การประเมินประสิทธิผลของเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารของประเทศไทยภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ

Evaluation of the Effectiveness of Thailand's Building Energy Consumption Criteria under Climate Change Scenario

รับบทความ	17/02/2568
แก้ไขบทความ	26/03/2568
ยอมรับบทความ	11/04/2568

พีรพัฒน์ หริเลิศรัฐ* อรรจน์ เศรษฐบุตร สริน พินิจ
ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Peerapat Harileartrat, Atch Sreshthaputra, Sarin Pinich
Department of Architecture, Faculty of Architecture, Chulalongkorn University
6770033125@student.chula.ac.th, Atch.s@chula.ac.th, Sarin.pi@chula.ac.th
*ผู้ประพันธ์บรรณกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการประเมินประสิทธิภาพของเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารที่ระบุในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ฉบับ พ.ศ. 2554–2573 (EEP 2011) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศด้วยวิธีการจำลองพลังงาน โดยประเมินผ่านการวิเคราะห์การใช้แนวโน้มการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นและการใช้พลังงานรวม และเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้งานอาคารตามเกณฑ์การใช้พลังงานดังกล่าวกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi โดยมีอาคารสำนักงานเป็นกรณีศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า เกณฑ์การใช้พลังงานดังกล่าวสามารถลดการใช้พลังงานรวมของอาคารลงได้เป็นสัดส่วน 24.52%, 30.69%, 50.76%, และ 65% ในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2030, ค.ศ. 2040, และ ค.ศ. 2050 เทียบจากการใช้พลังงานรวมในปี ค.ศ. 2010 ตามลำดับ แต่ยังไม่สามารถทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้งานอาคารเป็นไปตามแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยการใช้พลังงานจากแหล่งอื่น ๆ เช่น การติดตั้งโซล่าเซลล์ ซึ่งจากการวิจัยพบว่า หากชดเชยการใช้พลังงานด้วยโซล่าเซลล์ อาคารจะต้องมีการติดตั้งในปริมาณ 9.24 MW, 9.44 MW, 6.92 MW, และ 5.13 MW ในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2030, ค.ศ. 2040, และ ค.ศ. 2050 ตามลำดับ จึงจะสามารถทำให้การปล่อยคาร์บอนเป็นไปตามแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลได้

***คำสำคัญ**: การปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ อาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ ภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ เกณฑ์การใช้พลังงานของอาคาร แผนอนุรักษ์พลังงาน*

Abstract

This research aimed to evaluate the efficiency of energy consumption criteria in buildings, which were used in the 20-year energy efficiency plan 2011–2030 (EEP 2011) under climate change, using an energy simulation method. The assessment was conducted by analyzing energy consumption trends for cooling and total energy consumption and comparing carbon emissions from building use according to the energy consumption criteria with the in–use operational emissions pathway according to the SBTi taxonomy, with office buildings as a case study.

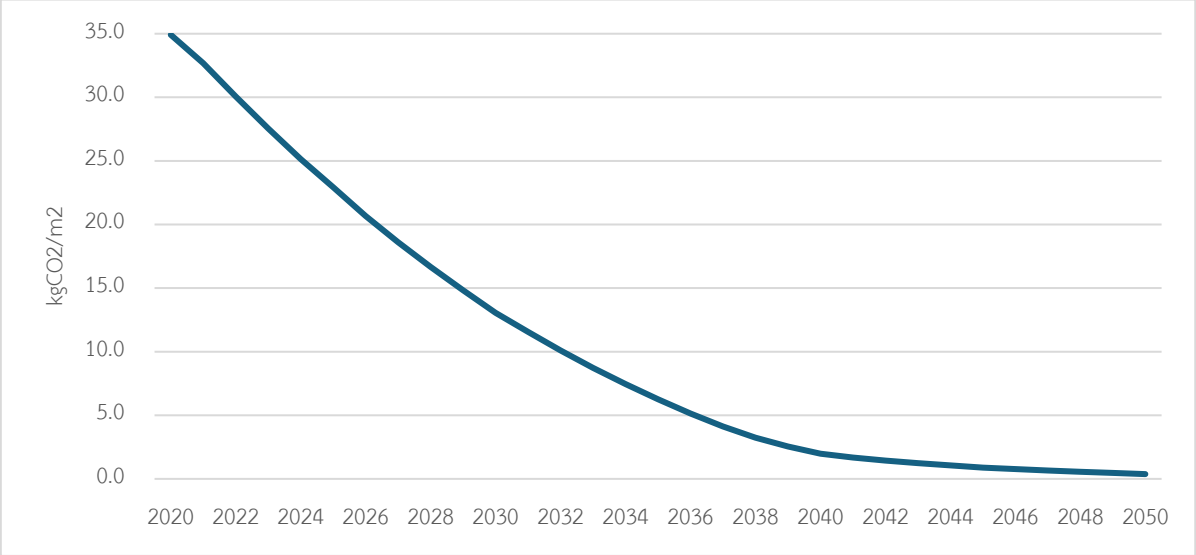
The research results showed that the energy consumption criteria reduced the total energy consumption of buildings by 24.52%, 30.69%, 50.76%, and 65% in 2020, 2030, 2040, and 2050, respectively, compared to the total energy consumption in 2010, but it still could not make the amount of carbon emissions from building use comply with the international carbon emission guidelines. Therefore, it was necessary to compensate for energy use from other sources, such as installing solar cells. The research found that if solar PV offset energy consumption, it required 9.24 MW, 9.44 MW, 6.92 MW, and 5.13 MW installations in 2020, 2030, 2040, and 2050, respectively, to meet the emissions pathway.

***Keywords**: net zero carbon emissions, net zero energy buildings, climate change, energy consumption criteria, energy efficiency plan*

บทนำ

ในปัจจุบันภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก หลายประเทศรวมถึงประเทศไทยจึงได้ให้สัตยาบันในการประชุม COP26 เพื่อตั้งเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ (net zero) ภายในปี ค.ศ. 2050 เพื่อให้อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกไม่สูงขึ้นไปเกินกว่า 1.5°C (United Nations, 2021)

เป้าหมายดังกล่าวส่งผลให้หน่วยงาน The Science Based Target Institute (SBTi) ซึ่งเป็นหน่วยงานที่ศึกษาและพัฒนาแนวทางการปล่อยคาร์บอน เพื่อบรรลุเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2050 ได้กำหนดแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลจากการใช้งานอาคาร (in–use operational emissions pathway) ไว้ในอนุกรมวิธานของ SBTi (SBTi, 2024) ซึ่งอ้างอิงจากผลการศึกษาของ Carbon Risk Real Estate Monitor (CRREM) (CRREM, 2022) โดยแนวทางดังกล่าวได้กำหนดปริมาณการปล่อยคาร์บอนสุทธิต่อตารางเมตร จากการใช้งานอาคารที่สามารถบรรลุเป้าหมายการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 ได้ ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 แนวทางสากลสำหรับการปล่อยคาร์บอนจากการใช้งานอาคาร (ที่มา: From global emission budgets to decarbonization pathways at property level by CRREM, 2022. (https://www.crrem.eu/wp-content/uploads/2023/01/CRREM-downscaling-documentation-and-assessment-methodology_Update-V2_V1.0-11-01-23.pdf))

สำหรับประเทศไทย การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) ได้ระบุเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารเพื่อบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (net zero energy building) ภายในปี ค.ศ. 2030 โดยค่าพารามิเตอร์ที่ระบุในเกณฑ์ดังกล่าวเป็นค่าที่คาดการณ์ว่า จะสามารถทำให้บรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2030 ได้ ซึ่งสร้างขึ้นจากการจำลองพลังงาน โดยมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานรวมในอาคาร ซึ่งได้แก่ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมผ่านเปลือกอาคาร (Overall Thermal Transfer Value: OTTV) ค่าการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคา (Roof Thermal Transfer Value: RTTV) ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างต่อตารางเมตร (Lighting Power Density: LPD) และค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance: CoP)

การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) ระบุเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารโดยแบ่งเกณฑ์เป็น 5 ระดับตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร ซึ่ง ได้แก่ BASE, CODE, HEPS, ECON, และ NZEB โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

- Base level (BASE) หมายถึง ระดับประสิทธิภาพที่ใช้พลังงานตามค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานของอาคาร ที่มีอยู่ในฐานข้อมูลรายงานการตรวจสอบพลังงานของกระทรวงพลังงาน

- Building energy code level (CODE) หมายถึง ระดับการประสิทธิภาพอาคารที่เป็นไปตามข้อบังคับมาตรฐานการใช้พลังงานขั้นต่ำของอาคารในกฎหมาย ระดับนี้คาดว่า จะสามารถลดพลังงานได้ 22% จากระดับ BASE
- High Energy Performance Standards level (HEPS) หมายถึง ระดับประสิทธิภาพอาคารขั้นสูง ซึ่งเป็นเป้าหมายที่สามารถบรรลุด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันได้ ระดับนี้คาดว่า จะสามารถลดการใช้พลังงานได้ 36 % จากระดับ BASE
- Economic building level (ECON) หมายถึง ระดับประสิทธิภาพอาคารที่มีเป้าหมายในอนาคตอันใกล้เมื่อมีการพัฒนาเทคโนโลยีของอุปกรณ์ระบบต่าง ๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แต่ยังมีความคุ้มค่าในการลงทุน ระดับนี้คาดว่า จะสามารถลดการใช้พลังงานได้ 63 % จากระดับ BASE
- Net Zero Energy Building level (NZEB) หมายถึง ระดับประสิทธิภาพอาคารที่มีเป้าหมายไม่พึ่งพลังงานจากภายนอก เนื่องจากความต้องการพลังงานของอาคารที่ต่ำมากและยังมีการผลิตพลังงานเพื่อใช้กับอาคารเองร่วมด้วย หากไม่มีการผลิตพลังงานเพื่อใช้กับอาคาร ประสิทธิภาพอาคารในระดับนี้คาดว่า จะสามารถลดการใช้พลังงานจากระดับ BASE ได้ 75 % และหากมีการผลิตพลังงานเพื่อใช้กับอาคาร คาดว่า จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ 89% จากระดับ BASE

ปัจจุบัน เกณฑ์ดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้ในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ฉบับ พ.ศ. 2554–2573 ของประเทศไทย (EEP 2011) (กระทรวงพลังงาน, 2554) จึงกล่าวได้ว่า เกณฑ์การใช้พลังงานนี้มีความน่าเชื่อถือ แต่อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาของ การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) ไม่ได้กล่าวถึงปัจจัยการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ (climate change) ซึ่งเป็นปัจจัยที่อาจส่งผลให้การใช้พลังงานรวมของอาคารในอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอากาศ (ณัฏฐา ตระกูลไทย, 2558; อภิญญา เวชกามา และคณะ, 2566) ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงต้องการประเมินประสิทธิภาพเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารจากการศึกษาของการันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ด้วยวิธีการจำลองพลังงานโดยใช้แบบจำลองสภาพอากาศ (weather file) ที่มีการจำลองการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ ซึ่งสร้างด้วยโปรแกรม CCWorldWeatherGen (Jentsch et al., 2013) และวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็น (cooling energy) และการใช้พลังงานรวมของอาคาร รวมถึงวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรจากการใช้พลังงานของอาคารตามเกณฑ์ดังกล่าวเทียบกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi โดยเลือกอาคารสำนักงานเป็นกรณีศึกษา

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร

การเปลี่ยนแปลงของสภาวะอากาศส่งผลต่อการใช้พลังงานทั่วโลก โดยการใช้พลังงานเพื่อทำความร้อนในอาคาร (heating energy) มีแนวโน้มที่ลดลง ในขณะที่การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิโลกที่สูงขึ้นในอนาคต (Albatayneh et al., 2024; Bazazzadeh et al., 2021; Xiong et al., 2023) ดังนั้นการจำลองพลังงานด้วยแบบจำลองสภาพอากาศที่สอดคล้องกับสภาวะอากาศในช่วงเวลาที่ศึกษาจึงมีความสำคัญ เพื่อให้ผลการจำลองมีความแม่นยำ และสอดคล้องกับสภาพอากาศในช่วงเวลาที่ศึกษา

สำหรับประเทศไทย งานวิจัยของณัฏฐา ตระกูลไทย (2558) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและแนวโน้มของการใช้พลังงานรวมของอาคารประเภทต่าง ๆ หากใช้สมมติฐานของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่ส่งผลให้กรุงเทพมหานคร มีลักษณะร้อนขึ้นใน ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2050, และ ค.ศ. 2080 จะพบว่า อาคารมีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากอาคารใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นมากขึ้น เช่น ในอาคารสำนักงานจะมีการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน 4%, 9%, และ 17% ในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2050, และ ค.ศ. 2080 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 1990 ส่งผลให้การใช้พลังงานรวมในอาคารสำนักงานเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วน 2%, 5%, และ 8% เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 1990 ตามลำดับ

งานวิจัยของ อภิญญา เวชกามา และคณะ (2566) ศึกษาการใช้พลังงานตลอด 60 ปี ในอาคารชุดพักอาศัยโดยใช้สมมติฐานของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศของกรุงเทพมหานครที่มีลักษณะร้อนขึ้นใน ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2050, และ ค.ศ. 2080 ผลการวิจัยระบุว่า อาคารชุดพักอาศัยมีแนวโน้มการใช้พลังงานรวมสูงขึ้นเป็นสัดส่วน 45%, 71%, และ 106% เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 1990 ตามลำดับ โดยสัดส่วนการใช้พลังงานที่มากที่สุดคือการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็น

งานวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า แบบจำลองสภาพอากาศมีความสำคัญและส่งผลต่อความแม่นยำในการจำลองการใช้พลังงานของอาคารในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นการจำลองพลังงานภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ จำเป็นที่จะต้องใช้แบบจำลองสภาพอากาศที่มีการทำนายถึงการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ เพื่อให้ผลการจำลองมีความแม่นยำมากที่สุด

การสร้างแบบจำลองสภาพอากาศ

วิธีการสร้างแบบจำลองสภาพอากาศที่เป็นที่นิยมมากที่สุด คือ morphing (Belcher et al., 2015) ซึ่งเป็นการสร้างด้วยหลักการทางสถิติ (ณัฏฐา ตระกูลไทย, 2558) ต่อมาเจนท์ช และคณะ (Jentsch et al.) (2013) ได้นำวิธีดังกล่าวมาสร้างเป็นโปรแกรมสร้างไฟล์ข้อมูลอากาศในคอมพิวเตอร์ที่มีชื่อว่า Climate Change World Weather Generator หรือ CCWorldWeatherGen โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองสภาพอากาศได้ทั่วโลก โดยแบบจำลองสภาพอากาศที่ได้ จะมีการทำนายสภาพอากาศภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศด้วยข้อมูล Hadley Centre Coupled Model รูปแบบที่ 3 (HadCM3) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศภายใต้สถานการณ์ A2 ของ IPCC (IPCC, 2000) ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่การปล่อยคาร์บอนมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นสูงที่สุด เนื่องจากไม่มีปัจจัยอื่น ๆ เช่น นโยบาย หรือเทคโนโลยีที่จะเข้ามาช่วยลดปริมาณการปล่อยคาร์บอน ซึ่ง นิยมเรียกสถานการณ์นี้ว่า business as usual (BAU) (PennState, 2025)

โปรแกรม CCWorldWeatherGen สามารถเลือกสร้างแบบจำลองสภาพอากาศได้ 3 ช่วงเวลา ได้แก่ แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2010–2039 (เรียกว่า 2020s) แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2040–2069 (เรียกว่า 2050s) และ แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2070–2099 (เรียกว่า 2080s) ซึ่งแต่ละแบบจำลองสภาพอากาศจะครอบคลุมระยะเวลา 30 ปี (BREEAM, 2025) และจะถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ EPW ซึ่งสามารถใช้กับโปรแกรมจำลองพลังงานได้ เช่น โปรแกรม EnergyPlus (ณัฏฐา ตระกูลไทย, 2558)

งานวิจัยนี้ใช้แบบจำลองสภาพอากาศจากโปรแกรม CCWorldWeatherGen โดยเลือกใช้แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2010–2039 (2020s) และ แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2040–2069 (2050s) เนื่องจากขอบเขตศึกษาที่อยู่ภายใต้เป้าหมายการบรรลุการปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์ภายในปี ค.ศ. 2050 โดยศึกษาภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ A2 ของ IPCC

ผลกระทบของเทคโนโลยีในการออกแบบอาคารต่อการใช้พลังงานรวมของอาคาร

เทคโนโลยีในการออกแบบอาคารในปัจจุบันสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารขนาดใหญ่ลงได้ถึง 50% (Leach, 2010) ดังนั้นการจำลองพลังงานในอาคารควรคำนึงผลกระทบจากเทคโนโลยีการออกแบบอาคาร ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารร่วมด้วย โดยเทคโนโลยีการออกแบบอาคารหลักที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานรวมของอาคารประกอบไปด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และระบบปรับอากาศ และในการจำลองพลังงานค่าพารามิเตอร์ที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีทั้ง 3 ระบบ ประกอบด้วย ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างสูงสุดต่อตารางเมตร (Lighting Power Density: LPD) ค่าการใช้ไฟฟ้าในอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ สูงสุดต่อตารางเมตร (Equipment Power Density: EQD) และค่าสัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ (Coefficient of Performance: CoP) อย่างไรก็ตาม การจำลองพลังงานควรคำนึงถึงประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในแต่ละช่วงเวลาที่ศึกษา (Nichakorn Hengrasmee & Sant Chansomsak, 2019) ดังนั้นการจำลองพลังงานควรปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ซึ่งได้แก่ LPD, EQD, และ COP ให้สอดคล้องกับประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในแต่ละช่วงเวลาเพื่อให้ผลการจำลองพลังงานมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

วิธีดำเนินงานวิจัย

การจำลองพลังงานในงานวิจัยนี้ จัดทำภายใต้สมมติฐาน อาคารจะมีการเพิ่มระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้นทุก 10 ปี โดยอ้างอิงระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานจาก การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) และกำหนดให้ปี ค.ศ. 2010 เป็นปีฐาน (Base level, BASE) สำหรับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอนาคต และปี ค.ศ. 2050 เป็นปีที่จะบรรลุเป้าหมายการเป็นอาคารใช้พลังงานสุทธิเป็นศูนย์ (Net Zero Energy Building level: NZEB)

งานวิจัยนี้เลือกใช้แบบจำลองสภาพอากาศช่วงปี ค.ศ. 2010–2039 (2020s) และ ค.ศ. 2040–2069 (2050s) ซึ่งสร้างจากโปรแกรม CCWorldWeatherGen และตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการออกแบบอาคารให้สอดคล้องกับระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานทุก 10 ปี ตามสมมติฐาน โดยอ้างอิงค่าพารามิเตอร์จาก การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) ดังแสดงในตาราง 1 แต่อย่างไรก็ตาม การจำลองพลังงานในงานวิจัยนี้ ไม่ได้พิจารณาการใช้พลังงานชดเชยจากการใช้โซล่าเซลล์ หรือพลังงานทดแทนอื่น ๆ

ตาราง 1 ข้อมูลการจำลองพลังงาน

ปี	ระดับประสิทธิภาพอาคาร	แบบจำลองอากาศ	LPD [W/m^2]	EQD [W/m^2]	COP
ค.ศ. 2010	BASE	ค.ศ. 2010 - 2039	20.00	45.00	2.21
ค.ศ. 2020	CODE	ค.ศ. 2010 - 2039	10.00	45.00	3.13
ค.ศ. 2030	HEPS	ค.ศ. 2010 - 2039	9.00	45.00	3.64
ค.ศ. 2040	ECON	ค.ศ. 2040 - 2069	6.00	25.00	4.42
ค.ศ. 2050	NZEB	ค.ศ. 2040 - 2069	1.00	20.00	5.98

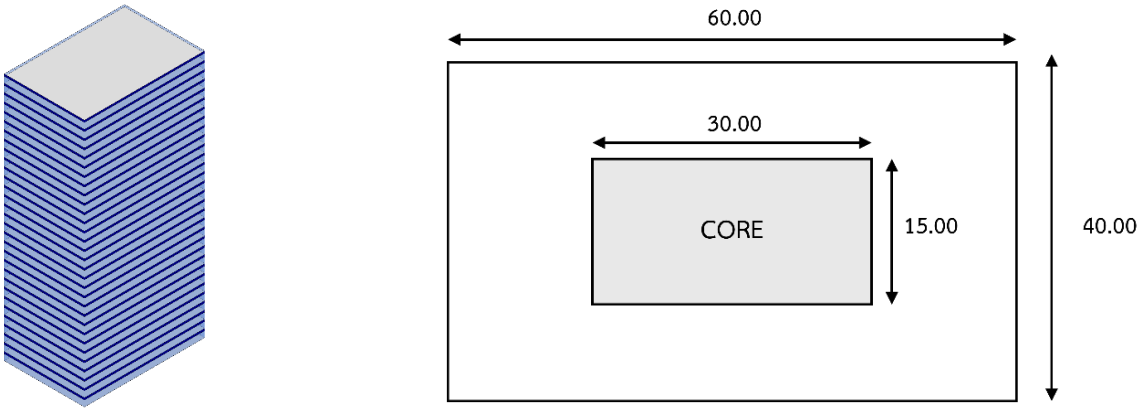
ที่มา: ดัดแปลงจาก Development of energy conservation programs for commercial buildings based on assessed energy saving potentials by Pantong, K., Chirarattananon, S., & Chaiwiwatworakul, P., 2011. Energy Procedia, 9, pp. 70–83. (https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.09.009) และจัดทำใหม่โดย ผู้วิจัย

สำหรับอาคารสำนักงานกรณีศึกษา งานวิจัยนี้เลือกใช้อาคารสำนักงานตัวแทน (generic office) ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลทางกายภาพของอาคารสำนักงานในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 38 อาคารจากเว็บไซต์ Coldwell Banker Richard Ellis (CBRE, 2024), Jones Lang LaSalle (JLL, 2024), และ Office Space Bangkok (Office Space Bangkok, 2024) โดยเลือกเฉพาะอาคารสำนักงานที่มีพื้นที่มากกว่า 10,000 ตารางเมตร และสร้างขึ้นในช่วงปี ค.ศ. 2010–2024 และนำข้อมูลอาคารทั้งหมดมาเฉลี่ยเพื่อสร้างเป็นอาคารสำนักงานตัวแทน โดยข้อมูลทางกายภาพและลักษณะของอาคารสำนักงานตัวแทน แสดงในตาราง 2 และภาพ 2

ตาราง 2 ข้อมูลทางกายภาพของอาคารสำนักงานตัวแทน

จำนวนชั้นเฉลี่ย	30	ชั้น
พื้นที่อาคารเฉลี่ย	54,752.25	ตารางเมตร
พื้นที่เปลือกอาคารเฉลี่ย	21,000.00	ตารางเมตร
อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบเฉลี่ย (WWR)	0.80	
พื้นที่ผนังทึบ	4,200.00	ตารางเมตร
พื้นที่กระจก	16,800.00	ตารางเมตร
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ (U_w)	0.47	W/m^{2}K
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก (U_f)	3.00	W/m^{2}K
สัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนจากรังสีอาทิตย์ของกระจก (SHGC)	0.20	
ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (SC)	1	
ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของเปลือกอาคาร (OTTV)	49.50	W/m^2
ระบบปรับอากาศ	Water cooled chiller	

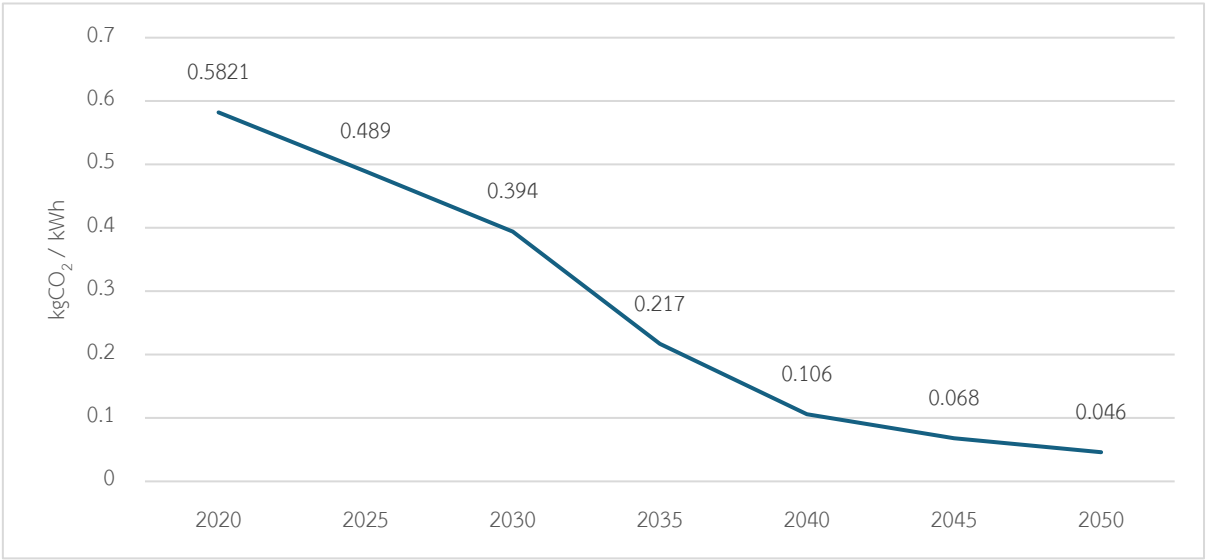
ที่มา: รวบรวมโดย ผู้วิจัย



ภาพ 2 อาคารสำนักงานตัวแทน

ที่มา: รวบรวมโดย ผู้วิจัย

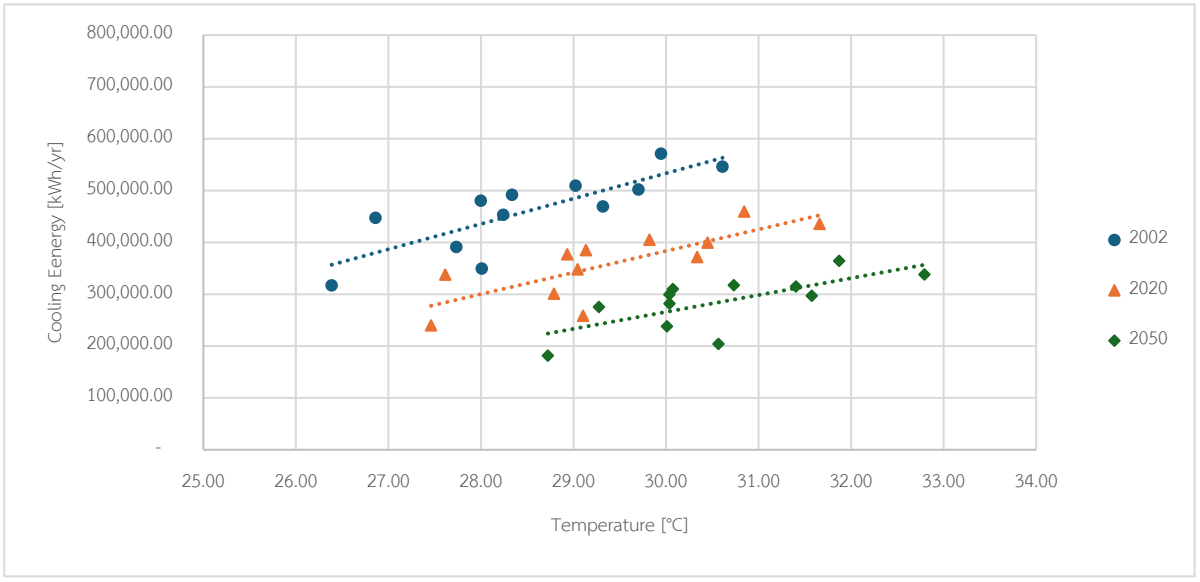
การประเมินประสิทธิภาพของเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารตาม การันต์ ปานทอง และคณะ (Karun Pantong et al.) (2011) จะประเมินผ่านการวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็น (cooling energy) และการใช้พลังงานรวมของอาคารที่จะเกิดขึ้นในอนาคตว่าสามารถลดปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรให้สอดคล้องกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสุทธิสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi ได้หรือไม่ โดยการคำนวณปริมาณคาร์บอนที่เกิดจากการใช้งานอาคารจะใช้ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยคาร์บอน (Emissions Factor: EF) จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในระดับภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิค ซึ่งได้จากการศึกษาของบริษัทวิจัยด้านการวิเคราะห์และคาดการณ์ปัญหาด้านพลังงาน และสภาพภูมิอากาศ Enerdata เนื่องจากการศึกษาดังกล่าวมีการทำนายค่า EF จากการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2000–2050 ซึ่งครอบคลุมระยะเวลาที่งานวิจัยนี้ทำการศึกษา (ค.ศ. 2010–2050) ในขณะที่ข้อมูลค่า EF จากการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศไทย ซึ่งรวบรวมโดยกระทรวงพลังงาน มีข้อมูลช่วงปี ค.ศ. 2013–2024 เท่านั้น (CEIC, 2025) โดย Enerdata (2025) ระบุว่า ในปี ค.ศ. 2020 จะมีค่าการปล่อยคาร์บอนจากการใช้ไฟฟ้าในภูมิภาคเอเชีย-แปซิฟิกอยู่ที่ 0.5821 $kgCO_2$ / kWh และมีแนวโน้มลดลงไปจนถึงปี ค.ศ. 2050 ซึ่งมีค่าเพียง 0.046 $kgCO_2$ / kWh ดังแสดงในภาพ 3



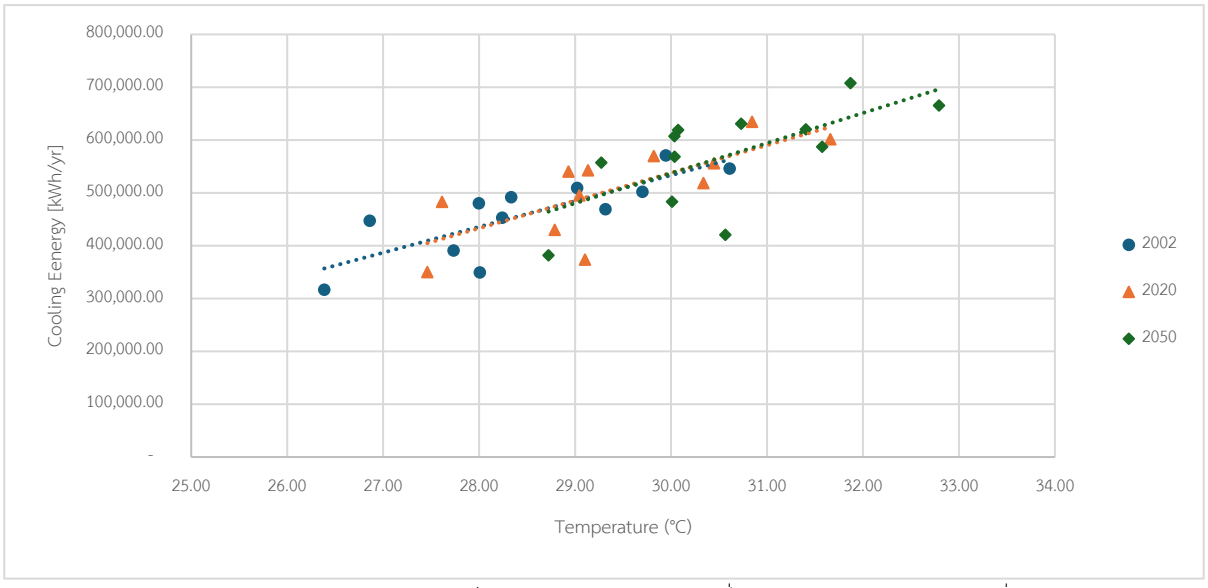
ภาพ 3 ค่า Carbon emissions factor ช่วงปี ค.ศ. 2020 จนถึงปี ค.ศ. 2050 (ที่มา: CO2 intensity of electricity generation by Enerdata, 2025. (https://eneroutlook.enerdata.net/forecast-world-co2-intensity-of-electricity-generation.html))

ผลการศึกษา

การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นโดยทั่วไปจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหากสภาพอากาศมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น (ณัฏฐา ตระกูลไทย, 2558) แต่จากการวิจัย พบว่า เมื่อมีการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นตามอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ปริมาณการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นจะมีแนวโน้มที่ลดลง ดังแสดงในภาพ 4 และเมื่อเทียบกับการใช้เครื่องปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพเท่าเดิมตลอด 50 ปี พบว่า หากไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพ 5 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ณัฏฐา ตระกูลไทย (2558) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า หากต้องการลดการใช้พลังงานในอาคารสำนักงานในอนาคต อาคารควรมีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ตามอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นในแต่ละช่วงเวลา

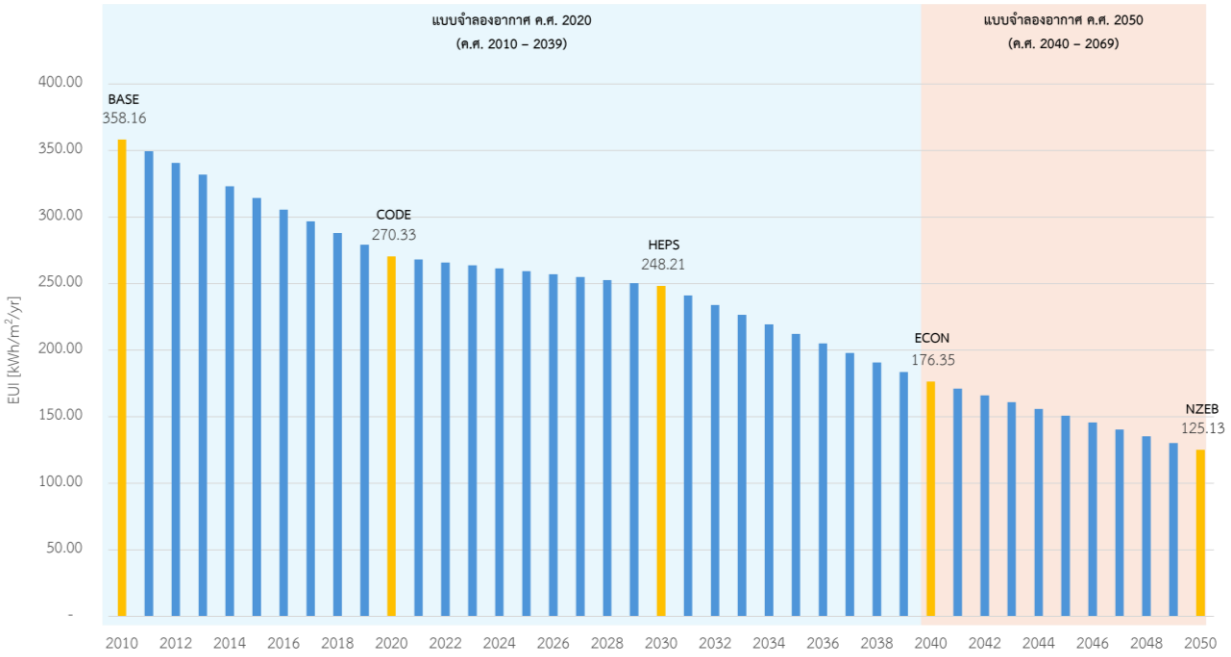


ภาพ 4 ความสัมพันธ์ของพลังงานทำความเย็นและอุณหภูมิอากาศในกรณีที่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้นตามอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นในอนาคต ที่มา: จัดทำโดย ผู้วิจัย



ภาพ 5 ความสัมพันธ์ของพลังงานทำความเย็นและอุณหภูมิอากาศในกรณีที่ไม่มีการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศตลอด 50 ปี ที่มา: จัดทำโดย ผู้วิจัย

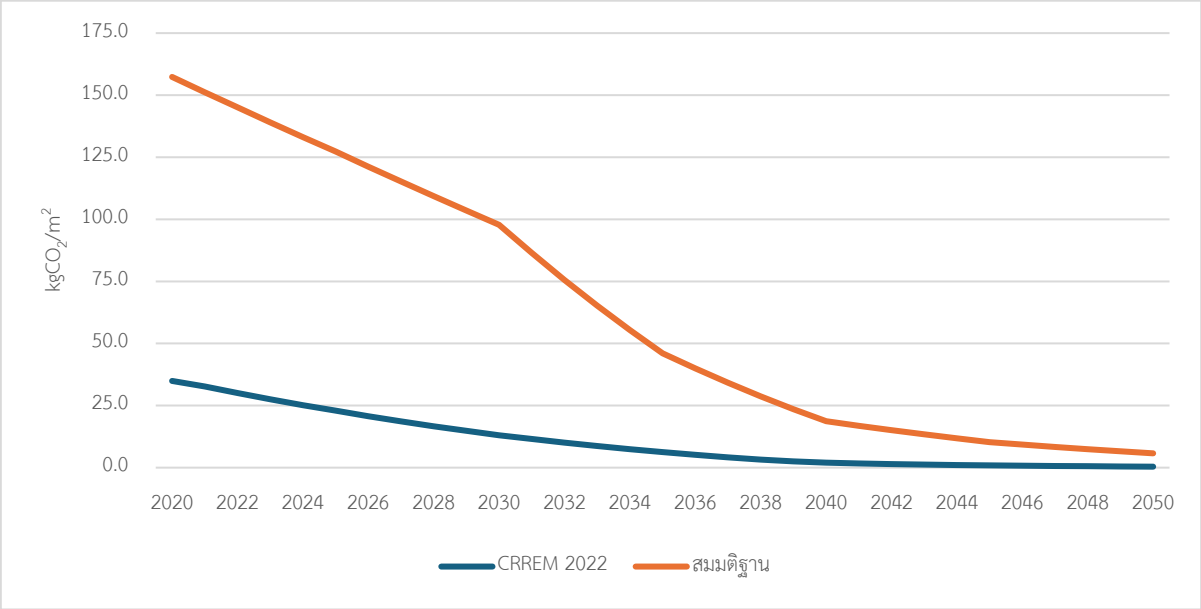
เมื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานตัวแทนช่วงปี ค.ศ. 2010–2050 ตามเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารของ การันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) ภายใต้สมมติฐาน อาคารจะมีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทุก 10 ปี พบว่า การใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง แม้อุณหภูมิอากาศในอนาคตจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น (ณัฏฐา ตระกูลไทย, 2558) ดังแสดงในภาพ 6 ผลการวิจัยนี้จึงชี้ให้เห็นว่า เกณฑ์การใช้พลังงานของ การันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) มีประสิทธิภาพในการลดการใช้พลังงานรวมของอาคารภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2030, ค.ศ. 2040, และ ค.ศ. 2050 อาคารสำนักงานตัวแทนจะมีการใช้พลังงานรวมลดลงเป็นสัดส่วน 24.52%, 30.69%, 50.76%, และ 65% เมื่อเทียบจากการใช้พลังงานรวมในปี ค.ศ. 2010 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการใช้พลังงานรวมดังกล่าวยังไม่ได้พิจารณาการชดเชยพลังงานจากแหล่งต่าง ๆ เช่น การใช้พลังงานจากโซล่าเซลล์



ภาพ 6 การใช้พลังงานรวมของอาคารสำนักงานตัวแทนช่วงปี ค.ศ. 2010 – 2050

ที่มา: จัดทำโดย ผู้วิจัย

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรจากการใช้งานอาคารตามเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารของ การันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) เทียบกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi ในช่วงปี ค.ศ. 2020–2050 ผลการวิจัยพบว่า การปล่อยคาร์บอนจากการใช้พลังงานตามเกณฑ์การใช้พลังงานของ การันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) ยังไม่สอดคล้องกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi และ CRREM (2022) ดังแสดงในภาพ 7



ภาพ 7 ผลการเปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรจากการใช้พลังงานตามเกณฑ์การใช้พลังงานของ Development of energy conservation programs for commercial buildings based on assessed energy saving potentials by Pantong, K., Chirarattananon, S., & Chaiwiwatworakul, P., 2011. Energy Procedia, 9, pp. 70-83. (https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.09.009) กับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ Buildings sector science-based targets explanatory document version 1.0 by SBTi, 2024. (https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Buildings-Sector-Explanatory-Document.pdf); From global emission budgets to decarbonization pathways at property level by CRREM, 2022. (https://www.crrem.eu/wp-content/uploads/2023/01/CRREM-downscaling-documentation-and-assessment-methodology_Update-V2_V1.0-11-01-23.pdf))

ดังนั้นหากต้องการให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนจากการใช้งานอาคารเป็นไปตามที่แนวทางสากลกำหนด อาคาร จำเป็นต้องมีการชดเชยการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น ในกรณีของอาคารสำนักงานตัวแทนที่มีพื้นที่ 54,752.25 ตารางเมตร ภายใต้สมมติฐานอาคารจะมีการเพิ่มระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานทุก 10 ปี หากต้องการชดเชยการใช้พลังงานด้วยการใช้โซล่าเซลล์ โดยกำหนดให้ 1kW ของโซล่าเซลล์สามารถผลิตพลังงานได้ 1,247 kWh ต่อปี (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2016) อาคารจะต้องมีการผลิตไฟฟ้าจากการติดตั้งโซล่าเซลล์ในหน่วยเมกกะวัตต์ (MW) เป็นไปตามตาราง 3 จึงจะสามารถบรรลุแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi และ CRREM (2022) ได้ อย่างไรก็ตามผลการคำนวณปริมาณโซล่าเซลล์ที่ต้องติดตั้ง คิดจากประสิทธิภาพของโซล่าเซลล์ที่ใช้ในปัจจุบัน

ตาราง 3 ข้อมูลปริมาณคาร์บอนที่ต้องมีการชดเชยและปริมาณโซล่าเซลล์ที่ต้องติดตั้ง

ปี	ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อย ($kgCO_2/yr$)	ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยตาม SBTi กำหนด ($kgCO_2/yr$)	ปริมาณคาร์บอนที่ต้องชดเชย ($kgCO_2/yr$)	ปริมาณโซล่าเซลล์ที่ต้องติดตั้ง (MW)
ค.ศ. 2020	8,615,796.27	1,911,719.46	6,704,076.81	9.24
ค.ศ. 2030	4,639,576.39	4,639,576.39	4,639,576.39	9.44
ค.ศ. 2040	914,808.86	914,808.86	914,808.86	6.92
ค.ศ. 2050	294,542.78	294,542.78	294,542.78	5.13

ที่มา: จัดทำโดย ผู้วิจัย

งานวิจัยนี้ต้องการชดเชยการปล่อยคาร์บอนให้เป็นไปตามแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากล ดังนั้นปริมาณคาร์บอนที่ต้องชดเชยจึงคำนวณได้จากผลต่างของปริมาณคาร์บอนที่ปล่อย กับปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยตาม SBTi กำหนด ดัง สมการที่ 1

ปริมาณคาร์บอนที่ต้องชดเชย = ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อย – ปริมาณคาร์บอนที่ปล่อยตาม SBTi กำหนด (1)

สำหรับการคำนวณหาปริมาณคาร์บอนที่โซล่าเซลล์สามารถชดเชยได้ต่อปี สามารถคำนวณได้จากการนำปริมาณไฟฟ้าที่โซล่าเซลล์สามารถผลิตได้ต่อปีในหน่วยกิโลวัตต์ชั่วโมง (kWh) คูณกับค่า EF จากการใช้พลังงานไฟฟ้า ดังสมการที่ 2 โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้โซล่าเซลล์ 1 kW ผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ 1,247 kWh ต่อปี (ชนิกานต์ ยิ้มประยูร, 2016)

ปริมาณคาร์บอนที่โซล่าเซลล์ชดเชยได้ต่อปี = 1,247 x ค่า EF (2)

สำหรับการคำนวณหาปริมาณโซล่าเซลล์ที่ต้องติดตั้งในหน่วยเมกกะวัตต์ (MW) สามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 3

$$\text{ปริมาณโซล่าเซลล์ที่ต้องติดตั้ง} = \frac{(\text{ปริมาณคาร์บอนที่ต้องชดเชยต่อปี} \div \text{ปริมาณคาร์บอนที่โซล่าเซลล์ชดเชยได้ต่อปี})}{1000} \quad (3)$$

อภิปรายและสรุปผล

งานวิจัยนี้ต้องการประเมินประสิทธิภาพเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารของการันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) ซึ่งได้ถูกใช้ในแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ฉบับ พ.ศ. 2554–2573 ภายใต้การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศที่เกิดขึ้นด้วยวิธีจำลองพลังงาน ภายใต้สมมติฐาน อาคารจะมีการเพิ่มระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้สูงขึ้นทุก 10 ปี ซึ่งอ้างอิงระดับประสิทธิภาพการใช้พลังงานและค่าพารามิเตอร์จาก การันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) โดยประเมินผ่านการวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อทำความเย็น แนวโน้มการใช้พลังงานรวมที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรเทียบกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi

ผลการวิจัยพบว่า เกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารของการันต์ ปานทอง และคณะ (Pantong et al.) (2011) สามารถลดการใช้พลังงานรวมของอาคารลงได้ โดยสามารถลดการใช้พลังงานรวมของอาคารภายใต้สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นสัดส่วน 24.52%, 30.69%, 50.76%, และ 65% ในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2030, ค.ศ. 2040, และ ค.ศ. 2050 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรเทียบกับแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลตามอนุกรมวิธานของ SBTi พบว่าเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารดังกล่าว ยังไม่สามารถทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนต่อตารางเมตรเป็นไปตามแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลได้ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการชดเชยการใช้พลังงานจากแหล่งพลังงานอื่น ๆ เช่น ในกรณีอาคารสำนักงานตัวแทนหากต้องการชดเชยการใช้พลังงานโดยใช้โซล่าเซลล์ เพื่อให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนเป็นไปตามแนวทางการปล่อยคาร์บอนสากลจะต้องติดตั้งโซล่าเซลล์ในปริมาณ 9.24 MW, 9.44 MW, 6.92 MW, และ 5.13 MW ในปี ค.ศ. 2020, ค.ศ. 2030, ค.ศ. 2040, และ ค.ศ. 2050 ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยประสิทธิภาพของเปลือกอาคารที่ควรปรับให้สอดคล้องกับแต่ละระดับประสิทธิภาพของอาคาร อันเป็นโอกาสศึกษาต่อไปในอนาคต

บรรณานุกรม

กระทรวงพลังงาน. (2554). *แผนอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2554–2573.* https://infocenter.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER50/DRAWER097/GENERAL/DATA0000/00000016.PDF

ชนิกานต์ ยิ้มประยูร. (2016). บทความปริทรรศน์ : อาคารใช้พลังงานเป็นศูนย์. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies, 13*(2). 1–30. https://www.researchgate.net/publication/367582974_Zero_Energy_Building/fulltext/63d93a2f62d2a24f92e25aff/Zero-Energy-Building.pdf

ณัฏฐา ตระกูลไทย. (2558). *ผลกระทบจากภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานอาคารในเขตร้อนชื้น [*วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์*].* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิญญา เวชกามา, อรรจน์ เศรษฐบุตร, และสริน พินิจ. (2566). ผลกระทบของภาวะอากาศเปลี่ยนแปลงในอนาคตต่อการออกแบบพลังงานหมุนเวียนของอาคารคอนโดมิเนียมพักอาศัยปล่อยคาร์บอนสุทธิเป็นศูนย์. *สาระศาสตร์*, *6*(2), 211–235.

Albatayneh, A., Albadaineh, R., & Juaidi, A. (2024, December). Climate change impacts on residential energy usage in hot semi-arid climate: Jordan case study. *Energy for Sustainable Development*, *83*, 101576. https://doi.org/10.1016/j.esd.2024.101576

Bazazzadeh, H., Pilechiha, P., Nadolny, A., Mahdavinejad, M., & Hashemi safaei, S. S. (2021, July). The impact assessment of climate change on building energy consumption in Poland. *Energies*, *14*(14), 4084. https://doi.org/10.3390/en14144084

Belcher, S., Hacker, J., & Powell, D. (2015). Construction design weather data for future climate. *Building Services Engineering Research and Technology*, *26(*1*)*, 49–61.

BREEAM. (2025). *Weather files–2020s, 2030s, and 2050s - KBCN0842.* https://kb.breeam.com/wp-content/plugins/breeamkb-pdf/pdf/?c=642

CBRE. (2024). *Property search.* https://property.cbre.co.th/property-search

CEIC. (2025). *Thailand Carbon Dioxide emission per electricity generation.* https://www.ceicdata.com/en/thailand/carbon-dioxide-emissions-statistics/carbon-dioxide-emission-per-electricity-generation

CRREM. (2022). *From global emission budgets to decarbonization pathways at property level.* https://www.crrem.eu/wp-content/uploads/2023/01/CRREM-downscaling-documentation-and-assessment-methodology_Update-V2_V1.0-11-01-23.pdf

DesignBuilder. (2025). *About DesignBuilder.* https://designbuilder.co.uk/about-us

Enerdata. (2025). *CO2 intensity of electricity generation.* https://eneroutlook.enerdata.net/forecast-world-co2-intensity-of-electricity-generation.html

Hengrasmee, N. & Chansomsak, S. (2019). Improvability of Thai's building energy code via lighting power density requirements. *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, *16*(2). 199–208. https://doi.org/10.56261/jars.v16i2.162993

IPCC. (2022). *AR6-emissions scenarios*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/emissions_scenarios-1.pdf

IPCC. (2000). *Special report emissions scenario.* https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/sres-en.pdf

Jentsch, M. F., James, P. A. B., Bourikas, L., & Bahaj, A. S. (2013, July). Transforming existing weather data for worldwide locations to enable energy and building performance simulation under future climates. *Renewable Energy*, *55*, 514–524. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.12.049

JLL. (2024). *Thailand Property Search.* https://property.jll.co.th/en-th

Leach, M. (2010). *Technical support document: Strategies for 50% energy savings in large office buildings.* NREL. https://research-hub.nrel.gov/en/persons/matt-leach

Office Space Bangkok. (2024). *Property search.* https://officespacebangkok.com/

Pantong, K., Chirarattananon, S., & Chaiwiwatworakul, P. (2011). Development of energy conservation programs for commercial buildings based on assessed energy saving potentials. *Energy Procedia*, *9*, 70–83. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.09.009

PennState. (2025). *Temperature.* https://www.e-education.psu.edu/earth103/node/1015

SBTi. (2024). *Buildings sector science-based targets explanatory document version 1.0.* https://sciencebasedtargets.org/resources/files/SBTi-Buildings-Sector-Explanatory-Document.pdf

United Nations. (2021). *COP26: Together for our planet*. https://www.un.org/en/climatechange/cop26

World Economic Forum. (2022). *This is the next hurdle in the construction industry's race to net-zero.* https://www.weforum.org/stories/2022/09/construction-industry-zero-emissions/#:~:text=Embodied%20carbon:%20construction%20industry's%20biggest,commitments%20and%20take%20immediate%20action

Xiong, J., Guo, S., Wu, Y., Yan, D., Xiao, C., & Lu, X. (2023, April). Predicting the response of heating and cooling demands of residential buildings with various thermal performances in China to climate change. *Energy*, *269*, 126789. https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126789