

Đánh giá tiềm năng ứng dụng các giải pháp năng lượng mặt trời cho một tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu ở Việt Nam

Nguyễn Công Thịnh¹, Nguyễn Đức Lượng^{2,3,*}, Nguyễn Hoàng Hiệp^{2,3}, Vũ Việt Hà²

¹NCS Nhóm chuyên môn Vi khí hậu, Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

²Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

³Nhóm nghiên cứu ReCAS, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TỪ KHOÁ

Tấm pin năng lượng mặt trời
Hệ thống quang điện tích hợp tòa nhà (BIPV)
Các vùng khí hậu
Tòa nhà văn phòng
Mô phỏng năng lượng

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích và đánh giá tiềm năng ứng dụng các giải pháp năng lượng mặt trời (NLMT) (tấm pin NLMT được lắp đặt trên mái và hệ thống quang điện tích hợp tòa nhà (BIPV)) cho một tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu khác nhau ở Việt Nam bao gồm vùng Tây Bắc (vùng I), vùng Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc (vùng II), vùng Đồng bằng Bắc Bộ (vùng III), vùng Bắc Trung Bộ (vùng IV), vùng Nam Trung Bộ (vùng V), vùng Tây Nguyên (vùng VI) và vùng Nam Bộ (vùng VII). Theo đó, cường độ sử dụng năng lượng của tòa nhà văn phòng giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu được đánh giá sử dụng công cụ mô phỏng năng lượng theo các kịch bản khác nhau: kịch bản cơ sở (không ứng dụng giải pháp NLMT) và các kịch bản tiết kiệm năng lượng (có ứng dụng các giải pháp NLMT theo các trường hợp khác nhau). Kết quả mô phỏng năng lượng theo các kịch bản khác nhau nhìn chung cho thấy việc ứng dụng các giải pháp tấm pin NLMT lắp đặt trên mái hoặc BIPV cho tòa nhà văn phòng có tiềm năng sản xuất một lượng điện năng đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng tương đối lớn của tòa nhà văn phòng. Đặc biệt, khi kết hợp sử dụng đồng thời tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV thì mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng rất lớn và trong một số trường hợp lượng điện năng sản xuất được từ các tấm pin NLMT hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu năng lượng của tòa nhà văn phòng. Khi xem xét các vùng khí hậu khác nhau, kết quả mô phỏng năng lượng cho thấy mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng ứng dụng các giải pháp tấm pin NLMT lắp đặt trên mái hoặc BIPV cũng có sự khác nhau và một trong những nguyên nhân là sự khác nhau về tổng số giờ nắng trong năm của các địa phương/vùng khí hậu.

KEYWORDS

Solar panel
Building-integrated photovoltaic (BIPV) system
Climate zones
Office building
Energy simulation

ABSTRACT

This study analyzes and evaluates the potential application of solar energy solutions (roof-mounted solar panels and building-integrated photovoltaic (BIPV) systems) for an office building assumed to be built in 07 different climate zones in Vietnam including the Northwest region (zone I), the Viet Bac midlands - mountains and Northeastern region (zone II), the Northern Delta region (zone III), the North Central region (zone IV), the South Central region (zone V), the Central Highlands region (zone VI) and the Southern region (zone VII). Accordingly, the energy use intensity of the office building constructed in 07 climate zones is evaluated using energy simulation tools under different scenarios: the baseline scenario (without applying solar energy solutions) and energy saving scenarios (with applying solar energy solutions according to different cases). The results of energy simulation under different scenarios generally showed that the application of rooftop solar panel solutions or BIPV for office buildings has the potential to produce a large amount of electricity to meet the energy demand of the office building. Especially, when combining rooftop solar panels and BIPV systems, the energy savings of the office building are very large and in some cases the amount of electricity produced from solar energy solutions completely meets the energy demand of the office building. When considering different climate zones, the results of energy simulations indicated that the energy savings of office buildings applying rooftop solar panel or BIPV are also different and one of the reasons is the difference in the total number of sunshine hours per year in localities/climate zones.

1. Giới thiệu chung

Ngành xây dựng nói chung và lĩnh vực tòa nhà nói riêng là một trong những ngành/lĩnh vực tiêu thụ năng lượng lớn trên toàn cầu và

đặt ra những thách thức lớn đối với mục tiêu phát triển bền vững, cắt giảm phát thải khí nhà kính và ứng phó với biến đổi khí hậu. Quá trình vận hành các tòa nhà yêu cầu cung cấp năng lượng cho các hệ thống

*Liên hệ tác giả: luongnd@huce.edu.vn

Nhận ngày 02/10/2025, sửa xong ngày 07/11/2025, chấp nhận đăng ngày 10/11/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1177>

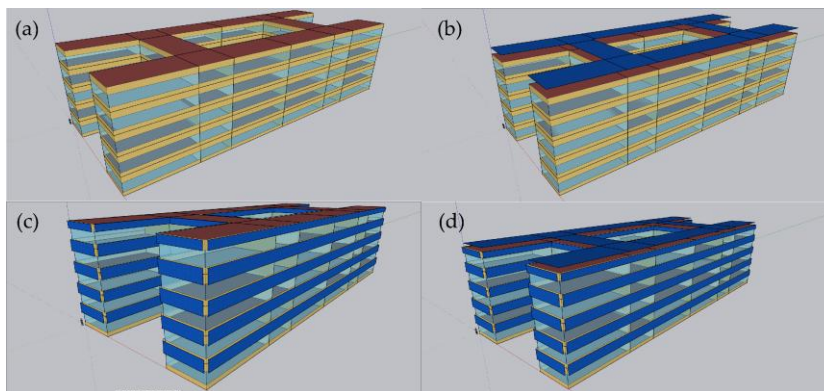
kỹ thuật tòa nhà như chiếu sáng, thông gió, điều hòa không khí... nhằm đảm bảo điều kiện tiện nghi cho con người sống và làm việc bên trong tòa nhà. Trong điều kiện Việt Nam hiện nay, yêu cầu về thực hiện các giải pháp tiết kiệm năng lượng trong các tòa nhà ngày càng trở nên cấp thiết do tốc độ phát triển và xây dựng các tòa nhà ngày một tăng cao. Điều này đặt ra cả những thách thức và những cơ hội cho các giải pháp xây dựng và quản lý năng lượng bền vững [1, 2]. Một trong những chiến lược quan trọng nhằm thúc đẩy mục tiêu tiết kiệm năng lượng góp phần giảm phát thải khí nhà kính là giảm thiểu việc sử dụng năng lượng hóa thạch và sử dụng các nguồn năng lượng tái tạo khác để thay thế như điện gió hay điện mặt trời. Việc sử dụng các tấm pin năng lượng mặt trời (NLMT) để chuyển hóa từ quang năng thành điện năng đã được phát triển và ứng dụng cho các tòa nhà từ rất lâu trên thế giới [3]. Cùng với sự phát triển của công nghệ, một số giải pháp về ứng dụng tấm pin NLMT cũng được phát triển thêm như tấm pin NLMT áp mái kết hợp làm nóng nước [4, 5, 6, 7, 8] hay tấm pin NLMT được tích hợp với lớp vỏ bao che của tòa nhà [3, 9, 10, 11]. Ứng dụng các giải pháp này ngày càng phát triển mạnh hướng đến đạt được mục tiêu phát thải ròng (net-zero) đối với ngành xây dựng vào năm 2050 ở nhiều quốc gia trên thế giới [12].

Không nằm ngoài xu thế trên, Việt Nam cũng đang có sự chuyển dịch năng lượng với việc từng bước chuyển sang sử dụng năng lượng tái tạo trong nhiều ngành/lĩnh vực khác nhau như nông nghiệp, công nghiệp hay xây dựng. Hiện nay, việc vận hành các công trình tòa nhà đòi hỏi nhu cầu năng lượng rất lớn. Do đó, việc áp dụng các giải pháp năng lượng tái tạo như sử dụng tấm pin NLMT được lắp đặt trên mái

và hệ thống quang điện tích hợp tòa nhà (Building Integrated Photovoltaics - BIPV) là các giải pháp cần được nghiên cứu đánh giá tiềm năng, hiệu quả và khả năng triển khai ứng dụng rộng rãi, đặc biệt là ở các khu vực có đặc điểm khí hậu với số giờ nắng nhiều trong năm, thuận lợi cho việc chuyển hóa quang năng thành điện năng, cung cấp năng lượng cho việc vận hành các tòa nhà. Giải pháp BIPV gồm các tấm quang điện được tích hợp vào các thành phần của lớp vỏ bao che tòa nhà như lam che nắng, tường bao ngoài, cửa sổ hay mặt tiền. Xuất phát từ vấn đề thực tiễn trên, mục tiêu chính của nghiên cứu này là thực hiện mô phỏng năng lượng, đánh giá cường độ sử dụng năng lượng cũng như tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một công trình tòa nhà văn phòng giả định sử dụng giải pháp tấm pin NLMT được lắp đặt trên mái và giải pháp BIPV. Công trình tòa nhà văn phòng trong nghiên cứu này được giả định xây dựng tại các vùng khí hậu khác nhau của Việt Nam bao gồm: (i) vùng Tây Bắc, (ii) vùng Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc, (iii) vùng Đồng bằng Bắc Bộ, (iv) vùng Bắc Trung Bộ, (v) vùng Nam Trung Bộ, (vi) vùng Tây Nguyên và (vii) vùng Nam Bộ. Sự phân chia các vùng khí hậu này được dựa trên cơ sở tham khảo QCVN 02:2022/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng [13]. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả không xem xét ảnh hưởng của các giải pháp kết cấu bao che và các hệ thống kỹ thuật trong công trình (hệ thống thông gió, điều hòa không khí, chiếu sáng...) đến mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Công trình tòa nhà văn phòng được sử dụng để mô phỏng năng lượng



Hình 1. Phương án bố trí các tấm pin NLMT trên mái và BIPV của tòa nhà văn phòng giả định được phác thảo bởi các phần mềm Sketchup và OpenStudio: (a). Không sử dụng tấm pin NLMT; (b). Tấm pin NLMT lắp đặt trên mái; (c). BIPV; (d). Tấm pin NLMT lắp đặt trên mái kết hợp với BIPV.

Công trình tòa nhà văn phòng giả định trong nghiên cứu này gồm 05 tầng với tổng diện tích sàn là 12.000 m² (Hình 1). Các thông số kỹ thuật đối với lớp vỏ bao che và các hệ thống kỹ thuật trong công trình tòa nhà văn phòng được giả thiết theo QCVN 09:2017/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả [14] nhằm đáp ứng các yêu cầu về sử dụng tiết kiệm và hiệu quả năng lượng. Đối với lớp vỏ bao che, công trình tòa nhà văn phòng giả định sử dụng tường gạch đặc đất sét nung với hệ số truyền nhiệt (U-value)

là 2,08 W/m²K và các lớp vữa trát trong dày 15 mm và trát ngoài dày 15 mm. Kết cấu tường kính và tường bao giả thiết được xây dựng với tỷ lệ WWR = 0,5 và khoảng cách từ tường kính đến mặt sàn là 0,5 m. Tòa nhà văn phòng được thiết kế mái bằng không có lớp vật liệu cách nhiệt với hệ số truyền nhiệt là 2,46 W/m²K. Đối với các hệ thống kỹ thuật trong công trình, tòa nhà văn phòng được giả thiết sử dụng hệ thống điều hòa không khí cục bộ cho từng không gian với chỉ số hiệu

qua năng lượng COP = 2,8. Các thiết bị tải cắm có công suất tiêu thụ điện được giả thiết là 12 W/m².

Với mục tiêu chính là đánh giá hiệu quả ứng dụng của giải pháp BIPV và tấm pin NLMT được lắp đặt trên mái, trong nghiên cứu này các thông số liên quan đến lớp vỏ bao che cùng với các hệ thống kỹ thuật bên trong công trình được giả thiết không thay đổi trong các kịch bản mô phỏng năng lượng. Ngoài ra, nhằm đánh giá ảnh hưởng của điều kiện khí hậu đến mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng, nhóm nghiên cứu tiến hành thực hiện mô phỏng tiêu thụ năng lượng đối với công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu khác nhau [13] với địa phương đại diện cho mỗi vùng khí hậu được liệt kê trong bảng 1 dưới đây.

2.2. Phương pháp mô phỏng năng lượng

EnergyPlus (<https://energyplus.net>) là một trong những công cụ mô phỏng năng lượng công trình được ứng dụng phổ biến với rất nhiều tính năng nổi trội và dễ dàng tùy biến các thông số mô phỏng theo nhu cầu của người sử dụng mô hình. Phần mềm này được xây dựng và phát triển bởi Bộ Năng lượng Hoa Kỳ dựa trên nền tảng ngôn ngữ lập trình C++ và hỗ trợ nhiều hệ điều hành như Windows hay Linux (<https://github.com/NREL/EnergyPlus>). Đây là một công cụ mô phỏng năng lượng hỗ trợ nhiều chuẩn định dạng dữ liệu khác nhau cho các thông số đầu vào cùng với các tùy chọn định dạng khác nhau cho kết quả đầu ra sau khi quá trình mô phỏng năng lượng được hoàn tất.

Hướng đến việc phổ cập phần mềm mô phỏng năng lượng này đến với người sử dụng nhiều hơn, các nhà phát triển công cụ mô hình hóa tiêu thụ năng lượng EnergyPlus đã triển khai thêm giao diện đồ

họa cho người sử dụng là OpenStudio như một kết nối trung gian giữa người sử dụng và công cụ EnergyPlus được viết bởi ngôn ngữ lập trình chủ đạo là Ruby cùng với một số ngôn ngữ lập trình phổ biến khác như Python hay C# (<https://github.com/NREL/OpenStudio>). Phần mềm OpenStudio được sử dụng như là một giải pháp trung gian cho phép người dùng xây dựng không gian kiến trúc trên phần mềm thiết kế đồ họa Sketchup và thực hiện mô phỏng tiêu thụ năng lượng với công cụ EnergyPlus trên nền tảng của OpenStudio.

Nhóm nghiên cứu đã xây dựng một công trình tòa nhà văn phòng giả định (Hình 1) bằng phần mềm thiết kế đồ họa Sketchup (<https://www.sketchup.com>). Các thông số thiết kế của công trình tòa nhà văn phòng được thiết lập cho quá trình mô phỏng tiêu thụ năng lượng như lớp vỏ bao che, hệ thống kỹ thuật trong công trình. Dựa vào các thông số kỹ thuật này, các kịch bản mô phỏng năng lượng khác nhau sẽ được xây dựng.

2.3. Một số kịch bản sử dụng giải pháp tấm pin năng lượng mặt trời

Nghiên cứu này xem xét các kịch bản mô phỏng năng lượng bao gồm (a) kịch bản cơ sở (KBCS) và (b) kịch bản tiết kiệm năng lượng (KBTKNL). Trong cả KBCS và KBTKNL, các thông số của lớp vỏ bao che và các hệ thống kỹ thuật trong công trình được giả thiết là giống nhau như đã trình bày ở mục 2.1. Đối với KBTKNL, các phương án ứng dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và BIPV đối với tòa nhà văn phòng giả định được xem xét bao gồm: tấm pin NLMT lắp đặt trên mái (Hình 1b); BIPV (Hình 1c); tấm pin NLMT lắp đặt trên mái kết hợp với BIPV (Hình 1d). Tổng diện tích các tấm pin NLMT được lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV của tòa nhà văn phòng lần lượt là khoảng 6670 m² và 8890 m².

Bảng 1. Các địa phương đại diện cho 07 vùng khí hậu của Việt Nam được xem xét trong mô phỏng năng lượng cho công trình tòa nhà văn phòng giả định.

Vùng	Vùng khí hậu	Địa phương đại diện	Tổng số giờ nắng trong năm
I	Tây Bắc	Tỉnh Sơn La	1429
II	Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc	Tỉnh Thái Nguyên	1036
III	Đồng bằng Bắc Bộ	Thành phố Hà Nội	1158
IV	Bắc Trung Bộ	Tỉnh Quảng Trị	1400
V	Nam Trung Bộ	Tỉnh Khánh Hòa	1824
VI	Tây Nguyên	Tỉnh Đắk Lắk	1609
VII	Nam Bộ	Thành phố Hồ Chí Minh	1761

Bảng 2. Các kịch bản mô phỏng năng lượng.

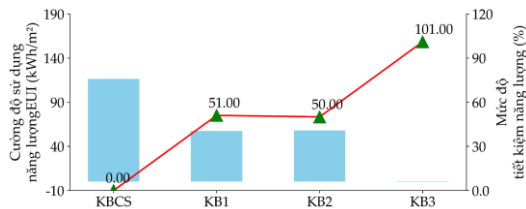
Kịch bản		Tấm pin NLMT lắp đặt trên mái nhà	BIPV
KBCS		✖	✖
KBTKNL	KB1	✓	✖
	KB2	✖	✓
	KB3	✓	✓

Ghi chú: ✖: Không áp dụng; ✓: Có áp dụng

Cường độ sử dụng năng lượng (EUI, kWh/m²) của công trình tòa nhà văn phòng giả định trong nghiên cứu này tương ứng với từng kịch bản trên được mô phỏng, phân tích để đánh giá về tiềm năng và hiệu quả ứng dụng các giải pháp sử dụng pin NLMT cho công trình tòa nhà văn phòng.

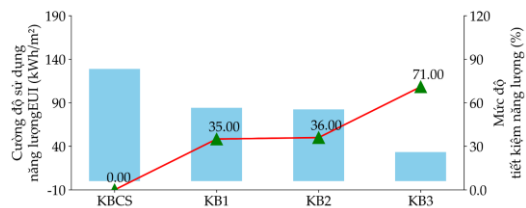
3. Kết quả và thảo luận

Kết quả mô phỏng năng lượng cho thấy rằng công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở tỉnh Sơn La (thuộc vùng khí hậu I) có giá trị EUI thấp nhất so với các vùng khí hậu còn lại trong KBCS (Hình 2). Nguyên nhân là do địa phương này nằm ở vùng khí hậu có nền nhiệt độ trung bình thấp hơn các vùng khí hậu khác, số ngày cần sử dụng điều hòa không khí trong năm ít hơn. Việc sử dụng các tấm pin NLMT lắp đặt trên mái theo KB1 và hệ thống BIPV theo KB2 cho thấy giá trị EUI giảm rõ rệt so với KBCS. Nhìn chung, mức độ tiết kiệm năng lượng đạt khoảng 50 % theo các kịch bản tiết kiệm năng lượng KB1 và KB2 so với KBCS. Đặc biệt, theo KB3 khi kết hợp sử dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV thì mức tiết kiệm năng lượng có thể đạt đến 101 %, cho thấy lượng điện năng sản xuất được từ các tấm pin NLMT hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng.



Hình 2. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Tây Bắc (vùng I) theo các kịch bản khác nhau.

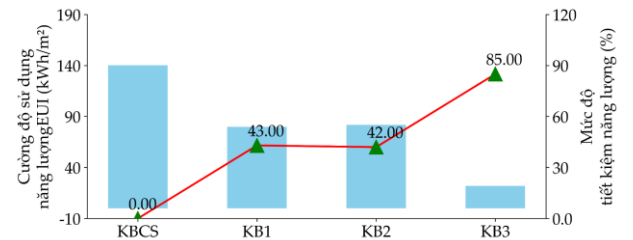
Đối với các vùng khí hậu II (vùng Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc), vùng khí hậu III (vùng Đồng bằng Bắc Bộ) và vùng khí hậu IV (vùng Bắc Trung Bộ) thì các giá trị EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại tỉnh Thái Nguyên, thành phố Hà Nội và tỉnh Quảng Trị có phần cao hơn so với trường hợp địa điểm xây dựng thuộc vùng khí hậu I theo KBCS, lần lượt là 128,83 kWh/m², 132,27 kWh/m² và 140,25 kWh/m² (Hình 3, Hình 4 và Hình 5). Mức độ tiết kiệm năng lượng đạt khoảng 35-43 % theo KB1 và 36-42 % theo KB2 so với KBCS đối với các vùng khí hậu này. Như vậy, mức độ tiết kiệm năng lượng theo các kịch bản KB1 và KB2 khá tương đồng với nhau. Khi xem xét KB3, mức độ tiết kiệm năng lượng có xu hướng tăng dần theo thứ tự các vùng khí hậu II, III và IV. Cao nhất là đối với vùng khí hậu IV (vùng Bắc Trung Bộ), mức độ tiết kiệm năng lượng có thể lên tới 85 % so với KBCS khi kết hợp sử dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV.



Hình 3. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc (vùng II) theo các kịch bản khác nhau.

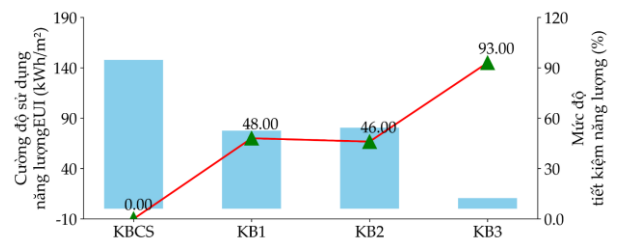


Hình 4. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Đồng bằng Bắc Bộ (vùng III) theo các kịch bản khác nhau.



Hình 5. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Bắc Trung Bộ (vùng IV) theo các kịch bản khác nhau.

Khi xem xét vùng khí hậu V (vùng Nam Trung Bộ), giá trị EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại tỉnh Khánh Hòa theo KBCS là 147,76 kWh/m² (Hình 6). Tuy nhiên, đối với vùng Nam Trung Bộ, tổng số giờ nắng trong năm rất cao, lên đến hơn 1800 giờ (Bảng 1), dẫn đến lượng điện năng sản xuất từ các tấm pin NLMT rất lớn. Giá trị EUI của tòa nhà văn phòng theo các kịch bản tiết kiệm năng lượng KB1 và KB2 chênh nhau không đáng kể. Theo KB3, lượng điện năng sản xuất từ các tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV có thể giúp đạt mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng tới 93 %. Các kết quả này cho thấy tiềm năng ứng dụng giải pháp NLMT rất lớn đối với các tòa nhà xây dựng ở vùng khí hậu V. Trên thực tế, đây là vùng có rất nhiều trang trại điện mặt trời hay nhà máy điện mặt trời đã được xây dựng và vận hành.



Hình 6. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Nam Trung Bộ (vùng V) theo các kịch bản khác nhau.

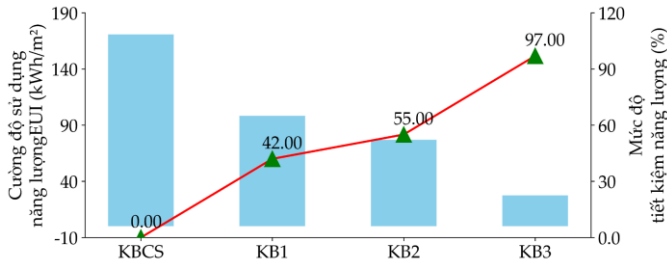
Đối với vùng khí hậu VI (vùng Tây Nguyên), giá trị EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại tỉnh Đắk Lắk theo KBCS là 121,99 kWh/m² (Hình 7), thấp hơn so với giá trị tương ứng tại các vùng IV và V. Tuy nhiên, kết quả cho thấy trong các kịch bản tiết kiệm năng lượng KB1 và KB2 xem xét ứng dụng các tấm pin NLMT thì mức độ tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng tương đối lớn. Đặc biệt,

khi kết hợp sử dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV theo KB3 thì mức tiết kiệm năng lượng có thể đạt đến 107 %, cho thấy lượng điện năng sản xuất được từ các tấm pin NLMT lớn hơn nhu cầu tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng.



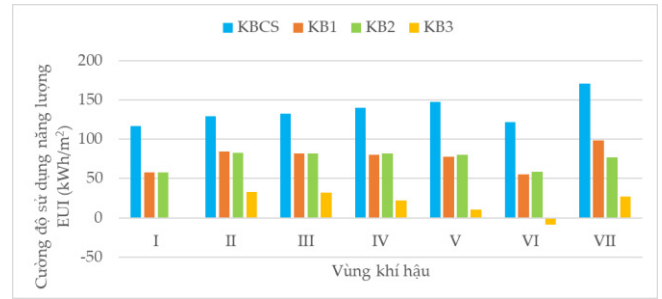
Hình 7. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Tây Nguyên (vùng VI) theo các kịch bản khác nhau.

Kết quả mô phỏng năng lượng cho tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại thành phố Hồ Chí Minh thuộc vùng khí hậu VII (vùng Nam Bộ) cho thấy giá trị EUI của tòa nhà văn phòng theo KBCS lên tới 170,71 kWh/m² – lớn hơn nhiều so với giá trị tương ứng tại tất cả các vùng khí hậu khác (Hình 8). Tuy nhiên, với tổng số giờ nắng trong năm rất cao (~ 1761 giờ), lượng điện năng sản xuất từ các tấm pin NLMT tại khu vực này là rất lớn. Khi xem xét KB3, mức tiết kiệm năng lượng có thể đạt đến 97 % cho thấy tiềm năng lớn về ứng dụng giải pháp NLMT đối với các tòa nhà được xây dựng ở vùng khí hậu này.



Hình 8. EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại vùng Nam Bộ (vùng VII) theo các kịch bản khác nhau.

Kết quả so sánh giá trị EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu khác nhau theo các kịch bản khác nhau (KBCS, KB1, KB2 và KB3) được thể hiện ở Hình 9. Có thể thấy rằng, giá trị EUI trong các kịch bản tiết kiệm năng lượng KB1 và KB2 khá tương đồng nhau (ngoại trừ vùng khí hậu VII). Điều này cho thấy các giải pháp sử dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và sử dụng hệ thống BIPV cho tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại hầu hết các vùng khí hậu (ngoại trừ vùng khí hậu VII) có tiềm năng sản xuất một lượng điện năng tương đương nhau. Đối với trường hợp tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại thành phố Hồ Chí Minh (vùng khí hậu VII) trong nghiên cứu này, giải pháp sử dụng hệ thống BIPV có thể góp phần đạt được mức tiết kiệm năng lượng cao hơn so với giải pháp sử dụng tấm pin NLMT lắp đặt trên mái.



Hình 9. So sánh EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 07 vùng khí hậu khác nhau.

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu này đã thực hiện mô phỏng năng lượng, đánh giá cường độ sử dụng năng lượng cũng như tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại các vùng khí hậu khác nhau của Việt Nam bao gồm: (i) vùng Tây Bắc, (ii) vùng Trung du - miền núi Việt Bắc và Đông Bắc, (iii) vùng Đồng bằng Bắc Bộ, (iv) vùng Bắc Trung Bộ, (v) vùng Nam Trung Bộ, (vi) vùng Tây Nguyên và (vii) vùng Nam Bộ. Kết quả mô phỏng năng lượng theo các kịch bản khác nhau nhìn chung cho thấy việc ứng dụng các giải pháp tấm pin NLMT lắp đặt trên mái hoặc BIPV cho tòa nhà văn phòng có tiềm năng sản xuất một lượng điện năng đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng tương đối lớn của tòa nhà văn phòng trong nghiên cứu này. Đặc biệt, khi kết hợp sử dụng đồng thời tấm pin NLMT lắp đặt trên mái và hệ thống BIPV thì mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng rất lớn và trong một số trường hợp lượng điện năng sản xuất được từ các tấm pin NLMT hoàn toàn đáp ứng được nhu cầu tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng. Khi xem xét các vùng khí hậu khác nhau, kết quả mô phỏng năng lượng cho thấy mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng ứng dụng các giải pháp tấm pin NLMT lắp đặt trên mái hoặc BIPV cũng có sự khác nhau và một trong những nguyên nhân là sự khác nhau về tổng số giờ nắng trong năm của các địa phương/vùng khí hậu. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa xem xét, đánh giá hiệu quả sử dụng năng lượng của tòa nhà văn phòng ứng dụng các giải pháp tấm pin NLMT lắp đặt trên mái hoặc BIPV, kết hợp với các giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với lớp vỏ bao che của tòa nhà và các hệ thống kỹ thuật của tòa nhà văn phòng. Do đó, trong thời gian tới, cần có các nghiên cứu toàn diện hơn với việc xem xét, đánh giá tiềm năng và hiệu quả sử dụng năng lượng của tất cả các giải pháp này để cung cấp đầy đủ cơ sở khoa học, thực tiễn nhằm hỗ trợ các cơ quan quản lý nhà nước trong việc xây dựng và thực hiện các chính sách, giải pháp nhằm tăng cường sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả cho các tòa nhà văn phòng ở Việt Nam.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Nguyễn Công Thịnh, Nguyễn Đức Lượng, Nguyễn Hoàng Hiệp, 2024. Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp lớp vỏ bao che công trình cho một tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 03 thành

- phổ có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam, Tạp chí Xây dựng, 11.2024, 104-108.
- [2]. Nguyễn Công Thịnh, Nguyễn Đức Lượng, Nguyễn Hoàng Hiệp, Vũ Việt Hà, 2025. Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp điều hòa không khí và lớp vỏ bao che công trình cho một tòa nhà văn phòng giả định được xây dựng tại 03 thành phố có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam, Tạp chí Xây dựng, 05.2025, 65-69.
- [3]. Yoshino M., Nakada N., Mori T., Yamagishi K., Yoshida S., Higashi Y., Shirasawa K., 1994. Photovoltaic modules integrated with a metal curtain wall, Proceedings of 1994 IEEE 1st World Conference on Photovoltaic Energy Conversion - WCPEC, <https://doi.org/10.1109/WCPEC.1994.520122>.
- [4]. He W., Chow T.T., Ji J., Lu J., Pei G., Chan L.S., 2006. Hybrid photovoltaic and thermal solar-collector designed for natural circulation of water, Applied Energy, 83(3), 199-210, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2005.02.007>.
- [5]. Al-Waeli A.H.A., Sopian K., Kazem H.A., Chaichan M.T., 2017. Photovoltaic/Thermal (PV/T) systems: Status and future prospects, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 77, 109-130, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.126>.
- [6]. Lamnatou C., Chemisana D., 2017. Photovoltaic/thermal (PVT) systems: A review with emphasis on environmental issues, Renewable Energy, 105, 270-287, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.12.009>.
- [7]. Veynandt F., Klanatsky P., Plank H., Heschl C., 2023. Hybrid photovoltaic-thermal solar collector modelling with parameter identification using operation data, Energy and Buildings, 295, 113277, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113277>.
- [8]. Veynandt F., Inschlag F., Seidl C., Heschl C., 2023. Measurement data from real operation of a hybrid photovoltaic-thermal solar collectors, used for the development of a data-driven model, Data in Brief, 49, 109417, <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109417>.
- [9]. Ghamari M., Sundaram S., 2024. Solar Wall Technology and Its Impact on Building Performance, Energies, 17(5), 1075, <https://doi.org/10.3390/en17051075>.
- [10]. Ren X.H., Wang P.K., Meng J.J., Wang L., Zhao F.Y., 2025. The solar wall integrated with photovoltaic Modules: Ventilation, heat transfer and power generation performance, Journal of Building Engineering, 108, 112905, <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2025.112905>.
- [11]. Liu R., Duan W., He G., Wang Q., 2025. Development of Wall-Integrated Solar Energy Technologies, Energies, 18(4), 952, <https://doi.org/10.3390/en18040952>.
- [12]. Shirinbakhsh M., Harvey L.D.D., 2024. Feasibility of achieving net-zero energy performance in high-rise buildings using solar energy, Energy and Built Environment, 5(6), 946-956, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.07.007>.
- [13]. Bộ Xây dựng, 2022. QCVN 02:2022/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Số liệu điều kiện tự nhiên dùng trong xây dựng.
- [14]. Bộ Xây dựng, 2017. QCVN 09:2017/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về Công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả.