

**BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
-----



**Nguyễn Thị Phương Nhung**

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH SỰ PHÂN BỐ VÀ HÀM LƯỢNG CỦA  
KIM LOẠI TRONG BỤI PM<sub>2.5</sub> Ở KHU ĐÔ THỊ TRÊN ĐỊA BÀN  
MỘT SỐ QUẬN, HUYỆN HÀ NỘI**

**LUẬN VĂN THẠC SỸ**

**KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU, LUYỆN KIM VÀ MÔI TRƯỜNG**

**Hà Nội – 2022**

**BỘ GIÁO DỤC  
VÀ ĐÀO TẠO**

**VIỆN HÀN LÂM KHOA HỌC  
VÀ CÔNG NGHỆ VIỆT NAM**

**HỌC VIỆN KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**

---



**Nguyễn Thị Phương Nhung**

**NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH SỰ PHÂN BỐ VÀ HÀM LƯỢNG CỦA KIM  
LOẠI TRONG BỤI PM<sub>2.5</sub> Ở KHU ĐÔ THỊ TRÊN ĐỊA BÀN  
MỘT SỐ QUẬN, HUYỆN HÀ NỘI**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật môi trường  
Mã số: 8 52 03 20**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ NGÀNH  
KỸ THUẬT HÓA HỌC, VẬT LIỆU, LUYỆN KIM VÀ, MÔI TRƯỜNG**

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:**  
Hướng dẫn 1: TS. Nguyễn Thị Phương Mai

Hướng dẫn 2: TS. Dương Thị Hạnh

***Hà Nội - 2022***

**LỜI CAM ĐOAN****Tôi xin cam đoan**

Những nội dung trong luận văn này là do tôi thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Thị Phương Mai và TS. Dương Thị Hạnh. Mọi tham khảo dùng trong luận văn đều được tôi trích dẫn nguồn gốc rõ ràng. Các kết quả nghiên cứu trong luận văn này là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất cứ công trình nào.

*Hà Nội, ngày tháng năm 2022*

**Học viên**

**Nguyễn Thị Phương Nhung**

**LỜI CẢM ƠN**

Luận văn Thạc sĩ khoa học - Chuyên ngành Kỹ thuật Môi trường với đề tài “*Nghiên cứu xác định sự phân bố và hàm lượng của kim loại trong bụi PM2.5 ở khu đô thị trên địa bàn một số Quận, Huyện Hà Nội.*” được thực hiện tại phòng thí nghiệm của Viện Công nghệ môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, dưới sự hướng dẫn của TS. Nguyễn Thị Phương Mai và TS. Dương Thị Hạnh. Trong suốt quá trình thực hiện luận văn, tôi luôn nhận được sự quan tâm, động viên, hỗ trợ từ các cô hướng dẫn. Bằng tất cả sự kính trọng, lòng biết ơn, tôi xin phép được gửi tới TS. Nguyễn Thị Phương Mai và TS. Dương Thị Hạnh lời cảm ơn chân thành nhất.

Tôi xin cảm ơn tới Ban lãnh đạo Viện Công nghệ môi trường - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam đã cho phép và tạo điều kiện thuận lợi để tôi học tập, rèn luyện và hoàn thành tốt luận văn này.

Tôi cũng xin được gửi lời cảm ơn tới các thầy cô giáo trong Khoa Môi trường - Viện Công nghệ Môi trường - Học viện Khoa học và Công nghệ - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, cùng toàn thể các anh chị trong phòng Phân tích độc chất môi trường đã tận tình giúp đỡ, giảng dạy, truyền đạt kiến thức, tạo điều kiện về cơ sở vật chất và hướng dẫn tôi hoàn thành chương trình học tập và thực hiện luận văn.

Với điều kiện thời gian cũng như kinh nghiệm còn hạn chế, luận văn không thể tránh được những thiếu sót. Rất mong nhận được sự góp ý, đánh giá của thầy cô để luận văn được hoàn thiện hơn.

Xin trân trọng cảm ơn!

*Hà Nội, ngày tháng năm 2022*

**Học viên**

**Nguyễn Thị Phương Nhung**

## MỤC LỤC

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT	i
DANH MỤC BẢNG	ii
DANH MỤC HÌNH	iii
MỞ ĐẦU	1
1. Tính cấp thiết của luận văn	1
2. Mục tiêu nghiên cứu	1
3. Nội dung nghiên cứu	2
4. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài	2
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÀI LIỆU	4
1.1. Tổng quan về hiện trạng môi trường bụi PM <sub>2.5</sub> trong không khí	4
1.1.1 Khái niệm bụi PM <sub>2.5</sub>	4
1.1.2. Nguồn gây phát sinh bụi PM <sub>2.5</sub>	4
1.1.3. Hiện trạng ô nhiễm bụi PM <sub>2.5</sub> trong không khí trên thế giới	8
1.1.4. Hiện trạng ô nhiễm bụi PM <sub>2.5</sub> trong không khí ở Việt Nam	10
1.1.5. Ảnh hưởng của bụi PM <sub>2.5</sub> đối với sức khỏe con người	13
1.2. Tổng quan về kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub>	15
1.2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu về kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub> trên thế giới	15
1.2.2. Tình hình nghiên cứu kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub> tại Việt Nam	17
1.2.3. Tác động của kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub> đối với môi trường và sức khỏe con người	19
CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	23
2.1. Đối tượng nghiên cứu	23
2.2. Phạm vi nghiên cứu	23
2.3. Nguyên vật liệu	23

2.3.1. Hóa chất, thuốc thử	23
2.3.2. Thiết bị	24
2.4. Phương pháp nghiên cứu	25
2.4.1. Phương pháp thu thập số liệu	25
2.4.2. Phương pháp thu thập thông tin, điều tra khảo sát	25
2.4.3. Phương pháp phân tích và lấy mẫu bụi	25
2.4.4. Phương pháp xử lý số liệu	27
2.4.5. Phương pháp thực nghiệm	29
2.4.6. Phương pháp đánh giá rủi ro thành phần kim loại trong bụi $PM_{2.5}$ đến sức khỏe con người	32
<b>CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN</b>	<b>37</b>
3.1. Hàm lượng bụi $PM_{2.5}$ trong không khí trên địa bàn Hà Nội	37
3.1.1. Sự phân bố theo thời gian của bụi $PM_{2.5}$ ở Hà Nội	37
3.1.2. Sự phân bố bụi $PM_{2.5}$ theo không gian tại Hà Nội	40
3.2. Hàm lượng kim loại trong bụi $PM_{2.5}$ trên địa bàn Hà Nội	41
3.2.1. Sự phân bố theo thời gian của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội	43
3.2.2. Sự phân bố theo không gian của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội	45
3.4. Xác định nguồn của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội	47
3.5. Đánh giá ảnh hưởng của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ đến sức khỏe con người	49
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ</b>	<b>55</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO</b>	<b>57</b>

**DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT**

<b>Kí hiệu viết tắt</b>	<b>Tiếng anh</b>	<b>Tiếng Việt</b>
WHO	World Health Organization	Tổ chức Y tế Thế giới
AQI	Air quality index	Chỉ số chất lượng không khí
TCVN		Tiêu chuẩn Việt nam
PCA	Principal component analysis method	Phương pháp phân tích thành phần chính
EPA	US Environmental Protection Agency	Cơ quan bảo vệ môi trường Mỹ
UNEP		Liên Hợp Quốc
HCM		Hồ Chí Minh
GreenID		Thành viên Liên minh Năng lượng Bền vững tại Việt Nam
NIOSH	National institute for Occupational Safety and Health	Cơ quan quản lý An toàn và Sức khỏe nghề nghiệp Hoa Kỳ
GMO		Tổ chức Khí tượng Toàn cầu

**DANH MỤC BẢNG**

Bảng 1.1. Các nhóm ngành sản xuất và khí thải phát sinh điển hình [6]	6
Bảng 1.2. Xếp hạng mức độ ô nhiễm bụi $PM_{2.5}$ tại một số TP châu Á [9]	9
Bảng 2.1. Các thông số đánh giá rủi ro sức khỏe	34
Bảng 3.1. Hàm lượng bụi $PM_{2.5}$ tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	37
Bảng 3.2. Hàm lượng kim loại trọng bụi $PM_{2.5}$ tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	42
Bảng 3.3. Nguy cơ không gây ung thư (HQ) của kim loại thông qua các con đường tiếp xúc khác nhau tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	49
Bảng 3.4. Rủi ro ung thư (CR) của các kim loại được chọn thông qua các con đường tiếp xúc tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	52



## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Kích thước tương trưng của 1 số loại bụi so với tóc người và hạt cát	4
Hình 1.2. Cơ chế xâm nhập của bụi mịn vào cơ thể con người	14
Hình 2.1. Thiết bị lấy mẫu bụi bụi thể tích lớn Sibata HV-500R	24
Hình 2.2. Bản đồ lấy mẫu khu vực nghiên cứu ở Hà Nội	30
Hình 2.3. Hình ảnh lấy mẫu tại khu vực Thanh Xuân (trái) và Đông Anh (phải)	30
Hình 2.4. Mẫu bụi PM <sub>2.5</sub> tại khu vực nghiên cứu	31
Hình 3.1. Biến thiên hàm lượng bụi theo thời gian ở khu vực Thanh Xuân	38
Hình 3.2. Biến thiên hàm lượng bụi theo thời gian ở khu vực Đông Anh	39
Hình 3.3. Phân bố hàm lượng bụi PM <sub>2.5</sub> tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	40
Hình 3.5. Biến thiên hàm lượng kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub> theo thời gian ở khu vực Đông Anh	44
Hình 3.6. Phân bố nồng độ kim loại trong bụi PM <sub>2.5</sub> theo không gian ở khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	45
Hình 3.7. Giá trị EF của các nguyên tố kim loại tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh	48
Hình 3.8: Nguy cơ không gây ung thư (tổng HI) của các nguyên tố tại Thanh Xuân và Đông Anh	51
Hình 3.8: Rủi ro ung thư (CR) của nguyên tố tại Thanh Xuân và Đông Anh	53

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của luận văn

Ô nhiễm môi trường là vấn đề được quan tâm toàn cầu, đặc biệt là ô nhiễm môi trường không khí ở các nước đang phát triển và các thành phố lớn do ảnh hưởng của quá trình đô thị hóa, các hoạt động công nghiệp, nông nghiệp, dịch vụ công cộng như y tế, du lịch và thương mại. Trong những năm gần đây, vấn đề ô nhiễm không khí tại Việt Nam trở thành mối quan tâm đặc biệt khi Hà Nội một trong 2 thành phố lớn nhất nước ta được nêu tên trong các bảng xếp hạng về những thành phố/thủ đô ô nhiễm nhất thế giới. Theo một số nghiên cứu, TP. Hà Nội là một trong những thành phố có tình trạng ô nhiễm không khí nhất ở khu vực Châu Á với nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội cao hơn nhiều so với các nước trong cùng khu vực.

Các hoạt động công nghiệp thuộc da, công nghiệp điện tử, mạ điện, lọc hóa dầu hay công nghệ dệt nhuộm; hoạt động giao thông vận tải; xây dựng; sinh hoạt... trên địa bàn Hà Nội đã tạo ra các nguồn ô nhiễm chứa các kim loại độc hại như Cd, Cu, Co, Pb, Cr, Ni, As...vào môi trường. Những kim loại này ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe con người và động thực vật, việc phơi nhiễm với ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  có chứa kim loại có thể làm tăng cao tỷ lệ tử vong và nhập viện. Nghiên cứu tác động ô nhiễm không khí do bụi  $PM_{2.5}$  lên sức khỏe cộng đồng tại Hà Nội năm 2019 có hàng nghìn người tử vong do phơi nhiễm bụi mịn, Việt Nam cũng là một trong những nước có mật độ tử vong vì ô nhiễm không khí ở mức trung bình khá trên thế giới [1]. Chính vì vậy, việc xác định hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  là cũng như sự phân bố của chúng là rất cần thiết để đưa ra được bộ số liệu về hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  và kim loại trong bụi ở khu nội và ngoại thành Hà Nội. Do đó, học viên xin được lựa chọn đề tài ***“Nghiên cứu xác định sự phân bố và hàm lượng của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  ở khu đô thị trên địa bàn một số Quận, Huyện Hà Nội”***.

### 2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung: Xác định sự phân bố và hàm lượng của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  ở khu đô thị trên địa bàn một số Quận, Huyện Hà Nội

Mục tiêu cụ thể:

- Nghiên cứu, xác định được hàm lượng bụi và hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  tại khu đô thị trên địa bàn Hà Nội
- Nghiên cứu, xác định được sự phân bố theo thời gian và không gian của các kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$
- Đánh giá sơ bộ nguồn gốc phát thải kim loại bám dính trên bụi  $PM_{2.5}$  và rủi ro ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

### 3. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Tổng quan tài liệu

- Tổng quan hiện trạng môi trường bụi  $PM_{2.5}$  trong môi trường không khí
- Tổng quan hiện trạng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$

Nội dung 2: Thu thập mẫu bụi không khí tại một số khu vực Quận, Huyện trên địa bàn Hà Nội

- Khu vực nội thành (Thanh Xuân) và ngoại thành Hà Nội (Đông Anh).  
Mẫu bụi được lấy 24h, liên tục trong 7 - 10 ngày, 2 đợt/năm.

Nội dung 3: Nghiên cứu xác định hàm lượng bụi và kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$

- Xác định hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$
- Xác định hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As) trên thiết bị ICP – MS.

Nội dung 4: Nghiên cứu sự phân bố của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$

- Nghiên cứu sự biến đổi hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  và các kim loại (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As) theo thời gian và không gian
- Nghiên cứu xác định sự phân bố của các kim loại (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  theo thời gian và không gian
- Xác định nguồn của kim loại (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  ở Hà Nội

Nội dung 5: Đánh giá ảnh hưởng của kim loại (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, As) trong bụi đối với sức khỏe con người

### 4. Ý nghĩa khoa học và ý nghĩa thực tiễn của đề tài

- Ý nghĩa khoa học:

Bụi  $PM_{2.5}$  nói riêng và bụi trong không khí nói chung là một trong những lĩnh vực nghiên cứu được quan tâm nhất trong thời gian gần đây đặc biệt là hàm lượng kim loại có trong bụi  $PM_{2.5}$  phát sinh từ khí thải hoạt động xây dựng, nhà máy công nghiệp, giao thông vận tải, đốt rơm rạ trong nông nghiệp hay phát sinh từ các hoạt động của hộ gia đình (như sưởi ấm hoặc đốt cháy bằng than, củi), từ khói thuốc lá và lượng rác thải sinh hoạt mà hàng ngày chúng ta thải ra môi trường. Trong khi đó, các biện pháp bảo vệ hiện tại chưa thực sự hiệu quả và bền vững, những người sống ở các thành phố lớn như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh nơi diễn ra nhiều hoạt động sinh hoạt, giao thông, nhiều công trình xây dựng và các xưởng sản xuất...nên có nguy cơ bị phơi nhiễm với bụi  $PM_{2.5}$  và các chất ô nhiễm không khí. Chính vì vậy ngoài việc nghiên cứu đánh giá nồng độ bụi thì việc phân tích thành phần bụi  $PM_{2.5}$  cũng có ý nghĩa rất quan trọng trong nghiên cứu đánh giá chất lượng không khí.

- Ý nghĩa thực tiễn:

Luận văn này cũng có ý nghĩa quan trọng đối với việc đưa ra các các biện pháp giảm thiểu và xử lý tối ưu nhằm hạn chế tình trạng phát thải bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí ở khu vực Hà Nội. Luận văn cũng đưa những bằng chứng mới nhất về hàm lượng kim loại có chứa trong bụi  $PM_{2.5}$  để đánh giá ảnh hưởng tới sức khỏe do chúng gây nên.

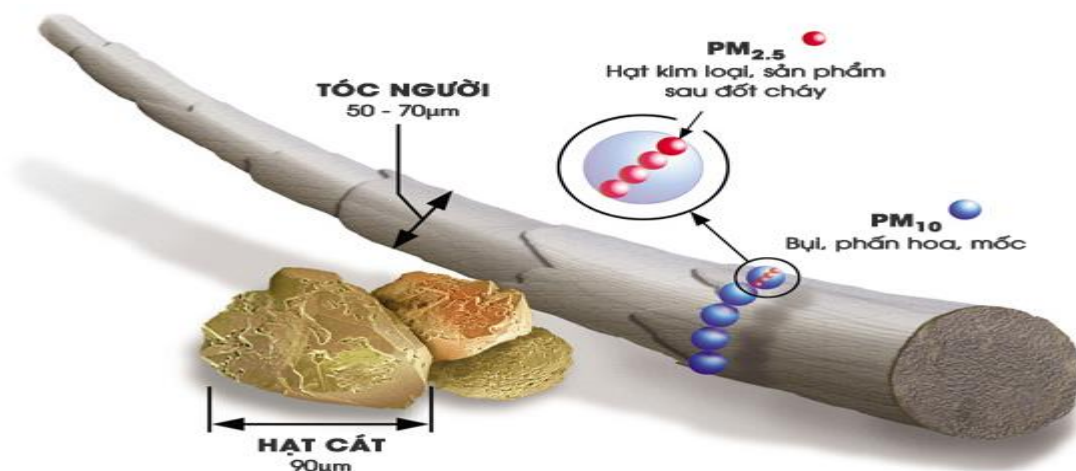
## CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

### 1.1. Tổng quan về hiện trạng môi trường bụi $PM_{2.5}$ trong không khí

#### 1.1.1 Khái niệm bụi $PM_{2.5}$

Theo Tổ chức Y tế thế giới (WHO) và Liên minh Châu Âu EU: Bụi  $PM_{2.5}$  là những hạt bụi có đường kính cơ học nhỏ hơn  $2.5 \mu m$ , bụi  $PM_{2.5}$  còn được gọi với tên khác là bụi mịn (Fine Particles).

Trong Báo cáo chất lượng môi trường không khí tại khu vực Châu Âu năm 2012 mô tả về hạt bụi  $PM_{2.5}$ : Đường kính trung bình của một sợi tóc có kích thước khoảng  $50 \mu m$  đến  $70 \mu m$ . Như vậy, đường kính của một sợi tóc lớn hơn gấp 5 - 7 lần đường kính của một hạt bụi  $PM_{10}$ , lớn hơn gấp 20 đến 30 lần đường kính của một hạt bụi  $PM_{2.5}$  và lớn hơn gấp 50 - 70 lần đường kính của hạt bụi  $PM_{10}$  [2]



Hình 1.1. Kích thước tương trưng của 1 số loại bụi so với tóc người và hạt cát

(Nguồn: Sources-EPA. Environmental protection department Greenpeace)

Theo Báo cáo chất lượng không khí năm 2019 của Ngân hàng Thế giới, bụi  $PM_{2.5}$  định nghĩa các hạt bụi tồn tại trong không khí xung quanh với kích thước lên đến  $2.5 \mu m$ . Kích thước siêu nhỏ này cho phép các hạt bụi đi sâu vào máu thông qua hệ hô hấp rồi từ đó đi khắp cơ thể, tác động đến sức khỏe con người như gây bệnh ung thư phổi, tim mạch, hen suyễn... Tình trạng ô nhiễm không khí kéo dài cũng khiến trẻ sơ sinh nhẹ cân và gia tăng các bệnh hô hấp cấp tính [3].

#### 1.1.2. Nguồn gây phát sinh bụi $PM_{2.5}$

Bụi PM<sub>2.5</sub> có thể phát sinh từ nguồn từ tự nhiên chẳng hạn như bão cát, cháy rừng, hoạt động của núi lửa, lốc xoáy, bão cát tại sa mạc hoặc từ chất thải sinh học như phấn hoa, nấm bào tử, quá trình phân hủy xác động thực vật.... Tuy nhiên, hầu như PM<sub>2.5</sub> được sinh ra từ các hoạt động con người là chủ yếu. Các nguồn ô nhiễm không khí chính tại khu đô thị và dân cư bao gồm từ hoạt động giao thông vận tải, hoạt động xây dựng, vận hành nhà máy trong thành phố, hoạt động sinh hoạt hàng ngày của người dân, khu xử lý chất thải, các nguồn ô nhiễm từ vùng ngoại ô.

Theo dữ liệu công bố năm 2017 tại hội thảo “Ô nhiễm không khí - Mối đe dọa với sức khỏe cộng đồng” thì lượng bụi PM<sub>2.5</sub> năm 2016 ở TP. HCM trung bình là 28,23  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (cao gấp 5 lần so với tiêu chuẩn của WHO là 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và tại Hà Nội là 50,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (gấp đôi so với quy chuẩn quốc gia và gấp 10 lần so với trung bình ngưỡng của WHO). Tại Hà Nội, mức độ ô nhiễm không khí được cảnh báo chỉ đứng sau thủ đô New Delhi của Ấn Độ (nơi có mức độ ô nhiễm bầu không khí cao thứ hai trên thế giới với 124  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [4].

#### *a. Hoạt động giao thông vận tải*

Khí thải từ các phương tiện giao thông vận tải như ô tô, xe máy...sinh ra chủ yếu từ quá trình đốt cháy nhiên liệu của động cơ chiếm tỷ lệ lớn nhất trong các phương tiện giao thông và góp phần làm tăng tổng lượng bụi phát thải ô nhiễm trong không khí. Quá trình đốt cháy nhiên liệu, hóa hơi của các phương tiện giao thông sử dụng xăng và dầu diesel làm nhiên liệu cũng dẫn đến việc hình thành các loại khí độc như Benzen, VOCs, Toluen ... và nồng độ PM<sub>2.5</sub> trong khí thải cao.

Số lượng các loại phương tiện giao thông cơ giới ngày một tăng cao cũng dẫn đến lượng phát thải bụi thải cũng tăng theo từng năm. Ô tô có tốc độ tăng trưởng hàng năm là 12%, ô tô con có mức tăng trưởng cao nhất với 17%/năm, ô tô tải ~13%, xe máy ~ 15%. Qua quá trình sử dụng theo thời gian (xe đời cũ, không được bảo dưỡng thường xuyên) thì chất lượng phương tiện cũng giảm sút dẫn đến tình trạng phát thải bụi PM<sub>2.5</sub> trong không khí tăng lên đáng kể [5]. Tại các khu đô thị lớn như Hà Nội, vấn đề quy hoạch còn thiếu đồng bộ, đường chật hẹp, xuống cấp và ý thức chấp hành khi tham gia giao thông của đại bộ phận người dân còn chưa cao dẫn đến ùn tắc giao thông cũng là một tác nhân làm gia tăng nồng độ các chất ô nhiễm trong môi trường, đặc biệt là ở các thành phố lớn như Hà Nội.

*b. Hoạt động công nghiệp*

Sản xuất công nghiệp là một ngành đặc thù thải ra môi trường một lượng lớn PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, tổng bụi lơ lửng (TSP) và các khí độc như H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>... Các khu công nghiệp là một trong những nguồn gây ô nhiễm không khí nghiêm trọng.

Hoạt động sản xuất công nghiệp tại các khu đô thị hiện nay vẫn còn tồn tại nhiều cơ sở sản xuất kinh doanh, nhà máy, xí nghiệp vừa và nhỏ với công nghệ sản xuất tương đối lạc hậu. Trong đó vẫn còn nhiều cơ sở sản xuất tuy đã có trang thiết bị lọc bụi nhưng lại không xử lý được các loại khí thải chứa các chất ô nhiễm độc hại một cách triệt để, không đạt tiêu chuẩn khí thải gây ô nhiễm môi trường không khí. Các khu công nghiệp cũ, nhà máy này nằm rải rác và hiện nay đều nằm trong nội thành của nhiều thành phố do quá trình đô thị hóa ngày càng phát triển về quy mô, hiện đại hóa. Nhóm các hoạt động sản xuất công nghiệp tạo ra bụi bao gồm những ngành sản xuất xi măng, may mặc, sản xuất gang thép, luyện kim, tái chế, sử dụng nhiên liệu hóa thạch để đốt cháy, khai thác và chế biến khoáng sản....

Các nhóm công nghiệp sản xuất điển hình và lượng khí thải tạo ra được mô tả trong bảng 1.1 dưới đây:

*Bảng 1.1. Nhóm ngành sản xuất và phát sinh khí thải điển hình [6]*

Nhóm ngành sản xuất	Khí thải
Các ngành lò sấy, hơi, máy phát điện, đốt cháy nhiên liệu...	CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , VOCs, muối khói, bụi, CO, NO <sub>2</sub>
Ngành nhiệt điện	CO, H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , và bụi
Sản xuất xi măng	CO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , F, bụi
Sản xuất gang thép	Gi sắt chứa oxit kim loại (CaO, FeO, MnO, MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> ); bụi, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> .
Sản xuất may mặc:	Từ công đoạn cắt may, giặt tẩy, sấy: Cl, SO <sub>2</sub> , bụi, formandehit,

	hydrocacbon, bột màu, NaClO , NaOH.
Sản xuất cơ khí, luyện kim	CN, SiO <sub>2</sub> , CO, HCl, CO <sub>2</sub> , bụi, hơi kim loại nặng
Sản xuất và chế biến các sản phẩm từ kim loại	Hơi hóa chất, hơi dung môi hữu cơ, bụi kim loại và SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>
Sản xuất hóa chất	CO, NO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, hơi dung môi, hóa chất đặc thù, bụi
Nhóm ngành khai thác dầu thô, khí	hơi dung môi, SO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> ,
Khai thác và sản xuất chế biến khoáng sản	Bụi, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO

### c. Hoạt động xây dựng

Những năm trở lại đây, hoạt động xây dựng trong đô thị như xây dựng cầu đường, nhà ở, các tòa chung cư, hoạt động vận chuyển phế thải và vật liệu xây dựng, phá dỡ công trình, đào mương lấp đất... trong các đô thị và khu dân cư lớn như Hà Nội cũng là nguồn góp phần gây ảnh hưởng tới môi trường không khí. Các hoạt động này phát thải ra một lượng lớn bụi vào môi trường xung quanh đặc biệt là bụi PM<sub>2.5</sub>. Hiện nay, nhà nước đã có những quy định, chế tài xử lý để hạn chế tình trạng phát thải bụi do hoạt động này gây ra như phải che chắn lại các công trường đang xây dựng, các xe chở vật liệu, phế thải phải được bịt kín tránh tình trạng rơi vãi, xe trước khi ra khỏi công trường phải được rửa qua hoặc tưới nước ...nhưng việc áp dụng các quy định vẫn còn nhiều bất cập và hạn chế dẫn đến tình trạng phát thải bụi từ hoạt động này.

### d. Hoạt động dân sinh

Hoạt động đốt cháy nhiên liệu hóa thạch (dầu hỏa, than, củi, khí đốt) và chất thải của con người không được quản lý cũng góp phần tăng thêm nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> vào không khí. Hoạt động gây ô nhiễm bụi do sinh hoạt của người dân hiện nay tại các đô thị ngày càng giảm do sự thay đổi hơn trong điều kiện sống và chất lượng môi trường.



### *e. Ô nhiễm từ các làng nghề*

Tại các làng nghề sản xuất ô nhiễm không khí đặc biệt là ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  phát sinh chủ yếu do quá trình sử dụng và đốt cháy nhiên liệu (than cấp thấp) làm nguyên liệu trong các dây chuyền sản xuất. Tùy thuộc vào các loại hình làng nghề sẽ có mức độ ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  khác nhau (chạm khắc đá, đốt rác, làng sản xuất gốm, làng mộc...) [7].

### *f. Các nguồn ô nhiễm khác*

Chất lượng môi trường không khí tại các đô thị còn bị ảnh hưởng từ các nguồn ô nhiễm khác chuyển đến do bụi  $PM_{2.5}$  có thể di chuyển hàng chục đến hàng trăm km. Đặc biệt, các nhà máy nhiệt điện, sản xuất thép và vật liệu xây dựng... tại các khu vực ngoại thành có thể phát tán bụi đi xa hàng trăm km.

#### *1.1.3. Hiện trạng ô nhiễm bụi $PM_{2.5}$ trong không khí trên thế giới*

Ô nhiễm không khí tại các nước đang phát triển như Việt Nam hiện đang là một mối lo toàn cầu được quan tâm hàng đầu trên toàn thế giới. Năm 2019, WHO đã liệt kê 10 vấn đề nghiêm trọng nhất có thể ảnh hưởng đến cuộc sống của con người trên khắp thế giới, trong đó "Ô nhiễm không khí và biến đổi khí hậu" là vấn đề ưu tiên số một. WHO khẳng định có tới 97% các khu đô thị, thành phố lớn ở các quốc gia thu nhập trung bình- thấp có trên 100.000 dân chưa đáp ứng được theo đúng hướng dẫn của WHO về chất lượng không khí. Việt Nam hiện nay đang là nước có mức độ ô nhiễm không khí tập chung cao chủ yếu ở các nước trong khu vực phạm vi trên toàn Châu Á.

Bụi  $PM_{2.5}$  có thành phần hóa học thay đổi tùy theo không gian và thời gian, chúng tồn tại trong không khí với vòng đời có thể lên từ vài giờ đến vài tuần tùy thuộc vào nguồn phát sinh và điều kiện khí hậu thời tiết. Ước tính các bệnh do ảnh hưởng của bụi  $PM_{2.5}$  và  $PM_{10}$  đến sức khỏe con người có thể giết chết khoảng 4,3 triệu người mỗi năm [8].

Giữa các thành phố có thể thấy sự phân bố và mức độ ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  thay đổi đáng kể trong từng khu vực. Theo nghiên cứu của Vương Như Luân, Mạc Thị Minh Trà, số ngày trong một năm số ngày có giá trị quan trắc trung bình 24h vượt quá giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn chất lượng không

khí của WHO trong “Hướng dẫn của tổ chức y tế thế giới (WHO) về chất lượng không khí” tại 15 thành phố ở châu Á là khá cao. Thành phố HCM có số ngày không đạt tiêu chuẩn của WHO thấp với số ngày từ 13 – 18 ngày/năm có chất lượng không khí vượt quá tiêu chuẩn cho phép của WHO. Những thành phố như Dhaka, MunBai, Bắc Kinh và đặc biệt là New delhi có trên 2/3 ngày/năm có giá trị quan trắc trung bình 24h vượt quá giới hạn cho phép theo WHO [9]

*Bảng 1.2. Mức độ ô nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> ở các TP. Châu Á [9]*

Thành phố	2016	2017	2018
New Delhi	1	1	1
Dhaka	6	2	2
Kolkata	2	3	3
MumBai	9	4	4
Ulanbator	5	6	5
Thành Đô	4	5	7
HyDeraBad	8	7	6
Bắc Kinh	3	8	8
Thẩm Dương	7	9	10
Hà Nội	10	10	11
Jakarta	12	14	9
Thượng Hải	11	11	12
Quảng Châu	14	12	13
ChenNai	13	13	14
TP. Hồ Chí Minh	15	15	15

Trong những năm từ 2016-2018, kết quả quan trắc nồng độ ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  rất nghiêm trọng ở các thành phố Châu Á. Kết quả giám sát  $PM_{2.5}$  từ 15 thành phố đều cho thấy nồng độ trung bình  $PM_{2.5}$  hàng năm đều vượt quá giới hạn cho phép của WHO ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tỷ lệ số ngày có trung bình 24h vượt quá giới hạn của WHO cao tại nhiều thành phố. Mức độ ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  ở các thành phố không giống nhau, thành phố New Delhi có mức độ ô nhiễm cao nhất và HCM là thành phố có mức độ ô nhiễm thấp nhất. Hà Nội được xếp thứ 10 – 11 (tùy năm) trên tổng số 15 thành phố quan trắc. Các thành phố lớn như Thẩm Dương, Bắc Kinh, Thượng Hải, Hà Nội đang có xu hướng giảm nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  rõ rệt [9].

Theo Zhang và cs (2015) các chất độc hại tồn tại trong không khí có tỷ lệ nghịch với tốc độ gió và nhiệt độ có tỷ lệ thuận với nồng độ  $O_3$ . Diễn hình tại thành phố Thường Hải, gió tây có ảnh hưởng cao làm tăng nồng độ hàm lượng các chất ô nhiễm trọng bụi  $PM_{2.5}$  và gió Bắc có ảnh hưởng lớn tại Quảng Châu. Kết quả cho thấy rằng giữa Quảng Châu và Thượng Hải có lớp ranh giới giữa hai khu vực biến đổi mùa thay đổi rõ ràng. Nồng độ  $O_3$  thấp mùa thu và lớn mùa hè còn nồng độ bụi  $PM_{10}$ , CO,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$  vào mùa thu là cao nhất và vào mùa hè thấp nhất [10].

#### *1.1.4. Hiện trạng ô nhiễm bụi $PM_{2.5}$ trong không khí ở Việt Nam*

Hiện nay Việt Nam đang bị ô nhiễm không khí nghiêm trọng từ các hoạt động như công nghiệp, giao thông vận tải, xây dựng và sản xuất nông nghiệp...Theo Báo cáo Hiện trạng Môi trường Quốc gia (2016) của Bộ Tài Nguyên và Môi trường, phần lớn các đô thị nước ta đang phải đối mặt với sự gia tăng nồng độ các chất ô nhiễm trong không khí và chưa có dấu hiệu thuyên giảm đặc biệt là ô nhiễm bụi. Báo cáo Đánh giá Môi trường Toàn cầu do Chương trình Môi trường Liên hợp quốc (UNEP) công bố, Việt Nam có 2 thành phố đang nằm trong danh sách 06 thành phố ô nhiễm nhất toàn cầu. Nồng độ bụi ô nhiễm tại 02 thành phố của Việt Nam chỉ đứng sau Bắc Kinh, Thượng Hải, New Delhi và Dhaka [11].

Theo Báo cáo chất lượng không khí thế giới năm 2020, trung bình tại Việt Nam nồng độ  $PM_{2.5}$  giao động trong khoảng  $8 - 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , giảm so với cùng kỳ năm 2019. Giai đoạn 2019 - 2020, nồng độ  $PM_{2.5}$  tại các tỉnh thành phố trên cả nước đều vượt quá khuyến nghị của WHO năm 2021 ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

hoặc năm 2005 ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  thấp vào khoảng các tháng 5 - 9 và cao hơn vào các tháng 11 - 3. Cũng theo báo cáo chất lượng không khí toàn cầu IQAir, trung bình nồng độ bụi  $\text{PM}_{2.5}$  tại nước ta năm 2021 theo số dân là  $24,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  giảm so với năm 2020 ( $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Xét trên thế giới hiện Việt Nam đang đứng thứ 36 trên 117 quốc gia có nồng độ bụi  $\text{PM}_{2.5}$  cao nhất và tại khu vực Đông Nam Á đứng thứ 5 trên 9 quốc gia. Hà Nội đang xếp thứ 6 trong tổng số các tỉnh, thành phố có nồng độ bụi  $\text{PM}_{2.5}$  cao nhất (năm 2020).

Theo báo cáo chất lượng không khí của GreenID (thành viên Liên minh Năng lượng Bền vững tại Việt Nam), ô nhiễm bụi  $\text{PM}_{2.5}$  tại Hà Nội thay đổi theo mùa, trong đó mùa hè có nồng độ ô nhiễm thấp hơn mùa thu. Vào các thời điểm khác nhau trong ngày nồng độ ô nhiễm trung bình giờ cũng thay đổi. Báo cáo cũng đưa ra kết quả phân tích nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  trung bình tại Hà Nội trong 4 đợt ô nhiễm (tháng 11 - 12) cho kết quả đều vượt quá  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 3 trên 4 đợt ô nhiễm có nguồn ô nhiễm đều đi từ khu vực tỉnh Quảng Ninh, điều này cho thấy Quảng Ninh góp phần lớn vào ô nhiễm không khí tại Hà Nội do Quảng Ninh là tỉnh sản xuất và khai thác than đá, nhà máy nhiệt điện, khu công nghiệp lớn tại miền Bắc nước ta.

Theo Hien P.D và cs (2002) đã công bố trên tạp chí Môi trường Khí quyển mối tương quan giữa nồng độ bụi và các yếu tố khí tượng cho thấy ảnh hưởng của điều kiện khí tượng đến nồng độ bụi  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{PM}_{10}$  trong khoảng thời gian gió mùa tại Hà Nội. Nồng độ bụi tại miền Bắc giai đoạn từ tháng 10 - tháng 4 cao hơn từ tháng 5 - tháng 9 và nồng độ bụi tăng cao vào thời gian buổi tối (21h - 6h) so với ban ngày (7h - 19h). Nghiên cứu cũng cho thấy sự khác nhau về nồng độ bụi do ảnh hưởng của yếu tố khí tượng khoảng và quá trình phát tán các chất ô nhiễm từ nơi này đến nơi khác trong không khí [12].

Theo số liệu của trạm quan trắc Đại sứ Quán Hoa Kỳ, trong năm 2017 nồng độ ô nhiễm bụi  $\text{PM}_{2.5}$  tại Hà Nội vẫn ở mức khá cao. Nồng độ trung bình năm  $\text{PM}_{2.5}$  là  $42,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 05/2013-BTNMT ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và cao gấp 4 lần so với tiêu chuẩn của WHO (2005). Tại Hà Nội, số ngày có nồng độ bụi trung bình 24h vượt quá quy chuẩn quốc gia cho phép là 24% và vượt quá theo tiêu chuẩn của WHO AQG chiếm 75% tổng số ngày trong năm. Nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  vào các Quý I, IV đo

được là cao nhất trong năm, tháng 12 (2017) nồng độ  $PM_{2.5}$  đo được đạt đỉnh khi có tới 24 ngày/tháng vượt quá theo tiêu chuẩn WHO [13]

Nồng độ ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  tại TP. Hồ Chí Minh trong năm 2016 trung bình là  $29,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 05/2013-BTNMT ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và gấp 3 lần so với WHO (2005) là  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tại TP. Hồ Chí Minh ô nhiễm bụi  $PM_{2.5}$  có sự biến động lớn tùy theo thời điểm trong ngày, nhưng ít biến động theo mùa. Hầu hết nồng độ  $PM_{2.5}$  đạt cực đại do ảnh hưởng của các nguồn ô nhiễm không khí từ hoạt động sản xuất công nghiệp, giao thông, xây dựng, sinh hoạt... trong khu vực kết hợp với luồng không khí di chuyển dọc theo bờ biển tích tụ vào.

Năm 2017, số ngày có nồng độ trung bình 24h vượt quá quy chuẩn quốc gia cho phép ~4% ít hơn 85 ngày so với Hà Nội và có 62% số ngày vượt quá theo tiêu chuẩn của WHO, chất lượng không khí tại Hà Nội luôn cao hơn so với TP. Hồ Chí Minh [13]. Từ 10 năm trở lại đây diễn biến chất lượng không khí có xu hướng ngày càng tăng nồng độ bụi  $PM_{2.5}$ . Theo dõi diễn biến nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  giai đoạn 2014 - 2019 có dấu hiệu tăng nhanh so với năm 2013 - 2018, kết quả quan trắc cũng cho thấy nồng độ  $PM_{2.5}$  tăng cao trong khoảng thời gian từ tháng 9 - 12. Các đô thị lớn tại Hà Nội và Hồ Chí Minh có chỉ số AQI dao động từ 150 đến 200 và có khi rất xấu AQI vượt quá 200 [14]. Các hạt bụi mịn  $PM_{2.5}$  bao gồm các hạt nhỏ trong không khí khi thâm nhập vào cơ thể có thể là nguyên nhân của nhiều chứng bệnh khác nhau của người và động vật.

Theo dõi diễn biến chất lượng không khí tại thành phố Hà Nội và Hồ Chí Minh trong giai đoạn từ tháng 1 - 4 năm 2020, cho thấy kết quả AQI có xu hướng tốt hơn so với cùng kỳ các năm trước. Giai đoạn tháng 3/2020 đến 3/2021 (kể cả thời gian toàn dân thực hiện theo chỉ thị 16/TT-CP giãn cách xã hội để hạn chế sự bùng phát của dịch Covid - 19), đây cũng là khoảng thời gian các hoạt động dịch vụ, xã hội và các loại phương tiện tham gia giao thông giảm mạnh. Nồng độ CO và  $PM_{2.5}$  đo được tại Hà Nội và Hồ Chí Minh đều nhỏ hơn nhiều so với cùng kỳ năm trước chứng tỏ tác động của hoạt động giao thông, sản xuất, dịch vụ... các nguồn phát thải này có tác động không nhỏ đến môi trường không khí đô thị [14].

Theo kết quả của Cơ quan Năng Lượng Quốc Tế (IEA - 2018), hằng năm hoạt động giao thông phát thải ra môi trường khoảng 24,34% CO<sub>2</sub>, trong đó xe Bus chiếm 6%, xe trọng tải lớn chiếm 27% và xe trọng tải nhỏ chiếm 47%. Tính đến tháng 2/2020 có khoảng 3.553.700 ô tô, 45.000.000 xe gắn máy đang lưu hành trên cả nước và hầu hết sử dụng xăng, dầu diesel làm nguyên liệu đốt cháy. Các phương tiện giao thông hiện nay có rất nhiều phương tiện có tuổi thọ cao, quá niên hạn sử dụng nhưng vẫn đang được lưu hành. Khi các phương tiện này hoạt động sẽ thải ra một lượng lớn khí thải ô nhiễm như SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, bụi (PM<sub>2,5</sub>, TSP, PM<sub>10</sub>), VOC, Benzen, Toluen... vào môi trường. Hiện có khoảng 6.000.000 xe máy hiện nay đang hoạt động trên địa bàn Hà Nội, đây là cũng là nguyên nhân dẫn đến ô nhiễm không khí tại các khu đô thị, thành phố.

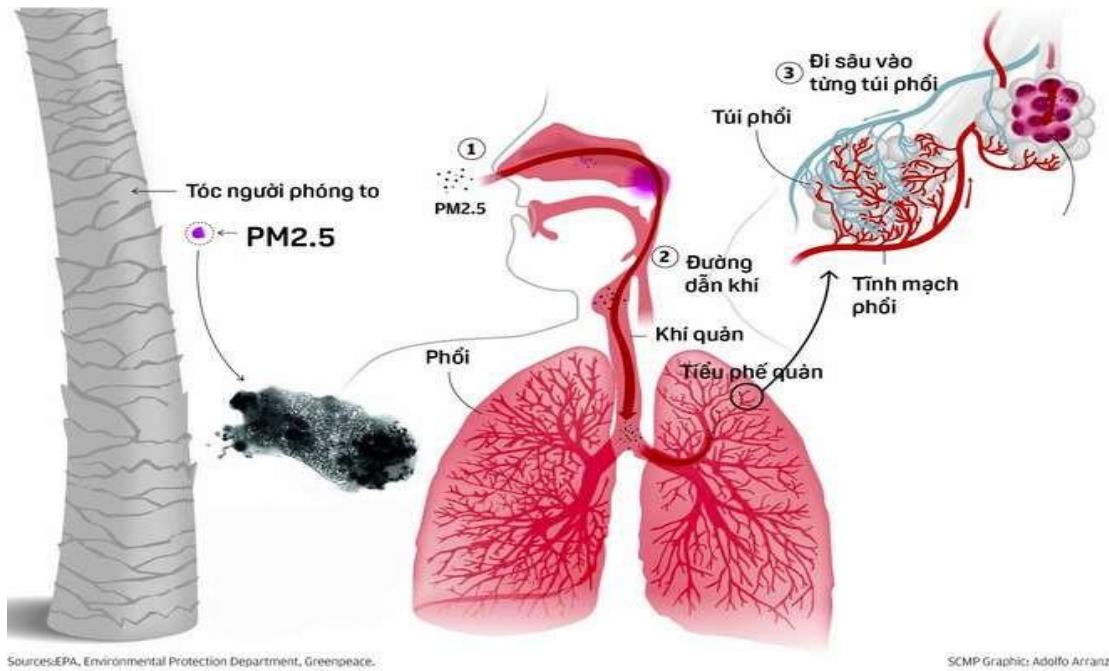
#### *1.1.5. Ảnh hưởng của bụi PM<sub>2,5</sub> đối với sức khỏe con người*

Bụi PM<sub>2,5</sub> có kích thước rất nhỏ (đường kính < 2,5 μm) nên dễ dàng đi vào cơ thể người thông qua đường hô hấp. Theo WHO, cơ chế con người chỉ có thể chống lại các hạt bụi có kích thước >10 μm nên các hạt bụi kích thước từ 0,01 μm – 5 μm sẽ bị giữ lại trong cơ thể. Khi đi vào cơ thể chúng ảnh hưởng trực tiếp tới hệ thống tuần hoàn, hô hấp rồi đi vào máu và phổi. Mức độ ảnh hưởng tới sức khỏe của bụi đối với từng người là khác nhau, trẻ em, người già, người có tiền sử mắc các bệnh về hô hấp, phổi, người làm việc thường xuyên tại các công trường ngoài trời... là những đối tượng có khả năng bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Bụi PM<sub>2,5</sub> đi vào cơ thể sẽ làm giảm suy nhược hệ thần kinh, tim mạch, giảm chức năng của phổi, gây các bệnh về hô hấp (ho, viêm xoang, viêm mũi dị ứng), nguy hiểm nhất là nó có thể gây ung thư phổi, làm giảm tuổi thọ con người.

Thống kê mức độ ảnh hưởng do ô nhiễm không khí đến con người theo báo cáo chất lượng không khí thế giới [3]:

- Các bệnh nghẽn phổi mạn tính và tử vong : 43%
- Các bệnh liên quan đến tuần hoàn máu, tim, tử vong: 25%
- Tử vong do đột quy: 24%
- Các bệnh liên quan đến phổi, ung thư phổi và tử vong: 29%
- Các bệnh về đường hô hấp dưới cấp tính và tử vong: 17%

Theo WHO ô nhiễm không khí là nguyên nhân lớn tiềm ẩn của các căn bệnh liên quan đến ung thư và có mối quan hệ tỷ lệ thuận với chúng. Nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  càng cao thì càng làm tăng khả năng mắc các bệnh liên quan đến phổi, đặc biệt là ung thư phổi. Cũng theo nghiên cứu đã chỉ ra rằng nồng độ



$PM_{2.5}$  cao đến  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  thì khả năng bị bệnh ung thư phổi lên đến 36%.

Hình 1.2. Cơ chế bụi  $PM_{2.5}$  đi vào cơ thể người

(Nguồn: EPA, Environmental protection department greenpeace)

Bụi  $PM_{2.5}$  khi đi vào cơ thể có thể có thể gây ra nhiều loại bệnh khác nhau như:

a. Gây bệnh dị ứng

Bụi  $PM_{2.5}$  mang vi khuẩn bám trên bề mặt cơ thể, ở mức độ nhẹ nhất nó gây cảm giác ngứa, nổi phát ban. Ở mức độ nặng hơn có thể gây ra các bệnh về viêm tai, viêm mũi dị ứng, viêm họng.

b. Suy giảm hệ thống miễn dịch

Ô nhiễm môi trường không khí là nguyên nhân hàng đầu gây ra nhiều loại bệnh ở người tại các thành phố, đô thị lớn. Cơ chế của bụi  $PM_{2.5}$  là có thể hấp thụ các loại độc chất và chứa các loại vi khuẩn, virus...nên khi chúng xâm nhập vào cơ thể chúng sẽ giải phóng các chất độc và được cơ thể hấp thụ

từ đó gây suy giảm hệ thống miễn dịch ảnh hưởng tới sức khỏe của con người.

### *c. Các bệnh liên quan đến phổi*

Do kích thước rất nhỏ nên bụi  $PM_{2.5}$  đi vào cơ thể con người và tích tụ trên bề mặt của khí quản, phổi. Một lượng lớn bụi tích tụ theo thời gian có thể gây tổn thương phổi nghiêm trọng. Khi xâm nhập vào cơ thể chúng có thể di chuyển đến tĩnh mạch phổi, đi vào máu gây tắc nghẽn phổi mãn tính về lâu dài có thể gây tử vong ở người.

### *d. Các bệnh liên quan đến tim, nhồi máu cơ tim*

Bụi  $PM_{2.5}$  có thể là nguyên nhân dẫn đến tử vong ở những bệnh nhân mắc bệnh tim mãn tính. Hơn nữa, bụi  $PM_{2.5}$  xâm nhập vào cơ thể gây tắc nghẽn mạch máu trong thời gian ngắn, dẫn đến bệnh nhồi máu cơ tim cấp tính ở một số người.

### *e. Bụi $PM_{2.5}$ ảnh hưởng tới hệ thần kinh*

Bụi  $PM_{2.5}$  có thể di chuyển đi vào máu gây nhiễm độc máu, bệnh máu khó đông ảnh hưởng tới tuần hoàn của não, gây thoái hóa não, nguy hiểm hơn có thể gây ra đột quy. Ô nhiễm môi trường không khí cũng là một trong các nguyên nhân làm tăng tỷ lệ các bệnh về não ở một số quốc gia đang phát triển.

### *f. Biến đổi hệ gen và ung thư*

Theo một vài nghiên cứu của Cơ quan Bảo vệ Môi trường Mỹ (EPA), các hạt bụi  $PM_{2.5}$  ngoài mang theo các loại virus, vi khuẩn trong không khí thì chúng còn chứa một lượng lớn các kim loại. Khi  $PM_{2.5}$  đi vào cơ thể chúng sẽ mang các kim loại này phân tán trên các bộ phận của cơ thể, theo thời gian chúng tích tụ lại có thể biến đổi hệ gen và DNA ở người, là nguyên nhân trực tiếp của các căn bệnh liên quan đến ung thư.

## **1.2. Tổng quan về kim loại trong bụi $PM_{2.5}$**

### *1.2.1. Tổng quan tình hình nghiên cứu về kim loại trong bụi $PM_{2.5}$ trên thế giới*

Hiện nay trên thế giới đã có rất nhiều nghiên cứu về các vấn đề xung quanh bụi  $PM_{2.5}$  cũng như những cơ chế, thành phần của bụi để giảm thiểu các tác động xấu do bụi  $PM_{2.5}$  gây ra. Thành phần chủ yếu của bụi chứa: chất



hữu cơ và nguyên tố Carbon chiếm 50 - 60%, kim loại chiếm 5 - 8% tổng các chất có trong bụi. Khí thải từ động cơ chạy bằng xăng là nguyên nhân làm tăng hàm lượng các bon hữu cơ, amino trong bụi so động cơ chạy bằng diesel. Các kim loại như K, Al, Fe, Ca và Zn chiếm lần lượt 41,5%, 18%, 16,2%, 9,2% và 7,5% tổng khối lượng của các kim loại trong bụi. Các kim loại Cr, Cd, As, Cs, Ba và Co chiếm lượng nhỏ tổng thành phần bụi  $PM_{2.5}$  ( $< 0.5\%$ ) nhưng chúng gây tác hại không nhỏ đến con người. Các kim loại này chiếm tỷ lệ nhỏ ở tổng thành phần bụi, nhưng lại có ảnh hưởng xấu đối với sức khỏe con người do chúng đóng vai trò trong quá trình hình thành các phản ứng oxy [15]. Nghiên cứu thành phần hóa học của bụi  $PM_{2.5}$  ở khu vực giao thông ở thành phố Navarra, Tây Ban Nha cho thấy kim loại chiếm tỷ lệ không nhỏ trong tổng thành phần bụi [16].

Theo Moryani H.T và cs (2020) nghiên cứu tìm hiểu đặc điểm ô nhiễm và đánh giá nguy cơ ô nhiễm đối với sức khỏe do ảnh hưởng của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  ở Lan Châu, Trung Quốc [17]. Mẫu lấy hàng tháng ở các quận Chengguan và Xigu trong khoảng thời gian 1/2015 – 12/2016, kết quả đã phát hiện nồng độ  $PM_{2.5}$  và 12 loại các nguyên tố (Sb, Al, As, Be, Cd, Cr, Hg, Pb, Mn, Ni, Se và Tl). Trung bình nồng độ  $PM_{2.5}$  đo được hàng ngày lần lượt là  $83,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $77,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ở các quận Chengguan và Xigu. Theo dõi trong thời gian lấy mẫu, nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  đo được tại mùa hè, mùa thu thấp hơn so với mùa thu, mùa xuân ở cả hai quận. Hàm lượng Al trong  $PM_{2.5}$  là cao nhất và các nguyên tố khác theo thứ tự giảm dần:  $\text{Pb} > \text{Mn} > \text{As} > \text{Sb} > \text{Cd} > \text{Tl}$  ở cả hai huyện. Kết quả đánh giá rủi ro sức khỏe cho thấy Mn không có nguy cơ ung thư ảnh hưởng đến sức khỏe của trẻ tại các quận Chengguan và Xigu. Pb, As, Sb, Cd là những kim loại có khả năng gây nguy hiểm nhẹ đến sức khỏe của trẻ nhỏ nhưng không đáng kể. Phạm vi nguy cơ ung thư của As, Cr ở giữa mức ảnh hưởng có thể chấp nhận được đồng thời cho thấy As, Cd có nguy cơ ung thư tiềm ẩn. Mặc dù nguy cơ ung thư của As và Cd nằm trong mức có thể chấp nhận được, nhưng nguy cơ ung thư tiềm ẩn vẫn không được bỏ qua nhất là đối với trẻ em.

Ngoài đánh giá ảnh hưởng của bụi  $PM_{2.5}$  ở khu vực giao thông, khu công nghiệp đối với sức khỏe con người thì ảnh hưởng của bụi  $PM_{2.5}$  ở khu đô thị nơi tập chung nhiều dân cư sinh sống thì bụi trong nhà đang là vấn đề quan

tâm hiện nay đặc biệt là các nước phát triển. Theo nghiên cứu của Błaszczyk E và cs (2017) về chất lượng môi trường không khí trong nhà ở khu vực đô thị và nhà trẻ ở Silesia, Ba Lan, nồng độ  $PM_{2.5}$  trong nhà trong khoảng từ 18,5 - 42,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bụi  $PM_{2.5}$  có nguồn gốc từ bếp gas và than hoặc môi trường ô nhiễm xung quanh. Trong các nguyên tố phổ biến (Zn, Mg, Fe và Pb) trong bụi  $PM_{2.5}$ , hàm lượng As trong bụi (42,8  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) và ngoài văn phòng (63,2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) cao hơn nhiều so với tiêu chuẩn Trung Quốc cho phép (6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [18]. Dựa trên phương pháp phân tích các yếu tố làm giàu (enrichment factor) có trong bụi  $PM_{2.5}$  ta thấy As, Cd, Pb và Zn có nguồn gốc chủ yếu từ hoạt động con người còn Co có nguồn gốc từ tự nhiên là chủ yếu [19]

Nghiên cứu sự thay đổi theo mùa và đánh giá rủi ro kim loại nặng trong  $PM_{2.5}$  tại thành phố Hàm Đan, Trung Quốc của Niu H và cs (2021) thu được kết quả phát hiện nồng độ kim loại trong bụi cao nhất vào mùa thu và tổng khối lượng tập trung ban ngày cao hơn ban đêm trong cả bốn mùa [20]. Các nguyên tố V, Rb, Sr và Ba có mức độ ô nhiễm thấp; Cr, Ni, Cu có mức độ ô nhiễm trung bình; Fe và Cd ở mức ô nhiễm cao. Các kim loại trong  $PM_{2.5}$  có nguồn gốc từ quá trình đốt cháy và sản xuất nhiên liệu hóa thạch, sử dụng các chất kim loại (34,04%), nguồn tự nhiên (26,01%), bụi đường liên quan đến xây dựng và giao thông (17,58%). Kết quả từ mô hình đánh giá rủi ro sinh thái cho thấy kim loại có rủi ro là rất cao, đặc biệt là rủi ro liên quan đến Cd. Mô hình nguy cơ sức khỏe cho thấy hệ số không gây ung thư của kim loại đều trên mức chịu đựng của cơ thể người.

Nghiên cứu của Soleimani M và cs (2018) đã cho thấy sự hiện diện của kim loại nặng trong các chất dạng hạt PM, đặc biệt là các hạt mịn như  $PM_{2.5}$  có nhiều nguy cơ tiềm ẩn đối ảnh hưởng tới sức khỏe con người. Thực hiện phân tích hàm lượng kim loại trong  $PM_{2.5}$  tại các trạm quan trắc khí quyển ở thành phố Isfahan, Iran trong các mùa khác nhau khoảng thời gian từ 3/2014 - 03/2015 và xác định nguồn gốc của chúng bằng cách sử dụng phân tích thành phần nguyên tắc (PCA). Kết quả cho thấy nồng độ As, Cd và Ni ở các trạm thu được nằm trong khoảng lần lượt là 23 - 36  $\text{ng}/\text{m}^3$ , 1 - 12  $\text{ng}/\text{m}^3$  và 5 - 76  $\text{ng}/\text{m}^3$  đều vượt quá tiêu chuẩn của US - EPA. Hơn nữa, nồng độ Cr và Cu đạt tới 153  $\text{ng}/\text{m}^3$  và 167  $\text{ng}/\text{m}^3$  ở một số trạm cũng cao hơn mức tiêu chuẩn [21].

### *1.2.2. Tình hình nghiên cứu kim loại trong bụi $PM_{2.5}$ tại Việt Nam*

Nghiên cứu của Hồ Quốc Bằng và Cs (2020) cho thấy toàn cảnh về chất lượng không khí tại Hà Nội hiện nay. Tình trạng ô nhiễm không khí ngày càng nghiêm trọng với nồng độ ô nhiễm của các nguyên tố kim loại ngày một tăng cao và đa dạng. Nghiên cứu có đến 22 nguyên tố kim loại (Na, Mn, Al, Si, Pb, K, Fe, Cu, Zn, Hg...) trong các hạt bụi được lấy từ bầu không khí Hà Nội, trong đó nồng độ Si, Ca, K, Al, Fe, Mn là lớn nhất [22]. Nồng độ kim loại trong không khí tại Hà Nội thường cao hơn ở Hồ Chí Minh, Huế, Hội An. Nồng độ Ba tại Hà Nội gấp 15,5 lần tại Hồ Chí Minh. Các nguyên tố Cr, Fe, Cu, Zn thu được trong không khí tại Hà Nội cũng cao hơn so với Thái Nguyên gấp 3 lần, điều này chứng tỏ tình trạng ô nhiễm môi trường tại Hà Nội nghiêm trọng hơn so với các tỉnh thành khác [11].

Nghiên cứu của Oanh N. K và cs (2009) về nguồn gốc và thành phần của bụi  $PM_{2.5}$  ở Hà Nội cho thấy EC (Carbon nguyên tố) và OC (Carbon hữu cơ) là thành phần chủ yếu của bụi, các kim loại chủ yếu được tìm thấy là Ca, Mg, Si, Fe, bụi đất/ xây dựng (40%) và khí thải diesel (41%) là nguồn chủ yếu trong bụi  $PM_{2.5}$  [23]. Theo Gatariya M và cs (2005) xác định thành phần nguyên tố trong bụi  $PM_{2.5}$  và nguồn gốc kim loại ở khu vực Đào Tấn, Hà Nội; kết quả thu được tại khu vực nông thôn nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  thấp hơn rõ ràng so với Hà Nội. Quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch và giao thông vận tải được coi là nguồn gây ô nhiễm không khí chủ yếu tại Hà Nội [24]. Hiền P. D và cs (2001) đã nghiên cứu xác định thành phần, nguồn gốc của bụi  $PM_{2.5}$  ở Hồ Chí Minh, kết quả cho thấy hoạt động công nghiệp phát thải kim loại Pb và Sb, khí thải giao thông (Br, Zn), đốt than (Se), bụi đường phát thải các kim loại Al, Ti, V [25].

Trong thành phần bụi  $PM_{2.5}$  thì  $(NH_4)_2SO_4$  chiếm  $29 \pm 8\%$ , bụi đất chiếm  $8,9 \pm 3,3\%$ , chất hữu cơ chiếm  $28 \pm 11\%$ , muối chiếm  $0,6 \pm 1,4\%$ , carbon đen chiếm  $9,2 \pm 2,8\%$  tổng khối lượng bụi, khoảng 25% còn lại là  $NO_3$  và nước được hấp thụ [26]. Theo nghiên cứu của Thuy N và cs (2017), hoạt động giao thông vận tải là một trong những nguyên nhân chính dẫn đến vấn đề ô nhiễm không khí tại Hà Nội ngày một gia tăng [27]. Gần đây, nghiên cứu xác định Carbon hữu cơ và Carbon nguyên tố trong các hạt bụi siêu mịn ở Hà Nội của Thuy N.T.T và cs (2017) cũng cho thấy Carbon hữu cơ ( $23,81 \pm 21,16 \mu g/m^3$ ) chiếm 83,7 - 85,0% tổng Carbon trong bụi mịn. Quá trình đốt

sinh khối là nguồn chủ yếu tạo ra Carbon hữu cơ trong bụi [28]. Nghiên cứu gần đây của nhóm tác giả về thành phần kim loại trong bụi  $PM_{10}$  ở Bắc Giang cho thấy rằng các kim loại Ca, K, Fe, Al, Na, Mg được tìm thấy ở hầu hết khu vực (giao thông, dân cư, khu công nghiệp, mỏ than và nhà máy nhiệt điện), các kim loại này chiếm 73 - 96% tổng khối lượng kim loại trong bụi, trong khi đó các kim loại Mn, Cu, Cd, As, Cu, Pb, Ni, Zn, V chiếm 2,9 - 23,2% tổng khối lượng kim loại trong bụi. Nghiên cứu này chỉ ra rằng hàm lượng Cd cao theo tiêu chuẩn cho phép WHO từ 7 - 65 lần tại tất cả các vị trí [29].

Nghiên cứu tại các làng nghề tái chế kim loại ở Mỹ Hào, Hưng Yên cho thấy hàm lượng kim loại Cd (1,7 ng/m<sup>3</sup>) trong mẫu bụi không khí ở làng nghề thấp hơn so với QCVN nhưng cao hơn theo tiêu chuẩn US EPA (2008) [30]. Nghiên cứu tại khu vực nông thôn gần nhà máy điện Phả Lại, Bắc Ninh của M. Gatari J và cs (2006) tại các vị trí được lấy mẫu thì hàm lượng Carbon đen, Ca, Cl, Fe, K và S chiếm chủ yếu trong bụi  $PM_{2.5}$ . Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra hàm lượng kim loại trong bụi như Mn, Cr, Ni, Pb nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn của WHO và Việt Nam về chất lượng không khí xung quanh. Nghiên cứu chỉ ra rằng, đốt than (từ nhà máy nhiệt điện) và nhiên liệu nặng là nguồn ảnh hưởng chính đến bầu không khí tại khu vực [31].

Nghiên cứu này điều tra nồng độ trong không khí của  $PM_{10}$  và 20 nguyên tố vi lượng (Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Na, Pb, Ti, V, Zn) trong dân dụng, công nghiệp, đường giao thông, khai thác than, khu vực nhà máy nhiệt điện tỉnh Bắc Giang.  $PM_{10}$  trung bình tập trung cao nhất tại công trường than, tiếp theo là công trường giao thông 1, khu công nghiệp và giao thông 2 khu, khu dân cư, và thấp nhất ở địa điểm nhà máy điện nằm ở vùng núi. Trong khi Al, Ca, Fe, K, Mg, Na là các nguyên tố có nhiều nhất ở tất cả các vị trí lấy mẫu, chiếm 73–96% tổng số nguyên tố thu được, nồng độ của As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn chiếm từ 2,9 - 23,2%. Đáng chú ý, nồng độ Cd cao hơn từ 7 đến 65 lần hơn giới hạn nồng độ đối với Cd (0,1 ng/m<sup>3</sup>) theo WHO [32].

*1.2.3. Tác động của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  đối với môi trường và sức khỏe con người*

Các kim loại trong bụi PM<sub>2.5</sub> (Cd, Cr, As, Pb, Cu, Zn, Co, Ni) có thể gây hoặc không gây bệnh cho người thông qua các con đường tiếp xúc với bụi khác nhau như: hít thở, tiếp xúc qua da và ăn uống. Khi cơ thể tiếp xúc với các kim loại này trong thời gian dài, ví dụ như: Cd có thể làm suy giảm chức năng phổi, ảnh hưởng đến quá trình Oxy hóa và biến đổi DNA; Cr (VI) làm giảm quá trình oxy hóa; đồng gây tổn thương gan và thận; Ni gây bệnh về đường hô hấp, làm tăng nguy cơ ung thư phổi và mũi; Pb ảnh hưởng đến hệ thần kinh và mạch máu, tổng hợp các nhóm máu; tiếp xúc với Zn gây thiếu máu và làm giảm sự hấp thụ Cu và Fe [33, 34].

Hầu hết các kim loại xâm nhập vào cơ thể người qua trình tiêu hóa, nếu hấp thụ quá nhiều có thể là nguyên nhân dẫn đến nhiều bệnh, thậm chí gây tử vong. Khi đi vào cơ thể người, chúng tích tụ theo thời gian và tấn công tới các bộ phận cơ thể làm suy yếu hệ thống miễn dịch và có thể gây ung thư. Hàm lượng các kim loại khi vượt quá lượng cho phép nó sẽ trở thành thuốc độc đối với con người. Các kim loại Pb, Hg, Cd, As, Pb, Cr đặc biệt nguy hiểm dù với lượng rất nhỏ khi đi vào cơ thể người cũng có thể độc, gây ung thư hoặc biến đổi Gen.

➤ *Ảnh hưởng của một số kim loại điển hình đến sức khỏe con người*

- *Kẽm (Zn)*

Theo WHO hàm lượng Zn cần thiết mỗi ngày đối với phụ nữ đang có bầu và cho con bú là 20 – 25 mg, đối với người lớn bình thường là 15 mg. Ở người khi bị nhiễm độc Zn cấp tính sẽ có các biểu hiện như ngộ độc nôn mửa, mất cân bằng điện giải, hôn mê, mất nước, đau bụng, thiếu phối hợp cơ và suy thận. Ngộ độc Zn mãn tính làm tăng hàm lượng LDL Cholesterol, giảm HDL Cholesterol, ảnh hưởng tuyến tụy, tăng các triệu chứng của bệnh Alzheimer.

- *Chì (Pb)*

Đối với con người Pb là nguyên tố cực kỳ nguy hiểm, mang độc tính cao, gây độc đối với hệ thống não bộ, làm tê liệt hệ thần kinh và ảnh hưởng đến hệ thống enzym. Pb xâm nhập vào cơ thể chủ yếu qua đường tiêu hóa, không khí. Những người bị nhiễm độc Pb có vấn đề với hệ thống tạo máu (tủy xương) của họ. Ngộ độc Pb ở mức nhẹ có thể gây đau bụng, ảnh hưởng tới xương khớp, ở mức nặng hơn có thể gây tăng huyết áp, viêm thận, đột quỵ và

dẫn đến tử vong. Pb tích tụ trong xương và ức chế chuyển hóa Ca thông qua ức chế hấp thụ Vitamin D. Với liều 0,5 mg/ngày có thể gây ngộ độc Pb ở người và ngộ độc nặng sau vài tuần với liều 10 mg/ngày. Liều gây chết người: 1g Pb hấp thụ vào cơ thể một lần (tương đương với 5% (CH<sub>3</sub>COO)) [35].

- Đồng (Cu)

Nhiễm độc Cu có thể gây tổn thương niêm mạc, ảnh hưởng đến hệ thần kinh, gây các bệnh liên quan đến thận, gan, kích thích dẫn đến bệnh trầm cảm. Khi đi vào cơ thể Cu được bài tiết qua gan, mật và tích tụ trong các mô của chúng dẫn đến suy giảm chức năng của các cơ quan trên. Bệnh Wilson là một trong những bệnh có liên quan đến việc hấp thụ Cu, nó ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất vào apocerplasmin để tạo thành ceruloplasmin. Lượng Cu phù hợp nạp vào trong chế độ ăn uống là 2 - 3 mg đối với người lớn và với trẻ nhỏ là 1 - 3 mg [36].

- Cadimi (Cd)

Huber và cs (1999) chỉ ra rằng theo thời gian lượng Cd sẽ tích tụ trong các bộ phận như gan, thận, mật. Với hàm lượng nhỏ lâu dài sẽ ảnh hưởng trực tiếp sức khỏe con người, đặc biệt có thể gây tử vong do ung thư. Cd khi đi vào cơ thể có thể kết hợp với chất béo, Protein, Fe, Ca, Zn gây thiếu hụt tổng hợp Vitamin D hưởng hưởng đến xương khớp ở một số người [37]. Cd có thể ảnh hưởng đến Ca, Phốtpho trong quá trình chuyển hóa xương ở người [38]. Cd cản trở sự tái hấp thụ Protein, axit amin và đường ảnh hưởng đến chức năng của ống thận.

- Niken (Ni)

Ni là chất độc đối với phôi thai, khi đi tiếp xúc với người có thể gây bệnh viêm da, nổi mẩn và gây hại đến thận. Tiếp xúc với Ni quá nhiều có thể gây ra các bệnh về đường hô hấp (hen suyễn, ho, viêm phổi), các bệnh liên qua đến đến mắt, viêm kết mạc...đặc biệt nếu tiếp xúc với hàm lượng lớn trong khoảng thời gian dài có thể là nguyên nhân tiềm ẩn gây xơ phổi, ung thư phổi [40]. Ở một số người quá mẫn cảm đối với Ni, khi tiếp xúc trực tiếp với các đồ vật làm bằng Ni có thể gây ra dị ứng, ngứa mẩn đỏ, phát ban, viêm da tiếp xúc.

- Crom (Cr)

Cr là nguyên tố gây kích thích hệ tiêu hóa, gây kích ứng mũi, mắt, da, hoại tử gan và viêm thận mang độc tính cao [39]. Cr gây nguy hại cho người do quá trình kết hợp với  $\text{Cr}^{+6}$ , sau khi xâm nhập qua màng  $\text{Cr}^{+6}$  sẽ chuyển hóa thành  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Cr}^{+6}$  khi đi vào cơ thể qua đường tiêu hóa với hàm lượng nhỏ lâu ngày làm ảnh hưởng hoạt động của dịch dạ dày, làm viêm loét niêm mạc lâu dài là nguyên nhân trực tiếp gây bệnh ung thư dạ dày ở người. Theo Viện quốc gia về An toàn và Sức khỏe nghề nghiệp Hoa Kỳ (NIOSH), khuyến cáo giới hạn phơi nhiễm trung bình theo thời gian trong 10h đối với tất cả hợp chất  $\text{Cr}^{6+}$  là  $1\mu\text{g}/\text{m}^3$  [41].

- *Asen (As)*

As nguyên tố và các hợp chất của arsenic được phân loại là độc và nguy hiểm cho môi trường. Khi As đi vào cơ thể người có khả năng gây các bệnh về tim mạch, đột biến, bệnh da liễu (thay đổi sắc tố, cháy nắng, sùng hóa, ung thư da), các bệnh viên quan đến gan, thận, tiêu hóa, ảnh hưởng đến hệ thần kinh. Nhiễm độc As với thời gian dài, liên tục có thể gây ung thư và tử vong ở người. Nhiễm độc As cấp tính thường gây ngộ độc, miệng nôn, đi ngoài, đau bụng...nếu không chữa trị kịp thời có thể dẫn đến tử vong. Lượng tiêu thụ hàng tuần tạm thời có thể dung nạp vào cơ thể là 0,015 mg/kg (As vô cơ) [42].

## CHƯƠNG 2. ĐỐI TƯỢNG, PHẠM VI VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Bụi PM<sub>2.5</sub> và hàm lượng kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong mẫu bụi PM<sub>2.5</sub>

### 2.2. Phạm vi nghiên cứu

- Do tính đặc thù về vị trí cũng như tình trạng phát thải nguồn gây ô nhiễm tại 2 khu vực có khu công nghiệp và khu vực chỉ có hoạt động dân sinh nên đề tài đã lựa chọn khu vực nội thành (Quận Thanh Xuân) và ngoại thành Hà Nội (Huyện Đông Anh) Thành phố Hà Nội làm địa điểm nghiên cứu, lấy mẫu.

- Thời gian lấy mẫu: Mẫu bụi được lấy 24h, liên tục trong 7 - 10 ngày, 2 đợt/năm (10 - 11/2019 và 2 - 3/2020).

### 2.3. Nguyên vật liệu

#### 2.3.1. Hóa chất, thuốc thử

- Axit HNO<sub>3</sub> (65%), HCl (35%) (Merck- Đức)
- Nước cất
- Dung dịch chuẩn các kim loại riêng rẽ có nồng độ 1000 ppm (Perkin Elmer, Mỹ).
- Đường chuẩn: các nguyên tố vết có nồng độ 0, 5, 10, 20, 50 và 100 ppb chi tiết theo bảng phụ lục kèm theo (Perkin Elmer, Mỹ).
- Dung dịch chuẩn: Ce, Pb, U, Mg, Rh có nồng độ 10 ppb (Perkin Elmer, Mỹ)
- Mẫu trắng phương pháp: Là mẫu nước cất đã qua các quá trình xử lý như mẫu thực.
- Chuẩn kiểm tra đường chuẩn: Sử dụng chuẩn ở giữa đường chuẩn, chuẩn có nguồn gốc khác với nguồn pha đường chuẩn.
- Mẫu trắng kiểm tra: Sử dụng HNO<sub>3</sub> 1%



- Mẫu trắng thêm chuẩn phòng thí nghiệm: Sử dụng dung dịch axit  $\text{HNO}_3$  1% thêm các chất phân tích khoảng 50 ppb. Chuẩn này còn gọi là mẫu kiểm soát phòng thí nghiệm.

- Mẫu thêm chuẩn: Thêm vào mẫu phân tích nồng độ các chất khoảng 10 ppb. Nếu đã biết khoảng nồng độ của các chất trong mẫu thì nồng độ thêm chuẩn vào nằm trong khoảng 50 - 200% nồng độ của các chất trong mẫu.

- Chuẩn nồng độ thấp: Sử dụng cả nồng độ chuẩn 0,3 và 1 ppb khi muốn phân tích mẫu có nồng độ các chất nhỏ hơn 5 ppb (Chuẩn bị những chuẩn này trong dung dịch  $\text{HNO}_3$  1%).

### 2.3.2. Thiết bị

- Thiết bị lấy mẫu bụi tại hiện trường: thiết bị lấy mẫu bụi thể tích lớn Sibata high Volume air Sampler HV - 500R, Nhật Bản.



Hình 2.1. Thiết bị lấy mẫu bụi thể tích lớn Sibata HV-500R

- Các thiết bị phân tích tại phòng thí nghiệm
  - o Máy ICP - MS: ELAN 9000 hãng Perkin Elmer
  - o Bộ đưa mẫu tự động Autosampler AS 93 plus - Perkin Elmer.
  - o Bộ đưa mẫu tự động FAST - Perkin Elmer.
  - o Micropipet

- Nguồn điện cung cấp: Điện áp cấp cho quá trình hoạt động của hệ thống thiết bị được điều khiển thông qua thiết bị Santak - USA để đảm bảo cấp điện ổn định và sự an toàn cho thiết bị.

- Cơ sở vật chất, thiết bị phụ trợ, hóa chất, dung môi, chất chuẩn phục vụ cho phân tích

## **2.4. Phương pháp nghiên cứu**

### *2.4.1. Phương pháp thu thập số liệu*

Phương pháp thu thập, kế thừa số liệu của các tài liệu trong nước và quốc tế liên quan đến hiện trạng ô nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> trong không khí và hàm lượng các chất ô nhiễm trong bụi. Tham khảo các phương pháp phân tích, lấy mẫu, điều tra và xử lý số liệu, các phương pháp đánh giá nguồn gây ô nhiễm và ảnh hưởng của bụi tới sức khỏe con người.

### *2.4.2. Phương pháp thu thập thông tin, điều tra khảo sát*

Phương pháp này nhằm khảo sát và chọn được vị trí quan trắc lấy mẫu phù hợp (đáp ứng yêu cầu nghiên cứu của luận văn):

- Vị trí lấy mẫu được lựa chọn đảm bảo tính đại diện cho chất lượng môi trường khu vực nghiên cứu, khu vực có gần các nhà máy sản xuất công nghiệp, gần trục giao thông chính, khu đô thị có mật độ dân cư cao, hay các làng nghề sản xuất truyền thống, chợ, trường học... Môi trường tại các khu vực nghiên cứu chịu tác động lớn từ các hoạt động này cũng như các hoạt động dân sinh của con người hàng ngày.

- Thu thập hồ sơ, bản đồ, tư liệu về khu vực chuẩn bị lấy mẫu.
- Theo dõi diễn biến, điều kiện khí hậu thời tiết để phục vụ công tác lấy mẫu.
- Lập biểu ghi chép thông tin.

### *2.4.3. Phương pháp phân tích và lấy mẫu bụi*

Mẫu bụi được lấy bằng thiết bị lấy mẫu bụi lưu lượng lớn Sibata HV - 500R (Nhật Bản). Trong quá trình lấy mẫu cần đảm bảo các yêu cầu cơ bản, cụ thể như sau:

❖ *Vị trí đầu lấy mẫu*

a) *Chiều cao và chiều dài của đầu đặt mẫu*

Đầu lấy mẫu phải được đặt từ ở độ cao 2 - 15 m từ mặt đất cho tất cả các khu vực quy mô lớn. Đối với quy mô khu vực trung bình và nhỏ, chiều cao đầu lấy mẫu yêu cầu là từ 2 - 7 m .

Đầu lấy mẫu phải cách ít nhất 2 m từ các tường, lan can, rèm vải... Nếu đầu lấy mẫu được đặt bên cạnh một tòa nhà hoặc bức tường, nó nên được đặt ở vị trí đón gió thịnh hành chủ đạo.

*b) Khoảng cách từ các vật cản*

Để tránh ảnh hưởng làm thay nồng độ ô nhiễm của các chất do thay đổi luồng không khí di chuyển qua các tòa nhà hoặc các vật cản khác, đầu lấy mẫu phải được đặt ở vị trí không bị hạn chế dòng khí và được đặt cách xa các chướng ngại vật. Khoảng cách từ đầu lấy mẫu tới vật cản phải bằng ít nhất hai lần chiều cao nhô lên của vật cản tính từ đầu lấy mẫu. Có thể có ngoại lệ khi quan trắc trong hẻm đường phố, quan trắc định hướng nguồn hoặc ở những tòa nhà không thể can thiệp được do cấu trúc có sẵn.

Thông thường, việc đặt đầu lấy mẫu gần tường là không mong muốn vì sự chuyển dịch của dòng khí theo tường có thể bị ảnh hưởng. Đầu lấy mẫu phải được đặt trong vùng khí không bị hạn chế trong một vòng cung có góc ít nhất  $180^\circ$ . Vòng cung này phải bao gồm hướng gió thịnh hành. Đối với lấy mẫu bụi, khoảng cách tối thiểu từ tường, lan can... là 2 m cho vị trí trên mái nhà.

*c) Khoảng cách từ cây*

Cây có thể cung cấp bề mặt hấp thụ và hấp phụ chất ô nhiễm. Cây cũng đóng vai trò là vật cản khi nó đứng giữa nguồn thải và vị trí quan trắc. Để giảm thiểu tác động này, đầu lấy mẫu phải cách cây tối thiểu 10 m.

*d) Tần suất quan trắc và thời gian quan trắc*

Tần suất và thời gian quan trắc chất lượng không khí đã quy định trong hướng dẫn 2008/50/EC, trong đó các quan trắc chỉ định không nhất thiết phải tuân thủ về các quy định chặt chẽ như quan trắc cố định.

*e) Phương pháp xác định khối lượng bụi*

Dùng phương pháp trọng lượng dùng cân phân tích vi lượng (microbalance) dùng để xác định khối lượng bụi. Việc xác định nồng độ bụi

khá đơn giản, tuy nhiên thực tiễn khi cân bụi lại thường gặp phải chú ý một số vấn đề: do bụi và vật liệu lọc có tính hấp phụ hơi nước, hàm lượng nước thay đổi theo nhiệt độ và độ ẩm tương đối của môi trường. Vì vậy, việc duy trì môi trường đặt cân ổn định là hết sức quan trọng. Các mẫu trước khi cân cũng phải được đặt trong môi trường ổn định để tránh sai số. Tổ chức Khí tượng Toàn cầu (GMO) đưa ra quy định về điều kiện phòng cân với nhiệt độ  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  và  $45\% \pm 5\%$  đối với độ ẩm. Các giấy lọc sau và trước khi cân phải để ổn định trong phòng thí nghiệm để cân bằng nhiệt độ và độ ẩm ít nhất 24h.

#### f) Phương pháp xác định nguồn

Phân tích hệ số làm giàu (EF) được sử dụng rộng rãi để xác định giá trị tự nhiên hoặc nguồn cung cấp kim loại vi lượng do con người gây ra. EF của mỗi phần tử được tính toán bằng cách sử dụng phương trình dưới đây:

$$EF_X = (X/R)_{PM_{2.5}} / (X/R)_{crust}$$

Trong đó  $(X/R)_{PM_{2.5}}$  và  $(X/R)_{crust}$  là nồng độ của nguyên tố X và tham chiếu nguyên tố R trong  $PM_{2.5}$  và lớp vỏ tương ứng. Nồng độ của các nguyên tố trong lớp vỏ đề cập đến nồng độ của chúng trong Lớp vỏ Trái đất do Taylor đề xuất [43]. Trong luận văn này, Al được sử dụng làm nguyên tố tham chiếu [44, 45]. Nếu EF có giá trị là nhỏ hơn 10, các nguyên tố có nguồn gốc chủ yếu từ các nguồn tự nhiên. Nếu EF có giá trị lớn hơn 10 chứng tỏ các yếu tố có nguồn gốc từ các nguồn nhân tạo.

#### 2.4.4. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm trợ giúp Microsoft Excel 2019. Phương pháp xử lý số liệu thống kê được dùng để đánh giá độ lặp, độ tin cậy của phép đo. Một số đại lượng thống kê sử dụng trong xử lý số liệu:

- Đổi  $1\text{ng}/\text{m}^3 = 0,001\text{ ng}/\text{L}$

- Giá trị trung bình  $\bar{X}$  : 
$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

- Độ lệch chuẩn S của phép đo (RSD): 
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Độ lệch chuẩn tương đối (relative standard deviation)  $S_r$

$$S_r = \frac{S \cdot 100\%}{\bar{X}}$$

- Giới hạn phát hiện (LOD):  $LOD = 3.SD$

$C_{min}$ : Nồng độ nhỏ nhất mà chiều cao tín hiệu Pic của chất phân tích gấp 3 lần tín hiệu đường nền.

S/N: Tín hiệu nền

- Giới hạn định lượng (LOQ):  $LOQ = 3,33.LOD$

- Độ chính xác của phép đo: được đánh giá qua độ chụm và độ đúng của phép đo. Độ chụm là mức độ gần nhau của các giá trị riêng lẻ của các phép đo lặp lại. Độ đúng được đánh giá qua mức độ gần nhau của các giá trị phân tích với giá trị thực. Độ đúng được thể hiện dưới dạng sai số tương đối và sai số tuyệt đối.

Sai số tính theo công thức:

$$\% X = \frac{|S_i - S_t|}{S_i} \times 100\%$$

$$\% X_{tb} = \frac{\sum_{i=1}^n \% X_i}{n}$$

Trong đó:

$\%X$  : Sai số phần trăm tương đối

$S_i$  : Giá trị đo tại mỗi lần đo

$S_t$  : Giá trị theo lý thuyết (đường chuẩn)

$n$ : Số lần đo

Độ lặp lại: Xác định theo đại lượng  $S^2$ , CV

$$S^2 = \frac{\sum (S_i - S_{tb})^2}{n - 1} \quad ; \quad CV = \frac{S}{S_{tb}} \cdot 100$$

Trong đó:

$S_{tb}$ : Nồng độ trung bình

$n$ : Số lần đo

S: độ lệch chuẩn

CV: hệ số biến động phép đo

- Khoảng tin cậy:  $\mu \pm Z\sigma$  hay  $\bar{x} \pm Z\sigma$ , với cơ số mẫu bé,  $\sigma$  chính là S hoặc RSD.

Trong luận văn này với xác suất tin cậy là 96%, tương ứng với  $Z = 2$  (quy tắc  $2\sigma$ ) được sử dụng để đánh giá độ tin cậy của phép đo.

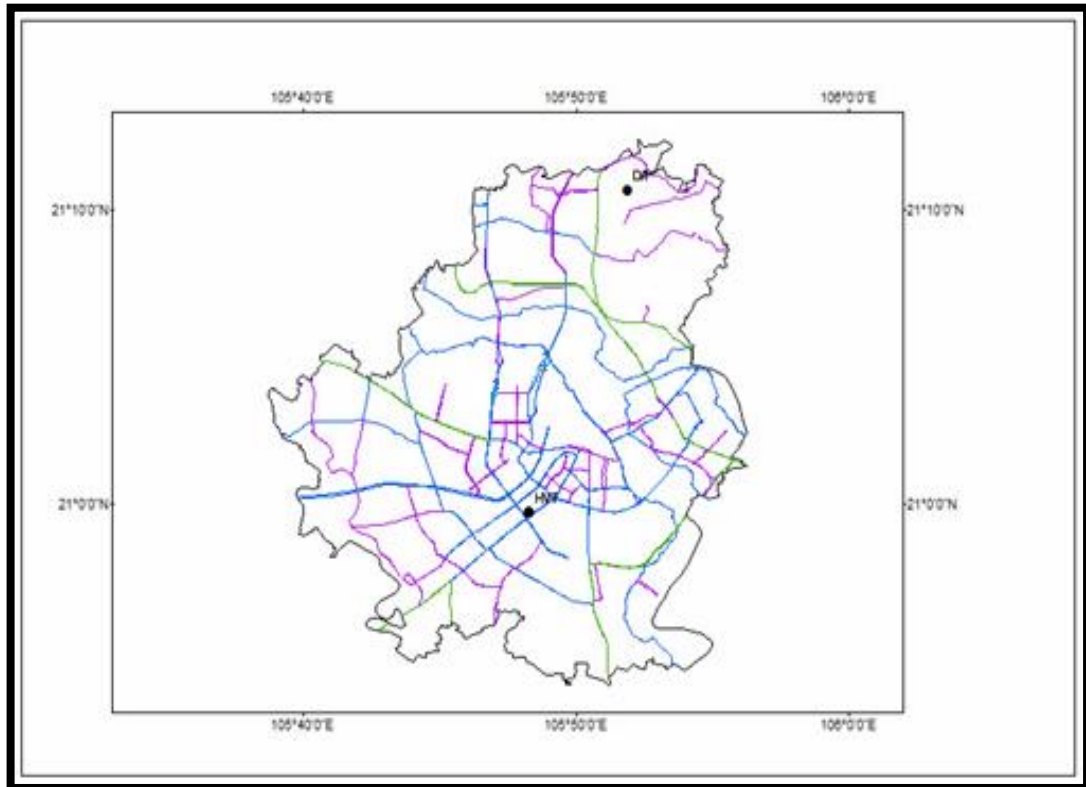
#### 2.4.5. Phương pháp thực nghiệm

##### a) Vị trí lấy mẫu

Tiền hành lấy mẫu bụi  $PM_{2.5}$  tại 2 điểm là khu vực Đông Anh và Thanh Xuân trên địa bàn TP. Hà Nội

Điểm lấy mẫu ở khu vực Đông Anh thuộc ngoại thành Hà Nội (DA:  $21^{\circ}10'41.1''N$ ,  $105^{\circ}51'56.3''E$ ) và điểm khu vực Thanh Xuân (TX:  $20^{\circ}59'50''N$ ,  $105^{\circ}49'22''E$ ), điểm lấy mẫu này nằm trong khu vực nội thành Hà Nội. Các điểm lấy mẫu này nằm cách trục đường chính khoảng 100 - 200 m, nằm trên nóc của tòa nhà, có chiều cao so với mặt đất khoảng 16 - 20 m. Các vị trí lấy mẫu đều thông thoáng đảm bảo khoảng cách từ điểm lấy mẫu đến vật cản như tường là 2 m và tới cây cối là 15 m (hình 2.2 và 2.3).

Như vậy các vị trí lấy mẫu này phù hợp với mục tiêu quan trắc, được cho là chịu tác động của nhiều dạng nguồn thải. Điểm lấy mẫu Đông Anh, gần chợ trung tâm, trường cấp 3, đường cao tốc Hà Nội - Lào Cai. Ngoài ra, khu vực Đông Anh nằm ở ngoại thành Hà Nội được bao quanh với cánh đồng trồng lúa và hoa màu. Điểm lấy mẫu Thanh Xuân cách đường vành đai 2 Trường Chinh khoảng 100 - 200 m, gần chợ, cách khu công nghiệp Sài Đồng khoảng 8 km.



*Hình 2.2. Bản đồ lấy mẫu khu vực nghiên cứu ở Hà Nội*



*Hình 2.3. Hình ảnh lấy mẫu tại khu vực Thanh Xuân (trái)  
và Đông Anh (phải)*

## **b) Lấy mẫu**

Mẫu bụi  $PM_{2.5}$  tại 2 điểm được vào khoảng thời gian từ tháng 10/2019 - 3/2020. Bụi  $PM_{2.5}$  được lấy trên thiết bị Sibata HV-500R, Nhật Bản với lưu

lượng 100 L/phút trong 24h (hình 2.3). Bụi  $PM_{2.5}$  được thu trên giấy lọc quartz có đường kính 110 mm (Advance, QR-100, Nhật Bản). Giấy lọc được nung ở  $550^{\circ}C$  trong 6h trước khi sử dụng [46]. Tổng cộng 22 mẫu bụi  $PM_{2.5}$  được thu thập ở 2 vị trí vào 2 đợt (10 - 11/2019 và 2 - 3/2020). Mẫu bụi được cho vào trong giấy bạc và đựng vào túi ziplock. Nồng độ bụi  $PM_{2.5}$  trong giấy sẽ được xác định theo cách cân khối lượng giấy trước và sau khi lấy mẫu bụi (giấy lọc phải đặt trong bình hút ẩm ít nhất 24h ở nhiệt độ  $25 \pm 2^{\circ}C$ , độ ẩm  $50 \pm 5\%$ ) trên cân phân tích có độ chính xác cao (10 - 6 g) (Adam AEA - 160DG, sensitivity  $\pm 0.01$  mg). Hàm lượng bụi được tính theo công thức sau:

$$PM_{2.5} = \frac{m_1 - m_2}{V}$$

Trong đó

- $m_1$ : Khối lượng giấy lọc sau khi lấy mẫu
- $m_2$ : Khối lượng giấy lọc trước khi lấy mẫu
- $V$ : Thể tích lấy mẫu

Mẫu QA/QC được lấy đồng thời trong quá trình lấy mẫu.



Hình 2.4. Mẫu bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực nghiên cứu

### c) Phân tích mẫu

Xác định hàm lượng các kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  được tiến hành theo báo cáo của Nguyen và Cs (2021) [47].  $\frac{1}{4}$  giấy lọc bụi được cắt nhỏ cho vào cốc thủy tinh 100 mL, cân tiếp 10 mL hỗn hợp axit HCl:HNO<sub>3</sub> tỷ lệ 3:1 cho



vào cốc đun sôi trên bếp điện ở nhiệt độ 120°C đến khi dung dịch trong suốt sau đó làm bay hơi đến gần khô để loại bỏ axit dư thừa. Tránh làm khô mẫu trong quá trình phân hủy mẫu. Thêm 10 mL dung dịch HNO<sub>3</sub> 0,32 M chứa 0,1 mg/L hỗn hợp chuẩn nội (PerkinElmer, Hoa Kỳ) và Dung dịch sau phân hủy định mức thành 25 ml bằng nước cất sau đó được bảo quản ở nhiệt độ 4°C cho đến khi phân tích trên thiết bị ICP/MS.

Tiến hành phân tích mẫu đã xử lý trên thiết bị ICP - MS, ELAN 9000 với 8 nguyên tố, bao gồm Cd, Pb, Zn, As, Co, Cr, Cu, Ni. Thiết bị ICP/MS được hiệu chuẩn thường xuyên với R2 chấp nhận được của các đường chuẩn là 0,999. Trong quá trình phân tích, một mẫu trắng, mẫu lặp, mẫu trắng được xác định giống như cách thực hiện mẫu thật. Độ thu hồi của phép đo giao động từ 70 - 97%, độ lệch chuẩn tương đối nằm trong khoảng 10%, sai số <10%. Giới hạn phát hiện của các nguyên tố là 0,04 ng/m<sup>3</sup> trừ Cd (0,008 ng/m<sup>3</sup>).

#### *2.4.6. Phương pháp đánh giá rủi ro thành phần kim loại trong bụi PM<sub>2.5</sub> đến sức khỏe con người*

Đánh giá rủi ro môi trường tới sức khỏe con người được thực hiện dựa trên phân tích sự phơi nhiễm đã xảy ra trong quá khứ, thực tại hoặc tương lai. Dự báo những ảnh hưởng bất lợi tới quá khứ có thể hoặc không thể xảy ra trong hiện tại hoặc tương lai. Căn cứ vào hàm lượng các chất ô nhiễm trong môi trường: không khí, đất, nước, trong chuỗi thức ăn (rau, cá, thịt, trứng, nước uống..), mô tả các rủi ro theo chỉ số lượng tiêu thụ trung bình ngày (ADD), thương số rủi ro (HQ) và chỉ số rủi ro (HI).

Thông tin về độc tính và phơi nhiễm được liên kết với nhau trong mô tả rủi ro để đánh giá ảnh hưởng của nó đến sức khỏe. Rủi ro được tính bởi sự phơi nhiễm đối với từng nguyên tố, rủi ro tổng hợp được đánh giá thông qua tổng các rủi ro thành phần [48]

Rủi ro đối với các chất độc không gây ung thư được tính theo công thức sau:

$$ADD_{ing} = \frac{C \times IR_{ing} \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

$$EC_{inh} = \frac{C \times IR_{inh} \times EF \times ED}{PEF \times BW \times AT_n}$$

$$DAD_{der} = \frac{C \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

Trong đó:

- C là nồng độ của kim loại PM<sub>10</sub>, (µg/m<sup>3</sup>);
- IR<sub>ing</sub> là tốc độ tiêu hóa (100 mg/ngày đối với người lớn và 200 mg/ngày đối với trẻ em)
- EF là tần suất phơi nhiễm (365 ngày/năm)
- ED là khoảng thời gian phơi nhiễm (6 năm đối với trẻ em và 24 năm đối với người lớn)
- IR<sub>inh</sub> là tỷ lệ hô hấp (20 m<sup>3</sup>/ngày đối với người lớn và trẻ em)
- PEF hệ số phát thải hạt (1,36 × 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/kg cho tất cả các trường hợp)
- SA là diện tích bề mặt da tiếp xúc (2800 cm<sup>2</sup> đối với trẻ em và 5700 cm<sup>2</sup> đối với người lớn)
- AF là hệ số tiếp xúc (0,2 mg/cm<sup>2</sup> đối với trẻ em 0,07 mg/cm<sup>2</sup> đối với người lớn)
- ABS là hệ số hấp thụ (ABS = 0,001 đối với tất cả kim loại vi lượng trừ As, ABS = 0,03 đối với nguyên tố As)
- BW là trọng lượng trung bình (55 kg đối với người lớn Việt Nam và 15 kg đối với trẻ em Việt Nam)
- AT và AT<sub>n</sub> là thời gian phơi nhiễm (đối với chất không gây ung thư, AT = ED × 365 ngày; đối với chất gây ung thư, AT = 70 năm × 365 ngày)
- CF hệ số chuyển đổi (10<sup>-6</sup> kg/mg)

Bảng 2.1. Các thông số đánh giá rủi ro sức khỏe

	RfD <sub>o</sub> <sup>a</sup>	RfC <sub>i</sub> <sup>a</sup>	RfD <sub>der</sub>	BAF	ABS	SFo <sup>a</sup>	IUR <sup>a</sup>	ABS <sub>GI</sub>
	mg/kg-day	mg/m <sup>3</sup>	mg/kg.day	%	-	(mg/kg-day) <sup>-1</sup>	(ug/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	-
As (inorganic)	3.0E-04	1.5E-05	1.2E-04	36.1	0.03	1.5E+0	4.3E-03	1
Cd (diet)	1.0E-03	1.0E-05	1.0E-05	52.8	0.001	-	1.8E-03	0.025
Cr (VI) <sup>c</sup>	3.0E-03	1.0E-04	6.0E-05	5.83	0.001	5.0E-01	1.2E-02	0.025
Co	3.0E-04	6.0E-06	1.6E-02	22.1	0.001	-	9.0E-03	1
Cu	4.0E-02	4.0E-02	1.2E-02		0.001	-	-	1
Ni (Refinery Dust)	1.4E-01	5.0E-05	1.8E-03	32.4	0.001	-	2.4E-04	0.04
Zn (Metallic)	5.0E-02	5.0E-05	5.4E-04	53.2	0.001	-	-	1
Pb <sup>d</sup>	3.0E-01	3.0E-01	6.0E-02	37.2	0.001	8.0E-03	1.20E-05	1

Đánh giá rủi ro liên quan đến việc tiếp xúc với các thành phần trong bụi  $PM_{2.5}$  để đánh giá nguy cơ ung thư hoặc không ung thư theo US EPA (2009) [49]. Dựa trên các nhóm phân loại được xác định bởi Cơ quan Nghiên cứu Ung thư Quốc tế (2018) xác định Zn và Cu là các nguyên tố không gây ung thư và As, Cr, Ni, Cd, Co và Pb được xác định là yếu tố không gây ung thư và gây ung thư [50].

Thương số rủi ro (HQ) được sử dụng để đánh giá rủi ro không gây ung thư và rủi ro ung thư (CR) của các yếu tố riêng lẻ trong  $PM_{2.5}$ . Chỉ số rủi ro (HI) có giá trị bằng tổng các giá trị HQ của các chất khác nhau hoặc các con đường phơi nhiễm khác nhau. Giá trị  $HI < 1$  chỉ ra mức độ ảnh hưởng tới sức khỏe do phơi nhiễm với thành phần kim loại có thể được bỏ qua. Chỉ số  $HI > 1$  cho biết nguy cơ ung thư khi phơi nhiễm các thành phần kim loại có thể xảy ra. Chỉ số HQ khi phơi nhiễm qua đường tiêu hóa, đường hít thở, và tiếp xúc qua da được xác định như sau:

$$HQ_{ing} = \frac{ADD_{ing}}{RfD_o}$$

$$HQ_{inh} = \frac{EC_{inh}}{RfC_i \times 1000 \mu g/mg}$$

$$HQ_{der} = \frac{DAD_{der}}{RfD_{der}}$$

$$HI = \sum HQ_i$$

Trong đó:

- $RfD_o$  là nồng độ tham chiếu qua miệng (mg/kg·ngày)
- $RfC_i$  là nồng độ tham chiếu qua đường hô hấp (mg/m<sup>3</sup>)
- $RfD_{der}$  là nồng độ tham chiếu qua da (mg/kg·ngày)

Tổng rủi ro ung thư (TR) đề cập đến tác động nguy cơ gây ung thư (CR) qua nhiều con đường phơi nhiễm, được tính dựa vào các công thức dưới đây. Nếu chỉ số  $CR > 10^{-4}$ , nguy cơ ung thư sẽ nghiêm trọng. Nếu chỉ số CR nằm trong khoảng từ  $10^{-6}$  và  $10^{-4}$ , rủi ro ung thư có thể ít hoặc nằm trong khoảng có thể chấp nhận được. Chỉ số  $CR < 10^{-6}$  cho thấy rủi ro ung thư ở mức thấp nhất.

$$CR_{ing} = ADD_{ing} \times SF_o$$

$$CR_{inh} = EC_i \times IUR$$

$$CR_{der} = DAD_{der} \times \frac{SF_o}{ABS_{GI}}$$

$$TR = \sum CR_i$$

Trong đó:

- $SF_o$  là hệ số chất ô nhiễm  $((\text{mg}/\text{kg} \cdot \text{ngày})^{-1})$
- $IUR$  là rủi ro đơn vị hít phải  $(\mu \text{ g}/\text{m}^3)^{-1}$
- $ABS_{GI}$  là yếu tố hấp thụ tiêu hóa.
- Các giá trị  $SF$ ,  $RfD$ ,  $ABS_{GI}$  và  $IUR$  của các yếu tố được chọn từ các mức sàng lọc khu vực [51]
  - Giá trị độc tính của Cr (VI) cao hơn nhiều so với Cr (III) được sử dụng để chỉ ra tác dụng xấu nhất của Cr
  - Giá trị  $SF$  và  $RfD$  của Cr (VI) được giả sử là tổng Cr , và được sử dụng để tính HQ và CR cho tổng Cr [52]

### CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Hàm lượng bụi PM<sub>2.5</sub> trong không khí trên địa bàn Hà Nội

Trong luận văn này, để đánh giá sự phân bố hàm lượng bụi mịn PM<sub>2.5</sub> trên địa bàn TP. Hà Nội theo thời gian cần số liệu về hàm lượng bụi PM<sub>2.5</sub> của TP. Hà Nội trong một khoảng thời gian dài. Vì vậy, luận văn đã nghiên cứu thu được kết quả phân tích nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> trong khoảng thời gian đợt 1 mùa thu (10 - 11/2019) và đợt 2 mùa xuân (2 - 3/2020), được thể hiện ở bảng 3.1

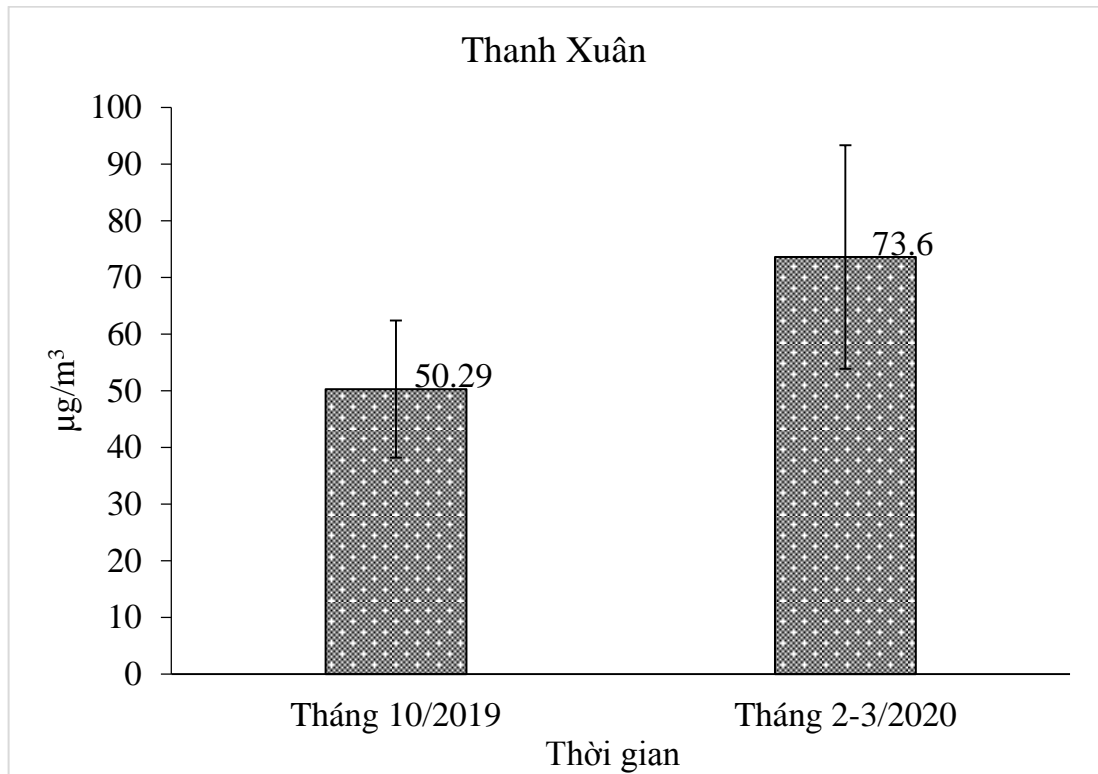
*Bảng 3.1. Hàm lượng bụi PM<sub>2.5</sub> tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh*

TT	Thời gian lấy mẫu	Hàm lượng PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )		
		Đợt 1 (mùa xuân)	Đợt 2 (mùa thu)	Trung bình (đợt 1 + 2)
1	Thanh Xuân	50,29 ± 12,11	73,63 ± 19,72	58,07 ± 18,2
2	Đông Anh	126 ± 28,51	76,84 ± 41,28	96,5 ± 43,15

Kết quả cho thấy hầu hết hàm lượng bụi PM<sub>2.5</sub> trong các mẫu lấy tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh đều vượt quá giới hạn cho phép trung bình 24h theo QCVN 05:2013/BTNMT.

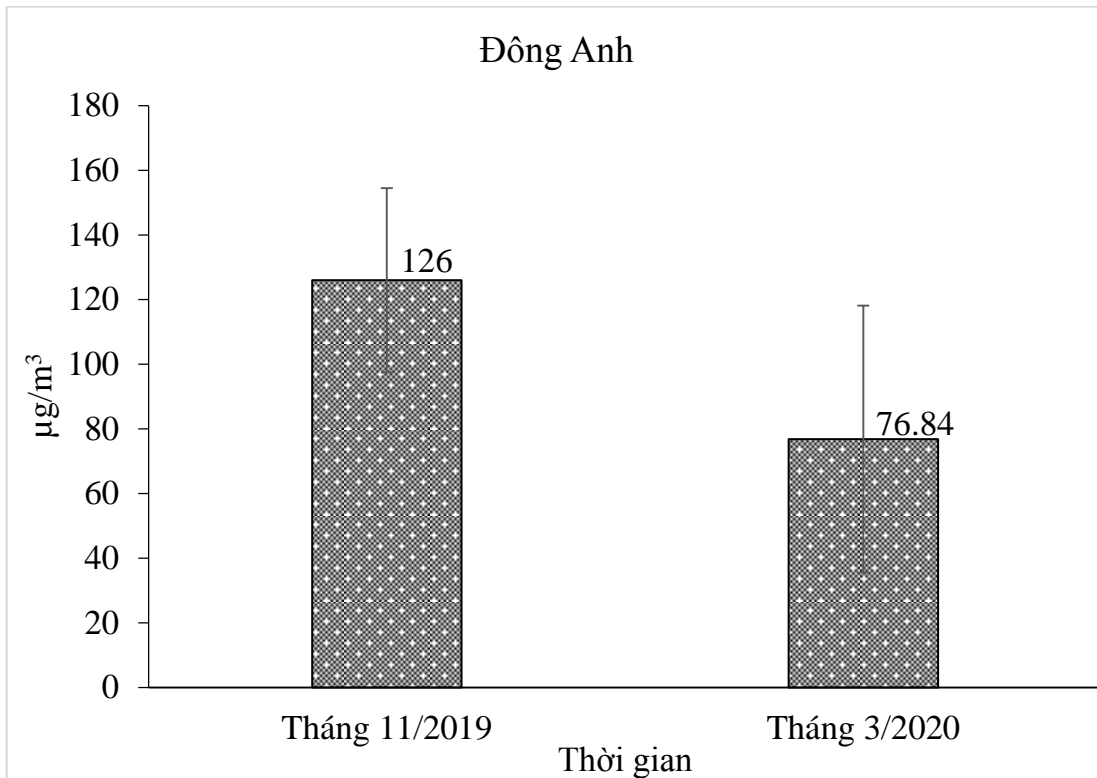
##### 3.1.1. Sự phân bố theo thời gian của bụi PM<sub>2.5</sub> ở Hà Nội

Để theo dõi diễn biến hàm lượng bụi PM<sub>2.5</sub> theo thời ở Hà Nội trong các mùa, mùa xuân (từ tháng 2 - 3), mùa thu (từ tháng 10 - 11) tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh có sự khác nhau hay không, tiến hành phân tích thống kê số liệu quan trắc bụi mịn PM<sub>2.5</sub> trung bình giờ trong các mùa thu được kết quả thể hiện trên hình 3.1 và hình 3.2.



Hình 3.1. Biến thiên hàm lượng bụi theo thời gian ở khu vực Thanh Xuân

Kết quả phân tích các mẫu bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân thu được hàm lượng bụi trung bình trong không khí dao động từ  $50,29 \pm 12,11 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đến  $73,6 \pm 19,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hầu như hàm lượng bụi đo được đều vượt quá giới hạn cho phép (trung bình 24h) theo QCVN 05:2013/BTNMT khoảng 1 - 1,4 lần. Hàm lượng bụi cao nhất quan trắc được vào mùa xuân tháng 3/2020 những ngày 14, 15/3/2020. Nguyên nhân có thể trong những ngày này lượng bụi phát sinh tăng cao đột biến do bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác như diễn ra các hoạt động lễ hội, các hoạt động thi công công trình xây dựng, đập phá nhà cửa, hoạt động của các phương tiện giao thông vận tải...diễn ra nhiều hơn so với các ngày khác.



Hình 3.2. Biến thiên hàm lượng bụi theo thời gian ở khu vực Đông Anh

Từ biểu đồ ta thấy hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  khu vực Đông Anh biến thiên tại các thời điểm khác nhau theo mùa. Kết quả cũng chỉ ra rằng, hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí dao động từ  $126 \pm 28,51$  đến  $76,84 \pm 41,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đều vượt quá giới hạn cho phép (trung bình 24h) theo QCVN 05:2013/ BTNMT khoảng 2,5 lần. Hàm lượng bụi thấp nhất được quan trắc vào mùa xuân tháng 3/2020 và cao nhất vào mùa thu tháng 11/2020 những ngày 05 - 06/11/2020. Nguyên nhân có thể do Đông Anh là khu vực tập chung nhiều khu công nghiệp, chế tác, sản xuất, lại bị ảnh hưởng trực tiếp từ tuyến đường cao tốc Hà Nội - Lào Cai nên lượng phát thải nhiều hơn, cùng với đó vào mùa thu hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  tăng cao là do bầu không khí bị ảnh hưởng bởi các điều kiện khí tượng thời tiết từ những đợt gió mùa thu bắc tràn về làm tăng khí áp và hạ thấp nhiệt độ khiến cho bầu không khí bị tù hãm, những hạt lơ lửng trong không khí tồn tại lâu hơn, các chất ô nhiễm khó phát tán lên cao và bay xa khiến nồng độ ô nhiễm  $PM_{2.5}$  trong không khí tăng cao.

Kết quả nghiên cứu của luận văn cũng cao hơn kết quả nghiên cứu hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí Hà Nội từ khoảng thời gian năm 2001 - 2008 ( $54 \pm 33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) được báo cáo bởi Cohen D.D và Cs (2010) [53]. Hàm lượng bụi đo được ở khu vực Đông Anh tương đương hàm lượng bụi đo được ở khu

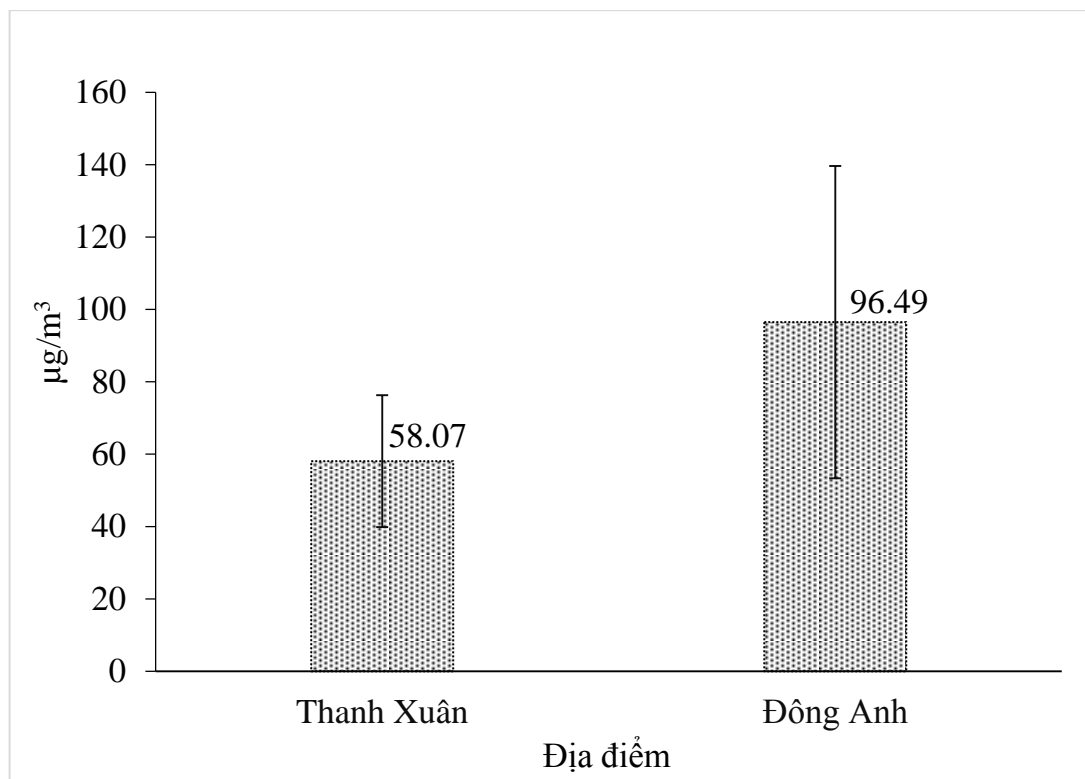


vực Thanh Xuân theo nghiên cứu Oanh N.K và cs (2009) ( $42 - 134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [23] và tương đương với kết quả của Luong N.D và cs (2020) về giá trị trung bình nồng độ  $\text{PM}_{2.5}$  đo được tại một khu đô thị ở Hà Nội [54].

Tóm lại, hàm lượng ô nhiễm bụi  $\text{PM}_{2.5}$  trong không khí ở một số khu vực điển hình của TP. Hà Nội vào mùa thu tăng cao và hầu như đều vượt quá QCVN 05:2013/BTNMT cho phép.

### 3.1.2. Sự phân bố bụi $\text{PM}_{2.5}$ theo không gian tại Hà Nội

Kết quả nghiên cứu hàm lượng bụi  $\text{PM}_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh trên địa bàn Hà Nội được thể hiện ở hình 3.3.



Hình 3.3. Phân bố hàm lượng bụi  $\text{PM}_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh

Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng bụi  $\text{PM}_{2.5}$  đo được trong môi trường không khí xung quanh tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh ở Hà Nội dao động từ  $58,07 \pm 18,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  đến  $96,5 \pm 43,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Hàm lượng bụi đo được tại Thanh Xuân thấp hơn tại khu vực Đông Anh và đều vượt quá tiêu chuẩn cho phép (trung bình 24h) theo QCVN 05:2013/BTNMT. Tại khu vực Đông Anh, hàm lượng bụi  $\text{PM}_{2.5}$  cao hơn khu vực Thanh Xuân. Nguyên nhân chủ yếu có thể do huyện Đông Anh tập chung rất nhiều khu công nghiệp nên các hoạt động giao thông vận tải, ảnh hưởng từ hoạt động xây dựng công

trình, chợ... diễn ra nhiều hơn so với tại khu vực Thanh Xuân nên phát sinh hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  cao hơn. Tuy nhiên để có thể xác định rõ thành phần đóng góp của nguồn thải tới bụi  $PM_{2.5}$  cần có thêm các đánh giá sâu hơn về các nguồn thải ở đây.

Kết quả của luận văn cũng cao hơn so với kết quả nghiên cứu theo Cohen D.D và cs (2010) [53] và tương đương với nghiên cứu của Oanh N.K và cs (2009) ( $42 - 134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [23]. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hàm lượng  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội thấp hơn so với hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  ở Bắc Kinh, Trung Quốc ( $595 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) theo Y. Wu và cs (2016) [55] và thấp hơn ở Shangdong, Trung Quốc ( $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) theo Zhang J và cs (2017) [56]. Tuy nhiên, hàm lượng  $PM_{2.5}$  trong không khí ở Hà Nội lại cao hơn một số thành phố khác ở Châu Á như Philipin ( $45 \pm 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), Hong Kong ( $31 \pm 22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), đảo Cheju; đảo Sado, Nhật Bản ( $8,9 \pm 6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [26].

Như vậy, sự phân bố hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí tại 2 khu vực nghiên cứu trên Hà Nội dao động từ nhỏ hơn đến vượt quá nồng độ theo QCVN/05:2013/BTNMT. Hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực Đông Anh cao hơn tại khu vực Thanh Xuân nguyên nhân có thể do tại khu vực Đông Anh bị ảnh hưởng nhiều hơn của hoạt động giao thông vận tải, đặc biệt là ảnh hưởng từ tuyến đường cao tốc Hà Nội – Hải Phòng, các hoạt động từ khu, cụm công nghiệp... Trong khi đó tại khu vực Thanh Xuân hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  thấp vì ở đây chủ yếu là hoạt động dân sinh nên lượng phát thải ít.

### **3.2. Hàm lượng kim loại trong bụi $PM_{2.5}$ trên địa bàn Hà Nội**

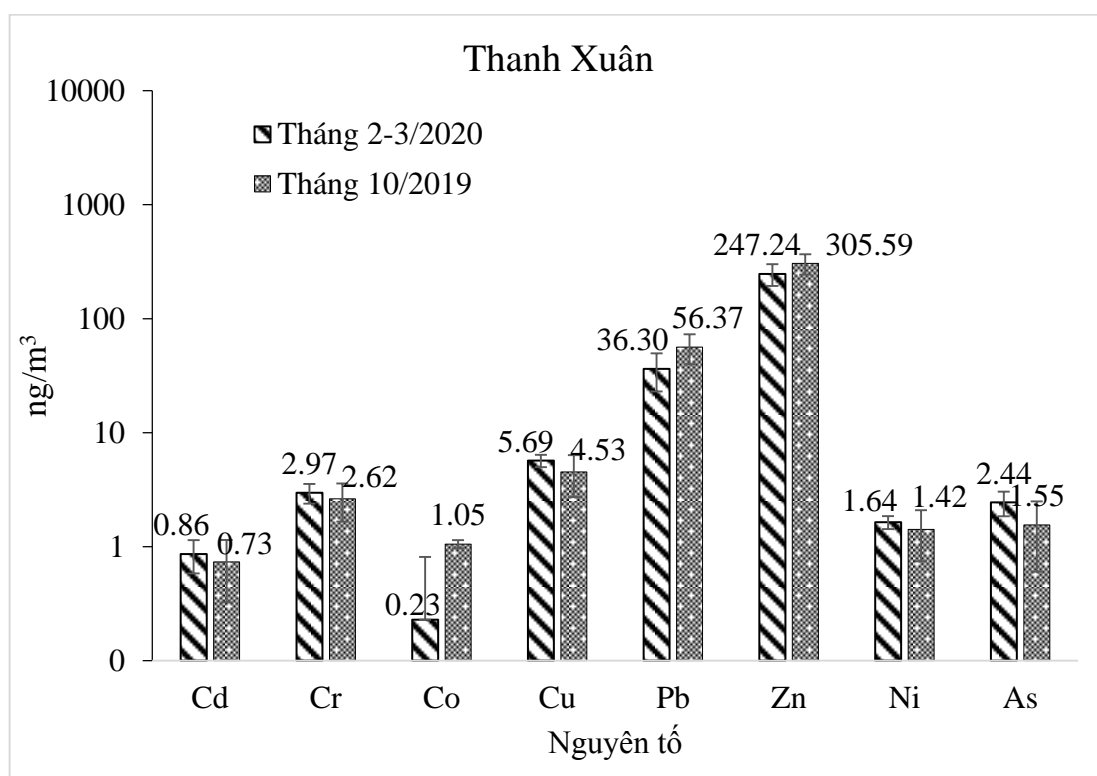
Tiến hành phân tích các chỉ tiêu kim loại Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As trong mẫu bụi  $PM_{2.5}$  tại 2 khu vực nghiên cứu Thanh Xuân và Đông Anh trên địa bàn Hà Nội thu được kết quả trình bày trong bảng 3.2 như sau: Zn ( $286,14 \pm 60,82 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > Pb ( $49,68 \pm 16,85 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > Cu ( $4,92 \pm 1,24 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > Cr ( $2,74 \pm 0,71 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > As ( $1,85 \pm 0,82 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > Ni ( $1,49 \pm 0,4 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) < Cd ( $0,78 \pm 0,32 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) > Co ( $0,77 \pm 0,62 \text{ ng}/\text{m}^3$ ).

Bảng 3.2. Hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh

STT	Kết quả (ng/m <sup>3</sup> )	Đợt 1 (10-11/2019)		Đợt 2 (2-3/2020)		Trung bình (đợt 1+2)	
		Thanh Xuân	Đông Anh	Thanh Xuân	Đông Anh	Thanh Xuân	Đông Anh
1	Cd	0,73±0,41	1,75±1,04	0,86±0,28	1,1±0,4	0,78± 0,32	1,36± 0,74
2	Cr	2,62±0,96	12,19±6,28	2,97±0,58	2,7±1	2,74± 0,71	6,51± 6,14
3	Co	1,05±0,09	0,46±0,13	0,23±0,58	0,2±,1	0,78± 0,62	0,29± 0,17
4	Cu	4,53±1,81	9,77 ±3,8	5,69±0,71	6±2	4,92± 1,24	7,5± 3,28
5	Pb	56,37±16,49	74,47±38,24	36,3±13,28	43,8±13,5	49,68± 16,85	56,05± 28,98
6	Zn	305,59±62,06	697,39±493,06	247,24±53,52	437,1±298,1	286,14± 60,82	541,22±385,31
7	Ni	1,42±0,67	1,8±0,43	1,64±0,21	1,3±0,4	1,49± 0,4	1,48± 0,49
8	As	1,55±0,95	3,85±0,88	2,44±0,6	1,8±0,5	1,49± 0,82	2,6± 1,26

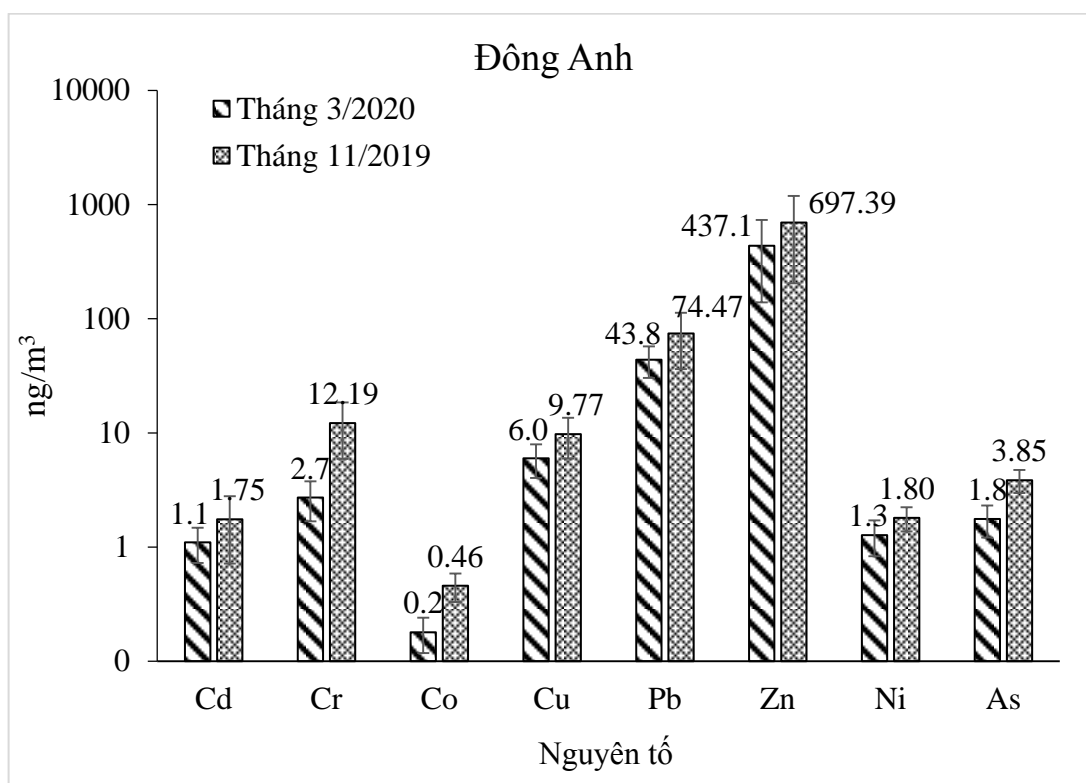
### 3.2.1. Sự phân bố theo thời gian của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội

Kết quả phân tích hàm lượng các kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh vào khoảng mùa thu (10/2019) và mùa xuân (2-3/2020) có sự dao động thay đổi rõ rệt được trình bày trong bảng 3.2.



Hình 3.4. Biến thiên hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  theo thời gian tại khu vực Thanh Xuân

Tại khu vực Thanh Xuân hàm lượng các kim loại Cd, Cr, Cu, Ni, As trong bụi  $PM_{2.5}$  cao mùa xuân cao và thấp vào mùa thu. Hàm lượng các kim loại nghiên cứu vào hai mùa có sự chênh lệch không đáng kể, chứng tỏ tại khu vực Thanh Xuân ít bị ảnh hưởng bởi các nguồn phát thải kim loại trong bụi khác từ bên ngoài.



Hình 3.5. Biến thiên hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  theo thời gian ở khu vực Đông Anh

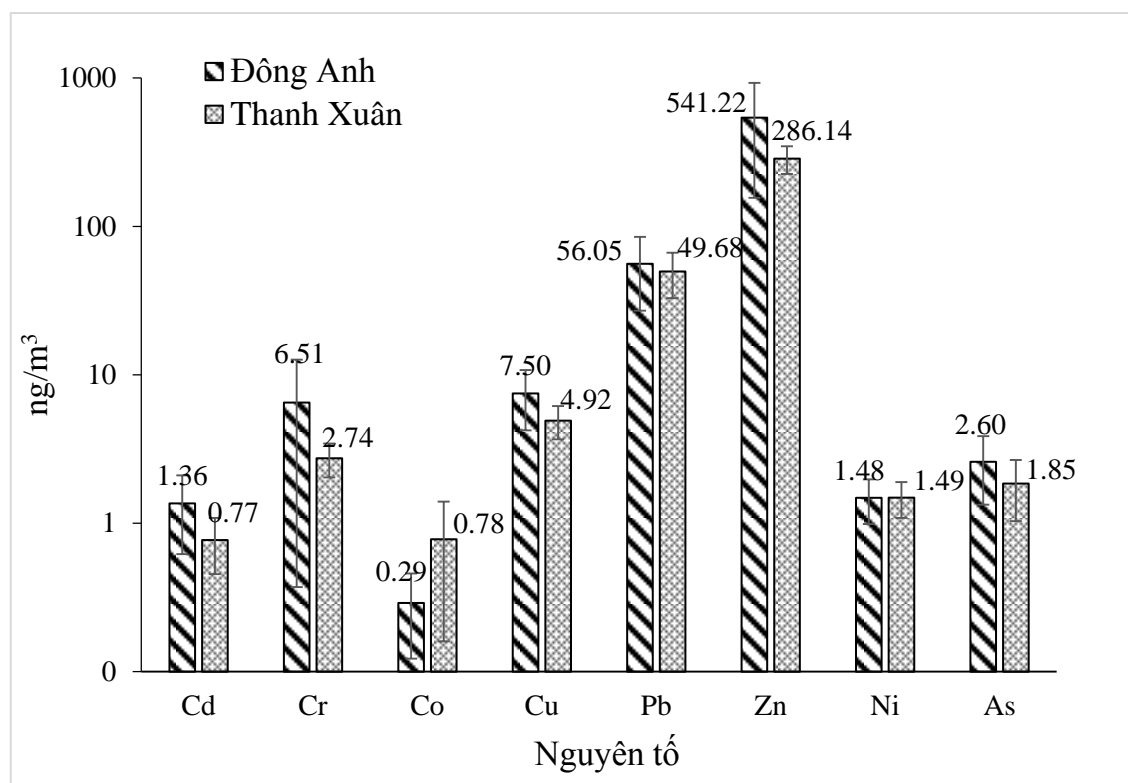
Từ hình 3.4 và 3.5 ta thấy, tại khu vực Đông Anh hầu hết hàm lượng các kim loại vào mùa thu cao hơn so với mùa xuân, ngược lại kết quả so với khu vực Thanh Xuân. Nguyên nhân có thể là do hàm lượng các kim loại này bị ảnh hưởng bởi nguồn phát thải tại các khu vực nghiên cứu.

Nồng độ trung bình của Cd, Ni, Pb và Cr trong bụi  $PM_{2.5}$  ở cả khu Đông Anh và Thanh Xuân đều thấp hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn của EU (nồng độ cho phép đối với Cd, As và Ni lần lượt là  $5 \text{ ng/m}^3$ ,  $6 \text{ ng/m}^3$  và  $20 \text{ ng/m}^3$ ) và tiêu chuẩn WHO (nồng độ cho phép đối với Pb và Cr tương ứng:  $500 \text{ ng/m}^3$ ,  $1100 \text{ ng/m}^3$ ). So sánh nồng độ trung bình của As, Cr, Co, Ni của luận văn với các nghiên cứu khác trên thế giới thì nồng độ As, Cr, Co thấp hơn so với các giá trị đo được tại vùng ngoại ô và khu đô thị ở phía Bắc tỉnh Chiết Giang, Trung Quốc trong khoảng thời gian từ năm 2014 – 2015 [57]. Trong khi đó, các giá trị Cd, As, Cr, Cu, Pb, Zn và Ni lại cao hơn nồng độ kim loại ở khu vực giao thông và khu vực đô thị ở Navarra, Tây Ban Nha giai đoạn tháng 1/2009 – 12/2009 [16]. Nồng độ các kim loại trong bụi vào mùa xuân tại luận văn này cũng thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của Gatari M và cs ở Hà Nội khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 10 năm 2000

ngoại trừ Ni, Cr, Cu [24]. Nồng độ trung bình của hầu hết các nguyên tố kim loại trong mùa thu và mùa xuân cũng cao hơn so với thành phố Gwangju, Hàn Quốc [60], Singapore [15] và Nam Kinh, Bắc Kinh, Thượng Hải, Quảng Châu - Trung Quốc về nồng độ kim loại tăng cao vào mùa thu [58].

### 3.2.2. Sự phân bố theo không gian của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội

Kết quả nghiên cứu nồng độ kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  ở khu vực Thanh Xuân và Đông Anh cho thấy có sự thay đổi rõ rệt về nồng độ các kim loại trong bụi. Zn, Pb, Cu, Cr là những kim loại có mặt nhiều nhất trong bụi  $PM_{2.5}$  được thể hiện như hình 3.6.



Hình 3.6. Phân bố hàm lượng kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  theo không gian và thời gian tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh

Nồng độ trung bình của các nguyên tố kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  tại khu vực Đông Anh giảm dần theo thứ tự lần lượt là: Zn ( $541,22 \pm 385,31 \text{ ng/m}^3$ ) > Pb ( $56,05 \pm 28,98 \text{ ng/m}^3$ ) > Cu ( $7,5 \pm 3,28 \text{ ng/m}^3$ ) > Cr ( $6,51 \pm 6,14 \text{ ng/m}^3$ ) > As ( $2,6 \pm 1,26 \text{ ng/m}^3$ ) > Ni ( $1,48 \pm 0,49 \text{ ng/m}^3$ ) > Cd ( $1,36 \pm 0,74 \text{ ng/m}^3$ ) > Co ( $0,29 \pm 0,17 \text{ ng/m}^3$ ). Nồng độ trung bình của Ni, Cr, Pb trong bụi  $PM_{2.5}$  quan trắc được tại Đông Anh thấp hơn so với hướng dẫn của WHO (Ni:  $25 \text{ ng/m}^3$ ,

Pb:  $500 \text{ ng/m}^3$ , Cr:  $1100 \text{ ng/m}^3$ ) và nồng độ As thấp hơn so với giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn EU (As:  $6 \text{ ng/m}^3$ ) [59]. Nồng độ Pb cũng cao hơn giới hạn cho phép (trung bình 24h) theo QCVN 05:2013/BTNMT gấp khoảng 37 lần. So sánh giữa các nguyên tố kim loại trong  $\text{PM}_{2.5}$  từ luận văn này với các nghiên cứu trước đó ở Hà Nội trong giai đoạn 2000–2008 theo Cohen D.D và cs (2010) thì nồng độ trung bình của Pb, Cu, Cr, Ni, Co tăng [26]. So sánh nồng độ trung bình của Zn, Pb ở Đông Anh cao hơn so với nồng độ đo ở khu vực ngoại ô và khu vực thành thị phía Bắc Chiết Giang, Trung Quốc từ năm 2014 đến 2015 và nồng độ As, Cr, Ni, Cu, Cd, Co là thấp hơn theo Xu J và cộng sự (2021) [57]

Nồng độ trung bình của các nguyên tố kim loại tại khu vực Thanh Xuân giảm dần theo thứ tự lần lượt là: Zn ( $286,14 \pm 60,82 \text{ ng/m}^3$ ) > Pb ( $49,68 \pm 16,85 \text{ ng/m}^3$ ) > Cu ( $4,92 \pm 1,24 \text{ ng/m}^3$ ) > Cr ( $2,74 \pm 0,71 \text{ ng/m}^3$ ) > As ( $1,85 \pm 0,82 \text{ ng/m}^3$ ) > Ni ( $1,49 \pm 0,4 \text{ ng/m}^3$ ) > Cd ( $0,78 \pm 0,32 \text{ ng/m}^3$ ) > Co ( $0,77 \pm 0,62 \text{ ng/m}^3$ ). Trong đó nồng độ trung bình của Ni, Cr, Pb trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  đều thấp hơn so với hướng dẫn của WHO (Ni:  $25 \text{ ng/m}^3$ , Pb:  $500 \text{ ng/m}^3$ , Cr:  $1100 \text{ ng/m}^3$ ) và nồng độ As thấp hơn so với tiêu chuẩn của EU (As:  $6 \text{ ng/m}^3$ ) [59]. Nồng độ Pb cũng cao hơn tiêu chuẩn cho phép (trung bình 24h) theo QCVN 05:2013/BTNMT gấp 33 lần. So sánh hàm lượng các nguyên tố kim loại trong  $\text{PM}_{2.5}$  tại khu vực Thanh Xuân với nghiên cứu trước đó ở Hà Nội trong giai đoạn 2000–2008 theo Cohen D.D và cs (2010) chỉ ra rằng hàm lượng trung bình của Pb, Cu, Cr, Ni, Co tăng lên đáng kể [26]. Kết quả này cũng tương đương với nghiên cứu của Xu J và cs (2021) tại khu vực ngoại ô và khu vực thành thị phía bắc Chiết Giang, Trung Quốc từ năm 2014 đến 2015 [57].

Hầu hết nồng độ các nguyên tố kim loại thu được tại Đông Anh đều lớn hơn ở khu vực Thanh Xuân (hình 3.6). Nồng độ các kim loại Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, As trong bụi  $\text{PM}_{2.5}$  ở Đông Anh cao hơn so với Thanh Xuân điều này có thể là do lưu lượng xe tại đây lớn làm tăng lượng phát thải từ hoạt động giao thông như: phanh và mài mòn lốp (Cd), khí thải động cơ xăng, mài mòn cao su lốp (Zn), quá trình đốt cháy diesel và mài mòn lót phanh (Cu), dầu bôi trơn và khí thải ống xả (Cu, Pb, Mn), đốt cháy diesel và mài mòn lót phanh (Cu, Cd, Pb và Zn) [61- 63]. Ngoài ra khu vực này tập trung nhiều khu, cụm

công nghiệp sản xuất (khu công nghiệp Bắc Thăng Long), khu công nghiệp Đông Anh (sản xuất vật liệu xây dựng, phụ tùng ô tô, cơ khí lắp ráp, các thiết bị điện, cáp quang, sản xuất nhựa công nghiệp) và ảnh hưởng từ tuyến đường cao tốc Hà Nội – Lào Cai.

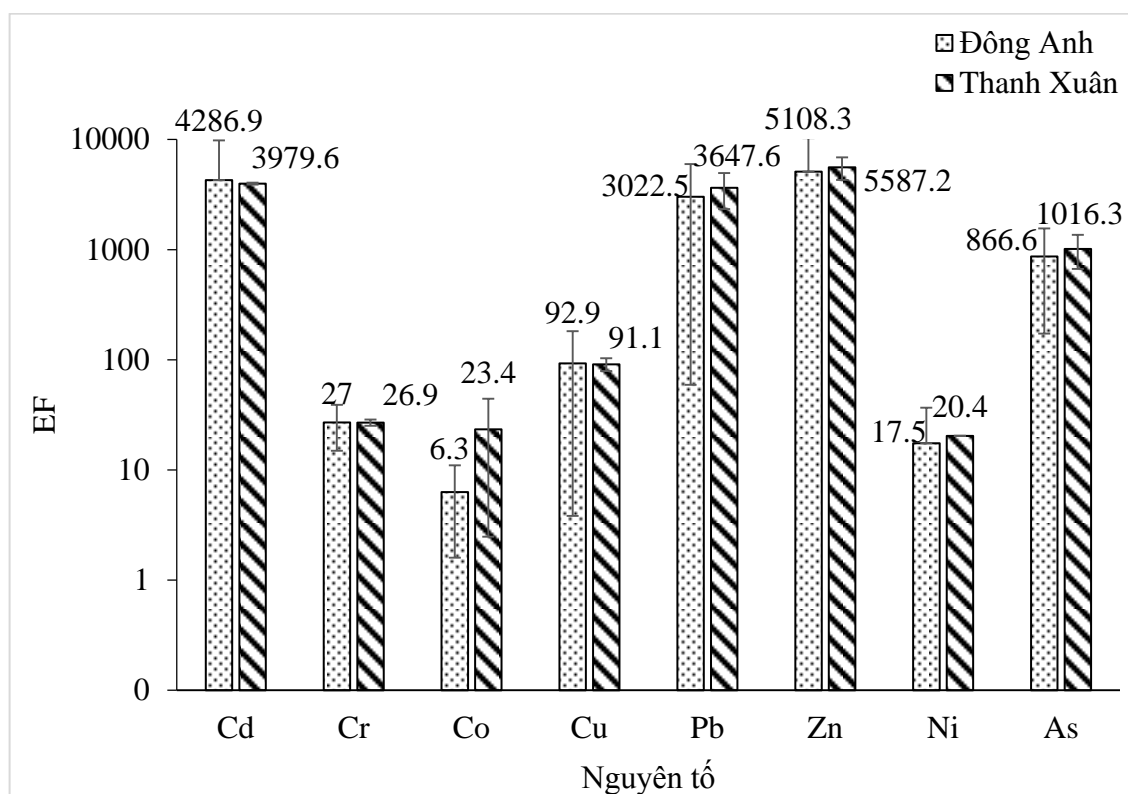
So sánh nồng độ các kim loại trọng bụi  $PM_{2.5}$  của luận văn với các nghiên cứu đã được thực hiện ở Châu Á và các nước trên thế giới thì nồng độ trung bình As, Cd, Co, Cr, Ni, Zn thu được trong luận văn tại Hà Nội vẫn ở mức cao so với các quốc gia khác. Nguyên có thể do Hà Nội là thành phố tập trung khá nhiều các khu, cụm công nghiệp nằm trong nội thành thành phố, mật độ đô thị, khu dân cư cao, các phương tiện tham gia giao thông nhiều nên quá trình đốt cháy nhiên liệu diễn ra nhiều hơn. Theo Aldabe J và cs (2011), nồng độ giá trị của Cd, As, Cr, Cu, Pb, Zn và Ni cao hơn khi mật độ tham gia giao thông lớn ở khu đô thị tại Navarra, Tây Ban Nha từ tháng 1 – 12/ 2009 [16]. Nghiên cứu cũng cho thấy nồng độ As, Ni, Cu, Zn trong bụi  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội lớn hơn nồng độ đo được tại thành phố Hồ Chí Minh theo Hien P.D và Cs (2002) [25]. Kết quả luận văn này cũng tương đương với kết quả nghiên cứu của Garg B.D và Cs (2000), nghiên cứu chỉ ra rằng nồng độ các kim loại trong không khí có sự ảnh hưởng trực tiếp từ hoạt động giao thông đặc biệt là từ động cơ của xe cộ và quá trình đốt cháy nhiên liệu [64].

Kết quả của luận văn cũng chỉ ra rằng nồng độ các nguyên tố kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  ở Hà Nội thấp hơn nồng độ kim loại trong bụi tại huyện Licheng, Tế Nam, Trung Quốc theo nghiên cứu của Sui Shaofeng và Cs (2019) với nồng độ trung bình của các kim loại Cd, Ni, Sb, Cr, Se, As nằm trong khoảng từ 2,70 - 6,95  $ng/m^3$  [65]. Nồng độ kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  ở Hà Nội cũng tương đương với kết quả ở Đài Loan theo nghiên cứu của Hsieh và cs (2021) về nồng độ Cd (0,12 - 1,81  $ng/m^3$ ) và Pb (5,57 - 454  $ng/m^3$ ) [66]. Nồng độ kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  lớn hay nhỏ cũng phụ thuộc vào vị trí và khoảng thời gian lấy mẫu.

### **3.4. Xác định nguồn của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi $PM_{2.5}$ tại Hà Nội**

Để xác định nguồn phát sinh kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội thuộc nguồn tự nhiên hay nhân tạo, áp dụng công thức tính EF được thể hiện qua hình 3.7.





Hình 3.7. Giá trị EF của các nguyên tố kim loại tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh

Tại khu vực Thanh Xuân không có giá trị EF kim loại nào có nguồn gốc phát thải chủ yếu từ tự nhiên. Giá trị EF của Co (23,4); Cr (26,9); Ni (20,4) cũng trong khoảng từ 10 đến 30 chứng tỏ sự phát thải có nguồn gốc một phần từ nhân tạo. Giá trị của EF của Cu (91,1) nằm trong khoảng từ 30 đến 100 có nguồn gốc phát thải từ cả tự nhiên và nhân tạo. Giá trị EF của kim loại Cd (3979,6); Pb (3647,6); Zn (5587,2); As (1016,3) có EF > 100 chứng tỏ các kim loại này có nguồn gốc từ phát thải nhân tạo.

Khu vực Đông Anh có giá trị EF của Co (6,3) < 10, chứng tỏ Co có nguồn gốc phát thải chủ yếu từ nguồn tự nhiên. Giá trị EF của kim loại Cr (27), Ni (17) nằm trong khoảng từ 10 đến 30 có nguồn gốc một phần từ nhân tạo. EF của Cu (92,9) có giá trị trong khoảng từ 30 đến 100 cho thấy Cu phát thải từ cả nguồn gốc tự nhiên và nhân tạo. Còn lại các kim loại Cd (4286,9); Pb (3022,5); Zn (5108,3); As (866,6) đều có EF > 100 chứng tỏ nguồn gốc phát thải từ nhân tạo.

Kết quả của luận văn cho thấy phát thải từ hoạt động giao thông (chủ yếu từ khí thải động cơ xăng, quá trình mài mòn lốp cao su), khí thải từ quá trình đốt cháy nhiên liệu (dầu, than đá...), khí thải từ hoạt động sản xuất công

nghiệp là những nguyên nhân chính phát thải các kim loại này trong không khí.

### 3.5. Đánh giá ảnh hưởng của kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi PM<sub>2.5</sub> đến sức khỏe con người

Đánh giá rủi ro ảnh hưởng đến sức khỏe con người do phơi nhiễm với các thành phần kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi PM<sub>2.5</sub> nhằm xác định nguy cơ gây ung thư (HQ) và nguy cơ không gây ung thư dựa trên phương pháp đánh giá rủi ro của Cơ quan bảo vệ môi trường Hoa Kỳ - US EPA [47, 48]. Từ kết quả nghiên cứu của luận văn chỉ ra rằng người dân sinh sống tại khu vực nghiên cứu trên địa bàn Hà Nội có thể bị phơi nhiễm kim loại trong bụi PM<sub>2.5</sub> ước tính theo ba con đường phơi nhiễm: ăn uống, hô hấp và tiếp xúc với da.

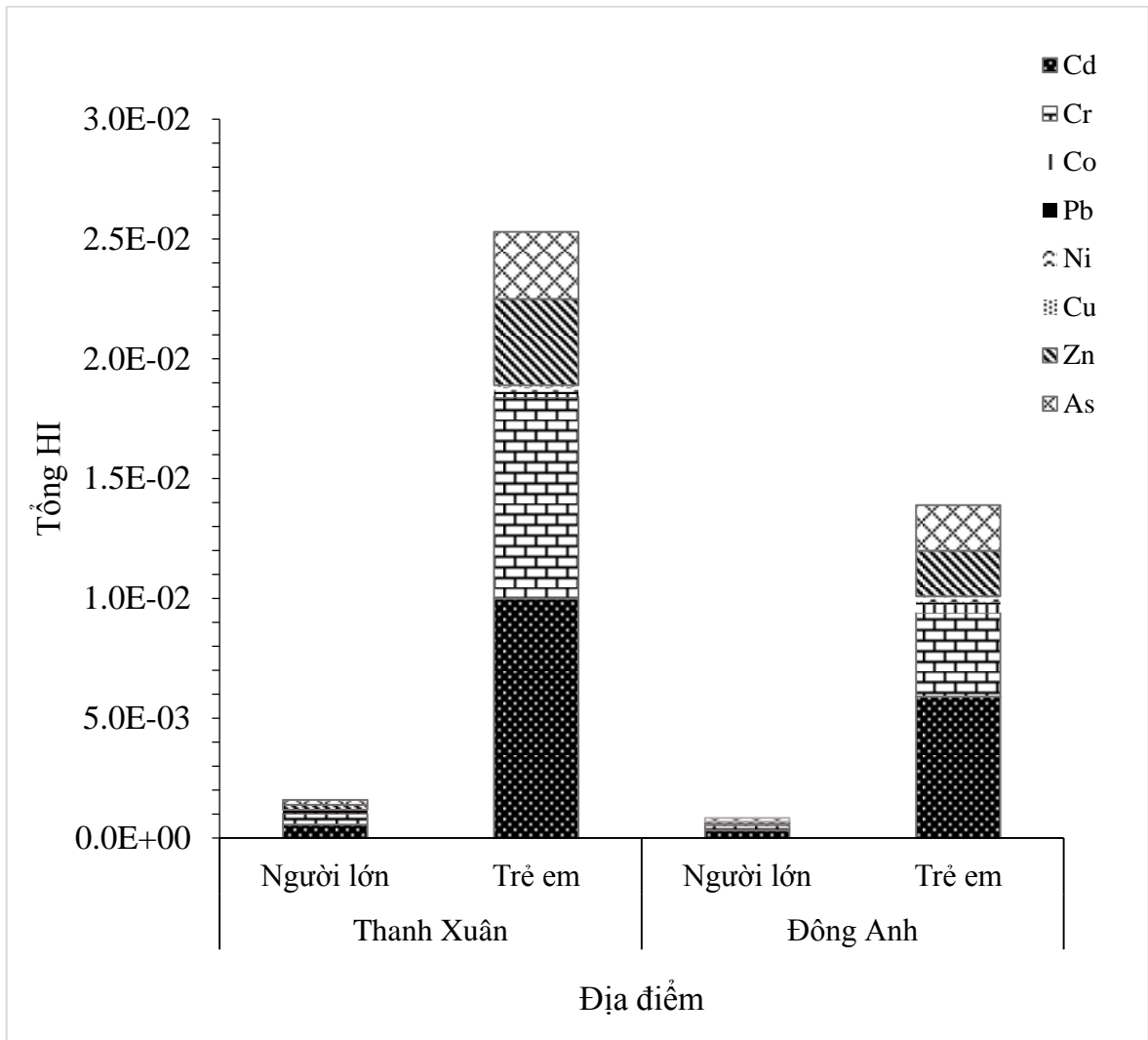
Kết quả đánh giá nguy cơ gây ung thư và không gây ung thư do các nguyên tố kim loại thông qua các con đường phơi nhiễm tại 2 khu vực nghiên cứu được trình bày trong bảng 3.3.

*Bảng 3.3. Nguy cơ không gây ung thư (HQ) của kim loại thông qua các con đường tiếp xúc khác nhau tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh*

HQ		Đông Anh			Thanh Xuân		
		HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>inh</sub>	HQ <sub>der</sub>	HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>inh</sub>	HQ <sub>der</sub>
Cd	Người lớn	1.9E-03	9.8E-09	5.4E-02	1.1E-03	5.6E-09	3.1E-02
	Trẻ em	1.8E-02	1.1E-08	1.0E+00	1.0E-02	6.6E-09	5.8E-01
Cr	Người lớn	3.1E-03	4.7E-09	4.3E-02	1.3E-03	2.0E-09	1.8E-02
	Trẻ em	2.9E-02	5.5E-09	8.1E-01	1.2E-02	2.3E-09	3.4E-01
Co	Người lớn	1.4E-03	3.5E-09	7.2E-06	3.7E-03	9.4E-09	2.0E-05
	Trẻ em	1.3E-02	4.1E-09	1.4E-04	3.5E-02	1.1E-08	3.6E-04

Pb	Người lớn	2.7E-04	1.3E-11	3.7E-04	2.4E-04	1.2E-11	3.3E-04
	Trẻ em	2.5E-03	1.6E-11	7.0E-03	2.2E-03	1.4E-11	6.2E-03
Ni	Người lớn	4.2E-05	2.1E-09	1.1E-03	4.3E-05	2.2E-09	1.1E-03
	Trẻ em	3.9E-04	2.5E-09	2.0E-02	4.0E-04	2.5E-09	2.1E-02
Cu	Người lớn	2.7E-04	1.4E-11	2.5E-04	1.8E-04	8.9E-12	1.6E-04
	Trẻ em	2.5E-03	1.6E-11	4.7E-03	1.6E-03	1.0E-11	3.1E-03
Zn	Người lớn	2.6E-03	1.3E-10	1.8E-02	1.4E-03	6.9E-11	9.5E-03
	Trẻ em	2.4E-02	1.5E-10	3.4E-01	1.3E-02	8.0E-11	1.8E-01
As	Người lớn	1.2E-02	1.2E-08	8.4E-03	8.8E-03	8.9E-09	6.0E-03
	Trẻ em	1.2E-01	1.5E-08	1.6E-01	8.2E-02	1.0E-08	1.1E-01

Kết quả chỉ số HQ đối với trẻ em và người lớn của Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As trong bụi PM<sub>2.5</sub> ở 2 khu vực nghiên cứu Thanh Xuân và Đông Anh qua các con đường phơi nhiễm khác nhau cho thấy: chỉ số HQ ở cả trẻ em và người lớn khi phơi nhiễm qua hô hấp là thấp nhất (8,2E-09), sau đó qua đường tiêu hóa (2,5E-02) và da (2,4E-01).



Hình 3.8: Nguy cơ không gây ung thư (tổng HI) của các nguyên tố tại Thanh Xuân và Đông Anh

Thương số rủi ro của HI ở trẻ em và người lớn tại cả 2 khu vực đều có giá trị  $< 1$  điều đó cho thấy hàm lượng các kim loại nghiên cứu trong bụi  $PM_{2.5}$  trong luận văn này chưa gây rủi ro tới sức khỏe con người. Giá trị HI qua các còn đường phơi nhiễm khác nhau tại khu vực Thanh Xuân của nguyên tố Cd ( $HI = 1.0E+00$ ) đối với trẻ em có nguy cơ phơi nhiễm là cao nhất và Pb ( $HI = 9.5E-03$ ) là thấp nhất. Giá trị HI ở trẻ em cao hơn ở người lớn, kết quả này cũng tương đương với kết nghiên cứu theo Sui Shaofeng và cs (2019) về đánh giá rủi ro của kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  đến sức khỏe con người tại môi trường xung quanh huyện Licheng, Tế Nam, Trung Quốc [65]. Do đó, nguy cơ tiềm ẩn đến với sức khỏe do kim loại trong  $PM_{2.5}$  đối với trẻ em là nhiều hơn và nguy hiểm hơn so với người lớn.

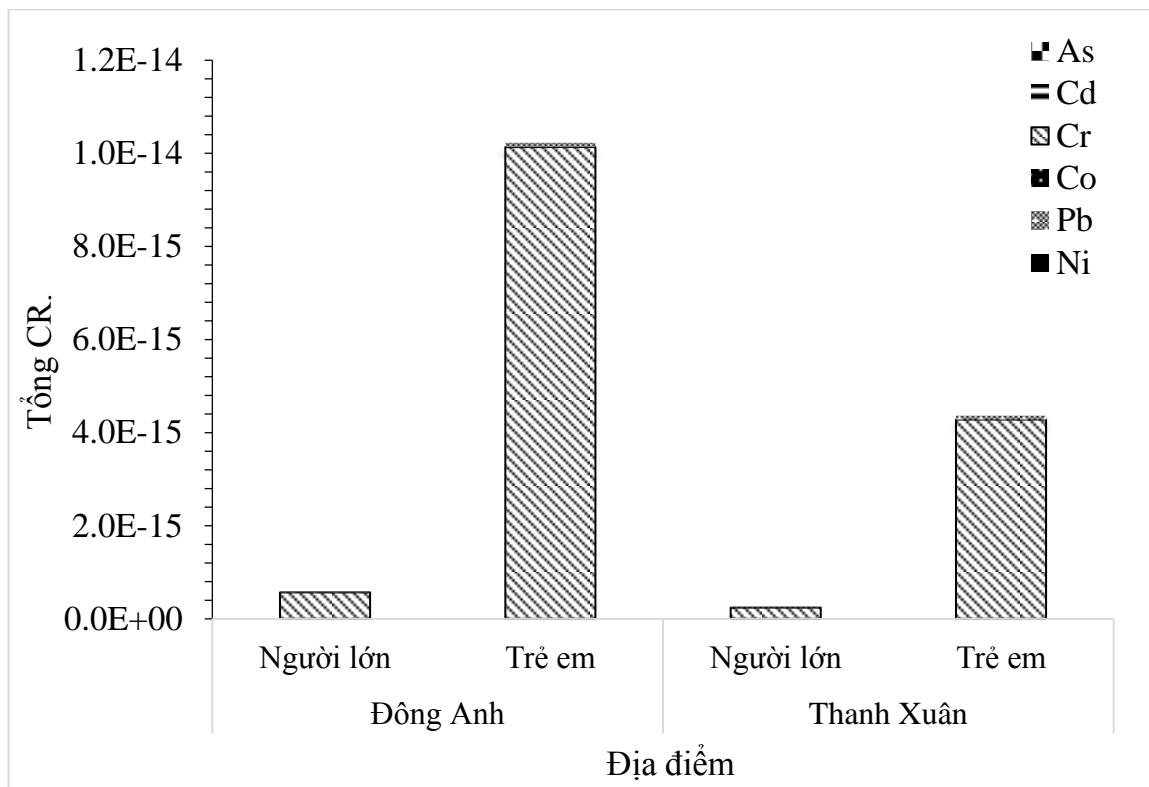
Bảng 3.4. Rủi ro ung thư (CR) của các kim loại được chọn thông qua các con đường tiếp xúc tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh

CR		Đông Anh			Thanh Xuân		
		CR <sub>ing</sub>	CR <sub>inh</sub>	CR <sub>der</sub>	CR <sub>ing</sub>	CR <sub>inh</sub>	CR <sub>der</sub>
Cd	Người lớn	-	1.8E-13	-	-	1.0E-13	-
	Trẻ em	-	1.4E-12	-	-	7.9E-13	-
Cr	Người lớn	4.6E-03	5.6E-12	5.2E-02	2.0E-03	2.4E-12	2.2E-02
	Trẻ em	4.3E-02	6.6E-12	9.7E-01	1.8E-02	2.8E-12	4.1E-01
Co	Người lớn	-	1.9E-13	-	-	5.10E-13	-
	Trẻ em	-	2.9E-16	-	-	7.90E-16	-
Pb	Người lớn	6.4E-04	4.8E-14	1.8E-04	5.7E-04	4.3E-14	1.6E-04
	Trẻ em	6.E-03	5.7E-14	3.4E-03	5.3E-03	5.0E-14	3.E-03
Ni	Người lớn	-	2.6E-14	-	-	2.6E-14	-
	Trẻ em	-	3.0E-14	-	-	3.0E-14	-
As	Người lớn	5.6E-06	8.1E-13	1.6E-06	4.0E-06	5.7E-13	1.1E-06
	Trẻ em	5.2E-05	9.4E-13	2.9E-05	3.7E-05	6.7E-13	2.1E-05

Nguy cơ gây ung thư của kim loại As, Pb và Cr thông qua đường tiêu hóa, hô hấp, tiếp xúc qua da, trong khi Cd, Co và Ni chỉ được tính thông qua đường hô hấp vì thiếu SF đối với đường tiêu hóa và tiếp xúc qua da [6].

Từ bảng 3.4 nguy cơ gây ung thư của kim loại Cd, Co, Pb, Ni, As qua 3 con đường phơi nhiễm đối với người lớn đều thấp hơn giá trị chấp nhận được

( $CR < 10^{-4}$ ), điều này chứng tỏ nguy cơ gây ung thư của các kim loại trên nằm trong mức an toàn tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh. Tuy nhiên, nguy cơ gây ung thư của Cr đối với người lớn qua 2 con đường tiêu hóa và tiếp xúc qua da tại khu vực Thanh Xuân và Đông Anh cho thấy có thể có nguy cơ gây ung thư cao ( $CR > 10^{-4}$ ). Kết quả cũng chỉ ra rằng các kim loại Cr, Pb, As có thể tiềm ẩn nguy cơ gây ung thư cao cho trẻ em qua hai con đường tiếp xúc tiêu hóa và tiếp xúc qua da ( $CR > 10^{-4}$ ) và không có nguy cơ gây ung thư khi tiếp xúc qua đường hô hấp.



Hình 3.8: Rủi ro ung thư (CR) của nguyên tố tại Thanh Xuân và Đông Anh

Tổng các giá trị CR tại hai khu vực nghiên cứu của trẻ em đều cao hơn so với người lớn, chứng tỏ rằng trẻ em phải chịu nhiều nguy cơ tiềm ẩn gây ung thư cao hơn. Đánh giá rủi ro cho thấy Cd, Co, Ni có nguy cơ không gây ung thư, As có thể có nguy cơ gây ung thư nhưng không đáng kể. Ngoài ra, Cr và Pb có nguy cơ tích lũy nhiều hơn vào tổng giá trị CR cho cả trẻ em và người lớn ở tất cả các khu vực, đặc biệt đối với khu vực Đông Anh do tập trung nhiều khu, cụm công nghiệp sản xuất, quá trình đốt cháy nhiên liệu hóa thạch và giao thông diễn ra nhiều hơn, Cr và Pb có thể gây ra nhiều nguy cơ ung thư hơn các nguyên tố khác ở cả 2 khu vực. Kết quả này cũng tương đương kết quả nghiên cứu theo Hieu T.B và CS (2020) nguy cơ gây ung thư

(CR) của Cr ở tất cả các địa điểm đều đóng cửa ở mức chấp nhận được đối với trẻ em, ngụ ý nguy cơ gây ung thư tiềm ẩn của kim loại này [31].

Như vậy, tổng rủi ro của các nguyên tố Cd, Co, Pb, Ni, As có thể bắt nguồn từ các hoạt động của con người. Do đó, rủi ro tích lũy của các nguyên tố này từ tất cả các nguồn phải được quản lý chặt chẽ chú ý hơn tại Hà Nội, thường xuyên kiểm tra việc phát thải các kim loại độc hại từ các nguồn nhân tạo để giảm thiểu nguy cơ tiềm ẩn đến sức khỏe con người.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

### ➤ Kết luận

1. Sự phân bố hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  trong không khí tại Hà Nội dao động từ nhỏ hơn đến vượt qua tiêu chuẩn cho phép theo QCVN 05:2013/BTNMT. Hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  tại một số khu vực điển hình trên địa bàn TP. Hà Nội vào mùa thu cao hơn mùa xuân.
2. Hàm lượng bụi  $PM_{2.5}$  ở khu vực Đông Anh cao hơn ở khu vực Thanh Xuân có thể do khu vực Đông Anh bị ảnh hưởng nhiều của hoạt động từ các khu, cụm công nghiệp sản xuất, xây dựng và từ hoạt động giao thông vận tải đặc biệt là tuyến đường cao tốc Hà Nội – Lào Cai.
3. Khu vực Thanh Xuân và Đông Anh hầu hết các kim loại (Cd, Cu, Cr, Pb, Zn, Ni, As) đều có nguồn gốc phát thải chủ yếu từ nguồn nhân tạo. Phát thải từ hoạt động giao thông (chủ yếu từ khí thải động cơ xăng, quá trình mài mòn lốp cao su), khí thải từ quá trình đốt cháy nhiên liệu (dầu, than đá...).
4. Đánh giá phơi nhiễm của các kim loại (Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Zn, Ni, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  cho thấy hàm lượng kim loại nghiên cứu trong bụi  $PM_{2.5}$  tại luận văn này chưa gây rủi ro tới sức khỏe con người và nguy cơ tiềm ẩn đến sức khỏe do kim loại trong bụi  $PM_{2.5}$  đối với trẻ em là rất lớn.
5. Chỉ số nguy cơ gây ung thư kim loại (Cd, Co, Pb, Ni, As) trong bụi  $PM_{2.5}$  qua ba con đường phơi nhiễm đối với người lớn đều nằm trong mức an toàn ( $CR < 10^{-6}$ ) nhưng chỉ số CR của người lớn qua 2 con đường tiêu hóa và tiếp xúc qua da ( $CR > 10^{-4}$ ) cho thấy có thể có nguy cơ tiềm ẩn gây ung thư cao.
6. Kết quả cũng chỉ ra rằng trẻ em phải chịu nhiều nguy cơ tiềm ẩn cơ gây ung thư cao hơn người lớn đặc biệt ở các khu vực tập trung nhiều khu, cụm công nghiệp sản xuất, nơi các hoạt động giao thông vận tải, xây dựng diễn ra nhiều.

### ➤ Kiến nghị

Do khuôn khổ nghiên cứu của luận văn có hạn nên để tìm hiểu kỹ hơn về các nguồn phát sinh bụi và các kim loại quan trọng trong bụi  $PM_{2.5}$  cần đánh giá với bộ số liệu lớn hơn và sử dụng số liệu của nhiều trạm quan trắc hơn.



Phạm vi và khu vực nghiên cứu lấy mẫu còn hạn chế, cần tiếp tục tìm hiểu và ứng dụng thêm các phương pháp phân tích phát hiện ô nhiễm kim loại trong bụi kết hợp với đánh giá rủi ro xây dựng bản đồ ô nhiễm.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [1]. Hồ Quốc Bằng, Nguyễn Thị Nhật Thanh, 2009, Nghiên cứu tác động ô nhiễm không khí do bụi  $PM_{2.5}$  lên sức khỏe cộng đồng tại Hà Nội, Trường Đại học Công Nghệ (Đại Học Quốc Gia Hà Nội), Trường Đại học Y tế Cộng Đồng, Trung tâm Sống và Học tập vì môi trường & cộng đồng.
- [2]. European Environment Agency, 2012, Air quality in Euro-2012 report, Euro.
- [3]. World Bank, world-air-quality-report-2019, world-most-polluted-cities.
- [4]. Tổ chức Phi chính phủ GreenID, 2017, Hội thảo Ô nhiễm không khí và mối đe dọa đến sức khỏe cộng đồng.
- [5]. Bộ giao thông vận tải, Cục y Tế, 2010, Nghiên cứu đánh giá tổng thể sức khỏe và thiệt hại kinh tế do ô nhiễm không khí gây ra.
- [6]. Bộ Tài Nguyên Môi trường, 2010, Báo cáo môi trường quốc gia.
- [7]. Cục kiểm soát ô nhiễm, Tổng cục môi trường, 2013, Kiểm soát ô nhiễm môi trường làng nghề.
- [8]. Nguyễn Ngọc Nhật Thanh, Trần Ngọc Đăng, Nguyễn Trương Viên, 2018, Gánh nặng tử vong & kinh tế của bụi mịn  $PM_{2.5}$  tác động đến bệnh tim mạch tại TP. Hồ Chí Minh năm 2018, *Tạp chí Y học dự phòng*, Tập 31, số 6 – 2021.
- [9]. Vương Như Luận, Mạc Như Trà, 2019, Ô nhiễm bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại một số TP Châu Á, *Tạp chí Môi trường*, chuyên đề Tiếng việt 1- 2019.
- [10]. Zhang., Wang H., Hu Y., Ying J., Hu Q., 2015, Relationships between meteorological parameters and criteria air pollutants in three megacities in China, *Environmental Research*, 140 242-254.
- [11]. Bộ Tài Nguyên Môi trường, 2016, *Báo cáo hiện trạng môi trường Quốc gia năm 2016*, Chương 2: Môi trường không khí, vol. 2, pp. 25– 45.
- [12]. Hien P.D., Bac V.T., Tham H.C., Nhan D.D., Vinh L.D., 2002, Influence of meteorological conditions on  $PM_{2.5}$  and  $PM_{2.5}$  10 concentrations during the monsoon season in Hanoi, Vietnam, *Atmos Environ*, 36(21):3473–3484, Accessed 2018 Nov 22, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231002002959>. doi:10.1016/S1352-2310(02)00295-9.

- [13]. WHO, 2005, Guidelines for Air Quality, World Health Organization, Retrieved from <http://www.who.int/environmentalinformation/Air/Guidelines/aqguide7.pdf>.
- [14]. Monre., 2019, <http://www.monre.gov.vn/Pages/thuc-trang-o-nhiem-khong-khi-o-viet-nam.aspx>.
- [15]. Zhang Z.H., Khlystov A., Nosford L.K., Tan Z.K., Balasubramanian R., 2017, Characterization of traffic-related ambient fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in an Asian city: Environmental and health implications, *Atmos. Environ*, vol. 161, pp. 132–143.
- [16]. Aldabe J., Elustondo D., Santamaria C et al., 2011, Chemical characterisation and source apportionment of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at rural, urban and traffic sites in Navarra (North of Spain), *Atmos Res*, 102:191–205. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2011.07.003>
- [17]. Moryani H.T., Kong S., Du J., Bao J., 2020, Health Risk Assessment of Heavy Metals Accumulated on PM<sub>2.5</sub> Fractioned Road Dust from Two Cities of Pakistan, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7124. doi:10.3390/ijerph17197124.
- [18]. Błaszczyk E., Klejnowki K., Rogula W- Kozłowska., Kubiesa p., Fulara I., Mielzynska D-Svach, 2017, Indoor air quality in urban and rural kindergartens: short-term studies in Silesia, Poland, *Air Quality Atmosphere & Health*, 10:1207-1220, doi:10.1007/s11869-017-0505-9
- [19]. Yongyong Z., Ying J., Ming L., Li'an H et al, 2018, Characterization of Metal(Loid)s in indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> of an office in winter period, *Hum Ecol Risk Assess*, 24:307–16, <https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1380514>.
- [20]. Niu H., Wu Z., Xue F., Liu Z., Hu W., Wang J., Fan J.Y., 2021, "Seasonal variations and risk assessment of heavy metals in PM<sub>2.5</sub> from Handan, China", *World Journal of Engineering*, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, DOI:10.1108/WJE-09-2020-0435.
- [21]. Soleimani M., Amini N., Sadeghian B., Wang D., Fang., 2018, Heavy metals and their source identification in particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in Isfahan City, Iran, *Journal of Environmental Sciences*, doi:10.1016/j.jes.2018.01.002.
- [22]. Khiêm L.H., Sera K., Hosokawa T., Quyet N.H., Frontasyeva M.V.,

- Trinh et al., 2020, Đánh giá sự lắng đọng kim loại trong khí quyển ở Hà Nội bằng kỹ thuật quan trắc sinh học rêu và phát xạ tia X cảm ứng proton, *Tạp chí Phân tích Vô tuyến và Hóa học Hạt nhân*, doi: 10.1007 / s10967-020-07066-z.
- [23]. Oanh N. K., Co H., Kondo Y., 2009, Investigation on the Impacts of Urban-Rural Air Pollution on Air Quality and Climate in Southeast Asia, *final report of APN project ARCP2007-07CMY-Oanh*.
- [24]. Gatari M., Wagner A., Boman J., 2005, Elemental composition of tropospheric aerosols in Hanoi, Vietnam and Nairobi, Kenya, *Sci. Total Environ.*, vol. 341, no. 1–3, pp. 241–249.
- [25]. 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, vol. 35, no. 15.
- [26]. Cohen D.D., Garton D., Stelcer E., 2002, Characterisation of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> fine particle pollution in several Asian regions, 16th Int. Clean Air Conf., no. September, pp. 18–22.
- [27]. Thuy N., Trung Dung N., Ly B. T., Sekiguch K., Thu Hien N. T., Yamaguchi R., 2018, Mass Concentrations and Carbonaceous Compositions of PM<sub>0.1</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at Urban Locations of Hanoi, Vietnam, vol. 18.
- [28]. Thuy N.T.T et al., 2017, Characteristics of Elemental and Organic Carbon in Atmospheric Nanoparticles At Different Sampling Locations in Vietnam, vol. 55, no. 3.
- [29]. Bui T., Nguyen T. H., Ta T., Vu V., Nguyen T. M., 2019, Characterization and human health risk assessment of trace metal in PM<sub>10</sub> in Bac Giang, short-term study in a developing province in Vietnam, *Hum Ecol Risk Assess. An Int. J.*, pp. 1–20, Jun.
- [30]. Oguri T et al., 2018, “Exposure assessment of heavy metals in an e-waste processing area in northern Vietnam”, *Sci. Total Environ.*, vol. 621, pp. 1115–1123.
- [31]. Gatari M. J et al., 2006, Assessment of inorganic content of PM<sub>2.5</sub>

- particles sampled in a rural area north-east of Hanoi, Vietnam, vol. 368, no. 2–3.
- [32]. H Bui.T., H Nguyen.T., N Ta.T., T Vu.V., & M Nguyen.T.P., 2019, *Characterization and human health risk assessment of trace metal in PM10 in Bac Giang, short-term study in a developing province in Vietnam. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 1–20. doi:10.1080/10807039.2019.1623652
- [33]. Xiaoyan S., Longyi S., Shushen Y., Riying S., Limei S., Shihong C., 2015, Trace elements pollution and toxicity of airborne PM10 in a coal industrial city, *Atmos. Pollut. Res.*, vol. 6, no. 3, pp. 469–475, May.
- [34]. Ghosh S., Rabha R., Chowdhury M., Padhy P. K., 2018, Source and chemical species characterization of PM<sub>10</sub> and human health risk assessment of semi-urban, urban and industrial areas of West Bengal, India, *Chemosphere*, vol. 207, pp. 626–636.
- [35]. Nguyễn Duy Bảo, 2012, Phơi nhiễm kim loại nặng ở Việt Nam, Viện Y học lao động & Vệ sinh MT Hà Nội.
- [36]. Huber J., McLaughlin J., Rosen P., Skinner D., Webster A., 2001, Valuing Technology: Organisations, Culture, and Change, *Contemporary Sociology*, 30(5), 477, doi:10.2307/3089329.
- [37]. Cimbolakovas I., Uher I., Veszelits Lakticovas K., Vargovas M., Kimakovas T., Papajova I., 2020, Heavy Metals and the Environment. Environmental Factors Affecting Human Health, doi:10.5772/intechopen.86876.
- [38]. Jarup et al., 1998, Health Effects of Cadmium Exposure – A Review of the Literature and Risk Estimate, *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 24 Suppl 1(suppl 1):1-51.
- [39]. Cimbolakovas I., Uher I., Veszelits Lakticovas K., Vargovas M., Kimakova T., Papajova I., 2020, Heavy Metals and the Environment. Environmental Factors Affecting Human Health, doi:10.5772/intechopen.86876.
- [40]. Kasprzak K., 2003, Nickel carcinogenesis, *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 533(1-

- 2), 67–97, doi:10.1016/j.mrfmmm.2003.08.02.
- [41]. Dunn K.H., Topmiller J.L., McCleery T., Whalen J., Protecting workers during intermediate and downstream processing of nanomaterials, DHHS (NIOSH) Publication No. 2018-122, DOI: <https://doi.org/10.26616/doi:10.1017/s1367943003003172>
- [42]. Quy chuẩn Việt Nam QCVN 8-2:2011/BYT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm.
- [43]. Taylor S.R., 1964, Abundance of elements in the crust: a new table, *Geochim Cosmochim Acta*, 28(8):1273–1285, doi:10.1016/0016-7037(64)90129-2.
- [44]. Kim I., Lee K., Lee S., Kim S.D., 2019, Characteristics and health effects of PM<sub>2.5</sub> emissions from various sources in Gwangju, South Korea, *Science of the Total Environment*, 696:133890. [Accessed 2019 Dec 1], doi:10.1016/j.scitotenv.2019.133890
- [45]. Xu J., Jia C., Yu H., Xu H., Ji D., Wang C., Xiao H., He J., 2021, Characteristics, sources, and health risks of PM<sub>2.5</sub>-bound trace elements in representative areas of Northern Zhejiang Province, China, *Chemosphere* [Internet]. 272:129632, doi:10.1016/j.chemosphere.2021.129632
- [46]. Jain S., Sharma S.K., Mandal T.K., Saxena M., 2018, Source apportionment of PM<sub>10</sub> in Delhi, India using PCA/APCS, UNMIX and PMF, *Particuology* [Internet]. 37:107–118, doi:10.1016/j.partic.2017.05.009.
- [47]. Nguyen T.P.M., Bui T.H., Nguyen M.K., Nguyen T.H., Vu V.T., Pham H.L., 2021, Impact of Covid-19 partial lockdown on PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, and trace elements in PM<sub>2.5</sub> in Hanoi, Vietnam, *Environ Sci Pollut Res*, doi:10.1007/s11356-021-13792-y.
- [48]. US EPA, 1989, Risk Assessment Guidance for superfund, Vol. I: Human health evaluation, Office of Emergency and Remedial Response, US EPA: Washington, DC, USA.
- [49]. US EPA, 2009, Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (Part F, Supplemental guidance for

- inhalation risk assessment), office of superfund remediation and technology Innovation Environmental protection agency [Internet]. I(January): 1–68, [http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/partf\\_200901\\_final.pdf](http://www.epa.gov/sites/production/files/2015-09/documents/partf_200901_final.pdf).
- [50]. Zhang J., Zhou X., Wang Z., Yang .L, Wang J., Wang W., 2018, Trace elements in PM<sub>2.5</sub> in Shandong Province: source identification and health risk assessment, *Sci Total Environ*, 621: 558–577. doi:10.1016/j.scitotenv.2017.11.292.
- [51]. US EPA, 2012, Regional Screening Level (RSL) Summery Table. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>
- [52]. Huang M et al., 2014, Arsenic speciation in total contents and bioaccessible fractions in atmospheric particles related to human intakes, *Environ Pollut.*, vol. 188, pp. 37–44, May.
- [53]. Cohen D.D., Crawford J., Stelcer E et al., 2010, Characterisation and source apportionment of fine particulate sources at Ha Noi from 2001 to 2008, *Atmos Environ* 44:320-8.
- [54]. Luong N.D., Hieu B.T., Trung B.Q., Dat N.V., Duy N.V., Dinh P.V., 2022, 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(21), DOI:10.1007/s11869-021-01100-z
- [55]. Wu Y., Chen C., Du Y., Chen Z., Li Y., 2017, Investigation of indoor and outdoor PM<sub>2.5</sub> pollution situation in Beijing, *Procedia Eng.*, vol. 205, pp. 1223–1229, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.358>.
- [56]. Zhang J., Zhou X., Wang Z., Yang L., Wang J., Wang W., 2018 , Trace elements in PM<sub>2.5</sub> in Shandong Province: Source identification and health risk assessment, *Sci. Total Environ.*, vol. 621, pp. 558–577, doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.11.292.
- [57]. Xu J., Jia C., Yu H., Xu H., Ji D., Wang C., He J., 2021, Characteristics, sources, and health risks of PM<sub>2.5</sub> bound trace elements in representative areas of Northern Zhejiang Province, China, *Chemosphere*, 272,129632, doi:10.1016/j.chemosphere.2021.129632.

- [58]. Hu X., Zhang Y., Ding Z et al, 2012, Bioaccessibility and health risk of arsenic and heavy metals (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Mn) in TSP and PM<sub>2.5</sub> in Nanjing, China, *Atmos Environ* 57:146–52. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2012.04.056>.
- [59]. WHO, 2000, Guidelines for Air Quality, World Health Organization, Geneva, Retrieved from.
- [60]. Kim., Lee K., Lee S., Kim S. D., 2019, Characteristics and health effects of PM<sub>2.5</sub> emissions from various sources in Gwangju, South Korea, *Science of the Total Environment*, vol. 696, p. 133890, Dec, doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133890.
- [61]. Rai P., Chakraborti A., Mandariya A. K., Gupta T., 2016, Composition and source apportionment of PM<sub>1</sub> at urban site Kanpur in India using PMF coupled with CBPF, *Atmospheric Research*, vol. 178–179, pp. 506–520, doi: 10.1016/j.atmosres.2016.04.015.
- [62]. Gangwar J. N., Gupta T., Agarwal A. K., 2012, Composition and Comparative toxicity of particulate matter emitted from a diesel and biodiesel fuelled CRDI engine, *Atmospheric Environment*, vol. 46, pp. 472–481, doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.09.007.
- [63]. Bi C et al., 2020, Characteristics, sources and health risks of toxic species (PCDD/Fs, PAHs and heavy metals) in PM<sub>2.5</sub> during fall and winter in an industrial area, *Chemosphere*, vol. 238, p. 124620, Jan, doi: 10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.124620.
- [64]. Garg B.D., Cadle S.H., Mulawa P.A., Groblicki P.J., Laroo C., Parr G.A., 2000, Brake wear particulate matter emissions, *Environ Sci Technol*. 34(21):4463–4469. doi:10.1021/es001108h.
- [65]. Sui Shaofeng., Ng Jack., Gao Yanxiao., Peng Cheng., He Chang et al., 2019, Pollution characteristics and chronic health risk assessment of metals and metalloids in ambient PM<sub>2.5</sub> in Licheng District, Jinan, China, *Environmental Geochemistry and Health*, doi:10.1007/s10653-019-00448-7.
- [66]. Hsieh Chia-Yun., Jung Chau-Ren., Lin Chuan-Y., Hwang Bing- Fang., 2021, Combined exposure to heavy metals in PM<sub>2.5</sub> and pediatric asthma,



Journal of Allergy and Clinical Immunology, 147(6), 2171–2180.e13.  
doi:10.1016/j.jaci.2020.12.634

- [67]. Cheng Z., Li H.H., Chen L.J et al , 2018, Characteristics and Health risk assessment of heavy metals exposure via household dust from urban in Chengdu, China, *sci Total Environ* 619–620: 621–9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.144>.