

# ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC SÔNG ĐA ĐỘ VÀ CÁC GIẢI PHÁP CÔNG NGHỆ XỬ LÝ NƯỚC HƯỚNG TỚI CẤP NƯỚC AN TOÀN

Dương Thu Hằng<sup>a,\*</sup>, Nguyễn Lan Hương<sup>a</sup>, Phạm Duy Đông<sup>a</sup>, Trần Thị Việt Nga<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, 55 đường Giải Phóng, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 21/4/2025, Sửa xong 17/5/2025, Chấp nhận đăng 20/5/2025

## Tóm tắt

Trước nguy cơ suy giảm chất lượng nước nguồn và tác động của biến đổi khí hậu, các nhà máy cấp nước đô thị tại Việt Nam đang gặp nhiều thách thức trong đảm bảo an toàn chất lượng nước cấp. Nghiên cứu này nhằm đánh giá chất lượng nước sông Đa Độ (Hải Phòng) tại vị trí công trình thu nước cho nhà máy nước Cầu Nguyệt từ năm 2021–2023, từ đó định hướng lựa chọn các giải pháp công nghệ xử lý nước thích ứng với sự biến đổi chất lượng nước. Kết quả đã chỉ ra hàm lượng nitơ và *Coliform* tổng số nhiều thời điểm vượt ngưỡng giới hạn các thông số trong nước mặt phục vụ mục đích cấp nước sinh hoạt, có sự gia tăng các chỉ tiêu ô nhiễm như hàm lượng cặn và muối, hợp chất hữu cơ và nitơ về mùa mưa các năm. Điều này dẫn đến nhu cầu gia tăng hóa chất, thời gian xử lý, chi phí vận hành và nguy cơ phát sinh sản phẩm phụ khử trùng có hại cho sức khỏe con người. Để đảm bảo chất lượng nước sau xử lý, nghiên cứu thảo luận, đề xuất một số công nghệ có khả năng xử lý hiệu quả các chất ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng và vi sinh như hấp phụ, oxy hóa bậc cao và màng lọc. Nghiên cứu góp phần định hướng kế hoạch an toàn cấp nước, thích ứng với các biến động môi trường trong hiện tại và tương lai tại các nhà máy cấp nước đô thị tại Việt Nam.

*Từ khoá:* ô nhiễm nước mặt; chất hữu cơ; vi sinh; các hợp chất của nitơ, công nghệ xử lý nước; cấp nước an toàn.

## ASSESSMENT OF DA DO RIVER WATER QUALITY CHANGES AND WATER TREATMENT SOLUTIONS TOWARDS SAFE WATER SUPPLY

### Abstract

Facing the risks of declining source water quality and the impacts of climate change, urban water treatment plants in Vietnam are encountering numerous challenges to ensure quality of water supply for domestic uses. This study aimed to assess the water quality of the Da Do River (Hai Phong) at the intake point for Cau Nguyệt Water Treatment Plant from 2021 to 2023, thereby guiding the selection of appropriate water treatment technologies in response to changing water quality conditions. The results indicated that nitrogen and total *Coliform* concentration often exceeded the maximum values in the National technical regulation for surface water quality used for domestic supply. Additionally, there was an increase in pollution indicators such as suspended solids, salinity, organic compounds, and nitrogen during the rainy seasons. These trends may lead to higher demand for treatment chemicals, extended retention time, increased operational costs, and a risk of harmful disinfection by-products affecting human health. To ensure the quality of treated water, the study proposed several technologies capable of effectively removing organic, nutrient, and microbial pollutants, such as adsorption, advanced oxidation, and membrane filtration. The research contributes to shaping water safety planning strategies and enhancing the resilience of urban water treatment plants in Vietnam to environmental changes.

*Keywords:* surface water pollution; organics; microorganism; nitrogen compounds, water treatment technology; safety in water supply.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2025-19\(2V\)-10](https://doi.org/10.31814/stce.huce2025-19(2V)-10) © 2025 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [hangdt@huce.edu.vn](mailto:hangdt@huce.edu.vn) (Hằng, D. T.)

## 1. Giới thiệu

Trong những năm gần đây, tài nguyên nước mặt tại Việt Nam đang phải đối mặt với áp lực ngày càng lớn, không chỉ về chất lượng nước mà còn về trữ lượng nguồn dần cạn kiệt [1]. Sự suy giảm chất lượng nguồn nước thể hiện rõ qua sự gia tăng của các hợp chất hữu cơ và các chất ô nhiễm vi lượng, chủ yếu xuất phát từ hoạt động xả thải của các ngành nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt. Bên cạnh đó, hiện tượng xâm nhập mặn theo mùa tại các khu vực ven biển cũng làm tình trạng ô nhiễm trở nên trầm trọng hơn. Không chỉ có chất lượng nguồn nước bị suy giảm, lượng nước có thể khai thác được cũng có nguy cơ giảm sút, trong khi nhu cầu sử dụng nước cho sinh hoạt, công nghiệp và nông nghiệp không ngừng gia tăng [1]. Những yếu tố này đang tạo ra một áp lực lớn đối với việc đảm bảo cấp nước an toàn và bền vững, đồng thời đặt ra thách thức lớn cho công tác bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Biến đổi khí hậu càng làm trầm trọng thêm tình hình ô nhiễm và thiếu hụt nguồn nước. Các hiện tượng thời tiết cực đoan như hạn hán kéo dài, xâm nhập mặn gia tăng, và triều cường đang ngày càng phổ biến, ảnh hưởng nghiêm trọng đến khả năng cung cấp nước sinh hoạt. Trong bối cảnh các yêu cầu về chất lượng nước ngày càng được siết chặt theo quy định của các cơ quan quản lý, các quốc gia nhận thức được tầm quan trọng của việc nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nguồn cung cấp nước, các ảnh hưởng tới khả năng cung cấp nước và phát triển các công nghệ xử lý nước hiệu quả, tiên tiến và bền vững. Đây là một phần trong chiến lược đảm bảo an toàn cấp nước và bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

Việc nghiên cứu đánh giá chất lượng nguồn nước cung cấp, phân tích các tác động và đề xuất các giải pháp bảo vệ môi trường là nhiệm vụ cấp thiết trong bối cảnh hiện nay. Đã có một số các nghiên cứu về chất lượng nước nguồn nước mặt tại Việt Nam như Hải Dương [2], Hải Phòng [3], Quảng Ninh [4] và đồng bằng sông Cửu Long [5]. Lê Việt Hùng và các cộng sự đã đánh giá chất lượng nước mặt tại một số sông, kênh mương thuộc huyện Gia Lộc, tỉnh Hải Dương như sông Đình Đào, sông Cầu Bình, kênh Thạch Khôi. Kết quả cho thấy hàm lượng amoni tại hầu hết các điểm quan trắc vượt mức cột B1, QCVN 08-MT:2015/BTNMT (nay là QCVN 08:2023/BTNMT, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt được ban hành kèm theo Thông tư 01/2023/TT-BTNMT) dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi [2]. Tương tự, nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt tại 23 điểm trên lưu vực sông Bạch Đằng vào mùa mưa và mùa khô của Nguyễn Mạnh Hà và các cộng sự cho thấy hàm lượng phốt pho vào mùa khô tại hầu hết các điểm đo vượt mức cho phép đối với nguồn nước sử dụng cho mục đích sinh hoạt [4]. Lê Thị Hồng Vân và cộng sự đã đánh giá chất lượng nước tại 36 vị trí trên các sông, hồ và kênh ở Hải Phòng; kết quả chỉ ra 64% (số mẫu) tổng hàm lượng căn (TSS), 14% amoni, 17% hàm lượng hữu cơ (COD, BOD), và 11% tổng dầu mỡ, vượt mức cho phép đối với nguồn nước sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Kết quả phân tích chỉ số VN\_WQI cũng chỉ ra chất lượng nước mặt khu vực nội thành thấp hơn khu vực ngoại thành và chất lượng nước của các kênh, hồ thấp hơn chất lượng nước các sông [3].

Hải Phòng có mạng lưới sông ngòi dày đặc với mật độ  $0,6-0,8 \text{ km/km}^2$  và tổng lượng nước sông khoảng  $77,2 \text{ tỷ m}^3/\text{năm}$ . Thành phố khai thác hơn  $600.000 \text{ m}^3/\text{ngày}$  đêm cho mục đích sinh hoạt và sản xuất, chủ yếu từ nguồn nước mặt. Với sự bùng nổ của quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa nhanh chóng, thành phố Hải Phòng cũng như nhiều đô thị tại Việt Nam đang phải đối mặt với nhiều vấn đề môi trường, đặc biệt là ô nhiễm nguồn nước và các tác động của biến đổi khí hậu. Nguy cơ này trở nên trầm trọng hơn đối với các đô thị ven biển bởi tác động đồng thời với các hiện tượng như lũ lụt, hạn hán, triều cường và nước biển dâng, đe dọa nghiêm trọng chất lượng và trữ lượng nguồn nước thô phục vụ cho cấp nước sinh hoạt.

Tại Việt Nam hiện nay, các nhà máy cấp nước đô thị chủ yếu sử dụng công nghệ xử lý truyền



$m^3$ /ngày, hiện vận hành 70% công suất thiết kế. Công trình thu của 2 nhà máy nước là kiểu thu nước bờ sông, có phao chắn rác, bể tại bờ bên ngoài và có song chắn rác thô trong cửa thu. Hồ sơ lắng tại nhà máy có dung tích chứa dao động từ 3.000  $m^3$  đến 5.000  $m^3$ , thời gian trữ nước 1 h đến 2 h tùy theo mùa và thời điểm. Hồ sơ lắng của nhà máy nước Hưng Đạo có sức chứa từ 8.000  $m^3$  đến 10.000  $m^3$ , thời gian trữ nước 10 h đến 12 h. Các quá trình xử lý trong dây chuyền công nghệ tại nhà máy nước theo công nghệ xử lý nước mặt truyền thống, bao gồm: sơ lắng để giảm hàm lượng cặn; keo tụ bằng phèn nhôm chloride hoặc phèn nhôm sunfat để tăng cường hiệu quả lắng, loại bỏ tạp chất; lắng cặn trong bể lắng ngang/bể lắng lamen, lọc nước qua các bể lọc với hai lớp vật liệu, bao gồm cát thạch anh và than anthracite, nhằm loại bỏ tạp chất còn lại; và cuối cùng, khử trùng nước bằng clo trước khi đưa về bể chứa.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu đã sử dụng (i) phương pháp khảo sát và thu thập số liệu chất lượng nước trong 3 năm (2021–2023) tại nhà máy nước và Công ty cổ phần Cấp nước Hải Phòng; (ii) phương pháp xác suất thống kê mô tả để phân tích chất lượng nước mặt theo từng mùa và từng năm để đánh giá diễn biến chất lượng nước; (iii) phương pháp tổng quan tài liệu và (iv) hỏi ý kiến chuyên gia để phân tích nguyên nhân và các ảnh hưởng của diễn biến chất lượng nước tới quá trình xử lý nước tại các nhà máy nước.

Điểm quan trắc đặt tại điểm lấy nước sông cung cấp vào nhà máy nước Cầu Nguyệt (tọa độ vị trí lấy mẫu, X: 2299014.921, Y: 589577.265). Các chỉ tiêu được quan trắc định kỳ hàng ngày/hàng tuần và mẫu nước thu thập được phân tích tại Phòng thí nghiệm đạt chuẩn ISO/IEC 17025 của Công ty cổ phần Cấp nước Hải Phòng. Các thông số được lựa chọn bao gồm độ đục, độ dẫn điện, hàm lượng hữu cơ (qua chỉ tiêu COD, Chemical oxygen demand), lượng các hợp chất của nitơ (qua chỉ tiêu amoni, nitrit, và tổng nitơ - N) và vi sinh (chỉ tiêu *Coliform* tổng số) trong nước sông, đây là các thông số thể hiện thành phần các chất ô nhiễm điển hình với nguồn nước mặt.

Các kết quả được biểu thị theo trên biểu đồ Box and Whisker plot, diễn tả 5 vị trí phân bố của dữ liệu, đó là: giá trị nhỏ nhất (min), tứ phân vị thứ nhất (Q1), trung vị (median), tứ phân vị thứ 3 (Q3) và giá trị lớn nhất (max).

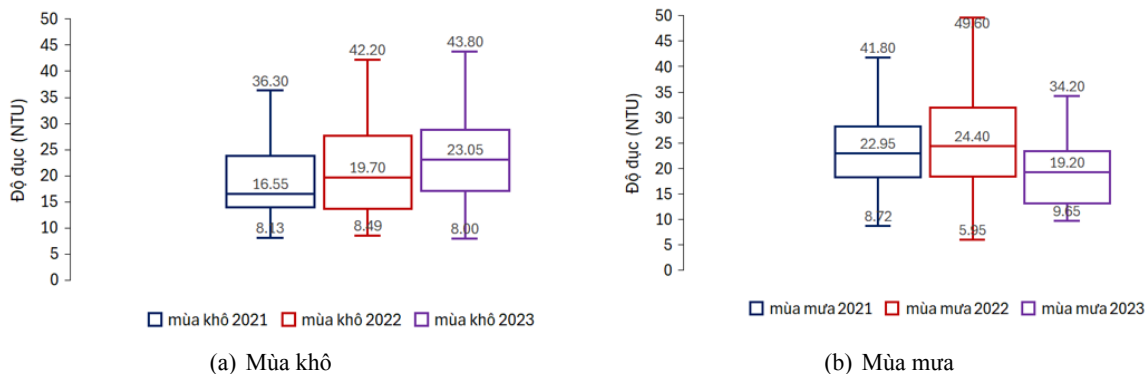
## 3. Kết quả và thảo luận

Diễn biến chất lượng nước sông Đa Độ, tại vị trí công trình thu của nhà máy nước Cầu Nguyệt, được đánh giá trên 4 nhóm chỉ tiêu chính: độ đục và độ dẫn điện (Hình 2 và Hình 3, tương ứng), hàm lượng chất hữu cơ, được biểu thị qua chỉ tiêu nhu cầu oxy hóa học (COD, Hình 4), lượng các hợp chất của nitơ (amoni, nitrit và tổng N, Hình 5, Hình 6 và Hình 7 tương ứng) và chỉ tiêu vi sinh (tổng *Coliform*, Hình 8). Các nhóm chỉ tiêu được biểu thị qua 2 mùa, mùa khô (dry) và mùa mưa (wet). Phạm vi nghiên cứu này không đánh giá chỉ tiêu độ mặn của nước sông Đa Độ do vị trí các công trình thu nước của các nhà máy nước khai thác nước sông Đa Độ nằm cách cửa sông hơn 10 km, lịch sử hoạt động nhà máy nước Cầu Nguyệt và nhà máy nước Hưng Đạo chỉ mới ghi nhận 01 lần nước nguồn nhiễm mặn vào tháng 11 năm 2019. Ngoài ra, thành phố Hải Phòng đã triển khai hệ thống giám sát độ mặn của nước các sông của Hải Phòng để kịp thời điều tiết các cửa ngăn mặn, do đó vấn đề nhiễm mặn nguồn nước cấp không hiện hữu thường xuyên và đáng quan ngại như ô nhiễm chất hữu cơ.

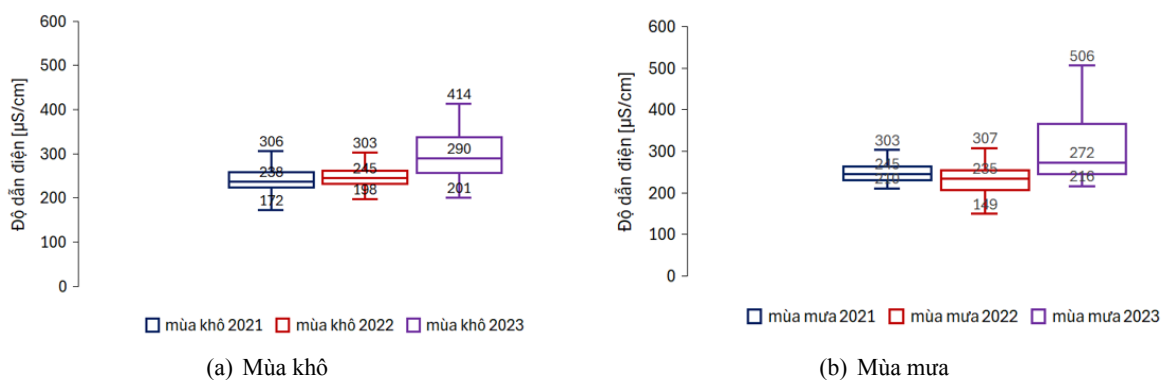
### 3.1. Diễn biến độ đục và độ dẫn điện của nước sông Đa Độ giữa các mùa trong 3 năm

Kết quả về xu hướng thay đổi độ đục qua 2 mùa theo thời gian cho thấy không có sự khác nhau nhiều về hai mùa, dao động từ 5-50 NTU, mùa mưa thường cao hơn mùa khô. Độ đục của nước sông có sự gia tăng, từ 16 đến 25 NTU và các giá trị cực đại cũng có xu hướng tăng từ 36 đến 50 NTU, trừ mùa mưa năm 2023. Kết quả độ dẫn điện (Hình 3) biểu thị tổng hàm lượng các cation và anion, hay muối tan trong nước, xu hướng gia tăng theo năm và cao hơn ở mùa mưa. Điều này có thể được lý

giải do trong mùa mưa, nước lũ cuốn trôi các dòng chảy tràn bề mặt gia tăng đổ về sông, khiến hàm lượng muối hòa tan cao hơn mùa kiệt. Tuy nhiên, sự gia tăng độ dẫn điện theo năm rõ rệt ở cả 2 mùa, có thể liên quan đến sự xâm nhập mặn gia tăng trên sông Đa Độ, nguy cơ ảnh hưởng đến chất lượng nguồn cung cấp nước.



Hình 2. Sự thay đổi về độ đục của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023



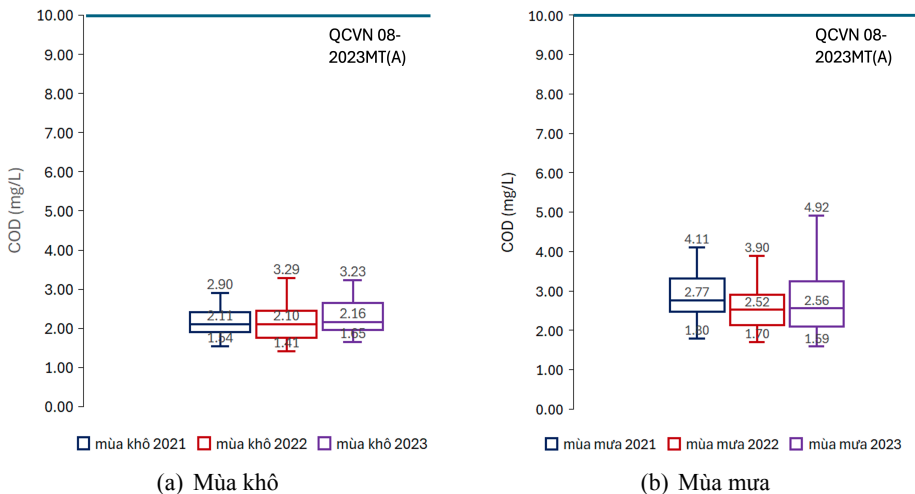
Hình 3. Sự thay đổi về độ dẫn điện của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023

### 3.2. Diễn biến hàm lượng hữu cơ của nước sông Đa Độ giữa các mùa trong 3 năm

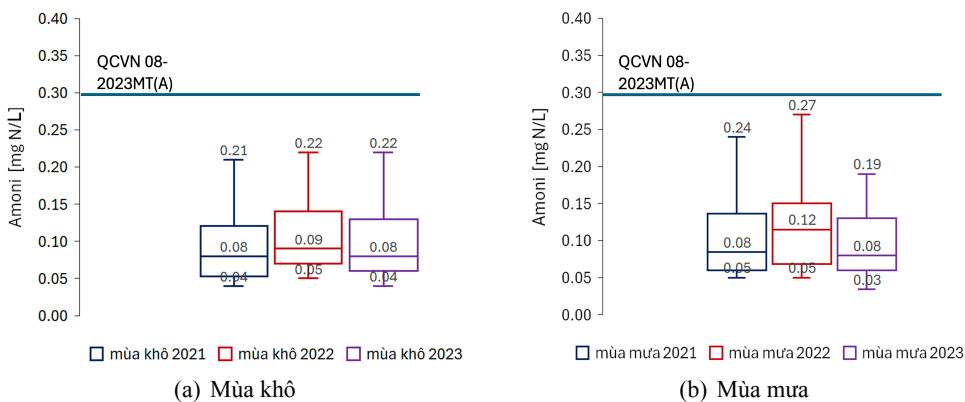
Các giá trị trung bình về hàm lượng chất hữu cơ, được biểu thị qua chỉ tiêu COD không rõ ràng xu hướng nhưng giá trị cực đại có xu hướng gia tăng đến 5 mg/L tại năm 2023, mùa mưa cao hơn mùa khô, tuy vẫn dưới ngưỡng cho phép (10 mg/L) với chất lượng nước nguồn nước mặt, cung cấp cho mục đích sinh hoạt tại cột A, QCVN 08:2023/BTNMT. Mức độ dao động của giá trị COD vào mùa mưa lớn hơn vào mùa khô. Giá trị trung vị không có chênh lệch lớn giữa 2 mùa thể hiện sự tập trung của giá trị COD trong nước sông từ 2,1 mg/L đến 2,8 mg/L.

### 3.3. Diễn biến hàm lượng các hợp chất của nitơ của nước sông Đa Độ giữa các mùa trong 3 năm

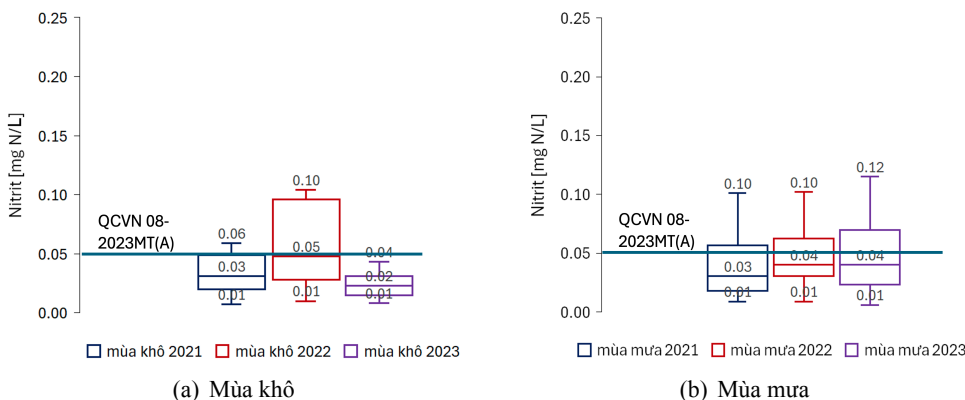
Hàm lượng amoni trong nước sông trong 3 năm chưa vượt ngưỡng cho phép cả vào mùa khô và mùa mưa với giá trị trung vị thay đổi trong khoảng rất nhỏ từ 0,08 đến 0,12 mg/L. Tuy nhiên hàm lượng nitrit trong nước sông lại vượt ngưỡng cho phép ở nhiều thời điểm trong năm đặc biệt vào mùa khô năm 2022 có giá trị trung vị là 0,05 mg/L và giá trị này vượt ngưỡng nhiều hơn vào mùa mưa về giới hạn an toàn sức khỏe con người, theo QCVN 08:2023/BTNMT.



Hình 4. Sự thay đổi về chỉ tiêu COD của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023

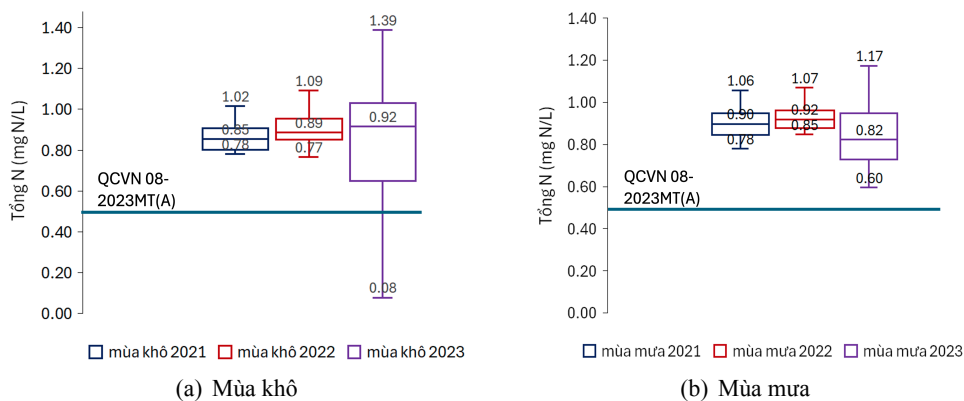


Hình 5. Sự thay đổi về hàm lượng amoni của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023



Hình 6. Sự thay đổi về hàm lượng nitrit của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023

Chỉ số hàm lượng tổng N trong nước có sự gia tăng rõ rệt qua 3 năm, vượt cho phép về chỉ tiêu TN (0,6 mgN/L) với chất lượng nước nguồn nước mặt, cung cấp cho mục đích sinh hoạt tại cột A, QCVN 08:2023/BTNMT đối với giá trị trung bình và giá trị cực đại. Biểu đồ hộp cũng cho thấy tổng

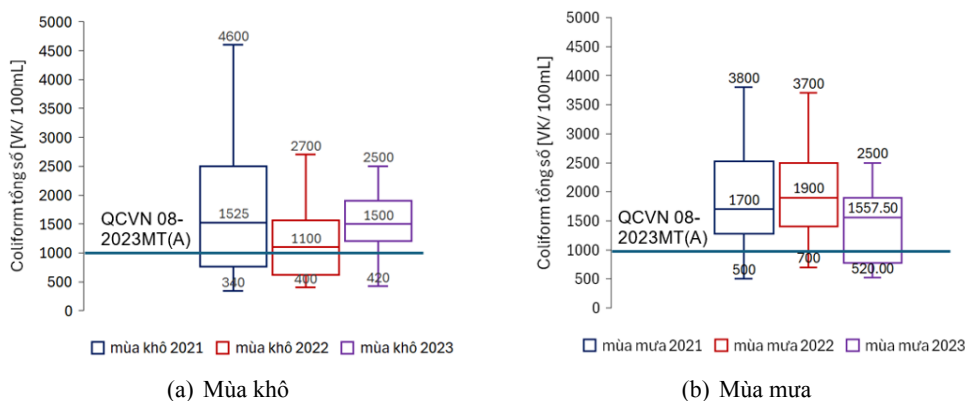


Hình 7. Sự thay đổi về hàm lượng tổng nitơ (N) của nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023

hàm lượng N thường xuyên vượt ngưỡng cho phép ở cả 2 mùa, mùa mưa và mùa khô với nhiều hơn 75% thời điểm trong năm vượt ngưỡng. Giá trị trung vị của hàm lượng tổng N cũng dao động xung quanh mức 0,82 tới 0,92 mg/L ở cả 2 mùa, mùa khô và mùa mưa của 3 năm.

Về mùa khô, lưu lượng dòng chảy của sông thường suy giảm, làm giảm khả năng pha loãng các chất ô nhiễm như amoni, nitrit và tổng N, nồng độ các chất này có khả năng cao hơn mùa mưa. Tuy nhiên, về mùa mưa, do sự cuốn trôi các chất ô nhiễm từ bề mặt khu vực lân cận bờ sông và thượng lưu, dẫn đến nguy cơ gia tăng các chất ô nhiễm này trong nước sông.

### 3.4. Diễn biến chỉ tiêu vi sinh của nước sông Đa Độ giữa các mùa trong 3 năm



Hình 8. Sự thay đổi về Coliform tổng số trong nước sông vào mùa khô và mùa mưa từ 2021 đến 2023

Coliform tổng số trong nguồn nước cung cấp cho nhà máy nước ở đa số thời điểm trong năm đều vượt cho phép (1000 MPN/100 mL) với chất lượng nước nguồn nước mặt, cung cấp cho mục đích sinh hoạt tại cột A, QCVN 08:2023/ BTNMT gấp 2 đến 5 lần, giá trị trung bình gia tăng trong mùa mưa so với mùa khô. Biểu đồ hộp cũng cho thấy khoảng dao động của giá trị Coliform tổng số của mùa mưa cao hơn mùa khô tuy nhiên giá trị trung vị không khác nhau nhiều ở cả 2 mùa và có chiều hướng giảm đi qua các năm.

Kết quả phân tích và đánh giá các chỉ tiêu chất lượng nước nguồn cung cấp nước sông Đa Độ cho thấy các chất ô nhiễm đang có xu hướng gia tăng diễn hình như hàm lượng muối hòa tan, hàm lượng các chất chứa N và vi sinh về mùa mưa so với mùa khô các năm. Theo các khảo sát và báo cáo từ Công ty, các nguyên nhân gây ô nhiễm chính của sông có thể từ việc tiếp nhận các nguồn nước ô

nhiễm: (i) Nước thải sinh hoạt từ khu dân cư dọc theo bờ sông, nơi không có hệ thống xử lý nước thải hoặc hệ thống xử lý không hiệu quả, như các hệ thống thoát nước của thị trấn An Lão, quận Kiến An và thị trấn Núi Đồi; (ii) Nước thải từ các trại chăn nuôi tại xã Tân Viên, huyện An Lão; (iii) Nước rỉ rác từ các bãi rác sinh hoạt không có hệ thống thu gom, hoặc nước từ các khu nghỉ trang gần sông tại xã Mỹ Đức và xã An Thắng, phường Tràng Minh; và (v) Nước thải từ làng nghề phế liệu Phù Lưu, phường Tràng Minh.

### 3.5. Định hướng một số giải pháp công nghệ xử lý nước hướng tới cấp nước an toàn

Trước những thử thách về diễn biến chất lượng nước nguồn nước thô do tiếp nhận các nguồn thải, biến đổi khí hậu; xâm nhập mặn, công nghệ xử lý không đáp ứng chất lượng nguồn nước thô suy giảm và yêu cầu chất lượng nước, giải quyết bài toán tăng công suất trên nền hiện trạng. Các nghiên cứu gần đây đã chỉ ra một số công nghệ xử lý nước có khả năng loại bỏ các cặn, muối, chất hữu cơ, amoni và vi sinh hiệu quả, bền vững, đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về nước sạch và an toàn.

#### a. Công nghệ hấp phụ bằng than hoạt tính

Than hoạt tính là vật liệu thường được sử dụng trong xử lý nước nhằm loại bỏ các hợp chất hữu cơ, hạn chế sự hình thành các sản phẩm phụ khử trùng, và cải thiện chất lượng nước sau xử lý [7, 8]. Hiệu quả của quá trình xử lý phụ thuộc vào đặc tính và nồng độ của các chất ô nhiễm trong nước thô, cũng như thời gian tiếp xúc giữa nước và lớp vật liệu lọc [9]. Phương pháp lọc đa lớp với lớp than hoạt tính dạng hạt và cát đã được nghiên cứu để loại bỏ các hợp chất hòa tan trong xử lý nước. Quá trình này kết hợp các phản ứng nitrat hóa và khử nitrat, với sự tham gia của các vi khuẩn như *Nitrosomonas*. và *Nitrospira*., giúp giảm nồng độ amoni trong nước hiệu quả [10].

#### b. Công nghệ oxy hóa và khử trùng bằng ozone

Công nghệ ozone hóa đang ngày càng được ứng dụng trong xử lý nước uống nhờ khả năng loại bỏ hiệu quả amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), chất hữu cơ và vi sinh vật, vượt trội hơn so với clo trong một số khía cạnh quan trọng [11, 12]. Ozone, với tính oxy hóa mạnh mẽ, có thể trực tiếp oxy hóa amoni thành nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) mà không tạo ra nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) hoặc khí nitơ ( $\text{N}_2$ ), giúp giảm thiểu nguy cơ hình thành các sản phẩm phụ độc hại như bromate trong nước có chứa bromide. Ngoài ra, ozone còn phân hủy các hợp chất hữu cơ phức tạp, cải thiện khả năng phân hủy sinh học của chất hữu cơ hòa tan (DOM), đồng thời loại bỏ màu, mùi và vị khó chịu. Về mặt vi sinh, ozone tạo ra các gốc tự do hydroxyl ( $\cdot\text{OH}$ ) trong quá trình phân hủy, giúp tiêu diệt hiệu quả các vi sinh vật gây bệnh như *Bacillus subtilis*, ngay cả trong môi trường có mặt chất hữu cơ tự nhiên (NOM) [8, 13]. Điều này đặc biệt quan trọng trong việc xử lý nước có chất lượng nguồn thấp hoặc biến động. So với clo và thuốc tím, ozone không để lại dư lượng trong nước sau xử lý, giảm thiểu nguy cơ hình thành các sản phẩm phụ halogen hóa độc hại như THM, chloroform, mangan và độ màu. Tuy nhiên, ozone có chi phí đầu tư và vận hành cao hơn, và cần được kết hợp với các công nghệ khác như màng lọc hoặc sinh học để tối ưu hóa hiệu quả xử lý.

#### c. Công nghệ màng lọc

Công nghệ màng lọc đang nổi bật trong xử lý nước uống để loại bỏ muối hòa tan, amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), chất hữu cơ và loại bỏ cả các sản phẩm phụ của quá trình khử trùng, nhờ vào khả năng tách chọn lọc và hiệu suất cao, giảm thiểu lượng hóa chất sử dụng [9, 14]. Các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng màng nanofiltration (NF) có thể loại bỏ đến 80% hàm lượng  $\text{NH}_4^+$  [14]. Màng thẩm thấu ngược (RO) cũng cho hiệu quả cao, với khả năng loại bỏ  $\text{NH}_4^+$  lên đến 96% trong nước sông, đạt tiêu chuẩn uống của WHO là dưới 0,2 mg/L. Để tăng cường hiệu quả, các nghiên cứu đã thử nghiệm màng RO với các lớp phủ đặc biệt [15].



Các nghiên cứu được thực hiện đã cho thấy các giải pháp trên có tiềm năng cao trong việc xử lý nước uống để loại bỏ cặn, amoni và chất hữu cơ, vi khuẩn và vi rút an toàn, đáp ứng yêu cầu chất lượng nước ngày càng nghiêm ngặt, thân thiện với môi trường và kinh tế, giúp các công ty có kế hoạch nghiên cứu cải tiến công nghệ thích ứng với diễn biến của chất lượng nguồn cung cấp nước.

#### 4. Kết luận

Các kết quả nghiên cứu đánh giá diễn biến chất lượng nước sông Đa Độ trong ba năm liên tiếp cho thấy xu hướng gia tăng đáng kể của một số thông số ô nhiễm, cảnh báo nguy cơ suy giảm chất lượng nguồn nước mặt phục vụ cấp nước sinh hoạt. Độ đục có xu hướng tăng nhẹ theo thời gian, với các giá trị cực đại cận ngưỡng 50 NTU, đặc biệt trong mùa mưa. Độ dẫn điện tăng rõ rệt ở cả hai mùa, cho thấy sự tích tụ muối và khả năng gia tăng ảnh hưởng từ xâm nhập mặn. Mặc dù hàm lượng ô nhiễm hữu cơ chưa vượt ngưỡng cho phép, xu hướng tăng giá trị cực đại và biên độ dao động trong mùa mưa. Đáng chú ý, hàm lượng nitrit và tổng nitơ thường xuyên vượt quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT, với giá trị trung vị xấp xỉ 0,9 mg/L, vượt ngưỡng cho phép ở hơn 75% thời điểm trong năm. *Coliform* tổng số cũng vượt giới hạn an toàn ở nhiều thời điểm, đặc biệt vào mùa mưa. Những diễn biến này cho thấy tầm quan trọng của việc giám sát liên tục và đánh giá có hệ thống chất lượng nước sông nhằm nhận diện sớm các xu hướng ô nhiễm và đề xuất các biện pháp kiểm soát phù hợp. Điều này vừa đặt ra thách thức, đồng thời là động lực phát triển các giải pháp công nghệ xử lý nhằm đảm bảo an toàn cấp nước, thích ứng với biến động môi trường và góp phần bảo vệ sức khỏe cộng đồng.

#### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Khoa học và Công nghệ Quốc gia Việt Nam (NAFOSTED) trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu mã số 10/2022/TN. Nghiên cứu được đồng hỗ trợ bởi Dự án nghiên cứu “Phát triển hệ thống cấp nước thích ứng với nguồn nước ô nhiễm” (SATREPS) được thực hiện tại Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, tài trợ bởi Cơ quan Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (JST) - Cơ quan Hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) mã số JPMJSA2201. Tác giả chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của Công ty CP Cấp nước Hải Phòng đã cung cấp số liệu, tài liệu và trao đổi kinh nghiệm thực tế với nhóm nghiên cứu để hoàn thành nghiên cứu này.

#### Tài liệu tham khảo

- [1] World Bank (2019). *Vietnam: Toward a Safe, Clean, and Resilient Water System*. Washington, DC.
- [2] Lê Việt, H., Trần Thùy, C., Phùng Thị, L. (2019). Đánh giá chất lượng nước mặt phục vụ sản xuất nông nghiệp tại huyện Gia Lộc, tỉnh Hải Dương. *Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường*, 28:87–94.
- [3] Van, L. T. H., Le, T. H., Nga, N. T. K., Thuy, T. T. T. (2023). Đánh giá chất lượng nước mặt trên địa bàn Thành phố Hải Phòng năm 2021. *Báo Môi Trường và Đô Thị*, (2).
- [4] Nguyen, M. H., Tran, T. A., Tap Van, H., Hoang, T. H. N., Phan, P. C. M., Nguyen, C. L., Nguyen, D. T., Pham, T. H. (2023). [Surface water quality assessment in the Bach Dang river basin, Vietnam: using water quality index and geographical information system methods](#). *Environmental Research Communications*, 5(7):075015.
- [5] Nguyen, G. T., Nhien, H. T. H. (2020). [Evaluating Water Quality Variation in the Vietnamese Mekong Delta Area Using Cluster and Discriminant Analysis](#). *Applied Environmental Research*, 43(1):14–27.
- [6] Phùng Thị, L. (2018). Nghiên cứu khả năng xử lý chất hữu cơ trong nước mặt bằng bể lọc sinh học tiếp xúc BCF- Xây dựng mô hình tại nhà máy nước An Dương. *Tạp chí khoa học Tài nguyên và Môi trường*, 23:23–30.
- [7] Guinea, A. U., García, J., Cabero, J., Paunero, S., Bartolomé, M., Hernando, L. M., Maeso, P., Benito, V. (2023). [Adsorption and desorption processes of trihalomethanes on different granulated activated carbons in a full-scale advanced water treatment plant](#). *Water Supply*, 24(1):1–10.
- [8] Loganathan, P., Kandasamy, J., Jamil, S., Ratnaweera, H., Vigneswaran, S. (2022). [Ozonation/adsorption hybrid treatment system for improved removal of natural organic matter and organic micropollutants from water – A mini review and future perspectives](#). *Chemosphere*, 296:133961.

- [9] Li, S., Wu, S., Cheng, X., Dong, H., Qiang, Z., Xu, D. (2024). [Adsorption, boiling or membrane filtration for disinfection by-product removal: How to make our drinking water safer?](#) *Science of The Total Environment*, 912:169468.
- [10] Liu, J., Zhang, X., Wang, Z. (2008). [Nitrification and denitrification in biological activated carbon filter for treating high ammonia source water.](#) *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China*, 2 (1):94–98.
- [11] Kainulainen, T. K., Tuhkanen, T. A., Vartiainen, T. K., Kalliokoski, P. J. (1995). [Removal Of Residual Organics From Drinking Water By Ozonation And Activated Carbon Filtration: A Pilot Plant Study.](#) *Ozone: Science & Engineering*, 17(4):449–462.
- [12] Wang, D., Xing, Y., Li, J., Dong, F., Cheng, H., He, Z., Wang, L., Giannakis, S., Song, S., Ma, J. (2023). [Degradation of Odor Compounds in Drinking Water by Ozone and Ozone-Based Advanced Oxidation Processes: A Review.](#) *ACS ES&T Water*, 3(11):3452–3473.
- [13] Altmann, J., Ruhl, A. S., Zietzschmann, F., Jekel, M. (2014). [Direct comparison of ozonation and adsorption onto powdered activated carbon for micropollutant removal in advanced wastewater treatment.](#) *Water Research*, 55:185–193.
- [14] Popova, A., Rattanakom, R., Yu, Z.-Q., Li, Z., Nakagawa, K., Fujioka, T. (2023). [Evaluating the potential of nanofiltration membranes for removing ammonium, nitrate, and nitrite in drinking water sources.](#) *Water Research*, 244:120484.
- [15] Koyuncu, I. (2002). [Effect of operating conditions on the separation of ammonium and nitrate ions with nanofiltration and reverse osmosis membranes.](#) *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 37 (7):1347–1359.