

Các yếu tố ảnh hưởng đến phát sinh chất thải xây dựng trong quá trình thi công và đề xuất giải pháp giảm thiểu

Lê Hồng Dương^{1*}

¹Bộ môn Thi công và Máy xây dựng, Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc, Hà Nội

TỪ KHOÁ

Chất thải xây dựng
Thi công

TÓM TẮT

Chất thải từ hoạt động xây dựng được xem là vấn đề ngày càng được quan tâm khi quá trình đô thị hóa tạo ra một lượng lớn chất thải xây dựng. Chất thải xây dựng (CTXD) tác động tiêu cực đến ngành xây dựng nói riêng và nền kinh tế đất nước nói chung, gây tác động tiêu cực đến môi trường và làm giảm hiệu quả sử dụng tài nguyên, việc xử lý chất thải xây dựng sẽ đóng bảo vệ môi trường chung. Theo xu hướng phát triển, bảo vệ môi trường hiện nay đang là vấn đề cấp thiết toàn cầu, hiểu biết toàn diện về các yếu tố tạo ra chất thải xây dựng sẽ cho phép quản lý và giảm thiểu chất thải xây dựng hiệu quả. Hiện nay, tại Việt Nam, các giải pháp làm giảm lượng chất thải xây dựng chưa thực sự được các nhà thầu quan tâm và đầu tư. Bài báo này sẽ phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến lượng CTXD phát sinh, bao gồm thiết kế, quản lý, thi công, vật liệu và hành vi con người. Đồng thời, đề xuất các giải pháp hữu ích, dễ áp dụng để các kỹ sư xây dựng, nhà thầu áp dụng nhằm làm giảm thiểu lượng CTXD trong quá trình thi công, góp phần hướng đến phát triển bền vững.

KEYWORDS

Construction waste
Construction

ABSTRACT

Construction waste is considered an increasingly important issue as the urbanization process generates a large amount of construction waste. Construction waste negatively impacts the construction industry in particular and the national economy in general, negatively impacts the environment and reduces the efficiency of resource use. Construction waste treatment will contribute to environmental protection in general. Following the development trend, environmental protection is currently an urgent global issue. A comprehensive understanding of the factors that generate construction waste will allow for effective management and reduction of construction waste. Currently, in Vietnam, solutions to reduce the amount of construction waste have not really received attention and investment from contractors. This article will analyze the factors affecting the amount of construction waste generated, including design, management, construction, materials and human behavior. At the same time, propose useful and easy-to-apply solutions for construction engineers and contractors to apply to minimize the amount of construction waste during construction, contributing to sustainable development.

1. Đặt vấn đề

Ngành xây dựng đóng vai trò then chốt trong sự phát triển kinh tế - xã hội của mỗi quốc gia. Đây là lĩnh vực có mức độ đầu tư lớn, tạo ra nhiều việc làm, thúc đẩy sự phát triển của các ngành công nghiệp phụ trợ như sản xuất xi măng, thép, gỗ, kính và các vật liệu xây dựng khác. Đồng thời, ngành xây dựng cũng góp phần quan trọng vào quá trình đô thị hóa, cải thiện cơ sở hạ tầng và nâng cao chất lượng sống của người dân. Tuy nhiên, bên cạnh những lợi ích mang lại, ngành xây dựng cũng là một trong những nguồn phát sinh chất thải lớn nhất, gây áp lực lên môi trường và tài nguyên thiên nhiên. Chất thải xây dựng (CTXD) bao gồm nhiều loại vật liệu khác nhau như gạch, bê tông, kim loại, gỗ, nhựa, thạch cao, vật liệu thừa và các mảnh vỡ từ quá trình thi công, phá dỡ hoặc cải tạo công trình. Nếu không được quản lý hiệu

quả, CTXD có thể gây ra nhiều tác động tiêu cực, bao gồm: Ô nhiễm môi trường, gia tăng chi phí xử lý, lãng phí tài nguyên, ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Trước những vấn đề nêu trên, việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự phát sinh chất thải xây dựng trong quá trình thi công và đề xuất các giải pháp kiểm soát, giảm thiểu chất thải là vô cùng quan trọng. Điều này không chỉ giúp bảo vệ môi trường mà còn góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên, giảm chi phí xây dựng và thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành. Nghiên cứu này sẽ tập trung phân tích các yếu tố chính tác động đến sự hình thành CTXD, bao gồm thiết kế, quản lý, phương pháp thi công, vật liệu xây dựng và yếu tố con người.

Quy định bảo vệ môi trường trong hoạt động xây dựng tại Việt Nam được mô tả cụ thể trong Luật Xây dựng 2020 [1] và trong Thông tư số 02/2018/TT-BXD [2]. Các quy định này bao gồm nghĩa vụ liên

*Liên hệ tác giả: duong.thicong.kientruc@gmail.com

Nhận ngày 10/03/2025, sửa xong ngày 18/03/2025, chấp nhận đăng ngày 19/03/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2025.864>

quan tới việc bảo vệ môi trường của cả chủ đầu tư và chủ dự án công trình xây dựng, các cơ quan nhà nước trong quá trình quy hoạch xây dựng. Mặc dù các quy định pháp lý về bảo vệ môi trường nói chung, cũng như quản lý chất thải trong xây dựng nói riêng đã được xây dựng, nhưng vấn đề chất thải xây dựng (CTXD) luôn là bài toán môi trường nghiêm trọng trong những thành phố lớn không chỉ ở Việt Nam mà cả trên thế giới. Thực trạng quản lý và xử lý chất thải nói chung, CTXD nói riêng đang là vấn đề nóng, nhức nhối của đời sống kinh tế xã hội Việt Nam. Chỉ riêng Hà Nội, theo thống kê sơ bộ mỗi ngày thành phố phát sinh khoảng trên 2.000 tấn CTXD [3]. Lâu nay, không ít chủ đầu tư đã tìm mọi cách để giảm chi phí xử lý chất thải nên đã đổ trộm CTXD ra đường, khu vực ít dân cư, khu vực có nhiều ao hồ... Điều này đã gây ra nhiều hệ lụy đối với xã hội như mất vệ sinh, ô nhiễm, bụi bẩn, ảnh hưởng tới cảnh quan thành phố, đến sự phát triển hạ tầng đô thị trong tương lai. Mặc dù rất khó để đưa ra số liệu chính xác về CTXD được tạo ra trên một công trường xây dựng, nhưng người ta ước tính rằng có tới 10–30 % vật liệu xây dựng bị lãng phí [4, 5]. Để đưa ra giải pháp quản lý hiệu quả nhằm làm giảm việc phát sinh CTXD, bài báo sẽ trình bày một số phương pháp có tính thực hành, nhằm giảm chất thải trong quá trình thi công công trình xây dựng, qua đó hướng đến việc xây dựng một chiến lược toàn diện nhằm kiểm soát CTXD hiệu quả, giúp ngành xây dựng phát triển theo hướng thân thiện với môi trường và tiết kiệm tài nguyên hơn trong tương lai.

2. Đối tượng nghiên cứu, phạm vi nghiên cứu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu trong bài báo là chất thải xây dựng. Bài báo tập trung nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến phát sinh chất thải xây dựng trong quá trình thi công tại Việt Nam.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp kế thừa: Tác giả phân tích, lựa chọn sử dụng kết quả từ một số nghiên cứu có trước, có liên quan đến vấn đề nghiên cứu của bài báo đã được công bố.

- Phương pháp phân tích, so sánh và tổng hợp: Phương pháp này được áp dụng để phân tích dữ liệu từ các nguồn tài liệu bao gồm các bài báo khoa học, báo cáo khoa học, kết quả nghiên cứu của các tác giả đã công bố. Qua đó, dữ liệu này được sử dụng để hệ thống hóa các vấn đề lý luận và thực tiễn cần được nghiên cứu cho bài báo.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến phát sinh chất thải xây dựng

CTXD có thể được định nghĩa một cách cơ bản là các mảnh vụn của việc xây dựng và phá dỡ công trình. Cụ thể, CTXD là chất thải rắn không chứa chất lỏng và các chất độc hại, phần lớn là chất trơ, phát sinh từ quá trình xây dựng các công trình, bao gồm các tòa nhà cũng như cầu đường. CTXD không bao gồm các vật liệu làm sạch bị nhiễm

các chất độc hại, vật liệu dễ vỡ có chứa amiăng, chì, sơn thải, dung môi, chất bịt kín, chất kết dính, rác sinh hoạt, đồ đạc, thiết bị hoặc các vật liệu tương tự [6].

3.1. Yếu tố thiết kế và lập kế hoạch kém

- Thiết kế thiếu tính toán chính xác: Thiết kế và lập kế hoạch thi công đóng vai trò quan trọng trong việc tối ưu hóa sử dụng vật liệu xây dựng, giảm thiểu chất thải và nâng cao hiệu quả kinh tế. Nếu quá trình này không được thực hiện một cách bài bản, có thể dẫn đến việc phát sinh một lượng lớn chất thải xây dựng do các yếu tố như sai sót trong thiết kế, tính toán vật liệu không chính xác, thay đổi thiết kế trong quá trình thi công và thiếu tích hợp các giải pháp bền vững. Một trong những nguyên nhân chính gây ra lãng phí vật liệu là thiết kế thiếu tối ưu, không xem xét đến khả năng tái sử dụng hoặc giảm thiểu phế thải. Khi thiết kế không được chuẩn bị kỹ lưỡng, các thông số kỹ thuật có thể không phù hợp với điều kiện thực tế, dẫn đến việc phải điều chỉnh hoặc phá dỡ một số hạng mục trong quá trình thi công, từ đó làm tăng lượng chất thải phát sinh [7].

- Thay đổi thiết kế trong quá trình thi công: sự thay đổi thiết kế trong quá trình thi công cũng là nguyên nhân chính dẫn đến chất thải xây dựng. Những thay đổi này có thể đến từ yêu cầu của chủ đầu tư, sai sót trong bản vẽ hoặc do điều kiện thi công thực tế không đáp ứng được thiết kế ban đầu. Khi cần điều chỉnh, các bộ phận đã xây dựng có thể phải tháo dỡ và làm lại, làm tăng lượng chất thải từ bê tông, gạch, thạch cao và các vật liệu hoàn thiện khác. Nếu việc thay đổi này không đi kèm với chiến lược thu hồi và tái sử dụng vật liệu, phần lớn trong số đó sẽ bị thải bỏ mà không được tận dụng [8].

- Không tích hợp phương pháp xây dựng bền vững: việc không tích hợp các phương pháp xây dựng bền vững ngay từ giai đoạn thiết kế cũng góp phần làm tăng lượng chất thải xây dựng. Nếu công trình không được thiết kế theo hướng linh hoạt để tháo dỡ hoặc tái sử dụng các bộ phận sau khi hết vòng đời, các vật liệu như bê tông cốt thép, kính và kim loại sẽ trở thành chất thải thay vì được tái chế. Việc không xem xét sử dụng các vật liệu thân thiện với môi trường, có thể tái chế hoặc phân hủy sinh học, cũng làm gia tăng gánh nặng chất thải. Một vấn đề khác là thiếu sự phối hợp giữa các bên liên quan trong quá trình thiết kế và lập kế hoạch. Nếu kiến trúc sư, kỹ sư kết cấu, nhà thầu và chủ đầu tư không phối hợp chặt chẽ với nhau, các quyết định thiết kế có thể không tính đến các yếu tố thực tế trong quá trình thi công, dẫn đến sự không đồng bộ và gia tăng lãng phí vật liệu [9].

3.2. Quản lý vật liệu kém và thi công không hiệu quả

- Bảo quản vật liệu kém: Một trong những nguyên nhân quan trọng dẫn đến phát sinh chất thải xây dựng là sự quản lý vật liệu kém và quy trình thi công không hiệu quả, bao gồm việc bảo quản không đúng cách, sử dụng vật liệu sai tiêu chuẩn, kỹ thuật thi công yếu kém và thiếu các biện pháp kiểm soát hao hụt. Khi vật liệu xây dựng không được quản lý một cách khoa học, chúng dễ bị hư hỏng do điều kiện môi

trường như mưa, nắng, độ ẩm cao hoặc do sự va đập cơ học trong quá trình vận chuyển và lưu trữ [8].

- Hao hụt trong quá trình thi công: Một vấn đề phổ biến khác là hao hụt vật liệu trong quá trình thi công do công nhân thiếu kỹ năng hoặc không tuân thủ quy trình xây dựng chuẩn. Khi công nhân có tay nghề kém hoặc không được đào tạo bài bản, họ có thể cắt, trộn hoặc sử dụng vật liệu không đúng tỷ lệ, dẫn đến sản phẩm lỗi hoặc phải làm lại, làm tăng lượng chất thải.

- Sử dụng vật liệu không đúng tiêu chuẩn: việc sử dụng vật liệu không đúng tiêu chuẩn cũng góp phần làm tăng lượng chất thải xây dựng. Nếu nhà thầu nhập khẩu vật liệu không đạt yêu cầu thiết kế, chúng có thể bị loại bỏ ngay từ khi kiểm tra đầu vào, gây ra lãng phí ngay từ giai đoạn đầu của dự án. Một số dự án sử dụng vật liệu kém chất lượng để giảm chi phí, nhưng sau đó phải thay thế do không đảm bảo an toàn hoặc độ bền theo yêu cầu, làm gia tăng khối lượng chất thải. Việc thiếu kế hoạch kiểm soát hao hụt vật liệu tại công trường cũng là một yếu tố quan trọng. Trong nhiều dự án, vật liệu thường không được đo lường chính xác trước khi sử dụng, dẫn đến việc cắt thừa, trộn dư hoặc thi công sai, buộc phải tháo dỡ và làm lại.

Nếu không có kế hoạch tận dụng vật liệu thừa, các mảnh gạch, bê tông, thép cắt bỏ có thể bị thải bỏ thay vì được tái sử dụng. Ngoài ra, công tác vận chuyển và bốc dỡ vật liệu nếu không được thực hiện đúng cách cũng có thể gây ra tổn thất đáng kể. Nếu gạch, kính hoặc vật liệu dễ vỡ không được vận chuyển và bốc dỡ cẩn thận, chúng có thể bị nứt vỡ trước khi đưa vào sử dụng. Điều này đặc biệt phổ biến tại các công trường thiếu các thiết bị hỗ trợ vận chuyển như xe nâng hoặc cầu chuyên dụng, dẫn đến việc bốc xếp thủ công và tăng nguy cơ hư hỏng vật liệu. Một yếu tố khác góp phần làm tăng lượng chất thải là việc thi công không đúng trình tự hoặc thiếu kiểm soát chất lượng trong quá trình xây dựng. Nếu các hạng mục không được thi công theo đúng trình tự thiết kế, có thể dẫn đến việc phải tháo dỡ và làm lại, gây lãng phí vật liệu [10].

3.3. Công nghệ thi công lạc hậu

Việc sử dụng công nghệ thi công lạc hậu trong ngành xây dựng không chỉ làm giảm năng suất lao động mà còn là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến phát sinh chất thải xây dựng.

- Phương pháp xây dựng truyền thống: Các phương pháp thi công truyền thống thường có mức độ chính xác thấp, tiêu tốn nhiều nguyên vật liệu hơn mức cần thiết và không tận dụng hiệu quả tài nguyên, dẫn đến lượng chất thải phát sinh cao hơn so với các công nghệ thi công tiên tiến. Một trong những vấn đề quan trọng là việc sử dụng phương pháp thi công thủ công với độ chính xác thấp, khiến việc cắt, trộn và lắp ráp vật liệu không được tối ưu, làm tăng tỷ lệ hao hụt. Ví dụ, trong quá trình cắt thép thủ công, các thanh thép thường bị cắt sai kích thước, dẫn đến phần dư thừa không thể tái sử dụng, trong khi với công nghệ cắt bằng máy CNC hoặc laser hiện đại, việc cắt có thể đạt độ chính xác cao, giảm thiểu lãng phí. Tương tự, công nghệ trộn bê tông thủ công cũng có nhược điểm lớn khi tỷ lệ nước, xi măng và cốt liệu khó kiểm

soát chính xác, dẫn đến chất lượng bê tông không đồng đều, buộc phải đập bỏ và làm lại, làm gia tăng khối lượng chất thải.

Một vấn đề khác của công nghệ thi công lạc hậu là việc sử dụng các phương pháp xây dựng truyền thống, không tối ưu hóa quy trình lắp ghép và lắp đặt, dẫn đến lượng phế thải từ vật liệu xây dựng tăng cao. Ngoài ra, việc sử dụng cốp pha gỗ thay vì cốp pha kim loại hoặc nhựa tái sử dụng cũng là một nguyên nhân quan trọng làm tăng chất thải xây dựng, do cốp pha gỗ có tuổi thọ thấp, dễ hư hỏng và thường bị loại bỏ sau một số lần sử dụng. Một trong những hệ quả lớn nhất của công nghệ thi công lạc hậu là việc phải sửa chữa và làm lại các hạng mục bị lỗi do chất lượng thi công kém [11].

Khi các phương pháp kiểm soát chất lượng không được áp dụng đúng cách, các lỗi như nứt bê tông, sai lệch kích thước kết cấu hoặc lắp đặt không chính xác có thể xảy ra, buộc phải tháo dỡ và xây dựng lại, làm phát sinh một lượng lớn chất thải từ bê tông, thép và vật liệu hoàn thiện. Nếu áp dụng các công nghệ thi công tiên tiến như hệ thống giám sát chất lượng bằng cảm biến IoT hoặc phần mềm quản lý xây dựng, các lỗi này có thể được phát hiện sớm và hạn chế tối đa tình trạng phải tháo dỡ và làm lại. Bên cạnh đó, việc không ứng dụng công nghệ số hóa trong thiết kế và thi công cũng là một nguyên nhân dẫn đến lãng phí vật liệu. Khi các bản vẽ thiết kế không được tối ưu bằng công nghệ BIM (Building Information Modeling), các sai sót trong tính toán vật liệu và xung đột thiết kế có thể xảy ra, dẫn đến việc phải điều chỉnh trong quá trình thi công và làm tăng lượng chất thải phát sinh. Một nghiên cứu đã chỉ ra rằng việc áp dụng BIM có thể giúp giảm từ 10-30 % lượng phế thải xây dựng nhờ vào khả năng mô phỏng chính xác quá trình thi công, giúp tối ưu hóa sử dụng vật liệu ngay từ giai đoạn thiết kế. Ngoài ra, công nghệ thi công lạc hậu còn làm tăng lượng chất thải từ vật liệu hoàn thiện như sơn, thạch cao và gạch ốp lát do tỷ lệ hao hụt cao. Khi thi công hoàn thiện bằng các phương pháp thủ công, việc trộn sơn, bột trét hoặc vữa thường không chính xác, dẫn đến lượng dư thừa phải thải bỏ. Trong khi đó, các công nghệ phun sơn tự động hoặc hệ thống trộn vữa tự động có thể kiểm soát chính xác tỷ lệ vật liệu, giảm thiểu đáng kể lượng chất thải phát sinh [9].

- Không sử dụng các công nghệ tái chế tại chỗ: Một yếu tố quan trọng khác là việc không ứng dụng công nghệ tái chế ngay tại công trường. Khi công nghệ nghiền và tái sử dụng chất thải xây dựng không được triển khai, phần lớn các vật liệu như bê tông, gạch và thép bị đưa ra bãi rác thay vì được tái sử dụng. Trong khi đó, nếu sử dụng các máy nghiền di động hoặc hệ thống tái chế bê tông ngay tại công trường, lượng chất thải có thể giảm đáng kể và các vật liệu này có thể được sử dụng lại cho các hạng mục như nền đường hoặc bê tông không kết cấu. Việc thiếu ứng dụng các công nghệ xanh trong thi công cũng làm tăng lượng chất thải [10].

3.4. Nhận thức và trách nhiệm của các bên liên quan

Các bên liên quan bao gồm chủ đầu tư, nhà thầu, kỹ sư, công nhân và cơ quan quản lý, đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát lượng chất thải xây dựng phát sinh. Khi các bên này thiếu nhận thức

về tầm quan trọng của quản lý chất thải, không thực hiện các biện pháp giảm thiểu hoặc không tuân thủ quy trình quản lý chất thải một cách nghiêm túc, lượng chất thải xây dựng có thể gia tăng đáng kể, gây ra tác động tiêu cực đến môi trường và làm tăng chi phí xử lý [7].

Một trong những nguyên nhân chính dẫn đến tình trạng này là sự thiếu cam kết từ phía chủ đầu tư và nhà thầu trong việc tích hợp các giải pháp quản lý chất thải vào kế hoạch thi công. Trong nhiều trường hợp, chủ đầu tư chỉ quan tâm đến tiến độ và chi phí của dự án mà không đặt nặng vấn đề giảm thiểu chất thải, dẫn đến việc không có các yêu cầu cụ thể về quản lý chất thải trong hồ sơ mời thầu hoặc hợp đồng thi công. Khi nhà thầu không chịu áp lực từ phía chủ đầu tư, họ có thể ưu tiên các phương pháp thi công truyền thống mà không quan tâm đến việc tối ưu hóa sử dụng vật liệu hoặc tái chế chất thải. Bên cạnh đó, thái độ của công nhân và đội ngũ thi công cũng có tác động lớn đến lượng chất thải phát sinh. Trong nhiều công trình, công nhân có thói quen làm việc mà không quan tâm đến việc tiết kiệm vật liệu, dẫn đến tình trạng cắt thừa, trộn dư hoặc vứt bỏ vật liệu chưa sử dụng hết. Ngoài ra, việc không có ý thức phân loại chất thải ngay tại công trường cũng làm giảm khả năng tái chế. Khi các loại chất thải như gạch, bê tông, kim loại và nhựa bị trộn lẫn, việc thu gom và tái chế sau này trở nên khó khăn hơn, dẫn đến tình trạng nhiều vật liệu có thể tái sử dụng bị đưa thẳng đến bãi chôn lấp. Trong một số trường hợp, nhà thầu có thể cố tình không tuân thủ các quy định về quản lý chất thải để tiết kiệm chi phí. Thay vì phân loại và xử lý chất thải theo đúng quy định, họ có thể đổ chất thải không kiểm soát ra môi trường hoặc sử dụng các phương pháp xử lý không phù hợp như đốt lộ thiên, gây ô nhiễm không khí. Nguyên nhân của tình trạng này có thể xuất phát từ việc thiếu các chế tài xử phạt nghiêm khắc hoặc sự lỏng lẻo trong công tác giám sát từ cơ quan quản lý. Việc đào tạo và nâng cao nhận thức về quản lý chất thải xây dựng hiện nay vẫn chưa được chú trọng đúng mức. Trong nhiều công trình, công nhân không được hướng dẫn cụ thể về cách giảm thiểu, tái sử dụng hoặc phân loại chất thải, dẫn đến việc họ tiếp tục duy trì các thói quen làm việc lãng phí. Bên cạnh đó, sự tham gia của cơ quan quản lý cũng là một yếu tố quan trọng trong việc kiểm soát chất thải xây dựng. Trong nhiều trường hợp, việc xử lý chất thải vẫn chưa được đưa vào hệ thống đánh giá hiệu quả môi trường của dự án, dẫn đến tình trạng nhiều công trình không có chiến lược quản lý chất thải rõ ràng [10].

3.5. Thiếu cơ sở hạ tầng và thị trường tái chế

Thiếu hệ thống thu gom và xử lý chất thải: Nhiều khu vực chưa có các nhà máy tái chế vật liệu xây dựng, làm giảm khả năng tái sử dụng [9]. Bên cạnh đó, chi phí tái chế cao, do nhu cầu đối với vật liệu tái chế còn thấp, chi phí sản xuất vật liệu mới thường rẻ hơn, khiến doanh nghiệp ít quan tâm đến việc tái chế [10].

4. Giải pháp giảm thiểu chất thải xây dựng

4.1. Tích hợp thiết kế bền vững

Để giảm thiểu chất thải xây dựng, cần áp dụng các giải pháp toàn diện từ giai đoạn thiết kế, thi công đến quản lý vật liệu và xử lý chất thải sau thi công nhằm tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên, nâng cao hiệu suất thi công và hạn chế tối đa lượng chất thải phát sinh. Trước hết, trong giai đoạn thiết kế, việc ứng dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM) giúp tối ưu hóa thiết kế, giảm thiểu sai sót và hạn chế tình trạng thay đổi thiết kế trong quá trình thi công, qua đó giảm lượng chất thải phát sinh từ việc tháo dỡ và làm lại. BIM giúp mô phỏng chính xác khối lượng vật liệu cần sử dụng, tránh tình trạng đặt mua dư thừa hoặc sử dụng không hiệu quả. Việc áp dụng các nguyên tắc thiết kế bền vững như thiết kế mô-đun, linh hoạt hoặc sử dụng vật liệu có thể tái chế giúp giảm thiểu chất thải ngay từ đầu. Thiết kế theo mô-đun giúp tận dụng tối đa kích thước tiêu chuẩn của vật liệu, giảm thiểu lượng phế thải từ việc cắt gọt trong quá trình thi công.

4.2. Cải thiện quản lý thi công và vật liệu

- Xây dựng quy trình kiểm soát vật liệu: Trong giai đoạn thi công, cần tối ưu hóa quy trình quản lý vật liệu để giảm thiểu hao hụt. Việc áp dụng phương pháp quản lý vật liệu theo mô hình Lean Construction giúp kiểm soát chính xác lượng vật liệu cần thiết, hạn chế tình trạng dư thừa hoặc sử dụng sai mục đích.

- Các công trình nên áp dụng nguyên tắc nhập trước - xuất trước (FIFO) để đảm bảo vật liệu được sử dụng đúng thời gian, tránh tình trạng hư hỏng do bảo quản không đúng cách. Tăng cường quản lý kho bãi, kiểm tra chất lượng vật liệu đầu vào để hạn chế lãng phí.

- Việc sử dụng công nghệ tiên tiến trong thi công như in 3D bê tông, lắp ghép bê tông đúc sẵn hoặc sử dụng cốp pha nhôm, cốp pha nhựa tái sử dụng thay vì cốp pha gỗ giúp giảm lượng chất thải từ vật liệu thi công. Bên cạnh đó, việc nâng cao tay nghề công nhân thông qua đào tạo kỹ thuật bài bản giúp hạn chế sai sót trong thi công, giảm thiểu lượng vật liệu bị lãng phí do làm lại.

- Áp dụng Lean Construction: Đây là phương pháp giúp giảm lãng phí trong thi công thông qua việc tối ưu hóa quy trình và sử dụng vật liệu hợp lý [11].

4.3. Ứng dụng công nghệ xây dựng tiên tiến

Công nghệ BIM hỗ trợ lập kế hoạch chính xác, giảm lãng phí vật liệu và tối ưu hóa quy trình thi công; công nghệ in 3D bê tông giúp tiết kiệm vật liệu, giảm lượng phế thải và tăng tốc độ thi công; sử dụng vật liệu tiên chế và lắp ghép giúp giảm thiểu phế thải từ quá trình cắt gọt và hạn chế ô nhiễm môi trường; ứng dụng robot và tự động hóa giúp giảm lỗi trong thi công, tiết kiệm vật liệu và giảm chất thải. Ứng dụng công nghệ thi công thân thiện với môi trường như sử dụng bê tông tự lèn (SCC) để giảm lãng phí và giảm lượng ván khuôn sử dụng; áp dụng công nghệ khoan kích ngầm (Microtunneling) giúp hạn chế đào bới, giảm phát thải bụi và rác thải xây dựng; sử dụng cốp pha nhôm hoặc nhựa tái sử dụng giúp giảm lượng gỗ tiêu thụ và hạn chế rác thải; triển

khai hệ thống quản lý chất thải thông minh để giám sát và phân loại rác thải ngay tại công trường, tối ưu hóa việc tái chế.

4.4. Hoàn thiện chính sách quản lý chất thải xây dựng

Chính sách quản lý chất thải của các cơ quan chức năng cũng đóng vai trò quan trọng trong việc giảm thiểu chất thải xây dựng. Các quy định nghiêm ngặt về xử lý chất thải, kết hợp với các biện pháp khuyến khích như ưu đãi thuế cho các công trình áp dụng công nghệ tái chế hoặc sử dụng vật liệu tái chế, có thể thúc đẩy các doanh nghiệp xây dựng áp dụng các phương pháp thi công bền vững [12]. Một số quốc gia đã áp dụng hệ thống chứng nhận công trình xanh như LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies) hoặc LOTUS (hệ thống chứng nhận công trình xanh tại Việt Nam), yêu cầu các công trình phải có chiến lược quản lý chất thải rõ ràng để được công nhận. Cuối cùng, việc nâng cao nhận thức và thay đổi hành vi của các bên liên quan trong ngành xây dựng là yếu tố then chốt để giảm thiểu chất thải. Các chương trình đào tạo, hội thảo về quản lý chất thải xây dựng nên được tổ chức thường xuyên để nâng cao nhận thức của chủ đầu tư, nhà thầu và công nhân về tầm quan trọng của việc giảm thiểu, tái sử dụng và tái chế chất thải. Nếu các giải pháp này được triển khai đồng bộ, ngành xây dựng có thể giảm đáng kể lượng chất thải phát sinh, tiết kiệm tài nguyên và giảm tác động tiêu cực đến môi trường [13].

4.5. Sử dụng công nghệ tái chế và phát triển thị trường tiêu thụ vật liệu tái chế

Cần có chính sách phân loại, thu gom và tái chế chất thải ngay tại công trường để tận dụng tối đa nguồn tài nguyên. Việc phân loại chất thải thành các nhóm như bê tông, gạch vỡ, thép, nhựa và gỗ giúp tăng khả năng tái chế và giảm lượng chất thải đưa đến bãi chôn lấp [14]. Các vật liệu như bê tông và gạch vỡ có thể được nghiền nhỏ để tái sử dụng làm vật liệu nền cho công trình giao thông hoặc san lấp mặt bằng, trong khi thép và nhôm có thể được tái chế để sử dụng trong các dự án khác. Việc đầu tư vào công nghệ tái chế ngay tại công trường như máy nghiền di động giúp giảm chi phí vận chuyển và xử lý chất thải, đồng thời tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên [15].

Phát triển thị trường tiêu thụ vật liệu tái chế là một giải pháp quan trọng nhằm giảm thiểu chất thải xây dựng, thúc đẩy mô hình kinh tế tuần hoàn và tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên trong ngành xây dựng. Để xây dựng một thị trường vững mạnh cho vật liệu tái chế, trước tiên cần có các chính sách hỗ trợ và khuyến khích từ phía cơ quan quản lý nhà nước. Chính phủ có thể ban hành các quy định yêu cầu tỷ lệ tối thiểu sử dụng vật liệu tái chế trong các dự án xây dựng công, đồng thời cung cấp các ưu đãi về thuế và tài chính cho các doanh nghiệp sản xuất và sử dụng vật liệu tái chế. Việc thiết lập các tiêu chuẩn kỹ thuật và chứng nhận chất lượng cho vật liệu tái chế cũng đóng vai trò quan trọng trong việc nâng cao lòng tin của thị trường đối với các sản phẩm này, từ đó tạo điều kiện thuận lợi cho việc mở rộng quy mô

sản xuất và ứng dụng vật liệu tái chế trong ngành xây dựng. Bên cạnh chính sách hỗ trợ, việc nâng cao nhận thức của chủ đầu tư, nhà thầu và người tiêu dùng về lợi ích của vật liệu tái chế là một yếu tố then chốt giúp mở rộng thị trường tiêu thụ [16].

5. Kết luận

Chất thải xây dựng đang trở thành một vấn đề nghiêm trọng ảnh hưởng đến môi trường, kinh tế và tài nguyên thiên nhiên. Việc quản lý không hiệu quả chất thải xây dựng không chỉ làm gia tăng chi phí xử lý mà còn gây ra những tác động tiêu cực đến hệ sinh thái và chất lượng cuộc sống. Thông qua nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến phát sinh chất thải trong quá trình thi công đã được phân tích chi tiết, bao gồm thiết kế kém tối ưu, quản lý vật liệu không hiệu quả, công nghệ thi công lạc hậu và ý thức của các bên liên quan trong ngành xây dựng. Đây đều là những nguyên nhân quan trọng dẫn đến tình trạng lãng phí tài nguyên và gia tăng lượng chất thải phát sinh. Bên cạnh việc xác định nguyên nhân, nghiên cứu cũng đề xuất các giải pháp khả thi nhằm giảm thiểu chất thải xây dựng một cách hiệu quả. Trong đó, tích hợp thiết kế bền vững đóng vai trò then chốt trong việc giảm phát sinh chất thải ngay từ giai đoạn đầu của dự án. Việc ứng dụng công nghệ mô hình thông tin công trình (BIM), thiết kế mô-đun, sử dụng vật liệu thân thiện với môi trường và nâng cao khả năng thích ứng của công trình là những chiến lược quan trọng giúp tối ưu hóa việc sử dụng tài nguyên và giảm thiểu lượng phế thải trong suốt vòng đời công trình. Đồng thời, các giải pháp quản lý vật liệu hiệu quả, áp dụng công nghệ thi công hiện đại và thiết lập hệ thống thu gom, tái chế chất thải ngay tại công trường cũng góp phần đáng kể trong việc hạn chế lượng chất thải đưa ra môi trường. Việc triển khai đồng bộ các giải pháp này không chỉ giúp doanh nghiệp xây dựng giảm chi phí xử lý chất thải, tối ưu hóa chi phí vật liệu mà còn góp phần xây dựng một ngành xây dựng bền vững hơn. Bên cạnh đó, sự tham gia của các cơ quan quản lý với các chính sách khuyến khích và chế tài nghiêm ngặt sẽ thúc đẩy các doanh nghiệp áp dụng các phương pháp thi công thân thiện với môi trường. Cuối cùng, nâng cao nhận thức của chủ đầu tư, nhà thầu và công nhân về tầm quan trọng của việc giảm thiểu chất thải thông qua các chương trình đào tạo và hướng dẫn thực tiễn là yếu tố không thể thiếu để xây dựng một hệ sinh thái xây dựng bền vững.

Tóm lại, quản lý và giảm thiểu chất thải xây dựng không chỉ là trách nhiệm của riêng từng cá nhân hay doanh nghiệp mà đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan trong ngành xây dựng. Nếu các giải pháp được triển khai đồng bộ, không chỉ lượng chất thải xây dựng giảm đáng kể mà ngành xây dựng cũng sẽ tiến tới một mô hình phát triển xanh, tuần hoàn và bền vững hơn, góp phần bảo vệ môi trường và tối ưu hóa tài nguyên cho thế hệ tương lai.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Quốc Hội (2020). *Luật Xây dựng số 62/2020/QH14*.

- [2]. Bộ Xây dựng (2018). *Thông tư số 02/2018/TT-BXD. Quy định về bảo vệ môi trường trong thi công xây dựng công trình và chế độ báo cáo công tác bảo vệ môi trường ngành Xây dựng*.
- [3]. <https://www.moitruongvadothi.vn/thuc-trang-va-cong-nghe-xu-ly-chat-thai-ran-xay-dung-a74542.html>
- [4]. Stone, P.A. (1983). *Building Economy* (3rd edition). Pergamon Press. England
- [5]. Fishbein, B.K. (1998). *Building for the Future: Strategies to Reduce Construction and Demolition Waste in Municipal Projects*. INFORM, Inc.
- [6]. Zhen Chen and Heng Li (2006). *Environmental Management in Construction*. Taylor & Francis Press. London and NewYork.
- [7]. Quyết định số 198/QĐ-TTg ngày 09/02/2018 của Thủ tướng Chính phủ về việc Phê duyệt Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng.
- [8]. Quyết định số 900/QĐ-BCĐĐTQ ngày 29/06/2018 của Trường Ban chỉ đạo Đề án Hoàn thiện hệ thống tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật xây dựng (thuộc Bộ Xây dựng) về việc triển khai quyết định số 198/QĐ-TTg.
- [9]. *Strategies for Enhancing Construction Waste Recycling: A Usability Analysis*. MDPI.
- [10]. *Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects*. MDPI.
- [11]. *Assessing Key Factors and Strategies for Reducing Waste Generation in Construction Material Manufacturing*. *Journal of Water Resources and Pollution Studies*, e-ISSN: 2581-5326, Vol. 10, Issue 1 (January – April, 2025) pp: (23-41)
- [12]. *Causes Influencing Construction Waste Generation During the Design Process: An Analytical Study*. <https://iopscience.iop.org/journal/1755-1315>
- [13]. Navaratna, D. (2024). *Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects*. MDPI. DOI: 10.3390/su16083289
- [14]. Zhang, H., Li, X., & Wang, Y. (2023). *Critical construction waste minimization strategies for a circular economy in developing countries: A contractor's perspective in China*. *International Journal of Environmental Science and Technology*. DOI: Springer
- [15]. Gálvez-Martos, J. L., Styles, D., Schoenberger, H., & Zeschmar-Lahl, B. (2018). *Construction and demolition waste best management practice in Europe*. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 166-178. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.04.016.
- [16]. Ajayi, S. O., Oyedele, L. O., Akinade, O. O., Bilal, M., Alaka, H. A., Owolabi, H. A., & Kadiri, K. O. (2017). *Reducing waste to landfill: A need for cultural change in the construction industry*. *Journal of Building Engineering*, 9, 192-199. DOI: 10.1016/j.job.2016.12.007.