

ผลกระทบของรูปทรงอาคารและค่าการสะท้อนแสง ของกระจกเปลือกอาคาร ต่อระดับความไม่สบาย ทางสายตาต่อสภาพแวดล้อมข้างเคียง

อรรจน์ เศรษฐบุตร ¹

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Atch.s@chula.ac.th

สริน พินิจ ²

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Sarin.pi@chula.ac.th

ดนุ กตัญญูตานันท์ ³

บริษัท แอฟริคัส จำกัด

danu@africvs.com

Received

บทคัดย่อ

อาคารสูงที่ปิดผิวด้วยกระจกเป็นสิ่งที่ก่อสร้างที่เกิดขึ้นมากที่สุดในเขตกรุงเทพมหานคร โดยปัจจุบันมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเปลือกอาคารกระจกที่ควบคุมทั้งค่าการสะท้อนแสงของกระจก และค่าการถ่ายความร้อนรวม หรือ OTTV ทำให้การเลือกใช้กระจกให้ประหยัดพลังงานและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นประเด็นที่สำคัญยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้ได้พัฒนาแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารต่อความรู้สึกไม่สบายจากระดับแสงบาดตาของผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยรอบของอาคาร ตัวแปรที่สำคัญของการทดลองคือรูปทรงอาคาร และค่าการสะท้อนแสงของกระจก กำหนดให้อาคารที่ทำการศึกษามีรูปทรงหลัก 5 รูปทรง และเลือกใช้ผนังกระจกที่มีค่าการสะท้อนแสง 5 ค่า ได้แก่ 5% 10% 15% 20% และ 27% นำมาจำลองผลด้วยโปรแกรม Rhinoceros + Grasshopper เพื่อประเมินระดับความส่องสว่าง และค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ หรือ Daylight Glare Probability (DGP) ทำการจำลองทั้งสิ้น 5,400 กรณี ผลการวิจัยพบว่า หากเกิดการสะท้อนแสงจากเปลือกอาคารตรงเข้าสู่สายตาของผู้มอง ไม่ว่าจะเป็นรูปทรงอาคารใด หรือกระจกมีค่าการสะท้อนแสงเท่าใด ก็ไม่สามารถ

¹ รองศาสตราจารย์ ดร.

² อาจารย์ ดร.

³ ผู้ช่วยวิจัย

ทำให้ค่า DGP อยู่ในระดับต่ำเพียงพอที่จะไม่เกิดแสงบาดตาได้ ($DGP < 0.35$) เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจากการฟ้องร้องคดีความระหว่างกันเมื่ออาคารสร้างแล้วเสร็จ ควรต้องมีการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนแสงตั้งแต่ขั้นต้นของการออกแบบรูปทรงสถาปัตยกรรม และการเลือกใช้กระจกชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาเป็นแต่ละกรณีไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอาคารที่มีการออกแบบรูปทรงแบบโค้งเว้าเข้า หรือรูปทรงที่สอบขึ้นสู่ยอดอาคารที่มีการใช้กระจกอาคารต่อเนื่องเป็นผืนใหญ่ โดยไม่มีการใช้แผงบังแดดยื่นลดการสะท้อนแสง โดยเสนอแนะให้ทำการประเมินทิศทางแสงเพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงก่อน แล้วจึงทำการประเมินค่า DGP จากตำแหน่งนั้นเพื่อหาทางลดผลกระทบด้วยมาตรการต่าง ๆ ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าการติดตั้งแผงบังแดดบนผนังอาคารกระจกสามารถช่วยลดผลกระทบจากการสะท้อนแสงได้

คำสำคัญ : อาคารกระจก การสะท้อนแสง แสงบาดตา ความน่าจะเป็นในการเกิดแสงบาดตา

Impacts of Building Forms and Light Reflectance of Building Glass Facade on Visual Discomfort of Surroundings

*Atch Sreshthaputra*⁴

*Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
Atch.s@chula.ac.th*

*Sarin Pinich*⁵

*Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
Sarin.pi@chula.ac.th*

*Danu Katunyutanunt*⁶

*Africus Co.,Ltd.
danu@afri cvs.com*

⁴ Associate Professor, Ph.D.

⁵ Lecturer, Ph.D.

⁶ Research Assistant

Abstract

High-rise buildings have been commonly built in Bangkok, Thailand over the last decade. Currently there is the Thai building energy code, which is related to building envelop designs that govern both building façade reflectance and total heat transfer through the exterior envelop or OTTV. Since the code has been developed and recently announced with more intensive regulations, building façade designs with glass envelop have become an important issue. This research attempts to develop a guideline to assess the environmental impact of the reflection of glass buildings on the visual discomfort from glare towards neighboring buildings. The key parameters of the experiment are shapes of building and visible light reflectance of glasses. In this study, five building shapes were defined with various light reflectance, which are 5%, 10%, 15%, 20%, and 27%. These case studies were simulated using Rhinoceros + Grasshopper software to evaluate illuminance level and daylight glare probability (DGP) value. Five thousand four hundred simulation cases were performed. The results showed that if the reflection from the glass building projects directly into the eyes of observers, regardless of the building's shape and reflectance, the calculated DGPs values were always higher than the imperceptible glare level ($DGP < 0.35$). To avoid lawsuits between building owners and neighbors after the building construction, the environmental impact assessment should be conducted on a case-by-case basis. The concern cases are buildings with a concave shape design or a tapered tall building with fully covered glass facade and without sun shading devices to reduce reflection. The recommendation is to assess the direction of the reflected light to determine the location of the point that will be severely affected first. Therefore, the DGPs value from that location should be calculated and the impact assessment should be performed in order to find design solution measures. Initial study suggests that the reflection impact be reduced by using solar shading on glass facades.

Keywords: Glass Façade Building, Light Reflectance, Visual Glare, Daylight Glare Probability (DGP)

บทนำ

ปัจจุบันการออกแบบอาคารด้วยการใช้วัสดุกระจกเป็นเปลือกห่อหุ้มตัวอาคารได้กลายเป็นเทคนิคการก่อสร้างที่พบโดยทั่วไป โดยเฉพาะสำหรับอาคารสูง ทั้งอาคารสำนักงาน อาคารโรงแรม และอาคารชุดพักอาศัย ในเขตตัวเมือง ซึ่งอาคารสูงเหล่านี้ได้มีการออกแบบด้วยรูปร่างรูปทรง และวัสดุเปลือกอาคารแบบพิเศษ เช่น รูปทรงโค้งเว้า ร่วมกับการใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงสูง ส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางด้านแสงสะท้อนต่ออาคารข้างเคียงและประชาชน ทำให้เกิดทัศนคติความพึงร้องในชั้นศาล เช่น กรณีของอาคาร Walkie Talkie ในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ (Timeless Travel Steps, 2020) ทำให้ที่เจ้าของอาคารต้องติดตั้งแผงบังแดดภายหลัง หรือแม้แต่ในกรุงเทพมหานคร ก็มีคดีความเกิดขึ้นจากการที่อาคารชุดพักอาศัยแห่งหนึ่งก่อสร้างด้วยกระจกโดยรอบอาคารและสะท้อนแสงอาทิตย์สู่เพื่อนบ้าน (มติชนออนไลน์, 2559) ส่งผลให้ผู้เสียหายที่เป็นบ้านข้างเคียงยื่นฟ้องศาลจนชนะคดีตามคำพิพากษาศาลฎีกาที่ 3772/2557 และเจ้าของอาคารชุดพักอาศัยต้องชำระค่าเสียหายให้แก่ผู้ร้องเรียนรอบข้าง จนกว่าจะดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านการสะท้อนแสงนี้ ด้วยเหตุนี้ หน่วยงานภาครัฐที่รับผิดชอบการออกใบอนุญาตก่อสร้างอาคาร จึงมีการตรวจสอบและควบคุมอย่างเข้มข้นขึ้น โดยการให้โครงการยื่นเอกสารการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม หรือ EIA เอกสารที่ใช้ยื่นนี้จะต้องแสดงภาพการจำลองการสะท้อนแสงจากอาคารสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญด้านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เฉพาะทางช่วยทำการจำลองให้ แต่อย่างไรก็ดี เนื่องจากปัจจุบันยังไม่มีผู้เชี่ยวชาญการทำการจำลองแสงสะท้อนไม่เพียงพอต่อปริมาณอาคารที่ยื่นขออนุญาต และผู้ออกแบบก็ได้ออกแบบตัวอาคารแล้วเสร็จ จนเข้าสู่กระบวนการยื่นขออนุญาตปลูกสร้างอาคารแล้ว ไม่สามารถกลับไปออกแบบรูปทรงอาคารใหม่ได้ทัน หากจะเปลี่ยนการออกแบบสถาปัตยกรรม ก็จะสามารถทำได้ในส่วนเปลือกอาคาร โดยการการเลือกชนิดกระจกอาคาร หรือการติดตั้งแผงบังแดดเพิ่มเติม ทำให้หน่วยงานรัฐที่ดูแลด้านสิ่งแวดล้อม หรือ EIA จำเป็นต้องกำหนดค่าคงที่ของ

การสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารให้ไม่เกิน 15% โดยค่าดังกล่าวนี้ได้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทย หรือ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทย (สถาบันอาคารเขียวไทย, 2559)

อย่างไรก็ดี เกณฑ์อาคารเขียวของสถาบันอาคารเขียวไทยนั้น ไม่ใช่ข้อบังคับที่อาคารจะต้องดำเนินการ ในขณะที่กฎหมายควบคุมอาคารระบุค่าการสะท้อนแสงที่ 30% ไว้อยู่แล้ว ซึ่งหมายความว่าทางเลือกใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงระหว่าง 15-29% อาจจะไม่สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์ EIA ใหม่นี้ได้ กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงในช่วง 15-29% ที่มีขายในประเทศนั้น เป็นกระจกที่มีประสิทธิภาพพลังงานที่สูง เช่น กระจก Low-E ที่สามารถช่วยให้อาคารผ่านเกณฑ์ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคารตามกฎหมายกระทรวงพลังงาน หรือ OTTV ได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาว่าผลกระทบจากการแสงสะท้อนจากกระจกเปลือกอาคารต่อสภาพแวดล้อมจะมากน้อยเพียงใด เมื่อใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงกว่า 15% เพราะหากอาคารมีความจำเป็นที่ต้องลดค่าการสะท้อนแสงลงมา เพื่อผ่านทั้ง ข้อกำหนด EIA และค่า OTTV จะส่งผลต่อความจำเป็นที่จะต้องเปลี่ยนไปใช้กระจกตัดแสง (Tinted glass) ที่มีความเข้มมากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณแสงสว่างธรรมชาติภายในอาคารที่จะลดน้อยลง และกระทบต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ทั้งในระดับสุขภาพสายตา และระบบนาฬิกาชีวิตของร่างกายมนุษย์ (Circadian Rhythm) ซึ่งตามมาตรฐานการออกแบบอาคารเพื่อสุขภาวะที่ดี WELL Building Standard โดย International Well Being Institute (IWBI) ได้กำหนดมาตรฐานค่าการส่งผ่านของแสงธรรมชาติของกระจกอาคาร (Visible Light Transmittance) ขั้นต่ำที่ต้องไม่น้อยกว่า 40% (IWBI, 2022)

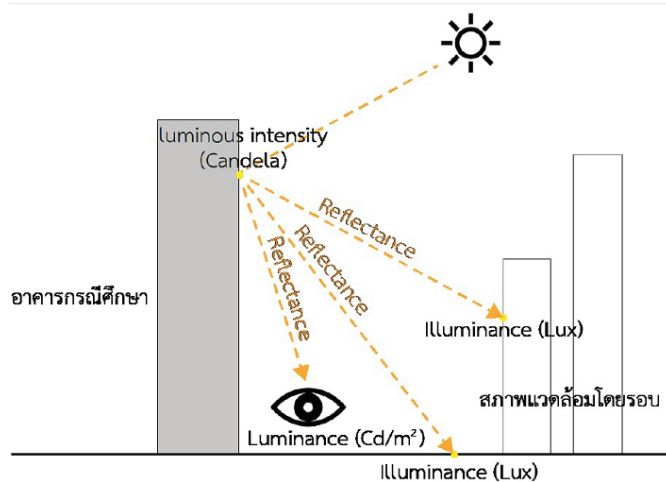
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากประเด็นปัญหาดังกล่าว ทัชชา อังกนะภัทรขจร และ อรรถจัน เศรษฐบุตร (2562) ได้ทำการศึกษาผลกระทบ

ของรูปทรงอาคารกระจกแบบต่าง ๆ จำนวน 5 รูปทรงอาคาร ต่อค่าการสะท้อนแสงสู่สิ่งแวดล้อม โดยใช้การประเมินค่าการส่องสว่างแนวตั้ง (Vertical Illuminance) และแนวราบ (Horizontal Illuminance) ในหน่วย Lux ที่เพิ่มขึ้นกับอาคารข้างเคียงและพื้นผิวโดยรอบอาคาร ในระยะ 12 เมตร 100 เมตร และ 200 เมตร ทำการศึกษาในแต่ละชั่วโมงของ 4 วันสำคัญของปี ได้แก่ วันที่ 21 มีนาคม วันที่ 21 มิถุนายน วันที่ 21 กันยายน และ วันที่ 21 ธันวาคม ซึ่งการศึกษานี้ได้ใช้โปรแกรมจำลองภาพ 3 มิติ Rhinoceros และเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรมเสริม Grasshopper - DIVA ผลการศึกษาพบว่ารูปทรงของอาคารเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดต่อการสะท้อนแสงสู่สภาพแวดล้อม รูปทรงโค้งเว้าเข้า (Concave) แบบที่ใช้ในอาคาร Walkie Talkie ประเทศอังกฤษ ก่อให้เกิดค่าความสว่างจากการสะท้อนสูงสุดไปยังจุดที่เป็นจุดโฟกัสของแสงสูงเป็น 2 เท่าของบริเวณอื่น ๆ ในขณะที่อาคารรูปทรงกลมจะพบการกระจายแสงไปรอบ ๆ อาคารเป็นบริเวณกว้างไกลมากกว่ารูปทรง อื่น ๆ อาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีความลาดเอียงขึ้นสู่ยอดอาคาร ก่อให้เกิดแสงสะท้อนในพื้นที่ราบเป็นเวลายาวนานมากที่สุด สำหรับแสงสะท้อนสู่อาคารข้างเคียงในระนาบตั้ง พบว่ายิ่งอาคารอยู่ใกล้กันมากขึ้น ผลกระทบด้านความสว่างจะไม่ได้เพิ่มขึ้น แต่ระยะเวลาที่อาคารข้างเคียงจะได้รับ

ผลกระทบจากแสงสะท้อนจะยาวนานขึ้น สรุปผลการวิจัยนี้ก็คือ รูปทรงอาคารต่าง ๆ จะส่งผลกระทบต่อแสงสะท้อนสู่สภาพแวดล้อมได้อย่างมีนัยสำคัญ

ปริมาณค่าการส่องสว่างแนวตั้ง (Vertical Illuminance) ที่กระทบสายตาจากการสะท้อนแสงจากอาคารในงานวิจัยของทัชชา อังคะภักทรขจร และ อรรถณ ศรีครุฑบุตร (2562) สามารถใช้เป็นดัชนีชี้วัดความรุนแรงของการสะท้อน ที่ส่งผลต่อความรู้สึกถึงการรบกวนการมองเห็นของมนุษย์ได้ในระดับหนึ่ง โดยมีข้อมูลสนับสนุนจากงานวิจัยของ Konstantzos et.al (2015) และ Mardaljevic et. al (2012) ที่แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณค่าการส่องสว่างแนวตั้งและความรู้สึกถึงแสงบาดตา แต่อย่างไรก็ดี ค่าการส่องสว่างแนวตั้งที่กระทบบนดวงตาของมนุษย์ยังไม่ใช่วิธีวัดความไม่สบายจากการมองเห็น (Visual Comfort) เพียงอย่างเดียว เพราะความรู้สึกถึงแสงจ้า (Brightness) จนรู้สึกรบกวนการมองเห็น และกิจกรรมการใช้ชีวิตของมนุษย์จะเกิดขึ้นจากปริมาณความจ้าของแหล่งเปล่งแสงที่ส่องเข้าสู่ดวงตาของผู้มอง ซึ่งจากภาพ ที่ 1 จะพบว่าการสะท้อนแสงที่ส่องไปยังทิศทางของจุดมองจะเป็นดัชนีชี้วัดที่เหมาะสมกว่า ซึ่ง Dwyer (2017) ได้เสนอว่าความรุนแรงของแสงบาดตา หรือ Glare ที่ก่อให้เกิดการรบกวนการมองเห็นของมนุษย์



ภาพที่ 1 การสะท้อนแสงจากอาคารสู่สภาพแวดล้อมข้างเคียง

จะเกิดจากแหล่งกำเนิดของแสงสะท้อนที่อยู่ในทิศทางที่ทำมุมน้อยกว่า 25 องศากับสายตาดูมอง ซึ่งนั่นคือตัวแปรทางด้านทิศทาง ในขณะที่ตัวแปรเชิงปริมาณของความจำสามารถแสดงได้ด้วยค่าความสว่าง หรือ Luminance ในหน่วย แคนเดลาต่อตารางเมตร (Cd/m^2) ซึ่งการหาค่าความรู้สึกของแสงบาดตาจากแหล่งกำเนิดแสงที่ปล่อยค่า Luminance นี้สามารถทำได้โดยการกำหนดจุดมอง หรือ Viewpoint ไปยังแหล่งกำเนิดแสง โดยใช้การคำนวณหรือมิฉะนั้น ก็จะต้องใช้อุปกรณ์พิเศษที่สามารถวัดค่าความสว่างนี้ ได้โดยตรง เช่น การใช้กล้อง Luminance Meter (Tyukhova, 2015) เป็นต้น

ค่าความสว่าง หรือ Luminance ได้กลายเป็นมาตรฐานการออกแบบอุปกรณ์จอคอมพิวเตอร์ให้สว่างไม่เกิน $300 \text{ Cd}/\text{m}^2$ และนอกจากนี้ป้ายโฆษณาเรืองแสงก็ถูกกำหนดในเกณฑ์อาคารเขียว LEED ในหัวข้อ Light Pollution โดยให้ป้ายโฆษณาที่ติดตั้งในพื้นที่สาธารณะในเมืองจะต้องมีค่าความสว่างในเวลากลางวันไม่เกิน $2,000 \text{ Cd}/\text{m}^2$ และต้องลดความสว่างลงมาที่ $200 \text{ Cd}/\text{m}^2$ ในเวลากลางคืน (USGBC, 2013) ทั้งนี้เนื่องจากในเวลากลางวันที่ท้องฟ้ามีแสงอาทิตย์ที่มีความสว่างจ้าอยู่ก่อนแล้ว (ค่า Luminance ของดวงอาทิตย์เท่ากับ $1.6 \times 10^9 \text{ Cd}/\text{m}^2$ ในเวลาเที่ยงวัน) การที่มีแหล่งความสว่างที่ $2,000 \text{ Cd}/\text{m}^2$ จะไม่ได้กระทบความรู้สึกไม่น่าสบายต่อการมองเห็นมากเท่าในเวลากลางคืนที่ท้องฟ้ามืด เช่นเดียวกันกับการจุดเทียนในเวลากลางวันก็ไม่ทำให้รู้สึกเห็นเด่นชัดเท่าการจุดเทียนในห้องมืด ทั้งที่ค่าความสว่างของเปลวเทียนก็มีค่าเท่าเดิม คือประมาณ $10,000 \text{ Cd}/\text{m}^2$

จากทฤษฎีดังกล่าว จะเห็นว่าการใช้ค่าความสว่างจากแหล่งเปล่งแสงในหน่วย Cd/m^2 สามารถเป็นดัชนีชี้วัดการรบกวนจากการสะท้อนแสงของอาคารกระจกต่อสภาพแวดล้อมได้ในระดับหนึ่ง แต่หากจะพิจารณาถึงความรู้สึกไม่น่าสบายทางสายตา หรือ Visual Discomfort ของมนุษย์ นอกจากจะต้องพิจารณาเรื่องจุดมอง (Viewpoint) ของผู้มองแล้ว ยังต้องเปรียบเทียบกับค่าความสว่างของท้องฟ้าในขณะนั้นด้วย กล่าวคือต้องประมาณการค่าความสว่างของท้องฟ้าที่เป็นพื้นหลัง

(Background Luminance) ของอาคารที่กำลังมองเห็นอยู่ด้วย ซึ่งเป็นที่มาของการพัฒนาดัชนีชี้วัดความน่าสบายของการมองเห็น โดยการประเมิน “ค่าความน่าจะเป็นที่มนุษย์จะรับรู้แสงบาดตาที่เกิดจากแสงสว่างธรรมชาติ” หรือ Daylight Glare Probability (DGP) ที่พัฒนาโดย Wienold & Christoffersen (2006)

Weinold & Christoffersen ได้สร้างห้องทดลอง 2 ห้องที่เหมือนกันในประเทศเยอรมนี และเดนมาร์กในปี ค.ศ. 2003 และทำการทดลองปรับเปลี่ยนตัวแปรสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับแสงบาดตา ซึ่งได้แก่ ความสว่างของแสงธรรมชาติจากภายนอกหน้าต่าง ความสว่างภายในห้อง ขนาดของหน้าต่าง และตำแหน่งที่นั่งทำงาน โดยได้นำผู้ร่วมทดลองจำนวน 75 คน เข้ามาทำงานในห้องทดลองในสภาพแวดล้อมของแสงบาดตาต่าง ๆ จำนวน 349 กรณี ผู้เข้าร่วมทดลองได้ทำแบบสอบถามถึงความรู้สึกไม่น่าสบายของแสงบาดตากรณีต่าง ๆ เป็นคำตอบ 4 คำตอบ ได้แก่ 1). Imperceptible, 2) Perceptible, 3) Disturbing และ 4) Intolerable โดยมีค่าความน่าจะเป็นที่ผู้ร่วมทดลองจะรู้สึกรบกวนจากแสงบาดตา หรือ DGP เท่ากับ <0.35 , $0.35-0.40$, $0.40-0.45$, และ >0.45 ตามลำดับ ผลที่ได้คือสมการที่ช่วยคาดการณ์ค่า DGP ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรของแสงบาดตา

DGP ได้ถูกนำไปใช้เป็นมาตรฐานใหม่ในการประเมินผลกระทบด้านแสงบาดตาต่อมนุษย์ โดยพัฒนาเป็นโปรแกรมจำลองภาพเสมือนจริงด้วยโปรแกรม Radiance และให้โปรแกรมทำการประเมินความเป็นไปได้ที่มนุษย์จะรู้สึกถึงความรบกวนจากแสงบาดตาเป็น 4 ระดับ (Imperceptible, Perceptible, Disturbing, และ Intolerable) โดยมีงานวิจัยอื่น ๆ ที่ใช้ DGP เป็นแบบประเมินความรู้สึกไม่น่าสบายทางด้านการมองเห็นของมนุษย์ ได้แก่ Herning et al. (2013), Bodart & Cauwerts (2017), Mardaljevic et al. (2012), และ Chaloeitoy et al. (2020) รวมทั้งมาตรฐาน EU 17037 ก็ได้รับรองการใช้ DGP ในการประเมินระดับของผลกระทบจากแสงบาดตาด้วยเช่นกัน (VELUX, 2020) ซึ่ง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ DGP ในการประเมินความไม่สบายจากการสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารรูปทรงต่าง ๆ ด้วยค่าการสะท้อนแสงของกระจกต่าง ๆ ต่อสภาพแวดล้อม โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะนำเสนอแนวทางการออกแบบรูปทรงอาคารและเลือกใช้กระจกเปลือกอาคารที่มีค่าการสะท้อนแสงที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทย

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

- 1) เพื่อศึกษาผลกระทบจากอาคารสูงที่มีรูปทรงต่าง ๆ และมีการใช้กระจกเปลือกอาคารที่มีค่าการสะท้อนแสงต่างกันต่อระดับความรู้สึกไม่สบายทางทงการมองเห็นแสงบาดตาของผู้คนที่อยู่ในสภาพแวดล้อมรอบนอกอาคารด้วยวิธีการประเมินค่า DGP (Daylight Glare Probability)
- 2) เพื่อนำเสนอแนวทางการออกแบบรูปทรงอาคารและการเลือกใช้กระจกเปลือกอาคารสำหรับอาคารสูงโดยคำนึงถึงผลกระทบด้านแสงบาดตาของผู้คนรอบนอกอาคาร

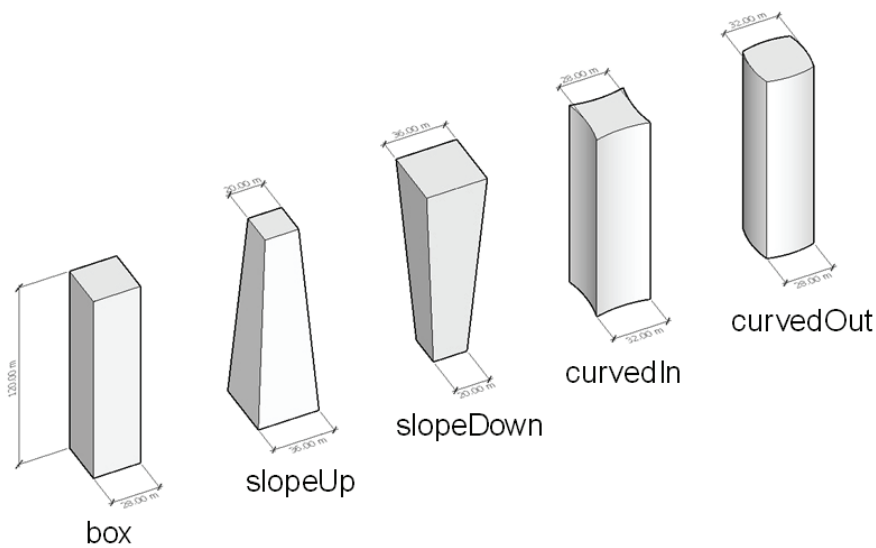
ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัย สามารถแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

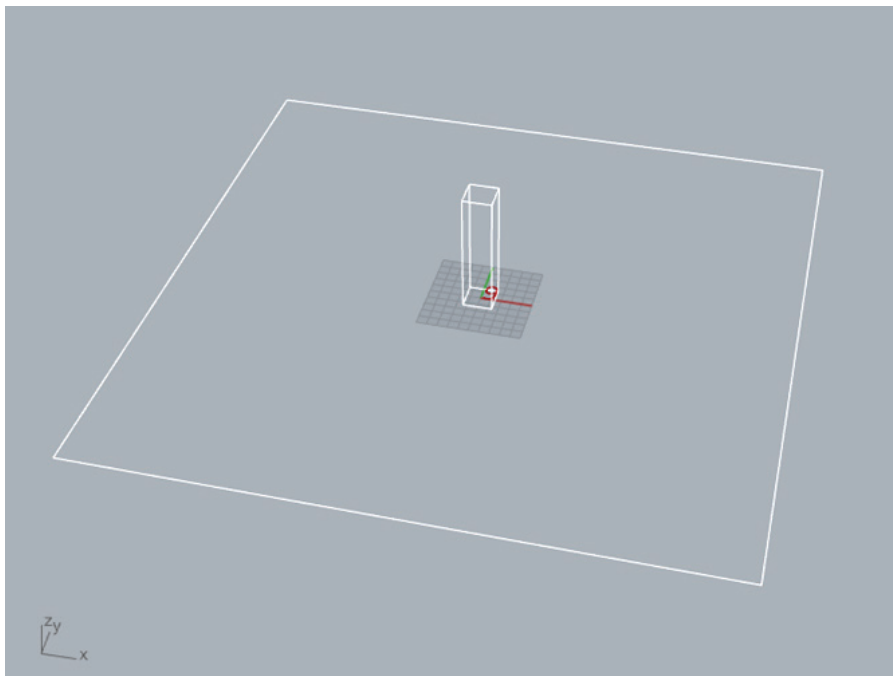
- 1) กำหนดรูปทรงอาคารสูงต้นแบบเป็น 5 รูปทรง ได้แก่ Box, SlopeUP, SlopeDown, CurvedIn, และ CurveOut ตามงานวิจัยของทัชชา อังกะนภัทรขจร และ อรรถณ ศรีษฐบุตร(2562) ดังแสดงในภาพที่ 2
- 2) นำข้อมูลกระจกที่ผลิตจริงจากผู้ผลิตกระจกอาคาร 3 ประเภทกระจก ได้แก่ กระจกตัดแสงลามิเนต กระจกสะท้อนแสง และกระจกฉนวนกันความร้อน (Insulating Glass Unit) มาคัดเลือกตามระดับของค่าการสะท้อนแสง (Visible Light Reflectance - VLR) ที่ประมาณ 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, และ

30% เพื่อใช้ทำการศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งพบว่ากระจกที่มีค่าการสะท้อนแสง 30% จะไม่ได้ถูกผลิตออกมาขาย จึงใช้ค่าสูงสุดที่ 27% ทดแทน

- 3) ทำการจำลองค่าการส่องสว่างบนพื้นราบโดยรอบอาคาร จากการสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารในระยะมากที่สุดที่สามารถเกิดการสะท้อนแสงได้ด้วยโปรแกรม Rhinoceros และโปรแกรมเสริม Grasshopper - DIVA (ดังแสดงในภาพที่ 4) โดยเลือกวันวิกฤต 3 วันของปี ตามงานวิจัยของทัชชา อังกะนภัทรขจร และ อรรถณ ศรีษฐบุตร (2562) ในเวลา 8:00 น., 10:00 น., 12:00 น., 14:00 น., และ 16:00 น. รวมเป็นกรณีการจำลองทั้งสิ้น 450 กรณี
- 4) คัดเลือกจุดมอง (Viewpoint) รอบอาคาร โดยพิจารณาจากจุดที่มีผลรวมของค่าการส่องสว่างสูงที่สุด (ดังแสดงในภาพที่ 4 และภาพที่ 5) ซึ่งจะเป็นจุดที่ได้รับแสงสะท้อนจากตัวอาคารมากที่สุด
- 5) เขียนโปรแกรมเพื่อช่วยคำนวณค่า DGP (Daylight Glare Probability) บนโปรแกรมเสริม Grasshopper-DIVA ของโปรแกรม Rhinoceros ตามสมการการคำนวณ DGP โดย Wienold & Christoffersen (2006) ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 6
- 6) ทำการประเมินผลค่า DGP จากจุดมองทั้ง 10 จุดมอง ที่ความสูง 0.75 เมตร และ 60 เมตร ด้วยค่าการสะท้อนแสงของกระจก 5 ค่า ในวันและเวลาที่กำหนดตามทัชชา อังกะนภัทรขจร และ อรรถณ ศรีษฐบุตร (2562) รวมเป็นกรณีที่ทำการจำลองทั้งสิ้น 5,400 กรณี
- 7) ทำการวิเคราะห์ผลการจำลองค่า DGP ทั้งหมดเพื่อนำมาอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความรู้สึกรบกวนจากแสงบาดตากับรูปทรงอาคารต่าง ๆ และกระจกที่มีค่าสะท้อนแสงต่าง ๆ ตั้งแต่ 5-27%



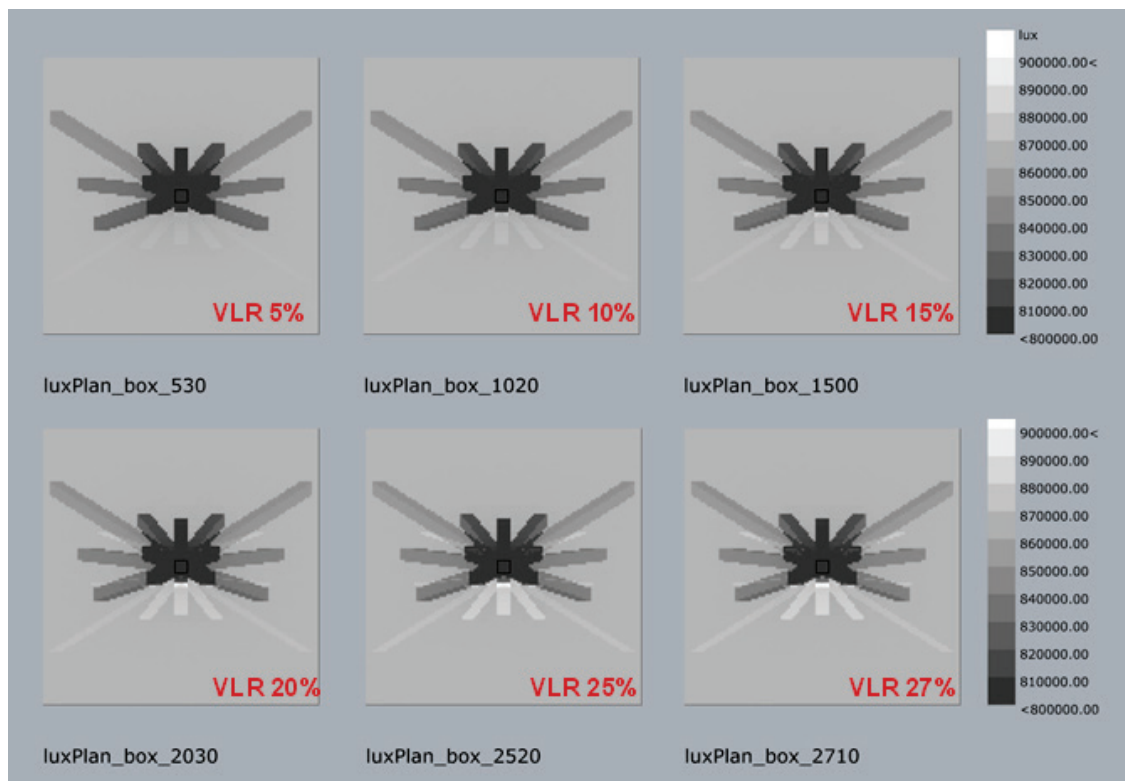
ภาพที่ 2 รูปทรงของอาคารสูงทั้ง 5 รูปทรงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ 1) รูปทรงเหลี่ยม (Box), 2) รูปทรงเอียงสอปขึ้นไปยังยอดอาคาร (SlopeUp), 3) รูปทรงเอียงสอปลงไปยังฐานอาคาร (SlopeDown), 4) รูปทรงโค้งเว้าเข้า (CurvedIn), 5) รูปทรงโค้งเว้าออก (CurvedOut)



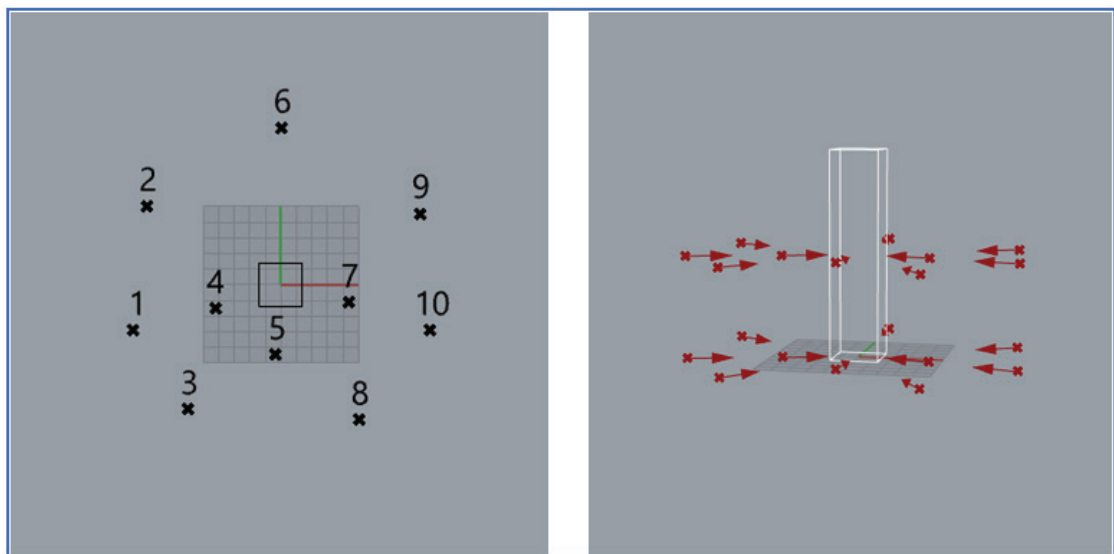
ภาพที่ 3 การจำลองอาคารด้วยโปรแกรม Rhinoceros

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของกระจกเปลือยอาคารจากผู้ผลิตกระจกที่คัดเลือกมาใช้ในการจำลอง

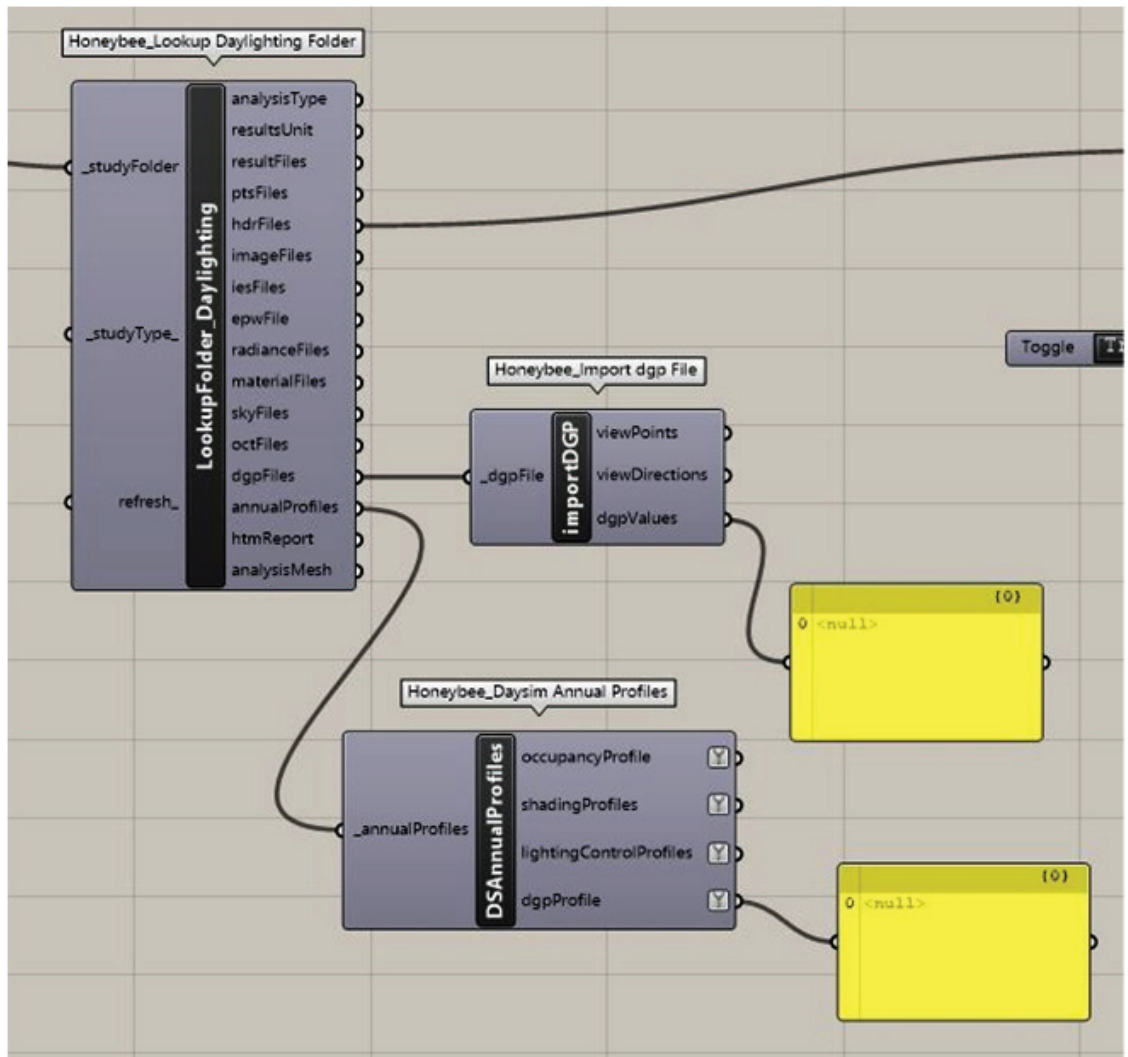
Kind of Product	Item	Total Thickness (mm)	Glass Configuration	Light Properties		
				VLT %	VLT % External	VLT % Internal
Clear Laminated Tinted Laminated	1	12.38	6mm Euro Grey A/N+PVB 0.38+6mm Clear A/N	43.5	5.3	5.3
Reflective	2	13.52	6mm CS214 H/S#2+PVB1.52+6mm Clear H/S	12.1	25.2	28.2
Reflective	3	12.38	6mm CS120 A/N#2+PVB0.38+6mm Clear A/N	22.2	27.1	22.1
Low-E IGU+Lami	4	31.52	6mm Clear H/S +PVB 1.52+6mm ACE40T H/S#4+A12+6mm Clear H/S	38.1	15.0	11.6
Low-E IGU+Lami	5	31.52	6mm Euro Grey H/S +PVB1.52+6mm SMART30 H/S#4+A12+6mm Clear H/S	14.2	10.2	14.8
Low-E IGU+Lami	6	31.52	6mm CS148 H/S#2+PVB1.52+6mm SMART51 H/S#4+A12+6mm Clear H/S	28.9	20.3	17.9



ภาพที่ 4 ตัวอย่างผลการจำลองค่าการส่องสว่างบนพื้นราบ โดยรอบอาคารทรงสี่เหลี่ยมที่ใช้กระจกชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 5 การกำหนดตำแหน่งจุดมอง (viewpoints) ที่คัดเลือกมาใช้ในการจำลองค่า DGP



ภาพที่ 6 การเขียนโปรแกรมบน Grasshopper-DIVA เพื่อคำนวณค่า Daylight Glare Probability (DGP)

ผลการศึกษา

ผลการจำลองค่าความส่องสว่างบนพื้นรอบอาคาร พบว่า สำหรับทุกรูปทรงอาคาร เมื่อมีการเปลี่ยนค่าการสะท้อนแสงของกระจกตั้งแต่ 5-27% จะเห็นผลรวมของค่า Lux ที่ปรากฏบนพื้น มีค่ามากขึ้นตามค่าการสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารที่เลือกใช้ ซึ่งแสดงว่ากระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงมากขึ้นก็ส่งผลต่อความสว่างที่เกิดขึ้นแก่

สภาพแวดล้อม เพียงแต่จะมากจนถึงระดับที่จะก่อให้เกิดความรบกวนทางการมองเห็นหรือไม่นั้น จะต้องพิจารณาต่อไปด้วยการจำลองค่า DGP ซึ่งจากการประเมินผลค่า DGP ของการจำลอง 5,400 กรณี พบว่าในเบื้องต้นค่า DGP ที่ได้จากการจำลอง มีการกระจายตัวสูง อยู่ในทุกรณีรูปทรงอาคาร และทุกกรณีค่าการสะท้อนแสงของกระจก จนไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนว่าค่า DGP มีรูปแบบความสัมพันธ์กับตัวแปรทั้งสอง อย่างไรก็ดี กระทั่งผู้วิจัยได้พิจารณาหาสาเหตุของการกระจายตัว

ของค่า DGP ว่ามีรูปแบบที่เกิด ขึ้นอยู่กับลักษณะของ มุมมองจากจุดมองไปยังตัวอาคารและการมองเห็น ดวงอาทิตย์ในกรอบมุมมอง ผู้วิจัยจึงได้ทำการแบ่งกลุ่ม

ของมุมมองตามประเภทของมุมมองที่เห็นตัวอาคารได้ เป็น 5 มุมมอง หรือ view types ที่นำมาใช้ในการศึกษา ครั้งนี้ ตามที่แสดงในภาพที่ 7-11 ดังนี้

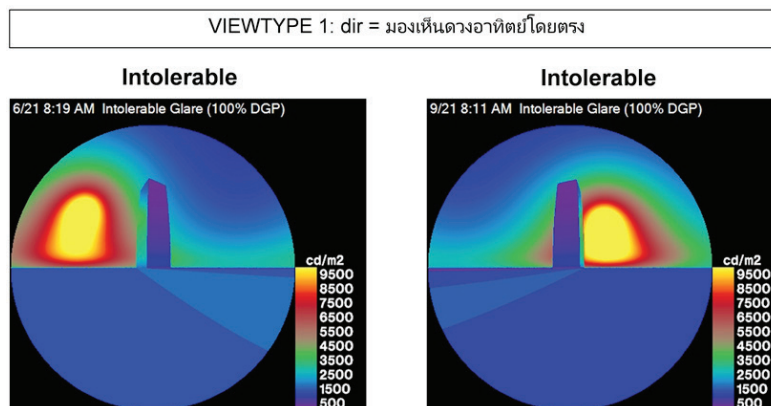
View type 1: DIR - Direct Sun มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์โดยตรงบนท้องฟ้าพื้นหลังอาคาร

View type 2: SIL - Silhouette มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์ตรงแต่ซ่อนอยู่ด้านหลังอาคาร

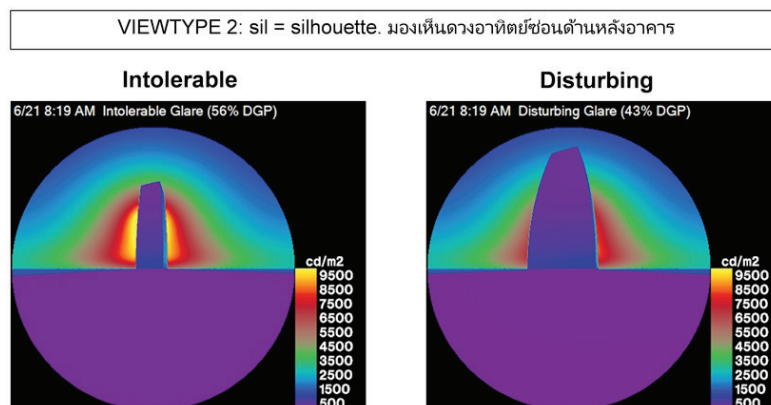
View type 3: Off - frame มุมมองที่เห็นบางส่วนของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าหลังอาคาร

View type 4: No Sun มุมมองที่ไม่ปรากฏดวงอาทิตย์ทั้งบนตัวอาคารและท้องฟ้าพื้นหลัง

View type 5: REF - Reflect มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์สะท้อนบนตัวอาคาร

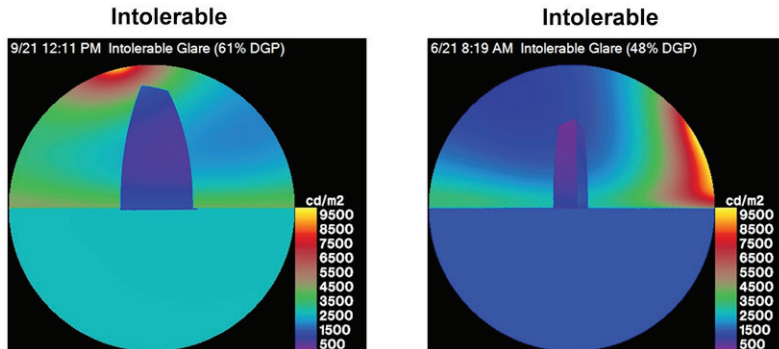


ภาพที่ 7 View type 1: DIR - Direct Sun มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์โดยตรงบนท้องฟ้าพื้นหลังอาคาร



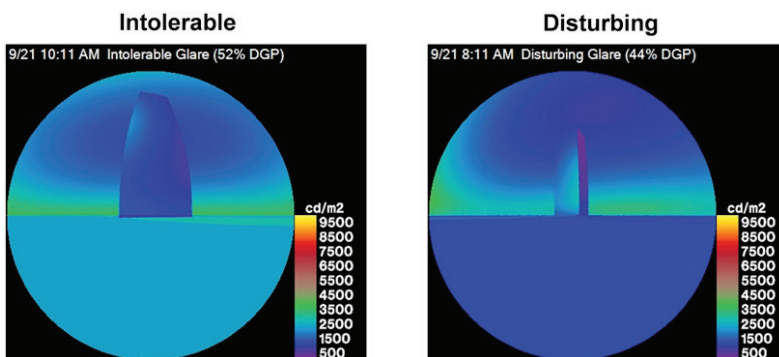
ภาพที่ 8 View type 2: SIL - Silhouette มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์ตรง แต่ซ่อนอยู่ด้านหลังอาคาร

VIEWTYPE 3: off-frame – มองเห็นดวงอาทิตย์บางส่วนของกรอบมอง แต่ค่าความจ้ายังคงสูง



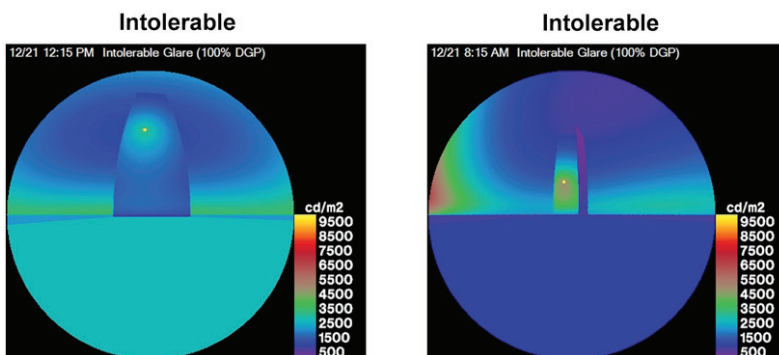
ภาพที่ 9 View type 3: Off - frame มุมมองที่เห็นบางส่วนของดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าหลังอาคาร

VIEWTYPE 4: no = no sun (ไม่ปรากฏดวงอาทิตย์บนท้องฟ้า และบนผิวอาคาร)



ภาพที่ 10 View type 4: No Sun มุมมองที่ไม่ปรากฏดวงอาทิตย์ทั้งบนตัวอาคารและท้องฟ้าพื้นหลัง

VIEWTYPE 5: ref = reflect (มองเห็นดวงอาทิตย์เต็มดวงบนผิวอาคาร)



ภาพที่ 11 View type 5: REF – Reflect มุมมองที่เห็นดวงอาทิตย์สะท้อนบนตัวอาคาร

ผลของการแบ่งเป็น 5 ประเภทของมุมมอง หรือ View Type ทำให้พบว่ากรณีที่มุมมองไปหาอาคารเห็นดวงอาทิตย์ตรงบนท้องฟ้าด้านหลังอาคาร (View Type: Direct, Silhouette, Off-frame) หรือเห็นเงาดวงอาทิตย์สะท้อนบนตัวอาคาร (View Type: Reflect) ค่า DGP ที่จำลองส่วนใหญ่จะมีค่าสูงค่อนข้างมากในระดับที่สามารถแปลผลได้ว่าเป็น Intolerable และ Disturbing Glare ในขณะที่หากเป็นมุมมองที่ไม่เห็นทั้งดวงอาทิตย์บนท้องฟ้าพื้นหลังและไม่เห็นเงาสะท้อนของดวงอาทิตย์บนตัวอาคาร (View Type: No Sun) จะมีค่า DGP ต่ำกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งหมายความว่าหากมองไปยังทิศทางที่มีอาคารตั้งอยู่ แต่ในกรอบมุมมองสามารถเห็นดวงอาทิตย์ตรงบนท้องฟ้าหรือบนตัวอาคาร จะเกิดแสงบาดตาในระดับสร้างความรบกวนแก่ผู้มองอย่างแน่นอน สอดคล้องกับผลวิจัยของ Konstantzos et.al (2015) ซึ่งในกรณีของ View Type แบบ Reflect ที่เป็นมุมมองที่สร้างปัญหาให้แก่กระบวนการยื่นขออนุมัติรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม จะยังพบว่าค่า DGP มีระดับ Intolerable ในทุกกรณี

ผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยของค่า DGP แบ่งแยกตามตัวแปรของรูปทรงอาคารและค่าการสะท้อนแสงของกระจก (VLR – Visible Light Reflectance) ดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่า DGP เฉลี่ยไม่ได้มีความแตกต่างกันระหว่างรูปทรงอาคารต่าง ๆ หรือค่าการสะท้อนแสงของกระจกอาคาร ค่า DGP เฉลี่ยของแต่ละรูปทรงอาคารอยู่ใกล้เคียงกันที่ 0.72-0.76 (Intolerable Glare) และมีค่าเฉลี่ย DGP ต่ำสุดอยู่ใกล้เคียงกันที่ 0.30-0.36 (Imperceptible Glare) ในขณะที่ค่าเฉลี่ย DGP ของกระจกแต่ละรุ่นอยู่ใกล้เคียงกันที่ 0.73-0.75 และต่ำสุดอยู่ที่ 0.30-0.34 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม่ว่าอาคารจะเลือกใช้กระจกที่มีค่าสะท้อนแสงต่ำเพียง 5% หรือสูงถึง 27% ค่าเฉลี่ย DGP ก็ไม่แตกต่างกันหากไม่ทำการกำหนดมุมมองของการมองเห็นว่าเห็นดวงอาทิตย์หรือไม่

เมื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของ DGP แยกตามประเภทของมุมมอง หรือ View Type ตามตารางที่ 3 จะพบว่าค่าเฉลี่ย

DGP ของแต่ละมุมมองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน อีกทั้งตัวแปรรูปทรงอาคารและตัวแปรค่าการสะท้อนแสงของกระจกก็เริ่มจะมีความสัมพันธ์กับค่า DGP มากยิ่งขึ้น ซึ่งมุมมองสำคัญที่ควรจะเป็นจุดสนใจสำหรับการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมก็คือ มุมมอง No Sun และมุมมอง Reflect ซึ่งพบว่ามุมมอง No Sun มีค่า DGP ต่ำกว่ามุมมอง Reflect ในทุกกรณีของรูปทรงอาคาร และทุกกรณีของค่าการสะท้อนแสงของกระจก ค่าเฉลี่ย DGP ของมุมมอง No Sun มีค่าเท่ากับ 0.48-0.57 ในขณะที่ค่าเฉลี่ย DGP ของมุมมอง Reflect มีค่าเท่ากับ 0.58-0.91 เมื่อพิจารณาตามลักษณะของรูปทรงอาคาร รูปทรง CurvedIN มีค่าเฉลี่ย DGP น้อยกว่ารูปทรงอื่น เพราะเป็นรูปทรงที่มีการรวมแสงลงบนจุดบางจุดที่เป็นจุดโฟกัสมากกว่ากระจายแสงไปทั่วทุกทิศทาง แต่จุดที่เกิดการรวมของแสงนั้น จะส่งผลกระทบสูงเมื่อเกิดมุมมองไปยังจุดดังกล่าว

ทางด้านผลกระทบจากค่าการสะท้อนแสงของกระจกต่อค่าเฉลี่ย DGP พบว่าค่าเฉลี่ย DGP มีค่ามากขึ้นตามค่าการสะท้อนแสงของกระจกที่เลือกใช้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.66-0.82 สำหรับกระจกที่มีค่าการสะท้อนแสง 5%-27% ซึ่งยังถือว่าเป็นค่า DGP ที่สูงในระดับ Intolerable Glare ทั้งหมด แต่อย่างไรก็ดี พบว่ากระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงตั้งแต่ 15% ไปถึง 27% มีค่าเฉลี่ย DGP ไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งหมายความว่ากำหนัดค่ามาตรฐานของการทำรายงานผลกระทบสิ่งแวดล้อม รวมทั้งข้อกำหนดในเกณฑ์ TREES ของสถาบันอาคารเขียวไทยที่ระบุค่าการสะท้อนแสงของกระจกให้ไม่เกิน 15% อาจจะไม่ได้ช่วยลดผลกระทบด้านแสงบาดตาได้มากนัก หากไม่ได้พิจารณาเรื่องมุมมองไปยังอาคารที่สะท้อนแสงออกมาอาคารที่ผ่านการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสงต่ำ เมื่อสร้างแล้วเสร็จก็ยังสามารถสร้างผลกระทบสูงต่อสภาพแวดล้อม ณ บางจุดมองได้เช่นกัน ดังนั้น เพื่อป้องกันเหตุที่จะเกิดการฟ้องร้องในภายหลัง การประเมินผลกระทบจากแสงสะท้อนจึงจำเป็นต้องทำการคำนวณหาจุดที่จะได้รับผลกระทบจากการสะท้อนของกระจกในมุมมองแบบ Reflect เสียก่อน แล้วจึงทำการจำลองค่า DGP จาก ณ

ตำแหน่งที่ได้รับการสะท้อนโดยตรง ซึ่งหากออกแบบเปลือกผนวอาคารด้วยกระจกทั้งผืนจะมีความเป็นไปได้สูงกว่าค่า DGP จะอยู่ในระดับที่มากกว่า 0.45 หรือ Intolerable Glare ผู้ออกแบบอาคารจึงจำเป็นต้องพิจารณาหลีกเลี่ยงการออกแบบอาคารด้วยกระจกผืนใหญ่ ที่มีรูปทรงโค้งเว้า (CurvedIN) ที่ก่อให้เกิดการรวมแสงไปยังจุดหนึ่ง ๆ อย่างรุนแรง และควรออกแบบให้มีแผงกันแดดยื่นออกจากผิวกระจก หรือมีการคั่นผนัง

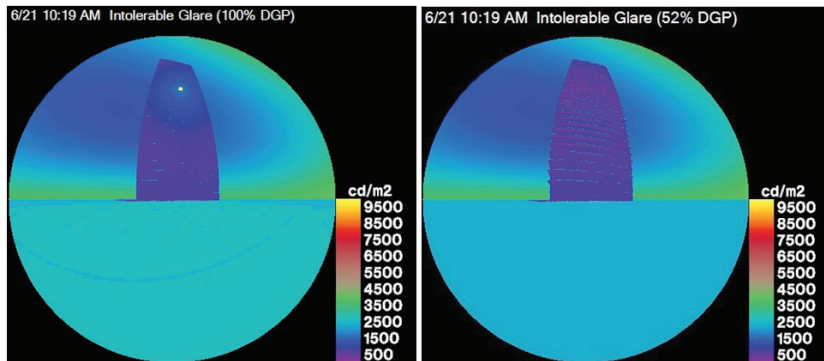
กระจกด้วยผนังทึบเป็นช่วง ๆ เพื่อให้สามารถลดค่า DGP ให้อยู่ในระดับที่ต่ำกว่า 0.45 เป็นอย่างน้อย และหากเป็นไปได้ ควรพยายามทำให้ค่า DGP ที่จุดที่ได้รับผลกระทบนั้นมีค่าน้อยกว่า 0.35 นอกจากนี้ ช่วงระยะเวลาที่ได้รับผลกระทบจากแสงสะท้อนก็เป็นปัจจัยสำคัญเช่นกัน หากตำแหน่งที่ได้รับผลกระทบรุนแรงอยู่ในระยะใกล้กับผนังกระจกที่สะท้อนแสงออกมา จะส่งผลให้ระยะเวลาที่ได้รับผลกระทบมีความยาวนานมากยิ่งขึ้นด้วย ซึ่งจะสร้างความเดือดร้อนรำคาญให้อาคารข้างเคียงมากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของค่า DGP แบ่งแยกตามตัวแปรของรูปทรงอาคาร และค่าการสะท้อนแสงของกระจก

ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability; DGP)				
รูปทรงอาคาร	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าพิสัย
รูปทรงเหลี่ยม (Box)	0.75	1.00	0.32	0.68
รูปทรงเอียงสอบขึ้นไปยังยอดอาคาร (SlopeUp)	0.76	1.00	0.31	0.69
รูปทรงเอียงสอบลงไปยังฐานอาคาร (SlopeDown)	0.74	1.00	0.31	0.69
รูปทรงโค้งเว้าเข้า (CurvedIn)	0.72	1.00	0.30	0.70
รูปทรงโค้งเว้าออก (CurvedOut)	0.75	1.00	0.36	0.64
ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability; DGP)				
ค่าการสะท้อนแสงของกระจก	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด	ค่าพิสัย
VLR 5%	0.73	1.00	0.30	0.70
VLR 10%	0.74	1.00	0.31	0.69
VLR 15%	0.74	1.00	0.32	0.68
VLR 20%	0.75	1.00	0.33	0.67
VLR 25%	0.75	1.00	0.34	0.66
VLR 27%	0.75	1.00	0.34	0.66

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของ DGP แบ่งตามประเภทของรูปทรง และค่าการสะท้อนแสงของกระจกอาคาร ที่เกิดขึ้นในมุมมองทั้ง 5

	ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability; DGP)				
ลักษณะรูปทรงอาคาร ในการศึกษา	มุมมอง (View type)				
รูปทรงอาคาร	View type 1: Direct Sun	View type 2: Silhouette	View type 3: Off - frame	View type 4: No Sun	View type 5: Reflect
รูปทรงเหลี่ยม (Box)	1.00	0.58	0.58	0.48	0.91
รูปทรงเอียงสอปขึ้นไปยังยอด อาคาร (SlopeUp)	1.00	0.61	0.58	0.51	0.91
รูปทรงเอียงสอปลงไปยังฐาน อาคาร (SlopeDown)	1.00	0.58	0.58	0.49	0.83
รูปทรงโค้งเว้าเข้า (CurvedIn)	1.00	0.56	0.57	0.47	0.67
รูปทรงโค้งเว้าออก (CurvedOut)	1.00	0.57	0.61	0.57	0.58
	ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ (Daylight Glare Probability; DGP)				
ค่าการสะท้อนแสงของกระจก ในการศึกษา	มุมมอง (View type)				
ค่าการสะท้อนแสงของกระจก	View type 1: Direct Sun	View type 2: Silhouette	View type 3: Off - frame	View type 4: No Sun	View type 5: Reflect
VLR 5%	1.00	0.57	0.57	0.48	0.66
VLR 10%	1.00	0.58	0.58	0.50	0.77
VLR 15%	1.00	0.58	0.58	0.50	0.80
VLR 20%	1.00	0.58	0.59	0.51	0.81
VLR 25%	1.00	0.59	0.59	0.51	0.82
VLR 27%	1.00	0.59	0.60	0.52	0.82



ภาพที่ 12 ผลของการติดตั้งแผงบังแดดที่ช่วยลดการสะท้อนแสงแสดงด้วยค่า DGP ที่ลดลงจาก 1.0 ลงมาที่ 0.52

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจำลองอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Box) ที่ใช้กระจกที่มีค่าการสะท้อนแสง 15% ปิดเต็มทั้งผนังอาคาร เทียบกับอาคารเดียวกันที่ติดตั้งแผงกันแดดแนวนอนที่มีความลึกตั้งแต่ 0.80 เมตร ถึง 1.60 เมตร ผลการจำลองในวันที่ 21 มิถุนายน มุมมองจากพื้นเงยขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 12 พบว่าจากเดิมที่มองเห็นเงาสะท้อนของดวงอาทิตย์เต็มดวงบนผนังอาคาร ที่ทำให้ได้ค่า DGP เท่ากับ 1.0 หรือ 100% การติดตั้งแผงบังแดดดังกล่าวได้ทำให้ค่า DGP สามารถลดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ จาก 1.0 ลงมาที่ 0.52 ซึ่งหมายความว่า การติดตั้งแผงบังแดดลึก 0.80 เมตรบนผนังกระจกอาคาร สามารถลดความรู้สึกไม่สบายจากการมองเห็นแสงสะท้อนของดวงอาทิตย์ได้ ซึ่งต้องทำการศึกษาในรายละเอียดสำหรับทิศทางและช่วงเวลาต่าง ๆ ต่อไป

สรุปผลการศึกษา

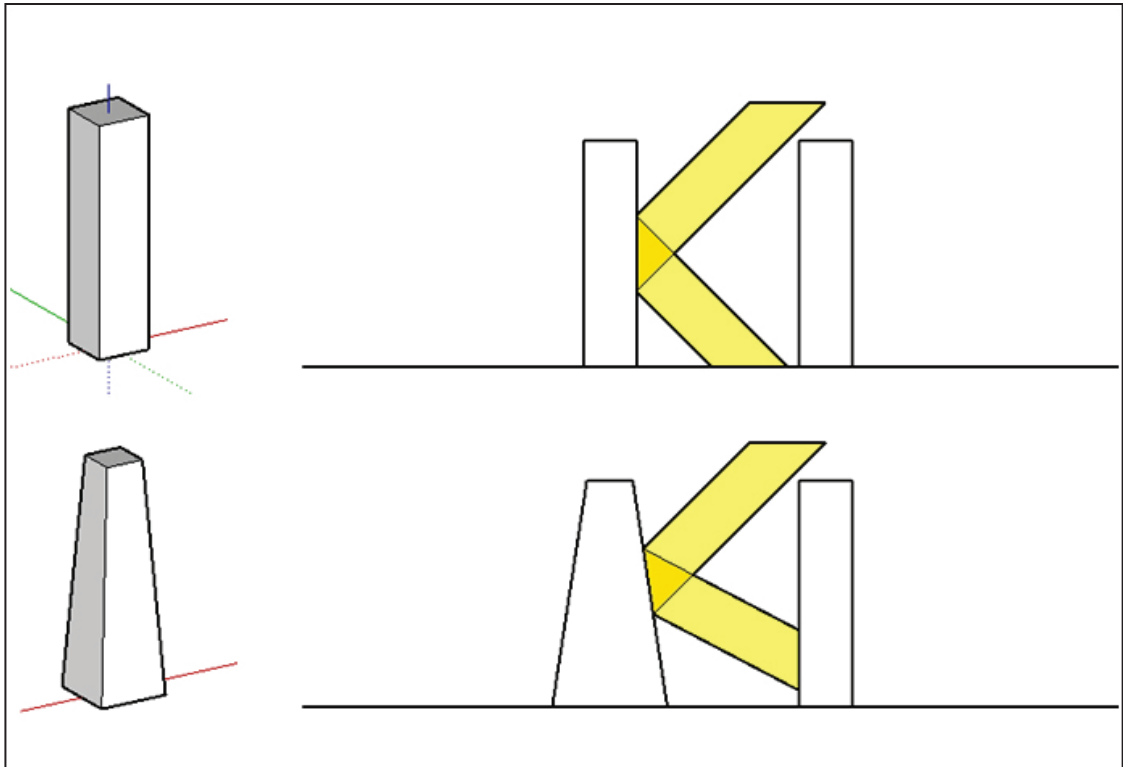
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนแสงของกระจกเปลือกอาคารต่อความรู้สึกไม่สบายจากระดับแสงบาดตาของผู้ที่ได้รับผลกระทบโดยรอบของอาคาร ตัวแปรที่สำคัญของการทดลองคือ รูปทรงอาคาร และค่าการสะท้อนแสงของกระจก กำหนดให้อาคารที่ทำการศึกษามีรูปทรงหลัก 5 รูปทรง และเลือกใช้ผนังกระจกที่

มีค่าการสะท้อนแสง 5 ค่า ได้แก่ 5%, 10%, 15%, 20% และ 27% นำมาจำลองผลด้วยโปรแกรม Rhinoceros โปรแกรมเสริม Grasshopper – DIVA เพื่อประเมินระดับความส่องสว่าง และค่าความน่าจะเป็นของการเกิดแสงบาดตาจากแสงธรรมชาติ หรือ Daylight Glare Probability (DGP) ทำการจำลองทั้งสิ้น 5,400 กรณี ตามทิศทางแสงอาทิตย์ของวันสำคัญในหนึ่งปี ครอบคลุมระยะเวลาเช้า กลางวัน และบ่าย ผลการจำลองระดับค่าการส่องสว่างบนพื้นที่ใกล้เคียงกันเนื่องมาจากแสงสะท้อนจากตัวอาคาร ได้ถูกนำมาใช้กำหนดเป็นจุดมองของผู้สังเกตเห็นตัวอาคารและดวงอาทิตย์ที่ระดับพื้นและระดับความสูง 60 เมตรจากพื้น เมื่อทำการจำลองได้พบว่ามีค่า DGP จะขึ้นอยู่กับลักษณะของกรอบมุมมองที่สายตามองเห็นอาคารและท้องฟ้าพื้นหลังอาคารเป็นสำคัญ ทำให้ต้องแยกแยะลักษณะมุมมอง หรือ view type เป็น 5 รูปแบบ

จากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย DGP ของแต่ละมุมมองพบว่า หากมุมมองใดมองเห็นเงาสะท้อนของดวงอาทิตย์บนผนังอาคาร หรือมองเห็นดวงอาทิตย์อยู่บนท้องฟ้าพื้นหลังของอาคาร ไม่ว่าจะเป็นรูปทรงอาคารใด ๆ หรือกระจกมีค่าการสะท้อนแสงเท่าใด ก็ไม่สามารถทำให้ค่า DGP อยู่ในระดับต่ำเพียงพอที่จะไม่เกิดแสงบาดตาได้ การกำหนดค่าการสะท้อนแสงของกระจกให้ไม่เกิน 15% ตามข้อกำหนดการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมและตามเกณฑ์อาคารเขียว TREES โดยสถาบันอาคารเขียวไทย ซึ่งอาจ

ทำให้เกิดข้อจำกัดต่อการเลือกใช้กระจกที่ช่วยประหยัดพลังงานตามกฎหมายพลังงานฉบับใหม่ จะไม่มีความเหมาะสมเพียงพอ ถ้าหากโครงการก่อสร้างอาคารไม่ได้ทำการประเมินค่า DGP ณ ตำแหน่งที่ได้รับแสงสะท้อนโดยตรงจากอาคาร และหาแนวทางป้องกันหรือบรรเทาผลกระทบจากการสะท้อนแสงตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบสถาปัตยกรรม ด้วยการลดพื้นที่กระจก ด้วยการคั่นแผงกระจกขนาดใหญ่ด้วยแถบผนังทึบ หรือการติดตั้งแผงกันแดดเพิ่มเติม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่ออาคารมีรูปทรงแบบโค้งงอ (รูปทรง CurvedIN) ที่เกิดการรวมแสงไปยังจุดโฟกัสของแสง ณ ตำแหน่งหนึ่ง ๆ (อย่างเช่นกรณีของอาคาร Walkie Talkie ในกรุงลอนดอน) หรืออาคารกระจกสูงที่มีรูปทรงเอียงสอปขึ้นไปยังยอดอาคาร (รูปทรง SlopeUP) ดังภาพที่ 13 ที่จะสามารถสร้างระดับของแสงบาดตาได้ยิ่งขึ้น เพราะองศาของการสะท้อนมีโอกาที่จะพุ่งเข้าสู่สายตาของผู้อยู่อาศัยในอาคารข้างเคียงทำให้ระดับความรุนแรงของแสงบาดตามีสูงขึ้น

ผู้วิจัยเสนอแนะว่า เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาจากการฟ้องร้องคดีความระหว่างกันหลังอาคารสร้างแล้วเสร็จ ควรต้องมีประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการสะท้อนแสงตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบรูปทรงสถาปัตยกรรม และการเลือกใช้กระจกชนิดต่าง ๆ โดยพิจารณาเป็นแต่ละกรณีไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับอาคารที่มีการออกแบบรูปทรงแบบ CurvedIN หรือ SlopeUP ที่มีการใช้กระจกอาคารต่อเนื่องเป็นผืนใหญ่ โดยไม่มีการใช้แผงบังแดดยื่นลดการสะท้อนแสง โดยเสนอแนะให้ทำการประเมินทิศทางแสง เพื่อกำหนดตำแหน่งของจุดที่จะได้รับผลกระทบรุนแรงก่อน ด้วยการจำลองมุมตกและมุมสะท้อนของรังสีอาทิตย์ แล้วจึงทำการประเมินค่า DGP จากตำแหน่งนั้น เพื่อหาทางลดผลกระทบด้วยมาตรการต่าง ๆ โดยระดับของค่า DGP ที่ยอมรับได้ยังอาจต้องทำการศึกษาวิจัยต่อไปว่าจะกำหนดที่ค่าที่น้อยกว่า 0.35 ตาม



ภาพที่ 13 ลักษณะการสะท้อนแสงสู่อาคารข้างเคียงของรูปทรงอาคารที่สอปขึ้นไปยังยอดอาคาร

มาตรฐานนานาชาติ หรือสามารถสูงได้กว่านั้น ทั้งนี้เพราะงานวิจัยเพื่อกำหนดค่า DGP ที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่ได้รับแสงอาทิตย์ตรงเข้าสู่สายตาของผู้สังเกตการณ์ยังมีการวิจัยพัฒนาอยู่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งงานวิจัยของ Konstantzos et.al (2015) และ Wienold (2007) ได้ให้ข้อสังเกตว่าสูตรการคำนวณ DGP อาจจะทำให้ค่าที่สูงเกินไปในสถานการณ์ที่กรอบมุมมองมีแสงอาทิตย์ตรง หรือแสงอาทิตย์สะท้อนพุ่งตรงเข้าสู่สายตาของผู้มอง ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

ทัชชา อังกะนัทรขจร และ อรรจน์ เศรษฐบุตร. (2562, กรกฎาคม). แนวทางในการออกแบบเพื่อลดผลกระทบจากการสะท้อนแสงของเปลือกอาคาร. *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ BERAC ครั้งที่ 6*, คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

มติชนออนไลน์. (2559). *ภูิกาวบ้าน: ปลุกตึกสูงติดกระจก ระวังต้องจ่ายให้เพื่อนบ้าน!!*. สืบค้นเมื่อ 13 กุมภาพันธ์ 2565, จาก https://www.matichon.co.th/matichon-tv/news_157472

สถาบันอาคารเขียวไทย. (2559). *คู่มือเกณฑ์การประเมินความยั่งยืนทางพลังงานและสิ่งแวดล้อมไทยสำหรับการก่อสร้างและปรับปรุงโครงการใหม่*. กรุงเทพฯ: สถาบันอาคารเขียวไทย.

Bodart, M., & Cauwerts, C. (2017). *Assessing daylight luminance values and daylight glare probability in scale models*. *Building and Environment*, 113, 210-219.

Chaloeytoy, K., Ichinose, M., & Chien, S. C. (2020). Determination of the Simplified Daylight Glare Probability (DGPs) criteria for daylit office spaces in Thailand. *Buildings*, 10, 180. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/buildings10100180>.

Dwyer, C. (2017). *Solar glare: Guidelines and best practice for assessing solar glare in the City of London* (Planning advice note). London: The City of London.

Hirning, M. B., Isoardi, G. L., Coyne, S., Garcia Hansen, V. R., & Cowling, I. (2015). Post occupancy evaluations relating to discomfort glare: A study of green buildings in Brisbane. *Building and Environment*, 59, 349-357.

IWBI. (2022). *WELL building standard*. New York: International WELL Building Institute. Retrieved from <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/>

Konstantzos, I., Tzempelikos, A., & Chan, Y. C. (2015). Experimental and simulation analysis of daylight glare probability in offices with dynamic window shades. *Building and Environment*, 87, 244-254.

Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2012). Daylighting metrics: Is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? In *Proceedings of the 1st Building Simulation and Optimization Conference* (pp.10-15). Loughborough: Loughborough University.

Timeless Travel Steps. (2020). *What went wrong with the Walkie Talkie Building*. Retrieved 2022, February 13, from <https://timelesstravelsteps.com/2020/01/29/what-went-wrong-with-the-walkie-talkie-building/>

Tyukhova, Y. (2015). *Discomfort glare from small, high luminance light sources in outdoor nighttime environments*. (Dissertation, University of Nebraska, Lincoln).

USGBC. (2013). *LEED version 4 reference guide*. Washington, DC: United States Green Building Council.

VELUX. (2020). *Guide to daylighting and EN 17037* (White paper). Horsholm: VELUX Commercial.

Wienold, J. (2007). Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis. In *Proceedings of IBPSA 2007 Conference* (pp. 1197-204). Beijing, China.

Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), 743-757.