

# PHÂN TÍCH CƠ CHẾ VÀ DIỄN BIẾN XÂM NHẬP MẶN CHO VÙNG ĐÔ THỊ ĐỒNG BẰNG BỊ ẢNH HƯỞNG BỞI THỦY TRIỀU BẰNG MÔ HÌNH TOÁN: TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

ANALYSING THE MECHANISM AND PROCESS OF SALINITY INTRUSION IN THE BY TIDAL AFFECTED URBAN REGION BY MATHEMATICAL MODELING: CASE STUDY IN HO CHI MINH CITY

➤ **Phạm Ngọc, Phạm Thị Hoa** - Trường Đại học Quốc tế - Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh; Khu phố 6 Phường Linh Trung, Thành phố Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh.

➤ **Phạm Thế Vinh** - Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam - Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam; 658 Võ Văn Kiệt - Quận 5 - TP. Hồ Chí Minh \*Tác giả liên hệ: pngoc@hcmiu.edu.vn hoặc phamngoc76@gmail.com

**Tóm tắt:** Nghiên cứu đã thiết lập mô hình toán 1 chiều trong sông (Mike 11) kết nối với 2 chiều vùng cửa sông ra biển (Mike 21) để mô phỏng diễn biến, phân tích cơ chế thủy động lực học và xâm nhập mặn (XNM) theo không gian và thời gian vùng Thành phố Hồ Chí Minh (TP. HCM). Kết quả mô phỏng từ mô hình đã cho thấy rằng, trong mùa khô, tại khu vực ngoài biển, độ mặn thường có giá trị cao (trên 30 g/l) và thay đổi không nhiều theo không gian và thời gian; càng vào sâu trong cửa sông, độ mặn sẽ chịu thêm tác động của dòng chảy của các cửa sông và gió làm cho diễn biến mặn thay đổi nhiều theo không gian và thời gian. Tại vùng hạ lưu TP. HCM, cơ chế xâm nhập mặn trong hệ thống sông phụ thuộc nhiều vào tương tác giữa thủy triều biển Đông và dòng chảy từ thượng lưu. XNM thường có thời gian lớn nhất và sâu nhất vào tháng 3 và giảm dần đến đầu mùa mưa. Kết quả tính toán cũng cho thấy rằng, quá trình xả nước của hồ Dầu Tiếng đẩy mặn cho sông Sài Gòn đã cho hiệu quả rất lớn; đặc biệt với những năm hạn mặn lịch sử như mùa khô năm 2016, nếu không được xả nước ranh mặn 0,25 g/l có thể xâm nhập lên đến gần hồ Dầu Tiếng, và vượt ngưỡng an toàn cấp nước của nhà máy nước Tân Hiệp trong thời gian dài. Các kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp những thông tin khoa học đầy đủ, và đáng tin cậy phục vụ cho công tác quản lý và khai thác tài nguyên nước phục vụ phát triển bền vững kinh tế, xã hội của TP. HCM.

**Từ khóa:** Xâm nhập mặn, mô hình toán, hạ du sông Đồng Nai, xả nước hồ Dầu Tiếng.

**Abstract:** This study established a 1 dimension mathematical model in the river (Mike 11) connecting with 2 dimensions from the estuaries to the sea (Mike 21) to simulate the process, analyze the hydrodynamic mechanism and salinity intrusion (Sal) in space and time in the Ho Chi Minh City (HCMC) area. The simulated results showed that, in the dry season, in the offshore area, salt concentration often has a high value (over 30 g/l) and does not change much in space and time; the further into the estuary, the salinity will be affected by the flow of the estuaries and wind, causing the salinity much changing in space and time. In the downstream area of Ho Chi Minh City, the mechanism of salinity intrusion in the river system depends strongly on the interaction between the East Sea tide and the flow from upstream. Accordingly, salinity tends to strongly penetrate into the Thi Vai, Long Tau and Dong Tranh river mouths into the Can Gio ecological area and affect the Dong Nai River. Salinity intrusion is usually at its highest and farthest in March and gradually decreases until the beginning of the rainy season. The results also show that the process of discharging water from Dau Tieng Reservoir to flush the salinity in the Sai Gon River has been very effective. Especially, in years of severe drought and salinity such as the dry season of 2016, if the water is not discharged, salinity of 0,25 g/l can intrude nearly to Dau Tieng Reservoir, and exceeded the water supply safety threshold of Tan Hiep water plant (at level of 0,25 g/l) for a long time. These research results will provide comprehensive and reliable scientific information supporting to the management and exploitation of water resources for the sustainable economic and social development of Ho Chi Minh City.

**Key words:** Salinity intrusion, methematic modelling, Lower Dong Nai River basin, fresh water discharging from Dau Tieng Reservoir

## 1. Đặt vấn đề

Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) là thành phố trực thuộc trung ương, nằm ở trung tâm của đồng bằng châu thổ lưu vực sông Đồng Nai với diện tích 2.061 km<sup>2</sup>, đóng vai trò rất lớn đến phát triển kinh tế của nước ta. TP.HCM được đặc trưng bởi địa hình thấp trũng dần về phía biển (với khoảng

53,54% diện tích tự nhiên có cao độ dưới +1.0m); và hệ thống sông, kênh dày đặc chịu tác động mạnh mẽ bởi chế độ bán nhật triều không đều của Biển Đông, với biên độ dao động từ 3,5 m ÷ 4,0 m. Bên cạnh đó, chế độ thủy động lực học trong hệ thống sông, kênh của TP.HCM còn chịu tác động bởi chế độ lũ thượng nguồn, và các hoạt động của con

người; đặc biệt là việc điều tiết nguồn nước từ hai hồ chứa Dầu Tiếng và hồ Trị An [1].

Do đặc điểm tự nhiên nên TP. HCM phải hứng chịu thiên tai đến từ hệ thống sông, kênh; một trong số đó là Xâm Nhập Mặn (XNM), hiện tượng nước mặn với nồng độ mặn bằng 4 g/l và 1g/l xâm nhập sâu vào nội đồng, dẫn đến thiếu nước ngọt gây và ảnh hưởng đến các hoạt động kinh tế xã hội của con người [2]. Trong thời gian gần đây, do tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) cũng như các hoạt động khai thác thiếu bền vững của con người, đã làm cho xu thế XNM ngày càng gia tăng và diễn biến ngày càng trở nên phức tạp, khó dự báo hơn cả theo không gian và thời gian; gây tác động không nhỏ đến công tác phòng chống thiên tai và các hoạt động cấp nước phục vụ sản xuất nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt của người dân thành phố. Do vậy, các nghiên cứu cung cấp thông tin khoa học về diễn biến và cơ chế XNM trong hệ thống sông kênh thì rất là cần thiết để hỗ trợ quản lý và giảm thiểu thiệt hại do XNM gây ra tới sự phát triển và an ninh nguồn nước của TP. HCM.

Trong thời gian qua, tại nước ta đã có nhiều nghiên cứu xây dựng mô hình toán số kết hợp với các công cụ GIS để mô phỏng chế độ thủy động lực học và XNM trong hệ thống sông, kênh phức tạp và bị ảnh hưởng của thủy triều nói chung và TP.HCM nói riêng; trong đó phổ biến nhất là họ mô hình Mike 11, của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), như: Lê Thị Phụng và cộng sự, 2017[3]; Duong Tran Anh và cộng sự, 2018[4]; Trần Thị Kim và cộng sự, 2020[5], Tuy vậy, khi tính toán với mô hình Mike 11, các nghiên cứu thường đơn giản hóa (hoặc bỏ qua) quá trình tương tác phức tạp giữa hệ thống sông-kênh tự nhiên với các hệ thống thủy lợi vùng ven đô và hệ thống tiêu thoát nước trong vùng nội đô; và đối với vùng tương tác mạnh mẽ giữa sông và biển tại vùng cửa sông cũng được đơn giản hóa bằng cách lấy các giá trị biên độ mặn tại các cửa sông bằng hằng số (dựa trên giá trị thực đo), mà thực tế nó biến đổi theo thời gian. Những xử lý kỹ thuật này có thể dẫn đến nhiều sai số trong kết quả tính toán ở vùng hạ du, nơi bị tác động mạnh bởi thủy triều Biển Đông như vùng hạ du sông Đồng Nai.

Chính vì vậy, để mô phỏng diễn biến và phân tích cơ chế XNM cho vùng TP.HCM, trong nghiên cứu này sẽ sử dụng một tiếp cận xây dựng khác phù hợp với thực tế hơn, đó là kết nối mô hình 1 chiều hệ thống sông-kênh (bằng Mike 11), và mô hình 2 chiều (bằng Mike 21) cho vùng cửa sông với phạm vi tính toán mở rộng ra phía biển. Với tiếp cận này, các kết quả mô phỏng, tính toán sẽ trở nên đáng tin cậy hơn; và qua đó góp phần hỗ trợ quá trình ra

quyết định và hoạch định chính sách và chiến lược của chính quyền TP.HCM trong lĩnh vực liên quan đến quản lý, sử dụng nguồn nước và phòng chống XNM một cách chính xác và hiệu quả hơn.

## 2. Phương pháp nghiên cứu và số liệu thu thập

Để có thể thiết lập được mô hình Mike phục vụ mô phỏng, tính toán được chế độ thủy động lực học, và XNM cho vùng nghiên cứu, nhóm nghiên cứu đã kế thừa và thu thập rất nhiều các tài liệu sơ cấp cũng như thứ cấp, từ nhiều nguồn số liệu đáng tin cậy khác nhau, ví dụ: tài liệu địa hình, khí tượng, thủy văn, hải văn, độ mặn tại các trạm đo của nhà nước và địa phương...

Một số module của bộ mô hình Mike (của DHI) đã được sử dụng trong quá trình mô phỏng tính toán của nghiên cứu này; cụ thể bao gồm:

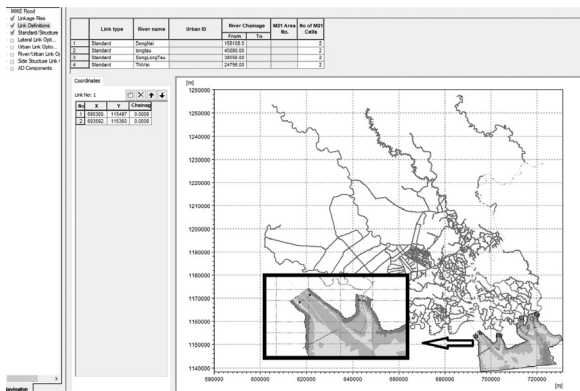
- Mô hình Mike 11, module HD (Hydrodynamic) và AD (Advection-Diffusion)[6]: dùng để mô phỏng chế độ thủy động lực học (lưu lượng và mực nước), và nồng độ mặn trong hệ thống sông - kênh vùng hạ du lưu vực sông Đồng Nai - Sài Gòn từ sau các hồ chứa Dầu Tiếng và Trị An. Nghiên cứu được kế thừa sơ đồ tính toán đã thiết lập trong mô hình Mike 11 từ nghiên cứu trước,[1] và cập nhật mới thêm một hệ thống thủy lợi; bao gồm 255 nhánh sông với tổng chiều dài là 2.341.639m. Tổng số mặt cắt sử dụng trong mô hình là 1.076 mặt cắt.

- Mô hình Mike 21, module HD (Hydrodynamic) và TR (Transport)[7]: Mô hình dựa vào giải bài toán số cho các phương trình thủy động lực học 2 chiều vùng nước nông (bao gồm các phương trình liên tục và mô men động lượng), và xâm nhập mặn tuân theo phương trình chung lan truyền và khuếch tán (advection-diffusion). Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21 được kết nối từ các biên của mô hình Mike 11 ở trên và kéo dài ra đến biển như Hình 1. Qua khảo sát thực địa, nhóm nghiên cứu đã xác định ranh giới mô hình 2 chiều bao gồm: 4 cửa sông đổ ra Biển Đông của lưu vực Sài Gòn - Đồng Nai bao gồm sông Soài Rạp, sông Đồng Tranh, sông Lòng Tàu và sông Thị Vải.

Để đảm bảo rằng các kết quả mô phỏng, tính toán từ mô hình có độ chính xác có thể tin cậy, các bước hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đã được thực hiện trong đề tài nghiên cứu, dựa trên các đánh giá các chỉ số thống kê giữa các giá trị thực đo và giá tính toán (như: hệ số tương quan ( $R^2$ ), hệ số NASH, và sai số giá trị đỉnh; và theo tiêu chí đánh giá của Moriasi và cộng sự (2027)[8].

Để hiệu chỉnh mô hình, bộ số liệu thực đo trong tháng 5/2023 đã được sử dụng, cụ thể: (i) Số liệu mực nước giờ thực đo tại 06 trạm đo quốc gia (bao gồm: Thủ Đầu Một, Biên Hòa, Phú An, Nhà Bè,

Bến Lức, Tân An), thu thập tại Đài Khí tượng Thủy Văn Nam Bộ; (ii) Số liệu lưu lượng, mực nước và độ mặn thực đo theo giờ tại 07 trạm đo tăng cường từ đề tài nghiên cứu này (bao gồm: TV1 - Phú Cường, TV2-Hóa An, TV3 - Vàm Cỏ, TV3 - Soài Rạp, TV5 - Sông Đồng TRanh, TV6-Lòng Tàu, TV7-Thị Vải). Đồng thời, nhóm nghiên cứu còn sử dụng số liệu độ mặn tại các trạm đo do Chi cục Thủy lợi TP.HCM thực hiện hàng năm vào mùa khô (bao gồm: Nhà Bè, Cát Lái, Thủ Thiêm, Cống kênh C, Cầu Ông Thìn) để hiệu chỉnh mô hình XNM. Sau đó, bộ số liệu thực đo vào tháng 5/2016 và 5/2020 (các năm đã xảy ra hạn mặn lịch sử) tại các trạm đo đã thu thập (đã nêu trên) sẽ được sử dụng để kiểm định mô hình.



Hình 1. Sơ đồ tính toán kết nối mô hình Mike 21 và Mike 11 đã được thiết lập cho nghiên cứu

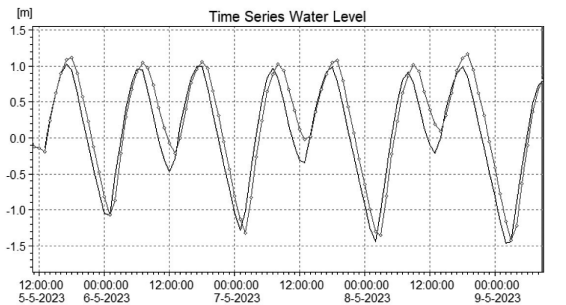
### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

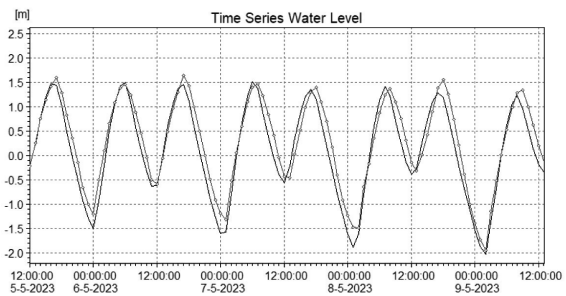
Các biên tính toán trong mô hình bao gồm các loại biên đầu vào, bao gồm: biên lưu lượng, biên mực nước và biên độ mặn. Cụ thể, biên lưu lượng số liệu lưu lượng bình quân ngày tại 4 trạm thượng lưu Trị An, Dầu Tiếng, Phước Hoà và Cần Đăng. Biên mực nước là mực nước giờ tại trạm Mộc Hóa (do không có số liệu lưu lượng) và trạm phía biển tại Vũng Tàu (thuộc Vịnh Rành Giải). Biên độ mặn tại hạ lưu là độ mặn trung bình tháng thực đo tại Vũng Tàu, và với các biên thượng lưu độ mặn được lấy bằng 0. Khoảng thời gian của bộ số liệu biên này được nhập vào mô hình tương ứng với các khoảng thời gian cần thiết cho việc hiệu chỉnh, kiểm định hoặc cho các mục đích phân tích, tính toán khác nhau. Các điều kiện tính toán như sau: (i) Điều kiện tính toán ban đầu  $Q = 0,0m^3/s$ ,  $H = 1,0 m$ ; (ii) bước tính  $\Delta t = 60$  giây; (iii) Hệ số nhám thay đổi từ 0,02 đến 0,04; (iv) Hệ số khuếch tán thay đổi từ 30 đến 150.

Kết quả các chỉ số thống kê giữa các giá trị thực đo và giá tính toán đã cho thấy rằng, mô hình thủy động lực học đã được hiệu chỉnh có độ tin cậy cao.

Ví dụ, mực nước ngoài sông chính tại các trạm đo thủy văn quốc gia, kết quả tính toán là rất tốt; với hệ số tương quan đều  $> 0,9$ , hệ số Nash  $> 0,85$ , sai số về đỉnh và chân là không đáng kể từ 2% - 8%, sự lệch pha về mực nước giữa mô phỏng và thực đo là không nhiều. Tương tự như vậy, tại các trạm tăng cường, kết quả mô phỏng lưu lượng và mực nước so với số liệu thực đo ở mức rất tốt, như: hệ số tương quan từ 0,93 trở lên; hệ số Nash từ 0,80 trở lên đến 0,96; sai số đỉnh từ 2% đến 9%. Hình 2 minh họa tại hai trạm đo trên sông chính Sài Gòn và Đồng Nai.



(a) Trạm Đo Thủ Dầu Một

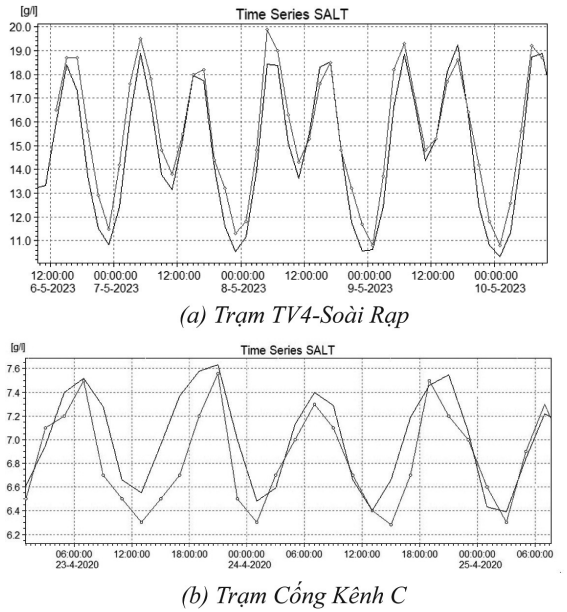


(a) Trạm Biên Hòa

Hình 2. Kết quả mực nước từ mô hình và thực đo, tại 2 trạm trên sông chính

Đối với hiệu chỉnh mô hình xâm nhập mặn, tại các trạm đo tăng cường, kết quả mô phỏng so với số liệu thực đo là khá tốt. Tuy nhiên, do ảnh hưởng của địa hình với sự phát triển của thành phố nên càng vào sâu trong thành, rất khó khăn cho việc hiệu chỉnh; dẫn đến kết quả hiệu chỉnh tại một số vị trí có kết quả hiệu chỉnh chưa thực sự tốt, có sự lệch pha và sai lệch về chân triều, mặc dù mức độ sai khác cũng không nhiều. Ví dụ, các chỉ số thống kê giữa kết quả tính toán và đo đạc tại các trạm đo mặn của Chi cục Thủy lợi TP. HCM chỉ ở mức độ chấp nhận được: hệ số tương quan 0,81 đến 0,90, hệ số Nash từ 0,49 đến 0,71, sai số đỉnh là từ 3% đến 9%. Hình 3 minh họa tại hai trạm đo trên sông chính Soài Rạp và Cống kênh C.

Sau khi mô hình đã kiểm định với bộ thông số đáng tin cậy ở trên, nhóm nghiên cứu đã tiến hành kiểm định mô hình cho năm 2016 và năm 2020.



**Hình 3. Kết quả độ mặn từ mô hình và thực đo, tại trạm Soài Rạp và Công Kênh C**

Các kết quả tính toán cho thấy rằng, mô hình thủy động lực học cho kết quả mô phỏng ở mức độ rất tốt, còn mô hình xâm nhập mặn có sai số ở mức độ chấp nhận được. Do vậy, mô hình đã mà nhóm nghiên cứu đã thiết lập đủ độ tin cậy để mô phỏng và phân tích cơ chế XNM trên địa bàn TP. HCM.

**3.2. Phân tích cơ chế và diễn biến xâm nhập mặn tại Thành phố Hồ Chí Minh**

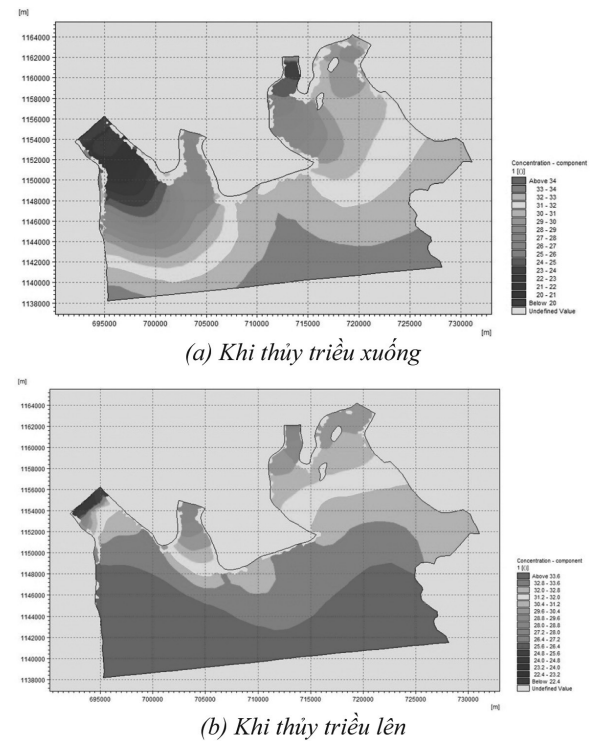
Mô hình đã được hiệu chỉnh, kiểm định ở trên sẽ được sử dụng để mô phỏng, phân tích cơ chế và diễn biến xâm nhập mặn theo không gian, và thời gian trên địa bàn thành phố. Nguồn mặn sẽ đi từ ngoài biển xâm nhập vào trong sông nên việc phân tích sẽ được phân chia theo không gian: (i) xâm nhập mặn vùng vịnh và cửa sông; (ii) xâm nhập mặn khu vực hạ lưu sông Đồng Nai, Sài Gòn.

**(a) Xâm nhập mặn vùng vịnh và cửa sông**

Mặn tại khu vực biển hoặc vùng vịnh thường có giá trị cao và thay đổi không nhiều theo thời gian do mặn tại biển ít chịu tác động của các yếu tố. Các yếu tố ảnh hưởng đến mặn tại biển chủ yếu là do pha loãng do mưa nhưng lớp nước mưa này không đáng kể so với lớp nước biển. Càng vào sâu trong vịnh hoặc cửa sông, mặn sẽ chịu thêm tác động của dòng chảy của các cửa sông và làm cho diễn biến mặn theo không gian và thời gian thay đổi nhiều. Đối với thay đổi mặn theo mùa tại Vũng Tàu, mùa mưa thường dao động từ 14 - 32 g/l; mùa kiệt giao động từ 32 - 35 g/l.

Tại khu vực vịnh Gành Rái, do tác động của 04 cửa sông (Soài Rạp, Đồng Tranh, Lòng Tàu và Thị Vải) nên mặn thay đổi đáng kể và tăng giảm theo nhịp độ của thủy triều. Khi triều lên, mặn từ

biển xâm nhập làm cho độ mặn của các cửa sông tăng lên và ngược lại khi triều xuống, nguồn nước ngọt trong lưu vực đổ ra làm nồng độ mặn giảm đi rõ rệt. Sự tăng giảm này cũng phụ thuộc lớn vào biên độ triều tại biển, biên độ càng cao thì sự thay đổi càng lớn. Do nguồn ngọt chủ yếu tập trung tại cửa sông Soài Rạp và Lòng Tàu nên sự thay đổi này càng rõ nét. Tại cửa Thị Vải, do nguồn nước ngọt đổ ra ít hơn nên mặn tại khu vực này biến đổi chậm hơn và có giá trị thường cao hơn các cửa sông khác (Hình 3).



**Hình 3. Kết quả mô phỏng nồng độ và diễn biến độ mặn tại vùng cửa sông vịnh Gành Rái**

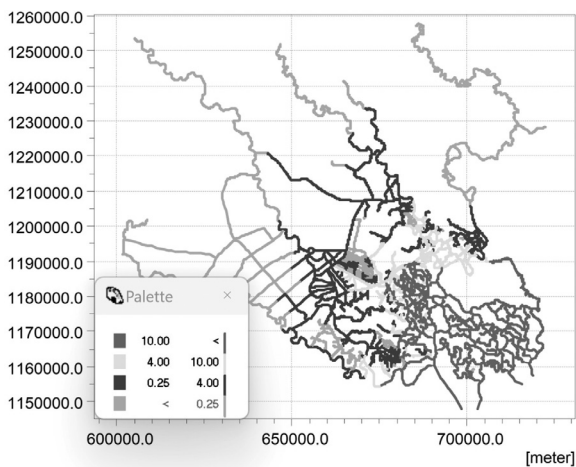
Đối với mặn cửa các sông, mặn cũng thay đổi nồng độ theo thủy triều. Mặn tại các cửa sông thường dao động từ 20 đến 30g/l. Cửa Soài Rạp chịu tác động mạnh bởi nguồn nước ngọt của sông nên mặn có xu hướng tăng giảm mạnh. Trong cuối mùa mưa mặn nhỏ nhất có thể đạt 4-5g/l và lớn nhất khoảng trên 20g/l; Vào mùa khô mặn tại cửa sông này đạt khoảng từ 15 đến 27g/l. Tại Cửa Đồng Tranh, cuối mùa mưa mặn dao động khoảng từ 18 - 27g/l; mùa khô mặn tại cửa sông này đạt khoảng từ 15 đến 27g/l. Tại Cửa Lòng Tàu, cũng là sông chịu tác động nhiều bởi nguồn ngọt từ thượng lưu, cuối mùa mưa mặn dao động khoảng từ 10 - 25g/l; mùa khô mặn tại cửa sông này đạt khoảng từ 20 đến 28g/l. Tại Cửa Thị Vải, do cửa sông này ít nguồn nước ngọt nên mặn khá cao so với các cửa sông trên, cuối mùa mưa mặn dao động khoảng từ 20 -

30g/l; mùa khô mặn tại cửa sông này đạt khoảng từ 28 đến 32g/l.

Ngoài ra, gió cũng tác động đến chế độ thủy lực, xâm nhập mặn vùng nghiên cứu. Trên cơ sở tham khảo thông số từ nghiên cứu trước[9], kết quả tính toán cho thấy rằng với tốc độ gió gia tăng của gió mùa Đông Bắc, mặn có xu hướng bị đẩy lùi ra ngoài biển tại cửa Lòng Tàu và Thị Vải; tại cửa Soài Rạp và Đồng Tranh lại có xu hướng tăng. Nồng độ mặn tại cửa Soài Rạp tăng khoảng 0,16g/l; tại cửa Đồng Tranh tăng khoảng 0,12g/l. Nồng độ mặn tại cửa Lòng Tàu giảm khoảng 0,32g/l; tại cửa Đồng Tranh giảm khoảng 0,28 g/l. Khi tốc độ gió gia tăng của gió mùa Tây Nam, mặn có xu hướng gia tăng tại các cửa sông. Nồng độ mặn tại cửa Soài Rạp tăng khoảng 0,24g/l; tại cửa Đồng Tranh tăng khoảng 0,35 g/l; tại cửa Lòng Tàu tăng khoảng 0,44 g/l; tại cửa Thị Vải tăng khoảng 0,63 g/l.

(b) *Xâm nhập mặn vùng khu vực hạ lưu sông Đồng Nai, Sài Gòn*

Cơ chế XNM vùng hạ lưu phụ thuộc và thủy triều biển và dòng chảy thượng lưu, đôi khi trong thời gian có mưa mặn cũng có xu hướng giảm mạnh. Mặn có xu hướng xâm nhập mạnh vào các cửa sông Thị Vải, Lòng Tàu và Đồng Tranh vào khu vực sinh thái Cần Giờ và tác động vào dòng sông Đồng Nai. Thông thường, tháng 12 mặn bắt đầu có xu hướng xâm nhập vào trong khu vực hạ lưu; và đạt mức độ XNM sâu nhất vào khoảng tháng 3 và tháng 4, và giảm dần cho đến những tháng tiếp theo cho đến khi mùa mưa chính vụ đến thì nước ngọt sẽ là chủ yếu. Ví dụ, vào tháng 3 thường là thời kỳ này nước mặn sẽ xâm nhập vào nội đồng sâu nhất. Ranh giới xâm nhập mặn 4g/l lớn nhất trên sông Sài Gòn có thể tới trên gần Rạch Tra về phía hạ lưu. Mặn thường xuyên ảnh hưởng tới cửa lấy nước của nhà máy nước Tân Hiệp và hồ Dầu



Hình 4. Kết quả mô phỏng nồng độ mặn lớn nhất và nhỏ nhất tháng 3 khu vực hạ lưu

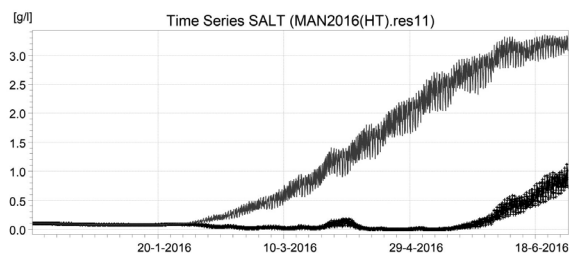
Tiếng thường xuyên phải xả nước đẩy mặn trên sông Sài Gòn; như năm 2004-2020, trung bình mỗi năm hồ Dầu Tiếng phải xả khoảng 88,6 triệu m<sup>3</sup>/s. Trên sông Đồng Nai, ranh giới xâm nhập mặn 4g/l lớn nhất có thể tới trên 74 km lên tới qua đoạn Sông Tắc đổ ra sông Đồng Nai. Trên sông Vàm Cỏ, ranh giới xâm nhập mặn 4g/l lớn nhất có thể tới trên 55 km và vào tới qua ngã ba sông Vàm Cỏ Đông và Vàm Cỏ Tây 5km về phía thượng lưu (Hình 4).

(c) *Cơ chế đẩy mặn hồ Dầu Tiếng*

Hàng năm, thường vào thời kỳ triều cường làm cho mặn xâm nhập sâu, hồ Dầu Tiếng xả một lượng nước không nhỏ xuống sông Sài Gòn nhằm đẩy mặn phục vụ cho việc lấy nước của nhà máy nước Tân Hiệp. Ví dụ, trong khoảng thời gian từ năm 2011 đến 2023, trung bình hàng năm hồ Dầu Tiếng xả xuống sông Sài Gòn khoảng gần 65 triệu m<sup>3</sup>/năm. Đặc biệt, năm 2016, do mặn xâm nhập sâu nên tổng lượng xả tăng cao và lên tới 135,4 triệu m<sup>3</sup>/năm.

Để đánh giá cơ chế mặn khi hồ Dầu Tiếng không xả nước, nhóm nghiên cứu đã tiến hành tính toán với điều kiện biên năm 2016 khi hồ Dầu Tiếng xả nước như đã thực hiện trong quá khứ, và khi hồ Dầu Tiếng giả định không xả nước. Kết quả tính toán cho thấy, nếu không xả đẩy mặn xuống sông Sài Gòn, mặn có xu hướng tăng rất cao tại khu vực nhà máy nước Tân Hiệp (cửa lấy nước Hòa Phú) với nồng độ mặn có thể lên tới trên 3g/l (Hình 5), vượt ngưỡng cho phép có thể hoạt động là 0,25g/l. Qua đó có thể nói rằng việc xả nước đẩy mặn cho nhà máy nước Tân Hiệp có hiệu quả về mặt kỹ thuật. Tại khu vực Rạch Tra, kênh tiếp ngọt từ sông Sài Gòn về hệ thống thủy lợi Hóc Môn-Bắc Bình Chánh, trong trường hợp hồ không xả nước thì độ mặn có thể lên tới trên 4,5g/l, tăng so với trường hợp có xả gần 1,5g/l. Tuy vậy, hiệu quả xả nước đẩy mặn của hồ sẽ giảm dần về phía hạ lưu, kết quả tính toán khu vực cửa sông Sài Gòn cho thấy độ mặn trong trường hợp hồ xả nước và không xả thì sự chênh lệch nhiều.

Qua đó có thể thấy rằng, việc xả nước từ hồ Dầu



Hình 5. Kết quả mô phỏng đường quá trình độ mặn tại cửa lấy nước của nhà máy nước Tân Hiệp ứng với trường hợp xả nước (màu xanh) và không xả nước (màu đen) từ hồ Dầu Tiếng

Tiếng có tác động lớn đến XNM khu vực thượng lưu sông Sài Gòn, và không tác động đến chế độ mặn của sông Đồng Nai. Tương ứng với ranh mặn 0,25 g/l, kết quả tính toán với điều kiện như năm 2016, thì nếu không xả nước hồ Dầu Tiếng, thì ranh mặn này có thể lên tới gần chân đập; và nếu xả nước (như đã thực hiện theo số liệu của hồ), thì ranh mặn đã bị đẩy lùi xuống hạ lưu trên 30 km.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu cho thấy rằng, đối với các vùng đồng bằng chịu tác động mạnh của thủy triều nói chung, và TP. HCM nói riêng, thì việc sử dụng mô hình toán 1 chiều trong sông (Mike 11) kết nối với 2 chiều vùng cửa sông ra biển (Mike 21) để mô phỏng diễn biến, phân tích cơ chế thủy động lực học và XNM theo không gian và thời gian là tiếp cận hiệu quả và đáng tin cậy. Kết quả mô phỏng từ mô hình đã cho thấy rằng, trong mùa khô, tại khu vực ngoài biển, độ mặn thường có giá trị cao (trên 30 g/l) và thay đổi không nhiều theo thời gian; càng vào sâu trong cửa sông, độ mặn sẽ chịu thêm tác động của dòng chảy của các cửa sông và gió làm cho diễn biến mặn thay đổi nhiều theo không gian và thời gian. Tại vùng hạ lưu TP.HCM, cơ chế xâm nhập mặn trong sông/kênh phụ thuộc nhiều vào tương tác giữa thủy triều biển Đông và dòng chảy từ thượng lưu. Độ mặn có xu hướng xâm nhập mạnh vào các cửa sông Thị Vải, Lòng Tàu và Đồng Tranh vào khu vực sinh thái Cần Giờ và tác động vào sông Đồng Nai. XNM thường có thời gian lớn nhất và sâu nhất vào tháng 3, đôi khi vào tháng 4, và giảm dần đến đầu mùa mưa. Kết quả tính toán cũng cho thấy rằng, quá trình xả nước của hồ Dầu Tiếng đẩy mặn cho sông Sài Gòn đã đem lại hiệu quả lớn; đặc biệt với những năm hạn mặn lịch sử như mùa khô năm 2016, nếu không được xả nước ranh mặn 0,25 g/l có thể xâm nhập lên đến gần hồ Dầu Tiếng, và nhà máy nước Tân Hiệp sẽ phải ngừng hoạt động trong thời gian dài. Các kết quả nghiên cứu này sẽ cung cấp những thông tin khoa học đầy đủ, và đáng tin cậy phục vụ cho công tác quản lý và khai thác tài nguyên nước phục vụ phát triển bền vững kinh tế, xã hội của TP. HCM.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM, trong khuôn khổ đề tài: “Nghiên cứu đánh giá tình hình diễn biến xâm nhập mặn khi vận hành các cống ngăn triều thuộc dự án giải quyết ngập do triều khu vực Tp.HCM có xét đến yếu tố biến đổi khí hậu”, theo hợp đồng số 33/2022/HĐ-QKHCN. Nhóm nghiên cứu xin cảm ơn các cơ quan, ban ngành và chuyên gia đã hỗ trợ nhóm trong quá trình thực hiện đề tài.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Ngọc và cộng sự (2020). Thiết lập bản đồ lan truyền ô nhiễm với nguồn nước trên địa bàn Thành phố. Báo cáo tổng hợp, Trường Đại học Quốc tế.
- [2][https://thuvienphapluat.vn/phap-luat/xam-nhap-man-duoc-hieu-la-nhu-the-nao-van-hanh-cac-ho-chua-nuoc-co-phai-la-bien-phap-ung-pho-voi-xa-472937-151085.html#goog\\_rewarded](https://thuvienphapluat.vn/phap-luat/xam-nhap-man-duoc-hieu-la-nhu-the-nao-van-hanh-cac-ho-chua-nuoc-co-phai-la-bien-phap-ung-pho-voi-xa-472937-151085.html#goog_rewarded).
- [3] Lê Thị Phụng, Nguyễn Kỳ Phùng, Bùi Chí Nam, Trần Xuân Hoàng, Lê Ngọc Tuấn (2017). Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến xâm nhập mặn tỉnh Vĩnh Long. Tạp chí Khí tượng Thủy văn, 02, 8-15.
- [4] Duong Tran Anh, Long Phi Hoang, Minh Duoc Bui and Peter Rutschman, 2018. Simulating Future Flows and Salinity Intrusion Using Combined One- and Two-Dimensional Hydrodynamic Modelling—The Case of Hau River, Vietnamese Mekong Delta. Water 2018, 10, 897; doi:10.3390/w10070897
- [5] Trần Thị Kim, Nguyễn Minh Thu, Phùng Thị Thùy Diễm, Phạm Ngọc (2020). Đánh giá ảnh hưởng của quy hoạch các cống ngăn triều đến xâm nhập mặn Thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Môi trường số 03.
- [6][https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Water\\_Resources/MIKE11\\_UserManual.pdf](https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Water_Resources/MIKE11_UserManual.pdf)
- [7][https://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/MIKE\\_21.htm](https://manuals.mikepoweredbydhi.help/latest/MIKE_21.htm)
- [8] Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Bingner, R. L., Harmel, R. D. & Veith, T. L. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50, 885-900.
- [9]<http://tapchikttv.vn/data/article/568/bai7-8-00.pdf>