

**Kinh nghiệm tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp  
xanh của Hàn Quốc và bài học cho Việt Nam**

**South Korea's experience in integrating digital and green transformations for  
green industrial development, implications for Vietnam**

**TS. Lý Hoàng Mai**

Viện Kinh tế Việt Nam và Thế giới

*Trong bối cảnh biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng và yêu cầu chuyển đổi mô hình tăng trưởng theo hướng bền vững, việc phát triển công nghiệp xanh gắn với chuyển đổi số đang trở thành xu thế tất yếu của nhiều quốc gia. Thực tiễn cho thấy, tích hợp hiệu quả giữa chuyển đổi số và chuyển đổi xanh không chỉ góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm phát thải mà còn thúc đẩy đổi mới sáng tạo và tăng cường năng lực cạnh tranh của nền công nghiệp. Hàn Quốc là một trong những quốc gia tiêu biểu trong việc triển khai đồng bộ các chiến lược phát triển công nghiệp xanh gắn với ứng dụng công nghệ số thông qua các chính sách quốc gia về tăng trưởng xanh, chuyển đổi số và trung hòa carbon. Bài viết phân tích kinh nghiệm của Hàn Quốc về tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh, chỉ ra những kết quả đạt được cũng như một số hạn chế, thách thức mà Hàn Quốc đang gặp phải, từ đó gợi mở một số bài học cho Việt Nam nhằm đảm bảo thực hiện các cam kết về tăng trưởng xanh, giảm phát thải và nâng cao năng lực cạnh tranh của ngành công nghiệp.*

**Từ khóa:** *chuyển đổi số, chuyển đổi xanh, công nghiệp xanh, Hàn Quốc, Việt Nam*

*In the context of intensifying climate change and the growing need to transform growth models toward sustainability, the development of green industry in conjunction with digital transformation has become an inevitable trend for many countries. Practical experience shows that the effective integration of digital transformation and green transformation not only enhances resource-use efficiency and reduces emissions but also promotes innovation and strengthens industrial competitiveness. South Korea is one of the exemplary countries in implementing integrated strategies for green industrial development associated with the application of digital technologies through national policies on green growth, digital transformation, and carbon neutrality. This paper analyzes South Korea's experience in integrating digital and green transformation in green industrial development, identifies the achievements as well as several limitations and challenges the country is currently facing, and thereby draws lessons for Vietnam to help ensure the fulfillment of commitments to green growth, emissions reduction, and the enhancement of industrial competitiveness.*

**Keywords:** *Digital Transformation, Green transformation, Green Industry,; South Korea. Vietnam*

## **Mở đầu**

Hiện nay, biến đổi khí hậu diễn biến ngày càng phức tạp, suy giảm tài nguyên thiên nhiên và sức ép cạnh tranh toàn cầu gia tăng, chuyển đổi mô hình phát triển theo hướng bền vững đã trở thành yêu cầu cấp thiết đối với hầu hết các quốc gia. Đối với lĩnh vực công nghiệp - khu vực đóng vai trò then chốt trong tăng trưởng kinh tế nhưng cũng là nguồn phát thải lớn - xu hướng xanh hóa công nghiệp gắn với chuyển đổi số đang nổi lên như một hướng đi chiến lược nhằm vừa nâng cao hiệu quả sản xuất, vừa giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

Trên thế giới, nhiều quốc gia đã và đang triển khai thành công các chiến lược tích hợp chuyển đổi số với chuyển đổi xanh trong công nghiệp, trong đó Hàn Quốc được xem là một điển hình tiêu biểu. Thông qua việc kết hợp đồng bộ các chính sách về công nghiệp xanh, đổi mới sáng tạo và ứng dụng công nghệ số như trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn và Internet vạn vật, Hàn Quốc không chỉ nâng cao năng suất và giá trị gia tăng của ngành công nghiệp mà còn từng bước giảm phát thải carbon, hướng tới mục tiêu tăng trưởng xanh và phát triển bền vững. Những kinh nghiệm này cho thấy vai trò quan trọng của nhà nước trong định hướng chiến lược, hoàn thiện thể chế và thúc đẩy sự tham gia của khu vực doanh nghiệp trong quá trình chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh.

Đối với Việt Nam, công nghiệp vẫn là một trụ cột của tăng trưởng kinh tế, song mô hình phát triển hiện nay còn dựa nhiều vào khai thác tài nguyên, sử dụng năng lượng hóa thạch và lao động giá rẻ, dẫn đến hiệu quả sản xuất chưa cao và áp lực lớn lên môi trường. Trong bối cảnh Việt Nam đã cam kết mạnh mẽ về giảm phát thải khí nhà kính và phát triển kinh tế xanh, việc thúc đẩy xanh hóa công nghiệp gắn với chuyển đổi số không chỉ là yêu cầu khách quan mà còn là cơ hội để nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia trong chuỗi giá trị toàn cầu. Tuy nhiên, quá trình này vẫn đang đối mặt với nhiều thách thức như hạn chế về công nghệ, nguồn lực tài chính, chất lượng nhân lực và sự đồng bộ của hệ thống chính sách. Do đó, việc nghiên cứu kinh nghiệm tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh của Hàn Quốc có ý nghĩa quan trọng cả về mặt lý luận và thực tiễn.

## **1. Chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh**

### ***1.1. Chuyển đổi số trong phát triển công nghiệp xanh***

Chuyển đổi số trong công nghiệp được hiểu là quá trình ứng dụng các công nghệ số hiện đại nhằm thay đổi căn bản phương thức sản xuất, quản trị và tổ chức chuỗi giá trị công nghiệp. Theo OECD (2019), chuyển đổi số trong phát triển công nghiệp xanh không đơn thuần là số hóa hoạt động công nghiệp, mà là một quá trình chuyển đổi mang tính chiến lược, trong đó công nghệ số được sử dụng như công cụ then chốt để tái cấu trúc mô hình phát triển công nghiệp theo

hướng xanh, bền vững và có khả năng cạnh tranh dài hạn trong bối cảnh toàn cầu hóa và các tiêu chuẩn môi trường ngày càng khắt khe<sup>1</sup>.

Về mặt kinh tế, chuyển đổi số giúp nâng cao năng suất lao động, giảm chi phí sản xuất và cải thiện chất lượng sản phẩm thông qua việc tối ưu hóa quy trình và ra quyết định dựa trên dữ liệu. Đồng thời, công nghệ số cho phép tăng cường tính kết nối và minh bạch của chuỗi cung ứng, góp phần nâng cao khả năng thích ứng của ngành công nghiệp trước các cú sốc từ thị trường và môi trường kinh doanh toàn cầu<sup>2</sup> (World Bank, 2020). Trong bối cảnh Cách mạng công nghiệp lần thứ tư, chuyển đổi số vì vậy được xem là động lực then chốt thúc đẩy hiện đại hóa công nghiệp và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia.

## ***1.2. Chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh***

Song song với chuyển đổi số, chuyển đổi xanh trong công nghiệp phản ánh yêu cầu cấp thiết của phát triển bền vững. Chuyển đổi xanh được tiếp cận như quá trình giảm thiểu tác động tiêu cực của hoạt động công nghiệp đối với môi trường thông qua việc kiểm soát phát thải, sử dụng hiệu quả tài nguyên và năng lượng, cũng như thúc đẩy các mô hình sản xuất thân thiện với môi trường. Theo UNIDO, công nghiệp xanh là nền tảng quan trọng để vừa duy trì tăng trưởng kinh tế, vừa bảo đảm mục tiêu bảo vệ môi trường và công bằng xã hội trong dài hạn, gồm: xanh hóa công nghiệp hiện có (cải tiến các cơ sở sản xuất truyền thống để giảm ô nhiễm, tiêu thụ năng lượng thấp hơn và quản lý chất thải tốt hơn thông qua các quy trình sản xuất sạch hơn) và tạo lập các ngành công nghiệp xanh mới (phát triển các lĩnh vực mới cung cấp hàng hóa và dịch vụ môi trường như sản xuất năng lượng tái tạo, thiết bị xử lý ô nhiễm, và công nghệ tái chế<sup>3</sup> (UNIDO, 2021).

## ***1.3. Mối quan hệ giữa chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong công nghiệp xanh***

Từ góc độ lý luận, chuyển đổi số và chuyển đổi xanh có mối quan hệ chặt chẽ, mang tính tương hỗ trong phát triển công nghiệp xanh. Chuyển đổi số tạo nền tảng công nghệ và dữ liệu cần thiết để đo lường, giám sát và tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng, nguyên vật liệu và phát thải trong quá trình sản xuất. Ngược lại, yêu cầu chuyển đổi xanh thúc đẩy doanh nghiệp đẩy nhanh ứng dụng công nghệ số nhằm đáp ứng các tiêu chuẩn môi trường và nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên<sup>4</sup> (OECD, 2021).

Sự kết hợp giữa hai quá trình này đã hình thành cách tiếp cận chuyển đổi kép, trong đó công nghệ số đóng vai trò là công cụ hỗ trợ và gia tốc cho xanh hóa công nghiệp. Cách tiếp cận

---

<sup>1</sup> OECD (2019), *Digital Opportunities for Better Industrial and Environmental Outcomes*, OECD Publishing

<sup>2</sup> World Bank (2020), *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*, <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2020>

<sup>3</sup> UNIDO (2021), *Industrial Development Report 2020: Industrializing in the Digital Age*, UNIDO

<sup>4</sup> OECD (2021), *Policies for green digital transformation*, OECD Publishing, <https://doi.org/10.1787/1b2b16f5-en>

này cho phép ngành công nghiệp không chỉ đạt được mục tiêu tăng trưởng về kinh tế mà còn hướng tới phát triển bền vững, giảm thiểu tác động môi trường và nâng cao khả năng cạnh tranh dài hạn của nền kinh tế.

## **2. Chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh của Hàn Quốc**

### **2.1. Những kết quả đạt được**

Hàn Quốc sớm xác định chuyển đổi số và chuyển đổi xanh là hai trụ cột hỗ trợ trong tái cơ cấu mô hình tăng trưởng, được thể chế hóa thông qua các chương trình quốc gia như Korean New Deal, với Digital New Deal và Green New Deal, tập trung vào ba mục tiêu chính: đổi mới xanh các ngành công nghiệp chủ chốt; tái cơ cấu công nghiệp để phát triển các bon thấp; và xanh hóa chuỗi giá trị. Định hướng này gắn hiện đại hóa công nghiệp với giảm phát thải, trung hòa carbon và sử dụng đầu tư công như công cụ dẫn dắt, tạo tín hiệu chính sách để huy động đầu tư tư nhân<sup>5</sup>.

*Thứ nhất* là đổi mới xanh của các ngành công nghiệp cốt lõi. Các ngành công nghiệp lớn của Hàn Quốc gồm: sắt thép, hóa dầu, dệt may, ô tô, đóng tàu, máy móc, bán dẫn, màn hình và thiết bị điện gia dụng.

Trong các ngành công nghiệp nêu trên, ngành sắt thép và hóa dầu là hai ngành có phát thải cao và khó khử carbon nhất. Ngành công nghiệp thép của Hàn Quốc đã tích cực áp dụng công nghệ để giảm tiêu thụ năng lượng và tái sử dụng nhiệt thải ra, cùng với việc phát triển các mặt hàng thép có thể giúp cắt giảm sử dụng năng lượng như thép trọng lượng nhẹ dùng cho xe ô tô. Đối với ngành hóa dầu, Hàn Quốc chủ yếu thực hiện tái cấu trúc, cải thiện hiệu suất. Năm 2024, Hàn Quốc đã hình thành các cụm công nghiệp hóa dầu xanh, chuyển dần từ dầu mỏ sang nguyên liệu sinh học và triển khai thí điểm thu giữ carbon (CCUS) tại các nhà máy lớn.

Trong ngành ô tô, quá trình chuyển đổi xanh của Hàn Quốc thể hiện rõ nét qua sự dịch chuyển từ các dòng xe sử dụng nhiên liệu hóa thạch sang xe điện và xe chạy bằng hydro. Nếu như vào khoảng năm 2015, xe điện chỉ chiếm tỷ trọng rất nhỏ trên thị trường, thì đến năm 2024, các tập đoàn như Hyundai và Kia đã vươn lên nhóm dẫn đầu toàn cầu về công nghệ xe điện và hydro, tiêu biểu là mẫu Nexa. Đáng chú ý, chuyển đổi xanh của ngành ô tô không chỉ dừng ở sản phẩm mà còn được mở rộng sang quy trình sản xuất, thông qua việc xây dựng các nhà máy trung hòa carbon và tham gia cam kết RE100 nhằm sử dụng 100% năng lượng tái tạo.

Đối với ngành đóng tàu, Hàn Quốc tiếp tục giữ vị thế dẫn đầu thế giới trong phân khúc tàu chở khí hóa lỏng (LNG), đồng thời chủ động mở rộng sang các loại tàu sử dụng nhiên liệu thế hệ mới như ammonia và methanol. Đến năm 2024, các doanh nghiệp đóng tàu Hàn Quốc đã

---

<sup>5</sup> Government of the Republic of Korea (2020), *Korean New Deal: National strategy for a great transformation*. Seoul: Ministry of Economy and Finance

tiếp nhận nhiều đơn hàng tàu thân thiện với môi trường, qua đó đóng vai trò tiên phong trong việc định hình xu hướng vận tải biển xanh toàn cầu và khẳng định năng lực đổi mới xanh dựa trên chuyển đổi sản phẩm công nghiệp.

Trong các ngành công nghệ cao và sản xuất hỗ trợ như bán dẫn, màn hình, thiết bị điện gia dụng, dệt may và máy móc, đổi mới xanh của Hàn Quốc chủ yếu dựa trên ứng dụng công nghệ tiên tiến và tái cấu trúc chuỗi giá trị. Các tập đoàn lớn như Samsung Electronics và SK Hynix đẩy mạnh cam kết RE100 và cải tiến quy trình sản xuất nhằm giảm phát thải, trong khi các sản phẩm điện gia dụng tích hợp trí tuệ nhân tạo đã đạt tiêu chuẩn tiết kiệm năng lượng ở mức cao. Song song với đó, ngành dệt may chuyển dịch sang sử dụng sợi tái chế và triển khai hệ chiếu sản phẩm số, còn ngành máy móc tập trung phát triển các dòng máy công cụ hiệu suất cao, góp phần giảm tiêu hao năng lượng và phế phẩm trong toàn bộ hệ thống công nghiệp.

**BẢNG 2.1: Ước tính tỷ trọng phát thải quốc gia của 9 ngành công nghiệp cốt lõi**

**Hàn Quốc giai đoạn 2015–2024**

<b>Ngành công nghiệp</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2024</b>	<b>Đặc điểm dịch chuyển</b>
<b>1. Sắt thép</b>	~15,2%	~16,8%	~14,5%	Giảm nhờ chuyển đổi sang lò điện và Hydro.
<b>2. Hóa dầu</b>	~9,5%	~10,2%	~9,8%	Biến động theo giá dầu và hiệu suất lò nung.
<b>3. Bán dẫn</b>	~2,8%	~3,2%	~2,9%	Kiểm soát tốt khí F-gas dù quy mô sản xuất tăng.
<b>4. Màn hình</b>	~1,9%	~1,6%	~1,2%	Cải tiến mạnh quy trình xử lý khí thải đặc chủng.
<b>5. Ô tô</b>	~1,4%	~1,2%	~0,9%	Xanh hóa chuỗi cung ứng và chuyển sang xe điện.
<b>6. Máy móc</b>	~1,1%	~1,0%	~0,8%	Tối ưu hóa hiệu suất thiết bị và cơ khí chính xác.
<b>7. Thiết bị gia dụng</b>	~0,8%	~0,7%	~0,5%	Chuyển dịch sang các vật liệu ít phát thải.
<b>8. Đóng tàu</b>	~0,6%	~0,5%	~0,4%	Giảm nhờ quy trình sơn và hàn hiệu suất cao.
<b>9. Dệt may</b>	~0,5%	~0,4%	~0,3%	Chuyển dịch sang sợi tái chế và nhuộm khô.

*Nguồn:* Tổng hợp từ: Greenhouse Gas Inventory and Research Center (GIR) (2024), *National Greenhouse Gas Inventory Report of Korea 2024*, Ministry of Environment; International Energy Agency (IEA) (2024), *Korea 2024: Energy Policy Review*. IEA Publications.

<https://www.iea.org/reports/korea-2024>

Thứ hai là tái cơ cấu xanh. Hàn Quốc đã tái cơ cấu ngành công nghiệp thành hai nhóm lớn: các ngành công nghiệp công nghệ xanh và công nghiệp hội tụ công nghệ cao.

Các ngành công nghiệp công nghệ xanh có năng lực tốt giúp giải quyết vấn đề biến đổi khí hậu và khủng hoảng năng lượng, do đó có thể làm nền tảng cho sự phát triển trong tương lai. Các ngành công nghiệp công nghệ xanh gồm: năng lượng mới và tái tạo (hệ thống tạo pin năng lượng mặt trời; năng lượng giảm phát thải các bon (nhà máy điện hạt nhân thế hệ mới); xử lý nước cấp độ cao (nhà máy xử lý); ứng dụng LED (đèn LED); hệ thống giao thông xanh (xe xanh, tàu thủy hàng đầu thế giới, thông minh, an toàn, thân thiện với môi trường); thành phố xanh công nghệ cao (thành phố sinh thái).

**BẢNG 2.2: Ước tính sự phát triển các ngành công nghiệp năng lượng mới tại Hàn Quốc giai đoạn 2014 - 2024**

Ngành công nghiệp / Chỉ tiêu	Đơn vị	2014	2020	2024
<b>1. Công nghiệp Hydrogen</b>				
- Số lượng xe pin nhiên liệu (FCEV)	Xe	< 10	10.906	~38.00
- Hệ thống trạm nạp Hydrogen	Trạm	1	70	~350
- Công suất phát điện pin nhiên liệu	MW	~120	605	~1.150
<b>2. Năng lượng tái tạo (RE)</b>				
- Tổng công suất lắp đặt RE	GW	~6.5	20.9	~31.2
- Tỷ trọng điện tái tạo trong cơ cấu	%	~3,5%	6,6%	~9,8%
- Công suất điện gió ngoài khơi	MW	5	124	~1,000
<b>3. Lưu trữ năng lượng và Lưới điện</b>				
- Công suất hệ thống lưu trữ (ESS)	GWh	~0.1	7.2	~11.5
- Tỷ lệ phủ sóng công tơ thông minh (AMI)	%	~15%	~55%	~95%
<b>4. Ngành công nghiệp mới khác</b>				
- Tỷ lệ xe xanh trong tổng sản lượng ô tô	%	< 0,5%	3,5%	~12,5%
- Sản lượng Hydrogen xanh (điện phân)	MW	0	Thí điểm	~25.0 (Quy mô công nghiệp)

Nguồn: Korea Energy Agency (KEA). (2024). *New & Renewable Energy Statistics Yearbook 2024*. KEA; Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE). (2024). *White Paper on Energy Policy: From Energy Transition to Energy Security*. Government of the Republic of Korea; International Energy Agency (IEA). (2024). *World Energy Investment 2024: Focus on South Korea*. IEA Publications

Cùng với các ngành công nghiệp công nghệ xanh, ngành công nghiệp hội tụ công nghệ cao được Hàn Quốc tập trung phát triển gồm: ngành công nghiệp hội tụ phát thanh truyền hình (dịch vụ IPTV, truyền thông không dây thế hệ mới); hệ thống công nghệ thông tin hội tụ (xe ô tô

thông minh, màn hình hiển thị linh hoạt); ứng dụng rô bốt (rô bốt phòng cháy chữa cháy; vật liệu mới: nano hội tụ (vật liệu để giảm trọng lượng của xe hybrid); y sinh: các thiết bị y tế (y học tế bào gốc); ngành công nghiệp thực phẩm giá trị gia tăng cao (Phụ gia thực phẩm tự nhiên). Các ngành này bao quát những lĩnh vực mới, kết nối những ngành mà Hàn Quốc đã có thế mạnh về công nghệ với các thị trường lớn toàn cầu<sup>6</sup>.

Cùng với tái cơ cấu ngành công nghiệp, một chiến lược mang tính nền tảng khác của Hàn Quốc là gia tăng mạnh mẽ hoạt động nghiên cứu, phát triển và đổi mới sáng tạo phục vụ chuyển đổi kép trong phát triển công nghiệp xanh. Với tỷ lệ đầu tư cho nghiên cứu, phát triển ở mức cao, Hàn Quốc đã ưu tiên đáng kể nguồn lực cho các công nghệ then chốt như trí tuệ nhân tạo, dữ liệu lớn, công nghệ hydro và các giải pháp thu giữ carbon. Việc tích hợp công nghệ số vào hoạt động nghiên cứu và phát triển đã rút ngắn chu kỳ đổi mới, nâng cao khả năng thương mại hóa công nghệ xanh và củng cố vai trò của công nghiệp Hàn Quốc trong hệ sinh thái đổi mới sáng tạo toàn cầu.

Bên cạnh các kết quả về kinh tế và công nghệ, chuyển đổi kép trong phát triển công nghiệp xanh cũng tạo ra tác động tích cực đối với thị trường lao động và xã hội. Việc mở rộng các ngành công nghiệp xanh và số hóa đã góp phần hình thành nhiều việc làm mới, đồng thời thúc đẩy các chương trình đào tạo và nâng cao kỹ năng phù hợp với yêu cầu của nền sản xuất hiện đại. Qua đó, chuyển đổi số và chuyển đổi xanh không chỉ đóng vai trò là động lực tăng trưởng kinh tế mà còn góp phần ổn định xã hội và nâng cao chất lượng nguồn nhân lực trong dài hạn.

Tổng thể, các kết quả đạt được cho thấy việc tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh đã trở thành động lực trung tâm trong quá trình tái cấu trúc và nâng cấp công nghiệp của Hàn Quốc theo hướng phát triển xanh, bền vững. Những thành tựu này phản ánh hiệu quả của cách tiếp cận chính sách tích hợp, trong đó công nghệ số được sử dụng như công cụ then chốt để thúc đẩy xanh hóa công nghiệp, đồng thời tạo nền tảng cho tăng trưởng bền vững và nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia<sup>7</sup>.

**BẢNG 2.3: So sánh các chỉ số chuyển dịch công nghiệp xanh tại Hàn Quốc 2015 – 2024**

<b>Chỉ số phát triển</b>	<b>Đơn vị</b>	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2024</b>
<b>1. Hệ sinh thái Hydrogen</b>				
- Số lượng xe pin nhiên liệu (FCEV)	Xe	29	10.906	~42.000
- Trạm nạp Hydrogen toàn quốc	Trạm	10	70	450

<sup>6</sup> Global Green Growth Institute (2015), *Kinh nghiệm tăng trưởng xanh của Hàn Quốc: quá trình, kết quả và bài học kinh nghiệm*, <https://gggi.org/wp-content/uploads/2019/07/Kinh-nghiem-tang-truong-xanh-Han-Quoc.pdf>

<sup>7</sup> Lee, J., Moon, H., & Kim, Y. (2023), Smart Green Industrial Complexes (SGIC) in Korea: Impact on energy efficiency and carbon reduction. *Energy Policy*, 175, 113482. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113482>

- Công suất phát điện pin nhiên liệu	MW	150	605	1.500
<b>2. Năng lượng tái tạo</b>				
- Tổng công suất lắp đặt (RE)	GW	7.5	20.9	~32.0
- Tỷ trọng trong tổng sản lượng điện	%	3,8%	6,6%	10,5% - 11%
- Công suất điện mặt trời (Solar PV)	GW	3.5	14.5	~25.5
<b>3. Sản xuất công nghiệp xanh</b>				
- Cường độ Carbon ngành thép	\$tCO <sub>2</sub> /t\$	~2.15	~1.95	~1.75
- Số lượng Nhà máy thông minh (Smart Factory)	Nhà máy	~1.200	~19.700	> 30.000
- Tỷ lệ xe xanh (EV/FCEV) trong sản xuất nội địa	%	< 1%	~3,5%	~11%
<b>4. Cơ chế điều tiết</b>				
- Giá Carbon trung bình (K-ETS)	USD/tấn	~10	~25	~35 - 45

*Nguồn:* Tổng hợp từ: Korea Energy Agency (KEA) (2025), *Renewable Energy Statistics Yearbook 2024*. <https://www.energy.or.kr>; Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) (2024), *The 11th Basic Plan for Electricity Supply and Demand (2024-2038)* và H2KOREA (2025), *Hydrogen Industry Statistics - 2024 Q4 Report*

## **2.2. Những hạn chế và thách thức trong chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp xanh của Hàn Quốc**

Mặc dù đạt được nhiều kết quả đáng ghi nhận, quá trình tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh trong phát triển công nghiệp của Hàn Quốc vẫn bộc lộ không ít hạn chế mang tính cơ cấu. Một thách thức nổi bật là “nghịch lý năng lượng” của hạ tầng số, khi chính nền tảng công nghệ phục vụ chuyển đổi số lại tạo ra áp lực mới đối với mục tiêu giảm phát thải. Sự phát triển nhanh của các trung tâm dữ liệu, mạng 5G và hạ tầng tính toán phục vụ trí tuệ nhân tạo đã làm gia tăng mạnh nhu cầu điện năng, trong khi cơ cấu nguồn điện quốc gia vẫn còn phụ thuộc đáng kể vào than đá và khí đốt. Điều này dẫn tới tình trạng tổng phát thải của ngành công nghệ thông tin và dịch vụ số gia tăng, dù hiệu suất sử dụng năng lượng trên mỗi đơn vị dữ liệu có được cải thiện. Thực tế này cho thấy tốc độ chuyển đổi số trong công nghiệp đang vượt trước khả năng xanh hóa nguồn năng lượng đầu vào, làm suy giảm hiệu quả môi trường của chuyển đổi kép<sup>8</sup>.

Một hạn chế mang tính hệ thống khác là khoảng cách lớn về năng lực chuyển đổi giữa các tập đoàn công nghiệp lớn và khu vực doanh nghiệp vừa và nhỏ. Trong khi các tập đoàn chaebol

<sup>8</sup> Institute for Energy Economics and Financial Analysis. (2023), *South Korea's renewable energy growth and grid bottlenecks*. <https://ieefa.org>

có đủ nguồn lực tài chính, công nghệ và nhân lực để đầu tư đồng thời vào nhà máy thông minh và công nghệ sạch, phần lớn doanh nghiệp vừa và nhỏ trong chuỗi cung ứng lại gặp khó khăn trong tiếp cận vốn, công nghệ và kỹ năng số. Chi phí đầu tư ban đầu cao cho các giải pháp “kép” khiến nhiều doanh nghiệp nhỏ bị tụt lại phía sau, làm phát sinh những “điểm nghẽn” trong nỗ lực xanh hóa toàn chuỗi giá trị. Điều này đặc biệt đáng lưu ý bởi mức độ xanh hóa của sản phẩm công nghiệp cuối cùng phụ thuộc chặt chẽ vào năng lực chuyển đổi của toàn bộ mạng lưới nhà cung ứng, không chỉ riêng các doanh nghiệp dẫn dắt.

Bên cạnh đó, sự phụ thuộc kéo dài vào năng lượng hóa thạch và cấu trúc ngành công nghiệp nặng tiếp tục là rào cản lớn đối với quá trình chuyển đổi xanh. Mặc dù tổng phát thải khí nhà kính của Hàn Quốc đã đạt đỉnh và có xu hướng giảm, các ngành công nghiệp nặng như thép, hóa chất và lọc – hóa dầu vẫn chiếm tỷ trọng lớn trong tổng phát thải. Việc giảm phát thải trong các ngành này đòi hỏi chi phí đầu tư rất lớn và công nghệ phức tạp, khiến tiến trình chuyển đổi diễn ra chậm và không đồng đều. Trong bối cảnh đó, các công cụ chính sách như hệ thống giao dịch phát thải đã góp phần tạo động lực giảm phát thải, song hiệu lực ngắn hạn bị hạn chế trong một số giai đoạn do cơ chế phân bổ hạn ngạch còn tương đối rộng, làm suy yếu tín hiệu giá carbon đối với doanh nghiệp công nghiệp.

Một thách thức quan trọng khác liên quan đến hạ tầng năng lượng và khả năng tích hợp năng lượng tái tạo vào hệ thống công nghiệp. Tốc độ gia tăng công suất điện gió và điện mặt trời trong thập kỷ qua không luôn song hành với năng lực truyền tải và lưu trữ, dẫn đến hiện tượng cắt giảm công suất và làm giảm hiệu quả sử dụng nguồn năng lượng sạch. Điều này cho thấy việc chuyển đổi số để tối ưu hóa tiêu thụ năng lượng tại nhà máy chỉ phát huy đầy đủ tác dụng khi được đặt trong một hệ thống năng lượng có mức độ xanh hóa cao và vận hành linh hoạt. Nếu không giải quyết được bài toán ở cấp độ hệ thống điện, các nỗ lực số hóa trong công nghiệp chỉ mang tính cải thiện cục bộ, khó tạo ra thay đổi căn bản về phát thải.

Ngoài các yếu tố về năng lượng và doanh nghiệp, rào cản về chia sẻ và quản trị dữ liệu cũng làm giảm hiệu quả của các mô hình công nghiệp xanh thông minh. Mặc dù Hàn Quốc đã đầu tư xây dựng các nền tảng dữ liệu quy mô lớn phục vụ quản lý năng lượng và phát thải, trên thực tế nhiều doanh nghiệp vẫn e ngại chia sẻ dữ liệu do lo ngại rò rỉ bí mật kinh doanh và thiếu khung pháp lý rõ ràng về quyền sở hữu, bảo mật và khai thác dữ liệu. Điều này hạn chế khả năng tối ưu hóa tài nguyên ở cấp độ liên doanh nghiệp và làm giảm hiệu quả của mô hình cộng sinh công nghiệp số, vốn là một trong những trụ cột của chiến lược xanh hóa công nghiệp<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Ministry of Trade, Industry and Energy (Republic of Korea) (2023), *Performance report on smart factory and smart green industrial complex policies*. MOTIE

Một hạn chế mới nổi nhưng ngày càng đáng chú ý là vấn đề rác thải điện tử và quản lý tài nguyên hiếm phát sinh từ chính quá trình chuyển đổi số và xanh hóa. Sự gia tăng nhanh chóng của thiết bị cảm biến, chip xử lý, pin xe điện và các sản phẩm công nghệ cao đã tạo áp lực lớn lên hệ thống thu hồi và tái chế. Trong khi đó, năng lực tái chế các kim loại hiếm như lithium và cobalt vẫn chưa hoàn thiện, làm đẩy lên nguy cơ chuyển dịch từ ô nhiễm khí thải sang ô nhiễm chất thải rắn và cạn kiệt tài nguyên không tái tạo. Thách thức này cho thấy chuyển đổi kép, nếu thiếu cách tiếp cận vòng đời sản phẩm và kinh tế tuần hoàn, có thể tạo ra những hệ lụy môi trường mới.

Cuối cùng, các yếu tố thể chế và bối cảnh bên ngoài cũng ảnh hưởng không nhỏ đến hiệu quả chuyển đổi kép. Sự biến động chính sách theo chu kỳ chính trị, những gián đoạn do đại dịch COVID-19 và rủi ro địa chính trị trong chuỗi cung ứng toàn cầu đã làm gia tăng bất định đối với các dự án đầu tư dài hạn trong công nghiệp xanh và số. Đồng thời, khoảng trống kỹ năng và sự thiếu đồng bộ trong đào tạo nguồn nhân lực số - xanh làm giảm tốc độ lan tỏa của chuyển đổi trong toàn bộ nền công nghiệp. Những yếu tố này cho thấy chuyển đổi số và chuyển đổi xanh không chỉ là bài toán công nghệ, mà còn là thách thức về quản trị, ổn định chính sách và phát triển bao trùm<sup>10</sup>.

### **3. Bài học cho Việt Nam từ kinh nghiệm của Hàn Quốc**

*Thứ nhất*, Việt Nam cần sớm xác lập cách tiếp cận tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh ở tầm chiến lược quốc gia, coi đây là hai trụ cột hỗ trợ trong tái cơ cấu mô hình tăng trưởng công nghiệp. Kinh nghiệm Hàn Quốc cho thấy hiệu quả chuyển đổi chỉ đạt được khi các mục tiêu số hóa, giảm phát thải và trung hòa carbon được thể chế hóa thống nhất trong các chương trình quốc gia, với vai trò dẫn dắt rõ ràng của Nhà nước và sử dụng đầu tư công như công cụ tạo tín hiệu chính sách để huy động khu vực tư nhân. Đối với Việt Nam, điều này hàm ý cần tránh triển khai chuyển đổi số và chuyển đổi xanh theo hướng phân tán, ngắn hạn hoặc mang tính phong trào, mà phải gắn chặt với chiến lược công nghiệp hóa, hiện đại hóa trong dài hạn.

*Thứ hai*, việc thúc đẩy đổi mới xanh cần được ưu tiên theo mức độ phát thải và vai trò của từng ngành công nghiệp cốt lõi, thay vì áp dụng đồng loạt một mô hình chính sách. Trường hợp Hàn Quốc cho thấy các ngành phát thải lớn như sắt thép, hóa dầu đòi hỏi lộ trình dài hạn, đầu tư công nghệ cao và hỗ trợ mạnh mẽ về tài chính - thể chế, trong khi các ngành như ô tô, thiết bị điện gia dụng, dệt may hay máy móc có thể tạo ra hiệu quả giảm phát thải nhanh hơn thông qua chuyển đổi sản phẩm, cải thiện hiệu suất và xanh hóa chuỗi cung ứng. Đối với Việt Nam, bài học đặt ra là cần phân loại ngành theo cường độ phát thải và khả năng chuyển đổi, từ đó thiết kế

---

<sup>10</sup> KIET (2023), *Smart-Green Industrial Complexes: Policy analysis and implications*. Korea Institute for Industrial Economics & Trade

chính sách linh hoạt, tập trung nguồn lực cho những “điểm nóng” phát thải nhưng đồng thời khai thác các ngành có tiềm năng lan tỏa đổi mới xanh nhanh.

*Thứ ba*, tái cơ cấu công nghiệp gắn với phát triển các ngành công nghệ xanh và công nghiệp hội tụ công nghệ cao là điều kiện then chốt để tạo động lực tăng trưởng mới, thay thế dần mô hình tăng trưởng dựa vào tài nguyên và lao động giá rẻ. Kinh nghiệm Hàn Quốc cho thấy việc đầu tư sớm và có trọng tâm vào hydrogen, năng lượng tái tạo, lưu trữ năng lượng, giao thông xanh và đô thị thông minh không chỉ phục vụ mục tiêu môi trường mà còn mở ra các ngành công nghiệp mũi nhọn có giá trị gia tăng cao. Với Việt Nam, điều này gợi mở yêu cầu gắn chiến lược công nghiệp xanh với chiến lược KHCN và đổi mới sáng tạo, tránh tình trạng “xanh hóa bị động” chỉ để đáp ứng tiêu chuẩn bên ngoài.

*Thứ tư*, đầu tư cho nghiên cứu - phát triển (R&D) và nguồn nhân lực số - xanh đóng vai trò quyết định đối với tính bền vững của chuyển đổi kép. Hàn Quốc duy trì tỷ lệ đầu tư R&D cao và tích hợp mạnh công nghệ số vào quá trình đổi mới công nghệ xanh, qua đó rút ngắn chu kỳ thương mại hóa và nâng cao năng lực cạnh tranh toàn cầu. Bài học đối với Việt Nam là cần coi nghiên cứu - phát triển (R&D) và đào tạo kỹ năng số - xanh không chỉ là chi phí mà là đầu tư chiến lược, đồng thời chú trọng thu hẹp khoảng cách năng lực giữa doanh nghiệp lớn và khu vực doanh nghiệp vừa và nhỏ để tránh đứt gãy chuỗi giá trị trong quá trình chuyển đổi.

*Thứ năm*, cần đặc biệt lưu ý các rủi ro và giới hạn của chuyển đổi kép để thiết kế chính sách phòng ngừa từ sớm. Những thách thức mà Hàn Quốc đang đối mặt - như nghịch lý năng lượng của hạ tầng số, phụ thuộc vào năng lượng hóa thạch, bất cập trong hệ thống điện, rào cản chia sẻ dữ liệu, hay nguy cơ gia tăng rác thải điện tử - cho thấy chuyển đổi số không tự động đồng nghĩa với giảm phát thải. Đối với Việt Nam, đây là bài học quan trọng nhằm tránh lặp lại quỹ đạo “tăng hiệu quả cục bộ nhưng phát thải toàn hệ thống vẫn cao”, đồng thời nhấn mạnh vai trò của cách tiếp cận vòng đời sản phẩm, kinh tế tuần hoàn và quản trị dữ liệu trong phát triển công nghiệp xanh.

#### **4. Kết luận**

Tích hợp chuyển đổi số và chuyển đổi xanh là con đường tất yếu để phát triển công nghiệp xanh, bền vững trong bối cảnh toàn cầu hóa và biến đổi khí hậu. Kinh nghiệm của Hàn Quốc cho thấy chuyển đổi kép có thể trở thành động lực tăng trưởng mới nếu được thiết kế và thực thi một cách nhất quán, đồng bộ và bao trùm. Thành công của Hàn Quốc trong việc giảm cường độ phát thải carbon đồng thời duy trì năng lực sản xuất thông minh đã cung cấp những hàm ý quan trọng cho Việt Nam. Để hiện thực hóa cam kết Net Zero, Việt Nam cần xây dựng một chiến lược công nghiệp xanh mang tính tích hợp, có trọng tâm ngành, gắn với đổi mới sáng tạo và phát triển nguồn nhân lực số - xanh, đồng thời chú trọng giải quyết các rào cản về thể chế, năng lượng và

năng lực doanh nghiệp. Việc vận dụng linh hoạt và phù hợp những bài học này sẽ góp phần giúp Việt Nam thực hiện hiệu quả các cam kết về tăng trưởng xanh, giảm phát thải và nâng cao năng lực cạnh tranh của nền công nghiệp trong giai đoạn phát triển mới.

### **Tài liệu tham khảo**

1. Choi, H., Kang, J., & Shim, S. (2024), Digital twin-driven carbon neutrality strategies in heavy industries: A case study of South Korea. *Journal of Industrial Information Integration*, 37, 100542 - <https://doi.org/10.1016/j.jii.2023.100542>
2. Global Green Growth Institute (2015), *Kinh nghiệm tăng trưởng xanh của Hàn Quốc: quá trình, kết quả và bài học kinh nghiệm*, <https://gggi.org/wp-content/uploads/2019/07/Kinh-nghiem-tang-truong-xanh-Han-Quoc.pdf>
3. Government of the Republic of Korea (2020), *Korean New Deal: National strategy for a great transformation*. Seoul: Ministry of Economy and Finance
4. Institute for Energy Economics and Financial Analysis (2023), *South Korea's renewable energy growth and grid bottlenecks* - <https://ieefa.org>
5. KIET (2023), *Smart-Green Industrial Complexes: Policy analysis and implications*. Korea Institute for Industrial Economics & Trade
6. Lee, J., Moon, H., & Kim, Y. (2023), Smart Green Industrial Complexes (SGIC) in Korea: Impact on energy efficiency and carbon reduction. *Energy Policy*, 175, 113482. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113482>
7. Ministry of Trade, Industry and Energy (Republic of Korea) (2023), *Performance report on smart factory and smart green industrial complex policies*. MOTIE
8. OECD (2021), *Policies for green digital transformation*, OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/1b2b16f5-en>
9. International Energy Agency (2023), *Policies for green digital transformation*, Paris
10. UNIDO (2021), *Industrial Development Report 2020: Industrializing in the Digital Age*, UNIDO
11. World Bank (2020), *World Development Report 2020: Trading for Development in the Age of Global Value Chains*, <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2020>