Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường, Tập 33, Số 4 (2017) 103-116

Đánh giá tiềm năng và hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải khí nhà kính từ công nghệ xử lý chất thải rắn sinh hoạt hữu cơ: Nghiên cứu thí điểm khu xử lý Nam Sơn và Cầu Diễn, thành phố Hà Nội

Thái Thị Thanh Minh[1,*], Nguyễn Trung Anh[2], Joo Young Lee[3], Bạch Quang Dũng[4]

[1]*Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*

[2] *Trung tâm Quy hoạch và Điều tra Tài nguyên nước Quốc gia*

[3]*Trường Đại học Yonsei, Hàn Quốc*

[4]*Trung tâm Nghiên cứu Đào tạo Việt Nam - Hàn Quốc, Viện Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu*

Nhận ngày 11 tháng 10 năm 2017
Chỉnh sửa ngày 22 tháng 10 năm 2017; Chấp nhận đăng ngày 29 tháng 12 năm 2017

Tóm tắt: Nghiên cứu tập trung vào đánh giá tiềm năng và hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải khí nhà kính từ công nghệ xử lý chất thải rắn sinh hoạt hữu cơ, bao gồm: Chôn lấp không thu hồi khí, chôn lấp thu hồi khí phục vụ phát điện (áp dụng tại Nam Sơn) và sản xuất phân sinh học (áp dụng tại Cầu Diễn) tại thành phố Hà Nội. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, để xử lý 1 tấn chất thải rắn bằng chôn lấp không thu hồi khí và chôn lấp có thu hồi khí, phục vụ phát điện sẽ cần bù lỗ lần lượt khoảng 14,2$USD và 0,9 $USD, trong khi áp dụng công nghệ ủ phân sinh học sẽ thu lại lợi nhuận là 5,1 $USD. Giải pháp ủ phân sinh học có tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính lớn, tận thu được sản phẩm sau quá trình xử lý, tạo ra lợi nhuận để tái đầu tư cho hoạt động xử lý chất thải, phù hợp với Quy hoạch của thành phố về xử lý chất thải rắn (CTR) đô thị. Tuy nhiên, lộ trình thực hiện chuyển đổi sang công nghệ ủ phân sinh học nên thực hiện từ đầu năm 2030.

Từ khóa: Giảm phát thải khí nhà kính, chất thải rắn sinh hoạt hữu cơ, hiệu quả kinh tế.

1. Giới thiệu

Chất thải rắn (CTR) là thách thức của các đô thị lớn trên thế giới. Bởi lẽ, ngoài gây ô nhiễm môi trường cảnh quan, sức khỏe con người, một lượng khí nhà kính (KNK) phát sinh từ CTR, góp phần không nhỏ đến sự nóng lên toàn cầu. Hiện nay, để giảm thiểu phát thải KNK từ CTR, người ta thường áp dụng các công nghệ xử lý như: (1) Chôn lấp CTR có thu hồi khí phục vụ phát điện, (2) Đốt CTR có thu hồi năng lượng; (3) Sản xuất phân hữu cơ; (4) Tái chế rác thải rắn.

Mặc dầu có bốn giải pháp xử lý CTR nhằm giảm phát thải KNK. Song công nghệ chôn lấp có thu hồi khí phục vụ phát điện được áp dụng được ứng dụng nhiều nơi trên thế giới [1]. Tuy nhiên, để xây dựng được hệ thống máy phát điện sử dụng khí bãi rác, cần thiết phải đánh giá trữ lượng khí mê tan (CH_4) của bãi chôn lấp

*Tác giả liên hệ. ĐT: 84-983484946.
Email: minhtt80@gmail.com
https://doi.org/10.25073/2588-1094/vnuees.4200

(BCL), đồng thời tính toán chi phí - lợi ích từ các phương pháp sử dụng thu gom khí. Cách làm này đã được nhiều công trình trên thế giới đề cập đến. Haarlem và cộng sự (2003) [2] sử dụng 03 phương pháp đo đạc khí CH_4 gồm: Phương pháp cân bằng khối lượng (Mass balance method - MBM), phương pháp cột cố định (Stationary plum method - SPL), phương pháp cột di động (Mobile plum method - TDL), phương pháp đo đạc đồng vị ^{13}C. Đối với phương pháp TDL, hệ số phát thải 2,5 kg CH_4 /ha sinh khối, ủ 60.000 tấn mỗi năm sẽ phát thải 150.000 kg CH_4/năm, tương đương 25 m^3CH_4/hr. Phương pháp MBM cho kết quả gần với phương pháp TDL. Phương pháp SPM cho kết quả gần với thực tế nhất, phương pháp đồng vị ^{13}C cho kết quả lớn hơn so với ba phương pháp trên. Như vậy, phương pháp MBM và SPL có thể sử dụng trong theo dõi phát thải khí CH_4 tại bãi chôn lấp với độ chính xác 25%. Tuy nhiên, nếu lựa chọn phương pháp SPL chi phí cao hơn 10-30% so với phương pháp MBM. Bonger (2003) [3] đưa ra phương pháp mới trong ước lượng khí CH_4 từ bãi chôn lấp cho toàn cầu, giai đoạn 1980-1996. Với hai kịch bản phát thải toàn cầu được đưa ra để so sánh với hai kịch bản của IPCC. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng hàm lượng khí CH_4 dao động mức 16-57 Tg/năm kịch bản. Trong đó việc tính toán phát thải khí CH_4 từ bãi chôn lấp được sử dụng theo công thức của IPCC (1996) với các hệ số điều chỉnh mê tan (MFC), tỷ lệ cacbon hữu cơ dễ phân hủy (DOC) và phần trăm khí CH_4 (F) trong BLC để mặc định.

Heijo Scharff và cộng sự (2006) [4] áp dụng 6 mô hình khác nhau để ước lượng khí CH_4 từ BCL rác thải và so sánh với các quan trắc từ phương pháp TDL, MBM và SPM. Nhìn chung, hàm lượng khí CH_4 ước tính từ mô hình TNO, GasSim, LandGEM đều cao hơn so với số liệu quan trắc và ngược lại đối với mô hình Afvalzorg, EPER của Đức, Pháp. Cũng cách làm tương tự, Laura Capelli và cộng sự (2014) [5] sử dụng mô hình LandGEM của Mỹ để tính toán phát thải CH_4. Định lượng phát thải khí CH_4 tính toán từ mô hình cho sai số đáng kể, liên quan đến các thông số đầu vào cho mô hình. Đồng thời, hàm lượng CO_2 từ BCL luôn cao hơn khí CH_4 và có sự lệch pha giữa đỉnh cực đại của hai loại khí này. Farideh Atabi và cộng sự (2014) [6] sử dụng mô hình LandGEM 3.0 cho BCL Kahrizak, Iran để ước tính hàm lượng CH_4 và CO_2 thấp hơn 10% so với thực tế. Tốc độ phân rã k ảnh hưởng lớn đến hàm lượng khí bãi rác, cũng như độ sâu của BCL, nhiệt độ và mật độ chất thải. Giá trị k càng cao đồng nghĩa CH_4 càng nhiều. Thông qua việc thu hồi khí để sản sinh năng lượng, tỷ lệ phát thải KNK sẽ giảm xuống 3 triệu tấn CO_2. Bên cạnh đó, Melissa Weitz và cộng sự (2017) [7] nhấn mạnh sự hữu ích của mô hình IPCC (2006) trong tính toán phát thải khí CH_4 từ BCL so với các mô hình trước đây. Đặc biệt có thể sử dụng công cụ này dự báo khí thải trong tương lai từ BCL.

Ở Việt Nam, nghiên cứu của Phạm Thị Anh (2015) [8] đưa ra quá trình hình thành các khí chủ yếu từ bãi chôn lấp Gò Cát, quận Tân Bình, Thành phố Hồ Chính Minh và giải pháp thu gom khí mê tan, phục vụ phát điện cho khu vực này. Các tính toán của Nguyễn Văn Phước và cộng sự (2010) [9] cho thấy, với lượng CTR đô thị của nước ta khoảng 21.500 tấn/ngày như hiện nay, trong đó phần hữu cơ chiếm 70-85%, nếu áp dụng công nghệ lên men mê tan sẽ thu được khoảng 3,6 triệu kWh điện/ngày và lợi nhuận từ dự án giảm phát thải CO_2 là 160.000 USD/ngày.

Nguyễn Võ Châu Ngân và cộng sự (2014) [10] định lượng phát thải khí CH_4 từ rác thải sinh hoạt tại các gia đình cư ngụ tại hai quận Ninh Kiều và Bình Thủy thuộc thành phố Cần Thơ được thực hiện tính toán bằng mô hình USEPA's LANGEM (1998). Trong đó, các tham số đầu vào cho mô hình chủ yếu được mặc định theo IPCC (1995) như: hệ số MFC là 0,6; DOC là 0,7; F là 0,5. Trong khi, nghiên cứu của Võ Diệp Ngọc Khôi (2014) [11] ngoài việc tính toán phát thải khí CH_4 từ BCL rác thải rắn Khánh Sơn, Thành phố Đà Nẵng, còn dự tính định lượng phát thải của khí này đến 2030 theo hai kịch bản: Gia tăng dân số và gia tăng chất thải bằng mô hình USEPA's LANGEM (1998). Song các tham số đầu vào cho mô hình để mặc định, tương tự với công trình nghiên

cứu của Võ Châu Ngân và cộng sự (2014) [10].

Song song với cách làm trên, Trần Ngọc Tuấn và cộng sự (2014) [12] đã đánh giá giảm phát thải KNK của phương pháp ủ so với chôn lấp CTR ở thành phố Huế bằng mô hình USEPA's LANGEM (1998) với tham số MFC, DOC và F được để mặc định và dự tính với 02 kịch bản: Toàn bộ rác được mang đi chôn lấp và toàn bộ được đưa vào ủ. Kết quả chỉ ra rằng, phương pháp ủ phân hữu cơ giảm được phát thải khí mê tan nhiều hơn so với phương pháp chôn lấp, song lượng điện được sử dụng cho công nghệ này khá lớn và nguồn số liệu đánh giá là 4 năm và rác cần được phân loại trước khi ủ.

Nghiên cứu của Nguyễn Thị Khánh Huyền và cộng sự (2015) [13] ứng dụng mô hình IPCC (2006) nhằm tính toán phát thải mê tan từ rác thải sinh hoạt, tại thành phố Thủ Dầu một, tỉnh Bình Dương. Ưu điểm nghiên cứu này đã đưa ra kỹ thuật lấy mẫu ¼ theo WHO, có dự tính theo kịch bản dân số, song các tham số đầu vào cho mô hình như MFC, DOC, F đều để mặc định. Một cách tương tự, tác giả Đặng Thị Liên (2016) [14] đã đánh giá phát thải khí mê tan từ bãi chôn lấp Xuân Sơn, Sơn Tây, Hà Nội bằng mô hình USEPA's LANGEM (1998) với tham số MFC, DOC và F được lấy mặc định.

Như vậy, có thể thấy rằng các nghiên cứu trong và ngoài nước hầu hết đề cập đến việc sử dụng mô hình trong tính toán phát thải khí bãi rác, phương pháp ủ phân giảm phát thải hơn chôn lấp. Song việc đánh giá tiềm năng và hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải KNK từ các công nghệ xử lý CTR chưa được đề cập nhiều, đặc biệt tại Việt Nam. Mặc dầu, ở thành phố Hà Nội, các phương pháp này đã và đang áp dụng tại một số bãi rác như: Giải pháp chôn lấp CTR có thu hồi khí phục vụ phát điện và tái chế rác thải rắn được áp dụng tại BCL Nam Sơn, Sóc Sơn (Hình 1); Giải pháp đốt CTR có thu hồi năng lượng tại BCL Xuân Sơn; Giải pháp sản xuất phân hữu cơ tại nhà máy sản xuất phân Cầu Diễn. Hơn nữa, một số nghiên cứu chỉ ra rằng CTR tại các đô thị Việt Nam 90% là thành phần hữu cơ, có nguồn gốc từ rác thải sinh hoạt [8], [11], [10]. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này chỉ xem xét đến giải pháp xử lý CTR sinh hoạt hữu cơ (gọi chung là CTR), bao gồm: Công nghệ chôn lấp không thu hồi khí (BE, giải pháp cơ sở), công nghệ chôn lấp có thu hồi khí phát thải phục vụ phát điện (PE1, giải pháp thay thế) và công nghệ sản xuất phân hữu cơ từ CTR sinh hoạt hữu cơ (PE2, giải pháp thay thế). Trong đó, BE, PE1 được nghiên cứu tại khu xử lý rác Nam Sơn (Hình 1) và PE2 tại khu xử lý rác Cầu Diễn, thành phố Hà Nội.

Hình 1. Khu liên hợp xử lý chất thải rắn Nam Sơn và vị trí các ô chôn lấp nghiên cứu.

Việc đánh giá tiềm năng giảm phát thải KNK của các giải pháp BE, PE1 và PE2 được thực hiện thông qua việc tính toán phát thải khí CH4 của IPCC (2006) [19], phương pháp phân tích chi phí - lợi ích (BCA - Benefit-Cost Analysis) [15], [16], [17] và phân tích SWOT (Streng, Weakness, Opportunities, Threats), mục đích để lựa chọn giải pháp xử lý CTR tối ưu nhất áp dụng cho Việt Nam.

2. Phương pháp nghiên cứu và thu thập số liệu

2.1 Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp được sử dụng trong bài báo gồm: (1) Tính toán phát thải KNK PE1 và PE2; (2) Tính toán chi phí - lợi ích; (3) Phân tích

SWOT. Dưới đây sẽ trình bày chi tiết các phương pháp tính toán này.

a. Tính toán phát thải KNK từ PE1

* Phát thải khí CH_4 từ chôn lấp

$$CH_4\ \text{Emissions} = \left\{\sum_x CH_4\ \text{Generated}_{x,T} - R_T\right\}\cdot(1-OX_T) \quad (1)$$

Trong đó: CH_4 Emissions là lượng CH_4 phát thải trong năm T (tấn); CH_4 Generated là lượng CH_4 tạo thành trong năm T (tấn); T là năm kiểm kê; x là loại vật liệu thải; R_T là tỷ lệ thu hồi CH_4 trong năm T (tấn); OX_T là hệ số oxy hóa trong năm T.

Lượng CH_4 tạo thành trong một năm phụ thuộc vào lượng cacbon (C) hữu cơ có thể phân hủy ($DDOC_m$, tấn).

$$DDOC_m = W.\ DOC.\ DOC_f.\ MCF \quad (2)$$

Trong đó: W là lượng chất thải đem chôn lấp (tấn); DOC là tỷ lệ C hữu cơ trên một đơn vị chất thải (tấn C/tấn chất thải); DOC_f là tỷ lệ C hữu cơ có thể bị phân hủy; MCF là hệ số hiệu chỉnh.

* Phát thải KNK từ quá trình sử dụng điện

Phát thải KNK từ phát điện bằng khí thu hồi từ bãi rác:

$$BE_y = EG_y.\ EF_{grid.y} \quad (3)$$

Trong đó: BE_y là lượng CO_2 phát thải trong năm y (tấn CO_2); EG_y là tổng điện năng được sản xuất từ thu hồi khí bãi rác và hòa vào lưới điện (MWh); $EF_{grid.y}$ là hệ số phát thải lưới điện (tấn CO_2/MWh), với hệ số phát thải 0,8154 tính cho năm 2015 (Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi hậu, 2016) [18].

b. Tính toán phát thải KNK từ PE2

* Phát thải khí CH_4

$$CH_4\ \text{Emissions} = \sum_i \left(M_i \cdot EF_i\right)\cdot 10^{-3} - R \quad (4)$$

Trong đó: CH_4 Emissions là lượng CH_4 phát thải trong năm kiểm kê (nghìn tấn); M_i là lượng chất thải hữu cơ được xử lý bằng phương pháp sinh học thứ i (tấn); EF là hệ số phát thải với phương pháp thứ i (g CH_4/ kg chất thải); R là tổng lượng CH_4 được thu hồi trong năm kiểm kê (tấn).

* Phát thải khí N_2O

$$N_2O\ \text{Emissions} = \sum_i \left(M_i \cdot EF_i\right)\cdot 10^{-3} \quad (5)$$

Trong đó: N_2O emissions là lượng N_2O phát thải trong năm kiểm kê (nghìn tấn); M_i là lượng chất thải hữu cơ được xử lý bằng phương pháp sinh học thứ i (tấn); EF là hệ số phát thải với phương pháp thứ i (g N_2O/kg chất thải).

c. Phương pháp BCA

Hình 2 chỉ ra sơ đồ phân tích BCA cho giải pháp công nghệ 1 và 2. Trong đó, lợi ích thu được từ công nghệ xử lý gồm: Phí xử lý CTR (kí hiệu B1), các sản phẩm tái sử dụng (B2); Chi phí để xử lý gồm: Chi phí đầu tư ban đầu (C1), chi phí vận hành (C1), chi phí môi trường (C3) và chi phí phát thải KNK (C4).

Hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải KNK được tính toán bằng công thức

$$TNP = \Delta NPV / ERR \quad (6)$$

Trong đó: TNP (Total Net Profit) là lợi nhuận/chi phí ròng để giảm 1 đơn vị phát thải KNK theo các công nghệ ($USD/tấn $CO_{2\text{-eq}}$); NPV là lợi nhuận ròng thu được trên 1 tấn CTR sinh hoạt hữu cơ (triệu $USD/tấn rác); ERR là tiềm năng giảm phát thải KNK so với kịch bản cơ sở trên 1 tấn CTR sinh hoạt hữu cơ (tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác).

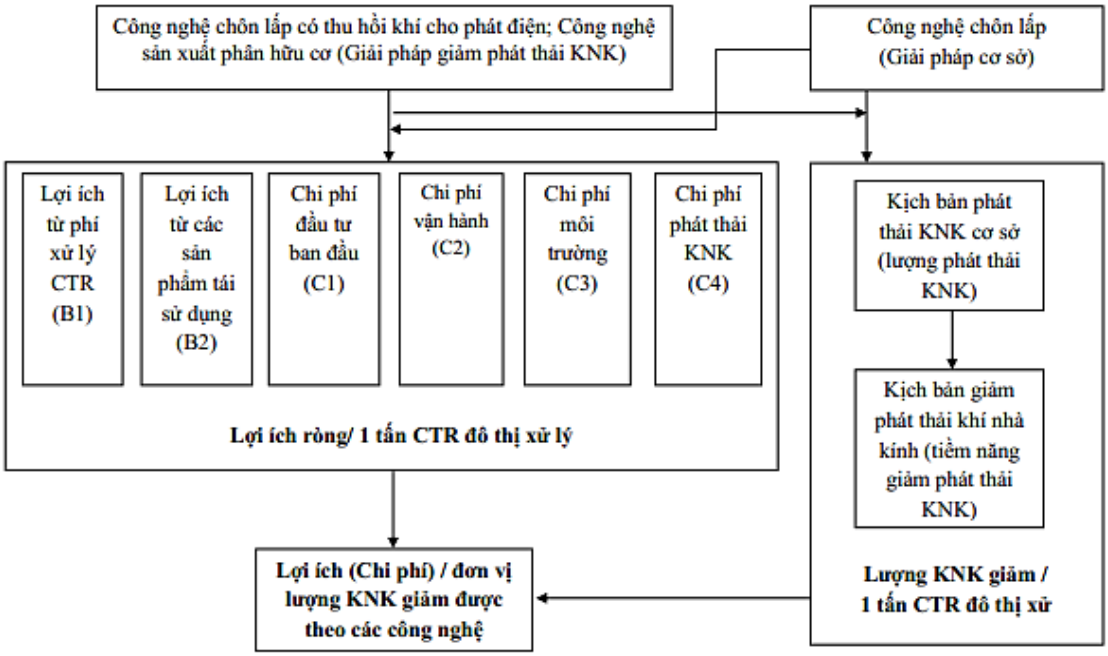
Thông số ΔNPV (Net Present Value) là giá trị hiện tại thuần của dòng tiền được quy về hiện tại nhằm thể hiện lợi nhuận ròng thu được của dự án thay thế so với dự án cơ sở. ΔNPV được tính toán theo công thức (7) và (8). Trong đó, B_t và C_t được tính toán bằng phương pháp phân tích chi phí - lợi ích mở rộng.

ΔNPV = NPV (phương pháp thay thế) - NPV (phương pháp cơ sở) (7)

Trong đó: NPV được tính theo công thức 8.

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} - x\frac{1}{w} \quad (8)$$

Trong đó: B_t là lợi ích của dự án tại năm t (triệu $USD); C_t là chi phí phát sinh ở năm t (triệu $USD); r là tỷ lệ chiết khấu (%); n là số năm thực hiện dự án; W là tổng CTR sinh hoạt hữu cơ (tấn).



Hình 2. Sơ đồ phân tích BCA.

Thông số ERR (Emission Reduction Rate) là hệ số giảm phát thải KNK tính trên 1 tấn CTR sinh hoạt hữu cơ. ERR được tính theo công thức (9). Trong đó, BE và PE được tính bằng phương pháp kiểm kê KNK của IPPC (2006) [19].

$$ERR = \frac{\sum BE - \sum PE}{W} \quad (9)$$

Trong đó: BE là phát thải KNK của kịch bản cơ sở (tấn $CO_{2\text{-eq}}$); PE là phát thải KNK của phương pháp lựa chọn (tấn $CO_{2\text{-eq}}$).

* Xác định tổng lợi ích (B1 và B2) theo hướng dẫn của Ủy ban châu Âu (2008) [20]

- Lợi ích từ xử lý CTR (B1)

$$B1 = P \bullet Q \quad (10)$$

Trong đó: P là chi phí xử lý trung bình của CTR sinh hoạt vào năm t và Q là tổng lương CTR mà dự án xử lý trong năm t.

- Lợi ích thu từ các sản phẩm sau xử lý (B2)

+ Lợi ích từ sản xuất điện năng: Tổng lợi ích từ sản xuất điện của dự án mỗi năm.

$$B2 = Pe \bullet Q \quad (11)$$

Trong đó, Pe là giá điện thu mua, Q là sản lượng điện mỗi năm của dự án

+ Lợi ích từ sản xuất phân sinh học:Tổng lợi ích từ sản xuất phân hữu cơ của dự án mỗi năm.

$$B2 = Pcompost \bullet Q \quad (12)$$

Trong đó: Pcompost là giá thị trường của 1 tấn phân hữu cơ, Q là sản lượng phân hữu cơ mỗi năm của dự án.

* Xác định tổng chi phí (C1, C2, C3 và C4) theo hướng dẫn của Ủy ban châu Âu (2008) [20]

- Chi phí đầu tư ban đầu (C1): Gồm chi phí xây dựng, mua sắm trang thiết bị ban đầu và các khoản phát sinh khác, được trả một lần vào thời điểm trước khi dự án đi vào hoạt động. Đối với dự án chôn lấp có thu hồi khí cho phát điện, chi phí ban đầu bao gồm: Chi phí đầu tư chôn lấp được tính vào thời điểm năm 2000 và chi phí đầu tư hệ thống thu hồi, phát điện được tính năm 2005.

- Chi phí vận hành (C2): Là những khoản chi nhằm đảm bảo hoạt động hiệu quả của dự

án, được chi trả hàng năm trong suốt vòng đời. Chi phí vận hành bao gồm tiền lương và bảo hiểm cho người lao động; tiền điện, nước, gas; Chi phí bảo dưỡng, bảo trì thiết bị; Chi phí nguyên vật liệu (phụ gia, men, vi sinh); Chi phí liên quan tới đất (thuê, mua đất); và các khoản phát sinh. Trong phân tích chi phí - lợi ích, thuế doanh nghiệp được coi là một khoản thanh toán chuyển giao giữa doanh nghiệp và chính phủ, và không được tính vào lợi ích hoặc chi phí ròng của xã hội.

- Chi phí môi trường (C3): Để xác định chi phí môi trường, nghiên cứu sử dụng phương pháp chi phí sức khỏe nhằm lượng giá tổng chi phí bao gồm cả dịch vụ y tế, chi phí phòng ngừa, điều trị và phục hồi (chi phí thuốc thang, điều trị nội ngoại trú, chi phí đi lại) và các chi phí gián tiếp (khả năng làm việc của con người bị suy giảm, thu nhập của người bệnh bị mất) được gây ra do phương pháp xử lý rác thải… Chi phí này được coi như giá trị thiệt hại mà sự cố ô nhiễm từ quá trình xử lý CTR sinh hoạt hữu cơ đã gây ra đối với nguồn lực con người.

$$C3 = \sum c_i . q_i + \frac{1}{365} . d_i \quad (13)$$

Trong đó: c_i, q_i và d_i lần lượt là chi phí trung bình cho một lần mắc bệnh, số lượt mắc bệnh là số ngày nghỉ trung bình đối với từng loại bệnh trong danh mục; i là GDP/người/năm của khu vực xung quanh dự án xử lý CTR.

- Chi phí phát thải KNK (C4): Thành phần chính của khí bãi rác sinh ra từ các BCL CTR là CO_2 và CH_4. Trong đó, tiềm năng gây ra hiệu ứng nhà kính và sự nóng lên toàn cầu của khí CH_4 gấp 25 lần khí CO_2. Chi phí phát thải KNK được tính toán dựa vào tổng lượng phát thải $CO_{2\text{-eq}}$ của các khu chôn lấp và giá trị xã hội của CO_2 là 75$USD/tấn (Marten và Newbold, 2012) [17].

Toàn bộ các giá trị chi phí và lợi ích được tính theo các thời điểm không đồng nhất. Để có thể đưa vào tính toán theo phương pháp chi phí-lợi ích mở rộng, các giá trị này cần đưa về giá trị thực thông qua kĩ thuật xử lý loại bỏ tác động của lạm phát. Cụ thể, giá trị tiền sẽ được quy về giá trị hiện tại là mốc tính toán (2015) theo công thức 14:

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^t} \quad (14)$$

Trong đó: PV là giá trị hiện tại của tiền, FV là giá trị tiền trong tương lai, r là tỷ suất chiết khấu, t là số năm.

d. Phương pháp phân tích SWOT: Công cụ SWOT được phân tích dưới dạng ma trận 2*2 (2 hàng và 2 cột) được đưa ra trong Bảng 1. Trong đó, tiêu chí lựa chọn là tăng/giảm phát thải KNK; lợi ích - chi phí; tính phù hợp với chính sách và điều kiện thực tế khi sử dụng các công nghệ giảm phát thải KNK.

Bảng 1. Phương pháp phân tích SWOT

	Điểm mạnh (S)	Điểm yếu (W)
Cơ hội (O)	Giảm phát thải KNK Tăng lợi nhuận Phù hợp với chính sách Phù hợp điều kiện thực tế	Tăng phát thải KNK Tăng lợi nhuận Mâu thuẫn với chính sách Không phù hợp điều kiện thực tế
Nguy cơ (T)	Tăng phát thải KNK Tăng lợi nhuận Phù hợp chính sách Phù hợp điều kiện thực tế	Tăng phát thải KNK Tăng chi phí Mâu thuẫn với chính sách Không phù hợp điều kiện thực tế

2.2. Số liệu thu thập

Nguồn số liệu được sử dụng tính toán phát thải KNK dựa theo hướng dẫn của IPCC (2006) [19], bao gồm thành phần, độ ẩm rác, hệ số MFC, DOC và CH_4 trong BLC. Thành phần rác được phân loại tại nguồn, bao gồm: Giấy, vải, thức ăn, gỗ, rác vườn, tã lót, cao su và da. Trong đó, thức ăn chiếm tỷ lệ khối lượng lớn nhất, từ đó có thể xác định DOC. Độ ẩm rác tại BCL Nam Sơn, Hà Nội tương đối cao, thấp nhất 28,5% đối với cao su và da, cao nhất 78,0 % đối với thực phẩm thừa. Độ ẩm trung bình mẫu được tính toán bằng phương pháp khối lượng ướt, đạt 67,32%, là điều kiện thuận lợi cho quá trình phân hủy kỵ khí (Bảng 2).

Giá trị của hệ số MFC được xác định dựa vào kiểu BCL rác. Theo khảo sát thực tế tại các BCL Nam Sơn, thiết kế BCL nửa chìm nửa nổi, thân bãi rác lớn hơn 5m và rác thải chôn lấp chưa được phân loại và trong điều kiện kỵ khí. Do đó, giá trị của MFC được lựa chọn là 0,8 dựa theo tiêu chuẩn IPCC (2006) [19].

Tỷ lệ khí CH_4 được đo đạc từ các ô chôn lấp số 4 (đóng bãi năm 2006), số 5 (đóng bãi năm 2009) và số 6 (đóng bãi năm 2013) [23] (Hình 1). Từ bảng 3 cho thấy, ô số 5 đo thành phần khí CH_4 và CO_2 là thấp nhất, cao nhất là ô số 6. Nguyên nhân dẫn đến tỷ lệ khác nhau về nồng độ của các ô chôn lấp liên quan đến thời gian đóng BCL. Trong 1-2 năm sau khi chất thải được đưa vào chôn lấp, nồng độ khí CH_4 chiếm 50%, còn lại là CO_2 và các khí khác, tuổi của BCL càng cao, nồng độ CH_4 càng giảm, nồng độ CO_2 tăng lên. Dựa vào kết quả chỉ ra trong Bảng 3, chúng tôi lựa chọn hệ số F cho BCL Nam Sơn, Hà Nội là 53,9 %.

Các công nghệ xử lý CTR cho Thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến 2050 tiếp tục với 4 công nghệ nêu trên, phạm vi phục vụ được mở rộng hơn [21]. Số liệu tính toán chi phí - lợi ích được điều tra, thu thập tại khu xử lý chất thải Nam Sơn và Cầu Diễn, thành phố Hà Nội. Riêng chi phí môi trường dựa trên khảo sát, thống kê số ca mắc bệnh liên quan đến ô nhiễm với các bệnh thường gặp như hô hấp, tiêu hóa, da liễu, viêm mũi và viêm họng [22], và chi phí chữa các loại bệnh này.

Bảng 2. Thành phần, % khối lượng, giá trị DOC và độ ẩm rác tại BCL Nam Sơn, Hà Nội

TT	Kí hiệu	Thành phần	Tỷ lệ về khối lượng (%)	Độ ẩm trung bình (%)
1	A	Giấy	2,182	50,5
2	B	Vải	3,0	43,5
3	C	Thực phẩm thừa	48,395	78,0
4	D	Gỗ	1,0	37,5
5	E	Rác vườn	7,52	51,5
6	F	Tã lót	0,835	60,0
7	G	Cao su và da	6,7	28,5
DOC = 0,4A + 0,24B + 0,15C + 0,43D + 0,2E + 0,24F + 0,39G			16	67,32

Bảng 3. Nồng độ khí CH_4, CO_2 (ppm) và tỷ lệ thể tích CH_4 (%)

TT	Ô chôn lấp	Nồng độ CH_4 (ppm)	Nồng độ CO_2 (ppm)	Tỷ lệ thể tích CH_4 (%)	Trung bình (%)
1	Số 4	455	432	52,30	
2	Số 5	496	421	54,09	53,9
3	Số 6	578	467	55,31	

3. Kết quả và thảo luận

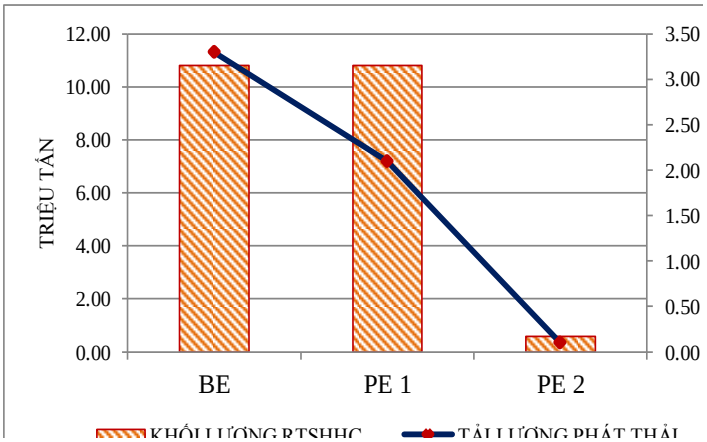
3.1. Tiềm năng giảm phát thải khí nhà kính

Tại khu xử lý Nam Sơn, Hà Nội, trong 16 năm (2000-2015) khoảng 10,8 triệu tấn CTR sinh hoạt hữu cơ được xử lý bằng công nghệ chôn lấp, với mỗi ô chôn lấp được phủ bề mặt đất sét, cung cấp nước và chế phẩm sinh học liên tục trong thời gian phân hủy [23].

Hình 3 chỉ ra tiềm năng giảm phát thải KNK từ hoạt động xử lý CTR hữu cơ theo PE1 và PE2 so với giải pháp BE, trong đó biểu đồ hình cột thể hiện khối lượng CTR hữu cơ và dạng đường là lượng KNK phát thải. Nếu sử dụng giải pháp BE cho 10,8 triệu tấn CTR hữu cơ, lượng KNK phát thải khoảng 3,3 triệu tấn $CO_{2\text{-eq}}$. Giải pháp PE1 vẫn giữ nguyên lượng CTR hữu cơ so với giải pháp BE, song có lắp đặt hệ thống thu hồi khí tại các ô chôn lấp với hệ số thu hồi đạt 40% (URENCO, 2015) [23]. Lượng KNK thu hồi là nguồn nguyên liệu đầu vào cho các nhà máy phát điện, tạo ra điện năng. Toàn bộ lượng điện sinh ra được tái sử dụng, phục vụ sản xuất cho khu xử lý và các hộ dân xung quanh. So với giải pháp BE, lượng KNK phát thải với giải pháp PE_1 khoảng 2,1 triệu tấn $CO_{2\text{-eq}}$ (Hình 3), trong đó 1,99 triệu tấn $CO_{2\text{-eq}}$ không thu hồi của quá trình chôn lấp và 1,11 triệu tấn $CO_{2\text{-eq}}$ phát thải từ tiêu thụ điện năng.

Giải pháp PE2 xử lý bằng công nghệ ủ phân sinh học tại khu xử lý CTR Cầu Diễn. Từ năm 2000-2015, lượng CTR hữu cơ được xử lý là 0,5 triệu tấn, song lượng KNK phát thải từ quá trình này đạt 98.000 tấn $CO_{2\text{-eq}}$. Điều này cho thấy, lượng KNK phát thải giảm đi khi chuyển từ công nghệ chôn lấp sang công nghệ ủ phân sinh học.

Từ kết quả về lượng KNK phát thải và khối lượng CTR, chúng tôi tính toán được hệ số phát thải KNK cho từng giải pháp. Trong đó, giải pháp BE cho hệ số phát thải lớn nhất 0,306 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác, giải pháp PE2 có hệ số phát thải thấp nhất 0,172 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác và PE1 là 0,194 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác (Bảng 4).



Hình 3. Tiềm năng giảm phát thải KNK của PE1và PE2.

Bảng 4. Hệ số phát thải và tiềm năng giảm phát thải KNK của các công nghệ xử lý CTR

Phương pháp	Hệ số phát thải (Tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác)	Tiềm năng giảm phát thải (Tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác)
BE	0,306	0,0
PE1	0,194	0,112
PE2	0,172	0,234

3.2. Hiệu quả kinh tế trong giảm nhẹ phát thải khí nhà kính

Từ các số liệu thu thập, chúng tôi tiến hành tính toán các chi phí - lợi ích cho từng giải pháp xử lý CTR bao gồm cả giải pháp cơ sở. Các kết quả quy về giá trị hiện tại thông qua tỷ suất chiết khấu và lạm phát được trình bày trong Bảng 5.

Về chi phí, không có sự khác biệt đến từ các nguồn chi đối với từng giải pháp. Cả ba giải pháp xử lý CTR đều có các chi phí liên quan đến vốn đầu tư ban đầu, vốn vận hành, chi phí môi trường và chi phí phát thải KNK. Tuy nhiên, có sự chênh lệch về tổng chi phí cho từng giải pháp. Đối với giải pháp cơ sở, tổng chi phí xử lý 10,8 triệu tấn CTR khoảng 23,9 triệu $USD, song giải pháp PE1 cần một khoản chi phí thấp hơn là 14,5 triệu $USD với cùng khối lượng CTR cần xử lý. So với giải pháp PE1, giải pháp PE2 cần 0,78 triệu $USD để xử lý khoảng 0,5 triệu tấn CTR.

Về lợi ích của các phương pháp không đến từ các nguồn giống nhau. Điều này dẫn đến sự chênh lệch về tổng lợi ích thu được của từng giải pháp. Trong khi tổng lợi ích của giải pháp BE chủ yếu từ phí xử lý rác thu của người dân (khoảng 13,60 triệu $USD), thì giải pháp PE1 và PE2 có thêm nguồn thu lợi ích từ các sản phẩm sau quá trình xử lý, lần lượt là 0,36 triệu $USD lợi ích từ bán điện và 0,19 triệu $USD từ bán phân sinh học [17] (Bảng 5).

Bảng 6 đưa ra tính toán hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải KNK. Hệ số BCR là tỷ số lợi ích - chi phí, là kết quả của phép chia giữa giá trị lợi ích và chi phí toàn bộ vòng đời của dự án khi quy về giá trị hiện tại của đồng đô la Mỹ. Hệ số BCR nhỏ hơn một, đồng nghĩa với việc lợi ích thu được lớn hơn toàn bộ chi phí bỏ ra và ngược lại. Nhìn vào bảng 6, đối với dự án xử lý CTR tại Nam Sơn bằng giải pháp BE và PE1 có hệ số BCR lần lượt là 0,65 và 0,97 nhỏ hơn 1, có nghĩa chi phí bỏ ra lớn hơn so với lợi nhuận thu được. Ngược lại, với dự án xử lý CTR Cầu Diễn, giá trị BCR đạt 1,18, có nghĩa lợi nhuận thu được lớn hơn chi phí đầu tư.

Hệ số NPV là giá trị lợi ích ròng của dự án. NPV được tính bằng hiệu giữa lợi ích và chi phí của toàn bộ vòng đời dự án khi quy về giá trị hiện tại tiền $USD. Tuy nhiên, các dự án trong nghiên cứu của bài báo không cùng lượng CTR xử lý, nên chúng tôi tính toán hệ số NPV trung bình theo tấn CTR. Đối với khu xử lý Nam Sơn, hệ số NPV bằng -14,2 $USD/tấn rác khi áp dụng giải pháp cơ sở, bằng -0,9 $USD/tấn rác khi áp dụng giải pháp PE1. Có nghĩa, xử lý 1 tấn CTR bằng hai giải pháp trên phải bù thêm chi phí 14,2 $USD/tấn rác và 0,9 $USD/tấn rác. Tuy nhiên, tại khu xử lý Cầu Diễn, NPV là 5,1 $USD/tấn rác, đồng nghĩa xử lý 1 tấn CTR bằng phương pháp PE2 thu lại lợi nhuận 5,1 $USD.

Bảng 5. Phân tích chi phí-lợi ích các giải pháp xử lý CTR

Các giải pháp	Lợi ích (triệu $USD)		Chi phí (triệu $USD)			
	B1	B2	C1	C2	C3	C4
BE	13,60	0	0,07	10,00	0,48	13,50
PE_1	13,60	0,36	0,12	7,00	0,48	11,45
PE_2	0,72	0,19	0,02	9,00	0,004	0,34

Bảng 6. Hiệu quả kinh tế giảm nhẹ phát thải KNK

	BE	PE1	PE2
BCR	0,65	0,97	1,18
ERR (tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác)	0	0,112	0,234
NPV ($USD/ tấn rác)	-14,2	-0,9	5,1
ΔNPV	0	13,4	19,3
TNB ($USD/tấn CO_2)	n/a	116,3	81

Hệ số TNB là được tính bằng tỷ lệ giữa hệ số NPV cho hệ số ERR. Hệ số TNB chứng tỏ hiệu quả kinh tế của việc giảm các giải pháp giảm phát thải KNK trong xử lý rác thải sinh hoạt. Khi chuyển đổi giải pháp BE sang giải pháp PE1, PE2 không chỉ làm giảm phát thải KNK mà còn tạo ra lợi nhuận 81 $USDvà 116,3 $USD cho mỗi tấn rác thải sinh hoạt (Bảng 6).

3.3. Lựa chọn giải pháp

Việc lựa chọn giải pháp ưu tiên thực hiện xử lý CTR cho thành phố Hà Nội được xác định thông qua khung phân tích SWOT. Các tiêu chí được đưa ra để phân tích và so sánh trong SWOT bao gồm: (i) Tiềm năng giảm phát thải; (ii) Hiệu quả kinh tế của từng giải pháp; (iii) Tính phù hợp với chính sách; (iv) Khả năng áp dụng điều kiện thực tế (Hình 4).

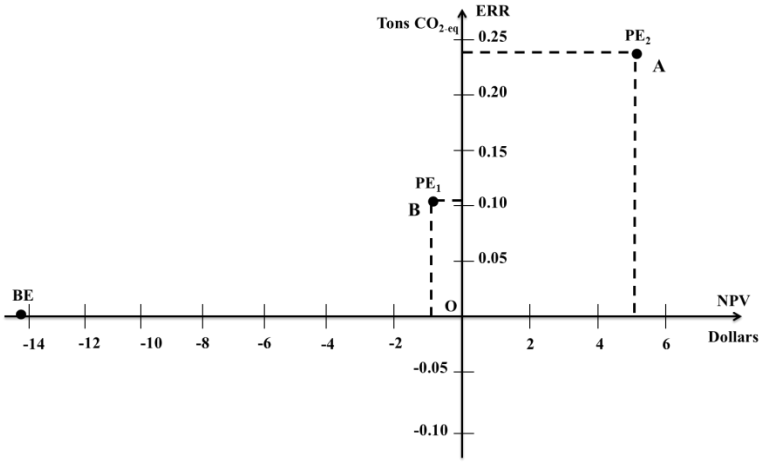
(i) Tiềm năng giảm phát thải

Hình 4 chỉ ra khung phân tích SWOT đối với các giải pháp xử lý CTR. Có thể nhận thấy giá trị ERR của giải pháp PE2 gấp 2 lần giải pháp PE1. Điều này có nghĩa, khi xử lý 1 tấn CTR bằng công nghệ ủ phân sinh học sẽ giảm được 0,112 tấn phát thải KNK vào môi trường không khí so với công nghệ chôn lấp có thu hồi khí, phục vụ phát điện.

(ii) Hiệu quả kinh tế

Hiệu quả kinh tế của các giải pháp được xem xét trên hệ số NPV, giá trị NPV của giải pháp BE, PE1 và PE2 lần lượt là -14,2, -0,9 và 5,1 $USD. Vậy để xử lý 1 tấn CTR bằng chôn lấp không thu hồi khí và chôn lấp có thu hồi khí, phục vụ phát điện sẽ cần bù lỗ lần lượt khoảng 14,2 và 0,9 $USD, trong khi áp dụng công nghệ ủ phân sinh học sẽ thu lại lợi nhuận là 5,1 $USD. Điều này cũng cho thấy, giải pháp PE2 sẽ tiết kiệm khoảng 6 $USD so với giải pháp PE_2 và 19,3 với giải pháp BE. Như vậy, xử lý CTR bằng công nghệ ủ phân sinh học mang lại hiệu quả kinh tế, đồng thời giảm được phát thải KNK. Điều này có ý nghĩa lớn trong bối cảnh hiện nay, Việt Nam đang đẩy mạnh việc thực hiện cam kết KP, NAMA, NDC và nghị định 1775 của Chính phủ trong lĩnh vực chất thải.

Năm 2014, Sở xây dựng Hà Nội ban hành Quy hoạch xử lý CTR thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 [21]. Trong đó, quy hoạch đã định hướng các phương pháp xử lý CTR đô thị. Trong đó, đặc biệt nhấn mạnh đến hạn chế các phương pháp có tiềm năng phát thải KNK cao nhằm giảm lượng KNK phát thải vào khí quyển. Điều này thực sự cần thiết trong bối cảnh Việt Nam đang đẩy nhanh thực hiện cam kết NDC và thỏa thuận Paris. Đồng thời Quy hoạch nêu rõ tập trung chuyển đổi sang các giải pháp có khả năng giảm phát thải KNK; khuyến khích tận dụng các sản phẩm, phụ phẩm cũng như tiềm năng sau quá trình xử lý.



Hình 4. Phân tích SWOT đối với các giải pháp xử lý CTR.

Như vậy, có thể thấy rằng, giải pháp BE luôn cho phát thải KNK lớn, chi phí cao, không phù hợp với Quy hoạch của thành phố. Giải pháp PE1 mặc dầu tận dụng được sản phẩm sau quá trình xử lý, song tiềm năng giảm phát thải KNK không lớn, không phù hợp với bối cảnh lâu dài của Quy hoạch. Giải pháp PE2 có tiềm năng giảm phát thả KNK lớn, tận thu được sản phẩm sau quá trình xử lý, tạo ra lợi nhuận để tái đầu tư cho hoạt động xử lý chất thải, phù hợp với Quy hoạch của thành phố về xử lý CTR đô thị.

(iii) Phù hợp với chính sách

Tuy nhiên, trên địa bàn thành phố hiện nay, khoảng 90% CTR tại một số khu xử lý như Nam Sơn, Xuân Sơn, Kiêu Kỵ, ... áp dụng công nghệ chôn lấp. Do vậy, việc chuyển đổi từ giải pháp PE1 sang PE2 sẽ gặp nhiều khó khăn và tác động tiêu cực đến kinh tế - xã hội của thành phố, do sự thiếu hụt về nguồn vốn, quỹ đất, sự hạn chế về nhân lực và công nghệ. Ngoài ra, còn ảnh hưởng đến tốc độ và quy trình thu gom, vận chuyện và xử lý CTR thành phố Hà Nội. Đặc biệt trong bối cảnh thành phố đang nỗ lực hướng tới mục tiêu xanh-sạch-đẹp, sự chậm trễ trong xử lý rác đô thị không chỉ cản trở quá trình phát triển kinh tế - xã hội mà còn gây mất mỹ quan đô thị cũng như ảnh hưởng chất lượng đời sống người dân thành phố.

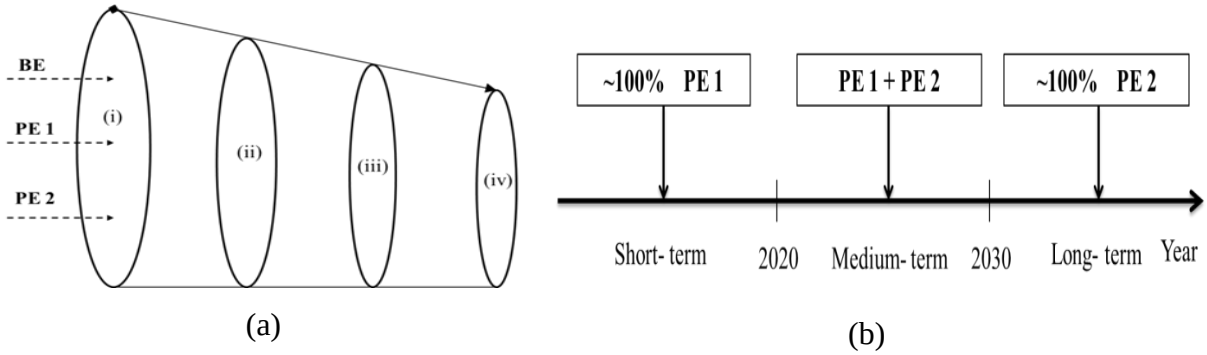
Sau khi phân tích dựa các tiêu chí, chúng tôi thực hiện chuẩn hóa kết quả công cụ phân tích SWOT. Với mỗi phương pháp xử lý CTR, khi phân tích theo các tiêu chí có kết quả là cơ hội hoặc điểm mạnh được quy đổi bằng một dấu (+). Ngược lại, kết quả là rủi ro hoặc điểm yếu được quy đổi bằng một dấu (-). Kết quả chuẩn hóa được chỉ ra trong Bảng 7.

Kết quả Bảng 7 chỉ ra rằng giải pháp BE tồn tại những hạn chế lớn, không mang lại hiệu quả kinh tế, tăng phát thải KNK, tăng chi phí xử lý. Vì vậy, trong tương lai, quy hoạch xử lý CTR thủ đô Hà Nội cần được loại bỏ. Đối với giải pháp PE1, mặc dầu có tiềm năng giảm phát thải KNK và tạo ra lợi dụng nhờ tận dụng sản phẩm sau quá trình xử lý, không mang lại hiệu quả kinh tế. Giải pháp PE2 là giải pháp cần ưu tiên áp dụng trong xử lý CTR của thành phố Hà Nội trong tương lai.

Tuy nhiên, khả năng áp dụng trong thực tế của giải pháp PE2 còn nhiều mặt hạn chế, do công nghệ xử lý CTR tại thành phố Hà Nội chủ yếu là công nghệ chôn lấp, chưa đủ điều kiện để chuyển đổi công nghệ trong thời gian ngắn. Chính vì vậy, chúng tôi đề xuất lộ trình chuyển đổi nhằm thực hiện giải pháp ưu tiên trong xử lý CTR cho thành phố Hà Nội (Hình 5). Lộ trình được được chia làm ba giai đoạn, bao gồm giai đoạn ngắn hạn (trước năm 2020), giai đoạn trung hạn (từ 2020 đến trước 2030) và giai đoạn dài hạn (sau 2030), tương đồng với các mốc thời gian và giai đoạn được đề cập trong Quy hoạch xử lý CTR thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn năm 2050 [21].

Bảng 7. Chuẩn hóa phương pháp phân tích SWOT

Giải Pháp	Cơ hội (+) / rủi ro (-)	Điểm mạnh (+) / điểm yếu (-)			Kết quả phân tích
	Hiệu quả kinh tế	Tiềm năng giảm phát thải KNK	Tính phù hợp với chính sách	Tính phù hợp với điều kiện thực tế	
BE	Tăng chi phí **(-)**	Tăng phát thải **(-)**	Mâu thuẫn **(-)**	Phù hợp **(+)**	(-) (-) (-) (+)
PE_1	Tăng chi phí **(-)**	Giảm phát thải **(+)**	Không phù hợp (-)	Phù hợp **(+)**	(-) (+) (-) (+)
PE_2	Tăng lợi nhuận **(+)**	Giảm phát thải **(+)**	Phù hợp **(+)**	Chưa phù hợp **(-)**	(+) (+) (+) (-)



(a) (b)

Hình 5. Phương pháp lọc (a) và lựa chọn giải pháp ưu tiên (b).

Theo đó, giai đoạn ngắn hạn, chủ yếu tiếp tục thực hiện công nghệ chôn lấp có thu hồi KNK phục vụ phát điện đến năm 2020 nhằm tận dụng các cơ sở tại các khu xử lý trên địa bàn thành phố. Song song với đó, thành phố cần hoàn thiện cơ sở pháp lý, lập kế hoạch cho sự thay đổi công nghệ xử lý theo hướng giảm cơ sở chôn lấp và tăng các cơ sở ủ phân sinh học, tạo tiền đề cho các hành động thay đổi trong giai đoạn tiếp theo. Giai đoạn trung hạn, căn cứ theo cơ sở pháp lý đã được xây dựng, thực hiện chuyển đổi các công nghệ xử lý theo kế hoạch. Những năm đầu giai đoạn, sẽ tồn tại hai công nghệ xử lý. Tuy nhiên, cuối năm 2030 tập trung chủ yếu xử lý bằng công nghệ ủ phân sinh học. Giai đoạn dài hạn, gần 100% CTR được xử lý bằng ủ phân sinh học.

4. Kết luận

Qua phân tích và đánh giá chúng tôi rút ra được một số kết luận sau:

- Giải pháp BE có hệ số phát thải KNK (0,306 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/tấn rác) lớn hơn so với giải pháp PE_1 (0,194 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/ tấn rác) và PE_2 (0,172 tấn $CO_{2\text{-eq}}$/ tấn rác), tương ứng với tiềm năng giảm phát thải KNK lần lượt là 0; 0,112 và 0,234 (tấn $CO_{2\text{-eq}}$/ tấn rác);

- Tổng chi phí xử lý 10,8 triệu tấn CTR với giải pháp BE cần 23,9 triệu $USD, giải pháp PE_1 cần 14,5 triệu $USD. Giải pháp PE2 cần 0,78 triệu $USD cho 0,5 triệu tấn CTR;

- Tổng lợi ích của giải pháp BE là 13,60 triệu $USD (phí xử lý rác thu từ người dân), giải pháp PE1 và PE2 thu từ các sản phẩm sau quá trình xử lý, lần lượt là 13,9 triệu $USD từ bán điện và 0,91 triệu $USD từ bán phân sinh học;

- Xử lý 1 tấn CTR bằng giải pháp BE và PE1 bù thêm chi phí là 14,2 $USD và 0,9 $USD. Song với giải pháp PE2 thu lại lợi nhuận là 5,1 $USD;

- Giải pháp ủ phân sinh học là giải pháp ưu tiên trong xử lý CTR đô thị thành phố Hà Nội và lộ trình thực hiện chuyển đổi thực hiện đầu năm 2030.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này đã được Tổ chức hợp tác Quốc tế KOICA tại Việt Nam hỗ trợ trong Dự án "Tăng cường năng lực biến đổi khí hậu và giáo dục phát triển Bền vững cho Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Việt Nam, năm 2017 (số 2017-003)".

Tài liệu tham khảo

[1] Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ Quốc gia (2017). Tổng luận về công nghệ xử lí chất thải rắn của một số nước và ở Việt Nam.

[2] Haarlem et al (2003). A comparison of measurement methods to determine landfill methane emissions. This project was financed by the Dutch Ministery of Housing, Spatial Planning

and Environment in the framework of the programme Reductie Overige Broeikasgassen 2000 (Reduction Other Greenhouse Gasses 2000). The programme is managed by Novem.

[3] Bogner J (2003). Global methane emission from landfill: New methodology and annual estimates 1980-1996. Global biogeochemical cycles, Vol 17, No. 2, pp.1-18.

[4] Heijo Sharff et al (2006). Applying guidance for methane emission estimation for landfill. Waste management, Vol 6, pp.417-429.

[5] Laura Capelli et al (2014). Evaluation of landfill surface emissions. Chemical enginneering transactions, Vol. 40, pp. 187-192.

[6] Farideh Atabi et al (2014). Calculation of CH_4 và CO_2 emission rate in Kahrizak landfill site with LandGEM mathematical model. The 4th World Sustainability Forum.

[7] Melissa Weitz et al (2017). Estimating National Landfill Methane Emissions: An Application of the Intergovernmental Panel on Climate Change Waste Model in Panama. Journal of the Air & Waste Management Association. Vol 50, pp.636-640.

[8] Phạm Thị Anh (2015). Sự phát sinh và phát thải khí bãi chôn lấp và phương pháp giảm thiểu. Trường Đại học Dân lập Văn Lang.

[9] Nguyễn Văn Phước và cộng sự (2010). Công nghệ lên men mê tan kết hợp với phát điện - giải pháp xử lý rác cho các đô thị lớn, góp phần kìm hãm biến đổi khí hậu. Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ, tập 3, số M2.

[10] Nguyễn Võ Châu Ngân và cộng sự (2014). Tính toán phát thải khí Mê-tan từ rác thải sinh hoạt khu vực nội ô thành phố Cần Thơ. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, số 31, trang 99-105.

[11] Võ Diệp Ngọc Khôi (2014). Nghiên cứu tính toán phát thải khí mê tan từ BCL chất thải rắn Khánh Sơn Thành phố Đà Nẵng đến năm 2030. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật.

[12] Trịnh Ngọc Tuấn và cộng sự (2014). Đánh giá giảm phát thải khí nhà kính của phương pháp ủ so với chôn lấp chất thải rắn ở thành phố Huế. Tập 1, Số 1, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.

[13] Nguyễn Thị Khánh Huyền và cộng sự (2015). Ứng dụng mô hình IPCC (2006) nhằm ước tính phát thải khí mê tan từ chất thải rắn sinh hoạt, tại thành phố Thủ dầu một, tỉnh Bình Dương. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, trang 183-192.

[14] Đặng Thị Liên (2016). Đánh giá phát thải khí nhà kính metan (CH4) từ bãi chôn lấp chất thải hữu cơ: Nghiên cứu tại bãi rác Xuân Sơn, Sơn Tây, Hà Nội và đề xuất biện pháp giảm thiểu. Luận văn thạc sỹ biến đổi khí hậu.

[15] Campbell H. F and Brown R. P. (2003). Benefit-cost analysis: financial and economic appraisal using spreadsheets. Cambridge University Press.

[16] Jenkins G. P. and Harberger A. C. (1997). Cost-Benefit Analysis of Investment Decisions. Boston, MA: Harvard Institute for International Development.

[17] Marten A. L. and Newbold S. C. (2012). Estimating the social cost of non-CO_2 GHG emissions: Methane and nitrous oxide, Energy Policy, 51(2012) 957-972.

[18] Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu (2016). Nghiên cứu, xây dựng hệ số phát thải EF của lưới điện Việt Nam.

[19] Pipatti R. et al (2006). Guidelines for national greenhouse gas inventories: reporting instructions, IPPC, Vol 5, Chapter 3.

[20] Uỷ ban Châu Âu (2008). Guidelines for the Cost-Benefit Analysis of Waste management projects.

[21] Quyết định Phê duyệt Quy hoạch xử lý chất thải rắn thủ đô Hà Nội đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Số 609/QĐ-TTg, ngày 25 tháng 4 năm 2014.

[22] Trần Phương và cộng sự (2016). Nghiên cứu hiệu quả kinh tế trong giảm nhẹ KNK cho lĩnh quản lý chất thải. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ.

[23] Công ty TNHH một thành viên môi trường đô thị Hà Nội -URENCO (2009, 2015). Báo cáo hiện trạng công tác quản lí chất thải tại thành phố Hà Nội - Tình hình hoạt động của Khu Liên hiệp Xử lí Chất thải (LHXLCT) Nam Sơn.

Assessing the Potential and Efficiency of the Economy with Regard to Reducing Green House Gas Emission from Organic Domestic Waste Treatment Technologies: A Case Study of Nam Son and Cau Dien Disposal Sites in Hanoi

Thai Thi Thanh Minh[1], Nguyen Trung Anh[2], Joo Young Lee[3], Bach Quang Dung[4]

[1]*Ha Noi University of Natural Resources and Environment*

[2]*National Center for Water Resources Planning and Investigation*

[3]*Yonsei University, Korea*

[4]*Vietnam - Korea Center for Environmental Research and Training, Institute of Meteorology, Hydrology and Climate Change*

Abstract: The study focuses on assessing the potential and the efficiency of the economy with regard to reducing greenhouse gas (GHG) emissions from organic solid waste treatment technologies, including non-recovery landfill, landfill, and gas recovery for power generation (applied in Nam Son disposal site) and composting (applied in Cau Dien disposal site) in Hanoi. Research results illustrate that the treatment for one ton of organic domestic waste by landfill without gas recovery and landfill with gas recovery needs to cover losses about $14.2 USD and $0.9 USD respectively. While the application of composting technology makes a profit about $5.1 USD, composting has the potential to significantly reduce GHG emissions and to use the by-products after the process which can create profits to re-investment. Additionally, it is also in line with the plan of Hanoi People's Committee for waste treatment in the future. However, the stepwise implementation of composting technology should start in 2030.

Keywords: Greenhouse gas emission reduction, organic solid waste, economic efficiency.