

PHÂN TÍCH EPD TẤM THẠCH CAO PHỤC VỤ XÂY DỰNG TIÊU CHUẨN EPD VIỆT NAM ANALYSIS OF GYPSUM BOARD ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATIONS (EPDs) FOR DEVELOPING VIETNAM'S EPD STANDARDS

TRẦN PHƯƠNG^{a,*}, LÊ HOÀNG HÀ^b, NGUYỄN THÙY TRANG^a, NGUYỄN THỊ PHƯỢNG^a

^aViện Khoa học công nghệ xây dựng

^bCông ty TNHH Knauf Việt Nam

*Tác giả đại diện: Email: tranphuong@gmail.com

Ngày nhận 27/5/2026, Ngày sửa 07/8/2026, Chấp nhận 11/8/2026

<https://doi.org/10.59382/j-ibst.2026.vi.vol3-8>

Tóm tắt: Công bố môi trường sản phẩm theo TCVN ISO 14025 và BS EN 15804+A2 là công cụ quan trọng để minh bạch hóa tác động môi trường của vật liệu xây dựng và cung cấp dữ liệu đầu vào cho đánh giá vòng đời công trình theo BS EN 15978. Nghiên cứu này tổng hợp, chuẩn hóa và phân tích đối sánh 35 EPD của tấm thạch cao, gồm 11 EPD sản xuất tại Việt Nam và 24 EPD quốc tế. Các mô-đun A1-A3, A4, A5, C1-C4 và D được xem xét theo đơn vị công bố 1 m² sản phẩm. Đồng thời, nghiên cứu phân tích khối lượng tấm trên một đơn vị diện tích, biểu thị bằng kg vật liệu/m² sản phẩm, để phân biệt ảnh hưởng của lượng vật liệu sử dụng với ảnh hưởng của công nghệ sản xuất, chức năng sản phẩm và kịch bản cuối vòng đời. Kết quả cho thấy nhiều sản phẩm Việt Nam có tiềm năng âm lên toàn cầu (Global warming potential - GWP) ở A1-A3 thấp hơn hoặc xấp xỉ trung vị của quốc tế, nhưng kết luận toàn vòng đời thay đổi đáng kể khi giả định về C3, C4 và D thay đổi. Từ kết quả đối sánh, nghiên cứu đề xuất các yêu cầu cần xem xét khi xây dựng tiêu chuẩn EPD cho vật liệu thạch cao tại Việt Nam.

Từ khóa: EPD; LCA; tấm thạch cao; vật liệu xây dựng tái chế.

Abstract: Environmental Product Declarations (EPDs), developed in accordance with TCVN ISO 14025 and BS EN 15804+A2, are important tools for improving the transparency of environmental impacts associated with construction materials and for providing input data for building life cycle assessment under BS EN 15978. This study compiles, normalizes, and comparatively analyzes 35 gypsum board EPDs, including 11 EPDs for products manufactured in Viet Nam and 24 international EPDs. The modules A1-A3, A4, A5, C1-C4, and D are analyzed using the declared unit of 1 m² of product. In addition, the board mass per unit area, expressed as kilograms of material per square metre

of product (kg of material/m² of product), is examined to distinguish the effect of material quantity from the effects of production technology, product function, and end-of-life scenarios. The results show that many Vietnamese products have global warming potential (GWP) values for A1-A3 lower than or close to the international median, but whole-life conclusions change significantly when assumptions concerning C3, C4, and D change. Based on the comparative results, the study proposes requirements to be considered when developing EPD standards for gypsum materials in Viet Nam.

Keywords: EPD; LCA; gypsum board; recycled construction materials

1. Giới thiệu

1.1 Bối cảnh và vấn đề nghiên cứu

Trong lộ trình giảm phát thải khí nhà kính của ngành xây dựng, thông tin về tác động môi trường của vật liệu ngày càng có vai trò quan trọng. Khi các yêu cầu về hiệu quả năng lượng trong giai đoạn vận hành được cải thiện, phát thải từ vật liệu, vận chuyển, thi công, thay thế và xử lý cuối vòng đời trở thành một cấu phần cần được xem xét trong đánh giá công trình [1], [2]. Đối với nhóm vật liệu hoàn thiện và bao che nhẹ, tấm thạch cao được sử dụng rộng rãi trong hệ tường, trần và vách ngăn, vì vậy là nhóm sản phẩm cần được xem xét khi xây dựng dữ liệu EPD.

Công bố môi trường sản phẩm (EPD) được xây dựng trên cơ sở đánh giá vòng đời theo TCVN ISO 14040:2009 [3], TCVN ISO 14044:2012 [4] và các yêu cầu đối với chương trình EPD theo TCVN ISO 14025 [5]. Đối với sản phẩm xây dựng, các quy tắc cốt lõi được quy định tại ISO 21930 và BS EN 15804+A2 [7], [8]; dữ liệu EPD được sử dụng làm đầu vào cho đánh giá vòng đời công trình theo BS EN 15978 [9]. Tuy nhiên, tính hữu dụng của EPD phụ thuộc lớn vào cách đọc dữ liệu. Một giá trị GWP tính theo 1 m² chỉ phản ánh điều kiện sản xuất, dữ liệu

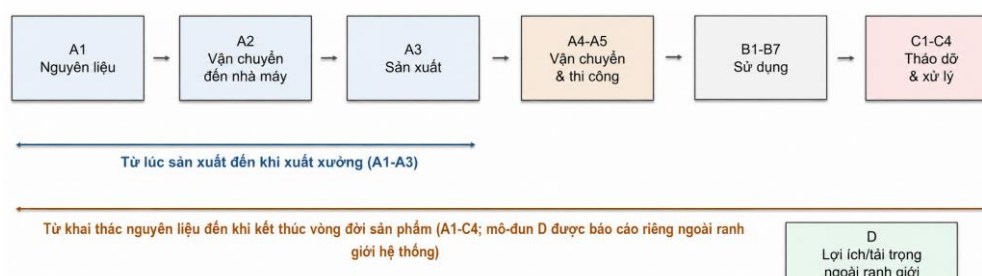
nền và kích bản vòng đời đã khai báo trong EPD; giá trị đó không tự động đại diện cho thị trường hoặc các dự án.

Đối với sản phẩm thạch cao, PCR 2019:14 và c-PCR-031 quy định bổ sung các yêu cầu về phạm vi, đơn vị công bố, kích bản và nội dung dữ liệu [10], [11]. Do các EPD trong tập dữ liệu được công bố ở các thời điểm khác nhau, nghiên cứu ghi nhận riêng phiên bản ISO 14025, BS EN 15804, PCR và c-PCR áp dụng cho từng EPD để tránh đối sánh sai giữa các thể hệ quy tắc.

Chất lượng dữ liệu đánh giá vòng đời (LCA) cần được xem xét theo mức độ đại diện về thời gian, công nghệ và địa lý [12]. Đối với Việt Nam, vấn đề đặt ra không chỉ có thêm EPD cho vật liệu xây dựng, mà còn xây dựng cách diễn giải và yêu cầu dữ liệu phù hợp với điều kiện trong nước. Sự khác biệt về điện lưới, nhiên liệu sấy, cự ly vận chuyển, thực hành thi công, tỷ lệ hao hụt, hạ tầng phân loại chất thải và thị trường tái chế có thể làm thay đổi đáng kể kết quả LCA. Vì vậy, EPD quốc tế đối với sản phẩm thạch cao nên được sử dụng như dữ liệu tham chiếu có điều kiện, thay vì thay thế hoàn toàn dữ liệu sản phẩm và dữ liệu nền trong nước.

1.2 Mục tiêu và phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu so sánh dữ liệu EPD của sản phẩm tấm thạch cao trong nước và quốc tế, từ đó rút ra các nhận xét về xu hướng GWP theo mô-đun vòng đời, vai trò của khối lượng kg/m^2 , mức độ nhạy của giai đoạn cuối vòng đời và những nội dung cần xem xét khi xây dựng tiêu chuẩn EPD tại Việt Nam. Trọng tâm của bài báo không phải là xếp hạng tuyệt đối giữa các thương hiệu, mà là phân tích cấu trúc dữ liệu và điều kiện tạo ra kết quả EPD.



Hình 1. Ranh giới mô-đun vòng đời theo BS EN 15804+A2 và vị trí của phạm vi toàn bộ vòng đời sản phẩm từ khai thác nguyên liệu đến xử lý cuối vòng đời

2.2 Các yếu tố chi phối kết quả EPD thạch cao

Tấm thạch cao là vật liệu dạng tấm có cấu tạo điển hình gồm lõi thạch cao, giấy bọc và phụ gia chức

Phạm vi dữ liệu gồm 35 EPD tấm thạch cao, trong đó có 11 EPD sản xuất tại Việt Nam và 24 EPD quốc tế. Nhóm Việt Nam bao gồm 11 EPD của các công ty tại Việt Nam; nhóm quốc tế gồm một số EPD tại châu Âu, Anh, Úc, Thái Lan, Mexico, UAE và dữ liệu công bố toàn cầu. Các kết quả được chuẩn hóa theo đơn vị công bố tính theo 1 m^2 , đồng thời được diễn giải bổ sung bằng kg/m^2 để làm rõ khác biệt giữa tấm mỏng, tấm nhẹ, tấm tiêu chuẩn, tấm chống ẩm và tấm chống cháy.

2. Cơ sở lý thuyết và cách đọc EPD tấm thạch cao

2.1 Cấu trúc mô-đun theo BS EN 15804+A2

BS EN 15804+A2 chia vòng đời sản phẩm xây dựng thành các mô-đun A1-A3, A4-A5, B1-B7, C1-C4 và D [8]. Trong đó, A1-A3 tương ứng với phạm vi giai đoạn sản phẩm trước khi rời khỏi nhà máy, bao gồm khai thác và cung cấp nguyên liệu, vận chuyển nguyên liệu đến nhà máy và quá trình sản xuất. A4-A5 thể hiện vận chuyển sản phẩm đến công trường và lắp đặt. C1-C4 phản ánh tháo dỡ, vận chuyển chất thải, xử lý để tái sử dụng hoặc tái chế và xử lý thải cuối cùng. Mô-đun D được báo cáo riêng, thể hiện lợi ích hoặc tải trọng ngoài ranh giới hệ thống do tái sử dụng, tái chế hoặc thu hồi năng lượng.

Cách phân tách này đặc biệt quan trọng đối với tấm thạch cao. Nếu chỉ xem A1-A3, kết quả chủ yếu phản ánh nguồn nguyên liệu, điện, nhiên liệu sấy và hiệu suất sản xuất. Nếu mở rộng đến C1-C4, kết quả phụ thuộc thêm vào khả năng tháo dỡ, phân loại, tái chế hoặc chôn lấp. Do đó, hai sản phẩm có cùng GWP A1-A3 có thể cho kết luận khác nhau ở cấp công trình nếu kích bản cuối vòng đời khác nhau.

năng. Các nghiên cứu LCA về tấm thạch cao và sản xuất thạch cao cho thấy kết quả môi trường chịu ảnh hưởng bởi nguồn thạch cao, quá trình nung - sấy,

khối lượng trên đơn vị diện tích, giấy bọc, phụ gia chức năng và tỷ lệ vật liệu thứ cấp [13–15]. Vì vậy, GWP A1-A3 của tấm chống cháy, tấm mật độ cao hoặc sản phẩm có tính năng đặc biệt cần được đánh giá trong quan hệ với khối lượng và chức năng kỹ thuật của sản phẩm.

Một điểm cần nhấn mạnh là đơn vị công bố 1 m² phù hợp với thiết kế và bóc tách khối lượng công trình, nhưng chưa đủ để giải thích toàn bộ khác biệt môi trường của vật liệu dạng tấm. Khối lượng kg/m² ảnh hưởng trực tiếp đến lượng nguyên liệu cần xử lý, năng lượng sấy, khối lượng vận chuyển và lượng chất thải cuối vòng đời. Vì vậy, khi đối sánh EPD tấm thạch cao, cần đọc đồng thời GWP/m² và kg/m²; nếu

không, lợi thế do giảm lượng vật liệu có thể bị hiểu nhầm là hiệu quả công nghệ trong mọi trường hợp.

Đối với giai đoạn cuối vòng đời, các nghiên cứu về tái chế tấm thạch cao cho thấy hiệu quả thu hồi phụ thuộc vào tháo dỡ, phân loại và chất lượng dòng thải; tấm lấn sơn, bột xử lý mối nối, vít, giấy hoặc tạp chất làm giảm khả năng tái chế [16], [17]. C3 chỉ có ý nghĩa khi có dòng thải đủ sạch để xử lý và tái chế; C4 phụ thuộc vào phương thức chôn lấp, xử lý giấy bọc và đặc tính của bãi thải. Mô-đun D chỉ nên được xem là thông tin bổ sung về tiềm năng thay thế nguyên liệu nguyên sinh sau điểm kết thúc trạng thái chất thải (end-of-waste), không nên cộng trực tiếp vào tổng GWP chính để làm giảm kết quả công bố.

Bảng 1. Các lớp thông tin tối thiểu cần kiểm tra khi diễn giải EPD tấm thạch cao

Lớp thông tin	Ý nghĩa khi đọc EPD thạch cao	Rủi ro nếu bỏ qua
PCR và phiên bản EN 15804+A2	Xác định bộ quy tắc, chỉ số và ranh giới hệ thống.	So sánh sai giữa EPD khác thể hệ PCR hoặc khác phạm vi.
Đơn vị công bố, kg/m ²	Làm rõ phát thải trên 1 m ² và lượng vật liệu thực tế.	Đọc nhầm tấm nhẹ, tấm mỏng và tấm chức năng cao như cùng điều kiện.
A1-A3	Phản ánh nguồn nguyên liệu, điện, nhiên liệu và sản xuất.	Không nhận diện được điểm nóng sản xuất.
A4-A5	Phụ thuộc vận chuyển, cự ly công trường và hao hụt thi công.	Đánh giá thấp phát thải vận chuyển và chất thải lấp đặt.
C3-C4 và D	Phản ánh tái chế, chôn lấp và lợi ích ngoài ranh giới.	Kịch bản quá lạc quan hoặc cộng trừ sai mô-đun D.

3. Dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

3.1 Tập dữ liệu và nguyên tắc chuẩn hóa

Tập dữ liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm 35 EPD tấm thạch cao có đơn vị công bố 1 m². Các EPD được phân nhóm theo khu vực địa lý, nhà sản xuất, loại sản phẩm và mức độ đầy đủ của mô-đun vòng đời. Đối với nhóm Việt Nam, dữ liệu bao gồm các sản phẩm của các nhóm Local Manufacturer 1 (LM1) và Local Manufacturer 2 (LM2). Đối với nhóm quốc tế, dữ liệu được sử dụng như tập đối sánh nhằm xác định khoảng giá trị tham chiếu, không dùng để thay thế trực tiếp dữ liệu trong nước.

Để bảo đảm khả năng truy xuất, bảng dữ liệu nghiên cứu ghi nhận số đăng ký, phiên bản, ngày truy cập, đơn vị công bố và phạm vi mô-đun của từng EPD. Toàn bộ nhóm sản phẩm sản xuất tại Việt Nam được dẫn tại [18], [19]. Các sản phẩm quốc tế được lựa chọn làm ví dụ trực tiếp trong Hình 3, gồm Pro HD, Fire Resistant, Gyproc FireLine, Shaftliner và Easy Finish MR, được dẫn tại [20–24]. Các tài liệu này được sử dụng để kiểm tra số đăng ký, phạm vi

địa lý, PCR, đơn vị công bố và các mô-đun báo cáo; danh mục đầy đủ 35 EPD được quản lý trong bảng dữ liệu nghiên cứu.

Các giá trị GWP được đọc theo mô-đun A1-A3, A4, A5, C1-C4 và D. Khi EPD không công bố đầy đủ một mô-đun, dữ liệu chỉ được sử dụng trong phần phân tích có phạm vi tương ứng và không dùng để kết luận tổng vòng đời. Cách tiếp cận này nhằm giảm rủi ro so sánh sai giữa EPD có phạm vi giai đoạn sản phẩm trước khi rời khỏi nhà máy, phạm vi từ khai thác nguyên liệu đến khi kết thúc vòng đời sản phẩm hoặc các kịch bản cuối vòng đời khác nhau.

Nghiên cứu ưu tiên sử dụng trung vị thay cho giá trị trung bình trong phân tích theo khu vực, vì tập dữ liệu có số lượng không đồng đều giữa các vùng và có thể xuất hiện các giá trị ngoại lai do sản phẩm chuyên dụng hoặc do giả định cuối vòng đời. Các biểu đồ được xây dựng để nhận diện xu hướng chính, không tạo tuyên bố so sánh tuyệt đối giữa các thương hiệu nếu điều kiện PCR, chức năng kỹ thuật, dữ liệu nền và ranh giới hệ thống không hoàn toàn giống nhau.

3.2 Phương pháp phân tích và diễn giải

Phương pháp phân tích gồm bốn bước. Bước thứ nhất là chuẩn hóa dữ liệu theo 1 m² và phân tách mô-đun theo BS EN 15804+A2. Bước thứ hai là đối sánh trung vị theo khu vực để xác định vị trí tương đối của sản phẩm Việt Nam trong phân bố quốc tế. Bước thứ ba là phân tích đóng góp mô-đun và quan hệ giữa kg/m² với GWP A1-A3. Bước thứ tư là phân tích độ nhạy minh họa đối với C4, qua đó đánh giá mức độ thay đổi kết luận khi giả định xử lý cuối vòng đời được thay thế.

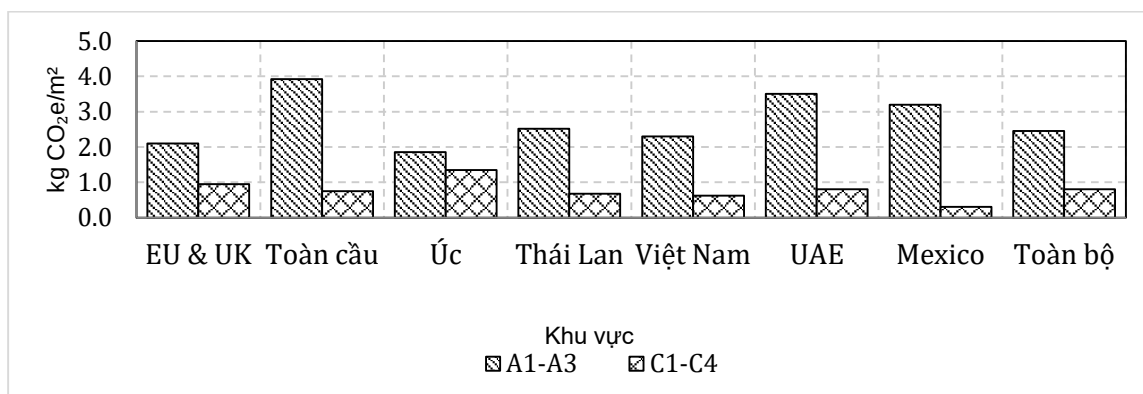
Ngoài GWP-total, nghiên cứu xem xét chỉ tiêu SM (Sử dụng vật liệu thứ cấp - use of secondary material) để diễn giải lượng vật liệu thứ cấp được sử dụng trong A1-A3 theo BS EN 15804+A2 [8]. Với nhóm LM2, các EPD công bố thông tin về hoàn lưu phế thải thạch cao trong sản xuất và giấy bọc có nguồn gốc tái chế [18]. Những dữ liệu này cho thấy yêu cầu tiêu chuẩn EPD không nên dừng ở một chỉ số phát thải, mà cần yêu cầu công bố nguồn, tỷ lệ, bằng chứng và phạm vi của vật liệu tái chế.

4. Kết quả và phân tích

4.1 Phân bố GWP theo khu vực

Kết quả tổng hợp theo khu vực cho thấy trung vị GWP A1-A3 của nhóm sản phẩm ở thị trường Việt Nam đạt khoảng 2,32 kg CO₂e/m², thấp hơn so với trung vị toàn bộ tập dữ liệu là 2,45 kg CO₂e/m². Điều này cho thấy phát thải giai đoạn sản phẩm của các sản phẩm thạch cao sản xuất tại Việt Nam nằm trong dải biến thiên quốc tế và ở mức có thể đối sánh quốc tế. Tuy nhiên, khác biệt này cần được diễn giải thận trọng vì mỗi khu vực có cơ cấu sản phẩm, độ dày, khối lượng, nguồn nguyên liệu và kịch bản dữ liệu nền khác nhau.

Hình 2 cũng cho thấy mô-đun C1-C4 của nhóm ở thị trường Việt Nam có trung vị thấp hơn toàn bộ tập dữ liệu, trong khi nhóm sản phẩm ở Úc có giá trị C1-C4 cao hơn rõ rệt. Khoảng dao động này không chỉ phản ánh bản thân vật liệu, mà còn phản ánh cách EPD giả định tháo dỡ, vận chuyển, tái chế và chôn lấp. Vì vậy, nếu chỉ đọc một giá trị A1-A3, người sử dụng EPD sẽ bỏ qua phần biến động đáng kể ở cuối vòng đời.



Hình 2. Trung vị GWP theo khu vực và mô-đun của tập dữ liệu EPD tấm thạch cao.

Điểm đáng chú ý của Hình 2 là nhóm Việt Nam không có xu hướng bất lợi ở giai đoạn sản phẩm khi đặt trong dải dữ liệu quốc tế. Tuy nhiên, kết quả này không nên được chuyển ngay thành nhận định rằng sản phẩm trong nước “tốt hơn” sản phẩm quốc tế. Trung vị theo khu vực chỉ là giá trị mô tả phân bố; nó chịu ảnh hưởng của cơ cấu mẫu, loại tấm được công bố, độ dày, khối lượng và phương pháp thu thập dữ liệu nền. Vì vậy, kết luận hợp lý hơn là các EPD Việt Nam đã đạt mức có thể đối sánh quốc tế, nhưng cần đọc tiếp các mô-đun sau cổng nhà máy để hiểu tác động toàn vòng đời.

Sự khác biệt giữa A1-A3 và C1-C4 cũng cho thấy hướng ưu tiên dữ liệu trong tiêu chuẩn Việt Nam.

Nếu giai đoạn sản xuất đã có dữ liệu sơ cấp từ nhà máy, phần không chắc chắn lớn còn lại thường nằm ở vận chuyển, lắp đặt và cuối vòng đời. Đây là phần mà EPD quốc tế khó phản ánh đúng điều kiện Việt Nam nhất, vì kịch bản thu gom, phân loại và chôn lấp phụ thuộc vào hạ tầng địa phương và mô hình quản lý chất thải xây dựng.

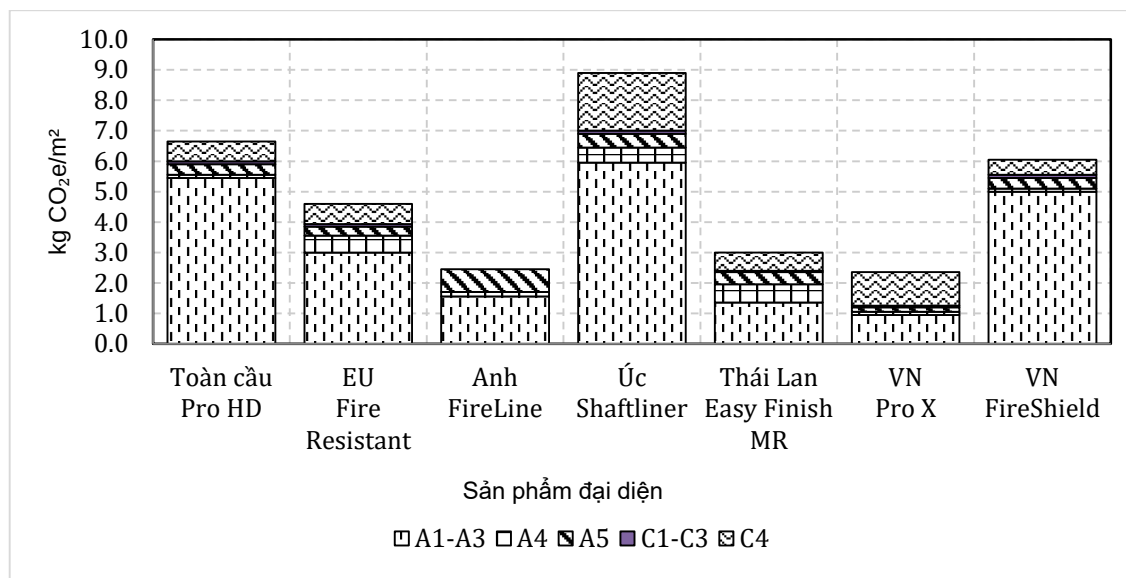
4.2 Đóng góp mô-đun và xu hướng phát thải vòng đời

Phân tích sản phẩm đại diện cho thấy A1-A3 là mô-đun chiếm tỷ trọng lớn nhất trong hầu hết trường hợp. Đây là xu hướng phù hợp với đặc điểm sản xuất tấm thạch cao, trong đó năng lượng nung - sấy, xử

lý nguyên liệu và sản xuất giấy bọc là các điểm nóng môi trường. Các sản phẩm có khối lượng lớn hoặc yêu cầu kỹ thuật cao thường có A1-A3 cao hơn, đặc biệt ở nhóm tấm chống cháy dày.

Tuy nhiên, Hình 3 cho thấy kết luận tổng A1-C4 có thể thay đổi đáng kể khi C4 cao. Trường hợp Việt Nam - Pro X có A1-A3 thấp, nhưng tổng A1-C4 tăng

lên do C4 tương đối lớn. Ngược lại, Việt Nam - FireShield có A1-A3 cao hơn do chức năng chống cháy và khối lượng lớn, nhưng C4 thấp hơn một số sản phẩm khác nên cấu trúc đóng góp mô-đun cân bằng hơn. Kết quả này cho thấy lựa chọn vật liệu không thể dựa vào một chỉ số đơn lẻ, mà cần phân tích từng mô-đun và chức năng sử dụng.



Hình 3. Đóng góp GWP theo mô-đun của các sản phẩm đại diện, không bao gồm mô-đun D

Đối với nhóm sản phẩm đại diện, A1-A3 thường tạo phần nền của tổng phát thải. Điều này phản ánh bản chất công nghệ sản xuất thạch cao: nguyên liệu phải được gia công, nung hoặc sấy để đạt trạng thái phù hợp cho sản xuất tấm; giấy bọc và phụ gia cũng tạo thêm tải môi trường. Do vậy, các giải pháp giảm phát thải tại nhà máy như tối ưu lò sấy, giảm tiêu hao nhiên liệu, tăng hiệu suất thu hồi phế phẩm và sử dụng vật liệu thứ cấp có thể tạo tác động trực tiếp lên A1-A3.

Tuy nhiên, mô-đun A4 và A5 không nên bị xem là thứ yếu trong mọi trường hợp. Tấm thạch cao có khối lượng tương đối lớn trên diện tích sử dụng, nên cự ly vận chuyển và tỷ lệ xe tải quay đầu rỗng có thể làm A4 tăng trong các dự án xa nhà máy hoặc xa kho phân phối. A5 lại phụ thuộc vào thiết kế mô-đun, tay nghề thi công và quản lý phần dư. Nếu công trường cắt tấm nhiều, không phân loại phần dư sạch hoặc xử lý bao bì không kiểm soát, lợi thế A1-A3 có thể bị giảm đáng kể.

Với C1-C4, Hình 3 cho thấy phần cuối vòng đời không phải lúc nào cũng nhỏ. Sản phẩm có C4 cao

sẽ có tổng A1-C4 tăng nhanh ngay cả khi A1-A3 thấp. Đây là lý do khi đánh giá vật liệu cho công trình xanh, cần tránh cách đọc “số GWP thấp nhất” ở một mô-đun riêng lẻ. Cách đọc phù hợp là xem hồ sơ mô-đun: mô-đun nào chiếm tỷ trọng lớn, mô-đun nào có độ không chắc chắn cao và mô-đun nào có thể can thiệp bằng giải pháp thiết kế - thi công - quản lý chất thải.

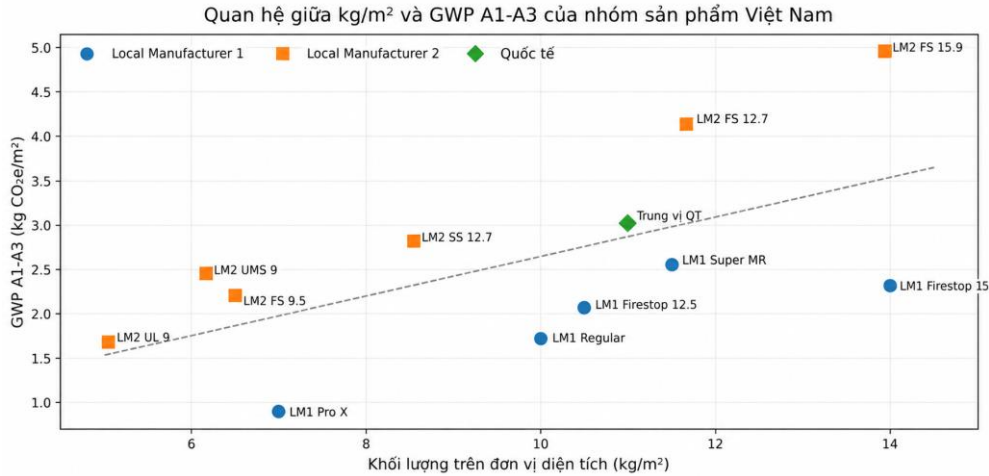
4.3 Vai trò của chỉ số kg/m² và chức năng sản phẩm

Quan hệ giữa chỉ số kg/m² và GWP A1-A3 thể hiện tương đối rõ trong nhóm sản phẩm Việt Nam. Các sản phẩm nhẹ như LM2 UltraLight 9 mm hoặc LM1 Pro X 9 mm có lợi thế về lượng vật liệu trên một đơn vị diện tích, từ đó giảm nhu cầu xử lý nguyên liệu, vận chuyển và chất thải. Ngược lại, các sản phẩm chống cháy dày như LM2 FireShield 12,7 mm và 15,9 mm có GWP A1-A3 cao hơn do khối lượng lớn hơn và yêu cầu tính năng cao hơn.

Kết quả này không nên được diễn giải theo hướng so sánh trực tiếp mọi sản phẩm với nhau.

Tầm siêu nhẹ, tầm tiêu chuẩn, tầm chống ẩm, tầm mật độ cao và tầm chống cháy không phải luôn thay thế được nhau trong thiết kế. Do đó, nguyên tắc đối sánh EPD cần là “cùng chức năng - cùng điều kiện

sử dụng - cùng ranh giới dữ liệu”. Trong tiêu chuẩn EPD Việt Nam, kg/m^2 nên được coi là thông tin bắt buộc để phân biệt lợi thế do giảm khối lượng với hiệu quả công nghệ thực sự.



Hình 4. Quan hệ giữa khối lượng kg/m^2 và GWP A1-A3 của nhóm sản phẩm Việt Nam

Từ Hình 4 có thể nhận thấy xu hướng tăng của GWP A1-A3 theo khối lượng kg/m^2 , nhưng quan hệ này không phải tuyến tính tuyệt đối. Trên biểu đồ, mỗi điểm thể hiện vị trí của sản phẩm theo đồng thời hai đại lượng: khối lượng trên đơn vị diện tích ở trục ngang và GWP A1-A3 ở trục đứng; điểm càng dịch sang phải và lên cao tương ứng với khối lượng và GWP A1-A3 càng lớn. Đường xu hướng đi lên cho thấy GWP A1-A3 nhìn chung tăng theo khối lượng kg/m^2 , trong khi sự phân tán của các điểm quanh đường này cho thấy khối lượng không phải là yếu tố chi phối duy nhất. Một số sản phẩm có khối lượng gần nhau vẫn khác nhau về GWP do nguồn nguyên liệu, tỷ lệ giấy, phụ gia, năng lượng sấy và dữ liệu nền sản xuất. Như vậy, kg/m^2 là biến giải thích quan trọng nhưng không phải biến duy nhất. Tiêu chuẩn EPD vì vậy cần yêu cầu công bố cả khối lượng và mô tả công nghệ, thay vì chỉ sử dụng một trong hai thông tin.

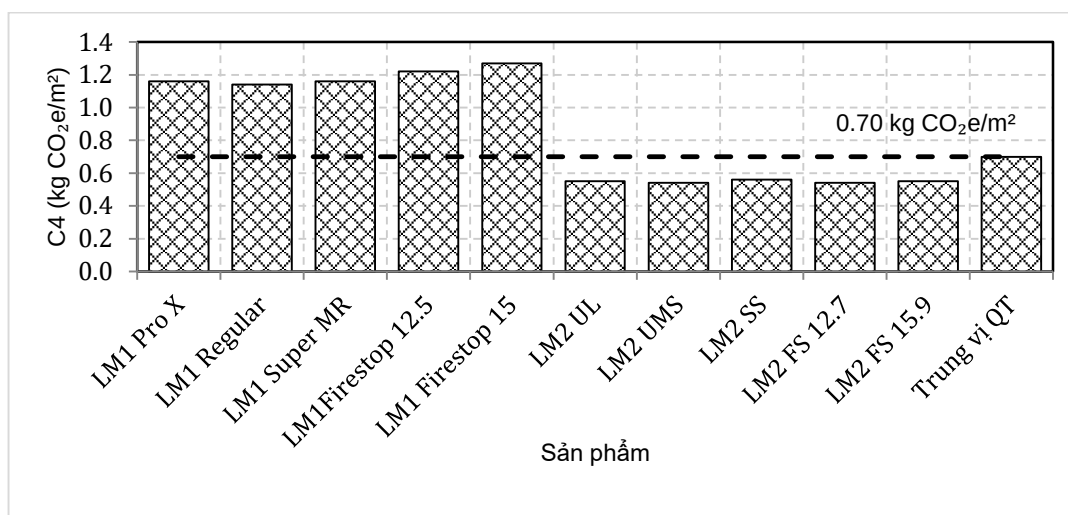
Các sản phẩm tầm nhẹ có lợi thế rõ khi xét theo 1 m^2 , nhất là trong các hệ trần hoặc vách ngăn không yêu cầu chống cháy đặc biệt. Lợi thế này còn có thể lan sang A4, C2 và C4 vì khối lượng vận chuyển và xử lý chất thải thấp hơn. Tuy nhiên, nếu công trình yêu cầu khả năng chống cháy, chịu ẩm hoặc chịu va đập, sản phẩm nhẹ không nhất thiết là lựa chọn thay thế. Do đó, dữ liệu EPD cần được gắn với yêu cầu kỹ thuật của cấu kiện, không tách khỏi bối cảnh thiết kế.

Đối với thực hành thiết kế tại Việt Nam, việc bổ sung kg/m^2 vào EPD có ý nghĩa trực tiếp đối với bóc tách khối lượng và mô hình các-bon công trình. Khi hệ tường/trần được mô phỏng ở cấp công trình, diện tích bề mặt được lấy từ bản vẽ nhưng phát thải, vận chuyển và chất thải lại phụ thuộc vào lượng vật liệu thực tế. Nếu thiếu kg/m^2 , mô hình LCA công trình dễ phải dùng giả định thay thế, làm giảm độ tin cậy của kết quả.

4.4 Giai đoạn cuối vòng đời và ý nghĩa của C3/C4/D

C4 là mô-đun có khả năng làm thay đổi đáng kể kết luận khi đánh giá tầm thạch cao tại Việt Nam. Hình 5 cho thấy nhóm LM1 trong tập dữ liệu có C4 khoảng $1,14\text{--}1,27 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$, cao hơn trung vị quốc tế $0,70 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$; trong khi một số sản phẩm của nhóm LM2 có C4 khoảng $0,544\text{--}0,557 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^2$. Sự khác biệt này cho thấy kịch bản xử lý cuối vòng đời có vai trò lớn không kém bản thân giai đoạn sản xuất.

Đối với vật liệu thạch cao, tái chế cuối vòng đời không thể được giả định một cách mặc định. Tầm sau tháo dỡ có thể lẫn sơn, bột xử lý mối nối, vít, giấy, chất bẩn hoặc độ ẩm cao. Chỉ khi dòng thải được phân loại và xử lý đạt yêu cầu kỹ thuật tại điểm kết thúc trạng thái chất thải, vật liệu mới có cơ sở trở thành nguyên liệu thứ cấp và tạo lợi ích ở mô-đun D. Nếu không chứng minh được chuỗi thu gom, chất lượng đầu vào và đầu ra thay thế, việc ghi nhận lợi ích D sẽ có nguy cơ làm kết quả quá lạc quan.



Hình 5. So sánh GWP mô-đun C4 của các sản phẩm Việt Nam và trung vị quốc tế

Về mặt chính sách, C4 là mô-đun có thể được cải thiện thông qua quản lý chất thải xây dựng. Nếu thạch cao sau tháo dỡ được lẫn trong dòng thải hỗn hợp, khả năng tái chế giảm mạnh và tải xử lý cuối cùng tăng. Ngược lại, nếu thiết kế tháo lắp, phân loại tại nguồn và thu gom riêng được tổ chức ngay từ công trường, một phần vật liệu có thể chuyển từ xử lý thải cuối cùng sang xử lý để tái chế. Khi đó, C4 giảm và C3/D trở nên có ý nghĩa hơn.

Điểm khác biệt giữa Việt Nam và nhiều EPD quốc tế nằm ở mức độ chứng minh của kịch bản này. Một kịch bản tái chế được khai báo trong EPD chỉ nên được coi là phù hợp khi có cơ sở hạ tầng xử lý, tiêu chí chất lượng đầu vào, điểm kết thúc trạng thái chất thải và thị trường sử dụng vật liệu tái chế. Nếu các điều kiện này chưa tồn tại hoặc chưa phổ biến, cần trình bày kịch bản hiện trạng và kịch bản chuyển tiếp thay vì chỉ sử dụng kịch bản tối ưu.

4.5 Độ nhạy của kết quả khi thay đổi giả định C4

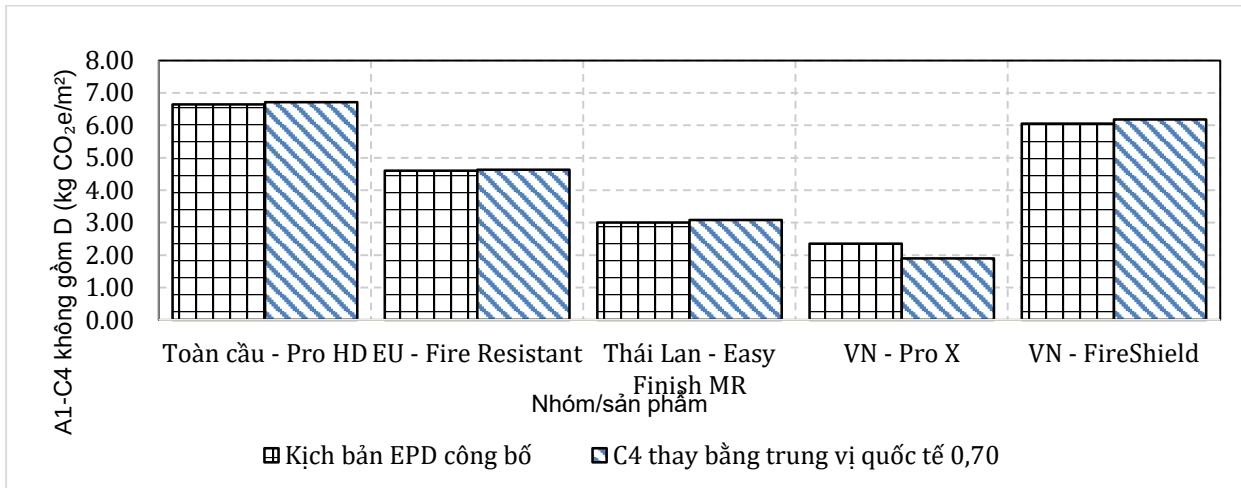
Hình 6 thể hiện độ nhạy của tổng GWP A1-C4 khi thay đổi giả định C4 theo giá trị trung vị quốc tế 0,70 kg CO₂e/m². Kết quả cho thấy sản phẩm có giá trị C4 ban đầu cao sẽ có xu hướng giảm tổng GWP A1-C4 khi thay bằng giá trị trung vị quốc tế, trong khi sản phẩm có C4 ban đầu thấp sẽ có xu hướng tăng tổng GWP. Trường hợp Việt Nam - Pro X là ví dụ điển hình: lợi thế A1-A3 thấp có thể bị thu hẹp khi C4 lớn; nếu kịch bản xử lý cuối vòng đời được cải thiện, kết

quả toàn vòng đời sẽ thay đổi theo hướng tích cực hơn. Ngược lại, với sản phẩm có C4 đã thấp, thay bằng trung vị quốc tế có thể làm kết quả kém đi.

Kết quả phân tích cho thấy tiêu chuẩn EPD không nên chỉ yêu cầu công bố phạm vi giai đoạn sản phẩm trước khi rời khỏi nhà máy cho tấm thạch cao. Với vật liệu có tiềm năng tái chế nhưng hạ tầng thu hồi chưa đồng bộ, cần yêu cầu tối thiểu C1-C4, trong đó C3 và C4 được tách riêng. Khi chưa có dữ liệu quốc gia đầy đủ, EPD nên trình bày các kịch bản nhạy cảm về tỷ lệ chôn lấp, tỷ lệ tái chế, cự ly vận chuyển và chất lượng phân loại tại nguồn.

Phân tích độ nhạy không nhằm thay thế dữ liệu EPD công bố, mà nhằm làm rõ mức độ phụ thuộc của kết luận vào một giả định quan trọng. Trong trường hợp C4 thay đổi, thứ tự tương đối giữa các sản phẩm có thể thay đổi, đặc biệt khi chênh lệch A1-A3 không quá lớn. Vì vậy, trong hồ sơ LCA công trình, giá trị EPD nên được đi kèm khoảng nhạy cảm hoặc ít nhất là ghi chú về kịch bản cuối vòng đời.

Đối với tiêu chuẩn Việt Nam, yêu cầu phân tích độ nhạy nên được áp dụng cho các tham số chưa có dữ liệu nền ổn định, gồm C4, tỷ lệ tái chế sau sử dụng, cự ly vận chuyển A4/C2 và tỷ lệ hao hụt A5. Cách làm này giúp người đọc nhận diện biến số nào có thể làm thay đổi kết luận lựa chọn vật liệu, đồng thời tạo áp lực tích cực để thị trường phát triển dữ liệu sơ cấp và hạ tầng xử lý chất thải phù hợp.

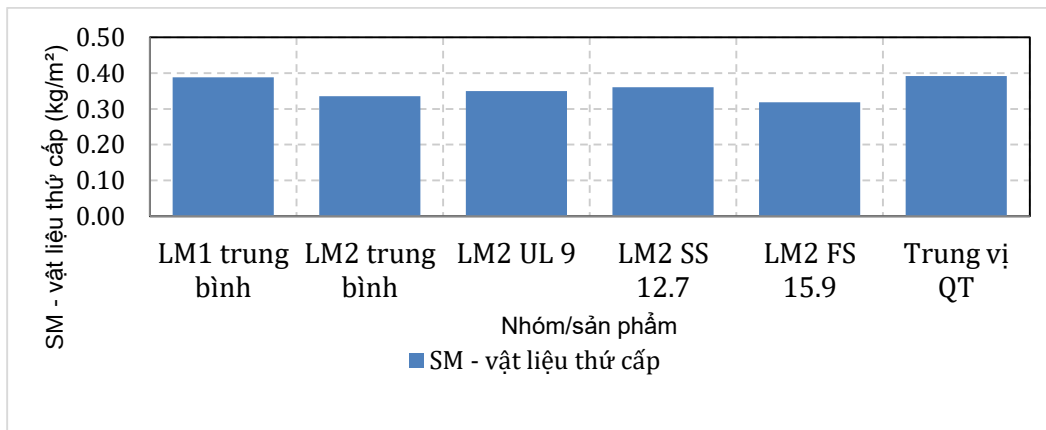


Hình 6. Độ nhạy của tổng GWP A1-C4 khi thay đổi giả định C4

4.6 Vật liệu thứ cấp và cách diễn giải nhóm LM2

Chỉ tiêu SM trong BS EN 15804+A2 cho phép nhận diện phần vật liệu thứ cấp được sử dụng trong A1-A3. Hình 7 cho thấy các sản phẩm Việt Nam có giá trị SM đáng kể, phản ánh vai trò của giấy tái chế, phế thải sản xuất hoàn lưu hoặc vật liệu thứ cấp khác trong chuỗi đầu vào. Với nhóm LM2, các EPD công bố cho biết phế thải thạch cao phát sinh trong sản xuất được tái chế nội bộ và đưa trở lại quy trình sản xuất; giấy bọc tấm có nguồn gốc giấy tái chế.

Thông tin này có ý nghĩa khi xây dựng tiêu chuẩn EPD Việt Nam vì nó cho thấy cần phân biệt rõ ba khái niệm: vật liệu tái chế đầu vào, phế thải sản xuất hoàn lưu nội bộ và tái chế sau sử dụng. Ba dòng vật liệu này có cơ chế tác động khác nhau đến A1-A3, C3, C4 và D. Do đó, một tuyên bố “có sử dụng tái chế” chỉ có giá trị khi đi kèm nguồn, tỷ lệ, đơn vị kg/m², phạm vi, bằng chứng xác minh và cơ chế kiểm soát chất lượng.



Hình 7. Chỉ tiêu vật liệu thứ cấp (SM) của một số nhóm sản phẩm và trung vị quốc tế

Khi đọc chỉ tiêu SM, cần tránh hai cực đoan trong diễn giải. Một mặt, không nên bỏ qua dữ liệu vật liệu thứ cấp vì đây là thông tin trực tiếp phản ánh nỗ lực giảm phụ thuộc vào nguyên liệu nguyên sinh. Mặt khác, không nên quy toàn bộ SM thành lợi ích tái chế cuối vòng đời, vì vật liệu thứ cấp đầu vào trong A1-A3 khác với vật liệu thu hồi sau tháo dỡ được ghi nhận ở C3/D. Tiêu chuẩn EPD cần yêu cầu diễn giải rõ vị trí của từng dòng vật liệu trong vòng đời.

Đối với nhóm LM2, điểm có giá trị không chỉ là con số GWP mà là mức độ minh bạch khi EPD mô tả phế thải sản xuất được hoàn lưu và giấy bọc có

nguồn gốc tái chế. Trong bối cảnh Việt Nam đang xây dựng thị trường vật liệu các-bon thấp, các thông tin này cần được chuẩn hóa thành các trường dữ liệu bắt buộc: khối lượng vật liệu thứ cấp trên 1 m², tỷ lệ so với tổng khối lượng, nguồn phát sinh, cơ chế kiểm soát chất lượng và phạm vi xác minh.

4.7 Tổng hợp nhận xét từ kết quả so sánh trong nước và quốc tế

Từ các biểu đồ trên, có thể tổng hợp bốn nhận xét chính. Thứ nhất, EPD Việt Nam đã xuất hiện trong dải đối sánh quốc tế và có một số sản phẩm đạt

GWP A1-A3 thấp hoặc xấp xỉ trung vị quốc tế. Đây là tín hiệu tích cực cho thị trường vật liệu thạch cao trong nước, đặc biệt khi số lượng EPD còn hạn chế và hệ thống dữ liệu nền quốc gia chưa hoàn thiện.

Thứ hai, không thể kết luận ưu thế môi trường của sản phẩm nếu chỉ dựa trên GWP A1-A3. Giai đoạn sản xuất là điểm nóng quan trọng, nhưng tổng A1-C4 còn phụ thuộc vào vận chuyển, thi công, tháo dỡ, xử lý chất thải và khả năng tái chế. Đối với vật liệu có tiềm năng tái chế như thạch cao, mô-đun cuối vòng đời là nơi thể hiện khác biệt giữa tiềm năng kỹ thuật và khả năng thực hiện trong thực tế.

Thứ ba, khối lượng kg/m^2 là biến dữ liệu bắt buộc khi đọc EPD tấm thạch cao. Nếu không công bố kg/m^2 , người sử dụng khó đánh giá liệu sản phẩm có phát thải thấp do công nghệ, do nguồn nguyên liệu, do nhẹ hơn hay do khác biệt chức năng. Đối với thiết kế công trình, kg/m^2 còn giúp chuyển đổi từ diện tích cấu kiện sang khối lượng vận chuyển, chất thải và vật liệu tồn kho.

Thứ tư, EPD quốc tế hữu ích nhất ở vai trò chuẩn phương pháp và dài tham chiếu. Khi dùng cho dự án Việt Nam, dữ liệu quốc tế phải được hiệu chỉnh hoặc ít nhất phải được ghi chú giới hạn. Các giả định về tái chế cuối vòng đời, chôn lấp, điện lưới và vận chuyển cần được nội địa hóa để tránh tạo ra kết quả quá lạc quan hoặc không phản ánh điều kiện thị trường.

Các nhận xét này dẫn đến một yêu cầu xuyên suốt: tiêu chuẩn EPD tại Việt Nam cần vừa tương thích quốc tế, vừa đủ chặt chẽ để phản ánh bối cảnh trong nước. Nếu chỉ sao chép cấu trúc EPD quốc tế mà không có phụ lục dữ liệu nền và kịch bản Việt Nam, EPD có thể trở thành biểu mẫu công bố hơn là công cụ ra quyết định môi trường.

4.8 Ý nghĩa của các chỉ số ngoài GWP

Mặc dù GWP là chỉ số được sử dụng phổ biến nhất trong lựa chọn vật liệu các-bon thấp, EPD theo BS EN 15804+A2 không chỉ giới hạn ở biến đổi khí hậu. Các chỉ số như ADPF, WDP, AP, EP, POCP, HWD, NHWD, MFR và SM cung cấp bức tranh rộng hơn về tiêu hao tài nguyên, sử dụng nước, phát sinh chất thải và dòng vật liệu đầu ra. Việc chỉ chọn GWP có thể làm đơn giản hóa quá mức hồ sơ môi trường của sản phẩm [8].

Đối với tấm thạch cao, GWP-biogenic cần được đọc cẩn trọng vì giấy bọc có thể tạo giá trị âm tại A1-A3 do lưu trữ các-bon sinh học. Tuy nhiên, phần các-bon này có thể được hoàn trả ở cuối vòng đời tùy

theo kịch bản phân hủy, đốt, tái chế hoặc chôn lấp. Do đó, khi so sánh sản phẩm có tỷ lệ giấy khác nhau, cần xem đồng thời GWP-total, GWP-fossil và GWP-biogenic thay vì chỉ trích một dòng có lợi [8], [18], [19].

Các chỉ số tài nguyên như PENRE, PENRT và ADPF phản ánh mức phụ thuộc vào năng lượng và tài nguyên không tái tạo. Trong trường hợp sản phẩm có GWP A1-A3 tương đương nhau, các chỉ số này có thể giúp phân biệt mức tiêu hao năng lượng nền và khả năng cải thiện công nghệ sản xuất. WDP cũng cần được xem xét nếu dữ liệu nước có độ tin cậy, nhất là trong bối cảnh sản xuất vật liệu xây dựng ngày càng chịu yêu cầu quản lý tài nguyên nước.

Nhóm chỉ tiêu chất thải và dòng đầu ra cần được đọc cùng mô tả quy trình. Giá trị NHWD hoặc HWD cao không tự động chứng minh sản phẩm có tác động xấu hơn nếu sự khác biệt đến từ phạm vi ghi nhận hoặc cách phân bổ dữ liệu. Ngược lại, giá trị MFR hoặc SM cao cũng không nên được dùng như bằng chứng “xanh” nếu thiếu mô tả nguồn vật liệu, chất lượng dòng tái chế và cơ chế xác minh.

Do đó, tiêu chuẩn EPD Việt Nam nên quy định GWP là chỉ số trung tâm nhưng không phải chỉ số duy nhất. Bộ chỉ tiêu công bố cần đủ để phục vụ cả mục tiêu các-bon thấp, tiết kiệm tài nguyên và kinh tế tuần hoàn. Với vật liệu thạch cao, nhóm chỉ tiêu ưu tiên nên gồm GWP-total/fossil/biogenic, PENRE/PENRT, WDP, HWD/NHWD, MFR, SM và mô tả định tính về nguồn vật liệu tái chế.

5. Thảo luận

5.1 Mức độ phù hợp của EPD quốc tế khi sử dụng tại Việt Nam

EPD quốc tế có giá trị lớn trong giai đoạn thị trường Việt Nam đang thiếu dữ liệu nội địa. Các tài liệu này cung cấp cấu trúc báo cáo, cách phân tách mô-đun, phương pháp tính chỉ số môi trường và dài giá trị tham chiếu cho sản phẩm cùng nhóm. Tuy nhiên, mức độ phù hợp giảm dần khi EPD được sử dụng để ra quyết định thiết kế, mua sắm hoặc đánh giá công trình cụ thể.

Có ba nguyên nhân chính. Thứ nhất, dữ liệu nền về điện lưới, nhiên liệu và vận tải có thể khác biệt đáng kể giữa quốc gia công bố EPD và Việt Nam. Thứ hai, thực hành thi công và tỷ lệ hao hụt tại công trường phụ thuộc vào năng lực thiết kế mô-đun, quản lý cất trữ và phân loại phần dư. Thứ ba, hạ tầng xử lý chất thải thạch cao sau tháo dỡ tại Việt Nam chưa thể giả định tương đương các thị trường có hệ thống thu hồi phát triển. Vì vậy, EPD quốc tế nên được xem

là dữ liệu tham chiếu có điều kiện; khi sử dụng cần nêu rõ sản phẩm, năm công bố, PCR, mô-đun thiếu, đơn vị, kg/m² và các điều chỉnh đã thực hiện.

5.2 Các điểm cần xem xét khi xây dựng tiêu chuẩn EPD tại Việt Nam

Từ kết quả đối sánh, có thể rút ra một số yêu cầu cốt lõi cho tiêu chuẩn hoặc chương trình EPD vật liệu thạch cao tại Việt Nam. Trước hết, tiêu chuẩn cần hài hòa với nguyên tắc LCA của TCVN ISO 14040:2009 và TCVN ISO 14044:2012, yêu cầu chương trình EPD của TCVN ISO 14025, quy tắc cho sản phẩm xây dựng của ISO 21930 và BS EN 15804+A2, phương pháp đánh giá công trình theo BS EN 15978, cùng PCR và c-PCR áp dụng cho sản phẩm thạch cao. Đồng thời, cần có phụ lục hoặc hướng dẫn quốc gia cho dữ liệu nền, vận chuyển, hao hụt thi công, xử lý cuối vòng đời và vật liệu tái chế, phù hợp với yêu cầu về chất lượng và tính đại diện dữ liệu.

Đối với nguồn nguyên liệu, tiêu chuẩn cần phân biệt thạch cao tự nhiên, thạch cao FGD, thạch cao phốt pho và thạch cao tái chế. Các nghiên cứu tại Việt Nam cho thấy thạch cao phốt pho có thể được

xử lý, thu hồi và sử dụng trong vật liệu xây dựng, nhưng thành phần tạp chất và công nghệ xử lý ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng sử dụng; vì vậy EPD cần công bố nguồn, tỷ lệ sử dụng, quy trình xử lý và tiêu chí kiểm soát chất lượng [25–27].

Yêu cầu quan trọng nhất đối với vật liệu dạng tấm là công bố đồng thời 1 m² và kg/m². Nếu thiếu kg/m², người đọc khó xác định liệu GWP thấp đến từ giảm khối lượng, cải thiện công nghệ sản xuất, thay đổi nguồn nguyên liệu hay khác biệt chức năng sản phẩm. Bên cạnh đó, C3 và C4 phải được tách riêng; mô-đun D phải trình bày riêng và chỉ được ghi nhận khi có cơ sở về điểm kết thúc trạng thái chất thải, tỷ lệ thay thế và đầu ra của vật liệu tái chế.

Tiêu chuẩn cũng cần kiểm soát nguy cơ “tẩy xanh”. Các tuyên bố như “vật liệu xanh”, “tái chế”, “các-bon thấp” phải được gắn với dữ liệu đã xác minh, phạm vi mô-đun rõ ràng và bằng chứng về nguồn vật liệu. Nếu doanh nghiệp sử dụng vật liệu tái chế hoặc hoàn lưu phế thải sản xuất, EPD cần nêu rõ loại vật liệu, khối lượng, tỷ lệ, phương pháp phân bổ và quy trình kiểm soát chất lượng [5], [7], [8], [10–12].

Bảng 2. Các yêu cầu đề xuất khi xây dựng tiêu chuẩn EPD cho vật liệu thạch cao tại Việt Nam

Nhóm yêu cầu	Nội dung cần công bố	Mục đích điển giải
Định danh sản phẩm	Tên thương mại, mã EPD, độ dày, loại tấm, tiêu chuẩn kỹ thuật.	Đảm bảo so sánh đúng sản phẩm và chức năng.
Đơn vị và khối lượng	1 m ² , kg/m ² , dung sai khối lượng, thành phần chính.	Làm rõ ảnh hưởng của mật độ lõi và thiết kế tấm.
Nguồn nguyên liệu	Thạch cao tự nhiên/FGD/ thạch cao phốt pho/tái chế, giấy bọc, phụ gia.	Tăng minh bạch chuỗi cung ứng.
Vật liệu tái chế	SM, tỷ lệ giấy tái chế, phế thải sản xuất hoàn lưu, bằng chứng.	Phân biệt tái chế nội bộ và tái chế sau sử dụng.
A4/A5	Cự ly vận chuyển, phương tiện, tỷ lệ hao hụt, xử lý bao bì/phần dư.	Phù hợp thực hành thi công Việt Nam.
C3/C4/D	Tách C3 và C4; trình bày riêng D; nêu điểm kết thúc trạng thái chất thải và vật liệu thay thế.	Tránh kịch bản cuối vòng đời quá lạc quan.
Dữ liệu nền và xác minh	Điện lưới, vận tải, chôn lấp/tái chế trong nước; xác minh bên thứ ba.	Tạo cơ sở so sánh công bằng và hạn chế tẩy xanh.

6. Kết luận và kiến nghị

6.1 Kết luận

Nghiên cứu đã tổng hợp và phân tích đối sánh 35 EPD tấm thạch cao, gồm 11 EPD sản xuất tại Việt Nam và 24 EPD quốc tế. Kết quả cho thấy nhiều sản phẩm Việt Nam có GWP A1-A3 thấp hơn hoặc xấp xỉ trung vị quốc tế, đặc biệt ở nhóm tấm mỏng - nhẹ. Tuy nhiên, kết luận môi trường không thể rút ra chỉ từ A1-A3 hoặc từ một giá trị GWP/m² đơn lẻ. Khối lượng kg/m², chức năng sản phẩm, C3, C4 và mô-đun D có ảnh hưởng quyết định đến cách diễn giải ở cấp công trình.

EPD quốc tế có giá trị như nguồn tham chiếu phương pháp và dải đối sánh, nhưng không nên sử

dụng trực tiếp thay thế EPD Việt Nam trong quyết định thiết kế, mua sắm hoặc LCA công trình nếu chưa hiệu chỉnh điện, vận chuyển, thực hành thi công và kịch bản cuối vòng đời. Với sản phẩm có EPD Việt Nam đã xác minh, cần ưu tiên dữ liệu sản phẩm cụ thể vì dữ liệu này phản ánh sát hơn điều kiện nhà máy, sản phẩm và chuỗi cung ứng trong nước.

Đối với tiêu chuẩn EPD thạch cao tại Việt Nam, kiến nghị bắt buộc công bố kg/m²; phân định rõ nguồn nguyên liệu và vật liệu tái chế; yêu cầu C3/C4 tách riêng; trình bày mô-đun D riêng biệt; sử dụng dữ liệu nền quốc gia; và thiết lập cơ chế xác minh độc lập nhằm hạn chế tẩy xanh. Với nhóm sản phẩm có sử dụng giấy tái chế và hoàn lưu phế thải sản xuất như

LM2, tiêu chuẩn cần yêu cầu lượng hóa rõ tỷ lệ, khối lượng và bằng chứng của dòng vật liệu thứ cấp để đảm bảo tính đúng, đủ nỗ lực giảm các-bon của đơn vị.

6.2 Kiến nghị

Đối với doanh nghiệp sản xuất, kết quả nghiên cứu cho thấy chiến lược giảm phát thải cần kết hợp nhiều hướng: tối ưu năng lượng nung - sấy, giảm khối lượng tấm trong giới hạn đáp ứng tính năng, tăng tỷ lệ vật liệu thứ cấp có kiểm soát và cải thiện minh bạch dữ liệu EPD. Các sản phẩm đã có EPD tại Việt Nam, đặc biệt nhóm có công bố vật liệu tái chế và hoàn lưu phế thải sản xuất, có lợi thế trong hồ sơ mua sắm xanh và chứng nhận công trình nếu dữ liệu được trình bày rõ ràng, nhất quán và được xác minh độc lập.

Đối với chủ đầu tư và nhà thầu, EPD chỉ phát huy giá trị khi đi cùng điều kiện thi công. Việc giảm hao hụt cắt tấm, thiết kế mô-đun hợp lý, phân loại phần dư sạch, thu hồi bao bì và tách thạch cao khỏi dòng thải lẫn tạp có thể ảnh hưởng trực tiếp đến A5, C3, C4 và khả năng ghi nhận lợi ích D. Nếu không có tổ chức thu gom và xử lý, lợi ích tái chế trong EPD vẫn chỉ là tiềm năng kỹ thuật, chưa phải kết quả môi trường đo được tại công trình.

Đối với cơ quan quản lý, ưu tiên trong giai đoạn đầu là xây dựng dữ liệu nền quốc gia và kịch bản tham chiếu. Bộ dữ liệu này nên bao gồm hệ số điện lưới theo năm, vận tải nội địa, bãi chôn lấp chất thải xây dựng, xử lý thạch cao lẫn giấy và kịch bản tái chế thạch cao sạch. Có thể thiết lập ba kịch bản: hiện trạng chôn lấp chủ đạo, kịch bản chuyển tiếp có phân loại tại nguồn ở dự án lớn và kịch bản tuần hoàn có cơ sở tái chế đạt chuẩn. Một nghiên cứu LCA về vật liệu thay thế dùng cho lớp phủ bãi chôn lấp tại Việt Nam cũng cho thấy kết quả phụ thuộc đáng kể vào lựa chọn vật liệu, vận chuyển và các giả định hệ thống [28]. Mỗi EPD cần nêu rõ kịch bản được sử dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] IPCC, Climate Change (2022): *Mitigation of Climate Change, Chapter 9: Buildings*. Cambridge University Press.

[2] UNEP and GlobalABC (2025), *Global Status Report for Buildings and Construction 2024/25*. United Nations Environment Programme.

[3] ISO 14040:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. International Organization for Standardization, 2006.

[4] ISO 14044:2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines. International Organization for Standardization, 2006.

[5] ISO 14025:2026 Environmental statements and programmes for products - Environmental product declarations (EPDs). International Organization for Standardization, 2026.

[6] ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works - Core rules for environmental product declarations of construction products and services. International Organization for Standardization, 2017.

[7] BS EN 15804:2012+A2:2019 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products. British Standards Institution, 2021.

[8] BS EN 15978:2011 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. British Standards Institution, 2011.

[9] EPD International AB, PCR 2019:14 Construction products (EN 15804+A2), version 2.0.1, 2025.

[10] EPD International AB, 2019:14-c-PCR-031 Gypsum-based construction products (EN 17328), version 1.0.0, 2025.

[11] BS EN 15941:2024 Sustainability of construction works - Data quality for environmental assessment of products and construction work - Selection and use of data. British Standards Institution, 2024.

[12] A. Quintana, J. Alba, R. del Rey and I. Guillén-Guillamón (2018), *Comparative Life Cycle Assessment of gypsum plasterboard and a new kind of bio-based epoxy composite containing different natural fibers*, Journal of Cleaner Production, 185, 408-420. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.042.

[13] S. Morsali et al.(2024), *Life Cycle Assessment of Plasterboard Production: A UK Case Study*, Sustainability, 16(9), 3564. doi:10.3390/su16093564.

[14] M. A. Pedreño-Rojas, J. Fořt, R. Černý and P. Rubio-de-Hita (2020), *Life cycle assessment of natural and recycled gypsum production in the Spanish context*, Journal of Cleaner Production, 253, 120056. doi:10.1016/j.jclepro.2020.120056.

- [15] A. Jiménez Rivero, R. Sathre and J. García Navarro (2016), *Life cycle energy and material flow implications of gypsum plasterboard recycling in the European Union*, Resources, Conservation and Recycling, 108, 171-181. doi:10.1016/j.resconrec.2016.01.014.
- [16] K. Weimann, C. Adam, M. Buchert and J. Sutter (2021), *Environmental Evaluation of Gypsum Plasterboard Recycling*, Minerals, 11(2), 101. doi:10.3390/min11020101.
- [17] Knauf Vietnam Co., Ltd., Environmental Product Declarations for FireShield 9.5, FireShield 12.7, FireShield 15.9, StandardShield 12.7, Ultra MoistShield and UltraLight (EPD-IES-0024982 to EPD-IES-0024987). International EPD System, registration records accessed 29/07/2026.
- [18] Saint-Gobain Vietnam Limited and Saint-Gobain Construction Products North Vietnam Ltd, Environmental Product Declarations for Vinh Tuong-Gyproc Pro X 9 mm (EPD-IES-0016928), Regular 12.5 mm (EPD-IES-0016925), Super Moisture Resistant 12.5 mm (EPD-IES-0016924), Firestop 12.5 mm (EPD-IES-0016927), and Firestop 15 mm (EPD-IES-0016926). International EPD System, 2024.
- [19] Knauf LLC, Environmental Product Declaration: Gypsum Board - Pro HD 15.0 mm, EPD-IES-0012100:002 (S-P-12100). International EPD System, 2024.
- [20] ESCAYESCOS S.L.(2023), *Environmental Product Declaration: Fire Resistant Gypsum Plasterboard F 15 mm*, EPD-IES-0010968:001 (S-P-10968). International EPD System.
- [21] Saint-Gobain Construction Products t/a British Gypsum, Environmental Product Declaration: Gyproc FireLine 15 mm, EPD-IES-0012368:002 (S-P-12368). International EPD System, 2024.
- [22] Knauf Gypsum Pty Ltd, Environmental Product Declaration: Shaftliner 25 mm, EPD-IES-0014129:001. International EPD System and EPD Australasia, 2024.
- [23] The Siam Gypsum Industry (Saraburi) Co., Ltd., Environmental Product Declaration: Easy Finish MR 9 mm, EPD-IES-0025299:008. International EPD System, 2025.
- [24] Trần Đức Trung và Tống Tôn Kiên (2023), Nghiên cứu chế tạo chất kết dính thạch cao chịu nước, cường độ cao từ thạch cao phospho, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 17(2V), 167-180. doi:10.31814/stce.huce2023-17(2V)-13.
- [25] Ngô Kim Chi, Đặng Ngọc Phượng, Chu Quang Truyền, Nguyễn Mai Linh, Đặng Thị Dinh, Nguyễn Thị Hằng, Đỗ Thủy Tiên, Phí Hoàng Thuý Quỳnh và Trần Đại Lâm (2019), *Nghiên cứu thành phần bã thạch cao phosphogypsum, tách tạp chất, thu hồi thạch cao dùng trong sản xuất vật liệu xây dựng*, Tạp chí Môi trường, số Chuyên đề Tiếng Việt I.
- [26] Văn Viết Thiên Ân và Cao Chí Hào (2018), *Ảnh hưởng của thạch cao phốt pho đến các tính chất cơ lý của xi măng poóc lăng PC40*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 12(2), 98-103. doi:10.31814/stce.nuce2018-12(2)-15.
- [27] Naveedh Ahmed S., Le Hung Anh, Nguyen Trung Thanh, Pham Thi Mai Thao and Petra Schneider (2022), *Life Cycle Assessment of Substitutive Building Materials for Landfill Capping Systems in Vietnam*, Applied Sciences, 12(6), 3063. doi:10.3390/app12063063.