

NĂNG LỰC TUÂN THỦ VÀ ĐỊNH MỨC PHÁT THẢI (BENCHMARK) CỦA CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP THÂM DỤNG NĂNG LƯỢNG TẠI VIỆT NAM TRƯỚC THÈM THỊ TRƯỜNG CF VARBON

● PHAN TÂM MINH¹ - TRƯƠNG THỊ LAN NHI¹ - VŨ THỊ NGÂN¹ - LÊ PHƯƠNG LINH¹

¹Sinh viên, Đại học Kinh tế Quốc dân

TÓM TẮT:

Nghiên cứu thực hiện phân tích thực trạng công nghệ và định mức phát thải của 3 ngành công nghiệp thâm dụng năng lượng trọng điểm tại Việt Nam là nhiệt điện, sắt thép và xi măng. Trong bối cảnh Việt Nam thực thi cam kết Net Zero và đối mặt với Cơ chế điều chỉnh biên giới carbon (CBAM) của EU, việc xác lập hệ thống điểm chuẩn (Benchmark) đóng vai trò quyết định đến năng lực cạnh tranh quốc gia. Nghiên cứu sử dụng phương pháp nội suy sản lượng thực tế (P) và lượng phát thải (E) từ dữ liệu tiêu thụ năng lượng quy đổi (TOE) để đảm bảo tính khách quan của dữ liệu gốc. Kết quả cho thấy, sự phân hóa mạnh mẽ về hiệu suất giữa các công nghệ, đặc biệt là ưu thế của lò điện hồ quang (EAF) so với lò cao (BF-BOF). Nghiên cứu cũng đề xuất mô hình kiểm tra tuân thủ kiểm soát gian lận và lộ trình thúc đẩy công nghệ tuần hoàn nhằm đảm bảo tính liên chính cho thị trường carbon nội địa.

Từ khoá: thị trường carbon, thâm dụng năng lượng, Net Zero, Benchmark.

1. Đặt vấn đề

Việt Nam đang đứng trước một ngưỡng cửa lịch sử của quá trình chuyển dịch kinh tế khi cam kết đạt mức phát thải ròng bằng "0" (Net Zero) vào năm 2050 đã trở thành kim chỉ nam cho nhiều định hướng phát triển quốc gia. Sự chuyển dịch này không chỉ là một nỗ lực tự thân nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu toàn cầu mà còn là phản

ứng chiến lược trước những thay đổi mạnh mẽ trong cấu trúc thương mại quốc tế, nơi các tiêu chuẩn môi trường đang dần thay thế các hàng rào thuế quan truyền thống. Trong đó, các ngành công nghiệp thâm dụng năng lượng như nhiệt điện, sắt thép và xi măng được xác định là những lĩnh vực trọng điểm trong lộ trình giảm phát thải khí nhà kính. Theo quy định của Luật Bảo vệ môi trường

2020 và các văn bản hướng dẫn thi hành như Nghị định 06/2022/NĐ-CP và Quyết định 01/2022/QĐ-TTg, các cơ sở thuộc các ngành này nằm trong danh mục phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính và từng bước tham gia cơ chế quản lý phát thải cũng như thị trường carbon trong nước.

Một trong những áp lực ngoại cảnh lớn đối với tiến trình giảm phát thải của Việt Nam là Cơ chế điều chỉnh biên giới carbon (CBAM) của Liên minh Châu Âu (EU) khi cơ chế này chính thức bắt đầu vận hành thực tế từ ngày 01/01/2026. CBAM áp dụng đối với các ngành có cường độ phát thải cao như xi măng, sắt thép, nhôm và phân bón, yêu cầu hàng nhập khẩu vào EU phải khai báo lượng phát thải CO₂ nhúng trong sản phẩm và nộp chứng chỉ carbon tương ứng. Điều này tạo ra áp lực đáng kể đối với các doanh nghiệp xuất khẩu của Việt Nam trong việc giảm cường độ phát thải để duy trì khả năng cạnh tranh tại thị trường EU (World Bank Group, 2022).

Để thích ứng, lộ trình triển khai thị trường carbon trong nước đã được Chính phủ phân định rõ ràng.

(1) Giai đoạn 2025 - 2027, tập trung vận hành thí điểm sàn giao dịch với tổng hạn ngạch đã được phê duyệt là 243.082.392 tấn CO₂ cho năm 2025 và 268.391.454 tấn CO₂ cho năm 2026 (Thủ tướng Chính phủ, 2026).

(2) Giai đoạn từ 2028, trở đi sẽ vận hành chính thức và mở rộng phạm vi ngành nghề cho toàn bộ các cơ sở thuộc danh mục kiểm kê khí nhà kính quốc gia (Chính phủ, 2022).

(3) Sau năm 2030, hệ thống sẽ thực hiện hội nhập quốc tế toàn diện thông qua cơ chế Điều chỉnh tương ứng (CA) theo Điều 6 của Thỏa thuận Paris (UNEPCCC, 2025).

Hệ thống pháp lý phục vụ cho lộ trình này đã được kiện toàn qua 3 văn bản trọng tâm: (i) Nghị định 06/2022/NĐ-CP đã tạo lập khung pháp lý sơ khai về giảm nhẹ phát thải khí nhà kính; (ii) Nghị định 119/2025/NĐ-CP ngày 9/6/2025 đã cụ thể hóa các quy định về phân bổ hạn ngạch và thiết lập Hệ thống đăng ký quốc gia; (iii) Quyết định 263/QĐ-TTg ngày 9/2/2026 chính thức ấn định trần phát thải cho 110 cơ sở trọng điểm đầu tiên, buộc

các nhà máy phải bắt đầu kỷ nguyên quản trị bằng hạn ngạch, nơi mỗi tấn khí thải đều mang giá trị tài chính thực thụ.

2. Phương pháp nghiên cứu

Trong lĩnh vực quản trị carbon, tính toàn vẹn của dữ liệu là cốt lõi vì các doanh nghiệp thường có xu hướng báo cáo sai lệch sản lượng nhằm tối thiểu hóa chi phí tuân thủ. Để loại bỏ tính chủ quan, nghiên cứu ứng dụng phương pháp nội suy dựa trên Nguyên tắc Một nguồn dữ liệu gốc duy nhất (Single Source of Truth - SSOT) từ tổng tiêu thụ năng lượng quy đổi (TOE). Dữ liệu đầu vào được thu thập từ báo cáo kiểm kê năng lượng của 266 cơ sở trọng điểm theo danh mục cập nhật tại Quyết định số 13/2024/QĐ-TTg. Quy trình xử lý dữ liệu được thiết kế chặt chẽ qua 3 cấp độ logic.

(1) Tính toán lượng phát thải thực tế (E) dựa trên phương pháp luận của GHG Protocol thông qua công thức:

$$E = \sum (TOE \times EF) \text{ (Đơn vị: tCO}_2\text{)}$$

Dữ liệu hoạt động (được bóc tách từ TOE thành các nguồn nhiên liệu vật lý và điện lưới điện theo ma trận trọng số đặc thù của từng lĩnh vực.

Trong đó, hệ số phát thải (EF) được hệ thống tự động truy xuất từ cơ sở dữ liệu quốc gia theo danh mục do Bộ Nông nghiệp và Môi trường công bố. Cách tiếp cận này đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu tối đa các rủi ro sai sót phát sinh từ quá trình nhập liệu thủ công, đồng thời đảm bảo tính thống nhất và chuẩn hóa về dữ liệu phát thải giữa các cơ sở khác nhau trong cùng một lĩnh vực sản xuất trên toàn hệ thống.

(2) Thực hiện truy xuất ngược sản lượng thực tế nội suy (P) thông qua chỉ số Định mức tiêu hao năng lượng (SEC) theo công thức

$$P = \frac{TOE_{tổng\ hợp} \times 41.868}{SEC_{lĩnh\ vực}} \text{ (Đơn vị: Tấn/MWh)}$$

Trong công thức này, SEC đóng vai trò là biến số chuyển đổi hiệu suất, cho phép hệ thống tự động kiểm chứng tính xác thực của sản lượng dựa trên khối lượng năng lượng thực tế mà doanh nghiệp đã tiêu thụ.

(3) Tính toán cường độ phát thải trung bình có trọng số.

Định mức chuẩn (B) được tính toán bằng cách tổng hợp lượng phát thải của toàn bộ các nhà máy trong cùng một nhóm công nghệ, sau đó chia cho tổng sản lượng thực tế của nhóm đó.

$$B = \frac{\sum E}{\sum P} \text{ (Đơn vị tCO}_2\text{/tấn hoặc tCO}_2\text{/MWh)}$$

Việc sử dụng mức trung bình ngành làm Benchmark cho giai đoạn khởi đầu giúp Chính phủ Việt Nam thiết lập được một mốc tham chiếu thực tế, phản ánh đúng trình độ giai đoạn tiếp theo.

Việc sử dụng logic nội suy này mang lại 3 lợi ích cốt lõi cho mô hình quản lý quốc gia:

(i) Nó tạo ra một chốt chặn kỹ thuật vững chắc vì dữ liệu tiêu thụ điện và than là dữ liệu khó làm giả nhất do có sự đối soát trực tiếp từ hóa đơn tài chính của các đơn vị cung ứng năng lượng;

(ii) Phương pháp này cho phép hệ thống tự động phát hiện nghi vấn gian lận nếu doanh nghiệp báo cáo sản lượng tăng đột biến nhưng mức tiêu thụ năng lượng không có sự gia tăng tương ứng;

(iii) Các định mức Benchmark được tính toán từ dữ liệu nội suy này đảm bảo độ tin cậy cao nhất khi thực hiện các bút toán Điều chỉnh tương ứng với các đối tác quốc tế theo Điều 6.2 của Thỏa thuận Paris (UNEPCCC, 2025).

3. Thực trạng hiệu suất công nghệ

Phân tích thực trạng công nghệ của 266 cơ sở công nghiệp nặng thuộc 3 ngành lĩnh vực trọng điểm bộc lộ một bức tranh phân hóa sâu sắc.

3.1. Lĩnh vực sản xuất nhiệt điện

Nhiệt điện là một trong những ngành có cường

độ phát thải lớn trong nhóm các ngành công nghiệp thâm dụng năng lượng. Mặc dù chỉ chiếm 33 cơ sở trong mẫu nhưng tổng lượng phát thải thực tế đạt tới 113,6 triệu tấn CO₂, chiếm gần 70% tổng phát thải của toàn bộ mẫu nghiên cứu. Đặc điểm của ngành này được thể hiện qua 3 khía cạnh chính.

Thứ nhất, các nhà máy chủ yếu sử dụng than loại 5, 6 có hệ số phát thải rất cao để đảm bảo an ninh năng lượng quốc gia.

Thứ hai, phần lớn các tổ máy vẫn đang vận hành ở trình độ công nghệ cận tới hạn dẫn đến mức Benchmark tính toán đạt ngưỡng 1,002 tCO₂/MWh, thuộc nhóm cao trên thế giới.

Thứ ba, sự tồn tại của các nhà máy công nghệ cũ này là thách thức lớn nhất cho cam kết giảm phát thải đỉnh của ngành Điện theo lộ trình JETP.

3.2. Lĩnh vực sản xuất sắt thép

Đối với sản xuất sắt thép, công nghệ sản xuất đóng vai trò quyết định đến năng lực tuân thủ carbon. Kết quả so sánh giữa hai dòng công nghệ chủ đạo bộc lộ sự khác biệt rõ rệt.

Thứ nhất, công nghệ lò cao (BF-BOF) sử dụng than cốc làm tác nhân khử có cường độ carbon rất cao với mức Benchmark đạt 0,405 tCO₂/tấn.

Thứ hai, công nghệ lò điện hồ quang (EAF) sử dụng điện năng và thép phế liệu thể hiện ưu thế xanh vượt trội khi mức Benchmark chỉ còn 0,269 tCO₂/tấn, thấp hơn 33,6% so với lò cao.

Thứ ba, mặc dù EAF xanh hơn về cường độ phát thải nhưng tổng phát thải tuyệt đối của nhóm này tại Việt Nam vẫn cao do quy mô lớn và sự phụ thuộc vào hệ số phát thải của lưới điện quốc gia. (Bảng 1)

Bảng 1. So sánh định mức phát thải (Benchmark) giữa công nghệ BF-BOF và EAF trong ngành Thép

Chỉ số so sánh	Công nghệ BF-BOF	Công nghệ EAF	Ý nghĩa chính sách
Nguồn nguyên liệu chính	Quặng sắt, than cốc	Thép phế liệu, điện năng	EAF thúc đẩy kinh tế tuần hoàn.
Mức Benchmark (B)	0,405 tCO ₂ /tấn	0,269 tCO ₂ /tấn	Chênh lệch 33,6% về hiệu suất môi trường.
Áp lực tuân thủ CBAM	Rất cao	Trung bình	Cần ưu tiên chuyển đổi công nghệ.

Nguồn: Tổng hợp số liệu tính toán từ mẫu 266 cơ sở (Nhóm nghiên cứu tổng hợp)

3.2. Lĩnh vực sản xuất xi măng

Trong lĩnh vực xi măng, mức Benchmark trung bình được xác lập là 0,358 tCO₂/tấn clinker. Phân tích dài dữ liệu cho thấy sự bất bình đẳng lớn về trình độ công nghệ.

Thứ nhất, nhóm 10% dẫn đầu đã đạt mức hiệu suất xanh chỉ khoảng 727 kg tCO₂/tấn nhờ tích hợp hệ thống thu hồi nhiệt dư (Xi măng Việt Nam, 2022).

Thứ hai, nhóm doanh nghiệp lạc hậu vẫn duy trì mức phát thải trên 1.000 kg tCO₂/tấn.

Thứ ba, việc hệ thống VCR áp dụng mức chuẩn 0,358 tCO₂/tấn sẽ tạo ra một áp lực nợ carbon trực tiếp, buộc các doanh nghiệp lạc hậu phải đầu tư đổi mới công nghệ hoặc chấp nhận rời bỏ thị trường khi giá carbon tăng cao sau năm 2028.

4. Khuyến nghị và hàm ý chính sách

Từ kết quả phân tích thực trạng nêu trên, có thể thấy sự phân hóa sâu sắc về công nghệ giữa các cơ sở trong cùng một ngành không chỉ tạo ra sự bất bình đẳng trong nghĩa vụ giảm phát thải mà còn tiềm ẩn rủi ro lớn về tính liên chính của dữ liệu khi thị trường carbon chính thức vận hành. Trong bối cảnh các rào cản kỹ thuật như CBAM ngày càng thắt chặt, việc duy trì các công nghệ cũ không chỉ là gánh nặng về môi trường mà còn là một rủi ro tài chính trực tiếp đối với doanh nghiệp. Ngoài ra, khi hạn ngạch phát thải trở thành tài sản tài chính có giá trị cao, rủi ro gian lận dữ liệu trở thành thách thức lớn đối với sự liên chính của toàn thị trường (World Bank, 2021).

Do đó, để chuyển đổi những thách thức này thành cơ hội tái cấu trúc nền công nghiệp theo hướng xanh và bền vững, việc thiết lập một khung khổ quản trị dựa trên các tiêu chuẩn kỹ thuật minh bạch và lộ trình chính sách nhất quán trở thành yêu cầu cấp thiết. Dựa trên những phân tích định lượng về định mức phát thải và thực trạng hiệu suất tại Việt Nam, bài báo đề xuất các nhóm giải pháp trọng tâm nhằm kiện toàn năng lực tuân thủ và thúc đẩy chuyển đổi công nghệ tuần hoàn.

4.1. Kiểm tra tuân thủ

Mô hình kiểm tra tuân thủ là bộ lọc sai số hay còn gọi là độ không chắc chắn (UE), được tính

toán theo phương pháp lan truyền sai số của IPCC để đánh giá dữ liệu các doanh nghiệp nộp lên có đủ tin cậy hay không. Hệ thống yêu cầu doanh nghiệp khai báo sai số của các thiết bị đo (đồng hồ điện, cân nhiên liệu, cảm biến CEMS). Dựa vào phương pháp lan truyền sai số của IPCC, hệ thống tự động tính ra chỉ số UE tổng hợp cho toàn bộ báo cáo phát thải.

Quy tắc phát hiện:

(1) Nếu $UE \leq 10\%$: Báo cáo được chấp nhận đưa vào quy trình phân bổ hạn ngạch.

(2) Nếu $UE > 10\%$: Hệ thống tự động từ chối báo cáo. Doanh nghiệp buộc phải giải trình hoặc kiểm định lại thiết bị đo trước khi được phép nộp lại.

4.2. Kiểm soát gian lận

Mô hình kiểm tra gian lận dựa chỉ số cường độ phát thải năng lượng thực tế (EAI), được tính bằng cách lấy lượng khí thải đã thẩm định chia cho sản lượng thực tế. Dựa trên thực tế vận hành công nghiệp, nhóm nghiên cứu thiết lập ngưỡng cảnh báo sai lệch là 10%. Quy trình phát hiện và xử lý

(1) *Đối soát tự động*: Hệ thống lấy chỉ số của doanh nghiệp so sánh với mức Benchmark (B) của ngành.

(2) *Gán nhãn*: Nếu độ lệch $|EAI - B| > 15\%$, hệ thống tự động gắn nhãn "Red Flag" mức độ trung bình hoặc cao tùy thuộc vào biên độ lệch.

(3) *Xử lý*: Các hồ sơ bị gắn nhãn "Red Flag" sẽ không được duyệt phân bổ tự động mà chuyển sang quy trình "Thẩm định chuyên sâu". Cơ quan quản lý sẽ yêu cầu doanh nghiệp cung cấp hóa đơn năng lượng và chứng từ sản lượng đối soát.

4.3. Các chính sách thúc đẩy công nghệ tuần hoàn và chuẩn hóa thiết bị quan trắc liên tục (CEMS)

Năng lực tuân thủ của các ngành công nghiệp nặng Việt Nam phụ thuộc trực tiếp vào tính minh bạch của hạ tầng dữ liệu và tốc độ chuyển đổi công nghệ. Để bảo vệ lợi ích quốc gia và vượt qua các rào cản quốc tế, nghiên cứu đề xuất 3 nhóm giải pháp trọng tâm.

Thứ nhất, về thúc đẩy công nghệ tuần hoàn.

Chính phủ cần ưu tiên khuyến khích đầu tư vào

hệ thống phát điện tận dụng nhiệt dư (WHR) để giảm cường độ carbon tại nguồn trong ngành xi măng và sắt thép. Các dự án WHR cần được xác nhận là dự án tạo tín chỉ carbon nội địa để doanh nghiệp có thể bán bù trừ trên sàn giao dịch (CIC, 2026). Đối với ngành thép, cần xây dựng cơ chế tín dụng xanh hỗ trợ lộ trình chuyển đổi từ lò cao (BF-BOF) sang lò điện hồ quang (EAF) kết hợp sử dụng thép phế liệu tuần hoàn.

Thứ hai, về chuẩn hóa hạ tầng giám sát.

Cần ban hành bộ tiêu chuẩn kỹ thuật thống nhất (chuẩn DES) để kết nối trực tiếp thiết bị quan trắc khí thải tự động (CEMS) tại các ống khói nhà máy với Hệ thống đăng ký quốc gia (VCR). Việc chuyển dịch sang hệ thống dMRV tích hợp Blockchain là yêu cầu bắt buộc để dữ liệu phát thải không thể bị tẩy xóa, giúp hàng hóa Việt Nam vượt qua rào cản kỹ thuật của CBAM và các tiêu chuẩn ISO 14064 (SGS, 2026).

Thứ ba, về hoàn thiện thể chế và lộ trình thực thi.

(1) Giai đoạn thí điểm 2026 - 2027 cần áp dụng mức thắt chặt hạn ngạch vừa phải (như kịch bản hệ số T dao động từ 1,06 đến 1,12) để doanh nghiệp thích nghi với quản trị tài sản carbon.

(2) Từ sau năm 2028, các định mức Benchmark cần được siết chặt tiệm cận với nhóm 10% doanh nghiệp tốt nhất (Best-in-class) để tạo ra tín hiệu giá carbon đủ mạnh, thúc đẩy sự thay đổi thực chất trong cấu trúc công nghệ của nền kinh tế.

(3) Đồng thời, cần khẩn trương luật hóa hạn ngạch phát thải là một loại "quyền tài sản" trong Bộ luật Dân sự để bảo vệ quyền sở hữu cho doanh nghiệp và tạo hành lang cho các hoạt động tài chính liên quan như thế chấp hay vay vốn xanh.

5. Kết luận

Nghiên cứu phân tích cường độ phát thải của các ngành trọng điểm nhằm xây dựng hệ thống benchmark phục vụ quản lý carbon. Kết quả cho thấy, sự khác biệt đáng kể về hiệu suất phát thải giữa các công nghệ sản xuất, qua đó cung cấp cơ sở tham chiếu cho quá trình vận hành thị trường carbon và chuyển dịch sang nền kinh tế phát thải thấp.

Việc xây dựng hệ thống định mức phát thải khoa học cùng cơ chế giám sát minh bạch có thể góp phần biến các rào cản carbon quốc tế thành động lực thúc đẩy tái cấu trúc các ngành công nghiệp thâm dụng năng lượng tại Việt Nam theo hướng bền vững.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

Bộ Công Thương (2023). Quy hoạch phát triển điện lực quốc gia thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 chính thức được phê duyệt. Truy cập tại: <https://moit.gov.vn/tin-tuc/hoat-dong/quy-hoach-phat-trien-dien-luc-quoc-gia-thoi-ky-2021-2030-tam-nhin-den-nam-2050-chinh-thuc-duoc-phe-duyet.html>

Chính phủ (2022). Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/01/2022 quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn.

Chính phủ (2025). Nghị định số 119/2025/NĐ-CP ngày 9/6/2025 sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 06/2022/NĐ-CP ngày 7/01/2022 của Chính phủ quy định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và bảo vệ tầng ô-dôn.

Thủ tướng Chính phủ (2024). Quyết định số 13/2024/QĐ-TTg ngày 13/8/2024 ban hành danh mục lĩnh vực, cơ sở phát thải khí nhà kính phải thực hiện kiểm kê khí nhà kính (cập nhật).

Thủ tướng Chính phủ (2026). Quyết định số 263/QĐ-TTg ngày 9/2/2026 phê duyệt tổng hạn ngạch phát thải khí nhà kính thí điểm cho năm 2025 - 2026.

European Commission. Carbon Border Adjustment Mechanism. Directorate-General for Taxation and Customs Union. Available at https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en

GHG Protocol. Corporate Accounting and Reporting Standard. World Resources Institute & WBCSD. Available at <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>.

IPCC (2019). 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/index.html>

UNFCCC (2025). Operationalizing Article 6.2 of the Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change. Available at <https://unfccc.int/topics/mitigation/article-6-2>

World Bank (2021). State and Trends of Carbon Pricing 2021. Washington, DC: World Bank. Available at <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35620>

World Bank Group. (2022). Vietnam country climate and development report (pp. 51–53). World Bank. Available at http://vepg.vn/wp-content/uploads/2022/07/CCDR-Full-report_01.07_FINAL-1.pdf

Ngày nhận bài: 5/01/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/01/2026

Ngày chấp nhận đăng bài: 6/02/2026

EMISSION COMPLIANCE AND BENCHMARKING OF VIETNAM’S ENERGY-INTENSIVE INDUSTRIES IN THE CONTEXT OF THE EMERGING CARBON MARKET

- **PHAN TAM LINH¹**
- **TRUONG THI LAN NHI¹**
- **VU THI NGAN¹**
- **LE PHUONG LINH¹**

¹Student, National Economics University

ABSTRACT:

This study examines the current technological landscape and emission intensities of three energy-intensive sectors in Vietnam: Thermal Power, Iron and Steel, and Cement. Against the backdrop of Vietnam’s Net Zero commitment and the EU’s Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), establishing a robust benchmarking system is pivotal for national competitiveness. The study applies an interpolation method using actual output (P) and emissions (E) derived from converted energy consumption data (TOE) to ensure the objectivity of the data. The findings reveal substantial performance disparities among technologies, notably the superior efficiency of Electric Arc Furnaces (EAF) compared to Blast Furnace–Basic Oxygen Furnace (BF-BOF) systems. Additionally, the study introduces a compliance monitoring framework to mitigate fraudulent reporting and outlines a roadmap for advancing circular technologies to safeguard the integrity of Vietnam’s domestic carbon market.

Keywords: carbon market, energy intensity, Net Zero, Benchmarking.