

MÔ PHỎNG ẢNH HƯỞNG CỦA PIN MẶT TRỜI ÁP MÁI TỚI HIỆU QUẢ NĂNG LƯỢNG TOÀ NHÀ

BUILDING ENERGY MODELLING FOR ANALYSING IMPACTS OF ROOF-TOP PHOTOVOLTAIC ON BUILDING ENERGY

Đặng Hoàng Anh

TÓM TẮT

Hiện nay, việc tập trung phát triển dự án năng lượng mặt trời tại một số tỉnh thành phía Nam gây ra tình trạng quá tải đường dây truyền tải điện và dẫn tới một số nhà máy điện mặt trời không vận hành hết công suất phát điện. Do đó, các dự án điện mặt trời áp mái ở các tỉnh và thành phố có nhu cầu sử dụng điện lớn, nơi đồng thời cũng có tiềm năng bức xạ mặt trời cao, được khuyến khích phát triển để giảm áp lực truyền tải điện. Trong bài báo này, đối tượng nghiên cứu được lựa chọn là một tòa nhà chung cư thu nhập thấp tại thành phố Hồ Chí Minh nhằm phân tích tác động của pin mặt trời áp mái đối với hiệu quả năng lượng tòa nhà. Kết quả nghiên cứu cho thấy pin mặt trời áp mái không chỉ cung cấp thêm điện năng mà còn giảm bức xạ mặt trời xuống mái nhà. Điều này dẫn tới giảm đáng kể tải làm mát và tổng mức tiêu thụ năng lượng của toàn bộ công trình. Mặt khác, việc giảm bức xạ mặt trời cũng làm giảm nhiệt độ bề mặt của mái và cải thiện tiện nghi nhiệt của không gian áp mái.

Từ khóa: Điện mặt trời áp mái; mô phỏng năng lượng; hiệu quả năng lượng; tiện nghi nhiệt.

ABSTRACT

Nowadays, the development of solar projects in Southern provinces of Vietnam causes overload of power transmission, then leads to some plants couldn't operate at full capacity. Therefore, rooftop solar power projects in provinces and cities with high electricity demand and high potential for solar radiation, are encouraged to reduce power transmission jam. In this paper, we analyse a case study of a low-income apartment building in Ho Chi Minh City to assess impacts of rooftop solar on building energy efficiency. Results show the roof solar modules not only supply electricity but also reduce solar radiation to the roof. As a result, building cooling load and total energy consumption are significantly reduced. On the other hand, the reduction of solar radiation on the roof keeps cooling roof surface and improves the thermal comfort of attic space.

Keywords: Rooftop photovoltaic; building energy modelling; building energy efficiency; thermal comfort.

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Email: hoanganh.inpg@gmail.com

Ngày nhận bài: 28/01/2021

Ngày nhận bài sửa sau phản phẩm: 10/6/2021

Ngày chấp nhận đăng: 25/8/2021

CHỮ VIẾT TẮT

EVN

Tập đoàn Điện lực Việt Nam

| | |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| kWh | Lượng điện năng bằng 1 số điện công tơ |
| Wp | Công suất đỉnh |
| HVAC | Hệ thống thông gió và điều hoà không khí |
| QCVN09:2017/BXD | Quy chuẩn quốc gia về công trình sử dụng hiệu quả và tiết kiệm năng lượng |

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là quốc gia có tiềm năng cao về năng lượng mặt trời so với hầu hết các quốc gia khác trong khu vực. Cường độ bức xạ mặt trời được ước tính trung bình 4 - 5kWh/m²/ ngày ở miền Nam, miền Trung và một số vùng phía Bắc Việt Nam (1.460 - 1.825kWh/m²/năm), với bức xạ đỉnh trung bình lên tới 5,5kWh/m²/ngày ở một số khu vực phía Nam (2000 kWh/m²/năm) [1]. Theo báo cáo của EVN, sau 2 năm thực hiện Quyết định số 11/2017 của Thủ tướng Chính phủ về việc bán điện của các dự án điện mặt trời với giá cố định, 141 trong tổng số 365 dự án điện mặt trời đã được đưa vào quy hoạch tổng thể (với tổng công suất trên 14.000MWp). Tuy nhiên, việc phát triển tập trung các dự án điện mặt trời mật độ cao tại ở khu vực Nam Trung bộ như: Ninh Thuận, Bình Thuận, Khánh Hòa, Đắk Lắk và Bình Phước gây ra tình trạng quá tải hệ thống lưới điện truyền tải và dẫn tới một số nhà máy sẽ không thể phát hết công suất thiết kế [2]. Vì vậy, việc triển khai các dự án điện mặt trời áp mái nhà ở các tỉnh và thành phố, nơi có tiềm năng bức xạ mặt trời lớn, đang được khuyến khích để giảm áp lực truyền tải điện. Mặt khác, điện mặt trời áp mái nhà cũng giúp giảm hóa đơn tiền điện và tăng sử dụng hiệu quả năng lượng.

Hệ thống thông gió và điều hòa không khí (HVAC) là tải tiêu thụ năng lượng nhiều nhất trong các công trình xây dựng. Trong các tòa nhà có lớp vỏ cách nhiệt kém, phần lớn nhiệt lượng của bức xạ mặt trời đi qua mái nhà vào bên trong công trình. Do đó, việc lắp đặt pin mặt trời áp mái không chỉ giúp thu được lợi ích từ việc cung cấp điện năng, mà còn giảm tải làm mát ở các vùng khí hậu nắng nóng thông qua che nắng trên mái. Theo một nghiên cứu về tác

động của hệ thống điện mặt trời áp mái đối với truyền nhiệt tại San Diego, California [3], mái với pin mặt trời áp mái qua tính toán mô phỏng có thể giảm tới 38% tải làm mát hàng năm thông qua tiết kiệm năng lượng và cải thiện tiện nghi nhiệt. Một nghiên cứu khác ở Ấn Độ về ảnh hưởng của điện mặt trời áp mái đối với tải làm mát của tòa nhà [4] đã nghiên cứu vai trò kép của hệ thống pin mặt trời trên mái trong cung cấp điện và giảm tiêu thụ điện năng làm mát nhờ vào che nắng mái của pin mặt trời. Năng lượng cần thiết cho tải làm mát có thể giảm 73% - 90% sau khi lắp đặt hệ thống pin mặt trời áp mái. Tuy vậy, vẫn còn chưa nhiều nghiên cứu về đánh giá đồng thời vai trò cung cấp điện và hiệu quả năng lượng [5]. Tại Việt Nam, hầu hết các nghiên cứu gần đây đều tập trung để tối ưu hóa thiết kế hệ thống pin mặt trời áp mái phục vụ mục đích phát điện tự dùng [6] hoặc hoà lưới [7]. Các nghiên cứu về hiệu quả năng lượng của tòa nhà, bao gồm cung cấp điện từ pin mặt trời áp mái, tác động của chúng với vai trò che nắng cho mái và tiện nghi nhiệt cần thiết phải được quan tâm nghiên cứu để đánh giá lợi ích tổng thể của việc triển khai pin mặt trời áp mái.

Trong bài báo này, tòa nhà chung cư thu nhập thấp tại thành phố Hồ Chí Minh (HCM) được lựa chọn làm đối tượng nghiên cứu nhằm phân tích tác động của pin mặt trời áp mái đối với hiệu quả năng lượng toà nhà. Bên cạnh đó, mô hình mô phỏng còn đại diện cho các tòa nhà chung cư và hộ gia đình có thu nhập thấp, đối tượng thường được xây dựng với mái cách nhiệt kém và chiếm phần lớn diện tích đất trong thành phố. Đối tượng nghiên cứu được mô phỏng bằng phần mềm Design Builder (nhân tính toán Energy Plus) cho các trường hợp có và không lắp đặt pin mặt trời áp mái. Quá trình mô phỏng theo ngày trong một năm được thực hiện để đánh giá lợi ích từ việc cung cấp điện của các tấm pin mặt trời áp mái cũng như việc giảm tải lạnh và hiệu quả năng lượng. Để phân tích ảnh hưởng đến tiện nghi nhiệt, mô phỏng theo giờ trong một tuần điển hình mùa hè được thực hiện để tính toán bức xạ mặt trời trên mái, nhiệt độ bề mặt mái và nhiệt độ bên trong công trình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của bài báo được lấy ý tưởng từ chung cư Lò Gốm, nằm dọc kênh Tân Hóa, Quận 6, thành phố HCM. Công trình này là dự án nhà ở xã hội được thiết kế dành cho người có thu nhập thấp dưới sự tài trợ của chính phủ Bỉ, thiết kế bởi T3-Architecture và Villes en Transition [8]. Do giới hạn ngân sách, mục đích thiết kế của dự án không cải thiện cách nhiệt của lớp vỏ công trình, mà tập trung cải thiện tiện nghi nhiệt và chất lượng sống thông qua thiết kế thụ động. Điểm đặc biệt là mái của công trình là mái kép với khoảng không khí ở giữa ngăn bức xạ mặt trời trực tiếp xuống mái bên dưới và cho phép không khí lưu thông truyền nhiệt của mái bên trên ra môi trường xung quanh.

Nếu không có giải pháp thiết kế thụ động như trên, toà nhà này hoàn toàn thuần tuý đại diện cho các công trình nhà dân và nhà ở xã hội với lớp vỏ cách nhiệt kém. Thực tế là các

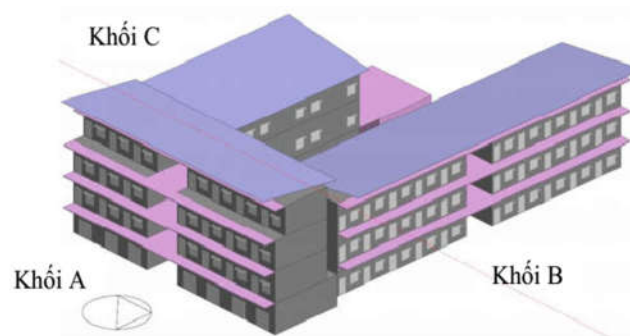
công trình dạng này nằm ngoài phạm vi tuân thủ của QCVN09:2017/BXD (diện tích sàn dưới 2500m²), nhưng lại chiếm phần lớn diện tích đất so với các tòa nhà cao tầng và trung tâm thương mại ở các tỉnh, thành phố lớn. Trong bài báo này, đối tượng nghiên cứu sử dụng lại hình dáng tòa nhà sẽ và lớp mái trên cùng sẽ được thay thế bằng các tấm pin mặt trời. Hiệu quả năng lượng của công trình sẽ được phân tích cho các trường hợp có và không lắp đặt pin mặt trời áp mái.



Hình 1. Công trình chung cư Lò Gốm

2.2. Mô hình năng lượng

Mô hình công trình, bao gồm 3 khối nhà, được dựng trong phần mềm mô phỏng Design Builder, có chiều cao từ 3 đến 4 tầng, 69 căn hộ và 7 cửa hàng tạp hóa. Hướng công trình là hướng Đông Nam và dữ liệu thời tiết đo đạc bởi trạm khí tượng của sân bay quốc tế Tân Sơn Nhất (climate.onebuilding.org). Các hành lang và khu vực đi lại của tòa nhà được đơn giản hóa thành các thành phần che nắng trong mô hình năng lượng. Tất cả các căn hộ đều có 1 cửa và 2 cửa sổ đối diện nhau với ô văng 0,5m. Đối với mỗi khối, các tấm pin mặt trời bao phủ toàn bộ diện tích mái với mái vượn ra như thiết kế lớp mái trên cùng của chung cư Lò Gốm.



Hình 2. Mô hình năng lượng trong phần mềm Design Builder

Tường bao ngoài của mô hình công trình được cấu hình là gạch đặc đất sét nung và mái được đổ bê tông cốt thép. Đối với trang thiết bị bên trong công trình, tất cả các phòng đều được trang bị điều hoà cục bộ và đèn huỳnh quang compact. Lịch vận hành trang thiết bị và lịch sinh hoạt được tham khảo từ dữ liệu thống kê theo tiêu chuẩn ASHARE 90.1. Chi tiết về cấu hình mô hình tòa nhà được thể hiện trong bảng 1.

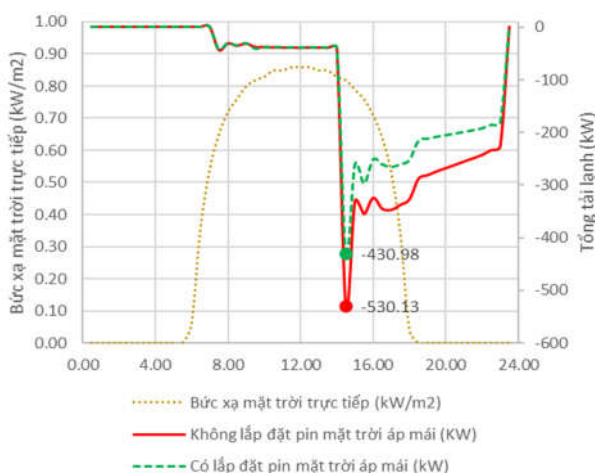
Bảng 1. Các thông số của mô hình năng lượng

| Hạng mục | Loại | Tham số |
|--------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tường bao ngoài | Gạch đặc đất sét nung | Đày 220mm, $U_v = 2,11W/m^2-K$ |
| Mái bằng | Bê tông cốt thép | Đày 120mm, $U_v = 4,045W/m^2-K$ |
| Pin mặt trời | Tấm pin quang điện | Hiệu suất: 15% Góc nghiêng: 7° Diện tích pin mặt trời khối A: 594m ² Diện tích pin mặt trời khối B: 907,5m ² Diện tích pin mặt trời khối C: 495m ² |
| Điều hoà không khí | Cục bộ | Hệ số COP làm mát: 3,0 |
| Chiếu sáng | Huỳnh quang compact | LPD chuẩn hoá: 5W/m ² -100lux |
| Lịch vận hành | Không gian căn hộ | TM59_3-BedLivingKitchen Template 0,0188 người/m ² Nhiệt độ làm mát: 25°C |
| | Không gian bán hàng | Small Shop Template 0,1169 người/m ² Nhiệt độ làm mát: 23°C |
| | WC | Domestic bathroom Template 0,0187 người/m ² Không điều hoà |

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tải làm mát và tiêu thụ năng lượng của công trình

Tải làm mát là nhiệt lượng cần được đưa ra khỏi không gian bên trong công trình xây dựng để duy trì nhiệt độ bên trong nằm ở nhiệt độ đặt. Lớp vỏ công trình, nhiệt lượng nội sinh, bức xạ mặt trời và nhiệt độ môi trường bên ngoài là những yếu tố ảnh hưởng chủ yếu tới tải làm mát. Công suất lạnh của điều hoà được xác định từ tải làm mát lớn nhất được tính toán trong điều kiện cực đoan nhất (nhiệt độ của ngày nóng nhất kết hợp với bức xạ mặt trời của ngày nắng nhất trong năm).



Hình 3. Mô phỏng tải lạnh của công trình theo điều kiện cực đoan về thiết kế tải lạnh

Thành phố HCM nằm ở khu vực gần xích đạo, vì vậy bức xạ mặt trời chiếu lên mái chủ yếu theo phương thẳng đứng. Do tính chất cách nhiệt kém của bê tông cốt thép, ở điều kiện không có che nắng, mái bị nung nóng trực tiếp dưới bức xạ mặt trời và lượng nhiệt lớn được sinh ra sẽ truyền vào không gian áp mái. Khi được che nắng bởi các tấm pin mặt trời áp mái, lượng bức xạ mặt trời sẽ chiếu trực tiếp lên các tấm pin và giải nhiệt ra môi trường xung quanh. Điều này dẫn tới trường hợp có lắp đặt pin mặt trời áp mái, tổng tải làm mát giảm đáng kể (tới 100kWp) so với trường hợp không lắp đặt. Dưới điều kiện lịch vận hành và sinh hoạt, nhu cầu làm mát bắt đầu từ 14h30, khiến cho tải làm mát đạt giá trị lớn nhất tại thời điểm đó (hình 3). Bảng 2 thể hiện rõ lợi ích của pin mặt trời áp mái đối với hiệu quả năng lượng của tòa nhà trong vòng một năm. Điện năng từ pin mặt trời cho thấy lợi ích trực tiếp, cung cấp tới 565MWh điện mỗi năm, nhiều hơn nhu cầu năng lượng tiêu thụ của cả công trình. Đối với lợi ích gián tiếp, mức tiết kiệm năng lượng đạt được là 11,9% tổng mức tiêu thụ năng lượng, tương ứng với 18,4% tổng mức tiêu thụ năng lượng sử dụng để làm mát so với trường hợp không lắp đặt pin mặt trời áp mái.

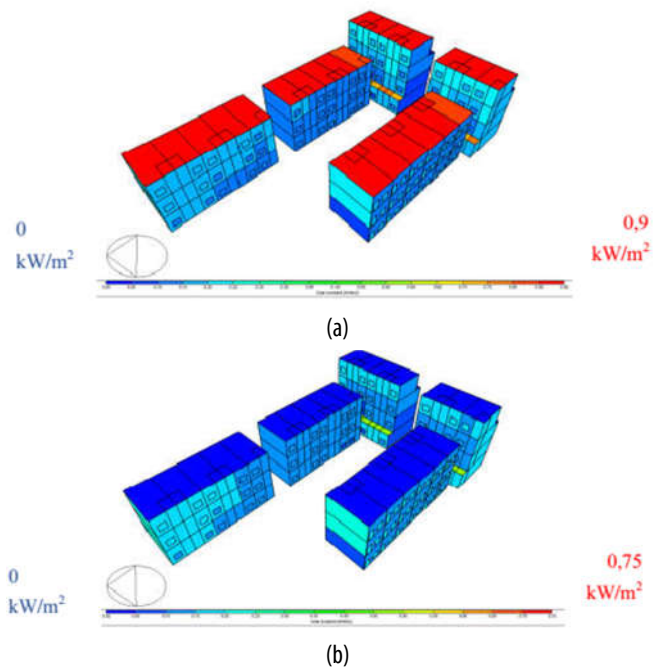
Bảng 2. So sánh kết quả mô phỏng năng lượng trường hợp có và không lắp đặt pin mặt trời áp mái trong một năm

| | Không lắp đặt pin mặt trời áp mái | Có lắp đặt pin mặt trời áp mái | Mức giảm |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------|
| Tổng tải lạnh của công trình (kWp) | 530,13 | 430,98 | 18,7% |
| Tổng tải lạnh của không gian áp mái (kWp) | 242,16 | 143,74 | 40,6% |
| Tổng năng lượng tiêu thụ của toàn công trình (kWh) | 317993,28 | 280192,84 | 11,9% |
| Tổng năng lượng tiêu thụ cho tải làm mát (kWh) | 199736,15 | 163005,29 | 18,4% |
| Điện mặt trời (kWh) | 0 | 564972,712 | - |

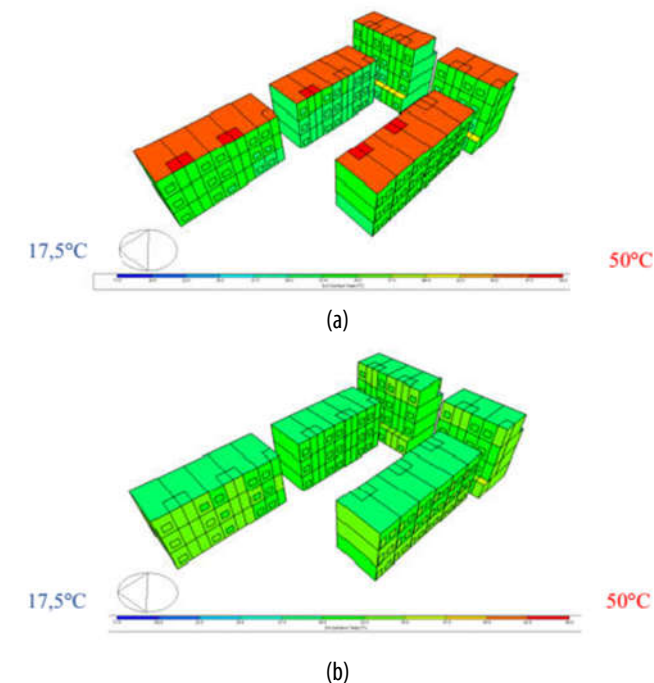
3.2. Bức xạ mặt trời

Đối với vùng khí hậu nhiệt đới như thành phố HCM, phần lớn năng lượng được sử dụng trong công trình để phục vụ mục đích làm mát. Tính toán mô phỏng cân bằng nhiệt cho thấy bức xạ mặt trời trên lớp vỏ công trình, đặc biệt là trên mái là nguyên nhân chính làm tăng nhiệt độ bên trong và bên ngoài bề mặt mái.

Hình 4 thể hiện kết quả mô phỏng theo giờ cho một ngày mùa hè điển hình. Trường hợp có lắp đặt pin mặt trời áp mái mái gần như không có bức xạ mặt trời chiếu trực tiếp trên bề mặt mái do được che bởi các tấm pin mặt trời. Trường hợp không lắp đặt pin mặt trời áp mái, mái của tòa nhà nhận lượng bức xạ mặt trời tối đa (900W/m²) dẫn tới tăng nhiệt độ bề mặt ngoài của mái (hình 5). Kết quả cho thấy trong trường hợp có pin mặt trời áp mái, nhiệt độ bề mặt mái và trường ngoài của tòa nhà là như nhau trong khi trường hợp không lắp đặt pin mặt trời áp mái, nhiệt độ của mái có thể tăng lên đến 50°C.



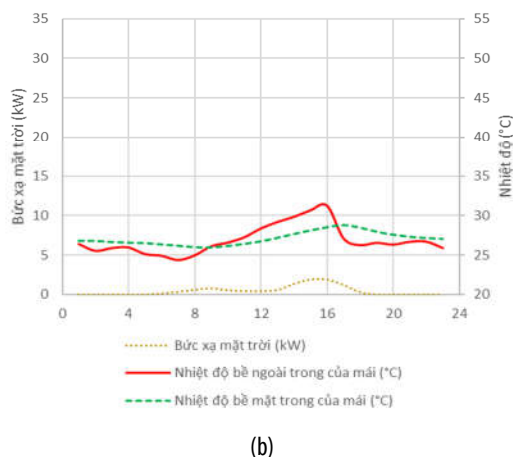
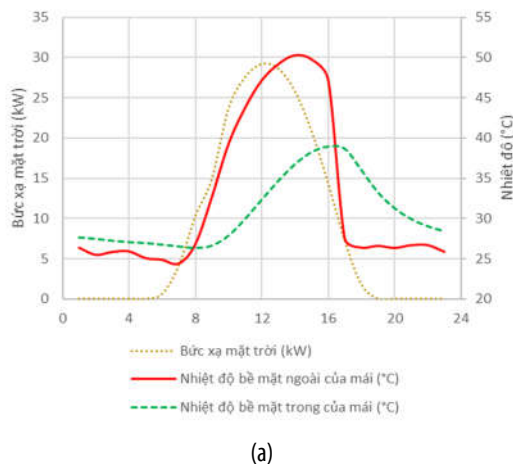
Hình 4. So sánh bức xạ mặt trời trên lớp vỏ công trình trường hợp có (b) và không (a) lắp đặt pin mặt trời áp mái ở thời điểm giữa trưa ngày mùa hè điển hình



Hình 5. So sánh nhiệt độ bề mặt lớp vỏ công trình trường hợp có (b) và không (a) lắp đặt pin mặt trời áp mái ở thời điểm giữa trưa ngày mùa hè điển hình

Như vậy, việc lắp đặt pin mặt trời áp mái có thể mang lại lợi ích kép về năng lượng cho công trình. Nó có thể tạo ra điện nhưng cũng có thể ngăn bức xạ mặt trời truyền nhiệt qua mái do đó giữ cho bề mặt mái ở nhiệt độ thấp hơn nhiều so với trường hợp không có pin mặt trời áp mái. Hình 6 cho thấy so sánh kết quả mô phỏng nhiệt độ bề mặt mái của hai trường hợp, nhiệt độ bề mặt bên ngoài giảm từ 50,33°C (thời điểm 2 giờ chiều) xuống còn 31,29°C (thời điểm 4 giờ chiều) khi được lắp đặt pin mặt trời áp mái.

Tương tự như vậy, nhiệt độ trên bề mặt bên trong của mái giảm từ 38,68°C (thời điểm 4 giờ chiều) xuống còn 28,82°C (thời điểm 5 giờ chiều) khi có pin mặt trời áp mái. Qua đây, chúng ta cũng thấy độ trễ nhiệt được thể hiện qua nhiệt độ cao nhất của bề mặt trong và ngoài của mái (được cấu tạo bởi các lớp bê tông cốt thép và lớp thạch cao) là không cùng thời điểm. Nhiệt độ bề mặt trong của mái có tác động lớn tiện nghi nhiệt được thảo luận mục tiếp theo.

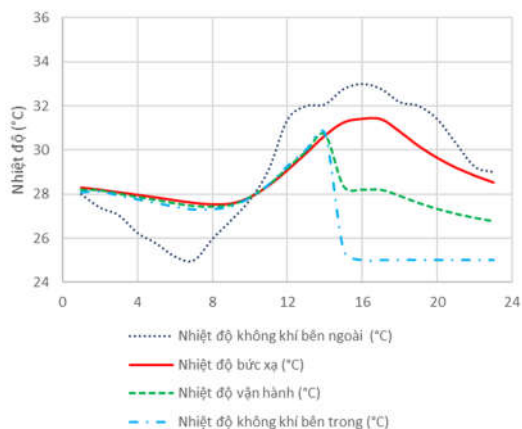


Hình 6. So sánh nhiệt độ bề mặt lớp vỏ công trình trường hợp có (b) và không (a) lắp đặt pin mặt trời áp mái trong vòng một ngày mùa hè điển hình

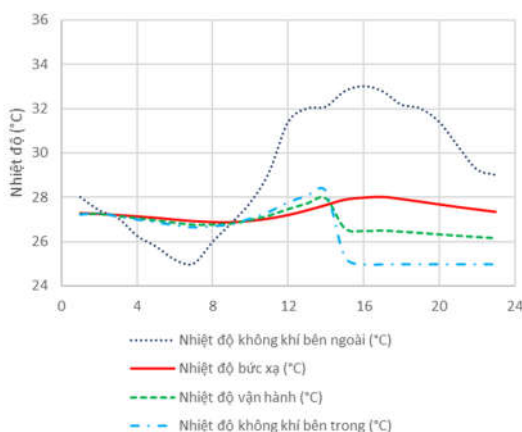
3.3. Tiện nghi nhiệt

Hình 7 thể hiện kết quả mô phỏng nhiệt độ không khí bên trong, nhiệt độ bức xạ và nhiệt độ vận hành theo sự thay đổi của nhiệt độ môi trường bên ngoài. Nhiệt độ bức xạ là nhiệt độ đặc trưng cho truyền nhiệt bức xạ của một bề mặt bên trong lớp vỏ công trình vào môi trường bên trong. Nhiệt độ bức xạ của một không gian là nhiệt độ bức xạ trung bình của tất cả các bề mặt của nó bao gồm tường, sàn và trần. Nhiệt độ vận hành hay còn được gọi là nhiệt độ tương đương và nhiệt độ hiệu quả, được định nghĩa là trung bình giữa nhiệt độ không khí trong phòng và nhiệt độ bức xạ. Do giả sử hệ thống điều hoà luôn đáp ứng được nhu cầu nên trong cả hai trường hợp đều có nhiệt độ không khí luôn đạt được nhiệt độ đặt. Tuy nhiên, trường hợp không lắp đặt pin mặt trời áp mái có nhiệt độ vận hành cao dẫn tới tiện nghi nhiệt không được đảm bảo (nhiệt độ

không khí đạt yêu cầu nhưng vẫn cảm thấy khó chịu do ảnh hưởng bức xạ bề mặt).



(a)



(b)

Hình 7. So sánh tiện nghi nhiệt trường hợp có (b) và không (a) lắp đặt pin mặt trời áp mái trong vòng một ngày mùa hè điển hình

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Bài báo trình bày những nghiên cứu về tác động pin mặt trời áp mái đối với hiệu quả năng lượng toà nhà tại Việt Nam, thông qua đối tượng nghiên cứu là một công trình nhà ở xã hội tại thành phố HCM. Kết quả mô phỏng cho thấy việc lắp đặt pin mặt trời áp mái không chỉ có tiềm năng cung cấp điện mà còn giảm sự truyền nhiệt thông qua mái. Qua đó, tải làm mát và tổng mức tiêu thụ năng lượng của toàn bộ công trình được giảm đáng kể thông qua việc giảm truyền nhiệt từ bức xạ mặt trời vào bên trong công trình. Ngoài ra, việc giảm bức xạ mặt trời cũng có tác dụng làm mát bề mặt mái (bên ngoài và bên trong) và đặc biệt cải thiện đáng kể tiện nghi nhiệt của không gian áp mái. Nghiên cứu này sẽ là cơ sở để tiếp tục thực hiện những nghiên cứu sâu và cụ thể hơn về tác động pin mặt trời áp mái trên công các công trình xây dựng với hệ thống điện phân phối. Đồng thời cũng góp phần hướng tới hỗ trợ cho các nghiên cứu phân tích kinh tế và tính khả thi của các dự án đầu tư và chi phí vòng đời lắp đặt pin mặt trời áp mái tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Brohm R., 2016. *New Study: Commercial PV Rooftop Investment Opportunities in Vietnam* (rainer-brohm.de).

[2]. EVN, 2019. *Rooftop solar PV systems will contribute to relieving pressure on power supply Seminar*. Promoting rooftop solar PV development in Vietnam (Hanoi: EVN report).

[3]. Dominguez A., Kleissl J., Luvall J. C., 2011. *Effect of solar photovoltaic panels on roof heat transfer*. J. Solar Energy 85(2011)2244-2255 (Amsterdam: Elsevier).

[4]. Kotak A., Gago E., Mohanty P., Muneer T., 2014. *Installation of roof-top solar PV modules and their impact on building cooling load*. J. on Building Services Engineering Research & Technology Vol. 35 (New Delhi: SAGE) chapter 6 pp 613–633.

[5]. Hui S. C. M., Chan S. C., 2011. *Integration of green roof and solar photovoltaic systems*. Proc. Joint. Symp. Integrated Building Design in the New Era of Sustainability (Hong Kong) p 1.1–1.10.

[6]. Dinh V. B., Dang H. A., Delinchant B., Wurtz F., 2018. *Optimal sizing of PV system combined to cooling load management strategy toward photovoltaic self-consumption in buildings*. Proc. Int. Conf. Environment and Renewable Energy (Da Nang).

[7]. Nguyen N. X., Nguyen L. T., Nguyen Q. H., Delinchant B., 2016. *Grid-connected PV system design option for nearly Zero Energy Building in reference building in Hanoi*. Proc. Int. Conf. Sustainable Energy Technologies (Hanoi) pp 326-331.

[8]. Ministry of Industry and Trade, 2014. *Urban Upgrading in Ho Chi Minh city: Unexpected social impact of an infrastructure project Reflection paper* (HCM city). Vietnam.

AUTHOR INFORMATION

Dang Hoang Anh

Hanoi University of Science and Technology