

CÁC YẾU TỐ KHÁCH QUAN VÀ CHÍNH SÁCH CỦA CÁC QUỐC GIA ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ PHÁT TRIỂN CỦA THỊ TRƯỜNG HYDROGEN

Phạm Bá Nam, Nghiêm Thị Ngoan, Đào Minh Phượng, Nguyễn Thị Lan Oanh, Tạ Hiền Trang, Trần Linh Chi

Viện Dầu khí Việt Nam

Email: nampb@vpi.pvn.vn

<https://doi.org/10.47800/PVJ.2021.12-07>

Tóm tắt

Đến năm 2050, hydrogen xanh lam (sản xuất bằng phương pháp SMR có sử dụng công nghệ CCS thu giữ CO₂) sẽ chiếm khoảng 18%, hydrogen xanh lá từ điện mặt trời chiếm 16%, từ điện gió trên bờ chiếm 16% và điện gió ngoài khơi chiếm 9% nguồn cung hydrogen. Nhu cầu hydrogen toàn cầu được dự báo sẽ tăng lên khoảng 158 triệu tấn vào năm 2040 [1].

Bài báo phân tích các yếu tố khách quan (quy mô, cơ cấu nền kinh tế, các rào cản về công nghệ và xã hội) và chính sách, chiến lược của các quốc gia ảnh hưởng đến sự phát triển của thị trường hydrogen.

Từ khóa: Hydrogen, thị trường, chính sách, chiến lược.

1. Giới thiệu

Nguồn cung hydrogen toàn cầu đạt 72 triệu tấn năm 2020 và dự báo sẽ tăng lên 158 triệu tấn vào năm 2040. Trong đó, 70% sản lượng được dùng làm nguyên liệu sản xuất hóa chất, hơn 20% cho lọc dầu, 7% cho luyện kim, chỉ khoảng 1% được dùng làm nhiên liệu cho giao thông vận tải. Hiện tại, hydrogen chủ yếu được sản xuất từ các nguồn nguyên liệu khí thiên nhiên và than [1].

Theo DNV, hydrogen chủ yếu đang được sản xuất bằng phương pháp khí hóa than (coal gasification) và phương pháp SMR (steam methane reforming) không sử dụng công nghệ thu giữ carbon CCS (carbon capture storage). Đến năm 2050, hydrogen xanh lam (sản xuất bằng phương pháp SMR kết hợp CCS) sẽ chiếm khoảng 18%, hydrogen xanh lá từ điện mặt trời chiếm 16%, từ điện gió trên bờ chiếm 16% và điện gió ngoài khơi chiếm 9% nguồn cung hydrogen [1] (Hình 1).

Năm 2019, các quốc gia xuất khẩu hydrogen hàng đầu là Hà Lan (trị giá 66,4 triệu USD, sản lượng 481,3 triệu m³), Canada (trị giá 57,8 triệu USD), Bỉ (15,5 triệu USD, sản lượng 76,5 triệu m³), Mỹ (trị giá 8,6 triệu USD), Đức (trị giá 6,9 triệu USD, sản lượng 15,2 triệu m³). Cũng trong năm

này, các quốc gia nhập khẩu hydrogen lớn nhất gồm Bỉ (trị giá 60,2 triệu USD), Mỹ (trị giá 58 triệu USD, sản lượng 320,2 triệu m³), Pháp (trị giá 8,5 triệu USD), Đức (trị giá 6,3 triệu USD, sản lượng 16,3 triệu m³), Hà Lan (trị giá 4,8 triệu USD, sản lượng 11,3 triệu m³) [2].

Theo IHS, hydrogen chiếm 2% tổng cơ cấu năng lượng toàn cầu trong năm 2019. Đến năm 2050, tỷ trọng này có thể là 5% theo kịch bản thông thường và 8% theo kịch bản nâng cao.

2. Một số rào cản ảnh hưởng đến sự phát triển thị trường hydrogen

Hiện nay, hydrogen chủ yếu được dùng trong công nghiệp hóa chất và lọc dầu, chỉ khoảng 1% sản lượng được dùng làm nhiên liệu. Vì thế, quy mô thị trường hydrogen phụ thuộc rất lớn vào sự tăng trưởng nhu cầu các sản phẩm hóa chất và lọc dầu. Tiềm năng sử dụng hydrogen như nhiên liệu cho giao thông vận tải dù rất lớn nhưng gặp nhiều thách thức về công nghệ/chi phí sản xuất pin nhiên liệu/động cơ chạy bằng hydrogen cũng như hệ thống lưu trữ, vận chuyển và cơ sở hạ tầng trạm sạc hydrogen (đối với phương tiện đường bộ).

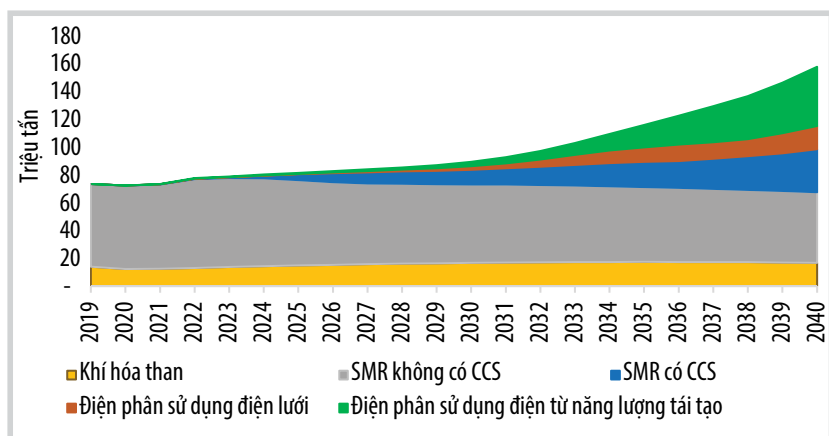
2.1. Quy mô kinh tế ngành và quốc gia

Quy mô nền kinh tế quốc gia là yếu tố quan trọng quyết định khả năng phát triển của thị trường hydrogen.

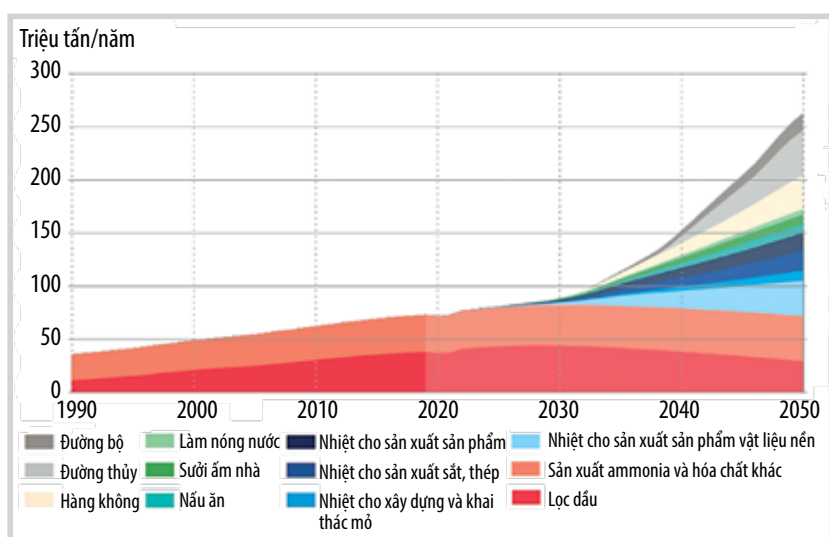


Ngày nhận bài: 8/11/2021. Ngày phân biên đánh giá và sửa chữa: 8/11 - 11/12/2021.

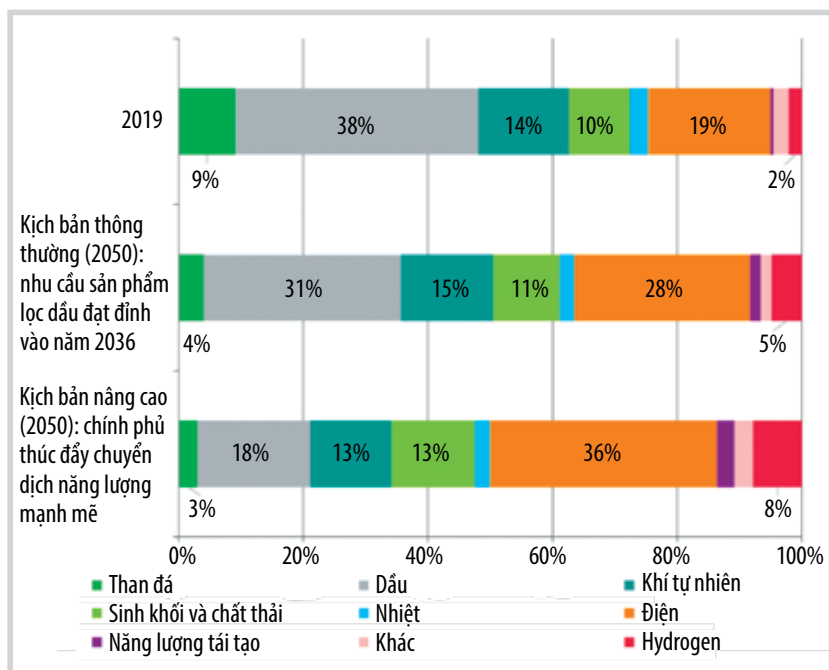
Ngày bài báo được duyệt đăng: 13/12/2021.



Hình 1. Nguồn cung hydrogen toàn cầu theo nguồn nguyên liệu sản xuất [1].



Hình 2. Nhu cầu hydrogen toàn cầu theo ngành [3].



Hình 3. Cơ cấu năng lượng cuối cùng toàn cầu đến năm 2050 [4].

Tại Italy, chi phí vốn (CAPEX) cho sản xuất và lưu trữ hydrogen sản xuất bằng phương pháp điện phân nước tương đối cao (2,5 - 6,4 EUR/kg H₂), ảnh hưởng tiêu cực đến việc đầu tư vào hydrogen tại Italy. Quốc gia này cũng không được đánh giá là khu vực có tiềm năng kinh doanh hydrogen có lãi. Xét về quy mô nền kinh tế, Italy có mức đầu tư công thấp so với các quốc gia thành viên EU khác. Cụ thể, đầu tư công của Italy năm 2018 là 2,1% tổng sản phẩm quốc nội (GDP), trong khi khu vực sử dụng đồng Euro có mức đầu tư công trung bình là 2,4% (Pháp 3,4%, Đức 2,4%, Hà Lan 3,3%, Thụy Điển 4,9%).

Sự phát triển của hydrogen không chỉ phụ thuộc vào đầu tư của tư nhân mà còn chịu ảnh hưởng quan trọng của đầu tư công trong dài hạn. Chi phí vận hành nhà máy sản xuất hydrogen (OPEX) cũng cho thấy thách thức về điện năng tiêu thụ cho quá trình điện phân nước, lưu trữ hydrogen và các thiết bị phụ trợ khác (ví dụ: máy nén). Bên cạnh đó, máy điện phân và các thiết bị khác cần được bảo trì thường xuyên [5].

2.2. Công nghệ

2.2.1. Sản xuất

Hiện tại, hydrogen chủ yếu được sản xuất trên toàn thế giới là hydrogen xám (grey hydrogen) - sản xuất bằng phương pháp SMR từ khí tự nhiên hoặc khí hóa than không bao gồm CCS. Phương pháp này có chi phí thấp nhất, khoảng 1,5 EUR/kg tùy thuộc vào giá than hoặc khí tự nhiên. Tuy nhiên, hydrogen xám gặp thách thức trong việc giảm phát thải CO₂ do trong quá trình sản xuất vẫn tạo ra khoảng 9,3 kg CO₂/kg H₂. Hydrogen xanh dương (blue hydrogen) sử dụng phương pháp SMR kết hợp CCS có thể khắc phục nhược điểm của phương pháp sản xuất hydrogen xám nhưng làm tăng chi phí sản xuất H₂ lên khoảng 2 EUR/kg H₂. Hydrogen xanh lá (green hydrogen) là giải pháp lâu dài trong việc giảm phát

thải CO₂ vì không sử dụng nhiên liệu hóa thạch và dùng điện tái tạo để tách các phân tử nước thành hydrogen và oxygen. Tuy nhiên, đây cũng là phương pháp đắt nhất với chi phí hiện nay khoảng 2,5 - 5,5 EUR/kg H₂ [6]. Mức giá sản xuất hydrogen xanh lá có thể giảm đến mức thấp nhất khi xây dựng nhà máy ở các địa điểm có khả năng tiếp cận với các nguồn năng lượng tái tạo chi phí thấp.

Theo Hội đồng Hydrogen (Hydrogen Council) và McKinsey & Company, khi công nghệ sản xuất, phân phối và lưu trữ hydrogen phát triển, giá thành sản xuất hydrogen giảm xuống khoảng 2 USD/kg, chi phí vận chuyển từ nơi sản xuất đến trạm tiếp hydrogen/khách hàng cuối cùng ≤ 3 USD/kg, các ngành công nghiệp sẽ đi đầu trong việc sử dụng hydrogen thay thế cho nhiên liệu truyền thống. Ví dụ, với chi phí sản xuất hydrogen xanh dương và xanh lá ở mức 1,6 - 2,3 USD/kg, hydrogen có thể thay thế dầu diesel (DO) trong lĩnh vực giao thông vận tải đối với các phương tiện xe bus, tàu. Với thuế carbon 100 USD/tấn, hydrogen xanh dương có thể được sử dụng thay thế dầu DO trong các ngành giao thông vận tải (xe hạng nặng) và sản xuất thép [7].

2.2.2. Vận chuyển

Hydrogen có thể được vận chuyển đến quãng đường xa bằng đường ống hoặc tàu. Vận chuyển hydrogen bằng đường ống là cách phổ biến trong nhiều thập kỷ. Ví dụ, Air Liquide vận chuyển hydrogen qua đường ống dẫn trong nhiều thập kỷ từ Hà Lan qua Bỉ về phía Bắc của Pháp. Cơ sở hạ tầng đường ống dẫn khí đốt tự nhiên hiện có được sử dụng nhằm vận chuyển hydrogen, đường ống PE hoặc PVC cũng có thể tái sử dụng để vận chuyển hydrogen. Các công ty cơ sở hạ tầng khí đốt của châu Âu từ 21 quốc gia đã đưa ra quyết định vào tháng 4/2021 về lộ trình xây dựng đường ống vận chuyển hydrogen khắp châu Âu; các đường ống dẫn khí 20, 36 và 48 inch có thể vận chuyển tương ứng 2 GW, 5 GW và 15 GW hydrogen. Chi phí vận chuyển của hệ thống đường ống này - gồm 75% đường ống dẫn khí đốt chuyển đổi và 25% đường ống hydrogen xây mới, 5.000 giờ hoạt động đầy tải mỗi năm - vào khoảng 0,16 EUR/kg H₂/1.000 km (tương đương 5 USD/MWh/1.000 dặm), đây là mức phí vận chuyển cao nhất

bằng đường ống so với các dạng nhiên liệu khác trong khi công suất và tốc độ dòng chảy thấp nhất (Bảng 1).

Đối với đường biển, hydrogen có thể được vận chuyển bằng tàu dưới dạng hydrogen lỏng, hoặc chuyển nó thành ammonia (NH₃), hoặc liên kết hydrogen với chất mang hydrogen hữu cơ lỏng (LOHC).

Hydrogen lỏng có ưu điểm là có thể vận chuyển được bằng tàu biển và xe tải trên đường bộ đến các trạm tiếp nhiên liệu. Vận chuyển bằng xe tải có thể chở được lượng hydrogen lỏng gấp 4 - 10 lần hydrogen nén. Vận chuyển ammonia bằng tàu biển là một chuỗi cung ứng hoàn thiện và được ngành công nghiệp phân bón và hóa chất sử dụng. LOHC có thể được vận chuyển bằng tàu và được lưu trữ trong các thùng dầu. LOHC có thể được vận chuyển trong đất liền bằng đường ống, tàu thủy, đường sắt hoặc xe tải. Một số cảng đang phát triển cơ sở hạ tầng nhập khẩu hydrogen như cảng Rotterdam ở Hà Lan với sản lượng là 20 triệu tấn (788 TWh) hydrogen vào năm 2050 [8].

2.2.3. Lưu trữ

Việc lưu trữ hydrogen được xem là hoạt động đảm bảo nguồn cung trong tương lai khi hydrogen trở nên phổ biến và rẻ hơn. Hydrogen có thể được lưu trữ dưới dạng khí, lỏng, hoặc dưới dạng các hợp chất hóa học. Lưu trữ hydrogen dưới dạng khí thường yêu cầu bình áp suất cao (áp suất bình 350 - 700 bar, tương đương 5.000 - 10.000 psi). Lưu trữ hydrogen dưới dạng lỏng yêu cầu nhiệt độ lạnh vì điểm sôi của hydrogen ở áp suất khí quyển là -252,8 °C. Cả 2 phương pháp này có chi phí cao hơn so với lưu trữ khí tự nhiên (áp suất 200 - 250 bar, nhiệt độ lạnh yêu cầu ở mức -161 °C).

Trên quy mô lớn, lưu trữ hydrogen đã được nén trong các hang muối là công nghệ hiệu quả nhất về kinh tế hiện nay. Tại Mỹ và Anh đã xây dựng các hang muối để lưu trữ hydrogen trong nhiều thập kỷ. Trong 1 hang muối điển hình, hydrogen có thể được lưu trữ ở áp suất lên đến 200 bar. Khả năng lưu trữ của 1 hang muối lên tới 6.000 tấn hydrogen (tương đương 236,6 GWh) với tổng chi phí bao gồm đường ống, máy nén và xử lý khí vào khoảng 100 triệu EUR.

Bảng 1. Chi phí vận chuyển bằng đường ống quy đổi giữa các dạng năng lượng và hóa chất [8]

	Điện	Dạng lỏng		Dạng khí		
	HVDC	Dầu thô	Methanol	Ethanol	Khí tự nhiên	Hydrogen
Dòng chảy (amps, kg/s)	6.000	1.969	1.863	1.859	368,9	69,54
Công suất thực tế (MW)	2.656	91.941	37.435	50.116	17.391	8.360
Chi phí vốn (triệu USD/dặm)	3,9	1,47	1,92	1,92	1,69	1,38
Chi phí quy đổi (USD/MWh/1.000 dặm)	41,5	0,77	2,2	1,7	3,7	5

Hiện nay, châu Âu có tiềm năng rất lớn trong việc lưu trữ hydrogen trong các hang muối với tổng công suất hang muối trên bờ ước tính lên đến 23.200 TWh (trong đó 7.300 TWh có khoảng cách xa bờ tối đa là 50 km. Công suất lưu trữ tại các hang muối ngoài khơi lớn hơn công suất trên bờ, ước tính đạt 61.800 TWh.

2.3. Hiệu suất thấp

Trên cơ sở khối lượng, hydrogen có hàm lượng năng lượng gần gấp 3 lần xăng với 120 MJ/kg (hàm lượng năng lượng của xăng là 44 MJ/kg). Tuy nhiên, trên cơ sở thể tích, hydrogen lỏng chỉ đạt 8 MJ/L trong khi xăng đạt 32 MJ/L.

Để vượt qua các thách thức này trong ngắn hạn có thể tập trung vào dự trữ khí nén, sử dụng các bình áp suất tiên tiến làm bằng vật liệu tổng hợp, có khả năng đạt áp suất 700 bar, với mục đích chính là giảm chi phí hệ thống. Trong dài hạn, cần tập trung vào (i) lưu trữ hydrogen lạnh hoặc nén lạnh, với mật độ hydrogen tăng lên và (ii) công nghệ lưu trữ hydrogen dựa trên vật liệu, bao gồm chất hấp thụ, hóa chất, vật liệu lưu trữ hydrogen và hydrite kim loại [9].

2.4. Xã hội

Sự chấp nhận của xã hội là nền tảng cho sự phát triển của “nền kinh tế hydrogen”. Khái niệm “nền kinh tế hydrogen” hiện chưa được phổ biến rộng rãi trong cộng đồng. Trên thực tế, vai trò của hydrogen đối với thị trường năng lượng đang giới hạn ở giới chuyên môn hoặc các bên liên quan trong lĩnh vực năng lượng [5].

3. Hiện trạng thị trường và chính sách phát triển hydrogen của các quốc gia trên thế giới

Bên cạnh các yếu tố khách quan về nền kinh tế, công nghệ hydrogen và xã hội, yếu tố quan trọng khác góp phần thúc đẩy nhanh chóng sự phát triển của thị trường

hydrogen là yếu tố chính sách đầu tư, khuyến khích của chính phủ. Yếu tố này trong nhiều trường hợp có thể định hình thị trường cũng như quyết định mức độ tăng trưởng của hydrogen.

3.1. Australia

Hydrogen đang chiếm tỷ lệ nhỏ nhưng quan trọng trong các quy trình công nghiệp của Australia. Sản lượng hydrogen hiện tại của quốc gia này vào khoảng 650 nghìn tấn/năm, chủ yếu sản xuất bằng phương pháp SMR sử dụng khí tự nhiên và được dùng làm nguyên liệu cho các nhà máy sản xuất ammonia (≈ 65%), nguyên liệu cho quá trình lọc dầu (≈ 35%) và các ứng dụng khác (không đáng kể) [10]. Theo nghiên cứu của Arena (Australian Renewable Energy Agency), Australia có tiềm năng xuất khẩu hydrogen với sản lượng hơn 3 triệu tấn/năm, trị giá 10 tỷ USD/năm vào năm 2040 [11].

3.2. Anh

Năm 2019, khoảng 700 nghìn tấn hydrogen được sản xuất và tiêu thụ tại Anh. Đến năm 2050, sản lượng tiêu thụ hydrogen ở Anh được dự báo lên tới 3 - 19 triệu tấn. Phần lớn lượng hydrogen của Anh hiện nay được sản xuất bằng phương pháp nhiệt hóa khí methane, không sử dụng công nghệ thu hồi, sử dụng hoặc tồn trữ CO₂ (CCUS), với lượng CO₂ phát thải đạt 10 - 12 kg CO₂/kg H₂. Hydrogen được sử dụng chủ yếu làm nguyên liệu trong quá trình lọc dầu và sản xuất ammonia trong phân bón [14].

3.3. Canada

Canada đứng trong Top 10 nhà sản xuất hydrogen lớn nhất thế giới theo đánh giá của Bộ Tài nguyên Canada, với sản lượng 3 triệu tấn/năm, chủ yếu được sản xuất bằng công nghệ SMR phục vụ cho hoạt động lọc dầu và sản xuất phân đạm [15].

Bảng 2. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Australia

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Australia	Mục tiêu, chiến lược	Tháng 11/2019, Australia đã đưa ra Chiến lược hydrogen quốc gia với mục tiêu đưa nước này trở thành nhà sản xuất lớn trên toàn cầu trong ngành công nghiệp hydrogen vào năm 2030. Chiến lược đưa ra 57 hành động ban đầu để phát triển nền kinh tế hydrogen quốc gia và quốc tế thông qua sản xuất quy mô lớn và xuất khẩu. Kế hoạch này bao gồm sản xuất hydrogen sử dụng nhiên liệu hóa thạch có kết hợp CCS và điện phân H ₂ sử dụng điện tái tạo [12]; Trong cam kết Công nghệ phát thải thấp (Low Emissions Technology Statement) của Chính phủ Australia năm 2020 đã đưa ra mục tiêu ưu tiên sản xuất hydrogen sạch (clean hydrogen) với giá dưới 2 USD/kg H ₂ [13].
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	Chính phủ Australia đã cam kết đầu tư 700 triệu AUD cho sự phát triển của ngành công nghiệp hydrogen kể từ năm 2018 đến nay [12].
	Hợp tác quốc tế	Hợp tác với Nhật Bản để xuất khẩu hydrogen hóa lỏng sạch; Hợp tác với Hàn Quốc trong việc sản xuất hydrogen; Hợp tác với Singapore, Mỹ, Anh trong việc thúc đẩy các công nghệ phát thải thấp, bao gồm hydrogen [13].

Bảng 3. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Anh [14]

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Anh	Mục tiêu, chiến lược	<p>Anh đã xuất bản Sách trắng về Năng lượng, trong đó bao gồm mục tiêu đạt 5 GW hydrogen carbon thấp vào năm 2030 (và 1 GW vào năm 2025) cũng như các đề xuất cho các cụm công nghiệp sử dụng công nghệ CCUS;</p> <p>Chính phủ Anh kỳ vọng hydrogen sẽ chiếm 20 - 35% tổng năng lượng tiêu thụ tại Anh vào năm 2050 trong các lĩnh vực: cung cấp nhiệt, công nghiệp nặng, vận tải đường bộ, hàng không và hàng hải;</p> <p>Tháng 11/2020, Thủ tướng Anh đã công bố Kế hoạch 10 điểm (Ten-point Plan) để hỗ trợ cuộc cách mạng công nghiệp xanh với khoản đầu tư của chính phủ trị giá 12 tỷ GBP. Một trong những điểm đó là hỗ trợ sản xuất hydrogen carbon thấp để sử dụng trong công nghiệp, giao thông vận tải, điện và hộ gia đình. Một mục tiêu là phát triển thị trấn hoàn toàn bằng hydrogen đầu tiên vào năm 2030;</p> <p>Hydrogen cũng được sử dụng phổ biến nhằm giảm phát thải carbon từ phương tiện giao thông công cộng, đặc biệt là xe bus. Wrightbus hiện đã sản xuất được xe bus sử dụng pin nhiên liệu hydrogen và cam kết sẽ cho ra mắt 3.000 xe tại Anh vào năm 2024.</p>
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	Hydrogen được định nghĩa là “khí” trong Đạo luật Khí (Gas Act - 1986). Hiện có rất ít luật cụ thể liên quan đến hydrogen nên các dự án hydrogen thường định hướng theo bối cảnh pháp lý hiện hành áp dụng cho khí nói chung.
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	<p>Tháng 3/2021, Cơ quan R&D (Anh) và Cơ quan Nghiên cứu & Sáng kiến của Anh đã trao 171 triệu GBP tài trợ cho 9 dự án hydrogen;</p> <p>Tháng 5/2021, Chính phủ Anh công bố gói tài trợ trị giá 166,5 GBP nhằm thúc đẩy công nghệ và sự phát triển cách mạng công nghiệp xanh, trong đó, 60 triệu GBP được phân bổ để hỗ trợ phát triển hydrogen có hàm lượng carbon thấp và mở rộng quy mô các giải pháp hiệu quả cho sản xuất hydrogen bằng phương pháp điện phân;</p> <p>Năm 2020, Chính phủ Anh cam kết hỗ trợ 90 triệu GBP để giúp khử carbon cho các hộ gia đình và ngành công nghiệp nặng. Trong đó, 70 triệu GBP dành để tài trợ cho 2 nhà máy sản xuất hydrogen carbon thấp quy mô lớn: 1 trên sông Mersey và 1 ở Aberdeen;</p> <p>Vào năm 2017, Chương trình hydrogen cho giao thông vận tải của Anh đã công bố quỹ trị giá 23 triệu GBP để tăng số lượng HRS và triển khai FCEV. Giai đoạn 1 của chương trình đã cung cấp 8,8 triệu GBP tài trợ cho 4 HRS và hơn 190 FCEV mới. Giai đoạn 2 đang cung cấp 14 triệu GBP cho 5 dự án để triển khai 5 HRS mới, 73 FCEV và 33 xe bus điện chạy bằng pin nhiên liệu.</p>

Bảng 4. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Canada

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Canada	Mục tiêu, chiến lược	<p>Tháng 12/2020, Canada đã công bố Chiến lược hydrogen quốc gia, trong đó đặt ra lộ trình phát triển hydrogen carbon thấp (phát thải ít hoặc không phát thải khí nhà kính) đạt mục tiêu không phát thải carbon vào năm 2050. Chiến lược này thảo luận về việc sử dụng hydrogen carbon thấp trong nước để vận chuyển, sản xuất điện, nhiệt cho công nghiệp và xây dựng, làm nguyên liệu cho công nghiệp. Chiến lược cũng đưa ra mục tiêu của Canada là trở thành nước xuất khẩu hydrogen trong top 3 thế giới. Đến năm 2030, mục tiêu tổng tiêu thụ đạt 4 triệu tấn H₂/năm. Đến năm 2050, mục tiêu sản xuất 20 triệu tấn H₂/năm, có hơn 5 triệu FCEV và 31% nhu cầu hệ thống năng lượng của Canada được đáp ứng bằng hydrogen [12].</p>
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	<p>Từ tháng 1/2016, chính phủ liên bang và tiểu bang của Canada bắt đầu tài trợ cho các trạm tiếp nhiên liệu hydrogen qua ngân sách quốc gia. Năm 2016 và 2017, Chính phủ Canada đã cam kết chi 96,4 triệu CAD trong vòng 6 năm giúp triển khai các bộ sạc, trạm tiếp nhiên liệu khí tự nhiên và trạm tiếp nhiên liệu hydrogen. Thông qua chương trình này, chính phủ sẽ đài thọ tới 50% chi phí cho các trạm tiếp nhiên liệu hydrogen (lên tới 1 triệu CAD cho mỗi trạm). Trong ngân sách năm 2019, 130 triệu CAD được cấp thêm cho chương trình nhằm hỗ trợ mục tiêu đạt 100% doanh số bán xe mới là xe không phát thải (ZEV) vào năm 2040 [12].</p> <p>Chính phủ Canada đưa ra kế hoạch tăng giá carbon thêm 15 USD/năm bắt đầu từ năm 2023, đạt 170 USD/tấn CO₂/năm vào năm 2030 [16].</p>

3.4. Trung Quốc

Hiện nay, Trung Quốc là nhà sản xuất và tiêu thụ hydrogen lớn nhất thế giới. Từ năm 2010, sản lượng hydrogen của Trung Quốc tăng trưởng ở mức 6,8%/năm. Năm 2019, mặc dù sản lượng hydrogen đạt 22 triệu tấn [17, 18], Trung Quốc vẫn cần nhập khẩu tới 753 m³

hydrogen, từ thị trường Nhật Bản, Mỹ và các nước khác trong khu vực châu Á [19].

Không giống nhiều quốc gia khác sử dụng phương pháp SMR, Trung Quốc sử dụng than là nguyên liệu chính để sản xuất hydrogen qua quá trình oxy hóa một phần (partial oxidation - POX) [17, 18] và chỉ 3% sản lượng

Bảng 5. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Trung Quốc [12, 14]

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Trung Quốc	Mục tiêu, chiến lược	Mặc dù là quốc gia sản xuất và tiêu thụ hydrogen hàng đầu trên thế giới, Trung Quốc đang thúc đẩy sự phát triển của FCEV và chưa đưa ra chiến lược cụ thể đối với dạng năng lượng này. Hiện tại, đã có 16 tỉnh và thành phố của Trung Quốc đưa ra chiến lược 5 năm về hydrogen. Trong đó, Bắc Kinh đưa ra mục tiêu tăng tốc quy hoạch và xây dựng các trạm nhiên liệu hydrogen. Tỉnh Giang Tô đưa ra mục tiêu phát triển các loại xe sử dụng pin nhiên liệu hydrogen và cơ sở hạ tầng sử dụng hydrogen [21]; Tháng 12/2016, Trung Quốc đặt mục tiêu sẽ có 50.000 FCEV và hơn 300 trạm nạp nhiên liệu H ₂ (Hydro Refueling Stations - HRS) vào năm 2025. Mục tiêu đến năm 2030 sẽ có hơn 1 triệu FCEV và 1.000 HRS, 1/2 trong số đó sẽ được cung cấp nhiên liệu hydrogen sản xuất từ các nguồn tái tạo.
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	Kể từ năm 2017, đầu tư của Trung Quốc vào các dự án hydrogen trong nước đã vượt 250 tỷ CNY. Trong nửa đầu năm 2019, có tới 70 dự án đầu tư trong nước trong lĩnh vực năng lượng hydrogen và pin nhiên liệu, bao gồm các khoản đầu tư hàng chục tỷ CNY và 50 dự án với số vốn đầu tư công vượt quá 90 tỷ CNY. Hơn 1/3 số doanh nghiệp trung ương đã nằm trong cơ cấu của toàn bộ chuỗi công nghiệp hydrogen, từ sản xuất, lưu trữ, vận chuyển đến tiêu thụ hydrogen; Cam kết đầu tư 50 triệu USD cho phát triển hydrogen trong năm 2021; Vào tháng 9/2020, Chính phủ Trung Quốc cam kết sẽ hỗ trợ tài chính cho các cụm thành phố để phát triển cơ sở hạ tầng FCEV. Tổng số tiền tài trợ có thể lên đến khoảng 11,9 tỷ CNY (1,7 tỷ USD) trong vòng 4 năm tới.
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	Trung Quốc hiện có 12 tiêu chuẩn quốc gia và 2 tiêu chuẩn ngành về an toàn năng lượng hydrogen; 4 tiêu chuẩn quốc gia, 3 tiêu chuẩn ngành và 1 tiêu chuẩn địa phương về thử nghiệm chất lượng khí; 2 tiêu chuẩn quốc gia và 3 tiêu chuẩn ngành về lọc khí; 33 tiêu chuẩn quốc gia về bình chứa hydrogen; 19 tiêu chuẩn quốc gia về giao thông vận tải; 8 tiêu chuẩn quốc gia về trạm tiếp liệu hydrogen và 8 tiêu chuẩn quốc gia về hệ thống pin nhiên liệu.

hydrogen được sản xuất bằng phương pháp điện phân. Phần lớn sản lượng hydrogen này được sử dụng trong công nghiệp và hóa chất (như sản xuất ammonia). Bên cạnh đó, Trung Quốc đang đẩy mạnh tiêu thụ phương tiện sử dụng hydrogen (FCEV) [17]. Tính đến tháng 6/2020, Trung Quốc có khoảng 7.000 FCEV và 62 trạm nhiên liệu hydrogen [20].

Theo Liên minh Hydrogen Trung Quốc (China Hydrogen Alliance), đến năm 2025, ngành năng lượng hydrogen của nước này sẽ đạt giá trị 1 nghìn tỷ CNY (152,6 tỷ USD). Đến năm 2030, nhu cầu hydrogen của Trung Quốc sẽ đạt 35 triệu tấn, đáp ứng ít nhất 5% hệ thống năng lượng của Trung Quốc [21].

3.5. Pháp

Hiện nay, sản lượng hydrogen của Pháp đạt khoảng 900 nghìn tấn/năm và phát thải từ sản xuất hydrogen đạt xấp xỉ 10 triệu tấn CO₂, chiếm 2 - 3% tổng lượng CO₂ phát thải toàn quốc. Pháp sản xuất hydrogen chủ yếu bằng phương pháp SMR (chiếm khoảng 41%) ~ 59% sản lượng hydrogen là sản phẩm của quá trình lọc dầu và điện phân (Chloralkali); sản lượng từ điện phân không đáng kể.

Tại Pháp, 50% H₂ được dùng làm nguyên liệu sản xuất phân bón, còn lại được sử dụng trong công nghiệp lọc dầu, hóa chất và luyện kim.

Việc xây dựng mạng lưới hydrogen vào giữa những năm 2020 là tiền đề cho mạng lưới truyền tải hydrogen

liên kết các thung lũng hydrogen khác nhau của châu Âu với chiều dài tổng cộng 6.800 km vào năm 2030. Và dự kiến có thể phát triển thành một mạng lưới hydrogen có tổng chiều dài 23.000 km được coi là “xương sống hydrogen” của châu Âu với 75% đường ống dẫn khí đốt tự nhiên hiện có đã được chuyển đổi và lắp đặt bổ sung 25% đường ống hydrogen mới [14].

3.6. Đức

Năm 2019, Đức tiêu thụ khoảng 1,65 triệu tấn hydrogen, với 85% sản lượng được sử dụng trong công nghiệp hóa chất (chủ yếu sản xuất ammonia và methanol) và lọc dầu.

Tiêu thụ hydrogen trong lĩnh vực giao thông vận tải tại Đức không đáng kể. Tính đến năm 2018, quốc gia này chỉ có 515 FCEV và khoảng 90 trạm nhiên liệu hydrogen tính đến cuối năm 2020.

Tại Đức, hydrogen chủ yếu được sản xuất từ nhiên liệu hóa thạch. Năm 2019, 45% sản lượng hydrogen là từ dầu thô như một sản phẩm của quá trình lọc dầu, 33% từ khí tự nhiên và 7% từ quá trình điện phân chloralkali; hydrogen sản xuất bằng phương pháp điện phân nước chỉ chiếm dưới 1%.

3.7. Mỹ

Mỹ đang sản xuất hydrogen với sản lượng đạt khoảng 10 triệu tấn/năm [22], với 99% được sản xuất

Bảng 6. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Pháp [14]

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Pháp	Mục tiêu quốc gia	Nằm trong kế hoạch phục hồi sau Covid-19 trị giá 100 tỷ EUR vào tháng 9/2020, Pháp đã công bố kế hoạch đầu tư 7 tỷ EUR cho hydrogen xanh lá, 2 tỷ EUR từ kế hoạch này sẽ được phân bổ vào năm 2022 và còn lại cho đến năm 2030. Kế hoạch này cũng bao gồm mục tiêu đạt 6,5 GW công suất điện phân hydrogen vào năm 2030; Pháp đưa ra mục tiêu đạt được tỷ lệ 10% hydrogen không carbon sử dụng trong công nghiệp vào ngày 31/12/2023, sau đó từ 20 - 40% vào ngày 31/12/2028. Đối với các trạm tiếp nhiên liệu hydrogen, các mục tiêu khả hạn chế: đạt 100 trạm vào ngày 31/12/2023 và 400 - 1.000 trạm vào ngày 31/12/2028.
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	Pháp đã quyết định tăng tốc các khoản đầu tư vào phát triển hydrogen carbon thấp, cụ thể sẽ giải ngân khoản đầu tư 7 tỷ EUR trước khi kết thúc năm 2030 theo Chiến lược quốc gia về phát triển hydrogen carbon thấp ngày 8/9/2020, trong đó, 2 tỷ EUR được giải ngân trước khi kết thúc năm 2022 trong khuôn khổ của kế hoạch phục hồi hậu Covid- 19.
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	Hiện tại ở Pháp, CRE là cơ quan quản lý có thẩm quyền duy nhất đối với các dự án nghiên cứu phát triển hydrogen tại Pháp; Ngày 11/1/2021, Chính phủ đã công bố thành lập Hội đồng Hydrogen Quốc gia, là cơ quan trao đổi giữa Nhà nước và các bên liên quan; Để hỗ trợ phát triển máy điện phân hydrogen đạt 6,5 GW vào năm 2030, Chính phủ Pháp đang khởi động đấu thầu hỗ trợ tài chính cho các dự án hydrogen. Đơn đăng ký cho các dự án quy mô nhỏ (1 - 20 MW) được chấp nhận đến tháng 9/2021 và sẽ đủ điều kiện để được tài trợ từ 25 - 45% chi phí và hỗ trợ thêm 10% đối với các dự án sử dụng năng lượng tái tạo hoặc các hợp đồng mua bán điện dài hạn. Các dự án quy mô lớn có thể xin trợ cấp từ 25 - 60% chi phí và việc áp dụng sẽ được chấp nhận cho đến cuối năm 2022.
	Thúc đẩy FCEV	Vào tháng 6/2018, Chính phủ Pháp đã đưa ra kế hoạch thúc đẩy phương tiện hydrogen bao gồm 5.000 FCEV thương mại hạng nhẹ, 200 FCEV hạng nặng và 100 trạm tiếp nhiên liệu hydrogen (sử dụng hydrogen sản xuất trong nước) vào năm 2023. Đến năm 2028, mục tiêu sẽ có 20.000 - 50.000 xe thương mại hạng nhẹ, 800 - 2.000 xe hạng nặng và 400 - 1.000 trạm tiếp nhiên liệu hydrogen.

Bảng 7. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Đức [14]

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Đức	Mục tiêu, chiến lược	Tháng 6/2020, Bộ Kinh tế và Năng lượng Liên bang Đức đã ban hành Chiến lược hydrogen quốc gia tập trung vào việc sử dụng hydrogen xanh lá cụ thể gồm các mục tiêu đạt 5 GW công suất điện phân hydrogen vào năm 2030 và thêm 5 GW vào năm 2040. Điều này tương ứng với tổng sản lượng hydrogen xanh lá là 14 TWh vào năm 2030, khoảng 14% so với 90 - 110 TWh dự kiến vào năm 2030.
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	Trong ngân sách liên bang năm 2021, Chính phủ Đức cam kết chi 9 tỷ EUR cho các nghiên cứu liên quan đến hydrogen; Vào tháng 10/2019, Bộ Giáo dục và Nghiên cứu Đức đã cam kết chi 300 triệu EUR vào năm 2023 cho nghiên cứu hydrogen xanh lá cơ bản và 180 triệu EUR khác đã được cam kết cho nghiên cứu công nghệ hydrogen nói chung.
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	Ở Đức hiện không có cơ quan quản lý chuyên trách về các dự án hydrogen. Các dự án hydrogen được quản lý theo quy định hiện hành của thị trường khí đốt và điện do Cơ quan Mạng lưới Liên bang BNetzA ở các bang phụ trách; Việc xây dựng và vận hành cơ sở sản xuất hydrogen phải thực hiện thủ tục xin cấp phép theo Luật kiểm soát khí thải Liên bang, Luật đánh giá tác động môi trường và Sắc lệnh về sự cố nguy hiểm; Chính phủ Đức đã thành lập một Hội đồng Hydrogen Quốc gia gồm 26 chuyên gia cấp cao từ kinh tế, khoa học và xã hội dân sự để tư vấn và hỗ trợ Ủy ban Nhà nước thông qua các đề xuất và kiến nghị hành động trong việc thực hiện và nâng cao chiến lược hydrogen.
	Chương trình nghiên cứu và phát triển	Chương trình Đổi mới Quốc gia (Germany's National Innovation Programme - NIP) của Đức về Công nghệ hydrogen và pin nhiên liệu tài trợ cho hoạt động nghiên cứu, phát triển hydrogen và pin nhiên liệu trong 3 lĩnh vực: vận tải, văn phòng phẩm và các thị trường đặc biệt (bao gồm logistics, giải trí và du lịch...). Giai đoạn đầu tiên của NIP bao gồm 1 dự án lên kế hoạch lắp đặt 50 trạm tiếp nhiên liệu hydrogen trên khắp đất nước. Trong giai đoạn NIP 2 (2016 - 2026), đến năm 2019, Bộ Giao thông Vận tải và Cơ sở Hạ tầng Đức đã phân bổ 250 triệu EUR cho nghiên cứu và phát triển hydrogen.

bằng phương pháp SMR, 4% bằng phương pháp khí hóa than và 1% bằng phương pháp điện phân. Hydrogen chủ yếu được sử dụng trong quá trình lọc dầu và sản xuất

hóa chất như ammonia, methanol... Tỷ lệ nhỏ hydrogen được dùng trong sản xuất kim loại, thực phẩm, điện và thủy tinh [23].

Bảng 8. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Mỹ

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Mỹ	Mục tiêu, chiến lược	<p>Chính phủ liên bang Mỹ không đề ra mục tiêu xe chạy bằng hydrogen. Tuy nhiên, California và 1 số tiểu bang khác chấp nhận các quy định chặt chẽ về chất lượng không khí trong giao thông vận tải. Các tiểu bang có tiêu chuẩn hoặc chương trình ZEV gồm: Connecticut, Maine, Maryland, Massachusetts, New Jersey, New York, Oregon, Rhode Island, Vermont và Washington.</p> <p>Tháng 7/2020, Bộ Năng lượng Mỹ đã phát hành chiến lược hydrogen để tạo điều kiện cho nền kinh tế carbon thấp. Trên cơ sở các công nghệ hydrogen hiện có, Bộ Năng lượng Mỹ đưa ra kế hoạch hỗ trợ nghiên cứu và phát triển hydrogen.</p>
	Hỗ trợ tài chính đã hoặc dự kiến cung cấp	Bộ Năng lượng Mỹ (DOE) thông báo đang tài trợ khoảng 64 triệu USD cho 18 dự án liên quan đến hydrogen trong năm 2020. Trước đó, 40 triệu USD đã được đầu tư cho hydrogen trong năm 2019.
California	Mục tiêu toàn bang	<p>Tháng 12/2020, tiểu bang đặt ra mục tiêu đầu tư 20 triệu USD cho đến khi xây dựng được 100 HRS. California dự kiến sẽ có khoảng 48.000 FCEV vào năm 2025 và mục tiêu của bang là 1 triệu FCEV và 1.000 HRS vào năm 2030;</p> <p>Tháng 9/2020, thống đốc bang California đã ký lệnh hành pháp yêu cầu tất cả xe du lịch và xe tải mới bán trong bang phải là xe không phát thải vào năm 2035. Ngoài ra, 100% xe hạng trung và hạng nặng trong bang phải không phát thải vào năm 2045 nếu khả thi. Việc triển khai FCEV có thể sẽ đóng vai trò quan trọng trong việc đáp ứng các mục tiêu này.</p>
	Hỗ trợ của bang thông qua luật, quy định, cơ chế...	Tiêu chuẩn nhiên liệu carbon thấp của California (LCFS) có hiệu lực từ tháng 1/2011 giúp khử carbon trong lĩnh vực giao thông vận tải. LCFS đặt ra các mục tiêu giảm phát thải (GHG) đối với nhiên liệu bán ra thị trường California hoặc mua "chứng chỉ giảm carbon" từ các doanh nghiệp đã và đang thực hiện giảm carbon.

Bảng 9. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Hàn Quốc [14, 24]

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Hàn Quốc	Mục tiêu, chiến lược	<p>Vào tháng 1/2019, Chính phủ Hàn Quốc đã công bố Lộ trình thúc đẩy nền kinh tế hydrogen bao gồm việc tăng cường hydrogen sử dụng trong lĩnh vực giao thông vận tải cũng như lĩnh vực năng lượng;</p> <p>Chính phủ đặt mục tiêu có 80.000 FCEV và 310 HRS vào năm 2022 và 1,8 triệu FCEV vào năm 2030. Ngoài ra sẽ có 40.000 xe bus FCEV và 30.000 xe tải FCEV (tăng từ 2.000 xe bus vào năm 2022) và 1.200 trạm tiếp nhiên liệu hoạt động vào năm 2040. Chính phủ cũng đang đặt mục tiêu sản xuất 15 GW pin nhiên liệu để phát điện vào năm 2040, 7 GW trong số đó sẽ được xuất khẩu;</p> <p>Xây dựng thử nghiệm 1 dự án điện gió ngoài khơi cùng với sản xuất hydrogen công suất 1 MW vào năm 2022; 1 nhà máy quy mô GW vào năm 2030 kết hợp 1 kho chứa sản xuất nổi và bộ phận hạ tải như đã được sử dụng thành công trong lĩnh vực dầu mỏ và LNG; Chính phủ đặt mục tiêu có 1.000 doanh nghiệp chuyên về hydrogen vào năm 2040.</p>
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	<p>Hội nghị thượng đỉnh kinh doanh hydrogen Hàn Quốc đã công bố khoản đầu tư 43,3 nghìn tỷ KRW (tương đương 36,3 tỷ USD) vào chuỗi giá trị hydrogen đến năm 2030;</p> <p>Tháng 1/2021, Chính phủ Hàn Quốc đã công bố kế hoạch phân bổ 1,4 nghìn tỷ KRW vào năm 2021 nhằm hỗ trợ các ph ương tiện thân thiện với môi trường, bao gồm 365,5 tỷ KRW cho trợ cấp FCEV và HRS. Trong suốt năm 2021, chính phủ đặt mục tiêu trợ cấp lên tới 121.000 BEV và 15.000 FCEV, đồng thời lắp đặt 31.500 bộ sạc EV và 54 HRS;</p> <p>Trong tháng 7/2020, Chính phủ Hàn Quốc đã công bố khoản đầu tư 73,4 nghìn tỷ KRW (tương đương 61,3 tỷ USD) cho các dự án mở rộng nguồn cung cấp các phương tiện hydrogen, phát triển công nghệ sản xuất hydrogen và xây dựng các thành ph ố hydrogen;</p> <p>Năm 2019, Chính phủ Hàn Quốc đã công bố kế hoạch phân bổ 1 nghìn tỷ KRW vào năm 2020 cho các khoản trợ cấp hỗ trợ các phương tiện thân thiện với môi trường, bao gồm 360 tỷ KRW cho trợ cấp FCEV và HRS;</p> <p>Vào tháng 6/2018, Bộ Thương mại, Công nghiệp và Năng lượng Hàn Quốc đã công bố sẽ đầu tư 2,6 nghìn tỷ KRW thông qua các quan hệ đối tác công - tư vào năm 2022 để hỗ trợ sự tăng trưởng của nền kinh tế FCEV, bổ sung 125 tỷ KRW cho nghiên cứu và phát triển pin nhiên liệu.</p>
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	<p>Hàn Quốc là 1 trong số ít quốc gia ban hành luật chuyên biệt về hydrogen, trong đó quy định các vấn đề liên quan đến toàn bộ chuỗi cung ứng hydrogen bao gồm: sản xuất, vận chuyển, phân phối, sử dụng, xuất nhập khẩu hydrogen; kiểm soát, giám sát các vấn đề an toàn...</p> <p>Chính phủ Hàn Quốc đã ban hành các văn bản quan trọng làm cơ sở cho thị trường hydrogen phát triển như Lộ trình kinh tế hydrogen (ban hành tháng 1/2019) và đặc biệt là Luật thúc đẩy kinh tế hydrogen và quản lý an toàn hydrogen (ban hành tháng 2/2020). Đây là khung pháp lý chủ chốt điều chỉnh ngành công nghiệp hydrogen thay thế cho Luật khuyến khích phát triển, sử dụng và phổ biến năng lượng mới và tái tạo.</p>

3.8. Hàn Quốc

Năm 2019, sản lượng hydrogen của Hàn Quốc đạt 130 nghìn tấn với khoảng 90% đến từ quá trình cracking naphtha và 9% từ quá trình SMR [24].

Hàn Quốc hiện nay là quốc gia có số lượng FCEV đang hoạt động cao nhất, đạt 14.500 chiếc, chiếm 33% tổng số FCEV trên toàn cầu (tăng từ 29% vào năm 2020). Tính đến năm 2021, Hàn Quốc có khoảng 88 trạm tiếp nhiên liệu hydrogen [14].

Bảng 10. Chính sách phát triển thị trường hydrogen của Nhật Bản

Quốc gia	Loại chính sách	Nội dung
Nhật Bản	Mục tiêu, chiến lược	Vào tháng 3/2019, Chính phủ Nhật Bản đã công bố Lộ trình Chiến lược thứ 3 cho hydrogen và pin nhiên liệu với mục tiêu tăng sản lượng sản xuất hydrogen lên 3 triệu tấn/năm vào năm 2030 và 20 triệu tấn/năm vào năm 2050, đồng thời tìm cách giảm chi phí hydrogen xuống khoảng 1/3 mức hiện tại vào năm 2030 [25]. Khung thời gian được đưa ra trong chiến lược này bao gồm ứng dụng công nghệ về lưu trữ và vận chuyển hydrogen từ nước ngoài vào năm 2022, sản xuất hydrogen đạt quy mô tối đa vào năm 2030 và sử dụng hydrogen không carbon quy mô lớn trong nước vào năm 2050. Chiến lược hydrogen cơ bản năm 2017 đưa ra kế hoạch cho các khu vực công và tư nhân để giúp Nhật Bản trở thành quốc gia dựa trên hydrogen vào năm 2050. Chiến lược hydrogen cơ bản (Japan's Basic Hydro Strategy) gồm các mục tiêu tăng FCEV ở Nhật Bản từ 200.000 vào năm 2025 lên 800.000 vào năm 2030, HRS từ 320 vào năm 2025 lên 900 vào năm 2030, 1.200 xe bus FCV vào năm 2030.
	Chính phủ hỗ trợ tài chính	Cơ quan R&D quốc gia của Nhật Bản đang tài trợ cho các dự án hydrogen nhằm thiết lập chuỗi cung ứng hydrogen quy mô lớn (với mức đầu tư 2,7 tỷ USD) và tạo ra hydrogen xanh (700 triệu USD). Nguồn tài trợ đến từ Quỹ Green Innovation trị giá 20 tỷ USD là 1 trong những chính sách quan trọng trong chiến lược tăng trưởng xanh của quốc gia này [25]. Trong năm 2020, Chính phủ Nhật Bản đã tài trợ 247 triệu USD cho các phương tiện sử dụng hydrogen và pin nhiên liệu; 40 triệu USD cho pin nhiên liệu dân dụng và đổi mới pin nhiên liệu; 52,5 triệu USD cho nghiên cứu và phát triển pin nhiên liệu; 30 triệu USD cho nghiên cứu, phát triển cơ sở hạ tầng cung cấp hydrogen; 120 triệu USD cho các trạm tiếp nhiên liệu FCEV; 141 triệu USD để phát triển chuỗi cung ứng hydrogen sử dụng các nguồn mới ở nước ngoài và 15 triệu USD cho phát triển công nghệ sản xuất, lưu trữ và sử dụng hydrogen.
	Hỗ trợ của chính phủ thông qua luật, quy định, cơ chế...	Nhật Bản chưa có luật cụ thể về việc sử dụng hydrogen. Hiện nay, hydrogen được điều chỉnh như 1 loại khí áp suất cao theo Luật an toàn khí áp suất cao, gồm các yêu cầu kỹ thuật và an toàn về sản xuất, lưu trữ, vận chuyển [14].

3.9. Nhật Bản

Do tài nguyên hạn chế, Nhật Bản đã có chiến lược phát triển xã hội dựa trên hydrogen ngay từ những năm 1990 để giảm phụ thuộc vào nhiên liệu hóa thạch nhập khẩu cũng như giảm phát thải carbon. Nhật Bản đã ban hành nhiều văn bản pháp lý quan trọng làm cơ sở triển khai các lộ trình và kế hoạch để sớm đạt đến nền kinh tế hydrogen. Từ năm 2015, Nhật Bản đã bắt đầu giai đoạn phát triển hydrogen lần thứ 3 (giai đoạn 1 vào đầu những năm 1990 và giai đoạn 2 vào năm 2000) [14].

Hiện nay, sản lượng sản xuất hydrogen của Nhật Bản đạt khoảng 2 triệu tấn/năm [25]. Quốc gia này hiện có 3.800 phương tiện sử dụng pin nhiên liệu và 135 trạm sạc hydrogen trên cả nước [26]. Nhật Bản là quốc gia giới thiệu pin nhiên liệu gia dụng (pin nhiên liệu oxide rắn, SOFC) ra thị trường đầu tiên trên thế giới, vào năm 2009. Tính đến đầu năm 2019, có khoảng 274.000 pin nhiên liệu đã được sử dụng [14].

3.10. Khu vực Đông Nam Á

Tại khu vực Đông Nam Á, các chính sách cũng như dự án liên quan đến hydrogen đang trong giai đoạn khởi động. Singapore và Malaysia là 2 quốc gia đi đầu về hydrogen. Singapore đặt mục tiêu trở thành trung tâm sản xuất hydrogen từ khí tự nhiên trong thời gian tới, đồng thời nghiên cứu mở rộng quy mô sử dụng hydrogen xanh lam hoặc hydrogen xanh lá. Bang Sarawak (Malaysia)

đang thực hiện thương mại hóa hydrogen xanh lá sử dụng nguồn thủy điện dồi dào của quốc gia, đây cũng là cơ hội tốt nhất để triển khai hydrogen xanh lá trên quy mô lớn.

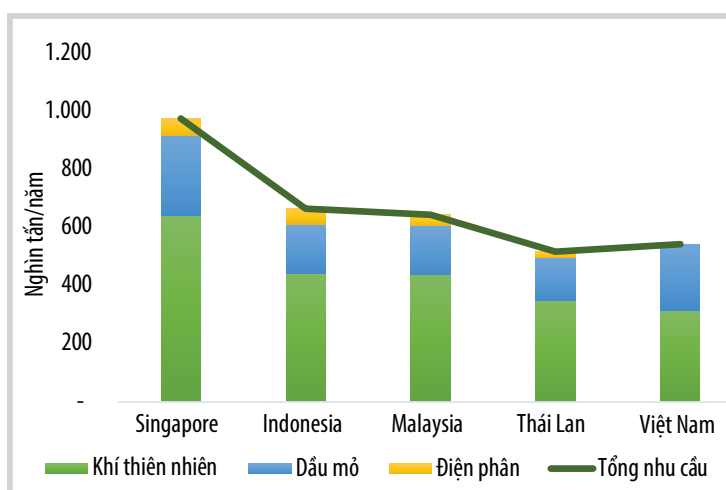
Hydrogen ở khu vực Đông Nam Á chủ yếu được sử dụng làm nguyên liệu cho công nghiệp. Phương pháp hiện tại để sản xuất hydrogen chủ yếu là SMR, tạo ra hydrogen xám (Bảng 11). Singapore có nhu cầu về hydrogen xám cao nhất trong khu vực để đáp ứng nhu cầu lọc dầu và hóa dầu của nước này. Tiếp theo là Indonesia, Malaysia và Thái Lan sử dụng hydrogen chủ yếu trong các nhà máy lọc dầu. Mặc dù hydrogen được coi là nhiên liệu sạch, quá trình sản xuất hydrogen xám vẫn thải ra CO₂. Do đó, các quốc gia đang nghiên cứu các phương pháp khác nhau để thu giữ, lưu trữ và sử dụng CO₂.

Ở Việt Nam, hydrogen chủ yếu được sản xuất và tiêu thụ ngay trong các nhà máy lọc dầu và nhà máy đạm. Hydrogen được sản xuất và tiêu thụ tại các nhà máy lọc dầu trong các quá trình xử lý lưu huỳnh (hydrotreating) nhằm đảm bảo chất lượng nguyên liệu đầu vào cho các phân xưởng hạ nguồn và để đảm bảo yêu cầu chất lượng thương phẩm. Đối với các nhà máy đạm, hydrogen được sử dụng tổng hợp ammonia làm nguyên liệu sản xuất urea. Nguồn sản xuất hydrogen và lượng tiêu thụ tại các nhà máy lọc dầu, nhà máy đạm của Việt Nam gồm: Nhà máy Lọc dầu Dung Quất, Nhà máy Lọc dầu Nghi Sơn, Nhà máy Đạm Phú Mỹ, Nhà máy Đạm Cà Mau, Nhà máy Đạm Ninh Bình và Nhà máy Đạm Hà Bắc. Ngoài ra, từ sau năm

Bảng 11. Chính sách hydrogen tại Đông Nam Á [27]

Lĩnh vực/hoạt động		Singapore	Malaysia	Indonesia	Thái Lan
Công nghiệp	Nghiên cứu và hợp tác	☑	☑	☑	☑
	Thí điểm và thử nghiệm	☑	☑	☑	☑
Điện	Nghiên cứu và hợp tác	☑		☑	☑
	Thí điểm và thử nghiệm	☑		☑	☑
Hàng hải	Nghiên cứu và hợp tác	☑			
	Thí điểm và thử nghiệm	☑			
Giao thông vận tải	Nghiên cứu và hợp tác	☑	☑		☑
	Thí điểm và thử nghiệm	☑	☑		
Nhập khẩu hydrogen		☑			
Xuất khẩu hydrogen			☑		
Mục tiêu quốc gia		☑		☑	☑

☑ Đã bắt đầu ☑ Đã đưa ra mục tiêu



Hình 4. Lượng sản xuất hydrogen của Việt Nam và các nước trong khu vực [27].

2021, khi Nhà máy sản xuất polypropylene (PP) của Hyosung đi vào hoạt động, có thể cung cấp cho thị trường thêm khoảng 20 nghìn tấn hydrogen mỗi năm.

Các chính sách, hoạt động ban đầu của một số quốc gia trong khu vực Đông Nam Á:

3.10.1. Singapore

Năm 2020, Singapore đã công bố chiến lược phát thải thấp trong dài hạn, trong đó đưa ra các giải pháp carbon thấp thay thế mới nổi như hydrogen cho lĩnh vực năng lượng tương lai của đất nước. Đến nay, Singapore cũng đã ký các thỏa thuận với Australia về công nghệ phát thải thấp và hydrogen xanh lá với Chile và New Zealand. Trong dài hạn, mục tiêu của Singapore là sản xuất hydrogen xanh lá. Tuy nhiên, việc đạt được sản xuất hydrogen xanh trên quy mô lớn là thách thức do nguồn năng lượng tái tạo hạn chế của nước này. Do đó, Singapore đang xem xét nhập khẩu hydrogen carbon thấp dù điều này đòi hỏi sự thích ứng về cơ sở hạ tầng.

Tháng 6/2019, Tập đoàn khí Linde (Singapore) đã ký thỏa

thuận dài hạn với ExxonMobil Asia Pacific Pte. Ltd. để mở rộng khu liên hợp khí hóa hiện có tại đảo Jurong, tích hợp tổ hợp này với dự án của ExxonMobil để sản xuất và cung cấp thêm hydrogen và khí tổng hợp (synthetic gas). Việc xây dựng khu phức hợp đã được bắt đầu với mục tiêu hoàn thành vào cuối năm 2023. Cả 2 hoạt động mở rộng của Linde và ExxonMobil giúp tăng nhu cầu khí hydrogen và khí tổng hợp của lĩnh vực công nghiệp trong ngắn hạn của Singapore. Tuy nhiên, để hydrogen được coi là nguồn carbon thấp, phương pháp sản xuất cần phải thay đổi.

Hoạt động nghiên cứu và hợp tác giữa các cơ quan chính phủ và các doanh nghiệp đang được triển khai tại Singapore. Quốc gia này đang nghiên cứu tính khả thi của việc sản xuất hydrogen bằng nhiều phương pháp. Hydrogen xanh dương sử dụng CCS có thể xem là phương thức phù hợp nhất với Singapore hiện nay. Mặc dù quốc gia này thiếu diện tích để thu giữ CO₂, các quốc gia láng giềng như Malaysia và Indonesia có các mỏ khí rỗng có thể là nơi thích hợp để lưu trữ khí nhà kính.

3.10.2. Indonesia

Pertamina (Indonesia) đang chạy thử nghiệm nhà máy hydrogen công suất 37 tấn/năm tích hợp với nhà máy địa nhiệt tại Lampung. Dự án sẽ bắt đầu vận hành vào năm 2021. HDF Energy, doanh nghiệp tiên phong về hydrogen đã đề xuất nhà máy điện hydrogen tái tạo hỗn hợp ở tỉnh Đông Nusa Tenggara, Indonesia. Dự án đòi hỏi 7 - 8 MW công suất điện mặt trời cung cấp điện cho lưới điện vào ban ngày và 1 - 2 MW từ

kho chứa hydrogen vào ban đêm. Trong khi dự án vẫn đang trong giai đoạn sơ bộ, chủ đầu tư đã nhận được sự hỗ trợ từ Bộ trưởng Bộ Kế hoạch Phát triển Quốc gia và chính quyền địa phương.

Bên cạnh đó, hoạt động nghiên cứu và phát triển trong công nghệ thu giữ và lưu trữ carbon đang diễn ra ở Indonesia và Malaysia. Vào năm 2021, Pertamina's Power & New Renewable Energy (NRE), Japan Petroleum Exploration (JAPEX), và LEMIGAS đã ký 1 biên bản thỏa thuận (MOU) để nghiên cứu việc bơm CO₂ vào mỏ dầu Sukowati ở Đông Java. Pertamina cũng đã ký MOU với ExxonMobil để nghiên cứu công nghệ này.

3.10.3. Malaysia

Tại Malaysia, Petronas đã thuê Xodus để thiết kế kỹ thuật cho dự án thu giữ carbon Kasawari ngoài khơi bờ biển Sarawak. Sarawak cũng là nơi có tiềm năng sản xuất hydrogen xanh lá quy mô lớn tốt nhất tại khu vực Đông Nam Á. Quốc gia này sở hữu nguồn thủy điện phong phú và là nơi có nhiều mỏ khí đốt đã cung cấp nhiên liệu cho nhà máy hóa lỏng Bintulu trong nhiều thập kỷ. Điều này, cùng với nhu cầu điện năng thấp trong tiểu bang, đã thu hút các tập đoàn đầu tư vào nguồn điện giá rẻ để sản xuất hydrogen xanh lá và xanh dương. Tại Sarawak, giá điện bán lẻ hiện tại là 67 USD/MWh. Trong mô hình chi phí điện năng theo IHS, chi phí điện được quy đổi nằm trong khoảng từ 38 USD/MWh đối với quang điện mặt trời (PV) đến 46 USD/MWh đối với thủy điện quy mô lớn vào năm 2030. Ở mức độ như vậy, mức giá này là hấp dẫn đối với nhà đầu tư sản xuất hydrogen xanh lá. Theo IHS, mức giá xuất khẩu hydrogen lỏng sang Nhật Bản dao động từ 4,3 USD/kg đến 5,0 USD/kg (32 - 38 USD/MMBtu). Ngoài ra, Petronas cũng đã bắt tay với Itochu của Nhật Bản để nghiên cứu tính khả thi của việc xây dựng 1 nhà máy hóa dầu trị giá 1,3 tỷ USD ở trung tâm Alberta, Canada, để xuất khẩu hydrogen xanh sang thị trường châu Á. Do mối quan tâm ngày càng tăng về hydrogen trên toàn cầu, đặc biệt là ở châu Âu và Nhật Bản, kỳ vọng vào liên doanh mới này là rất cao.

Sarawak là địa phương đầu tiên xây dựng nhà máy sản xuất hydrogen tích hợp thí điểm trạm nhiên liệu trong khu vực. Liên doanh này được vào năm 2019 để hỗ trợ kế hoạch năng lượng xanh của tiểu bang. Một trạm tiếp nhiên liệu được xây dựng bởi Sarawak Energy hợp tác với Linde Malaysia với tư cách là nhà thầu và nhà cung cấp công nghệ. Nhà máy sản xuất 47 tấn hydrogen/năm và có thể cung cấp nhiên liệu cho 5 xe bus và 10 xe ô tô chạy pin nhiên liệu mỗi ngày.

Ngoài ra, vào tháng 11/2020, Petronas đã ký MOU với Sarawak Energy ngay sau khi công bố mục tiêu trung hòa carbon năm 2050. Thỏa thuận được thực hiện để thử nghiệm sản xuất hydrogen thương mại và chuỗi cung ứng giá trị ở châu Á.

3.10.4. Thái Lan

Tại Thái Lan, quá trình phát triển hydrogen bắt đầu từ năm 2015 với dự án thí điểm sử dụng pin nhiên liệu hydrogen như một phần của hệ thống microgrid ở Chiang Mai. "The Phi Suea House Energy System" là dự án nhiều hộ gia đình lần đầu tiên được cung cấp năng lượng hoàn toàn bằng năng lượng mặt trời kết hợp với hệ thống lưu trữ hydrogen ở Đông Nam Á. Năm 2018, EGAT (Thái Lan) bắt đầu vận hành nhà máy hybrid hydrogen gió với công suất 24 MW. Gần đây nhất, PTT đã thành lập Tập đoàn Hydrogen Thái Lan để tập trung vào năng lượng thay thế cho nền kinh tế tuần hoàn carbon thấp ở Thái Lan. Những sáng kiến này là động lực cho việc triển khai hydrogen trong ngành điện của Thái Lan.

3.10.5. Philippines

Bộ Năng lượng Philippines và Star Scientific Limited đã nghiên cứu tiềm năng hydrogen vào năm 2021. Trong kế hoạch phát triển năng lượng mới nhất của Philippines, các kịch bản năng lượng sạch tập trung vào năng lượng tái tạo và khí tự nhiên và chưa bao gồm hydrogen.

3.10.6. Việt Nam

Tại Nghị quyết số 55-NQ/TW ngày 11/2/2020, Bộ Chính trị đã đặt ra nhiệm vụ "Thực hiện nghiên cứu công nghệ, xây dựng một số đề án thử nghiệm sản xuất và khuyến khích sử dụng năng lượng hydrogen phù hợp với xu thế chung của thế giới".

Tại Quyết định số 1658/QĐ-TTg ngày 1/10/2021, Thủ tướng Chính phủ đã phê duyệt Chiến lược quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn 2050, trong đó nêu rõ nhiệm vụ của Bộ Công Thương về nghiên cứu xây dựng cơ chế khuyến khích phát triển nhiên liệu khí hydrogen gắn với điện gió ngoài khơi.

Ngày 4/10/2021, Enterprize Energy và các nhà đầu tư từ châu Âu đã đề xuất với Chính phủ Việt Nam lập Dự án đầu tư Thăng Long Wind 2 (TLW2) sản xuất hydrogen từ điện phân nước biển phục vụ xuất khẩu tại khu vực dự án điện gió ngoài khơi Thăng Long (mũi Kê Gà, tỉnh Bình Thuận) với quy mô 2.000 MW, tổng mức đầu tư khoảng 5 tỷ USD, thời gian triển khai dự kiến từ 2022 - 2030.

Năm 2021, GICON và Viện Dầu khí Việt Nam (VPI) đã ký MOU hợp tác về năng lượng tái tạo và sản xuất hydrogen. Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN) đã tổ chức Tọa đàm “Xu hướng phát triển của công nghiệp hydrogen và triển vọng phát triển cho PVN” để phân tích xu hướng phát triển của công nghiệp hydrogen trên thế giới và chiến lược phát triển hydrogen của các quốc gia, tập đoàn năng lượng, dầu khí trên thế giới, khu vực, đánh giá các thuận lợi, khó khăn cũng như cơ hội phát triển của PVN trong lĩnh vực năng lượng hydrogen nói chung và hydrogen “xanh” nói riêng.

4. Kết luận

Nhiều quốc gia trên thế giới đang đầu tư vào nghiên cứu, phát triển năng lượng hydrogen trong nhiều lĩnh vực và tham vọng đạt được phát thải ròng không carbon thông qua sử dụng hydrogen, bên cạnh các dạng năng lượng khác.

Tại khu vực Đông Nam Á, các quốc gia ngày càng quan tâm đến kiểm soát khí thải carbon, trong đó hydrogen là lựa chọn tiềm năng để thay thế nhiên liệu truyền thống. Một số quốc gia đã cam kết các nguồn lực để tài trợ cho nghiên cứu và phát triển hydrogen, khả năng sử dụng hydrogen trên quy mô lớn sẽ rõ ràng hơn trong vài năm tới. Singapore, Malaysia, Indonesia và Thái Lan đã thiết lập các dự án hydrogen thử nghiệm. Singapore đang mở rộng sản xuất hydrogen xám và đang hướng tới hydrogen carbon thấp. Việc phát triển hydrogen ở bang Sarawak (Malaysia) được IHS đánh giá là lựa chọn tốt nhất để phát triển quy mô lớn, nhờ vào sự phong phú của tài nguyên thiên nhiên.

Hydrogen được xem là năng lượng của tương lai, giúp giảm phát thải khí nhà kính và được kỳ vọng thay thế năng lượng hóa thạch. Tuy nhiên, vẫn còn các nguyên nhân khách quan và chủ quan khiến hydrogen chưa phát triển như tiềm năng. Cụ thể, các yếu tố liên quan đến quy mô, cơ cấu nền kinh tế, các rào cản về công nghệ và xã hội là tác nhân khách quan; yếu tố về chính sách, chiến lược của chính phủ là tác nhân chủ quan ảnh hưởng đến sự phát triển của thị trường hydrogen. Việt Nam cần xây dựng lộ trình, chính sách cũng như các dự án thử nghiệm để thúc đẩy thị trường dạng năng lượng này.

Tài liệu tham khảo

- [1] DNV, "Energy transition outlook 2021", 2021.
 [2] World Intergrated Trade Solution, "Hydrogen exports by country in 2019".

[3] IEA, "Future of hydrogen", 2019.

[4] IHS, "Global hydrogen balance: Outlook to 2050", 2021.

[5] Cesare Sacconi, Marco Pellegrini, and Alessandro Guzzini, "Analysis of the existing barriers for the market development of power to hydrogen (P2H) in Italy", *Energies*, Vol. 13, No. 18, 2020. DOI:10.3390/en13184835.

[6] European Parliament, "EU hydrogen policy: Hydrogen as an energy carrier for a climate-neutral economy", 2021. [Online]. Available: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI\(2021\)689332_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/689332/EPRS_BRI(2021)689332_EN.pdf).

[7] Hydrogen Council, "Hydrogen insights: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness", 2021.

[8] Hydrogen Europe, "Hydrogen - a carbon-free energy carrier and commodity", 2021.

[9] Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, "Hydrogen storage". [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-storage>.

[10] Advisian, "Australian hydrogen market study: Sector analysis summary", 2021.

[11] ARENA, "Hydrogen energy". [Online]. Available: <https://arena.gov.au/renewable-energy/hydrogen/>.

[12] IHS Markit Hydrogen and Renewable Gas Forum, "Hydrogen policy tracker", 2021.

[13] Australian Government, "Growing Australia's hydrogen industry," [Online]. Available: <https://www.industry.gov.au/policies-and-initiatives/growing-australias-hydrogen-industry>.

[14] CMS, "Facing the Future of Hydrogen: An International Guide", November 2021.

[15] "Hydrogen strategy for Canada: Seizing the opportunities for hydrogen - A call to action", 2020. [Online]. Available: https://www.nrcan.gc.ca/sites/www.nrcan.gc.ca/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen-Strategy-Canada-na-en-v3.pdf.

[16] Paula Olexiuk, Sander Duncanson, Jessica Kennedy, Jesse Baker, Coleman Brinker, and Storme Mckop, "Federal government announces Canada's hydrogen strategy", 2020. [Online]. Available: <https://www.osler.com/en/resources/regulations/2020/federal-government-announces-canada-s-hydrogen-strategy>.

[17] Kevin Jianjun TU, "Prospects of a hydrogen economy with Chinese characteristics", 2020. [Online]. Available: https://www.ifri.org/sites/default/files/atoms/files/tu_china_hydrogen_economy_2020_1.pdf.

[18] Michal Meidan, "China's emerging hydrogen strategy", 2021. [Online]. Available: <https://www.ispionline.it/en/pubblicazione/chinas-emerging-hydrogen-strategy-30431#N1>.

[19] WITS, "China hydrogen imports by country in 2019". [Online]. Available: <https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/CHN/year/2019/tradeflow/Imports/partner/ALL/product/280410>.

[20] Now-gmbh.de, "Factsheet: Hydrogen and fuel cell technology in China".

[21] Nikkei Asia, "China's hydrogen roadmap: 4 things to know", 2021. [Online]. Available: <https://asia.nikkei.com/Spotlight/Caixin/China-s-hydrogen-roadmap-4-things-to-know>.

[22] US Department of energy, "Hydrogen production". [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production>.

[23] Office of Fossil Energy - United States Department of Energy, "Hydrogen strategy: Enabling a low-carbon economy", 2020. [Online]. Available: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/07/f76/USDOE_FE_Hydrogen_Strategy_July2020.pdf.

[24] UK's Department for International Trade, "The hydrogen economy South Korea: Market intelligence report", 2021.

[25] Jane Nakano, "Japan's hydrogen industrial strategy", Center for strategic & international studies, 2021. [Online]. Available: <https://www.csis.org/analysis/japans-hydrogen-industrial-strategy>.

[26] New Zealand Embassy in Tokyo, "Japan: Strategic hydrogen roadmap", 30/10/2020. [Online]. Available: <https://www.mfat.govt.nz/trade/mfat-market-reports/market-reports-asia/japan-strategic-hydrogen-roadmap-30-october-2020/>.

[27] IHS, "Southeast Asia takes initial steps in hydrogen development", 2021.

OBJECTIVE FACTORS AND POLICIES OF COUNTRIES AFFECTING HYDROGEN MARKET DEVELOPMENT

Pham Ba Nam, Nghiem Thi Ngoan, Dao Minh Phuong, Nguyen Thi Lan Oanh, Ta Hien Trang, Tran Linh Chi

Vietnam Petroleum Institute

Email: nampb@vpi.pvn.vn

Summary

By 2050, blue hydrogen (produced by SMR method using CCS technology to capture CO₂) will make up about 18% of hydrogen supply, whilst green hydrogen from solar power will account for 16%, from onshore wind power 16% and offshore wind power 9%. Global hydrogen demand is forecasted to increase to about 150 million tons by 2040 [1].

The article analyses the objective factors (i.e. size and structure of the economy, technological and social barriers) and policies of countries that affect hydrogen market development.

Key words: Hydrogen, market, policy, strategy.