

# Nguy cơ xâm nhập mặn sông Sài Gòn, Đồng Nai trong bối cảnh biến đổi khí hậu và nước biển dâng

Lê Ngọc Tuấn, Trần Thị Kim, Nguyễn Kỳ Phùng

**Tóm tắt**—Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ xâm nhập mặn (XNM) sông Sài Gòn, Đồng Nai trong bối cảnh biến đổi khí hậu (BĐKH) đến năm 2100 theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Bằng phương pháp mô hình hóa, kết hợp phương pháp GIS, kết quả tính toán cho thấy XNM ngày càng gia tăng và di chuyển sâu về phía thượng lưu. Chênh lệch độ mặn giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 chỉ thấy rõ từ giữa đến cuối thế kỷ XXI. Trên dòng chính sông Sài Gòn, tương ứng năm 2025, 2030, 2050 và 2100, theo RCP4.5, ranh mặn 0,25‰ cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 0,75 km, 1,6 km, 4,09 km và 6,22 km so với 0,75km, 1,6km, 4,6km và 8,6km theo RCP8.5. Trên dòng chính sông Đồng Nai, so với trạm bơm Hóa An, các số liệu tương ứng là 3,7km, 4,9km, 7,7 km, 11,7 km theo RCP4.5 và 3,7 km; 4,9 km; 8,1 km; 12,6 km theo RCP8.5. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở quan trọng cho việc hoạch định các giải pháp thích ứng XNM phù hợp, đảm bảo các hoạt động sinh hoạt và sản xuất tại địa phương

**Từ khóa**— biến đổi khí hậu, xâm nhập mặn, nước biển dâng

## 1. TỔNG QUAN

**B**iến đổi khí hậu - mà trước hết là nóng lên toàn cầu và nước biển dâng (NBD) - là một thách thức lớn đối với nhân loại trong thế kỷ 21. Thiên tai và các hiện tượng khí hậu cực đoan ngày càng gia tăng cả về số lượng, cường độ và phạm vi tác động - là mối lo ngại hàng đầu của nhiều quốc gia trên thế giới, trong đó có Việt Nam [1]. Vì vậy, nghiên cứu về BĐKH cần được tiến hành nhằm cung cấp thông tin cần thiết để thực hiện các quy

hoạch, kế hoạch... góp phần nâng cao năng lực thích ứng của hệ thống.

Nghiên cứu BĐKH có thể được chia thành ba nhóm bài toán lớn: N1) Bản chất, nguyên nhân, cơ chế vật lý của sự BĐKH; N2) Đánh giá tác động của BĐKH, tính dễ bị tổn thương do BĐKH và giải pháp thích ứng; N3) Giải pháp, chiến lược và kế hoạch hành động nhằm giảm thiểu BĐKH [2]. Trong bối cảnh BĐKH ngày càng diễn ra mạnh mẽ, dòng chảy trên các sông bị ảnh hưởng rất lớn bởi sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa, mực nước biển..., gián tiếp ảnh hưởng đến quá trình xâm nhập mặn (XNM), làm thay đổi chất lượng nước, ảnh hưởng đến hầu hết các hoạt động có liên quan như: trồng trọt, chăn nuôi, nuôi trồng thủy sản, dịch vụ, sinh hoạt... của các khu vực ven sông. Gần đây, nhiều nghiên cứu về BĐKH xem XNM là một trong những tác động chính cần quan tâm đánh giá [3 - 5], đặc biệt là các vùng cửa sông và ven biển [6 - 14].

Trong những năm gần đây, độ mặn trên sông Sài Gòn ngày càng tăng. Tình trạng thiếu nước, XNM trong mùa khô diễn ra ngày càng gay gắt, ảnh hưởng trực tiếp đến hệ thống cấp nước cho TP.HCM. Tại trạm bơm nước thô Hòa Phú (trên sông Sài Gòn thuộc huyện Củ Chi), từ cuối tháng 1-2016 đến nay, độ mặn thường xuyên trên ngưỡng 150 mg/L; nhiều đợt độ mặn vượt 250 mg/L, mỗi đợt kéo dài 2-3 giờ buộc Nhà máy nước (NMN) Tân Hiệp (huyện Hóc Môn) phải ngừng lấy nước thô (tổng cộng 15 giờ). Tại khu vực cầu Hóa An (trên sông Đồng Nai thuộc địa bàn tỉnh Đồng Nai)-vị trí khai thác nước thô của các NMN Thủ Đức, BOO Thủ Đức, Thủ Đức 3, độ mặn cũng có xu hướng gia tăng, gây nhiều khó khăn cho vận hành và sản xuất.

*Ngày nhận bản thảo: 10-02-2017, ngày chấp nhận đăng: 15-05-2018, ngày đăng: 12-09-2018*

Tác giả: Lê Ngọc Tuấn - Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM (lntuan@hmcus.edu.vn) Trần Thị Kim - Trường Đại học Tài Nguyên Môi trường TP. HCM, Nguyễn Kỳ Phùng - Sở Khoa học Công nghệ TP. HCM

Vì vậy, việc xác định nguy cơ XNM sông Sài Gòn, Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH và nước biển dâng đóng vai trò quan trọng, cung cấp cơ sở hoạch định các chính sách, chiến lược, biện pháp thích ứng phù hợp trong từng điều kiện cụ thể, góp phần giảm thiểu rủi ro, đảm bảo phát triển bền vững tại địa phương.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Phương pháp tổng hợp tài liệu

Các tài liệu, số liệu khí tượng thủy văn (KTTV), độ mặn, kịch bản biến đổi nhiệt độ, lượng mưa và mực nước dâng tại khu vực nghiên cứu đến năm 2100 (RCP4.5 và RCP8.5) phục vụ mô phỏng nguy cơ XNM sông Sài Gòn, Đồng Nai được thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ, Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường [15], các cơ quan hữu quan tại địa phương... đảm bảo độ tin cậy trong tính toán. Dựa trên tính sẵn có và đồng bộ của dữ liệu (lượng mưa, nhiệt độ, dòng chảy, độ mặn...), mốc thời gian năm 2013 được lựa chọn để thu thập số liệu phục vụ tính toán.

### Mô hình mưa rào - dòng chảy (NAM)

Được ứng dụng để tính toán mưa rào – dòng chảy (lưu lượng đổ vào các lưu vực thượng lưu) làm biên đầu vào cho mô hình MIKE 11, theo đó

**Bảng 1.** Dữ liệu tính toán và kiểm tra

	Hồ Trị An	Hồ Phước Hòa	Hồ Dầu Tiếng
<b>Lưu lượng vào</b>	01/01/2013 đến 30/12/2013 thu thập từ Ban quản lý hồ Trị An	01/01/2013 đến 30/12/2013 tính từ mô hình NAM	01/1989 đến 12/2005 tính từ mô hình NAM
<b>Lưu lượng xả</b>		01/01/2013 đến 30/12/2013 thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam bộ	01/1989 đến 12/2005 thu thập từ Ban quản lý hồ Dầu Tiếng

Để tính toán lưu lượng xả tràn tuân theo quy trình điều tiết hồ chứa cần xác định các đường quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả tràn, giữa mực nước hồ và thể tích hồ. Quan hệ giữa các đại lượng cho thấy độ tin cậy cao. Trong đó, quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn tại hồ Trị An, hồ Phước Hòa, hồ Dầu Tiếng lần lượt là  $R^2=0,999$ ,  $R^2=0,999$  và  $R^2=0,997$ ; quan hệ giữa mực nước hồ và thể tích hồ tương ứng  $R^2=1$ ,  $R^2=0,998$  và  $R^2=0,999$ .

Trong sơ đồ tính toán lưu lượng xả qua hồ chứa, công thức tính dòng chảy qua đập tràn được áp dụng để tính lưu lượng xả hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng dựa trên cột nước trước đập và chiều cao

là các mô phỏng XNM trong bối cảnh BĐKH.

Dữ liệu đầu vào của mô hình NAM: Diện tích tiểu lưu vực sau khi phân định tiểu lưu vực bằng ArcGIS. Trọng số mưa cho từng tiểu lưu vực tính bằng bảng đa giác Thiessen. Dữ liệu mưa trung bình ngày từ 01/01– 31/12/2013 tại trạm Tà Lài, Phước Hòa, Sờ Sao, Dầu Tiếng, Tây Ninh, Trị An, Tân An và Mộc Hóa thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ. Dữ liệu bốc hơi được tính toán bằng phương pháp Blaney – Criddle dựa trên dữ liệu nhiệt độ trạm Tân Sơn Hòa từ 01/01-31/12/2013 thu thập tại Đài KTTV khu vực Nam bộ.

Các thông số chính của mô hình: CQOF (hệ số dòng chảy tràn, phạm vi biến đổi từ 0,0 đến 0,9, phản ánh điều kiện thấm và cấp nước ngầm), CQIF (hệ số dòng chảy sát mặt), CBL (thông số dòng chảy ngầm), CLOF, CLIF (các ngưỡng dưới của các bể chứa để sinh dòng chảy tràn, dòng chảy sát mặt và dòng chảy ngầm), Umax, Lmax (thông số khả năng chứa tối đa của các bể chứa tầng trên và tầng dưới), CK1,2, CKBF (các hằng số thời gian về thời gian tập trung nước).

### Mô hình điều tiết hồ chứa

Nhằm xác định lưu lượng xả của hồ chứa sau khi hồ điều tiết. Dữ liệu được tóm tắt trong Bảng 1:

ngưỡng tràn. Đối với hồ Phước Hòa, công thức tính lưu lượng qua đập tràn Labyrinth được áp dụng. Sau đó, các số liệu tính toán được so sánh và hiệu chỉnh bằng đường quan hệ giữa mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn. Mực nước hồ và lưu lượng xả qua tràn giữa tính toán và quy trình điều tiết hồ chứa cho thấy độ tin cậy cao với  $R^2= 0,995$ ;  $R^2= 0,9978$  và  $R^2= 0,928$  tương ứng với Hồ Trị An, Phước Hòa và Dầu Tiếng. Theo đó, xác định được các hệ số sau hiệu chỉnh nhằm tính toán lưu lượng nước chảy qua đập tràn.

### Mô hình Mike 11

Áp dụng trong tính toán thủy lực và lan truyền mặn.

**Vùng tính và lưới tính**

Vùng tính: từ sau ba hồ chứa (Trị An, Dầu Tiếng và Phước Hòa) đến vị trí các cửa sông ven biển (Dinh Bà, Thị Vải, Lòng Tàu và Soài Rạp) (Hình 1).

Mạng lưới tính bao gồm 79 nhánh sông lớn nhỏ, 674 mặt cắt, 68 điểm nhập lưu và phân lưu. Khoảng cách dx lớn nhất trên các nhánh sông là 500–1000 m và nhỏ nhất là 100–200 m; chia chi tiết ở các nhánh sông nhỏ và chia lớn nhất trên các nhánh sông lớn nhằm giảm thời gian tính toán (Hình 2).

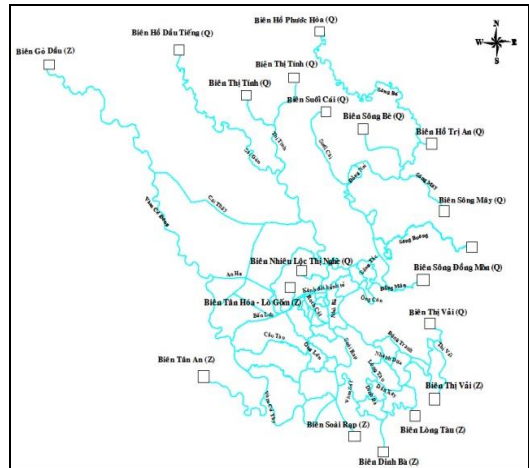
**Bộ thông số mô hình thủy lực**

*Dữ liệu tính toán*

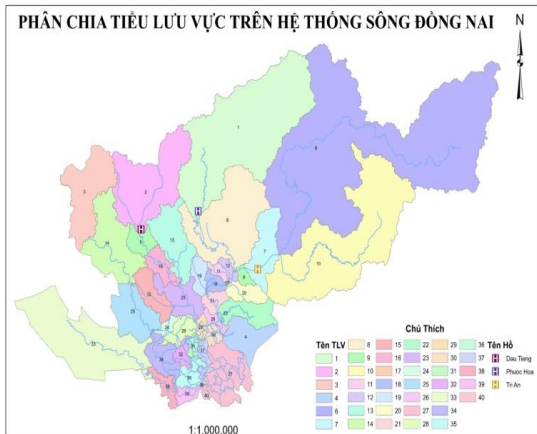
Bộ số liệu thủy văn năm 2013 được sử dụng làm biên tính toán, bao gồm: (i) *Biên thượng nguồn*: mực nước giờ tại Gò Dầu, Tân An, lưu lượng xả thực đo hồ Phước Hòa, hồ Trị An và hồ Dầu Tiếng (tính từ mô hình NAM). (ii) *Biên hạ nguồn*: mực nước Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải được tương quan từ dữ liệu mực nước Vàm Kênh và Vũng Tàu. (iii) *Lưu lượng nhập bên*: biến đổi theo thời gian, bao gồm lưu lượng nhập vào 160 đoạn sông các tiểu lưu vực (Hình 3). (iv) *Gió*: gió chương (gồm vận tốc gió và hướng gió) được thiết lập tại 4 cửa sông (Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải) và chạy dọc sông.



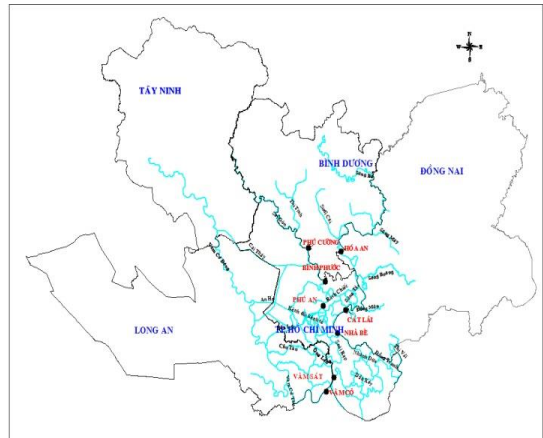
**Hình 1.** Vùng tính toán



**Hình 2.** Mạng lưới tính trong mô hình Mike 11



**Hình 3.** Các tiểu lưu vực trên hệ thống sông Đồng Nai



**Hình 4.** Vị trí các trạm hiệu chỉnh thủy lực

Thời gian tính: từ 0:00 01/04/2013 đến 23:00 30/04/2013; sau đó trích dữ liệu trong 3 ngày từ 9:00 26/4/2013–20:00 28/4/2013 để hiệu chỉnh mô

hình thủy lực cho vùng nghiên cứu; bước thời gian tính  $\Delta t = 1$  phút.

Biên tính toán: Điều kiện biên bao gồm biên thượng lưu và hạ lưu từ 0:00 01/04/2013 đến 23:00 30/04/2013 gồm: Biên thượng lưu và hạ lưu: như đã đề cập; (ii) Biên cắt: 12 biên lưu lượng với  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$  (2 biên nhánh Thị Tính, Nhiêu Lộc Thị Nghè, Tân Hóa Lò Gốm, Sông Buông, Suối Cái, Suối Nước Trong, Suối Giai, Sông Mây, nhánh sông Bé, sông Đồng Môn và sông Thị Vải). Vị trí các biên được thể hiện ở Hình 3.

Điều kiện ban đầu: Tại thời điểm ban đầu lấy mực nước tĩnh, lưu lượng  $Q = 0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Các trạm hiệu chỉnh mô hình: Sử dụng 8 trạm đo lưu lượng và mực nước (Cát Lái, Nhà Bè, Phú An, Phú Cường, Vàm Sát, Vàm Cỏ, Hóa An, Bình Phước) từ số liệu đo đạc của Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường 3 ngày từ 9:00 26/4/2013 - 20:00 28/4/2013 để hiệu chỉnh mô hình (Hình 4).

#### Mô hình lan truyền mặn

Bộ số liệu nồng độ mặn tại trạm Cát Lái, Thủ Thiêm và Nhà Bè từ 01:00 24/04/2013 - 23:00 29/04/2013 được sử dụng để hiệu chỉnh mô hình. Số liệu kiểm định được Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường đo đạc 3 ngày từ 09:00 ngày 19/04/2015 đến 9:00 ngày 22/4/2015 tại Thị Vải, Cát Lái.

Các biên mặn được thiết lập để tính toán lan truyền mặn trong sông:

Điều kiện biên mặn: Tại 4 biên cửa sông (Soài Rạp, Dinh Bà, Lòng Tàu, Thị Vải) sử dụng độ mặn trung bình trong các tháng mùa khô từ tháng 1 đến tháng 4/2013 của biển Đông (khoảng 28–33‰). Các biên thượng lưu và biên cắt (giống với mô hình thủy lực) lấy độ mặn bằng 0, biên Thị Vải thượng lưu lấy  $dS/dn = 0$ .

Điều kiện ban đầu: được lấy dọc theo chiều dài của sông, giảm dần từ biển lên thượng nguồn, dựa theo số liệu thực đo của các trạm đo mặn trên sông, lấy độ mặn ban đầu cho các điểm lân cận. Việc lấy điều kiện ban đầu như vậy nhằm giúp kết quả tính nhanh hội tụ đến kết quả đúng hơn.

Bước thời gian tính  $\Delta t = 30$  giây.

#### Tiêu chuẩn đánh giá độ tin cậy của mô hình

Để hiệu chỉnh mô hình, hệ số Nash – Sutcliffe (NSE) và hệ số tương quan  $R^2$  được sử dụng để đánh giá.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - Q_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})^2}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs})(Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})}{\left[ \sum_{i=1}^N (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs}) \right]^{0.5} \left[ \sum_{i=1}^N (Q_{sim,i} - \bar{Q}_{sim})^2 \right]^{0.5}}$$

Trong đó,  $Q_{sim,i}$  là lưu lượng mô phỏng tại thời gian  $i$ ;  $Q_{obs,i}$  là lưu lượng thực đo tại thời gian  $i$ ;  $\bar{Q}_{obs}$  là lưu lượng trung bình thực đo;  $\bar{Q}_{sim}$  là lưu lượng trung bình mô phỏng.

Tiêu chuẩn đánh giá: ở mức đạt khi  $0,4 < NSE < 0,65$  hay  $R^2 < 0,4$ ; ở mức khả khi  $0,65 \leq NSE \leq 0,75$  hay  $0,4 \leq R^2 < 0,8$ ; ở mức tốt khi  $NSE > 0,75$  hay  $R^2 \geq 0,8$ .

#### Phương pháp GIS và viễn thám

Phần mềm ArcSWAT 2012 chạy trên nền ArcGIS 10.1 được sử dụng để phân vùng tiểu lưu vực. Trọng số mưa được tính bằng phương pháp đa giác Thiessen thông qua công cụ Create Thiessen Polygons trong phần mềm ArcGIS. Ngoài ra, phương pháp GIS cũng được áp dụng để xây dựng bản đồ nhằm trực quan hóa kết quả tính toán.

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Trên cơ sở hiệu chỉnh mô hình NAM, hiệu chỉnh mô hình điều tiết hồ chứa, hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực (không trình bày chi tiết trong bài báo này), kết quả tính toán tương đối phù hợp với thực đo, chỉ số NSE và  $R^2$  ở các trạm (Phú Cường, Bình Phước, Cát Lái, Hóa An, Phú An, Nhà Bè, Ngã Bảy, Cái Mép, Vàm Cỏ, Vàm Sát) hầu hết ở mức cao (trên 0,8). Theo đó, bộ thông số nhám (M) được chọn để mô phỏng nguy cơ XNM trong bối cảnh BĐKH. Tương tự, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền mặn tại 3 trạm đo mặn (Cát Lái, Thủ Thiêm, Nhà Bè) tương quan khá tốt với số liệu thực đo ( $R^2$  tương ứng 0,8, 0,86 và 0,9), hệ số khuếch tán (D,  $\text{m}^2/\text{s}$ ) được xác định và trình bày trong Bảng 2.

**Bảng 2.** Hệ số nhám (M) trên các sông sau hiệu chỉnh và hệ số khuếch tán (D, m<sup>2</sup>/s) cho mô hình lan truyền mặn

Tên sông	M	D	Tên sông	M	D	Tên sông	M	D	Tên sông	M	D
Đồng Nai	0,035	25	Thị Vải	0,022	16	Buông	0,030	8	Đồng Môn	0,020	6
Sài Gòn	0,033	25	Soài Rạp	0,022	23	Bé	0,033	25	Vàm Sát	0,020	16
Nhà Bè	0,032	23	Dinh Bà	0,020	23	Phú Xuân	0,021	12	Rạch Chiếc	0,033	6
Lòng Tàu	0,026	22	VC Tây	0,028	22	Gò Gia	0,020	9			

Thời gian mô phỏng là toàn mùa khô -từ ngày 01/01 đến ngày 30/05 nhằm xác định xu hướng lan truyền và mức độ mặn vào năm 2013, 2025, 2030, 2050 và 2100 trong điều kiện nước biển dâng.

### Đánh giá diễn biến XNM sông Sài Gòn, Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH

Để phân tích sự lan truyền mặn trên sông, sự dịch chuyển của các ranh mặn (RM) theo thời gian tương ứng với các kịch bản BĐKH được xem xét, đánh giá. Tám vùng nước mặt ứng với các nhu cầu sử dụng nước được xác định tương ứng với các RM: *RM1* -0,25‰ (ứng với độ mặn < 0,25‰); *RM2* -0,5‰ (0,2 – 0,5‰); *RM3* -1‰ (0,5 – 1‰); *RM4* -2‰ (1–2‰); *RM5*-4‰ (2 – 4‰); *RM6*-8‰ (4 – 8‰); *RM7*-18‰ (8 – 18‰); *RM8* -độ mặn > 18‰.

Trên địa bàn Tp. HCM, sông Sài Gòn và Đồng Nai phục vụ chính cho mục đích cấp nước thành phố: Nhà máy Tân Hiệp sử dụng nước từ trạm bơm nước thô Hòa Phú (Củ Chi) trên dòng chính sông Sài Gòn; Nhà máy nước Thủ Đức sử dụng nước từ các trạm Hóa An (tỉnh Đồng Nai), Bình An (tỉnh Bình Dương) nằm trên dòng chính sông Đồng Nai. Theo đó, các ranh mặn ảnh hưởng đến chất lượng nước sông Sài Gòn được tập trung phân tích (0,25‰, 0,5‰ và 1‰) – tương ứng với vị trí trạm bơm nước thô Hòa Phú và Hóa An.

Dưới ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và nước biển dâng, chế độ thủy lực và sự lan truyền mặn trong sông có thay đổi: các RM tính được từ các kịch bản đều dịch chuyển sâu hơn về phía thượng nguồn trên sông Sài Gòn so với hiện trạng. Khác với năm 2050 và 2100, kết quả tính toán năm 2025 và 2030 không cho thấy sự khác biệt đáng kể về RM giữa hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 (chênh lệch 0,02%). Theo đó, hai kịch bản RCP4.5 và RCP8.5 trong năm 2025 và 2030 sẽ được phân tích, đánh giá chung. Đối với năm 2050

và 2100, từng kịch bản BĐKH sẽ được đánh giá cụ thể.

#### Ranh mặn 0,25‰ (RM1)

Trên dòng chính sông Sài Gòn, vào thời điểm 14:00 ngày 24/02/2013, RM1-2013 dịch chuyển xa nhất về phía thượng lưu hồ Dầu Tiếng, đi qua trạm bơm Hòa Phú của nhà máy nước (NMN) Tân Hiệp khoảng 0,04km (Hình 5). Đến năm 2025, RM1 tiến xa hơn về phía thượng lưu so với kịch bản hiện trạng (khoảng 0,7km), cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 0,75km (Hình 6a); số liệu tương ứng năm 2030 là 1,6km (Hình 6b). Trong bối cảnh BĐKH và NBD, độ mặn trên sông cũng tăng lên, RM1 năm 2050 và 2100 cách RM1-2013 lần lượt khoảng 4,05 km và 6,18km ứng với kịch bản RCP4.5 (Hình 6c, d); khoảng 4,56km và 8,46km ứng với kịch bản RCP8.5.

Trên dòng chính Đồng Nai, các RM cũng dịch chuyển dần về phía thượng lưu theo từng năm. Cường độ mặn lớn nhất xuất hiện vào cùng thời điểm 14:00 ngày 24/2 (theo từng kịch bản). Năm 2013, RM1 đã lấn sâu vào nội đồng, đi qua trạm bơm nước Hóa An của NMN Thủ Đức 0,5km về phía thượng lưu. Tương ứng với các năm 2025, 2030, 2050 và 2100 (kịch bản RCP4.5), RM1 dần tiến xa về phía thượng lưu -cách trạm bơm lần lượt khoảng 3,7km, 4,9 km, 7,7km và 11,7km (Hình 6). Với kịch bản RCP8.5, trong năm 2050 và 2100, RM1 cách trạm bơm tương ứng 8,1km và 12,6 km. Nhìn chung, RM1 của từng kịch bản ngày càng cách xa RM1-2013 cho thấy hiện tượng mặn hóa ngày càng gia tăng, vùng an toàn cho sử dụng nguồn nước càng hạn hẹp.

#### Ranh mặn 0,5‰ (RM2)

Trên dòng chính sông Sài Gòn, diễn biến sự dịch chuyển của RM2 (0,5‰) tương tự xu hướng RM1 như đã phân tích. 14:00 ngày 24/02/2013 là thời điểm RM2 di chuyển về thượng lưu sâu nhất –

tương tự RM 1. Năm 2013, RM2 cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 16,2km về phía hạ lưu (cách trạm Phú An 29 km) (Hình 5). Đến năm 2025 và 2030, so với RM2-2013, RM2 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn tương ứng khoảng 1,2km và 3km, cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 15km và 13,2km (Hình 6a, b). Năm 2050, ứng với kịch bản RCP4.5 và RCP8.5, RM2 di chuyển thêm một đoạn 6,7km và 7,1 km so với năm 2013; cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 9,5km và 9,1km về phía hạ lưu (Hình 6c). Năm 2100, ứng với 2 kịch bản BĐKH nêu trên, RM2 tiếp tục đi về phía thượng lưu, cách trạm bơm Hòa Phú lần lượt 1,5km và 0,4km về phía hạ lưu (Hình 6d).

Trên dòng chính sông Đồng Nai, do độ dốc đáy sông nhỏ hơn nhánh sông Sài Gòn nên mặn xâm nhập sâu và nhanh hơn về phía thượng lưu. Năm 2013, RM2 chỉ còn cách trạm bơm Hóa An 9 km về phía hạ lưu (cách trạm Cát Lái 36 km về phía thượng lưu) (Hình 5). Khoảng cách này ngày càng rút ngắn. Theo kịch bản RCP4.5, tương ứng năm 2025, 2030, 2050 và 2100, RM2 cách trạm bơm Hóa An lần lượt 6,9km; 5,7km; 3,8km và 1,4km về phía hạ lưu (dịch chuyển các đoạn tương ứng 2,1km; 3,3km; 5,2km và 7,6km so với RM2-2013) (Hình 6a, d). Với kịch bản RCP 8.5, trong năm 2050 và 2100, RM2 di chuyển thêm một đoạn 5,8km và 8,1km so với RM2-2013.

#### *Ranh mặn 1‰ (RM3)*

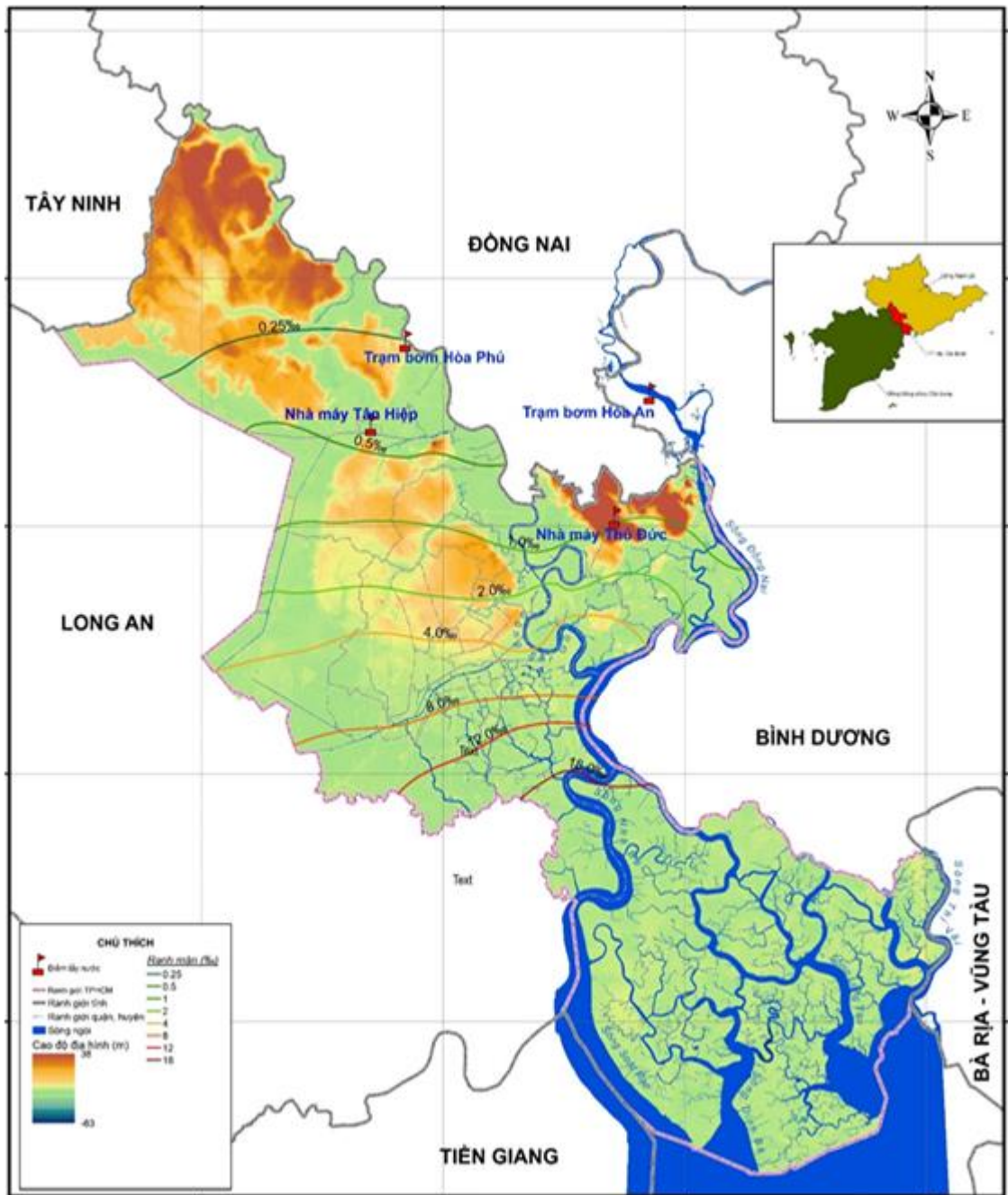
Trên dòng chính sông Sài Gòn, RM3 cách trạm bơm Hòa Phú khoảng 27,2km, 25,4km và 24,5km tương ứng năm 2013, 2025 và 2030 (Hình 5–6a, b). Năm 2050, so với năm 2013, RM3 tiếp tục di chuyển về thượng lưu - cách trạm bơm Hòa Phú về phía hạ lưu khoảng 20,2km và 19,7km tương ứng

với kịch bản RCP4.5 (Hình 6c) và RCP8.5. Đến năm 2100, các số liệu trên lần lượt là 15,4km (Hình 6d) và 13,1km.

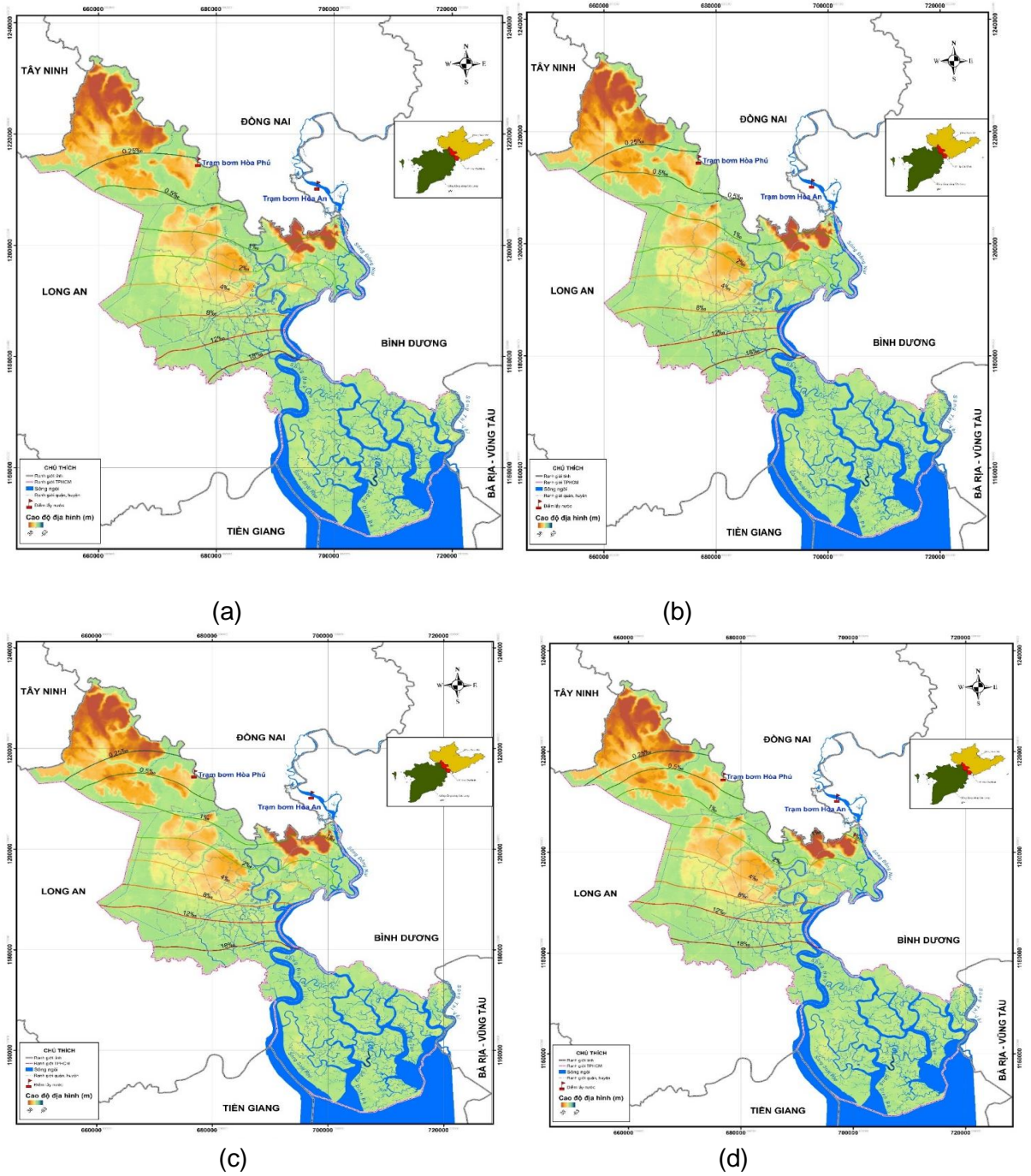
Trên dòng chính sông Đồng Nai, RM3-2013 cách trạm bơm Hóa An 19,2km về phía hạ lưu. Với kịch bản RCP4.5, đến năm 2025, 2030, 2050 và 2100, RM3 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn 1,7km; 2,5 km; 4,7km và 9,5 km so với năm 2013 (Hình 6). Với kịch bản RCP8.5, trong năm 2050 và 2100, RM3 di chuyển về thượng lưu thêm một đoạn tương ứng 5,1km và 10,4km so với năm 2013.

#### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu nhằm mục tiêu đánh giá nguy cơ XNM sông Sài Gòn, Đồng Nai trong bối cảnh BĐKH đến năm 2100 theo các kịch bản RCP4.5 và RCP8.5. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong trường hợp không có các công trình ngăn mặn, theo thời gian, các ranh mặn di chuyển dần về phía thượng lưu. Chênh lệch độ mặn giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 thấy rõ hơn vào năm 2050 và 2100. Trên dòng chính sông Sài Gòn, tương ứng các mốc thời gian 2025, 2030, 2050 và 2100, theo kịch bản RCP4.5, ranh mặn 0,25‰ cách trạm bơm Hòa Phú tương ứng 0,75km, 1,6km, 4,09km và 6,22km so với 0,75km, 1,6km, 4,6km và 8,6km theo kịch bản RCP8.5. Trên nhánh Đồng Nai, ranh mặn 0,25‰ cách trạm bơm Hóa An các số liệu tương ứng là 3,7 km; 4,9km; 7,7km và 11,7km theo kịch bản RCP 4.5 so với 3,7 km; 4,9 km; 8,1 km và 12,6km theo kịch bản RCP8.5. Kết quả nghiên cứu đóng góp cơ sở cho việc hoạch định các giải pháp ứng phó với XNM tại địa phương, đặc biệt trong bối cảnh BĐKH.



Hình 5. Kết quả mô phỏng XNM khu vực TpHCM lúc 14:00 ngày 24/02/2013



**Hình 6.** Nguy cơ XNM (cao nhất) khu vực TpHCM theo kịch bản RCP4.5 -không xét đến các công trình ngăn mặn: (a) năm 2025; (b) năm 2030; (c) năm 2050; (d) năm 2100





TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bộ Tài nguyên và Môi trường, Kịch bản Biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, 2016.
- [2] P.V. Tân, N.Đ. Thành, Biến đổi khí hậu ở Việt Nam: Một số kết quả nghiên cứu, thách thức và cơ hội trong hội nhập quốc tế, *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Các Khoa học Trái đất và Môi trường*, Tập 29, Số 2 42–55, 2013.
- [3] N.T. Le, T. N. My VU, Assessment of adaptive capacity to saltwater intrusion in the context of climate change in Dong Nai province to 2030, *Science and Technology Development Journal*, T5-2016, 225–232, 2016.
- [4] X.H. Tran, N.T. Le, Identifying vulnerability indicators to saltwater intrusion in the context of climate change, *Journal of Science and Technology*. 53, 5A, 212–219, 2015.
- [5] L.N. Tuấn, T.T. Thủy, Đánh giá mức độ nhạy cảm với xâm nhập mặn trên địa bàn tỉnh Đồng Nai đến năm 2030, *Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ*, T5, 256–267, 2016.
- [6] H.V. Đại, T.H. Thái, 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*, 645, 1–6, 2014.
- [7] L.Đ. Dũng, H.V. Đại, N.K. Linh, Đánh giá tình trạng xâm nhập mặn khu vực hạ lưu sông Mã, tỉnh Thanh Hóa, *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 645, 36-40 2014.
- [8] T.Q. Đạt, N.H. Trung, K. Likitdecharote, Mô phỏng xâm nhập mặn đồng bằng sông Cửu Long dưới tác động mực nước biển dâng và sự suy giảm lưu lượng từ thượng nguồn, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 21b, 141–150, 2012.
- [9] N.T. Bình, L. Huôn, T.S. Phanh, Đánh giá tổn thương có sự tham gia: Trường hợp xâm nhập mặn ở đồng bằng sông Cửu Long, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 24b–2012, 229–239, 2012.
- [10] V.T. Danh, Đánh giá tổn thương do xâm nhập mặn đối với sản xuất nông nghiệp tại các vùng ven biển tỉnh Trà Vinh, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ tỉnh Trà Vinh*, 02, 24–33, 2014.
- [11] N.T. Phong, T.V. Thắng, N.V. Đại, Nghiên cứu tính toán xâm nhập mặn trên hệ thống sông Vu Gia - Thu Bồn có xét tới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, số 18, 1–8, 2013.
- [12] P.T. Thắng, N.T. Hiền, Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu – nước biển dâng đến tình hình xâm nhập mặn dải ven biển đồng bằng Bắc Bộ, *Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 37, 34–39, 2012.
- [13] D.N. Khang, A. Kotera, T. Sakamoto, M. Yokozawa, Sensitivity of salinity intrusion to sea level rise and river flow change in vietnamese mekong delta impacts on availability of irrigation water for rice cropping, *Journal of Agricultural and Meteorological*, 64, 167–176, 2008.
- [14] L.A. Tuan, C.T. Hoanh., F. Miller, B.T. Sinh, Flood and Salinity Management in the Mekong Delta, Vietnam. Challenges to sustainable development in the Mekong Delta: Regional and national policy issues and research needs: Literature analysis. Bangkok, Thailand: The Sustainable Mekong Research Network (Sumernet): 15–68, 2007.
- [15] Viện Khí tượng Thủy văn Hải văn và Môi trường, Nghiên cứu, cập nhật các kịch bản biến đổi khí hậu của Thành phố Hồ Chí Minh theo phương pháp luận và kịch bản mới của Ủy ban liên Chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) và Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2016.

# Risks of the saltwater intrusion in the SaiGon, DongNai rivers in the context of climate change and sea level rise

<sup>1</sup> Le Ngoc Tuan, <sup>2</sup>Tran Thi Kim, <sup>3</sup>Nguyễn Kỳ Phùng

<sup>1</sup>University of Science – VNU-HCM, <sup>2</sup>University of Natural Resources and Environment – VNU-HCM,

<sup>3</sup>Department of Science and Technology – VNU-HCM

Corresponding author: lntuan@hcmus.edu.vn

Received: 10-02-2017, Accepted: 15-05-2017, Published: 12-09-2018

**Abstract**—This work aimed to assess the risk of the saltwater intrusion (SI) in main rivers in Ho Chi Minh City (HCMC) in the context of climate change by 2100 under scenarios of RCP4.5 and RCP8.5. By modeling and GIS methods, results showed that SI has been increasing and moving upstream. Differences in the salinity between the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios could be only visible from the middle to the end of the 21st century. In Saigon river, for RCP4.5, corresponding to 2025, 2030, 2050, and 2100, the salt line of 0.25‰ would be 0.25km, 1.6 km, 4.09km and 6.22km, respectively from Hoa Phu

pump station as compared to that of 0.75 km; 1.6km; 4.6 km and 8.6 km, respectively for RCP8.5. In Dong Nai river, from Hoa An pump station, the corresponding figures would be 3.7km; 4.9km; 7.7km; 11.7km according to RCP4.5 and 3.7km, 4.9 km, 8.1km, 12.6km according to RCP8.5. The research results provide an important basis for planning suitable adaptation solutions, ensuring local activities and production.

**Index Terms**—climate change, saltwater intrusion, sea level rise