

Bài báo khoa học

Ứng dụng mô hình chất lượng nước MIKE-ECOLAB mô phỏng chất lượng nước khu vực hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai theo các kịch bản biến đổi khí hậu

Quách Thái Dương^{1*}, Lê Hoàng Nghiêm², Phạm Thanh Long¹

¹ Phân viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu;
quachthaiduong86@gmail.com; longpham.syhimete@gmail.com

² Đại học Tài nguyên và Môi trường thành phố Hồ Chí Minh;
hoangnghiem@hcmure.edu.vn

*Tác giả liên hệ: quachthaiduong86@gmail.com; Tel.: +84-937854979

Ban Biên tập nhận bài: 8/11/2023; Ngày phản biện xong: 5/12/2023; Ngày đăng bài: 25/3/2024

Tóm tắt: Lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai có hệ thống sông và kênh rạch dày đặc, tuy nhiên, phần lớn các sông và kênh rạch này đã và đang bị ô nhiễm nghiêm trọng do nước thải từ hoạt động sinh hoạt cũng như từ các khu công nghiệp/khu chế xuất. Đặc biệt là khu vực kênh rạch và vùng hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai chảy qua địa phận thành phố Hồ Chí Minh. Bài báo này tập trung đánh giá chất lượng nước mặt khu vực hạ lưu của hệ thống sông Sài Gòn - Đồng Nai là vùng cửa biển vịnh Đồng Tranh có xét tới điều kiện biến đổi khí hậu bằng mô hình MIKE 21 FM Ecolab. Kết quả cho thấy, các sông, kênh rạch gần nội đô cụ thể ở đoạn sông Nhà Bè và Vàm Cỏ Đông có chất lượng nước thấp, các chỉ tiêu hầu như ở mức xấu trừ NH_4^+ và NO_3^- , vùng cửa biển có chất lượng nước ở mức tốt. Ngoài ra ở kịch bản biến đổi khí hậu RCP4.5 cho năm 2025 nồng độ tăng nhưng không đáng kể tại các sông lớn như Nhà Bè, Vàm Cỏ Đông.

Từ khóa: Mô hình MIKE 21FM Ecolab; Chỉ số chất lượng nước; Sông Sài Gòn - Đồng Nai; Biến đổi khí hậu.

1. Giới thiệu

Trên thế giới, việc đánh giá chất lượng nước sông đã có nhiều công trình nghiên cứu và được phân theo các hướng nghiên cứu khác nhau như quan trắc, phân tích chất lượng nước (CLN), sử dụng mô hình tính. Hiện nay, ngoài nghiên cứu CLN bằng phương pháp truyền thống như quan trắc, phân tích đánh giá chất lượng môi trường nước còn có nhiều ứng dụng kết hợp giữa quan trắc, thực nghiệm với mô hình toán hiện đại [1, 2].

Trước thập niên 1960, TPHCM hầu như không gặp phải vấn đề ô nhiễm nguồn nước; tuy nhiên, hệ quả của các hoạt động kinh tế-xã hội, quá trình đô thị hóa nhanh, mạnh không đi đôi phát triển hạ tầng cơ sở đã làm CLN sông, kênh, rạch đô thị suy giảm, tình trạng ô nhiễm, mùi khó chịu diễn ra khá rõ từ thập niên 1990. Sau quá trình đô thị hóa nhanh từ sau giải phóng, diện tích và dân số đô thị đã tăng gần gấp đôi với sự mở rộng của các quận, huyện mới. Phần lớn các quận/huyện của thành phố (1, 3, 5, 10, 11, Bình Thạnh, Thủ Đức) đang đối mặt với thực trạng ô nhiễm nước thường xuyên, có mức rủi ro lớn do vấn nạn xả nước thải và rác thải của rất nhiều các xưởng sản xuất, nhà máy, khu công nghiệp cùng với áp lực gia tăng dân số trong khi diện tích các công trình công cộng, kênh, rạch ngày một thu hẹp. Và thực tế, các sông ngòi, kênh rạch vùng hạ lưu sông SG-ĐN đã phải chịu sức ép về môi trường rất lớn từ khu vực TPHCM. Nghiên cứu [3] đã thăm dò khả năng xử lý nước

trong kênh Tham Lương bằng tảo và các sinh vật có trên địa bàn TPHCM. Nghiên cứu [4] tập trung vào sự biến động hàm lượng oxy hòa tan (DO). Tác giả [5] đã nghiên cứu các cơ sở lý thuyết về thông số biến đổi khí hậu (BĐKH), môi trường và tổng hợp các công trình nghiên cứu trong và ngoài nước liên quan đến các thông số BĐKH, môi trường.

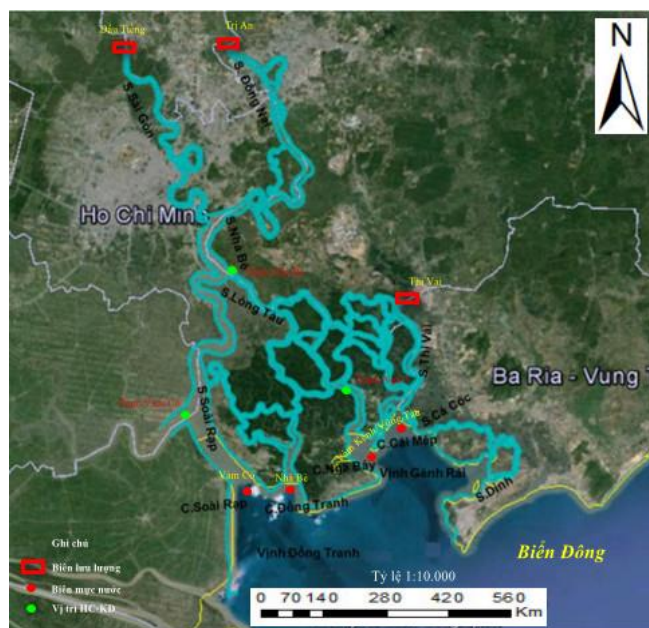
Công tác quan trắc chất lượng môi trường nói chung và CLN nói riêng do Trung tâm Quan Trắc và Phân tích môi trường - Chi Cục bảo vệ môi trường trực thuộc Sở Tài nguyên Môi trường TPHCM thực hiện, hiện nay hệ thống quan trắc chất lượng môi trường nước của TPHCM có 15 trạm quan trắc của các kênh, rạch chính trong nội thành, tần suất quan trắc năm 2001 đến 01/2005, là 02 lần/năm vào mùa khô (tháng 4) và mùa mưa (tháng 9). Từ tháng 01/2005, quan trắc CLN kênh, rạch nội thành tăng tần suất từ 02 lần lên 04 lần/năm (vào các tháng 2, tháng 4, tháng 9 và tháng 11). Từ năm 2014 đến nay, quan trắc chất lượng nước một tháng/lần và quan trắc bùn đáy 01 quý/lần.

MIKE 21FM là gói phần mềm mô phỏng dòng chảy mặt thoáng 2 chiều, sóng, chuyển tải trầm tích, hình thái và các quá trình môi trường. Giao diện thân thiện với người sử dụng, tính toán nhanh chóng và tin cậy trong mô phỏng đã làm cho MIKE 21FM đóng một vai trò quan trọng trong các mô hình ở đất liền, vùng bờ biển và ngoài khơi. Mô đun truyền tải khuếch tán (AD) có chức năng tính toán sự lan truyền của các chất huyền phù hoặc hòa tan (phân hủy) dưới tác động của dòng chảy. Phương trình cơ bản trong mô đun này là phương trình truyền tải khuếch tán. Trong nghiên cứu này, bài toán có liên quan đến các chu trình sinh hóa, do đó không chỉ sử dụng mô đun truyền tải khuếch tán mà còn phải kết hợp với mô đun sinh hóa (Ecolab) để giải quyết vấn đề [6,7].

2. Số liệu sử dụng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phạm vi nghiên cứu

Phạm vi tính toán thủy lực là lưu vực sông Sài Gòn - Đồng Nai, bao gồm sông Sài Gòn (sau hồ Dầu Tiếng, từ Thủ Dầu Một) nhập lưu sông Đồng Nai (sau hồ Trị An, từ Biên Hòa) tại nam Cát Lái tạo thành sông Nhà Bè. Từ cuối Phú Xuân, huyện Nhà Bè, dòng chính chia ra sông Lòng Tàu phía tả ngạn và sông Soài Rạp phía hữu ngạn, nhận nước sông Vàm Cỏ trước khi đổ ra vịnh Đồng Tranh. Đổ vào vịnh Đồng Tranh con có sông Đồng Tranh -nối liền các sông rạch nhỏ ở phần tây huyện Cần Giuộc. Sông Lòng Tàu cùng với các sông Gò Gia, sông Thị Vải, sông Thêu, sông Cái Mép (ở phía đông huyện Cần Giuộc và các huyện Nhơn Trạch, Long Thành - tỉnh Đồng Nai, huyện Tân Thành - tỉnh Bà Rịa Vũng Tàu) đổ vào vịnh Gành Rái, rồi đổ ra Biển Đông qua mặt cắt Nghinh Phong - Đồng Tranh (Hình 1) [8,9].



Hình 1. Phạm vi tính toán thủy lực.

2.2. Số liệu sử dụng

Dữ liệu kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng được kế thừa từ bài báo Lê Ngọc Tuấn (2017) và có tham khảo kịch bản BĐKH năm 2020 của BTNMT. Theo RCP 4.5, đến năm 2025 mức tăng nhiệt độ dao động khoảng 0,45-0,80°C so với nhiệt độ giai đoạn 1986-2005. Lượng mưa trung bình năm tăng dần, mức gia tăng lượng mưa khoảng từ 7,6-10,4%.

Mực nước biển tại khu vực ven biển TP.HCM tăng dần qua các năm cũng như các kịch bản về sự gia tăng nồng độ khí nhà kính trong khí quyển. Đến 2025 tăng khoảng 12cm so với giai đoạn 1986-2005. Bên cạnh đó nghiên cứu thu thập các thông số từ các trạm biên và trạm hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước đề cập ở bảng 1.

Bảng 1. Các trạm biên và trạm hiệu chỉnh mô hình chất lượng nước.

STT	Thông số	Trạm biên	Trạm hiệu chỉnh
1	BOD ₅	Nhà Bè	
2	TSS	Tân Thành	
3	NO ₃ ⁻	Vũng Tàu	
4	DO		Cái Mép
5	PO ₄ ³⁻		Đồng Tranh
6	NH ₄ ⁺		Ngã Bảy

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp lấy mẫu và phân tích mẫu: Nghiên cứu kế thừa kết quả phân tích, lấy mẫu thực đo từ Chi cục Bảo vệ Môi trường (Sở TN&MT TpHCM) năm 2019 [10,11].

Căn cứ cơ sở khoa học trong việc xác định và lựa chọn vị trí lấy mẫu, tình hình thực tế về hệ thống quan trắc chất lượng nước mặt hiện có tại địa phương, yêu cầu đánh giá của bài báo, nghiên cứu đề xuất lấy mẫu bổ sung như sau:

- Trung tâm khu vực nghiên cứu: 15 mẫu (bước nhảy 5km/mẫu) × 2 đợt triều (chân triều + đỉnh triều) = 30 mẫu (Hình 1). Với các thông số: nhiệt độ, pH, DO, SS, NH₄⁺-N, PO₄³⁻-P, NO₃-N, Coliform, TOC.

- Tại các vị trí phục vụ kiểm định mô hình CLN (Hình 2): 5 vị trí × 1 mẫu/h × 24 h/ngày × 2 ngày đêm = 240 mẫu. Với các thông số: nhiệt độ, DO, SS, NH₄⁺-N, PO₄³⁻-P, NO₃-N, Coliform.

Thời gian lấy mẫu: vào mùa khô (với mục tiêu đánh giá khả năng tiếp nhận) tham khảo theo thông tư số 76/2017/TT-BTNMT.



Hình 2. Vị trí quan trắc chất lượng nước mặt.

Phương pháp khảo sát, đo đạc thủy văn phục vụ mô phỏng CLN: Bài báo kế thừa mạng lưới tính toán từ các nghiên cứu trước đây, theo đó, nhu cầu đo đạc thủy văn phục vụ kiểm định mô hình bao gồm: Đo mực nước H (cm), lưu lượng Q (m³/s) tại 03 trạm để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình [12].

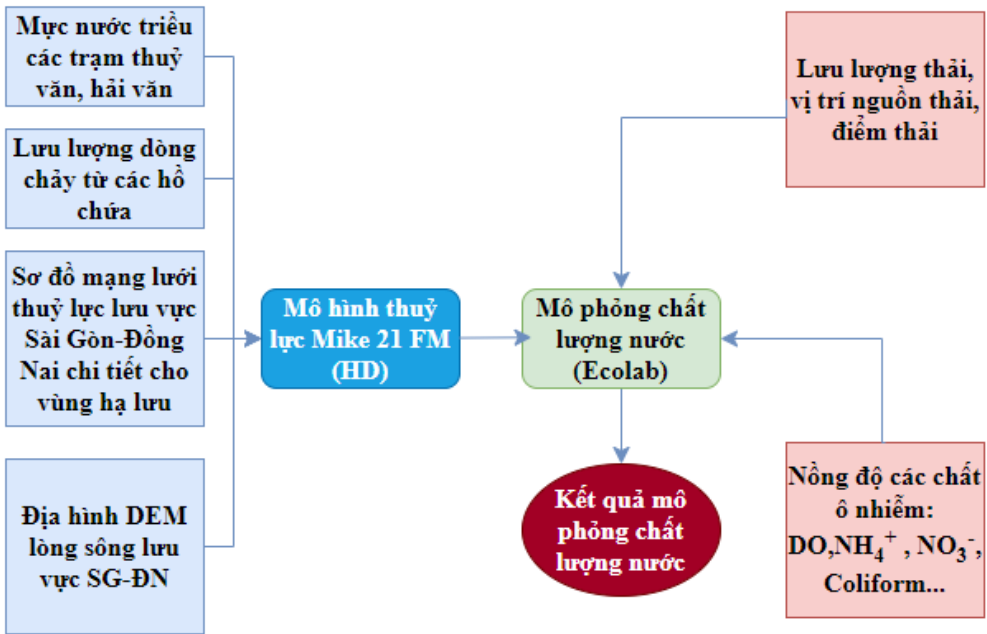
Ngoài ra, số liệu quan trắc tại 15 trạm thủy văn (do Trung tâm Quan trắc Môi trường đo đạc) trong khuôn khổ chương trình quan trắc thủy văn trên lưu vực sông Sài Gòn - Đồng

Nai tại TpHCM của Chi cục Bảo vệ Môi trường (Sở TN&MT TpHCM) cũng được kế thừa phục vụ tính toán: Phú Cường, Bình Phước, Phú An, Hoá An, Cát Lái, Nhà Bè, Bình Điền, Tam Thôn Hiệp, Vàm Sát, Vàm Cỏ, Bến Súc, Thị Tính, Đồng Tranh, Ngã Bảy, Cái Mép.

Đo đạc số liệu mực nước và số liệu chất lượng nước bổ sung trong 1 đợt (mùa kiệt, cùng với thời điểm lấy mẫu nước mặt), trong 48h liên tục (mỗi giờ đo 1 số liệu) cùng thời điểm đo đạc tại 15 trạm thủy văn nêu trên nhằm đồng bộ dữ liệu [13,14].



Hình 3. Vị trí trạm đo thủy văn và chất lượng nước.



Hình 4. Sơ đồ khối thể hiện cấu trúc nghiên cứu.

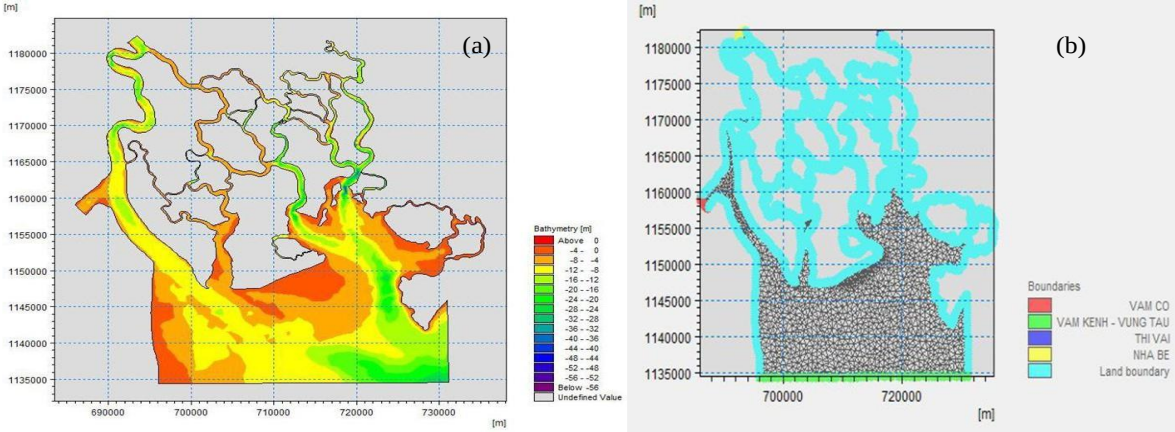
Phương pháp mô hình hóa: Phương pháp mô hình hóa là một trong những phương pháp nghiên cứu chính được áp dụng trong bài báo nhằm mục đích tính toán chế độ thủy văn, thủy lực và lan truyền chất ô nhiễm từ thượng nguồn ra đến cửa sông - tạo cơ sở cho việc tính toán tổng tải lượng tối đa hàng ngày (TMDL) dưới ảnh hưởng của các hoạt động kinh tế - xã hội và Biến đổi khí hậu [15,16].

MIKE 21 là gói phần mềm hàng đầu thế giới trong việc mô phỏng dòng chảy mặt thoáng 2 chiều, sóng, chuyển tải trầm tích, hình thái và các quá trình môi trường. Sự kết hợp của giao diện thân thiện với người sử dụng, tính nhanh chóng và tin cậy trong hoạt động mô phỏng đã làm cho MIKE 21 đóng một vai trò quan trọng thực sự trong các mô hình ở đất liền, vùng bờ biển và ngoài khơi.

Phạm vi tính toán: Tính từ biên Biên Hòa và Thủ Dầu Một ra đến cửa biển (Hình 5).

Thời gian tính toán: hiện trạng (năm 2019), kịch bản BĐKH năm 2025 (RCP4.5) phục vụ tính toán thủy lực, module sinh thái Ecolab.

Thời đoạn tính toán: phục vụ quá trình so sánh số liệu thủy lực và chất lượng nước thực đo và tính toán trong đó thời gian hiệu chỉnh mô hình thủy lực là tháng 3/2017, thời gian kiểm định là tháng 4/2019.



Hình 5. (a) Bản đồ địa hình đáy sông khu vực nghiên cứu cho mô hình Mike 21FM; (b) Chia lưới tam giác cho khu vực tính toán và biên tính toán trong mô hình Mike 21 FM.

Phương pháp tính toán chỉ số chất lượng nước WQI: Chỉ số chất lượng nước (WQI) là một chỉ số được tính toán từ các thông số quan trắc chất lượng nước, dùng để mô tả định lượng về chất lượng nước và khả năng sử dụng của nguồn nước đó; được biểu diễn qua một thang điểm. Thang đo giá trị WQI được chia thành các khoảng nhất định, mỗi khoảng ứng với 1 mức đánh giá chất lượng nước nhất định [17,18]. Công thức tính toán WQI:

$$WQI = \frac{WQI_{pH}}{100} \left[\frac{1}{5} \sum_{a=1}^5 WQI_a \times \frac{1}{2} \sum_{b=1}^2 WQI_b \times WQI_c \right]^{1/3} \quad (1)$$

Trong đó WQI_a là Giá trị WQI đã tính toán đối với 05 thông số: DO, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, P-PO₄³⁻; WQI_b là giá trị WQI đã tính toán đối với 02 thông số: TSS, độ đục; WQI_c : Giá trị WQI đã tính toán đối với thông số Tổng Coliform; WQI_{pH} là giá trị WQI đã tính toán đối với thông số pH.

Sau khi tính toán được WQI, sử dụng bảng xác định giá trị WQI tương ứng với mức đánh giá chất lượng nước để so sánh, đánh giá, cụ thể trên bảng 3 [19,20].

Bảng 3. Các mức VN_WQI và sự phù hợp với mục đích sử dụng.

Khoảng giá trị WQI	Chất lượng nước	Thang màu
91-100	Rất tốt	Xanh nước biển
76-90	Tốt	Xanh lá cây
51-75	Trung bình	Vàng
26-50	Xấu	Da cam
10-25	Kém	Đỏ
<10	Ô nhiễm nặng	Nâu

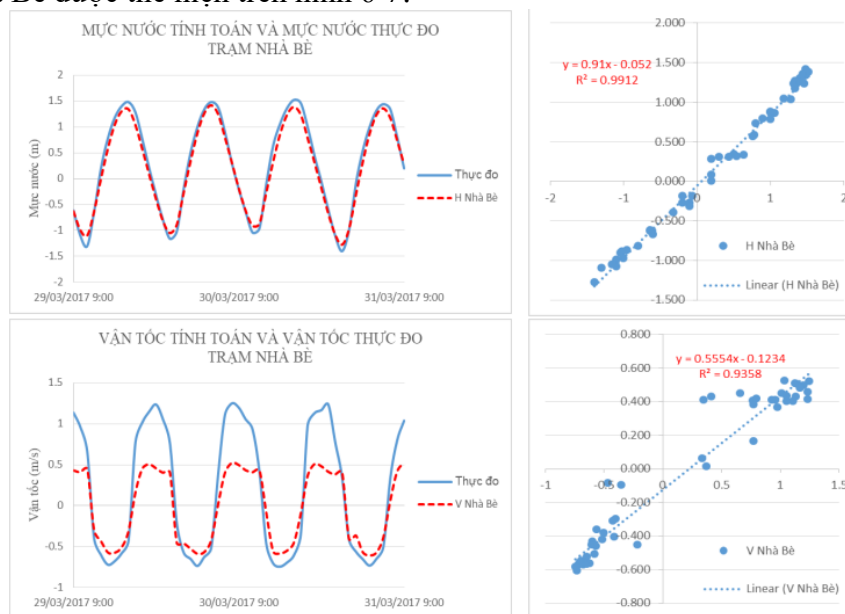
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 21FM

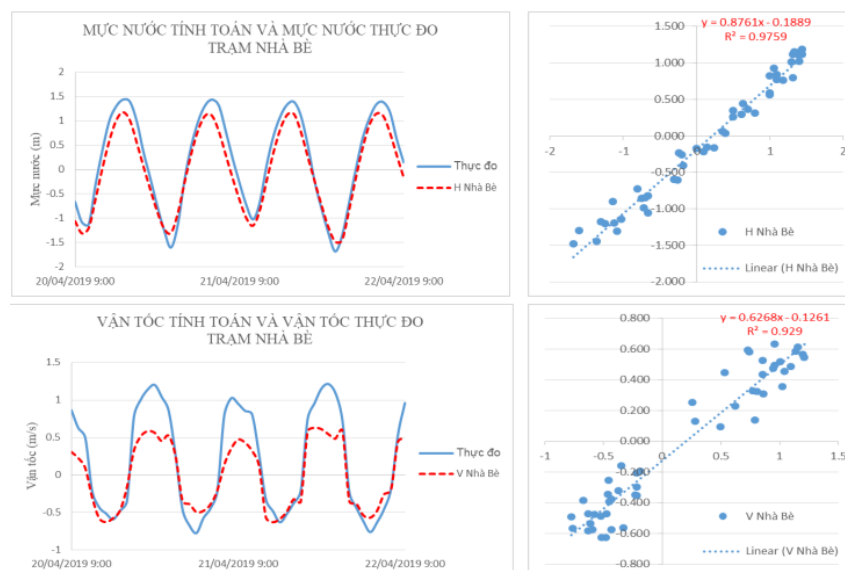
Thời gian tính toán: từ ngày 27/3/2017 9:00 đến ngày 31/3/2017 9:00 sau đó trích dữ liệu trong 3 ngày từ 29/3/2017 9:00 - 31/3/2017 9:00 để hiệu chỉnh mô hình MIKE 21.

Thời gian tính toán 10 ngày từ 16/04/2019 đến 26/04/2019. Sau đó trích thời gian từ 9:00 ngày 20/04/2019 đến 9:00 ngày 22/04/2019 để kiểm định mô hình thủy lực cho vùng nghiên cứu. Sử dụng số liệu mực nước và vận tốc thực đo các trạm Nhà Bè, Cửa Ngã Bảy, Vàm Cỏ để kiểm định.

Kết quả tính toán tương đối phù hợp với kết quả thực đo với chỉ số R^2 ở các trạm ở mức cao trên 0,9. Tuy nhiên, đồ thị mô phỏng thủy lực bằng mô hình MIKE21 cho thấy sai số ở các chân và đỉnh của yếu tố vận tốc tương đối cao ở trạm Nhà Bè trên sông Nhà Bè, kết quả cho thấy rằng sự tác động của thủy triều vùng cửa sông là rất phức tạp, đôi khi xảy ra các hiện tượng cùng 1 mặt cắt sông nhưng có đến 2 hướng dòng chảy ngược nhau. Nhìn chung, sai số là có kiểm soát được, sự hợp lý của pha triều cũng như vận tốc khá tốt, sự phù hợp ở các hệ thống sông nhỏ là rất cao (Bảng 4). Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định thủy lực tại trạm Nhà Bè được thể hiện trên hình 6-7.



Hình 6. Kết quả hiệu chỉnh thủy lực tại trạm Nhà Bè.



Hình 7. Kết quả kiểm định thủy lực tại trạm Nhà Bè.

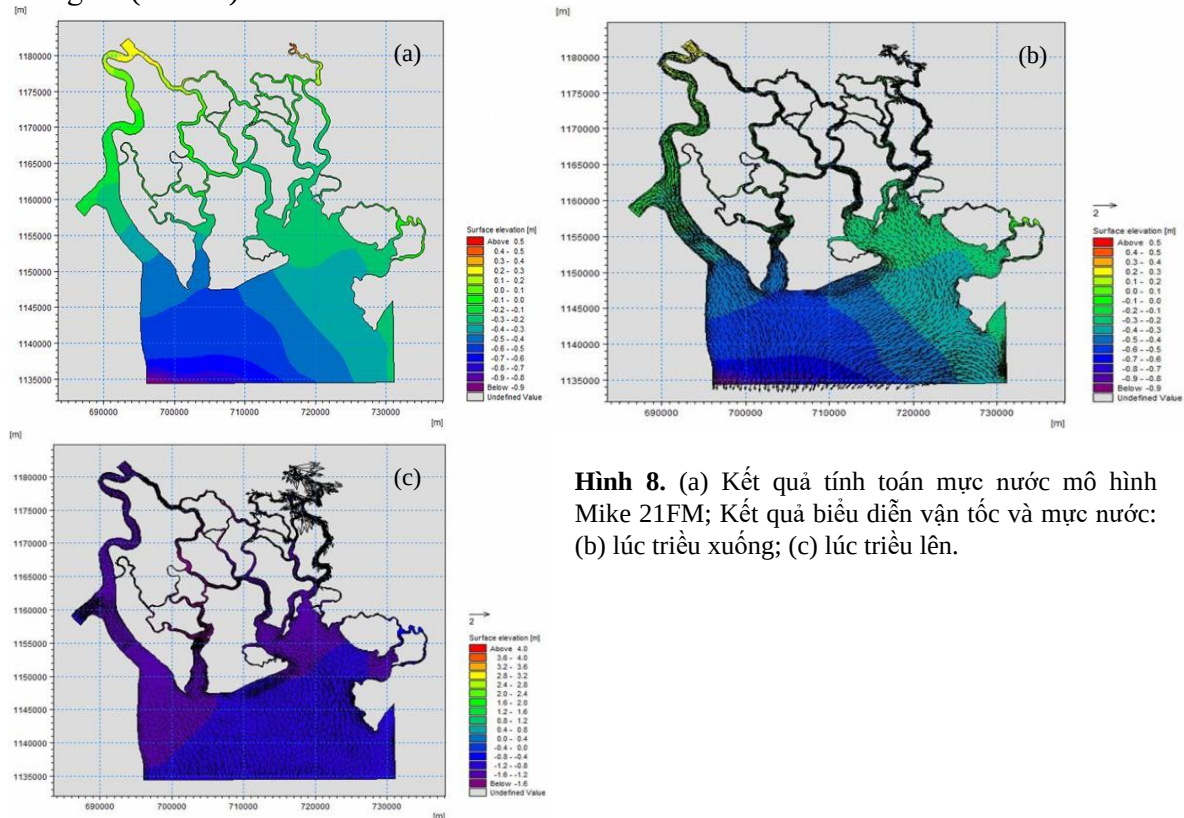
Bảng 4. Chỉ số R^2 sau khi hiệu chỉnh và kiểm định mô hình MIKE 21.

STT	Tên trạm	Hiệu chỉnh		Kiểm định	
1	Nhà Bè	0,99	0,94	0,98	0,93
2	Vàm Cỏ	0,98	0,93	0,98	0,91
3	Ngã Bảy	0,96	0,93	0,96	0,95

Như vậy, kết quả kiểm định cũng cho thấy hệ số tương quan R^2 ở mức tốt, điều này cho thấy bộ thông số mô hình sử dụng trong kết quả hiệu chỉnh là tương đối tối ưu và có thể sử dụng để mô phỏng các kịch bản BĐKH.

3.2. Kết quả tính toán mô hình MIKE 21 FM

Sau khi thiết lập mô hình mô phỏng và tiến hành hiệu chỉnh, kiểm định có thể xuất được độ cao địa hình đáy, độ sâu mực nước, lưu tốc dòng chảy tại khu vực nghiên cứu theo thời gian (Hình 8).



Hình 8. (a) Kết quả tính toán mực nước mô hình Mike 21FM; Kết quả biểu diễn vận tốc và mực nước: (b) lúc triều xuống; (c) lúc triều lên.

- Phân bố theo không gian:

Mực nước: biên độ mực nước khu vực này nhìn chung dao động trên dưới 3m cũng khá thuận lợi cho vấn đề trao đổi nước giữa các thủy vực. Mực nước vùng cửa sông và cá vịnh trong khu vực nghiên cứu đều có chung chế độ bán nhật triều không đều, mỗi ngày có 2 lần triều lên (có 2 đỉnh không bằng nhau) và 2 lần xuống (2 lần chân thấp không bằng nhau), hàng tháng có hai kỳ triều cường và hai kỳ triều kém. Trong một năm có 2 lần mực nước triều cao nhất rơi vào khoảng tháng 3-4 và tháng 11 hàng năm.

Vận tốc dòng chảy: do chịu ảnh hưởng của chế độ bán nhật triều không đều nên chế độ dòng chảy cũng thay đổi hướng theo dao động mực nước triều. Vận tốc ở vùng vịnh thường yếu hơn do phân bố rộng và mạnh hơn khi vào các cửa sông; với chế độ dòng chảy thay đổi khi triều lên (vận tốc khu vực này khoảng 0,5-0,7 m/s các khu vực thượng nguồn sông Soài Rạp có thể lên hơn 1m/s) và xuống đã làm cho nước khuếch tán các chất ô nhiễm khá tốt, nước biển tương đối sạch được đẩy vào các sông rạch pha loãng các chất ô nhiễm và kéo ra xa biển khi triều rút. Đây cũng là ưu điểm cho vấn đề tự làm sạch của khu vực vùng vịnh Đồng Tranh, vịnh Gành Rái cũng như khu vực cửa sông Soài Rạp. Diễn biến kết quả vận tốc khu vực nghiên cứu cho thấy vận tốc dòng chảy ở các sông nhỏ là tương đối lớn (từ hơn

1-1,5 m/s) ra đến vùng vịnh vận tốc giảm nên các chất ô nhiễm được mang ra đến đây và chậm khuếch tán hơn nhưng do vùng vịnh có nước biển Đông đi vào với khối lượng rất lớn và tương đối sạch nên sự pha loãng nhanh hơn phía thượng nguồn.

- *Diễn biến theo thời gian:*

Khu vực nghiên cứu có địa hình giáp biển và có hình thái vịnh mở ra phía biển nên chịu tác động của chế độ thủy triều là rất mạnh, hầu như chịu toàn bộ chế độ bán nhật triều không đều nên trong ngày cũng có 2 lần nước lên và 2 lần nước xuống, pha triều cũng tương đối đều và ít bị thay đổi qua các năm; nên tác động của NBD là trực tiếp ảnh hưởng đến mực nước triều nhiều hơn là pha triều. Thời gian truyền triều từ Vũng Tàu vào cửa Soài Rạp vào khoảng 30-45 phút Vì vậy, sự trao đổi nước trong $\frac{1}{2}$ chu kỳ triều là khá nhanh, giúp sự pha loãng chất ô nhiễm khá tốt. Trong một ngày có đến 4 lần thay đổi hướng dòng chảy và hướng được xoay theo chiều kim đồng hồ (do lực coriolis) nên vùng vịnh Đồng Tranh, Gành Rái có khả năng tự làm sạch rất tốt. Đây cũng là một yếu tố đặc biệt phải dùng mô hình 2D như MIKE 21FM mới có thể mô phỏng được hiện tượng này.

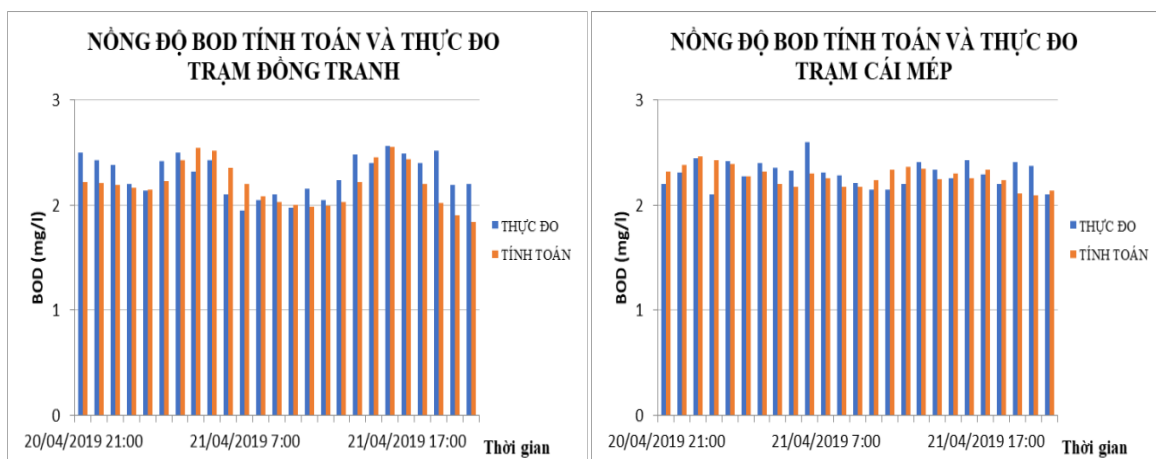
3.3. Kết quả hiệu chỉnh kiểm định mô hình chất lượng nước

Nồng độ các thông số (TSS, BOD₅, DO, NH₄, NO₃, PO₄, Coliform) tính toán và thực đo tại trạm Đồng Tranh và trạm Cái Mép từ 21:00 ngày 20/04/2019 đến 21:00 ngày 21/04/2019 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Theo kết quả mô phỏng bộ thông số hiệu chỉnh mô hình nhìn chung là tương đối phù hợp.

Bảng 5. Sai số (%) của mô hình giữa giá trị mô phỏng và thực đo qua các thông số CLN tại 2 vị trí Đồng Tranh và Cái Mép.

Vị trí/Thông số	Đồng Tranh	Cái Mép
TSS	21,13	9,6
DO	1,13	0,82
BOD ₅	0,22	0,28
NH ₄ ⁺	0,002	0,0055
NO ₃ ⁻	0,18	0,088
PO ₄ ³⁻	0,18	0,088
Coliform	4,2	6,67
Nhiệt độ	2,3	1,6
Độ mặn	0,63	1,5

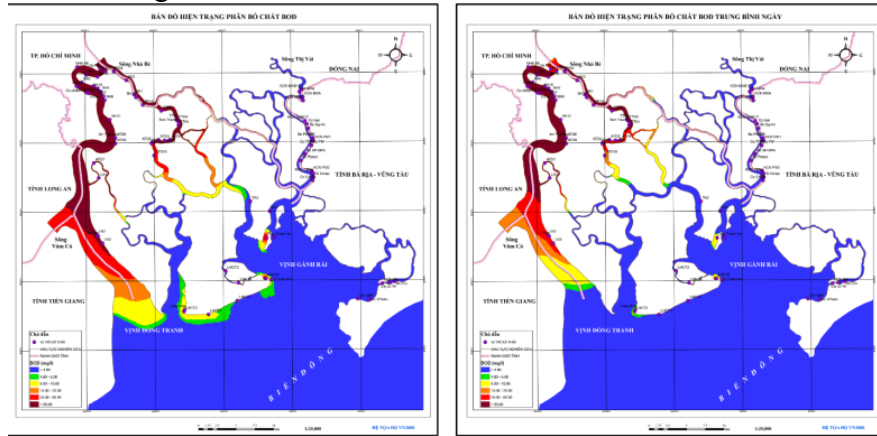
Kết quả kiểm định thông số BOD tại Đồng Tranh và Cái Mép được thể hiện trên hình 9.



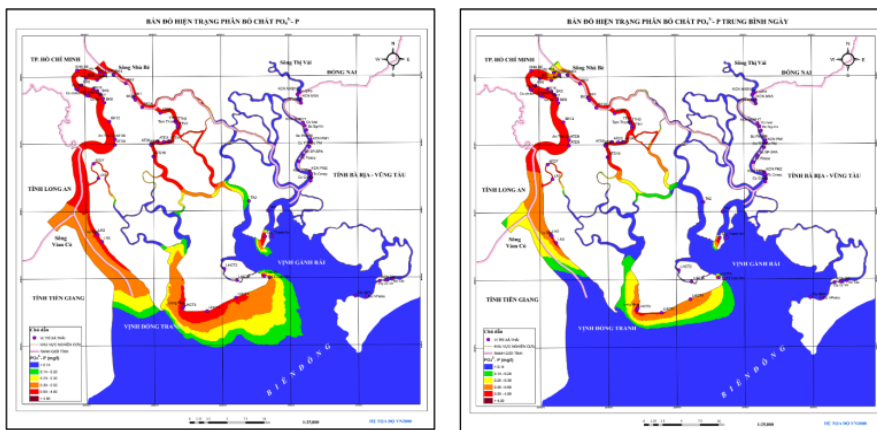
Hình 9. Kết quả kiểm định thủy lực tại trạm Nhà Bè.

3.4. Kết quả mô phỏng chất lượng nước hiện trạng năm 2019

Chất lượng nước trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) bị ô nhiễm rất nặng, chỉ tiêu $BOD_5 > 50 \text{ mg/l}$; chỉ tiêu PO_4^{3-} là $0,86-0,95 \text{ mg/l}$ (Hình 10-11). Các sông, kênh rạch khu vực nội đô chất lượng nước hầu như là từ xấu đến rất nặng điều này cho thấy hiện trạng xả thải đang ở mức báo động, đặc biệt là vào thời đoạn mùa khô các tháng từ 1-4 năm 2019.



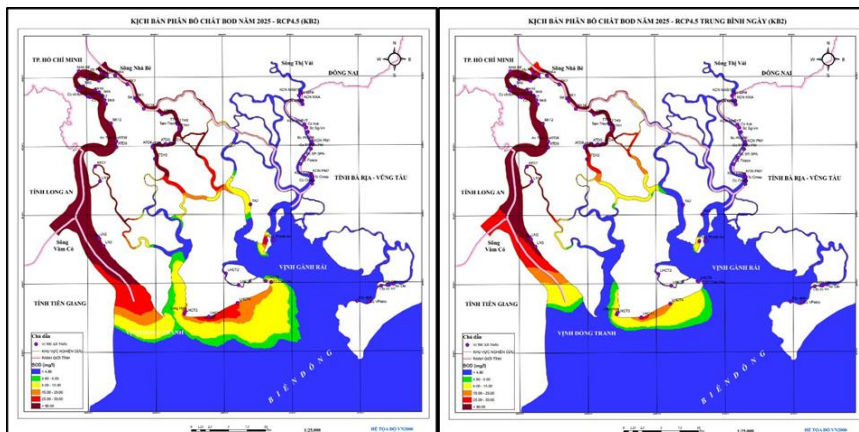
Hình 10. Hiện trạng nồng độ BOD_5 lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải).



Hình 11. Hiện trạng nồng độ PO_4^{3-} lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải).

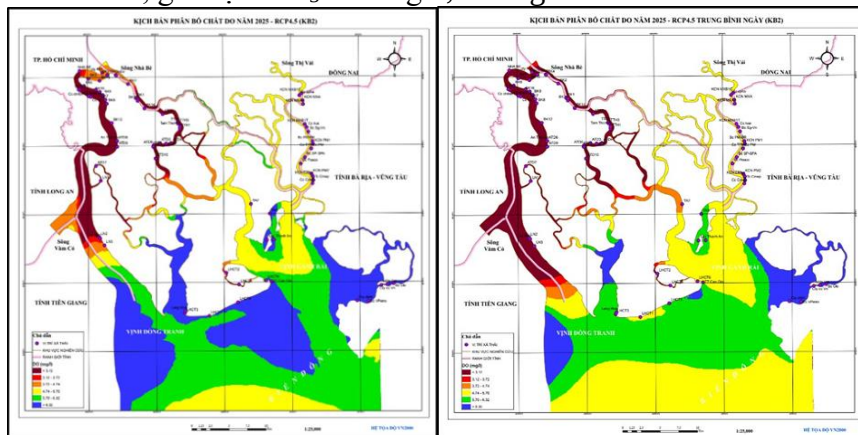
3.5. Kết quả mô phỏng chất lượng nước kịch bản RCP 4.5 năm 2025

Đối với kịch bản phân bố các chất ô nhiễm năm 2025 - RCP 4.5, ta mô phỏng chất lượng nước với kịch bản ô nhiễm của nước thải theo biên nồng độ nước thải tại Nhà Bè tăng 10% so với hiện trạng năm 2019, nồng độ thải dùng trong tính toán là nồng độ được xử lý như hiện trạng, kịch bản tính toán thủy lực theo kịch bản BĐKH 2025 - RCP 4.5 (Hình 12).



Hình 12. Bản đồ phân bố chất BOD_5 lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

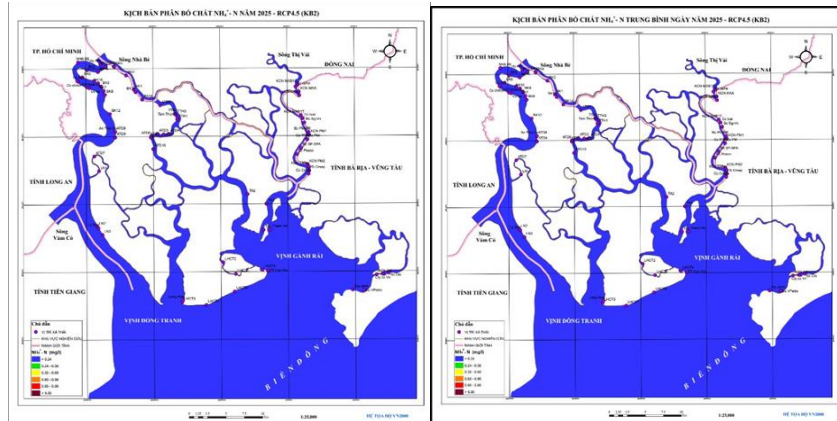
Đoạn trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) đổ vào sông Soài Rạp, khu vực rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) và đoạn cửa sông Vàm Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) chất lượng nước bị ô nhiễm rất nặng, chỉ tiêu $BOD_5 > 50$ mg/l. Mức độ ô nhiễm giảm dần dọc theo sông: vùng hạ lưu sông Soài Rạp chất lượng nước kém, bị ô nhiễm nặng 25-47 mg/l, ra đến gần cửa sông 18-21 mg/l, đoạn cửa sông Sài Gòn chất lượng nước trung bình 7-9 mg/l, có nơi chất lượng nước tốt 5,2-5,5 mg/l. Thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh) chảy xuống đoạn đầu xã Tam Thôn Hiệp chất lượng nước ở đây bị ô nhiễm rất nặng, giá trị chỉ tiêu $BOD_5 > 50$ mg/l. Khu vực giữa xã Tam Thôn Hiệp chất lượng nước kém, bị ô nhiễm nặng, giá trị chỉ tiêu BOD_5 26-30 mg/l. Khu vực sông Lòng Tàu (chảy qua xã tam Thôn Hiệp và xã Long Hòa) chất lượng nước trung bình - xấu, chỉ tiêu BOD_5 từ 14-18 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ vào sông Đồng Tranh (thượng lưu sông Đồng Tranh) chất lượng nước tốt, giá trị BOD_5 khoảng 5-5,7 mg/l. Khu vực phía tây hạ lưu sông Đồng Tranh, chất lượng nước tốt 5,4-5,9 mg/l; khu vực phía đông hạ lưu sông Đồng Tranh chất lượng nước trung bình (6,4-11 mg/l). Khu vực mũi Đồng Tranh chất lượng nước xấu - kém, giá trị BOD_5 khoảng 24-31 mg/l. Vịnh Đồng Tranh chất lượng nước trung bình do ảnh hưởng lan truyền ô nhiễm từ sông Soài Rạp và sông Đồng Tranh, giá trị BOD_5 khoảng 6,5-10 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy chất lượng nước trung bình giá trị BOD_5 từ 9-11 mg/l, ra đến hạ lưu Ngã Bảy 3,3-3,5 mg/l (chất lượng nước rất tốt). Giá trị chỉ tiêu BOD_5 trên sông Thị Vải đến cửa Cái Mép và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái từ 2,2-2,8 mg/l cho thấy chất lượng nước ở đây rất tốt. Khu vực đảo Thạnh An chất lượng bị ô nhiễm rất nặng, giá trị $BOD_5 > 50$ mg/l. Các cồn cát và bãi bồi ven biển xã Long Hòa chất lượng nước xấu, giá trị BOD_5 24-35 mg/l, tuy nhiên có một số nơi bị ô nhiễm rất nặng (> 50 mg/l). Khu vực thị trấn Cần Thạnh (đọc bờ Cần Giờ) chất lượng nước trung bình 6,5-8,6 mg/l, mũi vịnh Gành Rái chất lượng nước xấu 16,2-16,8 mg/l. Khu vực phía đông và phía nam vịnh Gành Rái chất lượng nước rất tốt, giá trị BOD_5 khoảng 1,6-2 mg/l.



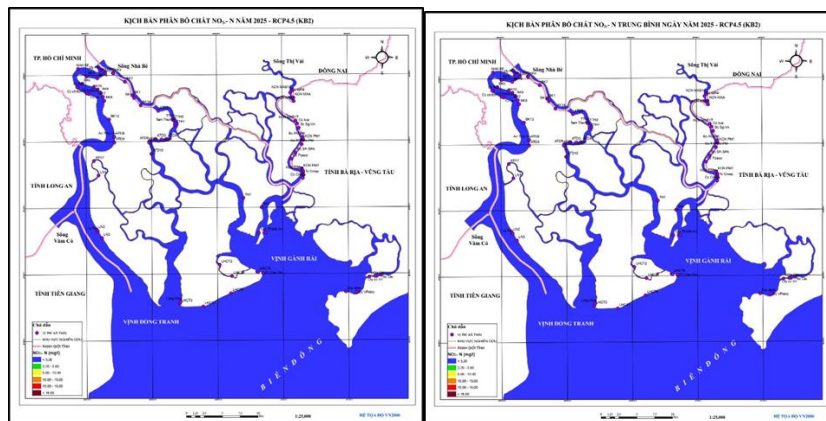
Hình 13. Bản đồ phân bố chất DO lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

Trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) chất lượng nước xấu, chỉ tiêu DO 4,5-4,6 mg/l. Đoạn thượng lưu sông Soài Rạp đến thượng lưu rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) bị ô nhiễm rất nặng, giá trị chỉ tiêu $DO < 3,12$ mg/l. Đoạn cửa sông Vàm Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) chất lượng nước xấu, chỉ tiêu DO từ 4,1-4,2 mg/l. Mức độ ô nhiễm giảm dần từ đoạn giữa sông Soài Rạp ra đến cửa sông: khu vực hạ lưu sông Soài Rạp chất lượng nước tốt 5,8-6,0 mg/l, vùng cửa sông giá trị DO 6,2-6,35 mg/l. Giá trị chỉ tiêu DO đoạn thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh) khoảng 4,4-4,6 mg/l, chất lượng nước ở đây xấu. Chất lượng nước từ giữa sông Lòng Tàu cho đến khu vực đầu xã Tam Thôn Hiệp bị ô nhiễm rất nặng (giá trị DO 1,2-1,5 mg/l), khu vực giữa xã Tam Thôn Hiệp 1,9-2,7 mg/l, khu vực sông Lòng Tàu (chảy qua xã tam Thôn Hiệp và xã Long Hòa) chất lượng nước xấu, chỉ tiêu DO từ 4,0-4,2 mg/l.

Giá trị DO đoạn sông Lòng Tàu đổ vào sông Đồng Tranh (thượng lưu sông Đồng Tranh) 7,8-8,1 mg/l, hạ lưu sông và cửa sông Đồng Tranh chất lượng nước rất tốt > 6,86 mg/l. Chất lượng nước khu vực vịnh Đồng Tranh tốt, chỉ tiêu DO 6,1- 6,3 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy 4,9-5,0 mg/l, cửa sông chất lượng nước trung bình 5,0-5,2 mg/l. Giá trị chỉ tiêu DO trên sông Thị Vải đến cửa Cái Mép và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái khoảng 5,3 mg/l cho thấy chất lượng nước ở đây trung bình. Khu vực vịnh Gành Rái chất lượng nước trung bình, chỉ tiêu DO 5,5-5,6 mg/l. Khu vực sông Dinh Bà (thị trấn Cần Thạnh) chất lượng nước bị ô nhiễm rất nặng (2,6-3,0 mg/l), một số nơi có chất lượng nước không tốt, giá trị DO khoảng 3-3,5 mg/l. Khu vực thị trấn Cần Thạnh (đọc bờ Cần Giờ) và các cồn cát, bãi bồi ven biển (xã Long Hòa) chất lượng nước tốt 6 mg/l (Hình 13).



Hình 14. Bản đồ phân bố chất $\text{NH}_4^+\text{-N}$ lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025

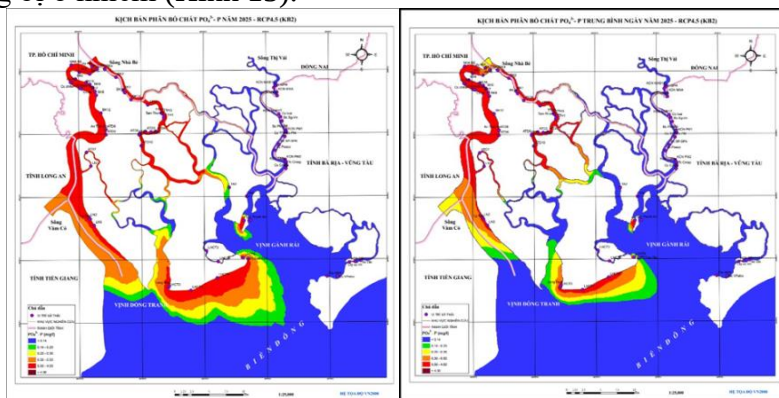


Hình 15. Bản đồ phân bố chất $\text{NO}_3\text{-N}$ lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

Chất lượng nước tại trên các sông Nhà Bè, sông Soài Rạp, sông Vàm Cỏ, sông Đồng Tranh, vịnh Đồng Tranh, Sông Lòng Tàu, sông Ngã Bảy, Sông Thị Vải - Cái Mép và vịnh Gành Rái rất tốt. Đoạn hạ lưu sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khoảng 0,08 mg/l. Trên sông Soài Rạp chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ là 0,03-0,074 mg/l, đoạn cửa sông Vàm Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) 0,055-0,063 mg/l, vùng hạ lưu sông Soài Rạp 0,04 mg/l, vùng cửa sông Soài Rạp 0,041 mg/l. Rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khoảng 0,0407 mg/l. Thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh), giá trị chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ đoạn thượng lưu sông Lòng Tàu khoảng 0,075 mg/l, đoạn giữa sông Lòng Tàu khu vực Tam Thôn Hiệp từ 0,035-0,04 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về phía thượng lưu sông Đồng Tranh ra đến cửa sông Đồng Tranh và đoạn ngoài cửa sông 0,04 mg/l. Vịnh Đồng Tranh 0,038-0,039 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy giá trị $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khoảng 0,042-0,043 mg/l và đến hạ

lưu Ngã Bảy 0,043 mg/l. Giá trị chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ trên sông Thị Vải đến cửa Cái Mép và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái từ 0,047-0,068 mg/l. Khu vực vịnh Gành Rái chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khoảng 0,043-0,047 mg/l. Trên sông Dinh Bà chỉ tiêu $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khoảng 0,04mg/l. Trên bản đồ kịch bản phân bố chất $\text{NH}_4^+\text{-N}$ năm 2025 RCP4.5 cho thấy nồng độ chất $\text{NH}_4^+\text{-N}$ khu vực hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai rất tốt, chất lượng nước tốt, không bị ô nhiễm (Hình 14).

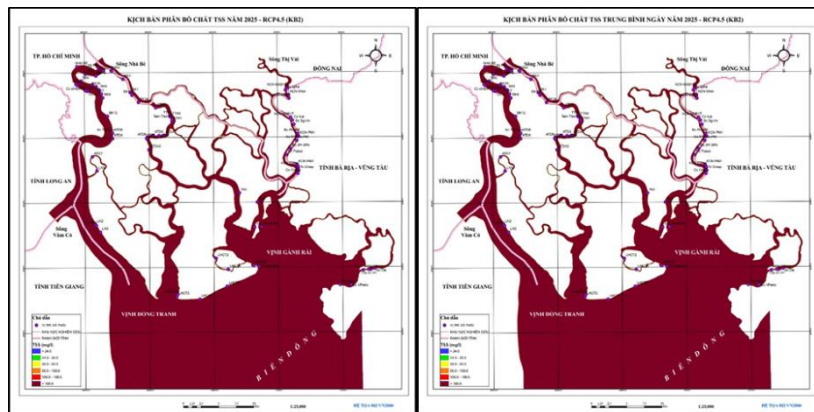
Chất lượng nước tại trên các sông Nhà Bè, sông Soài Rạp, sông Vàm Cỏ, sông Đồng Tranh, vịnh Đồng Tranh, Sông Lòng Tàu, sông Ngã Bảy, Sông Thị Vải - Cái Mép và vịnh Gành Rái rất tốt. Đoạn hạ lưu sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ khoảng 0,81-0,86 mg/l. Trên sông Soài Rạp chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ từ 0,65-0,71 mg/l, đoạn cửa sông Vàm Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) khoảng 0,76-0,87 mg/l, vùng hạ lưu sông Soài Rạp 0,55-0,59 mg/l và cửa sông Soài Rạp 0,41-0,46 mg/l. Rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ khoảng 0,44-0,59 mg/l. Thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh), giá trị chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ từ đoạn thượng lưu sông Lòng Tàu 0,78-0,79 mg/l, đoạn giữa sông Lòng Tàu khu vực Tam Thôn Hiệp 0,50-0,56 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về phía thượng lưu sông Đồng Tranh 0,058-0,59 mg/l ra đến cửa sông Đồng Tranh 0,52-0,55 mg/l và đoạn ngoài cửa sông 0,46-0,5 mg/l. Ngoài vịnh Đồng Tranh chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ khoảng 0,45-0,47 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ từ 0,43- 0,47 mg/l và ra đến hạ lưu Ngã Bảy 0,46 mg/l. Giá trị chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ở thượng lưu sông Thị Vải khoảng 0,67 mg/l, đến cửa Cái Mép 0,45-0,50 mg/l và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái 0,45 mg/l. Khu vực vịnh Gành Rái chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ từ khoảng 0,42-0,44 mg/l. Trên sông Dinh Bà chỉ tiêu $\text{NO}_3^-\text{-N}$ khoảng 0,59 mg/l. Trên bản đồ kịch bản phân bố chất $\text{NO}_3^-\text{-N}$ năm 2025 RCP4.5 cho thấy nồng độ chất $\text{NO}_3^-\text{-N}$ khu vực hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai rất tốt. Chất lượng nước tốt, không bị ô nhiễm (Hình 15).



Hình 16. Bản đồ phân bố chất $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

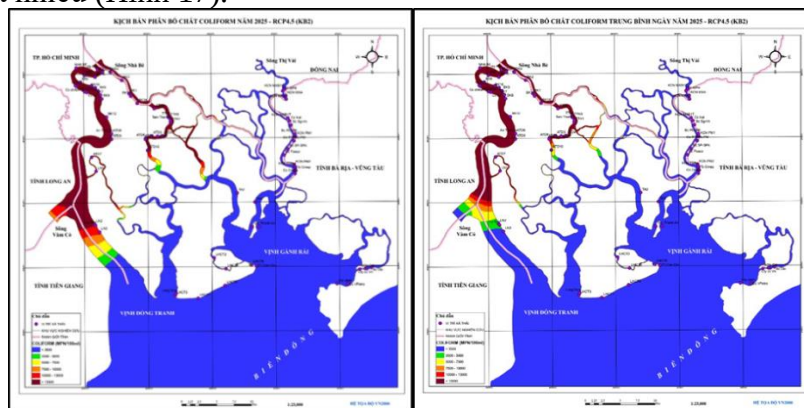
Chất lượng nước trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) kém, bị ô nhiễm nặng chỉ tiêu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ là 0,91-0,96 mg/l. Trên sông Soài Rạp chất lượng nước kém bị ô nhiễm nặng, thượng nguồn sông Soài Rạp, giá trị $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ là 0,99 mg/l. Ngoài ra do ảnh hưởng ô nhiễm từ sông Soài Rạp nên thượng lưu rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) cũng bị ô nhiễm nặng, giá trị chỉ tiêu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ là 0,94-0,99 mg/l. Đoạn cửa sông Vàm Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) chất lượng nước xấu, chỉ tiêu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ khoảng 0,42 mg/l. Khu vực hạ lưu sông Soài Rạp 0,3-0,35 mg/l, vùng gần cửa sông chất lượng nước trung bình 0,21-0,26 mg/l. Vùng cửa sông Soài Rạp chất lượng nước tốt 0,16-0,17 mg/l. Thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh) chất lượng nước ở đây bị ô nhiễm nặng, giá trị chỉ tiêu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ khoảng 0,97-0,98 mg/l. Khu vực xã Tam Thôn Hiệp chất lượng nước kém, bị ô nhiễm nặng với giá trị $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ từ 0,98-0,99 mg/l, đoạn sông Lòng Tàu (chảy qua xã tam Thôn Hiệp và xã Long Hòa) chỉ tiêu $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ từ 0,59-0,63 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ vào sông Đồng Tranh (thượng lưu sông Đồng

Tranh) chất lượng nước trung bình 0,23-0,26 mg/l. Đoạn giữa sông Đồng Tranh chất lượng nước xấu 0,36-0,4 mg/l. Khu vực hạ lưu sông Đồng Tranh: phía tây hạ lưu chất lượng nước trung bình 0,28 mg/l, khu vực phía đông chất lượng nước kém, bị ô nhiễm nặng 0,59-0,63 mg/l. Khu vực mũi Đồng Tranh, cồn cát và các bãi bồi ven biển thuộc xã Long Hòa chất lượng nước trung xấu - kém, chỉ tiêu $PO_4^{3-}-P$ đạt 0,41-0,97 mg/l. Chất lượng nước khu vực vịnh Đồng Tranh trung bình do sự lan truyền $PO_4^{3-}-P$ từ sông Đồng Tranh như các cồn cát, bãi bồi ven biển 0,23-0,27 mg/l, một số nơi có chất lượng nước tốt hơn 0,15-0,18 mg/l. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy chất lượng nước xấu giá trị $PO_4^{3-}-P$ từ 0,37-0,4 mg/l, ra đến hạ lưu Ngã Bảy 0,09-0,1 mg/l (chất lượng nước rất tốt). Giá trị chỉ tiêu $PO_4^{3-}-P$ trên sông Thị Vải đến cửa Cái Mép và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái từ 0,02-0,021 mg/l cho thấy chất lượng nước ở đây rất tốt. Khu vực vịnh Gành Rái: trên đảo Thanh An và thị trấn Cần Thạnh (đọc bờ Cần Giò) chất lượng nước xấu - kém, một số nơi ô nhiễm nặng, chỉ tiêu $PO_4^{3-}-P$ từ 0,85-0,88 mg/l. Khu vực phía đông và nam vịnh Gành Rái chất lượng nước rất tốt, chỉ tiêu $PO_4^{3-}-P$ từ 0,025-0,05 mg/l. Sông Dinh Bà chất lượng nước rất tốt, chỉ tiêu $PO_4^{3-}-P$ khoảng 0,02-0,04 mg/l (Hình 16).



Hình 17. Bản đồ phân bố chất TSS lớn nhất ngày (trái) và trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

Chất lượng nước tại trên các sông Nhà Bè, sông Soài Rạp, sông Vàm Cỏ, sông Đồng Tranh, vịnh Đồng Tranh, Sông Lòng Tàu, sông Ngã Bảy, Sông Thị Vải - Cái Mép và vịnh Gành Rái đều bị ô nhiễm rất nặng. Cho thấy hàm lượng tổng chất rắn lơ lửng ở khu vực nghiên cứu rất nhiều (Hình 17).



Hình 18. Bản đồ phân bố chất Coliform lớn nhất ngày (trái), trung bình ngày (phải) RCP 4.5 năm 2025.

Chất lượng nước trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) bị ô nhiễm rất nặng, chỉ tiêu Coliform > 13000 MPN/100ml. Trên sông Soài Rạp chất lượng nước bị ô nhiễm rất nặng, chỉ tiêu Coliform > 13000 MPN/100ml. Ngoài ra do ảnh hưởng ô nhiễm từ sông Soài Rạp nên thượng lưu rạch Vàm Sát (Đồng Tranh - Soài Rạp) cũng bị ô nhiễm rất nặng, giá trị chỉ tiêu BOD5 > 13000 MPN/100ml. Đoạn cửa sông Vàm

Cỏ đổ vào sông Soài Rạp (khu vực hạ lưu sông Vàm Cỏ) chất lượng nước xấu - kém, bị ô nhiễm nặng chỉ tiêu Coliform từ 9300-12600 MPN/100ml. Mức độ ô nhiễm giảm dần từ đoạn giữa sông Soài Rạp ra đến cửa sông: khu vực hạ lưu sông Soài Rạp chất lượng nước tốt 3800-4800 MPN/100ml, vùng gần cửa sông chất lượng nước rất tốt 1600-2200 MPN/100ml. Vùng cửa sông Soài Rạp chất lượng nước rất tốt, giá trị Coliform từ 380-530 MPN/100ml. Thượng lưu sông Lòng Tàu (thuộc xã Bình Khánh) cho đến khu vực xã Tam Thôn Hiệp chất lượng nước ở đây bị ô nhiễm rất nặng, giá trị chỉ tiêu Coliform > 1300 MPN/100ml. Khu vực sông Lòng Tàu (chảy qua xã tam Thôn Hiệp và xã Long Hòa) chất lượng nước rất tốt, chỉ tiêu Coliform từ 780-3100 MPN/100ml. Đoạn sông Lòng Tàu đổ vào sông Đồng Tranh (thượng lưu sông Đồng Tranh) chất lượng nước rất tốt 390-620 MPN/100ml. Khu vực hạ lưu sông Đồng Tranh chất lượng nước rất tốt 700-1200 MPN/100ml, tuy nhiên khu vực mũi Đồng Tranh chất lượng nước chỉ đạt ở mức tốt, giá trị Coliform 3900-4300 MPN/100ml. Chất lượng nước khu vực vịnh Đồng Tranh rất tốt, chỉ tiêu Coliform khoảng 150-600 MPN/100ml. Đoạn sông Lòng Tàu đổ về thượng lưu Ngã Bảy chất lượng nước rất tốt 1000-1300 MPN/100ml ra đến hạ lưu Ngã Bảy 85-110 MPN/100ml (chất lượng nước rất tốt). Giá trị chỉ tiêu Coliform trên sông Thị Vải đến cửa Cái Mép và từ cửa Cái Mép ra đến một phần Vịnh Gành Rái 75-120 MPN/100ml cho thấy chất lượng nước ở đây rất tốt. Khu vực đảo Thạnh An có chất lượng nước tốt, giá trị Coliform 500-800 MPN/100ml. Thị trấn Cần Thạnh (dọc bờ Cần Giờ) thuộc vịnh Gành Rái chất lượng nước trung bình - xấu, giá trị Coliform từ 6400-7800 MPN/100ml. Khu vực vịnh Gành Rái chất lượng nước rất tốt 40-160 MPN/100ml (Hình 18).

4. Kết luận

Nghiên cứu đã thiết lập, hiệu chỉnh, kiểm định mô hình mô phỏng thủy lực và chất lượng nước vùng hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai. Sau khi xác định miền tính, lưới tính toán tam giác được xây dựng với 5342 nút lưới và 7631 phần tử. Bước thời gian là 30s. Các điều kiện thủy lực, điều kiện biên và điều kiện đầu được lựa chọn thích hợp. Mô hình được hiệu chỉnh bằng số Manning (là 28 m³/s được chọn phù hợp với miền tính) khi so sánh mực nước tính toán và thực đo thông qua chỉ số Nash - Sutcliffe.

Kết quả tính toán mô hình chất lượng nước - Ecolab cho thấy có nhiều sự phụ thuộc vào các yếu tố như kết quả tính toán tải lượng, độ tin cậy các kết quả quan trắc. Đối với nhóm các thông số BOD₅, DO, PO₄³⁻, sai số nhỏ, kết quả mô phỏng đạt độ chính xác cao. Nhóm NH₄⁺-N và NO₃⁻ có độ sai số trung bình, kết quả mô phỏng đạt độ chính xác tương đối. Đối với TSS và Coliform: sai số tương đối lớn, độ chính xác không cao nhưng chấp nhận được.

Chất lượng nước trên sông Nhà Bè (đoạn hợp lưu của hai sông Đồng Nai và Sài Gòn) bị ô nhiễm rất nặng, điển hình là chỉ tiêu BOD và PO₄³⁻. Các sông, kênh rạch khu vực nội đô chất lượng nước hầu như là từ xấu đến rất nặng điều này cho thấy hiện trạng xả thải đang ở mức báo động, đặc biệt là vào thời đoạn mùa khô các tháng từ 1-4 năm 2019.

Như vậy, với kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình tính đạt mức tốt thông qua các chỉ số NASH và R², có thể thấy kết quả mô phỏng chất lượng nước khu vực hạ lưu sông Sài Gòn-Đồng Nai đến năm 2025 đã đủ độ tin cậy có các nghiên cứu tiếp theo.

Hạn chế của nghiên cứu là chưa chỉ ra được nguyên nhân cũng như các giải pháp để cải thiện nguồn nước mặt cho khu vực Sài Gòn- Đồng Nai. Sẽ phát triển hướng nghiên cứu tiếp theo như xây dựng bộ công cụ dự báo CLN tự động thay thế cho mô hình truyền thống.

Đóng góp của tác giả: Xây dựng ý tưởng nghiên cứu: Q.T.D., L.H.N.; Xử lý, phân tích số liệu: Q.T.D., L.H.N.; Viết bản thảo bài báo: Q.T.D.; Chỉnh sửa bài báo: Q.T.D.

Lời cảm ơn: Bài báo hoàn thành nhờ vào kết quả của luận văn thạc sỹ: “Ứng dụng mô hình MIKE mô phỏng chất lượng nước khu vực hạ lưu sông Sài Gòn - Đồng Nai theo các kịch bản biến đổi khí hậu”.

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. Bhargava, D.S. Use of water quality index for river classification and zoning of Ganga River. *Environ. Pollut. Ser. B England*. **1983**, 6, 51–67.
2. Kim, T.T.; Diễm, P.T.M.; An, T.T.T.; Toại, N.C.; Ngọc, P.; Bảy, N.T. Đánh giá chất lượng nước mặt trên hệ thống các sông rạch chính khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với quy hoạch công nghiệp và phát triển dân cư. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng* **2020**, 18(9), 11–16.
3. Trình, L. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước theo các chỉ số chất lượng nước (WQI) và đánh giá khả năng sử dụng các nguồn nước sông, kênh, rạch ở thành phố Hồ Chí Minh, 2006.
4. Kim, T.T.; Diễm, P.T.M.; An, T.T.T.; Toại, N.C.; Ngọc, P.; Bảy, N.T. Đánh giá chất lượng nước mặt trên hệ thống các sông rạch chính khu vực thành phố Hồ Chí Minh ứng với quy hoạch công nghiệp và phát triển dân cư. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng* **2020**, 18(9), 11–16.
5. Trình, L.; Hùng, L.Q. Môi trường lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
6. Thái, T.H.; Trang, H.T.T.; Thao, N.V.; Phong, L.V.V. Ứng dụng mô hình Mike tính toán thủy lực, chất lượng nước cho lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2012.
7. DHI. User Manual Mike 21FM/ HD/ AD&ECOLAB.
8. Trình, L. và cs. Nghiên cứu khả năng tiếp nhận tải lượng ô nhiễm do nước thải, khả năng tự làm sạch của các sông Sài Gòn, Đồng Nai, Nhà Bè. Xây dựng cơ sở khoa học, đề xuất các phương án xử lý nước thải và quản lý môi trường các sông lớn tại TPHCM. Sở Khoa học và Công nghệ TPHCM, 1995.
9. Khôi, N.H. Ứng dụng Mike 11 đánh giá chất lượng nước lưu vực sông Đồng Nai. Tập san Khoa học và Công nghệ Quy hoạch thủy lợi Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam - Bộ Nông nghiệp và PTNT. NXB Nông nghiệp năm 2009.
10. Trình, L.; Lộc, N.B. Nghiên cứu phân vùng chất lượng nước theo các chỉ số chất lượng nước (WQI) và đánh giá khả năng sử dụng các nguồn nước sông, kênh rạch ở vùng thành phố Hồ Chí Minh, 2008.
11. Phương, L.X. Vi sinh vật học môi trường. Chương III - Sự phân bố của vi sinh vật trong môi trường. Đại học Bách Khoa Đà Nẵng, 2008, tr. 119–122.
12. Việt, L.V. Xu thế mực nước trên hạ lưu sông Đồng Nai do mực nước biển dâng.
13. Khải, N.T.; Công, N.C. Đánh giá Hệ số khuếch tán mặn tại một số vị trí trên dòng chính Mê-kông. Dự án Nghiên cứu xâm nhập mặn Đồng bằng sông Cửu long, Giai đoạn 2 (1985-1987), 2012.
14. Giang, N.B.; Dung, N.T.M. Đánh giá khả năng tiếp nhận chất thải của đầm Cầu Hai, Thừa Thiên Huế, 2012.
15. Công, N.C. Đánh giá các điều kiện xáo trộn của hệ thống sông Mê-kông. Dự án Nghiên cứu xâm nhập mặn Đồng bằng sông Cửu long, Giai đoạn 3 (1990-1992), 1992.
16. Hùng, N.Đ. Đánh giá sức tải môi trường sông Tiền và sông Hậu phục vụ quy hoạch nuôi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) bền vững trên sông Tiền, sông Hậu. Thư viện Bộ Nông nghiệp và PTNT- DT20101830, 2012.
17. Anh, P.T.; Huy, N.V. Ứng dụng chỉ số WQI đánh giá hiện trạng chất lượng môi trường nước mặt thành phố Đà Lạt. Bản tin khoa học và giáo dục trường Đại học Yersin Đà Lạt, 2013, tr. 13–18.

18. Phùng, N.K. Đánh giá khả năng chịu tải của hệ thống sông, rạch, đất đai tỉnh Vĩnh Long, 2011.
19. Connor and Dobbin. Mechanisms of reaeration in natural stream. *Am. Soc. Civil Eng. Trans.* **1985**, 153, 641.
20. Butterfield. Some function of bacteria in the purification of pollution water. United States Public Health Service, Stream Pollution Investigations, Cincinnati, Ohio, 1939.

Applying the MIKE-ECOLAB water quality model to simulate water quality in the downstream area of Saigon - Dong Nai river according to climate change scenarios

Quach Thai Duong^{1*}, Le Hoang Nghiem², Pham Thanh Long¹

¹ Sub-Institute of HydroMeteorology and climate change; vanhung0494@gmail.com; longpham.sihymete@gmail.com

² Ho Chi Minh City University of Natural Resources and Environment; hoangnghiem@hcmure.edu.vn

Abstract: The Saigon-Dong Nai River basin has a dense system of rivers and canals, however, most of these rivers and canals have been and are being seriously polluted by wastewater from domestic activities as well as from industrial parks/export processing zones. Especially the canal area and the downstream area of the Saigon-Dong Nai River flowing through Ho Chi Minh City. This article focuses on evaluating the surface water quality of the ha pomegranate area of the Saigon-Dong Nai River system, the estuary of Dong Tranh Bay, considering climate change conditions using the MIKE 21 FM Ecolab model. The results show that rivers and canals near the inner city, specifically in the Nha Be and Vam Co Dong River sections, have low water quality, indicators are almost at bad levels except for NH_4^+ and NO_3^- , and the estuary area has poor water quality. The water level is good. In addition, in the RCP4.5 climate change scenario for 2025, concentrations increase but not significantly in large rivers such as Nha Be and Vam Co Dong.

Keywords: MIKE 21FM Ecolab model; Water quality index; Saigon-Dong Nai River; Climate change.