ASSESSMENT OF SILICA DUST POLLUTION STATUS AT SELECTED CONSTRUCTION STONE AND STONE POWDER PRODUCTION FACILITIES

Pham Thanh Tu[1*], Le Thanh Hai[1], Dinh Xuan Ngon[1], Nguyen Thi Thanh Hai[1], Hoang Tung[1], Tran Quoc Thanh[1], Pham Thi Ngoc Quynh[1], Tran Minh Hang[1], Nguyen Khac Hoai Nam[1]

[1] National Institute of Occupational and Environmental Health - No. 57, Le Quy Don Street, Hai Ba Trung Ward, Hanoi City, Vietnam

Received: 08/10/2025
Revised: 11/10/2025; Accepted: 19/11/2025

ABTRACT

The objective of the study is to assess the current status of silicon dioxide (silica) dust pollution at selected stone powder and construction stone production facilities. The research was conducted as a cross-sectional descriptive study in three provinces Phu Tho, Binh Đinh (stone powder production facilities), and An Giang (construction stone production facilities) from April to December 2024. A total of 80 dust samples were collected. The results at stone powder production facilities, the concentration of free silica in total dust ranged from 0.56 to 4.9 mg/m^3 exceeding the permissble exposure limit by 2.43 to 21.3 time. The concentration of free silica in total dust ranged from 0.15 to 2.8 mg/m^3 exceeding the permissble exposure limit by 2.43 to 21.3 time. The results at construction stone production facilities, the concentration of free silica in total dust ranged from 0.39 to 1.27 mg/m^3 exceeding the permissble exposure limit by 1.69 to 5.52 time. The results at construction stone production facilities, the concentration of free silica in total dust ranged from 0.30 to 1.05 mg/m^3 exceeding the permissble exposure limit by 3.75 to 13.25 time. In conclusion, the concentrations of free silica in both total and respirable dust exceeded the permissible exposure limits, indicating a high potential risk of silicosis among workers.

Keywords: Silica dust; working environment; silica dust pollution.

*Corresponding author
Email: thanhtup@gmail.com **Phone**: (+84) 914360399 **Http**s://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD21.3820

ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG Ô NHIỄM BỤI SILIC TẠI MỘT SỐ CƠ SỞ SẢN XUẤT BỘT ĐÁ VÀ ĐÁ XÂY DỰNG

Phạm Thanh Tú[1]*, Lê Thanh Hải[1], Đinh Xuân Ngôn[1], Nguyễn Thị Thanh Hải[1], Hoàng Tùng[1], Trần Quốc Thành[1], Phạm Thị Ngọc Quỳnh[1], Trần Minh Hằng[1], Nguyễn Khắc Hoài Nam[1]

[1]*Viện Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường - Số 57, phố Lê Quý Đôn, phường Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội, Việt Nam*

Ngày nhận bài: 08/10/2025
Ngày chỉnh sửa: 11/10/2025; Ngày duyệt đăng: 19/11/2025

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá thực trạng ô nhiễm bụi silic tại một số cơ sở sản xuất bột đá và đá xây dựng. Phương pháp nghiên cứu được tiến hành theo nghiên cứu mô tả cắt ngang được thực hiện tại ba tỉnh Phú Thọ, Bình Định (cơ sở sản xuất bột đá) và An Giang (cơ sở sản xuất đá xây dựng) từ tháng 4 đến tháng 12 năm 2024. Tổng số 80 mẫu bụi được thu thập. Kết quả của nghiên cứu cho thấy tại các cơ sở sản xuất bột đá, nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần dao động từ 0,56 – 4,9 mg/m^3, nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp 0,15 – 2,8 mg/m^3 cao hơn giới hạn tiếp xúc cho phép tương ứng là 2,43 – 21,3 lần và 1,87– 35 lần. Tại cơ sở sản xuất đá xây dựng, nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần từ 0,39 – 1,27 mg/m^3, nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp 0,30 – 1,05 mg/m^3 cao hơn giới hạn tiếp xúc cho phép tương ứng là 1,69 – 5,52 lần và 3,75 – 13,25 lần. Kết luận nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp cao hơn giới hạn tiếp xúc cho phép tiềm ẩn nguy cơ cao gây bệnh bụi phổi silic.

Từ khóa: Bụi silic; môi trường lao động; ô nhiễm bụi silic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp khai thác và chế biến đá, bột đá phát triển mạnh mẽ tại nhiều tỉnh thành của Việt Nam như Nghệ An, Thanh Hóa, Hà Nam... Một mặt tạo ra các sản phẩm đáp ứng nhu cầu thị trường nhưng mặt khác tạo ra ô nhiễm bụi silic trong môi trường lao động, một vấn đề mang tính thời sự, ảnh hưởng đến sức khỏe của người lao động. Hoạt động khoan, nghiền, cắt, đập và đánh bóng các loại vật liệu có chứa silic như đá vôi, đá granit, sa thạch... thường phát tán bụi có kích thước ≤ 5µm xâm nhập vào phế nang phổi khi người lao động hít phải [5]. Tiếp xúc nghề nghiệp với silic tự do trong nhiều năm có thể gây ra bệnh bụi phổi silic. Bệnh bụi phổ silic nghề nghiệp là bệnh xơ hóa phổi tiến triển do hít phải bụi chứa silic tự do trong quá trong quá trình lao động [2]. Năm 2023, ghi nhận 6 công nhân tử vong do bệnh bụi phổi tại một đơn vị sản xuất bột đá tại Nghệ An.

Trước sự cấp thiết về bảo vệ sức khỏe người lao động, chúng tôi tiến hành nghiên cứu này với mục tiêu sau: đánh giá thực trạng ô nhiễm bụi silic tại một số cơ sở sản xuất bột đá và đá xây dựng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết kế nghiên cứu

Nghiên cứu mô tả cắt ngang.

2.2. Địa điểm và thời gian nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các cơ sở sản xuất bột đá (Phú Thọ, Bình Định) và đá xây dựng (An Giang) từ tháng 4 đến tháng 12 năm 2024.

2.3. Đối tượng nghiên cứu

Môi trường lao động tại các cơ sở sản xuất đá xây dựng và bột đá với các chỉ tiêu bụi toàn phần, bụi hô hấp, hàm lượng silic tự do trong bụi.

2.4. Cỡ mẫu, chọn mẫu

- 80 mẫu bụi (40 mẫu tại các cơ sở sản xuất bột đá, 40 mẫu tại cơ sở sản xuất đá xây dựng)

- Chọn mẫu chủ đích tại các vị trí lao động.

*Tác giả liên hệ
Email: thanhtup@gmail.com **Điện thoại**: (+84) 914360399 **Https**://doi.org/10.52163/yhc.v66iCD21.3820

2.5. Biến số nghiên cứu

- Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần tại các công đoạn sản xuất

- Nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp tại các công đoạn sản xuất

- Hàm lượng silic tự do tại các công đoạn sản xuất

- Giá trị giới hạn tiếp xúc cho phép bụi silic tại nơi làm việc

2.6. Kỹ thuật, công cụ và quy trình thu thập số liệu

- Quy trình và vị trí lấy mẫu

+ Vị trí lấy mẫu: Mẫu được lấy tại các công đoạn sản xuất chính có phát sinh bụi và có công nhân làm việc như rửa nguyên liệu, nghiền, sàng rung, tẩy màu/ tách màu, phối trộn, đóng bao, thành phẩm.

+ Quy trình lấy mẫu: Mỗi công đoạn công nhân làm việc lấy từ 5 -13 mẫu, tại các vị trí người lao động làm việc đặt máy lấy mẫu SKC lưu lượng 2 lít/phút với bụi toàn phần; 2,5 lít/phút với bụi hô hấp. Máy lấy mẫu được đặt ở độ cao ngang tầm hô hấp, thời gian lấy mẫu được thực hiện cả ca làm việc.

- Thiết bị lấy mẫu:

+ Máy SKC (Mỹ) lưu lượng từ 1 – 5 lít/phút được hiệu chuẩn định kỳ hàng năm

Phương pháp phân tích

Đo, lấy mẫu, phân tích và đánh giá bụi silic theo QCVN 02/2019/BYT.

Xác định nồng độ bụi toàn phần và bụi hô hấp bằng phương pháp cân trọng lượng.

+ Xác định hàm lượng silic tự do trong bụi bằng phương pháp nhiễu xạ tia X.

+ Xác định nồng độ silic tự do trong bụi dựa trên kết quả nồng độ bụi và kết quả hàm lượng silic tự do trong bụi, tính toán theo hướng dẫn tại QCVN 02/2019/BYT.

2.7. Xử lý và phân tích số liệu

- Xử lý số liệu bằng phần mềm excel và SPSS 26.0

- Mức vượt chuẩn = $\frac{\text{Nồng độ hô silic tự do trong bụi toàn phần hoặc bụi hô hấp}}{\text{Giới hạn tiếp xúc cho phép}}$

- Thống kê mô tả (Trung bình ± SD), ngưỡng ý nghĩa $p < 0,05$

2.8. Đạo đức nghiên cứu

Nghiên cứu thực hiện tại các khu vực sản xuất không liên quan đến yếu tố cá nhân của người lao động.

3. KẾT QUẢ

3.1. Kết quả quan trắc bụi tại các cơ sở sản xuất bột đá

3.1.1. Quy trình sản xuất cơ sở bột đá tại Phú Thọ

Sỏi trắng → Rửa nguyên liệu → Máy kẹp hàm → Nghiền → Sàng rung → Phối trộn → Đóng bao.

3.1.2. Quy trình sản xuất cơ sở bột đá tại Bình Định

Đá thạch anh → Nghiền thô → Tẩy màu thô → Tách màu → Nghiền bột → Phối trộn → Thành phẩm.

3.1.3. Kết quả quan trắc bụi

Bảng 1. Kết quả quan trắc bụi tại các cơ sở sản xuất bột đá

TT	Vị trí quan trắc	Số mẫu n	Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần (mg/m³)	Nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp (mg/m³)	Hàm lượng silic tự do (%)
			TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD
1	Khu vực rửa nguyên liệu, kẹp hàm	6	2,26 ± 1,22	0,96 ± 0,72	97,00 ± 1,73
2	Khu vực tẩy màu, tách màu	9	2,24 ± 0,73	1,67 ± 0,45	96,82 ± 1,80
3	Khu vực nghiền thô, nghiền bột	13	3,31 ± 0,72	2,12 ± 0,53	97,85 ± 2,08
4	Khu vực sàng rung, phối trộn, đóng bao, thành phẩm	12	3,10 ± 0,30	1,68 ± 0,39	96,33 ± 1,15
QCVN 02:2019/BYT *			0,23	0,08	
Giá trị P (so sánh giữa các công đoạn)		p < 0,01	p < 0,01		

** Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc điều chỉnh cho thời lượng tiếp xúc với bụi quá 40 giờ/tuần làm việc. Được quy định, tính theo công thức sau:*

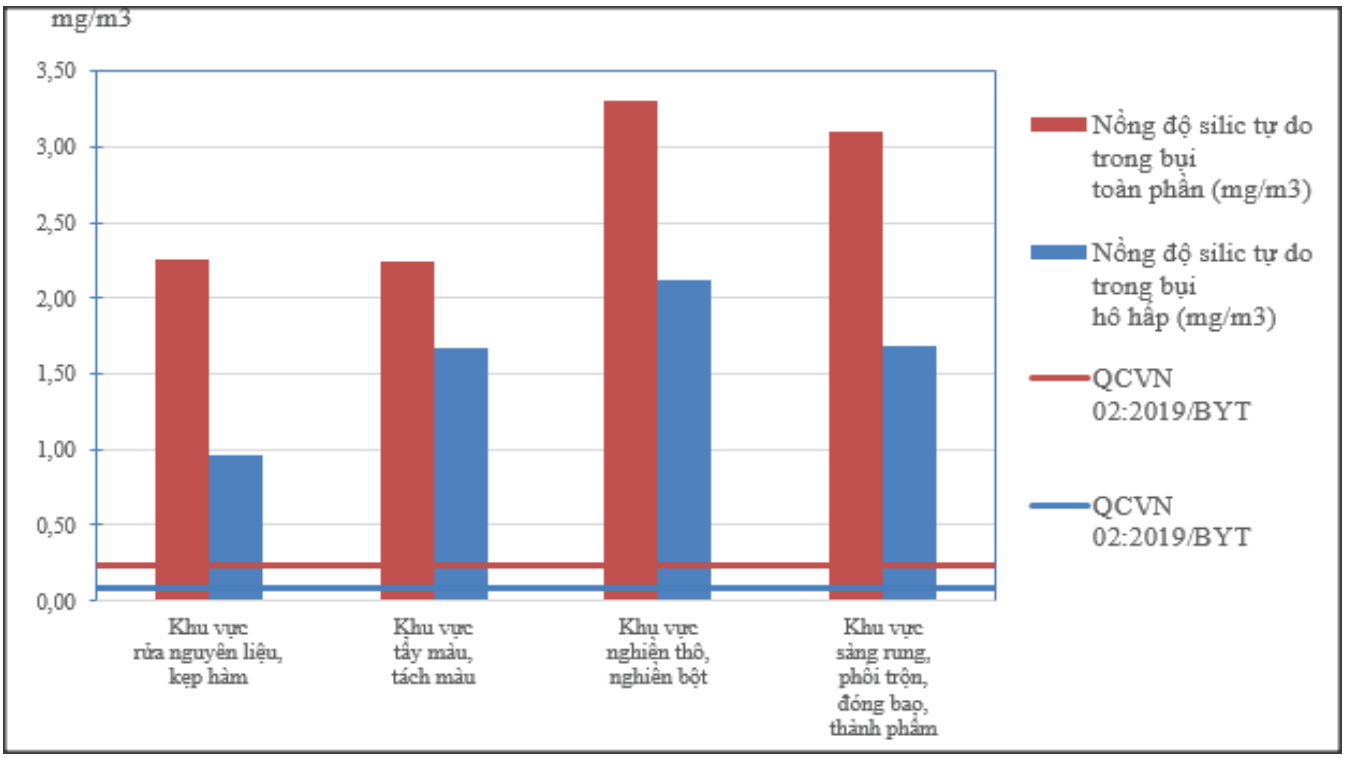
$$TWA_t = \frac{40}{H} \times \frac{(168 - H)}{128} \times TWA$$

Trong đó:

- TWA_t: Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc điều chỉnh cho thời lượng tiếp xúc quá 40 giờ trong 1 tuần làm việc (mg/m^3).

- TWA: Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc tính theo thời lượng tiếp xúc 8 giờ/ngày và 40 giờ/tuần làm việc (mg/m^3) được quy định tương ứng với từng loại bụi.

- H: Số giờ tiếp xúc thực tế (H>40) trong 1 tuần làm việc.



Hình 1. Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp tại cơ sở sản xuất bột đá

Theo bảng 2 cho thấy, nồng độ silic trong bụi toàn phần dao động từ 0,56 – 4,9 mg/m^3 cao hơn giới hạn tiếp xúc cho phép theo QCVN 02:2019/BYT từ 2,43 – 21,3 lần và nồng độ silic trong bụi hô hấp dao động từ 0,15 – 2,8 mg/m^3 cao hơn giới hạn tiếp cho phép theo QCVN 02:2019/BYT từ 1,87 – 35 lần. Hàm lượng silic tự do trong bụi dao động từ 95,7 – 100%.

3.2. Kết quả quan trắc bụi cơ sở sản xuất đá xây dựng

3.2.1. Quy trình sản xuất cơ sở sản xuất đá xây dựng tại An Giang

Khai thác → Phễu đổ đá → Hàm lớn → Băng tải hàm lớn → Dàn sàng 1 → Hàm chung → Băng tải → Dàn sàng 2 → Lọc băng tải → Chuông Dàn sàng 2 → Thành phẩm.

3.2.2. Kết quả quan trắc bụi

Bảng 2. Kết quả quan trắc bụi tại cơ sở sản xuất đá xây dựng

TT	Vị trí quan trắc	Số mẫu n	Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần (mg/m^3)	Nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp (mg/m^3)	Hàm lượng silic tự do (%)
			TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD
1	Khu vực khai thác, phễu đổ đá	8	0,67 ± 0,29	0,50 ± 0,24	39,96 ± 1,16
2	Khu vực hàm chung, hàm lớn	6	0,72 ± 0,17	0,50 ± 0,19	37,22 ± 2,71
3	Khu vực băng tải hàm lớn, băng tải, lọc băng tải	9	0,65 ± 0,18	0,46 ± 0,16	38,12 ± 3,56

TT	Vị trí quan trắc	Số mẫu n	Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần (mg/m³)	Nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp (mg/m³)	Hàm lượng silic tự do (%)
			TB ± SD	TB ± SD	TB ± SD
4	Khu vực dàn sàng 1, dàn sàng 2, chuông	12	0,72 ± 0,17	0,50 ± 0,19	37,22 ± 2,71
5	Khu vực thành phẩm	5	0,76 ± 0,21	0,52 ± 0,08	39,68 ± 1,30
QCVN 02:2019/BYT *			0,23	0,08	
Giá trị P (so sánh giữa các công đoạn)			p < 0,03	p < 0,03	

** Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc điều chỉnh cho thời lượng tiếp xúc với bụi quá 40 giờ/tuần làm việc. Được quy định, tính theo công thức sau:*

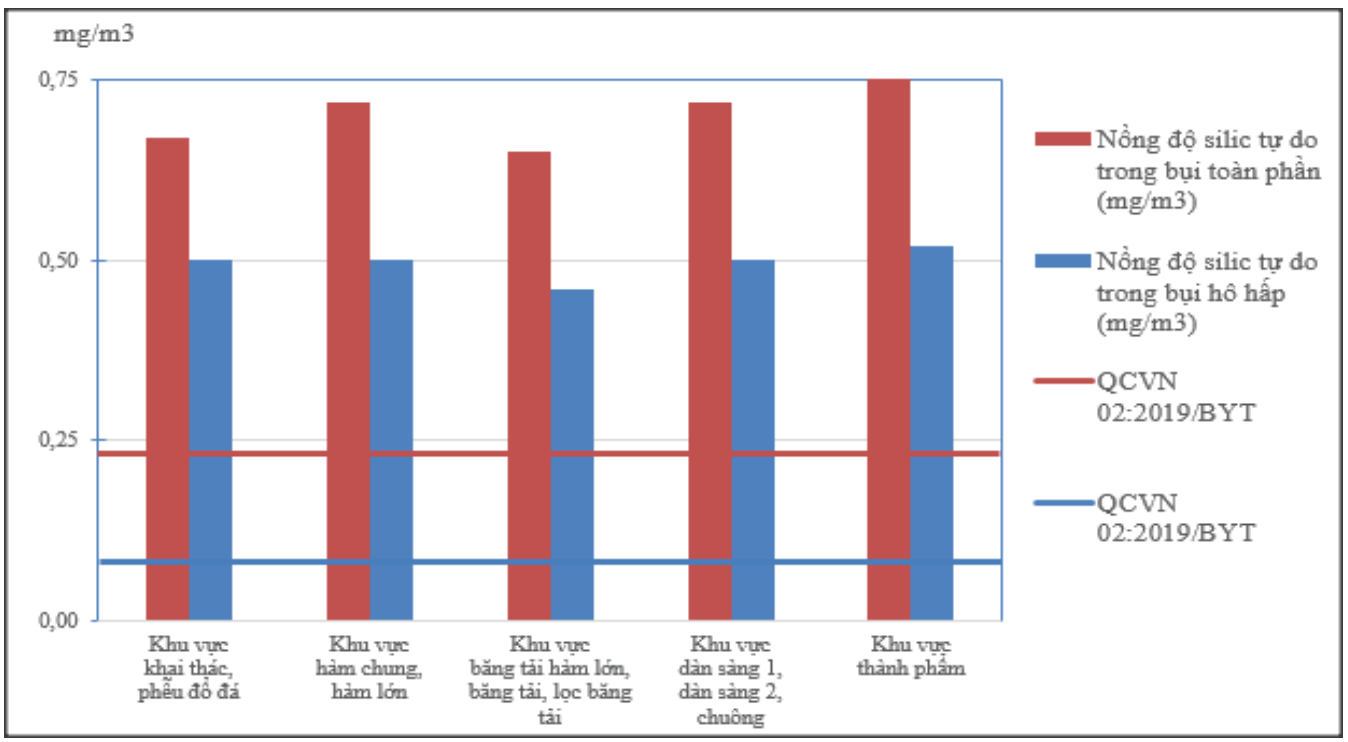
$$TWA_t = \frac{40}{H} \times \frac{(168 - H)}{128} \times TWA$$

Trong đó:

- TWA_t: Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc điều chỉnh cho thời lượng tiếp xúc quá 40 giờ trong 1 tuần làm việc (mg/m³).

- TWA: Giá trị giới hạn tiếp xúc ca làm việc tính theo thời lượng tiếp xúc 8 giờ/ngày và 40 giờ/tuần làm việc (mg/m³) được quy định tương ứng với từng loại bụi.

- H: Số giờ tiếp xúc thực tế (H>40) trong 1 tuần làm việc.



Hình 2. Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp tại cơ sở sản xuất đá xây dựng

Theo bảng 3 cho thấy, nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần dao động từ 0,39 – 1,27 mg/m³ cao hơn giới hạn cho phép theo QCVN 02:2019/BYT từ 1,69 – 5,52 lần, nồng độ silic trong bụi hô hấp dao động từ 0,30 – 1,05 mg/m³ cao hơn giới hạn cho phép theo QCVN 02:2019/BYT từ 3,75 – 13,25 lần. Hàm lượng silic tự do dao động từ 29,2 – 42%.

4. BÀN LUẬN

Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp tại các cơ sở sản xuất bột đá cao hơn là do nguồn nguyên liệu đầu vào (đá thạch anh, đá cuội, sỏi trắng chứa hàm lượng SiO_2 trên 95%), khi nguyên liệu của cơ sở sản xuất đá xây dựng chủ yếu là đá vôi, đá granit có hàm lượng SiO_2 thấp hơn. Tại các cơ sở sản xuất bột đá quá trình nghiền, sàng, tách màu và phối trộn tạo ra các hạt bụi mịn ≤ 5µm dễ phát tán trong không khí. Các cơ sở sản xuất bột đá thường bố trí các khu vực sản xuất trong nhà kín, ít thông gió tự nhiên dẫn đến bụi không lưu thông, trong khi cơ sở sản xuất đá xây dựng thường khai thác ngoài trời nên bụi khuếch tan nhanh hơn. Tại các cơ sở sản xuất lớn hoạt động liên tục tại các khu vực khô nóng cũng làm gia tăng phát tán bụi.

Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu thực nghiệm quan trọng về nồng độ bụi silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp trong môi trường lao động là một lĩnh vực hiện còn thiếu dữ liệu quốc gia. Kết quả có thể làm cơ sở xây dựng chính sách kiểm soát, giám sát và bảo vệ sức khỏe nghề nghiệp trong ngành khai thác – chế biến đá.

Kết quả nghiên cứu cho thấy toàn bộ các mẫu bụi tại các cơ sở sản xuất bột đá và đá xây dựng đều có nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và bụi hô hấp cao hơn giới hạn cho phép theo QCVN 02:2019/BYT [1]. Hàm lượng silic tự do tại các cơ sở sản xuất đá xây dựng dao động từ 29,2 – 42%, cao hơn so với nghiên cứu của Nguyễn Thành Trung và cộng sự (2021) [3], chỉ từ 2,25 – 9,28%. Nghiên cứu của Trần Thị Hồng Minh và cộng sự (2023) [7] tại một số cơ sở khai thác đá ở miền Bắc Việt Nam cũng ghi nhận hàm lượng bụi silic hô hấp vượt giới hạn cho phép từ 1,2 đến 2,8 lần. Tại cơ cở sản xuất bột đá hàm lượng silic tự do dao động từ 95,7 – 100% tương tự kết quả của Chen et al (2021) [4] ở Trung Quốc trung bình 98,4%. Nghiên cứu Lee S, Kang H, et al (2022) [5] tại Hàn Quốc cho thấy nồng độ silic tự do trong bụi hô hấp trung bình từ 0,12 – 0,98 mg/m^3, thấp hơn nhiều so với nghiên cứu của chúng tôi. Theo báo cáo của Tổ chức Y tế thế giới (WHO 2023) [6], giới hạn khuyến cáo toàn cầu cho nồng độ silic trong bụi hô hấp là 0,05 mg/m^3, thấp hơn so với nghiên cứu của chúng tôi. Nghiên cứu của chúng tôi cho thấy hàm lượng silic tự do trong bụi từ 29,2 – 42% cao hơn nghiên cứu trên, 100% các vị trí có nồng độ silic trong bụi toàn phần cao hơn hơn giới hạn cho phép.

Theo thông tư 15/2016/TT – BYT, bệnh bụi phổi silic nghề nghiệp là bệnh nghề nghiệp được bảo hiểm xã hội. Nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và hô hấp cao hơn giới hạn cho phép từ 1,69 - 35 lần cho thấy nguy cơ cao gây viêm và xơ hóa phổi, đặc biệt với người tiếp xúc lâu dài (≥ 10 năm). Các cơ sở cần triển khai khám sức khỏe định kỳ hàng năm, chẩn đoán sớm bệnh bụi phổi silic, kết hợp sử dụng các biện pháp kỹ thuật giảm phát tán bụi và trang bị bảo hộ cá nhân đạt tiêu chuẩn.

5. KẾT LUẬN

Hàm lượng silic tự do trong bụi tại cơ sở sản xuất đá xây dựng từ 29,2 – 42%.

Hàm lượng silic tự do trong bụi tại cơ sở sản xuất bột đá từ 95,7 – 100%.

100% mẫu bụi có nồng độ silic tự do trong bụi toàn phần và bụi hô hấp cao hơn giới hạn tiếp xúc cho phép theo QCVN 02:2019/BYT.

Cần trang bị cho người lao động các trang thiết bị hiệu quả lọc cao như bán mặt nạ hoặc mặt nạ lọc bụi để bảo vệ cơ quan hô hấp. Các đơn vị phải duy trì quan trắc môi trường lao động định kỳ hàng năm và khám sức khỏe định kỳ và khám phát hiện bệnh nghề nghiệp như bệnh bụi phổi silic.

6. LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn Viện Sức khỏe nghề nghiệp và môi trường đã hỗ trợ, tạo điều kiện thuận lợi trong quá trình thực hiện và hoàn thiện nghiên cứu. Chúng tôi cũng cảm ơn các cơ sở sản xuất tại Phú Thọ, Bình Định và An Giang đã hợp tác, hỗ trợ hoàn thiện nghiên cứu.

7. TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ Y tế. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về bụi – giá trị giới hạn tiếp xúc cho phép tại nơi làm việc (QCVN 02:2019/BYT). Hà Nội, Bộ Y tế; 2019.

[2] Bộ Y tế. Thông tư 15/2016/TT – BYT quy định về bệnh nghề nghiệp được bảo hiểm xã hội. Hà Nội, Bộ Y tế; 2019.

[3] Nguyễn Thành Trung và cs. Tình trạng ô nhiễm bụi silic tại một số cơ sở khai thác và chế biến đá xây dựng ở khu vực miền Trung. Tạp chí KHCN An toàn – Sức khỏe & Môi trường lao động. 2021;109–116.

[4] Chen Y, Zhang P, et al. Evaluation of silica exposure and control measures in small-scale stone industries in China. Environ Health Perspect. 2021;129(3):37004.

[5] Lee S, Kang H, et al. Occupational exposure to respirable crystalline silica and associated risks among construction workers in Korea. Ann Work Expo Health. 2022;66(5):657–666.

[6] World Health Organization. Global status report on silica exposure and silicosis prevention. Geneva: WHO; 2023.

[7] Trần Thị Hồng Minh, Phạm Văn Tuấn, Nguyễn Văn Long (2023). *Đánh giá mức độ phơi nhiễm bụi silic tại một số cơ sở khai thác đá ở miền Bắc Việt Nam*. Tạp chí Sức khỏe Nghề nghiệp và Môi trường, số 4(65), 2023; 23–30.