

Đánh giá vòng đời hệ thống quản lý chất thải rắn sinh hoạt tại TP Hồ Chí Minh

Lê Phụng Giang*, Trịnh Hữu Hải

Trường Cao đẳng Giao thông Vận tải Trung ương VI, 189 Kinh Dương Vương, phường 12, quận 6, TP Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 23/6/2022; ngày chuyển phản biện 27/6/2022; ngày nhận phản biện 19/7/2022; ngày chấp nhận đăng 22/7/2022

Tóm tắt:

Đánh giá vòng đời (Life cycle assessment - LCA) là một phương pháp luận được sử dụng để đánh giá tác động môi trường của hệ thống quản lý chất thải rắn sinh hoạt (CTRSR). Trong bài báo này, các tác giả áp dụng phương pháp LCA để nghiên cứu tìm ra giải pháp tốt nhất cho hệ thống quản lý CTRSH tại TP Hồ Chí Minh được hỗ trợ bởi phần mềm GaBi. Kết quả LCA từ 3 kịch bản: đốt rác phát điện, làm phân compost và chôn lấp cho thấy ảnh hưởng của chúng đối với tiềm năng nóng lên toàn cầu, axit hóa, phú dưỡng và tạo ôzôn quang hóa. Kết quả tổng thể chỉ ra rằng, kịch bản đốt rác phát điện và làm phân compost có tính cạnh tranh. Đốt rác phát điện thân thiện môi trường có tổng tác động môi trường là 62% và chỉ bằng 1/4 so với chôn lấp. Kịch bản làm phân compost trong nhà máy xử lý cơ học sinh học cho kết quả hứa hẹn với tổng tác động môi trường là 81%, còn chôn lấp là kịch bản gây ô nhiễm nhất với tổng tiềm năng tác động môi trường là 257%. Trong nghiên cứu này, các kịch bản chỉ được điều tra theo quan điểm môi trường; đối với các tác động kinh tế và xã hội của việc quản lý chất thải rắn, cần phải xem xét các công cụ ra quyết định khác.

Từ khóa: chất thải rắn sinh hoạt, đánh giá vòng đời, tác động môi trường.

Chỉ số phân loại: 2.7

Life cycle assessment of municipal solid waste management systems in Ho Chi Minh City

Phuong Giang Le*, Huu Hai Trinh

The Central Transport College VI, 189 Kinh Duong Vuong Street, Ward 12, District 6, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 23 June 2022; revised 19 July 2022; accepted 22 July 2022

Abstract:

Life cycle assessment (LCA) is a methodology used to evaluate the environmental impacts of municipal solid waste management (MSWM) systems. In this article, the authors apply the LCA method to investigate the best solution for the MSWM system in Ho Chi Minh city, supported by GaBi software. The LCA results from three scenarios of waste-to-energy, composting, and landfilling reveal their effects on global warming potential, acidification potential, eutrophication potential, and photochemical ozone creation potential. Overall, the results indicate that waste-to-energy and composting scenarios are competitive options. Waste-to-energy is environmentally friendly with a total environmental impact of 62%, which is only a quarter of the impact of landfilling. The composting scenario in the mechanical-biological treatment plant shows promising results of 81% reduction in environmental impact, while landfilling is the most polluting scenario with a total environmental impact potential of 257%. In this study, the scenarios are only investigated from an environmental perspective, for the economic and social impacts of waste management, other decision-making tools should be considered.

Keywords: environmental impact, life cycle assessment, municipal solid waste.

Classification number: 2.7

1. Đặt vấn đề

Trong những thập kỷ qua, quản lý chất thải rắn đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu quan trọng trên toàn thế giới, chủ yếu là do nó có nhiều liên kết với các chủ đề rất quan trọng hiện nay như ô nhiễm môi trường, thu hồi năng lượng và sức khỏe con người. Chiến lược quốc gia về quản lý tổng hợp chất thải rắn đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050 [1] đã nêu rõ quan điểm

chất thải rắn phát sinh phải được quản lý theo hướng coi là tài nguyên, được phân loại, thu gom phù hợp với công nghệ xử lý được lựa chọn; khuyến khích xử lý chất thải thành nguyên liệu, nhiên liệu, các sản phẩm thân thiện môi trường, xử lý chất thải kết hợp với thu hồi năng lượng, tiết kiệm đất đai.

Bất kỳ hệ thống quản lý chất thải nào cũng được xây dựng từ nhiều quy trình có liên quan với nhau (chôn lấp, làm phân, tái

*Tác giả liên hệ: Email: lephgiang@gmail.com

chế, đốt rác...) được tích hợp với nhau [2-4]. Theo S. Manfredi và cs (2011) [5], các vấn đề quan trọng trong quản lý chất thải là xác định các công nghệ tốt nhất hiện có và các lựa chọn xử lý tốt nhất cho các phân rác thải riêng lẻ như: giấy, thủy tinh, nhựa, kim loại và rác thải sinh học. Các chính sách của châu Âu khuyến nghị rằng, mục tiêu đầu tiên của bất kỳ chính sách quản lý chất thải nào phải là giảm thiểu các tác động tiêu cực của việc phát sinh và quản lý chất thải đối với sức khỏe con người và môi trường [6]. Để dự đoán và so sánh các tác động môi trường của các hệ thống quản lý chất thải, phương pháp LCA thường được áp dụng [7]. Các mô hình LCA đã được một số nhà nghiên cứu áp dụng để đánh giá hiệu suất môi trường của hệ thống quản lý chất thải như một phương pháp nghiên cứu các khía cạnh môi trường và các tác động tiềm ẩn của một sản phẩm [8-11].

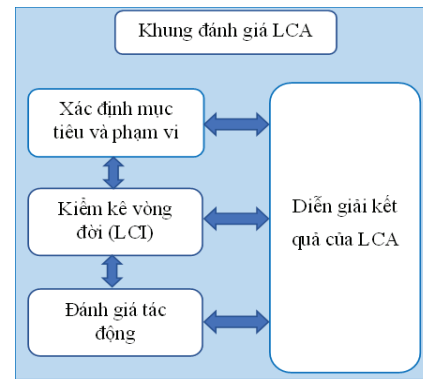
TP Hồ Chí Minh là một đô thị đặc biệt, là trung tâm về kinh tế, văn hóa, giáo dục đào tạo, khoa học và công nghệ của cả nước. Tốc độ phát triển kinh tế, quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa diễn ra rất nhanh, dân số cao nhất nước [12]. Tại địa bàn nghiên cứu, 69% lượng CTRSH được xử lý bằng công nghệ chôn lấp hợp vệ sinh, 20% được sử dụng để chế biến compost, 11% áp dụng công nghệ đốt [13]; hiện tại triển khai phân loại rác tại nguồn, tuy nhiên chưa có chuyên biến rõ rệt, đa số người dân vẫn đổ lẫn lộn các loại rác [14]. Thành phố đã đề xuất quy hoạch các cơ sở xử lý CTRSH với công nghệ tiên tiến, hiện đại, hạn chế chôn lấp để tiết kiệm tài nguyên đất, thu hồi được năng lượng, sinh khối, giảm phát thải khí nhà kính trong quá trình xử lý nhằm hướng tới mục tiêu đến năm 2050, tỷ lệ chôn lấp sau xử lý không quá 10% [15]. Trên cơ sở phân tích hiện trạng quản lý CTRSH tại TP Hồ Chí Minh, nghiên cứu lựa chọn, đề xuất 3 kịch bản và sử dụng mô hình LCA để đánh giá tác động môi trường nhằm xác định đâu là hệ thống quản lý chất thải bền vững.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. LCA của quản lý CTRSH

Nghiên cứu này sử dụng LCA để ước tính tiềm năng tác động môi trường tiềm ẩn liên quan đến tất cả các giai đoạn quản lý CTRSH. LCA là một phương pháp luận phù hợp để đánh giá khả năng giảm thiểu tác động môi trường trong quản lý chất thải. Đây là một công cụ phân tích hệ thống hiện đang được sử dụng ở nhiều quốc gia để đánh giá tác động của các giải pháp thay thế quản lý CTRSH tổng hợp khác nhau [14].

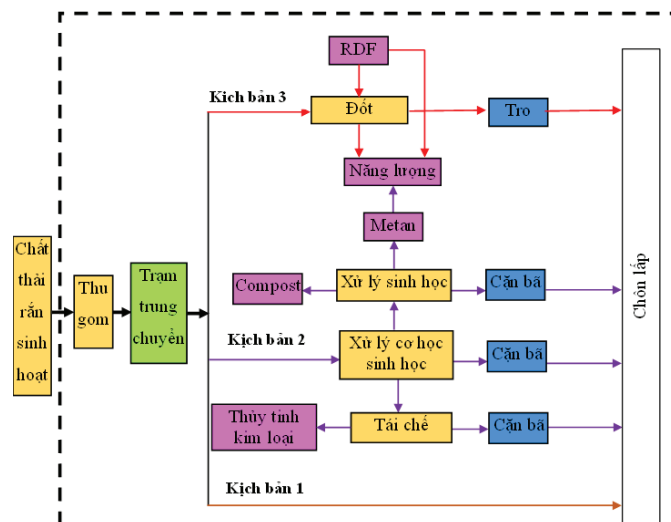
Phương pháp LCA được sử dụng trong nghiên cứu này theo tiêu chuẩn quốc gia TCVN ISO 14040:2009 và ISO 14044:2011 về quản lý môi trường và LCA sản phẩm [16]. Theo ISO 14044:2011, LCA tuân theo 4 bước: (1) Xác định phạm vi và mục tiêu; (2) Kiểm kê vòng đời (LCI); (3) Đánh giá tác động vòng đời (LCIA); (4) Diễn giải kết quả (hình 1).



Hình 1. Các bước trong LCA theo ISO 14040:2009 và 14044:2011.

2.2. Ranh giới hệ thống

LCA dựa trên các dòng vật chất và năng lượng đi qua ranh giới hệ thống, do đó việc xác định một hệ thống thực tế là hoàn toàn cần thiết [15]. Nghiên cứu này phân tích hệ thống quản lý CTRSH từ góc độ vòng đời, do đó tất cả các quá trình liên quan đến quản lý chất thải rắn đều được đưa vào và đánh giá. Sơ đồ mô tả ở hình 2 trình bày ranh giới hệ thống đối với 3 kịch bản, trong đó đường chấm đậm tạo thành ranh giới hệ thống; các ô màu hồng biểu thị sản phẩm thu được từ việc quản lý chất thải; ô màu xanh lá biểu thị phương tiện vận chuyển; ô màu vàng biểu thị cơ sở hạ tầng, các ô màu xanh dương biểu thị chất cần bã đến các bãi chôn lấp. Đường mũi tên màu cam biểu thị cho kịch bản 1, đường mũi tên màu tím biểu thị cho kịch bản 2, đường mũi tên màu đỏ biểu thị cho kịch bản 3.



Hình 2. Sơ đồ ranh giới hệ thống xử lý CTRSH cho TP Hồ Chí Minh.

2.3. Đơn vị chức năng

Tính toán cho một tấn CTRSH phát sinh không phân loại tại nguồn, có tính đến thu gom, vận chuyển đến nhà máy xử lý (tần suất thu gom, khoảng cách, loại xe, nhiên liệu, kích thước và khối lượng thiết bị chứa) cũng như đến giai đoạn cuối cùng là bãi chôn lấp.

2.4. Xác định phạm vi và mục tiêu

Theo tiêu chuẩn ISO 14040:2006, giai đoạn đầu tiên của LCA là xác định mục tiêu và phạm vi. Phạm vi của mô hình nghiên cứu bao gồm CTRSH được thu gom, vận chuyển, tiền xử lý chất thải (phân loại và tách, tức là áp dụng công nghệ xử lý sinh học cơ học - MBT), xử lý (thu hồi rác tái chế, RDF, đốt rác, ủ phân) và chôn lấp.

2.5. Thiết kế kịch bản

Các kịch bản sẽ giúp đánh giá và so sánh tiềm năng của các phương án quản lý chất thải khác nhau. Nghiên cứu này đề xuất 3 kịch bản xem xét việc quản lý CTRSH hiện tại có thể được sử dụng ở TP Hồ Chí Minh.

Kịch bản 1: Kịch bản này dựa trên tình hình quản lý CTRSH hiện nay ở TP Hồ Chí Minh, 69% lượng CTRSH được xử lý bằng chôn lấp chưa được phân loại tại nguồn, tái chế và thu hồi vật liệu vẫn đang tự phát. Thành phố đã triển khai phân loại rác tại nguồn, tuy nhiên chưa có chuyển biến rõ rệt, đa số người dân vẫn đổ lẫn lộn các loại rác. Bãi chôn lấp có xử lý nước rỉ rác nhưng không thu khí do các bãi chôn lấp trong khu vực nghiên cứu là bãi lộ thiên không có bộ phận thu gom khí. Trong kịch bản này, đơn vị thu gom rác tại các thùng chứa không phân loại, trạm trung chuyển đã được sử dụng để lưu trữ và chuyển chất thải đến bãi chôn lấp.

Kịch bản 2: Thành phố đề xuất quy hoạch các cơ sở xử lý CTRSH với công nghệ tiên tiến, hiện đại, hạn chế chôn lấp để tiết kiệm tài nguyên đất, thu hồi được năng lượng, tận dụng rác hữu cơ làm phân compost, giảm phát thải khí nhà kính trong quá trình xử lý nhằm hướng tới mục tiêu đến năm 2050, tỷ lệ chôn lấp sau xử lý không quá 10%. Trong kịch bản này, CTRSH được đưa đến nhà máy xử lý MBT để phân loại tái chế (kim loại và thủy tinh), rác hữu cơ làm phân compost, điện.

Kịch bản 3: Chiến lược quốc gia về quản lý tổng hợp chất thải rắn đến năm 2025, tầm nhìn đến năm 2050 (cũng là đề xuất quy hoạch chất thải rắn của TP Hồ Chí Minh) đã nêu rõ quan điểm chất thải rắn phát sinh phải được quản lý theo hướng coi là tài nguyên, được phân loại, thu gom phù hợp với công nghệ xử lý được lựa chọn, các sản phẩm thân thiện môi trường, xử lý chất thải kết hợp với thu hồi năng lượng, tiết kiệm đất đai. Trong kịch bản này, CTRSH được vận chuyển trực tiếp đến lò đốt để đốt thu hồi năng lượng có sự kiểm soát khí thải. Nguyên liệu thô có thể là chất thải hỗn hợp hoặc dạng viên RDF.

2.6. Kiểm kê vòng đời

Kiểm kê vòng đời dựa trên mục tiêu và phạm vi của các chi tiết ở hình 2 được chuẩn bị và lập mô hình với sự trợ giúp của phần mềm Gabi. Dữ liệu đầu vào và đầu ra cho mô hình chôn lấp, xử lý sinh học cơ học (MBT), đốt rác phát điện được sử dụng từ phần mềm Gabi, tài liệu trong và ngoài nước được mô tả ở bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp đầu vào và đầu ra để xử lý một tấn CTRSH cho 3 kịch bản.

	Kịch bản		
	Chôn lấp	MBT	Đốt rác phát điện
Đầu vào			
CTRSH: 1 tấn			
Điện (kWh)	665 ^a	44,8 ^g	70 ^h
Điện để sản xuất phân bón (kWh)	-	50 ^g	-
Dầu diesel xử lý 1 tấn rác (l)	1,36 ^b	0,6 ^g	-
Dầu diesel xe tải (l)	1,62 ^b	-	-
Nhiệt năng (MJ)	-	-	293 ^h
Dầu bôi trơn, dầu nhớt (l)	-	0,12 ^g	-
Không khí ẩm (kg)	-	-	7012 ^c
Nước (kg)	-	2 ^g	39,29 ^c
Xử lý nước (kg)	-	-	464 ^h
Đá vôi (kg)	-	-	2 ^h
NH ₃ (kg)	-	-	1 ^h
NaOH (kg)	-	-	9 ^h
Than hoạt tính (kg)	-	-	0,85 ^h
Đầu ra			
Khí thải vào không khí			
CO ₂ (kg)	2 ^b	-	571 ^h
HCl (g)	6 ^b	-	6 ^h
HF (g)	1 ^b	20 ^g	0,3 ^h
H ₂ S (g)	18 ^b	-	-
CH ₄ (g)	49.726,7 ^c	6 ^g	-
NH ₃	-	1,3 ^g	-
Nox (g)	41 ^d	200 ^g	-
N ₂ O (g)	2 ^d	-	100 ^h
SO ₂ (g)	32 ^d	-	6 ^h
CO (g)	23,6 ^d	-	-
VOC (các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi)	-	800 ^g	-
Phát thải vào nước (mg/kg)			
Hg	1,4 ^d	-	-
Cd	0,06 ^d	-	-
Fe	35,1 ^d	-	-
Mg	1,6 ^d	-	-
Zn	1,33 ^d	-	-
Phục hồi năng lượng			
Tổng điện (kWh/t)	-	-	520 ^h
Tổng năng lượng nhiệt (MJ/t)	-	-	2029 ^h
Điện ròng (kWh)	-	50-44,8=5,2	520-70=450
Năng lượng nhiệt ròng (MJ)	-	-	2029-293=1736

Nguồn: ^a: M.R. Mendes và cs (2004) [17]; ^b: H.T. Trung và cs (2004) [18]; ^c: ước lượng khí metan cho TP Hồ Chí Minh (tác giả tính dựa vào công thức IPCC); ^d: N.T. Phuong (2016) [19]; ^e: phần mềm Gabi; ^g: A.L.L. Pires (2010) [20]; ^h: đánh giá tác động môi trường Nhà máy đốt rác phát điện Tâm Sinh Nghĩa [21].

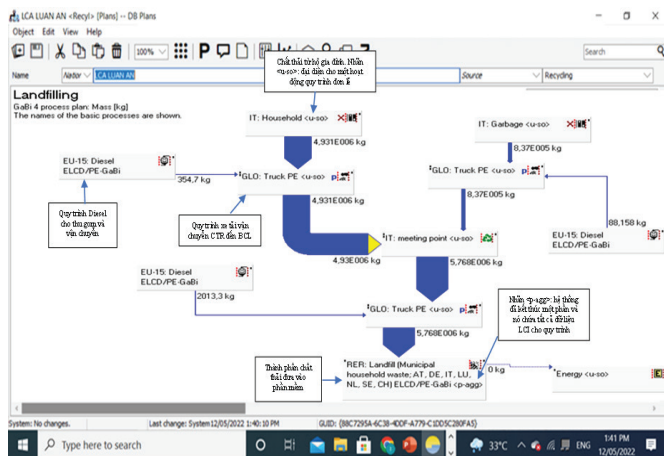
2.7. Đánh giá tác động vòng đời

Giai đoạn thứ ba là đánh giá tác động. Đầu vào và đầu ra trước tiên được gán cho các loại tác động và các tác động tiềm ẩn của chúng được định lượng theo các yếu tố đặc trưng. Trong nghiên cứu này, các tác giả lựa chọn 4 loại hình tác động để đánh giá đó là: Tiềm năng nóng lên toàn cầu (Global warming potential - GWP), giá trị đương lượng: kg CO₂ eq; Tiềm năng axit hóa (Acidification potential - AP), giá trị đương lượng: kg SO₂ eq; Tiềm năng phú dưỡng (Eutrophication potential - EP), giá trị đương lượng: kg PO₄ eq; Tiềm năng tạo ôzôn quang hóa (Photochemical ozone formation potential - POCP), giá trị đương lượng: kg C₂H₂.

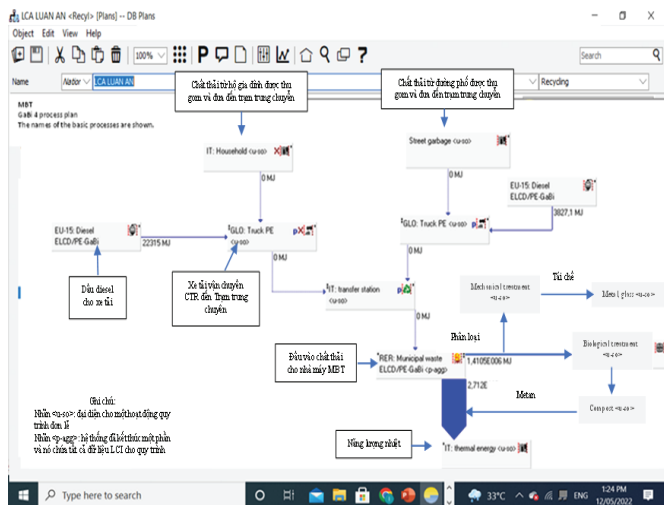
3. Kết quả và bàn luận

3.1. Kết quả kiểm kê vòng đời cho 3 kịch bản

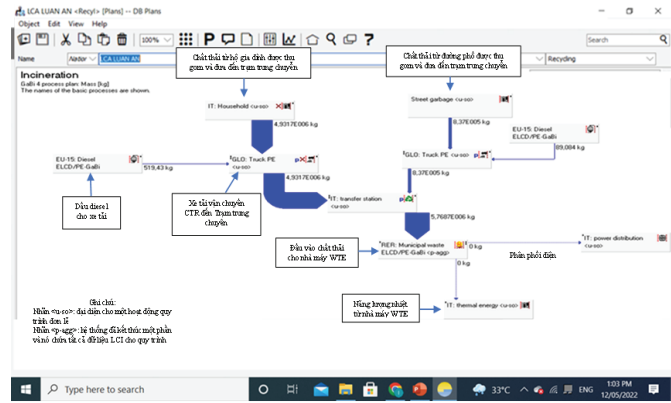
Các kế hoạch và dòng chảy khi kiểm kê vòng đời của Gabi đã được thực hiện cho 3 kịch được thể hiện ở hình 3-5.



Hình 3. Kịch bản bãi chôn lấp theo GaBi (dòng chảy).



Hình 4. Kịch bản nhà máy MBT theo GaBi (dòng năng lượng).



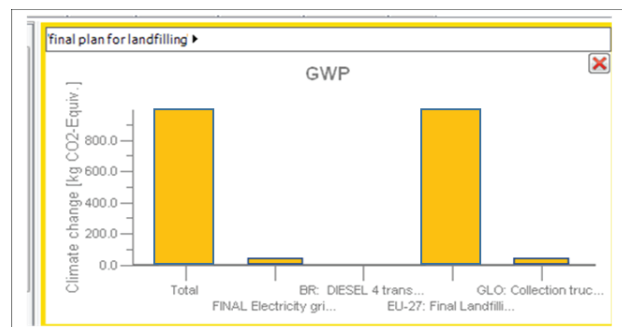
Hình 5. Kịch bản đốt rác phát điện theo GaBi (dòng chảy).

Kết quả mô phỏng đã cung cấp sự hiểu biết tốt hơn về các khía cạnh môi trường của các kịch bản được xem xét. Từ dữ liệu nguồn bảng 1 được thực hiện bằng phần mềm Gabi sẽ cho ra các dữ liệu tính toán tiềm năng tác động môi trường được tóm tắt ở bảng 2.

Bảng 2. Tác động môi trường đối với các kịch bản chôn lấp, nhà máy MBT, đốt rác phát điện.

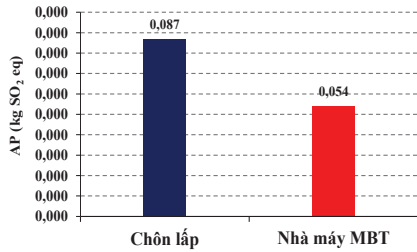
Tiềm năng tác động	Chôn lấp	Nhà máy MBT	Đốt rác phát điện
AP (kg SO ₂ eq)	0,087	0,054	1,89E-10
GWP ₁₀₀ (kg CO ₂ eq)	890	19,94	85,77
EP (kg PO ₄ eq)	0,729	0,348	0,565
POCP (kg C ₂ H ₂ eq)	0,657	0,213	0,192

Kết quả bảng 2 cho thấy, quá trình chôn lấp có 890 kg CO₂ eq/t chất thải đóng góp cao nhất vào tiềm năng nóng lên toàn cầu trong tất cả các kịch bản (hình 6). Điều này là do các khí nhà kính được tạo ra chủ yếu là CO₂, CH₄, N₂O và được giải phóng hoàn toàn mà không qua bất kỳ hình thức xử lý nào như đốt cháy hay thu giữ, nó đang xảy ra ở hầu hết các bãi chôn lấp ở TP Hồ Chí Minh. Các chất axit hữu cơ, nitơ, các hợp chất amon ở bãi chôn lấp cũng cao hơn so với phương pháp làm phân bón và đốt mặc dù đã xử lý nước rỉ rác, điều này có thể từ sự rò rỉ không thể tránh khỏi do nước chảy quá mức hoặc lớp lót bị hỏng và độ chua của nước rỉ rác dẫn đến việc giải phóng các chất làm giàu dinh dưỡng. Tiềm năng nóng lên toàn cầu từ nhà máy MBT giảm nhiều (19,94 kg CO₂ eq/t chất thải).



Hình 6. Đóng góp tổng GWP₁₀₀ bằng quá trình chôn lấp.

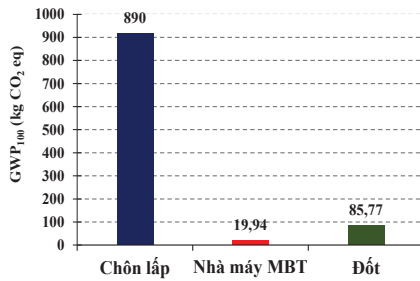
3.2. Tiềm năng axit hóa cho 3 kịch bản



Hình 7. Tiềm năng axit hóa cho 3 kịch bản.

Kết quả hình 7 cho thấy, kịch bản chôn lấp có tác động axit hóa cao nhất 0,087 kg SO₂ tương đương. Hoạt động thu gom và chôn lấp là những công đoạn mà lượng phát thải đối với tiềm năng này là nhiều nhất (khoảng 70%). Điều này là do có sự kết hợp xử lý nước rỉ rác trong mô hình nghiên cứu, trong khi đóng góp của quá trình đốt rác là không đáng kể do việc áp dụng hệ thống làm sạch khí trong mô hình (không thể hiện trong mô hình).

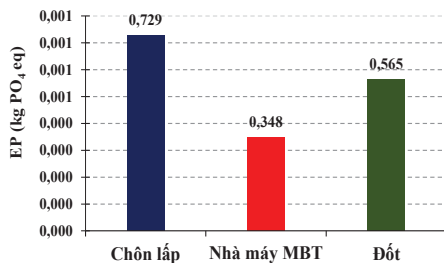
3.3. Tiềm năng nóng lên toàn cầu cho 3 kịch bản



Hình 8. Tiềm năng nóng lên toàn cầu cho 3 kịch bản.

Kết quả hình 8 cho thấy, xử lý chất thải rắn bằng công nghệ đốt rác phát điện và công nghệ xử lý MBT đã làm giảm nhiều tác động của sự nóng lên toàn cầu so với phương pháp chôn lấp. Điều này là do công nghệ xử lý MBT có thể đốt cháy hàng loạt, phân loại và tách hầu hết các thành phần vô cơ và kết hợp công nghệ làm sạch khí thải trong hệ thống. Lượng kg CO₂ eq đốt giảm 12 lần so với chôn lấp. Do đó, phát thải khí nhà kính chủ yếu từ những bãi chôn lấp lộ thiên hơn là đốt rác phát điện và xử lý MBT.

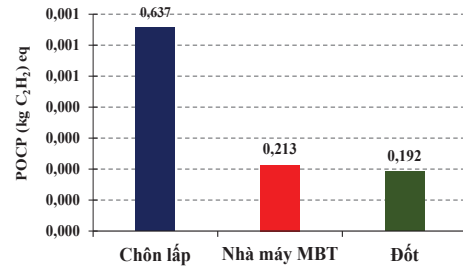
3.4. Tiềm năng phú dưỡng cho 3 kịch bản



Hình 9. Tiềm năng phú dưỡng cho 3 kịch bản.

Kết quả hình 9 cho thấy, sự đóng góp của các kịch bản đối với tiềm năng phú dưỡng. Sự phú dưỡng liên quan đến tất cả những tác động đến môi trường, sinh thái và sức khỏe cộng đồng do sự hiện diện của các chất dinh dưỡng, bao gồm chủ yếu là thành phần nitơ và photpho. Trong hình, bãi chôn lấp có nhiều tác động đến sự phú dưỡng (0,729 kg PO₄ eq) hơn so với đốt rác phát điện (0,565) và nhà máy MBT (0,348) là do nước rỉ có nhiều nitơ.

3.5. Tiềm năng tạo ôzôn quang hóa cho 3 kịch bản



Hình 10. Tiềm năng tạo ôzôn quang hóa cho 3 kịch bản.

Kết quả hình 10 cho thấy, tiềm năng tạo ôzôn quang hóa cho 3 kịch bản nhận thấy đốt có giá trị thấp nhất (0,192 kg C₂H₂ eq) và chôn lấp có giá trị cao nhất (0,637). Việc đốt rác ít phát thải nhất đối với tác động này do nhiệt độ cao và làm sạch bằng khí nên loại bỏ hầu hết các chất ô nhiễm. POCP của xử lý cơ học sinh học là 0,213 kg C₂H₂, số lượng nhỏ này được ghi nhận là kết quả của quá trình đốt cháy dầu diesel từ các xe thu gom vì thu gom là một phần của quy trình được xem xét trong nhà máy MBT.

3.6. Tổng tác động môi trường cho 3 kịch bản

Kết quả từ bảng 2 tính được tỷ lệ % tổng tác động môi trường cho 3 kịch bản (bảng 3).

Bảng 3. Tổng tác động môi trường cho 3 kịch bản.

Tiềm năng tác động	Kịch bản		
	Chôn lấp (%)	Nhà máy MBT (%)	Đốt rác phát điện (%)
AP (kg SO ₂ eq)	62	38	0
GWP ₁₀₀ (kg CO ₂ eq)	89	2	9
EP (kg PO ₄ eq)	44	21	35
POCP (kg C ₂ H ₂ eq)	62	20	18
Tổng tác động	257	81	62

Kịch bản chôn lấp có tổng tác động môi trường cao nhất (257%), do đó không được lựa chọn là giải pháp xử lý CTRSH cho khu vực nghiên cứu. Tổng tác động đến môi trường trong quá trình ủ phân compost từ công nghệ MBT (81%) được giảm thiểu bằng 32% so với việc chôn lấp. Đốt rác có tổng tác động môi trường (62%) chỉ bằng 1/4 so với chôn lấp. Điều này càng khẳng định một lần nữa giải pháp xử lý CTRSH bằng phương pháp đốt và làm phân compost là những phương án xử lý ít tác động đến môi trường nhất trong khu vực nghiên cứu.

Kết luận

Kết quả LCA để đánh giá tác động môi trường từ 3 kịch bản cho thấy ảnh hưởng của chúng đối với tiềm năng nóng lên toàn, tiềm năng axit hóa, tiềm năng phú dưỡng, tiềm năng tạo ôzôn quang hóa.

Kết quả tổng thể chỉ ra rằng, kịch bản đốt và làm phân compost là có tính cạnh tranh, trong đó kịch bản đốt rác phát điện có thể được coi là phương pháp xử lý cạnh tranh để giảm khí nhà kính khi xem xét việc thay thế năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch sử dụng nhiều carbon. Việc chôn lấp không được ưa thích và được cho là gây ô nhiễm môi trường nhất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Prime Minister (2018a), *Decision No. 491/QĐ-TTg dated May 7, 2018, The Government Approved The Adjustment of The National Strategy on Integrated Solid Waste Management to 2025, Vision to 2050* (in Vietnamese).
- [2] C. Ghinea, M. Petraru, H.T.A. Bressers, et al. (2012), “Environmental evaluation of waste management scenarios - Significance of the boundaries”, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, **20(1)**, pp.76-85, DOI: 10.3846/16486897.2011.644665.
- [3] G. Ionescu, E.C. Rada, L.I. Cioca (2015), “Municipal solid waste sorting and treatment schemes for the maximization of material and energy recovery in a latest EU member”, *Environmental Engineering and Management Journal*, **14(11)**, pp.2537-2544, DOI: 10.30638/eemj.2015.271.
- [4] P.R. White, M. Franke, P. Hindle, (1999), *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*, Publishing House Aspen Publishers, Maryland, 507pp.
- [5] S. Manfredi, D. Tonini, H.T. Christensen (2011), “Environmental assessment of different management options for individual waste fractions by means of lifecycle assessment modeling”, *Resources, Conservation and Recycling*, **55(11)**, pp.995-1004, DOI: 10.1016/j.resconrec.2011.05.009.
- [6] EC Directive (2008), *Directive 98/2000 of The European Parliament and of The Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives*, Official Journal of the European Union, Brussels, 431pp.
- [7] I.A. Al-Khatib, S. Karki, C. Sato (2015), “Industrial solid waste management in the governorates of Nablus and Ramallah & Al-Bireh, Palestine”, *Environmental Engineering and Management Journal*, **14(12)**, pp.2793-2807, DOI: 10.30638/eemj.2015.296.
- [8] A. Björklund, G. Finnveden, L. Roth (2010), *Solid Waste Technology & Management*, Wiley Publication, DOI: 10.1002/9780470666883.ch11.
- [9] D. Bjelic, H.S. Carapina, D.N. Markic, et al. (2015), “Environmental assessment of waste management in Banjaluka region with focus on landfilling”, *Environmental Engineering and Management Journal*, **14(6)**, pp.1455-1463, DOI: 10.30638/eemj.2015.157.
- [10] F. Cherubini, S. Bargigli, S. Ulgiati (2009), “Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration”, *Energy*, **34(12)**, pp.2116-2123, DOI: 10.1016/j.energy.2008.08.023.
- [11] C. Ghinea, M. Petraru, I.M. Simion, et al. (2014), “Life cycle assessment of waste management and recycled paper systems”, *Environmental Engineering and Management Journal*, **13(8)**, pp.2073-2085, DOI: 10.30638/eemj.2014.230.
- [12] Ho Chi Minh City Statistics Department (2020), *Statistical Yearbook*, Statistics Publishing House (in Vietnamese).
- [13] Ho Chi Minh City Department of Natural Resources and Environment (2020), *Report on Domestic Solid Waste Management in Ho Chi Minh City* (in Vietnamese).
- [14] Ho Chi Minh City People’s Committee (2019), *Decision No. 12/2019/QĐ-UBND dated May 17, 2019 Regulating MSW Management in Ho Chi Minh City* (in Vietnamese).
- [15] Prime Minister (2018b), *Decision No. 1485/QĐ-TTg dated November 6, 2018 Approving The Task of Ho Chi Minh City Solid Waste Treatment Planning until 2025, Vision to 2050* (in Vietnamese).
- [16] Database System for Legal Documents of Vietnam (2022), <https://vanbanphapluat.co/tcvn-iso-14044-2011-quan-ly-moi-truong-danh-gia-vong-doi-san-pham>, accessed 13 April, 2022.
- [17] M.R. Mendes, T. Aramaki, K. Hanaki (2004), “Comparison of the environmental impact of incineration and landfilling in São Paulo city as determined by LCA”, *Resources, Conservation and Recycling*, **41(1)**, pp.47-63, DOI: 10.1016/j.resconrec.2003.08.003.
- [18] H.T. Trung, L.H. Nam, D.T.D. Sinh (2004), *Essay on Environmental Impact Assessment - Da Phuoc Landfill Project* (in Vietnamese).
- [19] N.T. Phuong (2016), *Research on Improving The Decomposition Rate of Domestic Solid Waste in Simulated Landfill Conditions*, Doctoral Thesis, Ho Chi Minh City University of Technology (in Vietnamese).
- [20] A.L.L. Pires (2010), *Municipal Solid Waste Management System: Decision Support through Systems Analysis*, University Nova de Lisboa, University Nova de Lisboa.
- [21] Tam Sinh Nghia Investment and Development Joint Stock Company (2020), *Environmental Impact Assessment Report of Tam Sinh Nghia Waste Incineration Power Plant Project with Capacity of 2,000 Tons/Day* (in Vietnamese).