

ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ GIẢI PHÁP CÔNG TRÌNH ĐỀN TRAO ĐỔI NƯỚC VÀ VẬN CHUYỂN Bùn CÁT KHU VỰC ĐẦM NẠI (NINH THUẬN)

Vũ Duy Vĩnh

Viện Tài nguyên và Môi trường biển, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam
E-mail: vinhvd@imer.ac.vn

Ngày nhận bài: 3-8-2016

TÓM TẮT: Với diện tích chỉ khoảng 700 ha nhưng đầm Nại (Ninh Thuận) có ý nghĩa lớn về mặt sinh thái cũng như sự phát triển kinh tế xã hội của huyện Ninh Hải và thành phố Phan Rang-Tháp Chàm. Tuy nhiên trong những năm gần đây, địa hình đáy của khu vực đầm Nại có xu hướng bồi lắng tăng lên rõ rệt và gây ra nguy cơ suy thoái môi trường nghiêm trọng ở khu vực này. Trước thực trạng này, cần có các giải pháp tăng cường khả năng trao đổi nước và hạn chế bồi lắng cho khu vực đầm Nại. Dựa trên mô hình Delft3D và cách tiếp cận MORFAC, bài viết này cung cấp một số đánh giá ảnh hưởng của một số giải pháp công trình như kéo dài hai tuyến đê thêm 165 m, nạo vét khu vực cửa đầm, kéo dài tuyến đê phía bắc thêm 260 m kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm, nạo vét toàn bộ đầm. Các kết quả tính toán dự báo cho thấy sự trao đổi nước thay đổi không đáng kể (dưới 1%), ngoại trừ kịch bản nạo vét toàn bộ đầm thì khả năng trao đổi nước giảm khoảng 10% (do thể tích đầm tăng). Trong khi đó, cân bằng bùn cát ở mặt cắt MCI hầu như không có sự thay đổi đáng kể dưới ảnh hưởng của các giải pháp công trình ở phía ngoài cửa và hoạt động nạo vét. Ngược lại, dòng bùn cát đi vào cửa đầm (MCII) và dòng bùn cát dọc bờ xuống phía tây nam (MCIII) đều giảm mạnh, trong đó kịch bản kéo dài tuyến đê phía bắc kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm làm giảm mạnh nhất dòng bùn cát từ biển vào khu vực cửa: Từ 637 m³/ngày xuống còn 180 m³/ngày (năm ít mưa) và 535 m³/ngày xuống còn 80 m³/ngày (năm có lũ).

Từ khóa: Đầm Nại, công trình, trao đổi nước, vận chuyển bùn cát, MORFAC, Delft3D.

MỞ ĐẦU

Đầm Nại (Ninh Thuận) nằm khá sâu trong đất liền và được nối với biển bằng một kênh dài khoảng 2 km, chiều rộng biến đổi \approx 200 - 500 m, sâu khoảng 6 - 8 m. Địa hình của đầm Nại tương đối nông, độ sâu trung bình chỉ khoảng 2,8 m và khá bằng phẳng với vùng triều rộng chiếm khoảng 2/3 diện tích đáy. Mặc dù có diện tích nhỏ nhưng đầm Nại không chỉ có ý nghĩa lớn về mặt sinh thái mà còn có những đóng góp hết sức quan trọng cho sự phát triển kinh tế xã hội của huyện Ninh Hải và thành phố Phan Rang-Tháp Chàm. Trong những năm gần đây, môi trường sinh thái ở khu vực đầm Nại

đã có những biểu hiện suy thoái nghiêm trọng do quá trình bồi lắng tăng nhanh, sự trao đổi nước giữa đầm và biển ngày càng hạn chế. Trước thực trạng này, một số giải pháp đã được đưa ra nhằm tăng cường trao đổi nước, hạn chế bồi lắng như kéo dài các tuyến kè, nạo vét khu vực cửa đầm. Tuy nhiên, việc đánh giá dự báo hiệu quả của những giải pháp này gặp rất nhiều khó khăn và hầu như chưa được thực hiện.

Là hệ quả của các quá trình thủy động lực (TĐL) và vận chuyển bùn cát (VCBC), các quá trình biến động địa hình đáy luôn luôn diễn ra với các qui mô thời gian và không gian khác nhau. Vì vậy, rất khó khăn trong việc đánh giá

dự báo được những điều kiện TĐL, VCBC ở tất cả các qui mô và cường độ khác [1, 2]. Để khắc phục hạn chế này, gần đây người ta thường áp dụng cách tiếp cận theo phương pháp MORFAC (Morphological Acceleration Factor): Tính toán tất cả các điều kiện TĐL khác nhau với các hệ số phù hợp [3-5]. Với cách tiếp cận này, kết quả của mô hình có thể cho thấy vai trò ảnh hưởng của các khoảng điều kiện sóng, dòng chảy với những qui mô và vai trò khác nhau [6-8].

Phương pháp tiếp cận này không chỉ giảm việc lặp lại các chu kỳ của quá trình tính toán giống nhau, mà còn có thể tính đến hầu hết các yếu tố ảnh hưởng với cường độ và thời gian tác động khác nhau đến các điều kiện TĐL, VCBC qua đó cho kết quả sát hơn với các điều kiện thực tế. Một số nghiên cứu gần đây đã áp dụng thành công cách tiếp cận này để đánh giá các điều kiện VCBC và biến động địa hình đáy biển ven bờ sông Mê Kông và khu vực đầm Nại [9-11]. Trên cơ sở các kết quả phân tích đánh giá đặc điểm hiện trạng của điều kiện TĐL, VCBC ở khu vực đầm Nại với các nhóm kịch bản tính khác nhau, bài viết này tiếp tục trình bày các đánh giá về tác động của một số giải pháp công trình đến đặc điểm trao đổi nước, VCBC ở khu vực đầm Nại.

TÀI LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

Tài liệu

Nhóm tài liệu địa hình, đường bờ của khu vực: Số liệu đo sâu tại đầm Nại thu thập từ đề tài KC.08.25/11-15, số liệu độ sâu và đường bờ của vùng ven bờ Ninh Thuận thu thập từ các bản đồ địa hình 1:50.000 do Cục Đo đạc Bản đồ xuất bản năm 2005. Độ sâu của vùng biển phía ngoài được sử dụng từ cơ sở dữ liệu GEBCO -1/8 [12].

Số liệu mực nước, dòng chảy để hiệu chỉnh mô hình là các kết quả đo đạc mực nước (1 h/lần) tại khu vực phía trong và ngoài đầm Nại. Các hằng số điều hòa thủy triều ở phía ngoài xa bờ được thu thập từ cơ sở dữ liệu FES2004 [13].

Số liệu khảo sát nhiệt độ, độ muối nước biển ở khu vực đầm Nại và phía ngoài thu thập từ đề tài KC.08.25/11-15 trong các năm 2013-2014. Số liệu nhiệt độ và độ muối nước biển ở

vùng biển xa bờ được thu thập, xử lý từ cơ sở dữ liệu WOA13 với độ phân giải 0,25 độ [14].

Nhóm tài liệu thiết lập các kịch bản tính: Số liệu thống kê kết quả tính mô hình kết hợp với quan trắc từ vệ tinh (waveclimate-BMT ARGOSS 2014) các đặc trưng sóng, gió trung bình trong khoảng hơn 20 năm (1992-2013) ở vùng biển phía ngoài ven bờ Ninh Thuận. Các kết quả tính toán lượng nước, bùn cát từ lưu vực xung quanh vào đầm Nại trong điều kiện bình thường (ít mưa, lưu lượng trung bình vào đầm 2,714 m³/s) và lũ tần suất 10% của đề tài KC.08.25/11-15 với lưu lượng khi có lũ vào đầm 1.052,8 m³/s. Các kết quả khảo sát đo đạc của đề tài trên cũng cho thấy hàm lượng trầm tích lơ lửng (TTLL) khu vực này phổ biến trong khoảng 8 - 25 mg/l, trung bình 17,5 mg/l. Trầm tích đáy ở khu vực này chủ yếu biến đổi từ bùn bột nhỏ đến cát trung với Md dao động trong khoảng 0,01 - 0,76 mm, trung bình 0,12 mm.

Phương pháp

Hệ thống mô hình Delft3D (Hà Lan) được sử dụng để mô phỏng các điều kiện TĐL, VCBC và biến động địa hình đáy ở khu vực nghiên cứu. Các điều kiện biên mở phía biển của mô hình (lưới chi tiết) phía trong được tạo ra bởi mô hình lưới thô (phía ngoài) theo phương pháp lưới lồng NESTING trong Delft3D [15]. Mô hình lưới thô có kích thước 91 × 87 điểm tính và sử dụng hệ lưới cong trục giao. Các ô lưới có kích thước biến đổi từ 546 - 1.824 m (hình 1b). Theo chiều thẳng đứng, mô hình này được chia thành 4 lớp độ sâu trong hệ tọa độ σ . Biên mở biển của mô hình này được chia thành nhiều đoạn khác nhau, mỗi đoạn sử dụng các hằng số điều hòa trong cơ sở dữ liệu FES2004 và số liệu nhiệt muối trung bình tháng trong cơ sở dữ liệu WOA13. Mô hình chi tiết cho khu vực đầm Nại được thiết lập với hệ lưới cong trục giao, phạm vi miền tính bao gồm các vùng nước của đầm Nại và khu vực ven biển phía ngoài. Miền tính trải rộng với kích thước khoảng 35 km theo chiều đông bắc - tây nam và 28 km theo chiều tây bắc - đông nam, được chia thành 233 × 69 điểm tính, kích thước các ô lưới biến đổi từ 6,5 m đến 953,8 m (hình 1a). Lưới độ sâu được thiết lập trên cơ sở lưới tính và bản đồ địa hình của khu vực. Các

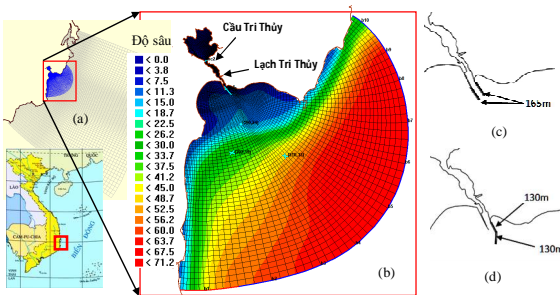
quá trình cơ bản trong mô hình TĐL bao gồm các quá trình nhiệt-muối, dòng chảy, sóng và vận chuyển bùn cát.

Các kịch bản hiện trạng và hiệu chỉnh, kiểm chứng

Để hiệu chỉnh, kiểm chứng kết quả tính của mô hình, các kịch bản tính được thiết lập theo các mùa đặc trưng: 2 tháng mùa khô (tháng 6 - 7 năm 2013); 2 tháng mùa mưa (tháng 9 - 10 năm 2013) và 2 tháng mùa khô năm 2014 (tháng 4 - 5 năm 2014). Bước thời gian chạy của mô hình là 0,2 phút.

Điều kiện ban đầu của các kịch bản hiện trạng là các kết quả tính toán trong file restart sau tháng đầu tiên của mỗi kịch bản tính (tháng 6, 9 năm 2013 và tháng 4 năm 2014). Số liệu cho các biên mở phía biển (nhiệt độ, độ muối, mực nước, sóng) lấy từ kết quả tính toán từ mô hình phía ngoài (lưới thô) bằng phương pháp NESTHD.

Mô hình sóng được thiết lập chạy đồng thời (online coupling) với mô hình TĐL và mô hình VCBC. Điều kiện biên mở của mô hình sóng sử dụng kết quả tính sóng của WAVE CLIMATE cho vùng Biển Đông trong thời gian tính toán [16]. Kiểu phổ trong mô hình sóng ở nghiên cứu này được lựa chọn là phổ JONSWAP với hệ số ma sát đáy có giá trị 0,067. Mô hình B&J được lựa chọn để tính ảnh hưởng của nước nông nơi diễn ra quá trình sóng đổ [17].



Hình 1. Lưới tính chi tiết và lưới độ sâu của mô hình (a- lưới thô phía ngoài; b- lưới chi tiết phía trong; c- kéo dài 2 bên kè 165m; d- kéo dài 1 bên kè phía đông bắc 260 m)

Tham số nhám đáy (bottom roughness) trong nghiên cứu này được lựa chọn sử dụng các hệ số Manning (n) biến đổi theo không gian

với giá trị 0,018 - 0,023 $m^{-1/3}.s$ [18, 19]. Các giá trị liên quan đến điều kiện rôi có thể được xác định do người dùng như là một hằng số, hoặc tham số biến đổi theo không gian hoặc tính toán với cách tiếp cận HLES (Horizontal Large Eddy Simulation) đã được tích hợp trong hệ thống mô hình Delft3D theo lý thuyết của Uittenbogaard [20] và Van Vossen [21]. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình xói của trầm tích được lựa chọn là 0,26 N/m^2 [19]. Tiêu chuẩn ứng suất cho quá trình bồi lắng của trầm tích được lựa chọn là 0,11 N/m^2 [22]. Tốc độ xói ở lớp biên đáy ban đầu được giả thiết là $10^{-3} kg/m^2.s$.

Các kết quả tính toán của mô hình đã được kiểm chứng thông qua việc so sánh với số liệu quan trắc. So sánh kết quả tính toán mực nước từ mô hình với mực nước quan trắc cho thấy khá phù hợp kể cả về pha và biên độ. Sai số bình phương trung bình giữa tính toán và đo đạc mực nước ở các trạm này dao động trong khoảng 0,15 - 0,2 m. Các giá trị quan trắc dòng chảy được phân tích thành các thành phần kinh hướng (u) và vĩ hướng (v) trước khi so sánh với các kết quả tính toán từ mô hình. Mô hình vận chuyển trầm tích đã được hiệu chỉnh các tham số và kiểm chứng với số liệu hàm lượng TTLL đo đạc được của đề tài. Sau lần hiệu chỉnh cuối, cho thấy có sự phù hợp tương đối giữa số liệu đo đạc và kết quả tính của mô hình [11, 23].

Các kịch bản tính toán

Các nhóm kịch bản sẽ được thiết lập dựa trên ảnh hưởng của gió, sóng, lưu lượng nước từ xung quanh vào đầm Nại. Các số liệu sóng được phân tích thành 2 nhóm: Khi có lũ và điều kiện bình thường (ít mưa, vào đầm Nại: 2,714 m^3/s). Điều kiện lũ được tính đến dựa trên các kết quả tính toán lũ tần suất 10% của nhóm tác giả Viện Khoa học Thủy lợi (vào đầm Nại: 1.052,8 m^3/s), đây cũng là một nội dung thực hiện trong khuôn khổ đề tài KC.08.25/11-15. Với điều kiện hiện trạng, 36 kịch bản tính đã được thiết lập theo các khoảng sóng, gió tác động khác nhau [11].

Với mục đích chính là đánh giá ảnh hưởng của một số giải pháp công trình đến khả năng trao đổi nước, VCBC ở khu vực nghiên cứu,

các nhóm kịch bản tính toán, dự báo sau đã được thiết lập:

Kéo dài kè bảo vệ cửa nhằm giảm dòng bùn cát dọc bờ đi vào phía trong gây bồi lấp cửa đầm. Theo lý thuyết thì các tuyến đê dài hơn sẽ ngăn được dòng bùn cát dọc bờ nhiều hơn [24-26]. Tuy nhiên nếu đê kéo dài quá sẽ đòi hỏi kinh phí rất lớn. Vì vậy, giả thiết ban đầu là kéo dài 2 bên kè thêm 165 m so với hiện tại, các tham số khác của mô hình giống như các kịch bản hiện trạng, gồm 36 kịch bản tính (hình 1c).

Các nghiên cứu liên quan đã chỉ ra rằng đê đảm bảo ổn định khả năng trao đổi nước giữa đầm và biển thì vẫn phải duy trì việc nạo vét, tăng cường độ sâu ở khu vực cửa đầm [24-26]... Vì vậy nhóm kịch bản tính này mô phỏng việc kéo dài đê kết hợp với nạo vét khu vực lạch Tri Thủy: Như kịch bản kéo dài 2 bên đê nhưng nạo vét khu vực lạch Tri Thủy sâu thêm 0,5 m (36 kịch bản tính).

Kết quả tính toán đặc điểm VCBC trong điều kiện hiện trạng cho thấy dòng bùn cát dọc bờ di chuyển chủ yếu từ phía đông bắc về phía tây nam [11], do đó nhóm kịch bản này được thiết lập với giả thiết chỉ kéo dài tuyến đê phía bắc thêm 260 m, giữ nguyên tuyến đê phía tây nam nhưng kết hợp với nạo vét lạch Tri Thủy sâu thêm 0,5 m (36 kịch bản tính, hình 1d).

Nhóm kịch bản giữ nguyên các điều kiện hiện trạng nhưng nạo vét toàn bộ khu vực đầm Nai sâu thêm 0,8 m (36 kịch bản tính).

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kéo dài kè chắn sóng hai bên phía ngoài cửa

Theo kết quả nghiên cứu trước đây [11, 23], một trong những nguyên nhân chính gây hạn chế trao đổi nước, bồi lắng nông hóa đầm Nai chính là dòng bùn cát đi vào cửa đầm từ biển. Mặc dù không phải là nguyên nhân trực tiếp gây ra bồi lắng đầm nhưng dòng bùn cát này gây bồi lấp cửa đầm, làm hạn chế trao đổi nước giữa đầm và biển.

Các kết quả phân tích đánh giá cho thấy các đặc điểm TDL, VCBC và biến động địa hình đáy của khu vực nghiên cứu thay đổi rất nhỏ khi kéo dài các tuyến kè ở phía ngoài biển. Vì vậy khi so sánh các phân bố của trường dòng

chảy, trầm tích và biến động địa hình đáy ở khu vực đầm Nai sẽ rất khó nhận biết sự khác biệt của các kịch bản tính này so với hiện tại. Do đó chúng tôi tập trung vào phân tích các giá trị định lượng trao đổi nước và dòng bùn cát qua các mặt cắt.

Sự trao đổi nước qua cửa đầm Nai phía trong (gần cầu Tri Thủy) đã tăng nhẹ sau khi kéo dài thêm các tuyến kè phía cửa: Lượng nước trao đổi trung bình qua mặt cắt đã tăng lên 41,28% so với giá trị hiện tại là 41,17% (bảng 1). Lượng nước trao đổi qua mặt cắt này khi xuất hiện lũ cũng tăng lên so với điều kiện hiện tại với giá trị lần lượt là 44,07% và 42,26% (bảng 1).

Mặc dù việc kéo dài thêm 2 tuyến kè ở phía ngoài cửa làm tăng nhẹ lượng nước trao đổi giữa đầm Nai và khu vực phía ngoài nhưng nếu tính cả lạch Tri Thủy thì lượng nước trao đổi cho toàn bộ khu vực này với vùng biển phía ngoài lại bị giảm nhẹ từ 39,85% xuống còn 39,55% (điều kiện không có mưa lũ) và từ 42,26% xuống còn 41,97%. Nguyên nhân của sự suy giảm này là do vai trò chặn dòng bùn cát dọc bờ của các tuyến kè đi vào phía trong khu vực đầm Nai nhưng nó cũng đồng thời chặn luôn cả lượng nước từ biển vào (bảng 1).

Các kết quả phân tích 36 kịch bản hiện trạng cho thấy tính dòng bùn cát đi qua một số mặt cắt như cửa đầm phía trong (cầu Tri Thủy - MC I) trong điều kiện bình thường, lượng bùn cát di chuyển ra và vào lần lượt là 2,1 và 3,1 m³/ngày, dòng bùn cát có cân bằng theo hướng từ ngoài vào trong đầm lớn hơn từ đầm đi ra ngoài biển (hình 2a). Trong khi đó, tại mặt cắt ở cửa đầm phía ngoài (MCII), dòng bùn cát đi ra và vào lần lượt có giá trị là 122,8 và 760,1 m³/ngày, dòng bùn cát đi vào từ biển chiếm ưu thế tuyệt đối so với dòng bùn cát đi ra từ đầm. Đáng chú ý là kết quả phân tích tổng hợp từ tất cả các kịch bản tính toán đều cho thấy dòng bùn cát di chuyển dọc bờ (MCIII) có xu hướng xuống phía tây - tây nam nhiều hơn so với đi lên phía đông - đông bắc; Giá trị trung bình ngày của dòng bùn cát đi xuống và lên qua mặt cắt MC III lần lượt là 2394,7 và 65,4 m³/ngày (bảng 1, hình 2a).

Trong những năm xuất hiện lũ, dòng bùn cát từ trong đầm ra phía ngoài đã tăng mạnh so với bình thường: Dòng bùn cát từ đầm đi ra có giá

trị khoảng 21,8 kg/ngày so với dòng bùn cát từ ngoài đi vào qua mặt cắt MC I là 3,2 m³/ngày. Xu thế tăng mạnh dòng bùn cát đi ra qua mặt cắt MC II khi có lũ cũng được thể hiện rõ rệt với giá trị của dòng bùn cát này đạt 255,4 m³/ngày. Trong khi dòng bùn cát đi vào từ biển giảm từ 760,1 m³/ngày (năm không có lũ) xuống còn 755,2 m³/ngày khi có lũ (hình 2b). Các kết quả phân tích tổng hợp cho thấy ảnh hưởng của lũ không có tác động đáng kể đến xu thế di chuyển của dòng bùn cát dọc bờ phía ngoài so với điều kiện không có lũ (bảng 2). Phân tích từ các kịch bản tính toán khác nhau cũng cho thấy sóng gió hướng SE và S làm tăng cường sự VCBC vào và ra khu vực đầm Nại hơn các hướng sóng gió còn lại. Trong khi dòng bùn cát dọc bờ chịu sự chi phối chủ yếu của sóng gió các hướng E, SE và S.

Động thái di chuyển của dòng bùn cát ở khu vực phía trong đầm Nại hầu như không có sự thay đổi đáng kể sau khi kéo dài hai tuyến kè ở vùng biển phía ngoài. Dòng bùn cát trung bình từ ngoài vào đầm qua mặt cắt gần cầu Tri Thủy trong điều kiện không lũ giảm nhẹ xuống còn 1,2 m³/ngày so với giá trị hiện tại là 1,3 m³/ngày (bảng 2, hình 2c, 2d). Trong khi đó dòng bùn cát đi ra từ đầm Nại nếu tính cả điều kiện lũ sẽ tăng nhẹ từ 18,58 m³/ngày lên 18,68 m³/ngày (bảng 2). Như vậy mặc dù những tác động do kéo dài đê ở phía cửa ngoài không lớn nhưng cũng làm giảm nhẹ dòng bùn cát từ biển vào đầm Nại trong điều kiện bình thường và tăng dòng bùn cát khi có lũ từ đầm

ra phía ngoài. Đây là những tác động tích cực đối với động thái và đặc điểm VCBC ở khu vực đầm Nại cũng như bồi lắng lòng đầm.

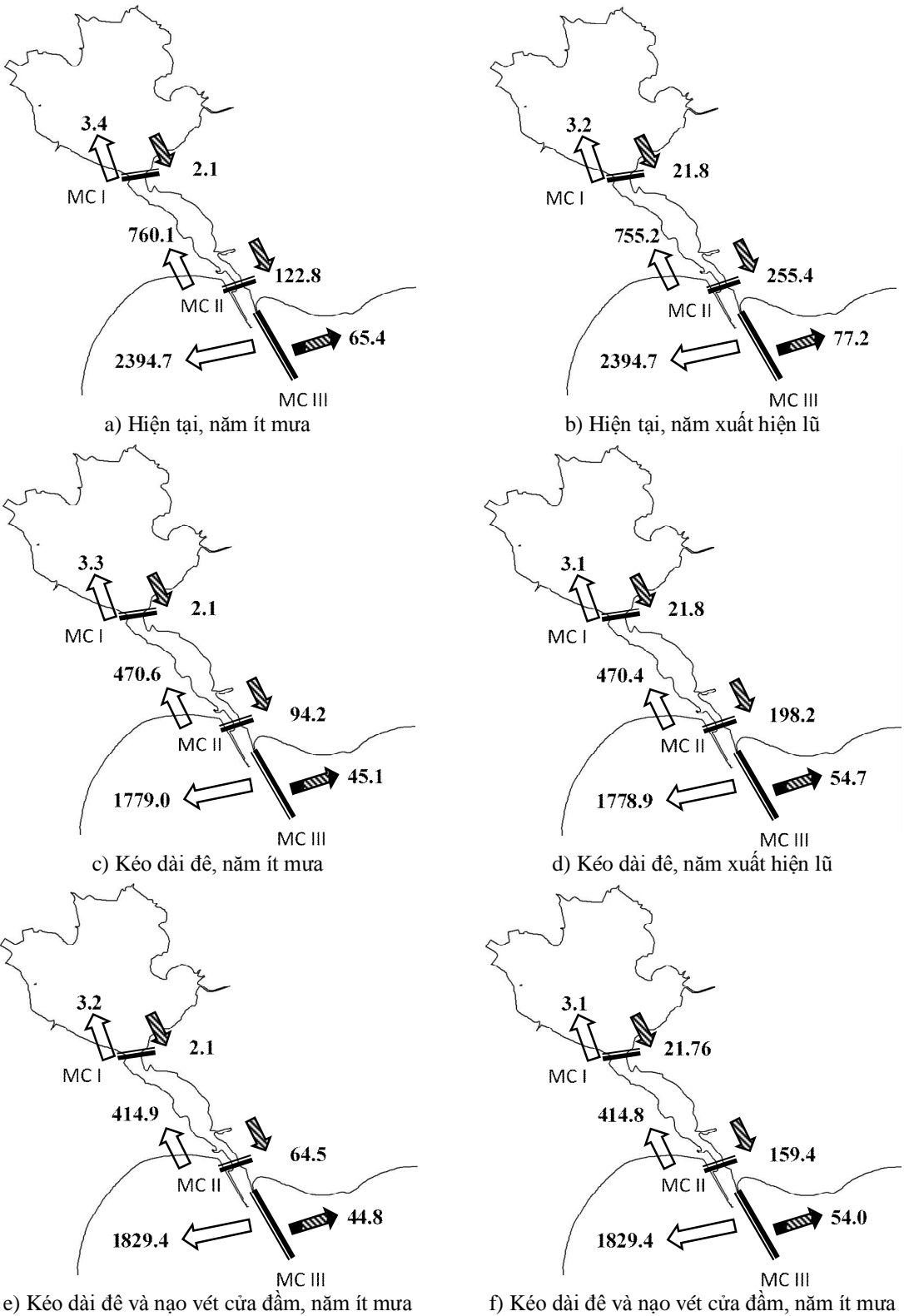
Hiệu quả của việc kéo dài các tuyến đê này được thể hiện ở các kết quả tính toán VCBC qua mặt cắt II (mặt cắt không chế trao đổi bùn cát giữa khu vực cửa đầm phía ngoài và biển). Trường hợp các tuyến đê kè phía ngoài kéo dài thêm, dòng bùn cát dọc bờ đi vào cửa đầm sẽ giảm đáng kể: Giảm từ 637,3 m³/ngày xuống còn 376,4 m³/ngày (bảng 2), giảm khoảng 40,9%. Trong trường hợp có lũ dòng bùn cát sau khi kéo dài đê cũng giảm mạnh từ 534,6 m³/ngày xuống còn 272,2 m³/ngày (bảng 2), giảm khoảng 49,1%. Như vậy có thể thấy rõ ràng mặc dù việc kéo dài các tuyến đê không làm thay đổi nhiều động thái di chuyển của dòng bùn cát phía trong đầm Nại nhưng làm giảm đáng kể dòng bùn cát từ biển gây bồi lấp cửa đầm, qua đó làm tăng khả năng trao đổi nước, hạn chế bồi lắng ở khu vực cửa và lòng đầm Nại.

Tại mặt cắt không chế phía ngoài biển, khi kéo dài các tuyến kè, dòng bùn cát di chuyển dọc bờ từ phía đông bắc đi xuống qua mặt cắt đã giảm mạnh: Từ 2329,3 m³/ngày còn 1733,9 m³/ngày (bảng 2) trong điều kiện bình thường. Với điều kiện lũ, khi kéo dài các tuyến đê, dòng bùn cát di chuyển dọc bờ đã giảm từ 2317,4 m³/ngày xuống còn 1724,2 m³/ngày. Sự suy giảm của dòng bùn cát này chính là nguyên nhân trực tiếp làm giảm dòng bùn cát đi vào cửa, gây bồi lấp cửa đầm.

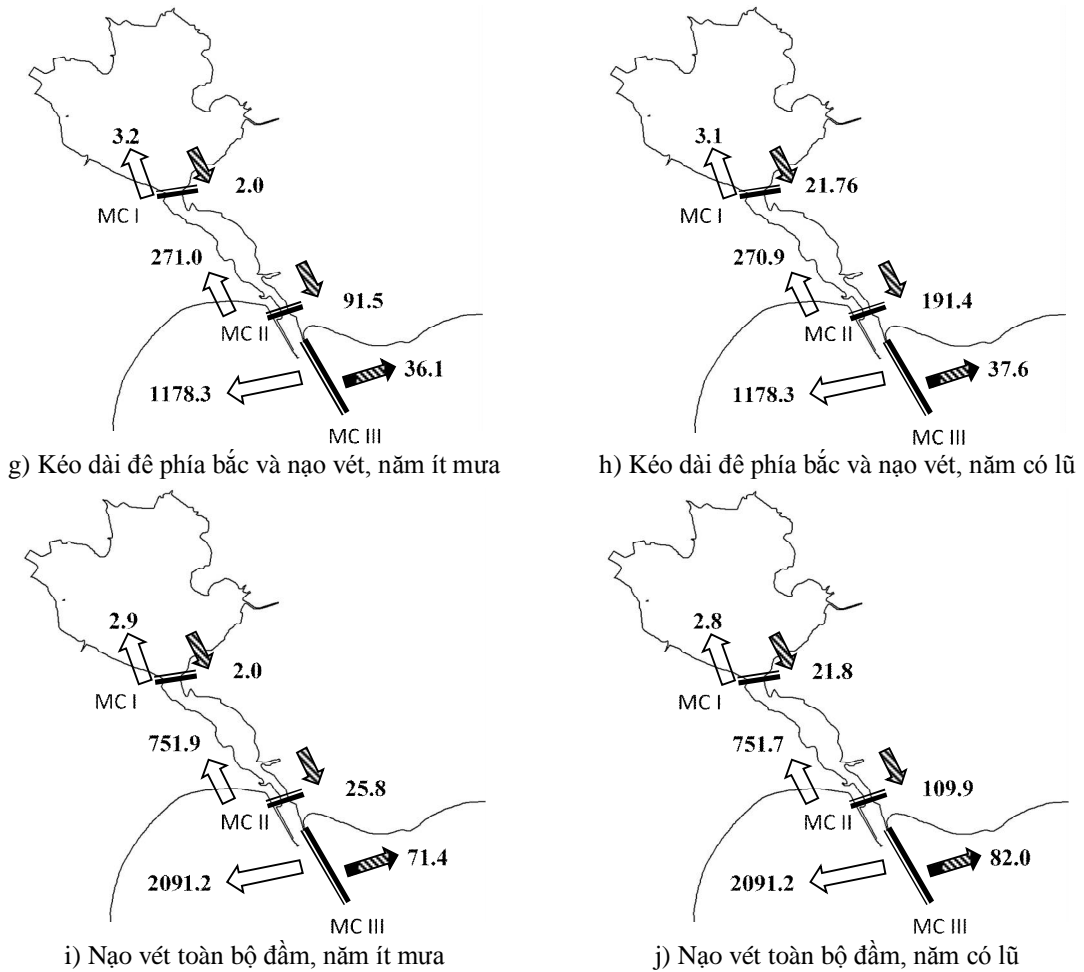
Bảng 1. Trao đổi nước trung bình ngày qua các mặt cắt khu vực đầm Nại theo một số kịch bản

Kịch bản tính	Điều kiện	Khu vực					
		Đầm Nại (qua mặt cắt MC I)			Đầm Nại, tính cả lạch Tri Thủy (qua mặt cắt MC II)		
		Ra (triệu m ³)	Vào (triệu m ³)	Lượng nước được trao đổi tb ngày (%)	Ra (triệu m ³)	Vào (triệu m ³)	Lượng nước được trao đổi tb ngày (%)
Hiện trạng	Trung bình A	8,31	8,09	41,17	10,14	8,86	39,85
	Trung bình B	9,95	7,60	44,07	11,81	8,33	42,26
Kéo dài 2 bên đê	Trung bình A	8,35	8,09	41,28	10,03	8,82	39,55
	Trung bình B	9,99	7,60	44,15	11,72	8,29	41,97
Kéo dài đê kết hợp với nạo vét cửa đầm	Trung bình A	8,41	8,39	42,16	10,41	8,97	40,65
	Trung bình B	10,04	7,88	44,97	12,08	8,43	43,03
Kéo dài tuyến đê phía bắc	Trung bình A	8,34	8,14	41,38	10,12	8,84	39,78
	Trung bình B	9,98	7,65	44,26	11,80	8,31	42,20
Nạo vét khu vực cửa và lòng đầm	Trung bình A	8,24	7,48	31,59	11,25	9,40	34,76
	Trung bình B	9,17	7,75	34,00	12,87	8,85	36,56

Ghi chú: Trung bình A- năm bình thường, Trung bình B- năm xuất hiện lũ.



Hình 2. Vận chuyển bùn cát trung bình ngày (m^3) qua một số mặt cắt khu vực đâm Nại



Hình 2. Vận chuyển bùn cát trung bình ngày (m³) qua một số mặt cắt khu vực đầm Nại (tiếp)

Bảng 2. Vận chuyển bùn cát (m³/ngày) qua các mặt cắt khu vực đầm Nại theo một số kịch bản

Kịch bản tính	Điều kiện	Mặt cắt								
		MCI (gần cầu Tri Thủy)			MCII (gần kè phía ngoài)			MCIII (phía ngoài cửa)		
		Ra	Vào	Cân bằng	Ra	Vào	Cân bằng	Lên	Xuống	Cân bằng
Hiện trạng	Trung bình A	2,05	3,35	-1,3	122,8	760,1	-637,3	65,4	2394,7	-2329,3
	Trung bình B	21,79	3,21	18,58	225,4	760,0	-534,6	77,2	2394,6	-2317,4
Kéo dài 2 bên đê	Trung bình A	2,05	3,28	-1,2	94,2	470,6	-376,4	45,1	1779,0	-1733,9
	Trung bình B	21,80	3,13	18,67	198,2	470,4	-272,2	54,7	1778,9	-1724,2
Kéo dài đê kết hợp với nạo vét cửa đầm	Trung bình A	2,07	3,16	-1,1	64,5	414,9	-350,4	44,8	1829,4	-1784,6
	Trung bình B	21,76	3,03	18,7	159,4	414,8	-255,4	54,0	1829,4	-1775,4
Kéo dài tuyến đê phía bắc	Trung bình A	2,0	3,2	-1,2	91,5	271,0	-179,6	36,1	1178,3	-1142,2
	Trung bình B	21,76	3,08	18,7	191,4	270,9	-79,5	37,6	-1178,3	-1140,7
Nạo vét khu vực cửa và lòng đầm	Trung bình A	2,0	2,9	-0,9	25,8	751,9	-726,0	71,4	2091,2	-2019,8
	Trung bình B	21,8	2,8	18,9	109,9	751,7	-641,8	82,0	2091,2	-2009,1

Ghi chú: Trung bình A- năm bình thường, trung bình B- năm xuất hiện lũ, dấu âm (-) dòng đi vào hoặc đi xuống, dấu dương (+) dòng đi ra hoặc lên.

Kịch bản kéo dài đê kết hợp nạo vét cửa đầm

Phân tích kết quả đối với trường hợp kéo dài đê ở trên cho thấy tác động của quá trình này đã làm tăng nhẹ khả năng trao đổi nước giữa đầm Nai và vùng biển phía ngoài. Đồng thời cũng làm hạn chế đáng kể (40 - 50%) lượng bùn cát vào gây bồi lấp cửa đầm phía ngoài. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện khả năng trao đổi nước trong trường hợp này khá thấp, vì vậy chính tôi đã thiết lập mô hình tương tự như kéo dài 2 tuyến đê đồng thời với giả thiết nạo vét khu vực cửa đầm và lạch Tri Thủy sâu thêm 0,5 m.

Đối với trường hợp kéo dài đê kết hợp với nạo vét, các kết quả tính toán mô phỏng cho thấy trường dòng chảy, phân bố TTLL và biến động địa hình đáy cũng không có sự khác biệt rõ ràng so với các kịch bản hiện trạng. Do đó đối với trường hợp này, chúng tôi cũng chỉ tập trung vào phân tích đánh giá những tác động do kéo dài đê kết hợp nạo vét đến khả năng trao đổi nước, VCBC qua một số mặt cắt khác nhau ở khu vực này.

Tổng hợp các kết quả tính toán cho thấy khả năng trao đổi nước giữa đầm Nai và phía ngoài (qua mặt cắt gần cầu Tri Thủy) đã tăng lên so với kịch bản hiện trạng: Khả năng trao đổi nước trong điều kiện bình thường tăng lên từ 41,17%/ngày đã tăng lên 42,16%/ngày (khi kéo dài đê kết hợp nạo vét, bảng 1). Khi có ảnh hưởng của lũ thì khả năng trao đổi nước cũng đã tăng lên từ 44,07%/ngày lên 44,97%/ngày (bảng 1). Nếu tính cả lạch Tri Thủy thì khả năng trao đổi nước cũng tăng lên sau khi kéo dài tuyến đê kết hợp với nạo vét: Trong điều kiện bình thường, khả năng trao đổi nước tăng nhẹ từ 39,85%/ngày lên 40,65%/ngày. Khi tính đến cả ảnh hưởng của lũ thì khả năng trao đổi nước cũng tăng nhẹ từ 42,26% lên 43,03% (bảng 1). Như vậy so với trường hợp chỉ kéo dài đê, việc kéo dài đê kết hợp với nạo vét đã làm tăng khả năng trao đổi nước giữa đầm và vùng biển phía ngoài hơn so với trường hợp chỉ kéo dài đê.

Cũng tương tự như trường hợp chỉ kéo dài đê, các kết quả tính toán phân tích cho thấy tác động đến động thái di chuyển bùn cát khi kéo dài đê kết hợp nạo vét: Lượng bùn cát trung bình vào đầm qua mặt cắt gần cầu Tri Thủy trong

điều kiện thời tiết bình thường đã giảm từ 1,3 m³/ngày xuống còn 1,1 m³/ngày. Trong khi đó nếu xuất hiện lũ, dòng bùn cát đi ra từ đầm cũng sẽ tăng lên từ 18,58 m³/ngày lên 18,7 m³/ngày (bảng 2, hình 2e, 2f).

Sự thay đổi dòng bùn cát ra vào đầm qua mặt cắt phía ngoài cửa thể hiện rõ hơn qua mặt cắt ở cửa đầm phía ngoài: Dòng bùn cát trung bình ngày từ ngoài vào cửa đầm đã giảm từ 637,3 m³/ngày xuống 350,4 m³/ngày (giảm khoảng 45%). Khi xuất hiện lũ, dòng bùn cát vào khu vực cửa đầm giảm mạnh: Từ 534,6 m³/ngày xuống còn 255,4 m³/ngày (bảng 2, giảm khoảng 52,2%).

Vai trò của các tuyến đê phía ngoài trong việc chặn dòng bùn cát di chuyển dọc bờ vẫn được thể hiện tương tự như trường hợp kéo dài đê mà không nạo vét. Dòng bùn cát dọc bờ di chuyển xuống phía nam - tây nam đã giảm từ 2.329,3 m³/ngày (điều kiện hiện trạng) xuống còn 1.784,6 m³/ngày (khi kết hợp kéo dài đê và nạo vét cửa đầm). Sự suy giảm tương ứng cũng được thể hiện trong trường hợp xuất hiện lũ ở khu vực này (bảng 2, hình 2c, 2d).

Như vậy, các kết quả trên cho thấy việc kéo dài các tuyến đê kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm phía ngoài đã có hiệu quả cao hơn so với chỉ kéo dài đê mà không tiến hành nạo vét.

Kịch bản kéo dài một bên tuyến đê phía bắc kết hợp nạo vét cửa đầm

Các kịch bản kéo dài đê được thiết lập nhằm đánh giá khả năng hạn chế dòng bùn cát dọc bờ đi xuống phía nam - tây nam và vào cửa đầm. Những phân tích của kịch bản hiện trạng cũng cho thấy dòng bùn cát từ phía bắc - đông bắc di chuyển xuống gần như chiếm ưu thế tuyệt đối. Vì vậy, có thể chỉ cần kéo dài tuyến đê ở phía bắc - đông bắc cũng có thể ngăn dòng bùn cát đi vào gây bồi lấp cửa đầm.

Giống như các nhóm kịch bản tính toán trước, việc kéo dài các tuyến đê phía bắc kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm tác động không nhiều đến các đặc điểm phân bố của trường dòng chảy, phân bố trầm tích và biến động địa hình đáy theo không gian ở khu vực cứu.

Các kết quả tính toán phân tích cho thấy việc kéo dài tuyến đê phía đông bắc kết hợp với

nao vết khu vực cửa đầm cũng làm tăng khả năng trao đổi ở khu vực phía trong đầm Nại so với hiện tại. Trong điều kiện bình thường ít mưa, lượng nước trao đổi đã tăng từ 41,17% lên 41,38% (bảng 1). Trong điều kiện lũ, lượng nước trao đổi sau khi kéo dài tuyến đê phía bắc kết hợp với nao vết cũng tăng lên từ 44,07% lên 44,26% (bảng 1). Các kết quả này cũng cho thấy trao đổi nước trong hai trường hợp: Khi kéo dài hai bên đê và một tuyến đê phía bắc không có sự khác biệt đáng kể.

Trường hợp kéo dài một bên đê kết hợp với nao vết khu vực cửa đầm cũng cho thấy những tác động rõ rệt đến động thái di chuyển của dòng bùn cát. Ở khu vực phía trong đầm Nại, dòng bùn cát đi vào trung bình ngày đã giảm từ 1,3 m³/ngày xuống còn 1,2 m³/ngày. Trong khi đó nếu xuất hiện lũ, dòng bùn cát đi ra khỏi đầm cũng tăng nhẹ từ 18,58 m³/ngày (bảng 2, trong điều kiện hiện tại) lên 18,7 m³/ngày (trong điều kiện lũ).

Những tác động đến cân bằng bùn cát do kéo dài một bên đê kết hợp với nao vết được thể hiện rõ rệt hơn ở mặt cắt ở khu vực cửa phía ngoài. Dòng bùn cát trong điều kiện hiện tại trong bình vào cửa đầm là 637,3 m³/ngày đã giảm mạnh xuống còn 179,3 m³/ngày (bảng 2). Trong khi đó nếu xuất hiện lũ, dòng bùn cát đi vào cửa đầm gây bồi lắng cũng giảm mạnh từ 534,6 m³/ngày xuống còn 79,5 m³/ngày. Như vậy khi kéo dài tuyến đê kết hợp với nao vết ở khu vực cửa đầm dòng bùn cát từ biển đi vào cửa đầm giảm khá mạnh trong cả điều kiện thường và điều kiện xuất hiện lũ với các giá trị suy giảm lần lượt là 71,8% và 85,1%.

Những ảnh hưởng của việc kéo dài tuyến đê phía bắc cũng thể hiện khá rõ đối với dòng bùn cát dọc bờ ở vùng biển phía ngoài. Các kết quả tính toán cho thấy dòng bùn cát di chuyển dọc bờ đã giảm mạnh chỉ còn khoảng 1.141 - 1.142 m³/ngày so với các giá trị hiện tại là 2.317,4 - 2.329,3 m³/ngày (bảng 2, hình 2g, 2h).

Kịch bản nao vết lòng đầm và cửa đầm

Nhằm đánh giá tác động khi nao vết lòng đầm và khu vực cửa đầm chúng tôi cũng đã tiến hành thiết lập 35 kịch bản tính toán khác nhau để mô phỏng các quá trình TĐL, trao đổi nước và VCBC ở khu vực này. Các kết quả phân tích

cho thấy khi tăng độ sâu toàn bộ lòng đầm và khu vực cửa đầm thì xu hướng chung là giảm khả năng trao đổi nước giữa đầm và vùng biển phía ngoài. Lượng nước trao đổi giữa vùng lòng đầm và khu vực phía ngoài chỉ còn trung bình trong điều kiện bình thường chỉ còn khoảng 32%. Trong khi nếu tính đến cả ảnh hưởng của lũ thì trao đổi tăng lên khoảng 34% (bảng 1). Nguyên nhân của sự suy giảm này chủ yếu do sự tăng lên của thể tích nước trong đầm lớn hơn sự tăng lên của lượng nước vào ra do dao động mực nước. Tuy nhiên, sự tăng lên của thể tích nước chứa trong đầm sẽ làm các chất gây ô nhiễm vào đầm được pha loãng ra hơn, tăng cường chất lượng nước của đầm.

Xu hướng giảm lượng nước trao đổi cũng được thể hiện khi phân tích lượng nước trao đổi qua mặt cắt giữa vùng cửa đầm phía ngoài và vùng biển ven bờ Ninh Chữ. Sau khi nao vết lòng đầm và khu vực cửa, lượng nước trao đổi trung bình ngày chỉ còn khoảng 35 - 37% trong khi lượng nước trao đổi trong điều kiện hiện tại lần lượt là 40% và 42,3% (bảng 1).

Việc suy giảm khả năng trao đổi nước khi tăng độ sâu ở khu vực đáy và lòng đầm có thể được giải thích là khi tăng độ sâu ở khu vực nghiên cứu thì đồng thời cũng tăng thể tích nước, đặc biệt là phần nước dưới của mực nước triều trung bình. Trong khi đó sự trao đổi nước ở khu vực này yếu do dao động mực nước. Lượng nước vào/ra đầm qua các mặt cắt không thay đổi nhiều khi tăng độ sâu. Nói cách khác, sự trao đổi nước chủ yếu vẫn diễn ra ở các lớp nước phía trên.

Xu thế VCBC ở khu vực nghiên cứu khi tiến hành nao vết lòng đầm và vùng cửa đầm có phần tương tự như sự trao đổi nước. Mặc dù dòng bùn cát trung bình ngày vào lòng đầm có phần giảm nhẹ so với hiện tại: Giảm từ 1,3 kg/ngày xuống còn 0,9 m³/ngày (bảng 2). Tuy nhiên sự suy giảm này quá nhỏ. Trong khi đó dòng bùn cát từ đầm ra ngoài trong điều kiện xuất hiện lũ tăng lên nhẹ (tăng từ 15,85 m³/ngày lên 15,9 m³/ngày). Sự tăng lên này có thể chủ yếu là do sự tăng độ sâu ở khu vực cửa đầm phía ngoài, tăng cường khả năng thoát nước và bùn cát khi có lũ.

Ở khu vực phía ngoài cửa, dòng bùn cát từ biển vào cửa đầm vào trong trường hợp nao vết cả khu vực cửa và lòng đầm cũng tăng nhẹ so

với hiện tại. Giá trị dòng bùn cát từ biển đi vào đã tăng lên $726 \text{ m}^3/\text{ngày}$ so với $637,3 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (hiện tại, bảng 2). Trong trường hợp ảnh hưởng của lũ, dòng bùn cát từ biển đi vào khi có lũ cũng tăng nhẹ từ $534,6 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (hiện tại, bảng 2) lên $641,8 \text{ m}^3/\text{ngày}$. Sự tăng lên của dòng bùn cát từ biển đi vào đầm có thể được giải thích là do sự tăng độ sâu phía trong đầm, nên trong pha triều lên dòng bùn cát từ biển đi vào cửa đầm nhiều hơn. Trong khi vào pha triều xuống, dòng bùn cát bị giữ lại trong đầm tăng lên (tăng quá trình tích tụ khi độ sâu tăng lên), dòng cát đi ra khỏi đầm giảm mạnh (bảng 2).

Phân tích dòng bùn cát dọc bờ đi qua cửa đầm cho thấy nếu việc nạo vét được tiến hành thì dòng bùn cát này giảm nhẹ so với hiện tại: Giảm từ $2.317,4 - 2.329,3 \text{ m}^3/\text{ngày}$ xuống còn $2.009 - 2.019 \text{ m}^3/\text{ngày}$ (bảng 2). Nguyên nhân của sự suy giảm này chủ yếu là do một phần dòng bùn cát đi vào phía trong qua cửa đầm.

Như vậy có thể thấy việc tiến hành nạo vét cả khu vực lòng đầm và khu vực cửa đầm không làm cải thiện nhiều khả năng trao đổi nước cũng như VCBC ở khu vực nghiên cứu. Sau quá trình nạo vét, lượng nước trao đổi giữa đầm và vùng biển phía ngoài giảm, dòng bùn cát di chuyển từ ven biển vào đầm có xu hướng tăng lên so với hiện tại và các kịch bản tính toán khác.

Hiệu quả của các kịch bản tính trong điều kiện khác nhau

Vai trò của các tuyến kè phía ngoài cửa

Với đặc điểm di chuyển của dòng bùn cát dọc bờ chiếm ưu thế tuyệt đối từ hướng bắc - đông bắc xuống phía nam - tây nam, các tuyến kè ở vùng cửa đầm phía ngoài có vai trò rất quan trọng trong việc chắn sóng, đặc biệt là chặn dòng bùn cát di chuyển vào gây bồi lấp cửa đầm. Tuy nhiên do có cả hai tuyến kè (phía bắc và phía nam) nên vai trò chặn dòng bùn cát chủ yếu do tuyến kè phía bắc đảm nhiệm là chính trong khi lượng bùn cát từ phía đông - đông nam di chuyển vào giữa hai tuyến kè này lại bị tuyến kè phía nam chặn lại. Do vậy vai trò của tuyến kè phía nam chủ yếu là chắn sóng nhưng đồng thời lại có tác động không tích cực khác là chặn dòng bùn cát dọc bờ đi xuống phía nam - tây nam và làm tăng cường sự di chuyển

của dòng bùn cát này vào phía trong cửa đầm trong thời gian triều lên.

Việc kéo dài thêm cả hai tuyến kè có ảnh hưởng tích cực đến khả năng trao đổi nước và giảm dòng bùn cát từ biển vào khu vực cửa và phía trong lòng đầm. Mặc dù lượng bùn cát đi vào lòng đầm giảm rất nhỏ nhưng với một khu vực có phạm vi không gian rất nhỏ như đầm Nại thì thì sự tích lũy đó theo thời gian sẽ có những ảnh hưởng nhất định đến sự bồi lắng của đầm. Trong khi đó sự suy giảm đáng kể của dòng bùn cát từ biển vào khu vực cửa đầm khi kéo dài đê sẽ có tác động tích cực làm giảm sự bồi lấp ở khu vực cửa đầm phía ngoài, qua đó làm tăng cường khả năng trao đổi nước giữa đầm Nại và vùng biển phía ngoài.

Hiệu quả của việc kéo dài thêm tuyến kè phía bắc và giữa nguyên tuyến kè phía nam như hiện nay đã được thể hiện rất rõ trong những kết quả tính toán, phân tích ở trên. Trong trường hợp này khả năng trao đổi nước tăng lên mạnh, dòng bùn cát vào đầm và từ biển vào khu vực cửa đầm cũng giảm khá mạnh so với các điều kiện hiện tại.

Nạo vét khơi thông, tăng độ sâu đầm và khu vực cửa

Sự bồi lấp khu vực cửa đầm và nông hóa phía trong lòng đầm Nại làm xuất hiện nhu cầu nạo vét để làm tăng độ sâu luồng, tăng quá trình trao đổi nước giữa đầm và vùng biển phía ngoài. Các kết quả phân tích đánh giá từ những kịch bản tính cho thấy việc nạo vét khu vực cửa đầm phía ngoài có tác động tích cực đến khả năng trao đổi nước qua đó giảm dòng bùn cát từ ngoài đi vào đầm và khu vực cửa đầm.

Ngược lại, việc tiến hành nạo vét toàn bộ đầm Nại lại làm giảm khả năng trao đổi nước giữa đầm với vùng biển phía ngoài do sự tăng lên của thể tích nước dưới mực biển trung bình. Cùng với đó dòng bùn cát từ biển vào khu vực cửa đầm và dòng bùn cát từ lạch Tri Thủy và phía trong đầm Nại cũng đã tăng lên đáng kể so với các điều kiện hiện tại.

Kết hợp kéo dài đê và nạo vét khu vực cửa đầm

Sự kết hợp giải pháp này nhằm đồng thời vừa làm giảm dòng bùn cát từ biển vào khu vực

cửa gây bồi lấp cửa đầm vừa làm tăng vận tốc dòng chảy ở khu vực cửa đầm. Các kết quả tính toán phân tích ở phần trên cho thấy trường hợp nạo vét khu vực cửa đầm kết hợp với kéo dài tuyến đê phía bắc sẽ cho các kết quả tích cực hơn rất nhiều so với nạo vét kết hợp với kéo dài hai bên đê và các kịch bản tính toán khác. Vì vậy, nếu tính đến một giải pháp công trình để giải quyết vấn đề hạn chế bồi lắng lòng đầm và bồi lấp khu vực cửa đầm phía ngoài thì kéo dài đê phía bắc kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm là lựa chọn tốt nhất.

Ảnh hưởng của các điều kiện khác

Nguyên nhân chủ yếu là do dòng bùn cát từ xung quanh hầu hết bị giữ lại mà không thể được đưa ra ngoài biển trong pha triều xuống. Trong khi đó vào pha triều lên, dòng triều mang bùn cát từ phía ngoài vào gây bồi lấp khu vực cửa đầm phía ngoài [11]. Trong điều kiện xuất hiện mưa lũ nhiều, mặc dù nước lũ làm tăng nhẹ khả năng trao đổi nước giữa đầm và vùng biển phía ngoài nhưng lượng bùn cát đi cùng với nước lũ bị giữ lại phần lớn trong lòng đầm đã làm tăng tốc độ bồi lắng ở khu vực lòng đầm lên đáng kể so với điều kiện của những năm khô hạn. Vì vậy, để giảm những tác động bất lợi khi xuất hiện lũ đến bồi lắng của khu vực này cần có giải pháp hạn chế dòng bùn cát vào đầm khi xảy ra lũ như:

Kiên cố bờ bao xung quanh đầm để hạn chế dòng bùn cát do rửa trôi, xói mòn tràn vào đầm Nại khi xảy ra lũ.

Kiểm soát dòng nước-bùn cát vào đầm qua các hệ thống công, tạo ra các kênh dẫn, chứa nước để bẫy trầm tích lắng đọng ở các khu vực đó, làm cho dòng bùn cát vào đầm nhỏ nhất.

KẾT LUẬN

Với phương pháp tiếp cận MOFAC, các đặc điểm trao đổi nước và VCBC ở khu vực đầm Nại đã được tính toán và phân tích với tất cả các nhóm điều kiện khác nhau như mực nước, sóng, gió, nguồn cung bùn cát và một số giải pháp công trình. Tổng hợp các kết quả từ các nhóm kịch bản tính toán khác nhau như kéo dài hai tuyến kè chắn sóng ở khu vực cửa đầm, kéo dài đê kết hợp nạo vét cửa đầm, kéo dài 1 tuyến đê phía đông bắc kết hợp nạo vét và nạo vét toàn bộ đầm, cho thấy sự trao đổi nước thay

đổi không đáng kể (dưới 1%), ngoại trừ kịch bản nạo vét toàn bộ đầm thì khả năng trao đổi nước giảm khoảng 10% (do tăng thể tích nước trong đầm).

Cân bằng bùn cát ở mặt cắt MCI hầu như không có sự thay đổi đáng kể dưới ảnh hưởng của các giải pháp công trình ở phía ngoài cửa và hoạt động nạo vét. Ngược lại, dòng bùn cát đi vào cửa đầm (MCII) và dòng bùn cát dọc bờ xuống phía tây nam (MCIII) đều giảm mạnh, trong đó kịch bản kéo dài tuyến đê phía bắc kết hợp với nạo vét khu vực cửa đầm làm giảm mạnh nhất dòng bùn cát từ biển vào khu vực cửa: Từ 637 m³/ngày xuống còn 180 m³/ngày (năm ít mưa) và 535 m³/ngày xuống còn 80 m³/ngày (năm có lũ).

Nhằm tăng cường khả năng trao đổi nước, hạn chế dòng bùn cát đi vào gây bồi lấp khu vực cửa đầm và lòng đầm Nại cần có một sự kết hợp tổng thể của nhiều giải pháp khác nhau cho khu vực này, trong đó chú ý tới giảm pháp làm giảm dòng bùn cát từ biển vào cửa nhưng không làm giảm trao đổi nước (kéo dài tuyến đê phía bắc), nạo vét khu vực cửa đầm, giảm tối đa dòng bùn cát vào đầm khi có lũ bằng việc kiên cố bờ bao xung quanh đầm Nại.

Lời cảm ơn: Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ của đề tài VAST05.06/16-17 để hoàn thành công trình này. Các tác giả cũng chân thành cảm ơn những nhận xét, góp ý hết sức sâu sắc và quý giá của các phản biện trong quá trình hoàn thiện bài báo này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lesser, G. R., Roelvink, J. V., Van Kester, J. A. T. M., and Stelling, G. S., 2004. Development and validation of a three-dimensional morphological model. *Coastal engineering*, **51**(8-9), 883-915.
2. Roelvink, J. A., 2006. Coastal morphodynamic evolution techniques. *Coastal Engineering*, **53**(2), 277-287.
3. Lesser, G. R., 2009. An approach to medium-term coastal morphological modelling. *UNESCO-IHE, Institute for Water Education*, ISBN 978-0-415-55668-2.
4. Tonnon, P. K., Van Rijn, L. C., and Walstra, D. J. R., 2007. The

- morphodynamic modelling of tidal sand waves on the shoreface. *Coastal Engineering*, **54**(4), 279-296.
5. Jones, O. P., Petersen, O. S., and Kofoed-Hansen, H., 2007. Modelling of complex coastal environments: Some considerations for best practise. *Coastal Engineering*, **54**(10), 717-733.
 6. Dissanayake, D. M. P. K., Ranasinghe, R., and Roelvink, J. A., 2009. Effect of sea level rise in tidal inlet evolution: A numerical modelling approach. *Journal of Coastal Research*, 942-946.
 7. Van der Wegen, M., and Roelvink, J. A., 2008. Long-term morphodynamic evolution of a tidal embayment using a two-dimensional, process-based model. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **113**(C3). Doi:10.1029/2006JC003983.
 8. Van der Wegen, M., Wang, Z. B., Savenije, H. H. G., and Roelvink, J. A., 2008. Long-term morphodynamic evolution and energy dissipation in a coastal plain, tidal embayment. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, **113**(F3). Doi:10.1029/2007JF000898.
 9. Vũ Duy Vĩnh, Trần Đình Lân, Trần Anh Tú, Nguyễn Thị Kim Anh, Nguyễn Ngọc Tiến, 2016. Ảnh hưởng của các quá trình động lực đến biến động địa hình đáy vùng ven bờ cửa sông Mê Kông. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **16**(1), 32-45.
 10. Duy Vinh, V., Ouillon, S., Van Thao, N., and Ngọc Tien, N., 2016. Numerical simulations of suspended sediment dynamics due to seasonal forcing in the Mekong coastal area. *Water*, **8**(6), 255.
 11. Vũ Duy Vĩnh, Đỗ Thị Thu Hương, Nguyễn Văn Quân, Nguyễn Ngọc Tiến, 2016. Đặc điểm vận chuyển bùn cát và nguyên nhân gây bồi lắng khu vực đầm Nại (Ninh Thuận). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **16**(3), 283-296.
 12. Jones, M. T., Weatherall, P., and Cramer, R. N., 2009. User guide to the Centenary Edition of the GEBCO Digital Atlas and its data sets. *Natural environment research council*.
 13. Lyard, F., Lefevre, F., Letellier, T., and Francis, O., 2006. Modelling the global ocean tides: modern insights from FES2004. *Ocean Dynamics*, **56**(5-6), 394-415.
 14. Boyer, T., Ed.; A. Mishonov, 2013. Technical Ed.: World Ocean Atlas 2013 Product Documentation. Ocean Climate Laboratory, NODC/NESDIS/NOAA. Silver Spring, MD 20910-3282.
 15. Hydraulics, D., 2014. Delft3D-FLOW User Manual: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments. *Technical report*.
 16. Argoss, B. M. T., 2011. Overview of the service and validation of the database waveclimate. Reference: RP_A870. www.waveclimate.com.
 17. Battjes, J. A., and Janssen, J. P. F. M., 1978. Energy loss and set-up due to breaking of random waves. In *Coastal Engineering 1978* (pp. 569-587).
 18. Schneider, V. R., and Arcement, G. J., 1989. Guide for Selecting Manning's Roughness Coefficients for Natural Channels and Flood Plains. Available from the US Geological Survey, Books and Open-File Reports Section, Box 25425, Federal Center, Denver, CO 80225-0425. *Water-Supply Paper 2339, 1989. 38 p, 22 fig, 4 tab, 23 ref.*
 19. Simons, D. B., and Şentürk, F., 1992. Sediment transport technology: water and sediment dynamics. *Water Resources Publication*.
 20. Uittenbogaard, R. E., 1998. Model for eddy diffusivity and viscosity related to sub-grid velocity and bed topography. *Note, WL/Delft Hydraulics*.
 21. Van Vossen, B., 2000. Horizontal large eddy simulations; evaluation of computations with DELFT3D-FLOW. Report MEAH-197. *Delft University of Technology*.
 22. Van Rijn, L. C., 1993. Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas (Vol. 1006). *Amsterdam: Aqua publications*.

23. Vũ Duy Vĩnh, Nguyễn Văn Quân, 2015. Đặc điểm thủy động lực và khả năng trao đổi nước khu vực đầm Nai (Ninh Thuận) - kết quả từ mô hình Delft3D. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ biển*, **15**(3), 250-256.
24. Rijn, L. C., 1998. Principles of coastal morphology. *Aqua Publications*.
25. Sivester, R., and Hsu, J. R. C., 1993. Coastal Stabilization: innovative concepts.
26. Kieslich, J. M., 1981. Tidal Inlet Response to Jetty Construction (No. WES-GITI-19). *Army engineer waterways experiment station vicksburg MS*.

IMPACT OF COASTAL ENGINEERING SOLUTIONS ON WATER EXCHANGE AND SEDIMENT TRANSPORT IN NAI LAGOON (NINH THUAN)

Vu Duy Vinh

Institute of Marine Environment and Resources, VAST

ABSTRACT: With the area of only about 700 ha, Nai lagoon has a great contribution to ecology as well as socioeconomic development of Ninh Hai district and Phan Rang-Thap Cham city (Ninh Thuan province). However, the deposition tendency has occurred recently, making the lagoon shallower. It also causes the decrease in water exchange as well as environmental degradation in this area. Therefore, solutions that increase water exchange and reduce the deposition rate in the Nai lagoon are necessary. Based on the Delft3D model with MORFAC approach, this paper gives some assessments on the impact of coastal engineering solution on water exchange and sediment transport. The simulation scenarios include as extending present jetties to 165 m long, extending present jetties combined with dredging lagoon inlet, extending only northeast jetty to 260 m long combined with dredging lagoon inlet, and dredging all lagoon area. The results show that the change in water exchange is very small (almost below 1%), except in the case of dredging the entire lagoon area, water exchange decreases about 10% (due to the increase of the lagoon water volume) compared with the present. Sediment flux balance at cross-section MCI (Tri Thuy bridge) also changes slightly under influence of coastal engineering works. On the other hand, sediment flux from the coastal zone into the inlet (cross-section 2- MCII) and alongshore to Southwest (cross-section MCIII) have strongly decreased. Especially, in the scenario of extending northeast jetty combined with and dredging the inlet zone, net sediment flux into the inlet decreases from 637 m³/day to 180 m³/day (droughty year) and from 535 m³/day to 80 m³/day in the flood year.

Keywords: Nai lagoon, coastal engineering, water exchange, sediment transport, MORFAC, Delft3D.