

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ SỨC CHỊU TẢI SÔNG VÀM CỎ ĐÔNG KHU VỰC BẾN LỨC, TỈNH TÂY NINH

Nguyễn Văn Hồng⁽¹⁾, Phạm Ánh Bình⁽¹⁾, Nguyễn Thị Thu Hằng⁽²⁾,
Châu Thanh Hải⁽¹⁾, Trần Minh Sơn⁽¹⁾

⁽¹⁾Phân Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn, Môi trường và Biển

⁽²⁾Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, ĐHQG-HCM

Ngày nhận bài: 2/10/2025; ngày chuyển phản biện: 3/10/2025; ngày chấp nhận đăng: 4/11/2025

Tóm tắt: Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá diễn biến chất lượng nước sông và tính toán sức chịu tải các chất ô nhiễm trên Sông Vàm Cỏ Đông, khu vực Bến Lức tỉnh Tây Ninh. Phương pháp đánh giá dựa theo Thông tư 76/2017/BTNMT kết hợp với mô hình lan truyền chất ô nhiễm MIKE 11 được sử dụng để đánh giá sức chịu tải các chất ô nhiễm Sông Vàm Cỏ Đông. Kết quả nghiên cứu cho thấy nguồn nước Sông Vàm Cỏ Đông vẫn còn khả năng tiếp nhận các thông số NO_2^- (2.991,61 kg/ngày) và Tổng P (2.280,33 kg/ngày) nhưng không còn khả năng tiếp nhận đối với các thông số COD, BOD_5 , NH_4^+ . Tổng N chủ yếu do tác động từ nước thải chăn nuôi và sinh hoạt của dân cư sống ven sông. Kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng giúp các nhà quản lý môi trường đề xuất và triển khai các giải pháp kiểm soát nguồn thải, góp phần bảo vệ chất lượng nước, đảm bảo sức khỏe cộng đồng và hướng tới phát triển bền vững.

Từ khóa: Chất lượng nước, sức chịu tải, Sông Vàm Cỏ Đông, mô hình MIKE.

1. Đặt vấn đề

Chất lượng nước mặt của các dòng sông hiện nay không chỉ chịu ảnh hưởng từ các quá trình tự nhiên trên lưu vực sông còn chịu tác động mạnh bởi các hoạt động nhân sinh như sản xuất công nghiệp, nông nghiệp và hoạt động dân cư... Do đó, việc kiểm soát hiệu quả nguồn thải và giám sát chất lượng nguồn tiếp nhận đóng vai trò quan trọng trong công tác quản lý chất lượng nước, bảo vệ môi trường, hướng đến mục tiêu phát triển kinh tế-xã hội (KT-XH) bền vững.

Việc nghiên cứu xác định tải lượng, tính toán sức chịu tải ô nhiễm của sông và phân bố hạn ngạch xả thải đã được áp dụng rộng rãi ở một số quốc gia như Mỹ [1], Nhật Bản [2], Hàn Quốc [3], Trung Quốc [4],... Tại Việt Nam, công tác kiểm soát chất lượng nước thải còn tồn tại nhiều bất cập do tổng lượng nước thải lớn, vượt quá khả năng tiếp nhận của nguồn nước, ngay cả khi đã được xử lý theo quy chuẩn. Bên cạnh đó, việc xử lý nguồn nước bị ô nhiễm gặp rất

nhiều khó khăn do chi phí xử lý tốn kém và thiếu cơ chế để giảm tải lượng thải ra môi trường. Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông, suối, kênh, rạch, đầm, hồ đã được quy định trong Thông tư 76/2017/TT-BTNMT ngày 29/12/2017 [5] và đã có nhiều nghiên cứu về khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của các dòng sông như [6-14].

Khu vực Bến Lức nằm ở phía Đông Bắc tỉnh Tây Ninh, là cửa ngõ phía tây của Thành phố Hồ Chí Minh đi các tỉnh thành miền Tây Nam Bộ. Với vị trí địa lý thuận lợi, Bến Lức có điều kiện phát triển kinh tế đa ngành, đặc biệt là công nghiệp, nông nghiệp và dịch vụ, góp phần thúc đẩy tăng trưởng kinh tế địa phương. Tuy nhiên, quá trình đô thị hóa và công nghiệp hóa nhanh đã tạo áp lực lớn lên môi trường, nhất là chất lượng nước mặt. Sông Vàm Cỏ Đông (VCD) là sông lớn chảy qua khu vực Bến Lức, đóng vai trò quan trọng trong việc cấp nước, sản xuất nông nghiệp và phát triển công nghiệp. Các nghiên cứu gần đây cho thấy chất lượng nước sông VCD khu vực này đang có xu hướng suy giảm do tác động từ các hoạt động KT-XH, đặc biệt là do nước thải từ khu dân cư, các cơ sở

Tác giả liên hệ: Nguyễn Văn Hồng

Email: nguyenvanhong79@gmail.com

sản xuất và các khu công nghiệp trong toàn lưu vực [15], [16].

Từ thực tế trên, mục tiêu nghiên cứu tập trung vào đánh giá diễn biến chất lượng nước và tính toán sức chịu tải các chất ô nhiễm Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học quan trọng phục vụ công tác kiểm soát nguồn thải, cấp phép xả thải đối với các cơ sở sản xuất, đồng thời đề xuất các giải pháp quản lý, khai thác và sử dụng hiệu quả nguồn nước hướng tới phát triển bền vững KT-XH của khu vực.

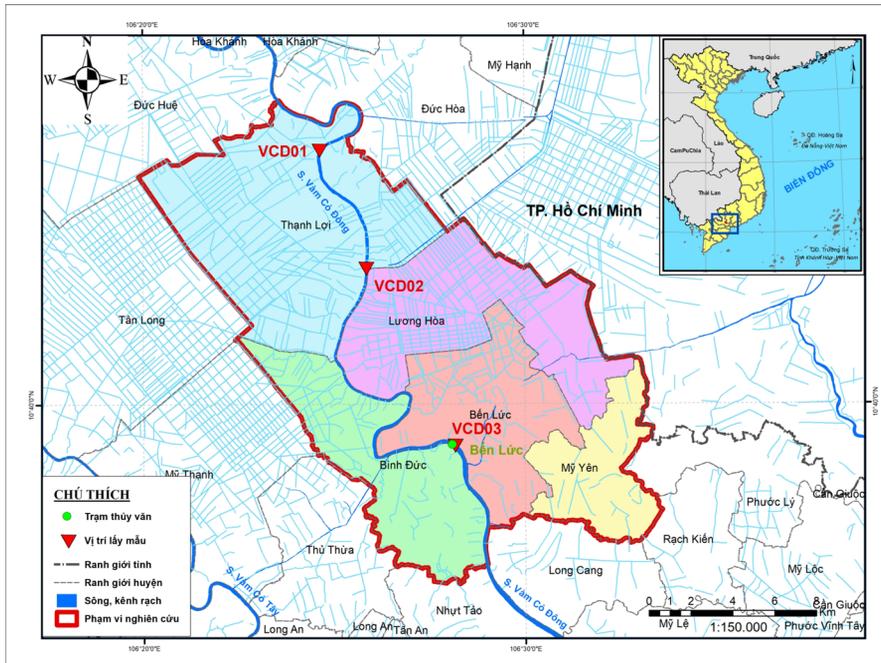
2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Theo Nghị quyết số 202/2025/QH15 của Quốc hội ban hành ngày 12/06/2025 về việc sắp xếp đơn vị hành chính cấp tỉnh, sáp nhập tỉnh

Long An và tỉnh Tây Ninh thành tỉnh mới có tên gọi là tỉnh Tây Ninh. Tiếp đó, Nghị quyết số 1682/NQ-UBTVQH15 của Ủy ban thường vụ quốc hội ban hành ngày 16/06/2025 về việc sắp xếp các đơn vị hành chính cấp xã của tỉnh Tây Ninh năm 2025, trong đó khu vực huyện Bến Lức cũ sau sáp nhập sẽ bao gồm các xã Bến Lức, Bình Đức, Lương Hòa, Mỹ Yên, Thạnh Lợi.

Khu vực nghiên cứu (KVNC) là Sông Vàm Cỏ Đông chảy qua khu vực Bến Lức gồm các xã Bến Lức, Bình Đức, Lương Hòa, Mỹ Yên, Thạnh Lợi tỉnh Tây Ninh (Hình 1). Đây là vùng có mật độ dân cư cao, tập trung nhiều khu công nghiệp, cụm công nghiệp và cơ sở sản xuất, đồng thời là khu vực tiếp nhận nhiều nguồn thải sinh hoạt và công nghiệp từ cả địa phương và khu vực thượng nguồn.



Hình 1. Vị trí khu vực nghiên cứu và bố trí mẫu quan trắc trên Sông Vàm Cỏ Đông

Khu vực Bến Lức nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm, mùa mưa thường bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 11 (chiếm khoảng 89-91% lượng mưa cả năm) và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau, có nền nhiệt cao (trung bình: 26,6 - 28,2°C). Chế độ gió thay đổi theo hai mùa rõ rệt. Gió mùa khô thịnh hành theo hướng Đông - Nam. Gió mùa mưa thịnh hành theo hướng Tây - Nam, với tốc độ trung bình 2,8 m/s.

Sông Vàm Cỏ Đông chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều biển Đông qua cửa sông Soài Rạp với biên độ lớn từ 3,5 ÷ 3,9 m. Một chu kỳ triều diễn ra trong khoảng 13-14 ngày, với thời gian của một ngày triều khoảng 24 giờ 50 phút. Điều kiện thủy triều này ảnh hưởng đáng kể đến quá trình pha loãng, khuếch tán và lan truyền các chất ô nhiễm trong dòng chảy sông.

2.2. Phương pháp khảo sát, đo đạc và lấy mẫu

Thời gian khảo sát, đo đạc, quan trắc và lấy mẫu được thực hiện vào mùa khô (tháng 4/2023 và tháng 3/2024). Các mẫu nước sông, nước thải được lấy cùng thời gian với việc đo các đặc trưng thủy văn nhằm đảm bảo tính đồng bộ của các đại lượng này trong tính toán sức chịu tải. Lấy mẫu tại 03 điểm dọc Sông Vàm Cỏ Đông, bảo đảm không chế độ chất lượng nước trong khu vực nghiên cứu, kiểm soát

được các tác động bên ngoài, đánh giá được các nguồn thải và phục vụ cho mô hình lan truyền chất ô nhiễm.

Vị trí quan trắc lấy mẫu nước sông, nước thải của Sông Vàm Cỏ Đông được thể hiện trong Bảng 1 và Hình 1. Nghiên cứu tiến hành phân tích các chỉ tiêu: pH, DO, BOD₅, COD, NH₄⁺, NO₂⁻, Tổng N và Tổng P. Kết quả phân tích được đánh giá và so sánh với QCVN 08:2023/ BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt [17].

Bảng 1. Vị trí các điểm lấy mẫu nước Sông Vàm Cỏ Đông khu vực Bến Lức

TT	Điểm quan trắc	Ký hiệu	Các nguồn tiềm ẩn tác động đến môi trường chất lượng nước
1	Đoạn đầu sông VCD chảy vào khu vực Bến Lức	VCD01	- Lan truyền ô nhiễm từ phía thượng nguồn Sông Vàm Cỏ Đông xuống - Nước thải sinh hoạt, chăn nuôi của dân cư ven sông và nước thải từ các cơ sở công nghiệp - Lan truyền ô nhiễm dọc theo tuyến Sông Vàm Cỏ Đông
2	Hợp lưu kênh An Hạ - Sông VCD	VCD02	- Các chất thải và ô nhiễm theo các kênh, rạch (nơi tập trung nhiều KCN, các cơ sở công nghiệp phân tán, các cơ sở chăn nuôi, bãi rác,...) đổ ra Sông Vàm Cỏ Đông. - Lan truyền ô nhiễm dọc theo tuyến Sông Vàm Cỏ Đông
3	Cầu Bến Lức	VCD03	- Nước thải từ các khu dân cư, KCN và các cơ sở công nghiệp phân tán ở khu vực xã Bến Lức - Lan truyền ô nhiễm dọc theo tuyến Sông Vàm Cỏ Đông theo triều

2.3. Phương pháp đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước

Việc đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức được thực hiện theo hướng dẫn tại Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT ngày 29/12/2017 và Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT ngày 10/01/2022 của Bộ Tài nguyên và Môi trường [18] quy định về đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông, hồ.

Theo Thông tư 02/2022/TT-BTNMT quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật bảo vệ môi trường (khoản 2 Điều 82) và QCVN 08:2023/ BTNMT, nghiên cứu lựa chọn 06 thông số để đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước theo quy định gồm: COD, BOD₅, Amoni, Nitrit, Tổng N, Tổng P.

Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của sông được thực hiện theo phương pháp mô hình: Trên cơ sở giới hạn tối đa của từng thông số đánh giá theo quy chuẩn kỹ thuật

về chất lượng nguồn nước mặt, lưu lượng và kết quả phân tích của các nguồn nước thải xả vào đoạn sông và quá trình gia nhập dòng chảy, biến đổi của các chất gây ô nhiễm

$$L_{tn} = (L_{td} - L_{nn} - L_t) \times F_s \quad (1)$$

Trong đó: L_{tn} là khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải đối với từng thông số ô nhiễm (kg/ngày); L_{td} , F_s : Được xác định theo quy định tại điểm b và d khoản 1 Điều 9 Thông tư 76/2017/TT-BTNMT; L_{nn} là tải lượng của thông số chất lượng nước hiện có trong nguồn nước của đoạn sông (kg/ngày) và được xác định theo quy định tại Điều 11 Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT; L_t là tải lượng thông số ô nhiễm có trong nguồn nước thải (kg/ngày) và được xác định theo quy định tại Điều 12 Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT.

Xác định tải lượng tối đa của thông số chất lượng nước mặt như sau:

$$L_{td} = C_{qc} \times Q_s \times 86,4 \quad (2)$$

Trong đó: C_{qc} là giá trị giới hạn của thông số chất lượng nước mặt theo quy chuẩn kỹ thuật về chất lượng nước mặt ứng với mục đích sử dụng nước của đoạn sông (mg/l); Q_s là lưu lượng dòng chảy của đoạn sông đánh giá (m^3/s) và được xác định theo quy định tại khoản 2 Điều 10 Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT; 86,4 là hệ số chuyển đổi thứ nguyên (được chuyển đổi từ đơn vị là mg/l, m^3/s thành đơn vị kg/ngày).

Tính tải lượng chất ô nhiễm sẵn có trong nguồn tiếp nhận

$$L_{nn} = C_{nn} \times Q_s \times 86,4 \quad (3)$$

Trong đó: C_{nn} là kết quả phân tích thông số chất lượng nước mặt (mg/l) và được xác định theo quy định tại khoản 2 Điều 11 Thông tư 76/2017/TT-BTNMT; Q_s là lưu lượng dòng chảy của đoạn sông đánh giá (m^3/s) và được xác định theo quy định tại khoản 2 Điều 10 Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT; 86,4 là hệ số chuyển đổi thứ nguyên (được chuyển đổi từ đơn vị là mg/l, m^3/s thành đơn vị kg/ngày).

Tính tải lượng chất ô nhiễm có trong nước thải

$$L_t = C_t \times Q_t \times 86,4 \quad (4)$$

Trong đó: C_t là kết quả phân tích thông số ô nhiễm có trong nguồn nước thải xả vào đoạn

sông (mg/l) và được xác định theo quy định tại khoản 2 Điều 12 Thông tư 76/2017/TT-BTNMT; Q_t là lưu lượng lớn nhất của nguồn nước thải xả vào đoạn sông (m^3/s) và được xác định theo quy định tại Khoản 3 Điều 12 Thông tư 76/2017/TT-BTNMT; 86,4 là hệ số chuyển đổi thứ nguyên (được chuyển đổi từ đơn vị là mg/l, m^3/s thành đơn vị kg/ngày).

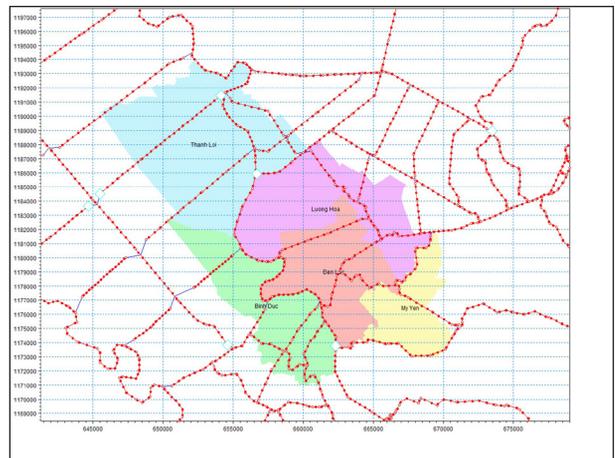
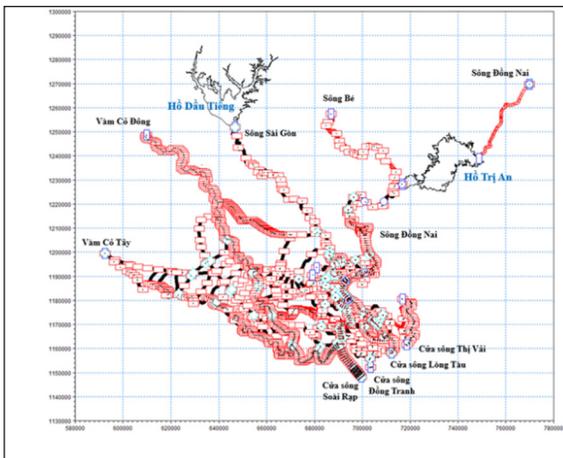
2.4. Phương pháp mô hình hóa

Để đánh giá khả năng chịu tải của Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức phương pháp được sử dụng là phương pháp mô hình thủy động lực kết hợp với tải - khuếch tán, lan truyền chất và mô phỏng chất lượng nước sông đồng thời ứng dụng mô hình để đánh giá sức chịu tải sông.

2.4.1. Thiết lập mô hình thủy lực

Mạng lưới tính toán thủy lực

Bao gồm mạng lưới Sông Sài Gòn - Đồng Nai (SGĐN), Sông Vàm Cỏ Đông - Vàm Cỏ Tây, các công trình giao thông thủy lợi như đập, cầu, cống cũng được biên tập trong mạng lưới sông. Mặt cắt sông bao gồm khoảng 3.885 mặt cắt trên toàn hệ thống sông trong khu vực nghiên cứu (Hình 2).



Hình 2. Mạng lưới tính toán thủy lực

Dữ liệu biên và điều kiện ban đầu

Điều kiện biên: Biên trên Sông Vàm Cỏ Đông lấy mực nước theo giờ tại Gò Dầu Hạ, biên trên sông Vàm Cỏ Tây lấy mực nước giờ tại Mộc Hóa. Bên phía sông SGĐN, lấy lưu lượng xả (m^3/s) tại hồ Trị An, hồ Dầu Tiếng, hồ Phước Hòa. Biên hạ lưu gồm 4 biên mực nước giờ tại các cửa sông Soài Rạp, Đồng Tranh, Lòng Tàu và Thị Vải được tương quan với trạm Vàm Kênh và Vũng Tàu (Đài Khí tượng Thủy văn Nam Bộ). Các biên còn lại được đóng kín. Biên nhập lưu từ mưa được tính bằng mô hình MIKE NAM.

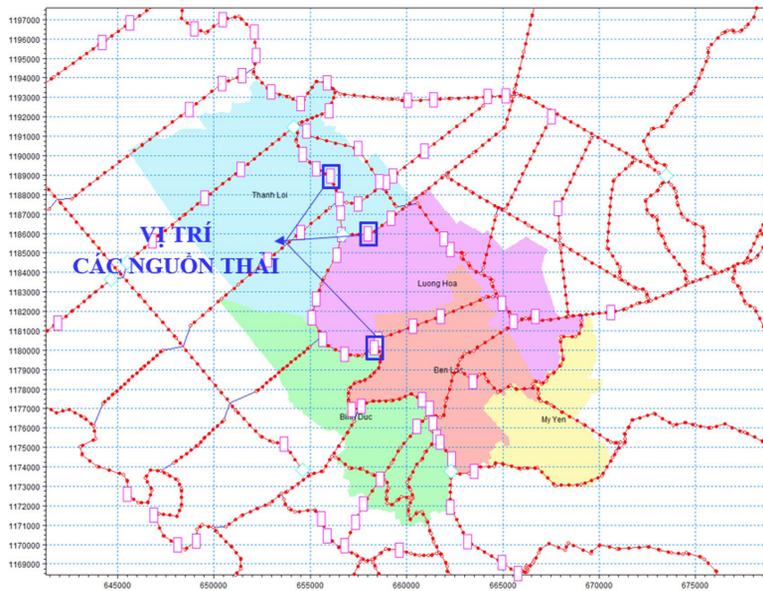
Điều kiện ban đầu: Mực nước bằng 0 m và

lưu lượng bằng $0 m^3/s$ cho toàn bộ hệ thống sông.

2.4.2. Thiết lập mô-đun chất lượng nước

Nguồn phát thải

Xác định nguồn thải chính: Gồm 79 vị trí xả thải chủ yếu tập trung tại khu vực Bến Lức và vùng lân cận có tác động tới chất lượng nước trên Sông Vàm Cỏ Đông (Hình 3). Nồng độ nước thải của khu vực gồm 4 loại nước thải chính: Nước thải sinh hoạt; nước thải công nghiệp - khu công nghiệp; nước thải chăn nuôi; nước thải từ hoạt động trồng trọt.



Hình 3. Vị trí các nguồn thải đưa vào tính toán

Điều kiện ban đầu và điều kiện biên

Vị trí các biên trùng với mô hình thủy lực. Tại thời điểm $t_0 = 0$, nồng độ ban đầu tại các điểm trên miền tính được lấy theo số liệu quan trắc nồng độ các chất ô nhiễm trong khu vực nghiên cứu. Dữ liệu quan trắc nước mặt nguồn tiếp nhận làm điều kiện biên cho mô hình chất lượng năm 2023, 2024 được thu thập từ Trung tâm Quan trắc môi trường miền Nam.

Điều kiện ban đầu gán cho các biến trạng thái trong mô hình chất lượng nước (06 biến trạng thái) là: BOD_5 (6 mg/l), COD (22 mg/l), NH_4^+ (0,13

mg/l), NO_2^- (0,004 mg/l), Tổng N (1,1 mg/l) và Tổng P (0,05 mg/l).

2.5. Đánh giá hiệu quả mô phỏng mô hình

Độ tin cậy của các mô hình thủy lực và khuếch tán được đánh giá thông qua chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) [19] và hệ số tương quan (R^2) [20], trong đó, khi NSE và R^2 càng tiến đến 1 thì độ tin cậy của các kết quả đạt được càng cao. Phần trăm sai số (PBIAS) [21] được áp dụng cho đánh giá chất lượng nước, kết quả sai số càng tiến đến 0 thì độ tin cậy càng cao.

3. Kết quả và thảo luận

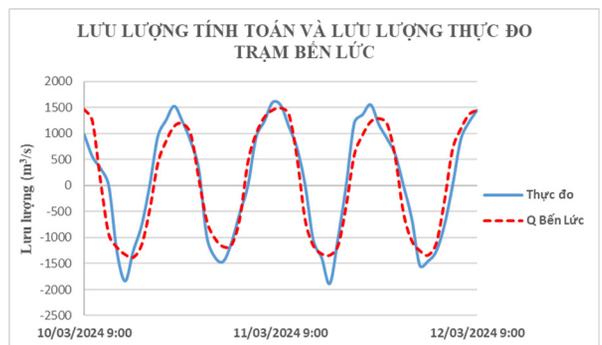
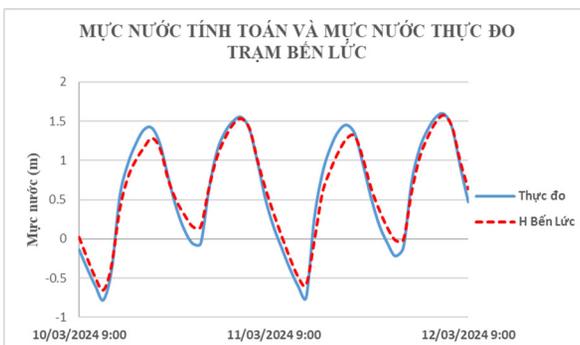
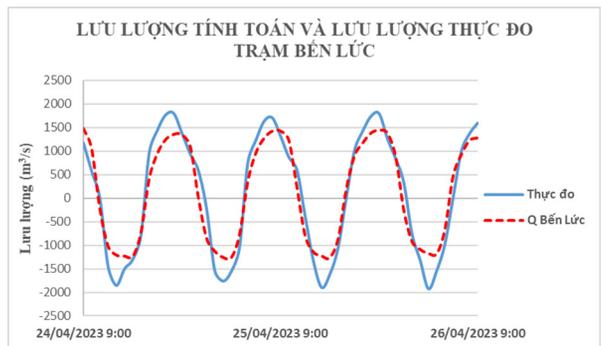
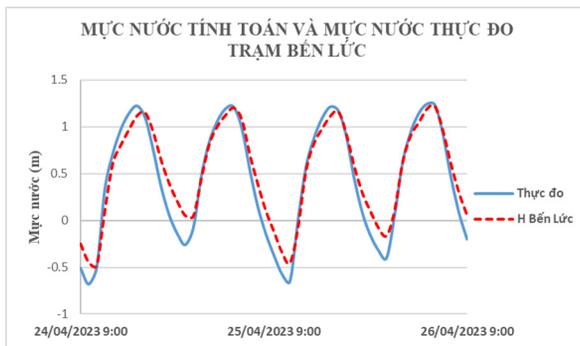
3.1. Hiệu chỉnh kiểm định mô hình

Mô hình được hiệu chỉnh dựa vào (i) Bộ số liệu thủy lực; và (ii) Bộ số liệu chất lượng nước thực đo tháng 04/2023 bằng cách thay đổi các thông số trong mô hình gồm hệ số nhám thủy lực Manning's n trong phần mô phỏng thủy lực, hệ số khuếch tán D và các thông số khác trong phần mô phỏng chất lượng nước. Việc chọn thông số mô hình được thực hiện bằng phương pháp thử sai cho đến khi kết quả mô hình được đánh giá là phù hợp với kết quả thực đo. Sau đó, mô hình được kiểm định bằng bộ dữ liệu thủy lực và chất lượng nước thực đo tháng 03/2024. Bước thời gian tính $\Delta t = 1$ phút. Hệ số nhám n: Thay đổi trong khoảng 30 - 60 tùy từng đoạn sông.

Kết quả tính toán hiệu chỉnh - kiểm định

Bảng 2. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định mô hình MIKE 11 đối với mực nước (H) và lưu lượng (Q)

Trạm	Hiệu chỉnh				Kiểm định			
	NASH		R ²		NASH		R ²	
	H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
Bến Lức	0,9206	0,9141	0,9568	0,9311	0,9569	0,8874	0,9695	0,8886



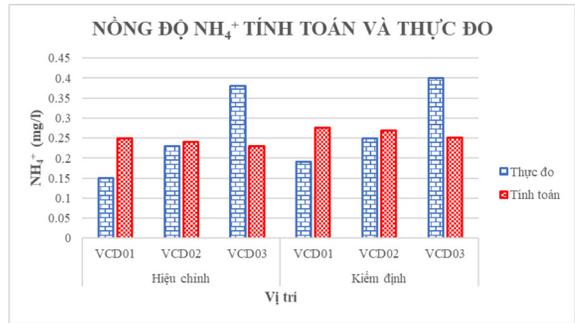
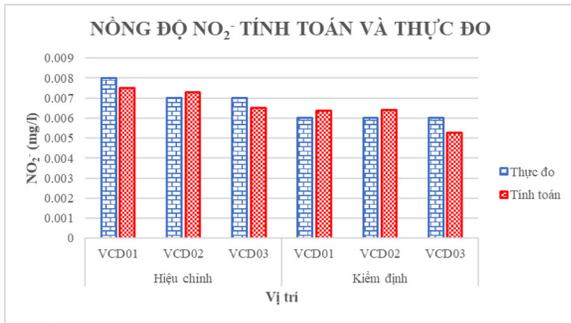
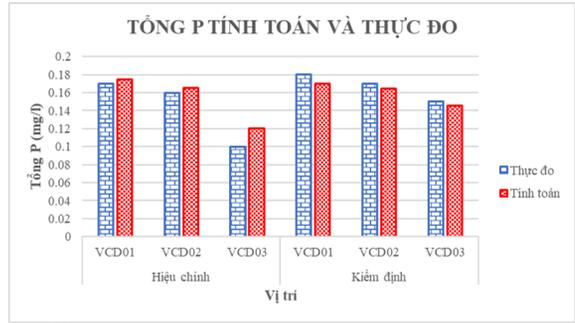
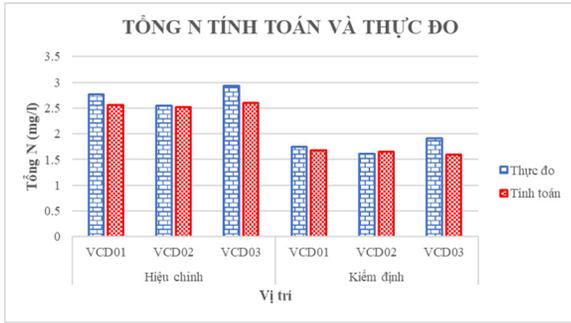
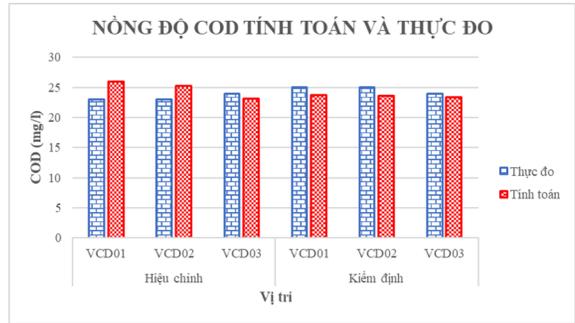
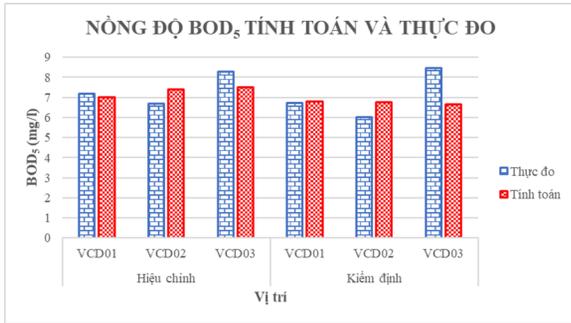
Hình 4. Kết quả hiệu chỉnh - kiểm định mực nước và lưu lượng tại trạm Bến Lức

(HCKĐ) mực nước và lưu lượng tại các trạm Bến Lức (Bảng 2 và Hình 4) cho thấy mô hình phản ánh phù hợp chế độ dòng chảy tại khu vực nghiên cứu với chỉ số Nash và hệ số tương quan R² đều đạt ở mức tốt. Từ những cơ sở đó cho thấy bộ mô hình được tối ưu và đủ tin cậy để chạy mô phỏng chế độ thủy lực, lan truyền chất ô nhiễm trong thời gian dài tại khu vực nghiên cứu.

Qua kết quả so sánh giá trị thực đo và mô phỏng của các yếu tố BOD₅, COD, NH₄⁺, NO₂⁻, Tổng N và Tổng P tại 03 vị trí cho thấy kết quả tính toán từ mô hình khá tương đồng với giá trị thực đo, chênh lệch giữa thực đo và tính toán là không lớn, sai số (%) vẫn nằm trong giới hạn cho phép (Hình 5 và Bảng 3). Nhìn chung mô hình đã phản ánh khá phù hợp xu thế cũng như giá trị chất lượng nước trong khu vực nghiên cứu.

Bảng 3. Sai số (%) giữa kết quả mô phỏng và giá trị thực đo các thông số CLN

STT	Thông số	Sai số PBIAS (%)	
		Hiệu chỉnh	Kiểm định
1	BOD ₅	1,35	4,68
2	COD	-6,00	4,51
3	Tổng N	6,79	6,31
4	Tổng P	6,97	4,06
5	NH ₄ ⁺	5,26	5,33
6	NO ₂ ⁻	3,18	1,23



Hình 5. Kết quả kiểm định mô hình chất lượng nước

3.2. Đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải Sông Vàm Cỏ Đông

3.2.1. Hiện trạng chất lượng nước Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức

Kết quả phân tích chất lượng nước cho thấy,

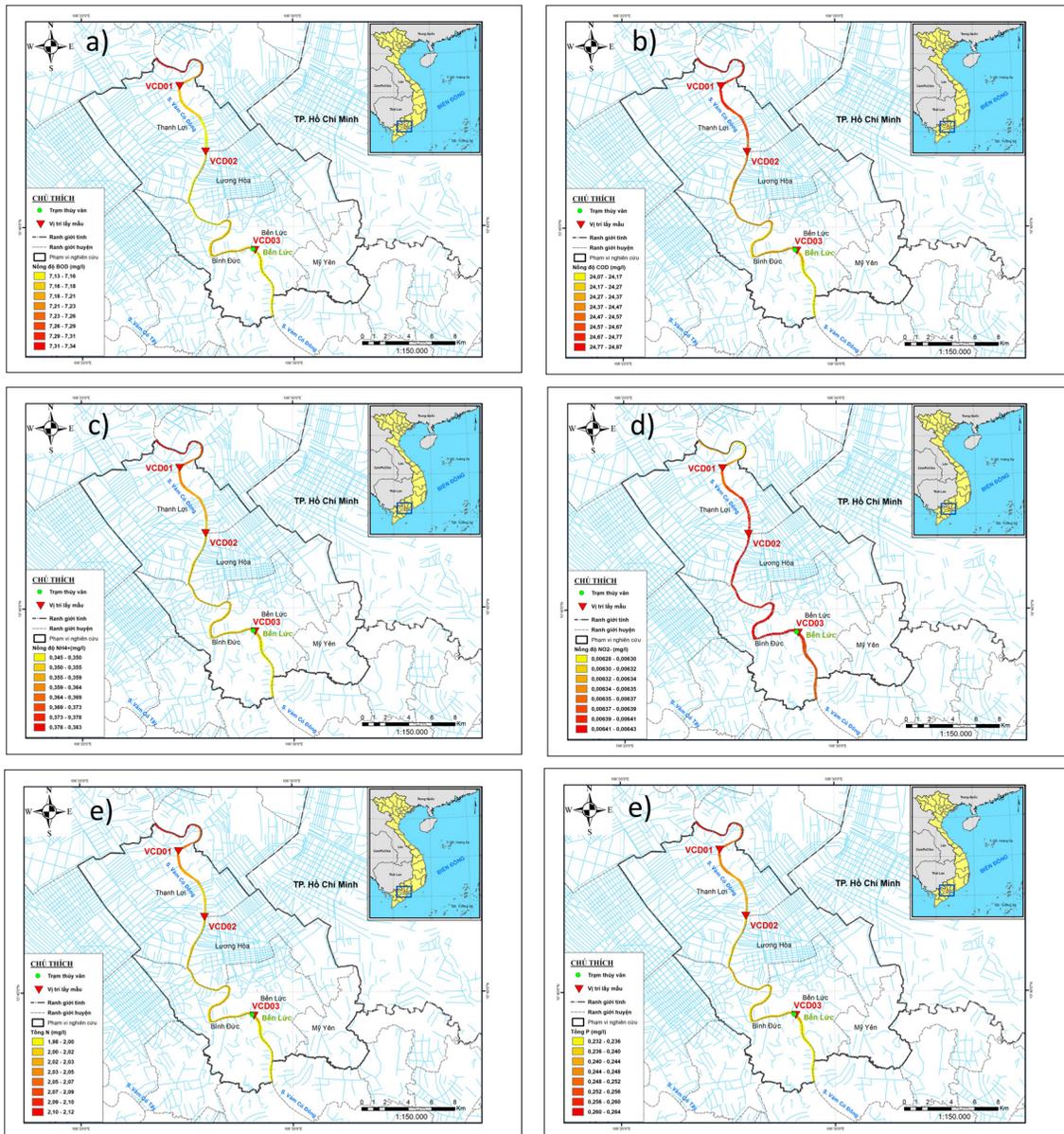
vào mùa khô nguồn nước trên Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức có biểu hiện ô nhiễm các chất hữu cơ và dinh dưỡng. Ngoài các thông số nằm trong giới hạn cho phép như NO₂⁻ và Tổng P thì còn vài thông số vượt qua giới hạn cho phép như BOD₅, COD, NH₄⁺ và

Tổng N (hàm lượng NH_4^+ và Tổng N vượt mức giới hạn tối đa cho phép ảnh hưởng tới sức khỏe con người theo sự so sánh với ngưỡng giới hạn tối đa cho phép quy định bởi QCVN 08:2023/BTNMT) do vậy cần có giải pháp quản lý, xử lý để giảm thiểu tải lượng chất ô nhiễm xả thải xuống sông.

Trên nhánh Sông Vàm Cỏ Đông nồng độ BOD_5 cao nhất dao động trong khoảng 7,13 - 7,34 mg/l. Diễn biến COD dao động từ 24,07 đến 24,87 mg/l. Diễn biến NH_4^+ dao động từ 0,34 - 0,38 mg/l. Diễn biến Tổng N dao động từ 1,98 - 2,12

mg/l (Hình 6).

Hàm lượng Tổng P khá thấp, hầu hết kết quả thu được đều thấp hơn ngưỡng giới hạn yêu cầu theo QCVN 08:2023/BTNMT (Bảng 2 cột B), giá trị TP nằm trong khoảng 0,23 - 0,26 mg/l. Tất cả vị trí quan trắc đều có giá trị NO_2^- rất thấp và thấp hơn nhiều so với ngưỡng B và cả ngưỡng A của QCVN 08:2023/BTNMT. Nhìn chung, NO_2^- ổn định không thay đổi nhiều, dao động từ 0,00628 - 0,00643 mg/l và giá trị trung bình khoảng 0,0063 mg/l.



Hình 6. Biến đổi nồng độ các chất trong mùa khô: (a) BOD_5 ; (b) COD; (c) NH_4^+ ; (d) NO_2^- ; (e) Tổng N và (f) Tổng P

Về phân bố không gian, điểm ở đầu nguồn Sông Vàm Cỏ Đông chảy vào khu vực Bến Lức đến đoạn kênh An Hạ - Sông Vàm Cỏ Đông do chịu tác động mạnh của quá trình đô thị hóa và phát triển công nghiệp, cùng với mật độ dân cư cao và nguồn thải từ thượng lưu xuống nên chất lượng nước ở đây suy giảm đáng kể. Càng về phía hạ lưu, quá trình trao đổi, pha loãng và khuếch tán các chất ô nhiễm được tăng cường, góp phần cải thiện dần chất lượng nước, theo đó chất lượng nước dần được cải thiện. Tuy nhiên, khác với xu thế chung của các thông số khác, tại các vị trí cuối nguồn lại ghi nhận giá trị NO_2^- cao hơn so với đầu nguồn. Nguyên nhân chủ yếu do quá trình phân hủy chất hữu cơ và chuyển hóa nitơ trong điều kiện oxy hạn chế làm tích tụ nitrit; đồng thời hạ lưu còn tiếp nhận thêm nguồn thải sinh hoạt và nông nghiệp từ các kênh rạch đổ vào, góp phần làm tăng nồng độ NO_2^- trong nước.

Theo thời gian, chất lượng nước các thông số BOD_5 , COD, NH_4^+ , NO_2^- , Tổng N và Tổng P có xu thế thấp vào các giờ từ 1h đến 5h và từ 15h đến 19h trùng với các giờ mực nước lên cao; BOD_5 , COD, NH_4^+ , NO_2^- , Tổng N và Tổng P cao hơn vào các giờ còn lại trùng với các giờ mực nước xuống thấp.

3.2.2. Đánh giá hiện trạng khả năng tiếp nhận nước thải trên Sông Vàm Cỏ Đông

Nguồn thải trên Sông Vàm Cỏ Đông: Các nguồn thải trên Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức hầu hết là nước thải công nghiệp từ các hoạt động sản xuất của các khu công nghiệp, nước thải sinh hoạt tại các khu dân cư, nước thải ngành trồng trọt và chăn

nuôi. Tổng lượng nước thải xả vào Sông Vàm Cỏ Đông vào khoảng 34.412,44 m^3 /ngày đêm, trong đó gồm 13.510,3 m^3 /ngày đêm nước thải công nghiệp, 11.772,31 m^3 /ngày đêm nước thải sinh hoạt, 9,129.84 m^3 /ngày đêm nước thải chăn nuôi.

Tổng tải lượng của các chất ô nhiễm có trong nguồn nước thải xả thải vào Sông Vàm Cỏ Đông khoảng 12.507,04 kg/ngày trong đó tổng tải lượng ngành chăn nuôi 5.513,36 kg/ngày - chiếm 44% tổng tải lượng toàn ngành, tiếp đó là tổng tải lượng sinh hoạt 5.045,73 kg/ngày (40,34%), tổng tải lượng ngành công nghiệp và trồng trọt chiếm tỷ lệ đóng góp nhỏ 13,7% và 1,86% (Bảng 4). Như vậy nước thải ngành chăn nuôi và sinh hoạt là hai nguồn thải chính gây áp lực lớn nhất lên nguồn nước Sông Vàm Cỏ Đông.

Khả năng tiếp nhận nước thải (Ltn) của Sông Vàm Cỏ Đông được tính toán và thống kê ở Bảng 5.

Độc Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức chất lượng nước suy giảm nghiêm trọng, không còn khả năng chịu tải đối với các thông số COD, BOD_5 , NH_4^+ , tổng N. Tải lượng hiện có trong sông lớn hơn tải lượng tối đa cho phép theo QCVN 08:2023/BTNMT (Bảng 2 cột B), ngoài ra còn chưa xét đến tải lượng các nguồn thải đổ vào sông. Tuy nhiên đoạn sông này vẫn còn khả năng tiếp nhận thêm tải lượng ô nhiễm: NO_2^- (2.991,61 kg/ngày) và Tổng P (2.280,33 kg/ngày) (Hình 7).

Từ kết quả này cho thấy chất lượng nước Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức đã ô nhiễm ở mức rất nặng đòi hỏi phải có biện pháp cấp thiết để quản lý và kiểm soát các nguồn nước thải để dần phục hồi chất lượng nước sông.

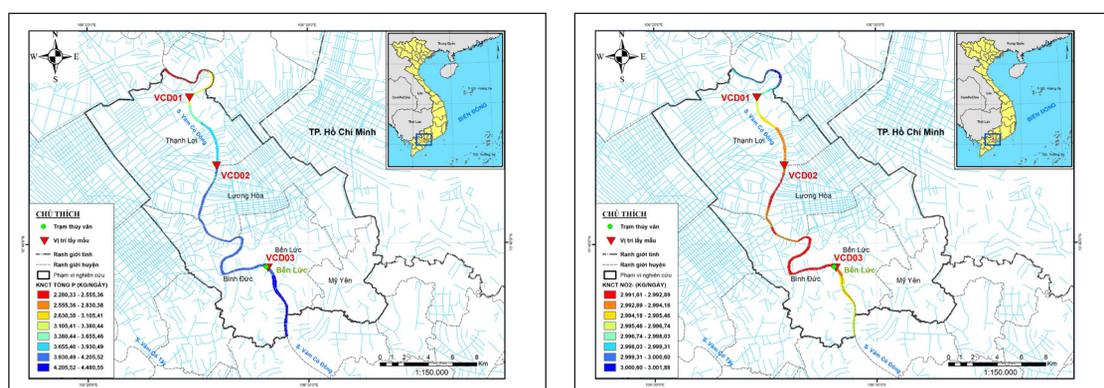
Bảng 4. Tải lượng của các chất ô nhiễm có trong nguồn thải xả thải vào Sông Vàm Cỏ Đông (kg/ngày)

Nguồn thải	Tải lượng ô nhiễm (kg/ngày)						Tổng tải lượng (kg/ngày)
	BOD	COD	NH_4^+	NO_2^-	Tổng N	Tổng P	
Sinh hoạt	1.631,64	2.855,37	177,99		296,66	84,05	5.045,73
Trồng trọt					220,61	12,66	233,27
Công nghiệp	392,18	958,33	60,51	0,56	259,10	44,00	1.714,68
Chăn nuôi	1.834,13	3.301,43			298,49	79,30	5.513,35
Lt	3.857,95	7.115,14	238,50	0,56	1.074,86	220,02	12.507,04

Bảng 5. Khả năng tiếp nhận nước thải sông Vàm Cỏ Đông (kg/ngày)

Chất ô nhiễm	Qs	Cqc	Cnn	Ltđ	Lnn	Ltn
	m ³ /s	mg/L	mg/L	Kg/ngày	Kg/ngày	Kg/ngày
BOD	1,135.54	6	7,34	588.664,45	720.132,85	-94.728,44
COD	1,135.54	15	24,8	1.471.661,14	2.440.014,16	-682.827,72
NH ₄ ⁺	1,135.54	00,3	0,38	29.433,22	37.576,41	-5.867,19
NO ₂ ⁻	1,135.54	0,05	0,0064	4.905,53	627,91	2.991,61
Tổng N	1,135.54	1,5	2,12	147.166,11	207.994,77	-43.332,47
Tổng P	1,135.54	0,3	0,26	29.433,22	25.901,24	2.280,33

Ghi chú: Giá trị trước có dấu (-) có ý nghĩa nguồn nước ở đoạn sông này không còn khả năng tiếp nhận chất ô nhiễm, dòng chảy hiện đang tải một tải lượng chất ô nhiễm vượt quá khả năng tiếp nhận với giá trị bằng giá trị sau dấu (-); giá trị không có dấu (-) có ý nghĩa nguồn nước ở các đoạn sông này còn khả năng tiếp nhận thêm chất ô nhiễm một giá trị bằng với giá trị trình bày trong bảng.



Hình 7. Khả năng chịu tải của nguồn nước Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức: (a) Tổng P; (b) NO₂⁻

4. Kết luận

Nghiên cứu đã đánh giá được diễn biến chất lượng nước, nguyên nhân ô nhiễm nước mặt và tính toán được sức chịu tải các chất ô nhiễm BOD₅, COD, NH₄⁺, NO₂⁻, Tổng N và Tổng P của Sông Vàm Cỏ Đông đoạn chảy qua khu vực Bến Lức. Kết quả nghiên cứu cho thấy chất lượng nước mặt trên Sông Vàm Cỏ Đông có dấu hiệu bị ô nhiễm về dinh dưỡng và vi sinh, phần lớn các chỉ tiêu chất lượng nước như BOD₅, COD, NH₄⁺ và Tổng N đều vượt ngưỡng giới hạn tối đa cho phép quy định bởi QCVN08:2023/BTNMT (Bảng 2 cột B): Hàm lượng BOD₅ trong nước Sông Vàm Cỏ Đông dao động trong khoảng 7,13 - 7,34 mg/l, COD dao động từ 24,07 đến 24,87 mg/l, giá trị NH₄⁺ và NO₂⁻ lần lượt từ 0,34 - 0,38 mg/l và 0,00628 - 0,00643 mg/l. Tổng N dao động từ 1,98 - 2,12 mg/l và Tổng P 0,23 - 0,26 mg/l. Hiện tại, nguồn nước Sông Vàm Cỏ Đông còn khả

năng tiếp nhận nước thải đối với NO₂⁻ (2.991,61 kg/ngày) và Tổng P (2.280,33 kg/ngày), không còn khả năng tiếp nhận đối với các thông số COD, BOD₅, NH₄⁺, tổng N.

Tổng P hiện chưa vượt tải, nhưng trong tương lai dễ trở thành nguy cơ phú dưỡng nếu nông nghiệp và chăn nuôi mở rộng. Đối với NO₂⁻ còn dư tải do nền thấp và quá trình nitrat hóa vẫn vận hành tốt, nhưng với áp lực NH₄⁺ cao, nguy cơ tích tụ NO₂⁻ trong tương lai không thể bỏ qua. Do đó, cần triển khai các giải pháp bảo vệ, phân bổ và sử dụng hợp lý nguồn nước theo các mục tiêu chất lượng đã đề ra; đồng thời tăng cường quản lý, giám sát chặt chẽ các nguồn thải sinh hoạt, công nghiệp, nông nghiệp và chăn nuôi vào Sông Vàm Cỏ Đông. Đây là cơ sở quan trọng nhằm kiểm soát ô nhiễm, bảo vệ môi trường nước và hướng tới phát triển bền vững tài nguyên nước trong khu vực.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Phạm Ánh Bình, Nguyễn Văn Hồng, Nguyễn Thị Thu Hằng; Xử lý số liệu: Châu Thanh Hải, Trần Minh Sơn, Phạm Ánh Bình, Nguyễn Văn Hồng; Viết bản thảo bài báo: Phạm Ánh Bình, Nguyễn Văn Hồng; Chỉnh sửa bài báo: Phạm Ánh Bình, Nguyễn Văn Hồng.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được hoàn thành trong khuôn khổ Nhiệm vụ thường xuyên theo vị trí việc làm năm 2025. Nhiệm vụ “Đánh giá xu thế biến đổi của các yếu tố khí hậu, thủy văn, dự báo triều và xâm nhập mặn vùng cửa sông khu vực Nam Bộ đến năm 2025 và đề xuất các giải pháp ứng phó”.

Lời cam đoan: Tập thể tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tập thể tác giả, chưa được công bố ở đâu, không được sao chép từ những nghiên cứu trước đây; không có sự tranh chấp lợi ích trong nhóm tác giả.

Tài liệu tham khảo

- [1] U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), *Guidance for Water Quality-Based Decisions: The TMDL Process*. EPA 440/4-91-001, Washington, DC, Apr. 1991, p. 62.
- [2] Ministry of the Environment, Japan, *Guidance for Introducing the Total Pollutant Load Control System (TPLCS)*, pp. 1-101, Apr. 2011. [Online]. Available: <https://www.env.go.jp/en/water/ecs/pdf/english.pdf>. [Accessed: Jun. 20, 2023].
- [3] W. K. Chang, *Brief Summary of TPLMS in ROKorea Designation of riverine and coastal TPLMS*, 2021. [Online]. Available: <https://wedocs.unep.org>. [Accessed Jun. 20, 2023].
- [4] Ministry of the Environment, Japan, *Support Project for Introducing Total Pollutant Load Control System (TPLCS) in East Asian Countries*, 1978. [Online]. Available: <https://www.env.go.jp>. [Accessed: Jun. 20, 2023].
- [5] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *Thông tư số 76/2017/TT-BTNMT quy định về đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải, sức chịu tải của nguồn nước sông, hồ*, Hà Nội, 2017.
- [6] T. S. Hải, N. M. Hưng, N. V. Ga, N. Đ. Trung và N. B. Trung, “Nghiên cứu sức chịu tải của một số sông nội tỉnh Bắc Ninh,” *Bản B của Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, tập 65, số 6, trang 52-57, 2023. [https://doi.org/10.31276/VJST.65\(6\).52-57](https://doi.org/10.31276/VJST.65(6).52-57).
- [7] L. T. Hải, “Báo cáo tổng kết đề tài: Nghiên cứu đánh giá sức chịu tải và phân vùng xả nước thải vào nguồn tiếp nhận sông Ba Lai tỉnh Bến Tre,” Viện Môi trường và Tài nguyên - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2013.
- [8] N. M. Lâm, “Nghiên cứu đánh giá khả năng chịu tải và đề xuất các giải pháp bảo vệ chất lượng nước sông Vàm Cỏ Đông - tỉnh Long An,” Luận án Tiến sĩ, Viện Môi trường và Tài nguyên - ĐHQG TP. Hồ Chí Minh, 2013.
- [9] N. T. Hằng, N. T. Q. Hưng, N. M. Kỳ, và T. P. Vũ, “Nghiên cứu hiện trạng chất lượng nước và đánh giá khả năng tiếp nhận nước thải sông Đồng Nai giai đoạn 2012-2016: Đoạn chảy qua tỉnh Đồng Nai,” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp*, tập 2, số 3, trang 889-902, 2018.
- [10] L. N. Tuấn và Đ. T. Huy, “Đánh giá khả năng chịu tải của nguồn nước vùng bờ thành phố Hồ Chí Minh đến năm 2030 và đề xuất giải pháp cải thiện,” *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 728, trang 1-13, 2021.
- [11] N. H. Anh, T. N. Mẫn, và T. H. M. Nghi, “Xây dựng bản đồ phân bố sức tải môi trường tại sông Thị Vải,” *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, tập 60, số 3, trang 22-36, 2024.
- [12] N. N. Trinh, N. T. T. Hiền, và L. T. Thịnh, “Đánh giá chất lượng nước sông Hàm Luông - Đoạn chảy qua Thành phố Bến Tre thông qua chỉ số WQI và khả năng chịu tải của sông,” *Tạp chí Môi trường*, số 9, trang 6-10, 2023.
- [13] Đ. T. Hải, V. T. P. Thảo, T. A. Quân, T. T. K. Hà, và Đ. C. Cường, “Đánh giá sức chịu tải của sông Phó Đáy đoạn chảy qua hai tỉnh Tuyên Quang và Vĩnh Phúc, đề xuất một số giải pháp sử dụng nguồn nước hợp lý,” *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, số 55, trang 80-89, 2025, doi: 10.63064/khtnmt.2025.662.
- [14] B. Đ. Tấn và L. N. Thuấn, “Xây dựng quy trình đánh giá khả năng chịu tải của sông Tam Điệp trên địa

- bàn thị xã Bỉm Sơn, tỉnh Thanh Hóa nhằm phục vụ công tác quản lý chất lượng nguồn nước," *Tạp chí Khoa học Tài nguyên và Môi trường*, số 56, trang 120-132, 2025, doi: 10.63064/khtnmt.2025.687.
- [15] L. B. Việt và P. T. M. Kiều, "Đánh giá tải lượng ô nhiễm sông Vàm Cỏ Đông trên địa bàn huyện Bến Lức, tỉnh Long An," *Tạp chí Khoa học - Đại học Đồng Nai*, số 18, trang 113-120, 2020.
- [16] H. Phú, "Điều tra đánh giá diễn biến chất lượng nước, tính toán khả năng chịu tải và đề xuất giải pháp quản lý chất lượng nước sông Vàm Cỏ Đông, tỉnh Tây Ninh," *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, số 640, trang 19-24, 2014.
- [17] Bộ Tài nguyên và Môi trường, *QCVN 08:2023/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt*, 2023.
- [18] Bộ Tài nguyên và Môi trường, Thông tư số 02/2022/TT-BTNMT Quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Bảo vệ môi trường, 2022.
- [19] J. E. Nash and J. V. Sutcliffe, "River flow forecasting through conceptual models part I - A discussion of principles," *J. Hydrol.*, vol. 10, no. 3, pp. 282-290, 1970, doi: 10.1016/0022-1694(70)90255-6.
- [20] D. N. Moriasi et al., "Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations," *Trans. ASABE*, vol. 50, no. 3, pp. 885-900, 2007, doi: 10.13031/2013.23153.
- [21] D. N. Moriasi, M. W. Gitau, N. Pai, and P. Daggupati, "Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria," *Trans. ASABE*, vol. 58, no. 6, pp. 1763-1785, 2015, doi: 10.13031/trans.58.10715.

RESEARCH ON ASSESSMENT OF LOADING CAPACITY OF VAM CO DONG RIVER IN BEN LUC AREA, TAY NINH PROVINCE

Nguyen Van Hong⁽¹⁾, Pham Anh Binh⁽¹⁾, Nguyen Thi Thu Hang⁽²⁾,
Chau Thanh Hai⁽¹⁾, Tran Minh Son⁽¹⁾

⁽¹⁾Sub-Institute of Meteorology, Hydrology, Environment and Marine Sciences

⁽²⁾Department of Environment, University of Science-VNUHCM, HCM City

Received: 2/10/2025; Accepted: 4/11/2025

Abstract: This study evaluates water quality dynamics and quantifies the pollutant assimilative capacity of the Vam Co Dong River in Ben Luc area, Tay Ninh Province. The assessment framework was aligned with Circular 76/2017/BTNMT, integrated with the MIKE 11 hydrodynamic and water quality model to simulate pollutant transport. The findings indicate that the Vam Co Dong River retains a residual assimilative capacity for NO_2^- (2,991.61 kg/day) and Total P (2,280.33 kg/day). However, the river has reached its saturation point for COD, BOD_5 , NH_4^+ , and Total Nitrogen, primarily driven by untreated livestock and domestic wastewater from riparian communities. These results serve as a robust scientific foundation for environmental authorities to propose and implement effective source control strategies, thereby safeguarding water quality, ensuring public health, and promoting sustainable regional development.

Keywords: Water quality, assimilative capacity, Vam Co Dong River, MIKE 11 model.