

Mô phỏng lan truyền độ đục theo mùa ở vùng ven biển Đồ Sơn - Hải Phòng và khu vực lân cận bằng mô hình toán 3 chiều

Hồ Việt Cường^{1*}, Trần Anh Tú², Phạm Hải An²

¹Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

²Viện Tài nguyên và Môi trường biển

Ngày nhận bài 24.9.2015, ngày chuyển phản biện 1.10.2015, ngày nhận phản biện 30.10.2015, ngày chấp nhận đăng 6.11.2015

Vùng ven biển Đồ Sơn - Hải Phòng là nơi đổ ra của nhiều sông lớn thuộc hệ thống sông Hồng - Thái Bình như các sông Hồng, Thái Bình, Trà Lý, Ninh Cơ, Văn Úc, Lạch Tray, Cấm, Bạch Đằng... Vì vậy, sự lan truyền độ đục ở vùng ven biển Đồ Sơn và các khu vực lân cận phụ thuộc vào chế độ dòng chảy, vận chuyển bùn cát từ trong sông ra và chế độ thủy triều từ ngoài biển truyền vào. Bài báo trình bày một số kết quả mô phỏng quá trình lan truyền độ đục trong vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng theo mùa (mùa lũ, mùa kiệt) bằng mô hình toán 3 chiều Delft 3D.

Từ khóa: Delft-3D, lan truyền độ đục, vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng.

Chỉ số phân loại 1.7

Simulation of seasonal turbidity transmission in Do Son - Hai Phong coastal area and surrounding sites by 3D calculation model

Summary

The Do Son - Hai Phong coastal area is the region that receives river water of the Red River - Thai Binh system including the Red River, Thai Binh and Tra Ly, Ninh Co and Van Uc, Lach Tray, Cam, Bach Dang rivers, etc. Therefore, the turbidity transmission in Do Son coastal area and the surroundings depends on the flow regime, the sediment transportation from the rivers to the sea, and the tidal regime from the sea to the rivers. This article presents some results of the turbidity simulation in Do Son - Hai Phong by seasons (rainy season, dry season) with the Delft 3D model.

Keywords: Delft-3D, Do Son - Hai Phong Coastal area, turbidity transmission.

Classification number 1.7

Mở đầu

Vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng là nơi đổ ra của nhiều sông lớn. Ở phía bắc Đồ Sơn có cửa Lạch Huyện (sông Chanh), Nam Triệu (sông Bạch Đằng), Cấm (sông Cấm), Lạch Tray (sông Lạch Tray). Ở phía nam Đồ Sơn có các cửa Văn Úc (sông Văn Úc), Thái Bình (sông Thái Bình), xa hơn có các cửa Trà Lý (sông Trà Lý), Ba Lạt (sông Hồng), Ninh Cơ (sông Ninh Cơ), Đáy (sông Đáy) [1]. Hiện tượng nước đục ở vùng ven biển Hải Phòng nói chung và các bãi tắm của thị xã Đồ Sơn nói riêng ngày càng trở nên phức tạp, đặc biệt là từ thập kỷ 80 trở lại đây, hiện tượng đục nước ngày càng gia tăng [2-4]. Nước ở vùng biển Đồ Sơn bị đục làm ô nhiễm nước của các bãi tắm và mất đi sự hấp dẫn của khu du lịch Đồ Sơn, vì vậy việc nghiên cứu xác định nguyên nhân và tìm giải pháp khắc phục hiện tượng đục nước ở vùng biển này đang được quan tâm nghiên cứu. Bài báo trình bày một số kết quả nghiên cứu trên mô hình toán 3 chiều Delft 3D về diễn biến của chế độ thủy lực dòng chảy, bùn cát và quá trình lan truyền độ đục ở vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng theo mùa. Các kết quả mô phỏng sẽ là cơ sở để nghiên cứu đề xuất các giải pháp khoa học và công nghệ phù hợp nhằm giảm thiểu hiện tượng đục nước cho vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng trong tương lai.

Tài liệu và phương pháp nghiên cứu

Tài liệu sử dụng

Tài liệu địa hình: số liệu độ sâu và đường bờ của khu vực ven biển thành phố Hải Phòng được số hoá từ các bản đồ địa hình UTM tỷ lệ 1:50.000 do Cục Đo đạc bản đồ xuất bản. Địa hình khu vực ven biển Hải Phòng, Cát Bà còn được bổ

*Tác giả liên hệ: Email: hovietcuong@gmail.com

sung cập nhật số liệu đo sâu trong những năm gần đây của một số đề tài, dự án đã thực hiện ở khu vực này. Độ sâu phía ngoài khu vực ven biển thành phố Hải Phòng và vùng lân cận còn được tham khảo và bổ sung từ cơ sở dữ liệu địa hình ETOPO5 (Earth Topography - 5 Minute) của Trung tâm Tư liệu địa vật lý quốc gia Mỹ (National Geophysical Data Center - NGDC) và GEBCO-1 (General Bathymetric Chart of the Ocean (GEBCO) one minute) của Trung tâm Tư liệu hải dương học Vương quốc Anh (British Oceanographic Data Centre - BODC).

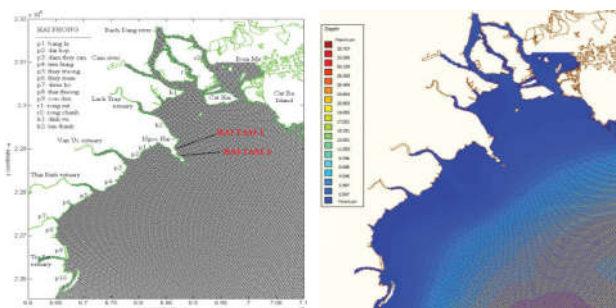
Tài liệu khí tượng, thủy văn: số liệu quan trắc lưu lượng, mực nước, sóng... của các trạm khí tượng, thủy hải văn vùng biển Đồ Sơn - Hải Phòng.

Tài liệu bùn cát: số liệu quan trắc độ đục tại các cửa sông và các trạm trong khu vực nghiên cứu.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp mô hình toán sử dụng để mô phỏng chế độ thủy động lực và lan truyền độ đục khu vực nghiên cứu là mô hình Delft 3D. Đây là mô hình được Viện Thủy lực Delft (Hà Lan) phát triển, có khả năng tính toán và mô phỏng các quá trình động lực và vận chuyển bùn cát tại khu vực cửa sông, vịnh và vùng biển ven bờ [5].

Thiết lập các mô hình tính toán: mô hình thủy động lực: phạm vi nghiên cứu gồm bán đảo Đồ Sơn, các cửa sông và vùng ven biển từ Hải Phòng đến Nam Định. Miền tính của mô hình có kích thước khoảng 65 km theo chiều đông bắc - tây nam và 42 km theo chiều tây bắc - đông nam, với diện tích mặt nước khoảng 2.300 km² được chia thành 310 x 508 ô lưới, kích thước các ô lưới biến đổi từ 35 đến 305 m², tùy thuộc vào từng khu vực mô phỏng (hình 1); mô hình lan truyền độ đục: mô hình được xây dựng trên cơ sở các kết quả tính toán của mô hình thủy động lực, trong đó có cùng phạm vi miền tính và lưới tính.



Hình 1: phạm vi lưới tính và địa hình khu vực nghiên cứu thiết lập trên mô hình Delft 3D

Các điều kiện biên của mô hình: biên phía ngoài biển: gồm các biên mực nước, sóng, gió phía tây nam, đông nam và đông bắc được trích xuất từ kết quả tính của mô hình toàn vịnh Bắc Bộ; các biên cửa sông: gồm các biên lưu lượng và bùn cát của 7 cửa sông chính trong khu vực: Bạch Đằng, Cấm, Lạch Tray, Văn Úc, Thái Bình, Trà Lý, Ba Lạt được trích xuất từ kết quả tính của mô hình một chiều Mike11-ST cho toàn mạng sông Hồng - Thái Bình. Ngoài ra, các điểm nguồn thải ven bờ (r_1 , r_2 , k_1 , k_2 , p_1 , p_2 ...) thể hiện trên hình 1) cũng được đưa vào mô hình để tính toán. Bước thời gian tính của mô hình với $\Delta t = 30$ s.

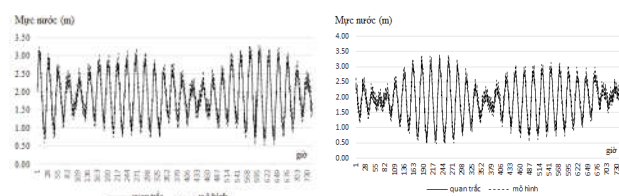
Bảng 1: giá trị độ đục trung bình theo mùa, thiết lập cho các biên cửa sông

Các biên phía sông	Giá trị độ đục trung bình ρ (mg/l)	
	Mùa kiệt	Mùa lũ
Sông Bạch Đằng	59,75	127,5
Sông Cấm	87,14	208,3
Sông Lạch Tray	69,32	169,8
Sông Văn Úc	98,64	310,7
Sông Thái Bình	88,73	175,4
Sông Trà Lý	75,61	146,8
Cửa Ba Lạt	151,1	413,6

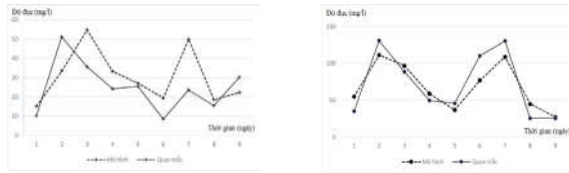
Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình: mô hình được hiệu chỉnh và kiểm định với chuỗi số liệu thực đo về mực nước, sóng, độ đục của trạm Hòn Dấu và tại một số vị trí đo đặc khảo sát của đề tài cấp nhà nước KC08.34/11-15. Thời gian hiệu chỉnh và kiểm định mô hình như sau:

- Hiệu chỉnh mô hình với chuỗi số liệu mùa kiệt từ 1.3.2014 đến 31.3.2014.
- Kiểm định mô hình với chuỗi số liệu mùa lũ từ 1.8.2014 đến 31.8.2014.

Kết quả đánh giá sai số giữa tính toán và thực đo cho thấy, hệ số tương quan mực nước trong mùa kiệt và mùa lũ lần lượt có giá trị 0,941 và 0,938. Sai số bình phương trung bình (RMSE) có giá trị 0,167 và 0,142. Như vậy, sai số này có thể chấp nhận được trong điều kiện địa hình khu vực có tính phức tạp và biên độ dao động mực nước lớn. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được thể hiện ở hình 2 và hình 3.



Hình 2: so sánh kết quả tính toán mực nước với số liệu thực đo tại trạm Hòn Dấu

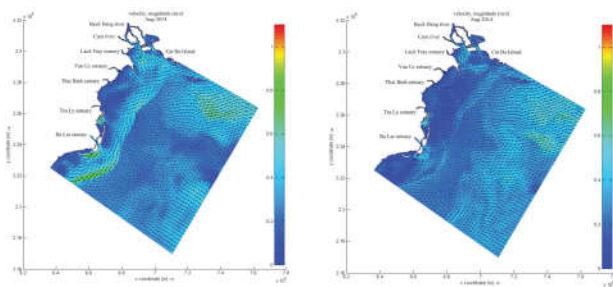


Mùa kiệt (từ 4.3 đến 12.3.2014) Mùa lũ (từ ngày 7.8 đến 15.8.2014)
Hình 3: so sánh kết quả tính toán độ đục với số liệu thực đo tại vị trí B2, khu vực phía ngoài cửa sông Cẩm và cửa Bạch Đằng

Kết quả tính toán mô phỏng

Mô phỏng trường dòng lực, dòng chảy

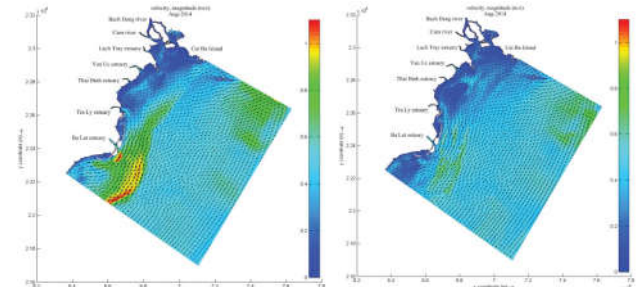
Mùa lũ - pha triều lên: vào mùa lũ do lưu lượng nước từ trong sông đổ ra lớn, nên dù trong pha triều lên thì dòng chảy từ biển hướng vào các cửa sông vẫn có vận tốc rất nhỏ. Trong pha triều này, hướng dòng chảy chủ yếu là nam - đông nam với giá trị vận tốc biến đổi từ 0,21 đến 0,65 m/s. Ở khu vực cửa sông Văn Úc, nơi lưu lượng nước từ sông lớn nhất trong các sông đổ ra vùng biển Đồ Sơn thì hầu như không có dòng chảy ngược từ biển vào, dòng triều và dòng chảy lũ có hướng ngược nhau bị triệt tiêu và gây ra hiện tượng nước đứng ở khu vực trước cửa sông, ở đây xuất hiện nhiều vùng nước quẩn dẫn đến hiện tượng lắng đọng trầm tích và tạo nên các bãi bồi ngầm. So sánh trường dòng chảy ở tầng mặt và tầng đáy trong khu vực thấy rằng, ảnh hưởng của dòng chảy từ các cửa sông đổ ra là rất lớn, vận tốc và hướng chảy tầng mặt phụ thuộc theo hướng và lưu lượng dòng chảy ra từ các cửa sông (hình 4a), trong khi tầng đáy chịu ảnh hưởng chủ yếu của các quá trình động lực biển theo hướng ngược lại (hình 4b). Ở thời điểm nước lớn, hướng dòng chảy phân tán mạnh mẽ với giá trị vận tốc khá nhỏ, đặc biệt là vùng nước giữa Hòn Dấu, Cát Bà và Cát Hải.



a) Dòng chảy tầng mặt b) Dòng chảy tầng đáy
Hình 4: kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt và tầng đáy mùa lũ trong pha triều lên

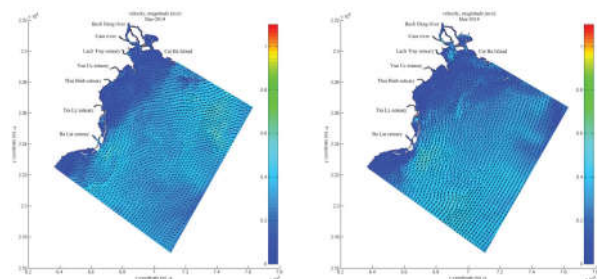
Mùa lũ - pha triều xuống: sự kết hợp giữa dòng chảy sông và dòng triều được thể hiện rõ nét vào pha triều xuống, tạo ra dòng chảy tổng hợp với vận tốc khá lớn so với các pha triều khác, hướng dòng chảy trong

trường hợp này theo hướng từ các cửa sông đổ ra phía biển. Giá trị vận tốc dòng chảy biến đổi trong khoảng 0,2-0,8 m/s, một số nơi do lòng dẫn hẹp như khu vực cửa Lạch Huyện, cửa Nam Triệu... vận tốc dòng chảy tầng mặt có thể đạt 0,8-1,0 m/s. Trường dòng chảy trong pha triều này có hướng tương đối đồng nhất giữa tầng mặt và đáy do sự tương đồng về hướng chảy của dòng chảy trong sông và dòng triều (hình 5).



a) Dòng chảy tầng mặt b) Dòng chảy tầng đáy
Hình 5: kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt và tầng đáy mùa lũ trong pha triều xuống

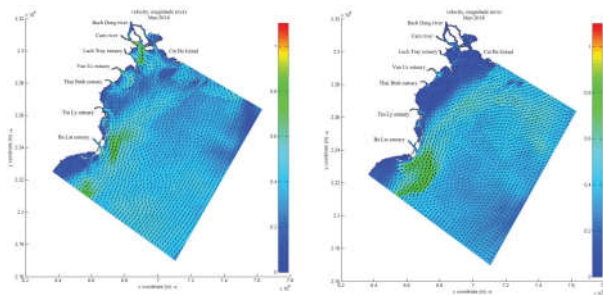
Mùa kiệt - pha triều lên: vào mùa kiệt, sự biến đổi của trường dòng chảy theo thời gian ở vùng cửa sông ven biển cơ bản cũng giống như trong mùa lũ. Tuy nhiên, do có sự biến đổi mùa của trường gió và sự suy giảm đáng kể lưu lượng nước từ các sông đổ ra cũng đã tạo ra sự khác biệt tương đối của trường dòng chảy của mùa kiệt so với mùa lũ. Ở thời kỳ cuối pha triều lên và nước lớn, vận tốc dòng chảy khá nhỏ, sự ảnh hưởng của khối nước sông vào thời điểm này rất hạn chế nên khối nước biển xâm nhập sâu hơn vào phía trong các cửa sông. Thời gian chuyển pha giữa nước lớn và thời điểm triều xuống khá nhỏ, trong khoảng 2 giờ, đáng chú ý là trong thời điểm nước lớn trường dòng chảy ở vùng cửa sông ven biển khá đồng nhất về hướng giữa các lớp nước tầng mặt và đáy (hình 6).



a) Dòng chảy tầng mặt b) Dòng chảy tầng đáy
Hình 6: kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt và tầng đáy mùa kiệt trong pha triều lên

Mùa kiệt - pha triều xuống: khi pha triều xuống, dòng triều không còn mạnh như vào thời điểm triều lên nên dòng chảy từ trong sông chiếm ưu thế, điều này

thể hiện rất rõ nét ở khu vực trước các cửa sông. Sự suy giảm của dòng triều vào pha triều xuống sẽ có tác động làm tăng khả năng phát tán độ đục từ trong sông ra phía ngoài biển (hình 7).



a) Dòng chảy tầng mặt b) Dòng chảy tầng đáy

Hình 7: kết quả mô phỏng trường dòng chảy tầng mặt và tầng đáy mùa kiệt trong pha triều xuống

Mô phỏng quá trình lan truyền độ đục

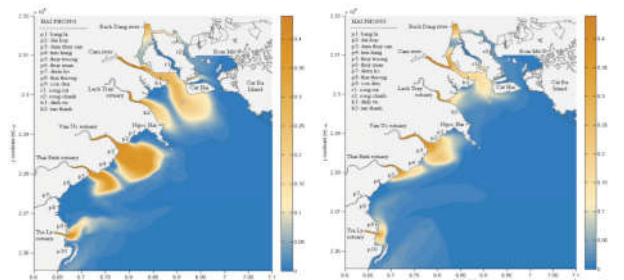
Mùa lũ: sự lan truyền và phân bố độ đục ở vùng cửa sông ven biển phụ thuộc rất lớn theo pha dao động của mực nước triều, trong pha triều lên trường dòng chảy có hướng từ biển lấn vào các cửa sông, vì vậy vùng có hàm lượng độ đục cao bị đẩy về phía sát bờ. Đối với các cửa sông lớn, do dòng chảy từ sông ra mạnh hơn dòng triều nên dòng bùn cát từ các cửa sông phát tán ra ngoài có phạm vi rộng 15-30 km, vùng có hàm lượng độ đục cao (lớn hơn 300 mg/l) phân bố chủ yếu tại các cửa sông như Văn Úc, Ba Lạt và một phần trước cửa Lạch Tray và cửa Cấm (bảng 2), chênh lệch độ đục giữa tầng mặt và đáy không lớn do sự xáo trộn bùn cát của quá trình động lực mạnh mẽ của cả dòng triều và dòng chảy trong sông (hình 8).

Bảng 2: kết quả tính toán giá trị độ đục tại một số vị trí trong mùa lũ

Vị trí trích xuất	Giá trị độ đục tại các thời điểm ρ (mg/l)			
	Triều lên	Triều xuống	Đỉnh triều	Chân triều
Cửa Cấm	148	230	120	252
Cửa Lạch Tray	130	200	95	250
Phía tây Cát Hải	125	275	80	270
Ngọc Hải	20	125	15	150
Bãi tắm 1	15	63	10	48
Bãi tắm 2	11,5	6	9,8	5,5
Hòn Dấu	7	18	5	37
Nam Đồ Sơn	9	44	5	67
Bàng La	87	10	58	2
Văn Úc	220	364	195	380
Thái Bình	50	220	20	185

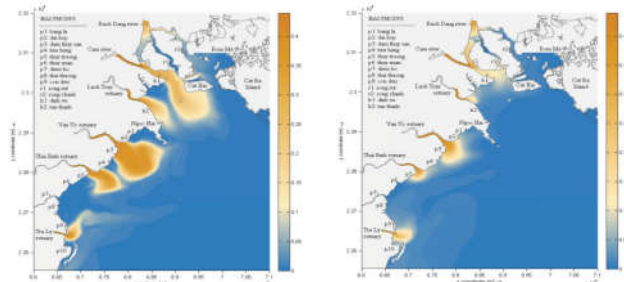
Tại khu vực biển nông ngoài các cửa sông, dòng chảy bị thủy triều chi phối và tác động của dòng sóng trong khu vực đới sóng vỡ. Càng ra xa đới sóng vỡ, vai trò của dòng triều càng tăng, đóng vai trò chủ yếu. Khi

triều dâng, dòng chảy diễn biến phức tạp hơn bởi vùng nước quần, dòng chảy là dòng lũ và dòng triều tranh chấp nhau, khối nước lũ mang sa bồi được đẩy ngược lại phía bờ, dồn ép vào cửa sông, góp phần làm lắng đọng nhanh bùn cát lơ lửng ở những nơi thuận lợi có tốc độ dòng chảy nhỏ. Hiện tượng chảy quần xuất hiện mạnh ở các luồng lạch phụ hai bên lòng dẫn chính, góp phần làm tăng khả năng lắng đọng bùn cát, đây là nguyên nhân thành tạo các đới cát, cồn ngầm ở các cửa sông và khu vực lân cận. Trong pha triều xuống, sự phát tán độ đục từ lục địa ra phía ngoài vùng cửa sông ven biển khu vực nghiên cứu thể hiện rõ. Dưới tác động của trường dòng chảy, dòng độ đục không chỉ lan truyền ra phía ngoài biển mà còn có xu hướng dịch chuyển nhiều về phía nam - tây nam theo hướng di chuyển của các khối nước sông. Khu vực có hàm lượng độ đục cao ngoài vùng sát các cửa sông còn xuất hiện ở vùng ven bờ bán đảo Đồ Sơn (cả phía bắc và phía nam). Trong khi đó, các khu vực như phía nam Cát Hải và Cát Bà có hàm lượng độ đục thấp, điều này cho thấy dòng độ đục từ các sông thuộc khu vực tính toán ít có khả năng ảnh hưởng đến những khu vực này. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy, sự lan truyền của độ đục trên tầng mặt nhanh hơn so với tầng đáy, đáng chú ý là khu vực ven bờ phía bắc bán đảo Đồ Sơn hàm lượng trầm tích ở lớp nước mặt lớn hơn rất nhiều so với lớp đáy.



a) Pha triều xuống

b) Pha triều lên



c) Thời điểm nước ròng

d) Thời điểm nước lên

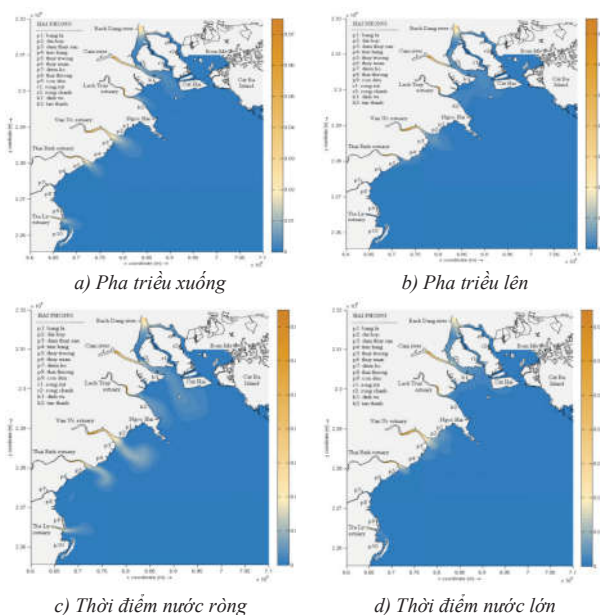
Hình 8: kết quả mô phỏng quá trình lan truyền độ đục trong mùa lũ tại khu vực các cửa sông và vùng ven biển khu vực nghiên cứu

Mùa kiệt: trong mùa kiệt lưu lượng và dòng chảy từ trong sông giảm nhỏ nên trong pha triều lên khối nước biển có hàm lượng độ đục thấp (5-10 mg/l) sẽ tiến sâu vào các cửa sông trong khu vực, nhất là các sông có lưu lượng dòng chảy nhỏ như sông Lạch Tray và Thái Bình. Trong pha triều xuống, dòng chảy và dòng bùn cát từ trong sông có điều kiện thuận lợi để phát tán ra phía ngoài vùng ven biển. Tuy nhiên, do dòng chảy và độ đục trong mùa kiệt nhỏ nên sự lan truyền độ đục từ các cửa sông ra phía ngoài biển bị hạn chế đi rất nhiều. Vùng nước có độ đục tương đối cao (30-50 mg/l) cũng chỉ tập trung tại các khu vực sát bờ các cửa Cấm, Lạch Tray và Văn Úc (bảng 3).

Bảng 3: kết quả tính toán giá trị độ đục tại một số vị trí trong mùa kiệt

Vị trí trích xuất	Giá trị độ đục tại các thời điểm triều (mg/l)			
	Triều lên	Triều xuống	Đỉnh triều	Chân triều
Cửa Cấm	29,0	27,5	12,0	31,0
Cửa Lạch Tray	25,5	20,0	17,0	20,0
Phía tây Cát Hải	27,5	29,0	6,0	44,0
Ngọc Hải	4,0	7,0	1,0	34,0
Bãi tắm 1	3,0	3,0	1,0	17,0
Bãi tắm 2	0,8	0,5	0,6	4,0
Hòn Dấu	0,8	0,3	0,7	0,9
Nam Đồ Sơn	1,5	0,4	0,3	0,3
Bàng La	4,5	0,5	1,3	0,1
Văn Úc	38,0	40,0	23,0	70,0
Thái Bình	8,0	14,0	4,0	35,0

Ngoài ra, do ảnh hưởng của trường động lực và tác động của gió đông bắc trong kiệt (mùa khô) nên dòng độ đục từ các cửa sông có hướng di chuyển chủ yếu từ phía đông bắc về phía tây nam và có phạm vi nhỏ hơn so với mùa lũ. Hàm lượng độ đục ở tầng đáy lớn hơn tầng mặt trong cả pha triều lên và triều xuống (hình 9).



Hình 9: kết quả mô phỏng quá trình lan truyền độ đục trong mùa kiệt tại khu vực các cửa sông và vùng ven biển khu vực nghiên cứu

Kết luận

Mô hình toán 3 chiều Delft 3D là một công cụ mạnh có thể mô phỏng tốt các quá trình thủy động lực dòng chảy và vận chuyển bùn cát, trầm tích ở khu vực cửa sông ven biển. Kết quả nghiên cứu cụ thể cho khu vực ven biển Đồ Sơn - Hải Phòng đã làm rõ cơ chế tương tác động lực giữa dòng chảy trong sông, ngoài biển, mô phỏng được các quá trình vận chuyển bùn cát, hướng lan truyền và phân bố độ đục trong khu vực. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu của mô hình, có thể đưa ra các giải pháp công trình phù hợp nhằm điều chỉnh hướng vận chuyển bùn cát, lan truyền độ đục từ các cửa sông ra xa các bãi tắm của khu du lịch Đồ Sơn để góp phần cải thiện hiện tượng nước đục ở các khu vực này.

Lời cảm ơn

Nội dung của bài báo là một phần kết quả nghiên cứu của đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất các giải pháp nhằm cải thiện hiện tượng nước đục ở vùng biển Đồ Sơn, thành phố Hải Phòng” (mã số KC08.34/11-15) do Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển (Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam) thực hiện năm 2014-2015. Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn Bộ Khoa học và Công nghệ đã tài trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hồ Việt Cường và cs, đề tài cấp nhà nước KC08.34/11-15: Nghiên cứu cơ sở khoa học và đề xuất các giải pháp nhằm cải thiện hiện tượng nước đục ở vùng biển Đồ Sơn, thành phố Hải Phòng, Phòng thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển.
- [2] Phạm Hải An (2012), *Triển khai ứng dụng mô hình ECOMSED tính toán vận chuyển trầm tích lơ lửng khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, 80 tr.
- [3] Trần Anh Tú (2012), *Đánh giá đặc trưng trầm tích lơ lửng khu vực cửa sông ven biển Hải Phòng*, Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Khoa học tự nhiên, 59 tr.
- [4] Đinh Văn Ưu (2009), “Mô hình vận chuyển trầm tích và biến động địa hình đáy áp dụng cho vùng biển cửa sông cảng Hải Phòng”, *Tạp chí Khoa học*, Đại học Quốc gia Hà Nội, **25(1S)**, tr.133-139.
- [5] W.L Delft Hydraulics (1999), *Delft3D-FLOW User Manual Version 3.05, Delft3D-Waq User Manual Version 3.01, Delft3D-Part User Manual Version 1.0*, Delft, Netherlands.