

Đánh giá chất lượng nước hồ Sông Mây tại huyện Trảng Bom, tỉnh Đồng Nai, năm 2024

Nguyễn Văn Lâm^{1,2}, Nguyễn Văn Quý^{3*}

¹Trường Đại học Lâm nghiệp – Phân hiệu Đồng Nai

²Viện Môi trường và Tài nguyên – Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Chi nhánh phía Nam, Trung tâm Nhiệt đới Việt – Nga

Water Quality Assessment of Song May Lake in Trang Bom district, Dong Nai province in 2024

Nguyen Van Lam^{1,2}, Nguyen Van Quy^{3*}

¹Vietnam National University of Forestry – Dong Nai Campus

²Institute of Environment and Resources – Vietnam National University Ho Chi Minh City

³Southern Branch of Joint Vietnam – Russia Tropical Science and Technology Research Center

*Corresponding author: quyforest@nwafu.edu.cn

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.2.2025.092-101>

TÓM TẮT

Các hồ nước ngọt có vai trò quan trọng trong cung cấp nước cho sản xuất nông nghiệp, duy trì hệ sinh thái thủy sinh và hỗ trợ sinh kế cho cộng đồng địa phương. Hồ Sông Mây tại huyện Trảng Bom, tỉnh Đồng Nai, đang đối mặt với nguy cơ suy giảm chất lượng nước ngọt. Việc đánh giá chất lượng nước hồ này là cần thiết để bảo vệ tài nguyên nước trong khu vực. Nghiên cứu này đã thu thập 48 mẫu nước ở 8 vị trí trong khoảng thời gian từ tháng 6-11/2024 và phân tích 11 chỉ tiêu lý hóa và vi sinh. Các phương pháp quan trắc, phân tích chỉ số chất lượng nước (WQI) và kỹ thuật thống kê đa biến (PCA) đã được sử dụng để đánh giá chất lượng nước. Kết quả cho thấy nhu cầu oxy hóa học (COD), nhu cầu oxy sinh hóa (BOD₅), NH₄⁺ và Coliform vượt quá giới hạn cho phép theo QCVN 08:2023, với hàm lượng COD dao động từ 84–1.726,35 mg/L và Coliform từ 2.200–32.100 MPN/100 mL, phản ánh ô nhiễm hữu cơ và vi sinh nghiêm trọng. Tất cả tám điểm quan trắc đều bị ô nhiễm, trong đó hai điểm chịu ảnh hưởng nặng nhất (VT1 và VT8). Phân tích PCA cho thấy ô nhiễm hữu cơ và chất rắn lơ lửng là hai nguyên nhân chính gây suy giảm chất lượng nguồn nước. Mối tương quan nghịch giữa DO với COD và BOD₅ cho thấy sự suy giảm oxy hòa tan do ô nhiễm hữu cơ. Để cải thiện chất lượng nước, cần triển khai kịp thời các biện pháp kiểm soát và quản lý nguồn xả thải từ các hoạt động nông nghiệp và công nghiệp trên địa bàn.

ABSTRACT

Freshwater lakes are critical resources that provide irrigation for agricultural activities, sustain aquatic ecosystems, and support the livelihoods of local communities. Song May Lake, a significant freshwater body in Trang Bom district, Dong Nai province, plays a vital role in the region's socio-economic and ecological systems. Consequently, assessing its water quality is essential for ensuring sustainable resource management. In this study, 48 water samples were collected from eight sampling sites between June and November 2024 and analyzed for 11 physicochemical and microbiological parameters. Monitoring protocols, water quality index (WQI) analysis, and multivariate statistical techniques, including Principal Component Analysis (PCA), were employed to evaluate

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 29/11/2024

Ngày phản biện: 02/01/2025

Ngày quyết định đăng: 06/02/2025

Từ khóa:

Chất lượng nước, hồ nước ngọt, ô nhiễm hồ nước ngọt, phân tích tương quan.

Keywords:

Correlation analysis, freshwater lake, freshwater lake pollution, water quality.

the data. The results revealed that key parameters, including Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD₅), NH₄⁺, and Coliform, consistently exceeded the permissible limits set by QCVN 08:2023. Specifically, COD concentrations ranged from 84 to 1,726.35 mg/L, while Coliform levels reached 2,200–32,100 MPN/100 mL, indicating severe organic and microbiological contamination. All sampling sites exhibited pollution, with VT1 and VT8 identified as the most heavily impacted locations. Correlation analysis and PCA demonstrated that organic pollutants and suspended solids were the primary factors driving water quality degradation. A significant inverse correlation was observed between dissolved oxygen (DO) and parameters such as COD and BOD₅, highlighting the detrimental impact of organic pollution on oxygen availability in the lake. To mitigate these issues, targeted measures are urgently needed to control pollutant sources, particularly those stemming from agricultural runoff and industrial discharges within the study area.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các hồ nước ngọt là một trong những nguồn tài nguyên thiên nhiên quan trọng, góp phần duy trì cân bằng sinh thái và đáp ứng nhu cầu nước của con người [1]. Tuy nhiên, ô nhiễm nước hồ đã làm suy giảm khả năng cung cấp và chất lượng nguồn nước cho các hoạt động sinh hoạt cũng như tưới tiêu [2]. Nước hồ được xác định dễ bị ô nhiễm trước những thay đổi từ môi trường cũng như dưới các áp lực bởi con người gây ra, đặc biệt là hiện tượng phú dưỡng (eutrophication) [3]. Bên cạnh đó, các xáo trộn gây ra bởi con người như phá rừng, công nghiệp hóa, nông nghiệp thâm canh và chất thải sinh hoạt đã đẩy nhanh tốc độ ô nhiễm môi trường. Các hoạt động này ảnh hưởng nghiêm trọng đến chất lượng nước hồ, làm giảm mực nước và ảnh hưởng đến các hệ sinh thái thủy sinh [1, 4, 5]. Sự kết hợp giữa các yếu tố tự nhiên và tác động của con người là các tác nhân chính gây ô nhiễm môi trường, suy giảm chất lượng nước và chức năng sinh thái của các hồ chứa nước [6].

Nguyên nhân chính ảnh hưởng đến chất lượng nước sông và hồ được xác định chủ yếu do quá trình tự nhiên và các tác động nhân sinh [7]. Để hiểu rõ hơn về các yếu tố ảnh hưởng, nhiều nghiên cứu đã tập trung vào việc đánh giá chất lượng nước và phân tích tác

động của con người đến hệ sinh thái trong hồ [8]. Việc áp dụng các kỹ thuật thống kê đa biến như phân tích thành phần chính (PCA) và phân tích cụm (CA) đã được xác nhận là công cụ hữu ích trong việc xử lý các ma trận dữ liệu thông tin phức tạp về chất lượng nước. Các kỹ thuật thống kê này giúp giảm chiều dữ liệu, xác định các chỉ số ảnh hưởng nhiều nhất, đồng thời cho phép phát hiện các nguyên nhân gây ô nhiễm tiềm ẩn. Nhờ đó, chúng cung cấp các giải pháp nhanh chóng và hiệu quả để quản lý tài nguyên nước [9]. Các phương pháp phân tích thống kê đa biến không chỉ giúp xác định thành phần và nguồn gốc của các chất ô nhiễm mà còn cung cấp thông tin hỗ trợ cho các nhà hoạch định chính sách trong việc đưa ra các chiến lược để cải thiện chất lượng nước sông hồ [10].

Hồ Sông Mây, với diện tích hơn 300 ha, là hồ nước nhân tạo chịu nhiều tác động tiêu cực từ con người, nguồn nước trong hồ thường xuyên bị ô nhiễm nặng [11]. Hồ này nằm trên địa phận huyện Trảng Bom của tỉnh Đồng Nai, mục đích chính của hồ là cung cấp nước tưới tiêu và nuôi trồng thủy sản tại các huyện Trảng Bom và lân cận. Tuy nhiên, sự phát triển nhanh chóng của đô thị hóa, công nghiệp hóa và nông nghiệp thâm canh đã tạo ra áp lực lớn đối với chất lượng nước trong hồ này. Nhiều nguồn chất thải từ các khu dân cư, doanh

nghiệp và làng nghề đổ thẳng vào lòng hồ mà không qua xử lý, gây ra những ảnh hưởng trực tiếp đến hệ sinh thái thủy sinh và khả năng sử dụng nguồn nước.

Nghiên cứu này được tiến hành nhằm đánh giá chất lượng nước hồ Sông Mây thông qua các thông số hóa lý như pH, độ kiềm, tổng lượng chất rắn lơ lửng (TSS), độ dẫn điện, nhu cầu oxy hóa học (COD) và nồng độ các chất hữu cơ. Dữ liệu nghiên cứu được thu thập từ tháng 6 đến tháng 11 trong năm 2024, nhằm so sánh sự biến đổi chất lượng nước theo thời gian và xác định các nguồn ô nhiễm chính. Các kỹ thuật thống kê đa biến bao gồm PCA, CA, và FA đã được áp dụng để phân tích mối tương quan giữa các thông số điều tra, xác định các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng nước và đánh giá tác động từ các nguồn gây ô

nhiễm. Ba câu hỏi chính sẽ được giải đáp: (i) Chất lượng nước hồ Sông Mây được đánh giá như thế nào qua 11 thông số chất lượng nước? (ii) Sự tương quan giữa các thông số như thế nào? (iii) Các biến số đóng góp lớn nhất vào thành phần chính trong phân tích PCA là gì?

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Nghiên cứu này đã tiến hành thu thập mẫu nước hồ Sông Mây nằm trên địa phận huyện Trảng Bom thuộc tỉnh Đồng Nai (vị trí địa lý 10,6433° vĩ độ Bắc và 107,1292° kinh độ Đông), ở tám điểm thu mẫu nước xung quanh hồ. Vị trí các điểm thu mẫu được trình bày trong Bảng 1. Thời gian thu mẫu được thực hiện mỗi tháng một lần và kéo dài từ tháng 6 đến tháng 11 trong năm 2024.

Bảng 1. Vị trí các điểm thu mẫu tại khu vực hồ Sông Mây

STT	Tên điểm lấy mẫu nước	Ký hiệu	Tọa độ của điểm lấy mẫu nước	
			Vĩ độ bắc (N)	Kinh độ đông (E)
1	Trại lợn Sông Mây	Vị trí 1 (VT1)	10°59'00,9"N	106°58'51,4"E
2	Nhà dân	Vị trí 2 (VT2)	10°58'30,1"N	106°58'44,1"E
3	Sân golf	Vị trí 3 (VT3)	10°58'47,4"N	106°59'22,4"E
4	Cây nông nghiệp	Vị trí 4 (VT4)	10°59'3,6"N	106°59'38,8"E
5	Đập tràn	Vị trí 5 (VT5)	10°59'19,7"N	106°59'25,5"E
6	Khu vực câu cá	Vị trí 6 (VT6)	10°59'4,9"N	106°59'13,0"E
7	Khu vực giữa hồ	Vị trí 7 (VT7)	10°59'8,0"N	106°59'26,8"E
8	Vườn ươm	Vị trí 8 (VT8)	10°58'56,0"N	106°59'7,4"E

Hồ Sông Mây là hồ nước ngọt nhân tạo, được xây dựng để phục vụ tưới tiêu nông nghiệp cũng như cung cấp nước cho các hoạt động sản xuất của khu vực huyện Trảng Bom và các huyện lân cận. Huyện Trảng Bom có khí hậu nhiệt đới gió mùa, chia thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5-11 với lượng mưa lớn giúp bổ sung lượng nước đáng kể cho hồ; tuy nhiên mùa khô kéo dài từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau khiến cho mực nước hồ suy giảm và dễ bị ô nhiễm hơn. Năm 2024, dân số huyện Trảng Bom khoảng 300.000 người, chủ yếu sống dựa vào sản xuất nông nghiệp, nuôi trồng thủy sản và hoạt động thủ công nghiệp. Đất nông nghiệp chiếm phần lớn diện tích

xung quanh hồ với các loại cây trồng chính là lúa, cao su và điều. Ngoài ra, khu công nghiệp Sông Mây gần hồ nên tiềm ẩn nguy cơ xả thải, ảnh hưởng đến chất lượng nước trong hồ.

2.2. Thu thập và phân tích mẫu nước

Nghiên cứu đã tiến hành thu thập mẫu nước đại diện cho các thủy vực tại các vị trí được liệt kê trong Bảng 2. Tổng cộng, 11 thông số được đo và phân tích, bao gồm: 03 thông số được phân tích ngay tại hiện trường như nhiệt độ, pH và độ đục. Tám thông số khác được phân tích dựa trên các mẫu mang về phòng thí nghiệm của Công ty Cổ phần Dịch vụ Tư vấn Môi trường Hải Âu, bao gồm: Tổng chất rắn lơ lửng (TSS - Total suspended solids),

nhu cầu oxy hóa học (COD - Chemical Oxygen Demand), nhu cầu oxy hóa sinh học (BOD - Biological Oxygen Demand), Oxy hòa tan (DO- Dissolved Oxygen), NO_3^- , $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$, Coliform. Chai lấy mẫu tham khảo theo tiêu

chuẩn TCVN 6663-14 (ISO 5667-1). Hướng dẫn về quy trình đảm bảo chất lượng QA trong lấy mẫu nước ngoài môi trường tự nhiên được tham khảo từ tiêu chuẩn TCVN 6663-14 (ISO 5667-14).

Bảng 2. Các phương pháp phân tích các thông số đánh giá chất lượng nguồn nước

TT	Thông số	Phương pháp phân tích trong phòng thí nghiệm	Tiêu chuẩn TCVN
1	Nhiệt độ	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)	-----
2	pH	Máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)	TCVN 6492:2011
3	Độ đục	Đo trực tiếp bằng máy đo đa chỉ tiêu HANNA (HI9828)	-----
4	TSS	Xác định TSS bằng sợi lọc thủy tinh	TCVN 6625: 2000
5	COD	Xác định nhu cầu oxy hóa học bằng $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	TCVN 6491:1999
6	BOD_5	Xác định nhu cầu oxy hóa học n ngày	TCVN 6001:2008
7	DO	Phương pháp Winkler	TCVN 7324: 2004
8	NO_3^-	Trắc phổ dùng axit sunfosalicrylic	TCVN 6636-2:2000
9	$\text{NH}_4^+\text{-N}$	Trắc phổ thao tác thủ công	TCVN 6179-1: 1996
10	$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	Trắc phổ dùng amoni molipdat	TCVN 6202:2008
11	Coliform	Pha loãng tới hạn (MPN)	TCVN 6187-1: 1996

Nghiên cứu này đã sử dụng quy trình đảm bảo chất lượng và kiểm soát chất lượng (QA/QC) dựa trên các phương pháp phân tích cho tất cả các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm với 5% dữ liệu được dùng để thực hiện việc lặp lại, 5% dữ liệu sử dụng cho thử nghiệm bổ sung và sử dụng các tiêu chuẩn tham chiếu có kiểm soát chất lượng. Đường hiệu chuẩn tiêu chuẩn được tạo ra trong mỗi giai đoạn làm việc, nhằm đảm bảo sự biến đổi tín hiệu nền là đồng đều và <1% đối với tất cả các dữ liệu. Khôi phục thử nghiệm bổ sung nằm trong phạm vi chấp nhận từ 90-100%.

Mạng lưới các vị trí lấy mẫu đã được thiết kế dựa trên nguyên tắc bảo đảm lựa chọn trước một loạt các yếu tố quyết định tại các điểm quan trọng để đại diện một cách hợp lý cho các đặc điểm ô nhiễm của khu vực nghiên cứu. Mẫu nước đã được thu thập từ tháng 6 đến tháng 11 năm 2024. Trong đó, mỗi mẫu được lấy ở độ sâu 10-15 cm dưới mặt nước bởi chai nhựa đã được rửa sạch bằng axit. Mẫu nước từ 08 vị trí thu thập dữ liệu được lấy trong ngày, lặp lại ba lần từ 6 giờ sáng đến 10 giờ sáng trong mỗi chuyến lấy mẫu ở mỗi

đợt. Các mẫu được bảo quản trong thùng đông lạnh nitơ lỏng chân không và được vận chuyển ngay tới phòng thí nghiệm môi trường để phân tích.

2.3. Phân tích dữ liệu

Đối với một số thông số điều tra, nghiên cứu đã áp dụng kỹ thuật thống kê đa biến như phân tích thành phần chính (PCA-Principal Components Analysis) giúp giải thích ma trận dữ liệu phức tạp nhằm hiểu rõ hơn về chất lượng nước và trạng thái sinh thái của hệ thống nghiên cứu [15]. PCA là phương pháp chiếu (projection) cho phép giảm chiều dữ liệu từ không gian m chiều (mỗi chiều ứng với một biến/thông số chất lượng nước (CLN) thành không gian k chiều (với $k < m$), mỗi chiều được gọi là một thành phần chính (PC - Principle Component) hay tổ hợp tuyến tính của các biến gốc. Để thực hiện các tính toán theo phương pháp PCA, nghiên cứu này đã sử dụng phần mềm R 4.3.3 với gói 'Factoextra' (Nghiên cứu tính toán các thông số thể hiện phần đóng góp hay tải lượng của mỗi biến trong các PC (còn gọi là $\cos^2$ hay R^2 – hệ số xác định). Biến có đóng góp càng lớn sẽ càng quan trọng khi

phản ánh CLN nước hồ.

Bên cạnh đó, phương pháp thống kê ANOVA đã được áp dụng để kiểm tra sự thay đổi giá trị trung bình của các tham số giữa tám vị trí lấy mẫu, với mức ý nghĩa thống kê $\alpha \leq 0,05$. Để đánh giá chất lượng nước, kết quả của nghiên cứu đã được so sánh với Quy chuẩn quốc gia (QCVN 08:2023/BTNMT, sau đây gọi tắt là QCVN) về chất lượng nước mặt.

Các thống kê mô tả như trung bình, độ lệch chuẩn và giá trị tối đa được tính toán cho các biến hóa lý trong mẫu nước. Hệ số tương quan Pearson được sử dụng để mô tả mối liên kết giữa các biến. Phương pháp phân tích nhân tố (FA) giúp thiết lập mối quan hệ giữa các biến, trong khi phân tích cụm (CA) được sử dụng để nhóm các mẫu nước theo mức độ ô nhiễm và mức độ giống nhau. Các kiểm tra thống kê đều được thực hiện trên phần mềm StatGraphics Centurion XV.

Công thức tính ma trận hiệp phương sai:

$$S = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T \quad (1)$$

Trong đó,

x_i là vector dữ liệu của quan sát thứ i ;

$\bar{x}$ là trung bình của các biến trong dữ liệu.

Công thức tính thành phần chính - PC:

$$PC_k = \sum_{j=1}^m v_{kj} x_j \quad (2)$$

Trong đó,

v_{kj} là yếu tố của vector riêng ứng với thành phần chính thứ k ;

x_j là giá trị của biến thứ j ;

Tỉ lệ đóng góp ($\cos^2$ hoặc R^2):

$$\cos^2(x_j, PC_k) = \frac{v_{kj}^2}{\sum_{j=1}^m v_{kj}^2} \quad (3)$$

Đây là tỷ lệ phần trăm của biến x_j đóng góp vào thành phần chính PC_k .

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả đánh giá chất lượng nước mặt

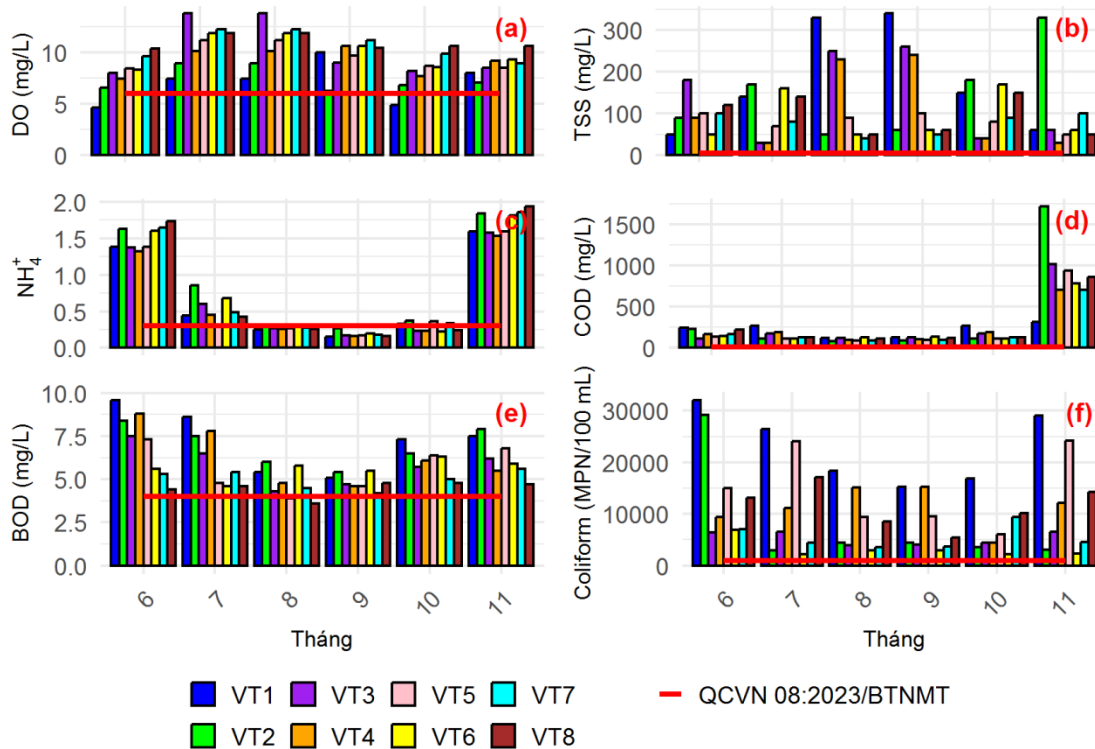
Quan trắc và phân tích lý hóa đã được thực hiện cho 48 mẫu nước mặt tại 08 VT ở hồ Sông Mây, xã Bắc Sơn, huyện Trảng Bom,

nhằm phục vụ hoạt động nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản. Các mẫu được phân tích với 11 thông số gồm: nhiệt độ, pH, độ đục, TSS, DO, COD, BOD₅, PO₄³⁻-P, NH₄⁺-N, NO₃⁻-N và Coliform. Kết quả cho thấy, các thông số như nhiệt độ, pH, PO₄³⁻-P, NO₃⁻-N và độ đục nằm trong giới hạn cho phép theo quy chuẩn. Trong khi đó, 06 thông số còn lại được trình bày chi tiết trong các Hình 1a-f.

Đối với hàm lượng DO (Hình 1a), khi so sánh với QCVN 08:2023 về chất lượng nước mặt, 96% các giá trị quan trắc đều nằm trong giới hạn cho phép (DO >6 mg/L). Tuy nhiên, tại vị trí 1 vào tháng 6 và 10, giá trị DO lại thấp hơn ngưỡng quy định. Tất cả các giá trị TSS đều vượt giới hạn cho phép tại các vị trí quan trắc, dao động từ 30 đến 340 mg/L (Hình 1b). Chỉ tiêu NH₄⁺ chỉ nằm trong giới hạn cho phép vào tháng 8 và tháng 9, trong khi các tháng còn lại đều vượt ngưỡng quy định, với giá trị dao động từ 0,32 đến 1,94 mg/L (Hình 1c) chiếm 68,8%. Các chỉ tiêu COD tại tất cả các vị trí quan trắc đều vượt giới hạn của QCVN 08:2023, với giá trị dao động từ 84 đến 1726,35 mg/L (Hình 1d), đối với chỉ tiêu này có sự biến động rất lớn, một số tháng vào cao điểm mùa mưa như tháng 7, 8, 9 và 10 có các giá trị thấp, tháng 11 có sự biến động mạnh là vào cuối mùa mưa, đặc biệt tại khu vực này phát sinh nước thải từ các hoạt động chăn nuôi, nước thải sinh hoạt và nước thải từ khu công nghiệp đã ảnh hưởng đến sự biến động của thông số này. Nhu cầu oxy sinh học (BOD) dao động từ 3,6-9,6 mg/L, trong khi giới hạn cho phép theo QCVN 08:2023 là 4 mg/L. Hầu hết các giá trị BOD vượt ngưỡng quy định, ngoại trừ tại vị trí 8 vào tháng 9 với giá trị 3,6 mg/L (Hình 1e). Kết quả phân tích Coliform cho thấy tất cả các vị trí đều vượt giới hạn cho phép, với giá trị dao động từ 2200 đến 32100 MPN/100ml (Hình 1f).

3.2. Kết quả phân tích các mối tương quan

Hình 2 cung cấp đánh giá tổng quan về mối tương quan giữa các thông số chất lượng nước hồ Sông Mây, giúp làm rõ các mối quan hệ chính giữa các yếu tố lý hóa và vi sinh.



Hình 1. Sáu thông số chất lượng nước vượt ngưỡng cho phép theo QCVN 08:2023/BTNMT

Các kết quả cho thấy, nhiệt độ (t°C) có mối tương quan vừa với pH ($r = 0,48$, $p < 0,01$); khi nhiệt độ tăng, độ pH có xu hướng tăng, do quá trình giảm khả năng hòa tan CO₂ làm tăng độ kiềm trong nước.

Mặt khác, DO có mối tương quan âm mạnh với COD ($r = -0,68$, $p < 0,001$) và BOD₅ ($r = -0,49$, $p < 0,001$), phản ánh quá trình hấp phụ oxy hòa tan do phân hủy các chất hữu cơ. Giá trị COD và BOD₅ cao cho thấy lượng lớn chất hữu cơ trong nước, từ đó làm giảm nồng độ DO, điều này là dấu hiệu của ô nhiễm hữu cơ. COD và BOD₅ tương quan dương mức độ chặt ($r = 0,68$, $p < 0,001$), thể hiện sự liên hệ giữa tổng lượng chất hữu cơ và hợp chất dễ phân hủy sinh học. Tương quan chặt này có thể được sử dụng để đánh giá nguồn gốc ô nhiễm, với COD/BOD₅ cao thường liên quan đến nguồn ô nhiễm khó phân hủy.

Độ đục và TSS có tương quan dương vừa ($r = 0,42$, $p < 0,01$), cho thấy mối liên hệ giữa lượng chất rắn lơ lửng và độ đục của nước. Tuy nhiên, giá trị tương quan này không quá cao, cho thấy độ đục còn bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác như chất hòa tan màu hoặc vi sinh vật. Về các chất hữu cơ, PO₄³⁻ và NH₄⁺ có

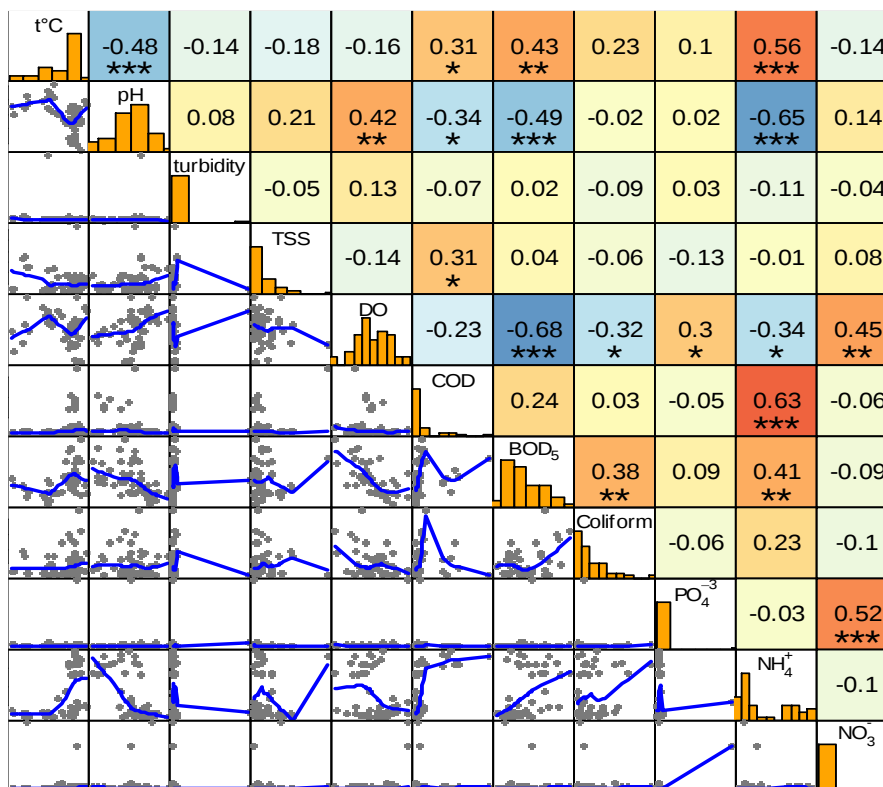
tương quan dương mức độ vừa ($r = 0,52$, $p < 0,01$), cho thấy cả hai có thể đến từ nguồn ô nhiễm chung như phân bón hoặc chất thải hữu cơ.

Coliform, đại diện cho ô nhiễm vi sinh, hầu hết không có mối tương quan với các thông số lý hóa (mức độ tương quan yếu $r < 0,3$), cho thấy nguồn ô nhiễm vi sinh độc lập với các yếu tố lý hóa trong nước.

Nhìn chung, mối tương quan giữa các thông số phản ánh tác động của ô nhiễm hữu cơ và vô cơ đến chất lượng nước, đồng thời nhấn mạnh sự cần thiết của các biện pháp quản lý phù hợp để cải thiện chất lượng nước hồ Sông Mây.

3.3. Kết quả phân tích thành phần chính

Kết quả phân tích PCA cho thấy, 4 trục đầu tiên giải thích được 70,61% tổng phương sai của dữ liệu, trong đó trục PC1 chiếm 30,84%, trục PC 2 chiếm 16,69% (Bảng 3). Kết quả này chỉ ra rằng, phần lớn sự khác biệt trong dữ liệu được đại diện bởi hai trục đầu tiên PC1 và 2. Việc giữ lại 4 trục đầu tiên trong nghiên cứu này là hợp lý, nhằm giảm chiều dữ liệu song vẫn duy trì phần lớn lượng thông tin cần thiết.



Hình 2. Kết quả phân tích mối tương quan Pearson

(*** Tương quan có ý nghĩa ở mức 0,001; ** mức 0,01; * mức 0,05; màu đỏ thể hiện tương quan thuận trong khi tương quan nghịch thể hiện bởi màu xanh, cường độ màu thể hiện giá trị của hệ số tương quan)

Bảng 3. Giá trị riêng của bốn trục PCA đầu tiên và phương sai tích lũy (%)

Thống kê	PC1	PC2	PC3	PC4
Giá trị riêng	30,84	16,69	13,15	9,93
Biến thể giải thích (tích lũy)	30,84	47,53	60,68	70,61

Bảng 4 trình bày hệ số tương quan giữa các biến môi trường và bốn trục PCA, cho thấy sự

đóng góp và vai trò của từng tham số trong việc giải thích phương sai tổng thể.

Bảng 4. Hệ số tương quan giữa các biến môi trường và bốn trục PCA

Trục	Nhiệt độ	pH	Độ đục	TSS	DO	COD	BOD ₅	Coliform	PO ₄ ³⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻
PC 1	1,26	-1,39	-0,05	-0,10	-1,12	1,30	1,35	0,59	0,20	1,51	0,14
PC 2	-0,88	0,44	2,04	1,05	-1,02	-0,34	1,04	0,11	1,55	-0,35	-0,12
PC 3	0,38	0,04	0,17	-0,26	1,49	0,28	-0,01	-0,64	1,53	0,42	2,36
PC 4	-0,36	0,13	-0,20	2,44	0,13	1,34	-0,65	-1,36	-0,56	0,70	-0,04

Trục PC1 chiếm ưu thế với các biến như NH₄⁺ (1,51), BOD₅ (1,35), COD (1,30) và nhiệt độ (1,26), cho thấy mối tương quan chặt giữa các chỉ số ô nhiễm hữu cơ và nhiệt độ nước. Ngược lại, DO (-1,12) và pH (-1,39) có giá trị tương quan âm, cho thấy sự suy giảm oxy hòa tan và thay đổi pH khi mức độ ô nhiễm tăng cao.

Trục PC2 được chi phối bởi độ đục (2,04),

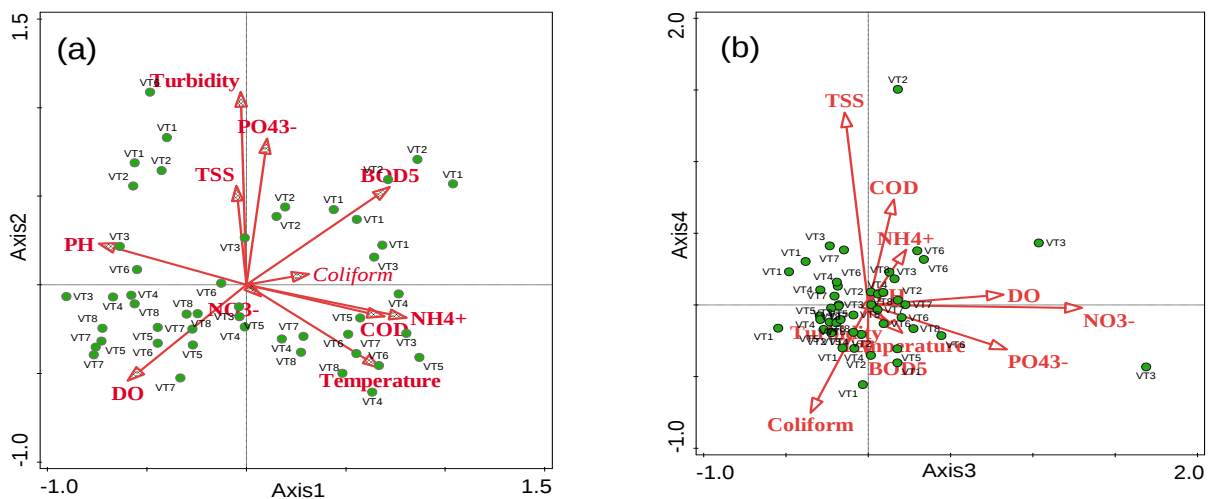
TSS (1,05) và PO₄³⁻ (1,55), đại diện cho tác động từ chất rắn lơ lửng và photphat, thường liên quan đến dòng chảy bề mặt hoặc hoạt động nông nghiệp. Trong khi đó, Trục PC3 nhấn mạnh vai trò của NO₃⁻ (2,36), chất hữu cơ, và DO (1,49), liên quan đến cân bằng oxy. Trục PC4 tập trung vào TSS (2,44) và COD (1,34), thể hiện mối liên hệ giữa chất rắn lơ

lửng và ô nhiễm vi sinh, với giá trị âm đáng kể của Coliform (-1,36).

Hình 3, các trục PCA được phân tích để làm rõ sự tương quan và mức độ ảnh hưởng của các thông số môi trường. Các kết quả chi tiết được trình bày như sau:

Phân tích hệ số tương quan giữa các biến trong dữ liệu cho thấy các thông số chất lượng nước tại hồ Sông Mây bị ô nhiễm hữu cơ và chất rắn lơ lửng. Trục PC1 chủ yếu cho thấy mối quan hệ giữa các yếu tố như NH_4^+ , COD, BOD_5 và nhiệt độ, tất cả đều có hệ số dương cao, chỉ ra sự liên kết mạnh giữa ô nhiễm hữu cơ và các chỉ tiêu này. NH_4^+ , sản phẩm của quá trình phân hủy hữu cơ, tăng lên đồng thời với mức COD và BOD_5 , là các chỉ số cho thấy lượng chất hữu cơ dễ phân hủy trong nước.

Nhiệt độ thúc đẩy quá trình phân hủy hữu cơ, làm tăng nồng độ NH_4^+ và giảm DO (hệ số âm -1,12), chứng tỏ mối quan hệ nghịch giữa DO và các chất hữu cơ. Trục PC2 làm nổi bật sự tương quan chặt chẽ giữa độ đục và PO_4^{3-} , khẳng định rằng: độ đục cao trong nước thường đi kèm với sự gia tăng các chất hữu cơ như phosphate, nguyên nhân từ chất thải nông nghiệp hoặc công nghiệp. Trục PC3 phản ánh sự kết hợp giữa NO_3^- và PO_4^{3-} , cho thấy mối quan hệ giữa các hợp chất hữu cơ, chủ yếu từ phân bón nông nghiệp và chất thải gia súc. Trục PC4 tập trung vào TSS và COD, cho thấy sự kết hợp giữa chất rắn lơ lửng và chất hữu cơ, trong khi Coliform có hệ số âm mạnh, cho thấy sự phân lập giữa ô nhiễm vi sinh và ô nhiễm hóa học.



Hình 3. Biểu đồ PCA dựa trên ma trận tương quan của các thông số môi trường
(a) Trục PC 1 (Axis1) so với Trục PC 2 (Axis2); (b) Trục PC 3 (Axis3) so với Trục PC 4 (Axis4)

4. THẢO LUẬN

Hiện trạng chất lượng nước tại hồ Sông Mây có nhiều điểm tương đồng với các hồ nước ngọt bị ô nhiễm ở Việt Nam và trên thế giới. Cụ thể, hàm lượng DO tại phần lớn các vị trí đều nằm trong giới hạn quy định (>6 mg/L), ngoại trừ một số thời điểm (tháng 6 và tháng 10 tại VT1). Kết quả này cho thấy sự phù hợp với nghiên cứu tại sông Tô Lịch và sông Nhuệ, hàm lượng DO chỉ giảm mạnh ở những điểm ô

nhiễm hữu cơ cục bộ [12]. Về hàm lượng TSS, các giá trị tại hồ Sông Mây vượt xa giới hạn quy định trong QCVN 08:2023, tương tự với sông Citarum (Indonesia), hàm lượng TSS cao phản ánh tình trạng ô nhiễm phù sa và nguồn xả thải công nghiệp [13]. Trong nghiên cứu này, chỉ tiêu NH_4^+ được xác định vượt ngưỡng quy định, điều này cũng được ghi nhận tại các vùng nước nông nghiệp ở Đồng bằng Sông Cửu Long, nơi thường sử dụng phân bón cho

cây nông nghiệp và chất thải sinh hoạt là nguồn ô nhiễm chính [14]. Các giá trị COD và BOD tại hồ Sông Mây cho thấy mức độ ô nhiễm hữu cơ nghiêm trọng, tương tự nghiên cứu trên hệ thống sông Yamuna (Ấn Độ), nơi nguồn xả thải sinh hoạt không qua xử lý ảnh hưởng đến chất lượng nước hồ [15].

Coliform tại hồ Sông Mây vượt xa giới hạn cho phép, hiện trạng ô nhiễm vi sinh nghiêm trọng. Các nghiên cứu tại sông Sài Gòn [16] và sông Hồng [17] cũng xác nhận hàm lượng Coliform cao thường liên quan đến các nguồn xả thải sinh hoạt và chất thải chăn nuôi. Tuy nhiên, ở các hệ thống nước đô thị hiện đại như sông Charles (Mỹ) [18], giá trị Coliform ở mức rất thấp nhờ các biện pháp xử lý nước thải hiệu quả.

So sánh với các nghiên cứu khác, kết quả nghiên cứu này cho thấy mối tương quan giữa các thông số chất lượng nước tại hồ Sông Mây có nhiều điểm tương đồng với các nguồn nước bị ô nhiễm hữu cơ khác ở Việt Nam và trên thế giới. Mối tương quan âm chặt giữa DO với COD và BOD₅ phù hợp với các nghiên cứu trên sông Tô Lịch, sông Nhuệ và sông Yamuna (Ấn Độ) [12, 15]. Tương quan dương vừa phải giữa TSS và độ đục cũng tương đồng với nghiên cứu trên sông Mekong, cho thấy tác động của chất rắn lơ lửng đến độ đục nước [14]. Ngoài ra, PO₄³⁻ và NH₄⁺ có tương quan vừa, cho thấy có nguồn ô nhiễm từ hoạt động sản xuất nông nghiệp, tương tự nghiên cứu ở sông Chao Phraya (Thái Lan) [19]. Tuy nhiên, Coliform của hồ Sông Mây tương quan yếu với các thông số lý hóa, kết quả này khác với các nghiên cứu ở Bắc Mỹ, nơi Coliform thường gắn liền với BOD₅ và các chất hữu cơ.

Dựa trên hệ số tương quan giữa các biến môi trường và bốn trục PCA (Bảng 4), có thể nhận thấy rằng các biến NH₄⁺, BOD₅, COD và nhiệt độ có ảnh hưởng mạnh đến trục PC1, chỉ ra rằng có sự ô nhiễm hữu cơ và nhiệt độ trong nước. Trong khi đó, TSS, PO₄³⁻ và độ đục chủ yếu chi phối trục PC2, cho thấy sự

ảnh hưởng của chất rắn lơ lửng và các chất hữu cơ trong nước. Các kết quả của nghiên cứu này nhìn chung giống những nghiên cứu khác, đã chỉ ra mối liên hệ giữa chất lượng nước và các yếu tố ô nhiễm hữu cơ và sự biến động của điều kiện môi trường như nhiệt độ và độ đục [20].

5. KẾT LUẬN

Đánh giá chất lượng nước mặt tại hồ Sông Mây đã được thực hiện dựa trên 11 thông số lý hóa và vi sinh, kết hợp với phương pháp phân tích đa biến. Kết quả cho thấy, hồ Sông Mây đang phải đối mặt với tình trạng ô nhiễm hữu cơ và vi sinh nghiêm trọng, ảnh hưởng đến khả năng cung cấp nước cho mục đích nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản.

Các chỉ tiêu như DO, COD, BOD₅, NH₄⁺ và Coliform được xác định vượt ngưỡng quy định tại thời điểm nghiên cứu theo QCVN 08:2023, đặc biệt ở các vị trí VT1, VT4, VT5 và VT8. Tại các vị trí này, các nguồn thải chứa nhiều chất hữu cơ và ô nhiễm vi sinh có nguồn gốc từ hoạt động chăn nuôi. Các thông số như độ đục và TSS cũng vượt ngưỡng cho phép, cho thấy có sự ảnh hưởng đến từ dòng chảy bề mặt và các nguồn xả thải công nghiệp và hoạt động sản xuất nông nghiệp trong khu vực.

Phân tích PCA đã làm rõ mối liên hệ giữa các yếu tố ô nhiễm. Các thông số như NH₄⁺, BOD₅, COD và nhiệt độ có tương quan chặt với nhau, phản ánh sự gia tăng ô nhiễm hữu cơ. Tương tự, TSS và PO₄³⁻ nổi bật trong nhóm các yếu tố liên quan đến chất hữu cơ và chất rắn lơ lửng. Để giảm thiểu ô nhiễm nước hồ, cần áp dụng các biện pháp quản lý tổng hợp, bao gồm kiểm soát nguồn thải, giám sát thường xuyên và cải thiện hệ thống xử lý nước thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dudgeon D., Arthington A., Gessner M. O., Kawabata Z. I., Knowler D. J., Lévêque C., Naiman R. J., Prieur R., Anne H., Soto D. & Stiassny M. L. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological reviews*. 81(2): 163-182.

- [2]. Kazi T. G., Arain M. B., Jamali M. K., Jalbani N., Afridi H. I., Sarfraz R. A., Baig J. A. & Shah A. Q. (2009). Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. *Ecotoxicology environmental safety*. 72(2): 301-309.
- [3]. Viaroli P., Bartoli M., Giordani G., Naldi M., Orfanidis S. & Zaldivar M. (2008). Community shifts, alternative stable states, biogeochemical controls and feedbacks in eutrophic coastal lagoons: a brief overview. *Aquatic Conservation: Marine Freshwater Ecosystems*. 18(S1): S105-S117.
- [4]. Ogutu O. R., Hecky R. E., Cohen A. S. & Kaufman L. (1997). Human impacts on the African great lakes. *Environmental Biology of Fishes*. 50: 117-131.
- [5]. Qadir M., Tubeileh A., Akhtar J. L. A., Minhas P. S. & Khan M. A. (2008). Productivity enhancement of salt-affected environments through crop diversification. *Land degradation development*. 19(4): 429-453.
- [6]. Grzybowski M., Glińska L. & Katarzyna. (2019). Principal threats to the conservation of freshwater habitats in the continental biogeographical region of Central Europe. *Biodiversity Conservation*. 28(14): 4065-4097.
- [7]. Bernes C., Carpenter S. R., Gårdmark A., Larsson P., Persson L., Skov C., Speed J. D. M. & Van D. E. (2015). What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? A systematic review. *Environmental Evidence*. 4: 1-28.
- [8]. Szymanowska A., Samecka C. A. & Kempers A. J. (1999). Heavy metals in three lakes in West Poland. *Ecotoxicology environmental safety*. 43(1): 21-29.
- [9]. Zhaoshi W., Xijun L. & Kuanyi L. (2021). Water quality assessment of rivers in Lake Chaohu Basin (China) using water quality index. *Ecological Indicators*. 121: 107021.
- [10]. Kothari V., Vij S. S. S. K. & Gupta N. (2021). Correlation of various water quality parameters and water quality index of districts of Uttarakhand. *Environmental Sustainability Indicators*. 9: 100093.
- [11]. Trần Đình Minh (2024). Xử lý ô nhiễm môi trường để đảm bảo nhiệm vụ thủy lợi của hồ Sông Mây, Bảo Đồng Nai. <https://baodongnai.com.vn/tin-moi/202405/xu-ly-o-nhiem-moi-truong-de-dam-bao-nhiem-vu-thuy-loi-cua-ho-song-may-4542440/>.
- [12]. Phạm Mạnh Cồn (2013). Nghiên cứu chất lượng nước mặt khu vực nội thành Hà Nội. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*. 29: 24-30.
- [13]. Pham Thi Thu Ha, Tong Thi Lien, Ngo Ngoc Anh, Duong Ngoc Bach, Hoang Hong Hanh & Anh N. T. V. (2024). Studying Surface Water Quality in the Upstream of Ba River Basin in Gia Lai Province. *VNU Journal of Science: Earth Environmental Sciences*. 40(1): 20-30.
- [14]. Phạm Văn Toàn (2013). Thực trạng sử dụng thuốc bảo vệ thực vật và một số giải pháp giảm thiểu việc sử dụng thuốc không hợp lý trong sản xuất lúa ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*. 6(28): 47-53.
- [15]. Sundara S. K., Naya B. B., Lin S. & Bhatta D. (2011). Geochemical speciation and risk assessment of heavy metals in the river estuarine sediments—a case study: Mahanadi basin, India. *Journal of hazardous materials*. 186(2-3): 1837-1846.
- [16]. Nguyễn Đình Tường, Trần Thành Thái, Phan Thị Thanh Huyền & Phạm Ngọc Hoài (2023). Đánh giá xu hướng biến động của tổng Coliform trong nước mặt sông Sài Gòn và Đồng Nai đoạn qua tỉnh Bình Dương. *TNU Journal of Science Technology*. 228(14): 72-81.
- [17]. Nguyen Thi Bich Ngoc, Nguyen Bich Thuy, Nguyen Thi Mai Huong, Vu Duy An, Duong Thi Thuy & Ho Tu Cuong (2014). Preliminary monitoring results of Total Coliforms and Fecal Coliform in the Red River system, in the section from Yen Bai to Hanoi. *Academia Journal of Biology*. 36(2): 240-246.
- [18]. Eleria A. & Vogel R. M. (2005). Predicting fecal coliform bacteria levels in the Charles River, Massachusetts, USA 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*. 41(5): 1195-1209.
- [19]. Muttamara S. & Sales C. L. (1994). Water quality management of the Chao Phraya River (a case study). *Environmental Technology*. 15(6): 501-516.
- [20]. Dutta S., Dwivedi A. & Suresh K. M. (2018). Use of water quality index and multivariate statistical techniques for the assessment of spatial variations in water quality of a small river. *Environmental monitoring assessment*. 190(12): 718.