

TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ SỰ THAY ĐỔI PHÂN BỐ MẶN SÔNG SOÀI RÁP DO NẠO VẾT BẰNG MÔ HÌNH 3D

ThS. Nguyễn Thị Thúy Hằng, PGS.TS. Nguyễn Kỳ Phùng

Phân Viện Khí tượng Thủy văn và Môi trường phía Nam

PGS.TS. Nguyễn Thị Bẩy, ThS. Nguyễn Ngọc Minh

Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

Trong bài báo này, các tác giả trình bày nghiên cứu chủ yếu dựa trên mô hình số tính toán dòng chảy và phân bố mặn sông Soài Ráp, từ đó đánh giá tác động của dự án nạo vét đến sự thay đổi chế độ mặn trong sông ứng với phương án luồng Soài Ráp được nạo sâu đến 9,5 m và 11 m so với kịch bản hiện trạng.

Từ khoá: Soài Ráp, mô hình, độ mặn

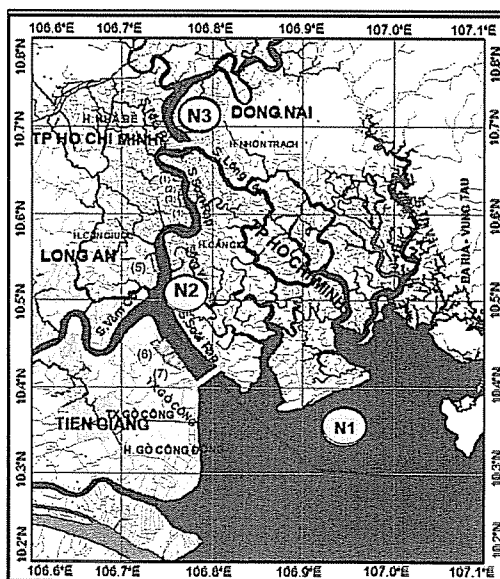
1. Giới thiệu

Dự án nạo vét sông Soài Ráp nhằm mục tiêu mở rộng luồng tàu, cho phép tàu biển có trọng tải 50.000 DWT đầy tải (70.000DWT giảm tải) đi thẳng từ vịnh Gành Rái vào KCN ở thành phố Hồ Chí Minh và các tỉnh lân cận. Luồng Soài Ráp được quy hoạch thành 3 đoạn, gồm N1, N2 và N3 như hình bên. Theo kế hoạch, luồng sẽ được nạo vét qua 3 giai đoạn: (1) Từ 2010 – 2015, nạo vét đến độ sâu 9,5m; (2) Từ 2016 - 2020, nạo vét đến độ sâu 11 m; (3) Sau 2020, nạo vét đến độ sâu 12 m. Mặt cắt thiết kế đáy rộng 130 m, cao độ đáy -12 m, mái dốc m=5 tại đoạn luồng sông, và mặt cắt

thiết kế đáy rộng 170 m, cao độ đáy -12 m, mái dốc m=10 tại đoạn luồng biển.

Luồng Soài Ráp sau khi được nạo vét, chắc chắn sẽ làm thay đổi chế độ thủy lực, là nguyên nhân gây biến đổi lòng dẫn, xâm nhập mặn,... Tuy nhiên, mức độ tác động như thế nào thì chưa rõ. Trong nghiên cứu này, các tác giả dựa vào mô hình MIKE 21 FM và MIKE 3 FM

Để tính toán, đánh giá sự thay đổi phân bố mặn trên sông Soài Ráp sau khi tiến hành nạo vét luồng theo dự án đến độ sâu 9,5 m và 11 m so với kịch bản hiện trạng. Phạm vi nghiên cứu là sông Soài Ráp đoạn từ Nhà Bè ra đến cửa biển (đoạn N2 – hình 1).



Hình 1. Sơ đồ quy hoạch cảng và tuyến luồng tàu Soài Ráp [Nguồn: Portcoast]

2. Phương pháp nghiên cứu và giới thiệu mô hình

Trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu sau đây: Phương pháp thu

thập tài liệu, kế thừa cơ sở dữ liệu và các nghiên cứu có liên quan; phương pháp xử lý số liệu, kỹ thuật GIS; phương pháp mô hình toán,... Trong đó, phương pháp mô hình toán là phương pháp chủ đạo. Trong nghiên cứu này, mô hình MIKE 21 sử dụng để tính

toán chế độ thủy lực hai chiều cho vùng từ Nhà Bè ra biển (Hình 2), từ đó cắt biên tại cửa sông Soài Rạp, sông Vàm Cỏ, sông Lòng Tàu để tính toán dòng chảy và phân bố mặn ba chiều trên sông Soài Rạp cho vùng tính nhỏ (Hình 3).

a. Giới thiệu mô hình

Mô hình MIKE 21 FM, và MIKE 3 FM nằm trong gói phần mềm MIKE 21, là gói phần mềm mô phỏng chế độ thủy động lực học hai chiều và ba chiều. Mô hình này giải hệ phương trình Saint – Venant (phương trình

liên tục và phương trình động lượng theo hai hướng) với lưới tự do phủ toàn khu vực tính toán.

Để giải hệ phương trình, người ta dùng phương pháp thể tích hữu hạn để rời rạc hoá miền tính. Lưới tính trên mặt phẳng nằm ngang là lưới phi cấu trúc, bao gồm những phần tử dạng tam giác. Riêng với mô hình 3D, theo chiều đứng sử dụng cấu trúc phân lớp. Việc tính toán mặn được tính cùng lúc với tính toán dòng chảy trong mô đun HD của mô hình 2D và 3D. Tuy nhiên, trong phạm vi bài báo này chỉ trình bày các phương trình cơ bản của lan truyền mặn 2D và 3D.

Phương trình lan truyền mặn 2D:

$$\frac{\partial \bar{s}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}s}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}s}{\partial y} = h \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] s + h s_s S$$

Phương trình lan truyền mặn 3D:

$$\frac{\partial h s}{\partial t} + \frac{\partial h u s}{\partial x'} + \frac{\partial h v s}{\partial y'} + \frac{\partial h \omega s}{\partial \sigma} = h \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] s + \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(\frac{D_v}{h} \frac{\partial s}{\partial \sigma} \right) + h s_s$$

$$\left(\sigma = \frac{z - z_b}{h}, x' = x, y' = y \right)$$

Trong đó:

t : Thời gian [s]

x, y, z : Toạ độ theo x, y, z trong hệ toạ độ vuông góc [m]

\bar{s} : Độ mặn trung bình theo chiều sâu [‰]

u, v : Vận tốc dòng chảy trung bình theo chiều sâu theo phương x, y [m/s]

s : Độ mặn trong phương trình 3D [‰]

u, v : Vận tốc dòng chảy theo phương x, y

$h = \zeta + d$: Tổng độ sâu [m] (d : Độ sâu tính từ mặt thoáng [m])

D_v : Hệ số khuếch tán rối theo phương thẳng đứng [m²/s]

D_h : Hệ số khuếch tán theo phương ngang [m²/s]

s_s : Độ mặn nguồn [‰]

S : Hàm số nguồn [1/s]

Điều kiện biên trên bề mặt và đáy cho độ mặn là:

- Trên mặt thoáng, tại $z = \zeta$: $\frac{\partial s}{\partial z} = 0$

- Dưới đáy, tại $z = -d$: $\frac{\partial s}{\partial z} = 0$

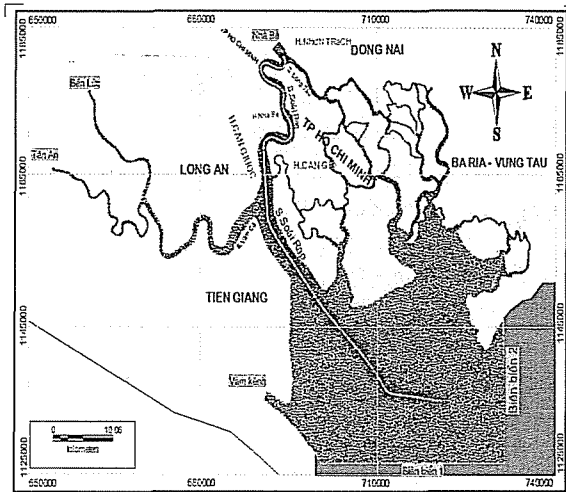
b. Số liệu tính toán

• Lưới tính

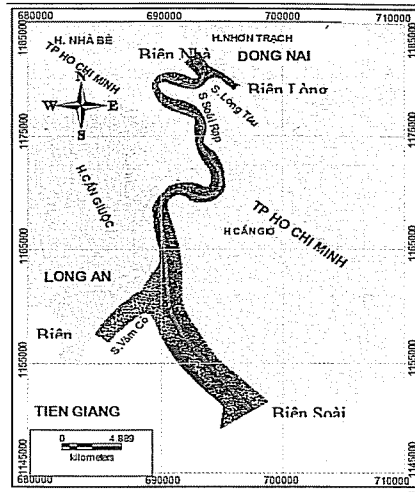
Vùng tính lớn 2D: Lưới tính của vùng tính lớn được xây dựng là lưới tam giác phi cấu trúc gồm 18408 nút, 32716 phần tử, góc nhỏ nhất của các phần tử tam giác là 330, khoảng cách giữa các nút từ 60 m đến 600 m tùy các khu vực khác nhau trong vùng tính, trong đó khoảng cách các nút trong luồng nạo vét khoảng 60 m. Lưới tính có các biên lỏng: Nhà Bè trên sông Nhà Bè, biên Bến Lức trên sông Vàm Cỏ Đông, biên Tân An trên sông Vàm Cỏ Tây, biên Vàm Kênh trên sông Cửa Tiểu và hai biên lỏng ở biển (Hình 2). Đây là lưới tính

đã được chọn lọc qua quá trình thử nghiệm tính toán rất nhiều lưới khác nhau.

Vùng nghiên cứu 3D: Lưới tính của vùng nghiên cứu được xây dựng là lưới tam giác phi cấu trúc gồm 7911 nút, 15045 phần tử, góc nhỏ nhất của các phần tử tam giác là 330, khoảng cách giữa các nút từ 60 m đến 600 m tùy các khu vực khác nhau trong vùng tính (Hình 3). Theo phương đứng, chia lưới tính thành 5 lớp có bề dày bằng nhau. Lưới tính có 4 biên lỏng: Nhà Bè, Lòng Tàu, Vàm Cỏ, Soài Rạp.



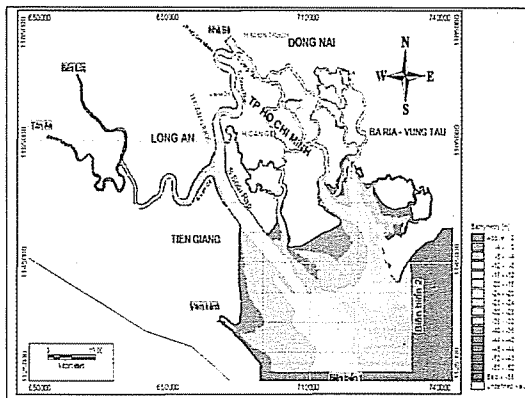
Hình 2. Lưới tính 2D cho vùng tính lớn



Hình 3. Lưới tính 3D cho vùng nhiên cứu

• Địa hình đáy

Địa hình đáy được sử dụng để tính toán được thể hiện ở hình bên ứng với phương án hiện trạng và phương án nạo vét khi luồng Soài Rạp được nạo vét thêm ở những đoạn có độ sâu nhỏ hơn 11 m (Hình 4).



Hình 4. Địa hình đáy lưới 2D chưa nạo vét

• Điều kiện ban đầu

- Độ mặn dao động từ 4 ‰ đến 33 ‰ tương ứng từ nội đồng ra biển.

• Số liệu biên

Biên cho lưới tính 2D:

- Biên Nhà Bè, Bến Lức, Tân An, Vàm Kênh: số liệu mặn các trạm Nhà Bè, Bến Lức, Tân An, Vàm Kênh năm 2009 thu thập từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.

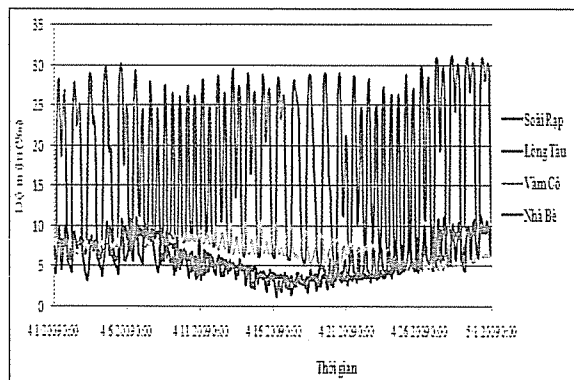
- Biên biển: Độ mặn biên biển là 33 ‰. Số liệu này được tham khảo từ số liệu mặn thực đo trạm Vũng Tàu (theo số liệu năm 2009, số liệu mặn trạm Vũng Tàu có giá trị trung bình khoảng 32-33‰).

Biên cho lưới tính 3D:

- Biên Nhà Bè: Số liệu mặn trạm Nhà Bè thu thập

từ Đài Khí tượng Thủy văn khu vực Nam Bộ.

- Biên Vàm Cỏ, Soài Rạp, Lòng Tàu được xuất ra từ số liệu tính toán cho lưới tính 2D. Số liệu biên ba tháng 2, 3, 4 tính toán được từ mô hình MIKE 21 như hình dưới.



Hình 5. Độ mặn Nhà Bè và các biên từ kết quả tính toán 2D cho kịch bản hiện trạng

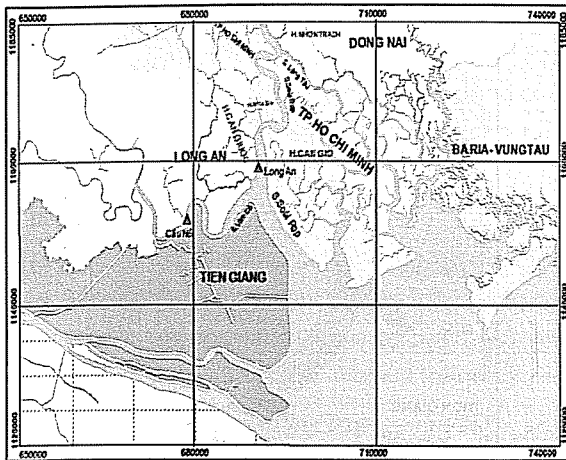
Hệ số khuếch tán theo phương ngang: 15 m²/s, hệ số khuếch tán theo phương thẳng đứng 2m²/s. Các hệ số này có được sau khi hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình (phần c).

Thời gian tính: 3 tháng mùa kiệt (tháng 2, 3, 4).

Bước tính: 60s.

c. Hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình

Mô hình lan truyền mặn 2D được hiệu chỉnh cho 3 ngày, từ 11 - 13 tháng 4 năm 2009, với số liệu phục vụ hiệu chỉnh là số liệu mặn đo tại trạm Cầu Nổi (Long An), sau đó kiểm tra cho trạm Long An (hình bên), số liệu ngày 18,19/12/2010. Mô hình lan truyền mặn 3D được hiệu chỉnh và kiểm tra dựa vào số liệu mặn trạm Long An ngày 18,19/12/2010.



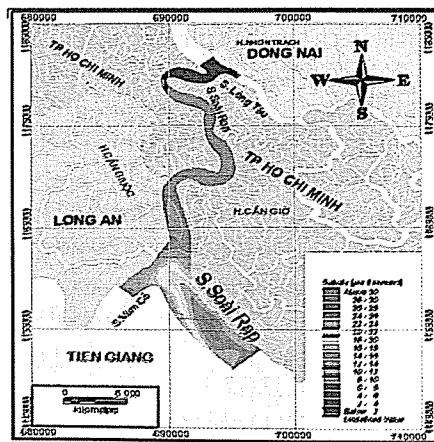
Kết quả hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình lan truyền mặn 2D tại trạm Cầu Nổi ngày 11/4/2009 – 13/4/2009 với hệ số Nash – Sutcliffe và hệ số tương quan R2 tương ứng là 0,810 và 0,831; tại trạm Long An tương ứng vào ngày 18, 19 tháng 12 năm 2010 là 0,732 và 0,785.

Kết quả hiệu chỉnh và kiểm tra mô hình lan truyền mặn 3D tại trạm Long An vào ngày 18, 19/12/2012 ở độ sâu 0,2h; 0,6h; 0,8h có hệ số Nash – Sutcliffe tương ứng là 0,711 và 0,744; 0,745.

• Nhận xét:

Độ mặn tại trạm Long An giữa kết quả tính toán và thực đo tương đối trùng pha nhau. Về giá trị, chênh lệch nhau khoảng 0 – 2,5 ‰. Sự sai lệch này có thể do tại một số vị trí biên như Nhà Bè, Bến Lức, Tân An (của tính toán cho 2D) các ngày 18, 19 tháng 12 năm 2010 không phải là số liệu thực đo mà là số liệu được lấy từ các nguồn tham khảo khác. Hệ số Nash – Sutcliffe và hệ số tương quan tính toán được lớn hơn 0,5 (đối với mô hình 3D). Theo tiêu chuẩn của tổ chức Khí tượng

a. Kịch bản hiện trạng



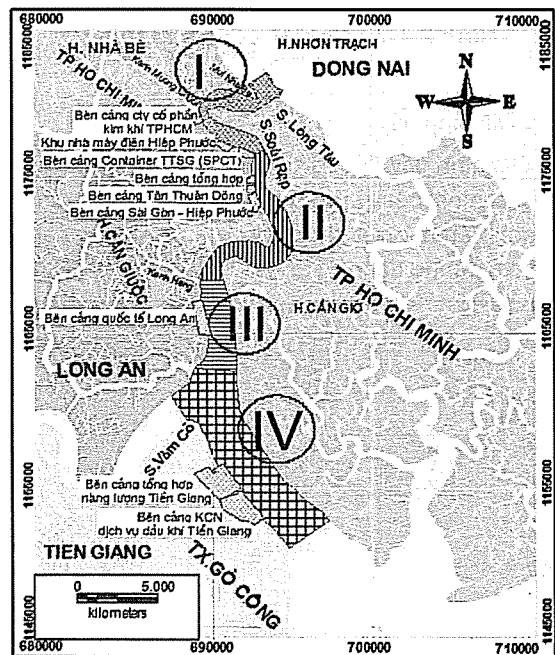
Hình 8a. Phân bố mặn mùa kiệt - lúc triều dâng mạnh - lớp 1 (lớp đáy) - KB1 (ngày 10/4/2009)

Thế giới thì kết quả này đạt loại khá (lớn hơn 0,65).

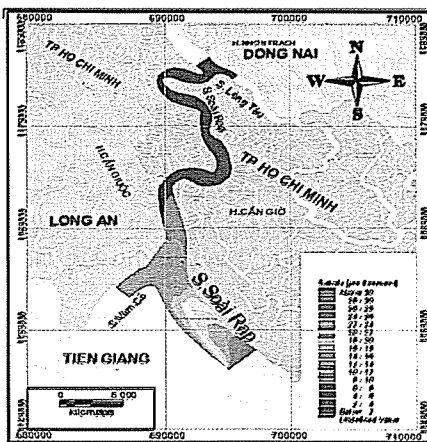
3. Kết quả tính toán

Các kịch bản tính toán: (1): KB1 là kịch bản hiện trạng năm 2009; (2) KB2 là kịch bản nạo vét đến độ sâu 9,5m; (3): KB3 là kịch bản nạo vét đến độ sâu 11m.

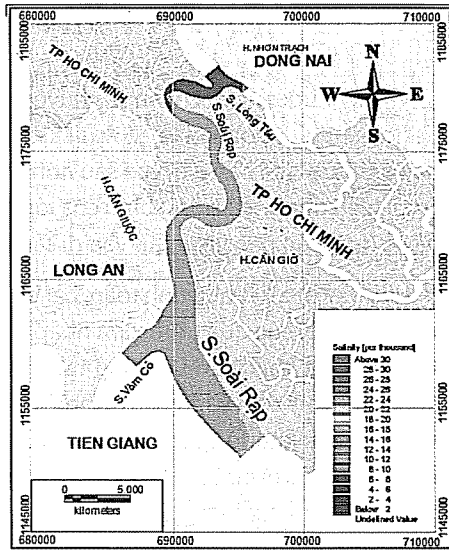
Để tiện cho việc biện luận và phân tích kết quả tính toán, ta chia sông Soài Rạp thuộc vùng nghiên cứu thành 4 khu vực: (1) Khu vực I: Từ Nhà Bè đến cuối cảng container Sài Gòn; (2) Khu vực II: Đoạn sông từ sau cảng Container Sài Gòn đến kênh Hàng (thuộc Long An); (3) Khu vực III: Từ kênh Hàng đến trước ngã ba sông Vàm Cỏ; (4) Khu vực IV: Từ sau ngã ba sông Soài Rạp ra đến cửa biển.



Hình 7. Mô tả các khu vực vùng nghiên cứu



Hình 8b. Phân bố mặn mùa kiệt - lúc triều rút mạnh - lớp 1 (lớp đáy) - KB1 (ngày 10/4/2009)

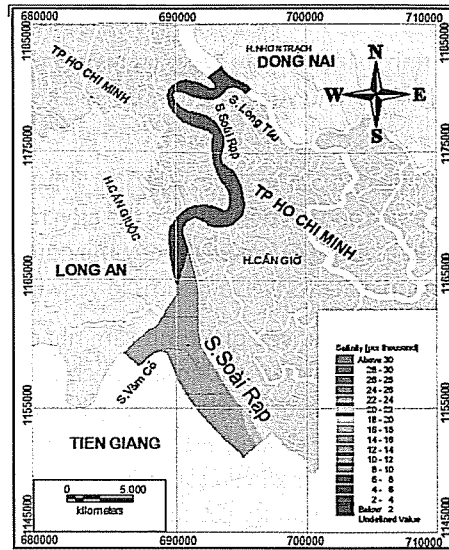


Hình 9a: Phân bố mặn mùa kiệt- lúc triều dâng mạnh – lớp 5 (lớp mặt) – KB1 (ngày 10/4/2009)

Kết quả tính toán phân bố mặn của vùng nghiên cứu ở kịch bản hiện trạng cho thấy ảnh hưởng của mặn giảm dần từ cửa sông về phía thượng lưu; khu vực III, IV chịu ảnh hưởng của mặn từ biển rõ nét hơn khu vực I, II. Phân bố mặn theo độ sâu cũng thể hiện rõ ở khu vực III, IV. Khu vực I, II độ mặn giữa các lớp chênh lệch không nhiều, hầu hết dưới 0,5‰.

Tại khu vực I, do chịu ảnh hưởng của nhánh sông Lòng Tàu nên tại vùng ngã ba, độ mặn có lúc cao hơn so với hạ lưu của khu vực này.

Khi triều dâng, mặn di chuyển đến khoảng cuối



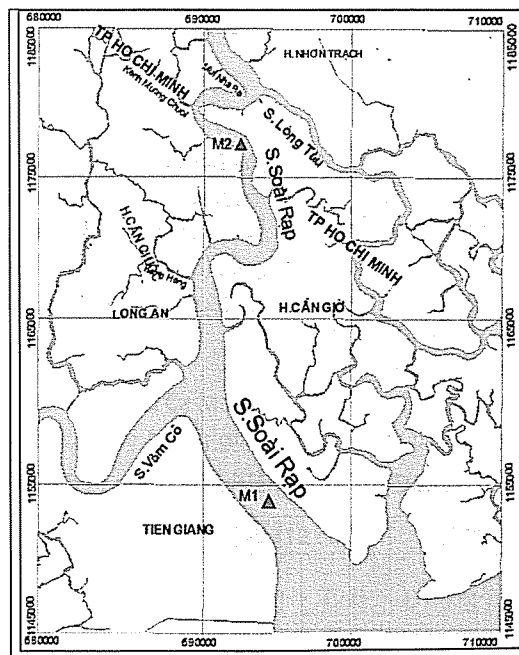
Hình 9b: Phân bố mặn mùa kiệt- lúc triều rút mạnh – lớp 5 (lớp mặt) – KB1 (ngày 10/4/2009)

khu vực II (tính từ thượng lưu ra biển) (đạt 10 ‰); khi triều rút, độ mặn tại cửa sông khoảng 8 ‰.

Ở khu vực IV, khi triều dâng độ mặn lớn nhất ở các lớp sát đáy và lớp giữa, lớp đáy mặn lan truyền chậm hơn; khi triều rút, mặn tập trung ở các lớp đáy nhiều hơn, nhường chỗ cho nước ngọt rút nhanh hơn ở các lớp mặt.

b. Sự thay đổi phân bố mặn dọc luồng

Để phân tích sự thay đổi lan truyền mặn, ta chọn xuất độ mặn tại một số vị trí tương ứng trong hình 10 liên tục theo thời gian.



Hình 10. Vị trí xuất kết quả mặn liên tục theo thời gian

4. Kết luận

Kết quả tính toán cho thấy độ mặn khu vực từ Nhà Bè đến kênh Hàng (khu vực I, II) ít thay đổi sau khi nạo vét.

Từ sau kênh Hàng đến cửa Soài Rạp (Khu vực III, IV), sự ảnh hưởng của việc nạo vét đến độ mặn thể hiện rõ nét hơn, nhất là khu vực IV. Độ mặn lớp đáy thay đổi nhiều hơn so với lớp mặt.

Nhìn chung, sau khi nạo vét, quá trình xâm nhập mặn sẽ vào sâu hơn. Vào cuối kỳ nước dâng và chuẩn bị chuyển pha, ở lớp bề mặt, độ mặn 10 ‰ ở kịch bản 2 đi vào nội đồng sâu hơn khoảng 275 m so với kịch bản hiện trạng; ở kịch bản 3 đi vào sâu hơn khoảng 370 m so với kịch bản hiện trạng. Xét cùng độ sâu tại mặt đáy như của kịch bản hiện trạng, độ mặn 10 ‰

của kịch bản 2 và kịch bản 3 đi vào sâu hơn 65 m và 510 m so với kịch bản hiện trạng.

Vào kỳ nước rút và chuẩn bị chuyển pha (lúc mặn rút nhiều nhất), độ mặn 10 ‰ của kịch bản 2 không thay đổi, của kịch bản 3 đi vào sâu hơn khoảng 500 m so với hiện trạng, xét trung bình của lớp đáy cũng cho thấy ở kịch bản nạo vét, mặn vào đi sâu hơn.

Như vậy qua kết quả tính toán, bài báo đã cho thấy có sự thay đổi của quá trình xâm nhập mặn trên sông Soài Rạp sau khi nạo vét luồng tàu đến các độ sâu tương ứng là 9,5 m và 11m. Tuy nhiên ranh giới mặn 10‰ vào sâu không quá 510m ứng với kịch bản nạo vét đến độ sâu 11m. Có thể kết luận rằng việc nạo vét luồng tàu trên cửa sông Soài Rạp không ảnh hưởng nhiều đến quá trình xâm nhập mặn.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyễn Thị Bầy, Huỳnh Công Hoài (2007). *Mô hình tính toán dòng chảy và vận chuyển bùn cát vùng ven biển dưới ảnh hưởng của sóng, gió và triều – Áp dụng tính cho vùng biển cửa Thuận An*. Tuyển tập công trình HNKH Cơ học Thủy khí toàn quốc, Huế, 26-28/07/2007.
2. Đào Nguyên Khôi (2010). *Phát triển và cải tiến mô hình toán 2D phục vụ nghiên cứu quá trình động lực học hình thái vùng ven biển*. Luận văn thạc sĩ. Trường Địa học Khoa học Tự nhiên TpHCM.
3. Nguyễn Thị Nga, Nguyễn Phương Nhung (2010). *Kết quả ứng dụng mô hình NAM trong MIKE 11 khôi phục số liệu dòng chảy lưu vực sông Gianh - tỉnh Quảng Bình*. Tạp chí Khoa học ĐHQGHN, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ 26, số 3S, trang 405 - 412.
4. Nguyễn Kỳ Phùng, Đào Nguyên Khôi (2009). *Đánh giá biến đổi đáy ven biển Rạch Giá*. Tạp chí Phát triển Khoa học và Công nghệ ĐHQG TP.HCM, Vol 12, 15-25.
5. Viện Kỹ thuật Nhiệt đới và Bảo vệ Môi trường (1996), *Đánh giá tác động môi trường dự án nạo vét luồng tàu sông Soài Rạp*.