



ISSN: 2615-9597  
Kỳ II - 2025

TẠP CHÍ

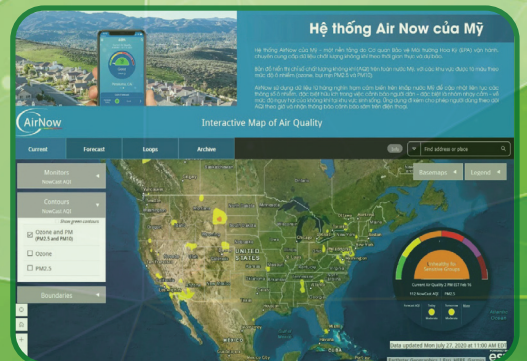
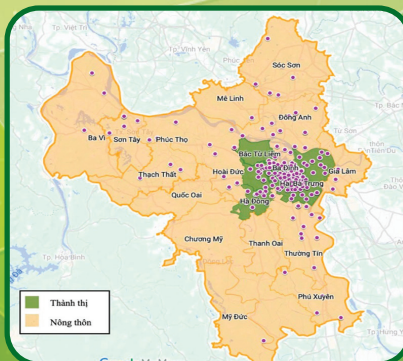
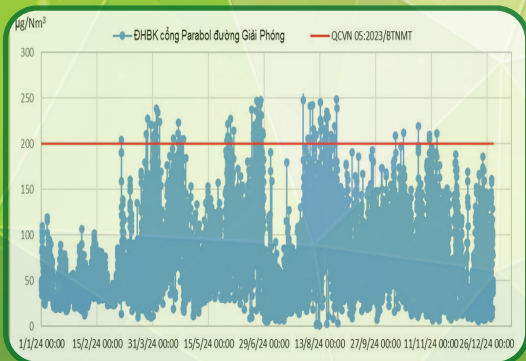
# Môi trường

VIỆN CHIẾN LƯỢC, CHÍNH SÁCH NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG - BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ MÔI TRƯỜNG  
INSTITUTE OF STRATEGY AND POLICY ON AGRICULTURE AND ENVIRONMENT - MAE

**CHUYÊN ĐỀ KHOA HỌC - CÔNG NGHỆ**



## THỰC TRẠNG Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM NGUYÊN NHÂN, GIẢI PHÁP VÀ ĐỀ XUẤT, KIẾN NGHỊ



Website: [www.tapchimoitruong.vn](http://www.tapchimoitruong.vn)

#### HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP/EDITORIAL COUNCIL

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr. NGUYỄN ĐÌNH THỌ -

Chủ tịch/Chairman

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VIỆT ANH

GS.TS/Prof. Dr. ĐẶNG KIM CHI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN THẾ CHINH

TS/Dr. MAI THANH DUNG

GS.TSKH/Prof. Dr. ĐẶNG HUY HUỖNH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN CHU HỒI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr PHẠM VĂN LỢI

GS.TS/Prof. Dr. NGUYỄN VĂN PHƯỚC

TS/Dr. NGUYỄN ANH PHONG

TS/Dr. HOÀNG VŨ QUANG

TS/Dr. NGUYỄN NGỌC SINH

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr NGUYỄN DANH SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr LÊ KẾ SƠN

TS/Dr. NGUYỄN VĂN TÀI

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr LÊ ANH TUẤN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr TRƯƠNG MẠNH TIẾN

GS.TS/Prof. Dr. TRỊNH VĂN TUYẾN

TS/Dr. TRẦN CÔNG THẮNG

TS/Dr. NGUYỄN TRUNG THẮNG

TS/Dr. TRƯƠNG THỊ THU TRANG

TS/Dr. NGUYỄN MINH TRUNG

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr DƯƠNG HỒNG SƠN

PGS.TS/Assoc. Prof. Dr TRẦN TÂN VĂN

GS.TS.NGND/Prof. Dr. TRẦN ĐỨC VIÊN

#### PHÓ TỔNG BIÊN TẬP PHỤ TRÁCH

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

ThS/Mr. PHẠM ĐÌNH TUYẾN

#### PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

DEPUTY EDITOR

TS/Dr. NGUYỄN GIA THỌ

#### GIẤY PHÉP XUẤT BẢN/PUBLICATION PERMIT

Số 192/GP-BTTTT cấp ngày 31/05/2023

Nº 192/GP-BTTTT- Date: 31/05/2023

Thiết kế mỹ thuật/Design: AN BÌNH

Chế bản & in/ Processed & printed by:

Công ty TNHH MTV in Quân đội I, Hà Nội



Bìa/Cover: *Đốt rác sinh hoạt là một trong những nguyên nhân chính gây ô nhiễm không khí*  
Ảnh/Photo by: VEM

#### TRỤ SỞ TẠI HÀ NỘI

Tầng 1, Nhà B6, Số 2 Phố Ngọc Hà,  
Phường Ngọc Hà, Quận Ba Đình, TP. Hà Nội  
1st Floor, Building B6, No. 2 Ngoc Ha Street,  
Ngoc Ha Ward, Ba Dinh District, Hanoi  
Trị sự/Managing: 033 362 6556  
Biên tập/Editorial: 033 932 6556  
Quảng cáo/Advertising: 024 66569135  
Fax: 024 39412053  
Email: [tapchimoitruong@mae.gov.vn](mailto:tapchimoitruong@mae.gov.vn)

#### THƯỜNG TRÚ TẠI TP. HỒ CHÍ MINH

Phòng A 209, Tầng 2 - Khu liên cơ quan, Bộ NN&MT,  
số 200 Lý Chính Thắng, P. 9, Q. 3, TP. HCM  
A 209, 2th floor - MAE's office complex,  
Nº. 200 - Ly Chinh Thang Street,  
9 ward, 3 district, Ho Chi Minh city  
Tel: (028) 66814471 - Fax: (028) 62676875  
Email: [tcmtphianam@vea.gov.vn](mailto:tcmtphianam@vea.gov.vn)

**Chuyên đề kỳ II - 2025**  
**Thematic Vol.Nº2, 2025**

**Giá/Price: 45.000đ**

# MỤC LỤC

## CONTENTS

### NGHIÊN CỨU

- [5] **NGUYỄN THỊ MỸ TRUYỀN, TRẦN NGỌC CHÂU, LƯU VĂN NINH**  
Dự báo mực nước tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang bằng mô hình học sâu LSTM (Long Short-Term Memory)  
Forecasting Water level at Khanh An station, An Giang province using LSTM deep learning mode
- [13] **PHÙNG KHÁNH CHUYỀN**  
Thiết lập bộ chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị tại thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp phân tích quá trình (PAM)  
Establishing an urban water security index set for Da Nang city using the process analysis method (PAM)
- [17] **DƯƠNG MAI LINH, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG THẢO, TRẦN TRUNG KIÊN, NGUYỄN VIỆT THẮNG, ĐỖ THỊ THU HUYỀN, NGUYỄN LÊ MINH TRÍ**  
Giải pháp quản lý dòng thải từ hoạt động nuôi và chế biến cá lóc của nông hộ theo mô hình sinh thái khép kín  
Waste management closed-eco-model-based methods for snakehead fish farming and processing activities of a household
- [24] **TRẦN ĐỨC SƠN, PHAN XUÂN THẠNH, ĐẶNG VŨ BÍCH HẠNH**  
Khả năng phân hủy PAHs bằng mô hình ủ hiếu khí bổ sung Bacillus Subtilis  
Enhancement of PAHs degradation capacity through aerobic composting with the incorporation of bacillus subtilis
- [33] **LÊ THỊ TRINH, NGUYỄN TRUNG HẬU, ĐỖ THỊ HIỀN, KIỀU THỊ THU TRANG**  
Đánh giá rủi ro sinh thái một số kim loại trong trầm tích tại khu vực ven biển TP. Hải Phòng  
Ecological risk assessment of some metals in surface sediments along coastal areas in Hai Phong city
- [41] **ĐẬU THỊ PHƯƠNG, BÙI KIM HIẾU, LÊ ĐỨC TRUNG, TRẦN THÀNH**  
Xử lý bùn đáy ao nuôi cá tra bằng trùn quế (*perionyx excavatus*): Tối ưu hóa quá trình phân giải hữu cơ tạo phân bón hữu cơ và sinh khối trùn  
Treatment of pangasius pond sludge using earthworms (*Perionyx excavatus*): Optimization of organicdecomposition for organic fertilizer and worm biomass production
- [50] **TRẦN ĐỨC SƠN, PHAN XUÂN THẠNH, ĐẶNG VŨ BÍCH HẠNH**  
PAHs và một số chất hữu cơ trong bùn kênh rạch TP. Hồ Chí Minh  
PAHs and some organic substances in canals sediment of Ho Chi Minh city
- [57] **PHẠM THÙY LINH, LÝ BÍCH THỦY, VĂN DIỆU ANH, TRẦN PHƯƠNG HÀ**  
Ước tính phát thải các chất ô nhiễm không khí và tác nhân gây biến đổi khí hậu từ hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội  
Inventory of air pollutant and green house gas emissions from residential cooking in Hanoi
- [67] **NGUYỄN SỸ LINH, INGRID KELLING, NGÔ THỊ THÚY HƯỜNG**  
Thúc đẩy thực hiện hiệu quả chính sách giảm thiểu rác thải nhựa ở Việt Nam: Cơ hội và thách thức  
Promoting effective implementation of plastic waste reduction policies in Vietnam: Opportunities and challenges

## TRAO ĐỔI - THẢO LUẬN

- [73] **NGUYỄN HOÀNG ĐỨC**  
Thực trạng ô nhiễm không khí tại Việt Nam: Nguyên nhân, giải pháp và đề xuất, kiến nghị
- [89] **HOÀNG HẢI**  
Một số khó khăn, bất cập trong thực thi chính sách về quản lý chất lượng không khí ở Việt Nam và đề xuất các giải pháp hoàn thiện
- [93] **PHẠM LAN ANH**  
Ô nhiễm môi trường không khí tại Thái Lan: Góc nhìn từ thực tiễn quản lý
- [97] **TRẦN HỮU SỸ**  
Ứng dụng AI và Big Data vào giám sát, dự báo ô nhiễm không khí:  
Kinh nghiệm của một số quốc gia trên thế giới và đề xuất giải pháp cho Việt Nam
- [103] **NGUYỄN THỊ HUYỀN THU**  
Nguy cơ ô nhiễm môi trường không khí, nước và chất thải rắn tại các cụm công nghiệp tỉnh Hà Nam và đề xuất giải pháp giảm thiểu
- [109] **TRẦN THỊ THU HÀ**  
Hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án chi trả dịch vụ hệ sinh thái tự nhiên cấp cơ sở cho hệ sinh thái biển và đất ngập nước tại Việt Nam
- [115] **ĐẶNG THỊ HOÀNG ANH**  
Quy định mới về thu tiền sử dụng đất khi công nhận quyền sử dụng đất ở đối với hộ gia đình, cá nhân theo Luật Đất đai năm 2024
- [118] **BÙI THỊ MAI PHỤNG**  
Vi tảo trong ruộng lúa, giải pháp tự nhiên giảm khí nhà kính và cải thiện đất trồng
- [123] **ĐỖ HUY THIỆP, PHẠM ĐỨC THỊNH**  
Sự cần thiết phải ban hành Chiến lược Sức khỏe đất quốc gia
- [128] **HOÀNG THANH HƯƠNG, DOÃN NGỌC KHANH, NGUYỄN THỊ THẢO  
NGUYỄN THỊ HỒNG MINH**  
Ứng dụng mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội nhằm tăng cường vai trò của lực lượng thu gom phế liệu tự do trong việc quản lý chất thải tại Việt Nam
- [133] **NGUYỄN QUỐC HIẾU, HOÀNG VĂN HIỆU, NGUYỄN PHẠM TIẾN THẮNG,  
ĐỖ THỊ HUYỀN**  
Đầu tư kinh tế biển nhìn từ góc độ luật đầu tư quốc tế: Hướng đi cho Việt Nam

# DỰ BÁO MỨC NƯỚC TẠI TRẠM KHÁNH AN, TỈNH AN GIANG BẰNG MÔ HÌNH HỌC SÂU LSTM (LONG SHORT - TERM MEMORY)

NGUYỄN THỊ MỸ TRUYỀN<sup>1</sup>, TRẦN NGỌC CHÂU<sup>2</sup>, LƯU VĂN NINH<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Khoa Kỹ thuật - Công nghệ - Môi trường, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>3</sup> Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh An Giang

## Tóm tắt

Dự báo mực nước là một công cụ quan trọng trong quản lý tài nguyên nước, đặc biệt đối với các vùng chịu ảnh hưởng mạnh của lũ lụt vào mùa mưa và khan hiếm nước vào mùa khô như khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Tại đây, diễn biến mực nước có tính chu kỳ rõ rệt, chịu tác động đồng thời từ chế độ triều và dòng chảy thượng nguồn nên đòi hỏi các phương pháp dự báo có khả năng xử lý dữ liệu chuỗi thời gian phi tuyến và vượt trội hơn so với phương pháp truyền thống. Nghiên cứu này áp dụng mô hình học sâu LSTM (Long Short - Term Memory) để dự báo mực nước tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang, nơi có vị trí quan trọng trong hệ thống thủy văn sông Hậu. Hai kịch bản được thiết lập, sử dụng chuỗi dữ liệu đầu vào 24 giờ và 48 giờ để dự báo mực nước 6 giờ tiếp theo và quá trình huấn luyện được thực hiện với các giá trị epochs khác nhau (50, 100, 200, 300). Kết quả cho thấy mô hình đạt hiệu quả tốt nhất với dữ liệu đầu vào 48 giờ và 300 epochs, khi sai số bình phương trung bình trên tập kiểm tra (RMSE) đạt 6,894 và hệ số  $R^2$  lên đến 0,997. Mô hình mô phỏng tốt các thời điểm cực trị và là công cụ hiệu quả dự báo mực nước theo mùa tại trạm Khánh An. Mô hình có tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong cảnh báo lũ và quản lý hạn hán tại những khu vực chịu ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu và biến động dòng chảy như vùng ĐBSCL nói chung, tỉnh An Giang nói riêng.

Từ khóa: Dự báo mực nước, mô hình học máy, LSTM, Khánh An.

Ngày nhận bài: 30/5/2025; Ngày sửa chữa: 10/6/2025; Ngày duyệt đăng: 26/6/2025.

## Forecasting Water level at Khanh An station, An Giang province using LSTM deep learning model

### Abstract

Water level forecasting is a vital tool in water resource management, especially for regions affected by flooding during the rainy season and water scarcity during the dry season, such as the Mekong Delta area. In this area, water level fluctuations exhibit a seasonal cycle, influenced simultaneously by tidal regimes and upstream flows. As such, forecasting methods must be capable of handling nonlinear time series data and outperform traditional approaches. This study employs a deep learning model, specifically the Long Short-Term Memory (LSTM) model, to forecast water levels at Khanh An station, situated in An Giang Province, a key monitoring gauge in the Hau River hydrological system. Two forecasting scenarios were developed, using 24-hour and 48-hour input sequences to predict the next 6 hours of water levels. The model was trained with number of epochs (50, 100, 200, and 300). Results showed that the model performs best with 48-hour input data and 300 epochs, achieving a Root Mean Square Error (RMSE) of 6.894 and a coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.997 on the test set. The model accurately simulates extreme conditions and serves as an effective tool for seasonal water level forecasting at Khanh An station. It holds strong potential for broader application in flood warning, and drought management in regions significantly impacted by climate change and flow variability, such as the Mekong Delta in general and An Giang Province in particular.

Keywords: Water level forecasting, machine learning model, LSTM, Khanh An.

JEL Classifications: Q50, Q51, Q54.

### 1. GIỚI THIỆU

ĐBSCL là khu vực diễn ra hiện tượng ngập lụt tự nhiên thường niên trên diện rộng. Theo nghiên cứu, nguyên nhân chính chủ yếu dẫn tới hiện trạng này là do lượng mưa cao, trung bình hàng năm, tại ĐBSCL lượng mưa dao động khoảng từ 1.500 - 2.000 mm, kết hợp với một lượng tuyết tan đáng kể từ Tây Tạng, lượng

mưa ở thượng - hạ Lào và Campuchia chảy về, tạo nên các trận lũ lụt. Bên cạnh đó, khi có sự tập trung các yếu tố, bao gồm nước lũ từ thượng nguồn, triều cường ở biển Đông và mưa liên tục tại khu vực thì ĐBSCL sẽ xảy ra ngập lụt cực lớn (Trang P., 2016). Mỗi năm vào mùa lũ, tất cả các hoạt động thường ngày của con người, nền nông nghiệp, công nghiệp, kinh tế và cả cơ



sở hạ tầng đều bị ảnh hưởng nặng nề bởi lũ. Ngược lại, đến mùa khô, lũ rút làm cho mực nước xuống thấp gây ra tình trạng khô hạn và thiếu nước trầm trọng.

Tỉnh An Giang, thuộc ĐBCSL có tình hình ngập lụt khá phức tạp và diễn biến bất thường do lũ từ thượng nguồn sông Mêkông, mưa to nội khu vực và triều cường. Lũ tại An Giang thuộc khu vực Nam bộ thường diễn ra từ tháng 6 đến tháng 11 theo Đài Khí tượng thủy văn An Giang, trùng với thời gian diễn ra mùa mưa từ đầu tháng 5 đến giữa tháng 11, chiếm khoảng 90% lượng mưa cả năm (Ninh L., 2017). Vì vậy, vào khoảng thời gian này tỉnh không chỉ xảy ra ngập lụt, ngập úng cục bộ ở vùng trũng thấp, vùng ven sông, kênh rạch và khu vực không có hệ thống đê bao mà còn có khả năng cao xuất hiện tình trạng sạt lở bờ sông gây thiệt hại về người, tài sản, đặc biệt là ảnh hưởng nghiêm trọng đến hoạt động nông nghiệp. Để chủ động trong việc ứng phó với lũ, triều cường, khô hạn, tỉnh đã có nhiều giải pháp và đầu tư chi phí cho các hệ thống quản lý, cảnh báo, theo dõi tình hình mực nước trên sông. Đồng thời, rà soát, cập nhật chính sách, kế hoạch trong phòng, chống, giảm thiệt hại bởi lũ lụt tại địa phương. Tuy nhiên, các giải pháp vẫn chưa thực sự hiệu quả trong việc dự báo và kiểm soát lũ trong tương lai, một phần do sự hạn chế về áp dụng công nghệ hiện đại.

Hiện nay, nhiều giải pháp mới, tiềm năng liên quan đến công nghệ được nghiên cứu ứng dụng để hỗ trợ hiệu quả công tác dự báo mực nước trong kiểm soát lũ lụt. Sự phối hợp giữa công nghệ số hóa cùng với các mô hình học máy đang trở thành những công cụ đặc lực và rất mạnh mẽ trong việc hỗ trợ giải quyết hiệu quả các vấn đề phức tạp liên quan đến tính toán và dự báo. Theo kết quả nghiên cứu về dự báo mực nước gần đây cho thấy, các mô hình học máy là công cụ tiềm năng rất lớn, bởi vì mô hình dự báo có thể được xây dựng nhanh chóng, dễ dàng và không đòi hỏi phải có sự hiểu biết sâu về các quá trình vật lý ẩn đằng sau. Bên cạnh đó, khả năng tính toán, hiệu chỉnh, kiểm định nhanh hơn so với các mô hình vật lý truyền thống và cách sử dụng ít phức tạp hơn (Mekanik F., 2013).

Nhóm nghiên cứu Thư T., 2019 đã chứng minh rằng mô hình LSTM tối ưu hơn các mạng nơ-ron truyền thống khác khi xử lý vấn đề liên quan đến dự đoán chuỗi thời gian với bộ dữ liệu quan trắc mực nước đặt tại 4 trạm trên sông Mêkông giai đoạn 2012 - 2016. Atashi V., 2022 nghiên cứu sử dụng phương pháp máy học sâu để dự đoán lũ bao gồm các mô hình Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA), Random Forest (RF) và Long Short - Term Memory (LSTM). Kết quả nhận định rằng, mô hình

LSTM vượt trội hơn hẳn các mô hình còn lại. Tại Yeojubo, tỉnh Gyeonggi-do, Hàn Quốc đã thực hiện dự báo mực nước nhằm phục vụ trong công tác quản lý lũ lụt bằng cách sử dụng mô hình LSTM kết hợp với gated recurrent unit (GRU). Dữ liệu đầu vào được sử dụng trong mô hình này là dữ liệu khí tượng, gồm các bộ dữ liệu về mực nước ngược và xuôi dòng, nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa (Minwoo C., 2022).

Hơn nữa, Yu L., 2021 đã dự báo mực nước sông bằng cách ứng dụng mô hình LSTM, kết quả cho thấy, mô hình này có thể dự báo một cách hiệu quả trong điều kiện khoảng thời gian luân phiên là 30 phút và giai đoạn dự báo trong 2 giờ tại 5 vị trí lấy số liệu. Một nghiên cứu của Hiền L., 2018 cũng sử dụng mô hình LSTM với dữ liệu mô phỏng là mực nước theo giờ tại các trạm thủy văn, dự báo từ 1 giờ - 5 giờ. Mô hình không bao gồm các dữ liệu về khí hậu, địa hình và cho kết quả dự báo có độ chính xác cao. Ngoài ra, tại sông Cẩm, Hải Phòng đã được thực hiện dự báo mực nước bằng mô hình Long Short - Term Memory Neural Network (LSTM), một dạng của Mạng nơ-ron hồi quy (Recurrent Neural Network) với dữ liệu đầu vào là mực nước tại các trạm thủy văn. Mô hình cho ra kết quả có độ chính xác cao, đủ độ tin cậy để ứng dụng vào dự báo mực nước trong quản lý (Hùng H., 2021). Một nghiên cứu khác áp dụng ba mô hình gồm Support Vector Regression (SVR), LSTM và mô hình kết hợp giữa LSTM với SVR để dự báo mực nước với các dữ liệu có sẵn như lượng mưa, lượng mưa tích lũy, độ cao mực nước sông. Nghiên cứu chỉ ra rằng mô hình LSTM cho ra kết quả đạt tỷ lệ lỗi thấp nhất, tuy nhiên không thể nắm bắt được những thay đổi nhanh chóng trong bộ dữ liệu (Punyanuch B., 2022).

Giải pháp dự báo mực nước bằng mô hình học máy được đề xuất ở đây không đòi hỏi phải có sự hiểu biết sâu về các quá trình vật lý phức tạp bên trong như các mô hình truyền thống. Dựa vào dữ liệu thu thập được từ các trạm quan trắc trên sông, công tác dự báo trở nên đơn giản hơn, kết quả có độ chính xác cao, nhanh chóng, hiệu quả, giúp tiết kiệm chi phí và nhận biết sớm được tình hình mực nước trong thời gian sắp tới để kịp thời có những giải pháp ứng phó chủ động nhằm phát huy tối đa hiệu quả kinh tế địa phương. Thêm vào đó, tỉnh An Giang hiện đang có nguồn dữ liệu số được tạo ra từ các trạm quan trắc ngày càng lớn, độ tin cậy cao và trở thành nguồn tài nguyên dữ liệu quý giá trong chuyên môn. Do đó, việc thực hiện nghiên cứu “Dự báo mực nước tại trạm Khánh An, huyện An Phú, tỉnh An Giang bằng mô hình học máy” sẽ góp phần tìm ra những giải pháp dự báo mực nước hiệu quả, tin cậy về mặt khoa học

trong công tác dự báo thông qua các chỉ số về độ đo lỗi Root Mean Square Error (RMSE) và coefficient of determination ( $R^2$ ) của mô hình học sâu LSTM.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

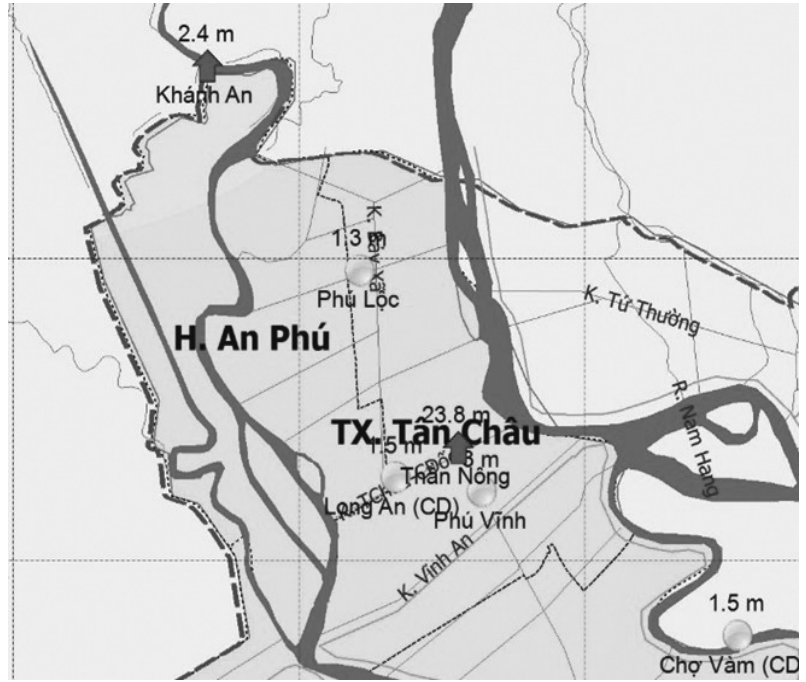
Nghiên cứu được thực hiện trên đối tượng dữ liệu mực nước theo giờ trong 8 năm (từ năm 2016 - 2023), tại trạm quan trắc Khánh An thuộc huyện An Phú, tỉnh An Giang. Vị trí của trạm Khánh An nằm ở đầu nguồn sông Hậu chảy qua địa phận tỉnh An Giang. Thông tin mực nước tại trạm này giữ vai trò quan trọng đối với vùng hạ lưu sông Hậu cũng như các vùng khác trong tỉnh An Giang (Hình 1).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### a. Mô hình máy học

Học máy là một lĩnh vực của trí tuệ nhân tạo, tập trung vào việc phát triển các thuật toán và mô hình giúp máy tính tự động học hỏi, cải thiện hiệu suất từ dữ liệu hoặc kinh nghiệm mà không cần được lập trình chỉ dẫn. Học máy hướng tới việc giúp máy móc trở nên thông minh hơn trong việc dự đoán, ra quyết định hoặc xử lý vấn đề phức tạp nhờ vào bộ dữ liệu đủ lớn, đủ tin cậy mà không cần con người can thiệp quá nhiều vào quá trình xử lý.

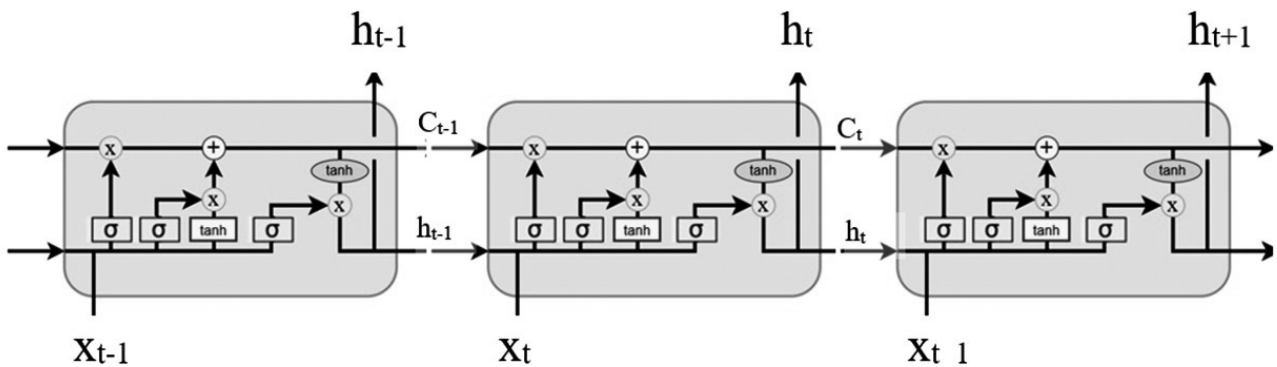
Mạng nơ-ron hồi quy (RNN) là mô hình học máy xử lý dữ liệu theo chuỗi bằng cách sử dụng thông tin từ quá khứ để dự đoán hiện tại. RNN gồm ba lớp: Đầu vào, ẩn và đầu ra, trong đó, lớp ẩn có khả năng ghi nhớ tạm thời thông tin trước đó. Tuy nhiên, RNN gặp khó khăn



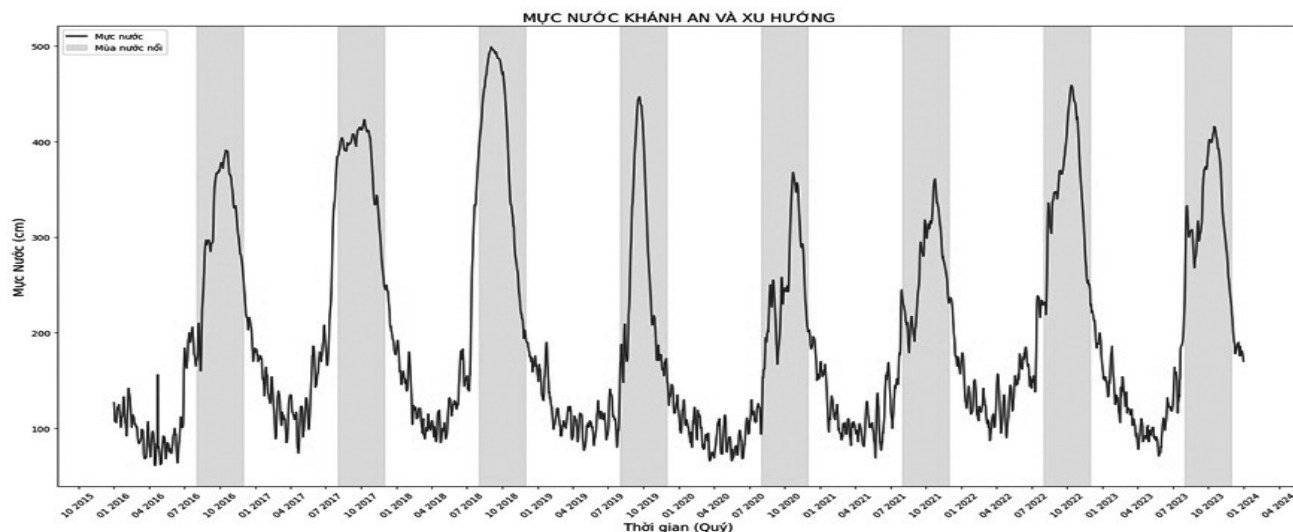
Hình 1. Trạm quan trắc tại Khánh An, huyện An Phú, tỉnh An Giang

với các phụ thuộc xa do giới hạn bộ nhớ. Mạng LSTM (Long Short - Term Memory) là phiên bản cải tiến của RNN, được Hochreiter và Schmidhuber đề xuất năm 1997. LSTM khắc phục hạn chế của RNN bằng cách tự động học và ghi nhớ các phụ thuộc xa. Nhờ cơ chế chọn lọc thông tin cần nhớ hoặc quên, LSTM hoạt động hiệu quả với dữ liệu chuỗi thời gian, có khả năng ghi nhớ lâu dài mà không cần huấn luyện đặc biệt.

Trạng thái tế bào là yếu tố cốt lõi trong kiến trúc LSTM, hoạt động như một băng chuyền truyền tải thông tin xuyên suốt qua các bước thời gian mà không bị biến đổi. LSTM điều chỉnh thông tin trong trạng thái tế bào thông qua ba cổng chính: Cổng quên (forget gate), cổng đầu vào và cổng đầu ra. Các cổng này sử dụng hàm sigmoid để quyết định mức độ thông tin được giữ lại hay loại bỏ, với đầu ra nằm trong khoảng  $[0, 1]$ . Nhờ vậy, LSTM kiểm soát hiệu quả việc ghi nhớ và loại bỏ thông tin qua từng thời điểm, đảm bảo duy trì những đặc trưng quan trọng trong quá trình học. Một mô-đun trong mạng gồm 3 cổng như vậy nhằm mục đích kiểm soát trạng thái tế bào (Hình 2).



Hình 2. Băng chuyền giữa các tế bào trong mô hình LSTM



Hình 3. Diễn biến mực nước tại trạm Khánh An từ năm 2016 - 2023

*b. Mô phỏng mực nước bằng mô hình máy học Thu thập dữ liệu mực nước:*

Việc lựa chọn dữ liệu đầu vào cho mô hình LSTM là rất quan trọng và quyết định tính hiệu quả của việc dự báo. Dựa trên nhiều phân tích, kết quả nghiên cứu liên quan, nhóm đã sử dụng bộ dữ liệu mực nước thu được theo từng giờ tại trạm quan trắc Khánh An, một bộ dữ liệu đơn biến khoảng hơn 70.000 dòng làm dữ liệu đầu vào cho mô hình.

Bộ dữ liệu mực nước từ năm 2016 - 2023 được chia thành 2 tập dữ liệu với tỷ lệ 80%, dùng để huấn luyện các mô hình máy học (từ ngày 1/1/2016 - 25/5/2022) và phần còn lại là tập kiểm tra (testing set) 20%, dùng để đánh giá tính hiệu quả của mô hình.

*Xây dựng mô hình học máy, huấn luyện và đánh giá kết quả mô hình:*

Nhóm nghiên cứu chọn ngôn ngữ lập trình Python chạy trên Google Colab để triển khai dự đoán mực nước bằng mô hình LSTM bởi đây là công cụ, là nền tảng thuận lợi để sử dụng các gói thư viện mã nguồn mở như Keras và Sklearn.

Quá trình huấn luyện mạng sẽ thực hiện điều chỉnh các trọng số của mô hình nhằm tìm ra bộ trọng số tối ưu sao cho giá trị hàm mất mát đạt giá trị nhỏ nhất và để xác định các chỉ số về độ đo lỗi RMSE và R<sup>2</sup>. Thước đo quan trọng để đánh giá mô hình là sai số trung bình phương (RMSE) và hệ số xác định (R<sup>2</sup>).

Hệ số RMSE có giá trị càng nhỏ thì mô hình càng tốt, được tính toán theo công thức sau:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

Trong đó:  $y_i$ : Giá trị thực tế;  
 $\hat{y}_i$ : Giá trị dự đoán;  $n$ : Tổng số điểm dữ liệu.

Hệ số R<sup>2</sup> có giá trị nằm ở khoảng từ 0 - 1. Nếu giá trị kết quả càng gần 1 thì càng tốt, giá trị mô phỏng tương đồng với giá trị đo thực và ngược lại, giá trị càng gần 0 càng kém, giá trị mô phỏng tương đồng với giá trị đo thực. Công thức tính toán R<sup>2</sup> như sau (Dongfen R., 2025):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \hat{y}_i)^2} \quad (2)$$

Trong đó:  $y_i$ : Giá trị thực tế;  
 $\hat{y}_i$ : Giá trị dự đoán;  
 $\bar{y}_i$ : Giá trị trung bình;  
 $n$ : Tổng số điểm dữ liệu.

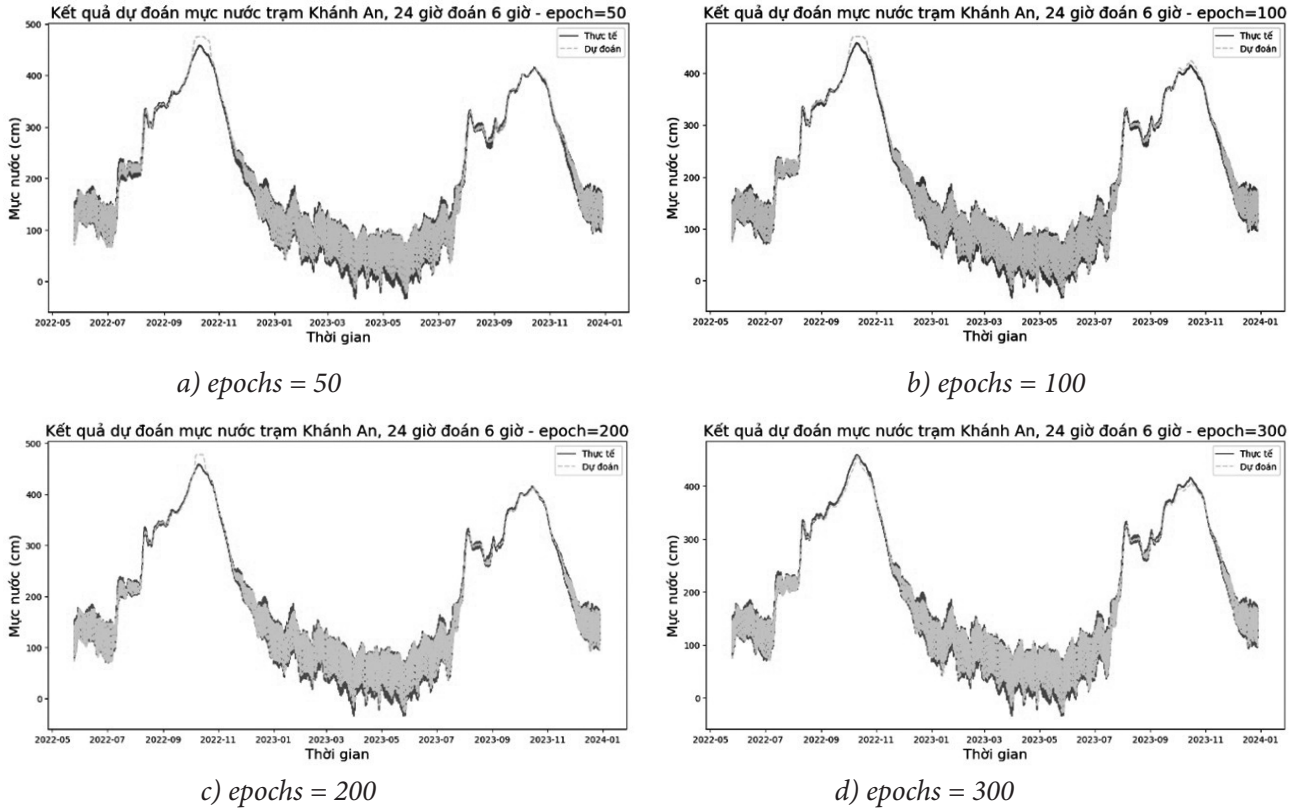
Hiệu chỉnh kết quả mô hình: Sau khi huấn luyện mô hình, các chỉ số RMSE và R<sup>2</sup> được xem xét để tiến hành điều chỉnh các thông số bên trong mô hình để đạt kết quả tốt nhất trong dự đoán.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Diễn biến mực nước từ năm 2016 - 2023 tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang**

Trong suốt giai đoạn từ năm 2016 - 2023 (Hình 3), mực nước tại trạm Khánh An thể hiện rõ một chu kỳ thủy văn lặp lại hàng năm và bị ảnh hưởng trực tiếp từ hệ thống sông Mêkông cũng như chế độ triều. Mỗi năm, mực nước bắt đầu tăng từ khoảng tháng 6 và đạt đỉnh vào khoảng tháng 8 - 11, đây là giai đoạn triều cường kết hợp với mùa lũ, tạo nên những đỉnh mực nước cao nhất trong năm, thường đạt trên 300 - 500 cm, có thể gây ra tình trạng ngập lụt ở các khu vực trũng nếu kết hợp với mưa lớn và hệ thống thoát nước kém.

Ngược lại, vào các tháng đầu năm (tháng 1 - 3) và cuối năm (tháng 9 - 12), mực nước thường giảm xuống mức thấp nhất, chỉ dao động từ khoảng 60 - 120 cm. Đây là thời kỳ triều kiệt thường rơi vào mùa khô, thể hiện tình trạng thiếu hụt nguồn nước mặt, đặc biệt ảnh



Hình 4. Kịch bản dữ liệu đầu vào 24 giờ dự đoán 6 giờ tiếp theo

hưởng đến sản xuất nông nghiệp và sinh hoạt ở vùng ven sông, kênh rạch (Hình 3).

Vào năm 2019 và 2023, mực nước tại trạm Khánh An có đỉnh triều cường rất cao, cho thấy ảnh hưởng từ lũ lớn hoặc hiện tượng thời tiết cực đoan. Trong khi đó, giai đoạn 2021 - 2022, đỉnh lũ, mực nước triều cường đều ở mức thấp, dẫn đến hạn hán và dòng chảy về hạ lưu bị suy giảm, điều này có thể liên quan đến hoạt động điều tiết nước ở thượng nguồn và biến đổi khí hậu. Nhìn chung, chu kỳ mực nước tại Khánh An mang tính mùa vụ rõ rệt, lặp lại hàng năm, nhưng có sự dao động về biên độ giữa các năm. Việc theo dõi mực nước triều cường, triều kiệt qua nhiều năm là cơ sở quan trọng để dự báo lũ và xây dựng kế hoạch ứng phó thiên tai hiệu quả hơn trong bối cảnh biến đổi khí hậu đang ngày càng rõ rệt.

### 3.2. Dự báo mực nước bằng mô hình máy học LSTM tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang

Trong nghiên cứu sử dụng mô hình LSTM để dự báo mực nước, độ dài chuỗi dữ liệu đầu vào đóng vai trò quan trọng, do đặc tính chu kỳ ngày đêm và thủy triều của mực nước. Do đó, chuỗi 24 giờ, 48 giờ được lựa chọn để dự báo 6 giờ tiếp theo, phù hợp với yêu cầu cảnh báo sớm và ngắn hạn. Khung thời gian này giúp cân bằng giữa độ ổn định về thủy văn, tránh quá khớp về mặt thuật toán. Mô hình 24 giờ giúp ghi nhớ biến

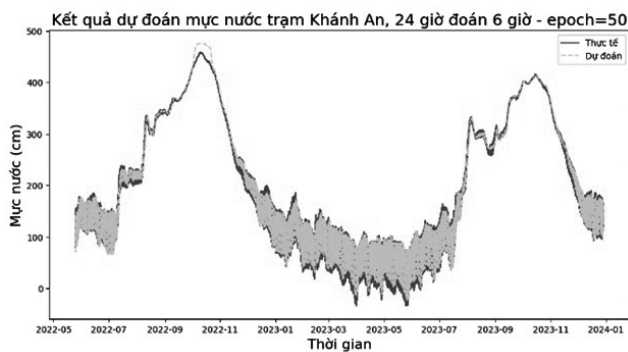
động ngắn hạn, trong khi 48 giờ hỗ trợ nhận diện xu hướng dài hơn. Quá trình huấn luyện sử dụng các giá trị khác nhau của số epoch (50, 100, 200, 300) để đánh giá hiệu suất theo độ sâu huấn luyện, tuy nhiên epoch giúp mô hình học tốt hơn, nhưng nếu quá mức có thể gây quá khớp và giảm khả năng tổng quát hóa.

Do đó, Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng mực nước với 2 kịch bản: (1) Dùng dữ liệu đầu vào của 24 giờ để dự đoán 6 giờ tiếp theo; (2) Dùng dữ liệu đầu vào của 48 giờ để dự đoán 6 giờ tiếp theo. Đồng thời nghiên cứu thực hiện mô phỏng mực nước với các tham số epochs ở các giá trị khác nhau (50, 100, 200, 300).

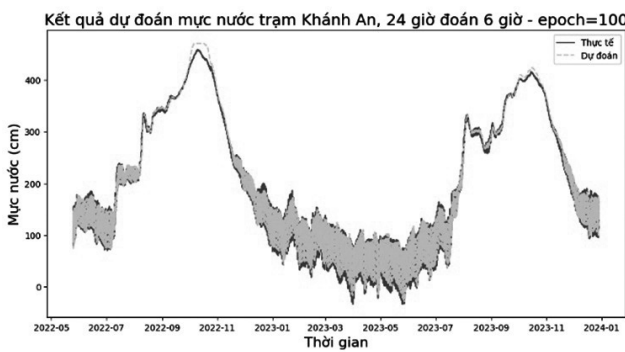
Kết quả chạy mô hình LSTM trên bộ dữ liệu mực nước tại trạm Khánh An từ năm 2016 - 2023 cụ thể với tập huấn luyện 80% tạm tính từ ngày 1/1/2016 - 25/5/2022. Phần dữ liệu còn lại cho đến ngày 31/12/2023 sử dụng để kiểm tra và đánh giá kết quả chạy mô hình. Kết quả được thể hiện qua các biểu đồ biểu diễn giá trị dự đoán so với các giá trị thực đo từ tháng 5/2022 - 12/2023 (Hình 4 và Hình 5).

#### 3.2.1. Kịch bản dữ liệu đầu vào 24 giờ dự đoán 6 giờ tiếp theo

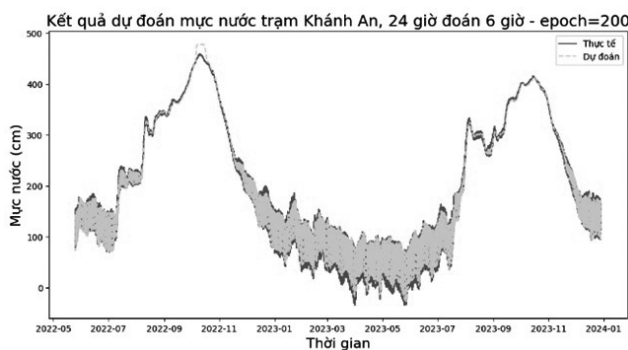
Mô hình học máy LSTM đã được áp dụng để dự báo mực nước tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang với kịch bản dữ liệu đầu vào 24 giờ để dự đoán 6 giờ tiếp theo. Kết quả mô phỏng trên bộ dữ liệu từ tháng



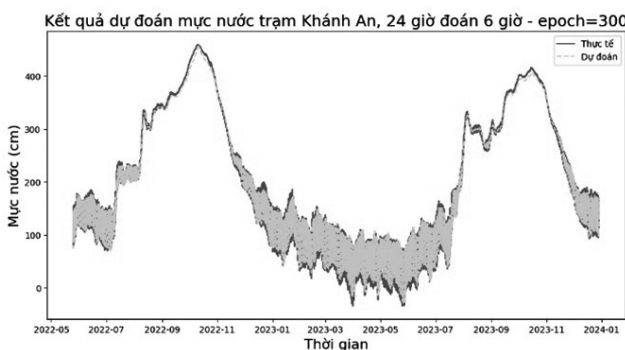
a) epochs = 50



b) epochs = 100



c) epochs = 200



d) epochs = 300

Hình 5. Kịch bản dữ liệu đầu vào 48 giờ dự đoán 6 giờ tiếp theo

5/2022 - 12/2023 cho thấy khả năng của mô hình và sự ảnh hưởng của số lượng epochs.

Mô hình học sâu LSTM cho thấy khả năng mô phỏng mực nước hiệu quả tại trạm Khánh An trong điều kiện thủy văn theo mùa, nhờ khả năng ghi nhớ chuỗi thời gian dài hạn và xử lý dữ liệu phi tuyến. Kết quả từ bốn kịch bản kiểm tra (Hình 4a - 4d) cho thấy hiệu suất của mô hình tăng dần theo số lượng epochs. Đặc biệt, mô hình đạt độ chính xác cao nhất tại 300 epochs (Hình 4d), thể hiện qua sự tương quan gần như đồng nhất giữa giá trị mực nước mô phỏng và giá trị mực nước thực tế. Đây là giai đoạn mà mô hình hội tụ ổn định, giảm thiểu được sai số dự báo. Mức độ khớp giữa dữ liệu dự báo và dữ liệu thật đặc biệt rõ rệt tại các thời điểm triều cường, triều kiệt, thời điểm có độ dao động lớn, nhạy cảm với chất lượng dữ liệu mô phỏng.

Từ các kết quả trên (Hình 4), có thể kết luận rằng mô hình LSTM là công cụ dự báo hiệu quả đối với bài toán mô phỏng mực nước trong điều kiện thủy văn theo mùa tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang với bộ dữ liệu đầu vào 24 giờ. Việc lựa chọn số lượng epochs phù hợp (300 epochs) là cần thiết để đảm bảo hiệu suất mô hình và độ tin cậy của quá trình dự báo.

### 3.2.2. Kịch bản dữ liệu đầu vào 48 giờ dự đoán 6 giờ tiếp theo

Nhìn chung với sự khác biệt giữa dữ liệu thực tế và dữ liệu dự báo mực nước thì mô hình LSTM thể hiện

khả năng dự báo mực nước khá tốt ở cả hai kịch bản (24 giờ và 48 giờ). Tuy nhiên, độ chênh lệch rõ rệt hơn tại các điểm cực trị như đỉnh và đáy của mực nước.

Trong kịch bản sử dụng dữ liệu đầu vào 48 giờ để dự báo mực nước 6 giờ tiếp theo tại trạm Khánh An, mô hình học sâu LSTM cho thấy hiệu suất mô phỏng tăng dần theo số lượng epochs (Hình 5a - 5d), với số epochs lần lượt là 50, 100, 200 và 300. Sai số dự báo giảm rõ rệt; độ tương thích giữa giá trị mô phỏng và giá trị mực nước thực tế ngày càng cao. Khi số lần lặp lại (epochs) là 50 (Hình 5a), sự tương thích giữa mực nước thực tế và dự báo là thấp nhất trong khoảng thời gian từ tháng 9 - 11/2022 và năm 2023. Khi tăng epochs lên 100 (Hình 5b), độ tương thích có cải thiện nhưng vẫn còn thấp ở các khoảng thời gian tương tự.

Riêng tại epochs = 300 (hình 5d), dữ liệu mô phỏng và dữ liệu thực tế gần trùng nhau, thể hiện sự khớp giữa 2 bộ dữ liệu tốt nhất trong 4 giá trị epochs, mô phỏng chính xác cả các điểm cực trị như đỉnh triều, đáy triều, thường khó dự báo do tính phi tuyến và dao động mạnh của chuỗi mực nước. Điều này cho thấy mô hình không chỉ học tốt xu hướng chính mà còn tái hiện được cấu trúc dao động chi tiết trong chuỗi dữ liệu.

Tổng thể, kịch bản đầu vào 48 giờ giúp mô hình khai thác tốt hơn các đặc trưng thủy văn theo mùa và

**Bảng 1. Các giá trị RMSE, R<sup>2</sup> trong quá trình huấn luyện và kiểm tra mô hình máy học LSTM theo 2 kịch bản khác nhau**

Kịch bản	epochs	RMSE (Train)	RMSE (Test)	R <sup>2</sup> (Test)	Hội tụ
24 đoán 6	50	8,433	8,879	0,995	37 epochs
	100	8,055	8,709	0,995	70 epochs
	200	7,325	7,427	0,997	74 epochs
	300	7,470	7,264	0,997	94 epochs
48 đoán 6	50	7,429	8,099	0,996	50 epochs
	100	7,005	7,122	0,997	74 epochs
	200	7,033	7,369	0,997	66 epochs
	300	<b>6,623</b>	<b>6,894</b>	0,997	68 epochs

Ghi chú: Train RMSE là độ sai lệch trên tập huấn luyện; Test RMSE là độ sai lệch trên tập kiểm tra

với thời gian dài hạn trong dữ liệu mực nước. Kết quả mô phỏng ở epochs = 300 chứng minh đây là cấu hình huấn luyện tối ưu do đảm bảo mô hình hội tụ ổn định. Do đó, việc sử dụng mô hình LSTM với đầu vào 48 giờ là hướng tiếp cận hiệu quả cho các ứng dụng dự báo mực nước ngắn hạn, hỗ trợ ra quyết định trong công tác quản lý lũ, triều cường, điều tiết nguồn nước ở khu vực ĐBSCL nói chung, sông Hậu (tỉnh An Giang) nói riêng.

**3.3. Đánh giá khả năng dự báo của mô hình máy học LSTM với bộ dữ liệu mực nước**

Nghiên cứu đã chứng minh khả năng ứng dụng của mô hình LSTM trong dự báo mực nước tại trạm Khánh An, tỉnh An Giang. Cả hai kịch bản đầu vào 24 giờ và 48 giờ đều cho thấy giá trị mô phỏng có xu hướng sát với mực nước thực tế, đặc biệt khi số lượng epochs được điều chỉnh phù hợp. Đối với kịch bản dữ liệu đầu vào 48 giờ, 300 epochs được xác định là ngưỡng hiệu quả cao cho mô hình. Để có một so sánh định lượng và khách quan hơn giữa hai kịch bản, cần có các chỉ số đánh giá hiệu suất cụ thể như RMSE, R<sup>2</sup> cho cả hai kịch bản trên cùng một tập dữ liệu kiểm tra.

Dựa trên các chỉ số thống kê được trình bày trong Bảng 1 về hiệu suất mô hình học sâu LSTM ứng dụng cho bài toán mô phỏng và dự báo mực nước tại trạm Khánh An cho thấy, bộ giá trị RMSE-test và RMSE-train khá tương đồng và phù hợp. Đây là tín hiệu rất tốt, thể hiện mô hình không bị hiện tượng quá khớp (overfitting). Giá trị R<sup>2</sup> trong quá trình kiểm tra mô hình đều lớn hơn 0,99 ở tất cả mọi trường hợp, mô hình có khả năng dự đoán cực kỳ tốt, gần như hoàn hảo trên tập dữ liệu chưa từng được sử dụng trong quá trình huấn luyện. Đồng thời, kết quả đưa ra đánh giá chi tiết về hai kịch bản huấn luyện với đầu vào lần lượt là 24 giờ và 48 giờ, trong khi cùng dự báo mực nước cho 6 giờ tiếp theo.

Ở kịch bản 1 (đầu vào 24 giờ), mô hình cho thấy xu hướng cải thiện hiệu suất khi tăng số epochs huấn luyện, với RMSE trên tập kiểm tra giảm từ 8,879 (50 epochs) xuống còn 7,264 (300 epochs) và hệ số xác định R<sup>2</sup> tăng từ 0,995 lên 0,997. Điều này phản ánh khả năng học của LSTM khi được cung cấp thời gian huấn luyện đủ dài để khai thác các đặc trưng có chu kỳ trong dữ liệu thủy văn. Tuy nhiên, mặc dù cải thiện

đáng kể, độ sai số RMSE vẫn còn cao hơn so với kịch bản thứ hai.

Ở kịch bản 2 (đầu vào 48 giờ), kết quả mô phỏng mực nước thể hiện độ chính xác vượt trội. Tại 300 epochs, mô hình đạt RMSE chỉ còn 6,894 và R<sup>2</sup> tương tự kịch bản 1 (0,997), có thể thấy mô hình có khả năng mô phỏng gần như toàn bộ biến động của mực nước thực tế. Ngoài ra, RMSE và R<sup>2</sup> trên cả tập huấn luyện, kiểm tra đều ổn định, cho thấy mô hình không bị hiện tượng quá khớp (overfitting), đồng thời khai thác hiệu quả mối quan hệ phụ thuộc thời gian dài hạn trong chuỗi dữ liệu.

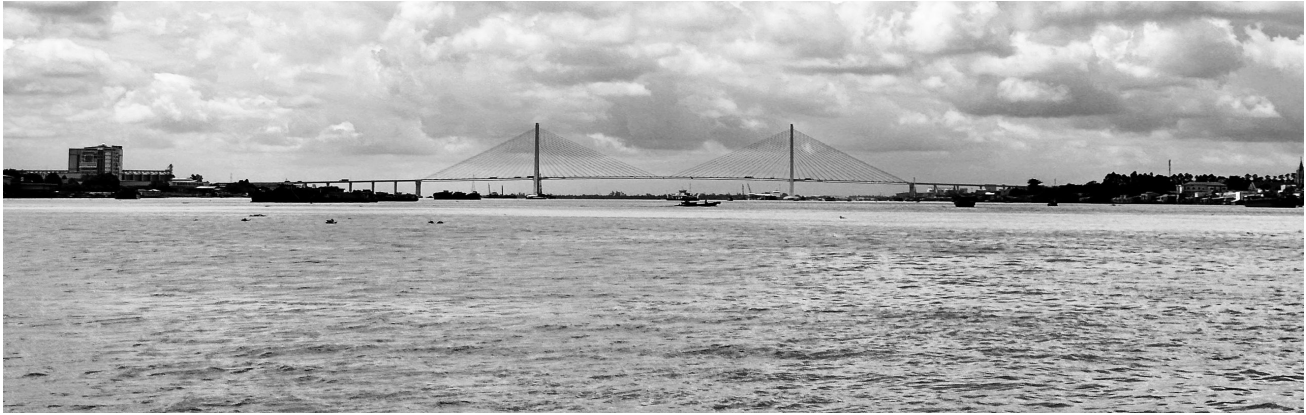
Từ các kết quả này có thể kết luận rằng, việc sử dụng chuỗi đầu vào 48 giờ giúp tăng cường khả năng trích xuất đặc trưng động lực học của hệ thống thủy văn, nhờ đó mô hình LSTM nâng cao hiệu quả dự báo. Do đó, kịch bản tối ưu trong bối cảnh này là mô hình LSTM với dữ liệu đầu vào 48 giờ và huấn luyện 300 epochs, phù hợp cho các ứng dụng dự báo mực nước ngắn hạn trong công tác quản lý lũ và vận hành hệ thống thủy lợi.

**4. KẾT LUẬN**

Mô hình máy học LSTM thể hiện khả năng mô phỏng mực nước rất tốt tại trạm Khánh An với chuỗi dữ liệu có tính chu kỳ theo mùa, đặc biệt trong điều kiện biến động mạnh vào mùa lũ và triều cường.

Trong cả hai kịch bản đầu vào 24 giờ và 48 giờ, hiệu suất mô hình tăng dần theo số lượng epochs, trong đó kịch bản 48 giờ đầu vào với 300 epochs cho kết quả tốt nhất với RMSE thấp (6,894) và R<sup>2</sup> cao (0,997), phản ánh khả năng dự báo chính xác, ổn định. Các giá trị sai số RMSE trên tập huấn luyện và kiểm tra tương đối đồng đều, cùng với hệ số R<sup>2</sup> luôn trên 0,99, cho thấy mô hình hội tụ tốt, không xảy ra hiện tượng quá khớp (overfitting).

Kết quả dự báo thể hiện mô hình bám sát các đặc trưng thủy văn phức



Đầu nguồn sông Hậu, đoạn chảy qua địa phận tỉnh An Giang

tạp, mô phỏng chính xác các điểm cực trị (đỉnh triều, đáy triều), cho thấy tiềm năng ứng dụng cao trong quản lý nguồn nước và cảnh báo sớm thiên tai.

Tuy nhiên, nghiên cứu chưa thực hiện tối ưu toàn diện về cấu trúc mô hình (số lớp, batch-size, learning-rate...) và hàm kích hoạt, dẫn đến giới hạn trong việc giảm sai số về mức thấp hơn nữa.

Vì vậy, nghiên cứu tiếp theo có thể tích hợp thêm các hướng cải tiến mô hình như tối ưu siêu tham số (hyperparameter tuning), thử nghiệm mô hình kết hợp (LSTM-Attention hoặc LSTM-CNN) và bổ sung dữ liệu khí tượng (mưa, dòng chảy thượng nguồn) cho biến đầu vào để cải thiện chất lượng dự báo và giảm giá trị sai số, đặc biệt tại thời điểm mực nước biến động mạnh như mùa lũ.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh đã tạo điều kiện cho nhóm thực hiện Đề tài nghiên cứu “Ứng dụng mô hình máy học dự báo mực nước tại trạm Khánh An và Châu Đốc”, cùng đơn vị phối hợp hỗ trợ dữ liệu - Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh An Giang ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Thị Huyền Trang và Trương Văn Tuấn (2016). Lũ lụt ở ĐBSCL: Nguyên nhân và giải pháp. *Tạp chí Khoa học Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh*, số 3 (81).
2. Đài Khí tượng Thủy văn tỉnh An Giang. *Kiến thức thủy văn*.
3. Lưu Văn Ninh và Nguyễn Minh Giám (2017). Đặc điểm khí hậu tỉnh An Giang. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số tháng 12.
4. Mekanik, F., Imteaz, M. A., Gato-Trinidad, S., và Elmahdi, A. (2013). Multiple regression and Artificial Neural Network for long-term rainfall forecasting using large scale climate modes. *Journal of Hydrology*, 503, 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.035>.
5. Trần Nguyễn Minh Thu, Nguyễn Hồng Hải và Phạm Trường An. (2019). Dự báo mực nước sông Mekong sử dụng LSTM và dữ liệu quan trắc thượng nguồn. *Hội nghị khoa học công nghệ quốc gia lần thứ XII (FAIR)*. <https://doi.org/10.15625/vap.2019.00016>.
6. Atashi, V., Gorji, H. T., Shahabi, S. M., Kardan, R., & Lim, Y. H. (2022). Water Level Forecasting Using Deep Learning Time-Series Analysis: A Case Study of Red River of the North. *Water*, 14 (12), 1971. <https://doi.org/10.3390/w14121971>.
7. Minwoo Cho, Changsu Kim, Kwanyoung Jung và Hoekyung Jung (2022). Water Level Prediction Model Applying a Long Short-Term Memory (LSTM)-Gated Recurrent Unit (GRU) Method for Flood Prediction. *Water*, 14 (14), 2221 <https://doi.org/10.3390/w14142221>.
8. Yu Liu, Hao Wang, Wenwen Feng & Haocheng Huang. (2021). Short Term Real-Time Rolling Forecast of Urban River Water Levels Based on LSTM: A Case Study in Fuzhou City, China. *Environmental Research and Public Health*.
9. Lê Xuân Hiên và Hồ Việt Hùng (2018). Ứng dụng mạng LSTM để dự báo mực nước tại trạm Quang Phục và Cửa Cấm, Hải Phòng, Việt Nam. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường*, số 62 (9/2018).
10. Hồ Việt Hùng (2021). Dự báo mực nước sông Cấm, TP. Hải Phòng bằng mô hình Mạng nơ-ron LSTM. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi*, số 64 – 2021.
11. Punyanuch Borwarnginna, Jason H. Hagab và Worapan Kusakunniran (2022). Predicting river water height using deep learning-based features. *ICT Express*, 8 (4). <https://doi.org/10.1016/j.icte.2022.03.012>.
12. Dongfeng Ren, Qian Hu và Tengda Zhang (2025). EKL: Kolmogorov-Arnold attention-driven LSTM with Transformer model for river water level prediction. *Journal of Hydrology*, 649 (2025). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.132430>.

# THIẾT LẬP BỘ CHỈ SỐ ĐÁNH GIÁ AN NINH NGUỒN NƯỚC ĐÔ THỊ TẠI THÀNH PHỐ ĐÀ NẴNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH QUÁ TRÌNH (PAM)

PHÙNG KHÁNH CHUYỀN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Sư phạm - Đại học Đà Nẵng

## Tóm tắt

An ninh nguồn nước đô thị là một trong những thách thức lớn đối với các thành phố đang phát triển nhanh chóng dưới điều kiện tác động của biến đổi khí hậu và áp lực dân số. Nghiên cứu này đề xuất bộ chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị tại thành phố Đà Nẵng bằng phương pháp phân tích quá trình (PAM), kết hợp cơ sở lý thuyết và tham vấn chuyên gia. Bộ chỉ số được xây dựng dựa trên bốn nhóm chính: nguồn lực sẵn có, tiếp cận dịch vụ cung cấp nước sạch, rủi ro liên quan đến nước và năng lực quản trị - thể chế. Nghiên cứu đã thiết lập được bộ chỉ số bao gồm 12 chỉ thị thuộc 04 nhóm tiêu chí của khung đánh giá. Kết quả đánh giá sơ bộ cho thấy Đà Nẵng đang đối mặt với tình trạng thiếu hụt nước ngọt, rủi ro lũ lụt và xâm nhập mặn trong khi vẫn tồn tại khoảng cách về tiếp cận dịch vụ nước sạch. Nghiên cứu góp phần xây dựng khung đánh giá vận hành hiệu quả tại cấp thành phố, hỗ trợ hoạch định chính sách và thích ứng bền vững với biến đổi khí hậu.

**Từ khóa:** An ninh nguồn nước, đô thị, Đà Nẵng, PAM, bộ chỉ số, biến đổi khí hậu.

**Ngày nhận bài:** 25/5/2025; **Ngày sửa chữa:** 10/6/2025; **Ngày duyệt đăng:** 26/6/2025.

## Establishing an urban water security index set for Da Nang city using the process analysis method (PAM)

### Abstract

Urban water security presents a significant challenge for rapidly developing cities, particularly those contending with climate change impacts and population pressure. This study proposes a comprehensive set of indicators for assessing urban water security in Da Nang City, Vietnam. Utilizing the Process Analysis Method (PAM) in conjunction with theoretical frameworks and expert consultation, the indicators (12 indicators) are structured across four key domains: water availability, access to clean water services, water-related risks and governance capacity. Preliminary assessments reveal that Da Nang faces critical issues such as freshwater scarcity, flood risks, and saline intrusion, alongside existing disparities in access to clean water services. This research contributes to the development of an effective operational assessment framework at the municipal level, thereby supporting evidence-based policymaking and fostering sustainable adaptation strategies in the context of climate change.

**Keywords:** Water security, urban, Da Nang, PAM, index set, climate change.

**JEL Classifications:** Q50, Q55, Q56.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

An ninh nguồn nước là khả năng đảm bảo nguồn nước sạch đủ về số lượng và chất lượng cho sinh kế, phúc lợi con người và phát triển kinh tế - xã hội của cộng đồng, đồng thời phòng chống ô nhiễm nước và các thảm họa liên quan đến nước. Biến đổi khí hậu, tăng dân số và đô thị hóa gia tăng áp lực rất lớn lên an ninh nguồn nước đô thị. Nhiều nghiên cứu đã đề xuất các khung lý thuyết và chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước. Ví dụ, Bitterman và cộng sự (2016) xây dựng một khung nguyên nhân - kết quả cho các công trình thu nước mưa, trong đó mạng lưới nhân quả (causal network) được dùng để xác định các thành

phần chủ chốt và dẫn xuất chỉ số đa chiều phản ánh cả lợi ích kinh tế lẫn sinh thái của hệ thống nước. Trong khi đó, nghiên cứu của Babel và cs. (2020) phát triển một khung đánh giá với 5 chiều (bao gồm cung cấp nguồn nước, năng suất sử dụng, thiên tai, môi trường nước và quản trị) và 12 chỉ số, nhằm đo lường an ninh nước đô thị ở quy mô thành phố và hỗ trợ thích ứng với khí hậu. Các tác giả này xây dựng một chỉ số an toàn nước tổng hợp (WSI) cho Bangkok, nhấn mạnh đánh giá mang tính khả thi trong vận hành nhằm hỗ trợ hoạch định chính sách. Một hướng tiếp cận khác trong nghiên cứu hiện đại là khái niệm “chuyển tiếp quản lý nước”, như Zhu và Chang (2020) đã chỉ ra



trong phân tích về thành phố Thượng Hải. Họ đề xuất khung đánh giá gồm 5 nhóm chỉ tiêu chính theo các giai đoạn vận hành nước đô thị tích hợp phát triển bền vững và chuyển tiếp từ cung cấp nước truyền thống sang các giải pháp tái sử dụng, thoát nước và thích ứng mới. Cùng với đó, khung DPSIR hay các mô hình động lực hệ thống từng được áp dụng ở quy mô quốc gia, vùng thượng nguồn, nhưng thường phức tạp và khó vận hành ở quy mô thành phố.

Tại Việt Nam, an ninh nguồn nước đô thị có tầm quan trọng ngày càng cao do nguy cơ khan hiếm nguồn nước, lũ lụt và ô nhiễm gia tăng, đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Thành phố Đà Nẵng cũng phải đối mặt với nhiều thách thức như hạn hán ven biển, ngập lụt đô thị và xâm nhập mặn cửa sông. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu chính thức về xây dựng bộ chỉ số dành riêng cho Đà Nẵng. Nghiên cứu này nhằm thiết lập khung tiêu chí và bộ chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị tại Đà Nẵng bằng phương pháp phân tích quá trình (PAM), kết hợp tư liệu học thuật, phân tích dữ liệu thực tiễn liên quan của địa phương và tham vấn chuyên gia. Kết quả nghiên cứu đã đưa ra một hệ thống chỉ số toàn diện, phản ánh các khía cạnh nguồn lực, tiếp cận, dịch vụ bền vững và rủi ro nước. Nội dung này đã giúp bổ sung khung lý thuyết về an ninh nguồn nước chung từ các tài liệu quốc tế và phục vụ hoạch định chính sách địa phương.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp phân tích quá trình (Process Analysis Method – PAM (Tahir & Darton, 2010) để xây dựng và lựa chọn chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị. PAM là phương pháp dựa trên phân tích quan hệ nhân quả trong hệ thống, đưa ra bộ chỉ số đo lường hiệu quả bền vững mà không cần định lượng chặt các mối quan hệ nhân quả. Theo đó, PAM “chuẩn hóa” quy trình hình thành chỉ số bằng cách tập trung vào các tập hợp nguyên nhân và tác động trong hệ thống phức tạp thay vì liệt kê đầy đủ mọi áp lực và phản hồi. So với mô hình DPSIR truyền thống, PAM chọn chỉ số đại diện cho tác động, giảm thiểu trùng lặp và đơn giản hóa bộ chỉ số. Phương pháp này phù hợp với mục tiêu nghiên cứu vì nó cung cấp hướng dẫn minh bạch để lựa chọn chỉ số, đồng thời vẫn đo lường một cách linh hoạt và phù hợp với đặc thù địa phương (ví dụ như nguồn nước mặt và ngầm ven biển Đà Nẵng).

Quy trình triển khai PAM tại Đà Nẵng gồm các bước: (1) Xác định phạm vi hệ thống nước đô thị (nước cấp sinh hoạt, công nghiệp, nước mặt, nước ngầm, các mối liên hệ với thiên tai); (2) Tổng hợp tài liệu và khung lý thuyết về an ninh nguồn nước (bao gồm cả các nghiên cứu Đà Nẵng và quốc tế như Babel



Hình 1. Khung phương pháp phân tích quá trình (PAM) xây dựng bộ chỉ số đánh giá an ninh nước đô thị tại Đà Nẵng

và cs. (2020), Bitterman 2016) để làm rõ các thành phần chủ chốt và tác động; (3) Tham vấn chuyên gia (cơ quan quản lý, đơn vị cấp nước, viện nghiên cứu) để rà soát bộ tiêu chí sơ khởi; (4) Xây dựng mạng lưới quan hệ nhân – quả giữa các thành phần hệ thống nước đô thị và rút gọn thành bộ chỉ số đại diện cho bốn tiêu chí chính; (5) Tiềm đánh giá sơ bộ dựa trên dữ liệu thu thập được và ý kiến chuyên gia để hiệu chỉnh thang điểm cho từng chỉ số. Công cụ định tính như bảng hỏi và phỏng vấn sâu cũng được sử dụng để đánh giá ban đầu.

Việc thiết lập chỉ số cũng tham chiếu đến khái niệm an ninh nguồn nước bền vững: an ninh nước phải bao quát cả ba trụ cột kinh tế, xã hội và môi trường, đồng thời giảm thiểu rủi ro liên quan đến nước. Nhiều quan điểm cho thấy an ninh nguồn nước gắn liền với tiếp cận bình đẳng, ổn định của nước và khả năng thích ứng với thiên tai (UN-Water, 2013).

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bộ chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị tại Đà Nẵng được xây dựng gồm bốn nhóm tiêu chí chính, với tổng cộng 12 chỉ thị thành phần được lựa chọn dựa trên phương pháp PAM và ý kiến chuyên gia. Nhóm tiêu chí thứ nhất là “Tài nguyên nước sẵn có” nhằm đo lường khả năng đảm bảo nguồn cung nước đô thị về lâu dài. Nhóm tiêu chí này bao gồm các chỉ thị phản ánh khả năng cung ứng nước, mức độ đa dạng hóa và chất lượng nguồn nước: (1) lượng nước ngọt bình quân đầu người ( $m^3/người/năm$ ), phản ánh trực tiếp mức độ dồi dào của tài nguyên nước sẵn có trên đầu người; (2) tỷ lệ phụ thuộc vào nguồn nước mặt và nước ngầm, thể hiện tính đa dạng và ổn định của cơ cấu nguồn cung; (3) mức độ khai



Hình 2. Bản đồ thành phố Đà Nẵng (Google map, 2025)

thác so với khả năng tái tạo của hệ thống thủy văn địa phương; (4) tỷ lệ mẫu tại điểm tiếp nhận đạt tiêu chuẩn chất lượng tại địa phương. Các chỉ thị này được xây dựng dựa trên các khuyến nghị quốc tế về đánh giá an ninh nguồn nước, trong đó lượng nước dưới 1.700 m<sup>3</sup>/người/năm thường được xem là ngưỡng “khủng hoảng nước” (UNESCO, 2023; Hoekstra và cs., 2019). Trong trường hợp của Đà Nẵng, ước tính hiện tại cho thấy lượng nước bình quân đầu người chỉ đạt khoảng 273 lít/ngày, tương đương dưới 100 m<sup>3</sup>/người/năm – thấp hơn đáng kể so với ngưỡng khuyến nghị. Do đó, các chỉ thị thuộc tiêu chí “Tài nguyên nước sẵn có” đóng vai trò cảnh báo sớm, giúp thành phố nhận diện nguy cơ thiếu hụt tài nguyên hay suy giảm chất lượng và định hướng các giải pháp quản lý nguồn nước tổng hợp phù hợp với bối cảnh đô thị ven biển có tính tổn thương cao như Đà Nẵng.

Nhóm tiêu chí thứ hai là “Tiếp cận dịch vụ nước sạch”, gồm các chỉ thị như tỷ lệ hộ dân được cấp nước máy; tổng công suất xử lý nước mỗi ngày / nhu cầu trung bình mỗi ngày; tỷ lệ dân cư tiếp cận với dịch vụ cấp nước an toàn; chi phí hoạt động dịch vụ cấp nước/doanh thu hoạt động. Đây là nhóm chỉ số nhấn mạnh yếu tố công bằng và mức độ bao phủ dịch vụ, có liên quan trực tiếp đến mục tiêu SDG 6 về nước sạch và vệ sinh. Đà Nẵng ghi nhận xu hướng tăng trong chỉ số này nhờ các nỗ lực mở rộng mạng lưới cấp nước, tuy nhiên vẫn tồn tại chênh lệch giữa các khu vực. Về dịch vụ nước bền vững, đánh giá hiệu quả kỹ thuật và tài chính của hệ thống qua các chỉ thị như tỷ lệ thất thoát nước và giá thành dịch vụ nước sạch. Đây là các chỉ số phản ánh năng lực vận hành và được đề cập trong nhiều khung như của Zhu & Chang (2020).

Nhóm tiêu chí thứ ba là “Rủi ro liên quan đến nước” gồm các chỉ thị như tần suất lũ đô thị; thiệt hại kinh tế và tỉ lệ tử vong do lũ lụt mỗi năm và mức độ xâm nhập mặn, tỷ lệ hộ gia đình có kết nối hệ thống thoát nước – phản ánh mức độ tiếp cận vệ sinh liên quan đến nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng; đây là những mối nguy chính ảnh hưởng đến an ninh nguồn nước của Đà Nẵng trong bối cảnh biến đổi khí hậu. Ngoài ra còn có các chỉ thị tỷ lệ mẫu nước uống đạt tiêu chuẩn WHO; tỷ

lệ hộ gia đình có nguồn cung liên tục. Việc đưa nhóm rủi ro vào khung đánh giá đảm bảo tiếp cận toàn diện, đồng thời kết nối với các thành phần “Tác động” và “Tính dễ tổn thương” trong mô hình UN-Water (2013).

Cuối cùng, nhóm tiêu chí về “Năng lực quản trị và thể chế” với mục tiêu phản ánh năng lực điều phối, quy định và phối hợp liên ngành trong quản lý tài nguyên nước đô thị. Nhóm này bao gồm các chỉ thị như: (1) mức độ tồn tại của cơ chế điều phối liên ngành về nước; (2) tỷ lệ văn bản chính sách có nội dung tích hợp quản lý bền vững tài nguyên nước đô thị; (3) mức độ minh bạch, tiếp cận thông tin trong dịch vụ nước; (4) có/ không có chính sách quản lý thiên tai liên quan đến nước. Các chỉ thị này thể hiện vai trò của yếu tố quản trị trong bảo đảm tính công bằng, hiệu quả và thích ứng của hệ thống quản lý nước, tương ứng với khung của nhiều nghiên cứu cũng như tổ chức quốc tế như của Zhu & Chang (2020) và báo cáo của UN-Water (2013), UNESCO (2023). Đánh giá sơ bộ cho thấy Đà Nẵng đã xây dựng một số cơ chế điều phối ban đầu như Ban chỉ đạo phòng chống thiên tai và các chương trình liên kết quản lý nguồn nước thượng nguồn – hạ lưu. Tuy nhiên, sự phân tán về trách nhiệm giữa các sở ngành và thiếu cơ chế chia sẻ dữ liệu vẫn là điểm hạn chế trong thực hiện các chính sách liên ngành. Như vậy, tiêu chí “Năng lực quản trị và thể chế” đóng vai trò như một yếu tố nền, ảnh hưởng tới hiệu quả triển khai cả ba nhóm chỉ số còn lại, đặc biệt trong điều kiện rủi ro gia tăng và nhu cầu tích hợp chính sách khí hậu, tài nguyên nước, phát triển bền vững đô thị ngày càng cao.

Áp dụng PAM giúp nhấn mạnh các chỉ số phản ánh tác động và kết quả cụ thể của hệ thống nước Đà Nẵng, thay vì chỉ liệt kê nhiều chỉ số đại diện cho các khía cạnh khác nhau. Chẳng hạn, mô hình PAM cho phép rút gọn và tránh trùng lặp dữ liệu so với DPSIR. Mạng lưới quan hệ nhân quả ban đầu được thiết lập dựa trên tài liệu chuyên sâu và ý kiến bên liên quan, từ đó hình thành bộ chỉ số cuối cùng. Cách tiếp cận này tương tự với nghiên cứu của Bitterman và cs. (2016), khi họ xác định các yếu tố tác động và dẫn xuất tập hợp chỉ số từ hệ thống quan hệ nhân quả.



**Bảng 1: Một số chỉ số chính trong bộ đánh giá an ninh nguồn nước đô thị tại Đà Nẵng**

Nhóm chỉ số	Chỉ số tiêu biểu	Đánh giá xu hướng
Nguồn lực sẵn có	Lượng nước bình quân đầu người	Thấp
Tiếp cận dịch vụ nước sạch	Tỷ lệ hộ dân được cấp nước máy	Tăng
Dịch vụ nước bền vững	Tỷ lệ thất thoát nước	Cao
Rủi ro nước	Tần suất ngập lụt, lũ đô thị và xâm nhập mặn	Tăng

Đánh giá sơ bộ cho thấy, tại Đà Nẵng các chỉ số về cấp nước liên tục được cải thiện (tỷ lệ hộ sử dụng nước máy, hệ thống thoát nước) nhưng chi phí nước và thất thoát vẫn là vấn đề cần quan tâm. Đặc biệt, các chỉ số về rủi ro như tần suất lũ lụt và nước mặn cho thấy xu hướng ngày càng tăng, gắn liền với hiện tượng biến đổi khí hậu (tương tự quan sát của Babel và cs., 2020). Đánh giá cho thấy điểm nhấn chính sách là cần tăng cường quản lý rủi ro lũ lụt, bảo vệ nguồn nước thượng nguồn và cải thiện tính linh hoạt của hạ tầng.

Kết quả cho thấy, tính nhạy cảm cao của an ninh nước đô thị trước nhiều yếu tố. PAM đã giúp làm nổi bật nhu cầu đánh giá dài hạn: các chỉ số chuyển động theo thời gian nhấn mạnh nên phân tích xu hướng thay vì chỉ số tại thời điểm nhất định. Đặc tính này của PAM rất hữu ích để phát hiện sớm các vấn đề mới nảy sinh, thu hút sự chú ý kịp thời của chính sách. Việc đánh giá an ninh nước theo khung này cũng phù hợp với cách tiếp cận của Babel và cs. (2020) khi đặt khung đánh giá ở quy mô thành phố nhằm hỗ trợ thực thi chính sách cấp thành phố. Các lĩnh vực ưu tiên chính sách được đề xuất gồm: nâng cấp các công trình chứa trữ và xử lý nước, cải thiện quản lý ngập lụt, lũ và thoát nước đô thị, mở rộng khả năng tiếp cận dịch vụ nước sạch cho khu vực thu nhập thấp, và xây dựng chính sách giá nước công bằng. Ngoài ra, việc giới thiệu các công cụ tái sử dụng nước và thu gom nước mưa (nhằm tăng đa dạng nguồn nước) cũng là giải pháp cần nghiên cứu áp dụng trong bối cảnh chuyển tiếp quản lý nước bền vững (Bảng 1).

**4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ**

Nghiên cứu này đã thiết lập thành công bộ chỉ số đánh giá an ninh nguồn nước đô thị cho thành phố Đà Nẵng dựa trên phương pháp PAM, phân tích tình hình thực tế địa phương và tham khảo khung lý thuyết quốc tế. Bộ chỉ số đề xuất bao gồm các chỉ số và chỉ thị mang tính thực tiễn cao, đã được chuyên gia đánh giá là phù hợp với lý luận chung về an ninh nước và với đặc thù của Đà Nẵng. Kết quả đánh giá sơ bộ cho thấy Đà Nẵng có tài nguyên nước hạn hẹp so với tiêu chí quốc tế và tồn tại các rủi ro lũ lụt, xâm mặn tăng dần. Nhiều chỉ số liên quan đến tiếp cận nước sạch và năng lực hạ tầng đã được cải thiện nhưng vẫn cần nâng cao hơn nữa.

Để hoàn thiện khung đánh giá, nghiên cứu đề xuất mở rộng thu thập dữ liệu cho các chỉ số theo thời gian liên tục, nhằm cho phép đánh giá theo xu hướng và giám sát sự thay đổi của hệ thống nước. Cần thu hút nhiều chuyên gia và cơ quan quản lý tham gia để hiệu chỉnh và phổ biến bộ chỉ số; cũng như thử nghiệm ở cấp quận, xã để đánh giá bất bình đẳng giữa các vùng khác nhau của thành phố. Về chính sách, cần tiếp tục xây dựng chương trình quản lý nguồn nước tích hợp, tăng cường giáo dục cộng đồng về tiết kiệm và bảo vệ nước; đồng thời lồng ghép khung đánh giá vào quy hoạch chung thành phố. Mở rộng nghiên cứu theo đề xuất sẽ giúp khẳng định tính thực thi của bộ chỉ số, tạo cơ sở vững chắc cho các giải pháp quản lý hiệu quả trong việc bảo đảm an ninh nguồn nước bền vững cho Đà Nẵng và các đô thị tương tự.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Babel, M.S., Shinde, V.R., Sharma, D., & Dang, N.M. (2020). Measuring water security: A vital step for climate change adaptation. *Environmental Research*, 185, 109400.
2. Bitterman, P., Tate, E., Van Meter, K., & Basu, N. (2016). Water security and rainwater harvesting: A conceptual framework and candidate indicators. *Applied Geography*, 76, 75–84.
3. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., & van Oel, P. R. (2019). Progress in Water Footprint Assessment: Towards Collective Action in Water Governance. *Water*, 11(5), 1070. <https://doi.org/10.3390/w11051070>
4. Tahir, A. C., & Darton, R. C. (2010). The process analysis method of selecting indicators to quantify the sustainability performance of a business operation. *Journal of cleaner production*, 18(16-17), 1598-1607.
5. UNESCO (2023). *The United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and cooperation for water*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
6. UN-Water. (2013). *Water Security & the Global Water Agenda: A UN-Water Analytical Brief*.
7. Zhu, D.M. & Chang, Y.J. (2020). Urban water security assessment in the context of sustainability and urban water management transitions: An empirical study in Shanghai. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122968.



# GIẢI PHÁP QUẢN LÝ DÒNG THẢI TỪ HOẠT ĐỘNG NUÔI VÀ CHẾ BIẾN CÁ LÓC CỦA NÔNG HỘ THEO MÔ HÌNH SINH THÁI KHÉP KÍN

DƯƠNG MAI LINH<sup>1</sup>, NGUYỄN THỊ PHƯƠNG THẢO<sup>2</sup>, TRẦN TRUNG KIÊN<sup>2</sup>,  
NGUYỄN VIỆT THẮNG<sup>2</sup>, ĐỖ THỊ THU HUYỀN<sup>2</sup>, NGUYỄN LÊ MINH TRÍ<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Mặc dù sinh kế của các hộ tại các vùng nông thôn hiện nay được cải thiện, việc quản lý chất thải từ các hoạt động sinh kế của các nông hộ vẫn chưa được quan tâm đúng mức. Bài báo giới thiệu mô hình sinh thái khép kín cho hoạt động sinh kế của hộ nuôi và chế biến cá lóc nhằm quản lý dòng thải phát sinh từ hoạt động sinh kế của hộ và tận dụng nguồn tài nguyên tại chỗ trên nền tảng tích hợp các mô hình sinh thái khác nhau. Kết quả cho thấy, thiết kế của mô hình cùng với các thông số kỹ thuật của các hạng mục trong mô hình phù hợp với sinh kế của hộ. Đồng thời, các giải pháp được đề xuất để khuyến khích xây dựng và duy trì mô hình sinh thái khép kín.

**Từ khóa:** Quản lý dòng thải, mô hình sinh thái khép kín, chế biến cá lóc.

**Ngày nhận bài:** 30/5/2025; **Ngày sửa chữa:** 19/6/2025; **Ngày duyệt đăng:** 25/6/2025.

## Waste management closed-eco-model-based methods for snakehead fish farming and processing activities of a household

### Abstract

Although the livelihoods of rural households has improved, the issue of waste management from their livelihoods has not yet received adequate attention. This paper introduced a closed eco-model for the livelihood activities of a snakehead fish farming and processing household based on the integration of various eco-models. The aim is to manage waste streams in a way that utilizes local resources. The paper showed that the model and the technical specifications of its components are well-suited to household livelihoods. In addition, methods are proposed to encourage the development and maintenance of sustainable closed-loop ecological systems.

**Keywords:** Waste streams management, closed eco-model, snakehead fish processing.

**JEL Classifications:** Q55, Q56, O13.

### 1. GIỚI THIỆU

Nhiều nghiên cứu đã cho thấy, việc chuyển đổi từ mô hình canh tác thuần nông nghiệp sang mô hình hoạt động sản xuất dựa trên thương mại, dịch vụ và các hoạt động chế biến các sản phẩm tiểu thủ công nghiệp đã góp phần cải thiện sinh kế của hộ gia đình ở nông thôn hiện nay (Deininger and Olinto, 2001; Peng et al., 2020; Reardon, 1997; Tran, 2013). Việc chuyển đổi này xuất phát từ mục đích giảm thiểu sự phụ thuộc của hoạt động sinh kế vào quá trình canh tác nông nghiệp trước các biến động về thời tiết và khí hậu, cũng như trước các biến động của thị trường (Hùng, 2019). Nhờ đó, các hộ có thể đa dạng hóa nguồn thu nhập và thoát nghèo. Quá trình này đặc biệt có ý nghĩa trong việc giảm nghèo tại các nước ở Châu Á và Châu Phi (Otsuka and Yamano, 2006; Rantso, 2016).

Tại Việt Nam, việc kết hợp hoạt động canh tác nông nghiệp với hoạt động sản xuất, chế biến, thương mại và dịch vụ ở các hộ gia đình tại các vùng nông thôn hiện nay đã tạo ra thêm nguồn thu nhập, góp phần cải thiện

sinh kế của các hộ này. Tuy nhiên, vấn đề quản lý chất thải từ các hoạt động sinh kế của các nông hộ vẫn chưa được các hộ này quan tâm đúng mức. Nghiên cứu của tác giả Nguyễn Thị Phương Thảo và cộng sự cho thấy đối với hộ chăn nuôi kết hợp với sản xuất bánh tráng, dòng thải phát sinh từ hoạt động sinh kế của hộ bao gồm nước thải, chất thải rắn, bụi và CO<sub>2</sub> (Nguyễn Thị Phương Thảo, 2017). Do đó, việc áp dụng mô hình quản lý chất thải theo hướng sinh kế khép kín là cần thiết để nhằm tạo ra sinh kế bền vững cho hộ dân. Vì vậy, bài báo giới thiệu mô hình sinh thái khép kín được xây dựng cho sinh kế của hộ nuôi và chế biến cá lóc cùng các giải pháp để nhằm khuyến khích các hộ dân tham gia xây dựng mô hình sinh thái khép kín để duy trì sinh kế của hộ, giảm thiểu quá trình xả thải ra đến môi trường.

### 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

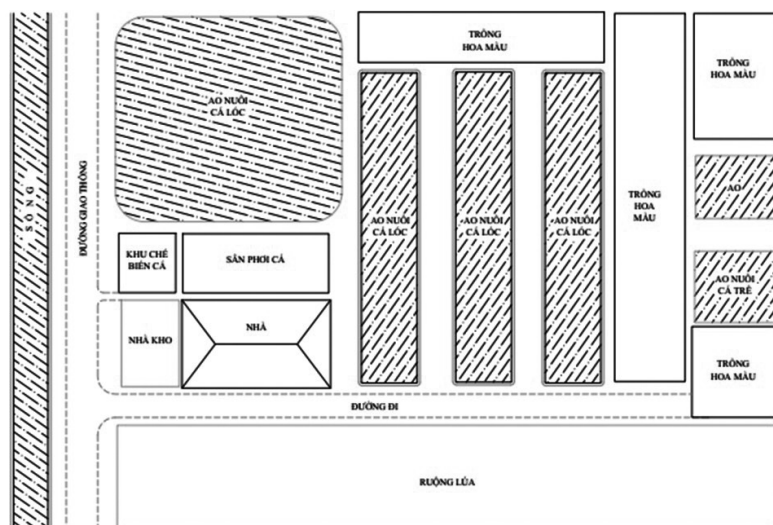
#### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Hộ kinh doanh khô cá lóc tại xã Vĩnh Phú, huyện Thoại Sơn, tỉnh An Giang với sinh kế chính là nuôi và chế biến cá lóc (Hình 1).



Hình 1. Ao nuôi cá lóc

Sản lượng cá tươi khoảng 600 kg/ngày, tương đương với khoảng 150 kg khô cá lóc/ngày. Hộ gia đình có 3 ao nuôi cá chính, mỗi ao diện tích 1.000 m<sup>2</sup>, và các ao nuôi dự phòng (Hình 2).



Hình 2. Sơ đồ mặt bằng của hộ khảo sát

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.2.1. Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu

Phương pháp thu thập và tổng hợp tài liệu đóng vai trò quyết định trong việc thiết kế mô hình nuôi và chế biến thủy sản tích hợp theo hướng sinh thái bền vững. Tài liệu từ các nguồn khác nhau, cả sơ cấp lẫn thứ cấp, sẽ được sử dụng để tạo nền tảng lý thuyết và cơ sở thực tiễn cho các giải pháp kỹ thuật.

### 2.2.2. Phương pháp khảo sát thực địa

Khảo sát thực địa là phương pháp quan trọng nhằm đánh giá điều kiện thực tiễn của các hộ nuôi và cơ sở chế biến thủy sản tại An Giang. Các thông tin thu thập từ khảo sát sẽ giúp định hình các giải pháp kỹ thuật và các bước xây dựng mô hình sinh thái khép kín.

### 2.2.3. Phương pháp đề xuất các giải pháp tích hợp

Cách tiếp cận của mô hình là trên nền tảng mô hình VACBNXT do GS.TS Lê Thanh Hải và cộng sự đã phát triển (Viện Môi trường và Tài nguyên, 2015) và các mô hình sinh thái sẵn có mang lại hiệu

quả kết hợp với cách tiếp cận sinh kế bền vững của DFID dựa trên điều kiện sinh kế và điều kiện tự nhiên sẵn có của các vùng sinh thái khác nhau trên địa bàn tỉnh An Giang để hình thành nên một mô hình sinh thái mang tính tổng quát nhưng có thể áp dụng cho từng đối tượng cụ thể.

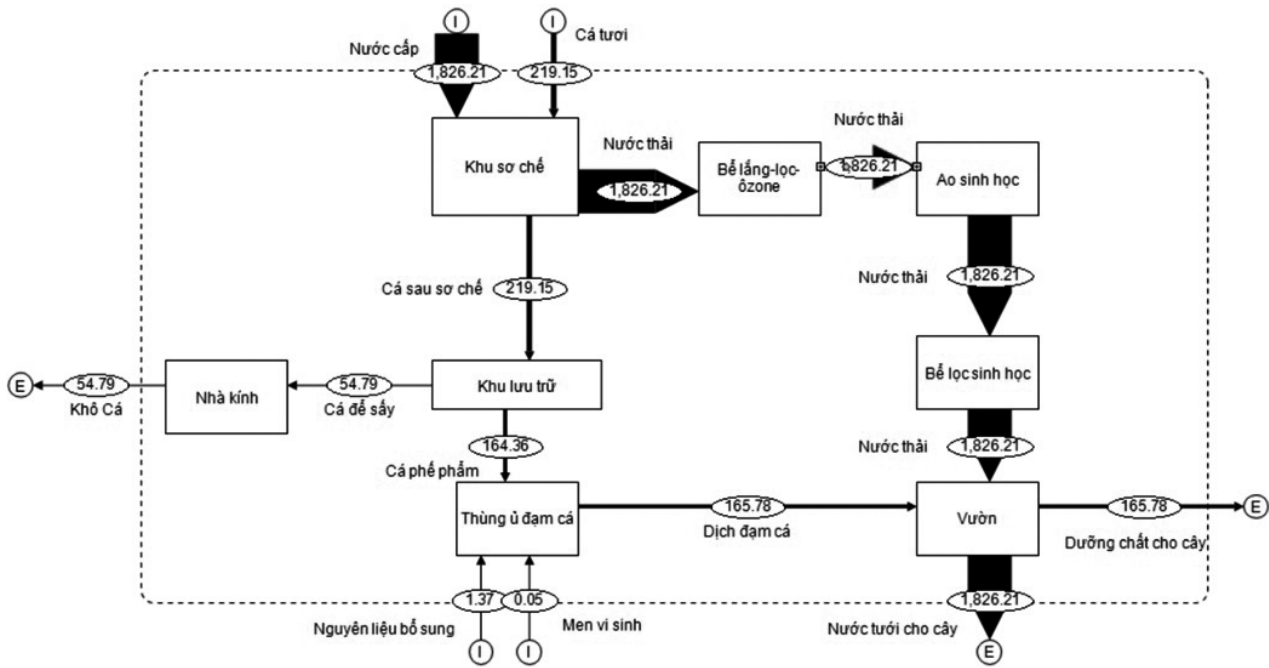
### 2.2.4. Phương pháp phân tích dòng vật chất

Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích dòng vật chất để nghiên cứu quá trình chế biến và sấy cá lóc trong mô hình sinh thái được đề xuất. Quá trình tính toán các thông số dòng lưu lượng (kg/ngày) của các quá trình trong mô hình được thực hiện bằng phần mềm STAN 2.7 và các giá trị được thể hiện trong Hình 3.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Hiện trạng môi trường từ các hoạt động sinh kế của hộ

Trung bình mỗi ngày, hộ thải ra 5 m<sup>3</sup> nước thải cùng với 450 kg cá phế phẩm. Nước thải từ quá trình rửa cá và các công đoạn chế biến khô cá lóc hiện nay được dẫn qua ao lắng trước khi thải ra môi trường (Hình 4). Tuy nhiên, hệ thống ao lắng này chưa được thiết kế và vận hành đúng tiêu chuẩn, dẫn đến hiệu quả xử lý chưa cao. Dù nước thải đã qua ao lắng nhưng vẫn còn chứa nhiều chất hữu cơ, dầu mỡ và phế phẩm từ cá như nội tạng, máu, và da cá. Điều này có thể gây nguy cơ tích tụ ô nhiễm trong ao lắng, dẫn đến sự phát triển của vi khuẩn gây bệnh và mùi hôi thối. Nếu nước thải từ ao lắng không được kiểm soát và xử lý đúng cách, nguy cơ ô nhiễm nguồn nước



Hình 3. Sơ đồ mô tả dòng vật chất của quá trình chế biến và sấy cá lóc

ngâm, đất đai và các dòng kênh xung quanh là rất cao. Đặc biệt, việc nước thải chứa các chất hữu cơ cao có thể làm gia tăng hiện tượng phú dưỡng, ảnh hưởng xấu đến hệ sinh thái tự nhiên và sức khỏe cộng đồng.

Khí thải và mùi hôi phát sinh chủ yếu từ quá trình phơi cá ngoài trời và sự phân hủy phế phẩm cá trong ao lắng. Khi phơi cá trực tiếp dưới ánh nắng, sự phân hủy của các chất hữu cơ như mỡ và protein trên bề mặt cá có thể tạo ra mùi hôi thối khó chịu. Quá trình này không chỉ làm ô nhiễm không khí khu vực xung quanh, mà còn ảnh hưởng đến sức khỏe của người dân và các hộ gia đình sống gần khu sản xuất. Mùi hôi từ việc phơi cá ngoài trời, đặc biệt trong điều kiện nắng nóng và thiếu gió, có thể lan xa

và kéo dài, gây ra tình trạng ô nhiễm mùi hôi trong môi trường xung quanh.

Ngoài ra, quá trình phân hủy phế phẩm cá trong ao lắng cũng sinh ra khí metan ( $CH_4$ ) và khí  $CO_2$ , là các loại khí nhà kính gây ra hiện tượng biến đổi khí hậu (Li et al., 2025). Các chất hữu cơ trong phế phẩm phân hủy chậm trong môi trường nước ao lắng, kết hợp với sự thiếu oxy, làm tăng khả năng phát sinh khí thải có hại. Điều này không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng không khí mà còn làm gia tăng các vấn đề về sức khỏe và giảm chất lượng môi trường sống. Ngoài ra, rác thải sinh hoạt từ các hoạt động sản xuất chủ yếu được xử lý thông qua chôn lấp hoặc đốt, không được quản lý chặt chẽ, gây phát thải khí độc hại như CO và  $CO_2$ , làm gia tăng ô nhiễm không khí và ảnh hưởng tiêu cực đến cảnh quan.



Hình 4. Khu vực ao chứa nước thải sản xuất và sinh hoạt



Hình 5. Khu vực phơi cá tại hộ dân

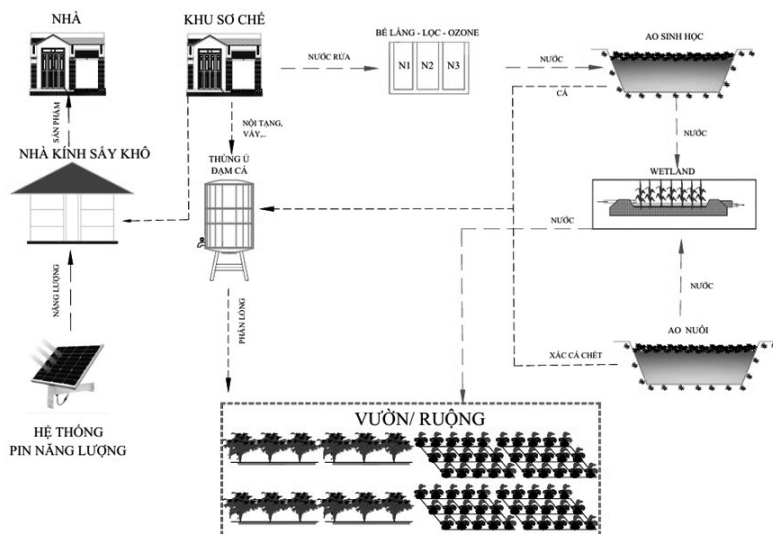
Mặc dù quy mô sản xuất chỉ ở mức trung bình, nhưng với việc thiếu các biện pháp giảm thiểu và kiểm soát khí thải, mùi hôi phát sinh từ quá trình phơi cá (Hình 5) và sự phân hủy chất thải có thể gây ra những tác động tích lũy, ảnh hưởng tiêu cực đến không khí trong khu vực. Để giảm thiểu tình trạng này, cần có các biện pháp quản lý mùi hôi, như sử dụng hệ thống phơi có che chắn hoặc các phương án xử lý phế phẩm trước khi phân hủy. Đồng thời, việc cải thiện hệ thống ao lắng để xử lý các chất thải hữu cơ cũng là giải pháp cần thiết để giảm lượng khí thải gây hại và duy trì chất lượng không khí tốt hơn.

### 3.2. Đề xuất mô hình sinh thái khép kín cho hoạt động sinh kế của hộ dân

Dựa vào hiện trạng của hộ dân, nhóm nghiên cứu đã đề xuất mô hình nuôi trồng và chế biến thủy sản theo hướng khép kín, sử dụng các kỹ thuật tiên tiến nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường. Mô hình này bao gồm các hạng mục chính như hệ thống

năng lượng mặt trời, nhà kính kết hợp sàng phơi, hệ thống lắng, lọc nước thải 3 ngăn, ao lắng thủy sinh và bãi lọc thực vật kiểu wetland (với dòng chảy ngang mặt) (Hình 6). Đây đều là những giải pháp kỹ thuật tiên tiến được áp dụng nhằm xử lý và tái sử dụng nước thải từ quá trình nuôi và chế biến thủy sản, đồng thời sản xuất năng lượng tái tạo để hỗ trợ các hoạt động trong trang trại.

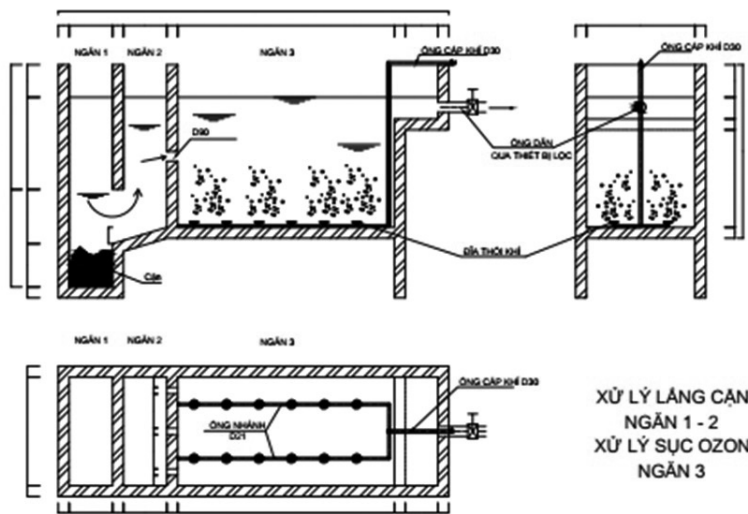
Sản phẩm cá sau khi chế biến sẽ được đưa vào nhà kính để sấy khô bằng năng lượng mặt trời. Hệ thống nhà kính được thiết kế để tối ưu hóa việc sử dụng năng lượng tái tạo, đảm bảo chất lượng sản phẩm và giảm thiểu ô nhiễm môi trường trong quá trình sấy khô. Trong quá trình chế biến cá khô, nước thải thu gom và xử lý thông qua hệ thống lắng lọc và ao sinh học. Hệ thống lọc với vật liệu than sinh học giúp hấp thụ các chất ô nhiễm, trong khi ao sinh học với thực vật thủy sinh giúp xử lý nước thải. Các ao trong trang trại sẽ được cải tạo thành ao sinh học, nơi thả lục bình có khả năng lọc nước tự nhiên. Nước thải phát sinh từ ao nuôi thủy sản sẽ được thu gom và xử lý qua hệ thống lọc sinh học và lục bình. Bùn đáy ao từ quá trình nuôi thủy sản sẽ được thu gom định kỳ và đưa vào khu vực ủ phân compost. Bùn sẽ được kết hợp với sinh khối từ hệ thống xử lý nước thải thủy sinh và các phế phẩm nông nghiệp để tạo ra phân



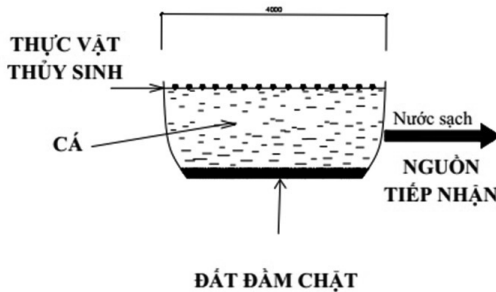
Hình 6. Mô hình sinh thái khép kín đề xuất cho hoạt động sinh kế của hộ dân

**Bảng 1. Thông số kỹ thuật các hạng mục triển khai cho mô hình của hộ**

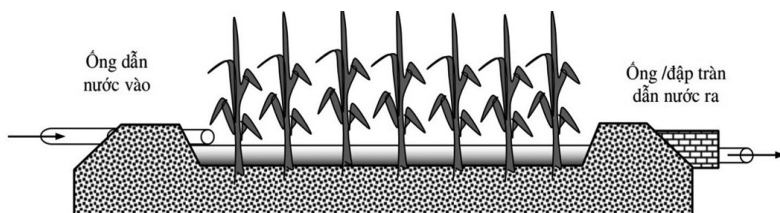
TT	Hạng mục	Mô tả	Đơn vị	Số lượng
1	Bể lắng – lọc – ozone	DxRxH: 3,4 x 1,6 x 1,5 m Vật liệu: Gạch, xi măng, sắt thép	Hệ thống	1
2	Bãi lọc sinh học	Diện tích 120 m <sup>2</sup> Vật liệu: hệ thống ống nhựa cấp thoát nước	Hệ thống	1
3	Nhà kính sấy khô	DxRxH: 18 x 4,5 x 3,6 m Vật liệu: Gạch, xi măng, sắt thép, lưới	Hệ thống	1
4	Pin năng lượng mặt trời	Công suất 580 W	Tấm	4
5	Thiết bị ủ phân đạm cá	Thùng 250 lít	Thùng	2
6	Ao thủy sinh	Diện tích 120 m <sup>2</sup>	Ao	1
7	Ao nuôi	Diện tích: 1000 m <sup>2</sup>	Ao	3



Hình 7. Thiết kế của bể lắng-lọc-ozone



Hình 8. Thiết kế của ao thủy sinh



Hình 9. Thiết kế của bãi lọc sinh học

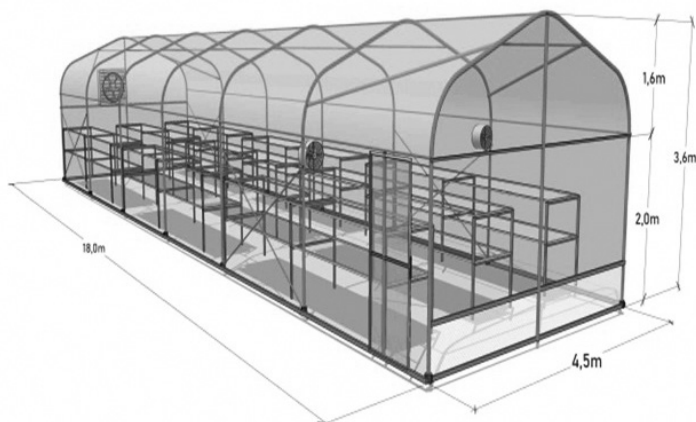
compost giàu dinh dưỡng, giúp cải thiện chất lượng đất trồng.

Các hạng mục trong mô hình nuôi và chế biến khô cá lóc theo hướng sinh thái khép kín được thực hiện với mục tiêu tối ưu hóa quy trình sản xuất và quản lý chất thải hiệu quả. Các hạng mục chính bao gồm hệ thống ao nuôi cá, khu vực xử lý nước thải, thùng ủ phân đạm cá và nhà kính để sấy khô cá (Bảng 1). Tất cả các hạng mục này được thiết kế và thi công một cách đồng bộ, phù hợp với điều kiện thực tế của hộ nuôi, giúp tạo ra một chu trình sản xuất tuần hoàn.

Bể lắng, lọc và ozone có kích thước 3,4 x 1,6 x 1,5 m (Hình 7), được xây dựng bằng gạch, xi măng, và sắt thép, đảm bảo độ bền và khả năng chịu lực tốt. Đây là hệ thống xử lý nước thải từ quá trình sơ chế cá, với việc lắng cặn và lọc nước thông qua vật liệu than sinh học trước khi xử lý bằng ozone.

Ao thủy sinh có diện tích 120 m<sup>2</sup>, được cải tạo từ ao nuôi hiện có trong trang trại (Hình 8). Đây là nơi xử lý nước thải từ ao nuôi và các hoạt động khác của trang trại bằng lục bình.

Bãi lọc sinh học có diện tích 120 m<sup>2</sup>, bao gồm hệ thống ống cấp thoát nước và lục bình. Hệ thống này được thiết kế để xử lý nước thải sau khi đã qua bể lắng, nhờ vào khả năng hấp thụ các chất ô nhiễm của thực vật thủy sinh (Hình 9). Nước thải sẽ chảy qua bãi lọc sinh học và tiếp xúc với lục bình giúp hấp thụ các chất dinh dưỡng dư thừa và các chất ô nhiễm khác. Quy mô bãi lọc được



Hình 10. Thiết kế của nhà kính sấy khô



Hình 11. Thùng ủ phân đạm cá



Hình 12. (a) Tấm pin năng lượng mặt trời và (b) quá trình lắp đặt tấm pin năng lượng mặt trời

lựa chọn dựa trên lượng nước thải cần xử lý mỗi ngày, giúp xử lý nước thải một cách tự nhiên mà không cần sử dụng quá nhiều thiết bị công nghệ phức tạp.

Nhà kính sấy khô có kích thước 18 x 4,5 x 3,6 m, được xây dựng bằng gạch, xi măng và lưới, với mái lợp để kiểm soát nhiệt độ bên trong (Hình 10). Đây là khu vực để phơi cá dưới điều kiện kiểm soát, tận dụng ánh nắng mặt trời mà không bị ảnh hưởng bởi thời tiết bên ngoài. Cá sau khi sơ chế sẽ được phơi khô tự nhiên trong nhà kính, giúp tiết kiệm thời gian phơi và đảm bảo chất lượng sản phẩm.

Ngoài ra, hệ thống còn được kết hợp với pin năng lượng mặt trời (Hình 12) để cung cấp điện cho quá trình làm khô cá lóc, giúp duy trì quá trình sản xuất khi không có đủ điện để sản xuất, đồng thời tiết kiệm thời gian phơi. Có thể nói, nhà kính không chỉ giúp tiết kiệm năng lượng mà còn tăng hiệu quả sản xuất, bảo vệ môi trường và tạo ra sản phẩm có chất lượng cao.

Thùng ủ phân đạm cá có dung tích 250 lít, được làm từ nhựa bền chắc và an toàn, là nơi ủ xác cá chết từ ao nuôi với dung dịch vi sinh EM và vôi đủ để sản xuất phân đạm cá (Hình 11). Quá trình ủ xác cá giúp chuyển đổi các chất hữu cơ thành phân bón

giàu dinh dưỡng, có thể sử dụng cho cây trồng trong trang trại.

Mô hình khi đưa vào vận hành giúp rút ngắn 1 giờ thời gian sấy cá và tạo ra được 2,4 kWh phục vụ cho quá trình sản xuất. Bên cạnh đó, hộ có thể tái sử dụng 5m<sup>3</sup> nước thải mỗi ngày và 5 lít dịch đạm cá/ ha hoa màu để tưới hoa màu.

### 3.3. Đề xuất giải pháp khuyến khích xây dựng và duy trì mô hình sinh thái khép kín

\* Đối với hộ dân

+ Tuân thủ quy trình vận hành mô hình đã được hướng dẫn cũng như sổ tay hướng dẫn vận hành được chuyển giao cho hộ;

+ Định kỳ nạo vét, vệ sinh các bồn, bể, khu ủ phân, khu sơ chế để đảm bảo hiệu quả hoạt động của mô hình. Nếu thực vật thủy sinh phát triển quá nhiều thì lấy bớt ra khỏi ao;

+ Tham gia các buổi tập huấn ở địa phương để trang bị các kiến thức về kinh tế tuần hoàn, về nông nghiệp sinh thái.

\* Đối với chính quyền địa phương

+ Thường xuyên kiểm tra nhắc nhở các hộ trình diễn vận hành mô hình theo đúng quy trình;

**Bảng 2. Kinh phí hỗ trợ được đề xuất**

STT	Nội dung	Đơn vị tính	Số lượng/năm	Đơn giá (VNĐ)	Thành tiền (VNĐ/năm)
1	Chế phẩm vi sinh bổ sung định kỳ	kg	20	150.000	3.000.000
2	Thùng phuy nhựa	cái	2	500.000	1.000.000
3	Vệ sinh, nạo vét bùn	lần	1	2.500.000	2.500.000
<b>Tổng chi phí vận hành hàng năm</b>					6.500.000

+ Tuyên truyền, vận động các hộ xung quanh tham quan, học hỏi và triển khai, thực hiện như mô hình trình diễn;

+ Có cơ chế chính sách phù hợp để khuyến khích các hộ trong khu/cụm dân cư, các doanh nghiệp đầu tư các thành phần có trong mô hình;

+ Hỗ trợ kinh phí hàng năm cho mỗi hộ trong việc thực hiện quá trình ủ phân như kinh phí mua chế phẩm vi sinh, kinh phí nạo vét bùn, kinh phí mua dụng cụ ủ phân theo Bảng 2. Nguồn kinh phí hỗ trợ có thể trích từ nguồn ngân sách Nhà nước căn cứ theo các thông tư và nghị định như: Thông tư số 53/2022/TT-BTC quy định quản lý và sử dụng kinh phí sự nghiệp từ nguồn ngân sách Trung ương thực hiện Chương trình mục tiêu quốc gia xây dựng nông thôn mới giai đoạn 2021-2025, Thông tư số 55/2023/TT-BTC quy định quản lý, sử dụng và quyết toán kinh phí sự nghiệp từ nguồn ngân sách Nhà nước thực hiện các Chương trình mục tiêu quốc gia giai đoạn 2021-2025 và Nghị định số 57/2018/NĐ-CP của Chính phủ về cơ chế, chính sách khuyến khích doanh nghiệp đầu tư vào nông nghiệp, nông thôn.

**4. KẾT LUẬN**

Việc xây dựng mô hình sinh thái khép kín là cần thiết đối với hoạt động sinh kế của hộ nuôi và chế biến cá lóc được khảo sát. Các thành phần hạng mục trong mô hình được thiết kế nhằm quản lý dòng thải phát sinh từ hoạt động sinh kế của hộ theo hướng tận dụng nguồn tài nguyên tại chỗ. Bên cạnh đó, các giải pháp được đề xuất để nhằm phát huy vai trò của các chủ thể trong quá trình vận hành mô hình cũng như trong việc khuyến khích các hộ dân tham gia xây dựng mô hình sinh thái khép kín phục vụ cho hoạt động sinh kế ở mỗi hộ dân. Tuy nhiên, nghiên cứu chưa đề cập đến quá trình trao đổi của các dòng dưỡng chất N và P trong quá trình chế biến và sấy cá lóc khô trong mô hình được nghiên cứu. Do đó, cần các nghiên cứu tiếp theo để phân tích quá trình trao đổi của các dòng dưỡng chất N và P với môi trường xung quanh.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ Đề tài độc lập cấp Quốc gia mã số ĐTĐL.CN-71/21 với tên đề tài là “Nghiên cứu các giải pháp phát triển sinh kế bền vững

cho các cộng đồng dân cư nông thôn tỉnh An Giang, gắn với sử dụng hợp lý tài nguyên, quản lý chất thải và bảo vệ môi trường” ■

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Deininger, K. and Olinto, P. 2001. Rural Nonfarm Employment and Income Diversification in Colombia. *World Development* 29(3), 455-465.
2. Hùng, V.V. 2019. Việc làm phi nông nghiệp và tăng trưởng thu nhập hộ gia đình nông thôn Việt Nam. *Kinh tế và Phát triển* (Số 261 ), 91-98.
3. Li, Y., Wang, H., Zeng, Q., Jeppesen, E., Gu, X. and Yan, J. 2025. Insight into greenhouse gas emission in freshwater aquaculture ponds in Jiangsu Province: Variation due to species used and ponds management practice. *Journal of Environmental Sciences*.
4. Nguyễn Thị Phương Thảo, L.T.H. 2017. Đề xuất mô hình cộng sinh công - nông nghiệp hướng tới phát triển bền vững áp dụng điển hình cho cơ sở sản xuất bánh tráng tại Củ Chi TP. Hồ Chí Minh. *Tạp chí Môi trường* (Tháng 4), 23-27.
5. Otsuka, K. and Yamano, T. 2006. Introduction to the special issue on the role of nonfarm income in poverty reduction: evidence from Asia and East Africa. *Agricultural Economics* 35(s3), 393-397.
6. Peng, K., Chen, Y. and Chen, Y. 2020. Land transfer in rural China: incentives, influencing factors and income effects. *Applied Economics* 52(50), 5477-5490.
7. Rantšo, T.A. 2016. The role of the non-farm sector in rural development in Lesotho. *The Journal of Modern African Studies* 54(2), 317-338.
8. Reardon, T. 1997. Using evidence of household income diversification to inform study of the rural nonfarm labor market in Africa. *World Development* 25(5), 735-747.
9. Tran, T. 2013. A review on the link between nonfarm activities, land and rural livelihoods in Vietnam and developing countries, *University Library of Munich, Germany*.
10. Viện Môi trường và Tài nguyên (2015). Nghiên cứu phát triển công nghệ và giải pháp quản lý môi trường, ngăn ngừa và xử lý ô nhiễm môi trường tại một số làng nghề vùng đồng bằng sông Cửu Long.



# KHẢ NĂNG PHÂN HỦY PAH<sub>S</sub> BẰNG MÔ HÌNH Ủ HIẾU KHÍ BỔ SUNG *BACILLUS SUBTILIS*

TRẦN ĐỨC SON<sup>1,2</sup>, PHAN XUÂN THẠNH<sup>1</sup>, ĐẶNG VŨ BÍCH HẠNH<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Trung tâm Quản lý hạ tầng kỹ thuật, Sở Xây dựng TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Công nghiệp hóa và quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng làm gia tăng sự có mặt của các chất ô nhiễm khác nhau trong môi trường, trong đó có hydrocarbon thơm đa vòng (PAHs). Với đặc tính vốn có, PAHs là những chất ô nhiễm có tính bền vững cao và độc tính sinh học đáng kể, vì vậy, việc giảm ô nhiễm PAHs từ môi trường đã trở thành mối quan tâm toàn cầu. Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định khả năng giảm nguy cơ lan truyền ô nhiễm PAHs từ nguồn bùn của kênh rạch Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM) bằng phương pháp ủ hiếu khí có bổ sung *Bacillus subtilis* (nồng độ ban đầu là 106 CFU/ml) ở quy mô phòng thí nghiệm, tỷ lệ C:N=20:1 điều chỉnh bằng cỏ gừng, trấu lò hơi và phương pháp thu thập, xử lý số liệu. Kết quả cho thấy, nhiệt độ đạt cao nhất (50 – 65°C), pH giảm dần theo thời gian ủ, độ ẩm cao nhất (>60%) trong 10 ngày đầu và hàm lượng chất hữu cơ (OM) giảm mạnh từ ngày 0 – 36 (trung bình 64% tới 35%). Hiệu quả xử lý PAHs bằng phương pháp ủ hiếu khí có kết quả thấp nhất là 29,2% so với cao nhất là 64,8%, hiệu quả tại lò đối chứng chỉ đạt 16,2%.

Từ khóa: PAHs, bùn kênh rạch, ủ hiếu khí, phân hủy PAHs, *Bacillus subtilis*.

Ngày nhận bài: 28/5/2025; Ngày sửa chữa: 17/6/2025; Ngày duyệt đăng: 26/6/2025.

## Enhancement of PAHs degradation capacity through aerobic composting with the incorporation of *Bacillus subtilis*

### Abstract

The swift progression of industrial growth and urban expansion has led to a heightened prevalence of diverse pollutants within our surroundings, notably polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Owing to their intrinsic properties, PAHs prove to be remarkably persistent contaminants with considerable biotoxic effects, prompting a worldwide effort to mitigate PAH pollution. This research aimed to explore the feasibility of curtailing PAH contamination from the sludge associated with the canals of Ho Chi Minh city via an aerobic incubation approach augmented with *Bacillus subtilis* (initial concentration of 106 CFU/ml) at a laboratory scale, utilizing a C:N ratio of 20:1, with adjustments made using ginger grass and boiler rice husk, alongside comprehensive data collection and analytical techniques. Findings indicated that temperatures peaked (50–65°C), the pH level steadily declined over time, moisture content soared (>60%) during the first ten days, and organic matter (OM) experienced a significant reduction from day 0 to day 36 (averaging from 64% to 35%). The treatment efficacy for PAHs via the aerobic incubation method ranged from a low of 29.2% to a high of 64.8%, with the control sample achieving merely 16.2% effectiveness.

Keywords: PAHs, canal sediment, composting, PAHs degradation.

JEL Classifications: Q51, Q57, Q55.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) là nhóm hợp chất hữu cơ độc hại, tồn tại phổ biến trong trầm tích môi trường do đặc tính kỵ nước, có thể gây hại cho cộng đồng sinh vật đáy [1], gây ung thư, độc tính thần kinh, rối loạn nội tiết và sinh sản, các bệnh liên quan tim mạch [2][3][4][5]. Công nghiệp hóa và quá trình đô thị hóa diễn ra nhanh chóng gia tăng sự có mặt của các chất ô nhiễm khác nhau trong môi trường, trong đó có hydrocarbon thơm đa vòng (PAHs) [5]. Với đặc tính vốn có, PAHs là những chất ô nhiễm có tính bền vững cao và độc tính sinh học đáng kể; giảm ô nhiễm

PAHs từ môi trường đã trở thành mối quan tâm toàn cầu. Các chất ô nhiễm PAHs được phát hiện trong các hệ sinh thái nước và đất cũng như trong không khí [6]. Tốc độ lắng đọng của PAHs được ghi nhận là gia tăng trong đất và trầm tích [7][8]. Ô nhiễm PAHs trong đất có thể được phân loại thành ba mức độ, cụ thể: không ô nhiễm ( $\Sigma$ PAH <200 ng.g-1), ô nhiễm nhẹ (PAH 200, 600 ng.g-1), ô nhiễm nặng (PAH > 1,000 ng.g-1)[9]. Nghiên cứu tại các khu vực ven biển Việt Nam như sông Sài Gòn (Nguyen et al., 2022) ghi nhận nồng độ PAHs trong trầm tích lên tới 5,200–12,400 ng/g, vượt tiêu chuẩn an toàn của Canada (ISQG: 22.7 ng/g) [41]. Tại Việt Nam, PAHs trong môi trường đã và đang được

quan tâm nghiên cứu trong không khí [10], bụi đường phố [11][12], nước sông [13], đất trầm tích [14], động vật đáy [15].

Do nguy cơ tích lũy PAHs trong môi trường sẽ gây tác hại tới con người nói riêng và hệ sinh thái nói chung, do đó việc nghiên cứu nhằm giảm PAHs bằng các phương pháp khác nhau trở thành mục tiêu hàng đầu hiện nay trên thế giới. Nhiều loại vi khuẩn có khả năng phân hủy chất ô nhiễm hữu cơ như *Enterobacter*, *Paenibacillus* spp., và *Pseudomonas* spp. đã được lựa chọn nghiên cứu [18][19]. Những vi khuẩn này có khả năng phân hủy vượt trội hơn so với vi sinh vật tại chỗ trong các điều kiện nhất định, cải thiện hiệu suất do bổ sung các chủng vi khuẩn [20].

Trong vài thập kỷ qua, các nghiên cứu đã phát triển ít nhất năm phương pháp tiếp cận khác nhau sử dụng các sinh học để xử lý PAHs trong đất. Các phương pháp này là: ủ compost [21][22][23][24], cải tạo đất (landfarming), tăng cường sinh học (bioaugmentation) [25][26], kích thích sinh học (biostimulation) [27]. Việc sử dụng phân hữu cơ và ủ phân hữu cơ cải thiện đáng kể việc loại bỏ PAH trong đất bị ô nhiễm [28]. Việc bổ sung phân hữu cơ thúc đẩy đáng kể việc loại bỏ PAH và ankan lên tới 88% sau 50 ngày ủ ở nhiệt độ ưa ấm (28°C), so với quá trình phân hủy sinh học tự nhiên của hydrocarbon trong đất không có phân hữu cơ [29]. Dựa trên các kết quả nghiên cứu trước về sự ô nhiễm của PAHs ngày càng tăng trong môi trường, đặc biệt bùn thải, nghiên cứu này tập trung xác định khả năng xử lý PAHs bằng công nghệ đơn giản hướng tới phát triển rộng rãi với chi phí thấp và khả thi. Phương pháp nghiên cứu ở đây có sự khác biệt với các nghiên cứu trước đây là thực hiện xử lý PAHs bằng phương pháp ủ có bổ sung *Bacillus subtilis*, tỷ lệ ủ ban đầu được điều chỉnh có tỷ lệ C/N là 20:1, với chất nền bổ sung là các phế phẩm tận dụng từ lò hơi và cỏ lá gừng thu gom từ các sân trạm xử lý nước thải nhằm xác định hiệu quả xử lý PAHs bằng phương pháp đơn giản có bổ sung vi sinh vật chủ động. Nghiên cứu này tập trung vào việc theo dõi sự thay đổi của các yếu tố như pH, nhiệt độ, OM, độ ẩm, hiệu quả xử lý PAHs tổng của phương pháp ủ hiếu khí. Từ đó xác định các tương quan làm tiền đề cho vận hành trong thực tiễn sau này.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

**Bùn:** được lấy từ hệ thống thoát nước tại TP. HCM trong mùa mưa, theo 10 lưu vực. Bùn được trộn lên và đem đi phân tích thành phần ban đầu: pH = 7,5; Độ ẩm (%) = 65%; OM (%) = 63%; As (mg/kg) = KPH;

Cd (mg/kg) = KPH; Hg (mg/kg) = KPH; Pb (mg/kg) = KPH; E.coli (MPN/100ml) = 2,3\*10<sup>4</sup>; Salmonella spp. (MPN/25ml) = KPH; PAHs gồm Acenaphthen = 51ug/kg; Chryren=26,5ug/kg; Fluoranthene = 15,8ug/kg; Fluorene = 98,3ug/kg; Naphthalene = 225,0ug/kg; Phenanthrene =21ug/kg; Pyrene=12,3ug/kg. Kết quả phân tích bùn cho thấy, kim loại nặng không phát hiện có mặt trong bùn kênh rạch nên yếu tố này không cần theo dõi (\*KPH: Không phát hiện).

**Chất nền bổ sung:** cung cấp cân bằng tỷ lệ C/N, tỷ lệ C/N ban đầu được tính toán bổ sung là 20:1, nhằm cung cấp nguồn năng lượng cho vi sinh vật, bao gồm: (i) Tro trấu: thu gom từ các lò hơi đã thải bỏ; (ii) Cỏ lá gừng: Tận dụng thu gom từ các bãi cỏ của Nhà máy xử lý nước thải Bình Hưng.

**Men:** (i) chế phẩm vi sinh là Emuniv, theo tỷ lệ của nhà sản xuất là 0,02%. (ii)Nghiên cứu này bổ sung *Bacillus subtilis*, mua từ Trung tâm Kiểm nghiệm Vệ sinh Thực phẩm khu vực phía Nam. Sau đó, được tăng sinh tại phòng thí nghiệm sử dụng môi trường Luria-Bertani broth đạt được nồng độ 106 CFU/mL [30].

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Bố trí thí nghiệm ủ phân hiếu khí trong xử lý PAHs quy mô phòng thí nghiệm

Nghiên cứu này tiến hành bố trí thí nghiệm như Bảng 2.1, lò đối chứng được thiết kế không bổ sung vi sinh vật nhằm đánh giá hoạt động của vi sinh vật nội tại, giữ nguyên như tự nhiên ngoài thực tiễn.

Các tỷ lệ phối trộn và bổ sung *Bacillus subtilis* nhằm đánh giá hiệu quả của việc phối trộn và bổ sung vi sinh vật.

Mô hình thí nghiệm ở quy mô phòng thí nghiệm sử dụng cho nghiên cứu là dạng thùng nhựa hình chữ nhật, kích thước: D x L x H = 32cm x 52cm x 27cm.

#### 2.2.2. Thu thập và xử lý số liệu

Số liệu theo dõi được tính toán phần mềm Microsoft Excel, phân tích tương quan bằng Sigma Plot 11.

Sau khi nhận được kết quả từ thí nghiệm thăm dò ban đầu, tiến hành xác định các thông số quy hoạch thực nghiệm theo Bảng ma trận (Bảng 2.2).

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đánh giá khả năng phân hủy PAHs trong bùn thải từ quá trình ủ hiếu khí kết hợp men vi sinh

#### 3.1.1. Diễn biến nhiệt độ trong các mô hình ủ

Sự thay đổi nhiệt độ theo thời gian (42 ngày) trong các mô hình thí nghiệm khác nhau trong Hình 3.1 nhằm so sánh hiệu suất nhiệt giữa các nhóm. Các

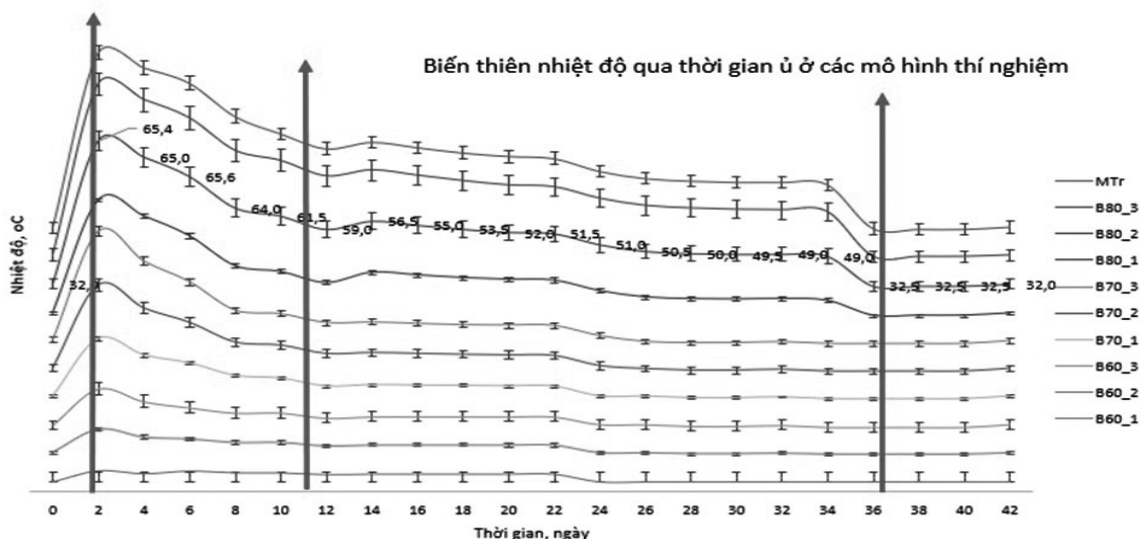


**Bảng 2.1. Bố trí thí nghiệm ủ phân hiếu khí trong xử lý PAHs quy mô phòng thí nghiệm**

STT	Tên mô hình	Bùn (%)	Chất bổ sung			Bacillus subtilis (%)
			Cỏ lá gừng (%)	Tro trấu (%)	Men thương mại (%)	
1	B60_1	60	40	0,1	0,02	0,01
2	B60_2	60	40	0,1	0,02	0,015
3	B60_3	60	40	0,1	0,02	0,02
4	B70_1	70	30	0,1	0,02	0,01
5	B70_2	70	30	0,1	0,02	0,015
6	B70_3	70	30	0,1	0,02	0,02
7	B80_1	80	20	0,1	0,02	0,01
8	B80_2	80	20	0,1	0,02	0,015
9	B80_3	80	20	0,1	0,02	0,02
10	Mtr (Đối chứng)	80	20	0,1	0	0

**Bảng 2.2. Bảng ma trận quy hoạch thực nghiệm**

Số thứ tự thí nghiệm	Bước nhảy	Yếu tố X <sub>1</sub>	Yếu tố X <sub>2</sub>	Yếu tố X <sub>3</sub>	Yếu tố X <sub>4</sub>
n	$\lambda_1$	+1	+1	+1	+1
1+n	$\lambda_2$	-1	-1	-1	-1
		0	0	0	0

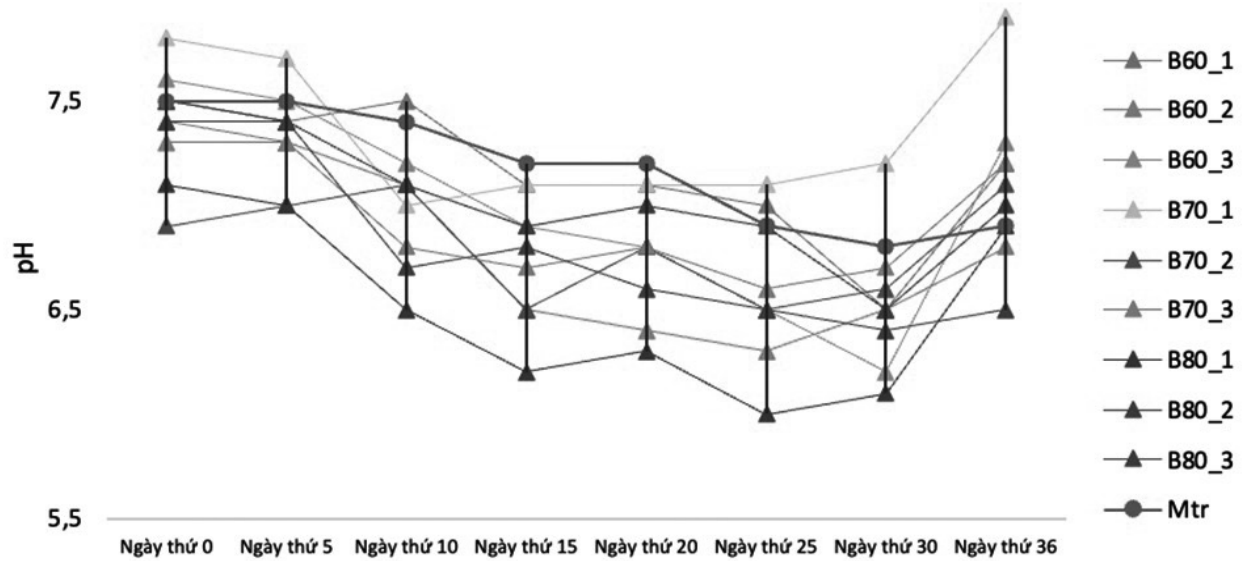


**Hình 3.1. Biến thiên giá trị nhiệt độ của các mô hình thí nghiệm**

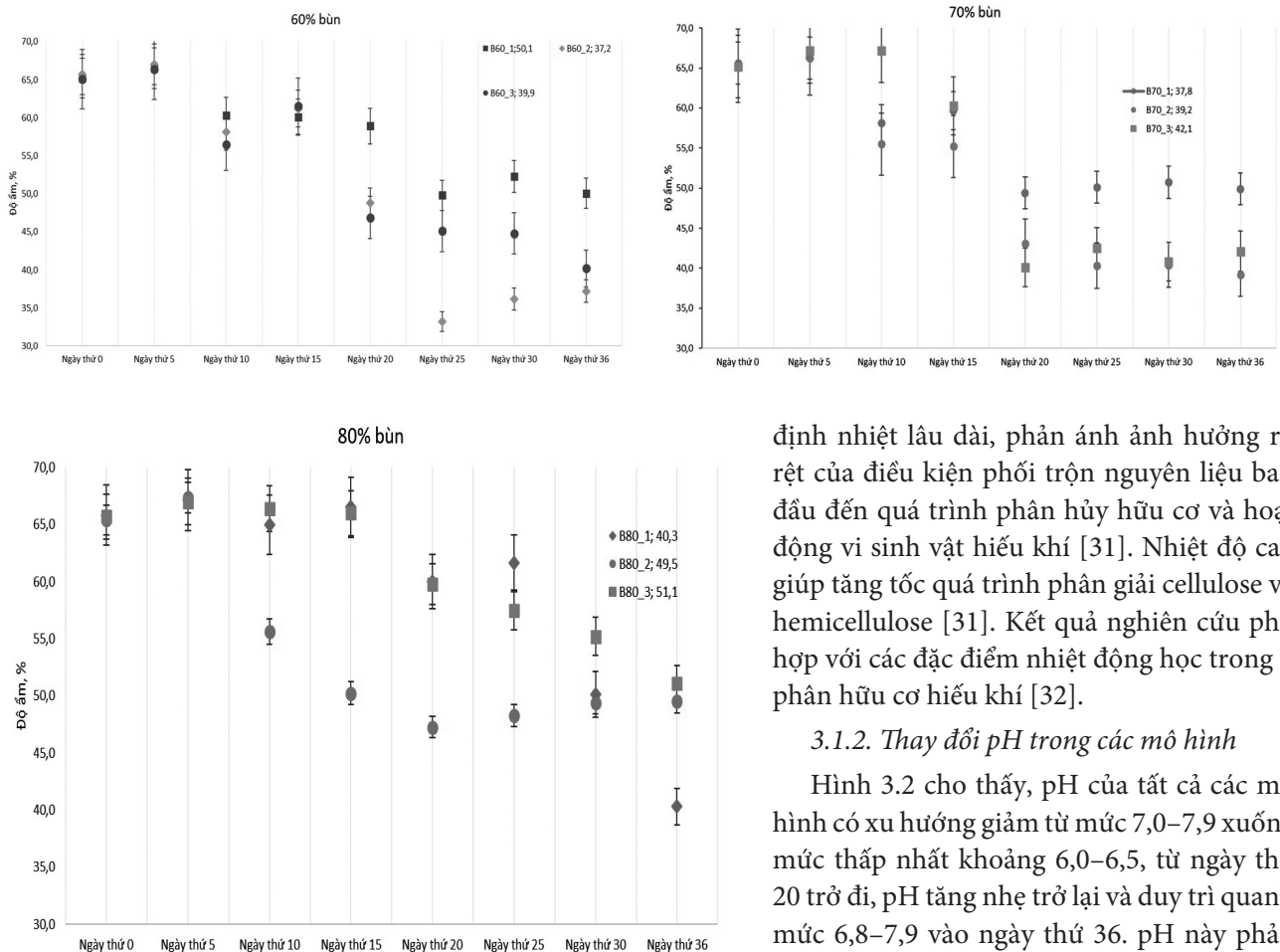
mô hình B60/B70/B80 có chung xu hướng tăng nhiệt nhanh ở giai đoạn đầu (do hoạt động vi sinh mạnh), sau đó giảm dần. Mức tăng ban đầu khác biệt rõ rệt: B80 > B70 > B60 so với MTr là nhiệt độ môi trường. Khoảng sai số lớn ở giai đoạn đầu có thể do quá trình lên men không đồng nhất.

Giai đoạn 0-15 ngày: Hiện tượng tăng nhiệt mạnh ở B80 (có thể do phản ứng phân hủy sinh học tỏa nhiệt). Sau 20 ngày: Cân bằng nhiệt đạt được khi tốc độ sinh nhiệt tương đương tốc độ tỏa nhiệt ra môi trường. B80 có tiềm năng ứng dụng trong xử lý chất thải cần nhiệt độ cao; B60 phù hợp cho các quy trình cần ổn

### BIẾN ĐỘNG pH TRONG CÁC THÍ NGHIỆM



Hình 3.2. Biến thiên giá trị pH của các mô hình thí nghiệm

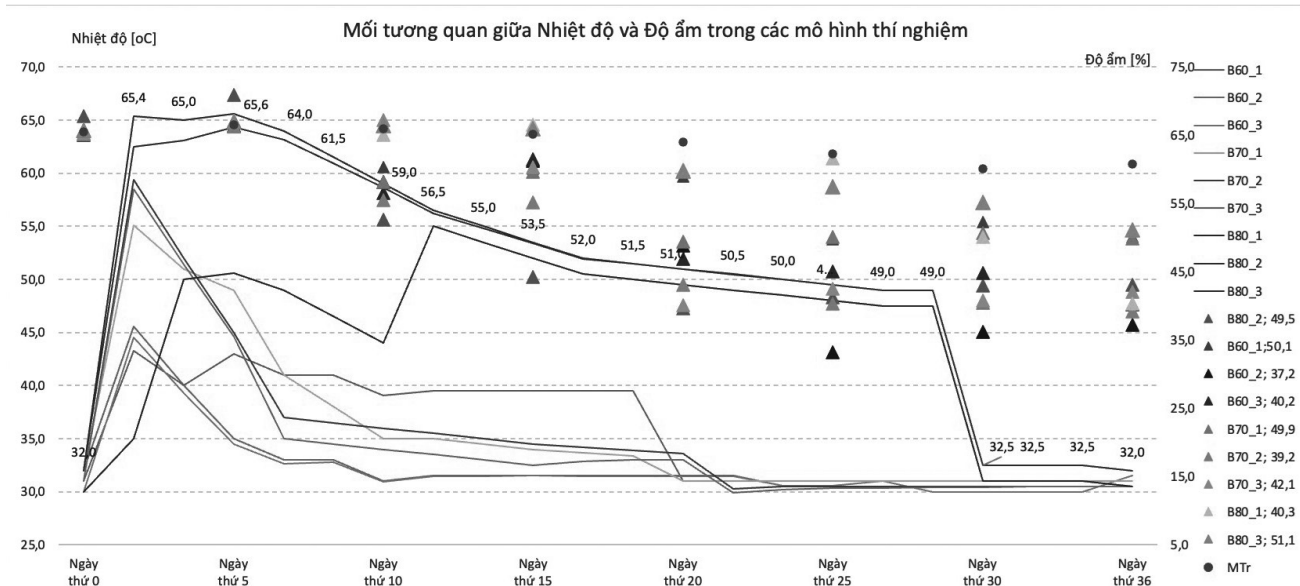


Hình 3.3. Biến thiên giá trị độ ẩm của các mô hình thí nghiệm

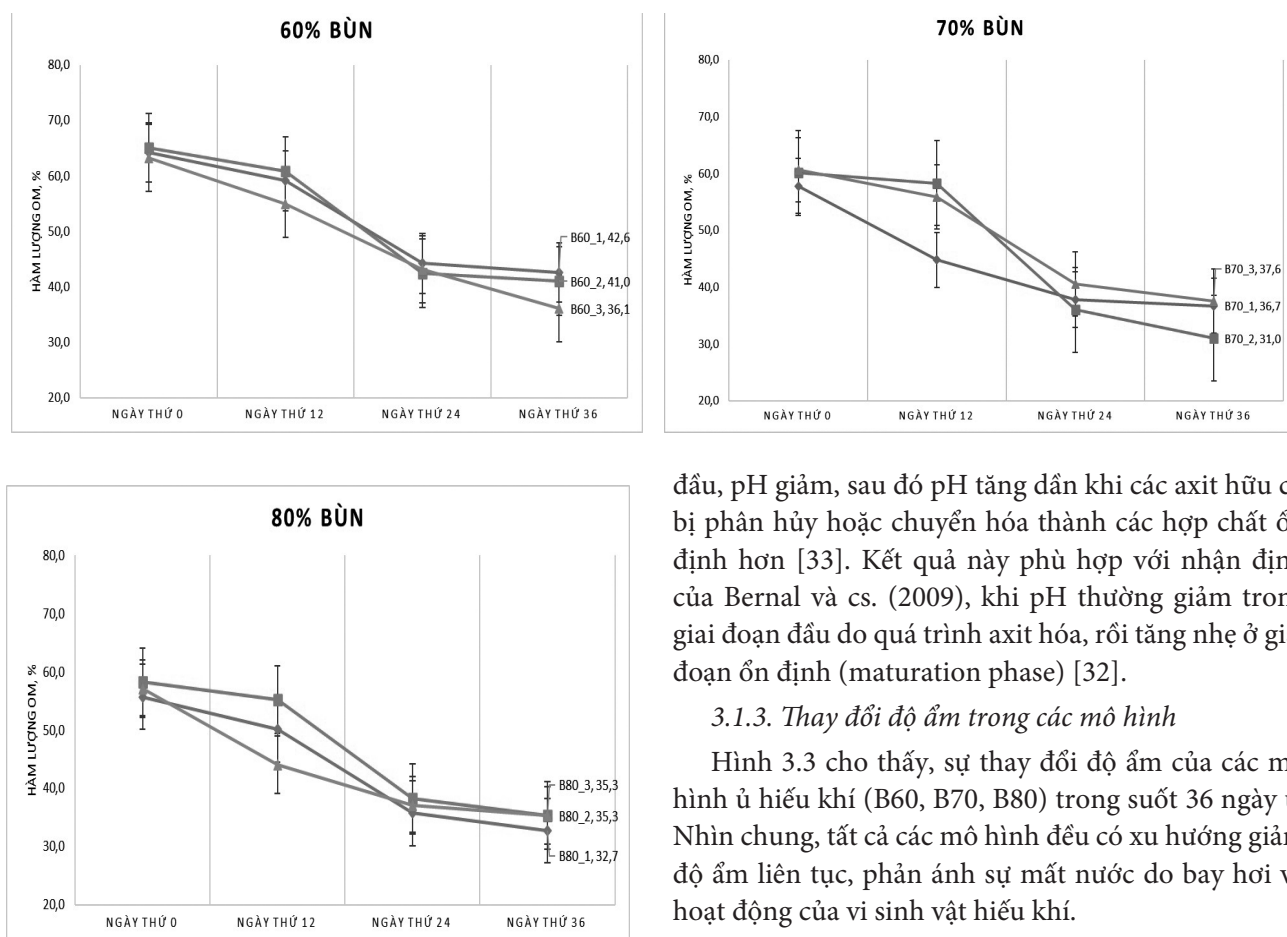
định nhiệt lâu dài, phản ánh ảnh hưởng rõ rệt của điều kiện phối trộn nguyên liệu ban đầu đến quá trình phân hủy hữu cơ và hoạt động vi sinh vật hiếu khí [31]. Nhiệt độ cao giúp tăng tốc quá trình phân giải cellulose và hemicellulose [31]. Kết quả nghiên cứu phù hợp với các đặc điểm nhiệt động học trong ủ phân hữu cơ hiếu khí [32].

#### 3.1.2. Thay đổi pH trong các mô hình

Hình 3.2 cho thấy, pH của tất cả các mô hình có xu hướng giảm từ mức 7,0–7,9 xuống mức thấp nhất khoảng 6,0–6,5, từ ngày thứ 20 trở đi, pH tăng nhẹ trở lại và duy trì quanh mức 6,8–7,9 vào ngày thứ 36. pH này phản ánh quá trình phân giải các chất hữu cơ dễ phân hủy thành axit hữu cơ trong giai đoạn



Hình 3.4. Mối tương quan giữa nhiệt độ và độ ẩm trong các mô hình thí nghiệm



Hình 3.5. Biến thiên giá trị hàm lượng chất hữu cơ của các mô hình thí nghiệm

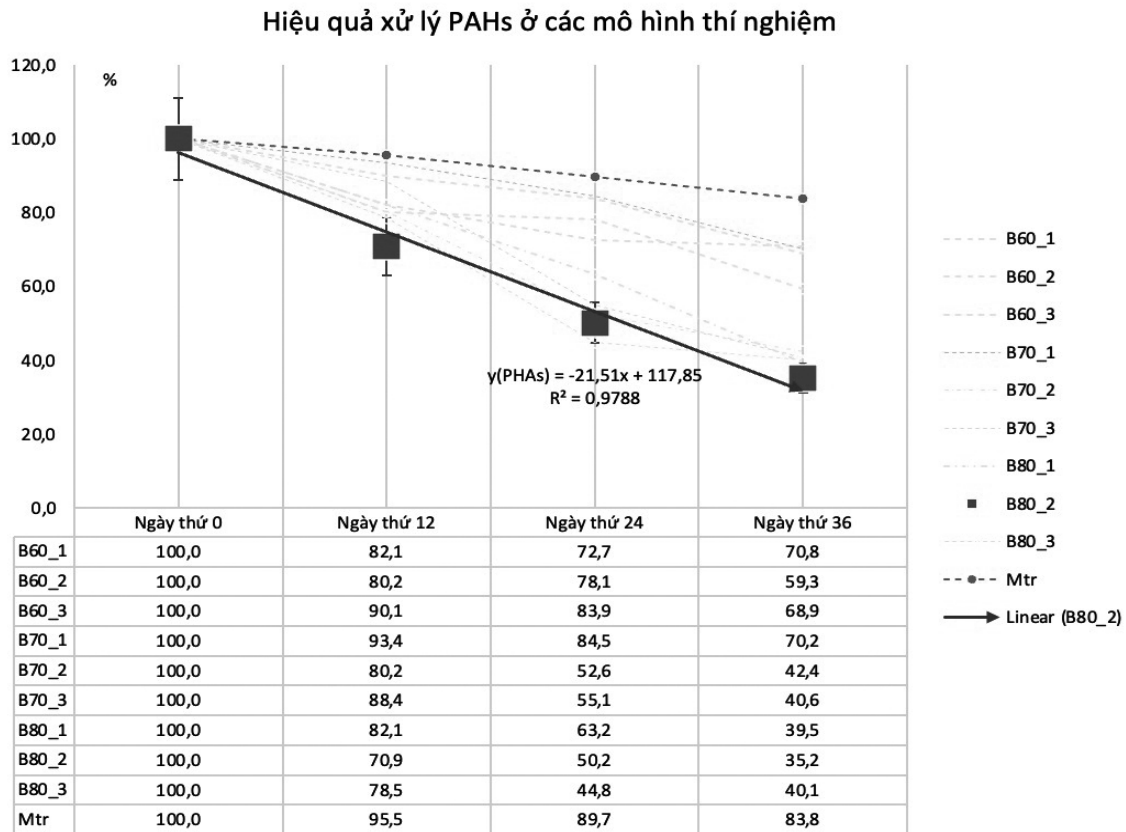
đầu, pH giảm, sau đó pH tăng dần khi các axit hữu cơ bị phân hủy hoặc chuyển hóa thành các hợp chất ổn định hơn [33]. Kết quả này phù hợp với nhận định của Bernal và cs. (2009), khi pH thường giảm trong giai đoạn đầu do quá trình axit hóa, rồi tăng nhẹ ở giai đoạn ổn định (maturation phase) [32].

### 3.1.3. Thay đổi độ ẩm trong các mô hình

Hình 3.3 cho thấy, sự thay đổi độ ẩm của các mô hình ủ hiếu khí (B60, B70, B80) trong suốt 36 ngày ủ. Nhìn chung, tất cả các mô hình đều có xu hướng giảm độ ẩm liên tục, phản ánh sự mất nước do bay hơi và hoạt động của vi sinh vật hiếu khí.

Đặc biệt, mô hình B60\_2 có mức giảm độ ẩm mạnh nhất (từ 65,7% xuống 37,2%), cho thấy sự mất nước hiệu quả nhất trong nhóm này.

Mối tương quan giữa nhiệt độ và độ ẩm trong



Hình 3.6. Khả năng phân hủy PAH tổng số

các mô hình thí nghiệm được trình bày trong Hình 3.4 cho thấy, nhiệt độ và độ ẩm có mối tương quan nghịch trong phần lớn thời gian thí nghiệm. Sự thay đổi của độ ẩm và nhiệt độ đều có sự khác biệt rõ rệt so với lô đối chứng, ở lô đối chứng nhiệt độ và độ ẩm đều ít biến động hơn, do ít có sự tham gia của hoạt động vi sinh vật.

#### 3.1.4. Thay đổi hàm lượng chất hữu cơ trong các mô hình

Hàm lượng chất hữu cơ (OM) của các mô hình ủ hiếu khí trong Hình 3.5 cho thấy, OM giảm đáng kể trong quá trình ủ hiếu khí 36 ngày. Mô hình B80\_1 có mức giảm OM mạnh nhất, còn 32,7%, cho thấy khả năng phân hủy chất hữu cơ tốt hơn trong điều kiện tỷ lệ bùn cao.

Sự suy giảm hàm lượng chất hữu cơ là do hoạt động của vi sinh vật hiếu khí, tiêu thụ chất hữu cơ để phân hủy để tạo năng lượng và duy trì sự phát triển. Điều này phù hợp với nhận định của Awasthi và cs. (2014), khi OM giảm mạnh trong giai đoạn nhiệt độ cao, chứng tỏ quá trình phân hủy chất hữu cơ diễn ra mạnh mẽ [33]. Theo Liang và cs. (2003), OM giảm ổn định cũng phản ánh quá trình ổn định sinh học của compost [31]. Haug (2018) cũng chỉ ra rằng, giảm hàm lượng chất hữu cơ là chỉ tiêu quan trọng đánh giá

mức độ ổn định của compost, khi tỷ lệ OM giảm dưới 40% thường gắn với sản phẩm compost có chất lượng tốt và an toàn môi trường [34].

Ở Hình 3.1 nhiệt độ tăng nhanh ở ngày thứ hai nhưng OM giảm chậm (Hình 3.5) ở những ngày sau đó, điều này phù hợp với [35], giai đoạn đầu các vi khuẩn và nấm ưa nhiệt khống chế quần thể khối ủ, xảy ra phản ứng thủy phân, phân giải nhanh carbohydrate làm sinh nhiệt mạnh. Sau 2 ngày vi sinh ưa nhiệt tiếp tục phân hủy các chất khó phân hủy hơn như cellulose, lignin làm tốc độ phân hủy OM chậm lại [36], ngoài ra nhiệt độ cao trên 60°C làm một số vi sinh bị bất hoạt làm giảm hiệu suất phân hủy [37].

#### 3.1.5. Khả năng phân hủy PAH tổng số trong quá trình ủ

Dựa trên kết quả thu được, Hình 3.6, cho thấy hiệu suất xử lý PAHs có sự khác biệt đáng kể giữa các mô hình. Nhìn chung, nồng độ PAHs giảm theo thời gian ở tất cả các mô hình, với hiệu suất dao động từ 29,2% đến 64,8% sau 36 ngày. Đáng chú ý, các mô hình có tỷ lệ bùn cao hơn (80%) như B80\_2 và B80\_1 đạt hiệu suất xử lý cao nhất, lần lượt là 64,8% và 60,5%. Điều này cho thấy, việc tăng tỷ lệ chất nền (bùn) tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển và



**Bảng 3.1. Tương quan Pearson R**

Biến số	Hệ số R	Ý nghĩa
pH – Nhiệt độ	-0.78	Nhiệt độ càng cao, pH càng giảm (mạnh nhất ở B80).
pH – Độ ẩm	+0.62	Độ ẩm cao giúp ổn định pH, nhưng tác động yếu hơn nhiệt độ.
pH – OM	+0.71	OM phân hủy làm giảm pH; mất OM càng nhanh, thúc đẩy pH giảm càng mạnh.
Nhiệt độ – OM	-0.85	Nhiệt độ cao đẩy nhanh phân hủy OM (rất mạnh).

hoạt động của vi sinh vật, từ đó nâng cao khả năng phân hủy PAHs. Bên cạnh đó, tỷ lệ bổ sung Bacillus subtilis cũng ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất xử lý. Khi tăng nồng độ bổ sung từ 0,01% đến 0,02%, hiệu suất xử lý PAHs theo khuynh hướng tăng lên, đặc biệt ở mô hình B80.

Tuy nhiên, hiệu quả không phải lúc nào cũng tỷ lệ thuận với liều lượng, ví dụ như B60\_3 (0,02%) có hiệu suất thấp hơn B60\_2 (0,015%), cho thấy hiệu quả xử lý còn phụ thuộc vào sự tương tác giữa mật độ vi sinh vật, nguồn dinh dưỡng và điều kiện môi trường trong bùn. Trong các nghiệm thức thì B80\_2 với tỷ lệ bùn là 80%, bổ sung 0,015% Bacillus subtilis có hiệu quả phân hủy PAHs cao nhất, sau ngày thứ 36 hàm lượng PAHs còn lại là 35,2ug/kg (hiệu quả xử lý đạt 64,8%). Nhằm xác định tương quan hồi quy, các yếu tố được lập ma trận và kết quả phương trình hồi quy tuyến tính của quá trình phân hủy tuân theo hàm số sau:

$$y \text{ (PAHs)} = -21,51x + 117,85 \text{ với } R^2 = 0,9788$$

Kết quả nghiên cứu này phù hợp với Haritash và Kaushik (2009) cho rằng vi khuẩn như Bacillus subtilis có khả năng phân hủy PAHs hiệu quả nhờ sản sinh enzyme như oxygenase và dehydrogenase, hỗ trợ phá vỡ cấu trúc vòng thơm bền vững của PAHs [38]. Nghiên cứu của Li và cs. (2021) cũng chỉ ra hiệu suất xử lý tối đa bằng ozon hóa trong bùn hoạt tính đạt khoảng 55,5% ở pH kiềm, thấp hơn so với mô hình vi sinh vật hoạt động tốt [39]. Như vậy, bổ sung Bacillus subtilis trong điều kiện tối ưu về tỷ lệ bùn và liều lượng vi sinh vật có thể mang lại hiệu quả xử lý PAHs vượt trội hơn so với các phương pháp hóa học hoặc oxy hóa đơn thuần.

Nguyên nhân chính dẫn đến sự khác biệt hiệu suất giữa các mô hình có thể xuất phát từ ba yếu tố: (i) tỷ lệ chất nền bùn, giúp cung cấp dinh dưỡng và bề mặt cho vi sinh vật hoạt động; (ii) tỷ lệ bổ sung Bacillus subtilis, ảnh hưởng đến mật độ và hiệu quả phân hủy;

và (iii) thời gian xử lý, cần đủ dài để vi khuẩn sản sinh enzyme và thích nghi với môi trường ô nhiễm. Kết quả này khẳng định tiềm năng áp dụng phương pháp sinh học, đặc biệt là sử dụng Bacillus subtilis, trong xử lý bùn thải ô nhiễm PAHs.

### 3.2. Xác định tương quan giữa các yếu tố

3.2.1. pH: Giảm dần theo thời gian (từ ~7.5 xuống ~6.5–7.0 ở ngày 36). Mẫu B80 có pH thấp nhất (6.0–6.9), trong khi B60/B70 dao động mạnh hơn. Do sự phân hủy OM sinh ra axit hữu cơ làm giảm pH. Hoặc nhiệt độ cao (đặc biệt ở B80) thúc đẩy quá trình này.

3.2.2. Nhiệt độ: B80 đạt nhiệt độ cao nhất (50–65°C) và duy trì thời gian lâu, có thể liên quan đến tốc độ phân hủy OM nhanh.

3.2.3. Độ ẩm và OM: Độ ẩm cao (>60%) trong 10 ngày đầu là yếu tố hỗ trợ vi sinh vật phân hủy OM. OM giảm mạnh từ ngày 0–36 (trung bình 64% tới 35%) (Bảng 3.1).

pH dựa trên các yếu tố:

$$y_{pH} = 8,2 - 0,05 \cdot X_{\text{nhiệt độ}} + 0,03 \cdot X_{\text{độ ẩm}} - 0,12 \cdot X_{\text{OM}}$$

(Với  $X_1$ : nhiệt độ;  $X_2$ : độ ẩm;  $X_3$ : OM)

Như vậy, yếu tố ảnh hưởng mạnh nhất đến pH là nhiệt độ và tốc độ phân hủy OM.

## 4. KẾT LUẬN

Với hiệu quả xử lý PAHs, mô hình ủ hiếu khí kết hợp men vi sinh (đặc biệt là bổ sung Bacillus subtilis) cho thấy hiệu suất phân hủy PAHs cao nhất ở tỷ lệ bùn 80% (đạt 64,8%). Nhiệt độ và độ ẩm có mối tương quan nghịch, nhiệt độ tăng mạnh ở giai đoạn đầu nhưng độ ẩm giảm theo thời gian, đặc biệt ở mô hình B80. Ngoài ra các yếu tố ảnh hưởng bao gồm tỷ lệ bùn, liều lượng Bacillus subtilis và thời gian ủ đồng thời - pH giảm nhẹ theo thời gian (từ 7.5 xuống 6.5–7.0).

Tuy nhiên, nghiên cứu chỉ tập trung vào PAHs tổng mà chưa khảo sát các thành phần khác trong PAHs. Các hoạt động nghiên cứu thời gian tới cần triển khai mô hình B80 (80% bùn) trong xử lý chất thải

công nghiệp ô nhiễm PAHs, kết hợp kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm tối ưu. Nghiên cứu thêm về khả năng kết hợp *Bacillus subtilis* với chủng vi sinh khác để nâng cao hiệu suất. Đánh giá tác động của pH đến hoạt tính vi sinh và bổ sung chất đệm để ổn định pH trong giai đoạn ủ dài ngày■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Joy A McGrath, Namita Joshua, Amanda S Bess, Thomas F Parkerton. *Review of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) Sediment Quality Guidelines for the Protection of Benthic Life. Integr Environ Assess Manag.*;15(4):505–518. doi: 10.1002/ieam.4142, 2019.
- [2] B. Beran , K. Arnolds , M. Shockley , K. Rivas , M. Medina, III , P. F. Escobar , A. Tzakis , T. Falcone , M. L. Sprague , S. Zimberg. *Livebirth and uteroplacental insufficiency in Papio hamadryas baboons with uterus angiosome perfused by bilateral uterovarian microsurgical anastomoses alone. Human Reproduction, Volume 32, Issue 9, Pages 1819–1826, https://doi.org/10.1093/humrep/dex242, 2017.*
- [3] Ann C Olsson et al. *Occupational exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and lung cancer risk: a multicenter study in Europe. Occupational and Environmental Medicine. Volume 67, Issue 2, 2010.*
- [4] Bobb Sun et al. *Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and cognition in early childhood. Environmental International, 2023.*
- [5] Mojiri, A., Zhou, J. L., Ohashi, A., Ozaki, N., and Kindaichi, T. *Comprehensive review of polycyclic aromatic hydrocarbons in water sources, their effects and treatments. Sci. Total Environ. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133971, 2019.*
- [6] Adeniji, A., Okoh, O., and Okoh, A. *Levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in the water and sediment of Buffalo River Estuary, South Africa and their health risk assessment. Arch. Environ. Con. Tox. 76, 657–669. doi: 10.1007/s00244-019-00617-w, 2019.*
- [7] Lu, X.-Y., Zhang, T., and Fang, H. H.-P. *Bacteria-mediated PAH degradation in soil and sediment. Appl. Microbiol. Biotechnol. 89, 1357–1371. doi: 10.1007/s00253-010-3072-7, 2011.*
- [8] Kuppasamy, S., Thavamani, P., Venkateswarlu, K., Lee, Y. B., Naidu, R., and Megharaj, M. *Remediation approaches for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soils: technological constraints, emerging trends and future directions. Chemosphere 168, 944–968. doi: 10.1016/j.chemosphere, 2016.10.115, 2017.*
- [9] Wu, Y., Xu, Y., and Zhou, N. *A newly defined dioxygenase system from *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1 endowed with an enhanced activity of dihydroxylation of high-molecular-weight polyaromatic hydrocarbons. Front. Env. Sci. Eng. 14:14. doi: 10.1007/s11783-019-1193-5, 2020.*
- [10] Duy, V.D. *Đánh giá ô nhiễm các hợp chất hydrocacbon thơm đa vòng benzen (PAH) trong không khí ở Hà Nội và nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe cộng đồng. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, 2017.*
- [11] Ngọc, N.T.; Kim, T.T.; Anh, D.H.; Việt, P.H.; Anh, P.T.L.; Vĩ, P.T. *Hàm lượng, sự biến thiên và mối tương quan tới phương tiện giao thông cơ giới đường bộ của PAHs trong bụi mặt đường ở Hà Nội. Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 64(6), 40–44, 2022.*
- [12] Anh, H.Q.; Takahashi, S.; Thao, D.T.; Thai, N.H.; Khiết, P.T.; Hoa, N.T.Q.; Quynh, L.T.P.; Da, L.N.; Minh, T.B.; Tri, T.M. *Analysis and Evaluation of Contamination Status of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Settled House and Road Dust Samples from Hanoi. VNU J. Sci.: Nat. Sci. Technol., 35(4), 63–71, 2019.*
- [13] Ngọc, N.T.; Kim, T.T.; Anh, P.T.L.; Anh, D.H.; Vi, P.T.; Viet, P.H. *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in road dust collected from Quang Ninh: Contamination levels and potential sources. VNU J. Sci.: Nat. Sci. Technol., 37(1), 19–27, 2021.*
- [14] Trang, V.K.; Tuấn, Đ.H. *Đánh giá hiện trạng nồng độ hợp chất Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) trong nước sông Nhuệ đoạn chảy qua các quận nội thành Hà Nội. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 740, 46–56, 2022.*
- [15] Chi, Đ.T.L. *Nghiên cứu sự tồn lưu và rủi ro môi trường của các chất hữu cơ thơm đa vòng (PAHs) trong đất rừng ngập mặn xã Đông Rui, huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh. Trường Đại học Thủy Lợi, 2018.*
- [16] Hoang, T.T.T., Luu, P.T.; Loan, T.T.C.; Dong, N.V.; Bao, L.D.; Yen, T.T.H.; Xuan Huy, D.X. *Bioaccumulation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Green Mussels (*Perna viridis*) from Cangio Area, Hochiminh City. VNU J. Sci.: Earth Environ. Sci., 36(1), 38–45. 2020.*
- [17] A. K. Haritash và C. P. Kaushik, “Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 169, pp. 1–15, 2009.



- [18] Gan S. Lau E. V. Ng H. K. J. *Hazard. Mater.* 172(2–3):532–549. doi: 10.1016/j.jhazmat.2009.07.118, 2009.
- [19] Kuppasamy S. Thavamani P. Venkateswarlu K. Lee Y. B. Naidu R. Megharaj M. *Chemosphere*. 168: 944–968, 2017.
- [20] García-Sánchez M. Košnář Z. Mercl F. Aranda E. Tlustos P. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*;147:165–174, 2018.
- [21] Semple, K.T.; Reid, B.J.; Fermor, T.R. *Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. Environ. Pollut.* 112, 269–283, 2001.
- [22] Loick, N.; Hobbs, P.J.; Hale, M.D.C.; Jones, D.L. *Bioremediation of Poly-Aromatic Hydrocarbon (PAH)-Contaminated Soil by Composting. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 39, 271–332, 2009.
- [23] Sayara, T.; Sarrà, M.; Sánchez, A. *Preliminary screening of co-substrates for bioremediation of pyrene-contaminated soil through composting. J. Hazard. Mater.* 172, 1695–1698, 2009.
- [24] Gandolfi, I.; Sicolo, M.; Franzetti, A.; Fontanarosa, E.; Santagostino, A.; Bestetti, G. *Influence of compost amendment on microbial community and ecotoxicity of hydrocarbon-contaminated soils. Bioresour. Technol.* 101, 568–575, 2010.
- [25] Hwang, S.; Cutright, T.J. *Biodegradability of aged pyrene and phenanthrene in a natural soil. Chemosphere*, 47, 891–899, 2002.
- [26] Kennedy, T.A.; Naeem, S.; Howe, K.M.; Knops, J.M.H.; Tilman, D.; Reich, P. *Biodiversity as a barrier to ecological invasion. Nature*, 417, 636–638, 2002.
- [27] *Methods for remediation of PAHs from contaminated soil*; <https://torrentlab.com/methods-for-remediation-of-PAHs-from-contaminated-soil>
- [28] Tahseen Sayara and Antoni Sánchez. *Bioremediation of PAH-Contaminated Soils: Process Enhancement through Composting/Compost. Appl. Sci.*, 10(11), 3684; <https://doi.org/10.3390/app10113684>, 2020.
- [29] Bastida, F.; Jehmlich, N.; Lima, K.; Morris, B.E.L.; Richnow, H.H.; Hernández, T.; von Bergen, M.; García, C. *The ecological and physiological responses of the microbial community from a semiarid soil to hydrocarbon contamination and its bioremediation using compost amendment. J. Proteomics* 135, 162–169, 2016.
- [30] Abdel-Shafy, H. I., Mansour, M. S. M., “A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation,” *Egyptian Journal of Petroleum*, pp. 25(1), 107–123, 2016.
- [31] Guo, R., Li, G., Jiang, T., Schuchardt, F., Chen, T., Zhao, Y., & Shen, Y., “Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost,” *Bioresource Technology*, vol. 112, p. 171–178, 2012.
- [32] Liang, C., Das, K. C., & McClendon, R. W. , “The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend,” *Bioresource Technology*, vol. 86, no. 2, p. 131–137, 2003.
- [33] Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R., “Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review,” *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 22, pp. 5444–5453, 2009.
- [34] Awasthi, M. K., Pandey, A. K., Bundela, P. S., Khan, J., & Wong, J. W. C., “Evaluation of thermophilic fungal consortium for organic municipal solid waste composting,” *Bioresource Technology*, vol. 168, p. 214–221, 2014.
- [35] Bernal, M. P., Albuquerque, J. A., & Moral, R. (2009). *Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453. DOI: 10.1016/j.biortech.,2008.
- [36] Insam, H., & de Bertoldi, M. *Microbiology of the composting process. Vol. 8*, pp. 25–48. Elsevier. DOI: 10.1016/S1478-7482(07)80004-6, 2007.
- [37] Mason, I. G. *Mathematical modelling of the composting process: A review. Waste Management*, 26(1), 3–21. DOI: 10.1016/j.wasman, 2006.
- [38] R. T. Haug, *The practical handbook of compost engineering*, Lewis Publishers, 2018.
- [39] A. K. Haritash và C. P. Kaushik, “Biodegradation aspects of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs): A review,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 169, pp. 1–15, 2009.
- [40] W. Li, N. Zhu, Y. Shen, và H. Yuan, “Towards efficient elimination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) from waste activated sludge by ozonation,” *Environmental Research*, vol. 195, pp. 1–10,, 2021.
- [41] Canadian ISQG: *The Interim Sediment Quality Guidelines*. [http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Pdf/sediment\\_summary\\_table.htm](http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/Pdf/sediment_summary_table.htm).

# ĐÁNH GIÁ RỦI RO SINH THÁI MỘT SỐ KIM LOẠI TRONG TRẦM TÍCH TẠI KHU VỰC VEN BIỂN THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG

LÊ THỊ TRINH<sup>1</sup>, NGUYỄN TRUNG HẬU<sup>2,\*</sup>, ĐỖ THỊ HIỀN<sup>1</sup>, KIỀU THỊ THU TRANG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

<sup>2</sup> Trạm Quan trắc và Phân tích Môi trường Lao động, Viện Khoa học An toàn và Vệ sinh Lao động

## Tóm tắt

Ô nhiễm kim loại trong môi trường luôn là một vấn đề môi trường cần được quan tâm, đặc biệt tại các khu vực của sông ven biển nơi tiếp nhận nhiều nguồn thải nội địa từ thượng nguồn. Hải Phòng là thành phố trực thuộc Trung ương với hệ thống cảng biển lớn nhất khu vực miền Bắc nên các hoạt động phát triển kinh tế khu vực ven biển đã và đang tạo sức ép lớn đến môi trường. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã tiến hành lấy mẫu trầm tích tại một số khu vực ven biển TP. Hải Phòng vào đầu năm 2025 nhằm đánh giá mức độ tích lũy kim loại nặng cũng như đánh giá các rủi ro của một số kim loại đến hệ sinh thái và sức khỏe con người. Kết quả đánh giá cho thấy, hàm lượng Cd tại khu vực Đồ Sơn cao hơn so với các khu vực khác và vượt giá trị giới hạn chất lượng trầm tích theo QCVN 43:2017/BTNMT từ 4,7 đến 21,8 lần. Các kim loại còn lại đều có hàm lượng nhỏ hơn giá trị giới hạn cho phép của QCVN 43:2017/BTNMT. Kết quả đánh giá rủi ro sinh thái của từng kim loại đều cho thấy mức độ rủi ro thấp và trung bình (trừ Cd tại khu vực Đồ Sơn), tuy nhiên, hệ số RQ tổng các kim loại chỉ ra mức độ mức độ rủi ro sinh thái cao tại khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Ven biển Hải Phòng, Igeo, rủi ro sinh thái, trầm tích mặt.

**Ngày nhận bài:** 27/5/2025; **Ngày sửa chữa:** 15/6/2025; **Ngày duyệt đăng:** 27/6/2025.

## Ecological risk assessment of some metals in surface sediments along coastal areas in Hai Phong city

### Abstract

Metal pollution in the environment remains a critical issue that demands attention, particularly in coastal estuaries that are exposed to significant domestic waste inflows from upstream. Hai Phong City, a centrally governed city with the largest seaport system in the northern region of Vietnam, faces considerable environmental pressure due to economic activities in its coastal areas. In early 2025, the research team collected sediment samples from various coastal regions of Hai Phong City to evaluate the extent of heavy metal accumulation and the associated risks to the ecosystem and human health. The findings revealed that the cadmium (Cd) concentration in the Do Son area was higher than in other regions, surpassing the sediment quality limit defined by QCVN 43:2017/BTNMT by factors ranging from 4.7 to 21.8. The concentrations of other metals were all within the permissible limits outlined in QCVN 43:2017/BTNMT. Ecological risk assessments for each metal indicated low to medium risk levels (except for Cd in the Do Son area), but the overall risk quotient (RQ) coefficient for the metals revealed a high level of ecological risk across the study area.

**Keywords:** Surface sediment, Coastal Hai Phong City, Ecological risk, Igeo.

**JEL Classifications:** O44, Q51, O13.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trầm tích biển là các vật liệu rắn có nguồn gốc từ lục địa hoặc sinh vật biển, tích tụ và lắng đọng xuống đáy biển qua các quá trình vật lý, hóa học và sinh học. Thành phần của trầm tích biển bao gồm khoáng vật, mảnh vụn hữu cơ, sản phẩm phân hủy sinh học, hạt bụi từ khí quyển và các chất kết tủa hóa học từ nước biển. Trầm tích biển không chỉ là nơi tích tụ vật chất địa chất mà còn giữ một vai trò đặc biệt quan trọng trong cấu trúc và chức năng của hệ sinh thái biển. Trầm tích biển là nơi sinh sống của các loài sinh vật đáy, lưu giữ và phân phối các chất dinh dưỡng, điều hoà chu trình carbon nhưng đồng thời cũng là nơi lưu giữ và phân phối các chất ô nhiễm, ghi nhận sự biến đổi môi

trường. Thông thường thành phần các lớp trầm tích gồm: Thành phần thạch học chủ yếu là bột, sét chiếm đến 80% - 90%, còn lại các thành phần cát hạt nhỏ, vụn cơ học, mùn hữu cơ chiếm khoảng 20%; thành phần hóa học chủ yếu gồm  $S_iO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , các nguyên tố kim loại như Cu, Zn, Cd, As, Pb, Hg, Cr, Sb, Mn chiếm một lượng nhỏ; thành phần khoáng vật chính gồm sét, silic oxit, chất hữu cơ, cacbonat, mảnh vụn đá và một quần thể các vi khuẩn (Trần Nghi, 2003).

Trong trầm tích, kim loại tồn tại dưới các dạng chính gồm: dạng trao đổi, dạng liên kết với cacbonat, dạng liên kết với chất hữu cơ, dạng liên kết với oxit Fe-Mn và dạng cặn dư. Phần lớn kim loại tập trung ở dạng cặn dư, với liên kết bền vững với trầm tích, trong



khi chỉ một phần nhỏ, chủ yếu ở dạng trao đổi và liên kết với cacbonat, thường dễ dàng phát huy tính độc hại của kim loại nặng và tác động đến hệ sinh thái nước cũng như hệ sinh thái trên cạn theo chuỗi thức ăn (Trịnh Thị Thủy và cộng sự, 2023). Chính vì vậy, nghiên cứu về mức độ ô nhiễm cũng như rủi ro kim loại trong trầm tích luôn cần được quan tâm của các nhà nghiên cứu và các nhà quản lý.

Ở Trung Quốc, các nhà khoa học đã thực hiện nhiều nghiên cứu về ô nhiễm kim loại nặng ở các con sông lớn như sông Hoàng Hà, sông Châu Giang, sông Dương Tử... Nghiên cứu của Xupeng Hu và cộng sự (2024) từ năm 2011 đến năm 2024 cho thấy, hàm lượng Pb, Cd và Zn tại cửa sông Dương Tử không gây ra các rủi ro sinh thái bất lợi, trong khi Cu và As đều gây ra các rủi ro sinh thái tiềm ẩn. Tại Việt Nam, hầu hết các nghiên cứu tập trung vào đánh giá nguy cơ tiềm ẩn một số kim loại nặng tại Đồng bằng sông Cửu Long (Wilbers GJ và cộng sự, 2014), sông Hồng (Hien NTT và cộng sự, 2016), rừng ngập mặn nhiệt đới ở Cần Giờ (Nguyen TN và cộng sự, 2019), và vùng ven biển ở miền Nam (Costa-Böddeker S và cộng sự, 2017). Nghiên cứu của Hoài Nhơn và cộng sự (2020) về trầm tích bề mặt tại Vịnh Hạ Long đã khảo sát 48 mẫu và xác định các kim loại nặng Cu, Pb, Zn, Cd, As. Kết quả cho thấy Cu, Pb và As vượt ngưỡng ISQG tại các vị trí gần bờ, trong khi các vị trí ngoài khơi nằm dưới ngưỡng này. Trịnh Thị Thắm và cộng sự (2022) đã thực hiện đánh giá hàm lượng kim loại Cu, Pb, Cd và Cr trong 20 mẫu trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Hồng cho thấy các giá trị đều nhỏ hơn giới hạn quy định tại Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Chất lượng trầm tích – QCVN 43:2017/BTNMT nhưng cao hơn giá trị thấp nhất có ảnh hưởng theo hướng dẫn chất lượng trầm tích tỉnh Ontario, Canada (1993) - các giá trị quy định để bảo vệ hệ thủy sinh nhằm đánh giá mức độ ô nhiễm cũng như tích lũy kim loại nặng tại khu vực nghiên cứu.

Việt Nam là quốc gia biển nằm trong khu vực Đông Nam Á. Chiều dài đường bờ biển trên 3.260 km, diện tích vùng biển trên 1 triệu km<sup>2</sup> (Bộ TN&MT, 2021). Trong đó, TP. Hải Phòng nằm ở vùng duyên hải Bắc Bộ, thuộc đồng bằng sông Hồng, có tọa độ địa lý từ 20°30' đến 21°01' vĩ độ Bắc và từ 106°23' đến 107°08' kinh độ Đông. Khu vực Đồ Sơn, cảng Đình Vũ và sông Văn Úc nằm ở phía đông nam của thành phố, giáp biển và tiếp giáp vùng vịnh Bắc Bộ. Khu vực này có đặc điểm địa hình đa dạng, Đồ Sơn là bán đảo đều núi thấp, cao trên 50 m so với mặt biển, có các bãi bùn và bãi triều rộng đáng kể. Đình Vũ là vùng bằng phẳng, bị ảnh hưởng bởi triều và xâm nhập mặn, đặc trưng bởi đất bùn và cát mỡ. Cửa sông Văn Úc có địa hình đầm phá ven biển, bãi bồi đất mềm và rừng ngập mặn.

Khu vực Đồ Sơn – cảng Đình Vũ – cửa sông Văn Úc chịu tác động đồng thời từ nhiều loại nguồn thải khác nhau, trong đó nguồn thải công nghiệp, sinh hoạt và giao thông cảng biển là đáng lưu ý nhất. Sự gia tăng các hoạt động công nghiệp và vận tải biển với sự phát triển và mở rộng quy mô của Cảng quốc tế Nam Đình Vũ sẽ là một thách thức đối với môi trường nước trong đó có trầm tích. Các nguồn này không chỉ làm gia tăng ô nhiễm hữu cơ và vi nhựa mà còn là nguồn phát tán chính của kim loại vào môi trường trầm tích biển do hoạt động của tàu thuyền có thể phát sinh kim loại từ sự thôi nhiễm kim loại, từ sự rò rỉ dầu,... Việc giám sát, phân tích và đánh giá định kỳ chất lượng trầm tích là cần thiết nhằm kiểm soát rủi ro ô nhiễm và bảo vệ hệ sinh thái biển ven bờ.

Từ những vấn đề trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm làm rõ mức độ ô nhiễm của một số kim loại nặng (Cu, Pb, Cd, Zn) và arsen (As) trong trầm tích tầng mặt tại ba khu vực ven biển thành phố Hải Phòng, bao gồm Đồ Sơn, Đình Vũ và Văn Úc. Nghiên cứu hướng tới việc (1) đánh giá hàm lượng và đặc điểm phân bố không gian của các kim loại nặng trong trầm tích, (2) phân tích chỉ số tích lũy địa chất (Igeo) và (3) đánh giá rủi ro ô nhiễm kim loại trong trầm tích. Kết quả nghiên cứu được kỳ vọng sẽ cung cấp cơ sở khoa học phục vụ công tác giám sát, quản lý và bảo vệ môi trường vùng biển Hải Phòng trong bối cảnh phát triển bền vững kinh tế biển.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, các tác giả tiến hành nghiên cứu đánh giá mức độ phân bố một số kim loại gồm Cadimi (Cd), Arsen (As), Kẽm (Zn), Đồng (Cu), Chì (Pb) trong trầm tích tầng mặt tại khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng. Các khu vực lấy mẫu gồm vùng ven biển Đồ Sơn, ven biển Cảng Đình Vũ và Cửa sông Văn Úc. Các khu vực được lựa chọn lấy mẫu nghiên cứu là những khu vực đặc trưng cho các hoạt động kinh tế chính của Hải Phòng gồm hoạt động Cảng Biển (Đình Vũ), hoạt động du lịch, thương mại (Khu vực Đồ Sơn) và hoạt động dân sinh, nuôi trồng thủy hải sản (Khu vực Văn Úc). Các vị trí lấy mẫu cách bờ biển khoảng 500 m đến 2 km, mỗi vị trí lấy mẫu cách nhau từ 2 - 5 km.

### 2.2. Khảo sát thực địa và lấy mẫu

Để có thể lựa chọn các vị trí lấy mẫu một cách chính xác, bên cạnh việc tham khảo các tài liệu về địa chất, địa hình, đặc điểm thủy văn của khu vực Hải Phòng, nhóm nghiên cứu cũng đã tiến hành khảo sát thực địa khu vực nghiên cứu trước khi thiết kế chương trình quan trắc và thực hiện lấy mẫu tại hiện trường.

Qua trình lấy mẫu trầm tích biển được thực hiện với thiết bị lấy mẫu trầm tích chuyên dụng gắn với

**Bảng 1. Thông tin vị trí lấy mẫu trầm tích**

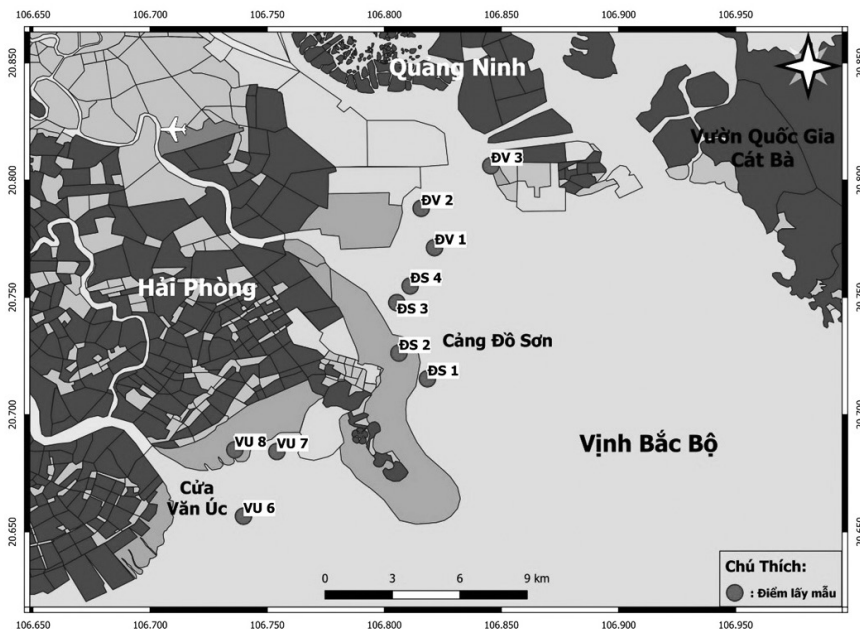
STT	Kí hiệu mẫu	Tọa độ	Tên mẫu	Mô tả vị trí
1	ĐS1	20,7147 106,8207	ĐỒ SƠN 1	Ven bãi biển Đồ Sơn
2	ĐS2	20,7258 106,8061	ĐỒ SƠN 2	Cảng Đồ Sơn
3	ĐS3	20,7474 106,8056	ĐỒ SƠN 3	Cống đê biển Tân Thành
4	ĐS4	20,7578 106,8123	ĐỒ SƠN 4	Giao cửa Lạch Tray – Cửa Đình Vũ
5	ĐV1	20,7717 106,8209	ĐÌNH VŨ 1	Phía nam KCN Đình Vũ
6	ĐV2	20,78803 106,81626	ĐÌNH VŨ 2	Gần KCN Đình Vũ
7	ĐV3	20,8061 106,8456	ĐÌNH VŨ 3	Bến phà Ninh Tiếp
8	VU6	20,658694 106,736417	VĂN ÚC 6	Cửa Văn Úc, Hải Phòng
9	VU7	20,681750 106,752167	VĂN ÚC 7	Cửa Văn Úc, Hải Phòng
10	VU8	20,684917 106,736278	VĂN ÚC 8	Cửa Văn Úc, Hải Phòng

tời phụ trợ trên thuyền lấy mẫu để hỗ trợ quá trình lấy mẫu. Phương pháp lấy mẫu được thực hiện theo hướng dẫn kỹ thuật tại TCVN 6663-19:2015 (ISO 5667-19:2004) về Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 19: Hướng dẫn lấy mẫu trầm tích biển và Thông tư 10/2021/TT-BTNMT - Thông tư quy định kỹ thuật quan trắc môi trường. Thông tin các vị trí lấy mẫu được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1.

Các mẫu trầm tích được xử lý sơ bộ tại phòng thí nghiệm bằng phương pháp hong khô tự nhiên. Mẫu trầm tích khô được xử lý sơ bộ và nghiền nhỏ theo TCVN 6647:2007. Các mẫu trầm tích được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 2 - 5°C để chờ phân tích.

**2.3. Phương pháp xử lý mẫu và định lượng một số kim loại trong mẫu trầm tích**

Mẫu trầm tích được xử lý theo hướng dẫn của EPA 3051a (1996) để xác định hàm lượng



*Hình 1. Bản đồ vị trí các điểm lấy mẫu*

một số kim loại bao gồm bao gồm Pb, Cd, As, Cu và Zn. Mẫu trầm tích khô với kích thước hạt 0,25 mm được phân huỷ bằng axit mạnh HNO<sub>3</sub> đặc và HCl đặc theo tỷ lệ 1:3 trong lò vi sóng. Hệ phản ứng diễn ra trong lò vi sóng chuyên dụng (SMW02) với chương trình nhiệt độ và tổng thời gian xử lý mẫu khoảng 17 phút. Sau khi phá mẫu, hỗn hợp được hòa tan bằng dung dịch HNO<sub>3</sub> 2% và lọc để loại bỏ cặn. Dịch lọc mẫu sau đó được chuyển vào bình định mức 50 mL và định mức đến vạch bằng dung dịch HNO<sub>3</sub> 2% (EPA, 1996). Sau đó, nồng độ các kim loại trong dung dịch mẫu được định



lượng bằng thiết bị khối phổ Plasma cảm ứng (ICP-MS) với các điều kiện đã được tối ưu trước khi tiến hành đo. Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ), mẫu lập và mẫu thêm chuẩn được thực hiện để đánh giá độ tin cậy của phương pháp phân tích theo đúng yêu cầu quy định tại Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT với tối thiểu 10% số mẫu, mẫu được lập lại 2 lần để tính RPD và độ thu hồi.

**2.4. Đánh giá rủi ro kim loại**

Để đánh giá rủi ro kim loại trong trầm tích đối với hệ sinh thái dưới nước, nghiên cứu sẽ tiến hành đánh giá mức độ tích lũy của kim loại so với giá trị kim loại nền có mặt trong tự nhiên. Kết quả đánh giá tích lũy sẽ chỉ ra hàm lượng kim loại trong trầm tích có nguồn gốc từ quá trình tự nhiên hay bị ảnh hưởng bởi các hoạt động nhân tạo. Ngoài ra, để đánh giá các tác động của kim loại đến hệ sinh thái, đánh giá mức độ rủi ro sinh thái là cần thiết.

**2.4.1. Đánh giá mức độ tích lũy một số kim loại trong trầm tích**

Chỉ số tích lũy địa chất Igeo (Index of Geoaccumulation) theo hướng dẫn G. Muller (1986) để xuất được sử dụng để đánh giá mức độ tích lũy ô nhiễm kim loại nặng. Công thức tính Igeo như sau:

$$I_{geo} = \log_2 \left( \frac{C_n}{1,5 \times B_n} \right) \quad (\text{công thức 1})$$

Trong đó:

Cn: Nồng độ kim loại nặng trong mẫu trầm tích nghiên cứu (mg/kg);

Bn: Nồng độ kim loại trung bình trong trầm tích (mg/kg), theo Karl K. Turekian và Karl Hans Wedepohl (1961) (Pb=20; Cd=0,3; As=13; Cu=45; Zn=95).

Igeo được đánh giá ở các mức không ô nhiễm (Igeo ≤ 0), ô nhiễm nhẹ (0 < Igeo ≤ 1), ô nhiễm trung bình (1 < Igeo ≤ 2), ô nhiễm trung bình đến nặng (2 < Igeo ≤ 3), ô nhiễm nặng (3 < Igeo ≤ 4, ô nhiễm nghiêm trọng (4 < Igeo ≤ 5) và ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng (Igeo > 5).

**Bảng 2. Hàm lượng kim loại nặng trong các mẫu trầm tích**

Đơn vị: mg/kg

STT	Ký hiệu mẫu	Cu	Zn	As	Cd	Pb	
1	ĐS1	28,5	58,9	11,2	84,6	39,1	
2	ĐS2	22,0	64,6	11,0	20,1	34,0	
3	ĐS3	43,2	149,3	14,2	91,8	46,0	
4	ĐS4	35,3	66,3	15,9	47,6	51,9	
5	ĐV1	12,7	47,5	4,90	1,37	14,4	
6	ĐV2	20,1	48,8	6,35	0,298	21,0	
7	ĐV3	37,9	60,6	12,4	2,46	36,9	
8	VU6	50,4	96,4	16,7	0,240	43,8	
9	VU7	29,4	77,0	10,3	0,093	28,9	
10	VU8	31,1	67,8	9,36	0,106	17,5	
QCVN 43:2017 BTNMT		Trầm tích nước mặn	108	271	41,6	4,2	112
Tiêu chuẩn Canada		ISQG	18,7	124	7,24	0,7	30,2
Tiêu chuẩn Mỹ (US - EPA)		TEC	28	159	5	0,592	34,2
		TEC	77,7	1532	33	11,7	396

**2.4.2. Đánh giá rủi ro sinh thái**

Đánh giá rủi ro sinh thái được đánh giá định tính thông qua thương số rủi ro RQ, được tính toán bằng tỉ số giữa nồng độ môi trường đo đạc được (MEC) với nồng độ dự báo ngưỡng là nồng độ không gây tác động lên đối tượng (PNEC).

$$RQ = \frac{MEC}{PNEC}$$

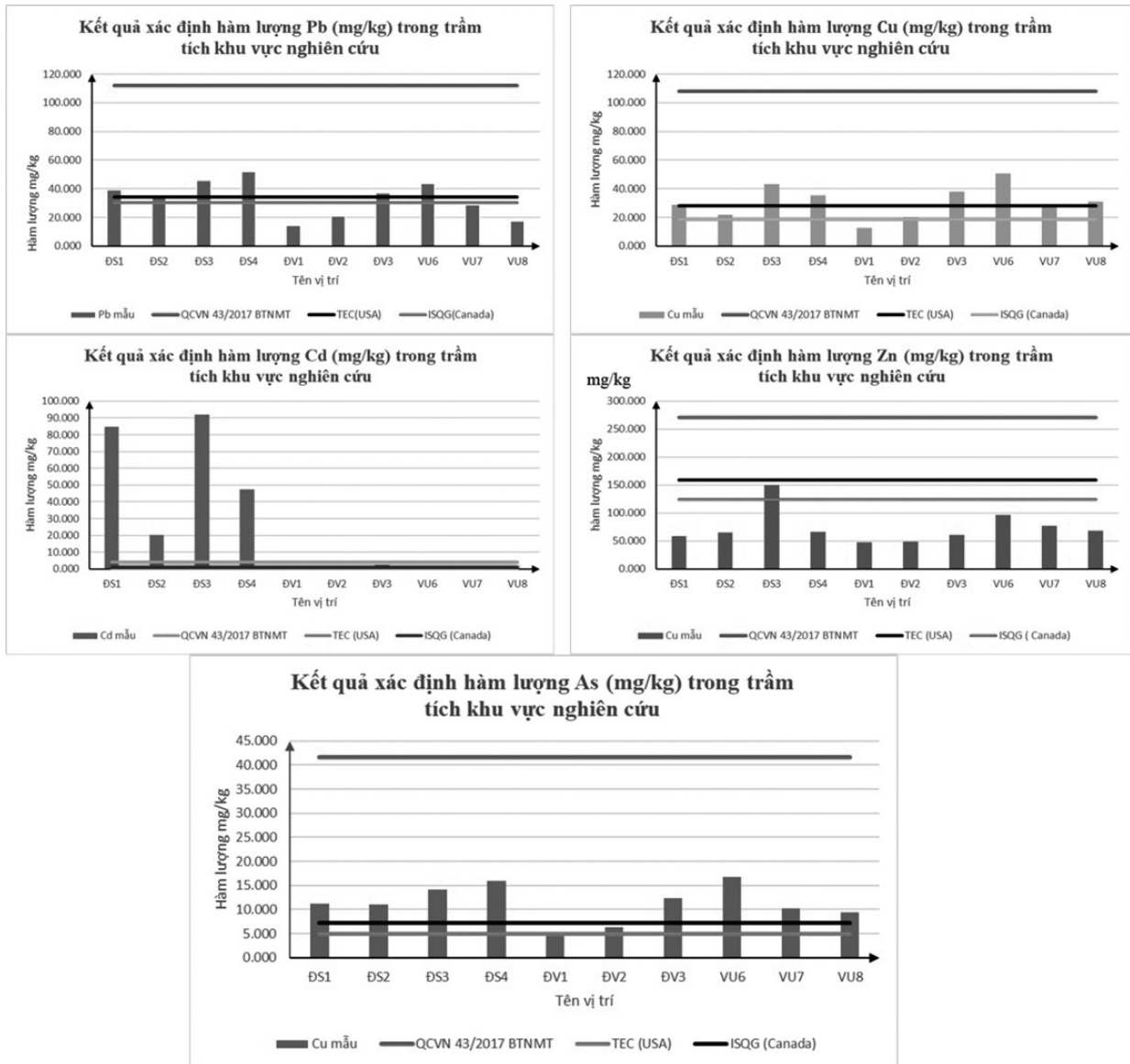
Trong nghiên cứu này, thương số rủi ro (RQ) là giá trị tỷ số giữa hàm lượng kim loại trong trầm tích và hàm lượng giới hạn của kim loại đó trong trầm tích quy định tại QCVN 47:2023/BTNMT. Giá trị RQ từ 0,01 đến 0,1 được đánh giá ở mức rủi ro thấp; RQ từ 0,1 đến 1, đánh giá ở mức rủi ro trung bình; và RQ ≥ 1, đánh giá ở mức rủi ro cao (Lê Thị Hồng Trân, 2008). Nghiên cứu tính toán giá trị RQ của từng kim loại nhằm xác định rõ rủi ro sinh thái do từng tác nhân gây ra, từ đó nhận diện kim loại chính có nguy cơ cao tại khu vực nghiên cứu, Bên cạnh đó, giá trị RQ tổng được sử dụng để phản ánh tác động cộng gộp của nhiều kim loại tại một điểm lấy mẫu, giúp đánh giá mức độ nguy cơ tích lũy toàn diện đối với hệ sinh thái trầm tích.

**3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Hàm lượng kim loại trong trầm tích**

Theo kết quả của quá trình xác nhận giá trị sử dụng của phương pháp tại Phòng thí nghiệm, giá trị LOQ của các kim loại trong nghiên cứu này khoảng dao động 0,1 mg/kg đến 0,5 mg/kg. Độ thu hồi của các kết quả phân tích mẫu thêm chuẩn dao động từ 80,2 % đến 109 %. Như vậy, kết quả phân tích có độ tin cậy tốt và sử dụng được cho phân tích hàm lượng vết các kim loại nghiên cứu trong mẫu môi trường.

Hàm lượng tổng các kim loại Pb, Cd, As, Cu, Zn trong các mẫu trầm tích được xác định 01 lần/mẫu và tiến hành làm lập 01 mẫu để đánh

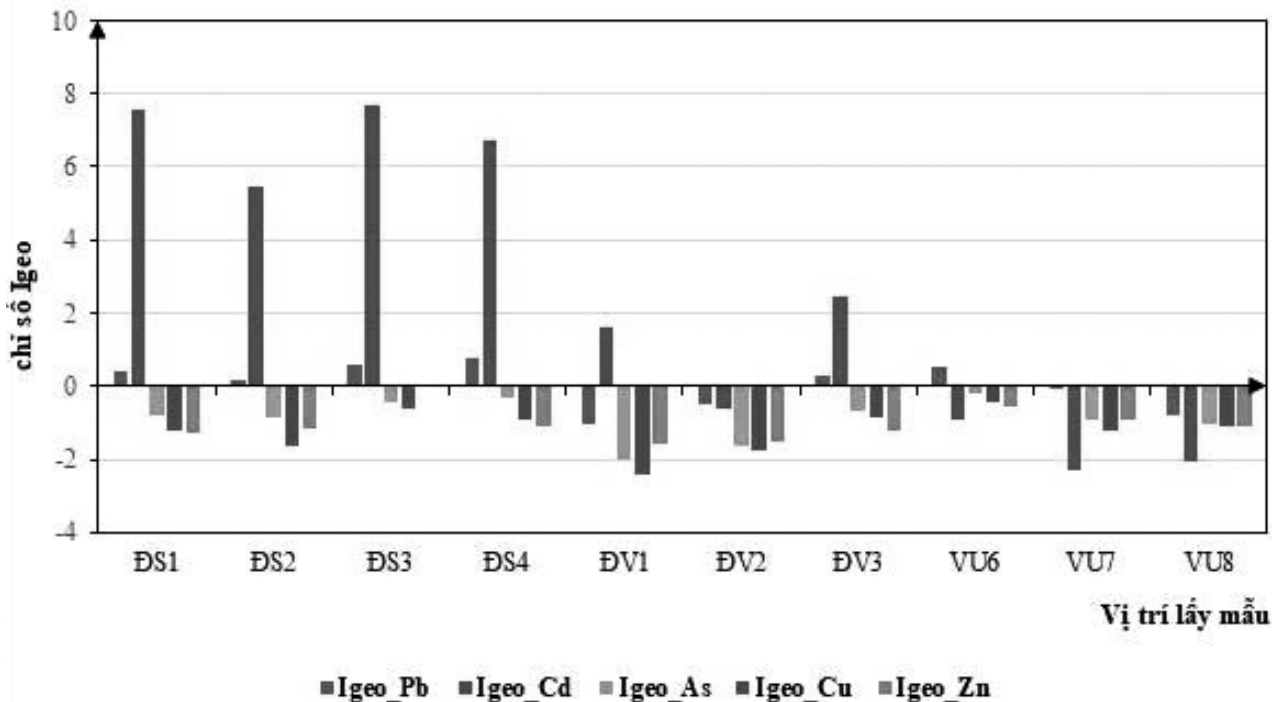


Hình 2. Biểu đồ thể hiện hàm lượng của các kim loại nặng so với các tiêu chuẩn tại khu vực Hải Phòng

giá độ lặp lại của kết quả. Các giá trị hàm lượng một số kim loại được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2 cho thấy, trong cả 10/10 mẫu trầm tích mặt tại khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng đều có sự xuất hiện của các kim loại nặng Pb, Cd, As, Cu, Zn. Nhìn chung, hàm lượng các kim loại As, Cu, Zn, Pb đều nhỏ hơn giá trị giới hạn theo QCVN 43:2017/ BTNMT, riêng hàm lượng Cd tại 4 điểm lấy mẫu ở khu vực Đồ Sơn cao giá trị giới hạn của quy chuẩn từ 4,7 đến 21,8 lần. Hàm lượng các kim loại Pb, Cu, Cd, Zn và As dao động tương ứng từ 14,376 mg/kg (ĐV1) đến 51,894 mg/kg (ĐS4), từ 12,664 mg/kg (ĐV1) đến 50,432 mg/kg (VU6), từ 0,106 mg/kg (VU8) đến 91,850 mg/kg (ĐS3), từ 47,548 mg/kg (ĐV1) đến 149,297 mg/kg (ĐS3), từ 4,902 mg/kg (ĐV1) đến 16,723 mg/kg (VU6).

Các tiêu chuẩn chất lượng trầm tích quốc tế, bao gồm tiêu chuẩn chất lượng trầm tích của Canada (ISQG) và Mỹ (TEC) cho phép đánh giá mức độ tiềm ẩn tác động tiêu cực của kim loại nặng đến sinh vật đáy và hệ sinh thái thủy sinh. Các ngưỡng TEC và ISQG đại diện cho mức nồng độ dưới đó hầu như không có tác động sinh học bất lợi, do đó, việc vượt quá các giá trị này là dấu hiệu cảnh báo nguy cơ rủi ro sinh thái. Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng một số kim loại cao hơn các giá trị giới hạn. Cụ thể, có 5 mẫu có hàm lượng Pb vượt ngưỡng TEC theo tiêu chuẩn chất lượng của Mỹ và 6 mẫu cao hơn giá trị giới hạn của ISQG. Đối với kim loại Cu, cũng có 6 mẫu có trị hàm lượng cao hơn ngưỡng của ISQG. Các mẫu vượt ngưỡng đều chủ yếu nằm ở khu vực Đồ Sơn và Cửa Sông Văn Úc (Hình 2).



Hình 3. Biểu đồ kết quả Igeo của các kim loại

Khu vực Đồ Sơn (ĐS1 – ĐS4) ghi nhận Cd rất cao có thể do: Gần các khu đô thị ven biển và cảng cá, nơi thường có nước thải sinh hoạt và dầu nhớt tàu thuyền chứa kim loại nặng. Khả năng có nguồn thải công nghiệp/du lịch không xử lý triệt để (nước thải từ nhà hàng, khách sạn ven biển). Trầm tích tại đây là bùn mịn, giàu chất hữu cơ nên dễ hấp phụ Cd. Cửa sông Văn Úc là nơi thu nhận nguồn nước từ nội địa chảy ra biển với sự xáo trộn trầm tích thấp hơn hai khu vực còn lại nên sự tích lũy các kim loại cũng có xu hướng cao hơn. Tại khu vực Cảng Đình Vũ, tuy có nhiều nguồn thải từ hoạt động tàu thuyền, nhưng tại đây, sự nạo vét bùn cát và sự xáo trộn trầm tích xảy ra thường xuyên nên hàm lượng các kim loại tại khu vực có xu hướng thấp hơn 2 khu vực còn lại.

Kết quả phân tích kim loại nặng trong trầm tích ven biển Hải Phòng cho thấy, hàm lượng Pb, Cu, Zn và As nhìn chung dao động trong khoảng an toàn, tương đương hoặc thấp hơn so với các khu vực khác như cửa sông Thái Bình, vịnh Cồn Lu hay sông Hồng (Đỗ Thị Hiền và cộng sự). Riêng nguyên tố Cd có giá trị cao bất thường tại các điểm ĐS1–ĐS4 (đạt tới 91,850 mg/kg), vượt xa so với các vùng so sánh trong và ngoài nước. Đây là dấu hiệu cảnh báo về nguy cơ ô nhiễm nghiêm trọng, nhiều khả năng liên quan đến nguồn thải từ công nghiệp, khu vực cảng biển hoặc nước thải sinh hoạt chưa được xử lý triệt để. Điều này cho thấy sự cần thiết của việc kiểm soát chặt chẽ các nguồn phát sinh và tăng cường giám sát môi trường tại khu vực nghiên cứu.

Bảng 3. Kết quả chỉ số Igeo trong trầm tích

Vị trí	Igeo_Pb	Igeo_Cd	Igeo_As	Igeo_Cu	Igeo_Zn
ĐS1	0,383	7,555	-0,794	-1,242	-1,274
ĐS2	0,179	5,484	-0,825	-1,620	-1,142
ĐS3	0,616	7,673	-0,458	-0,644	0,067
ĐS4	0,791	6,723	-0,296	-0,937	-1,105
ĐV1	-1,061	1,607	-1,992	-2,414	-1,584
ĐV2	-0,512	-0,595	-1,619	-1,749	-1,546
ĐV3	0,299	2,452	-0,654	-0,832	-1,233
VU6	0,545	-0,907	-0,222	-0,421	-0,564
VU7	-0,056	-2,275	-0,918	-1,199	-0,889
VU8	-0,779	-2,086	-1,058	-1,118	-1,071

**Bảng 4. Thương số rủi ro của kim loại tại khu vực ven biển Hải Phòng**

	Giá trị RQ					
	Cu	Zn	As	Cd	Pb	Tổng RQ
ĐS1	0,264	0,217	0,270	20,1	0,349	21,2
ĐS2	0,203	0,238	0,265	4,80	0,303	5,81
ĐS3	0,400	0,551	0,341	21,9	0,410	23,6
ĐS4	0,326	0,244	0,382	11,3	0,463	12,7
ĐV1	0,117	0,175	0,118	0,326	0,128	0,865
ĐV2	0,186	0,180	0,153	0,071	0,188	0,777
ĐV3	0,351	0,224	0,298	0,587	0,330	1,79
VU6	0,467	0,356	0,402	0,057	0,391	1,67
VU7	0,272	0,284	0,248	0,022	0,258	1,08
VU8	0,288	0,250	0,225	0,025	0,156	0,945

**3.2. Đánh giá mức độ tích lũy kim loại trong trầm tích**

Chỉ số tích lũy địa chất Igeo để đánh giá mức độ ô nhiễm kim loại nặng trong trầm tích tại 10 vị trí khu vực biển ven bờ TP. Hải Phòng được thể hiện tại Bảng 3.

Kết quả cho thấy, Cadimi là nguyên tố có mức độ ô nhiễm nghiêm trọng và phân bố không đều, tập trung tại khu vực Đồ Sơn. Pb và Zn có hiện tượng ô nhiễm nhẹ cục bộ, trong khi As và Cu chưa cho thấy dấu hiệu ô nhiễm rõ rệt. Giá trị chỉ số Igeo của Pb dao động từ -1,061 đến 0,791, cho thấy mức độ ô nhiễm chủ yếu từ không ô nhiễm đến ô nhiễm nhẹ. Igeo của Cd cao bất thường, đặc biệt tại ĐS1 đến ĐS4 (5,484–7,673), vượt xa ngưỡng "ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng" (Igeo > 5). Đây là dấu hiệu rõ ràng của ô nhiễm nghiêm trọng, có khả năng xuất phát từ nước thải công nghiệp hoặc nguồn phân bón nông nghiệp bị rửa trôi từ đất liền ra biển. Mức Cd tại ĐV1 và ĐV3 (Igeo = 1,607 và 2,452) thuộc dạng ô nhiễm nhẹ đến trung bình, trong khi các điểm còn lại như ĐV2, VU6–VU8 có Igeo âm, cho thấy Cd chưa tích tụ đáng kể tại các vị trí này. Vị trí ĐS3 (Igeo = 7,673) là điểm nóng ô nhiễm Cd, cần đặc biệt chú ý trong công tác giám sát. Giá trị Igeo của các kim loại còn lại đều ở mức âm và nhỏ hơn 1 cho thấy nguy cơ tích lũy và rủi ro thấp của Cu, Zn và As.

**3.3. Đánh giá rủi ro trong trầm tích**

Bảng 4 thể hiện kết quả đánh giá rủi ro sinh thái của một số kim loại tại khu vực nghiên cứu.

Kết quả đánh giá rủi ro sinh thái chỉ ra rằng, khi tính toán mức độ rủi ro của từng kim loại tại mỗi vị trí thì chỉ có các mẫu trầm tích lấy tại Đồ Sơn gây ra rủi ro cao do hàm lượng Cd cao, các kim loại còn lại tại các vị trí đều gây ra mức rủi ro thấp đến mức trung bình. Tuy nhiên, khi tính tổng thương số rủi ro tại mỗi vị trí, chỉ có ĐV1, ĐV2 và VU8 là có mức rủi ro trung bình. Các vị trí còn lại, sự tích lũy của các kim loại đều gây ra rủi ro cao và rất cao. Cadmium là một kim loại nặng không phân hủy và có thể tích tụ trong trầm tích biển trong thời gian dài. Do tính chất bền vững và khả năng không phân hủy sinh học của nó, Cd

có xu hướng tích tụ trong lớp trầm tích biển, tạo ra các mức độ nguy hiểm cao cho các sinh vật biển sống ở đáy biển, như động vật không xương sống và cá. Khi các sinh vật này hấp thu cadmium qua hệ thống thức ăn, các kim loại nặng này có thể tiến vào chuỗi thức ăn, gây nguy hiểm cho các sinh vật cao hơn và thậm chí là con người. Hàm lượng cadmium (Cd) tại khu vực Đồ Sơn vượt trội so với các khu vực Đình Vũ và Văn Úc do một số yếu tố kinh tế - xã hội, địa chất và thủy văn đặc trưng. Đồ Sơn là một khu du lịch phát triển mạnh mẽ, với các công trình xây dựng và phát triển cơ sở hạ tầng trong những năm gần đây, điều này làm tăng khả năng thải cadmium từ vật liệu xây dựng vào môi trường. Các nghiên cứu trước đây cho thấy cadmium có thể tích tụ trong đất và trầm tích ven biển, đặc biệt trong các khu vực có đất phù sa và dễ thấm như Đồ Sơn (Bộ TN&MT), Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo quốc gia giai đoạn 2016-2020, 2021). Ngoài ra, Đồ Sơn nằm gần các khu công nghiệp, nơi phát sinh chất thải công nghiệp có chứa cadmium, từ các quá trình sản xuất, chế biến kim loại và hóa chất (Báo cáo hiện trạng môi trường TP. Hải Phòng giai đoạn 201 – 2020, 2021). Bên cạnh đó, đặc điểm thủy văn của Đồ Sơn với dòng chảy mạnh và thủy triều có thể dẫn đến sự lan truyền cadmium từ các khu công nghiệp và đất liền vào môi trường biển, làm tăng mức độ ô nhiễm tại khu vực này. Hàm lượng cadmium tại Đồ Sơn ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái biển và sức khỏe.

Để giảm thiểu ô nhiễm cadmium tại Đồ Sơn, cần cải thiện hệ thống xử lý chất thải công nghiệp, du lịch và các công trình xây dựng. Đồng thời, việc phục hồi hệ sinh thái biển bằng cách trồng các loài cây có khả năng hấp thụ cadmium sẽ góp phần làm sạch môi trường trầm tích và nước biển. Việc giám sát chất lượng nước và trầm tích tại Đồ Sơn cũng cần



được nâng cao, với các trạm quan trắc được thiết lập tại các cửa sông và khu vực cảng để theo dõi và cảnh báo kịp thời về mức độ ô nhiễm cadmium. Như vậy, vấn đề quản lý nguồn thải để giảm thiểu sự tích lũy kim loại tại khu vực nghiên cứu là rất cần thiết.

#### 4. KẾT LUẬN

Hàm lượng kim loại trong 10 mẫu trầm tích được lấy tại 3 khu vực ven biển Hải Phòng đầu năm 2025 cho thấy, mức độ tích lũy của các kim loại ở mức không cao. Ngoài hàm lượng Cd tại khu vực Đồ Sơn cao hơn giá trị giới hạn chất lượng trầm tích quy định tại QCVN 43:2017/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích (trầm tích nước mặn, nước lợ), các kim loại đều thấp hơn giá trị giới hạn. So sánh với quy định chất lượng trầm tích của Canada và Hoa Kỳ cho thấy, có một số mẫu vượt ngưỡng giới hạn an toàn theo ISQG và TEC về ô nhiễm kim loại Pb, Cd, As, Cu, Zn. Tại Đồ Sơn, chỉ số Igeo của Pb cho thấy ô nhiễm nhẹ (0,179 đến 0,791), Cd có mức độ ô nhiễm đặc biệt nghiêm trọng (5,484 đến 7,673), các kim loại còn lại đều ở mức không ô nhiễm. Khu vực Đình Vũ và Văn Úc, chỉ số Igeo của các kim loại đều gần bằng không hoặc nhỏ hơn không cho thấy mức độ tích lũy thấp và không ô nhiễm. Tuy nhiên, kết quả tính toán rủi ro sinh thái tổng thể các kim loại tại các vị trí cho thấy mức độ rủi ro cao tại các khu vực nghiên cứu khi tổng RQ của các kim loại hầu hết lớn hơn 1. Đề xuất cơ quan quản lý cần có biện pháp quản lý và giám sát ô nhiễm môi trường để bảo vệ sức khỏe cộng đồng và hệ sinh thái.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường, Đề tài cấp Bộ mang mã số: TNMT.2023.562.04

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Nghi (2003), *Trầm tích học*, NXB Đại học quốc gia Hà Nội.
2. Trịnh Thị Thủy, Phạm Phương Thảo, Đỗ Thị Hiền, Trịnh Kim Yến, Nguyễn Thành Trung (2022), *Giáo trình Hoá học Môi trường*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật
3. Xupeng Hu, Xiaohui Zhai, Yimin Jin, Terry L. Wade, Xian Zhou, Tonghui Zhuang, Jianghao Ning, Xiuqing Song, Wei Cai, Zongwei Chen, Xinxin Li (2024), *Ecological risk assessment of dissolved heavy metals in the Yangtze River Estuary and Zhejiang coastal waters, China*, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 205.
4. Wilbers GJ, Becker M, Nga LT, Sebesvari Z, Renaud FG (2014), "Spatial and temporal variability of surface water pollution in the Mekong Delta, Vietnam", *Science Total Environment*, 485-486, pp.653-665.
5. Nhon D. H. Hoai, et al. (2020). *An assessment of heavy metal contamination in the surface sediments of Ha Long Bay, Vietnam*, *Environmental Earth Sciences*, 79:436.
6. Trịnh Thị Thắm, Lê Thị Trinh, Trịnh Thị Thủy (2022), *Rủi ro sinh thái một số kim loại nặng trong trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Hồng*, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, 64(11) 48 – 53.
7. Canadian Council of Ministers of the Environment (1999), *Canadian Sediment Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*.
8. Bộ TN&MT (2021), *Báo cáo hiện trạng môi trường biển và hải đảo quốc gia giai đoạn 2016 – 2020*.
9. Sở TN&MT TP. Hải Phòng (2021), *Báo cáo hiện trạng môi trường TP. Hải Phòng giai đoạn 2016 – 2020*.
10. V. G. Muller, "Schadstoffe in Sedimenten - Sedimente als Schadstoffe Von", *Umweltgeologie Band*, vol. 79, pp. 107-126, 1986.
11. K. K. Turekian, K. H. Wedepohl, "Distribution of the elements in some major units of the earth's crust", *Geological Society of America Bulletin*, vol. 72, no. 2, pp. 175-192, 1961.
12. Lê Thị Hồng Trân, *Đánh giá rủi ro môi trường*, Nhà xuất bản Khoa Học Kỹ Thuật, (2008)
13. Hien NTT, Zhang W, Li Z, Li J, Ge C, Liu J, Bai X, Feng H, Yu L (2016), "Assessment of heavy metal pollution in Red River surface sediments, Vietnam", *Marine Pollution Bulletin*, 113 (1-2), pp.513-519.
14. Nguyen TN, Marchand C, Strady E, Truong VV, Tran TNT (2019), "Metals geochemistry and ecological risk assessment in a tropical mangrove (Can Gio, Vietnam)", *Chemosphere*, 219, pp.365-382.
15. Costa-Böddeker S, Hoelzmann P, Le XT, Hoang DH, Nguyen HA, Richter DO, Schwalb A (2017), *Ecological risk assessment of a coastal zone in Southern Vietnam: Spatial distribution and content of heavy metals in water and surface sediments of the Thi Vai Estuary and Can Gio Mangrove Forest*", *Marine Pollution Bulletin*, 114(2), pp.1141-1151.
16. USEPA (SW-846) (1996), *Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, Method 3051A, "Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludge, Soils and Oils"*. Office of Solid Waste, Washington DC.
17. Đỗ Thị Hiền, Lê Bảo Linh, Trịnh Thị Thủy, Trịnh Thị Thắm, *Đánh giá mức độ tích lũy một số kim loại nặng trong trầm tích mặt tại một số cửa sông ven biển tỉnh Thái Bình*, *Tạp chí Môi Trường*, Chuyên đề IV, 2024.

# XỬ LÝ Bùn Đáy ao Nuôi cá Tra bằng Trùn quế (*Perionyx excavatus*): Tối ưu hóa quá trình phân giải hữu cơ tạo phân bón hữu cơ và sinh khối trùn

ĐẬU THỊ PHƯƠNG<sup>1</sup>, BÙI KIM HIẾU<sup>2</sup>, LÊ ĐỨC TRUNG<sup>1</sup>, TRẦN THÀNH<sup>1,3,4,\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Môi Trường và Tài Nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Công ty Cổ phần xuất nhập khẩu thủy sản Bến Tre (Aquatex)

<sup>3</sup> Viện Khoa học liên ngành (IIS), Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

<sup>4</sup> Trung tâm Phát triển Công nghệ cao Đại học Nguyễn Tất Thành, Khu Công nghệ cao TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Ngành nuôi cá tra tại Bến Tre hiện đóng vai trò chủ lực, góp phần đáng kể vào kim ngạch xuất khẩu thủy sản. Tuy nhiên, quá trình nuôi thâm canh mật độ cao đã tạo ra một lượng lớn bùn thải đáy ao, ước tính khoảng 1–1,5 tấn cho mỗi tấn cá thương phẩm, chứa hàm lượng cao chất hữu cơ, nitơ và photpho. Nếu không được xử lý thích hợp, bùn thải này có thể gây ô nhiễm nghiêm trọng nguồn nước, đất và phát thải khí nhà kính, đe dọa trực tiếp đến hệ sinh thái và cộng đồng dân cư. Trước thực trạng đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tiềm năng ứng dụng trùn quế (*Perionyx excavatus*) để xử lý bùn đáy ao cá tra, đồng thời tối ưu hóa điều kiện phối trộn bùn với xơ dừa và mật độ trùn ban đầu, qua đó nâng cao hiệu quả phân giải hữu cơ, tạo ra phân hữu cơ và sinh khối trùn giàu protein. Thí nghiệm được bố trí theo thiết kế lập tâm trung tâm (CCD) kết hợp mô hình hóa bề mặt đáp ứng (RSM), khảo sát ba yếu tố chính gồm tỷ lệ bùn:xơ dừa (80–100%), lượng xơ dừa (0–20%) và khối lượng trùn ban đầu (1–3 kg). Kết quả cho thấy điều kiện tối ưu đạt được khi phối trộn bùn:xơ dừa theo tỷ lệ 90:10 và bổ sung 2 kg trùn giống ban đầu, cho phép thu hoạch 3.45 kg sinh khối trùn và 9.47 kg phân trùn sau 43 ngày xử lý. Phân trùn thu được nhìn chung đáp ứng các tiêu chuẩn QCVN 01-189:2019/BNNPTNT về pH, tỷ lệ C/N, hàm lượng nitơ và photpho. Mô hình xử lý này không chỉ góp phần giảm ô nhiễm môi trường tại vùng nuôi cá tra mà còn tạo ra phân hữu cơ cải thiện đất và sinh khối trùn có thể sử dụng làm thức ăn thủy sản, hướng tới phát triển hệ thống nuôi cá tuần hoàn theo định hướng nông nghiệp xanh và bền vững.

Từ khóa: Xử lý bùn đáy ao nuôi cá tra, trùn quế, sinh khối trùn, phân bón hữu cơ, tái sử dụng chất thải nuôi trồng thủy sản.

Ngày nhận bài: 30/5/2025; Ngày sửa chữa: 16/6/2025; Ngày duyệt đăng: 26/6/2025.

## Treatment of pangasius pond sludge using earthworms (*Perionyx excavatus*): Optimization of organic decomposition for organic fertilizer and worm biomass production

### Abstract

The pangasius farming industry in Ben Tre currently plays a pivotal role, significantly contributing to Vietnam's seafood export revenue. However, intensive high density farming practices have generated substantial amounts of pond sludge, estimated at approximately 1 to 1.5 tons for every ton of harvested fish. This sludge contains high levels of organic matter, nitrogen, and phosphorus. If not properly treated, it can severely pollute water and soil resources and release greenhouse gases, thereby posing direct threats to surrounding ecosystems and local communities. Against this backdrop, this study was conducted to evaluate the potential application of earthworms (*Perionyx excavatus*) for treating pangasius pond sludge. It also aimed to optimize the mixing conditions of sludge with coir and the initial worm stocking density, thereby enhancing organic decomposition efficiency and producing nutrient-rich vermicompost and protein-rich worm biomass. The experiment was arranged following a central composite design (CCD) combined with response surface methodology (RSM), investigating three main factors: the sludge-to-coir ratio (80–100%), the coir proportion (0–20%), and the initial worm mass (1–3 kg). Results showed that optimal conditions were achieved with a sludge-to-coir ratio of 90:10 and an initial worm mass of 2 kg, yielding 3.45 kg of worm biomass and 9.47 kg of vermicompost after 43 days of treatment. The resulting vermicompost generally met Vietnam's QCVN 01-189:2019/BNNPTNT standards for pH, C/N ratio, nitrogen, and phosphorus contents. This treatment model not only helps mitigate environmental pollution in pangasius farming areas but also generates organic fertilizer that improves soil quality and produces worm biomass that can be used as an aquafeed ingredient, supporting the development of circular and sustainable aquaculture systems aligned with green agricultural practices.

Keywords: Pangasius pond sludge, perionyx excavatus, vermicomposting, organic fertilizer, circular aquaculture.

JEL Classifications: Q53, Q55, Q57.



## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nuôi cá tra (*Pangasius hypophthalmus*) là ngành thủy sản then chốt và mang tính chiến lược tại tỉnh Bến Tre nói riêng và vùng Đồng bằng sông Cửu Long nói chung, nơi chiếm trên 90% diện tích nuôi và sản lượng xuất khẩu của cả nước (Huy et al., 2021). Theo Tổng cục Thủy sản, năm 2023 diện tích nuôi cá tra toàn quốc đạt hơn 5.700 ha, sản lượng khoảng 1,6 triệu tấn, đóng góp gần 2,4 tỷ USD, chiếm tới 95% tổng sản lượng cá tra thương mại toàn cầu. Bên cạnh giá trị xuất khẩu lớn, ngành này còn tạo việc làm, ổn định sinh kế, nâng cao thu nhập và chất lượng sống cho người dân các tỉnh miền Tây Nam bộ (Anh et al., 2010). Tuy nhiên, mô hình nuôi thâm canh mật độ cao cũng kéo theo nhiều thách thức môi trường. Lượng lớn thức ăn dư, phân cá và tảo chết tích tụ tạo lớp bùn đáy giàu chất hữu cơ, nitơ, photpho, trung bình từ 1–1,5 tấn bùn cho mỗi tấn cá. Nếu không được xử lý, bùn nhanh chóng lắng đầy đáy ao, làm giảm thể tích hữu ích, tăng nhu cầu thay nước, đồng thời phát sinh khí nhà kính như  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , gây ô nhiễm nguồn nước, đe dọa hệ sinh thái thủy vực và sức khỏe cộng đồng (Jespersen et al., 2014).

Hiện nay, tại Việt Nam, bùn thải từ ao nuôi cá tra thường được nạo vét định kỳ và xử lý theo các phương pháp truyền thống như phơi khô, ủ đồng tự nhiên hoặc thậm chí xả trực tiếp ra môi trường mà không qua bất kỳ quá trình phân hủy sinh học kiểm soát nào. Tuy nhiên, các phương pháp này tồn tại nhiều bất cập. Phơi hoặc ủ bùn ngoài trời đòi hỏi diện tích lớn, thời gian dài, hiệu quả ổn định thấp và không ngăn chặn triệt để nguy cơ lây lan mầm bệnh (Morello et al., 2022). Đốt bùn thì chi phí cao, tiêu tốn năng lượng, đồng thời phát thải khí độc, đi ngược lại xu hướng giảm phát thải  $\text{CO}_2$  (Chang et al., 2025). Các nghiên cứu cũng chỉ ra các giải pháp xử lý cơ học, hóa lý mặc dù xử lý nhanh nhưng thường khó triển khai ở quy mô nông hộ, gây tốn kém và để lại lượng cặn thứ cấp cần xử lý tiếp theo (Bachev et al., 2021; Patel et al., 2021). Trước thực trạng đó, việc nghiên cứu và áp dụng các công nghệ xử lý bùn thải bền vững, chi phí thấp và an toàn môi trường là một yêu cầu cấp thiết không chỉ ở Việt Nam mà còn trên phạm vi toàn cầu.

Trong bối cảnh đó, phương pháp xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng sinh học, điển hình là sử dụng trùn quế (*Perionyx excavatus*), đã và đang thu hút sự quan tâm đặc biệt của giới nghiên cứu cũng như các nhà quản lý. Quá trình xử lý sinh học có ưu điểm nổi trội so với các phương pháp khác: chi phí vận hành thấp hơn, không đòi hỏi hệ thống thiết bị phức tạp, hạn chế phát sinh ô nhiễm thứ cấp, đồng thời góp phần tái chế chất thải hữu cơ thành các sản phẩm giá trị gia tăng như phân hữu cơ hoặc nguyên liệu làm thức ăn chăn nuôi (Singh

et al., 2019). Ngoài ra, quá trình này còn hỗ trợ giảm phát thải khí nhà kính, cải thiện cấu trúc và khả năng giữ ẩm của đất, giảm phụ thuộc vào phân bón hóa học, qua đó đóng góp trực tiếp vào mục tiêu phát triển nông nghiệp tuần hoàn, kinh tế xanh và bền vững.

Trùn quế là loài sinh vật đất có khả năng tiêu thụ, phân giải nhanh các hợp chất hữu cơ, chuyển hóa chất nền giàu carbon, nitơ và khoáng thành phân trùn, một loại phân bón hữu cơ ổn định, giàu dinh dưỡng, chứa trung bình khoảng 1,5–2,5% N, 1–1,5%  $\text{P}_2\text{O}_5$  và 1,2–2%  $\text{K}_2\text{O}$  (Pottipati et al., 2022). Đồng thời, sinh khối trùn phát triển trong quá trình xử lý cũng rất giàu protein (48–55% khối lượng khô) và lipid, có thể sử dụng làm nguồn thức ăn thủy sản hoặc gia cầm (ZHU et al., 2009). Điều này mở ra cơ hội khép kín chuỗi tuần hoàn ngay tại hệ thống nuôi cá tra: bùn ao thải ra được xử lý trực tiếp bởi trùn quế, tạo phân hữu cơ để cải thiện đất, giảm dùng phân bón vô cơ, còn sinh khối trùn lại quay trở lại làm thức ăn cho cá, giảm chi phí thức ăn công nghiệp và tối ưu hiệu quả kinh tế tổng thể (Abdel-Raouf et al., 2012; Li et al., 2019).

Để góp phần hoàn thiện giải pháp xử lý sinh học cho phế phẩm ngành thủy sản đồng thời mở ra hướng phát triển mô hình nuôi cá tra tuần hoàn, bền vững, giúp gia tăng giá trị kinh tế và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường, nghiên cứu này đã được thực hiện nhằm đánh giá tối ưu các yếu tố kỹ thuật như tỷ lệ phối trộn bùn với phụ liệu xơ dừa để điều chỉnh tỷ lệ C/N, độ xốp, khả năng giữ ẩm; cũng như mật độ trùn ban đầu để đạt đồng thời mục tiêu nâng cao tốc độ phân giải hữu cơ, tối ưu chất lượng phân trùn và sinh khối trùn (Katiyar et al., 2023). Bên cạnh đó, thí nghiệm nhằm đánh giá kỹ lưỡng các chỉ tiêu chất lượng phân trùn như pH, độ ẩm, hàm lượng hữu cơ, N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  để đảm bảo đáp ứng yêu cầu của QCVN 01-189:2019/BNNPTNT, từ đó có thể thương mại hóa và áp dụng rộng rãi trong cải tạo đất nông nghiệp.

## 2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu và đối tượng nghiên cứu

Trong nghiên cứu này, mẫu bùn thải từ ao nuôi cá tra được thu thập tại các ao nuôi của Công ty Cổ phần Xuất nhập khẩu Thủy sản Bến Tre, điển hình cho hình thức nuôi cá tra thâm canh tại Đồng bằng sông Cửu Long. Vào thời điểm cuối vụ nuôi và sau thu hoạch cá tra mẫu bùn được lấy từ đáy ao, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng bùn đáy ao như thức ăn dư thừa, chất thải từ cá, xác chết của vi sinh vật và các tác nhân môi trường đã đạt mức ổn định nhất. Trùn quế là loài trùn có khả năng phân hủy nhanh các hợp chất hữu cơ. Trùn quế được mua từ Công ty Cổ phần Trang trại Sạch, tỉnh Tiền Giang, đảm bảo nguồn giống khỏe mạnh, đồng đều về kích thước và sinh trưởng ổn định.

**Bảng 1. Bố trí thí nghiệm đánh giá tỷ lệ bùn ao cá tra và xơ dừa**

Nghiệm thức	Tỷ lệ bùn/xơ dừa	Khối lượng bùn ban đầu (kg)	Khối lượng xơ dừa ban đầu (kg)	Khối lượng trùn ban đầu (kg)
NT1	80:20	24	6	2
NT2	80:20	24	6	1
NT3	100:0	30	0	2
NT4	100:0	30	0	1
NT5	90:10	27	3	1
NT6	90:10	27	3	2
NT7	90:10	27	3	3
NT8	90:10	27	3	2
NT9	80:20	24	6	3
NT10	100:0	30	0	3

Xơ dừa sử dụng làm vật liệu phối trộn nhằm cải thiện tính chất cơ học của bùn, tăng độ tơi xốp, điều chỉnh độ ẩm và hỗ trợ quá trình thông khí. Xơ dừa có sẵn tại địa phương, là nguyên liệu tái chế từ ngành công nghiệp dừa Bến Tre, góp phần nâng cao tính bền vững của mô hình nghiên cứu xử lý bùn ao nuôi cá tra.

**2.2. Phương pháp và địa điểm thực hiện**

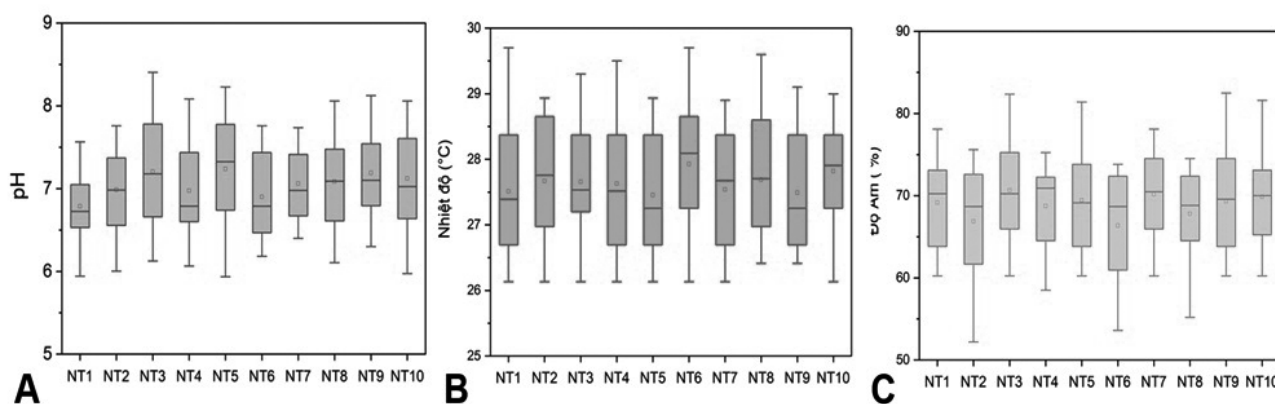
Nghiên cứu được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Công nghệ Nông nghiệp và Môi trường Bến vững (SATEL), Viện Khoa học liên ngành, trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Nghiên cứu được triển khai nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường do bùn thải phát sinh từ ao nuôi cá tra, đồng thời tận dụng sản phẩm thu được là trùn quế làm thức ăn bổ sung cho cá tra và sử dụng phân trùn quế làm phân bón hữu cơ cho cây trồng (Mupambwa et al., 2018). Quá trình xử lý bùn thải được thực hiện thông qua phương pháp tối ưu hóa bề mặt đáp ứng (RSM - Response Surface Methodology) kết hợp với thiết kế mô hình lập tâm (CCD - Central Composite Design). Phương pháp được áp dụng nhằm xác định ảnh hưởng của ba yếu tố chính bao gồm tỷ lệ bùn thải ao nuôi (80 - 100%), tỷ lệ xơ dừa phối trộn (0 - 20%) và khối lượng trùn quế ban đầu (1 - 3 kg) lên lượng phân và chất lượng của trùn quế thu được. Thí nghiệm được bố trí với 10 nghiệm thức khác nhau, thiết kế bằng phần mềm Design-Expert được thể hiện tại Bảng 1.

Sau khi phối trộn, bùn được đựng trong các thùng xốp kích thước 7 × 50 × 64,5 cm (thể tích 0,1 m<sup>3</sup>), mỗi thùng chứa khoảng 30 kg chất nền, chiếm khoảng ¾ thể tích, được đặt ở vị trí thoáng mát, cao ráo, tránh ngập úng, ánh sáng trực tiếp. Độ pH của nền nuôi được duy trì ổn định trong khoảng 6,5 - 7,5 nhằm đảm bảo điều kiện lý tưởng cho quá trình phát triển của trùn. Trong suốt quá trình thí nghiệm, các thùng được bổ sung thức ăn định kỳ với lượng khoảng 0,0025 m<sup>3</sup>

mỗi 2 - 3 ngày để duy trì môi trường dinh dưỡng ổn định. Việc sắp xếp và kiểm soát chặt chẽ các yếu tố trên cho phép đánh giá chính xác ảnh hưởng của từng biến thí nghiệm cũng như xác định được điều kiện tối ưu cho hiệu quả xử lý bùn thải và phát triển trùn quế, góp phần hoàn thiện giải pháp sinh học xử lý chất thải theo hướng tuần hoàn, bền vững.

**2.3. Phương pháp lấy mẫu và tần suất**

Để đánh giá hiệu quả xử lý, ngoài chất lượng của trùn quế và lượng phân thu được. Nghiên cứu đã tiến hành phân tích các chỉ tiêu quan trọng phản ánh đặc tính lý hóa học và giá trị nông học của sản phẩm. Chỉ tiêu pH được xác định theo tiêu chuẩn TCVN 13263-9:2020, cho phép đánh giá tính axit hoặc kiềm của môi trường bùn, yếu tố có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng sinh trưởng của vi sinh vật và cây trồng. Độ ẩm được xác định theo phương pháp sấy khối lượng quy định tại TCVN 9297:2012, nhằm xác định tỷ lệ nước còn lại trong bùn, từ đó điều chỉnh thích hợp quá trình bảo quản và sử dụng. Hàm lượng chất hữu cơ được xác định dựa trên phương pháp nung mẫu và mất khối lượng ở nhiệt độ cao, theo tiêu chuẩn TCVN 9294:2012, phản ánh mức độ giàu chất nền hữu cơ cần thiết cho quá trình khoáng hóa đất. Song song đó, tổng hàm lượng nitơ được xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo TCVN 8557:2010, cung cấp thông tin về tiềm năng cung cấp đạm cho cây trồng. Hàm lượng phốt pho hữu hiệu (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) được đo theo TCVN 8559:2010, và hàm lượng kali hữu hiệu (K<sub>2</sub>O) được xác định theo TCVN 8560:2018, hai chỉ tiêu này phản ánh khả năng cung cấp dinh dưỡng đa lượng thiết yếu cho cây. Ngoài ra, tỷ lệ C/N được tính toán dựa trên hàm lượng carbon và nitơ đã phân tích, lần lượt theo TCVN 9294:2012 và TCVN 8557:2010, giúp đánh giá mức độ cân đối dinh dưỡng và khả năng khoáng hóa của chất nền.



Hình 1. Các chỉ tiêu vật lý trong quá trình xử lý bùn ao nuôi cá tra bằng trùn quế: (A) pH; (B) Nhiệt độ; (C) độ ẩm

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

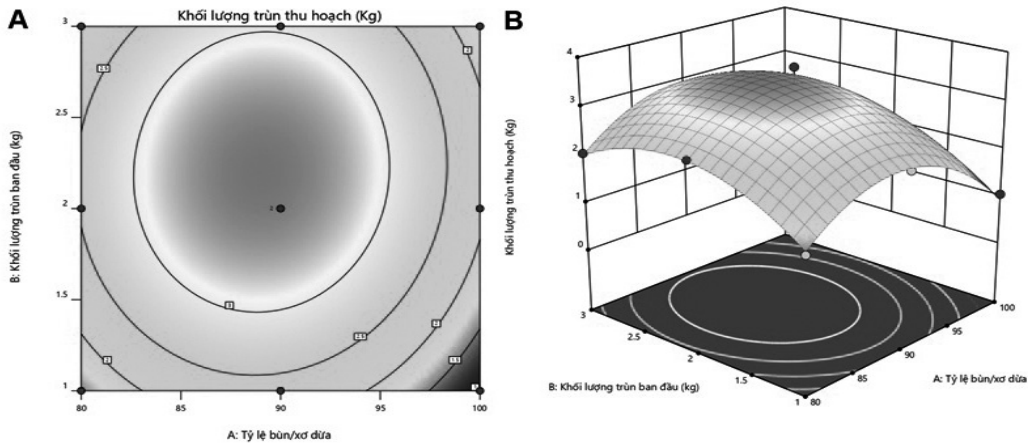
#### 3.1. Đánh giá các chỉ tiêu vật lý trong quá trình xử lý bùn ao nuôi cá tra bằng trùn quế

Sau giai đoạn ủ yếm khí sơ bộ nhằm điều hòa môi trường nền, trùn quế được đưa vào hệ thống để tiếp tục xử lý bùn thải ao nuôi cá tra. Trong suốt 43 ngày vận hành, các chỉ tiêu vật lý chủ đạo gồm pH, nhiệt độ và độ ẩm được ghi nhận định kỳ, qua đó phản ánh mức độ ổn định của nền xử lý, khả năng thích nghi của trùn cũng như hiệu quả của phương pháp phối trộn và chăm sóc. Đây là các thông số then chốt ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt tính của hệ vi sinh vật và sinh vật đất, đồng thời quyết định khả năng phân giải chất hữu cơ, chuyển hóa các hợp chất nitơ, photpho, góp phần nâng cao hiệu quả xử lý tổng thể.

Kết quả Hình 1A mô tả pH trong quá trình xử lý, kết quả theo dõi cho thấy giá trị dao động khá rộng, từ mức thấp nhất là 5.9 đến mức cao nhất là 8.4 tùy theo nghiệm thức và giai đoạn xử lý. Tuy nhiên, phần lớn các giá trị trung vị tập trung trong khoảng 6.6 đến 7.6, là khoảng pH được xem là tối ưu cho hoạt động trao đổi chất của trùn quế, vốn ưa môi trường hơi axit nhẹ đến trung tính. Điều này cho thấy hệ thống đã đạt được trạng thái cân bằng sinh học nhất định sau giai đoạn đầu thích ứng. Các nghiệm thức có tỷ lệ phối trộn xơ dừa cao hơn như NT6, NT7 và NT8 thường duy trì pH ổn định hơn, với biên độ dao động hẹp xung quanh mức trung tính. Xơ dừa đóng vai trò quan trọng như vật liệu đệm, có khả năng hấp phụ ion  $NH_4^+$  sinh ra từ quá trình phân giải protein trong bùn cá, cũng như làm chậm quá trình khoáng hóa các hợp chất hữu cơ dễ phân hủy, từ đó giảm các đợt biến pH. Ngược lại, một số nghiệm thức như NT3, NT5 và NT10 thể hiện biên độ dao động lớn, pH có lúc lên trên 8, phản ánh quá trình phân giải protein mạnh sinh ra amoniac làm kiềm hóa môi trường, hoặc có thể do khả năng đệm của nền phối trộn kém, dẫn đến biến động pH mạnh khi các hợp

chất dễ tiêu phân hủy nhanh chóng. Trong những ngày đầu sau khi thả trùn, hoạt động của hệ vi sinh vật hiếu khí và vi hiếu khí tăng mạnh để phân hủy các hợp chất hữu cơ dễ tiêu như carbohydrate, protein hòa tan, từ đó sinh ra acid hữu cơ làm pH có xu hướng giảm nhẹ. Khi các hợp chất này cạn dần và quá trình khoáng hóa ổn định hơn, pH bắt đầu tăng nhẹ trở lại nhờ sản phẩm chuyển hóa cuối của các phản ứng thường là  $CO_2$  và ion bicarbonate. Trùn quế cũng góp phần ổn định pH thông qua việc tiết ra dịch cơ thể mang tính trung tính và làm đồng đều môi trường nhờ quá trình di chuyển, đào xới, phân bố lại chất nền và vi sinh vật.

Đối với yếu tố nhiệt độ, dữ liệu ghi nhận từ 43 ngày thí nghiệm cho thấy biên độ dao động tương đối hẹp, chủ yếu từ 26°C đến 30°C, phản ánh rõ sự chi phối của điều kiện thời tiết ngoài trời cũng như mức độ sinh nhiệt bên trong khối nền xử lý. Nhiệt độ được mô tả trong hình 1B cho thấy trung bình giữa các nghiệm thức dao động quanh 27.5°C đến 28.5°C, là vùng nhiệt lý tưởng cho sự phát triển của trùn quế cũng như hoạt động phân hủy hữu cơ của hệ vi sinh vật cộng sinh. Một số nghiệm thức như NT6, NT7 và NT9 có xu hướng ghi nhận nhiệt độ cao hơn, có thể do thành phần nền giàu dinh dưỡng, hoạt tính vi sinh mạnh làm gia tăng quá trình sinh nhiệt cục bộ. Tuy nhiên, nhìn chung nhiệt độ được duy trì dưới ngưỡng 30°C nên không gây hiện tượng sốc nhiệt, bảo đảm an toàn sinh lý cho trùn quế. Kết quả cho thấy phần lớn các nghiệm thức có nhiệt độ phân bố đồng đều, ít ngoại lệ, chứng tỏ khả năng tự điều tiết tốt nhờ tương tác giữa ba yếu tố chính: bức xạ nhiệt môi trường, quá trình sinh nhiệt vi sinh và khả năng giữ/tản nhiệt của khối nền. Hoạt động đào bới không ngừng của trùn quế cũng góp phần phá vỡ các vùng nhiệt độ cục bộ, làm nhiệt độ phân bố đồng đều hơn trong toàn bộ thể tích khối xử lý. Đây là lợi thế rõ rệt so với các hệ thống tĩnh, vốn dễ hình thành điểm nóng làm gia tăng tốc độ phân hủy



Hình 2. Tối ưu hóa khối lượng trùn thu hoạch: (A) biểu đồ 2D; (B) biểu đồ 3D

không kiểm soát, dẫn đến biến động pH hoặc mất cân bằng độ ẩm.

Yếu tố độ ẩm được theo dõi suốt chu kỳ xử lý và cho thấy nền được duy trì khá tốt trong khoảng từ 60% đến 80%, vốn là ngưỡng tối ưu cho hô hấp và hoạt động tiêu hóa của trùn quế. Các nghiệm thức như NT1, NT6 và NT8 cho thấy độ ẩm ổn định, trung vị dao động quanh 70% và biên độ hẹp, phản ánh vai trò của xơ dừa trong việc giữ nước, giảm dao động ẩm giữa ngày và đêm. Ngược lại, những nghiệm thức như NT3, NT5, NT7 và NT9 thể hiện mức độ dao động độ ẩm lớn hơn, phần lõi hộp của biểu đồ mở rộng chứng tỏ nước dễ bị bốc hơi hoặc phân bố không đồng đều trong khối nền. Mặc dù có bổ sung nước đều đặn hằng ngày, một số thời điểm độ ẩm vẫn xuống gần mức 55% - 60%, đặc biệt ở các nghiệm thức có tỷ lệ xơ dừa thấp, do khả năng giữ nước kém hoặc cấu trúc nền bị nén chặt làm giảm tính mao dẫn.

Từ các chỉ tiêu pH, nhiệt độ và độ ẩm, có thể nhận xét rằng quá trình xử lý bùn ao nuôi cá tra bằng trùn quế đã đạt được trạng thái cân bằng sinh học tương đối ổn định sau giai đoạn thích nghi ban đầu. Sự có mặt của xơ dừa không chỉ cải thiện độ tơi xốp và khả năng giữ nước mà còn đóng vai trò như một hệ đệm giúp điều hòa pH và phân tán đều nhiệt độ, hạn chế các dao động bất lợi trong suốt chu kỳ xử lý. Việc bổ sung nước hàng ngày kết hợp với đặc tính cấu trúc nền cũng góp phần duy trì độ ẩm ở mức tối ưu cho hoạt động của cả vi sinh vật lẫn trùn quế. Những biến động ngắn hạn về các thông số vật lý, nhất là pH và độ ẩm, đã được kiểm soát hiệu quả, không vượt quá ngưỡng chịu đựng sinh lý của trùn, nhờ đó quá trình phân giải hữu cơ và tích lũy sinh khối trùn diễn ra thuận lợi.

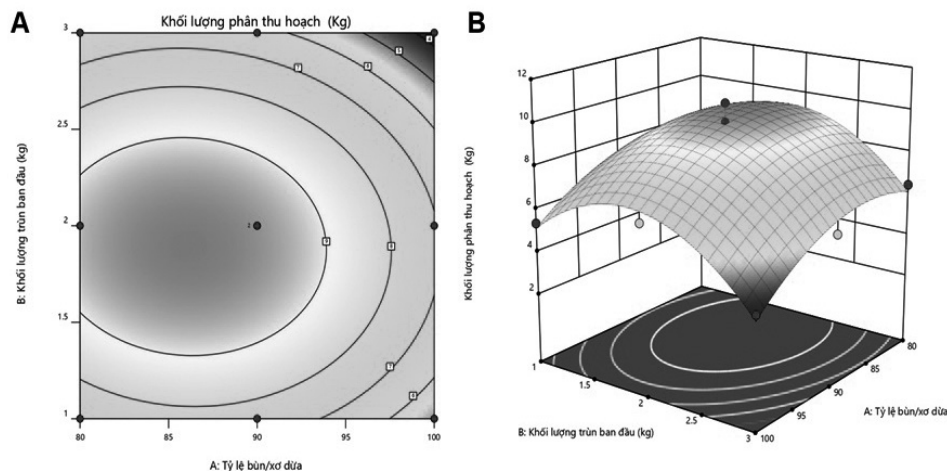
### 3.2. Đánh giá hiệu quả xử lý bùn ao nuôi cá tra bằng trùn quế

Sau khi quá trình ủ kết thúc, hỗn hợp chất nền được chuyển sang giai đoạn xử lý chính thức bằng trùn quế. Trùn được đưa vào các thùng nuôi thể tích 0.1 m<sup>3</sup> với

tổng khối lượng chất nền trong mỗi thùng là 30 kg. Khối lượng trùn ban đầu được thay đổi theo các mức 1 kg, 2 kg và 3 kg tùy theo thiết kế thí nghiệm. Tổng cộng có mười nghiệm thức được bố trí tương ứng với các tổ hợp khác nhau giữa tỷ lệ phối trộn bùn và xơ dừa, khối lượng nền và khối lượng trùn giống. Trong đó, các nghiệm thức NT3 và NT4 sử dụng hoàn toàn bùn không phối trộn xơ dừa, các nghiệm thức NT1, NT2 và NT9 sử dụng tỷ lệ phối trộn 80:20, trong khi các nghiệm thức còn lại sử dụng tỷ lệ 90:10. Một số nghiệm thức như NT6 được lặp lại nhiều lần để tăng độ tin cậy của dữ liệu và kiểm tra tính ổn định của điều kiện xử lý (Hình 2).

Biểu đồ tối ưu hóa theo mô hình RSM đã thể hiện rõ mối quan hệ phi tuyến giữa hai biến đầu vào là tỷ lệ phối trộn bùn: xơ dừa và khối lượng trùn ban đầu đối với biến phản hồi là khối lượng trùn thu hoạch sau 43 ngày xử lý. Phân tích bề mặt đáp ứng cho thấy điểm tối ưu đạt được tại tổ hợp điều kiện tỷ lệ bùn:xơ dừa 90:10 và khối lượng trùn giống là 2.0 kg, với khối lượng trùn thu hoạch dự đoán là 3.45 kg. Đây là vùng có màu cam đậm trên biểu đồ contour và vùng đỉnh trên đồ thị 3D, phản ánh hiệu quả tối đa về mặt sinh khối trong hệ thống xử lý.

Khi phân tích xu hướng thay đổi của biểu đồ, có thể nhận thấy rằng việc giảm tỷ lệ bùn và tăng tỷ lệ xơ dừa từ 100:0 đến 90:10 hoặc 80:20 giúp cải thiện đáng kể hiệu suất sinh trưởng của trùn. Cụ thể, ở nghiệm thức sử dụng 100% bùn, khối lượng trùn thu được dao động từ 0.93 kg đến 1.75 kg, thấp hơn rất nhiều so với các nghiệm thức có bổ sung xơ dừa. Điều này có thể lý giải do bản chất của bùn ao cá tra có độ đặc cao, thiếu độ tơi xốp và dễ bị yếm khí cục bộ. Nếu không có vật liệu xốp như xơ dừa làm giá thể đệm, trùn sẽ gặp khó khăn trong việc di chuyển, trao đổi khí, và không có khoảng trống thích hợp để trú ẩn. Điều này dẫn đến hiện tượng trùn phân bố không đều trong hệ, tích tụ CO<sub>2</sub> cục bộ và gây ức chế sinh lý. Ngược lại, khi tỷ lệ xơ



Hình 3. Tối ưu hóa khối lượng phân thu hoạch: (A) biểu đồ 2D; (B) biểu đồ 3D

dừa được bổ sung ở mức hợp lý, chẳng hạn 10%, chất nền trở nên xốp hơn, có khả năng giữ ẩm tốt, cung cấp các vi khoảng trống khí cho tròn trú ẩn và phát triển. Ngoài ra, xơ dừa còn hỗ trợ điều tiết độ pH và độ dẫn điện trong nền, hạn chế biến động đột ngột của các chỉ tiêu môi trường trong suốt quá trình xử lý.

Về khối lượng tròn ban đầu, dữ liệu cho thấy rằng việc tăng khối lượng tròn từ 1.0 kg lên 2.0 kg làm tăng đáng kể khối lượng tròn thu hoạch, với các giá trị tăng từ 2.05 kg lên 3.38 kg, theo dữ liệu thực nghiệm tại tỷ lệ bùn:xơ dừa 90:10. Tuy nhiên, khi tăng khối lượng tròn lên 3.0 kg, khối lượng thu hoạch không tăng tương ứng, thậm chí có xu hướng giảm nhẹ xuống còn 2.70 kg. Hiện tượng này cho thấy rằng mật độ tròn quá cao dẫn đến cạnh tranh sinh học, giảm khả năng tiếp cận nguồn dinh dưỡng và làm tăng mức tiêu hao oxy nội tại trong chất nền, dẫn đến giảm hiệu suất tổng thể. Ngoài ra, mật độ tròn lớn trong một thể tích xử lý giới hạn còn có thể gây stress quần thể, làm tăng tỷ lệ chết và ức chế sinh trưởng của cá thể non. Xét trên mô hình và bảng dữ liệu thực tế, có thể thấy hiệu quả sinh trưởng đạt cao nhất tại tỷ lệ bùn:xơ dừa 90:10 và khối lượng tròn ban đầu 2.0 kg, khi đó khối lượng tròn thu hoạch đạt 3.38 - 3.75 kg, cao hơn 1.5 - 2 lần so với các tổ hợp khác. Trong khi đó, các nghiệm thức ở hai cực đoạn của mỗi yếu tố (tức 100:0 hoặc 3.0 kg tròn) đều cho kết quả thấp hơn mức tối ưu từ 20% đến gần 70%, tùy tổ hợp (Hình 3).

Biểu đồ tối ưu hóa khối lượng phân tròn thu hoạch tại hình 3 cho thấy rõ ảnh hưởng đồng thời của hai yếu tố đầu vào gồm tỷ lệ bùn: xơ dừa và khối lượng tròn ban đầu đến năng suất phân hữu cơ tạo ra trong hệ thống. Tại vùng trung tâm của biểu đồ, mô hình dự đoán khối lượng phân tròn đạt cực đại là 9.86 kg khi sử dụng tỷ lệ bùn:xơ dừa là 90:10 và khối lượng tròn ban đầu là 2.0 kg. Điều này hoàn toàn tương đồng với kết quả tối ưu về khối lượng tròn sinh trưởng đã được ghi

nhận trước đó, cho thấy đây là tổ hợp điều kiện đồng thời tối ưu cả về mặt xử lý chất hữu cơ lẫn sinh khối tròn tạo thành.

Xu hướng thay đổi theo tỷ lệ bùn:xơ dừa được thể hiện rõ: khi tỷ lệ xơ dừa tăng, lượng phân tròn thu được tăng lên rõ rệt. Cụ thể, ở mức 100% bùn (không phối trộn xơ dừa), năng suất phân thu được chỉ dao động từ 3.7 đến 5.3 kg, trong khi ở tỷ lệ 90:10, con số này đạt gần 10 kg. Nguyên nhân có thể giải thích là do xơ dừa ngoài vai trò tạo kết cấu thông thoáng còn cung cấp chất xơ không phân giải nhanh, giúp tròn tăng cường hoạt động đào bới, đồng thời hỗ trợ duy trì độ ẩm, giảm tình trạng bùn vón cục và tăng khả năng thấm khí trong hệ thống. Những điều kiện này đặc biệt cần thiết trong các hệ thống xử lý yếm khí bán tự nhiên, vốn thiếu khả năng sục khí cơ học. Nếu chỉ sử dụng bùn nguyên chất mà không bổ sung xơ dừa, môi trường trở nên bí kín, nghèo oxy vi mô, dễ sinh khí độc như amoniac và H<sub>2</sub>S, từ đó làm giảm hoạt lực phân giải của tròn và các vi sinh vật hiếu khí cộng sinh. Về yếu tố khối lượng tròn ban đầu, kết quả phân tích cho thấy khi tăng khối lượng tròn từ 1.0 lên 2.0 kg, khối lượng phân thu được cũng tăng tương ứng từ 7.2 kg lên gần 9.9 kg, phản ánh rõ hiệu quả tăng mật độ sinh học hợp lý. Tuy nhiên, khi khối lượng tròn tăng lên 3.0 kg, lượng phân tạo ra lại giảm chỉ còn khoảng 6.23 kg, cho thấy xu hướng quá tải sinh học. Mật độ tròn quá cao dẫn đến sự cạnh tranh về không gian trú ẩn, thức ăn và oxy, đồng thời có thể gây stress quần thể, làm giảm hiệu suất chuyển hóa hữu cơ thành phân. Khi kết hợp cả hai yếu tố, có thể thấy hiệu quả thu phân tròn đạt tối đa trong vùng giới hạn khoảng 88% đến 92% bùn kết hợp 8% đến 12% xơ dừa, cùng với khối lượng tròn ban đầu dao động 1.8 kg đến 2.2 kg. Đây là vùng hoạt động ổn định, giúp hệ thống duy trì hiệu quả xử lý ngay cả khi điều kiện vật liệu không hoàn toàn đồng nhất, điều rất phổ biến trong ứng dụng thực tế tại các trang trại

quy mô nhỏ. Một điểm đáng chú ý là xu hướng giảm hiệu suất phân trùn rõ rệt khi cả hai yếu tố cùng tăng đến cực đại hoặc giảm đến cực tiểu. Cụ thể, tổ hợp 100% bùn và 3 kg trùn cho sản lượng phân thấp nhất, chỉ đạt khoảng 3.79 kg, phản ánh tác động bất lợi tích lũy của chất nền quá đặc và mật độ trùn quá cao. Dữ liệu mô phỏng này cũng hoàn toàn khớp với giá trị thực nghiệm, càng củng cố tính tin cậy của mô hình RSM đã xây dựng.

Phân tích ANOVA cho thấy cả hai mô hình hồi quy bậc hai nhằm tối ưu khối lượng trùn và lượng phân thu hoạch đều đạt ý nghĩa thống kê (F-value lần lượt 12.96 và 10.65,  $p < 0.05$ ), chứng minh mối quan hệ giữa tỷ lệ bùn:xơ dừa (A), khối lượng trùn ban đầu (B) và kết quả đầu ra không xảy ra ngẫu nhiên. Trong mô hình dự báo khối lượng trùn, các biến  $A^2$  và  $B^2$  có  $p < 0.05$ , khẳng định tác động phi tuyến, tức trùn phát triển tốt đến ngưỡng tối ưu rồi giảm khi vượt tải. Tác động tuyến tính A, B chưa rõ rệt nhưng vẫn cần thiết. Không có tương tác đáng kể giữa A và B, cho thấy chúng ảnh hưởng độc lập.

Đối với mô hình tối ưu lượng phân, A đạt ý nghĩa ( $p = 0.0283$ ), cho thấy rõ vai trò phối trộn xơ dừa, còn  $B^2$  rất quan trọng ( $p = 0.0071$ ), phản ánh hiện tượng quá tải sinh học khi mật độ trùn cao. Cả hai mô hình đều có Lack of Fit không đáng kể ( $p > 0.46$ ), chứng tỏ phù hợp thực nghiệm, với  $R^2$  cao (0.93–0.94) và Adjusted  $R^2$  từ 0.84–0.87, giải thích 84–94% biến thiên. Tuy nhiên, Predicted  $R^2$  thấp hơn ( $\approx 0.56$ ), cho thấy cần thí nghiệm xác nhận để củng cố khả năng dự báo. Giá trị Adequate Precision trên 9 khẳng định mô hình đáng tin cậy.

Kết quả này phù hợp với cơ chế thực tế: tăng bùn (giảm xơ dừa) làm giảm trùn và phân do nền kém thoáng, yếm khí, còn quá nhiều trùn ban đầu gây cạnh tranh, giảm hiệu quả xử lý. Các phương trình hồi quy bậc hai thu được đã mô tả chính xác mối liên hệ và xác định khoảng tối ưu, làm cơ sở thiết lập quy trình nuôi trùn xử lý bùn ao cá tra hiệu quả.

Phương trình đầu tiên mô tả khối lượng trùn thu hoạch như sau:

$$Y_1 = -86.39643 + 1.94931A + 2.77893B + 0.00675AB - 0.011029A^2 - 0.767857B^2$$

Kết quả cho thấy cả hai yếu tố A và B đều có ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng trùn, trong đó A biểu thị vai trò điều tiết cơ học của xơ dừa trong hỗn hợp và B thể hiện sự gia tăng khối lượng trùn ban đầu làm cơ sở sinh khối. Các hệ số âm ở  $A^2$  và  $B^2$  khẳng định xu hướng cực đại của hệ thống, tức là sau một ngưỡng tối ưu, hiệu suất thu trùn sẽ giảm nếu tiếp tục tăng tỷ lệ bùn hoặc mật độ trùn ban đầu.

Tương tự, phương trình thứ hai mô tả khối lượng phân trùn thu được sau xử lý:

$$Y_2 = -106.94119 + 2.46245A + 11.43702B - 0.01325AB - 0.014157A^2 - 2.72071B^2$$

Trong phương trình này, yếu tố B có ảnh hưởng rõ rệt hơn với hệ số lớn, phản ánh mối quan hệ mật thiết giữa sinh khối ban đầu và lượng phân tích lũy được. Tuy nhiên, hệ số âm của  $B^2$  cho thấy nếu mật độ trùn vượt quá giới hạn sinh học, khả năng chuyển hóa chất hữu cơ sẽ bị suy giảm. Cũng tương tự như  $Y_1$ , tỷ lệ bùn quá cao mà thiếu xơ dừa sẽ làm môi trường nén chặt, gây thiếu khí và ức chế hoạt động của vi sinh vật và trùn, từ đó làm giảm hiệu quả xử lý. Từ các kết quả mô hình hóa đề xuất tối ưu đạt được tại tỷ lệ phối trộn bùn/xơ dừa là 90:10 và khối lượng trùn quế ban đầu là 2kg từ đó cho thấy hiệu quả tối ưu lượng trùn và phân thu hoạch được sau quá trình xử lý lần lượt là 3.45kg và 9.47kg. Kết quả cho thấy nghiên cứu khi phối trộn với xơ dừa và ủ trong thời gian 43 ngày cho hiệu quả xử lý lượng bùn cao hơn phối trộn với lục bình theo tỷ lệ 7:3 với thời gian 90 ngày (Kien et al., 2024).

Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình xử lý bùn thải ao nuôi cá tra bằng trùn quế đã bước đầu tạo ra sản phẩm phân trùn có tiềm năng làm phân bón hữu cơ, song chất lượng phân thu được còn biến động đáng kể giữa các nghiệm thức và chưa hoàn toàn đáp ứng đồng bộ tất cả tiêu chuẩn theo QCVN 01-189:2019/BNNPTNT. Chỉ tiêu pH của phân trùn dao động từ 5.07 đến 6.33, phù hợp ngưỡng quy chuẩn (5.5–8.5), ngoại trừ NT6 tiệm cận giới hạn dưới, phản ánh môi trường hơi axit. Độ ẩm của tất cả các nghiệm thức đều vượt quá mức cho phép 30%, dao động từ 36.3% đến 53.2%, cho thấy cần có giai đoạn phơi hoặc sấy để ổn định khi đóng gói, bảo quản.

Tỷ lệ C/N – chỉ tiêu quan trọng phản ánh mức độ ổn định phân hủy hữu cơ – chỉ đạt chuẩn (10–20) ở NT1, NT5, NT6, NT7, NT8 và NT9, trong khi NT2 quá cao (27.5) và NT3, NT4, NT10 quá thấp (<10), báo hiệu dư thừa carbon chưa phân giải hoặc ngược lại là quá trình khoáng hóa mạnh dẫn đến thiếu carbon, cần điều chỉnh phối trộn hoặc kéo dài thời gian ủ. Hàm lượng chất hữu cơ chỉ đạt yêu cầu tối thiểu 15% ở NT1, NT2, NT5, NT6, NT7, NT9, các nghiệm thức còn lại thấp hơn, cho thấy hạn chế nguồn carbon hoặc phân hủy chưa triệt để. Hàm lượng nitơ tổng đạt chuẩn  $\geq 0.5\%$  ở hầu hết mẫu, ngoại trừ NT2 và NT4 hơi thấp, chứng minh khả năng tích lũy đạm tốt nhờ hoạt động đồng hóa của trùn. Về lân hữu hiệu (P2O5), các nghiệm thức NT2, NT3, NT4, NT7, NT8 và NT10 đạt chuẩn  $\geq 0.3\%$ , nhưng một số mẫu khác không phát hiện, do đó cần kiểm soát phương pháp kiểm định chặt chẽ hơn. Kali hữu hiệu (K2O) lại là chỉ tiêu yếu nhất, chỉ NT1 đạt chuẩn  $\geq 0.5\%$ , các mẫu còn lại thấp hơn hoặc không phát hiện, phản ánh nhu



**Bảng 2. Chất lượng phân trùn sau quá trình xử lý**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5	NT6	NT7	NT8	NT9	NT10
1	pH	-	5.93	6.33	6.12	6.09	6.03	5.07	5.72	5.72	5.87	6.27
2	Độ ẩm	%	49.2	49.2	36.4	37.5	42.2	42.2	43.2	44.4	53.2	36.3
3	Tỷ lệ C/N	-	19.5	27.5	6.18	9.2	18.8	14.3	11.4	12.7	17.6	4.33
4	Hàm lượng chất hữu cơ	%	28.8	24.8	8.56	8.94	18.6	16	18.5	14	23.6	5.53
5	Hàm lượng Nito tổng	%	0.67	0.41	0.63	0.44	0.45	0.51	0.74	0.5	0.61	0.58
6	Hàm lượng P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	KPH	0.37	0.49	0.51	KPH	KPH	0.41	0.4	KPH	0.32
7	Hàm lượng K <sub>2</sub> O	%	0.52	0.41	KPH	KPH	0.25	0.21	0.27	0.22	0.44	KPH

cầu bổ sung nguồn kali tự nhiên nếu định hướng sản phẩm thương mại (Bảng 2).

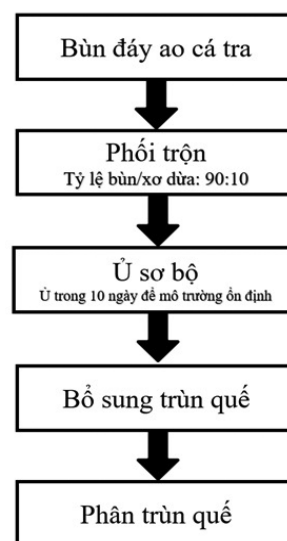
Nhìn chung, NT1 là nghiệm thức duy nhất đạt đồng thời gần đầy đủ các chỉ tiêu chính (trừ độ ẩm), trong khi NT6 – nghiệm thức tối ưu theo mô hình RSM – tuy chưa đạt về độ ẩm, chất hữu cơ và kali, nhưng vẫn cho thấy tiềm năng ứng dụng sau xử lý bổ sung như phối sẩy, cải thiện nguyên liệu đầu vào. Các nghiệm thức NT3, NT4, NT10 có chất lượng thấp, không phù hợp yêu cầu kỹ thuật, cần loại bỏ hoặc điều chỉnh công thức phối trộn. Kết quả này nhấn mạnh vai trò quan trọng của việc thiết lập tỷ lệ bùn:xơ dừa hợp lý, kiểm soát mật độ trùn ban đầu cũng như thời gian ủ để nâng cao chất lượng phân trùn, đáp ứng tiêu chuẩn sử dụng nông nghiệp, góp phần vào phát triển mô hình tuần hoàn, bền vững cho vùng nuôi cá tra.

**3.3. Đề xuất quy trình xử lý bùn ao nuôi cá bằng trùn quế**

Định hướng xử lý bùn đáy ao nuôi cá tra theo mô hình kết hợp nuôi trùn quế không chỉ giải quyết hiệu quả vấn đề phế phẩm phát sinh trong quá trình nuôi trồng thủy sản mà còn tạo ra giá trị gia tăng, hướng tới phát triển tuần hoàn. Quy trình bắt đầu bằng việc thu gom bùn đáy ao cá tra, một nguồn chất thải giàu hữu cơ nhưng tiềm ẩn nguy cơ gây ô nhiễm nếu thải trực tiếp ra môi trường. Bùn sau đó được phối trộn với xơ dừa theo tỷ lệ 90:10, vừa cải thiện độ tơi xốp, tăng khả năng giữ ẩm, vừa cung cấp thêm lignocellulose giúp cân bằng C/N. Hỗn hợp này tiếp tục được ủ sơ bộ trong 10 ngày nhằm ổn định các thông số sinh học như pH, độ ẩm và giảm nồng độ các hợp chất dễ phân hủy, tránh gây sốc cho hệ sinh học.

Sau giai đoạn ổn định, trùn quế được bổ sung vào khối nền để bắt đầu giai đoạn xử lý chính kéo dài 43 ngày. Trong suốt quá trình này, trùn quế tiêu thụ bùn, xơ dừa và các hợp chất hữu cơ để phân hủy, đồng thời đào xới khối nền giúp tăng cường oxy, thúc đẩy hoạt động vi sinh vật và phân giải các chất hữu cơ còn lại. Kết quả cuối cùng là sản phẩm phân trùn quế – một loại phân hữu cơ ổn định, giàu chất dinh dưỡng như nitơ, lân, kali, phù hợp cải tạo đất, nâng cao độ phì nhiêu, giảm phụ thuộc vào phân bón hóa học.

Đặc biệt, ngoài việc tạo phân hữu cơ, mô hình còn mang lại nguồn sinh khối trùn quế có thể tận dụng làm thức ăn giàu đạm cho cá tra, qua đó khép kín chuỗi tuần hoàn vật chất ngay tại hệ thống nuôi. Giải pháp này không chỉ giảm chi phí thức ăn công nghiệp mà còn gia tăng



*Hình 4. Quy trình xử lý bùn ao cá tra bằng trùn quế*

hiệu quả sinh học tổng thể. Như vậy, toàn bộ quy trình đã tận dụng triệt để phế phẩm bùn ao nuôi, biến chất thải thành nguồn tài nguyên có ích, từ đó góp phần xây dựng hệ thống nuôi cá tra thân thiện môi trường, tiết kiệm chi phí và phát triển theo hướng kinh tế tuần hoàn, bền vững.

**4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ**

Nghiên cứu này đã chứng minh tiềm năng áp dụng trùn quế (*Perionyx excavatus*) để xử lý bùn thải ao nuôi cá tra, qua đó biến phế phẩm thủy sản giàu hữu cơ, nitơ và photpho thành các sản phẩm có giá trị gia tăng theo hướng kinh tế tuần hoàn. Kết quả thực nghiệm và mô hình hóa cho thấy tỷ lệ phối trộn bùn:xơ dừa 90:10 kết hợp

mật độ trùn ban đầu 2 kg đã đạt tối ưu, cho sinh khối trùn thu hoạch 3.45 kg và phân trùn 9.47 kg sau 43 ngày. Phân tích về mặt chất lượng, phân trùn nhìn chung đáp ứng tốt tiêu chuẩn QCVN 01-189:2019/ BNNPTNT về pH, tỷ lệ C/N, nitơ và photpho có thể tái sử dụng trong nông nghiệp.

Bên cạnh đó, một số hạn chế của nghiên cứu cũng được xác định như chưa tập trung chuyên sâu về mối liên hệ giữa các chỉ tiêu vi sinh vật có lợi và tính năng cải tạo đất của phân trùn, cũng như chưa thực hiện các thí nghiệm cho ăn thực nghiệm trên cá để đánh giá trực tiếp hiệu quả sinh khối trùn làm thức ăn. Ngoài ra, việc kiểm soát đồng nhất nguồn nguyên liệu bùn và xơ dừa ở quy mô lớn vẫn là thách thức khi áp dụng thực tế.

Từ những hạn chế này, nghiên cứu mở ra các hướng đi mới cho tương lai, bao gồm nghiên cứu bổ sung các phụ liệu phối trộn khác như tro trấu, mùn cưa nhằm cải thiện tỷ lệ C/N, tối ưu hóa thêm thành phần dinh dưỡng của phân trùn, cũng như tích hợp công nghệ vi sinh để tăng khả năng phân hủy hữu cơ và cố định dưỡng chất. Ngoài ra, cần triển khai thêm các nghiên cứu cho ăn thực nghiệm trực tiếp trên cá tra để đánh giá giá trị sinh học của sinh khối trùn làm thức ăn giàu protein.

Trên cơ sở các kết quả đã đạt được, nghiên cứu có thể làm cơ sở để áp dụng phương pháp xử lý bùn thải bằng trùn quế tại các doanh nghiệp đang hướng đến giải pháp quản lý chất thải bền vững, tiết kiệm chi phí xử lý so với các phương pháp cơ học, hóa lý. Đồng thời, việc thương mại hóa sản phẩm phân trùn quế và khai thác sinh khối trùn làm thức ăn có thể tạo thêm nguồn thu, giảm phụ thuộc vào thức ăn công nghiệp, góp phần tăng lợi nhuận tổng thể. Để mô hình phát huy hiệu quả, các cơ quan quản lý cần hỗ trợ đào tạo kỹ thuật, thiết lập tiêu chuẩn chất lượng phân trùn cụ thể hơn cho từng loại cây trồng, và xây dựng cơ chế tín dụng xanh, khuyến khích các hộ nuôi áp dụng các giải pháp tuần hoàn, hướng tới phát triển bền vững cho ngành cá tra và nông nghiệp.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, TP.Hồ Chí Minh, đã hỗ trợ thời gian, phương tiện vật chất và phòng thí nghiệm thử nghiệm cho nghiên cứu này. Nghiên cứu cũng được sự hỗ trợ bùn thải và một số nguyên liệu từ Công ty CP xuất nhập khẩu thủy sản Bến Tre (Aquatex Bến Tre) ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A., & Ibraheem, I. J. S. j. o. b. s. (2012). *Microalgae and wastewater treatment*. 19(3), 257-275.
2. Anh, P. T., Kroeze, C., Bush, S. R., & Mol, A. P. J. A. r. (2010). *Water pollution by Pangasius production in the Mekong Delta, Vietnam: causes and options for control*. 42(1), 108-128.

3. Bachev, H., & Ivanov, B. (2021). *A study on wastewater treatment sludge utilization in Bulgarian agriculture. Technology audit and production reserves*, 5(4/61), 35-44.
4. Chang, Y.-C., & Shen, Y.-H. (2025). *Sustainable Energy Transition: Converting Textile Water Sludge (TWS) to Solid Recovered Fuel (SRF) in Taiwan. Energies (19961073)*, 18(4).
5. Huy, D. T. N., Nam, V. Q., Hanh, H. T., Minh, P. N., Huong, L. T. T. J. F. S., & Technology. (2021). *A review and further analysis on seafood processing and the development of the fish Pangasius from the food industry perspective*. 42, e76421.
6. Jespersen, K. S., Kelling, I., Ponte, S., & Kruijssen, F. J. F. p. (2014). *What shapes food value chains? Lessons from aquaculture in Asia*. 49, 228-240.
7. Katiyar, R. B., Sundaramurthy, S., Sharma, A. K., Arisutha, S., Khan, M. A., & Sillanpää, M. J. S. (2023). *Optimization of engineering and process parameters for vermicomposting*. 15(10), 8090.
8. Kien, T. T., & Hung, N. T. (2024). *Utilizing sludge from catfish farming to produce vermicompost for improving soil quality. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*,
9. Li, J., See, K. F., & Chi, J. J. J. o. c. p. (2019). *Water resources and water pollution emissions in China's industrial sector: A green-biased technological progress analysis*. 229, 1412-1426.
10. Morello, R., Di Capua, F., Esposito, G., Pirozzi, F., Fratino, U., & Spasiano, D. J. J. o. E. M. (2022). *Sludge minimization in mainstream wastewater treatment: Mechanisms, strategies, technologies, and current development*. 319, 115756.
11. Mupambwa, H. A., Mnkeni, P. N. S. J. E. S., & Research, P. (2018). *Optimizing the vermicomposting of organic wastes amended with inorganic materials for production of nutrient-rich organic fertilizers: a review*. 25, 10577-10595.
12. Patel, A., Arkatkar, A., Singh, S., Rabbani, A., Medina, J. D. S., Ong, E. S., Habashy, M. M., Jadhav, D. A., Rene, E. R., & Mungray, A. A. (2021). *Physico-chemical and biological treatment strategies for converting municipal wastewater and its residue to resources. Chemosphere*, 282, 130881.
13. Pottipati, S., Kundu, A., & Kalamdhad, A. S. J. B. t. (2022). *Process optimization by combining in-vessel composting and vermicomposting of vegetable waste*. 346, 126357.
14. Singh, R. L., Singh, R. P., Gupta, R., & Singh, R. (2019). *Advances in biological treatment of industrial waste water and their recycling for a sustainable future. Springer*.



# PAHs VÀ MỘT SỐ CHẤT HỮU CƠ TRONG Bùn KÊNH RẠCH TP. HỒ CHÍ MINH

TRẦN ĐỨC SON<sup>1,2</sup>, PHAN XUÂN THANH<sup>1</sup>, ĐẶNG VŨ BÍCH HẠNH<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

<sup>2</sup> Trung tâm Quản lý hạ tầng kỹ thuật, Sở Xây dựng TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Nghiên cứu một số kết quả quan trắc PAHs tổng và các thành phần hữu cơ của PAHs, một chất trong đó là chất gây nguy hại đặc biệt. Do đó, cần thiết hiểu rõ phân bố PAHs và thành phần của chúng trong bùn kênh rạch tại đô thị. Kết quả quan trắc các thông số chỉ thị ô nhiễm (pH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, E.coli) trong bùn kênh rạch, trong tháng 11 đến tháng 12, từ 2019 tới 2024, trên 10 lưu vực của TP. Hồ Chí Minh (TP. HCM). Các kênh có nồng độ NH<sub>3</sub> cao ở tầng mặt trong khi H<sub>2</sub>S cao hơn ở tầng đáy, hàm lượng NH<sub>3</sub> từ 1.500 - 2.500ppm NH<sub>3</sub> ở tầng đáy, 1.600 - 2.700ppm NH<sub>3</sub> ở tầng mặt; H<sub>2</sub>S có nồng độ từ 1.400 - 2.400 ppm H<sub>2</sub>S ở tầng đáy và từ 1.600 - 2.600ppm H<sub>2</sub>S ở tầng mặt. Bên cạnh đó, PAHs có nồng độ cao tập trung ở Nam Tham Lương 1, 2 và 3 (Tổng PAHs >8.000ug/kg, đồng thời với NH<sub>3</sub> và H<sub>2</sub>S cao (>8.500ppm). Ở một số kênh E. coli vượt trội hơn hẳn (>105 MPN/100ml) trong khi nơi khác thấp hơn khá nhiều (<102MPN/100ml). Từ kết quả nghiên cứu trên cho thấy, bùn kênh rạch cần xử lý và giám sát PAHs trong bùn sau xử lý nhằm giảm nguy cơ lây lan ngoài môi trường tự nhiên.

Từ khóa: PAHs, bùn kênh rạch, ô nhiễm hữu cơ, E.coli, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S.

Ngày nhận bài: 2/6/2025; Ngày sửa chữa: 16/6/2025; Ngày duyệt đăng: 23/6/2025.

## PAHs and some organic substances in canals sediment of Ho Chi Minh city

### Abstract

Investigate the findings related to PAHs monitoring and the organic components of these pollutants, which are particularly hazardous substances. Hence, it's crucial to comprehend the distribution of PAHs and their constituents within the canal sediment in urban locales. The monitoring findings of pollution indicators—such as pH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, and E.coli—within canal sediments from November to December spanning 2019 to 2024 across ten basins in Ho Chi Minh City. The canals exhibit elevated concentrations of NH<sub>3</sub> in the upper layers, while H<sub>2</sub>S levels are more pronounced in the bottom layers; specifically, NH<sub>3</sub> levels range from 1,500 to 2,500 ppm at the bottom layer and 1,600 to 2,700 ppm at the surface layer. H<sub>2</sub>S concentrations register between 1,400 and 2,400 ppm at the bottom and from 1,600 to 2,600 ppm on the surface. Moreover, PAHs are found in particularly high levels in Nam Tham Luong sections 1, 2, and 3 (with total PAHs exceeding 8,000 µg/kg), alongside significant NH<sub>3</sub> and H<sub>2</sub>S concentrations (greater than 8,500 ppm). Some E. coli readings in certain canals are notably high, surpassing 105 MPN/100ml, whereas other locations report much lower counts of less than 102 MPN/100ml. The contamination extends beyond the natural boundaries.

Keywords: PAHs, canal sediment, organic contamination, E.coli, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S.

JEL Classifications: Q51, Q52, Q53.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

PAHs trong bùn gây độc cho sinh vật đáy như giun, động vật thân mềm, làm giảm đa dạng sinh học, có nhiều khả năng phát tán vào nước khi gặp mưa lớn hay nạo vét kênh [1]. Đặc biệt, khả năng gây độc cho người được ghi nhận từ các công trình nghiên cứu của Ann Olsson, 2022; Yu Ni, 2024 như gây ung thư, độc tố thần kinh [2][3]. PAHs theo Zhiyang Liu, 2015; Chee Kong Yap, 2022 thường tích lũy trong kênh rạch đô thị [4][5]. Hiện nay, trong nước vẫn còn ít dữ liệu về PAHs trong bùn cũng như mối tương quan với các chất chỉ thị ô nhiễm khác. Do đó, cần nắm rõ phân bố

của PAHs trong bùn để có thể tìm ra phương hướng kiểm soát và quản lý chặt chẽ hơn. Theo Báo cáo quan trắc chất lượng bùn thải TP. HCM năm 2021 bùn phát sinh từ hoạt động duy tu, nạo vét hệ thống thoát nước [8]. TP. HCM nằm ở vùng hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai, có mạng lưới sông ngòi, kênh rạch khá chằng chịt nên đây là bể chứa bùn khổng lồ cùng các chất lưu trữ trong bùn. Ngoài PAHs, các chỉ thị ô nhiễm khác như pH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S và E.coli cũng cần được kiểm soát. Đây là các thông số chỉ thị tình trạng ô nhiễm môi trường và có tác động tới sức khỏe con người cũng như hệ sinh thái [10][11][12]. Nguồn phát sinh NH<sub>3</sub>

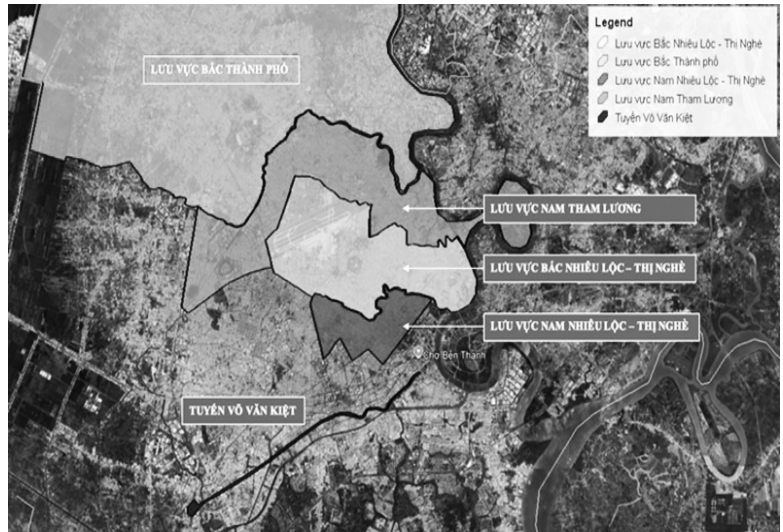
và H<sub>2</sub>S từ các hoạt động của vi sinh vật phân giải, đặc biệt trong điều kiện yếm khí hoặc bài tiết của sinh vật [6][7]. Việc tích tụ của các chất này có thể làm tăng tính độc hại cho bùn thải, đặc biệt là hệ sinh vật nước. Trên cơ sở những nghiên cứu trước, nghiên cứu này tập trung các dữ liệu về PAHs, pH, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S và pH, từ đó đánh giá nồng độ của PAHs trong 10 lưu vực của TP, đồng thời xác định các mối tương quan giữa những thông số này, hướng tới cung cấp thêm tình hình PAHs trong bùn kênh rạch tại TP. HCM.

**2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

**2.1. Phương pháp lấy mẫu thực địa**

Đối tượng nghiên cứu là 10 lưu vực thoát nước của TP. HCM, bao gồm: (i) Lưu vực Nam TP địa hình thấp; (ii) Lưu vực Tây TP hệ thống kênh rạch chằng chịt; (iii) Lưu vực Bến Nghé Quận 4: Khu đô thị có mật độ dân số cao; (iv) Lưu vực Bắc Tàu Hũ: Khu vực đô thị hóa lâu đời; (v) Lưu vực Tân Hóa - Lò Gốm; (vi) Lưu vực Nam Nhiều Lộc; (vii) Lưu vực Bắc Nhiều Lộc: Là phần phía Bắc của lưu vực Kênh Nhiều Lộc - Thị Nghè; (viii) Lưu vực Đông TP; (ix) Lưu vực Nam Tham Lương; (x) Lưu vực Bắc TP [9].

Thực hiện lấy mẫu bùn thuộc 10 lưu vực lấy từ tháng 11 đến tháng 12 các năm 2019 tới 2023 theo chương trình quản lý chất lượng bùn của hệ thống kênh rạch TP. HCM: mỗi lưu vực lấy mẫu tại 3 vị



Hình 1. Lưu vực Bắc Nhiều Lộc - Thị Nghè, Bắc TP, Nam Nhiều Lộc - Thị Nghè và Nam Tham Lương



Hình 2. Lưu vực Bắc Tàu Hủ, Bến Nghé - Quận 4, Nam TP, Tân Hóa- Lò Gốm và Tây TP

**Bảng 1. Vị trí lấy mẫu quan trắc**

STT	Ký hiệu	Lưu vực khảo sát	Toạ độ lấy mẫu		
			Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
1	LV1	Lưu vực Nam TP	1188684.74 – 603955.88	1179533.20 – 603141.03	1179396.22 – 612170.23
2	LV2	Lưu vực Tây TP	1193298.12 – 594600.88	1189731.12 – 593424.19	1195969.34 – 590492.27
3	LV3	Lưu vực Bến Nghé Quận 4	1192806.52 – 603266.18	1190962.63 – 603178.54	1189333.16 – 604281.63
4	LV4	Lưu vực Bắc Tàu Hũ	1190314.86 – 598983.49	1188923.51 – 598163.98	1189174.03 – 601096.85
5	LV5	Lưu vực Tân Hóa - Lò Gốm	1192932.37 – 597315.74	1191094.72 – 596649.57	1188715.94 – 596612.70
6	LV6	Lưu vực Nam Nhiều Lộc	1193589.66 – 602758.19	1193169.78 – 599208.49	1192041.83 – 599937.56
7	LV7	Lưu vực Bắc Nhiều Lộc	1194406.58 – 599089.19	1195753.19 – 601348.45	1194844.67 – 604701.77
8	LV8	Lưu vực Đông TP	1199976.95 – 609537.53	1196371.79 – 611801.61	1193180.29 – 607472.77
9	LV9	Lưu vực Nam Tham Lương	119541498 – 594740.52	1197385.21- 602516.40	1196417.67 – 60511092
10	LV10	Lưu vực Bắc TP	1201923.71 – 594424.44	1219039.22 – 588765.53	1213112.18 – 580227.37

**Bảng 2. Phương pháp lấy mẫu**

THÔNG SỐ	PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH	SOP	LOD
pH	US EPA Method 9040 C & US EPA Method 9045 D	Hiệu chuẩn: Sử dụng đệm pH 4.01, 7.00 và 10.01 (hiệu chuẩn 3 điểm).	0,05
NH <sub>3</sub>	SMEWW 4500 NH <sub>3</sub> C:2017	Chuẩn bị theo 5 bước theo hướng dẫn của phương pháp	0.004 mg/L
H <sub>2</sub> S	TK SMEWW 4500 S2-: 2017	Phương pháp Methylene Blue Colorimetric, tuân thủ theo phương pháp	0.005–0.05 mg/L S <sup>2-</sup>
<i>E.coli</i>	TCVN 9246-2021	Tuân thủ 4 bước theo phương pháp	1MPN/100ml
Các hợp chất PAHs:		Chuẩn bị mẫu Ly trích bằng Soxhlet Phân tích bằng GC-MS	0.1–1.0 µg/kg
Acenaphthen	US EPA Method 3540C US EPA Method 3630C US EPA Method 8270D		
Acenaphthylen			
Athracen			
Benzo[a]anthracen			
Benzo[e]pyren			
Chryren			
Dibenzo[a,h]anthracen			
Fluoroanthen			
Fluoren			
2-methylnaphthalen			
Naphthalen			
Phenathrene			
Pyrene			

trí, mỗi vị trí lấy 3 mẫu đại diện. Tại mỗi vị trí (thuộc từng lưu vực) lấy 3 mẫu và trộn đều thành 1 mẫu duy nhất đại diện cho vị trí lấy mẫu. Đối với mỗi lưu vực, trộn đều các mẫu tại 3 vị trí thành 1 mẫu duy nhất đại diện cho lưu vực cần khảo sát. Việc lấy mẫu, bảo quản mẫu, độ sâu của các tầng, tần suất lấy mẫu của bùn tuân thủ theo quy định của Việt Nam [13] [14][15][16].

Tại các lưu vực các chỉ tiêu được phân tích, tập hợp dữ liệu và dùng phần mềm Sigma Plot nhằm so sánh, đánh giá việc phân bố các chỉ tiêu trên toàn TP.

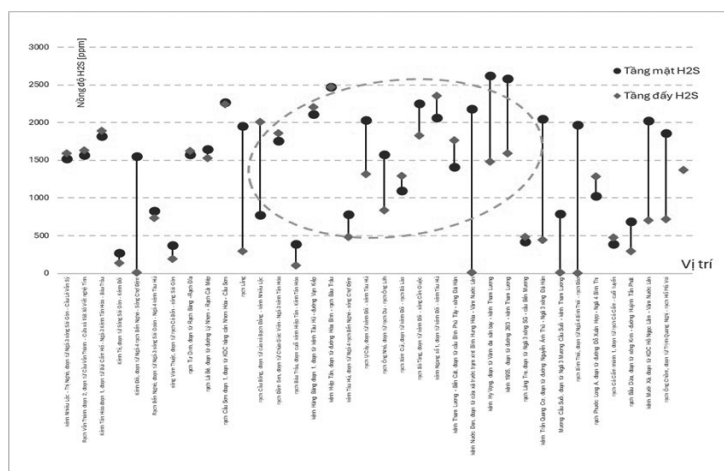
Toạ độ các điểm lấy mẫu được thể hiện ở Bảng 1. Ranh giới phân chia các lưu vực khảo sát được thể hiện ở Hình 1 và Hình 2.

### 2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu

Mẫu bùn kênh rạch được lấy theo phương pháp trong TCVN 6663-13:2000 và TCVN 6663-15:2004. Các thông số và phương pháp phân tích được thể hiện ở Bảng 2.

### 2.3. Thu thập và xử lý số liệu

Số liệu theo dõi được tính toán phần mềm



Hình 3. Nồng độ H<sub>2</sub>S trong bùn kênh TP. HCM

Nguồn: từ kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

Microsoft Excel. Phân tích ANOVA và hệ số tương quan trên phần mềm Sigma plot 11, độ tin cậy được lựa chọn là 95%.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Hàm lượng H<sub>2</sub>S trong bùn kênh TP. HCM

Nồng độ H<sub>2</sub>S trong bùn kênh rạch tầng mặt và tầng đáy tại kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 3, H<sub>2</sub>S ở tầng đáy luôn cao hơn tầng mặt cho thấy, điều kiện kỵ khí thiếu oxy.

**Bảng 3. Ba khu vực được chia theo nồng độ H<sub>2</sub>S tích lũy**

Khu vực	H <sub>2</sub> S tầng mặt (ppm)	H <sub>2</sub> S tầng đáy (ppm)	Nhận định từ kết quả nghiên cứu
<b>Khu vực A</b> (ví dụ: <b>Nhiều Lộc</b> )	~20	~80	Ô nhiễm hữu cơ cao từ nước thải sinh hoạt. Dòng chảy chậm, ứ đọng trầm tích.
<b>Khu vực B</b> (ví dụ: <b>Tân Hóa</b> )	<10	~30	Đã qua cải tạo, lưu thông nước tốt hơn. Ít tích tụ vật chất hữu cơ.
<b>Khu vực C</b> (ví dụ: <b>Vàm Thuật</b> )	~50	>100	Gần khu công nghiệp/chợ, nhiều chất thải giàu lưu huỳnh. Thiếu oxy trầm trọng.

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

**Bảng 4. So sánh nồng độ NH<sub>3</sub> giữa các khu vực**

Khu vực	NH <sub>3</sub> tầng mặt (ppm)	NH <sub>3</sub> tầng đáy (ppm)	Nhận định từ kết quả phân tích
<b>Khu vực A</b>	~0.5 ppm	~2.0 ppm	- Ô nhiễm từ nước thải sinh hoạt, ít lưu thông. - Trầm tích giàu protein phân hủy.
<b>Khu vực B</b>	~0.3 ppm	~1.2 ppm	- Cải tạo một phần, dòng chảy tốt hơn. - Ít tích tụ chất hữu cơ.
<b>Khu vực C</b>	~0.8 ppm	>3.0 ppm	- Gần khu công nghiệp/chợ, nước thải giàu đạm. - Lắng đọng trầm tích lâu ngày.

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

Biến động mạnh giữa các khu vực, từ dưới 10 ppm đến hơn 100 ppm. Kết quả quan trắc có thể chia thành 3 khu vực theo nồng độ H<sub>2</sub>S tích lũy theo Bảng 3.

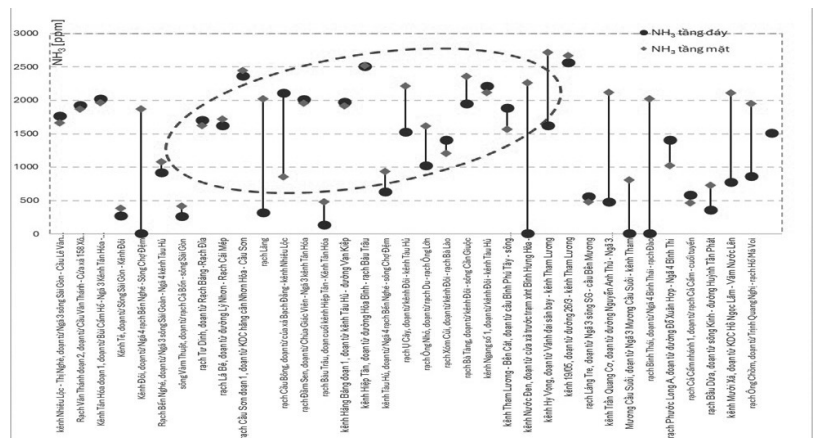
**3.2. Nồng độ NH<sub>3</sub> tại kênh rạch TP. HCM**

Nồng độ NH<sub>3</sub> trong bùn tầng mặt và tầng đáy tại kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 3. NH<sub>3</sub> ở tầng đáy luôn cao hơn tầng mặt do tích tụ chất hữu cơ phân hủy trong điều kiện kỵ khí. Một số kênh có NH<sub>3</sub> tầng đáy vượt trội (gấp 2-5 lần tầng mặt), đặc biệt ở cuối trục (kênh khu vực phía Đông). Điều này có thể do một số nguyên nhân như: cuối mùa mưa (tháng 11) nên lượng mưa giảm, ít pha loãng NH<sub>3</sub>; nhiệt độ cao (~28-30°C) thúc đẩy quá trình tăng tốc độ phân hủy hữu cơ sinh ra NH<sub>3</sub>; lớp trầm tích đáy trở thành “kho chứa NH<sub>3</sub>” do thiếu dòng chảy rửa trôi; pH > 7: Môi trường kiềm thúc đẩy chuyển hóa NH<sub>4</sub><sup>+</sup> hình thành NH<sub>3</sub> (dạng độc hơn).

**3.3. E.coli trong các kênh rạch TP. HCM**

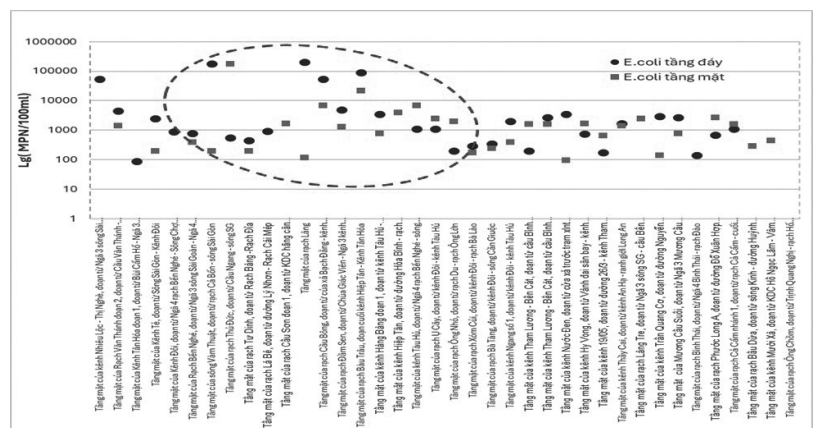
Mật độ E. coli trong bùn kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 5. Đồ thị cho thấy, có sự chênh lệch lớn giữa các khu vực, từ mức thấp (~10<sup>2</sup> MPN/100ml) đến rất cao (>10<sup>6</sup> MPN/100ml) và khác biệt tầng mặt - tầng đáy, E. coli thường cao hơn ở tầng đáy do tích tụ trầm tích và điều kiện kỵ khí thuận lợi cho vi khuẩn tồn tại [17].

Bảng 5 cho thấy, sự khác biệt về mật độ E.coli trong bùn tại một số kênh rạch TP. HCM, tập trung cao ở khu vực Rạch Vàm Thuật và kênh Tân Hóa - Lò Gốm.



**Hình 4. Nồng độ NH<sub>3</sub> trong tầng mặt và tầng đáy bùn kênh rạch TP. HCM**

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu



**Hình 5. E.coli trong bùn kênh rạch TP. HCM**

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

**Bảng 5. So sánh E.coli ở một số các khu vực**

Khu vực	<i>E. coli</i> tầng mặt (MPN/100ml)	<i>E. coli</i> tầng đáy (MPN/100ml)	Nguyên nhân
Kênh Nhiều Lọc	$\sim 10^4$	$> 10^5$	Nước thải sinh hoạt từ khu dân cư đồng đúc. Trầm tích tích tụ lâu ngày, ít được nạo vét.
Kênh Tân Hóa - Lò Gốm	$\sim 10^3$	$\sim 10^4$	Đã qua cải tạo một phần. Dòng chảy tốt hơn so với kênh khác.
Rạch Vàm Thuật	$\sim 10^5$	$> 10^6$	Tiếp nhận nước thải từ khu công nghiệp, chợ. Lưu lượng nước chậm, ú đọng chất ô nhiễm.
Kênh Tê/ Thường Thạnh	$< 10^3$ MPN	$\sim 10^3$ MPN	Xa nguồn xả thải trực tiếp. Có hệ thống thoát nước tương đối tốt.

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

### 3.4. Mối tương quan giữa $NH_3$ và $H_2S$ ở bùn đáy kênh rạch TP. HCM

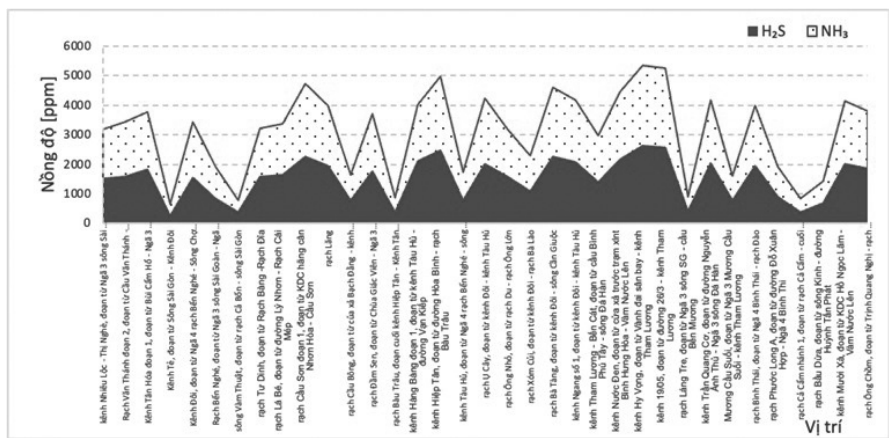
Mối tương quan giữa  $NH_3$  và  $H_2S$  ở bùn đáy kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 6.

Đô thị thể hiện nồng độ  $NH_3$  (màu cam) và  $H_2S$  (màu xanh) tại các kênh rạch khác nhau cho thấy, không có tương quan tuyến tính rõ ràng giữa hai chỉ số. Một số kênh (ví dụ: Vàm Thuật) có cả  $NH_3$  và  $H_2S$  cao, có thể gây ra do nguồn ô nhiễm hỗn hợp. Kênh Tân Hóa - Lò Gốm có  $NH_3$  cao nhưng  $H_2S$  thấp, có thể do ưu thế phân hủy hiếu khí (ít sinh  $H_2S$ ). Một số kênh khác có  $H_2S$  cao nhưng  $NH_3$  trung bình, phản ánh điều kiện kỵ khí mạnh.

### 3.5. Mối tương quan giữa $NH_3$ và *E.coli* trong bùn kênh rạch TP. HCM

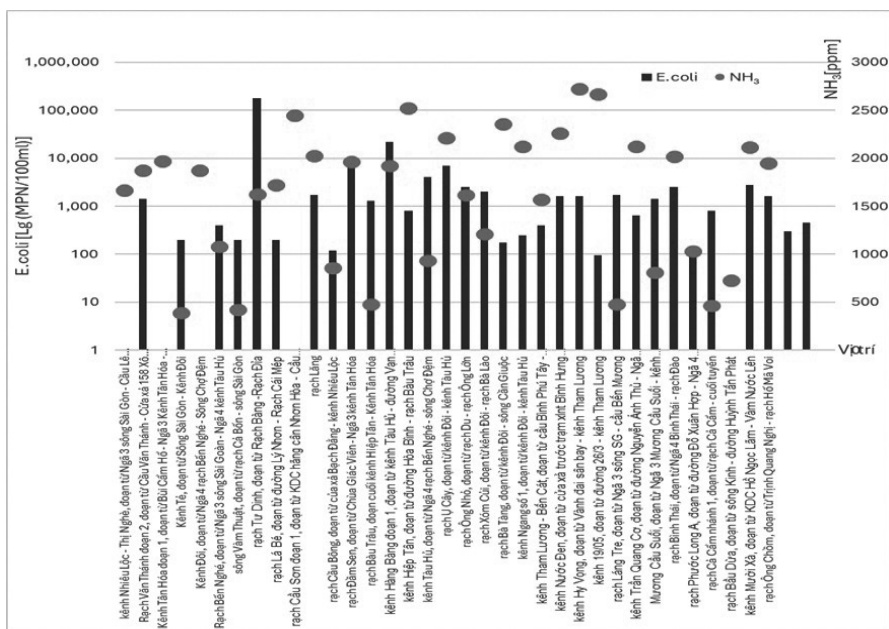
Mối tương quan giữa  $NH_3$  và *E.coli* tầng mặt của bùn kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 7.

Mối tương quan  $NH_3$  - *E. coli* thể hiện rõ rệt, tuy nhiên kết quả chỉ thể hiện trong điều kiện mùa mưa cuối kỳ (thời điểm lấy mẫu). Có sự chênh lệch lớn giữa các kênh. Một số khu vực có *E. coli* vượt trội hơn hẳn (ví dụ: Lg MPN/100ml  $> 10.000$ ), trong khi nơi khác thấp hơn. Các kênh như Vàm Thuật và Nhiều Lọc có chỉ



Hình 6. Mối tương quan giữa  $NH_3$  và  $H_2S$  ở bùn đáy kênh rạch TP. HCM

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu



Hình 7. Mối tương quan giữa  $NH_3$  và *E.coli* tầng mặt của bùn kênh rạch TP. HCM

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu

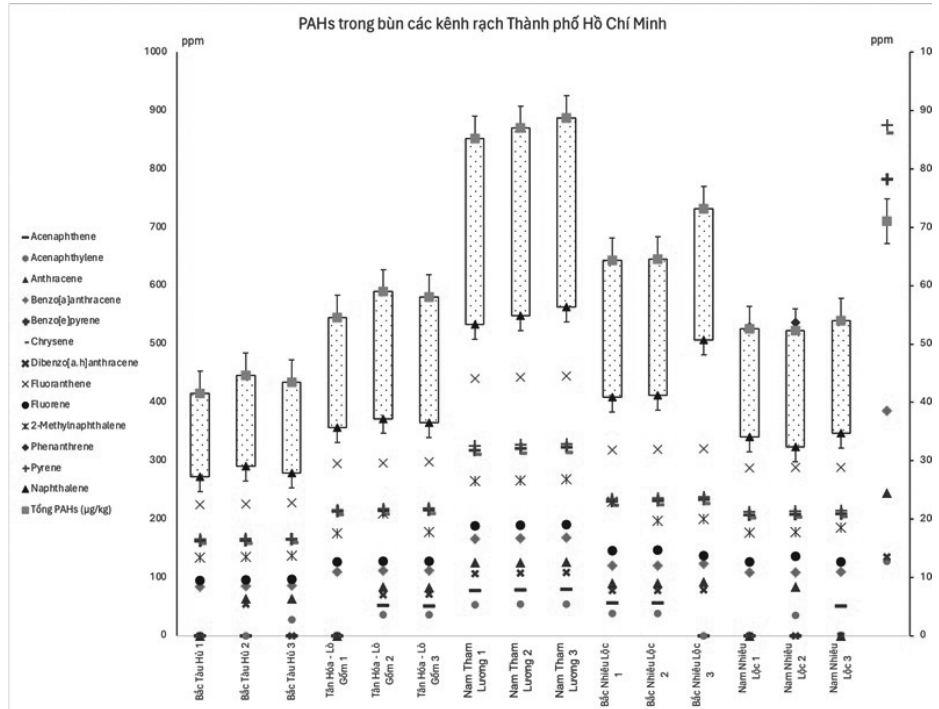
số cao nhất, phản ánh nguồn ô nhiễm ổn định (ví dụ: nước thải sinh hoạt liên tục). Điều này có thể do mật độ dân cư khác nhau hoặc hiệu quả xử lý nước thải tại từng khu vực.

Tháng 11 ở TP. HCM thường chuyển từ mùa mưa sang khô. Lượng mưa giảm dần dẫn tới nồng độ NH<sub>3</sub> tăng do giảm hiệu ứng pha loãng từ nước mưa, chất ô nhiễm tích tụ lại trong trầm tích và nước; mật độ E. coli cao do vi khuẩn từ chất thải ít bị rửa trôi hơn so với các tháng mưa nhiều (tháng 8-9). Tháng 11 có nhiệt độ trung bình khoảng 27-30°C, độ ẩm cao. Do đó, điều kiện thuận lợi cho vi khuẩn E. coli tồn tại, trong khi đó NH<sub>3</sub> ít bị bay hơi hơn so với mùa khô (tháng 3 - 4).

**3.6. Đánh giá hiện trạng ô nhiễm PHAs trong bùn thải tại khu vực nghiên cứu**

Nồng độ PAHs trong bùn các kênh rạch TP. HCM được trình bày trong Hình 8. Nồng độ PAHs biến động không đồng đều: Ở một số vị trí (ví dụ: Nam Tham Lương 1, Nam Tham Lương 2, Nam Tham Lương 3) có nồng độ PAH tổng cao hơn rõ rệt so với những nơi khác, cho thấy ô nhiễm cục bộ nghiêm trọng. Nguyên nhân có thể do hoạt động công nghiệp, xả thải; giao thông đông đúc (PAH phát sinh từ khí thải xe); chất thải sinh hoạt (đốt rác, nước thải không qua xử lý).

Hình 8 phản ánh ô nhiễm PAHs (Nam Tham Lương 1; Nam Tham Lương 2, Nam Tham Lương 3 đều trên 8.500ug/kg) và vượt ngưỡng nguy hại so với QCVN 43:2017/BTNMT là



Hình 8. PAHs trong bùn các kênh rạch TP. HCM

Nguồn: Kết quả phân tích của nhóm nghiên cứu



TP. HCM cần tiến hành nạo vét định kỳ các kênh rạch nhằm giảm thiểu ô nhiễm

7.100ug/kg và không đồng đều ở các kênh TP.HCM, đòi hỏi hành động cụ thể từng khu vực. Nên ưu tiên xử lý các điểm có PAHs tổng cao, đặc biệt chú ý nhóm PAH nguy hại gồm Benzo[a]pyrene; Benzo[a]anthracene; Benzo[b]fluoranthene; Benzo[k]fluoranthene; Chrysene nhằm giảm rủi ro môi trường và sức khỏe cộng đồng.



#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy, các kênh ô nhiễm có sự khác biệt giữa tầng đáy và tầng mặt.  $\text{NH}_3$  cao ở tầng mặt trong khi  $\text{H}_2\text{S}$  cao hơn ở tầng đáy, cụ thể hàm lượng  $\text{NH}_3$  từ 1.500 - 2.500ppm và  $\text{NH}_3$  ở tầng đáy, 1.600 - 2.700ppm  $\text{NH}_3$  ở tầng mặt;  $\text{H}_2\text{S}$  có nồng độ từ 1.400 - 2.400 ppm  $\text{H}_2\text{S}$  ở tầng đáy và từ 1.600 - 2.600ppm  $\text{H}_2\text{S}$  ở tầng mặt. Bên cạnh đó, PAHs có nồng độ cao tập trung ở Nam Tham Lương 1, Nam Tham Lương 2, Nam Tham Lương 3 (nồng độ tổng PAHs >8.000ug/kg, đồng thời với  $\text{NH}_3$  và  $\text{H}_2\text{S}$  cao (>8.500ppm). Ở một số khu vực E. coli vượt trội hơn hẳn (>105 MPN/100ml) trong khi nơi khác thấp hơn khá nhiều (<102MPN/100ml), nồng độ E.coli cao cho thấy, tình trạng vệ sinh trong khu vực cần kiểm soát nghiêm ngặt hơn. Nghiên cứu chỉ dừng lại kết quả quan trắc trong mùa mưa nên chưa có sự so sánh giữa 2 mùa trong chuỗi năm liên tục, đồng thời xác định quy luật của sự tích tụ, lan truyền.

Từ các kết quả nghiên cứu, kiến nghị các nhà quản lý cần tập trung rà soát nguồn thải ở các khu vực có nồng độ  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , E.coli cao cũng như PAHs. Cần tiến hành nạo vét định kỳ các kênh rạch nhằm giảm tích lũy các chất do điều kiện kỵ khí kéo dài. Đồng thời cần có những giải pháp xử lý PAHs bằng các phương pháp kết hợp lý hoá sinh nhằm loại bỏ triệt để PAHs trong bùn, tránh lan truyền ô nhiễm ra môi trường xung quanh ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Wenjing Shi, Hui Gong, Weiqi Zhou, Xuejun Tan, Chen Zhang, Xiaohu Dai. *Distribution and ecological risk of polycyclic aromatic hydrocarbons in wastewater treatment plant sludge and sewer sediment from cities in Middle and Lower Yangtze River. Science of The Total Environment. Volume 881, 10 July 2023.*

[2] Ann Olsson, et al. *Occupational Exposure to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Lung Cancer Risk: Results from a Pooled Analysis of Case-Control Studies (SYNERGY). Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 2022 Jul 1;31(7):1433-1441. doi: 10.1158/1055-9965.EPI-21-1428.*

[3] Yu Ni, et. al. *Prenatal exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and executive functions at school age: Results from a combined cohort study. International Journal of Hygiene and Environmental Health Volume 260, July 2024.*

[4] Zhiyang Liu, et al. *Distribution, source, and ecological risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments from the Hun River, Northeast China. Environmental Monitoring and Assessment. 187(5):4525. May 2015.*

[5] Chee Kong Yap and Khalid Awadh Al-Mutairi. *Ecological-Health Risk Assessments of Heavy Metals (Cu, Pb, and Zn) in Aquatic Sediments from the ASEAN-5 Emerging Developing Countries: A Review and Synthesis. Biology. 11(1), 7; doi.org/10.3390. 2022.*

[6] Qian Sha, Jun He, Wei Hao Zhang, *Release of Nitrogen from Sediments in Different Types of Lakes. Advanced Material Research. 518-523:1307-1310. May 2012.*

[7] David A. Dunnette, David P. Chynoweth, Khalil H. Mancy. *The source of hydrogen sulfide in anoxic sediment. Water Research. Volume 19, Issue 7, Pages 875-884, 1985.*

[8] Thoát nước đô thị TP. HCM, “Quan trắc chất lượng bùn thải phát sinh từ hoạt động duy tu, nạo vét hệ thống thoát nước,” TP. Hồ Chí Minh, 2021.

[9] Nghị định số 80/2014/NĐ-CP của Chính phủ: Về thoát nước và xử lý nước thải, 2014.

[10] Mingshan Xu, Li-Ting Zheng, Dong He, HanY.H. Chen, En-Rong Yan. *Microenvironment filtering and plant competition jointly structure trait distributions across co-occurring individuals. Ecological Indicators. Volume 129, October 2021.*

[11] Jiangtian Lai, Mingshuang Cheng, Rong Huang, Guangwei Yu, Yunxiao Chong, Yanqiog Li, Yuchen Zhong. *Mechanism of ammonium sharp increase during sediments odor control by calcium nitrate addition and an alternative control approach by subsurface injection. Environmental Research. Volume 190, November 2020.*

[12] Isabel K Erb, Carolina Suarez, Ellinor M Frank, Johan Bengtsson-Palme, Elisabet Lindberg, Catherine J Paul. *Escherichia coli in urban marine sediments: interpreting virulence, biofilm formation, halotolerance, and antibiotic resistance to infer contamination or naturalization. FEMS Microbes. 2024 Aug 14. doi: 10.1093/femsmc/xtae024. eCollection 2024.*

[13] Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT của Bộ TN&MT: Quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường.

[14] Quy chuẩn QCVN 43:2017/BTNMT Chất lượng trầm tích.

[15] TCVN 6663-16:2017 (ISO 5667-16:2017).

[16] Thông tư số 24/2017/TT-BTNMT của Bộ TN&MT: Quy định kỹ thuật quan trắc môi trường.

[17] Gregory D. O’Mullan, Andrew R. Juhl, Roman Reichert, Erin Schneider, Natalia Martinez. *Patterns of sediment-associated fecal indicator bacteria in an urban estuary: Benthic-pelagic coupling and implications for shoreline water quality. Science of The Total Environment. Volume 656, 15, Pages 1168-1177. March 2019.*

# ƯỚC TÍNH PHÁT THẢI CÁC CHẤT Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ VÀ TÁC NHÂN GÂY BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TỪ HOẠT ĐỘNG ĐUN NẤU DÂN SINH TẠI HÀ NỘI

PHẠM THÙY LINH<sup>1,2</sup>, LÝ BÍCH THỦY<sup>1</sup>, VĂN DIỆU ANH<sup>1</sup>, TRẦN PHƯƠNG HÀ<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Trường Hóa và Khoa học Sự sống, Đại học Bách khoa Hà Nội

<sup>2</sup> Viện Nghiên cứu và Ứng dụng Trí tuệ Nhân tạo, Đại học Bách khoa Hà Nội

## Tóm tắt

Trong bối cảnh ô nhiễm không khí đô thị và biến đổi khí hậu ngày càng gia tăng, hoạt động đun nấu dân sinh, đặc biệt tại các nước đang phát triển được xác định là một trong những nguồn phát thải đáng kể nhưng đôi khi chưa được nghiên cứu đầy đủ trong các đánh giá và kiểm kê phát thải. Nghiên cứu tập trung phân tích cơ cấu và mức độ tiêu dùng nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội năm 2024 thông qua khảo sát 336 hộ gia đình ở cả khu vực thành thị và nông thôn. Phương pháp kiểm kê dựa vào các hệ số phát thải phù hợp với điều kiện Việt Nam được áp dụng nhằm ước tính lượng phát thải các chất ô nhiễm không khí và khí nhà kính (KNK). Kết quả cho thấy khí dầu mỏ hóa lỏng (LPG) là loại nhiên liệu chính được sử dụng trong đun nấu. Tuy nhiên, các loại nhiên liệu truyền thống như củi, phụ phẩm nông nghiệp và than vẫn được sử dụng, đặc biệt ở khu vực nông thôn. Điều này dẫn đến sự phát sinh một lượng lớn các chất ô nhiễm không khí và KNK bao gồm 679 tấn PM<sub>2.5</sub>, 685 tấn SO<sub>2</sub>, 10.690 tấn CO, 710 tấn NO<sub>x</sub> (tính theo NO<sub>2</sub>), 704.719 tấn CO<sub>2</sub> và 130 kg Benzo[a]pyrene (BaP) - một hợp chất gây ung thư mạnh. Phân tích mức phát thải theo loại nhiên liệu cho thấy phụ phẩm nông nghiệp và than tổ ong đóng góp lớn nhất vào phát thải bụi mịn và BaP. Phân bố mức phát thải theo thời gian cho thấy đỉnh phát thải vào ba khung giờ đun nấu chính trong ngày, đặc biệt là vào buổi tối. Các kết quả thu được từ nghiên cứu không những bổ sung cho cơ sở dữ liệu hiện có về kiểm kê ô nhiễm không khí tại Hà Nội, mà còn làm rõ mức độ đóng góp của các loại nhiên liệu trong phát thải các chất ô nhiễm và nhấn mạnh tầm quan trọng của việc đẩy mạnh chuyển đổi sang năng lượng sạch và sử dụng các thiết bị đun nấu hiệu suất cao, đặc biệt tại khu vực nông thôn.

Từ khóa: Kiểm kê phát thải, đun nấu dân sinh, Hà Nội, ô nhiễm không khí, KNK.

Ngày nhận bài: 2/4/2025; Ngày sửa chữa: 5/5/2025; Ngày duyệt đăng: 26/5/2025.

## Inventory of air pollutant and green house gas emissions from residential cooking in Hanoi

### Abstract

In the context of increasing urban air pollution and climate change, residential cooking - particularly in developing countries - has been identified as a significant source of emissions, yet it has not received adequate attention in air pollution assessments and emission inventories. This study, therefore, aims to investigate the structure and level of fuel consumption for residential cooking in Hanoi in 2024, based on a survey of 336 households in both urban and rural areas. An emission inventory method, applying locally appropriate emission factors for Vietnam, was then employed to estimate the emissions of air pollutants and greenhouse gases. The results indicate that liquefied petroleum gas (LPG) is the most used cooking fuel. However, traditional fuels such as firewood, agricultural residues, and coal are still in use, particularly in rural areas. This results in the emission of a significant amount of air pollutants and greenhouse gases including 679 tonnes of PM<sub>2.5</sub>, 685 tonnes of SO<sub>2</sub>, 10,690 tonnes of CO, 710 tonnes NO<sub>x</sub> (as NO<sub>2</sub>), 704,719 tonnes of CO<sub>2</sub>, and 130 kg of Benzo[a]pyrene (BaP) - a potentially carcinogenic compound. Fuel-based analysis reveals that agricultural residues and honeycomb coal briquette are the main contributors to fine particulate matter and BaP emissions, respectively. Temporal distribution of emissions reveals the peaks during the three main cooking hours of the day, with the highest occurring in the evening. The findings of the study not only enhance the air pollution inventory database for Hanoi but also elucidate the contributions of different fuel types to pollutant emissions. Moreover, the study highlights the critical importance of promoting the transition to clean energy and adopting high-efficiency cooking technologies, particularly in rural areas.

Keywords: Emission inventory, residential cooking, Hanoi, air pollution, green house gases.

JEL Classifications: O13, O44, P18.



## 1. GIỚI THIỆU

TP. Hà Nội đang đối mặt với tình trạng ô nhiễm không khí nghiêm trọng, thuộc nhóm cao nhất tại Việt Nam và khu vực Đông Nam Á, gây ảnh hưởng tới sức khỏe cộng đồng (Huy và cộng sự (cs), 2021). Bên cạnh các nguồn bên ngoài, hoạt động đun nấu dân sinh cũng đóng góp vào phát thải các chất ô nhiễm như  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $SO_2$ ,  $CO$ ,  $NO_x$  và các KNK (Lacey và cs, 2017). Hoạt động này còn là một trong những nguồn chính gây ô nhiễm không khí trong nhà.

Ô nhiễm không khí trong nhà (chủ yếu do đốt nhiên liệu rắn) đã góp phần gây ra 4% tổng số ca tử vong sớm trên phạm vi toàn cầu vào năm 2019 (Health Effects Institute, 2020). Mức độ phơi nhiễm bụi mịn  $PM_{2.5}$  và các bon đen trong khu vực nhà bếp phụ thuộc chặt chẽ vào loại nhiên liệu, thói quen đun nấu của hộ gia đình và được ghi nhận đã vượt ngưỡng khuyến cáo của Tổ chức Y tế Thế giới trong nhiều trường hợp (Shupler và cs 2020).

Kiểm kê phát thải là công cụ quan trọng trong quản lý chất lượng không khí, giúp nhận diện nguồn và xác định tải lượng các chất ô nhiễm. Tuy nhiên, đến nay mới có một số ít nghiên cứu được thực hiện nhằm kiểm kê phát thải từ hoạt động đốt nhiên liệu trong đun nấu dân sinh tại Hà Nội (Bằng và cs, 2022; Hung và cs, 2022; Huy và cs, 2021). Do đó, dữ liệu cập nhật, đặc thù về loại nhiên liệu và cơ cấu sử dụng trong đun nấu dân sinh hiện còn thiếu hoặc đã cũ. Các nghiên cứu gần nhất liên quan đến kiểm kê phát thải từ hoạt động dân sinh tại Hà Nội được thực hiện vào năm 2019 và 2017 (Bằng và cs, 2022; Hung và cs, 2022). Trong bối cảnh việc sử dụng nhiên liệu cho các hoạt động dân sinh đang thay đổi nhanh chóng, việc cập nhật kiểm kê phát thải dựa trên khảo sát thực tế là cần thiết. Nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu kiểm kê phát thải các chất ô nhiễm và KNK từ hoạt động đốt nhiên liệu phục vụ cho đun nấu dân sinh, dựa trên dữ liệu khảo sát thực tế về thói quen đun nấu, cơ cấu và mức độ sử dụng các loại nhiên liệu trong đun nấu dân sinh. Kết quả kiểm kê vì vậy mang tính đặc thù địa phương với độ tin cậy cao, phản ánh mức độ phát thải và sự phân bố phát thải theo thời gian (giờ, ngày). Đây là dữ liệu đầu vào quan trọng cho các mô hình dự báo chất lượng không khí địa phương, góp phần hỗ trợ hoạch định chính sách kiểm soát ô nhiễm.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Tiếp cận kiểm kê và ước tính tải lượng

Phương pháp tiếp cận từ dưới lên (bottom-up) được sử dụng để ước tính lượng phát thải từ hoạt động đốt nhiên liệu trong đun nấu dân sinh, dựa trên dữ liệu hoạt động (loại nhiên liệu, mức tiêu thụ) thu thập từ

khảo sát tại các hộ gia đình. Tải lượng phát thải các chất ô nhiễm từ đốt nhiên liệu trong dân sinh được ước tính theo khung kiểm kê phát thải (EI) từ Atmospheric Brown Cloud Emission Inventory Manual – ABC EIM (Shrestha và cs, 2013). Lượng phát thải được tính toán theo phương trình sau:

$$E_i = \sum_j (FPC_j \times P \times EF_{ij})$$

Trong đó:

$E_i$ : Lượng phát thải chất ô nhiễm  $i$  (kg/năm).

$FPC_j$ : Định mức tiêu thụ nhiên liệu đầu người của loại nhiên liệu  $j$  (kg/người/ năm). Dữ liệu hoạt động được ước tính từ dữ liệu khảo sát về hiện trạng sử dụng nhiên liệu cho đun nấu dân sinh và cách thức xây dựng dữ liệu được trình bày chi tiết tại mục 2.2.

$P$ : Quy mô dân số (nghìn người).

$EF_{ij}$ : Hệ số phát thải của chất ô nhiễm  $i$  với nhiên liệu  $j$  (g/kg). Cách lựa chọn hệ số phát thải và bộ hệ số được sử dụng trong tính toán được trình bày chi tiết tại mục 2.3.

Theo số liệu từ Niên giám Thống kê, dân số Hà Nội năm 2024 khoảng 8.718 nghìn người, trong đó dân số khu vực thành thị là 4.281 nghìn người và khu vực nông thôn là 4.437 nghìn người (Cục Thống kê TP. Hà Nội, 2024).

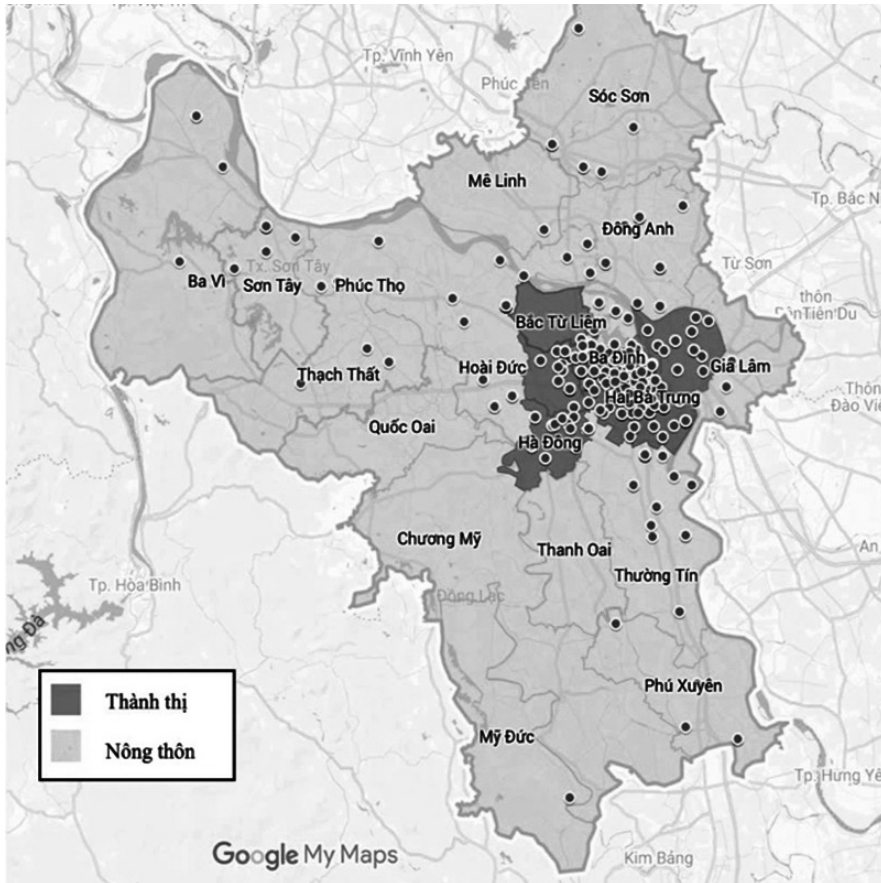
### 2.2. Xây dựng dữ liệu hoạt động

Dữ liệu về tiêu thụ nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh được thu thập bằng cách kết hợp khảo sát trực tiếp và khảo sát trực tuyến. Bộ bảng hỏi có cấu trúc được thiết kế nhằm thu thập thông tin chi tiết về hành vi và đặc điểm sử dụng nhiên liệu trong đun nấu, tập trung vào các nội dung chính gồm: Điều kiện kinh tế-xã hội của hộ gia đình, quy mô hộ (số lượng thành viên), loại nhiên liệu sử dụng, mục đích đun nấu, lượng nhiên liệu tiêu thụ và khoảng thời gian nấu nướng trong ngày. Dữ liệu sau khi thu thập được tổng hợp và xử lý để xác định mức tiêu thụ nhiên liệu theo đầu người, đại diện cho khu vực Hà Nội.

Quy trình chọn mẫu khảo sát được thực hiện theo phương pháp phân tầng, chia theo hai nhóm: Khu vực thành thị và khu vực nông thôn. Trong mỗi nhóm, các đối tượng khảo sát được chọn ngẫu nhiên nhằm đảm bảo tính đại diện. Hoạt động khảo sát được thực hiện với 253 hộ dân ở thành thị, 83 hộ ở nông thôn (Hình 1) trong khoảng thời gian từ tháng 5 đến tháng 12 năm 2024.

### 2.3. Lựa chọn hệ số phát thải

Các hệ số phát thải (Mulazzani et al.) đối với một số chất ô nhiễm không khí được ưu tiên lựa chọn từ các nghiên cứu tại Việt Nam và khu vực. EF của các chất ô nhiễm không khí được tham khảo từ các nghiên cứu trong nước của tác giả Nghiên Trung Dũng và cs (2015), lựa chọn từ các nghiên cứu cho



Hình 1. Bản đồ phân bố các mẫu khảo sát

khu vực của tác giả Lai Nguyen Huy và cs (2022) và EPA AP-42 (2000). Hệ số phát thải của các KNK được lựa chọn từ các nghiên cứu trong nước của tác giả Nghiêm Trung Dũng, của tác giả Lai Nguyen Huy cũng như từ Quyết định số 2626/QĐ-BTNMT của Bộ TN&MT (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường) ngày 10/10/2022 công bố danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê KNK.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO THUẬN

#### 3.1. Cơ cấu sử dụng nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội

Dựa trên số liệu thống kê từ 336 phiếu khảo sát, thu thập từ 283 hộ gia đình tại khu vực thành thị và 83 hộ gia đình tại khu vực nông thôn của Hà Nội, về hiện trạng tiêu thụ năng lượng và nhiên liệu cho hoạt động đun nấu tại các hộ gia

Bảng 1. Hệ số phát thải (Mulazzani et al.) tiêu biểu cho một số chất ô nhiễm không khí và KNK từ hoạt động đốt nhiên liệu tại chỗ

Chất ô nhiễm	Hệ số phát thải của các loại nhiên liệu (g/kg nhiên liệu)				
	LPG	Củi	Than tổ ong	Than khác	Phụ phẩm nông nghiệp
<b>Chất ô nhiễm không khí</b>					
PM <sub>2,5</sub>	0,24 <sup>c</sup>	3,4 <sup>c</sup>	0,44 <sup>c</sup>	0,62 <sup>c</sup>	4,89 <sup>c</sup>
SO <sub>2</sub>	0,38 <sup>c</sup>	1,31 <sup>a</sup>	8,5 <sup>c</sup>	8,5 <sup>c</sup>	0,25 <sup>c</sup>
NO <sub>x</sub>	3,26 <sup>c</sup>	0,12 <sup>c</sup>	1,84 <sup>c</sup>	1,84 <sup>c</sup>	0,17 <sup>c</sup>
CO	1,5 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>	47 <sup>c</sup>	47 <sup>c</sup>	57 <sup>c</sup>
NMVOC	2,7 <sup>c</sup>	7,9 <sup>c</sup>	13,1 <sup>c</sup>	13,1 <sup>c</sup>	0,18 <sup>c</sup>
PAHs (mg/kg)	0,7 <sup>c</sup>	47,2 <sup>c</sup>	102 <sup>c</sup>	102 <sup>c</sup>	40,1 <sup>c</sup>
BaP (mg/kg)	0,01 <sup>c</sup>	0,42 <sup>c</sup>	1,6 <sup>c</sup>	1,6 <sup>c</sup>	0,08 <sup>c</sup>
<b>KNK</b>					
CO <sub>2</sub>	2.421 <sup>a</sup>	1.564 <sup>c</sup>	1.688 <sup>a</sup>	1.688 <sup>a</sup>	1.101 <sup>c</sup>
CH <sub>4</sub>	0,28 <sup>c</sup>	5,03 <sup>c</sup>	4,4 <sup>c</sup>	5,14 <sup>d</sup>	0,87 <sup>c</sup>
N <sub>2</sub> O	0,09 <sup>b</sup>	0,18 <sup>c</sup>	0,2 <sup>c</sup>	0,2 <sup>c</sup>	4,32 <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Nghiêm Trung Dũng và cs, 2015.

<sup>b</sup> EPA AP-42, 1995.

<sup>c</sup> Huy và cs, 2021.

<sup>d</sup> Chuyển đổi từ hệ số (kg/kJ) công bố bởi Bộ TN&MT, 2022 dựa vào nhiệt trị (TJ/tấn) của nhiên liệu:  
Than khác = 0,0257 (IPCC, 2006).



**Bảng 2. Tỷ lệ (%) các hộ gia đình sử dụng các loại nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh**

Nhiên liệu/ Năng lượng	Tỷ lệ hộ sử dụng nhiên liệu/ năng lượng (%)	
	Thành thị (n=253)	Nông thôn (n=83)
Điện	79,1	79,3
LPG	66,8	79,5
Củi	3,2	9,6
Than tổ ong	4,0	20,5
Than khác	5,0	2,4
Phụ phẩm nông nghiệp	2,0	14,5

đình, cơ cấu sử dụng nhiên liệu và năng lượng trong đun nấu dân sinh được tóm tắt trong Bảng 2.

Kết quả từ Bảng 2 cho thấy, phần lớn hộ gia đình ở cả khu vực thành thị và nông thôn đều sử dụng điện và LPG làm nguồn năng lượng chính cho hoạt động đun nấu hàng ngày. Điện là nguồn năng lượng phổ biến nhất với tỷ lệ hộ sử dụng cao và tương đối đồng đều giữa hai khu vực (79,1% ở thành thị và 79,3% ở nông thôn). Trong khi đó, trong số các nhiên liệu được sử dụng cho đun nấu, LPG là nhiên liệu phổ biến nhất được sử dụng bởi 66,8% hộ gia đình ở khu vực thành thị và 79,5% hộ gia đình ở nông thôn. Kết quả này phù hợp với Báo cáo của Nguyen Thanh Hung và cs (2022) về xu hướng sử dụng phổ biến của LPG trong khu vực đô thị và ngoại thành. Sự phổ biến của LPG tại khu vực nông thôn phản ánh sự chuyển biến tích cực trong hành vi tiêu dùng năng lượng hướng đến các nguồn nhiên liệu sạch hơn. Dù điện và LPG chiếm ưu thế, việc sử dụng kết hợp nhiều loại nhiên liệu trong đun nấu vẫn còn phổ biến, đặc biệt ở nông thôn. Tại đây chỉ 36,2% số hộ sử dụng duy nhất một loại nhiên liệu/năng lượng (trong đó 16,9% chỉ dùng điện, 16,9% chỉ dùng LPG, 1,2% chỉ sử dụng củi và 1,2% chỉ sử dụng phụ phẩm nông nghiệp) thấp hơn đáng kể so với 53,4% ở thành thị (36,8% chỉ dùng điện, 16,2% chỉ dùng LPG và 0,4% chỉ dùng than tổ ong). Các loại nhiên liệu truyền thống như than, củi và phụ phẩm nông nghiệp vẫn được sử dụng, chủ yếu với vai trò nhiên liệu bổ sung ở cả thành thị và nông thôn. Than tổ ong là loại nhiên liệu gây ô nhiễm cao và chính quyền địa phương đã nỗ lực tuyên truyền hạn chế sử dụng than tổ ong trong đun nấu, tuy nhiên vẫn còn hiện diện một tỷ lệ nhỏ các hộ gia đình ở cả hai khu vực sử dụng loại nhiên liệu này.

Kết quả phân tích cơ cấu sử dụng năng lượng và nhiên liệu trong đun nấu ở Hà Nội cho thấy, khu vực thành thị đang tiến gần hơn tới mô hình sử dụng năng lượng hiện đại và sạch, với tỷ lệ cao hộ gia đình chỉ dùng điện hoặc LPG. Trong khi đó ở

nông thôn dù mức độ tiếp cận điện và LPG khá tốt, việc kết hợp đồng thời nhiều loại nhiên liệu, bao gồm cả nhiên liệu sinh khối vẫn diễn ra phổ biến cho thấy cần thiết tăng cường việc chuyển đổi sang năng lượng sạch. Tình trạng dùng nhiều loại nhiên liệu cùng lúc phổ biến ở cả hai khu vực là một thách thức đối với công tác kiểm soát phát thải chất ô nhiễm không khí, đặc biệt là khi việc đốt các nhiên liệu truyền thống thường có hiệu quả thấp và mức độ phát thải cao. Đồng thời, việc xây dựng các giải pháp quản lý cũng như chương trình hỗ trợ phù hợp cần dựa trên hiểu biết chi tiết về mức tiêu thụ năng lượng và nhiên liệu đặc thù từng vùng, từng nhóm hộ.

### 3.2. Mức tiêu thụ nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội

#### 3.2.1. Tổng mức tiêu thụ nhiên liệu

Kết quả khảo sát năm 2024 cho thấy, mức tiêu thụ LPG trung bình đạt 71 kg/hộ/năm tại khu vực thành thị và 105 kg/hộ/năm tại nông thôn. Trong khi đó, mức tiêu thụ củi và than khác tương ứng là 1 kg/hộ/năm và 14 kg/hộ/năm ở thành thị; 53 kg/hộ/năm và 12 kg/hộ/năm ở nông thôn. Các loại than tổ ong và phụ phẩm nông nghiệp có mức tiêu thụ thấp hơn nhưng vẫn chiếm tỷ lệ không nhỏ, đặc biệt ở khu vực nông thôn với mức tiêu thụ lần lượt là 33 kg/hộ/năm và 76 kg/hộ/năm.

Tổng mức tiêu thụ năng lượng quy đổi từ các nhiên liệu đốt tại thành thị đạt khoảng 3.913 MJ/hộ/năm, trong khi nông thôn lên tới 8.016 MJ/hộ/năm, cao hơn gấp đôi so với thành thị. Tuy nhiên, cần làm rõ rằng các giá trị này chỉ bao gồm tổng mức năng lượng từ các loại nhiên liệu đốt như LPG, củi, than tổ ong, than củi và phụ phẩm nông nghiệp, không bao gồm năng lượng từ điện. Đây là một giới hạn quan trọng cần lưu ý khi diễn giải và so sánh mức tiêu thụ năng lượng tổng giữa các khu vực.

So sánh với nghiên cứu trước tại Hà Nội (Huy và cs, 2021), có thể thấy mức tiêu thụ năng lượng năm 2024 thấp hơn ở các thời điểm khảo sát trước đó. Một xu hướng hợp lý để giải thích sự sụt giảm tiêu thụ nhiên liệu đốt là sự gia tăng của việc sử dụng điện cho mục đích nấu nướng. Nghiên cứu của Duc Hong Vo (2025) đã chỉ ra rằng các hộ

**Bảng 3. Mức tiêu thụ nhiên liệu (kg/hộ/năm) và tổng mức tiêu thụ năng lượng**

Vị trí LPG		Mức tiêu thụ nhiên liệu (kg/hộ/năm)					Tổng mức tiêu thụ năng lượng (MJ/hộ/năm)	
		Củi	Than tổ ong	Than khác	Phụ phẩm nông nghiệp	Khác		
Hà Nội, 2024 (Nghiên cứu này)	Thành thị	71	1	9	14	4	3.913 <sup>*</sup>	
	Nông thôn	105	53	33	12	76	8.016 <sup>*</sup>	
Hà Nội, 2012 (Huy và cs, 2021)	Nội thành	75	-	80	-	-	6.022 <sup>**</sup>	
	Ngoại thành	53	106	92	-	-	7.215 <sup>**</sup>	
	Nông thôn	50	346	6	-	15	7.969 <sup>**</sup>	
Kenya (Sophy, 2024)	Nông thôn	2.220	25.390	-	8.260	-	3.420	40.290
Nepal, 2018 (Sadavarte và cs. 2019)	Thành thị	-	-	-	-	-	-	54.266

(MJ/hộ/năm) trong đun nấu dân sinh tại Hà Nội

(-) Không có số liệu

(\*) Quy đổi từ mức tiêu thụ nhiên liệu (kg/hộ/ngày) dựa vào nhiệt trị (TJ/tấn) của các loại nhiên liệu, cụ thể: LPG = 0,0456; Củi = 0,0176; Than tổ ong = 0,0266; Than khác = 0,0257; Phụ phẩm nông nghiệp = 0,0167 (IPCC, 2006).

(\*\*) Quy đổi từ mức tiêu thụ nhiên liệu (kg/hộ/năm) theo nhiệt trị và quy mô hộ trong cùng nghiên cứu.

**Bảng 4. Mức tiêu thụ năng lượng bình quân đầu người từ đốt nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội**

Khu vực	Loại nhiên liệu	Mức tiêu thụ năng lượng bình quân đầu người từ đốt nhiên liệu (MJ/người/ngày)			
		Hà Nội, 2024 (nghiên cứu này)	Hà Nội, 2012* (Huy và cs, 2021)	Ấn Độ, 2019 (Garg và cs, 2019)	Nepal, 2018 (Rupakheti và cs, 2019)
Thành thị	LPG	2,16	2,10	6-7	-
	Củi	0,02	-	-	-
	Than tổ ong	0,16	1,30	-	-
	Than khác	0,20	0,09	-	-
	Phụ phẩm nông nghiệp (rơm, trấu)	0,02	-	-	-
<b>Tổng</b>		2,55	3,49	6-7	
Nông thôn	LPG	2,86	1,53	-	0,58
	Củi	0,45	2,57	30-40	12,92
	Than tổ ong	0,55	0,86	-	
	Than khác	0,14	0,11	-	1,21
	Phụ phẩm nông nghiệp (rơm, trấu)	0,38	4,27	-	1,66
<b>Tổng</b>		4,38	9,34	30-40	16,37

(-): Không có số liệu; (\*) Số liệu nông thôn được tính gộp từ số liệu ngoại thành và nông thôn.



gia đình có thu nhập cao hơn và chủ hộ có trình độ học vấn cao hơn thường sử dụng nhiều thiết bị điện hiện đại phục vụ nấu nướng như bếp từ, nồi cơm điện, lò vi sóng và nồi áp suất điện.

Xu hướng gia tăng sử dụng thiết bị điện song hành với quá trình phát triển các loại thiết bị đun nấu có hiệu quả năng lượng cao đã góp phần làm giảm mức tiêu thụ năng lượng từ nhiên liệu đốt trong sinh hoạt. Bên cạnh đó, những thay đổi trong thói quen sinh hoạt của người dân, đặc biệt tại khu vực thành thị như xu hướng gia tăng ăn hàng hoặc đặt đồ ăn thay vì tự nấu tại nhà có thể cũng là nguyên nhân góp phần vào xu hướng giảm mức tiêu thụ nhiên liệu phục vụ đun nấu dân sinh tại Hà Nội.

Khi so sánh với các nghiên cứu quốc tế, mức tiêu thụ tại Hà Nội nhìn chung thấp hơn đáng kể, đặc biệt là so với nông thôn Nepal (Sadavarte và cs, 2019) – nơi ghi nhận mức tiêu thụ lên tới 54.266 MJ/hộ/năm, cao gấp khoảng 7-14 lần so với mức tiêu thụ của cả thành thị và nông thôn Hà Nội. Đây là quốc gia mà tỷ lệ hộ sử dụng nhiên liệu sinh khối như củi, phụ phẩm nông nghiệp (rơm rạ) và bếp truyền thống vẫn rất cao. Tương tự như vậy, mức tiêu thụ tại khu vực nông thôn Kenya (Sophy, 2024) cao gấp 5 lần so với khu vực nông thôn Hà Nội.

### 3.2.2. Mức tiêu thụ nhiên liệu bình quân đầu người

Dựa vào kết quả khảo sát về mức độ sử dụng các loại nhiên liệu trong đun nấu tại các hộ gia đình tại khu vực thành thị và nông thôn của Hà Nội, mức tiêu thụ nhiên liệu bình quân đầu người tại cả hai khu vực được tính toán và trình bày tại Bảng 4. Kết quả ước tính cho thấy sự khác biệt đáng kể trong mức độ tiêu thụ nhiên liệu cho hoạt động đun nấu giữa hai khu vực thành thị và nông thôn. Tại khu vực thành thị Hà Nội, mức độ tiêu thụ LPG là 2,16 MJ/người/ngày; mức độ tiêu thụ các loại nhiên liệu khác như than tổ ong, than khác ở mức thấp hơn đáng kể, lần lượt là 0,16 MJ/người/ngày và 0,20 MJ/người/ngày. Việc sử dụng các loại sinh khối như củi, phụ phẩm nông nghiệp (rơm, trấu...) gần như không đáng kể, đều ở mức 0,02 MJ/người/ngày. Tổng mức tiêu thụ nhiên liệu cho đun nấu tại khu vực thành thị đạt 2,55 MJ/người/ngày, thấp hơn khoảng 27% với mức được ghi nhận trong nghiên cứu trước đây tại Hà Nội (3,49 MJ/người/ngày). Tuy nhiên, con số này thấp hơn đáng kể so với mức tiêu thụ tại khu vực thành thị của Ấn Độ (Garg và cs 2019) (6-7 MJ/người/ngày), cho thấy sự khác biệt trong thói quen đun nấu, cơ cấu nhiên liệu sử dụng và loại thiết bị sử dụng.

Mức tiêu thụ năng lượng cho đun nấu tại nông thôn cao hơn, đạt 4,38 MJ/người/ngày. LPG vẫn chiếm tỷ

trọng lớn nhất (2,86 MJ/người/ngày), tuy nhiên mức độ sử dụng các loại nhiên liệu truyền thống hầu như cao hơn đáng kể so với khu vực thành thị, cụ thể mức tiêu thụ củi là 0,45 MJ/người/ngày, phụ phẩm nông nghiệp là 0,38 MJ/người/ngày, than tổ ong là 0,55 MJ/người/ngày và than khác 0,14 MJ/người/ngày. Điều này được lý giải bởi thực trạng tiếp cận LPG chưa đồng đều, cũng như thói quen sử dụng than và sinh khối do nguồn cung sẵn có và chi phí thấp. Bên cạnh đó, định mức tiêu thụ LPG trên đầu người tại khu vực nông thôn lớn hơn khoảng 32% so với khu vực thành thị có thể được lý giải bằng sự khác biệt về hiệu quả năng lượng của các loại nhiên liệu và thiết bị đun nấu được sử dụng trong các hộ gia đình tại hai khu vực.

Đáng lưu ý là mức độ tiêu thụ nhiên liệu, đặc biệt là các nhiên liệu truyền thống tại khu vực nông thôn Hà Nội thấp hơn đáng kể so với một số nước trong châu lục như Ấn Độ và Nepal. Cụ thể, mức tiêu thụ các loại nhiên liệu tại nông thôn Hà Nội là 4,38 MJ/người/ngày, xấp xỉ một phần tư mức tiêu thụ nhiên liệu tại Nepal (16,37 MJ/người/ngày), mức tiêu thụ củi tại nông thôn Hà Nội là 0,45 MJ/người/ngày thấp hơn đáng kể Ấn Độ (30-40 MJ/người/ngày) và Nepal (12,92 MJ/người/ngày) (Garg và cs 2019; Rupakheti và cs 2019). Tuy nhiên, đây vẫn là các nguồn phát thải ô nhiễm không khí cần được lưu tâm, đặc biệt khi sử dụng các loại bếp đun lộ thiên hoặc thông gió kém hiệu quả.

### 3.3. Phát thải các chất ô nhiễm không khí và KNK từ hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội

#### 3.3.1. Kết quả ước tính phát thải các chất ô nhiễm không khí và KNK theo các loại nhiên liệu

Dựa vào kết quả ước tính mức độ sử dụng nhiên liệu, mức độ phát thải các chất ô nhiễm không khí chính bao gồm bụi, các chất ô nhiễm dạng khí và các KNK phát thải từ đốt nhiên liệu trong hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội được tính toán và trình bày tại Bảng 5.

Kết quả kiểm kê cho thấy hoạt động đốt nhiên liệu trong nấu dân sinh tại Hà Nội trong năm 2024 đã phát thải một lượng đáng kể các chất ô nhiễm không khí. Cụ thể, lượng phát thải khí CO là 10.690 tấn, bụi PM<sub>2,5</sub> là 679 tấn, hợp chất hữu cơ dễ bay hơi không bao gồm methane (NMVOC) là 1.684 tấn, SO<sub>2</sub> là 685 tấn và NO<sub>x</sub> là 710 tấn. Một điểm đặc biệt quan trọng là phát thải Benzo[a]pyrene (BaP) - một chất gây ung thư mạnh thuộc nhóm hợp chất hữu cơ đa vòng thơm (PAHs) - được ghi nhận ở mức 130 kg/năm, trong khi tổng PAHs là 15 tấn/năm. Mặc dù mức phát thải này có vẻ nhỏ về giá trị so với các chất ô nhiễm không khí khác, nhưng mức độ độc tính và tác động lâu dài của BaP là đáng lo ngại, đặc biệt trong bối cảnh tiếp xúc kéo dài

**Bảng 5. Mức phát thải các chất ô nhiễm không khí và KNK từ hoạt động đun nấu dân sinh tại Hà Nội**

Thông số	Hà Nội, 2024 (Nghiên cứu này)	Hà Nội, 2019 (Bảng và cs, 2022)	Hà Nội, 2017 (Hung và cs, 2022)	Hà Nội, 2012* (Huy và cs, 2021)	Hà Nội, 2005 (Guttikunda, 2008)
<b>Chất ô nhiễm không khí</b>					
PM <sub>2.5</sub> (tấn/năm)	679	2.175	1.500	1.512	-
SO <sub>2</sub> (tấn/năm)	685	37,51	-	1.369	358
CO (tấn/năm)	10.690	15.906	-	27.371	-
NO <sub>x</sub> (tấn/năm)	710	735	730	540	307
NMVOC (tấn/năm)	1.684	-	5.320	4.682	-
PAHs (tấn/năm)	15	-	-	29	-
BaP (kg/năm)	130	-	-	262	-
<b>KNK</b>					
CO <sub>2</sub> (tấn/năm)	704.719	-	-	1.145.277	-
CH <sub>4</sub> (tấn/năm)	653	-	1.000	2.449	-
N <sub>2</sub> O (tấn/năm)	433	-	-	101	-

(-): Không có số liệu; (\*) Tính từ số liệu phát thải đầu người và dân số năm 2012 trong nghiên cứu của Lai Nguyen Huy và cs 2021

với khói bếp tại các hộ gia đình nấu bằng củi hoặc phụ phẩm nông nghiệp (rơm rạ) tại các nơi thông gió kém.

So với năm 2005, lượng phát thải SO<sub>2</sub> và NO<sub>x</sub> vào năm 2024 tăng gần gấp đôi, trong khi dân số Hà Nội cùng thời điểm tăng khoảng 2,9 lần. Giai đoạn 2005-2012 ghi nhận sự gia tăng đáng kể phát thải, đặc biệt là SO<sub>2</sub> - một chỉ thị phản ánh mức độ sử dụng nhiên liệu than. Trong giai đoạn tiếp theo (2012 - 2024), tổng lượng phát thải các chất ô nhiễm có xu hướng biến động nhẹ: Tăng dần từ năm 2012 đến 2019 và sau đó giảm đáng kể trong giai đoạn 2019-2024, đặc biệt là phát thải PM<sub>2.5</sub> và CO với mức giảm 1,5 - 3 lần. Đáng chú ý, năm 2024 ghi nhận mức phát thải thấp nhất đối với phần lớn các chất ô nhiễm không khí trong suốt giai đoạn 2012 - 2024.

Sự biến động trong xu hướng phát thải có thể được lý giải bởi các thay đổi trong dữ liệu hoạt động, bao gồm quy mô dân số và cơ cấu và mức sử dụng nhiên liệu đốt. Dù dân số Hà Nội trong giai đoạn 2012 - 2024 tăng liên tục, kết quả thống kê từ một số nghiên cứu cho thấy đã có sự chuyển đổi rõ rệt từ các loại nhiên liệu rắn (như than và củi) sang nhiên liệu sạch hơn.

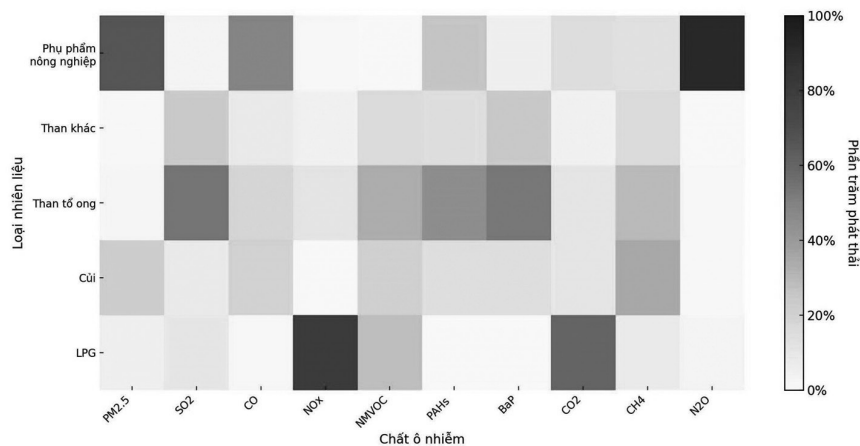
Báo cáo về mức độ tiếp cận và sử dụng các loại nhiên liệu của các nước khu vực Trung Á năm 2018 của Ngân hàng Thế giới cho thấy tỷ lệ tiếp cận với nhiên liệu và công nghệ đun nấu sạch tại Việt Nam tăng từ khoảng 47% năm 2010 lên gần 70% năm 2016 (World Bank, 2018). So sánh giữa năm 2012 và 2024, việc sử dụng nhiên liệu rắn cho đun nấu tại cả khu vực thành thị và nông thôn Hà Nội đã giảm đáng kể, trong khi mức sử dụng LPG tại khu vực nông thôn có xu hướng gia tăng (Bảng 3). Ngoài ra, sự khác biệt trong hệ số phát thải (EFs) sử dụng giữa các nghiên cứu cũng ảnh hưởng đến kết quả kiểm kê. Trong khi các nghiên cứu giai đoạn 2012 - 2019 chủ yếu sử dụng hệ số phát thải khu vực hoặc quốc tế, nghiên cứu năm 2024 này áp dụng chủ yếu hệ số phát thải được xây dựng dựa trên điều kiện thực tế tại Việt Nam và khu vực, góp phần nâng cao độ chính xác của kết quả ước tính.

Đối với phát thải KNK, lượng CO<sub>2</sub> - KNK chính - phát thải từ hoạt động đun nấu ước tính là 704.719 tấn/năm, phản ánh tiềm năng đóng góp đáng kể của đun nấu dân sinh vào tổng phát thải KNK đô thị. Ngoài ra, các KNK khác như CH<sub>4</sub> (653 tấn/năm) và N<sub>2</sub>O (433

tấn/năm), dù có lượng nhỏ hơn, nhưng có đóng góp đáng kể vào quá trình ấm lên của toàn cầu do tiềm năng gây hiệu ứng nhà kính cao.

So với năm 2012, lượng phát thải KNK trong năm 2024 đã giảm đáng kể, chủ yếu nhờ vào việc giảm tiêu thụ các loại nhiên liệu truyền thống, đặc biệt là than. Kết quả này cho thấy quá trình chuyển đổi từ các loại nhiên liệu truyền thống như than và củi sang các dạng nhiên liệu sạch hơn, điển hình là LPG, mang lại lợi ích kép: Không chỉ góp phần làm giảm phát thải các chất ô nhiễm không khí gây hại cho sức khỏe cộng đồng mà còn giúp cắt giảm phát thải KNK, hỗ trợ các mục tiêu phát triển bền vững và ứng phó với biến đổi khí hậu.

Phân tích mức độ đóng góp tương đối của các loại nhiên liệu sử dụng phổ biến trong đun nấu dân sinh tại Hà Nội vào phát thải các chất ô nhiễm không khí và KNK (Hình 2) cho thấy nhiên liệu sinh khối, đặc biệt phụ phẩm nông nghiệp là một trong những loại nhiên liệu có mức phát thải cao nhất trên một số chỉ tiêu, nổi bật ở PM<sub>2.5</sub> và CO - những chất có tác động nghiêm trọng đến sức khỏe và chất lượng không khí. Cụ thể, đây là nguồn đóng góp chính vào lượng phát thải PM<sub>2.5</sub> (66,47%) và CO (49,18%). Ngoài ra, đây cũng là nguồn phát thải chính của N<sub>2</sub>O, chiếm 91,96% tổng lượng phát thải này và đóng góp lần lượt 14,41% và 12,30% vào tổng phát thải của CO<sub>2</sub> và CH<sub>4</sub>, góp phần vào hiệu ứng nhà kính. Do đặc tính cháy không hoàn toàn và thiếu kiểm soát trong đun nấu, phụ phẩm nông nghiệp được đánh giá là nguồn phát thải đáng lo ngại nhất trong nhóm nhiên liệu khảo sát.



Hình 2. Tỷ lệ (%) đóng góp của các loại nhiên liệu sử dụng trong đun nấu dân sinh vào tổng phát thải các chất ô nhiễm không khí và KNK tại Hà Nội trong năm 2024

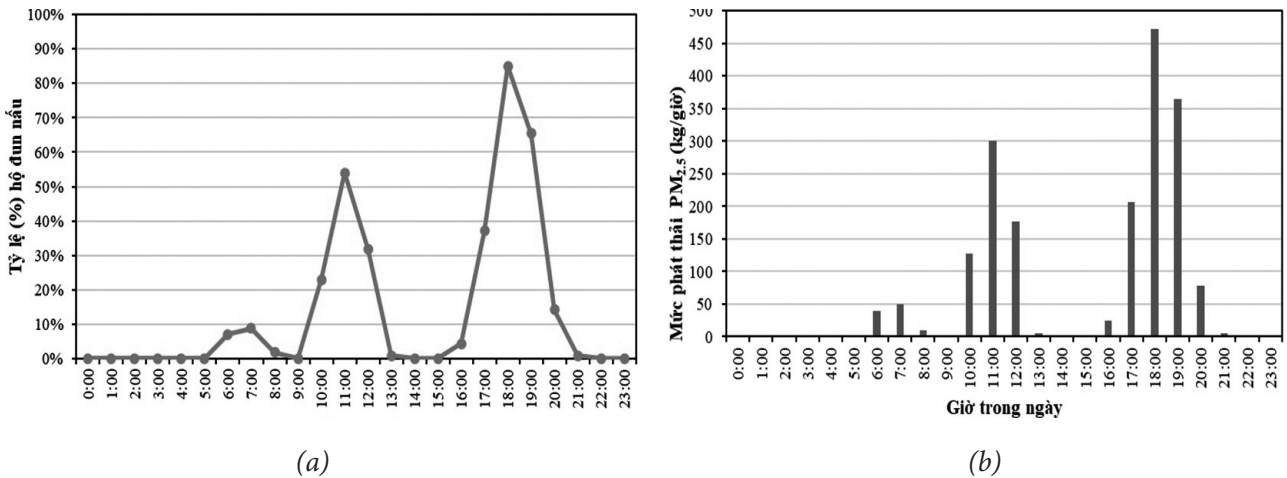
Than tổ ong là nguồn phát thải chính của SO<sub>2</sub>, PAHs và BaP - những chất ô nhiễm có tác động nghiêm trọng đến sức khỏe hô hấp và nguy cơ ung thư. Cụ thể, việc đốt than tổ ong cho quá trình đun nấu có thể đóng góp lần lượt 54,02%, 44,84% và 53,45% vào tổng lượng phát thải của SO<sub>2</sub>, PAHs và BaP. Như vậy, mặc dù than tổ ong đã bị loại bỏ dần ở Hà Nội từ năm 2021, nhưng những ghi nhận về mức độ đóng góp của nguồn phát thải này trong nghiên cứu cho thấy việc duy trì thói quen sử dụng loại nhiên liệu này trong đun nấu tại các hộ gia đình, đặc biệt trong các khu bếp kín, điều kiện thiếu không khí và không có thiết bị kiểm soát khí thải có thể góp phần làm gia tăng đáng kể lượng phát thải các chất ô nhiễm không khí.

Trong khi đó, mặc dù là nhiên liệu được sử dụng phổ biến nhất, LPG thể hiện mức phát thải thấp nhất trong hầu hết các nhóm chất ô nhiễm, ngoại trừ CO<sub>2</sub> và NO<sub>x</sub>. Cụ thể, phát thải từ LPG chỉ chiếm khoảng 6,20% phát thải PM<sub>2.5</sub>. Điều này được lý giải là do LPG có đặc điểm cháy hoàn toàn hơn, nhiệt trị cao và không sinh ra tro hoặc muội than. Tuy nhiên, mức phát thải NO<sub>x</sub> cao từ LPG (chiếm 80,05% lượng NO<sub>x</sub> phát thải) được ghi nhận cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đó của Lebel và cs (2022) cho thấy quá trình đốt ở nhiệt độ cao có thể thúc đẩy hình thành NO<sub>x</sub>. Như vậy, ngoại trừ một số đóng góp đáng kể về CO<sub>2</sub> và NO<sub>x</sub>, phát thải từ LPG được xem là tương đối thân thiện với môi trường, cho thấy hiệu quả giảm phát thải khi sử dụng nhiên liệu sạch này.

Củi và than khác có mức phát thải thấp hơn so với phụ phẩm nông nghiệp, nhưng vẫn là nguồn phát thải đáng lo ngại của một số chất ô nhiễm. Cụ thể, nhiên liệu củi và than khác đều có mức phát thải trung bình đến cao đối với SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> và NMVOC, đặc biệt than khác còn là nguồn phát thải 24,95% BaP, phản ánh sự hiện diện của các hợp chất thơm đa vòng độc hại trong khói đốt. Dù đây là các nhiên liệu sinh khối phổ biến ở vùng nông thôn, nhưng việc sử dụng lâu dài với hệ thống bếp không có thông gió phù hợp sẽ làm gia tăng nguy cơ mắc bệnh hô hấp và ung thư.

### 3.3.2. Phân tích phát thải theo thời gian

Phân tích xu hướng biến động số lượng hộ gia đình thực hiện hoạt động đun nấu theo từng khung giờ trong ngày tại Hà Nội cho thấy hoạt động đun nấu có tính chu kỳ rõ rệt, phản ánh thói quen sinh hoạt phổ biến của người dân (Hình 3a).



Hình 3. Biểu đồ phân bố của hoạt động đun nấu và phát thải  $PM_{2.5}$  theo thời gian trong ngày tại Hà Nội: a) Tỷ lệ (%) hộ đun nấu theo giờ trong ngày; b) Mức phát thải  $PM_{2.5}$  theo giờ trong ngày

Cụ thể, hoạt động đun nấu tập trung chủ yếu vào ba khoảng thời gian: Buổi sáng (06:00 - 07:00), buổi trưa (10:00 - 12:00), và buổi tối (17:00 - 19:00), trong đó khung giờ buổi tối có số lượng hộ gia đình đun nấu nhiều nhất.

Phân tích thói quen đun nấu của người dân và xác định tỷ lệ (%) số hộ thực hiện hoạt động đun nấu theo từng khung giờ trong ngày có ý nghĩa quan trọng trong việc ước tính phát thải tức thời (theo giờ) và đánh giá mức độ phơi nhiễm ngắn hạn trong không khí xung quanh và không khí trong nhà. Các thời điểm đun nấu cao điểm như buổi trưa và buổi tối cũng là lúc mức độ phát thải các chất ô nhiễm có xu hướng tăng cao, đặc biệt tại các hộ có sử dụng nhiên liệu sinh khối như phụ phẩm nông nghiệp. Từ phân bố theo thời gian trong ngày của hoạt động đun nấu, mức phát thải theo thời gian trong ngày được xác định. Ví dụ kết quả phân tích lượng phát thải  $PM_{2.5}$  trong ngày (Hình 3b) cho thấy lượng phát thải  $PM_{2.5}$  lớn nhất là 200 - 470 kg/h, diễn ra vào khung giờ tối từ 17:00 - 19:00. Mức phát thải này lớn hơn khoảng 1,5 - 3,5 lần mức phát thải vào khung giờ trưa 10:00 - 12:00 (130 - 300 kg/h) và gấp 5 - 12 lần mức phát thải vào khung giờ sáng 06:00 - 07:00 (40 - 50 kg/h).

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã ước tính phát thải các chất ô nhiễm chính từ hoạt động đốt nhiên liệu cho đun nấu dân sinh (không bao gồm thương mại) tại Hà Nội năm 2024, dựa trên các số liệu hoạt động thu thập từ khảo sát trực tiếp và hệ số phát thải phù hợp với điều kiện địa phương.

Kết quả nghiên cứu cho thấy mức tiêu thụ năng lượng cho đun nấu của hộ gia đình tại nông thôn cao hơn gấp đôi so với thành thị. Phân tích cơ cấu năng lượng sử dụng cho đun nấu cho thấy điện và LPG là nguồn năng lượng chính cho hoạt động đun nấu hàng

ngày tại cả hai khu vực thành thị và nông thôn của Hà Nội. Trong đó, LPG là nhiên liệu phổ biến nhất được sử dụng bởi 66,8% hộ gia đình ở khu vực thành thị và 79,5% hộ gia đình ở nông thôn, tương đương mức độ tiêu thụ LPG là 2,16 MJ/người/ngày tại thành thị và 2,86 MJ/người/ngày tại nông thôn. Các loại nhiên liệu truyền thống như than, củi và phụ phẩm nông nghiệp vẫn được sử dụng, chủ yếu với vai trò nhiên liệu bổ sung ở cả thành thị và nông thôn. Mức tiêu thụ các loại nhiên liệu này do vậy thấp hơn nhưng vẫn chiếm tỷ lệ không nhỏ, đặc biệt ở khu vực nông thôn.

Kết quả ước tính phát thải các chất ô nhiễm không khí cho thấy đun nấu dân sinh là một nguồn gây phát thải một lượng lớn chất ô nhiễm không khí tại Hà Nội, cụ thể: 679 tấn  $PM_{2.5}$ , 685 tấn  $SO_2$ , 10.690 tấn CO, 710 tấn  $NO_x$  (tính theo  $NO_2$ ), và 130 kg Benzo[a]pyrene (BaP) - một hợp chất gây ung thư mạnh thuộc nhóm PAHs. Tổng lượng KNK phát sinh từ sử dụng các loại nhiên liệu cho đun nấu là 704.719 tấn/năm  $CO_2$ , 653 tấn/năm  $CH_4$  và 433 tấn/năm  $N_2O$ .

Trong số các loại nhiên liệu được sử dụng trong đun nấu, phụ phẩm nông nghiệp và than tổ ong là hai nguồn nhiên liệu có mức phát thải lớn nhất các chất ô nhiễm không khí và KNK. Trong đó, phụ phẩm nông nghiệp đóng góp tới 66,47% phát thải  $PM_{2.5}$ , 49,18% phát thải CO và 91,96% phát thải  $N_2O$ ; than tổ ong lần lượt đóng góp 54,02%, 44,84% và 53,45% vào tổng lượng phát thải của  $SO_2$ , PAHs và BaP. LPG là nhiên liệu sạch nhất với hiệu suất cháy cao và phát thải thấp. Do vậy, việc sử dụng nhiên liệu truyền thống ở nông thôn là một trong những thách thức lớn cho việc giảm phát thải tổng thể.

Phân bố phát thải theo thời gian trong ngày tương ứng với thói quen đun nấu của các hộ gia đình cho thấy phát thải sẽ tập trung vào các khung đun nấu



chính trong ngày là sáng (từ 6:00-7:00), trưa (10:00-12:00) và đặc biệt là tối (17:00–19:00).

Nghiên cứu cho thấy mức độ ô nhiễm không khí phát sinh từ hoạt động đun nấu dân sinh phụ thuộc vào lượng và loại nhiên liệu tiêu thụ, cơ cấu sử dụng nhiên liệu, và loại thiết bị sử dụng. Những phát hiện này cho thấy cần tiếp tục đẩy mạnh chính sách chuyển đổi sang nhiên liệu sạch, đồng thời hỗ trợ các giải pháp bếp đun hiệu suất cao cho khu vực nông thôn và vùng khó khăn, nhằm giảm thiểu phát thải không khí độc hại và cải thiện sức khỏe cộng đồng.

Bên cạnh đó, nghiên cứu khuyến nghị cần tiếp tục cập nhật, phát triển các hệ số phát thải thực nghiệm theo điều kiện địa phương và mở rộng khảo sát để nâng cao độ chính xác cho kiểm kê phát thải.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Bách khoa Hà Nội (HUST) trong đề tài mã số T2024-TĐ-003■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ TN&MT (2022). Quyết định số 2626/QĐ-BTNMT Công bố danh mục hệ số phát thải phục vụ kiểm kê KNK.
- Cục Thống kê TP. Hà Nội (2024). Niên giám thống kê TP. Hà Nội 2024. Truy cập ngày 5/6/2025, từ <https://hanooi.gso.gov.vn>.
- Guttikunda, S. (2008). *An Air Quality Management Action Plan for Hanoi, Vietnam (SIM-air working paper series No.14-2008)*. Urban Emissions Info.
- Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2017). *Report on emission inventory and air quality modeling for Hanoi*. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Hanoi Office.
- Health Effects Institute (2020). *State of Global Air 2020. Special Report*. Boston, MA: Health Effects Institute. <https://www.stateofglobalair.org/resources/report/state-global-air-report-2020>.
- Huy, L. N., Winijkul, E., & Kim Oanh, N. T. (2021). *Assessment of emissions from residential combustion in Southeast Asia and implications for climate forcing potential*. *Science of the Total Environment*, 785, 147311. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147311>.
- Hồ, Q.B. (2022). *Nghiên cứu xây dựng bản đồ phát thải các chất gây ô nhiễm không khí phục vụ dự báo và kiểm soát ô nhiễm không khí vùng kinh tế trọng điểm Bắc Bộ (Báo cáo số 2022-54-1267/NS-KQNC)*. Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh; Bộ TN&MT.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy*. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>.
- Antonette D'Sa, K.V. Narasimha Murthy. (2004). *LPG as a cooking fuel option for India*. *Energy for Sustainable Development. Volume 8, Issue 3, Pages 91-106*. ISSN 0973-0826. [https://doi.org/10.1016/S0973-0826\(08\)60471-8](https://doi.org/10.1016/S0973-0826(08)60471-8).
- Lacey, F.G., Henze, D.K., Lee, C.J., van Donkelaar, A., Martin, R.V., & Bonzini, M. (2017). *Transatlantic transport of air pollution and its effects on mortality in Europe*. *Environmental Research Letters*, 12(9), 094012. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7cad>.
- Lebel, E. D., Finnegan, C. J., Ouyang, Z., & Jackson, R. B. (2022). *Methane and NO<sub>x</sub> emissions from natural gas stoves, cooktops, and ovens in residential homes*. *Environmental Science & Technology*, 56(4), 2529–2538. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c04707>.
- Nguyen, T.H., Ngo, T.H., Nagashima, T., Lam, Y. F., Đoàn, Q. V., Kurokawa, J., Chatani, S., Derdouri, A., Cheewaphongphan, P., Khan, A., & Niyogi, D. (2022). *Development of a high-resolution emission inventory for urban air quality management and modelling studies in Hanoi, Vietnam*. *Urban Climate*, 46, 101334. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101334>.
- Nghiem, T.D., Ly, B.T., Nguyen, T.Y.L., Nguyen, T.T.T, Do, K.U., & Nguyen, T.T.H. (2015). *Development of emission factors for environmental inventory*. *National Environmental Conference, Ministry of Natural Resources and Environment*, 58, 222–229.
- Sadavarte P, Rupakheti M, Bhave P et al (2019). *Nepal emission inventory-Part I: Technologies and combustion sources (NEEMI-Tech) for 2001-2015*. Amos.
- Shrestha, R.M., Kumar, S., & Martin, S. (2013). *Energy and Air Pollution Modeling for Policy Development in Developing Countries*. Asian Institute of Technology, Bangkok.
- Shupler, M., Hystad, P., Gustafson, P., Rangarajan, S., Mushtaha, M., Brauer, M., & Yusuf, S. (2020). *Household and personal air pollution exposure measurements from 120 communities in eight countries: results from the PURE-AIR study*. *The Lancet Planetary Health*, 4(10), e451–e462. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30240-2](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30240-2).
- Sophy, A. O. (2024). *Analysis of Cooking Fuels and Cooking Energy Demand in Rural Households*. *Power System Technology*, 48(4), 999-1012. <https://doi.org/10.52783/pst.1048>.
- U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) (2000). *Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP-42), Volume I: Stationary Point and Area Sources (5th ed.)*.
- Vo, D. H. (2025). *Socio-demographic determinants of electricity consumption across Vietnamese households*. *PLOS ONE*, 20(4), e0320758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320758>.

# THÚC ĐẨY THỰC HIỆN HIỆU QUẢ CHÍNH SÁCH GIẢM THIỂU RÁC THẢI NHỰA Ở VIỆT NAM: CƠ HỘI VÀ THÁCH THỨC

NGUYỄN SỸ LINH<sup>1</sup>, MICHEL KAISER<sup>2</sup>, INGRID KELLING<sup>2</sup>, NGÔ THỊ THÚY HUỜNG<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

<sup>2</sup> Đại học Heriot-Watt (Vương quốc Anh)

<sup>3</sup> Đại học Phenikaa

## Tóm tắt

Tại Việt Nam, ô nhiễm nhựa, đặc biệt là ô nhiễm nhựa đại dương là vấn đề báo động, đã và đang để lại những hậu quả nghiêm trọng đối với môi trường. Dự án “Nguồn phát thải, nơi tích tụ và các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của rác thải nhựa (RTN) đến cộng đồng ven biển ở Việt Nam” (3SIP2C) đã góp phần làm rõ hơn về nguồn phát sinh RTN đại dương và tác động của RTN đến các hoạt động kinh tế - xã hội của các cộng đồng cư dân ven biển, chất lượng môi trường, sức khỏe của hệ sinh thái tự nhiên và con người. Trên cơ sở kết quả nghiên cứu của 5 hợp phần, Dự án 3SIP2C đưa ra một số khuyến nghị về chính sách nhằm giảm thiểu tác động của RTN đến cộng đồng ven biển tại Việt Nam, bao gồm: (i) Các chính sách ban hành cần được củng cố bởi dữ liệu đáng tin cậy, dựa trên các nghiên cứu khoa học; (ii) Tăng cường sự tham gia của bên liên quan, cả trong xây dựng và thực hiện chính sách; (iii) Xây dựng chính sách linh hoạt, có thể điều chỉnh theo nhu cầu và điều kiện cụ thể của từng địa phương nhằm tăng tính khả thi.

**Từ khóa:** Rác thải nhựa, hệ sinh thái, chất lượng môi trường, nỗ lực chung.

**Ngày nhận bài:** 3/6/2025; **Ngày sửa chữa:** 16/6/2025; **Ngày duyệt đăng:** 27/6/2025.

## Promoting effective implementation of plastic waste reduction policies in Vietnam: Opportunities and challenges

### Abstract

In Vietnam, plastic waste pollution, especially ocean plastic pollution, has become an alarming issue, leaving serious consequences for the environment. The project “Sources, Sinks, and Solutions for Impacts of Plastic Pollution on Coastal Communities in Vietnam” (3SIP2C) has contributed to a clearer understanding of the sources of marine plastic waste and its impacts on the socio-economic activities of coastal communities, environmental quality, and the health of both natural ecosystems and humans. Based on findings from five key components, the 3SIP2C project has proposed several policy recommendations to mitigate the impact of plastic waste on coastal communities in Vietnam, including: (i) Promulgated policies need to be reinforced by reliable data and supported by scientific research; (ii) Stakeholder engagement should be strengthened in both the policy development and implementation processes; (iii) Policies should be designed with flexibility, allowing for adjustments to suit specific local needs and conditions, thereby improving their feasibility and effectiveness.

**Keywords:** Plastic waste, ecosystem, environmental quality, collective efforts.

**JEL Classifications:** N54, O13, Q56.

### 1. MỞ ĐẦU

Nhựa, một vật liệu linh hoạt và được sử dụng rộng rãi, bao gồm các polyme được trộn với các chất khác nhau để nâng cao hiệu suất hoặc giảm chi phí sản xuất (Ban thư ký Công ước Basel, 2019). Theo thời gian, RTN đã phát triển theo cấp số nhân, trở thành vấn đề cấp bách đối với cả các nước phát triển và đang phát triển. RTN được định nghĩa là bất kỳ sản phẩm nhựa bị loại bỏ nào, dù có nguồn gốc từ các quy trình công nghiệp hay quá trình sử dụng của người tiêu dùng. Hiện tại, RTN hiện đang đe dọa hệ sinh thái, sức khỏe con người và các hoạt động kinh tế trên toàn thế giới (OECD, 2022). Thế giới đã chứng kiến sự gia tăng đáng kể trong sản xuất nhựa so với việc tạo ra RTN. Năm 1950, sản lượng nhựa chỉ khoảng 2 triệu tấn, đã tăng

lên 368 triệu tấn vào năm 2019, tức là tiêu thụ nhựa đã tăng khoảng 180 lần trong thời gian này (Liang et al., 2021). Đến năm 2022, sản lượng nhựa toàn cầu được tính toán vào khoảng 400,3 triệu tấn (Pilapitiya và Ratnayake, 2024) và vào năm 2024, lượng RTN được tạo ra trên toàn thế giới ước tính lên tới 220 triệu tấn. Tại Việt Nam, RTN cũng cho thấy xu hướng đáng lo ngại tương tự. Năm 2014, Việt Nam tạo ra khoảng 1,8 triệu tấn RTN hàng năm (WWF Viet Nam, 2020), tăng lên 2,93 triệu tấn vào năm 2021, với tốc độ tăng trưởng hàng năm là 5%. Sự gia tăng này đặc biệt rõ ràng ở các khu vực như Tây Nguyên, Bắc Trung bộ, duyên hải Nam Trung bộ và đồng bằng sông Cửu Long, nơi các hoạt động kinh tế và đô thị hóa đã đẩy nhanh quá trình sản xuất chất thải (WWF Viet Nam, 2023).



Các nguồn RTN chính ở Việt Nam bắt nguồn từ nhiều lĩnh vực: (1) Rác thải sinh hoạt từ các khu dân cư, chợ và cửa hàng; (2) Chất thải công nghiệp từ các nhà máy và nhà máy sản xuất; (3) Chất thải nông nghiệp từ bao bì và vật liệu phủ được sử dụng trong nông nghiệp; (4) Ngành đánh bắt cá, nuôi trồng thủy sản và (5) Lĩnh vực chăm sóc sức khỏe. Đáng chú ý, chỉ riêng ngành đánh bắt cá đã tạo ra hơn 64.000 tấn RTN hàng năm, với một phần đáng kể rò rỉ ra môi trường biển (WWF Viet Nam, 2023). Việc quản lý RTN vẫn chưa đầy đủ, gây rủi ro nghiêm trọng cho hệ sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Việt Nam chủ yếu dựa vào các bãi chôn lấp để xử lý chất thải, điều này có thể dẫn đến việc nhựa thoát ra ngoài môi trường nếu không được thực hiện đúng cách và giám sát thường xuyên. Các nỗ lực tái chế cũng phải đối mặt với những thách thức, với chỉ 0,77 triệu tấn RTN được tái chế vào năm 2021 (Bộ TN&MT, 2022). Ngoài ra, việc đốt RTN không chính thức, đặc biệt là ở các khu vực nông thôn, giải phóng các chất độc có hại vào khí quyển, làm trầm trọng thêm ô nhiễm không khí và tạo ra rủi ro đối với sức khỏe người dân. Ô nhiễm nhựa cũng ảnh hưởng đến các thủy vực của Việt Nam, nơi ước tính có khoảng 66.900 tấn RTN được thải ra hàng năm, gây nguy hiểm hơn cho sinh vật biển và hệ sinh thái thủy sinh (WWF Viet Nam, 2023).

Tác động môi trường của RTN, cả nhựa vi mô và vi nhựa, đều nghiêm trọng. Trong đại dương, các vật dụng nhựa lớn vướng vào động vật biển và phá hủy hệ sinh thái, trong khi vi nhựa xâm nhập vào chuỗi thức ăn, gây ra rủi ro sức khỏe lâu dài cho con người. Hơn nữa, RTN ảnh hưởng đến chất lượng đất, năng suất nông nghiệp và đa dạng sinh học trong các hệ sinh thái trên cạn. Hậu quả kinh tế - xã hội cũng nghiêm trọng không kém, với các ngành du lịch và đánh bắt cá phải chịu đựng môi trường suy thoái và các cộng đồng phải đối mặt với rủi ro sức khỏe ngày càng tăng do không khí và nước bị ô nhiễm.

Nỗ lực giảm thiểu RTN của Việt Nam bị hạn chế bởi những khoảng trống trong xây dựng và thực thi chính sách. Mặc dù các quy định nhắm vào nhựa sử dụng một lần và bao bì không phân hủy sinh học đã được đưa ra, nhưng việc thực thi vẫn không nhất quán. Các chính sách như thuế môi trường đối với túi nilông và hệ thống Trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) thiếu rõ ràng và chưa thực hiện hiệu quả, hạn chế tác động của các chính sách này (Nguyễn Sỹ Linh, 2024). Ngoài ra, thiếu các quy định toàn diện giải quyết ô nhiễm vi nhựa và cơ sở hạ tầng phân loại, tái chế chất thải vẫn chưa phát triển. Nếu không có hành động ngay lập tức, cuộc khủng hoảng RTN của Việt Nam sẽ tiếp tục đe dọa hệ sinh thái, sức khỏe cộng đồng và phúc lợi kinh tế của quốc gia.

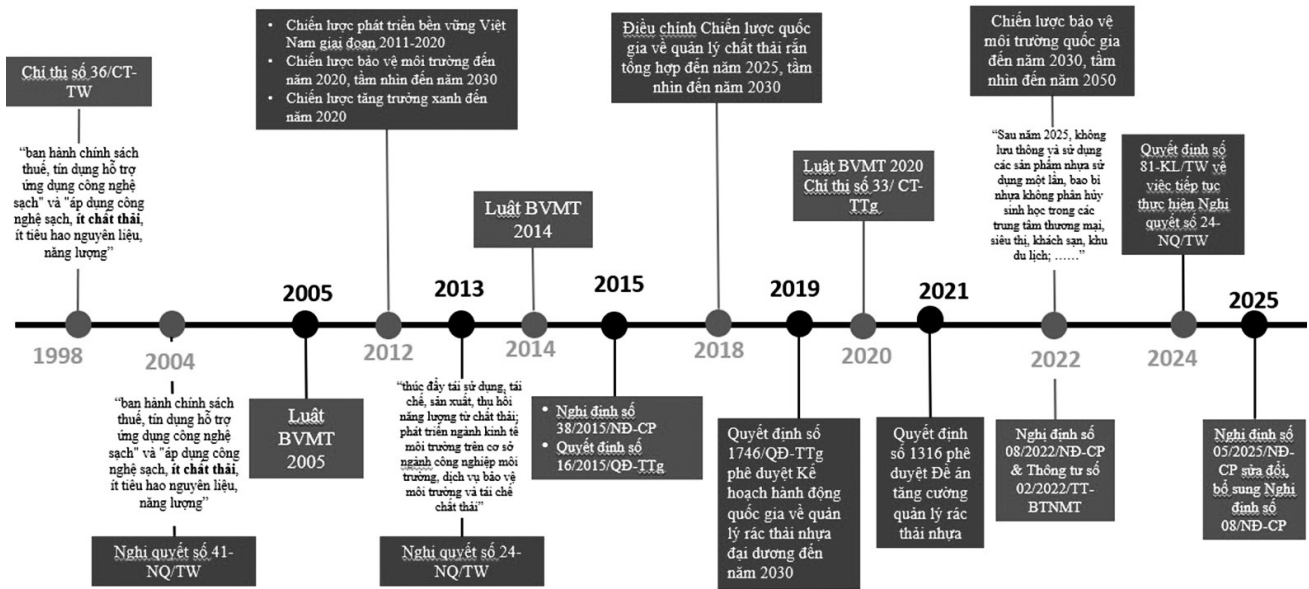
Dự án “Nguồn phát thải, nơi tích tụ và các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của RTN đến cộng đồng ven biển ở Việt Nam” (3SIP2C) được tài trợ bởi Quỹ Nghiên cứu thách thức toàn cầu (GCRF) thông qua Hội đồng nghiên cứu Môi trường tự nhiên (NERC) thuộc Tổ chức Nghiên cứu và Đổi mới Sáng tạo của Vương quốc Anh (UKRI). Dự án được thực hiện từ tháng 1/2021-3/2025 bởi Đại học Heriot-Watt (Vương quốc Anh) và 6 đối tác tại Việt Nam, bao gồm: Đại học Phenikaa, Viện Việt Nam học và Khoa học phát triển, Trường Đại học Khoa học và Công nghệ Hà Nội, Trường Cao đẳng Kinh tế, Kỹ thuật và Thủy sản, Viện Kinh tế Quy hoạch Thủy sản và Viện Chiến lược, Chính sách tài nguyên và môi trường (nay là Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường). Mục tiêu của Dự án nhằm hiểu rõ hơn về nguồn phát sinh RTN đại dương, con đường vận chuyển và tích tụ của chúng và đánh giá tác động của ô nhiễm RTN đến các hoạt động kinh tế - xã hội, chất lượng môi trường, hệ sinh thái và sức khỏe con người, từ đó đề xuất chính sách, giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của RTN đến cộng đồng ven biển tại Việt Nam và các ngành kinh tế liên quan như nuôi trồng, khai thác thủy sản, ngành du lịch.

## 2. XÂY DỰNG CHÍNH SÁCH QUẢN LÝ RÁC THẢI NHỰA TẠI VIỆT NAM

Việt Nam đã có những bước quan trọng để giải quyết RTN thông qua việc tham gia tích cực vào các sáng kiến quốc gia và quốc tế. Một ví dụ điển hình là sự tham gia của Việt Nam vào Tuyên bố Bangkok của ASEAN, tập trung vào cuộc chiến chung chống lại ô nhiễm nhựa đại dương trên khắp Đông Nam Á. Lập trường chủ động của Chính phủ cũng được thể hiện trong các khuôn khổ pháp lý và hợp tác khác nhau nhằm giải quyết RTN, đặc biệt là trong môi trường biển.

Khung pháp lý hiện tại: Ở cấp quốc gia, Việt Nam đã đưa ra một số chính sách và quy định để hạn chế RTN (Hình 1). Một trong những mục tiêu nổi bật nhất là Kế hoạch hành động quốc gia về quản lý RTN đại dương (Quyết định số 1746/QĐ-TTg ngày 4/12/2019) đặt ra các mục tiêu đầy tham vọng, bao gồm giảm 75% RTN đại dương vào năm 2030 (Hình 1).

Chính sách quốc gia khuyến khích các giải pháp thay thế thân thiện với môi trường và tăng cường thu gom, phân loại, tái chế chất thải. Chương trình tăng cường quản lý RTN ở Việt Nam cũng thúc đẩy tuyên truyền, hướng dẫn phân loại, thu gom và tái chế, nhân rộng các mô hình, đồng thời khuyến khích nghiên cứu và ứng dụng các công nghệ tiên tiến, hiện đại trong quá trình này. Lộ trình chiến lược của Việt Nam về quản lý RTN vạch ra cách tiếp cận theo từng giai đoạn,



Hình 1. Các chính sách và quy định pháp luật liên quan đến quản lý RTN ở Việt Nam

tập trung vào việc giảm sự phụ thuộc vào nhựa sử dụng một lần và tăng cường cơ sở hạ tầng tái chế.

Nghị định số 08/NĐ-CP quy định lộ trình cụ thể:

(1) Sau năm 2025: sản phẩm nhựa dùng một lần không được lưu thông hoặc sử dụng tại các trung tâm thương mại, siêu thị, khách sạn; (2) Đến năm 2030: ngừng sản xuất, nhập khẩu sản phẩm nhựa dùng một lần (trừ sản phẩm được chứng nhận nhân sinh thái Việt Nam). Kế hoạch này không chỉ hướng đến việc giảm sử dụng nhựa tại nguồn mà còn nhằm nâng cao năng lực tái chế RTN của quốc gia, vốn vẫn là một vấn đề quan trọng.

Thực hiện ở cấp địa phương: Một số tỉnh, thành phố như Ninh Bình, Nam Định, Trà Vinh... đã đề ra các mục tiêu, biện pháp chính sách trong Kế hoạch hành động về quản lý RTN đại dương. Nam Định đã đề xuất các chỉ tiêu cụ thể phù hợp với Kế hoạch quốc gia và triển khai các biện pháp như tuyên truyền, nâng cao nhận thức, thu gom, phân loại, lưu trữ, vận chuyển RTN thông qua các chiến dịch vệ sinh bãi biển tại Quất Lâm, Thịnh Sơn... Tuy nhiên, các địa phương này vẫn chưa có nhiều hành động cụ thể để đạt được mục tiêu do thiếu nguồn lực tài chính và nhân lực.

Mặc dù Việt Nam đã đạt được những tiến bộ đáng kể trong việc xây dựng các chính sách giảm thiểu RTN, vẫn còn những khoảng trống cần được giải quyết, cụ thể: Các quy định hiện hành chưa bao gồm giải quyết toàn diện vấn đề ô nhiễm vi nhựa; Thiếu các tiêu chuẩn rõ ràng về việc xử lý và tái chế các loại nhựa khác nhau. Điều này hạn chế việc quản lý hiệu quả vấn đề RTN ngày càng gia tăng, đặc biệt là về ô nhiễm vi nhựa, gây ra rủi ro lâu dài cho cả môi trường sinh thái và sức khỏe cộng đồng. Do đó, cần xác định nguồn lực và phương

thức thực hiện phù hợp theo quy mô, đặc điểm của từng địa phương, vùng và cộng đồng. Bên cạnh đó, việc đặt mục tiêu cho từng giai đoạn là cần thiết.

### 3. THỰC TIỄN QUẢN LÝ RÁC THẢI NHỰA TẠI VIỆT NAM

Việt Nam đã thực hiện nhiều chính sách khác nhau để giảm thiểu RTN, nhưng việc thực hiện các chính sách này vẫn thiếu nhất quán ở các khu vực khác nhau. Sự thiếu thống nhất trong cơ sở hạ tầng thu gom và tái chế chất thải cản trở việc thực hiện hiệu quả. Đặc biệt, ở khu vực nông thôn, vùng ven biển, hệ thống quản lý và tái chế chất thải thường kém phát triển, gây khó khăn cho việc đáp ứng các mục tiêu quốc gia.

Vai trò của các bên liên quan: Quản lý RTN hiệu quả đòi hỏi sự tham gia của nhiều bên liên quan, bao gồm các cơ quan Chính phủ (Xây dựng và thực thi chính sách), doanh nghiệp tư nhân (Quản lý chất thải của mình), cộng đồng địa phương (Tham gia các sáng kiến) và các tổ chức phi Chính phủ (Giám sát và hỗ trợ thực hiện). Tại Việt Nam, chính quyền địa phương đóng vai trò chính trong việc thu gom và thực thi các biện pháp giảm thiểu RTN. Tuy nhiên, cần tăng cường trách nhiệm từ các ngành công nghiệp sản xuất và sử dụng nhựa, để chịu trách nhiệm quản lý chất thải của họ. Dù các cộng đồng địa phương ngày càng tham gia nhiều hơn thông qua các sáng kiến như dọn dẹp bãi biển, sự phối hợp chính thức của họ vào quá trình ra quyết định vẫn còn hạn chế.

Nhận thức về tác động của vi nhựa đối với sức khỏe vẫn còn thấp ở ngư dân, nông dân nuôi trồng thủy sản và một bộ phận du khách, kéo theo thiếu trách nhiệm cá nhân trong việc giảm thiểu chất thải. Mặc dù vậy,



*Quang cảnh buổi thảo luận mở tại TP. Quy Nhơn, tỉnh Bình Định về cách thức thực hiện các mục tiêu quốc gia về giảm RTN biển, ngày 30/11/2023*

ngư dân và nông dân sẵn lòng tham gia các sáng kiến quản lý chất thải tập thể, nếu được đảm bảo sự tham gia rộng rãi. Du khách cũng ủng hộ các giải pháp sáng tạo như đài phun nước uống để giảm sử dụng nhựa. Việc triển khai các ưu đãi cho việc thu gom và tái chế chất thải có thể mang lại nguồn thu nhập bổ sung cho cộng đồng ven biển, đồng thời giải quyết các thách thức về ô nhiễm.

#### **Kết quả từ Dự án 3SIP2C:**

Những khảo sát ban đầu tại Nam Định, Hải Phòng, Bến Tre của 3SIP2C cho thấy, ô nhiễm nhựa gây tổn thất đáng kể cho ngành đánh bắt cá Việt Nam, trung bình 128±146 triệu đồng (khoảng 5.000 USD) mỗi thuyền/năm, chiếm 15±12% doanh thu và 33±24% thu nhập chủ sở hữu. Chi phí này dao động từ 11% (Hải Phòng, Nam Định) đến 21% (Bến Tre) doanh thu hàng năm. Mặc dù nuôi trồng thủy sản nội địa quản lý rác thải hiệu quả hơn, việc thâm canh gia tăng sử dụng nhựa, có thể làm trầm trọng thêm ô nhiễm. Tăng trưởng du lịch cũng làm gia tăng RTN trên bãi biển, ảnh hưởng tiêu cực đến lượng khách quay lại các điểm đến như Cát Bà.

Dự án 3SIP2C cũng đã thành công trong việc nâng cao nhận thức của cộng đồng về ô nhiễm nhựa, thúc đẩy sự tham gia, phát triển khoa học và đối thoại chính sách. Các hoạt động nổi bật bao gồm việc dọn dẹp bãi biển có tác động ở Giao Hải. Tại nơi đây, sự thay đổi nhận thức về vật liệu bền vững đã làm giảm việc sử dụng nhựa, nhưng tăng trưởng du lịch đã gây áp lực rác thải mới, đòi hỏi các giải pháp quản lý rác thải tốt hơn. Các nỗ lực tiếp cận sáng tạo, chẳng hạn như hội thảo tại Cát Bà và sự kiện “thả dứa” đã giúp hiểu sâu hơn về vận chuyển nhựa và khuyến khích thay đổi hành vi. Dự án cũng phát triển các công cụ giáo dục (board games), các chiến dịch truyền thông và hợp tác

quốc tế của Dự án đã tiếp cận hàng chục nghìn người, để lại một di sản lâu dài. Ngoài ra, sáng kiến này đã tăng cường năng lực khoa học bằng cách hỗ trợ cho hơn 30 nhà nghiên cứu mới bắt đầu sự nghiệp và thu hút 600 người tham gia vào các sự kiện chuyên gia, nhấn mạnh tầm quan trọng của hành động tập thể và đồng kiến tạo các giải pháp trong việc giải quyết vấn đề ô nhiễm nhựa.

Dựa trên những phát hiện chính từ 4 sự kiện thảo luận bàn tròn với sự tham gia của các bên liên quan (cơ quan quản lý nhà nước của các quốc gia, tổ chức, các tổ chức phi Chính phủ). Chi tiết về thời gian, địa điểm và nội dung trao đổi, chia sẻ tại các thảo luận bàn tròn được tóm tắt như sau:

(1) Tọa đàm bàn tròn lần thứ nhất được tổ chức tại Hà Nội vào ngày 28/11/2022 với sự tham gia của đại diện các cơ quan hoạch định chính sách Trung ương; đại diện các đơn vị nghiên cứu, tư vấn chính sách; các tổ chức xã hội và tổ chức môi trường đã tập hợp để thảo luận về các vấn đề mới như mở rộng trách nhiệm của nhà sản xuất và vai trò của các cơ quan nghiên cứu, tổ chức xã hội trong việc thực hiện mục tiêu quốc gia về giảm thiểu RTN đại dương.

(2) Sự kiện thứ hai được tổ chức tại TP. Quy Nhơn, tỉnh Bình Định vào ngày 30/11/2023, với sự tham gia của đại diện các cơ quan quản lý nhà nước cấp tỉnh, các cơ quan nghiên cứu, doanh nghiệp, hiệp hội, đoàn thể, đơn vị tư vấn và chuyên gia môi trường để thảo luận về cách thức đạt được các mục tiêu do chính sách quốc gia đặt ra ở cấp địa phương cũng như các nguồn lực cần thiết để thực hiện hành động cần thiết.

(3) Tọa đàm lần thứ ba diễn ra vào ngày 26/6/2024 tại huyện Giao Thủy, tỉnh Nam Định, với sự tham gia của nông dân, trưởng xã, trưởng thôn để tìm hiểu thêm về mức độ thông tin chính sách quốc gia và tình liên quan

đến giảm thiểu RTN được chuyển giao cho người dân địa phương - những người trực tiếp tham gia vào việc quản lý, giảm thiểu rác thải nói chung và RTN nói riêng.

(4) Tọa đàm lần thứ tư được tổ chức tại Hà Nội vào ngày 16/10/2024, với hơn 60 đại biểu đến từ các cơ quan quản lý, tổ chức nghiên cứu, tổ chức xã hội và các tổ chức phi Chính phủ, những người đã làm việc chuyên sâu để giải quyết các thách thức về RTN.

Trên cơ sở thực tế cùng thảo luận bàn tròn, Dự án 3SIP2C chỉ ra những thách thức trong việc thực hiện chính sách giảm thiểu RTN ở Việt Nam, đó là:

*Cơ sở hạ tầng chưa đáp ứng:* Cơ sở hạ tầng không đầy đủ để thu gom, phân loại và tái chế chất thải, đặc biệt là ở các vùng nông thôn và vùng sâu vùng xa, hạn chế khả năng quản lý hiệu quả việc tạo và xử lý RTN của đất nước.

*Nhận thức của cộng đồng còn hạn chế:* Mặc dù các chiến dịch nâng cao nhận thức đã được khởi xướng, nhưng sự thay đổi hành vi và thói quen liên quan đến việc tiêu thụ và xử lý nhựa vẫn là những thách thức và cần được thực hiện thường xuyên, lâu dài. Nhựa dùng một lần vẫn phổ biến do thói quen và chi phí.

*Khoảng trống pháp lý:* Mặc dù các chính sách đã được áp dụng, nhưng việc thực thi không nhất quán và các hình thức xử phạt đối với việc không tuân thủ không phải lúc nào cũng được áp dụng hiệu quả. Việc thực hiện ở cấp địa phương gặp khó khăn như thiếu hướng dẫn hoặc nguồn lực thực hiện. Ngoài ra, còn thiếu các tiêu chuẩn kỹ thuật để quản lý ô nhiễm vi nhựa.

*Thiếu dữ liệu:* Việc thiếu dữ liệu gây khó khăn cho việc xây dựng kế hoạch hành động hiệu quả phù hợp với từng địa phương và từng loại RTN. Điều này cũng làm tăng sự không chắc chắn của kết quả và tiến độ đạt được mục tiêu.

Để vượt qua những thách thức trên, nhóm tác giả xác định một số cơ hội có thể góp phần cải thiện các chính sách giảm thiểu RTN ở Việt Nam:

*Một là, tăng cường quan hệ hợp tác công tư:* Bằng cách thúc đẩy sự hợp tác giữa các cơ quan Chính phủ, các công ty tư nhân và tổ chức phi Chính phủ, Việt Nam có thể đầu tư cơ sở hạ tầng quản lý chất thải, công nghệ tái chế và thúc đẩy các sáng kiến kinh tế tuần hoàn.

*Hai là, thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng:* Tăng cường sự tham gia của cộng đồng trong quản lý RTN, thông qua các hoạt động như phân loại rác thải tại nguồn, các sáng kiến tái chế tại địa phương, đồng kiến tạo giải pháp thông qua các cuộc thảo luận chính sách nhằm xây dựng các giải pháp phù hợp và hiệu quả hơn.

*Ba là, tăng cường xây dựng năng lực và giáo dục:* Mở rộng các chương trình giáo dục về lợi ích môi trường, sức khỏe và kinh tế của việc giảm nhựa có thể giúp

thay đổi dần dần hành vi và thói quen của cộng đồng. Các chiến dịch và chương trình giáo dục nên được đưa vào trường học các cấp, các doanh nghiệp và cộng đồng địa phương nhằm tăng cường áp dụng các thực hành bền vững.

*Bốn là, tiếp thu các thực tiễn quốc tế tốt nhất:* Học hỏi từ các mô hình quản lý RTN thành công ở các quốc gia khác, đặc biệt là về công nghệ tái chế tiên tiến và khuôn khổ trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR), có thể giúp Việt Nam thu hẹp khoảng cách chính sách hiện có.

#### 4. KHUYẾN NGHỊ NÂNG CAO HIỆU QUẢ CỦA CÁC CHÍNH SÁCH GIẢM THIỂU RÁC THẢI NHỰA

Trên cơ sở tìm hiểu thực trạng, xác định thách thức và cơ hội trong việc thực hiện chính sách giảm thiểu RTN ở Việt Nam, nhằm nâng cao hiệu quả của các chính sách quản lý RTN ở Việt Nam, các tác giả kiến nghị cần thực hiện các bước sau trong quá trình xây dựng chính sách:

*Kết hợp dữ liệu dựa trên bằng chứng:* Các chính sách nên được củng cố bởi dữ liệu đáng tin cậy, dựa trên nghiên cứu. Đóng góp từ các nhà nghiên cứu và các ngành công nghiệp là điều cần thiết để cung cấp dữ liệu đáng tin cậy làm nền tảng vững chắc cho các chính sách. Điều này bao gồm dữ liệu về nguồn, loại và tác động của RTN, cũng như hiệu quả của các biện pháp giảm thiểu chất thải khác nhau được đề xuất. Ngoài ra, tích hợp dữ liệu từ nghiên cứu ở nhiều quốc gia và khu vực có thể thúc đẩy các chính sách hiệu quả hơn.

*Sự tham gia của các bên liên quan:* Tăng cường sự tham gia của các bên liên quan, bao gồm cộng đồng địa phương, doanh nghiệp và các tổ chức xã hội dân sự trong quá trình xây dựng chính sách. Cụ thể, cộng đồng địa phương: Cần được trao quyền tham gia vào việc hoạch định chính sách, từ việc xác định các vấn đề cấp bách về RTN đến đề xuất các giải pháp phù hợp với điều kiện địa phương; Doanh nghiệp có thể đóng góp bằng cách cung cấp thông tin và dữ liệu liên quan đến việc sử dụng và tái chế nhựa, những thách thức trong việc thay đổi mô hình sản xuất, giảm nhựa sử dụng một lần và đầu tư vào công nghệ tái chế; Các tổ chức xã hội dân sự theo dõi và đánh giá việc thực hiện các chính sách quản lý RTN và đưa ra các khuyến nghị cải thiện chính sách. Sự tham gia của các nhóm này đảm bảo rằng các chính sách mang tính đại diện và thiết thực hơn, giải quyết nhu cầu và mối quan tâm của tất cả các lĩnh vực liên quan đến sản xuất, sử dụng và thải bỏ nhựa.

*Xây dựng chính sách linh hoạt:* Tạo ra các chính sách có thể điều chỉnh theo nhu cầu và điều kiện cụ thể của từng địa phương. Điều này cũng khuyến khích các địa phương xây dựng các chiến lược cụ thể phù hợp với



bối cảnh và phù hợp hơn với các mục tiêu quốc gia. Cải thiện các chính sách hiệu quả để giảm thiểu RTN không chỉ cần trong giai đoạn xây dựng mà còn đòi hỏi khi thực hiện chính sách, do đó, cần tăng cường các khía cạnh sau:

(i) *Khung giám sát và đánh giá*: Một hệ thống mạnh mẽ để theo dõi và đánh giá tiến độ thực hiện chính sách là cần thiết. Khuôn khổ này nên theo dõi các chỉ số hiệu suất chính, đánh giá hiệu quả của các biện pháp khác nhau và đảm bảo trách nhiệm giải trình ở cả cấp địa phương và quốc gia. Các cơ quan Chính phủ cũng nên công bố công khai kết quả đánh giá để tăng tính minh bạch và trách nhiệm giải trình, đảm bảo thực hiện nhất quán và các hình phạt hiệu quả đối với việc không tuân thủ. Các tổ chức xã hội dân sự có thể đóng vai trò trong việc giám sát độc lập, đưa ra các đánh giá khách quan về hiệu quả chính sách.

(ii) *Sự tham gia và nhận thức của công chúng*: Sự tham gia của công chúng là điều cần thiết để thực hiện chính sách thành công. Các chiến dịch giáo dục và sáng kiến do cộng đồng lãnh đạo và thực hiện (ví dụ: trường học, cộng đồng địa phương) có thể nâng cao nhận thức về tác động môi trường của RTN và khuyến khích áp dụng các phương pháp tiêu dùng bền vững. Những nỗ lực này sẽ giúp thúc đẩy những thay đổi hành vi trong việc giảm tiêu thụ nhựa và thúc đẩy tái chế. Hình thành mạng lưới và hiệp hội có thể tạo điều kiện chia sẻ thông tin nhanh chóng và cung cấp nền tảng để đánh giá, điều chỉnh, nâng cao hiệu quả của các chính sách giảm thiểu RTN, đảm bảo sự tham gia rộng rãi của cộng đồng.

(iii) *Tăng cường hỗ trợ các sáng kiến địa phương*: Phân bổ nguồn lực và hỗ trợ kỹ thuật cho chính quyền địa phương và cộng đồng có thể thúc đẩy quản lý chất thải hiệu quả. Đồng thời, các sáng kiến địa phương nên được công nhận và khen thưởng khi chúng đáp ứng và phù hợp với các mục tiêu chính sách quốc gia. Các cơ quan quản lý cần khuyến khích sự tham gia của doanh nghiệp và tổ chức quốc tế trong việc chia sẻ các mô hình quản lý chất thải thành công, công nghệ tiên tiến và nguồn lực tài chính.

(iv) *Thúc đẩy hợp tác và đổi mới*: Thúc đẩy hợp tác giữa các cơ quan Trung ương, chính quyền quốc tế, địa phương và cộng đồng giúp chia sẻ các thực tiễn và đổi mới thành công. Ngoài ra, hỗ trợ nghiên cứu, phát triển các công nghệ/mô hình mới và phương pháp quản lý để quản lý RTN hiệu quả có thể được người dân địa phương áp dụng. Bên cạnh đó, Nhà nước cần khuyến khích quan hệ đối tác công tư, thu hút đầu tư trong nước và quốc tế để thiết lập và tăng cường cơ sở hạ tầng cần thiết cho việc thu gom, phân loại, tái chế chất thải, đặc biệt tập trung vào các khu vực nông

thôn, vùng sâu vùng xa để tăng cường các chiến lược quản lý hiệu quả hơn.

## 5. KẾT LUẬN

Việt Nam đã có những bước tiến quan trọng trong việc xây dựng khung pháp lý để giải quyết vấn đề RTN. Tuy nhiên, để đạt được các mục tiêu đã đề ra, cần có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan và những cải thiện đáng kể trong việc thực hiện chính sách. Dự án 3SIP2C đã cung cấp những hiểu biết quan trọng về tác động kinh tế - xã hội của RTN và đề xuất các khuyến nghị thiết thực để nâng cao hiệu quả chính sách. Việc áp dụng các khuyến nghị này sẽ góp phần quan trọng vào việc giảm thiểu tác động của RTN đến cộng đồng ven biển và phát triển bền vững của Việt Nam.

*Lời cảm ơn*: Bài báo này là sản phẩm của Dự án “Nguồn phát thải, nơi tích tụ và các giải pháp nhằm giảm thiểu tác động của RTN đến cộng đồng ven biển ở Việt Nam” (NE/V006088/1), do UKRI-GCRF tài trợ thông qua chương trình “Giảm thiểu tác động của chất thải nhựa tại các nước đang phát triển” ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban thư ký Công ước Basel (2019). Công ước Basel. Tổng quan về RTN.
2. Bộ TN&MT (2022). Tổng hợp số liệu báo cáo công tác BVMT năm 2021 của các địa phương/MONRE (2020). Consolidate data and information on environmental protection activities in 2021 from provinces/cities.
3. GEMET (2021). <http://www.eionet.europa.eu/gemet/concept/6336>.
4. Nguyễn Sỹ Linh (2024). Lao động phi chính thức đóng vai trò quan trọng trong việc thực hiện EPR và hiệp ước nhựa toàn cầu ở Việt Nam. Tạp chí Vietnam Law and Legal. Tháng 5/2024.
5. OECD (2022). Global Plastics Outlook Economic Drivers, Environmental Impacts and Policy Options.
6. P.G.C Nayanathara Thathsarani Pilapitiya, Amila Sandaruwan Ratnayake (2024). The world of plastic waste: A review. Cleaner Materials Volume 11, March 2024, 100220.
7. WWF Viet Nam (2020). Khảo sát quốc gia về sự đóng góp của RTN từ hoạt động khai thác và nuôi trồng thủy sản đến RTN đại dương/WWF Viet Nam (2020). National Survey on contribution of plastic wastes generated from aquaculture to total ocean plastic wastes in Viet Nam.
8. WWF Viet Nam (2023). Báo cáo tình hình phát sinh chất thải nhựa năm 2022/WWF Viet Nam (2023). Report on state of plastic waste generation.
9. Y. Liang, Q. Tan, Q. Song, J. Li (2021). An analysis of the plastic waste trade and management in Asia. Waste Manag., 119 (2021), pp. 242-253, 10.1016/j.wasman.2020.09.049.



# THỰC TRẠNG Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM: Nguyên nhân, giải pháp và đề xuất, kiến nghị

NGUYỄN HOÀNG ĐỨC<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

## Tóm tắt

*Bài viết phân tích thực trạng ô nhiễm không khí tại Việt Nam trong giai đoạn 2021–2024, trong đó nhấn mạnh bụi mịn PM<sub>2.5</sub> là tác nhân ô nhiễm chính, đặc biệt nghiêm trọng tại các đô thị lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. Tình trạng ô nhiễm có tính chu kỳ, phân bố không đều theo vùng miền, thời gian trong ngày và mức độ đô thị hóa. Các nguồn gây ô nhiễm chủ yếu gồm giao thông, xây dựng, công nghiệp, đốt mở, sinh hoạt dân sinh và yếu tố khí hậu bất lợi như nghịch nhiệt. Qua đó, bài viết đề xuất nhiều giải pháp đồng bộ: hoàn thiện khung pháp lý, mở rộng mạng lưới quan trắc, kiểm kê nguồn thải, cải thiện hạ tầng giao thông, kiểm soát khí thải, truyền thông nâng cao nhận thức và ứng dụng công nghệ số vào quản lý. Việc kiểm soát ô nhiễm không khí không chỉ mang ý nghĩa bảo vệ sức khỏe cộng đồng mà còn là bước đi tất yếu trong quá trình chuyển đổi xanh và phát triển bền vững của Việt Nam.*

**Từ khóa:** Ô nhiễm không khí, PM<sub>2.5</sub>, giao thông đô thị, quan trắc môi trường, đốt nông nghiệp, xây dựng đô thị, nghịch nhiệt.

**JEL Classifications:** P18, P48, Q53.

Ô nhiễm không khí hiện đang là một trong những thách thức môi trường nghiêm trọng nhất tại Việt Nam, đặc biệt tại các đô thị lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. Sự gia tăng nồng độ bụi mịn PM<sub>2.5</sub> vượt ngưỡng cho phép tại nhiều khu vực không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng mà còn đe dọa sự phát triển kinh tế - xã hội bền vững. Trong bối cảnh toàn cầu đang ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) và các hệ lụy của quá trình đô thị hóa nhanh, nhận diện rõ thực trạng, xác định chính xác nguyên nhân, đánh giá mức độ đóng góp của từng nguồn thải và hiệu quả các giải pháp đã triển khai là cơ sở quan trọng để xây dựng chính sách phù hợp, góp phần nâng cao hiệu lực quản lý chất lượng không khí quốc gia.

## 1. ĐÁNH GIÁ TỔNG QUAN VỀ TÌNH HÌNH Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ

Trong những năm gần đây, tình trạng ô nhiễm không khí tại Việt Nam có xu hướng gia tăng rõ rệt, đặc biệt tại các đô thị lớn và khu vực phát triển công nghiệp. Ô nhiễm bụi – đặc biệt là bụi mịn PM<sub>2.5</sub> – được ghi nhận là thành phần ô nhiễm chính, với nồng độ trung bình năm tại nhiều khu vực thường xuyên vượt giới hạn cho phép theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 05:2023/BTNMT. Điều này đặt ra những thách thức lớn đối với công tác quản lý môi trường không khí, nhất là trong bối cảnh phát triển kinh tế nhanh, mật độ dân số đô thị cao và hạ tầng chưa đồng bộ.

Dữ liệu quan trắc tự động, liên tục từ năm 2021 đến năm 2024 cho thấy, các trạm tại Hà Nội ghi nhận giá trị PM<sub>2.5</sub> trung bình năm vượt từ 1,1 đến 2,1 lần giới hạn cho phép. Các đô thị lân cận như Bắc Ninh, Bắc Giang,

Hà Nam, Hưng Yên, Hải Dương, Thái Nguyên và Thái Bình cũng có mức vượt từ 1,1 đến 2,0 lần. Trong khi đó, các đô thị miền Trung và Tây Nguyên nhìn chung vẫn đạt tiêu chuẩn, mặc dù một số ngày trong năm vẫn ghi nhận giá trị PM<sub>2.5</sub> vượt ngưỡng trung bình 24 giờ. Tại TP. Hồ Chí Minh, năm 2024 cho thấy, giá trị trung bình năm đạt ngưỡng cho phép, nhưng trong giai đoạn 2021–2023, nồng độ tại trạm Lãnh sự quán Hoa Kỳ vẫn vượt khoảng 1,1 lần.

Tỷ lệ số ngày có nồng độ PM<sub>2.5</sub> vượt giới hạn tại các đô thị miền Bắc cao hơn rõ rệt so với các khu vực miền Trung và miền Nam. Năm 2024, trạm 556 Nguyễn Văn Cừ (Hà Nội) ghi nhận 33,04% số ngày vượt quy chuẩn cho phép (QCCP); các trạm Hùng Vương (Thái Nguyên), Phủ Lý (Hà Nam), Nguyễn Văn Linh (Hưng Yên) và một số trạm khác ghi nhận tỷ lệ dao động từ 18% đến 36%.

Ô nhiễm không khí có tính chu kỳ rõ rệt theo mùa. Tại miền Bắc, mức độ ô nhiễm tăng cao vào mùa đông và đầu xuân (từ tháng 10 đến tháng 3 năm sau), khi điều kiện khí tượng bất lợi như nghịch nhiệt xuất hiện thường xuyên, làm hạn chế khả năng khuếch tán các chất ô nhiễm. Tại miền Nam, ô nhiễm giảm mạnh trong mùa mưa và tăng trở lại vào mùa khô, trong khi tại miền Trung, sự dao động theo mùa ít rõ rệt hơn.

Về các thông số ô nhiễm khác, hầu hết giá trị trung bình năm của NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> và trung bình 1 giờ của CO đều nằm trong giới hạn cho phép (GHCP). Tuy nhiên, một số trạm ghi nhận giá trị O<sub>3</sub> trung bình 1 giờ vượt chuẩn, đặc biệt vào các thời điểm trưa nắng, phản ánh tác động của các phản ứng quang hóa trong điều kiện đô thị hóa cao.



## 2. CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ QUA CÁC NĂM (2021-2024)

Theo dõi diễn biến chất lượng không khí tại các đô thị lớn giai đoạn 2021-2024 cho thấy, tình trạng ô nhiễm không khí tiếp tục có xu hướng gia tăng, cả về cường độ và thời gian kéo dài. Bên cạnh yếu tố phát thải, sự BĐKH và điều kiện thời tiết bất lợi đóng vai trò làm trầm trọng thêm tình hình, nhất là trong những tháng mùa đông - xuân. Tuy nhiên, mức độ ô nhiễm không khí có sự phân hóa rõ theo vùng miền, phụ thuộc vào mật độ dân cư, quy mô phát triển công nghiệp - xây dựng và đặc điểm khí hậu địa phương. Trong số các thông số ô nhiễm không khí, bụi mịn  $PM_{2,5}$  vẫn là yếu tố nổi cộm, có mức độ vượt ngưỡng đáng kể và hiện chưa được kiểm soát hiệu quả. Trong khi đó, các chỉ số  $NO_2$ ,  $SO_2$ , CO và  $O_3$  tại phần lớn các đô thị duy trì ổn định trong GHCP theo QCVN 05:2023/BTNMT.

### Đối với thông số bụi

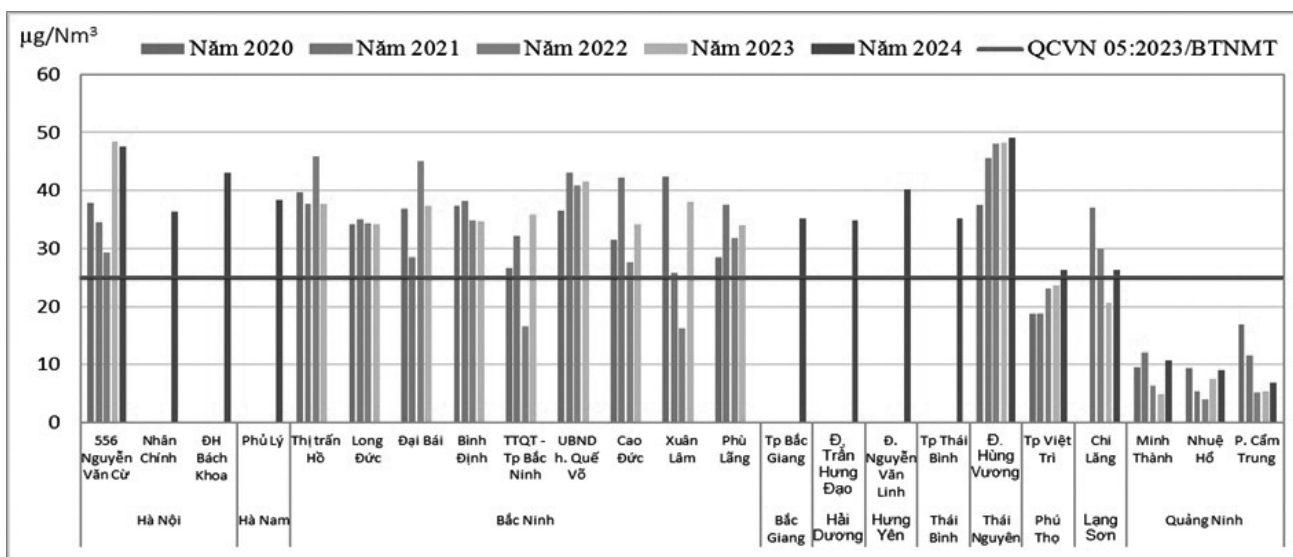
Tại các đô thị lớn như TP. Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh và một số đô thị phát triển công nghiệp khác như Thái Nguyên, Bình Dương, Bình Phước..., ô nhiễm bụi tiếp tục gia tăng. Hiện tượng ô nhiễm bụi ở các đô thị thường xuất hiện vào một số thời điểm trong năm, điển hình vào các tháng mùa đông ở khu vực miền Bắc, thậm chí có thời điểm ô nhiễm bụi, nhất là bụi mịn (bụi  $PM_{2,5}$ ) ghi nhận ở mức nguy hại, ảnh hưởng xấu đến sức khỏe con người.

Theo kết quả quan trắc tại các trạm quan trắc không khí tự động, liên tục ở các đô thị trong những năm gần đây, từ năm 2020 đến năm 2024 cho thấy, giá trị bụi  $PM_{2,5}$  trung bình năm tại các trạm ở TP. Hà Nội, trạm Hùng Vương (TP. Thái Nguyên) đều vượt GHCP của

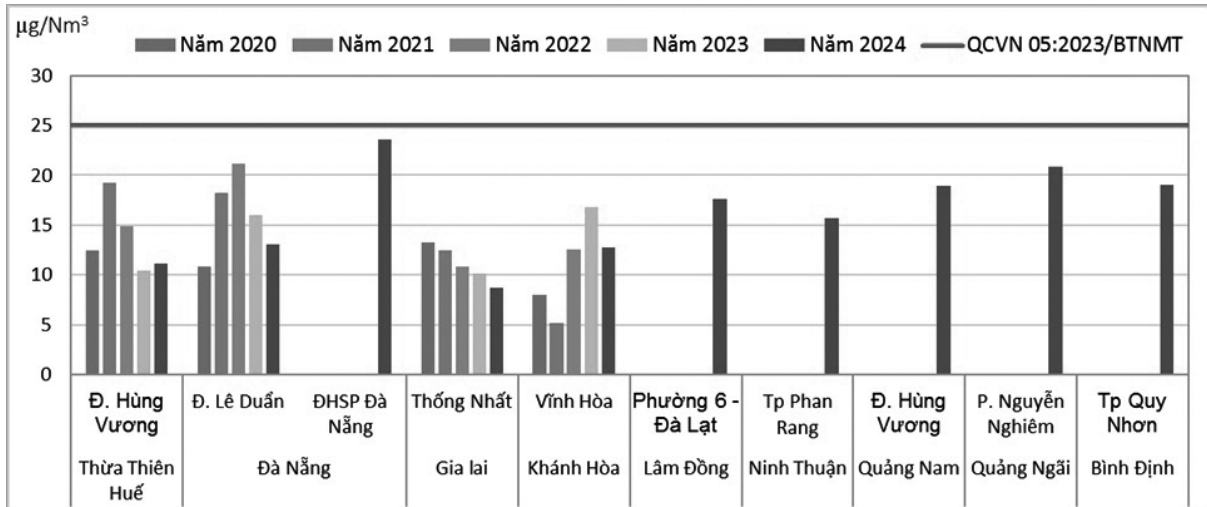
QCVN 05:2023/BTNMT. Trong đó, các trạm ở TP. Hà Nội, giá trị bụi  $PM_{2,5}$  trung bình giai đoạn 2020-2024 dao động từ 26,0 đến 52,0  $\mu g/Nm^3$ , vượt từ 1,1 đến 2,1 lần, trạm tại Thái Nguyên dao động từ 37,5 đến 49,1  $\mu g/Nm^3$  vượt từ 1,5 đến 2,0 lần. Đối với các trạm tại các đô thị phát triển du lịch, dịch vụ như TP. Hải Phòng, TP. Quảng Ninh, TP. Nha Trang và một số đô thị ở khu vực miền Trung, Tây Nguyên và các trạm quan trắc ở Tây Nam Bộ, giá trị thông số bụi  $PM_{2,5}$  trung bình năm thấp, dao động trung bình từ 12,0 đến 23,0  $\mu g/Nm^3$  và đều đạt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT. Tuy nhiên, một số ngày trong năm đã ghi nhận giá trị thông số bụi  $PM_{2,5}$  vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB24h) (Biểu đồ 1, 2, 3).

Cũng qua thống kê dữ liệu quan trắc môi trường không khí tại các trạm quan trắc tự động liên tục ở các đô thị, tần suất ngày trong năm cho kết quả quan trắc giá trị bụi  $PM_{2,5}$  vượt GHCP ở các trạm quan trắc miền Bắc cao hơn nhiều lần so với các trạm ở các đô thị miền Trung và phía Nam. Chẳng hạn, năm 2024 tại trạm 556 Nguyễn Văn Cừ (TP. Hà Nội) có đến 33,04% trong tổng số ngày hoạt động cho kết quả vượt GHCP; trạm Hùng Vương (TP. Thái Nguyên) có đến 36,05% số ngày, trạm Phú Lý (Hà Nam) có 23,56% số ngày vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB24h) (Biểu đồ 4, 5, 6).

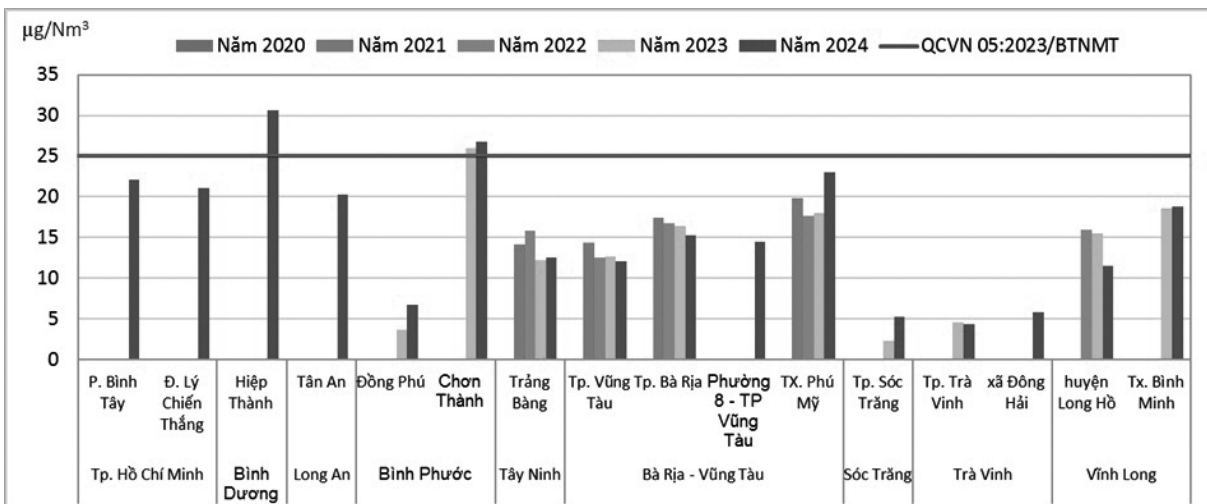
Trong 3 tháng đầu năm 2025 tiếp tục ghi nhận nồng độ bụi mịn  $PM_{2,5}$  vượt QCCP tại các trạm khu vực Hà Nội. Diễn biến nồng độ bụi mịn tại các trạm có sự tương đồng cao với nhau chứng tỏ ô nhiễm bụi mịn  $PM_{2,5}$  diễn ra trong phạm vi rộng tại Hà Nội và các tỉnh lân cận. Tại TP. Hồ Chí Minh và một số tỉnh lân cận cũng đã ghi nhận một số ngày nồng độ  $PM_{2,5}$  vượt



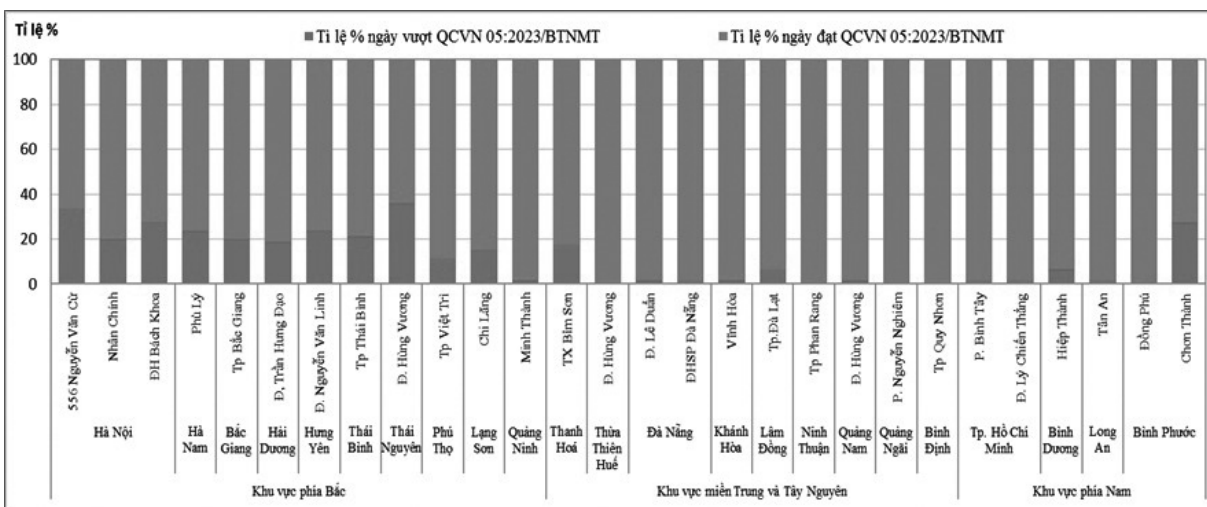
Biểu đồ 1. Diễn biến giá trị bụi  $PM_{2,5}$  trung bình năm tại một số trạm quan trắc tự động, liên tục ở khu vực phía Bắc  
Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



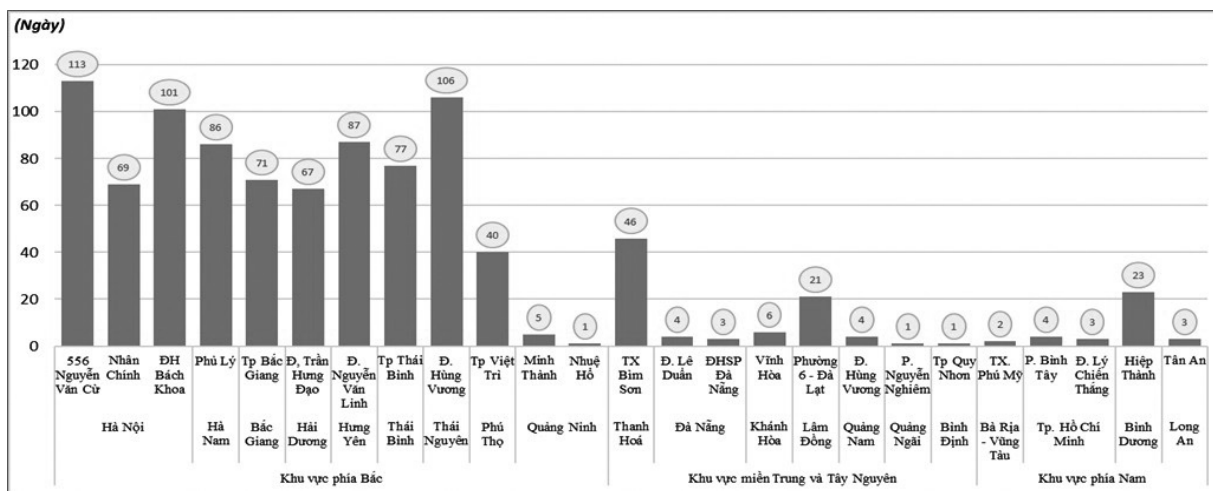
Biểu đồ 2. Diễn biến giá trị bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình năm tại một số Trạm quan trắc tự động, liên tục ở khu vực miền Trung  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 3. Diễn biến giá trị bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình năm tại một số Trạm quan trắc ở khu vực phía Nam  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

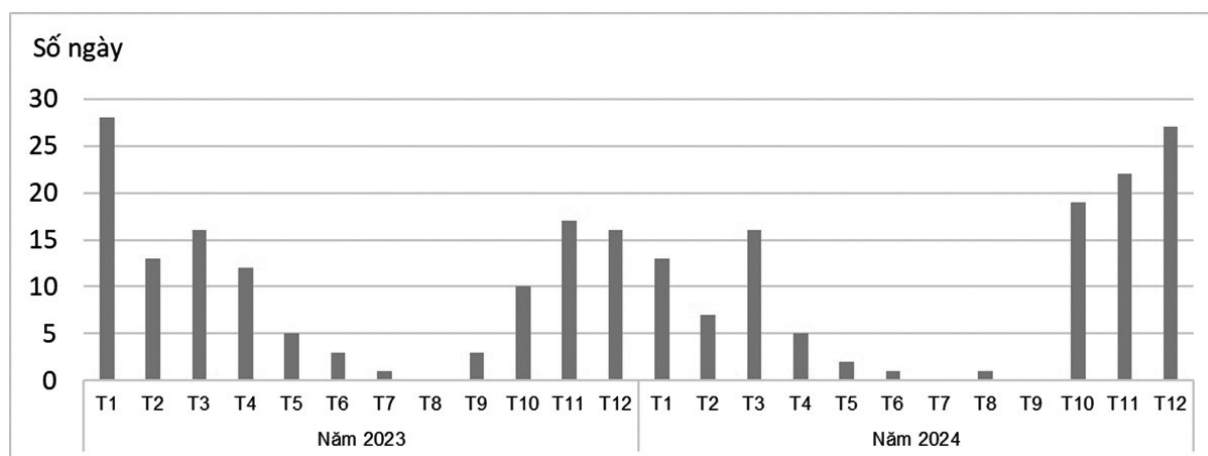


Biểu đồ 4. Tỷ lệ % ngày giá trị bụi PM<sub>2.5</sub> vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB24h) trên tổng số ngày hoạt động trong năm 2024 tại một số Trạm quan trắc tự động liên tục  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



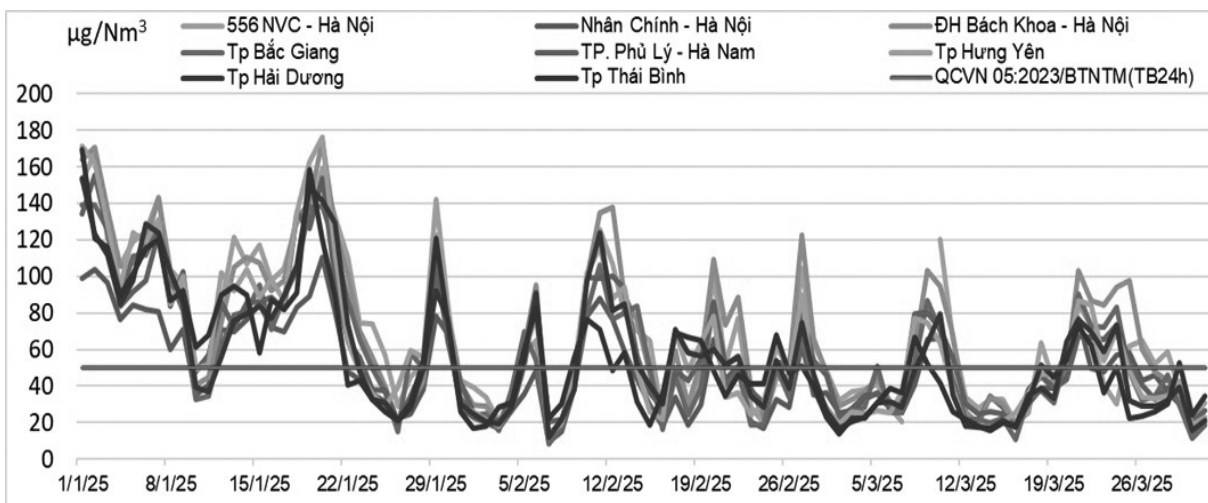
Biểu đồ 5. Số ngày trong năm giá trị bụi PM<sub>2,5</sub> vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB24h) tại một số Trạm quan trắc tự động liên tục ở đô thị năm 2024.

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



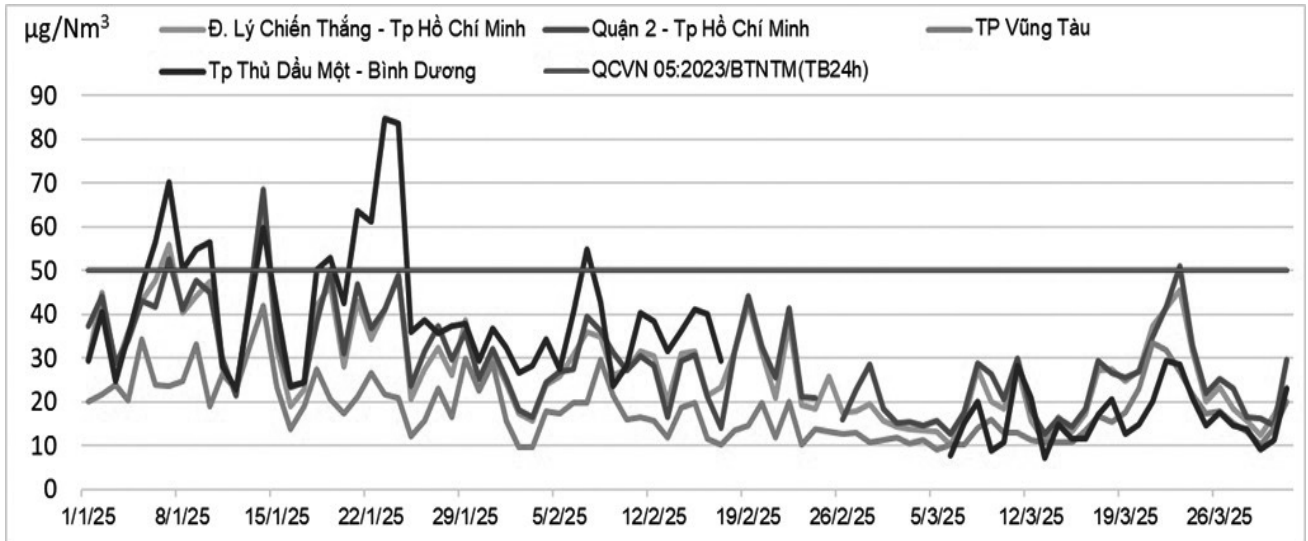
Biểu đồ 6. Số ngày trong các tháng giá trị bụi PM<sub>2,5</sub> vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB24h) tại Trạm 556 Nguyễn Văn Cừ - Hà Nội

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 7. Giá trị bụi PM<sub>2,5</sub> trung bình 24 giờ tại các trạm khu vực miền Bắc trong 3 tháng đầu năm 2025

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 8. Giá trị bụi  $PM_{2.5}$  trung bình 24 giờ tại các trạm khu vực miền Nam trong 3 tháng đầu năm 2025

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

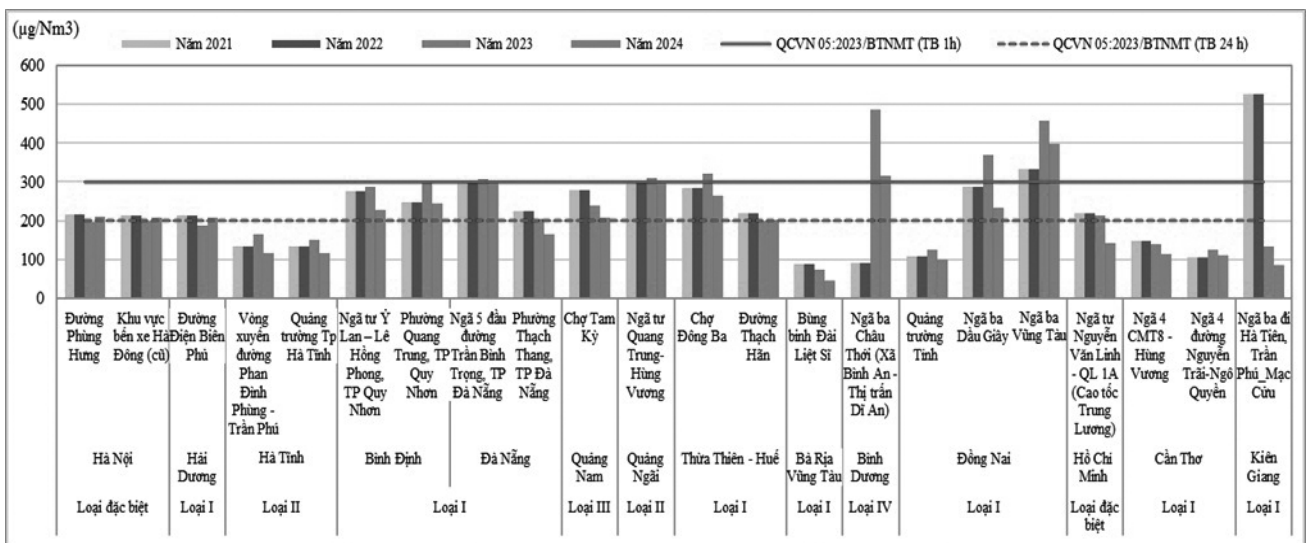
QCCP, tuy nhiên mức độ vượt QCCP thấp hơn nhiều so với khu vực Hà Nội (Biểu đồ 7, 8).

Ô nhiễm bụi ở các đô thị cũng có sự phân hóa khác nhau giữa các khu vực, mức độ ô nhiễm bụi cao tại khu vực gần trục giao thông, khu vực sản xuất công nghiệp nội thị hay tại khu vực đang xây dựng cầu đường hoặc xây dựng dân dụng.

Trên các tuyến đường giao thông nội đô, số lượng phương tiện tham gia giao thông lớn, nhất là vào giờ cao điểm là nguyên nhân làm cho nồng độ các chất ô nhiễm không khí tăng cao. Tại các khu công trường xây dựng (xây dựng khu chung cư, khu đô thị mới, xây dựng và sửa chữa đường giao thông, sửa chữa hệ thống thoát nước,...) cũng diễn ra tình trạng ô nhiễm bụi cục bộ. Nguyên nhân chính là do việc phát tán chất

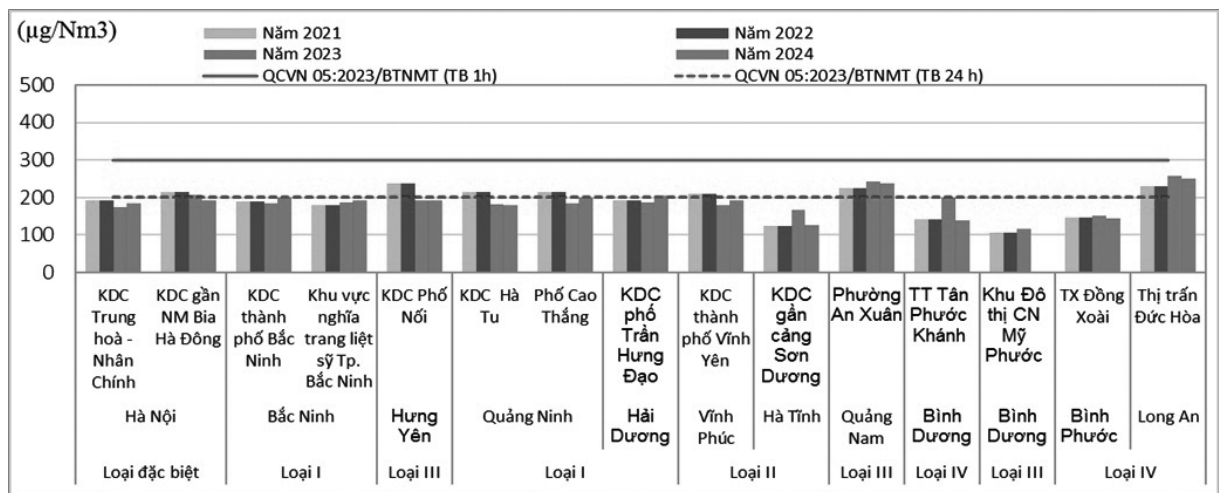
thải trong quá trình xây dựng, vận chuyển nguyên vật liệu... Kết quả quan trắc định kỳ thuộc Chương trình quan trắc quốc gia cho thấy, tại các nút giao thông đô thị lớn ở TP. Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh, Đà Nẵng, Huế, Quy Nhơn, Biên Hòa,... giá trị thông số TSP qua các năm đều vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB 24h), trong đó tại một số điểm quan trắc thuộc TP. Biên Hòa vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB 1h). Kết quả quan trắc cũng phản ánh, tình trạng ô nhiễm bụi ở phần lớn trên các trục giao thông, nhất là các trục giao thông liên tỉnh, liên vùng, vấn đề này xảy ra ở hầu hết các đô thị kể cả đô thị loại vừa và nhỏ (Biểu đồ 9).

Đối với các khu dân cư, mức độ ô nhiễm bụi thấp hơn nhiều lần so với khu vực gần các trục giao thông,

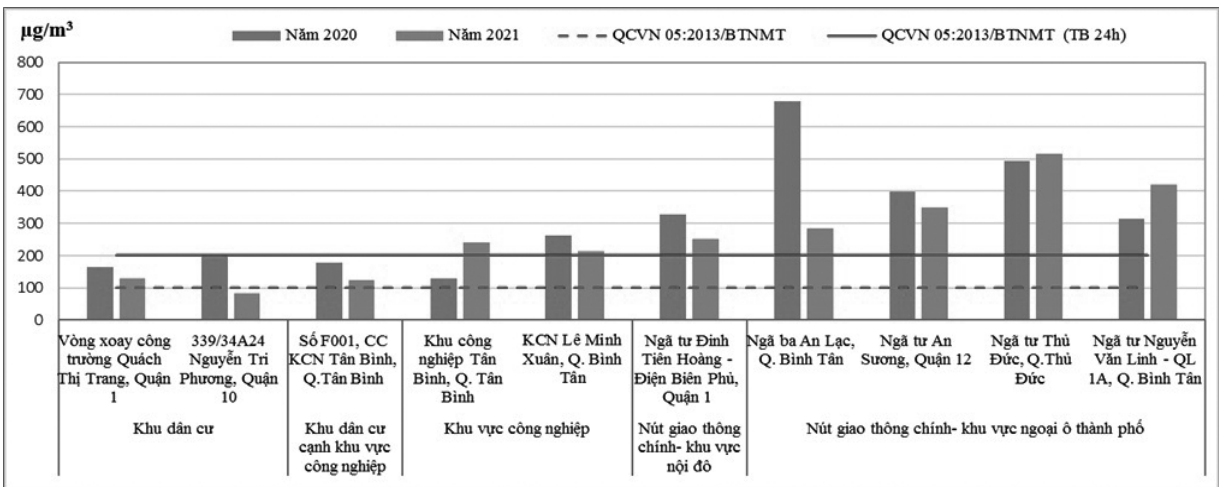


Biểu đồ 9. Diễn biến giá trị bụi TSP tại một số trục giao thông đô thị

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ Chương trình quan trắc môi trường quốc gia giai đoạn 2020-2024



Biểu đồ 10. Diễn biến giá trị bụi TSP tại một số khu vực dân cư đô thị  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ Chương trình quan trắc môi trường quốc gia giai đoạn 2020-2024



Biểu đồ 11. Diễn biến giá trị bụi TSP trung bình năm tại TP. Hồ Chí Minh  
 Nguồn: Tổng hợp số liệu từ Báo cáo Hiện trạng môi trường TP. Hồ Chí Minh năm 2021

càng xa trục đường giao thông, chất lượng môi trường không khí càng được cải thiện. Tuy nhiên với một số đô thị lớn như TP. Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh, hay một số đô thị hoạt động kinh tế - xã hội phát triển, giá trị bụi TSP cũng cho kết quả xấp xỉ hoặc vượt nhẹ GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB 24h) (Biểu đồ 10,11).

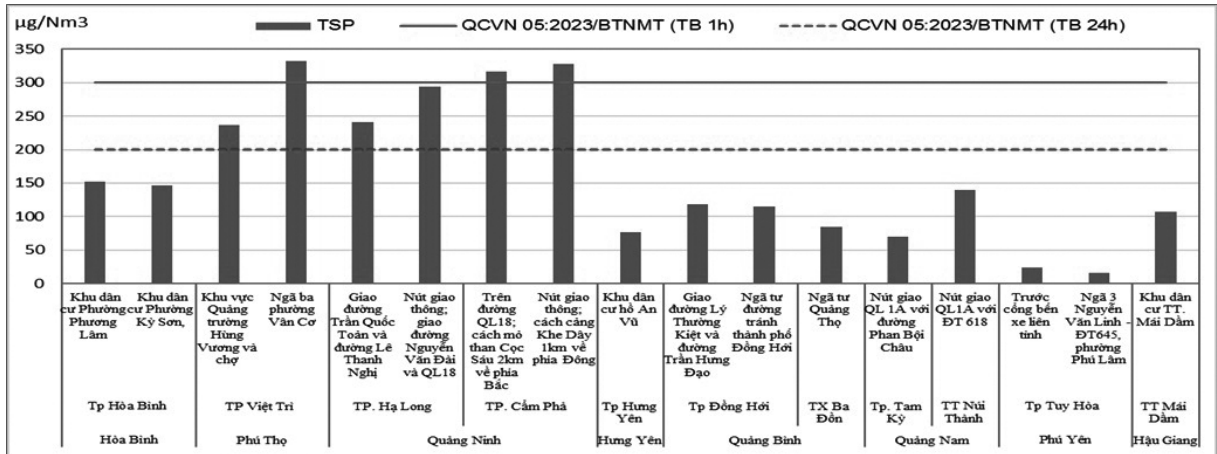
Ngoài phân hóa theo khu vực, mức độ ô nhiễm bụi ở các đô thị khác nhau cũng có sự khác nhau. Kết quả quan trắc giá trị tổng bụi lơ lửng (TSP) tại các địa phương cũng cho kết quả tương đồng, giá trị bụi TSP cao tại các điểm quan trắc trên trục giao thông đô thị và các đô thị phát triển công nghiệp (TP. Cẩm Phả - Quảng Ninh; TP. Việt Trì - Phú Thọ), với các đô thị vừa và nhỏ giá trị bụi TSP thấp, đạt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (Biểu đồ 12).

Nhìn chung, ô nhiễm bụi tại các đô thị ở mức khá cao, tuy nhiên mức độ ô nhiễm thay đổi rất lớn giữa

các giờ trong ngày và giữa các tháng trong năm. Mức ô nhiễm cao, xuất hiện theo đợt vào các tháng mùa đông, ít mưa (tháng 11 năm trước đến tháng 3 năm sau) thể hiện rõ nhất tại các đô thị phía Bắc. Tại khu vực miền Nam, mức độ ô nhiễm bụi cũng giảm rõ rệt vào các tháng mùa mưa và cao hơn vào mùa khô. Ở khu vực miền Trung, quy luật này không thể hiện rõ (Biểu đồ 13, 14, 15, 16, 17).

Diễn biến nồng độ bụi cũng thay đổi theo quy luật ngày, trong tuần, thể hiện rõ nhất tại khu vực gần trục giao thông. Nồng độ bụi thường có xu hướng tăng cao vào các khung giờ cao điểm (từ 7h đến 8h sáng và 18h đến 20h) các ngày làm việc trong tuần, giảm xuống vào giữa trưa, ban đêm và các ngày nghỉ (Biểu đồ 18,19,20).

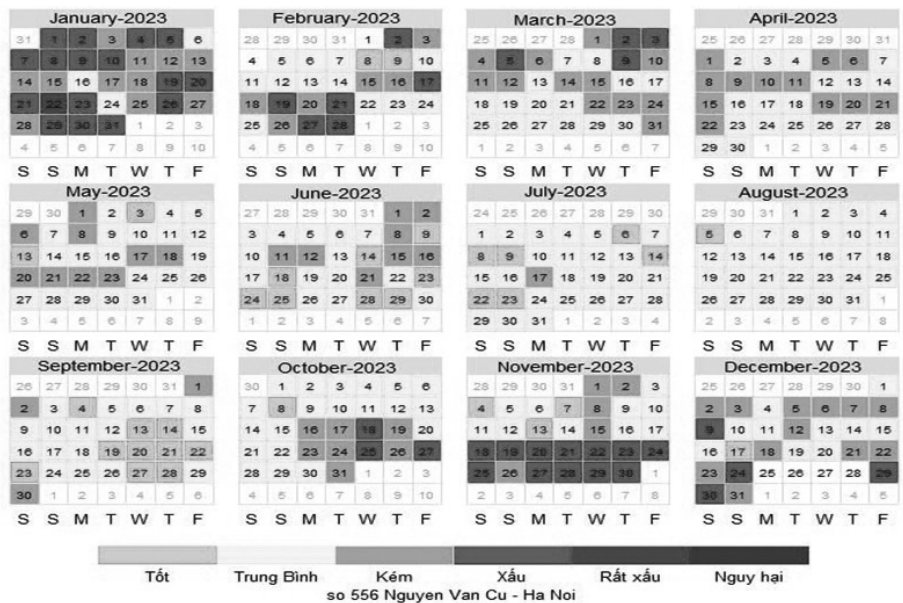
Mặc dù ô nhiễm bụi tuân theo quy luật trước và sau các đợt không khí lạnh tràn về và gia tăng đột biến vào đêm và sáng sớm. Tuy nhiên các năm gần đây dưới tác động của BĐKH, xu hướng, diễn biến ô nhiễm bụi



Biểu đồ 12. Diễn biến giá trị bụi TSP tại một số điểm quan trắc ở các đô thị

Nguồn: Tổng hợp số liệu từ Báo cáo kết quả quan trắc môi trường tỉnh Hòa Bình, Phú Thọ, Quảng Ninh, Hưng Yên, Quảng Bình, Quảng Nam, Phú Yên và Hậu Giang năm 2023

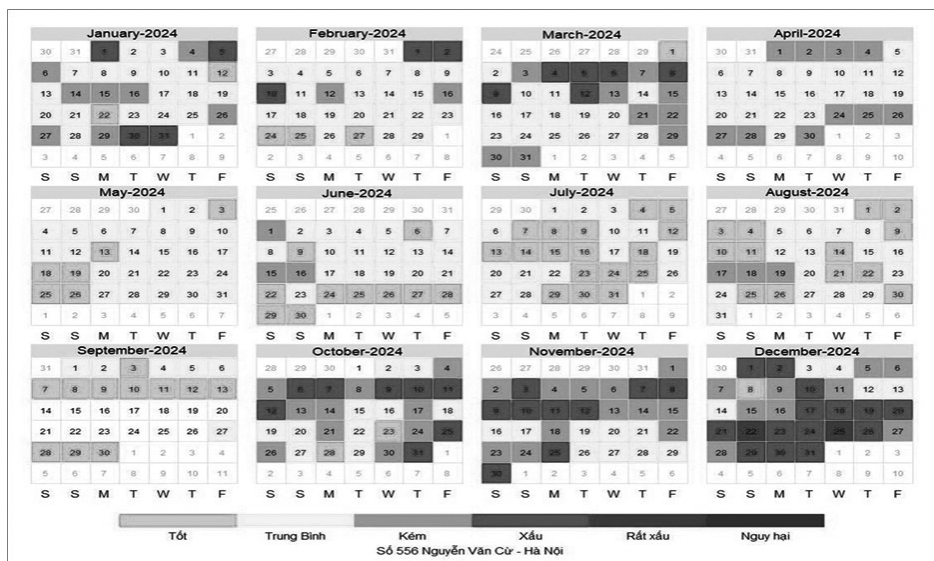
Biểu đồ 13. Giá trị AQI các tháng trong năm 2023-2024 tại Trạm 556 - Nguyễn Văn Cừ, Hà Nội

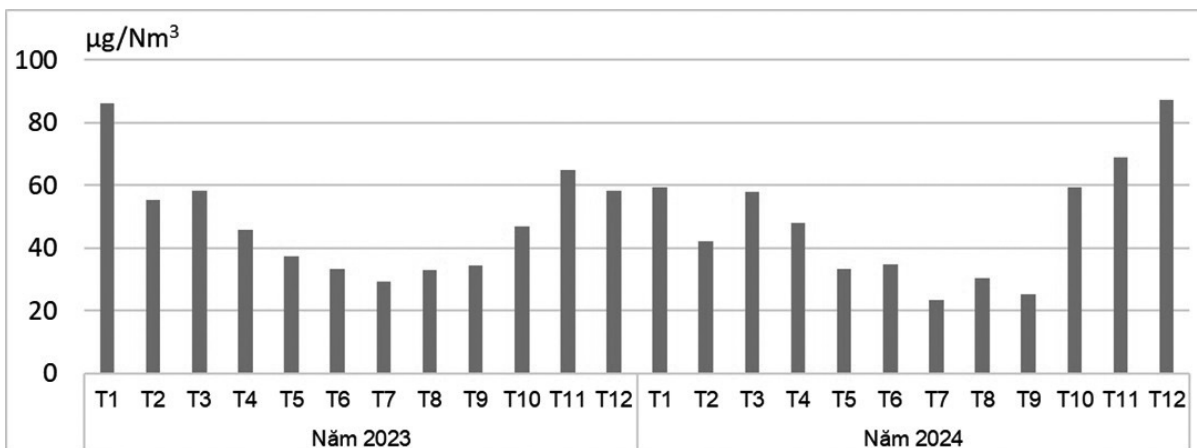


ở các đô thị lớn, điển hình là các đô thị miền Bắc có xu hướng đến sớm hơn và kết thúc cũng muộn hơn so với giai đoạn trước. Bên cạnh đó, số giờ và ngày xuất hiện tình trạng ô nhiễm bụi ở mức nguy hại cũng cao hơn so với giai đoạn trước 2020 (Biểu đồ 21).

Đối với các thông số  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $CO$  và  $O_3$

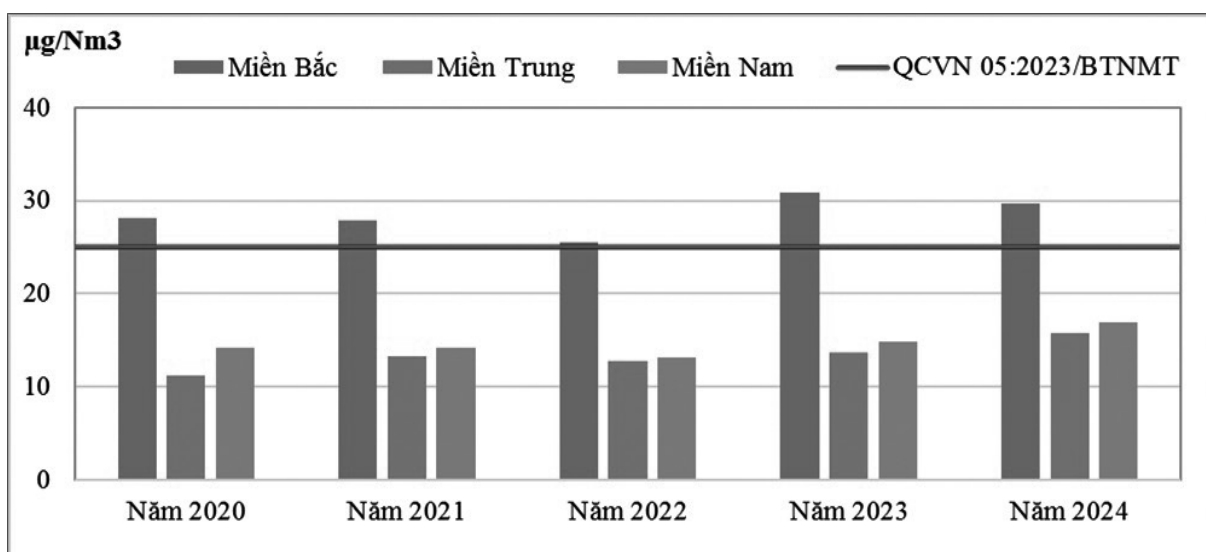
Qua phân tích các nguồn gây ô nhiễm môi trường không khí tại đô thị, nguồn gốc phát sinh các loại khí  $NO_2$ ,  $SO_2$  và  $CO$  chủ yếu từ động cơ của các phương





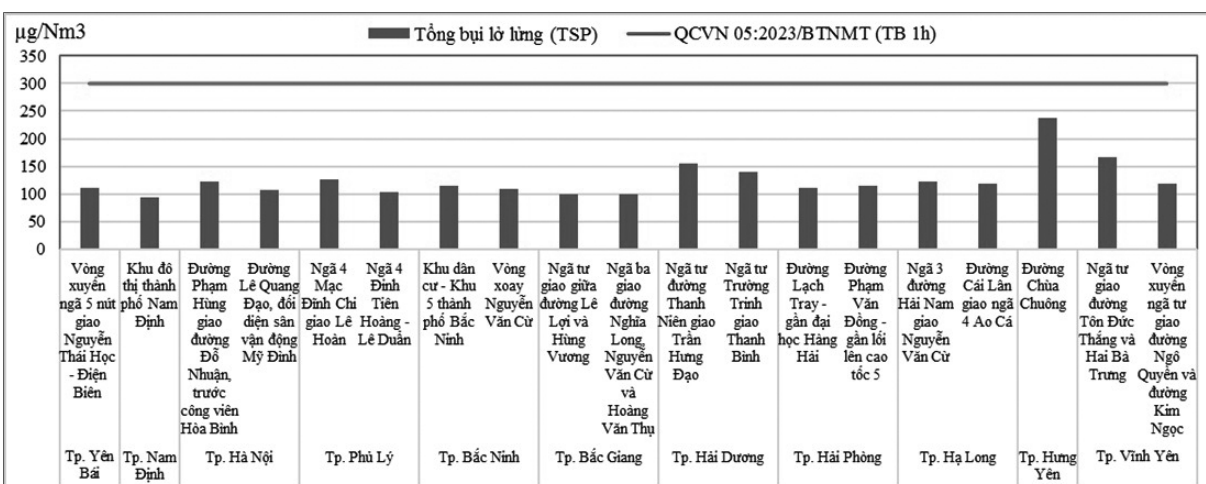
Biểu đồ 14. Giá trị trung bình tháng của PM<sub>2.5</sub> tại Trạm 556 - Nguyễn Văn Cừ, Hà Nội

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



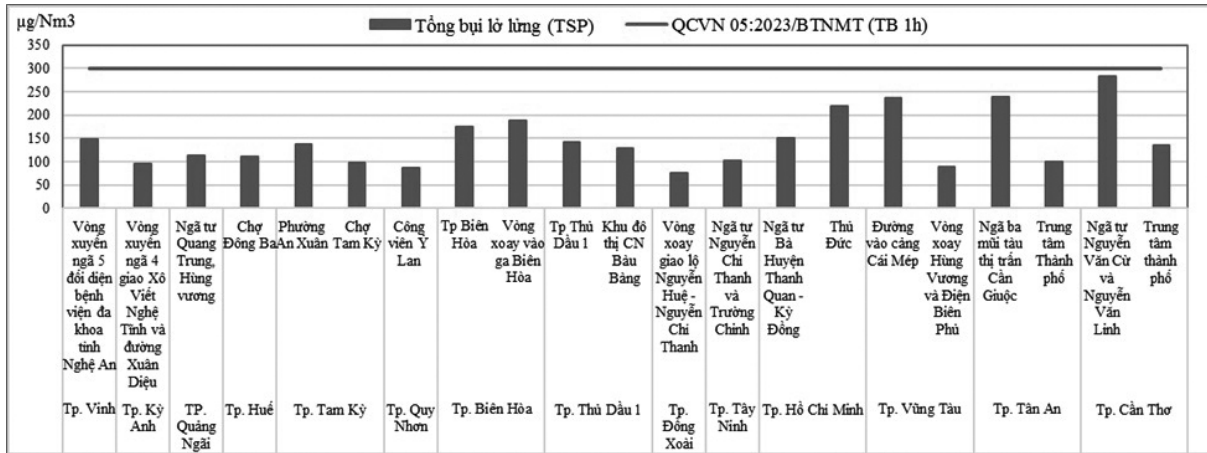
Biểu đồ 15. Giá trị bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình năm giữa các miền (tổng hợp giá trị bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình năm tại các Trạm quan trắc tự động liên tục)

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

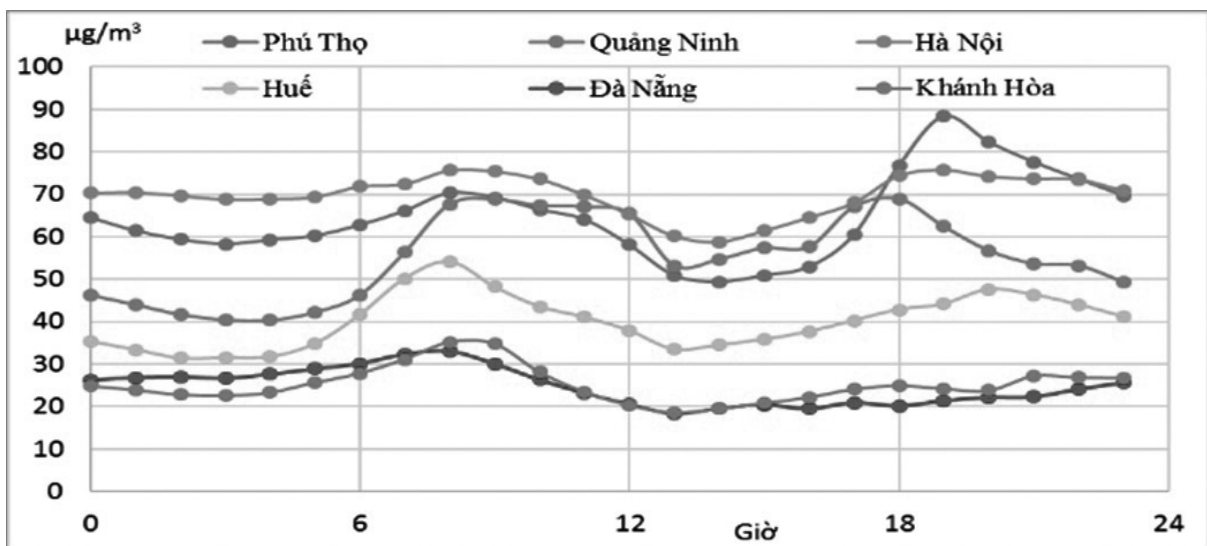


Biểu đồ 16. Giá trị bụi TSP trung bình giờ vào mùa mưa tại các đô thị ở khu vực phía Bắc

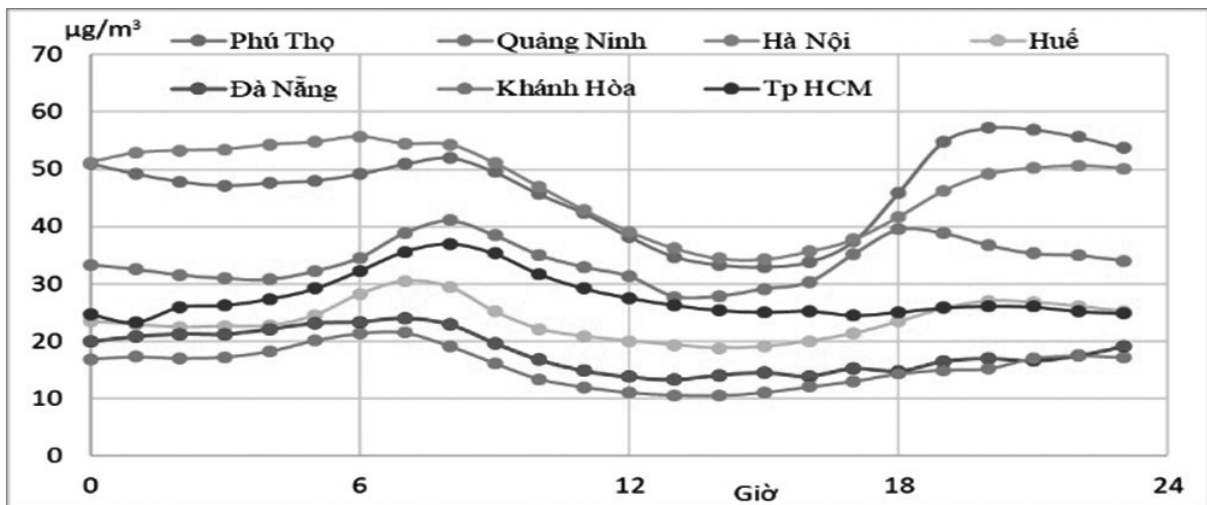
Nguồn: Kết quả quan trắc của Cục Môi trường, 2024



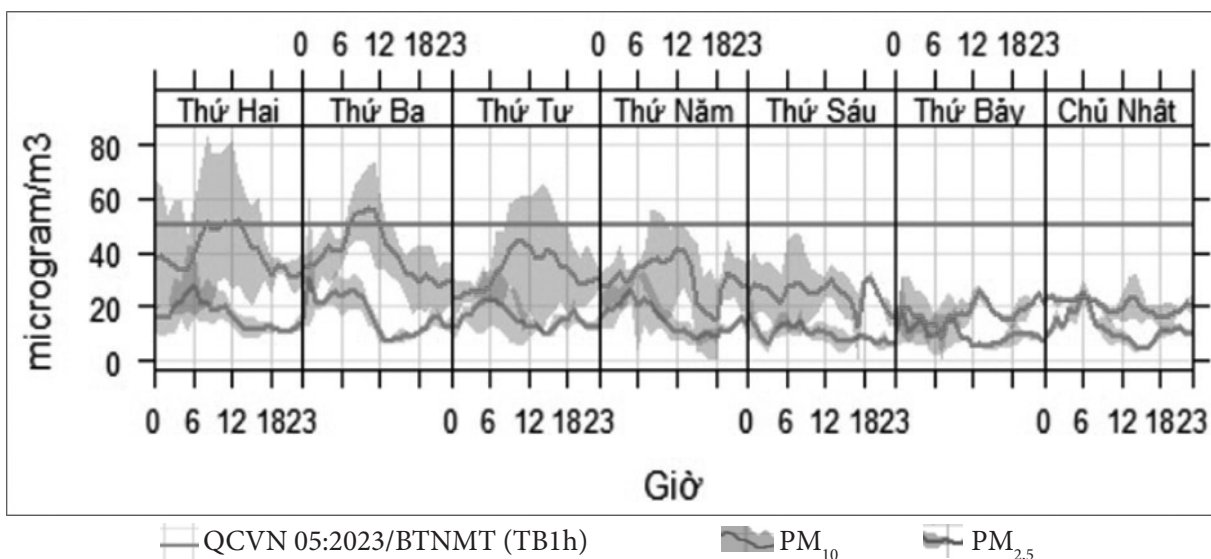
Biểu đồ 17. Giá trị bụi TSP trung bình giờ vào mùa mưa tại các đô thị miền Trung và phía Nam  
 Nguồn: Kết quả quan trắc của Cục Môi trường, 2024



Biểu đồ 18. Diễn biến giá trị bụi PM<sub>10</sub> và bụi PM<sub>2,5</sub> trong ngày tại các Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục (trung bình qua các năm)  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

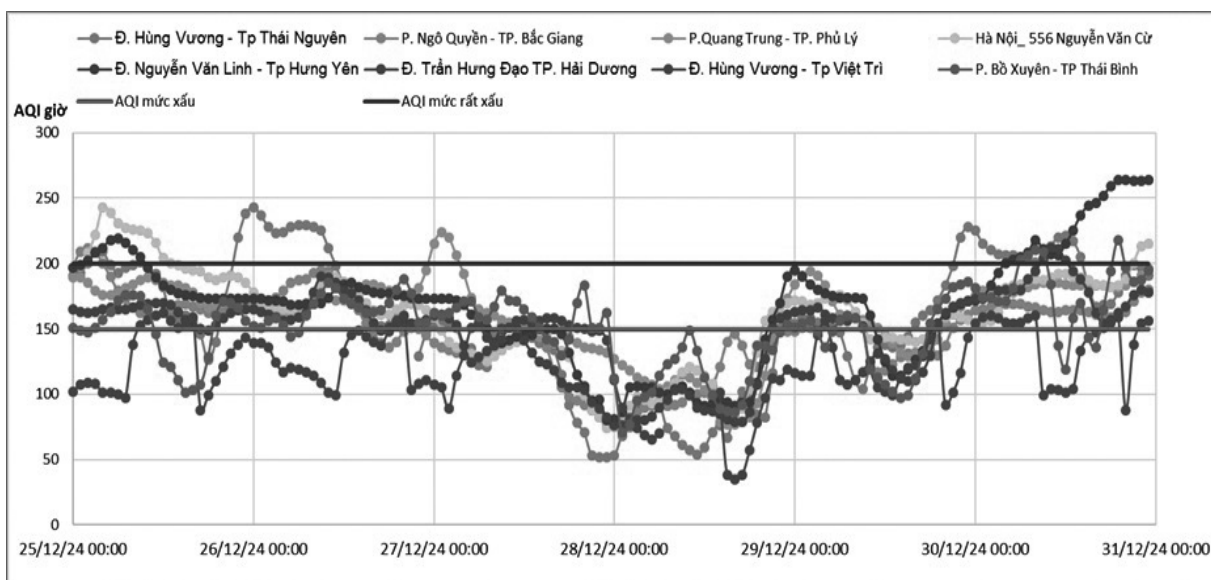


Biểu đồ 19. Diễn biến giá trị bụi PM<sub>10</sub> và bụi PM<sub>2,5</sub> trong ngày tại các Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục (trung bình qua các năm)  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 20. Diễn biến giá trị bụi  $PM_{10}$  và bụi  $PM_{2.5}$  trung bình ngày trong tuần tại các Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục ở thành phố Hà Nội

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 21. Diễn biến giá trị VN\_AQIgiờ từ ngày 25 tháng 12 đến ngày 31 tháng 12 năm 2024

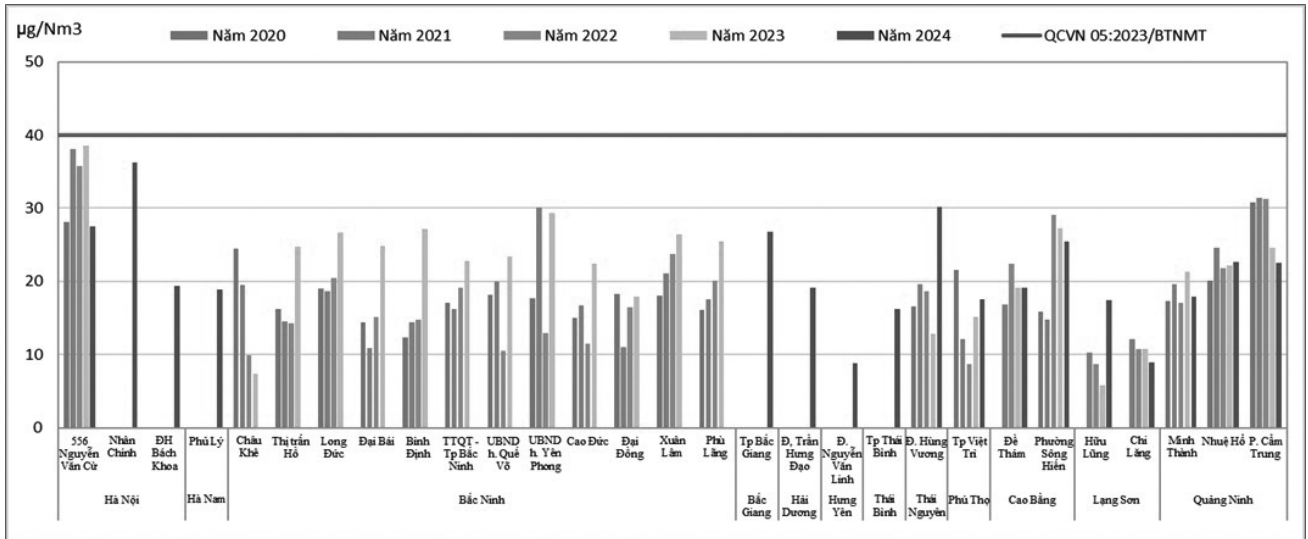
Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

tiện giao thông,  $SO_2$  phát sinh từ các nguồn nhiên liệu chứa lưu huỳnh và đốt than,  $O_3$  trong tầng mặt được hình thành từ các phản ứng quang hóa giữa hợp chất  $NO_x$  và VOC. Kết quả quan trắc từ các trạm quan trắc không khí tự động liên tục và kết quả quan trắc định kỳ ở đô thị trong giai đoạn 2020 đến năm 2024 đều cho thấy, giá trị trung bình năm các thông số  $NO_2$ ,  $O_3$ , CO,  $SO_2$  khá thấp và đều đạt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT. Diễn biến giá trị các thông số này trong giai đoạn 2020 - 2024 cơ bản không có nhiều biến động (Biểu đồ 22, 23).

Các thông số CO và  $SO_2$ , kết quả quan trắc giai đoạn từ năm 2021 đến nay tại các trạm quan trắc

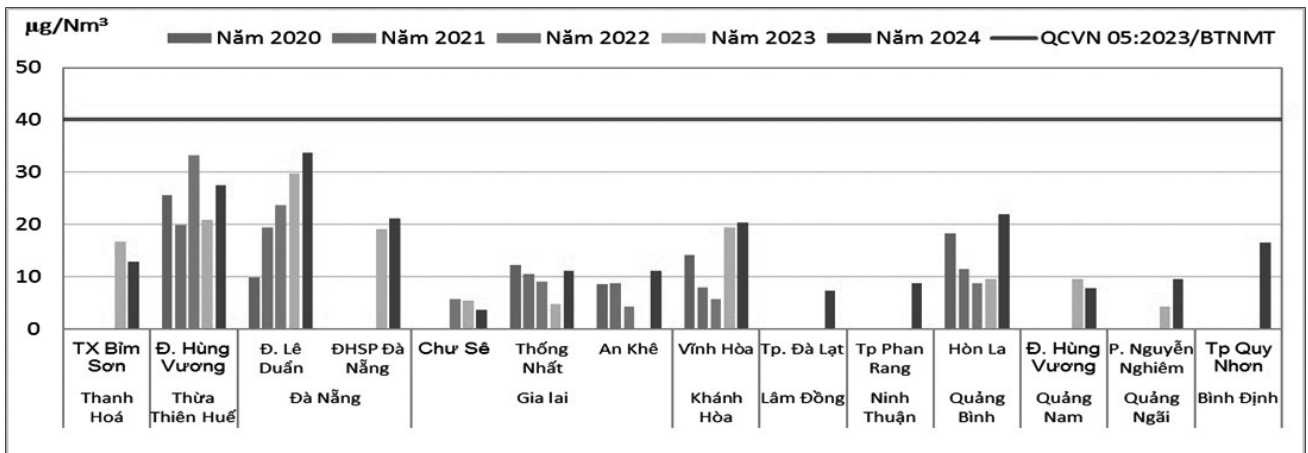
không khí tự động, liên tục và định kỳ cũng đều chưa ghi nhận các trường hợp vượt ngưỡng của QCVN 05:2023/BTNMT. So với giai đoạn trước đây, giá trị CO và  $SO_2$  có xu hướng giảm do chuyển đổi nguyên liệu đốt sang sử dụng năng lượng sạch trong sinh hoạt, điển hình tại T.P Hà Nội, từ năm 2019 UBND T.P Hà Nội đã ban hành Chỉ thị số 15/CT-UBND về việc loại bỏ toàn bộ việc sử dụng than tổ ong làm nhiên liệu trong sinh hoạt, kinh doanh dịch vụ (Biểu đồ 24 đến Biểu đồ 30).

Các thông số  $NO_2$ , CO (thông số đặc trưng cho nguồn phát thải từ hoạt động giao thông) có quy luật diễn biến tăng giảm trong ngày tại khu vực đô thị. Giá



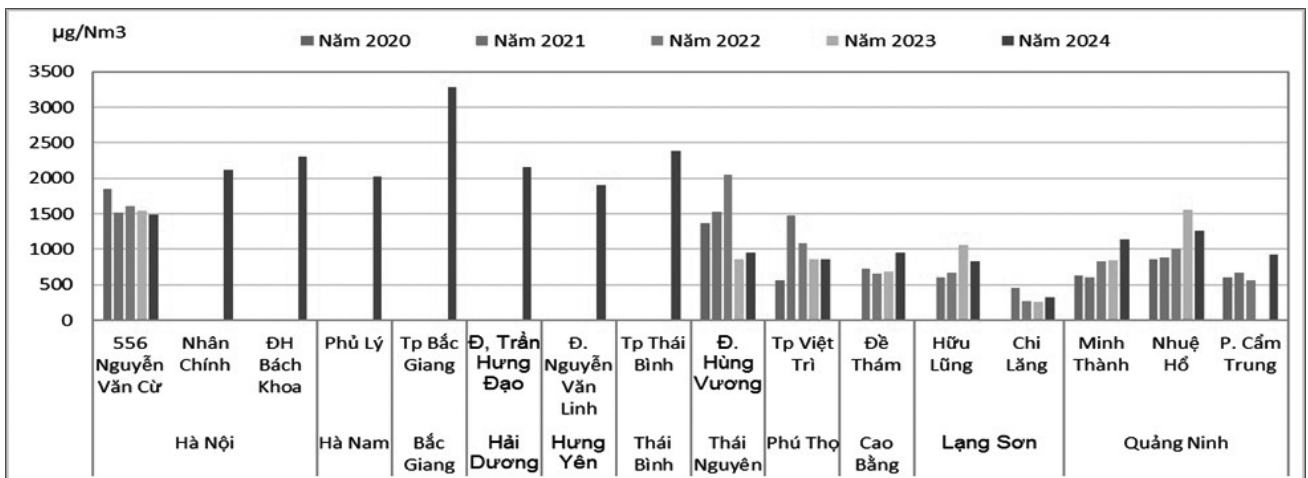
Biểu đồ 22. Diễn biến giá trị  $NO_2$  trung bình năm tại một số Trạm quan trắc không khí tự động, liên tục khu vực phía Bắc (giai đoạn 2020- 2024)

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 23. Diễn biến giá trị  $NO_2$  trung bình năm tại một số Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục khu vực miền Trung (giai đoạn 2020- 2024)

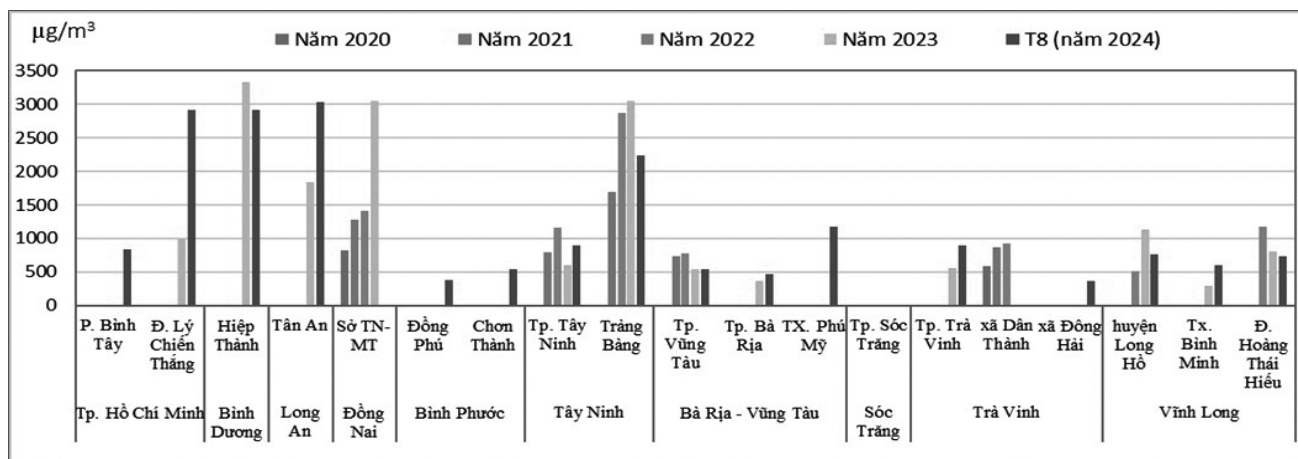
Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Ghi chú: QCVN 05:2023/BTNMT (CO TB 1h:30.000 µg/Nm<sup>3</sup>)

Biểu đồ 24. Diễn biến giá trị CO trung bình năm tại một số Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục khu vực phía Bắc (giai đoạn 2020- 2024)

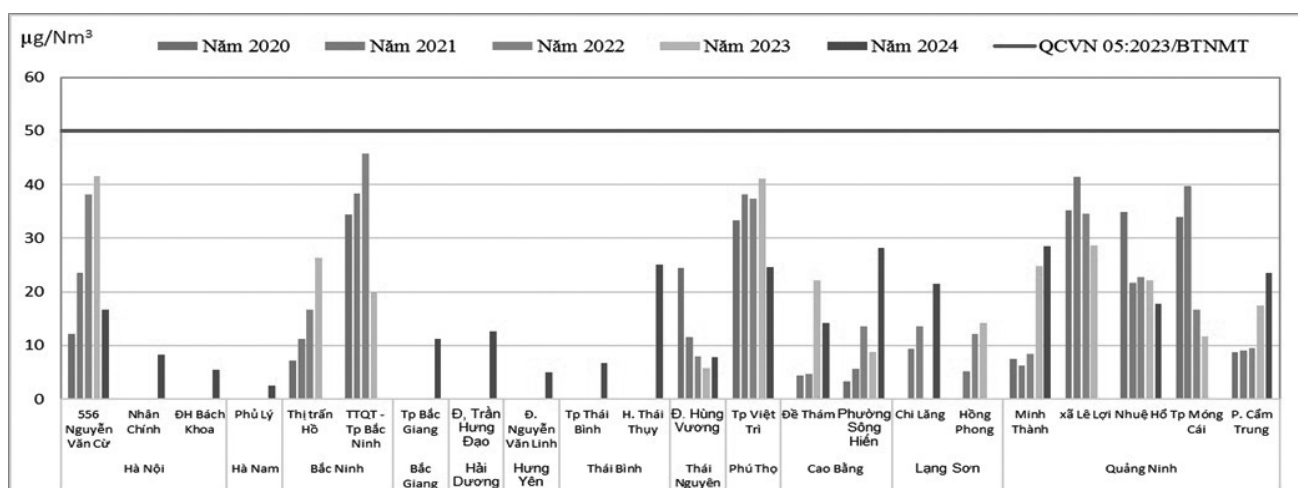
Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Ghi chú: QCVN 05:2023/BTNMT (CO TB 1h:30.000 µg/Nm<sup>3</sup>)

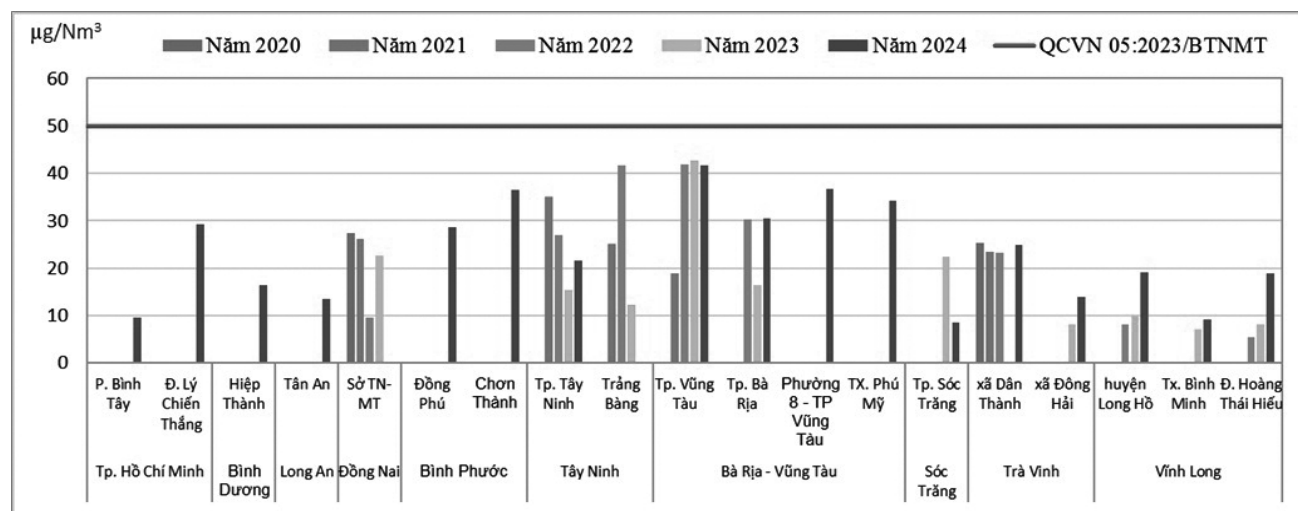
Biểu đồ 25. Diễn biến giá trị CO trung bình năm tại một số Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục khu vực phía Nam (giai đoạn 2020- 2024)

Nguồn Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



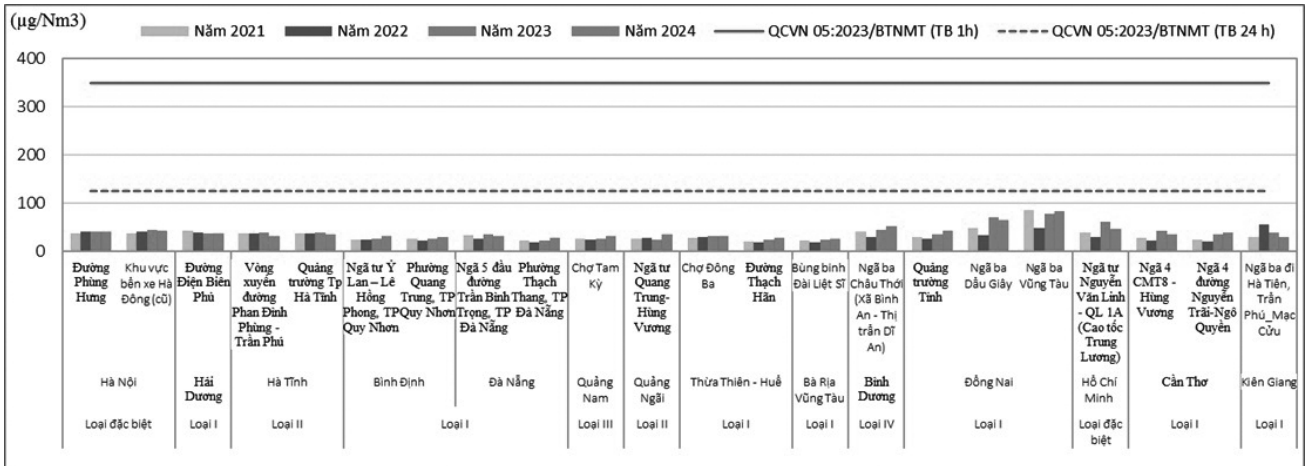
Biểu đồ 26. Diễn biến giá trị SO<sub>2</sub> trung bình năm tại một số Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục khu vực phía Bắc (giai đoạn 2020- 2024)

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

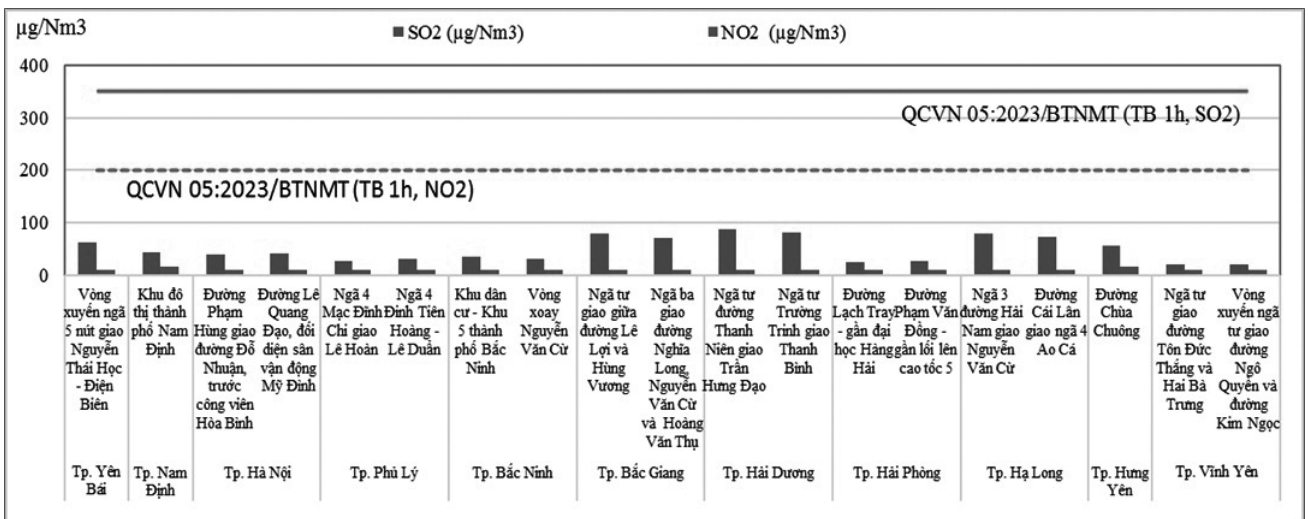


Biểu đồ 27. Diễn biến giá trị SO<sub>2</sub> trung bình năm tại một số Trạm quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục khu vực phía Nam giai đoạn 2020- 2024

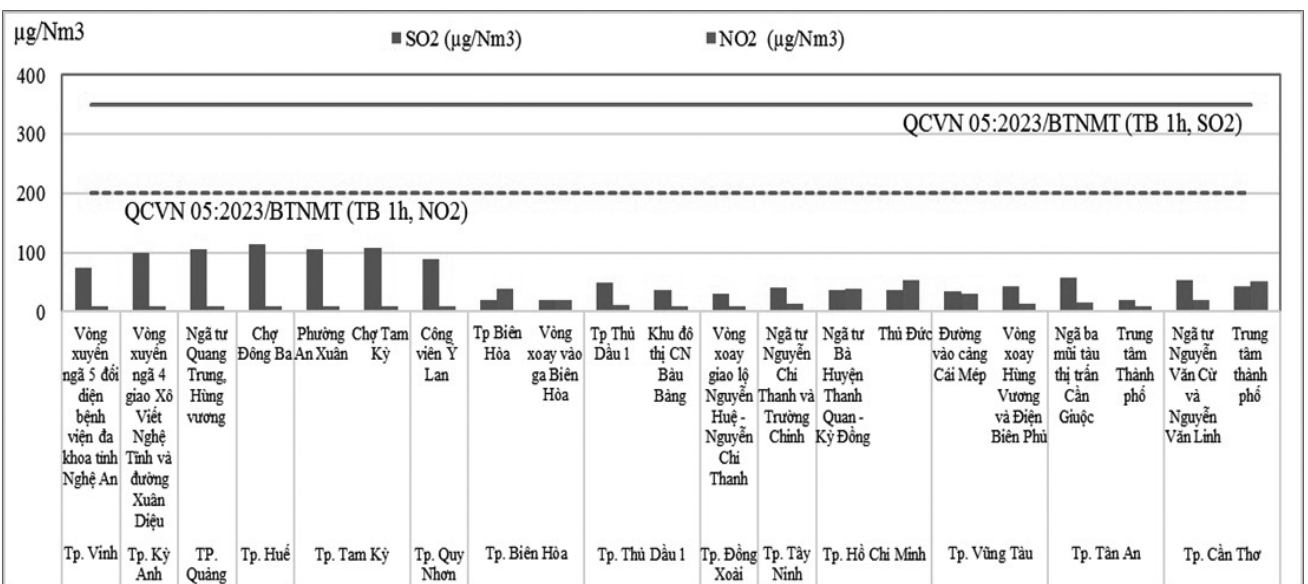
Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



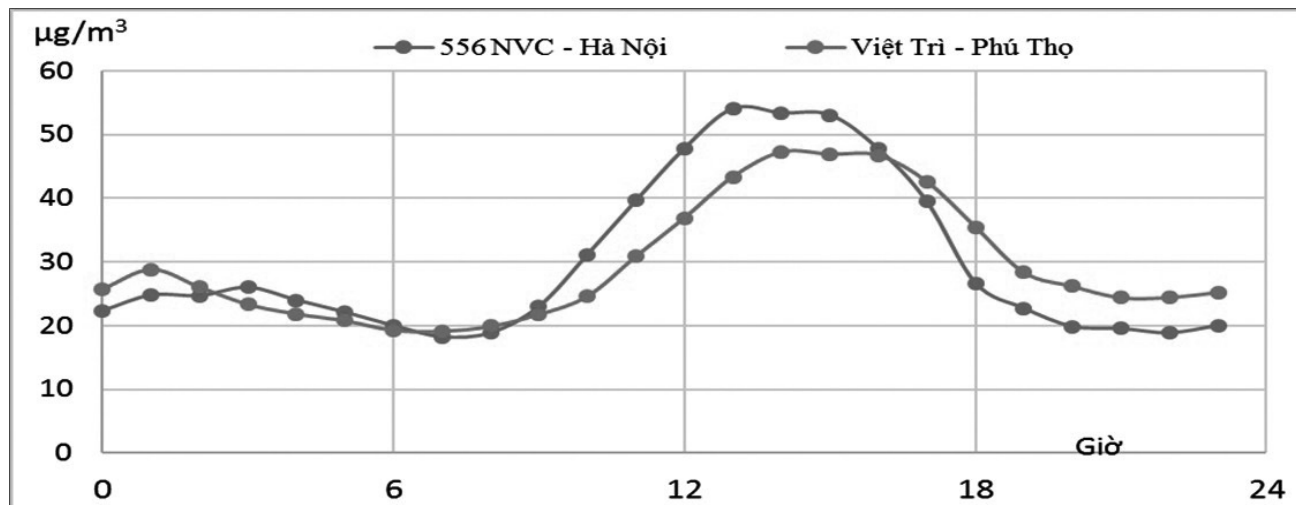
Biểu đồ 28. Diễn biến giá trị SO<sub>2</sub> trung bình giờ và 24 giờ tại một số điểm quan trắc gần trục giao thông đô thị  
 Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 29. Giá trị SO<sub>2</sub> và NO<sub>2</sub> trung bình giờ tại một số đô thị phía Bắc  
 Nguồn: Kết quả quan trắc của Cục Môi trường, 2024

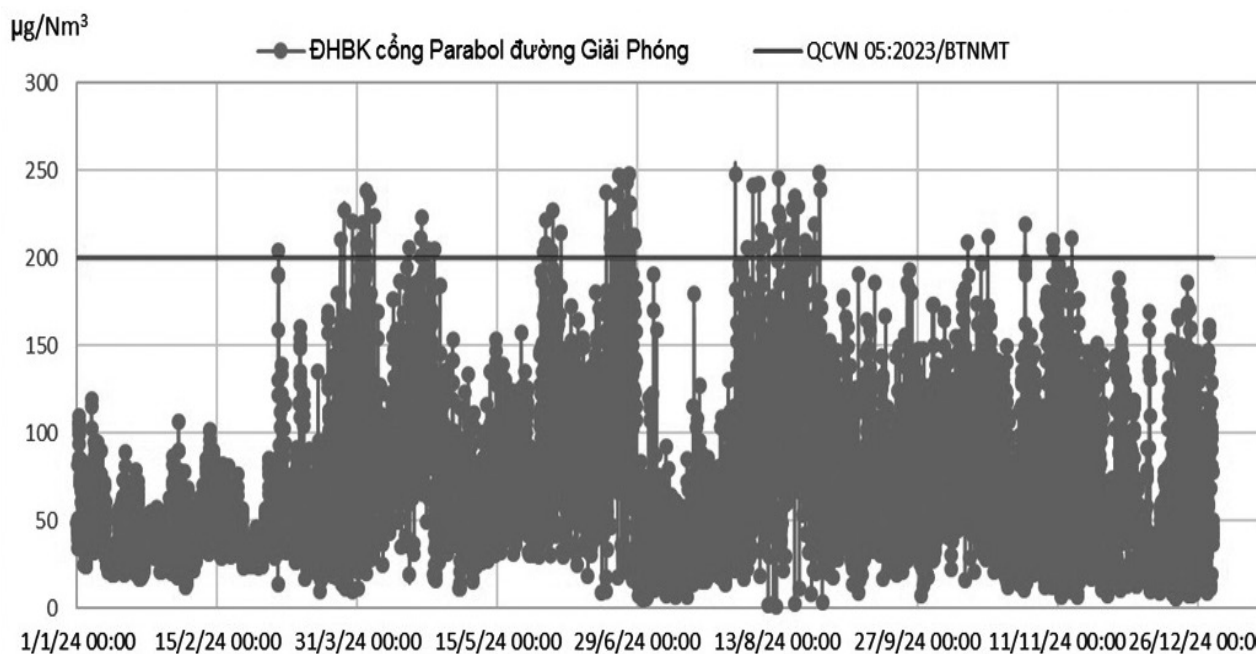


Biểu đồ 30. Giá trị SO<sub>2</sub> và NO<sub>2</sub> trung bình giờ tại một số đô thị miền Trung và tại khu vực phía Nam  
 Nguồn: Kết quả quan trắc của Cục Môi trường, 2024



Biểu đồ 31. Diễn biến giá trị O<sub>3</sub> trong ngày tại một số Trạm quan trắc

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường



Biểu đồ 32. Diễn biến giá trị O<sub>3</sub> trung bình 1 giờ tại Trạm Đại học Bách Khoa, Hà Nội

Nguồn: Cục Môi trường, tổng hợp số liệu từ các Trạm quan trắc tự động, liên tục truyền về Bộ Nông nghiệp và Môi trường

trị CO tăng cao vào các khung giờ cao điểm giao thông (07 - 09h và 17 - 19h). Kết quả quan trắc giai đoạn gần đây cho thấy, giá trị thông số CO giảm đáng kể do việc sử dụng xăng sinh học giúp bảo vệ môi trường, giảm thiểu đáng kể thành phần khí CO và HC từ các động cơ đốt trong như ô tô, xe máy.

Đối với thông số O<sub>3</sub>, có sự chênh lệch lớn về giá trị quan trắc giữa ban ngày và ban đêm. Bắt đầu từ khoảng 7h sáng, giá trị O<sub>3</sub> có xu hướng tăng nhanh và đạt cực đại trong khoảng từ 13 - 15h, sau đó giảm và duy trì ở nồng độ thấp từ 19h. O<sub>3</sub> sinh ra từ các phản ứng quang hóa, vì vậy diễn biến nồng độ O<sub>3</sub> trong ngày

phù hợp với quy luật tăng giảm của cường độ bức xạ mặt trời (Biểu đồ 31).

Tại một số trạm (thường vào buổi trưa) đã ghi nhận giá trị O<sub>3</sub> trung bình 1 giờ vượt GHCP của QCVN 05:2023/BTNMT (TB 1h) (Biểu đồ 32).

### 3. CÁC NGUYÊN NHÂN CHÍNH PHÁT SINH BỤI, KHÍ THẢI GÂY Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Tình trạng ô nhiễm môi trường không khí tại Việt Nam chủ yếu bắt nguồn từ sáu nhóm nguồn thải lớn, trong đó nổi bật là các hoạt động giao thông, xây dựng, sản xuất công nghiệp và đốt mở. Cùng với đó, các hoạt



*Khí thải từ các phương tiện giao thông cơ giới đường bộ là một trong những nguyên nhân gây ra ô nhiễm không khí*

động dân sinh và yếu tố khí hậu - thời tiết cũng góp phần gia tăng nồng độ chất ô nhiễm tại một số khu vực đô thị.

**Hoạt động giao thông vận tải:** Giao thông đường bộ là nguồn phát thải đáng kể bụi và khí ô nhiễm, bao gồm cả bụi đường cuốn lên và khí thải từ lượng lớn phương tiện cơ giới sử dụng nhiên liệu hóa thạch. Đặc biệt, nhiều phương tiện đã cũ, không đáp ứng tiêu chuẩn khí thải, vẫn đang lưu thông trong các đô thị lớn. Theo Báo cáo của Ngân hàng Thế giới (WB) năm 2022, kiểm kê phát thải tại Hà Nội năm 2015 cho thấy hoạt động giao thông vận tải chiếm khoảng 15% phát thải  $PM_{2.5}$ , trong khi bụi đường đóng góp tới 23%. Một nghiên cứu tiếp nhận sử dụng mô hình phân tích số liệu quan trắc giai đoạn 8/2019 – 7/2020 cũng chỉ ra rằng: phát thải trực tiếp từ phương tiện giao thông đóng góp 12%, phần thứ cấp vô cơ (hình thành từ các khí tiền chất như  $NO_x$ ) từ giao thông là 18%, và bụi cuốn lên (kết hợp từ bụi đường, xây dựng và xi măng) chiếm 17% nồng độ  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội.

**Hoạt động xây dựng:** Các công trình xây dựng nhà ở, giao thông, hạ tầng đô thị nếu không được kiểm soát tốt về che chắn, vệ sinh mặt đường, rửa phương tiện... sẽ phát tán lượng lớn bụi ra môi trường không khí. Theo nghiên cứu sử dụng mô hình tiếp nhận của WB, trong cùng giai đoạn 8/2019 – 7/2020 tại Hà Nội, bụi cuốn từ hoạt động xây dựng (kết hợp với bụi đường và giao thông) chiếm khoảng 17% tổng nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$ .

**Hoạt động sản xuất công nghiệp:** Các ngành công nghiệp như nhiệt điện, xi măng, thép, hóa chất,

phân bón, chế biến khoáng sản... phát sinh bụi và khí thải từ quá trình đốt nhiên liệu hoặc vận hành thiết bị sản xuất. Báo cáo của WB cho thấy, tại Hà Nội năm 2015, nhóm nguồn công nghiệp đóng góp tới 29% tổng phát thải  $PM_{2.5}$  – cao nhất trong các nhóm nguồn điểm.

**Hoạt động đốt mở:** Đốt rác thải sinh hoạt, chất thải rắn không kiểm soát, phụ phẩm nông nghiệp sau thu hoạch (đặc biệt là rơm rạ) là nguyên nhân đáng kể dẫn đến ô nhiễm không khí. Theo kiểm kê của WB năm 2022, hoạt động đốt mở rơm rạ tại Hà Nội năm 2015 chiếm tới 26% tổng lượng phát thải  $PM_{2.5}$ . Tại các địa phương lân cận như Bắc Ninh và Hưng Yên, tỷ lệ này còn cao hơn, lần lượt là 29% và 32%. Trong nghiên cứu sử dụng mô hình tiếp nhận nồng độ  $PM_{2.5}$  tại Hà Nội giai đoạn 8/2019 – 7/2020, hoạt động đốt sinh khối chiếm khoảng 19% tổng nồng độ bụi mịn.

**Hoạt động dân sinh:** Các hoạt động đốt than tổ ong, đốt vàng mã, sử dụng nhiên liệu truyền thống trong sinh hoạt và kinh doanh tại các đô thị cũng phát sinh một lượng đáng kể khí và bụi ô nhiễm, ước tính đóng góp khoảng 5% nồng độ  $PM_{2.5}$  đô thị. Tuy là nguồn phân tán nhưng nhóm này có tác động trực tiếp đến môi trường sống và sức khỏe cộng đồng trong khu dân cư.

**Yếu tố khí hậu và thời tiết:** Đây là nhóm nguyên nhân mang tính khách quan nhưng có ảnh hưởng đáng kể, đặc biệt tại các tỉnh, thành phố phía Bắc. Sự xuất hiện của hiện tượng nghịch nhiệt trong mùa đông – xuân kết hợp với tình trạng bê tông hóa đô thị làm suy giảm khả năng khuếch tán chất ô nhiễm trong không khí, khiến mức độ ô nhiễm gia tăng. Bên cạnh đó, các biến



động khí hậu bất thường, như kéo dài thời gian khô hanh hoặc giảm mưa, cũng làm trầm trọng thêm tình trạng ô nhiễm không khí tại nhiều đô thị lớn.

#### 4. ĐỀ XUẤT, KIẾN NGHỊ CÁC GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG HIỆU QUẢ QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Trước thực trạng ô nhiễm không khí ngày càng nghiêm trọng, đặc biệt tại các đô thị lớn, việc xây dựng và triển khai các giải pháp đồng bộ, có trọng tâm, trên cơ sở khoa học và thực tiễn là yêu cầu cấp thiết. Dưới đây là một số kiến nghị nhằm nâng cao hiệu lực quản lý chất lượng môi trường không khí tại Việt Nam:

*Hoàn thiện chính sách và khung pháp lý:* Rà soát, hoàn thiện cơ chế, chính sách có tính pháp lý cao nhằm tạo nền tảng pháp lý toàn diện cho công tác quản lý chất lượng không khí; Xây dựng cơ chế ưu đãi về tài chính, thuế, tín dụng đối với các hoạt động chuyển đổi xanh, đặc biệt trong giao thông, năng lượng, và xử lý chất thải; Khuyến khích sử dụng thiết bị, công nghệ xử lý khí thải và các sản phẩm tái chế thân thiện với môi trường.

*Tăng cường hệ thống quan trắc và dữ liệu môi trường không khí:* Ưu tiên đầu tư, mở rộng mạng lưới trạm quan trắc không khí tự động, liên tục và trạm quan trắc chi phí thấp (LCS), đảm bảo độ phủ toàn quốc; Tăng cường tần suất quan trắc định kỳ; chuẩn hóa quy trình tính toán, công bố chỉ số chất lượng không khí (AQI) và chia sẻ dữ liệu theo thời gian thực với các cơ quan quản lý, truyền thông và người dân; Ứng dụng công nghệ số, trí tuệ nhân tạo trong phân tích xu hướng, mô hình hóa và dự báo ô nhiễm không khí.

*Kiểm kê và kiểm soát hiệu quả các nguồn phát thải:* Triển khai chương trình kiểm kê phát thải khí ô nhiễm theo vùng, ngành và loại hình đô thị để xác định các điểm nóng và nguồn ưu tiên kiểm soát; Áp dụng cơ chế giám sát chặt chẽ với các nguồn điểm (như công nghiệp), nguồn diện (đốt rơm rạ, xây dựng) và nguồn di động (giao thông), từ đó thiết kế giải pháp kiểm soát phù hợp; Tăng cường kiểm tra, thanh tra, xử lý vi phạm trong xả thải không khí; yêu cầu các cơ sở công nghiệp lớn lắp đặt hệ thống quan trắc khí thải tự động và truyền dữ liệu về cơ quan quản lý môi trường.

*Cải thiện giao thông đô thị và giảm phát thải từ phương tiện:* Nâng cao tiêu chuẩn khí thải đối với xe cơ giới, kiểm soát chặt chẽ xe cũ, xe không đạt chuẩn lưu hành; Khuyến khích sử dụng phương tiện giao thông công cộng, xe điện, nhiên liệu sạch và phát triển hạ tầng phục vụ chuyển đổi xanh trong vận tải; Xây dựng các vùng kiểm soát khí thải (LEZs) tại các khu vực trung tâm đô thị lớn.

*Truyền thông – giáo dục – nâng cao nhận thức cộng đồng:* Tăng cường cung cấp thông tin minh bạch, kịp thời về chất lượng không khí cho người dân; phổ biến kỹ năng ứng phó với ô nhiễm không khí, đặc biệt cho nhóm nhạy cảm như trẻ em, người cao tuổi, lao động ngoài trời; Triển khai các chương trình giáo dục môi trường trong trường học, đồng thời xây dựng các chiến dịch truyền thông đa phương tiện về không khí sạch và sức khỏe cộng đồng.

#### KẾT LUẬN

Ô nhiễm không khí đang nổi lên là một trong những vấn đề môi trường cấp bách tại Việt Nam, đặc biệt tại các đô thị lớn và khu vực phát triển công nghiệp. Các số liệu quan trắc trong giai đoạn 2021–2024 cho thấy bụi mịn PM<sub>2.5</sub> là tác nhân chính gây ô nhiễm, với tần suất vượt ngưỡng cho phép ở nhiều khu vực, nhất là vào các tháng mùa đông – xuân và giờ cao điểm giao thông. Mặc dù một số thông số khí ô nhiễm khác như NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO và O<sub>3</sub> vẫn nằm trong giới hạn cho phép, song xu hướng gia tăng theo thời gian và tác động cộng hưởng từ biến đổi khí hậu khiến tình hình ngày càng phức tạp.

Các nguyên nhân gây ô nhiễm chủ yếu bao gồm: hoạt động giao thông vận tải, thi công xây dựng, sản xuất công nghiệp, đốt phụ phẩm nông nghiệp, sinh hoạt dân sinh và yếu tố khí tượng bất lợi. Để ứng phó hiệu quả, cần triển khai đồng bộ các nhóm giải pháp từ hoàn thiện chính sách, tăng cường giám sát, kiểm soát phát thải, cải thiện chất lượng hạ tầng đô thị đến truyền thông và nâng cao nhận thức cộng đồng. Trong bối cảnh quốc tế ngày càng chú trọng tới các cam kết về khí hậu, việc kiểm soát ô nhiễm không khí tại Việt Nam không chỉ là yêu cầu bảo vệ sức khỏe cộng đồng mà còn là động lực thúc đẩy quá trình chuyển đổi xanh và phát triển bền vững.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Cục Môi trường. (2024). Báo cáo tổng hợp số liệu quan trắc môi trường không khí giai đoạn 2020–2024. Bộ Nông nghiệp và Môi trường.
- Ngân hàng Thế giới. (2022). Vietnam: Air pollution source apportionment study – Hanoi and Ho Chi Minh City. <https://www.worldbank.org>
- UBND Thành phố Hà Nội. (2019). Chỉ thị số 15/CT-UBND ngày 30/10/2019 về việc loại bỏ than tổ ong trong sinh hoạt và kinh doanh dịch vụ.
- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng không khí xung quanh – QCVN 05:2023/BTNMT. Hà Nội: BTNMT.
- GreenID. (2021). Hiện trạng chất lượng không khí tại Hà Nội: Phân tích nguyên nhân và khuyến nghị chính sách. <https://greenidvietnam.org.vn>.



# Một số khó khăn, bất cập trong thực thi chính sách về quản lý chất lượng không khí ở Việt Nam và đề xuất các giải pháp hoàn thiện

HOÀNG HẢI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

## Tóm tắt

*Quản lý chất lượng môi trường không khí mặc dù đã được quan tâm và quy định trong Luật BVMT năm 1993, năm 2004, năm 2014, nhưng phải đến Luật BVMT năm 2020 mới khắc phục những bất cập và quy định cụ thể trách nhiệm của các cấp, các ngành và tổ chức cá nhân có liên quan, đặc biệt vai trò quan trọng của các cấp chính quyền địa phương trong quản lý chất lượng môi trường không khí. Bài viết phân tích những bất cập trong quá trình thực thi chính sách quản lý chất lượng môi trường không khí tại Việt Nam và đưa ra các nhóm giải pháp tương ứng để hoàn thiện chính sách quản lý chất lượng môi trường không khí.*

**Từ khóa:** Quản lý chất lượng không khí, ô nhiễm không khí, chính sách môi trường, bảo vệ môi trường.

**JEL Classifications:** P18, P48, Q53.

## 1. TỔNG QUAN HỆ THỐNG CHÍNH SÁCH VỀ QUẢN LÝ Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TẠI VIỆT NAM

Quản lý chất lượng môi trường không khí mặc dù đã được quan tâm từ Luật BVMT năm 1993, Luật BVMT năm 2004 và đặc biệt là Luật BVMT năm 2014, tuy nhiên các nội dung quy định từ Luật, Nghị định hướng dẫn thi hành đều mang tính nguyên tắc chung mà chưa định hướng các giải pháp cụ thể để BVMT không khí tương ứng với từng đối tượng, từng cấp ngành quản lý (Điều 62-64 của Luật BVMT năm 2014), do đó Luật chưa thực sự đi vào chiều sâu, chưa phát huy được thế mạnh của công cụ pháp lý trong việc bảo vệ và cải thiện chất lượng môi trường không khí.

Luật BVMT năm 2020 đã được khắc phục và giải quyết những bất cập của quy định trước đây. Luật đã quy định trách nhiệm của các cấp, các ngành và tổ chức cá nhân có liên quan, đặc biệt vai trò quan trọng của các cấp chính quyền địa phương trong quản lý chất lượng môi trường không khí, từ trách nhiệm lập, ban hành và tổ chức thực hiện kế hoạch, đồng thời chú trọng công tác phối hợp để quản lý chất lượng không khí liên vùng, liên tỉnh. Bên cạnh đó, Luật cũng quy định việc cung cấp thông tin về chất lượng không khí đến cộng đồng, trách nhiệm của chính quyền cấp tỉnh về đánh giá chất lượng môi trường không khí và công khai thông tin; cảnh báo cho cộng đồng và triển khai các biện pháp xử lý trong trường hợp chất lượng môi trường không khí bị ô nhiễm gây tác động đến sức khỏe cộng đồng. Một nội dung quan trọng nữa cũng được quy định trong Luật đó là việc thực hiện các biện pháp khẩn cấp trong tình trạng môi trường không khí bị ô nhiễm nghiêm trọng với sự điều phối trực tiếp của các cấp từ Trung ương đến địa phương.

Để bảo đảm thi hành Luật hiệu quả, Chính phủ đã ban hành Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 10/01/2022 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT năm 2020 và được sửa đổi, bổ sung tại Nghị định số 05/2025/NĐ-CP ngày 06/1/2025. Theo đó, các Nghị định đã tiếp tục thể chế hóa quan điểm, chủ trương, chính sách của Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ trong việc thực hiện cắt giảm thủ tục hành chính (TTHC), đẩy mạnh phân quyền cho các địa phương trong lĩnh vực BVMT; tạo điều kiện thuận lợi hơn khi triển khai các chính sách mới của Luật BVMT; bảo đảm đồng bộ giữa các quy định của pháp luật về BVMT, góp phần tiếp tục cải thiện môi trường đầu tư kinh doanh, hỗ trợ doanh nghiệp phục hồi sau đại dịch Covid-19. Nghị định số 153/2024/NĐ-CP ngày 21/11/2024 của Chính phủ đã quy định phí BVMT đối với khí thải nhằm thể chế hóa chủ trương của Đảng và Chính phủ về BVMT không khí, theo đó đối tượng chịu phí BVMT đối với khí thải là bụi, khí thải công nghiệp xả ra môi trường phải được xử lý của các dự án, cơ sở sản xuất, kinh doanh, dịch vụ thuộc đối tượng phải có giấy phép môi trường theo quy định của pháp luật về BVMT, trong đó có nội dung cấp phép về xả khí thải (cơ sở xả khí thải). Chính phủ cũng đã ban hành các văn bản chỉ đạo, điều hành, cụ thể như Quyết định số 1973/QĐ-TTg ngày 23/11/2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Kế hoạch quốc gia về quản lý chất lượng môi trường không khí giai đoạn 2021-2025; Quyết định số 224/QĐ-TTg ngày 07/3/2024 của Thủ tướng Chính phủ về việc phê duyệt quy hoạch tổng thể quan trắc môi trường quốc gia giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050 (thay thế Quyết định số 90/QĐ-



TTg ngày 12/01/2016 của Thủ tướng Chính phủ); Chỉ thị số 03/CT-TTg ngày 18/01/2021 của Thủ tướng Chính phủ về tăng cường kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí.

Với trách nhiệm được Chính phủ, Thủ tướng Chính phủ giao đầu mối quản lý nhà nước về chất lượng môi trường không khí, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã tích cực trong công tác xây dựng các văn bản hướng dẫn và kế hoạch triển khai thực hiện cụ thể như: Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/01/2022 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT và được sửa đổi, bổ sung tại Thông tư số 05/2025/TT-BTNMT ngày 28/02/2025 của Bộ Tài nguyên và Môi trường; Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT ngày 30/6/2021 của Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc chất lượng môi trường; trong đó có quan trắc chất lượng không khí; Thông tư số 01/2023/TT-BTNMT ngày 13/3/2023 về quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng môi trường xung quanh (đất, không khí, nước mặt, nước dưới đất, nước biển); Thông tư số 45/2024/TT-BTNMT ngày 30/12/2024 của Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp; Thông tư số 06/2025/TT-BTNMT ngày 16/6/2025 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải xe ô tô tham gia giao thông đường bộ...

Bên cạnh đó, các Bộ, ngành và địa phương xây dựng và ban hành các văn bản quản lý theo chức năng, nhiệm vụ, Bộ Giao thông vận tải (nay là Bộ Xây dựng) tổ chức xây dựng, ban hành các quy định về kiểm soát khí thải phương tiện giao thông cơ giới đường bộ, đặc biệt là quy định về kiểm soát khí thải phương tiện giao thông cơ giới đường bộ nhập khẩu và sản xuất, lắp ráp; xây dựng Kế hoạch của Bộ Giao thông vận tải thực hiện "Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí carbon và khí mê-tan của ngành Giao thông vận tải. Bộ Xây dựng đã tham mưu trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, định hướng đến năm 2050 theo Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/8/2020 của Thủ tướng Chính phủ; ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 18:2021/BXD về An toàn trong thi công xây dựng được ban hành kèm theo Thông tư số 16/2021/TT-BXD ngày 20/12/2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng. Các Bộ ngành khác cũng đã triển khai xây dựng các chính sách quản lý theo chức năng, nhiệm vụ được phân công và các địa phương đã xây dựng và ban

hành Kế hoạch quản lý chất lượng môi trường không khí cấp tỉnh (của địa phương), hiện tại đã có 23 tỉnh, thành phố ban hành Kế hoạch này.

## 2. MỘT SỐ KHÓ KHĂN, BẮT CẬP TRONG THỰC THI CHÍNH SÁCH QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG KHÔNG KHÍ HIỆN NAY

Trong quá trình triển khai thực hiện các chính sách, quy định của pháp luật về quản lý chất lượng không khí ở Trung ương và địa phương, Bộ Nông nghiệp và Môi trường nhận thấy có một số bất cập, cụ thể theo các nhóm vấn đề:

*Nhóm vấn đề về thể chế - chính sách:* Mặc dù Luật BVMT năm 2020 đã dành riêng một mục với ba điều khoản quy định cụ thể về BVMT không khí, cùng với đó là các hướng dẫn chi tiết tại Nghị định số 08/2022/NĐ-CP của Chính phủ, song đến nay vẫn chưa có một đạo luật chuyên ngành riêng biệt về môi trường không khí. Đây là một khoảng trống pháp lý quan trọng, khiến công tác quản lý và kiểm soát ô nhiễm không khí chưa thật sự hiệu quả và thiếu tính ràng buộc cụ thể. Đáng lưu ý, hiện vẫn chưa có quy định rõ ràng, đủ mạnh về trách nhiệm của người đứng đầu chính quyền địa phương – từ cấp tỉnh đến cấp xã, phường – trong việc phát hiện, ngăn chặn và xử lý các nguồn gây ô nhiễm không khí. Vì vậy, cần có các hướng dẫn cụ thể, chi tiết hơn cho chính quyền địa phương trong trường hợp chất lượng môi trường không khí bị ô nhiễm nghiêm trọng.

*Nhóm vấn đề về kiểm soát nguồn bụi, khí thải (nguồn điểm, nguồn di động, nguồn diện):* Hiện chưa có quy định đủ mạnh để quản lý, xử lý các vi phạm làm phát sinh bụi, khí thải từ các công trình xây dựng, công trình giao thông, công trình công ích (cải tạo mặt đường, vỉa hè... được gọi chung là nguồn bụi đường) đang là nguồn gây ra tình trạng ô nhiễm bụi rất lớn tại các đô thị lớn, đô thị đang phát triển hiện nay. Bên cạnh đó, việc đốt chất thải, rác thải, phụ phẩm nông nghiệp (rơm rạ sau thu hoạch ngoài cánh đồng theo chu kỳ canh tác) và sinh khối (lá cây, củi để sưởi ấm trong những ngày giá lạnh) vẫn diễn ra rất phổ biến, thường xuyên ở khu vực đồng bằng Bắc Bộ và khu vực TP. Hà Nội song đến nay vẫn chưa có chế tài đủ mạnh để kiểm soát và xử lý dứt điểm các hành vi này, gây ảnh hưởng rất nghiêm trọng đến chất lượng môi trường không khí cả vùng. Ngoài ra, một thách thức lớn khác là việc xây dựng các quy định về kiểm soát nguồn khí thải từ phương tiện giao thông, nhất là các phương tiện cũ sử dụng nhiên liệu hóa thạch như xe mô tô, xe gắn máy, gặp nhiều khó khăn do đối tượng sử dụng chủ yếu là người có thu nhập thấp. Trong khi đó, quy



mô sử dụng các phương tiện này là rất lớn – với hơn 70 triệu xe mô tô, xe gắn máy trên toàn quốc, riêng Hà Nội đã có khoảng 7 triệu chiếc (chưa kể lượng xe từ các tỉnh lân cận vào nội đô), gây áp lực lớn đối với chất lượng môi trường không khí đô thị.

*Nhóm vấn đề về quan trắc môi trường và thông tin dữ liệu:* Hiện nay, hệ thống quan trắc môi trường không khí tự động, liên tục còn thiếu đồng bộ và chưa được triển khai phủ khắp toàn quốc; trong khi đó, hệ thống quan trắc cảm biến với chi phí thấp cần được đẩy mạnh ứng dụng hơn nữa nhằm cung cấp thêm thông tin hỗ trợ hiệu quả cho công tác dự báo, cảnh báo chất lượng không khí. Bên cạnh đó, cũng còn thiếu các giải pháp và cơ chế công khai, phổ biến thông tin, dữ liệu về chất lượng môi trường không khí theo thời gian thực, như cách làm của nhiều quốc gia tiên tiến trong khu vực và trên thế giới.

*Nhóm vấn đề về cơ chế tài chính, nguồn lực:* Nguồn lực hiện có (bao gồm tổ chức bộ máy, nhân lực và kinh phí) để thực hiện các hoạt động quản lý chất lượng không khí, quan trắc và công bố thông tin về chất lượng môi trường không khí vẫn chưa đáp ứng được yêu cầu thực tiễn; đồng thời, năng lực của đội ngũ cán bộ còn hạn chế, và hiện cũng còn rất ít chương trình, nhiệm vụ chuyên biệt dành cho lĩnh vực kiểm soát ô nhiễm không khí và cải thiện chất lượng môi trường không khí. Bên cạnh đó, kinh phí đầu tư từ ngân sách Nhà nước cho các hoạt động quan trắc định kỳ cũng như xây dựng, lắp đặt và duy trì các trạm quan trắc không khí tự động, liên tục vẫn chưa tương xứng với tốc độ phát triển kinh tế – xã hội và nhu cầu quản lý trên thực tế; do vậy, cần sớm xây dựng cơ chế hiệu quả để huy động nguồn lực từ các tổ chức tư nhân. Hơn nữa, cũng đang thiếu nguồn lực để đầu tư triển khai các giải pháp thay thế nhằm kiểm soát và giảm thiểu lượng phát thải bụi, khí thải phát sinh từ các nguồn điểm, nguồn diện và nguồn di động.

*Nhóm vấn đề về truyền thông, thông tin, nâng cao nhận thức:* Công tác thông tin, truyền thông và giáo dục nhằm nâng cao nhận thức của người dân, doanh nghiệp về môi trường không khí hiện vẫn chưa được thực hiện một cách thường xuyên, liên tục, vì vậy chưa thực sự trở thành ý thức tự giác trong hành động của mỗi cá nhân. Đặc biệt, người dân đô thị, nhất là nhóm thu nhập thấp hoặc người lao động, vẫn chưa nhận thức đầy đủ về những tác hại lâu dài của ô nhiễm không khí đối với sức khỏe. Không những vậy, hiện nay cũng chưa có định hướng rõ ràng về các giải pháp hành động cụ thể mà người dân, doanh nghiệp hay chính quyền địa phương

có thể thực hiện. Hệ quả là, người dân và doanh nghiệp chưa hiểu rõ nguyên nhân gây ô nhiễm, cũng như trách nhiệm của mình trong việc tạo ra và cần tham gia xử lý vấn đề ô nhiễm không khí.

### 3. MỘT SỐ ĐỀ XUẤT, KIẾN NGHỊ ĐỂ HOÀN THIỆN CHÍNH SÁCH QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ

Để hoàn thiện chính sách quản lý chất lượng môi trường không khí, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đề xuất một số giải pháp cụ thể tương ứng với từng nhóm vấn đề khó khăn, bất cập đã nêu.

*Trước hết, về thể chế và chính sách, cần tiếp tục rà soát, hoàn thiện các thể chế, chính sách cho công tác quản lý chất lượng môi trường không khí. Đồng thời, cần quy định rõ trách nhiệm của người đứng đầu chính quyền địa phương các cấp trong việc phát hiện, ngăn ngừa và xử lý các nguồn thải gây ô nhiễm; bên cạnh đó, cần xây dựng quy trình thực hiện các biện pháp khẩn cấp trong trường hợp chất lượng không khí bị ô nhiễm nghiêm trọng trong phạm vi quản lý.*

*Đối với nhóm giải pháp kiểm soát các nguồn thải, cần triển khai ngay công tác kiểm kê, xác định rõ nguồn phát sinh và tỷ trọng đóng góp bụi, khí thải từ các nguồn điểm, nguồn diện và nguồn di động để từ đó xây dựng các giải pháp phù hợp; Rà soát, siết chặt quy định về kiểm soát, xử lý vi phạm để phát sinh bụi, khí thải từ công trình xây dựng, công trình giao thông, công trình công ích, cải tạo mặt đường, vỉa hè; Xây dựng quy định phát hiện, kiểm soát, xử lý hành vi đốt rác thải, sinh khối, phụ phẩm nông nghiệp; Kiểm soát khí thải phương tiện giao thông (nâng cao mức phát thải đối với phương tiện ô tô lưu hành theo lộ trình; triển khai thực hiện kiểm định khí thải xe mô tô, xe gắn máy theo quy chuẩn và lộ trình áp dụng, song song cũng cần xây dựng cơ chế hỗ trợ chuyển đổi, thải bỏ xe cũ đối với đối tượng nghèo, thu nhập thấp trong xã hội); Tăng cường công tác phối hợp liên ngành trong kiểm tra, xử lý vi phạm và công khai thông tin các vi phạm để làm gương và có tính răn đe.*

*Đối với công tác quan trắc và thông tin dữ liệu, cần đầu tư mở rộng hệ thống trạm quan trắc không khí tự động, liên tục tại các đô thị, cụm công nghiệp và làng nghề theo đúng quy hoạch đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, đồng thời tăng cường lắp đặt các trạm quan trắc cảm biến chi phí thấp (LCS). Cùng với đó, cần xây dựng hệ thống dữ liệu quốc gia mở, cho phép kết nối và truy cập thông tin theo thời gian thực đến người dân và doanh nghiệp.*

*Đối với cơ chế tài chính và huy động nguồn lực: Ưu tiên đầu tư công và phân bổ ngân sách cho các tỉnh,*



thành phố có mật độ dân cư cao, mức độ ô nhiễm lớn; thiết lập hệ thống quan trắc đủ dày, hợp lý phục vụ cho công tác quản lý và cung cấp thông tin cho người dân; Xây dựng cơ chế để huy động nguồn lực ngoài ngân sách (nguồn lực xã hội hóa) cho hoạt động quan trắc chất lượng môi trường không khí; Khuyến khích mô hình tín chỉ các-bon, tài chính xanh cho doanh nghiệp giảm khí thải.

Đối với lĩnh vực truyền thông và nâng cao nhận thức, cần phát triển hệ thống thông tin về chất lượng không khí theo hướng minh bạch, dễ tiếp cận và có thể tích hợp nhiều ứng dụng cung cấp thông tin, đặc biệt là các dự báo và cảnh báo ô nhiễm dài hạn; Tổ chức các chiến dịch truyền thông quy mô lớn và có chiều sâu; Lòng ghép giáo dục môi trường không khí vào hệ thống giáo dục, đào tạo; Tăng cường năng lực truyền thông cho các cấp chính quyền địa phương, doanh nghiệp và các tổ chức xã hội; Xây dựng những hướng dẫn hành động cụ thể cho người dân và doanh nghiệp.

#### 4. KẾT LUẬN

Chất lượng môi trường không khí đang là một trong những thách thức lớn đối với quá trình phát triển bền vững tại Việt Nam, đặc biệt tại các đô thị lớn và khu vực có tốc độ đô thị hóa, công nghiệp hóa cao. Trong thời gian qua, với sự nỗ lực của Bộ Nông nghiệp và Môi trường cùng các bộ, ngành và địa phương, công tác quản lý môi trường không khí đã đạt được những kết quả đáng ghi nhận như hoàn thiện khung pháp lý, xây dựng hệ thống quan trắc, kiểm kê nguồn thải và triển khai các chương trình cảnh báo, dự báo chất lượng không khí. Tuy nhiên, thực tiễn cũng cho thấy còn nhiều hạn chế, bất cập về thể chế, nguồn lực, cơ chế phối hợp cũng như nhận thức xã hội trong lĩnh vực này.

Để nâng cao hiệu quả quản lý chất lượng môi trường không khí trong thời gian tới, cần tiếp tục hoàn thiện chính sách pháp luật, ưu tiên đầu tư cho hạ tầng quan trắc, tăng cường kiểm soát các nguồn thải chính và đẩy mạnh ứng dụng công nghệ số trong quản lý, giám sát. Đồng thời, cần xác lập rõ trách nhiệm của chính quyền các cấp, thúc đẩy sự tham gia của cộng đồng, doanh nghiệp và phát huy vai trò của truyền thông, giáo dục trong việc nâng cao nhận thức về BVMT không khí. Chỉ khi các giải pháp này được thực hiện đồng bộ, liên tục và có sự phối hợp chặt chẽ giữa các bên liên quan, mục tiêu cải thiện chất lượng môi trường không khí mới có thể đạt được một cách thực chất, góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng và thúc đẩy phát triển bền vững trong dài hạn ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chính phủ. (2021). Quyết định số 1973/QĐ-TTg ngày 23/11/2021 phê duyệt Kế hoạch quốc gia về quản lý chất lượng môi trường không khí giai đoạn 2021–2025.
2. Chính phủ. (2022). Nghị định số 08/2022/NĐ-CP ngày 10/01/2022 quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT.
3. Chính phủ. (2024). Nghị định số 153/2024/NĐ-CP ngày 21/11/2024 quy định phí BVMT đối với khí thải.
4. Chính phủ. (2025). Nghị định số 05/2025/NĐ-CP ngày 06/01/2025 sửa đổi, bổ sung Nghị định số 08/2022/NĐ-CP.
5. Chính phủ. (2024). Quyết định số 224/QĐ-TTg ngày 07/3/2024 phê duyệt quy hoạch tổng thể quan trắc môi trường quốc gia giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến năm 2050.
6. Thủ tướng Chính phủ. (2021). Chỉ thị số 03/CT-TTg ngày 18/01/2021 về tăng cường kiểm soát ô nhiễm môi trường không khí.
7. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2021). Thông tư số 10/2021/TT-BTNMT ngày 30/6/2021 quy định kỹ thuật quan trắc môi trường và quản lý thông tin, dữ liệu quan trắc.
8. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2022). Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/01/2022 quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật BVMT.
9. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2023). Thông tư số 01/2023/TT-BTNMT ngày 13/3/2023 ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng môi trường xung quanh.
10. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2024). Thông tư số 45/2024/TT-BTNMT ngày 30/12/2024 ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp.
11. Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2025). Thông tư số 05/2025/TT-BTNMT ngày 28/02/2025 sửa đổi, bổ sung Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT.
12. Bộ Nông nghiệp và Môi trường. (2025). Thông tư số 06/2025/TT-BNNMT ngày 16/6/2025 ban hành quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải xe ô tô tham gia giao thông đường bộ.
13. Bộ Xây dựng. (2021). Thông tư số 16/2021/TT-BXD ngày 20/12/2021 ban hành QCVN 18:2021/BXD về An toàn trong thi công xây dựng.
14. Thủ tướng Chính phủ. (2020). Quyết định số 1266/QĐ-TTg ngày 18/8/2020 phê duyệt Chiến lược phát triển vật liệu xây dựng Việt Nam thời kỳ 2021–2030, định hướng đến năm 2050.



# Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ TẠI THÁI LAN: Góc nhìn từ thực tiễn quản lý

PHẠM LAN ANH<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cục Môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

## Tóm tắt

*Bài viết phân tích thực trạng và các giải pháp kiểm soát ô nhiễm không khí tại Thái Lan, trong bối cảnh tình trạng bụi mịn  $PM_{2.5}$  ngày càng nghiêm trọng tại các thành phố lớn như Bangkok, Chiang Mai và Khon Kaen. Nguyên nhân chủ yếu đến từ giao thông, công nghiệp, đốt nông nghiệp và cháy rừng, kết hợp với hiện tượng nghịch nhiệt khiến ô nhiễm tích tụ ở tầng thấp. Trước tình hình đó, Thái Lan đã triển khai đồng bộ nhiều giải pháp như áp dụng tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt, điều chỉnh giao thông linh hoạt, mở rộng hệ thống quan trắc tự động, sử dụng dữ liệu vệ tinh và trí tuệ nhân tạo, phát triển ứng dụng Air4Thai cung cấp thông tin chất lượng không khí theo thời gian thực. Đồng thời, Thái Lan cũng thúc đẩy khung pháp lý qua Dự luật “Không khí sạch”, tăng cường truyền thông giáo dục cộng đồng, và hợp tác quốc tế kiểm soát ô nhiễm xuyên biên giới. Những kinh nghiệm từ Thái Lan cho thấy tầm quan trọng của quản trị liên ngành, đầu tư công nghệ và sự tham gia toàn xã hội trong nỗ lực xây dựng môi trường không khí trong lành và phát triển bền vững.*

**Từ khóa:** Ô nhiễm không khí,  $PM_{2.5}$ , đốt nông nghiệp, giao thông đô thị, hệ thống quan trắc không khí.

**JEL Classifications:** P18, P48, Q53.

## 1. THỰC TRẠNG Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ TẠI THÁI LAN

Quá trình đô thị hóa nhanh khiến Thái Lan đang phải đối mặt với nhiều vấn đề về ô nhiễm môi trường, trong đó có ô nhiễm không khí. Hiện nay, các đô thị lớn của Thái Lan liên tục được xếp vào nhóm những thành phố có mức độ ô nhiễm không khí nghiêm trọng. Đặc biệt, nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại những khu vực này thường xuyên vượt xa ngưỡng an toàn do Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) khuyến cáo, gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe cộng đồng và chất lượng sống của người dân.

Tại Bangkok, thủ đô và trung tâm kinh tế của Thái Lan, tình trạng ô nhiễm không khí diễn ra thường xuyên, khiến thành phố này liên tục nằm trong nhóm các đô thị có chất lượng không khí tồi tệ nhất thế giới. Một trong những nguyên nhân hàng đầu gây ô nhiễm không khí là giao thông đô thị, với hơn 10 triệu dân và mật độ phương tiện cá nhân cao. Theo thống kê, khoảng 60% tổng lượng ô nhiễm không khí tại Bangkok bắt nguồn từ khí thải giao thông đường bộ, đặc biệt là từ các phương tiện sử dụng nhiên liệu hóa thạch như xe máy và xe ô tô cũ chạy bằng diesel. Bên cạnh đó, các hoạt động công nghiệp và xây dựng diễn ra dày đặc nhưng thiếu kiểm soát đã góp phần đáng kể làm gia tăng nồng độ bụi mịn trong không khí. Đáng chú ý, vào mùa khô, hiện tượng “nghịch nhiệt” diễn ra ngày càng thường xuyên và có tác động mạnh đến chất lượng không khí. Bình thường, không khí gần mặt đất nóng hơn không khí ở tầng cao, cho phép các luồng khí nóng mang theo bụi bẩn và chất ô nhiễm bay lên

cao và phân tán. Tuy nhiên, khi xảy ra nghịch nhiệt, trật tự này bị đảo lộn: không khí lạnh nằm sát mặt đất, trong khi lớp không khí ấm hơn lại ở phía trên, tạo thành một “nắp đậy” vô hình, ngăn cản sự khuếch tán của các chất ô nhiễm. Khói bụi, khí thải từ giao thông và công nghiệp vì thế bị tích tụ ở tầng thấp, làm gia tăng nhanh chóng mức độ ô nhiễm không khí.

Ở phía Bắc đất nước, Chiang Mai – một thành phố du lịch nổi tiếng – đối mặt với một dạng ô nhiễm khác, chủ yếu đến từ đốt nông nghiệp và cháy rừng. Trong mùa khô từ tháng 2 đến tháng 4, hoạt động đốt rơm rạ và phụ phẩm sau thu hoạch như một tập quán canh tác truyền thống, gây ra lượng lớn khói và bụi mịn lan rộng toàn khu vực. Song song đó, các vụ cháy rừng, càng làm trầm trọng thêm mức độ ô nhiễm, đẩy chỉ số  $PM_{2.5}$  lên mức nguy hại. Đặc điểm địa hình đồi núi kết hợp với khí hậu khô hanh khiến các hạt bụi ô nhiễm khó khuếch tán, dẫn đến tình trạng sương mù độc hại kéo dài, ảnh hưởng lớn đến sức khỏe cộng đồng và hoạt động kinh tế, đặc biệt là du lịch.

Tại Khon Kaen – trung tâm đô thị lớn nhất vùng Đông Bắc Thái Lan – tình trạng ô nhiễm không khí có xu hướng gia tăng đáng lo ngại. Thành phố này vừa chịu tác động từ hoạt động đô thị hóa và giao thông trong nội thị, vừa chịu ảnh hưởng gián tiếp từ khói mù khu vực biên giới và đốt nông nghiệp trong khu vực. Vào mùa khô, nồng độ bụi mịn  $PM_{2.5}$  tại Khon Kaen thường vượt ngưỡng 70–80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , đặc biệt vào những ngày có gió mùa thổi từ phía Bắc. Ngoài ra, hệ thống giám sát chất lượng không khí tại địa phương vẫn còn hạn chế, gây khó khăn cho việc cảnh báo sớm



**Bảng 1: So sánh nồng độ PM<sub>2.5</sub> theo vùng năm 2025**

Khu vực	Xu hướng năm 2025	Đặc điểm nổi bật
17 tỉnh miền Bắc	Tăng dần, nhiều thời điểm vượt ngưỡng	Biến động mạnh từ giữa tháng 2
Bangkok và vùng phụ cận	Giảm nhẹ nhưng vẫn cao	Nhiều đợt vượt ngưỡng cuối tháng 12 và tháng 1
Vùng Đông Bắc	Tăng rõ so với năm 2024	Dữ liệu nhiều, nhiều lần chạm/vượt ngưỡng đỏ
Vùng Trung	Giảm nhẹ so với năm 2024	Vài đỉnh vượt ngưỡng tháng 1 và 2
Vùng Tây	Tương tự miền Bắc, đỉnh vượt ngưỡng dày đặc	Tháng 2 có nhiều đợt PM <sub>2.5</sub> cực cao

(Nguồn: PCD Thailand)

và quản lý tình hình ô nhiễm một cách hiệu quả. Khon Kaen là một minh chứng rõ ràng cho việc các đô thị vệ tinh, dù không phải siêu đô thị, cũng đang bị cuốn vào vòng xoáy ô nhiễm không khí trong quá trình phát triển nhanh chóng.

Nhìn chung, các địa phương của Thái Lan đều đang phải đối mặt với tình trạng ô nhiễm bụi PM<sub>2.5</sub> theo từng mức độ (Bảng 1).

**2. CÁC GIẢI PHÁP ĐỒNG BỘ QUẢN LÝ CHẤT LƯỢNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ**

Trước thực trạng ô nhiễm không khí ngày một gia tăng, Thái Lan đã đặt ra yêu cầu cấp thiết về một chiến lược quản lý không khí toàn diện, có sự phối hợp liên ngành và gắn với chuyển đổi phát triển đô thị bền vững, trong đó tập trung vào việc triển khai đồng bộ các biện pháp kiểm soát ô nhiễm.

Một là, kết hợp đồng bộ giữa các chính sách nhằm hạn chế phát thải và giám sát chặt chẽ các hoạt động giao thông và công nghiệp. Về mặt chính sách, Chính phủ Thái Lan đã ban hành các quy định nhằm kiểm soát phát thải từ hai nguồn chính là giao thông và công nghiệp. Cụ thể, tiêu chuẩn khí thải Euro 5 được áp dụng bắt buộc cho xe cơ giới mới, đồng thời hạn chế hoạt động của các phương tiện chạy diesel cũ tại khu vực đô thị trung tâm. Bên cạnh đó, Thái Lan đã áp dụng phương pháp điều chỉnh hoạt động giao thông và công nghiệp một cách linh hoạt, theo vùng và theo thời điểm trong những giai đoạn thời tiết bất lợi như nghịch nhiệt hay gió lạng, nhằm hạn chế tình trạng tích tụ các chất ô nhiễm trong không khí. Việc thiết lập các khu vực phát thải thấp (Low Emission Zones), tái cấu trúc hệ thống giao thông công cộng và khuyến khích người dân chuyển sang sử dụng phương tiện điện đã góp phần đáng kể trong việc giảm khí thải đô thị. Tại các khu công nghiệp, các nhà máy buộc phải tuân thủ quy định về giấy phép phát thải; khuyến khích doanh nghiệp chuyển đổi công nghệ sản xuất, năng lượng sạch.

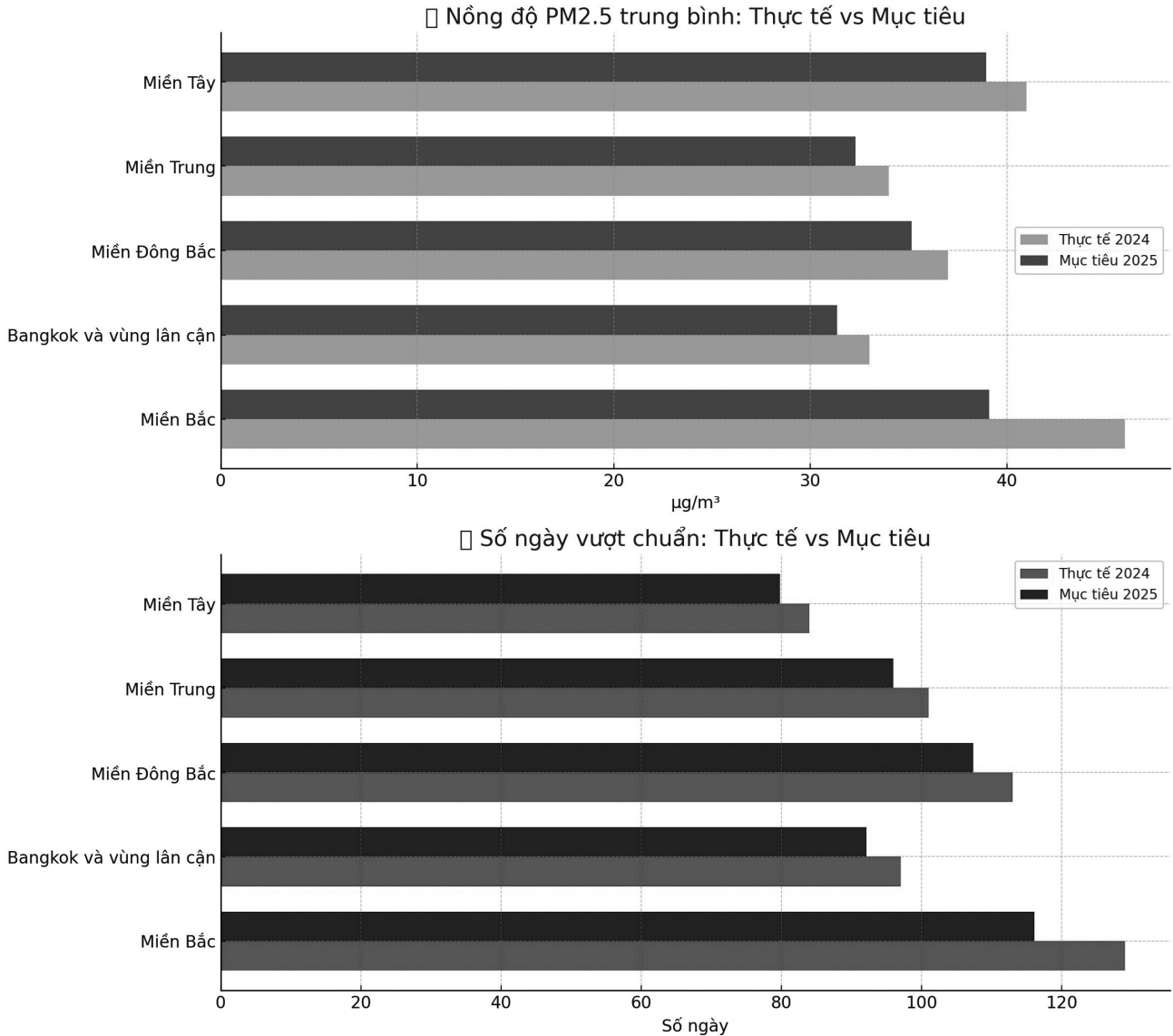
Hai là, áp dụng các chính sách quyết liệt và đẩy mạnh cơ chế phối hợp đa ngành ở cả cấp trung ương và địa phương. Một trong những điểm nhấn quan trọng

là việc xây dựng và đề xuất “Dự luật Không khí sạch”, nhằm thiết lập các tiêu chuẩn chất lượng không khí cụ thể, đồng thời đưa ra các quy định kiểm soát chặt chẽ các nguồn phát thải lớn như giao thông, công nghiệp và nông nghiệp. Dự thảo Luật cũng đề xuất mức xử phạt hành chính có thể lên tới 50.000 baht (khoảng 40 triệu đồng) đối với các hành vi vi phạm, cho thấy sự cứng rắn của Chính phủ trong việc xử lý các đối tượng gây ô nhiễm.

Ba là, Thái Lan đã đầu tư mở rộng hệ thống quan trắc không khí tự động trên phạm vi toàn quốc, kết hợp dữ liệu vệ tinh và ứng dụng công nghệ số như: (i) mạng lưới quan trắc không khí tự động (AQMN) được mở rộng trên phạm vi toàn quốc. Mạng lưới này sử dụng cảm biến hiện đại để thu thập dữ liệu về các chất ô nhiễm chính như PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO và ozone. Các dữ liệu được đồng bộ hóa và chia sẻ theo thời gian thực. (ii) Hệ thống cảnh báo sớm và ứng dụng di động (Air4Thai) được phát triển bởi Cục Kiểm soát ô nhiễm (PCD), Air4Thai cung cấp thông tin về chất lượng không khí cho người dân, giúp họ có biện pháp phòng ngừa phù hợp. Hệ thống cũng gửi cảnh báo tự động khi chỉ số AQI vượt ngưỡng nguy hại. Nền tảng Air4Thai cho phép người dân theo dõi chất lượng không khí theo thời gian thực và nhận cảnh báo khi chỉ số AQI vượt ngưỡng an toàn. (iii) Ứng dụng dữ liệu vệ tinh (NASA FIRMS) và AI được tích hợp dữ liệu từ hệ thống giám sát cháy rừng toàn cầu (FIRMS) để phát hiện điểm nóng (hotspots) do đốt rơm rạ và cháy rừng. Công nghệ AI được sử dụng để dự báo xu hướng ô nhiễm theo vùng và theo thời gian. (iv) Cổng dữ liệu quốc gia về môi trường không khí là một nền tảng mở cho phép các cơ quan, nhà nghiên cứu và người dân truy cập dữ liệu môi trường, thúc đẩy tính minh bạch và trách nhiệm trong giám sát chất lượng không khí. Nhờ có các hệ thống giám sát chặt chẽ nêu trên, cơ quan chức năng có thể đưa ra các biện pháp ứng phó kịp thời như tạm ngưng hoạt động các công trình gây bụi, hạn chế đốt ngoài trời hoặc điều chỉnh hướng luồng giao thông tại các khu vực có mật độ ô nhiễm cao.



So sánh Thực tế 2024 và Mục tiêu 2025



Biểu đồ so sánh chất lượng không khí tại Thái Lan, thể hiện nỗ lực giảm nồng độ bụi PM<sub>2.5</sub> trung bình và giảm số ngày vượt chuẩn ô nhiễm tại các vùng của Thái Lan trong năm 2025 so với thực trạng năm 2024. (Nguồn: PCD Thailand)

Bốn là, triển khai hàng loạt chiến dịch truyền thông và giáo dục nhằm nâng cao nhận thức xã hội về ô nhiễm không khí. Điển hình là chiến dịch “Bầu trời sạch cho tương lai con em chúng ta” được triển khai trên quy mô toàn quốc và thu hút sự tham gia của nhiều tầng lớp trong xã hội, từ các nhà sư, nghệ sĩ đến học sinh, sinh viên. Ngoài ra, các chương trình giáo dục cộng đồng như hội thảo, lớp học ngoại khóa về môi trường cũng được tổ chức thường xuyên tại trường học và các địa phương nhằm xây dựng nhận thức sớm về bảo vệ không khí trong lành ngay từ thế hệ trẻ.

Năm là, Thái Lan đã thiết lập khung pháp lý và đẩy mạnh hợp tác quốc tế. Việc thông qua “Dự luật Không khí sạch” đã đánh dấu bước chuyển mình mạnh mẽ

trong chính sách môi trường của quốc gia với trọng tâm là tăng cường giám sát, nâng cao tiêu chuẩn phát thải, xử lý ô nhiễm không khí từ nguồn trong nước cũng như các nguồn xuyên biên giới. Trên bình diện khu vực và toàn cầu, Thái Lan tích cực tham gia các sáng kiến hợp tác như Hiệp định ASEAN về “Ô nhiễm khói mù xuyên biên giới” và “Chương trình hành động khu vực về không khí”. Những nỗ lực này thể hiện cam kết chính trị rõ ràng và vai trò ngày càng chủ động của Thái Lan trong cuộc chiến chống ô nhiễm không khí ở khu vực Đông Nam Á.

3.KẾT LUẬN

Nhìn từ những chuyển biến tích cực trong công tác kiểm soát ô nhiễm không khí tại Thái Lan, có thể



Ứng dụng Air4Thai và hệ thống truyền thông đa nền tảng (website, mạng xã hội, báo cáo hàng ngày) nhằm cập nhật tình hình bụi PM<sub>2.5</sub>, nâng cao nhận thức cộng đồng và hỗ trợ ra quyết định nhanh chóng (Nguồn: PCD Thailand).

rút ra một số định hướng phù hợp để vận dụng vào thực tiễn quản lý môi trường không khí. Trước tiên, cần thiết phải xây dựng một khung pháp lý hoàn chỉnh về không khí sạch, trong đó xác định rõ trách nhiệm của các chủ thể, quy định các tiêu chuẩn chất lượng cụ thể, đồng thời thiết lập cơ chế giám sát minh bạch và hiệu quả.

Bên cạnh hành lang pháp lý, ứng dụng công nghệ số và dữ liệu vệ tinh đang mở ra hướng đi mới trong giám sát và cảnh báo chất lượng không khí. Việc mở rộng hệ thống quan trắc, cập nhật dữ liệu theo thời gian thực không chỉ giúp nâng cao năng lực quản lý mà còn hỗ trợ các cơ quan chức năng đưa ra quyết định kịp thời, chính xác.

Một trong những yếu tố mang tính đột phá là sự phối hợp liên ngành trong kiểm soát phát thải. Việc kết nối chặt chẽ giữa các cơ quan chuyên môn sẽ tạo nên hiệu ứng cộng hưởng, tránh tình trạng chồng chéo hoặc buông lỏng trách nhiệm. Cùng với đó, cần đẩy mạnh truyền thông sáng tạo, giáo dục cộng đồng và huy động sự tham gia của toàn xã hội, qua đó từng bước hình thành văn hóa bảo vệ không khí sạch – không chỉ là khẩu hiệu mà trở thành hành vi tự giác trong đời sống thường nhật.

Ngoài phạm vi nội địa, ô nhiễm không khí hiện nay có tính chất xuyên biên giới, đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ liên vùng, liên quốc gia; do đó, cần chủ động tham gia các sáng kiến khu vực, nhất là trong kiểm soát các nguồn phát thải như khói mù do cháy rừng, đốt nông nghiệp, để góp phần gìn giữ môi trường sống chung cho toàn khu vực.

Những nỗ lực từ Thái Lan cho thấy kiểm soát ô nhiễm không khí không đơn thuần là vấn đề kỹ thuật mà là một bài toán quản trị tổng thể – đòi hỏi tầm nhìn dài hạn, quyết tâm chính trị, đầu tư công nghệ hiện đại và sự đồng hành của toàn xã hội ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. APCTT. (2024). *Technological Interventions and Gaps in Air Pollution Control in Bangkok, Thailand*. United Nations ESCAP.
2. Bangkok Post. (2024). *Tackling roots of PM<sub>2.5</sub> air pollution in Thailand*. <https://www.bangkokpost.com>.
3. Chansuebsri, K., et al. (2024). *Chemical composition and origins of PM<sub>2.5</sub> in Chiang Mai (Thailand): Impacts of biomass burning and traffic emissions*. *Atmospheric Environment*, 299, 119633. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.119633>.
4. Greenpeace Thailand. (2023). *PM<sub>2.5</sub> Situation in Northern Thailand*. <https://www.greenpeace.org>.
5. IQAir. (2025). *World Air Quality Report 2025*. <https://www.iqair.com>.
6. Jirapornkul, S., et al. (2024). *Exploring the link between ambient PM<sub>2.5</sub> concentrations and respiratory diseases in the elderly: A study in the Muang district of Khon Kaen, Thailand*. <https://www.researchgate.net/publication/381400240>.
7. *Nature Scientific Reports*. (2024). *Impact of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) on ocular health among people living in Chiang Mai, Thailand*. *Scientific Reports*, 14, 26479. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77288-8>.
8. ScienceDirect. (2025). *Understanding the seasonal dynamics of surface PM<sub>2.5</sub> mass distribution and source contributions over Thailand*. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120613>.
9. *The Thaiger*. (2023). *Why is Bangkok's air quality so bad?* <https://thethaiger.com>.
10. UNICEF Thailand. (2025). *Estimated 13.6 million children in Thailand highly exposed to PM<sub>2.5</sub>*. <https://www.unicef.org/thailand>.
11. World Health Organization. (2021). *WHO global air quality guidelines: Particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM10)*. <https://www.who.int>.



# ỨNG DỤNG AI VÀ BIG DATA VÀO GIÁM SÁT, DỰ BÁO Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ: Kinh nghiệm của một số quốc gia trên thế giới và đề xuất giải pháp cho Việt Nam

TRẦN HỮU SỸ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

## Tóm tắt

Ô nhiễm không khí (ÔNKK) hiện được xem là một trong những mối đe dọa nghiêm trọng nhất đối với sức khỏe cộng đồng và con đường hiện thực hóa mục tiêu phát triển bền vững (PTBV) toàn cầu. Trước thực tế này, ngày càng nhiều quốc gia trên thế giới ưu tiên lựa chọn công nghệ hiện đại, xem đây là giải pháp chủ lực trong cuộc chiến chống ÔNKK, trong đó, trí tuệ nhân tạo (AI) và dữ liệu lớn (Big Data) đang nổi lên như những công cụ đột phá, giúp phân tích dữ liệu môi trường phức tạp từ nhiều nguồn khác nhau. Nhờ khả năng xử lý nhanh, chính xác, các hệ thống này có thể nhận diện “điểm nóng” ô nhiễm theo thời gian thực; mô phỏng xu hướng phát tán chất độc hại, đồng thời cung cấp nền tảng khoa học để xây dựng chính sách ứng phó hiệu quả, kịp thời. Bài viết giới thiệu một số quốc gia tiêu biểu trên thế giới đã ứng dụng thành công AI và Big Data vào giám sát, dự báo ÔNKK, từ đó đề xuất hướng đi phù hợp cho Việt Nam.

Từ khóa: ÔNKK, AI, Big Data, giám sát, dự báo.

JEL Classifications: Q53, Q55, Q56, O13.

## 1. MỘT SỐ QUỐC GIA TIÊU BIỂU ỨNG DỤNG THÀNH CÔNG AI VÀ BIG DATA VÀO GIÁM SÁT, DỰ BÁO Ô NHIỄM KHÔNG KHÍ

Những năm gần đây, AI, Big Data nổi lên như một công cụ công nghệ được sử dụng rộng rãi để kiểm soát, giảm thiểu tác hại của các chất độc hại gây ÔNKK, tạo ra sự quan tâm đáng kể trong lĩnh vực khoa học, môi trường và y tế [7]. Sự phát triển của internet ở thế kỷ XXI đã cho phép AI đạt được tiềm năng đầy đủ và ứng dụng công nghệ này để mô hình hóa các vấn đề môi trường phức tạp, nhất là việc điều chỉnh chất lượng không khí (CLKK). Để chẩn đoán, theo dõi, chữa khỏi một số bệnh liên quan đến ÔNKK, nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới đã sử dụng phương pháp tiếp cận AI trong các công cụ ra quyết định chăm sóc sức khỏe [8]. Tiêu biểu như Heuvelmans et al., đã phát triển một phương pháp tiếp cận dựa trên mô hình học sâu để mô phỏng sự tiến triển của tế bào ung thư trong phổi bằng cách sử dụng các tập dữ liệu hình ảnh chụp CT [9]. Polezer et al., lại sử dụng mạng nơ-ron nhân tạo (Multilayer Perceptron (MLP), Echo State Networks (ESN) và Extreme Learning Machines (ELM)) để đánh giá ảnh hưởng tiêu cực của ÔNKK trong khí quyển đến sức khỏe cá nhân [10].

Bài viết này đề cập đến Mỹ, Trung Quốc, Singapo... là những minh chứng cho thấy ứng dụng công nghệ tiên tiến trong giám sát ÔNKK có thể mang lại những kết quả khả quan cả về độ chính xác và phạm vi phủ sóng. Đáng chú ý, ngày càng nhiều người dân trên thế giới chủ động sử dụng các thiết bị và ứng dụng tích

hợp AI để theo dõi CLKK. Điều này không chỉ góp phần nâng cao nhận thức cộng đồng về các vấn đề môi trường, mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc bổ sung dữ liệu thực tiễn, góp phần hoàn thiện các hệ thống cảnh báo và quản lý ô nhiễm một cách hiệu quả.

### 1.1. Mỹ - Quốc gia tiên phong ứng dụng AI và Big Data vào quản lý CLKK

Mỹ đã xây dựng nhiều hệ thống giám sát hiện đại, hỗ trợ hiệu quả cho việc kiểm soát ô nhiễm đô thị, trong đó phải kể đến Hệ thống AirNow do Cơ quan BVMT Hoa Kỳ (EPA) vận hành. Hệ thống này thu thập dữ liệu từ hơn 4.000 trạm quan trắc trên toàn quốc, kết hợp thuật toán AI để phân tích, cung cấp thông tin CLKK theo thời gian thực. Mỗi năm, hơn 100 triệu người dân ở Mỹ truy cập AirNow qua website, ứng dụng di động và bảng điện tử công cộng. Theo thống kê từ EPA, nhờ áp dụng công nghệ này, số ngày có mức ô nhiễm cao tại các thành phố lớn đã giảm từ 8 - 10% chỉ trong vòng 5 năm [1].

Bên cạnh đó, Hệ thống cảm biến TEMPO - Một thiết bị quang phổ kế được gắn trên vệ tinh quỹ đạo địa tĩnh, do Cơ quan Hàng không và vũ trụ Mỹ (NASA) phát triển, có khả năng theo dõi các biến thể CLKK ở quy mô ngoại ô, đã đánh dấu bước tiến quan trọng trong công tác theo dõi ÔNKK quy mô lớn. Thiết bị này cho phép thu thập dữ liệu của một số chất gây ô nhiễm như nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) và formaldehyde (CH<sub>2</sub>O) với độ phân giải cao, tần suất theo giờ. Nhờ đó, các nhà khoa học có thể giám sát liên tục sự thay đổi của CLKK và truy



vết nguồn phát thải tại khu vực đô thị dọc từ Canada đến Mêxicô. TEMPO là minh chứng rõ nét cho thấy AI và Big Data đang được ứng dụng ngày càng sâu rộng trong nỗ lực kiểm soát ÔNKK.

Ngoài ra, nhiều đô thị lớn tại Mỹ như New York, Los Angeles, Chicago... cũng đang triển khai hệ thống cảm biến di động gắn trên xe buýt, thiết bị bay không người lái (drone) và xe đạp công cộng để tăng cường khả năng giám sát không khí ở cấp độ vi mô. Theo Phòng thí nghiệm Senseable City Lab thuộc Viện Công nghệ Massachusetts (MIT), các cảm biến này có thể phát hiện ra điểm ô nhiễm khu trú quy mô nhỏ hơn 100 m - những khu vực thường bị bỏ sót bởi hệ thống giám sát cố định truyền thống. Đặc biệt, độ phủ dữ liệu không khí tại khu vực nội đô đã tăng từ dưới 40% lên hơn 85% [1]. Mặt khác, từ năm 2021, AI được sử dụng trong hệ thống lưới điện thông minh, giúp tối ưu hóa tiêu thụ năng lượng, giảm từ 15 - 20% lượng khí thải CO<sub>2</sub> gây ÔNKK tại các bang của Mỹ.

### **1.2. Trung Quốc: Theo dõi, kiểm soát ÔNKK thông qua AI và Big Data**

Trung Quốc đang tập trung đầu tư cho việc ứng dụng AI và Big Data để quản lý ÔNMT, thông qua triển khai Hệ thống "Skynet" gồm hơn 20 triệu camera giám sát, kết hợp với dữ liệu từ các cảm biến môi trường để theo dõi, kiểm soát ÔNKK và nước. Đồng thời, quốc gia này cũng triển khai AI mạnh mẽ trong chương trình quan trắc, với bước tiến đáng chú ý là tự động hóa các trạm quan trắc môi trường, kết hợp giữa AI, thiết bị drone và phòng thí nghiệm tự động [1]. Trong lĩnh vực giám sát CLKK và nước, việc nâng cấp, số hóa các trạm quan trắc quốc gia sẽ giúp tự động hóa quá trình giám sát mà không cần nhân sự vận hành, qua đó giảm hơn 70% tần suất bảo trì, thời gian xử lý. Công tác lấy mẫu, phân tích cũng được thực hiện dễ dàng hơn với công nghệ lấy mẫu bằng drone và phân tích mẫu trong phòng thí nghiệm tự động, giúp tiết kiệm hơn 50% thời gian, nhân lực, chi phí vận chuyển [2]. Ngoài ra, Trung Quốc cũng sử dụng AI để dự đoán hiện tượng sương mù dày đặc, từ đó có biện pháp cảnh báo sớm cho người dân.

Hiện nhiều thành phố lớn của Trung Quốc như Bắc Kinh, Thượng Hải, Thâm Quyển, Quảng Châu đã triển khai mô hình đô thị thông minh, ứng dụng AI, internet vạn vật (IoT), Big Data và cảm biến môi trường để giám sát CLKK, kiểm soát ô nhiễm, dự báo tiêu thụ điện năng và quản lý chất thải, nước thải. Công nghệ số còn hỗ trợ tối ưu điều tiết giao thông, chiếu sáng công cộng, cảnh báo sớm về môi trường và nâng cao hiệu quả quản trị đô thị. Một nghiên cứu năm 2022 của Đại học Thanh Hoa cho thấy, ứng dụng AI giúp giảm 12% mức độ ÔNKK tại Bắc Kinh trong

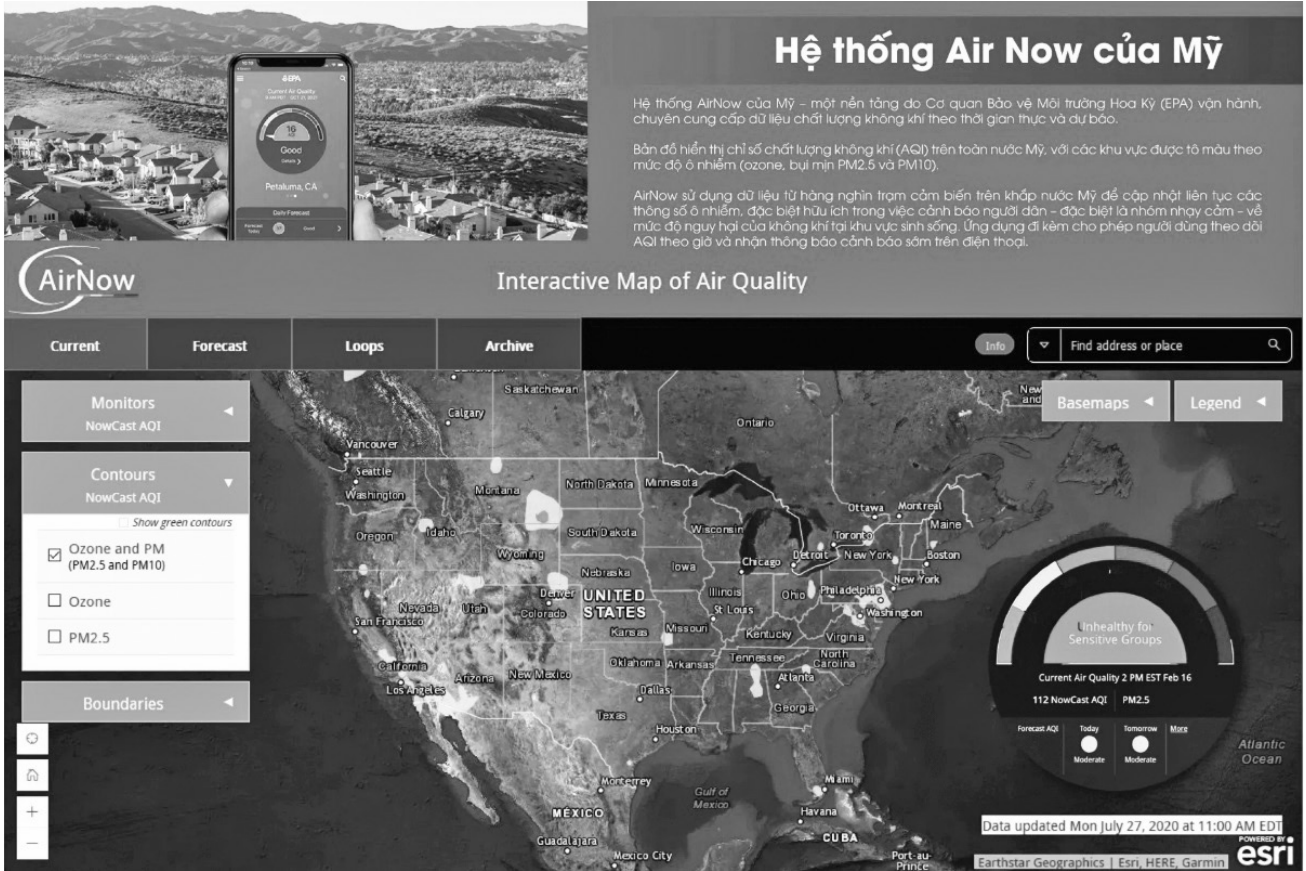
mùa đông. Trung Quốc cũng đang đẩy mạnh phát triển thương mại điện tử xanh, tài chính số cho dự án xanh, ứng dụng blockchain trong truy xuất nguồn gốc và minh bạch chuỗi cung ứng nông nghiệp. Các mô hình "tín dụng các-bon số", "ngân hàng các-bon số" được thử nghiệm ở nhiều địa phương, giúp doanh nghiệp và người dân tham gia thị trường các-bon minh bạch, hiệu quả hơn. Đặc biệt, Trung Quốc tiên phong tích hợp giải pháp số vào sản xuất xanh, nông nghiệp thông minh và năng lượng tái tạo. Nhiều nhà máy thông minh ứng dụng AI, robot, IoT giúp tối ưu hóa quy trình sản xuất, giảm lãng phí tài nguyên và lượng khí thải gây ÔNKK. Trong nông nghiệp, hệ thống tưới tiêu tự động, cảm biến môi trường, truy xuất sản phẩm góp phần tiết kiệm tài nguyên, hạn chế phát thải, nâng cao chất lượng sản phẩm, hướng đến mục tiêu PTBV [3].

Không chỉ thế, Trung Quốc còn được biết đến là quốc gia đi đầu về giám sát đa dạng sinh học, tiếng ồn môi trường bằng thiết bị cảm biến thông minh, qua đó có thể phát hiện sớm các bất thường sinh thái và nâng cao độ chính xác trong giám sát. Những thiết bị thông minh như camera hồng ngoại, máy ghi âm tiếng chim, radar giám sát động vật lưỡng cư - bò sát, thiết bị giám sát bướm... đã giúp tự động hóa quá trình giám sát, đạt độ chính xác trên 85%. Tới đây, Bộ Sinh thái và Môi trường Trung Quốc tiếp tục đẩy mạnh ứng dụng công nghệ số để quản lý các điểm xả thải theo mô hình "mỗi điểm một mã", nhằm đảm bảo dữ liệu có thể được kết nối, truy xuất, giám sát chặt chẽ. Một số công nghệ như viễn thám vệ tinh, giám sát tự động cũng sẽ được áp dụng để phát hiện, xử lý kịp thời hành vi xả thải trái phép gây ÔNMT [2]. Những thành tựu này cho thấy vai trò trung tâm của công nghệ số trong phát triển kinh tế xanh, góp phần kiểm soát ô nhiễm, giảm phát thải và nâng cao chất lượng sống, đồng thời củng cố năng lực hội nhập quốc tế của Trung Quốc.

### **1.3. Singapo: Công nghệ là nền tảng cho chiến lược môi trường và đô thị thông minh**

Là quốc gia nhỏ có mật độ dân số và hoạt động thương mại cao, Singapo phải chịu áp lực lớn trong kiểm soát ÔNKK, vì vậy, từ rất sớm, Chính phủ Singapo đã nhận thức sâu sắc về vai trò then chốt của công nghệ số và AI đối với tương lai phát triển đất nước; xác định đây là nền tảng quan trọng để phát triển đô thị xanh, giúp thành phố thích ứng hiệu quả với mọi thách thức về môi trường, hướng tới mục tiêu PTBV.

Ngay từ những năm 2010, Singapo đã bắt đầu triển khai tầm nhìn xa về một "quốc gia thông minh", tích hợp Big Data, AI, IoT vào mọi lĩnh vực kinh tế - xã hội để nâng cao chất lượng cuộc sống người dân. Một trong những sáng kiến tiêu biểu là Dự án MAREMIS, hợp tác với cảng Hamburg (Đức), sử dụng AI để theo dõi, điều



Hệ thống AirNow của Mỹ thu thập dữ liệu từ hơn 4.000 trạm quan trắc trên toàn quốc, kết hợp thuật toán AI để phân tích, cung cấp thông tin CLKK theo thời gian thực

tiết khí thải từ tàu biển. Hệ thống phân tích dữ liệu vận tải, tốc độ gió, độ ẩm để dự đoán mức phát tán NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, từ đó hỗ trợ ra quyết định chính xác. Theo Cơ quan Môi trường quốc gia Singapo (NEA), MAREMIS đã giúp giảm trung bình 18% lượng phát thải NO<sub>x</sub> tại khu vực cảng sau 3 năm triển khai [1]. Bên cạnh đó, Dự án “OneMap”, “Smart Water” và các hệ thống cảm biến môi trường giúp giám sát, dự báo CLKK, nước; tối ưu vận hành cấp - thoát nước, góp phần tiết kiệm tài nguyên, phòng ngừa ngập úng. Hệ thống chiếu sáng, giao thông công cộng được tự động hóa, giảm tiêu thụ năng lượng, phát thải khí nhà kính và thúc đẩy giao thông xanh. Các khu dân cư thông minh còn kết nối dữ liệu giữa điện, nước, giao thông, y tế nhằm tối ưu vận hành và kiểm soát phát thải tại nguồn.

Singapo cũng là quốc gia nổi bật với các giải pháp quản lý thông minh toàn diện cho hạ tầng, dịch vụ công cộng, như kiểm soát không khí, nước, chiếu sáng, chất thải và giao thông thân thiện với môi trường. Mô hình “Virtual Singapo” - Thành phố ảo 3D là một sáng tạo mang tính cách mạng. Hệ thống này tích hợp hàng loạt nguồn dữ liệu từ cảm biến môi trường, hệ thống giao thông, camera an ninh và bản đồ thời tiết. Nhờ vậy, các nhà quản lý có thể mô phỏng chính sách, thử nghiệm giải pháp và dự đoán hiệu quả trước khi triển khai

vào thực tế. Theo NEA, việc sử dụng Virtual Singapo trong mô phỏng điều chỉnh giao thông nội đô đã giúp giảm hơn 10% lượng khí thải CO<sub>2</sub> từ phương tiện cá nhân chỉ sau 2 năm thử nghiệm tại quận Tengah. GS. Michael Batty, Đại học College London nhận xét, “Virtual Singapo là một ví dụ điển hình về thành phố của tương lai, nơi mọi quyết định về quy hoạch môi trường, hạ tầng đều dựa trên dữ liệu thời gian thực và mô hình hóa dự báo tiên tiến” [1].

## 2. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP CHO VIỆT NAM

### 2.1. Bước tiến trong ứng dụng AI và Big Data vào giám sát, dự báo ÔNKK tại Việt Nam

*Fi-Mi: Hệ thống di động quan trắc, dự đoán CLKK ứng dụng AI*

Tại Việt Nam, những năm gần đây, việc ứng dụng AI, Big Data trong lĩnh vực môi trường, giảm thiểu ô nhiễm đã có bước tiến đáng kể. Cụ thể, nhằm tăng độ chính xác của các thiết bị quan trắc giá rẻ và giảm thiểu số lượng thiết bị sử dụng, nhóm nghiên cứu người Việt đến từ Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Chiba (Nhật Bản) và Tập đoàn Toshiba đã phối hợp thực hiện thành công Đề tài “Fi-Mi: Hệ thống di động quan trắc, dự đoán CLKK ứng dụng AI” dưới sự tài trợ của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VinIF). Với hệ thống Fi-Mi, nhóm nghiên cứu đã xây dựng được hệ thống



theo dõi các thông số ÔNKK và nguồn phát thải ảnh hưởng đến sức khỏe con người, góp phần giải quyết hai bài toán chính: (i) Tự động hiệu chỉnh dữ liệu thu thập bởi thiết bị quan trắc giá rẻ, nhằm tăng độ chính xác; (ii) Dự đoán dữ liệu quan trắc theo không gian và thời gian, nhằm xây dựng một bản đồ CLKK với độ mịn cao, trong khi không cần triển khai quá nhiều thiết bị [4].

Hệ thống Fi-Mi gồm ba tầng (cảm biến, thông tin, ứng dụng), trong đó, tầng cảm biến bao gồm các thiết bị quan trắc không khí, được đặt trên phương tiện giao thông (xe buýt), liên tục thu thập chỉ số CLKK và gửi về hệ thống máy chủ. Tầng thông tin bao gồm các giao thức truyền tin, đảm nhận việc truyền, nhận dữ liệu giữa tầng cảm biến và tầng ứng dụng. Tầng ứng dụng bao gồm hệ thống máy chủ, có nhiệm vụ xử lý, lưu trữ, hiển thị dữ liệu trực quan hóa cho người dùng; sử dụng các mô hình học máy nhằm dự đoán CLKK theo không gian và thời gian. Với cấu trúc nhỏ gọn, giá thành rẻ, các thiết bị quan trắc Fi-Mi phù hợp lắp đặt trên xe buýt, ô tô di chuyển quanh thành phố, giúp thu thập chỉ số nhiệt độ, độ ẩm,  $PM_{2.5}$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ , CO. Thiết bị có khả năng giao tiếp với hai loại chuẩn truyền thông không dây là mạng không dây (wifi) và LTE (Long Term Evolution - Tiến hóa dài hạn) để liên tục cập nhật dữ liệu về hệ thống máy chủ theo thời gian thực. Bên cạnh thông tin về quan trắc không khí, thời tiết, các thiết bị cũng gửi về máy chủ thông tin độ mạnh/yếu của tín hiệu (RSSI) và vị trí thiết bị thu thập được qua mô-đun GPS. Toàn bộ hoạt động của mỗi thiết bị quan trắc Fi-Mi được điều khiển bởi bộ điều khiển trung tâm MCU do nhóm nghiên cứu tại Đại học Bách khoa Hà Nội lập trình [5].

Không chỉ dừng lại ở bài toán dự đoán CLKK theo thời gian, một trong những ứng dụng nổi bật của Fi-Mi là nghiên cứu phương pháp nhằm ước lượng phân bố của CLKK, tức là sử dụng dữ liệu CLKK thu được từ các vị trí của thiết bị quan trắc để ước lượng CLKK tại những nơi không có thiết bị quan trắc. Mặt khác, Dự án Fi-Mi xây dựng mô hình học sâu, sử dụng mạng nơ-ron đồ thị để biểu diễn mối quan hệ về mặt không gian giữa các trạm quan trắc. Đây cũng là dự án đầu tiên sử dụng học sâu trong dự đoán chỉ số  $PM_{2.5}$ , thực hiện trên bộ dữ liệu của Việt Nam. Kết quả đánh giá trên bộ dữ liệu CLKK thu thập tại Hà Nội cho thấy, mô hình Encoder - Decoder làm giảm sai số dự đoán 53,7% so với giải pháp của một số nghiên cứu khác. Hơn nữa, việc sử dụng thuật toán tự động lựa chọn đặc trưng đầu vào có thể giúp giảm sai số dự đoán thêm 13,7% so với các thuật toán khác. Ngoài ra, sự kết hợp thông tin về khí tượng, nhất là gió, nhằm tăng độ chính xác cho việc dự đoán cũng là điểm mạnh của Fi-Mi. Kết quả từ

một số nghiên cứu thí nghiệm cho thấy, giải pháp của Fi-Mi đã giúp giảm sai số dự đoán từ 4,93% - 34,88% so với các phương pháp hiện tại [6].

Sau khi Dự án kết thúc và được nghiệm thu vào năm 2023, nhóm nhà khoa học tại Đại học Bách khoa Hà Nội cùng với các nhà nghiên cứu trong lĩnh vực AI và môi trường vẫn tiếp tục theo đuổi nghiên cứu liên quan, hướng đến xây dựng một hệ thống hoàn chỉnh, không chỉ giúp theo dõi thông số ÔNKK mà cả nguồn phát thải cũng như ảnh hưởng của ÔNKK đến sức khỏe con người.

*Ứng dụng Big Data trong viễn thám để giám sát và giảm thiểu ÔNKK từ các khu xử lý rác thải*

Từ tháng 7/2020 - 12/2022, các nhà khoa học của Cục Viễn thám quốc gia, Bộ TN&MT (nay là Bộ NN&M) đã triển khai Đề tài “Nghiên cứu ứng dụng Big Data - Viễn thám trong giám sát ÔNKK từ các khu xử lý rác thải (XLRT)” thông qua việc sử dụng dữ liệu từ vệ tinh Sentinel-5P và quan trắc mặt đất để xây dựng bản đồ CLKK; xác định sự phát tán của một số chất gây ô nhiễm như  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ . Kết quả, nhóm nghiên cứu đã xây dựng được cơ sở khoa học và phương pháp luận cho ứng dụng Big Data - Viễn thám vào giám sát ÔNKK từ các khu XLRT; ứng dụng kết hợp dữ liệu viễn thám chuyên dụng Sentinel-5P, dữ liệu bay UAV chuyên dụng và dữ liệu quan trắc mặt đất để giám sát thường xuyên theo diện với độ chi tiết cao về CLKK quanh khu vực XLRT. Đồng thời, xây dựng được quy trình công nghệ ứng dụng Big Data - Viễn thám giám sát tình trạng ÔNKK từ các khu XLRT; đề xuất các bước, từ xử lý dữ liệu viễn thám, tích hợp dữ liệu viễn thám và quan trắc, mô hình hóa lan truyền CLKK; xác định được sự phát tán một số thành phần hóa chất độc hại gây ÔNKK từ khu vực XLRT tập trung như  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ . Ngoài ra, nhóm nghiên cứu đã thu thập, xử lý dữ liệu viễn thám Sentinel-2; Sentinel-5P, Landsat-8/9; dữ liệu thu từ UAV; dữ liệu quan trắc để tính toán một số thành phần CLKK như bụi  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ , CO,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CH_4$ ; thu thập dữ liệu ô-zôn để làm cơ sở xây dựng bản đồ AQI24h.

Sau khi công bố, kết quả nghiên cứu được chuyển giao đến các cơ quan có nhiệm vụ quan trắc, giám sát CLKK nói chung, tình trạng ô nhiễm do hoạt động của các bãi rác tập trung nói riêng bằng phương thức chuyển giao trực tiếp kèm theo đào tạo và tài liệu hướng dẫn sử dụng.

*Hệ thống giám sát, dự báo, cảnh báo CLKK trên cơ sở thu thập, tích hợp dữ liệu đa nguồn*

Nhằm xây dựng hệ thống giám sát, dự báo, cảnh báo CLKK theo thời gian thực ứng dụng công nghệ IoT, điện toán đám mây (Cloud), AI và mô hình số trị,



PGS.TS. Phạm Trần Vũ, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh và cộng sự đã thực hiện thành công Đề tài “Xây dựng hệ thống giám sát, dự báo, cảnh báo CLKK trên cơ sở thu thập, tích hợp dữ liệu đa nguồn, thí điểm cho một đô thị lớn”, thuộc Chương trình trọng điểm cấp quốc gia giai đoạn đến năm 2025 “Hỗ trợ nghiên cứu, phát triển và ứng dụng công nghệ của công nghiệp 4.0”, mã số KC-4.0/19-25.

Thực hiện Đề tài, nhóm nghiên cứu đã tích hợp AI bằng mô hình 3 lớp tiên tiến nhất và học máy để dự báo ÔNKK ngắn hạn cho TP. Hồ Chí Minh trong 24 giờ, giúp cảnh báo sớm ÔNKK để bảo vệ sức khỏe người dân cũng như giảm thiệt hại kinh tế. Cụ thể, nhóm nghiên cứu đã tìm hiểu hệ thống giám sát, dự báo, cảnh báo CLKK theo thời gian thực trên thế giới và Việt Nam, từ đó xây dựng các cảm biến giao tiếp không dây; mô hình ước tính CLKK từ ảnh vệ tinh và dữ liệu phụ trợ cho khu vực TP. Hồ Chí Minh; mô hình dự báo CLKK sử dụng AI; mạng lưới giám sát, hệ mô hình mô phỏng phục vụ dự báo, cảnh báo CLKK trên nền tảng ứng dụng di động và website. Kết quả, đã xây dựng được mô hình trạm quan trắc môi trường không khí theo thời gian thực được kết nối theo chuẩn IoT: SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>; hệ thống giám sát, dự báo CLKK để ứng dụng thí điểm tại TP. Hồ Chí Minh. Đồng thời, nhóm nghiên cứu đã hoàn thành thiết kế nốt cảm biến, phục vụ hoạt động thu thập dữ liệu để thử nghiệm, đánh giá; thử nghiệm mô hình AI và mô hình CMAQ để dự báo, cảnh báo CLKK; hoàn thành mô hình ước lượng nồng độ bụi PM<sub>2,5</sub> từ ảnh viễn thám.

Ưu điểm của hệ thống là khi cài đặt ứng dụng hoặc truy cập website, người dân có thể biết CLKK tại thời điểm hiện tại ở một khu vực, đồng thời, được dự báo CLKK trong thời gian 1 - 2 ngày tới để kịp thời có kế hoạch bảo vệ sức khỏe trước tác động của ÔNKK. Đặc biệt, ứng dụng sẽ gửi tin nhắn trực tiếp đến người dùng khi ÔNKK có dấu hiệu tăng cao, từ đó đưa ra khuyến nghị thích hợp tùy theo mức độ ô nhiễm.

## 2.2. Thách thức, rào cản và đề xuất giải pháp

### Thách thức, rào cản

Mặc dù đã có được thành công bước đầu nhưng Việt Nam hiện vẫn đối mặt với nhiều rào cản trong ứng dụng AI và Big Data vào dự báo, cảnh báo ÔNMT nói chung, ÔNKK nói riêng, cụ thể: (i) Thiếu nền tảng dữ liệu đồng bộ và chất lượng cao: Các dữ liệu môi trường ở Việt Nam còn phân tán, thiếu chuẩn hóa, khó tích hợp và chưa sẵn sàng cho phân tích bằng AI. Nhiều địa phương vẫn thu thập dữ liệu thủ công, thiếu thiết bị cảm biến, chưa có cơ chế chia sẻ hiệu quả giữa các cấp, ngành; (ii) Năng lực phân tích, triển khai còn hạn chế: Số lượng chuyên gia AI và khoa học

dữ liệu tại Việt Nam vẫn còn thấp; các mô hình AI hiện tại chỉ dừng ở mức thử nghiệm nhỏ, chưa có hệ sinh thái đủ mạnh để ứng dụng trên diện rộng. Khả năng ứng dụng AI để ra quyết định công còn hạn chế, do thiếu sự phối hợp giữa kỹ thuật và quản lý; (iii) Cơ chế, chính sách chưa thực sự tạo được sự khuyến khích: Việc đầu tư cho AI và Big Data trong lĩnh vực môi trường chưa được xem là ưu tiên quốc gia. Việt Nam chưa có cơ chế rõ ràng về pháp lý cho việc sử dụng dữ liệu, bảo vệ quyền riêng tư, an toàn thông tin cũng như phân bổ ngân sách hiệu quả cho công nghệ số trong ngành tài nguyên - môi trường; (iv) Thiếu hợp tác công - tư (PPP): Sự tham gia của doanh nghiệp, startup và các viện nghiên cứu trong lĩnh vực này vẫn còn rời rạc, chưa có cơ chế khuyến khích đủ mạnh để thúc đẩy hợp tác công - tư. Các dự án công nghệ thường bị giới hạn bởi ngân sách hoặc không có hành lang thử nghiệm phù hợp; (v) Thiếu kết nối với xu thế quốc tế: Việt Nam chưa tham gia sâu vào các sáng kiến toàn cầu về công nghệ môi trường như mạng lưới dữ liệu khí quyển toàn cầu, nền tảng AI cho môi trường của Chương trình môi trường Liên hợp quốc, hay các dự án mở về dữ liệu Trái đất... Điều này khiến chúng ta mất cơ hội tiếp cận công nghệ tiên tiến và dữ liệu quy mô lớn.

### Định hướng giải pháp trong thời gian tới

*Thứ nhất*, Việt Nam cần thiết lập một hệ thống dữ liệu môi trường quốc gia toàn diện, kết nối dữ liệu từ các trạm quan trắc, cảm biến IoT, hình ảnh vệ tinh và báo cáo từ địa phương. Dữ liệu phải được chuẩn hóa, mở rộng khả năng chia sẻ và sử dụng bởi các cơ quan nhà nước, viện nghiên cứu, doanh nghiệp. Việc này đòi hỏi Chính phủ đóng vai trò trung tâm trong thiết kế khung pháp lý và hạ tầng kỹ thuật.

*Thứ hai*, nên khuyến khích phát triển các mô hình thử nghiệm AI trong lĩnh vực giám sát ÔNKK tại đô thị lớn theo hình thức PPP để tận dụng thế mạnh từ khu vực tư nhân. Đồng thời, AI và Big Data cần được tích hợp vào các công cụ hỗ trợ ra quyết định trong xây dựng chính sách dự báo ô nhiễm để quy hoạch đô thị, phân tích tác động môi trường (EIA)... Mặt khác, sớm đưa những nội dung liên quan đến ứng dụng AI, Big Data trong giám sát, dự báo ÔNKK vào chương trình đào tạo đại học, cao học, bồi dưỡng chuyên môn để tăng cường số lượng cũng như nâng cao năng lực đội ngũ chuyên gia đủ mạnh về khoa học dữ liệu, AI và quản lý môi trường.

*Thứ ba*, có thể tham gia vào các chương trình quốc tế liên quan đến xây dựng, thực hiện chính sách môi trường, đặc biệt là giảm thiểu ÔNKK, tiêu biểu như Copernicus - Chương trình quan sát Trái đất của Liên minh châu Âu, chuyên cung cấp dữ liệu vệ tinh miễn



phí về môi trường, qua đó hỗ trợ các quốc gia thành viên trong giám sát, quản lý tài nguyên thiên nhiên; các sáng kiến từ Chương trình môi trường Liên hợp quốc, Ngân hàng Thế giới về công nghệ môi trường... nhằm học hỏi kinh nghiệm, tiếp cận dữ liệu toàn cầu, công nghệ nguồn mở và sự hỗ trợ về tài chính, kỹ thuật để triển khai một số dự án thí điểm có tính lan tỏa cao.

*Thứ tư*, cần sớm hoàn thiện Kế hoạch hành động quốc gia khắc phục ô nhiễm và quản lý CLKK, với mục tiêu cụ thể cho năm 2025 và giai đoạn 2026 - 2030, trong đó tập trung vào các nhóm giải pháp chính như năng lượng, nguồn thải, giao thông, xây dựng; tăng cường ứng dụng AI, Big Data để phân tích, dự báo CLKK; tích hợp hệ thống quan trắc tự động, cơ sở dữ liệu quốc gia, giúp địa phương kiểm kê khí thải định kỳ và công khai thông tin minh bạch.

*Thứ năm*, AI, Big Data mang lại sức mạnh chuyển hóa trong nỗ lực giải quyết vấn đề ÔNKK đô thị, công cụ này giúp nâng cao năng lực đo lường, dự báo, tối ưu hóa và hành động, qua đó hỗ trợ xây dựng thành phố thông minh, sạch, công bằng và đáng sống hơn. Để công nghệ số thực sự là lực lượng vì lợi ích chung, cần đảm bảo 3 tiêu chí: (i) Tính bao trùm, trong đó, mọi người dân đều có thể tiếp cận lợi ích, không chỉ những người sở hữu smartphone hoặc thiết bị đeo; (ii) Tính công bằng (Hệ thống phải được thiết kế để không chuyển ô nhiễm sang các cộng đồng vốn đã chịu gánh nặng môi trường); (iii) Tính minh bạch và đạo đức (Niềm tin cộng đồng đòi hỏi quản trị rõ ràng, quyền truy cập mở và sự tham gia thực chất của người dân). Do vậy, AI, Big Data không nên là thứ được “áp đặt lên con người”, mà phải là công cụ được xây dựng “cùng với con người”. Điều đó đồng nghĩa với việc mở quyền truy cập dữ liệu, khuyến khích phát triển mã nguồn mở và đưa tiếng nói địa phương vào quá trình thiết kế, triển khai công cụ. Đồng thời, AI, Big Data phải là công cụ then chốt nếu chúng ta muốn đạt mục tiêu toàn cầu - như Tổ chức Y tế thế giới công bố tại Hội nghị toàn cầu về ÔNKK và sức khỏe là giảm 50% tác động sức khỏe từ ÔNKK vào năm 2040. Để hiện thực hóa mục tiêu nêu trên, Việt Nam không thể chỉ dựa vào thuật toán, mà cần sự phối hợp có chủ đích giữa Chính phủ, nhà nghiên cứu, công ty khởi nghiệp, nhà hoạch định đô thị và cả cộng đồng.

**Kết luận:** AI và Big Data đang được ứng dụng ngày càng sâu rộng trong nỗ lực kiểm soát ÔNKK. Những kinh nghiệm thực tiễn từ Mỹ, Trung Quốc, Singapo cho thấy, công nghệ không còn chỉ là công cụ kỹ thuật mà đã trở thành nền tảng vững chắc trong việc hoạch định chính sách về môi trường và y tế. Cũng như nhiều quốc gia trên thế giới, với sự phát triển mạnh mẽ của AI và Big Data, công tác giám sát, dự báo ÔNK ở Việt Nam

đang trở nên chính xác, nhanh chóng, hiệu quả hơn, giúp giảm thiểu tác động tiêu cực lên môi trường cũng như sức khỏe con người, hướng đến mục tiêu PTBV ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. *Tùng Lâm, Long Hải, 2025. Ứng dụng AI và dữ liệu lớn trong giám sát và dự báo ÔNKK. Try cập tại <https://kinhtedothi.vn/ung-dung-ai-va-du-lieu-lon-trong-giam-sat-va-du-bao-o-nhiem-khong-khi.671326.html>.*
2. *Bộ Sinh thái và Môi trường Trung Quốc, 2025. Thông tin từ Cục trưởng Cục Giám sát thuộc Bộ Sinh thái và Môi trường Trung Quốc Tưởng Hòa Hoa tại buổi họp báo thường kỳ tháng 3, diễn ra ngày 26/3/2025.*
3. *Wang, C., Liu, T., Du, D., Zhu, Y., Zheng, Z., & Li, H. (2024). Impact of the Digital Economy on the Green Economy: Evidence from China, Sustainability, 16 (21), 9217.*
4. *PGS.TS. Nguyễn Phi Lê, Đại học Bách khoa Hà Nội, 2025. Ứng dụng AI trong quan trắc và dự báo ô nhiễm không khí tại Việt Nam. Trung cập tại [https://blog.vinbigdata.org/ung-dung-ai-trong-quan-trac-va-du-bao-o-nhiem-khong-khi-tai-viet-nam/#:~:text=C%C3%A2u%20h%E1%BB%8F%20n%C3%A0y%20l%C3%A0%20%20C4%91%E1%BB%99ng,s%C3%A1ng%20t%E1%BA%A1o%20Vingroup%20\(VinIF\)](https://blog.vinbigdata.org/ung-dung-ai-trong-quan-trac-va-du-bao-o-nhiem-khong-khi-tai-viet-nam/#:~:text=C%C3%A2u%20h%E1%BB%8F%20n%C3%A0y%20l%C3%A0%20%20C4%91%E1%BB%99ng,s%C3%A1ng%20t%E1%BA%A1o%20Vingroup%20(VinIF)).*
5. *Viet An Nguyen, Viet Hung, Van Sang Doan, Thanh Hung Nguyen, Phan Thuan Do, Kien Nguyen, Phi Le Nguyen, Minh Thuy Le, “Realizing Mobile Air Quality Monitoring System: Architectural Concept and Device Prototype”, Asia Pacific Conference on Communications (APCC 2021).*
6. *Nguyen Minh Hieu, Phi Le Nguyen, Kien Nguyen, Thanh-Hung Nguyen, and Yusheng Ji. “PM2. 5 prediction using genetic algorithm-based feature selection and encoder-decoder model.” IEEE Access 9 (2021): 57338 - 57350.*
7. *Mo, X.; Zhang, L.; Li, H.; Qu, Z. Một hệ thống cảnh báo sớm CLKK mới dựa trên AI. Int. J. Environ. Res. Sức khỏe cộng đồng 2019, 16, 3505.*
8. *Masood, A.; Ahmad, K. Đánh giá về các kỹ thuật AI mới nổi để dự báo ÔNKK: Cơ bản, ứng dụng và hiệu suất. J. Clean. Prod. 2021, 322, 129072.*
9. *Heuvelmans, MA; van Ooijen, PM; Ather, S.; Silva, CF; Han, D.; Heussel, CP; Hickes, W.; Kauczor, H.-U.; Novotny, P.; Peschl, H. Dự đoán ung thư phổi bằng Học sâu để xác định các nốt phổi lành tính. Ung thư phổi 2021, 154, 1 - 4.*
10. *Polezer, G.; Tadano, YS; Siqueira, HV; Godoi, AF; Yamamoto, CI; de André, PA; Pauliquevis, T.; de Fatima Andrade, M.; Oliveira, A.; Saldiva, PH Đánh giá tác động của PM 2.5 đối với bệnh hô hấp bằng mạng lưới thần kinh nhân tạo. Môi trường. Ô nhiễm. 2018, 235, 394 - 403.*



# Nguy cơ ô nhiễm môi trường không khí, nước, chất thải rắn tại các cụm công nghiệp tỉnh Hà Nam và đề xuất giải pháp giảm thiểu

NGUYỄN THỊ HUYỀN THU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Địa lý nhân văn và Phát triển bền vững - Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam

## Tóm tắt

*Sự phát triển các cụm công nghiệp kéo theo nguy cơ ô nhiễm môi trường do cơ sở hạ tầng ngăn ngừa và bảo vệ môi trường trong cụm công nghiệp vẫn chưa được chú trọng. Với đa dạng các ngành nghề sản xuất, qui mô không lớn nên ảnh hưởng đến các thành phần môi trường như không khí, nước... Bài viết phân tích thực trạng môi trường cụm công nghiệp tỉnh Hà Nam và đề xuất một số giải pháp giảm thiểu nguy cơ ô nhiễm.*

**Từ khóa:** Ô nhiễm môi trường, cụm công nghiệp, Hà Nam.

**JEL Classifications:** Q33, Q54, O44.

Trong quá trình chuyển mình mạnh mẽ theo hướng công nghiệp hóa - hiện đại hóa, tỉnh Hà Nam (cũ) đã và đang đẩy mạnh phát triển các cụm công nghiệp (CCN) như một đòn bẩy thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương. Với 21 CCN được quy hoạch và hàng nghìn lao động đang làm việc, các CCN đã góp phần quan trọng trong việc giải quyết việc làm, tăng thu ngân sách và nâng cao đời sống dân cư [1]. Tuy nhiên, đằng sau những con số ấn tượng ấy là những thách thức môi trường ngày càng hiện hữu: tình trạng ô nhiễm không khí do khí thải công nghiệp, ô nhiễm nguồn nước từ nước thải chưa xử lý triệt để, và lượng chất thải rắn phát sinh với quy mô lớn đang đặt ra yêu cầu cấp thiết phải kiểm soát và xử lý đồng bộ. Bài viết thực hiện hợp đồng số 02/HĐKH-ĐLNV ngày 3/2/2025 nhằm phân tích thực trạng ô nhiễm môi trường không khí, nước và chất thải rắn tại các CCN tỉnh Hà Nam, đồng thời đề xuất một số giải pháp giảm thiểu nhằm hướng tới sự phát triển bền vững và hài hòa giữa kinh tế và môi trường.

## 1. THỰC TRẠNG MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ, NƯỚC VÀ CHẤT THẢI RẮN TẠI CÁC CỤM CÔNG NGHIỆP (CNN) TỈNH HÀ NAM

Trước năm 2009, Hà Nam đã thành lập các CCN với mục đích tạo mặt bằng cho các cơ sở sản xuất bị giải tỏa và di dời các làng nghề ra xa khu dân cư. Lúc đó, nguồn vốn xây dựng cơ sở hạ tầng của các CCN còn hạn chế, chủ yếu dựa vào nguồn ngân sách Nhà nước nên hạ tầng CCN chưa đầy đủ. Thời gian gần đây, làn sóng đầu tư vào Hà Nam tăng nhanh, trong đó có việc đầu tư hạ tầng vào các CCN. Tính đến năm 2024, trên địa bàn tỉnh có 19 CCN với tổng diện tích 685,9 ha, trong đó 15 CCN đang hoạt động với diện tích 277,07 ha, tỷ lệ lấp đầy 98%; các CCN đã thu hút được 171 doanh nghiệp/hộ kinh doanh đăng ký, thu hút được 12.325 lao động; nộp ngân sách nhà nước

hàng năm khoảng 317,6 tỷ đồng [1]. Căn cứ từ tình hình thực tiễn và dự báo thu hút đầu tư trong thời gian tới, UBND tỉnh Hà Nam xác định tính chất các CCN là cụm tổng hợp đa ngành, chủ yếu là công nghiệp chế biến, chế tạo, các ngành sản xuất như: Cơ khí chế tạo, cơ khí lắp ráp; thiết bị điện, điện tử; dệt may và sản xuất nguyên phụ liệu, giày dép; chế biến nông sản thực phẩm và hàng tiêu dùng; thiết bị dụng cụ y tế; xử lý chất thải; công nghiệp hỗ trợ và dịch vụ phục vụ sản xuất công nghiệp. Việc phát triển các cụm công nghiệp đã có những đóng góp nhất định cho sự phát triển kinh tế xã hội của tỉnh, góp phần đẩy nhanh tốc độ tăng trưởng công nghiệp, chuyển dịch cơ cấu kinh tế theo hướng công nghiệp hóa, hiện đại hóa gắn với xây dựng nông thôn mới.

### Môi trường không khí

Hoạt động sản xuất công nghiệp tại các CCN tỉnh Hà Nam đang phát sinh lượng lớn khí thải gây ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng không khí. Theo báo cáo hiện trạng môi trường giai đoạn 2021 - 2025, các nguồn phát thải tại CCN chủ yếu đến từ [2]:

- Khí thải từ các nhà máy sản xuất cơ khí, nhựa, thực phẩm, vật liệu xây dựng, tái chế kim loại.
- Hoạt động đốt nhiên liệu trong lò hơi, lò cấp nhiệt, máy phát điện và các công đoạn sản xuất sử dụng hóa chất, vật liệu dễ bay hơi hoặc dễ cháy.
- Quá trình vận chuyển nguyên liệu, xây dựng hạ tầng, các công đoạn nghiền, trộn và nung nguyên vật liệu và các hoạt động thi công liên tục trong các CCN.

Tùy theo ngành nghề và công nghệ sử dụng, các loại khí ô nhiễm phổ biến bao gồm bụi tổng số (TSP), CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, NH<sub>3</sub>, các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi (VOC), formaldehyde, hơi dung môi, khí mùi và một số kim loại nặng bay hơi (Bảng 1).

Mặc dù theo quy định, các cơ sở trong CCN phải đầu tư hệ thống xử lý khí thải đạt chuẩn QCVN



**Bảng 1. Một số nhóm ngành tiêu biểu tại các CCN và đặc trưng phát thải khí**

Ngành sản xuất trong CCN	Các chất ô nhiễm khí thải điển hình
Gia công chế tạo cơ khí	Bụi kim loại, CO, NO <sub>x</sub> , CN <sup>-</sup> , HCl, khói hàn
Chế biến thực phẩm, nước giải khát	CO, SO <sub>2</sub> , bụi nguyên liệu, hơi dung môi, VOC, mùi hữu cơ
Sản xuất vật liệu xây dựng	Bụi, tiếng ồn, CO, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>
Công nghiệp hàng tiêu dùng, điện tử	Bụi, khí dung môi, hóa chất tẩy rửa, nhiệt cao
Dệt may, in nhuộm	SO <sub>2</sub> , CO, clo, formaldehyde, hơi NaOH, hơi dung môi
Lò hơi, lò nhiệt đốt nhiên liệu (than/dầu)	Bụi, muội khói, CO <sub>2</sub> , VOC, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , HCl, HF

Nguồn: Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hà Nam, giai đoạn 2016 - 2020 [3]

**Bảng 2. Tình trạng đầu tư xử lý môi trường tại một số CCN**

Tên CCN	Hệ thống XL khí thải tập trung	Doanh nghiệp tự xử lý	Quan trắc khí thải tự động
Thị Sơn (Kim Bảng)	Không	Có một phần	Chưa có
Kim Bình (Phủ Lý)	Không	Có một phần	Chưa có
Trung Lương	Không	Một số DN	Chưa có
Bình Lục	Không	Có	Một vài cơ sở
Cầu Giát (Duy Tiên)	Không	Có	Chưa có

Nguồn: Tổng hợp từ Báo cáo Sở Công thương [1] và Chi cục BVMT Hà Nam

**Bảng 3. Chất lượng không khí tại một số CCN trên địa bàn tỉnh năm 2021**

STT	Địa Điểm	Kết quả (µg/m <sup>3</sup> )			
		Bụi	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO
1	CCN Cầu Giát	171	92	104	5002
2	CCN Châu Giang	171	105	112	5042
3	CCN Hoàng Đông	158	108	114	5045
4	CCN Nam Châu Sơn	175	103	113	5018
5	CCN Tiên Tân	175	107	120	5019
6	CCN Thị Sơn	179	99	107	5088
7	CCN Hòa Hậu	173	103	112	5026
8	CCN Bình Lục	169	101	169	5028
9	CCN Trung Lương	177	95	107	5081
10	CCN An Mỹ, Đồn Xá	171	91	101	5042
11	CCN Thanh Lưu	175	95	112	5121
12	<b>QCVN 05:2013/BTNMT (Trung bình 1giờ)</b>	300	200	350	30.000

Nguồn: Số liệu đo quan trắc chất lượng môi trường tại CCN - Chi cục BVMT tháng 9/2021 [4]

19:2009/BTNMT (về bụi và khí vô cơ) và QCVN 20:2009/BTNMT (về các chất hữu cơ), tuy nhiên thực tế cho thấy còn nhiều hạn chế:

- Chỉ có số ít doanh nghiệp lắp đặt trạm quan trắc khí thải tự động. Đa số cơ sở nhỏ lẻ trong các CCN chưa đầu tư hệ thống xử lý khí đạt chuẩn.
- Chưa có CCN nào có hệ thống xử lý khí thải tập trung, việc xử lý chủ yếu do doanh nghiệp tự vận hành, dẫn tới việc kiểm soát không đồng đều, nhiều nơi chỉ xử lý sơ sài hoặc không xử lý.
- Các CCN như Thị Sơn, Kim Bình, Trung Lương, Bình Lục, Cầu Giát đều có mật độ giao thông vận tải lớn, kết hợp với quá trình thi công mở rộng nhà xưởng tạo nên nguồn bụi lơ lửng và tiếng ồn cao tại các nút giao thông (Bảng 2).

Do hệ thống quan trắc khí thải tự động còn thiếu và chưa đồng bộ. Việc giám sát chất lượng không khí chủ yếu được thực hiện theo các đợt quan trắc định kỳ do Chi cục BVMT thực hiện, chưa đủ để phát hiện sớm các sai phạm hoặc xu hướng gia tăng ô nhiễm (Bảng 3).

Các số liệu quan trắc định kỳ tại các cụm công nghiệp cho thấy các chỉ số bụi, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO đều nằm trong giới hạn cho phép theo



**Bảng 4. Tổng hợp phát sinh nước thải, tình trạng xử lý và nguồn tiếp nhận tại các CCN trên địa bàn tỉnh**

TT	Tên CCN	Công suất thiết kế (m <sup>3</sup> /ngđ)	Chất lượng nước	Nguồn tiếp nhận
1	CCN Nam Châu Sơn	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Sông Đáy
2	CCN Tiên Tân	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Sông Nhuệ
3	CCN Kim Bình	500 (để xuất xây dựng)	Cột A- QCVN 40: 2011	Mương ra sông Nhuệ
4	CCN Thi Sơn	1.300(để xuất xây dựng)	Cột A- QCVN 40: 2011	Mương ra sông Đáy
5	CCN Nhật Tân	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Mương ra sông Đáy
6	CCN Biên Hòa	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Mương ra sông Đáy
7	CCN Cầu Giát	1.200	Cột A- QCVN 40: 2011	Sông Duy Tiên
8	CCN Hoàng Đông		Cột A- QCVN40: 2011	Sông Nhuệ
9	CCN Hòa Hậu		Cột A- QCVN 40: 2011	Sông Châu Giang
10	CCN Bình Lục	500	Cột A- QCVN 40: 2011	Sông Sắt
11	CCN An Mỹ, Đồn Xá	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Kênh, mương
12	CCN Trung Lương	2000 (dự kiến 2022 Theo báo cáo ĐTM)	Cột A- QCVN 40: 2011	Kênh, mương
13	CCN Thanh Lưu	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Kênh, mương
14	CCN Thanh Hải	-	Cột A- QCVN 40: 2011	Mương ra sông Đáy
15	CCN Châu Giang	800 (khởi công 9/2020)	Cột A- QCVN 40: 2011	Kênh mương

Nguồn: Báo cáo Hiện trạng môi trường tỉnh Hà Nam 5 năm giai đoạn 2016-2020 [3]

QCVN 05:2013/BTNMT (Trung bình 1 giờ), song cần lưu ý các vấn đề sau: Các số liệu này chỉ phản ánh thời điểm quan trắc, không thể hiện được mức độ ô nhiễm liên tục theo thời gian thực; Việc thiếu hệ thống quan trắc tự động và giám sát thường xuyên dẫn đến nguy cơ bỏ sót các thời điểm phát thải vượt chuẩn, nhất là trong giờ cao điểm sản xuất; Đáng lo ngại là hầu hết các CCN chưa có giải pháp kiểm soát bụi mịn (PM<sub>2.5</sub>), khí VOCs và các hợp chất độc hại khác, vốn có tác động lâu dài đến sức khỏe cộng đồng.

Do đó, mặc dù số liệu hiện tại chưa vượt ngưỡng nguy hiểm theo quy chuẩn, nhưng rủi ro ô nhiễm tích lũy trong không khí tại các CCN vẫn hiện hữu, đặc biệt trong bối cảnh các cụm công nghiệp ngày càng mở rộng quy mô, gia tăng sản xuất và phương tiện vận chuyển.

Nhìn chung, các CCN ở Hà Nam đang đối mặt với nguy cơ ô nhiễm không khí do thiếu đồng bộ trong đầu tư hạ tầng xử lý khí thải; Ý thức bảo vệ môi trường chưa cao ở một số doanh nghiệp; Giám sát khí thải còn chủ yếu theo hình thức định kỳ, chưa theo dõi tự động 24/7.

#### Môi trường nước

Tình trạng ô nhiễm môi trường nước tại các CCN trên địa bàn tỉnh Hà Nam đang đặt ra những thách thức lớn trong quá trình phát triển công nghiệp bền vững. Mặc dù các CCN đóng vai trò quan trọng trong thu hút đầu tư, tạo việc làm và thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương, nhưng trên thực tế, hạ tầng bảo vệ môi trường

- đặc biệt là hệ thống xử lý nước thải - tại phần lớn các cụm công nghiệp vẫn chưa được đầu tư đồng bộ.

Theo số liệu thống kê đến năm 2023, trong tổng số 15 CCN của tỉnh Hà Nam đi vào hoạt động, chỉ có 2 CCN (Bình Lục và Cầu Giát) đã hoàn thiện hệ thống xử lý nước thải tập trung đạt chuẩn QCVN 40:2011/BTNMT - Cột A [5]. Còn 13/15 CCN chưa có hệ thống xử lý nước thải tập trung, điều này khiến các doanh nghiệp trong cụm phải tự xử lý cục bộ hoặc xả thải trực tiếp ra các mương, kênh nội đồng hoặc sông tiếp nhận, tiềm ẩn nguy cơ ô nhiễm nguồn nước nghiêm trọng (Bảng 4).

Kết quả quan trắc môi trường nước mặt tại các mương, sông tiếp nhận nước thải từ các CCN cho thấy, nhiều chỉ tiêu ô nhiễm đã vượt ngưỡng quy chuẩn hiện hành. Đáng lưu ý là các thông số phản ánh ô nhiễm hữu cơ như BOD<sub>5</sub>, COD và photphat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) tại các vị trí quanh CCN Nam Châu Sơn, Hoàng Đông và Tiên Tân đều ở mức cao, vượt từ 1,5 đến hơn 6 lần giới hạn cho phép.

Các thông số cho thấy, nguy cơ phú dưỡng hóa nước mặt và ô nhiễm hữu cơ rất cao, đặc biệt tại CCN Nam Châu Sơn và Hoàng Đông - nơi các giá trị BOD<sub>5</sub> và COD lần lượt vượt từ 2 đến 4 lần so với giới hạn cho phép. Mặc dù một số doanh nghiệp đã xây dựng hệ thống xử lý nước thải cục bộ, nhưng việc xả thải chưa đạt quy chuẩn vẫn đang diễn ra, đặc biệt là tại các CCN không có hệ thống xử lý tập trung.



**Bảng 5. Diễn biến chất lượng nước mặt tại một số CCN tỉnh Hà Nam năm 2021**

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả							QCVN 08-MT:2015/ BTNMT Cột B1
			CCN Hoàng Đông	CCN Nam Châu Sơn	CCN Tiên Tân	CCN Thi Sơn	CCN Hòa Hậu	CCN An Mỹ, Đồn Xá	CCN Thanh Lưu	
1	pH	-	6,9	7,1	7	7	6,9	6,9	6,5	5,5 ÷ 9
2	BOD <sub>5</sub>	mg/l	20	47	22	38	11	6	13	15
3	COD	mg/l	38	117	46	82	22	11	26	30
4	DO	mg/l	6,3	6,2	6,3	6,2	5,5	5,8	5,9	≥ 4
5	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,55	0,29	0,63	0,71	0,41	0,35	0,37	10
6	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	mg/l	0,71	1,87	0,15	KPH	0,23	KPH	0,07	0,3
7	Coliform	MPN/100ml	4.300	4.300	3.600	4.600	4.600	3600	4.300	7.500
8	TSS	mg/l	KPH	16	49	59	33	8	39	50

Nguồn: Báo cáo chuyên đề hiện trạng môi trường KCN, CCN tỉnh Hà Nam năm 2021 [6]

**Bảng 6. Nước thải sau hệ thống xử lý của CCN Cầu Giát năm 2021**

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả	QCVN 40:2011/ BTNMT Cột A
1	pH	-	7,2	6 ÷ 9
2	Độ màu	Pt-Co	35,6	50
3	TSS	mg/l	KPH	50
4	COD	mg/l	42	75
5	BOD <sub>5</sub>	mg/l	23	30
6	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	3,2	5
7	Tổng Photpho	mg/l	0,23	4
8	Tổng Nitơ	mg/l	8,7	20
9	Coliform	MPN/100 ml	4.600	3.000

Nguồn: Báo cáo chuyên đề hiện trạng môi trường KCN, CCN tỉnh Hà Nam năm 2021 [6]

Bên cạnh đó, chất lượng nước thải sau xử lý của các CCN hiện có trạm xử lý cũng bộc lộ một số tồn tại. Tại CCN Cầu Giát, nước thải đầu ra tuy đạt chuẩn về COD và BOD<sub>5</sub> nhưng nồng độ Coliform vẫn vượt chuẩn, gây lo ngại về khả năng tái nhiễm vi sinh (Bảng 6).

Tình trạng tương tự cũng xảy ra tại Công ty TNHH Nittoku Việt Nam (CCN Thi Sơn), khi kết quả quan trắc ba năm liên tiếp (2019 - 2021) cho thấy, nồng độ Coliform tăng dần, từ 120 MPN/100ml lên đến 1.900 MPN/100ml - tiệm cận giới hạn cho phép và cho thấy khả năng kiểm soát vi sinh chưa ổn định (Bảng 7).

Tổng hợp các dữ liệu trên cho thấy môi trường nước tại các CCN Hà Nam đang chịu áp lực lớn từ nước thải công nghiệp. Đặc biệt, với phần lớn CCN chưa có hệ thống xử lý nước thải tập trung, nguy cơ ô nhiễm nước mặt và nước ngầm là hoàn toàn có cơ sở. Đây là vấn đề cần sớm có giải pháp đồng bộ từ phía chính quyền địa phương, bao gồm việc hoàn thiện đầu tư hạ tầng xử lý, bắt buộc quan trắc tự động và tăng cường thanh tra, kiểm tra định kỳ. Việc kiểm soát tốt nước thải tại các CCN không chỉ bảo vệ nguồn tài nguyên nước, mà còn góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng và thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững của tỉnh trong giai đoạn tới.

**Chất thải rắn (CTR) và chất thải nguy hại (CTNH)**

Bên cạnh các vấn đề về ô nhiễm không khí và nước thải, CTR và chất thải nguy hại CTNH tại các CCN trên địa bàn tỉnh Hà Nam cũng đang đặt ra nhiều thách thức lớn trong công tác BVMT. Theo số liệu thống kê, mỗi năm các cơ sở công nghiệp trên địa bàn tỉnh phát sinh trên 550.000 tấn CTR công nghiệp, chủ yếu đến từ các ngành công nghiệp nhẹ, tái chế nhựa, sản xuất vật liệu xây dựng, điện tử, may mặc và thực phẩm. Trong đó, lượng CTR tại các



**Bảng 7. Nước thải sau hệ thống xử lý của Công ty TNHH Nittoku Việt Nam tại CCN Thi Sơn, huyện Kim Bảng**

TT	Thông số	Đơn vị	Kết quả			QCVN 40:2011/ BTNMT Cột A	QCVN 12:2015/ BTNMT Cột A
			2019	2020	2021		
1	pH	-	7,23	7,38	7,51	6 ÷ 9	6 ÷ 9
2	Độ màu	Pt/Co	-	8,3	-	50	75
3	TSS	mg/L	8,2	10,7	18,4	50	50
4	COD	mg/L	40	67,2	48	75	100
5	BOD <sub>5</sub>	mg/L	28	28,6	24,7	30	30
6	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/L	0,88	1,08	1,9	5	-
7	Tổng Photpho	mg/L	0,06	0,133	0,04	4	-
8	Tổng Nitơ	mg/L	3,73	9,8	0,063	20	-
9	Coliform	MPN/10ml	120	630	1.900	3.000	-
10	Tổng Dầu mỡ khoáng	mg/l	-	KPH	-	5	-
11	AOX	mg/l	-	0,145	-	-	7,5

*Nguồn: Báo cáo chuyên đề hiện trạng môi trường KCN, CCN tỉnh Hà Nam năm 2021 [6]*

CCN có xu hướng tăng nhanh qua từng năm, phản ánh tốc độ mở rộng quy mô sản xuất và gia tăng số lượng doanh nghiệp.

Chất thải nguy hại phát sinh chủ yếu từ các hoạt động sản xuất, bảo dưỡng máy móc thiết bị xử lý khí và nước thải như: giẻ lau dính dầu, vỏ hộp đựng dầu, hóa chất hết hạn, cặn dầu, bùn thải từ hệ thống xử lý nước và khí thải, ắc quy, bóng đèn huỳnh quang, linh kiện điện tử thải bỏ, chất thải y tế... Ngoài ra, bùn thải từ hệ thống xử lý nước thải tập trung tại các CCN cũng chứa nhiều thành phần nguy hại và biến động phức tạp, gây khó khăn trong công tác phân định và kiểm soát. Giai đoạn 2021 - 2025, việc xác định khối lượng chất thải rắn và chất thải nguy hại phát sinh từ các hoạt động sản xuất công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hà Nam dựa trên nguyên tắc lượng hóa phát sinh chất thải từ từng loại hình công nghiệp cụ thể, cho phép đánh giá định lượng mức độ phát sinh chất thải theo sản lượng thực tế. Cách tiếp cận này giúp phản ánh thực tế phát sinh chất thải theo đặc thù từng ngành nghề, đồng thời tạo cơ sở cho việc quản lý, xử lý và định hướng phát triển cụm công nghiệp trong thời gian tới.

Tuy nhiên, việc quản lý CTR và CTNH tại nhiều CCN hiện nay vẫn chưa đảm bảo yêu cầu. Một bộ phận các doanh nghiệp chưa thực hiện đầy đủ nghĩa vụ pháp lý về bảo vệ môi trường như: đăng ký chủ nguồn thải CTNH, ký hợp đồng thu gom xử lý với đơn vị đủ điều kiện, báo cáo công tác quản lý CTNH, lưu trữ chứng từ và nộp phí bảo vệ môi trường theo quy định. Một số

cơ sở dù đã có kho lưu chứa CTNH nhưng vẫn chưa thực hiện phân loại, dán nhãn, mã số chất thải rõ ràng; nhiều nơi còn để lẫn chất thải nguy hại với chất thải thông thường, tiềm ẩn nguy cơ phát tán ra môi trường.

Bên cạnh đó, thực tế cho thấy chỉ khoảng 80% CTNH phát sinh được xử lý đúng quy định, phần còn lại hoặc không được thống kê đầy đủ, hoặc phát sinh từ các cơ sở nhỏ lẻ trong CCN chưa có năng lực quản lý và báo cáo định kỳ. Điều này gây khó khăn đáng kể cho công tác kiểm soát tổng thể, đặc biệt khi chưa có hệ thống quan trắc và giám sát đồng bộ trên toàn tỉnh.

Hiện tại, trên địa bàn tỉnh Hà Nam có một số đơn vị từ các tỉnh khác đang thực hiện hoạt động vận chuyển và xử lý CTNH như: Công ty CP Môi trường Thuận Thành, Công ty Cổ phần Công nghệ cao Hòa Bình, Công ty ETC, Urenco 10 và Urenco 11. Ngoài ra, một số doanh nghiệp tại địa phương đang làm thủ tục xin cấp phép xử lý CTNH như Công ty CP Môi trường Thanh Thủy và Công ty CP xi măng Vicem Bút Sơn. Tuy nhiên, sự hiện diện của các đơn vị này vẫn chưa đáp ứng đủ nhu cầu xử lý khối lượng chất thải ngày càng tăng tại các CCN.

Nhìn chung, việc kiểm soát và xử lý CTR và CTNH tại các cụm công nghiệp Hà Nam vẫn còn tồn tại nhiều bất cập cả về pháp lý, kỹ thuật và giám sát. Điều này đòi hỏi các cấp chính quyền cần đẩy mạnh công tác thanh tra, hoàn thiện quy trình giám sát, hỗ trợ doanh nghiệp nâng cao năng lực quản lý môi trường, đồng



thời khẩn trương bổ sung quy hoạch các điểm tập kết - xử lý chất thải tập trung tại từng CCN nhằm giảm thiểu ô nhiễm và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

## 2. ĐỀ XUẤT MỘT SỐ GIẢI PHÁP NHẪM GIẢM THIỂU NGUY CƠ Ô NHIỄM MÔI TRƯỜNG KHÔNG KHÍ, NƯỚC VÀ CHẤT THẢI RẮN TẠI CÁC CCN TỈNH HÀ NAM

Từ thực trạng ô nhiễm môi trường không khí, nước và chất thải rắn tại các cụm công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hà Nam, có thể thấy rằng các vấn đề về hạ tầng kỹ thuật, ý thức tuân thủ pháp luật và năng lực quản lý môi trường còn nhiều hạn chế. Để từng bước khắc phục tình trạng trên, cần triển khai đồng bộ các nhóm giải pháp như sau:

### *Thứ nhất, về chính sách và quản lý*

Trước hết, Hà Nam cần kiên quyết yêu cầu tất cả các CCN phải đầu tư hoàn chỉnh hệ thống hạ tầng kỹ thuật bảo vệ môi trường, đặc biệt là trạm xử lý nước thải tập trung và khu lưu chứa CTR, CTNH theo quy chuẩn kỹ thuật quốc gia. Hiện nay, vẫn còn 13/15 CCN chưa hoàn thiện hệ thống hạ tầng và công trình bảo vệ môi trường. Vì vậy, cần xây dựng lộ trình bắt buộc từng cụm phải hoàn thiện hệ thống xử lý trong vòng 2 - 3 năm tới, đồng thời có thể ưu tiên bố trí vốn từ ngân sách tỉnh hoặc huy động vốn xã hội hóa để hỗ trợ đầu tư trong giai đoạn đầu.

Cùng với đó, cần tăng cường hoạt động thanh tra, kiểm tra và xử phạt nghiêm các hành vi vi phạm pháp luật bảo vệ môi trường tại các doanh nghiệp trong CCN. Đặc biệt, cần tập trung xử lý các hành vi xả thải vượt quy chuẩn, chôn lấp trái phép chất thải nguy hại, không báo cáo giám sát môi trường định kỳ hoặc cố tình không đăng ký chủ nguồn thải CTNH. Để nâng cao hiệu quả kiểm tra, đề xuất triển khai hệ thống giám sát trực tuyến cho các nguồn thải lớn (trạm xử lý nước thải tập trung, ống khói lò đốt, điểm phát sinh khí độc...), kết nối trực tiếp với cơ quan quản lý cấp tỉnh thông qua hệ thống dữ liệu điện tử.

Tỉnh cũng cần hoàn thiện hệ thống pháp lý cấp địa phương, bổ sung các quy định hướng dẫn chi tiết về trách nhiệm bảo vệ môi trường theo loại hình doanh nghiệp, đặc biệt là với các doanh nghiệp vừa và nhỏ - nhóm chiếm tỷ trọng lớn tại các CCN. Việc ban hành cơ chế khuyến khích doanh nghiệp đầu tư hệ thống xử lý nội bộ, thực hiện ISO 14001 hoặc tham gia mô hình sản xuất sạch hơn cũng cần được lồng ghép trong chính sách ưu đãi đầu tư, miễn giảm thuế hoặc hỗ trợ vay vốn ưu đãi.

### *Thứ hai, về kỹ thuật và công nghệ*

Để giảm thiểu ô nhiễm nước, không khí và chất thải tại các CCN, cần thúc đẩy ứng dụng các công nghệ xử lý tiên tiến, tiết kiệm năng lượng và thân thiện với môi

trường, phù hợp với từng ngành nghề cụ thể. Đối với xử lý nước thải, khuyến nghị áp dụng các công nghệ như: sinh học hiếu khí - thiếu khí kết hợp lọc màng MBR, xử lý nitơ/phốtpho bằng vi sinh vật chuyên hóa, hệ thống tái sử dụng nước tuần hoàn cho một số ngành (dệt may, chế biến thực phẩm).

Về kiểm soát khí thải, cần yêu cầu các cơ sở có phát sinh khí bụi công nghiệp (lò đốt, nung, cán...) phải đầu tư hệ thống xử lý bụi và khí thải đạt chuẩn QCVN, như buồng lắng, cyclon kết hợp lọc túi vải hoặc hấp phụ than hoạt tính. Đặc biệt, cần kiểm soát chặt chẽ các nguồn phát sinh khí độc như SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> từ các ngành tái chế kim loại, hóa chất.

Đối với CTR và CTNH, ngoài yêu cầu phân loại tại nguồn và xây dựng kho lưu chứa hợp chuẩn, tỉnh nên quy hoạch mỗi huyện có ít nhất một trạm trung chuyển chất thải công nghiệp để giảm tải cho khu xử lý chính và tăng khả năng thu gom đúng nơi - đúng quy định. Đồng thời, xây dựng cơ chế phối hợp ba bên (doanh nghiệp - đơn vị xử lý - cơ quan quản lý) để giám sát, xác minh chứng từ xử lý CTNH minh bạch và hiệu quả.

### *Thứ ba, truyền thông và nâng cao nhận thức*

Cần tăng cường hoạt động truyền thông, tập huấn, phổ biến pháp luật về môi trường cho các doanh nghiệp trong CCN. Hằng năm, Sở TN&MT (nay là Sở Nông nghiệp và Môi trường) nên phối hợp với UBND các cấp tổ chức lớp tập huấn về quản lý chất thải, kê khai chủ nguồn thải, vận hành hệ thống xử lý nội bộ và lập báo cáo giám sát môi trường. Đồng thời, cần nhân rộng mô hình doanh nghiệp thực hiện tốt công tác môi trường, kết hợp biểu dương, khen thưởng và truyền thông rộng rãi để lan tỏa nhận thức trách nhiệm cộng đồng trong sản xuất bền vững ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sở Công thương tỉnh Hà Nam (2024), Báo cáo tình hình hoạt động Cụm công nghiệp trên địa bàn tỉnh Hà Nam năm 2024.
2. Sở TN&MT tỉnh Hà Nam (2025), Báo cáo tổng quan hiện trạng môi trường 05 năm giai đoạn 2021 - 2025 trên địa bàn tỉnh Hà Nam.
3. Sở TN&MT tỉnh Hà Nam (2021), Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Hà Nam 05 năm giai đoạn 2016 - 2020.
4. Chi cục BVMT tỉnh Hà Nam (2021), Số liệu đo quan trắc chất lượng môi trường tại các KCN, CCN, tháng 9/2021.
5. Sở TN&MT tỉnh Hà Nam (2023), Rà soát, báo cáo thông tin về danh sách các KCN, CCN đang hoạt động và các cơ sở gây ô nhiễm môi trường nghiêm trọng trên địa bàn tỉnh Hà Nam.
6. Sở TN&MT tỉnh Hà Nam (2021), Báo cáo chuyên đề hiện trạng môi trường KCN, CCN tỉnh Hà Nam năm 2021.



# Hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án Chi trả dịch vụ hệ sinh thái tự nhiên cấp cơ sở cho hệ sinh thái biển và đất ngập nước tại Việt Nam

TRẦN THỊ THU HÀ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng - Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam

## Tóm tắt

Chi trả dịch vụ môi trường rừng (DVMTR) là chính sách thành công trong việc tạo ra những thay đổi tích cực về mặt tư duy, nhận thức về mối quan hệ giữa chủ rừng, còn chính sách Chi trả dịch vụ hệ sinh thái (DVHST) đã được quy định tại Luật BVMT năm 2020, Nghị định số 08/2022/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT. Tuy nhiên, các quy định pháp lý liên quan đến việc xây dựng các nội dung trong Đề án Chi trả DVHST cấp cơ sở nằm rải rác ở rất nhiều Luật và văn bản dưới luật khác nhau. Bài viết hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án Chi trả DVHST tự nhiên cấp cơ sở cho hệ sinh thái (HST) biển và đất ngập nước (ĐNN) tại Việt Nam, thí điểm tại Vườn quốc gia (VQG) Tràm Chim, từ đó rút ra một số khuyến nghị chính sách.

**Từ khóa:** Hệ sinh thái, đất ngập nước, dịch vụ môi trường rừng.

**JEL Classifications:** N54, O13, Q57.

## 1. BỐI CẢNH THỰC HIỆN

Tại Việt Nam, Chi trả DVMTR là một chính sách thành công trong việc tạo ra những thay đổi tích cực về mặt tư duy, nhận thức về mối quan hệ giữa chủ rừng (với vai trò là bên cung ứng DVMTR) và các cá nhân, tổ chức sử dụng DVMTR (với vai trò là những người được hưởng lợi từ DVMTR). Sau 14 năm triển khai trên quy mô toàn quốc, số tiền thu được từ việc thực hiện chính sách DVMTR đã đạt hơn 30.162 tỷ đồng (trung bình 2.154 tỷ đồng/năm) với 1.803 hợp đồng chi trả DVMTR đã ký kết (bao gồm: 631 hợp đồng với cơ sở sản xuất thủy điện, 437 hợp đồng với cơ sở sản xuất nước sạch, 34 hợp đồng với cơ sở kinh doanh du lịch, 4 hợp đồng với cơ sở nuôi trồng thủy sản (NTTS) và 697 hợp đồng với cơ sở sản xuất công nghiệp). Năm 2024, tổng nguồn thu từ DVMTR đạt trên 3.760 tỷ đồng. Nguồn thu từ DVMTR đã được phân bổ cho 235 ban quản lý rừng đặc dụng và rừng phòng hộ, 99 công ty lâm nghiệp và hàng trăm nghìn hộ gia đình, cá nhân, cộng đồng dân cư; trực tiếp hỗ trợ quản lý, bảo vệ 7,45 triệu ha rừng (chiếm 53,53% tổng diện tích rừng toàn quốc).

Tiếp nối thành công của chính sách Chi trả DVMTR, Chính phủ Việt Nam đã ban hành chính sách Chi trả DVHST tại Luật BVMT năm 2020 và Nghị định số 08/2022/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT, tập trung vào các loại DVHST tự nhiên phục vụ cho mục đích kinh doanh du lịch, giải trí; NTTS và hấp thụ, lưu trữ các-bon. Bên cạnh đó, Nghị định số 08/2022/NĐ-CP cũng quy định: tổ chức, cá nhân cung ứng DVHST tự nhiên có trách nhiệm lập Đề án chi trả

DVHST tự nhiên cấp cơ sở cho khu vực áp dụng chi trả DVHST tự nhiên phù hợp với Đề án Chi trả DVHST tự nhiên cấp tỉnh; trường hợp địa phương chưa xây dựng, phê duyệt Đề án Chi trả DVHST tự nhiên cấp tỉnh, cơ quan chuyên môn về BVMT cấp tỉnh chủ trì, phối hợp với các cơ quan lập Đề án cho một hoặc một số HST tự nhiên. Ngoài ra, Nghị định này cũng quy định nội dung chính của Đề án chi trả DVHST tự nhiên cấp cơ sở bao gồm: (i) tên gọi, địa danh của HST tự nhiên; (ii) thông tin chung về khu vực cung ứng dịch vụ HST tự nhiên; (iii) các loại hình dịch vụ HST tự nhiên được cung ứng; (iv) danh sách tổ chức, cá nhân sử dụng DVHST tự nhiên; (v) các biện pháp bảo tồn, duy trì và phát triển HST tự nhiên; (vi) dự kiến mức chi trả, hình thức chi trả và (vii) phương án sử dụng nguồn thu từ chi trả DVHST tự nhiên.

Mặc dù Nghị định số 08/2022/NĐ-CP đã có hiệu lực kể từ ngày ký ban hành nhưng đến thời điểm hiện tại, chưa có đơn vị, tổ chức nào trên cả nước triển khai xây dựng Đề án chi trả DVHST tự nhiên cấp cơ sở do đây là một vấn đề còn mới và khung pháp lý hiện tại còn thiếu nhiều quy định chi tiết, cụ thể so với việc xây dựng Đề án chi trả DVMTR. Để thúc đẩy việc triển khai chính sách chi trả DVHST, trong khuôn khổ Dự án “Mạng lưới DVHST và Đa dạng sinh học Pha II” (BET-Net II), UNDP-Việt Nam đã phối hợp với Viện Nghiên cứu Sinh thái và Môi trường rừng (RIFEE) thực hiện nghiên cứu “Xây dựng Hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án Chi trả DVHST tự nhiên cấp cơ sở cho HST biển và HST ĐNN tại Việt Nam”, tập trung cho HST biển và ĐNN.



## 2. XÂY DỰNG HƯỚNG DẪN KỸ THUẬT LẬP ĐỀ ÁN CHI TRẢ DỊCH VỤ HỆ SINH THÁI TỰ NHIÊN CẤP CƠ SỞ CHO HỆ SINH THÁI BIỂN VÀ ĐẤT NGẬP NƯỚC

Hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án chi trả DVHST biển và ĐNN được thực hiện trên cơ sở: (i) Rà soát các quy định hiện hành có trong các Luật (ví dụ: Luật Lâm nghiệp năm 2017, Luật Thủy sản năm 2017, Luật Đa dạng sinh học năm 2018, Luật BVMT năm 2020, Luật Quy hoạch, Luật Du lịch...) và các văn bản dưới luật có liên quan; (ii) Rà soát các thông lệ và thực hành tốt nhất về chi trả DVHST/chi trả DVMTR trong nước và quốc tế; (iii) Kết quả thí điểm nội dung Dự thảo Hướng dẫn lập Đề án cấp cơ sở tại VQG Tràm Chim; (iv) Ý kiến góp ý của các đại biểu tham dự 2 hội thảo tham vấn được tổ chức tại Hà Nội là đại diện của các cơ quan quản lý nhà nước, các VQG/Khu bảo tồn biển và ĐNN (như VQG Tràm Chim, VQG Côn Đảo, VQG Cát Tiên, Khu bảo tồn biển Cù Lao Chàm...), các tổ chức quốc tế (như: UNDP-Việt Nam, IUCN-Việt Nam, GIZ, WWF-Việt Nam), các cơ quan nghiên cứu, trường đại học, chuyên gia, nhà khoa học...

Quá trình nghiên cứu để xây dựng Hướng dẫn kỹ thuật lập Đề án Chi trả DVHST biển và ĐNN tại Việt Nam cho thấy, các quy định pháp lý liên quan đến việc xây dựng các nội dung trong Đề án Chi trả DVHST cấp cơ sở nằm rải rác ở rất nhiều Luật và văn bản dưới luật khác nhau, trong đó chỉ có một số ít nội dung đã được quy định chi tiết (ví dụ: phương pháp xây dựng bản đồ mô tả ranh giới, mốc giới; các tổ chức, cá nhân sử dụng và trả tiền DVHST; phân bổ và sử dụng nguồn thu DVHST...). Đa số nội dung trong Đề án chi trả DVHST cấp cơ sở chưa có hướng dẫn rõ ràng, chi tiết. Cụ thể: (i) Đối với yêu cầu xác định tên gọi, địa danh của HST biển và HST ĐNN: Chưa có quy định về mức độ chi tiết trong cách gọi tên và địa danh của HST biển, HST ĐNN; chưa có quy định về phân loại, tên gọi chính thức của các HST biển; (ii) Đối với yêu cầu xác định thông tin chung về khu vực cung ứng DVHST biển và ĐNN; xây dựng bản đồ mô tả ranh giới, mốc giới, diện tích cung ứng của khu vực cung ứng DVHST: Chưa có quy định về các nội dung bắt buộc phải có về thông tin chung của một khu vực cụ thể; chưa có quy định về việc khai thác các dữ liệu viễn thám (có phí và mất phí) để cập nhật các bản đồ ranh giới, mốc giới của khu vực cung ứng DVHST; (iii) Đối với yêu cầu xác định các DVHST biển và ĐNN được cung ứng: Chưa có quy định về các phương pháp được sử dụng để nhận diện và xác định giá trị các DVHST biển và ĐNN; (iv) Đối với yêu cầu xác định các biện pháp bảo tồn, duy trì và phát triển HST biển và HST ĐNN: Chưa có quy định về danh mục các biện pháp bảo tồn, duy trì và phát

triển HST biển và ĐNN; (v) Đối với yêu cầu xác định mức chi trả và hình thức chi trả: Chưa có quy định về phương pháp xác định doanh thu của bên sử dụng DVHST làm cơ sở để tính mức chi trả tối thiểu; (vi) Đối với yêu cầu xác định phương án sử dụng nguồn thu từ chi trả DVHST: Chưa có quy định về mức độ ưu tiên trong sử dụng nguồn thu DVHST cho các mục đích khác nhau, các hình thức chi trả khác nhau và các bên cung ứng dịch vụ khác nhau.

Trong xây dựng Đề án chi trả DVHST cấp cơ sở cho HST biển và ĐNN, vấn đề khó khăn nhất là xác định mức chi trả và hình thức chi trả DVHST. Khác với chi trả DVMTR - nơi phần lớn các dịch vụ đã được ấn định mức chi trả trong các văn bản pháp lý thì trong chi trả DVHST, về mặt pháp lý, hiện nay chỉ mới có quy định về mức chi trả tối thiểu (1% doanh thu trong kỳ) mà không có quy định về mức tối đa cũng như không có hướng dẫn về cách xác định doanh thu của bên sử dụng DVHST đặc biệt là các cơ sở có hoạt động sản xuất kinh doanh đa ngành nghề, phức tạp hoặc nhỏ lẻ, không có hệ thống hạch toán, kế toán riêng. Theo thông lệ, mức chi trả DVHST sẽ được thiết lập dựa trên kết quả đàm phán của bên cung ứng và bên sử dụng DVHST, trong đó, các yếu tố đầu vào cho đàm phán bao gồm: giá trị kinh tế của DVHST, nhu cầu tài chính/chi phí đầu tư để bảo tồn và phát triển HST/DVHST, mức sẵn lòng chi trả (WTP) của bên sử dụng DVHST và quy định về mức chi trả tối thiểu (nếu có). Tuy nhiên, việc xác định các yếu tố đầu vào này rất khó khăn (đặc biệt là đối với các cán bộ địa phương) không chỉ ở mức độ sẵn có về thông tin, dữ liệu đầu vào mà còn ở các yêu cầu cao về mặt kỹ thuật trong thu thập, xử lý, thông tin dữ liệu. Đối với việc xác định hình thức chi trả DVHST, mặc dù hình thức chi trả trực tiếp (để giảm chi phí giao dịch) được khuyến khích áp dụng trong các lĩnh vực kinh doanh du lịch giải trí và NTTS nhưng trong thực tế triển khai chính sách chi trả DVMTR, hình thức chi trả trực tiếp đã bộc lộ một số bất cập về tính công khai, minh bạch cũng như sự lỏng lẻo trong ràng buộc về quyền lợi, trách nhiệm của bên cung ứng và sử dụng DVMTR. Trong khi đó, việc áp dụng hình thức chi trả gián tiếp (thông qua Quỹ BVMT) lại phải đối mặt với thực trạng nhiều địa phương trên cả nước chưa thành lập Quỹ BVMT cấp tỉnh, hoặc nếu có thành lập thì Quỹ BVMT cấp tỉnh phải kiêm nhiệm nhiều nhiệm vụ khác nên không thể hoạt động hiệu quả như hệ thống Quỹ Bảo vệ và Phát triển rừng của chính sách chi trả DVMTR.

Việc xây dựng phương án sử dụng nguồn chi trả DVHST biển và ĐNN gặp nhiều khó khăn đối với bên cung ứng DVHST là tổ chức bởi trong nhiều trường hợp, nguồn thu từ chi trả DVHST biển và ĐNN sẽ được



sử dụng như một nguồn thay thế (thay vì là nguồn bổ sung) đối với nguồn vốn ngân sách nhà nước cấp cho tổ chức để triển khai các hoạt động quản lý, bảo tồn và phát triển HST/DVHST tự nhiên. Khi nguồn thu từ DVHST biến và ĐNN được sử dụng như nguồn thay thế cho ngân sách nhà nước, sẽ không có nhiều hoạt động quản lý, bảo tồn và phát triển HST/DVHST tăng thêm được thực hiện, do đó, mục đích cuối cùng của cơ chế chi trả DVHST sẽ khó đạt được.

### 3. THÍ ĐIỂM LẬP ĐỀ ÁN CHI TRẢ DỊCH VỤ HỆ SINH THÁI CẤP CƠ SỞ CHO HỆ SINH THÁI ĐẤT NGẬP NƯỚC TẠI VƯỜN QUỐC GIA TRÀM CHIM, TỈNH ĐỒNG THÁP

Đề án chi trả DVHST ĐNN tại VQG Tràm Chim, tỉnh Đồng Tháp được thí điểm lập năm 2024, trên cơ sở: (i) Rà soát, tổng hợp các thông tin, số liệu thứ cấp về hiện trạng quản lý, sử dụng HST/DVHST ĐNN; (ii) Sử dụng các dữ liệu không gian Sentinel (với bản quyền truy cập từ Đại học California Santa Cruz, Mỹ) để xây dựng, cập nhật các bản đồ ranh giới, mốc giới và đánh giá các dịch vụ HST ĐNN; (iii) Kết quả tham vấn và thu thập thông tin, dữ liệu từ các bên liên quan gồm: Sở TN&MT tỉnh Đồng Tháp, Sở NN&PTNT tỉnh Đồng Tháp, Ban quản lý Dự án trồng rừng tỉnh Đồng Tháp, BQL VQG Tràm Chim, UBND xã Phú Đức, Phú Hiệp, Phú Thành B, Trung tâm xúc tiến Thương mại - Du lịch và Đầu tư (Khu du lịch

Tràm Chim) và một số tổ chức, cá nhân sử dụng DVHST ĐNN cho hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí trong vùng lõi và vùng đệm của VQG Tràm Chim; (iv) Ý kiến góp ý của các đại biểu tham dự Hội thảo tham vấn được tổ chức tại trụ sở VQG Tràm Chim, gồm đại diện của các Sở: TN&MT, NN&PTNT, Văn hóa - Thể thao - Du lịch; Khu du lịch Tràm Chim; Chi cục Kiểm lâm tỉnh Đồng Tháp; UBND huyện Tam Nông; UBND xã: Phú Đức, Phú Hiệp, Phú Thành B, Phú Thọ, Tân Công Sính, Thị trấn Tràm Chim; BQL VQG Tràm Chim; Hội quán du lịch, Hội quán cộng đồng OCOF, các cơ sở kinh doanh du lịch, giải trí và NTTS trong VQG Tràm Chim.

VQG Tràm Chim có diện tích 7.313 ha thuộc huyện Tam Nông, tỉnh Đồng Tháp, là nơi có các HST ĐNN đặc trưng của vùng Đồng Tháp Mười. Các HST ĐNN tại VQG Tràm Chim cung cấp cho con người, môi trường và nền kinh tế của địa phương nhiều loại DVHST ĐNN điển hình bao gồm: dịch vụ cung cấp (ví dụ: nước ngọt, nguồn lợi thủy sản, lúa gạo...), dịch vụ điều tiết (ví dụ: làm sạch không khí, điều hòa vi khí hậu, điều tiết nguồn nước, giảm thiệt hại do thiên tai...), dịch vụ văn hóa (ví dụ: di sản văn hóa vùng Đồng Tháp Mười, bảo vệ cảnh quan, vẻ đẹp tự nhiên phục vụ hoạt động du lịch, giải trí...) và các dịch vụ hỗ trợ (ví dụ: chu trình dinh dưỡng, chu trình nước...)(Bảng 1).

Quá trình xây dựng Đề án Chi trả DVHST ĐNN

**Bảng 1. Các DVHST được cung ứng bởi HST ĐNN tại VQG Tràm Chim**

Mức độ quan trọng		Khu vực đánh giá	VQG Tràm Chim			
++	Lợi ích tích cực đáng kể		Vị trí	Huyện Tam Nông, tỉnh Đồng Tháp		
+	Lợi ích tích cực					
0	Lợi ích không đáng kể					
-	Không có lợi ích					
--	Ảnh hưởng tiêu cực đáng kể	Ngày đánh giá	28/8/2024			
?	Chưa đủ bằng chứng để kết luận					
			Phạm vi của lợi ích			
		Độ quan trọng	Lợi ích cụ thể	Địa phương	Quốc gia	Toàn cầu
DỊCH VỤ CUNG CẤP	Nước ngọt	++	HST ĐNN của VQG Tràm Chim là nơi dự trữ nước ngọt quan trọng và có thể cung ứng cho khu vực xung quanh thông qua hoạt động điều tiết	X		
	Thực phẩm (hoa màu, tôm cá, cây trái...)	++	Trong VQG Tràm Chim có nhiều hoạt động chăn thả gia súc, gia cầm, khai thác mật ong, thủy sản, động vật rừng, rau, sen, bông súng, điên điển... của người dân địa phương	X		
	Xơ sợi	+	HST ĐNN tại VQG Tràm Chim cung cấp rơm, rạ làm chất đốt cho người dân địa phương	X		
	Nhiên liệu	+	Người dân địa phương thường xuyên khai thác mai dương, nhánh tràm để làm củi dùng để nấu nướng và phục vụ sinh hoạt hàng ngày	X		



DỊCH VỤ CUNG CẤP	Nguồn gen	++	VQG Tràm Chim là nơi có giá trị đặc biệt quan trọng trong việc bảo tồn, lưu giữ 57 nguồn gen quý hiếm của 8 loài thực vật, 17 loài thủy sản và 32 loài chim nước, đặc biệt Sếu đầu đỏ là loài quý hiếm ở cấp độ toàn cầu			X
	Dược phẩm, thuốc tự nhiên	+	Người dân địa phương có sử dụng một số loại thực vật trong VQG để chữa các bệnh ít nghiêm trọng	X		
	Vật liệu trang trí	+	Người dân địa phương thu hái hoa trong VQG để trang trí trong nhà hoặc sử dụng trong các lễ hội	X		
	Vật liệu xây dựng	-				
	Năng lượng tự nhiên từ gió và dòng nước	-				
DỊCH VỤ ĐIỀU TIẾT	Làm sạch không khí	++	Không khí trong và xung quanh khu vực VQG Tràm Chim có trong lành và có chất lượng tốt hơn các khu vực lân cận	X		
	Điều hòa vi khí hậu	++	Trong VQG Tràm Chim có nhiều vùng nước tĩnh với các thảm thực vật tạo ra sự thoát hơi và làm giảm nhiệt độ trong không khí	X		
	Điều hòa khí hậu toàn cầu	+	Thảm thực vật trong VQG Tràm Chim (rừng tràm, cỏ năng...) có khả năng lưu trữ và hấp thụ một lượng lớn CO <sub>2</sub> hàng năm			X
	Điều tiết nguồn nước	+/-	Do có địa hình trũng, thấp, VQG Tràm Chim cho phép tích trữ nước khi có mưa lớn và từ từ nhả nước trở lại trong thời kỳ khô hạn; tuy nhiên hoạt động điều tiết nước nhân tạo (để chống cháy rừng) trong VQG Tràm Chim có thể gây ra tác động không tốt đến các HST rừng tràm bị ngập lụt lâu ngày trong thời gian trữ nước, chống cháy rừng	X		
	Giảm thiệt hại do lũ lụt, gió bão	++	Thảm thực vật và địa hình trũng, thấp cho phép HST ĐNN của VQG Tràm Chim hấp thụ năng lượng từ các sự kiện thời tiết cực đoan (bão gió, lũ lụt), giúp giảm thiệt hại cho toàn khu vực và vùng đệm	X		
	Kiểm soát sâu bệnh	?				
	Kiểm soát dịch bệnh trên người	?				
	Kiểm soát dịch bệnh vật nuôi	?				
	Giảm xói mòn vùng bờ	+	Thảm thực vật trong vùng ĐNN của VQG Tràm Chim có chức năng bảo vệ đất khỏi xói mòn, trong toàn khu vực không có dấu hiệu của xói mòn	X		
	Làm sạch nguồn nước	+	VQG Tràm Chim tiếp nhận một số nguồn nước bị ô nhiễm từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp của cộng đồng dân cư vùng đệm; các HST trong VQG Tràm Chim đã hỗ trợ việc thanh lọc, khử độc và làm sạch các nguồn nước này	X		
	Thụ phấn cho cây nông nghiệp	+	Thảm thực vật VQG Tràm Chim, nhất là rừng tràm có nhiều côn trùng (ong rừng) sinh sống và hỗ trợ việc thụ phấn cho cây trồng các vùng lân cận	X		
	Điều tiết độ mặn của nước	+	Hệ thống đê bao nhân tạo trong VQG Tràm Chim giúp làm gián đoạn kết nối nguồn nước trong khu vực với thủy triều, qua đó giúp ngăn chặn sự xâm nhập mặn và điều tiết độ mặn của nước	X		



	Giảm nguy cơ hỏa hoạn	++	Cấu hình của vùng ĐNN trong VQG Tràm Chim giúp hạn chế sự lan truyền của lửa và ngăn chặn sự lan rộng của các đám cháy	X		
	Khử tiếng ồn và tăng tầm nhìn	?				
DỊCH VỤ VĂN HÓA	Di sản văn hóa	++	VQG Tràm Chim là đại diện tiêu biểu cho văn hóa của toàn bộ vùng đất trũng Đồng Tháp Mười; năm 2015, VQG Tràm Chim đã được Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch xếp hạng di tích cấp quốc gia		X	
	Giải trí và du lịch	++	VQG Tràm Chim là điểm đến du lịch quan trọng của tỉnh Đồng Tháp và của vùng đồng bằng sông Cửu Long; được xếp hạng là Khu du lịch cấp quốc gia		X	
	Giá trị thẩm mỹ	++	Vẻ đẹp tự nhiên của VQG Tràm Chim đã xuất hiện trong nhiều tác phẩm nghệ thuật (tranh, ảnh, ca khúc, tác phẩm văn học...) của các tác giả trong và ngoài nước		X	
	Giá trị tinh thần và tôn giáo	+	VQG Tràm Chim có giá trị tinh thần quan trọng đối với cộng đồng dân cư ở vùng đệm VQG nói riêng và đối với vùng đồng bằng sông Cửu Long		X	
	Cảm hứng nghệ thuật	++	Vẻ đẹp tự nhiên của VQG Tràm Chim là nguồn cảm hứng nghệ thuật cho các sáng tác âm nhạc và các hình thức nghệ thuật gắn liền với miền sông nước vùng đồng bằng sông Cửu Long		X	
	Thúc đẩy các mối quan hệ xã hội	+	Trong quá trình khai thác và sử dụng tài nguyên thiên nhiên của VQG Tràm Chim, một số cộng đồng đã được hình thành như cộng đồng khai thác sen, súng; khai thác hải sản; câu lạc bộ nhiếp ảnh; hội quán thủy sản...	X		
	Giá trị giáo dục và nghiên cứu	++	Với nguồn tài nguyên thiên nhiên phong phú, VQG Tràm Chim cung cấp tư liệu cho nhiều hoạt động giáo dục và nghiên cứu của các cá nhân, tổ chức trong và ngoài nước suốt nhiều năm qua			X
DỊCH VỤ HỒ TRÒ	Hình thành đất	+	Thảm thực vật và điều kiện tự nhiên ảnh hưởng đến việc hình thành đất trong vùng thông qua các quá trình sinh địa hóa			
	Sản xuất sơ cấp	+	Quá trình quang hợp của thảm thực vật trong VQG Tràm Chim tạo ra chất hữu cơ và giúp tích trữ năng lượng ở dạng sinh địa hóa	X		
	Chu trình dinh dưỡng	++	Các thành phần của HST ĐNN VQG Tràm Chim tham gia vào chu trình dinh dưỡng thông qua hoạt động sống của chúng	X		
	Chu trình nước	++	Cấu trúc của VQG Tràm Chim giữ nước theo một chu trình chặt chẽ	X		
	Cung cấp sinh cảnh sống	++	VQG Tràm Chim là sinh cảnh sống vô cùng quan trọng của nhiều loài động, thực vật là đối tượng bảo tồn, trong đó Sếu đầu đỏ là đối tượng được quan tâm bảo tồn phạm vi toàn cầu			X



tại VQG Tràm Chim cho thấy, việc xây dựng Đề án chi trả DVHST cấp cơ sở là một thách thức ngay cả đối với cán bộ cấp Sở TN&MT (nay là Sở Nông nghiệp và Môi trường) - đơn vị chịu trách nhiệm lập Đề án chi trả DVHST cấp tỉnh và cấp cơ sở trong trường hợp chưa có Đề án chi trả DVHST cấp tỉnh, trước hết do thiếu các hướng dẫn cụ thể; mặt khác do hạn chế về nhân lực, thiếu cán bộ chuyên môn/chuyên môn không phù hợp, ngoài ra còn do thiếu nguồn kinh phí để triển khai các hoạt động tạo bộ cơ sở dữ liệu cho các HST tự nhiên trên địa bàn tỉnh. Tuy vậy, việc xây dựng và triển khai thí điểm Đề án chi trả DVHST đối với HST ĐNN tại VQG Tràm Chim nhận được sự ủng hộ của tất cả các bên liên quan (Sở TN&MT, Sở NN&PTNT, Sở Văn hóa - Thể thao - Du lịch, BQL VQG Tràm Chim, UBND các xã vùng đệm và các cơ sở kinh doanh du lịch, giải trí và NTTS) ngay cả khi các bên liên quan chưa thực sự hiểu rõ chính sách này (do công tác tuyên truyền về chính sách còn rất hạn chế, đặc biệt là với các bên hưởng lợi và phải thực hiện chi trả DVHST).

Kết quả xây dựng Đề án chi trả DVHST đối với HST ĐNN tại VQG Tràm Chim chỉ rõ, trong 2 loại DVHST được chi trả của HST ĐNN tại VQG Tràm Chim, thì loại DVHST phục vụ cho hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí có triển vọng thực hiện thí điểm được luôn vì các cơ sở kinh doanh du lịch, giải trí không chỉ đồng thuận mà còn sẵn sàng chi trả cao hơn so với mức chi trả tối thiểu được quy định tại Nghị định số 08/2022/NĐ-CP. Riêng dịch vụ hỗ trợ NTTS, do còn thiếu các nghiên cứu nền về mối liên hệ giữa nguồn nước của VQG Tràm Chim với nguồn nước được sử dụng trong hoạt động NTTS tại các xã vùng đệm nên mức độ thuyết phục còn chưa cao, hơn nữa, đa số hoạt động NTTS ở khu vực vùng đệm được thực hiện ở quy mô nhỏ, lẻ và nhiều rủi ro. Ở thời điểm hiện tại, nếu tiến hành thí điểm chi trả DVHST đối với hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí, đối tượng thí điểm tiềm năng nhất là các cơ sở kinh doanh dịch vụ lưu trú ở vùng lõi và vùng đệm của VQG. Mức chi trả thí điểm có thể là 1 - 5% doanh thu của cơ sở kinh doanh dịch vụ lưu trú, trong đó doanh thu của cơ sở kinh doanh dịch vụ lưu trú được ước tính dựa trên quy mô kinh doanh (số phòng), giá phòng và tỷ lệ lấp đầy bình quân năm. Nếu áp dụng mức chi trả DVHST là 1% (theo quy định về mức tối thiểu đối với lĩnh vực này) thì nguồn thu DVHST trong hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí tại Tràm Chim được ước tính là 282 triệu đồng/năm. Nếu áp dụng mức chi trả DVHST là 3% (mức sẵn lòng chi trả

trung bình của các cơ sở kinh doanh du lịch, giải trí được khảo sát trong vùng), nguồn thu DVHST trong hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí tại Tràm Chim được ước tính là 846 triệu đồng/năm. Nếu áp dụng mức chi trả DVHST là 5% (mức sẵn lòng chi trả cao nhất của các cơ sở kinh doanh du lịch, giải trí được khảo sát trung vùng), nguồn thu từ DVHST trong hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí tại Tràm Chim được ước tính là 1,41 tỷ đồng/năm.

#### 4. KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

Hướng dẫn lập Đề án chi trả DVHST cấp cơ sở đối với HST biển và ĐNN do RIFEE xây dựng trong khuôn khổ dự án BET-NET II do UNDP-Việt Nam quản lý cần sớm được phê duyệt và ban hành dưới dạng hỗ trợ kỹ thuật để các địa phương có thể sớm tiếp cận và sử dụng hướng dẫn nhằm xây dựng các đề án chi trả DVHST cho các HST tự nhiên trên địa bàn tỉnh. Tác giả kiến nghị cần sớm ban hành các chính sách nhằm nâng cao năng lực, nhận thức và thúc đẩy sự tham gia của các bên liên quan (đặc biệt là các đối tượng sử dụng và hưởng lợi từ DVHST) trong việc xây dựng và triển khai cơ chế chi trả DVHST. Bên cạnh các DVHST phục vụ cho hoạt động kinh doanh du lịch, giải trí và NTTS, các HST biển và ĐNN còn cung cấp nhiều loại DVHST có giá trị khác có thể áp dụng chính sách chi trả DVHST. Do đó, cần tiếp tục nghiên cứu để mở rộng nhằm bảo đảm sự công bằng và góp phần bảo tồn, phát triển bền vững các HST tự nhiên ■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Luật BVMT năm 2020.
2. Luật Đa dạng sinh học năm 2018.
3. Luật Lâm nghiệp năm 2017.
4. Luật Thủy sản năm 2017.
5. Luật Quy hoạch năm 2017.
6. Luật Du lịch năm 2017.
7. Nghị định số 08/NĐ-CP ngày 10/1/2022 quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT.
8. Nghị định số 66/2019/NĐ-CP ngày 29/7/2019 về bảo tồn và sử dụng bền vững các vùng ĐNN.
9. Quyết định số 1975/QĐ-TTg ngày 24/11/2021 của Thủ tướng Chính phủ về ban hành Kế hoạch hành động quốc gia về bảo tồn và sử dụng bền vững các vùng ĐNN quan trọng giai đoạn 2021 - 2030.
10. Quyết định số 509/QĐ-TTg ngày 13/6/2024 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch hệ thống du lịch thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2045.
11. Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/1/2022 quy định chi tiết một số điều của Luật BVMT.



# Quy định mới về thu tiền sử dụng đất khi công nhận quyền sử dụng đất ở đối với hộ gia đình, cá nhân theo Luật Đất đai năm 2024

ĐẶNG THỊ HOÀNG ANGA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Khoa Trắc địa Bản đồ & Quản lý đất đai, Trường Đại học Mở - Địa chất

## Tóm tắt

*Tiền sử dụng đất là số tiền mà người sử dụng đất phải trả cho Nhà nước khi được Nhà nước giao đất có thu tiền sử dụng đất, cho phép chuyển mục đích sử dụng đất, công nhận quyền sử dụng đất. Đây là một khoản thu đóng góp tỷ trọng lớn vào ngân sách Nhà nước với trên 50% tổng thu từ đất nhưng đây đồng thời cũng là khoản tài chính đất đai có tính phức tạp, khó xác định nhất cả về quy định pháp lý và thực thi do phụ thuộc vào nguồn gốc đất, thời điểm sử dụng đất, hạn mức sử dụng đất – những nội dung quản lý đất đai vốn có nhiều khó khăn, bất cập. Bài báo làm rõ những quy định của Luật Đất đai năm 2024 khi xác định tiền sử dụng đất trong trường hợp công nhận quyền sử dụng đất ở đối với hộ gia đình cá nhân và chỉ ra những điểm mới của quy định này.*

*Từ khóa:* Tiền sử dụng đất; Công nhận quyền sử dụng đất ở; hộ gia đình, cá nhân.

*JEL Classifications:* Q15, K11, R52.

## 1. QUY ĐỊNH HIỆN HÀNH VỀ THU TIỀN SỬ DỤNG ĐẤT KHI CÔNG NHẬN QUYỀN SỬ DỤNG ĐẤT Ở CHO HỘ GIA ĐÌNH, CÁ NHÂN...

Công nhận quyền sử dụng đất là việc Nhà nước thừa nhận và trao quyền sử dụng đất hợp pháp cho người đang sử dụng đất ổn định mà không có nguồn gốc được Nhà nước giao đất, cho thuê đất, thông qua việc cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu nhà ở và tài sản khác gắn liền với đất lần đầu. Hiểu đơn giản, đây là quá trình Nhà nước chính thức công nhận quyền sử dụng đất của một đối tượng sử dụng đối với một mảnh đất cụ thể, và cấp giấy tờ pháp lý để chứng minh quyền đó.

Vậy bản chất của việc công nhận quyền sử dụng đất là việc cơ quan nhà nước có thẩm quyền cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu tài sản gắn liền với đất lần đầu cho người đang sử dụng đất ổn định đối với thửa đất xác định theo quy định của Luật Đất đai năm 2024.

### 1.1. Các trường hợp hộ gia đình, cá nhân được Nhà nước công nhận quyền sử dụng đất ở

Đối tượng sử dụng đất là hộ gia đình, cá nhân được Nhà nước công nhận quyền sử dụng đất ở và cấp Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất, quyền sở hữu tài sản gắn liền với đất khi đang sử dụng đất không có giấy tờ về quyền sử dụng đất mà không vi phạm pháp luật về đất đai, không thuộc trường hợp đất được giao không đúng thẩm quyền. Cụ thể, hộ gia đình, cá nhân không có các loại giấy tờ sau:

(1) Những giấy tờ về quyền được sử dụng đất do cơ quan có thẩm quyền cấp trong quá trình thực hiện

chính sách đất đai của Nhà nước Việt Nam dân chủ Cộng hòa, Chính phủ Cách mạng lâm thời Cộng hòa miền Nam Việt Nam và Nhà nước Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam;

(2) Một trong các giấy tờ về quyền sử dụng đất do cơ quan có thẩm quyền thuộc chế độ cũ cấp cho người sử dụng đất, gồm: Bằng khoán điền thổ; Văn tự đoạn mãi bất động sản có chứng nhận của cơ quan thuộc chế độ cũ; Văn tự mua bán nhà ở, tặng cho nhà ở, đổi nhà ở, thừa kế nhà ở mà gắn liền với đất ở có chứng nhận của cơ quan thuộc chế độ cũ; Bản di chúc hoặc giấy thỏa thuận tương phân di sản về nhà ở được cơ quan thuộc chế độ cũ chứng nhận; Giấy phép cho xây cất nhà ở; Giấy phép hợp thức hóa kiến trúc của cơ quan thuộc chế độ cũ cấp; Bản án của Tòa án thuộc chế độ cũ đã có hiệu lực thi hành;

(3) Giấy chứng nhận quyền sử dụng đất tạm thời được cơ quan nhà nước có thẩm quyền cấp hoặc có tên trong Sổ đăng ký ruộng đất, Sổ địa chính;

(4) Giấy tờ chuyển nhượng quyền sử dụng đất, mua bán nhà ở gắn liền với đất ở, nay được UBND cấp xã xác nhận đã sử dụng đất trước ngày 15/10/1993;

(5) Sổ mục kê, sổ kiến điền lập trước ngày 18/12/1980 mà có tên người sử dụng đất;

(6) Một trong các giấy tờ được lập trong quá trình thực hiện đăng ký ruộng đất theo Chỉ thị số 299/TTg ngày 10/11/1980 của Thủ tướng Chính phủ về công tác đo đạc, phân hạng và đăng ký ruộng đất trong cả nước do cơ quan nhà nước đang quản lý mà có tên người sử dụng đất, bao gồm: Biên bản xét duyệt của Hội đồng đăng ký ruộng đất cấp xã xác định người đang sử dụng



**ĐẤT KHÔNG GIẤY TỜ  
TRƯỚC 01/07/2014  
ĐƯỢC CẤP SỔ ĐỎ THEO  
LUẬT ĐẤT ĐAI 2024**

đất là hợp pháp; Bản tổng hợp các trường hợp sử dụng đất hợp pháp do UBND cấp xã hoặc Hội đồng đăng ký ruộng đất cấp xã hoặc cơ quan quản lý đất đai cấp huyện, cấp tỉnh lập; Đơn xin đăng ký quyền sử dụng ruộng đất; Giấy tờ về việc chứng nhận đã đăng ký quyền sử dụng đất của UBND cấp xã, cấp huyện hoặc cấp tỉnh cấp cho người sử dụng đất;

(7) Giấy tờ về việc kê khai, đăng ký nhà cửa được UBND cấp xã, cấp huyện hoặc cấp tỉnh xác nhận mà trong đó có ghi diện tích đất có nhà;

(8) Giấy tờ của đơn vị quốc phòng giao đất cho cán bộ, chiến sĩ làm nhà ở theo Chỉ thị số 282/CT-QP ngày 11/7/1991 của Bộ trưởng Bộ Quốc phòng mà việc giao đất đó phù hợp với quy hoạch sử dụng đất làm nhà ở của cán bộ, chiến sĩ trong quy hoạch đất quốc phòng đã được phê duyệt tại thời điểm giao đất;

(9) Dự án hoặc danh sách hoặc văn bản về việc di dân đi xây dựng khu kinh tế mới, di dân tái định cư được UBND cấp huyện, cấp tỉnh hoặc cơ quan có thẩm quyền phê duyệt mà có tên người sử dụng đất;

(10) Giấy tờ có nội dung về quyền sở hữu nhà ở, công trình; giấy tờ về việc xây dựng, sửa chữa nhà ở, công trình được UBND cấp huyện, cấp tỉnh hoặc cơ quan quản lý nhà nước về nhà ở, xây dựng chứng nhận hoặc cho phép;

(11) Giấy tờ tạm giao đất của UBND cấp huyện, cấp tỉnh; Đơn đề nghị được sử dụng đất được UBND cấp xã, hợp tác xã nông nghiệp phê duyệt, chấp thuận trước ngày 1/7/1980 hoặc được UBND cấp huyện, cấp tỉnh phê duyệt, chấp thuận;

(12) Giấy tờ của cơ quan nhà nước có thẩm quyền về việc giao đất cho cơ quan, tổ chức để bố trí đất cho cán bộ, công nhân viên tự làm nhà ở hoặc xây dựng

nhà ở để phân hoặc cấp cho cán bộ, công nhân viên bằng vốn không thuộc ngân sách nhà nước hoặc do cán bộ, công nhân viên tự đóng góp xây dựng;

(13) Giấy tờ khác về quyền sử dụng đất có trước ngày 15/10/1993 do UBND cấp tỉnh quy định phù hợp với thực tiễn của địa phương.

### **1.2. Quy định hiện hành về thu tiền sử dụng đất khi công nhận quyền sử dụng đất ở cho hộ gia đình, cá nhân**

Tương ứng với các trường hợp hộ gia đình cá nhân được công nhận quyền sử dụng đất ở nêu trên là quy định tính tiền sử dụng đất như sau (Điều 10 Nghị định số 103/2024/NĐ-CP về thu tiền sử dụng đất, tiền thuê đất) như sau:

(1) Đối với hộ gia đình, cá nhân sử dụng đất từ trước ngày 18/12/1980 nay được cấp Giấy chứng nhận:

- Đối với phần diện tích đất vượt hạn mức công nhận đất ở không phải nộp tiền sử dụng đất;

- Đối với phần diện tích đất vượt hạn mức công nhận đất ở:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất vượt hạn mức được công nhận đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 20%;

(2) Đối với hộ gia đình, cá nhân sử dụng đất từ ngày 18/12/1980 đến trước ngày 15/10/1993 nay được cấp Giấy chứng nhận:

- Đối với phần diện tích đất vượt hạn mức công nhận đất ở không phải nộp tiền sử dụng đất;

- Đối với phần diện tích đất vượt hạn mức công nhận đất ở nay được cấp Giấy chứng nhận:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất vượt hạn mức được công nhận đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 40%;



(3) Đối với hộ gia đình, cá nhân sử dụng đất từ ngày 15/10/1993 đến trước ngày 01/7/2004 nay được cấp Giấy chứng nhận vào mục đích đất ở:

a) Đối với phần diện tích đất được công nhận trong hạn mức giao đất ở:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất được công nhận trong hạn mức giao đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 20%;

b) Đối với phần diện tích đất được công nhận vượt hạn mức giao đất ở theo quy định tại khoản 2 Điều 195, khoản 2 Điều 196 Luật Đất đai, nay được cấp Giấy chứng nhận vào mục đích đất ở theo quy định tại điểm a khoản 3 Điều 138 Luật Đất đai:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất được công nhận vượt hạn mức giao đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 50%;

(4) Đối với hộ gia đình, cá nhân sử dụng đất từ ngày 01/7/2004 đến trước ngày 01/7/2014 nay được cấp Giấy chứng nhận vào mục đích đất ở:

a) Đối với phần diện tích đất được công nhận trong hạn mức giao đất ở:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất được công nhận trong hạn mức giao đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 40%;

b) Đối với phần diện tích đất được công nhận vượt hạn mức giao đất ở:

Tiền sử dụng đất = Diện tích đất được công nhận vượt hạn mức giao đất ở x Giá đất ở quy định tại Bảng giá đất x 70%.

## 2. MỘT SỐ ĐIỂM MỚI TRONG QUY ĐỊNH VỀ THU TIỀN SỬ DỤNG ĐẤT KHI CÔNG NHẬN ĐẤT Ở ĐỐI VỚI HỘ GIA ĐÌNH, CÁ NHÂN GẮN LIỀN VỚI LUẬT ĐẤT ĐAI NĂM 2024

Những điểm mới nổi bật về nội dung xác định tiền sử dụng đất khi Nhà nước công nhận quyền sử dụng đất ở đối với hộ gia đình, cá nhân theo Luật Đất đai năm 2024:

### 2.1. Về giá đất áp dụng

Luật Đất đai năm 2013 quy định áp dụng 2 loại giá đất: giá đất trong bảng giá đất đối với diện tích trong hạn mức được công nhận đất ở/giao đất ở, áp dụng giá đất cụ thể đối với diện tích vượt hạn mức công nhận đất ở/giao đất ở;

Luật Đất đai năm 2024 quy định áp dụng một loại giá đất là giá trong bảng giá đất đối với cả diện tích trong và vượt hạn mức được công nhận đất ở/hạn mức giao đất ở.

Từ đó, tạo cơ sở thống nhất về giá đất áp dụng giúp cho việc xác định và tính toán dễ dàng.

### 2.2. Về các thời điểm sử dụng đất để xác định nguồn gốc sử dụng đất

Luật Đất đai năm 2024 đã làm rõ và bổ sung thêm thời điểm sử dụng đất để xét nguồn gốc sử dụng đất trong trường công nhận quyền sử dụng đất ở so với quy định theo Luật Đất đai năm 2013, cụ thể:

- Luật Đất đai năm 2013 quy định các thời điểm xét nguồn gốc sử dụng đất được công nhận gồm:

+ Trước ngày 15/10/1993;

+ Từ ngày 15/10/1993 đến trước ngày 01/7/2004;

- Luật Đất đai năm 2024 quy định các thời điểm xét nguồn gốc sử dụng đất được công nhận gồm:

+ Từ trước ngày 18/12/1980;

+ Từ ngày 18/12/1980 đến trước ngày 15/10/1993;

+ Từ ngày 15/10/1993 đến trước ngày 01/7/2004;

+ Từ ngày 01/7/2004 đến trước ngày 01/7/2014.

Những quy định này rõ ràng và mở rộng hơn để tháo gỡ các vướng mắc phát sinh trong thực tiễn khi thực hiện Luật Đất đai năm 2013, đồng thời hài hòa quyền lợi cho các hộ gia đình, cá nhân có thời điểm sử dụng đất theo quy định cũng như góp phần tăng thu ngân sách.

### 2.3. Về tỷ lệ xác định tiền sử dụng đất tương ứng với các thời điểm sử dụng đất

Luật Đất đai năm 2024 bổ sung và chi tiết hơn các mức xác định tiền sử dụng đất, cụ thể là các mức 20%, 40%, 50%, 70% thay vì các mức 50%, 100% như trước. Do đó, Luật Đất đai năm 2024 giải quyết được đồng thời mục tiêu cân đối lợi ích của người sử dụng và tăng thu ngân sách.

## 3. KẾT LUẬN

Có thể thấy những quy định mới về khoản thu tiền sử dụng đất khi công nhận quyền sử dụng đất ở đối với hộ gia đình, cá nhân đã được thể hiện rõ ràng hơn, cụ thể hơn, mở rộng và mang tính đột phá, đặc biệt là quy định về giá đất và áp dụng giá đất trong các khoản thu tài chính đất đai của Luật Đất đai năm 2024 nhằm đạt được các mục tiêu trong quản lý và sử dụng đất của Nhà nước ngày càng hiệu quả hơn. Song để có thể nhận định tính khả thi, hiệu quả của những chính sách trên, chúng ta cần thời gian để những chính sách này đi vào thực tế cuộc sống. Đây cũng sẽ là cơ sở thực tiễn để tiếp tục hoàn thiện cơ chế pháp luật về đất đai trong tương lai. ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Quốc hội (2013), Luật Đất đai năm 2013.
- Quốc hội (2024), Luật Đất đai năm 2024.
- Chính phủ (2014), Nghị định số 45/NĐ-CP quy định về thu tiền sử dụng đất.
- Chính phủ (2024), Nghị định số 103/NĐ-CP quy định về thu tiền sử dụng đất, tiền thuê đất.



# Vi tảo trong ruộng lúa, giải pháp tự nhiên giảm khí nhà kính và cải thiện đất trồng

BÙI THỊ MAI PHỤNG<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

## Tóm tắt

Vi tảo trong ruộng lúa có vai trò cực kỳ quan trọng đối với môi trường, đặc biệt là khả năng giảm phát thải khí nhà kính (KNK) và cải thiện chất lượng đất. Để đánh giá vai trò của vi tảo, số liệu thứ cấp được thu thập từ các báo cáo đã công bố. Kết quả cho thấy vi tảo, đặc biệt là vi khuẩn lam (VKL) không chỉ cố định các-bon và giảm đáng kể nồng độ khí mê-tan phát thải, mà còn giúp chuyển hóa nitơ tự nhiên từ khí quyển thành đạm amoni hữu ích cho cây lúa và cải thiện môi trường đất. Điều này khẳng định vi tảo là công cụ sinh học hiệu quả, giúp tối ưu hóa dinh dưỡng cây trồng, giảm phụ thuộc phân bón hóa học và giảm tác động tiêu cực của canh tác lúa đến biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, bài báo cũng chỉ ra những thách thức trong ứng dụng, đòi hỏi nghiên cứu sâu hơn để tối ưu hóa hiệu quả. Do đó, cần có nghiên cứu sâu hơn để tối ưu hóa hiệu quả ứng dụng chúng trong canh tác lúa.

**Từ khoá:** Canh tác lúa, chất lượng đất, khí nhà kính, vi khuẩn lam, vi tảo.

**JEL Classifications:** Q16, Q10, Q54.

## 1. CANH TÁC LÚA PHÁT THẢI KHÍ NHÀ KÍNH

Theo kết quả nghiên cứu ở đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) về phát thải khí CH<sub>4</sub> từ ruộng lúa ở các vùng sinh thái nông nghiệp khác nhau (đất phù sa, đất nhiễm mặn, đất ngập lụt và đất phèn) cho thấy tỷ lệ phát thải trung bình có sự khác biệt lớn giữa các tiểu vùng sinh thái nông nghiệp, dao động từ 0,31 đến 9,14 kg CH<sub>4</sub>/ha/ngày. Hệ số (HS) phát thải thấp nhất ở vùng đất mặn bình quân là 1,14 kg CH<sub>4</sub>/ha/ngày; HS phát thải ở vùng đất phù sa và đất phèn bình quân lần lượt là 2,39 kg và 2,78 kg CH<sub>4</sub>/ha/ngày; HS phát thải ở vùng đất ngập lụt cao hơn đáng kể so với vùng đất phù sa, đất nhiễm mặn và đất phèn, bình quân 9,14 kg CH<sub>4</sub>/ha/ngày (7,08 - 11,2 kg CH<sub>4</sub>/ha/ngày) (Vo et al., 2018).

Tiếp theo là nghiên cứu của (Bùi Thị Ngọc Oanh (chủ nhiệm), 2025) về đo lường mê-tan phát thải từ ruộng lúa tại Láng Sen (Long An) trong suốt ba vụ mùa liên tiếp: Hè Thu (SA20), Đông Xuân (WS21) và vụ mùa (SS21). Kết quả cho thấy phát thải mê-tan cao nhất tập trung trong giai đoạn đầu của thời kỳ sinh trưởng (trong vòng 21 ngày sau gieo - DAP), sau đó giảm dần ở các giai đoạn tiếp. Từ kết quả này cho thấy, rơm rạ, cỏ dại và các tàn dư thực vật ở trong đất ruộng ở đầu vụ tương đối cao nên tạo điều kiện cho phân hủy yếm khí khi bị ngập nước. Do đó, để giảm lượng phát thải mê-tan cần quản lý chất hữu cơ hiệu quả trong giai đoạn đầu vụ lúa.

Khi áp dụng kỹ thuật ngập khô xen kẽ (AWD), lượng khí CH<sub>4</sub> giảm (-51%) hàng năm so với canh tác truyền thống (CF). Tưới ngập khô xen kẽ theo nông dân (AWDF) làm giảm CH<sub>4</sub> đáng kể (35%) so với các

ruộng truyền thống. Kết quả cho thấy áp dụng AWD và AWDF đều giúp năng suất lúa cao hơn so với truyền thống (Nguyễn Công Thuận et al., 2022). AWD làm giảm phát thải CH<sub>4</sub> bằng cách tăng các quá trình hiếu khí trong đất trồng lúa trong giai đoạn khô. Khi nước rút xuống và ruộng lúa không còn ngập nước, môi trường yếm khí bị phá vỡ, mặt đất trở nên khô thoáng, tạo điều kiện cho vi khuẩn hiếu khí hoạt động, thay vì vi khuẩn yếm khí phân hủy chất hữu cơ và sinh ra CH<sub>4</sub> (Yang et al., 2020).

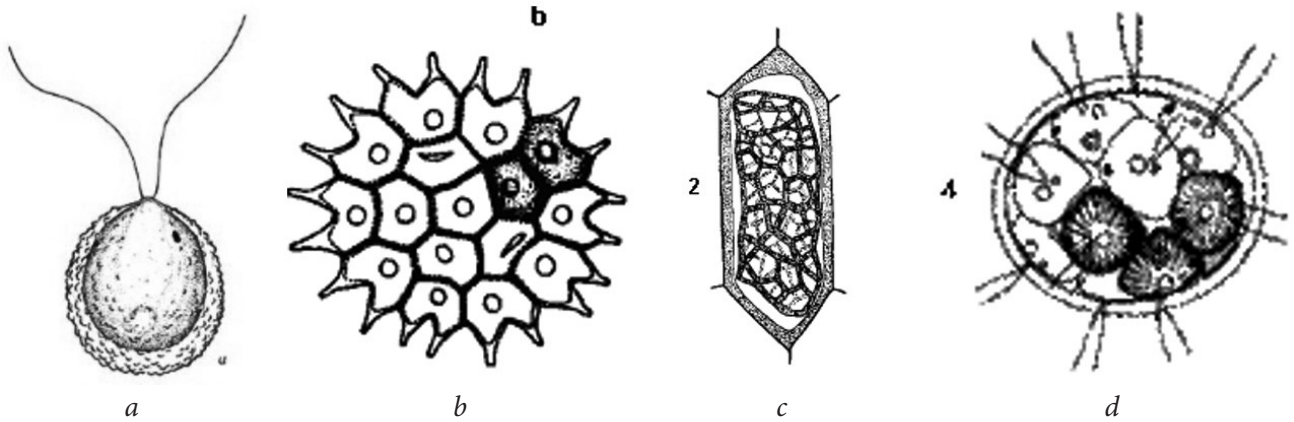
## 2. VI TẢO TRONG RUỘNG LÚA HẤP THỤ KHÍ NHÀ KÍNH VÀ CẢI THIỆN MÔI TRƯỜNG ĐẤT TRỒNG LÚA

### 2.1 Các ngành tảo xuất hiện trong ruộng lúa

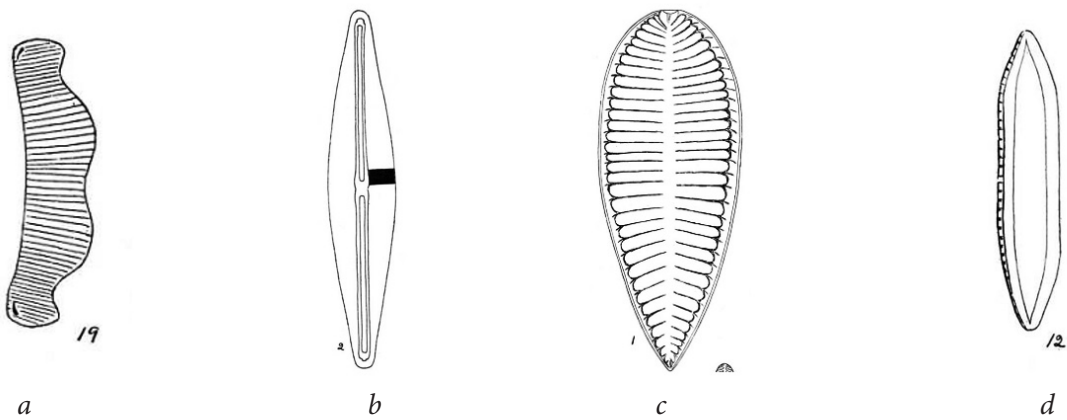
Vi tảo là những sinh vật quang hợp đơn bào hoặc đa bào đơn giản, có khả năng sống trong nhiều môi trường khác nhau, đặc biệt là trong môi trường nước. Trong ruộng lúa ở ĐBSCL, thường xuất hiện bốn ngành vi tảo phổ biến bao gồm tảo lục (Chlorophyta) (Hình 1), tảo silic/tảo khuê (Bacillariophyta) (Hình 2), tảo mắt (Euglenophyta) và VKL (Cyanobacteria) hay còn gọi là tảo lam (Cyanophyta) (Nguyễn Hữu Chiếm et al., 1999), (Dương Trí Dũng et al., 2002), (Ngô Ngọc Hưng, 2009). Chính sự hiện diện của chúng trong ruộng lúa đã góp phần hấp thụ KNK thông qua nhiều cơ chế.

### 2.2 Hấp thụ khí các-bon đi-ô-xít

Theo kết quả nghiên cứu của (Bùi Thị Mai Phụng et al., 2021) ở huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang, tổng sinh khối vi tảo phù du và đáy cung cấp cho ruộng lúa hàng năm là 194 kg/ha/năm (khối lượng khô, KLK) tương đương với 1,08 tấn/ha/năm (khối lượng tươi, KLT).



Hình 1: Các loài tảo lục (a): *Phacotus lenticularis*, (b): *Hydrodictyon reticulatum*, (c): *Pediastrum boryanum*, (d): *Pediastrum boryanum*  
 Nguồn: Nguyễn Lâm Dũng & Nguyễn Hoài Hà, 2006



Hình 2: Các loài tảo khuê thuộc lớp lông chim (a): *Eunotia prerupta* var. *bidens* Grun, (b): *Frustulia rhomboides* (Ehr.) De Toni, (c): *Surirella elegans* Ehr, (d): *Nitzschia litoralis* var. *delawarensis* Grun

Nguồn: Boyer, 1916

Trong đó, sinh khối vi tảo phù du là 70,7 kg/ha/năm (KLK) tương đương với 332 kg/ha/năm (KLT) và sinh khối tảo đáy chiếm 63,5% (123 kg/ha/năm KLK tương ứng với 758 kg/ha/năm KLT), với lượng nước chiếm 82% khối lượng tảo (Bùi Thị Mai Phụng et al., 2021). Do vậy, hàng năm vi tảo trong ruộng lúa có khả năng đồng hóa CO<sub>2</sub> ở mỗi hecta đất trồng lúa có thể vượt hơn 1,976 tấn CO<sub>2</sub>/ha/năm (1,08 tấn sinh khối (Bùi Thị Mai Phụng et al., 2021) × 1,83 kg CO<sub>2</sub> (Khan et al., 2018)) vì nghiên cứu (Bùi Thị Mai Phụng et al., 2021) chỉ tính toán sinh khối cho 4 đợt thu mẫu, những ngày không thu mẫu thì chưa được tính toán.

Sinh khối VKL cố định đạm cũng chiếm tỷ lệ khá lớn. Trong 60% các loại đất trồng lúa được nghiên cứu ở Cộng hòa Senegal – Tây Phi, sinh khối VKL cố định đạm từ 100 - 500 kg/ha (KLT) (Reynaud & Roger, 1978). Qua đó cho thấy lượng đồng hóa CO<sub>2</sub> từ vi tảo, VKL sinh sống trong ruộng lúa rất đáng kể, góp phần giảm lượng KNK gây nóng lên toàn cầu.

### 2.3. Giảm phát thải khí mê-tan

Ở Ấn Độ, khi cấy bảy loại VKL (*Synechocystis* sp., *Oscillatoria angustissima*, *Lyngbya* sp., *Anabaena fertilissima*, *Anabaena* sp., *Anabaena variabilis* và *Tolypothrix tenuis*) vào các lõi đất được thu thập từ các cánh đồng lúa ở điều kiện thí nghiệm mô phỏng. Kết quả cho thấy cả bảy chủng VKL được thử nghiệm đều có tác dụng làm giảm đáng kể nồng độ khí mê-tan trong thời gian đầu ngập nước, ở điều kiện có ánh sáng. Trong đó, *Synechocystis* sp. có hiệu quả nhất trong việc làm giảm nồng độ khí mê-tan phát thải bằng từ 10 - 20 lần so với đối chứng (không có VKL). Sự giảm đáng kể nồng độ khí mê-tan ở điều kiện có ánh sáng bởi VKL *Synechocystis* sp. là do trong quá trình quang hợp dưới ánh sáng *Synechocystis* sp. đã cung cấp oxy cho sự phát triển của vi khuẩn methanotroph nên giúp đẩy nhanh quá trình oxy hóa mê-tan của vi khuẩn methanotroph (2002).



Ở Uruguay, nghiên cứu của Pérez et al., 2023 đã thu thập hai chủng VKL có dị bào *Calothrix* sp. và *Nostoc* sp. từ một cánh đồng lúa ở Viện Nghiên cứu Nông nghiệp Quốc gia. Cây một trong hai chủng VKL này vào đất trồng lúa. Kết quả cho thấy lượng phát thải mê-tan từ ruộng lúa có cấy VKL giảm 20 lần so với ruộng không cấy VKL. Tuy nhiên, tác động lên vi khuẩn tham gia vào chu trình  $CH_4$  lại khác nhau đối với các chủng VKL. Vi khuẩn methanotroph loại Ia được kích thích bởi *Calothrix* sp. ở lớp bề mặt (0 - 2 cm), trong khi *Nostoc* sp. có tác dụng ở lớp đất dưới bề mặt (2 - 4 cm). Các bản sao *pmoA* tổng thể của vi khuẩn methanotroph loại Ib được kích thích bởi chủng *Nostoc*. Các vi khuẩn sinh mê-tan không bị ảnh hưởng ở lớp bề mặt nhưng sự phong phú của chúng bị giảm ở lớp dưới bề mặt do sự hiện diện của *Nostoc* sp.

#### 2.4 Cải thiện môi trường đất trồng lúa

##### a. Các loài VKL cố định đạm trong ruộng lúa

Nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước đã chỉ ra sự đa dạng của các loài VKL có khả năng cố định đạm trong ruộng lúa, tùy thuộc vào điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu và nguồn nước. Ở Châu Âu (Liên Xô cũ), loài VKL *Gloeotrichia natans* (vùng Krasnodar) có khả năng tích lũy đến 92 kg đạm/ha (Goryunova and Orleanski, 1966 trích dẫn bởi Nguyễn Xuân Hiến et al., 1975). Tại Trung Á, các loài thuộc giống *Cylindrospermum* thể hiện khả năng cố định đạm mạnh nhất (Muzafarov, 1953 trích dẫn bởi Nguyễn Xuân Hiến et al., 1975). Ở Nhật Bản, *Tolypothrix tenuis* đóng vai trò quan trọng trong việc giữ chặt đạm (Watanabe, 1959 trích dẫn bởi Nguyễn Xuân Hiến et al., 1975). Ở ruộng lúa Ấn Độ đã ghi nhận sự hiện diện của nhiều loài cố định đạm như *Anabaena anomala*, *Aulosira pseudoramosa*, *Cylindrospermum variabilis*, *Cylindrospermum muscicola*, *Cylindrospermum variabilis*, *Nostoc rivulare*, *Nostoc calcicola*, *Nostoc commune*, *Nostoc paludosum*, *Tolypothrix tenuis*, *Calothrix marchica*, *Gloeotrichia intermedia* (Ramesh, 2004), *Anabaena fertilissima* (Ramesh, 2004), (Sandhyarani & Kumar, 2014), *Anabaena aequalis*, *Anabaena constricta*, *Anabaena variabilis*, *Anabaena doliolum*, *Nostoc muscorum*, *Microchaete calothrichoides*, *Microcoleus acutissimus*, *Oscillatoria princeps*, *Oscillatoria proboscidea*, *Oscillatoria obscura* (Sandhyarani & Kumar, 2014), *Nostoc spongiaeforme*, *Hapalosiphon hibernicus*, *Cylindrospermum majus* (Kemprai, 2013), *Anabaena oryzae* (Sandhyarani & Kumar, 2014), (Kemprai, 2013) và *Calothrix* sp. (Kemprai, 2013). Mặc dù giống *Oscillatoria* có khả năng cố định đạm nhưng hiệu quả kém hơn so với các giống dạng sợi khác như *Nostoc*, *Pseudanabaena*,

*Anabaena*, *Scytonema*, *Gloeotrichia*, *Westiellopsis* và *Tolypothrix* (Ramesh, 2004). Tại các ruộng lúa ở quận St. Francis, Arkansas, Mỹ, các loài VKL có dị bào như *Anabaena cylindrical*, *Aulosira fertilissima*, *Calothrix confervicola*, *Cylindrospermum marchicum*, *Nostoc carneum* và *Nostoc calcicola* xuất hiện với số lượng lớn (Smith, 2008).

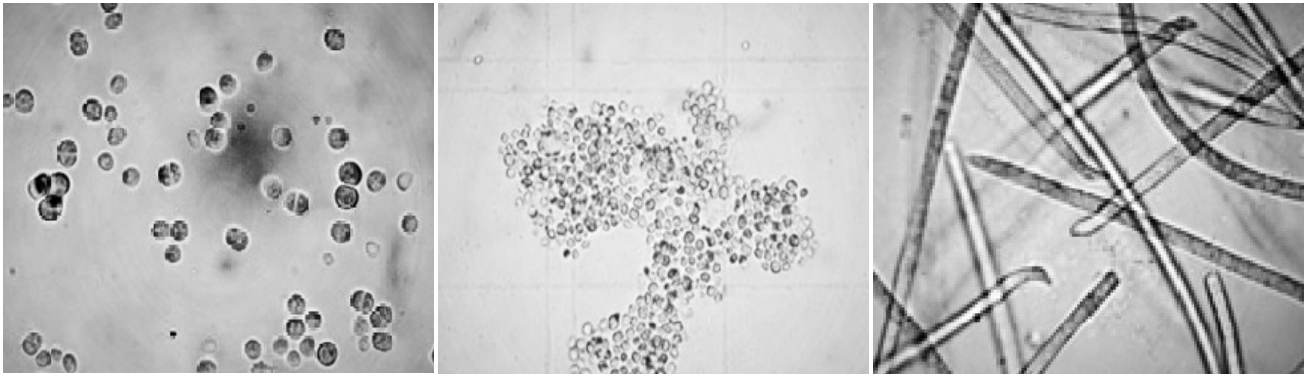
Năm 2019, Nguyễn Thị Hạnh Nguyễn & Nguyễn Hữu Hiệp đã áp dụng kỹ thuật giải trình tự gen 16S rRNA, dòng VKL triển vọng LV5 có độ tương đồng 90% với loài VKL *Lyngbya aestuarii* PCC 7419. Đây là loài không có dị bào nhưng có khả năng cố định đạm. Việc định danh các loài VKL dựa trên sắc tố quang hợp, hình thái bên ngoài hay bằng kỹ thuật sinh học phân tử hiện đại là cơ sở quan trọng để nghiên cứu và ứng dụng chúng trong nông nghiệp.

##### b. Lượng đạm cố định, cải thiện các đặc tính của đất và năng suất lúa

Không chỉ giảm KNK, vi tảo còn mang lại nhiều lợi ích to lớn cho môi trường đất. Sự màu mỡ tự nhiên của đất lúa có đóng góp quan trọng từ quá trình cố định đạm sinh học đặc biệt là VKL. VKL đóng vai trò chủ chốt trong việc chuyển hóa khí nitơ ( $N_2$ ) từ khí quyển (De, 1939 trích dẫn bởi Vũ Quang Mạnh, 2004) thành đạm amoni ( $N-NH_4^+$ ). Dạng đạm này được cây lúa hấp thụ để tổng hợp các acid amin và protein, cung cấp các dưỡng chất thiết yếu cho cây trồng.

Nhiều nghiên cứu ở Nhật Bản, Ấn Độ, Bangladesh, Nepal, Iran, Thụy Điển và Việt Nam đã làm rõ khả năng cố định đạm của nhóm VKL trong môi trường đất tự nhiên và khi được bổ sung vào đất trồng lúa. Ở Ấn Độ, lượng đạm do VKL cố định trong đất tự nhiên đạt mức 14 kgN/ha (De and Mandal, 1956 trích dẫn bởi FAO of the United Nations, 1981), trong mùa thích hợp thì lượng đạm cố định đạt từ 20 - 30 kgN/ha (Đặng Đình Kim & Đặng Hoàng Phước Hiến, 1999). Tại Thụy Điển, các cánh đồng có giống *Nostoc* phong phú ghi nhận lượng N cố định từ 15 - 51 kgN/ha/năm, trong khi đồng cỏ ven hồ với các giống *Nostoc*, *Anabaena*, *Cylindrospermum* và *Calothrix* có lượng N cố định từ 4 - 44 kgN/ha/năm (Henriksson, 1971 trích dẫn bởi FAO of the United Nations, 1981). Mức độ cố định đạm sinh học phụ thuộc vào nhiều yếu tố như hệ sinh thái, tập quán canh tác và sự phát triển khác nhau của giống lúa.

Việc bổ sung VKL không chỉ tăng lượng đạm cố định mà còn cải thiện các đặc tính của đất và sinh trưởng của cây lúa. Khi bổ sung thêm phân lân, lượng đạm cố định đạt từ 18 đến 69 kgN/ha (De and Mandal, 1956 trích dẫn của FAO of the United Nations, 1981). Lượng đạm trong đất trồng lúa cũng tăng từ 3 - 8% sau 30 ngày cấy VKL cố định đạm (Nguyễn Xuân



(a) *Chroococcus*

(b) *Microcystis*

(c) *Oscillatoria*

Hình 3: Các giống vi khuẩn lam dạng đơn bào và sợi (Nguồn: Nguyễn Thị Hạnh Nguyễn & Nguyễn Hữu Hiệp, 2019)

Thành et al., 2007) hay tăng 31,6% so với đối chứng (Paudel & Pradhan, 2012). Lượng các-bon hữu cơ trong đất cũng tăng 68,7% sau 3 năm cấy VKL so với đối chứng (Singh, 1961 trích dẫn bởi Roger & Kulasoorya, 1980). Tùy thuộc vào giống loài VKL mà loại acid amin thải vào môi trường khác nhau, chẳng hạn VKL *Calothrix brevissima* tích lũy đạm trong đất dạng alanin, aspartic và glutamic, trong khi *Nostoc muscorum* tích lũy dạng glutamic và amoniac (Nguyễn Xuân Hiên et al., 1975).

### 3. THÁCH THỨC VÀ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG VI TẢO TRONG CANH TÁC LÚA

Mặc dù vi tảo mang lại nhiều lợi ích rõ rệt, việc ứng dụng chúng vào canh tác lúa vẫn còn đối mặt với một số thách thức như sự thay đổi của điều kiện môi trường (nhiệt độ, cường độ ánh sáng, sự hiện diện của các độc chất...); việc lựa chọn chủng vi tảo/VKL phù hợp, đặc biệt duy trì hoạt tính sinh học của chúng; tính khả thi về kinh tế; kiến thức và kỹ thuật canh tác của nông dân. Do đó, cần nghiên cứu sâu hơn để xác định các loài vi tảo hiệu quả nhất, tối ưu hóa điều kiện phát triển và ứng dụng trong các loại đất và điều kiện thời tiết ở ĐBSCL, đặc biệt ở tỉnh An Giang và Kiên Giang (tỉnh An Giang mới).

Phát triển các kỹ thuật nhân nuôi và đưa VKL bản địa vào ruộng lúa một cách hiệu quả, bền vững với chi phí hợp lý. Đồng thời, chuyển giao kỹ thuật cho nông dân, từng bước khuyến khích nông dân áp dụng các phương pháp canh tác lúa thân thiện môi trường khi tận dụng nguồn VKL trong tự nhiên.

Với tiềm năng to lớn trong việc giảm phát thải KNK và cải thiện môi trường đất, vi tảo thực sự là một giải pháp tự nhiên đầy hứa hẹn cho ngành nông nghiệp lúa gạo bền vững. Việc khuyến khích và đầu tư vào nghiên cứu, ứng dụng vi tảo trong ruộng lúa không chỉ góp phần vào nỗ lực giảm tác động tiêu cực từ biến đổi khí hậu mà còn tạo

ra một nền nông nghiệp xanh, sạch hơn, mang lại lợi ích lâu dài cho cộng đồng và môi trường sống.

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tổng hợp được vai trò hữu ích của vi tảo trong canh tác lúa. Vi tảo, đặc biệt là VKL có khả năng đáng kể trong việc hấp thụ khí các-bon đi-ô-xít và giảm phát thải mê-tan, góp phần làm giảm thiểu khí nhà kính. Ngoài ra, chúng còn cải thiện chất lượng đất thông qua cố định đạm tự nhiên và tăng cường các đặc tính đất.

Mặc dù có nhiều tiềm năng, việc ứng dụng vi tảo vẫn đối mặt với các thách thức như sự biến động của điều kiện môi trường, việc lựa chọn chủng vi tảo phù hợp, tính khả thi về kinh tế và kiến thức canh tác của nông dân. Tuy nhiên, vi tảo vẫn là một giải pháp cần được nghiên cứu, triển khai và áp dụng trong quá trình sản xuất lúa gạo ở ĐBSCL, sẽ đóng góp rất lớn cho Đề án phát triển bền vững 1 triệu ha chuyên canh lúa chất lượng cao và phát thải thấp gắn với tăng trưởng xanh vùng ĐBSCL đến năm 2030” của Thủ tướng Chính phủ. Nếu lượng khí phát thải được kiểm đếm, chúng nhận, phát hành tín chỉ các-bon và trao đổi trên các thị trường tài chính các-bon trên thế giới thì góp phần quan trọng gia tăng giá trị hạt gạo Việt Nam, nâng cao thêm thu nhập cho người nông dân ■

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Boyer, C. S. (1916). *The Diatomaceae of Philadelphia and Vicinity*. J. B. Lippincott Company. <https://ia800203.us.archive.org/16/items/diatomaceofphi00boye/diatomaceofphi00boye.pdf>
2. Bùi Thị Mai Phụng, Nguyễn Tuấn Anh, & Nguyễn Hữu Chiêm. (2021). *Đánh giá khả năng cung cấp sinh khối và dinh dưỡng của vi tảo phù du và bám đáy trong ruộng lúa ba vụ ở huyện Chợ Mới, tỉnh An Giang*. 10(409), 101–111.



3. Bùi Thị Ngọc Oanh (chủ nhiệm). (2025, April 23). Ước tính phát thải khí metan từ ruộng lúa bằng kỹ thuật Eddy Covariance-Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM. <https://hcmus.edu.vn/uoc-tinh-phat-thai-khi-metan-tu-ruong-lua-bang-ky-thuat-eddy-covariance/>
4. Đặng Đình Kim, & Đặng Hoàng Phước Hiền. (1999). Công nghệ sinh học vi tảo. Nông nghiệp.
5. Dương Trí Dũng, Nguyễn Hữu Chiếm, Nguyễn Văn Công, Lê Văn Dũ, & Huỳnh Quốc Tịnh. (2002). Đặc tính môi trường nước trong vùng thâm canh sản xuất lúa ở ĐBSCL. Kỷ Yếu Hội Thảo Tổng Kết Dự Án JICA – Nhật Bản về Cải Thiện Bảo Tồn Môi Trường và Nông Nghiệp Bền Vững.
6. FAO of the United Nations. (1981). Blue-green algae for rice production. <https://www.fao.org/4/ar124e/ar124e.pdf>
7. Kempriai, R. (2013). Biodiversity of Cyno-Bacteria in Soils of Greater Haflong and Their Nitrogen Fixing Capacity. IJOARBP, 1(3), 31–40.
8. Khan, M. I., Shin, J. H., & Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: Current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. Microbial Cell Factories, 17(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>
6. Ngô Ngọc Hùng. (2009). Tính chất tự nhiên và những tiến trình làm thay đổi độ phì nhiêu đất Đồng bằng sông Cửu Long. NXB Nông nghiệp TPHCM.
7. Nguyễn Công Thuận, Huỳnh Văn Thảo, Huỳnh Công Khánh H. C., Nguyễn Hữu Chiếm, Trần Sỹ Nam, Izumi T., & Nguyễn Văn Công. (2022). Kỹ thuật canh tác lúa tiết kiệm nước, giảm phát thải khí nhà kính và thích ứng biến đổi khí hậu. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, 58(SDMD), Article SDMD. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.209>
8. Nguyễn Hữu Chiếm, Trần Chấn Bắc, Trần Quang Tuyển, & Lê Văn Dũ. (1999). Bước đầu khảo sát ảnh hưởng của sự thâm canh lúa 3 vụ đến môi trường sinh thái nông nghiệp tại một số điểm ĐBSCL [Báo cáo kết quả đề tài cấp Bộ 1997-1999].
9. Nguyễn Lân Dũng, & Nguyễn Hoài Hà. (2006, July 16). Vi tảo (Microalgae). Vietsciences. <http://vietsciences.free.fr/khaocuu/nguyenlandung/vitao01.htm>
10. Nguyễn Thị Hạnh Nguyễn, & Nguyễn Hữu Hiệp. (2019). Phân lập và tuyển chọn VKL (cyanobacteria) có khả năng cố định đạm ở ruộng lúa tỉnh Đồng Tháp. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Tập 55, Số CĐ Công nghệ Sinh học, 20–26. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2019.039>
11. Nguyễn Xuân Hiền, Vũ Minh Kha, Hoàng Đình Ngọc, & Vũ Hữu Yêm. (1975). Đạm sinh học trong trồng trọt. Khoa học và Kỹ thuật.
12. Nguyễn Xuân Thành (Chủ biên), Nguyễn Đường, Hoàng Hải, & Vũ Thị Hoàn. (2007). Sinh học đất. Giáo dục.
13. Paudel, Y. P., & Pradhan, S. (2012). Effect of blue-green algae on soil nitrogen. ResearchGate, 11(61), 12472–12474. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2149>
14. Pérez, G., Krause, S. M. B., Bodelier, P. L. E., Meima-Franke, M., Pitombo, L., & Irisarri, P. (2023). Interactions between Cyanobacteria and Mê-tan Processing Microbes Mitigate Mê-tan Emissions from Rice Soils. Microorganisms, 11(12), Article 12. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11122830>
15. Radha Prasanna, Vinod Kumar, Sushil Kumar, Ashok Kumar Yadav, Upasana Tripathi, Atul Kumar Singh, M. C. Jain, Prabhat Gupta, P. K. Singh, & N. Sethunathan. (2002). Mê-tan production in rice soil is inhibited by cyanobacteria. Microbiological Research. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501304700531>
16. Ramesh, R. (2004). Paddy Field Cyanobacteria: Diversity and Pesticide Tolerance [Doctor of Philosophy]. Cochin University of Science and Technology.
17. Reynaud, P. A., & Roger, P. A. (1978). N<sub>2</sub> fixing algal biomass in Senegal rice fields. 26, 148–157.
18. Roger, P. A., & Kulasoorya, S. A. (1980). Blue-Green Algae and Rice. The International Rice Research Institute. [http://books.irri.org/971104028X\\_content.pdf](http://books.irri.org/971104028X_content.pdf)
19. Sandhyarani, G., & Kumar, K. P. (2014). Distribution of Blue-Green Algae in Rice Fields of Warangal District of Andhra Pradesh, India. 4(3), 162–164.
20. Smith, T. (2008). Algae in Agricultural Fields from St. Francis County, Arkansas. Journal of the Arkansas Academy of Science, 62, 97–102.
21. Vo, T. B. T., Wassmann, Reiner, Tirol-Padre, Agnes, Cao, Van Phuong, MacDonald, Ben, Espaldon, Maria Victoria O., & Sander, B. O. (2018). Mê-tan emission from rice cultivation in different agro-ecological zones of the Mekong river delta: Seasonal patterns and emission factors for baseline water management. Soil Science and Plant Nutrition, 64(1), 47–58. <https://doi.org/10.1080/0380768.2017.1413926>
22. Vũ Quang Mạnh. (2004). Sinh thái học đất. Đại học Sư Phạm Hà Nội.
23. Yang, H., Feng, J., Weih, M., Meng, Y., Li, Y., Zhai, S., & Zhang, W. (2020). Yield reduction of direct-seeded rice under returned straw can be mitigated by appropriate water management improving soil phosphorus availability. Crop and Pasture Science, 71(2), 134–146. <https://doi.org/10.1071/CP19396>



# Sự cần thiết phải ban hành Chiến lược Sức khỏe đất quốc gia

ĐỖ HUY THIỆP<sup>1</sup>, PHẠM ĐỨC THỊNH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Phó Viện trưởng Viện nghiên cứu Thị trường và Thể chế Nông nghiệp - Học viện Nông nghiệp Việt Nam

<sup>2</sup> Trưởng phòng Nghiên cứu Chiến lược và Thị trường, Viện nghiên cứu Thị trường và Thể chế Nông nghiệp - Học viện Nông nghiệp Việt Nam

## Tóm tắt

Việt Nam là một trong những quốc gia được xếp vào loại khan hiếm đất và chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu. Những thay đổi về nhiệt độ, lượng mưa, các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, nắng nóng, cùng với nước biển dâng đã làm gia tăng diện tích đất bị xâm nhập mặn, khô hạn, hoang mạc hóa, ngập úng, xói mòn, rửa trôi, sạt lở. Trong bối cảnh đó, với những cơ hội và thách thức đan xen, thực trạng suy giảm sức khỏe đất cùng những tác động đa chiều đến kinh tế, xã hội và môi trường cho thấy việc xây dựng và triển khai một Chiến lược Sức khỏe đất quốc gia toàn diện là yêu cầu cấp bách và mang tính sống còn đối với sự phát triển bền vững của đất nước.

**Từ khóa:** Đất, sức khỏe đất, biến đổi khí hậu.

**JEL Classifications:** N50, O13, R14, Q15.

## 1. MỞ ĐẦU

Trong những thập kỷ qua, ngành nông nghiệp Việt Nam đã ghi nhận bước tiến vượt bậc, khẳng định vai trò quan trọng trong nền kinh tế và đảm bảo an ninh lương thực quốc gia. Năng suất và sản lượng nhiều loại nông sản chủ lực như lúa gạo, cà phê, hồ tiêu, trái cây liên tục tăng trưởng, đưa Việt Nam vào nhóm các quốc gia xuất khẩu nông sản hàng đầu thế giới. Những con số ấn tượng này là minh chứng cho sự nỗ lực không ngừng của người nông dân, sự đầu tư vào khoa học kỹ thuật và chính sách hỗ trợ của nhà nước. Tuy nhiên, đằng sau thành tựu đó là những đánh đổi không nhỏ đối với môi trường, đặc biệt là sức khỏe đất - nguồn tài nguyên vô giá và có hạn. Áp lực thâm canh, tăng vụ, lạm dụng phân bón hóa học và thuốc bảo vệ thực vật (BVTV) nhằm tối đa hóa sản lượng đã và đang khiến đất đai ngày càng suy kiệt. Các chỉ tiêu quan trọng phản ánh “sức sống” của đất, từ tính chất vật lý, hóa học đến sinh học, đều đang có những chuyển biến theo chiều hướng tiêu cực. Đây là thực trạng đòi hỏi sự nhìn nhận thẳng thắn và những giải pháp căn cơ, có chiến lược để đảm bảo sự phát triển bền vững cho nông nghiệp Việt Nam.

## 2. HIỆN TRẠNG SỨC KHỎE ĐẤT

Sức khỏe đất, theo định nghĩa của Ban Kỹ thuật Liên chính phủ về Đất (ITPS), là “khả năng của đất trong việc duy trì năng suất, đa dạng sinh học và các dịch vụ môi trường của hệ sinh thái trên cạn”. Nó không chỉ là yếu tố quyết định đến năng suất cây trồng mà còn liên quan mật thiết đến chất lượng nông sản, sức khỏe vật nuôi và con người. Tuy nhiên, nhiều bằng chứng khoa

học cho thấy sức khỏe đất tại Việt Nam đang trên đà suy giảm, thể hiện rõ qua các biến đổi về chỉ tiêu vật lý, hóa học và sinh học. Thực tế cho thấy, cấu trúc đất - nền tảng cho sự phát triển của cây trồng đang bị phá vỡ ở nhiều vùng nông nghiệp trọng điểm. Tại các vùng chuyên canh cây ăn quả lâu năm, đất trở nên ngày càng chặt nén theo thời gian, khiến khả năng thấm nước, giữ ẩm và lưu thông khí giảm mạnh. Việc canh tác liên tục khiến lớp đất mặt mất dần độ tơi xốp, sét bị rửa trôi xuống sâu, trong khi tầng đất canh tác bị nén cứng, cản trở sự phát triển của rễ và vi sinh vật. Các yếu tố quan trọng như độ xốp hay đoàn lạp bền - vốn giúp đất thông thoáng và chống xói mòn đều suy giảm. Chẳng hạn, tại đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), cơ giới hóa và thâm canh ba vụ lúa cũng đang để lại “di chứng”: tầng đế cày hình thành dưới lớp đất mặt cứng, nghèo dinh dưỡng và gần như không cho nước hoặc rễ xuyên qua. Không dừng lại ở các đặc tính vật lý, những chỉ số hóa học cũng cho thấy xu hướng suy thoái rõ rệt. Độ pH - yếu tố then chốt trong khả năng hấp thu dinh dưỡng của cây đang có dấu hiệu chua hóa diện rộng. Nhiều vùng đất lúa từ đồng bằng sông Hồng đến Tây Nguyên, vốn đã chua sẵn, nay còn chua hơn. Các vùng đất mặn, đất phèn và đất phù sa từng màu mỡ đang dần mất đi trạng thái cân bằng tự nhiên. Bên cạnh đó, khả năng giữ và cung cấp dinh dưỡng của đất thể hiện qua chỉ số hấp thu cation (CEC) cũng đang sụt giảm nghiêm trọng. Đây là dấu hiệu cho thấy đất không còn khả năng tích lũy hoặc cung cấp khoáng chất một cách hiệu quả cho cây trồng. Hàm lượng chất hữu cơ vốn được xem là “linh hồn” của đất cũng đi xuống ở nhiều



Quang cảnh Hội nghị triển khai Đề án “Nâng cao sức khỏe đất và quản lý dinh dưỡng cây trồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050” do Bộ NN&PTNT tổ chức ngày 18/10/2024, tại Hà Nội

vùng. Đáng lo ngại là xu hướng giảm các-bon hữu cơ trong tầng đất mặt, nơi tập trung phần lớn hoạt động sinh học của đất. Nếu không có giải pháp kịp thời, nhiều vùng đất đang đứng trước nguy cơ mất hoàn toàn khả năng canh tác. Mặt khác, tình trạng mất cân bằng dinh dưỡng ngày càng phổ biến. Một số vùng đất được bón phân quá mức, tích lũy lân và kali đến mức dư thừa, gây ô nhiễm kim loại nặng. Ngược lại, nhiều nơi, đặc biệt là vùng đồi dốc lại thiếu hụt nghiêm trọng các chất dinh dưỡng thiết yếu, khiến đất trở nên nghèo kiệt và bạc màu nhanh chóng. Ngoài ra, không thể không nhắc tới sự suy giảm của các chỉ tiêu sinh học - thước đo cho “sự sống” trong đất. Đất không chỉ là nơi neo giữ cây trồng, mà còn là hệ sinh thái phức hợp, nơi cư trú của hàng tỉ vi sinh vật, động vật nhỏ và giun đất - những “kỹ sư” thâm lặng điều hòa hệ sinh thái nông nghiệp. Tuy nhiên, hoạt động thâm canh, sử dụng quá mức phân bón hóa học, thuốc BVTV và đốt tàn dư nông nghiệp đã làm hệ sinh thái này bị xáo trộn nghiêm trọng. Giun đất, loài được xem như chỉ thị sinh học đang giảm về số lượng và đa dạng ở nhiều vùng. Các loài vi sinh vật vốn chiếm hơn 1/4 tổng đa dạng sinh học trên Trái đất cũng đang dần biến mất trong lòng đất nghèo hữu cơ và ô nhiễm hóa chất.

Những thay đổi tiêu cực về các chỉ số vật lý, hóa học và sinh học này không chỉ dừng lại ở con số thống kê mà còn gây ra những tác động tiêu cực sâu rộng đến sản xuất nông nghiệp, sức khỏe con người và hệ sinh thái. Đối với sản xuất nông nghiệp, mất cân bằng dinh

dưỡng và suy thoái đất trực tiếp làm giảm năng suất và chất lượng nông sản. Ví dụ, trên đất phèn, kali là yếu tố hạn chế, nếu thiếu sẽ gây ảnh hưởng xấu đến quá trình trao đổi chất trong cây, làm suy yếu hoạt động của hàng loạt các men, giảm quá trình trao đổi các hợp chất, hậu quả là lá già vàng sớm, khô từ mép lá, hạt lép, giảm năng suất và chất lượng. Thiếu các nguyên tố vi lượng cũng ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ các nguyên tố đa lượng của cây trồng, làm giảm hiệu quả phân bón và tăng chi phí sản xuất. Độ pH đất thay đổi cũng ảnh hưởng đến hoạt động của vi sinh vật và sự hữu dụng của dinh dưỡng cho cây.

Đất không chỉ là nền tảng cho sản xuất nông nghiệp, mà còn là điểm xuất phát của một chuỗi tác động liên hoàn đến sức khỏe con người và hệ sinh thái. Khi đất bị ô nhiễm bởi dư lượng thuốc BVTV và kim loại nặng, những độc chất này có thể len lỏi vào cây trồng, thâm nhập vào thực phẩm hằng ngày và âm thầm tích tụ trong cơ thể người tiêu dùng. Tại nhiều vùng trên cả nước, thực phẩm tưởng chừng an toàn lại đang tiềm ẩn nhiều nguy cơ. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng, trong một số mẫu hành lá và cải xanh, hàm lượng thuốc trừ sâu cao gấp nhiều lần so với ngưỡng an toàn. Đây không chỉ là vấn đề về chất lượng thực phẩm, mà là hồi chuông cảnh báo cho sức khỏe cộng đồng, bởi việc tích lũy các chất độc này trong thời gian dài có thể gây rối loạn sinh hóa, ảnh hưởng đến hệ thần kinh và thậm chí làm tăng nguy cơ ung thư. Các kim loại nặng như chì, asen, cadimi cũng đang dẫn



xuất hiện trong chuỗi thực phẩm thông qua nhiều con đường khác nhau. Chì, một chất độc thần kinh có thể xâm nhập cơ thể qua không khí hoặc thực phẩm, gây tổn thương lâu dài cho hệ thần kinh và nội tạng. Asen, thường tích tụ trong đất từ nguồn nước ngầm ô nhiễm đang từng bước thâm nhập vào hạt gạo, làm gia tăng phơi nhiễm cho những người tiêu dùng. Cadimi, chất độc từ phân bón và bùn thải đặc biệt nguy hiểm với cây lúa và đã từng gây ra căn bệnh Itai-itai nổi tiếng ở Nhật Bản, với những hệ quả như loãng xương, đau nhức và suy thận. Không chỉ con người, cả hệ sinh thái cũng đang bị ảnh hưởng nghiêm trọng. Các chất ô nhiễm hữu cơ bền vững như DDT dù đã bị cấm từ lâu vẫn hiện diện trong đất và chuỗi thức ăn, ảnh hưởng đến nội tiết tố của động vật và làm rối loạn quá trình sinh sản. Trong khi đó, sự suy giảm đa dạng sinh học đất, đặc biệt là sự biến mất của các loài thụ phấn, đang làm lung lay năng suất và chất lượng nông sản.

Đằng sau những cánh đồng xanh và giỏ rau tươi là một câu chuyện đáng suy ngẫm: khi đất bị tổn thương, con người cũng không thể khỏe mạnh. Đất sạch, vì thế, không chỉ là điều kiện để sản xuất, mà là tuyến phòng thủ đầu tiên cho an toàn thực phẩm và sức khỏe cộng đồng. Nguyên nhân dẫn đến thực trạng đáng báo động về sức khỏe đất tại Việt Nam rất đa dạng, trong đó hoạt động sản xuất nông nghiệp thiếu bền vững đóng vai trò chủ yếu, bên cạnh các yếu tố khác quan khác. Về sản xuất nông nghiệp, việc lạm dụng phân bón hóa học là vấn đề nổi cộm. Việt Nam sử dụng trung bình 10,3 triệu tấn phân bón/năm trong giai đoạn 2017 - 2020, trong đó gần 90% là các loại phân vô cơ [1]. Lượng tiêu thụ phân bón trên một ha đất canh tác của Việt Nam ở mức 195 - 200 kg/ha, cao hơn mức trung bình thế giới (138 kg/ha năm 2016) [2]. Việc sử dụng các loại phân hóa học thuộc nhóm chua sinh lý nếu bón liên tục mà không có biện pháp trung hòa sẽ làm chua đất, nghèo kiệt các ion bazơ và xuất hiện nhiều độc tố. Tại ĐBSCL, lượng phân bón sử dụng trong canh tác lúa thường vượt mức khuyến cáo, ước tính mỗi năm khoảng 140.000 tấn N, 82.000 tấn P, và 66.000 tấn K bị lãng phí [2]. Nông dân trồng cà phê và hồ tiêu ở Tây Nguyên cũng có tới 70% bón phân hóa học với liều cao hơn nhiều so với khuyến cáo [3]. Cùng với đó, việc lạm dụng thuốc BVTV cũng gây ra những hệ lụy nghiêm trọng. Lượng thuốc trừ sâu sử dụng tăng mạnh từ 76.833,6 tấn năm 2012 lên 139.416,02 tấn năm 2018 [4], mặc dù gần đây có xu hướng giảm nhẹ và tăng sử dụng thuốc BVTV sinh học. Tuy nhiên, tình trạng sử dụng thuốc độc hại, bị cấm hoặc không đăng ký vẫn diễn ra [5, 6]. Thuốc BVTV làm thay đổi pH đất, gây

mất cân bằng dinh dưỡng, tích tụ hóa chất độc hại và suy giảm đa dạng sinh học đất.

Thâm canh và độc canh quá mức cũng là một nguyên nhân quan trọng. Việc trồng một loại cây liên tục (độc canh) và tăng cường đầu vào (thâm canh) nhằm gia tăng sản lượng đã làm giảm đa dạng sinh học, tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển và lây lan của dịch bệnh, khiến đất bị thoái hóa và mất cân bằng dinh dưỡng. Đất trồng lúa 3 vụ ở ĐBSCL bị bạc màu, suy thoái do áp lực thâm canh tăng vụ. Độc canh cây lúa tại đồng bằng sông Hồng và ĐBSCL, cà phê ở Tây Nguyên, hồ tiêu ở Đông Nam bộ đang làm giảm tính đa dạng sinh học và khả năng phục hồi của hệ sinh thái nông nghiệp, khiến đất ngày càng bị suy kiệt. Bên cạnh đó, việc đốt phụ phẩm nông nghiệp, như rơm rạ ở ĐBSCL nơi khoảng 70% trong số 26-27 triệu tấn rơm rạ hàng năm bị đốt tại đồng, làm mất đi lượng lớn nitơ (98% - 100%), photpho (24%) và kali (35%), giảm các-bon hữu cơ và tiêu diệt vi sinh vật đất [7, 8, 9]. Các hoạt động tưới tiêu không hợp lý, cày xới làm đất không đúng kỹ thuật cũng góp phần phá vỡ cấu trúc đất, gây xói mòn hoặc khô hạn.

Ngoài ra, ô nhiễm từ các hoạt động công nghiệp, đô thị hóa và sinh hoạt cũng tác động tiêu cực đến sức khỏe đất. Quá trình công nghiệp hóa, hiện đại hóa với sự phát triển mạnh mẽ của các khu công nghiệp đã phát sinh lượng lớn chất thải rắn và nước thải công nghiệp. Nhiều chất thải nguy hại không được xử lý đúng cách, gây ô nhiễm kim loại nặng trong đất. Nước thải sinh hoạt và công nghiệp chưa qua xử lý đổ ra môi trường làm chua hóa đất, tích tụ kim loại nặng, đặc biệt ở các vùng ven đô và khu công nghiệp. Đất nông nghiệp xen kẽ khu dân cư, khu công nghiệp thường bị ô nhiễm nghiêm trọng và không thể canh tác.

Cuối cùng, không thể không kể đến tác động của biến đổi khí hậu. Việt Nam là một trong những quốc gia được xếp vào loại khan hiếm đất và chịu ảnh hưởng nặng nề của biến đổi khí hậu. Những thay đổi về nhiệt độ, lượng mưa, các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán, nắng nóng, cùng với nước biển dâng đã làm gia tăng diện tích đất bị xâm nhập mặn, khô hạn, hoang mạc hóa, ngập úng, xói mòn, rửa trôi, sạt lở.

### 3. XÂY DỰNG VÀ TRIỂN KHAI MỘT CHIẾN LƯỢC SỨC KHỎE ĐẤT QUỐC GIA LÀ YÊU CẦU CẤP BÁCH

Trước những thách thức này và nhận thức được vai trò quan trọng của sức khỏe đất, Chính phủ Việt Nam đã ban hành nhiều chủ trương, chính sách, văn bản quy phạm pháp luật nhằm bảo vệ và cải thiện nguồn tài nguyên này, đồng thời khuyến khích các thực hành nông nghiệp bền vững. Nghị quyết số 18-NQ/TW,



ngày 16/6/2022, Hội nghị lần thứ năm Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XIII về tiếp tục đổi mới, hoàn thiện thể chế, chính sách, nâng cao hiệu lực, hiệu quả quản lý và sử dụng đất, tạo động lực đưa nước ta trở thành nước phát triển có thu nhập cao và Nghị quyết số 19/NQ-TW, ngày 16/6/2022, Hội nghị lần thứ năm Ban Chấp hành Trung ương Đảng khóa XIII về nông nghiệp, nông dân, nông thôn đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 của Đảng đã nhấn mạnh việc hoàn thiện khung pháp lý, nâng cao hiệu quả quản lý, kiểm soát ô nhiễm, ngăn ngừa suy thoái và ứng dụng khoa học công nghệ trong đánh giá, giám sát chất lượng đất. Các văn bản pháp lý quan trọng như Luật Đất đai năm 2024, Luật Trồng trọt năm 2018, Luật BVMT năm 2020, cùng nhiều Nghị định, Quyết định của Chính phủ và các Bộ/ngành đã tạo ra một hành lang pháp lý nhất định. Điển hình là Quyết định số 150/QĐ-TTg phê duyệt Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, đặt mục tiêu bảo vệ, cải thiện tài nguyên đất và nước. Gần đây nhất, Quyết định số 3458/QĐ-BNN-BVTV ngày 19/12/2024 của Bộ NN&PTNT phê duyệt Đề án Nâng cao sức khỏe đất và quản lý dinh dưỡng cây trồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 được xem là văn bản chuyên biệt có tính pháp lý cao nhất hiện nay về sức khỏe đất. Tuy nhiên, một thực tế là các quy định này còn nằm rải rác ở nhiều văn bản khác nhau, thuộc thẩm quyền quản lý của nhiều Bộ, ngành như Bộ Nông nghiệp và Môi trường, Bộ Khoa học và Công nghệ, Bộ Giáo dục và Đào tạo, Bộ Tài chính. Điều này dẫn đến sự chồng chéo, thiếu đồng bộ trong triển khai và giám sát. Đề án Nâng cao sức khỏe đất và quản lý dinh dưỡng cây trồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, dù mang ý nghĩa quan trọng, nhưng chủ yếu tập trung vào sức khỏe đất phục vụ trồng trọt và các giải pháp cải thiện thực hành sản xuất nông nghiệp. Nhiều nguyên nhân gốc rễ gây suy giảm sức khỏe đất như ô nhiễm từ công nghiệp, đô thị hóa, hay các vấn đề quy hoạch sử dụng đất tổng thể lại không hoàn toàn thuộc thẩm quyền quản lý của ngành Nông nghiệp. Việc thiếu một hệ thống giám sát chất lượng đất đồng bộ, hiện đại; bộ chỉ số đánh giá sức khỏe đất toàn diện; cơ sở dữ liệu quốc gia về sức khỏe đất tích hợp và dễ tiếp cận cũng là những rào cản lớn. Các chính sách đào tạo, tuyên truyền dù có nhưng còn dàn trải, chưa thực sự đi vào chiều sâu và tạo chuyển biến mạnh mẽ trong nhận thức của người dân.

Dù đã có những nỗ lực nhất định, trong tương lai, việc bảo vệ và phục hồi sức khỏe đất tại Việt Nam vẫn đứng trước nhiều cơ hội nhưng cũng đối mặt không ít

thách thức. Về mặt tích cực, có nhiều yếu tố tạo cơ hội để cải thiện tình hình. Đó là cam kết chính trị mạnh mẽ của Chính phủ Việt Nam hướng tới tăng trưởng xanh, giảm phát thải (cam kết Net Zero vào năm 2050 tại COP26) và phát triển nông nghiệp bền vững. Đây là nền tảng chính sách thuận lợi cho các hoạt động bảo vệ sức khỏe đất. Bên cạnh đó, nhu cầu toàn cầu và trong nước đối với các sản phẩm nông nghiệp hữu cơ, sản xuất theo hướng bền vững ngày càng tăng, tạo động lực kinh tế cho nông dân chuyển đổi sang các phương thức canh tác thân thiện với đất. Sự phát triển của thị trường tín chỉ các-bon, cả toàn cầu và tại Việt Nam, cũng mở ra nguồn tài chính tiềm năng cho các giải pháp nông nghiệp bền vững giúp tăng cường hấp thụ các-bon của đất như giảm phân bón, thuốc trừ sâu, che phủ đất, nông lâm kết hợp, sử dụng phân hữu cơ. Đồng thời, những tiến bộ khoa học công nghệ như IoT, AI, GIS đang mang lại công cụ mạnh mẽ để theo dõi chất lượng đất, tối ưu hóa sản xuất nông nghiệp và quản lý tài nguyên đất hiệu quả hơn. Sự tham gia ngày càng chủ động của khối tư nhân vào việc đầu tư vào nông nghiệp bền vững, phát triển các mô hình canh tác thân thiện với sức khỏe đất cũng là một tín hiệu đáng mừng.

Tuy nhiên, song hành với những cơ hội là thách thức không nhỏ. Quá trình công nghiệp hóa và đô thị hóa tất yếu sẽ dẫn đến việc chuyển đổi một phần diện tích đất nông nghiệp, đặc biệt là những vùng đất màu mỡ (“bờ xôi ruộng mật”) sang mục đích phi nông nghiệp. Nguy cơ lớn nhất từ quá trình này là việc chia cắt đất sản xuất nông nghiệp và ô nhiễm từ chất thải sinh hoạt, công nghiệp. Áp lực dân số tăng cùng nhu cầu lương thực ngày càng lớn, cả trong nước và xuất khẩu, sẽ tiếp tục tạo áp lực thâm canh, khai thác đất quá mức để đáp ứng sản lượng. Các tác động của biến đổi khí hậu như hạn hán, lũ lụt, xói mòn, xâm nhập mặn sẽ ngày càng diễn biến phức tạp và nghiêm trọng hơn, trực tiếp đe dọa các tính chất tự nhiên và sự ổn định của đất. Một thách thức đáng lo ngại khác là sự thu hẹp nguồn nhân lực chất lượng cao trong lĩnh vực khoa học đất. Hiện nay, số trường đại học đào tạo chuyên ngành về khoa học đất/sức khỏe đất không nhiều và công tác tuyển sinh cũng gặp không ít khó khăn. Điều này đặt ra bài toán về việc duy trì và phát triển đội ngũ chuyên gia kế cận cho công tác nghiên cứu, quản lý và phục hồi sức khỏe đất trong tương lai.

Trong bối cảnh đó, với những cơ hội và thách thức đan xen, thực trạng suy giảm sức khỏe đất cùng những tác động đa chiều đến kinh tế, xã hội và môi trường



cho thấy việc xây dựng và triển khai một Chiến lược Sức khỏe đất quốc gia toàn diện là yêu cầu cấp bách và mang tính sống còn đối với sự phát triển bền vững của Việt Nam.

#### 4. CÁCH TIẾP CẬN XÂY DỰNG CHIẾN LƯỢC SỨC KHOẺ ĐẤT

Chiến lược Sức khỏe đất Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn 2050 và Kế hoạch hành động sẽ kế thừa và mở rộng phạm vi của Đề án Nâng cao sức khỏe đất và quản lý dinh dưỡng cây trồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, đồng thời bổ sung các thông tin liên quan và cập nhật những thay đổi về bộ máy quản lý nhà nước cấp Trung ương cũng như thay đổi về tổ chức đơn vị hành chính, chính quyền địa phương. Chiến lược này được xây dựng dựa trên cách tiếp cận “Một sức khỏe” (One Health), nhìn nhận mối liên hệ mật thiết và không thể tách rời giữa sức khỏe của đất, sức khỏe của hệ sinh thái, sức khỏe cây trồng, vật nuôi và sức khỏe con người. Quan điểm xuyên suốt của Chiến lược sẽ là: (1) Bảo vệ và phục hồi sức khỏe đất là nền tảng của một hệ sinh thái bền vững, đảm bảo quá trình phát triển nông nghiệp có trách nhiệm, hiệu quả và bền vững về kinh tế - xã hội - môi trường theo hướng sinh thái, hữu cơ, tuần hoàn, phát thải các-bon thấp, thân thiện với môi trường và thích ứng với biến đổi khí hậu; (2) Bảo vệ sức khỏe đất là một phần quan trọng của BVMT, từ đó bảo vệ sức khỏe nhân dân và cần được ưu tiên trong các quyết định phát triển; không đánh đổi sức khỏe đất dài hạn lấy các lợi ích kinh tế; (3) Bảo vệ sức khỏe đất là trách nhiệm của cả hệ thống chính trị, toàn dân cũng như mỗi người sử dụng đất. Tăng cường huy động nguồn lực trong xã hội kết hợp với tăng chi ngân sách để bảo vệ và phục hồi sức khỏe đất.

Trên cơ sở quan điểm nhất quán, Chiến lược cũng đặt ra một số giải pháp thực hiện bao gồm:

**Về quản lý Nhà nước:** Nâng cao hiệu quả quản lý Nhà nước về sức khỏe đất thông qua hình thành cơ sở dữ liệu về sức khỏe đất hoàn thiện, chi tiết và kịp thời.

**Về nhận thức và nhân lực:** Nâng cao nhận thức và chất lượng nguồn nhân lực thông qua các chương trình đào tạo, tập huấn và truyền thông.

**Về kỹ thuật:** Áp dụng các giải pháp kỹ thuật tiên tiến trong canh tác và quản lý đất để bảo vệ và phục hồi sức khỏe đất.

**Đối với vấn đề tài chính:** Đảm bảo nguồn tài chính đầy đủ và bền vững để thực hiện các giải pháp bảo vệ và phục hồi sức khỏe đất.

Chiến lược Sức khỏe đất không chỉ dừng lại ở các giải pháp kỹ thuật canh tác nông nghiệp mà phải giải quyết được những nguyên nhân sâu xa, mang tính hệ

thống gây suy giảm sức khỏe đất. Điều này đòi hỏi sự vào cuộc đồng bộ, quyết liệt và phối hợp chặt chẽ của tất cả các Bộ, ngành liên quan, địa phương, tổ chức khoa học, doanh nghiệp và cộng đồng. Ngoài ra, cần có cơ chế điều phối liên ngành hiệu quả, một khung pháp lý thống nhất, các tiêu chuẩn và bộ chỉ số đánh giá sức khỏe đất rõ ràng, cùng với nguồn lực đầu tư thỏa đáng cho nghiên cứu, ứng dụng công nghệ, đào tạo nhân lực và truyền thông nâng cao nhận thức. Việc phục hồi và bảo vệ “mạch sống” của đất không chỉ là trách nhiệm mà còn là cơ hội để Việt Nam kiến tạo một nền nông nghiệp xanh, hiệu quả, bền vững, góp phần vào mục tiêu chung về an ninh lương thực, BVMT, nâng cao chất lượng cuộc sống cho thế hệ hôm nay và mai sau. Đã đến lúc chúng ta cần hành động mạnh mẽ hơn để trả lại cho đất những gì đất xứng đáng được hưởng, để đất thực sự là “tấc vàng” cho muôn đời■

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục BVTV (2021). Báo cáo thực trạng và giải pháp quản lý sử dụng phân bón, thuốc BVTV, vùng trồng, cơ sở đóng gói nông sản tại các tỉnh. Hội nghị Thực trạng và giải pháp quản lý sử dụng phân bón, thuốc BVTV và vùng trồng, cơ sở đóng gói nông sản tại các tỉnh (8/2021).
2. Nguyễn Tín Hồng (2017). Tổng quan về ô nhiễm nông nghiệp ở Việt Nam: Ngành Trồng trọt, báo cáo được chuẩn bị cho Ngân hàng thế giới, Washington, D.C.
3. Trương Hồng (2020). Tây Nguyên: Hơn 1,1 triệu ha đất nông nghiệp đã bị thoái hóa nặng, Báo Nông nghiệp Việt Nam.
4. FAO STAT (2024).
5. Thuy, P. T., Van Geluwe, S., Nguyen, V. A., & Van der Bruggen, B. (2012). Current pesticide practices and environmental issues in Vietnam: management challenges for sustainable use of pesticides for tropical crops in (South-East) Asia to avoid environmental pollution. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 14, 379 - 387.
6. Chí Nhân (2023). Tiếp tục phát hiện chất cấm trong hồ tiêu. <https://thanhnien.vn/tiep-tuc-phat-hien-chat-cam-trong-ho-tieu-18523081413124077.htm>.
7. Lê Cảnh Dũng, Nguyễn Phú Sơn, Võ Văn Tuấn, Nguyễn Thị Kim Thoa (2021). The rice value chain in the Mekong Delta, Vietnam. Dự án GIZ.
8. Nam, T. S., Ingvorsen, K., Việt, L. H., Như, N. T. H., Chiêm, N. H., & Ngân (2014). Ước tính lượng và các biện pháp xử lý rơm rạ ở một số tỉnh, Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, tập 32, tr. 87 - 93.
9. Heard, J., Cavers, C., & Adrian, G. (2006). Up in smoke-nutrient loss with straw burning.



# Ứng dụng mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội nhằm tăng cường vai trò của lực lượng thu gom phế liệu tự do trong việc quản lý chất thải tại Việt Nam

HOÀNG THANH HƯƠNG<sup>1</sup>, DOÃN NGỌC KHANH<sup>1</sup>, NGUYỄN THỊ THẢO<sup>1</sup>  
NGUYỄN THỊ HỒNG MINH<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường

<sup>2</sup> Vụ Khoa học và Công nghệ, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

## Tóm tắt

Để góp phần thực hiện hiệu quả quản lý chất thải bền vững của Việt Nam, mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội (Social - Ecological Transformation) là một trong các cách tiếp cận phát triển mới, trong đó đề cập sự dịch chuyển của hệ thống xã hội, vốn có sự tách biệt tương đối với hệ thống phi chính thức, sang một hệ thống tích hợp hài hòa các thành phần khác nhau trong xã hội. Bài viết tìm hiểu, phân tích mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội và khả năng ứng dụng vào điều kiện thực tế của Việt Nam nhằm tăng cường vai trò của lực lượng phi chính thức trong việc thu gom, tái chế rác thải tại Việt Nam, từ đó gợi ý các nhà hoạch định chính sách có cách tiếp cận tổng thể trong xây dựng chính sách về quản lý chất thải bền vững. Ứng dụng mô hình này kết hợp với vai trò của các bên tham gia, hy vọng sẽ thực hiện tốt các quy định về quản lý chất thải, đồng thời gắn với quá trình phát triển kinh tế tuần hoàn.

**Từ khóa:** Sinh thái - xã hội, thu gom, tái chế rác thải.

**JEL Classifications:** Q56, O44, O13.

## 1. MỞ ĐẦU

Việt Nam ngày nay cũng như nhiều quốc gia trên thế giới đang phải đối mặt với tình trạng ô nhiễm nghiêm trọng, đặc biệt là ô nhiễm rác thải nhựa ở mức cao. Theo Báo cáo năm 2020 của Chương trình phát triển Liên hợp quốc “Việt Nam là một trong những quốc gia có mức tiêu thụ nhựa nhanh nhất tại châu Á. Sản lượng rác thải nhựa ước tính khoảng 2,5 triệu tấn mỗi năm và dự kiến gia tăng gấp đôi trong vòng 10 năm tới” [1].

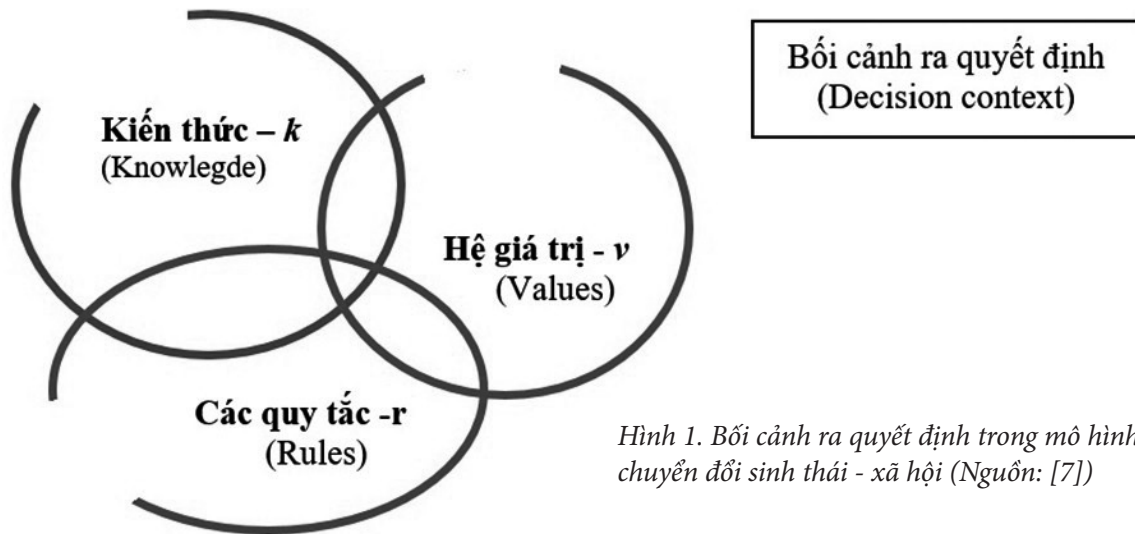
Ô nhiễm môi trường từ rác thải có nhiều nguyên nhân, cụ thể: Từ nhu cầu tiêu dùng của người dân dẫn đến sản xuất tăng cao; việc sử dụng các vật liệu không tái chế nhiều dẫn đến các vật liệu này khó phân hủy trong môi trường tự nhiên; hệ thống quản lý và xử lý rác thải chưa hiệu quả cùng với hạn chế trong công nghệ xử lý rác... Những nguyên nhân này dẫn đến hậu quả ô nhiễm rác thải lớn tích tụ trong nhiều năm làm suy giảm chất lượng môi trường sống, đe dọa đến an toàn của hệ sinh thái, tác động tiêu cực đến nền kinh tế quốc gia và đặc biệt là ảnh hưởng nặng nề đến sức khỏe con người.

Để giải quyết vấn đề ô nhiễm môi trường, Nhà nước cần thực hiện nhiều biện pháp đồng bộ cũng như huy động toàn bộ lực lượng xã hội tham gia, cụ thể, từ việc tăng cường quản lý, hoàn thiện chính sách, đầu tư công nghệ để xử lý chất thải, tuyên truyền để nâng cao

ý thức cộng đồng, thu hút người dân cùng tham gia BVMT. Đồng thời, theo quan điểm của hệ thống sinh thái, đó là xem xét môi trường như một tổng thể các mối quan hệ tương tác giữa các thành phần tự nhiên và con người, từ đó Nhà nước đưa ra các giải pháp toàn diện và bền vững.

Những vấn đề môi trường có thể được coi thuộc về cấu trúc xã hội. Do đó, những vấn đề bất ổn về môi trường một cách rất tự nhiên đã chuyển tải thông điệp rằng chúng đại diện cho một vài khía cạnh xã hội cần cải thiện. Theo các tác giả Sievers-Glotzbach và Tschersich (2019), mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội (SET) chính là một cách tiếp cận đa ngành đối với những vấn đề về môi trường và xã hội. Những vấn đề bất cập này được xem xét dưới quan điểm sinh thái và bao gồm phân tích lý thuyết hệ thống về sự phụ thuộc lẫn nhau [2]. Điểm khác biệt với hệ thống sinh thái - xã hội là cách tiếp cận này nhấn mạnh đến sự chuyển đổi (transformation). Quá trình chuyển đổi mang tính sinh thái - xã hội được đề cập thường gắn với những khủng hoảng bất ngờ và mạnh mẽ đủ để các hệ thống sinh thái - xã hội bị rối loạn, tương tác giữa các thành phần của hệ thống trở nên “mất nhịp”, làm cho các yếu tố cấu thành không hoàn thành chức năng, có thể gây ra những phản ứng bước đầu mang tính thụ động và tiêu cực với cả hệ thống [8].

Các yếu tố của quá trình chuyển đổi sinh thái - xã



Hình 1. Bối cảnh ra quyết định trong mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội (Nguồn: [7])

hội được tập hợp thành ba nhóm dựa trên quá trình ra quyết định của xã hội theo vòng tròn mở, cụ thể: kiến thức (k - knowledge), giá trị (v - value) và quy tắc (r - rules). Theo đó, các giá trị (v) chỉ ra những động lực có tác dụng định hướng các mục tiêu, hành động và ưu tiên; Các quy tắc (r) thể hiện tính hợp pháp về sự can thiệp của các bên liên quan và luôn trả lời câu hỏi “quá trình chuyển đổi có hợp pháp không” và kiến thức (k) với hàm ý các bên liên quan có biết đến kết quả hay không [7].

Các tương tác giữa giá trị (v) với quy tắc (r) và kiến thức (k) phản ánh mức độ phức tạp của quá trình vận động. Trong quá trình này sẽ có những vấn đề phát sinh, các yếu tố này sẽ xác định rõ vấn đề và đưa ra giải pháp để hướng quá trình vận động này đi đến quỹ đạo phát triển bền vững (Hình 1). Quá trình chuyển đổi một hệ thống sinh thái - xã hội có thể theo các quỹ đạo với khả năng thích ứng và mức độ bền vững khác nhau. Nếu quá trình chuyển đổi diễn ra theo xu hướng tích cực thì hệ thống sẽ vận động theo hướng phát triển bền vững hơn, tăng cường khả năng thích ứng với các biến đổi của hệ sinh thái và điều kiện kinh tế - xã hội [7, 9].

## 2. VAI TRÒ CỦA LỰC LƯỢNG THU GOM PHẾ LIỆU TỰ DO GÓP PHẦN THỰC HIỆN QUẢN LÝ CHẤT THẢI TẠI VIỆT NAM

### Lực lượng thu gom phế liệu tự do

Việt Nam từ lâu nay có một lực lượng đặc thù trong xã hội vẫn “âm thầm” thu gom các chất thải, theo cách nói dân gian, đó là những người làm nghề “đồng nát” (cách gọi của miền Bắc) và “ve chai” (cách gọi miền Nam), còn theo cách gọi của Liên hợp quốc là “lực lượng thu gom phế liệu tự do”. Họ là lực lượng lao động phi chính thức, yếu thế trong xã hội nhưng

lại đóng vai trò chủ chốt, tích cực góp phần làm giảm lượng rác thải ra môi trường, giúp làm giảm gánh nặng tài chính cho Nhà nước và xã hội. Tuy nhiên, lực lượng này đến nay vẫn chưa được Nhà nước công nhận chính thức, điều này làm họ không thể tiếp cận với nhiều dịch vụ xã hội, trong khi đó họ vẫn đang phải đối mặt với nhiều vấn đề khó khăn trong cuộc sống và chịu sự kỳ thị của xã hội [1, 3].

Chị Trần Thị Phượng (Hình 2) quê huyện Lục Ngạn, Bắc Giang cho biết, công việc thu gom phế liệu tại quê nhà chị rất vất vả, không kể thời tiết, địa điểm ở đâu, cứ thấy có vật liệu bỏ đi thì chị đều tìm đến. Tuy nhiên, chị cũng cho biết, nghề này giúp chị lo được cuộc sống tối thiểu của bản thân và hai người con, “hàng ngày cứ đi nhặt phế liệu là tôi có tiền đong gạo”, chị Phượng cho biết.

Lực lượng thu gom phế liệu tự do hoạt động rất đa dạng, từ những người thu gom trên đường phố, các khu dân cư, khu công nghiệp, họ có thể là những người thu gom độc lập hoặc theo mô hình hợp tác xã, hộ gia đình. Từ những người thu gom trực tiếp họ sẽ bán lại cho đầu mối hoặc các vựa thu gom, tiếp đến các đầu mối hoặc vựa thu gom này sẽ bán cho các cơ sở tái chế và tạo thành một mạng lưới thu gom chất thải. Mạng lưới này có mô hình khác nhau với mỗi tỉnh, thành trên cả nước. Theo Tổ chức Hành động phát triển môi trường vì thế giới thứ ba (Environmental development action in the third world - ENDA) ước tính, phụ nữ chiếm 95% số người làm nghề ve chai ở TP. Hồ Chí Minh và chiếm 42% lao động thuộc nhóm thu gom tự do. Hầu hết, những người làm nghề tự do thường là dân nhập cư, từ vùng quê lên các thành phố lớn tự làm nghề thu gom hoặc gia nhập lực lượng tự do này. Do vậy, lực lượng này luôn phải làm việc trong điều kiện



độc hại và khó khăn, trực tiếp chịu ảnh hưởng thời tiết, ô nhiễm trực tiếp của công việc thu gom cùng với thiếu trang thiết bị bảo vệ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe và an toàn của họ [5].

### **Lực lượng thu gom phế liệu tự do đóng vai trò chính trong quá trình tái chế rác thải**

Lực lượng thu gom phế liệu tự do là những người trực tiếp tiếp cận rác thải, họ “lặng lẽ, âm thầm” thu gom rác thải, phế liệu từ các khu dân cư, khu sản xuất thải ra môi trường. Theo nghiên cứu của Đại học Kiến trúc Hà Nội, lực lượng thu gom phế liệu tự do gom từ 6% đến 7,5% tổng lượng chất thải đưa đến bãi chôn lấp của Đà Nẵng (khoảng 1.000 tấn/ngày), góp phần giảm tải cho các bãi rác thải tại các thành phố lớn, giảm chi phí vận chuyển và xử lý rác thải tái chế [4].

Trong quá trình làm việc, lực lượng thu gom phế liệu tự do đã hình thành mạng lưới hợp tác với nhau, từ những người thu gom nhỏ lẻ, đến hộ gia đình, hợp tác xã, kết nối với đầu mối, vừa thu mua gom, từ đó chuyển đến các công ty môi trường để xử lý rác thải. Mối quan hệ giữa những người thu gom với các công ty môi trường thường là mối quan hệ chính thức, thường xuyên. Lực lượng thu gom phế liệu tự do thực chất làm công việc dịch vụ công, nhưng cho đến nay vẫn chưa được công nhận là lực lượng chính thức do nhiều lý do, nhiều tỉnh/thành cho rằng, họ vẫn chưa tuân thủ các điều kiện, tiêu chí về BVMT [4].

Từ những tìm hiểu và phân tích vai trò của lực lượng thu gom rác thải tự do, các tổ chức xã hội, quốc tế, nhóm tác giả đưa ra một số kiến nghị, đề xuất với nhóm người lao động chưa được công nhận chính thức, cụ thể: (1) Trước tiên, cần xây dựng chính sách, ban hành các quy định để công nhận lực lượng thu gom rác thải tự do là lực lượng lao động chính thức, có vai trò quan trọng trong quá trình thu gom rác thải, phế liệu. Khi có chính sách



*Chị Trần Thị Phượng (Lục Ngạn, Bắc Giang), một thành viên trong lực lượng thu gom phế liệu tự do (Nguồn: Nhóm tác giả)*

công nhận chính thức, các quy định sẽ giúp họ tiếp cận với các dịch vụ xã hội từ việc có nơi tạm trú, bảo hiểm y tế, bảo hiểm xã hội đối với người thu gom và đăng ký kinh doanh đối với các đầu mối, vừa thu gom phế liệu. (2) Góp phần quản lý tốt hơn hoạt động thu gom rác thải tự do. Khi được công nhận chính thức, những người hoạt động thu gom tự do sẽ có điều kiện đăng ký vào tổ chức, có đăng ký kinh doanh, khi đó các nhà quản lý sẽ dễ dàng nắm vững được đầu mối. Từ đó, Nhà nước hoặc các tổ chức xã hội sẽ quản lý họ tốt hơn thông qua việc hỗ trợ cung cấp thông tin, chính sách, thậm chí đào tạo, tập huấn trong việc BVMT. Tuy nhiên, cần đẩy mạnh vận động, tuyên truyền, giải thích để họ tham gia các tổ chức chính thức vì hiện nay nhiều người trong lực lượng này vẫn gặp nhiều khó khăn với các vấn đề liên quan đến thủ tục hành chính khi gia nhập, mất đi tính tự do và linh hoạt vốn có khi họ làm việc độc lập [3]. (3) Nâng cao năng lực cho người thu gom rác thải tự do, lực lượng thu gom rác thải tự do rất cần hỗ trợ từ việc cung cấp kiến thức, tập huấn kỹ năng, nâng cao thu nhập, vay vốn làm ăn, mở rộng sản xuất. (4) Tăng cường sự tham gia của lực lượng thu gom phế liệu tự do vào quá trình quản lý chất thải bền vững. Họ vốn là những người đã góp phần hiệu quả trong việc giảm phát thải, giờ đây cần thúc đẩy họ tham gia tốt hơn vào quá trình quản lý chất thải bền vững cùng xã hội.

### **3. ÁP DỤNG MÔ HÌNH CHUYỂN ĐỔI SINH THÁI - XÃ HỘI NHẪM TĂNG CƯỜNG VAI TRÒ CỦA LỰC LƯỢNG THU GOM PHẾ LIỆU TỰ DO**

Cách tiếp cận mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội được nhiều quốc gia áp dụng trong quá trình thực hiện mục tiêu phát triển bền vững quốc gia. Các quốc gia đã nhận thức sự phát triển hài hòa giữa tăng trưởng kinh tế theo mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội gắn với BVMT là cơ sở để phát triển bền vững và tạo động lực để phát triển kinh tế tốt hơn. Đặc biệt, các quốc gia cũng nhận thức trong quá



trình thực hiện cần sự chung tay của tất cả các thành viên trong xã hội, sự tham gia của các cộng đồng trong xã hội là động lực chính góp phần đưa nhanh các mục tiêu phát triển bền vững đi vào cuộc sống.

Để góp phần thực hiện hiệu quả quản lý chất thải bền vững của Việt Nam, mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội là một trong các cách tiếp cận phát triển mới, trong đó đề cập sự dịch chuyển của hệ thống xã hội, vốn có sự tách biệt tương đối với hệ thống phi chính thức, sang một hệ thống tích hợp hài hòa các thành phần khác nhau trong xã hội. Với những phân tích về mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội ở phần trên cũng như tìm hiểu, phân tích về lực lượng thu gom rác thải, phế liệu tự do, nhóm tác giả khuyến nghị về khả năng ứng dụng mô hình nhằm thúc đẩy sự tham gia của lực lượng này trong quản lý chất thải bền vững ở Việt Nam với một số nội dung:

(i) Mô hình này có thể mang đến thành công nhất định về BVMT, phát triển bền vững. Tuy nhiên, để áp dụng cần lưu ý các yếu tố khác nhau về kinh tế, xã hội, đặc điểm văn hóa và sinh thái, điều này có thể làm cho nhà hoạch định chính sách gặp khó khăn trong việc so sánh và lựa chọn chính sách.

(ii) Để đạt được mục tiêu đưa lực lượng thu gom rác thải, phế thải thành lực lượng chính trong xã hội cần phải có những đánh giá rõ ràng, chính xác đặc điểm, tình trạng của lực lượng này từ đó đưa họ vào lực lượng chính thức trong hệ thống quản lý chất thải của xã hội.

(iii) Xây dựng hệ thống chính sách và pháp luật để công nhận các hoạt động liên quan đến thu gom chất thải có thể tái chế. Tuyên truyền, nâng cao ý thức cho người dân về vai trò và ý thức BVMT. Hoàn thiện hệ thống pháp luật về BVMT để bảo đảm phát triển một nền kinh tế - xã hội theo mô hình sinh thái - xã hội bền vững.

(iv) Hoạch định chính sách phát triển bền vững dựa trên mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội được hiểu là tập hợp các yếu tố liên quan với nhau theo một cách có cấu trúc theo hướng bền vững, thích ứng với sự chuyển đổi sinh thái, xã hội đang



*Lực lượng thu gom ve chai chủ yếu là nữ giới*

diễn ra mạnh mẽ hiện nay. Mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội nhấn mạnh các chức năng sinh thái cũng như sự thay đổi cấu trúc kinh tế - xã hội chính là các điều kiện tiên quyết để bảo đảm phát triển bền vững. Vì vậy, các nhà hoạch định chính sách phát triển bền vững cần phải nắm rõ cách thức áp dụng, từ nhận thức toàn diện, tư duy ra quyết định hệ thống và mô hình khả thi. Trong bối cảnh gia tăng biến đổi khí hậu thay đổi nhanh chóng, chính sách cần linh hoạt, dễ dàng thích nghi để cập nhật, cải tiến liên tục.

(v) Hỗ trợ mạng lưới liên kết lực lượng thu gom phế liệu tự do với các thành phần khác trong xã hội.

Từ việc phân tích mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội với những ưu điểm, hạn chế cũng như thách thức phải đối mặt cho thấy, để đạt được mục tiêu đưa lực lượng thu gom vào hệ thống quản lý chất thải bền vững, gợi ý cần thực hiện kết hợp đồng bộ một số giải pháp:

Trước tiên, ở cấp Trung ương, Chính phủ cần xây dựng chính sách để công nhận lực lượng thu gom phế liệu tự do là lực lượng chính thức trong việc tham gia quản lý chất thải bền vững. Để thực hiện, Chính phủ cần thúc đẩy sự hình thành các liên kết, hợp tác giữa các bên từ cơ quan quản lý, tổ chức xã hội, tổ chức quốc tế, doanh nghiệp, người dân, cơ sở đào tạo cùng hướng tới việc hỗ trợ lực lượng thu gom phế liệu tự do. Cụ thể hơn, Chính phủ đưa ra các chính sách ưu đãi để doanh nghiệp sản xuất theo nguyên tắc giảm thiểu ô nhiễm, khuyến khích sử dụng và tái sử dụng sản phẩm tái chế. Đặc biệt, Chính phủ cần xây dựng một



ơ chế phối hợp, đối thoại chia sẻ thông tin và cam kết hành động chung, kết hợp với cơ chế chỉ đạo, giám sát việc thực hiện, phối hợp giữa các Bộ, ngành, địa phương nhằm tránh tình trạng chồng chéo.

Mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội sẽ đạt được hiệu quả nhất khi ứng dụng ở tầm trung mô và vi mô. Ở cấp địa phương, chính quyền địa phương cần đưa ra quy định cụ thể hóa các giá trị, đưa ra các chuẩn mực để giúp lực lượng thu gom phế liệu chuyển đổi kiến thức đạt được kết quả như mong muốn. Để thực hiện, các thành phần trong xã hội cùng tham gia như các chuyên gia, nhà nghiên cứu, doanh nghiệp, các tổ chức xã hội, người dân cùng hành động tích cực với chính quyền địa phương để giải quyết hiệu quả các vấn đề kinh tế, xã hội, môi trường, thúc đẩy thực hiện mục tiêu này.

Ngoài ra, nhằm góp phần đạt hiệu quả hơn nữa thực hiện mục tiêu chuyển đổi lực lượng thu gom phế liệu tự do thành lực lượng chính thức tham gia quản lý chất thải bền vững, cần sự tham gia trực tiếp của người thu gom phế liệu, các hộ gia đình, đầu mối thu gom, vựa thu gom phế liệu. Đây chính là quy mô thực hiện ở tầm vi mô. Các đối tượng này chính là lực lượng trực tiếp chịu ảnh hưởng của sự chuyển đổi sinh thái - xã hội, nhưng cũng chính họ sẽ là các nhân tố tích cực để đẩy mạnh chuyển đổi sinh thái - xã hội. Lựa chọn mô hình này, các đối tượng cần phải tham gia và cam kết thực hiện theo các tiêu chuẩn để thay đổi dần mô hình truyền thống và trở thành lực lượng chính thức trong quá trình quản lý chất thải của Việt Nam.

Từ việc tìm hiểu và phân tích mô hình chuyển đổi sinh thái - xã hội, bài viết đề xuất những ưu điểm và thách thức khi ứng dụng cách tiếp cận này để có thể gợi ý cho các nhà quản lý quyết định xây dựng chính sách phát triển quản lý chất thải của Việt Nam, đặc biệt ứng dụng trong việc thúc đẩy lực lượng lao động thu gom phế liệu tự do trở thành lực lượng chính thức, góp phần quan trọng trong việc quản lý chất thải của Việt Nam. Tuy nhiên, cần có nghiên cứu sâu hơn nữa để có thể đưa ra những tiêu chí triển khai trên quy mô toàn xã hội. Nhóm tác giả đề xuất các nghiên cứu tiếp theo để đẩy mạnh vai trò lực lượng thu gom phế liệu tự do trở thành lực lượng chính thức thực hiện dịch vụ công trong xã hội, tiếp tục góp phần chính trong quá trình quản lý rác thải bền vững tại Việt Nam.

**Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả chân thành cảm ơn chị Trần Thị Phượng (huyện Lục Ngạn, tỉnh Bắc Giang). Công việc và cuộc đời của chị là nguồn cảm hứng cho nhóm tác giả viết bài này ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Báo cáo quốc gia năm 2020, Tiến độ 5 năm thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững, Bộ Lao động - Thương binh và Xã hội và UNDP, tháng 5/2020.
2. Sievers-Glotzbach, S., & Tschersich, J (2019). *Overcoming the process-structure divide in conceptions of Social - Ecological Transformation: Assessing the transformative character and impact of change processes. Ecological Economics*, 164, 106361.
3. Marie Lan Nguyen Leroy, Morgane Rivoal (2022). *Sự tham gia của lực lượng thu gom phế liệu tự do (ve chai) vào quá trình chuyển đổi sang quản lý chất thải bền vững*, UNDP, tháng 6/2022.
4. Phạm Thị Thanh Bình (2016). *Phát triển bền vững ở Việt Nam: Tiêu chí đánh giá và định hướng phát triển*, Tạp chí Tài chính.
3. Nguyễn Thi (2022). *Khung chính sách trách nhiệm mở rộng của nhà sản xuất (EPR) ở Việt Nam và tác động đối với những người lao động chính thức về chất thải*. Báo cáo tóm tắt UNDP, tháng 6/2022.
4. Nguyễn Thái Huyền (2022). *Lao động phi chính thức về chất thải trong quy hoạch đô thị*. Báo cáo tóm tắt UNDP, tháng 6/2022.
5. Nguyễn Thị Hoài Linh (2022). *Nghiên cứu về việc tiếp nhận những lao động phi chính thức về chất thải trong dịch vụ đô thị tại TP. Hồ Chí Minh, tổ chức EDN*. Báo cáo tóm tắt UNDP, tháng 6/2022.
6. Philip Degenhardt (2016). *Master thesis: "From sustainable development to socio-ecological transformation - An Overview"*.
7. Colloff, M.J., Martin-López, B., Lavorel, S., Locatelli, B., Gourdard, R., Longaretti, P.-Y., Walters, G., van Kerkhoff, L., Wyborn, C., Coreau, A., Wise, R.M., Dunlop, M., Degeorges, P., Grantham, H., Overton, I.C., Williams, R.D., Doherty, M. D. Capton, T., Sanderson, T., & Murphy, H. T. (2017). *An integrative research framework for enabling transformative adaptation. Environmental Science & Policy*, 68, 87-96. (<http://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.007>).
8. Đào Thanh Trường và Philip Degenhardt (2022). *Sản xuất nông nghiệp ở Việt Nam từ cách tiếp cận chuyển đổi sinh thái - xã hội: Cơ hội, thách thức và hàm ý chính sách*, NXB Lao động.
9. Phan Văn Phúc (2022). *Tiếp cận chuyển đổi sinh thái - xã hội: Lý thuyết liên ngành cho phát triển bền vững đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, tập 58, Số chuyên đề SDMD (2022): 134-141.



# ĐẦU TƯ KINH TẾ BIỂN NHÌN TỪ GÓC ĐỘ LUẬT ĐẦU TƯ QUỐC TẾ: Hướng đi cho Việt Nam

NGUYỄN QUỐC HIẾU<sup>1</sup>, HOÀNG VĂN HIẾU<sup>1</sup>, NGUYỄN PHẠM TIẾN THẮNG<sup>1</sup>, ĐỖ THỊ HUYỀN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Trường Đại học Luật - Đại học Quốc gia Hà Nội

## Tóm tắt

Kinh tế biển đang trở thành trụ cột chiến lược trong phát triển bền vững và hội nhập quốc tế, đặc biệt tại các quốc gia ven biển như Việt Nam. Tuy sở hữu tiềm năng to lớn về không gian và tài nguyên biển, nhưng dòng vốn đầu tư quốc tế vào các ngành kinh tế biển của Việt Nam vẫn còn hạn chế, phần lớn do khung pháp lý chưa hoàn thiện và cơ chế quản lý phân mảnh. Bài viết phân tích vai trò của luật đầu tư quốc tế trong việc bảo hộ và thu hút đầu tư vào lĩnh vực biển, thông qua các nguyên tắc như đối xử công bằng và thỏa đáng (FET), bảo vệ chống trưng thu phi pháp và cơ chế giải quyết tranh chấp đầu tư (ISDS). Trên cơ sở nghiên cứu kinh nghiệm từ Pháp, Tây Ban Nha và Ý, bài viết đề xuất Việt Nam cần xây dựng một khung pháp lý tích hợp dựa trên quy hoạch không gian biển (MSP), quản lý tổng hợp vùng bờ (ICZM) và cơ chế ưu đãi đầu tư chuyên biệt. Những cải cách này sẽ góp phần nâng cao tính minh bạch, ổn định pháp lý và khả năng cạnh tranh của Việt Nam trong thu hút đầu tư quốc tế vào các ngành kinh tế biển chiến lược.

**Từ khóa:** Đầu tư kinh tế biển, Luật đầu tư quốc tế, quản lý tổng hợp vùng bờ (ICZM), ưu đãi đầu tư.

**JEL Classifications:** Q56, Q57, Q58.

## 1. TỔNG QUAN

Đại dương chiếm hơn 70% bề mặt Trái đất của chúng ta. Đại dương hay biển không chỉ là nguồn cung cấp thực phẩm dồi dào nuôi sống con người trên khắp hành tinh, mà còn ẩn chứa trong lòng mình những tài nguyên quý giá như khoáng sản và dầu mỏ. Theo Tổ chức Hợp tác và Phát triển Kinh tế (OECD), đến năm 2030, kinh tế biển toàn cầu có thể đạt giá trị 3 nghìn tỷ USD mỗi năm, tạo ra hơn 40 triệu việc làm nếu được quản lý bền vững và đầu tư hiệu quả<sup>1</sup>. Nhiều quốc gia ven biển đã đẩy mạnh thu hút đầu tư cả trong và ngoài nước nhằm mục đích khai thác hợp lý tiềm năng biển và thúc đẩy chuyển đổi xanh.

Việt Nam có lợi thế đặc biệt về biển với hơn 3.260 km bờ biển, vùng đặc quyền kinh tế và thềm lục địa rộng trên 1 triệu km<sup>2</sup>, nằm ở vị trí trọng yếu trong mạng lưới giao thương hàng hải toàn cầu, tất cả những điều này là nền tảng thuận lợi để phát triển mạnh mẽ kinh tế biển. Nghị quyết số 36-NQ/TW năm 2018 của Trung ương Đảng đã xác định mục tiêu đến năm 2030 các ngành kinh tế thuần biển đóng góp khoảng 10% GDP cả nước; kinh tế của 28 tỉnh, thành phố ven biển ước đạt 65 - 70% GDP cả nước<sup>2</sup>. Tuy nhiên, thực tế cho thấy dòng vốn đầu tư nước ngoài vào các lĩnh vực kinh tế biển còn khiêm tốn, phân bố chưa đồng đều và gặp nhiều rào cản pháp lý và kỹ thuật, nhất là trong các

lĩnh vực mới như điện gió ngoài khơi hay quy hoạch không gian biển tích hợp.

Trong bối cảnh đó, luật đầu tư quốc tế - với tư cách là một hệ thống quy tắc điều chỉnh quan hệ giữa nhà đầu tư nước ngoài và quốc gia tiếp nhận đầu tư - ngày càng đóng vai trò quan trọng trong việc định hình các chuẩn mực pháp lý cho thu hút và bảo hộ đầu tư biển. Bài viết này phân tích vai trò của luật đầu tư quốc tế đối với thu hút và điều chỉnh các dòng vốn đầu tư vào lĩnh vực kinh tế biển, từ đó đề xuất một số giải pháp chính sách phù hợp với bối cảnh phát triển biển bền vững của Việt Nam.

## 2. ĐẦU TƯ KINH TẾ BIỂN VÀ MỐI LIÊN HỆ VỚI LUẬT ĐẦU TƯ QUỐC TẾ

### 2.1. Đầu tư kinh tế biển

Đầu tư vào kinh tế biển, dưới góc độ pháp lý, là việc nhà đầu tư trong và ngoài nước bỏ vốn vào các hoạt động kinh tế sử dụng không gian, tài nguyên và hạ tầng biển, bao gồm các lĩnh vực như điện gió ngoài khơi, khai thác thủy sản, vận tải và logistics biển và phát triển hạ tầng cảng. Khác với đầu tư trên đất liền, các hoạt động này không chỉ được điều chỉnh của pháp luật đầu tư, mà còn gắn chặt với các quy định về quyền chủ quyền và quyền tài phán quốc gia trên biển theo Công ước Liên hợp quốc về Luật Biển năm 1982 (UNCLOS)<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> OECD (2016). *The Ocean Economy in 2030*. OECD Publishing.

<sup>2</sup> Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam (2018). *Nghị quyết số 36-NQ/TW về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045*.

<sup>3</sup> United Nations (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS)*, Article 56.



Điểm đặc thù của đầu tư kinh tế biển là tính “phi lãnh thổ” về không gian pháp lý. Nhà đầu tư không đầu tư trên đất thuộc chủ quyền nội địa mà trong vùng đặc quyền kinh tế hoặc thềm lục địa, nơi nhà nước ven biển chỉ có quyền chủ quyền chứ không có chủ quyền đầy đủ. Sự khác biệt về không gian pháp lý trên biển dẫn đến hệ quả rằng quyền của nhà đầu tư không được bảo hộ ở mức độ tương đương với quyền tài sản trên đất liền. Theo đó, quốc gia tiếp nhận đầu tư có thẩm quyền điều chỉnh rộng hơn đối với các hoạt động đầu tư biển, đặc biệt khi nhằm mục tiêu BVMT, bảo đảm an ninh hàng hải hoặc quản lý bền vững tài nguyên sinh vật.

Ngoài ra, quyền sử dụng vùng biển để thực hiện dự án đầu tư chủ yếu được xác lập thông qua các quyết định hành chính có tính chất tạm thời, thiếu tính ổn định và dự đoán được. Điều này dẫn đến rủi ro pháp lý đáng kể cho nhà đầu tư, ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hoạch định và triển khai dự án. Chính vì vậy, đầu tư biển đòi hỏi một khung pháp lý rõ ràng, minh bạch và có cơ chế bảo hộ hiệu quả hơn so với các lĩnh vực đầu tư truyền thống.

## 2.2. Vai trò của luật đầu tư quốc tế trong điều chỉnh đầu tư biển

Luật đầu tư quốc tế cung cấp các nguyên tắc bảo hộ pháp lý có ý nghĩa then chốt đối với nhà đầu tư trong lĩnh vực biển, nơi vốn tiềm ẩn rủi ro pháp lý cao do sự chông lẩn giữa luật quốc gia và luật biển quốc tế. Trên cơ sở đảm bảo các nguyên tắc về đối xử công bằng và thỏa đáng (Fair and Equitable Treatment - FET), chống trưng thu phi pháp, minh bạch và xây dựng cơ chế giải quyết tranh chấp đầu tư quốc tế (Investor-State Dispute Settlement - ISDS), luật đầu tư quốc tế sẽ trở thành “chiếc khiên pháp lý” thu hút đầu tư cho Việt Nam trong việc phát triển bền vững kinh tế biển. Trong đó, nguyên tắc FET đóng vai trò trung tâm, đảm bảo rằng quốc gia tiếp nhận đầu tư không được phân biệt đối xử, thiếu minh bạch hoặc phủ nhận kỳ vọng chính đáng của nhà đầu tư<sup>4</sup>.

Ví dụ, trong trường hợp nhà nước thay đổi quy hoạch không gian biển hoặc thu hồi quyền sử dụng vùng biển đã cấp mà không có căn cứ khách quan, nguyên tắc FET cho phép nhà đầu tư khởi kiện quốc gia tiếp nhận theo cơ chế ISDS vì hành vi vi phạm cam

kết<sup>5</sup>. Điều này đặc biệt quan trọng đối với các dự án có thời hạn đầu tư dài như điện gió ngoài khơi, khi chi phí ban đầu rất lớn nhưng phần lớn lợi ích chỉ thu được sau hàng chục năm vận hành.

Hoạt động đầu tư kinh tế biển diễn ra trong các vùng biển chịu sự điều chỉnh của các điều ước quốc tế, do đó luật đầu tư quốc tế có mối liên hệ chặt chẽ với các điều ước quốc tế này, tiêu biểu là Công ước UNCLOS và các nguyên tắc mà Công ước đặt ra. Mặc dù UNCLOS không điều chỉnh trực tiếp quyền đầu tư, nhưng việc quốc gia ven biển cấp phép cho nhà đầu tư triển khai dự án tại vùng đặc quyền kinh tế vẫn phải tuân thủ nguyên tắc sử dụng biển vì mục đích hòa bình, không làm tổn hại đến môi trường biển và không xâm phạm quyền của quốc gia khác<sup>6</sup>. Khi khu vực đầu tư nằm gần vùng biển đang có tranh chấp, nhà đầu tư có thể đối mặt với rủi ro bị khiếu kiện từ bên thứ ba — một dạng rủi ro liên quan đến chủ quyền lãnh thổ mà luật đầu tư quốc tế hiện chưa thể giải quyết triệt để (trường hợp tranh chấp đầu tư gắn liền với tranh chấp chủ quyền). Tuy vậy, nhà đầu tư vẫn có thể tìm kiếm sự bảo vệ nhất định thông qua cơ chế giải quyết tranh chấp ISDS.

Một số hiệp định đầu tư thế hệ mới như Hiệp định EVIPA giữa Việt Nam và Liên minh châu Âu đã đưa ra các tiêu chuẩn môi trường biển như một phần của nghĩa vụ pháp lý đầu tư. Điều này làm tăng độ phức tạp trong đánh giá tính hợp pháp của các quyết định hành chính đối với dự án biển, đặc biệt nếu xảy ra xung đột giữa mục tiêu phát triển và nghĩa vụ bảo vệ tài nguyên<sup>7</sup>.

## 3. VẤN ĐỀ PHÁP LÝ CỦA VIỆT NAM TRONG THU HÚT ĐẦU TƯ KINH TẾ BIỂN

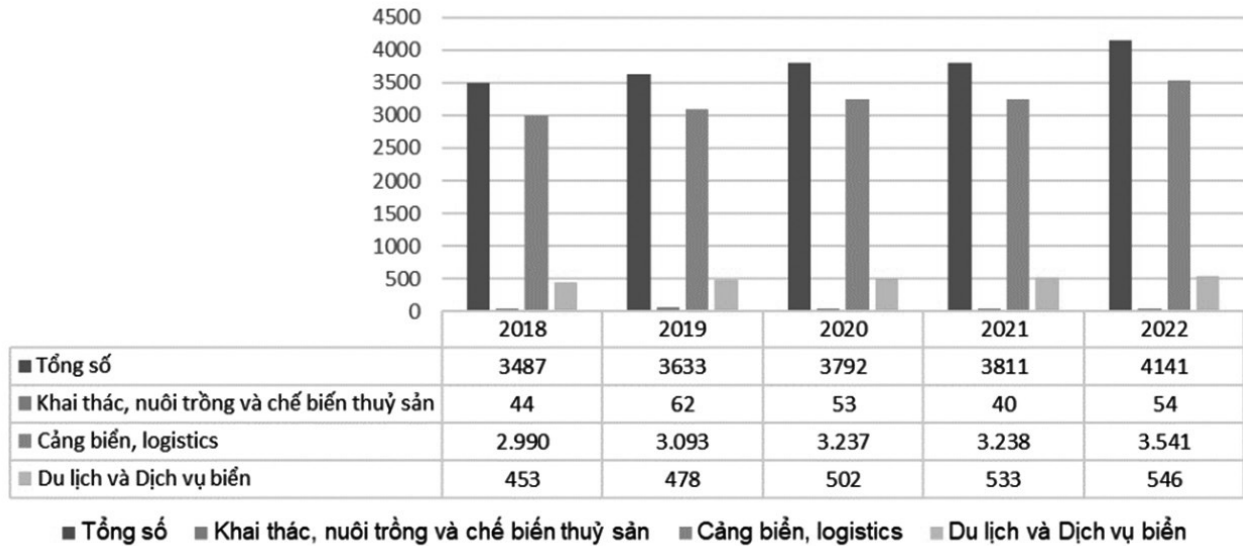
Mặc dù Việt Nam đã có nhiều nỗ lực cải thiện môi trường đầu tư, hệ thống pháp luật hiện hành vẫn chưa thiết lập được một hành lang pháp lý thực sự rõ ràng và ổn định để thu hút đầu tư quốc tế vào các ngành kinh tế biển. Vấn đề không chỉ nằm ở việc thiếu vắng một đạo luật chuyên biệt về đầu tư biển, mà còn thể hiện ở sự thiếu đồng bộ trong việc xác lập quyền sử dụng không gian biển cho mục đích đầu tư. Không giống như quyền sử dụng đất đã được chuẩn hóa và luật hóa đầy đủ theo Luật Đất đai, quyền sử dụng vùng biển vẫn là một khái niệm mới và chưa được công nhận là một

<sup>4</sup> United Nations Conference on Trade and Development (2012). *Fair and equitable treatment: A sequel (UNCTAD Series on Issues in International Investment Agreements II)*. UNCTAD.

<sup>5</sup> Dolzer, R., & Schreuer, C. (2012). *Principles of international investment law (2nd ed., pp. 133–136)*. Oxford University Press.

<sup>6</sup> Tanaka, Y. (2015). *The international law of the sea (2nd ed., pp. 313–318)*. Cambridge University Press.

<sup>7</sup> European Commission (2020). *EU–Vietnam Investment Protection Agreement (EVIPA), Chapter 13*.



Số lượng doanh nghiệp trong lĩnh vực kinh tế biển ở TP. Hải Phòng giai đoạn 2018-2022 [8]

loại quyền tài sản theo nghĩa đầy đủ trong pháp luật hiện hành. Trên thực tế, quyền này thường được xác lập thông qua các quyết định hành chính có thời hạn, thiếu tính ổn định và không đi kèm với các cơ chế bảo đảm quyền lợi rõ ràng cho nhà đầu tư khi bị thay đổi chính sách hoặc thu hồi quyền sử dụng vùng biển.

Luật Biển Việt Nam năm 2012 và Luật Tài nguyên, môi trường biển và hải đảo năm 2015 đã đề cập đến việc quy hoạch không gian biển như một nền tảng quan trọng để quản lý hoạt động khai thác và sử dụng biển. Tuy nhiên, chỉ đến khi Nghị định số 11/2021/NĐ-CP được ban hành thì cơ chế giao khu vực biển cho tổ chức, cá nhân mới được xác lập tương đối rõ ràng. Nghị định số 65/2025/NĐ-CP sau đó đã sửa đổi, bổ sung nhiều điểm quan trọng, đặc biệt là việc phân cấp thẩm quyền giao khu vực biển cho chính quyền địa phương và bổ sung quy định về hành lang bảo vệ bờ biển. Ngoài ra, Nghị định số 136/2025/NĐ-CP cũng đóng vai trò hỗ trợ trong việc phân cấp thẩm quyền cấp phép môi trường cho các dự án đầu tư có liên quan đến vùng biển. Mặc dù vậy, quyền sử dụng vùng biển hiện vẫn chưa được thừa nhận là một loại tài sản có thể chuyển nhượng, thế chấp hoặc bảo đảm đầu tư dài hạn. Việc thiếu các quy định về ổn định pháp lý, cơ chế bồi thường khi bị thu hồi, cũng như chưa có khuôn khổ đầy đủ về giải quyết tranh chấp đang tiếp tục tạo ra khoảng trống pháp lý cho các dự án ngoài khơi như điện gió, cảng biển hay khai thác khoáng sản, làm giảm mức độ tin cậy và khả năng bảo hộ pháp lý từ phía Nhà nước tiếp nhận đầu tư.

Bên cạnh đó, các chính sách ưu đãi đầu tư hiện hành chủ yếu được thiết kế theo hướng chung cho mọi lĩnh vực, chưa xét đến đặc thù của các ngành kinh tế biển – nơi các dự án thường có vòng đời dài, chi phí đầu tư lớn và rủi ro cao. Những lĩnh vực như điện gió ngoài khơi, logistics biển hay hạ tầng cảng biển không chỉ yêu cầu nguồn vốn lớn mà còn phụ thuộc nhiều vào sự ổn định của pháp luật và cam kết dài hạn từ phía Nhà nước. Tuy nhiên, Việt Nam hiện vẫn chưa ban hành cơ chế ưu đãi đầu tư chuyên biệt cho các ngành này, bao gồm các chính sách cụ thể về thuế, quyền tiếp cận không gian biển và bảo lãnh đầu tư. Đồng thời, cũng chưa hình thành được khung pháp lý đầy đủ để xử lý hài hòa mối quan hệ giữa yêu cầu BVMT biển và việc bảo đảm quyền, lợi ích hợp pháp của nhà đầu tư trong trường hợp xảy ra xung đột chính sách. Điều này khiến nhiều nhà đầu tư quốc tế còn e ngại khi cân nhắc triển khai các dự án có quy mô lớn và thời gian hoàn vốn dài trên không gian biển của Việt Nam<sup>8</sup>.

Một trong những cản trở lớn trong thực thi chính sách đầu tư biển liên quan đến hệ thống pháp luật Việt Nam trong lĩnh vực đầu tư biển vẫn tồn tại nhiều bất cập, nổi bật là tình trạng phân mảnh thể chế (Institutional Fragmentation) giữa các cơ quan nhà nước có thẩm quyền. Theo quy định hiện hành, nhiều bộ, ngành cùng tham gia quản lý, thẩm định và cấp phép các dự án đầu tư trên biển, bao gồm: Bộ Kế hoạch và Đầu tư (nay là Bộ Tài chính), Bộ Tài nguyên và Môi trường (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), Bộ Giao thông vận tải (nay là Bộ Xây dựng), Bộ Công Thương và đặc

<sup>8</sup> World Bank (2021). *Offshore Wind Roadmap for Vietnam*.



biệt là Bộ Quốc phòng. Tuy nhiên, pháp luật chưa thiết lập được một cơ chế điều phối liên ngành rõ ràng, dẫn đến sự chồng chéo trong thẩm quyền, thiếu nhất quán trong quy trình áp dụng pháp luật và gia tăng gánh nặng thủ tục hành chính. Về bản chất, các dự án đầu tư biển thường gắn với những vùng không gian có tầm quan trọng chiến lược đối với quốc phòng và an ninh quốc gia. Do đó, theo quy định thực tế, Bộ Quốc phòng có quyền xem xét, đánh giá và đưa ra ý kiến quyết định đối với các dự án tiềm ẩn nguy cơ ảnh hưởng đến khả năng phòng thủ trên biển. Tuy nhiên, hiện chưa có văn bản pháp luật thống nhất nào quy định cụ thể về trình tự, cơ chế phối hợp hoặc nguyên tắc phân định trách nhiệm giữa Bộ Quốc phòng và các cơ quan dân sự khác trong việc cấp phép hoặc điều chỉnh dự án. Điều này khiến cho cùng một dự án có thể bị yêu cầu điều chỉnh nhiều lần để đáp ứng các tiêu chí kỹ thuật, quy hoạch hoặc an ninh khác nhau, tùy theo cách hiểu và áp dụng luật của từng Bộ, ngành. Kết quả là quy trình cấp phép đầu tư trở nên phức tạp, kéo dài, thiếu minh bạch và làm giảm niềm tin của nhà đầu tư vào môi trường pháp lý. Đây là một thách thức lớn trong việc đảm bảo tính minh bạch, hiệu lực và hiệu quả của hệ thống pháp luật đầu tư biển, cũng như trong việc cân bằng giữa yêu cầu phát triển kinh tế và bảo đảm an ninh – quốc phòng.

Việc chưa triển khai đầy đủ hệ thống quy hoạch không gian biển theo Luật Quy hoạch năm 2017 cũng khiến nhà đầu tư không có cơ sở pháp lý rõ ràng để xác định khu vực đầu tư có phù hợp với định hướng phát triển quốc gia hay không. Điều này làm tổn hại đến kỳ vọng chính đáng của nhà đầu tư, một nguyên tắc cốt lõi trong luật đầu tư quốc tế, vốn yêu cầu quốc gia tiếp nhận phải cung cấp đầy đủ thông tin và bảo đảm tính nhất quán của chính sách pháp luật<sup>9</sup>.

Như vậy, những hạn chế về pháp lý hiện nay không chỉ ảnh hưởng đến năng lực thu hút vốn đầu tư vào kinh tế biển, mà còn làm giảm mức độ tin cậy và hấp dẫn của Việt Nam trong mắt các nhà đầu tư quốc tế. Để khắc phục, cần có các cải cách thể chế sâu rộng, hướng đến xây dựng một khung pháp lý biển tích hợp, có khả năng cân bằng giữa chủ quyền quốc gia và cam kết đầu tư quốc tế.

#### 4. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ

Việc thiết lập một khung pháp lý đầu tư hiệu quả cho các lĩnh vực kinh tế biển không chỉ đòi hỏi những quy

định về quyền và nghĩa vụ của nhà đầu tư, mà còn phụ thuộc vào năng lực thể chế hóa không gian biển như một phần của chiến lược phát triển quốc gia. Trong bối cảnh đó, nhiều quốc gia châu Âu đã lựa chọn cách tiếp cận Quy hoạch tích hợp vùng bờ (Integrated Coastal Zone Management - ICZM) và Quy hoạch không gian biển (Marine Spatial Planning - MSP) làm nền tảng pháp lý cho việc thu hút và điều tiết đầu tư biển. Sự tích hợp giữa quy hoạch và pháp luật đầu tư không chỉ tạo ra môi trường ổn định, minh bạch cho nhà đầu tư quốc tế, mà còn đảm bảo sự tương thích giữa hoạt động đầu tư và các cam kết quốc tế về bảo vệ tài nguyên, phát triển bền vững và quyền tiếp cận cộng đồng.

Tại Pháp, mô hình hợp đồng phát triển biển (Contrat de projet mer) là công cụ chính sách mang tính ràng buộc giữa Nhà nước, chính quyền địa phương và nhà đầu tư để triển khai các dự án chiến lược trên biển. Mô hình này vận hành trên cơ sở Luật Môi trường biển (Code de l'environnement maritime), vốn tích hợp nhiều nguyên tắc pháp lý của luật đầu tư quốc tế như bảo hộ kỳ vọng chính đáng, BVMT và giải trình chính sách. Dự án đầu tư muốn được phê duyệt phải trải qua một quy trình đánh giá tương thích với quy hoạch không gian biển quốc gia và cam kết không làm tổn hại đến lợi ích môi trường hoặc an ninh biển. Một khi dự án đã được phê duyệt, nhà đầu tư có thể dựa vào hồ sơ quy hoạch và hợp đồng để yêu cầu bồi thường nếu Chính phủ đơn phương thay đổi quy định gây bất lợi về sau cho nhà đầu tư<sup>10</sup>.

Tây Ban Nha, với đường bờ biển dài hơn 4.900 km, đã xây dựng Quy hoạch không gian biển quốc gia (Planificación del Espacio Marítimo Español) theo Luật số 41/2010 về BVMT biển. Quy hoạch này có giá trị pháp lý bắt buộc trong việc xác định khu vực ưu tiên đầu tư, vùng hạn chế phát triển và tiêu chí bảo vệ tài nguyên biển. Hệ thống bản đồ biển điện tử và cơ sở dữ liệu quốc gia được xây dựng công khai giúp nhà đầu tư nước ngoài có thể tiếp cận thông tin chính thức, minh bạch hóa quy trình lập kế hoạch kinh doanh và đánh giá rủi ro quy hoạch. Từ góc độ luật đầu tư quốc tế, điều này góp phần nâng cao tính dự báo và kỳ vọng chính đáng, một tiêu chuẩn cốt lõi trong bảo hộ nhà đầu tư nước ngoài<sup>11</sup>.

Ý, một quốc gia có hình dáng khá tương đồng với Việt Nam, cũng áp dụng cách tiếp cận tương tự Tây

<sup>9</sup> Dolzer, R., & Schreuer, C. (2012). *Principles of International Investment Law* (2nd ed.). Oxford University Press, tr. 145–147.

<sup>10</sup> Gouvernement de la République Française (2020). *Code de l'environnement maritime*. Légifrance.

<sup>11</sup> Gobierno de España (2010). *Ley 41/2010, de protección del medio marino*. Ministerio para la Transición Ecológica.



*Kinh tế biển là lĩnh vực có tiềm năng phát triển to lớn, đóng vai trò then chốt trong chiến lược phát triển bền vững và hội nhập quốc tế của Việt Nam*

Ban Nha khi ban hành Luật số 221/2015 về phát triển bền vững và kinh tế xanh. Đạo luật này quy định việc xây dựng kế hoạch ICZM làm căn cứ cho cấp phép đầu tư vào các lĩnh vực như du lịch biển, cảng du lịch, bảo tồn sinh học và nuôi trồng thủy sản. Các kế hoạch này có hiệu lực pháp lý tại cấp vùng, đồng thời được tích hợp trong hệ thống luật môi trường và luật đầu tư khu vực. Ý nghĩa pháp lý quan trọng của các kế hoạch này là tạo ra hành lang pháp lý “không gián đoạn” cho nhà đầu tư: Từ lựa chọn địa điểm, thẩm định dự án, cấp quyền sử dụng không gian biển, đến bảo hộ pháp lý khi xảy ra thay đổi chính sách<sup>12</sup>.

Cách tiếp cận kết hợp giữa quy hoạch và luật đầu tư như trên có thể coi là hình mẫu cho việc tạo dựng môi trường pháp lý ổn định, dựa trên sự cân bằng giữa lợi ích quốc gia, quyền lợi của nhà đầu tư và nghĩa vụ môi trường. Trong bối cảnh luật đầu tư quốc tế ngày càng yêu cầu cao hơn về minh bạch, ổn định và nhất quán chính sách, các quốc gia Địa Trung Hải đã tạo ra cơ chế pháp lý tiên tiến để xử lý các đặc thù của đầu tư biển, nơi mà không gian pháp lý có giới hạn, xung đột lợi ích thường trực, và thời gian hoàn vốn kéo dài.

## 5. KIẾN NGHỊ CHO VIỆT NAM

Để nâng cao năng lực thu hút và bảo hộ đầu tư vào kinh tế biển, Việt Nam cần thực hiện cải cách pháp lý mang tính hệ thống, vừa bảo đảm quyền chủ quyền quốc gia, vừa tương thích với nghĩa vụ trong các hiệp định đầu tư quốc tế.

*Thứ nhất*, áp dụng tiếp ICZM và MSP làm nền tảng pháp lý. Việc áp dụng mô hình ICZM kết hợp với MSP không chỉ giúp thống nhất điều phối giữa các ngành có liên quan (hàng hải, năng lượng, du lịch, bảo tồn), mà còn tạo cơ sở pháp lý ổn định để nhà đầu tư xác định vị trí dự án phù hợp với chiến lược quốc gia. Đây cũng là cơ sở để xây dựng các bản đồ không gian biển, quy hoạch khu vực ưu tiên đầu tư, vùng cấm hoặc hạn chế, tương tự cách làm tại Tây Ban Nha, Pháp hay Ý<sup>13</sup>. Luật Quy hoạch và Luật Tài nguyên, môi trường biển và hải đảo cần được sửa đổi để lồng ghép các nguyên tắc ICZM như tiếp cận dựa trên hệ sinh thái, tham vấn cộng đồng và cân bằng lợi ích các bên.

*Thứ hai*, thiết kế cơ chế ưu đãi và bảo hộ đầu tư cho các lĩnh vực biển chiến lược. Các ngành như điện gió ngoài khơi, cảng nước sâu, nuôi biển công nghệ cao đều có vòng đời dự án kéo dài và chi phí khởi điểm

<sup>12</sup> Repubblica Italiana (2015). Legge 28 dicembre 2015, n. 221 – Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy.

<sup>13</sup> European Commission (2017). Maritime spatial planning and integrated coastal management. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries



lớn, nên cần cơ chế ưu đãi chuyên biệt về thuế, tiếp cận không gian biển, bảo lãnh đầu tư và chia sẻ rủi ro. Đồng thời, Việt Nam cần thiết lập cơ chế bồi thường hoặc bảo vệ kỳ vọng chính đáng của nhà đầu tư khi có thay đổi chính sách bất ngờ. Đây là điều kiện để đáp ứng nguyên tắc FET, một trong những chuẩn mực pháp lý được các nhà đầu tư viện dẫn nhiều nhất khi khởi kiện nhà nước tiếp nhận đầu tư<sup>14</sup>.

*Thứ ba*, củng cố cơ chế giải quyết tranh chấp đầu tư có yếu tố biển. Trong bối cảnh các tranh chấp quốc tế về vùng biển và quyền tài phán ngày càng gia tăng, Việt Nam cần cải thiện năng lực pháp lý trong giải quyết tranh chấp đầu tư quốc tế, đặc biệt là tranh chấp liên quan đến khu vực ven biển có tranh chấp hoặc không rõ ràng về quy hoạch. Việc xây dựng đội ngũ chuyên gia pháp lý am hiểu cả UNCLOS và luật đầu tư quốc tế sẽ giúp Việt Nam chủ động hơn trong xử lý tranh chấp phức tạp, nhất là khi ranh giới giữa bảo vệ lợi ích quốc gia và tuân thủ cam kết quốc tế ngày càng trở nên nhạy cảm.

Cuối cùng, bảo đảm sự tương thích giữa luật quốc gia và cam kết đầu tư quốc tế. Việt Nam đã ký kết nhiều hiệp định đầu tư thế hệ mới như EVIPA, CPTPP, RCEP, trong đó đều có quy định bảo hộ đầu tư nước ngoài theo các tiêu chuẩn quốc tế. Việc nội luật hóa nghĩa vụ trong các hiệp định đầu tư trên vào pháp luật đầu tư biển (đặc biệt là nghĩa vụ liên quan đến minh bạch, không phân biệt đối xử và BVMT) sẽ giúp giảm thiểu nguy cơ xung đột pháp lý và tăng mức độ tin cậy cho nhà đầu tư.

## 6. KẾT LUẬN

Kinh tế biển là lĩnh vực có tiềm năng phát triển to lớn, đóng vai trò then chốt trong chiến lược phát triển bền vững và hội nhập quốc tế của Việt Nam. Tuy nhiên, thực tiễn thu hút đầu tư vào các ngành kinh tế biển còn nhiều hạn chế, trong đó nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ những bất cập về khung pháp lý, đặc biệt là sự chưa hoàn thiện của hệ thống luật đầu tư quốc tế và luật nội địa liên quan đến đầu tư biển. Các đặc thù về không gian pháp lý trên vùng biển, rủi ro về quyền sử dụng, cũng như các yêu cầu BVMT và an ninh biển khiến lĩnh vực này đòi hỏi một môi trường pháp lý minh bạch, ổn định và đồng bộ hơn bao giờ hết.

Luật đầu tư quốc tế với các nguyên tắc như FET, bảo vệ chống trưng thu phi pháp (Unlawful Expropriation), cơ chế ISDS đóng vai trò quan trọng trong việc tạo dựng niềm tin và bảo hộ quyền lợi cho nhà đầu tư nước ngoài, từ đó góp phần thúc đẩy dòng vốn đầu tư vào kinh tế biển. Song song đó, kinh nghiệm quốc tế cho thấy việc xây dựng một khung pháp lý đầu tư biển

tích hợp, gắn kết chặt chẽ với quy hoạch không gian biển và quản trị vùng bờ theo mô hình ICZM và MSP là con đường thiết thực để Việt Nam nâng cao tính khả thi và hiệu quả của các dự án đầu tư biển.

Do đó, để phát huy tối đa lợi thế và tiềm năng kinh tế biển, Việt Nam cần tiến hành đồng bộ các cải cách pháp luật và chính sách đầu tư, hướng tới một cơ chế ưu đãi và bảo hộ đầu tư chuyên biệt cho các lĩnh vực biển chiến lược. Đồng thời, cần củng cố năng lực giải quyết tranh chấp và đảm bảo sự hài hòa giữa luật nội địa với các cam kết quốc tế về đầu tư. Qua đó, Việt Nam không chỉ nâng cao được sức hấp dẫn đầu tư mà còn khẳng định vị thế là quốc gia ven biển phát triển bền vững, góp phần bảo vệ chủ quyền và lợi ích quốc gia trên trường quốc tế ■

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. OECD (2016). *The Ocean Economy in 2030*. OECD Publishing.
2. United Nations (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), Article 56*.
3. United Nations Conference on Trade and Development (2012). *Fair and Equitable Treatment: A Sequel (UNCTAD Series on Issues in International Investment Agreements II)*. UNCTAD.
4. European Commission (2020). *EU-Vietnam Investment Protection Agreement (EVIPA), Chapter 13*.
5. European Commission (2017). *Maritime Spatial Planning and Integrated Coastal Management*. Directorate-General for Maritime Affairs and Fisheries.
6. World Bank (2021). *Offshore Wind Roadmap for Vietnam*.
7. Ban Chấp hành Trung ương Đảng Cộng sản Việt Nam (2018). *Nghị quyết số 36-NQ/TW về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045*.
8. Bộ Kế hoạch và Đầu tư (2023). *Tình hình đầu tư vào các lĩnh vực kinh tế biển giai đoạn 2016-2023*.
9. Dolzer, R., & Schreuer, C. (2012). *Principles of International Investment Law (2nd ed., pp. 133-136, 145-147)*. Oxford University Press.
10. Tanaka, Y. (2015). *The International Law of the Sea (2nd ed., pp. 313-318)*. Cambridge University Press.
11. Gouvernement de la République Française (2020). *Code de l'environnement maritime*. Légifrance.
12. Gobierno de España (2010). *Ley 41/2010, de protección del medio marino*. Ministerio para la Transición Ecológica.
13. Repubblica Italiana (2015). *Legge 28 dicembre 2015, n. 221 - Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy*.

<sup>14</sup> Dolzer, R., & Schreuer, C. (2012). *Principles of international investment law (2nd ed.)*. Oxford University Press.

# THỂ LỆ VIẾT VÀ ĐĂNG BÀI TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

Tạp chí Môi trường trực thuộc Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường, Bộ Nông nghiệp và Môi trường có chức năng chính là giới thiệu, công bố các thông tin khoa học; công trình nghiên cứu khoa học về chiến lược, chính sách thuộc lĩnh vực nông nghiệp và môi trường. Hiện nay, Tạp chí được Hội đồng chức danh Giáo sư nhà nước công nhận tính điểm công trình cho 05 Hội đồng ngành, liên ngành (Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Xây dựng - kiến trúc; Sinh học; Thủy lợi; Nông nghiệp - Lâm nghiệp ) tạo điều kiện xét công nhận đạt tiêu chuẩn Giáo sư, Phó Giáo sư, nghiên cứu sinh với số điểm quy đổi từ 0,25 - 0,5 điểm công trình.

## I. YÊU CẦU CHUNG

Bài viết gửi đăng Tạp chí Môi trường phải là bài viết chưa từng được công bố trên bất kỳ tạp chí khoa học nào trước đó. Tác giả có trách nhiệm không gửi đăng bản thảo bài viết trên tạp chí khác khi chưa có quyết định từ chối của Ban biên tập Tạp chí. Tác giả phải chịu trách nhiệm về nội dung bài gửi đăng, tính chính xác của các trích dẫn trong bài viết, tính hợp pháp và bản quyền của bài viết.

Các bài viết gửi đăng phải được viết bằng ngôn ngữ tiếng Việt nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Việt và là ngôn ngữ tiếng Anh nếu gửi đăng trên Tạp chí bản tiếng Anh. Bài viết phải được soạn thảo bằng phần mềm Microsoft Word, font chữ Times New Roman, cỡ chữ 13, giãn dòng 1.5; lề trên 2,5 cm; lề dưới 2,5 cm; lề trái 3 cm; lề phải 2 cm; có độ dài bài viết không quá 6.000 từ đối với bài nghiên cứu khoa học của bản tiếng Việt và tiếng Anh; không quá 3.000 từ đối với bài ở các mục Diễn đàn - Chính sách; Nhìn ra thế giới; Chính sách - Cuộc sống.

Bài viết gửi về Tòa soạn dưới dạng file mềm và bản in, có thể gửi trực tiếp tại Tòa soạn hoặc gửi qua hộp thư điện tử. Cuối bài tác giả ghi rõ thông tin về tác giả gồm: Họ tên, học hàm, học vị, chức vụ, địa chỉ cơ quan làm việc, thông tin liên lạc của tác giả (điện thoại, email) để Tạp chí tiện liên hệ.

## II. NỘI DUNG BÀI ĐĂNG TRÊN TẠP CHÍ MÔI TRƯỜNG

**- Tóm tắt bài viết (Abstract):** Tác giả viết ngắn gọn thành một đoạn văn (từ 100 đến 150 từ), phản ánh khái quát những nội dung chính trong bài viết và thể hiện đầy đủ các mặt: (i) Tầm quan trọng và mục đích của nghiên cứu; (ii) Phương pháp nghiên cứu sử dụng; (iii) Những kết quả chính của nghiên cứu. Đối với các bài viết tiếng Việt, tác giả cung cấp thêm tên bài và phần tóm tắt (bao gồm cả từ khóa) dịch sang tiếng Anh (yêu cầu không sử dụng công cụ dịch tự động) và được trình bày ngay dưới phần tóm tắt tiếng Việt.

**- Từ khóa (Keywords):** Tác giả cần đưa ra 3 đến 5 từ khóa của bài viết theo thứ tự alphabet và thể hiện đặc trưng cho chủ đề của bài viết.

**- Giới thiệu hoặc đặt vấn đề (Introduction):** Phần này cần thể hiện: (i) Lý do thực hiện nghiên cứu này và tầm quan trọng của chủ đề nghiên cứu (có ý nghĩa như thế nào về mặt lý luận và thực tiễn); (ii) Xác định vấn đề nghiên cứu, đặc biệt làm rõ tính mới của nghiên cứu; (iii) Nội dung chính mà bài viết sẽ tập trung giải quyết; (iv) Mục tiêu nghiên cứu.

**- Đối tượng và phương pháp nghiên cứu (Theoretical framework and Methods):** (i) Trình bày rõ tổng quan nghiên cứu và cơ sở lý thuyết liên quan; (ii) Khung lý thuyết hoặc khung phân tích sử dụng trong bài viết (nếu có); (iii) phương pháp nghiên cứu; (iv) mô tả địa điểm nghiên cứu (nếu có).

**- Kết quả và thảo luận (Results and discussion):** (i) Diễn giải, phân tích các kết quả phát hiện mới; (ii) Rút ra mối quan hệ chung, mối liên hệ giữa kết quả nghiên cứu của tác giả với những phát hiện khác trong các nghiên cứu trước đó.

Đối với một số bài viết mang tính chất tư vấn, phản biện chính sách, ý kiến chuyên gia cần tập trung đánh giá thực trạng vấn đề nghiên cứu (đánh giá thành tựu, hạn chế và nguyên nhân...).

**- Kết luận hoặc (và) khuyến nghị giải pháp (Conclusions or/and policy implications):** Tùy theo mục tiêu nghiên cứu, một kết luận tổng hợp cần phải đảm bảo các nội dung: (i) Kết quả nghiên cứu; (ii) Những mặt hạn chế của nghiên cứu; (iii) Mở ra hướng nghiên cứu mới; (iv) Đưa ra giải pháp hay khuyến nghị cho các nhà quản lý doanh nghiệp và/hoặc các nhà hoạch định chính sách xuất phát từ kết quả nghiên cứu.

**- Lời cảm ơn** (nếu có)....

**- Tài liệu tham khảo (Reference):** Việc thể hiện các trích dẫn tài liệu tham khảo có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá độ chuyên sâu và tính nghiêm túc của nghiên cứu. Vì vậy, trích dẫn tài liệu tham khảo phải được trình bày đúng quy chuẩn. Trích dẫn tài liệu tham khảo được chia làm 2 dạng chính: Trích dẫn trong bài (in-textreference) và Danh mục tài liệu tham khảo (reference list). Danh mục tài liệu tham khảo được đặt cuối cùng bài viết, mỗi trích dẫn trong bài viết (intextreference) nhất thiết phải tương ứng với danh mục nguồn tài liệu được liệt kê trong danh sách tài liệu tham khảo.



☞ Địa chỉ: 16 Thụy Khuê - Tây Hồ - Hà Nội

☞ Email: vclcs@mae.gov.vn/vienclcsnmt@gmail.com

☞ Viện trưởng: TS. Trần Công Thắng

☞ Phó Viện trưởng: PGS.TS Nguyễn Đình Thọ, TS. Hoàng Vũ Quang, TS. Mai Thanh Dung,

TS. Nguyễn Trung Thắng, TS. Nguyễn Minh Trung, TS. Nguyễn Anh Phong, TS. Trương Thị Thu Trang

☞ Điện thoại: (84-4) 3972 2067

☞ Website: <https://ispae.vn>

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường được thành lập theo Quyết định số 305/QĐ-BNNMT ngày 01/3/2025 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Môi trường. Theo đó, Viện có vị trí và chức năng là đơn vị sự nghiệp khoa học và công nghệ công lập phục vụ công tác quản lý nhà nước, trực thuộc Bộ Nông nghiệp và Môi trường, có chức năng giúp Bộ trưởng nghiên cứu, đề xuất, xây dựng chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; thực hiện nghiên cứu khoa học, cung cấp các dịch vụ công, tư vấn, đào tạo trong các lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường (BVMT) và ứng phó với biến đổi khí hậu (BĐKH) theo quy định của pháp luật.

Viện Chiến lược, Chính sách nông nghiệp và môi trường có tư cách pháp nhân, có con dấu và tài khoản riêng; có trụ sở tại Thành phố Hà Nội; hoạt động theo cơ chế của tổ chức khoa học và công nghệ công lập.

### CƠ CẤU TỔ CHỨC

- ❖ Văn phòng
- ❖ Phòng Kế hoạch - Tài chính
- ❖ Phòng Khoa học và Hợp tác quốc tế
- ❖ Ban Thể chế nông thôn
- ❖ Ban Tổng hợp và Dự báo chiến lược
- ❖ Ban Kinh tế tài nguyên và môi trường
- ❖ Ban Thị trường và Ngành hàng
- ❖ Ban Môi trường và Phát triển bền vững
- ❖ Ban Biến đổi khí hậu
- ❖ Ban Tài nguyên thiên nhiên
- ❖ Trung tâm Thông tin và Dịch vụ nông nghiệp và môi trường
- ❖ Trung tâm Phát triển và Ứng dụng khoa học công nghệ về đất đai
- ❖ Trung tâm Phát triển nông thôn
- ❖ Trung tâm Tư vấn chính sách nông nghiệp
- ❖ Tạp chí Môi trường

### NHIỆM VỤ VÀ QUYỀN HẠN

**1.** Chủ trì, tham gia xây dựng chiến lược, quy hoạch, kế hoạch, chương trình, đề án, dự án; đề xuất cơ chế, chính sách trong lĩnh vực phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

**2.** Nghiên cứu cơ sở lý luận, tổng kết thực tiễn, kinh nghiệm trong nước và quốc tế về chiến lược, chính sách phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường, ứng phó với biến đổi khí hậu và các vấn đề kinh tế, xã hội có liên quan phục vụ công tác xây dựng chiến lược, chính sách đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ.

**3.** Cập nhật các vấn đề mới, tổng kết, phát hiện các bất cập về chiến lược, chính sách liên quan đến phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

**4.** Đề xuất, xây dựng, thử nghiệm các cách tiếp cận mô hình, công cụ, cơ chế, chính sách mới trong phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu.

**5.** Đánh giá, phản biện chính sách, tổng kết thực tiễn phát triển ngành; dự báo xu hướng, diễn biến đối với các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

**6.** Tổ chức thực hiện các chương trình, đề án, dự án, nhiệm vụ khoa học và công nghệ về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo phân công của Bộ trưởng.

**7.** Chủ trì hoặc tham gia xây dựng văn bản quy phạm pháp luật, tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật, định mức kinh tế - kỹ thuật, hướng dẫn kỹ thuật về các lĩnh vực quản lý của Bộ theo phân công của Bộ trưởng.

**8.** Hoạt động tư vấn, đào tạo và dịch vụ khoa học và công nghệ

a) Thực hiện các hoạt động dịch vụ, sản xuất, kinh doanh theo quy định của pháp luật;

b) Liên doanh, liên kết với các tổ chức, triển khai các dịch vụ khoa học và chuyển giao công nghệ, đào tạo, bồi dưỡng về phát triển nông nghiệp, nông thôn, giảm nghèo, quản lý tài nguyên, bảo vệ môi trường và ứng phó với biến đổi khí hậu theo quy định của pháp luật;

c) Cung cấp các dịch vụ, tư vấn, thẩm định, đánh giá tác động, phản biện chiến lược, chính sách, kế hoạch, quy hoạch, chương trình, đề án, dự án theo quy định của pháp luật.

**9.** Thực hiện các hoạt động hợp tác quốc tế trong nghiên cứu khoa học, chuyển giao công nghệ và đào tạo về chiến lược, chính sách theo các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý nhà nước của Bộ; tiến hành hợp tác, đối thoại chính sách với các đối tác quốc tế và triển khai các chương trình, dự án hợp tác quốc tế theo phân công của Bộ trưởng.

**10.** Thu thập, tổng hợp, xử lý, xây dựng cơ sở dữ liệu, cung cấp thông tin về các lĩnh vực của ngành; thông tin về thị trường, thương mại, đầu tư, hội nhập kinh tế quốc tế và các hoạt động liên quan đến chuyển đổi số trong các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ.

**11.** Biên soạn, biên tập, phát hành các kết quả nghiên cứu của Viện, các ấn phẩm thông tin khoa học, các ấn phẩm liên quan đến chiến lược, chính sách về các lĩnh vực thuộc phạm vi quản lý của Bộ theo quy định của pháp luật.

**12.** Quản lý tổ chức, vị trí việc làm, số lượng người làm việc; viên chức, người lao động thuộc Viện theo quy định của pháp luật và theo phân cấp của Bộ; quản lý tài chính, tài sản; thực hiện trách nhiệm của đơn vị dự toán đối với các đơn vị trực thuộc Viện theo quy định của pháp luật; tổ chức sơ kết, tổng kết, thống kê, báo cáo định kỳ và đột xuất về tình hình thực hiện nhiệm vụ được giao.

**13.** Thực hiện các nhiệm vụ khác do Bộ trưởng giao.