TẠP CHÍ
KHÍ TƯỢNG THỦY VĂN

Check for updates

Bài báo khoa học

Đánh giá hiện trạng phát sinh và quản lý chất thải nguy hại phòng thí nghiệm tại Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Võ Ngọc Diệu Thy[1], Lê Ngọc Tuấn[1]*

[1] Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh; vongocdieuthy@gmail.com; lntuan@hcmus.edu.vn

*Tác giả liên hệ: lntuan@hcmus.edu.vn; Tel.: +84–908391379

Ban Biên tập nhận bài: 30/5/2024; Ngày phản biện xong: 17/7/2024; Ngày đăng bài: 25/12/2024

Tóm tắt: Hoạt động nghiên cứu khoa học tại các phòng thí nghiệm (PTN) thường tạo ra nhiều loại chất thải nguy hại (CTNH) với độc tính và mức độ nguy hiểm đáng kể, đặt ra những thách thức lớn trong việc quản lý an toàn và bền vững các loại chất thải này. Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá hiện trạng phát sinh và công tác quản lý CTNH phòng thí nghiệm nội vi Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM. Trên cơ sở thu thập dữ liệu, điều tra khảo sát và xử lý số liệu, nghiên cứu ước tính tổng lượng CTNH phát sinh khoảng 8,8 tấn/năm (tương ứng 3,9 tấn/năm và 4,9 tấn/năm tại cơ sở 1 và cơ sở 2), trong đó, nhóm hóa chất thải và hỗn hợp chất thải có thành phần nguy hại (mã số CTNH 19 05 02) chiếm tỉ lệ cao (51-68%). Nhận thức và thái độ của sinh viên về quản lý CTNH PTN được đánh giá ở mức tốt và tích cực, tuy nhiên hành vi phân loại CTNH vẫn chưa được thực hiện triệt để. Bên cạnh đó, công tác quản lý nội vi CTNH PTN cơ bản đã tuân thủ các quy định pháp luật về quản lý CTNH mặc dù vẫn tồn tại một số khía cạnh cần cải thiện trong lưu trữ, vận chuyển nội vi và tập kết tập trung CTNH… Trên cơ sở phân tích các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức trong hoạt động quản lý CTNH PTN (phát sinh CTNH, quản lý hành chính, quản lý kỹ thuật), các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả công tác quản lý nội vi CTNH PTN tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM được đề xuất, phục vụ như một mô hình điểm để nhân rộng và áp dụng tại các cơ sở nghiên cứu và giảng dạy khoa học khác.

Từ khoá: Chất thải nguy hại; Quản lý chất thải nguy hại; Phòng thí nghiệm.

1. Đặt vấn đề

Theo Luật Bảo vệ môi trường của Việt Nam năm 2020, CTNH là chất thải chứa yếu tố độc hại, phóng xạ, lây nhiễm, dễ cháy, dễ nổ, gây ăn mòn, gây nhiễm độc hoặc có đặc tính nguy hại khác [1]. Hiện nay, cùng với sự gia tăng về nhu cầu giảng dạy, nghiên cứu và học tập, các PTN ngày càng thải ra nhiều CTNH, làm gia tăng nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe của người học, cán bộ giảng dạy và nghiên cứu. Đáng chú ý, các PTN trong lĩnh vực học thuật tại các tổ chức giáo dục thường có xu hướng gây nên mức độ nguy hại cao hơn so với các PTN công nghiệp do thiếu sự kiểm soát đầy đủ về an toàn hóa chất [2–8].

Các nghiên cứu về CTNH được tiếp cận ở nhiều vấn đề và phạm vi: hiện trạng phát sinh và dự báo khối lượng CTNH [9–10], pháp luật Việt Nam trong quản lý CTNH [11, 12]… Tuy nhiên, các nghiên cứu về CTNH phát sinh từ PTN ở Việt Nam còn hạn chế trong khi các kế hoạch quản lý chất thải tại các trường đại học ở các nước phát triển đã bắt đầu từ hơn 20 năm trước, kể cả việc xây dựng chính sách, thể chế [13]. Nhìn chung, những nghiên cứu đánh

giá công tác quản lý CTNH PTN có thể chia thành các nhóm như sau: nhóm nghiên cứu về hiện trạng phát sinh [8, 14, 15] và công tác quản lý kỹ thuật - bao gồm phân loại [14, 16–18], thu gom, lưu trữ [14, 15, 20], xử lý [14, 18, 20], chuyển giao [14, 16, 18, 20]; nghiên cứu về an toàn trong PTN - bao gồm huấn luyện về quản lý CTNH [19], an toàn lao động [2, 19]; và nhóm nghiên cứu về nhận thức, thái độ và hành vi quản lý CTNH [14, 16–20].

Nghiên cứu này nhằm mục tiêu đánh giá hiện trạng phát sinh CTNH từ các PTN -lần đầu tiên triển khai tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM; đánh giá nhận thức, thái độ và hành vi của người học về quản lý CTNH PTN; đánh giá công tác quản lý nội vi CTNH PTN; trên cơ sở đó, đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý, góp phần xây dựng môi trường học tập, giảng dạy và nghiên cứu an toàn, tuân thủ các quy định pháp luật về quản lý CTNH.

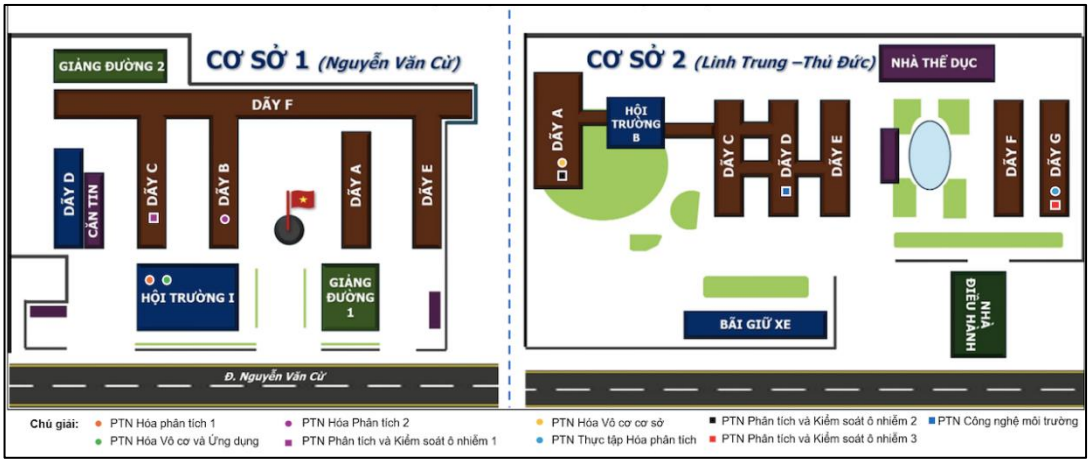
Đối tượng nghiên cứu: là CTNH (rắn và lỏng) phát sinh từ PTN nghiên cứu khoa học (mã phân loại được thể hiện trong Bảng 1).

Bảng 1. Mã phân loại chất thải nguy hại phòng thí nghiệm [21].

Mã chất thải	Tên chất thải	Mã EC	Mã Basel		Tính chất nguy hại chính	Trạng thái tồn tại
			(A)	(Y)		
19 05 02	Hoá chất và hỗn hợp hoá chất phòng thí nghiệm thải có các thành phần nguy hại	16 05 06	A4150	Y14	Đ, ĐS	Rắn/lỏng
19 05 03	Hoá chất vô cơ thải bao gồm hoặc có các thành phần nguy hại (trừ các loại nêu tại nhóm mã 02, 13, 14 và 15)	16 05 07	A4140		Đ, ĐS	Rắn/lỏng
19 05 04	Hoá chất hữu cơ thải bao gồm hoặc có các thành phần nguy hại (trừ các loại nêu tại nhóm mã 03, 13, 14 và 15)	16 05 08	A4140		Đ, ĐS	Rắn
19 05 06	Hóa chất thải bỏ khác với các loại trên	16 05 09				Rắn
18 01 03	Bao bì nhựa cứng (đã chứa chất khi thải ra là CTNH) thải	15 01 11	A4130		Đ, ĐS	Rắn
18 01 04	Bao bì cứng (đã chứa chất khi thải ra là CTNH) thải bằng các vật liệu khác (như composit)	15 01 11	A4130		Đ, ĐS	Rắn
16 01 06	Bóng đèn huỳnh quang và các loại thuỷ tinh hoạt tính thải	20 01 21	A1030	Y29	Đ, ĐS	Rắn

Ghi chú: Đ là độc; ĐS là độc sinh thái.

Phạm vi nghiên cứu: là các PTN thuộc Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM ở cơ sở 1 (Nguyễn Văn Cừ) và cơ sở 2 (Linh Trung - Thủ Đức) (Hình 1), một trong những trường đầu ngành về nghiên cứu khoa học cơ bản, khoa học công nghệ và ứng dụng ở miền Nam Việt Nam, trung bình hàng năm tuyển sinh khoảng 2500 sinh viên, trong đó, hơn 50% số sinh viên tham gia các học phần liên quan đến PTN.

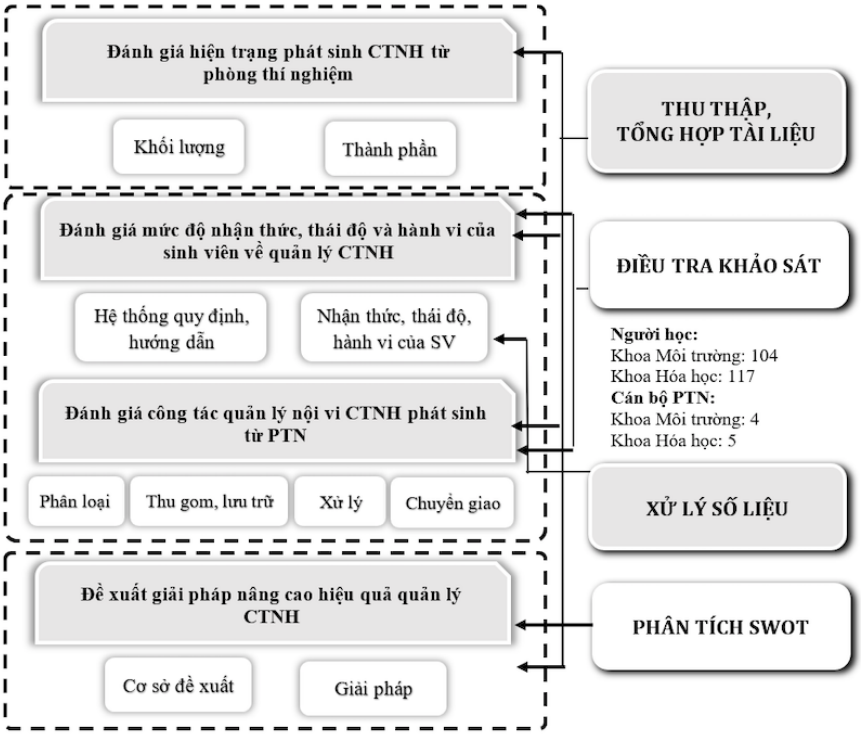


Hình 1. Sơ đồ phối cảnh khuôn viên Trường Đại học Khoa học tự nhiên và vị trí nghiên cứu thí điểm.

Việc đánh giá công tác quản lý CTNH nội vi được tiến hành tại các PTN thuộc Khoa Môi trường (gồm Phân tích và Kiểm soát Ô nhiễm 1, 2, 3; Công nghệ môi trường) và Khoa Hóa học (gồm Hóa vô cơ cơ sở; Hóa vô cơ và ứng dụng; Hóa phân tích 1, 2; Thực tập Hóa phân tích) - nơi thường xuyên sử dụng các hóa chất có độc tính, nguy hiểm và tạo ra chất thải nguy hại mỗi ngày, đặc biệt là hóa chất thải.

2. Phương pháp nghiên cứu

Khung định hướng nghiên cứu được mô tả ở Hình 2.



Hình 2. Khung định hướng nghiên cứu.

2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Các tài liệu, số liệu cần thiết phục vụ nghiên cứu được thu thập tại Phòng Quản trị thiết bị của Trường, các PTN liên quan của các khoa…, bao gồm: Số liệu về các PTN đang hoạt động có phát sinh CTNH; Tình hình hoạt động của các PTN; Khối lượng CTNH phát sinh trong giai đoạn 2023-2024; hoạt động chuyển giao CTNH cho đơn vị chức năng để xử lý,…

2.2. Phương pháp điều tra, khảo sát

- Đối tượng khảo sát: cán bộ quản lý 09 PTN và người học.
- Hình thức khảo sát: phỏng vấn trực tiếp thông qua phiếu khảo sát.
- Cỡ mẫu khảo sát đối với người học: được ước tính theo công thức của Cochran [22]:

$$n = Z^2 \frac{p(1-p)}{e^2} \quad (1)$$

Trong đó, n là kích thước mẫu cần xác định; Z là giá trị tra bảng phân phối Z dựa vào độ tin cậy lựa chọn; p là tỷ lệ ước lượng cỡ mẫu n thành công; e là sai số cho phép (dao động từ 0,01-0,1).

Trong nghiên cứu này, với khoảng tin cậy 95%, giá trị Z là 1,96; p là 0,5; sai số cho phép e đối với cỡ mẫu khảo sát (i) tổng sinh viên, (iii) sinh viên Khoa Hóa học, và (iii) sinh viên Khoa Môi trường lần lượt là 0,066, 0,09 và 0,096; theo đó, cỡ mẫu khảo sát tương ứng là 221, 117 và 104.

- Nội dung khảo sát: Đối với người học, khảo sát nhận thức về nhận diện CTNH, rủi ro từ CTNH, lợi ích của việc quản lý CTNH và quy định pháp luật liên quan; thái độ hướng đến sự phù hợp trong quản lý CTNH PTN; hành vi phân loại CTNH và tuân thủ nội quy về quản lý CTNH PTN. Đối với cán bộ quản lý PTN, khảo sát hoạt động giảm thiểu, phân loại, lưu trữ, xử lý nội vi, chuyển giao CTNH và an toàn PTN.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Phần mềm Excel được áp dụng để thống kê, xử lý, tính toán các dữ liệu liên quan:

- Khối lượng CTNH phát sinh trung bình tháng giai đoạn 2023-2024 được tính theo công thức (2):

$$m_{tb} = \frac{m_1 + m_2 + m_3}{T} \quad (2)$$

Trong đó m_{tb} là khối lượng CTNH trung bình tháng (kg/tháng); m_1, m_2, m_3 lần lượt là khối lượng CTNH chuyển giao vào đợt 2 năm 2023, đợt 1 năm 2024 và đợt 2 năm 2024 (kg); T là tổng số tháng tính từ mốc thời gian sau khi chuyển giao CTNH đợt 1 năm 2023 đến đợt 2 năm 2024 cho đơn vị chức năng xử lý.

- Nhận thức của người học về quản lý CTNH: Dựa vào kết quả điều tra từ phiếu khảo sát, đánh giá theo thang 0-10, phân thành 4 mức độ: Rất tốt ($Đ_{NT} \geq 8,5$), Tốt ($7 \leq Đ_{NT} < 8,5$), Khá ($5 \leq Đ_{NT} < 7$), Chưa đạt ($Đ_{NT} < 5$).

- Thái độ của người học về quản lý CTNH: Tương tự, phân thành 3 mức độ: Rất tích cực ($Đ_{TĐ} \geq 7,5$), Tích cực ($5 \leq Đ_{TĐ} < 7,5$), Chưa tích cực ($Đ_{TĐ} < 5$).

- Hành vi phân loại CTNH của người học: thống kê tỉ lệ (%) có hoặc không thực hiện kèm theo các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi.

2.4. Phương pháp phân tích SWOT

Phân tích các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức trong hoạt động quản lý CTNH PTN theo 3 khía cạnh: phát sinh CTNH, quản lý hành chính, quản lý kỹ thuật - làm cơ sở đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả công tác quản lý nội vi CTNH PTN tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đánh giá hiện trạng phát sinh CTNH PTN

Bảng 2 cho thấy, tổng lượng CTNH phát sinh khoảng 8,8 tấn/năm (tương ứng 3,9 tấn/năm và 4,9 tấn/năm tại cơ sở 1 và cơ sở 2), không bao gồm lượng chất thải lỏng không được kiểm soát và khí thải. Hệ số phát sinh trung bình tháng tại cơ sở 1 và 2 lần lượt khoảng 350 kg và 447 kg (do phần lớn các PTN được bố trí ở cơ sở 2). Trong đó, các loại CTNH đáng quan tâm gồm:

- CTNH mã 19 05 02 (Hóa chất và hỗn hợp hóa chất PTN có các thành phần nguy hại) phát sinh nhiều nhất, dao động từ 51-68%. Thành phần chủ yếu là nhóm các dung dịch axit, bazơ thải có nồng độ cao, dư lượng các hoá chất sử dụng, lượng cặn sau phản ứng mang một trong những tính chất nguy hại (như dễ cháy dễ nổ, ăn mòn…), hỗn hợp các dung dịch sau khi thí nghiệm có chứa thành phần kim loại nặng, các thuốc thử như $K_2Cr_2O_7$ (chất có thể gây ung thư)…

- CTNH mã 18 01 04 (Bao bì cứng thải bằng các vật liệu khác - không phải nhựa) cũng khá phổ biến, dao động từ 32-46%, chủ yếu là các chai lọ thuỷ tinh, dụng cụ chứa lượng dư hoá chất nguy hại, hóa chất quá hạn sử dụng,…

- Ngoài ra, nước thải phát sinh từ PTN chủ yếu là các dung dịch sau pha loãng có chứa hoá chất gốc, nồng độ chất ô nhiễm không đáng kể và phần lớn được xử lý chung với nước thải sinh hoạt.

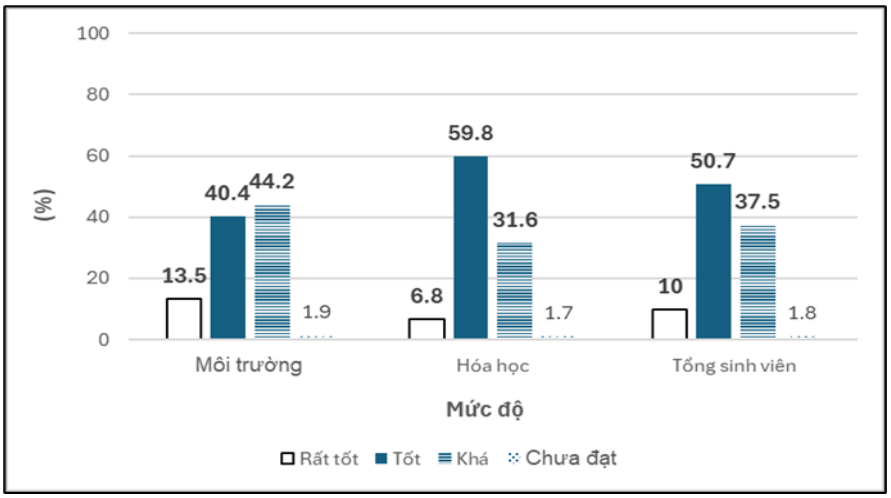
Bảng 2. Khối lượng và thành phần CTNH PTN phát sinh giai đoạn 2023-2024.

Mã CTNH	Tên chất thải	Thành phần	Trạng thái tồn tại	Khối lượng (kg)							
				Cơ sở 1				Cơ sở 2			
				2023		2024		2023		2024	
				Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
19 05 02	Hóa chất và hỗn hợp hóa chất PTN thải có các thành phần nguy hại	Các hợp chất hữu cơ và vô cơ độc hại như axit ($H_2SO_{4đ}$, HCl…), kiềm (NaOH, NH_4OH…), dung môi hữu cơ, thuốc thử phân tích ($K_2CR_2O_7$), kim loại nặng	Rắn hoặc lỏng	840 61,1%	510 54,3%	800 56,4%	830 55,4%	599 67,8%	1350 60,6%	669 50,6%	703 51,5%
18 01 03	Bao bì cứng thải bằng nhựa	Bao bì cứng đã chứa chất khi thải ra là CTNH (chai lọ, dụng cụ chứa lượng dư hoá chất nguy hại, hóa chất quá hạn sử dụng…)	Rắn	0 0,0%	40 4,2%	59 4,2%	47 3,1%	0 0,0%	90 4,0%	52 3,8%	28 2,1%
18 01 04	Bao bì cứng thải bằng các vật liệu khác		Rắn	535 38,9%	390 41,5%	560 39,4%	620 41,5%	285 32,2%	790 35,4%	600 45,4%	630 46,2%
16 01 06	Bóng đèn huỳnh quang thải		Rắn	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	0 0,0%	2 0,2%	3 0,2%
TỔNG (kg)				1375	940	1419	1497	884	2230	1323	1364
Trung bình tháng (kg)				350,5				447			

3.2. Đánh giá mức độ nhận thức, thái độ và hành vi của người học về quản lý CTNH PTN

3.2.1. Nhận thức về CTNH PTN

Nhìn chung, nhận thức của người học hiện ở mức tốt (trung bình điểm nhận thức đạt 7,2/10). Hình 3 cho thấy, hơn 60% số người học được khảo sát có mức độ nhận thức từ mức tốt trở lên, cụ thể đối với sinh viên khoa Môi trường và Hoá học lần lượt là 54% và 67%.



Hình 3. Mức độ nhận thức về CTNH PTN của người học (%).

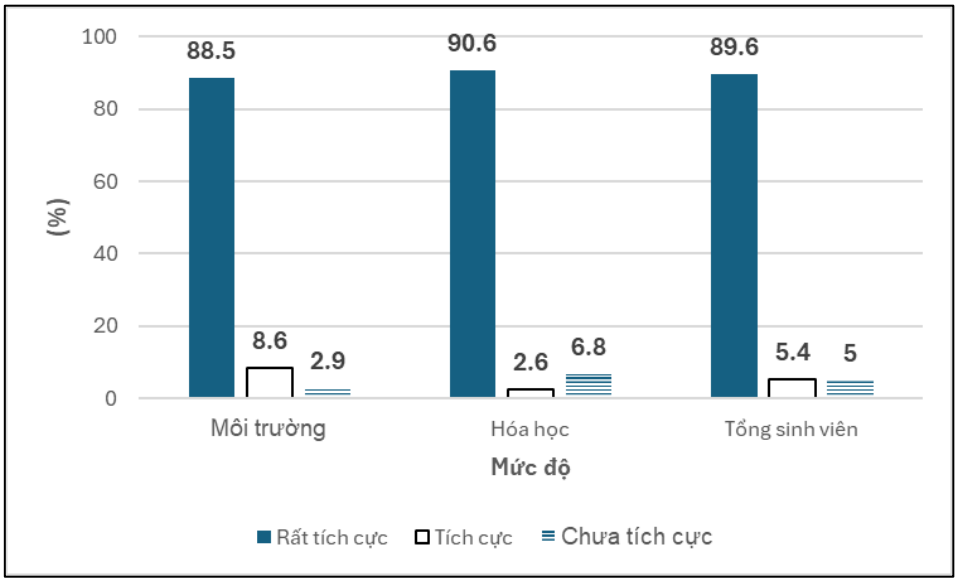
Kết quả khảo sát chỉ ra một số khía cạnh cần được cải thiện như sau: (1) Khoa Môi trường: tăng cường các hoạt động đào tạo, hướng dẫn và cung cấp thêm thông tin cho người học trong PTN về nhận diện CTNH, lợi ích của việc quản lý CTNH và các quy định pháp luật liên quan; (2) Khoa Hóa học: nhận diện CTNH, các quy định pháp luật liên quan đến quản lý CTNH PTN (Bảng 3).

Bảng 3. Kết quả khảo sát nhận thức về CTNH PTN của người học.

Kiến thức	Mô tả	Tỉ lệ trả lời đúng (%)					
		Môi trường		Hóa học		Tổng sinh viên	
		100%	≥ 75%	100%	≥ 75%	100%	≥ 75%
Nhận diện CTNH	Tính chất	1,8	25,8	10,0	33,9	11,8	59,7
	Biển báo	21,7	41,6	26,2	42,1	48,0	83,7
	Nguồn phát sinh	37,1	-	42,1	-	79,2	-
Rủi ro của CTNH	Sức khỏe	16,7	39,8	30,8	48,4	47,5	88,2
	Môi trường	43,0	45,7	48,4	50,2	91,4	95,9
Lợi ích của việc quản lý CTNH		11,8	25,3	26,2	37,6	38,0	62,9
Quy định pháp luật	Vai trò của CBQL và người học	0,9	32,6	0,5	43,9	1,4	76,5
	Hệ thống văn bản pháp luật	13,1	15,4	6,3	6,8	19,5	22,2
	Phân loại CTNH	0,0	45,2	0,5	50,7	0,5	95,9

3.2.2. Thái độ về quản lý CTNH PTN

Thái độ của người học được đánh giá là rất tích cực (trung bình điểm thái độ đạt 9/10) bên cạnh 5% số người được khảo sát có thái độ chưa tích cực (Hình 4). Bảng 4 thể hiện 10 khía cạnh khảo sát và 04 mức độ thể hiện thái độ. Kết quả cho thấy, một số khía cạnh cần lưu tâm nhằm cải thiện thái độ của người học -tạo cơ sở thay đổi tích cực hành vi quản lý CTNH PTN như sau: Khoa Môi trường: TD1, TD2, TD5, TD6, TD8 và TD10; Khoa Hóa học: TD2 và TD6.



Hình 4. Thái độ của người học về quản lý chất thải nguy hại phòng thí nghiệm (%).

Bảng 4. Kết quả khảo sát thái độ của người học về quản lý chất thải nguy hại phòng thí nghiệm (%).

Khía cạnh	Khoa Môi trường				Khoa Hóa học				Tổng sinh viên			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
Nên có hình thức báo cáo rõ ràng về thông tin phát sinh, phân loại, lưu giữ và chuyển giao (TD1)	0,0	**20,2**	1,9	77,9	0,0	13,7	2,6	83,8	0	16,7	2,3	81
Nên tách riêng CTNH và chất thải rắn thông thường (TD2)	0,0	**25,0**	0,0	75,0	0,0	**20,5**	2,6	76,9	0	22,6	1,4	76
Nên có tiêu chí, hướng dẫn phân loại CTNH phù hợp (TD3)	0,0	8,7	1,0	90,4	0,0	12,8	0,9	86,3	0	10,9	0,9	88,2

Khía cạnh	Khoa Môi trường				Khoa Hóa học				Tổng sinh viên			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(3)	(4)
Nên sử dụng thùng chứa CTNH phù hợp theo quy định, có dán nhãn cảnh báo (TD4)	1,0	9,6	0,0	89,4	1,7	7,7	0,9	89,7	1,4	8,6	0,4	89,6
Nên thường xuyên kiểm tra thùng chứa và nhãn dán nếu lưu trữ trong thời gian dài (TD5)	1,0	**19,2**	0,0	79,8	1,7	13,7	1,7	82,9	1,4	16,3	0,9	81,4
Nên chứa lượng CTNH với khối lượng không quá 90% dung tích thùng chứa (TD6)	2,9	**31,7**	0,0	65,4	0,9	**18,8**	0,9	79,5	1,8	24,9	0,4	72,9
Nên có khu vực dành riêng cho lưu trữ CTNH (TD7)	1,0	17,3	0,0	81,7	0,9	7,7	0,0	91,5	0,9	12,2	0	86,9
Nên xác định rõ thời gian lưu trữ chất thải trong PTN (TD8)	1,9	**25,0**	0,0	73,1	0,9	12,0	2,6	84,6	1,4	18,1	1,4	79,1
Nên có hướng dẫn hoặc biện pháp giảm thiểu phát sinh chất thải trong PTN (TD9)	0,0	7,7	1,0	91,3	1,7	9,4	1,7	87,2	0,9	8,6	1,4	89,1
Nên chuyển giao CTNH cho đơn vị có chức năng xử lý theo đúng quy định của pháp luật (TD10)	1,0	**29,8**	1,0	68,3	0,0	16,2	2,6	81,2	0,4	22,6	1,8	75,2

(1): Hoàn toàn không đồng ý (2): Trung lập (3): Không hoàn toàn đồng ý (4): Hoàn toàn đồng ý.

Bên cạnh đó, kết quả khảo sát cũng cho thấy 79% người học sẵn sàng tiếp nhận các thông tin về quản lý CTNH (thông qua các hoạt động tập huấn, truyền thông). Trong đó, nhu cầu thông tin tập trung vào các khía cạnh về an toàn phòng thí nghiệm (66%), nhận diện và phân loại CTNH (63%), ý thức và vai trò của cá nhân trong quản lý CTNH (37%) - đóng góp cơ sở cho việc thiết kế các biện pháp cải thiện phù hợp và hiệu quả.

3.2.3. Hành vi phân loại CTNH PTN

Bảng 5 cho thấy, việc phân loại CTNH của người học tại PTN nhìn chung chưa triệt để - xấp xỉ 50% số người được khảo sát không thực hiện hoạt động này. Các nguyên chính được ghi nhận bao gồm: không biết phân loại (53%), không được hướng dẫn kỹ thuật (49%), đã thực hiện nhưng không duy trì (28%) và không biết có quy định phân loại CTNH (27%).

Ngoài ra, các yếu tố có khả năng ảnh hưởng đến hành vi phân loại CTNH của người học cũng được chỉ ra, bao gồm thói quen (73%), nhận diện thành phần CTNH (70%), hướng dẫn kỹ thuật (54%) và trang thiết bị (40%) được đánh giá ở mức độ rất ảnh hưởng.

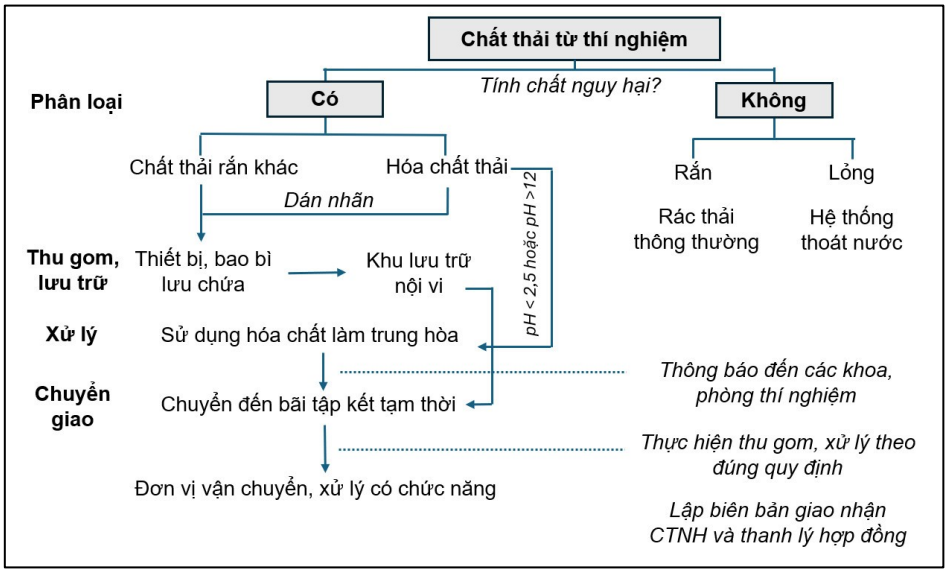
Bảng 5. Kết quả khảo sát hành vi phân loại CTNH của người học và các yếu tố ảnh hưởng (%).

Có phân loại			Các yếu tố ảnh hưởng đến hành vi phân loại CTNH								
			Mức độ / Yếu tố	Ít ảnh hưởng			Trung bình			Rất ảnh hưởng		
MT	HH	Tổng		MT	HH	Tổng	MT	HH	Tổng	MT	HH	Tổng
44,2	56,4	*50,7*	Hướng dẫn	6,5	1,5	3,6	43,5	40,9	42,0	50,0	57,6	54,4
			Thiết bị	10,9	7,6	8,9	50,0	51,5	50,9	39,1	40,9	40,2
			Thói quen	4,3	3,0	3,6	19,6	25,8	23,2	76,1	71,2	73,2
			Thành phần	0,0	3,0	1,8	17,4	36,4	28,6	82,6	60,6	69,6
Không phân loại			**Nguyên nhân không thực hiện phân loại CTNH**									
MT	**HH**	**Tổng**								**MT**	**HH**	**Tổng**
55,8	43,6	*49,3*	Không biết có quy định phân loại							31,0	21,6	*26,6*
			Không biết phân loại							48,3	58,8	*53,2*
			Không được hướng dẫn							56,9	39,2	*48,6*
			Đã từng phân loại, nhưng không duy trì							36,2	17,6	*27,5*
			Cảm thấy không cần thiết							0,0	7,8	*3,7*

(MT: Khoa Môi trường; HH: Khoa Hóa học; Tổng: Tổng số sinh viên khảo sát).

3.3. Đánh giá công tác quản lý CTNH PTN

Hình 5 mô tả khái quát quy trình quản lý nội vi CTNH PTN tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM.



Hình 5. Quy trình quản lý nội vi CTNH PTN [23].

3.3.1. Công tác quản lý nội vi phòng thí nghiệm

Bảng 6 tóm tắt kết quả khảo sát về công tác quản lý nội vi CTNH PTN.

Nhìn chung, công tác quản lý nội vi CTNH phòng thí nghiệm của Trường cơ bản đã tuân thủ các quy định pháp luật về quản lý CTNH. Tuy nhiên, một số khía cạnh cần quan tâm cải thiện như sau:

- Phân loại, thu gom, lưu trữ: không có biển dấu hiệu cảnh báo, phòng ngừa phù hợp với loại CTNH được lưu giữ; không quy định thời gian lưu trữ CTNH trong PTN.
- Vận chuyển nội vi: hạn chế thiết bị, phương tiện chuyên dụng.
- Giảm thiểu, xử lý sơ bộ: việc xử lý sơ bộ CTNH chỉ được thực hiện ở một số PTN, chủ yếu bằng phương pháp trung hòa pH của chất thải.

Bảng 6. Công tác quản lý nội vi chất thải nguy hại phòng thí nghiệm.

Tiêu chí		Khoa Môi trường	Khoa Hóa học
1.	**Phân loại, thu gom, lưu trữ nội vi**		
Phân loại	Chất thải rắn	Phân thành hóa chất thải có đặc tính nguy hại, hóa chất thải thông dụng và chất thải rắn thông thường.	Phân theo mức độ tương đồng về tính chất: chất thải hữu cơ (chuẩn thuốc trừ sâu) và vô cơ (kim loại nặng như Hg, As…); theo trạng thái tập hợp (rắn và lỏng).
		Dụng cụ thủy tinh thải, mảnh vỡ được tách riêng ra thùng lưu chứa riêng.	
		Hoạt động phân loại được phổ biến đến sinh viên trong PTN	
	Khí thải	Có hệ thống tủ hút hóa chất có sinh các hơi, khí như acid hoặc dung môi.	
		Tuy nhiên, các khí sinh ra từ các phản ứng vẫn chưa được kiểm soát.	
	Nước thải	Dung dịch còn sót lại trong các dụng cụ thí nghiệm (như pipet, erlen, becher…) hoặc các hỗn hợp dung dịch hóa chất nồng độ thấp (đã được pha loãng), không ảnh hưởng nhiều đến sức khỏe và môi trường nên không cần xử lý sơ bộ trước khi thải vào hệ thống thoát nước của các PTN.	Chất thải lỏng được xem xét phân thành 2 nhóm: - Các hóa chất thải lỏng có nồng độ cao hoặc có các chất nguy hiểm được thu gom vào thùng thu hồi hóa chất vô cơ/hữu cơ. - Các hóa chất thông dụng đã được pha loãng, dung dịch còn sót lại trong các dụng cụ thí nghiệm ở nồng độ thấp… được phép thải vào hệ thống thoát nước của các PTN.

Tiêu chí		Khoa Môi trường	Khoa Hóa học
Thu gom, lưu trữ	Bao bì, thiết bị lưu chứa	CTNH nhìn chung được lưu chứa trong loại bao bì an toàn, không bị hư hỏng, rách vỡ. Tuy nhiên, còn tồn tại tình trạng các bao bì mềm không được buộc kín hoặc bao bì cứng không có nắp đậy nhằm bảo đảm ngăn chất thải rò rỉ hoặc bay hơi. Không có dấu hiệu cảnh báo CTNH (có kích thước tối thiểu 30 cm mỗi chiều) theo Tiêu chuẩn Việt Nam.	
		Có sử dụng các thiết bị có kết cấu cứng chịu được va chạm, không hư hỏng, biến dạng, rách vỡ bởi trọng lượng chất thải trong quá trình sử dụng.	Không sử dụng các thiết bị có kết cấu cứng chịu được va chạm, không hư hỏng, biến dạng, rách vỡ bởi trọng lượng chất thải trong quá trình sử dụng.
		(Không có thông tin)	2/5 PTN được khảo sát cho biết chất thải lỏng, bùn thải dạng nhão hoặc chất thải có các thành phần nguy hại dễ bay hơi chứa trong bao bì cứng không vượt quá 90% dung tích hoặc mức chứa cao nhất cách giới hạn trên của bao bì là 10 cm.
	Khu vực lưu chứa	Đã phân chia khu vực lưu trữ CTNH tách biệt với khu lưu trữ chất thải thông thường; bảo đảm không chảy tràn chất lỏng ra bên ngoài khi có sự cố rò rỉ, đổ tràn; trang bị đầy đủ các thiết bị phòng cháy chữa cháy theo quy định. Tuy nhiên, không có biển dấu hiệu cảnh báo, phòng ngừa phù hợp với loại CTNH được lưu giữ; không quy định thời gian lưu trữ CTNH trong PTN.	
2.	**Vận chuyển CTNH nội vi** (vận chuyển CTNH từ các PTN đến nơi tập kết tạm thời của Trường)		
		Chỉ có một số các thùng/thiết bị chứa được di chuyển bằng xe đẩy chuyên dụng. Phần lớn CTNH được người học hoặc cán bộ quản lý PTN xách tay đến khu vực tập kết tạm thời của Trường khi có thông báo.	
3.	**Giảm thiểu, xử lý CTNH**		
Giảm thiểu		Có quy định đảm bảo hóa chất thí nghiệm được sử dụng với liều lượng thích hợp. Phần lớn các PTN có thực hiện các biện pháp giảm thiểu CTNH như sử dụng thuốc thử, hóa chất thay thế ít độc hại hơn; có biện pháp cách ly với các loại (hoặc nhóm) CTNH khác có khả năng phản ứng hóa học với nhau.	
		Sinh viên có sự hiểu biết và sử dụng đúng hóa chất, quy trình, không lãng phí và có hệ thống quản lý thực hành tốt trong PTN.	Chỉ 2/5 PTN được khảo sát đảm bảo sinh viên có sự hiểu biết và sử dụng đúng hóa chất, quy trình, không lãng phí để giảm được lượng hóa chất đầu vào cũng như chất thải đầu ra.
		Hầu như không biết hoặc không thực hiện kiểm soát lượng CTNH phát sinh.	PTN ghi lại loại và số lượng hóa chất (kiểm soát hàng tồn kho) và CTNH.
Xử lý		Xử lý chủ yếu bằng phương pháp trung hòa (sử dụng các loại hóa chất khác với mục đích giảm tính axit/bazo, dễ cháy/nổ…).	Lượng hóa chất thải nguy hại thường được xử lý bằng bazo (Na_2CO_3) hoặc axit (CH_3COOH) để hỗn hợp về pH ≈ 7, sau đó được thu gom, lưu trữ và/hoặc chuyển giao.
4.	**An toàn phòng thí nghiệm**		
		Người học đều được yêu cầu trang bị đồ bảo hộ (áo blouse, khẩu trang, bao tay, mắt kính…) và được cung cấp các kiến thức liên quan đến rủi ro do hóa chất, CTNH, tai nạn PTN…	

3.3.2. Công tác chuyển giao CTNH PTN

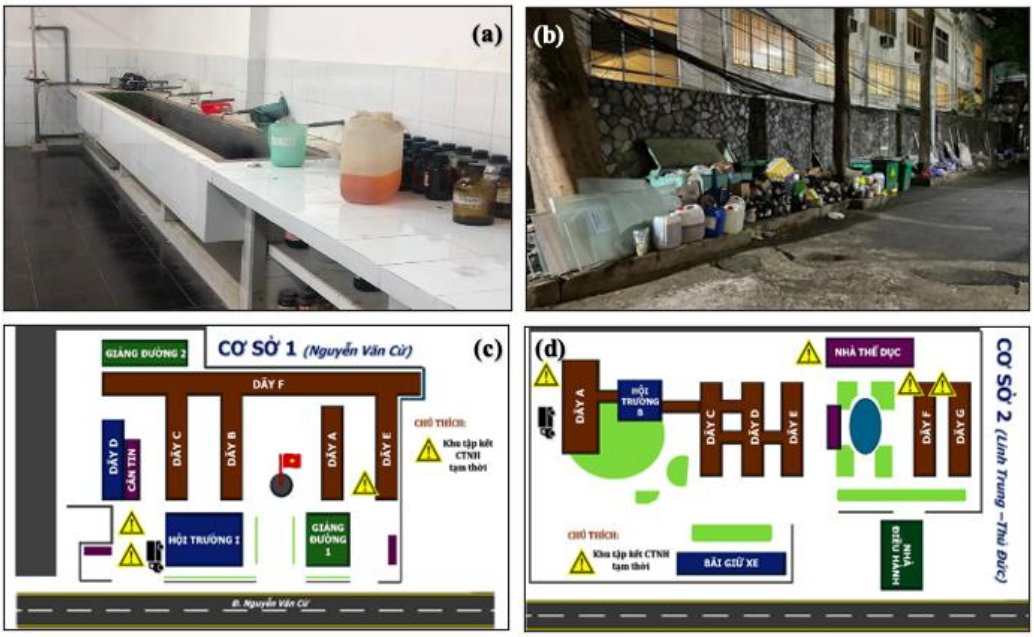
CTNH từ các PTN được đưa đến khu vực tập kết tạm thời (1-2 ngày) theo thông báo của Nhà trường (Hình 6) và chuyển giao cho đơn vị có chức năng vận chuyển - xử lý (Công ty TNHH MTV Môi trường Đô Thị Tp.HCM) với tần suất 2 lần/năm: vào tháng 7, 10/2023 và tháng 1, 5/2024. Sau đó, nhân viên của đơn vị vận chuyển - xử lý sẽ thực hiện việc cân khối lượng từng loại chất thải, đối chiếu với mã chất thải đã được xác định, ghi biên bản giao nhận và vận chuyển đến nơi xử lý theo quy định.

Tuy nhiên, các hoạt động tại khu vực tập kết CTNH cần được cải thiện nhằm cách ly với các hoạt động thường ngày của người học, khu lưu trữ chất thải sinh hoạt; tránh rơi vãi, lây lan, rò rỉ CTNH ra môi trường xung quanh; đồng thời cần tăng cường công tác vệ sinh sau khi kết thúc quá trình chuyển giao CTNH,...

3.4. Đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý chất thải nguy hại

Trên cơ sở phân tích các điểm mạnh, điểm yếu, cơ hội và thách thức trong hoạt động quản lý CTNH PTN theo 3 khía cạnh: phát sinh CTNH, quản lý hành chính, quản lý kỹ thuật (Bảng

7), các giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả công tác quản lý nội vi CTNH PTN tại Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM được đề xuất và tóm tắt ở Bảng 8.



Hình 6. Địa điểm lưu chứa CTNH: (a) Khu vực lưu trữ nội vi PTN; (b) và (c) Khu vực tập kết tạm thời tại Cơ sở 1 (Nguyễn Văn Cừ); (d) Khu vực tập kết tạm thời tại Cơ sở 2 (Linh Trung).

Bảng 7. Khung phân tích SWOT.

Khía cạnh	Điểm mạnh (S)	Điểm yếu (W)	Cơ hội (O)	Thách thức (T)
Phát sinh CTNH	- Khối lượng phát sinh ít. - Có thống kê khối lượng, thành phần phát sinh. - Có các biện pháp phân loại tại nguồn.	- Khối lượng CTNH gia tăng theo nhu cầu đào tạo. - Thành phần chất thải phức tạp, khó kiểm soát.	-	Các hoá chất mới liên tục được sử dụng trong các nghiên cứu khoa học.
Quản lý hành chính	- Có quy định, quy trình quản lý CTNH (Hình 5). - Có sự chia sẻ thông tin nội vi trong quản lý CTNH PTN. - Có bộ phận chuyên trách về quản lý CTNH. - Nhận thức và thái độ của người học về quản lý CTNH ở mức tốt. - Đội ngũ cán bộ quản lý (CBQL) PTN có chuyên môn về quản lý CTNH.	- Các quy định về quản lý CTNH chưa được chi tiết và cụ thể hóa đối với nguồn phát thải là PTN. - Cơ chế phối hợp quản lý CTNH giữa các đơn vị liên quan chưa thực sự hiệu quả. - Chưa có cơ chế giám sát và đánh giá thường xuyên. - Kiến thức về nhận diện và quy định pháp luật về CTNH của người học còn hạn chế. - Lực lượng CBQL khá ít và còn một số hạn chế (đặc biệt về các quy định pháp luật).	Hệ thống các văn bản pháp quy liên quan đến quản lý CTNH ngày càng hoàn thiện.	- Chi phí đầu tư cho các hoạt động quản lý CTNH cao - Khó kiểm soát hoàn toàn việc tuân thủ các quy trình kỹ thuật CTNH của người học. - Cập nhật thường xuyên và kịp thời các đổi mới trong quy định pháp luật về quản lý CTNH.
Quản lý kỹ thuật	Có cơ sở vật chất, trang thiết bị cơ bản phù hợp: - PTN được trang bị các thiết bị, dụng cụ thu gom, lưu trữ CTNH. - Có khu vực lưu giữ chất thải riêng biệt trong PTN, đảm bảo các điều kiện an toàn.	- Hành vi phân loại, lưu giữ CTNH chưa được thực hiện triệt để, công tác dán nhãn CTNH chưa được thực hiện. - Chưa có sổ sách theo dõi thông tin phát sinh CTNH của các PTN. - Còn hạn chế các thiết bị, phương tiện chuyên dụng phục vụ phân loại, thu gom, vận chuyển chất thải đến nơi tập kết tạm thời. - Chưa bố trí khu vực lưu trữ CTNH tập trung.	Có đơn vị thu gom, vận chuyển, xử lý CTNH đáp ứng các yêu cầu của pháp luật.	Nhu cầu mở rộng PTN và khu vực lưu trữ CTNH.

Bảng 8. Định hướng giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý CTNH PTN.

Nhóm	Giải pháp chung	Giải pháp cụ thể	Đối tượng áp dụng
Quy định, hướng dẫn	Kiểm tra, giám sát.	Tăng cường kiểm tra kiến thức, hành vi về quản lý CTNH PTN [24].	CBQL Người học
	Phổ biến các quy định về quản lý CTNH.	Cập nhật và tăng cường phổ biến quy định về quản lý CTNH của Trường.	CBQL
	Phối hợp giữa các bên liên quan.	Tăng cường phối hợp, chia sẻ thông tin giữa các bên liên quan trong quản lý CTNH PTN [24].	
	Theo dõi tình hình phát sinh CTNH PTN.	Lập sổ theo dõi, lưu giữ hồ sơ quản lý CTNH cho từng PTN.	
Kỹ thuật	Cải thiện hệ thống quản lý kỹ thuật CTNH.	- Bố trí khu vực lưu trữ CTNH tập trung; nâng cấp hệ thống thu gom, lưu trữ, chuyển giao CTNH đáp ứng các yêu cầu của pháp luật. - Tăng cường giảm thiểu CTNH tại nguồn.	CBQL
Tập huấn, truyền thông	Truyền thông nâng cao nhận thức, thái độ và hành vi về quản lý CTNH PTN.	Tổ chức các buổi sinh hoạt, tập huấn, truyền thông về quản lý CTNH PTN [25]. Xây dựng sổ tay hướng dẫn quản lý CTNH PTN [26].	Người học
	Nâng cao năng lực quản lý kỹ thuật.	Triển khai các chương trình đào tạo và phát triển chuyên môn cho cán bộ, nhân viên đảm nhiệm công tác quản lý CTNH (kiến thức pháp luật, kỹ thuật thu gom, vận chuyển, lưu giữ an toàn và xử lý sự cố… [15, 25].	CBQL

4. Kết luận

Thông qua việc xây dựng khung đánh giá công tác quản lý nội vi CTNH PTN với tổ hợp các tiêu chí về quản lý kỹ thuật (giảm thiểu, phân loại, thu gom, lưu trữ, xử lý, chuyển giao CTNH) và công tác đào tạo về quản lý CTNH PTN, nghiên cứu đã tiến hành đánh giá hiện trạng phát sinh và công tác quản lý CTNH PTN nội vi Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM.

Bằng phương pháp thu thập tài liệu, điều tra khảo sát và xử lý số liệu, ước tính tổng lượng CTNH phát sinh khoảng 8,8 tấn/năm (tương ứng 3,9 tấn/năm và 4,9 tấn/năm tại cơ sở 1 và cơ sở 2), trong đó, nhóm hóa chất thải và hỗn hợp chất thải có thành phần nguy hại (mã số CTNH 19 05 02) chiếm tỉ lệ cao (51-68%). Bên cạnh đó, nhận thức, thái độ, hành vi của người học về quản lý CTNH PTN cũng được phân tích, đánh giá, tạo cơ sở đề xuất các giải pháp nâng cao hiệu quả quản lý CTNH PTN tại khu vực nghiên cứu.

Các kết quả trên là tiền đề cho những nghiên cứu chuyên sâu hơn về hệ thống quản lý CTNH PTN nội vi các cơ sở giáo dục, nghiên cứu nói chung. Tuy nhiên, để tăng độ tin cậy cho các tính toán, dự báo, kiến nghị các nghiên cứu tiếp theo nên mở rộng khung thời gian theo dõi, khảo sát khối lượng, thành phần CTNH phát sinh cũng như phạm vi tiếp cận nghiên cứu (PTN thuộc các ngành đào tạo khác).

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu, Lựa chọn phương pháp nghiên cứu: V.N.D.T., L.N.T.; Xử lý số liệu: V.N.D.T.; Viết bản thảo bài báo: V.N.D.T., L.N.T.; Chỉnh sửa bài báo: L.N.T.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện với sự hợp tác và hỗ trợ của Khoa Môi trường, Khoa Hoá học và Phòng Quản trị Thiết bị - Trường Đại học Khoa học tự Nhiên, ĐHQG-HCM.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

1. Quốc hội. Luật số 72/2020/QH14 ngày 17/11/2020 ban hành Luật Bảo vệ môi trường. 2020.

2. Abbas, M. Chemical safety in academic laboratories: an exploratory factor analysis of safe work practices & facilities in a university. *J. Saf. Stud.* **2016**, *2(1),* 1–14.
3. Salazar-Escoboza, M.A.; Laborin-Alvarez, J.F.; Alvarez-Chavez, C.R.; Noriega-Orozco, L.; Borbon-Morales, C. Safety climate perceived by users of academic laboratories in higher education institutes. *Saf. Sci.* **2020**, *121*, 93–99.
4. Peplow, M.; Marris, E. How dangerous is chemistry?. *Nature* **2006**, *441(7093)*, 560–561.
5. Langerman, N. Laboratory safety?. *J. Chem. Health Saf.* **2009***, 16(3)*, 49–50.
6. Meyer, A.T. How About Safety and Risk Management in Research and Education. *Procedia Eng*. **2012**, 854–864. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.478.
7. Mugivhisa, L.L.; Baloyi, K.; Olowoyo, O.J. Adherence to safety practices and risks associated with toxic chemicals in the research and postgraduate laboratories at Sefako Makgatho Health Sciences University, Pretoria, South Africa. *Afr. J. Sci. Innovation Dev.* **2020**, *13(6)*, 747–756.
8. Hassanvand, M.S.; Naddafi, K.; Nabizadeh, R.; Momeniha, F.; Mesdaghinia, A.; Yaghmaeian, K. Hazardous waste management in educational and research centers: a case study. *Toxicol. Environ. Chem*. **2011**, *93(8)*, 1636–1642.
9. Le, T.N. The study of actual state and prediction of industrial solid watse-hazardous waste quantity until 2020 in Ho Chi Minh City. *Sci. Technol. Dev. J.* **2009**, *12(9)*, 88–97.
10. Hương, V.T.Q. Đánh giá hiện trạng quản lý chất thải nguy hại và đề xuất kế hoạch quản lý chất thải nguy hại cho tỉnh Hải Dương. Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. 2015.
11. Lê, K.N. Vấn đề thực thi pháp luật về quản lý chất thải nguy hại ở Việt Nam hiện nay. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội* **2011**, *27(2)*, 126–133.
12. Hiếu, B.K. Hoàn thiện pháp luật về quản lý chất thải nguy hại. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế Phát Triển Trường Đại học Nam Cần Thơ* **2024**, *(29)*, 21–32.
13. de Vega, C.A.; Ojeda-Benítez, S.; Ramírez-Barreto, M.E. Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. *Resour. Conserv. Recycl.* **2003***, 39(3)*, 283–296.
14. Endris, S.; Tamir, Z.; Sisay, A. Medical laboratory waste generation rate, management practices and associated factors in Addis Ababa, Ethiopia. *Plos One* **2022**, *17(4)*, e0266888. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266888.
15. Magriotis, Z.M.; Saczk, A.A.; Salgado, H.M.R.; Rosa, I.A. Chemical waste management in educational institutions. *J. Environ. Sci. Sustainable Dev*. **2021**, *4(1)*, 160-176.
16. Letho, Z.; Yangdon, T.; Lhamo, C.; Limbu, C.B.; Yoezer, S.; Jamtsho, T.; Tshering, D. Awareness and practice of medical waste management among healthcare providers in National Referral Hospital. *PloS One* **2021**, *16(1)*, e0243817. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243817.
17. Hussein, H.A. Assessment of laboratory waste management and laboratory staff awareness in Khartoum State. *Syst. Rev. Pharm.* **2022**, *13(9)*, 606–609.
18. Singh, T.; Ghimire, T.R.; Agrawal, S.K. Awareness of biomedical waste management in dental students in different dental colleges in Nepal. *Biomed Res. Int.* **2018**, *2018(1)*, 1742326. https://doi.org/10.1155/2018/1742326.
19. Leung, A.H.H. Laboratory safety awareness, practice, attitude, and perception of tertiary laboratory workers in Hong Kong: A pilot study. *ACS Chem. Health Saf.* **2021**, *28(4)*, 250–259.
20. Taneerat, P.; Sridang, P. Guidelines on Management of Hazardous Waste Generated from Science Laboratories at Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University. 2023.

21. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/01/2022 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Bảo vệ môi trường. 2022.
22. Cochran, W.G. Sampling Techniques, 2nd Ed., New York: John Wiley and Sons, Inc. 1963.
23. Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM. Quyết định số 1176/QĐ-KHTN ngày 14/8/2019 về việc ban hành Quy trình xử lý hóa chất, chất thải nguy hại Phòng thí nghiệm thuộc Trường Đại học Khoa học tự nhiên. 2019.
24. Fagihi, Y.A. The level of awareness of safety measures practiced in school laboratories among pre-service science teachers at Najran University. *J. Educ. Issues.* **2018**, *4(1)*, 107–121.
25. Abdul Wahab, N.A.; Nabilah, F.; Isa, N. Hazard identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) on laboratory waste disposal in chemistry laboratory. *J. Acad.* **2022**, *10*, 194–203.
26. Abou-Elela, S.I.; Ibrahim, H.S. Management of laboratory hazardous wastes: Experience from Egypt. 2014.

Assessing the current status of laboratory hazardous waste generation and management at the University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh City

Vo Ngoc Dieu Thy[1], Le Ngoc Tuan[1]*

[1] University of Science (VNU-HCM); vongocdieuthy@gmail.com; lntuan@hcmus.edu.vn

Abstract: Scientific research activities in laboratories often create many types of hazardous waste (HW) on a small scale but with significant toxic and dangerous properties, raising major challenges for the safe and sustainable management of these types of waste. This work aimed to evaluate the current status of generation and management of laboratory hazardous waste (LHW) at the University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh City. On the basis of data collection, investigation and data processing, the study estimated the total amount of hazardous waste generated to be about 8.8 tons/year (corresponding to 3.9 and 4.9 tons/year at facilities 1 and 2), in which, the group of waste chemicals and waste mixtures with hazardous components (hazardous waste code 19 05 02) accounted for a high proportion (51-68%). Students' awareness and attitudes about LHW management were generally good and positive, but the act of classifying LHW had not been thoroughly implemented. In addition, the internal management of LHW had basically complied with legal regulations on hazardous waste management although there were still some aspects that need improvement in storage, internal transportation, and hazardous waste collection location, etc. Based on analysis of strengths, weaknesses, opportunities and challenges in LHW management activities (hazardous waste generation, administrative management, technical management), solutions to improve the effectiveness of internal management of LHW at the University of Science, Vietnam National University Ho Chi Minh City were proposed, serving as a pilot model for replication and application at other scientific research and teaching facilities.

Keywords: Hazardous waste; Hazardous waste management; Laboratory.