

ESTIMATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM FINISHING PIG FARMS USING ON-FARM MIXED FEED IN SUBURBAN HANOI AND PROPOSED MITIGATION MEASURES

Tran Phuong Ha^{1,*}, Khuong Duc Hoang¹, Bui Phung Khanh Hoa²

¹ University of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

² Department of Agriculture and Environment, Ha Noi, Viet Nam

Email address: ha.tranphuong@hust.edu.vn

* Corresponding Author: Tran Phuong Ha

<https://doi.org/10.51453/3093-3706/2026/1492>

ARTICLE INFO		ABSTRACT
Received:	20/4/2026	Pig production is one of the major sources of greenhouse gas (GHG) emissions in Vietnam’s agricultural sector, particularly as production shifts toward large-scale commercial farming. This study assessed GHG emissions from farm-scale fattening pig production, identified the main emission sources, and proposed mitigation measures. The methodology followed the IPCC Guidelines (2006, 2019) using data collected from ten medium- and large-scale pig farms in the suburban areas of Hanoi.
Revised:	8/6/2026	
Published:	28/6/2026	
KEYWORDS		The results showed an average total estimated emission of 232.28 ± 51.70 kg CO _{2e} per pig per year. The major emission sources were indirect CO ₂ from electricity consumption and CH ₄ and N ₂ O from waste management. Emission levels were affected by self-mixed feed rations, farm size, electricity use, biogas system performance, and post-treatment waste management. Based on these findings, the study recommends optimizing feed rations, reducing nitrogen and organic matter excretion, improving waste collection and treatment, enhancing biogas recovery and utilization, and increasing electricity-use efficiency to mitigate GHG emissions from farm-scale fattening pig production.
<i>Finishing pig farm; Greenhouse gas emission; Mitigation; Hanoi; IPCC; Greenhouse gas inventory (GHG);</i>		

ƯỚC TÍNH PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH TẠI CÁC TRANG TRẠI LỢN THỊT SỬ DỤNG THỨC ĂN TỰ PHỐI TRỘN Ở NGOẠI THÀNH HÀ NỘI VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP GIẢM THIỂU PHÁT THẢI

Trần Phương Hà^{1,*}, Khuong Đức Hoàng¹, Bùi Phùng Khánh Hoà²

¹ Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

² Sở Nông nghiệp và Môi trường Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

Địa chỉ email: ha.tranphuong@hust.edu.vn

* Tác giả liên hệ: Trần Phương Hà

<https://doi.org/10.51453/3093-3706/2026/1492>

THÔNG TIN NHẬN BÀI

Ngày nhận bài: 20/4/2026

Ngày hoàn thiện: 8/6/2026

Ngày đăng: 28/6/2026

TỪ KHÓA

*Chăn nuôi lợn thịt;**Giảm thiểu phát thải;**Hà Nội;**IPCC;**Kiểm kê khí nhà kính (KNK);*

ABSTRACT

Ngành chăn nuôi lợn là một nguồn phát thải khí nhà kính (KNK) đáng kể của nông nghiệp Việt Nam, đặc biệt trong bối cảnh phát triển chăn nuôi quy mô lớn. Nghiên cứu này ước tính phát thải KNK từ các trang trại nuôi lợn thịt sử dụng thức ăn tự phối trộn, xác định các nguồn phát thải chính và đề xuất giải pháp giảm thiểu. Phương pháp nghiên cứu dựa trên hướng dẫn của IPCC (2006, 2019), sử dụng dữ liệu thu thập từ 10 trang trại quy mô vừa và lớn tại ngoại thành Hà Nội.

Kết quả cho thấy mức phát thải trung bình đạt $232,28 \pm 51,70$ kg CO₂e/con/năm. Các nguồn phát thải chính gồm CO₂ gián tiếp từ tiêu thụ điện và CH₄, N₂O từ quản lý chất thải. Mức phát thải chịu ảnh hưởng bởi khẩu phần ăn, quy mô chăn nuôi, tiêu thụ điện, hiệu quả vận hành hệ thống biogas và quản lý chất thải sau xử lý. Nghiên cứu đề xuất tối ưu khẩu phần, nâng cao hiệu quả xử lý chất thải, thu hồi biogas và sử dụng điện hiệu quả để giảm phát thải KNK..

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành chăn nuôi lợn giữ vai trò chủ lực trong ngành chăn nuôi Việt Nam, đóng góp hơn 62% tổng sản lượng thịt hơi cả nước [1]. Với tổng đàn đạt hơn 26,3 triệu con vào cuối năm 2023, ngành giữ vai trò đặc biệt quan trọng trong đối với an ninh lương thực và kinh tế nông thôn [1].

Trong những năm gần đây, ngành chăn nuôi Việt Nam đang trải qua quá trình tái cấu trúc mạnh mẽ, dịch chuyển từ mô hình nông hộ nhỏ lẻ sang các trang trại công nghiệp quy mô lớn và chuỗi liên kết 3F (Feed - Farm - Food). Tỷ trọng sản lượng từ hộ nhỏ lẻ đã giảm từ mức 70-80% xuống dưới 40% vào năm 2023, cho thấy sự gia tăng nhanh cả về quy mô và cường độ sản xuất. Tuy nhiên, quá trình này cũng làm gia tăng áp lực môi trường, đặc biệt là phát thải CH₄ và N₂O từ hoạt động chăn nuôi và quản lý chất thải.

Các nghiên cứu và kiểm kê quốc gia cho thấy phát thải từ chăn nuôi đang có xu hướng gia tăng, đặc biệt tại khu vực Đồng bằng sông Hồng, nơi tổng phát thải có thể đạt khoảng 5.9 triệu tấn CO₂e vào năm 2030, trong đó chăn nuôi lợn chiếm tỷ trọng lớn [2]. Mặc dù vậy, phần lớn các nghiên cứu hiện nay tại Việt Nam vẫn dừng ở cấp vùng hoặc sử dụng hệ số mặc định (Tier 1) như nghiên cứu của D. Pham và cs. (2020) [3] cho một số tỉnh phía Bắc, nghiên cứu của H.Anh Le và cs. (2017) [4] cho Hưng Yên. Các nghiên cứu thực địa chi tiết ở cấp trang trại, đặc biệt theo cách tiếp cận Tier 2, còn hạn chế. Đặc điểm khẩu phần ăn cũng thường chưa được làm rõ, mặc dù đây là yếu tố có thể ảnh hưởng đến lượng chất hữu cơ và nitơ bài thải, từ đó tác động đến phát thải CH₄ và N₂O.

Trong bối cảnh Việt Nam cam kết đạt phát thải ròng bằng "0" vào năm 2050 và từng bước hoàn thiện hệ thống Đo lường, Báo cáo và Thẩm định (MRV), kiểm kê KNK cấp cơ sở ngày càng có ý nghĩa đối với việc bảo đảm tính minh bạch và nhận diện các nguồn phát thải chính. Các quy

định chuyên ngành, gồm Thông tư 19/2024/TT-BNNPTNT (có hiệu lực từ 25/01/2025) [5], Thông tư 26/2024/TT-BNNPTNT (có hiệu lực từ 06/02/2025) [6], tiếp tục tạo cơ sở cho việc triển khai hoạt động này

Trên cơ sở đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm ước tính phát thải khí nhà kính từ các trang trại chăn nuôi lợn thịt sử dụng thức ăn tự phối trộn tại ngoại thành Hà Nội; xác định mức đóng góp của các nguồn phát thải chính; phân tích các yếu tố ảnh hưởng; và đề xuất giải pháp giảm thiểu phù hợp với điều kiện thực tế của trang trại.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu và phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu: là hoạt động chăn nuôi lợn thịt tại các cơ sở quy mô trang trại. Do những giới hạn trong thời gian và nguồn lực thực hiện, nghiên cứu lựa chọn khảo sát 10 trang trại chăn nuôi lợn quy mô trung bình đến lớn, thuộc nhóm các trang trại chăn nuôi độc lập tại khu vực ngoại thành Hà Nội. Đây là các cơ sở chăn nuôi hoạt động độc lập, không tham gia liên kết với doanh nghiệp và chủ động quyết định thành phần khẩu phần ăn. Việc lựa chọn không chỉ căn cứ vào quy mô, loại hình khẩu phần ăn mà còn xem xét khả năng tiếp cận, mức độ sẵn sàng cung cấp dữ liệu và sự phân bố tương đối đồng đều giữa các địa bàn, với khoảng 1–2 trang trại tại mỗi xã. Các trang trại khảo sát phân bố tại Hồng Vân, Chương Dương, Phú Xuyên, Thư Lâm, Hòa Lạc, Phúc Lộc, Vân Đình và Hương Sơn, là những khu vực tập trung nhiều cơ sở chăn nuôi quy mô lớn.

Ranh giới hệ thống được thiết lập tập trung vào các nguồn phát thải khí nhà kính phát sinh trong phạm vi vận hành của trang trại, bao gồm: (i) quá trình chăn nuôi và sinh trưởng của vật nuôi; (ii) quản lý và xử lý chất thải (phân và nước thải); (iii) tiêu thụ năng lượng (điện).

Các nguồn phát thải ngoài phạm vi kiểm soát trực tiếp như sản xuất thức ăn, con giống và vận chuyển không được xem xét nhằm đảm bảo tính nhất quán của kiểm kê ở cấp cơ sở.

Thời gian nghiên cứu được xác định theo chu kỳ sản xuất năm 2025, làm cơ sở tính toán phát thải hàng năm. Do lợn thịt được nuôi khoảng 5–6 tháng/lứa và trung bình hai lứa/năm, nghiên cứu sử dụng số con hiện diện trung bình năm, được xác định dựa trên quy mô đàn và thời gian nuôi thực tế trong năm, thay vì sử dụng trực tiếp số con của một lứa hoặc tổng số con xuất chuồng.

2.2. Phương pháp thu thập, xử lý dữ liệu

Để phục vụ việc tính toán phát thải KNK, hai loại dữ liệu cần thu thập bao gồm: dữ liệu hoạt động của các trang trại và hệ số phát thải

2.2.1. Thu thập dữ liệu hoạt động (Activity data)

Dữ liệu sơ cấp được thu thập thông qua bảng hỏi cấu trúc kết hợp phỏng vấn trực tiếp và khảo sát thực địa. Các thông tin chính bao gồm: Quy mô đàn, cơ cấu vật nuôi và chu kỳ nuôi; thành phần khẩu phần và lượng thức ăn tiêu thụ; hệ thống chuồng trại và điều kiện vận hành; phương thức quản lý chất thải (biogas, lưu trữ, xử lý); mức tiêu thụ điện năng

Dữ liệu được chuẩn hóa và xử lý dưới dạng giá trị trung bình theo đơn vị đầu con hiện diện trung bình năm (kg/con/năm) nhằm đảm bảo tính bảo mật và khả năng so sánh giữa các trang trại.

Bên cạnh đó, dữ liệu thứ cấp được thu thập từ các tài liệu khoa học, báo cáo kỹ thuật và hướng dẫn IPCC để phục vụ tính toán phát thải.

2.2.2. Thu thập và lựa chọn hệ số phát thải (Emission factors)

Hệ số phát thải được lựa chọn theo hướng dẫn của IPCC (2006) và bản cập nhật 2019 Refinement, thuộc lĩnh vực Nông nghiệp, Lâm nghiệp và Sử dụng đất khác (AFOLU), phù hợp với điều kiện chăn nuôi tại khu vực nghiên cứu. Đối với quản lý phân, nghiên cứu áp dụng cách tiếp cận Tier 2, sử dụng các tham số về lượng chất rắn bay hơi, lượng nitơ bài tiết, loại hình và tỷ lệ áp dụng hệ thống quản lý chất thải được xác định từ dữ liệu đặc thù của trang trại; các hệ số chưa có số liệu riêng được sử dụng theo giá trị mặc định của IPCC. Đối với CH₄ từ lên men đường ruột, hệ số phát thải được tính từ lượng thức ăn và thành phần khẩu phần theo từng giai đoạn nuôi, kết hợp với hệ số (Y_m) mặc định.

2.3. Phương pháp kiểm kê phát thải KNK

Nghiên cứu xem xét phát thải CH₄ từ lên men đường ruột, quản lý chất thải và nước thải sau biogas; phát thải N₂O trực tiếp và gián tiếp từ quản lý chất thải; và phát thải CO₂ gián tiếp từ sử dụng điện. Số lượng vật nuôi được xác định theo số con hiện diện trung bình năm.

2.3.1. Tính toán phát thải methane (CH₄) từ lên men đường ruột

Phát thải CH₄ từ quá trình lên men đường ruột được tính theo công thức:

$$CH_{4\text{ enteric}} = N_T \times GE \times Y_m\% \times \quad (1)$$

Trong đó:

- EF_{enteric} : Hệ số phát thải CH₄ từ lên men đường ruột của lợn (kg CH₄/năm).
- N_T : Số lượng đầu con trung bình năm (con).
- GE : Năng lượng thô đầu vào (MJ/con/ngày). GE được xác định dựa vào tỷ lệ thành phần nguyên liệu thu thập được thông qua khảo sát tại các cơ sở, kết hợp với giá trị năng lượng tham khảo từ các tài liệu hướng dẫn về dinh dưỡng cho lợn (Nutrient Requirements of Swine, NRC) [7]
- $Y_m\%$: Hệ số chuyển đổi methane ($Y_m = 0,6\%$ đối với lợn) [8]

2.3.2. Tính toán phát thải methane (CH₄) từ quản lý chất thải

Phát thải CH₄ từ quản lý chất thải được tính theo công thức:

$$CH_{4\text{ manure}} = VS \times 365 \times B_o \times 0,67 \times MCF\% \times AWMS \quad (2)$$

Trong đó:

- VS : Lượng chất rắn bay hơi bài tiết (kg VS/con/ngày)
- B_o : Khả năng sinh methane tối đa của phân ($0,45\text{ m}^3\text{ CH}_4/\text{kg VS}$).
- MCF : Hệ số chuyển đổi methane của hệ thống quản lý phân (%).
- $AWMS$: Tỷ lệ phân được xử lý theo hệ thống quản lý chất thải (không thứ nguyên).

Lượng chất rắn bay hơi (VS) được xác định dựa vào công thức:

$$VS = [GE \times (1 - DE\%) + (UE \times GE)] \times \frac{1 - ASH}{18.45} \quad (3)$$

Trong đó:

- DE : Hệ số tiêu hóa của thức ăn (%).

- $UE \times GE$: Năng lượng bài tiết qua nước tiểu ($0,02 \times GE$ đối với lợn).
- ASH : Hàm lượng tro trong thức ăn (biểu diễn dưới dạng phân số) được xác định như một phần của lượng vật chất khô thức ăn thu nhận.

2.3.3. Tính toán phát thải nitrous oxide (N_2O) từ quản lý chất thải

Lượng nitơ bài tiết hàng năm (N_{ex}) được xác định theo công thức sau:

$$N_{ex} = N_{intake} \times (1 - N_{retention_frac}) \times 365 \quad (4)$$

Trong đó:

- N_{intake} : Lượng nitơ thu nhận hằng ngày (kg N/con/ngày). Lượng N_{intake} được xác định từ lượng thức ăn tiêu thụ và hàm lượng protein thô của khẩu phần, sử dụng hệ số quy đổi protein–nitơ là 6,25 theo hướng dẫn của IPCC
- $N_{retention_frac}$: Tỷ lệ nitơ được giữ lại trong cơ thể (0,3).

Phát thải N_2O trực tiếp từ quản lý chất thải (N_2O_D) được xác định như sau:

$$N_2O_D = (N_{ex} \times AWMS + N_{cdg}) \times EF_3 \times \frac{44}{28} \quad (5)$$

Trong đó:

- N_{cdg} : Lượng nitơ từ chất thải đồng xử lý (kg N/năm) (Các trang trại trong nghiên cứu không đồng xử lý chất thải khác nên lấy giá trị 0).
- EF_3 : Hệ số phát thải N_2O trực tiếp.

Phát thải N_2O gián tiếp do bay hơi (N_2O_G) được xác định như sau:

$$N_2O_G = (N_{ex} \times AWMS + N_{cdg}) \times Frac_{GasMS} \times EF_4 \times \frac{44}{28} \quad (6)$$

Trong đó

- $Frac_{GasMS}$: Tỷ lệ nitơ bị mất do bay hơi (0,28)
- EF_4 : Hệ số phát thải do sự lắng đọng nitơ bay hơi (0,014)

Phát thải N_2O gián tiếp do rửa trôi (N_2O_L) được xác định như sau:

$$N_2O_L = [N_{ex} \times N_T \times AWMS + N_{cdg}] \times Frac_{LeachMS} \times EF_5 \times \frac{44}{28} \quad (7)$$

Trong đó:

- EF_5 : Hệ số phát thải N_2O gián tiếp do rửa trôi (0,011)
- $Frac_{LeachMS}$: Tỷ lệ nitơ bị mất do rửa trôi

2.3.4. Tính toán phát thải từ hệ thống xử lý nước thải

Phát thải CH_4 từ lượng COD còn dư lại trong nước thải sau khi đã qua xử lý được xác định dựa vào công thức sau:

$$CH_4\ emission = L_{COD} \times B_o \times MCF \quad (8)$$

Trong đó:

- L_{COD} : Tải lượng COD phát sinh từ lưu lượng dòng sau xử lý (kg/con/năm).
- B_o : Tiềm năng sinh methane tối đa (0,25 kg CH_4 /kg COD)

- *MCF*: Hệ số chuyển đổi methane cho nước thải (0,2)

Nước thải sau biogas tại các trang trại được dẫn vào hồ sinh học kỵ khí hoặc hồ tùy nghi để tiếp tục xử lý. Theo hệ số mặc định của IPCC áp dụng cho các loại hình xử lý này, hệ số phát thải N_2O trực tiếp bằng 0. Vì vậy, phát thải N_2O từ công đoạn xử lý nước thải sau biogas được xem là không đáng kể và không được tính riêng trong nghiên cứu.

2.3.5. Tính phát thải gián tiếp từ sử dụng điện

Phát thải CO_{2e} gián tiếp từ sử dụng điện được xác định như sau:

$$CO_{2e} = (Chi\ phí \div P_{TB}) \times 0,6592 \quad (9)$$

Trong đó:

- P_{TB} : Giá điện bình quân gia quyền (2228,5 đồng/kWh) chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng được xác định dựa trên giả định với tỷ trọng tiêu thụ điện được phân chia thành 3 mốc thời gian: 25% điện năng được tiêu thụ vào giờ thấp điểm, 50% điện năng được tiêu thụ vào giờ bình thường, 25% điện năng được tiêu thụ vào giờ cao điểm
- 0,6592: Hệ số phát thải lưới điện Việt Nam (tCO_2/MWh) theo hệ số phát thải của lưới điện Việt Nam năm 2023 [9].

2.3.6. Tổng hợp và quy đổi phát thải KNK

Tổng phát thải khí nhà kính được xác định từ phát thải CH_4 do lên men đường ruột, quản lý chất thải và xử lý nước thải sau biogas, cùng với phát thải N_2O trực tiếp và gián tiếp từ quản lý chất thải. Sau khi tổng hợp theo từng nguồn, lượng CH_4 và N_2O được quy đổi sang CO_2 tương đương (CO_{2e}) theo hệ số GWP100 của IPCC AR6, với $CH_4 = 27$; $N_2O = 273$ [10].

$$Phát\ thải\ CO_{2e} = CH_4 \times 27 + N_2O \times 273 \quad (10)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm sản xuất, khẩu phần và quản lý chất thải tại các trang trại khảo sát

Các trang trại khảo sát có quy mô từ 200–3.000 con/lứa, áp dụng hình thức nuôi nhốt trong chuồng kín hoặc bán kín. Lợn được nuôi qua bốn giai đoạn khối lượng, từ sau cai sữa đến khoảng 100–120 kg/con khi xuất chuồng; thời gian nuôi trung bình 5–6 tháng/lứa và khoảng hai lứa mỗi năm. Điện chủ yếu được sử dụng cho thông gió, làm mát, cấp nước và vận hành thiết bị.

Thức ăn được tự phối trộn từ ngô, cám gạo, khô đậu tương, bột cá và một số phụ phẩm nông nghiệp. Thành phần khẩu phần thay đổi theo nguồn nguyên liệu và kinh nghiệm của chủ trang trại, có thể ảnh hưởng đến lượng chất rắn bay hơi và nitơ bài tiết.

Chất thải gồm phân, thức ăn dư, nước tiểu và nước vệ sinh chuồng trại, được thu gom và chủ yếu xử lý bằng hầm biogas. Một số trang trại tách rắn–lông trước xử lý; phần rắn được ủ hoặc sử dụng làm phân bón, còn phần lỏng được đưa vào biogas. Khí sinh học được thu hồi để sử dụng, khí dư được đốt bỏ. Nước thải sau biogas tiếp tục được xử lý qua hồ sinh học kỵ khí hoặc tùy nghi và bề lắng trước khi xả thải; một phần nhỏ được tái sử dụng để tưới cây.

3.2. Kết quả kiểm kê khí nhà kính phát sinh từ hoạt động chăn nuôi lợn thịt

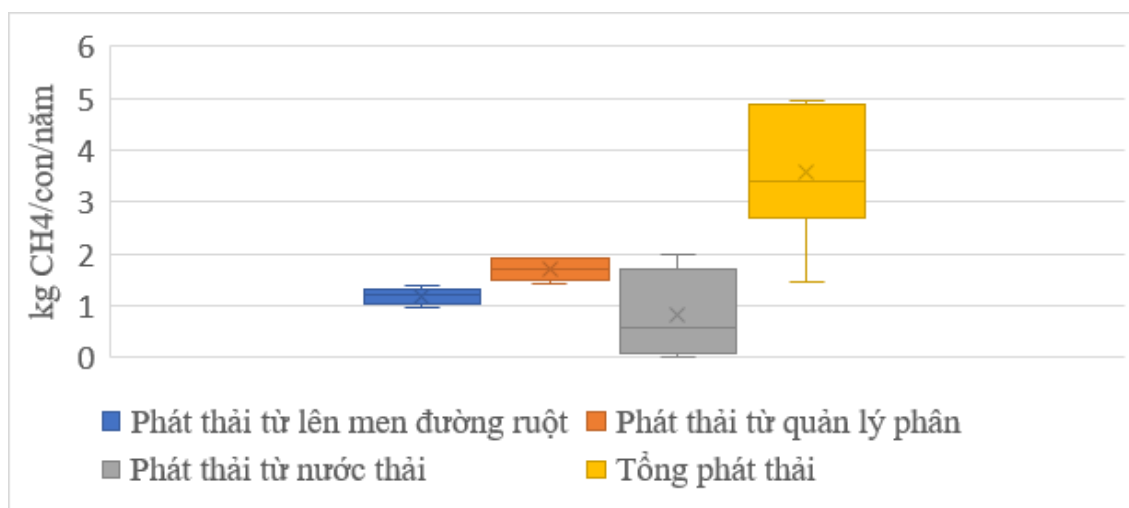
3.2.1. Phát thải Methane (CH_4)

Phát thải CH_4 từ lên men đường ruột dao động trong khoảng 0,97–1,40 kg CH_4 /con/năm (tương đương 26,29–37,86 kg CO_{2e} /con/năm), với giá trị trung bình khoảng $1,19 \pm 0,14$ kg

CH₄/con/năm (tương đương $32,10 \pm 3,87$ kg CO_{2e}/con/năm). Mức phát thải này phù hợp với đặc điểm sinh lý của lợn là động vật dạ dày đơn, có hệ số chuyển hóa methane thấp hơn đáng kể so với động vật nhai lại. Kết quả này xấp xỉ khoảng hệ số mặc định của IPCC (1,0–1,5 kg CH₄/con/năm) và mức 1,0 kg CH₄/con/năm được sử dụng tại Đồng bằng sông Hồng [3]. Sự khác biệt chủ yếu do nghiên cứu sử dụng dữ liệu thực tế về khẩu phần, lượng thức ăn và thời gian nuôi tại từng trang trại thay vì hệ số mặc định.

Phát thải CH₄ từ quản lý phân dao động khoảng 1,42-1,93 kg CH₄/con/năm, tương đương 38,34-52,11 kg CO_{2e}/con/năm. Giá trị trung bình đạt $1,71 \pm 0,20$ kg CH₄/con/năm, tương đương $46,21 \pm 5,27$ kg CO_{2e}/con/năm. Phân bố số liệu cho thấy khoảng biến thiên tương đối rộng giữa các trang trại khảo sát.

Phát thải CH₄ từ nước thải sau xử lý có giá trị thấp hơn, trung bình khoảng $0,94 \pm 0,74$ kg CH₄/con/năm (tương đương $25,35 \pm 20,00$ kg CO_{2e}/con/năm), nhưng vẫn đóng góp một phần vào tổng phát thải do quá trình phân hủy yếm khí các chất hữu cơ còn lại trong hệ thống biogas.



Hình 1. Mức phát thải CH₄ tính theo đầu con tại các trang trại nuôi lợn thịt (n=10)

Phát thải CH₄ cao từ quản lý phân có thể liên quan đến đặc điểm khẩu phần tự phối trộn, vốn thường biến động về thành phần dinh dưỡng. Bên cạnh đó, các vấn đề như quá tải hệ thống quản lý, thời gian lưu không phù hợp, rò rỉ khí, che phủ không kín hoặc tích tụ bùn đáy có thể làm gia tăng phát sinh và thất thoát CH₄.

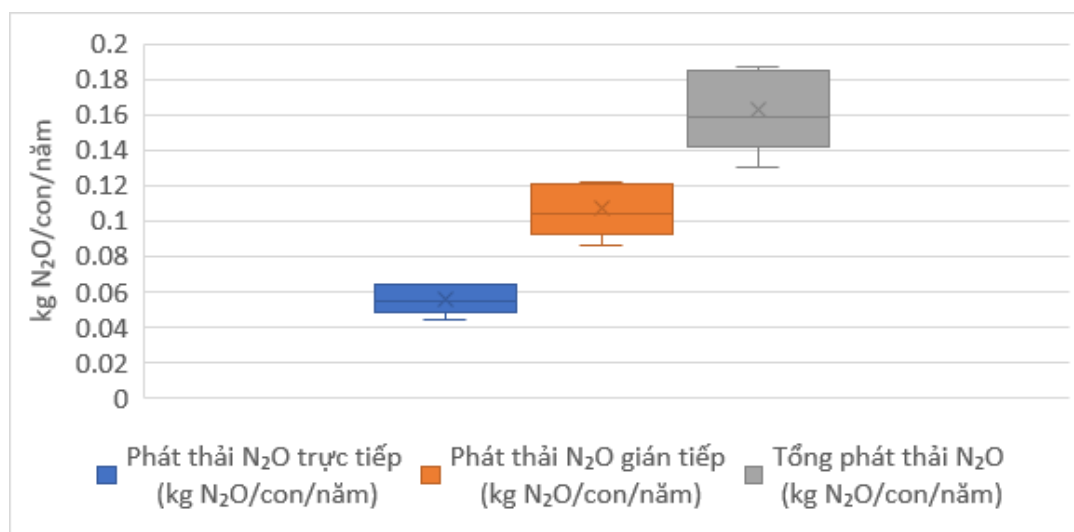
3.2.2. Phát thải Nitrous Oxide (N₂O)

Kết quả kiểm kê cho thấy phát thải N₂O trong chăn nuôi lợn thịt phát sinh chủ yếu từ quá trình quản lý chất thải, trong đó phát thải gián tiếp chiếm ưu thế (Hình 2).

Phát thải N₂O trực tiếp có giá trị giao động khoảng 0,045-0,064 kg N₂O/con/năm, với giá trị trung bình $0,056 \pm 0,007$ kg N₂O/con/năm. Mức phát thải này phù hợp với đặc điểm của hệ thống xử lý chất thải chủ yếu là biogas, trong đó quá trình nitrat hóa trực tiếp bị hạn chế.

Ngược lại, phát thải N₂O gián tiếp cao hơn đáng kể, dao động khoảng 0,086-0,122 kg N₂O/con/năm, với giá trị trung bình $0,107 \pm 0,014$ kg N₂O/con/năm. Nguồn phát thải này liên quan đến lượng nitơ bài thải và thất thoát ra môi trường dưới dạng bay hơi hoặc rửa trôi sau xử lý. Các

dạng nitơ thất thoát này có thể tiếp tục tham gia quá trình chuyển hóa trong môi trường và phát sinh N_2O gián tiếp.



Hình 2. Mức phát thải N_2O tính theo đầu con tại các trang trại nuôi lợn thịt (n=10). Hộp biểu thị Q1–Q3; đường trong hộp là trung vị; dấu × là giá trị trung bình; râu biểu thị khoảng giá trị không bao gồm ngoại lệ.

Đối với các trang trại sử dụng thức ăn tự phối trộn, mức phát thải N_2O có thể chịu ảnh hưởng đáng kể bởi hàm lượng protein và mức độ ổn định của khẩu phần ăn. Do thành phần và tỷ lệ phối trộn thức ăn thay đổi theo nguồn nguyên liệu, giá cả và kinh nghiệm của chủ trang trại, hàm lượng nitơ trong khẩu phần có thể biến động giữa các lứa nuôi.

Phát thải N_2O gián tiếp chiếm ưu thế cho thấy rủi ro phát thải còn liên quan đến các dòng nitơ thất thoát sau xử lý. Các dòng nitơ thất thoát này là cơ sở làm phát sinh N_2O gián tiếp, qua đó lý giải vì sao phát thải gián tiếp cao hơn đáng kể so với phát thải trực tiếp.

Tổng hợp hai nguồn cho thấy tổng phát thải N_2O trung bình đạt $0,163 \pm 0,016$ kg N_2O /con/năm, tương đương $44,45 \pm 4,37$ kg CO_2e /con/năm.

Với quy mô đàn của các trang trại, tổng phát thải N_2O ước tính đạt khoảng $32,6 \pm 3,2$ kg N_2O /năm đối với trang trại 200 con và $489,00 \pm 48,00$ kg N_2O /năm đối với trang trại 3.000 con. Khi quy đổi sang CO_2e , mức phát thải tương ứng là $8.899,80 \pm 873,60$ kg CO_2e /năm và $133.497,00 \pm 13.104,00$ kg CO_2e /năm.

3.2.3. Phát thải gián tiếp từ tiêu thụ điện năng

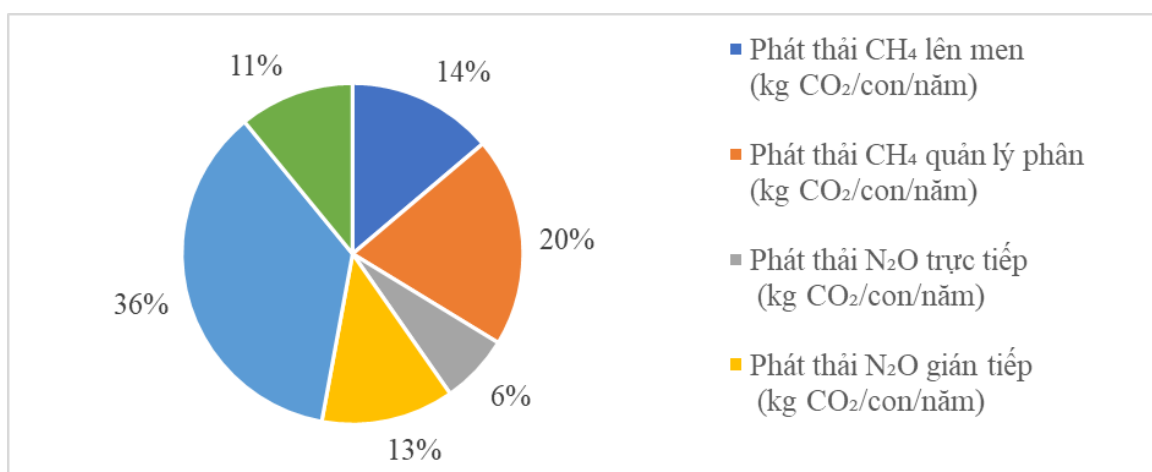
Kết quả kiểm kê cho thấy mức tiêu thụ điện trung bình đạt $127,55 \pm 71,35$ kWh/con/năm, tương ứng với mức phát thải khoảng $84,08 \pm 47,03$ kg CO_2e /con/năm. Khoảng biến động lớn giữa các cơ sở phản ánh sự khác biệt về quy mô đàn, mức độ cơ giới hóa, tần suất vận hành thiết bị và điều kiện quản lý thực tế.

3.2.4. Tổng lượng phát thải và cơ cấu phát thải KNK

Tổng lượng KNK phát thải tại các trang trại chăn nuôi lợn thịt được tổng hợp và trình bày trong Bảng 1 và Hình 3.

Bảng 1. Mức phát thải KNK tính theo đầu con tại các trang trại chăn nuôi lợn thịt

Nguồn phát thải	Phát thải trực tiếp/gián tiếp	Mức phát thải (kg CO ₂ e/con/năm)
Phát thải CH ₄ từ lên men đường ruột	Trực tiếp	32,10 ± 3,87
Phát thải CH ₄ từ quản lý chất thải	Trực tiếp	46,21 ± 5,27
Phát thải CH ₄ từ nước sau xử lý	Trực tiếp	25,35 ± 20,00
Phát thải N ₂ O trực tiếp	Trực tiếp	15,28 ± 2,02
Phát thải N ₂ O gián tiếp	Gián tiếp	29,26 ± 3,72
Phát thải CO ₂ gián tiếp từ sử dụng điện	Gián tiếp	84,08 ± 47,03
Phát thải N ₂ O từ nước thải sau xử lý	Trực tiếp	0
Tổng phát thải		232,28 ± 51,70

**Hình 3. Thành phần đóng góp KNK phát thải tại các trang trại chăn nuôi lợn thịt**

Kết quả tổng hợp cho thấy mức phát thải khí nhà kính trung bình tại các trang trại chăn nuôi lợn thịt sử dụng thức ăn tự phối trộn đạt $232,28 \pm 51,70$ kg CO₂e/con/năm. Phát thải CO₂ gián tiếp từ sử dụng điện có giá trị cao nhất, chiếm khoảng 36% tổng phát thải. Kết quả này phản ánh vai trò đáng kể của điện năng trong vận hành các thiết bị phụ trợ.

Các nguồn phát thải liên quan đến quản lý chất thải cũng đóng góp lớn vào tổng phát thải. Bên cạnh đó, phát thải N₂O trực tiếp và N₂O gián tiếp lần lượt đạt $15,28 \pm 2,02$ và $29,26 \pm 3,72$ kg CO₂e/con/năm.

Phát thải CH₄ từ lên men đường ruột thấp hơn so với các nguồn phát thải từ quản lý chất thải và sử dụng điện. Điều này phù hợp với đặc điểm sinh học của lợn là động vật dạ dày đơn, có mức phát thải CH₄ từ tiêu hóa thấp hơn nhiều so với động vật nhai lại.

Nhìn chung, cơ cấu phát thải cho thấy hai nhóm nguồn cần được ưu tiên kiểm soát là quản lý chất thải và tiêu thụ điện năng.

3.3. Giải pháp giảm phát thải khí nhà kính từ chăn nuôi lợn thịt

Nghiên cứu đề xuất các nhóm giải pháp trọng tâm nhằm giảm phát thải khí nhà kính trong chăn nuôi lợn, tập trung vào quản lý chất thải, tối ưu dinh dưỡng và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng.

Trước hết, cần nâng cao hiệu quả quản lý chất thải nhằm giảm phát thải CH_4 , thông qua cải thiện thiết kế và vận hành hệ thống biogas (đảm bảo kín khí, tối ưu thời gian lưu và tải lượng hữu cơ), đồng thời tăng cường thu hồi và sử dụng khí sinh học.

Bên cạnh đó, giảm phát thải N_2O có thể đạt được thông qua tối ưu khẩu phần dinh dưỡng nhằm hạn chế dư thừa nitơ bài thải. Đồng thời, cần cải thiện phương thức lưu trữ và xử lý chất thải để hạn chế các quá trình chuyển hóa nitơ tạo N_2O .

Đối với phát thải CO_2 gián tiếp từ điện năng, các giải pháp nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng như tối ưu hệ thống thông gió, sử dụng thiết bị tiết kiệm điện và tận dụng khí sinh học để thay thế năng lượng hóa thạch có thể góp phần giảm phát thải.

Nhìn chung, các giải pháp giảm phát thải cần được lựa chọn linh hoạt theo điều kiện từng loại hình trang trại.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện kiểm kê khí nhà kính tại 10 trang trại chăn nuôi lợn thịt quy mô trang trại tại khu vực ngoại thành Hà Nội theo phương pháp IPCC (Tier 2), qua đó cung cấp dữ liệu thực nghiệm ở cấp cơ sở.

Kết quả cho thấy cường độ phát thải KNK trung bình của các trang trại được khảo sát có mức phát thải trung bình đạt $232,28 \pm 51,70$ kg $\text{CO}_2\text{e}/\text{con}/\text{năm}$. Trong cơ cấu phát thải, CO_2 gián tiếp từ tiêu thụ điện CO_2 gián tiếp từ tiêu thụ điện là nguồn chi phối, tiếp theo là CH_4 từ quản lý chất thải và CH_4 từ lên men đường ruột. Phát thải N_2O có giá trị nhỏ hơn theo khối lượng nhưng đóng góp đáng kể khi quy đổi CO_2e .

Trên cơ sở đó, nghiên cứu khẳng định quản lý chất thải là khâu then chốt trong giảm phát thải KNK của hệ thống chăn nuôi lợn. Các giải pháp như tối ưu vận hành biogas, cân đối khẩu phần nhằm giảm bài tiết nitơ và nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng có tiềm năng giảm phát thải đáng kể.

Ngoài ra, nghiên cứu cũng cho thấy tính khả thi của việc triển khai kiểm kê KNK ở cấp trang trại và chuẩn hóa dữ liệu theo đơn vị phát thải trên đầu con, góp phần hỗ trợ xây dựng hệ thống MRV và tích hợp vào kiểm kê quốc gia.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. “Tình hình chăn nuôi lợn của Việt Nam năm 2023 - Chăn nuôi Việt Nam,” Tạp chí Chăn nuôi Việt Nam. Accessed: Feb. 09, 2026. [Online]. Available: <https://nhachannuoi.vn/tinh-hinh-chan-nuoi-lon-cua-viet-nam-nam-2023/>
- [2]. C. Umemiya, M. White, A. Amellina, and N. Shimizu, “National greenhouse gas inventory capacity: An assessment of Asian developing countries,” *Environ. Sci. Policy*, vol. 78, pp. 66–73, Dec. 2017, doi: 10.1016/j.envsci.2017.09.008.

- [3]. D. Pham *et al.*, “Greenhouse Gas Emissions from Piggery and Biogas Digesters in the North of Vietnam,” *Vietnam J. Agric. Sci.*, vol. 3, pp. 843–853, Dec. 2020, doi: 10.31817/vjas.2020.3.4.07.
- [4]. H. Anh Le, D. Hoa, and D. Cuong, “Emission Inventory for NH₃, N₂O, and CH₄ of Animal Husbandry Activities: A case in Tho Vinh Commune, Kim Dong Distric, Hung Yen Province,” *VNU J. Sci. Earth Environ. Sci.*, vol. 33, Dec. 2017, doi: 10.25073/2588-1094/vnuees.4214.
- [5]. Cổng Thông tin điện tử Chính phủ, *Thông tư số 19/2024/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn: Quy định kỹ thuật đo đạc, báo cáo, thẩm định, giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và kiểm kê khí nhà kính lĩnh vực chăn nuôi*. Accessed: Feb. 09, 2026. [Online]. Available: <http://chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=212224&classid=1&typegroupid=6>
- [6]. Cổng Thông tin điện tử Chính phủ, *Thông tư số 26/2024/TT-BNNPTNT của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn: Ban hành định mức kinh tế - kỹ thuật đo đạc, báo cáo, thẩm định giảm nhẹ phát thải khí nhà kính và kiểm kê khí nhà kính lĩnh vực chăn nuôi*. Accessed: Feb. 09, 2026. [Online]. Available: <http://vanban.chinhphu.vn/?pageid=27160&docid=212225&classid=1>
- [7]. National Research Council, *Nutrient Requirements of Swine: Eleventh Revised Edition 2012*. doi: <https://doi.org/10.17226/13298>.
- [8]. A. Mosier *et al.*, “Revised 1996 IPCC Guidelines, Volume 3: Reference Manual, Chapter 4: Agriculture”, [Online]. Available: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs6c.html>
- [9]. Cục Biến đổi khí hậu, *Công văn 1726/BĐKH-PTCBT 2024 công bố kết quả hệ số phát thải lưới điện việt nam*. 2024. Accessed: Feb. 11, 2026. [Online]. Available: <https://luatvietnam.vn/dien-luc/cong-van-1726-bdkh-ptcbt-2024-cong-bo-ket-qua-he-so-phat-thai-luoi-dien-viet-nam-425131-d6.html>
- [10]. Intergovernmental Panel On Climate Change (Ipcc), *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 1st ed. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009157896.