แนวทางการใช้วิธีการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยวิธีการพลวัตสำหรับอาคารสำนักงาน

โดย

นายชนินทร์ กุลสุรกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

แนวทางการใช้วิธีการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยวิธีการพลวัตสำหรับอาคารสำนักงาน

โดย

นายชนินทร์ กุลสุรกิจ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

A GUIDELINE OF DAYLIGHT EVALUATION USING DYNAMIC METHOD FOR OFFICE BUILDINGS

BY

MR. CHANIN KULSURAKIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS

FOR THE DEGREE OF MASTER DEGREE OF ARCHITECTURE

ARCHIECTURE

FACULTY OF ARCHITECTURE AND PLANNING

THAMMASAT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2014

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง

วิทยานิพนธ์

ของ

นายชนินทร์ กุลสุรกิจ

เรื่อง

แนวทางการใช้วิธีการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยวิธีการพลวัตสำหรับอาคารสำนักงาน

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2558

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมลมาศ วรรณคนาพล)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ เฉลิมวัฒน์ ตันตสวัสดิ์)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการใช้วิธีการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยวิธีการพลวัตสำหรับอาคารสำนักงาน
ชื่อผู้เขียน	นายชนินทร์ กุลสุรกิจ
ชื่อปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สถาปัตยกรรม สถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการประเมินผลแสงธรรมชาติจะใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติซึ่งเป็นวิธีแบบอพลวัต (Static Daylighting Metric) อย่างไรก็ตามวิธีดังกล่าวไม่สามารถแสดงประสิทธิภาพและประโยชน์ของแสงธรรมชาติได้โดยแท้จริง ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานเปรียบเทียบระหว่างวิธีการอพลวัตและวิธีการพลวัต (Dynamic Daylighting Metric) โดยเลือกใช้ค่า Daylight Autonomy และค่า Useful Daylight Illuminance ซึ่งสามารถแสดงปริมาณและคุณภาพของแสงที่แตกต่างกันตามสภาพท้องฟ้าจริงในแต่ละช่วงเวลาได้ การศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรม DAYSIM 2.1 ผ่านการสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect Analysis 2011 และกำหนดขอบเขตอาคารที่ศึกษาเป็นอาคารสำนักงานที่พบได้ทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานคร มีขนาดความกว้าง 19.8 เมตร และระยะความลึกจากขอบอาคารถึงแกนอาคาร 12.2 เมตร กำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นผนัง (Window to wall ratio) 40% 60% และ 80% และกำหนดรูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่แตกต่างกันเพื่อดูผลของแสงในอาคารที่ติดตั้งอุปกรณ์บังแดด

ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยวิธีการอพลวัตกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80% นั้นส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% เพิ่มขึ้นตามขนาดของช่องเปิดและมีสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิด ในส่วนของการใช้ค่า Daylight Autonomy ในการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัตนั้นแม้ว่าสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังที่มากขึ้นจะทำให้สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นก็ตาม แต่เป็นการให้ข้อมูลในเชิงปริมาณเท่านั้นหากนำผลการประเมินแสงธรรมชาติ

โดยใช้ค่า Useful Daylight Illuminance มาพิจารณาควบคู่กันจะเห็นว่าสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่เพิ่มขึ้นตามขนาดช่องเปิดที่ใหญ่ขึ้นไม่ได้บ่งบอกถึงคุณภาพของแสงที่สอดคล้องกันตามไปด้วย ซึ่งการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติในประเทศไทยควรคำนึงถึงปริมาณความส่องสว่างที่มากเกินไปเพราะจะทำให้ความร้อนถ่ายเทเข้าสู่อาคารมากขึ้น ดังนั้นหากใช้ค่า Daylight Autonomy ในการประเมินผลแสงธรรมชาติจึงควรใช้ Useful Daylight Illuminance ในการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารควบคู่กันจึงจะทำให้เกิดความสอดคล้องกันทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพของแสงที่ได้รับ ทั้งนี้ผลการวิจัยดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นของข้อเสนอแนะในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานให้มีประสิทธิภาพสอดคล้องกับสภาพแสงในการใช้งานจริงมากขึ้น

คำสำคัญ: แสงธรรมชาติ, การจำลองแสงธรรมชาติด้วยวิธีการอพลวัตและพลวัต, อาคารสำนักงาน

Thesis Title	A GUIDELINE OF DAYLIGHT EVALUATION USING DYNAMIC METHOD FOR OFFICE BUILDINGS
Author	Mr. Chanin Kulsurakit
Degree	Master of Architecture
Major Field/Faculty/University	Architecture Architecture and Planning Thammasat University
Thesis Advisor	Associate Professor Awiroot Srisutapan
Academic Years	2014

ABSTRACT

Daylight Factor, as a static metric, is presently used as an evaluation of daylighting in buildings. However, It can not truly reflects the performance and benefits of daylight all year round. This research aims to compare the use of static, daylight factor, and dynamic daylighting metrics, Daylight Autonomy and the Useful Daylight Illuminance, in office building which can indicate the different of daylight quantity and quality vary to the actual sky condition. Daysim2.1 program and Ecotect Analysis 2011 are used in this research. The scope of the study are office buildings generally found in Bangkok with 19.8 meters width and 12.2 meters in depth from edge to building core. The window-to-wall ratio (WWR) of 40% 60% and 80% with different profile of light-shelves are used as case studies in this simulation for further study of building with external shading. The result of static daylight metric showed that by increasing the WWR of a space , Daylight Factor are greater than 2% due to the opening size. Also, it showed similar results on all directions in every WWR. When use the Daylight Autonomy as a measurement in evaluation of dynamic metric, the daylit area increased by increasing of WWR, but it only showed quantitative information. Further analyzing with the Useful Daylight Illuminance show that the Daylight Autonomy does not indicate the daylight quality consistently. As, In Thailand, more daylight may result in higher heat gain in building and should be considered in daylight

evaluation. Therefore, the Daylight Autonomy should be used together with the Useful Daylight Illuminance. Finally, the research results can be developed as a guideline of daylight evaluation in office building. This may lead to the new paradigm in daylight assessment that reflected actual daylight performance.

Keywords: Daylighting , Static and Dynamic Daylighting Metrics , Office Building

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยไปได้ด้วยดีด้วยความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำปรึกษาแนะนำแง่คิดต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัย ที่เกิดขึ้นด้วยความเอาใจใส่ในทุกขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จ ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมลมาศ วรรณคนาพล กรรมการวิทยานิพนธ์ผู้ให้คำปรึกษาต่าง ๆ รวมถึงวางแนวทาง วิธีการจัดทำ และการแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์จนแล้วเสร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.นวลวรรณ ทวยเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำปรึกษาต่าง ๆ รวมถึงให้ข้อมูลสนับสนุนที่เป็นประโยชน์สำหรับในงานวิจัย ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณครอบครัวที่ให้การสนับสนุนมาโดยตลอด รวมถึงครูอาจารย์ทุกท่านของคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมืองที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และเจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

นายชนินทร์ กุลสุรกิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(13)
สารบัญภาพ	(14)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	2
1.4 กระบวนการวิจัย	3
1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ	3
1.4.2 กำหนดขนาดของแบบจำลองจากรายละเอียดผังพื้นพื้นฐานของอาคารสำนักงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.6 นิยามคำศัพท์	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเบื้องต้น	6
2.1.1 คุณสมบัติของแสง	6
2.1.2 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ	7

2.1.2.1 แหล่งกำเนิดแสงโดยตรงจากแสงอาทิตย์ (Direct Sunlight) 7
2.1.2.2 แหล่งกำเนิดแสงจากแสงสะท้อนจากท้องฟ้า
(Diffuse Light or Daylight) 7
2.1.2.3 แหล่งกำเนิดแสงจากการสะท้อนจากพื้นผิว (Reflected Light) 7
2.1.3 สภาพท้องฟ้า 7
2.1.3.1 สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear sky) 7
2.1.3.2 ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Sky) 7
2.1.3.3 ท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky) 8
2.1.4 คำศัพท์และคำนิยามเกี่ยวกับแสง 8
2.1.4.1 ความส่องสว่าง (illuminance ; E) 8
2.2 การพิจารณาแสงสว่างภายในอาคาร 9
2.2.1 การพิจารณาแสงสว่างภายในอาคารแบบ STATIC 9
2.2.2 การพิจารณาแสงสว่างภายในอาคารแบบ DYNAMIC 10
2.2.2.1 Daylight Autonomy (DA) 10
2.2.2.2 Continuous Daylight Autonomy (cDA) 10
2.2.2.3 Maximum Daylight Autonomy (DAmax) 11
2.2.2.4 Useful Daylight illuminance (UDI) 11
2.2.2.5 Daylight Saturation Percentage (DSP) 11
2.2.3 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DAYSIM 2.1 ในการจำลองแสงธรรมชาติ 11
2.2.3.1 การป้อนข้อมูลและการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม DAYSIM 12
(1) การป้อนข้อมูลของโปรแกรม DAYSIM 12
(1) การแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม DAYSIM 13
2.2.3.2 หลักการทำงานของโปรแกรม DAYSIM 13
(1) การคำนวณแสงสว่างรายปี 13
(Annual Illuminace Calculations)
(2) การวัดแสงธรรมชาติตามสภาพภูมิอากาศ 14
(Climate-based Daylighting Metrics)
(3) การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง (Electric Lighting Use) 14
(4) การป้องกันแสงในรูปแบบ Dynamic (Dynamic Shading) 14

2.2.3.3 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดในการใช้โปรแกรม DAYSIM 14
(1) ข้อได้เปรียบของโปรแกรม DAYSIM 14
(2) ข้อจำกัดของโปรแกรม DAYSIM 15
2.3 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร 16
2.3.1 หิ้งสะท้อนแสง (Light shelves) 16
2.3.1.1 รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง 16
2.3.1.2 ประโยชน์ของหิ้งสะท้อนแสง 17
2.3.1.3 ชนิดและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง 17
2.3.2 ฝ้าเพดาน (Ceiling) 18
2.4 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียว 19
2.4.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES) 19
2.4.2 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (LEED) 21
2.4.2.1 การจำลองสภาพแสงด้วยคอมพิวเตอร์ (simulation) 21
2.4.2.2 การวัด (measurement) 23
2.4.2.3 การผสมผสาน (combination) 23
2.5 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 23
2.5.1 ด้านการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร 23
2.5.2 ด้านการจำลองแสงธรรมชาติในอาคาร 26

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 28

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย 28
3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย 30
3.3 ขั้นตอนการศึกษา 30
3.3.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย 30
3.3.1.1 ตัวแปรต้น 30
3.3.1.2 ตัวแปรตาม 31
3.3.1.3 ตัวแปรควบคุม 31
3.3.2 การกำหนดห้องมาตรฐาน 31
3.3.3 กำหนดรายละเอียดของกรณีศึกษา 32

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 33
3.5 วิธีการทดลอง 33
3.5.1 ขั้นตอนการประเมินแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน 33
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 34
3.6.1 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผล 34
3.6.2 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผล 34
3.6.2.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA 34
3.6.2.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI 34
3.6.3 สรุปการเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและเกณฑ์ในการวัดผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานที่เหมาะสมรวมถึงนำเสนอแนวทางการจำลองแสงธรรมชาติและรูปแบบของเกณฑ์ในการวัดผลในอาคารรูปแบบต่างๆที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป 35
3.6.3.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 40% ของผนังอาคาร 35
3.6.3.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 60% ของผนังอาคาร 35
3.6.3.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 80% ของผนังอาคาร 35

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 36

4.1 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 38

4.2 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 46

4.3 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 54

4.4 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 62

4.5 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 66

4.6 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์ 68

4.7 การเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร มีค่า 40% 60% และ 80% ตามลำดับ โดยกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงไม่เคลื่อนไหว 70

4.7.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 70

4.7.1.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 70

4.7.1.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 72

4.7.1.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 74
4.7.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% 76
4.7.2.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% 76
4.7.2.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% 78
4.7.2.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% 80
4.7.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% 82
4.7.3.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% 82
4.7.3.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% 83
4.7.3.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% 85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 87

5.1 ข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง 88
5.1.1 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผล 88
5.1.2 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผล 91

5.1.2.1 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยใช้ค่า DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 91

5.1.2.2 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยใช้ค่า DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และ 80% 91

5.1.3 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDIเป็นหน่วยวัดในการประเมินผล 92

5.1.3.1 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยใช้ค่า UDI เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 92

5.1.3.2 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยใช้ค่า UDI เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และ 80% 92

5.2 แนวทางการออกแบบและนำไปประยุกต์ใช้ 94

5.2.1 เปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติตามมาตรฐานอาคารเขียวของประเทศไทย 94

5.2.1.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยหน่วยวัด DF DA และ UDI เพื่อเสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว TREES 94

5.2.2 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC กับประสิทธิภาพการส่องสว่างในอาคารสำนักงาน 96

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต 97

รายการอ้างอิง 98

ประวัติผู้เขียน 101

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ 9

2.2 ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่างๆ 10

2.3 หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร 20

2.4 เกณฑ์การให้คะแนนตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในสภาพแสงธรรมชาติแบบอิสระตามฤดูกาล โดยการจำลองแสงธรรมชาติด้วยคอมพิวเตอร์ 22

2.5 เกณฑ์การให้คะแนนตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 300 ถึง 3000 ลักซ์ โดยการจำลองแสงธรรมชาติด้วยคอมพิวเตอร์ 22

2.6 เกณฑ์การให้คะแนนโดยการวัดความส่องสว่างตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 300 ถึง 3000 ลักซ์ 23

3.1 รายละเอียดกรณีศึกษาของตัวแปรพื้นฐาน 43

5.1 ตารางสรุปผลการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80% 93

5.2 หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร 95

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 รูปแบบของสภาพท้องฟ้า	9
2.2 โปรแกรมจำลองแสงธรรมชาติ DAYSIM 2.1	15
2.3 รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง	16
2.4 รูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย	17
2.5 รูปแบบฝ้าเพดานที่สัมพันธ์กับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร	18
2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า%DF กับระยะจากช่องเปิดที่ใช้แผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานโค้ง วัสดุกระเจิงแสงที่ระดับ 2.75 เมตรร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงลักษณะต่างๆ ภายใต้สภาพท้องฟ้า overcast sky	25
3.1 ระเบียบวิธีวิจัย	29
3.2 สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%	30
3.3 รูปแบบห้องทดลอง	32
4.1 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์	38
4.2 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์	40
4.3 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์	42
4.4 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์	44
4.5 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์	46

4.6 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 48

4.7 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 50

4.8 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 52

4.9 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 54

4.10 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 56

4.11 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 58

4.12 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 60

4.13 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ 62

4.14 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบปรับด้วยมือ 64

4.15 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ 66

4.16 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ 68

4.17 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติด้วยวิธีการอพลวัตกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 70

4.18 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 72

4.19 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 74

4.20 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติด้วยวิธีการอพลวัตกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 76

4.21 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 78

4.22 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 80

4.23 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 82

4.24 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 83

4.25 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ 85

5.1 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยแบ่งตามสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80% 88

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันการออกแบบอาคารสำนักงานมักให้ความสำคัญกับการใช้แสงธรรมชาติในอาคารมากขึ้นเนื่องจากการใช้แสงธรรมชาตินั้นนอกจากจะช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์แล้วนั้นยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของผู้ใช้อาคารอีกด้วย ซึ่งการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงานมักพบปัญหาเรื่องปริมาณแสงธรรมชาติที่นำมาใช้ไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ซึ่งการเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติที่สามารถบอกถึงปริมาณและคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้ภายในอาคารได้นั้นเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในการเพิ่มประสิทธิภาพใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคาร ในปัจจุบันยังคงใช้การจำลองแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติ ซึ่งเป็นการจำลองแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมมาก (overcast sky) ส่งผลให้พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติภายในอาคารนั้นมีสัดส่วนที่จำกัด รวมถึงไม่สามารถบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้งาน

เนื่องจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC จะประเมินผลโดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ คือ อัตราส่วนของแสงภายใน ณ จุดหนึ่ง เทียบกับแสงภายนอก วัดในแนวระนาบเพียงอย่างเดียวซึ่งถือเป็นหน่วยวัดพื้นฐานที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคาร โดยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่เหมาะสมต่อการใช้งานแสงธรรมชาติในพื้นที่ตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้ที่ 2-5% โดยประมาณ ซึ่งการวัดผลโดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาตินั้นมีข้อจำกัดในเรื่องคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้จากการใช้งาน เนื่องจากการจำลองแสงธรรมชาติไม่ได้อ้างอิงแสงจากสภาพท้องฟ้าในแต่ละช่วงเวลาตามจริง

งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้นศึกษาการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานแบบ DYNAMIC ซึ่งเป็นการจำลองแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ดังเช่น ท้องฟ้าโปร่ง ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน และ ท้องฟ้ามีเมฆมาก รวมถึงมีหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติที่สามารถวิเคราะห์คุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้รับ โดยจะแสดงพฤติกรรมการส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงเวลาของชั่วโมงการทำงานตลอดปี และมีปริมาณแสงธรรมชาติที่ไม่เท่ากันในแต่ละทิศ ส่งผลให้แสงธรรมชาติที่นำมาใช้ในอาคารสำนักงานเพิ่มมากขึ้นและมีความละเอียด

ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น รวมถึงศึกษาการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานแบบ STATIC ซึ่งใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพผ่านการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC รวมถึงนำเสนอรูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลให้เหมาะสมกับรูปแบบอาคารเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน ซึ่งถือเป็นจุดเริ่มต้นของข้อเสนอแนะในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติตามมาตรฐานอาคารเขียวของประเทศไทยให้สอดคล้องกับสภาพแสงตามการใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร เช่น การออกแบบหิ้งสะท้อนแสง สัดส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนัง ให้สามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2.2 วิเคราะห์และประเมินค่าความส่องสว่างของแสง (Illuminance) ตามรูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติบริเวณพื้นที่ใช้งานที่เหมาะสมด้วยวิธีการแบบ STATIC และ DYNAMIC

1.2.3 เปรียบเทียบความแตกต่างในการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่ได้รับผ่านการจำลองโมเดลอาคารสำนักงานด้วยวิธีการแบบ STATIC และ DYNAMIC และประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยหน่วยวัดที่ต่างกัน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 การศึกษานี้เป็นการศึกษาการสำหรับอาคารสำนักงานที่ตั้งอยู่ในเขตละติจูดที่ 14 องศาเหนือซึ่งถือเป็นตัวแทนของสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้นและเป็นที่ตั้งของจังหวัดกรุงเทพมหานคร

1.3.2 กำหนดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา คือ 08.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาใช้งานของอาคารสำนักงานโดยทำการศึกษาตลอดทั้งปี

1.3.3 ขนาดและสัดส่วนของอาคารสำนักงานที่ใช้ในการศึกษา โดยอาคารอ้างอิงเป็นอาคารสำนักงานที่มีผังพื้นรูปแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีแกนอาคารอยู่บริเวณพื้นที่กลางอาคาร

1.3.4 การศึกษาไม่มีปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอกอาคารมาเกี่ยวข้อง เช่น แสงสะท้อนจากอาคารรอบข้าง

1.3.5 งานวิจัยนี้เลือกศึกษาเฉพาะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารสำนักงาน ได้แก่ หิ้งสะท้อนแสง ฝ้าเพดาน อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังทึบ ค่าการส่องผ่านแสง และ ค่าการสะท้อนแสงภายใน

1.3.6 การศึกษาจะพิจารณาเฉพาะความส่องสว่างบริเวณพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติเท่านั้น ไม่รวมการพิจารณาถึงผลกระทบของปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร

1.4 กระบวนการวิจัย

งานวิจัยเรื่องแนวทางการประหยัดพลังงานในอาคารสำนักงานโดยการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัต แบ่งการดำเนินการวิจัยดังนี้

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ

1.4.1.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเบื้องต้น

1.4.1.2 ศึกษารูปแบบของออกแบบเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร

1.4.1.3 ศึกษาทฤษฎีในการจำลองแสงธรรมชาติในอาคาร ทั้งแบบ STATIC และ DYNAMIC

1.4.1.4 ศึกษาแนวทางการออกแบบแสงสว่างในอาคารสำนักงาน

1.4.1.5 ศึกษาวิธีการคำนวณและการประเมินคุณภาพและปริมาณแสงสว่าง

1.4.2 กำหนดขนาดของแบบจำลองจากรายละเอียดผังพื้นพื้นฐานของอาคารสำนักงาน

1.4.2.1 ศึกษาตัวแปรหิ้งสะท้อนแสงชนิดต่างๆ และ สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง

1.4.2.2 ทำการจำลองและประเมินผลแสงธรรมชาติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DAYSIM 2.1

1.4.2.3 สรุปผลวิเคราะห์รูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานภายในอาคารสำนักงานให้เป็นไปได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.4.2.4 วิเคราะห์เปรียบเทียบสัดส่วนความแตกต่างของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC โดยใช้หน่วยวัดที่แตกต่างกัน

1.4.2.5 วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผลการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC เพื่อเสนอเป็นแนวทางในการเลือกใช้รูปแบบของเกณฑ์ในการจำลองแสงธรรมชาติที่

เหมาะสมและช่วยในการเพิ่มศักยภาพของเกณฑ์การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวในปัจจุบันที่ถูกนำมาใช้ในการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานให้สอดคล้องกับสภาพแสงธรรมชาติในการใช้งานจริง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 สามารถนำรูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติไปประยุกต์ใช้ในการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารเพื่อประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติอาคารทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.5.2 ชี้ให้เห็นถึงข้อดีและข้อเสียต่าง ๆ ที่ได้จากการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารทั้งแบบ STATIC และ DYNAMIC ซึ่งใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมในรูปแบบที่แตกต่างกัน

1.5.3 เป็นแนวทางให้แก่สถาปนิกนักออกแบบรวมถึงผู้ที่สนใจสามารถเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติรวมถึงเลือกใช้หน่วยวัดในประเมินผลแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับรูปแบบอาคารเพื่อให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติมีความถูกแม่นยำใกล้เคียงกับสภาพแสงตามจริง ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการใช้งานแสงธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้นทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

1.5.4 สามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารของเกณฑ์อาคารเขียวในปัจจุบัน ให้มีความสอดคล้องกับอาคารในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการประเมินผลโดยใช้เกณฑ์อาคารเขียวที่มีอยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.6 นิยามคำศัพท์

1.6.1 ความส่องสว่าง (illuminance , E) หมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่หนึ่ง มีหน่วยเป็นลักซ์ (Lux) หรือฟุตแคนเดิล (fc)

1.6.2 ตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor , DF) หมายถึง สัดส่วนความส่องสว่างของปริมาณแสงภายในต่อปริมาณแสงภายนอก ที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ (Kaufman,1996)

1.6.3 อัตราส่วนพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังอาคาร (Window to wall ratio : WWR) หมายถึงสัดส่วนระหว่างพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังอาคารทั้งหมด ซึ่งจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อผนังอาคาร

1.6.4 แสงธรรมชาติอิสระตามฤดูกาล (Daylight Autonomy , DA) หมายถึง พื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้โดยไม่ต้องใช้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ บ่งบอกเป็นสัดส่วนของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ที่มีความส่องสว่างมากกว่า 500 ลักซ์ ภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้าตลอดทั้งปี รวมถึงคำนวณพฤติกรรมการใช้งานอาคารในทุกประเภท เช่น การเปิดม่านปิดม่านของผู้ใช้อาคาร เพื่อให้

เกิดประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้ดีที่สุด

1.6.5 แสงในช่วงการใช้งานที่เหมาะสม (Useful Daylight Illuminance , UDI) หมายถึง หน่วยวัดแสงธรรมชาติที่แสดงพื้นใช้งานแสงธรรมชาติโดยแบ่งค่าความสว่างในพื้นที่ออกเป็น 3 ช่วงของความสว่าง ได้แก่

0-100 ลักซ์ เป็นช่วงที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

100-2000 ลักซ์ เป็นช่วงที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

มากกว่า 2000 ลักซ์ ขึ้นไปเป็นช่วงของแสงธรรมชาติที่เข้ามายังพื้นที่เกินความต้องการทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือเกิดแสงจ้า

1.6.6 การจำลองแสงธรรมชาติแบบอพลวัต (Static Daylighting Method) หมายถึง รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมมาก (overcast sky) เพียงรูปแบบเดียวโดยวัดผลด้วยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ หรือ ค่าความส่องสว่างซึ่งเป็นหน่วยวัดในรูปแบบอพลวัตเพียงอย่างเดียว โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้คำทับศัพท์เรียกแทนว่า “STATIC”

1.6.7 การจำลองแสงธรรมชาติแบบพลวัต (Dynamic Daylighting Method) หมายถึง การจำลองแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ทั้งแบบท้องฟ้าโปร่ง ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน และ ท้องฟ้ามีเมฆมาก โดยจะแสดงผลความสว่างของพื้นที่ภายในที่สัมพันธ์กับเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปในทุกๆช่วงเวลาตามแต่ละชั่วโมงการทำงานของทั้งปี ส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่ได้มีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นและมีความละเอียดถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีการคำนวณปริมาณแสงธรรมชาติจากสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้นในทุกๆชั่วโมงการใช้งานอาคารในแต่ละวันตามจริง โดยวัดผลด้วยค่าแสงธรรมชาติอิสระตามฤดูกาล (Daylight Autonomy), ค่าแสงที่มีความสว่างอยู่ในช่วงเหมาะสมแก่การใช้งาน (Useful Daylight Illuminance) เป็นต้น โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้คำทับศัพท์เรียกแทนว่า “DYNAMIC”

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 ส่วนดังนี้

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเบื้องต้น

2.2 การพิจารณาแสงสว่างในอาคาร

2.3 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

2.4 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียว

2.5 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงเบื้องต้น

2.1.1 คุณสมบัติของแสง

แสงธรรมชาติเป็นแสงที่ได้มาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแสงที่ได้มาเปล่าและมีคุณค่าสูงในหลายๆด้าน แสงอาทิตย์ที่เรียกกันว่า แสงขาว (white light) เป็นแสงชนิดเดียวที่มีพลังงานคลื่นแสงครบทุกช่วงความยาวคลื่น ซึ่งส่งผลให้วัตถุที่อยู่ภายใต้แสงอาทิตย์มีแสงสีเป็นธรรมชาติมากที่สุด คือ สีของวัตถุนั้นๆจะไม่ผิดเพี้ยนไปจากความเป็นจริง แสงธรรมชาติมีประสิทธิภาพลูเมนสูงถึง 110-115 ลูเมนต์ต่อวัตต์ (Lumen/watts) ซึ่งนับว่าสูงมากเมื่อเทียบกับ หลอดไฟฟลูออเรสเซนท์ ซึ่งมีค่าเพียง 60-70 ลูเมนต่อวัตต์

แสงธรรมชาติแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ แสงสะท้อนจากท้องฟ้า และ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยระดับแสงสะท้อนจากท้องฟ้าจะให้ความสว่างประมาณ 400-1,400 ฟุตแคนเดิล ในขณะที่แสงตรงจากดวงอาทิตย์จะให้ความสว่างได้ถึง 10,000 ฟุตแคนเดิล โดยประเภทของแสงที่เหมาะแก่การนำมาใช้ในอาคารคือแสงสะท้อนจากท้องฟ้าเนื่องจากเป็นแสงที่มีความเข้มพอเหมาะ ไม่จ้าจนเกินไปเมื่อเทียบกับแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่สบายตาในการมองเห็น (visual discomfort)

2.1.2 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติสามารถแบ่งออกเป็น 3 กรณีดังนี้

2.1.2.1 แหล่งกำเนิดแสงโดยตรงจากแสงอาทิตย์ (Direct Sunlight) เป็นแสงสว่างที่เกิดจาการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง มีค่าความสว่างตั้งแต่ 10,000 ฟุตแคนเดิลขึ้นไป ซึ่งเป็นค่าความสว่างที่สูงและมีความแปรปรวนมาก เป็นแสงที่ไม่เหมาะแก่การนำมาใช้งาน

2.1.2.2 แหล่งกำเนิดแสงจากแสงสะท้อนจากท้องฟ้า (Diffuse Light or Daylight) เป็นแสงสว่างจากดวงอาทิตย์ที่เกิดจากการสะท้อนแสงและกระจายแสงในชั้นบรรยากาศที่ห่อหุ้มโลก รวมถึงเมฆบนท้องฟ้า ดังนั้นท้องฟ้าจึงกลายเป็นแหล่งกำเนิดแสงทางอ้อม ซึ่งให้แสงที่มีความเหมาะสมแก่การนำมาใช้งานภายในอาคาร เนื่องจากปริมาณและความเข้มของแสงที่ลดลงกว่าแสงแดดตรง

2.1.2.3 แหล่งกำเนิดแสงจากการสะท้อนจากพื้นผิว (Reflected Light) เป็นแสงธรรมชาติที่เกิดจากการสะท้อนของแสงอาทิตย์กับพื้นดินคิดเป็นร้อยละ 10-30 ของแสงแดงตรงและแสงสะทอนจากท้องฟ้า และคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15 ของแสงธรรมชาติทั้งหมดที่กระทบกับหน้าต่าง

2.1.3 สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้า เป็นตัวกำหนดระดับความส่องสว่าง (Illumination-E) ภายในอาคารจากการที่ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ถ้าสามารถทราบระดับความสว่าง (Luminance-L) ของท้องฟ้าก็สามารถทราบค่าความสว่างภายในอาคารได้ โดยสภาพท้องฟ้ามีอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่

2.1.3.1 สภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)

สภาพท้องฟ้าแบบท้องฟ้าโปร่ง คือ ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมไม่เกิน 30% ระดับความสว่างเกิดจากองค์ประกอบ 2 อย่าง คือ แสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) และแสงกระจายจากท้องฟ้า (Diffuse Illumination) ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในแนวตั้ง (Solar Altitude) เป็นหลักโดยที่ระดับความสว่างของท้องฟ้า (Sky Luminance) ที่ระดับสูงสุด (Zenith) มีค่าน้อยกว่าระดับความสว่างในแนวราบ(Horizontal) ประมาณ 3 เท่า ของท้องฟ้าที่ระดับขอบฟ้า

2.1.3.2 ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน คือ สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมประมาณ 30 ถึง 70% ระดับความส่องสว่างของท้องฟ้าทำได้ยาก เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเมฆที่มีอยู่ตลอดเวลา หากเมฆที่ปกคลุมนั้นบางเบาและน้อยระดับความสว่างของฟ้าจะมีค่ามากกว่าท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นผลมาจากการสะท้อนแสงของเมฆ (Nudamaru และ Oki,1983)

2.1.3.3 ท้องฟ้ามีเมฆมาก (Overcast Sky)

สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆมาก คือ สภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมตั้งแต่ 70% ขึ้นไปทำให้ไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงได้ และจะมีระดับความสว่างที่ตำแหน่งสูงสุดของท้องฟ้ามากกว่าระดับความสว่างที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบประมาณ 3 เท่า

a) clear sky b) partly cloudy sky c) overcast sky

ภาพที่ 2.1 รูปแบบของสภาพท้องฟ้า. จาก e-light , 2013 .

2.1.4 คำศัพท์และคำนิยามเกี่ยวกับแสง

2.1.4.5 ความส่องสว่าง (illuminance ; E) หมายถึง ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่าง (ปริมาณแสง) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวใดๆ หรือ ปริมาณความส่องสว่างบนพื้นผิวที่พิจารณา แทนด้วยสัญลักษณ์ E โดยมีหน่วยเป็น ลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ได้แก่ ลูเมนต่อตารางเมตร หรือเรียกว่า 1 ลักซ์ (Lux : lx) และ 1 ลูเมนต่อตารางฟุตหรือเรียกว่า 1 ฟุตแคนเดิล (fc.) โดยลักษณะของพื้นผิว ค่าการสะท้อนแสง และค่าการส่องผ่านแสงของวัตถุจะไม่ส่งผลต่อค่าความสว่างที่วัดได้บนวัตถุนั้นๆ

Footcandles (fc) = lumens / area

2.2 การพิจารณาแสงสว่างภายในอาคาร

2.2.1 การพิจารณาแสงสว่างภายในอาคารแบบ STATIC

วิธีลูเมน (Lumen Method)เป็นการพิจารณาค่าความส่องสว่างรวมที่ตกกระทบ ณ จุดใดจุดหนึ่งในระดับที่กำหนดภายในอาคาร อันเนื่องมาจากปริมาณแสงจากภายนอกที่ส่องผ่านช่องเปิดหรือช่องแสงเข้ามาในขณะหนึ่ง วิธีนี้ปริมาณแสงที่สะท้อนจากภายนอกอาคารและแสงสะท้อนจากพื้นผิวภายใน เช่น ผนัง ฝ้าเพดาน จะมีผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายในห้องนั้นๆ โดยจะใช้การอ้างอิงตำแหน่งจากระยะช่องเปิดไปยังตำแหน่ง 5 ตำแหน่ง เช่น 10% 30% 50% 70% และ 90% ของความลึกห้อง ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานในการคำนวณหาค่าความส่องสว่างภายในแนวนอนที่จุดอ้างอิงทั้ง 5 จุด

ตารางที่ 2.1

ค่าความสว่างที่เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆ

ชนิดของกิจกรรม	ช่วงของความส่องสว่าง	
	ลักซ์ (lux)	ฟุตแคนเดิล (fc.)
พื้นที่ ที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก เช่น ทางเดิน	100-150-200	10-15-20
การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างสูง หรือ มีขนาดใหญ่	200-300-500	20-30-50
การมองเห็นวัตถุที่มีความเปรียบต่างขนาดกลาง หรือ มีขนาดเล็ก	500-750-1000	50-75-100

หมายเหตุ. จาก Stein and Reynolds,2000 : p. 197

วิธีตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor Method ; DF)

เป็นวิธีการคิดองค์ประกอบแสงธรรมชาติสำหรับการให้แสงสว่างด้านข้างที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ โดยการคำนวณค่าความสว่างภายนอกจะพิจารณาเฉพาะแสงในแนวราบในสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมาก เพราะมีค่าที่แน่นอนสำหรับการคำนวณองค์ประกอบแสงธรรมชาติ

= (ความสว่างภายในจุดที่อ้างอิง x 100)/ความสว่างในแนวราบภายนอกที่ไม่ถูกบัง

$$DF = \frac{E_{int} x\ 100}{E_{ext}}$$

อัตราส่วนระหว่างค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติที่น้อยที่สุดต่อค่าองค์ประกอบแสงธรรมชาติโดยเฉลี่ยนั้นสัมพันธ์กับค่าความเปรียบต่างของแสงในที่ว่าง ดังนี้

$$\mathrm{DF_{min}} \geq \frac{0.3}{\mathrm{DF_{avg}}}$$

โดยการคำนวณหาค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ สามารถนำค่าที่ได้มาใช้เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงเพื่อหาความเหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละแบบ

ตารางที่ 2.2

ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับกิจกรรมต่างๆ

การใช้งานพื้นที่	**ค่า DF(%)**
การอ่านหนังสือ และ การใช้งานปกติในช่วงเวลาหนึ่ง	1.5-2.0
การอ่านหนังสือ หรือการทำงานที่ต้องใช้สายตาในที่หนึ่งๆ ในช่วงเวลานานๆ หรืองานที่ต้องมีอุปกรณ์เสริมที่ไม่อันตรายมาก	2.0-5.0
งานที่ต้องการความละเอียดสูง และมีอันตรายมากๆ	5.0-8.0

หมายเหตุ. จาก Stein and Reynolds,2000 : p.200

2.2.2 การพิจารณาแสงสว่างในอาคารแบบ DYNAMIC

2.2.2.1 Daylight Autonomy (DA)

พื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้โดยไม่ต้องใช้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ บ่งบอกเป็นสัดส่วนของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ที่มีความส่องสว่างมากกว่า 500 ลักซ์ ภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้าตลอดทั้งปี รวมถึงคำนวณพฤติกรรมการใช้งานอาคารในทุกประเภท เช่น การเปิดม่านปิดม่านของผู้ใช้อาคาร เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคารได้ดีที่สุด

2.2.2.2 Continuous Daylight Autonomy (cDA)

เป็นการนำพื้นที่ที่มีความสว่างใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน เช่น กำหนดความสว่างของพื้นที่หนึ่งๆ เป็น 500 ลักซ์ แต่พื้นบริเวณโดยรอบรวมถึงพื้นที่อื่นๆที่มีค่าความสว่างใกล้เคียง 500 ลักซ์ สามารถนำมาคำนวณเป็นพื้นที่ที่สามารถใช้งานแสงธรรมชาติได้ ดังตัวอย่าง เช่น พื้นที่ที่กำหนดมีค่าความสว่าง 300 ลักซ์ จะได้ 500/300 = 0.6 ซึ่งสามารถนำไปเป็นสัดส่วนในการลดใช้พลังงานแสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ได้

2.2.2.3 Maximum Daylight Autonomy (DAmax)

แสดงถึงพื้นที่ใช้งานที่ได้แสงธรรมชาติที่แสงมีความสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความสว่างที่ต้องการ ซึ่งหน่วยวัดนี้สามารถตรวจสอบแสงที่มีความสว่างมากเกินความต้องการหรือแสงจ้า โดยสามารถระบุได้ว่าเกิดแสงจ้าขึ้นบริเวณใดและเกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือไม่ ซึ่งพื้นที่ที่มีค่า DAmax มากจะใช้แสงธรรมชาติได้น้อยมากเนื่องจากแสงมีความสว่างมากเกินความต้องการ

2.2.2.4 Useful Daylight illuminance (UDI)

แสดงถึงพื้นใช้งานแสงธรรมชาติโดยแบ่งค่าความสว่างในพื้นที่ออกเป็น 3 ช่วงของความสว่าง ได้แก่

0-100 ลักซ์ เป็นช่วงที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

100-2000 ลักซ์ เป็นช่วงที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

2000 ลักซ์ ขึ้นไปเป็นช่วงของแสงธรรมชาติที่เข้ามายังพื้นที่เกินความต้องการทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือเกิดแสงจ้า

2.2.2.5 Daylight Saturation Percentage (DSP)

แสดงถึงพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในลักษณะเดียวกันกับแบบ UDI แต่มีการขยายช่วงของความสว่างออกเป็น 400lux – 4300lux ซึ่งแสงสว่างที่มากเกินกว่าช่วงที่กำหนดถือเป็นแสงที่มากเกินความต้องการไม่เหมาะแก่การใช้งาน โดยความสว่างของแสงที่มีค่าเกินช่วงความสว่างที่กำหนดมาเท่าใดก็จะถูกหักลบกลับไปในสัดส่วนที่เท่ากันส่งผลให้สัดส่วนของแสงที่ได้ต่อพื้นที่ลดน้องลง โดยในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำค่า DSP มาใช้ในการศึกษาเนื่องจากเป็นหน่วยวัดที่นิยมใช้กับอาคารขนาดใหญ่ เช่น โรงงาน โกดังสินค้า ไม่นิยมใช้สำหรับประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน

2.2.3 การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ DAYSIM 2.1 ในการจำลองแสงธรรมชาติ

โปรแกรม DAYSIM 2.1 เป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับการยอมรับและใช้ในการวิเคราะห์แสงธรรมชาติและในการศึกษากว่า 90 ประเทศทั่วโลก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้น National Research Council Canada (NRC) , Massachusetts Institude of Technology (MIT) , Havard University ร่วมกับ Fraunhofer Institude for Solar Energy Systems (ISE) ในประเทศเยอรมนี โดยการพัฒนาทั้งหมดได้รับการประสานงานโดย Christoph Reinhart ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 โดยโปรแกรม DAYSIM 2.1 จะใช้พื้นฐานชุดคำสั่งในการจำลองแสงธรรมชาติจากโปรแกรม Radiance โดยสามารถจำลองแสงธรรมชาติได้ทั้งวิธีการแบบ STATIC และวิธีการแบบ DYNAMIC ภายใต้สภาพท้องฟ้าตามจริงตลอดทั้งปีโดยใช้ไฟล์สภาพอากาศในรูปแบบ .wea ซึ่งเป็นการแปลงไฟล์ข้อมูลสภาพ

อากาศจากโปรแกรม Energyplus ในการคำนวณแสงธรรมชาติและให้ผลของการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC เป็นแบบภาพเสมือนจริง หรือ ในรูปแบบของค่าความส่องสว่างบนระนาบของจุดวัดภายใต้สภาพท้องฟ้าตามจริง ซึ่งโปรแกรม DAYSIM2.1 สามารถคำนวณพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งปีได้โดยการจำลองแสงธรรมชาติในครั้งเดียว ซึ่งมีข้อดีในแง่ของระยะเวลาการคำนวณที่น้อยลงกว่าการใช้โปรแกรม Radiance ในการคำนวณแสงซึ่งสามารถคำนวณแสงจากสภาพท้องฟ้าแบบเดียวในแต่ละครั้งของการจำลองแสงธรรมชาติซึ่งใช้เวลาในการคำนวณแสงมาก รวมถึงสามารถจำลองพฤติกรรมผู้ใช้งานในการควบคุมแสงสว่างภายในอาคารและอุปกรณ์ป้องกันแสงเพื่อคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างตามสถานะของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งสามารถใช้งานควบคู่ไปกับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร เช่น EnergyPlus , eQUEST ตัวโปรแกรมสามารถแสดงผลได้ในหลากหลายรูปแบบผ่านโปรแกรมต่างๆที่รองรับ เช่น Rhinoceros, Sketch up รวมถึง Ecotect analysis

เนื่องจากงานวิจัยนี้ใช้การจำลองแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรม DAYSIM ร่วมกับเครื่องมืออื่น เช่น Ecotect Analysis 2011 ผู้วิจัยเลือกใช้การทดลองผ่านโปรแกรม DAYSIM 2.1 ซึ่งเป็นรุ่นที่ใช้ภาษา Java Runtime ในการใช้งานร่วมกับโปรแกรม Ecotect Analysis 2011 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.3.1 การป้อนข้อมูลและการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม DAYSIM

(1) การป้อนข้อมูลของโปรแกรม DAYSIM ประกอบด้วยชนิดของข้อมูลต่างๆดังนี้

1. Radiance building scene files
   ไฟล์อาคารจากโปรแกรมRadiance
2. Radiance sensor point grid file
   ไฟล์จุดวัดแสงจากโปรแกรม Radiance
3. EnergyPlus weather data
   ไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศในรูปแบบ .wea ซึ่งเป็นการแปลงไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศจากโปรแกรม Energyplus มาใช้ในโปรแกรม DAYSIM

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม DAYSIM 2.1 ร่วมกับ โปรแกรม Autodesk Ecotect 2011 ผู้วิจัยจึงเลือกใช้ไฟล์แบบจำลองอาคาร และ ไฟล์จุดวัดแสงจากโปรแกรม Autodesk Ecotect 2011

(2) การแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม DAYSIM ประกอบด้วยชนิดของข้อมูลต่างๆดังนี้

1. Annual illuminance/luminance profile due to daylight at investigated sensor points ความสว่างและความส่องสว่างของแสงที่ได้รับบริเวณจุดวัดในช่วงเวลาใช้งานตลอดทั้งปี

2. Daylight Autonomy Distribution พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติแบบอิสระตามฤดูกาลโดยแสดงผลเป็นสัดส่วนของชั่วโมงใช้งานตลอดปี

3. Daylight Factor Distribution พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติโดยมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2%

4. Annual Electric Lighting Energy use for different lighting control systems ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงว่างรายปี ใช้เพื่อกำหนดรูปแบบของระบบควบคุมแสงที่แตกต่างกัน

2.2.3.2 หลักการทำงานของโปรแกรม DAYSIM ขึ้นอยู่กับชุดของแบบจำลองซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) การคำนวณแสงสว่างรายปี (Annual Illuminace Calculations)

โปรแกรม DAYSIM มีวิธีการคำนวณพื้นที่ที่ได้รับแสงสว่างในช่วงเวลาใช้งานตลอดทั้งปีของทั้งพื้นที่ภายในและบริเวณโดยรอบอาคารในระดับพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพสูง โดยโปรแกรม DAYSIM จะจำลองความสว่างของแสงในทุกสภาพท้องฟ้าจำลองในทุกฤดูกาล และ มีรังสีย้อนกลับในรูปแบบของ Ray-tracer ซึ่งเป็นการให้แสงแบบโดยตรง ซึ่งจะมีความแม่นยำในการให้เงาการสะท้อน รวมถึงความโปร่งใส โดยมีข้อเสียในเรื่องของเวลาที่ใช้ในการคำนวณมากและจะต้องคำนวณแสงใหม่ทุกครั้งที่เปลี่ยนมุมมอง โดยผลการจำลองที่ได้จะแสดงข้อมูลทั้งค่าความสว่าง ค่าความส่องสว่าง ความเข้มของแสง ในแต่ละจุดวัดที่ผู้ใช้งานกำหนด ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังเช่น

- ชี้วัดแสงธรรมชาติที่ได้รับตามสภาพภูมิอากาศ
- เพื่อคำนวณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างประจำปีสำหรับการรูปแบบการควบคุมแสงที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ

(2) การวัดแสงธรรมชาติตามสภาพภูมิอากาศ (Climate-based Daylighting Metrics)

โดยในช่วงทศวรรษที่ผ่านมารูปแบบตัวชี้วัดที่ใช้ในการอธิบายและประเมินผลพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติใหม่ๆได้ถูกพัฒนาขึ้น โดยตัวชี้วัดเหล่านี้ให้ผลสรุปของแสงที่อยู่

สภาพพร้อมใช้งานในพื้นที่ใช้งานทั้งหมดเป็นเวลาตลอดทั้งปี ซึ่งตัวชี้วัดที่ได้จำลองแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรม DAYSIM แบ่งออกเป็น 2 ตัวชี้วัดที่สำคัญ ได้แก่ Daylight Autonomy และ Useful Daylight Illuminance ซึ่งในปัจจุบันค่าแสงธรรมชาติอิสระตามฤดูกาล (Daylight Autonomy) เป็นตัวชี้วัดที่ได้รับการยอมรับโดยสมาคมวิศวกรรมส่องสว่างในทวีปอเมริกาเหนือ (IESNA)

(3) การใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง (Electric Lighting Use)

โปรแกรม DAYSIM ใช้รูปแบบการจำลองพฤติกรรมผู้ใช้งานที่เรียกว่า Lightswitch โดยคำนวณจากค่าความสว่างรายปีในช่วงเวลาใช้งานที่ผู้ใช้งานกำหนด โดยผู้ใช้งานทำการควบคุมระบบไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์ป้องกันแสงด้วยตนเอง โดยโปรแกรม DAYSIM สามารถคำนวณการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างบริเวณพื้นที่ใช้งานทั้งหมดได้ ซึ่งโปรแกรม DAYSIM จะแสดงผลพื้นที่ภายในที่ได้รับแสงธรรมชาติในรูปแบบตาราง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโปรแกรมจำลองพลังงานในอาคาร เช่น EnergyPlus และ eQuest เพื่อวิเคราะห์ควบคุมปริมาณแสงและความร้อนบริเวณพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติต่อไป

(4) การป้องกันแสงในรูปแบบ Dynamic (Dynamic Shading)

โปรแกรม DAYSIM สามารถจำลองพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติโดยกำหนดอุปกรณ์การป้องกันแสงแบบ Dynamic เช่น บริเวณพื้นที่ที่มีการกำหนดรูปแบบของอุปกรณ์ป้องกันแสงแบบ Dynamic นั้นโปรแกรม DAYSIM จะคำนวณแสงธรรมชาติรายปีในลักษณะที่หลากหลายตามรูปแบบของอุปกรณ์ป้องกันแสงโดยอัตโนมัติในตำแหน่งที่คงที่ตลอดทั้งปี ซึ่งในขั้นตอนหลังการประเมินจะใช้การจำลองพฤติกรรมผู้ใช้งานที่เรียกว่า Lightswitch เพื่อคาดการณ์การทำงานของระบบป้องกันแสงที่เป็นไปได้

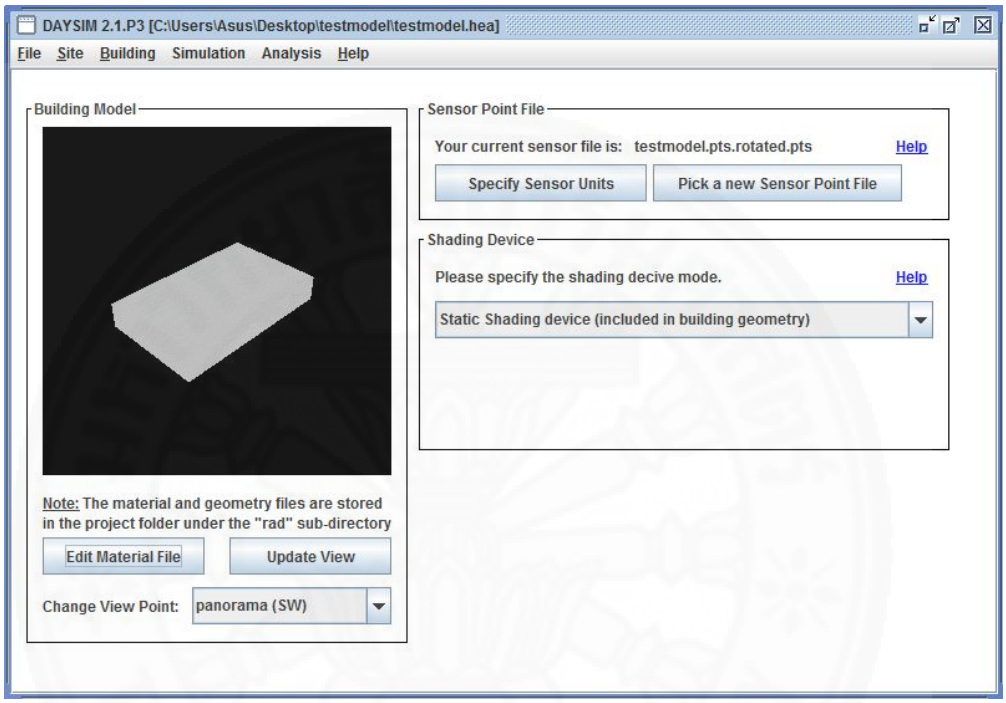
2.2.3.3 ข้อได้เปรียบและข้อจำกัดในการใช้โปรแกรม DAYSIM

(1) ข้อได้เปรียบของโปรแกรม DAYSIM

โปรแกรม DAYSIM เป็นโปรแกรมแรกที่มีความเชื่อถือได้ในการคาดการณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักซึ่งพิจารณาจากการควบคุมแสงและม่านกันแสงของผู้ใช้อาคาร โดยรูปแบบพฤติกรรมผู้ใช้งานมีพื้นฐานอยู่บนฐานข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาจริงจากผู้ใช้งาน ซึ่งเครื่องมือที่นำมาใช้ในการประเมินศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างแบบอัตโนมัติเปรียบเทียบกับรูปแบบปรับด้วยผู้ใช้งานคือแสงสว่างโดยการคาดการณ์มีความแม่นยำสูงเนื่องจากตัวโปรแกรม DAYSIM นั้นมีพื้นฐานขึ้นอยู่กับการจำลองแบบ Radiance โดยโปรแกรมมาพร้อมกับฟังก์ชันในการสอนการใช้งานรวมถึงรายละเอียดวิธีใช้แบบออนไลน์ช่วยให้ผู้เริ่มต้นใช้งานสามารถทำความเข้าใจรายละเอียดต่างๆของโปรแกรมได้โดยง่าย

(2) ข้อจำกัดของโปรแกรม DAYSIM

เนื่องจากโปรแกรม DAYSIM จะใช้พื้นฐานชุดคำสั่งในการจำลองแสงธรรมชาติจากโปรแกรม Radiance ทำให้ผู้ใช้งานโปรแกรมจำเป็นที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของโปรแกรมให้มีความเหมาะสมในกับงานแต่ละประเภท



ภาพที่ 2.2 โปรแกรมจำลองแสงธรรมชาติ DAYSIM 2.1

2.3 การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

2.3.1 หิ้งสะท้อนแสง (light shelves)

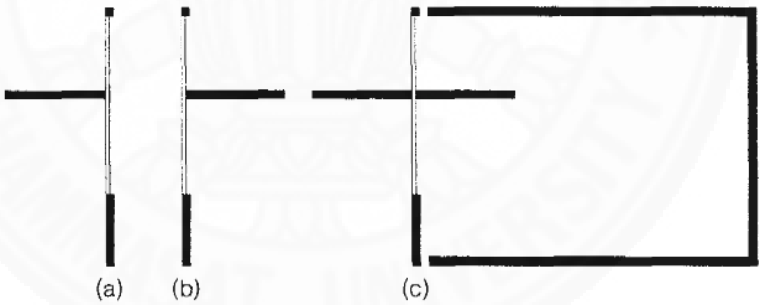
หิ้งสะท้อนแสงเป็นอุปกรณ์ที่มีลักษณะยื่นออกจากตัวอาคารเพื่อใช้ประโยชน์ในการบังแดดและสะท้อนเข้าสู่อาคาร ซึ่งตัวแปรสำคัญในการเลือกใช้หิ้งสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับ ความสูง ระยะยื่น ความลึก รวมถึงตำแหน่งและขนาดของช่องเปิด ตลอดจนพื้นผิวที่นำมาทำเป็นตัวสะท้อนแสง และรูปทรงของหิ้งสะท้อนแสง

ความสูงของการติดตั้งเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเนื่องจากการสะท้อนแสงที่มีผลต่อฝ้าเพดาน เพื่อให้แสงตกกระทบกับหิ้งสะท้อนแสงและสะท้อนไปยังฝ้าเพดานให้กระจายแสงต่อไป ทั้งนี้ต้องพิจารณาในตำแหน่งที่ไม่ก่อให้เกิดการบังสายตาด้วย

ความลึกของหิ้งสะท้อนแสงขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องเปิด ทิศทาง และมุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อช่องเปิด การออกแบบหิ้งสะท้อนแสงที่มีความลึกเหมาะสมจะช่วยป้องกันความร้อนและแสงจ้าที่เกิดบริเวณใกล้กับหน้าต่าง

2.3.1.1 รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง

(a) external light shelves (b) internal light shelves (c) combined light shelves



ภาพที่ 2.3 รูปแบบทั่วไปของหิ้งสะท้อนแสง. จาก Claude,RL.,1986.

การใช้หิ้งสะท้อนแสงเป็นการช่วยในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารให้ลึกมากขึ้นและลดแสงบาดตาบริเวณใกล้ช่องเปิดภายในอาคาร จากการศึกษาพบว่าแสงที่ได้จากหิ้งสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพดีกว่าแสงที่ส่องผ่านเข้ามาโดยรอบกรอบอาคาร หรือดีกว่าแสงที่ส่องผ่านช่องเปิดโดยตรง โดยหิ้งสะท้อนแสงสามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบดังนี้

1. หิ้งสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (external light shelf)
2. หิ้งสะท้อนแสงภายในอาคาร (internal light shelf)
3. หิ้งสะท้อนแสงแบบผสม (combined light shelf)

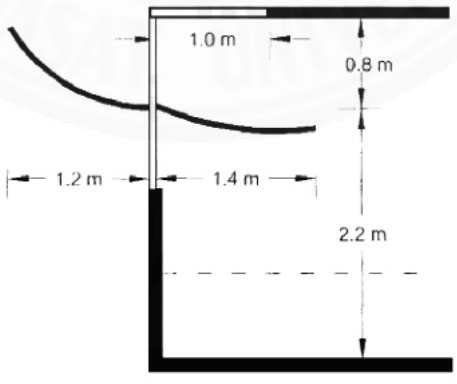
โดยหิ้งสะท้อนแสงภายในอาคารและแบบผสมเหมาะสำหรับใช้งานภูมิอากาศเขตหนาวเนื่องจากเมื่อแสงส่องผ่านกระจกและตกกระทบบนหิ้งสะท้อนแสงจะเกิดการนำความร้อน การสะสมความร้อน และการแผ่รังสีความร้อนคลื่นยาว ทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจก(greenhouse effect) ช่วยเพิ่มความอบอุ่นภายในอาคารในภูมิประเทศเขตหนาวได้

2.3.1.2 ประโยชน์ของหิ้งสะท้อนแสง

1. การป้องกันแสงแดดตรงเข้าสู่อาคาร
2. ช่วยลดแสงบาดตา (Glare)
3. ช่วยในการเพิ่มระยะความลึกของแสงธรรมชาติให้สามารถเข้าไปได้ลึกมากขึ้น
4. เพิ่มความสม่ำเสมอของความสว่างของแสงธรรมชาติภายในอาคาร
5. ช่วยลดภาระการทำความเย็นและไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร
6. ลดการใช้พลังงานในอาคาร

2.3.1.3 ชนิดและวัสดุของหิ้งสะท้อนแสง

วัสดุที่นำมาใช้ผลิตเป็นหิ้งสะท้อนแสงนั้น สามารถแบ่งได้ตามลักษณะการใช้งาน คือ แบบใช้งานถาวร ได้แก่ คอตกรีต อลูมิเนียม และโพลีคาบอเนต ซึ่งมีค่าก่อสร้างค่อนข้างแพงแต่ค่าบำรุงรักษาน้อย มีความคุ้มค่าในการลงทุนตามระยะเวลา ส่วนหิ้งสะท้อนแสงแบบใช้งานชั่วคราว ได้แก่ ยิปซัมบอร์ด แผงอลูมิเนียม ซึ่งมีราคาถูก ติดตั้งง่ายและมีน้ำหนักเบา แต่ต้องมีการบำรุงรักษาอยู่เสมอ

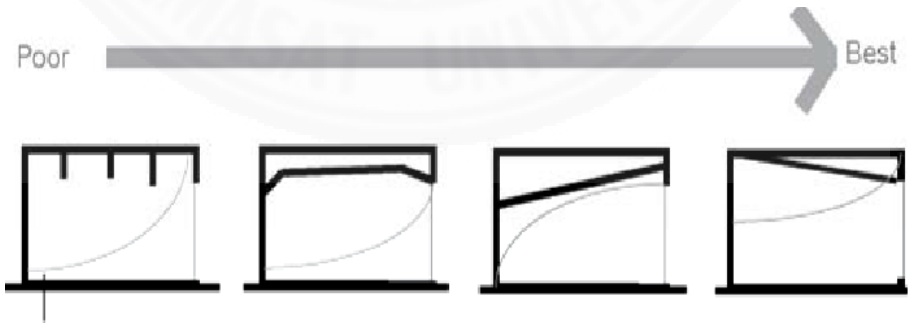


ภาพที่ 2.4 รูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย. จาก วรภัทร อังสนันรัตนา,2549.

หิ้งสะท้อนแสงและแผงกันแดดในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กันจะเป็นหิ้งสะท้อนแบบติดตั้งภายนอกอาคาร เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของแผงกันแดดไม่สามารถแผ่เข้ามายังพื้นที่ภายในได้ แล้วลมยังพัดระบายความร้อนจากแผงกันแดดภายนอกได้อีกด้วย (อาวุธ สีรสรรค์ศักดิ์,2548) และการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกนั้นหิ้งสะท้อนแสงยังสามารถทำหน้าที่ในการป้องกันปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ป้องกันน้ำฝน ป้องกันความปลอดภัย และช่วยบังคับกระแสลม

จากการศึกษารูปทรงของแผงกันแดดภายนอกอาคาร (วรภัทร อังสนันรัต, 2549) ซึ่งประกอบด้วยแบบเรียบ แบบเอียงขึ้น 30 องศา แบบโค้งเว้าและแบบโค้งนูน พบว่า รูปแบบเรียบมีคุณสมบัติในการกันแสงตรงมากที่สุดในทุกช่วงเวลา แต่ไม่มีคุณสมบัติในการกระจายแสงสู่ส่วนลึกของอาคาร สามารถใช้งานได้ดีเมื่อดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้ ส่วนรูปแบบโค้งเว้าจะกระจายแสงสู่ส่วนลึกลึกของห้องได้ดีที่สุดแต่กันแสงตรงได้ไม่ดีนัก ทำให้เหมาะกับการใช้งานในช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มแสงน้อยสำหรับช่องเปิดทางทิศใต้จึงไม่เกิดปัญหาแสงจ้าบริเวณช่องเปิด ส่วนรูปแบบเอียงขึ้น 30 องศามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแบบโค้งเว้า คือ กระจายแสงสู่ส่วนลึกได้ดี แต่ไม่สามารถกันแสงตรง ส่วนรูปแบบโค้งนูน ไม่มีทั้งคุณสมบัติการกันแสงตรงและสะท้อนแสงสู่ส่วนลึกของห้อง รูปทรงหิ้งสะท้อนแสง และแผงกันแดดที่พบมากที่สุดในประเทศไทย คือ ชนิดเรียบ เนื่องจากลดแสงตรงได้มากที่สุดเกือบทุกช่วงเวลาของปี และเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการผลิตและติดตั้งมากที่สุด

2.3.2 ฝ้าเพดาน (Ceiling)



ภาพที่ 2.5 รูปแบบฝ้าเพดานที่สัมพันธ์กับการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร. จาก ยิ่งสวัสดิ์ ไชยะกุล,2554.

รูปแบบของฝ้าเพดานเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อการส่องสว่างของแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารโดยการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคารในสัดส่วนที่มากที่สุด การออกแบบฝ้าเพดานในรูปแบบที่แตกต่างกันจะส่งผลต่อปริมาณความลึกของแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่อาคารจากทางด้านข้างที่แตกต่างกัน รวมถึงการเลือกใช้วัสดุ และลักษณะพื้นผิวของฝ้าเพดานก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพการส่องสว่างของแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารเช่นกัน โดยฝ้าเพดานแบบเอียงขึ้นจากช่องเปิดจะช่วยเพิ่มความลึกของแสงภายในพื้นที่ได้มากกว่าฝ้าเพดานแบบเรียบ (International Energy Agency, 2000, p.12) และฝ้าเพดานที่มีพื้นผิวมันวาวและมีค่าการสะท้อนแสงที่สูง จะช่วยสะท้อนแสงเข้าสู่ภายในได้ดียิ่งขึ้น แต่ควรระวังการเกิดปัญหาแสงจ้า

2.4 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียว

เกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียวเป็นหนึ่งในรูปแบบการประเมินซึ่งเป็นที่ยอมรับ ได้แก่ อาคารที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาคารที่ช่วยลดการใช้พลังงานในอาคาร และเป็นอาคารที่ส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้ใช้งานที่มีคุณภาพดี ทั้งหน่วยงานรัฐและเอกชนต่างให้ความสนใจในการจัดการสภาพแวดล้อม และ การใช้พลังงานในส่วนของอาคาร เพื่อช่วยลดการแก้ปัญหาภาวะโลกร้อนโดยการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและลดการใช้พลังงาน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาการใช้พลังงานในประเทศที่ยั่งยืน

ปัจจุบันในแต่ละประเทศทั่วโลกได้พัฒนาเกณฑ์การประเมินขึ้นมาเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการประเมินอาคารเชียว ดังเช่น ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็มีหน่วยงานสภาอาคารเขียวของประเทศสหรัฐอเมริกา United States Green Building Council – USGBC เป็นผู้พัฒนาเกณฑ์ Leadership in Energy and Environment Design (LEED) เป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดและถูกนำไปเป็นพื้นฐานในการดัดแปลงเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวในกลุ่มประเทศต่าง ๆ โดยในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำหลักเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียว ซึ่งจัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทย มาใช้เป็นแนวทางในการก่อสร้าง ปรับปรุงอาคารทั้งเก่าและใหม่สำหรับอาคารเขียวเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยเกณฑ์การประเมินของไทยในปัจจุบันโดยใช้ชื่อว่า TREE – NC V.1.1 เริ่มใช้เมื่อปี พ.ศ.2555

2.4.1 เกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย (TREES)

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว จัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการก่อสร้าง ปรับปรุงอาคารทั้งเก่าและใหม่สำหรับอาคารเขียวเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยเกณฑ์การประเมินของไทยในปัจจุบัน ใช้ชื่อว่า TREE – NC V.1.1 โดยเริ่มใช้เมื่อปี พ.ศ.2555 โดย

เนื้อหาสำหรับการประเมินประกอบไปด้วย 8 หมวดหลัก ได้แก่

1. การบริหารจัดการอาคาร(Building Management)
2. ผังบริเวณและภูมิทัศน์ (Site and Landscape)
3. การประหยัดน้ำ (Water Conservation)
4. พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
5. วัสดุและทรัพยากรในการก่อสร้าง (Materials and Resources)
6. คุณภาของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร (Indoor Environmental Quality)
7. การป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection)
8. นวัตกรรม (Green Innovation)

สำหรับการประเมินแสงธรรมชาติจะอยู่ในหมวดคุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร มีรายละเอียดการให้คะแนน ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.3

หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

พื้นที่ที่มี Daylight Factor มากกว่า 2%	คะแนน
46-55%	1
56-65%	2
66-75%	3
76-100%	4

หมายเหตุ. จาก สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555.

การดำเนินการใช้การจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยขั้นต่ำออกแบบให้ร้อยละ 45 ของพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำ มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2 เปอร์เซ็นต์โดยจำลองในสภาพท้องฟ้าทีมีเมฆปกคลุมทึบ และวัดค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่ระนาบทำงานสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร โดยการจำลองสภาพต้องสะท้อนสภาพความเป็นจริงทางกายภาพของอาคารไม่ว่าจะเป็น ค่าการส่องผ่านแสงสว่างของกระจก ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร โดยเมื่อจำลองสภาพไม่จำเป็นต้องคิดว่ามีการปิดม่านภายในอาคาร หรือมีอาคารหรือองค์ประกอบภายนอกที่มาบังแสงแต่ต้องนำอุปกรณ์บังแดดถาวรที่ติดตั้งภายนอกมาคำนวณด้วย

2.4.2 เกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา (LEED)

หลักเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว จัดทำโดยสภาอาคารเขียวของสหรัฐอเมริกา ซึ่งได้รับความนิยมในระดับสากล ถือว่าเป็นเกณฑ์มาตรฐานที่ถูกนำไปเป็นพื้นฐานในการดัดแปลงเกณฑ์อาคารเขียวให้เหมาะสมในแต่ละประเทศโดยมีการพัฒนา ปรับปรุงเกณฑ์การประเมินจนในปัจจุบันเป็นรุ่นที่ 4 เริ่มใช้ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมปี 2013 โดยใช้ชื่อว่า LEED V.4 โดยเนื้อหาสำหรับการประเมินประกอบไปด้วย 7 หมวดหลัก ได้แก่

1. สถานที่ตั้งเพื่อความยั่งยืน (Sustainable Sites)
2. การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (Water Efficiency)
3.พลังงานและบรรยากาศ (Energy and Atmosphere)
4. วัสดุและการก่อสร้าง (Material and Resources)
5. คุณภาพสภาพแวดล้อมในอาคาร (Indoor Environmental Quality)
6. นวัตกรรมในการออกแบบ (Innovation in Design)
7. การเอื้อต่อสภาวะท้องถิ่น (Regional Priority)

โดยหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ได้แก่ หมวดคุณภาพสภาพแวดล้อมในอาคาร หัวข้อ IEQ CREDIT 8.1 แสงธรรมชาติและทิวทัศน์ภายนอก โดยออกแบบให้อย่างน้อยร้อยละ 75 ของพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำทั้งหมดที่ได้รับแสงธรรมชาติ โดยเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED มีวิธีการประเมินแสงธรรมชาติอยู่ 4 รูปแบบดังนี้

2.4.2.1 การจำลองสภาพแสงด้วยคอมพิวเตอร์(simulation)

การจำลองสภาพแสงด้วยคอมพิวเตอร์นั้นแบ่งออกเป็น 2 ทางเลือก โดยทางเลือกแรกนั้นเป็นการให้คะแนนจากพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติแบบอิสระตามฤดูกาลมีค่าความส่องสว่างซึ่งมีค่าความสว่างอยู่ระหว่าง 300-3000 ลักซ์และมีช่วงเวลาที่แสงตกลงยังพื้นที่ใช้งานประจำไม่ต่ำกว่า 50% ของชั่วโมงการทำงานตลอดปี

ตารางที่ 2.4

เกณฑ์การให้คะแนนตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในสภาพแสงธรรมชาติแบบอิสระตามฤดูกาล โดยการจำลองแสงธรรมชาติด้วยคอมพิวเตอร์

New Construction, Core and Shell, School, Retail, Data Center, Warehouses and Distribution Centers, Hospitality, CI	
sDA (for regularly occupied floor area)	Points
55%	2
75%	3

หมายเหตุ. จาก LEED V.4, 2013.

โดยอีกทางเลือกหนึ่งนั้นเป็นการให้คะแนนจากการคำนวณค่าความส่องสว่าง โดยพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 300-3000 ลักซ์โดยคำนวณทั้งความเข้มของแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายในสภาพท้องฟ้าแบบไม่มีเมฆปกคลุม (Clear sky) ในวันวิษุวัต (Equinox) 21 มีนาคม และ 21 กันยายน ในช่วงเวลา 9.00น. และ 15.00 น. โดยใช้ค่าเฉลี่ยรายชั่วโมงของทั้งสองวันในการคิดคะแนน ซึ่งในการคำนวณแสงในกรณีนี้ไม่คิดรวมม่านบังแสง ฉากกั้น และเฟอร์นิเจอร์ลอยตัวต่างๆ แต่จะคิดเฉพาะอุปกรณ์ที่ติดตั้งถาวรในบริเวณพื้นที่ที่ทำการจำลองแสงธรรมชาติ

ตารางที่ 2.5

เกณฑ์การให้คะแนนตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 300 ถึง 3000 ลักซ์ โดยการจำลองแสงธรรมชาติด้วยคอมพิวเตอร์

New Construction, Core and Shell, School, Retail, Data Center, Warehouses and Distribution Centers, Hospitality, CI	
Percentage of regularly occupied floor area	Points
75%	1
90%	2

หมายเหตุ. จาก LEED V.4, 2013.

2.4.2.2 การวัด(measurement)

ตารางที่ 2.6

เกณฑ์การให้คะแนนโดยการวัดความส่องสว่างตามสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าความส่องสว่างอยู่ในช่วง 300 ถึง 3000 ลักซ์

New Construction, Core and Shell, School, Retail, Data Center, Warehouses and Distribution Centers, Hospitality, CI	
Percentage of regularly occupied floor area	Points
75%	2
90%	3

หมายเหตุ. จาก LEED V.4, 2013.

จดบันทึกค่าความสว่างที่วัดได้จากพื้นที่ภายในอาคาร โดยที่ค่าความสว่างขั้นต่ำเท่ากับ 300 ลักซ์ และสูงสุดเท่ากับ 3000 ลักซ์ โดยการวัดที่เหมาะสมนั้นจะทำการวัดทุกชั่วโมงระหว่างเวลา 9.00-15.00 น. การวัดค่าความส่องสว่างสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่กว่า 14 ตารางเมตรจะวัดเป็นตารางทุกๆระยะห่างไม่เกิน 3 เมตรของผังพื้นอาคาร ส่วนกรณีที่พื้นที่มีขนาดเล็กกว่า 14 ตารางเมตรจะทำการวัดเป็นตารางทุกๆระยะห่างไม่เกิน 90 เซนติเมตร

2.4.2.3 การผสมผสาน (combination)

วิธีการประเมินทั้งหมดที่กล่าวมา สามารถใช้การประเมินหลายๆรูปแบบผสมกันได้ เพื่อให้บรรลุตามค่าความสว่างขั้นต่ำที่เกณฑ์การประเมินอาคารเขียว LEED ได้กำหนดไว้

2.5 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 ด้านการประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

ประเทศไทยมีการศึกษาการออกแบบเพื่อประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานในหลากหลายรูปแบบ สามารถแบ่งออกเป็นแนวทางการศึกษาดังนี้

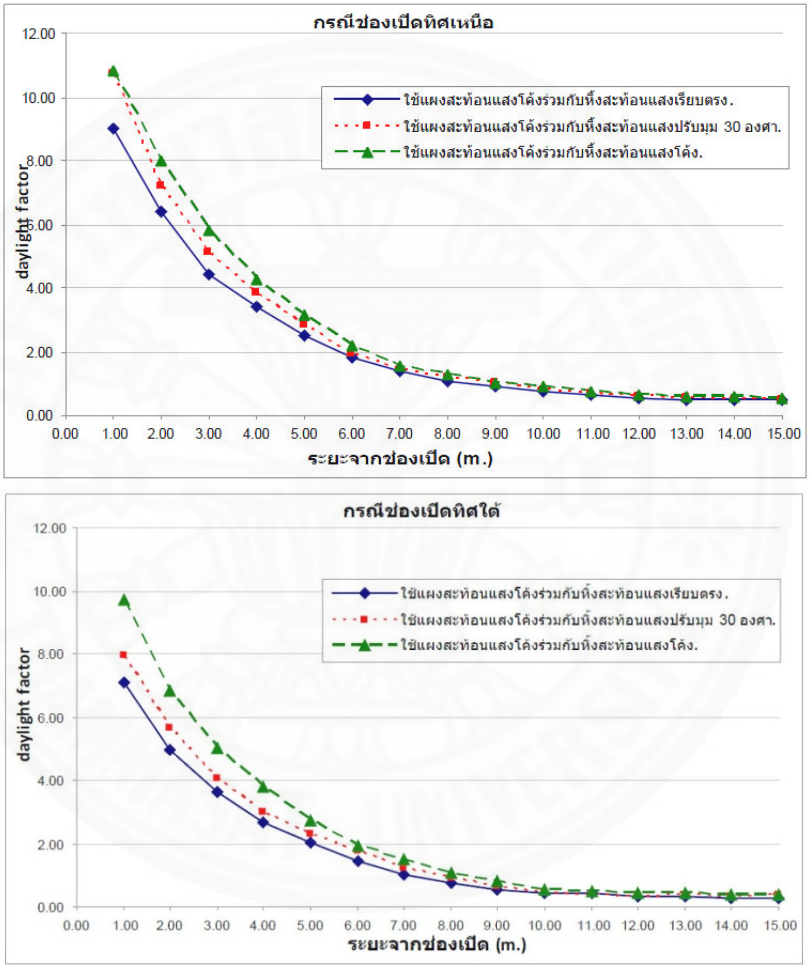
ลักษณะแรกเป็นการศึกษาการออกแบบหิ้งสะท้อนแสงร่วมกับฝ้าเพดานโดยมีจากการศึกษาพบว่ารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงและแผงกันแดดในประเทศไทยส่วนใหญ่ที่นิยมใช้กันจะเป็นหิ้งสะท้อนแบบติดตั้งภายนอกอาคาร เนื่องจากการแผ่รังสีความร้อนของแผงกันแดดไม่สามารถแผ่เข้ามายังพื้นที่ภายในได้ แล้วลมยังพัดระบายความร้อนจากแผงกันแดดภายนอกได้อีกด้วย

(อาวุธ สีรสรรค์ศักดิ์, 2548) และการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกนั้นหิ้งสะท้อนแสงยังสามารถทำหน้าที่ในการป้องกันปริมาณรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น ป้องกันน้ำฝน ป้องกันความปลอดภัย และช่วยในการบังคับกระแสลม

จากการศึกษารูปทรงของแผงกันแดดภายนอกอาคาร (วรภัทร อังสนันรัตนา ,2549) ซึ่งประกอบด้วยแบบเรียบ แบบเอียงขึ้น 30 องศา แบบโค้งเว้าและแบบโค้งนูน พบว่ารูปแบบเรียบมีคุณสมบัติในการป้อนกันแสงแดดตรงมากที่สุดในทุกช่วงเวลา แต่ไม่มีคุณสมบัติในการกระจายแสงสู่ส่วนลึกของอาคาร สามารถใช้งานได้ดีเมื่อดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้ ส่วนรูปแบบโค้งเว้าจะกระจายแสงสู่ส่วนลึกลึกของห้องได้ดีที่สุดแต่กันแสงตรงได้ไม่ดีนัก ทำให้เหมาะกับการใช้งานในช่วงที่ดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศเหนือ ซึ่งเป็นช่วงที่มีความเข้มแสงน้อยสำหรับช่องเปิดทางทิศใต้จึงไม่เกิดปัญหาแสงจ้าบริเวณช่องเปิด ส่วนรูปแบบเอียงขึ้น 30 องศามีคุณสมบัติใกล้เคียงกับแบบโค้งเว้า คือกระจายแสงสู่ส่วนลึกได้ดีแต่ไม่สามารถกันแสงตรงได้ ส่วนรูปแบบโค้งนูน ไม่มีทั้งคุณสมบัติการกันแสงตรงและสะท้อนแสงสู่ส่วนลึกของห้อง จากการศึกษาพบว่าการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายในจะสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ดีที่สุด โดยหิ้งสะท้อนแสงภายนอกควรติดตั้งที่ระยะยื่นจากช่องเปิด 1.2 เมตร ขนาดสัดส่วน 2.3 : 4 (ระยะดิ่ง 0.685 เมตร) และหิ้งสะท้อนแสงภายในแบบโค้งเว้าติดตั้งที่มีความลึกเท่ากับ 1.4 เมตร ติดตั้งที่ระดับความสูง 2.2 เมตร รวมทั้งการติดตั้งฝ้าเพดานร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารได้ดียิ่งขึ้นรูปทรงหิ้งสะท้อนแสง ส่วนแผงกันแดดที่พบมากที่สุดในประเทศไทย คือ ชนิดเรียบ เนื่องจากลดแสงตรงได้มากที่สุดเกือบทุกช่วงเวลาของปี และเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการผลิตและติดตั้งมากที่สุด

ลักษณะที่สองเป็นการประยุกต์ใช้หิ้งสะท้อนแสงกับองค์ประกอบอาคารต่างๆ ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบแผงสะท้อนเหนือระนาบการทำงานภายในอาคาร (ไกรฤทธิ์ ฤกษ์เกษม , 2554.) โดยมีการศึกษารูปแบบของแผงสะท้อนแสงเหนือระนาบการทำงาน ทั้งรูปทรง ระยะความสูงในการติดตั้ง ระยะห่างจากช่องเปิด เป็นต้น รวมถึง ประเมินผลโดยใช้หุ่นจำลองในการวัดค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor) ที่เพิ่มขึ้นและระยะที่ความส่องสว่างผ่านเกณฑ์ 2% DF จากช่องเปิดทิศเหนือ-ใต้ เพื่อหาความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่ได้และแสงประดิษฐ์ที่ต้องการเพิ่มมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน จากการศึกษา พบว่าแผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดทางด้านกายภาพ คือลักษณะโค้งระนาบนอนพื้นผิวมีการสะท้อนแสงลักษณะกระเจิงแสง (spread reflection) และติดตั้งที่ระดับความสูงประมาณ 2.75 เมตร มีประสิทธิภาพในการเพิ่มระยะจากช่องเปิดที่มีค่าความส่องสว่างเพียงพอจากกรณีปกติ(base case)ที่ใช้ หิ้งสะท้อนแสงแบบเรียบที่ช่องเปิดอย่างเดียวเพิ่มขึ้น 1.70 เมตร หรือ

42.50% ในทิศเหนือ และเพิ่มขึ้น 1.75 เมตร หรือ 53.85% ในทิศใต้ ประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้น 34.42 % ต่อปีในทิศเหนือและ 12.40 % ต่อปีในทิศใต้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าหากมีการใช้แผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานดังกล่าวนี้ร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงโค้งจะสามารถเพิ่มระยะที่แสงสว่างเพียงพอได้อีก 10.53% ในทิศเหนือ และ 16.00% ในทิศใต้ อีกทั้งสามารถประหยัดพลังงานเพิ่มขึ้นได้อีก 17.68 % ต่อปีในทิศเหนือ และ14.13 % ต่อปีในทิศใต้อีกด้วย



ภาพที่ 2.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า DF กับระยะจากช่องเปิดที่ใช้แผงสะท้อนแสงเหนือระนาบทำงานโค้ง วัสดุกระเจิงแสงที่ระดับ 2.75 เมตร ร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงลักษณะต่างๆ ภายใต้สภาพท้องฟ้า overcast sky. จาก ไกรฤทธิ์ ฤกษ์เกษม, 2554.

2.5.2 ด้านการจำลองแสงธรรมชาติในอาคาร

Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design

ได้ทำการศึกษาการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC ในหลากหลายรูปแบบเปรียบเทียบกับการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยทำการเปรียบเทียบทั้งข้อดีและข้อเสียของทั้งสองวิธีการ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นการทดลอง 3 รูปแบบ

รูปแบบการทดลองที่ 1 ใช้กระจก 4 ชนิดที่แตกต่างกัน โดยรูปแบบที่ใช้อ้างอิงทำการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงบริเวณช่องเปิดและใช้กระจกใสในส่วนของหน้าต่างช่วงบนและหน้าต่างช่วงกลาง

รูปแบบการทดลองที่ 2 เป็นรูปแบบของการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นกับควบคุมอุปกรณ์ป้องกันแสงแดด โดยในการศึกษานี้พบว่า การใช้การควบคุมอุปกรณ์ป้องกันแสงแดดแบบอัตโนมัติจะให้ผลการป้องกันแดดและใช้งานแสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงในรูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC ในขณะที่การควบคุมอุปกรณ์ป้องกันแสงธรรมชาติแบบมีผู้ควบคุมช่วยให้การใช้งานแสงธรรมชาติดีขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการที่ผู้ใช้งานไม่ทำการควบคุม

รูปแบบการทดลองที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบซึ่งอยู่บนเส้นละติจูดที่คล้ายกัน เมืองโคโลราโด และ อาร์เคตาในรัฐแคลิฟอร์เนีย โดยทั้งสองเมืองได้รับแสงแดดโดยตรงในปริมาณมาก ทำให้ผู้ใช้งานมักใช้ม่านบังแดดภายใน โดยการทดลองนี้การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC ไม่สามารถวัดความเปลี่ยนแปลงในพฤติกรรมการใช้งานม่านบังแดดของผู้ใช้อาคารได้

ผลสรุปกล่าวว่าการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC มีส่วนช่วยในการตัดสินใจในการออกแบบเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติรวมถึงช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบลงเป็นอย่างมาก

จากการศึกษาวิเคราะห์งานวิจัยข้างต้นนั้นพบว่ารูปแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานในอาคารปัจจุบันนั้นมักให้ความสำคัญในการปรับเปลี่ยนรูปแบบของแผงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หิ้งสะท้อนแสง รวมถึง การปรับปรุงพื้นที่ภายในอาคาร เช่น ฝ้าเพดาน ผนังภายในอาคาร รวมถึง การเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติเด่นในด้านการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารรวมถึงสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง ซึ่งองค์ประกอบต่างๆเหล่านี้ ที่มีความเกี่ยวข้องโดยที่งานวิจัยที่ศึกษามาในเบื้องต้น โดยข้อบกพร่องที่เห็นได้ชัดคืองานวิจัยส่วนใหญ่นั้นไม่ได้คำนึงถึงหลักเกณฑ์หรือวิธีการที่ใช้ในการจำลองแสงธรรมชาติภายในอาคารเท่าที่ควร ซึ่งในงานวิจัยต่างๆยังคงเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC ส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้ไม่ว่าจะเป็น

ช่วงเวลาหรือความลึกความเข้มของแสงนั้นมีข้อจำกัดเนื่องจาก การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC เลือกใช้การจำลองภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมืดครึ้มเพียงแบบเดียว ทำให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่นำมาใช้ในอาคารนั้นอยู่ในเกณฑ์ขั้นต่ำ ส่งผลให้การศึกษาวิจัยต่างๆมุ่งเน้นที่จะพัฒนาและปรับเปลี่ยนองค์ประกอบต่างๆของอาคารที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างทั้งในทางด้านโครงสร้างและทางสถาปัตยกรรมรวมถึงการดูแลรักษาที่เพิ่มมากขึ้น

ซึ่งหากในงานวิจัยมีการใช้การจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC แทนการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC นั้นส่งผลให้ปริมาณแสงธรรมชาติที่นำมาใช้ได้ในอาคารสำนักงานมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นและมีความละเอียดถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นเนื่องจากมีการคำนวณปริมาณแสงธรรมชาติจากสภาพท้องฟ้าที่เกิดขึ้นในแต่ละวันและเวลาตามจริง ส่งผลในด้านการประหยัดพลังงานในอาคารสำนักงานในส่วนของแสงสว่างรวมถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ประโยชน์ในอาคารได้มากก็ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งองค์ประกอบต่างๆของอาคารที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติภายในอาคารสำนักงาน

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงจำลองสถานการณ์จริง (simulation research) มุ่งเน้นศึกษาแนวทางการเพิ่มศักยภาพในการใช้งานแสงธรรมชาติด้วยการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานเพื่อลดการใช้พลังงานแสงสว่าง ด้วยการจำลองโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อสร้างแนวทางดังกล่าวต้องอาศัยการศึกษาปัจจัยอย่างละเอียด โดยสามารถแบ่งช่วงการศึกษาออกเป็น 3 ช่วง ดังต่อไปนี้

1. การศึกษารวบรวมทฤษฎีด้านแสงธรรมชาติ รวมถึงศึกษาข้อมูลพื้นฐานของอาคารสำนักงานในปัจจุบัน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม Daysim2.1

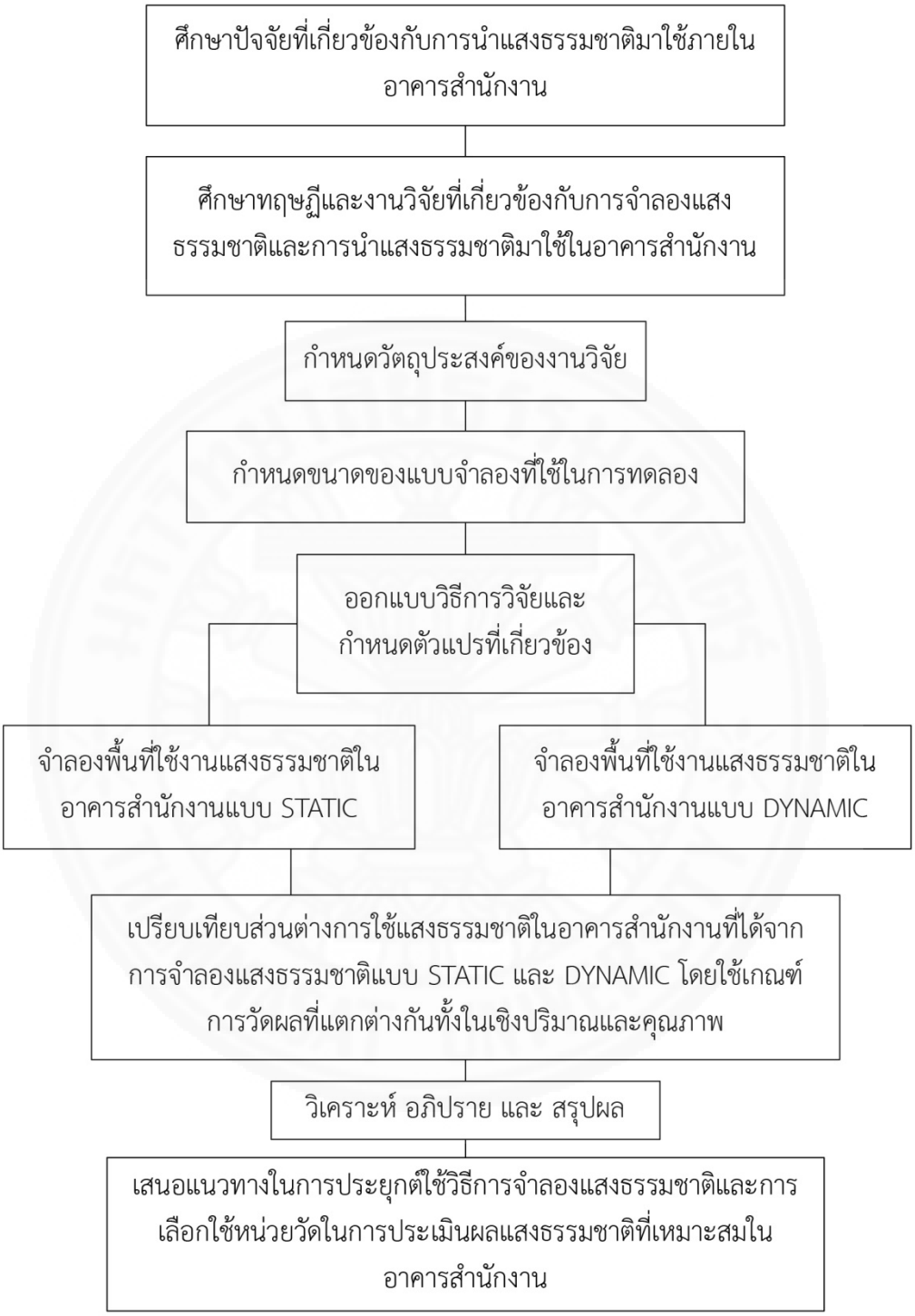
2. จำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรม DAYSIM 2.1 ผ่านการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect Analysis 2011 โดยทำการจำลองทั้งแบบ STATIC และ DYNAMIC โดยเป็นการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติด้วยการจำลองแสงธรรมชาติที่เหมาะสมในการใช้งานทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

3. เปรียบเทียบสัดส่วนความแตกต่างของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC โดยใช้หน่วยวัดในการประเมินผลที่แตกต่างกัน

4. วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผลการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และแบบ DYNAMIC เพื่อเสนอแนวทางการเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและหน่วยวัดที่เหมาะสมกับรูปแบบอาคารเพื่อช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน รวมถึงนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติตามเกณฑ์อาคารเขียวในประเทศไทยเพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้งานแสงธรรมชาติให้สอดคล้องกับสภาพแสงตามการใช้งานจริง

3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ช่วงโดยช่วงแรกเป็นการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการจำลองแสงธรรมชาติและการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำลองแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ DAYSIM 2.1 โดยผ่านการสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรม Ecotect Analysis 2011 ช่วงที่ 2 เป็นการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC โดยใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 3.1 ระเบียบวิธีวิจัย

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย

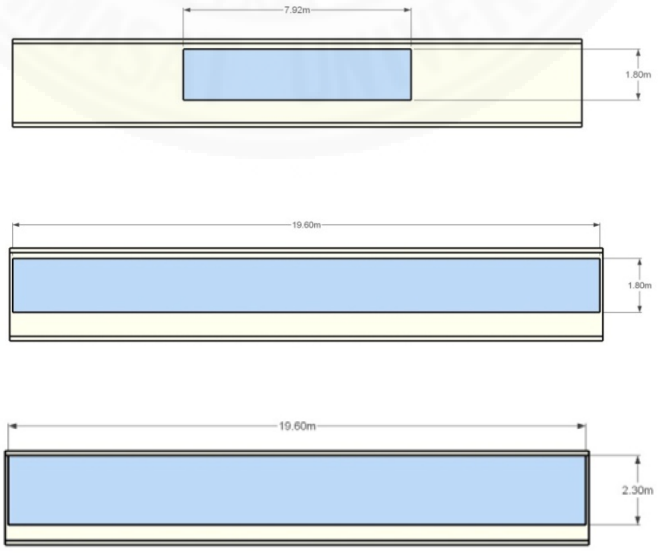
ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่อาคารสำนักงานรูปแบบที่มีแกนอาคารอยู่บริเวณกลางอาคาร เนื่องจากผังพื้นอาคารสำนักงานแบบนี้สามารถใช้งานแสงธรรมชาติได้จากทุกทิศทาง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างอาคารที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ อาคารสำนักงานที่มีสัดส่วน 1:1 หรือรูปแบบอาคารสี่เหลี่ยมจัตุรัส

3.3 ขั้นตอนการศึกษา

3.3.1 การกำหนดตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

3.3.1.1 ตัวแปรต้น เป็นรูปแบบอาคารสำนักงานที่ใช้โดยทั่วไปครอบคลุมรูปแบบสถาปัตยกรรม ดังต่อไปนี้

1. อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังทึบอาคาร (Window to wall ratio) จากการศึกษาพบว่า อัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังทึบของอาคารสำนักงานมีอัตราส่วนร้อยละ 20 – 80 โดยค่าสูงสุดมีค่าไม่เกินร้อยละ 90 และค่าต่ำสุดมีค่าไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ซึ่งรูปแบบอาคารสำนักงานในปัจจุบันมักจะเลือกใช้ผนังกระจกในการออกแบบทำให้มีอัตราส่วนของช่องเปิดต่อผนังทึบอาคารที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นในการทดลองจึงได้กำหนดค่าอัตราส่วนช่องเปิดต่อผนังทึบอาคาร มีค่า 40 , 60 และ 80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ



ภาพที่ 3.2 สัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%

2. การใช้หิ้งสะท้อนแสง เป็นองค์ประกอบพื้นฐานที่ช่วยในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคาร ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยจากการศึกษาพบว่ารูปแบบของหิ้งสะท้อนแสงที่สามารถใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคารสำนักงานได้ดี คือ หิ้งสะท้อนแสงแบบโค้งเว้ามีระยะยื่นจากช่องเปิด 1.2 เมตร ขนาดสัดส่วน 2.3 : 4 (ระยะดิ่ง 0.685 เมตร) และเป็นรูปทรงที่ง่ายต่อการผลิตและติดตั้งมากที่สุด ในการทดลองจึงได้กำหนดตัวแปรต้นในส่วนหิ้งสะท้อนแสงแบบโค้งเว้า ซึ่งเป็นรูปแบบที่สามารถใช้งานแสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วรภัทร อังสนันรัตนา ,2549)

3. การใช้อุปกรณ์ป้องกันแสง ในการทดลองได้กำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงแบบเคลื่อนไหวและแบบไม่เคลื่อนไหวเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของรูปแบบการป้องกันแสงที่ส่งผลต่อพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ

3.3.1.2 ตัวแปรตาม

1. พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในอาคารที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติตั้งแต่ 2% ขึ้นไป

2. ผลของแสงธรรมชาติในอาคารจากการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารด้วยวิธีการพลวัตในรูปแบบต่างๆ เช่น DA , DAmax , UDI

3.3.1.3 ตัวแปรควบคุม

1. ขนาดสัดส่วนและรูปแบบผังพื้นของอาคารสำนักงานที่ใช้ในการศึกษา

2. ค่าการสะท้อนแสงขององค์ประกอบภายในอาคารสำนักงาน โดยให้ผนังมีค่าการสะท้อนแสงเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์ ฝ้าเพดานมีค่าการสะท้อนแสง 80 เปอร์เซ็นต์ และพื้นมีค่าการสะท้อนแสง 20 เปอร์เซ็นต์

3. ระนาบทำงานที่ใช้ในการทดลองมีระยะความสูง 0.75 เมตร

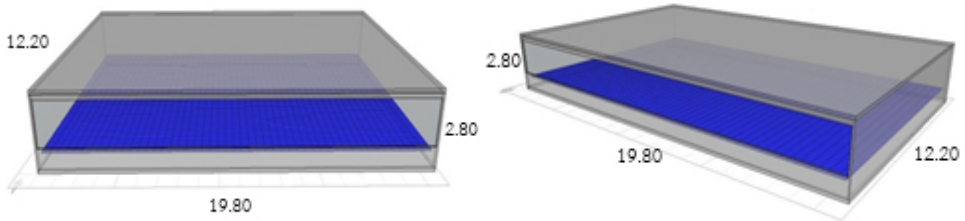
4. ลักษณะของหิ้งสะท้อนแสงและฝ้าเพดานที่นำมาทดลองกำหนดให้มีพื้นผิวที่มีรูปแบบการสะท้อนแบบกระจายแสง

5. กำหนดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา คือ 08.00-16.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาใช้งานของอาคารสำนักงาน

3.3.2 การกำหนดห้องมาตรฐาน

แบบจำลองที่ใช้ในการทดลอง เป็นอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าช่องเปิดทิศทางเดียว ซึ่งมีสัดส่วน 19.80 x 12.20 เมตร โดยมีระยะความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 2.80 เมตร โดยระยะความลึกจากผนังอาคารถึงผนังส่วนบริการมีค่าเท่ากับ 12.2 เมตร และมีพื้นที่ใช้งานเฉลี่ย 240 ตารางเมตร ซึ่งเป็นรูปแบบอาคารที่มีความสอดคล้องกับอาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานคร

(อัจฉรา ,2553 ดัดแปลง)



ภาพที่ 3.3 รูปแบบห้องทดลอง

3.3.3 กำหนดรายละเอียดของกรณีศึกษา

ตารางที่ 3.1

รายละเอียดกรณีศึกษาของตัวแปรพื้นฐาน

ตัวแปรพื้นฐาน	รายละเอียด	กรณีศึกษา	จำนวนกรณีศึกษา	รวม
orientation	ทิศเหนือ , ทิศใต้ , ทิศตะวันออก , ทิศตะวันตก	4	4	108 กรณี
WWR	40% , 60% , 80%	3	12	
Light Shelves	- หิ้งสะท้อนแสงภายนอกแบบโค้งเว้า - หิ้งสะท้อนแสงภายในแบบโค้งเว้า - หิ้งสะท้อนแสงภายนอก และ ภายในแบบโค้งเว้าติดตั้งร่วมกัน	3	36	
Shading Device	- อุปกรณ์ป้องกันแสงไม่เคลื่อนไหว - อุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบปรับด้วยมือ (Manual) - อุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวอัตโนมัติ (Automatic)	3	108	

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เลือกใช้โปรแกรมจำลองแสงธรรมชาติ DAYSIM 2.1 ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ได้รับการยอมรับและใช้ในการวิเคราะห์แสงธรรมชาติและในการศึกษากว่า 90 ประเทศทั่วโลก ซึ่งถูกพัฒนาขึ้น National Research Council Canada (NRC) , Massachusetts Institude of Technology (MIT) , Havard Universityร่วมกับ Fraunhofer Institude for Solar Energy Systems (ISE) ในประเทศเยอรมนี โดยการพัฒนาทั้งหมดได้รับการประสานงานโดย Christoph Reinhart ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998 โดยโปรแกรม DAYSIM 2.1 จะใช้พื้นฐานชุดคำสั่งในการจำลองแสงธรรมชาติจากโปรแกรม Radiance โดยสามารถจำลองแสงธรรมชาติได้ทั้งแบบ STATIC และ DYNAMIC ภายใต้สภาพท้องฟ้าตามจริงตลอดทั้งปีโดยใช้ไฟล์สภาพอากาศในรูปแบบ .wea ซึ่งเป็นการแปลงไฟล์ข้อมูลสภาพอากาศจากโปรแกรม Energyplus ในการคำนวณแสงธรรมชาติ ซึ่งโปรแกรม DAYSIM2.1 สามารถคำนวณพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งปีได้โดยการจำลองแสงธรรมชาติเพียงครั้งเดียว ซึ่งมีข้อดีในแง่ของการใช้ระยะเวลาการคำนวณแสงน้อย รวมถึงสามารถจำลองพฤติกรรมผู้ใช้งานในการควบคุมแสงสว่างภายในอาคารและอุปกรณ์ป้องกันแสง เพื่อคำนวณปริมาณการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างตามสถานะของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งสามารถใช้งานควบคู่ไปกับโปรแกรมจำลองการใช้พลังงานในอาคาร เช่น EnergyPlus , eQUEST ตัวโปรแกรมสามารถแสดงผลได้ในหลากหลายรูปแบบผ่านโปรแกรมต่างๆที่รองรับ เช่น Rhinoceros, Sketch up รวมถึง Ecotect Analysis

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 ขั้นตอนการประเมินแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน

1. กำหนดลักษณะทางกายภาพของอาคารสำนักงานที่ใช้ในการทดลอง
2. กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการออกแบบกรณีศึกษา
3. กำหนดจำนวนของกรณีศึกษาเพื่อใช้ในการทดลอง
4. ทดลองกรณีศึกษาโดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC ด้วยโปรแกรม DAYSIM 2.1 ผ่านการสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect Analysis 2011
5. ทดลองกรณีศึกษาโดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC ด้วยโปรแกรม DAYSIM 2.1 ผ่านสร้างแบบจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Ecotect Analysis 2011

6. วิเคราะห์ผลพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC และประเมินผลโดยใช้หน่วยวัด ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ แสงธรรมชาติแบบอิสระตามฤดูกาล และ การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในช่วงของแสงที่เหมาะสม

7. สรุปผลและอภิปรายผลสัดส่วนความต่างของพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติภายในอาคารเพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มศักยภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยผลการทดลองที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินแสงธรรมชาติตามเกณฑ์อาคารเขียวในปัจจุบันเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประเมินผลแสงธรรมชาติให้มีความถูกต้องแม่นยำสอดคล้องกับสภาพแสงตามการใช้งานจริงมากขึ้น

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการทดลองการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน นำผลการทดลองที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติด้วยโปรแกรม DAYSIM 2.1 มาวิเคราะห์เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC โดยทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากเกณฑ์การประเมินที่แตกต่างกัน เช่น ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ ค่า Daylight Autonomy และ ค่า Useful Daylight Illuminance ซึ่งส่งผลต่อพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติทีแตกต่างกันในแต่ละเกณฑ์การวัดที่ใช้ โดยมีรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.6.1 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผล

การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC ซึ่งใช้เกณฑ์ในการวัดผลด้วยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ

3.6.2 เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดผล

3.6.2.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA

3.6.2.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI

3.6.3 สรุปการเลือกใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและเกณฑ์ในการวัดผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานที่เหมาะสม รวมถึงนำเสนอแนวทางการจำลองแสงธรรมชาติและรูปแบบของเกณฑ์ในการวัดผลในอาคารรูปแบบต่างๆที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

3.6.3.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 40% ของผนังอาคาร

(1) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 40% ของผนังอาคาร

(2) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 40% ของผนังอาคาร

(3) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 40% ของผนังอาคาร

3.6.3.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 60% ของผนังอาคาร

(1) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 60% ของผนังอาคาร

(2) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 60% ของผนังอาคาร

(3) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 60% ของผนังอาคาร

3.6.3.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 80% ของผนังอาคาร

(1) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 80% ของผนังอาคาร

(2) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 80% ของผนังอาคาร

(3) การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการวัดผล กรณีอาคารมีสัดส่วนช่องเปิด 80% ของผนังอาคาร

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการประเมินค่าความสว่างของแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์Daysim 2.1 ผลการทดลองแสดงปริมาณร้อยละของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติภายในอาคาร ซึ่งเกิดจากรูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและการเลือกใช้เกณฑ์ในการวัดผลแสงธรรมชาติที่แตกต่างกัน รวมถึง กำหนดอัตราส่วนของช่องเปิดต่อผนังอาคาร (Window to wall ratio) และการกำหนดรูปแบบของการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ซึ่งการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในบทนี้แสดงให้เห็นถึงกรณีศึกษาต่างๆที่สามารถเพิ่มพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้มากยิ่งขึ้นเพื่ออภิปรายผลของตัวแปรต่างๆ ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการจำลองแสงธรรมชาติในอาคาร

โดยผลการทดลองจะนำเสนอตามวิธีการประเมินแสงธรรมชาติต่างๆดังนี้

วิธีการแบบ STATIC

1. Daylight Factor (DF) : ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ เป็นวิธีการคิดองค์ประกอบแสงธรรมชาติสำหรับการให้แสงสว่างด้านข้างที่แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ โดยการคำนวณค่าความสว่างภายใน ณ จุดใดจุดหนึ่งเทียบกับภายนอก โดยจะพิจารณาเฉพาะแสงในแนวราบในสภาพท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมมาก

วิธีการแบบ DYNAMIC

2. Daylight Autonomy (DA) : ชั่วโมงการใช้งานแสงธรรมชาติในพื้นที่โดยไม่พึ่งพาแสงประดิษฐ์ บ่งบอกเป็นสัดส่วนของเวลาทั้งหมดใน 1 ปี ภายใต้ทุกสภาพท้องฟ้าตลอดทั้งปี โดยในการทดลองได้แบ่ง DA ออกเป็น 3 รูปแบบดังนี้

DA > 50% แสดงพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปี

DA > 80% แสดงพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปี

DA 100% แสดงพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติทุกชั่วโมงการใช้งานตลอดปี

DAmax แสดงถึงพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่ต้องการ ซึ่งหน่วยวัดนี้สามารถตรวจสอบแสงที่มีความส่องสว่างมากเกินความต้องการหรือแสงจ้า โดยสามารถระบุได้ว่าเกิดแสงจ้าขึ้นบริเวณใดและเกิดขึ้นบ่อยครั้งหรือไม่

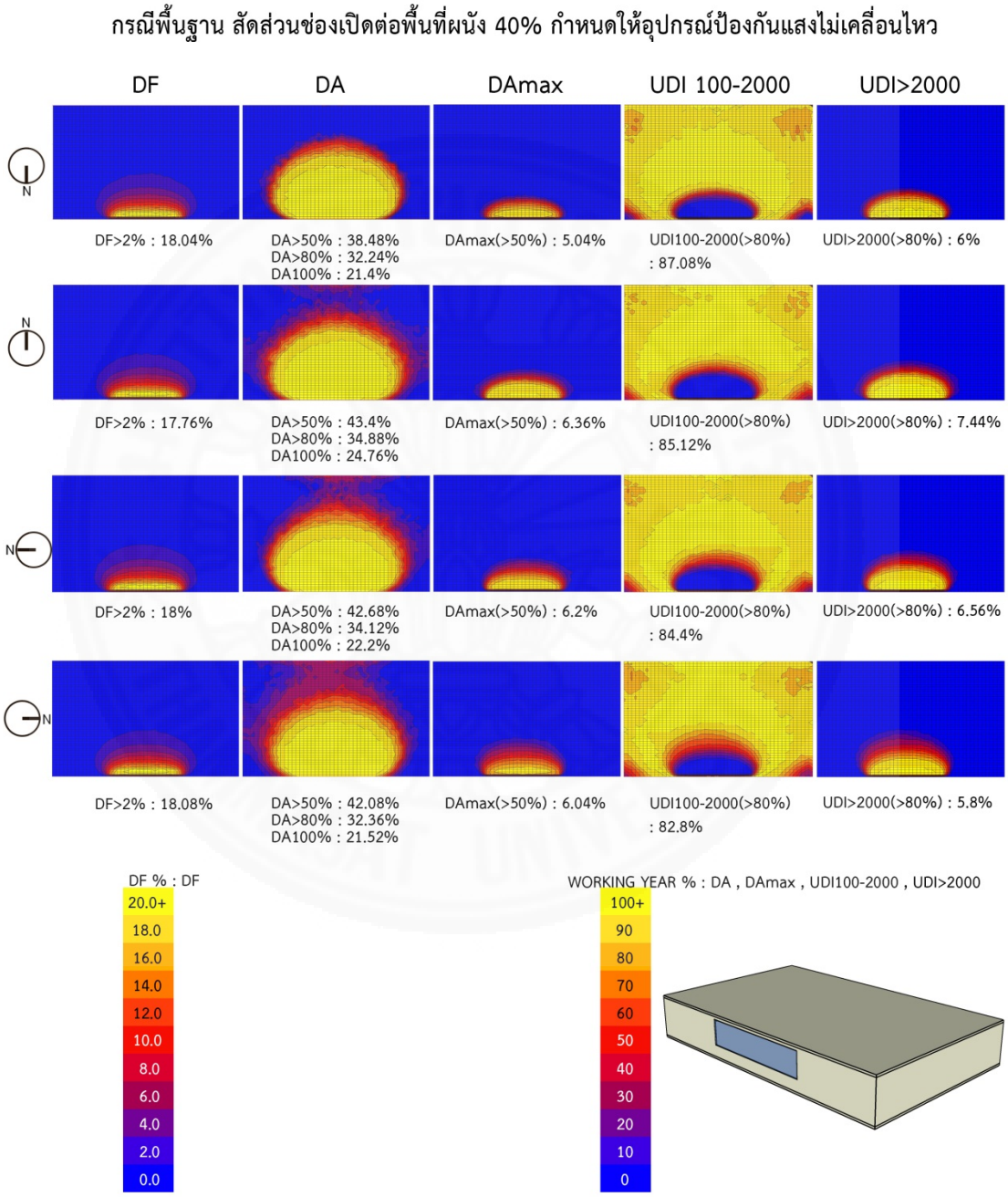
3. Useful Daylight Illuminance (UDI) : แสดงถึงพื้นใช้งานแสงธรรมชาติโดยแบ่งค่าความสว่างในพื้นที่ออกเป็น 3 ช่วงของความสว่าง ได้แก่

UDI_{0-100} ลักซ์ เป็นช่วงที่แสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน

$UDI_{100-2000}$ ลักซ์ เป็นช่วงที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้อย่างมีประสิทธิภาพ

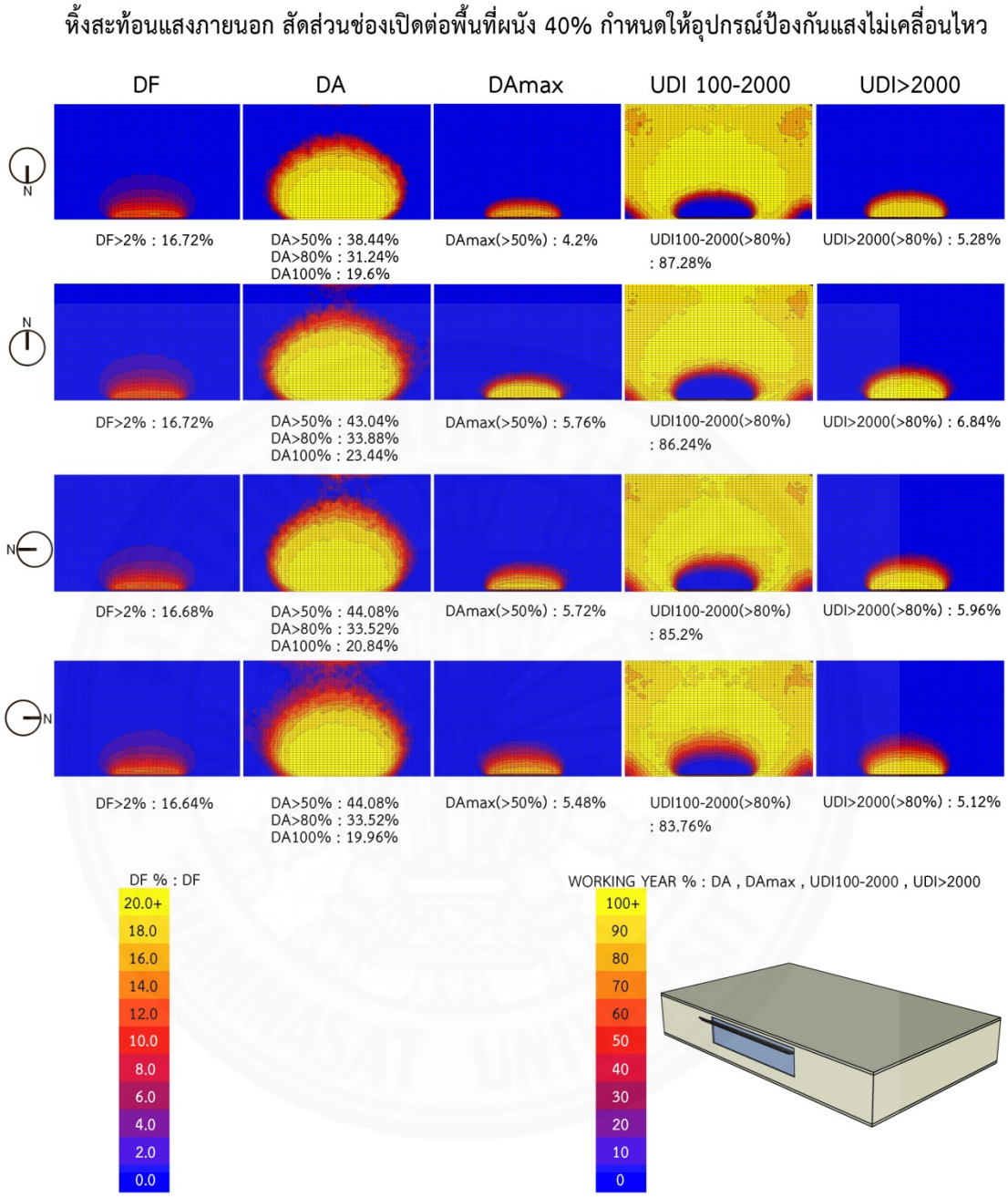
UDI_{2000} ลักซ์ ขึ้นไปเป็นช่วงของแสงธรรมชาติที่เข้ามายังพื้นที่เกินความต้องการทำให้เกิดความไม่สบายตาหรือเกิดแสงจ้า

4.1 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% และค่าความส่องสว่างพื้นฐาน 300 ลักซ์



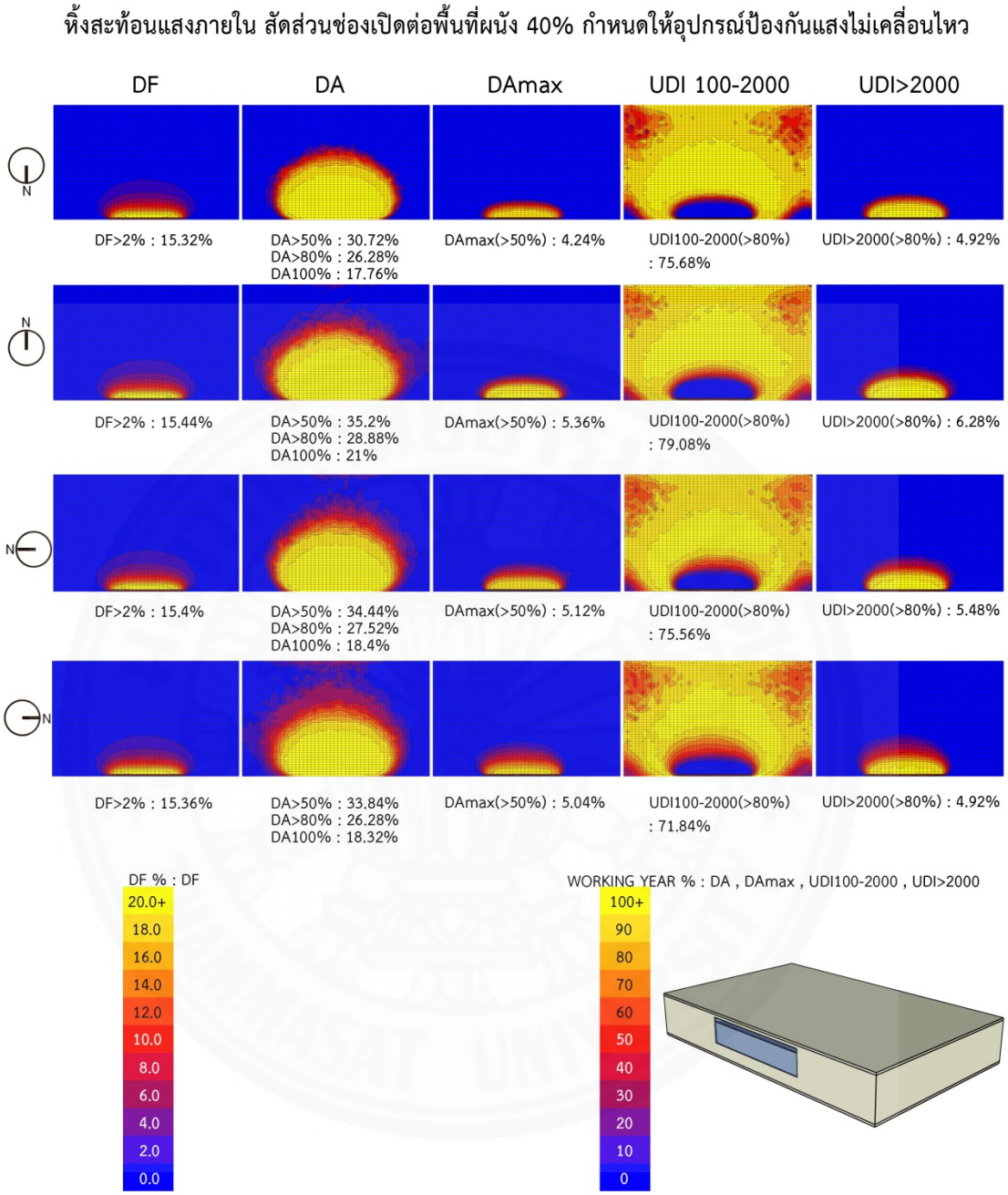
ภาพที่ 4.1 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.1 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 18% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 42% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 33% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทางทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 5.91% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 83% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 6.45% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



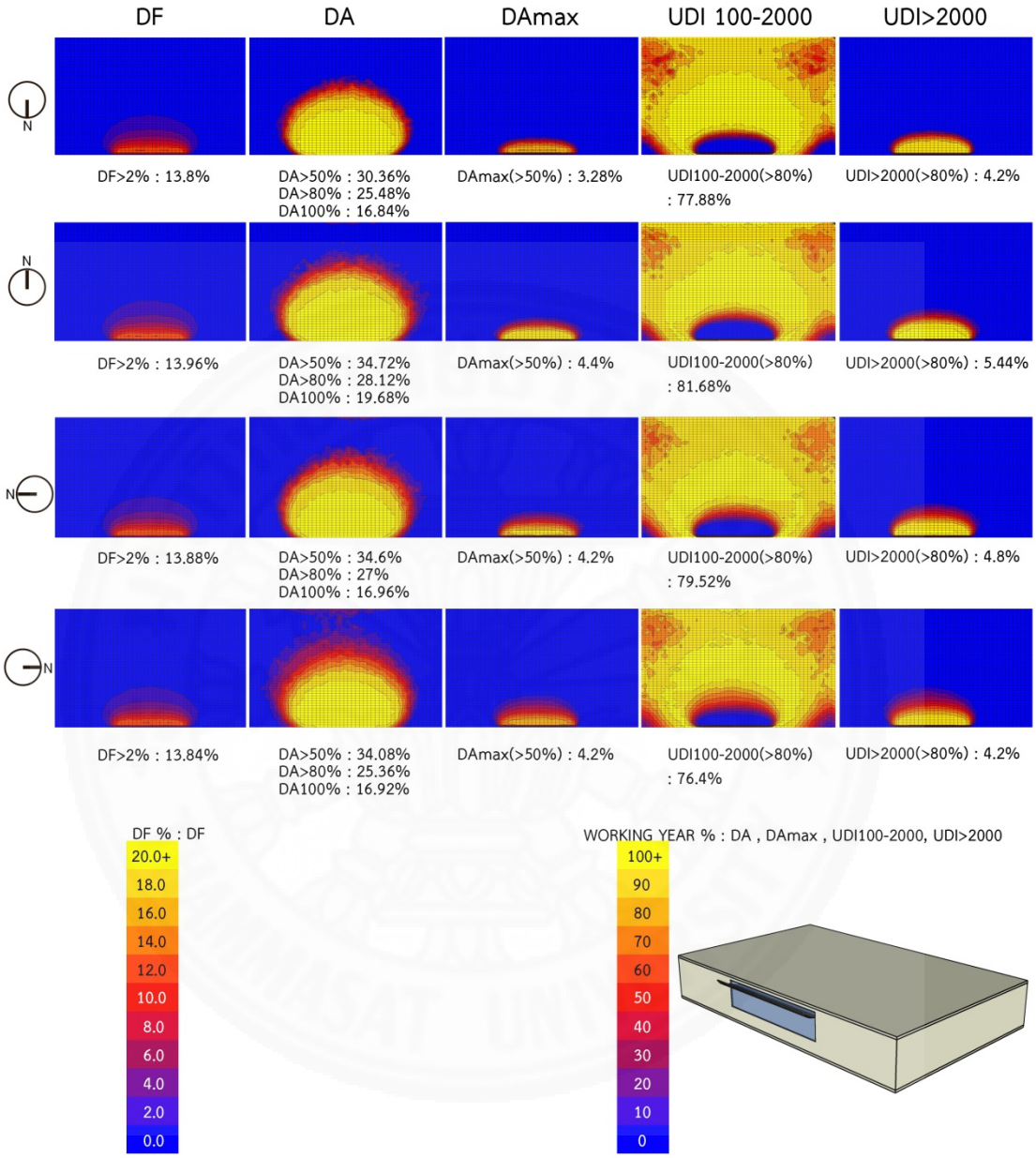
ภาพที่ 4.2 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.2 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 16% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 42.21% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 32.69% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 5.29% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 85.62% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 5.8% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



ภาพที่ 4.3 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

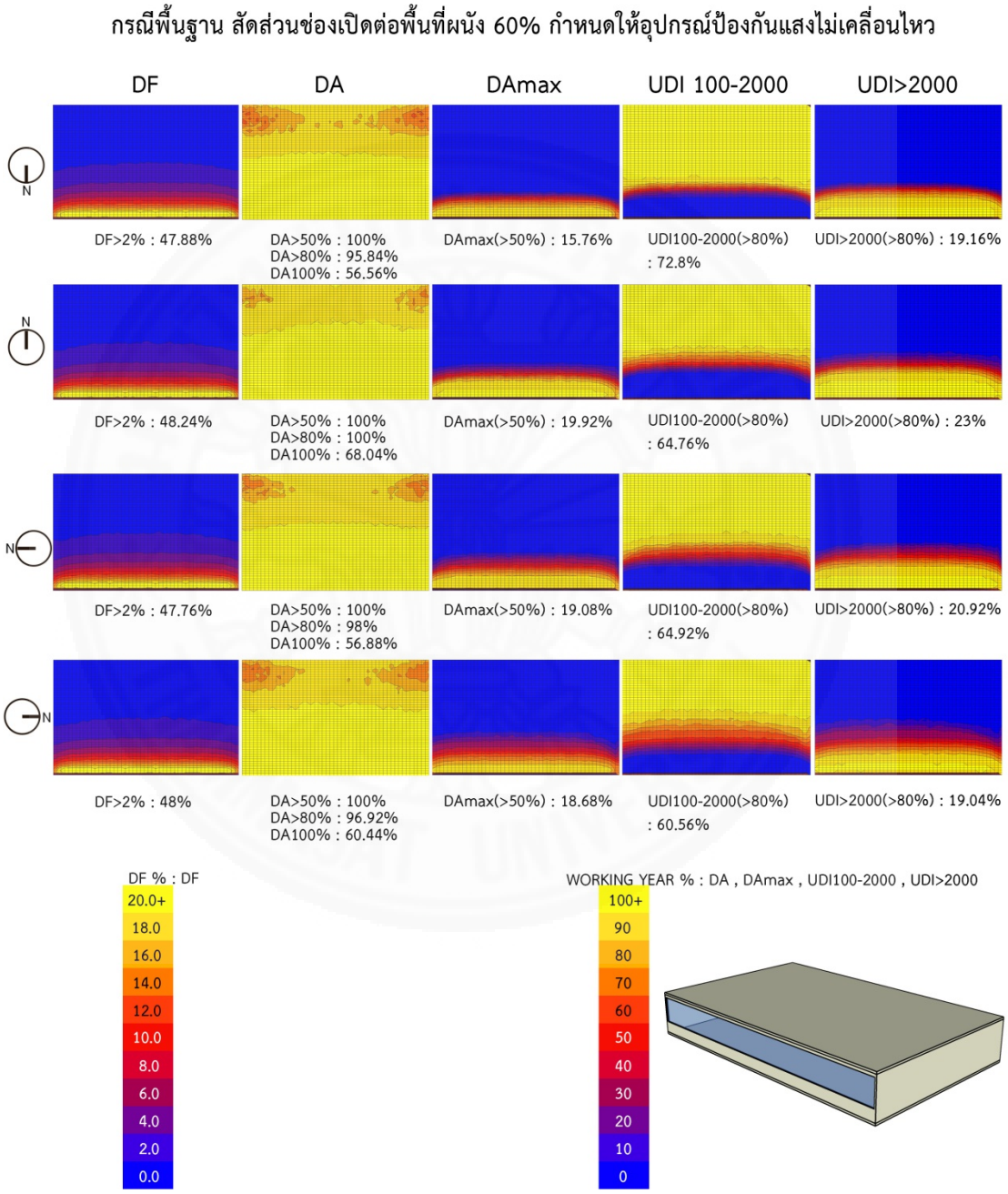
จากภาพที่ 4.3 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 15% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ซึ่งลดลงจากกรณีพื้นฐานและกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 33.55% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 27.24% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 4.94% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 75.54% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 5.4% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศใต้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุด



ภาพที่ 4.4 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

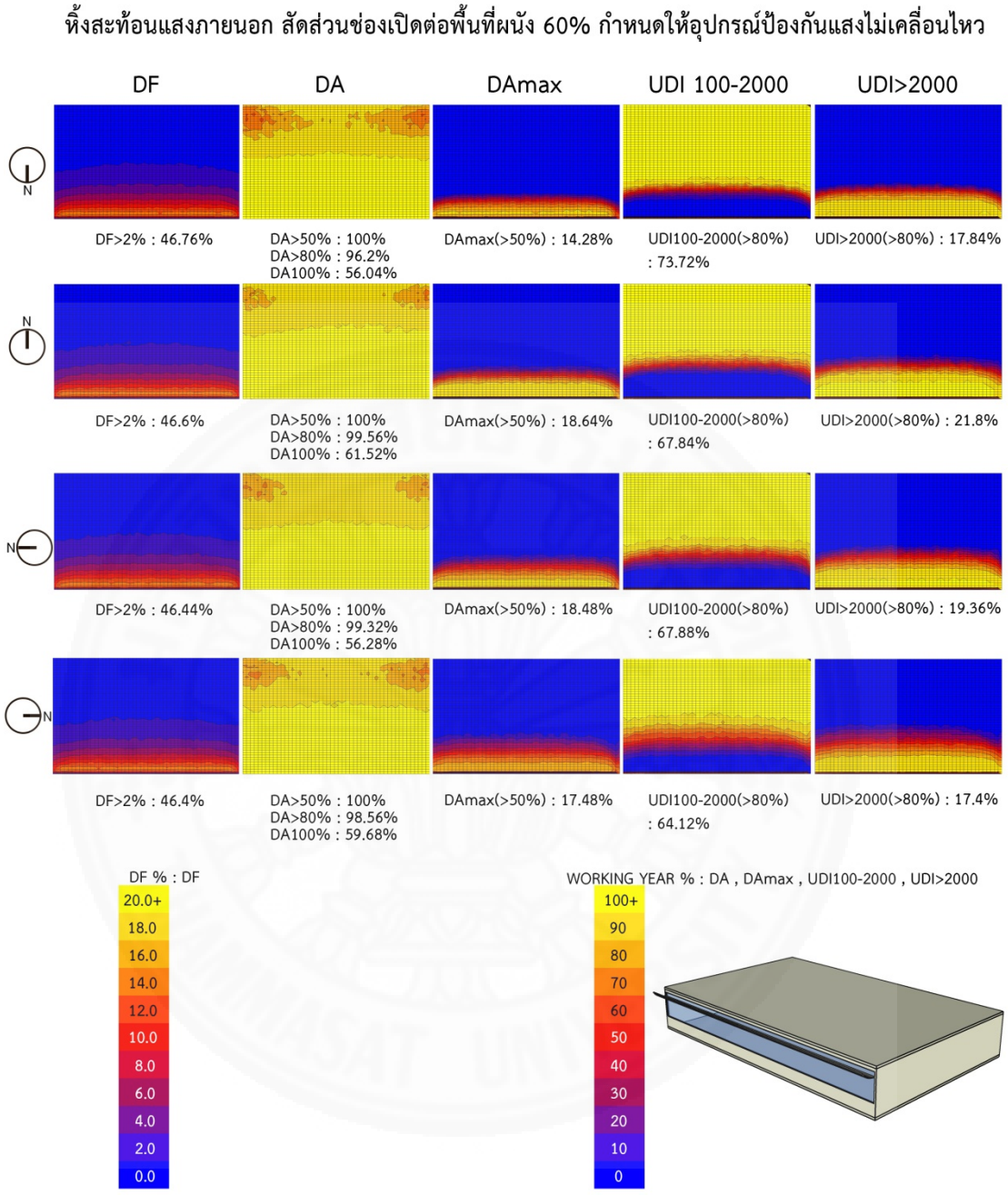
จากภาพที่ 4.4 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC ธรรมชาติ 13% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ซึ่งลดลงจากกรณีพื้นฐานและกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 33.44% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 26.49% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 4.02% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 78.87% ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 4.66% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศใต้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุด

4.2 เปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และค่าความส่องสว่างพื้นฐาน 300 ลักซ์



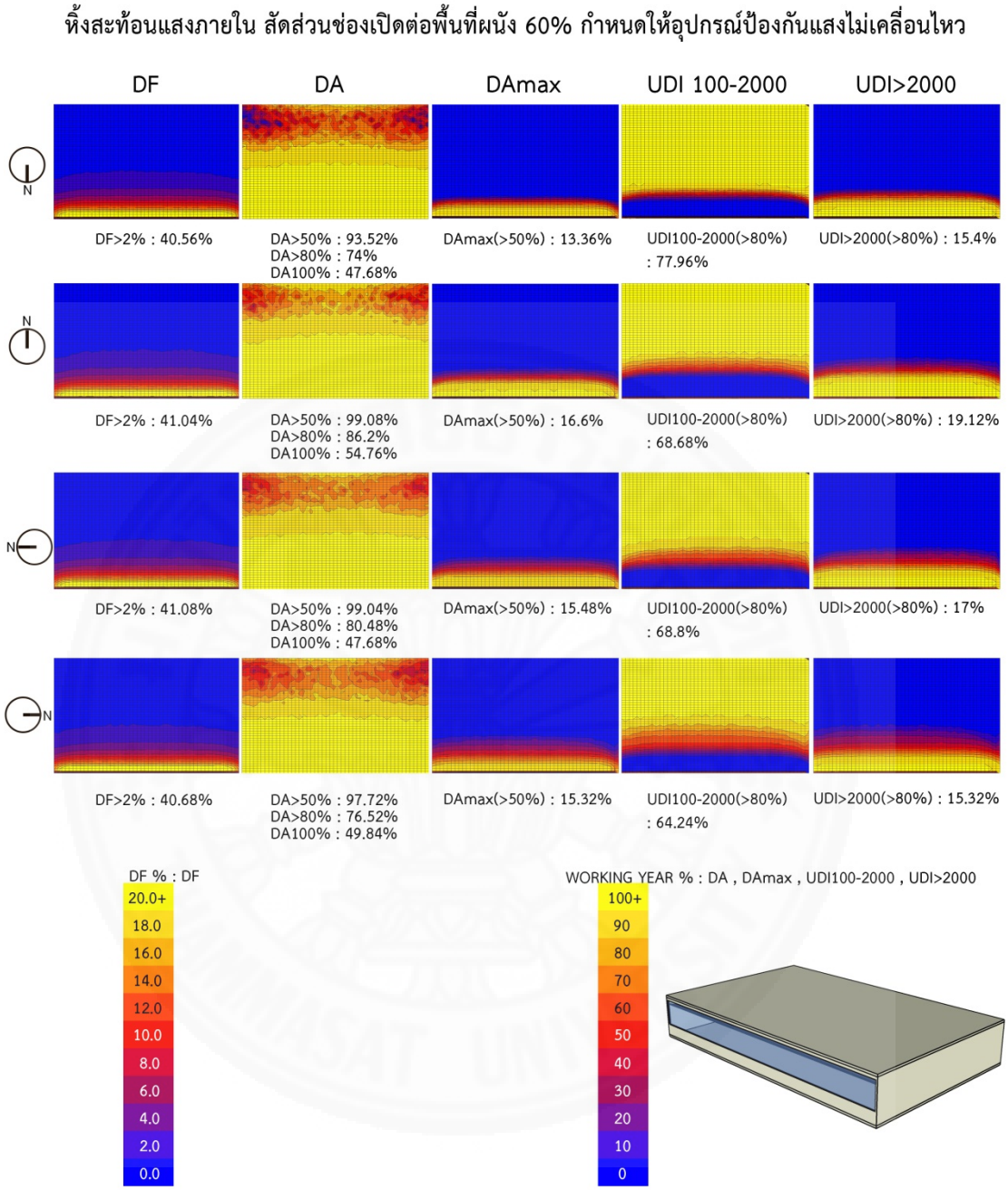
ภาพที่ 4.5 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.5 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 48% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดของแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 97.69% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 18.36% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 65.76% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 20.53% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



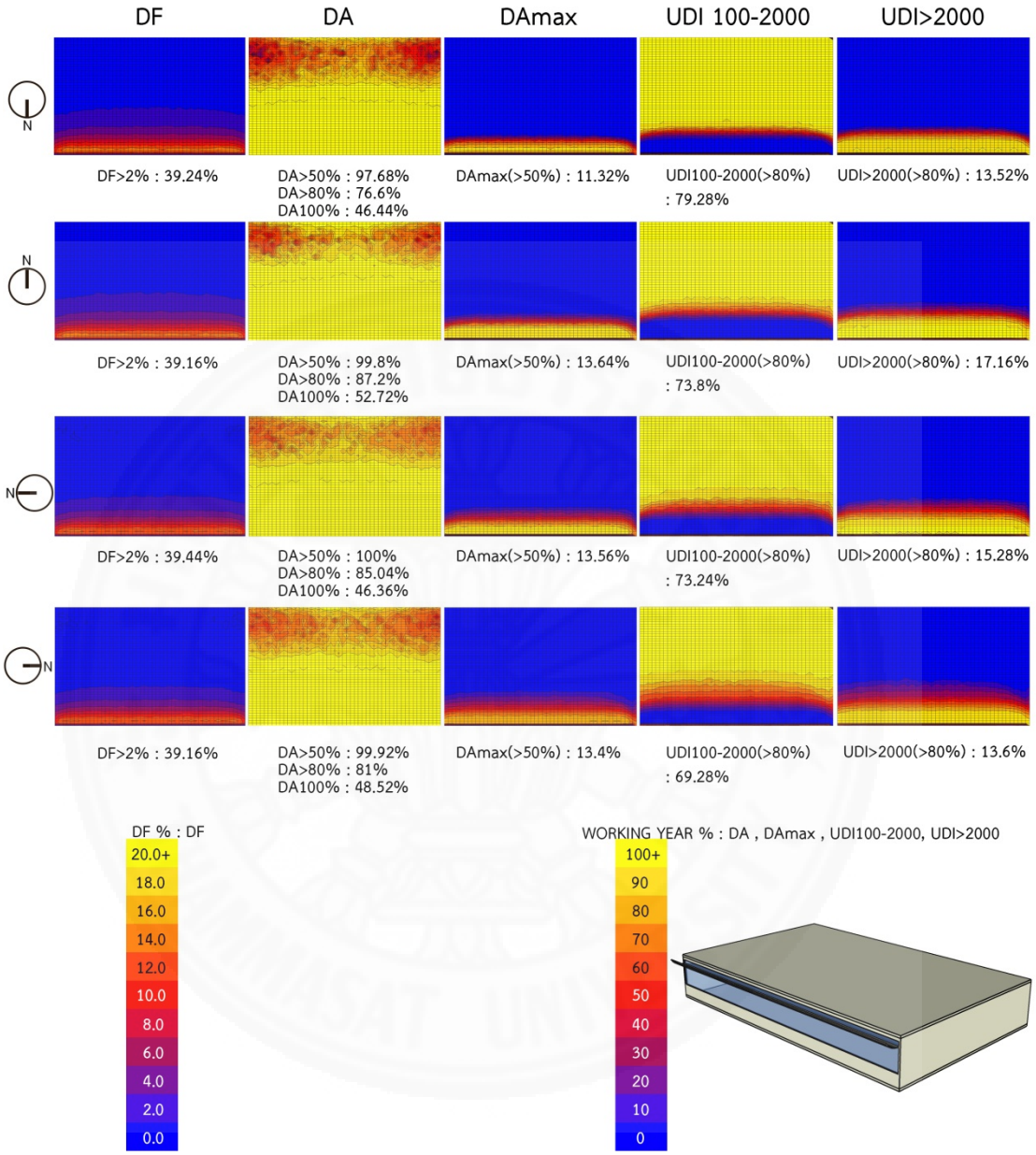
ภาพที่ 4.6 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.6 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 46% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดของแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 98.41% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 17.22% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 68.39% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 19.1% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



ภาพที่ 4.7 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

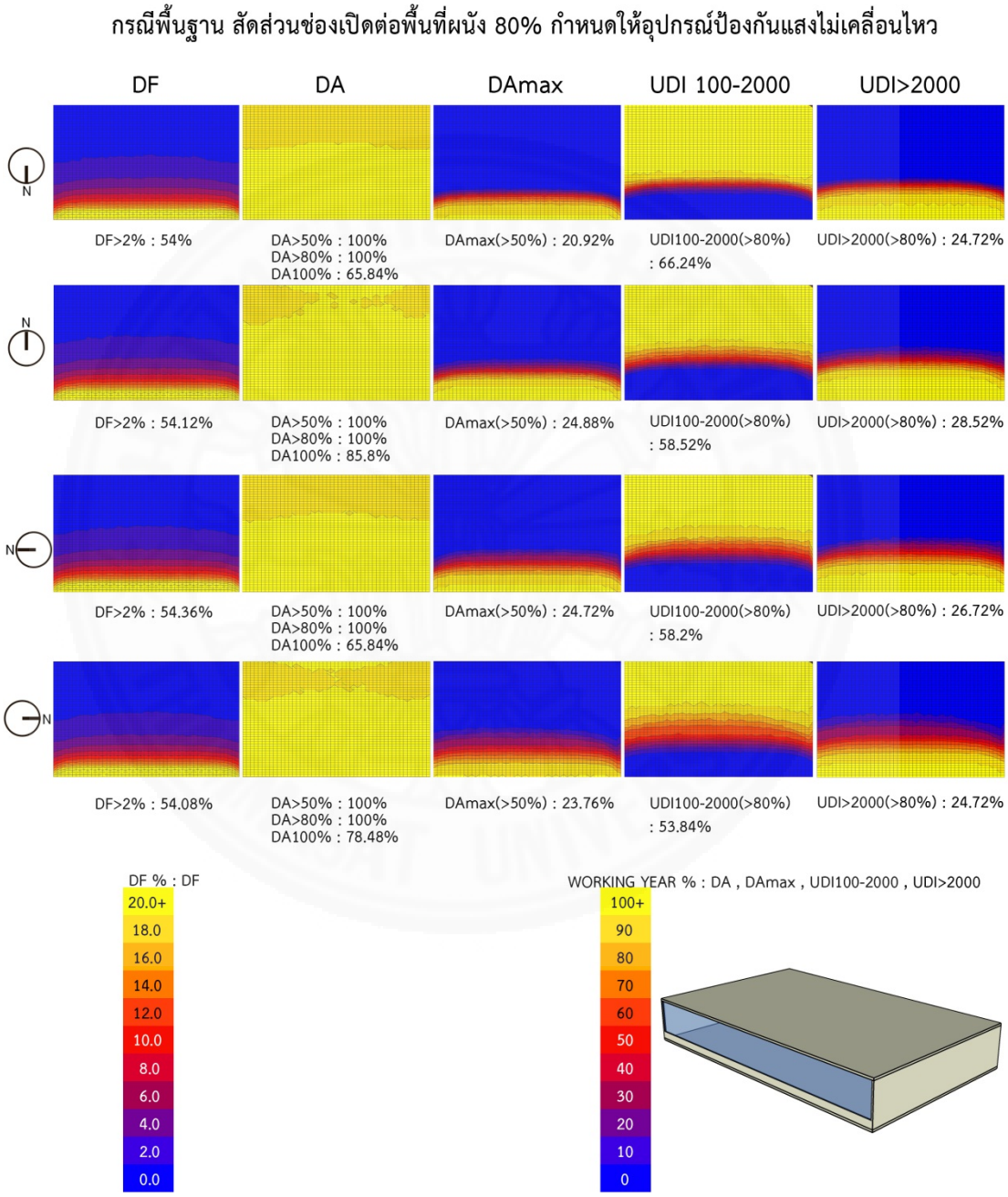
จากภาพที่ 4.7 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 41% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ 97.34% ของแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 79.3% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 15.19% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 69.92% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 16.71% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



ภาพที่ 4.8 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

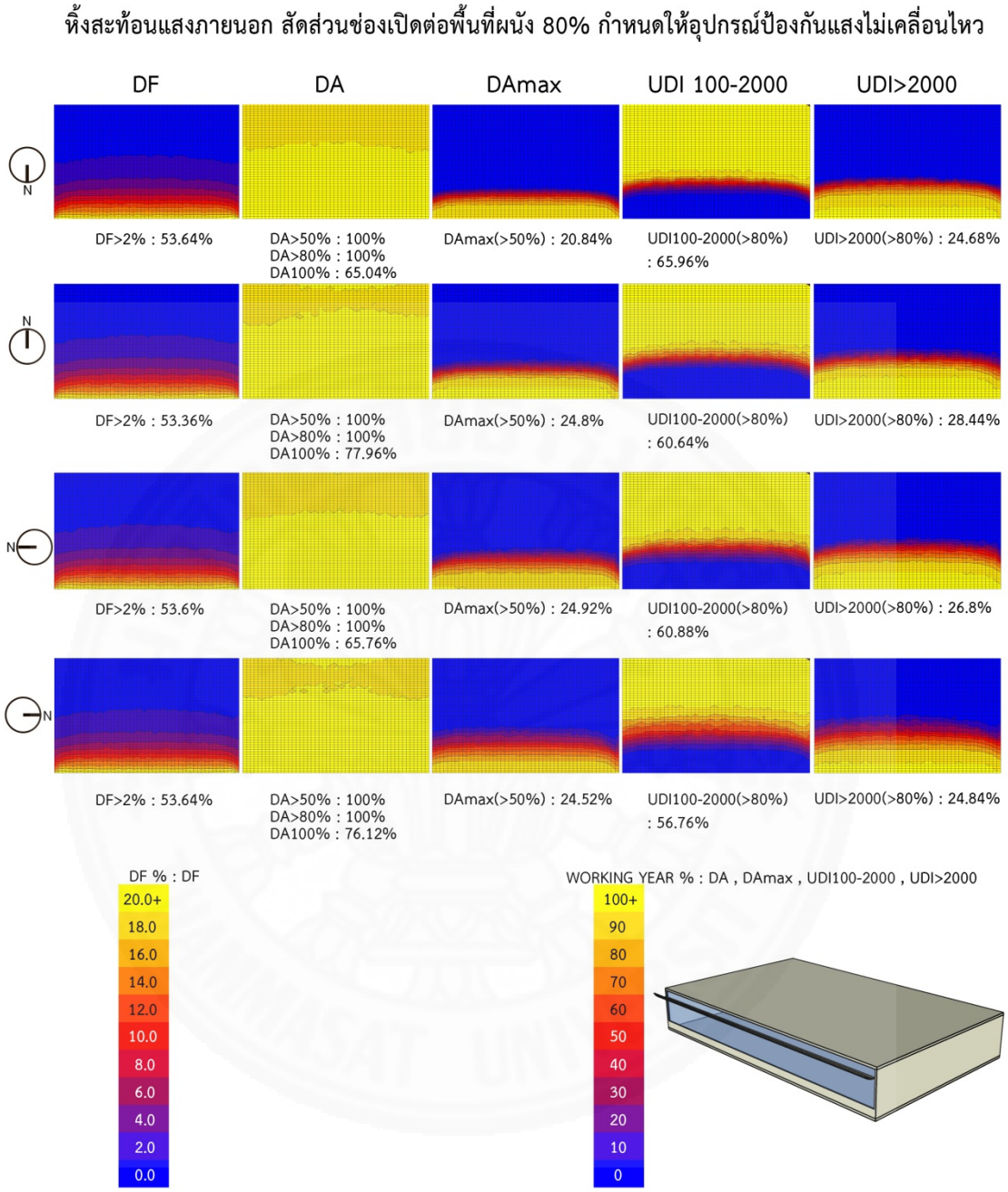
จากภาพที่ 4.8 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 39% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ 99.35% ของแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 82.46% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 12.98% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 73.9% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 14.89% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุด

4.3 เปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์



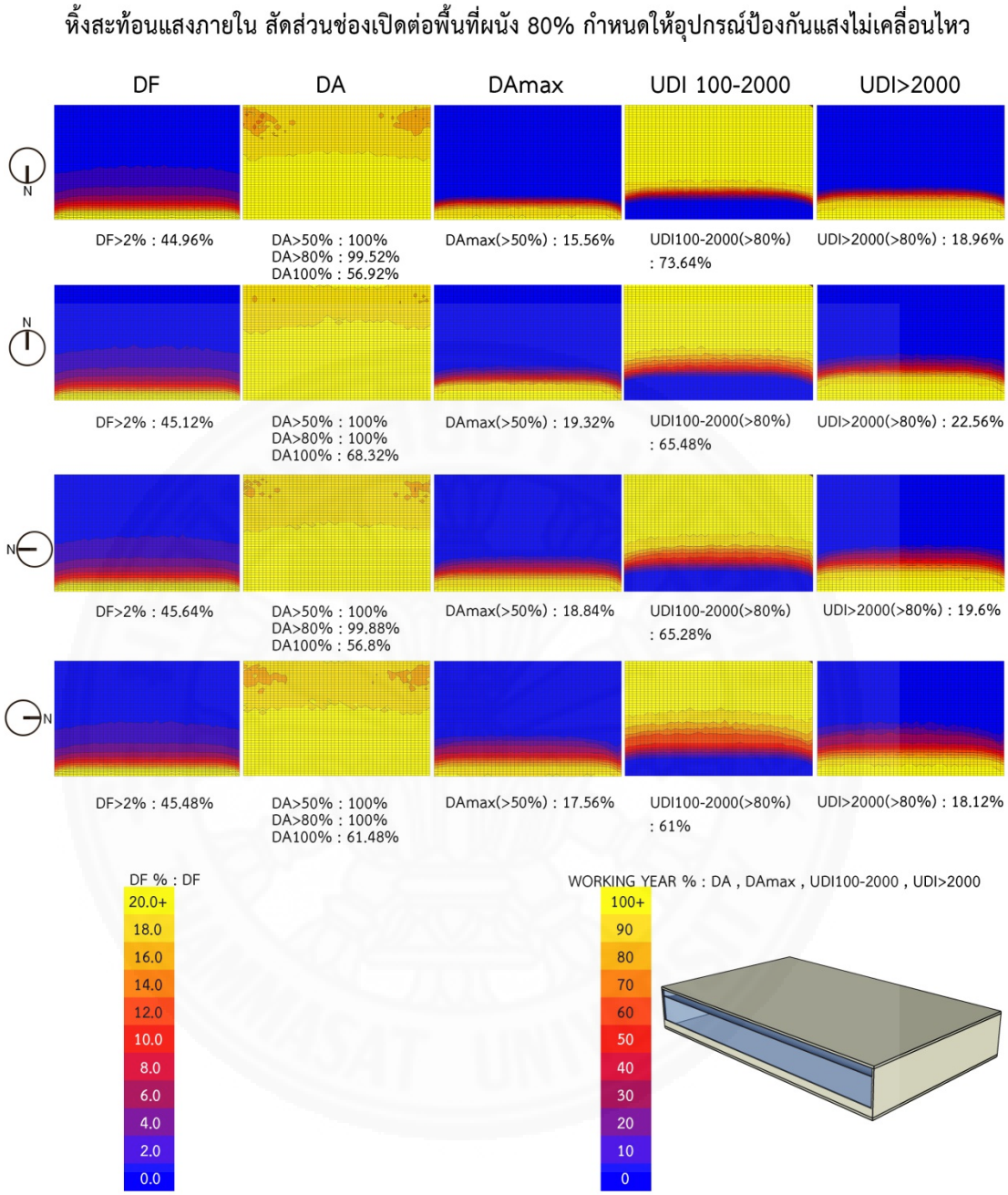
ภาพที่ 4.9 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.9 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 54% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 23.57% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 59.2% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 26.17% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



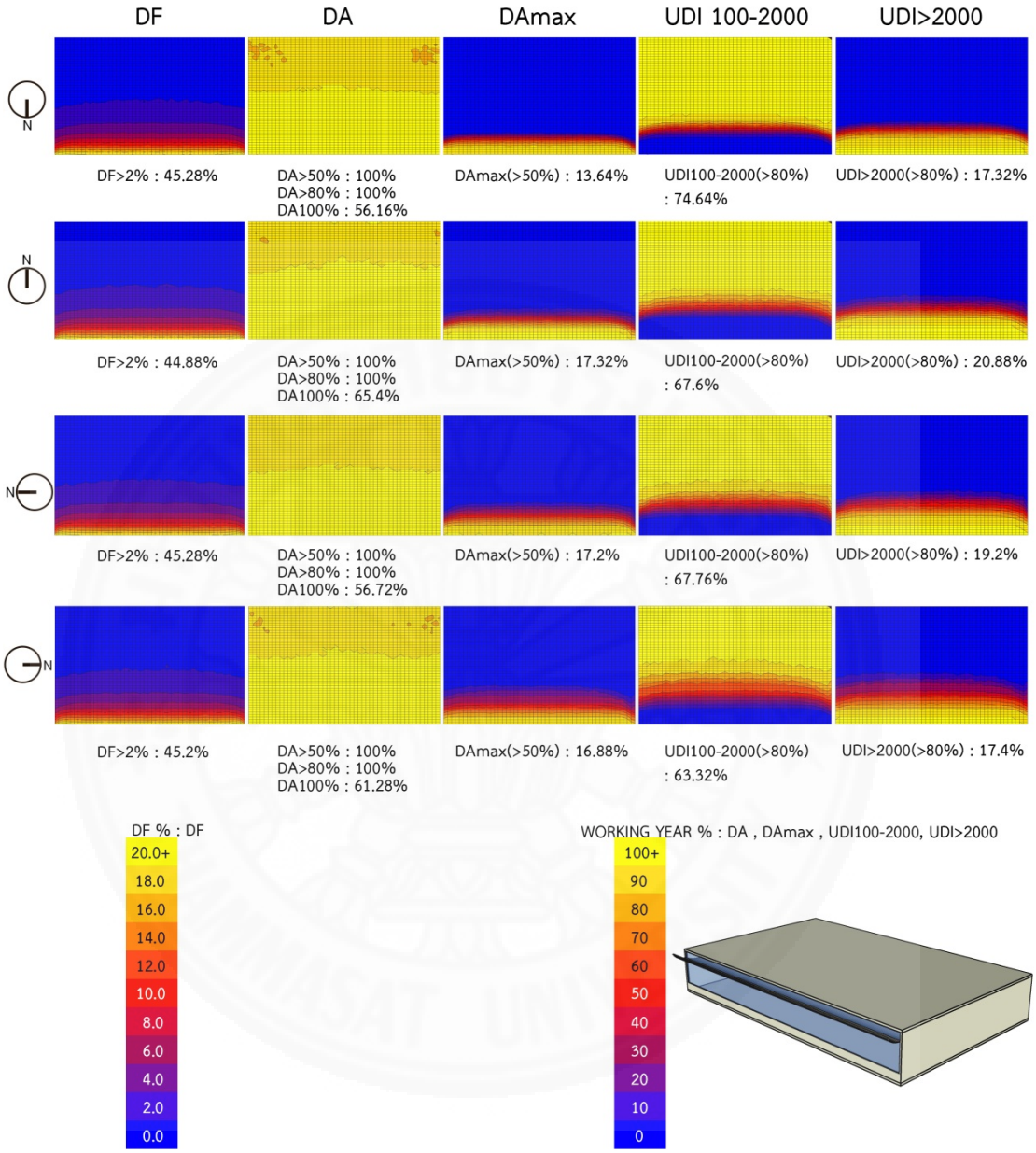
ภาพที่ 4.10 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอก โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.10 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 54% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 23.77% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 61.06% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 26.19% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุด



ภาพที่ 4.11 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

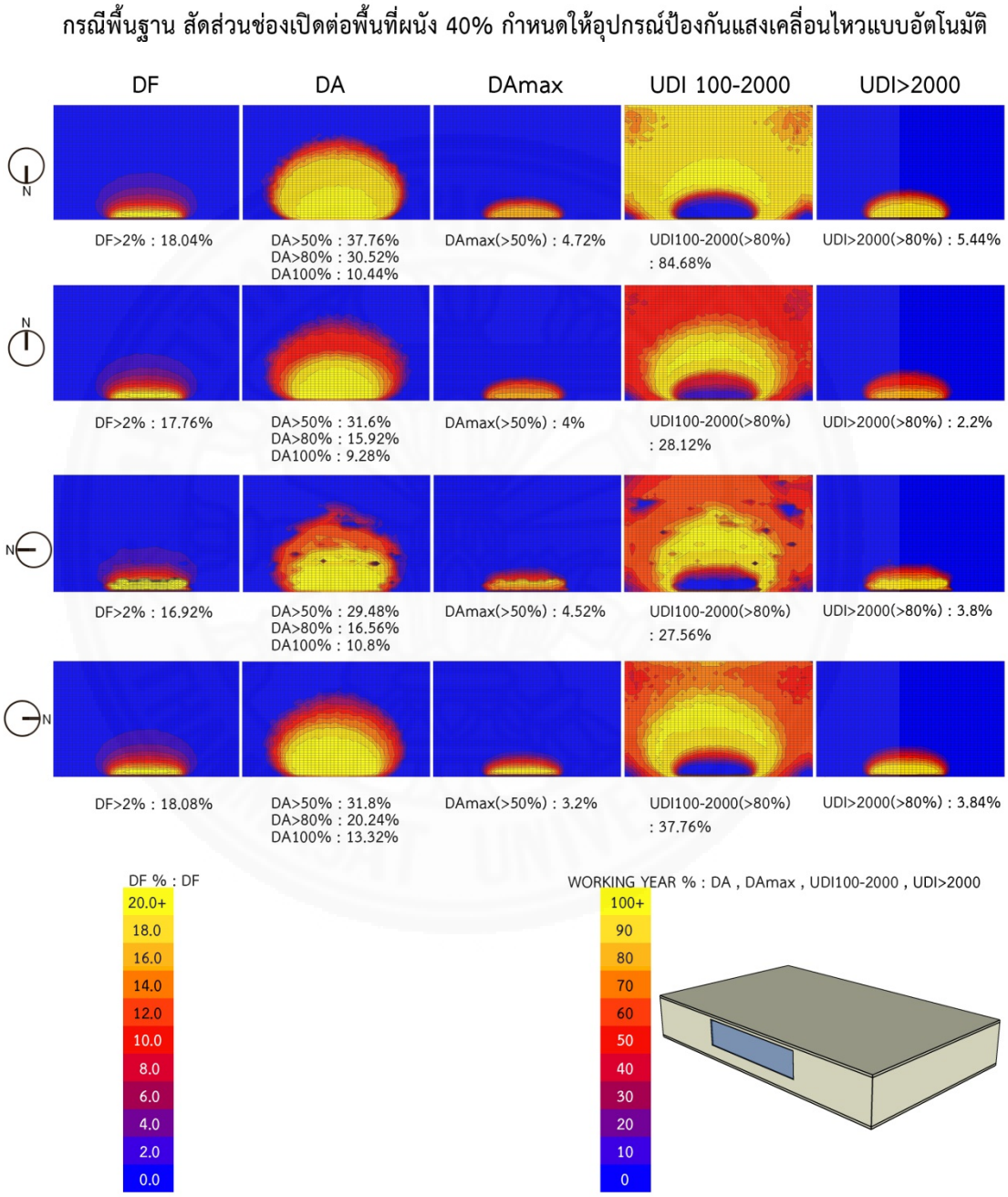
จากภาพที่ 4.11 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 45% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 17.82% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 66.35% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 19.81% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันตก



ภาพที่ 4.12 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

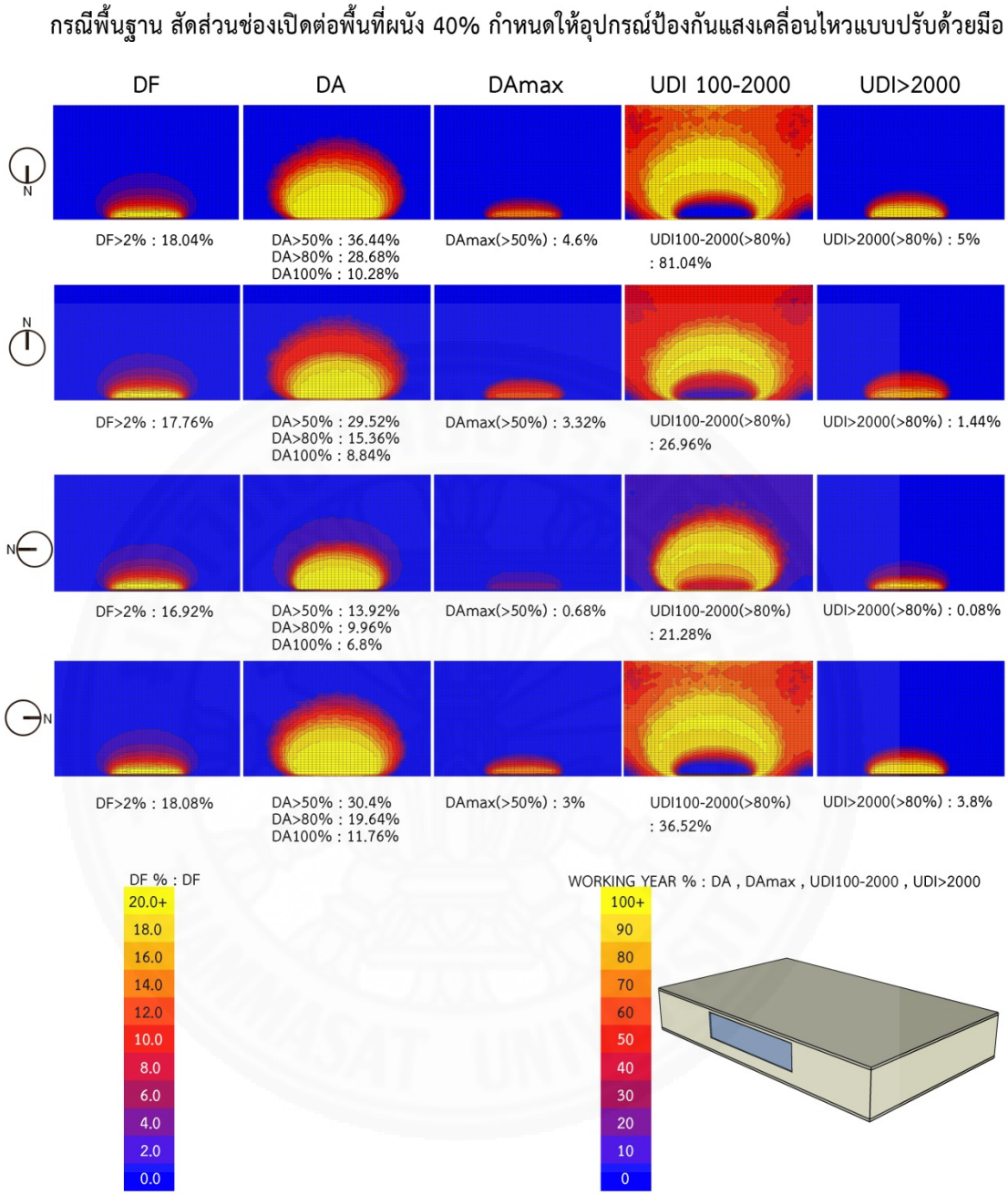
จากภาพที่ 4.12 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 45% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศใต้ โดยมีพื้นที่ 16.26% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 68.33% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 18.7% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุด

4.4 เปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์



ภาพที่ 4.13 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4.13 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 18% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 32.66% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 20.81% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศเหนือ โดยมีพื้นที่ 4.11% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดซึ่งมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดทางทิศเหนือและมีพื้นที่ 44.53% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 3.82% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศใต้ จากผลการชี้ให้เห็นว่าแสงทางทิศเหนือเป็นแสงที่มีคุณภาพดีทำให้การกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติจึงเปิดรับแสงทางทิศเหนือเข้ามาในปริมาณมากแตกต่างจากการทดลองที่กำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงแบบไม่เคลื่อนไหวซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากทางช่องเปิดทิศใต้และมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วงความส่องสว่าง $UDI_{>2000}$ มากทางทิศใต้และทิศตะวันตก

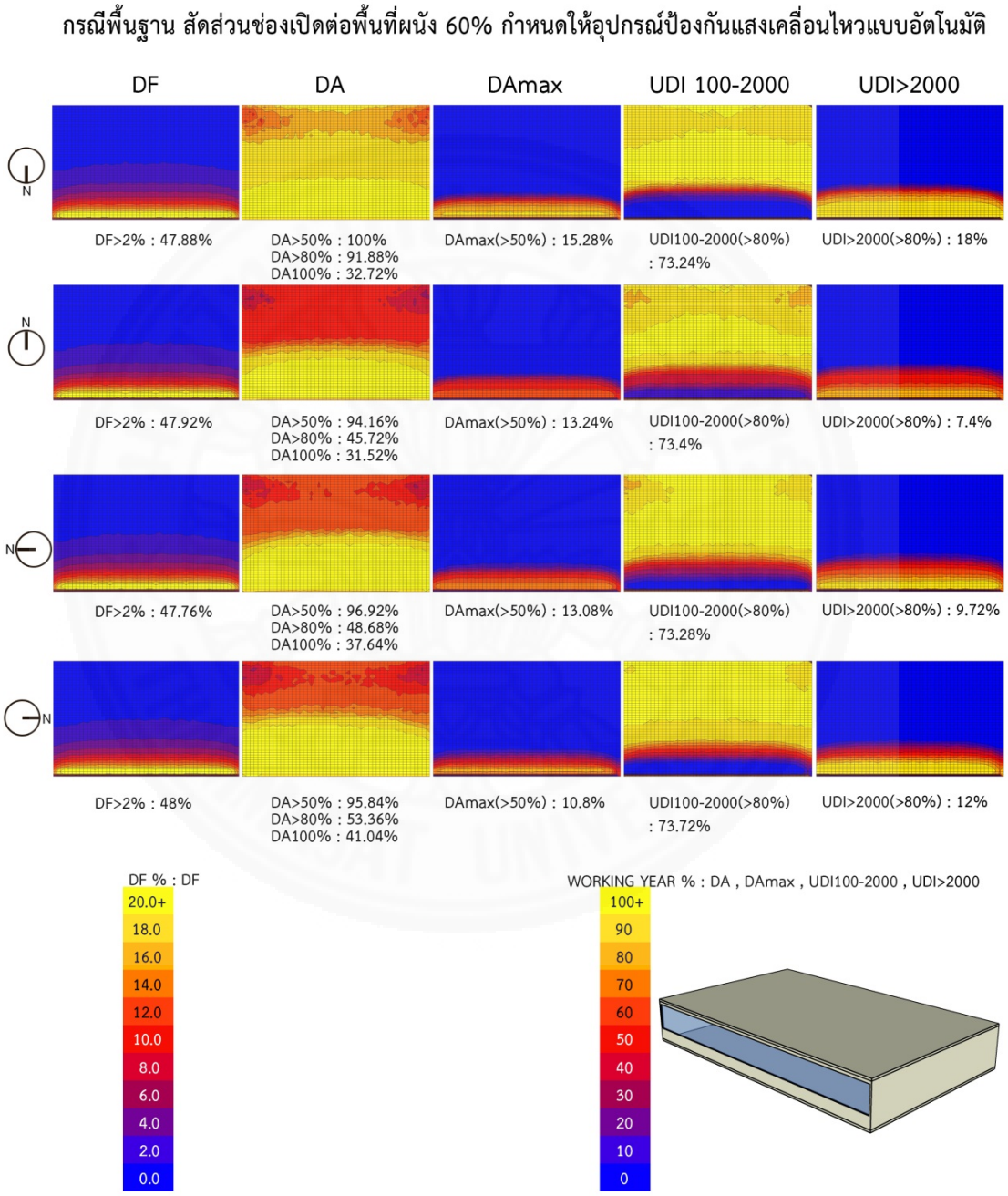


ภาพที่ 4.14 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบปรับด้วยมือ

จากภาพที่ 4.14 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 18% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 27.57% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 18.41% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศเหนือ โดยมีพื้นที่ 2.9% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดซึ่งมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดทางทิศเหนือและมีพื้นที่ 41.45% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 2.58% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศตะวันออก

โดยในการกำหนดการอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบปรับด้วยมือในการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC ผลการทดลองมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในกรณีที่แบบจำลองมีช่องเปิดทางทิศตะวันออกลดลงอย่างผิดปกติในทุกกรณีของการทดลอง ทั้งนี้อาจเกิดจากพฤติกรรมของผู้ใช้งานที่ไม่มีการปรับเปลี่ยนลักษณะของอุปกรณ์ป้องกันแสงให้สอดคล้องกับสภาพแสงในแต่ละช่วงเวลา จากการทดลองชี้ให้เห็นว่าการจำลองแสงธรรมชาติที่มีตัวแปรในส่วนของพฤติกรรมผู้ใช้งานเข้ามาเกี่ยวข้อง มีผลทำให้สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมีความไม่สอดคล้องกับสภาพแสงตามจริงในแต่ละช่วงเวลารวมถึงมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่น้อยกว่าการจำลองแสงธรรมชาติที่กำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ ดังนั้นในการนำไปใช้งานจริงควรกำหนดเฉพาะรูปแบบของอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้องแม่นยำตามพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาตามจริง

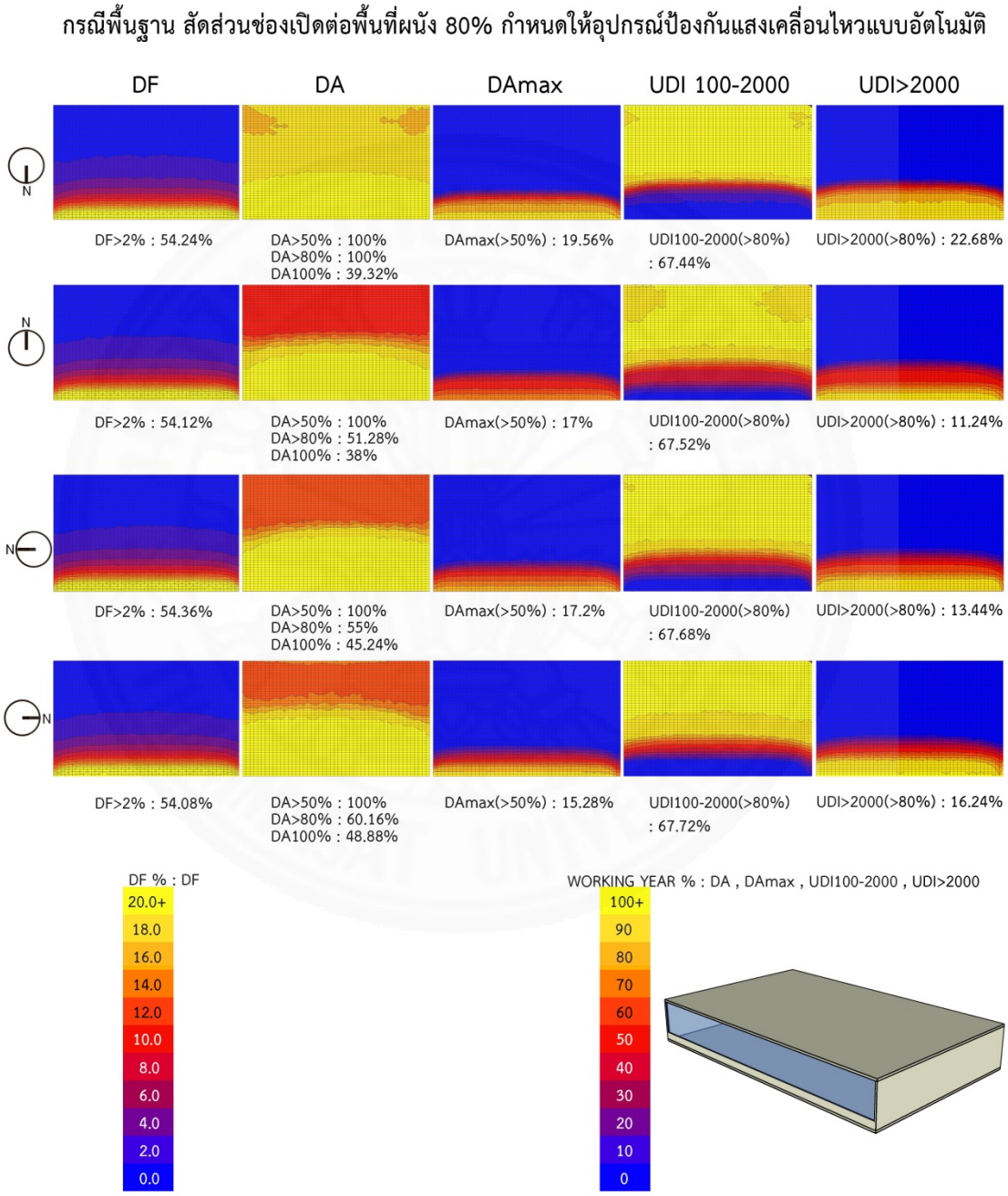
4.5 เปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์



ภาพที่ 4.15 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4.15 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 47% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ 96.73% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 59.91% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศเหนือ โดยมีพื้นที่ 13.1% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 73.41% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 11.78% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศใต้

4.6 เปรียบเทียบสัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ได้จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับทิศทางช่องเปิดและรูปแบบหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% และค่าการส่องสว่างขั้นพื้นฐานที่ 300 ลักซ์



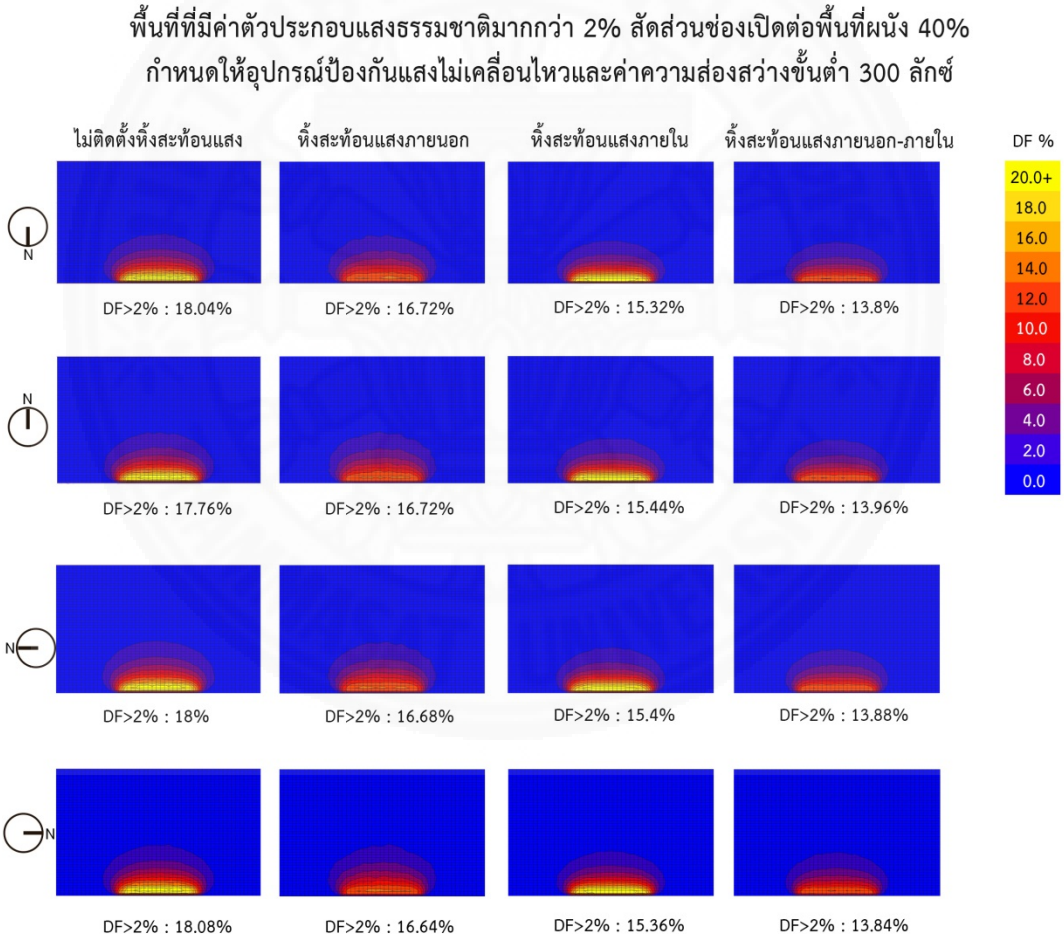
ภาพที่ 4.16 สัดส่วนของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% กรณีไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์ และกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงเคลื่อนไหวแบบอัตโนมัติ

จากภาพที่ 4.16 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล ส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ 54% ของพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติส่งผลให้พื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีและมีพื้นที่ 66.61% ในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดเมื่อแบบจำลองมีช่องเปิดทิศเหนือ โดยมีพื้นที่ 13.1% ที่แสงมีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่กำหนดและมีพื้นที่ 73.41% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี รวมถึงมีพื้นที่ 11.78% ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี โดยแบบจำลองที่มีช่องเปิดทางทิศเหนือส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากที่สุดและมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ น้อยที่สุดทางทิศใต้

4.7 การเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร มีค่า 40% 60% และ 80% ตามลำดับ โดยกำหนดอุปกรณ์ป้องกันแสงไม่เคลื่อนไหว

4.7.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40%

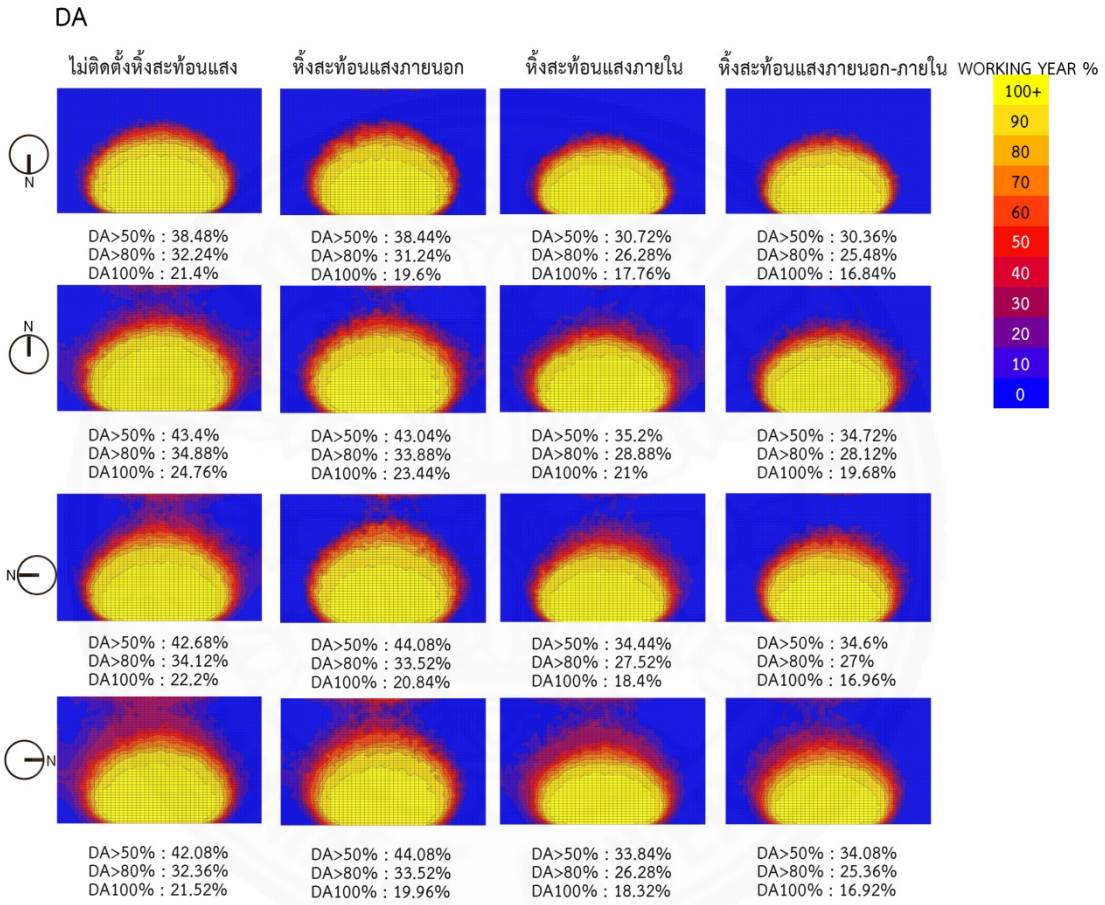
4.7.1.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40%



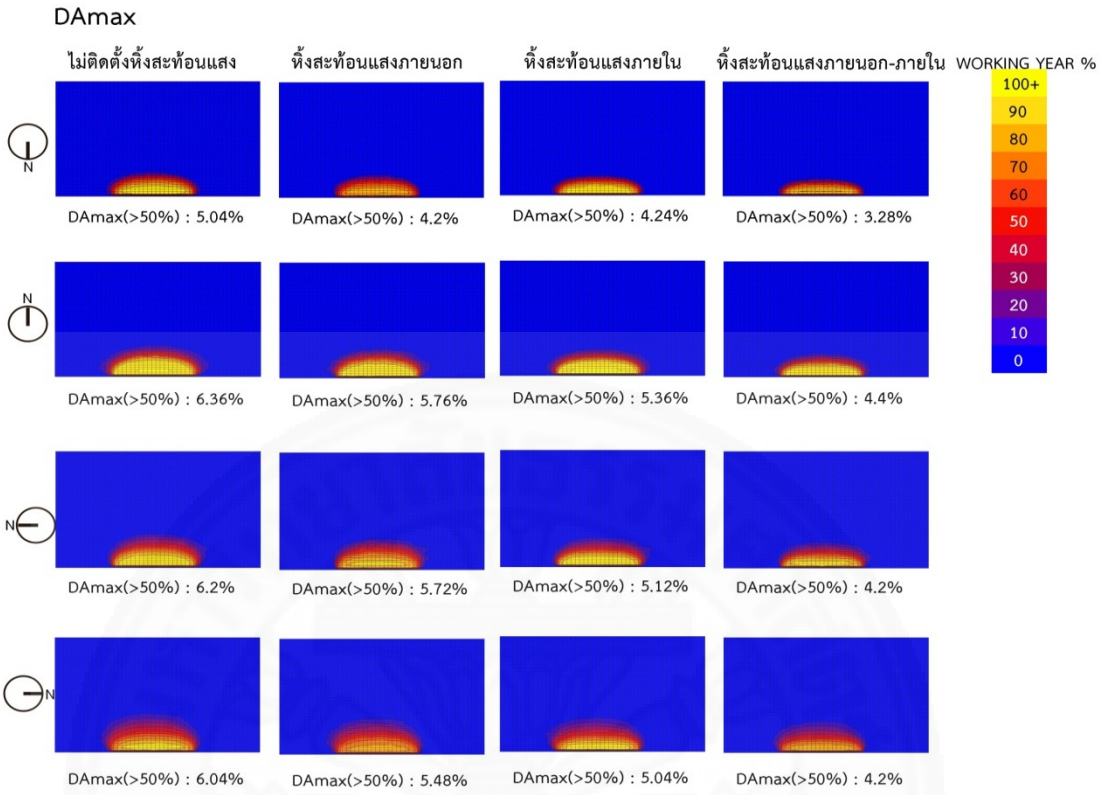
ภาพที่ 4.17 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.17 การใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ในสัดส่วนพื้นที่ที่น้อยใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิด โดยสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจะลดลงเมื่ออาคารมีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงเพิ่มมากขึ้น โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% น้อยที่สุดในกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน ซึ่งการใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติไม่สามารถบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้งาน

4.7.1.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40%



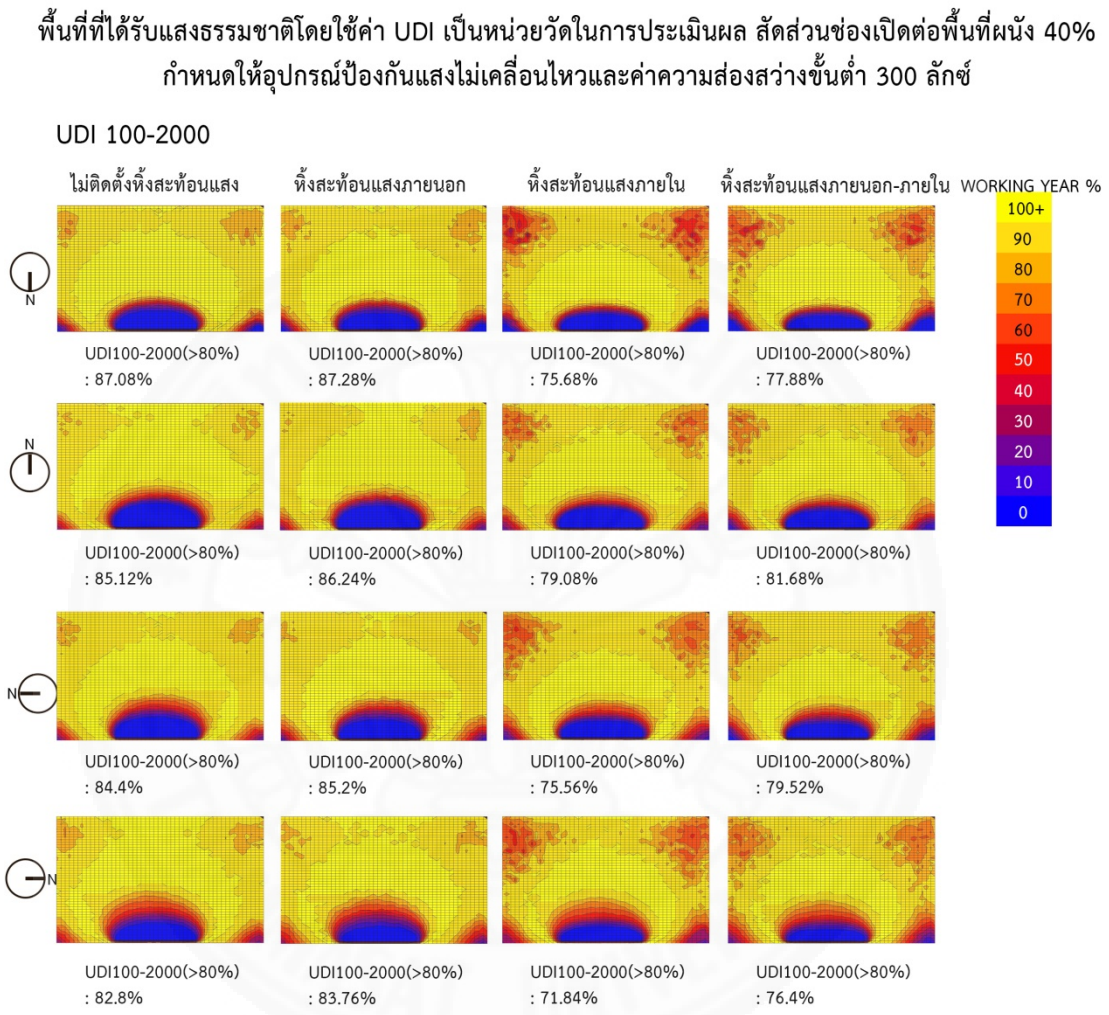
ภาพที่ 4.18 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์



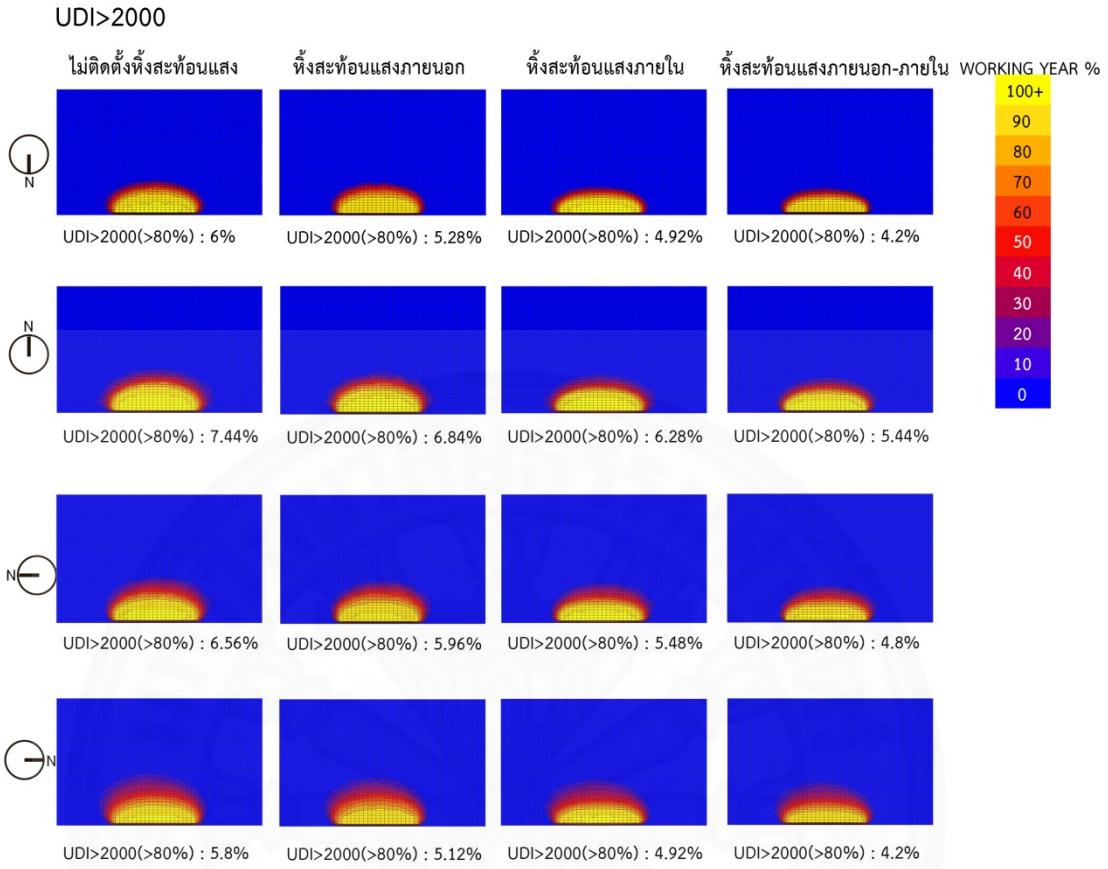
ภาพที่ 4.18 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.18 การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในแต่ละช่วงเวลาของชั่วโมงการใช้งานตลอดปี โดยผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมีความแตกต่างกันในแต่ละทิศของช่องเปิดและทุกรูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยในกรณีที่อาคารมีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายในจะส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติน้อยที่สุด ซึ่งการวัดผลแสงธรรมชาติโดยใช้ค่า DA สามารถบอกได้เพียงพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาหากต้องการทราบถึงคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้รับควรใช้ค่า DAmax ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่แสดงสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่ต้องการและค่า UDI ที่สามารถบอกคุณภาพของแสงที่เหมาะสมในการใช้งานมาประกอบกันในการพิจารณาประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติเพื่อให้ได้แสงที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

4.7.1.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40%



ภาพที่ 4.19 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

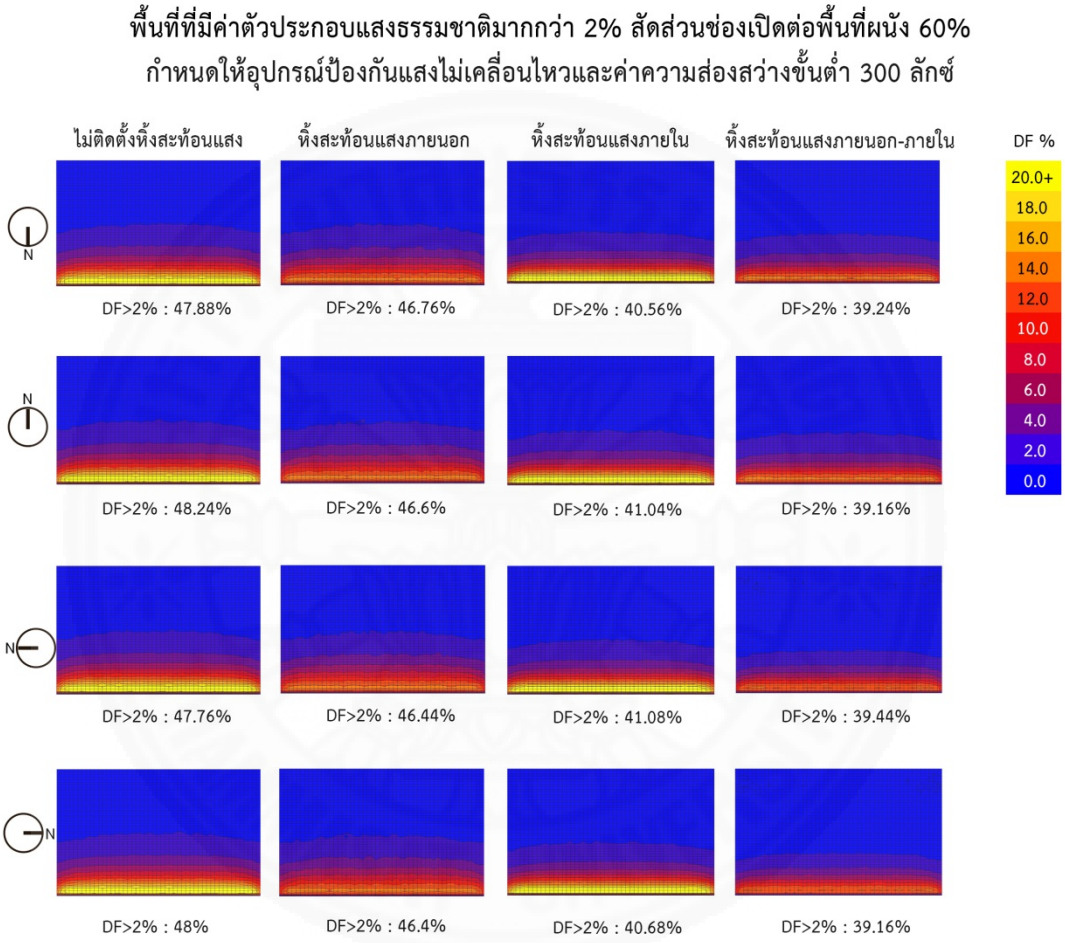


ภาพที่ 4.19 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพ 4.19 การใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ผลการทดลองบอกถึงคุณภาพของแสงที่นำมาใช้โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีในสัดส่วนที่มากใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิดและทุกรูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อน โดยมีพื้นที่ส่วนน้อยที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปี เนื่องจากช่องเปิดที่มีขนาดเล็กจึงมักไม่พบปัญหาความส่องสว่างมากเกินความต้องการและปัญหาความร้อนในอาคาร

4.7.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60%

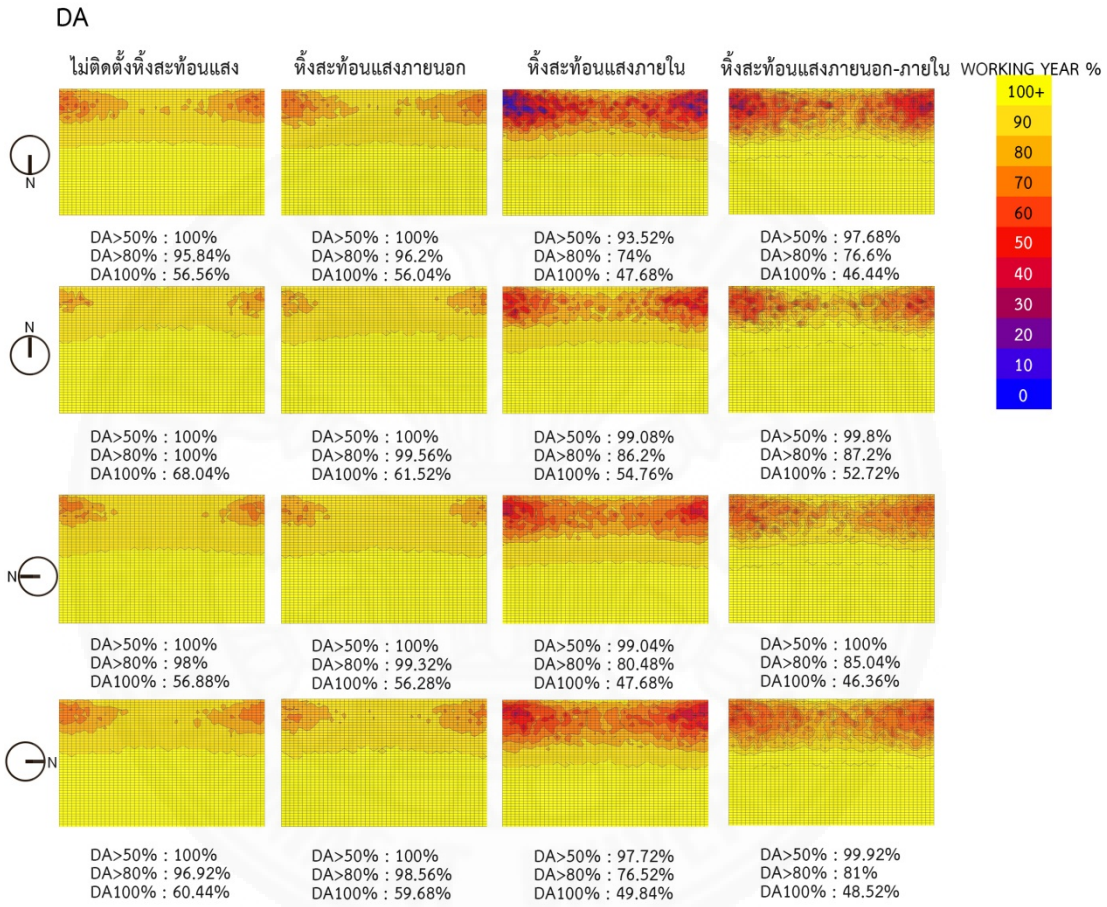
4.7.2.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60%



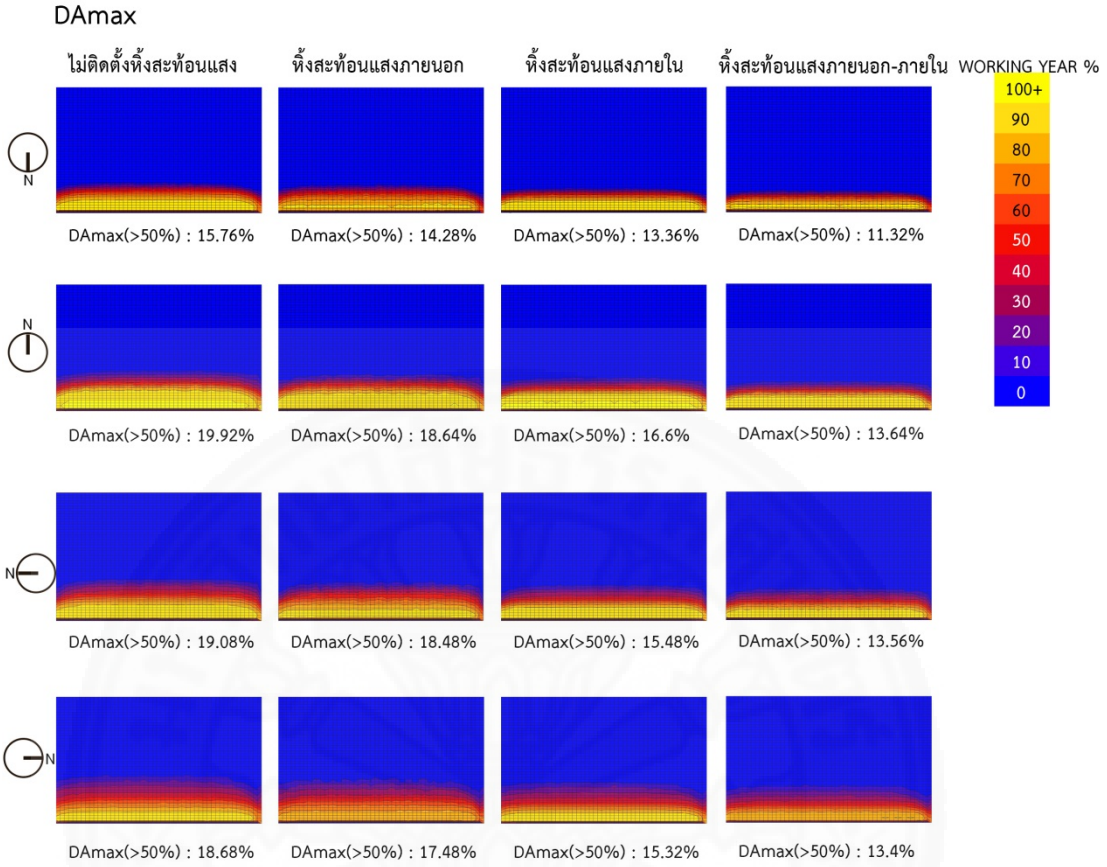
ภาพที่ 4.20 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.20 การใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ในสัดส่วนพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้นตามช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิด โดยสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจะลดลงในกรณีที่อาคารมีการติดตั้งหิ้งสะท้อน โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% น้อยที่สุดในกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน ซึ่งการใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติไม่สามารถบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้งาน

4.7.2.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60%



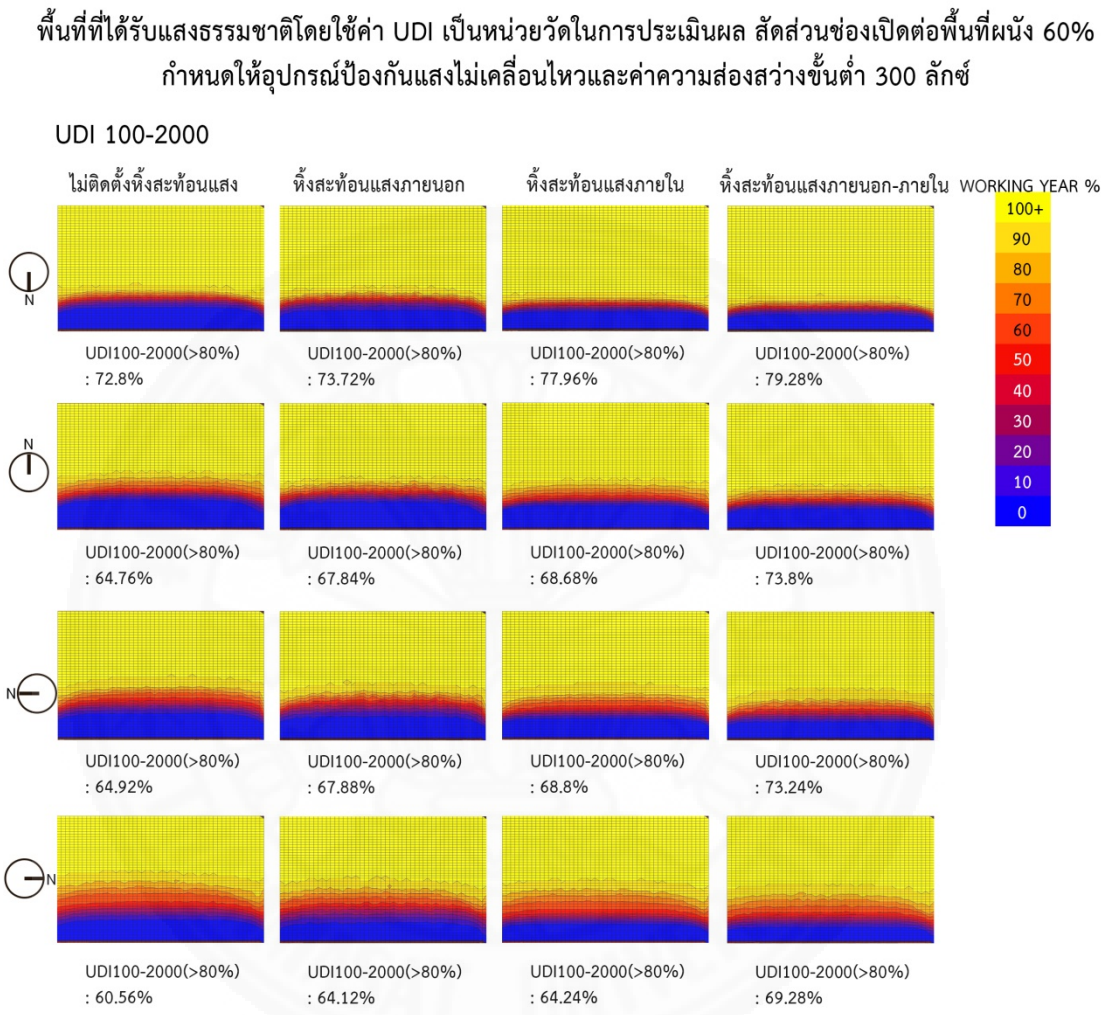
ภาพที่ 4.21 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์



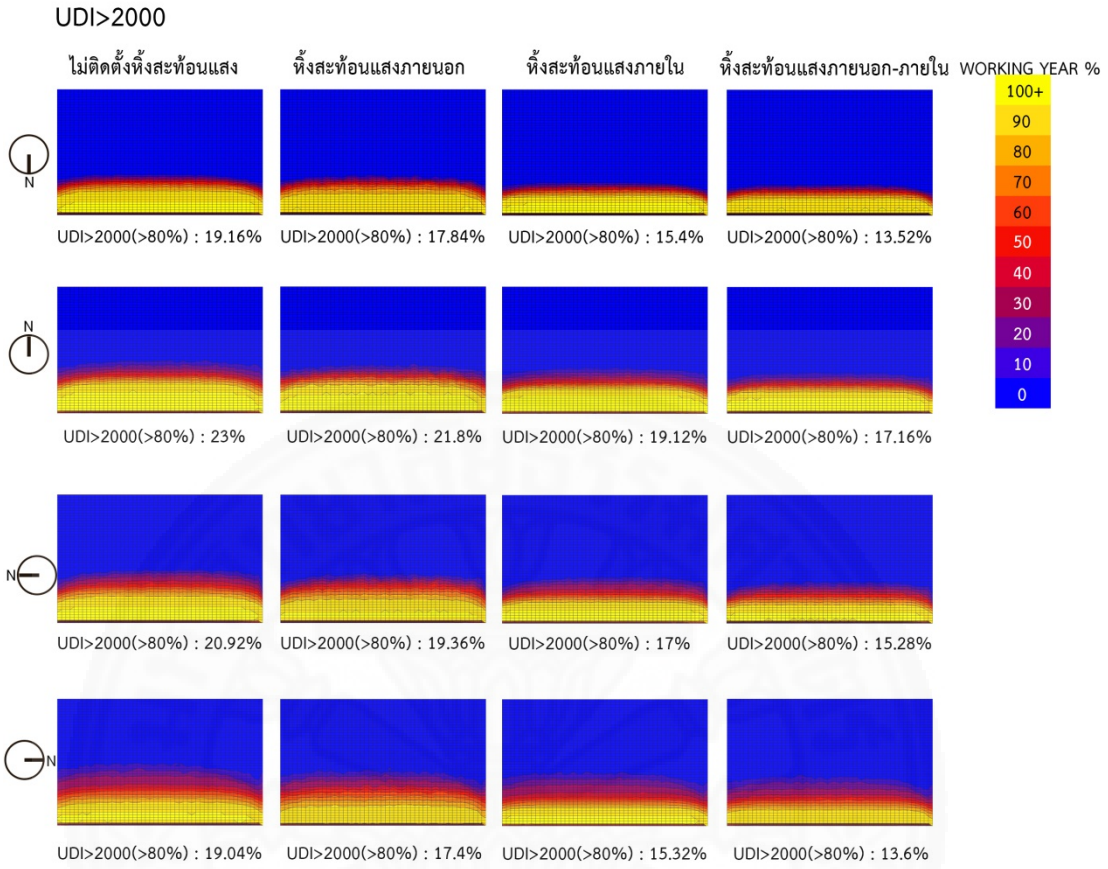
ภาพที่ 4.21 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.21 การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติเป็นช่วงเวลามากกว่า 50% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีในทุกทิศของช่องเปิดและทุกรูปแบบของการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติได้เนื่องจากผลการทดลองไม่มีความแตกต่างของสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ ซึ่งการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยใช้ค่า DA นั้นยังคงบอกได้เพียงพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาหากต้องการทราบถึงคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้รับควรใช้ค่า DAmax ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่แสดงถึงสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่ต้องการซึ่งมีสัดส่วนมากในกรณีที่ไม่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง และค่า UDI ที่สามารถบอกคุณภาพของแสงที่เหมาะสมในการใช้งานมาประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติเพื่อให้ได้แสงที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

4.7.2.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60%



ภาพที่ 4.22 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

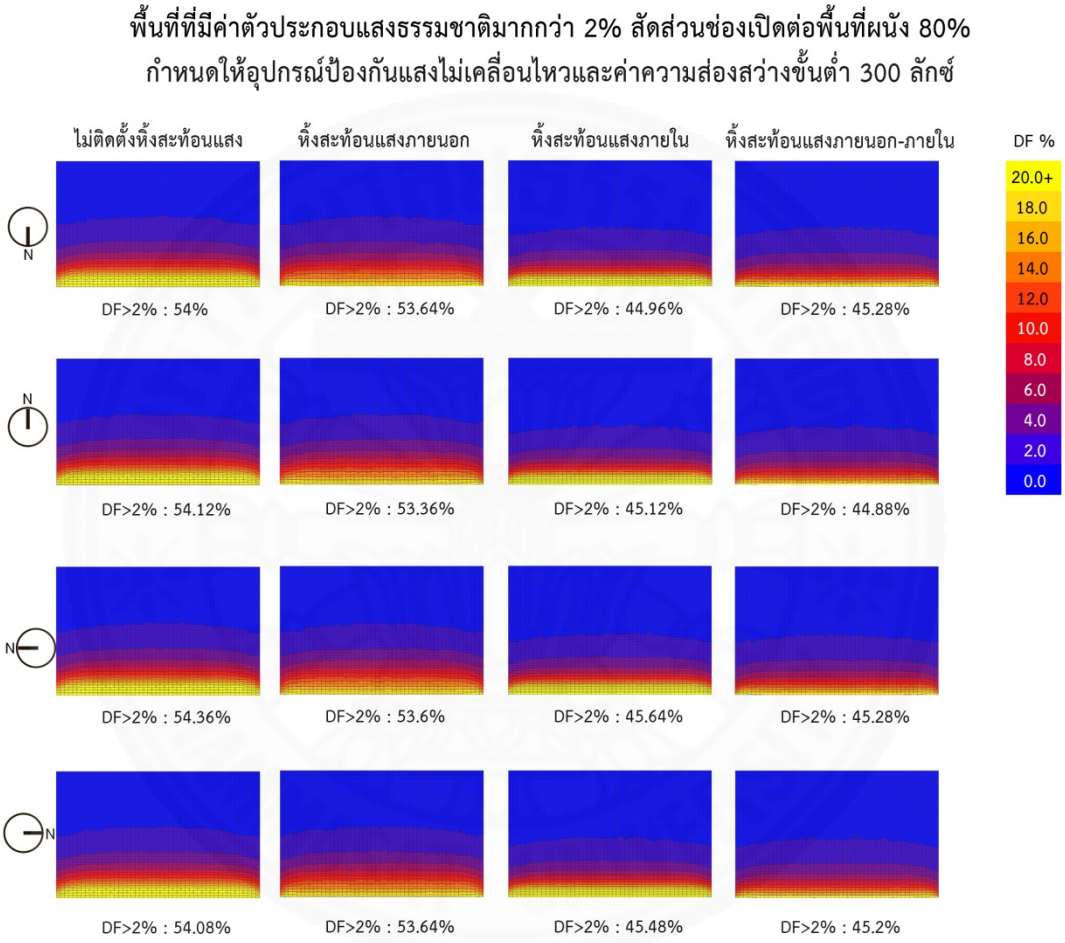


ภาพที่ 4.22 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพ 4.22 การใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% ผลการทดลองบอกถึงคุณภาพของแสงที่นำมาใช้โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีโดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากในกรณีของช่องเปิดทางทิศเหนือและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีมากในกรณีช่องเปิดทางทิศใต้ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาความร้อนและความส่องสว่างของแสงมากเกินความต้องการ

4.7.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC และ DYNAMIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80%

4.7.3.1 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80%

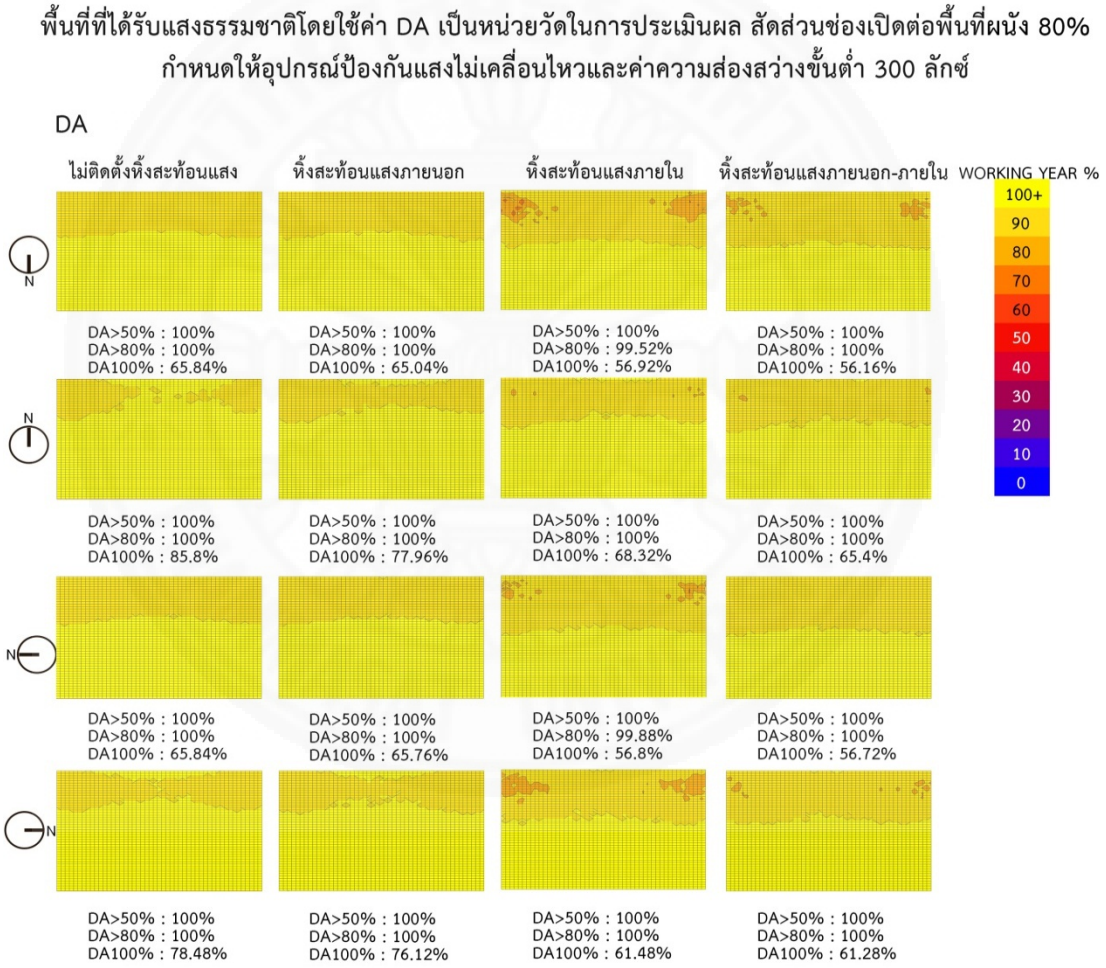


ภาพที่ 4.23 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC กับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

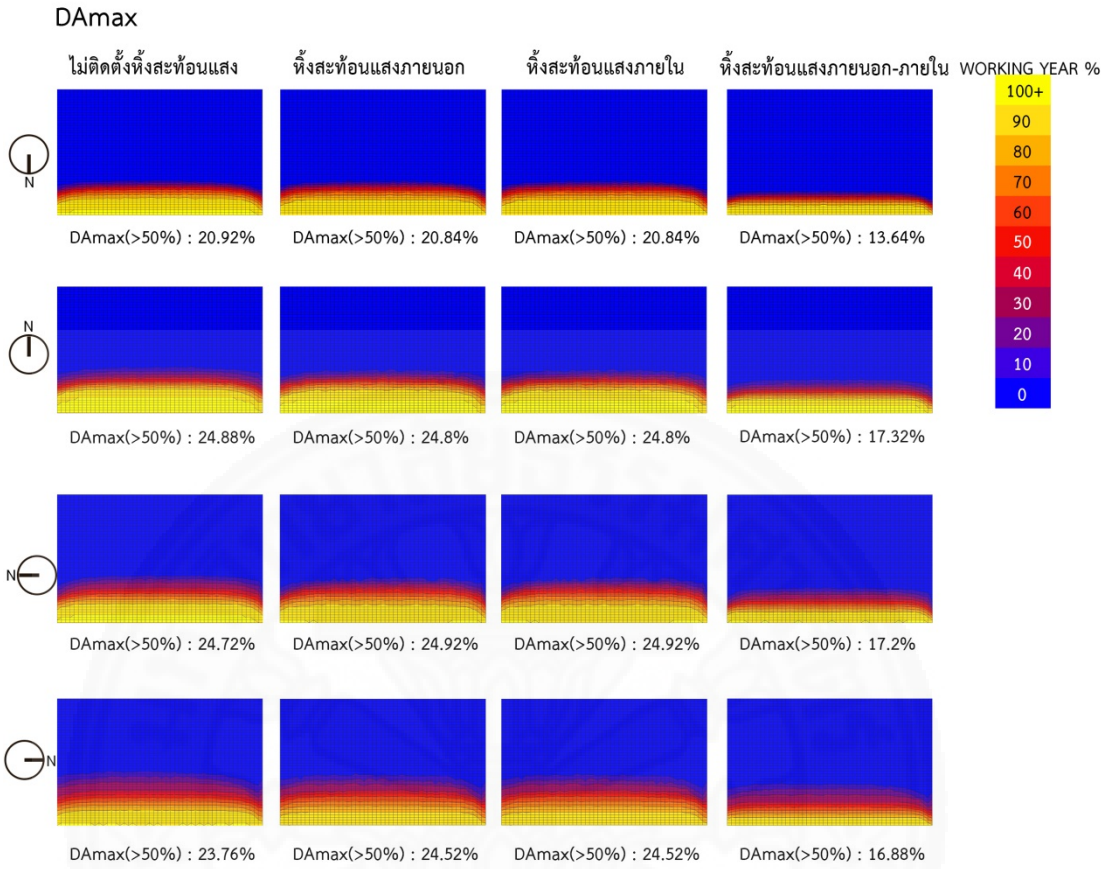
จากภาพที่ 4.23 การใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% ให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ในสัดส่วนพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้นตามช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ขึ้นใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิด โดยสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสง

ธรรมชาติจะลดลงในกรณีที่อาคารมีการติดตั้งหิ้งสะท้อน โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% น้อยที่สุดในกรณีที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายใน ซึ่งการใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติไม่สามารถบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้งานเมื่อนำมาใช้ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่จึงมักเกิดปัญหาเรื่องความส่องสว่างของแสงที่มากเกินไปส่งผลต่อความร้อนในอาคาร

4.7.3.2 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80%



ภาพที่ 4.24 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

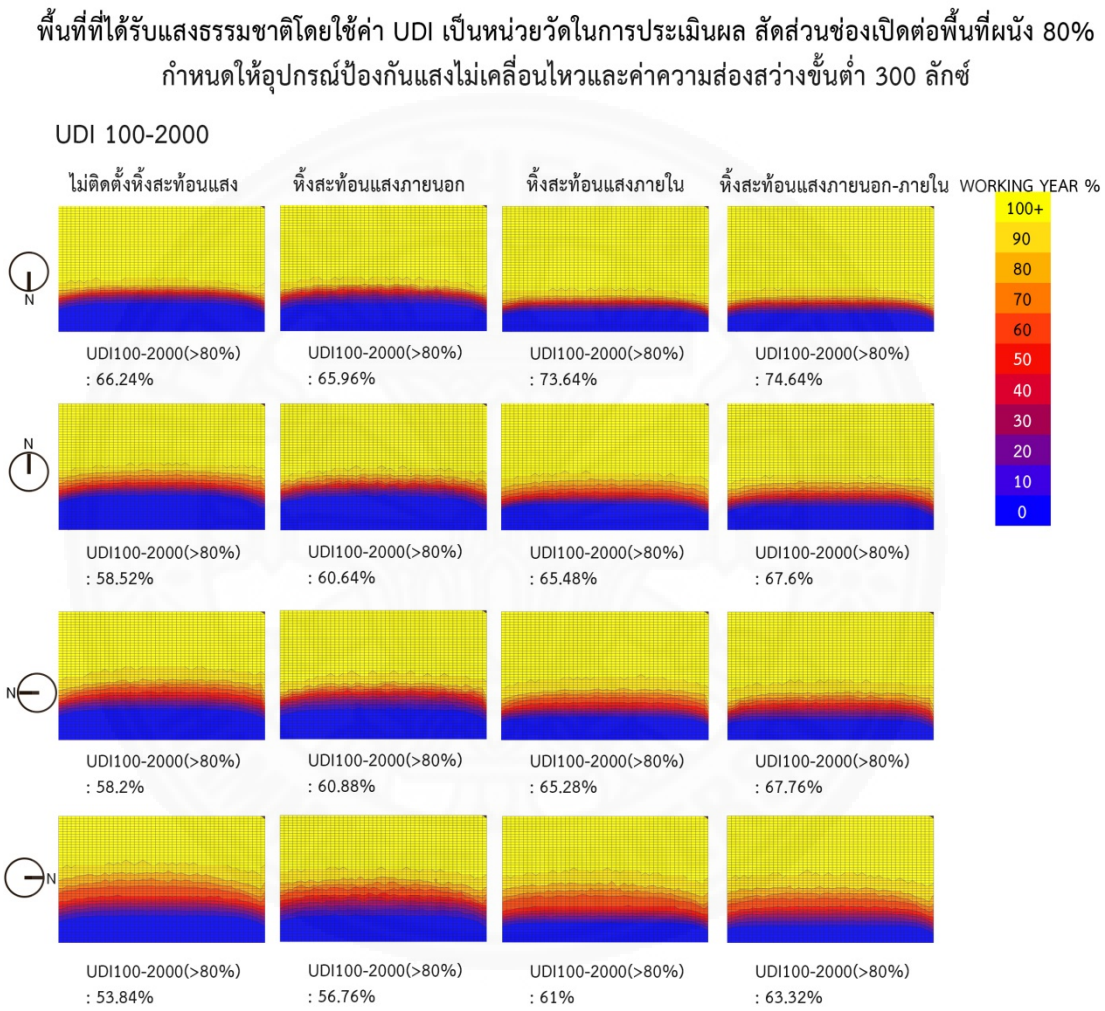


ภาพที่ 4.24 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

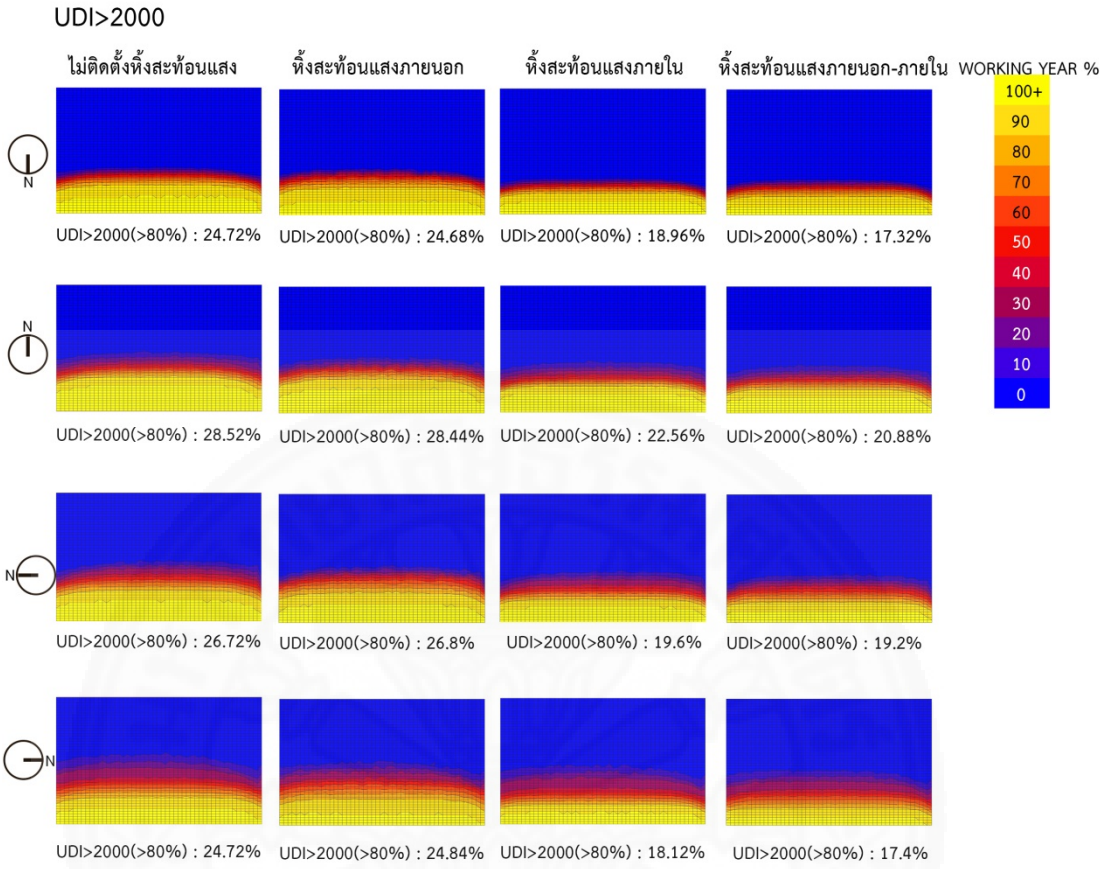
จากภาพที่ 4.24 การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ทั้งหมดในแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติเป็นช่วงเวลามากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีในทุกทิศของช่องเปิดและทุกรูปแบบของการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง ทำให้ไม่สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติได้เนื่องจากผลการทดลองไม่มีความแตกต่างของสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติ หากต้องการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารควรเปรียบเทียบจากสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติตลอดปี ซึ่งการประเมินผลแสงธรรมชาติโดยใช้ค่า DA นั้นยังคงบอกเพียงพฤติกรรมของแสงในแต่ละช่วงเวลาหากต้องการทราบถึงคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้รับควรใช้ค่า DAmax ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่แสดงถึงสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่ต้องการและค่า UDI ที่สามารถบอกคุณภาพของแสงที่เหมาะสมในการใช้งาน

มาประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติเพื่อให้ได้แสงที่มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

4.7.3.3 การประเมินผลแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80%



ภาพที่ 4.25 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์



ภาพที่ 4.25 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% โดยกำหนดค่าความส่องสว่างขั้นต่ำ 300 ลักซ์

จากภาพที่ 4.25 การใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 80% ผลการทดลองบอกถึงคุณภาพของแสงที่นำมาใช้โดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{100\text{-}2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีมากทางช่องเปิดทิศเหนือและมีพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ มากกว่า 80% ของชั่วโมงใช้งานตลอดปีมากทางช่องเปิดทิศใต้ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาความร้อนและความส่องสว่างของแสงที่มากเกินความต้องการ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและทำการทดลองเพื่อหารูปแบบของการจำลองแสงธรรมชาติและการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติที่เหมาะสม โดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC ด้วยโปรแกรม Daysim 2.1และสร้างแบบจำลองอาคารผ่านโปรแกรม Autodesk Ecotect 2011 โดยแบ่งสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังของแบบจำลองออกเป็น 40% 60% และ 80% ตามลำดับเพื่อศึกษาวิธีการจำลองแสงธรรมชาติและเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลที่เหมาะสมกับรูปแบบอาคารรวมถึงเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเกณฑ์การประเมินผลแสงธรรมชาติตามเกณฑ์อาคารเขียวของไทย โดยสามารถวิเคราะห์ผลและสรุปผลการทดลองได้ตามวัตถุประสงค์ดังนี้

5.1 ข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง

5.1.1 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC

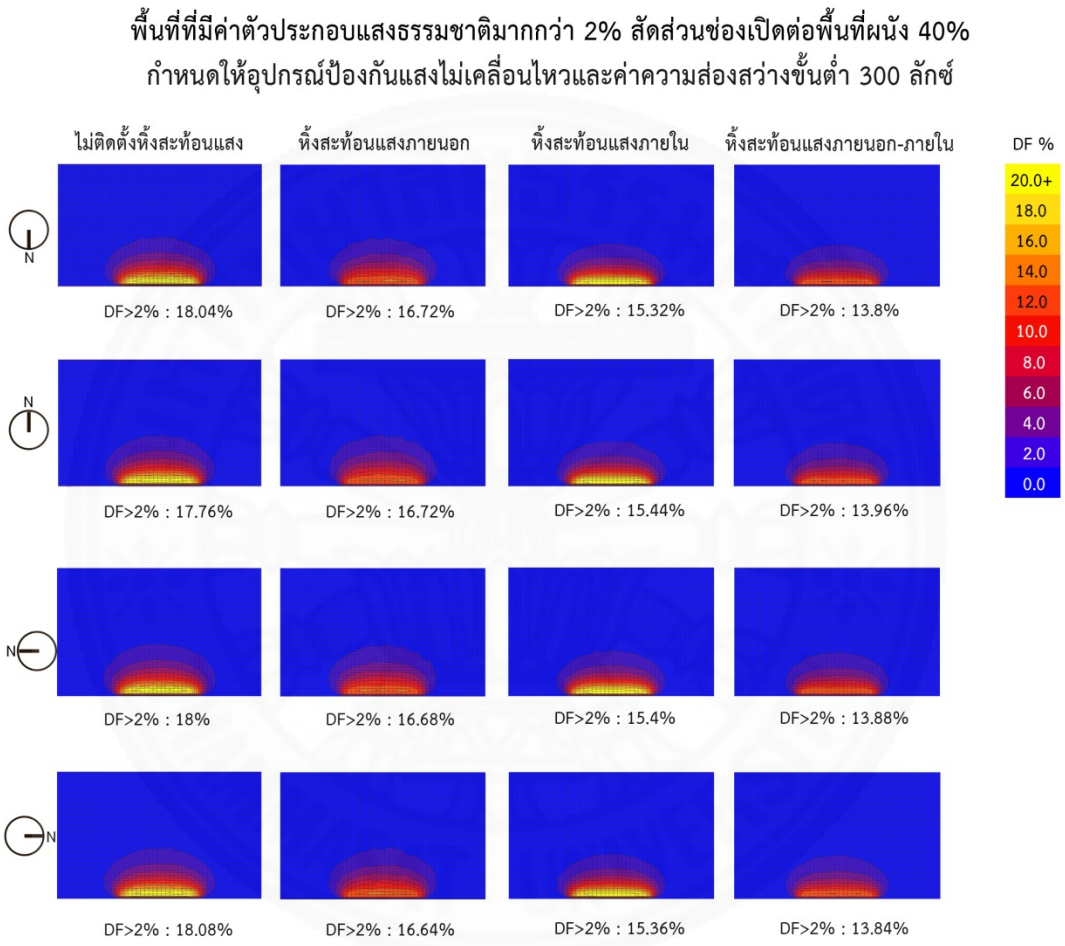
5.1.2 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองธรรมชาติแบบ DYNAMIC

5.2 แนวทางการออกแบบและนำไปประยุกต์ใช้

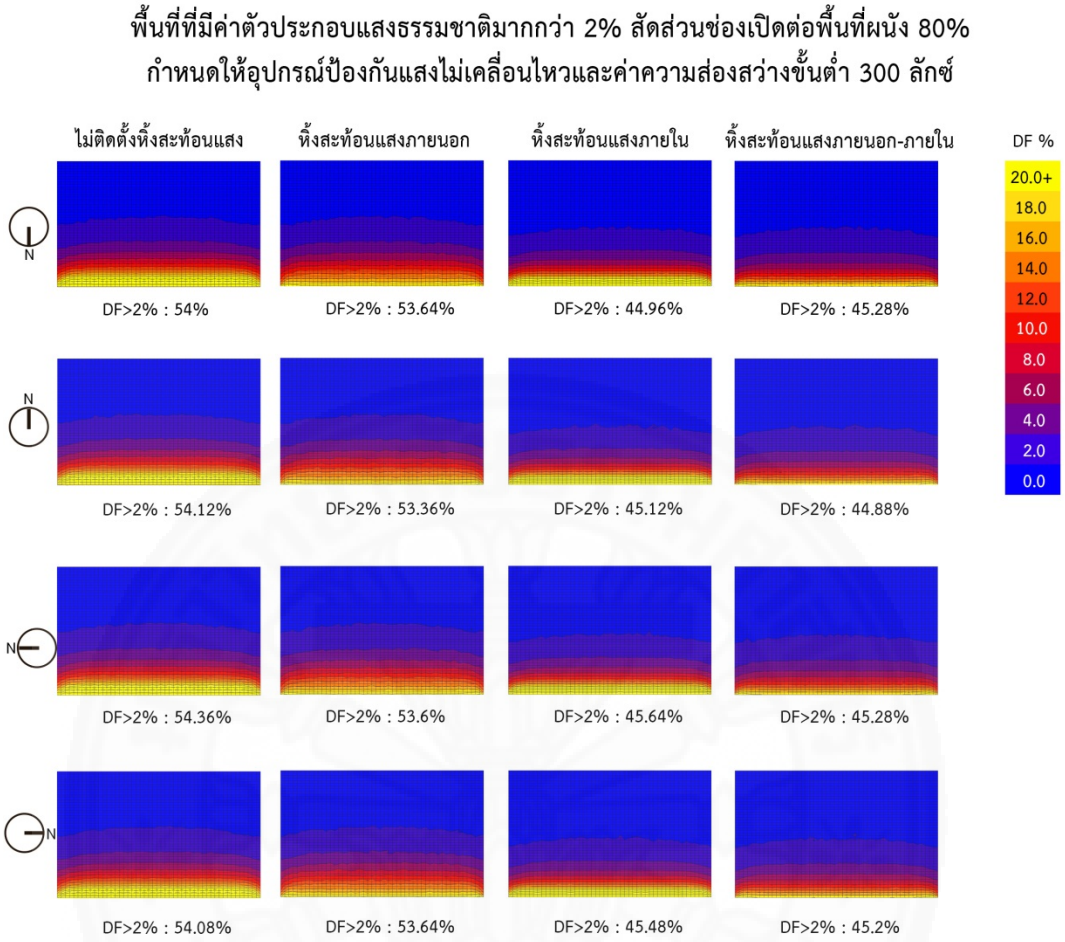
5.3 ข้อเสนอแนะในงานวิจัย

5.1 ข้อสรุปที่ได้จากการทดลอง

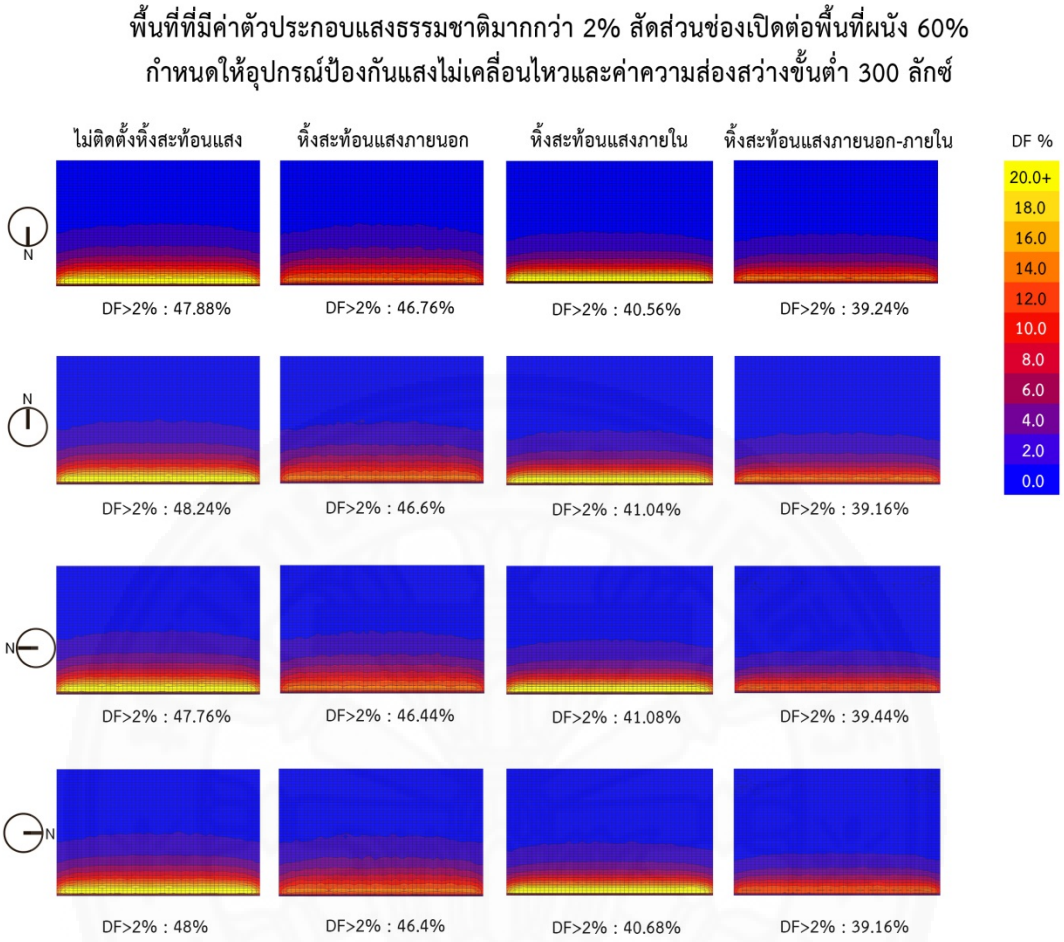
5.1.1 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผล



ภาพที่ 5.1 สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยแบ่งตามสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%



ภาพที่ 5.1 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยแบ่งตามสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%



ภาพที่ 5.1 (ต่อ) สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยแบ่งตามสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%

จากการจำลองประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผล พบว่า สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% จะเพิ่มมากขึ้นตามสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังที่มากขึ้นโดยมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติใกล้เคียงกันในทุกทิศของช่องเปิด ดังภาพที่ 5.1 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าทิศของช่องเปิดไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติเนื่องจากการใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลนั้นจะคำนวณแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมมากแสงจึงมีความสว่างเท่ากันทั่วท้องฟ้า การใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงพบว่า รูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่แตกต่างกันมีผลต่อสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2%

ลดลงโดยจะลดลงมากที่สุดในกรณีติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกร่วมกับหิ้งสะท้อนแสงภายในโดยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานในเชิงปริมาณได้ในทุกสัดส่วนช่องเปิดและในทุกรูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน โดยไม่คำนึงถึงคุณภาพของแสงที่นำมาใช้งาน

5.1.2 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผล

การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติจะให้ผลเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาตลอดทั้งปี โดยทิศของช่องเปิดที่แตกต่างกันมีผลต่อสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่ต่างกันเนื่องจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC เป็นการจำลองแสงธรรมชาติจากทุกสภาพฟ้าในแต่ละช่วงเวลาตามจริง รวมถึงมีหน่วยวัด DAmax ที่ใช้ในการบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้รับ ซึ่งสามารถตรวจสอบพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่แสงมีความส่องสว่างมากเกินความต้องการโดยสามารถระบุบริเวณและจำนวนครั้งที่แสงมีความส่องสว่างมากเกินความต้องการได้

5.1.2.1 ประสิทธิภาพการใช้ค่า DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 40%

การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% นั้นมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากที่สุดในช่องเปิดทางทิศใต้และการใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติลดลงมากที่สุดในช่องเปิดทางทิศใต้

5.1.2.2 ประสิทธิภาพการใช้ค่า DA เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 60% และ 80%

การใช้ค่า DA ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และ 80% มีผลให้พื้นที่ทั้งหมดของแบบจำลองได้รับแสงธรรมชาติมากกว่า 50% และ 80% ของชั่วโมงการใช้งานตลอดปีในทุกทิศของช่องเปิดและทุกรูปแบบการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสง โดยทั้ง 2 กรณีดังกล่าวไม่สามารถใช้ค่า DA เปรียบเทียบความแตกต่างของสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติได้ ดังนั้นการนำค่า DA มาใช้ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีช่องเปิดขนาดใหญ่ในประเทศไทยต้องคำนึงถึงความส่องสว่างของแสงและความร้อนภายในอาคารด้วย จึงควรใช้ DAmax ซึ่งเป็นหน่วยวัดที่แสดงถึงพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติเกินกว่า 10 เท่าของความส่องสว่างที่ต้องการ หรือ ค่า UDI ที่สามารถบอกคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำมาใช้ประกอบกันในการพิจารณาเพื่อให้ได้แสงธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมกับการนำไปใช้งานทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ

5.1.3 ประสิทธิภาพการใช้งานแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI เป็นหน่วยวัดในการประเมินผล

จากการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารด้วยวิธีการพลวัตโดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานสามารถบอกสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติโดยแบ่งตามช่วงของความส่องสว่างออกเป็น พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างต่ำเกินกว่าจะใช้งานได้ (UDI_{0-100}) พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วงที่เหมาะแก่การใช้งาน ($UDI_{100-2000}$) และพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างมากเกินความต้องการใช้งาน ($UDI_{>2000}$) โดยที่หน่วยวัด UDI มีการบอกถึงคุณภาพของแสงในแต่ละพื้นที่อย่างชัดเจน จึงสามารถใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติได้ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

5.1.3.1 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน โดยใช้ค่า UDI เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 40%

การใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัตกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% พบว่าพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วงความส่องสว่างที่เหมาะสมแก่การใช้งานมากที่สุดในกรณีที่อาคารมีช่องเปิดทางทิศเหนือ โดยการใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายในจะมีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100-2000}$ น้อยที่สุด ซึ่งค่า UDI เป็นหน่วยวัดที่คำนึงถึงผู้ใช้งานเป็นปัจจัยพื้นฐาน โดยหากต้องการทราบถึงประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในเชิงปริมาณโดยละเอียดควรใช้หน่วยวัดอื่น เช่น ค่า DA ที่มีสามารถให้ข้อมูลสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในเชิงปริมาณโดยละเอียดมาใช้ประกอบการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร

5.1.3.2 ประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน โดยใช้ค่า UDI เป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนังอาคาร 60% และ 80%

การใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัตกับอาคารที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 60% และ 80% จะให้สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100-2000}$ มากที่สุดในกรณีช่องเปิดทางทิศเหนือและการใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับอาคารที่มีการติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติในช่วง $UDI_{100-2000}$ เพิ่มขึ้นและสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่อยู่ในช่วง $UDI_{>2000}$ ลดลง

ตารางที่ 5.1

ตารางสรุปผลการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนัง 40% 60% และ 80%

WINDOW-TO-WALL RATIO	WWR 40%		WWR 60%		WWR 80%	
QUANTITY & QUALITY	QUANTITY	QUALITY	QUANTITY	QUALITY	QUANTITY	QUALITY
DF > 2%	O	X	O	X	O	X
DA > 50%	O	X	X	X	X	X
DA > 80%	O	O	O	O	X	X
DA > 100%	O	X	O	X	O	X
DAmax (>50%)	X	O	X	O	X	O
$UDI_{100-2000}$(>80%)	X	O	X	O	X	O
DA > 50% + DAmax (>50%)	O	O	O	O	O	O
DA > 80% + DAmax (>50%)	O	O	O	O	O	O
DA 100% + DAmax (>50%)	O	O	O	O	O	O
DA > 50% + $UDI_{100-2000}$ (>80%)	O	O	O	O	O	O
DA > 80% + $UDI_{100-2000}$ (>80%)	O	O	O	O	O	O
DA 100% + $UDI_{100-2000}$ (>80%)	O	O	O	O	O	O

O : สามารถพิจารณาได้ , X : ไม่สามารถพิจารณาได้

5.2 แนวทางการออกแบบและนำไปประยุกต์ใช้

จากการศึกษาวิจัยและทำการทดลองเพื่อศึกษาวิธีการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานและเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับรูปแบบอาคารนั้น พบว่าการจำลองแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานแบบ STATIC โดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติถูกใช้อย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน ให้ผลการจำลองแสงธรรมชาติที่ไม่สอดคล้องกับสภาพแสงในแต่ละช่วงเวลาตามจริง เนื่องจากค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นการจำลองแสงธรรมชาติโดยอ้างอิงจากสภาพท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมมากส่งผลให้มีสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติแสงธรรมชาติเท่ากันในทุกทิศของช่องเปิด ซึ่งในสภาพแสงตามการใช้งานจริงนั้นแสงในแต่ละทิศของช่องเปิดจะมีปริมาณและความส่องสว่างของแสงที่แตกต่างกัน โดยมาตรฐานอาคารเขียวในปัจจุบันที่ใช้อยู่ในประเทศไทยอย่างแพร่หลาย เช่น TREES ซึ่งจัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทยยังคงใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นมาตรฐานในการให้คะแนนในส่วนของการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร ซึ่งอาคารที่ถูกออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติได้ผ่านตามเกณฑ์การให้คะแนนตามมาตรฐานอาคารเขียวนั้นอาจไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติไม่มีประสิทธิภาพมากพอในสภาพการใช้งานจริง โดยในงานวิจัยนี้ได้นำผลการศึกษาทดลองมาประยุกต์ใช้เป็นจุดเริ่มต้นในการเสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบเกณฑ์การให้คะแนนในส่วนของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวไทยเพื่อเพิ่มศักยภาพในการใช้เกณฑ์ TREES ในการประเมินผลการใช้แสงธรรมชาติในอาคารให้สอดคล้องกับสภาพแสงตามการใช้งานจริง

5.2.1 เปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC กับรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติตามมาตรฐานอาคารเขียวของประเทศไทย

5.2.1.1 เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติจากการประเมินผลแสงธรรมชาติด้วยหน่วยวัด DF DA และ UDI เพื่อเสนอแนวทางการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียว TREES

ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำหลักเกณฑ์ในการประเมินอาคารเขียวที่จัดทำโดยสถาบันอาคารเขียวไทย มาใช้เป็นแนวทางในการก่อสร้างปรับปรุงอาคารทั้งเก่าและใหม่สำหรับอาคารเขียวเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนโดยเกณฑ์การประเมินของไทยในปัจจุบัน โดยใช้ชื่อว่า TREE – NC V.1.1 โดยเริ่มใช้เมื่อปี พ.ศ.2555 สำหรับการประเมินแสงธรรมชาติจะอยู่ในหมวดคุณภาพของสภาวะแวดล้อมภายในอาคาร หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร มีรายละเอียดการให้คะแนนตามตารางที่ 5.1

ตารางที่5.2

หัวข้อ IE 4 การใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

พื้นที่ที่มี Daylight Factor มากกว่า 2%	คะแนน
46-55%	1
56-65%	2
66-75%	3
76-100%	4

หมายเหตุ. จาก สถาบันอาคารเขียวไทย, 2555.

การดำเนินการโดยใช้การจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ในขั้นต่ำได้กำหนดให้สัดส่วนพื้นที่ 45% ของพื้นที่ที่มีการใช้งานประจำมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% โดยจำลองในสภาพท้องฟ้าทีมีเมฆปกคลุมมากและวัดผลโดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่ระนาบทำงานสูงจากพื้น 75 เซนติเมตร โดยการจำลองสภาพต้องสะท้อนสภาพความเป็นจริงทางกายภาพของอาคารไม่ว่าจะเป็นค่าการส่องผ่านแสงสว่างของกระจก ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุภายในอาคาร โดยเมื่อจำลองสภาพไม่จำเป็นต้องคิดว่ามีการปิดม่านภายในอาคาร หรือมีอาคารหรือองค์ประกอบภายนอกที่มาบังแสงแต่ต้องนำอุปกรณ์บังแดดถาวรที่ติดตั้งภายนอกมาคำนวณด้วย ซึ่งสังเกตได้ว่าเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวของไทยในหัวข้อของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารยังคงใช้รูปแบบของการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นหน่วยวัดในการประเมินผลซึ่งเป็นวิธีจำลองแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบมีแบบมีเมฆปกคลุมมากเพียงแบบเดียว ซึ่งส่งผลให้สัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติรวมถึงช่วงเวลาการใช้งานและคุณภาพของแสงธรรมชาติที่ได้นั้นมีข้อจำกัดอยู่มาก

จากภาพที่ 5.1 พบว่าพื้นที่ใช้งานแสงธรรมชาติในส่วนของค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่มากกว่า 2% นั้น มีพื้นที่ 54% ของพื้นที่ใช้งานทั้งหมด ซึ่งการออกแบบให้อาคารมีการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติให้ผ่านเกณฑ์ TREES นั้นต้องมีพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติระหว่าง 46 – 55% ของพื้นที่ใช้งานทั้งหมดเป็นอย่างน้อย ซึ่งจากผลการศึกษาวิจัยและทำการทดลองพบว่ามีเพียงแบบจำลองที่มีสัดส่วนช่องเปิดต่อผนัง 80% ซึ่งเป็นช่องเปิดขนาดใหญ่โดยไม่ติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงและติดตั้งหิ้งสะท้อนแสงภายนอกจึงจะมีสัดส่วนพื้นที่ 54% ที่ได้รับแสงธรรมชาติโดยมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ซึ่งผ่านตามมาตรฐานที่เกณฑ์ TREES กำหนดไว้ในขั้นต่ำเท่านั้น ทำให้การออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติในอาคารให้สามารถทำคะแนนได้ตามเกณฑ์ TREES จึงต้องออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ในปริมาณที่มากขึ้นโดยการเพิ่มขนาดของช่องเปิดให้มีขนาดใหญ่

ขึ้นหรือการปรับเปลี่ยนค่าการส่องผ่านแสง (VT) หรือ ค่าการส่องผ่านแสงต่อค่าสัมประสิทธ์การส่งผ่านรังสีความร้อนจากรังสีอาทิตย์ (LSG) ของกระจกรวมถึงค่าการสะท้อนแสงขององค์ประกอบภายในอาคาร เช่น ฝ้าเพดาน ผนัง และพื้นให้มีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้แสงมีความส่องสว่างมากเกินความต้องการรวมถึงเกิดปัญหาความร้อนในอาคารซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อผู้ใช้อาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำหรับอาคารในประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศในเขตร้อนชื้นและมีแสงแดดมากตลอดปี ซึ่งเกณฑ์การประเมินผลแสงธรรมชาติของเกณฑ์ TREES ในส่วนของการใช้แสงธรรมชาติในอาคารยังขาดมาตรฐานที่จะรองรับกับปัญหาเรื่องคุณภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคาร จากผลจากการวิจัยชี้ให้เห็นถึงปัญหาแสงจ้าและความร้อนที่เกิดขึ้นจากการใช้ค่า DAmax และ $UDI_{>2000}$ ในการประเมินผลซึ่งเป็นหน่วยวัดที่บอกถึงแสงที่มีความส่องสว่างมากเกินความต้องการซึ่งมีสัดส่วนพื้นที่ที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อช่องเปิดมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยงานวิจัยนี้จึงเป็นจุดเริ่มต้นของข้อเสนอแนะในการเพิ่มมาตรฐานในการใช้แสงธรรมชาติในอาคารให้มีความครอบคลุมในส่วนของคุณภาพของแสงที่นำมาใช้ประกอบกันในการพิจารณาด้วย ซึ่งการใช้ค่า DF DA หรือ UDI เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งไม่สามารถนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติได้อย่างครอบคลุม ดังนั้นในการกำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลแสงธรรมชาติสำหรับอาคารในประเทศไทยควรใช้รูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัตโดยการนำค่า DA UDI ซึ่งสามารถประเมินผลแสงธรรมชาติได้โดยละเอียดทั้งสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติและคุณภาพของแสงที่ได้รับมาใช้ประกอบการพิจารณาแสงธรรมชาติเพื่อให้ได้แสงที่มีคุณภาพในการใช้งานตามสภาพแสงจริงที่ผ่านการพิจารณาปัญหาเรื่องความร้อนและแสงจ้า รวมถึงสัดส่วนช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรนำมาใช้เป็นข้อกำหนดในการพิจารณาแสงสว่างในอาคารตามมาตรฐานอาคารเขียวของไทยควบคู่ไปกับการจำลองแสงธรรมชาติด้วยวิธีการพลวัต เพราะการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติกับสัดส่วนช่องเปิดอาคารที่เหมาะสมจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารที่สอดคล้องกับสภาพแสงตามจริงในแต่ละช่วงเวลามากขึ้น

5.2.2 การจำลองแสงธรรมชาติแบบ DYNAMIC กับประสิทธิภาพการส่องสว่างในอาคารสำนักงาน

การจำลองแสงธรรมชาติในอาคารแบบ DYNAMIC โดยใช้ค่า UDI ในการประเมินผลแสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานสามารถบอกสัดส่วนพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติโดยแบ่งตามช่วงของความส่องสว่างออกเป็น พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างต่ำเกินกว่าจะใช้งานได้ ($UDI_{0\text{-}100}$) พื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติอยู่ในช่วงที่เหมาะแก่การใช้งาน ($UDI_{100\text{-}2000}$) และพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างมากเกินความต้องการใช้งาน ($UDI_{>2000}$) โดยที่หน่วยวัด UDI มีการบอกถึงคุณภาพของแสงในแต่ละพื้นที่อย่างชัดเจน การใช้ค่า UDI ดังกล่าวไม่เพียงแสดงถึง

ประสิทธิภาพทางด้านปริมาณแสงธรรมชาติทางด้านระดับการส่องสว่าง แต่ยังแสดงถึงความสม่ำเสมอของแสงในแต่ละพื้นที่ได้ นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวยังเป็นการแสดงความสว่างจากทิศทางที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นหากพิจารณาวิธีการนี้และนำไปใช้ในการจัดพื้นที่และช่องเปิดของอาคารสำนักงานให้เหมาะสม อาทิเช่น การเปิดช่องเปิดให้เห็นวิวภายนอกในบางบริเวณ รวมถึงการจัดกลุ่มพื้นที่ทำงานต่าง ๆ นอกจากจะเป็นการส่งเสริมสภาพการส่องสว่างให้เพียงพอต่อการมองเห็นแล้ว ยังเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ความพึงพอใจในการทำงาน ส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิตให้แก่ผู้ที่ทำงานภายในได้ (Carlopio; 1996; Veitch, J., et al, 1998; 2002; 2003; 2005) ดังที่ Carlopio (1996) “ความพึงพอใจในสภาพแวดล้อมในการทำงานนั้น ประกอบด้วยปัจจัยทางด้านการออกแบบสภาพแวดล้อมซึ่งรวมไปถึง คุณภาพของแสง ทิศทางของแสง คุณภาพของอากาศและความสะอาด”

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัยในอนาคต

5.3.1 งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ศึกษาด้วยวิธีการทำแบบจำลองและประเมินผลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ดังนั้นอาจมีการเก็บข้อมูลในสภาพแวดล้อมจริงมาใช้ประกอบการพิจารณาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงตรงและถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

5.3.2 จากขอบเขตงานวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงานโดยการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC เท่านั้นไม่ได้คำนึงผลกระทบด้านความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคารสำนักงาน ดังนั้นการนำไปใช้ในการออกแบบจริงควรมีการคำนึงถึงเรื่องของความร้อนที่เกิดขึ้นและการปรับเปลี่ยนวิธีการจำลองแสงธรรมชาติและการเลือกใช้หน่วยวัดในการประเมินผลให้เหมาะสมกับสภาพอาคารและสภาพแวดล้อมจริงโดยรอบ

5.3.3 งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC เพื่อศึกษารูปแบบการจำลองแสงธรรมชาติและการใช้หน่วยวัดในการประเมินผลแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับรูปแบบอาคารโดยได้ศึกษาเฉพาะในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันแสงไม่เคลื่อนไหว และมีการชี้ให้เห็นถึงปัญหาด้านผลการจำลองแสงธรรมชาติในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันแสงมีการเคลื่อนไหวแบบปรับด้วยมือและแบบอัตโนมัติในเบื้องต้น ดังนั้นอาจมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการจำลองแสงธรรมชาติแบบ STATIC และ DYNAMIC ในกรณีที่อุปกรณ์ป้องกันแสงแบบเคลื่อนไหวโดยละเอียดเพื่อการนำไปประยุกต์ใช้ได้ในหลากหลายกรณีมากขึ้น

5.3.4 งานวิจัยนี้เป็นเพียงจุดเริ่มต้นของข้อเสนอแนะในการปรับเปลี่ยนรูปแบบการประเมินผลแสงธรรมชาติของเกณฑ์การประเมินอาคารเขียวไทย ซึ่งการปรับเปลี่ยนรูปแบบเกณฑ์การให้คะแนนให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้จริงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยละเอียดต่อไป

รายการอ้างอิง

วิทยานิพนธ์

ไกรฤทธิ์ ฤกษ์เกษม. (2554). *ประสิทธิภาพแสงสะท้อนเหนือระนาบทำงานภายในอาคาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คมกฤช ชูเกียรติมั่น. (2540). *การใช้แสงธรรมชาติเพื่อพลังงานในอาคารสำนักงาน: กรณีศึกษาอาคารใน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชัยวัฒน์ มุตติศานต์. (2548). *ปัจจัยกายภาพหิ้งสะท้อนแสงที่มีผลต่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาคาร

พิรุฬรัตน์ บุริประเสริฐ. (2545). “รูปแบบของช่องเปิดด้านข้างเพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารสำนักงาน. “วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์, ภาควิชาสถาปัตยกรรม

ทิพทับทิม ภูมิพาณิชย์. (2555). *ประสิทธิภาพแสงธรรมชาติจากการติดตั้งอุปกรณ์กันแดดและหิ้งสะท้อนแสงเพื่อความสบายในการมองเห็นและประหยัดพลังงาน*. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

บุรพล แจ้งสว่าง. (2548). *แนวทางการกำหนดมาตรฐานการใช้แสงธรรมชาติในอาคารสำนักงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

ปุณิกา ทรัพย์เจริญ. (2557). *แนวทางการเพิ่มศักยภาพการใช้แสงธรรมชาติสำหรับอาคารสำนักงานตามเกณฑ์ประเมินอาคารเขียวในกลุ่มประเทศอาเซียน*. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

วรภัทร อังสนันรัตนา. (2549). *การออกแบบหิ้งสะท้อนแสงและฝ้าเพดานเพื่อการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับอาคารสำนักงาน*. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

สุมาวลี จินดาพล. (2551). *แนวทางการออกแบบช่องเปิดเพื่อได้รับความร้อนและแสงธรรมชาติอย่างเหมาะสม ในอาคารสำนักงาน*. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง, สาขาวิชาสถาปัตยกรรม

Books and Book Articles

ASHRAE. (2007). *ASHRAE Standard 90.1 2007: Energy Standard for Building Except Low-Rise Residentail Buildings (I-P edition).* Atlanta: ASHRAE

Ashikur Rahman. (2009). *A Simulation Assessment Of The Height of Light Shelves To Enhance Daylighting Quality In Tropical Office Building Under Overcast Sky*, (BUET) Dhaka, Bangladesh

Carlopio, J. R. (1996). Construct validity of a physical work environment satisfaction questionnaire. *Journal of Occupational Health Psychology, 1*, 330-344.

Dong-Hwan Ko, Mahjoublelnmeirrl and Raymond J. Clark. (2009). Assessment and Prediction of Daylight Performance in High-Rise Office Building, lllinois Institute of Technology, College of Architecture. Retrieved August 30, 2012, from http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tal.474/pdf

Egan, M.D., & Olgyay, V. (2002). *Architectural Lighting (2 ed.)*, New York: McGraw-hill

Majaros, Andras. Daylighting. Brisane: The University of Queensland Printery, 1998.

Stein, Benjamin and Reynolds, John S. Mechanical Equipment for Buildings. Ninth Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

Veitch, J. A., Charles, K. E., Newsham, G. R., Marquardt, C. J. G., & Geerts, J. (2003). *Environmental satisfaction in open-plan environments: 5. Workstation and physical condition effects* (IRC-RR-154). Ottawa, ON: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Retrieved April 16, 2007, from http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/rr154/.

Veitch, J. A., Farley, K. M. J., & Newsham, G. R. (2002). *Environmental satisfaction in open-plan environments: 1. Scale validation and method* (IRC-IR-844). Ottawa, ON: National Research Council Canada, Institute for Research in Construction. Retrieved April 16, 2007, from http://irc.nrccnrc.gc.ca/fulltext/ir844/.

Veitch, J. A., Geerts, J., Charles, K. E., Newsham, G. R., & Marquardt, C. J. G. (2005). Satisfaction with lighting in open-plan offices: COPE field findings. *Proceedings of Lux Europa 2005* (pp. 414-417). Berlin, Germany: Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e. V. (LiTG). Retrieved April 16, 2007, from http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/fulltext/nrcc48164.

Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction and comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society, 27*(1), 107-129.

Electronic Media

Thailand Green Building Institute (TGBI). (2012). Thais Rating of Energy and Environmental Sustainability for New Construction and Major Renovation. Retrieved May 27, 2015, from http://www.tgbi.or.th/files/trees/2012-09-26-%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%93%E0%B8%91%E0%B9%8C-TREES-NC.pdf

US Green Building Council. (2009*). LEED Reference Guide for Green Building Design And Construction*. Retrieved May 27, 2015, from http://www.cpluscconsulting.com/documents/LEED2009RefGuides.pdf

US Green Building Council. (2013*). LEED Reference Guide for Green Building Design And Construction*. Retrieved May 27, 2015, from http://greenguard.org/uploads/images/LEEDv4forBuildingDesignandConstructionBallotVersion.pdf

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นาย ชนินทร์ กุลสุรกิจ
วันเดือนปีเกิด	19 พฤษภาคม 2534
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (สถาปัตยกรรม) คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
การนำเสนอบทความ	เข้าร่วมประชุมนำเสนอบทความ 1. Building Environment Research Associates Conference (BERAC6), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต