

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NGUỒN NƯỚC TẠI KHU BẢO TỒN THIÊN NHIÊN LUNG NGỌC HOÀNG, TỈNH HẬU GIANG

Đỗ Hồng Xuân*, Trương Hoàng Đan, Thái Minh Lộc

*Trường Đại học Cần Thơ

Tóm tắt

Nghiên cứu đánh giá chất lượng nước mặt tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng nước mặt ở kênh chính và phân khu hành chính dịch vụ có dấu hiệu ô nhiễm tương đối cao nhiều chỉ tiêu vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A đặc biệt là các thông số như TSS, BOD, COD và Fe^{2+} . Phân tích CA lựa chọn 4 vị trí đại diện cho các nguồn thải khác nhau để bố trí điểm quan trắc. Ngoài ra, phân tích PCA cũng xác định được 5 nhân tố giải thích sự biến động chất lượng nước. Từ đó, đề xuất các chỉ tiêu quan trọng được xác định là có thể gây ô nhiễm lựa chọn để quan trắc. Nghiên cứu chỉ ra chất lượng nước tại đây đang có dấu hiệu ô nhiễm, nguyên nhân gây ô nhiễm chính là chất thải sinh hoạt từ người dân sống trong Khu bảo tồn và từ các hoạt động sản xuất nông nghiệp (trồng trọt và chăn nuôi).

Từ khóa: Hậu Giang; Chất lượng nước; Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng.

Abstract

Assessment of water quality in Lung Ngoc Hoang nature reserve, Hau Giang province

The research on assessing surface water quality in Lung Ngoc Hoang Nature Reserve has revealed a pressing issue. The surface water quality in the central canal and the administrative service subdivision is showing signs of relatively high pollution, with many indicators exceeding the allowable limits of QCVN 08:2023/BTNMT Table 2, level A. This is particularly true for parameters such as TSS, BOD, COD, and Fe^{2+} . Our CA analysis selected 4 locations representing different discharge sources to arrange monitoring points, while our PCA analysis identified 5 factors explaining the fluctuations in water quality. We propose that these important indicators, identified as potentially polluting, be selected for monitoring. The study underscores the urgent need to address the pollution, which is primarily caused by domestic waste from people living in the Reserve and from agricultural production activities (cultivation and livestock).

Keywords: Hau Giang; Water quality; Lung Ngoc Hoang nature reserve.

Nhận bài: 01/7/2024; Phản biện xong: 22/7/2024; Duyệt đăng: 26/9/2024

***Tác giả liên hệ, Email:** xuanm2922014@gstudent.ctu.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.63064/khtnmt.2024.600>

1. Giới thiệu

Khu bảo tồn thiên nhiên (KBTTN) Lung Ngọc Hoàng là vùng đồng trũng ngập nước rộng lớn nằm ở xã Phương Bình, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang. Đây là nơi bảo tồn sinh cảnh tự nhiên đóng vai trò là lá phổi xanh của vùng đệm hệ sinh thái đất ngập nước chuyển tiếp giữa phía Tây sông Hậu và bán đảo Cà Mau, đảm bảo an ninh môi trường và sự phát triển bền vững của đồng bằng sông Cửu Long. Tuy nhiên, theo tác giả Trần Thị Kim Hồng và cộng sự (2021) [17] trong những năm gần đây, chất lượng nước mặt tại KBTTN Lung Ngọc Hoàng có xu hướng gia tăng ô nhiễm. Đáng chú ý, nguồn nước mặt tại đây là môi trường sống của nhiều loài sinh vật và là nguồn cung cấp nước cho sinh hoạt và hoạt động sản xuất nông nghiệp và nuôi trồng thủy sản của người dân vùng đệm. Do đó, nguồn nước đảm bảo chất lượng là thật sự cần thiết. Cùng với sự quan tâm đến chất lượng nước, các phương pháp đánh giá chất lượng nước cũng ngày càng nhiều và đa dạng. Hiện nay, các phương pháp đánh giá được áp dụng phổ biến như phương pháp đánh giá chất lượng nước dựa trên chỉ số WQI [4, 6, 19, 21], kỹ thuật mô hình hóa [7, 9] và thống kê đa biến [23, 25, 29]. Trong đó, phân tích thành phần chính (Principal Component Analysis - PCA), phân tích cụm (Cluster Analysis - CA) là những phương pháp thống kê đa biến được sử dụng rộng rãi. PCA được sử dụng để xác định các yếu tố tiềm ẩn hoặc các nguồn ô nhiễm ảnh hưởng chất lượng nước khu vực nghiên cứu, tối ưu hóa chương trình quan trắc trong tương lai bằng cách giảm số lượng các thông số được theo dõi [28]. Phân tích CA với

mục đích tìm ra các mẫu và biến thể có đặc tính lý hóa sinh tương đồng, tối ưu hóa chương trình quan trắc trong tương lai bằng cách giảm tần suất giám sát và số lượng vị trí được theo dõi. Kết quả nghiên cứu cung cấp thông tin khoa học về đặc điểm chất lượng nước mặt, nguyên nhân gây ô nhiễm chất lượng nước. Các chỉ tiêu theo mùa, những chỉ tiêu cần quan trắc cũng được xác định làm cơ sở để hoàn thiện công tác quan trắc.

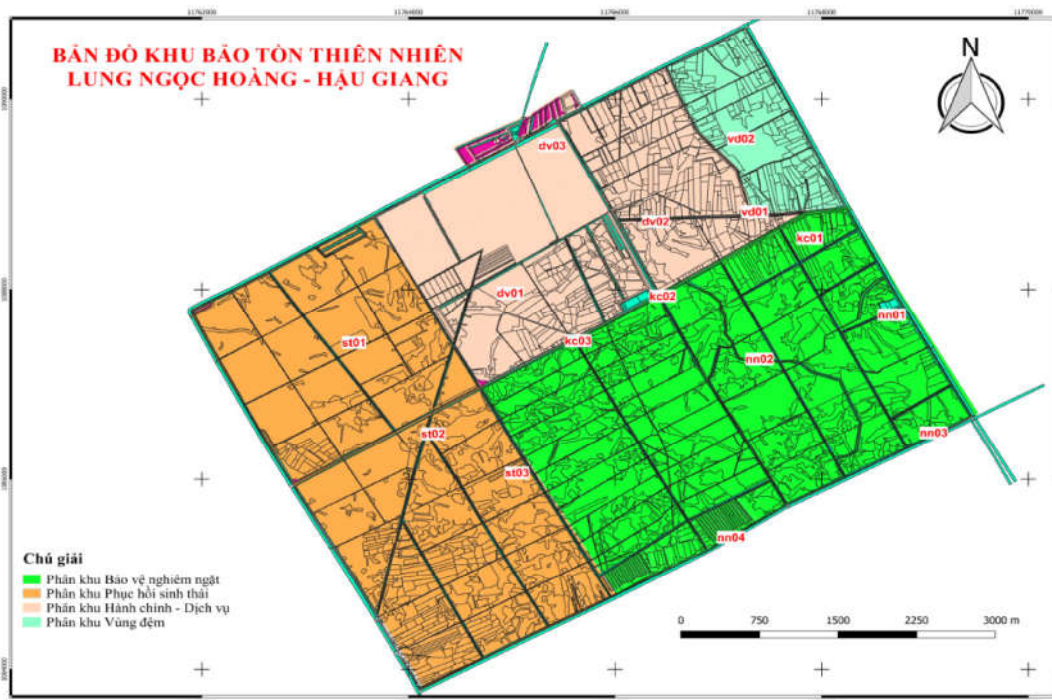
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thu và phân tích mẫu

Mẫu nước sẽ được thu tại 15 vị trí nằm ở kênh chính, vùng đệm và ba phân khu chức năng (bảo vệ nghiêm ngặt, phục hồi sinh thái và hành chính dịch vụ) của KBTTN Lung Ngọc Hoàng. Tổng số mẫu nước được thu là 30 mẫu (bao gồm 01 lần thu mẫu vào mùa khô và 01 lần thu mẫu vào mùa mưa).

Thời gian thu mẫu: 2 đợt (Đợt 1 vào tháng 10/2023 và Đợt 2 vào tháng 4/2024). Trong đó, các vị trí phân bố đều trên 3 phân khu chức năng của KBT, ở mỗi phân khu chọn các vị trí sao cho rơi đều vào 4 sinh cảnh đặc trưng (Lung, Sông, Mặt nước, Rừng tràm) tại KBT và 03 mẫu ở ngoài KBT. Các thông số quan trắc tại hiện trường gồm: Nhiệt độ, pH, oxy hòa tan (DO), độ dẫn điện (EC). Trong khi các thông số bao gồm nhu cầu oxy sinh hóa (BOD_5), nhu cầu oxy hóa học (COD), tổng chất rắn lơ lửng (TSS), tổng đạm, tổng lân, Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} và Coliform được phân tích tại phòng thí nghiệm.

Nghiên cứu



Hình 1: Vị trí thu mẫu nước mặt tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng
Bảng 1. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước

STT	Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích	Giới hạn cho phép
1	Nhiệt độ	Đo bằng máy EC/TDS COM100 tại hiện trường	
2	pH	Đo bằng máy pH Adwa AD12 tại hiện trường	6,5 - 8,5
3	EC	Đo bằng máy EC/TDS COM100 tại hiện trường	
4	DO	Đo bằng máy GONDO 7031 tại hiện trường	≥ 6 mg/L
5	TSS	TCVN 6625:2000	25 mg/L
6	COD	SMEWW 5220B:2017	10 mg/L
7	BOD ₅	SMEWW 5210B:2017	4 mg/L
8	Tổng đạm	TCVN 6638:2000	0,6 mg/L
9	Tổng lân	TCVN 6202:2008	0,1 mg/L
10	Al ³⁺	TCVN 6657:2000	
11	Fe ²⁺	TCVN 6177:1996	
12	SO ₄ ²⁻	SMEWW 4500-SO ₄ ²⁻ .E:2017	
13	Coliform	SMEWW 9221B:2017	1000 MPN/100mL

*Giới hạn cho phép so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A

2.2. Phương pháp xử lý số liệu

Giá trị trung bình của các thông số chất lượng nước được so sánh với các giá trị chuẩn trong quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt (QCVN 08:2023/BTNMT) (Bảng 1). Ngoài ra, nghiên cứu áp dụng phân tích phương sai một chiều để xác định sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các

phân khu bị ảnh hưởng khác nhau trong khu vực nghiên cứu. Các chữ cái a và b được gán cho các giá trị của từng thông số trong các phân khu khác nhau cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95 % (tương ứng với mức ý nghĩa 0,05 ($p < 0,05$)). Phân tích được thực hiện bằng phần mềm SPSS phiên bản 20.0.

Phân tích thành phần chính (PCA) được áp dụng để xác định các yếu tố chính ảnh hưởng đến chất lượng nước và các nguồn ô nhiễm tiềm ẩn. Giá trị trung bình của 12 chỉ tiêu quan trắc chất lượng nước tại 15 điểm được sử dụng để phân tích thành phần chính (PCA). Mỗi PCA sẽ đại diện cho một nguồn phát sinh ô nhiễm tại KBTTN Lung Ngọc Hoàng. Theo nghiên cứu của tác giả Liu et al., (2003) [24], các hệ số tương quan (loading) được cho là “tương quan mạnh”, “tương quan trung bình” và “tương quan yếu” khi chúng có giá trị lần lượt là $> 0,75$, từ $0,75 - 0,5$ và từ $0,5 - 0,3$. Hệ số tương quan lớn có nghĩa là chỉ tiêu đó có đóng góp lớn vào sự biến động chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu. Đôi khi “độ tương quan” thấp của nhiều chỉ tiêu cũng đóng góp chung vào sự biến động đáng kể chất lượng nước.

Phân tích cụm (CA) được sử dụng để phân tích những điểm tương đồng trong thành phần của môi trường nước mặt tại các địa điểm giám sát. Phân tích cụm phân cấp CA được thực hiện những vị trí có tính chất tương đồng sẽ được nhóm vào cùng một nhóm và các vị trí có đặc tính lý, hóa khác nhau thành các nhóm khác biệt được biểu diễn bằng sơ đồ phân nhánh. Phân tích PCA và CA được thực hiện bằng phần mềm Primer 5.2.

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Kết quả phân tích chất lượng nước mặt tại các phân khu chức năng của Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng

3.1.1. Nhiệt độ

Nhiệt độ tại các phân khu dao động trong khoảng $27,5 - 30,7$ °C. Phân khu phục hồi sinh thái và bảo vệ nghiêm

ngặt có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với 03 phân khu còn lại ở mức 5 % ($p < 0,05$). So sánh với nghiên cứu của tác giả Đặng Văn Tý và cộng sự (2018) [6] cho thấy nhiệt độ trung bình tại thời điểm nghiên cứu chênh lệch không đáng kể so với nhiệt độ nước ở Búng Bình Thiên ($28 - 31,9$ °C).

3.1.2. pH

Giá trị pH tại các phân khu dao động trong khoảng từ $7,02 - 7,39$ và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ($p > 0,05$). Theo QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2 mức A thì tất cả giá trị pH ở các phân khu đều đạt quy chuẩn. So sánh với nghiên cứu của nhóm tác giả [16] pH trung bình tại thời điểm nghiên cứu chênh lệch không đáng kể so với pH ở Lung Ngọc Hoàng ($7,04 - 7,15$) và nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 08:2015/BTNMT - cột A1 ($6 - 8,5$) dùng cho các loài động vật thủy sinh. Tuy nhiên, cần theo dõi độ pH của nước ở những năm tiếp theo để nắm rõ diễn biến để có những biện pháp quản lý cụ thể.

3.1.3. Độ dẫn điện (EC)

Nồng độ EC tại các phân khu dao động từ $0,17 - 0,19$ mS. Trong đó, phân khu hành chính dịch vụ có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với kênh chính ở mức 5 % ($p < 0,05$). EC cao cũng còn do sự hiện diện của các muối sắt, nhôm, mangan ở trong điều kiện đất phèn [5]. So sánh với nghiên cứu của nhóm tác giả [16] cho thấy nồng độ EC tại thời điểm nghiên cứu thấp hơn với nghiên cứu tại Lung Ngọc Hoàng trước đó ($0,236 - 0,323$) mS.

3.1.4. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)

Hàm lượng TSS tại các phân khu không cao, khoảng chênh lệch giữa giá

Nghiên cứu

trị cao nhất và thấp nhất là 6,1 mg/L. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A thì giá trị TSS ở tất cả các phân khu đều nằm trong giới hạn cho phép. Giữa các phân khu không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ở mức 5 % ($p > 0,05$). Tại vùng đệm do hoạt động trồng trọt cũng như sinh hoạt của người dân dẫn đến sự xáo trộn từ nền đáy nên nồng độ TSS tại đây là cao nhất ($17,91 \pm 6,75$ mg/L).

3.1.5. Oxy hòa tan (DO)

Hàm lượng DO tại khu vực nghiên cứu có sự biến động nhẹ dao động từ 3,62 - 4,86 mg/L và đều thấp hơn từ 1,2 - 1,7 lần so với QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, giữa các phân khu không khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ($p > 0,05$). Ngoài ra, DO thấp cũng là điều đáng lo ngại bởi DO được sử dụng như một thông số đánh giá mức độ ô nhiễm hữu cơ của nguồn nước, DO thấp chứng tỏ nước có nguy cơ bị ô nhiễm do các chất hữu cơ dễ phân hủy bởi vi sinh vật [15]. So sánh với nghiên cứu của Trương Hoàng Đan (2018) [20] cho thấy nồng độ DO có xu hướng cải thiện hơn tuy nhiên chưa đáng kể.

3.1.6. Nhu cầu oxy sinh học (BOD)

Hàm lượng BOD tại các phân khu dao động trong khoảng từ 3,30 - 4,68 mg/L và khoảng chênh lệch giữa giá trị cao nhất và thấp nhất là 1,38 mg/L các phân khu không khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ($p > 0,05$). Giá trị BOD cao nhất $4,68 \pm 2,5$ mg/L tại phân khu sinh thái và thấp nhất tại kênh chính $3,30 \pm 0,99$ mg/L. Chỉ có giá trị BOD tại kênh chính nằm trong QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, và 4/5 phân khu vượt quy chuẩn cho

phép do các phân khu này chịu ảnh hưởng nhiều từ hoạt động trồng trọt cũng như sinh hoạt của người dân.

3.1.7. Nhu cầu oxy hóa học (COD)

Hàm lượng COD tại các phân khu dao động trong khoảng 16,1 - 24,5 mg/L. Kênh chính có giá trị COD thấp nhất ($16,1 \pm 2,75$ mg/L) vì nơi có sự trao đổi nước với các con kênh bên trong các phân khu và các con sông lớn bên ngoài KBT, giá trị COD cao nhất nằm ở phân khu vùng đệm với $24,5 \pm 4,51$ mg/L do tại đây chịu ảnh hưởng rất nhiều từ hoạt động trồng trọt (lúa, mía, khóm) sau khi thu hoạch, người dân thường thải bỏ các phụ phế phẩm xuống các con kênh, quá trình phân hủy sẽ diễn ra mạnh làm tăng nhu cầu sử dụng oxy để phân hủy các chất hữu cơ. Ngoài ra, phân khu hành chính dịch vụ cũng có hàm lượng COD rất cao ($20,9 \pm 4,20$ mg/L) do các kênh dẫn nơi đây đều nằm sâu trong các khoảnh rừng, hệ thực vật thủy sinh phát triển mạnh làm cho dòng chảy kém lưu thông, ngoài ra quá trình phân hủy xác bã thực vật rụng từ rừng cũng làm cho COD cao [10]. Trong đó, vùng đệm có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với kênh chính ở mức 5 % ($p < 0,05$) và tất cả đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A từ 1,6 - 2,45 lần. Điều này cho thấy, nước tại đây đã bị ô nhiễm bởi các chất hóa học bao gồm cả chất vô cơ và hữu cơ gây ảnh hưởng đến đời sống thủy sinh vật dưới nước và con người khi sử dụng nước để sinh hoạt.

3.1.8. Tổng đạm (TN)

Hàm lượng đạm tổng tại các phân khu dao động trong khoảng 0,44 - 0,63 mg/L. Đối với các phân khu bên ngoài

KBT như kênh chính, vùng đệm, phân khu sinh thái và phân khu nghiêm ngặt có giá trị TN thấp và đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A. Giá trị TN cao nhất là ở phân khu hành chính dịch vụ $0,63 \pm 0,51$ mg/L do nơi đây là khu vực thường xuyên hoạt động của ban quản lý và xây dựng công trình quản lý dịch vụ.

3.1.9. Tổng lân (TP)

Giá trị tổng tại các phân khu dao động trong khoảng từ 0,13 - 0,20 mg/L. Tất cả các phân khu đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A từ 1,3 - 2 lần. Giữa các phân khu không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5 % ($p > 0,05$). Theo nhóm tác giả [22] nếu như hàm lượng P - PO_4^{3-} quá cao ($> 0,1$ mg/L) và không kiểm soát được sẽ xảy ra hiện tượng dư thừa các chất dinh dưỡng. Điều này thúc đẩy sự phát triển của các loài tảo, rong, rêu và các thực vật thân mềm trong nước và cuối cùng sẽ ảnh hưởng đến sự cân bằng sinh học của nước, gây ra ô nhiễm nghiêm trọng cho nguồn nước trong KBT.

3.1.10. Sulfate (SO_4^{2-})

Giá trị trung bình SO_4^{2-} tại các phân khu dao động trong khoảng từ 25,38 - 38,18 mg/L. Giữa phân khu hành chính dịch vụ có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với phân khu bảo vệ nghiêm ngặt ở mức 5 % ($p < 0,05$). Theo tác giả [11], khi không có sự hiện diện của oxy, SO_4^{2-} được coi như là chất cung cấp oxy (chính xác hơn là chất nhận điện tử) cho quá trình oxy hóa sinh hóa của vi khuẩn kỵ khí. Như vậy với kết quả phân tích DO ở trên thì hiện tượng kỵ khí sẽ rất dễ xảy ra với điều kiện này thì SO_4^{2-} có thể bị khử thành S^{2-} và

kết hợp với ion H^+ tạo thành H_2S gây mùi khó chịu. Hàm lượng SO_4^{2-} trong KBTTN Lung Ngọc Hoàng cao có thể chủ yếu xuất phát từ chất thải của người dân sống tại đây, điều này về lâu dài sẽ ảnh hưởng nhiều đến sức khỏe của người dân khi sử dụng nước tại đây để sinh hoạt, cũng như sẽ ảnh hưởng lớn đến đời sống thủy sinh và các hoạt động bảo tồn sinh vật trong KBT.

3.1.11. Sắt (Fe^{2+})

Hàm lượng sắt tại các phân khu dao động nằm trong khoảng từ 0,31 - 0,61 mg/L. Giữa các phân khu không có sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5 % ($p > 0,05$). Theo tác giả [5] nếu trong nước có hàm lượng sắt $> 0,3$ mg/L sẽ gây mùi tanh khó chịu, khi bị oxy hóa chúng còn chuyển thành các dạng hợp chất sắt hóa trị cao gây keo, hoặc kết tủa, quá trình chuyển hóa này còn gây độc cho thủy sinh vật vì làm tiêu hao nhiều oxy trong nước và tạo thành rỉ sắt bám vào mang cá làm cá chết ngạt do không đủ oxy hô hấp.

3.1.12. Nhôm (Al^{3+})

Từ kết quả phân tích ta thấy nồng độ Al^{3+} có sự biến động nhẹ, kênh chính là nơi có nồng độ Al^{3+} thấp nhất ($0,28 \pm 0,15$ mg/L) và phân khu bảo vệ nghiêm ngặt là nơi có nồng độ nhôm cao nhất với ($0,45 \pm 0,17$ mg/L). Giữa các phân khu không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ở mức 5 % ($p > 0,05$). Tuy nhiên nồng độ nhôm cao sẽ làm cho số lượng cá và động vật lưỡng cư giảm do phản ứng của các ion nhôm với protein trong mang cá và phôi của ếch. Ngoài ra, nó còn ảnh hưởng đến chim và các động vật khác ăn cá [18].

3.1.13. Coliform

Hàm lượng Coliform tại các phân khu tương đối cao, dao động từ 3267 -

Nghiên cứu

4450 MPN/100 mL. Nhìn chung giá trị Coliform đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A từ 3,2 - 4,5 lần. Giữa các phân khu không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với nhau ở mức 5 % ($p > 0,05$). Giá trị Coliform thấp nhất được ghi nhận tại

phân khu phục hồi sinh thái với 3267 ± 1098 MPN/100 mL và cao nhất tại vùng đệm với 4450 ± 2141 MPN/100 mL. Kết quả nghiên cứu cho thấy, chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu không phù hợp cho mục đích cấp nước sinh hoạt mà phải cần có biện pháp xử lý.

Bảng 2. Kết quả phân tích chất lượng nước theo từng phân khu

Vị trí phân khu	Kênh chính	Vùng đệm	Dịch vụ	Sinh thái	Nghiêm ngặt
Nhiệt độ (°C)	$28,9^b \pm 1,11$	$27,5^c \pm 0,31$	$28,1^{bc} \pm 1,18$	$30,7^a \pm 1,36$	$30,5^a \pm 0,7$
pH	$7,02^a \pm 0,48$	$7,22^a \pm 0,71$	$7,21^a \pm 0,85$	$7,12^a \pm 0,22$	$7,39^a \pm 0,25$
DO (mg/L)	$4,11^a \pm 1,53$	$4,62^a \pm 1,61$	$4,86^a \pm 1,34$	$3,63^a \pm 1,49$	$4,47^a \pm 1,32$
EC (ms/cm)	$0,18^b \pm 0,01$	$0,18^{ab} \pm 0,02$	$0,19^a \pm 0,03$	$0,18^{ab} \pm 0,01$	$0,18^{ab} \pm 0,01$
TSS (mg/L)	$12,1^a \pm 2,4$	$18,0^a \pm 6,8$	$15,7^a \pm 4,1$	$11,9^a \pm 5,6$	$17,1^a \pm 6,2$
COD (mg/L)	$16,1^b \pm 2,8$	$24,5^a \pm 4,6$	$20,9^{ab} \pm 4,2$	$18,9^{ab} \pm 4,9$	$19,5^{ab} \pm 6,3$
BOD (mg/L)	$3,30^a \pm 1$	$4,42^a \pm 2$	$4,07^a \pm 1,9$	$4,68^a \pm 2,5$	$4,03^a \pm 1,4$
Tổng N (mg/L)	$0,50^a \pm 0,32$	$0,53^a \pm 0,19$	$0,63^a \pm 0,52$	$0,44^a \pm 0,32$	$0,47^a \pm 0,31$
Tổng P (mg/L)	$0,13^a \pm 0,05$	$0,19^a \pm 0,14$	$0,19^a \pm 0,05$	$0,14^a \pm 0,09$	$0,21^a \pm 0,23$
Al ³⁺ (mg/L)	$0,28^a \pm 0,16$	$0,30^a \pm 0,25$	$0,32^a \pm 0,2$	$0,37^a \pm 0,22$	$0,46^a \pm 0,17$
Fe ²⁺ (mg/L)	$0,31^a \pm 0,16$	$0,54^a \pm 0,41$	$0,61^a \pm 0,25$	$0,58^a \pm 0,28$	$0,39^a \pm 0,24$
SO ₄ ²⁻ (mg/L)	$32,7^{ab} \pm 9,7$	$30,0^{ab} \pm 7,1$	$38,2^a \pm 8,6$	$30,0^{ab} \pm 5,9$	$25,4^b \pm 5,8$
Coliform (MPN/100mL)	$3434^a \pm 938$	$4450^a \pm 2141$	$3600^a \pm 1347$	$3267^a \pm 1099$	$4213^a \pm 1900$

Ghi chú: Những ký tự khác nhau chỉ sự khác biệt có ý nghĩa ở mức 5 %

3.2. Diễn biến chất lượng nước mặt vào mùa mưa và mùa khô của Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng

3.2.1. Nhiệt độ

Nhiệt độ trung bình tại các vị trí thu mẫu dao động trong khoảng $26,3 - 31,9$ °C vào mùa mưa và $27,5 - 32,3$ °C vào mùa khô. Vào một số thời điểm nhiệt độ mùa khô cao hơn mùa mưa có thể do sự chênh lệch nhiệt độ giữa thời điểm thu mẫu tại từng vị trí. Nhiệt độ trung bình cao nhất trong mùa khô được ghi nhận tại vị trí ST02 đạt $32,3 \pm 0,9$ °C, thấp nhất tại vị trí VD01 ($27,5 \pm 0,1$ °C). Mùa mưa, nhiệt độ trung bình cao nhất tại vị trí ST01 ($31,9 \pm 1,15$ °C), thấp nhất tại vị trí DV03 ($26,3 \pm 0,99$ °C). Trong thực tế,

nhiệt độ có ảnh hưởng đến các quá trình sinh học, khi nhiệt độ cao tốc độ các quá trình sẽ diễn ra nhanh hơn. Tại khu vực nghiên cứu, nhiệt độ vào mùa mưa thích hợp cho các loài thủy sinh vật phát triển $25 - 32$ °C [1].

3.2.2. pH

Giá trị pH của tất cả các vị trí thu mẫu vào mùa khô dao động trong khoảng từ $6,12 - 7,89$ và mùa mưa dao động trong khoảng từ $7,22 - 8,32$. Có thể thấy nồng độ pH trong các mẫu nước có sự thay đổi, pH giảm nhẹ vào mùa khô. Mức chênh lệch khoảng $0,43 - 1,0$. Tại cùng một vị trí lấy mẫu thì pH vào mùa mưa cao hơn vào mùa khô tuy nhiên không đáng kể. Vào mùa mưa, có 15/15 vị trí lấy mẫu

nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A đảm bảo khả năng sinh trưởng và phát triển bình thường của các loài sinh vật trong nước. Tuy nhiên vào mùa khô, chỉ có 12/15 vị trí lấy mẫu nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A.

3.2.3. Độ dẫn điện (EC)

Nồng độ EC của tất cả các vị trí thu mẫu dao động từ 0,16 - 0,21 mS. Giá trị EC mùa mưa luôn cao hơn mùa khô, cao nhất là ở DV03 ($0,22 \pm 1,64$ mS) nguyên nhân có thể là do vào mùa khô nồng độ EC bị trung hòa bởi nước mưa và vào mùa khô năm 2020 toàn ĐBSCL chịu ảnh hưởng bởi đợt xâm nhập mặn, Hậu Giang cũng bị ảnh hưởng với độ mặn cao nhất đo được là 18,4 ‰ [2]. Nhìn chung, nồng độ các ion hòa tan trong nước ở KBT giữa các vị trí tương đối thấp, theo ghi nhận thực tế ở các vị trí này có nhiều thực vật thủy sinh phát triển, hấp thu nhiều muối hòa tan trong nước làm các ion hòa tan trong nước thấp. Điều này cũng cho thấy chất lượng nước ở KBT tương đối ổn định và ít bị ô nhiễm.

3.2.4. Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)

Hàm lượng TSS tại các vị trí thu mẫu rất cao vào mùa khô (9,1 - 28,1 mg/L) và giảm mạnh vào mùa mưa (8,0 - 23,0 mg/L) do nước mưa chảy tràn đổ vào các kênh trong KBT làm tăng thể tích nước và tăng khả năng pha loãng dẫn đến làm giảm

hàm lượng chất rắn lơ lửng trong nước. Khi so sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, các vị trí thu mẫu đều nằm trong giới hạn cho phép của quy chuẩn vào mùa mưa. Vào mùa khô, chỉ có vị trí VD02 ($25,6 \pm 4,49$ mg/L), NN01 ($28,01 \pm 5,06$ mg/L) là vượt quy chuẩn còn lại đều nằm trong quy chuẩn. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của nhóm tác giả [6] tại Bung Bình Thiên tỉnh An Giang vào mùa khô hàm lượng TSS tăng cao và giảm dần vào mùa mưa.

3.2.5. Oxy hòa tan (DO)

Hàm lượng DO tại các vị trí thu mẫu dao động từ 1,85 - 4,3 mg/L vào mùa khô và 3,23 - 6,86 mg/L vào mùa mưa. Giá trị DO vào mùa khô thấp hơn mùa mưa có thể do lưu lượng nước trong mùa khô kém lưu thông hơn mùa mưa và quá trình phân hủy các chất hữu cơ diễn ra mạnh. So sánh QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A hàm lượng DO cả hai mùa đều rất thấp, thấp hơn ngưỡng cho phép của từ 1,1 - 3,2 lần, chỉ có vị trí VD02 ($6,18 \pm 0,45$ mg/L) và vị trí DV03 ($6,86 \pm 0,69$ mg/L) vào mùa mưa là đạt ngưỡng quy định. Khi hàm lượng DO quá thấp, dẫn đến các loài sinh vật trong nước sẽ gia tăng khả năng lấy oxy cho nhu cầu cơ thể, sự tăng cường trao đổi chất này làm cho chất độc của môi trường xâm nhập vào cơ thể nhiều hơn dẫn đến các loài sinh vật trong nước nhiễm độc, hoặc bị chết do thiếu oxy để duy trì hoạt động sống [11].

Bảng 3. Kết quả phân tích chỉ tiêu nhiệt độ, pH, DO và EC vào mùa và mùa khô

Vị trí	Nhiệt độ (°C)		pH		DO (mg/L)		EC (ms/cm)	
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
KC01	$27,8 \pm 0,36$	$28,1 \pm 0,95$	$7,4 \pm 0,06$	$6,9 \pm 0,13$	$4,94 \pm 0,38$	$2,73 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$
KC02	$28,1 \pm 0,15$	$30,7 \pm 0,9$	$7,24 \pm 0,06$	$7,14 \pm 0,3$	$5,82 \pm 0,26$	$2,88 \pm 0,1$	$0,18 \pm 0,01$	$0,17 \pm 0,01$
KC03	$29 \pm 0,5$	$29,5 \pm 0,05$	$7,31 \pm 0,01$	$6,12 \pm 0,43$	$5,63 \pm 0,12$	$2,61 \pm 0,1$	$0,18 \pm 0,01$	$0,16 \pm 0,01$
VD01	$27,3 \pm 0,08$	$27,5 \pm 0,11$	$8,11 \pm 0,15$	$6,44 \pm 0,09$	$4,9 \pm 0,46$	$1,85 \pm 0,87$	$0,19 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$

Vị trí	Nhiệt độ (°C)		pH		DO (mg/L)		EC (ms/cm)	
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
VD02	27,1 ± 0,08	27,8 ± 0,11	7,7 ± 0,15	6,67 ± 0,09	6,18 ± 0,46	4,3 ± 0,87	0,18 ± 0,01	0,16 ± 0,01
DV01	29,5 ± 1,28	28,1 ± 0,33	7,22 ± 0,47	6,7 ± 0,13	5,91 ± 0,02	4,08 ± 0,19	0,18 ± 0,02	0,18 ± 0,01
DV02	27,3 ± 0,29	29 ± 0,31	8,11 ± 0,17	6,33 ± 0,14	4,9 ± 0,71	3,23 ± 0,42	0,19 ± 0,01	0,16 ± 0,02
DV03	26,3 ± 0,99	28,6 ± 0,03	8,32 ± 0,31	6,53 ± 0,01	6,86 ± 0,69	4,15 ± 0,24	0,22 ± 0,02	0,21 ± 0,02
ST01	31,9 ± 1,16	29,9 ± 0,81	7,35 ± 0,04	6,86 ± 0,05	3,23 ± 0,99	2,05 ± 0,41	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,01
ST02	30,3 ± 0,03	32,3 ± 0,9	7,29 ± 0,02	6,94 ± 0,02	4,82 ± 0,14	2,19 ± 0,31	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,01
ST03	28,6 ± 1,18	30,9 ± 0,1	7,28 ± 0,02	6,95 ± 0,03	5,83 ± 0,86	3,62 ± 0,71	0,18 ± 0,01	0,18 ± 0,01
NN01	30 ± 0,39	30,5 ± 0,11	7,37 ± 0,01	7,89 ± 0,34	5,95 ± 0,32	3,16 ± 0,05	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,01
NN02	31,4 ± 0,61	30,9 ± 0,39	7,39 ± 0,02	7,24 ± 0,13	5,16 ± 0,24	2,77 ± 0,23	0,17 ± 0	0,19 ± 0,01
NN03	31 ± 0,32	30,7 ± 0,25	7,37 ± 0,01	7,12 ± 0,21	5,31 ± 0,14	3,35 ± 0,19	0,18 ± 0,01	0,17 ± 0,01
NN04	29,8 ± 0,54	29,3 ± 0,75	7,35 ± 0,02	6,98 ± 0,31	5,57 ± 0,06	3,92 ± 0,59	0,17 ± 0	0,17 ± 0,01

3.2.6. Nhu cầu oxy sinh học (BOD)

Hàm lượng BOD tại các vị trí thu mẫu dao động trong khoảng từ 3,28 - 8,22 mg/L ở mùa khô, 1,56 - 3,92 mg/L ở mùa mưa. Mức chênh lệch giữa hai mùa cao khoảng 1,72 - 4,3 mg/L. Giá trị BOD cao nhất ở mùa mưa là NN01 (3,92 ± 0,7 mg/L) và ở mùa khô là VD01 (8,22 ± 1,39 mg/L) do thời điểm thu mẫu vào mùa khô, tại vị trí này có rất nhiều lục bình đang trong giai đoạn phân hủy. Tại các vị trí thu mẫu hàm lượng BOD mùa khô có xu hướng cao hơn mùa mưa có thể do tại các vị trí này có nhà dân sinh sống và sản xuất nên khi mưa xuống sẽ cuốn trôi các chất ô nhiễm hữu cơ xuống các con kênh làm cho hàm lượng BOD vào mùa khô ở đây có xu hướng tăng cao hơn mùa mưa. So sánh với QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, các vị trí KC02, KC03 của mùa mưa và tất cả vị trí của mùa khô là nằm trong giới hạn cho phép, tuy nhiên các vị trí còn lại của mùa khô đều vượt giới hạn quy chuẩn.

3.2.7. Nhu cầu oxy hóa học (COD)

Nồng độ COD tại các vị trí thu mẫu rất cao và có sự biến động giữa hai mùa. Vào mùa khô dao động trong khoảng từ 11,3 - 33,3 mg/L và mùa mưa dao động

trong khoảng từ 12,1 - 26,8 mg/L. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích DO ở trên, khi trong nước có nhiều chất hữu cơ thì vi sinh vật có xu hướng lấy oxy hòa tan trong nước để phân hủy chất hữu cơ. Tại vị trí VD01 nước có dòng chảy nhẹ và có màu hơi đen ở hai bên bờ, có nhiều lá cây cùng với lục bình đang trong giai đoạn phân hủy nên nồng độ COD tại đây đạt giá trị cao nhất vào cả hai mùa lần lượt 26,8 ± 2,4 mg/L vào mùa mưa và 30,5 ± 1,5 mg/L vào mùa khô. Khi so với quy chuẩn QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A tại tất cả các vị trí đều cao hơn gấp 1,1 - 3,3 lần. Theo Bộ Thủy sản (2004) [1], nếu COD < 5 mg/L thì môi trường nghèo dinh dưỡng, 20 - 30 mg/L thì giàu dinh dưỡng và > 30 mg/L là môi trường ô nhiễm. Do vậy, có thể nói môi trường nước tại đây đã bị ô nhiễm hữu cơ.

3.2.8. Tổng đạm (TN)

Hàm lượng đạm tổng có sự biến động giữa hai mùa, mùa mưa dao động từ 0,16 - 1,34 mg/L, mùa khô dao động từ 0,11 - 0,91 mg/L. Hàm lượng đạm tổng khá cao vào mùa mưa và luôn cao hơn mùa khô ở hầu hết các vị trí. Theo nhóm tác giả [22] để hạn chế tối đa khả năng gây phú dưỡng

nguồn nước thì TN không được vượt quá 3 mg/L. Khi TN cao hơn 1,7 mg/L thì khả năng gây phú dưỡng nguồn nước rất cao [27]. Kết quả khảo sát cho thấy hầu hết các vị trí vào mùa mưa và mùa khô đều thấp hơn 1,7 mg/L và đặc biệt cao ở các vị trí trong vùng đê và phân khu hành chính dịch vụ do các vị trí này thuộc tuyến kênh dẫn tiếp nhận chính nguồn nước thải từ hoạt động nông nghiệp của người dân nên dư lượng phân bón trong nước sẽ làm cho nồng độ TN tại đây cao hơn so với các vị trí còn lại. Tại các vị trí KC02, KC03 ở mùa khô và VD01, DV01, DV02, DV03, ST01, NN01, NN02, NN03, NN04 của mùa mưa đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, các vị trí còn lại đều nằm trong quy chuẩn. Nghiên cứu của nhóm tác giả [15] trong giai đoạn giữa mùa khô tỷ lệ các điểm thu mẫu có TN cao hơn 1,7 mg/L chiếm 22 %, đặc biệt là xuất hiện ở các điểm thu chịu ảnh hưởng bởi sản xuất nông nghiệp và thủy sản trên sông nhánh. Vào mùa mưa và mùa khô nguồn nước tại đây có khả năng phú dưỡng rất thấp. So sánh nghiên cứu của nhóm tác giả [16] cùng khu vực nghiên

cứu cho thấy giá trị TN tại thời điểm hiện tại thấp hơn và có xu hướng giảm.

3.2.9. Tổng lân (TP)

Hàm lượng lân tổng có trong nước tại các vị trí thu mẫu vào mùa khô dao động từ 0,05 - 0,75 mg/L và vào mùa mưa dao động từ 0,05 - 0,26 mg/L. Tại cùng một vị trí lấy mẫu thì hàm lượng lân tổng vào mùa khô luôn cao hơn mùa mưa, cao gấp từ 1 - 2,9 lần. Tại các vị trí ST01, ST02 ở mùa khô và KC01, KC02, VD01, VD02, ST01 và NN01 của mùa mưa đều nằm trong giới hạn cho phép của QCVN 08-MT:2023 - Bảng 2, mức A, các vị trí còn lại vượt giới hạn trong quy chuẩn. Theo nhóm tác giả [22] nếu TP > 0,1 mg/L thì khả năng phú dưỡng rất dễ xảy ra. Hàm lượng TP trong nước ở các điểm thu tương đối cao cùng với kết quả phân tích TN như trên có khả năng nguồn nước tại đây đang xảy ra hiện tượng phú dưỡng hóa. Kết quả hàm lượng TP trong nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của nhóm tác giả [16] tại KBTTN Lung Ngọc Hoàng cũng cho kết quả hàm lượng TP mùa khô luôn cao hơn mùa mưa.

Bảng 4. Kết quả phân tích chỉ tiêu TSS, COD, BOD, tổng N và tổng P vào mùa và mùa khô

Vị trí	TSS (mg/L)		COD (mg/L)		BOD (mg/L)		Tổng N (mg/L)		Tổng P (mg/L)	
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
KC01	14,3±0,6	9,7±0,6	12,1±2,0	18,3±0,74	3,8±0,75	4,32±0,34	0,16±0,05	0,59±0,12	0,09±0,01	0,11±0,03
KC02	15,7±1,5	10,5±0,1	18,9±2,8	15,5±1,25	1,56±0,85	3,92±0,06	0,33±0,08	0,91±0,11	0,1±0,002	0,2±0,03
KC03	10,6±2,0	11,5±0,7	13,8±0,8	18±0,52	2,9±0,11	3,28±0,4	0,2±0,03	0,77±0,01	0,12±0,01	0,16±0,002
VD01	10,2±2,0	12,9±4,5	26,8±2,4	30,5±1,53	3,68±0,32	8,22±1,39	0,9±0,16	0,44±0,01	0,08±0,004	0,21±0,04
VD02	15,9±2,0	25,6±4,5	19,9±2,4	26,2±1,53	2,79±0,32	4,31±1,39	0,45±0,16	0,43±0,01	0,09±0,004	0,33±0,04
DV01	12,7±1,4	16,7±0,1	19,2±1,8	18±1,42	2,26±0,2	5,89±0,21	1,34±0,19	0,11±0,06	0,23±0,03	0,21±0,02
DV02	13,9±0,5	22,4±3,9	20,0±1,2	26±4,25	1,68±0,61	6,39±0,56	0,88±0,14	0,24±0,05	0,22±0,02	0,22±0,03
DV03	17,2±1,8	11,2±3,9	26,0±3,0	16±2,83	3,66±0,8	4,54±0,76	1,01±0,05	0,2±0,02	0,13±0,04	0,12±0,04
ST01	9,8±2,9	11,2±0,9	19,4±1,9	16,5±3,12	2,34±0,18	7,7±0,66	1±0,24	0,22±0,01	0,05±0,09	0,08±0,01
ST02	8,8±3,6	9,1±0,5	17,8±0,7	18,5±1,7	1,72±0,61	5,49±0,92	0,55±0,09	0,17±0,03	0,26±0,06	0,05±0,03
ST03	23±6,5	9,1±0,5	13,0±2,6	27,7±4,81	3,69±0,79	7,15±0,27	0,45±0,16	0,24±0,03	0,21±0,03	0,16±0,04
NN01	19,1±4,2	28,1±5,0	18,4±0,5	33,3±9,6	3,93±0,71	6±0,63	0,89±0,11	0,35±0,11	0,08±0,04	0,75±0,34
NN02	8,0±3,7	19,5±1,0	20,4±0,9	16,7±2,14	2,8±0,1	4,93±0,13	0,76±0,02	0,16±0,03	0,2±0,04	0,09±0,13
NN03	15,1±1,4	18,5±1,7	17,9±0,9	11,3±5,96	1,72±0,86	5,41±0,22	0,66±0,06	0,14±0,04	0,15±0,01	0,12±0,11
NN04	10,5±1,9	17,7±2,3	19,8±0,5	17,6±1,51	3,28±0,25	4,11±0,71	0,65±0,07	0,13±0,05	0,12±0,01	0,12±0,11

Nghiên cứu

3.2.10. Sulfate (SO_4^{2-})

Nồng độ SO_4^{2-} trong nước rất cao, dao động trong khoảng từ 17,2 - 49,6 mg/L vào mùa mưa và 23,7 - 48,8 mg/L vào mùa khô. Hầu hết nồng độ SO_4^{2-} ở các vị trí thu mẫu vào mùa mưa cao hơn mùa khô. Theo khảo sát, vào mùa mưa lúc nước vừa rút thì nước trong KBT chảy ra bên ngoài có màu đen và có mùi rất khó chịu. Điều này có thể giải thích một phần do tại khu vực nghiên cứu chủ yếu là tràm nên hàm lượng hữu cơ từ lá cây nhiều, theo tác giả [5] H_2S trong nước được tạo thành từ ion SO_4^{2-} dưới tác dụng của vi khuẩn, các vi khuẩn này sử dụng sulfur trong xác thực vật thối rữa trong đất để làm nguồn thức ăn chính vì thế nồng độ H_2S khu vực này sẽ sinh ra nhiều gây mùi hôi thối ảnh hưởng người dân.

3.2.11. Sắt (Fe^{2+})

Hầu hết hàm lượng Fe^{2+} vào mùa mưa đều cao hơn mùa khô, dao động trong khoảng 0,21 - 1,01 mg/L vào mùa mưa và 0,09 - 0,59 mg/L vào mùa khô. Có thể thấy, do đặc tính đất phèn nên việc giải phóng sắt vào trong nước là rất cao, ngoài ra khi mưa xuống đất sẽ bị rửa chua dẫn tới vào mùa mưa hàm lượng sắt sẽ luôn cao hơn mùa khô [13]. Hàm lượng sắt trong nước cao sẽ ảnh hưởng đến sự phát triển của thủy sinh vật, nhất là đối với thực vật thủy sinh. Sắt bị oxy hóa thành rỉ sắt bám vào rễ cây làm giảm khả năng hô hấp và hấp thu dinh dưỡng trong cây, làm cho cây bị ngộ độc sắt, giảm khả năng tăng trưởng đồng thời ức chế sự trao đổi chất trong cây, cây bị ngộ độc sắt thường có rễ màu nâu đỏ [14].

3.2.12. Nhôm (Al^{3+})

Hàm lượng nhôm cũng tương đối cao, vào mùa mưa đều có hàm lượng nhôm cao hơn mùa khô dao động từ 0,28 - 1,85 mg/L vào mùa khô và 0,18 - 0,96 mg/L vào mùa mưa. Tương tự nghiên cứu của [8] nghiên cứu đánh giá chất lượng nước vùng Tứ giác Long Xuyên cho thấy hàm lượng Fe_t ở mùa khô thấp hơn mùa mưa, nguyên nhân có thể là do các cơn mưa, phèn được rửa trôi từ trong đất ra các thủy vực làm cho hàm lượng sắt tổng tăng cao. Theo nghiên cứu của [7] giá trị Fe_t trong môi trường nước tăng cao là do điều kiện địa lý là vùng đất phèn và các hoạt động canh tác, rửa phèn đã làm ảnh hưởng đến môi trường nước tại các thủy vực tại tỉnh Sóc Trăng.

3.2.13. Coliform

Mật độ Coliform xuất hiện trong môi trường nước mặt cao trong cả hai mùa. Ở mùa khô giá trị Coliform cao nhất có giá trị 7000 ± 424 MPN/100 mL ở vị trí VD02 và giá trị thấp nhất là 1700 ± 1296 MPN/100 mL ở vị trí ST03. Ở mùa mưa giá trị Coliform cao nhất có giá trị 7000 ± 1555 MPN/100 mL ở vị trí NN01 và giá trị thấp nhất là 1800 ± 389 MPN/100 mL ở vị trí VD01. Có thể thấy tại các vị trí quan trắc, hàm lượng Coliform vào mùa mưa có xu hướng cao hơn mùa khô. Coliform là nhóm vi khuẩn dùng để đánh giá chất lượng nước mặt tự nhiên tại khu vực nghiên cứu. Vi khuẩn này thường xuất hiện trong đường tiêu hóa của các loài động vật máu nóng. Chất lượng nước KBTTN Lung Ngọc Hoàng đang có nguy cơ ô nhiễm vi sinh cao.

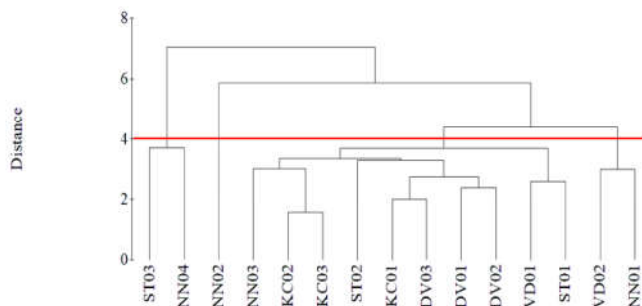
Bảng 5. Kết quả phân tích chỉ tiêu Al^{3+} , Fe^{2+} , SO_4^{2-} và Coliform vào mưa và mùa khô

Vị trí	Al^{3+} (mg/L)		Fe^{2+} (mg/L)		SO_4^{2-} (mg/L)		Coliform (MPN/100mL)	
	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2	Đợt 1	Đợt 2
KC01	0,13 ± 0,02	0,31 ± 0,07	0,21 ± 0,06	0,58 ± 0,18	33,8 ± 3,52	36,8 ± 0,26	2300 ± 824,96	3800 ± 282,85
KC02	0,12 ± 0,03	0,49 ± 0,07	0,28 ± 0,01	0,26 ± 0,05	22,7 ± 4,34	48,8 ± 8,75	4800 ± 942,81	2500 ± 636,4
KC03	0,21 ± 0,05	0,41 ± 0,01	0,38 ± 0,07	0,14 ± 0,14	30 ± 0,83	23,7 ± 9,01	3300 ± 117,86	3900 ± 353,56
VD01	0,13 ± 0,03	0,8 ± 0,21	0,69 ± 0,12	0,13 ± 0,03	35,7 ± 5,38	33,8 ± 0,25	1800 ± 388,91	7000 ± 424,27
VD02	0,19 ± 0,03	0,23 ± 0,21	1,01 ± 0,12	0,2 ± 0,03	20,5 ± 5,38	33,1 ± 0,25	2900 ± 388,91	5800 ± 424,27
DV01	0,49 ± 0,02	0,13 ± 0,03	0,98 ± 0,15	0,26 ± 0,13	33,1 ± 7,45	29,9 ± 2,01	3400 ± 824,96	3300 ± 471,41
DV02	0,58 ± 0,09	0,1 ± 0,05	0,7 ± 0,06	0,45 ± 0,02	48,2 ± 3,23	31,7 ± 0,74	4800 ± 165	2800 ± 117,86
DV03	0,33 ± 0,1	0,28 ± 0,08	0,65 ± 0,09	0,59 ± 0,12	49,6 ± 4,22	36,6 ± 2,74	5500 ± 659,97	1800 ± 589,26
ST01	0,75 ± 0,18	0,39 ± 0,11	0,78 ± 0,04	0,15 ± 0,19	29,25 ± 1,43	26,1 ± 1,82	2800 ± 141,43	4400 ± 612,83
ST02	0,38 ± 0,09	0,14 ± 0,07	0,96 ± 0,17	0,56 ± 0,11	25,9 ± 3,8	35,6 ± 4,91	2600 ± 282,85	4500 ± 683,54
ST03	0,36 ± 0,1	0,19 ± 0,04	0,45 ± 0,2	0,54 ± 0,09	38,67 ± 5,23	24,3 ± 3,09	3600 ± 424,27	1700 ± 1296,37
NN01	0,4 ± 0,09	0,45 ± 0,05	0,56 ± 0,07	0,13 ± 0,13	20,08 ± 2,99	27,3 ± 0,59	7000 ± 1555,64	3600 ± 17,68
NN02	0,44 ± 0,06	0,11 ± 0,2	0,33 ± 0,11	0,42 ± 0,09	36,1 ± 8,35	28,8 ± 1,65	6500 ± 1202,09	5500 ± 1325,83
NN03	0,67 ± 0,11	0,55 ± 0,12	0,78 ± 0,22	0,09 ± 0,16	23,8 ± 0,35	26,1 ± 0,27	3700 ± 777,82	3200 ± 300,53
NN04	0,57 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,23 ± 0,18	0,57 ± 0,19	17,2 ± 5,02	23,7 ± 1,97	2000 ± 1979,9	2200 ± 1007,63

3.3. Tối ưu hoá vị trí và chỉ tiêu quan trắc phục vụ cho công tác quản lý môi trường tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng

3.3.1. Phân tích cụm (CA) để tối ưu hóa vị trí thu mẫu tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng

Từ kết quả phân tích CA trên, dựa vào mức tương đồng, 15 vị trí khảo sát chia thành 4 cụm nên có thể tối ưu vị trí thu mẫu thành 4 vị trí đại diện cho nguồn tác động như sau:



Hình 2: Độ tương đồng của chất lượng nước tại các vị trí khảo sát

Nhóm 1: Gồm các vị trí ST03 và NN04 nằm trong phân khu phục hồi sinh thái và bảo vệ nghiêm ngặt, chất lượng nước tại các vị trí này khá tương đồng nhau do ít chịu ảnh hưởng bởi các hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân. Các vị trí này đều nằm ở rìa của KBT nên có thể chịu một phần ảnh hưởng từ các hoạt động sản xuất ở khu vực lân cận.

Nhóm 2: Gồm vị trí NN02 nằm trong phân khu bảo vệ nghiêm ngặt được tách riêng do tại đây có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ và ô nhiễm vi sinh khá cao do tác động bởi hoạt động sinh hoạt từ các phân khu lân cận.

Nghiên cứu

Nhóm 3: Gồm các vị trí KC01, KC02, KC03, DV01, DV02, DV03, VD01, ST01, ST02, NN03. Vị trí KC01, KC02 và KC03 nằm trên kênh chính, vị trí DV01, DV02, DV03 nằm tại điểm trao đổi nước giữa kênh chính và phân khu hành chính dịch vụ. Giữa các điểm có vị trí khá gần nhau nên chất lượng nước tại đây gần như tương đồng. Ngoài ra các vị trí như ST01, ST02, VD01, NN03 của nhóm nằm trong phân khu phục hồi sinh thái và bảo vệ nghiêm ngặt theo khảo sát tại một số vị trí vẫn có dân cư tập trung nhiều và chăn nuôi (vịt) trực tiếp trên sông.

Nhóm 4: Gồm 2 vị trí VD02 và NN01 thuộc phân khu bảo vệ nghiêm ngặt và vùng đệm có dấu hiệu ô nhiễm hữu cơ

khá cao. Nồng độ tổng P và Coliform tại 2 vị trí này cao hơn quy định của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A nhiều lần so với các vị trí thu mẫu khác tại khu vực nghiên cứu.

3.3.2. Phân tích thành phần chính (PCA) tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng

PCA xác định được có 5 nhân tố chính đóng góp vào việc giải thích sự biến đổi chất lượng nước mặt tại khu vực nghiên cứu, 5 nhân tố này giải thích được khoảng 79,2 % tổng phương sai. Trong đó, PC1, PC2, PC3, PC4 và PC5 có đóng góp nhiều nhất lần lượt là 27,9 %; 19,0 %; 15,2 %; 9,0 % và 8,2 % được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Kết quả phân tích PCA

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Nhiệt độ	0,226	0,383	0,093	0,148	0,394
pH	- 0,383	0,154	0,072	- 0,003	0,221
DO	- 0,207	- 0,152	- 0,531	- 0,217	- 0,206
EC	- 0,253	- 0,387	0,181	- 0,085	- 0,008
TSS	- 0,352	0,271	- 0,358	- 0,134	- 0,067
COD	- 0,44	0,051	0,164	- 0,121	0,043
BOD	- 0,241	0,071	0,428	- 0,352	0,183
Tổng N	- 0,275	- 0,071	0,294	0,175	- 0,46
Tổng P	- 0,364	0,3	- 0,256	0,062	0,034
Al ³⁺	0,053	0,323	0,382	- 0,401	- 0,247
Fe ²⁺	- 0,082	- 0,275	- 0,092	- 0,302	0,637
SO ₄ ²⁻	- 0,161	- 0,512	0,135	0,275	0,074
Coliform	- 0,276	0,198	0,097	0,636	0,171
Eigenvalues	3,36	2,46	1,98	1,17	1,06
Variation	27,9	19,0	15,2	9,0	8,2
Cum.%Variation	27,9	46,9	62,1	71,1	79,2

Với giá trị tổng phương sai đạt 27,9 % của PC1, đóng góp bởi các thông số như pH, TSS, DO, COD, tổng P ở mức yếu và có tương quan nghịch với PC1. Đây có thể được coi là nguồn ô nhiễm từ các chất hữu cơ do sự chảy tràn, điều này thể hiện rõ khi TSS tỉ lệ thuận với COD. Nước chảy tràn sẽ mang theo lượng lớn đất, cát,

bụi và dư lượng phân bón xuống con kênh làm hàm lượng TSS trong nước cao gây cản trở ánh sáng đi vào trong nước làm hạn chế sự quang hợp của tảo tạo ra oxy để phân hủy các chất hữu cơ. Ngoài ra yếu tố nhiệt độ và pH cũng góp phần đẩy nhanh quá trình chuyển hóa cũng như tốc độ xử lý chất ô nhiễm trong nước.

PC2 và PC5 có sự đóng góp 19,0 % và 8,2 %, nguồn tác động đến chất lượng nước khá giống nhau chủ yếu là của các thông số gồm nhiệt độ, tổng P, Fe^{2+} và Al^{3+} tương quan thuận ở mức yếu, EC tương quan nghịch ở mức yếu và SO_4^{2-} tương quan nghịch ở mức trung bình. Hậu Giang là vùng đất phèn nặng nên nguồn PC2 và PC5 có thể đại diện cho điều kiện tự nhiên của vùng đất phèn nơi đây. Các thông số Al^{3+} và SO_4^{2-} giải thích cho việc chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng khá lớn từ các thành phần hóa học có trong vật liệu sinh phèn. Ngoài ra, hai thông số SO_4^{2-} và tổng P cho thấy môi trường nước tại đây cũng chịu một phần ảnh hưởng bởi nước thải sinh hoạt từ người dân.

PC3 với tổng phương sai 15,2 %, đóng góp chủ yếu bởi các thông số DO, TSS và BOD. Trong đó PC03 có mức tương quan nghịch ở mức trung bình với DO (-0,531) có tương quan thuận ở mức yếu với BOD (0,428). Điều này thể hiện PC3 đại diện cho nguồn tác động liên quan đến chất hữu cơ có nguồn gốc từ hoạt động sinh hoạt hoặc do nước thải từ các nguồn khác có chứa chất hữu cơ [30].

PC4 giải thích được 9 % sự thay đổi của chất lượng nước tại đây. PC4 giải thích sự biến động của BOD (-0,352), Fe^{2+} (-0,302) tương quan nghịch ở mức tương quan yếu và thông số Coliform (0,636) tương quan thuận với PC4 ở mức trung bình, Coliform cho thấy vùng nghiên cứu bị ảnh hưởng từ chất bài tiết của con người và động vật [6]. Vì vậy, PC5 có thể chịu tác động từ hoạt động nông nghiệp và chất thải bài tiết của con người và động vật.

4. Kết luận

Chất lượng nước mặt ở kênh chính và phân khu hành chính dịch vụ của KBTTN Lung Ngọc Hoàng có dấu hiệu ô nhiễm tương đối cao hơn so với các phân khu còn lại, khi hầu hết các chỉ tiêu đều vượt giới hạn cho phép của QCVN 08:2023/BTNMT, bảng 2, mức A, đặc biệt là các thông số như TSS, COD, Tổng N, Tổng P và Coliform. Phân khu phục hồi sinh thái và bảo vệ nghiêm ngặt mặc dù ít chịu tác động từ con người, tuy nhiên vẫn có một vài thông số tại đây có hàm lượng rất cao. Hầu hết các điểm có dấu hiệu ô nhiễm chủ yếu là ô nhiễm hữu cơ và ô nhiễm dinh dưỡng, mặc dù mức độ ô nhiễm thấp và chỉ xảy ra ở các khu vực đông dân cư, tuy nhiên chất lượng nước tại đây không đảm bảo cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Phân tích CA đã chia 15 vị trí thu mẫu thành 4 vị trí với chất lượng nước tương đồng đại diện cho các nguồn thải khác nhau bao gồm: Nhóm 1 đại diện cho nguồn thải từ bên ngoài vào, nhóm 2 đại diện cho ô nhiễm từ chăn nuôi và trồng trọt, nhóm 3 đại diện cho nguồn ô nhiễm hữu cơ và nhóm 4 đại diện cho chất thải sinh hoạt. Ngoài ra phân tích PCA từ 15 biến số môi trường đã xác định được 5 nhóm giải thích được 79,2 % sự biến động chất lượng nước của KBTTN Lung Ngọc Hoàng. Từ đó, các chỉ tiêu quan trọng được xác định là có thể gây ô nhiễm và được lựa chọn để quan trắc bao gồm: Nhiệt độ, pH, EC, TSS, DO, BOD, COD, TN, TP, SO_4^{2-} , Fe^{2+} và Al^{3+} , tuy nhiên cần quan trắc thêm chỉ tiêu Coliform do đây vẫn là nguồn nước sinh hoạt của một số hộ dân tại KBT.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Thủy sản (2004). *Quản lý chất lượng nước trong nuôi trồng thủy sản*. 17 trang.

[2]. Báo điện tử Bộ Tài nguyên và Môi trường (2020). *Hậu Giang: Độ mặn có nơi lên đến 18,4 ‰*. <https://baotainguyenmoitruong.vn/hau-giang-do-man-co-noi-len-den-18-4-298898.html>.

[3]. Bùi Thị Nga, Nguyễn Thị Huyền (2009). *Đặc điểm thủy lý hóa tại khu bảo vệ cảnh quan rừng tràm Trà Sư, An Giang*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 12: 51 - 61.

[4]. Bùi Thị Nga, Bùi Anh Thu (2005). *Chất lượng nước mặt và quản lý chất thải sinh hoạt tại kênh rạch bản thành phố Cần Thơ*.

[5]. Đặng Kim Chi (1999). *Giáo trình Hóa học Môi trường*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

[6]. Đặng Văn Tý, Nguyễn Hoàng Huy, Châu Thị Đa, Vũ Ngọc Út, Trần Văn Việt (2018). *Đánh giá sự biến động chất lượng nước ở Bung Bình Thiên tỉnh An Giang*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 3B: 125 - 131.

[7]. Đinh Diệp Anh Tuấn, Bùi Anh Thu, Nguyễn Hiếu Trung (2019). *Đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt phục vụ khai thác cấp nước cho thành phố Sóc Trăng*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(4A): 61 - 70.

[8]. Huỳnh Phú, Nguyễn Lý Ngọc Thảo, Huỳnh Thị Ngọc Hân (2021). *Nghiên cứu đánh giá chất lượng nước vùng tứ giác Long Xuyên và đề xuất các giải pháp quản lý bảo vệ nguồn nước*. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. 723, 13 - 22

[9]. Nguyễn Đỗ Ngọc Uyên, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Kim Lợi (2014). *Ứng dụng mô hình SWAT và chỉ số chất lượng nước đánh giá chất lượng nước mặt lưu vực sông La Ngà*. Kỷ yếu hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2014.

[10]. Nguyễn Văn Út Bé, Lê Tấn Lợi, Lý Hằng Ni và Hồ Thị Kiều Trân (2017). *Đánh giá tính chất nước trong mương kiểu*

sử dụng đất trồng Keo lai (Acacia hybrid) và tràm (Melaleuca cajuputi) tại U Minh Hạ, Cà Mau. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (1): 79 - 85.

[11]. Hoàng Thị Lê Vân, Lê Ngọc Cầu, Bạch Quang Dũng, Nguyễn Thị Kim Anh, Nguyễn Văn Tiến, Nguyễn Trường Giang, Ngô Kim Anh (2018). *Đánh giá hiện trạng chất lượng nước Hồ Tây*. Tạp chí Khoa học Biến đổi khí hậu, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu, (8): 58 - 62.

[12]. Huỳnh Ngọc Phương Mai (2006). *Kỹ thuật xử lý các chất ô nhiễm trong nước ngầm*. Green eye environment.

[13]. Khu Bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng (2013). *Báo cáo quy hoạch bảo tồn và phát triển bền vững Khu Bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng đến năm 2020*.

[14]. Lê Văn Khoa, Nguyễn Xuân Quýnh, Nguyễn Quốc Việt (2007). *Chỉ thị sinh học môi trường*. Nxb. Giáo dục.

[15]. Nguyễn Thị Kim Liên, Lâm Quang Huy, Dương Thị Hoàng Oanh, Trương Quốc Phú, Vũ Ngọc Út (2016). *Chất lượng nước trên sông chính và sông nhánh thuộc tuyến Sông Hậu*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, (43) 68 - 79.

[16]. Nguyễn Thị Ngọc Trang, Trương Hoàng Đan (2017). *Đánh giá hiệu quả mô hình trồng lúa - cá tại Khu Bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học An Giang, (3): 31 - 39.

[17]. Trần Thị Kim Hồng, Bùi Minh Tâm, Trương Hoàng Đan, Huỳnh Vương Thu Minh, Nguyễn Thanh Giao, Lý Văn Lợi, Trần Ngọc Huy, Ngô Thảo Nguyên (2021). *Báo cáo thực trạng và giải pháp phát triển nguồn lợi thủy sản tự nhiên tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng*. Đề tài cấp Tỉnh “Thực trạng và giải pháp phát triển nguồn lợi thủy sản tự nhiên tại Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng”.

[18]. Trương Quốc Phú, Vũ Ngọc Út (2006). *Giáo trình quản lý chất lượng nước trong nuôi thủy sản*. Khoa Thủy Sản - Trường Đại học Cần Thơ, 199 trang.

- [19]. Truc, D. T., Phat, P. H., Nam, N. D. G., Toan, P. V. and Tri, V. P. D., (2019). *Surface water quality of Tien River flowing through Tan Chau area, An Giang province*. Can Tho University Journal of Science, 55, 53 - 60.
- [20]. Trương Hoàng Đan (2018). *Điều tra cơ bản, đánh giá thực trạng đa dạng sinh học Khu bảo tồn thiên nhiên Lung Ngọc Hoàng và xác định các vấn đề ưu tiên bảo tồn đa dạng sinh học*. Báo cáo kết quả nghiên cứu khoa học đề tài cấp tỉnh Hậu Giang.
- [21]. Võ Thị Ngọc Giàu, Phan Thị Bích Tuyền, Nguyễn Hiếu Trung (2019). *Đánh giá biến động chất lượng nước mặt sông Cần Thơ giai đoạn 2010 - 2014 bằng phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước (WQI)*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 55 (2), 105 - 113.
- [22]. Boyd, C.E., Green, B.W., (2002). *Water quality monitoring in shrimp farming areas: An example from Honduras, Shrimp Farming and the Environment*. Report prepared under the World Bank, NACA, WWF and FAO Consortium Program on Shrimp Farming and the Environment, Auburn, USA, pp. 29.
- [23]. Dabgerwal D.K., Tripathi S.K. (2016). *Assessment of surface water quality using Hierarchical Cluster Analysis*. International Journal of Environment, 5(1), 32 - 44.
- [24]. Liu, C.W.; Lin, K.H.; Kuo, Y.M., (2003). *Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan*. Sci. Total Environ. 313, 77 - 89.
- [25]. Mustapha A., Aris A.Z., Juahir H., Ramli M.F., Kura N.U., (2013). *River water quality assessment using environmental techniques: Case study of Jakara River Basin*. Environmental Science and Pollution Research, 20(8), 5630 - 5644.
- [26]. Hu Yuan - Dong and et al., (2010). *Current Analysis on Water Quality and Prevention of Pollution about Daqing Longfeng Wetland Natural Reserve*. Territory & Natural Resources Study.
- [27]. Ongley. E. D., (2009). *Water Quality of the Lower Mekong River*. In: Campell IC (ed) *The Mekong: Biophysical environment of an international river basin*. Academic, New York.
- [28]. Tanriverdi Ç., Alp A., Demirkiran A.R., Üçkardeş F., (2010). *Assessment of surface water quality of the Ceyhan River basin, Turkey*. Environmental Monitoring and Assessment, 167(1 - 4), 175 - 184.
- [29]. Wang Y., Wang P., Bai Y., Tian Z., Li J., Shao X., Mustavich L.F., Li B.L., (2013). *Assessment of surface water quality via multivariate statistical techniques: A case study of the Songhua River Harbin region, China*. Journal of Hydro-Environment Research, 7(1), 30 - 40.
- [30]. Zeinalzadeh K and Rezaei E (2017). *Determining spatial and temporal changes of surface water quality using principal component analysis*. Journal of Hydrology: Regional Studies, 13:1 - 10.