

# Đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến nguồn cung cấp nước thô cho Thành phố Hồ Chí Minh dưới ảnh hưởng biến đổi khí hậu

Nguyễn Đức Thiện<sup>1,2</sup>, Nguyễn Thị Diễm Thúy<sup>1,\*</sup>, Trần Đức Dũng<sup>2</sup>, Đào Nguyên Khôi<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## TÓM TẮT

Thành phố Hồ Chí Minh nằm ở hạ lưu của lưu vực sông Sài Gòn – Đồng Nai, có địa hình tương đối thấp so với mực nước biển cùng với mạng lưới sông ngòi dày đặc, vì vậy khu vực rất dễ bị tổn thương trước diễn biến phức tạp của tình trạng xâm nhập mặn, đặc biệt dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu. Nghiên cứu thực hiện đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến nguồn cung cấp nước thô của thành phố Hồ Chí Minh bằng phương pháp mô hình hóa, cụ thể là mô hình MIKE 21FM. Kết quả hiệu chỉnh – kiểm định mực nước có độ tin cậy cao với chỉ số Nash–Sutcliffe efficiency (NSE) và Coefficient of determination ( $R^2$ ) đều trên 0,85; đồng thời kết quả hiệu chỉnh nồng độ mặn cho hiệu quả NSE ở mức chấp nhận được với phần trăm sai số PBIAS khoảng 10%. Tiếp đó, thực hiện mô phỏng hiện trạng và theo kịch bản nước biển dâng cho vận tốc dòng chảy và nồng độ mặn tại 3 trạm bơm nước thô cho thành phố bao gồm, trạm bơm Hòa Phú (trên sông Sài Gòn), Phú An và Bình An (trên sông Đồng Nai). Kết quả cho thấy, xét trong trường hợp bất lợi nhất khi khu vực chịu ảnh hưởng bởi cả hai tác động do hạn, mặn kéo dài vào mùa khô năm 2016 và mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu, nồng độ mặn tại các trạm bơm này đều vượt quy chuẩn cấp nước sinh hoạt theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT, trong đó hai trạm Hòa Phú và Bình An chịu ảnh hưởng nhiều nhất khi mực nước biển dâng.

**Từ khoá:** biến đổi khí hậu, MIKE 21FM, nước biển dâng, thành phố Hồ Chí Minh, xâm nhập mặn

## MỞ ĐẦU

Biến đổi khí hậu (BĐKH) đang diễn ra trên quy mô toàn cầu và là một trong những thách thức lớn của con người trong thế kỷ 21. Báo cáo đánh giá lần thứ 5 của Ủy ban Liên Chính Phủ về BĐKH đã chỉ ra rằng các quốc gia ven biển ở khu vực Đông Nam Á (bao gồm Việt Nam) chịu ảnh hưởng nặng nề của BĐKH và nước biển dâng (NBD)<sup>1</sup>. Thành phố Hồ Chí Minh (TP.HCM) với vị trí ở hạ lưu lưu vực sông Sài Gòn–Đồng Nai, địa hình tương đối thấp so với mực nước biển, vì vậy mặn có thể xâm nhập vào trong nội đồng, ảnh hưởng đến chất lượng nguồn nước thô. Theo báo cáo của Sở Tài Nguyên Môi Trường tỉnh Tiền Giang<sup>2</sup> thì mùa khô năm 2016 trên các cửa sông (sông Tiền và Vàm Cỏ) mặn xuất hiện sớm, độ mặn cao và lấn sâu vào nội đồng nhanh hơn so với trung bình nhiều năm. Theo số liệu quan trắc vào tháng 03/2016, các độ mặn cao nhất tại mũi Nhà Bè là 14,05 g/L (bình quân 11,47 g/L), tại khu vực Cầu Ông Thìn, 13,79 g/L (bình quân 11,65 g/L), trong khi ngưỡng an toàn cho nước sinh hoạt là 0,25 g/L. Theo báo cáo của Tổng công ty Cấp nước Sài Gòn (SAWACO) năm 2016<sup>3</sup>, từ ngày 25/1/2016 đến 27/1/2016, nguồn nước tại trạm bơm nước thô Hòa Phú trên sông Sài Gòn bị nhiễm mặn, nhà máy phải ngừng lấy nước thô trong tổng

cộng 10 giờ. Tương tự, trên sông Đồng Nai, từ ngày 5/2/2016 đến 14/2/2016, xâm nhập mặn cũng đã ảnh hưởng trực tiếp đến trạm bơm nước thô của nhà máy nước Bình An nên đã ngừng lấy nước thô, từ 4 đến 10 giờ/ngày. Tại trạm bơm Hòa An, mặc dù độ mặn chưa vượt quy chuẩn, nhưng cũng có xu hướng tăng và tình trạng thiếu nước hiện nay cũng đã gây ra nhiều khó khăn cho quá trình vận hành, sản xuất. Trước tình hình xâm nhập mặn (XNM) diễn ra khá phức tạp, việc đánh giá hiện trạng cũng như dự báo nước biển dâng có ảnh hưởng đến nồng độ mặn tại các trạm cấp nước thô cho TP.HCM là cần thiết.

Hiện nay, phương pháp mô hình hóa được ứng dụng rộng rãi trong việc mô phỏng quá trình xâm nhập mặn trên nhiều hệ thống sông trong và ngoài nước. Một số nghiên cứu điển hình có thể kể đến như nghiên cứu của H.L. Lee (2015)<sup>4</sup> sử dụng mô hình MIKE 21FM nghiên cứu ảnh hưởng của dòng chảy sông và sự xâm nhập mặn tại cửa sông Terengganu, Malaysia. Zhi Xu (2019)<sup>5</sup> sử dụng mô hình MIKE 21FM để nghiên cứu xâm nhập nước mặn ở cửa sông Dương Tử, Trung Quốc. Hoàng Văn Đại (2014)<sup>6</sup> đã sử dụng mô hình thủy động lực 1–2 chiều MIKE 11 và MIKE 21FM để dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã. Đinh Xuân Trường (2018)<sup>7</sup> đã sử dụng mô hình MIKE 21FM nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ xâm nhập mặn

<sup>1</sup>Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

<sup>2</sup>Trung tâm Quản lý nước và Biến đổi khí hậu – Viện Môi trường và Tài nguyên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

### Liên hệ

**Nguyễn Thị Diễm Thúy**, Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: nguyenthidiemthuyapag@gmail.com

### Lịch sử

- Ngày nhận: 05-4-2021
- Ngày chấp nhận: 25-01-2022
- Ngày đăng: 28-02-2022

DOI: 10.32508/stdjns.v6i1.1098



### Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Trích dẫn bài báo này:** Thiện N D, Thúy N T D, Dũng T D, Khôi D N. **Đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến nguồn cung cấp nước thô cho Thành phố Hồ Chí Minh dưới ảnh hưởng biến đổi khí hậu.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 6(1):1872-1883.

có xét đến tác động của biến đổi khí hậu hạ lưu sông Cả. Có thể thấy, mô hình MIKE 21FM có độ tin cậy cao vì đã được sử dụng phổ biến trong và ngoài nước. Ngoài ra, MIKE 21FM còn có các ưu điểm như giao diện dễ sử dụng, tích hợp hệ thống thông tin địa lý GIS nên truy xuất dữ liệu dễ dàng, quá trình lập mô hình nhanh. Vì vậy bộ mô hình MIKE 21FM với hai module HD và Transport để mô phỏng và dự báo diễn biến XNM tại khu vực nghiên cứu đã được sử dụng với mục đích đánh giá tác động của xâm nhập mặn đến các trạm cấp nước thô của TP. HCM dưới ảnh hưởng của nước biển dâng do biến đổi khí hậu. Kết quả của nghiên cứu nhằm cung cấp thông tin phục vụ đảm bảo an toàn cho nguồn cấp nước thô của TP.HCM.

### VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Thành phố Hồ Chí Minh (TP HCM) có tọa độ địa lý  $10^{\circ}10' - 10^{\circ}38'$  vĩ độ Bắc và  $106^{\circ}22' - 106^{\circ}54'$  kinh độ Đông, phía Bắc giáp tỉnh Bình Dương, Tây Bắc giáp tỉnh Tây Ninh, Đông và Đông Bắc giáp tỉnh Đồng Nai, Đông Nam giáp tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu, Tây và Tây Nam giáp tỉnh Long An và Tiền Giang. Thành phố, tổng diện tích hơn 2.095 km<sup>2</sup>, được phân chia thành một thành phố Thủ Đức, 16 quận và 5 huyện. TP. HCM thuộc vùng nhiệt đới gió mùa cận xích đạo, nhiệt độ cao đều trong năm với nhiệt độ trung bình năm khoảng 28,8°C và có hai mùa mưa – khô rõ ràng. Mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau<sup>8</sup>.

Theo quy hoạch cấp nước TP. HCM đến năm 2025<sup>3</sup>, tổng nhu cầu nước toàn thành phố là 3,57 triệu m<sup>3</sup>/ngày, trong đó nước sinh hoạt cần 1,9 triệu m<sup>3</sup>/ngày. Các nguồn cung cấp nước đáp ứng cho lượng nước sinh hoạt trên bao gồm các trạm bơm: Hóa An, Bình An, Hòa Phú, kênh N46 và các giếng khai thác nước ngầm. Trong đó, trên sông Đồng Nai, trạm bơm Hóa An cung cấp nước thô cho 3 nhà máy nước (Thủ Đức, Thủ Đức 3 và B.O.O Thủ Đức) với tổng công suất 1.150.000 m<sup>3</sup>/ngày, trạm bơm Bình An cung cấp nước thô cho nhà máy nước Bình An có công suất 150.000 m<sup>3</sup>/ngày và trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn cung cấp nước thô cho 2 nhà máy nước Tân Hiệp và Tân Hiệp 2 với tổng công suất 360.000 m<sup>3</sup>/ngày.

Hình 1 trình bày khu vực nghiên cứu và vị trí 03 trạm cấp nước thô cho TP. HCM bao gồm trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn, trạm bơm Hóa An và trạm bơm Bình An trên sông Đồng Nai

*Cơ sở lý thuyết mô hình MIKE 21FM*

MIKE 21FM là mô hình dựa trên phương pháp lưới linh hoạt được phát triển bởi Viện Thủy lực Đan Mạch. Module HD (Hydrodynamic)<sup>9</sup> là module mô phỏng dòng chảy dựa trên sự phân hồi của nhiều dạng

lực khác nhau trên vùng đồng bằng, hồ, cửa sông và bờ biển. Bao gồm phương trình liên tục và phương trình bảo toàn động lượng.

Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}}{\partial y} = hS \quad (1)$$

Phương trình bảo toàn động lượng:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial y} &= f\bar{v}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} \\ - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\tau_{sx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) \\ + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + h u_s S \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial h\bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{v}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y} &= f\bar{u}h - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} \\ - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{\tau_{sy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} \\ - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) \\ + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + h v_s S \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: h là độ sâu mực nước, t là thời gian, S là lưu lượng nguồn, f là tham số Coriolis, g là gia tốc trọng trường,  $\rho_0$  là khối lượng riêng tham chiếu của nước,  $\rho$  là khối lượng riêng của nước,  $p_a$  là áp suất khí quyển trên bề mặt,  $T_{sx}$ ,  $T_{sy}$  là ứng suất ma sát bề mặt,  $T_{bx}$ ,  $T_{by}$  là ứng suất ma sát đáy, A là hệ số nhớt theo phương ngang.

Để mô phỏng xâm nhập mặn, nghiên cứu sử dụng module Transport của MIKE 21FM, module sử dụng phương trình chuyển tải – khuếch tán cho chất hòa tan hoặc chất lơ lửng 2 chiều. Với công thức được trình bày như sau<sup>9</sup>

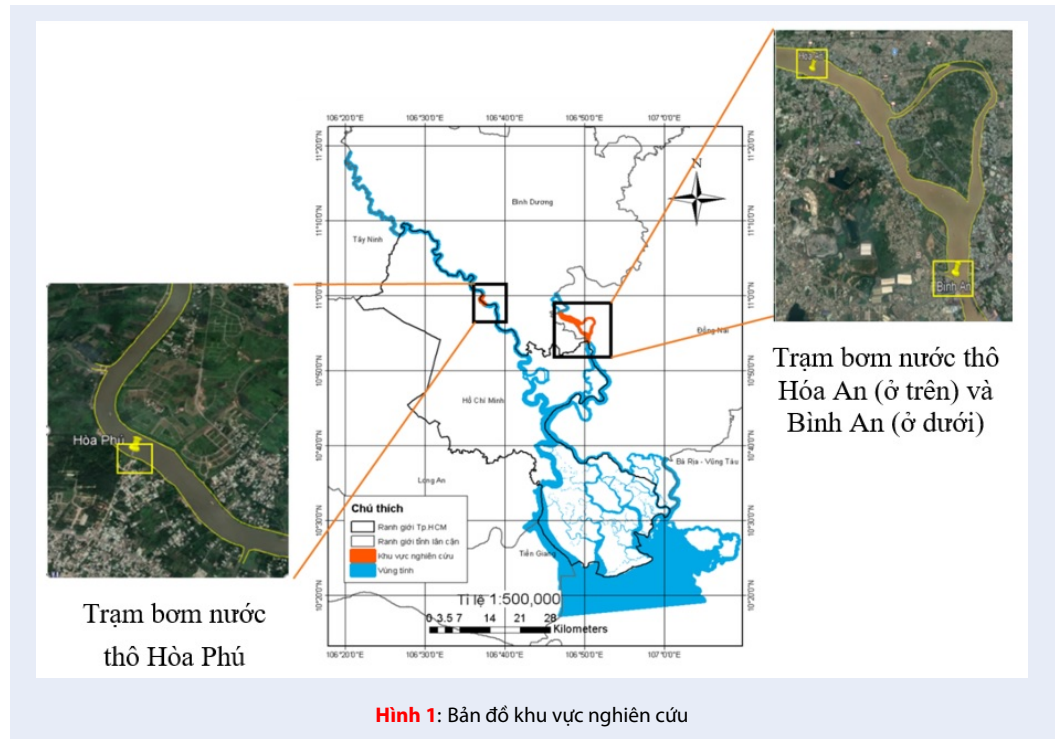
Phương trình chuyển tải–khuếch tán:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} (hc) + \frac{\partial}{\partial x} (uhc) + \frac{\partial}{\partial y} (vhc) = \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( hD_x \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( hD_y \frac{\partial c}{\partial y} \right) - Fhc + S \end{aligned} \quad (4)$$

Trong đó: C là nồng độ hợp chất, u, v là thành phần vận tốc dòng chảy theo phương x, y,  $D_x$ ,  $D_y$  là hệ số khuếch tán theo phương x, y, S là lưu lượng nguồn  $Q_s$ ,  $Q_S$  là lưu lượng nguồn trên đơn vị diện tích,  $c_S$  là nồng độ hợp chất tại lưu lượng nguồn, H là độ sâu, F là hệ số phân rã tuyến tính.

*Thiết lập mô hình*

Quá trình thiết lập mô hình MIKE 21FM được thực hiện thông qua các bước (i) Thiết lập lưới tính và nội suy địa hình đáy sông, (ii) Thiết lập mô hình MIKE 21FM HD mô phỏng dòng chảy, (iii) Thiết lập mô hình MIKE 21FM transport mô phỏng quá trình lan



truyền mặn (iv). Dự báo diễn biến xâm nhập mặn theo các kịch bản NBD do BĐKH (Hình 2). Lưới tính toán bao gồm 28.122 phần tử, 20.554 nút, góc nhỏ nhất của các phần tử tam giác là  $26^\circ$ , khoảng cách nhỏ nhất giữa các nút bờ sông là 40m. Dữ liệu địa hình đáy sông được thu thập từ các đề tài: “Nghiên cứu đánh giá quá trình thay đổi luồng lạch và diễn biến thủy văn do nạn vét cửa sông Soài Rạp phục vụ giao thông thủy”<sup>10</sup>, đề tài “Nghiên cứu chế độ thủy động lực và chất lượng nước vùng cửa sông Sài Gòn–Đông Nai”<sup>11</sup> và đề tài “Nghiên cứu khoa học liên quan đến dự án về chỉnh trị luồng, đánh giá về sa bồi sau nạn vét”<sup>12</sup>.

**Bảng 1:** Đánh giá kết quả mô hình<sup>13</sup>

Hiệu quả mô phỏng	NSE	$R^2$	PBIAS
Rất tốt	0,75–1,00	0,75–1,00	0 ±2,5%
Tốt	0,65–0,75	0,65–0,75	±2,5% – ±15%
Thỏa mãn	0,50–0,65	0,50–0,65	±15% – ±35%

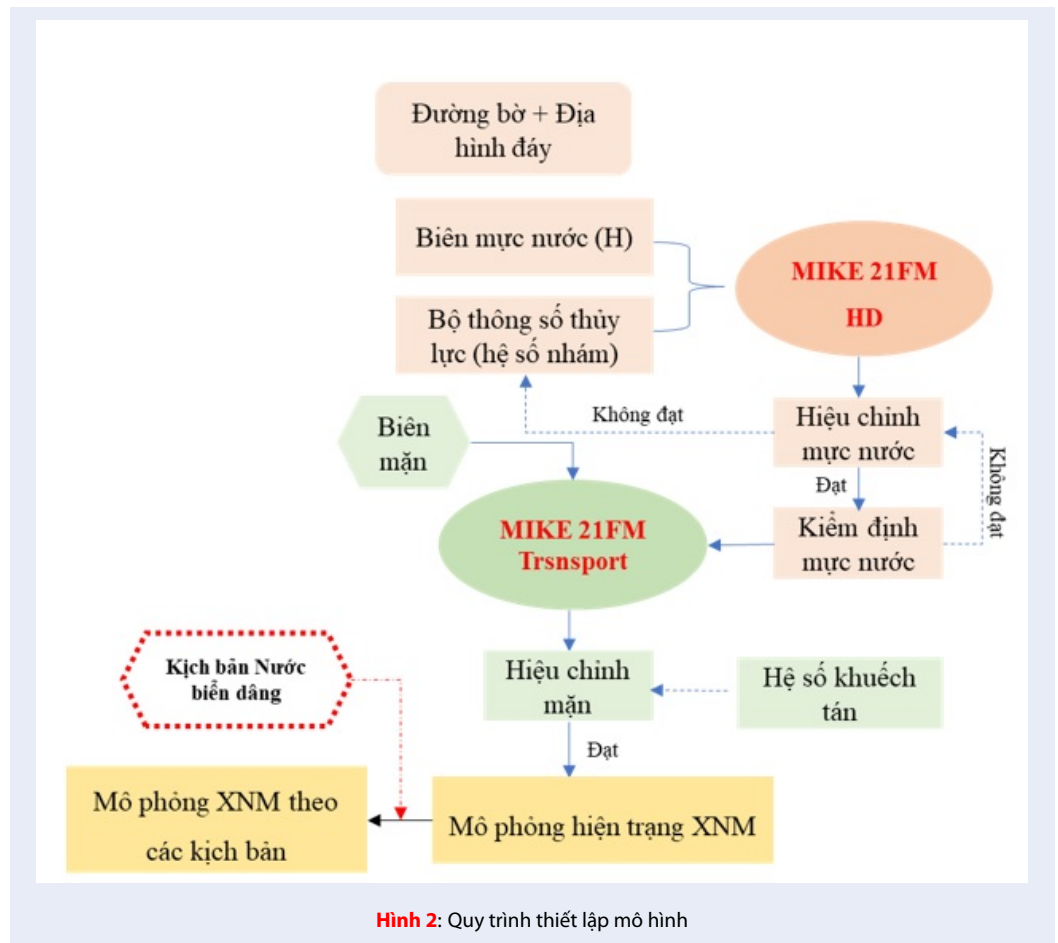
Bộ dữ liệu mực nước và lưu lượng theo giờ tại 13 trạm đo vào năm 2016 được thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam bộ. Trong đó, dữ liệu lưu

lượng tại Dầu Tiếng và mực nước tại các trạm Vũng Tàu, Vàm Kênh, Vàm Cỏ, Thị Tính, Bình Điền được sử dụng làm biên. Dữ liệu mực nước tại 06 trạm Phú Cường, Bình Phước, Thủ Thiêm, Phú An, Nhà Bè, Cát Lái được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực. Dữ liệu nồng độ mặn tại trạm Lý Nhơn được sử dụng làm biên và dữ liệu 2 trạm Thủ Thiêm và Long Đại được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình lan truyền mặn. Các dữ liệu được trình bày trong Hình 3. Do hạn chế về dữ liệu nên các biên mặn chủ yếu là các hằng số, cụ thể: các biên thượng lưu Dầu Tiếng, Trị An, Thị Tính được lấy bằng 0 g/L, biên Bình Điền và Vàm Cỏ lấy theo dữ liệu mặn trung bình tại trạm Thủ Thiêm và Lý Nhơn, biên Vũng Tàu – Vàm Kênh được lấy theo nồng độ mặn trung bình biển Đông 28–33 g/L<sup>14</sup>.

Bên cạnh đó, độ chính xác của các mô hình được đánh giá thông qua chỉ số hiệu quả Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) và hệ số tương quan ( $R^2$ ), trong đó, khi NSE và  $R^2$  càng tiến đến 1 thì độ chính xác của các kết quả đạt được càng cao. Giá trị PBIAS càng gần 0 biểu thị hiệu quả mô hình càng tốt. Bảng 1 trình bày chỉ số NSE,  $R^2$ , PBIAS đánh giá hiệu quả mô hình<sup>13</sup>.

*Xây dựng kịch bản nước biển dâng*

Trong nghiên cứu này các kịch bản nước biển dâng do BĐKH bao gồm kịch bản phát thải trung bình RCP4.5 và kịch bản phát thải cao RCP8.5 được sử dụng để diễn biến XNM khu vực nghiên cứu. Kịch bản NBD



cho khu vực nghiên cứu được tham khảo từ kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam<sup>15</sup> được trình bày trong Bảng 2.

**Bảng 2:** Mực nước biển dâng ở 2 kịch bản RCP4.5 và RCP8.5

Năm	KB RCP4.5	KB RCP8.5
Năm 2030	12 cm	12 cm
Năm 2050	22 cm	25 cm
Năm 2080	40 cm	51 cm

## KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### Kết quả hiệu chỉnh - kiểm định dòng chảy

#### Hiệu chỉnh dòng chảy

Nhìn chung, giá trị đánh giá khả năng mô phỏng của mô hình đều rất tốt ở các trạm hiệu chỉnh và kiểm định theo mực nước được trình bày trong Bảng 2. Hệ số Manning được tính tương quan theo độ sâu dao động từ 10–100 m<sup>1/3</sup>/s, kết quả hiệu chỉnh cụ thể tại

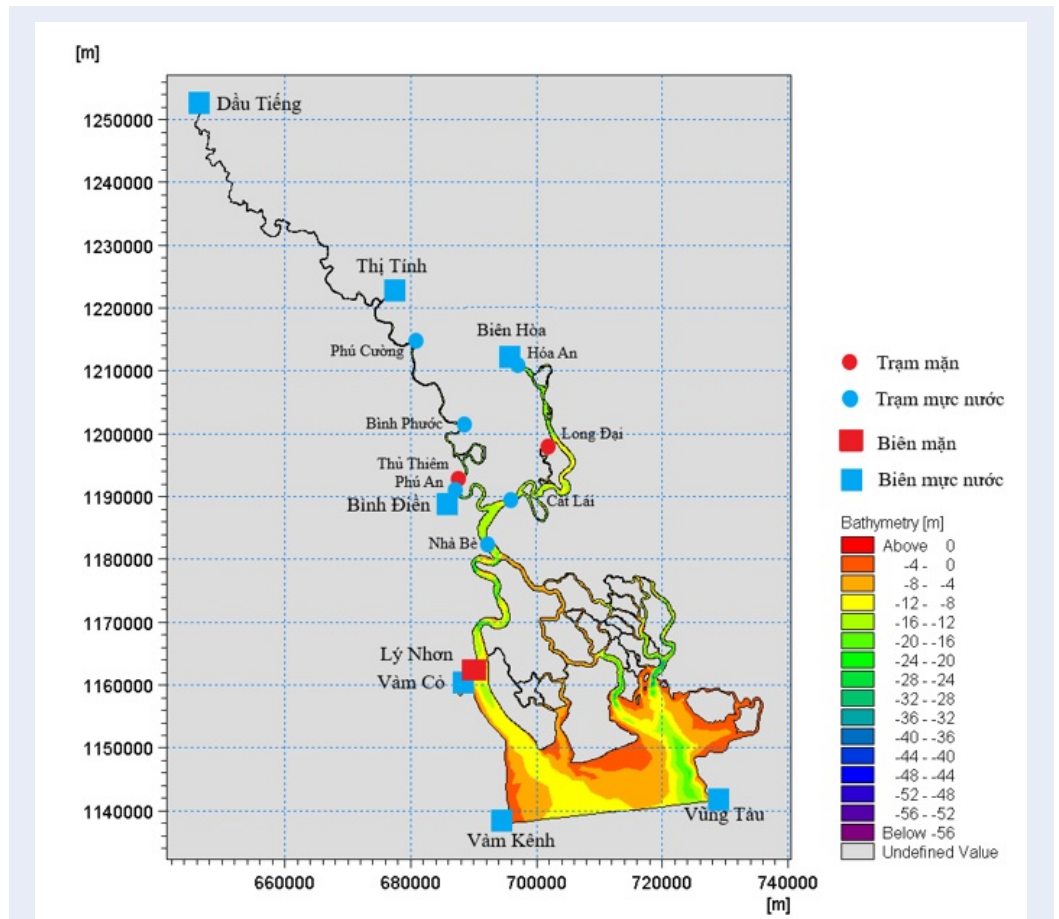
06 trạm quan trắc được trình bày trong Hình 4.

Theo hệ số tương quan ( $R^2$ ), tất cả các giá trị đều ở mức rất tốt; theo hệ số NSE, khả năng mô phỏng của mô hình ở mức rất tốt tại 6 trạm hiệu chỉnh (8/4/2016–10/4/2016) và kiểm định (5/6/2016–7/6/2016) mực nước. Điều này cho thấy mức độ phù hợp giữa giá trị mực nước thực đo và mô phỏng cả về không gian và thời gian, đảm bảo độ tin cậy để thực hiện mô phỏng xâm nhập mặn tại khu vực nghiên cứu.

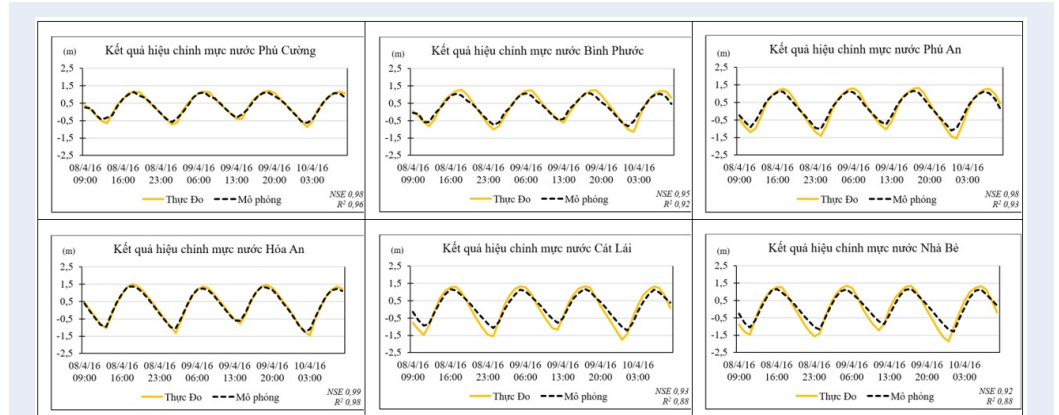
#### Kiểm định dòng chảy

Kết quả kiểm định mực nước tại 6 trạm: Phú Cường, Bình Phước, Phú An, Hóa An, Cát Lái và Nhà Bè được trình bày trong Hình 5 và Bảng 3 trình bày tổng kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mực nước của 6 trạm. Mực nước trong giai đoạn kiểm định tại các trạm quan trắc dao động trong khoảng từ -2,5 m đến 2,5 m.

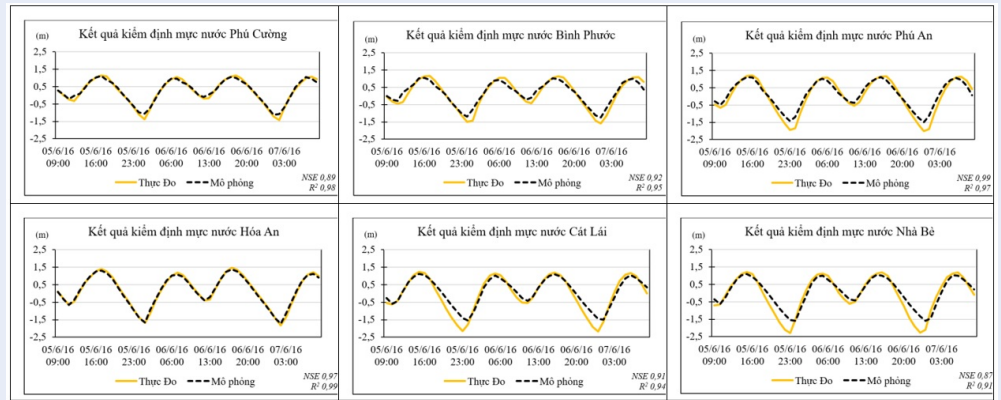




Hình 3: Vị trí các biên và trạm hiệu chỉnh kiểm định



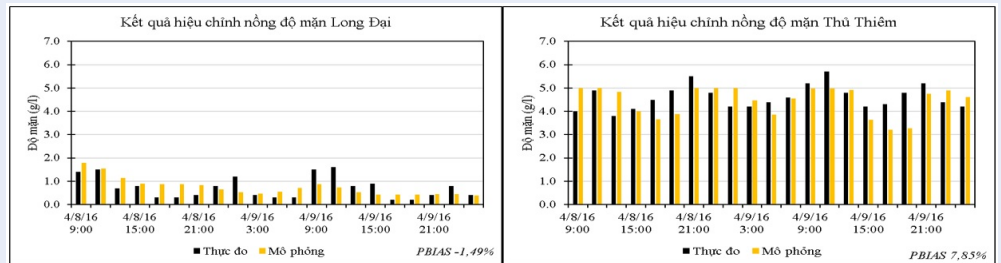
Hình 4: Kết quả hiệu chỉnh mực nước tại 6 trạm



Hình 5: Kết quả kiểm định mực nước tại 6 trạm

Bảng 3: Đánh giá hiệu quả mô phỏng mực nước tại 6 trạm

Trạm		Bình Phước	Phú Cường	Hóa An	Phú An	Cát Lái	Nhà Bè
Hiệu chỉnh	NSE	0,95	0,98	0,99	0,98	0,93	0,92
	R <sup>2</sup>	0,92	0,96	0,98	0,93	0,88	0,88
Kiểm định	NSE	0,92	0,89	0,97	0,99	0,91	0,87
	R <sup>2</sup>	0,95	0,98	0,99	0,97	0,94	0,91



Hình 6: Kết quả nồng độ mặn của trạm Long Đại và Thủ Thiêm

### Hiệu chỉnh lan truyền mặn

Nghiên cứu hiệu chỉnh trên cơ sở tài liệu độ mặn thu thập tại trạm Thủ Thiêm và Long Đại từ 8/4/2016–10/4/2016. Hệ số khuếch tán D sau hiệu chỉnh là 50 m<sup>2</sup>/s tại khu vực nghiên cứu. Sai số PBIAS tốt tại trạm Thủ Thiêm là 7,85%, tại trạm Long Đại là -1,49%. Chỉ số NSE tạm chấp nhận tại trạm Long Đại là 0,56 và của trạm Thủ Thiêm là 0,97. Hình 6 trình bày kết quả nồng độ mặn tại trạm Long Đại và Thủ Thiêm.

### Mô phỏng hiện trạng xâm nhập mặn

Các ngưỡng mặn sử dụng trong nghiên cứu này gồm: ngưỡng A1 (0,25g/L) là nồng độ mặn tiêu chuẩn phục vụ cấp nước sinh hoạt ở Việt Nam, ngưỡng A2

(0,35g/L) sử dụng cho mục đích cấp nước sinh hoạt nhưng phải áp dụng công nghệ xử lý phù hợp hoặc dùng cho mục đích tưới tiêu, thủy lợi theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT<sup>16</sup>.

Các kết quả mô phỏng XNM được thể hiện theo màu theo các mức độ mặn khác nhau, cụ thể màu xanh nhạt đến đậm thể hiện giá trị độ mặn trong khoảng từ 0–0,25 g/L, màu tím nhạt đến đậm thể hiện giá trị độ mặn trong khoảng từ 0,25–0,35 g/L và màu đỏ thể hiện nồng độ mặn lớn hơn 0,35 g/L. Với mục tiêu đánh giá tác động của XNM đến các nguồn nước thô tại TP.HCM nên nghi cứu tập trung nghiên cứu tại hai khu vực là trạm bơm Hòa Phú trên sông Sài Gòn và trạm bơm Hóa An, Bình An trên sông Đồng Nai,

kết quả mô phỏng xâm nhập mặn vào mùa khô năm 2016 được trình bày lần lượt trong Hình 7 và Hình 8. Kết quả cho thấy, nồng độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú (Hình 7) khi triều lên là 0,50 g/l và khi triều xuống 0,30 g/L. Tại sông Đồng Nai (Hình 8), nồng độ mặn tại trạm bơm Hóa An giai đoạn triều lên là 0,40 g/L và giai đoạn triều xuống là 0,30 g/L, nồng độ tại trạm bơm Bình An giai đoạn triều lên là 0,45 g/L và giai đoạn triều xuống là 0,44 g/L. Có thể thấy, nồng độ mặn tại cả ba trạm bơm vào mùa khô năm 2016 đều khá cao, đặc biệt khi triều lên nồng độ mặn vượt quy chuẩn A2 theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT.

### **Mô phỏng xâm nhập mặn theo kịch bản nước biển dâng**

#### **Dự báo diễn biến XNM theo thời gian**

Bảng 4 thể hiện kết quả tính toán phần trăm nồng độ mặn tăng tại ba trạm bơm Hòa Phú, Hóa An và Bình An dưới ảnh hưởng của các kịch bản NBD RCP 4,5 và RCP 8,5 so với hiện trạng. Từ kết quả cho thấy, khi mực nước biển dâng, nồng độ mặn trạm Bình An trên sông Đồng Nai bị ảnh hưởng nhiều nhất, tiếp đó đến trạm Hòa Phú trên sông Sài Gòn và trạm Hóa An ít bị ảnh hưởng nhất trong cả ba trạm bơm.

Cụ thể, tại trạm bơm Hòa Phú, nồng độ mặn tăng 5–18,75% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12 cm đến 40 cm ở kịch bản RCP4.5 và nồng độ mặn tăng 5–37,50% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12–51 cm ở kịch bản RCP8.5. Tại trạm bơm Hóa An trên sông Đồng Nai, nồng độ mặn tăng 1,43–5,71% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12–40 cm ở kịch bản RCP4.5 và nồng độ mặn tăng 1,43–12,86% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12–51cm ở kịch bản RCP8.5. Tại trạm bơm Bình An trên sông Đồng Nai, nồng độ mặn tăng 2,3–22,99% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12–40 cm ở kịch bản RCP4.5 và nồng độ mặn tăng 2,3–58,62% so với hiện trạng khi mực nước biển dâng từ 12–51cm ở kịch bản RCP8.5.

#### **Dự báo diễn biến XNM theo không gian**

Giá trị nồng độ mặn được tóm tắt cho kịch bản RCP4.5 và RCP 8.5 trong Bảng 5. Kết quả mô phỏng nồng độ mặn kịch bản RCP8,5 năm 2080 tại khu vực trạm Hòa Phú trình bày trong Hình 9 và khu vực trạm Hóa An – Bình An trình bày trong Hình 10.

Tại trạm bơm Hòa Phú, ở kịch bản RCP4.5 khi triều lên nồng độ mặn tăng và lên đến khoảng 0,54–0,65 g/L ứng với mực nước biển dâng từ 12–40 cm và khi triều xuống, nồng độ mặn tại trạm bơm không thay đổi qua các năm. Tương tự ở kịch bản RCP8,5, khi triều lên nồng độ mặn tại trạm bơm Hòa Phú tăng

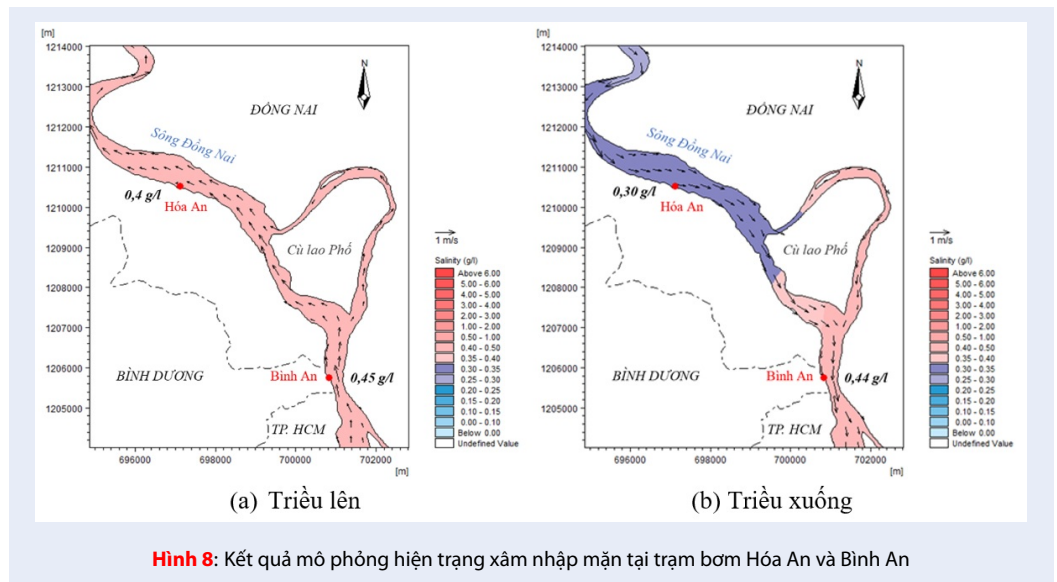
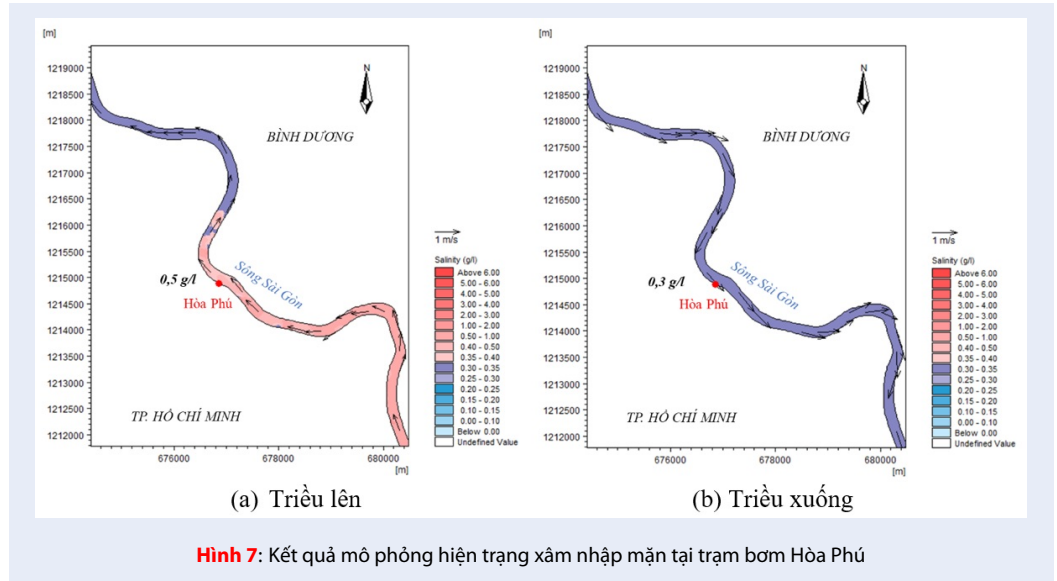
0,54–0,80 g/L ứng với mực nước biển dâng từ 12–51cm và khi triều xuống, nồng độ mặn tại trạm bơm không thay đổi qua các năm.

Tại khu vực trạm bơm Hóa An và Bình An trên sông Đồng Nai, theo kịch bản RCP4.5 khi triều lên nồng độ mặn tại trạm bơm Hóa An tăng 0,41–0,43 g/L ứng với mực nước biển dâng từ 12–40 cm và khi triều xuống, nồng độ mặn tại trạm bơm tăng ít hơn so với triều lên cụ thể độ mặn tăng và đạt khoảng 0,3 g/L vào 2030, khoảng 0,31 g/L và năm 2050 và 2080. Tại trạm bơm Bình An, khi triều lên nồng độ mặn tại trạm bơm Hóa An tăng 0,45–0,60 g/L, và khi triều xuống độ mặn tăng 0,44–0,47 g/L ứng với mực nước biển dâng từ 12–40 cm. Đối với kịch bản RCP8.5, khi mực nước biển dâng từ 12–51cm, nồng độ mặn trạm trạm Hóa An tăng so với hiện trạng và độ mặn lên đến 0,41–0,48 g/L khi triều lên và khoảng 0,31 g/L khi triều xuống. Tại trạm bơm Bình An, khi triều lên nồng độ mặn tại trạm bơm Hóa An tăng và lên đến khoảng 0,45–0,85 g/L, và khi triều xuống độ mặn tăng lên đến khoảng 0,44–0,53 g/L ứng với mực nước biển dâng từ 12–51 cm từ năm 2030 đến 2080.

Các kết quả trên cho thấy, so với trạm bơm Hóa An, nồng độ mặn tại trạm Bình An lớn hơn và tăng nhiều hơn khi mực nước biển dâng. Điều này do trạm bơm Bình An nằm phía dưới và gần biển hơn so với trạm Hóa An dẫn đến nồng độ mặn lớn hơn, đồng thời cũng bị ảnh hưởng bởi NBD nhiều hơn. Bên cạnh đó, các kết quả còn cho thấy, khi mực nước biển tăng kết hợp với triều dâng tạo điều kiện để mặn dễ dàng xâm nhập về phía thượng lưu, ngoài ra có thể thấy lượng nước ngọt đổ về từ thượng nguồn khi triều xuống giúp độ mặn tại khu vực trạm bơm không tăng hoặc tăng ít dưới ảnh hưởng của mực nước biển dâng.

### **Thảo luận**

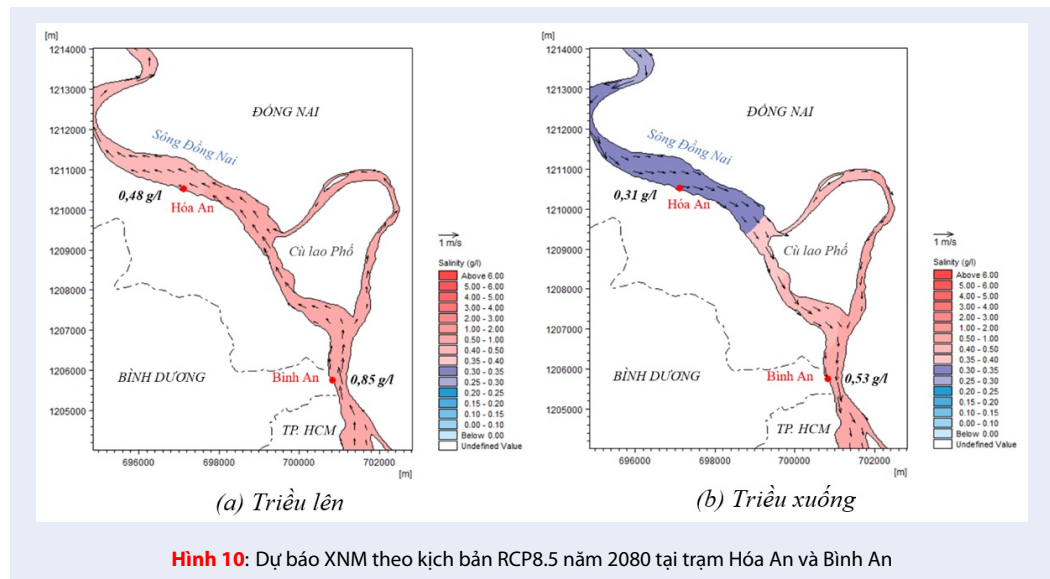
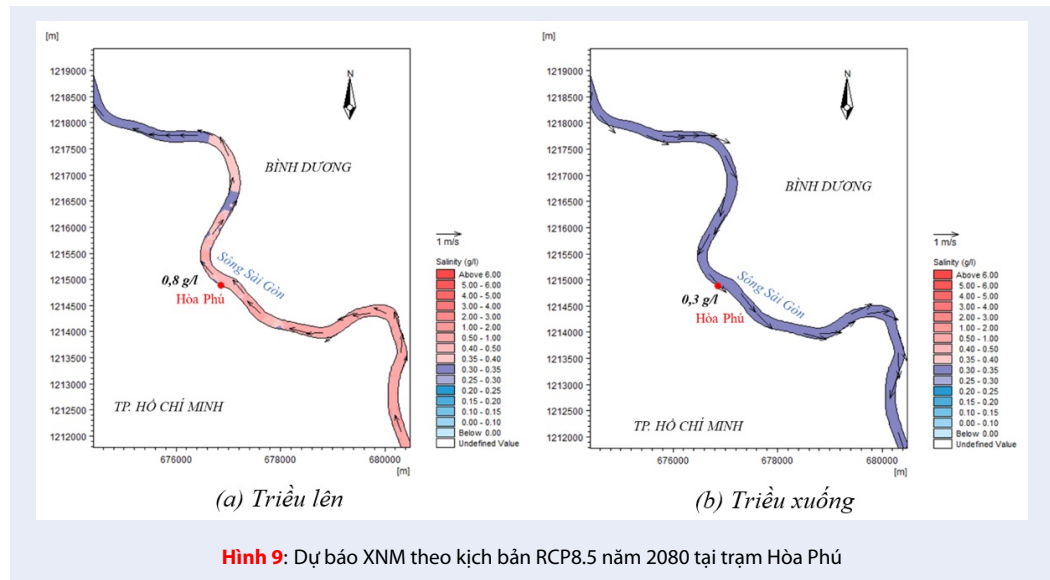
Kết quả mô phỏng mực nước và nồng độ mặn năm 2016 khi so sánh với kết quả mực nước và nồng độ năm 2006 của “Nghiên cứu ứng dụng mô hình hóa đánh giá xu thế của ngập lụt và xâm nhập mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu: nghiên cứu thí điểm tại TP.HCM”<sup>17</sup> cho thấy mực nước và nồng độ mặn năm 2016 đã tăng cao so với năm 2006. Đặc biệt là nồng độ mặn tháng 4 năm 2006 dao động khoảng 2 mg/L tại trạm Phú An, tháng 4 năm 2016 nồng độ mặn dao động trong khoảng 4–6 mg/L tại trạm Thủ Thiêm cùng khu vực TP. HCM. Kết quả cho thấy biến đổi khí hậu tác động lớn đến xâm nhập mặn tại khu vực TP. HCM. Bên cạnh đó, các kết quả về xu hướng xâm nhập mặn dưới ảnh hưởng của NBD trong nghiên cứu này cũng khá tương đồng với nghiên cứu “Nguy cơ xâm nhập mặn các sông chính tỉnh Đồng



**Bảng 4:** Thay đổi nồng độ mặn tại trạm bơm dưới tác động của NBD so với năm 2016 (Đơn vị: %)

Kịch bản	RCP 4.5			RCP 8.5		
	2030	2050	2080	2030	2050	2080
Trạm bơm Hòa Phú	5,00	15,00	18,75	5,00	15,00	37,50
Trạm bơm Hóa An	1,43	4,29	5,71	1,43	4,29	12,86
Trạm bơm Bình An	2,30	5,75	22,99	2,30	9,20	58,62





Nai trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng” của nhóm tác giả Nguyễn Kỳ Phùng và cộng sự năm 2017<sup>14</sup>, cụ thể kết quả dự báo vào năm 2030 dưới ảnh hưởng của mực nước biển dâng cho thấy, nồng độ mặn tại khu vực Hóa An tăng và có giá trị trong khoảng 0,25–0,5 g/L và trong nghiên cứu này nồng độ mặn tại khu vực Hóa An cũng tăng và có giá trị trong khoảng 0,3–0,45 g/L.

### KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực hiện hiệu chỉnh – kiểm định mực nước tại 6 trạm cho hiệu quả mô phỏng rất tốt NSE và  $R^2$  lớn hơn 0,85 tại tất cả các trạm đo đối với mô hình thủy lực và hiệu chỉnh nồng độ mặn tại 2 trạm Long

Đại và Thủ Thiêm với PBIAS nhỏ hơn 10% và NSE tạm chấp nhận đối với mô hình lan truyền mặn. Các kết quả đạt được chứng minh độ tin cậy của mô hình MIKE 21FM trong việc mô phỏng xâm nhập mặn tại khu vực TP. HCM.

Kết quả mô phỏng XNM tại TP. HCM theo các kịch bản NBD do BĐKH vào các năm 2030, 2050 và 2080 so với năm hiện trạng 2016 cho thấy, xét trong trường hợp bất lợi nhất khi khu vực chịu ảnh hưởng bởi cả hai tác động do hạn, mặn kéo dài (năm 2016) và mực nước biển dâng do BĐKH, nồng độ mặn tại các trạm bơm đều vượt quy chuẩn cấp nước sinh hoạt, trong đó trạm Hòa Phú trên sông Sài Gòn và trạm Bình An trên sông Đồng Nai chịu ảnh hưởng lớn nhất khi mực

**Bảng 5: Nồng độ mặn theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5**

	Kịch bản RCP4.5			Kịch bản RCP8.5		
	Hòa Phú	Hóa An	Bình An	Hòa Phú	Hóa An	Bình An
<b>TRIỀU LÊN</b>						
2016	0,50	0,40	0,44	0,50	0,40	0,44
2030	0,54	0,41	0,45	0,54	0,41	0,45
2050	0,62	0,42	0,47	0,62	0,42	0,47
2080	0,65	0,43	0,60	0,80	0,48	0,85
<b>TRIỀU XUỐNG</b>						
2016	0,30	0,30	0,45	0,30	0,30	0,45
2030	0,30	0,30	0,45	0,30	0,30	0,45
2050	0,30	0,31	0,46	0,30	0,31	0,48
2080	0,30	0,31	0,49	0,30	0,31	0,53

NBD.

Ngoài ra, kết quả cho thấy dưới ảnh hưởng của mực nước biển dâng nồng độ mặn tại khu vực tăng vào lúc triều lên nhiều hơn so với khi triều xuống, điều này cho thấy việc xả nước từ thượng nguồn có tác động lớn đến việc đẩy mặn tại hai trạm bơm Hòa Phú và Hóa An. Do đó, việc điều tiết hoạt động xả nước trên các hồ Dầu Tiếng và hồ Trị An đóng vai trò quan trọng trong việc đẩy mặn trên hệ thống sông Sài Gòn – Đồng Nai.

Bên cạnh những kết quả đạt được, nghiên cứu vẫn còn những thiếu sót nhất định, cụ thể do hạn chế về thời gian và điều kiện tính toán nên chưa thể tính toán trong khoảng thời gian dài nên chỉ thực hiện đánh giá XNM tại khu vực theo chế độ triều mà chưa đánh giá độ mặn tại các trạm bơm nước thô theo từng giờ, tuy nhiên trong những nghiên cứu tiếp theo sẽ thực hiện mô phỏng tổng quát quá trình XNM tại khu vực và đánh giá chi tiết nồng độ mặn tại các trạm bơm. Nghiên cứu chỉ xét đến yếu tố mực nước và độ mặn mà không đề cập đến các yếu tố ảnh hưởng đến xâm nhập mặn (XNM) khác như gió, nhu cầu sử dụng nước, các công trình,... tuy chưa phản ánh hết được các yếu tố tác động đến quá trình lan truyền mặn nhưng việc xem xét sự lan truyền mặn dưới sự ảnh hưởng của NBD giúp thấy rõ tác động của BĐKH đến tình trạng XNM tại khu vực nghiên cứu.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện dưới sự tài trợ của Sở Khoa học và Công nghệ TP. HCM thông qua Hợp đồng thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ số 77/2020/HĐ-QPTKHCN ngày 25 tháng 09 năm 2020.

### DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

BĐKH : Biến đổi khí hậu  
 NBD : Nước biển dâng  
 NSE : Nash–Sutcliffe efficiency  
 PBIAS : Percent bias – Phần trăm sai số  
 $R^2$  : Coefficient of determination  
 RCP : Representative Concentration Pathway  
 TP.HCM : Thành phố Hồ Chí Minh  
 XNM : Xâm nhập mặn

### XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả cam kết không có xung đột lợi ích

### ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Đào Nguyên Khôi, Trần Đức Dũng: Thu thập các dữ liệu, định hướng nghiên cứu và góp ý chỉnh sửa theo phản hồi của phản biện.

Nguyễn Đức Thiện, Nguyễn Thị Diễm Thúy: Tính toán, phân tích kết quả, chuẩn bị bản thảo, chỉnh sửa theo phản hồi của phản biện và hoàn chỉnh bài báo.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. IPCC. The physical science basis: Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 2013;.
2. Tình hình biến đổi khí hậu, ô nhiễm môi trường - Giải pháp khắc phục, Sổ Tài Nguyên và Môi Trường tỉnh Tiền Giang; Available from: <http://stnmt.tiengiang.gov.vn>.
3. Tổng công ty cấp nước sài gòn - SAWACO. TP.HCM; Available from: <http://www.sawaco.com.vn>.
4. Lee HL. Modeling the Influence of River Flow and Salt Water Intrusion in the Terengganu Estuary, Malaysia, Soft Soil Engineering International Conference 2015, IOP Conference Series Materials Science and Engineering. 2015;136(1):012076. Available from: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012076>.

5. Xu Z. Saltwater Intrusion Function and Preliminary Application in the Yangtze River Estuary, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019;16(1):118. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph16010118>.
6. Đại HV, Thái TH. Nghiên cứu mô hình thủy động lực 1-2 chiều để dự báo xâm nhập mặn hạ lưu sông Mã, Tạp chí Khí tượng Thủy văn. 2014;645:1–6.
7. Đinh Xuân Trường. Nghiên cứu xây dựng bản đồ nguy cơ xâm nhập mặn có xét đến tác động của biến đổi khí hậu hạ lưu sông Cả, Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. 2018;13:65–72.
8. Giới thiệu về thành phố, Văn phòng Ủy ban Nhân dân Thành phố Hồ Chí Minh; Available from: <https://vpub.hochiminhcity.gov.vn>.
9. DHI. MIKE 21 Flow Model Manuals Hydrodynamic – Transport – Scientific Documentation. 2014;.
10. Bầy NT. Nghiên cứu đánh giá quá trình thay đổi luồng lạch và diễn biến thủy văn do nạo vét cửa sông Soài Rạp phục vụ giao thông thủy, Sở Khoa học và Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh. 2012;.
11. Thạch B. Nghiên cứu chế độ thủy động lực và chất lượng nước vùng cửa sông Sài Gòn - Đồng Nai. Viện Khoa học Khí tượng Thủy Văn và Môi Trường, Luận án tiến sĩ. 2011;.
12. Hùng LM. Nghiên cứu khoa học liên quan đến dự án về chỉnh trị luồng đánh giá về sa bồi sau nạo vét thuộc dự án nạo vét luồng Soài Rạp, Viện Khoa học Thủy Lợi Miền Nam. 2014;.
13. Moriasi DN, et al. Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria, *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers)*. 2015;58(6):1763–1785. Available from: <https://doi.org/10.13031/trans.58.10715>.
14. Phùng NK, et al. Nguy cơ xâm nhập mặn các sông chính tỉnh Đồng Nai trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng. Tạp chí Khí tượng Thủy văn. 2017;06(2017):1–11.
15. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam, NXB Tài Nguyên - Môi trường và Bản đồ Việt Nam, Hà Nội. 2016;.
16. Bộ Tài nguyên và Môi trường. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt, QCVN 08-MT:2015/BTNMT;.
17. Linh VT, et al. Nghiên cứu ứng dụng mô hình hóa đánh giá xu thế của ngập lụt và xâm nhập mặn trong bối cảnh biến đổi khí hậu: nghiên cứu thí điểm tại thành phố Hồ Chí Minh. Tạp chí Khí tượng Thủy Văn, số phục vụ Hội thảo chuyên đề. 2019;p. 98–110. Available from: [https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019\(EME2\).98-110](https://doi.org/10.36335/VNJHM.2019(EME2).98-110).

# Impacts of the saltwater intrusion on the three raw water supply stations of Ho Chi Minh City under the climate change

Nguyen Duc Thien<sup>1,2</sup>, Nguyen Thi Diem Thuy<sup>1,\*</sup>, Tran Duc Dung<sup>2</sup>, Dao Nguyen Khoi<sup>1</sup>



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

## ABSTRACT

Ho Chi Minh city is located in the lower Sai Gon - Dong Nai river basin, with a relatively low topography compared to sea level and a dense network of rivers. Therefore, this area is very vulnerable to complex developments of saltwater intrusion, especially under the impact of climate change. The study assessed the impacts of saltwater intrusion on raw water supply stations of Ho Chi Minh city by modeling method, specifically the MIKE 21FM model. The results indicated that the water level calibrations had high reliability whose both NSE and  $R^2$  were above 0.85, and the salinity calibrations for PBIAS were about 10%. Then, the study simulated the current situation and sea-level rise scenarios for the flow velocity and salinity at the three raw water supply stations, namely Hoa Phu (on the Saigon river), Phu An, and Binh An (on the Dong Nai river). The results showed that the salinity concentrations at these three pumping stations were unsatisfied with QCVN 08-MT:2015/BTNMT under the impacts of both prolonged drought in 2016 and sea-level rise due to climate change, in which Hoa Phu and Binh An stations were affected the most by the sea-level rise.

**Key words:** climate change, Ho Chi Minh City, MIKE 21FM, saltwater intrusion, sea-level rise

<sup>1</sup>Faculty of Environment, University Of Science, VNU-HCM, Vietnam

<sup>2</sup>Center of Water Management and Climate Change, Institute for Environment and Resources, VNU-HCM, Vietnam

## Correspondence

**Nguyen Thi Diem Thuy**, Faculty of Environment, University Of Science, VNU-HCM, Vietnam

Email:  
nguyenthidiemthuyapag@gmail.com

## History

- Received: 05-4-2021
- Accepted: 25-01-2022
- Published: 28-02-2022

DOI : 10.32508/stdjns.v6i1.1098



## Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



**Cite this article :** Thien N D, Thuy N T D, Dung T D, Khoi D N. **Impacts of the saltwater intrusion on the three raw water supply stations of Ho Chi Minh City under the climate change.** *Sci. Tech. Dev. J. - Nat. Sci.*; 6(1):1872-1883.