



# Ô nhiễm không khí trong nhà và ngoài trời bởi bụi ( $PM_{10}$ , $PM_{2.5}$ , $PM_1$ ) khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu khác nhau

Hoàng Anh Lê\*, Đinh Mạnh Cường, Nguyễn Thị Kim Anh

*Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 25 tháng 8 năm 2018

Chỉnh sửa ngày 24 tháng 10 năm 2018; Chấp nhận đăng ngày 07 tháng 12 năm 2018

**Tóm tắt:** Ở Việt Nam, các nguồn nhiên liệu như than tổ ong, gỗ củi, chất thải rắn nông nghiệp, khí hóa lỏng (LPG) đang là nguồn năng lượng chính được sử dụng để đun nấu hằng ngày. Tuy nhiên, việc sử dụng các nguồn nhiên liệu này cũng gây nên nhiều vấn đề ô nhiễm môi trường trong nhà, tác động đến sức khỏe con người với mức độ khác nhau. Trong nghiên cứu này, hàm lượng bụi  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$  được quan trắc bằng thiết bị GRIMM 107-G (*Grimm Technologies, Inc., Douglasville, GA, USA*) trong quá trình đun nấu sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau như than tổ ong, gỗ củi và LPG. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng bụi trong phòng bếp có xu hướng lớn hơn hàm lượng bụi ở không khí bên ngoài. Kết quả đo cũng cho thấy hàm lượng bụi  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$  khi đun nấu bằng củi có giá trị cao nhất, lần lượt là  $305,7 \pm 105,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $158,3 \pm 35,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $135,9 \pm 31,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tỷ lệ bụi  $PM_{10}$  bên trong và bên ngoài (I/O) khi sử dụng bếp củi, bếp than và LPG có giá trị lần lượt là 2,67; 1,18; 0,92. Hàm lượng bụi cao trong các phòng bếp là không tốt cho những người nội trợ và có thời gian tiếp xúc dài với nguồn chất ô nhiễm nói trên.

**Từ khóa:** Ô nhiễm không khí trong nhà, đun nấu, phòng bếp.

## 1. Tổng quan

Theo nghiên cứu của các nhà khoa học trên thế giới thì thời lượng con người sống trong nhà lại chiếm chủ yếu, đến 87% thời lượng trong nhà và đến 6% trong phương tiện cơ giới [1]. Điều đó minh chứng rằng chất lượng không khí trong nhà là yếu tố cần phải được quan tâm hàng đầu đối với cuộc sống của nhân loại. Theo kết quả nghiên cứu và báo cáo từ tổ chức Y tế

thế giới (WHO), hàng năm có khoảng 7 triệu người chết vì có liên quan đến ô nhiễm không khí [2]. WHO (2014) cũng ước tính ô nhiễm không khí trong nhà có liên quan đến 4,3 triệu người chết trong năm 2012 ở các hộ gia đình nấu ăn bằng than, gỗ và bếp đun sinh khối. Ước tính mới được giải thích bằng thông tin tốt hơn về phơi nhiễm ô nhiễm trong số 2,9 tỷ người sống trong nhà khi sử dụng gỗ củi, than hoặc phân làm nhiên liệu nấu ăn chính của gia đình. Thêm đó, các bằng chứng về vai trò ô nhiễm không khí trong sự phát triển bệnh tim mạch, hô hấp và ung thư. Điều đáng quan tâm khi người nghèo, người có thu nhập thấp và trung bình

\*Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-913570406.

Email: [anhle1977@gmail.com](mailto:anhle1977@gmail.com)

<https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4284>

phải sử dụng các loại nhiên liệu có mức phát thải chất ô nhiễm không khí lớn để làm nguồn năng lượng. Khi đun nấu, căn bếp thường là khu vực khép kín, thiếu điều kiện thoáng khí dẫn đến việc khuếch tán chất ô nhiễm kém, tăng nguy cơ phơi nhiễm đối với người sử dụng. Trẻ em và phụ nữ là những người thường có nguy cơ tiếp xúc, phơi nhiễm cao từ nguồn ô nhiễm này. WHO cũng cảnh báo gần 800.000 ca tử vong do ô nhiễm không khí trong nhà xảy ra ở trẻ em dưới 5 tuổi và hơn 500.000 ca tử vong đối với phụ nữ [3]. Những số liệu minh chứng như vậy cho thấy ô nhiễm không khí trong nhà có mức độ tác động rất lớn đến chất lượng cuộc sống và sức khỏe con người; và nó cần được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu nhiều hơn nữa để giảm thiểu tác động của nguồn ô nhiễm này. Có nhiều nguồn phát sinh ô nhiễm không khí trong nhà, bao gồm các nguồn chất đốt như dầu, khí đốt, dầu hỏa, than đá, than tổ ong, gỗ, các sản phẩm thuốc lá; vật liệu xây dựng và đồ nội thất, tấm cách ngăn có chứa amiăng, thảm ướt hoặc ẩm ướt, tủ hoặc đồ nội thất làm bằng một số sản phẩm gỗ ép; sản phẩm để làm sạch và bảo trì; hệ thống sưởi ấm và làm mát trung tâm và các thiết bị tạo ẩm; các nguồn ngoài trời như radon, thuốc trừ sâu và ô nhiễm không khí ngoài trời [1, 4-13]. Ô nhiễm không khí trong nhà có thể có tác động đáng kể đến sức khỏe con người bao gồm các tác động trực tiếp và cấp tính (như mắt, mũi, dị ứng họng, nhức đầu, chóng mặt và các triệu chứng mệt mỏi khác) cũng như các tác động gián tiếp và mãn tính khác (ví dụ: bệnh đường hô hấp, ung thư hoặc suy nhược nghiêm trọng hoặc tử vong) [12].

Ở Việt Nam, trong các báo cáo hàng năm của các cơ quan chủ quản cũng đã đưa ra nhiều bằng chứng thuyết phục về tình trạng ô nhiễm không khí ngày càng trở nên xấu đi [14, 15]. Điều đáng chú ý là trong các báo cáo môi trường quốc gia, chất lượng không khí xung quanh có hàm lượng thông tin khá đa dạng và khá đầy đủ; Nhưng ngược lại, chất lượng không khí trong nhà lại ít hoặc chưa được chú trọng. Việt Nam cũng chưa ban hành tiêu chuẩn, quy chuẩn nào quy định giá trị nồng độ chất ô nhiễm tối đa cho phép trong không khí

trong nhà. Một trong những lý do cốt lõi là điều kiện số liệu, dữ liệu chưa có hoặc chưa đầy đủ để đánh giá một cách toàn diện, chính xác. Thêm nữa các nhà khoa học, các nhà quản lý gần như chưa quan tâm, chú ý đến sự ảnh hưởng của chất lượng không khí trong nhà. Trong nhà ở đây có thể được hiểu là trong các phạm vi giới hạn như nhà ở, văn phòng làm việc, các tòa nhà công cộng, khu mua sắm, trong cabin và xe cá nhân .v.v. Hiểu theo cách khác; theo mục 9 điều 2 trong Luật phòng, chống tác hại của thuốc lá thì trong nhà là nơi có mái che và có một hay nhiều bức tường chắn hoặc vách ngăn xung quanh [16]. Các nghiên cứu khoa học được xuất bản trên các tạp chí trong nước và quốc tế về ô nhiễm không khí trong nhà ở Việt Nam còn hạn chế, trong đó có công trình nghiên cứu của Ellegård (2010). Bài báo này trình bày dữ liệu điều tra về mức độ hiểu biết, nhận thức của người dân và hiện tượng chảy nước mắt (có liên quan đến hàm lượng bụi và nồng độ CO) trong quá trình sử dụng bếp điện và bếp than tổ ong tại các quận Thanh Xuân, phường Thanh Nhân và phường Hàng Buồm, thành phố Hà Nội [5]. Tuy nhiên các mối quan tâm sâu hơn, đa dạng hơn lại chưa được tiếp tục nghiên cứu. Vì thế nguồn ô nhiễm dạng này vẫn còn là mối lo ngại.

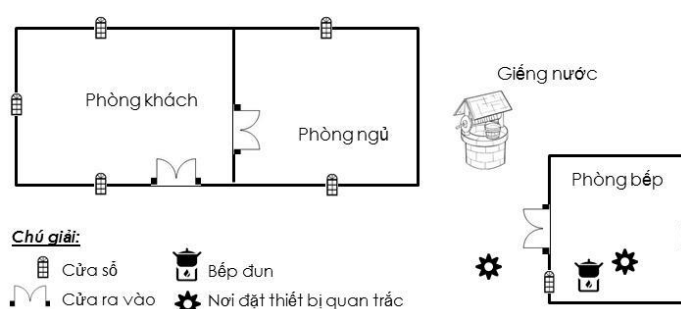
Xuất phát từ những thực trạng trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu tổng quát là đánh giá ảnh hưởng của việc đun nấu bằng nhiều loại nhiên liệu đến chất lượng không khí trong nhà và sức khỏe cộng đồng. Mục tiêu cụ thể nhằm đánh giá việc đun nấu bằng các loại nhiên liệu khác nhau có mức phát thải chất ô nhiễm không khí ở mức độ nào? khả năng tiếp xúc đến đâu? khả năng phơi nhiễm ở mức nào? Hàm lượng bụi (bao gồm PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, và PM<sub>1</sub>) được quan trắc cả trong và ngoài phòng bếp được phát sinh khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu phổ biến như LPG, than tổ ong, củi.

## 2. Phương pháp quan trắc

Để lựa chọn được vị trí quan trắc thích hợp, việc có được phòng bếp có sử dụng đồng thời 3

loại bếp đun với 3 loại nhiên liệu khác nhau (LPG, than tổ ong, củi) là rất khó khăn. Nghiên cứu này tập trung quan trắc đồng thời hàm lượng bụi trong không khí, bao gồm bụi  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ , và  $PM_1$  cả trong và ngoài phòng bếp được phát sinh khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu phổ biến như LPG, than tổ ong, củi. Để giảm thiểu ảnh hưởng bởi sự tồn lưu khí thải gây nhiều loạn số liệu quan trắc, mỗi ngày chỉ sử dụng một dạng nhiên liệu đun nấu duy nhất. Hàm lượng bụi được quan trắc bằng thiết bị lấy

mẫu bụi GRIMM 107-G (*Grimm Technologies, Inc., Douglasville, GA, USA*). Các thiết bị quan trắc được đặt trên các chân giá đỡ, có độ cao 1 - 1,5m so với mặt đất. Khoảng thời gian trích xuất số liệu được cài đặt 5 phút cho mỗi số liệu quan trắc. Có 2 thiết bị GRIMM 107-G đã được kiểm định, đảm bảo tiêu chuẩn và mức độ đồng nhất, được bố trí quan trắc đồng thời hàm lượng bụi cả bên trong và bên ngoài bếp đun. Sơ đồ vị trí quan trắc được mô tả như Hình 1.



Hình 1. Sơ đồ bố trí thiết bị quan trắc chất lượng không khí bên trong và bên ngoài khu vực bếp đun.

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. So sánh hàm lượng bụi bên trong và ngoài bếp khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu khác nhau

Bảng 1 mô tả số liệu thống kê được trong quá trình quan trắc hàm lượng bụi  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  và  $PM_1$  đồng thời cả bên trong và bên ngoài phòng bếp khi đun nấu có sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau. Những hạt bụi có kích thước nhỏ thường được chú trọng trong nghiên cứu chất lượng không khí do chúng có khả năng đi sâu vào hệ thống hô hấp và ảnh hưởng đến các cơ quan hô hấp [2, 5, 11, 12]. Hàm lượng bụi  $PM_{10}$  trong bếp khi đun củi, đun than tổ ong và bếp gas (LPG) có mức phát thải tương ứng là  $305,7 \pm 105,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $96,8 \pm 66,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $103,7 \pm 25,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Qua đó có thể thấy hàm lượng bụi  $PM_{10}$  phát sinh khi sử dụng củi đun là rất lớn. Khi đun nấu bằng củi, người nấu bếp thường có thêm hành động thổi gió khi cần ngọn lửa bùng cháy mạnh hơn, cấp nhiều nhiệt

hơn; vì vậy vô tình hoạt động này làm phân tán lượng tro vào không khí, làm tăng hàm lượng bụi tức thời. Trong khi đó nếu đun nấu bằng than tổ ong hoặc LPG thì không cần hoạt động này. Trong nghiên cứu này, điều đáng bàn luận là hàm lượng bụi  $PM_{10}$  phát sinh khi sử dụng LPG để đun nấu lại có giá trị cao hơn cả khi sử dụng củi đun. Tuy nhiên một số nghiên cứu đã cảnh báo có thể có trường hợp hàm lượng bụi bên trong bị ảnh hưởng bởi yếu tố đó chính từ bên ngoài [17, 18]. Như vậy mặc dù giá trị hàm lượng  $PM_{10}$  đo được khi sử dụng LPG để đun nấu có giá trị cao hơn khi sử dụng than, tuy nhiên nó có thể do ảnh hưởng bởi  $PM_{10}$  từ bên ngoài xâm nhập vào phòng bếp [18]. Hiện tượng này được phân tích sâu hơn nhờ tỷ lệ hàm lượng bụi bên trong và ngoài bếp đun (Bảng 2) được bàn luận phần sau. Giá trị  $PM_{10}$  ở môi trường không khí xung quanh thời điểm đó cũng là  $112,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , lớn hơn so với giá trị  $81,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ở môi trường không khí xung quanh khi đun nấu bằng bếp củi. Và khi đó chúng ta cần tính thêm tỷ lệ I/O, nghĩa là giá trị so sánh

mức độ chất ô nhiễm đó ở bên trong và bên ngoài phòng bếp. Cũng cần chú ý vì đây là quá trình quan trắc thực tế nên khó có thể khống chế tất cả các điều kiện ở mức lý tưởng như ở phòng thí nghiệm; Do vậy hàm lượng bụi cũng có thể ảnh hưởng do các hoạt động khác như bụi phát sinh từ quá trình chuẩn bị nguyên vật liệu đun nấu, thực phẩm, đi lại, nhóm bếp. Bảng 1 cũng đã cho chúng ta thấy tỷ lệ I/O của PM<sub>10</sub> khi sử dụng củi, than tổ ong và LPG để đun nấu lần lượt là 2,67; 1,18 và 0,92. Kết quả này cho thấy khi sử dụng bếp củi, người làm việc trong bếp đun bị ảnh hưởng sự phơi nhiễm bụi PM<sub>10</sub>

lớn hơn rất nhiều so với các trường hợp sử dụng bếp than tổ ong và LPG. Một điểm đáng chú ý nữa là giá trị n (đại diện khoảng thời gian lấy mẫu, mỗi số liệu tương đương 5 phút đun nấu) trong Bảng 2 cho thấy khoảng thời gian đun nấu khi sử dụng LPG (n = 25) đã rút ngắn được rất nhiều so với khi đun nấu bằng bếp củi (n = 39) và bếp than (n = 60). Do bếp đun bằng LPG cho nhiệt lượng cao và vận hành dễ dàng hơn, tạo điều kiện thuận lợi hơn cho người sử dụng. Đặc điểm này cũng đáng lưu tâm trong quá trình tính mức độ phơi nhiễm của người sử dụng ở các công trình nghiên cứu sau.

Bảng 1. Hàm lượng bụi khi đun nấu các loại nhiên liệu khác nhau (đơn vị: µg/m<sup>3</sup>)

Loại bếp, vị trí quan trắc	n	PM <sub>10</sub>			PM <sub>2.5</sub>			PM <sub>1</sub>			
		AVE.	ME.	SD.	AVE.	ME.	SD.	AVE.	ME.	SD.	
Bếp củi	Bên trong	39	305,7	300,1	105,3	155,3	156,8	35,4	135,9	138,1	31,0
	Bên ngoài		114,7	70,5	143,7	41,0	36,4	18,9	28,5	29,8	7,9
Bếp than	Bên trong	60	96,8	77,4	66,3	39,6	26,3	19,0	30,1	16,4	17,5
	Bên ngoài		81,7	66,5	50,0	32,2	27,3	19,7	21,6	16,1	16,3
LPG	Bên trong	25	103,7	96,9	25,2	52,9	55,3	9,4	41,6	42,6	7,7
	Bên ngoài		112,6	93,9	44,1	59,2	58,2	16,5	43,9	44,8	9,9

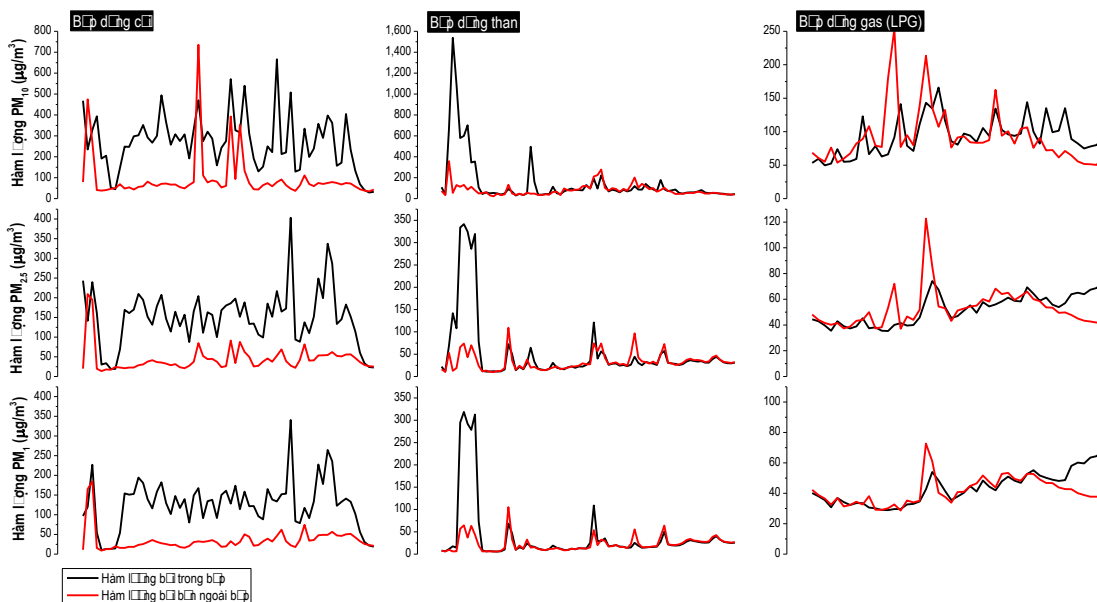
Ghi chú: Các giá trị AVE. (trung bình); ME. (trung vị); SD. (độ lệch chuẩn).

Hình 2 biểu diễn toàn bộ quá trình quan trắc, bao gồm cả thời điểm khởi động thiết bị quan trắc (lúc này chưa bật bếp đun) và cả những thời điểm sau quá trình đun nấu. Trường hợp sử dụng bếp củi (cột dọc bên trái) cho thấy hàm lượng bụi bên trong bếp luôn ở mức cao (I/O = 2,67) và thể hiện rõ ở hàm lượng bụi mịn PM<sub>2.5</sub> và siêu mịn PM<sub>1</sub>. Trong trường hợp dùng bếp than tổ ong, hàm lượng bụi tăng cao đột biến và đạt giá trị cực đại C<sub>max</sub> = 1,537 µg/m<sup>3</sup>. Như vậy có thể thấy đối với bếp than tổ ong, thời điểm nhóm lò làm phát sinh hàm lượng bụi rất lớn; Sau đó không cần quá trình tác động nhiều nhưng than vẫn tự cháy và sinh nhiệt, vì vậy làm giảm quá trình phát sinh bụi.

### 3.2. So sánh tỷ lệ bụi phát sinh khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu khác nhau

Trong các thành phần ô nhiễm không khí, bụi là nhân tố được quan tâm nhiều nhất [14, 15]. Thành phần hóa học trong hạt bụi cũng là đặc tính quyết định tầm ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng khi bị phơi nhiễm [2, 9, 12]. Bảng 2 cung cấp thêm các thông tin về tỷ lệ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> và PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> tính toán được trong quá trình quan trắc khi sử dụng các loại nhiên liệu đun nấu khác nhau.

Tỷ lệ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> thay đổi từ 0,36 đến 0,53, trong khi đó PM<sub>1</sub>/PM<sub>10</sub> thay đổi từ 0,26 đến 0,44. Tỷ lệ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> trong nghiên cứu tương đương với các nghiên cứu có trước của Begum và nnk (2009) và Cachier và nnk (1998).



Hình 2. Hàm lượng bụi (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, và PM<sub>1</sub>) bên trong và bên ngoài khu vực bếp đun khi sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau.

Các loại nhiên liệu cấp thấp (than, củi) chứa lượng lớn hydrocarbon trong trọng lượng phân tử, do vậy tạo ra nồng độ cao carbon hữu cơ trong quá trình đốt cháy [18]. Điều này dẫn đến hàm lượng PM<sub>2.5</sub> tăng, kéo theo tỷ lệ PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub> tăng lên. Khi sử dụng sinh khối (gỗ, cành và lá cây, các sản phẩm phụ nông nghiệp khác, v.v.) thường chứa một phần đáng kể tro vô cơ làm phát sinh tro các hợp chất ngoài các sản phẩm phụ hữu cơ được sản xuất bởi đốt

cháy không hoàn toàn [18]. Tỷ lệ các loại bụi cũng có thể liên quan đến hoạt động đun nấu; Khi người nấu bếp củi có thêm hành động thổi gió với mong muốn ngọn lửa cháy bùng to hơn, cấp nhiều nhiệt hơn; Hành động này làm phân tán lượng tro vào không khí, làm tăng hàm lượng bụi tức thời. Trong khi đó nếu đun nấu bằng than tổ ong hoặc LPG thì không cần hoạt động này.

Bảng 2. Tỷ lệ các loại bụi khi sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau

Loại bếp, vị trí quan trắc		PM <sub>2.5</sub> /PM <sub>10</sub>	PM <sub>1</sub> /PM <sub>10</sub>	I/O (PM <sub>10</sub> )
Bếp củi	Bên trong	0,51	0,44	2,67
	Bên ngoài	0,36	0,25	
Bếp than	Bên trong	0,41	0,31	1,18
	Bên ngoài	0,39	0,26	
LPG	Bên trong	0,51	0,40	0,92
	Bên ngoài	0,53	0,39	

*Ghi chú:* I/O (PM<sub>10</sub>) - tỷ lệ hàm lượng bụi PM<sub>10</sub> bên trong bếp / bên ngoài bếp.

#### 4. Kết luận

Hàm lượng bụi PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> và PM<sub>1</sub> được quan trắc đồng thời cả bên trong và bên ngoài phòng bếp khi đun nấu có sử dụng các loại nhiên liệu khác nhau như gỗ củi, than tổ ong và LPG. Kết quả cho thấy hàm lượng PM<sub>10</sub> rất cao trong bếp khi sử dụng củi đun. Tuy nhiên ở giai đoạn chuẩn bị, nhóm lò, hoạt động nhằm khởi động bếp đun than làm phát sinh lượng lớn bụi. Hàm lượng bụi bên trong nhà có sự ảnh hưởng bởi bụi từ không khí xung quanh xâm nhập vào. Quá trình đun nấu bằng LPG cho thấy thời gian được rút ngắn đi khá nhiều, làm giảm hàm lượng bụi phơi nhiễm trong quá trình đun nấu. Trong các nghiên cứu tiếp theo cần phân tích thêm về hiệu quả kinh tế - môi trường khi đun nấu bằng các loại nhiên liệu khác nhau như vậy.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Khoa học Tự nhiên trong đề tài mã số TN.18.20. Qua đây các tác giả cũng xin chân thành cảm ơn gia đình ông Nguyễn Văn Đào (thôn Đại Thắng, xã Nam Mỹ, huyện Nam Trực, tỉnh Nam Định) đã tạo điều kiện thuận lợi cho nhóm nghiên cứu triển khai nhiệm vụ quan trắc môi trường để thực hiện nghiên cứu này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] N. E. Klepeis, W. C. Nelson, W. R. Ott, J. P. Robinson, A. M. Tsang, S. Paul, J. V. Behar, S. C. Hern, W. H. Engelmann, The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): A resource for assessing exposure to environmental pollutants, *Journal of exposure analysis and environmental epidemiology* 11 (2001) 231.
- [2] WHO (2014), 7 million premature deaths annually linked to air pollution; Link: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>. Last access on 30/07/2018.
- [3] WHO (2006), Indoor air pollution: 4000 deaths a day must no longer be ignored; Link: <http://www.who.int/bulletin/volumes/84/7/editorial130706html/en/>. Last access on 30/07/2018.
- [4] M. S. Crandall, W. K. Sieber, The National Institute for Occupational Safety and Health indoor environmental evaluation experience. Part I: Building environmental evaluations, *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 11 (1996) 533.
- [5] A. Ellegård, Health effects of cooking air pollution among women using coal briquettes in Hanoi, *Environmental technology* 18 (1997) 409.
- [6] N. A. Janssen, P. H. v. Vliet, A. Francée, H. Hendrik, B. Bert, Assessment of exposure to traffic related air pollution of children attending schools near motorways, *Atmospheric environment* 35 (2001) 3875.
- [7] S. Lee, M. Chang, Indoor and outdoor air quality investigation at schools in Hong Kong, *Chemosphere* 41 (2000) 109.
- [8] H. Richard, E. Richard, H. Tim, School indoor air quality best management practices manual, Washington State Department of Health, Olympia, Washington (1995).
- [9] J. M. Samet, M. C. Marbury, J. D. Spengler, Health effects and sources of indoor air pollution. Part I, *American Review of Respiratory Disease* 136 (1987) 1486.
- [10] K. R. Smith, S. Mehta, The burden of disease from indoor air pollution in developing countries: comparison of estimates, WHO/USAID Global Technical Consultation University of California Berkeley, CA 94720-7360 (2000).
- [11] K. R. Smith, J. M. Samet, I. Romieu, N. Bruce, Indoor air pollution in developing countries and acute lower respiratory infections in children, *Thorax* 55 (2000) 518.
- [12] USEPA, An introduction to indoor air quality (IAQ), United States Environmental Protection Agency (US EPA) (2014) United States.
- [13] W. Yang, J. Sohn, J. Kim, B. Son, J. Park, Indoor air quality investigation according to age of the school buildings in Korea, *Journal of environmental management* 90 (2009) 348.
- [14] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia năm 2013: Môi trường Không khí, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 2013.
- [15] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia giai đoạn 2011 - 2016, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội, 2016.
- [16] Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội Chủ nghĩa Việt Nam, Luật phòng, chống tác hại của thuốc lá, (2012).

- [17] T. Beer, T. Grant, G. Morgan, J. Lapszewicz, P. Anyon, J. Edwards, P. Nelson, H. Watson, D. Williams. Comparison of Transport Fuels: Final Report to the Australian Greenhouse Office on the Stage 2 Study of Life-Cycle Emissions - Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles. Report No. EV45A/2/F3C, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Aspendale, Victoria, Australia, 2001.
- [18] B. A. Begum, S. K. Paul, M. D. Hossain, S. K. Biswas, P. K. Hopke, Indoor air pollution from particulate matter emissions in different households in rural areas of Bangladesh, *Building and Environment* 44 (2009) 898.
- [19] H. Cachier, C. Lioussé, P. Buat-Menard, A. Gaudichet, Particulate content of savanna fire emissions, *Journal of Atmospheric Chemistry* 22 (1995) 123.

## Particulate Matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>) indoor Pollution by Using Different Fuel Materials

Hoang Anh Le, Dinh Manh Cuong, Nguyen Thi Kim Anh

*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science,  
334 Nguyen Trai, Thanh Xuan, Hanoi, Vietnam*

**Abstract:** Coal, wood, agricultural waste, and liquid petroleum gas (LPG) are among the major fuel materials used for cookstove in Vietnam. However, the use of these energy sources is controversial since they are also the sources of hidden indoor air pollution which could adversely impact human health. In the present study, particulate matter concentrations (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>) are monitored by GRIMM 107-G (*Grimm Technologies, Inc., Douglasville, GA, USA*) throughout cooking time using different fuels such as coal, wood, and LPG. The results show that the indoor concentrations of particulate matters tend to be higher than those of ambient air. Among the distinguished fuels, wood produces the highest PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub> concentrations, up to  $305.7 \pm 105.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $158.3 \pm 35.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ;  $135.9 \pm 31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  respectively. The PM<sub>10</sub> indoor and outdoor ratios during cooking time using different fuels such as coal, wood, and LPG are 2.67; 1.18; 0.92 respectively. These high concentration of particulate matters in the kitchen is harmful for people, especially the wives in the household who have longer exposure time to those pollutants.

*Keywords:* Indoor air pollution, cookstove, kitchen room.