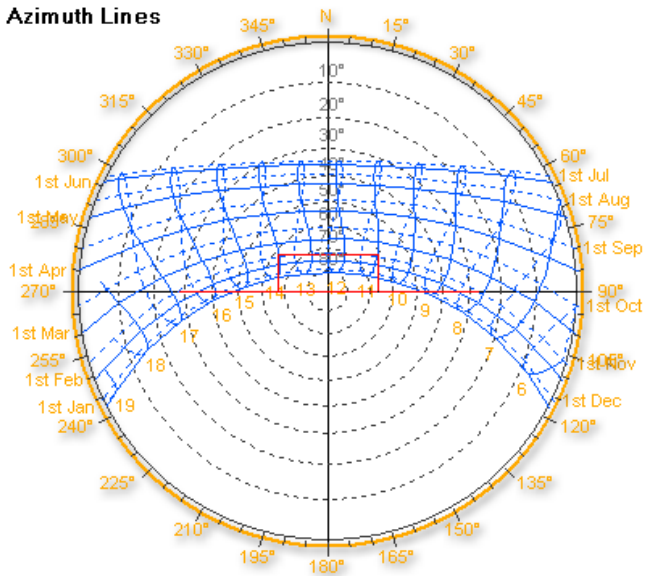
โดยส่วนประกอบของแต่ละกราฟ จะมีดังนี้

1. Azimuth Lines เป็นเส้นที่แสดงองศา Azimuth โดยรอบของจุดที่ทดสอบ โดยมีแนวแกน Y (เส้นแนวตั้ง) เป็นตัวบอกตำแหน่งของทิศทิศเหนือจริง (ภาพที่ 3-9)

2. Altitude Lines เป็นเส้นที่แสดงองศา Altitude ด้วยวิธีการ Concentric Circular จากจุดที่ใช้ในการทดสอบ (ภาพที่ 3-10)

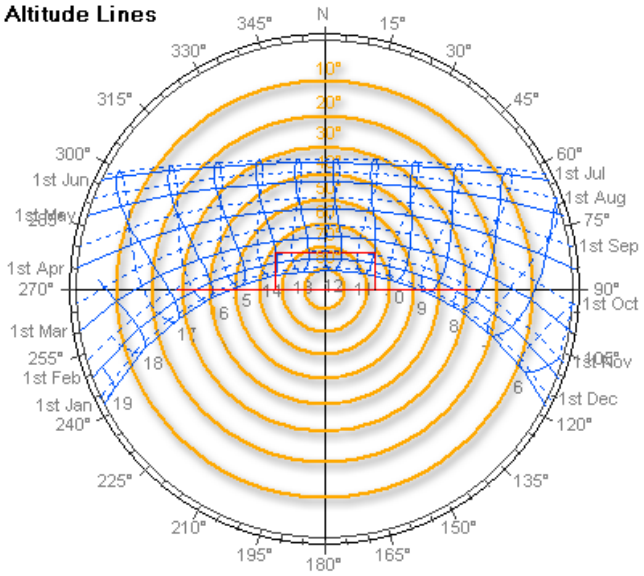
3. Month Lines เป็นเส้นที่แสดงช่วงเดือนแต่ละเดือนใน หนึ่งปี (ภาพที่ 3-11)

4. Hour Lines เป็นเส้นที่แสดงช่วงเวลาในแต่ละวันในหนึ่งวัน (ภาพที่ 3-12)



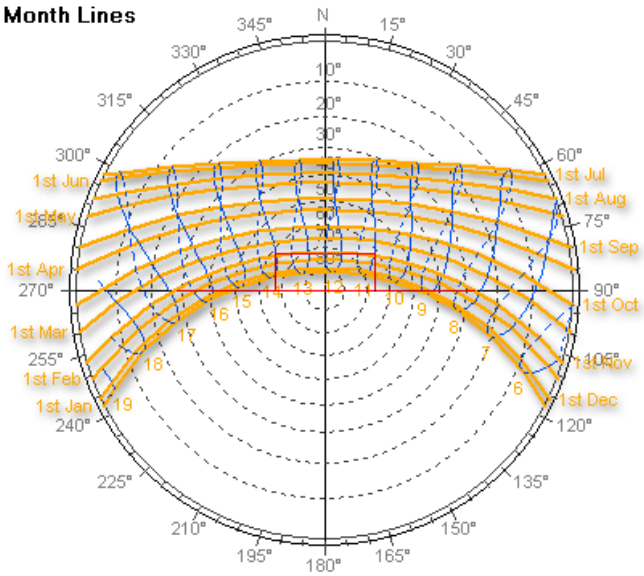
ภาพที่ 3-9 แสดงตำแหน่ง Azimuth Linesในแผนภาพ

ที่มา : (Naturalfrequency, 2013 : online)



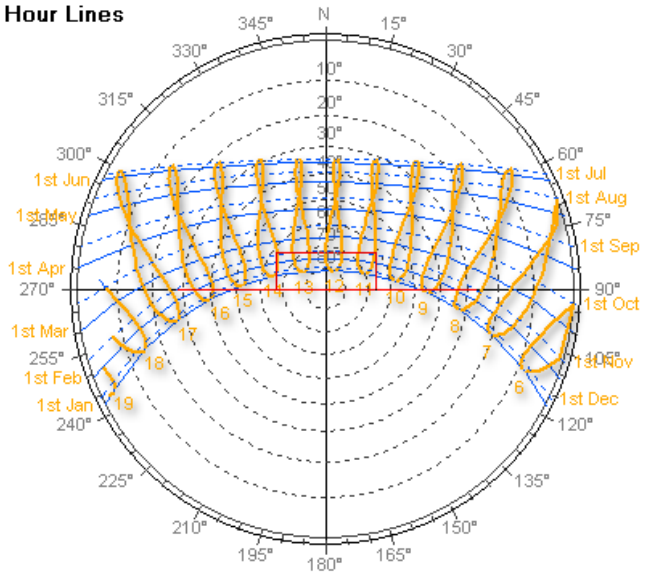
ภาพที่ 3-10 แสดงตำแหน่ง Altitude Lines ในแผนภาพ

ที่มา : (Naturalfrequency, 2013 : online)



ภาพที่ 3-11 แสดงตำแหน่ง Month Lines ในแผนภาพ

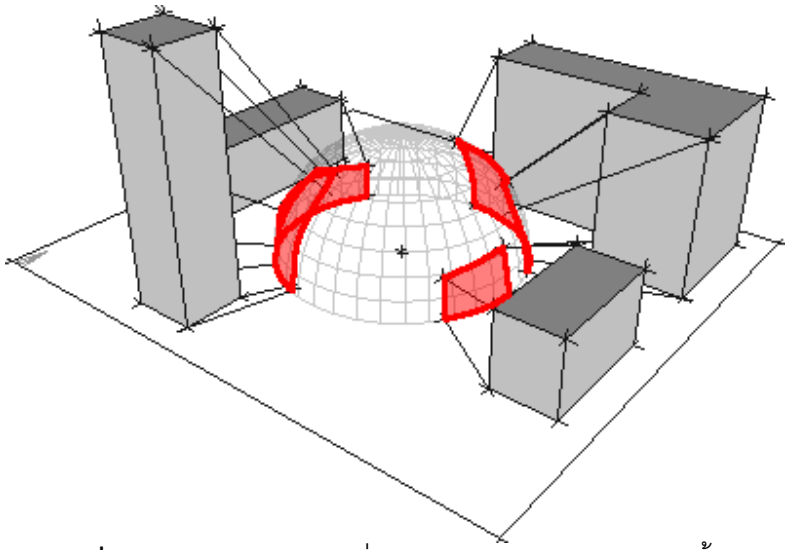
ที่มา : (Naturalfrequency, 2013 : online)



ภาพที่ 3-12 แสดงตำแหน่ง Hour Lines ในแผนภาพ

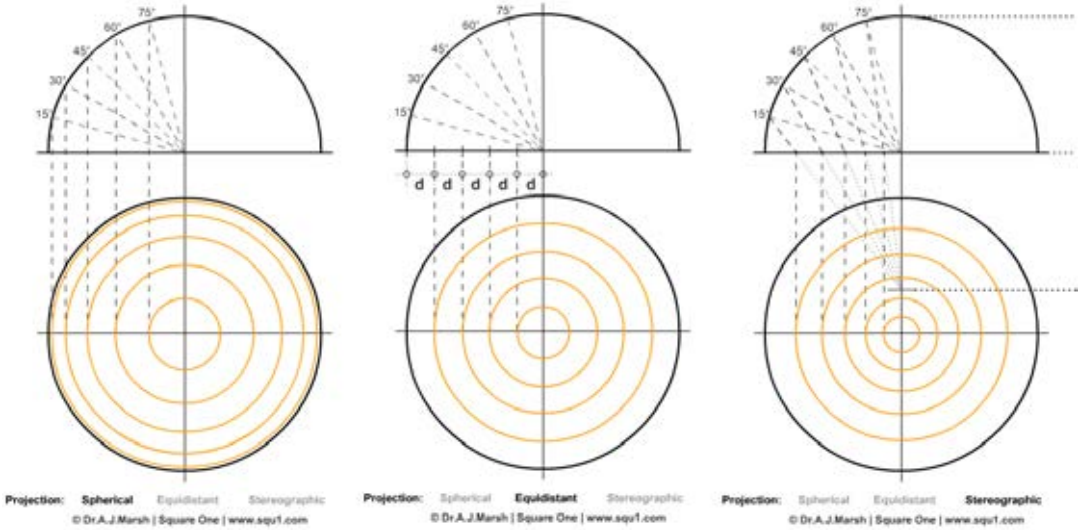
ที่มา : (Naturalfrequency, 2013 : online)

โดยแต่ละ Diagram มีความแตกต่างทางด้านวิธีใช้ โดย Spherical Projection Equidistant Projection และ Sterographic Projection เป็นการแสดงผลของจุดที่ทดสอบแบบมุม 90 องศากับพื้นดิน(ภาพที่ 3-13) แต่จะมีความแตกต่างในด้าน Polar Co-ordinate Projections (ภาพที่ 3-14)



ภาพที่ 3-13 แสดงผลของจุดที่ทดสอบแบบมุม 90 องศากับพื้นดิน

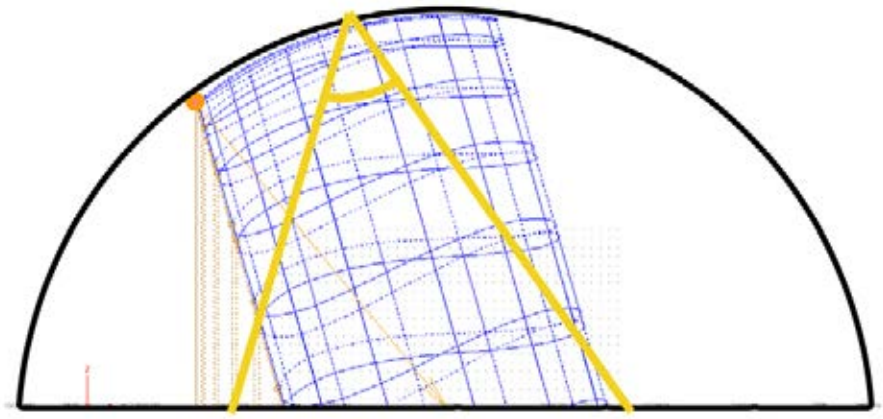
ที่มา : (Naturalfrequency, 2013 : online)



ภาพที่ 3-14 แสดงการใช้วิธีแบบ Polar Co-ordinate Projections

ที่มา : (A.J.Marsh, 2012 : ออนไลน์)

ส่วน BRE Sun-Path Indicator เป็นการแสดงผลของจุดที่ทดสอบกับเส้น Month Line และ Date Line (ภาพที่ 3-15)

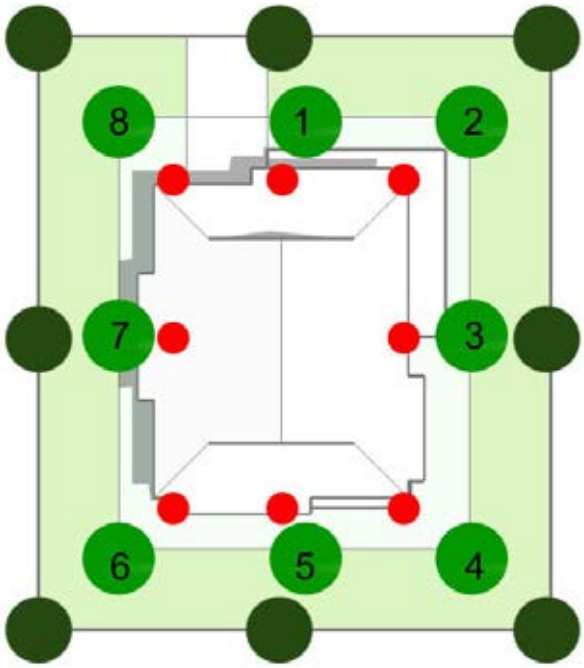


ภาพที่ 3-15 แสดงการใช้วิธีการมองแบบ BRE Sun-Path Indicator

ดัดแปลงมาจาก : (A.J.Marsh, 2012 : ออนไลน์)

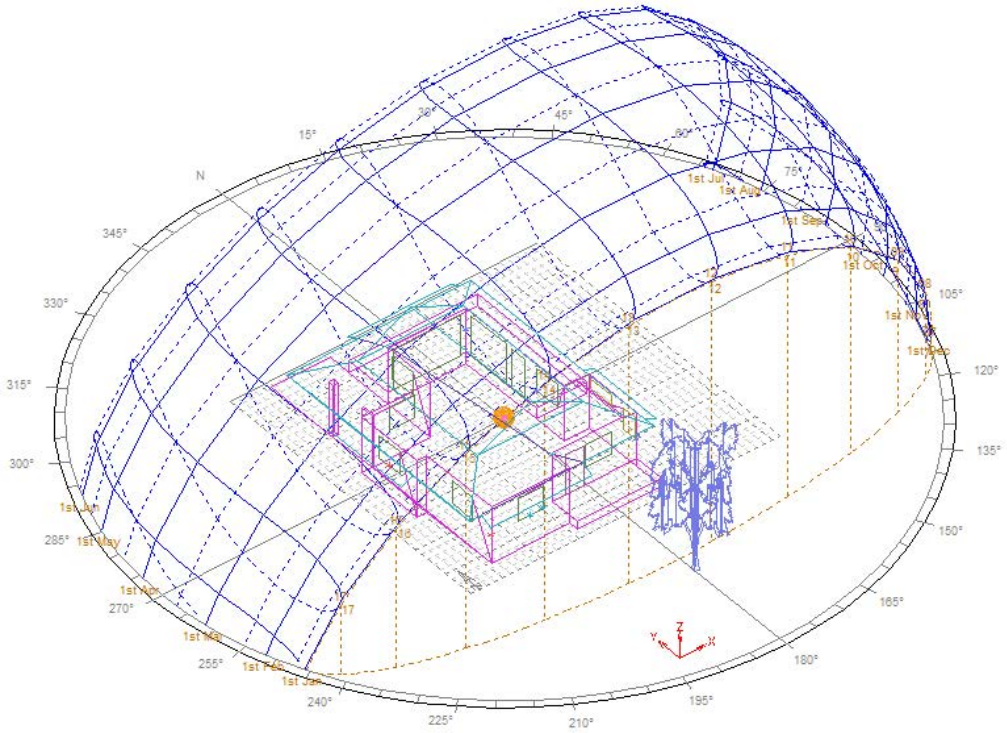
ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้ได้เลือกใช้ BRE Sun-Path Indicator เป็นเครื่องมือในการหาพื้นที่ของเงา เพราะการแสดงผลของจะได้มุมที่มาจากแสงอาทิตย์จะทำให้ได้ค่าที่ให้ผลใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด

ในการทดลองผู้วิจัยได้ใช้การทดลองการวางต้นไม้ด้วยระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร และ 5 เมตร จากอาคารซึ่งเป็นระยะที่มาจาก การศึกษารูปทรงต้นไม้ในข้างต้น เพื่อไม่ให้ต้นไม้ในบางรูปทรงเกิดอันตรายแก่อาคาร และการปลูกทิศต่างๆรอบตัวอาคารได้แก่ 1) ทิศเหนือ 2) ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ 3) ทิศตะวันออก 4) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ 5) ทิศใต้ 6) ทิศตะวันตกเฉียงใต้ 7) ทิศตะวันตก และ 8) ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (ภาพที่ 3-16)เพื่อศึกษาหาค่าความต่างของพื้นที่เงา(Shaded area) ที่กระทบบนเปลือกอาคารหรือผนังและช่องเปิดของอาคารในแต่ละทิศทางที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ โดยการทดลองในครั้งนี้จะไม่รวมพื้นที่ของเงาบนหลังคาของแบบอาคารที่กำหนด เพราะในแบบอาคารที่ผู้วิจัยกำหนดจะมีการระบุการใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงจึงไม่มีผลในการทดลองในครั้งนี้



ภาพที่ 3-16 แสดงตำแหน่งต่างในการทดลอง

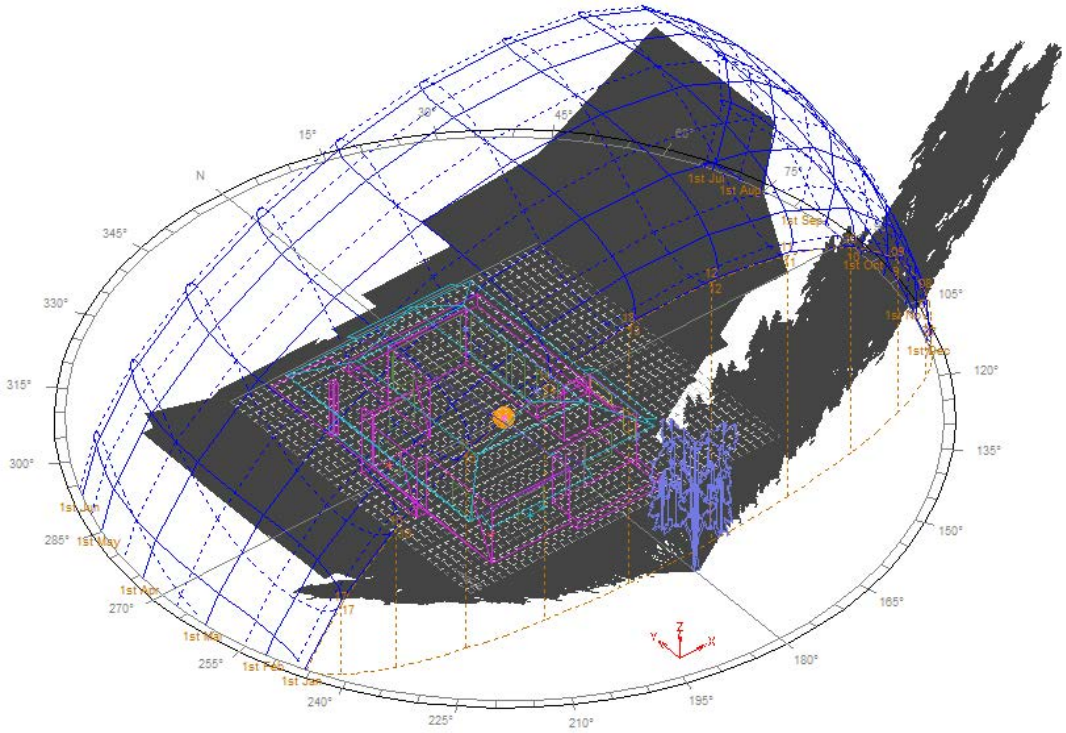
(สีแดง คือจุดที่ใช้ในการทดลองรอบตัวอาคาร สีเขียวอ่อน คือระยะการปลูกต้นไม้ระยะ 3 เมตรจากอาคาร สีเขียวเข้ม คือระยะการปลูกต้นไม้ระยะ 5 เมตรจากอาคาร)



ภาพที่ 3-17 แสดงการการใช้โปรแกรม Ecotect Analysis 5.2 ในการจำลองอาคารและรูปทรงต้นไม้

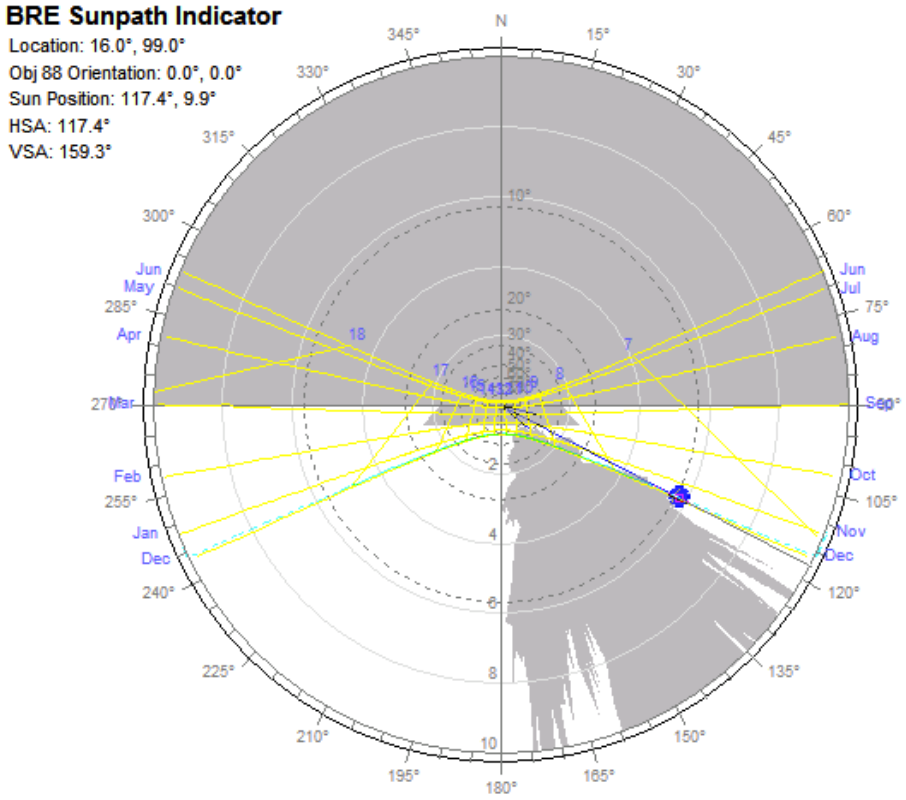
3.4.3 การทดลอง

การคำนวณพื้นที่ของเงาในการทดลองครั้งนี้ จะคำนวณจากสัดส่วนของพื้นที่เงา (Shaded area) ของแต่ละรูปทรงต้นไม้และทิศทางการทดลองในช่วงเวลา 8.00 น. ถึง 18.00 น บริเวณจุดที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้นบนเปลือกหรือผนังแต่ละด้านของตัวอาคาร (ภาพที่ 3-18)



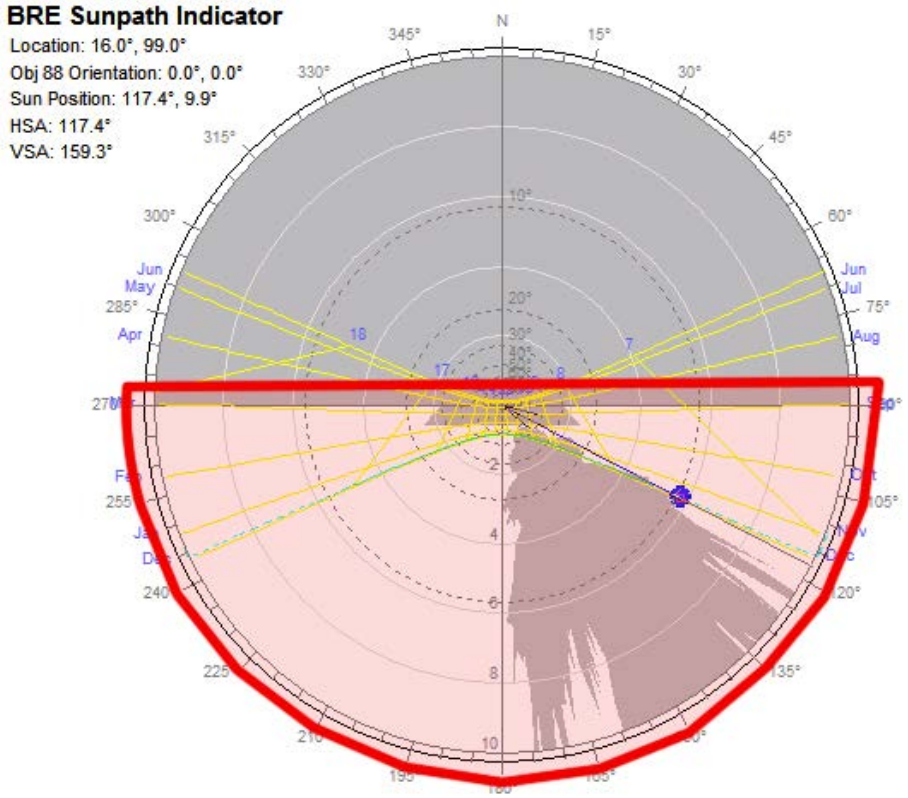
ภาพที่ 3-18 แสดงตัวอย่างการจำลองเงาที่เกิดจากรูปทรงต้นไม้กับตัวอาคารแต่ละชั่วโมงของ 1 วัน (8.00 น.-18.00 น.) ในทิศใต้ของตัวอาคาร โดยในตัวอย่างเป็นการใช้ต้นไม้รูปทรงไข่ มีระยะห่างจากบ้าน 3 เมตร

จากนั้น ทำการจำลองสัดส่วนของพื้นที่เงาของประเภทต้นไม้ที่กำหนดในการทดลองในครั้งนั้นในช่วงเวลาที่กำหนด โดยมีช่วงเวลา 1 รอบปี หรือ 365 วัน จากบริเวณจุดที่กำหนดจะแสดงผลออกมาเป็นกราฟในลักษณะสัดส่วนของพื้นที่ที่เกิดร่มเงาและไม่โดนร่มเงา (ภาพที่ 3-19) โดยภายในกราฟวงกลมในรูปคือพื้นที่ที่เกิดร่มเงาของจุดที่ผู้วิจัยกำหนดของตัวบ้าน ซึ่งสีเทาคือพื้นที่เงา(Shaded area) ที่เกิดขึ้น ส่วนสีดำคือ พื้นที่ที่ไม่เกิดเงา ส่วนตัวเลขรอบๆ วงกลมคือองศาของแสงแดด



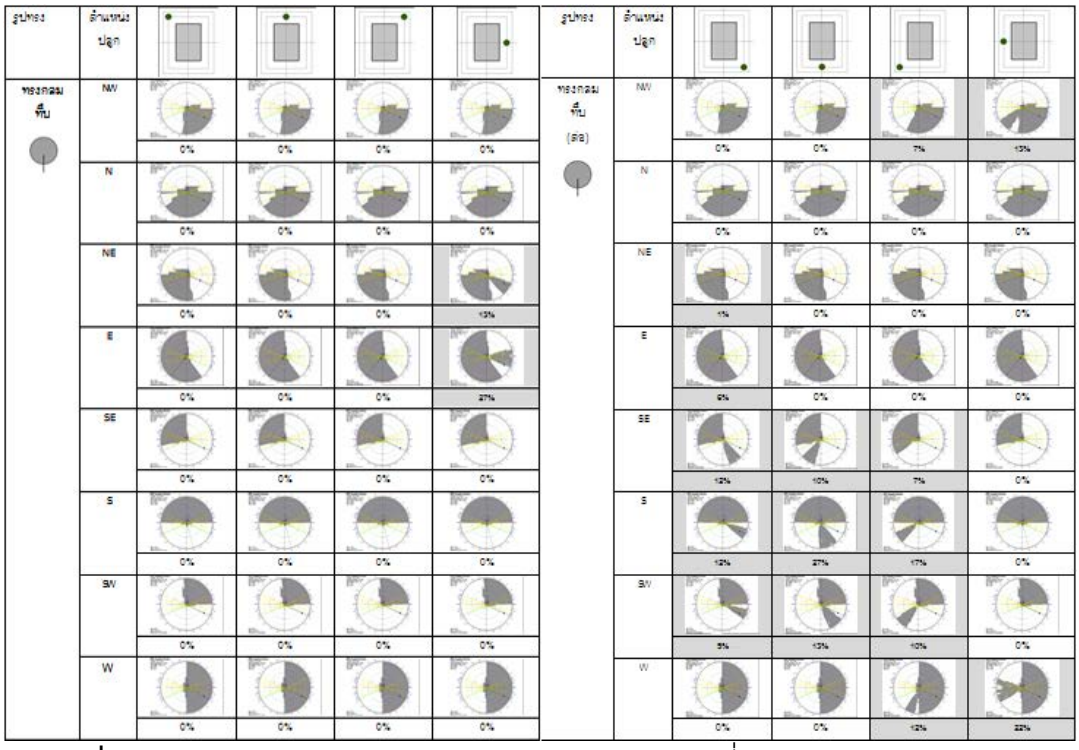
ภาพที่ 3-19 แสดงกราฟของพื้นที่เงาที่จะเกิดบริเวณจุดที่กำหนดในผนังอาคาร

จากนั้นทำการหาพื้นที่เงา(บริเวณสีเทา)และพื้นที่ที่ไม่เกิดเงา จากผลกราฟ ด้วยวิธีการคำนวณสัดส่วนเป็นค่าร้อยละจากภาพ (ภาพที่ 3-20) บริเวณที่ครอบกรอบด้วยสีแดงคือพื้นที่ของเงาบริเวณเปลือกอาคาร และทำการจดบันทึกตามรูปทรงของต้นไม้ที่ทดลองและตำแหน่งตามที่ทดลองนั้น จากนั้นทำการทดลองด้วยวิธีที่กล่าวด้วยสถานการณ์เดียวกัน ในการวางตำแหน่งต้นไม้ใหญ่รูปทรงเดียวกันทั้ง 8 ทิศผู้วิจัยทำการทดลองด้วยวิธีนี้กับรูปทรงของต้นไม้ใหญ่ทั้ง 14 แบบ แล้วสรุปผลเปรียบเทียบสัดส่วนร้อยละของพื้นที่เงาในแต่ละประเภทรูปทรงของต้นไม้ เพื่อสรุปจัดอันดับประเภทของต้นไม้ในแต่ละทิศทางที่ให้ประสิทธิภาพในการให้ร่มเงาแก่อาคารเพื่อการลดการใช้พลังงานภายในอาคาร



ภาพที่ 3-20 แสดงพื้นที่ของเงาที่จะเกิดบริเวณจุดที่กำหนดในผนัง

จากตัวอย่างการทดลองข้างต้นจะได้ตารางของพื้นที่เงาของแต่ละตำแหน่งการปลูกในแต่ละทิศของจุดต่างๆทั้ง 8 ทิศที่กำหนดขึ้นบนผนังอาคาร (ภาพที่ 3- 21) เพื่อนำไปสู่ขั้นตอนต่อไป



ภาพที่ 3-21 ตัวอย่างตารางสรุปผลการทดลองของรูปทรงกลมที่ระยะห่างจากอาคาร 3 เมตร

3.4.4 การสรุปผล

การสรุปผลจะทำการคำนวณค่าเฉลี่ยของพื้นที่เงาทั้งหมดในแต่ละทิศในการปลูกของแต่ละรูปทรงเพื่อสรุปผลในด้านรูปทรงไหนในทิศทางใด ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในแต่ละทิศและรูปทรงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการให้พื้นที่ของร่มเงาในแต่ละทิศทั้ง 8 ทิศของอาคาร

บทที่ 4

รายงานผลและวิเคราะห์การวิจัย

จากการจัดรูปแบบของต้นไม้ใหญ่ในบทที่ 3 จะพบว่าต้นไม้ที่สามารถปลูกได้ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้งในจังหวัดเชียงใหม่สามารถแยกเป็นรูปแบบได้ 14 รูปแบบ ประกอบด้วย ทรงกระบอก ทรงกลมทึบ ทรงกลมโปร่ง ทรงไข่ทึบ ทรงไข่โปร่ง ทรงปิรามิด ทรงปิรามิดโปร่ง ทรงปาล์ม ทรงคล้ายปาล์ม ทรงแผ่กว้างทึบ ทรงแผ่กว้างโปร่ง ทรงแผ่เป็นชั้นทึบ ทรงแผ่เป็นชั้นโปร่ง และทรงห้อยย้อย รูปแบบของทรงพุ่มดังกล่าวมีรัศมีทรงพุ่มที่แตกต่างกันไปซึ่งทำให้เกิดร่มเงาที่แตกต่างกันไปด้วย

การวิจัยเรื่องการใช้ประสิทธิภาพของร่มเงาต้นไม้ที่มีผลต่อผนังอาคารพักอาศัย ผู้วิจัยได้ทำการทดลองโดยนำแต่ละรูปทรงของต้นไม้ และกำหนดความสูงของต้นไม้ที่ใช้ในการทดลองตามขนาดที่ส่วนใหญ่ใช้ได้ในงานวางผังภูมิสถาปัตยกรรม คือจากพื้นดินถึงส่วนยอดที่ 5 เมตร เป็นตัวกำหนดเพื่อหาทิศทางที่ทำให้การปลูกต้นไม้ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการให้พื้นที่เงาแก่ตัวอาคาร ด้วยวิธีการคำนวณหาสัดส่วนของพื้นที่เงาของต้นไม้กับเปลือกอาคาร ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในข้างต้นที่ได้กล่าวมา เพื่อให้ได้มาซึ่งผลการวิจัย

การทดลองผู้วิจัยได้แบ่งประเภทอาคารในการทดลองเป็น 2 รูปแบบได้ บ้านเดี่ยวชั้นเดียว รูปทรง A และบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C และจากการศึกษาต้นไม้จากบทก่อนหน้านี้ ที่ต้นไม่แต่ละรูปแบบ มีระยะในการปลูกเพื่อไม่เกิดอันตรายแก่อาคารจะสามารถแบ่งย่อยได้อีก 2 ประเภท โดยแต่ละรูปแบบจะมีการแยกการทดลองของต้นไม้ใหญ่ทั้ง 11 รูปแบบ ได้แก่ รูปทรงกระบอก-ทึบ รูปทรงกลมทึบ รูปทรงกลม-โปร่ง รูปทรงไข่-ทึบ รูปทรงไข่-โปร่ง รูปทรงคล้ายปาล์ม รูปทรงปาล์ม รูปทรงปิรามิด-ทึบ รูปทรงปิรามิด-โปร่ง รูปทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ และรูปทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง ที่ระยะห่างจากอาคาร 3 เมตรและ ต้นไม้ใหญ่ทั้ง 14 รูปแบบได้แก่ รูปทรงแผ่-ทึบ รูปทรงแผ่-โปร่ง

และรูปทรงห้อยย้อย ที่ระยะห่างจากอาคาร 5 เมตร จากการศึกษาจากบทก่อนหน้านี้ จึงทำให้งานวิจัยชิ้นนี้มีการทดลองทั้งหมด 4 รูปแบบ ได้แก่

1) การทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปทรง A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่มีระยะห่างจากอาคาร 3 เมตร

2) การทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปทรง A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่มีระยะห่างจากอาคาร 5 เมตร

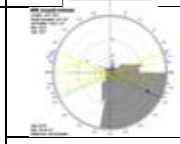
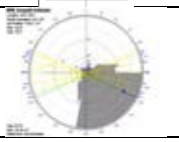
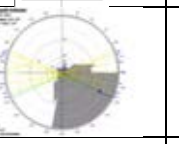
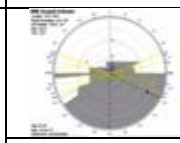
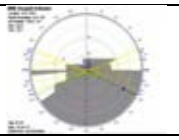
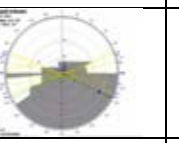
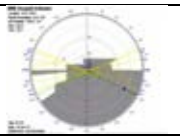
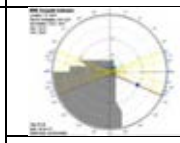
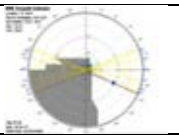
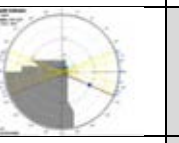
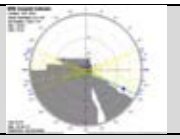
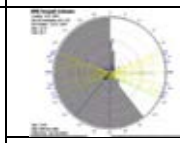
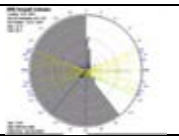
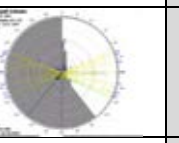
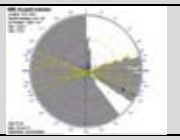
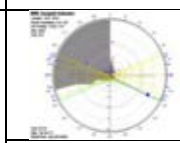
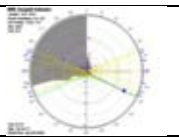
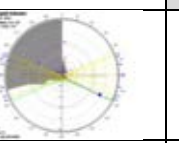
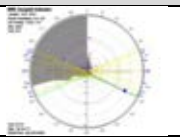
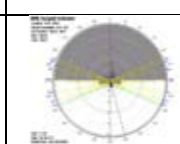
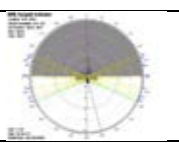
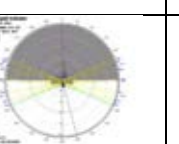
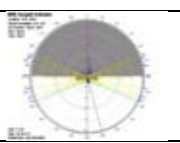
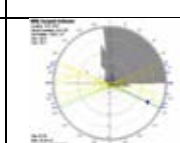
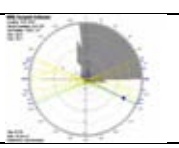
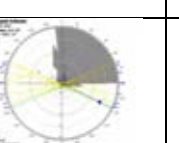
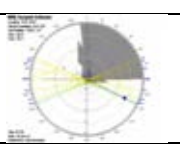
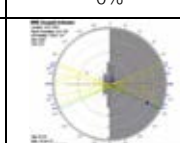
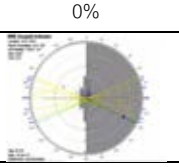
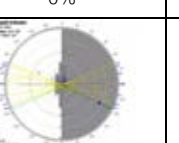
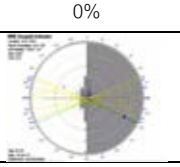
3) การทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่มีระยะห่างจากอาคาร 3 เมตร

4) การทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่มีระยะห่างจากอาคาร 5 เมตร

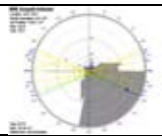
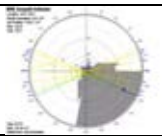
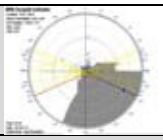
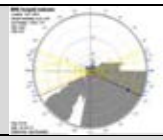
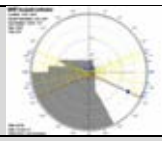
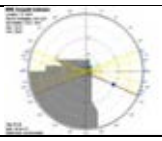
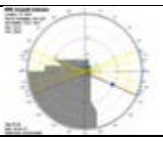
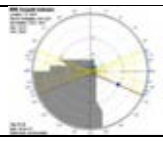
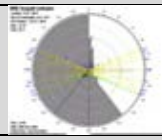
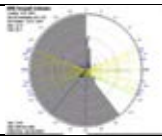
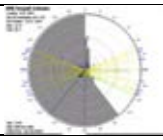
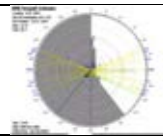
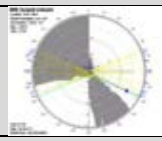
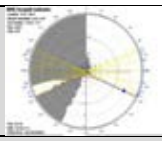
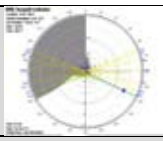
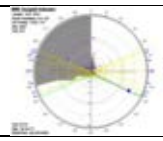
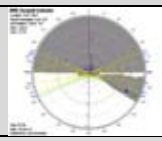
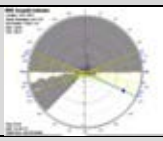
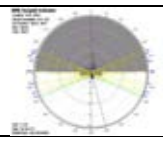
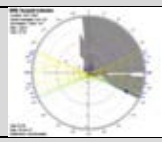
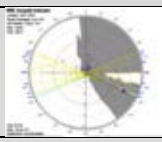
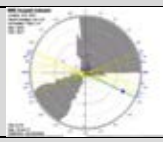
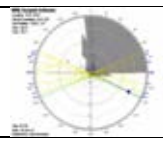
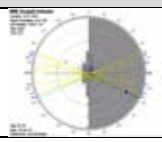
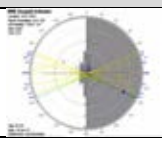
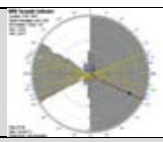
จากผลการทดลองขนาดของพื้นที่เงาของต้นไม้กับเปลือกอาคาร ในแบบจำลองบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปทรง A และ C ระยะห่างจากอาคาร 3 และ 5 เมตร ค่าสูงสุดของพื้นที่เงาจะมีค่าประมาณ 30% และค่าต่ำสุดคือ 0% ค่าเฉลี่ยกลางของพื้นที่เงาจะได้ 15% จะได้ตัวอย่างของผลวิจัยดังนี้(ในการยกตัวอย่างครั้งนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการจำลองทั้ง 4 รูปแบบ ด้วยผลการทดลองของรูปทรงกลม-ทึบ และรูปทรงคล้ายปาล์ม เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนของทั้งสองรูปทรง)

4.1 ตัวอย่างผลการทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปทรง A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากอาคาร 3 เมตร

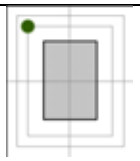
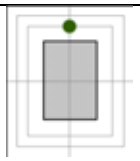
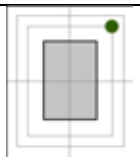
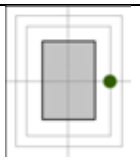
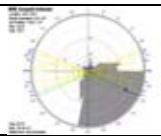
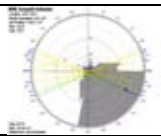
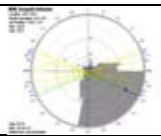
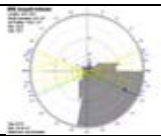
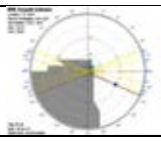
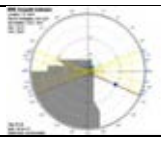
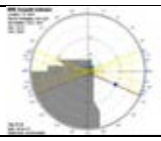
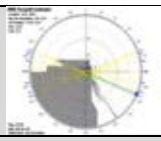
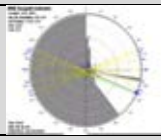
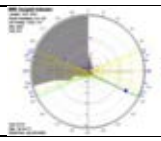
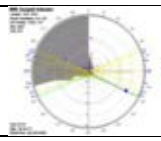
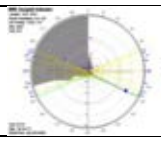
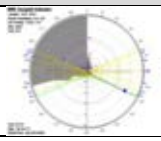
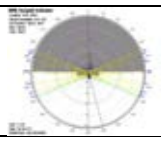
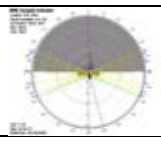
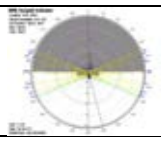
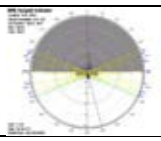
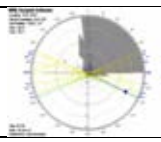
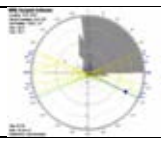
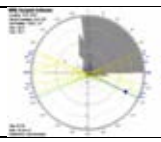
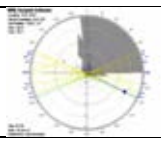
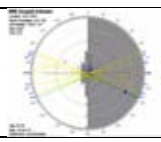
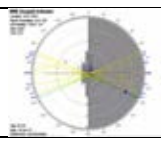
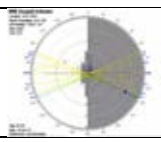
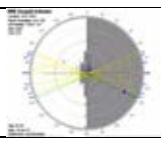
ตารางที่ 4-1 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	16%
	E				
		0%	0%	0%	14%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

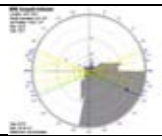
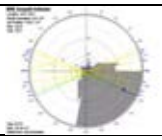
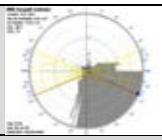
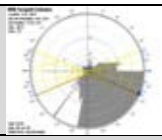
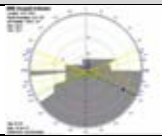
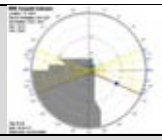
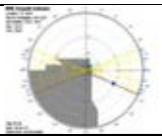
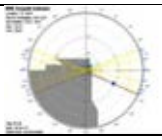
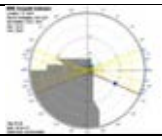
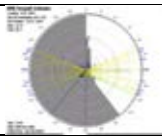
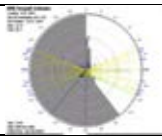
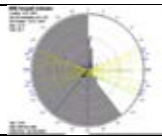
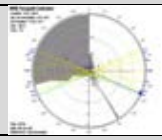
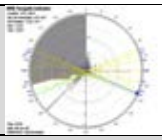
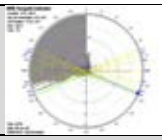
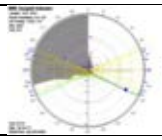
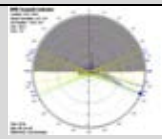
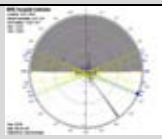
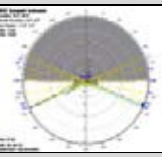
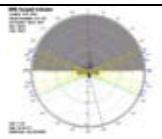
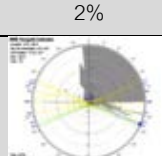
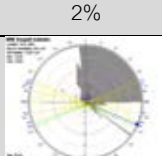
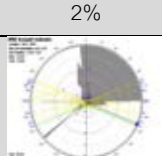
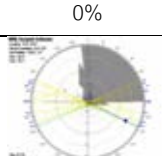
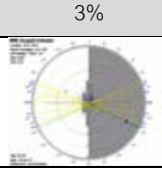
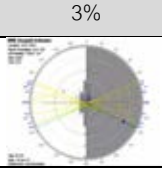
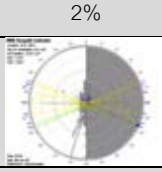
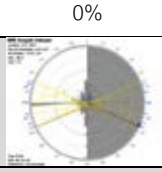
ตารางที่ 4-1 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ (ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ (ต่อ)	NW				
		0%	0%	5%	11%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		2%	0%	0%	0%
	E				
		3%	0%	0%	0%
	SE				
		13%	14%	10%	0%
	S				
		10%	28%	14%	0%
	SW				
		13%	16%	15%	0%
	W				
		0%	0%	16%	33%

ตารางที่ 4-2 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม

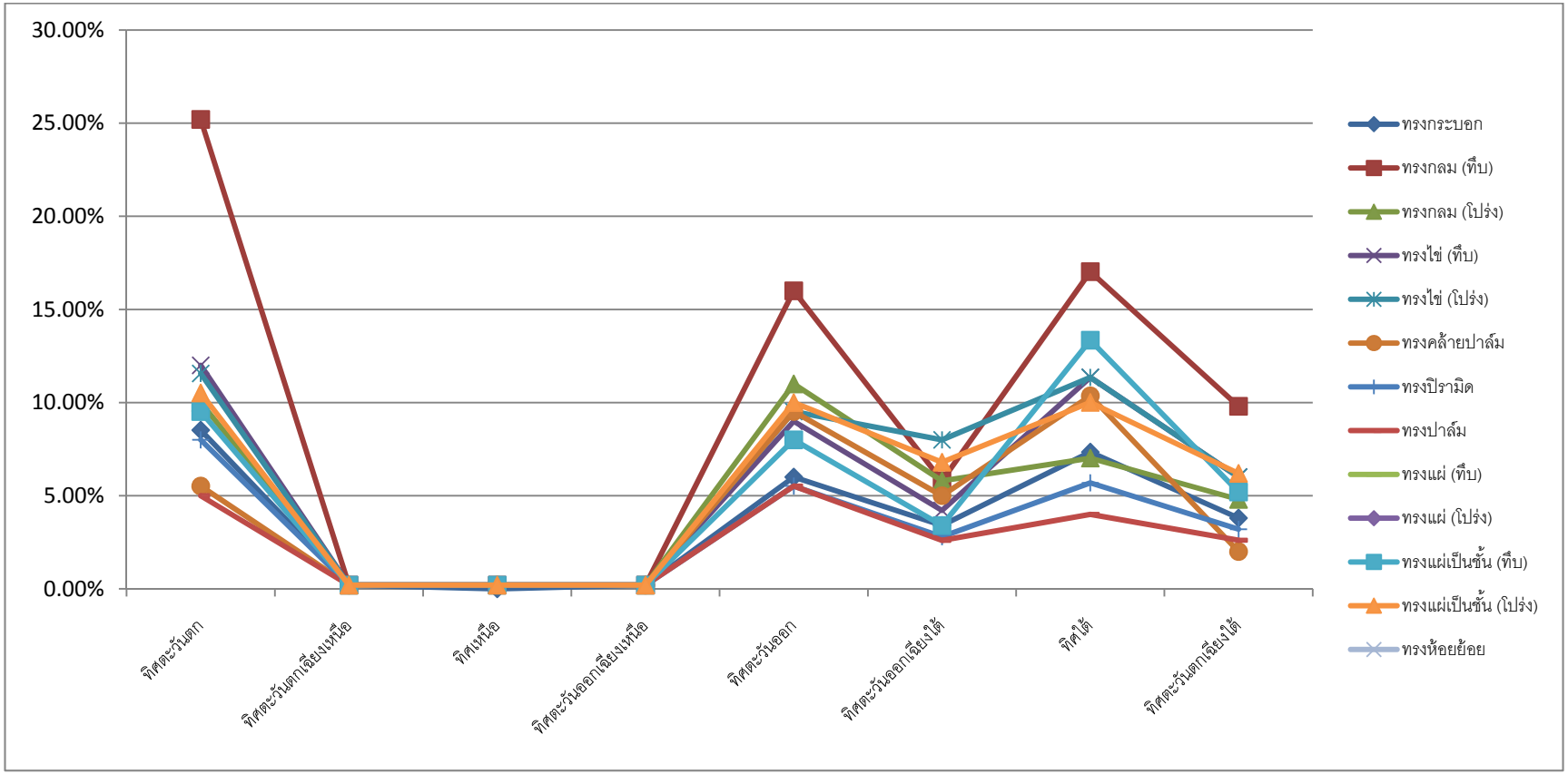
รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	3%
	E				
		0%	0%	0%	2%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

ตารางที่ 4-2 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม (ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม (ต่อ)	NW				
		0%	0%	2%	2%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		1%	0%	0%	0%
	E				
		0%	0%	0%	0%
	SE				
		2%	2%	2%	0%
	S				
		2%	2%	2%	0%
	SW				
		3%	3%	2%	0%
	W				
		0%	0%	2%	2%

จากการทดลองกับรูปแบบทั้งหมด 11 รูปทรง ยกเว้น ทรงแผ่-ทึบ ทรงแผ่-โปร่ง และห้อยย้อย จะสรุปเป็นแผนภูมิของสัดส่วนร้อยละของพื้นที่เงาของรูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคารได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 4-1 แสดงผลจากการทดลองค่าร้อยละของเงาของต้นไม้รูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคาร (บ้านเดี่ยวชั้น เดียว รูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร)



จากการทดลอง (ตารางที่ 4-1 ถึง 4-2) จากตัวอย่างข้อมูลในข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปทรงพุ่มที่มีทรงพุ่มเป็นมวล(Mass) ในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตรจะให้ผลในการให้พื้นที่เงาที่ดีกว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นแบบ กิ่งใบเช่นรูปทรงคล้ายปาล์มและรูปทรงปาล์ม

ส่วนจากแผนภูมิ 4-1 จะพบว่าทิศทางในการปลูกต้นไม้ใหญ่รูปทรงต่างๆทั้ง 11 รูปแบบในแบบบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร ที่มีพื้นตั้งบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ทิศทางที่ไม่มีผลในการให้ร่มเงาแก่ตัวอาคารได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนทิศให้การปลูกต้นไม้ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการให้พื้นที่เงา ทั้งหมด 6 ทิศ ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก โดยจากตารางทั้งหมดผู้วิจัยจึงทำการหาค่าเฉลี่ยค่าของพื้นที่เงาในแต่ละทิศของการปลูกรอบบริเวณอาคารได้ดังนี้

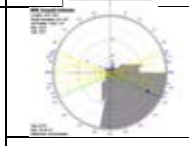
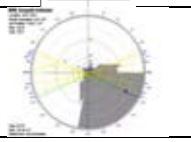
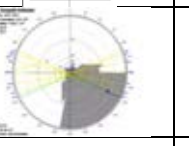
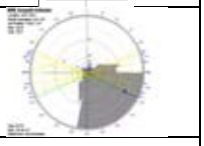
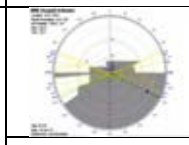
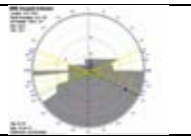
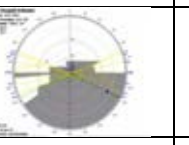
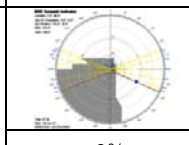
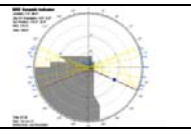
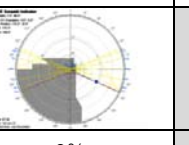
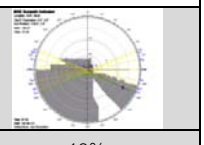
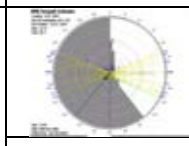
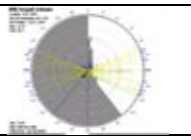
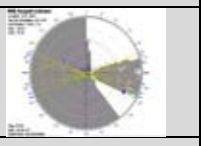
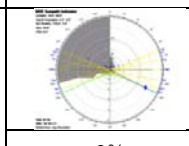
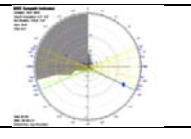
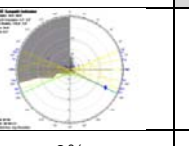
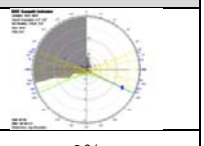
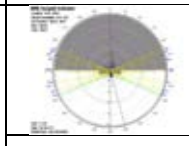
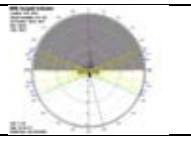
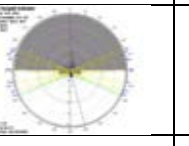
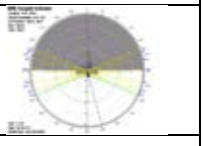
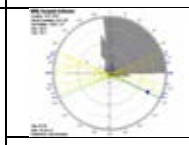
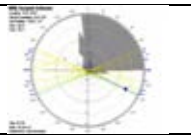
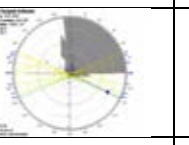
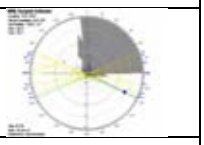
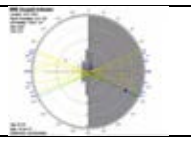
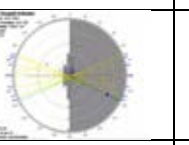
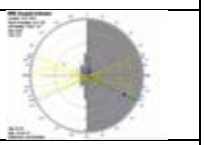
ทิศในการปลูกต้นไม้ที่ให้ผลของพื้นที่เงาที่มีผลมากกว่า 15 % คือทิศตะวันออก ทิศใต้และทิศตะวันตก ส่วน ทิศในการปลูกต้นไม้ที่มีพื้นที่น้อยกว่า 15% คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ทิศที่ไม่มีผลในการให้พื้นที่เงา ได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ รูปทรงที่ให้ผลในแต่ละทิศที่มีพื้นที่เงามากกว่า 15% ได้แก่ทิศตะวันออกคือรูปทรงกลม-ทึบ ในทิศใต้คือ ทรงกลม-ทึบ และสุดท้ายทิศตะวันตกคือ ทรงกลม- ทึบ

ตารางที่ 4-3 ตารางสรุปพื้นที่เงาในการทดลองบ้านเดี่ยวชั้น เดียว รูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร

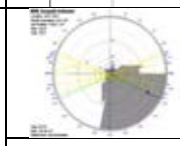
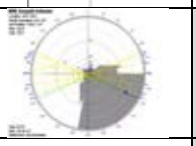
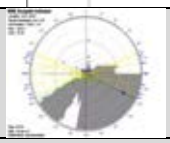
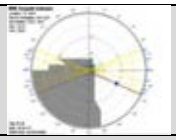
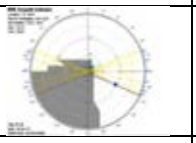
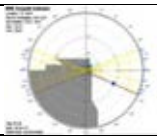
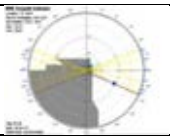
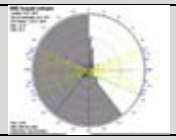
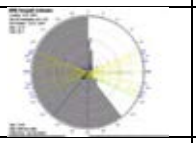
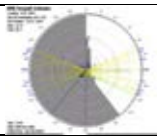
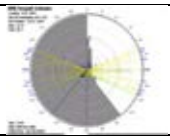
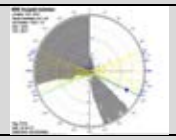
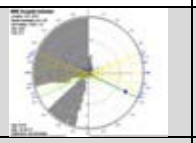
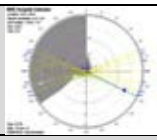
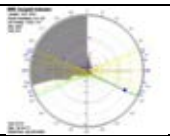
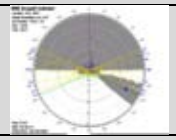
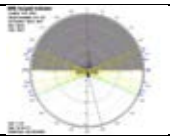
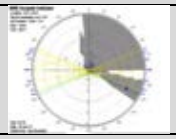
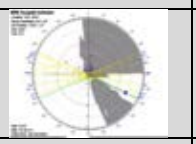
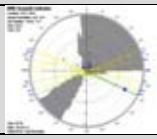
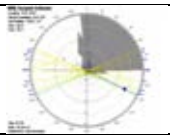
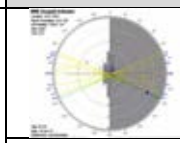
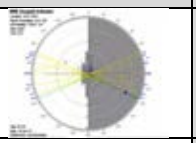
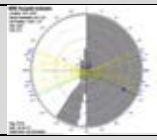
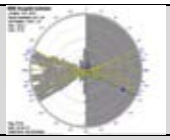
พื้นที่เงามากกว่า 15%		**พื้นที่เงาน้อยกว่า 15%**	**ไม่มีพื้นที่เงาของต้นไม้ใหญ่**
ทิศ	รูปแบบ	ทิศ	ทิศ
ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงเหนือ ,เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ
ตะวันออก			
ใต้			

4.2 ตัวอย่างผลการทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปทรง A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างอาคาร 5 เมตร

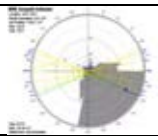
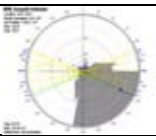
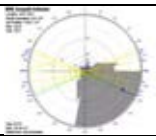
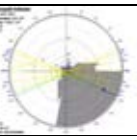
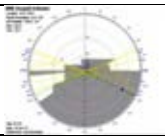
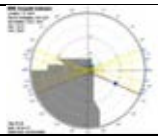
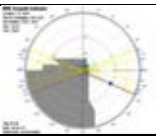
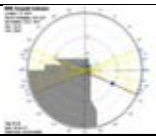
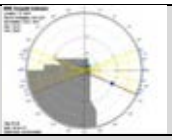
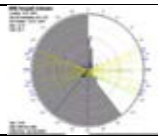
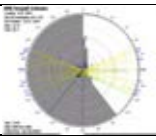
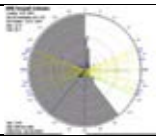
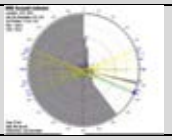
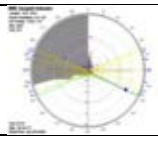
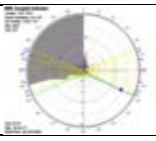
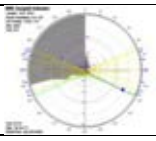
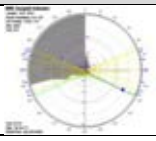
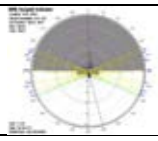
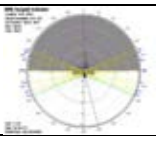
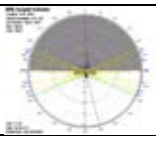
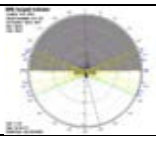
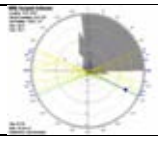
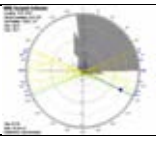
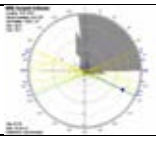
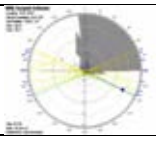
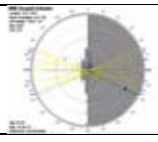
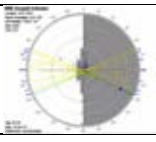
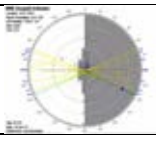
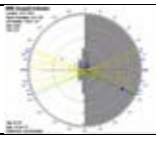
ตารางที่ 4-4 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	13%
	E				
		0%	0%	0%	27%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

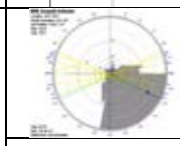
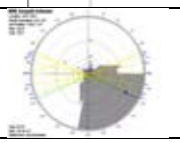
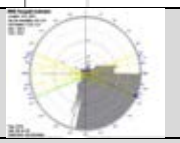
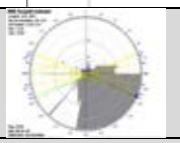
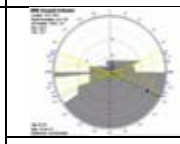
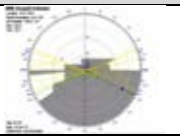
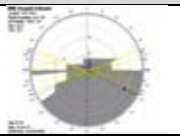
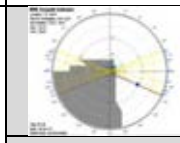
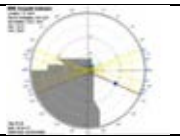
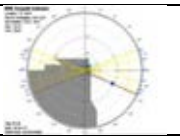
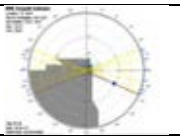
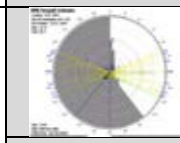
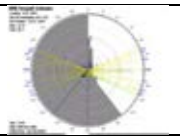
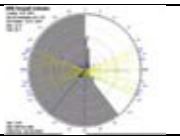
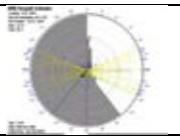
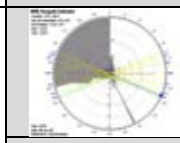
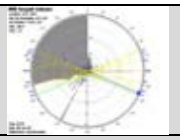
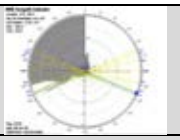
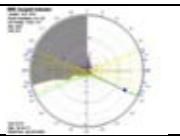
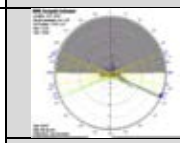
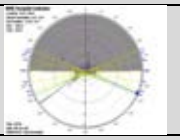
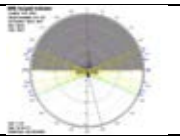
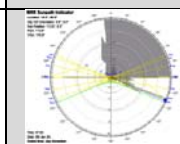
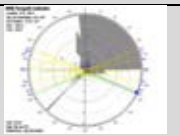
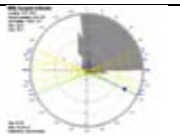
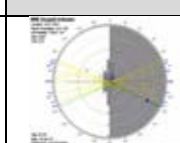
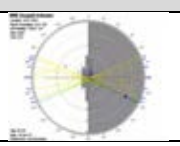
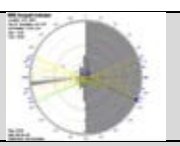
ตารางที่ 4-4 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ (ต่อ)	NW				
		0%	0%	7%	13%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		1%	0%	0%	0%
	E				
		6%	0%	0%	0%
	SE				
		12%	10%	7%	0%
	S				
		12%	27%	17%	0%
	SW				
		9%	13%	10%	0%
	W				
		0%	0%	12%	22%

ตารางที่ 4-5 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม

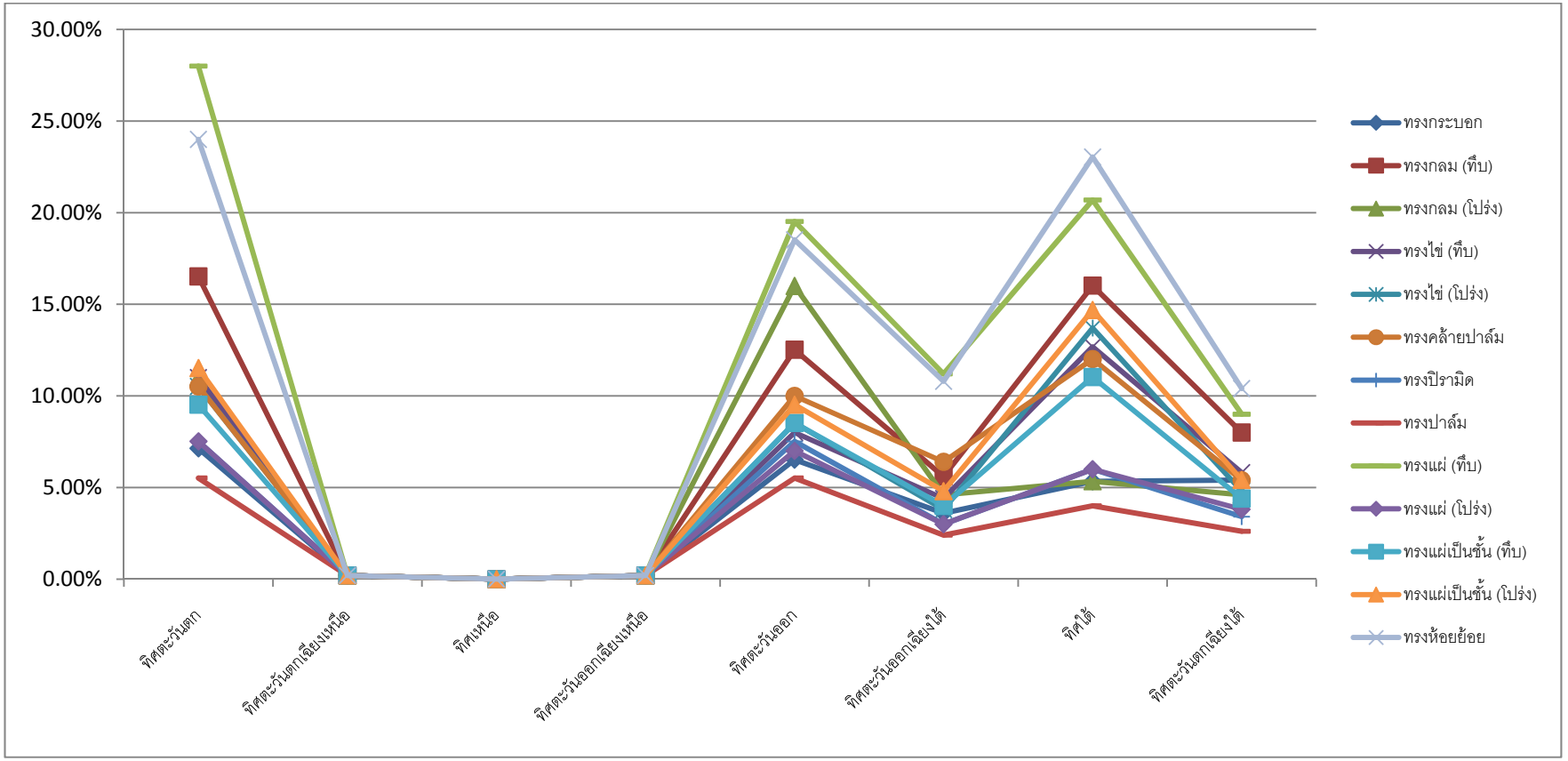
รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	1%
	E				
		0%	0%	0%	2%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

ตารางที่ 4-5 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม (ต่อ)	NW				
		0%	0%	1%	1%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	0%
	E				
		0%	0%	0%	0%
	SE				
		2%	1%	1%	0%
	S				
		2%	1%	2%	0%
	SW				
		2	27%	1%	0%
	W				
		0%	0%	2%	2%

จากการทดลองกับรูปทรงทั้งหมด 14 รูปทรง จะสรุปเป็นแผนภูมิของสัดส่วนร้อยละของพื้นที่เงาของรูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคารได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 4-2 แสดงผลจากการทดลองค่าร้อยละของเงาของต้นไม้รูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคาร (บ้านเดี่ยวชั้น เดียว รูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 5 เมตร)



จากการทดลอง (ตารางที่ 4-4 ถึง 4-5) จากตัวอย่างข้อมูลในข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นทรงเป็นมวล(Mass) ในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร จะให้ผลในการให้พื้นที่เงาที่ดีกว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นแบบ กิ่งใบเช่นรูปทรงคล้ายปาล์มและรูปทรงปาล์มเช่นเดียวกับการทดลองในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร

จากแผนภูมิที่ 4-2 จะพบว่าทิศทางในการปลูกต้นไม้ใหญ่รูปทรงต่างๆทั้ง 14 รูปทรง ในแบบบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ในแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร ที่มีพื้นตั้งบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ทิศที่ไม่มีผลในการให้ร่มเงาแก่ตัวอาคารได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนทิศให้การปลูกต้นไม้ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการให้พื้นที่เงา ทั้งหมด 6 ทิศ ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก โดยจากตารางทั้งหมดผู้วิจัยจึงทำการหาค่าเฉลี่ยค่าของพื้นที่เงาในแต่ละทิศของการปลูกรอบบริเวณอาคารได้ดังนี้

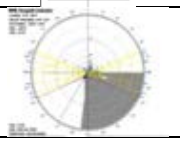
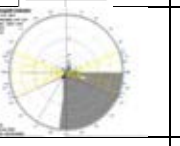
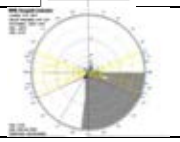
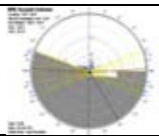
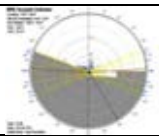
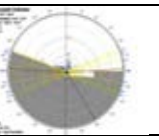
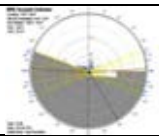
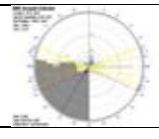
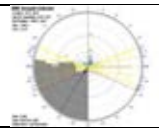
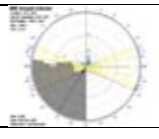
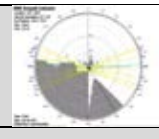
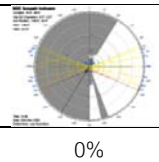
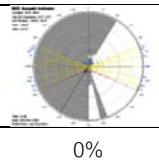
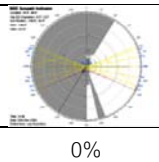
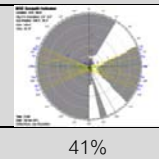
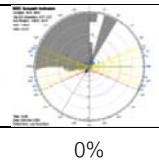
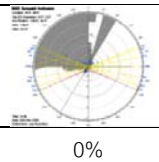
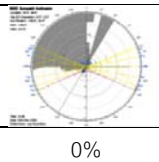
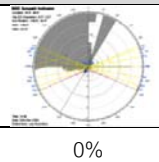
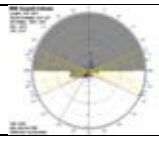
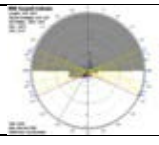
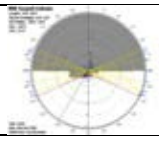
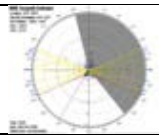
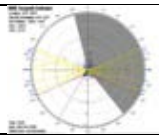
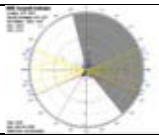
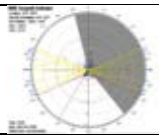
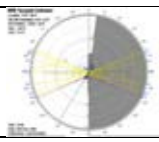
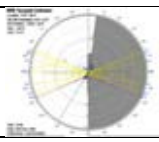
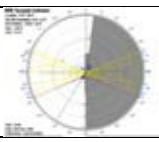
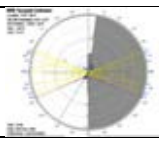
ทิศในการปลูกต้นไม้ที่ให้ผลของพื้นที่เงาที่มีผลมากกว่า 15 % คือทิศตะวันตก ทิศออกทิศตะวันออก และทิศใต้ รูปทรงที่ให้ผลในแต่ละทิศที่มีพื้นที่เงามากกว่า 15 % ได้แก่ ทิศตะวันตก ได้แก่ รูปทรงกลม-ทึบ รูปทรงไข่-ทึบ รูปทรงแผ่-ทึบ ทิศตะวันออก รูปทรงกลม-โปร่ง รูปทรงห้อยย้อย รูปทรงแผ่-ทึบ และทิศใต้คือ รูปทรงกลม-ทึบ รูปทรงแผ่-ทึบ รูปทรงห้อยย้อย

ตารางที่ 4-6 ตารางสรุปพื้นที่เงาในการทดลองบ้านเดี่ยวชั้น เดียว รูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 5 เมตร

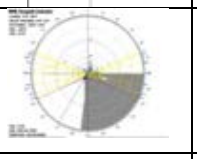
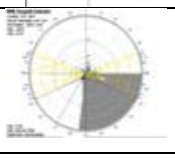
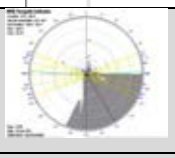
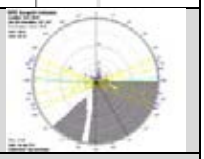
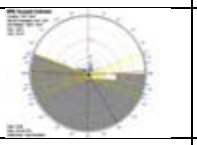
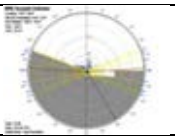
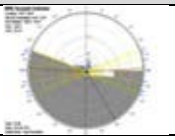
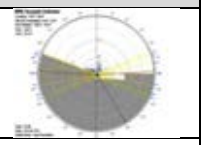
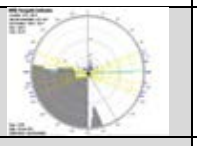
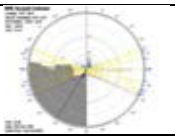
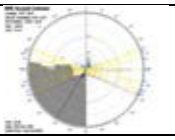
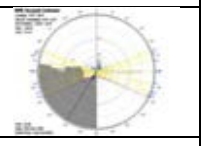
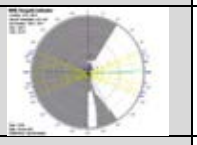
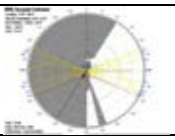
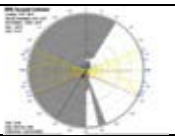
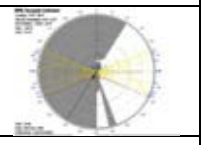
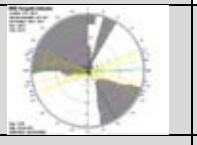
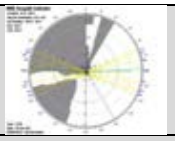
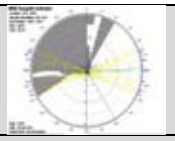
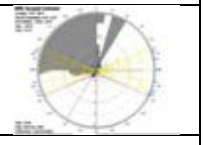
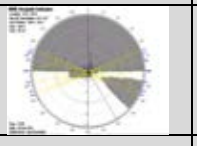
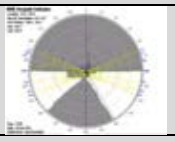
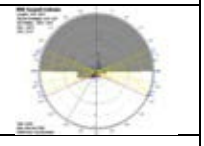
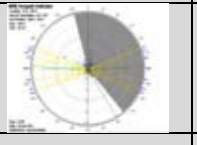
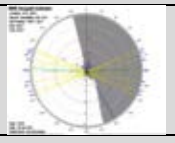
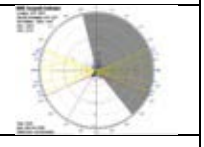
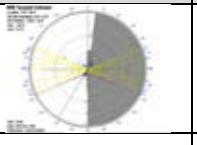
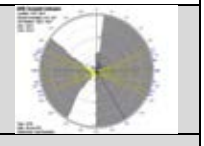
พื้นที่เงามากกว่า 15%		**พื้นที่เงาน้อยกว่า 15%**	**ไม่มีพื้นที่เงาของต้นไม้ใหญ่**
ทิศ	รูปแบบ	ทิศ	ทิศ
ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงเหนือ ,เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ
ตะวันออก			
ใต้			

4.3 ผลการทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างอาคาร 3 เมตร

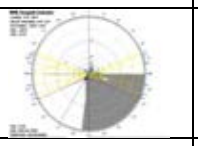
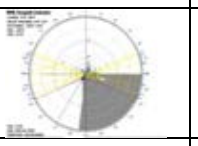
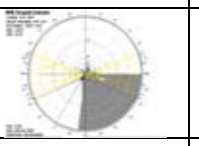
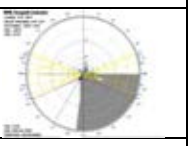
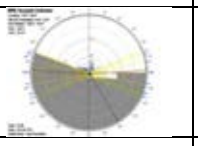
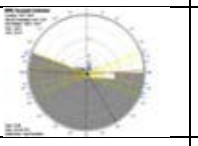
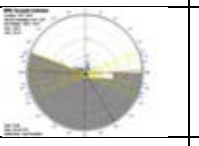
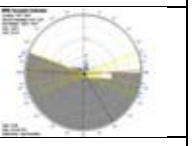
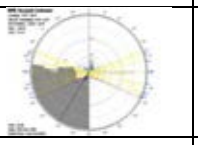
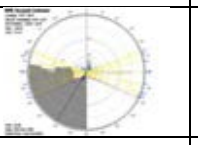
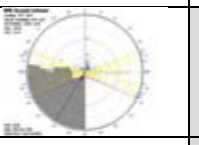
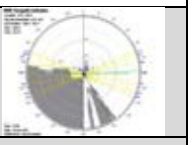
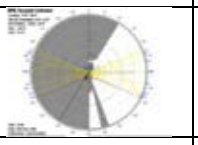
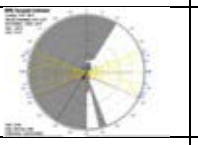
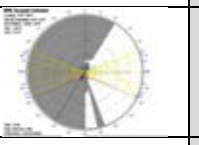
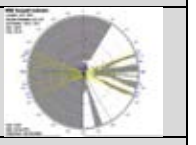
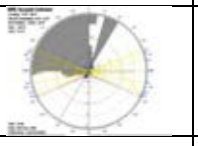
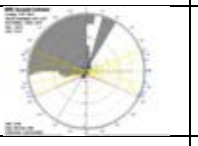
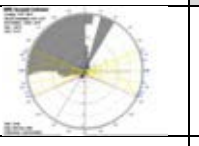
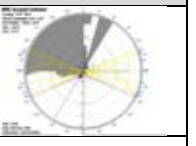
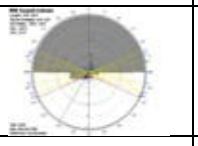
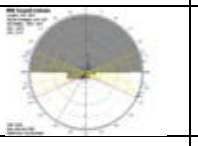
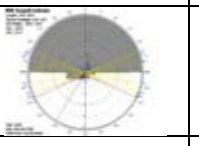
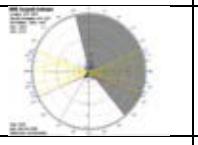
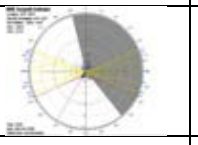
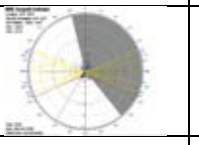
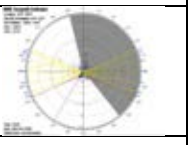
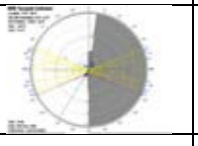
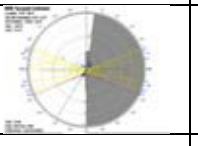
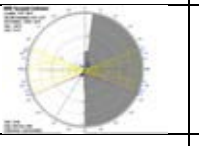
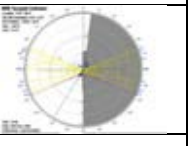
ตารางที่ 4-7 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	9%
	E				
		0%	0%	0%	41%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

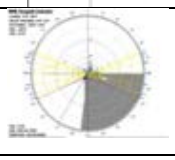
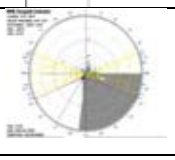
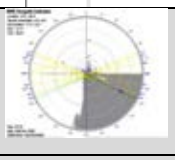
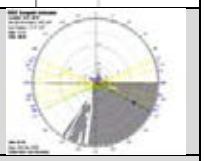
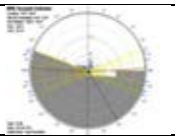
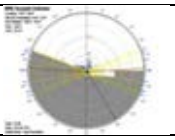
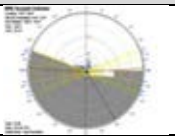
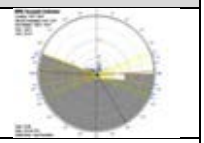
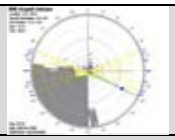
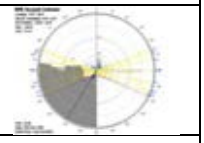
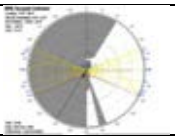
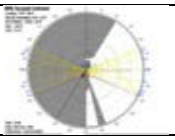
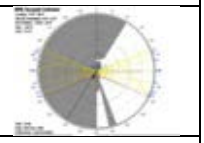
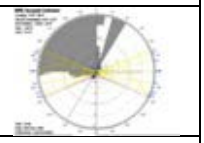
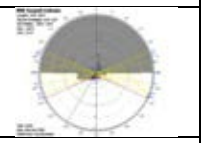
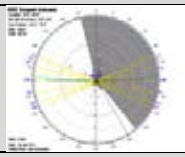
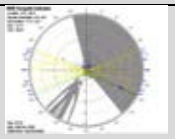
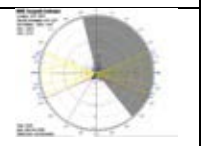
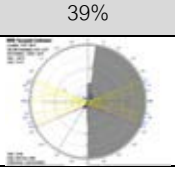
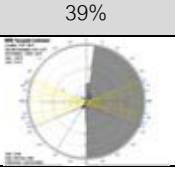
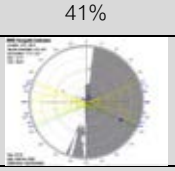
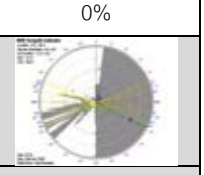
ตารางที่ 4-7 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ (ต่อ)	NW				
		0%	0%	6%	8%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		4%	0%	0%	0%
	E				
		4%	0%	0%	0%
	SE				
		17%	18%	5%	0%
	S				
		21%	40%	20%	0%
	SW				
		1%	7%	24%	0%
	W				
		0%	0%	9%	50%

ตารางที่ 4-8 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม

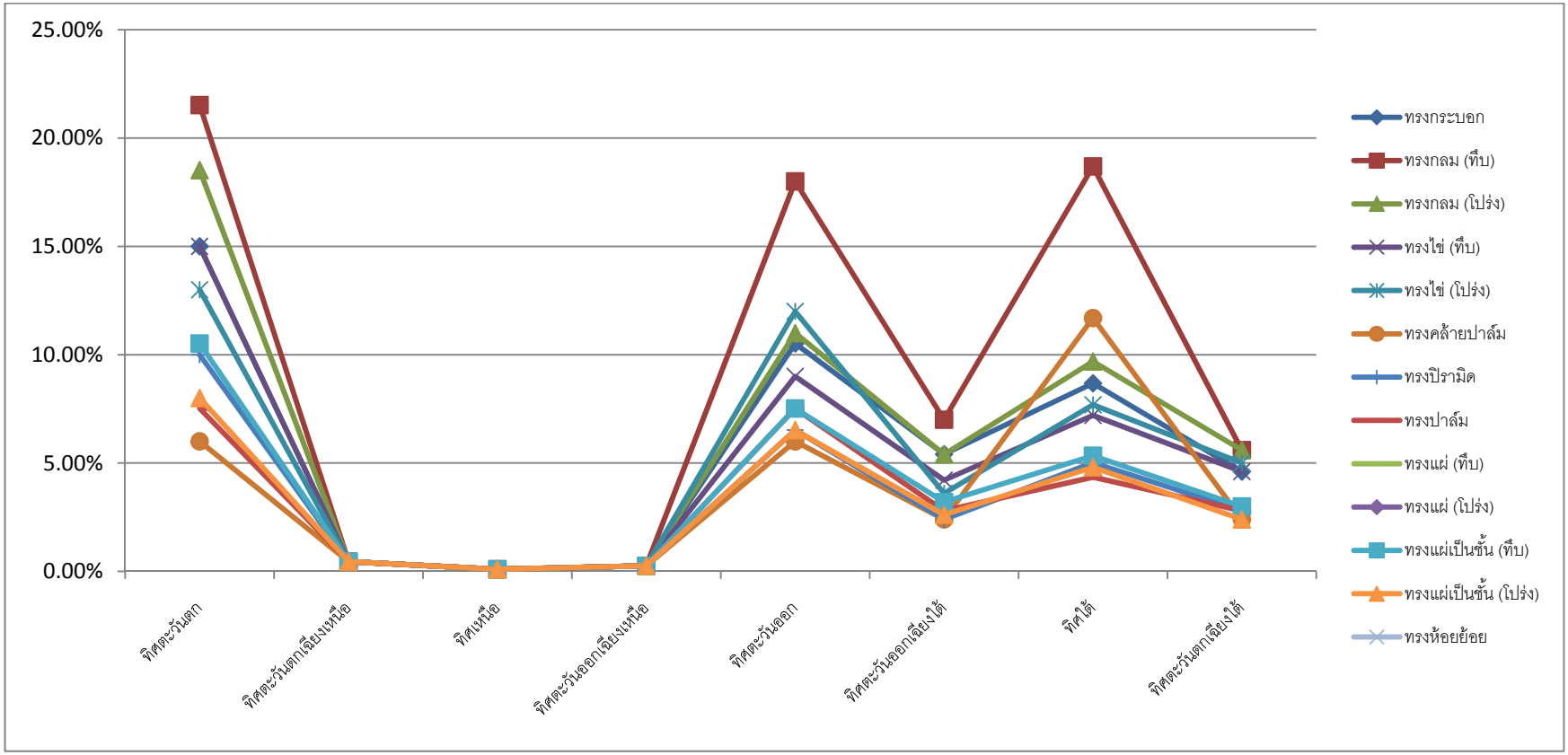
รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ปาล์ม	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	29%
	E				
		0%	0%	0%	64%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

ตารางที่ 4-8 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม (ต่อ)	NW				
		0%	0%	27%	28%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		27%	0%	0%	0%
	E				
		62%	0%	0%	0%
	SE				
		31%	31%	29%	0%
	S				
		52%	53%	53%	0%
	SW				
		39%	39%	41%	0%
	W				
		0%	0%	51%	54%

จากการทดลองกับรูปทรงทั้งหมด 11 รูปทรง ยกเว้นรูปทรงแผ่-ทึบ รูปทรงแผ่-โปร่ง และห้อยย้อย จะสรุปเป็นแผนภูมิของสัดส่วนร้อยละของพื้นที่เงาของรูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคารได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 4-3 แสดงผลจากการทดลองค่าร้อยละของเงาของต้นไม้รูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคาร (บ้านเดี่ยวสองชั้น รูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร)

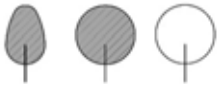


จากการทดลอง (ตารางที่ 4-7 ถึง 4-8) จากตัวอย่างข้อมูลในข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นทรงเป็นมวล(Mass) ในแบบบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตรจะให้ผลในการให้พื้นที่เงาที่ดีกว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นแบบ กิ่งใบเช่นรูปทรงคล้ายปาล์มและรูปทรงปาล์มเหมือนลักษะเดียวกับ ในแบบบ้านเดียวชั้นเดียวรูปแบบ A

จากแผนภูมิที่ 4-3 จะพบว่าทิศทางในการปลูกต้นไม้ใหญ่ในแบบบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ในแบบบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร ที่มีพื้นตั้งบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ทิศทางที่ไม่มีผลในการให้ร่มเงาแก่ตัวอาคารได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนทิศให้การปลูกต้นไม้ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการให้พื้นที่เงา ทั้งหมด 6 ทิศ ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก โดยจากตารางทั้งหมดผู้วิจัยจึงทำการหาค่าเฉลี่ยค่าของพื้นที่เงาในแต่ละทิศของการปลูกรอบบริเวณอาคารได้ดังนี้

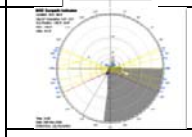
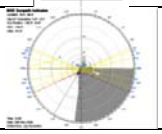
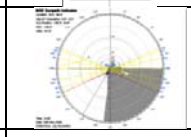
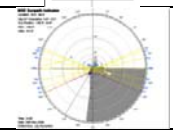
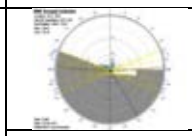
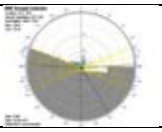
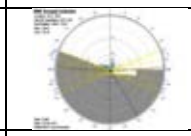
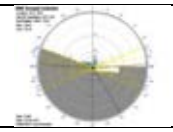
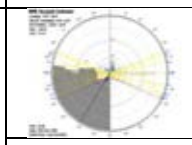
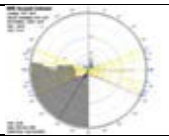
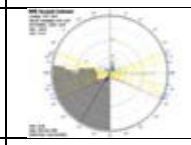
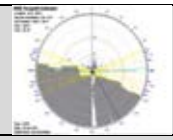
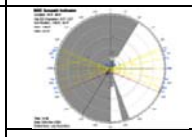
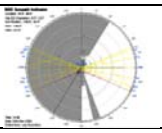
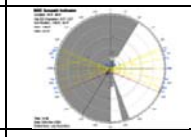
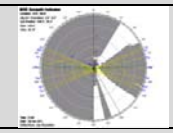
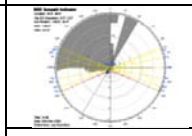
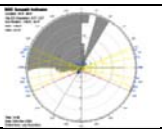
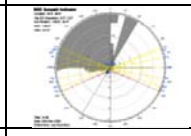
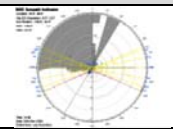
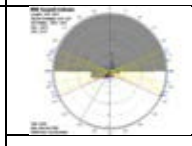
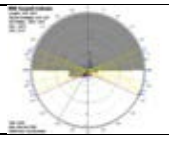
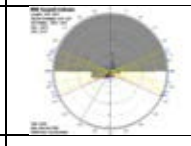
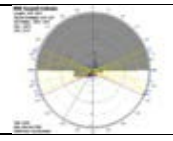
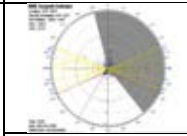
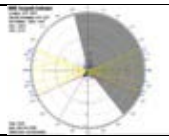
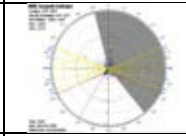
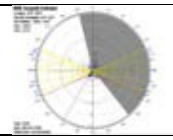
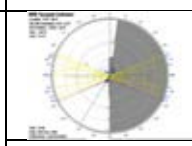
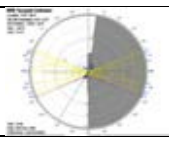
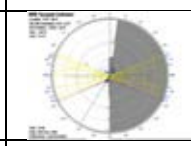
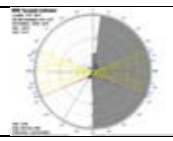
ทิศในการปลูกต้นไม้ที่ให้ผลของพื้นที่เงาที่มีผลมากกว่า 15 % คือ ทิศตะวันตก ทิศใต้ และทิศตะวันออก ส่วน ทิศในการปลูกต้นไม้น้อยกว่า 15% คือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ รูปทรงที่ให้ผลในแต่ละทิศที่มีพื้นที่เงามากกว่า 15 % ได้แก่ทิศตะวันตก คือ รูปทรงกลม-ทึบ รูปทรงกลม-โปร่ง รูปทรงไข่-ทึบ ทิศตะวันออก คือ รูปทรงกลม-ทึบ และ ทิศใต้ คือ รูปทรงกลม-ทึบ เช่นกัน

ตารางที่ 4-9 ตารางสรุปพื้นที่เงาในการทดลองบ้านเดี่ยวสองชั้น รูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร

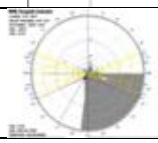
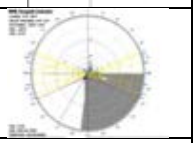
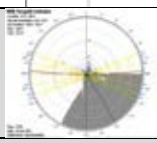
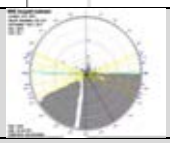
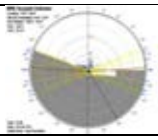
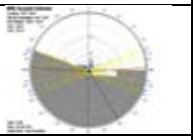
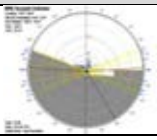
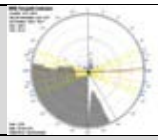
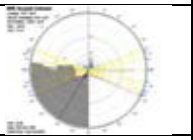
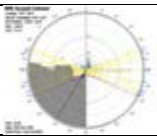
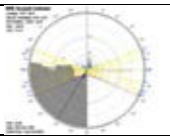
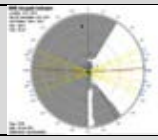
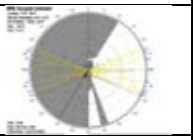
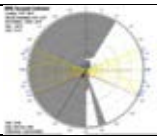
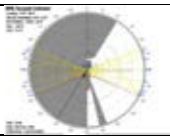
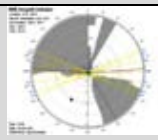
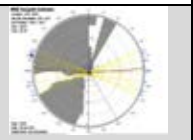
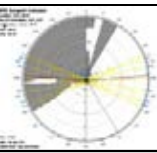
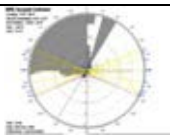
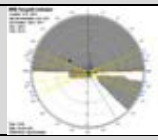
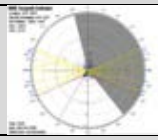
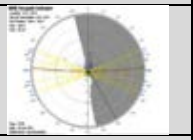
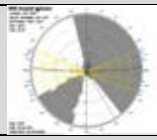
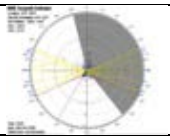
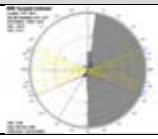
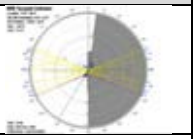
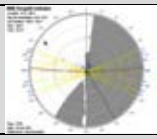
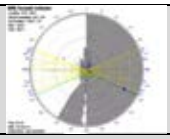
พื้นที่เงามากกว่า 15%		**พื้นที่เงาน้อยกว่า 15%**	**ไม่มีพื้นที่เงาของต้นไม้ใหญ่**
ทิศ	รูปแบบ	ทิศ	ทิศ
ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงเหนือ ,เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ
ตะวันออก			
ใต้			

4.4 ผลการทดลองในแบบจำลองบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างอาคาร 5 เมตร

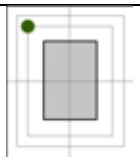
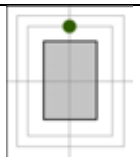
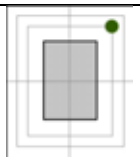
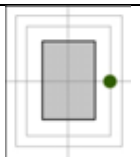
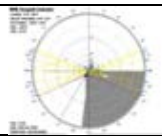
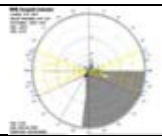
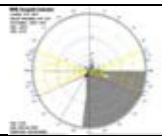
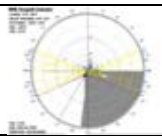
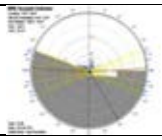
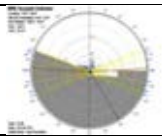
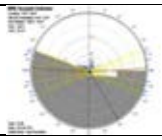
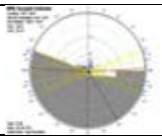
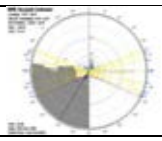
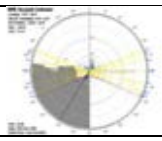
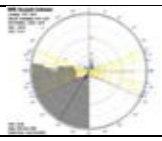
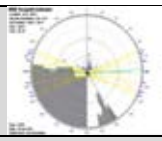
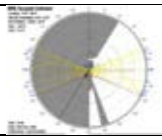
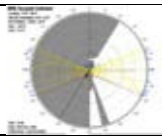
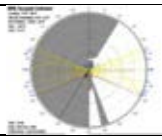
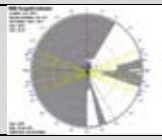
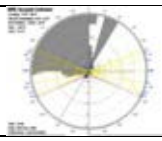
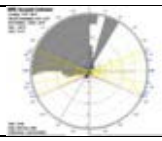
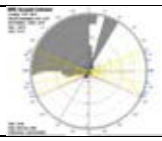
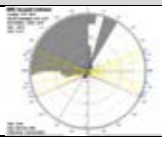
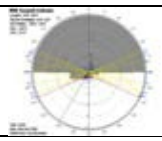
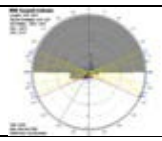
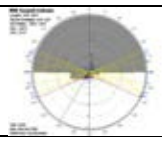
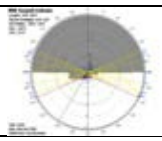
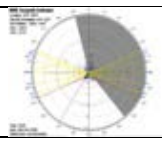
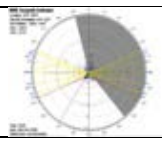
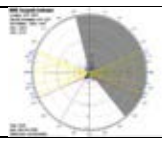
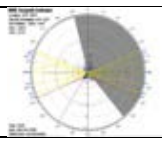
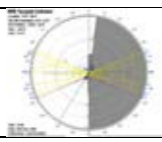
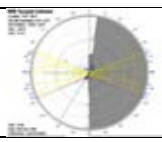
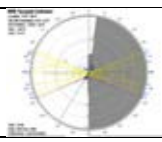
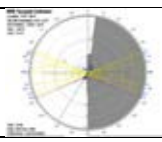
ตารางที่ 4-10 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	45%
	E				
		0%	0%	0%	78%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

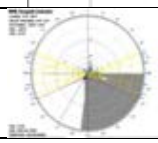
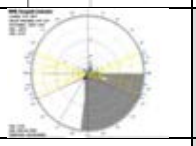
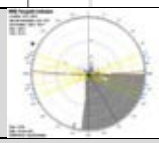
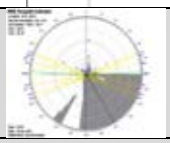
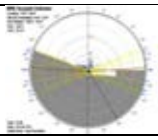
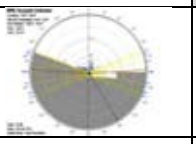
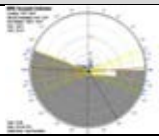
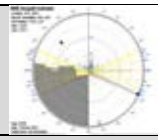
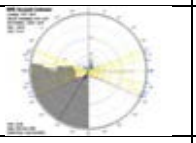
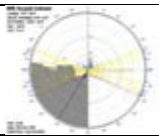
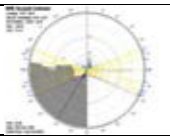
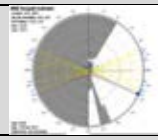
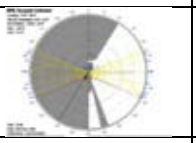
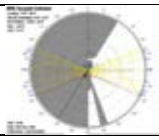
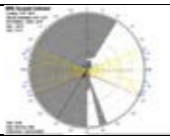
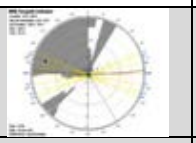
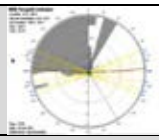
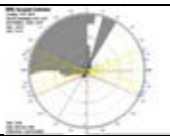
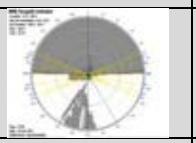
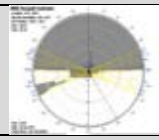
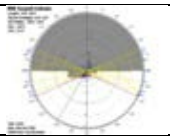
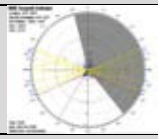
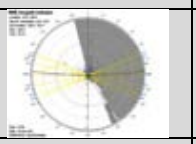
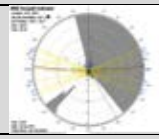
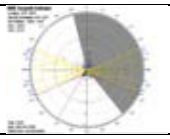
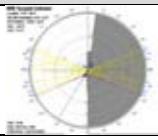
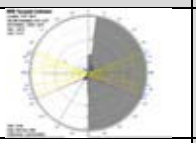
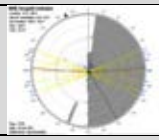
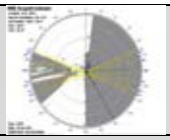
ตารางที่ 4-10 ตารางการทดลองรูปทรงกลม-ทึบ(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ทรงกลมทึบ (ต่อ)	NW				
		0%	0%	32%	41%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		31%	0%	0%	0%
	E				
		65%	0%	0%	0%
	SE				
		48%	46%	33%	0%
	S				
		61%	70%	58%	0%
	SW				
		39%	50%	53%	0%
	W				
		0%	0%	56%	54%

ตารางที่ 4-11 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม

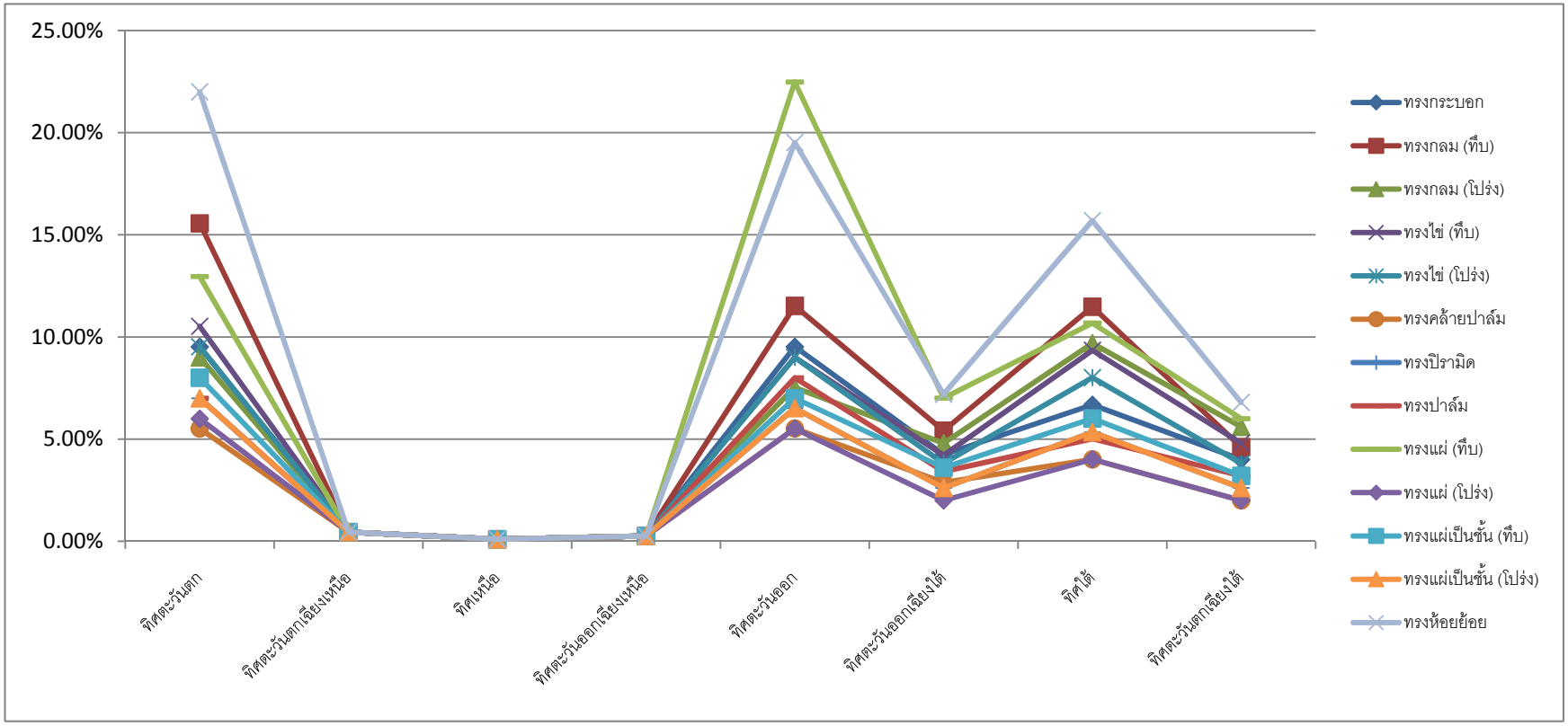
รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
ปาล์ม	NW				
		0%	0%	0%	0%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		0%	0%	0%	28%
	E				
		0%	0%	0%	63%
	SE				
		0%	0%	0%	0%
	S				
		0%	0%	0%	0%
	SW				
		0%	0%	0%	0%
	W				
		0%	0%	0%	0%

ตารางที่ 4-11 ตารางการทดลองรูปทรงคล้ายปาล์ม(ต่อ)

รูปทรง	ตำแหน่งปลูก				
คล้ายปาล์ม (ต่อ)	NW				
		0%	0%	26%	27%
	N				
		0%	0%	0%	0%
	NE				
		26%	0%	0%	0%
	E				
		64%	0%	0%	0%
	SE				
		33%	31%	29%	0%
	S				
		53%	56%	52%	0%
	SW				
		39%	40%	40%	0%
	W				
		0%	0%	49%	58%

จากการทดลองกับรูปทรงทั้งหมด 14 รูปทรง จะสรุปเป็นแผนภูมิของสัดส่วนร้อยละของพื้นที่เงาของรูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคารได้ดังนี้

แผนภูมิที่ 4-4 แสดงผลจากการทดลองค่าร้อยละของเงาของต้นไม้รูปทรงต่างๆตามตำแหน่งในการทดลองทั้ง 8 ทิศรอบอาคาร (บ้านเดี่ยวสองชั้น รูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 5 เมตร)



จากการทดลอง (ตารางที่ 4-10 ถึง 4-11) จากตัวอย่างข้อมูลในข้างต้นจะเห็นได้ว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นทรงเป็นมวล(Mass) ในแบบบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร จะให้ผลในการให้พื้นที่เงาที่ดีกว่ารูปทรงพุ่มที่เป็นแบบ กิ่งใบเช่นรูปทรงคล้ายปาล์มและรูปทรงปาล์มเช่นเดียวกับการทดลอง) ในแบบบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร

จากแผนภูมิที่ 4-4 จะพบว่าทิศทางในการปลูกต้นไม้ใหญ่ในแบบบ้านประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน ในแบบบ้านสองเดี่ยวชั้นรูปแบบ C โดยมีระยะการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร ที่มีพื้นตั้งบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ทิศทางที่ไม่มีผลในการให้ร่มเงาแก่ตัวอาคารได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนทิศให้การปลูกต้นไม้ที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพในการให้พื้นที่เงา ทั้งหมด 6 ทิศ ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก โดยจากตารางทั้งหมดผู้วิจัยจึงทำการหาค่าเฉลี่ยค่าของพื้นที่เงาในแต่ละทิศของการปลูกรอบบริเวณอาคารได้ดังนี้

ทิศในการปลูกต้นไม้ที่ให้ผลของพื้นที่เงาที่มีผลมากกว่า 15 % คือ ทิศตะวันออก ทิศใต้ และ ทิศตะวันตก รูปทรงที่ให้ผลในแต่ละทิศที่มีพื้นที่เงามากกว่า 15 % ได้แก่ทิศตะวันตก คือ รูปทรงกลม-ทึบ รูปทรงห้อยย้อย ทิศตะวันออก คือ รูปทรงแผ่-ทึบ รูปทรงห้อยย้อย และทิศใต้ คือ รูปทรงห้อยย้อย

ตารางที่ 4-12 ตารางสรุปพื้นที่เงาในการทดลองบ้านเดี่ยวสองชั้น รูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 5 เมตร

พื้นที่เงามากกว่า 15%		**พื้นที่เงาน้อยกว่า 15%**	**ไม่มีพื้นที่เงาของต้นไม้ใหญ่**
ทิศ	รูปแบบ	ทิศ	ทิศ
ตะวันตก		ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงใต้	ตะวันตกเฉียงเหนือ ,เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ
ตะวันออก			
ใต้			

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองในบทที่ผ่านมา สามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 5-1 ตารางสรุปสามอันดับพื้นที่เงาที่เกิดจากการปลูกต้นไม้รูปทรงต่างๆ แยกตามทิศในการทดลองกับ รูปแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่าง 3 เมตร

ทิศตะวันตก		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันออกเฉียงใต้		ทิศใต้		ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	25.20%		16.03%		8.05%		17.03%		9.80%
	12.01%		11.00%		4.88%		13.35%		6.20%
	11.56%		10.02%		5.80%		11.35%		6.01%

จากตารางที่ 5-1 พบว่ารูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในทิศตะวันตกที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร ได้แก่ ทรงกลม- ทึบ ทรงไข่- ทึบ และทรงไข่- โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 25.20 ร้อย 12.01 และร้อยละ 11.56 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออก ได้แก่ ทรงกลม- ทึบ ทรงไข่- ทึบ และทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือร้อยละ 16.03 ร้อยละ 11.00 และร้อยละ 10.02 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงไข่-โปร่ง ทรงไข่-ทึบ และ ทรงกลม-ทึบ ทรงกลม-โปร่ง ซึ่งมีค่าเท่ากัน โดย โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 8.05 ร้อยละ 4.88 และร้อยละ 5.80 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศใต้ ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ และ ทรงไข่-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 17.03 ร้อยละ 13.35 และร้อยละ 11.35 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่งและ ทรงไข่-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 9.80 ร้อยละ 6.20 และร้อยละ 6.01 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-2 ตารางสรุปสามอันดับพื้นที่เงาที่เกิดจากการปลูกต้นไม้รูปทรงต่างๆ แยกตามทิศในการทดลองกับ รูปแบบบ้านเดี่ยวชั้นเดียวรูปแบบ A โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่าง 5 เมตร

ทิศตะวันตก		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันออกเฉียงใต้		ทิศใต้		ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	28.03%		19.52%		11.20%		23.04%		10.40%
	24.05%		18.52%		10.80%		20.69%		9.00%
	16.52%		16.02%		2.63%		16.02%		8.02%

จากตารางที่ 5-2 พบว่ารูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในทิศตะวันตกที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 5 เมตร ได้แก่ ทรงแผ่-ทึบ ทรงห้อยย้อย และทรงกลม-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 28.03 ร้อยละ 24.05 และร้อยละ 16.52 ตามลำดับ

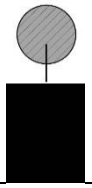
รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออก ได้แก่ ทรงแผ่-ทึบ ทรงห้อยย้อย และทรงกลม -โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือร้อยละ 19.52 ร้อยละ 18.52 และร้อยละ 16.02 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงแผ่-ทึบ ทรงห้อยย้อย และทรงแผ่เป็นชั้น-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 11.20 ร้อยละ 10.80 และร้อยละ 2.63 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศใต้ ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงแผ่-ทึบ และ ทรงกลม-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 23.04 ร้อยละ 20.69 และร้อยละ 16.02 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงแผ่-ทึบ และ ทรงกลม-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 10.40 ร้อยละ 9.00 และร้อยละ 8.02 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-3 ตารางสรุปสามอันดับพื้นที่เงาที่เกิดจากการปลูกต้นไม้รูปทรงต่างๆ แยกตามทิศในการทดลองกับ รูปแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่าง 3 เมตร

ทิศตะวันตก		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันออกเฉียงใต้		ทิศใต้		ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	21.52%		18.02%		7.02%		18.69%		5.60%
	15.00%		12.00%		5.41%		11.69%		5.00%
	13.02%		11.07%		5.40%		9.69%		4.61%

จากตารางที่ 5-3 พบว่ารูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในทิศตะวันตกที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงไข่-ทึบ และทรงไข่-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 21.52 ร้อยละ 15.00 และร้อยละ 13.02 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออก ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงไข่-โปร่ง และทรงกลม -โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือร้อยละ 18.02 ร้อยละ 12.00 และร้อยละ 11.07 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงกระบอก และทรงกลม-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 7.02 ร้อยละ 5.41 และร้อยละ 5.40 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศใต้ ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงคล้ายปาล์ม และ ทรงกลม-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงาคือ ร้อยละ 18.69 ร้อยละ 11.69 และร้อยละ 9.69 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงกลม-โปร่ง ซึ่งมีค่าเท่ากัน ทรงไข่-โปร่ง และสุดท้ายคือ ทรงกระบอก และ ทรงไข่ทึบ ซึ่งมีค่าเท่ากัน โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของการตกกระทบคือ ร้อยละ 5.60 ร้อยละ 5.00 และร้อยละ 4.61 ตามลำดับ

ตารางที่ 5-4 ตารางสรุปสามอันดับพื้นที่เงาที่เกิดจากการปลูกต้นไม้รูปทรงต่างๆ แยกตามทิศในการทดลองกับ รูปแบบบ้านเดี่ยว 2 ชั้นรูปแบบ C โดยการปลูกต้นไม้ใหญ่ที่มีระยะห่าง 5 เมตร

ทิศตะวันตก		ทิศตะวันออก		ทิศตะวันออกเฉียงใต้		ทิศใต้		ทิศตะวันตกเฉียงใต้	
	22.00%		22.48%		7.20%		15.70%		6.80%
	15.56%		19.52%		7.01%		11.48%		6.00%
	12.96%		11.52%		5.41%		10.68%		5.60%

จากตารางที่ 5-4 พบว่ารูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในทิศตะวันตกที่มีระยะห่างจากตัวบ้าน 3 เมตร ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงกลม-ทึบ และทรงแผ่-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 22.00 ร้อยละ 15.56 และร้อยละ 12.96 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออก ได้แก่ ทรงแผ่-ทึบ ทรงห้อยย้อย และทรงกลม-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือร้อยละ 22.48 ร้อยละ 19.52 และร้อยละ 11.52 ตามลำดับ

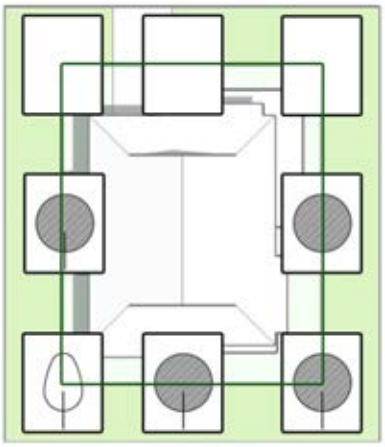
รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงแผ่-ทึบ และ ทรงกลม-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 7.20 ร้อยละ 7.01 และร้อยละ 5.41 ตามลำดับ

รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศใต้ ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงกลม-ทึบ และทรงแผ่-ทึบ โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 15.70 ร้อยละ 11.48 และร้อยละ 10.68 ตามลำดับ

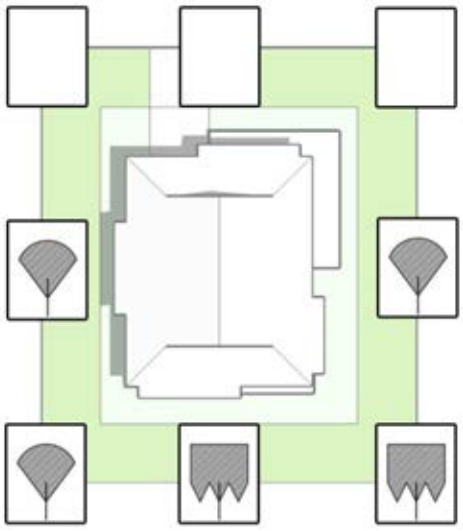
รูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะสมสำหรับทิศตะวันตกเฉียงใต้ ได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงแผ่-ทึบ และทรงกลม-โปร่ง โดยต่อ 1 ปี มีร้อยละของพื้นที่เงา คือ ร้อยละ 6.80 ร้อยละ 5.00 และร้อยละ 5.60 ตามลำดับ

จากตารางที่ 5-1 และตารางที่ 5-2 สามารถอธิบายได้ว่า ทิศที่เหมาะแก่การปลูกต้นไม้เพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคารบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก ซึ่งทั้ง 5 ทิศนี้สามารถลดพลังงานได้มากกว่าใน ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยรูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะแก่การปลูกในดังกล่าวตำแหน่งที่มีระยะห่างจากอาคาร 3 เมตรได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงกลม-โปร่ง ทรงไข่-ทึบ ทรงไข่-โปร่ง ทรงแผ่เป็นชั้น-ทึบ และทรงแผ่เป็นชั้นโปร่ง (ตารางที่ 1) โดยในแต่ละทิศรูปทรงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ ทิศตะวันตก คือทรงกลม-ทึบ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ คือ ทรงไข่-โปร่ง ทิศใต้ คือ ทรงกลม-ทึบ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ คือ ทรงกลม-ทึบ และ ทิศตะวันออก คือ ทรงกลม-ทึบ (ภาพที่ 5-1)

ส่วนตำแหน่งการปลูกต้นไม้ที่ระยะห่างจากอาคาร 5 เมตร รูปทรงที่เหมาะสมได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงกลม-ทึบ ทรงแผ่-ทึบ แผ่เป็นชั้น-โปร่ง และ ทรงกลม-โปร่ง (ตารางที่ 5-2) โดยในแต่ละทิศ รูปทรงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ ทิศตะวันตก คือ ทรงแผ่-ทึบ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ คือ ทรงแผ่-ทึบ ทิศใต้ คือทรงห้อยย้อย ทิศตะวันออกเฉียงใต้ คือ ทรงห้อยย้อย และ ทิศตะวันออก คือ ทรงแผ่-ทึบ (ภาพที่ 5-2)



ภาพที่ 5-1 แสดงรูปทรงต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพของพื้นที่เงาสูงสุดในบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A ระยะห่างการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร

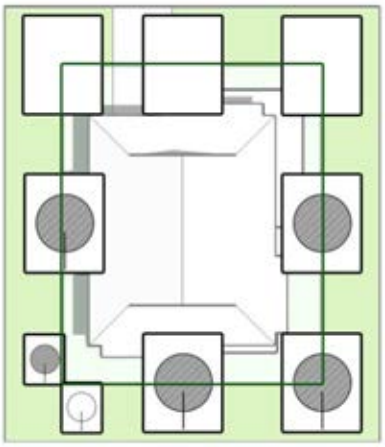


ภาพที่ 5-2 แสดงรูปทรงต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพของพื้นที่เงาสูงสุดในบ้านชั้นเดียวรูปแบบ A ระยะห่างการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร

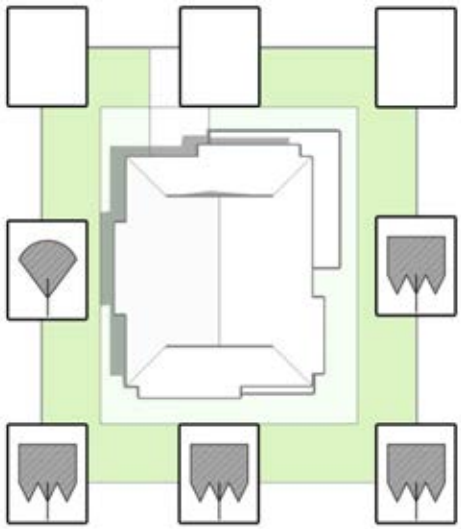
จากตารางที่ 5-3 และตารางที่ 5-4 สามารถอธิบายได้ว่า ทิศที่เหมาะแก่การปลูกต้นไม้เพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร สองชั้นรูปแบบ C ได้แก่ ทิศตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันตก ซึ่งทั้ง 5 ทิศนี้สามารถลดพลังงานได้มากกว่าใน ทิศ

ตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ โดยรูปทรงของต้นไม้ที่เหมาะแก่การปลูกในตำแหน่งที่มีระยะห่างจากอาคาร 3 เมตรได้แก่ ทรงกลม-ทึบ ทรงกลม-โปร่ง ทรงไข่-ทึบ ทรงคล้ายปาล์ม และทรงกระบอก (ตารางที่ 5-3) โดยในแต่ละทิศ รูปทรงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ ทิศตะวันตก คือ ทรงกลม-ทึบ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ คือ ทรงกลม-ทึบ และทรงกลม-โปร่ง ทิศใต้ คือ ทรงกลม-ทึบ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ คือ ทรงกลม-ทึบ และ ทิศตะวันออก คือ ทรงกลม-ทึบ (ภาพที่ 5-3)

ส่วนตำแหน่งการปลูกต้นไม้ที่ระยะห่างจากอาคาร 5 เมตร รูปทรงที่เหมาะสมได้แก่ ทรงห้อยย้อย ทรงกลม-ทึบ ทรงกลม-โปร่ง และ ทรงแผ่-ทึบ (ตารางที่ 4) โดยในแต่ละทิศ รูปทรงที่มีประสิทธิภาพสูงสุดได้แก่ ทิศตะวันตก คือ ทรงแผ่-ทึบ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ คือ ทรงห้อยย้อย ทิศใต้ คือ ทรงห้อยย้อย ทิศตะวันออกเฉียงใต้ คือ ทรงห้อยย้อย และ ทิศตะวันออก คือ ทรงห้อยย้อย (ภาพที่ 5-4)



ภาพที่ 5-3 แสดงรูปทรงต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพของพื้นที่เงาสูงสุดในบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C ระยะห่างการปลูกห่างจากอาคาร 3 เมตร



ภาพที่ 5-3 แสดงรูปทรงต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพของพื้นที่เงาสูงสุดในบ้านเดี่ยวสองชั้นรูปแบบ C ระยะห่างการปลูกห่างจากอาคาร 5 เมตร

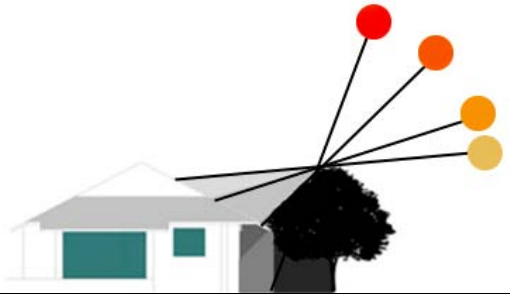
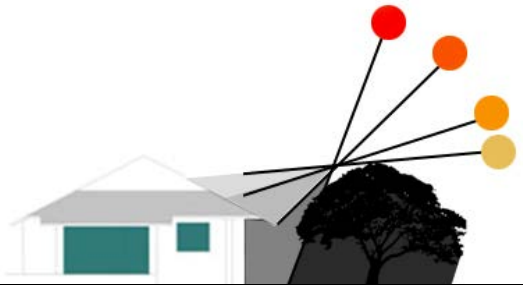
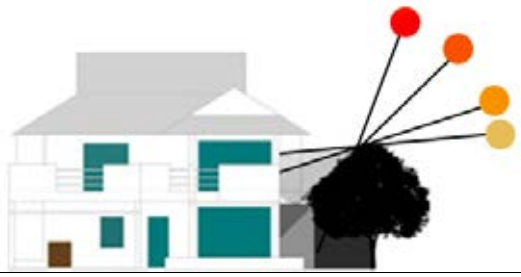
จากการสรุปจากภาพดังกล่าว (ภาพที่ 5-1 ถึง 5-4) สามารถสรุปต้นไม้ในแต่ละรูปแบบการทดลองได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5-5 แสดงภาพสรุปรูปทรงที่ให้ประสิทธิภาพสูงในการให้ร่มเงาแก่ผนังอาคารของบ้านทั้ง 2 แบบ

สัญลักษณ์

ช่วงเวลา

- 7.00-9.00 น. และ 16.00-18.00 น.
- 9.00-10.00 น. และ 15.00-16.00 น.
- 10.00-11.00 น. และ 14.00-15.00น.
- 11.00-14.00 น.

	
รูปทรงกลม-ทึบระยะห่าง 3 เมตร กับ บ้านชั้นเดียว แบบ A	รูปทรงแผ่-ทึบระยะห่าง 5 เมตร กับ บ้านชั้นเดียว แบบ A
	
รูปทรงกลม-ทึบระยะห่าง 3 เมตร กับ บ้านสองชั้น แบบ C	รูปทรงแผ่-ทึบระยะห่าง 5 เมตร กับ บ้านสองชั้น แบบ C

จากบทสรุปสอดคล้องกับงานวิจัยของ ที่อัจฉรี เหมสันต์ (2551) ที่บอกว่า พื้นที่ที่แดดรับแดดมากได้แก่ ทิศใต้ ตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันตก และทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ซึ่งต้องการร่มเงาใน

ลดความแรงของแสงเข้าสู่ตัวอาคาร สร้างร่มเงาให้กับพัดลมเครื่องปรับอากาศ ทำให้อากาศเย็นสบาย ประหยัดพลังงาน

ซึ่งทำให้ทราบต่อไปว่า ต้นไม้ที่มีทรงพุ่มที่กว้างและทึบจะช่วยให้ร่มเงาที่ดีกว่า จากการศึกษาเรื่อง ต้นไม้สามารถควบคุมการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ ของ ธีรศักดิ์ สิงห์ปรีชา(2546) ที่บอกว่าต้นไม้ที่มีความหนาแน่นมากจะช่วยที่มีใบหนาแน่นมากจะสามารถดูดซับแสงได้ จึงทำให้เห็นว่าจากงานวิจัยที่ต้นไม้ที่ให้ค่าของพื้นที่เงาที่มากกว่าจะเป็นต้นไม้ที่มีรูปทรงพุ่มที่ทึบและมีขนาดกว้าง จะช่วยลดผลกระทบที่แสงเกิดกับผนังอาคารได้มากกว่าทรงที่แคบและทรงที่โปร่ง จึงทำให้ทรงพุ่มดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กาญจนา สิริภัทรวณิช (2541) ที่ได้ทดลองการใช้ร่มเงาของต้นจามจุรีและต้นพิกุลในการบังเงาให้อาคาร สามารถลดค่าพลังงานในอาคารแต่ละเดือนได้ 13.85% และ 15.68% ต่อปี ตามลำดับ

จากการศึกษาการเลือกทิศในการปลูกต้นไม้นั้น พบว่า ทิศทางที่เหมาะสมในการปลูกต้นไม้ที่ดีควรปลูกในทางทิศใต้เรื่อยไปจนถึงทิศตะวันตก ทั้งนี้เพราะดวงอาทิตย์เคลื่อนที่อ้อมทางทิศใต้เป็นเวลานานถึง 9 เดือน (เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนตุลาคม) การปลูกต้นไม้ที่ดีจะช่วยบังแสงแดดที่ส่องกระทบผนังบ้านหรือที่ส่องผ่านหน้าต่างเข้าไปในพื้นที่ใช้สอยช่วยป้องกันความร้อนเข้าสู่ตัวบ้านทำให้เกิดการลดใช้พลังงานจากเครื่องใช้ไฟฟ้า (Gary O. Robinette, 1983) แต่จากการศึกษาในงานวิทยานิพนธ์นี้ผลของการทดลองทำให้ทราบถึงการที่จะปลูกต้นไม้เพื่อให้ลดการใช้พลังงานในภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับแล้ง จากกรณีศึกษาคือจังหวัดเชียงใหม่นั้นสามารถปลูกต้นไม้ได้ตั้งแต่ทิศ ตะวันออก ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และ ทิศตะวันตก เพราะจากสภาพทิศการตั้งฉากของในประเทศไทยและต่างประเทศไม่เหมือนกัน

อย่างไรก็ตามต้นไม้ที่มีประสิทธิภาพในการให้พื้นที่เงาจะอยู่ในกลุ่มของต้นไม้ที่มีความทึบมาก และทึบปานกลาง ส่วนทิศที่ไม่มีผลการทดลองอาจจะใช้ต้นไม้ที่มีความทึบปานกลางหรือทึบน้อยเพื่อลดผลกระทบจากสภาพแสงแดด และปรับปรุงสภาพอากาศในด้านเป็นช่องลมเพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีแก่อาคาร

ต้นไม้ทรงกลมที่มีพุ่มทึบที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ส่วนใหญ่ได้แก่ กระถินณรงค์ กระทิง ขี้เหล็ก ชงโค ตีนเป็ดน้ำ นนทรี พิกุล มะขาม มะม่วง โสกเหลือง หลิวทอง และยังรวมถึงต้นไม้พื้นถิ่นของจังหวัดเชียงใหม่ เช่น ติ้วม่อน มะม่วงป่า ซึ่งเป็นไม้ไม่ผลัดใบจะสามารถให้ร่มเงาได้ตลอดปี ส่วนการเลือกใช้ไม้ผลัดใบในทางการออกแบบด้านภูมิสถาปัตยกรรมสามารถเลือกได้ว่าจะให้อาคารรับแดดในด้านไหนในช่วงฤดูหนาวจาก จังหวัดเชียงใหม่ เช่น การออกแบบให้อาคารที่ต้องการรับแดดในช่วงเช้าในฤดูหนาวเพื่อประหยัดพลังงานของเครื่องทำความร้อนภายในอาคาร สามารถเลือกใช้ไม้ผลัดใบในการปลูกในทิศตะวันออก และตะวันออกเฉียงใต้ เพราะไม้ผลัดใบส่วนใหญ่จะใบร่วงในช่วงฤดูการปลูกในทิศทางดังกล่าวในฤดูหนาวอาคารนี้ก็จะได้รับแสงแดดในช่วงเช้าตามความต้องการในการออกแบบ โดยต้นไม้ทรงกลมที่มีพุ่มทึบที่ผลัดใบในอุตสาหกรรมภูมิทัศน์ได้แก่ กระพี้จั่น กุ่มบก ทองกวาว ราชพฤกษ์ สุพรรณิการ์ อินทนิลน้ำ เป็นต้น

อย่างไรก็ตามการเลือกรูปทรงของต้นไม้ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญเช่นกันเพราะรูปทรงของต้นไม้ที่ต่างกันก็ให้ผลลัพธ์ที่ต่างกัน เนื่องจากต้นไม้มีลักษณะทรงพุ่มที่หลากหลาย และยังมีความกว้างของรัศมีทรงพุ่มที่ต่างกันในแต่ละชนิด การให้ร่มเงาของต้นไม้แก่บ้านพักอาศัยจึงมีความแตกต่างกันทำให้การใช้พลังงานในบ้านมีความต่างกันเช่นกัน นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆเช่น ตำแหน่งที่ปลูก การตัดแต่ง และความทึบ-โปร่งของทรงพุ่ม การผลัดใบของต้นไม้บางชนิดมีผลเสียในด้านการดูแลรักษา การเลือกชนิดต้นไม้ที่ดีจะช่วยสร้างบรรยากาศที่ดีแก่บ้านพักอาศัยในด้านงานภูมิทัศน์ ทั้งเรื่องความสวยงามของสีสัน และกลิ่นหอมของต้นไม้บางชนิดในแต่ละฤดูกาล

บทที่ 6

ข้อเสนอแนะและแนวทางการศึกษาในระดับต่อไป

งานวิจัยในครั้งนี้ข้อมูลในการทดลองทั้งหมดเกิดจากโปรแกรมจำลองสถานการณ์เสมือนจริงด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. อาจจะปัญหาในเรื่องความเสียหายและอันตรายที่จะเกิดจากการที่ปลูกที่ใกล้เกินไปจากระยะการปลูกที่ 3 เมตรและ 5 เมตรซึ่งเป็นระยะที่ผู้วิจัยได้ศึกษาว่าเป็นระยะต่ำสุดของแต่ละรูปทรงเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายแก่การใช้

2. เนื่องจากการทดลองได้กำหนดส่วนสูงไว้ที่ 5 เมตร จากพื้นดินถึงส่วนยอด จึงไม่ได้คำนึงถึงอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้บางชนิด ที่อาจจะมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็วจะยากแก่การควบคุม อาจส่งผลกระทบต่อโครงสร้างของอาคารเช่นกัน

3. จากผลวิจัย ทิศที่ต้นไม้มีประสิทธิภาพในการให้ร่มเงาแกอาคาร คือ ทิศตะวันตก ตะวันตกเฉียงใต้ ทิศใต้ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ และทิศตะวันออก ลมประจำทิศของภูมิอากาศแบบร้อนชื้นนั้น จะพัดผ่านในทิศตะวันตกเฉียงใต้ การนำต้นไม้ที่มีทรงพุ่มที่ทึบจนเกินไป อาจส่งผลต่อการพัดผ่านของลม ที่จะช่วยให้อากาศในอาคารได้ถ่ายเท การเลือกต้นไม้ควรคำนึงถึงเรื่องดังกล่าว

4. จากผลวิจัย ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศเหนือ และ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นทิศที่ต้นไม้ไม่มีประสิทธิภาพในการให้ร่มเงา แต่สามารถปลูกเพื่อความสวยงามและหรือเพื่อลดแสงสะท้อนจากภายนอกเพื่อลดมลพิษทางสายตา และยังสามารถปลูกเพื่อลดมลพิษจากฝุ่นละอองภายนอกได้เช่นกัน

ส่วนในแนวทางการศึกษา ในระดับต่อไปนั้นควรมีการศึกษาจากต้นไม้จริงกับอาคารที่สร้างเสร็จด้วยเครื่องมือที่สามารถวัดอุณหภูมิที่เกิดขึ้น จากผนังอาคารที่มีพื้นที่เงาของต้นไม้ในทิศเดียวกันกับการทดลอง และควรมีการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม นอกเหนือจากพื้นที่กรณีศึกษาจากในงานวิจัยชิ้นนี้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กาญจนา สิริภัทรวณิช. การใช้ต้นไม้ใหญ่ในการปรับแต่งสภาพแวดล้อมเพื่อลดการใช้พลังงานภายในอาคาร, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน (Design of energy-efficient build). กรุงเทพมหานคร : บริษัท อัมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), 2539,

ธีรศักดิ์ สิงห์ปรีชา. การลดความร้อนภายนอกอาคารโดยใช้สวนขนาดเล็ก: กรณีศึกษาอาคารพักอาศัยประเภททาวน์เฮาส์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ปรัศนี เมฆศรีสวัสดิ์. การออกแบบบ้านประหยัดพลังงานที่ใช้ธรรมชาติร่วมกับระบบปรับอากาศ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2548.

มนตรี ตั้งศิริมงคล. ลักษณะขององค์ประกอบภูมิทัศน์เมืองที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศบริเวณถนน:กรณีศึกษา ถนนเจริญราษฎร์, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

วิกิพีเดีย. การป่าไม้ในเมือง. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://th.wikipedia.org/wiki/การป่าไม้ในเมือง [14 มิ.ย. 2554]

สุดสวาสดิ์ ศรีสถาปัตย์. การออกแบบวัสดุพืชพันธุ์และการประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.

สุดสวาท ศรีสถาปัตย์. การออกแบบวัสดุพืชพันธ์และการประหยัดพลังงาน (Planning Design and Energy Conservation). กรุงเทพมหาคร : บริษัทด่านสุทธาการพิมพ์, 2545.

สุนทร บุญญาธิการ. เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

สมจิตร โยธะคง. วัสดุพืชพรรณในการจัดภูมิทัศน์ (Plan Materials in the Landscaping). กรุงเทพมหานคร : บริษัททวงตะวัน จำกัด, 2540.

สำนักสิ่งแวดล้อม. คลายร้อนให้โลก(ที่)รัก. [ออนไลน์]. 2552 แหล่งที่มา: http://203.155.220.174/pdf/cmcSingleManual.pdf [15 มิ.ย. 2554]

วันเพ็ญ เจริญตระกูลปิติ, อิทธิพลของสิ่งปกคลุมดินที่มีผลต่ออุณหภูมิในบรรยากาศกรุงเทพมหานคร. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีที่ 8 ฉบับที่1 : 1-18.

อัจฉรี เหมสันต์. ภูมิทัศน์เคหสถาน (The Residential Landscape and Design Process). เชียงใหม่ : Plan printing Co.,Ltd, 2551.

เอื้อมพร วีสมหมาย, ศศิยา ศิริพานิช, อลิศรา มีนะกนิษฐ, ณัฏฐ พิชกรรม. พรรณไม้ในงานภูมิสถาปัตยกรรม 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด, 2553.

เอื้อมพร วีสมหมาย, ปณิธาน แก้วดวงเทียน. ไม้ยืนต้นข้องไทย 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ เอช เอ็น กรุ๊ป จำกัด, 2547.

ภาษาอังกฤษ

A.J. Marsh. Autodesk Ecotect Analysis 2010. [Online]. 2010 Available from : http://www.squ1.com/ [2012,May 15]

A.W. Meerow and R.J. Black, Enviroscaping to Conserve Energy : a Guide to Microclimate Modification, University of Florida (2001) : 24-27

Gary O. Robinette, Charles McClenon. Landscape planning for energy conservation. New York : Van Nostrand Reinhold Copany, 1983.

Gary O. Robinette, Plants/People/and Environmental Quality. USA : Superintendent of Document, 1983.

Gary O. Robinette, Energy efficient site design. USA : Van Nostrand Reinhold Company, 1981.

Givoni. Passive Low Energy Cooling of Buildings. USA : John Wiley & Sons, inc, 1994.

HashemAkbari, Dan M. Km-n, Sarah E. Bretz, James W. Hanford, "Peak power and cooling energy savings of shade trees, Energy and Buildings 25 (1997) : 139-148.

I.Camilloni and V. Barros . On the urban heat island effect dependence on temperature trends, Climatic Change. Issue 37 : 665–681.

James R. Simpson and E.Gregory McPherson, Potential of Tree shade for reducing residential energy use in California, Journal of Arboriculture 22 (January 1996) : 10-18.

Naturalfrequency. Sun-Path Diagrams [Online]. 2010. Available from : http://wiki.naturalfrequency.com/wiki/Sun-Path_Diagram [2012,May 15]

Olgyay, Design with Climate. USA : Van Nostrand Reinhold Company, 1981

Pergamon. An experimental investigation of the effection of shading with plants for solar control of building. Elsevier (2004) : 76

R. W. Buechley, J. Van Bruggen, and L. E. Trippi. Heat island = death island?. Environmental Research Issue 5 : 85–92.

S. Raeissi, M. Taheri. Energy saving by proper tree plantation. Elsevier (2005) : 21-25

T. C. Peterson . Assessment of Urban Versus Rural In Situ Surface Temperatures in the Contiguous United States: No Difference Found. Journal of Climate 2003 Issue 16 : 2941–2959.

V.M. Gome-Munoz, M.A. Porta-Gandara, J.L. Fernandez. Effect of tree shades in urban planning in hot arid climatic regions. Elsevier (1992) : 5-7

Wanutwira. Urban Heat Island: UHI [Online]. 2009 Available from : http://nstda.or.th/blog/?p=22399 [2012,May 15]

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ประวัติส่วนตัว (Personal Information)

ชื่อภาษาไทย	นายศุภณัฐ กาญจนวงศ์
ชื่อภาษาอังกฤษ	Mr Supanut Kanchanawong
วัน เดือน ปีเกิด	19 มิถุนายน 2529
สัญชาติ	ไทย
เชื้อชาติ	ไทย
ศาสนา	พุทธ

ประวัติการศึกษา (Education)

- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจาก โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่
- สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจาก ภาควิชาภูมิสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์แบะออกแบบสิ่งแวดล้อมมหาวิทยาลัยแม่โจ้ พ.ศ. 2552

ประวัติการทำงาน (Work Experience)

พ.ศ. 2551-2552	ฝึกงานตำแหน่งผู้ช่วยภูมิสถาปนิก บริษัท เมย์ 37 จำกัด
พ.ศ. 2552-2553	ทำงานตำแหน่งภูมิสถาปนิก บริษัท เมย์ 37 จำกัด
พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน	ทำงานภูมิสถาปนิกอิสระ
พ.ศ. 2553-ปัจจุบัน	ทำงานตำแหน่งภูมิสถาปนิก บริษัท 1819 จำกัด
พ.ศ. 2555-ปัจจุบัน	ทำงานตำแหน่งภูมิสถาปนิก ในเครือบริษัท ดอท ไลน์ แปลน จำกัด