

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BỤI MỊN (PM_{2.5}) TỪ CÔNG TRƯỜNG XÂY DỰNG ĐẾN SỨC KHỎE CÔNG NHÂN XÂY DỰNG TẠI CÁC CHUNG CƯ CAO TẦNG QUẬN HÀ ĐÔNG, HÀ NỘI

Phạm Đức Cường, Nguyễn Huy Thắm*

Trường Đại học Lương Thế Vinh, Đường Cầu Đông, Phường Nam Định, Tỉnh Ninh Bình

* Tác giả liên hệ: nguyenhuytham@ltvu.edu.vn**THÔNG TIN BÀI BÁO**

Ngày nhận: 03/7/2025
Ngày hoàn thiện: 25/8/2025
Ngày chấp nhận: 29/8/2025
Ngày đăng: 05/9/2025

TỪ KHÓA

Bụi mịn PM_{2.5},
Công trường xây dựng
Sức khỏe công nhân Ô
nhiễm không khí
Hà Đông.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá tác động của bụi mịn PM_{2.5} từ các công trường xây dựng chung cư cao tầng đến sức khỏe công nhân tại quận Hà Đông, Hà Nội. Dữ liệu được thu thập từ 15 công trường với 500 công nhân, thông qua đo nồng độ PM_{2.5}, khảo sát sức khỏe và kiểm tra chức năng hô hấp. Kết quả đo đạc tại 15 công trường cho thấy nồng độ PM_{2.5} trung bình ngày là 52.6 µg/m³, vượt 110% tiêu chuẩn WHO (25 µg/m³), đặc biệt cao tại khu vực cắt gạch (69.2 µg/m³) và vào buổi chiều (56.8 µg/m³). Thành phần bụi chứa 32.5% silica (SiO₂), có chỉ số nguy cơ (HQ) lên tới 4.7, tiềm ẩn nguy cơ gây bệnh phổi nghề nghiệp. Khảo sát 500 công nhân cho thấy 76.5% người phơi nhiễm PM_{2.5} ≥ 50 µg/m³ có triệu chứng viêm mũi họng, 68.9% ho kéo dài, và 58% rối loạn thông khí tắc nghẽn (FEV1/FVC = 0.68). Nguy cơ sức khỏe tăng theo thâm niên: nhóm làm việc >5 năm có tỷ lệ bệnh hô hấp cao gấp 3 lần nhóm <1 năm. Các biện pháp giảm bụi được thử nghiệm cho thấy hiệu quả cao nhất khi kết hợp phun nước, rào chắn nylon và máy hút bụi (giảm 53.5% PM_{2.5}), trong khi khẩu trang N95 giảm 90.8% lượng bụi hít vào. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp đồng bộ: (1) Lắp đặt hệ thống hút bụi cục bộ, (2) Trang bị khẩu trang N95/KN90, (3) Khám sức khỏe định kỳ tập trung vào chức năng phổi, và (4) Đào tạo nâng cao nhận thức về rủi ro PM_{2.5}. Kết quả này cung cấp bằng chứng khoa học cho việc cải thiện điều kiện lao động và chính sách bảo vệ sức khỏe công nhân xây dựng.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF FINE DUST (PM_{2.5}) FROM CONSTRUCTION SITES ON THE HEALTH OF CONSTRUCTION WORKERS IN HIGH-RISE APARTMENT BUILDINGS IN HA DONG DISTRICT, HANOI

Cuông Phạm Đức, Tham Nguyễn Huy*

Lương Thế Vinh University, Cầu Đông Street, Ninh Bình Province, Viet Nam

*Corresponding Author: nguyenhuytham@ltvu.edu.vn**ARTICLE INFO**

Received: Jul 03rd, 2025
Revised: Aug 25th, 2025
Accepted: Aug 29th, 2025
Published: Sep 05th, 2025

KEYWORDS

PM_{2.5} fine dust
Construction site
Worker health
Air pollution
Ha Dong district

ABSTRACT

This study evaluates the impact of PM_{2.5} fine dust from high-rise apartment construction sites on workers' health in Ha Dong District, Hanoi. Data was collected from 15 construction sites involving 500 workers through PM_{2.5} concentration measurements, health surveys, and respiratory function tests. Measurements at 15 sites revealed an average daily PM_{2.5} concentration of 52.6 µg/m³, exceeding the WHO standard (25 µg/m³) by 110%, with particularly high levels in brick-cutting areas (69.2 µg/m³) and during the afternoon (56.8 µg/m³). The dust composition contained 32.5% silica (SiO₂), with a hazard quotient (HQ) of up to 4.7, posing a potential risk of occupational lung diseases. A survey of 500 workers showed that 76.5% of those exposed to PM_{2.5} ≥ 50 µg/m³ experienced nasopharyngeal inflammation, 68.9% had persistent coughing, and 58% exhibited obstructive ventilation disorders (FEV1/FVC = 0.68). Health risks increased with work duration: workers with over 5 years of experience had respiratory disease rates three times higher than those with less than one year. Dust reduction measures were tested, with the highest effectiveness achieved by combining water spraying, nylon barriers, and vacuum dust collectors (53.5% PM_{2.5} reduction), while N95 masks reduced inhaled dust by 90.8%. The study proposes integrated solutions: (1) Installing local dust extraction systems, (2) Providing N95/KN90 masks, (3) Conducting regular health check-ups focusing on lung function, and (4) Enhancing worker awareness of PM_{2.5} risks. These findings provide scientific evidence for improving labor conditions and policies to protect construction workers' health.

1. Giới Thiệu

1.1. Bối cảnh nghiên cứu

Ô nhiễm không khí, đặc biệt là bụi mịn PM2.5, đang trở thành một trong những mối đe dọa nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng, nhất là tại các đô thị đang phát triển nhanh chóng như Hà Nội. Trong đó, các công trường xây dựng chung cư cao tầng được xác định là một trong những nguồn phát thải bụi PM2.5 đáng kể do các hoạt động như đào đắp, vận chuyển vật liệu, cắt gạch, trộn bê tông và các quá trình thi công khác. Quận Hà Đông, một trong những khu vực có mật độ xây dựng cao với nhiều dự án nhà ở, thương mại và hạ tầng đang triển khai, là điểm nóng về ô nhiễm bụi từ hoạt động xây dựng.

Theo Tổ chức Y tế Thế giới (WHO, 2021), bụi PM2.5 (có đường kính $\leq 2.5 \mu\text{m}$) có khả năng xâm nhập sâu vào phế nang phổi, thậm chí đi vào máu, làm tăng nguy cơ mắc các bệnh hô hấp (viêm phế quản mãn, hen suyễn), tim mạch (tăng huyết áp, đột quỵ) và ung thư phổi. Đặc biệt, công nhân xây dựng thuộc nhóm đối tượng làm việc trực tiếp tại công trường là những người chịu ảnh hưởng nặng nề nhất do thời gian phơi nhiễm kéo dài và thường thiếu biện pháp bảo hộ hiệu quả.

1.2. Tính cấp thiết của nghiên cứu

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về ô nhiễm không khí tại Hà Nội, phần lớn tập trung vào nguồn gốc giao thông hoặc công nghiệp, trong khi tác động của bụi PM2.5 từ các công trường xây dựng đến sức khỏe công nhân vẫn chưa được đánh giá đầy đủ. Một số nghiên cứu trước đây (Bộ TN&MT, 2020) chỉ ra rằng nồng độ bụi tại các công trường có thể cao gấp 2–3 lần so với khu vực xung quanh, nhưng chưa có nghiên cứu cụ thể nào tại quận Hà Đông nơi đang chứng kiến sự bùng nổ của các dự án chung cư cao tầng.

Hơn nữa, công nhân xây dựng thường là lao động di cư, có nhận thức hạn chế về rủi ro sức khỏe và điều kiện làm việc thiếu an toàn. Việc thiếu dữ liệu về mức độ phơi nhiễm và tác động sức khỏe khiến các biện pháp phòng ngừa chưa được triển khai hiệu quả. Do đó, nghiên cứu này không chỉ cung cấp bằng chứng khoa học về mối nguy hiểm của PM2.5 mà còn đề xuất các giải pháp thiết thực để bảo vệ sức khỏe người lao động.

1.3. Mục tiêu nghiên cứu

Đo lường nồng độ bụi PM2.5 tại các công trường xây dựng chung cư cao tầng ở quận Hà Đông, Hà Nội.

Đánh giá tác động sức khỏe của PM2.5 lên công nhân xây dựng thông qua khảo sát triệu chứng và kiểm tra chức năng phổi.

Đề xuất giải pháp giảm thiểu phơi nhiễm và cải thiện điều kiện làm việc.

1.4. Đóng góp của nghiên cứu

Cung cấp dữ liệu thực nghiệm về ô nhiễm PM2.5 tại các công trường xây dựng ở Hà Đông.

Làm rõ mối liên hệ giữa phơi nhiễm PM2.5 và các vấn đề sức khỏe ở công nhân.

Đề xuất chính sách quản lý và biện pháp bảo hộ lao động dựa trên bằng chứng khoa học.

Nghiên cứu này không chỉ có ý nghĩa với ngành xây dựng mà còn góp phần vào các chương trình giám sát ô nhiễm không khí và bảo vệ sức khỏe cộng đồng tại Hà Nội.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Địa điểm: 15 công trường xây dựng chung cư tại quận Hà Đông.

Đối tượng: 500 công nhân làm việc trực tiếp tại công trường (thợ xây, thợ điện, thợ sơn, lao động phổ thông).

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Đo nồng độ PM2.5: Sử dụng máy đo bụi cầm tay (model UNI-T A25D) đo 3 lần/ngày (sáng, trưa, chiều) trong 5 ngày liên tục.

Khảo sát sức khỏe: Phỏng vấn trực tiếp công nhân bằng bảng câu hỏi chuẩn hóa về triệu chứng hô hấp, da liễu, mệt mỏi.

Kiểm tra lâm sàng: Đo chức năng phổi (spirometry) cho 50 công nhân có triệu chứng nặng.

2.3. Phương pháp phân tích

Xử lý số liệu bằng phần mềm SPSS 26.0.

So sánh nồng độ PM2.5 với tiêu chuẩn WHO ($25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Phân tích tương quan giữa thời gian phơi nhiễm và triệu chứng sức khỏe bằng kiểm định Chi-square và hồi quy logistic.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc điểm nồng độ và thành phần hoá học bụi PM2.5

Kết quả đo tại 15 công trường cho thấy nồng độ PM2.5 trung bình ngày là $52.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, vượt 110% so với tiêu chuẩn WHO. Ô nhiễm cao nhất vào buổi chiều ($56.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, đạt đỉnh $94.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), với 80% mẫu vượt QCVN. Buổi sáng ghi nhận $52.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (73% vượt chuẩn), trong khi buổi trưa thấp nhất ($48.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nhưng vẫn vượt 67% QCVN. Điều này cho thấy công nhân xây dựng đang phơi nhiễm PM2.5 ở mức nguy hiểm suốt cả ngày, đặc biệt nghiêm trọng vào

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BỤI MỊN (PM2.5) TỪ CÔNG TRƯỜNG XÂY DỰNG ĐẾN SỨC KHỎE CÔNG NHÂN XÂY DỰNG TẠI CÁC CHUNG CƯ CAO TẦNG QUẬN HÀ ĐÔNG, HÀ NỘI

khung giờ chiều khi hoạt động thi công đạt cường độ cao nhất. Tại 15 công trường cho thấy sự chênh lệch rõ rệt về nồng độ PM2.5 giữa các vị trí. Đáng báo động nhất là khu vực cất gạch với nồng độ trung bình 69.2 µg/m³, vượt 176.8% tiêu chuẩn WHO và 38.4% QCVN, được đánh giá ở mức "Nguy hiểm". Khu trộn bê tông cũng ghi nhận nồng độ cao (54.4 µg/m³), vượt 117.6% so với WHO. Trong khi đó, các khu vực như đường vận chuyển (46.9 µg/m³) và cổng công trường (38.6 µg/m³) tuy vượt chuẩn WHO nhưng vẫn trong ngưỡng cho phép của QCVN. Đáng chú ý, khu nghỉ giữa ca có nồng độ thấp nhất (33.4 µg/m³), cho thấy hiệu quả của việc bố trí khu vực nghỉ cách ly với nguồn phát thải. Kết quả này nhấn mạnh sự cần thiết phải tập trung các biện pháp kiểm soát bụi tại những khu vực sản xuất trực tiếp như cất gạch và trộn bê tông, đồng thời duy trì các khu vực ít ô nhiễm để bảo vệ sức khỏe công nhân.

Bảng 1. Thành phần hóa học bụi PM2.5

Thành phần	Nguồn phát sinh	Tỷ lệ (%)	Mức nguy hiểm (ACGIH)	Chỉ số nguy cơ (HQ)	Đánh giá rủi ro
SiO ₂	Đập phá, cất gạch, trộn bê tông	32.5 ± 4.2*	0.025 mg/m³ (dạng hô hấp)	4.7	Rất cao
Al ₂ O ₃	Bụi bần, vật liệu xây dựng	8.2 ± 1.2	10 mg/m³	0.3	Thấp
Fe ₂ O ₃	Gia công kim loại, cốt thép	12.4 ± 1.9	5 mg/m³	1.1	Trung bình
Ca ₂ CO ₃	Vữa xây dựng, bụi xi măng	28.7 ± 3.8	10 mg/m³	0.9	Trung bình

Kết quả phân tích thành phần bụi PM2.5 cho thấy silica (SiO₂) chiếm tỷ lệ cao nhất (32.5%) và có mức độ nguy hiểm đặc biệt nghiêm trọng với chỉ số nguy cơ (HQ) lên tới 4.7, vượt xa ngưỡng an toàn của ACGIH. Thành phần này chủ yếu phát sinh từ các hoạt động cất gạch và trộn bê tông, có khả năng gây bệnh bụi phổi silic. Bụi xi măng (Ca₂CO₃) chiếm 28.7% với mức rủi ro trung bình (HQ=0.9), trong khi bụi kim loại từ gia công cốt thép (Fe₂O₃) chiếm 12.4% và có nguy cơ ở mức trung bình (HQ=1.1). Thành phần Al₂O₃ từ bụi đất và vật liệu xây dựng có tỷ lệ thấp (8.2%) và ít nguy hiểm nhất (HQ=0.3). Các kết quả này cho thấy bụi PM2.5 tại công trường không chỉ ảnh hưởng đến hệ hô hấp mà còn tiềm ẩn nguy cơ nhiễm độc kim loại nặng, đòi hỏi các biện pháp bảo hộ đặc biệt như sử dụng khẩu trang lọc N95, hệ thống hút bụi cục bộ và chế độ khám sức khỏe định kỳ cho công nhân, đặc biệt là xét nghiệm nồng độ chì trong máu và kiểm tra chức năng phổi.

3.2. Tác động sức khỏe

Các triệu chứng phơi nhiễm có mối tương quan rõ rệt giữa mức độ phơi nhiễm PM2.5 và các vấn đề sức khỏe ở công nhân xây dựng. Nhóm phơi nhiễm cao (≥50µg/m³) có tỷ lệ mắc các triệu chứng cao hơn đáng kể so với nhóm phơi nhiễm thấp, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0.05). Đặc biệt, triệu chứng viêm mũi họng và ho kéo dài xuất hiện phổ biến nhất, lần lượt ở 76.5% và 68.9% công nhân thuộc nhóm phơi nhiễm cao, cao hơn gần gấp đôi so với nhóm phơi nhiễm thấp. Các vấn đề về mắt và da cũng gia tăng đáng kể ở nhóm phơi nhiễm cao (45.2% kích ứng mắt và 34.8% viêm da), cho thấy tác động toàn diện của PM2.5 lên sức khỏe công nhân. Sự chênh lệch lớn về tỷ lệ mắc các triệu chứng giữa hai nhóm (p-value từ <0.001 đến 0.012) khẳng định mối quan hệ nhân quả giữa nồng độ PM2.5 và các vấn đề sức khỏe, nhấn mạnh sự cần thiết phải có biện pháp bảo vệ hiệu quả hơn cho công nhân làm việc trong môi trường ô nhiễm cao.

Khảo sát 500 công nhân xây dựng cho thấy mối quan hệ rõ ràng giữa thời gian làm việc và tình trạng sức khỏe. Công nhân có thâm niên càng cao thì tỷ lệ mắc các triệu chứng bệnh càng tăng đáng kể. Đặc biệt, nhóm làm việc trên 5 năm có tỷ lệ ho kéo dài (69%), khó thở (54%) và suy giảm chức năng phổi (39%) cao gấp 2-3 lần so với nhóm dưới 1 năm kinh nghiệm. Tình trạng viêm kết mạc (45%) và xuất hiện nhiều triệu chứng cùng lúc (36%) cũng phổ biến hơn ở nhóm này. Nhóm công nhân 1-5 năm kinh nghiệm có tỷ lệ bệnh lý trung bình, trong khi nhóm mới làm dưới 1 năm ít bị ảnh hưởng nhất. Sự khác biệt này cho thấy tác động tích lũy của bụi PM2.5 theo thời gian, đồng thời nhấn mạnh sự cần thiết phải có chính sách bảo vệ sức khỏe đặc biệt cho những công nhân lâu năm, bao gồm khám sức

khỏe định kỳ, trang bị bảo hộ tốt hơn và luân chuyển công việc hợp lý.

Kiểm tra chức năng phổi trên 50 công nhân có triệu chứng hô hấp cho thấy tình trạng suy giảm đáng báo động. Đáng chú ý nhất là tỷ lệ rối loạn thông khí tắc nghẽn chiếm tới 58% với chỉ số FEV1/FVC trung bình chỉ đạt 0.68 (thấp hơn ngưỡng bình thường 0.7). Chỉ số FEV1 trung bình đạt 76.4% giá trị dự đoán, trong đó 42% trường hợp được phân loại giảm nhẹ đến trung bình theo tiêu chuẩn GOLD 2023. Lưu lượng đỉnh (PEF) cũng ở mức thấp (325 L/phút), với 36% trường hợp dưới giới hạn bình thường. Những kết quả này phản ánh tác động nghiêm trọng của việc phơi nhiễm bụi PM2.5 kéo dài đến hệ hô hấp, đặc biệt là nguy cơ phát triển bệnh phổi tắc nghẽn mạn tính (COPD) nghề nghiệp. Điều này đòi hỏi các biện pháp can thiệp kịp thời như khám sàng lọc định kỳ, cải thiện điều kiện làm việc và sử dụng thiết bị bảo hộ hô hấp hiệu quả.

3.3. Hiệu quả biện pháp giảm bụi

Kết quả thử nghiệm các biện pháp kiểm soát bụi cho thấy sự khác biệt đáng kể về hiệu quả và tính khả thi. Biện pháp phun nước 2 lần/ngày tuy chỉ giảm được 34% nồng độ PM2.5 (từ 68.5 xuống 45.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nhưng có ưu điểm về chi phí thấp (3.5 triệu đồng/tháng) và dễ triển khai. Trong khi đó, máy hút bụi tại chỗ cho hiệu quả cao nhất (giảm 46.5% xuống còn 38.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) nhưng đòi hỏi chi phí đầu tư lớn (15 triệu đồng/tháng) và khó áp dụng rộng rãi. Giải pháp kết hợp đồng bộ 3 biện pháp mang lại hiệu quả tối ưu (giảm 53.5% xuống 32.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), tuy nhiên cần cân nhắc về chi phí lên tới 25.7 triệu đồng/tháng. Rào chắn nylon có hiệu quả khiêm tốn (giảm 20.4%) nhưng phù hợp để kiểm soát bụi phát tán ra môi trường xung quanh. Kết quả này gợi ý nên áp dụng linh hoạt các biện pháp tùy theo điều kiện cụ thể của từng công trường, trong đó ưu tiên phun nước kết hợp hút bụi cục bộ tại các khu vực phát sinh nhiều bụi như khu cắt gạch và trộn bê tông.

Trong điều kiện không sử dụng khẩu trang, công nhân hít vào trung bình 58.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM2.5, vượt xa ngưỡng khuyến cáo của WHO (25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Khẩu trang vải chỉ giảm 44.6% nồng độ bụi (xuống 32.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), chứng tỏ không đủ khả năng ngăn bụi mịn, phù hợp với nghiên cứu của WHO (2021) về việc vải thông thường chỉ lọc được các hạt lớn hơn 5 μm . Trong khi đó, khẩu trang KN90 và N95 thể hiện hiệu suất vượt trội, lần lượt giảm PM2.5 xuống 12.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (78.2%) và 5.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (90.8%), đáp ứng tiêu chuẩn an toàn.

Đặc biệt, N95 có độ kín mặt đạt 89.7% (cao hơn KN90 là 78.5%), nhờ thiết kế ôm sát, giảm thiểu rò rỉ bụi qua khe hở là yếu tố quan trọng trong môi trường công trường nhiều bụi silic. Tuy nhiên, nghịch lý nằm ở tỷ lệ chấp nhận của công nhân: khẩu trang vải được ưa chuộng nhất do tính

thoải mái. Điều này phản ánh thách thức trong việc cân bằng giữa hiệu quả bảo hộ và khả năng tuân thủ, đặc biệt khi công nhân phải làm việc cường độ cao trong thời gian dài. Để tối ưu hóa giải pháp, cần kết hợp nhiều biện pháp: (1) Sử dụng N95/KN90 tại khu vực ô nhiễm cao (cắt gạch, trộn bê tông), (2) Thiết kế lại khẩu trang với vật liệu thoáng khí hơn để tăng tính chấp nhận, và (3) Bổ sung hệ thống phun nước hoặc hút bụi cục bộ nhằm giảm nồng độ bụi nền, từ đó giảm áp lực lên khẩu trang. Ngoài ra, việc đào tạo công nhân về nguy cơ sức khỏe từ PM2.5 và hướng dẫn đeo khẩu trang đúng cách cũng là yếu tố then chốt để nâng cao hiệu quả tổng thể. Dù N95 là giải pháp tối ưu về mặt kỹ thuật, việc áp dụng đại trà đòi hỏi sự điều chỉnh phù hợp với điều kiện lao động thực tế và nhận thức của người lao động.

4. Kết luận và kiến nghị

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đã khẳng định mức độ ô nhiễm bụi PM2.5 nghiêm trọng tại các công trường xây dựng chung cư cao tầng ở quận Hà Đông, Hà Nội, với: Nồng độ trung bình 52.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, vượt 110% tiêu chuẩn WHO, đặc biệt cao tại khu vực cắt gạch (69.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) và khung giờ chiều (56.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Thành phần bụi chứa 32.5% silica (HQ=4.7) - tác nhân chính gây bệnh phổi nghề nghiệp. 76.5% công nhân phơi nhiễm cao ($\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bị viêm mũi họng, 58% có rối loạn thông khí tắc nghẽn. Nguy cơ sức khỏe tăng theo thâm niên: Nhóm >5 năm có tỷ lệ bệnh hô hấp cao gấp 3 lần nhóm <1 năm.

4.2. Kiến nghị

Dựa trên kết quả nghiên cứu, chúng tôi đề xuất các giải pháp đồng bộ sau để giảm thiểu tác động của bụi PM2.5 đến sức khỏe công nhân xây dựng:

Về quản lý môi trường, cần lắp đặt hệ thống hút bụi cục bộ tại các khu vực phát sinh nhiều bụi như cắt gạch và trộn bê tông, đồng thời tăng cường phun nước định kỳ (2-3 lần/ngày) để giảm bụi lơ lửng. Các công trường nên sử dụng rào chắn nylon kết hợp lưới phủ nano để ngăn bụi phát tán, đặc biệt vào khung giờ cao điểm (15-17h).

Về bảo hộ lao động, cần trang bị khẩu trang N95 hoặc KN90 cho công nhân làm việc tại khu vực có nồng độ PM2.5 cao, kèm theo kính bảo hộ và quần áo chống bụi. Các đơn vị thi công nên tổ chức tập huấn định kỳ về cách sử dụng thiết bị bảo hộ đúng cách và nhận biết các triệu chứng sức khỏe liên quan đến phơi nhiễm bụi.

Về chính sách y tế, cần triển khai khám sức khỏe định kỳ 6 tháng/lần cho công nhân, tập trung vào kiểm tra chức năng phổi (spirometry) và chụp X-quang phổi đối với những người có thâm niên trên 5 năm. Công nhân có dấu

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BỤI MỊN (PM_{2.5}) TỪ CÔNG TRƯỜNG XÂY DỰNG ĐẾN SỨC KHỎE CÔNG NHÂN XÂY DỰNG TẠI CÁC CHUNG CƯ CAO TẦNG QUẬN HÀ ĐÔNG, HÀ NỘI

hiệu bệnh hô hấp cần được luân chuyển công việc hoặc nghỉ ngơi để tránh phơi nhiễm tiếp tục.

Về nghiên cứu tiếp theo, cần đánh giá tác động lâu dài của bụi PM_{2.5} lên hệ tim mạch và phát triển vật liệu xây dựng ít phát thải bụi silica. Ngoài ra, các giải pháp công nghệ như hệ thống cảm biến bụi thời gian thực cũng cần được ứng dụng để giám sát và cảnh báo kịp thời.

Việc áp dụng đồng bộ các giải pháp trên không chỉ bảo vệ sức khỏe công nhân mà còn góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo phát triển bền vững trong ngành xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Adgate, J.L.; Mongin, S.J.; Pratt, G.C.; Zhang, J.; Field, M.P.; Ramachandran, G.; Sexton, K. Relationships between personal, indoor, and outdoor exposures to trace elements in PM_{2.5}. *Sci. Total Environ.* 2007, 386, 21–32.
- [2] Ngọc, L.T.; Duyên, N.C.M.; Phong, N.H.; Long, B.T. Đánh giá các tác động sức khỏe cộng đồng do phơi nhiễm ngắn hạn ô nhiễm PM_{2.5}: Nghiên cứu điển hình tại tỉnh Bình Dương. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2023, 746, 70–87.
- [3] Châu, N.T.N.; Liên, Đ.T.A.; Phong, N.H.; Long, B.T. Đánh giá hiện trạng phân bố và sự biến động theo mùa mức độ ô nhiễm PM_{2.5} tại vùng Tứ Giác Long Xuyên, Việt Nam. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2022, 736(1), 54–74.
- [4] Đông, N.H.; Phong, D.H. Mối quan hệ thực nghiệm giữa PM_{2.5} và độ sâu quang học aerosol AOD ở khu vực nội thành Hà Nội. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2020, 718, 22–31.
- [5] Nguyen, T.T.Q.; Takeuchi, W.; Misra, P.; Hayashida, S. Technical note: Emission mapping of key sectors in Ho Chi Minh City, Vietnam, using satellite-derived urban land use data. *Atmos. Chem. Phys.* 2021, 21, 2795–2818.
- [6] Ma, Y et al -term variations of the PM_{2.5} concentration identified by MODIS in the tropical rain forest, Southeast Asia. *Atmos. Res.* 2019, 219, 140–152.