แนวทางการใช้เกณฑ์การประเมินแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในประเทศไทย

Guidelines for Using Circadian Daylighting Evaluation in Thailand

จิณห์วรา อรัณย์ชนายุธ[1]* อวิรุทธ์ ศรีสุธาพรรณ[2]
Jinwara Arunchanayuth[1]* Awiroot Srisutapan[2]

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการผังเมือง มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
* Corresponding author e-mail: fhunarc@gmail.com[1]*, awi_cl@hotmail.com[2]

Received 23/1/2020 Revised 22/6/2020 Accepted 23/6/2020

บทคัดย่อ

แนวทางการออกแบบและเกณฑ์ในการประเมินเรื่องแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต (Circadian Lighting) ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่มีการศึกษาและพัฒนามาจากต่างประเทศ ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษาถึงความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานในประเทศไทย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้เกณฑ์การออกแบบแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในสภาพแสงอาทิตย์ของประเทศไทย เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบเกิดความเข้าใจในการใช้เกณฑ์มากขึ้น เห็นถึงผลการประเมินจากการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน และ เป็นแนวทางในการนำไปใช้ในงานออกแบบต่อไป โดยใช้แบบจำลองที่มีอัตราส่วน 1:1 1:2 และ 2:1 ภายใต้ท้องฟ้าครึ้มและท้องฟ้าโปร่งด้วยโปรแกรม DIALux evo เพื่อนำไปคำนวณปริมาณ CS และ EML

ผลการศึกษาพบว่า ในการใช้แสงธรรมชาติเพื่อทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตนั้นจะต้องทำให้ความส่องสว่างในแนวราบมีค่าสูงกว่าค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ใช้งานโดยทั่วไป จึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำได้ คือ เกณฑ์การประเมิน CS (Circadian Stimulus) ต้องทำให้มีความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 935 ลักซ์ ในช่วงเวลา 8:00 น. – 12:00 น. เพื่อให้ทุกพื้นที่มีปริมาณ CS อย่างน้อย 0.3 และ 394 ลักซ์ ในช่วงเวลา 17:00 น. เพื่อให้ทุกพื้นที่มีปริมาณ CS อย่างน้อย 0.2 และสำหรับเกณฑ์การประเมิน EML (Equivalent Melanopic Lux) จะต้องทำให้มีความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 772 และ 1197 ลักซ์ ตลอดทั้งวัน เพื่อให้ทุกพื้นที่มีปริมาณ EML อย่างน้อย 150 EML สำหรับการทำคะแนน 1 คะแนน และ 240 EML สำหรับการทำคะแนน 3 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงจนอาจทำให้เกิดความไม่สบายตาจากแสงจ้าได้ รวมถึงผลที่เกิดขึ้นในเรื่องการใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง สำหรับแนวทางการใช้แสงธรรมชาติในประเทศไทย มีปริมาณแสงที่เพียงพอต่อการใช้งานให้เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้ในระยะ 1.5 – 3.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน CS ระยะ 1.0 – 2.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน EML ที่ทำคะแนน 1 คะแนน และระยะ 0.5 – 1.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน EML ที่ทำคะแนน 3 คะแนน ซึ่งไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของห้องได้ อย่างไรก็ดี การใช้วิธีการกำหนดทิศทางการนั่งโดยการหันหน้าเข้าหาช่องเปิดจะสามารถช่วยให้ผู้ใช้อาคารส่วนหนึ่งที่นั่งอยู่ในส่วนลึกของอาคารสามารถได้รับแสงธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้ จะเห็นได้ว่าจากความแตกต่างของวิธีการและเกณฑ์ประเมินผลของเกณฑ์ CS และ EML ส่งผลให้การเลือกใช้เกณฑ์ในการประเมินมีผลต่อขอบเขตพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ นำไปสู่การจัดพื้นที่ใช้งานภายในอาคารที่แตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ดีในการประเมินของเกณฑ์ทั้ง 2 มีการกำหนดให้ทุกพื้นที่ต้องมีปริมาณแสงขั้นต่ำตามที่กำหนดจึงจะทำให้ผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมด้วยจะทำให้มีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์ และ เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้มากขึ้น

คำสำคัญ
รังสีดวงอาทิตย์
แสงธรรมชาติ
นาฬิกาชีวิต

Abstract

Guidelines for using circadian daylighting evaluation mostly have been studied and developed from abroad which this subject has not yet been studied for its consistency and appropriateness for application in Thailand. Therefore, this research purposed to evaluate the use of the circadian lighting design's guidelines related to the solar condition in Thailand to help all designers understand more about the guidelines and receive the evaluation results from the use of each guideline and to maximize guidelines for further use in the design by using the model with the ratio of 1: 1, 1: 2 and 2: 1 under an overcast sky and a clear sky with DIALux evo software to calculate the amount of CS and EML.

The finding was found that when the daylight is used to create the suitable environment for the circadian rhythm, it must make the horizontal illuminance higher than the average illuminance used in order to meet the minimum guideline which is the CS evaluation (Circadian Stimulus) that must have the horizontal illuminance of at least 935 lux between 8:00 a.m. and 12:00 p.m. for all areas to have a minimum amount of CS at 0.3 and 394 lux during 17:00 p.m. for all areas to have a minimum amount of CS at 0.2 and for the EML evaluation (Equivalent Melanopic Lux) must have the horizontal illuminance of at least 772 and 1197 lux throughout the day for all areas to have the EML of at least 150 EML for scoring 1 point and 240 EML for scoring 3 points, respectively. It can be said that the value is quite high and may cause discomfort from glare as well as the energy use of other related systems for the guidelines to use the daylight in Thailand that has the amount of light sufficient to be suitable for the circadian rhythm in the range of 1.5 - 3.0 m. from the edge of window, for the CS evaluation ranged between 1.0 - 2.0 m. from the edge of window, the EML evaluation that scored 1 point and the distance 0.5 - 1.0 m. from the edge of window, for the EML evaluation that scored 3 points which cannot cover most of the room. Nevertheless, determining the direction of sitting by window facing view will be able to help the building's users who sit in the depths of the building to receive the daylight which is suitable for the circadian rhythm. As a result, it can be seen that the differences between CS and EML evaluations affected the selection and the use of daylight led to the arrangement of each area as different as each other. However, the evaluation of both guidelines required that every area must have the minimum amount of light to be able to succeed in the evaluation. If the artificial light is used together, it will make areas meet the guidelines and be suitable for the circadian rhythm effectively.

Keywords
Solar Radiation
Daylight
Circadian

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

การออกแบบเพื่อใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ นอกจากมีความสำคัญในเรื่องของการใช้พลังงาน และปริมาณแสงสว่างที่เหมาะสมต่อการมองเห็นแล้ว ยังมีประเด็นเรื่องของการออกแบบเพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อคุณภาพชีวิตและสุขภาพของผู้ใช้งาน หรือการออกแบบแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต (Circadian Lighting) อีกด้วย (Bommel & Van Den Beld, 2004) ซึ่งเป็นประเด็นที่ผู้ออกแบบทั่วโลกกำลังให้ความสนใจมากขึ้นเรื่อย ๆ รวมถึงในประเทศไทยด้วยเช่นกัน

สำหรับแนวทางการออกแบบและเกณฑ์ในการประเมินเรื่องแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่มีการศึกษาและพัฒนามาจากต่างประเทศ ซึ่งยังไม่ได้มีการศึกษาถึงความสอดคล้องและเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานในประเทศไทย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้เกณฑ์การออกแบบแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในสภาพแสงอาทิตย์ของประเทศไทย เพื่อช่วยให้ผู้ออกแบบเกิดความเข้าใจในการใช้เกณฑ์มากขึ้น และ เห็นถึงผลการประเมินจากการใช้เกณฑ์ที่แตกต่างกัน โดยมีการวิเคราะห์ถึงการใช้สัดส่วนของห้อง ขนาดช่องเปิดและทิศของช่องเปิด เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในงานออกแบบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. ศึกษาและประเมินการใช้เกณฑ์การออกแบบแสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตของผู้ใช้งานสำหรับประเทศไทย
2. เสนอแนวทางการใช้แสงธรรมชาติให้เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตของสำหรับประเทศไทย

2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 คุณสมบัติของแสงที่มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต

คุณสมบัติของแสงที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตต้องมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันตามช่วงเวลา โดยช่วงเช้าควรมีคุณสมบัติแสงที่มีผลต่อการยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนิน ซึ่งส่งผลต่อการกระตุ้นการตื่นตัวของร่างกาย และช่วงเย็นควรให้มีคุณสมบัติแสงที่มีผลต่อการหลั่งฮอร์โมนเมลาโทนิน ซึ่งส่งผลต่อความรู้สึกผ่อนคลาย แนวทางในการพิจารณาปริมาณของแสงที่ทำให้เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตโดยหลายหน่วยงาน เช่น The Lighting Research Center (LRC), The International WELL Building Institute (IWBI) และ Deutsches Institut für Normung (DIN) แต่โดยส่วนมากแนวทางที่นำมาใช้ในการอ้างอิงการทำงานมีเพียง 2 หน่วยงาน คือ LRC และ IWBI ดังนี้

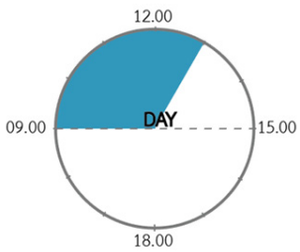
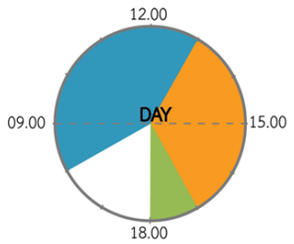
LRC แนะนำปริมาณ CS ที่เหมาะสม คือ ควรมีปริมาณ CS ตั้งแต่ 0.3 ขึ้นไปในช่วงเวลา 8:00 น. – 13:00 น. และช่วงเวลา 13:01 น. – 17:59 น. ควรมีปริมาณ CS ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป (The Lighting Research Center, 2016) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรการคำนวณ CL_A ดังสมการ [1] และ CS ดังสมการ [2] (Bellia & Seraceni, 2013) ประกอบกับการพิจารณาถึงเงื่อนไขในการใช้งานจริงควรผ่านเกณฑ์ปริมาณ CS ดังกล่าวอย่างน้อย 2 ทิศทางการหันหน้า (Konis, 2016)

IWBI เสนอเกณฑ์ให้มีปริมาณ EML อย่างน้อย 150 EML สำหรับการทำคะแนน 1 คะแนน และอย่างน้อย 240 EML สำหรับการทำคะแนน 3 คะแนน ตามข้อกำหนด L03 Circadian Lighting Design ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรการคำนวณ EML ดังสมการ [3] และ [4] (The International WELL Building Institute, 2019) ซึ่งข้อกำหนดในเกณฑ์นี้กำหนดปริมาณ EML สำหรับการออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์เพียงอย่างเดียว แต่ในงานวิจัยนี้อ้างอิงปริมาณ EML นี้มาใช้สำหรับแสงธรรมชาติเพื่อประเมินผลตามปริมาณแสงที่มีผลต่อผู้ใช้งานเป็นสำคัญ

2.2 องค์ประกอบของแสงที่มีต่อนาฬิกาชีวิต

องค์ประกอบของแสงที่มีผลต่อปริมาณแสงในประเด็นของนาฬิกาชีวิตประกอบไปด้วย 5 ประการ คือ 1) ปริมาณความส่องสว่าง (Illuminance) ที่มากขึ้นส่งผลดีต่อนาฬิกาชีวิตมากขึ้นด้วยซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016) 2) สเปกตรัมการตอบสนอง (spectrum) ที่มีผลกระทบต่อนาฬิกาชีวิตจะตอบสนองได้ไวที่สุดในช่วงความยาวคลื่น 460 นาโนเมตร ถ้าร่างกายได้รับสัดส่วนปริมาณการแผ่รังสีของสเปกตรัมแสงในช่วงความยาวคลื่นต่ำ (แสงสีฟ้า) ต่อช่วงความยาวคลื่นสูง (แสงสีส้ม) มากขึ้นจะส่งผลดีต่อนาฬิกาชีวิตที่ดีมากขึ้น (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016; Bellia & Seraceni, 2013) 3) ทิศทางของแสงที่เข้าสู่ตา

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบหน่วยวัดผลของแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต (Comparing Unit of Measurement Circadian Lighting)

	หน่วยวัดผล CS (Circadian Stimulus)	**หน่วยวัดผล EML (Equivalent Melanopic Lux)**
องค์กร	Lighting Research Center (LRC)	The International WELL Building Institute (IWBI)
ลักษณะองค์กร	แนะนำการออกแบบ	สร้างมาตรฐานเพื่อประเมินเกณฑ์
เกณฑ์การประเมินผล	8:00 น.–13:00 น. : CS อย่างน้อย 0.3 13:01 น.–17:00 น. : CS อย่างน้อย 0.2 17:01 น.–18:00 น. : CS อย่างน้อย 0.15 	9:00 น.–13:00 น. : EML อย่างน้อย 150 EML (1 คะแนน) : EML อย่างน้อย 240 EML (3 คะแนน) 
การคำนวณ	$CL_A = \left(\frac{1622\int C_\lambda E_\lambda \, d\lambda}{683\int V_\lambda E_\lambda \, d\lambda} - 0.67\right) E_v$ [1]	$EML = \text{Melanopic Ratio} \times E_v$ [3]
	$CS = 0.7 - \frac{0.7}{1+\left(\frac{CL_A}{355.7}\right)^{1.1026}}$ [2]	$\text{Melanopic Ratio} = 1.218\left(\frac{\int C_\lambda E_\lambda \, d\lambda}{\int V_\lambda E_\lambda \, d\lambda}\right)$ [4]
	C_λ คือ ค่าคงตัวของค่าความไวต่อแสงของเซลล์รับแสง ipRGCs ทุก ๆ นาโนเมตรของสเปกตรัม V_λ คือ ค่าคงตัวของค่าความไวต่อแสงของเซลล์รับแสง cones ทุก ๆ นาโนเมตรของสเปกตรัม E_λ คือ ค่าการแผ่รังสีของแสง (W/m^2) ทุก ๆ นาโนเมตรของสเปกตรัม E_v คือ ค่าความส่องสว่างในแนวดิ่ง ที่เข้าสู่กระจกตา (lux) S_λ คือ ค่าคงตัวของค่าความไวต่อแสงของเซลล์รับแสง s - cones ทุก ๆ นาโนเมตรของสเปกตรัม $d\lambda$ คือ การอินทิเกรตกับทุกช่วงความยาวคลื่นของสเปกตรัม	
ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ	1. Vertical Illuminance (E_v) ของ 4 ทิศทางการมอง (หันหน้า หันขวา หันซ้าย และ หันหลัง ให้ช่องเปิด) 2. Spectral Power Distribution (SPD)	
การประเมินแต่ละจุดวัดผล	1. วิเคราะห์ 4 ทิศทางการมอง 2. CS ตามเกณฑ์อย่างน้อย 2 ทิศทางการมอง	1. วิเคราะห์ 4 ทิศทางการมอง 2. ค่ามัธยฐานของ EML จากทุกทิศทางการมอง

(directionality) จะวิเคราะห์ถึงความส่องสว่างแนวดิ่ง (Vertical Illuminance) เพื่อวัดปริมาณแสงที่เข้าสู่กระจกตาโดยตรง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงทิศทางการหันหน้ารับแสงด้วย (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016; Rea & Figueiro, 2018; Andersen, Gochenour, Lockley, 2013) และสำหรับการพิจารณาปริมาณความส่องสว่างในแนวดิ่งร่วมกับแนวราบมีลักษณะที่แปรผันตรงกัน คือ เมื่อความส่องสว่างในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นในแนวราบก็เพิ่มขึ้นด้วย (จิณห์วรา, 2561) เนื่องจากการวิเคราะห์ความส่องสว่างแนวดิ่งมีความซับซ้อนในการคำนวณที่จำเป็นต้องคำนวณแยกตามทิศทางการหันหน้ารับแสง จึงทำให้ในงานวิจัยแปรผลการคำนวณความส่องสว่างแนวดิ่งเป็นความส่องสว่างแนวราบ เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้ออกแบบในการนำผลการประเมินไปใช้งานได้ง่ายขึ้น 4) เวลา (timing) ตอนเช้าร่างกายต้องการแสงที่มีความเข้มสูง และ สเปกตรัมแสงสีฟ้า (ในช่วง 460 นาโนเมตร) เพื่อให้ร่างกายตื่นตัว สำหรับตอนเย็นร่างกายต้องการแสงที่มีความเข้มต่ำ และ สเปกตรัมแสงสีส้ม (ในช่วง 550 นาโนเมตร) เพื่อให้ร่างกายรู้สึกผ่อนคลาย (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016; Münch, Kobialka, Steiner, Oelhafen, Wirz Justice & Cajochen, 2006; Kozakov, Schopp, Franke, Stoll & Kunz, 2010) และ 5) ช่วงเวลา (duration) คือ ควรได้รับคุณสมบัติแสงนั้นๆ ต่อเนื่องอย่างน้อย 5 ชั่วโมงจึงจะมีผลต่อประสิทธิภาพร่างกาย (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016) ดังนั้นการออกแบบแสงสว่างใน

ช่วงเวลาที่ต้องคำนึงถึง คือ ก่อนและหลัง 13:00 น. เป็นระยะเวลา 5 ชั่วโมง

2.3 แนวทางการออกแบบกรอบอาคารที่มีผลต่อความเหมาะสมของนาฬิกาชีวิต

การออกแบบองค์ประกอบอาคารเพื่อให้ได้รับปริมาณแสงธรรมชาติที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตประกอบไปด้วยปัจจัยหลายประการแต่ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคาร คือ ขนาดช่องเปิดที่มากขึ้นทำให้ปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายในอาคารส่งผลดีต่อนาฬิกาชีวิตมากขึ้นในทุกทิศทางช่องเปิด (Jinwara, 2018; Jinwara & Awiroot, 2019) และ ช่องเปิดในทิศทางที่ต่างกันส่งผลต่อนาฬิกาชีวิตแตกต่างกัน (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016) โดยช่องเปิดในทิศใต้ส่งผลดีต่อนาฬิกาชีวิตมากกว่าช่องเปิดทางทิศเหนือ (Andersen, Gochenour & Lockley, 2013)

2.4 การแผ่รังสีสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ (Spectral Power Distribution : SPD) ในประเทศไทย

ในแต่ละช่วงเวลา SPD มีความแตกต่างกันในทุกช่วงความยาวคลื่น โดยตั้งแต่เวลา 8:00 น. SPD มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจนสูงสุดในช่วงเวลา 12:00 น. – 13:00 น. และลดลงอีกครั้งจนน้อยที่สุดของวันในเวลา 17:00 น. รวมถึงในแต่ละช่วงเดือนก็ส่งผลต่อ SPD ที่แตกต่างกันด้วย โดยเดือนที่มีปริมาณ SPD มากที่สุดไปยังน้อยที่สุด คือ เดือนมิถุนายน มีนาคมและธันวาคมตามลำดับ ดังรูปที่ 1 ซึ่ง SPD ที่แตกต่างในแต่ละช่วงเวลาและช่วงเดือนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อนาฬิกาชีวิตที่แตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสัดส่วนของ SPD ในช่วงความยาวคลื่นสั้นและยาวที่ได้กล่าวไว้ในประเด็นสเปกตรัมการตอบสนองหัวข้อที่ 2.2 สำหรับในงานวิจัยนี้อ้างอิงปริมาณ SPD ของ 3 เวลา คือ 08:00 น. 12:00 น. และ 17:00 น. ของตัวแทนเดือนทั้ง 3 เดือน เนื่องจากเป็นช่วงเวลาที่มีปริมาณ SPD มากและน้อยที่สุดของวัน เพื่อใช้ในการคำนวณสำหรับการประเมินผลการใช้เกณฑ์ต่อไป

3. ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาและประเมินการใช้แสงธรรมชาติที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตในประเทศไทย มีรายละเอียดตัวแปรที่ทำการศึกษา และการเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการประเมินผล ซึ่งมีขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย รายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ตัวแปรที่ศึกษา

3.1.1 ตัวแปรต้น ที่ทำการจำลองสำหรับการประเมินผลของแสงที่มีผลต่อความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต

– ขนาดของแบบจำลอง คือ 1:1 1:2 และ 2:1 ดังตารางที่ 2 เพื่อศึกษาสัดส่วนอาคาร ความกว้างด้านหน้าอาคารต่อความลึกของอาคาร รวมถึงกำหนดขนาดแบบจำลองที่มีกว้าง 4 เมตร สูง 2.4 เมตร ซึ่งเป็นขนาดของอาคารที่ใช้โดยทั่วไป

– ขนาดของช่องเปิด คือ WWR 50% และ WWR 80% ดังตารางที่ 2 ที่มีลักษณะยาวต่อเนื่องตลอดผนัง ซึ่งเป็นขนาดและลักษณะของช่องเปิดของอาคารที่ใช้โดยทั่วไป

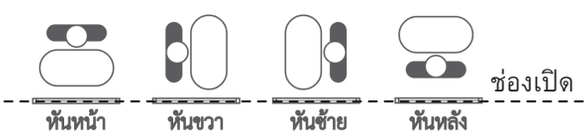
– ทิศทางของช่องเปิด คือ ทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันตก

3.1.2 ตัวแปรตาม คือ Circadian Stimulus (CS), Equivalent Melanopic Lux (EML), Horizontal Illuminance (Eh) และ Vertical Illuminance (Ev)

3.1.3 ตัวแปรอิสระ

– บันทึกข้อมูลที่ความสูง 1.2 เมตร จากระดับพื้น (18 นิ้วจากระนาบโต๊ะ) ถึงระดับสายตา ขณะนั่งเก้าอี้ (The International WELL Building Institute, 2019) และ 0.76 เมตร (30 นิ้ว) จากระดับพื้นถึงระนาบโต๊ะ (ANSI/IES RP-16) (Illuminating Engineering Society, 2017)

– ทิศทางการนั่งของผู้ใช้อาคาร คือ หันหน้า หันซ้าย หันข้างขวาและหันหลังให้กับช่องเปิด (Konis, 2018) ดังรูปที่ 2



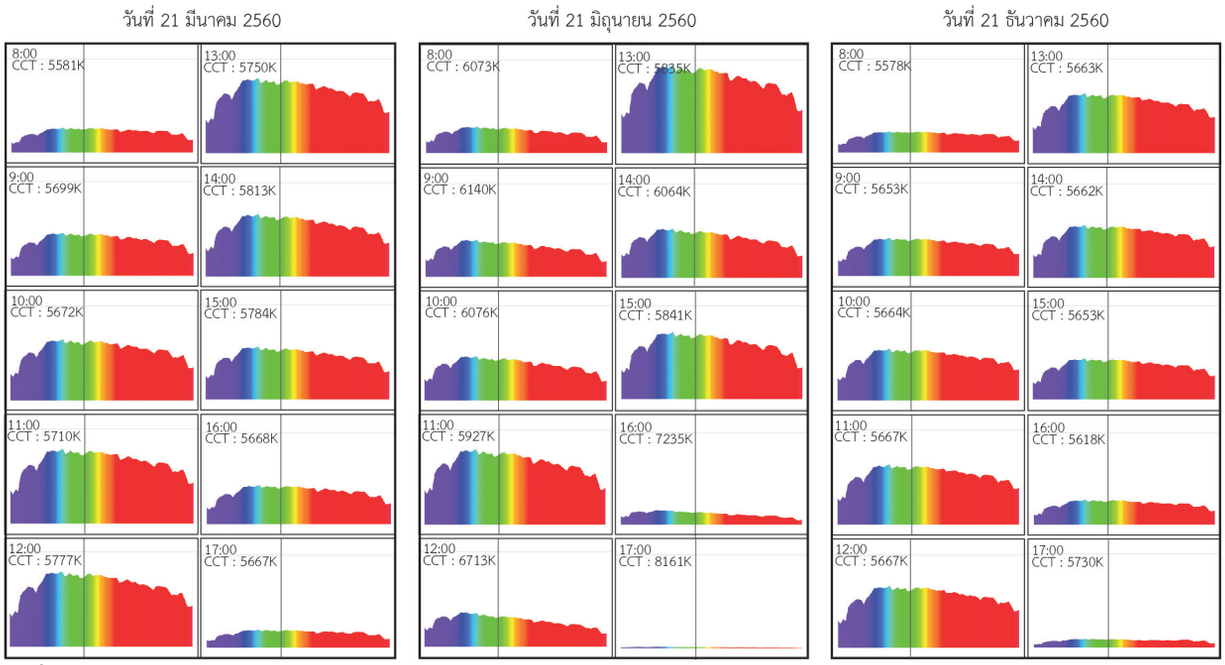
รูปที่ 2 แสดงทิศทางการนั่งของผู้ใช้งานทั้ง 4 ทิศทาง (4 Direction of Facing View)

– วันที่ใช้ในการวัดผล คือ 21 มีนาคม 21 มิถุนายน และ 21 ธันวาคม 2560

– ช่วงเวลาในการวัดผล คือ 08:00 น. 12:00 น. และ 17:00 น.

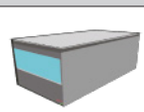
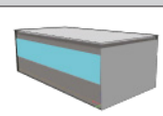
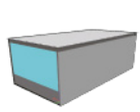
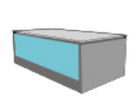
– สภาพท้องฟ้า คือ ท้องฟ้าครึ้ม และ ท้องฟ้าโปร่งที่มีรังสีตรงจากดวงอาทิตย์

– ตำแหน่งที่ตั้งสำหรับการจำลองแสงธรรมชาติ คือ มหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม



รูปที่ 1 แสดงปริมาณการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของประเทศไทยในแต่ละช่วงเวลา (Spectral Power Distribution During The Day in Thailand)

ตารางที่ 2 แสดงแบบจำลองที่ทำการศึกษา (Base Case Building Research) (British Standards Institution, 2011)

	แบบจำลองขนาด 1:1 4 ม. X 4 ม. X 2.4 ม.	แบบจำลองขนาด 1:2 4 ม. X 8 ม. X 2.4 ม.	แบบจำลองขนาด 2:1 8 ม. X 4 ม. X 2.4 ม.
WWR 50%	 ขนาดช่องเปิด : 4 ม. X 1.2 ม.	 ขนาดช่องเปิด : 4 ม. X 1.2 ม.	 ขนาดช่องเปิด : 8 ม. X 1.2 ม.
WWR 80%	 ขนาดช่องเปิด : 4 ม. X 1.92 ม.	 ขนาดช่องเปิด : 4 ม. X 1.92 ม.	 ขนาดช่องเปิด : 8 ม. X 1.92 ม.
ค่าการส่องผ่านของแสงของกระจก		60% เนื่องจากเป็นคุณสมบัติกระจกที่ใช้ในอาคารโดยทั่วไป	
ค่าการสะท้อนแสงของฝ้า : ผนัง : พื้น		0.8 : 0.5 : 0.2 (EN 12464-1:2011)	

– ลักษณะการใช้งานพื้นที่สำหรับอาคารที่มีการใช้งานทั่วไปในตอนกลางวัน

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

3.1.1 ช่วงที่ 1 : สร้างแบบจำลองผ่านโปรแกรม DIALux evo เพื่อคำนวณปริมาณความส่องสว่าง

3.1.2 ช่วงที่ 2 : คำนวณหาปริมาณ CS และ EML โดยใช้ SPD รังสีดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งมหาวิทยาลัยศิลปากร จังหวัดนครปฐม

3.2 วิธีการประเมินผล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทำให้ได้ผลการคำนวณปริมาณ CS และ EML ในแต่ละจุดวัดผลบนแบบจำลอง โดยมีรายละเอียดการประเมินผลดังนี้

3.2.1 เกณฑ์การวัดผล CS

– ประเมินผลระดับจุดวัดผล โดยจุดที่ผ่านเกณฑ์ คือ จุดวัดผลที่มีค่า CS อย่างน้อย 0.3 สำหรับเวลา 08:00น. และ 12:00 น. และ CS อย่างน้อย 0.2 สำหรับเวลา 17:00 น. อย่างน้อย 2 ทิศทางการมอง

– ประเมินผลระดับแบบจำลอง โดยคำนวณร้อยละของจุดวัดผลที่ผ่านเกณฑ์จากจุดวัดผลทั้งหมดซึ่งแบบ

จำลองที่ผ่านเกณฑ์ คือ แบบจำลองที่จุดวัดผลผ่านเกณฑ์ทุกจุด นั่นหมายถึงทุกพื้นที่ต้องผ่านเกณฑ์ตามกำหนด

– กรณีที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน CS ต้องผ่านการประเมินผลระดับจุดวัดผลและแบบจำลอง

3.2.2 เกณฑ์การวัดผล EML

– ประเมินผลระดับจุดวัดผล โดยจุดที่ผ่านเกณฑ์ คือ จุดวัดผลที่มีค่ามัธยฐานของค่า EML ของทุกทิศทางการหันหน้าตามเกณฑ์ โดยต้องมีค่า EML อย่างน้อย 150 EML เพื่อที่จะทำคะแนน 1 คะแนน และ EML อย่างน้อย 240 EML เพื่อที่จะทำคะแนน 3 คะแนน

– ประเมินผลระดับแบบจำลอง โดยคำนวณร้อยละของจุดวัดผลที่ผ่านเกณฑ์จากจุดวัดผลทั้งหมดซึ่งแบบจำลองที่ผ่านเกณฑ์ คือ แบบจำลองที่จุดวัดผลผ่านเกณฑ์ทุกจุด นั่นหมายถึงทุกพื้นที่ต้องผ่านเกณฑ์ตามกำหนด

– กรณีที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน EML ต้องผ่านการประเมินผลระดับจุดวัดผลและแบบจำลอง

4. ผลการศึกษา

จากผลการจำลองโดยใช้ค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์รวม 2160 กรณี มีรายละเอียดของผลการทดลองดังนี้

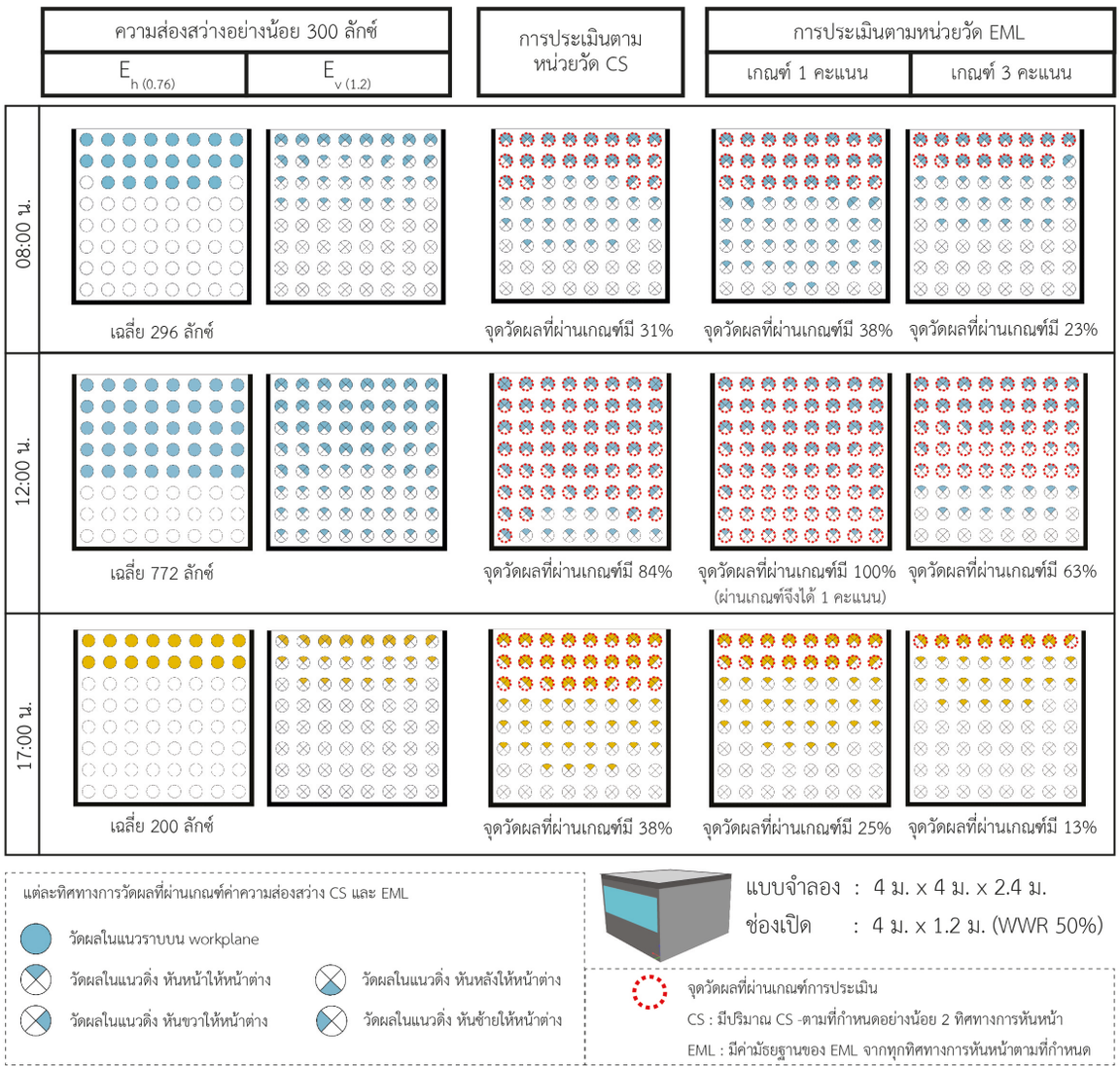
4.1 การประเมินแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิตโดยใช้ค่า CS และ EML

จากการประเมินผลแสงในประเด็นการมองเห็นมีการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันกับประเด็นของนาฬิกาชีวิต คือ ในประเด็นการมองเห็นจะวิเคราะห์ถึงปริมาณความส่องสว่างในแนวราบ และ ประเมินจากค่าเฉลี่ยของพื้นที่ที่พิจารณา แต่ในประเด็นของนาฬิกาชีวิตมีการวิเคราะห์ถึงปริมาณความส่องสว่างในแนวดิ่ง 4 ทิศทาง คือ การหันหน้า หันซ้าย หันขวาและหันหลังให้กับช่องเปิด รวมถึงใช้การวิเคราะห์เฉพาะจุด

จากรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการจำลองในวันที่ 21 ธันวาคม 2560 สภาพท้องฟ้าครึ้ม โดยในเวลา 08:00 น. และ 12:00 น. การประเมิน CS มีพื้นที่ร้อยละ 31 และ ร้อยละ 84 ตามลำดับที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.3 และสำหรับเวลา 17:00 น. มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ที่ร้อยละ 38 ของพื้นที่ทั้งหมด จากเกณฑ์การประเมิน กรณีที่ผ่าน คือ กรณีที่ทุกพื้นที่ที่พิจารณามีปริมาณ CS ตามที่กำหนดในแต่ละช่วงเวลา จึงทำให้ผลการประเมินของทั้ง 3 กรณีนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ของแสงที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต การประเมิน EML สำหรับเกณฑ์การประเมิน 1 คะแนน ในเวลา 08:00 น. และ 17:00 น. มีพื้นที่ร้อยละ 38 และร้อยละ 25 ตามลำดับที่มีปริมาณแสงมากกว่า 150 EML และสำหรับเกณฑ์การประเมิน 3 คะแนน ในเวลา 08:00 น. 12:00 น. และ 17:00 น. มีพื้นที่ร้อยละ 23 ร้อยละ 63 และร้อยละ 13 ตามลำดับที่มีปริมาณแสงมากกว่า 240 EML จากเกณฑ์การประเมินกรณีที่ผ่าน คือ กรณีที่ทุกพื้นที่ที่พิจารณามีปริมาณ EML ตามที่กำหนด จึงทำให้ผลการประเมินของทั้ง 5 กรณีนี้ไม่ผ่านเกณฑ์ มีเพียงกรณีเดียวที่ผ่านเกณฑ์ คือ กรณีเวลา 12:00 น. ที่ทุกพื้นที่มีปริมาณแสงมากกว่า 150 EML ซึ่งทำให้ได้คะแนนการประเมิน 1 คะแนน

จากการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML ทำให้เห็นว่าช่วงเวลาที่มีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์มากที่สุด คือ เวลา 12:00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่สามารถใช้ประสิทธิภาพแสงธรรมชาติได้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตมากที่สุด แต่ช่วงเวลาที่มีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์น้อยที่สุดสำหรับเกณฑ์ CS คือ เวลา 08:00 น. ซึ่งแตกต่างกับเกณฑ์ EML คือ เวลา 17:00 น. เนื่องจากการประเมินตามเกณฑ์ CS ในเวลา 17:00 น. มีการกำหนดเกณฑ์ที่ต่ำลงจากเวลา 08:00 น. และ 12:00 น. ตามความเหมาะสมของร่างกาย จึงทำให้ผลการประเมินมีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากเกณฑ์การประเมิน EML ที่ใช้เกณฑ์เดียวกันในการประเมินตลอดทั้งวันจึงทำให้มีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์น้อยกว่า

จากรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างข้อมูลของวันที่ที่ผ่านการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML ในแบบจำลองที่มีขนาด 4 ม. x 4 ม. x 2.4 ม. มีช่องเปิดทางทิศเหนือ ภายใต้ท้องฟ้าครึ้ม โดยทุกพื้นที่มีปริมาณ CS และ EML ขั้นต่ำตามที่กำหนด จากการวิเคราะห์ถึงความส่องสว่างแนวราบของทุกกรณีที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน CS และ EML ทำให้ทราบถึงความส่องสว่างขั้นต่ำจากแสงธรรมชาติที่สามารถทำให้พื้นที่ที่พิจารณาผ่านเกณฑ์การประเมินได้ โดยการประเมินเกณฑ์ CS จะพิจารณาตามช่วงเวลา คือ 08:00 น. และ 12:00 น. แบบจำลองที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.3 ทุกพื้นที่มีปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 935 ลักซ์ และ ช่วงเวลา 17:00 น. แบบจำลองที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ทุกพื้นที่มีปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 394 ลักซ์ สำหรับการประเมินเกณฑ์ EML แบบจำลองที่มีปริมาณแสงมากกว่า 150 EML ทุกพื้นที่ซึ่งจะได้คะแนนการประเมิน 1 คะแนน มีปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 772 ลักซ์ และแบบจำลองที่มีปริมาณแสงมากกว่า 240 EML ทุกพื้นที่

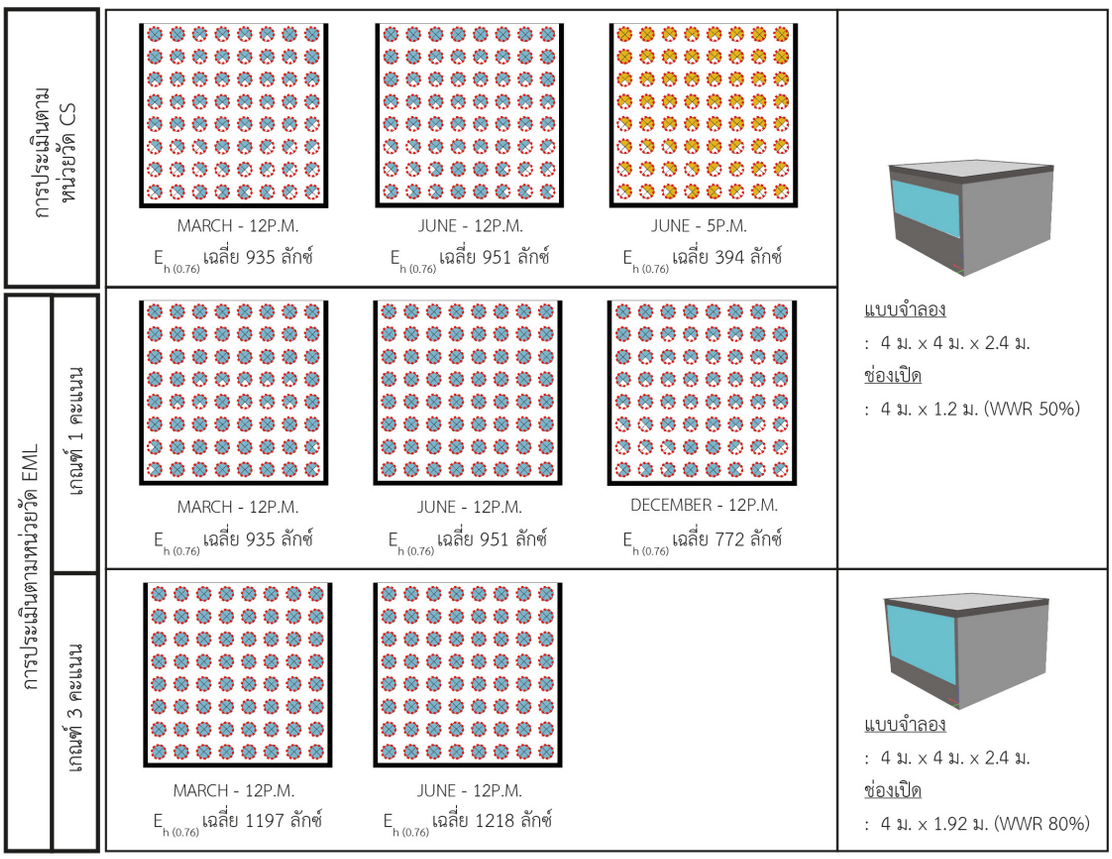


รูปที่ 3 แสดงแผนผังแบบจำลองที่ประเมินแสงในหน่วยวัด Eh(0.76) CS และ EML ของช่วงเวลา 08:00 น. 12:00 น. และ 17:00 น (Evaluation of Measurement Eh(0.76), CS and EML in 8 A.M., 12 A.M. and 5 P.M.).

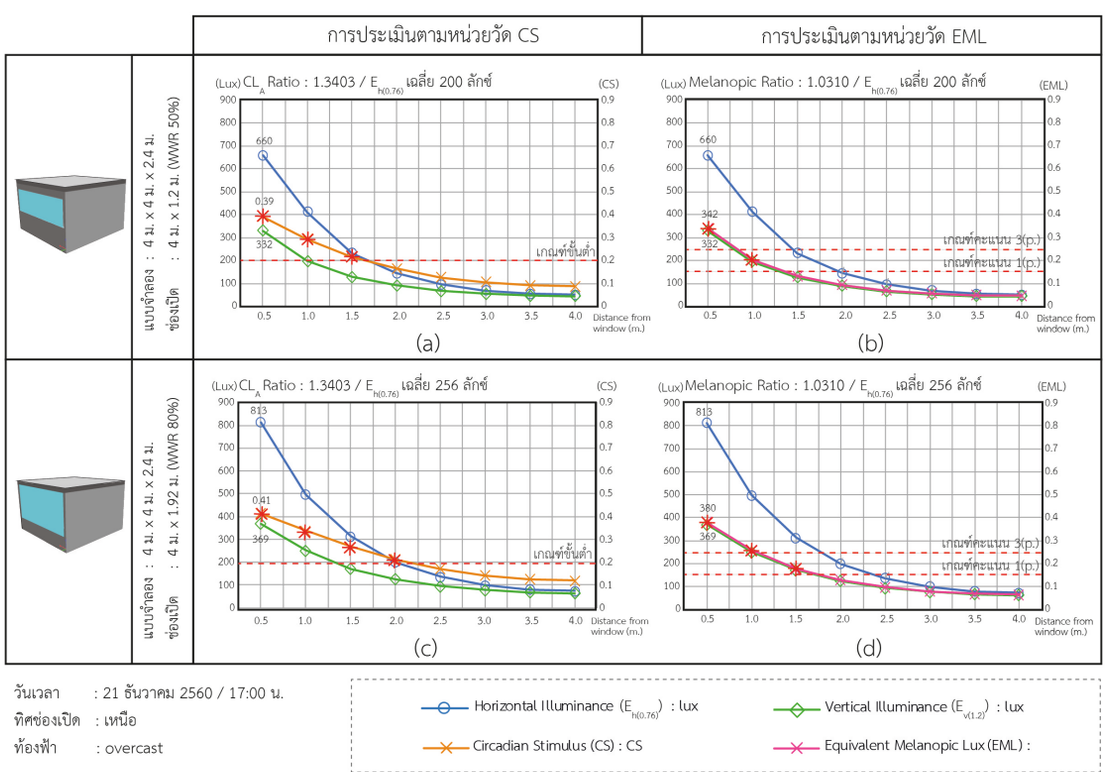
ซึ่งจะได้คะแนนการประเมิน 3 คะแนน มีปริมาณความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 1,197 ลักซ์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นปริมาณความส่องสว่างที่ค่อนข้างสูงและอาจทำให้เกิดความไม่สบายตาจากแสงจ้าได้

4.2 อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบ

จากรูปที่ 5 เป็นตัวอย่างการจำลองแสงในแบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 และ 80 จะเห็นว่าแบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 มีปริมาณความส่องสว่างในแนวดิ่ง ณ ตำแหน่งริมช่องเปิด 332 ลักซ์ ดังรูปที่ 5 (a), (b) และมีปริมาณความส่องสว่างเพิ่มขึ้นเป็น 369 ลักซ์ ดังรูปที่ 5 (c), (d) สำหรับแบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 ส่งผลให้ในการประเมินเกณฑ์ CS และ EML แบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 มีปริมาณ CS และ EML ณ ตำแหน่งริมช่องเปิด 0.41 ดังรูปที่ 5 (c) และ 380 EML ดังรูปที่ 5 (d) ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มมากขึ้นจากแบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 คือ 0.39 ดังรูปที่ 5 (a) และ 342 EML ดังรูปที่ 5 (b) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบที่เพิ่มมากขึ้นนอกจากจะส่งผลต่อความส่องสว่างที่เกิดขึ้นแล้ว ยังทำให้ปริมาณ CS และ EML ในแต่ละตำแหน่งมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับแนวทางการศึกษาที่เกิดจากงานวิจัยอื่น ๆ (Khademagha, Aries, Rosemann & Van Loenen, 2016; Jinwara, 2018; Jinwara & Awiroot, 2019)



รูปที่ 4 แสดงแผนผังแบบจำลองที่ผ่านการประเมินแสงในหน่วยวัด CS และ EML
(Passing Cass a Criterion of Evaluation of Measurement CS and EML)



รูปที่ 5 แผนภูมิแสดงปริมาณ Eh(0.76) Ev(1.2) CS และ EML ของแบบจำลองที่ช่องเปิดมีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 และ 80 (Measurement of Eh(0.76) Ev(1.2) CS and EML in WWR50% and WWR80% Model)

จากการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML ในแต่ละตำแหน่งของแบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 จะเห็นว่า มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ที่ระยะ 1.5 เมตร จากริมช่องเปิด ดังรูปที่ 5 (a) มีปริมาณ EML มากกว่า 150 ที่ระยะ 1.0 เมตร และมีปริมาณ EML มากกว่า 240 ที่ระยะ 0.5 เมตร จากริมช่องเปิด ดังรูปที่ 5 (b) และ แบบจำลองที่มีอัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ที่ระยะ 2.0 เมตร จากริมช่องเปิด ดังรูปที่ 5 (c) มีปริมาณ EML มากกว่า 150 ที่ระยะ 1.5 เมตร และมีปริมาณ EML มากกว่า 240 ที่ระยะ 1.0 เมตร จากริมช่องเปิด ดังรูปที่ 5 (d) แสดงให้เห็นว่าการใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 80 สามารถเพิ่มระยะการใช้แสงธรรมชาติจากริมช่องเปิดให้เหมาะสมกับนาพิกาชีวิตได้ลึกขึ้นจากการใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบร้อยละ 50 แต่แบบจำลองทั้ง 2 กรณีนี้ไม่ผ่านการประเมินเกณฑ์ของ CS และ EML เนื่องจากเกณฑ์การประเมินที่กำหนดให้ทุกพื้นที่ที่พิจารณาต้องมีปริมาณ CS และ EML ตามที่กำหนด

4.3 สัดส่วนรูปทรงอาคาร

จากรูปที่ 6 แสดงผลการจำลองค่า CS และ EML ของอาคารที่มีสัดส่วนรูปทรงที่แตกต่างกัน จะพบว่าอาคารที่มีสัดส่วนรูปทรง 1:1 มีพื้นที่ที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ปริมาณ EML มากกว่า 150 EML และมีปริมาณ EML มากกว่า 240 EML คือ ร้อยละ 38 ร้อยละ 25 และ ร้อยละ 13 ตามลำดับ อาคารที่มีสัดส่วนรูปทรง 1:2 มีพื้นที่ที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ปริมาณ EML มากกว่า 150 EML และมีปริมาณ EML มากกว่า 240 EML คือ ร้อยละ 19 ร้อยละ 13 และ ร้อยละ 6 ตามลำดับ และ อาคารที่มีสัดส่วนรูปทรง 2:1 มีพื้นที่ที่มีปริมาณ CS มากกว่า 0.2 ปริมาณ EML มากกว่า 150 EML และมีปริมาณ EML มากกว่า 240 EML คือ ร้อยละ 50 ร้อยละ 30 และ ร้อยละ 13 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า

อาคารที่มีสัดส่วนรูปทรง 1:1 และ 2:1 หรืออาคารที่มีความลึกไม่มากมีร้อยละพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติให้เกิดความเหมาะสมกับนาพิกาชีวิตได้มากกว่าแบบจำลองขนาด 1:2 ที่มีสัดส่วนอาคารที่ยาว เนื่องจากระยะความลึกอาคารที่แคบกว่าทำให้สามารถได้รับแสงธรรมชาติได้ทั่วถึงทุกพื้นที่มากขึ้น

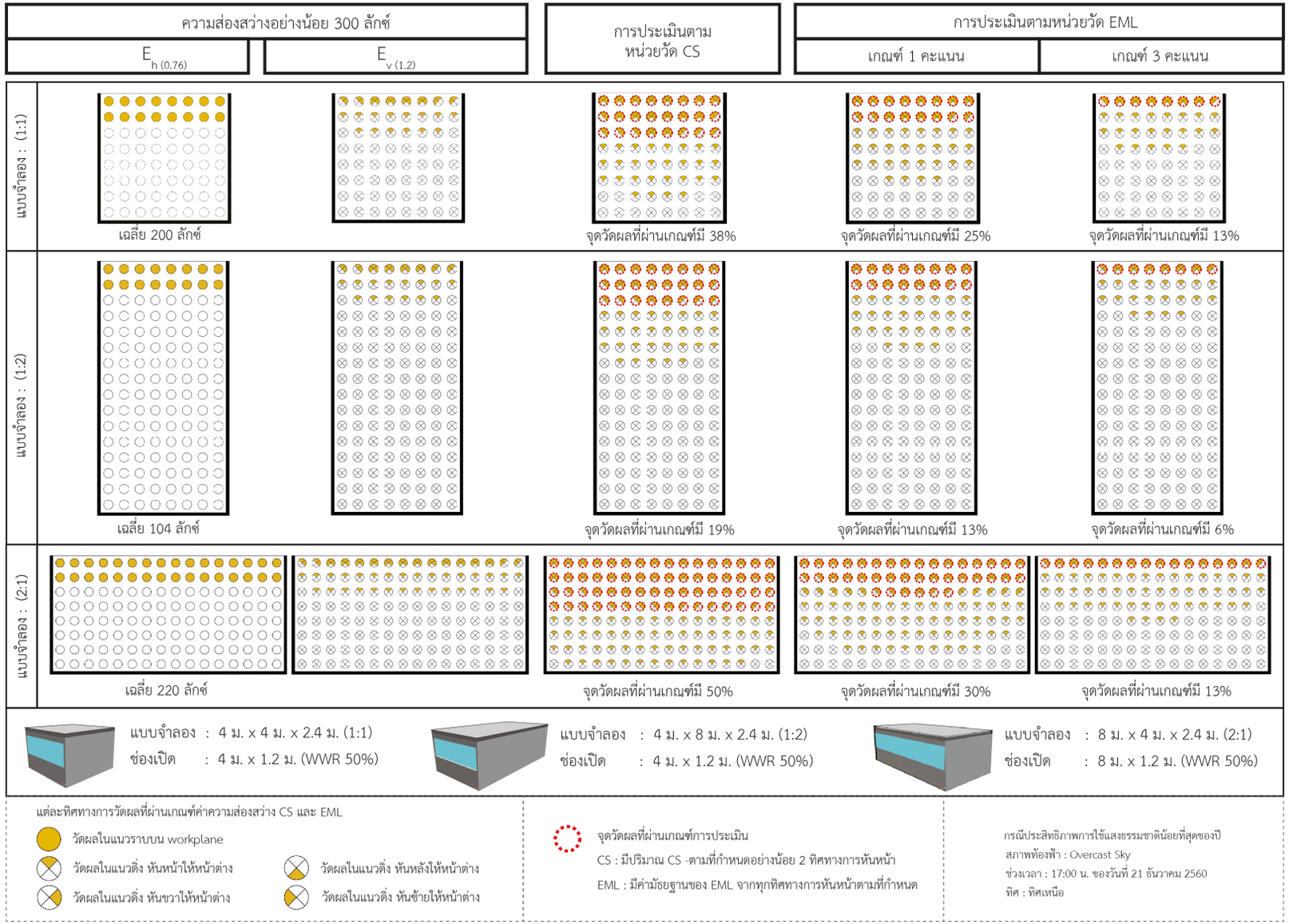
ส่วนอาคารที่มีสัดส่วนรูปทรง 2:1 หรืออาคารที่มีหน้ากว้างค่อนข้างมากมีร้อยละพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติให้เกิดความเหมาะสมกับนาพิกาชีวิตได้มากกว่าแบบจำลองขนาด 1:1 เนื่องจากระยะหน้ากว้างที่มากขึ้นทำให้เพิ่มพื้นที่ช่องเปิดให้สามารถได้รับแสงธรรมชาติได้ทั่วถึงทุกพื้นที่มากขึ้นด้วย

จากการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML ของอาคารทุกกรณีสัดส่วนอาคาร จะเห็นว่าทุกกรณีนี้ไม่ผ่านการประเมินเกณฑ์ของ CS และ EML เนื่องจากเกณฑ์การประเมินที่กำหนดให้ทุกพื้นที่ที่พิจารณาต้องมีปริมาณ CS และ EML ตามที่กำหนด แต่สำหรับการใช้งานจริง การกำหนดทิศทางการนั่งให้หันหน้าให้ช่องเปิด เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มพื้นที่ในการใช้แสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับนาพิกาชีวิตในพื้นที่ส่วนลึกของอาคารได้มากขึ้น

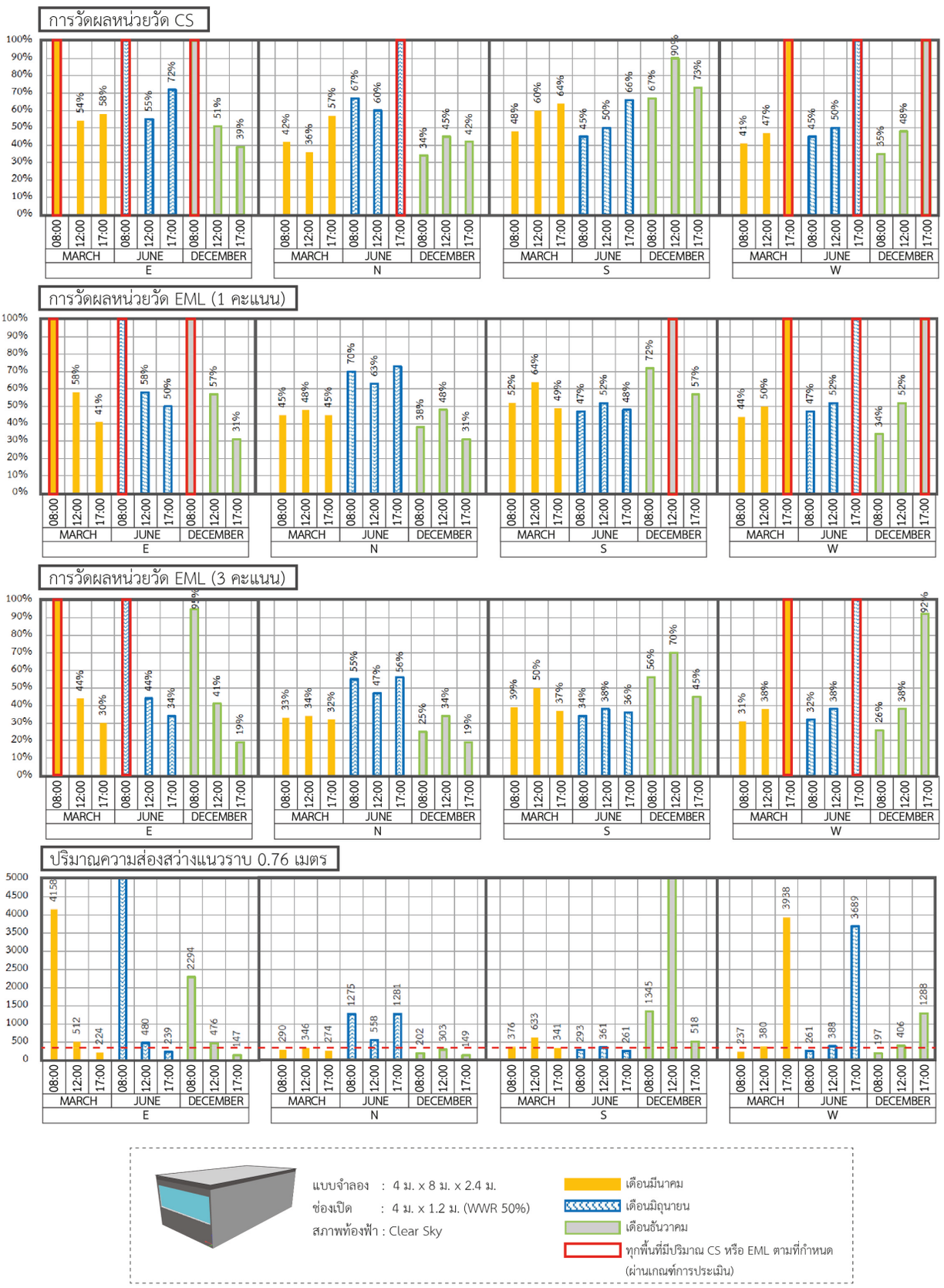
4.4 ทิศทางช่องเปิด

จากผลการทดลองจะเห็นว่าทิศทางมีผลต่อปริมาณ CS และ EML ซึ่งทำให้มีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน ดังรูปที่ 7 คือ ช่องเปิดทางทิศตะวันออกมีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงที่สุดตลอดทั้งปีในช่วงเวลา 08:00 น. ทิศเหนือมีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงที่สุด ในช่วงเดือนมิถุนายนเวลา 17:00 น. ทิศใต้มีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงที่สุดในช่วงเดือนธันวาคมเวลา 12:00 น. และ ทิศตะวันตกมีร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินสูงที่สุดตลอดทั้งปีในช่วงเวลา 17:00 น. จะเห็นได้ว่าทิศตะวันออกและตะวันตกมีกรณีที่ผ่านเกณฑ์ทุกพื้นที่เท่ากัน 8 กรณีจากกรณีทั้งหมด ในทางกลับกันทิศเหนือและใต้มีกรณีที่ผ่านเกณฑ์ทุกพื้นที่เท่ากันเพียง 1 กรณีเท่านั้น จึงทำให้ช่องเปิดในทิศตะวันออกและตะวันตกสามารถใช้แสงธรรมชาติได้เหมาะสมกับนาพิกาชีวิตมากกว่าการใช้ช่องเปิดในทิศเหนือและใต้

สอดคล้องกับผลการประเมินปริมาณแสงที่เหมาะสมกับการมองเห็น เนื่องจากปริมาณแสง $E_{h(0.76)}$, CS และ EML ในแต่ละทิศทางช่องเปิดขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ ดังนั้นนอกจากทิศทางช่องเปิดจะมีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับการมองเห็นแล้ว ยังส่งผลต่อนาพิกาชีวิตอีกด้วย



รูปที่ 6 แสดงแผนผังแบบจำลองที่ประเมินแสงในหน่วยวัด Eh(0.76), CS และ EML ในแบบจำลองสัดส่วน 1:1 1:2 และ 2:1
(Evaluation of Measurement Eh(0.76), CS and EML in The Model with The Ratio of 1:1, 1:2 and 2:1) \



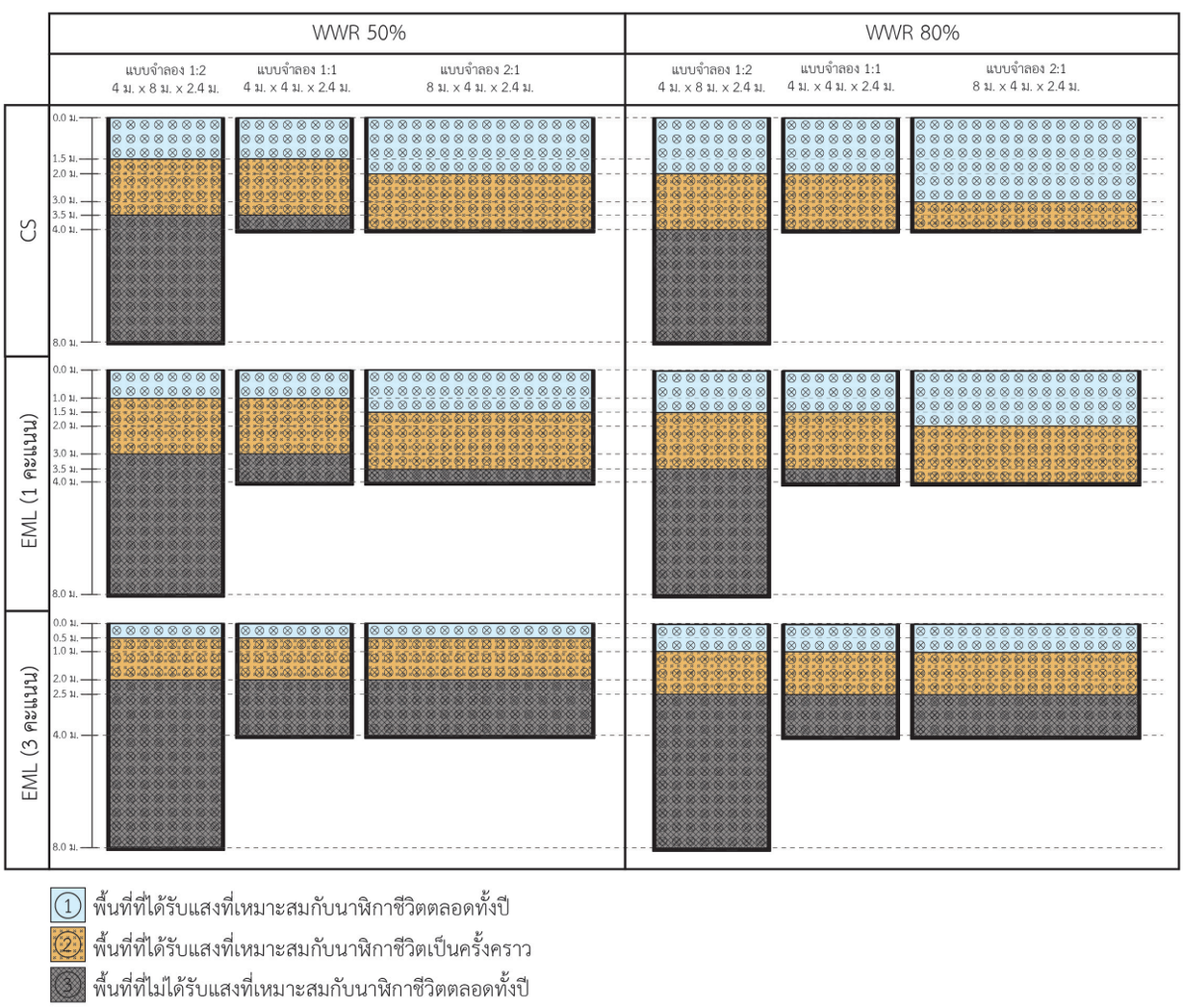
รูปที่ 7 แสดงแผนภูมิร้อยละพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์การประเมินแสงสำหรับหน่วยวัด Eh(0.76), CS และ EML ในแต่ละทิศทางช่องเปิด
(Percentage of Passing Area a Criterion of Evaluation of Measurement Eh(0.76), CS and EML in All Direction of Window)

จากการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML จะเห็นว่ามี 7 กรณีที่ผ่านการประเมินเกณฑ์ CS เนื่องจากทุกพื้นที่ที่พิจารณามีปริมาณ CS ตามที่กำหนด ซึ่งเท่ากับกรณีที่ผ่านเกณฑ์ EML ในกรณีที่มี EML มากกว่า 150 EML ทุกพื้นที่ซึ่งจะได้คะแนนประเมิน 1 คะแนน แต่สำหรับกรณีที่ทุกพื้นที่มีปริมาณ EML มากกว่า 240 EML ซึ่งจะได้คะแนนประเมิน 3 คะแนนมีเพียง 4 กรณีเท่านั้น

4.5 การใช้พื้นที่ภายในอาคาร

จากการวิเคราะห์พื้นที่ที่สามารถใช้ประสิทธิภาพแสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต นำไปสู่การกำหนดพื้นที่ใช้งาน และ การออกแบบการใช้แสงสว่างในอาคาร สำหรับการประเมินเกณฑ์ CS ในแบบจำลอง 1:2 1:1 และ 2:1 สามารถกำหนดขอบเขตการใช้แสงธรรมชาติและพื้นที่ที่ต้องมีการออกแบบแสงสว่างเพิ่มเติมจากแสงประดิษฐ์ คือ ระยะจากริมช่องเปิด 1.5 ม. – 3.0 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ตลอดทั้งปี ระยะจากริมช่องเปิด 3.5 ม. – 4.0 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้แต่ต้องมีการออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มเติม ระยะจากริมช่องเปิด 3.5 ม. ไปจนถึงผนังด้านในเป็นระยะที่ไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้จึงต้องออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด ดังรูปที่ 8

สำหรับการประเมินเกณฑ์ EML ที่มีปริมาณมากกว่า 150 ซึ่งจะได้คะแนนประเมิน 1 คะแนน ที่ระยะจากริมช่องเปิด 1.0 ม. – 2.0 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ตลอดทั้งปี ระยะจากริมช่องเปิด 3.0 ม. – 4.0 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้แต่ต้องมีการออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มเติม ระยะจากริมช่องเปิด 3.0 ม. ไปจนถึงผนังด้านในเป็นระยะที่ไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้จึงต้องออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงผังการแบ่งพื้นที่สำหรับการใช้แสงธรรมชาติของแบบจำลองขนาด 1:2 1:1 และ 2:1
(The Guidelines of Daylight Using in The Model with The Ratio of 1:2, 1:1 and 2:1)

สำหรับการประเมินเกณฑ์ EML ที่มีปริมาณมากกว่า 240 ซึ่งจะได้คะแนนประเมิน 3 คะแนน ที่ระยะจากริมช่องเปิด 0.5 ม. – 1.0 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ตลอดทั้งปี ระยะจากริมช่องเปิด 2.0 ม. – 2.5 ม. เป็นระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้แต่ต้องมีการออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มเติม ระยะจากริมช่องเปิด 2.0 ม. ไปจนถึงผนังด้านในเป็นระยะที่ไม่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้จึงต้องออกแบบการใช้แสงประดิษฐ์ทั้งหมด ดังรูปที่ 8

จากการประเมินของเกณฑ์ CS และ EML จะเห็นว่าสำหรับอาคารที่ใช้เกณฑ์ CS ในการประเมินจะมีระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ตลอดทั้งปีโดยไม่ต้องใช้แสงประดิษฐ์เพิ่มเติมมากกว่าการใช้เกณฑ์การประเมินอื่น ๆ ในการวัดผล และ อาคารที่ใช้เกณฑ์ EML ซึ่งได้คะแนนการประเมิน 3 คะแนน มีระยะที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ตลอดทั้งปีน้อยกว่าการใช้เกณฑ์การประเมินอื่น ๆ ในการวัดผล แสดงให้เห็นว่าการเลือกใช้เกณฑ์ในการประเมินส่งผลต่อขอบเขตพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ นำไปสู่การจัดพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร รวมไปถึงรูปแบบการออกแบบแสงสว่างเพิ่มเติมที่แตกต่างกันด้วย

5. สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาการใช้เกณฑ์การประเมินแสงที่มีผลต่อนาฬิกาชีวิต และ แนวทางการออกแบบการใช้แสงสว่างในอาคารให้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิต พบว่า

5.1 ในการใช้แสงธรรมชาติเพื่อทำให้เกิดสภาพ–แวดล้อมที่มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตนั้นจะต้องทำให้ความส่องสว่างในแนวราบมีค่าสูงกว่าค่าความส่องสว่างเฉลี่ยที่ใช้งานโดยทั่วไป จึงจะสามารถผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำได้ เช่น เกณฑ์การประเมิน CS ต้องทำให้มีความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 935 ลักซ์ ในช่วงเวลา 8:00 น. และ 12:00 น. และ 394 ลักซ์ ในช่วงเวลา 17:00 น. เพื่อให้ผ่านเกณฑ์การประเมิน และสำหรับเกณฑ์การประเมิน EML จะต้องทำให้มีความส่องสว่างเฉลี่ยในแนวราบอย่างน้อย 772 และ 1197 ลักซ์ ตลอดทั้งวัน เพื่อที่จะทำคะแนน 1 และ 3 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นปริมาณความส่องสว่างที่ค่อนข้างสูงและอาจทำให้เกิดความไม่สบายตาจากแสงจ้าได้ รวมถึงผลที่เกิดขึ้นในเรื่องการใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

5.2 แม้ว่าการใช้อัตราส่วนพื้นที่ช่องเปิดต่อพื้นที่ผนังทึบที่มากขึ้น การออกแบบให้อาคารมีสัดส่วนของความกว้างมากกว่าความลึก และการหันช่องเปิดของอาคารไปทางทิศตะวันออกและตะวันตก จะสามารถทำให้มีแสงธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้มากขึ้นก็ตาม แต่ในประเด็นของแสงที่เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตนั้นจะมีค่าที่เพียงพอต่อการใช้งานในระยะ 1.5 – 3.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน CS ระยะ 1.0 – 2.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน EML ที่ทำคะแนน 1 คะแนน และระยะ 0.5 – 1.0 ม. จากริมช่องเปิด สำหรับเกณฑ์การประเมิน EML ที่ทำคะแนน 3 คะแนน ซึ่งไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของห้องได้ อย่างไรก็ดี การใช้วิธีการกำหนดทิศทางการนั่งโดยการหันหน้าเข้าหาช่องเปิดจะสามารถช่วยให้ผู้ใช้อาคารส่วนหนึ่งที่นั่งอยู่ในส่วนลึกของอาคารสามารถได้รับแสงธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้

5.3 การใช้เกณฑ์ CS และ EML นอกจากจะมีการใช้หน่วยการวัดผล วิธีการคำนวณ วิธีการประเมินผลที่แตกต่างกันแล้ว เกณฑ์การประเมินผลของ CS ยังมีการกำหนดเกณฑ์ที่ต่ำลงตามช่วงเวลาของวันจากความเหมาะสมของร่างกาย จึงทำให้ผลการประเมินมีพื้นที่ผ่านเกณฑ์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งแตกต่างจากเกณฑ์การประเมิน EML ที่ใช้เกณฑ์เดียวกันในการประเมินตลอดทั้งวันจึงทำให้มีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์น้อยกว่า ซึ่งความแตกต่างที่กล่าวมานี้ส่งผลให้การเลือกใช้เกณฑ์ในการประเมินมีผลต่อขอบเขตพื้นที่ที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ นำไปสู่การจัดพื้นที่ใช้งานภายในอาคารที่แตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ดีในการประเมินเกณฑ์ CS และ EML มีการกำหนดให้ทุกพื้นที่ต้องมีปริมาณแสงขั้นต่ำตามที่กำหนดจึงจะทำให้ผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมด้วยจะทำให้มีพื้นที่ที่ผ่านเกณฑ์ และ เกิดความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตได้มากขึ้น

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ในงานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ประสิทธิภาพของแสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียว แต่ในการใช้งานจริงจำเป็นต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมด้วยจึงจะสามารถทำให้อาคารที่ใช้งานมีประสิทธิภาพของแสงสว่างให้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตมากขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัยต่อไป

6.2 การใช้ช่องเปิดในแต่ละทิศทางควรพิจารณาการเกิดสภาวะแสงจ้าเพื่อทำให้เกิดความสบายตากับผู้ใช้งานอาคาร ซึ่งสามารถเป็นแนวทางสำหรับการทำวิจัยต่อไป

6.3 ในงานวิจัยนี้ได้ข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของจังหวัดนครปฐม หากต้องการความแม่นยำมากขึ้น ควรใช้ข้อมูลการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ของพื้นที่ที่ทำการออกแบบ

6.4 ในงานวิจัยนี้ใช้กระจกใสในการจำลอง หากมีการใช้กระจกชนิดอื่น เช่น กระจกเขียวตัดแสง ซึ่งมีผลต่อการดูดกลืนสเปกตรัมแสง จะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าการแผ่รังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านกระจกเข้ามาภายในอาคาร ดังนั้น ควรมีการศึกษาต่อไป

6.5 ในงานวิจัยนี้ศึกษาสัดส่วนอาคารเพียง 3 รูปแบบเท่านั้น ซึ่งสำหรับการทำวิจัยต่อไปสามารถใช้แบบจำลองที่มีขนาดและสัดส่วนที่แตกต่างมากขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปใช้กับประเภทอาคารที่หลากหลายมากขึ้น

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. เสริม จันทร์ฉาย และหน่วยงานห้องปฏิบัติการวิจัยพลังงานแสงอาทิตย์ โดยภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร ที่ให้ความกรุณาสนับสนุนให้ข้อมูลรังสีดวงอาทิตย์ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิจัยในประเด็นของแสงธรรมชาติ

บทความนี้พัฒนามาจากการวิจัยในระดับมหาบัณฑิต เรื่อง แนวทางการออกแบบการใช้แสงธรรมชาติร่วมกับแสงประดิษฐ์ในอาคารสำนักงานให้มีความเหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตสำหรับประเทศไทย (Jinwara, 2018) โดยเป็นผลงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยประเภททุนวิจัยทั่วไป สำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ตามสัญญาเลขที่ TUGG 25/2562 และบทความจากงานวิจัยที่นำเสนอในงานประชุมวิชาการ The 10th Built Environment Research Associates Conference 2019 เรื่อง แนวทางการใช้แสงธรรมชาติให้เหมาะสมกับนาฬิกาชีวิตสำหรับอาคารสำนักงาน (Jinwara & Awiroot, 2019) ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ออกแบบ นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป ตลอดจนเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีอาคารในงานสถาปัตยกรรมต่อไป

References

Jinwara, A. (2018). *Design Guideline for Daylight and Artificial Light to Circadian Lighting of Office in Thailand*. (Master's Thesis). Thammasat University, Faculty of Architecture and Planning

Jinwara, A., & Awiroot, S. (2019). "Design Guidelines of Circadian Daylighting for Office Building". *The 10th Built Environment Research Associates Conference 2019*. 10 (10): 52–59.

Andersen, M., Gochenour, S. J., & Lockley, S. W. (2013). Modelling 'non-visual' effects of daylighting in a residential environment, *Building and Environment, 70*, 138-149.

Bellia, L., & Seraceni, M. (2013). A proposal for a simplified model to evaluate the circadian effects of light sources, *Lighting Research and Technology. 2014, 46*, 493-505.

Bommel, V. W., & Van Den Beld, G. (2004). Lighting for work: a review of visual and biological effects, *Lighting Research and Technology, 36,* 255-269.

British Standards Institution. (2011). BS EN-12461-1 Light and lighting: Lighting of work places.

Illuminating Engineering Society. (2017). ANSI IES RP-16-17 Nomenclature and Definitions for Illuminating Engineering. USA.

Khademagha, P., Aries, M. B. C., Rosemann, A. L. P., & Van Loenen, E. J. (2016). Implementing non image-forming effects of light in the built environment: A review on what we need, 265-271.

Konis, K. (2018). Field evaluation of the circadian stimulus potential of daylit and non-daylit spaces in dementia care facilities, *Building and Environment, 135*, 112–123.

Konis, K. (2016). A novel circadian daylight metric for building design and evaluation, *Building and Environment, 113* (2017), 22-38.

Kozakov, R., Schopp, H., Franke, St., Stoll, C., & Kunz, D. (2010). Modification of light sources for appropriate biological action, *Journal of Physics D Applied Physics, 43*(23), 1-16.

Münch, M., Kobialka, S., Steiner, R., Oelhafen, P., Wirz Justice, A., & Cajochen, C. (2006). Wavelength-dependent effects of evening light exposure on sleep architecture and sleep EEG power density in men, American *Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 290*(5), 1421-1428.

Rea, M. S., & Figueiro, M. G. (2018). Light as a circadian stimulus for architecture lighting, *Lighting Research and Technology, 50*, 497–510.

The Lighting Research Center. (2016). *How to use the look-up chart*. Retrived September 2, 2018 from https://www.lrc.rpi.edu/programs/lightHealth/pdf/LookUpTable_Indirect.pdf

The International WELL Building Institute. (2019). WELL Building Standard Q2 2019.