แนวทางและการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดแสงธรรมชาติสำหรับอาคารในประเทศไทย

Guidelines and Applications of Daylight Metrics for Buildings in Thailand

อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ
Awiroot Srisutapan

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Faculty of Architecture and Planning, Thammasat University
E-mail: awi_cl@hotmail.com

Received 17/7/2019 Revised 30/9/2019 Accepted 24/10/2019

บทคัดย่อ

จากข้อจำกัดของการประเมินแสงธรรมชาติโดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติซึ่งเป็นวิธีแบบอพลวัต จึงได้มีการนำเสนอวิธีการใช้ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านแสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นแบบพลวัต เช่น ค่า sDA UDI ASE ซึ่งได้มีการนำวิธีการนี้ไปใช้อย่างแพร่หลายเพื่อคาดการณ์แสงธรรมชาติที่สัมพันธ์กับข้อมูลอากาศของแต่ละที่ตั้ง จากเงื่อนไขดังกล่าว เกณฑ์ในการประเมินอาคารควรจะมีลักษณะเฉพาะในแต่ละที่ตั้ง บทความวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงประสิทธิภาพของการใช้ตัวชี้วัดแสงธรรมชาติสำหรับการใช้กับอาคารในบริบทของประเทศไทย ขอบเขตของการศึกษานี้ประกอบไปด้วยตัวแปรในของห้องมีช่องเปิดด้านเดียว ขนาดห้องที่ทำการศึกษา อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ ทิศทางที่ทำการประเมิน และข้อมูลอากาศของกรุงเทพฯ งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง สร้างหุ่นจำลองโดยใช้โปรแกม Rhinoceros 5 และประเมินแสงธรรมชาติโดยใช้โปรแกรมเสริม Grasshopper และ DIVA for Rhino v.4.1.0.8 เพื่อหาค่า DF sDA UDI-a UDI-x และ ASE ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการประเมินการใช้แสงธรรมชาติในประเทศไทยควรเปลี่ยนมาใช้วิธีพลวัต เนื่องจากสามารถนำเสนอข้อมูลที่เป็นประโยชน์และมีความหลากหลายมากกว่าแบบอพลวัต และสำหรับวิธีการประเมินแสงธรรมชาติแบบพลวัตแล้ว การใช้ค่า UDI เป็นตัวชี้วัดจะมีความสมเหตุสมผลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพควบคู่กัน เมื่อเปรียบเทียบกับตัวแปรอื่น ๆ อย่างไรก็ดี ยังคงเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งที่ต้องอาศัยความร่วมมือจากนักวิจัยและสถาปนิกในการพัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพของตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทย

คำสำคัญ
แสงธรรมชาติ
ตัวชี้วัดแสงธรรมชาติ
การประเมินแสงธรรมชาติโดยใช้วิธีแบบอพลวัต
การประเมินแสงธรรมชาติโดยใช้วิธีแบบพลวัต
ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านแสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศ

Abstract

Due to the limit of static daylight analysis method, daylight factor, dynamic daylight analysis method or climate-based daylight modeling, i.e., sDA, UDI, ASE, was introduced. The new metric has been widely used to predict daylight performance that relates to local weather data. With this condition, the evaluation criteria of the buildings in each location should be specified. The main focus of this research paper was the performance analysis of daylight metrics for building in the context of Thailand. The scope of the research is delimiting a study by one-sided opening, room dimensions, window-to-wall ratio, orientation, and Bangkok weather data. Simulation software was used throughout the research. The representative rooms were modeled by Rhinoceros 5. All cases were simulated and explored by Grasshopper and DIVA for Rhino v.4.1.0.8. The results of the research showed that the climate-based daylight analysis method was highly recommended because it can provide more variously useful information than a static method. Compared with the other metrics, the use of UDI, i.e., UDI-a and UDI-x, were suggested as a reasonable tool to assess daylight performance in building, in terms of quality and quantity. However, it is very especially important for researchers and architects to develop and optimize the use of new metrics in Thailand.

Keywords

Daylight

Daylight Metric

Static Daylight Analysis Method

Dynamic Daylight Analysis Method

Climate-based Daylight Metrics: CBDM

1. บทนำ ความเป็นมา

แสงธรรมชาติมีบทบาทอย่างมากในการออกแบบสถาปัตยกรรมนับตั้งแต่อดีต จากเดิมที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับความเชื่อ สิ่งศักดิ์สิทธิ์ การสร้างความสุนทรีย์จากการเกิดแสงและเงา การสร้างความอบอุ่นให้แก่ผู้ที่อยู่อาศัยในอาคาร ฯลฯ จนได้มีการพัฒนามาเป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการออกแบบสถาปัตยกรรมที่มีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น เพื่อให้สอดคล้องกับบริบทที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การออกแบบเพื่อความสมดุลย์ของการใช้แสงธรรมชาติและการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารอย่างมีประสิทธิภาพ การนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารอย่างเหมาะสมเพื่อลดภาระการปรับอากาศ การใช้แสงธรรมชาติเพื่อช่วยลดการใช้แสงประดิษฐ์และลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของอาคาร การผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในอาคารและเป็นส่วนหนึ่งของการออกแบบอาคารที่ใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building) การใช้แสงธรรมชาติเพื่อสร้างความเป็นอยู่และสร้างสุขภาวะที่ดี (Well-being) ให้แก่ผู้ใช้อาคาร เป็นต้น ซึ่งในแต่ละแนวคิดก็จะมีวิธีการประเมินในเรื่องของสมรรถนะหรือความเหมาะสมในการใช้แสงธรรมชาติที่ใช้ตัวชี้วัดแตกต่างกันออกไป

แม้ว่าในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและนำเสนอแนวคิดในการใช้ตัวชี้วัดแบบใหม่เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณแสง และมีการพิจารณาถึงผู้ใช้อาคารมากขึ้น แต่ก็ยังมีสิ่งที่เป็นข้อสงสัยหลายประการ เช่น การที่ตัวชี้วัดมีจุดเริ่มต้นในการพัฒนาจากต่างประเทศ จะมีความเหมาะสมในการนำมาใช้ประเมินในประเทศไทยหรือไม่ หากมีการนำตัวชี้วัดมาใช้ ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินเหล่านั้นควรมีการปรับเปลี่ยนเพื่อให้มีความสอดคล้องกับทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์หรือสภาพแสงธรรมชาติของประเทศไทยหรือไม่

บทความวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ตัวชี้วัดในการประเมินแสงธรรมชาติ เพื่อเสนอแนวทางการใช้ตัวชี้วัดและวิธีการประเมิน ตลอดจนแนวทางการประยุกต์ใช้ที่สอดคล้องกับการใช้งานในประเทศไทยมากขึ้น

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 พัฒนาการของการใช้ตัวชี้วัด

ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ ค่านี้วัดโดยการเปรียบเทียบความส่องสว่างภายใน ต่อความส่องสว่างภายนอกอาคารที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ และวัดในสภาพท้องฟ้าครึ้ม ตามมาตรฐาน CIE (Kaufman, 1966) มีการนำเสนอขึ้นมาครั้งแรกที่ประเทศอังกฤษในช่วงต้นของปี 1900 และเริ่มใช้เป็นมาตรฐานอย่างเป็นทางการในช่วงปี 1960 (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009) มีการกำหนดค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติของแต่ละพื้นที่ใช้งาน เช่น ทางเดิน 0.6 – 2% พื้นที่สำนักงานทั่วไป ห้องเรียน ห้องสมุด 2 – 5% ห้องรับประทานอาหาร 2.5 – 5% ครัว 0.6 – 2% ห้องนั่งเล่น 0.5 – 1.5% เป็นต้น (Egan & Olgyay, 2002; Kwok & Grondzik, 2007; Stein & Reynolds, 2000) อย่างไรก็ดี มีการให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติไว้หลายประการ เช่น

- *การประเมินโดยใช้ค่าค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นวิธีที่ง่าย* จึงทำให้มีการใช้งานมาเป็นระยะเวลายาวนานกว่า 60 ปี แต่ผลที่ได้ไม่สะท้อนความเป็นจริง (Nabil & Mardaljevic, 2006) เช่น ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเป็นค่าที่มีข้อจำกัดหลายอย่าง เช่น การใช้สภาพท้องฟ้าแบบเดียว ไม่พิจารณาแสงตรงและแสงสะท้อน ตำแหน่งที่ตั้ง ทิศทางอาคาร วันและเวลา สภาพอากาศ ดวงอาทิตย์ (Reinhart, Mardaljevic, & Roger, 2006; Ashdown, 2014) การประเมินวิธีนี้ อาคารจะตั้งที่ไหนก็ได้ไม่มีผลต่อการประเมิน (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009) นอกจากนี้ ในการประเมินจะพิจารณาจากสภาพท้องฟ้าครึ้มซึ่งเป็นสภาพท้องฟ้าที่แย่ที่สุด ดังนั้น หากเป็นสภาพท้องฟ้าแบบอื่นที่มีความส่องสว่างมากกว่า จะคาดว่าสามารถทำให้มีปริมาณแสงภายในอาคารมากขึ้นตามไปด้วย (Reinhart, Mardaljevic, & Roger, 2006) แต่อาจส่งผลทำให้ได้รับแสงมากเกินไปในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Ashdown, 2014)
- *ในเรื่องของกระบวนการออกแบบ* การใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติก็ทำให้เกิดความขัดแย้งกับแนวทางการออกแบบในเรื่องอื่น ๆ ด้วย เช่น หากต้องการออกแบบให้ในพื้นที่ส่วนใหญ่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ 2% ขึ้นไป อาจจะต้องเลือกใช้กระจกที่มีค่าการส่องผ่านแสงสูง หรือการเพิ่มพื้นที่ช่องเปิดมากจนเกินไป ซึ่งก็อาจทำให้พื้นที่นั้นไม่ผ่านการประเมินด้านพลังงาน (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009)
- *ดังนั้น ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติไม่ได้แสดงถึงการใช้แสงธรรมชาติที่ดี* แต่เป็นเพียงขั้นต่ำของกฎหมายในเรื่องของความต้องการด้านแสงสว่าง รวมถึงไม่มีการนำ

เสนอผลลัพธ์ที่มีรายละเอียดมากนักและไม่สามารถช่วยพิจารณาเรื่องการป้องกันแสงจ้าได้ โดยเฉพาะทางด้านทิศตะวันออกและทิศตะวันตก ในขณะที่ดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำ (Reinhart, Mardaljevic, & Roger, 2006)

ในช่วงต่อมา ได้มีการศึกษาพบว่า สภาพภูมิอากาศที่ได้รับอิทธิพลจากดวงอาทิตย์มากขึ้นเท่าไร ทิศทางการวางอาคารจะส่งผลต่อปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามาภายในอาคารมากขึ้นด้วย จนกระทั่งในปี 2006 จึงได้มีการแนะนำการใช้ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านแสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศ (Climate-based Annual Daylight Performance Metrics) (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009) หรือ Climate-based Daylight Metrics (CBDM) เพื่อคาดการณ์ปริมาณแสงรายชั่วโมงโดยใช้ข้อมูลจริงของสภาพท้องฟ้าและการโคจรของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี เช่น การใช้ค่า spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE) ใช้ร่วมกับข้อมูลอากาศแบบ Typical Meteorological Year (TMY) เฉพาะที่ตั้งทางกายภาพนั้น ๆ (Ashdown, 2014) และใช้คาดการณ์ในเรื่องของปริมาณแสงธรรมชาติที่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ ตำแหน่งดวงอาทิตย์ ช่องเปิดในแต่ละทิศทาง รูปทรงอาคาร และคุณสมบัติของวัสดุต่าง ๆ และยังสามารถนำเรื่องพฤติกรรมการใช้งาน และอุปกรณ์ เช่น การใช้อุปกรณ์บังแดด มู่ลี่ รวมถึงวิธีการควบคุมด้วยระบบอัตโนมัติ หรือโดยผู้ใช้อาคาร มาร่วมพิจารณาได้ด้วยเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการคาดการณ์ปริมาณแสงธรรมชาติ (Mardaljevic, Heschong, & Lee, 2009) รวมถึงการพัฒนาเกณฑ์ UDI ที่มีการนำเรื่องผู้ใช้งานมาร่วมพิจารณาด้วย ทั้งทางด้านความส่องสว่างที่เกิดจากแสงธรรมชาติ แสงธรรมชาติที่เกินความต้องการที่อาจส่งผลต่อความรู้สึกไม่สบายของผู้ใช้งาน และการถ่ายเทความร้อนที่เข้ามาในอาคารมากเกินไป (Nabil, & Mardaljevic, 2005 and 2006) อย่างไรก็ดี ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติยังเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการใช้ประเมินเบื้องต้น แต่การใช้ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านแสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศจะเหมาะกับกระบวนการวิเคราะห์ที่ต้องการลงรายละเอียดทางสถาปัตยกรรมมากกว่า (Ashdown, 2014)

2.2 ตัวชี้วัดในการประเมินการใช้แสงธรรมชาติในประเทศไทย

ในปัจจุบัน ตัวชี้วัดหรือแนวทางที่เกี่ยวข้องกับการประเมินการออกแบบโดยใช้แสงธรรมชาติ ที่มีการใช้ในประเทศไทยสามารถแบ่งออกได้ดังนี้

- *การประเมินโดยใช้ระยะห่างจากช่องเปิด* อาคารควบคุม 9 ประเภท ที่มีพื้นที่มากกว่า 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป ตามกฎกระทรวง กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2552 ส่วนที่ 6 การใช้พลังงานหมุนเวียนในระบบต่าง ๆ ของอาคาร ข้อ 8 ในอาคารในกรณีที่ระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคารที่มีการออกแบบเพื่อใช้แสงธรรมชาติเพื่อการส่องสว่างภายในอาคารในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ให้ถือเสมือนว่าไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคารนั้น โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างต้องมีระยะห่างจากกรอบอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงของหน้าต่างในพื้นที่นั้น (Royal Thai Government Gazette, 2009) การคำนวณนี้เป็นทางเลือกสำหรับอาคารที่ไม่ผ่านการคำนวณการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านกรอบอาคารและหลังคา
- *การประเมินโดยใช้สัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ได้รับแสงธรรมชาติ และขนาดช่องเปิด* ในคู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสำหรับอาคารพักอาศัย ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หมวดที่ 6 ระบบธรรมชาติและพลังงานทดแทน ข้อ 6.1 ได้กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาไว้คือ พื้นที่ใช้สอยหลักทั้งหมดต้องได้รับแสงธรรมชาติและขนาดของช่องแสงต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 15 ของพื้นที่ใช้งาน และข้อ 6.2 พื้นที่ใช้สอยรองอย่างน้อยร้อยละ 60 ต้องได้รับแสงธรรมชาติ และขนาดของช่องแสงต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 10 (DEDE, 2007b) และเกณฑ์ Ecovillage ของการเคหะแห่งชาติ กำหนดให้การใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ใช้งานรอง ทั้งในอาคารแนวราบและแนวดิ่ง พื้นที่ช่องเปิดต้องมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 15 ของพื้นที่ใช้งานรองทั้งหมด (Sreshthaputra, 2013)
- *การประเมินโดยใช้ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor)* วิธีนี้เป็นวิธีแบบอพลวัต (Static) การประเมินโดยวิธีนี้จะพบได้ใน คู่มือแบบประเมินอาคารประหยัดพลังงาน และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม สำหรับอาคารสาธารณะ กำหนดให้ร้อยละ 25 ของพื้นที่หลักของอาคารสำนักงาน ห้องสมุด ร้อยละ 15 ของพื้นที่หลักของอาคารสรรพสินค้า อาคารพาณิชย์ อาคารแสดงสินค้า/นิทรรศการ และร้อยละ 20 ของพื้นที่หลักของอาคารโรงแรม โรงพยาบาล ต้องมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติอย่างน้อย 2% (DEDE, 2007a) รวมถึงเกณฑ์การออกแบบอาคารเขียวต่าง ๆ เช่น เกณฑ์ประเมินความยั่งยืนและ

ความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability: TREES) ต้องมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติอย่างน้อย 2% คะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับร้อยละพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติตามที่เกณฑ์กำหนด (TGBI, 2012) และเกณฑ์ Ecovillage ของการเคหะแห่งชาติ กำหนดให้พื้นที่ใช้งานหลักของอาคารต้องมีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% การได้คะแนนจะแบ่งตามประเภทของอาคารแนวราบและแนวดิ่ง และระดับขั้นของคะแนนที่แตกต่างกันตามสัดส่วนพื้นที่ที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% (Sreshthaputra, 2013) และการประเมินนี้เป็นการเข้าร่วมแบบสมัครใจ

• *การใช้วิธีสมรรถนะด้านแสงธรรมชาติแบบรายปีตามสภาพภูมิอากาศหรือเรียกว่าเป็นแบบพลวัต (Dynamic)* มีการใช้ตัวชี้วัดหลายตัวในการพิจารณา เช่น

– ค่า Useful Daylight Illuminance: UDI แสดงถึงร้อยละของชั่วโมงการทำงานตลอดทั้งปี ที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ โดยจะแบ่งการประเมินออกเป็นช่วง (Mardaljevic, 2017) คือ

ความส่องสว่างน้อยกว่า 100 ลักซ์ แสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการใช้งาน (UDI not achieved: UDI-n)

ความส่องสว่างระหว่าง 100 – 300 ลักซ์ ใช้แสงธรรมชาติได้บ้างและใช้แสงประดิษฐ์เสริม (UDI supplementary: UDI-s)

ความส่องสว่างระหว่าง 300 – 3,000 ลักซ์ แสงธรรมชาติเพียงพอต่อการใช้งาน (UDI autonomous: UDI-a)

ความส่องสว่างมากกว่า 3,000 ลักซ์ มีแสงธรรมชาติมากเกินไป (UDI exceeded: UDI-x)

ตัวอย่างเช่น พื้นที่นี้มีค่า $UDI_{300\text{-}3000}$ = 80 หมายถึง พื้นที่นี้จะได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง 300 – 3000 ลักซ์ เป็นระยะเวลาร้อยละ 80 ของเวลาการทำงานทั้งปี

– ค่า spatial Daylight Autonomy: sDA เป็นการพิจารณาพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้อย่างเพียงพอ ตัวอย่างเช่น เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน $sDA_{300/50\%}$ = 55 หมายความว่า ร้อยละ 55 ของพื้นที่ใช้งานประจำ จะได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอย่างน้อย 300 ลักซ์ อย่างน้อยร้อยละ 50 ของเวลาการทำงานทั้งปี

– ค่า Annual Sunlight Exposure: ASE เป็นการพิจารณาพื้นที่ที่ได้รับแสงธรรมชาติมากเกินความต้องการ เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินคือ $ASE_{1000,250} \leq 10$ หมายความว่ามีพื้นที่ไม่เกินร้อยละ 10 ของพื้นที่ใช้งานประจำที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี

ช่วงของการประเมินอาจแตกต่างกันออกไป เช่น ในการประเมินตามเกณฑ์ Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) v.4.1 หมวด EQ : Daylight ทางเลือกที่ 1 จะพิจารณาค่า $sDA_{300/50\%}$ อย่างน้อยร้อยละ 40 55 หรือ 75 โดยจะได้คะแนน 1 2 และ 3 คะแนนตามลำดับ และต้องมีค่า $ASE_{1000,250}$ ไม่เกินร้อยละ 10 (USGBC, 2019) หรือการประเมินตาม WELL Building Standard กำหนดให้ $sDA_{300/50\%} > 55$ (International Well Building Institute, 2019)

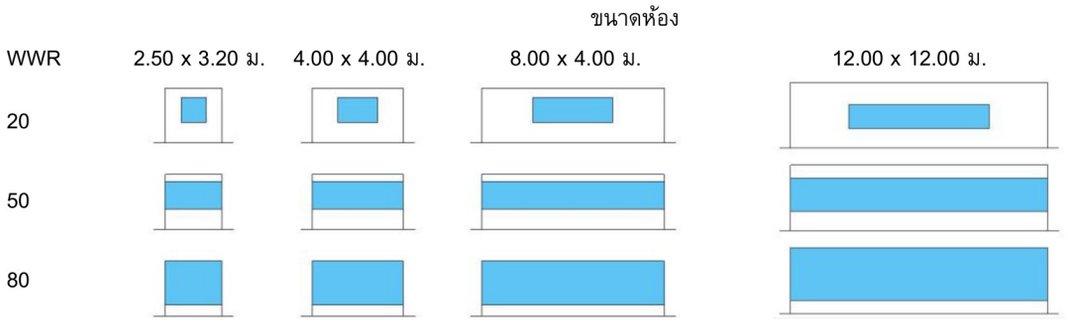
• *การใช้ค่าความส่องสว่าง* เป็นการใช้ค่าความส่องสว่าง (Illuminance: E) ที่ได้จากแสงธรรมชาติเป็นตัวชี้วัด เช่น ในเกณฑ์ LEED v.4.1 ทางเลือกที่ 2 ใช้วิธีการจำลองสภาพการณ์ช่วง 9.00 น. และ 15.00 น. ภายใต้ท้องฟ้าโปร่ง ในวันที่มีช่วงกลางวันยาวเท่ากับกลางคืน (Equinox) พื้นที่ใช้งานในอาคารต้องมีค่าความส่องสว่าง 300 – 3000 ลักซ์ หรือในทางเลือกที่ 3 สามารถใช้วิธีการวัดแสงในพื้นที่จริง โดยมีรายละเอียดของเงื่อนไขและช่วงเวลาที่วัดตามเงื่อนไขที่กำหนด (USGBC, 2019)

จากข้อมูลที่ได้แสดงมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า ตัวชี้วัดส่วนใหญ่ที่ใช้กันในปัจจุบันคือ แบบอพลวัต และค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ อย่างไรก็ดี ตัวชี้วัดของเกณฑ์การประเมินที่เป็นของต่างประเทศจะมุ่งไปที่การใช้วิธีการแบบพลวัตเป็นหลัก ซึ่งตัวชี้วัดเหล่านี้ได้มีการนำมาใช้ประเมินอาคารที่อยู่ในประเทศไทยแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง และคาดการณ์ว่าจะมีแนวโน้มการใช้งานแพร่หลายมากขึ้นเรื่อย ๆ จึงมีความจำเป็นในการศึกษาถึงความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน

3. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) สร้างหุ่นจำลองโดยใช้โปรแกม Rhinoceros 5 และประเมินแสงธรรมชาติโดยใช้โปรแกรมเสริม Grasshopper และ Design Iterate Validate Adapt (DIVA) for Rhino v.4.1.0.8 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่คำนวณบนพื้นฐานของ Radiance และ Daysim กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาดังนี้

• ขนาดห้องที่ทำการศึกษา เพื่อให้เห็นผลของตัว



รูปที่ 1 ตัวอย่างรูปแบบการเปิดช่องเปิดในแต่ละอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ (Illustration of WWR setup)

ชี้วัดที่มีต่อรูปทรงที่แตกต่างกัน จึงกำหนดให้มีสัดส่วนครอบคลุมรูปทรงพื้นฐานของการออกแบบอาคารหลายประเภท มีขนาดกว้าง x ลึก คือ 2.50 x 3.20 ม. 4.00 x 4.00 ม. 4.00 x 8.00 ม. 8.00 x 4.00 ม. สูง 2.40 ม. และ 12.00 x 12.00 ม. 24.00 x 12.00 ม. 36.00 x 12.00 ม. สูง 3.00 ม.

- ห้องมีช่องเปิดด้านเดียว อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 20 50 และ 80 เพื่อให้เห็นภาพรวมของผลที่เกิดจากอัตราส่วนของพื้นที่ช่องเปิดที่แตกต่างกัน รูปแบบการเปิดช่องเปิดของแต่ละอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบเป็นไปตามรูปที่ 1
- ทิศทางที่ทำการศึกษาคือ ทิศเหนือ ทิศใต้ ทิศตะวันออก และทิศตะวันตก
- ค่าการส่งผ่านแสงของกระจก (Visible Light Transmisstance) ใช้ค่าของกระจกเขียวทั่วไปมีค่า = 0.6
- ค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน : ผนัง : พื้น = 80 : 50 : 20
- ระนาบใช้งานมีความสูง 0.76 ม. จากระดับพื้น
- ช่วงเวลาที่ศึกษาคือ 8.00 – 18.00 น. รวม 10 ชั่วโมงต่อวัน (รวมพักเที่ยง) ประเมิน 365 วัน รวมทั้งสิ้น 3,650 ชั่วโมง
- ใช้ข้อมูลอากาศของกรุงเทพฯ (*.epw)
- ทำการศึกษาเพื่อหาค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติร้อยละของ DF≥2% ค่า $sDA_{300/50\%}$ UDI-a UDI-x และ $ASE_{1000,250}$
- ในการวิจัยนี้ไม่ได้พิจารณาเรื่องการใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ

4. ผลการวิจัย

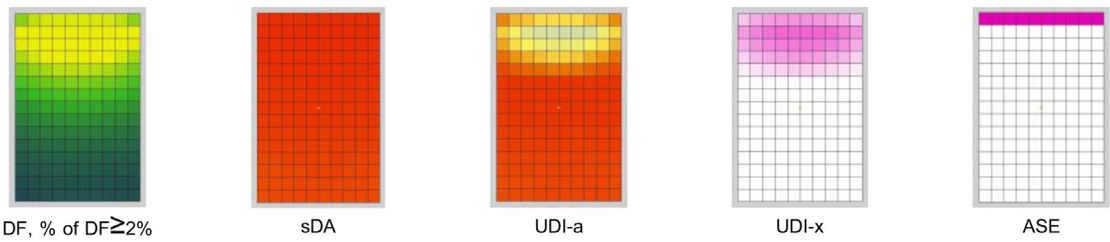
ผลที่ได้จากการจำลองที่ได้ศึกษาจะมีลักษณะและข้อมูลดังรูปที่ 2 และได้นำมาสรุปเป็นแผนภูมิมีรายละเอียดดังนี้

จากผลการจำลองในรูปที่ 3 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละชุดของการจำลอง ค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติจะมีค่าเท่ากันในทุกทิศทาง เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากสภาพท้องฟ้าแบบเดียวกัน โดยค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติสูงขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบที่เพิ่มมากขึ้น โดยอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบอย่างน้อยร้อยละ 50 ก็สามารถทำให้ค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติภายในพื้นที่มีค่าเกินกว่า 2%

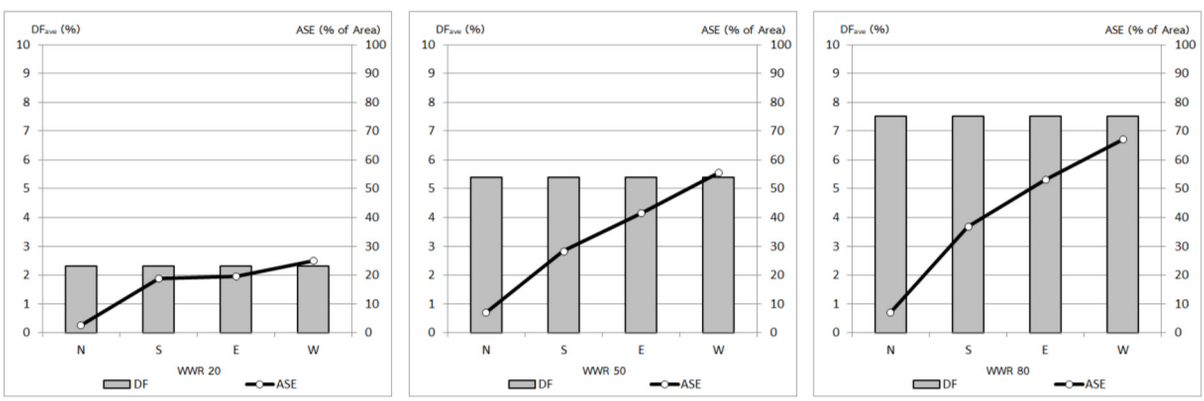
แนวโน้มของค่า ASE จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบที่เพิ่มมากขึ้น และแตกต่างกันไปในแต่ละทิศทาง ซึ่งเป็นผลจากอิทธิพลของดวงอาทิตย์ โดยทิศตะวันออกและทิศตะวันตก เป็นทิศทางที่รับแสงอาทิตย์โดยตรงมากในช่วงเช้าและบ่าย ตามลำดับ ซึ่งจะส่งผลทำให้ค่า ASE สูงกว่าทิศเหนือและทิศใต้ สำหรับทิศเหนือ ค่า ASE จะมีค่าค่อนข้างต่ำ แม้ว่าจะมีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบสูงก็ตาม

จากการวิเคราะห์พบว่า การเพิ่มของอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบจะส่งผลโดยตรงต่อค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า 2% ร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% ค่า sDA และค่า UDI ก็ตาม แต่ก็ทำให้ค่า ASE สูงเกินกว่าขั้นต่ำที่กำหนดไว้คือร้อยละ 10 ด้วย และมีเพียงเฉพาะทิศเหนือที่มีโอกาสที่จะทำให้ค่า ASE ต่ำกว่าร้อยละ 10 และเมื่อพิจารณาเรื่องขนาดและสัดส่วนของห้องจะพบว่า ความกว้างของห้องไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเท่าไรนัก แต่ความลึกของห้องจะส่งผลต่อค่าเฉลี่ยค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติมากกว่า

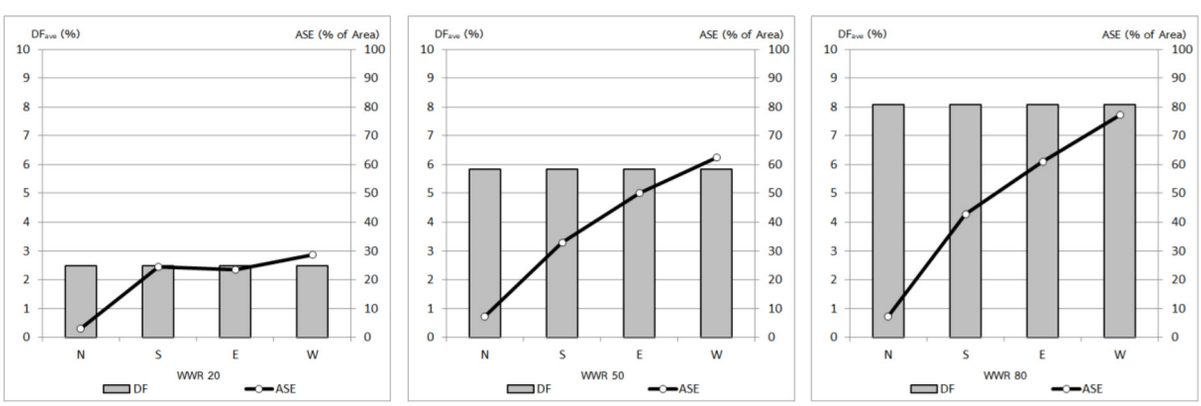
ร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% ในแต่ละทิศทางมีค่าไม่แตกต่างกัน ค่า sDA ในแต่ละทิศทางจะมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย แต่สำหรับค่า UDI-a จะแตกต่างกันในแต่ละทิศทางของช่องเปิด ในทิศที่ได้รับอิทธิพลจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์ไม่มากนัก เช่น ทิศเหนือ จะมีค่า UDI-a สูง แต่จะมีค่าต่ำลงในทิศที่ได้รับอิทธิพลจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์มาก เช่น ทิศตะวันตก



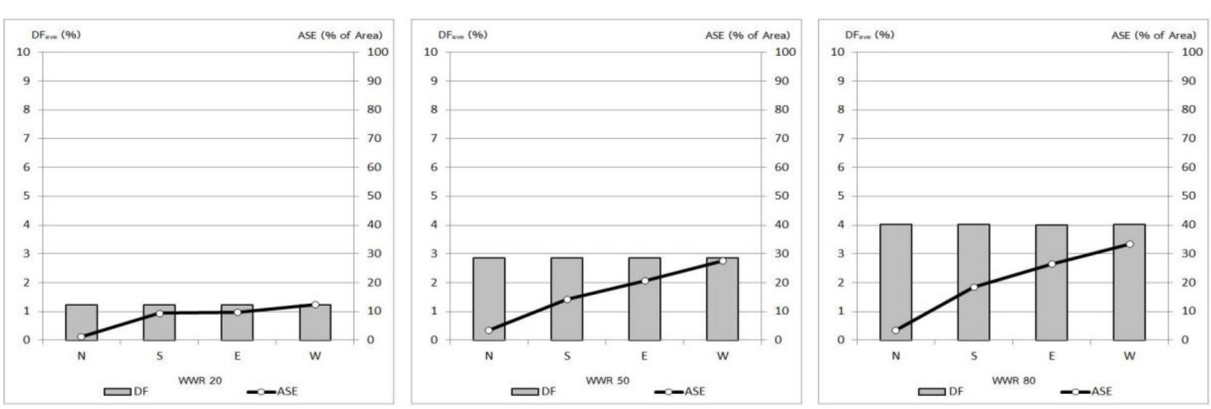
รูปที่ 2 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการจำลอง (Examples of simulation result)



(a) ห้องขนาด 2.50 x 3.20 ม.

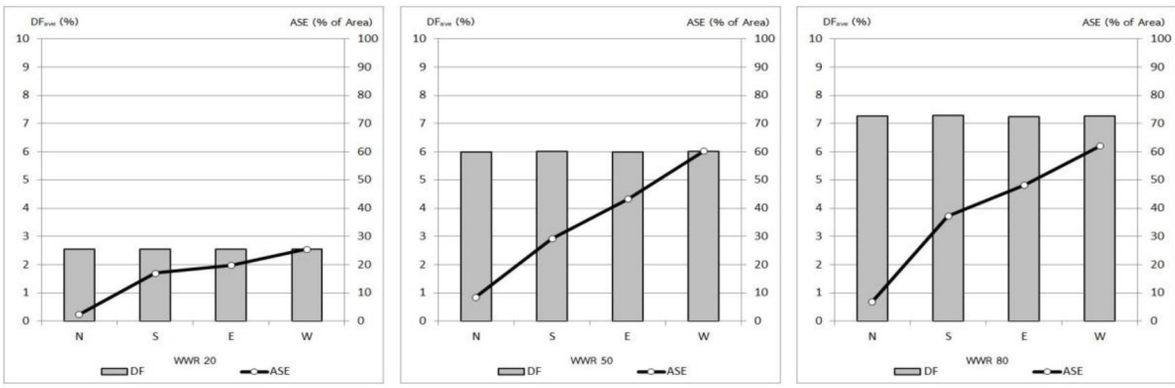


(b) ห้องขนาด 4.00 x 4.00 ม.

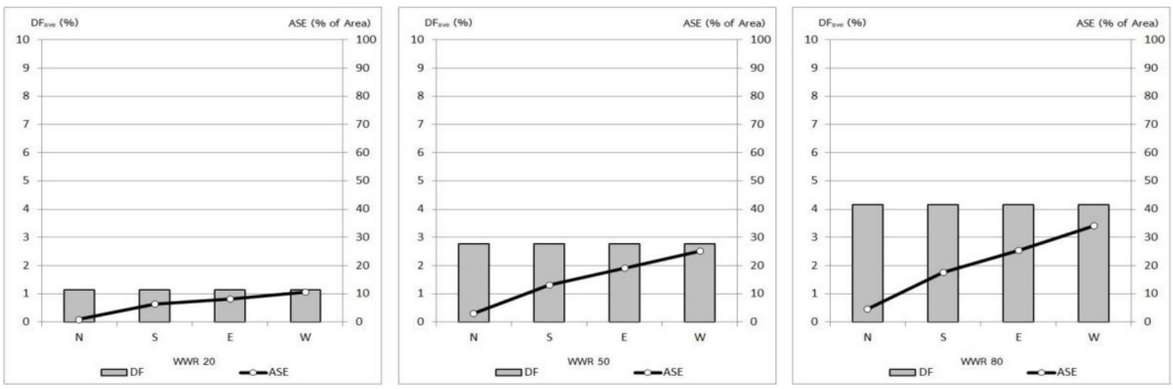


(c) ห้องขนาด 4.00 x 8.00 ม.

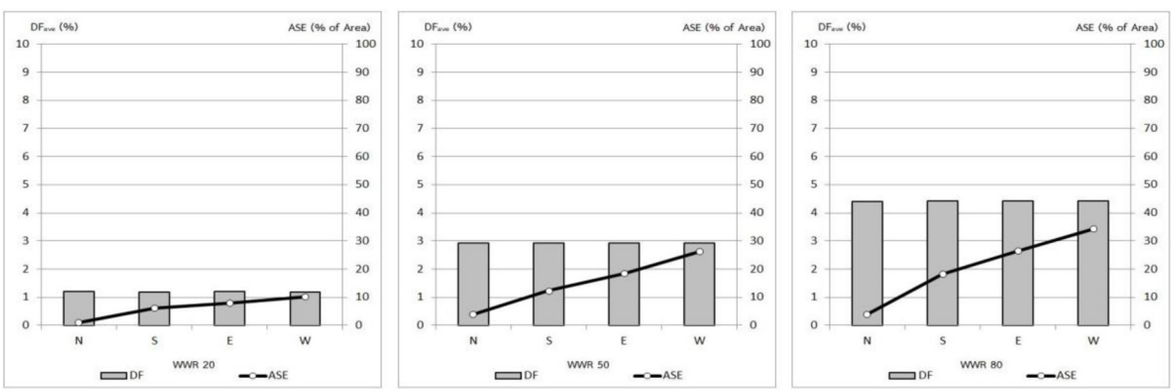
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติ และค่า ASE (Comparison of average DF and ASE)



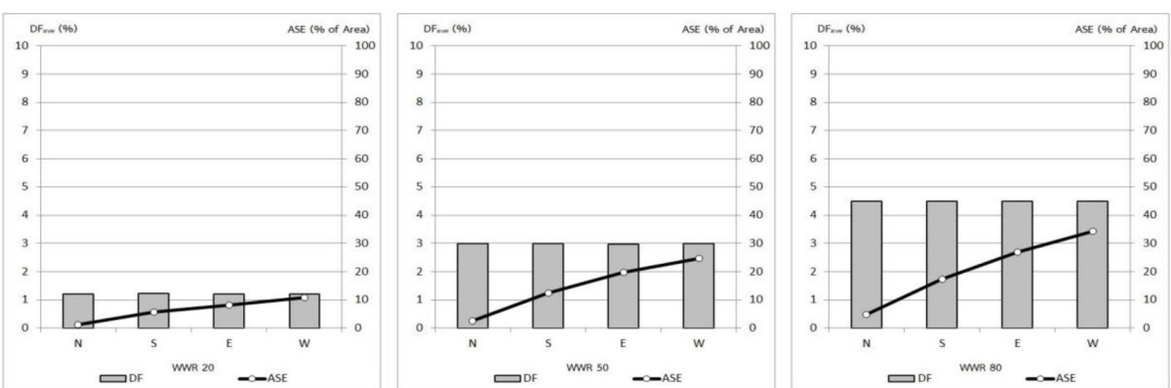
(d) ห้องขนาด 8.00 x 4.00 ม.



(e) ห้องขนาด 12.00 x 12.00 ม.

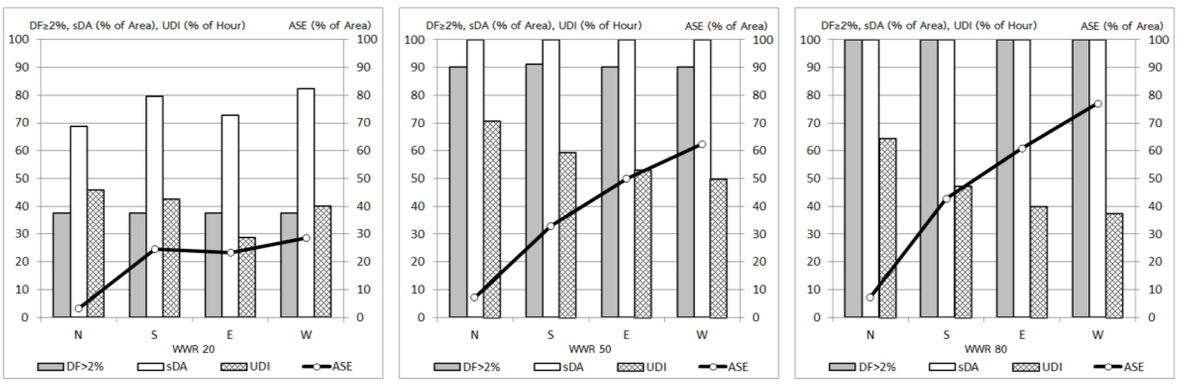


(f) ห้องขนาด 24.00 x 12.00 ม.

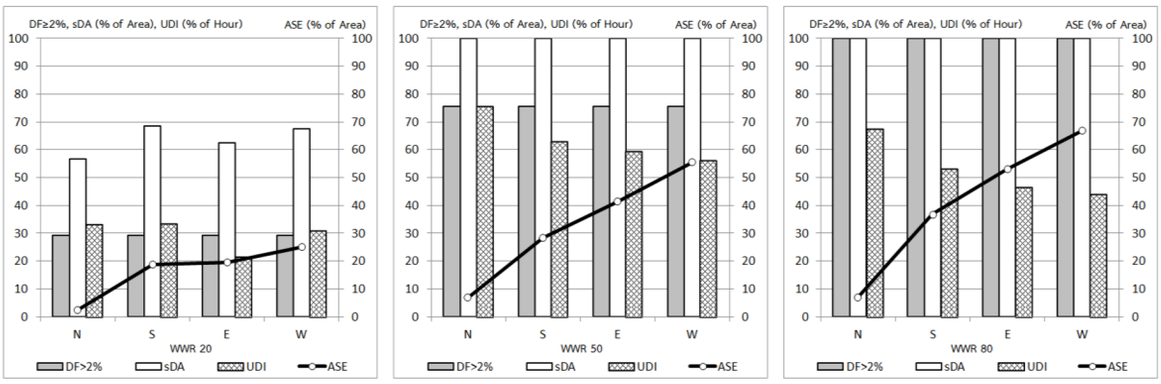


(g) ห้องขนาด 36.00 x 12.00 ม.

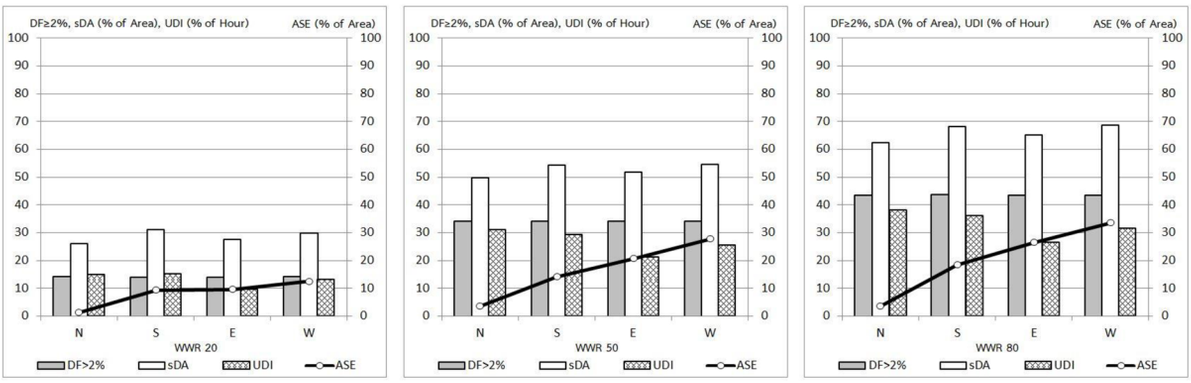
รูปที่ 3 การเปรียบเทียบข้อมูลค่าเฉลี่ยของตัวประกอบแสงธรรมชาติ และค่า ASE (ต่อ) (Comparison of average DF and ASE (continue))



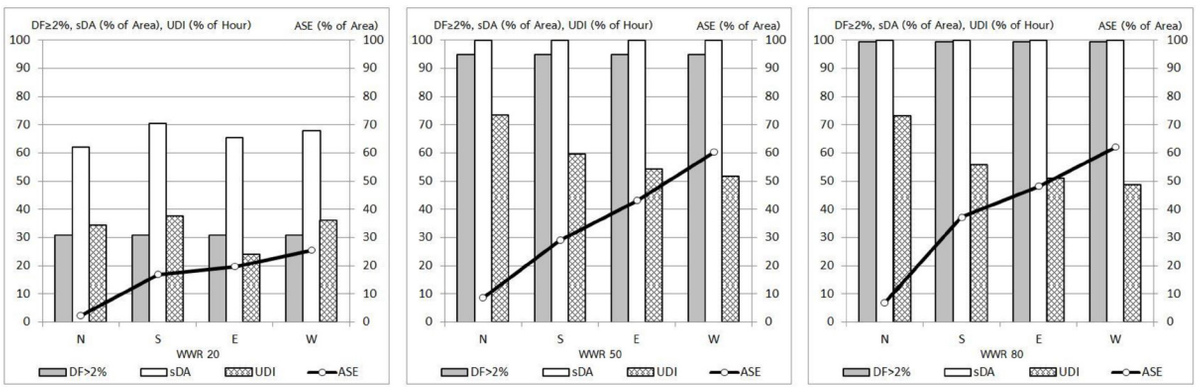
(a) ห้องขนาด 2.50 x 3.20 ม.



(b) ห้องขนาด 4.00 x 4.00 ม.

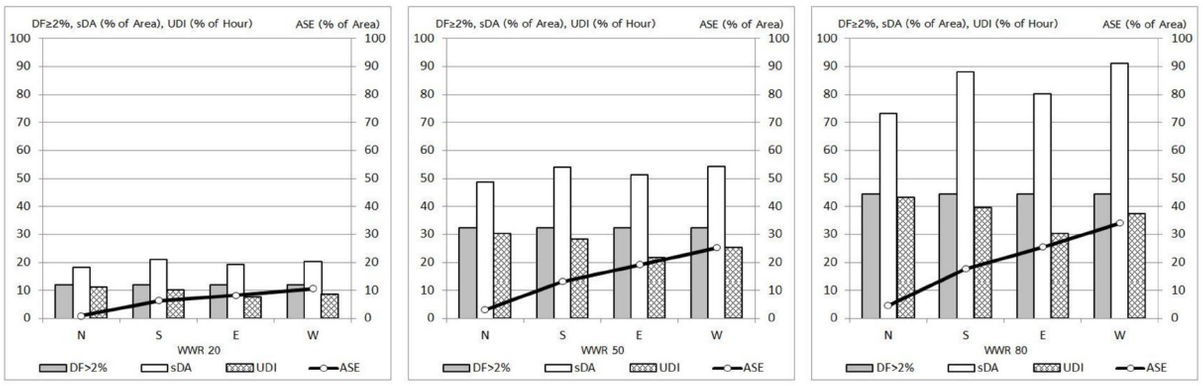


(c) ห้องขนาด 4.00 x 8.00 ม.

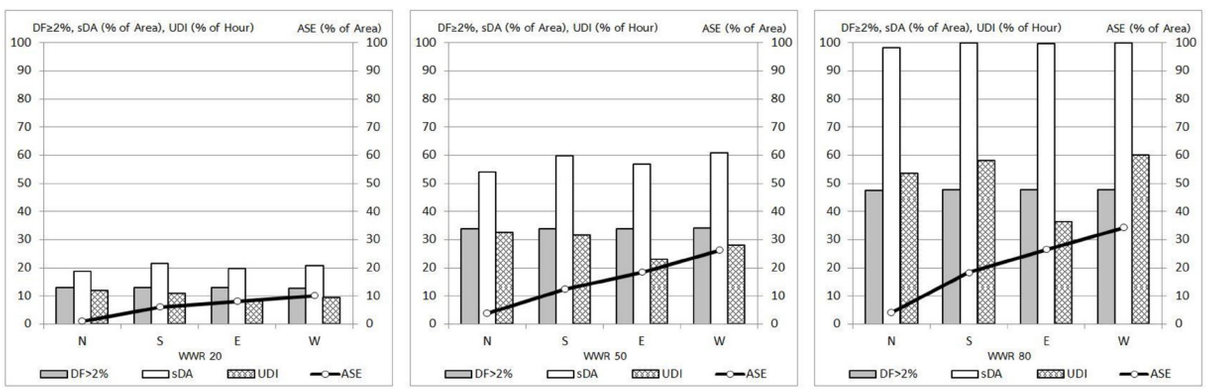


(d) ห้องขนาด 8.00 x 4.00 ม.

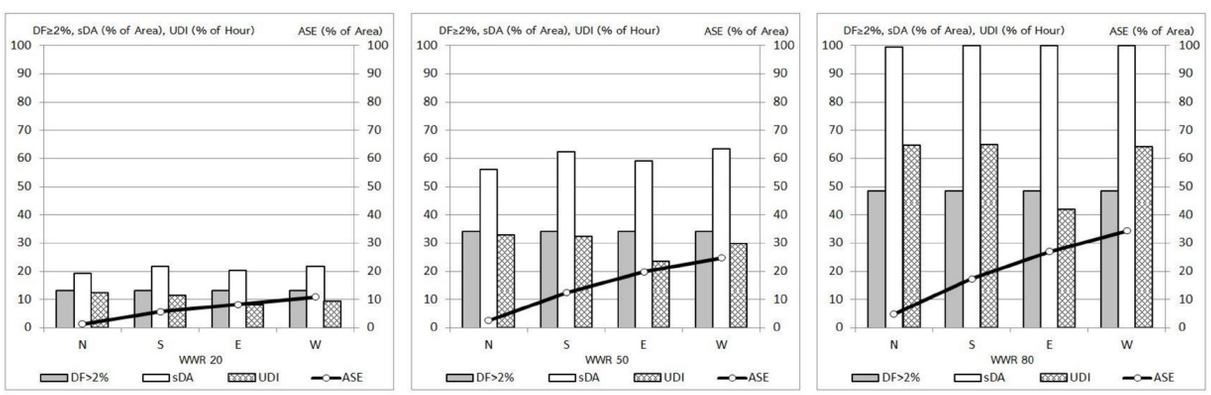
รูปที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลร้อยละของพื้นที่มีค่า DF≥2% sDA UDI-a และ ASE
(Comparison of % of DF≥2%, sDA, UDI-a and ASE)



(e) ห้องขนาด 12.00 x 12.00 ม.



(f) ห้องขนาด 24.00 x 12.00 ม.



(g) ห้องขนาด 36.00 x 12.00 ม.

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลร้อยละของพื้นที่มีค่า DF≥2% sDA UDI-a และ ASE (ต่อ)
(Comparison of % of DF≥2%, sDA, UDI-a and ASE (continue))

เมื่อร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% และค่า sDA สูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบสูงที่เพิ่มขึ้น แต่ค่า UDI-a มีแนวโน้มที่สวนทางกัน คือลดต่ำลง และในบางกรณีมีความแตกต่างจากค่า sDA กว่าร้อยละ 50 และจะมีความแตกต่างกันชัดเจนมากขึ้นในกรณีที่มีการใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบสูง และอยู่ในทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ แต่สำหรับในทิศเหนือแล้ว พื้นที่ส่วนใหญ่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ในปริมาณที่เหมาะสมตลอดช่วงเวลาการทำงานของทั้งปี และมีปริมาณแสงจ้าหรือแสงที่รบกวนการทำงานไม่มากเกินไป ยกเว้นห้องที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 20 อาจใช้แสงธรรมชาติได้ไม่เต็มที่นัก

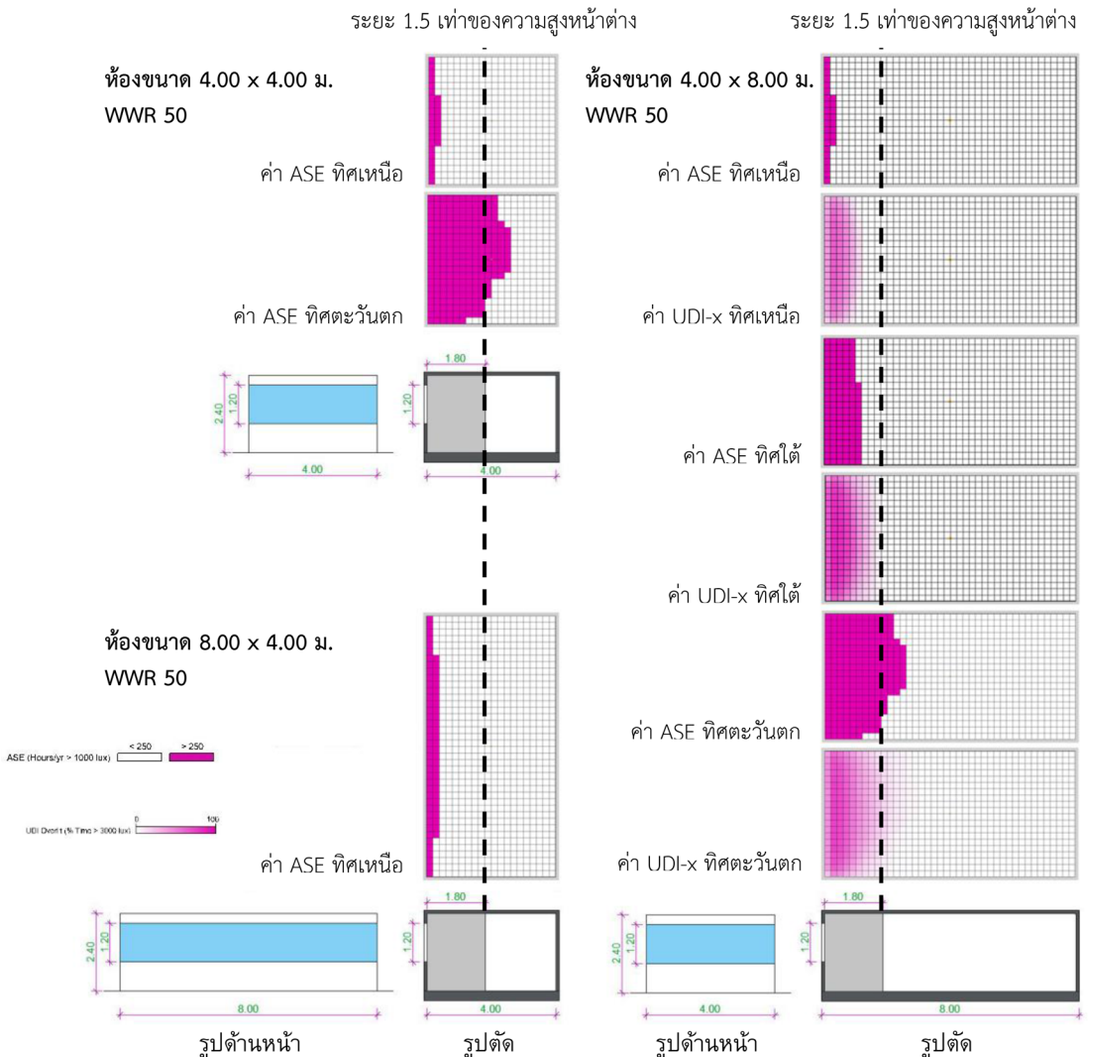
ห้องที่มีขนาดไม่ใหญ่และมีความลึกไม่มาก เช่น ห้องขนาด 2.50 x 3.20 ม. 4.00 x 4.00 ม. หรือ 8.00 x 4.00 ม. (รูปที่ 4 (a) (b) และ (d)) การใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบอย่างน้อยร้อยละ 50 ก็ทำให้มีค่า DF≥2% เกินครึ่งหนึ่งของห้อง ในทุกทิศทาง รวมถึงค่า sDA และค่า UDI-a ก็เพิ่มสูงขึ้นด้วย สำหรับค่า sDA การใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบเพียงร้อยละ 20 ก็สามารถทำให้ค่า sDA สูงเกินร้อยละ 50 ได้ และการใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบอย่างน้อยร้อยละ 50 ก็สามารถทำให้ค่า sDA สูงถึงร้อยละ 100 ได้

ส่วนห้องที่มีขนาดใหญ่และมีความลึกมากขึ้น เช่น 4.00 x 8.00 ม. 12.00 x 12.00 ม. หรือ 24.00 x 12.00 ม. (รูปที่ 4 (c) (e) และ (g)) แม้จะมีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบมากถึงร้อยละ 80 แล้วก็ตาม แต่ค่า DF≥2% ค่า sDA และ ค่า UDI-a ก็ยังต่ำกว่าเกณฑ์ รวมถึงความกว้างของห้องไม่ส่งผลต่อร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% ค่า sDA ค่า UDI-a และค่า ASE มากนัก (รูปที่ 4 (e) (f) และ (g))

จากข้อมูลที่แสดงยังพบว่า ค่า ASE จะแปรผันตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ และมีค่าแตกต่างกันออกไปตามแต่ละทิศ โดยในทิศเหนือมีพื้นที่ที่มีค่า ASE ค่อนข้างต่ำ หรือมีความส่องสว่างที่เกิน 1,000 ลักซ์ สะสมในระยะเวลาไม่นาน หรือมีแสงที่มากเกินความต้องการค่อนข้างน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ เมื่อเปรียบเทียบค่า ASE กับค่า UDI-x จะเห็นถึงแนวโน้มของการแสดงข้อมูลที่ใกล้เคียงกัน แต่ค่า ASE แสดงร้อยละของพื้นที่ที่มีความส่องสว่างเกินหรือไม่เกิน 1,000 ลักซ์ ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี ซึ่งจะเป็นผลในลักษณะผ่านหรือไม่ผ่าน ส่วนค่า UDI-x แสดงร้อยละของเวลาที่มีความส่องสว่างเกิน 3,000 ลักซ์ และยังมีการแสดงค่าลดหลั่นกันตามระยะเวลาที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งอาจทำให้เกิดความยืนหยุ่นในการบริหารจัดการและการใช้งานมากขึ้นเมื่อนำไปวิเคราะห์ร่วมกับการทำงานด้านอื่น ๆ

เมื่อลองนำค่า ASE และค่า UDI-x มาวิเคราะห์อาคารที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบอย่างน้อยร้อยละ 50 และต้องการใช้แสงธรรมชาติในพื้นที่ตามแนวกรอบอาคาร ดังรูปที่ 5 เพื่อนำไปหักลบการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างในระยะไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงหน้าต่างนั้น จากผลการจำลองจะเห็นว่า พื้นที่ที่มีความส่องสว่างมาก ส่วนใหญ่จะครอบคลุมพื้นที่บริเวณริมช่องเปิด และอยู่ในระยะ 1.5 เท่าของความสูงหน้าต่าง หากพิจารณาตามสภาพการใช้งานจริงจะเห็นว่า เมื่อบริเวณริมช่องเปิดมีความส่องสว่างมากเกินไป และมีโอกาสที่จะเกิดแสงจ้าได้ง่ายแล้ว ผู้ใช้อาคารจะใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเหล่านั้นหรือไม่ ซึ่งพฤติกรรมทั่วไปที่เกิดขึ้นคือ ผู้ใช้อาคารจะทำการปิดม่านหรือมู่ลี่เพื่อป้องกันแสง และเปิดใช้แสงประดิษฐ์ทดแทนเพื่อรักษาระดับความส่องสว่างให้เพียงพอต่อการใช้งาน ทำให้ไม่สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของแสงประดิษฐ์ได้ตามวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ดี แม้ว่าจะต้องใช้แสงประดิษฐ์แต่ก็อาจใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงบางส่วนเพราะยังอาจใช้ความส่องสว่างจากแสงธรรมชาติช่วยได้บ้าง เช่น การใช้ระบบหรี่แสงตามสภาพแสงธรรมชาติ เป็นต้น ดังนั้น แนวทางการหักลบการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างของอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง อาจจะต้องพิจารณาปรับเปลี่ยนจากการหักลบทั้งหมด เป็นการหักลบตามสัดส่วนของการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นตามผลที่ได้จากการจำลอง จึงจะสะท้อนผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจริง

ประเด็นที่สืบเนื่องจากข้างต้นคือความเหมาะสมในการกำหนดระยะห่างจากช่องเปิดระยะ 1.5 เท่า จากตัวอย่างการเปรียบเทียบระยะ 1.5 เท่าของห้องที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบและความสูงหน้าต่างเท่ากัน แต่มีความกว้าง ความลึกของห้อง และหันไปในทิศทางที่ต่างกัน จากรูปที่ 5 แสดงให้เห็นว่า ความส่องสว่างและแนวโน้มการเกิดแสงที่มากเกินความต้องการในแต่ละทิศมีไม่เท่ากัน แต่เมื่อพิจารณาตามเงื่อนไขแล้วสามารถนำอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่างที่อยู่ในระยะนี้ไปหักลบการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างได้เท่ากัน ดังนั้น การใช้ความสูงหน้าต่างเป็นเกณฑ์อย่างเดียวจึงอาจไม่สอดคล้องกับการกำหนดระยะห่างจากช่องเปิดระยะ 1.5 เท่า และอาจจะไม่จำเป็นต้องใช้เงื่อนไขนี้เพราะไม่มีความยืดหยุ่น



รูปที่ 5 ตัวอย่างของค่า ASE และค่า UDI-x ในระยะ 1.5 เท่าของความสูงหน้าต่าง
(Examples of ASE and UDI-x results in a depth of 1.5 times the window head height)

และไม่สอดคล้องกับสภาพที่เกิดขึ้นจากผลการจำลอง รวมถึงในปัจจุบันสามารถใช้เทคนิคการออกแบบช่วยให้สามารถใช้แสงธรรมชาติได้เกินกว่าระยะดังกล่าว เช่นเดียวกับการใช้ระบบควบคุมแสงประดิษฐ์ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งการเปลี่ยนไปพิจารณาการใช้พลังงานรวมของอาคารแทนน่าจะทำให้ได้ผลที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากกว่า

จากตัวอย่างในรูปที่ 6 เป็นห้องขนาด 8.00 x 4.00 ม. หันไปทางทิศตะวันตก มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 และห้องขนาด 24.00 x 12.00 ม. หันไปทางทิศตะวันตก มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 20 และ 50 ส่วนทิศเหนือและทิศใต้ มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 เมื่อพิจารณาแยกตามประเด็น มีรายละเอียดดังนี้

เมื่อพิจารณาตามค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ย จะเห็นว่า ค่าเฉลี่ยของห้องส่วนใหญ่มีค่าสูงกว่า 2% ยกเว้นห้องขนาด 24.00 x 12.00 ม. มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 20 มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติเฉลี่ยเพียง 1.19 % ซึ่งถือว่าพื้นที่ในห้องไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ดี

ตัวอย่างห้องขนาด 8.00 x 4.00 ม. หันไปทางทิศตะวันตก มีร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% สูงถึงร้อยละ 99.50 แสดงถึงการมีพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้มากขึ้น ส่วนห้องอื่น ๆ มีสัดส่วนลดหลั่นกันลงไป และหากมีการประเมินด้านแสงธรรมชาติตามเกณฑ์ที่ใช้ในปัจจุบัน จะสามารถทำคะแนนได้หากประเมินตามเกณฑ์แบบประเมินอาคารประหยัดพลังงาน

และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม แต่จะไม่สามารถทำคะแนนได้หากนำไปประเมินตามเกณฑ์ TREES เนื่องจากมีร้อยละของพื้นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนด เป็นต้น อย่างไรก็ดี การที่ค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติพิจารณาเพียงค่าขั้นต่ำที่ 2% โดยไม่ได้มีการจำกัดค่าสูงสุดนั้น อาจทำให้เกิดปัญหาเรื่องความร้อนได้ เช่น พื้นที่บริเวณที่มีค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติ = 10 อาจมีความส่องสว่างมาก แต่ก็อาจเกิดแสงจ้าและมีการถ่ายเทความร้อนเข้ามามากเกินไปด้วย การพิจารณาจากค่า sDA จะพบว่า ห้องที่มีค่า sDA = 20.90 เป็นห้องที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 20 ทำให้แสงธรรมชาติเข้ามาได้น้อยตามไปด้วย ค่า sDA จึงไม่สูง ส่วนห้องที่มีค่า sDA = 98.20 และ 100 หมายความว่า พื้นที่ร้อยละ 98.20 และ 100 ของห้องจะได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอย่างน้อย 300 ลักซ์ อย่างน้อยร้อยละ 50 ของเวลาการทำงานทั้งปี หากพิจารณาในเชิงของการใช้แสงประดิษฐ์และพลังงาน ห้องที่มีค่า sDA สูง จะแสดงถึงแนวโน้มในการช่วยลดการใช้แสงประดิษฐ์และพลังงานไฟฟ้าลงได้อย่างน้อยร้อยละ 50 เช่นกัน ส่วนห้องที่มีค่า sDA ต่ำ เช่น ห้องที่มีค่า sDA = 20.90 อาจต้องใช้แสงประดิษฐ์เป็นส่วนใหญ่ในการรักษาระดับความส่องสว่างในพื้นที่

เมื่อเปรียบเทียบค่า sDA กับค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติจะพบว่า สำหรับห้องที่มีร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% ไม่สูงมาก เช่น 34.05 และ 47.55 แต่เมื่อประเมินโดยใช้ค่า sDA จะมีผลประเมินที่สูงขึ้น ดังผลที่ได้แสดงว่าพื้นที่ภายในห้องร้อยละ 60.80 และ 98.20 ตามลำดับ สามารถที่จะใช้แสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างอย่างน้อย 300 ลักซ์ อย่างน้อยร้อยละ 50 ของเวลาการทำงานทั้งปี หากพิจารณาจากค่า UDI-a พบว่า ห้องที่มีค่า UDI-a = 9.22 เป็นห้องที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบต่ำ หมายความว่าห้องที่นี้จะได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง 300 – 3000 ลักซ์ เป็นระยะเวลาร้อยละ 9.22 ของเวลาการทำงานทั้งปี ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับห้องที่มีค่า UDI-a = 57.88 แสดงว่าได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างในช่วง 300 – 3000 ลักซ์ เป็นระยะเวลาร้อยละ 57.88 ของเวลาการทำงานทั้งปี ดังนั้นสำหรับห้องที่มีร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% และมีค่า sDA สูง เมื่อนำมาพิจารณาค่า UDI-a ก็ไม่ได้หมายความว่าจะได้ค่า UDI-a สูงเสมอไป

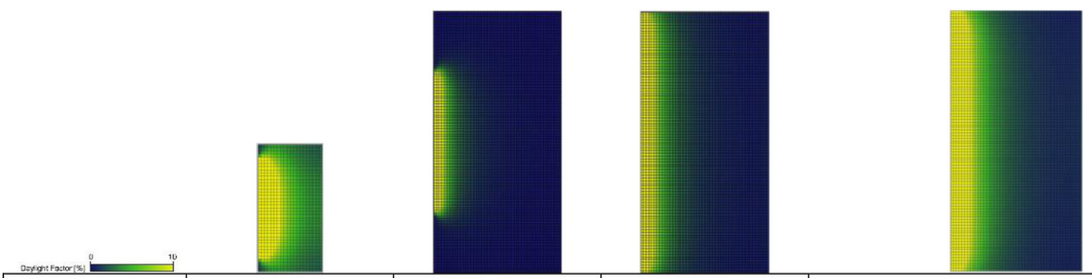
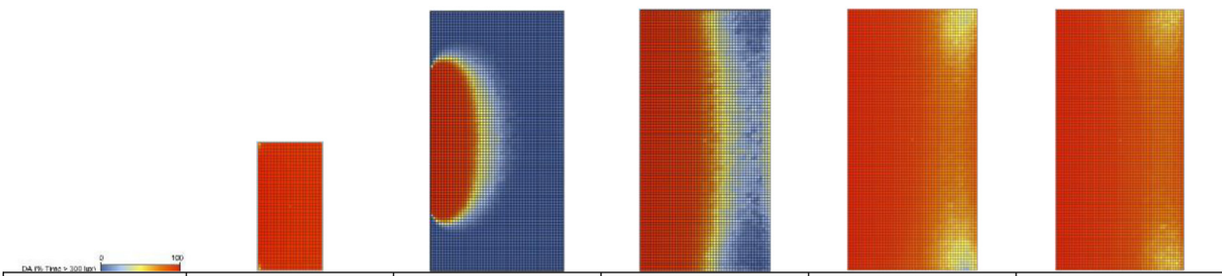
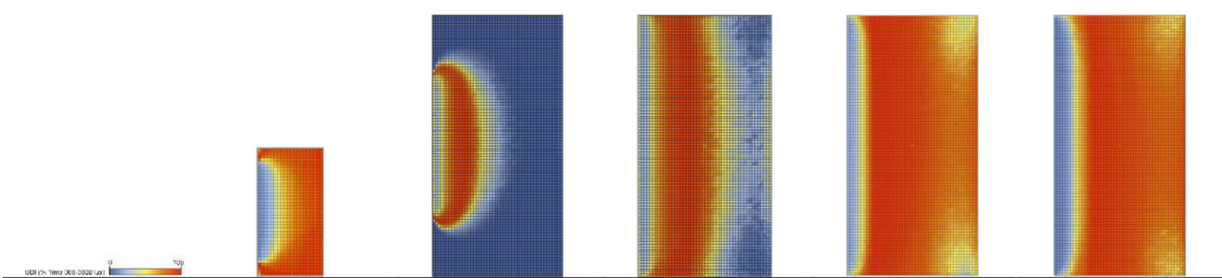
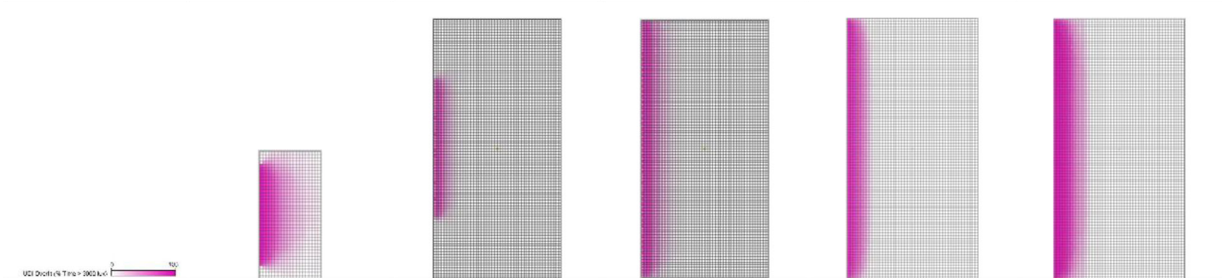
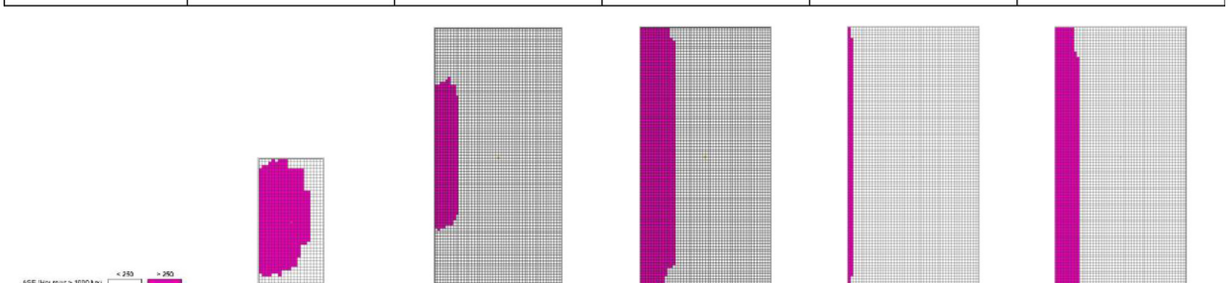
เนื่องจากค่า sDA กำหนดเงื่อนไขในการประเมินความส่องสว่างที่อย่างน้อย 300 ลักซ์ และไม่ได้กำหนดค่าความส่องสว่างสูงสุด อีกทั้ง การประเมินจะพิจารณาช่วงเวลาแค่เพียงร้อยละ 50 ของเวลาการทำงานทั้งปี จึงมีโอกาสที่จะได้ค่าในการประเมินที่สูงกว่าค่าตัวประกอบแสงธรรมชาติที่พิจารณาปริมาณเพียงอย่างเดียว อีกทั้งค่า sDA ก็ไม่ได้มีการจำกัดค่าสูงสุด ดังนั้นหากมีพื้นที่ที่มีความส่องสว่าง = 5,000 ลักซ์ พื้นที่นี้ก็ยังจะได้รับการประเมินในค่า sDA ด้วย อย่างไรก็ดี แม้จะได้ค่า sDA สูง แต่ในการใช้งานจริงอาจมีความส่องสว่างมากเกินความต้องการ ในขณะที่ค่า UDI-a มีการกำหนดค่าอย่างน้อยที่ 300 ลักซ์ และค่าสูงสุดที่ 3000 ลักซ์ ทำให้ในบางกรณีการประเมินค่า sDA และค่า UDI-a จะเป็นไปในทางตรงกันข้าม

ในกรณีของค่า ASE ที่กำหนดให้มีค่า $ASE_{1000,250}$ = 10 หรือยอมให้ร้อยละ 10 ของพื้นที่ใช้งานประจำมีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ได้ แต่ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี จากตัวอย่างข้างต้นแสดงถึงห้องที่มีค่า ASE สูงสุดคือ $ASE_{1000,250}$ = 62 หมายความว่ามีพื้นที่ถึงร้อยละ 62 ของพื้นที่ใช้งานประจำ ที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี ถือว่ามีปริมาณแสงมากเกิน แม้ว่าห้องนี้จะมีค่าร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% = 99.50 ค่า sDA = 100 และค่า UDI-a = 48.50 ซึ่งนับว่าเป็นค่าที่สูงที่แสดงถึงการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้ดีก็ตาม

ในขณะที่ห้องที่มีค่า ASE ต่ำสุดคือ ASE = 4 คือมีพื้นที่ร้อยละ 4 ของพื้นที่ใช้งานประจำที่ได้รับแสงธรรมชาติที่มีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี มีค่า sDA = 98.20 และค่า UDI-a = 53.30 ซึ่งใกล้เคียงกันกับกรณีก่อนหน้า แต่มีค่าร้อยละของพื้นที่ที่มีค่า DF≥2% เพียง 47.55 แสดงให้เห็นว่าห้องที่มีค่า sDA และค่า UDI-a สูง อาจทำให้ค่า ASE สูงเกินตามไปด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของการได้รับแสงจ้า หรือปริมาณแสงที่มากเกินความต้องการ นอกจากจะส่งผลต่อการใช้พลังงานของอาคารแล้ว อาจทำให้ไม่ผ่านการประเมินด้วย

เมื่อพิจารณาค่า ASE เปรียบเทียบกับค่า UDI-x จะเห็นว่า รูปแบบของบริเวณที่มีความส่องสว่างสูงเกินไปจะคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันที่ค่า ASE จะพิจารณาว่ามีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ เกินหรือไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี แต่ UDI-x จะพิจารณาว่ามีความส่องสว่างเกิน 3,000 ลักซ์ เป็นเวลากี่ชั่วโมงต่อปี และแสดงระยะเวลาโดยใช้ระดับความเข้มของโทนสี

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลข้างต้น อาจพอเห็นแนวทางในภาพรวมว่าค่า DF≥2% และค่า sDA เป็นค่าเชิงปริมาณที่แสดงถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้ามา

ขนาดห้อง	8.00 x 4.00 ม.	24.00 x 12.00 ม.			
ทิศ	W	W	W	N	S
WWR	80	20	50	80	80
					
DF ave	7.27	1.19	2.93	4.40	
% of DF≥2%	99.50	12.78	34.05	47.55	
					
sDA	100	20.90	60.80	98.20	100
					
UDI-a	48.50	9.22	27.82	53.30	57.88
					
UDI -x	-	-	-	-	-
					
ASE	62.00	10.20	26.30	4.00	18.30

รูปที่ 6 การเปรียบเทียบผลของตัวชี้วัดที่ได้จากการประเมินห้องที่มีเงื่อนไขการออกแบบแตกต่างกัน
(Examples of daylight metric simulation result of different design conditions)

ในพื้นที่ ค่าจะเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ แต่ไม่ได้พิจารณาในเชิงคุณภาพของแสงธรรมชาติที่นำเข้ามาเลย ดังนั้น ค่าที่สูงก็ไม่ได้หมายความถึงการนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้ดีเสมอไป และค่า UDI-a เป็นค่าที่พิจารณาในเชิงปริมาณที่มีการกำหนดขอบเขตของความส่องสว่างสูงสุดที่ชัดเจนและไม่พิจารณาความส่องสว่างที่สูงเกินไป จึงทำให้ค่าที่ได้ไม่สูงเกินไปเหมือนค่า DF≥2% และค่า sDA

ส่วนค่า ASE และค่า UDI-x อาจพิจารณาได้ว่าเป็นค่าเชิงคุณภาพเพื่อใช้ในการพิจารณาร่วมกับค่า DF≥2% และค่า sDA เพื่อให้ตระหนักถึงปริมาณแสงเข้ามาในอาคารมากเกินไป

จากตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้เป็นกรอบในการศึกษาการวิเคราะห์ตัวอย่างหลายกรณี และสังเคราะห์ข้อมูลจากหลายด้าน พอที่จะสรุปแนวทางการใช้ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมินได้ดังนี้

1) แนวทางการประเมินผลแบบพลวัตเป็นแนวทางที่ควรมีการนำมาใช้ในการประเมินผลการใช้แสงธรรมชาติแทนการประเมินแบบอพลวัต เพราะการนำเสนอข้อมูลและผลลัพธ์ที่หลากหลาย ที่ช่วยสนับสนุนกระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรมได้เป็นอย่างดี

2) หากต้องพิจารณาเลือกตัวชี้วัดแบบพลวัตที่มีอยู่แล้วมาใช้ในการประเมินจะเห็นว่า การใช้ค่า UDI-a มีความสมเหตุผลและสอดคล้องกับการประเมินการใช้แสงธรรมชาติในบริบทของประเทศไทย เนื่องจากมีการกำหนดช่วงหรือขอบเขตของความส่องสว่างที่ชัดเจน (ดูตารางที่ 1) ทำให้ค่าที่ได้ไม่สูงเกินไปเหมือนค่า sDA ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ ซึ่งท้ายสุดเมื่อต้องนำมาพิจารณาร่วมกับค่า ASE แล้ว อาจไม่ใช่เป็นการออกแบบที่เหมาะสมก็ได้

นอกจากนี้ ในชุดการประเมินของค่า UDI-a ยังสามารถพิจารณาร่วมกับค่า UDI-x ได้ ซึ่งนอกจากช่วงการประเมินมีความต่อเนื่องกันและไม่ซ้อนทับกับช่วงของค่า ASE แล้ว ค่า UDI-x ยังสามารถนำเสนอข้อมูลร้อยละของจำนวนชั่วโมงที่มีค่าความส่องสว่างเกิน 3,000 ลักซ์ ได้ทำให้สะดวกต่อการดำเนินการและเกิดความยืดหยุ่นในการออกแบบร่วมกับระบบอื่น ๆ มากขึ้น เช่น การออกแบบร่วมกับระบบควบคุมแสงประดิษฐ์ เป็นต้น

3) หากมีการนำตัวชี้วัดใด ๆ มาใช้ก็ตาม สิ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการอย่างยิ่งคือ การนำตัวชี้วัดมาปรับเปลี่ยนช่วงของการประเมินเพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากขึ้น เช่น ค่า ASE ที่กำหนดให้มีความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ไม่เกิน 250 ชั่วโมงต่อปี อาจต้องปรับให้มีความส่องสว่างสูงขึ้นกว่า 1,000 ลักซ์ เพื่อให้สอดคล้องกับที่ตั้งของประเทศไทยที่การโคจรของดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่อ้อมไปทางทิศใต้ และดวงอาทิตย์ทำมุมต่ำ หรือเพิ่มจำนวนชั่วโมงที่มีค่าความส่องสว่างเกินได้ให้มากขึ้นจากเดิม 250 ชั่วโมงต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 6.85 ของชั่วโมงการทำงานทั้งปี หรือมีค่าความส่องสว่างเกิน 1,000 ลักซ์ ได้เพียงวันละ 0.685 ชั่วโมง หรือประมาณ 41 นาทีเท่านั้น

ส่วนช่วงของค่า UDI-a หรือ $UDI_{300\text{-}3,000}$ ที่ใช้อยู่นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ โดยอาจกล่าวได้ว่าความส่องสว่าง 3,000 ลักซ์ สำหรับประเทศไทยแล้วอาจจะมีค่าสูงเกินไปจนรบกวนการทำงาน รวมถึงมีความร้อนเข้ามามากจนเป็นภาระการปรับอากาศก็เป็นได้ ดังที่ได้เคยมีการศึกษาว่า ความส่องสว่างที่สูงเกิน 2,000 ลักซ์ นั้นมากเกินไป และส่งผลต่อความสบายผู้ใช้อาคารทั้งด้านการรับรู้ทางการมองเห็นและด้านอุณหภูมิ (Roache, 2002) เช่นเดียวกันกับ IES ที่ได้ให้ข้อมูลว่าตัวชี้วัดเหล่านี้ได้รับการพัฒนาจากการศึกษาข้อมูลของทวีปอเมริกา และ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบช่วงการประเมินของแต่ละตัวชี้วัด (Range of evaluation of daylight metrics)

ตัวชี้วัด	ช่วงการประเมิน (ลักซ์)									หมายเหตุ
	300		1000			3000			...α	
DF	•	•	•	•	•	•	•	•	•	นำค่ามาเทียบเป็นสัดส่วน
DF≥2%	x	x	x	x	x	x	x	x	x	นับจากค่า DF
sDA	•	•	•	•	•	•	•	•	•	พิจารณาจำนวนชั่วโมงด้วย
UDI-a	•	•	•	•	•	•	x	x	x	พิจารณาจำนวนชั่วโมงด้วย
UDI-x	x	x	x	x	x	x	•	•	•	พิจารณาจำนวนชั่วโมงด้วย
ASE	x	x	•	•	•	•	•	•	•	พิจารณาจำนวนชั่วโมงด้วย

• = ค่าที่นำไปใช้ในการประเมิน x = ไม่ได้ใช้ในการประเมิน

เหมาะกับการประยุกต์ใช้ได้กับพื้นที่ที่มีเส้นละติจูดใกล้เคียงกัน (IES, 2012) ซึ่งเกณฑ์หรือเงื่อนไขต่าง ๆ ในการประเมินจะต้องมีการศึกษา ปรับปรุง และพัฒนาเพิ่มเติมต่อไป เพื่อให้เกิดความเหมาะสมที่สุด

5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเรื่องแนวทางและการประยุกต์ใช้ตัวชี้วัดแสงธรรมชาติสำหรับอาคารในประเทศไทย สามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

5.1 ที่มาของเกณฑ์

ในภาพใหญ่อาจแบ่งออกได้เป็นเกณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศไทยแต่ก็ได้รับอิทธิพลหรือแนวความคิดบางส่วนมาจากต่างประเทศ และเกณฑ์จากต่างประเทศที่นำมาใช้ประเมินอาคารในประเทศไทย ซึ่งแต่ละเกณฑ์ต่างก็มีวิธีการประเมินที่แตกต่างกันออกไป ในประเด็นนี้จะขึ้นอยู่กับความสมัครใจของเจ้าของโครงการที่จะเลือกใช้เกณฑ์ใดในการประเมินเพื่อให้ได้การรับรอง ซึ่งอาจเพื่อเป้าหมายในการพัฒนาสมรรถนะอาคารหรือในเชิงของธุรกิจและภาพลักษณ์ เป็นต้น ซึ่งไม่ว่าจะใช้เกณฑ์ใดก็ตามก็เชื่อว่าสามารถทำให้อาคารมีประสิทธิภาพในการใช้แสงธรรมชาติดีขึ้นได้

5.2 ความหลากหลายของเกณฑ์ที่จะใช้งาน

เมื่อพิจารณาเฉพาะเกณฑ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นในประเทศไทยจะเห็นว่ามีการใช้เกณฑ์หลายเกณฑ์ จากหลายหน่วยงาน ซึ่งแน่นอนว่าย่อมสร้างความสับสนให้แก่ผู้ที่จะนำไปใช้ในการออกแบบว่าจะเลือกเกณฑ์ใดเกณฑ์ใดดีกว่า หรือแตกต่างกันอย่างไรบ้าง ในอนาคตควรมีการจัดทำเกณฑ์มาตรฐานเพียงเกณฑ์เดียวหรือไม่เพื่อลดความซ้ำซ้อน และสามารถที่จะกำหนดทิศทางและแนวทางการพัฒนาต่อยอดที่ชัดเจนได้ต่อไป

5.3 ตัวชี้วัดและเกณฑ์การประเมิน

แนวทางการพัฒนาในหลาย ๆ ด้านมักมีการอ้างอิงมาจากต่างประเทศ ในเรื่องของการประเมินการใช้แสงธรรมชาติก็คงเป็นทำนองเดียวกัน เมื่อแนวโน้มส่วนใหญ่มีการผลักดันให้มุ่งไปสู่การประเมินแบบพลวัตมากขึ้น จึงเป็นเรื่องที่ท้าทายในการหยิบมาใช้งานเลยหรือนำมาปรับให้เกิดความเหมาะสม บทสรุปส่วนหนึ่งของงานวิจัยนี้อาจพอทำให้เห็นแนวทางได้บ้าง อย่างไรก็ดี คงต้องมองถึงกระบวนการในภาพรวมอีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ แนวทางในการวิเคราะห์และการนำไปประยุกต์ใช้งาน ความซับซ้อนของเครื่องมือที่ใช้ในการจำลอง รวมถึงผู้ที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบด้วย เพื่อให้สัมฤทธิ์ผลตามวัตถุประสงค์

5.4 ข้อเสนอแนะ

- ควรมีการจัดทำฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยในแต่ละที่ตั้งที่สำคัญ และมีการเผยแพร่อย่างเป็นระบบ เนื่องจากเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับการออกแบบ
- เนื่องจากเรื่องของแสงธรรมชาติจะเกี่ยวพันกับเรื่องอื่น ๆ อีกหลายปัจจัย เช่น เรื่องการใช้พลังงานแสงจ้า ความคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ จึงควรมีการนำมาพิจารณาควบคู่กันด้วย
- การวิจัยนี้ยังไม่ได้รวมถึงการออกแบบที่เพิ่มองค์ประกอบอื่น ๆ ในการนำแสงเข้ามาในอาคาร หรือการป้องกันแสงจ้า เช่น อุปกรณ์บังแดด หิ้งสะท้อนแสงรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งอาจทำให้มีผลลัพธ์ที่แตกต่างกันออกไป จึงน่าจะมีการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนากฎเกณฑ์ หรือมาตรฐานอื่น ๆ ต่อไป

References

Ashdown, I. (2014). *Daylight factors*. Retrived June 10, 2019, from https://lightinganalysts.com/daylight-factors/.

Department of Energy Development and Efficiency (DEDE). (2007a). *Evaluation of energy efficient and environmental friendly buildings manual: Public building]*. Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Department of Energy Development and Efficiency (DEDE). (2007b). *Evaluation of energy efficient and environmental friendly buildings manual: Residential building.* Bangkok: Chulalongkorn University Press.

Egan, M. D. & Olgyay, V. (2002). *Architectural lighting (2nd ed.)*. New York: McGraw-Hill. Illuminating Engineering Society of North America.

Illunimating Engineering Society (IES). (2012). *Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*. New York: Author.

International Well Building Institute. (2019). *Daylight modeling*. Retrieved Oct 8, 2019, from https://v2.wellcertified.com/v/en/light/feature/5

Kaufman, E. J. (Ed.). (1966). *IES lighting handbook: The standard lighting guide (4th ed.)*. New York: Illuminating Engineering Society.

Kwok, G. A. & Grondzik, T. W. (2007). *The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design*. New York: Architectural Press.

Mardaljevic J. (2017). *Climate-based daylight modelling.* Retrived Jan 22, 2019, from http://www.climate-based-daylighting.com/doku.php?id=academic:climate-based-daylight-modelling

Mardaljevic J., Heschong, L., Lee, E. S. (2009). Daylight metrics and energy savings. *Lighting Research and Technology 2009*. (0) : 1-23.

Nabil A, Mardaljevic J. (2005). Useful Daylight Illuminance: A new paradigm to accessing daylight in buildings. *Lighting Research and Technology. 37*(1) : 41-59.

Nabil, A. & Mardaljevic J. (2006). Useful Daylight Illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and Buildings. 38*(7): 905-913.

Reinhart, C., F., Mardaljevic, J., Roger, Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos. 3*(1): 7-31

Roache, L. (2002). Summertime performance of an automated lighting and blinds control system. *International Journal of Lighting Research and Technology, 34*(1): 11-25.

Royal Thai Government Gazette. (2009). *Ministerial regulation prescribing type or size of building and standard, criteria and procedure in designing building for energy conservation B.E. 2552.* 126 (12a), dated 20 Febuary 2537, 9-15.

Sreshthaputra, A. (2013). *Ecovillage evaluation manual: NHA*. Bangkok: .Papermate (Thailand).

Stein, B. & Reynolds, S. J. (2000). *Mechanical and electrical equipment for buildings (9th ed.)*. New York: John Weily & Sons.

Thai Green Building Institute(TGBI). (2012). *Thai's Rating of Energy and Environmental Sustainability for new construtions and major renovation.* Bangkok: Author.

U.S. Green Building Council (USGBC). (2019). *LEED v4.1*. Retrived June 10, 2019, from https://new.usgbc.org / leed-v41#bdc.