

# ĐÁNH GIÁ THÀNH PHẦN ION VÀ CACBON TRONG BỤI Mịn PM<sub>2.5</sub> TRONG MỘT GIAI ĐOẠN MÙA ĐÔNG TẠI MỘT KHU VỰC ĐÔ THỊ Ở HÀ NỘI

Bùi Quang Trung<sup>a,\*</sup>, Nguyễn Đức Lượng<sup>a</sup>, Bùi Thị Hiếu<sup>a</sup>, Mạc Văn Đạt<sup>a</sup>, Nguyễn Văn Duy<sup>a</sup>,  
Phạm Minh Chính<sup>a</sup>, Hoàng Tuấn Việt<sup>a</sup>, Hoàng Xuân Hòa<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội,  
55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 15/04/2022, Sửa xong 16/05/2022, Chấp nhận đăng 17/05/2022

## Tóm tắt

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là phân tích, đánh giá diễn biến nồng độ khối lượng của các thành phần ion và cacbon trong bụi PM<sub>2.5</sub> phát thải ở quận Hai Bà Trưng, Hà Nội trong giai đoạn mùa đông năm 2021 (từ 5/1 đến 29/1). Nghiên cứu đưa ra những nhận định sơ bộ về nguồn phát thải, các yếu tố tác động tới sự biến đổi của các thành phần trên trong bụi PM<sub>2.5</sub>. Kết quả phân tích cho thấy, nồng độ trung bình ngày của bụi PM<sub>2.5</sub> là 157,9 µg/m<sup>3</sup> - cao hơn khoảng 3 lần so với giá trị giới hạn của QCVN 05:2013/BTNMT. So sánh cho thấy nồng độ của OC là cao nhất (30,8 µg/m<sup>3</sup>), tiếp theo sau lần lượt là SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (10,6 µg/m<sup>3</sup>), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (4,1 µg/m<sup>3</sup>), EC (2,4 µg/m<sup>3</sup>), K<sup>+</sup> (1,1 µg/m<sup>3</sup>) và thấp nhất là NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,02 µg/m<sup>3</sup>). Mối tương quan rất cao giữa SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (R<sup>2</sup> = 0,98), cho thấy các thành phần thứ cấp này có thể được hình thành do quá trình oxi hóa của khí SO<sub>2</sub> và NH<sub>3</sub> phát sinh từ các nguồn vùng trong quá trình lan truyền đến địa điểm khảo sát. Trái lại, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và EC có thể phát thải chủ yếu từ nguồn thải giao thông từ quá trình oxi hóa của NO<sub>x</sub> và đốt nhiên liệu cháy không hoàn toàn, trong khi các nguồn đốt sinh khối ở quy mô vùng có thể là nguồn chính phát thải ra một lượng đáng kể K<sup>+</sup> và OC.

*Từ khóa:* bụi mịn PM<sub>2.5</sub>; ion; cacbon nguyên tố (EC); cacbon hữu cơ (OC); nguồn thứ cấp.

EVALUATING IONIC AND CARBONACEOUS SPECIES IN FINE PARTICLE PM<sub>2.5</sub> MEASURED DURING WINTER IN AN URBAN AREA IN HANOI

## Abstract

The main objective of this study was to analyze and evaluate the variation in the mass concentrations of PM<sub>2.5</sub>'s ionic and carbonaceous species in Hai Ba Trưng District, Hanoi in winter of 2021 (from Jan. 5, 2021, to Jan. 29, 2021). In addition, this study also identified primary emission sources and factors affecting the variation of those species in PM<sub>2.5</sub>. The analytical result showed that the daily mean concentration of PM<sub>2.5</sub> for the sampling period was 157,9 µg/m<sup>3</sup> - approximately 3 times higher than the limited value in QCVN 05:2013/BTNMT. Comparing daily average concentrations among major ionic and carbonous species, showed the concentration of OC was highest (30,8 µg/m<sup>3</sup>), followed by SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (10,6 µg/m<sup>3</sup>), NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (4,1 µg/m<sup>3</sup>), EC (2,4 µg/m<sup>3</sup>), K<sup>+</sup> (1,1 µg/m<sup>3</sup>), and NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (0,02 µg/m<sup>3</sup>) - lowest value, respectively. Other analytical results showed a very high correlation between SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (R<sup>2</sup> = 0,98), indicating that these secondary species are likely to be formed by the oxidation of SO<sub>2</sub> and NH<sub>3</sub> originating from regional sources during long-range transportation to the sampling site. In contrast, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and EC were possibly emitted greatly from local traffic sources because of the oxidation of NO<sub>x</sub>, and incomplete combustion, respectively, while regional-scale biomass burning sources could be the main source of the significant amount of K<sup>+</sup> and OC.

*Keywords:* fine particle PM<sub>2.5</sub>; ion; elemental carbon (EC); organic carbon (OC); secondary sources.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce\(nuce\)2022-16\(2V\)-05](https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2022-16(2V)-05) © 2022 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [trungbq@huce.edu.vn](mailto:trungbq@huce.edu.vn) (Trung, B. Q.)

## 1. Giới thiệu

Các thành phần hóa học trong bụi mịn ( $PM_{2.5}$  - bụi có đường kính khí động học  $\leq 2.5 \mu m$ ), đặc biệt là các thành phần thứ cấp, đã được chứng minh là có tác động tiêu cực tới môi trường, khí hậu và sức khỏe con người [1]. Do đó, nghiên cứu về các thành phần hóa học trong bụi  $PM_{2.5}$  đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng các chính sách kiểm soát ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  và các tác động tiêu cực của nó. Trong số các thành phần hóa học trong bụi  $PM_{2.5}$ , cacbon chiếm một phần đáng kể. Cacbon dạng hạt trong khí quyển bao gồm một hỗn hợp phức tạp các chất có chứa nguyên tử cacbon, thường được phân thành hai thành phần chính là cacbon đen (black carbon - BC) và cacbon hữu cơ (organic carbon - OC). Cacbon đen, còn được gọi là cacbon nguyên tố (elemental carbon - EC), có cấu trúc giống như than chì và có màu đen. Cacbon hữu cơ dạng hạt là hỗn hợp của hydrocarbons và oxygenates, chiếm phần lớn thành phần của cacbon dạng hạt trong khí quyển. Trong khi EC được phát thải ra trực tiếp trong quá trình đốt cháy không hoàn toàn các loại sinh khối và nhiên liệu hóa thạch chứa cacbon thì OC có cả nguồn gốc sơ cấp và thứ cấp. Theo Castro và cs., OC có nguồn gốc thứ cấp được hình thành do sự chuyển hóa các chất từ dạng khí thành dạng hạt của các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi trong khí quyển, do sự ngưng tụ của các chất hữu cơ bay hơi có áp suất hơi thấp khi nồng độ vượt quá mức bão hòa, hoặc do sự hấp phụ vật lý hoặc hóa học của các chất khí trên bề mặt hạt sol khí [2]. Bên cạnh đó, một số thành phần hóa học chính trong bụi  $PM_{2.5}$  gồm các ion vô cơ hòa tan trong nước như sulphate ( $SO_4^{2-}$ ), nitrate ( $NO_3^-$ ), và ammonium ( $NH_4^+$ ).  $SO_4^{2-}$  và  $NO_3^-$  được hình thành trong khí quyển do quá trình oxi hóa của  $SO_2$  và  $NO_x$  sinh ra từ các nguồn phát thải nhân tạo (nhiệt điện, công nghiệp, giao thông, đốt sinh khối).  $NO_3^-$  có thể tồn tại trong khí quyển ở cả pha khí như là hơi axit và bụi, được hình thành do quá trình oxi hóa của  $NH_3$  sinh ra từ các nguồn thải nông nghiệp, công nghiệp, giao thông, đốt sinh khối, phân hủy của thực vật. Một thành phần khác là potassium ( $K^+$ ) thường được sinh ra từ các nguồn đốt sinh khối (đốt rơm rạ, cháy rừng, ...) [3].

Cho đến nay, các nghiên cứu về các thành phần hóa học trong bụi  $PM_{2.5}$  ở Việt Nam còn ít. Một số nghiên cứu được thực hiện đánh giá tác động mang tính độc lập của các từng yếu tố giao thông, đốt sinh khối, điều kiện khí tượng, ... tới nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  trong môi trường không khí của Hà Nội [4-6].

Do đó, việc thực hiện các nghiên cứu này là rất cần thiết, nhằm cung cấp thêm các thông tin và cơ sở khoa học liên quan đến các thành phần hóa học trong bụi mịn  $PM_{2.5}$  - là loại bụi có tác động xấu tới sức khỏe con người có mặt ở các khu vực đô thị của Việt Nam. Trong bối cảnh trên, nghiên cứu này được thực hiện với các mục tiêu cụ thể bao gồm: (1). Phân tích, đánh giá diễn biến nồng độ khối lượng trung bình 24h của bụi  $PM_{2.5}$  quan trắc trong giai đoạn mùa đông tại một khu vực đô thị điển hình ở Hà Nội; (2). Phân tích, đánh giá nồng độ khối lượng của các thành phần ion và cacbon trong bụi  $PM_{2.5}$ ; (3). Phân tích, đánh giá mối quan hệ giữa các thành phần ion và cacbon trong bụi  $PM_{2.5}$  để từ đó sơ bộ nhận định các nguồn phát thải và các quá trình, yếu tố tác động tới sự biến đổi của các thành phần này trong bụi  $PM_{2.5}$ .

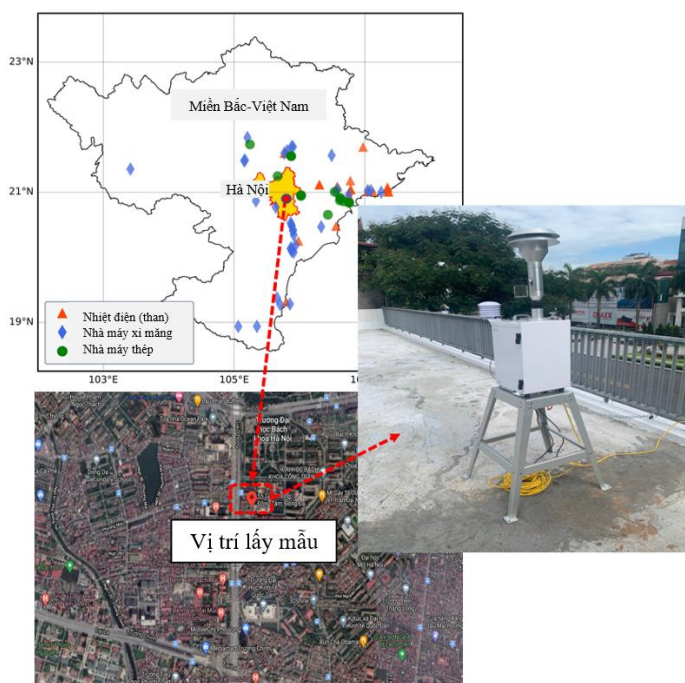
## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu

Hà Nội là thủ đô và thành phố lớn thứ hai của Việt Nam với tổng diện tích khoảng  $3.328 \text{ km}^2$  và dân số khoảng 8,1 triệu người. Hà Nội có khí hậu cận nhiệt đới ẩm chịu ảnh hưởng của gió mùa Đông Bắc vào mùa đông và gió mùa Đông Nam vào mùa hè với bốn mùa rõ rệt: mùa xuân (tháng 3 - tháng 5), mùa hè (tháng 6 - tháng 8), mùa thu (tháng 9 - tháng 11) và mùa đông (tháng 12 - tháng 2). Trong vòng thập kỷ vừa qua, Hà Nội đã có sự phát triển nhanh chóng về kinh tế xã hội và dân số đô

thị, tốc độ đô thị hóa và cơ giới hóa cao. Thành phố được đặc trưng bởi một số lượng lớn các phương tiện giao thông cá nhân (chủ yếu là xe máy và ô tô). Tính đến cuối năm 2019, trên địa bàn Hà Nội có khoảng 6,0 triệu xe máy và 787.000 ô tô [4]. Khí thải từ các phương tiện giao thông được coi là một trong những nguồn gây ô nhiễm không khí chính ở Hà Nội [5], bên cạnh một số nguồn khác như đốt nhiên liệu cho sinh hoạt và công nghiệp, đốt chất thải, xây dựng và nguồn lan truyền từ xa [6–8].

Trong nghiên cứu này, thiết bị lấy mẫu bụi  $PM_{2.5}$  được đặt trên mái tòa nhà 2 tầng A2 (21,003 vĩ độ Bắc, 105,842 kinh độ Đông), Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, số 55 Giải Phóng, Quận Hai Bà Trưng, TP. Hà Nội (Hình 1). Quận Hai Bà Trưng là một trong bốn quận nội thành đầu tiên của Hà Nội với mật độ dân số cao khoảng 30.000 người/km<sup>2</sup>. Giải Phóng là trục đường chính với lưu lượng phương tiện giao thông lớn từ cửa ngõ phía Nam vào trung tâm thành phố. Điểm quan trắc này có thể coi là vị trí đại diện cho khu vực đô thị điển hình chịu tác động của các nguồn thải hỗn hợp: giao thông, sinh hoạt, xây dựng, công nghiệp và hoạt động đốt sinh khối nông nghiệp. Có nhiều nguồn phát thải nhân tạo lớn ở các tỉnh lân cận Hà Nội bao gồm: (i) các nhà máy nhiệt điện than, (ii) nhà máy thép, và (iii) các nhà máy xi măng; trong đó (i) nằm ở phía đông và đông nam, (ii) ở phía bắc và phía đông, và (iii) ở các khu vực lân cận của Hà Nội (Hình 1). Xung quanh Hà Nội, các tỉnh Hà Nam, Thái Bình, Hưng Yên, Hải Dương, Bắc Ninh, ... đều là những địa phương có hoạt động đốt sinh khối nông nghiệp lớn. Trong các điều kiện khí tượng nhất định, các chất ô nhiễm không khí phát sinh từ các nguồn thải kể trên, dưới tác động của quá trình lan truyền trong khí quyển, có thể ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng không khí ở Hà Nội và các khu vực lân cận khác [6, 8, 9].



Hình 1. Khu vực nghiên cứu và vị trí lấy mẫu

## 2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu bụi $PM_{2.5}$ trong phòng thí nghiệm

### a. Phương pháp lấy mẫu bụi $PM_{2.5}$

Mẫu bụi  $PM_{2.5}$  được thu thập hàng ngày trong khoảng thời gian mùa đông năm 2021 từ ngày 5/1/2021 đến ngày 29/1/2021. Tổng cộng có 16 mẫu bụi 24-h  $PM_{2.5}$  và 01 mẫu trắng được thu thập

trên giấy lọc sợi thạch anh (Whatman, QM-H, kích thước 47 mm, Hoa Kỳ) bằng cách sử dụng thiết bị lấy mẫu không khí lưu lượng thấp (E-FRM-200, METONE, Hoa Kỳ) hoạt động ở lưu lượng hút là 16,7 lít/phút. Mẫu trắng được thu thập tại hiện trường trong vòng 24h bằng cách đặt giấy lọc trong thiết bị lấy mẫu nhưng không chạy bơm hút lấy mẫu.

Giấy lọc được cân hai lần trước và sau khi lấy mẫu. Trước khi cân, giấy lọc được cân bằng trong vòng 24h trong bình hút ẩm ở điều kiện nhiệt độ  $25 \pm 5$  °C và độ ẩm tương đối là  $50 \pm 5\%$ . Trước khi lấy mẫu, giấy lọc được nung trong lò nung điện ở 900 °C trong vòng 3h để loại bỏ các tạp chất ô nhiễm có thể có ở giấy lọc. Sau khi lấy mẫu, các mẫu được niêm phong trong một giấy dầu nhôm và giữ trong một túi nilon sạch, sau đó được vận chuyển đến phòng thí nghiệm và bảo quản trong bình hút ẩm có các hạt silicagel và được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ khoảng 4 °C để ngăn chặn sự bay hơi của các thành phần dễ bay hơi trước khi được phân tích thành phần hóa học. Việc cân mẫu được thực hiện bằng cách sử dụng cân phân tích Adam AEA-160DG. Việc bảo quản và cân các mẫu trắng được thực hiện theo các quy trình tương tự như đã áp dụng cho các mẫu bụi  $PM_{2.5}$ .

#### b. Phương pháp phân tích các thành phần ion trong mẫu bụi $PM_{2.5}$

Nồng độ của các thành phần ion ( $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) trong mẫu bụi  $PM_{2.5}$  được phân tích bằng hệ thống sắc ký ion (IC). Một phần tư giấy lọc được đặt trong bình Erlenmeyer chứa 10 ml nước siêu tinh khiết (Millipore Direct Q, suất điện trở 18,2 M $\Omega$ ), và được xử lý trong bể siêu âm trong vòng 30 phút. Để phân tích các thành phần anion và cation, dung dịch chiết được lọc qua đầu lọc ống tiêm nylon 0,45  $\mu$ m và bơm vào thiết bị IC Dionex 600. Cột AS4A-SC (4 mm  $\times$  250 mm) được sử dụng để xác định các thành phần anion với hỗn hợp dung môi rửa giải hấp gồm 1,7 mM  $NaHCO_3$  và 1,8 mM  $Na_2CO_3$ , lưu lượng 2 ml/phút trong quá trình phân tích. Cột CS12A (2 mm  $\times$  250 mm) được sử dụng để xác định các thành phần cation với dung môi rửa giải hấp 22 mM  $H_2SO_4$ , lưu lượng 0,25 ml/phút trong quá trình phân tích. Thể tích bơm vào thiết bị IC là 25  $\mu$ l, thời gian phân tích là 30 phút, nhiệt độ cột là 35 °C.

#### c. Phương pháp phân tích các thành phần cacbon trong mẫu bụi $PM_{2.5}$

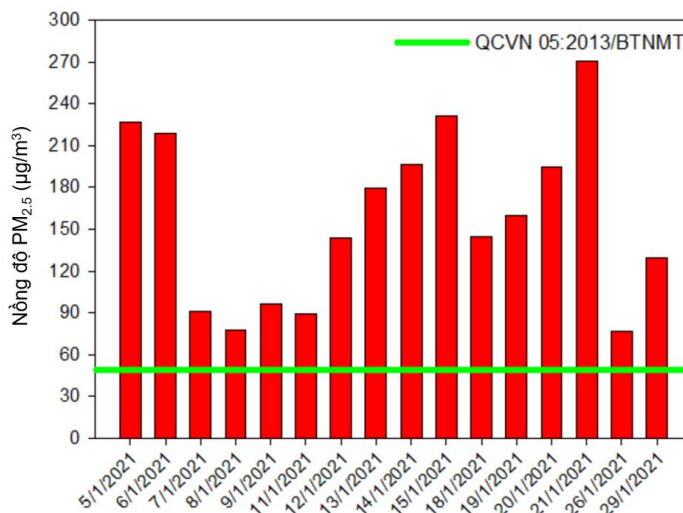
Các thành phần OC và EC trong mẫu bụi  $PM_{2.5}$  được phân tích bằng thiết bị phân tích cacbon (Model 5L, Sunset Laboratory Inc., Hoa Kỳ). Giao thức truyền nhiệt/quang (TOT) NIOSH 870 được áp dụng để xác định hàm lượng OC và EC trong mẫu bụi  $PM_{2.5}$ . Một diện tích 1,5 cm<sup>2</sup> được cắt từ mỗi 1/4 tấm giấy lọc và được đặt nung trong lò nung ở các nhiệt độ khác nhau bao gồm 310 °C, 475 °C, 615 °C và 870 °C ở môi trường không có O<sub>2</sub> và heli nguyên chất để sinh ra bốn thành phần OC (OC<sub>1</sub>, OC<sub>2</sub>, OC<sub>3</sub> và OC<sub>4</sub>). Sau đó, nhiệt độ của lò nung được giảm xuống khoảng 550 °C, và thành phần EC được phân tích bằng cách gia nhiệt tiếp theo ở 550 °C (EC<sub>1</sub>), 625 °C (EC<sub>2</sub>), 700 °C (EC<sub>3</sub>), 775 °C (EC<sub>4</sub>), 850 °C (EC<sub>5</sub>), và 870 °C (EC<sub>6</sub>) trong môi trường 98% He và 2% O<sub>2</sub>. Hơi cacbon trong quá trình gia nhiệt bị ôxy hóa thành CO<sub>2</sub> trong lò ôxy hóa. CO<sub>2</sub> được khử định lượng thành CH<sub>4</sub> với chất xúc tác niken và sau đó được đo định lượng bằng máy dò ion hóa ngọn lửa (FID). Tổng các thành phần OC và EC bằng tổng cacbon (TC).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Nồng độ khối lượng trung bình ngày của bụi $PM_{2.5}$

Kết quả phân tích nồng độ khối lượng trung bình ngày của bụi  $PM_{2.5}$  đo đạc trong giai đoạn mùa đông (tháng 01/2021) được thể hiện ở Hình 2. Kết quả phân tích cho thấy toàn bộ 16 mẫu bụi  $PM_{2.5}$  có nồng độ trung bình 24h vượt quá giá trị quy định (50  $\mu$ g/m<sup>3</sup>) của QCVN 05:2013/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh. Giá trị trung bình nồng độ khối lượng

của bụi  $PM_{2.5}$  trong toàn đợt đo là  $157,99 \mu g/m^3$  - cao hơn 3 lần so với giá trị quy định của QCVN 05:2013/BTNMT. Đặc biệt, một số ngày (5, 6, 15, 21/1/2021) có nồng độ trung bình 24h của bụi  $PM_{2.5}$  tăng rất cao trên  $200 \mu g/m^3$ . Điều này cho thấy không khí bị ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  nghiêm trọng trong giai đoạn mùa đông ở khu vực đô thị của Hà Nội.



Hình 2. Nồng độ khối lượng trung bình ngày của bụi  $PM_{2.5}$

Kết quả so sánh nồng độ trung bình của bụi  $PM_{2.5}$  trong nghiên cứu này với một số nghiên cứu khác ở Việt Nam được tổng hợp trong Bảng 1. So với kết quả quan trắc tại TP. Hồ Chí Minh trong giai đoạn 1996-1998 [10], thì nồng độ trung bình của bụi  $PM_{2.5}$  trong nghiên cứu này cao hơn gần 10 lần. So với một số kết quả quan trắc tại TP. Hà Nội vào giai đoạn 1998-1999 [11], giai đoạn 1999-2001 [12], giai đoạn 2001-2002 [13], giai đoạn 2001-2004 [14], giai đoạn 2006-2007 [6] thì nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  trong nghiên cứu này cũng cao hơn rất nhiều. Trong hơn 10 năm qua, quá trình đô thị hóa với các hoạt động kinh tế xã hội phát triển mạnh, và đặc biệt là sự gia tăng nhanh chóng số lượng các phương tiện giao thông cá nhân (xe máy, ô tô) có thể là một trong những nguyên nhân góp phần gia tăng phát thải và ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  ở thành phố Hà Nội.

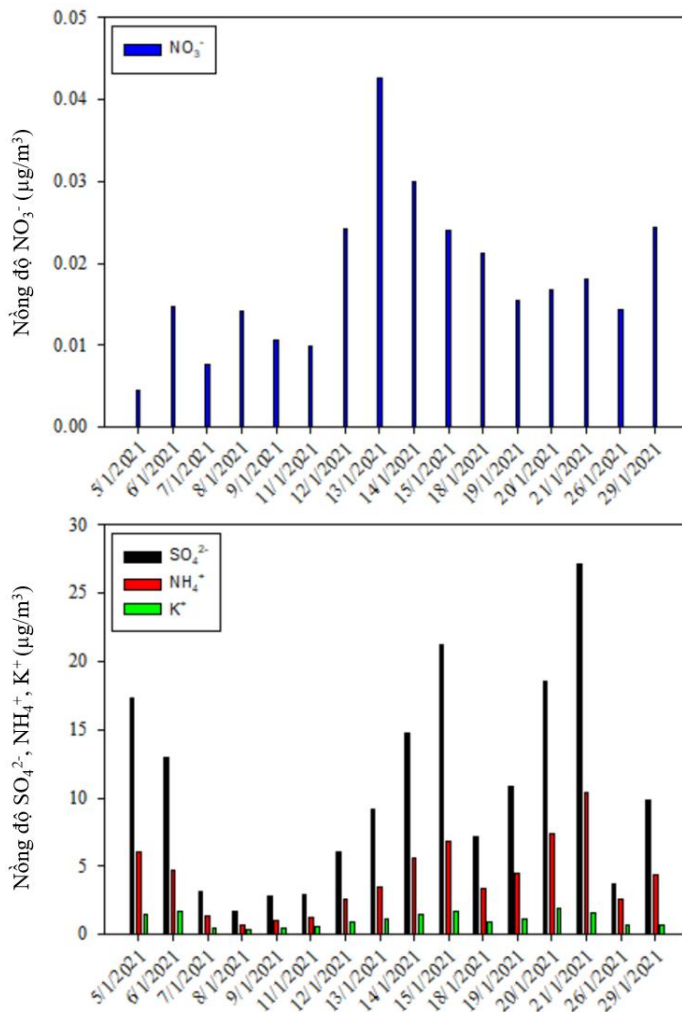
Bảng 1. So sánh nồng độ trung bình của bụi  $PM_{2.5}$  trong nghiên cứu này với một số nghiên cứu khác ở Việt Nam

Địa điểm	Thời gian	Nồng độ trung bình của bụi $PM_{2.5}$ ( $\mu g/m^3$ )	Nguồn tham khảo
Khu vực trung tâm, TP. Hồ Chí Minh	1996-1998	16,11	[10]
Khu vực vườn khí tượng, Hà Nội	1998-1999	36,10	[11]
Hà Nội	1999-2001	37,65	[12]
Khu vực vườn khí tượng, Hà Nội	2001-2002	31,06	[13]
Hà Nội	2001-2004	33	[14]
Khu công nghiệp Thượng Đình, Hà Nội	2006-2007	76	[6]
Khu vực đô thị, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội	Tháng 7/2020	41,29	[15]
Khu vực đô thị, Quận Hai Bà Trưng, Hà Nội	Tháng 1/2021	157,99	Nghiên cứu này

So sánh với kết quả quan trắc tại cùng địa điểm được nhóm tác giả thu thập trong khoảng thời gian mùa hè (từ ngày 8/7/2020 đến ngày 18/7/2020) [15], nồng độ trung bình của bụi  $PM_{2.5}$  trong nghiên cứu này cao hơn 3,83 lần. Như vậy, các yếu tố bất lợi về điều kiện khí tượng như khả năng khuếch tán kém do sự giảm độ cao hòa trộn khí quyển trong giai đoạn mùa đông có thể là một trong những nguyên nhân chính làm gia tăng tình trạng ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$ .

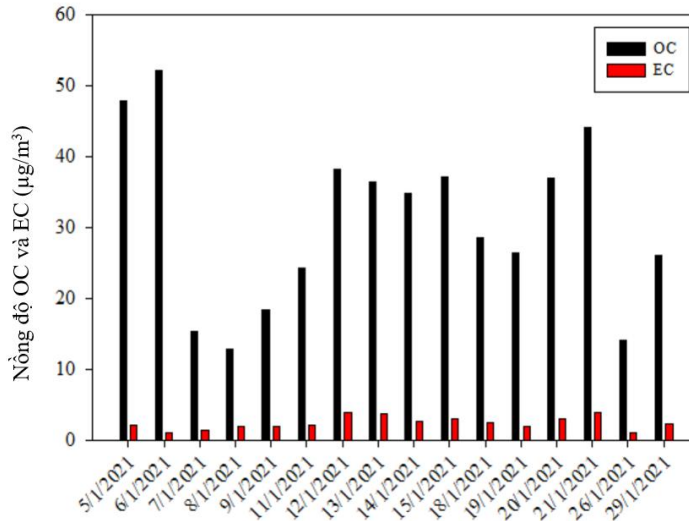
### 3.2. Nồng độ khối lượng trung bình ngày của các thành phần ion và cacbon trong bụi $PM_{2.5}$

Kết quả phân tích diễn biến nồng độ khối lượng trung bình ngày của các thành phần ion và cacbon trong mẫu bụi  $PM_{2.5}$  trong giai đoạn quan trắc mùa đông được thể hiện ở Hình 3 và Hình 4. Nhìn chung trong giai đoạn quan trắc, nồng độ khối lượng trung bình ngày của các ion  $SO_4^{2-}$ ,  $NH_4^+$ ,  $K^+$  và OC có xu hướng biến đổi khá tương đồng với sự biến đổi của nồng độ khối lượng trung bình ngày của bụi  $PM_{2.5}$ . Tuy nhiên xu hướng biến đổi nồng độ khối lượng trung bình ngày của  $NO_3^-$  và EC lại không hoàn toàn giống như  $PM_{2.5}$ . Điều này gợi ý rằng các nguồn phát thải và/hoặc các quá trình hóa



Hình 3. Nồng độ khối lượng trung bình ngày của các thành phần ion trong bụi  $PM_{2.5}$

lý trong khí quyển có tác động khác nhau tới các thành phần hóa học của bụi PM<sub>2.5</sub>. Có thể nhận thấy thành phần OC có nồng độ cao hơn rất nhiều so với thành phần EC đối với tất cả các mẫu bụi PM<sub>2.5</sub>.



Hình 4. Nồng độ trung bình ngày của các thành phần carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub>

Các chỉ số thống kê của các thành phần ion và carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub> được tổng hợp ở Bảng 2. Trong toàn bộ giai đoạn quan trắc, thành phần OC có nồng độ trung bình cao nhất, tiếp đó là các thành phần SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Thành phần NO<sub>3</sub><sup>-</sup> có nồng độ trung bình thấp nhất.

Bảng 2. Chỉ số thống kê của các thành phần ion và carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub>

	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	K <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	OC (µg/m <sup>3</sup> )	EC (µg/m <sup>3</sup> )
Trung bình	0,018	10,579	4,129	1,075	30,853	2,433
Độ lệch chuẩn	0,009	7,545	2,660	0,513	12,088	0,918
Min	0,005	1,715	0,738	0,368	12,800	1,069
Max	0,043	27,169	10,424	1,897	52,073	3,956

### 3.3. Mối quan hệ giữa các thành phần ion và carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub>

Phân tích mối tương quan giữa các thành phần ion và carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub> có thể góp phần sơ bộ nhận định các nguồn phát thải và các quá trình, yếu tố tác động tới sự biến đổi của các thành phần này trong bụi PM<sub>2.5</sub>. Hệ số tương quan Pearson (R) giữa các thành phần ion và carbon trong bụi PM<sub>2.5</sub> được thể hiện ở Bảng 3.

Các thành phần SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> trong bụi PM<sub>2.5</sub> thường được xem là các chất ô nhiễm thứ cấp sinh ra do các quá trình phản ứng, biến đổi của các chất khí SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, và NH<sub>3</sub> tương ứng trong khí quyển. Kết quả phân tích hệ số tương quan ở Bảng 3 cho thấy các thành phần SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> đều có mối tương quan mạnh với nhau và với bụi PM<sub>2.5</sub>. Các kết quả này gợi ý rằng các thành phần SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> chịu sự tác động của các nguồn phát thải và/hoặc các quá trình, yếu tố có tính tương đồng trong khí quyển. Ngược lại, thành phần NO<sub>3</sub><sup>-</sup> thể hiện mối tương quan thấp với bụi PM<sub>2.5</sub>, với các thành phần SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Các kết quả này cho thấy các thành phần thứ cấp SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và NH<sub>4</sub><sup>+</sup> có thể được hình thành do quá trình oxi hóa của khí SO<sub>2</sub> và NH<sub>3</sub> phát sinh từ các nguồn vùng trong quá

Bảng 3. Hệ số tương quan Pearson giữa các thành phần ion và cacbon trong bụi PM<sub>2.5</sub>

	PM <sub>2.5</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	OC	EC
PM <sub>2.5</sub>	1,000	0,903	0,916	0,259	0,943	0,898	0,490
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		1,000	0,867	0,179	0,983	0,706	0,466
K <sup>+</sup>			1,000	0,245	0,890	0,826	0,378
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				1,000	0,171	0,219	0,623
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					1,000	0,749	0,476
OC						1,000	0,429
EC							1,000

trình lan truyền trong khí quyển. Ngược lại, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> trong bụi PM<sub>2.5</sub> chủ yếu được hình thành do quá trình oxi hóa của khí NO<sub>x</sub> phát sinh từ các nguồn thải giao thông ở khu vực nghiên cứu. Nhận định này cũng được khẳng định qua hệ số tương quan tương đối giữa NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và EC – một thành phần chính trong khí thải các phương tiện giao thông.

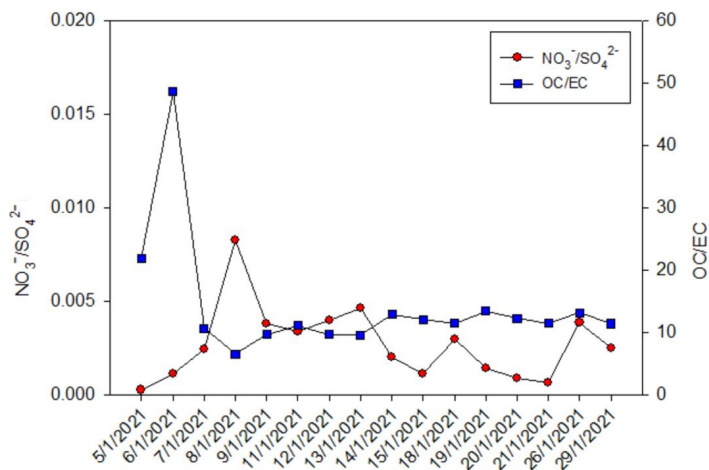
Mặt khác, tỷ lệ khối lượng NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> có thể sử dụng để nhận định sự đóng góp tương đối từ nguồn giao thông và nguồn tĩnh (nguồn công nghiệp, nhiệt điện) đối với các thành phần NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> trong bụi PM<sub>2.5</sub> [16]. Trường hợp tỷ lệ khối lượng của NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> thấp cho thấy sự đóng góp của nguồn tĩnh là chiếm ưu thế và ngược lại [17]. Kết quả của nghiên cứu này (Hình 5) cho thấy khoảng giá trị của tỷ lệ khối lượng của NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> trong giai đoạn quan trắc mùa đông là rất thấp. Với các giá trị thấp này cho thấy nguồn tĩnh (phát thải từ các nhà máy sử dụng nhiên liệu than như nhà máy xi măng, nhà máy thép, nhiệt điện, ...) ở các khu vực tỉnh, thành lân cận thành phố Hà Nội đóng góp một phần đáng kể vào các thành phần của bụi PM<sub>2.5</sub> tại khu vực nghiên cứu thông qua quá trình lan truyền chất ô nhiễm trong khí quyển. Một phần lớn lượng phát thải của SO<sub>2</sub> sinh ra do đốt nhiên liệu (than, dầu) của các nhà máy công nghiệp, nhiệt điện ở các khu vực tỉnh, thành lân cận Hà Nội có thể được chuyển hóa thành SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> trong quá trình lan truyền chất ô nhiễm từ các nguồn vùng đến khu vực nghiên cứu ở Hà Nội, làm gia tăng nồng độ của SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> trong bụi PM<sub>2.5</sub> như thể hiện ở Bảng 2.

Các thành phần K<sup>+</sup>, OC, EC trong bụi PM<sub>2.5</sub> thường được xem là chỉ dấu của các nguồn đốt sinh khối [8]. Các kết quả phân tích ở Bảng 3 cho thấy mối tương quan mạnh giữa K<sup>+</sup> và OC, cũng như giữa K<sup>+</sup> và PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Điều này gợi ý rằng các thành phần K<sup>+</sup> và OC trong bụi PM<sub>2.5</sub> chịu tác động đáng kể do phát thải từ các nguồn đốt sinh khối ở quy mô vùng được vận chuyển đến khu vực nghiên cứu. Ngược lại, EC cho thấy mối tương quan tương đối thấp với PM<sub>2.5</sub>, OC, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> và mối tương quan tương đối với NO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Các kết quả này gợi ý rằng EC sinh ra chủ yếu do nguồn thải giao thông ở khu vực nghiên cứu.

Một số nghiên cứu [18–21] sử dụng giá trị của tỷ lệ OC/EC để nhận định và đánh giá tác động của các nguồn phát thải và các quá trình, phản ứng trong khí quyển tới sự biến đổi của các thành phần cacbon trong bụi. Ví dụ, các tác giả Watson và cs. [20] đã chỉ ra rằng các nguồn thải giao thông, hoạt động đốt than (sản xuất công nghiệp và nhiệt điện), và đốt sinh khối có tỷ lệ OC/EC tương ứng lần lượt là 1,1; 2,7 và 9,0. Theo nghiên cứu của các tác giả Hildemann và cs. [18], tỷ lệ OC/EC > 2 có thể xem là chỉ dấu của sự đóng góp của các loại bụi thứ cấp. Trong nghiên cứu này, tỷ lệ OC/EC có khoảng giá trị là 6,547 - 48,644 (Hình 5) với giá trị trung bình cho toàn bộ giai đoạn nghiên cứu là 14,128 (± 9,735). Giá trị OC/EC này là lớn, cho thấy các nguồn đốt sinh khối (quy mô vùng và/hoặc quy mô địa phương) và các quá trình phản ứng thứ cấp trong khí quyển có thể đã ảnh hưởng đến sự biến đổi nồng độ của thành phần OC trong bụi PM<sub>2.5</sub>. Bên cạnh đó, OC có mối tương quan tương đối



manh với các thành phần thứ cấp  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{NH}_4^+$ . Điều này gợi ý rằng các quá trình phản ứng thứ cấp trong khí quyển đóng góp một phần đáng kể vào sự hình thành của cacbon hữu cơ thứ cấp trong OC.



Hình 5. Tỷ lệ khối lượng của  $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$  và OC/EC trong mẫu bụi  $\text{PM}_{2.5}$  trong mùa đông

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu này thực hiện việc thu thập mẫu bụi  $\text{PM}_{2.5}$  và phân tích, đánh giá diễn biến nồng độ khối lượng của bụi  $\text{PM}_{2.5}$  và các thành phần ion và cacbon trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  ở một địa điểm thuộc khu vực đô thị, Quận Hai Bà Trưng, TP. Hà Nội trong khoảng thời gian mùa đông (từ ngày 5/1/2021 đến ngày 29/1/2021). Kết quả cho thấy nồng độ trung bình ngày của bụi  $\text{PM}_{2.5}$  trong toàn đợt đo tại khu vực nghiên cứu là  $157,99 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – cao hơn 3 lần so với giá trị quy định của QCVN 05:2013/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh.

Kết quả phân tích các thành phần ion ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) và cacbon (EC, OC) trong mẫu bụi  $\text{PM}_{2.5}$  cho thấy trong toàn bộ giai đoạn quan trắc, thành phần OC có nồng độ trung bình cao nhất, tiếp đó là các thành phần  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{NH}_4^+$ . Thành phần  $\text{NO}_3^-$  có nồng độ trung bình thấp nhất. Kết quả phân tích mối tương quan giữa các thành phần ion và cacbon trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  cho thấy các thành phần thứ cấp như  $\text{SO}_4^{2-}$  và  $\text{NH}_4^+$  có thể được hình thành do quá trình oxi hóa của  $\text{SO}_2$  và  $\text{NH}_3$  phát sinh từ các nguồn vùng trong quá trình lan truyền trong khí quyển. Ngược lại,  $\text{NO}_3^-$  trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  chủ yếu được hình thành do quá trình oxi hóa của  $\text{NO}_x$  phát sinh từ các nguồn thải giao thông ở khu vực nghiên cứu. Các thành phần  $\text{K}^+$  và OC trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  có thể chịu tác động đáng kể do phát thải từ các nguồn đốt sinh khối ở quy mô vùng được vận chuyển đến khu vực nghiên cứu. Trong khi đó EC sinh ra chủ yếu do nguồn thải giao thông ở khu vực nghiên cứu, tương tự như thành phần  $\text{NO}_3^-$ .

Trong nghiên cứu này diễn biến nồng độ khối lượng của các thành phần ion và cacbon trong mẫu bụi  $\text{PM}_{2.5}$  mới chỉ được phân tích, đánh giá cho một giai đoạn trong mùa đông. Để có thể phân tích, đánh giá một cách toàn diện các yếu tố tác động đến các thành phần ion và cacbon trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  như điều kiện khí tượng, các quá trình hóa lý xảy ra trong khí quyển và sự thay đổi đặc tính các nguồn phát thải theo mùa, cần có các nghiên cứu tiếp theo nhằm đánh giá diễn biến nồng độ khối lượng của các thành phần ion và cacbon trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  trong các mùa khác.

## Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo, trong khuôn khổ của Đề tài “Tích hợp số liệu quan trắc, công cụ mô hình hóa và ảnh vệ tinh MODIS xác định nồng độ PM<sub>2.5</sub> do ảnh hưởng của hoạt động đốt rơm rạ trên địa bàn Hà Nội”, mã số B2020-XDA-04. Các tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ tài chính của Bộ Giáo dục và Đào tạo cho đề tài.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Reiss, R., Anderson, E. L., Cross, C. E., Hidy, G., Hoel, D., McClellan, R., Moolgavkar, S. (2007). [Evidence of Health Impacts of Sulfate-and Nitrate-Containing Particles in Ambient Air](#). *Inhalation Toxicology*, 19(5):419–449.
- [2] Castro, L. M., Pio, C. A., Harrison, R. M., Smith, D. J. T. (1999). [Carbonaceous aerosol in urban and rural European atmospheres: estimation of secondary organic carbon concentrations](#). *Atmospheric Environment*, 33(17):2771–2781.
- [3] Zhu, L., Henze, D. K., Bash, J. O., Cady-Pereira, K. E., Shephard, M. W., Luo, M., Capps, S. L. (2015). [Sources and Impacts of Atmospheric NH<sub>3</sub>: Current Understanding and Frontiers for Modeling, Measurements, and Remote Sensing in North America](#). *Current Pollution Reports*, 1(2):95–116.
- [4] Quang, T. N., Hue, N. T., Dat, M. V., Tran, L. K., Phi, T. H., Morawska, L., Thai, P. K. (2021). [Motorcyclists have much higher exposure to black carbon compared to other commuters in traffic of Hanoi, Vietnam](#). *Atmospheric Environment*, 245:118029.
- [5] Nguyen, D. L., Coowanitwong, N. (2010). [Strategic environmental assessment application for sustainable transport-related air quality policies: a case study in Hanoi City, Vietnam](#). *Environment, Development and Sustainability*, 13(3):565–585.
- [6] Hai, C. D., Oanh, N. T. K. (2013). [Effects of local, regional meteorology and emission sources on mass and compositions of particulate matter in Hanoi](#). *Atmospheric Environment*, 78:105–112.
- [7] Bui, T. H., Nguyen, D. L., Nguyen, H. H. (2021). [Study of aerosol optical properties at two urban areas in the north of Vietnam with the implication for biomass burning impacts](#). *Environmental Science and Pollution Research*.
- [8] Luong, N. D., Hieu, B. T., Trung, B. Q., Dat, M. V., Duy, N. V., Dinh, P. V., Hien, T. T., Hiep, N. H. (2021). [Investigation of sources and processes influencing variation of PM<sub>2.5</sub> and its chemical compositions during a summer period of 2020 in an urban area of Hanoi city, Vietnam](#). *Air Quality, Atmosphere & Health*, 15(2):235–253.
- [9] Việt, H. T., Lương, N. Đ., Anh, Đ. N., Trung, B. Q. (2021). [Diễn biến nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub> và chỉ số chất lượng không khí \(AQI\) ở Hà Nội trong đợt bùng phát dịch bệnh Covid-19 lần thứ 4](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 15(4V):39–52.
- [10] Hien, P. D., Binh, N. T., Truong, Y., Ngo, N. T., Sieu, L. N. (2001). [Comparative receptor modelling study of TSP, PM<sub>2</sub> and PM<sub>2-10</sub> in Ho Chi Minh City](#). *Atmospheric Environment*, 35(15):2669–2678.
- [11] Hien, P. D., Bac, V. T., Tham, H. C., Nhan, D. D., Vinh, L. D. (2002). [Influence of meteorological conditions on PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>2.5-10</sub> concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam](#). *Atmospheric Environment*, 36(21):3473–3484.
- [12] Hien, P. D., Bac, V. T., Thinh, N. T. H. (2004). [PMF receptor modelling of fine and coarse PM<sub>10</sub> in air masses governing monsoon conditions in Hanoi, northern Vietnam](#). *Atmospheric Environment*, 38(2): 189–201.
- [13] Bac, V. T., Hien, P. D. (2009). [Regional and local emissions in red river delta, Northern Vietnam](#). *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2(3):157–167.
- [14] Oanh, N. T. K., Upadhyay, N., Zhuang, Y.-H., Hao, Z.-P., Murthy, D. V. S., Lestari, P., Villarín, J. T., Chengchua, K., Co, H. X., Dung, N. T. (2006). [Particulate air pollution in six Asian cities: Spatial and temporal distributions, and associated sources](#). *Atmospheric Environment*, 40(18):3367–3380.
- [15] Lương, N. Đ., Việt, H. T., Hiếu, B. T., Trung, B. Q., Hà, V. V. (2021). [Đánh giá các thành phần cacbon](#)

trong bụi mịn PM<sub>2.5</sub> tại một khu vực đô thị ở Hà Nội. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 15(4V):9–17.

- [16] Arimoto, R., Duce, R. A., Savoie, D. L., Prospero, J. M., Talbot, R., Cullen, J. D., Tomza, U., Lewis, N. F., Ray, B. J. (1996). Relationships among aerosol constituents from Asia and the North Pacific during PEM-West A. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101(D1):2011–2023.
- [17] Cao, J., Shen, Z., Chow, J. C., Qi, G., Watson, J. G. (2009). Seasonal variations and sources of mass and chemical composition for PM<sub>10</sub> aerosol in Hangzhou, China. *Particuology*, 7(3):161–168.
- [18] Hildemann, L. M., Markowski, G. R., Cass, G. R. (1991). Chemical composition of emissions from urban sources of fine organic aerosol. *Environmental Science & Technology*, 25(4):744–759.
- [19] Cao, J. (2003). Characteristics of carbonaceous aerosol in Pearl River Delta Region, China during 2001 winter period. *Atmospheric Environment*, 37(11):1451–1460.
- [20] Watson, J. G., Chow, J. C., Houck, J. E. (2001). PM<sub>2.5</sub> chemical source profiles for vehicle exhaust, vegetative burning, geological material, and coal burning in Northwestern Colorado during 1995. *Chemosphere*, 43(8):1141–1151.
- [21] Trung, B. Q., Lượng, N. Đ., Hiếu, B. T., Đạt, M. V., Duy, N. V., Chinh, P. M., Việt, H. T. (2021). Đánh giá thành phần kim loại và các bon trong bụi PM<sub>10</sub> tại một khu vực đô thị ở Hà Nội trong giai đoạn mùa hè 2020. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 15(4V):62–70.