

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC
*THIẾT BỊ VÀ CÔNG TRÌNH DẦU KHÍ VỚI XU HƯỚNG
CHUYỂN DỊCH NGUỒN NĂNG LƯỢNG*



HỘI NGHỊ KHOA HỌC TOÀN QUỐC



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

MỤC LỤC

1. Nghiên cứu phương án lắp đặt hệ thống thiết bị cho kế hoạch phát triển mỏ Thiên Nga-Hải Âu	1
<i>Nguyễn Văn Thịnh, Triệu Hùng Trường, Vũ Thiết Thạch</i>	
2. Năng lượng gió ngoài khơi Việt Nam: xác định tiềm năng và phân tích phân bố địa lý	8
<i>Trần Anh Quân, Vũ Cúc Phương, Trịnh Tuấn Long</i>	
3. Hydro – giải pháp năng lượng sạch cho tương lai và tiềm năng sản xuất từ nguồn năng lượng tái tạo tại Việt Nam: một nghiên cứu với trường hợp nhà máy Đạm Cà Mau	17
<i>Ngô Hà Sơn</i>	
4. Nghiên cứu khả năng sử dụng bơm ly tâm điện ngầm trong khai thác dầu tại mỏ Nam rồng - Đồi mồi	27
<i>Lê Đức Vinh, Nguyễn Quốc Dũng, Ngô Tuấn Nam, Nguyễn Mai Hà, Nguyễn Đức Huy</i>	
5. Đặc điểm quá trình biến đổi thứ sinh đá Cacbonat tuổi Mioxen bể phủ khánh	33
<i>Nguyễn Thị Minh Hồng</i>	
6. Nghiên cứu hạ tầng và hệ thống thiết bị của các mỏ dầu khí ở Việt Nam nhằm phục vụ cho kết nối các mỏ cận biên	45
<i>Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thanh Tuấn, Nguyễn Thị Hải Yến, Lê Văn Nam</i>	
7. Nghiên cứu lựa chọn hàm lượng chất bít nhét đối với dung dịch polymer sét khi khoan trong tầng đá móng mỏ Bạch Hổ	54
<i>Nguyễn Thị Hải, Trương Văn Từ, Nguyễn Tiến Hùng, Lê Văn Nam</i>	
8. Ứng dụng kỹ thuật bảo trì tiên đoán để nâng cao hiệu quả hoạt động của các thiết bị quay tại Nhà máy đạm Cà Mau	64
<i>Nguyễn Đức Trung, Nguyễn Văn Thịnh</i>	
9. Nghiên cứu ảnh hưởng của tải trọng sóng bề mặt chất lỏng tác dụng lên thành bể cầu chứa khí hóa lỏng chịu tải trọng động đất	70
<i>Ngô Xuân Hùng, Nguyễn Thế Vinh, Tăng Văn Lâm, Bulgakov Boris Igorevich</i>	
10. Đánh giá khả năng ứng dụng hệ thống đầu giếng ngầm thi công bằng giàn khoan tự nâng cho các mỏ dầu & khí khai thác tận thu, mỏ cận biên tại vùng nước nông ngoài khơi Việt Nam	78
<i>Nguyễn Trọng Tài, Triệu Hùng Trường, Nguyễn Trần Tuân, Trương Văn Từ</i>	
11. Nghiên cứu áp dụng trí tuệ nhân tạo hỗ trợ ra quyết định tách phao neo và tàu FSO-Queen bể Nam Côn Sơn, ngoài khơi Việt Nam	88
<i>Nguyễn Hải An, Nguyễn Đình Tuấn, Nguyễn Văn Thịnh</i>	
12. Giải pháp làm sạch đường ống vận chuyển dầu khí từ các giàn cố định (MSP) đến giàn công nghệ trung tâm tại mỏ Bạch Hổ trong giai đoạn suy giảm sản lượng	97
<i>Hoàng Anh Dũng, Vũ Cúc Phương</i>	

Hydro – giải pháp năng lượng sạch cho tương lai và tiềm năng sản xuất từ nguồn năng lượng tái tạo tại Việt Nam: một nghiên cứu với trường hợp nhà máy Đạm Cà Mau

Ngô Hà Sơn*

Khoa Dầu khí và Năng lượng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

Tóm tắt

Hydro đang trở thành một yếu tố quan trọng trong xu hướng chuyển dịch năng lượng toàn cầu. Với khả năng cung cấp năng lượng mà không tạo ra khí thải gây hiệu ứng nhà kính, hydro có thể đóng một vai trò quan trọng trong việc giảm bớt sự phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch. Đặc biệt, việc sản xuất hydro từ nguồn năng lượng tái tạo - như điện gió và điện mặt trời - đang mở ra những cơ hội mới cho sự phát triển bền vững. Công nghệ hiện tại cho phép chúng ta chuyển hóa năng lượng tái tạo thành hydro thông qua quá trình phân ly nước, tạo ra một nguồn năng lượng sạch có thể được lưu trữ và vận chuyển. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều thách thức cần được giải quyết, bao gồm việc làm giảm chi phí sản xuất và phát triển hạ tầng phân phối. Dù vậy, với những tiến bộ công nghệ gần đây, hydro từ nguồn năng lượng tái tạo đang trở thành một khả năng ngày càng hấp dẫn trong tương lai gần.

Từ khóa: hydro, chuyển dịch năng lượng, điện phân nước, phát triển bền vững, công nghệ sản xuất hydro.

1. Mở đầu

Hydro (H_2), thường được gọi là 'hydro', đang ngày càng được công nhận là một vector năng lượng sạch và đáng tin cậy cho việc giảm carbon và loại bỏ nhiên liệu hóa thạch [1]. Nhu cầu toàn cầu về hydro dự kiến tăng từ 70 triệu tấn vào năm 2019 lên 120 triệu tấn vào năm 2024 [1]. Hydro được sản xuất thông qua quá trình phân ly nước, một quá trình tách nước thành hydro và oxy, sử dụng điện năng được tạo ra từ các nguồn tái tạo [2]. Tuy nhiên, việc mở rộng sản xuất hydro xanh đối mặt với nhiều thách thức - nhưng công nghệ số hiện đại có thể cung cấp một số giải pháp [2].

Các công trình nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc kết hợp hydro được tạo ra từ quá trình điện phân với việc lưu trữ hydro trong các môi trường lỗ chỗ dưới lòng đất như các hồ chứa địa chất và hang muối phù hợp với việc chuyển đổi năng lượng dư thừa vào thời điểm không cao điểm để đáp ứng nhu cầu vào thời điểm cao điểm. Các công trình nghiên cứu khác đã chỉ ra rằng việc sử dụng hydro để lưu trữ sản lượng dư của Năng lượng tái tạo (Renewable Energy - RE) là một giải pháp hứa hẹn để đạt được một nền kinh tế hydro 100% tái tạo và bền vững [3].

Tuy nhiên, mặc dù hydro xanh đang thu hút sự chú ý từ các ngành công nghiệp, nó vẫn đối mặt với nhiều thách thức. Một trong những thách thức lớn nhất là việc thiếu hiểu biết về thiết kế tối ưu và lợi tức đầu tư, do đó hạn chế khả năng thanh toán [4]. Ngoài ra, ngành công nghiệp hydro xanh còn thiếu nguồn nhân lực chuyên môn và chi phí hoạt động cao [4].

Trong bài báo này, tác giả sẽ nghiên cứu các xu hướng hiện tại trong việc chuyển dịch sang sử dụng hydro trong ngành sản xuất năng lượng, cũng như khả năng sản xuất hydro từ các nguồn năng lượng tái tạo. Tác giả cũng sẽ so sánh các thành tựu đã đạt được trong công nghệ sản xuất hydro và đề xuất các hướng đi tiếp theo cho ngành công nghiệp này. Đặc biệt, các tính toán sơ bộ về việc thay thế một phần khí tự nhiên bằng khí hydro trong phản ứng tổng hợp urea nhằm giảm thiểu khí thải gây hiệu ứng nhà kính và đa dạng hóa sản phẩm đầu ra của nhà máy cũng được đề cập. Các kịch bản có liên hệ đến sự biến đổi của thị trường năng lượng cũng như khả năng đáp ứng và thích nghi của việc chuyển đổi sang sử dụng một phần nhiên liệu hydro trong sản xuất phân đạm này.

2. Vai trò của hydro trong chuyển dịch năng lượng và các công nghệ sản xuất hydro

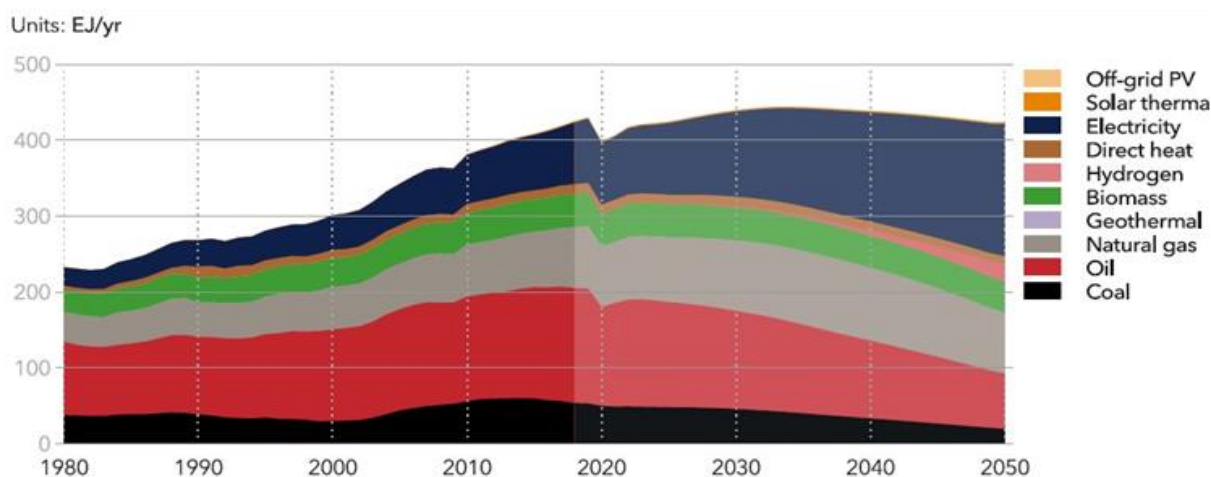
* Tác giả liên hệ

E-mail: ngohason@humg.edu.vn

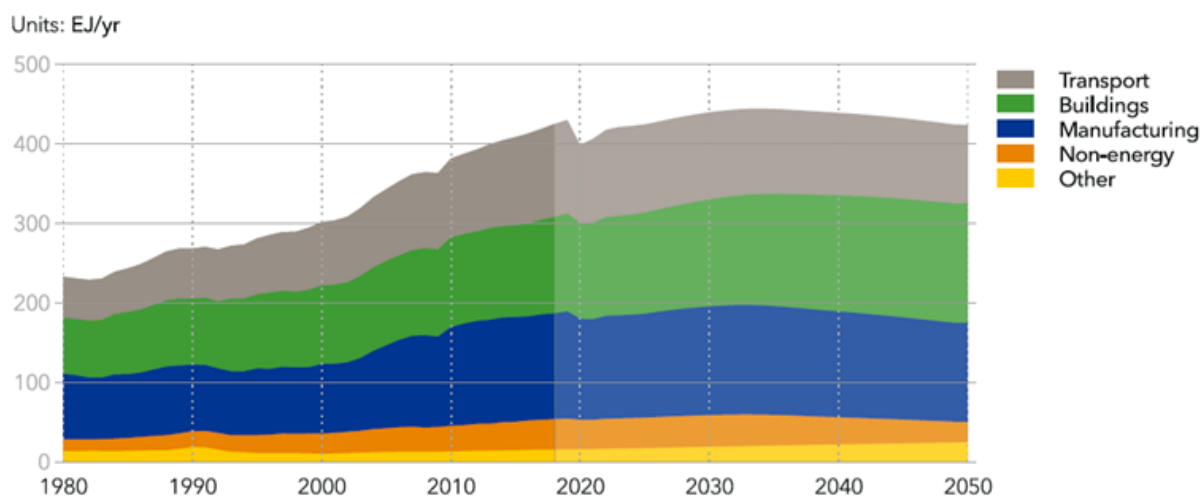
Chuyển dịch năng lượng là một xu hướng toàn cầu, trong đó việc tìm kiếm và sử dụng các nguồn năng lượng thay thế, tái tạo đang được ưu tiên [5]. Trong quá trình này, hydro đóng một vai trò quan trọng [3,6,7]. Các phương án hiện nay để thực hiện việc chuyển dịch năng lượng hiệu quả bao gồm việc tập trung vào việc loại bỏ dần nhiệt điện than, đồng thời quản lý tác động của quá trình chuyển đổi này đối với người dân và doanh nghiệp hoạt động trong ngành than [8] [9]. Đồng thời, cần xem xét vai trò thích hợp của các nguồn nhiên liệu chuyển đổi, ví dụ như khí thiên nhiên [10].

Mặc dù tổng nhu cầu năng lượng trong vận tải, dân dụng và sản xuất không thay đổi đáng kể trong giai đoạn 2020-2050, xu hướng điện hóa và tăng hiệu quả sử dụng năng lượng dẫn đến sự suy giảm nhu cầu sản phẩm dầu mỏ (Hình 1a, b). Bên cạnh đó, sự gia tăng thịnh vượng trong nền kinh tế, sự nóng lên toàn cầu, xu thế điện hóa, sẽ làm tăng nhu cầu sử dụng điện của các hộ gia đình. Ngoài ra, lĩnh vực công nghiệp nặng sẽ ghi nhận sự thay thế của khí tự nhiên/LNG cho than, để tăng hiệu suất và đảm bảo yếu tố môi trường [11] [12] [13].

Trong lĩnh vực vận tải, vận tải đường bộ chiếm 80% tổng nhu cầu năng lượng cho khối vận tải. Do xu hướng điện hóa và hiệu suất sử dụng năng lượng tăng, mặc dù số lượng phương tiện tăng mạnh gần 100%, nhưng nhu cầu lại giảm. Động lực chính cho xu hướng chuyển dịch này đến từ chính sách để giảm phát thải và sự giảm chi phí của công nghệ pin lưu trữ cho xe BEVs (Battery Electric Vehicles) và FCEVs (Fuel Cell Electric Vehicles) [14]. Vận tải biển và hàng không chiếm khoảng 4% tổng nhu cầu năng lượng toàn cầu. Tuy nhiên, xu hướng điện hóa sẽ là không dễ dàng trong lĩnh vực vận tải biển và hàng không (vận tải hạng nặng). Do đó, các nguồn năng lượng như LNG và NH₃/H₂ và electrofuels sẽ dần thay thế HFO (Heavy Fuel Oil)/LSFO (Low-Sulfur Fuel Oil)/MGO (Marine Gas Oil) trong vận tải biển, trong khi biofuels sẽ thay thế một phần làm nhiên liệu cho máy bay. Trong thực tế, ở khoảng cách



Hình 1a, Nhu cầu năng lượng của thế giới theo dạng năng lượng sử dụng cuối (nguồn: IEA, DNV 2020).



Hình 1b, Nhu cầu năng lượng của thế giới theo lĩnh vực (nguồn: IEA, DNV 2020).

ngắn, hàng không có thể bị cạnh tranh bởi sự phát triển của tàu điện/tàu cao tốc (xu hướng điện hóa). Ngoài ra do ảnh hưởng của đại dịch Covid-19, bức tranh ngành hàng không có thể bị ảnh hưởng. Để đạt mục tiêu IMO 2050, cơ cấu nhiên liệu cho vận tải biển sẽ có sự thay đổi mạnh với việc tăng tỷ trọng nhiên liệu ít hoặc không phát thải CO₂. H₂ cũng đang được xem xét sử dụng cho các máy bay hạng nhẹ. Việc sử dụng H₂ lỏng sẽ giúp giảm khối lượng, nên có thể sử dụng cho các máy bay lớn hơn [15].

Hydro có vai trò quan trọng trong quá trình chuyển dịch năng lượng. Hydro có thể được sử dụng làm “chất mang năng lượng sạch” và là phương tiện lưu trữ, vận chuyển năng lượng tái tạo và nguyên liệu trong các ngành công nghiệp. Tại Việt Nam, trong các ngành công nghiệp, hydrocarbon từ các nguồn như khí thiên nhiên, LPG, naphtha được sử dụng để sản xuất hydro thông qua quá trình reforming hơi nước hoặc các phân xưởng công nghệ tại nhà máy lọc dầu¹. Tuy nhiên, để thỏa mãn yêu cầu về sự phát triển bền vững, các nguồn nguyên liệu dựa trên hóa thạch đang dần được thay thế bằng các nguồn tái tạo³. Do đó, quá trình sản xuất hydro đang dần chuyển sang quá trình điện phân nước sử dụng năng lượng tái tạo⁴. Hydro tái tạo, một phương pháp lưu trữ năng lượng, đặc biệt là năng lượng tái tạo, được dự đoán sẽ trở thành phương pháp chính để sản xuất hydro cho các ngành công nghiệp và nhiên liệu trong tương lai. Ở các khu vực có nguồn sinh khối, hydro có thể được sản xuất thông qua quá trình khí hóa sinh khối. Tuy nhiên, việc triển khai sản xuất hydro gặp phải một số vấn đề. Mặc dù công nghệ khí hóa sinh khối đã được thương mại hóa hoàn toàn, công nghệ điện phân nước mới được thương mại hóa một phần [16]. Một vấn đề khác là giá thành sản xuất hydro còn cao [17].

Đến năm 2050, hydro có khả năng cung cấp gần 29 EJ trong nhu cầu năng lượng toàn cầu, hai phần ba đến từ các nguồn tái tạo (tổng nhu cầu năng lượng 2050: 500 - 700 EJ) [15].

Lĩnh vực công nghiệp (chủ yếu là trong các phân ngành sắt/thép và SX ammonia) tiêu thụ 14 EJ hydro tái tạo 1 EJ = 278 tỷ kWh ~ sản lượng điện 1 năm của Việt Nam

Trong lĩnh vực vận tải, hydro có thể được sử dụng trong các xe điện chạy bằng pin nhiên liệu (FCEV), chủ yếu để vận chuyển hàng hóa công kênh và vận tải hành khách, với khoảng 4 EJ mỗi năm vào năm 2050.

Trong lĩnh vực nhiên liệu dân dụng, hydro được pha trộn với KTN hoặc kết hợp để tạo ra khí methane tổng hợp và được vận chuyển trong mạng lưới khí.

Ví dụ cụ thể, Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN) đã tiến hành một số nghiên cứu để đánh giá sơ bộ vai trò của hydro trong bức tranh chuyển dịch năng lượng và khảo sát sơ bộ khả năng sản xuất hydro từ các nguồn tái tạo [18]. Tuy nhiên, kết quả tính toán sơ bộ cho thấy, khi sử dụng H₂ thay thế khí tự nhiên cho sản xuất đạm tại Nhà máy Đạm Cà Mau, giá H₂ sản xuất ra cần thấp hơn khoảng 2 USD/kg H₂ để đảm bảo có lợi.

Để triển khai quá trình sản xuất hydro tái tạo ở quy mô công nghiệp tại Việt Nam, các vấn đề sau cần được xem xét:

- Nguồn nước, có thể là nước sông, nước biển hoặc nước đã được khử khoáng, tùy thuộc vào địa phương, cần được xử lý sơ bộ để loại bỏ các tạp chất. Hiện nay, một số nghiên cứu đang tập trung vào việc phát triển các hệ thống điện phân có thể hoạt động trực tiếp với nước biển.

- Nguồn sinh khối, có thể là các phụ phẩm nông nghiệp như rơm rạ, vỏ trấu, lõi bắp và bã mía, phân bố rộng khắp cả nước nhưng tốn kém chi phí thu gom, vận chuyển và tiền xử lý. Công nghệ khí hóa sinh khối cho phép tạo ra khoảng 50 kg hydro từ mỗi tấn sinh khối.

- Nguồn năng lượng tái tạo, có thể là điện gió hoặc điện mặt trời, hiện tại có chi phí sản xuất thấp hơn và được hưởng giá mua ưu đãi. Các nguồn này có thể cạnh tranh được với các nguồn năng lượng truyền thống nếu tính đến chi phí môi trường. Một vấn đề cần giải quyết là việc đấu nối để đưa điện tái tạo vào hệ thống lưới điện quốc gia.

Tóm lại, hydro có tiềm năng lớn trong quá trình chuyển dịch năng lượng. Tuy vẫn còn một số thách thức như giá thành cao và công nghệ chưa hoàn thiện, nhưng với sự phát triển của công nghệ và tốc độ phát triển của ngành năng lượng tái tạo, hydro có triển vọng trở thành một phần quan trọng của hệ thống năng lượng trong tương lai.

Các công nghệ sản xuất hydro phổ biến nhất hiện nay được trình bày trong Bảng 1 [19–21]:

- Reforming/khí hóa khí thiên nhiên (Natural Gas Reforming/Gasification): Hỗn hợp của hydro, carbon monoxide và một lượng nhỏ carbon dioxide được tạo ra bằng cách phản ứng của khí tự nhiên với hơi nước ở nhiệt độ cao (700°C - 1.000°C). Phương pháp này là rẻ nhất, hiệu quả nhất và phổ biến nhất.

Bảng 1. So sánh các công nghệ sản xuất hydro đang được áp dụng hiện nay [22].

Công nghệ	Năng lượng cung cấp	Nguyên liệu	Hiệu suất (%)	Tình trạng nghiên cứu/triển khai
Reforming hơi nước	Nhiệt	Hydrocarbon(HC)	70 - 85	Thương mại hoá
Oxi hoá một phần	Nhiệt	HC	60 - 75	Thương mại hoá
Reforming tự gia nhiệt	Nhiệt	HC	60 - 75	Ngắn hạn
Plasma reforming	Điện	HC	9 - 85	Dài hạn
Reforming pha lỏng	Nhiệt	Carbohydrate	33 - 55	Trung hạn
Reforming amoniác	Nhiệt	NH ₃	NA	Ngắn hạn
Khí hoá sinh khối	Nhiệt	Sinh khối	30 - 50	Thương mại hoá
Quang phân	Năng lượng mặt trời	Nước	0.5	Dài hạn
Lên men tối	Năng lượng sinh hoá	Sinh khối	60 - 80	Dài hạn
Quang lên men	Năng lượng mặt trời	Sinh khối	0.1	Dài hạn
Điện phân dung môi kiềm (Alkaline)	Điện	Nước	50 - 60	Thương mại hoá
Điện phân màng trao đổi proton (PEM)	Điện	Nước	50-70	Thương mại hoá
Phân rã nhiệt hoá học	Nhiệt	Nước	NA	Dài hạn

- Công nghệ điện phân: Đây là một công nghệ đã được thương mại hóa một phần. Chi phí sản xuất hydro - H₂ bằng phương pháp điện phân nước có thể cạnh tranh với phương pháp truyền thống (reforming hơi nước khí tự nhiên) nếu có thể giảm được chi phí đầu tư (capex) và giảm giá thành điện đầu vào.

- Reforming chất lỏng có nguồn gốc từ sinh khối.

- Chuyển đổi sinh khối vi sinh vật.

Ngoài ra, còn có một số công nghệ hiện đang được phát triển như: Tách nước nhiệt hóa học, tách nước bằng quang sinh học và tách nước quang điện hóa.

Mặc dù các công nghệ sản xuất hydro mang lại nhiều lợi ích, chúng cũng gặp một số thách thức:

- Lưu trữ còn bị hạn chế về công suất.

- Việc vận chuyển gặp nhiều khó khăn.

- Chi phí để sản xuất hydro từ quá trình điện phân đắt đỏ.

- Cùng một lượng tương đương như nhau, hydro sản sinh ít năng lượng hơn là xăng. Nên động cơ chạy bằng hydro có công suất yếu hơn động cơ xăng.

- Khí hydro còn làm cho bình chứa bằng kim loại trở nên giòn hơn (do tính tan được trong kim loại).

Tuy vậy, với sự tiến bộ của công nghệ và sự tăng trưởng của ngành năng lượng tái tạo, hydro có triển vọng trở thành một phần quan trọng của hệ thống năng lượng trong tương lai.

Chi phí của các phương pháp sản xuất hydro được trình bày trong Bảng 2. Hiện nay, như đã trình bày ở trên, phương pháp sản xuất hydro phổ biến nhất là chuyển hóa từ nhiên liệu hóa thạch, nhưng phương pháp này gây ra khí thải nhà kính và ô nhiễm môi trường. Một phương pháp sản xuất hydro thay thế là điện phân nước, trong đó dùng điện để tách nước thành hydro và oxy. Phương pháp này có nhiều ưu điểm so với các phương pháp thông dụng khác [23], cụ thể như sau:

Điện phân nước là một quá trình sạch, không gây ra khí thải nhà kính hay ô nhiễm môi trường. Nếu sử dụng điện từ các nguồn tái tạo, như gió, mặt trời hay thủy điện, quá trình này còn giúp giảm lượng carbon trong chu trình năng lượng.

Điện phân nước là một quá trình linh hoạt, có thể được điều chỉnh theo nhu cầu và điều kiện của người sử dụng. Nó có thể được thực hiện ở quy mô nhỏ lẻ hay lớn, ở các địa điểm xa xôi hay gần các khu vực tiêu thụ. Nó cũng có thể kết hợp với các công nghệ lưu trữ và vận chuyển hydro khác để tạo ra các hệ thống năng lượng hiệu quả và bền vững.

Bảng 2. Chi phí của các phương pháp sản xuất hydro [19], [20].

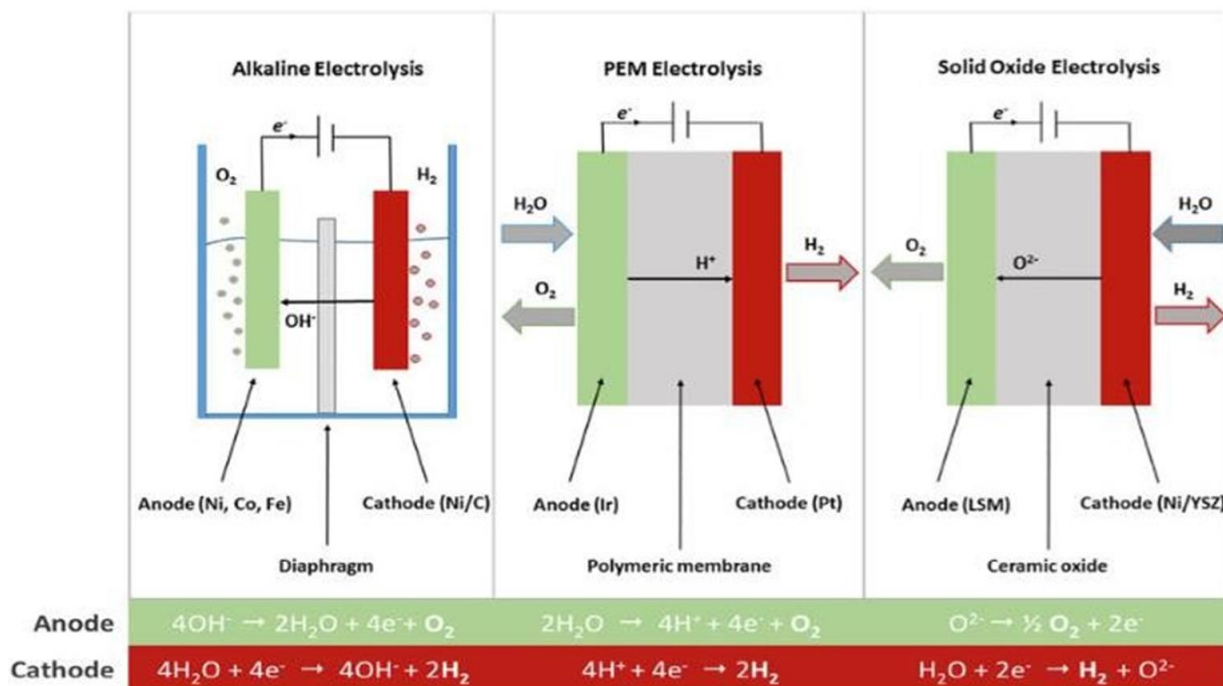
Quá trình	Chi phí sản xuất H ₂ (USD/kg)
Reforming khí tự nhiên	1.03
Reforming khí tự nhiên + hệ thống thu hồi và tồn chứa CO ₂	1.22
Reforming khí tự nhiên + hệ thống thu hồi và tồn chứa CO ₂ + hệ thống tinh chế H ₂ bằng hấp phụ	1.56
Khí hoá than	0.96
Khí hoá than + hệ thống thu hồi và tồn chứa CO ₂	1.03
Điện phân sử dụng điện gió	6.64
Khí hoá sinh khối	4.63
Nhiệt phân sinh khối	3.80
Phân rã nước bằng nhiệt nguyên tử	1.63
Điện phân nước	2.4 – 6.7

Điện phân nước là một quá trình tiên tiến, có tiềm năng phát triển và cải tiến trong tương lai. Các nhà khoa học đang nghiên cứu các công nghệ mới để giảm chi phí, tăng hiệu suất và độ bền của các thiết bị điện phân. Các ứng dụng mới của hydro cũng đang được khám phá và triển khai, như xe chạy bằng pin nhiên liệu, máy bay không người lái hay máy bay chở khách.

3. Công nghệ sản xuất hydro bằng quá trình điện phân nước

Công nghệ điện phân nước để sản xuất hydro về mặt kỹ thuật có thể được giới thiệu tóm tắt trong sơ đồ ở Hình 2:

Hệ thống điện bao gồm một cặp điện cực ngâm trong dung dịch kiềm (KOH) ở nồng độ 25 đến 30% và được ngăn cách bởi màng ngăn. Chất điện phân là màng polyme có tính axit cho phép trao đổi các proton (H⁺). Điện phân bằng oxit rắn - solid oxide electrolyzer (SOE), là thiết bị điện phân nhiệt độ cao (High Temperature Electrolyzer - HTE), thực hiện điện phân hơi nước ở nhiệt độ cao, mang lại hiệu quả cao hơn. Tuy nhiên, công nghệ này chưa sẵn sàng để được thương mại hóa vì vấn đề về độ bền của hệ phản ứng ở điều kiện khắc nghiệt [19]. Các thông tin so sánh về các công nghệ điện phân nước hiện nay được trình bày trong Bảng 3.



Hình 2. Sơ đồ phương pháp điện phân nước để sản xuất hydro.

Chỉ riêng chi phí điện (trung bình 30%) đã chiếm một phần chính trong tổng chi phí sản xuất hydro từ điện phân và nó phụ thuộc vào diện tích lắp đặt, số giờ vận hành (load hours) và địa điểm đặt hệ thống điện phân. Theo IRENA, hydro sản xuất từ điện có thể cạnh tranh nếu giá điện giảm xuống dưới 30 USD/MWh hoặc nếu chi phí điện phân giảm đáng kể. Giảm chi phí cho điện năng sẽ tăng cường hiệu quả chi phí của việc sản xuất hydro thông qua quá trình điện phân. Điều này đặc biệt quan trọng ở Hoa Kỳ, thị trường điện năng lượng mặt trời lớn thứ hai trên thế giới, nơi mà hiện tại đã có các hợp đồng mua bán điện (PPA) với giá thấp hơn \$25/MWh [21] [24] [25].

Bảng 3. So sánh các công nghệ điện phân nước hiện nay.

Đặc tính	Đơn vị	Kiềm	PEM	SOE
Độ phổ biến		Đã thương mại hóa rộng rãi	Đã thương mại hóa	R&D
Nhiệt độ của tế bào điện phân	°C	60 - 80	50 - 80	900 - 1000
Hiệu suất điện hóa	%	62 - 82	67 - 82	81 - 86
Năng lượng tiêu thụ riêng	kWhN/m ³	4.2 - 4.8	4.4 - 5.0	2.5 - 3.5
Độ bền của các ngăn	Nghìn giờ	55 - 120	60 - 100	8 - 20
Độ bền của hệ điện phân	năm	20 - 30	10 - 20	-
Độ tinh khiết của hydro	%	< 99.8	99.999	-
Thời gian khởi động của hệ	phút	15	< 15	>60
Suất đầu tư (2017)	EUR/kW	750	1200	>2000

Sự phát triển của sản xuất điện từ năng lượng tái tạo có thể dẫn đến giá điện âm trong tương lai. Điều này tạo ra một cơ hội lớn cho việc sản xuất hydro từ điện, giúp cân bằng hệ thống điện lưới và tận dụng các thời điểm giá điện thấp (thấp điểm). Khi giá điện giảm, việc sản xuất hydro trở nên kinh tế hơn, giúp tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng và tạo ra một nguồn năng lượng sạch, bền vững cho tương lai.

Hiện Việt Nam vẫn chưa có cơ chế đặc thù cho hợp đồng mua bán điện trực tiếp từ nguồn năng lượng tái tạo. Trong khi đó, đối với điện từ năng lượng tái tạo, các quốc gia trên thế giới đã thực hiện cơ chế mua bán điện trực tiếp (về mặt thương mại), giúp cắt giảm khâu trung gian, giảm chi phí, tăng tính cạnh tranh.

4. Tính toán sơ bộ hiệu quả kinh tế cho trường hợp thay thế một phần khí tự nhiên bằng Hydro tại nhà máy đạm Cà Mau

Trong quá trình sản xuất đạm, hydro là thành phần quan trọng để tổng hợp ammonia và urea. Hydro được tạo ra chủ yếu từ khí thiên nhiên thông qua quá trình reforming hơi nước, trong đó khí thiên nhiên phản ứng với hơi nước để tạo ra hỗn hợp syngas gồm H₂ và CO. Lượng hydro thu được phụ thuộc vào hàm lượng CO₂ có trong khí thiên nhiên. Nhà máy Đạm Phú Mỹ và Đạm Cà Mau là hai nhà máy đạm lớn của Việt Nam, cung cấp khoảng 1,6 triệu tấn urea mỗi năm, góp phần đáng kể vào an ninh lương thực quốc gia. Tuy nhiên, do sự suy giảm về sản lượng và chất lượng của các nguồn khí trong nước, cùng với xu hướng tăng giá của khí thiên nhiên, các nhà máy đạm cần phải tìm kiếm các giải pháp đa dạng hóa nguồn nguyên liệu để đảm bảo hoạt động ổn định, hiệu quả và bền vững. Trong dài hạn, khi các nguồn khí trong nước có hàm lượng CO₂ ngày càng cao, việc bổ sung nguồn H₂ là thiết yếu. Bên cạnh đó, các nguồn khí thiên nhiên giàu CO₂ của Việt Nam (chiếm hơn nửa tổng trữ lượng khí) là một nguồn tiềm năng cần được khai thác hiệu quả. Do đó, để sử dụng được cả hai thành phần hydrocarbon và CO₂ có trong khí cho mục đích sản xuất đạm, việc có nguồn hydro bổ sung là điều kiện tiên quyết. Như vậy, việc tìm kiếm các phương pháp tạo ra nguồn hydro bổ sung với chi phí thấp là yêu cầu then chốt để khai thác được các nguồn khí thiên nhiên giàu CO₂ làm nguyên liệu cho nhà máy đạm.

Việc tận dụng được nguồn khí giàu CO₂ tại Việt Nam và bổ sung hydro để sản xuất nhiên liệu sạch và hiệu quả là cơ sở để thực hiện dự án đầu tư. Hydro có thể được sản xuất từ nguồn năng lượng tái tạo như điện gió, điện mặt trời, hoặc từ quá trình điện phân nước, khí hóa sinh khối... Hydro tái tạo được sản xuất bằng cách điện phân nước, với chi phí chủ yếu phụ thuộc vào đầu tư ban đầu và giá năng lượng. Các phương pháp hiện tại cho phép hiệu suất từ 70% đến 80%. Để sản xuất 1 kg hydro, cần khoảng 50 đến 55 kWh điện [26]. Bằng cách sử dụng công nghệ này, lượng khí thải gây hiệu ứng nhà kính có thể được giảm thiểu và có khả năng tham gia đóng góp vào mục tiêu phát triển xanh của Việt Nam. Ngoài ra, việc thay thế cũng có thể đa dạng hóa sản phẩm của các nhà máy đạm bằng cách chuyển

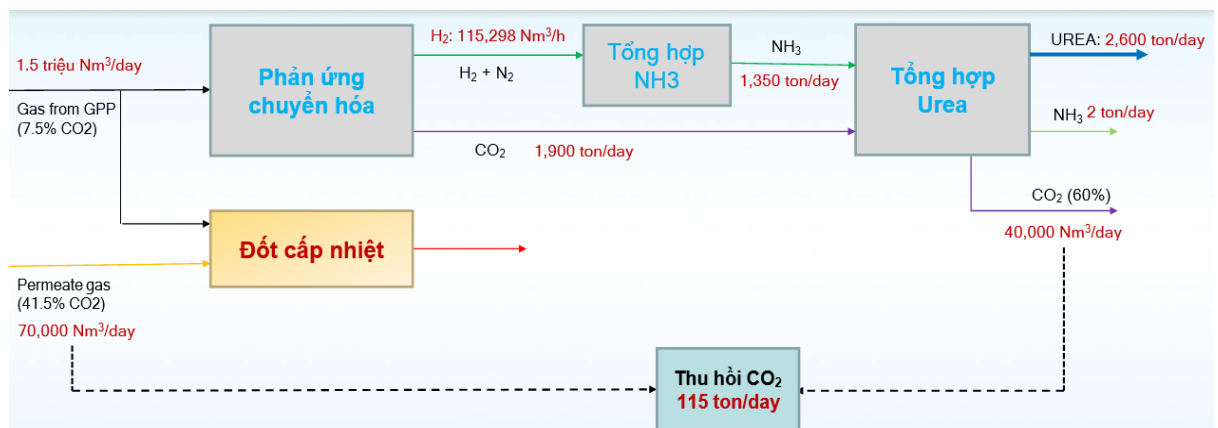
sang sản xuất các hóa chất khác như methanol, DME, formaldehyde,... Điều này sẽ giúp tối ưu hóa chi phí sản xuất, nâng cao hiệu quả hoạt động của nhà máy, và mở rộng thị phần.

Giả định: trong quá trình sản xuất Urea, CO₂ được thu hồi từ hai nguồn chính: dòng khí Permeate và dòng khí giàu CO₂ ra khỏi thiết bị tổng hợp Urea. Sơ đồ quá trình được minh họa ở Hình 3. Điều này được thực hiện với chi phí không đáng kể, tạo ra một nguồn CO₂ tái chế có thể được sử dụng trong quá trình tổng hợp Urea. Việc tái sử dụng CO₂ này giúp giảm nhu cầu CO₂ từ phản ứng chính xuống còn 94%. Để đảm bảo công suất sản xuất Urea không thay đổi, lưu lượng khí nguyên liệu sẽ được giảm tương ứng 6%. Điều này đồng nghĩa với việc phải bù thêm 6% H₂ cho phản ứng tổng hợp NH₃. Như vậy, thông qua việc tái chế và tái sử dụng CO₂, chúng ta không chỉ giảm được lượng khí thải ra môi trường mà còn tối ưu hóa quá trình sản xuất Urea.

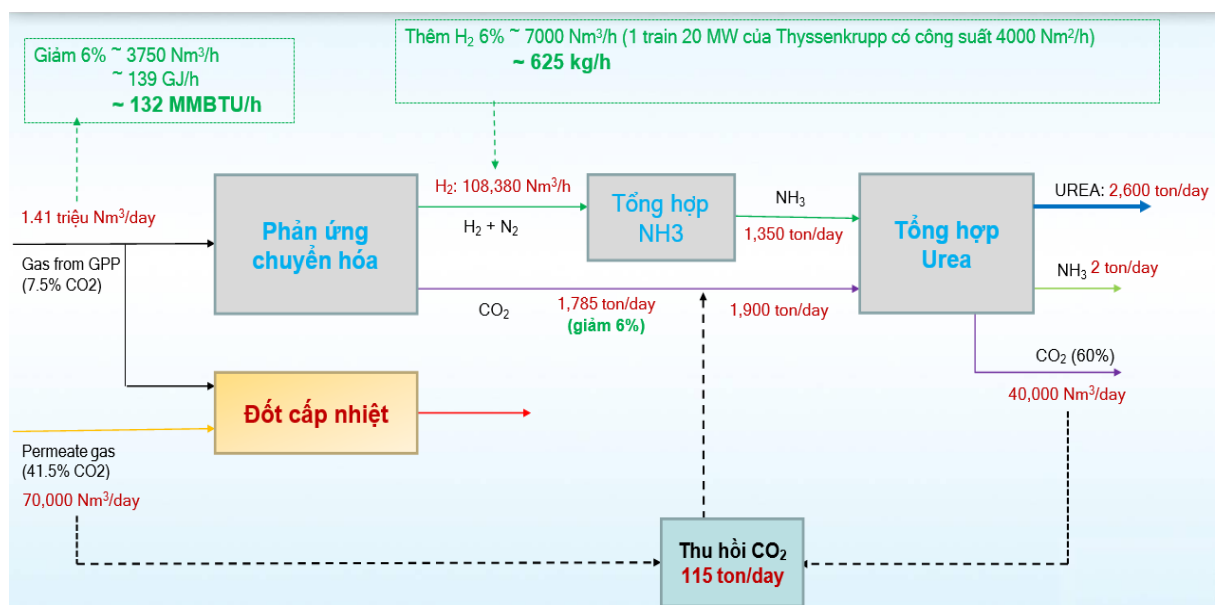
Sơ đồ tính toán sơ bộ về lưu lượng các dòng dựa trên các giả thiết thay thế một phần khí tự nhiên bằng hydro được minh họa trong Hình 4. Dựa trên các con số tính toán này, việc ước tính giá thành sản xuất hydro theo các kịch bản giá của các nguồn dầu và khí thông dụng được thực hiện. Cụ thể như sau:

Trường hợp 1: Giả sử giá khí là 0.46 lần giá HSFO (high sulfur fuel oil – giá nhiên liệu nhiều lưu huỳnh) cộng với 1.17 (thuế đốt). Với giá HSFO là 35 USD/bbl và 1 bbl (barrel – thùng) HSFO tương đương với 6.287 MMBtU (Million British Thermal Units – triệu đơn vị nhiệt Anh), giá khí lúc đó sẽ là:
 $2.56 + 1.17 = 3.73 \text{ USD/MMBTU}$

Khi đó, 6% nguyên liệu cung cấp sẽ tương đương với 132 MMBTU/h, tương đương với 405 USD/h. Do đó, giá H₂ tối đa để có lợi khi thay thế khí tự nhiên sẽ là:
 $405/625 = 0.65 \text{ USD/kg H}_2$.



Hình 3. Sơ đồ quy trình sản xuất Urea của nhà máy Đạm Cà Mau.



Hình 4. Sơ đồ tính toán sơ bộ lưu lượng các dòng nguyên liệu và sản phẩm của quá trình sản xuất Urea khi thực hiện việc thay thế một phần khí tự nhiên bằng hydro tại nhà máy Đạm Cà Mau.

Trường hợp 2: Với giá HSFO là 58 USD/bbl (giá ở thời điểm trước dịch Covid), ta có giá khí là $4.25 + 1.17 = 5.42$ USD/MMBTU

Khi đó, 6% nguyên liệu cung cấp sẽ tương đương với 715 USD/h. Do đó, giá H₂ tối đa sẽ là: $715/625 = 1.14$ USD/kg H₂.

Trường hợp 3: Giả sử giá khí là 12.7% giá Brent (trong trường hợp lấy 100% khí Malaysia) và giá Brent là 40 USD/bbl, ta có giá khí là $5.08 + 1.17 = 6.25$ USD/MMBTU. Khi đó, 6% nguyên liệu cung cấp sẽ tương đương với 825 USD/h. Do đó, giá H₂ tối đa sẽ là:

$825/625 = 1.32$ USD/kg H₂.

Trường hợp 4: Giả sử giá khí là 12.7% giá Brent và giá Brent là 70 USD/bbl, ta có giá khí là $8.89 + 1.17 = 10.06$ USD/bbl. Khi đó, 6% nguyên liệu cung cấp sẽ tương đương với 1328 USD/h. Do đó, giá H₂ tối đa sẽ là:

$1328/625 = 2.12$ USD/kg H₂.

Như vậy, thông qua các phân tích trên, ta có thể thấy rõ sự thay đổi của giá H₂ tối đa tùy thuộc vào giá của HSFO, Brent và phần trăm nguyên liệu cung cấp. Điều này cho thấy sự linh hoạt và khả năng thích ứng của quá trình sản xuất với các biến đổi của thị trường.

Kết quả tính toán sơ bộ cho thấy, khi sử dụng H₂ thay thế khí tự nhiên cho sản xuất đạm tại nhà máy đạm Cà Mau, giá H₂ sản xuất ra có thể cần thấp hơn khoảng 2 USD/kg H₂ để đảm bảo có lợi. Hiện nay, trên thế giới, chi phí sản xuất hydro từ quá trình điện phân hiện nằm trong khoảng 2.4 – 6.7 euro mỗi kg tùy thuộc vào giá điện và capex của hệ điện phân (số liệu năm 2017). Trong khi đó, giá điện mặt trời và capex của hệ điện phân đang có xu hướng giảm nhanh (dự báo giảm từ 750 EUR/kW về 480 EUR/kW cho hệ điện phân kiềm).

Khi tỷ lệ điện tái tạo tăng lên, cùng với việc giảm giá thành các giải pháp tồn chứa (như pin lưu trữ, P₂H₂,...), xem xét đầu tư hệ thống tồn chứa tại các khu vực có nhiều nguồn điện tái tạo. Đối với các nhà máy đạm có phần vốn góp của PVN, khi hàm lượng CO₂ trong khí nguyên liệu tăng, sẽ cần phải bổ sung nguồn H₂ để cân bằng với lượng CO₂ tăng lên. Điều này giúp mở ra hướng đi cho các nhà máy đạm có phần vốn góp của PVN, giúp tối ưu chuyển hóa các nguồn khí có hàm lượng CO₂ cao (như “permeate gas” từ GPP Cà Mau, khí Lô B, khí Thiên Ưng/Đại Hùng). Cần được xem xét, tính toán cụ thể hiệu quả kinh tế mang lại, trên cơ sở đặc thù giá khí và điều kiện tự nhiên của khu vực.

Cần thiết liên hệ/làm việc trực tiếp với các nhà bản quyền công nghệ (khí hóa plasma, phân tách nhiệt, điện phân nước) để hiểu rõ hơn về tiềm năng phát triển/thương mại hóa của các công nghệ. Xem xét xây dựng chương trình nghiên cứu dài hạn về hydro, bao gồm sản xuất, tồn chứa, vận chuyển, phù hợp với định hướng dịch chuyển năng lượng đang diễn ra mạnh mẽ trên Thế giới và tại Việt Nam.

Xem xét và đề xuất với cơ quan chức năng có cơ chế khuyến khích, nhằm mục tiêu cân bằng điện, phát triển hoàn thiện chuỗi giá trị, bao gồm cơ chế cho phép mua bán điện trực tiếp từ nguồn năng lượng tái tạo. cũng như xem xét xây dựng Roadmap cho phát triển “nền kinh tế hydro” tại Việt Nam.

5. Kết luận

Công nghệ sản xuất hydro từ điện phân nước đã được thương mại hóa và triển khai ở nhiều nơi trên thế giới. Chi phí sản xuất H₂ bằng phương pháp này có thể cạnh tranh với phương pháp truyền thống (reforming hơi nước khí tự nhiên) nếu có thể giảm được chi phí đầu tư (capex) và giảm giá thành điện đầu vào. Nhờ những cải tiến về kỹ thuật, chi phí sản xuất bằng công nghệ PEM và Alkaline ngày càng trở nên cạnh tranh hơn trong khi các chi phí đầu tư cho cơ sở hạ tầng cũng được dự báo sẽ giảm đáng kể (từ 50 – 80%).

Sự phát triển của sản xuất điện từ năng lượng tái tạo thậm chí còn có thể dẫn đến giá điện âm. Điều này tạo điều kiện thuận lợi cho giải pháp sản xuất H₂ từ điện, để giúp cân bằng hệ thống điện lưới, tận dụng các thời điểm giá điện thấp (thấp điểm). Tuy nhiên, công nghệ điện phân nước biến hiện vẫn chưa thương mại hóa do khó khăn về kỹ thuật và chi phí rất cao. Các nghiên cứu xoay quanh vấn đề này nhằm giải quyết các vấn đề kỹ thuật và giảm chi phí vẫn đang được triển khai.

Đối với trường hợp của Nhà máy đạm Cà Mau, việc đầu tư sản xuất hydro từ điện phân nước để tăng công suất của nhà máy, hay từng bước bổ sung nguồn khí thiếu hụt trong tương lai xem xét, tính toán cụ thể hiệu quả kinh tế mang lại, trên cơ sở đặc thù giá khí và điều kiện tự nhiên của khu vực.

Như vậy, việc tìm hiểu và áp dụng các công nghệ mới trong sản xuất hydro không chỉ giúp tối ưu hóa quá trình sản xuất mà còn góp phần vào việc bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Tài liệu tham khảo

1. Osman, A.I.; Mehta, N.; Elgarahy, A.M.; Hefny, M.; Al-Hinai, A.; Al-Muhtaseb, A.H.; Rooney, D.W. Hydrogen Production, Storage, Utilisation and Environmental Impacts: A Review. *Environ Chem Lett* **2022**, *20*, 153–188, doi:10.1007/s10311-021-01322-8.
2. Dawood, F. Hydrogen Production for Energy: An Overview. *International Journal of Hydrogen Energy* **2020**, *45*, 3847–3869, doi:10.1016/j.ijhydene.2019.12.059.
3. Bastien, J.; Handler, C. Hydrogen Production from Renewable Energy Sources. In Proceedings of the 2006 IEEE EIC Climate Change Conference; May 2006; pp. 1–9.
4. Singh, H.; Li, C.; Cheng, P.; Wang, X.; Liu, Q. A Critical Review of Technologies, Costs, and Projects for Production of Carbon-Neutral Liquid e-Fuels from Hydrogen and Captured CO₂. *Energy Advances* **2022**, *1*, 580–605, doi:10.1039/D2YA00173J.
5. ETTY, T.; Heyvaert, V.; Carlarne, C.; Huber, B.; Peel, J.; Zeven, J. van Energy Transition in a Transnational World. *Transnational Environmental Law* **2021**, *10*, 197–204, doi:10.1017/S2047102521000224.
6. Boudellal, M. *Power-to-Gas: Renewable Hydrogen Economy for the Energy Transition*; Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2023; ISBN 978-3-11-078200-4.
7. Abe, J.O.; Popoola, A.P.I.; Ajenifuja, E.; Popoola, O.M. Hydrogen Energy, Economy and Storage: Review and Recommendation. *International Journal of Hydrogen Energy* **2019**, *44*, 15072–15086, doi:10.1016/j.ijhydene.2019.04.068.
8. Coal in Net Zero Transitions – Analysis Available online: <https://www.iea.org/reports/coal-in-net-zero-transitions> (accessed on 24 November 2023).
9. Phasing out Coal – World Energy Outlook 2021 – Analysis Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021/phasing-out-coal> (accessed on 24 November 2023).
10. Olawuyi, D.S. The Role of Natural Gas in a Just and Equitable Energy Transition. In *The Palgrave Handbook of Natural Gas and Global Energy Transitions*; Olawuyi, D.S., Pereira, E.G., Eds.; Springer International Publishing: Cham, 2022; pp. 73–95 ISBN 978-3-030-91566-7.
11. Kabeyi, M.J.B.; Olanrewaju, O.A. Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply. *Frontiers in Energy Research* **2022**, *9*.
12. Bose, B.K. Global Warming: Energy, Environmental Pollution, and the Impact of Power Electronics. *IEEE Industrial Electronics Magazine* **2010**, *4*, 6–17, doi:10.1109/MIE.2010.935860.
13. Livaniou, S.; Papadopoulos, G.A. Liquefied Natural Gas (LNG) as a Transitional Choice Replacing Marine Conventional Fuels (Heavy Fuel Oil/Marine Diesel Oil), towards the Era of Decarbonisation. *Sustainability* **2022**, *14*, 16364, doi:10.3390/su142416364.
14. World Energy Outlook 2020 – Analysis Available online: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020> (accessed on 24 November 2023).
15. Net Zero by 2050 – Analysis Available online: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050> (accessed on 24 November 2023).
16. The Role of Hydrogen and Fuel Cells in the Global Energy System - Energy & Environmental Science (RSC Publishing) Available online: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ee/c8ee01157e> (accessed on 24 November 2023).
17. Araújo, O.Q.F.; de Medeiros, J.L. Hydrogen in the Energy Transition: Some Roles, Issues, and Questions. *Clean Techn Environ Policy* **2023**, *25*, 2071–2073, doi:10.1007/s10098-023-02593-1.
18. Nguyen, H.L. Potential Market and Impact of Clean Hydrogen Development to 2050 in Vietnam. *Petrovietnam Journal* **2021**, *12*, 40–47, doi:10.47800/PVJ.2021.12-04.
19. Vidas, L.; Castro, R. Recent Developments on Hydrogen Production Technologies: State-of-the-Art Review with a Focus on Green-Electrolysis. *Applied Sciences* **2021**, *11*, 11363, doi:10.3390/app112311363.
20. Osman, A.I.; Mehta, N.; Elgarahy, A.M.; Hefny, M.; Al-Hinai, A.; Al-Muhtaseb, A.H.; Rooney, D.W. Hydrogen Production, Storage, Utilisation and Environmental Impacts: A Review. *Environ Chem Lett* **2022**, *20*, 153–188, doi:10.1007/s10311-021-01322-8.

21. Large-Scale Hydrogen Production via Water Electrolysis: A Techno-Economic and Environmental Assessment - Energy & Environmental Science (RSC Publishing) Available online: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/ee/d2ee01023b> (accessed on 24 November 2023).
22. Nikolov, K.; Streblau, M. Hydrogen Production Technologies – A Comparative Overview and Future Developments. In Proceedings of the 2022 22nd International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA); June 2022; pp. 1–6.
23. A Comparative Technoeconomic Analysis of Renewable Hydrogen Production Using Solar Energy - Energy & Environmental Science (RSC Publishing) Available online: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2016/ee/c5ee02573g> (accessed on 27 November 2023).
24. Assessment of Hydrogen Production Costs from Electrolysis: United States and Europe. *International Council on Clean Transportation*.
25. Green Hydrogen Cost Reduction: Scaling up Electrolysers to Meet the 1.5C Climate Goal.
26. ENEL OPERATES WORLD'S FIRST "PLUG AND PLAY" MICRO-GRID POWERED BY SOLAR PV AND HYDROGEN-BASED STORAGE IN CHILE Available online: <https://www.enel.com/media/explore/search-press-releases/press/2017/05/enel-operates-worlds-first-plug-and-play-micro-grid-powered-by-solar-pv-and-hydrogen-based-storage-in-chile> (accessed on 8 January 2024).

ABSTRACT

Hydro - A Clean Energy Solution for the Future and Potential for Production from Renewable Energy Sources in Vietnam: A Study with the Case of the Ca Mau Fertilizer Plant

Ha-Son NGO*

Faculty of Petroleum and Energy, Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

Hydro is becoming an important factor in the global energy transition trend. With the ability to provide energy without generating greenhouse gas emissions, hydro can play a key role in reducing dependence on fossil fuels. Especially, the production of hydro from renewable energy sources - such as wind and solar power - is opening up new opportunities for sustainable development. Current technology allows us to convert renewable energy into hydro through water electrolysis, creating a clean energy source that can be stored and transported. However, there are still many challenges to be addressed, including reducing production costs and developing distribution infrastructure. Nevertheless, with recent technological advances, hydro from renewable energy sources is becoming an increasingly attractive possibility in the near future.

Keywords: hydro, energy transition, water electrolysis, sustainable development, hydro production technology.

* Corresponding author

E - mail: ngohason@humg.edu.vn