

A Calculation for Selection the Power of Rooftop Solar Based on the Load of the Quang Viet Factory

Anh-Duong Van¹, Thanh-Tuan Pham^{1*}, Xuan-Luong Dinh¹, Duc Anh Quan Ngo¹, Tien-Dzung Tran^{2*}

¹University of Technology and Education – HCMUTE, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Chez Bong Co. Ltd, Ho Chi Minh City, Vietnam

* Corresponding author. Email: tuanpt@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	19/07/2023	Nowadays, global warming, lack of electricity, and the increase of production costs which many companies are facing. Taking advantage of available energy sources for factories and companies is an ideal choice to help them save costs and increase efficient business. In this study, the researchers have calculated, analyzed, and simulated the power of rooftop solar systems to choose optimal capacity and setup based on the power consumption of the company. From simulation and calculation results as a basis to apply to actual installation at Quang Viet factory – Long An. With the factory's area, the number of sunshine hours, the average of radioactivation in this area, the investment costs, the loading devices used, etc., the researchers have simulated and calculated the responsiveness of the solar power system at Quang Viet factory in 53.05%, payback period is 6.2 years. From this database, it is possible to research and apply in the design and installation of rooftop solar power systems at this company.
Revised:	15/09/2023	
Accepted:	10/10/2023	
Published:	28/02/2024	
KEYWORDS		
Rooftop solar;		
HomerPro;		
Selection the power;		
Design rooftop solar based on Load;		
Energy saving.		

Tính Toán Lựa Chọn Công Suất Hệ Thống Điện Mặt Trời Phù Hợp Dựa Vào Tải Tiêu Thụ của Nhà Máy Quảng Việt

Văn Ánh Dương¹, Phạm Thanh Tuấn^{1*}, Đinh Xuân Lượng¹, Ngô Đức Anh Quân¹, Trần Tiến Dũng^{2*}

¹Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Công ty TNHH Chez Bong, Ho Chi Minh City, Việt Nam

* Corresponding author. Email: tuanpt@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO		TÓM TẮT
Ngày nhận bài:	19/07/2023	Hiện nay với sự nóng lên của trái đất, cùng với sự thiếu hụt điện và gia tăng chi phí sản xuất là bài toán mà nhiều doanh nghiệp đang gặp phải. Tận dụng nguồn năng lượng tái tạo để sử dụng cho nhà máy, công ty từ đó giúp giảm điện năng mua từ lưới điện là một phương án giúp cho các doanh nghiệp tiết kiệm chi phí, tăng năng lực cạnh tranh của doanh nghiệp. Trong bài báo này, nhóm tác giả phân tích, tính toán, và sử dụng phần mềm chuyên dụng hỗ trợ trong việc xác định được công suất điện mặt trời tối ưu dựa vào tải tiêu thụ của nhà máy. Sau đó hệ thống điện mặt trời áp mái được mô phỏng và thiết kế sao cho tối ưu hoá lượng điện đầu ra của hệ thống. Từ diện tích nhà máy, số giờ nắng, bức xạ trung bình tại khu vực, chi phí đầu tư, các thiết bị tải sử dụng,... nhóm tác giả đã mô phỏng, tính toán được khả năng đáp ứng của hệ thống điện mặt trời tại đối với nhu cầu tải tiêu thụ nhà máy Quảng Việt là 53.05 %, thời gian hoàn vốn là 6.2 năm. Từ cơ sở dữ liệu này, có thể nghiên cứu áp dụng vào thực tế thiết kế lắp đặt hệ thống điện mặt trời mái nhà tại nhà máy Quảng Việt sao cho đạt lợi ích kinh tế cao nhất cho nhà máy.
Ngày hoàn thiện:	15/09/2023	
Ngày chấp nhận đăng:	10/10/2023	
Ngày đăng:	28/02/2024	
TỪ KHÓA		
Điện mặt trời áp mái;		
HomerPro;		
Lựa chọn công suất điện mặt trời;		
Hiệu quả năng lượng;		
Thiết kế hệ thống dựa trên tải tiêu thụ.		

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.2024.1434>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

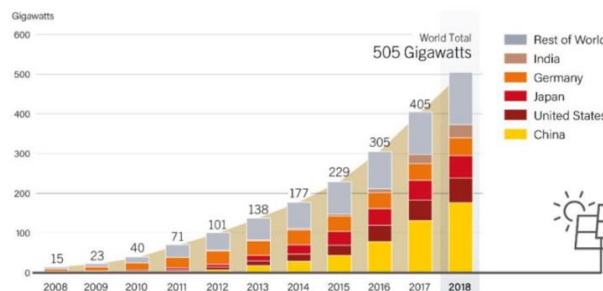
Xu thế chuyển dịch năng lượng từ các nguồn năng lượng hoá thạch sang các nguồn năng lượng tái tạo đang diễn ra mạnh mẽ trên thế giới. Vì vậy mà các nguồn năng lượng tái tạo đang ngày càng được chú trọng khai thác. Và theo sự phát triển của công nghệ các hệ thống khai thác năng lượng tái tạo càng được chú ý đến việc tăng hiệu suất, tăng hiệu quả sử dụng của năng lượng tái tạo. Trong các nguồn năng lượng tái tạo được khai thác nhiều nhất hiện nay, năng lượng mặt trời vẫn đang là nguồn năng lượng được khai thác nhiều nhất vì nó có các ưu điểm như: sạch, sản lượng là vô tận, có mặt khắp nơi trên bề mặt trái đất, và dễ dàng lắp đặt thi công. Vì vậy việc phát triển các dự án điện mặt trời đã được chú trọng trong thời gian qua.

- *Tình hình thế giới:*

Năng lượng mặt trời đã được Hoa Kỳ quan tâm đầu tư và phát triển từ khá sớm. Năm 1982, tại bang California đã xây dựng nhà máy quang điện công suất 1 MW đầu tiên trên thế giới, nhờ việc tận dụng điều kiện lý tưởng về tự nhiên khi tại đây có khoảng 102,7 nghìn km² là sa mạc nắng nóng - điều kiện lý tưởng để phát triển điện mặt trời. Giai đoạn 2011-2014, cũng tại California đã xây dựng 2 nhà máy điện mặt trời lớn. Đó là Trang trại quang điện Topaz công suất 550 MW với tổng mức đầu tư khoảng 2,5 tỷ USD và Nhà máy điện mặt trời Ivanpah công suất 392 MW với tổng vốn đầu tư khoảng 2,2 tỷ USD. Tháng 5/2020, Bộ Nội vụ Mỹ đã thông qua lần cuối dự án năng lượng mặt trời lớn nhất ở Mỹ, trị giá lên tới 1 tỷ USD ở tại tiểu bang Nevada. Dự án này có thể cung cấp điện cho khoảng 260 nghìn hộ gia đình, đủ để đáp ứng nhu cầu của dân cư tại Las Vegas. Theo tính toán, dự án sẽ đem lại nhiều lợi ích cho nền kinh tế cũng như môi trường, tạo ra hàng nghìn việc làm trong lĩnh vực xây dựng và sản xuất ra nguồn năng lượng sạch có thể bù đắp lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính của khoảng 83 nghìn chiếc xe hơi [1].

Ngày từ năm 2006, Trung Quốc đã ban hành Luật Năng lượng tái tạo, đặt nền móng cho cuộc cách mạng phát triển năng lượng sạch. Trung Quốc hiện được xem là quốc gia có khả năng sản xuất điện năng lượng mặt trời lớn nhất trên thế giới với khả năng sản xuất lên đến 1330 GWh mỗi năm. Riêng năm 2018, Trung Quốc lắp đặt một nửa trong tổng công suất năng lượng mặt trời mới trên toàn thế giới. Đây cũng là nước sở hữu dự án điện mặt trời lớn nhất thế giới với công suất lên đến 1547 MW ở sa mạc Tengger. Trung Quốc cũng là đất nước đầu tiên lắp đặt hơn 100 GW năng lượng mặt trời, tương đương với lượng điện được sản xuất từ 75 nhà máy năng lượng hạt nhân công suất trung bình. Tính đến đầu năm 2019, Trung Quốc sở hữu 6 trong 10 công ty sản xuất module năng lượng mặt trời lớn nhất thế giới. Mức sản xuất pin mặt trời tại quốc gia này hiện đã đạt và vượt mục tiêu đề ra của chính phủ về khả năng sản xuất và lắp đặt năng lượng mặt trời [2].

Ngoài Hoa Kỳ và Trung Quốc thì các quốc gia khác cũng chú trọng đến năng lượng tái tạo như Nhật Bản, Đức,... Chính phủ Nhật Bản có chính sách mua điện sản xuất từ năng lượng mặt trời với giá cao hơn giá thị trường và giảm giá bán các tấm pin năng lượng mặt trời. Để tiếp tục thúc đẩy phát triển điện mặt trời, tháng 8/2011, Nhật Bản đã ban hành Luật Trợ giá (FiT) mua năng lượng tái tạo, khuyến khích người dân tự sản xuất điện mặt trời tại nhà và từ đó xây dựng các trung tâm điện mặt trời lớn và tập trung. Luật FiT cho phép hỗ trợ giá điện sản xuất từ năng lượng mặt trời khi các doanh nghiệp tư nhân muốn đầu tư. Giai đoạn từ năm 2011 đến năm 2014, công suất lắp đặt điện mặt trời tại Nhật Bản tăng mạnh từ 5.000 MW lên 25.000 MW. Đến cuối năm 2020, đã có khoảng 2,4 triệu khách hàng (bao gồm hộ gia đình, doanh nghiệp...) lắp đặt điện mặt trời áp mái ở Nhật Bản [3].

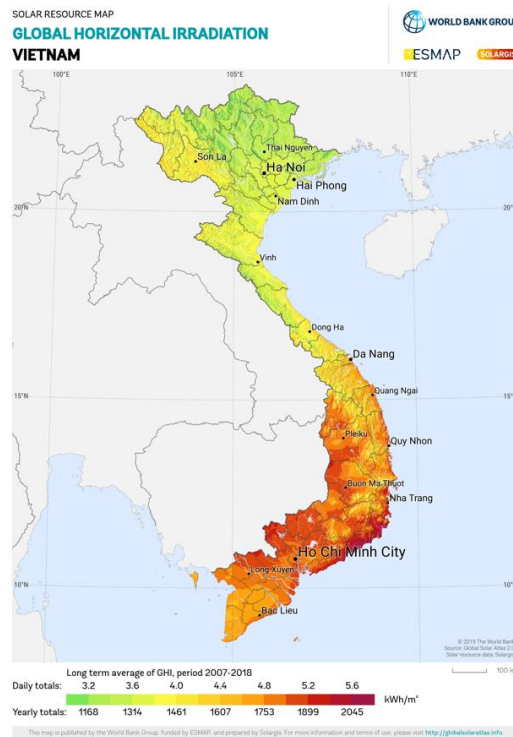


Hình 1. Tổng công suất lắp đặt điện mặt trời trên thế giới từ 2008 - 2018

Hình 1 cho thấy xu hướng phát triển của điện mặt trời trên thế giới. Vì sự phát triển mạnh mẽ của điện mặt trời mà các ngành nghề liên quan đến lĩnh vực này cũng phát triển mạnh mẽ. Có các xu hướng khác nhau trong việc phát triển tùy theo lĩnh vực. Thuộc lĩnh vực vật liệu các xu hướng trong việc phát triển vật liệu tập trung vào nâng cao hiệu suất chuyển đổi năng lượng [4]-[6], tập trung vào các vật liệu có giá thành rẻ hơn [7], [8], tập trung vào việc thiết kế các hệ thống có thể hoạt động có hiệu suất cao hơn như các hệ Concentrator Photovoltaic (CPV), hoặc là các thiết kế tối ưu hoá công suất [9], [10],... Bên cạnh các phương pháp nghiên cứu để phát triển ngành năng lượng mặt trời thì các phương án thiết kế hiệu quả trong thực tế cũng là một lĩnh vực quan trọng rất đáng để quan tâm. Các phương pháp thiết kế tối ưu sử dụng các phần mềm hỗ trợ như HomerPro, PVSyst hay các chương trình lập trình để tính toán các điều kiện thiết kế lắp đặt tối ưu hệ thống cũng được quan tâm trên thế giới tùy theo các điều kiện về kinh tế xã hội và các yêu cầu kỹ thuật của các hệ thống điện mặt trời ở các nước khác nhau trên thế giới [11], [12].

- Việt Nam:

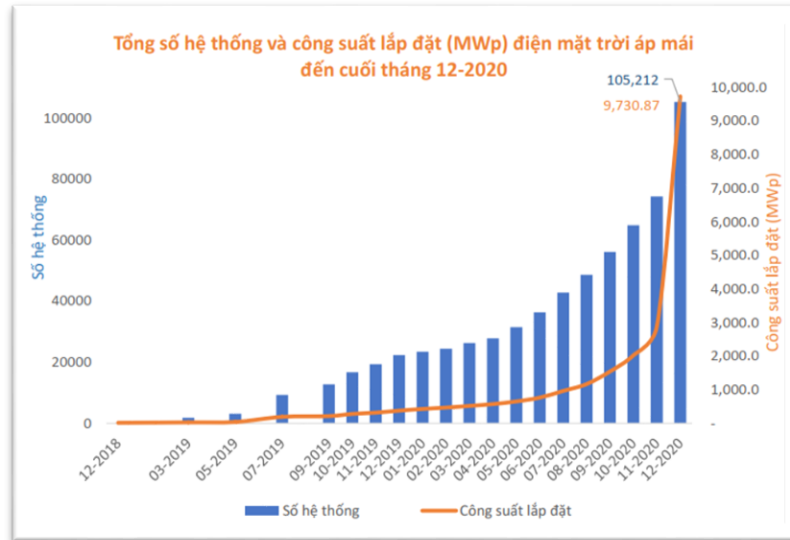
Việt Nam nằm trong vùng nội chí tuyến Bắc nên có tiềm năng lớn về bức xạ mặt trời, trung bình số giờ nắng từ 1600 – 2700 giờ/năm, lượng bức xạ khoảng 4 – 5 kWh/m² một ngày (2021). Vì vậy, tiềm năng về khai thác năng lượng mặt trời tại Việt Nam lên đến khoảng 13 GW với mật độ năng lượng mặt trời tập trung cao tại khu vực Miền Trung và Miền Nam: Duyên Hải Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Nam Bộ [13] như được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Lượng bức xạ năng lượng mặt trời theo ngày ở Việt Nam

Sự phát triển của năng lượng mặt trời tại Việt Nam thay đổi phụ thuộc theo công nghệ và chính sách khuyến khích của nhà nước. Trong giai đoạn đầu khi Việt Nam mới tiếp cận với năng lượng mặt trời thì các dự án đầu tư chủ yếu là dưới dạng trang trại điện mặt trời có quy mô lớn và kết nối trực tiếp vào hệ thống lưới điện quốc gia. Sự phát triển quá nóng của điện mặt trời ở một số vùng có mật độ năng lượng mặt trời cao làm áp lực truyền tải, phân phối điện gia tăng lên hệ thống điện lưới quốc gia. Và các chính sách và các quy hoạch điện đã được đưa ra và điều chỉnh để điện mặt trời phát triển bền vững hơn phù hợp với sự phát triển đồng bộ của hạ tầng lưới điện. Và khoảng 10 năm trở lại đây thì điện mặt trời phát triển mạnh nhờ sự phát triển của điện mặt trời áp mái nhờ vào chính sách mua lại điện áp mái từ EVN. Tuy nhiên, việc giá thành các tấm panel quang điện giảm giá quá nhanh vì sự phát triển của thị trường thế giới làm cho việc đầu tư điện mặt trời áp mái hoà lưới trở thành một lĩnh vực đầu tư được quan tâm.

Vì vậy chỉ trong vòng 3 năm từ 2018-2020, vào cuối năm 2020 số hệ thống đạt được là 105,212 hệ thống với tổng công suất lắp đặt lên tới 9730.87 MWp [14]. Việc phát triển nóng của điện mặt trời áp mái giai đoạn này không đi kèm với các công nghệ lưu trữ, hệ thống và cơ sở hạ tầng của lưới điện quốc gia đã làm cho sự phát triển trở nên không bền vững và ảnh hưởng đến an toàn của hệ thống cơ sở hạ tầng lưới điện. Vì vậy chính sách khuyến khích mua bán điện áp mái đã kết thúc vào 31/12/2020.



Hình 3. Tổng số hệ thống và công suất lắp đặt (MWp) điện mặt trời áp mái đến cuối tháng 12-2020

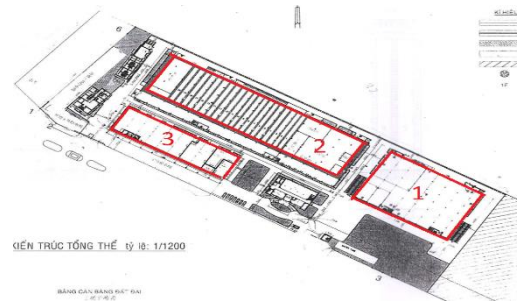
Việc kết thúc chính sách khuyến khích mua bán điện mặt trời áp mái dẫn đến một bước thay đổi rất lớn trong việc lắp đặt và sử dụng các hệ thống điện mặt trời áp mái. Quá trình thiết kế và lắp đặt điện mặt trời áp mái trước thời điểm 31/12/2020 là tương đối đơn giản, chủ yếu phụ thuộc theo 1 trong 3 yếu tố: theo diện tích mái lắp đặt, theo công suất mong muốn của chủ đầu tư, hoặc theo tài chính của chủ đầu tư. Chủ yếu các hệ thống điện mặt trời áp mái là các hệ thống on-grid. Việc lắp đặt hệ thống on-grid đơn giản vì không phải quan tâm đến lượng điện thiếu hoặc thừa của hệ thống điện mặt trời áp mái. Thiếu hoặc thừa của điện mặt trời áp mái sẽ được bù đắp hoặc bán lên lưới điện quốc gia với giá rất hấp dẫn là 1,920 đồng/kWh [15], [16]. Tuy nhiên việc lắp đặt điện mặt trời áp mái như vậy là không hiệu quả kể từ năm 2021. Việc lắp đặt điện mặt trời áp mái phải được lắp đặt theo công suất tối ưu để lượng điện sản sinh ra phải được sử dụng nhiều nhất có thể bởi nhà máy tại khu vực lắp đặt hệ thống. Vì phổ tải tiêu thụ của nhà máy không phải lúc nào cũng phù hợp với phổ điện tạo ra bởi hệ thống điện áp mái. Vì vậy lượng điện dư thừa không được sử dụng bởi tải của nhà máy sẽ bị hao phí. Điều này có nghĩa là nếu lắp đặt hệ thống điện mặt trời áp mái có công suất dư thừa sẽ trở nên lãng phí, còn ngược lại nếu chúng ta lắp đặt hệ thống có công suất quá nhỏ thì lại không tối ưu về mặt kinh tế cho nhà máy. Vì lẽ đó việc thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái hiện nay trở nên phức tạp hơn đòi hỏi các kỹ sư thiết kế phải tính toán lựa chọn được công suất tối ưu của hệ thống điện mặt trời áp mái cho mỗi một nhà máy với tải tiêu thụ đặc trưng của nhà máy đó. Các thuật toán để tính toán, lựa chọn được công suất điện mặt trời áp mái cần thiết thường khá phức tạp với rất nhiều các thông số đầu vào ảnh hưởng đến kết quả. Vì vậy thông thường các kỹ sư sẽ lựa chọn các phần mềm chuyên ngành hỗ trợ cho việc tính toán này. Có nhiều phần mềm hỗ trợ cho việc xác định công suất tối ưu tuy nhiên hiện nay phần mềm HomerPro được xem là phần mềm chuyên ngành hỗ trợ tốt nhất cho mục tiêu tính toán tìm công suất tối ưu của hệ thống điện mặt trời áp mái.

Trong nghiên cứu này, phần mềm HomerPro được sử dụng để hỗ trợ cho việc tính toán xác định công suất tối ưu của nhà máy nhờ vào dữ liệu tải tiêu thụ của nhà máy. Bên cạnh đó việc tính toán thiết kế hệ thống điện mặt trời áp mái cho nhà máy Quảng Việt còn được hỗ trợ bởi phần mềm khác. Phần mềm PVsyst để mô phỏng sản lượng điện đầu ra của hệ thống trong khi AutoCad và Sketchup được sử dụng để hỗ trợ cho việc thiết kế và dựng hình ảnh hệ thống. Ngoài ra một chương trình được xây dựng

riêng bằng Excel dựa trên kinh nghiệm của cộng đồng các chuyên gia được sử dụng để so sánh và đánh giá lại kết quả thu được từ HomerPro.

2. Phân tích, xử lý số liệu tại nhà máy

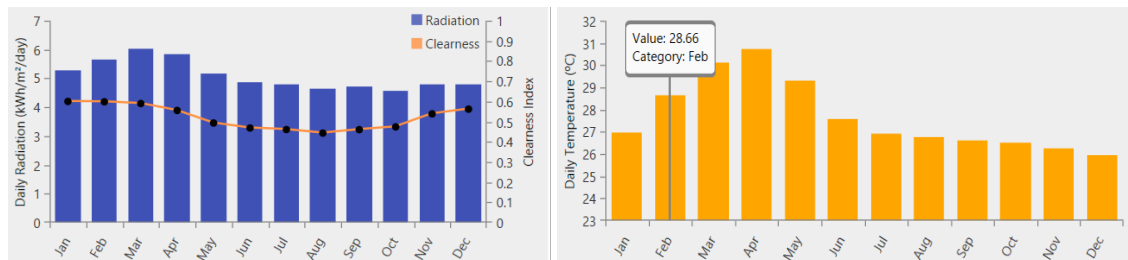
Nhà máy Quảng Việt đặt tại Long An có diện tích 30,000 m². Vị trí nhà máy thuộc vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long, là khu vực có lượng bức xạ tốt từ 4.8 – 5.2 kWh/m²/ngày và có số giờ nắng từ 1,800 – 2,000 giờ trong năm. Cho thấy nhà máy nằm trong khu vực có mật độ bức xạ mặt trời cao phù hợp cho việc lắp đặt hệ thống điện mặt trời áp mái. Việc lắp đặt điện mặt trời áp mái thì các thông số về mái của nhà máy là thông tin cần thiết và được thể hiện qua Bảng 1. Thông số diện tích mái giúp cho việc xác định công suất tối đa của hệ thống và hướng mái cho phép việc thiết kế trở nên hiệu quả và phù hợp hơn để đảm bảo hiệu suất của hệ thống.



Hình 4. Toàn cảnh nhà máy Quảng Việt tại Long An nhìn từ Google Map

Bảng 1. Các thông số mái của nhà máy

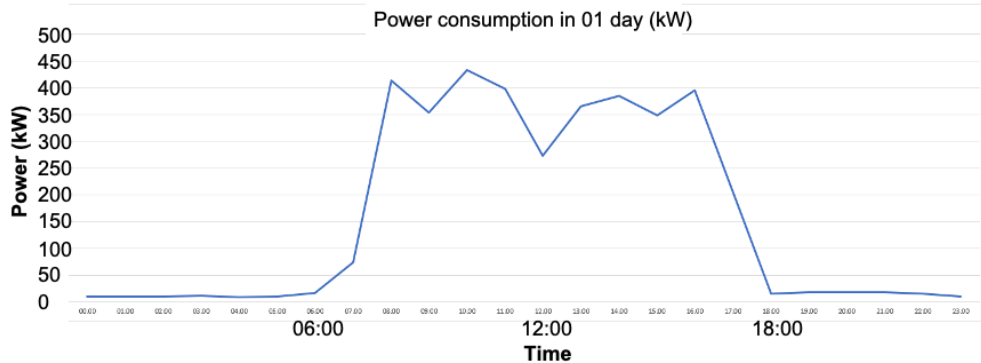
Tòa nhà	Thông số
Diện tích mái Tòa nhà 1	6965 m ²
Diện tích mái Tòa nhà 2	3299 m ²
Diện tích mái Tòa nhà 3	1910 m ²
Tổng diện tích mái	12174 m ²
Tổng tiềm năng lắp đặt	2.03 MW _p
Tọa độ	10 ^o 56'09''N 106 ^o 27'02''E
Góc Azimuth	Lệch 30.8 ^o so với hướng Nam về phía Tây
Góc nghiêng mái nhà	4.6 ^o



Hình 5. Thông số bức xạ và nhiệt độ trung bình các tháng

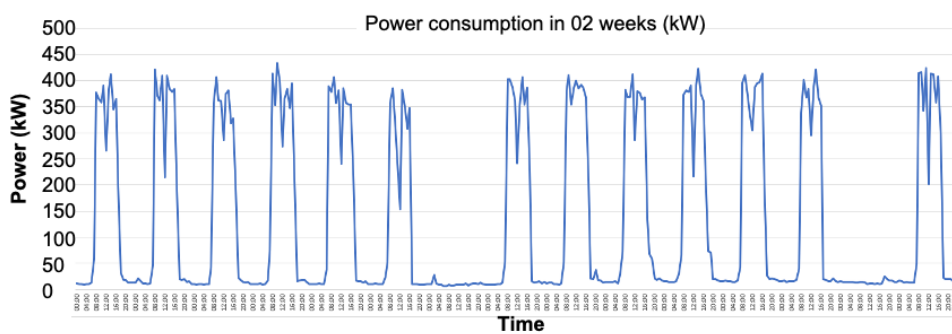
Hình 5 cho thấy sự phân bố mật độ công suất bức xạ trung bình các tháng trong năm của khu vực nhà máy. Bức xạ trung bình lớn nhất vào khoảng tháng 3, trong khi giá trị trung bình thấp nhất là vào khoảng tháng 10. Các giá trị có thay đổi nhưng tất cả đều trên 4.5 kWh/m²/ngày. Bên cạnh đó, nhiệt độ

trung bình giữa các tháng trong năm cao nhất vào tháng 4 khoảng 30.5°C , thấp nhất vào tháng 12 khoảng 26.5°C . Những điều này cho thấy các điều kiện tiền đề cơ bản phù hợp trong việc lắp đặt điện mặt trời áp mái cho nhà máy.



Hình 6. Đồ thị tải tiêu thụ trong một ngày

Việc thiết kế điện mặt trời áp mái với công suất tối ưu thì thông tin về dữ liệu tải tiêu thụ của nhà máy là rất quan trọng. Dữ liệu tải tiêu thụ là thông số đầu vào quan trọng được đưa vào HomerPro để tính toán công suất tối ưu. Theo dữ liệu thu thập tại nhà máy cho thấy công suất tải tiêu thụ của nhà máy trong một ngày Hình 6 và tải tiêu thụ trong hai tuần theo Hình 7. Nhà máy có tải tiêu thụ bắt đầu từ 7:00 sáng và kết thúc vào khoảng 18:00 tối, trong đó khoảng tải tiêu thụ cao từ 8:00 sáng đến 16:30 chiều. Và tải tiêu thụ của nhà máy có giảm khoảng 30% vào khoảng thời gian nghỉ trưa. Với phổ tải tiêu thụ trong Hình 6 cho thấy tải tiêu thụ của nhà máy tương đối phù hợp với phổ tải sản lượng đầu ra của các hệ thống điện mặt trời áp mái.



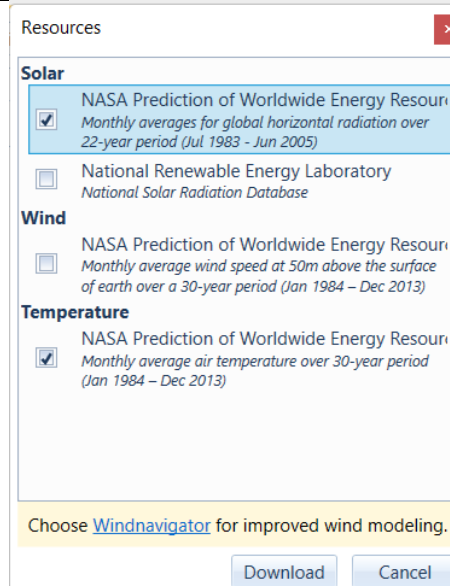
Hình 7. Đồ thị tải tiêu thụ trong 2 tuần

Để có thể áp dụng được phần mềm HomerPro thì dữ liệu tối thiểu về tải tiêu thụ phải cung cấp là một năm. Trong Bảng 2 cho thấy lượng điện tiêu thụ của nhà máy trong năm khảo sát 2020. Qua dữ liệu từ Bảng 2 có thể thấy thời gian thấp điểm của nhà máy sẽ rơi vào khoảng tháng 2 thường trùng với khoảng thời gian nghỉ Tết cổ truyền. Việc thiết lập và tính toán các kết quả sử dụng HomerPro có thể được khái quát gồm các bước sau:

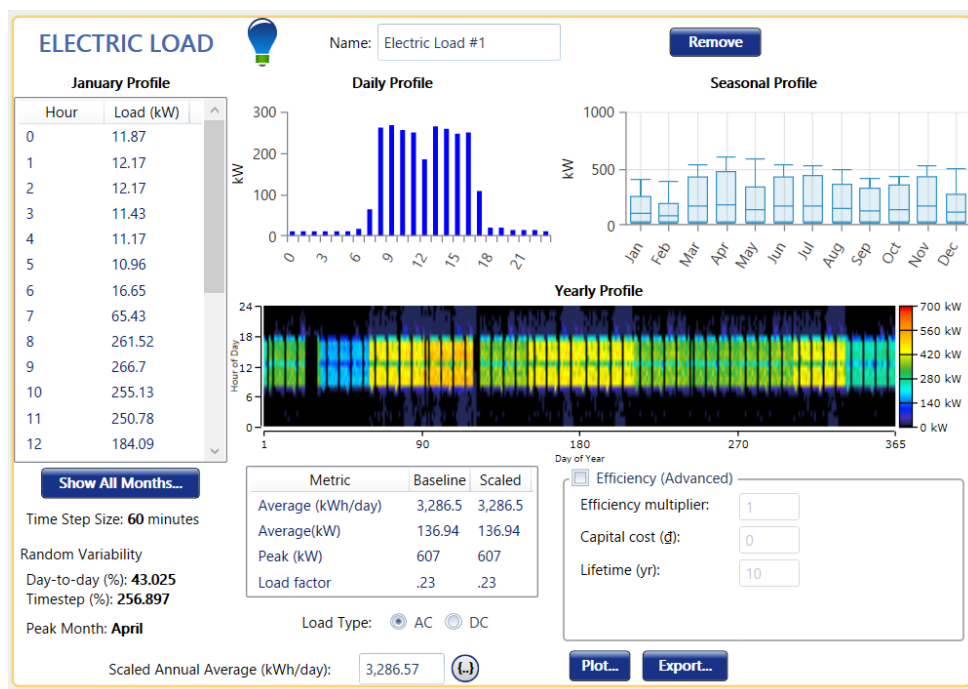
Bước 1: Cài đặt vị trí địa lý. Vị trí nhà máy lắp đặt điện mặt trời áp mái được đưa vào trong phần mềm. Sau đó loại dữ liệu thời tiết được lựa chọn. Có 3 loại dữ liệu thời tiết thường được sử dụng trong tính toán điện mặt trời gồm Nasa, National Renewable Energy Lab (NREL) và Norm. Cả 3 loại thời tiết này đều được sử dụng rộng rãi và sự chênh lệch giữa các dữ liệu này là không đáng kể và cơ sở dữ liệu bức xạ mặt trời của Nasa được sử dụng trong dự án này và việc lựa chọn chủ yếu dựa vào giao diện và sự hỗ trợ của các phần mềm chuyên ngành như được trình bày trong Hình 8.

Bảng 2. Lượng điện tiêu thụ của nhà máy theo từng tháng trong năm 2020

Tháng	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Tổng	71.6	48.6	122.1	130.5	95.6	115.7	123.9	103.2	90.7	102.0	116.7	79.3
Thấp điểm	2.3	1.2	3.0	3.3	2.6	2.9	3.0	2.5	2.3	2.5	2.9	1.9
Bình thường	50.7	34.5	87.0	92.9	67.8	82.4	88.3	73.6	64.7	72.5	83.3	56.5
Cao điểm	18.6	12.6	32.1	34.2	25.2	30.4	32.7	27.1	23.8	26.9	30.6	20.9



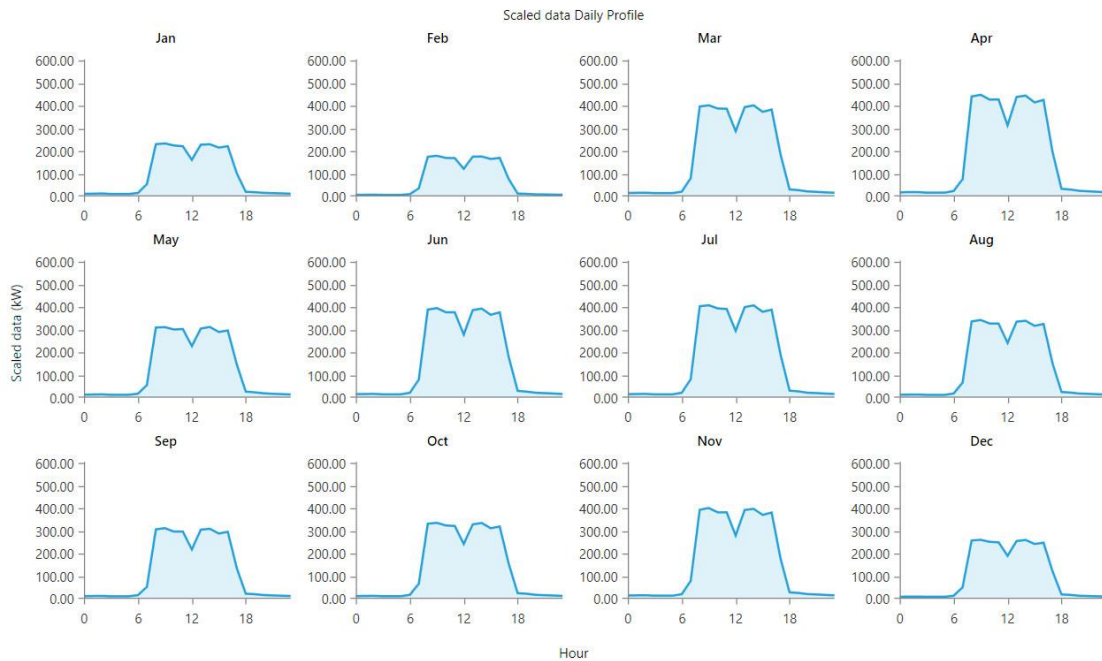
Hình 8. Lựa chọn nguồn dữ liệu



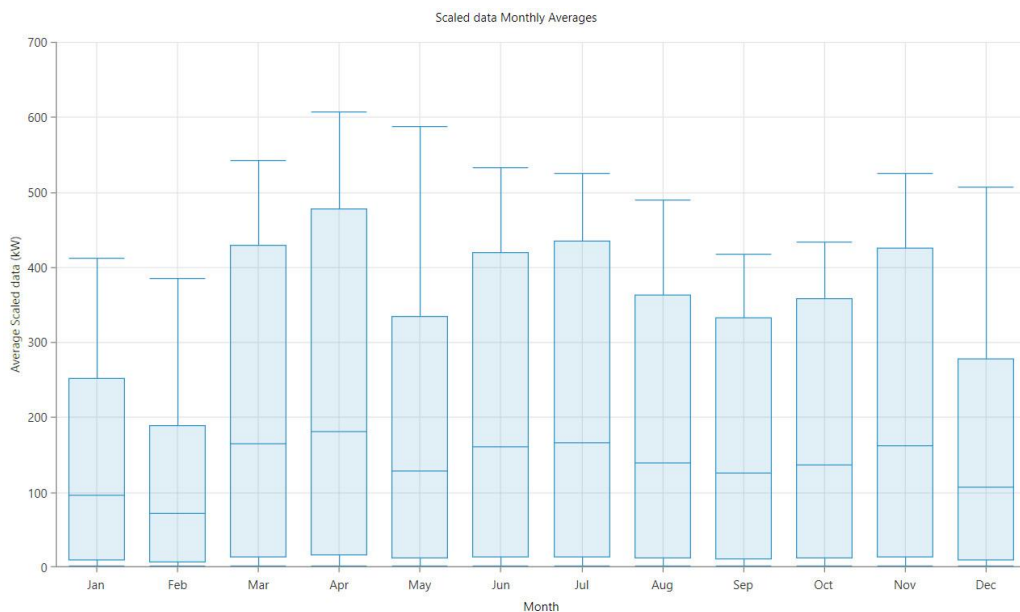
Hình 9. Phân tích thông tin tải tiêu thụ được tải vào trong phần mềm HomerPro

Bước 2: Nhập dữ liệu tải vào phần mềm. Các dữ liệu tải tiêu thụ của nhà máy phải được lưu dưới dạng một file text với định dạng phải tuân thủ theo hướng dẫn của phần mềm HomerPro. Có nhiều định dạng khác nhau có thể được sử dụng, tuy nhiên trong nghiên cứu này, định dạng hai cột được sử dụng trong đó một cột là mốc thời gian và một cột còn lại là công suất của tải tiêu thụ. Bước nhảy của các dữ liệu này có thể dao động trong từ 1 tiếng cho đến vài phút. Như trong Hình 9 cho thấy các thông số liên quan đến tải tiêu thụ nhà máy và giá thành điện lưới tại các khoảng thời gian khác nhau.

Bước 3: Xuất dữ liệu tiêu thụ điện của nhà máy như Hình 10 và Hình 11. Việc xuất dữ liệu này là không bắt buộc, việc xuất dữ liệu tiêu thụ điện của nhà máy là để kiểm tra xem dữ liệu thu thập có chính xác hay chưa và có gì bất thường trong bộ dữ liệu thu thập từ nhà máy hay không.

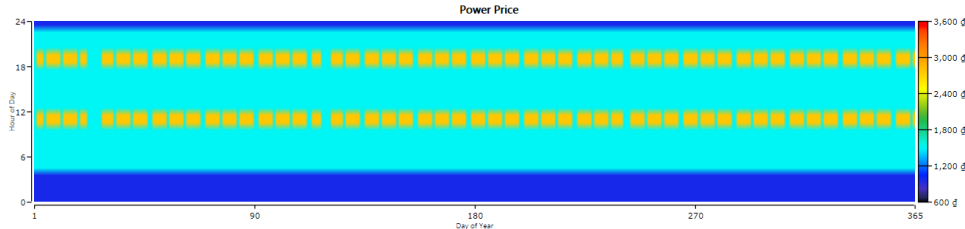


Hình 10. Đồ thị công suất tiêu thụ theo giờ trong ngày đặc trưng của mỗi tháng



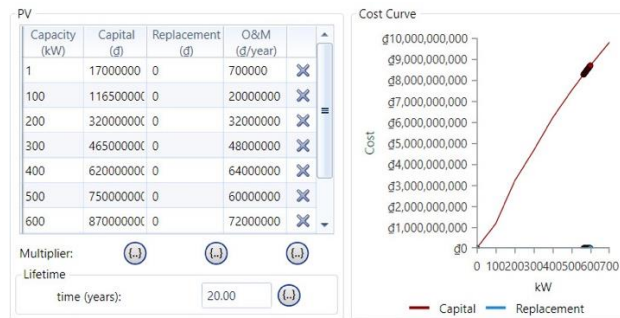
Hình 11. Đồ thị công suất tiêu thụ từng tháng trong năm 2020

Bước 4: Nhập biểu đồ giá điện. Vì việc tính toán lựa chọn công suất tối ưu của hệ thống điện mặt trời áp mái dựa vào việc tính toán ra được giá thành trên mỗi kWh điện được tạo ra trong toàn bộ vòng đời của dự án nên việc nhập giá điện chính xác theo các khung giờ khác nhau là rất cần thiết. Khung giá điện được tải vào trong HomerPro được tham khảo tại thời điểm tính toán với giá điện giờ cao điểm là 2871 VNĐ và giờ thấp điểm là 1555 VNĐ vì nhà máy Quảng Việt có điện áp nằm trong khung giá cho các nhà máy có điện áp từ 22 kV đến 110 kV [17]. Và bảng phân bố giá điện theo giá (màu sắc) và theo thời gian trong ngày và trong năm được thể hiện trong Hình 12.



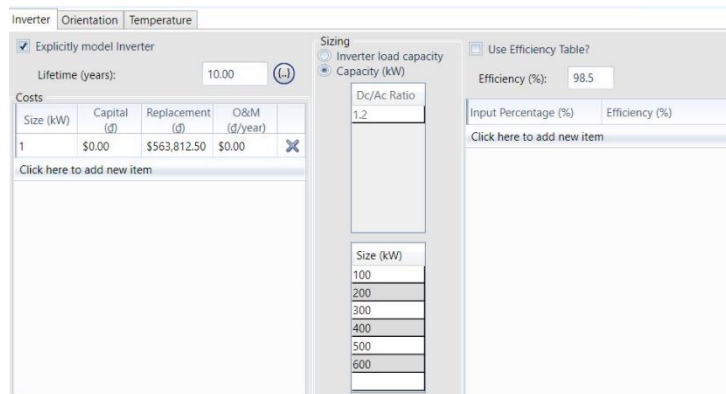
Hình 12. Biểu đồ giá điện khi import vào Homer Pro

Bước 5: Nhập chi phí lắp đặt. Chi phí lắp đặt được nhập vào HomerPro theo xu hướng của thị trường, trong đó khi công suất lắp đặt càng tăng thì chi phí giá đầu tư trên mỗi kWp của hệ thống sẽ giảm đi. Vì vậy kết quả tính chi phí giá thành năng lượng trên mỗi một kWh được tạo ra trong toàn bộ vòng đời dự án sẽ có độ chính xác cao hơn và có thể xác định được công suất cần lắp đặt cho dự án.



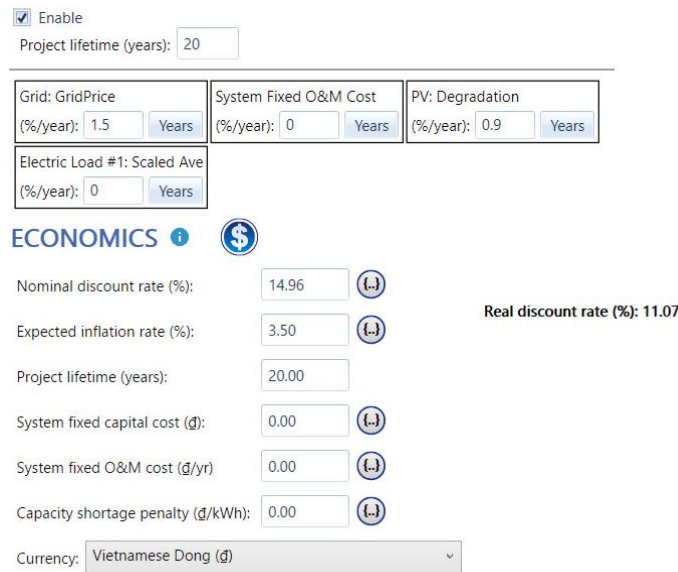
Hình 13. Nhập chi phí lắp đặt

Bước 6: Nhập các chi phí thay thế. Trong toàn bộ vòng đời của dự án thông thường được tính khoảng 20 năm. Tuổi thọ của các tấm panel quang điện thông thường là 25 đến 30 năm trong khi các bộ phận khác sẽ có tuổi thọ thấp hơn. Vì vậy trong toàn bộ vòng đời dự án sẽ có các thành phần cần được thay thế trong đó có Inverter, các cáp nối, ắc quy lưu trữ (nếu có),... Trong đó các Inverter là thành phần đáng kể nhất trong các thành phần cần thay thế và thường có tuổi thọ khoảng 10 năm. Vì vậy các chi phí thay thế này cần phải được tính vào chi phí tổng của toàn bộ vòng đời dự án.



Hình 14. Nhập các chi phí thay thế


Bước 7: Nhập các thông số kinh tế. Có rất nhiều thông số đầu vào của hệ thống có ảnh hưởng đến việc tính toán LCOE (Levelized cost of energy – giá thành mỗi đơn vị năng lượng). LCOE chính là thông số quan trọng để so sánh để chọn ra công suất tối ưu. Vì liên quan tới giá thành nên các yếu tố kinh tế đầu vào cần được quan tâm và lựa chọn chuẩn xác. Trong đề tài này tỉ lệ tăng giá điện lưới là 1.5 % được lựa chọn dựa trên tốc độ tăng giá điện trong 10 năm trở lại đây của thị trường. Bên cạnh đó tốc độ suy giảm hiệu suất của các tấm panel quang điện là 0.9 %/năm được lựa chọn từ kinh nghiệm từ các dự án thiết kế trước đó trong thực tế, trong khi từ thông tin của loại panel từ nhà sản xuất thì thông số này thường là 0.5 %. Ngoài ra các thông số khác quan trọng khác như tốc độ lạm phát được chọn là 3.5 % và hệ số chiết khấu danh định là 14.96 %. Tất cả các thông số này được lựa chọn dựa vào các tỉ lệ trong 10 năm gần nhất của các yếu tố kinh tế thị trường.





Enable
 Project lifetime (years): 20

Grid: GridPrice (%/year): 1.5 Years	System Fixed O&M Cost (%/year): 0 Years	PV: Degradation (%/year): 0.9 Years
--	--	--


Electric Load #1: Scaled Ave
(%/year): 0 Years


ECONOMICS 


Nominal discount rate (%): 14.96 

Expected inflation rate (%): 3.50 

Project lifetime (years): 20.00

System fixed capital cost (đ): 0.00 

System fixed O&M cost (đ/yr): 0.00 

Capacity shortage penalty (đ/kWh): 0.00 

Currency: Vietnamese Dong (đ)

Real discount rate (%): 11.07

Hình 15. Nhập các thông số kinh tế

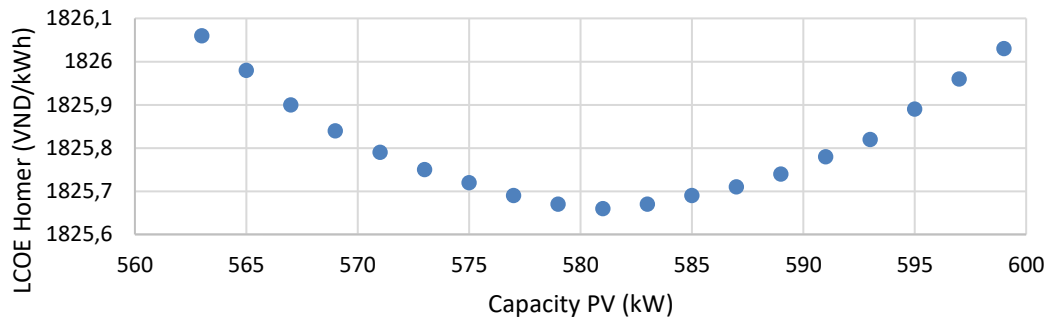
Bước 8: Mô phỏng hệ thống trong HomerPro để nhận được kết quả cần xác định. Các kết quả nhận được cần được phân tích để xem xét tính hợp lý của nó khi áp dụng vào thực tế dự án.

Đó là toàn bộ các bước cần thiết cần được tiến hành trong HomerPro để có thể đánh giá, lựa chọn được công suất tối ưu cho hệ thống dựa trên tải tiêu thụ và các kịch bản kinh tế như là các giá trị đầu vào cho chương trình. Kết quả đầu ra sẽ là các giá trị LCOE tương ứng với các kịch bản khác nhau để so sánh lựa chọn trường hợp có giá trị LCOE nhỏ nhất nhưng cũng phải đảm bảo tính thực tế của dự án trong việc thi công lắp đặt.

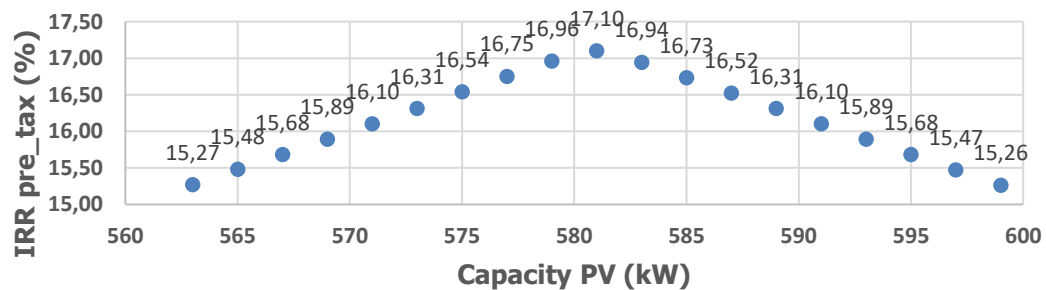
3. Kết quả và thảo luận

Hình 16 thể hiện các giá trị của LCOE phụ thuộc theo công suất lắp đặt. Trong trường hợp công suất lắp đặt cho nhà máy nhỏ thì các chi phí đầu tư tính trên một đơn vị kWh điện sản sinh ra lại cao. Vì vậy giá thành của mỗi kWh điện giảm xuống và đạt giá trị cực tiểu tại công suất 580 kWp. Công suất này chính là công suất tối ưu dựa theo tải tiêu thụ và phân bố phổ tiêu thụ của nhà máy Quảng Việt. Với công suất lắp đặt là 580 kWp thì giá thành mỗi đơn vị kWh điện sản sinh ra trong toàn bộ vòng đời dự án sẽ là khoảng 1824.6 VNĐ/kWh. Giá trị đó sẽ tăng lên nếu tăng công suất lắp đặt với những công suất lắp đặt lớn hơn. Điều này khá phù hợp với thực tế là trong trường hợp công suất lắp đặt lớn, lượng điện sản sinh ra bởi hệ thống năng lượng mặt trời có thể bị dư thừa do nhu cầu của nhà máy nhỏ hơn. Khi đó lượng điện dư sẽ trở thành hao phí. Vì vậy mà giá thành LCOE sẽ tăng lên. Từ cực trị trong đồ thị của Hình 16 cho thấy rằng ứng với mỗi nhà máy với mỗi tải tiêu thụ khác nhau thì công suất tối ưu là một

giá trị duy nhất. Tuy nhiên trong thực tế nhà đầu tư hoàn toàn có thể chọn các giá trị có thể thay đổi một khoảng giá trị nào đó so với giá trị tối ưu để đảm bảo các yêu cầu thực tế của nhà máy.



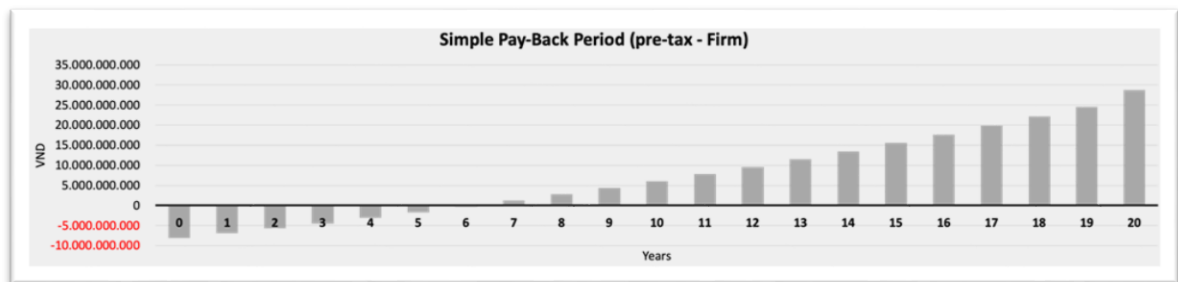
Hình 16. Biểu đồ giữa chi phí năng lượng và công suất PV



Hình 17. Biểu đồ IRR tương ứng với các giá trị công suất khác nhau

Hình 17 thể hiện một thông số khác quan trọng của một dự án đó là tỉ suất hoàn vốn nội bộ (IRR). Với các dự án có chỉ số IRR càng lớn thì tỉ suất lợi nhuận của dự án sẽ càng cao và thời gian hoàn vốn càng ngắn. Với công suất lắp là 580 kWp cho thấy là chỉ số IRR là cao nhất giúp thời gian hoàn vốn chỉ khoảng 6.3 năm như được thể hiện trong Hình 18.

Hình 18 thể hiện dòng tiền của dự án trong 20 năm. Trong năm đầu tiên cần bỏ ra chi phí để đầu tư hệ thống điện mặt trời nên hệ thống có giá trị dòng tiền âm. Các năm sau đó vì hệ thống sẽ tạo ra điện để cung cấp cho tải nhà máy giúp tiết kiệm được một phần lượng điện cần thiết cho tải nhà máy. Và đến năm thứ 7 thì lượng tiền tiết kiệm được của dự án đã lớn hơn số tiền đầu tư ban đầu vì vậy lúc này các cột thể hiện dòng tiền dự án mang giá trị dương và đến năm 20 số tiền tiết kiệm của dự án đã đạt tới khoảng 28 tỷ VNĐ (trước thuế).



Hình 18. Biểu đồ thời gian hoàn vốn sau thuế của hệ thống

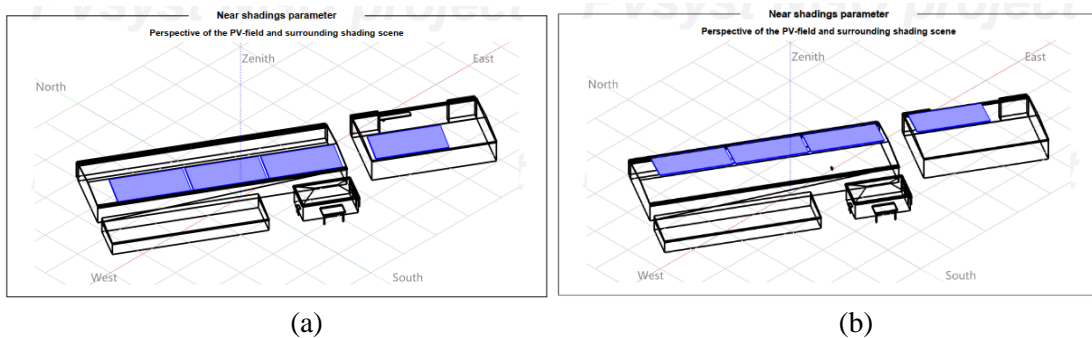
Sau khi chọn được công suất tối ưu cho hệ thống các phương án thi công lắp đặt được xây dựng với mục tiêu giảm tối thiểu tổn thất và tối ưu hoá sản lượng điện đầu ra từ đó mang lại giá trị kinh tế nhất cho dự án.

Phương án 1: Phương án thứ nhất là lắp các panel trên mái số 1 và số 2, mái được lắp pin theo hướng Tây Nam như trong Hình 19 a).

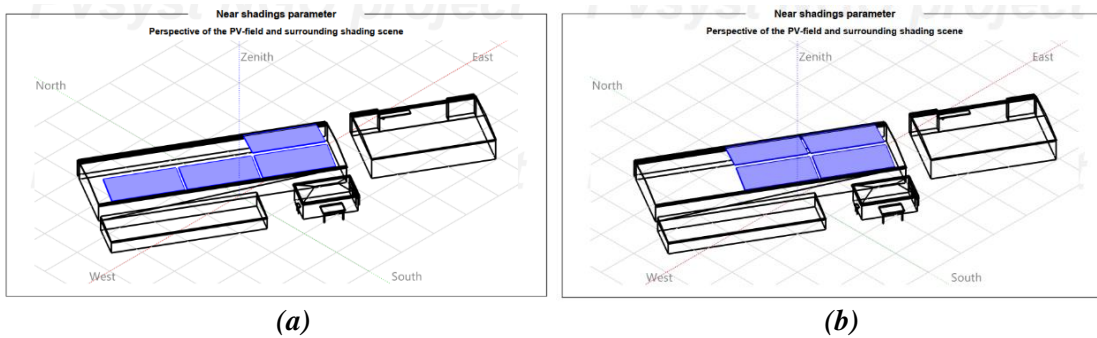
Phương án 2: Trong phương án này thì các tấm panel được lắp trên 2 mái theo hướng Đông Bắc ở phía ngược lại so với phương án 1 như được thể hiện như trong Hình 19 b).

Phương án 3: Trong phương án này các tấm panel được lắp đặt trên cùng một mái ở tòa số 1, panel solar được lắp theo cả hai hướng Tây Nam và Đông Bắc như trong Hình 20 a).

Phương án 4: Phương án thứ 4 sẽ lắp tương tự như trường hợp thứ 3, tuy nhiên việc bố trí panel solar lúc này sẽ được chia đều cho cả 2 phía như trong Hình 20 b).



Hình 19. Mô hình 3D trong PV Syst của a) phương án thứ nhất và b) phương án thứ hai



Hình 20. Mô hình 3D trong PV Syst của a) phương án thứ ba và b) phương án thứ tư

Kết quả mô phỏng và tính toán đầu ra của sản lượng điện mặt trời của cả 4 phương án được tính toán trong PVsyst để so sánh kết quả của các phương án từ đó có thể lựa chọn phương án tốt nhất cho việc thi công thực tế. Các kết quả so sánh được thể hiện trong Bảng 3 trong đó sản lượng điện do hệ thống điện mặt trời tạo ra đã có tính toán tới các tổn thất trong Pvsyst.

Bảng 3. Bảng so sánh kết quả giữa các phương án

Các phương án lắp đặt	Sản lượng (MWh/năm)	IRR (%) (trước thuế)	Hệ số hiệu suất (%)
Phương án thứ nhất	831.0	17.3	80.43 %
Phương án thứ hai	820.0	16.8	80.52 %
Phương án thứ ba	828.6	17.2	80.48 %
Phương án thứ tư	825.7	17.2	80.45 %

Kết quả của Bảng 3 cho thấy sản lượng điện đầu ra và hệ số hiệu suất của hệ thống trong các phương án lắp đặt khá là tương đồng. Nếu xem xét đến các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thi công, khi xét đến sự thuận tiện và tiết kiệm chi phí vật liệu trong việc thi công lắp đặt thì phương án thứ ba và phương án thứ tư sẽ là sự lựa chọn phù hợp. Ở hai phương án này, các tấm PV sẽ được lắp đặt trên cùng một mái xường, thi công lắp đặt sẽ mất ít chi phí hơn về cầu cáp, dây dẫn, ống điện,... Nếu lắp đặt như phương án thứ ba sẽ làm tăng tải trọng ảnh hưởng lên mái hướng Tây Nam, trong khi đó mái hướng Đông Bắc lại chịu tải trọng thấp hơn. Do vậy, lựa chọn phương án thứ tư để cân bằng tải trọng hệ thống, panel lắp trên hai mái của tòa nhà nhằm giảm bớt tải trọng của mái hướng Tây Nam đồng thời tăng tính thẩm mỹ cho dự án. Mặt khác, ở phương án thứ tư cho ta sản lượng là 825.7 MWh/năm chỉ thấp hơn 2.9 MWh/năm có nghĩa là chênh lệch chưa tới 0.004 % so với phương án thứ ba. Bên cạnh đó phương án 4 cho thấy giá trị IRR trước thuế là 17.2% là giá trị khá cao cho thấy tiềm năng kinh tế cao của dự án nếu được lắp đặt trong thực tế.

4. Kết luận

Từ kết quả phân tích có được, với mức công suất tối ưu 581 KW, mức này có giá trị IRR lớn nhất với 17.2% và thời gian hoàn vốn ngắn nhất 6.2 năm. Đây là một dự án hoàn toàn khả thi, đem lại được hiệu quả kinh tế lớn, đảm bảo được về mặt kỹ thuật đồng thời giúp giảm thiểu lượng khí nhà kính thải ra ngoài môi trường. Bên cạnh đó trong nghiên cứu này, các dữ liệu đầu vào của HomerPro đã được trình bày chi tiết. Cách sử dụng phần mềm HomerPro để tính toán xác định công suất tối ưu của hệ thống điện mặt trời áp mái đã được trình bày. Khi công suất tối ưu được xác định, các phương án thi công lắp đặt đã được trình bày chi tiết. Các kết quả của các phương án thi công đã được so sánh để tìm ra phương án khả dĩ nhất trong thực tế. Ngoài việc phân tích tính kỹ thuật của dự án, thì các yếu tố khác của dự án cũng được phân tích chi tiết. Thời gian hoàn vốn, chi phí đầu tư dự án, chi tiết về dòng tiền dự án trong 20 năm vòng đời dự án được phân tích một cách chi tiết để thấy được tiềm năng kinh tế của dự án. Tuy nhiên, trong quá trình mô phỏng đối chiếu giữa tải tiêu thụ và khả năng đáp ứng của hệ thống điện mặt trời áp mái cho thấy khả năng đáp ứng < 50 % tải tiêu thụ. Điều đó cho thấy lãng phí năng lượng của hệ thống còn lớn do nhiều năng lượng dư thừa không được sử dụng. Vì vậy dự án này nên được mở rộng thêm bằng cách tính toán xác định hệ thống lưu trữ năng lượng cho hệ thống. Bên cạnh đó giá điện thay đổi theo các khung giờ khác nhau cho thấy việc nghiên cứu các phương thức nạp xả của các hệ thống lưu trữ cũng là một vấn đề cần quan tâm để có thể xác định được các yếu tố kinh tế tốt nhất cho dự án.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là kết quả nỗ lực của tất cả thành viên trong nhóm và là một phần trong đồ án tốt nghiệp của nhóm sinh viên gồm Đinh Xuân Lượng và Ngô Đức Anh Quân, là sinh viên ngành Năng Lượng Tái Tạo – Trường ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TP. HCM dưới sự hướng dẫn của TS. Phạm Thanh Tuấn và ThS. Trần Tiến Dũng. ThS. Văn Ánh Dương đã nỗ lực trong việc tổng hợp kết quả để có thể trình bày kết quả nghiên cứu dưới dạng một bài viết khoa học. Tất cả các thành viên trong nhóm nghiên cứu đều có đóng góp tích cực trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A. Allouhi *et al.*, "Up-to-date literature review on Solar PV systems: Technology progress, market status and R&D," *Journal of Cleaner Production*, vol. 362, pp. 132339, 2022.
- [2] S. Yin *et al.*, "State-of-the-art short-term electricity market operation with solar generation: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 138, pp. 110647, 2021.
- [3] D. Wen *et al.*, "Development of solar photovoltaic industry and market in China, Germany, Japan and the United States of America using incentive policies," *Energy Exploration & Exploitation*, vol. 39, no. 5, pp. 1429-1456, 2021.
- [4] F. S. Rudyanto *et al.*, "The Role of Technology and social transformation challenge in Industrial Revolution 1.0–4.0," *FoITIC*, pp. 1-8, 2020.
- [5] M. E. Meral and F. Dincer, "A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 5, pp. 2176-2184, 2011.
- [6] Y. Cui *et al.*, "Over 16% efficiency organic photovoltaic cells enabled by a chlorinated acceptor with increased open-circuit voltages," *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, p. 2515, 2019.

- [7] P. Choudhary and R. K. Srivastava, "Sustainability perspectives-a review for solar photovoltaic trends and growth opportunities," *Journal of Cleaner Production*, vol. 227, pp. 589-612, 2019.
- [8] S. Preet, "Water and phase change material based photovoltaic thermal management systems: A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 791-807, 2018.
- [9] N. H. Vu, T. T. Pham, and S. Shin, "Flat concentrator photovoltaic system for automotive applications," *Solar Energy*, vol. 190, pp. 246-254, 2019.
- [10] T. T. Pham, N. H. Vu, and S. Shin, "Novel Design of Primary Optical Elements Based on a Linear Fresnel Lens for Concentrator Photovoltaic Technology," *Energies*, vol. 12, no. 7, p. 1209, 2019.
- [11] A. Kumar *et al.*, "Design and analysis of solar PV rooftop in Motihari," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1817, no. 1, IOP Publishing, 2021.
- [12] A. K. Behura *et al.*, "Towards better performances for a novel rooftop solar PV system," *Solar Energy*, vol. 216, pp. 518-529, 2021.
- [13] N. L. M. Anh, D. T. Trang, and B. H. Ly, "The Potential for Solar Energy Development in Vietnam," (in Vietnamese), 2021.
- [14] B. D. Linha *et al.*, "Analysis of the Impact of Rooftop Solar Power Systems on the Total Auxiliary Load Demand in Vietnam 2020," (in Vietnamese), 2020.
- [15] T. M. H. Nguyen, "The hot development and sustainability of rooftop solar power in residential areas in Vietnam," (in Vietnamese), 2021.
- [16] H. T. T. Le *et al.*, "Critical assessment of feed-in tariffs and solar photovoltaic development in Vietnam," *Energies*, vol. 15, no. 2, pp. 556, 2022.
- [17] Vietnam Electricity, "Vietnam Electricity Price Table," (in Vietnamese), 2022.



Van Anh-Duong received engineer's degree in Automotive engineering, in 2013, and Master's degree, in 2015 from Ho Chi Minh city, University of Technology and Education. From 2014-2021, he is a Lecturer at Cao Thang Technical College. He had instructed his students when they competed in Minicar Racing Contest, Eco Mileage Challenge in Ha Noi. From 2022, he is a Lecturer at Ho Chi Minh City, University of Tehnology and Education (HCMUTE). In 2023, his students participated in Robocon 2023 with him. Besides, He still guides graduation thesis for his students. His research include Automotive Powertrains system, Automotive Chassis System, Vehicle Stability Control and material for batteries for EV. Email address: duongva@hcmute.edu.vn



Pham Thanh-Tuan received the Bachelor of Science with Honor program in Physics, from University of Science – Vietnam National University, Ho Chi Minh city, in 2009 and Master degree in Optics, in 2013. He joined the Applied Material Science Institute (IAMS) – Vietnam Academy Science and Technology (VAST) in 2009. He had worked as a researcher in IAMS from 2009 to 2015 before studying Doctoral Program in Myongji University - Korea. He hold Ph.D. degree in 2019 in Myongji University. After that he worked as a Professor Reseacher in the same University. Currently, he is a Lecturer at University of Technology and Education – HCMUTE at Renewabke Energy Department. He have published 28 papers in International Journals and International Conference. Furthermore, He have three Patents in Industry about Photovoltaic technology and Optics. His current research interests include daylighting, photovoltaic system, thin film, optical material and material for batteries for large scale energy storage. Email address: tuanpt@hcmute.edu.vn. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2682-1427>

Dinh Xuan Luong, Email: 19154042@student.hcmute.edu.vn; and **Ngo Duc Anh Quan**, Email: 19154047@student.hcmute.edu.vn are students of the Faculty of Vehicle Energy Engineering. They have finished their undergraduate major in Thermal Energy Engineering which is one of three main undergraduate training and education programs in The Faculty. Their current interest is some topics relating to Renewable Energy and Energy Saving for Building.



Tran Tien-Dzung is a Project Manager, Low Carbon Transition in Chez Bong Co. Ltd, HCM City. He holds a master's degree in electrical engineering and brings extensive experience in developing renewable energy projects in Vietnam. With over a decade of experience in the field, Dung is well renowned within the industry. His skillset ranges from solar and wind power to energy audits and management solutions. With excellent knowledge management skills, Dung has experience in communication and networking between the private sector, government institutions, and NGOs for sustainable projects that benefit the community. He ensures that every project is executed flawlessly. He works closely with our clients to understand their needs and provide them with the most effective solution possible. Dung has an aptitude for finding optimal solutions for each client through careful study and consideration of local conditions and a clear communication strategy for all stakeholders involved. Email address: Dung.Tran@actrenewable.net