

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ICP-MS ĐỂ XÁC ĐỊNH, ĐÁNH GIÁ Ô NHIỄM KIM LOẠI NẶNG (Cd, As, Pb, Zn) TRONG CHẤT THẢI RẮN, ĐẤT VÀ BỤI KHÔNG KHÍ TẠI LÀNG NGHỀ TÁI CHẾ NHÔM VĂN MÔN, YÊN PHONG, BẮC NINH

Đến tòa soạn 30-9-2022

Nguyễn Thị Phố, Phan Quang Thăng, Nguyễn Văn Toàn, Trần Trung Kiên, Trịnh Thị Thủy
Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
Email: phont5486@gmail.com

SUMMARY

APPLICATION OF ICP-MS METHOD TO DETERMINE AND ASSESS HEAVY METAL POLLUTANTS (Cd, As, Pb, Zn) IN SOLID WASTE, SOIL, AND AIR DUST AT ALUMINUM RECYCLING VAN MON CRAFT VILLAGE, YEN PHONG, BAC NINH

To evaluate the possibility of heavy metal emission from aluminum recycling craft village activities in Man Xa village, Van Mon, Bac Ninh, heavy metals (Cd, As, Pb, Zn) in the solid waste, soil, air dust were determined by ICP-MS equipment during November - December 2021. Among the heavy metals studied, Pb was an element with high concentration that exists in all three environment components: solid waste, soil, and ambient air. 9/28 samples, accounting for 30% of the total number of samples analyzed with Pb concentration was exceeded QCVN 07:2009/BTNMT (regulations on hazardous waste thresholds) for both total and leaching extraction methods and those samplers were identified as hazardous waste. In addition, 3/28 samples had Zn level exceeding the allowable limit, 1/28 sample had Cd level exceeding the allowable limit and were hazardous waste. Moreover, all 4 air dust samples have heavy metal concentrations exceeding the allowed standards, 4 heavy metal concentrations in 4/6 soil sampler were exceeded the allowed standard by 1.2-3 times. The research results show the high level of heavy metal pollution in solid waste, soil, and air dust from aluminum recycling activities due to lack of management and treatment action of solid waste and air.

Keywords: Heavy metal, Craft village, Van Mon- Bac Ninh, Solid Waste

1. MỞ ĐẦU

Các kim loại nặng như Cd, As, Pb, Zn có độc tính cao gây ô nhiễm môi trường và nguy hại đến sức khỏe con người. Cd, As, Pb, Zn được Tổ chức y tế thế giới (WHO) xác định là bốn trong các chất kim loại nặng ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng; Từ những năm 1950 đến 1980, các bệnh lý và rối loạn sức khỏe nghiêm trọng gây nên bởi các kim loại trên đã được phát hiện tại nhiều nơi trên thế giới, điển hình như bệnh Itai-itai do nhiễm độc cadimi tại quận Toyama, Nhật Bản vào những năm 1950,

hoặc tại Iraq vào những năm 1970, hơn 10.000 người nhiễm độc và sau đó hàng ngàn người chết do sử dụng lương thực nhiễm Hg [1, 2]. Cho dù tiềm ẩn nhiều nguy cơ gây tác động nghiêm trọng đến sức khỏe con người, nhưng tại một số nước đang phát triển, sự phát tán kim loại nặng vẫn có xu hướng gia tăng bởi hệ quả của việc phát triển công nghiệp, phát triển làng nghề, quá trình đô thị và việc chưa quản lý hiệu quả chất thải.

Ô nhiễm kim loại nặng tại các làng nghề tái chế đã được một số nghiên cứu thực hiện như

đánh giá sự có mặt 7 kim loại nặng trong máu ở trẻ em tại làng nghề tái chế pin Nghĩa Lộ, Mỹ Hào, Hưng Yên [3]. Liều lượng rủi ro của Pb từ nguồn lương thực của làng tái chế nhôm Văn Môn - Bắc Ninh cũng đã được nghiên cứu và công bố. 45 mẫu gạo trong đó 35 mẫu từ khu nông nghiệp có ảnh hưởng bởi nguồn thải của làng nghề và 10 mẫu gạo từ vùng ít chịu ảnh hưởng do nguồn thải làm mẫu đối chứng. Hàm lượng Pb trung bình tại làng nghề là 0,057 ppm trong đó mẫu đối chứng là 0,029 ppm, HQI - chỉ số liều lượng rủi ro ở khu làng nghề cũng cao hơn từ 1,5 - 2 lần [4]. Chất lượng nước và đất tại Văn Môn cũng được đánh giá và đưa ra cảnh báo mức độ ô nhiễm các kim loại Cu, Cd, Zn và Pb [5].

Những người dân thôn Mẫn Xá, xã Văn Môn, huyện Yên Phong, tỉnh Bắc Ninh đang phải đối mặt với những rủi ro về sức khỏe và ô nhiễm môi trường từ nghề tái chế nhôm. Đây được coi là làng nghề tái chế nhôm có quy mô lớn nhất miền Bắc. Các hộ chủ yếu sản xuất theo quy mô tự phát, hộ gia đình nên việc kiểm soát ô nhiễm không được chú trọng. Trung bình một năm các hộ trong thôn Mẫn Xá tái chế khoảng 10.000 tấn nhôm phế thải và một ngày một hộ làm nghề đun đúc từ 200 - 300 kg bột nhôm. Trong đó, phải dùng bột chì để kéo lấy bột nhôm (tính trung bình 1 ngày, thôn Mẫn Xá sử dụng khoảng trên dưới 1 tấn bột chì) Do thiếu công nghệ xử lý chất thải, diện tích chứa chất thải không đủ nên phế thải trong quá trình sản xuất, chủ yếu là xỉ nhôm đều được đổ thả ra các bãi đất, vườn hoặc ruộng. Theo số liệu của UBND xã Văn Môn, mỗi ngày, các cơ sở tái chế thải ra môi trường hơn 3 tấn tro xỉ [6]. Nghiên cứu đánh giá hiện trạng ô nhiễm kim loại nặng trong chất thải rắn và các thành phần môi trường như đất và không khí giúp các cơ quan quản lý cấp Bộ và địa phương có chính sách, giải pháp kịp thời nhằm giảm ô nhiễm môi trường

2. HÓA CHẤT, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

2.1. Hóa chất

+ Nước deion được sử dụng trong suốt quá trình chuẩn bị mẫu và phân tích.

+ Chuẩn hỗn hợp: Be, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Tl, V, As, Zn, Mg, Ca, Fe, Sb, Ti, Se nồng độ 100 mg/L được cung cấp bởi hãng CPA Chem, Bulgaria.

+ Nội chuẩn scandium, yttrium, indium, terbium, bismuth nồng độ 10mg/L của LGC (Đức);

+ Cân phân tích độ chính xác đến 10^{-4} g,

+ Axit HCl 1N: pha loãng 83 ml HCl đậm đặc đến 1000 mL

+ NaOH 1 N:pha loãng 40 g NaOH rắn đến 1000 mL với nước deion

+ HNO₃ 68% của Merck

+ Khí Argon độ tinh khiết 99.999% (Messer)

+ Khí Heli độ tinh khiết 99.999% (Messer)

2.2. Dụng cụ, thiết bị phân tích

+ Màng lọc sợi thủy tinh, đường kính lỗ 0,45 μ m

+ Nắp kính đồng hồ

+ Máy phá mẫu Multiwave go

+ Giấy đo pH

+ Bình định mức 10 mL, 25ml, 50ml

+ Ống đong chia độ, loại dung tích 1000 mL.

+ Hệ thống khối phổ plasma cao tần cảm ứng ICP-MS 7700 (Agilent) được chuẩn hóa bằng dung dịch tune bao gồm các kim loại Ce, Co, Li, Mg, Tl, Y trong HNO₃ 2%, có nồng độ 1ppb.

2.3. Phương pháp lấy và phân tích

Quy trình thao tác lấy mẫu nước được thực hiện theo TCVN 6663-1:2011, TCVN 6663-3:2016; các mẫu nước được axit hóa mẫu bằng HNO₃ 1:1; Các mẫu chất thải rắn được lấy theo TCVN 9466:2012, mẫu đất theo TCVN 7538-2:2005. Các mẫu chất thải rắn, đất được phơi khô nghiền nhỏ sau đó sàng với rây kích thước 0,5 mm;

Ứng dụng ICP/MS trong nghiên cứu, phân tích và đánh giá hàm lượng các kim loại nặng đã được công bố trước đây [7]. Ở nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phương pháp ICP/MS để phân tích các kim loại nặng trong đất, chất thải rắn. Sử dụng 2 phương pháp (chiết độc tính và hàm

lượng tuyệt đối) phân tích chất thải rắn để xác định hàm lượng chất ô nhiễm và phân định phân loại chất thải nguy hại tại thôn Mẫn Xá.

- Phương pháp chiết độc tính theo US EPA Method 1311: Sử dụng nước siêu sạch thêm vào mẫu để kiểm tra pH và xác định dung dịch chiết cần dùng. Dung dịch chiết 1: Lấy 11,4 mL axit axetic và 128,6 mL dung dịch NaOH 1N định mức 2L bằng nước deion, điều chỉnh sao cho $\text{pH} = 4,93 \pm 0,05$. Dung dịch chiết 2: pha từ 11,4 mL axit axetic định mức 2L bằng nước deion, điều chỉnh sao cho $\text{pH} = 2,88 \pm 0,05$.

Nếu mẫu có $\text{pH} < 5$ thì cân khoảng 100g mẫu, thêm dung dịch chiết 1 và định mức đến 2L, điều chỉnh pH sao cho $\text{pH} < 5$; Nếu mẫu có $\text{pH} > 5$ thì cân khoảng 100g mẫu, thêm dung dịch chiết 2 vào bình định mức 2l, điều chỉnh pH sao cho $\text{pH} < 5$; hỗn hợp mẫu và dung dịch ngâm chiết cho vào máy lắc quỹ đạo tròn trong thời gian $18 \pm 2\text{h}$, sau đó lọc lấy dung dịch chiết bằng màng lọc $0,45\mu\text{m}$ và thêm HNO_3 đến $\text{pH} < 2$.

- Phương pháp xác định hàm lượng tuyệt đối kim loại, á kim trong chất rắn - Quy trình hòa tan mẫu chất thải rắn, trầm tích, bùn, đất và dầu bằng lò vi sóng có sự hỗ trợ của axit HNO_3 theo US EPA Method 3051. Cân khoảng 0,5g mẫu cho vào ống lò vi sóng, thêm 10 ml HNO_3 đặc, đậy nắp cho vào lò vi sóng gia nhiệt ở nhiệt độ 175°C trong 10 phút, sau đó giữ nhiệt độ lò vi sóng trong khoảng $170\text{-}180^\circ\text{C}$ trong 20 phút, dung dịch sau đó định mức thành 50ml bằng nước deion.

Các mẫu không khí xung quanh lấy theo phương pháp NIOSH Method 7300, được hấp thụ bằng máy Kimoto - Nhật Bản trong vòng 60 phút với tốc độ 1,5ml/phút. Giấy lọc bụi sau khi lấy về được chia nhỏ cho vào cốc 50ml thêm 5ml HNO_3 , đậy nắp kính và để chờ 30 phút. Gia nhiệt ở 120°C bằng bếp điện đến khi dung dịch còn khoảng 0,5ml. Thêm HNO_3 và

đun đến khi được dung dịch trong, sau đó tăng nhiệt độ lên 150°C đun còn khoảng 0,5ml mẫu. Sau đó chuyển toàn bộ mẫu vào bình và định mức bằng HNO_3 2%

Số lượng mẫu chất thải rắn là 28 mẫu tại quanh các điểm trong thôn Mẫn Xá, 4 mẫu khí xung quanh tại 4 hướng (đông, tây, nam, bắc) của thôn và 06 mẫu đất tại thôn để đánh giá lượng phát tán kim loại nặng trong các môi trường của khu vực nghiên cứu

- Các dụng cụ phân tích được ngâm rửa trong Axit HNO_3 5% và tráng rửa bằng nước siêu sạch để tránh lây nhiễm kim loại;

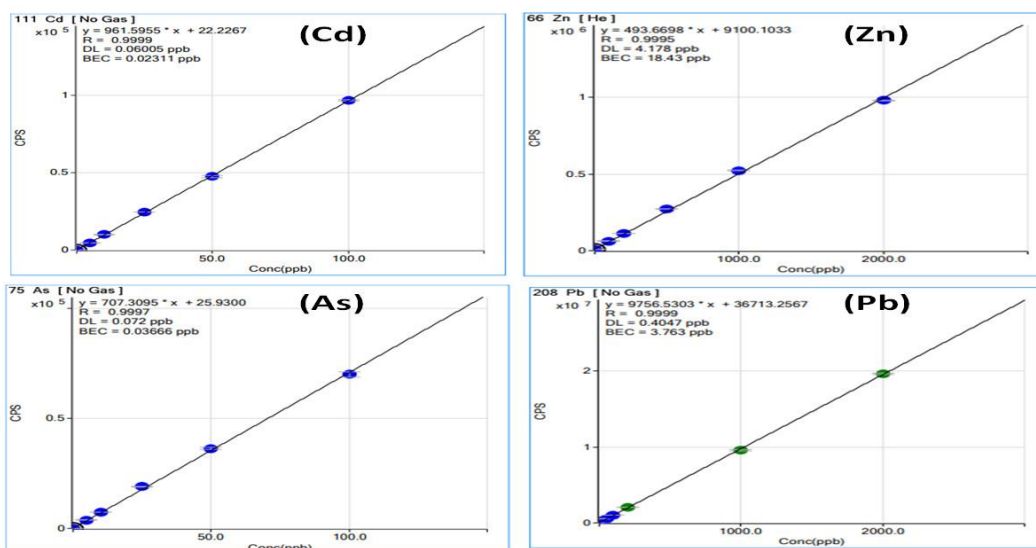
- Điều kiện phân tích: hệ thống ICP-MS cần đạt chân không 3.10^{-5} - 6.10^{-4} khi ở chế độ standby mode, nhiệt độ phòng sau khi bật plasma nên ở 15°C - 30°C nhưng không được thay đổi quá 2°C trong 1 giờ. Hệ thống cần ổn định sau khi bật plasma tối thiểu là 10 phút và dùng dung dịch tune máy trước khi phân tích mẫu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Đường chuẩn của các chất phân tích đồng thời trên thiết bị ICP-MS đều có độ tuyến tính cao với $R^2 > 0,999$. Hình 1 là đồ thị đường chuẩn và phương trình đường chuẩn của Cd, As, Pb, Zn. Bảng 1 cho thấy RSD% lặp lại bởi cùng một người phân tích trong khoảng (1,95 - 4,72 %) và RSD% tái lập khi thay đổi người phân tích và ngày phân tích trong khoảng (2,23 - 4,97%) cho thấy phương pháp có độ lặp lại cao phù hợp để phân tích hàm lượng các kim loại trong thời gian dài.

Độ đúng và chính xác của phương pháp được tiến hành thông qua phân tích lặp lại mẫu kiểm chuẩn kết quả hàm lượng các kim loại thu được dao động trong khoảng (80-95%).

Giới hạn phát hiện (MDL) nhóm nghiên cứu khảo sát được trong khoảng (0,05– 0,53) mg/kg. Giới hạn định lượng (MQL) khảo sát được trong khoảng (0,17 - 1,69) mg/kg. Đảm bảo phân tích được toàn bộ các kim loại đáp ứng được các quy chuẩn hiện hành quy định.



Hình 1. Đường chuẩn các kim loại Cd, As, Pb, Zn trên thiết bị ICP-MS Agilent 7700

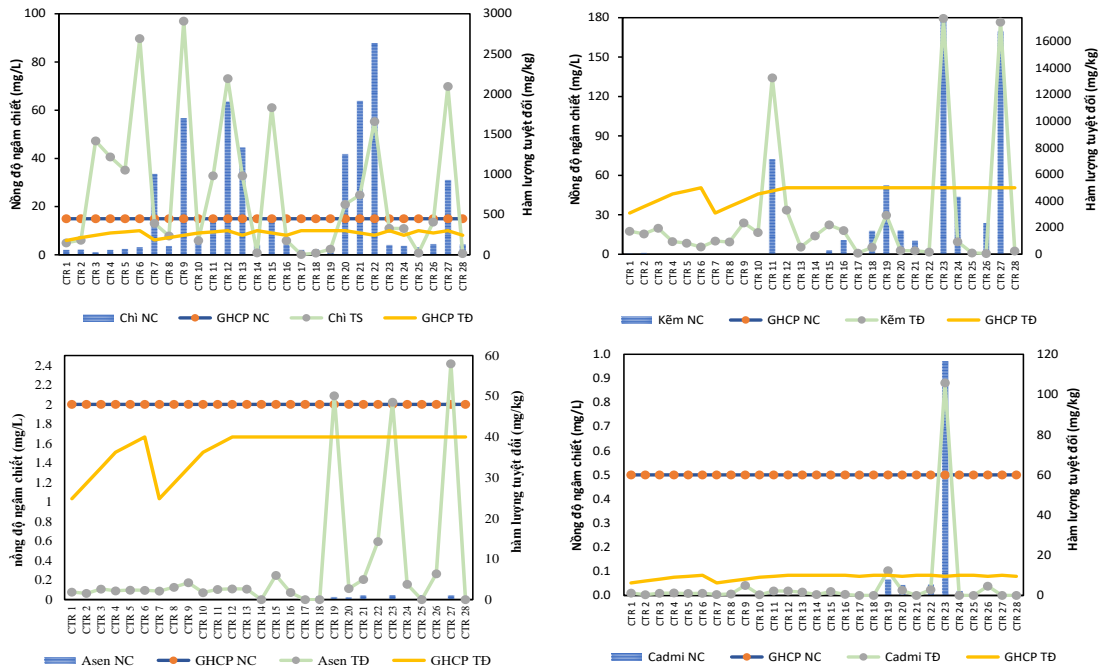
Bảng 1. Kết quả kiểm tra lại phương pháp phân tích đồng thời các kim loại nặng bằng phương pháp ICP-MS

Tên chất	Phương trình đường chuẩn	R ²	Độ lặp lại RSD (%)	Độ tái lặp RSD (%)	Giới hạn phát hiện MDL, (mg/kg)	Giới hạn định lượng MQL (mg/kg)	Hiệu suất thu hồi (%)
Cd	$y = 961,5955 * x + 22,2267$	0,9999	3,1	3,4	0,05	0,17	88-94
As	$y = 707,3095 * x + 25,9300$	0,9997	3,0	4,1	0,53	1,69	81-95
Pb	$y = 9756,5303 * x + 36713,2567$	0,9999	1,95	2,23	0,35	1,1	84-94
Zn	$y = 493,6698 * x + 9100,1033$	0,9995	4,72	4,97	0,31	0,97	80-95

Kết quả phân tích 28 mẫu chất thải rắn lấy tại thôn Mẫn Xá, xã Văn Môn, huyện Yên Phong, tỉnh Bắc Ninh vào tháng 11 năm 2021 và tháng 12 năm 2021 cho thấy: đã định lượng và so sánh với QCVN 07:2009/BTNMT, 9/28 mẫu có Pb ở hàm lượng tuyệt đối vượt QCVN từ 2-15 lần, 3/28 mẫu có hàm lượng tuyệt đối As vượt QCVN từ 1,5-2 lần; 2/28 mẫu có hàm lượng tuyệt đối Cd vượt QCVN từ 1,5-2 lần; 3/28 mẫu có hàm lượng tuyệt đối Zn vượt QCVN từ 3-4 lần.

Kết quả phân tích hàm lượng ngậm chiết và hàm lượng tuyệt đối, cho thấy xác định có 9/28 mẫu có hàm lượng Pb hoặc Zn, Cd vượt cả 2 phương pháp và là chất thải nguy hại; Trong số các kim loại phân tích và so sánh với QCVN 07:2009/BTNMT cho thấy Pb là nguyên tố vượt quy chuẩn cho phép nhiều nhất ở hầu hết các mẫu với hàm lượng tuyệt đối từ 200-3000 mg/kg và hàm lượng ngậm chiết từ 1-90 mg/l, tiếp đến là hàm lượng tuyệt đối As từ 5-60

ppm, hàm lượng tuyệt đối của Zn từ 200-18.000 ppm và hàm lượng ngậm chiết từ, 0,5-180 mg/l, tiếp đó là Cd hàm lượng tuyệt đối từ 10-110mg/kg và hàm lượng ngậm chiết từ 0,1-1 mg/l. Hàm lượng tuyệt đối As từ 5-60 mg/kg và hàm lượng ngậm chiết từ 0,01-0,05 mg/l. Kết quả đo Pb, Zn và Cd cao hơn nhiều lần so với công bố trước đây của làng nghề cơ khí tại Nigeria [8]. Như vậy, ô nhiễm chất thải rắn, đặc biệt là Pb và Zn ở khu vực thôn Mẫn Xá là vấn đề đáng lưu tâm hiện nay, mà nguồn gốc của Pb phát sinh từ hoạt động công nghiệp tái chế nhôm của làng. Ngoài ra, một số mẫu có sự xuất hiện của các kim loại độc hại khác như As, Cd, Zn. Qua kết quả phân tích ở hình 2 cho thấy các mẫu chất thải rắn thu ở thôn Mẫn Xá có khoảng 30% vị trí là mẫu chất thải nguy hại. Quá trình thu gom và quản lý chất thải nguy hại từ hoạt động tái chế đã làm ảnh hưởng đến môi trường đất cũng như môi trường không khí tại khu vực nghiên cứu.



Hình 2. Kết quả phân tích các mẫu chất thải rắn trên thiết bị ICP-MS bởi 2 hàm lượng ngậm chiết và hàm lượng tuyệt đối so sánh với QCVN 07:2009/BTNMT (GHCP - giới hạn cho phép; NC - ngậm chiết; TĐ - Tuyệt đối)

Bảng 2. Nồng độ các chất phân tích trên mẫu đất so sánh với QCVN 03:2015/BTNMT

Hàm lượng kim loại nặng (mg/kg đất khô)				
Vị trí lấy mẫu	Cd	As	Pb	Zn
Đ1	1,05	0,6	153,7	502,5
Đ2	0,45	0,58	21,9	109,5
Đ3	1,12	0,59	66,2	408,8
Đ4	0,32	0,79	36,7	256,9
Đ5	0,45	0,86	73,8	152,7
Đ6	0,22	0,59	25,8	186,1
QCVN 03-MT:2015/BTNMT (đất nông nghiệp)	1,5	15	70	200

Ghi chú:

Đ1 - Khu Trường tiểu học xã Văn Môn;

Đ2 - Khu vực cầu Tó, thôn Quan Độ, xã Văn Môn;

Đ3 - Khu xứ Đòng Mã Xây, thôn Mẫn Xá, Xã Văn Môn;

Đ4 - Cạnh nghĩa trang thôn Mẫn Xá (gần Cụm công nghiệp làng nghề thôn Mẫn Xá);

Đ5 - Khu Góc Bự, thôn Quan Độ (cách thôn Mẫn Xá khoảng 1,0 km);

Đ6 - Khu Xứ Đòng vùng 3 thôn Tiên Thôn (giáp thôn Mẫn Xá);

Để đánh giá sự ảnh hưởng của chất thải từ làng nghề tái chế phát tán ra ngoài môi trường đất, 6 mẫu đất chủ yếu là gần khu vực sản xuất nông nghiệp, kênh mương thủy lợi và trường học quanh khu vực làng nghề đã được lấy và phân

tích. Kết quả phân tích (bảng 2) cho thấy 2/6 mẫu đất có hàm lượng Pb vượt QCVN 03:2015/BTNMT từ 1,2-2 lần, kết quả Pb không cao hơn nhiều so với khu vực mỏ Chi kẽm làng Hích, tỉnh Thái Nguyên. Kết quả

phân tích cũng cho thấy 3/6 mẫu phát hiện bị ô nhiễm kim loại nặng Zn, hầu hết các mẫu có hàm lượng Zn lại cao hơn so với 1 số nghiên cứu tại khu vực mỏ Chì kẽm làng Hích, tỉnh Thái Nguyên [9]. Hàm lượng As và Cd đều nằm trong giới hạn cho phép trong đất nông nghiệp. Mẫu đất Đ1 có đồng thời cả hàm lượng

Pb, Zn vượt ngưỡng QCVN cho phép. Như vậy, qua phân tích 6 mẫu đất cho thấy rằng đất tại khu vực này có nguy cơ ô nhiễm Pb, Zn cao. Điều này cho thấy các kim loại nặng phát sinh trong quá trình luyện Nhôm đã phát tán ra môi trường đất với hàm lượng lớn, gây ảnh hưởng đến môi trường đất tại khu vực.

Bảng 3. Nồng độ Bụi, và các kim loại Cd, As, Pb, Zn trong mẫu không khí xung quanh

Hàm lượng chất độc hại trong môi trường không khí (μm^3)					
Vị trí lấy mẫu	Cd	As	Pb	Zn	TSP
A1	0,06	0,23	4,78	129,8	2.265
A2	0,02	0,23	2,89	19,3	2.273
A3	0,72	0,07	0,70	39,6	2.284
A4	1,00	0,10	1,03	52,8	2.275
QCVN 05-MT:2013/BTNMT	-	-	1,5	-	200
QCVN 06-MT:2009/BTNMT	0,4	0,03	-	-	-

Ghi chú:

A1-Đối diện xưởng tái chế nhôm nhà Ông Nguyễn Văn Đa thôn Mẫn Xá - đợt 1

A2 Cách xưởng tái chế nhôm nhà Ông Nguyễn Văn Đa khoảng 100m về nghĩa trang thôn Mẫn Xá - đợt 1

A3-Đối diện xưởng tái chế nhôm nhà Ông Nguyễn Văn Đa thôn Mẫn Xá – đợt 2

A4 Cách xưởng tái chế nhôm nhà Ông Nguyễn Văn Đa khoảng 100m về nghĩa trang thôn Mẫn - đợt 2

Ngoài ra, nhóm nghiên cứu đã lấy và phân tích 4 mẫu không khí xung quanh với hàm lượng Bụi tổng số và 1 số kim loại cho thấy cả 4 mẫu không khí xung quanh đều có Bụi tổng số vượt QCVN 05:2009/BTNMT rất nhiều lần và đồng thời cả 4 mẫu đều phát hiện có As, Cd, Pb trong không khí vượt QCCP từ 1,5-8 lần, hàm lượng Zn trong không khí dao động từ 19-129,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kết quả này cao hơn một số nghiên cứu về nồng độ bụi tại khu vực tái chế rác điện tử [10, 11]. Sự xuất hiện các kim loại nặng trong môi trường không khí xung quanh khu vực nghiên cứu là phù hợp vì một lượng lớn bụi từ bãi thải của hoạt động tái chế Nhôm đã phát tán ra môi trường. Như vậy, hoạt động tái chế kim loại tại khu vực thôn Mẫn Xá không chỉ làm ảnh hưởng đến môi trường đất mà còn phát tán ra môi trường không khí xung quanh gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người.

4. KẾT LUẬN

Đánh giá sự ô nhiễm kim loại nặng trong mẫu chất thải rắn, đất, không khí và nước mặt tại làng nghề tái chế nhôm Văn Môn, Yên Phong, Bắc Ninh đưa ra hiện trạng ô nhiễm, giúp các cơ quan quản lý nhà nước có biện pháp xử lý và giảm thiểu ô nhiễm.

Phương pháp phân tích đồng thời các kim loại As; Cd; Pb; Zn trong các mẫu đất, trầm tích không khí trên thiết bị ICPMS 7700 có độ tin cậy, độ chính xác cao. Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng đáp ứng yêu cầu phân tích theo các tiêu chuẩn hiện hành.

Hàm lượng 4 kim loại nặng (Cd, As, Pb, Zn) trong mẫu chất thải rắn có 9/28 mẫu vượt quy chuẩn cho phép nhiều lần và xác định 30% số lượng mẫu phân tích là chất thải nguy hại.

Các kim loại nặng cũng phát hiện với hàm lượng cao so với QCVN trong mẫu đất và mẫu không khí xung quanh. Điều đó cho thấy sự

phát tán ô nhiễm kim loại nặng ra ngoài môi trường từ hoạt động tái chế của làng nghề.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Järup, L., 2003, Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin*. 68(1): p. 167-182.
2. Aoshima, K., 2012, [Itai-itai disease: cadmium-induced renal tubular osteomalacia]. *Nihon eiseigaku zasshi. Japanese journal of hygiene*. 67(4): p. 455-463.
3. Sanders, A.P., et al., 2014, Toxic metal levels in children residing in a smelting craft village in Vietnam: a pilot biomonitoring study. *BMC Public Health*. 14(1): p. 114.
4. Nguyễn, L.A., et al., 2010, Nghiên cứu chỉ số liều lượng rủi ro của chì (Pb) từ nguồn lương thực tại làng nghề tái chế nhôm Văn Môn - Bắc Ninh. *Tạp chí Khoa học tự nhiên và Công nghệ - ĐHQGHN*. 26: p. 95-103.
5. Ha, P.Q., V.D. Tuan, and H.M. Thang, 2002, Study on soil and water environment quality in a traditional rural handicraft production village-A case study of Van Mon village Yen Phong district, Bac Ninh province. *Science and Technology Journal of Agriculture and Rural Development*. 6: p. 367-368.
6. Son, T. and H. Phan, 2022, Ô nhiễm môi trường làng nghề. *Báo Nhân Dân*: p. <https://nhandan.vn/o-nhiem-moi-truong-tai-lang-nghe-man-xa-post693898.html> (Ngày truy cập 21/9/2022).
7. Hoàng Minh Tạo, Nguyễn Quang Trung, Lê Văn Nhân, Nguyễn Ngọc Tùng, Phạm Thị Phương Thảo, Phạm Thị Trà, Vũ Đức Nam, 2017, Determination of the analytical procedure of heavy metals in alcohol beverages in Vietnam using ICP/MS Method. *Journal of Analytical Sciences*. 4(22): p. 53-61.
8. Abegunde, B.A.A.a.K.D., 2011, Heavy metals contamination of soil and groundwater at automobile mechanic villages in Ibadan, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences*. 6(5): p. 1045-1058.
9. Vương Trường Xuân, Phan Thanh Phương, Dương Thị Tú Anh, Dương Tuấn Hưng, Nguyễn Ngọc Tùng, 2021, Analyzing the content of Cu, Pb, Cd, and Zn in soil in the PB/ZN mining zone, High village, Thai Nguyen province by using ICP-MS Method. *Journal of Analytical Sciences*. 4B(26): p. 105-109.
10. Zheng, J., et al., 2013, Heavy metals in food, house dust, and water from an e-waste recycling area in South China and the potential risk to human health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 96: p. 205-212.
11. Singh, M., P.S. Thind, and S. John, 2018, Health risk assessment of the workers exposed to the heavy metals in e-waste recycling sites of Chandigarh and Ludhiana, Punjab, India. *Chemosphere*. 203: p. 426-433.