

Kiểm soát ô nhiễm môi trường tại công trường xây dựng nhà cao tầng: Kinh nghiệm quốc tế và khả năng áp dụng tại Việt Nam

Environmental pollution control at high-rise building construction sites: International Experience and Applicability in Vietnam

> THS PHẠM THỊ THANH NHÀN^{1,2}, PGS.TS NGUYỄN ANH DŨNG^{1,*}

¹Trường Đại học Thủy lợi

²Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải

*Email: dung.kcct@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Quá trình đô thị hóa nhanh chóng tại Việt Nam đã thúc đẩy sự bùng nổ các dự án nhà cao tầng, kéo theo những thách thức nghiêm trọng về ô nhiễm bụi, tiếng ồn và chất thải. Bài báo tổng quan các giải pháp công nghệ và quản lý xây dựng xanh từ kinh nghiệm quốc tế, từ đó đánh giá tính khả thi khi áp dụng vào điều kiện thi công đặc thù trong nước. Kết quả phân tích chỉ ra xu hướng chuyển dịch toàn cầu từ các biện pháp kiểm soát thụ động sang phòng ngừa chủ động tại nguồn. Tuy nhiên, việc áp dụng các công nghệ tiên tiến tại Việt Nam hiện gặp rào cản lớn về chi phí đầu tư, áp lực cạnh tranh giá thầu và hạn chế của hạ tầng giao thông đô thị đối với giải pháp lắp ghép. Do đó, nghiên cứu đề xuất lộ trình áp dụng ưu tiên các giải pháp quản lý và tổ chức chi phí thấp (như tối ưu hóa quy hoạch mặt bằng, phân loại chất thải 3R) trong ngắn hạn, tạo nền tảng trước khi đầu tư các giải pháp công nghệ chuyên sâu.

Từ khóa: Xây dựng xanh; quản lý xây dựng xanh; kiểm soát ô nhiễm; nhà cao tầng.

ABSTRACT

Rapid urbanization in Vietnam has catalyzed a surge in high-rise construction, leading to severe environmental challenges from dust, noise, and waste pollution. This paper reviews green construction technologies and management solutions derived from international experience to assess their feasibility in Vietnam's specific construction context. The analysis reveals a global paradigm shift from passive control measures to active at-source prevention. However, the implementation of advanced technologies in Vietnam currently faces significant barriers, including investment costs, competitive bidding pressures, and limitations in urban transport infrastructure for prefabrication solutions. Consequently, the study proposes an implementation roadmap that prioritizes low-cost management and organizational solutions, such as optimizing site layout planning and 3R waste segregation in the short term, thereby establishing a foundation before investing in intensive technological solutions.

Keywords: Green construction; green construction management; pollution control; high-rise buildings.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tốc độ đô thị hóa nhanh chóng ở Việt Nam đã dẫn đến sự bùng nổ các dự án nhà cao tầng tại các đô thị lớn. Sự phát triển này, mặc dù góp phần tái thiết đô thị, nhưng đồng thời cũng gây áp lực nghiêm trọng lên môi trường sống và sức khỏe cộng đồng, đặc biệt là các vấn đề ô nhiễm bụi mịn, tiếng ồn và chất thải rắn xây dựng [1]. Mặc dù Luật Bảo vệ môi trường 2020 và các quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đã có hiệu lực, việc tuân thủ tại nhiều dự án vẫn mang tính đối phó, thiếu các giải pháp đồng bộ.

Trong bối cảnh hội nhập quốc tế, các quốc gia phát triển đã chuyển dịch chiến lược kiểm soát ô nhiễm từ các biện pháp che chắn thụ động sang kiểm soát chủ động bằng công nghệ xây dựng xanh (Green Building Technologies) [2] và quy trình xây dựng tinh

gọn (Lean Construction) [3], [4]. Tại Việt Nam, khái niệm “công trình xanh” (Green Building) đang dần phổ biến với các hệ thống đánh giá như LOTUS, LEED hay EDGE. Tuy nhiên, các nghiên cứu và ứng dụng thực tiễn về vấn đề này còn khá rời rạc, chủ yếu tập trung vào giai đoạn thiết kế kiến trúc xanh mà chưa chú trọng đến giải pháp xanh trong giai đoạn thi công. Do đó, xuất phát từ thực tiễn trên, bài báo tổng hợp, phân tích các bài học kinh nghiệm về giải pháp công nghệ “xây dựng xanh” và giải pháp “quản lý dự án xanh” từ các nghiên cứu đã có, từ đó đánh giá tính phù hợp với điều kiện thi công nhà cao tầng tại các đô thị ở Việt Nam, góp phần thúc đẩy sự phát triển bền vững của ngành xây dựng.

“Xây dựng xanh” (Green Construction - GC) đề cập đến các hoạt động xây dựng nhằm tối đa hóa việc bảo tồn tài nguyên và giảm

thiểu tác động tiêu cực đến môi trường hướng tới 5 mục tiêu cốt lõi: tiết kiệm năng lượng, đất, nước, vật liệu và bảo vệ môi trường trong suốt giai đoạn thi công của dự án [5], [6]. Khác với các đánh giá công trình xanh tập trung bảo hiệu suất vận hành theo vòng đời của công trình, GC chú trọng trực tiếp vào các giải pháp kỹ thuật tại công trường nhằm kiểm soát ngay lập tức tiếng ồn, bụi, khí thải và chất thải rắn [7].

Để việc thực hiện GC hiệu quả, “**Quản lý xây dựng xanh**” (Green Construction Management - GCM) được áp dụng thông qua việc tích hợp các mục tiêu môi trường vào quy trình quản lý dự án truyền thống, thúc đẩy phát triển bền vững thông qua việc quản lý có trách nhiệm các dự án đầu tư nhằm mục đích đạt được các công trình thân thiện với môi trường [8]. Bản chất của GCM là các giải pháp tập trung vào khía cạnh quản trị, con người và quy trình, bao gồm việc

Bảng 1. Tổng hợp các biện pháp kiểm soát bụi và khí thải trong thi công xây dựng

Nhóm giải pháp	Biện pháp cụ thể	Diễn giải	Nguồn tham khảo
1. Giảm phát sinh tại nguồn	Đổi mới công nghệ & Vật liệu	Sử dụng cấu kiện đúc sẵn; Sử dụng vật liệu các-bon thấp, vật liệu tái chế (cốp pha thép), vật liệu thay thế xi măng (tro bay, zeolite).	[9], [10], [11], [12]
	Quản lý máy móc thi công	Bảo trì định kỳ, tối ưu công suất; Ưu tiên thiết bị năng lượng sạch (điện, mặt trời) hoặc phát thải thấp.	[9], [13]
2. Kỹ thuật ngăn chặn phát tán bụi	Phun ẩm & Dập bụi	- Phun nước thường xuyên (đặc biệt mùa khô). - Hệ thống phun sương (trên hàng rào, súng phun, xe chuyên dụng). - Kết hợp hệ thống hút bụi cục bộ (LEV).	[11], [14], [15], [16]
	Che chắn & Cô lập	- Hàng rào tôn kín bao quanh (cao trên 1,8 m - 2 m). - Che phủ bạt/lưới cho đất trống và vật liệu rời.	[9], [11], [14]
	Kiểm soát hạ tầng & Vận chuyển	- Cứng hóa đường nội bộ, trồng cây xanh; - Rửa xe tại cổng ra vào, che kín thùng xe, kiểm soát tốc độ.	[9], [11], [14]
3. Lập kế hoạch quản lý và giám sát	Ứng dụng BIM	- Tối ưu hóa mặt bằng: Bố trí nguồn bụi cuối hướng gió, khu văn phòng đầu hướng gió.	[17]
	Giám sát thông minh	- Quan trắc thời gian thực bằng cảm biến/mạng không dây để phát hiện nồng độ vượt ngưỡng.	[11], [16], [18]
	Chính sách & Con người	- Đào tạo nâng cao nhận thức cho quản lý và công nhân. - Áp dụng phí ô nhiễm, phạt vi phạm, kiểm soát niên hạn máy móc. - Thực hiện đánh giá tác động môi trường (EIA).	[9], [11], [13], [18], [19]

2.2. Giải pháp giảm thiểu tiếng ồn và rung chấn

Giải pháp kiểm soát tiếng ồn và rung chấn được tiếp cận dựa trên nguyên lý truyền âm, bao gồm: kiểm soát tại nguồn, kiểm soát trên đường truyền và kiểm soát tại nơi tiếp nhận, kết hợp các

Bảng 2. Tổng hợp các biện pháp kiểm soát tiếng ồn và rung chấn trong thi công xây dựng

Nhóm giải pháp	Biện pháp cụ thể	Diễn giải	Nguồn tham khảo
1. Tại nguồn phát sinh	Lựa chọn & Thay thế thiết bị	- Ưu tiên thiết bị có tính năng giảm ồn. - Thay thế máy cũ bằng máy mới để giảm ồn và tối ưu chi phí vận hành.	[20], [21]
	Bảo trì	- Thực hiện bảo trì định kỳ (bôi trơn, siết bu lông, cân bằng) để tránh tiếng ồn do hao mòn và hỏng hóc.	[20]
	Cải tiến kỹ thuật (Giảm rung)	- Lắp bộ giảm thanh cho hệ thống xả. - Dùng lớp lót cao su giảm va đập/cộng hưởng. - Dùng bánh răng nhựa.	[20], [21]
	Công nghệ chủ động (ANC)	- Tạo sóng âm ngược pha để triệt tiêu tiếng ồn gốc. - Hiệu quả cao với tần số thấp (<1000 Hz) như máy xúc, xe tải (giảm 7.0 -10.1 dBA).	[22]
2. Trên đường truyền	Rào chắn & Bao che	- Lắp đặt tường chắn ồn, lớp vỏ cách âm quanh máy móc hoặc khu vực thi công.	[20], [21]
	Vật liệu cách âm	- Sử dụng vật liệu có khả năng hấp thụ âm thanh.	[20]
3. Tại nơi tiếp nhận	Bảo vệ thính giác cá nhân	- Trang bị nút tai/chụp tai cho người làm việc trong môi trường >85 dBA.	[20], [21]

lập kế hoạch quản lý môi trường (EMP), đào tạo nhận thức cho công nhân, và thiết lập chuỗi cung ứng vật liệu xanh.

2. TỔNG QUAN CÁC NGHIÊN CỨU VỀ GIẢI PHÁP KIỂM SOÁT Ô NHIỄM PHÁT SINH TỪ HOẠT ĐỘNG XÂY DỰNG

2.1. Giải pháp kiểm soát bụi và khí thải phát sinh từ hoạt động xây dựng

Việc kiểm soát bụi và khí thải trong quá trình thi công đòi hỏi sự phối hợp đồng bộ giữa ba nhóm giải pháp chính: (1) Giảm thiểu phát sinh tại nguồn; (2) Kỹ thuật ngăn chặn phát tán bụi; (3) Lập kế hoạch quản lý và giám sát minh. Chi tiết các biện pháp kỹ thuật và quản lý được tổng hợp tại Bảng 1.

biện pháp tổ chức thi công và giám sát đo đạc tiếng ồn. Chi tiết các giải pháp được tổng hợp tại Bảng 2.

	Thiết bị chuyên dụng	- Sử dụng thiết bị bảo hộ tích hợp tai nghe giao tiếp cho cấp quản lý.	[23]
4. Tổ chức thi công và giám sát đo đạc tiếng ồn	Quy hoạch mặt bằng	- Tối đa hóa khoảng cách giữa nguồn ồn và khu vực nhạy cảm. - Sử dụng mô hình tối ưu hóa đa mục tiêu (tiếng ồn - an toàn - chi phí).	[24], [25]
	Tiến độ	- Tránh vận hành đồng thời nhiều máy - Thi công khung giờ ít nhạy cảm, phân vùng kiểm soát	[20], [21], [22]
	Quan hệ cộng đồng	- Thông báo trước kế hoạch thi công với cộng đồng, phối hợp với chính quyền để giảm khiếu nại.	[21]
	Giám sát & Đo đạc	- Xây dựng quy trình đo đạc phù hợp, hiệu chuẩn thiết bị thường xuyên. - Quan trắc định kỳ để đảm bảo tuân thủ tiêu chuẩn.	[21], [26]

2.3. Giải pháp về quản lý chất thải rắn xây dựng

Quản lý chất thải xây dựng hiệu quả đòi hỏi cách tiếp cận toàn diện xuyên suốt vòng đời dự án từ tối ưu hóa thiết kế, ứng dụng công nghệ BIM cùng triết lý xây dựng tinh gọn (Lean construction

với hệ thống 5S và JIT) đến kiểm soát thi công tại hiện trường và đào tạo nâng cao nhận thức cho đội ngũ nhân sự. Tổng hợp các nhóm giải pháp được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3. Tổng hợp các biện pháp quản lý và giảm thiểu chất thải rắn xây dựng

Nhóm giải pháp	Biện pháp cụ thể	Diễn giải	Nguồn tham khảo
1. Thiết kế	Tối ưu hóa thiết kế	- Áp dụng thiết kế sinh thái, chuẩn hóa kích thước cấu kiện. - Chuyển hóa mục tiêu giảm thải thành tiêu chí đánh giá phương án thiết kế.	[27], [28], [29], [30]
	Kiểm soát thay đổi thiết kế & sử dụng cấu kiện lắp ghép	- Tăng cường thẩm tra để hạn chế thay đổi thiết kế. - Tăng tỷ lệ sử dụng cấu kiện lắp ghép để giảm chất thải tại chỗ.	[31], [32], [33], [34]
2. Ứng dụng công nghệ hiện đại (BIM)	Kiểm soát xung đột & ước tính chính xác lượng chất thải	- Phát hiện sớm xung đột (ngăn ngừa 4,3% - 15,2% lượng chất thải do làm lại) - Ước tính chính xác lượng chất thải để lập kế hoạch phòng ngừa (giảm tới 40-45%).	[31], [35]
	Hỗ trợ đo bóc khối lượng	- Xác định chính xác khối lượng, tránh đặt hàng dư thừa.	[36]
3. Quản lý thi công	Quản lý kho bãi & Vật tư	- Áp dụng 5S và JIT (Giao hàng đúng lúc) để tránh lưu kho lâu gây hư hỏng. - Tuân thủ nguyên tắc FIFO (Nhập trước - Xuất trước).	[28], [37]
	Kiểm soát chất lượng	- Giám sát chặt chẽ, sử dụng nhân lực lành nghề để hạn chế thi công sai quy trình phải phá dỡ.	[28], [30], [33]
4. Kiểm soát tại nguồn & Quản lý chất thải trên công trường	Phân loại & tuân thủ nguyên tắc 3R	- Phân loại tại nguồn để tối đa hóa tái chế. - Tuân thủ 3R: Giảm thiểu, Tái sử dụng, Tái chế.	[27], [28], [38], [39]
	Vận chuyển nội bộ	- Lập kế hoạch vận chuyển, che chắn và bốc dỡ đúng quy trình để tránh nứt vỡ vật liệu.	[40]
5. Nhân sự & Chính sách	Đào tạo & Nhận thức	- Đào tạo định kỳ về kỹ năng và trách nhiệm nghề nghiệp cho các bên liên quan.	[27], [33], [37], [41]
	Cơ chế Hợp đồng & Pháp lý	- Tích hợp tiêu chuẩn giảm thải vào hồ sơ thầu/hợp đồng. - Áp dụng thưởng/phạt hợp đồng. - Bắt buộc có Kế hoạch quản lý chất thải (WMP).	[33], [39], [40], [41]

2.4. Giải pháp về kiểm soát nước thải xây dựng

Các nghiên cứu về các giải pháp kiểm soát nước thải từ hoạt động xây dựng còn khá hạn chế và chưa được quan tâm nhiều so với bụi và chất thải rắn xây dựng. Kiểm soát nước thải xây dựng là Bảng 4. Tổng hợp các biện pháp về kiểm soát nước thải xây dựng

sự kết hợp chặt chẽ giữa các giải pháp kỹ thuật xử lý tại chỗ, phân kỳ thi công và cơ chế phối hợp đa bên. Chi tiết các biện pháp được tổng hợp tại Bảng 4.

Nhóm giải pháp	Biện pháp cụ thể	Diễn giải	Nguồn tham khảo
1. Kỹ thuật & Xử lý tại chỗ	Quản lý nước rửa máy móc thiết bị & Bảo dưỡng bê tông	- Thiết lập hố thu gom có lớp lót chống thấm để ngăn thấm thấu vào đất. - Xử lý sơ bộ (trung hòa pH, lắng lọc) trước khi xả thải hoặc tái sử dụng.	[42]
	Kiểm soát Cơ - Hóa học	- Sử dụng rào chắn trầm tích, hàng rào vải địa kỹ thuật. - Kết hợp phương pháp đông tụ, kết tủa, hấp phụ để xử lý cặn lơ lửng.	[43]

	Bảo vệ nước ngầm	- Hạn chế đào rãnh sâu, xáo trộn địa chất không cần thiết để giảm nguy cơ rò rỉ chất ô nhiễm.	[42]
2. Kế hoạch thi công	Phân kỳ thi công	- Sắp xếp trình tự thi công hợp lý để rút ngắn thời gian và diện tích đất trống bị lộ thiên (giảm xói mòn). - Ưu tiên đào đắp lớn vào mùa khô.	[44]
3. Phối hợp quản lý đa bên	Cơ chế phối hợp liên ngành	- Thống nhất quy trình hướng dẫn, giám sát giữa Nhà thầu, Chủ đầu tư, Cơ quan môi trường, Chính quyền địa phương.	[42]
	Nâng cao năng lực & Giám sát	- Đào tạo thường xuyên cho nhà thầu về quy định xả thải. - Tăng cường vai trò giám sát của chính quyền địa phương và đơn vị cấp thoát nước.	[42]

3. PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xu hướng kiểm soát ô nhiễm trong hoạt động xây

đựng: từ thụ động đến chủ động

Tổng quan các nghiên cứu cho thấy sự chuyển dịch trong chiến lược kiểm soát ô nhiễm xây dựng: từ xử lý thụ động (như phun nước, che chắn) sang phòng ngừa chủ động tại nguồn. Các biện pháp truyền thống về bản chất là xử lý hậu quả, chỉ can thiệp khi chất ô nhiễm đã phát sinh, mang tính đối phó ngắn hạn và không giải quyết được gốc rễ vấn đề lãng phí tài nguyên. Ngược lại, xu hướng hiện đại tập trung triệt tiêu phát thải ngay từ đầu thông qua áp dụng công nghệ thi công mới (cấu kiện đúc sẵn, máy móc năng lượng sạch, kiểm soát ồn chủ động ANC), tích hợp mục tiêu môi trường vào giai đoạn lập kế hoạch và ứng dụng công nghệ số như BIM đóng vai trò then chốt. BIM không chỉ giúp tối ưu hóa quy hoạch mặt bằng để giảm tác động bụi, ồn mà còn phát hiện xung đột thiết kế nhằm ngăn ngừa chất thải rắn từ sớm. Sự chuyển dịch này là sự thay đổi tất yếu để ngành Xây dựng không chỉ đáp ứng các quy chuẩn môi trường ngày càng khắt khe mà còn hướng tới phát triển bền vững.

3.2. Những rào cản và khả năng áp dụng thực tiễn tại Việt Nam

Dựa trên thực tế thi công nhà cao tầng tại các đô thị, việc áp dụng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm tại Việt Nam đang đối mặt với ba nhóm rào cản chính.

Thứ nhất là chi phí đầu tư và áp lực cạnh tranh. Công nghệ tiên tiến (thiết bị thi công sử dụng năng lượng sạch, công nghệ kiểm soát tiếng ồn chủ động (ANC), quan trắc thời gian thực) đòi hỏi chi phí đầu tư ban đầu lớn. Do đó, các giải pháp kỹ thuật chi phí thấp (phun sương, che chắn) và phân loại chất thải theo nguyên tắc 3R có tính khả thi cao và phù hợp với năng lực tài chính của nhà thầu.

Thứ hai là hạ tầng đô thị và không gian thi công. Việc vận chuyển cấu kiện lắp ghép khổ lớn bị hạn chế do vướng quy định tiếng ồn (thường không được vượt quá 55dBa theo QCVN 26:2010/BTNMT). Đồng thời, mặt bằng thi công chật hẹp trong nội đô gây khó khăn cho việc bố trí các hạng mục phụ trợ môi trường (khu vực phân loại rác, bể lắng, vùng đệm cây xanh) đúng quy chuẩn.

Thứ ba là năng lực công nghệ. Dù các nhà thầu lớn đã tiếp cận BIM, rào cản lớn nhất nằm ở việc chuyển đổi tư duy sử dụng BIM từ một công cụ thiết kế sang công cụ quản lý môi trường để ước tính chất thải.

Từ những rào cản trên, nghiên cứu đề xuất lộ trình áp dụng các giải pháp kiểm soát ô nhiễm theo ba giai đoạn phù hợp cho Việt Nam nhằm cân bằng giữa bảo vệ môi trường và hiệu quả kinh tế. Đó là sự tích hợp ưu tiên các giải pháp quản lý và tổ chức trong giai đoạn ngắn hạn và thúc đẩy chuyển đổi số (BIM) trong giai đoạn trung hạn trước khi tiến tới hiện đại hóa toàn diện về công nghệ thi công và thiết bị trong dài hạn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo đã tổng hợp kinh nghiệm quốc tế về kiểm soát ô nhiễm xây dựng và đánh giá tính phù hợp với thực tiễn thi công nhà cao tầng tại Việt Nam. Kết quả cho thấy sự chuyển dịch tất yếu trong

kiểm soát ô nhiễm xây dựng từ thụ động xử lý hậu quả sang phòng ngừa chủ động kiểm soát tại nguồn thông qua Quản lý xây dựng Xanh (GCM) và ứng dụng công nghệ BIM ngay từ giai đoạn lập kế hoạch. Trong bối cảnh Việt Nam hiện nay, do những rào cản lớn về chi phí đầu tư và áp lực cạnh tranh cùng với không gian thi công chật hẹp tại các thành phố lớn các giải pháp tổ chức và quản lý chi phí thấp như tối ưu hóa mặt bằng và phân loại chất thải tại nguồn, hiện là hướng đi phù hợp và hiệu quả nhất để áp dụng đại trà trong ngắn hạn.

Để thúc đẩy mục tiêu phát triển bền vững, bài báo đề xuất các kiến nghị.

- Đối với cơ quan quản lý nhà nước: Sớm xây dựng và ban hành các quy định cụ thể về định mức chi phí cho các giải pháp công nghệ môi trường tiên tiến, nhằm tạo cơ sở pháp lý cho việc lập và quản lý chi phí đầu tư; đồng thời xây dựng lộ trình cụ thể để bắt buộc áp dụng BIM trong quản lý môi trường đối với các dự án có quy mô lớn.

- Đối với chủ đầu tư: Chuyển đổi tiêu chí đầu thầu từ giá thấp nhất sang đánh giá năng lực quản lý môi trường, bắt buộc đưa Kế hoạch quản lý môi trường (EMP) và các chỉ tiêu giảm thải tích hợp vào hồ sơ mời thầu và hợp đồng xây dựng như những điều khoản bắt buộc, với chế tài thưởng phạt nghiêm minh.

- Đối với nhà thầu thi công: Ưu tiên thực hiện lộ trình "xanh hóa" từ quản lý nội tại, bắt đầu bằng việc chuẩn hóa quy trình 3R và tối ưu hóa quy hoạch mặt bằng thi công để giảm thiểu tác động bụi và tiếng ồn ngay từ giai đoạn lập kế hoạch thi công.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Tài nguyên và Môi trường, "Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2016-2020", 2021. Internet: https://moit.gov.vn/upload/2005517/fck/files/20211108_Bao_cao_HTM_T_2016-2020_F_a4980.pdf.
- [2] A. P. C. Chan, A. Darko, and E. E. Ameyaw, "Strategies for Promoting Green Building Technologies Adoption in the Construction Industry-An International Study," *Sustainability*, vol. 9, no. 6, p. 969, Jun. 2017, doi: 10.3390/su9060969.
- [3] R. Sacks, L. Koskela, B. A. Dave, and R. Owen, "Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 136, no. 9, pp. 968-980, Sep. 2010, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000203.
- [4] S. Li, Y. Fang, and X. Wu, "A systematic review of lean construction in Mainland China," *Journal of Cleaner Production*, vol. 257, p. 120581, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120581.
- [5] L. Chen et al., "Green construction for low-carbon cities: a review," *Environ Chem Lett*, vol. 21, no. 3, pp. 1627-1657, Jun. 2023, doi: 10.1007/s10311-022-01544-4.
- [6] Y. Liu, Y. Xiao, and Y. Zhang, "Information Management and Green Construction Evaluation," 6th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2017), Atlantis Press, Jun. 2017, pp. 1484-1490. doi: 10.2991/iceep-17.2017.263.
- [7] R. T. Masyhur, A. H. Alias, Z. Zulkafli, and N. A. Haron, "A Review on Green Building vs. Green Construction: Key Differences, Benefits, Challenges, Rating, and Future Outlook Green Building vs. Green Construction: Exploring Key Differences and Challenges for a More Sustainable Industry (A Narrative Review)," *International Journal of Built Environment and Sustainability*, vol. 12, no. 3, pp. 31-48, Sep. 2025, doi: 10.11113/ijbes.v12.n3.1423.

- [8] X. Wu, W. Zhao, and T. Ma, "Improving the Impact of Green Construction Management on the Quality of Highway Engineering Projects," *Sustainability*, vol. 11, no. 7, p. 1895, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11071895.
- [9] V. H. S. Pham and T. D. Dau, "Analyzing Factors of Environmental Pollution from Construction Sites and Proposing Solutions", *ijscet*, vol. 15, no. 3, pp. 21-30, Dec. 2024, Accessed: Jan. 21, 2026. [Online]. Internet: <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/19846>.
- [10] M. Marzouk, E. M. Abdelkader, and K. Al-Gahtani, "Building information modeling-based model for calculating direct and indirect emissions in construction projects," *Journal of Cleaner Production*, vol. 152, pp. 351-363, May 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.03.138.
- [11] Z. Wu, X. Zhang, and M. Wu, "Mitigating construction dust pollution: state of the art and the way forward," *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, pp. 1658-1666, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.015.
- [12] L. T. Huyền, Đinh T. P. Lan, và N. T. Trung, "Hướng tới tòa nhà phát thải ròng bằng '0' tại Việt Nam", *JOMC*, vol. 15, số 01, tr 47-54, tháng 2, 2025, doi.org/10.54772/jomc.01.2025.848.
- [13] N. T. Trung, N. S. Thành, và L. V. Tuấn, "Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp giảm nguy cơ gây ô nhiễm môi trường không khí đối với máy móc thi công trong các dự án đầu tư xây dựng dân dụng", *JOMC*, vol. 14, số 05, tr 123 -127, tháng 9, 2024.4, doi: 10.54772/jomc.5.2024.777.
- [14] M. K. Kaluarachchi, A. Waidyasekara, R. Rameezdeen, and N. Chileshe, "Mitigating Dust Pollution from Construction Activities: A Behavioural Control Perspective," *Sustainability*, vol. 13, no. 16, Art. no. 16, Jan. 2021, doi: 10.3390/su13169005.
- [15] Q. Luo et al., "Occupational health risk assessment based on dust exposure during earthwork construction," *Journal of Building Engineering*, vol. 44, p. 103186, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.jobe.2021.103186.
- [16] D. Cheriyan and J. Choi, "A review of research on particulate matter pollution in the construction industry," *Journal of Cleaner Production*, vol. 254, p. 120077, May 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120077.
- [17] G. Tao, J. Feng, H. Feng, H. Feng, and K. Zhang, "Reducing Construction Dust Pollution by Planning Construction Site Layout," *Buildings*, vol. 12, no. 5, Art. no. 5, May 2022, doi: 10.3390/buildings12050531.
- [18] J. Hong et al., "An empirical analysis of environmental pollutants on building construction sites for determining the real-time monitoring indices," *Building and Environment*, vol. 170, p. 106636, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2019.106636.
- [19] J. Zuo, R. Rameezdeen, M. Hagger, Z. Zhou, and Z. Ding, "Dust pollution control on construction sites: Awareness and self-responsibility of managers," *Journal of Cleaner Production*, vol. 166, pp. 312-320, Nov. 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.08.027.
- [20] B. Barkokébas Jr., B. M. Vasconcelos, E. M. G. Lago, and A. F. P. Alcoforador, "Analysis of noise on construction sites of high-rise buildings," *WORK*, vol. 41, no. S1, pp. 2982-2990, Mar. 2012, doi: 10.3233/WOR-2012-0553-2982.
- [21] H. H. Shaikh, N. Y. Zainun, and S. H. Khahro, "Impact of Noise Pollution at Construction Sites of Sindh Pakistan," *E3S Web Conf.*, vol. 437, p. 02003, 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202343702003.
- [22] N. Kwon, M. Park, H.-S. Lee, J. Ahn, and M. Shin, "Construction Noise Management Using Active Noise Control Techniques," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 142, p. 04016014, Jan. 2016, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001121.
- [23] S. C. Lee, J. H. Kim, and J. Y. Hong, "Characterizing perceived aspects of adverse impact of noise on construction managers on construction sites," *Building and Environment*, vol. 152, pp. 17-27, Apr. 2019, doi: 10.1016/j.buildenv.2019.02.005.
- [24] A. W. A. Hammad, A. Akbarnezhad, and D. Rey, "A multi-objective mixed integer nonlinear programming model for construction site layout planning to minimise noise pollution and transport costs," *Automation in Construction*, vol. 61, pp. 73-85, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2015.10.010.
- [25] X. Ning, J. Qi, C. Wu, and W. Wang, "Reducing noise pollution by planning construction site layout via a multi-objective optimization model," *Journal of Cleaner Production*, vol. 222, pp. 218-230, Jun. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.018.
- [26] M. J. Ballesteros, M. D. Fernández, S. Quintana, J. A. Ballesteros, and I. González, "Noise emission evolution on construction sites. Measurement for controlling and assessing its impact on the people and on the environment," *Building and Environment*, vol. 45, no. 3, pp. 711-717, Mar. 2010, doi: 10.1016/j.buildenv.2009.08.011.
- [27] Department of Project Management, Ho Chi Minh City Open University (HCMCOU), Ho Chi Minh City, Vietnam and P. Et AL., "Key factors affecting construction wastes in Vietnam," *Int. j. adv. appl. sci.*, vol. 6, no. 10, pp. 19-24, Oct. 2019, doi: 10.21833/ijaas.2019.10.004.
- [28] Lê Hồng Dương, "Các yếu tố ảnh hưởng đến phát sinh chất thải xây dựng trong quá trình thi công và đề xuất giải pháp giảm thiểu", *JOMC*, vol. 15, số 02, tr 113-118, tháng 4 2025, doi: 10.54772/jomc.02.2025.864.
- [29] A. Parisi Kern, M. Ferreira Dias, M. Piva Kulakowski, and L. Paulo Gomes, "Waste generated in high-rise buildings construction: A quantification model based on statistical multiple regression," *Waste Management*, vol. 39, pp. 35-44, May 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.01.043.
- [30] C. Luangcharoenrat, S. Intrachotoo, V. Peansupap, and W. Sutthinarakorn, "Factors Influencing Construction Waste Generation in Building Construction: Thailand's Perspective," *Sustainability*, vol. 11, no. 13, Art. no. 13, Jan. 2019, doi: 10.3390/su11133638.
- [31] J. Won, J. C. P. Cheng, and G. Lee, "Quantification of construction waste prevented by BIM-based design validation: Case studies in South Korea," *Waste Management*, vol. 49, pp. 170-180, Mar. 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2015.12.026.
- [32] V. Chellappa, A. Lincy, and K. Ramakrishnan, "Factors influencing construction waste generation: perspectives from India," *Waste and Resource Management*, vol. 177, Aug. 2023, doi: 10.1680/jwarm.23.00006.
- [33] K. K. Najji, M. Gunduz, and M. F. Hamaidi, "Major Factors Affecting Construction Waste Management in Infrastructure Projects Using Structural Equation Model," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 148, no. 10, p. 04022101, Oct. 2022, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002358.
- [34] T. Meng, X. Shan, Z. Ren, and Q. Deng, "Analysis of Influencing Factors on Solid Waste Generation of Public Buildings in Tropical Monsoon Climate Region," *Buildings*, vol. 14, no. 2, Art. no. 2, Feb. 2024, doi: 10.3390/buildings14020513.
- [35] R. Hasan, Md. F. Rakib, and M. Rahman, "Quantification of Construction Waste through BIM," *Journal of Technology Management and Business*, vol. 9, Jun. 2022, doi: 10.30880/jtmb.2022.09.01.007.
- [36] T.-Q. Nguyen, E. C. W. Lou, and B. N. Nguyen, "A theoretical BIM-based framework for quantity take-off to facilitate progress payments: the case of high-rise building projects in Vietnam," *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, vol. 42, no. 4, pp. 704-728, Jan. 2022, doi: 10.1108/IJBPA-10-2021-0139.
- [37] H. Yuan, "Key indicators for assessing the effectiveness of waste management in construction projects," *Ecological Indicators*, vol. 24, pp. 476-484, Jan. 2013, doi: 10.1016/j.ecolind.2012.07.022.
- [38] E. Manowong, "Investigating factors influencing construction waste management efforts in developing countries: an experience from Thailand," *Waste Manag Res*, vol. 30, no. 1, pp. 56-71, Jan. 2012, doi: 10.1177/0734242X10387012.
- [39] J. Liu, Y. Yi, and X. Wang, "Exploring factors influencing construction waste reduction: A structural equation modelling approach," *Journal of Cleaner Production*, vol. 276, p. 123185, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123185.
- [40] W. Lu and H. Yuan, "Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, no. 2, pp. 201-208, Dec. 2010, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.09.010.
- [41] M. S. Bajjou and A. Chafi, "Exploring the critical waste factors affecting construction projects," *Engineering Construction & Architectural Management*, vol. 29, no. 6, pp. 2268-2299, Jun. 2021, doi: 10.1108/ECAM-12-2020-1097.
- [42] G. Karunasena, W. Wijeratne, A. Gajanayake, N. Udawatta, and S. Perera, "Stakeholder analysis of construction liquid waste management in Victoria, Australia," *International Journal of Construction Management*, pp. 1-12, Feb. 2025, doi: 10.1080/15623599.2025.2461353.
- [43] G. Karunasena et al., "Liquid waste management in the construction sector: a systematic literature review," *International Journal of Construction Management*, vol. 24, no. 1, pp. 86-96, Jan. 2024, doi: 10.1080/15623599.2023.2211416.
- [44] S. Belayutham, V. A. González, and T. W. Yiu, "A cleaner production-pollution prevention based framework for construction site induced water pollution," *Journal of Cleaner Production*, vol. 135, pp. 1363-1378, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.07.003.