

PHÁT TRIỂN CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP PHỤ TRỢ CHO QUÁ TRÌNH CHUYỂN DỊCH NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI TẠI VIỆT NAM: CƠ HỘI, THÁCH THỨC VÀ TRIỂN VỌNG

● ĐÀO THỊ KIM THOA^{1,2*}

¹Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: dtkt Hoa@hcmut.edu.vn

DOI: 10.62831/nckh.2026.354.v1

TÓM TẮT:

Việt Nam có tiềm năng đáng kể để mở rộng sản xuất pin mặt trời và các ngành công nghiệp phụ trợ năng lượng tái tạo, đặc biệt là trong lĩnh vực lắp ráp module, sản xuất linh kiện năng lượng mặt trời, và ứng dụng lưu trữ năng lượng. Tuy nhiên vẫn còn nhiều thách thức đáng kể, bao gồm sự phụ thuộc vào nguyên vật liệu và công nghệ nhập khẩu, cơ sở hạ tầng tái chế trong nước còn hạn chế, những lo ngại về quản lý môi trường và áp lực ngày càng tăng trong việc tuân thủ các tiêu chuẩn bền vững toàn cầu. Nghiên cứu nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tăng cường nội địa hóa công nghiệp, năng lực công nghệ, hệ thống tái chế, và khung chính sách dài hạn để nâng cao khả năng cạnh tranh của Việt Nam trong chuỗi cung ứng năng lượng sạch toàn cầu. Kết quả nghiên cứu có thể đóng góp vào quy hoạch công nghiệp trong tương lai và các chiến lược phát triển năng lượng bền vững cho các nền kinh tế năng lượng tái tạo đang phát triển.

Từ khóa: chuyển dịch năng lượng, công nghiệp phụ trợ, năng lượng mặt trời, phát triển bền vững.

1. Đặt vấn đề

Ngành năng lượng toàn cầu đang trải qua một sự chuyển đổi sâu sắc do nhu cầu giảm phát thải khí nhà kính cấp thiết, tăng cường an ninh năng lượng và mục tiêu hướng đến phát triển bền vững. Những lo ngại ngày càng tăng về biến đổi khí hậu, về việc cạn kiệt nguồn nguyên liệu hóa thạch, cũng như sự xuống cấp về môi trường đã thúc đẩy việc triển khai các công nghệ năng lượng tái tạo toàn cầu. Trong

các nguồn năng lượng tái tạo, công nghệ quang điện mặt trời nổi lên như một trong những giải pháp tiềm năng nhờ vào khả năng mở rộng quy mô, chi phí sản xuất, và tính tương thích với các chiến lược khử carbon. Theo International Energy Agency, công suất điện mặt trời toàn cầu lắp đặt mới trong năm 2025 đạt gần 605 GW, gần gấp đôi so với giai đoạn trước đó, cho thấy tốc độ phát triển rất nhanh của công nghệ quang điện mặt trời [1].

Trong những năm gần đây, việc triển khai năng lượng mặt trời đã trở nên sâu rộng không chỉ ở mức độ sản xuất điện mà còn sang các ngành công nghiệp phụ trợ trong chuỗi giá trị năng lượng mặt trời. Các ngành công nghiệp phụ trợ này bao gồm khai thác nguyên liệu thô ở thượng nguồn, chế biến polysilicon, sản xuất tấm bán dẫn và module, sản xuất biến tần, hậu cần, vận hành và bảo trì, hệ thống lưu trữ năng lượng pin, và cơ sở hạ tầng tái chế cuối vòng đời. Khả năng cạnh tranh và phục hồi của ngành công nghiệp năng lượng mặt trời ngày càng phụ thuộc vào sự tích hợp và nội địa hóa các lĩnh vực hỗ trợ này.

Chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời toàn cầu đã được tập trung phát triển, đặc biệt là ở Trung Quốc. Tuy nhiên, do căng thẳng địa chính trị, các hạn chế thương mại, và chiến lược đa dạng hoá chuỗi cung ứng đã khuyến khích các nhà đầu tư mở rộng sản xuất sang các khu vực khác theo chiến lược “Trung Quốc +1” [2]. Trong bối cảnh này, Việt Nam nổi lên như một trung tâm sản xuất và xuất khẩu đầy triển vọng nhờ điều kiện địa lý thuận lợi, các thỏa thuận thương mại chiến lược, chi phí lao động cạnh tranh, và năng lực công nghiệp ngày càng tăng.

Việt Nam sở hữu những lợi thế đáng kể cho sự phát triển ngành công nghiệp năng lượng mặt trời như bức xạ mặt trời cao, nguồn tài nguyên khoáng sản dồi dào như cát silic, bauxite, và các nguyên tố đất hiếm, cũng như cơ sở hạ tầng logistics ven biển rộng khắp. Thêm vào đó, các chính sách hỗ trợ của Chính phủ và sự gia tăng đầu tư của doanh nghiệp nước ngoài đã thúc đẩy việc thành lập các cơ sở sản xuất quang điện và các dự án năng lượng tái tạo trên cả nước. Tuy nhiên, vẫn còn một số thách thức như sự phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu đầu vào nhập khẩu, năng lực tái chế trong nước còn hạn chế cũng như khoảng cách công nghệ trong việc tinh chế polysilicon và áp lực ngày càng cao để tuân thủ các tiêu chuẩn bền vững toàn cầu.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tiềm năng phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ trong lĩnh vực năng lượng mặt trời của Việt Nam, đặc biệt chú trọng đến năng lực sản xuất, tích hợp

chuỗi cung ứng, hệ thống lưu trữ pin, thách thức về tính bền vững và cơ hội kinh tế tuần hoàn. Ngoài ra, nghiên cứu còn đánh giá vị thế chiến lược của Việt Nam trong chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời toàn cầu và thảo luận về các định hướng chính sách cần thiết trong tương lai để tăng cường khả năng phục hồi của ngành và hỗ trợ quá trình chuyển đổi của đất nước sang nền kinh tế carbon thấp.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này được thực hiện bằng phương pháp đánh giá định tính nhằm đánh giá tiềm năng phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ trong quá trình chuyển đổi năng lượng mặt trời của Việt Nam. Nghiên cứu tập trung vào sự tích hợp của chuỗi cung ứng công nghiệp, năng lực sản xuất, hệ thống lưu trữ năng lượng, các hoạt động bền vững, và khung chính sách liên quan đến lĩnh vực quang điện.

Các tài liệu liên quan được thu thập từ nhiều cơ sở dữ liệu học thuật bao gồm Scopus, Web of Science, và Google Scholar. Bên cạnh đó, các báo cáo và dữ liệu thống kê từ các tổ chức quốc tế và các cơ quan năng lượng cũng được tham khảo để đảm bảo thông tin cập nhật về ngành và thị trường. Các nguồn này bao gồm các ấn phẩm từ Cơ quan năng lượng quốc tế (IEA), Cơ quan năng lượng tái tạo quốc tế (IRENA), Ngân hàng thế giới, Diễn đàn năng lượng quốc tế, và các ấn phẩm của Chính phủ, của Bộ Công Thương Việt Nam.

Bên cạnh việc phân tích các yếu tố kỹ thuật, phát triển bền vững cũng được lồng ghép xuyên suốt nghiên cứu bao gồm cường độ năng lượng, lượng khí thải carbon, quản lý chất thải, và xử lý cuối vòng đời của các linh kiện quang điện. Cách tiếp cận tích hợp này cho phép đánh giá toàn diện cả cơ hội và hạn chế về cấu trúc mà các ngành công nghiệp phụ trợ của Việt Nam đang phải đối mặt trong bối cảnh chuyển dịch năng lượng toàn cầu.

Cuối cùng, các kết quả được tổng hợp để xác định các xu hướng phát triển chính, các nút thắt công nghiệp, và các cơ hội chiến lược nhằm tăng cường khả năng tham gia của Việt Nam vào chuỗi năng lượng mặt trời toàn cầu và thúc đẩy phát triển công nghiệp carbon thấp dài hạn.

3. Lợi thế chiến lược của Việt Nam trong chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời toàn cầu

3.1. Lợi thế địa lý và tiềm năng bức xạ mặt trời

Việt Nam sở hữu điều kiện địa lý thuận lợi cho việc phát triển năng lượng mặt trời quy mô lớn và các ngành công nghiệp quang điện phụ trợ. Nằm trong vùng gió mùa nhiệt đới, Việt Nam nhận lượng bức xạ năng lượng mặt trời tương đối cao quanh năm, với mức bức xạ ngang toàn cầu trung bình dao động từ khoảng 4,3 đến 5,2 kWh/m²/ngày ở nhiều vùng, đặc biệt là ở miền Trung và các tỉnh phía Nam. Thời gian nắng hàng năm thường từ 2.000 đến 2.500 h, thuận lợi cho sản xuất điện quang điện và các hoạt động công nghiệp liên quan đến năng lượng mặt trời [3]. Việt Nam có tiềm năng khai thác năng lượng mặt trời khá cạnh tranh so với các quốc gia Đông Nam Á, nhất là các tỉnh như Bình Thuận, Ninh Thuận, và Thành phố Hồ Chí Minh. Điều kiện khí hậu thuận lợi này giúp cải thiện đáng kể hiệu suất hệ thống quang điện và nâng cao tính khả thi về kinh tế của các trang trại điện mặt trời quy mô lớn.

Ngoài việc sản xuất điện, tiềm năng phát triển năng lượng mặt trời còn hỗ trợ sự phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ liên quan như lắp đặt tấm pin, tích hợp hệ thống, vận hành, bảo trì và triển khai lưu trữ năng lượng. Do đó, lợi thế bức xạ tự nhiên của Việt Nam là động lực cơ bản cho sự mở rộng lâu dài hệ sinh thái năng lượng tái tạo tại đây.

3.2. Vị trí địa lý chiến lược và hướng xuất khẩu thuận lợi

Vị trí gần các nền kinh tế sản xuất lớn của châu Á cũng mang lại cho Việt Nam lợi thế chiến lược bổ sung trong chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời toàn cầu. Việt Nam có kết nối hàng hải chặt chẽ với Trung Quốc, quốc gia hiện đang thống trị ngành sản xuất quang điện toàn cầu bao gồm: polysilicon, wafer, pin mặt trời, và sản xuất module. Sự gần gũi này cho phép Việt Nam tiếp cận nguyên liệu thô, sản phẩm trung gian và thiết bị công nghiệp với chi phí vận chuyển tương đối thấp và thời gian vận chuyển ngắn.

Thêm vào đó, Việt Nam sở hữu hệ thống duyên hải dọc chiều dài cả nước với nhiều cảng nước sâu như Hải Phòng, Vân Phong, Đà Nẵng, Vũng Tàu.

Các cảng này tạo điều kiện thuận lợi cho thương mại quốc tế và nâng cao năng lực cạnh tranh xuất khẩu cho các module quang điện và các linh kiện liên quan. Cơ sở hạ tầng logistics hiệu quả ngày càng trở nên quan trọng khi các nhà sản xuất toàn cầu tìm kiếm các cơ sở sản xuất thay thế theo chiến lược đa dạng hoá chuỗi cung ứng theo mô hình “Trung Quốc + 1”.

3.3. Tính sẵn có của các nguồn tài nguyên khoáng sản quan trọng

Việt Nam sở hữu một số nguồn tài nguyên khoáng sản chiến lược liên quan đến công nghiệp sản xuất năng lượng tái tạo. Một trong số đó là cát silic với độ tinh khiết cao, là tiền chất cho kính quang điện và các ứng dụng liên quan đến silic. Trữ lượng silic lớn được phân bố ở các tỉnh ven biển như Quảng Trị, Khánh Hòa, và Quảng Ninh. Một số mỏ có độ tinh khiết cao, phù hợp cho sản xuất kính năng lượng mặt trời trong suốt, có tiềm năng hỗ trợ nội địa hóa nguyên liệu đầu vào cho ngành sản xuất quang điện. Mỏ tiềm năng nhất là Thủy Triều, cách thị trấn Nha Trang 18 km, với trữ lượng 22 triệu tấn với hàm lượng trung bình 98,52% SiO₂ [4].

Thêm vào đó, với trữ lượng bauxite đáng kể, Việt Nam có khả năng hỗ trợ sản xuất nhôm trong nước, vốn rất quan trọng cho quá trình sản xuất khung module quang điện, hệ thống lắp đặt, và các hợp phần kết cấu. Có 2 loại bauxite khác nhau ở Việt Nam: bauxite trầm tích, chủ yếu được tìm thấy trên đá vôi kỷ Permo-Carboniferous bị phong hóa bởi đá phiến sét kỷ Triassic; và bauxite “laterit”, hình thành do sự phong hóa của đá bazan. Loại thứ nhất chủ yếu xuất hiện ở vùng Đông Bắc, từ Lạng Sơn đến Đồng Văn với mỏ tiêu biểu là Bột Phun, trữ lượng 10 triệu tấn với hàm lượng 50% Al₂O₃. Tổng trữ lượng của khu vực ước tính là 1000 triệu tấn. Loại thứ hai tập trung ở khu vực Tây Nguyên, đặc biệt là ở Đắk Nông và Lâm Đồng với trữ lượng rất lớn lên đến khoảng 4000 triệu tấn với hàm lượng 39% Al₂O₃. Mỏ Đắk Nông có trữ lượng đã được chứng minh là 103 triệu tấn [4].

Ngoài ra, Việt Nam cũng sở hữu nguồn đất hiếm đáng kể, đóng vai trò quan trọng trong công nghệ năng lượng tái tạo tiên tiến, hệ thống pin và các linh kiện điện tử. Bên cạnh các nguyên tố đất hiếm có

trong mozanit và zircon trong cát khoáng, Việt Nam còn có trữ lượng lên đến hàng chục triệu tấn nguyên tố đất hiếm trong đá carbonatit, được phát hiện vào cuối những năm 1950 và nằm ở dãy núi Fansipan [4]. Khi nhu cầu toàn cầu về các khoáng sản thiết yếu tiếp tục tăng trong quá trình chuyển dịch năng lượng, nguồn tài nguyên sẵn có của Việt Nam sẽ củng cố tầm quan trọng chiến lược trong chuỗi cung ứng năng lượng toàn cầu.

Tuy nhiên, bên cạnh những lợi thế tự nhiên này, hoạt động chế biến thượng nguồn của ngành năng lượng mặt trời tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế. Đáng chú ý, Việt Nam vẫn phụ thuộc đáng kể vào nguồn polysilicon (silic đa tinh thể) dùng cho sản xuất pin mặt trời nhập khẩu, tấm wafer quang điện, và các vật liệu bán dẫn chuyên dụng. Nếu chỉ tính riêng trữ lượng khoáng sản thì không đảm bảo tính độc lập của chuỗi cung ứng nếu không đi kèm với sự phát triển công nghệ và nâng cấp công nghiệp.

3.4. Chi phí lao động cạnh tranh và lực lượng lao động công nghiệp

Tính cạnh tranh về cơ cấu lao động cũng là một lợi thế của Việt Nam hỗ trợ ngành sản xuất năng lượng tái tạo. So với các nền kinh tế phát triển như Hàn Quốc, Nhật Bản, và Hoa Kỳ, Việt Nam có chi phí lao động thấp hơn trong khi vẫn duy trì lực lượng lao động tay nghề cao. Sự phát triển nguồn nhân lực này đã hỗ trợ việc thành lập các cơ sở sản xuất quang điện do các công ty quốc tế lớn vận hành, nhất là ở các tỉnh phía Bắc như Bắc Giang và Thái Nguyên. Sự sẵn có của lực lượng lao động trẻ kết hợp với trình độ chuyên môn ngày càng tăng sẽ tăng sức hấp dẫn của Việt Nam với các nhà đầu tư nước ngoài đang tìm kiếm địa điểm sản xuất hiệu quả về chi phí. Bên cạnh đó, việc tham gia nhiều hiệp định thương mại quốc tế như CPTPP và EVFTA giúp Việt Nam tăng khả năng tiếp cận thị trường và năng lực cạnh tranh xuất khẩu cho các sản phẩm năng lượng tái tạo sản xuất tại chỗ.

3.5. Chính sách hỗ trợ và đầu tư trực tiếp nước ngoài

Chính sách của Chính phủ cũng đóng một vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy phát triển năng lượng

tái tạo. Cơ chế giá điện ưu đãi ra đời năm 2010 đã kích thích các dự án điện mặt trời quy mô lớn và điện mặt trời mái nhà trên cả nước. Những chính sách này đã tăng đáng kể niềm tin của nhà đầu tư và thu hút một lượng lớn vốn đầu tư nước ngoài vào lĩnh vực năng lượng mặt trời.

Bên cạnh các ưu đãi sản xuất điện, Việt Nam còn có chính sách khuyến khích mở rộng công nghiệp, sản xuất xuất khẩu, và đầu tư vào năng lượng tái tạo. Các ưu đãi về thuế, đơn giản hóa thủ tục hành chính và phát triển các khu công nghiệp đã góp phần vào việc thành lập các cơ sở sản xuất quang điện quy mô lớn của các tập đoàn quốc tế.

Chính nhờ những yếu tố trên, từ một thị trường năng lượng tái tạo nhỏ, Việt Nam đã trở thành một trong những trung tâm sản xuất và triển khai năng lượng mặt trời năng động trong khu vực Đông Nam Á. Tuy nhiên, để có thể giữ vững và phát huy vị thế này, Việt Nam cần các khung chính sách dài hạn và ổn định hơn, cơ sở hạ tầng lưới điện được cải thiện, năng lực công nghệ được nâng cao, cũng như sự tham gia mạnh hơn của các doanh nghiệp trong nước vào các hoạt động sản xuất thượng nguồn.

4. Các ngành công nghiệp phụ trợ sản xuất pin mặt trời

4.1. Tổng quan về chuỗi cung ứng pin mặt trời

Chuỗi giá trị sản xuất module pin mặt trời PV bao gồm 4 bước chính: sản xuất polysilicon, sản xuất wafer, sản xuất cell, và lắp ráp module. Phân khúc đầu nguồn bao gồm các quy trình khai thác và tinh chế nguyên liệu thô như khai thác silica, sản xuất silicon cấp luyện kim, tinh chế polysilicon và sản xuất kính quang điện. Phân khúc trung nguồn bao gồm cắt lát wafer, chế tạo pin mặt trời và lắp ráp module. Phân khúc hạ nguồn bao gồm tích hợp hệ thống, lắp đặt, vận hành, bảo trì và tái chế sau sử dụng.

Hiện nay, chuỗi cung ứng pin mặt trời chủ yếu tập trung tại Trung Quốc, quốc gia tập trung hầu hết các giai đoạn sản xuất chính, đặc biệt là tinh chế polysilicon và sản xuất tấm bán dẫn wafer. Sự tập trung này đã gây nên những lo ngại về rủi ro địa chính trị, các hạn chế thương mại, sự phụ thuộc của nguyên

liệu thô, và khả năng hồi phục của chuỗi cung ứng. Chính vì vậy, nhiều nhà đầu tư đã tìm kiếm các quốc gia thay thế để đa dạng hóa năng lực sản xuất và giảm phụ thuộc quá mức vào một thị trường.

Trong bối cảnh đó, Việt Nam trở thành một điểm đến tiềm năng cho công nghiệp sản xuất các linh kiện quang điện, đặc biệt là lắp ráp module và sản xuất pin mặt trời. Sự mở rộng các ngành công nghiệp phụ trợ còn được hỗ trợ bởi các hiệp định thương mại thuận lợi, chi phí lao động cạnh tranh và dòng vốn đầu tư trực tiếp từ nước ngoài.

4.2. Công nghiệp sản xuất module và pin mặt trời tại Việt Nam

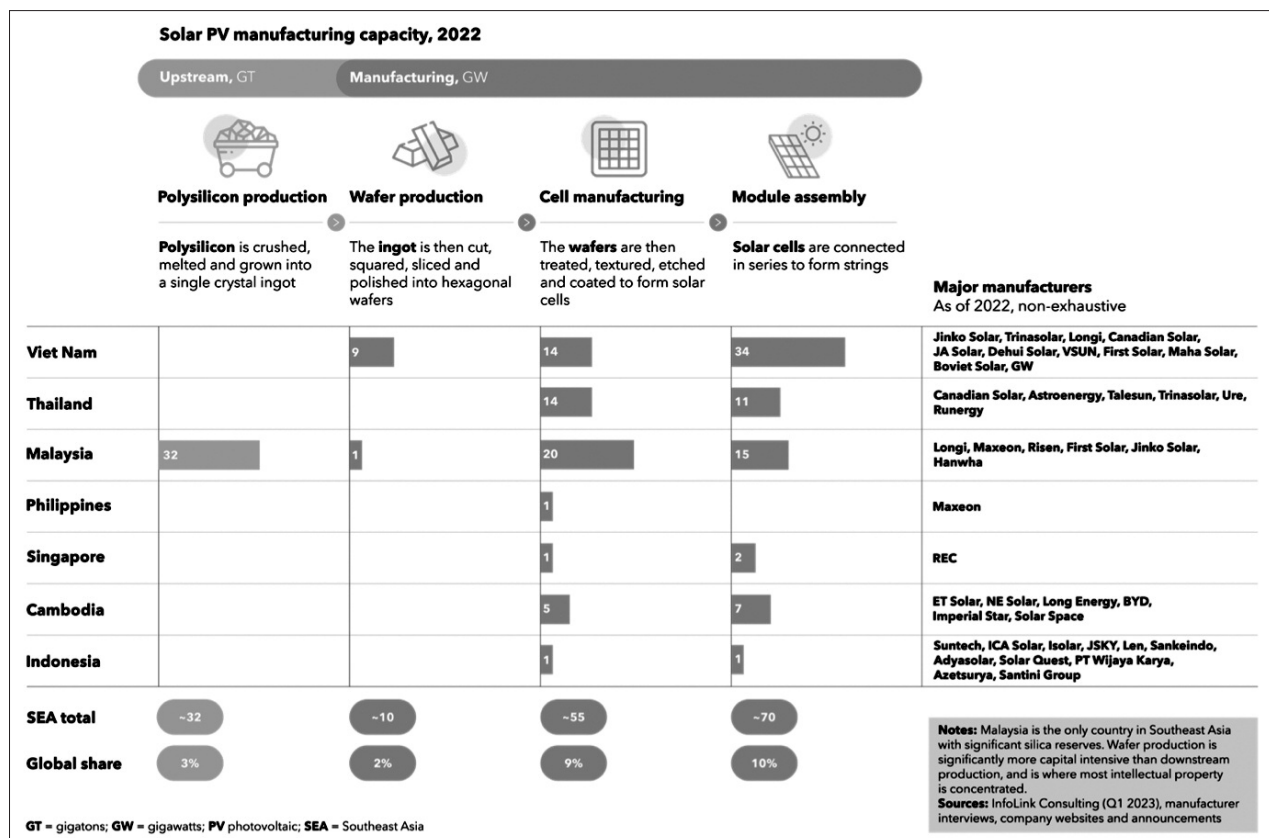
Trong gần một thập kỷ vừa qua, Việt Nam đã trải qua sự tăng trưởng nhanh chóng về năng lực sản xuất quang điện. Một số nhà sản xuất tấm pin mặt trời lớn của nước ngoài như JA Solar, Trina Solar, Jonki Solar, First Solar đã thành lập các cơ sở sản xuất tại Việt Nam, đặc biệt là tại các tỉnh công nghiệp phía Bắc như Bắc Giang, Thái Nguyên, và Quảng Ninh

củng cố vai trò của Việt Nam trong chuỗi cung ứng pin mặt trời toàn cầu [5, 6, 7, 8].

Tuy nhiên, phần lớn các hoạt động sản xuất vẫn tập trung ở các khâu sản xuất hạ nguồn (Hình 1) [9]. Còn các quy trình thượng nguồn có giá trị cao như tinh chế polysilicon và sản xuất tấm bán dẫn vẫn còn hạn chế trong hệ sinh thái năng lượng mặt trời trong nước. Chính vì vậy, việc nội địa hóa các ngành công nghiệp hỗ trợ vẫn chưa hoàn thiện. Nhiều nguyên liệu đầu vào thiết yếu như tấm bán dẫn, vật liệu quang điện chuyên dụng, keo bạc và các linh kiện bán dẫn vẫn phải nhập khẩu từ nhà cung cấp nước ngoài, đặc biệt là từ Trung Quốc. Điều này khiến sản xuất trong nước dễ bị ảnh hưởng bởi sự biến động của chuỗi cung ứng toàn cầu, chính sách thương mại và giá nguyên vật liệu.

Tuy nhiên, việc mở rộng công nghiệp sản xuất module đã tạo ra những hiệu ứng lan tỏa nhất định bao gồm sự phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ như khung nhôm, kính cường lực dùng cho pin

Hình 1: Khu vực Đông Nam Á chiếm 9-10% tổng công suất pin và module toàn cầu



mặt trời, đầu nối điện, cáp, hậu cần, và hệ thống tự động hóa công nghiệp.

4.3. *Tiềm năng phát triển nguyên liệu đầu nguồn*

Phát triển nguyên liệu đầu nguồn là một trong những cơ hội dài hạn của Việt Nam trong chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời. Với nguồn cát silic dồi dào dùng để sản xuất kính năng lượng mặt trời và các vật liệu silic trong tương lai, Việt Nam hoàn toàn có cơ hội nội địa hóa nguồn nguyên liệu quang điện trong tương lai.

Như đã đề cập ở trên, trữ lượng bauxite để sản xuất nhôm cũng có khả năng giúp Việt Nam tham gia vào chuỗi cung ứng toàn cầu thông qua quá trình sản xuất khung module và hệ thống hỗ trợ kết cấu, vốn là những thành phần quan trọng của chuỗi sản xuất quang điện.

Tuy nhiên, việc sản xuất polysilicon cấp độ năng lượng mặt trời vẫn còn là một lĩnh vực nhiều thách thức do yêu cầu công nghệ cao, cường độ năng lượng tiêu thụ lớn, và vốn đầu tư khổng lồ liên quan đến các quá trình tinh chế. Hiện nay, Trung Quốc vẫn đang thống trị mảng này nhờ lợi thế quy mô, sự trưởng thành về công nghệ và cơ sở hạ tầng công nghiệp tích hợp [10].

Chính vì vậy, muốn tham gia vào phân khúc thượng nguồn, Việt Nam cần đầu tư vào công nghệ sản xuất tiên tiến, nguồn cung cấp điện ổn định, hệ thống quản lý môi trường, và đội ngũ nhân lực kỹ thuật cao. Nếu không có sự nâng cấp công nghiệp đáng kể, sản xuất trong nước sẽ vẫn tập trung chủ yếu vào phân khúc hạ nguồn có giá trị thấp hơn.

4.4. *Ngành công nghiệp phụ trợ và nội địa hóa công nghiệp*

Sự phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao năng lực cạnh tranh và khả năng phục hồi của năng lượng mặt trời tại Việt Nam. Các ngành này bao gồm các nhà cung cấp linh kiện, sản xuất thiết bị công nghiệp, hệ thống đóng gói, bộ điều khiển điện tử, dịch vụ gia công chính xác, và cơ sở hạ tầng bảo trì.

Hiện nay, nhiều ngành công nghiệp phụ trợ vẫn hoạt động chưa hiệu quả. Các doanh nghiệp trong nước còn hạn chế về năng lực công nghệ, đầu tư

nghiên cứu và phát triển, hệ thống tự động hóa và tiêu chuẩn chứng nhận chất lượng quốc tế. Vì vậy, các doanh nghiệp có vốn đầu tư nước ngoài vẫn tiếp tục chiếm ưu thế ở khâu sản xuất chủ chốt.

Tăng cường nội địa hóa công nghiệp tạo ra nhiều lợi ích như giảm phụ thuộc vào nhập khẩu, tăng giá trị gia tăng trong nước, tăng cơ hội việc làm và chuyển giao công nghệ. Nội địa hóa còn giúp cải thiện khả năng phục hồi của chuỗi cung ứng trước những gián đoạn toàn cầu, xung đột thương mại, hoặc tắc nghẽn vận chuyển. Để thực hiện được điều này, cần có sự hợp tác chặt chẽ giữa các cơ quan chính phủ, việc nghiên cứu, trường đại học và doanh nghiệp. Các chính sách khuyến khích chuyển giao công nghệ, đào tạo nguồn nhân lực sẽ cải thiện đáng kể khả năng cạnh tranh dài hạn của Việt Nam trong lĩnh vực sản xuất pin mặt trời.

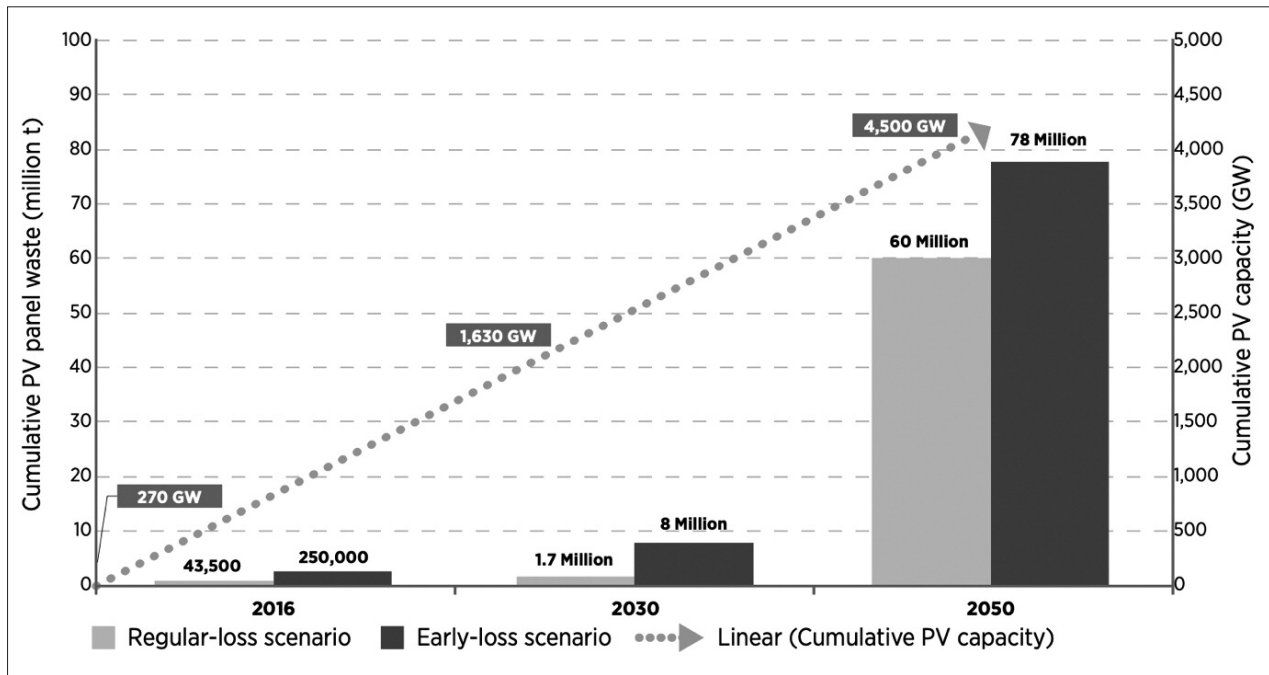
4.5. *Những thách thức của công nghiệp sản xuất pin mặt trời ở Việt Nam*

Mặc dù ngành công nghiệp sản xuất pin mặt trời đã đạt được những thành quả đáng kể, Việt Nam vẫn còn nhiều thách thức phải đối mặt. Vấn đề quan trọng nhất là sự phụ thuộc vào nguồn nguyên vật liệu và công nghệ nhập khẩu đã hạn chế giá trị gia tăng trong nước và khiến cho nhà sản xuất dễ bị ảnh hưởng bởi biến động thị trường bên ngoài.

Một vấn đề khác nữa liên quan đến việc các quy trình sản xuất tiêu tốn nhiều năng lượng. Sản xuất vật liệu quang điện, đặc biệt là tinh chế polysilicon và chế tạo tấm wafer đòi hỏi lượng điện năng đáng kể và hệ thống kiểm soát môi trường phức tạp. Khi thị trường toàn cầu ngày càng siết chặt các phương thức sản xuất bền vững thì Việt Nam cần phải cải thiện việc tích hợp điện tái tạo và hiệu quả năng lượng công nghiệp để duy trì khả năng cạnh tranh xuất khẩu.

Quản lý môi trường cũng nên là mối quan tâm lớn. Quy trình sản xuất năng lượng mặt trời có thể tạo ra chất thải, nước thải, và các sản phẩm phụ nguy hại liên quan đến quá trình chế biến silicon và sản xuất chất bán dẫn như silicon tetrachloride, acid hydrofluoric, chì, cadmium... Hình 2 cho thấy sự gia tăng nhanh chóng về số lượng của chất thải trong ngành công nghiệp này [11].

Hình 2: Tổng quan về dự báo lượng chất thải pin quang điện toàn cầu giai đoạn 2016 - 2050



Nếu không có các quy trình môi trường nghiêm ngặt và cơ sở hạ tầng tái chế, sự mở rộng công nghiệp nhanh chóng có thể tạo ra nhiều rủi ro về tính bền vững. Ngoài ra, thị trường quang điện toàn cầu ngày càng chịu ảnh hưởng bởi căng thẳng địa chính trị, các cuộc điều tra chống bán phá giá, thuế quan thương mại, và các mối lo ngại về an ninh chuỗi cung ứng. Do đó, Việt Nam phải đối mặt với áp lực ngày càng tăng trong việc tuân thủ các tiêu chuẩn bền vững quốc tế, các yêu cầu về truy xuất nguồn gốc, và các cam kết giảm phát thải carbon.

Dù đang phải đối mặt với nhiều thách thức, nhưng nếu có chiến lược công nghiệp dài hạn, nâng cấp công nghệ, và các chính sách sản xuất bền vững, Việt Nam có cơ sở để củng cố vai trò trong chuỗi cung ứng năng lượng mặt trời toàn cầu.

5. Hệ thống lưu trữ pin và tích hợp chuyển đổi năng lượng

5.1. Vai trò của hệ thống lưu trữ năng lượng pin trong hệ thống năng lượng tái tạo

Không giống như sản xuất điện từ nguyên liệu hóa thạch, các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng mặt trời và gió vốn không ổn định và phụ thuộc vào

điều kiện thời tiết. Do đó, việc tích hợp điện năng tái tạo quy mô lớn đòi hỏi các công nghệ lưu trữ năng lượng linh hoạt có khả năng cân bằng sự biến động cung và cầu.

Hệ thống lưu trữ bao gồm điều chỉnh tần số, giảm tải đỉnh, ổn định điện áp, dịch chuyển tải, cung cấp công suất dự trữ, và giảm thiểu sự cắt giảm năng lượng tái tạo. Lưu trữ pin cho phép lưu trữ và sử dụng lượng điện dư thừa được sản xuất vào ban ngày cho thời gian bức xạ mặt trời thấp vào ban đêm hoặc khi nhu cầu điện cao.

Việc phát triển cơ sở hạ tầng lưu trữ pin cần được chú trọng do sự tăng trưởng nhanh chóng của các dự án điện mặt trời quy mô lớn và hệ thống quang điện mái nhà. Nhiều khu vực đã xảy ra tình trạng tắc nghẽn lưới điện và cắt giảm năng lượng tái tạo do cơ sở hạ tầng truyền tải chưa theo kịp việc triển khai năng lượng tái tạo. Do đó, việc tích hợp công nghệ lưu trữ pin sẽ cải thiện đáng kể tính linh hoạt của lưới điện và hiệu quả sử dụng năng lượng tái tạo.

5.2. Công nghệ pin lithium ion và xu hướng sản xuất

Trong số các công nghệ lưu trữ năng lượng pin,

pin lithium ion với mật độ năng lượng cao, tuổi thọ dài, hiệu suất tương đối cao và chi phí sản xuất thấp đang chiếm lĩnh thị trường pin toàn cầu. Chuỗi cung ứng pin toàn cầu hiện đang tập trung ở Trung Quốc, nơi tập trung phần lớn hoạt động tinh chế lithium, sản xuất anode, sản xuất pin, và chế biến nguyên liệu thô. Tuy nhiên, như đã được đề cập ở trên, những lo ngại về địa chính trị và nhu cầu pin toàn cầu tăng đã khuyến khích nhiều quốc gia đa dạng hoá chuỗi cung ứng và thiết lập các trung tâm sản xuất thay thế.

5.3. Cơ hội cho các ngành công nghiệp hỗ trợ pin tại Việt Nam

Việt Nam sở hữu một số lợi thế chiến lược có thể hỗ trợ sự phát triển ngành sản xuất pin trong tương lai. Đầu tiên phải kể đến tiềm năng tiếp cận một số nguồn tài nguyên khoáng sản liên quan đến công nghệ pin bao gồm các nguyên tố đất hiếm và niken. Tiếp theo là cơ sở hạ tầng công nghiệp đang phát triển, chi phí sản xuất cạnh tranh và đầu tư nước ngoài ngày càng tăng vào ngành điện tử và năng lượng tái tạo. Thêm vào đó, việc tham gia vào các hiệp định thương mại quốc tế cũng giúp Việt Nam tăng cường cơ hội xuất khẩu các sản phẩm liên quan đến pin và các linh kiện hỗ trợ. Một số tập đoàn quốc tế đã đầu tư vào lắp ráp pin, sản xuất xe điện và công nghệ lưu trữ năng lượng tại Việt Nam cho thấy, tiềm năng chuyển giao công nghệ, phát triển nguồn nhân lực và khả năng mở rộng các ngành công nghiệp hỗ trợ liên quan đến sản xuất pin.

5.4. Thách thức về tính bền vững và tái chế pin

Dù đóng vai trò đáng kể trong hệ thống hỗ trợ năng lượng tái tạo, công nghệ pin cũng đặt ra những thách thức đáng kể về môi trường và tính bền vững. Sản xuất pin lithium ion đòi hỏi một lượng lớn khoáng chất và các quy trình sản xuất tiêu tốn nhiều năng lượng, tạo ra những tác động đáng kể đến môi trường trong các giai đoạn khai thác, chế biến và thải bỏ.

Việc thải bỏ pin không đúng cách có thể giải phóng các chất độc hại như kim loại nặng, chất điện giải độc hại vào môi trường. Do đó, chiến lược kinh tế tuần hoàn là cần thiết để giảm thiểu sự cạn kiệt tài nguyên cũng như giám sát động môi trường liên quan đến công nghệ pin.

Hiện nay, cơ sở hạ tầng tái chế pin của Việt Nam còn chưa được chú trọng. Hầu hết các hoạt động thu gom và tái chế được thực hiện trên quy mô nhỏ với năng lực công nghệ hạn chế và hệ thống quản lý môi trường chưa đầy đủ [12].

Phát triển hệ thống thu gom và tái chế sẽ mang lại nhiều lợi ích bao gồm thu hồi các nguyên liệu có giá trị như lithium, coban, niken, và đồng, giúp giảm phụ thuộc vào nhập khẩu các khoáng sản quan trọng và cải thiện tính bền vững của chuỗi cung ứng dài hạn. Bên cạnh đó, việc tăng cường năng lực tái chế còn giúp Việt Nam tuân thủ các tiêu chuẩn môi trường quốc tế và các quy định về kinh tế tuần hoàn.

6. Phân tích tình huống: Mở rộng sản xuất năng lượng mặt trời ở Việt Nam theo chiến lược “Trung Quốc + 1”

6.1. Bối cảnh

Trong những năm gần đây, chuỗi cung ứng quang điện toàn cầu đã trải qua quá trình tái cấu trúc đáng kể do căng thẳng địa chính trị, tranh chấp thương mại, và những lo ngại về khả năng phục hồi của chuỗi cung ứng. Sự thống trị của Trung Quốc trong sản xuất silicon, wafer, và lắp ráp module quang điện đã dịch chuyển các tập đoàn đa quốc gia sang tìm kiếm cơ hội đầu tư ở những khu vực khác theo chiến lược “Trung Quốc + 1”.

Trong khu vực Đông Nam Á, Việt Nam nổi lên như một trong những điểm đến hấp dẫn nhờ vị trí địa lý chiến lược, chi phí lao động cạnh tranh, các hiệp định thương mại thuận lợi, hạ tầng công nghiệp đang phát triển nhanh chóng. Kết quả là một số nhà đầu tư đã xây dựng nhiều cơ sở sản xuất quang điện lớn tại Việt Nam, đặc biệt là lắp ráp pin và module quang điện.

Tình huống này được nêu ra để xem xét khả năng mở rộng các hoạt động sản xuất quang điện tại Việt Nam và đánh giá các cơ hội, thách thức liên quan đối với các ngành công nghiệp phụ trợ và phát triển công nghiệp bền vững.

6.2. Sự phát triển của ngành công nghiệp sản xuất pin mặt trời tại Việt Nam

Trong giai đoạn 2010-2020, Việt Nam đã trải qua sự tăng trưởng nhanh chóng về năng lực sản xuất pin

mặt trời tập trung chủ yếu tại các tỉnh công nghiệp phía Bắc như Bắc Giang, Thái Nguyên, Hải Phòng. Các cơ sở sản xuất bao gồm sản xuất pin mặt trời, lắp ráp module quang điện, sản xuất linh kiện điện tử, và tích hợp thiết bị năng lượng tái tạo. Việc Việt Nam tham gia các hiệp định thương mại tự do như CPTPP và EVFTA đã nâng cao khả năng cạnh tranh xuất khẩu nhờ vào việc giảm rào cản thuế quan và tăng khả năng tiếp cận thị trường quốc tế.

Quốc gia này sau đó đã trở thành một trong những nhà xuất khẩu module quang điện lớn sang các thị trường như Mỹ và châu Âu. Thành công này đã góp phần tạo ra cơ hội việc làm, tăng đầu tư trực tiếp từ nước ngoài và kích thích sự phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ liên quan đến khung nhôm, kính cường lực, tự động hóa công nghiệp, logistics và hệ thống điện.

6.3. Hiệu ứng lan tỏa công nghiệp và các ngành công nghiệp phụ trợ

Sự tăng trưởng nhanh chóng của ngành sản xuất pin mặt trời đã tạo ra hiệu ứng lan tỏa công nghiệp quan trọng trên nhiều lĩnh vực như cơ khí chính xác, vật liệu đóng gói, hóa chất công nghiệp, hệ thống cấp, kết cấu lắp đặt, và dịch vụ hậu cần.

Các doanh nghiệp trong nước cũng có cơ hội tham gia vào một số hoạt động sản xuất hạ nguồn và chuỗi cung ứng linh kiện. Đặc biệt, ngành công nghiệp nhôm và vật liệu xây dựng của Việt Nam cũng phát triển khi nhu cầu khung module quang điện và cơ sở hạ tầng trang trại điện mặt trời ngày càng tăng.

Nguồn nhân lực trong các lĩnh vực kỹ thuật, tự động hóa, bảo trì và tích hợp hệ thống điện cũng được phát triển. Các học viện và trường đại học cũng tăng cường các chương trình đào tạo về công nghệ năng lượng tái tạo và sản xuất công nghiệp.

6.4. Hạn chế về cấu trúc và sự phụ thuộc vào chuỗi cung ứng

Hầu hết các hoạt động sản xuất quang điện tại Việt Nam vẫn tập trung ở khâu hạ nguồn nên tạo ra ít giá trị và nhiều rủi ro. Những rủi ro có thể liệt kê là rủi ro về gián đoạn chuỗi cung ứng toàn cầu, rủi ro do các hạn chế thương mại, biến động giá nguyên liệu và giá trị gia tăng trong nước bị hạn chế.

Ngoài ra, những lo ngại về chống bán phá giá và các quy định về truy xuất nguồn gốc tại thị trường xuất khẩu cũng gia tăng áp lực lên các nhà sản xuất tại khu vực Đông Nam Á. Người mua quốc tế ngày càng khắt khe hơn trong việc yêu cầu chuỗi cung ứng minh bạch, quy trình sản xuất carbon thấp và tuân thủ các tiêu chuẩn về môi trường, xã hội, và quản trị.

Việt Nam cũng đối mặt với những hạn chế về cơ sở hạ tầng như tắc nghẽn lưới điện, năng lực truyền tải điện, và hệ thống tái chế chất thải quang điện và vật liệu pin. Nếu không đẩy mạnh nội địa hóa công nghiệp và nâng cấp công nghệ, Việt Nam vẫn chỉ có thể tập trung chủ yếu vào các hoạt động có giá trị thấp thay vì phát triển công nghệ quang điện tiên tiến.

6.5. Tính bền vững và triển vọng tương lai

Tính bền vững của ngành công nghiệp sản xuất pin mặt trời ở Việt Nam phụ thuộc vào khả năng chuyển đổi từ lắp ráp sang các hoạt động có giá trị cao hơn và quan tâm sâu sắc đến vấn đề môi trường. Việt Nam cần tăng cường nghiên cứu và phát triển trong nước, sản xuất bằng năng lượng tái tạo, cơ sở hạ tầng kinh tế tuần hoàn, và hệ thống tái chế.

Nhìn chung, việc mở rộng sản xuất năng lượng mặt trời của Việt Nam cho thấy cả cơ hội và thách thức mà các nền kinh tế năng lượng tái tạo mới nổi phải đối mặt trong chuỗi cung ứng năng lượng toàn cầu. Dù đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong việc thu hút đầu tư sản xuất và mở rộng năng lực xuất khẩu, khả năng cạnh tranh lâu dài sẽ đòi hỏi năng lực công nghệ cao hơn, phát triển công nghiệp thượng nguồn, và những chính sách công nghiệp bền vững.

7. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá một cách nghiêm túc tiềm năng phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ cho công cuộc chuyển đổi sang năng lượng mặt trời tại Việt Nam. Phân tích cho thấy, Việt Nam sở hữu một số lợi thế chiến lược bao gồm bức xạ mặt trời cường độ cao và rộng khắp, cơ sở hạ tầng logistics, chi phí sản xuất cạnh tranh, nguồn tài nguyên khoáng sản dồi dào, đầu tư trực tiếp từ nước ngoài ngày càng tăng, và các hiệp định thương mại toàn cầu.

Kết quả nghiên cứu cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của các ngành công nghiệp phụ trợ như lắp ráp

module quang điện, sản xuất linh kiện, tích hợp hệ thống lưu trữ pin, và dịch vụ năng lượng tái tạo. Sự phát triển của các ngành công nghiệp này có thể tạo ra những lợi ích đáng kể như đa dạng hóa công nghiệp, nâng cấp công nghệ, tăng trưởng việc làm, và tăng cường khả năng cạnh tranh xuất khẩu.

Tuy nhiên, Việt Nam vẫn phải đối mặt với nhiều thách thức. Đó là sự phụ thuộc vào nguồn nguyên liệu đầu vào nhập khẩu và công nghệ sản xuất tiên tiến, đặc biệt là lĩnh vực tinh chế polysilicon và sản xuất wafer. Ngoài ra, những hạn chế về năng lực nghiên cứu và phát triển trong nước, cơ sở hạ tầng tái chế, hệ thống quản lý môi trường, và khả năng tích hợp lưới điện là những yếu tố làm hạn chế tính bền vững của ngành công nghiệp này.

Hệ thống lưu trữ pin được xác định là công nghệ then chốt giúp tích hợp năng lượng tái tạo và cải thiện tính linh hoạt của lưới điện. Tuy nhiên sự phát triển của các ngành công nghiệp hỗ trợ pin và hệ thống tái chế tại Việt Nam vẫn đang còn ở giai đoạn đầu, đòi hỏi đầu tư, chuyển giao công nghệ, và hỗ trợ pháp lý.

Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra khả năng cạnh tranh trong tương lai của công nghiệp năng lượng mặt trời tại Việt Nam phụ thuộc vào khả năng thiết lập hệ sinh thái bền vững có khả năng phục hồi và mang tính nội địa. Do đó, tăng cường các ngành công nghiệp phụ trợ, thúc đẩy kinh tế tuần hoàn và cải thiện tính nhất quán trong chính sách là cần thiết để nâng cao khả năng tham gia của Việt Nam vào chuỗi cung ứng năng lượng toàn cầu ■

Lời cảm ơn:

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUT), Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (VNU-HCM) đã hỗ trợ thời gian và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU TRÍCH DẪN VÀ THAM KHẢO:

- [1] International Energy Agency (2026). Technology: Solar PV and wind. Available at <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2026/technology-solar-pv-and-wind>.
- [2] Tran T. M. T. (2026). Vietnam in the China Plus One Strategy: Geo-economic Hedging and Middle-Power Agency in Indo-Pacific Supply Chains. *Journal of International Relations*, 21(2), 168-188. <https://doi.org/10.26593/jihi.v21i2.9437.168-188>.
- [3] Vy Dan Le, Tan Tai Le, Surender Rangaraju, Phu Le Vo, Khuong Vinh Nguyen (2023). The potential for solar energy in Vietnam. A study conducted to determine whether solar energy is still relevant for meeting growing power demand in Vietnam in 2023. *International Journal of Management and Technology for Research Studies*, 5(2).
- [4] Imrich Kušník (2000). Mineral resources of Vietnam. *Acta Montanistica Slovaca Ročník* 5, 2, 165-172.
- [5] Ian Clover (2016). JA Solar breaks ground on \$1bn Vietnam solar cell factory: reports. Available at https://www.pv-magazine.com/2016/11/28/ja-solar-breaks-ground-on-1bn-vietnam-solar-cell-factory-reports_100027025/.
- [6] Trina Solar Energy Development Pte. Ltd. (2024). Trina Solar Brings Advanced Solar Innovations to Vietnam, Demonstrates Commitment to Empowering Renewable Sector, PR Newswire, Available at: <https://www.prnewswire.com/apac/news-releases/trina-solar-brings-advanced-solar-innovations-to-vietnam-demonstrates-commitment-to-empowering-renewable-sector-302139573.html>.
- [7] Amata Allwin (2021). Jinko Solar Gets Registration Certificate for New Factory in Ha Long, Vietnam. Available at <https://amata.com/news-media-vietnam/85-business-news-amata-vietnam/610-jinko-solar-gets-registration-certificate-for-new-factory-in-ha-long-vietnam>.
- [8] Saigon Times Daily (2011). First Solar invests \$1 billion in factory, BDG Vietnam, Business development group, Available at https://bdg-vietnam.com/de/about/news/details/items/First-Solar-invests-1-billion_USD-in-factory/.

- [9] Asian Development Bank, Bloomberg Philanthropies, ClimateWorks Foundation (2023). Renewable Energy Manufacturing: opportunities for southeast ASIA. Available at <https://www.seforall.org/system/files/2023-08/SEAREMI-report-August-2023.pdf>.
- [10] IEA (2022). Special Report on Solar PV Global Supply Chains. Available at <https://www.iea.org/reports/solar-pv-global-supply-chains>.
- [11] IREA (2016). End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels. Available at https://ica-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/IRENA_IEAPVPS_End-of-Life_Solar_PV_Panels_2016.pdf.
- [12] Tran Phuong Ha, Ha Vinh Hung, Nguyen Duc Quang, Vu Minh Trang, Dao Duy Nam, Dinh Le Phuong Anh, Nguyen Thi Thu Huyen, Huynh Trung Hai (2024). Waste solar panel generation in Viet Nam: waste estimation and management orientation. Vietnam Journal of Science and Technology, 62(3).

Ngày nhận bài: 24/4/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 8/5/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 25/5/2026

DEVELOPMENT OF SUPPORTING INDUSTRIES FOR SOLAR ENERGY TRANSITION IN VIETNAM: OPPORTUNITIES, CHALLENGES AND PROSPECTS

● **DAO THI KIM THOA**^{1,2,*}

¹ Faculty of Chemical Engineering,
Ho Chi Minh University of Technology (HCMUT)

² Vietnam National University Ho Chi Minh City

*Email: dtkt Hoa@hcmut.edu.vn

ABSTRACT:

Vietnam has significant potential to expand solar panel manufacturing and renewable energy supporting industries, particularly in module assembly, component production, and energy storage applications. However, challenges remain, including dependence on imported materials and technologies, limited domestic recycling infrastructure, environmental management concerns, and increasing pressure to comply with global sustainability standards. Battery energy storage systems are identified as key technologies for improving renewable energy integration and grid flexibility. This study emphasizes the importance of enhancing industrial localization, technological capacity, recycling systems, and long-term policy frameworks to strengthen Vietnam's competitiveness in the global clean energy supply chain.

Keywords: energy transition, supporting industries, solar energy, sustainable development.