

ĐÁNH GIÁ CHI PHÍ GIẢM PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH BẰNG CÔNG CỤ MACC TRONG QUẢN LÝ CHẤT THẢI VẬT NUÔI TẠI HÀ NỘI

Hoàng Thị Huệ¹

Tóm tắt: Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt phát thải ròng bằng không vào năm 2050, lĩnh vực chăn nuôi, đặc biệt là quản lý chất thải vật nuôi, được xác định là nguồn phát thải khí nhà kính (KNK) quan trọng cần kiểm soát. Nghiên cứu này sử dụng công cụ đường chi phí cận biên giảm phát thải (MACC) để đánh giá hiệu quả kinh tế, môi trường của các giải pháp quản lý chất thải tại các trang trại quy mô vừa ở Hà Nội. Kết quả kiểm kê năm 2020 cho thấy CH₄ từ phân chuồng chưa xử lý và N₂O từ nước thải là các nguồn phát thải chính. Năm giải pháp được phân tích gồm: ủ phân hữu cơ, đệm lót sinh học, hầm biogas, máy ép tách phân và cải tiến khẩu phần ăn. Các giải pháp này có tiềm năng giảm 5,7 - 49,1 tCO₂e/hộ/năm, với chi phí cận biên từ -100 đến 20 USD/tCO₂e. Đáng chú ý, ba giải pháp chi phí âm (cải tiến khẩu phần ăn, đệm lót sinh học, ủ phân hữu cơ) vừa giảm phát thải vừa mang lại lợi ích kinh tế, cần được ưu tiên triển khai. Đường MACC được xây dựng cung cấp cơ sở khoa học cho việc xác định thứ tự ưu tiên đầu tư, hỗ trợ hoạch định chính sách giảm phát thải KNK trong chăn nuôi, góp phần phát triển nông nghiệp bền vững và thực hiện mục tiêu phát thải ròng bằng không vào năm 2050.

Từ khóa: Khí nhà kính, chăn nuôi, chất thải vật nuôi, chi phí cận biên giảm phát thải (MACC), Hà Nội.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu đang là thách thức toàn cầu lớn nhất thế kỷ XXI, với nguyên nhân chính đến từ phát thải khí nhà kính (KNK) do các hoạt động sản xuất và tiêu dùng của con người (IPCC, 2021). Trong số các nguồn phát thải, ngành nông nghiệp, đặc biệt là chăn nuôi chiếm tỷ lệ đáng kể, đóng góp tới 14,5% tổng phát thải KNK toàn cầu, trong đó chủ yếu là khí metan (CH₄) từ hoạt động tiêu hóa của gia súc và xử lý chất thải vật nuôi (FAO, 2013). Tại Việt Nam, ngành chăn nuôi đóng vai trò quan trọng trong đảm bảo an ninh lương thực và phát triển kinh tế nông nghiệp, đồng thời là một trong ba lĩnh vực phát thải lớn nhất trong nông nghiệp (Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2022). Theo thống kê, lĩnh vực này chiếm gần 30% tổng phát thải KNK nông nghiệp, trong đó riêng khí CH₄ chiếm gần 70% (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2023).

Tại Hà Nội, hệ thống chăn nuôi quy mô vừa (từ vài chục đến vài trăm con gia súc/gia cầm) đang chiếm tỷ trọng lớn và là nguồn cung thực phẩm quan trọng cho đô thị trung tâm. Tuy nhiên, phần lớn các trang trại này chưa được trang bị hệ thống xử lý chất thải đạt chuẩn, dẫn đến phát sinh đáng kể khí CH₄ và N₂O ra môi trường (Sở Tài nguyên và Môi trường Hà Nội, 2023). Tình trạng này không chỉ gây ô nhiễm môi trường mà còn góp phần gia tăng hiệu ứng nhà kính, đi ngược lại các cam kết quốc gia về giảm phát thải và phát triển nông nghiệp carbon thấp.

Để hiện thực hóa các mục tiêu trong Đóng góp do quốc gia tự quyết định (NDC) và Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu, việc lựa chọn và áp dụng các giải

pháp giảm phát thải KNK trong chăn nuôi cần có sự hỗ trợ từ các công cụ ra quyết định dựa trên phân tích chi phí - hiệu quả. Trong đó, công cụ đường chi phí cận biên giảm phát thải (MACC) đã được chứng minh là hữu ích trong việc xác định thứ tự ưu tiên các biện pháp giảm phát thải với chi phí thấp nhất, đã được ứng dụng rộng rãi ở cấp quốc tế và khu vực (Kesicki, F., & Ekins, P., 2012); (McKinsey & Company., 2009); (Akashi, O., & Hanaoka, T., 2012). Tại Việt Nam, mặc dù MACC từng được sử dụng trong một số nghiên cứu ngành năng lượng và công nghiệp, nhưng việc áp dụng cho lĩnh vực chăn nuôi, đặc biệt ở cấp địa phương như Hà Nội, vẫn còn hạn chế.

Xuất phát từ thực tiễn trên, nghiên cứu này tập trung đánh giá chi phí các giải pháp giảm phát thải KNK trong quản lý chất thải vật nuôi tại các trang trại quy mô vừa ở Hà Nội, thông qua công cụ MACC. Kết quả nghiên cứu nhằm cung cấp bằng chứng khoa học và gợi ý chính sách cho việc phát triển nông nghiệp carbon thấp, hướng tới mục tiêu phát thải ròng bằng không (0) đến năm 2050 của Việt Nam.

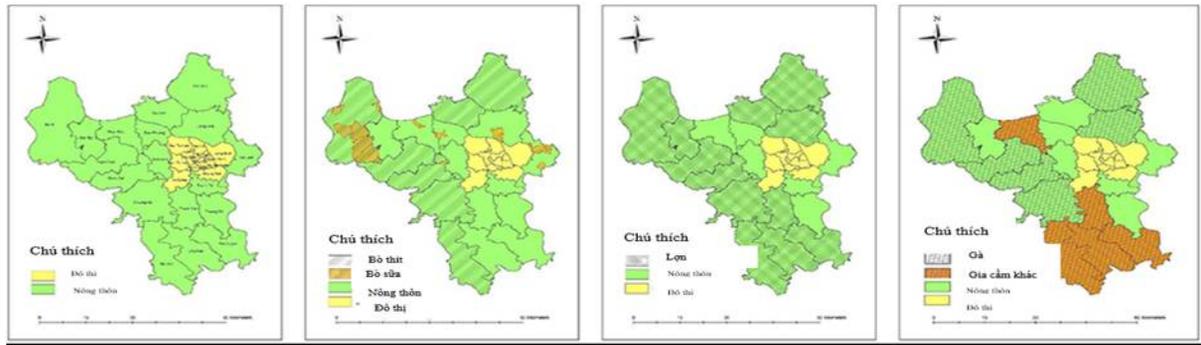
2. GIỚI THIỆU VỀ VÙNG NGHIÊN CỨU

Thành phố Hà Nội là một trong những địa phương có quy mô chăn nuôi lớn nhất cả nước, với tổng đàn gia súc, gia cầm đứng trong nhóm dẫn đầu. Tính đến năm 2023, Hà Nội có khoảng 1,5 triệu con lợn, 158 nghìn con trâu bò và hơn 41 triệu con gia cầm. Trong đó, các trang trại chăn nuôi quy mô vừa (từ vài chục đến vài trăm con) tập trung chủ yếu tại các huyện ngoại thành như Hoài Đức, Ba Vì, Thạch Thất và Đông Anh. Đây là khu vực có đặc điểm bán nông thôn, đất đai rộng, thuận lợi cho phát triển chăn nuôi nhưng hệ thống xử lý chất thải còn nhiều hạn chế. Phần lớn các cơ sở vẫn sử dụng hầm biogas tự xây đơn giản, hoặc

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

chưa áp dụng các giải pháp giảm phát thải hiệu quả, dẫn đến nguy cơ ô nhiễm môi trường và phát sinh khí nhà kính cao. Việc lựa chọn Hà Nội làm khu vực

nghiên cứu giúp đánh giá thực trạng và khả năng áp dụng các công nghệ carbon thấp tại vùng chăn nuôi tiêu biểu của Việt Nam.



Hình 1. Bản đồ phân bố khu vực chăn nuôi tại Hà Nội (2020)
(Nguồn: Phạm Thanh và cộng sự, 2020)

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Phạm vi, năm cơ sở và cấp độ tính toán

Phạm vi: Tiểu lĩnh vực *Quản lý chất thải vật nuôi* trên địa bàn Thành phố Hà Nội; cấp phân tích chủ yếu ở cấp trang trại (hộ/trang trại quy mô vừa) và tổng hợp lên cấp thành phố.

Năm cơ sở: 2020; kịch bản so sánh BAU và kịch bản áp dụng biện pháp.

Cấp tính toán (Tier): Áp dụng Tier 2 cho CH₄ từ quản lý chất thải (khi dữ liệu hoạt động có thể thu thập theo loài vật nuôi) và Tier 2 cho N₂O theo khuyến nghị IPCC.

3.2. Dữ liệu thứ cấp và sơ cấp

Dữ liệu thứ cấp: gồm số liệu đàn vật nuôi (theo loại) từ Sở NN&PTNT Hà Nội và Tổng cục Thống kê; hệ số phát thải, MCF, Bo, VS, EF do Bộ TN&MT công bố (Quyết định 2626/QĐ-BTNMT 2022; Thông tư 17/2022/TT-BTNMT) các báo cáo FAO/IPCC để tham chiếu về phương pháp kiểm kê khí nhà kính trong lĩnh vực quản lý chất thải vật nuôi.

Dữ liệu sơ cấp: Khảo sát mẫu trang trại quy mô vừa (03 trang trại nuôi lợn ở Hoài Đức quy mô 130 -200 con lợn nái; 03 trang trại nuôi gia cầm ở Thạch Thất quy mô 10.000 – 12.000 con; 03 trang trại nuôi bò ở Ba Vì quy mô 50-60 con) (thông qua phiếu điều tra, quan sát cơ sở xử lý), phỏng vấn bán cấu trúc 05 chuyên gia (Hội Chăn nuôi Việt Nam, Trung tâm Khuyến nông Hà Nội, Chi cục Chăn nuôi & Thú y Hà Nội, Trung tâm Dịch vụ nông nghiệp Thạch Thất, Ba Vì) để xác minh MS (tỷ lệ phân vào từng hệ thống xử lý), chi phí thiết bị, báo giá lắp đặt, tiêu thụ năng lượng, khối lượng phân/hàng ngày, phương thức xử lý chất thải chăn nuôi...

3.3. Khung kiểm kê khí nhà kính

Mục tiêu: cung cấp công thức IPCC sử dụng, định nghĩa biến, đơn vị, nguồn hệ số EF/MCF và cách nhập dữ liệu từ điểm nghiên cứu.

Công thức CH₄: Áp dụng Hướng dẫn của IPCC

năm 2006, Tập 4, Chương 10: Phát thải từ vật nuôi và quản lý chất thải. Phát thải metan trong hạng mục quản lý chất thải vật nuôi được ước tính bằng cách sử dụng công thức sau:

$$\text{Phát thải CH}_4 \text{ Chất thải} = N_{(T)} \times EF_{\text{Manure}} \times 10^6$$

Trong đó: CH₄Chất thải: Phát thải CH₄ (Kt CH₄/năm); T: Loại vật nuôi/Phân loại vật nuôi (ví dụ: lợn, bò, gia cầm, ...); N_(T): Số lượng vật nuôi của mỗi loại vật nuôi T (con); EF_{Manure}: Hệ số phát thải từ quản lý chất thải (kg CH₄/con/năm)

Công thức phát thải N₂O trực tiếp trong hạng mục quản lý chất thải vật nuôi được ước tính bằng cách sử dụng công thức sau:

$$\text{Phát thải N}_2\text{O} = [\sum_S \{ \sum_T (N_T \times Nex_T \times MS_{(T,(S))}) \} \times EF_{\text{Manure}(S)}] \times 44/28 \times 10^3$$

Trong đó: Phát thải N₂O: Phát thải N₂O (tấn N₂O/năm); S: Hệ thống quản lý chất thải (AWMS - ví dụ: hầm yếm khí/biogás, ủ khô, đệm lót, thải trực tiếp...); T: Loại vật nuôi/Phân loại vật nuôi; Nex_T: Lượng nitơ do vật nuôi T thải ra hàng năm (kg N/vật nuôi/năm) (tính từ N_{rate} × trọng lượng điển hình × 365 theo IPCC); EF_{Manure(S)}: Hệ số phát thải trực tiếp N₂O-N từ MMS kg N₂O-N/kgN trong MS (Sử dụng giá trị công bố của Bộ TN&MT (Quyết định 2626/QĐ-BTNMT 2022)); MS_(T,S): Tỷ lệ (fraction) của lượng chất thải từ loại T được đưa vào hệ thống S (activity split - thu thập từ khảo sát/điều tra); 44/28: Hệ số chuyển đổi N₂O-N sang N₂O.

Phân tích độ không đảm bảo (uncertainty): Áp dụng phương pháp Monte Carlo (IPCC khuyến nghị cho Tier 2) để lượng hóa độ không đảm bảo các tham số chính (Bo, VS, MCF, MS, Nex, EF chi phí)

3.4. Phương pháp đánh giá chi phí giảm thải dựa vào công cụ MACC

Nguyên tắc cơ bản của MACC

MAC (chi phí cận biên giảm phát thải) cho cơ hội *i* là chi phí ròng tính cho mỗi đơn vị CO₂e được giảm khi so sánh kịch bản có biện pháp so với BAU. Đường

MACC biểu diễn tất cả biện pháp theo MAC tăng dần (chi phí USD/tCO_{2e}) với chiều rộng biểu thị tổng tiềm năng giảm phát thải (tCO_{2e}).

Công thức tính PV và MAC

PV (giá trị hiện tại ròng) cho một giải pháp i:

$$PV_c = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Trong đó, PV_c là giá trị hiện tại ròng của chi phí giảm thải KNK, *i* là lãi suất/ tỷ lệ chiết khấu và C_t là chi phí tại thời điểm *t*.

MAC cho giải pháp i:

$$MAC = \frac{C_{mi} - C_{bi}}{CO_{2ebi} - CO_{2emi}}$$

Trong đó: C_{mi} : là chi phí phát sinh để thực hiện cơ hội giảm thải (*i*), C_{bi} : là chi phí phát sinh trong điều kiện bình thường (đường cơ sở BAU) với giả định là cơ hội giảm nhẹ (*i*) không được thực thi, CO_{2ebi} và CO_{2emi} : là các phát thải KNK (theo đơn vị tCO_{2d}) trong điều kiện không thực thi và có thực thi cơ hội giảm nhẹ.

Lưu ý: Nếu MAC_i âm thì cơ hội “lợi” ngay cả khi không có trợ cấp; nếu dương cao thì cần hỗ trợ tài chính/chính sách (qua tín dụng carbon, trợ cấp,...)

Các bước thực hiện

B1: Xây dựng BAU (tính phát thải & chi phí hiện trạng trong điều kiện không thực thi cơ hội giảm nhẹ) theo năm cơ sở (2020).

B2: Xác định danh sách biện pháp khả thi (dựa trên điều tra, tài liệu quốc tế/địa phương và tham vấn chuyên gia). Danh sách và tiêu chí lựa chọn (phù hợp hộ, hiệu quả kỹ thuật, tuân thủ quy định, đồng lợi ích) nên nêu rõ trong phụ lục.

B3: Xác định tiềm năng kỹ thuật (số trang trại/hộ có thể áp dụng, % áp dụng) để tính mức giảm phát thải cho mỗi biện pháp ($\Delta CO_{2e} = CO_{2ebi} - CO_{2emi}$)

B4: Tổng hợp chi phí vòng đời (PV) cho từng biện pháp: nhập chi phí đầu tư ban đầu (capex), chi phí vận hành và bảo trì hàng năm (O&M), tiết kiệm năng lượng (giá trị tiền tiết kiệm LPG/điện do dùng khí biogas), giá trị từ phân bón thay thế, trợ cấp (nếu có). Áp dụng tỷ lệ chiết khấu (mặc định 8% cho phân tích cơ sở; độ nhạy: 3% - 12%).

B5: Tính MAC_i theo công thức MAC cho từng biện pháp

B6: Sắp xếp và vẽ MACC: các cột theo MAC tăng dần; chiều rộng = tiềm năng giảm phát thải (tCO_{2e})

B7: Phân tích độ không đảm bảo: chạy Monte Carlo trên các tham số chi phí và EF; dữ liệu hoạt động;

Phân tích độ nhạy: chạy thay đổi tỷ lệ chiết khấu, giá năng lượng ±20%, giá phân ±20%, capex ±20% để thấy ảnh hưởng lên xếp hạng MAC.

3.5. Phương pháp tham vấn chuyên gia

Dựa trên các giải pháp giảm phát thải trong lĩnh vực

quản lý chất thải vật nuôi qua việc tham khảo các nghiên cứu quốc tế, qua tham vấn chuyên gia trong lĩnh vực chăn nuôi là 05 chuyên gia tại: Hội chăn nuôi Việt Nam; Trung tâm khuyến nông Hà Nội; Chi cục chăn nuôi và thú ý Hà Nội; Hội kinh tế môi trường Việt Nam và Trung tâm dịch vụ nông nghiệp huyện Phúc Thọ và khảo sát thực tế ở các trang trại quy mô vừa tại Hà Nội, Việt Nam, tiến hành lựa chọn các giải pháp khả thi.

Nghiên cứu đã áp dụng phương pháp Delphi 2 vòng lặp với các chuyên gia. Tham vấn ý kiến về các giải pháp giảm phát thải; tham vấn và hiệu chỉnh giá trị MS_(T,S), ước lượng tỷ lệ áp dụng các biện pháp giảm thải; các chi phí thực tế của các giải pháp.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Đánh giá hiện trạng và kiểm kê khí nhà kính từ chất thải chăn nuôi tại Hà Nội

Chăn nuôi là một trong những ngành sản xuất nông nghiệp quan trọng của Hà Nội, nhưng cũng là nguồn phát sinh chất thải lớn, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm môi trường và phát thải KNK. Theo Sở Nông nghiệp và Phát triển nông thôn Hà Nội (2023), trung bình mỗi con lợn thải 1,5 - 3,5 kg phân và 10 - 50 lít nước thải/ngày, trong khi 100 con gia cầm thải 7 - 30 kg phân/ngày. Với tổng đàn khoảng 1,8 triệu lợn và 36 - 38 triệu gia cầm, mỗi năm Hà Nội phát sinh hàng triệu tấn chất thải rắn và lỏng. Các loại chất thải này thường chứa hàm lượng dinh dưỡng cao (N: 571 - 1026 mg/l, P: 39 - 94 mg/l) và vi sinh vật gây bệnh (Coliform, Salmonella), gây tác động tiêu cực đến môi trường đất, nước và không khí nếu không được quản lý thích hợp (Sở TN&MT Hà Nội, 2023).

Về hiện trạng công nghệ xử lý chất thải:

- Chất thải rắn: Khoảng 40-70% được ủ làm phân hữu cơ và 30% được xử lý bằng hầm Biogas. Một số mô hình tiên tiến đã được triển khai: tại huyện Ba Vì áp dụng máy ép phân (4 m³/h) để tách rắn sản xuất phân vi sinh; huyện Phúc Thọ áp dụng đệm lót sinh học (BALASA N01, EM), giúp giảm mùi, tiết kiệm tới 80% lượng nước và 60% công lao động.

- Nước thải: Khoảng 40% lượng nước thải chăn nuôi vẫn xả thẳng ra kênh mương, 30% qua hầm Biogas và 30% qua hồ sinh học. Tuy nhiên, nhiều cơ sở chưa đáp ứng quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi (QCVN62:2025/BTNMT), tiếp tục gây ô nhiễm cục bộ.

- Khí thải: Quá trình phân hủy chất thải phát sinh CH₄, NH₃, H₂S; trong đó CH₄ là khí nhà kính quan trọng nhưng hiện chưa có giải pháp xử lý hiệu quả. Ngoài ra, xác súc vật chết do dịch bệnh (dịch tả lợn châu Phi, cúm gia cầm) vẫn được xử lý chưa triệt để, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm thứ cấp.

Bảng 1. Tỷ trọng các hình thức quản lý chất thải chăn nuôi (MS)

	Phân loại hình thức xử lý của Hà Nội (%)				
	Xử lý hiếu khí (Hồ sinh học)	Xử lý yếm khí (hầm Biogas)	Đệm lót sinh học	Thải ra sông, suối, ao, hồ	Đồng cỏ và bãi chăn thả
Dùng làm phân bón ruộng	10	45	10	5	10

Ghi chú: Tỷ lệ các hình thức xử lý chất thải chăn nuôi có thể thực hiện song song, không cộng dồn 100%

Nguồn: Kết quả tham vấn chuyên gia Trung tâm Khuyến nông Hà Nội, 2025

Kết quả tham vấn chuyên gia (Trung tâm Khuyến nông Hà Nội, 2025) cho thấy, 45% chất thải được xử lý bằng hầm Biogas, 20% ủ làm phân bón, 10% sử dụng đệm lót sinh học, 5% xả ra sông, suối, ao, hồ và 10% để lại trên đồng cỏ, bãi chăn thả (Bảng 1). Như vậy, khoảng 85% chất thải được xử lý theo hướng thân

thiện môi trường, phù hợp khuyến nghị của IPCC (2006). Tuy nhiên, vẫn còn 15% thải bỏ trực tiếp, gây nguy cơ ô nhiễm đất, nước và phát thải KNK.

Kết quả kiểm kê phát thải KNK trong lĩnh vực quản lý chất thải vật nuôi do tác giả thực hiện nhiệm vụ của UBND TP. Hà Nội & Sở TNMT, 2023 cho thấy:

Bảng 2. Lượng phát thải khí CH₄ trong tiểu lĩnh vực quản lý chất thải vật nuôi tại thành phố Hà Nội năm 2020

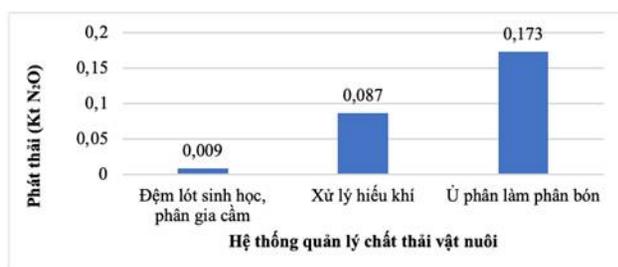
Loại vật nuôi	Phát thải (Kt CH ₄)	Phát thải (Kt CO ₂ đ)
Bò thịt	0,291	8,148
Bò sữa	0,145	4,06
Lợn	2,231	62,468
Gia cầm	2,461	68,908
Tổng	5,128	143,584

Nguồn: Kết quả tính toán của tác giả, 2023

Bảng 3. Lượng phát thải khí nhà kính N₂O theo hệ thống quản lý chất thải vật nuôi tại thành phố Hà Nội năm 2020

Hệ thống quản lý chất thải vật nuôi (AWMS)	Phát thải (Kt N ₂ O)	Phát thải (Kt CO ₂ đ)
Đệm lót sinh học, phân gia cầm	0,009	2,385
Xử lý hiếu khí	0,087	23,055
Ủ phân làm phân bón	0,173	45,845
Đồng cỏ và bãi chăn thả gia súc	-	-
Hầm ủ kỵ khí	-	-
Tổng	0,269	68,907

Nguồn: Kết quả tính toán của tác giả, 2023



Hình 2. Lượng phát thải khí nhà kính theo hệ thống quản lý chất thải vật nuôi tại thành phố Hà Nội năm 2020

Kết quả trên cho thấy, tổng phát thải từ chất thải vật nuôi tại Hà Nội năm 2020 đạt 5,128 Kt CH₄ (tương đương 143,584 Kt CO₂đ) và 0,269 Kt N₂O (tương

đương 68,9 Kt CO₂đ). Trong đó, lợn và gia cầm là hai nguồn phát thải chính, chiếm lần lượt 43,5% và 47,9 % tổng lượng CH₄ phát sinh. Về hệ thống quản lý, phát thải chủ yếu đến từ hình thức ủ phân (45,845 Kt CO₂đ) và xử lý hiếu khí (23,055 Kt CO₂đ), trong khi các hình thức tiên tiến như đệm lót sinh học có mức phát thải thấp (2,385 Kt CO₂đ).

So sánh quốc tế cho thấy kết quả của Hà Nội tương đồng với nhiều nghiên cứu trước đây. Chẳng hạn, Garnett (2007) ghi nhận phát thải từ ủ phân tại Anh ở mức tương tự, nhưng có thể giảm đáng kể nếu kết hợp với Biogas; Hickman et al. (2007) cũng báo cáo mức phát thải trung bình 97,3 tCO₂e/năm từ các trang trại chăn nuôi tại Mỹ. Điều này gợi mở tiềm năng áp dụng các giải pháp giảm phát thải tại Hà Nội như: (i) cải tiến

hồ sinh học, (ii) nâng cấp hệ thống Biogas, (iii) mở rộng ứng dụng đệm lót sinh học, (iv) ủ compost kết hợp thu hồi khí. Các giải pháp này với chi phí cận biên từ -42,6 đến 95,1 USD/tCO_{2e}, trong đó một số giải pháp mang lại lợi ích kinh tế trực tiếp (Kaneko et al., 2010).

Như vậy, việc quản lý chất thải chăn nuôi tại Hà Nội đang từng bước được cải thiện, song vẫn tồn tại những khoảng trống trong xử lý triệt để và giảm phát thải KNK. Kết quả kiểm kê là cơ sở quan trọng để đề xuất các giải pháp giảm nhẹ phát thải phù hợp, góp phần phát triển nông nghiệp sinh thái và thực hiện cam kết quốc gia về giảm phát thải KNK.

4.2. Đánh giá chi phí giảm phát thải khí nhà kính trong quản lý chất thải vật nuôi tại trang trại chăn nuôi quy mô vừa trên địa bàn thành phố Hà Nội

Nghiên cứu chọn 5 giải pháp khả thi, phù hợp với đặc thù trang trại quy mô vừa tại Hà Nội và đã khảo sát thực tế /tham vấn chuyên gia: ủ phân hữu cơ (compost), đệm lót sinh học, hầm biogas, máy ép tách phân rắn - lỏng, và cải tiến khẩu phần ăn (phụ gia giảm methan). Các giả định đầu vào (capex, O&M, tuổi thọ thiết bị, hiệu suất giảm phát thải, giá phân bón thay thế, giá năng lượng) được thu thập từ khảo sát thị trường, báo giá nhà cung cấp và tham vấn chuyên gia; phương pháp tính tuân theo hướng dẫn IPCC (2006) cho Tier 2. Mục tiêu của mục này là đánh giá chi phí - hiệu quả của các giải pháp giảm phát thải KNK (tính bằng chi phí cận biên, USD/tCO_{2e}) và xác định thứ tự ưu tiên triển khai tại các trang trại quy mô vừa điển hình (lựa chọn Trang trại chăn nuôi lợn ở Phúc Thọ: với quy mô 200 con lợn nái; Trang trại chăn nuôi gà ở Chương Mỹ: quy mô 10.000 con gà; Trang trại chăn nuôi bò ở Ba Vì: quy mô 60 con bò sữa). Dựa theo các bước thực hiện tính chi phí giảm phát thải KNK theo công cụ MACC cho kết quả như sau:

1. Ủ phân hữu cơ (compost): Tiềm năng giảm CO_{2e} trung bình 5,7 tCO_{2e}/hộ/năm. Chi phí cận biên (MAC) trung bình -2 USD/tCO_{2e} (tương đương -52.689,96 VNĐ/tCO_{2e}), chi phí âm. Giải pháp này tận dụng phân làm phân bón thay thế, có giá trị thương mại.

2. Đệm lót sinh học: Tiềm năng giảm CO_{2e} trung bình 5,9 tCO_{2e}/hộ/năm. Chi phí cận biên (MAC) -5 USD/tCO_{2e} (tương đương -131.724,9 VNĐ/tCO_{2e}), chi phí âm. Áp dụng giải pháp này tiết kiệm chi phí vận hành, giảm mùi và giảm khí CH₄ phát sinh do điều kiện hiếu khí hơn.

3. Cải tiến khẩu phần ăn: Tiềm năng giảm CO_{2e} trung bình 49,1 tCO_{2e}/hộ/năm. Chi phí cận biên (MAC) -100 USD/tCO_{2e} (tương đương -2.634.498,9 VNĐ/tCO_{2e}), chi phí âm. Phần lớn phát thải khí CH₄ trong quá trình tiêu hóa, một phần từ phân; giải pháp đóng vai trò mức giảm lớn KNK, tức là giải pháp tiết kiệm rộng do tăng năng suất, giảm tiêu tốn thức ăn.

4. Máy ép tách phân: Tiềm năng giảm CO_{2e} trung bình 18 tCO_{2e}/hộ/năm. Chi phí cận biên (MAC) ước tính 20 USD/tCO_{2e} (tương đương 526.899,6 VNĐ/tCO_{2e}), chi

phí dương. Giải pháp này chi phí đầu tư cao, phù hợp trang trại lớn, mô hình chăn nuôi tập trung.

5. Hầm biogas: Tiềm năng giảm CO_{2e} trung bình 16,2 tCO_{2e}/hộ/năm. Chi phí cận biên (MAC) 4 USD/tCO_{2e} (tương đương 105.379,92 VNĐ/tCO_{2e}), chi phí dương. Giải pháp này phổ biến trong xử lý nước thải chăn nuôi, vừa giảm CH₄ vừa tạo năng lượng tái tạo.

Biểu đồ MACC dưới đây sắp xếp các giải pháp theo thứ tự chi phí tăng dần (từ trái sang phải), chiều cao cột biểu thị chi phí cận biên (USD/tCO_{2e}) và chiều rộng biểu thị lượng giảm phát thải (tấn CO_{2e}/năm) của mỗi giải pháp.



Hình 3. Đồ thị chi phí cận biên giảm phát thải cho các giải pháp quản lý chất thải vật nuôi

Trong Hình 3, có thể thấy: giải pháp cải tiến thức ăn nằm bên trái với cột cao âm (chi phí -100 USD/tCO_{2e}), tiếp đến đệm lót sinh học và ủ phân hữu cơ là các cột âm thấp hơn. Hầm biogas có chi phí dương nhẹ (cột thấp khoảng 4 USD/tCO_{2e}) và máy tách phân là cột cao nhất ở bên phải (khoảng 20 USD/tCO_{2e}). Đồ thị MACC này cho thấy phần lớn giảm phát thải trong chăn nuôi có thể đạt được với chi phí thấp hoặc âm, thậm chí có lợi về kinh tế (như cải tiến thức ăn, đệm lót, ủ phân). Những biện pháp MAC âm (cải tiến khẩu phần, đệm lót, compost) nên được ưu tiên vì vừa giảm phát thải vừa đem lại lợi ích kinh tế trực tiếp cho hộ, nên dễ nhân rộng và không cần trợ cấp (hoặc cần trợ cấp rất thấp). Giải pháp có MAC thấp dương (biogas): vẫn được khuyến khích vì có lợi ích năng lượng (sản xuất khí sử dụng, tiết kiệm nhiên liệu) và lợi ích môi trường; có thể được thúc đẩy bằng cơ chế tín dụng lãi suất thấp hoặc hỗ trợ ban đầu.

Độ tin cậy: phân tích dựa trên dữ liệu sơ cấp (khảo sát trang trại), dữ liệu thứ cấp (Sở NN&PTNT, thống kê) và tham vấn chuyên gia; phương pháp tính phát thải theo IPCC Tier 2. Tuy vậy các tham số như hệ số giảm của mỗi biện pháp, chi phí thực tế khu vực, tỷ lệ áp dụng vẫn có độ không chắc chắn.

Phân tích độ nhạy: chạy Monte Carlo về thay đổi tỷ lệ chiết khấu (3% - 12%), biến động giá phân/giá năng lượng ±20% và chi phí vận hành ±20% để kiểm tra tính ổn định thứ tự MAC; kết quả cho thấy thứ tự ưu tiên: (1) cải tiến thức ăn, (2) đệm lót, (3) compost, (4) biogas, (5) máy ép có tính bền vững trong hầu hết kịch bản nhưng ngưỡng trợ cấp có thể thay đổi thứ tự cho biogas hoặc máy ép.

Đề xuất giải pháp khuyến nghị chính sách nhằm tối ưu hóa việc triển khai các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong quản lý chất thải vật nuôi tại Hà Nội

Đề tối ưu hóa hiệu quả giảm phát thải khí nhà kính (KNK) trong quản lý chất thải vật nuôi tại Hà Nội, nghiên cứu đề xuất các giải pháp trọng tâm như sau:

(1) Ưu tiên các biện pháp MAC âm (ít cần trợ cấp).

Hỗ trợ kỹ thuật: phổ biến, đào tạo và hỗ trợ cho các trang trại về giải pháp cải tiến khẩu phần ăn, hướng dẫn sử dụng đệm lót sinh học và kỹ thuật ủ compost.

(2) Hỗ trợ tài chính cho các trang trại: thực hiện giải pháp biogas (do MAC dương thấp), hỗ trợ tín dụng xanh lãi suất thấp hoặc tài trợ một phần chi phí ban đầu cho hầm biogas mini; kết hợp hợp đồng mua bán năng lượng/khí để tăng tính hấp dẫn đầu tư.

Khuyến khích mô hình Hợp tác xã xử lý phân cho nhóm trang trại; chính quyền địa phương hỗ trợ ban đầu về cơ sở hạ tầng và chính sách ưu đãi thuế.

(3) Thiết lập 3 mô hình điểm tại Ba Vì, Hoài Đức, Thạch Thất để minh họa: (i) mô hình cải tiến khẩu phần và đệm lót; (ii) mô hình biogas nâng cấp và máy ép cho cặn trang trại; (iii) mô hình compost và thương mại phân. Kèm theo chương trình đào tạo, bảng tính kinh tế.

(4) Thử nghiệm mô hình trả tiền cho hộ hoặc hợp tác xã theo tCO₂e đã giảm khi chứng minh được, nhằm tạo động lực hơn cho các trang trại giảm phát thải KNK. Kết nối với thị trường các bon địa phương, quốc gia khi sẵn sàng.

(5) Lồng ghép MACC vào hoạch định chính sách: Sử dụng MACC để định ưu tiên cấp vốn công và phối hợp với ngân hàng phát triển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2023). *Báo cáo ngành chăn nuôi năm 2022–2023*. Hà Nội
- Bộ Tài nguyên và Môi trường (2022). *Đóng góp do quốc gia tự quyết định cập nhật năm 2022 (NDC Việt Nam)*. Hà Nội.
- Cục Thống kê thành phố Hà Nội. (2023). *Niên giám thống kê Hà Nội 2022*. Hà Nội: NXB Thống kê
- Sở Nông nghiệp & Phát triển nông thôn Hà Nội. (2023). *Báo cáo thường niên ngành chăn nuôi Hà Nội 2022–2023*. Hà Nội: UBND TP. Hà Nội.
- UBND TP. Hà Nội & Sở Tài nguyên và Môi trường. (2023). *Báo cáo kiểm kê khí nhà kính lĩnh vực quản lý chất thải vật nuôi tại Hà Nội năm 2020*. Hà Nội: UBND TP. Hà Nội.
- Akashi, O., & Hanaoka, T. (2012), Technological feasibility and costs of achieving long-term climate targets - Results of the AIM modeling. *Environmental Economics and Policy Studies*, 14(2), 137–157.
- FAO (2013). *Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hickman, J. E., Scholes, R. J., Rosenstock, T. S., Pérez, T., & Palm, C. A. (2007). Assessing the effect of fertilizer application on nitrous oxide emissions from maize fields in sub-Saharan Africa. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 87(3), 353–369. <https://doi.org/10.1007/s10705-010-9345-0>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl>
- IPCC 2021, *Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6>
- Kaneko, N., Kubo, M., Fujinuma, R., Ohta, S., & Ushida, H. (2010). *Mitigation of greenhouse gas emissions from a Japanese dairy farm by anaerobic digestion and fuel substitution*. *Animal Feed Science and Technology*, 157(1–2), 137–149. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.03.011>

Các giải pháp đề xuất góp phần giảm phát thải KNK hiệu quả, thúc đẩy phát triển chăn nuôi bền vững, phù hợp với mục tiêu phát thải ròng bằng (0) đến năm 2050 của Việt Nam.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá hiện trạng và kiểm kê phát thải KNK từ hoạt động quản lý chất thải vật nuôi tại các trang trại quy mô vừa trên địa bàn thành phố Hà Nội, xác định CH₄ từ phân chuồng chưa xử lý và N₂O từ nước thải là các nguồn phát thải chủ yếu. Lần đầu tiên áp dụng công cụ MACC trong đánh giá các giải pháp giảm thải trong lĩnh vực chăn nuôi quy mô vừa tại Hà Nội, giải pháp được phân tích gồm: Ủ phân hữu cơ (compost), Đệm lót sinh học, Hầm biogas, Máy ép tách phân, Cải tiến khẩu phần ăn. Kết quả cho thấy tiềm năng giảm phát thải từ các giải pháp dao động từ 5,7 đến 49,1 tCO₂e/hộ/năm, với chi phí cận biên trung bình từ -100 đến 20 USD/tCO₂e. Đặc biệt, ba giải pháp có chi phí âm vừa mang lại hiệu quả giảm phát thải vừa tiết kiệm chi phí cho hộ chăn nuôi. Nghiên cứu này chủ yếu tập trung vào các trang trại chăn nuôi quy mô vừa tại Hà Nội với số lượng mẫu điều tra còn hạn chế, tuy nhiên đường MACC được xây dựng cung cấp cơ sở khoa học cho ưu tiên đầu tư và đề xuất chính sách giảm phát thải trong lĩnh vực chăn nuôi tại Hà Nội.

Lời cảm ơn: Tác giả chân thành cảm ơn Đề tài KH&CN cấp cơ sở « Đánh giá chi phí các giải pháp giảm phát thải khí nhà kính trong lĩnh vực quản lý chất thải vật nuôi trên địa bàn thành phố Hà Nội » Mã số đề tài : HUNRE.2025.22.15 đã cung cấp tài liệu, số liệu để thực hiện bài viết này.

Kesicki, F., & Ekins, P. (2012). *Marginal abatement cost curves: A call for caution*. *Climate Policy*, 12(2), 219–236.

McKinsey & Company (2009). *Pathways to a Low-Carbon Economy*. Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve.

<https://www.cbd.int/financial/doc/Pathwaystoalowcarboneyconomy.pdf?utm>

Pham Thanh, N., Tran, T. T., & Lebailly, P. (2020). *Livestock development in Hanoi City, Vietnam - Challenges and policies*. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 566. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00566>

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_10_Ch10_Livestock.pdf?utm

https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/1_Volume1/V1_3_Ch3_Uncertainties.pdf?utm

<https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Quyiet-dinh-2626-QD-BTNMT-2022-cong-bo-he-so-phat-thai-phuc-vu-kiem-ke-khi-nha-kinh-532253.aspx?utm>

Abstract:

**ASSESSING GREENHOUSE GAS MITIGATION COSTS USING THE MACC TOOL
IN LIVESTOCK WASTE MANAGEMENT IN HANOI**

Vietnam has committed to achieving net-zero emissions by 2050, with the livestock sector, particularly waste management - identified as a key source of greenhouse gas (GHG) emissions. This study applies the Marginal Abatement Cost Curve (MACC) to evaluate the economic and environmental performance of mitigation options at medium-scale livestock farms in Hanoi. The 2020 inventory reveals methane (CH₄) from untreated manure and nitrous oxide (N₂O) from wastewater as the dominant emission sources. Five abatement measures were assessed: composting, bio-litter, biogas digesters, manure separators, and feed improvement. Results indicate a mitigation potential of 5.7 - 49.1 tCO₂e per household per year, with marginal abatement costs ranging from -100 to 20 USD/tCO₂e. Among them, feed improvement, bio-litter, and composting show negative costs, offering both emission reductions and economic benefits, thus representing priority options. The MACC provides a robust scientific tool to guide investment prioritization and policy design for low-carbon livestock development, supporting Vietnam's pathway toward sustainable agriculture and its net-zero target by 2050.

Keywords: Greenhouse gases, livestock, waste management, marginal abatement cost curve (MACC), Hanoi.

Ngày nhận bài: 18/7/2025

Ngày chấp nhận đăng: 17/9/2025