

ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN CHẤT LƯỢNG NƯỚC TẠI HỆ THỐNG THỦY LỢI QUẢN LỘ - PHỤNG HIỆP

Phạm Thị Thu Ngân, Phan Mạnh Hùng, Hà Thị Xuyên,
Nguyễn Công Toại, Phạm Vũ Phương Trang

Viện Kỹ thuật Biển

Nguyễn Duy Liêm

Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Hệ thống thủy lợi Quản Lộ Phụng Hiệp nằm ở phía Nam sông Hậu thuộc Đồng bằng Sông Cửu Long, với nhiệm vụ cấp nước cho hoạt động sản xuất của người dân các tỉnh Bạc Liêu, Sóc Trăng, Cà Mau, Kiên Giang và Hậu Giang. Hiện nay, chất lượng nguồn nước ở đây có dấu hiệu suy giảm, nên việc quản lý, giám sát hiện trạng nguồn nước là rất cần thiết. Nghiên cứu sử dụng phương pháp thống kê để đánh giá diễn biến chất lượng nước tại hệ thống thủy lợi Quản Lộ - Phụng Hiệp trong giai đoạn 2015-2022. Kết quả cho thấy, trong giai đoạn 2015-2022, có sự gia tăng tình trạng ô nhiễm phèn sắt tại cống cầu Sập (QL1), cống Vĩnh Mỹ (QL2), cống Láng Trám (QL5), cống Cà Mau (QL6) và cống Đá (QL9), suy giảm phù sa, gia tăng ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng tại tất cả các vị trí lấy mẫu. Đồng thời, có sự giảm thiểu ô nhiễm vi sinh trong khu vực. Ngoài ra, kết quả kiểm định Granger quan hệ nhân quả giữa độ mặn với các thông số chất lượng nước khác cho thấy độ mặn có tác động đến 5 thông số là pH, DO, COD, NH_4^+ , Fe ($p < 0,05$). Độ mặn có tác động qua lại với PO_4^{3-} và độc lập với TSS, NO_3^- , NO_2^- và Coliform.

Từ khóa: Phương pháp thống kê, kiểm định Granger

Summary: The Quan Lo Phung Hiep irrigation system is located in the south of the Hau in the Mekong Delta, with the task of supplying water for production activities of people in Bac Lieu, Soc Trang, Ca Mau, Kien Giang and Hau Giang provinces. Currently, the quality of water sources is showing signs of deterioration, so the management and monitoring of water resources is very necessary. The study used statistical methods to assess water quality changes in the Quan Lo - Phung Hiep irrigation system in the period 2015-2022. The results showed that, there was an increase in iron alum pollution at Cau Sap culvert (QL1), Vinh My culvert (QL2), Lang Tram culvert (QL5), Ca Mau culvert (QL6) and Da culvert (QL9), a decrease in alluvium, and increase in organic and nutrient pollution at all locations in the period 2015-2022. But a positive sign is the reduction of microbiological contamination in the area. In addition, the results of Granger's test of causality between salinity and other water quality parameters showed that salinity had an impact on 5 parameters: pH, DO, COD, NH_4^+ , Fe ($p < 0.05$). Salinity interacts with PO_4^{3-} and is independent of TSS, NO_3^- , NO_2^- and Coliform.

Keyword: Statistical method, Granger's test

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống thủy lợi (HTTL) Quản Lộ - Phụng Hiệp (QLPH) là một trong ba tiểu hợp phần

thuộc Chương trình phát triển thủy lợi Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) do Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn (NN&PTNT) đề xuất đầu tư từ những năm 1990, với 5 nhiệm vụ chính: Tưới, cấp nước ngọt và ngăn triều cường, xâm nhập mặn cho vùng ngọt ổn định; Cấp nước mặn phục vụ nuôi trồng thủy

Ngày nhận bài: 05/5/2023

Ngày thông qua phản biện: 20/6/2023

Ngày duyệt đăng: 06/7/2023

sản vùng chuyển đổi tỉnh Bạc Liêu; Kiểm soát mặn phục vụ lúa và tôm-lúa vùng chuyển đổi; Tiêu úng, xô phèn; phòng, chống lũ, ngập lụt, úng cho khu vực; Bảo đảm giao thông thủy và các nhu cầu dùng nước khác.

Công tác giám sát chất lượng nước tại HTTL QLPH đã thực hiện từ năm 2015 nhằm đánh giá các tác động của công trình đến môi trường nước. Trong thời gian gần đây, chất lượng nguồn nước đang có chiều hướng suy giảm. Vì vậy việc quan trắc, đánh giá diễn biến chất lượng nước tại khu vực nhằm đưa ra các căn cứ phục vụ công tác chỉ đạo, điều hành lấy nước phục vụ cho sản xuất nông nghiệp là rất quan trọng.

Có nhiều phương pháp được sử dụng để đánh giá chất lượng nước như đánh giá thông qua các chỉ số riêng lẻ [2], các chỉ số tổng hợp chất lượng nước [4]-[5], bằng phương pháp thống kê [6]-[7], phương pháp mô hình hóa [3], trí tuệ nhân tạo [8]. Mỗi phương pháp có cách thức tính toán khác nhau nhưng cùng một cách tiếp cận vấn đề. Chính là sử dụng giá trị quan

trắc của các thông số chất lượng nước, xử lý thống kê, tính toán các chỉ số thành phần từ đó đưa ra các đánh giá về chất lượng, diễn biến và xu thế.

Trong nghiên cứu này, phương pháp phân tích thống kê để đánh giá diễn biến chất lượng nước tại khu vực nghiên cứu được sử dụng, với các mục tiêu bao gồm: (1) Đánh giá được diễn biến xu thế chất lượng nước tại vùng HTTL QLPH từ năm 2015 đến 2022. (2) Đánh giá mối quan hệ nhân quả giữa độ mặn và các thông số chất lượng nước khác.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Vùng QLPH gồm diện tích của 3 tiểu vùng là Ba Rinh-Tà Liêm (BR-TL), QLPH và Long Phú-Tiếp Nhật (LP-TN). Diện tích tự nhiên của vùng nghiên cứu là 403.335 ha, bao gồm đất đai chủ yếu của 3 tỉnh là Sóc Trăng, Bạc Liêu và Cà Mau, một phần nhỏ khoảng 4% diện tích của Hậu Giang và Kiên Giang [1].



Hình 1: Bản đồ các vị trí giám sát chất lượng nước vùng QLPH

Vùng dự án nằm ở phía Nam sông Hậu của ĐBSCL, được giới hạn bởi kênh Chắc Băng,

rạch Xẻo Chít, đoạn đầu kênh QLPH ở phía Bắc; kênh Sóc Trăng - Phụng Hiệp, kênh

Santard và sông Hậu ở phía Đông; sông Mỹ Thanh, sông Nhu Gia và Quốc lộ 1A ở phía Nam; sông Cà Mau, sông Trèm Trèm ở phía Tây (Hình 1). Địa hình bằng phẳng (với độ cao trung bình là 0,44 m), thấp dần từ Đông sang Tây, từ Nam lên Bắc với hệ thống kênh rạch chằng chịt. Vùng QLPH chịu ảnh hưởng của thủy triều và xâm nhập mặn từ hai phía biển Đông và biển Tây.

Diện tích đất nông nghiệp vùng QLPH khoảng

328.808 ha, chiếm 81,52% tổng diện tích vùng dự án [1]. Trong đó, chủ yếu là đất lúa (71%), thủy sản (24%), còn lại là cây trồng khác và rừng (5%). Về phân bố không gian, đất nông nghiệp tập trung nhiều nhất ở tiểu vùng QLPH, sau đến LP-TN, cuối cùng là BR-TL.

Mạng lưới giám sát chất lượng nước hàng năm trên vùng QLPH được thiết lập bao gồm 12 điểm cố định nằm sau các cống lớn và trên kênh rạch chính trong khu vực (xem Bảng 1).

Bảng 1: Các vị trí giám sát chất lượng nước vùng QLPH

Kí hiệu	Tuyến kênh	Kí hiệu	Tuyến kênh
QL01	Trước cống Cầu Sập trên kênh Ngan Dừa – Cầu Sập	QL07	Trên kênh QLPH giao với kênh Cạnh Đền - Phó Sinh và kênh Phó Sinh - Giá Rai
QL02	Trước cống Vĩnh Mỹ trên kênh Phước Long - Vĩnh Mỹ	QL08	Điểm lấy mẫu sau âu thuyền Ninh Quới trên kênh QLPH
QL03	Trước cống Giá Rai trên kênh Phó Sinh - Giá Rai	QL09	Tại cống Đá trên kênh QLPH
QL04	Trước cống Hộ Phòng trên kênh Chủ Chí - Hộ Phòng	QL10	Trên kênh Ngan Dừa giao với rạch Xẻo Chít (sông Cái Lớn)
QL05	Trước cống Láng Trâm trên kênh Láng Trâm	QL11	Tại Ngã Ba Đình trên sông Cái Lớn giao với sông Ngã Ba Cái Tàu
QL06	Tại cống Cà Mau ở cuối kênh QLPH	QL12	Trên kênh Phong Thạnh Tây giao với sông Bạch Ngưu

2.2. Dữ liệu

Nghiên cứu sử dụng số liệu quan trắc chất lượng nước định kỳ 14 ngày trong giai đoạn 2015 – 2022 tại 12 điểm quan trắc trong năm 2022 (Bảng 1) được tổng hợp như Bảng 1. Thông số giám sát bao gồm: pH, độ mặn, Sắt (Fe), Tổng chất rắn lơ lửng (TSS), Oxy hòa tan (DO), Nhu cầu oxy hóa sinh học (BOD₅), Nhu cầu oxy hóa học (COD), Amoni (NH₄⁺), Nitrat (NO₃⁻), Nitrit (NO₂⁻), Phosphate (PO₄³⁻) và Coliform.

Về thời điểm lấy mẫu nước trong mùa khô và đầu mùa mưa cụ thể: từ tháng III-VI (2015-2017); tháng I-VI (2018-2019); tháng II-VII (2020); tháng I-V (2021) và tháng II-VI (2022).

Về tần suất: mẫu lấy định kỳ 2 lần/tháng vào các ngày triều cường với tổng số 8 đợt (2015-2017 và 2021), 12 đợt (2018-2019), 10 đợt (2020) và 9 đợt (2022).

Bảng 1: Bộ số liệu quan trắc chất lượng nước trong giai đoạn 2015-2022

Năm Điểm	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Tổng	Thời gian
QL01	8	8	8	12	12	10	8	9	75	2015-2022
QL02			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
QL03			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
QL04		8	8	12	12	10	8	9	67	2016-2022
QL05	8	8	8	12	12	10	8	9	75	2015-2022
QL06	8	8	8	12	12	10	8	9	75	2015-2022
QL07			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
QL08			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
QL09	8	8	8	12	12	10	8	9	75	2015-2021
QL10			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
QL11			8	12	12	10	8	9	59	2017-2021
QL12			8	12	12	10	8	9	59	2017-2022
Tổng	32	40	96	144	144	120	96	108	780	

2.3. Phương pháp

Dữ liệu mẫu nước sau khi được lấy tại hiện trường được phân tích mẫu nước tại phòng thí nghiệm. Tiếp đó, dùng phương pháp thống kê hồi quy để đánh giá diễn biến chất lượng nước trong giai đoạn 2015-2022, với ý nghĩa giá trị R^2 là cho biết mô hình đó hợp với dữ liệu ở mức bao nhiêu %. Sau cùng, sử dụng kiểm định Granger để đánh giá mối quan hệ nhân quả giữa độ mặn với các thông số chất lượng nước còn lại, được thực hiện lần lượt các bước sau:

- Bước 1: Kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu bằng kiểm định ADF

- Bước 2: Kiểm định mối quan hệ nhân quả giữa các biến nghiên cứu

(1) Dùng kiểm định ADF (Augmented Dickey Fuller- kiểm định nghiệm đơn vị) để kiểm định tính dừng của chuỗi dữ liệu. Kiểm định này đều có mô hình được viết dưới dạng như sau:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \beta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \phi_j \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Giả thuyết kiểm định: H_0 : Y_t là chuỗi dữ liệu không dừng; H_1 : Y_t là chuỗi dữ liệu dừng.

(2) Kiểm định nhân quả Ganger được thể hiện theo mô hình sau:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{t-j} + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{t-j} + U_{it} \quad (2)$$

$$X_t = \alpha_1 + \sum_{j=1}^k \delta_j Y_{t-j} + \sum_{j=1}^k \theta_j X_{t-j} + U_{2t} \quad (3)$$

Với sự thay đổi của các hệ số hồi quy β_j , δ_i , mối quan hệ giữa hai biến X_t và Y_t được xác định như sau:

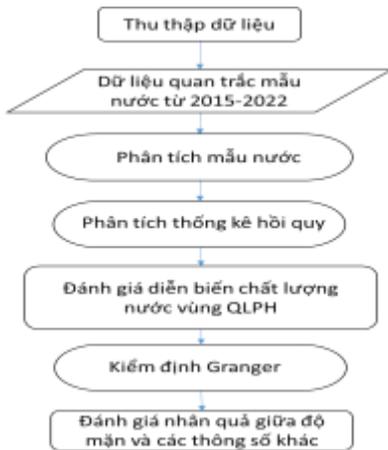
- Nếu $\beta_j \neq 0$ và có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), nhưng δ_i không có ý nghĩa ($p > 0,05$) thì sự biến động của X là nguyên nhân gây ra sự biến động của Y .

- Nếu β_j không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), nhưng $\delta_i \neq 0$ và có ý nghĩa ($p < 0,05$) thì sự biến động của Y là nguyên nhân gây ra sự biến động của X .

- Nếu $\beta_j \neq 0$, $\delta_i \neq 0$ và có ý nghĩa thống kê

($p < 0,05$) thì X và Y tác động qua lại lẫn nhau.

- Nếu β_j, δ_i đều không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) thì X và Y là độc lập với nhau.



Hình 2: Lược đồ quy trình phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng phần mềm RStudio, Microsoft Excel để so sánh, vẽ đồ thị các số liệu thực đo từ năm 2015 đến 2022, với các

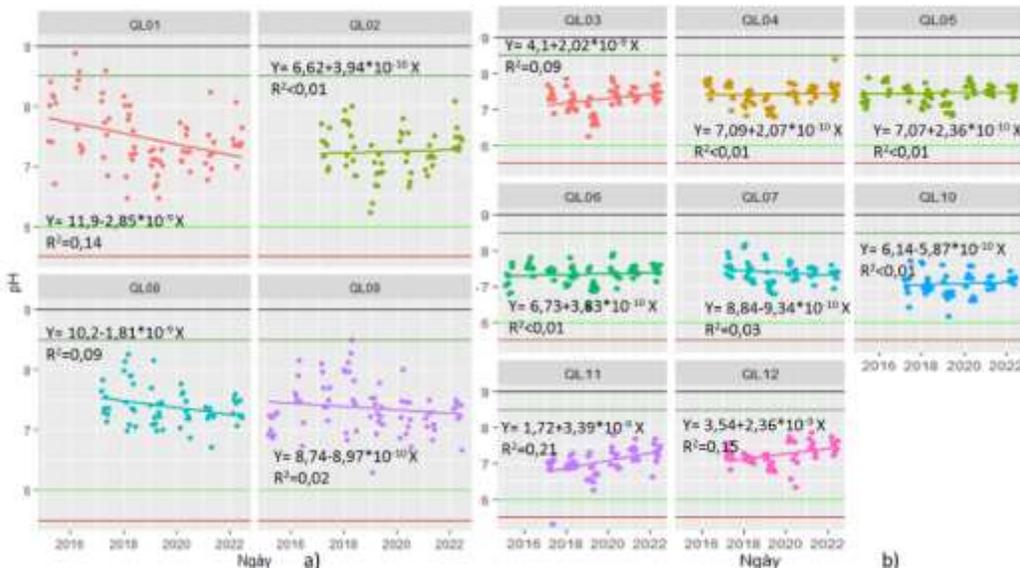
quy chuẩn về nước mặt (QCVN 08 - MT:2015/BTNMT, cột A1, B1), nước dùng cho thủy lợi và nuôi trồng thủy sản. Từ đó, đánh giá các diễn biến chất lượng nước cho 2 nhóm vị trí giám sát, bao gồm: tiểu vùng ngọt hóa bao gồm các điểm QL1, 2, 8, 9; tiểu vùng chuyển đổi bao gồm các điểm QL3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Đánh giá diễn biến chất lượng nước

a) Độ pH

Đối với vùng ngọt hóa, trong giai đoạn 2015-2022, pH có xu thế tăng nhẹ tại QL2 nhưng giảm tại các điểm còn lại. Đối với vùng chuyển đổi, pH có xu thế giảm tại QL7 nhưng tăng tại các điểm còn lại trong giai đoạn từ 2015-2022. Các giá trị đo đặc pH của nguồn nước vẫn nằm trong ngưỡng phù hợp bảo tồn động thực vật thủy sinh và các mục đích khác như tưới tiêu, thủy lợi, giao thông thủy (cột A1).

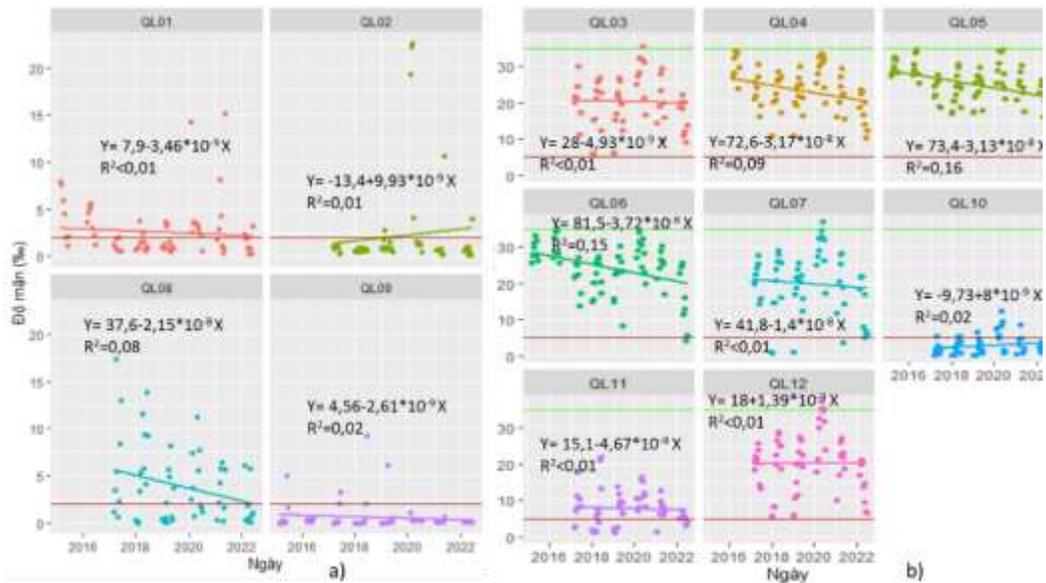


Hình 3: Diễn biến pH tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

b) Độ nhiễm mặn

Đối với vùng ngọt hóa, trong giai đoạn 2015-2022, độ mặn có xu thế giảm tại QL1, 8, 9 nhưng tăng tại QL2; độ mặn tại QL2 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-

2020. Đối với vùng chuyển đổi, độ mặn có xu thế tăng nhẹ tại QL10, 12 và giảm tại các điểm còn lại; độ mặn tại tất cả các điểm cao nhất vào hai đợt hạn mặn lịch sử 2015-2016, 2019-2020.

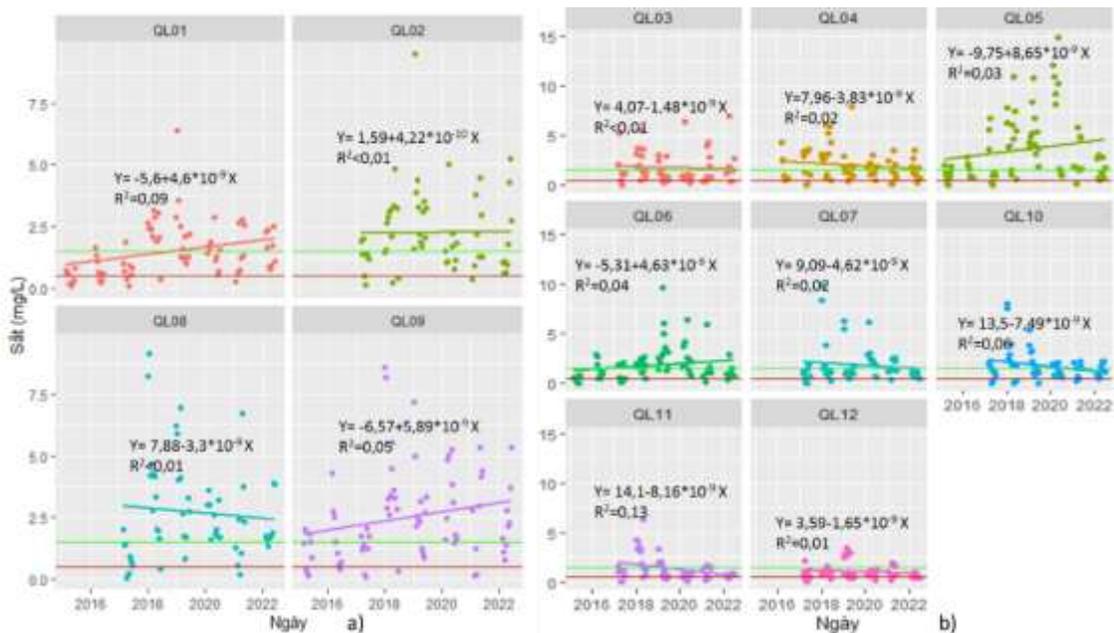


Hình 4: Diễn biến độ mặn tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

c) Ô nhiễm phen sắt

Đối với vùng ngọt hóa, trong giai đoạn 2015-2022, sắt có xu thế tăng tại QL1, 2, 9 nhưng giảm tại QL8. Đối với vùng chuyển đổi, sắt có xu thế tăng tại QL5, 6 nhưng giảm tại các điểm

còn lại; sắt tại QL5 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Điều này cho thấy sự gia tăng tình trạng ô nhiễm phen sắt trong vùng, trong đó hàm lượng sắt tại QL2, 5, 6, 8, 9 vượt ngưỡng cột B1 ở hầu hết các thời điểm quan trắc.

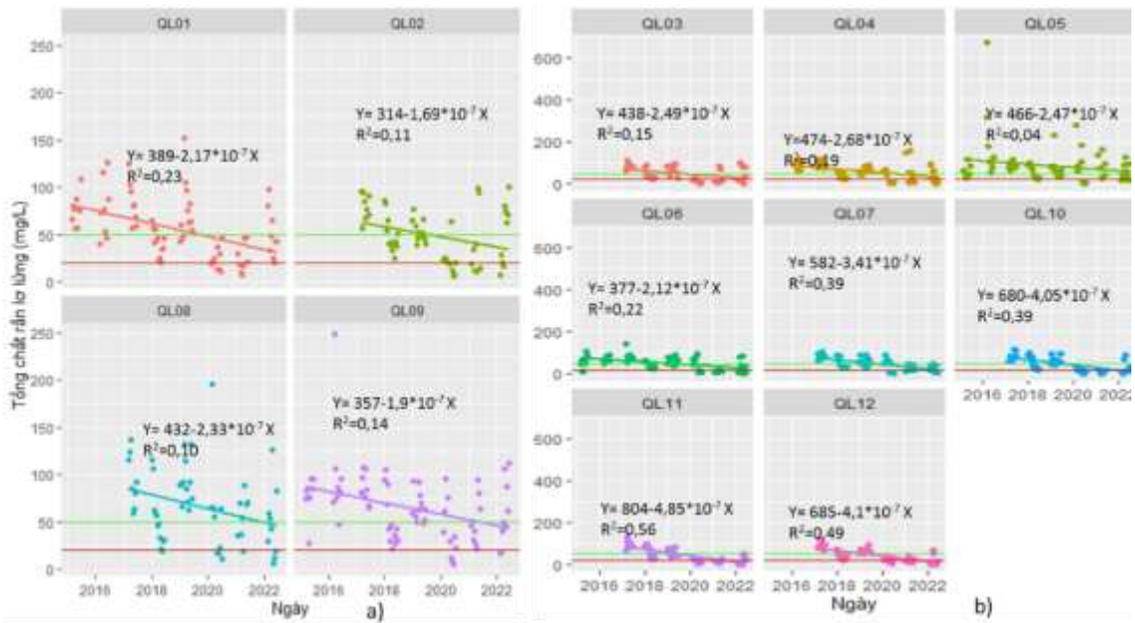


Hình 5: Diễn biến Fe tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

d) Ô nhiễm, phù sa

Trong giai đoạn 2015-2022, hàm lượng TSS

trong vùng QLPH có xu thế giảm tại tất cả các điểm. Điều này cho thấy sự suy giảm phù sa trong nguồn nước tại vùng.

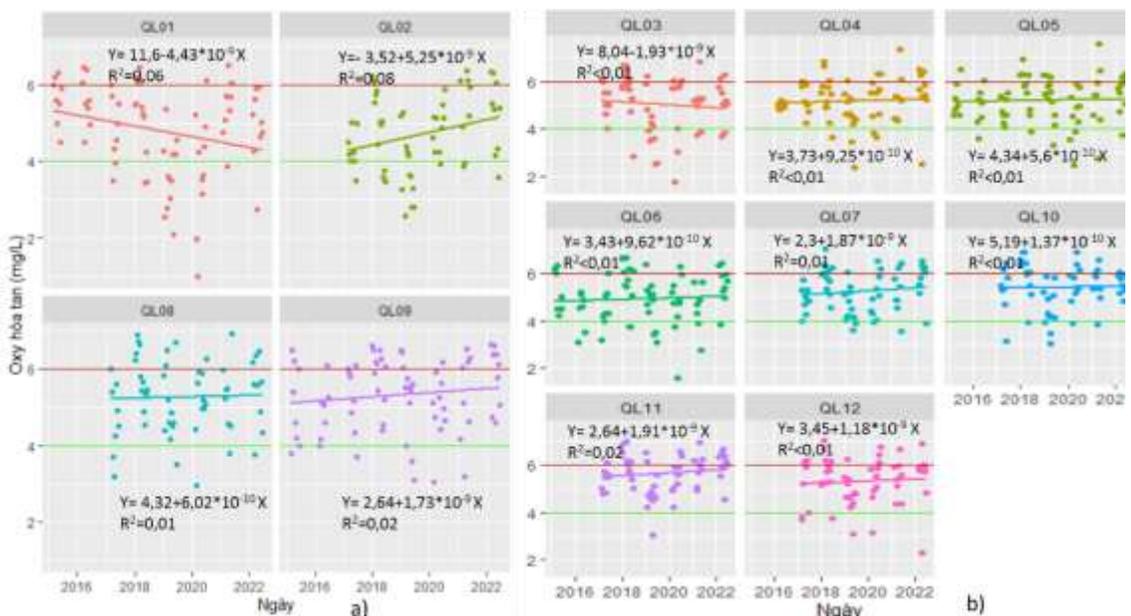


Hình 6: Diễn biến TSS tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

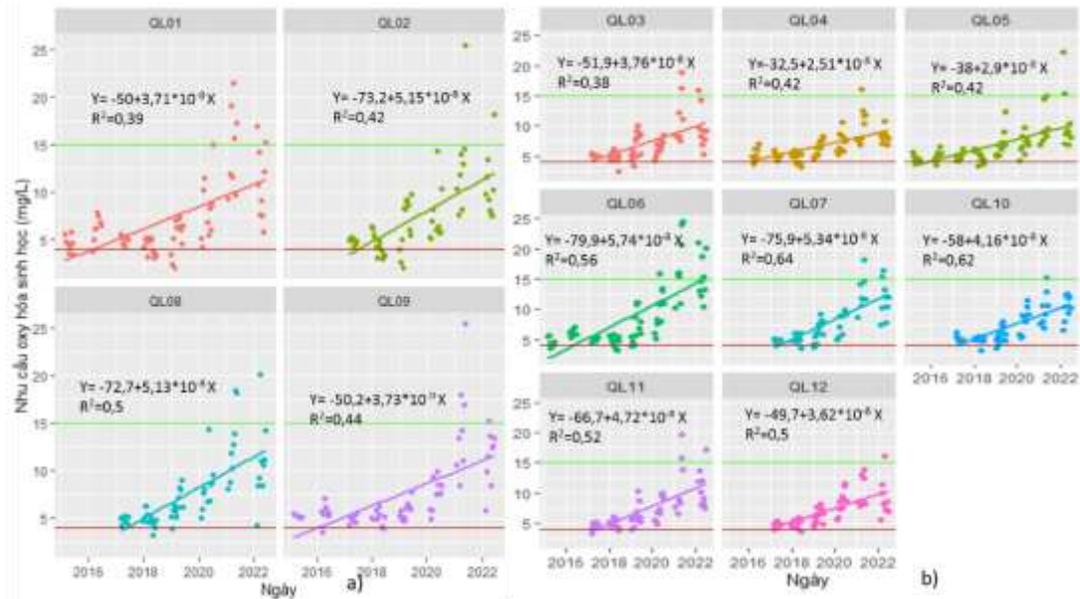
e) Ô nhiễm hữu cơ

Đối với tiểu vùng ngọt hóa, trong giai đoạn 2015-2022, DO có xu thế tăng tại QL2, 8, 9, giảm tại QL1; DO tại QL1 thấp nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Đối với tiểu vùng chuyển đổi, DO có xu thế tăng tại tất cả

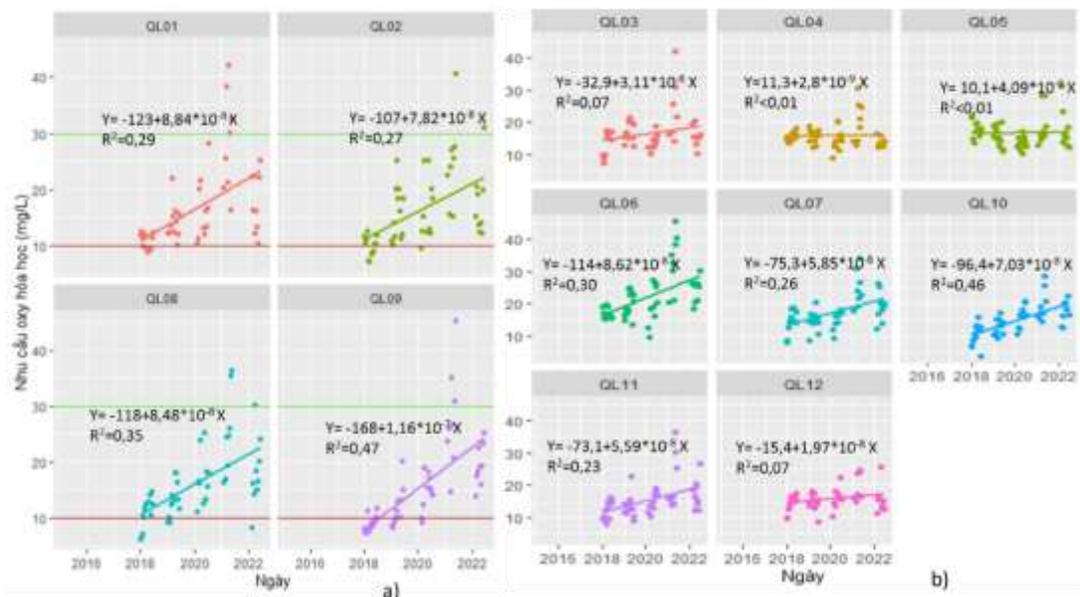
các điểm, ngoại trừ QL3. Trong khi đó, ở cả hai tiểu vùng hàm lượng BOD₅ và COD có xu thế tăng tại tất cả các điểm, nhưng hầu như vẫn nằm trong ngưỡng cột B1. Điều này cho thấy sự gia tăng tình trạng ô nhiễm hữu cơ tại vùng.



Hình 7: Diễn biến DO tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



Hình 8: Diễn biến BOD₅ tại tiểu vùng nột hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



Hình 9: Diễn biến COD tại tiểu vùng nột hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

f) Ô nhiễm dinh dưỡng

Đối với tiểu vùng nột hóa, trong giai đoạn 2015-2022, amoni có xu thế tăng tại tất cả các điểm; amoni tại QL2 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Hàm lượng nitrat có xu thế tăng nhẹ tại hầu hết các điểm; nitrat tại QL1, QL2 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Hàm lượng nitrit có xu thế giảm tại hầu hết các điểm. Hàm lượng phosphate có xu thế

tăng tại tất cả các các điểm; phosphate tại QL1 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020.

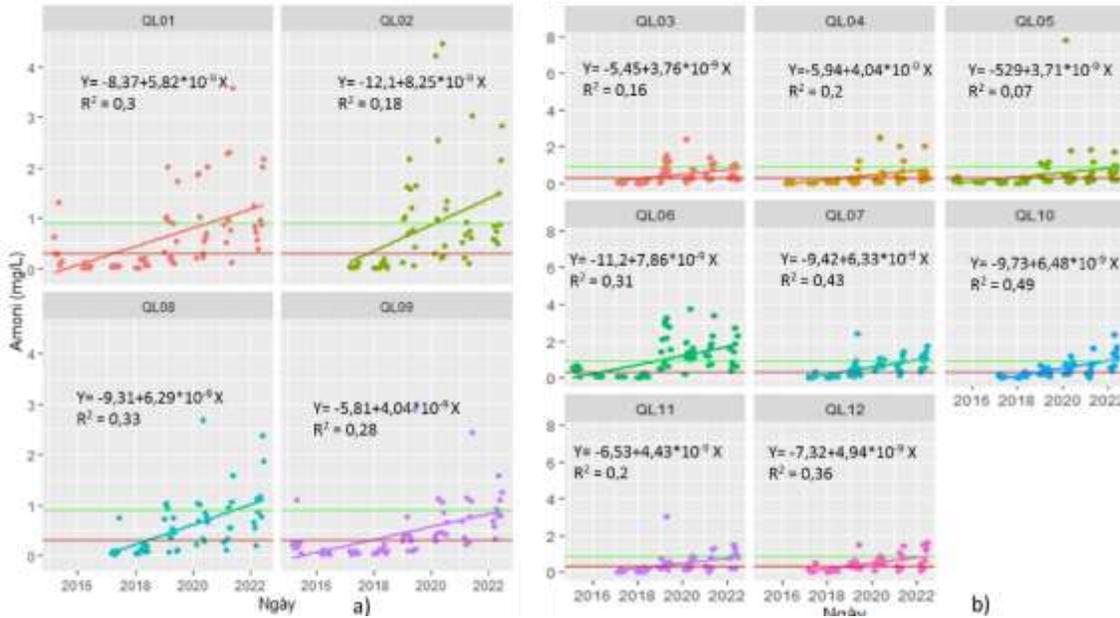
Đối với tiểu vùng chuyển đổi, amoni có xu thế tăng tại tất cả các điểm; amoni tại QL5 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Hàm lượng nitrat có xu thế tăng tại tất cả các các điểm; nitrat tại QL4, QL6 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Hàm lượng nitrit có xu thế giảm tại QL10, 12, tăng tại các điểm còn lại.

Hàm lượng phosphate có xu thế tăng tại tất các các điểm. Phosphate tại QL6 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020.

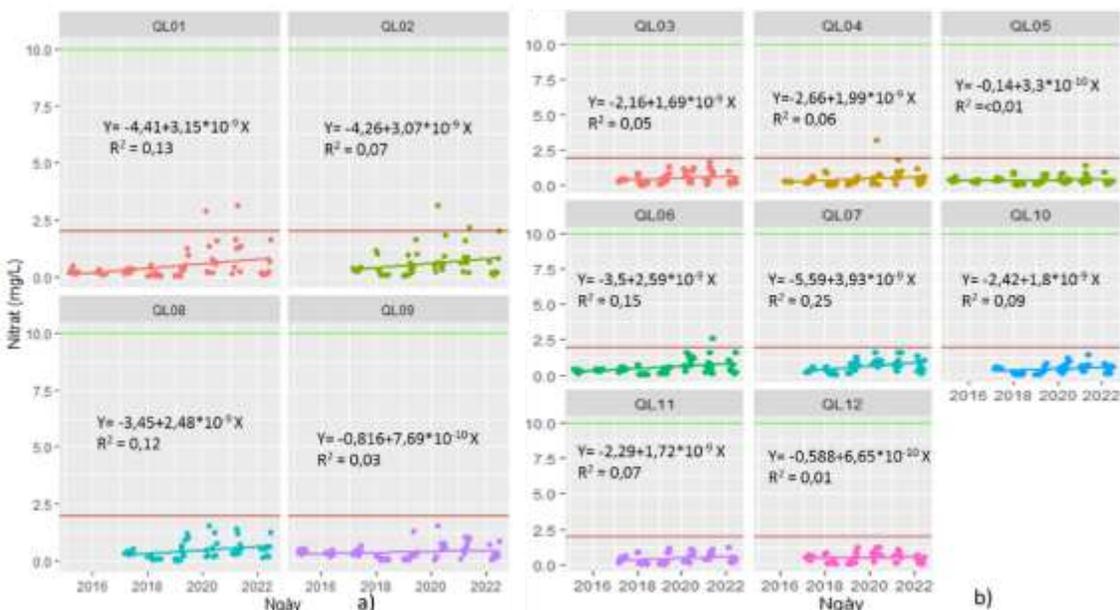
Qua diễn biến của các thông số trên, cho thấy sự gia tăng tình trạng ô nhiễm dinh dưỡng tại vùng. Trong đó, nitrit vượt ngưỡng cột B1 trên 50% số lần quan trắc tại hầu hết các điểm.

g) Ô nhiễm vi sinh

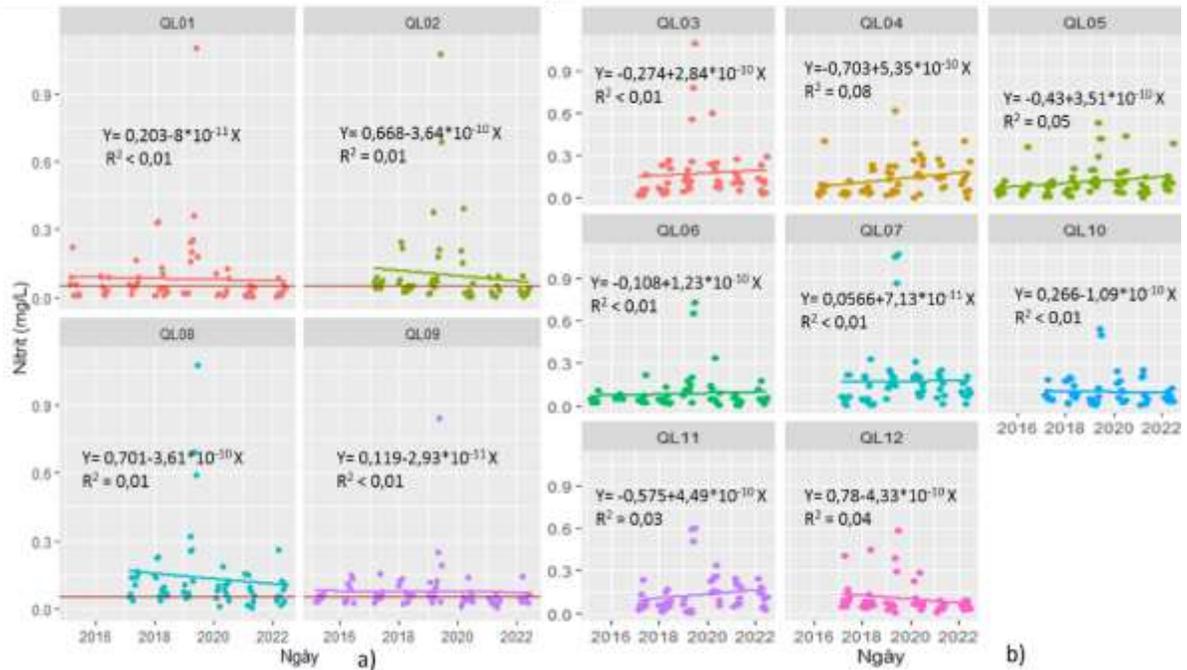
Trong giai đoạn 2015-2022, coliform trong vùng QLPH đều có xu thế giảm tại tất cả các điểm; coliform tại QL1, 4, 6, 8 cao nhất vào đợt hạn mặn lịch sử 2019-2020. Điều này cho thấy sự giảm thiểu tình trạng ô nhiễm vi sinh.



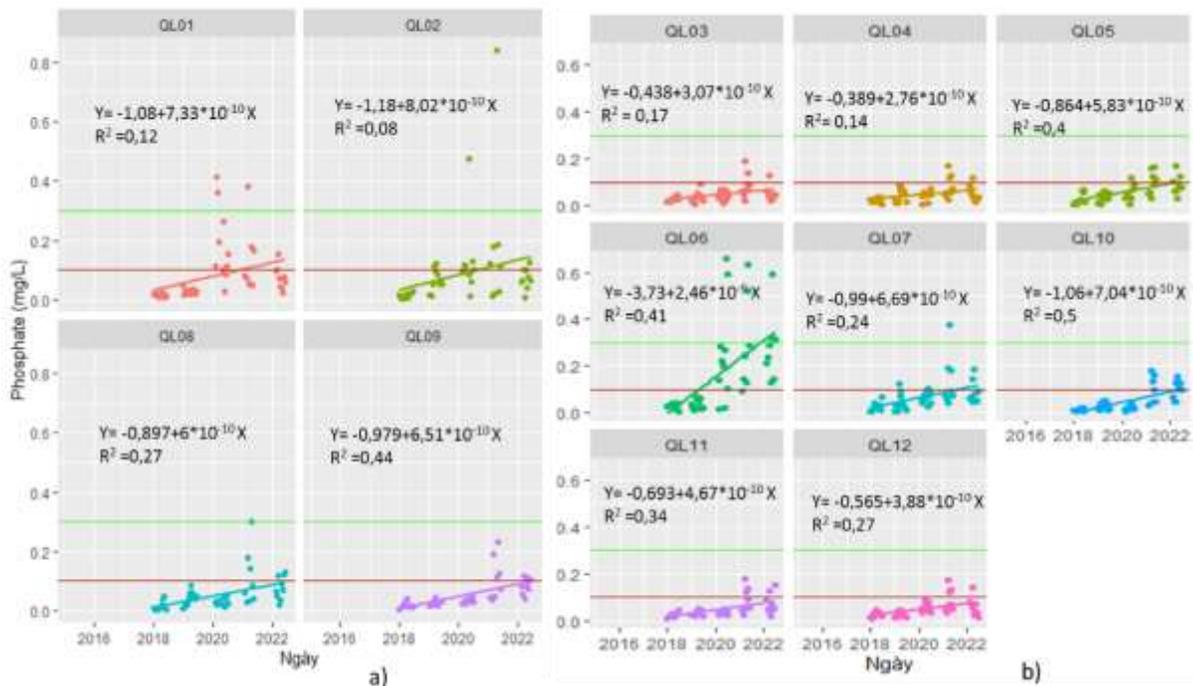
Hình 10: Diễn biến NH_4^+ tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



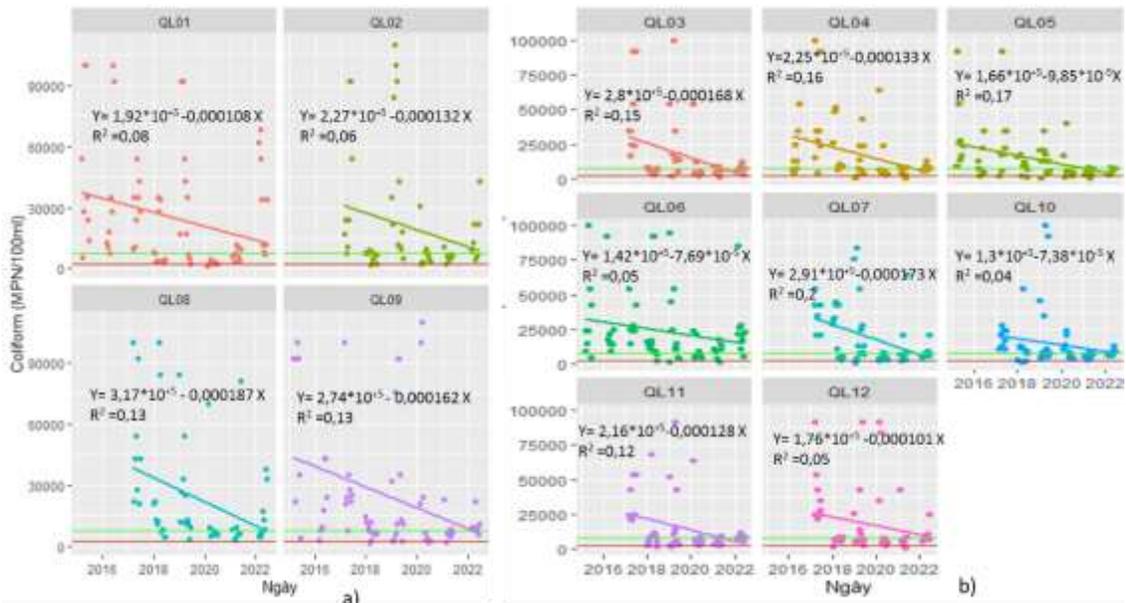
Hình 11: Diễn biến NO_3^- tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



Hình 12: Diễn biến NO_2^- tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



Hình 13: Diễn biến PO_4^{3-} tại tiểu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022



Hình 14: Diễn biến Coliform tại tiêu vùng ngọt hóa (a) và chuyển đổi (b) trong 2015-2022

3.2. Ảnh hưởng của mặn đến chất lượng nước

Để kiểm định giả thuyết về mối quan hệ nhân quả giữa độ mặn và các thông số chất lượng nước khác, kiểm định Granger được sử dụng. Kiểm định Granger yêu cầu các chuỗi dữ liệu phải có tính dừng (stationary).

Vì vậy, trước khi sử dụng kiểm định Granger, kiểm định ADF (Augmented Dickey Fuller) được sử dụng để kiểm tra tính dừng của các chuỗi dữ liệu này trong giai đoạn 2015-2022 với kết quả như Bảng 3. Theo đó, ngoại trừ BOD₅, 11 thông số còn lại đều có tính dừng ($p < 0,05$).

Bảng 3: Kết quả kiểm định ADF tính dừng của các thông số chất lượng nước

Thông số	ADF	p-value	Kết luận
pH	-5,7393	< 0,01	Dừng
Độ mặn	-9,4155	< 0,01	Dừng
Sắt (Fe)	-5,9815	< 0,01	Dừng
Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	-5,1182	< 0,01	Dừng
Oxy hòa tan (DO)	-5,0869	< 0,01	Dừng
Nhu cầu oxy hóa sinh học (BOD ₅)	-2,7415	> 0,05	Không dừng
Nhu cầu oxy hóa học (COD)	-4,8614	< 0,01	Dừng
Amoni (NH ₄ ⁺)	-6,9551	< 0,01	Dừng
Nitrat (NO ₃ ⁻)	-4,8166	< 0,01	Dừng
Nitrit (NO ₂ ⁻)	-4,4486	< 0,01	Dừng
Phosphate (PO ₄ ³⁻)	-6,9965	< 0,01	Dừng
Coliform	-7,7151	< 0,01	Dừng

Kết quả kiểm định Granger quan hệ nhân quả giữa độ mặn với 10 thông số chất lượng nước được thể hiện như Bảng 4. Theo đó, độ mặn có

tác động đến 5 thông số là pH, DO, COD, NH_4^+ , Fe ($p < 0,05$). Độ mặn có tác động qua lại với PO_4^{3-} và độc lập với TSS, NO_3^- , NO_2^- , Coliform.

Bảng 4: Kết quả kiểm định Granger quan hệ nhân quả giữa độ mặn với 10 thông số

Biến nguyên nhân	Biến hệ quả	F-statistic	p-value	Kết luận
Độ mặn	pH	23,198	< 0,001	Độ mặn tác động đến pH
pH	Độ mặn	0,4879	> 0,05	
Độ mặn	Fe	4,7155	< 0,05	Độ mặn tác động đến Fe
Fe	Độ mặn	1,168	> 0,05	
Độ mặn	TSS	3,6709	> 0,05	Hai biến độc lập
TSS	Độ mặn	0,0002	> 0,05	
Độ mặn	DO	13,95	< 0,001	Độ mặn tác động đến DO
DO	Độ mặn	2,0072	> 0,05	
Độ mặn	COD	4,8479	< 0,05	Độ mặn tác động đến COD
COD	Độ mặn	0,0242	> 0,05	
Độ mặn	NH_4^+	6,2908	< 0,05	Độ mặn tác động đến NH_4^+
NH_4^+	Độ mặn	3,5307	> 0,05	
Độ mặn	NO_3^-	2,2349	> 0,05	Hai biến độc lập
NO_3^-	Độ mặn	0,0496	> 0,05	
Độ mặn	NO_2^-	1,3806	> 0,05	Hai biến độc lập
NO_2^-	Độ mặn	0,2435	> 0,05	
Độ mặn	PO_4^{3-}	9,5852	< 0,01	Hai biến tác động qua lại lẫn nhau
PO_4^{3-}	Độ mặn	6,4552	< 0,05	
Độ mặn	Coliform	0,7842	> 0,05	Hai biến độc lập
Coliform	Độ mặn	0,4983	> 0,05	

4. KẾT LUẬN

Trong giai đoạn từ 2015 - 2022, chất lượng nước tại QLPH đạt cột B1 (phù hợp tưới tiêu, thủy lợi, giao thông thủy) tại hầu hết các điểm trong phần lớn thời kì đo đạc. Sự xâm nhập mặn vào mùa khô năm 2022 có xu hướng giảm so với năm 2021. Cần lưu ý sự gia tăng tình trạng ô nhiễm phen sắt tại QL1, 2, 5, 6, 9, suy

giảm phù sa, gia tăng ô nhiễm hữu cơ, dinh dưỡng tại tất cả các vị trí. Một tín hiệu tích cực là sự giảm thiểu ô nhiễm vi sinh.

Kiểm định Granger quan hệ nhân quả giữa độ mặn với các thông số chất lượng nước khác cho thấy độ mặn có tác động đến 5 thông số là pH, DO, COD, NH_4^+ , Fe ($p < 0,05$). Độ mặn có tác động qua lại với PO_4^{3-} và độc lập với TSS, NO_3^- , NO_2^- , Coliform.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, “Quyết định số 1332/QĐ-BNN-TCTL ban hành ngày 31 tháng 3 năm 2021 về Quy trình vận hành hệ thống công trình thủy lợi Quản Lộ - Phụng Hiệp.,” Hà Nội, 2021.
- [2] Đ. H. Tuấn và L. T. Diệu, “Đánh giá diễn biến chất lượng nước sông Đáy đoạn chảy qua tỉnh Nam Định giai đoạn 2011–2019,” *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, vol. 734, pp. 28–38, 2022, doi: :10.36335/VNJHM.2022(734).28-38.
- [3] T. X. Mạnh, N. H. Anh, và N. T. Quang, “Nghiên cứu đánh giá và dự báo diễn biến chất lượng nước sông Đuống bằng phương pháp mô hình toán,” *Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, vol. 63, pp. 17–23, 2018.
- [4] M. S. Sultana and A. Dewan, “A reflectance-based water quality index and its application to examine degradation of river water quality in a rapidly urbanising megacity,” *Environ. Adv.*, vol. 5, p. 100097, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2021.100097>.
- [5] N. Jain, R. Yevatkar, and T. Raxamwar, “Comparative study of physico-chemical parameters and water quality index of river,” *Mater. Today Proc.*, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.09.508.
- [6] S. Sudhakaran, H. Mahadevan, V. Arun, A. P. Krishnakumar, and K. A. Krishnan, “A multivariate statistical approach in assessing the quality of potable and irrigation water environs of the Netravati River basin (India),” *Groundw. Sustain. Dev.*, vol. 11, p. 100462, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100462>.
- [7] S. M. Njuguna, J. A. Onyango, K. B. Githaiga, R. W. Gituru, and X. Yan, “Application of multivariate statistical analysis and water quality index in health risk assessment by domestic use of river water. Case study of Tana River in Kenya,” *Process Saf. Environ. Prot.*, vol. 133, pp. 149–158, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.006>.
- [8] T. Rajae, S. Khani, and M. Ravansalar, “Artificial intelligence-based single and hybrid models for prediction of water quality in rivers: A review,” *Chemom. Intell. Lab. Syst.*, vol. 200, p. 103978, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2020.103978>.