

# ẢNH HƯỞNG CỦA VẬT CHẤT NHẬN CHÌM VÙNG BIỂN QUẢNG TRỊ TỚI KHU VỰC LÂN CẬN

THE IMPACT OF SUBMERGED MATERIALS IN QUANG TRI WATERS

ĐỖ VĂN CƯỜNG<sup>1\*</sup>,

TRẦN ANH TÚ<sup>2</sup>, ĐINH VĂN NHÂN<sup>2</sup>, BÙI VĂN VƯỢNG<sup>2</sup>, PHẠM VĂN TIẾN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Hàng hải, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Tài nguyên và Môi trường biển (VAST)

<sup>3</sup>Bộ Công thương

\*Email liên hệ: dovancuong@vimaru.edu.vn

## Tóm tắt

Hoạt động nhận chìm các vật chất nạo vét ngoài biển cần được hài hòa giữa kinh tế và môi trường. Trong nghiên cứu này, các đối tượng trường dòng chảy, sóng, mực nước và vật chất nạo vét thuộc vùng biển tỉnh Quảng Trị, được mô hình hoá bằng mô hình MIKE. Bức tranh về lan truyền, khuếch tán, và vận chuyển của vật chất nạo vét trong môi trường nước tại khu vực này đã được làm rõ theo các kịch bản về khối lượng và mùa gió. Kết quả mô phỏng cho thấy hàm lượng vật chất nạo vét tại các tầng mặt - giữa - đáy có sự khác nhau nhất định. Các kịch bản gió mùa cho thấy vật chất nạo vét chủ yếu lan truyền theo hướng thịnh hành của trường dòng chảy trong khu vực. Hình dạng của vết vật chất nạo vét lan truyền trong môi trường nước và lớp phủ của vật chất nạo vét trên đáy biển cũng có hình dạng elip với hai trục chính có hướng Tây Bắc - Đông Nam và Đông Bắc - Tây Nam. Các kịch bản mô phỏng vật chất nạo vét với khối lượng 1,5 triệu m<sup>3</sup> và 3,0 triệu m<sup>3</sup> không ảnh hưởng đến khu bảo tồn biển Côn Cỏ và các khu vực ven bờ như bãi tắm, nuôi trồng thủy sản.

**Từ khóa:** Vật chất nạo vét, nhận chìm, mô phỏng, Quảng Trị.

## Abstract

Submerging dredged materials requires a delicate balance between economic imperatives and environmental protection. This study employed the MIKE model to simulate water current, wave, water level, and dredged material dynamics in Quang Tri waters. By modeling various scenarios based on material volume and season, the study elucidated the propagation, diffusion, and transport patterns of dredged materials within the aquatic environment. Simulation results indicate distinct distributions of dredged material across

surface, middle, and bottom layers. Seasonal variations primarily influenced material propagation along prevailing water currents. The seabed deposition of dredged material exhibited an elliptical pattern aligned with the northwest - southeast and northeast - southwest axes. Notably, scenarios involving 1.5 and 3.0 million m<sup>3</sup> of dredged material posed no discernible threats to the Con Co marine reserve or coastal ecosystems, including beaches and aquaculture areas.

**Keywords:** Dredged Material, submerged, simulation, Quang Tri.

## 1. Mở đầu

Trước khi có các công cụ tính toán hiện đại, hoạt động nạo vét và nhận chìm chủ yếu dựa trên các kết quả quan trắc hàm lượng trầm tích lơ lửng và đo đạc địa hình [1], [2]. Sau này, vấn đề nghiên cứu ảnh hưởng của vật chất nhận chìm đến môi trường, sinh thái, địa hình đáy được phát triển mạnh bằng công cụ mô hình toán [3], [4]. Về quản lý hoạt động nhận chìm trên biển cũng được quy định tại Đạo luật về nhận chìm trên biển của Ireland [5].

Ở Việt Nam cũng đã có một số công trình sử dụng công cụ mô hình toán để mô phỏng vật chất nạo vét [6], [7]. Quảng Trị là một tỉnh ven biển thuộc vùng Bắc Trung Bộ, năm 2020 có diện tích đất tự nhiên là 4701.23km<sup>2</sup>, với dân số trung bình toàn tỉnh là 638627 người, mật độ trung bình là 136 người/km<sup>2</sup>. Toàn tỉnh có 10 đơn vị hành chính gồm: 01 thành phố; 01 thị xã và 08 huyện lỵ, trong đó thành phố Đông Hà là trung tâm hành chính của tỉnh [8], [9].

Cùng với sự phát triển của đất nước, sự phát triển kinh tế xã hội của tỉnh Quảng Trị luôn gắn liền với hoạt động của hệ thống cảng biển trên địa bàn. Theo Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050, tỉnh Quảng trị có hai cảng biển gồm cảng Cửa Việt đáp ứng

tàu có trọng tải 3.000-5.000 tấn, cảng Mỹ Thủy đáp ứng tàu có trọng tải lớn 100.000-150.000 tấn. Tuy nhiên, do đặc điểm điều kiện tự nhiên (và cả tác động của con người) mà ở các khu vực luồng vào cảng, khu neo đậu trú bão cho tàu thuyền luôn xảy ra quá trình bồi lắng. Để duy trì hoạt động của hệ thống cảng, giao thông thủy cần tiến hành các hoạt động nạo vét. Từ trước đến nay chưa có một nghiên cứu nào về ảnh hưởng của vật chất nhận chìm vùng biển Quảng Trị đến môi trường sinh thái. Việc thiếu quy hoạch các bãi đổ bùn cát gây ra khó khăn cho việc quản lý, kiểm soát, giảm thiểu những tác động ô nhiễm do quá trình nạo vét đến môi trường, các hệ sinh thái và các khu bảo tồn biển. Để góp phần giải quyết vấn đề trên cho tỉnh Quảng Trị, công trình này đã sử dụng công cụ mô hình toán mô phỏng các kịch bản nhận chìm 1,5 triệu m<sup>3</sup> và 3,0 triệu m<sup>3</sup> theo mùa gió Đông Bắc (ĐB) và Tây Nam (TN).

## 2. Tài liệu và phương pháp

### 2.1. Tài liệu

- Số liệu gió, áp, sóng: Được sử dụng làm điều kiện biên bề mặt cho các mô hình. Số liệu gió, áp sử dụng trong các mô hình là nguồn số liệu tái phân tích nhiều năm (1979-2020) được trích xuất từ nguồn dữ liệu Dịch vụ biến đổi khí hậu Copernicus (C3S) của Trung tâm dự báo thời tiết hạn vừa của Châu Âu (EMCWF) điều hành.

- Số liệu khí tượng thủy văn (gió, áp, sóng, mực nước) của trạm Cồn Cỏ.

- Số liệu địa hình: Các bản đồ của Cục Bản đồ ban hành (Bộ TN&MT): 10 mảnh bản đồ tỉ lệ 1/25000 và 06 mảnh bản đồ tỉ lệ 1/50000.

- Số liệu vật liệu nhận chìm: Tham khảo số liệu của Dự án “Điều tra, đánh giá xâm thực bãi tắm Cửa Tùng tỉnh Quảng Trị” (2010) [10].

### 2.2. Phương pháp

Các quá trình lan truyền, khuếch tán, vận chuyển vật chất nhận chìm trong môi trường nước phụ thuộc chính vào các quá trình thủy động lực - trực tiếp từ sự chuyển động của khối nước. Trong nghiên cứu này các đối tượng như trường dòng chảy, sóng, mực nước và vật chất nạo vét được mô hình hoá trên cơ sở mô hình MIKE [11].

## 3. Kết quả và thảo luận

### 3.1. Triển khai mô hình

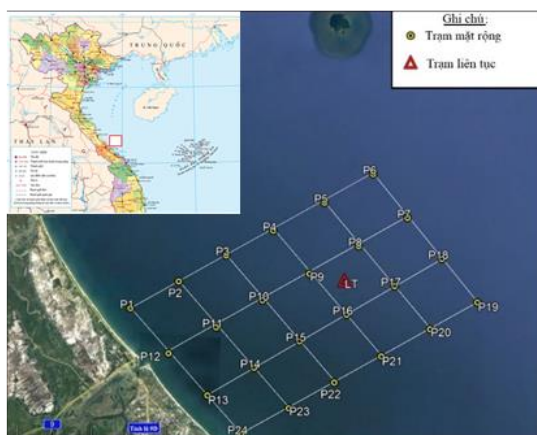
Miền tính được xây dựng bao trùm vùng biển Quảng Trị, có tính đến khả năng lan truyền của bùn cát theo các hướng và đủ rộng để giảm tối đa các ảnh hưởng và sai số từ các biên lỏng (biên mở). Lưới tính là dạng lưới phi cấu trúc có độ phân giải cao ở khu vực sát bờ biển và thưa dần ra phía các biên mở. Miền tính gồm 16190 ô lưới, kích thước ô lưới biến đổi tùy theo từng khu vực nghiên cứu. Khu vực biên mở ngoài khơi có kích thước ô lưới lớn nhất khoảng 2800m và giảm dần khi vào vùng ven bờ, kích thước ô lưới nhỏ nhất khoảng 100m ở khu vực nhận chìm vật liệu, khu vực ven bờ và ven đảo Cồn Cỏ. Hình 1a thể hiện vị trí nhận chìm vật chất nạo vét và Hình 1b thể hiện địa hình đáy biển khu vực nhận chìm và lân cận.

Điều kiện biên mở:

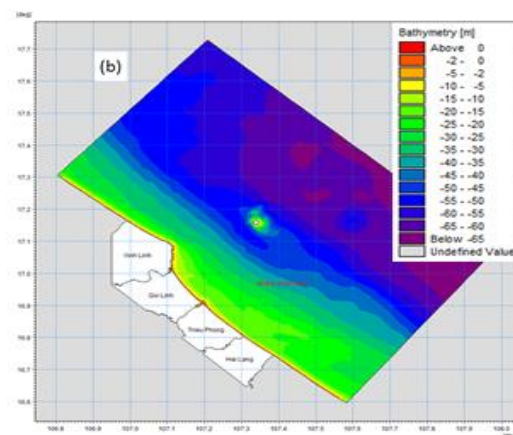
- Mô hình thủy động lực áp dụng điều kiện biên mực nước được lấy từ bộ hằng số điều hòa toàn cầu có sẵn trong mô hình MIKE.

- Mô hình sóng áp dụng điều kiện biên phổ sóng với các đặc trưng độ cao, chu kỳ và hướng sóng.

- Mô hình phát tán vật liệu nhận chìm áp dụng điều kiện biên Neumann (gradient = 0), điều kiện này cho



a. Vị trí nhận chìm (LT-Trạm liên tục)



b. Địa hình đáy biển

Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

phép nòng độ bùn cát được cân bằng giữa bên trong và bên ngoài miền tính, bùn cát bên trong miền tính lan truyền (phát tán) tự do ra bên ngoài.

Điều kiện biên mặt:

- Đối với mô hình sóng và mô hình thủy động lực, điều kiện biên mặt là trường gió và áp.

Điều kiện ban đầu:

- Mô hình thủy động lực áp dụng điều kiện ban đầu là trường mực nước và dòng chảy tính từ mô hình cho thời gian trước đó 7 ngày.

Điều kiện bùn cát - chất nhận chìm:

- Trong tính toán sử dụng số liệu phân tích thành phần cấp hạt là giá trị trung bình của 4 thành phần trầm tích (Bảng 1). Dựa trên phân vùng chức năng vùng bờ tỉnh Quảng Trị [12], đã lựa chọn khu vực nhận chìm có độ sâu khoảng 30m, cách bờ khoảng 17 km và tâm khu vực nhận chìm có tọa độ  $16^{\circ}58'5.90''$  độ vĩ Bắc -  $107^{\circ}20'46.70''$  độ kinh Đông (Hình 1a).

**Bảng 1. Thành phần cấp hạt trầm tích áp dụng trong mô hình**

TT	Kích thước hạt (mm)	Mô hình (mm)	Tỉ lệ (%)
1	$\leq 0,0625$	0,0625	23,63
2	0,0625-0,25	0,15625	53,11
3	0,25-1,0	0,625	22,43
4	$> 1$	1,0	0,83

- Bề dày lớp trầm tích: Trong các tính toán áp dụng bề dày lớp trầm tích ban đầu dày 10m.

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực: Sau nhiều lần hiệu chỉnh mô hình, hệ số tương quan (R) của mực nước, vận tốc dòng chảy và hướng dòng chảy lần lượt đạt các giá trị 0,98; 0,84 và 0,65 (Bảng 2). Các giá trị này thể hiện mô hình thủy lực đã ổn định và có thể làm nền cho việc mô phỏng vật liệu nạo vét.

**Bảng 2. Các đặc trưng thống kê khi so sánh giữa kết quả tính toán và thực đo**

Yếu tố	RM	RMSE	R	S
Mực nước trạm Cồn Cỏ	0,02	0,00	0,98	0,17
Vận tốc dòng chảy trạm LT	0,01	0,01	0,84	0,16
Hướng dòng chảy trạm LT			0,65	

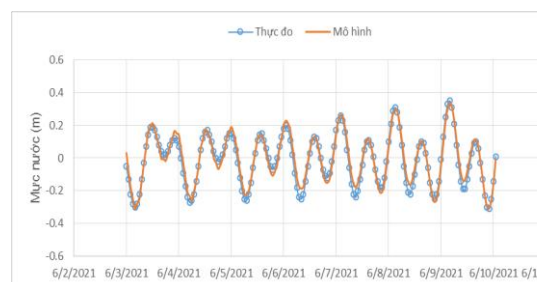
Ghi chú: RM: Sai số trung bình; RMSE: Sai số toàn phương trung bình; R: Hệ số tương quan; S: Độ lệch chuẩn

### 3.2. Kết quả mô phỏng vật chất nhận chìm

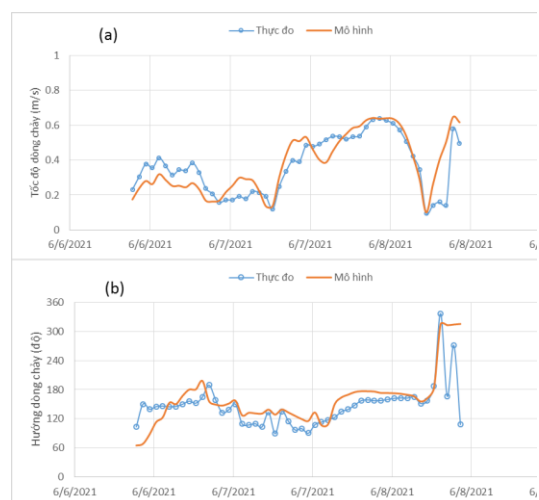
Trường dòng chảy và sóng:

- Trường dòng chảy trong mùa gió Đông Bắc (ĐB)

có xu hướng chung của dòng chảy vịnh Bắc Bộ và ven bờ Bắc Trung Bộ. Trường dòng chảy đầu pha triều lên, tốc độ dòng chảy thay đổi phổ biến trong khoảng giá trị từ 10-30 (cm/s). Khu vực sát bờ và phía Nam đảo Cồn Cỏ có giá trị lớn nhất. Hướng chủ đạo của dòng chảy trong mùa gió Đông Bắc là Tây Bắc -Đông Nam, hướng dòng chảy tương đối đồng nhất giữa khu vực nhận chìm và cả vùng biển Quảng Trị. Bên cạnh vai trò chính của hoàn lưu chung của vịnh Bắc Bộ trong mùa gió Đông Bắc, thì hình thái đường bờ vùng biển Quảng Trị cũng là một trong những nhân tố chính góp phần hình thành đặc điểm dòng chảy của khu vực với hướng chủ đạo là Tây Bắc - Đông Nam. Đối với khu vực đảo Cồn Cỏ, bên cạnh đặc điểm chung của dòng chảy trong khu vực, khi chảy qua đảo dòng chảy có sự tách dòng thành hai hướng chảy vòng qua đảo, phía sau đảo luôn hình thành một xoáy nhỏ trước khi hai dòng chảy hợp nhất. Đối với khu vực ven bờ, bên cạnh dòng chảy dọc bờ còn xuất hiện các dòng tách bờ do tác động của sóng trong khu vực. Dòng chảy tách bờ trong khu vực thể hiện rõ trong thời kỳ dòng triều yếu.



**Hình 2. So sánh (thực đo và tính toán) mực nước trạm Cồn Cỏ**



**Hình 3. So sánh vận tốc (a) và hướng (b) của dòng chảy trạm liên tục (LT) tầng sâu 2m**

- Trong mùa gió Tây Nam (TN), đối với khu vực đảo Cồn Cỏ, cũng tương tự như trong mùa gió Đông

Bắc, bên cạnh đặc điểm chung của dòng chảy trong khu vực, khi chảy qua đảo dòng chảy có sự tách dòng thành hai hướng chảy vòng qua đảo, phía sau đảo luôn hình thành một xoáy nhỏ trước khi hai dòng chảy hợp nhất. Đối với khu vực ven bờ, cũng tương tự như trong mùa gió Đông Bắc, bên cạnh dòng chảy dọc bờ còn xuất hiện các dòng tách bờ do tác động của sóng trong khu vực. Dòng chảy tách bờ trong khu vực thể hiện rõ trong thời kỳ dòng triều yếu.

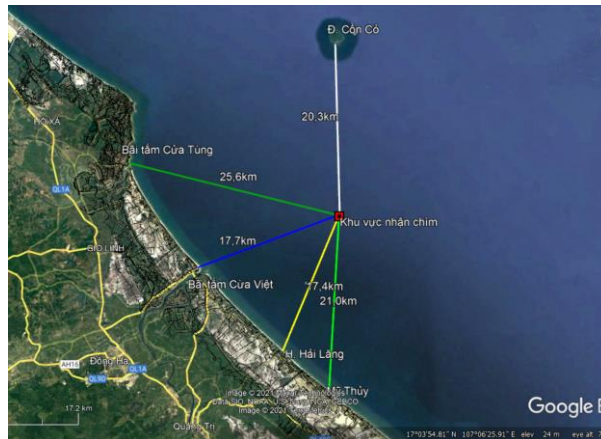
- Trường sóng khu vực nghiên cứu trong mùa gió Đông Bắc, với điều kiện thời tiết bình thường có độ cao sóng biển đổi trong khoảng giá trị 0,1-1,5 (m). Do mặt phía ngoài đường bờ thoáng, không bị che chắn bởi các đảo (ngoài đảo Cồn Cỏ) nên phía ngoài khơi và ven bờ, cửa sông độ cao sóng không có sự chênh lệch đáng kể.

- Trường sóng trong mùa gió Tây Nam, với điều kiện thời tiết bình thường có độ cao sóng biển đổi trong khoảng giá trị 0,4-2,4 (m). Phía ngoài đảo Cồn Cỏ, độ cao sóng có giá trị lên đến 3,6m.

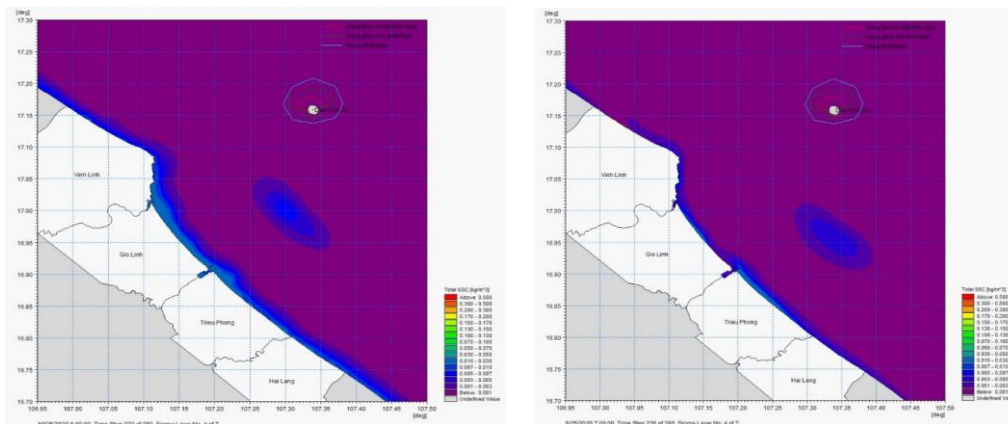
Kịch bản nhận chìm 1,5 triệu m<sup>3</sup>:

+ Trong mùa gió Đông Bắc (Hình 5): Phạm vi ảnh hưởng của vật chất khi nhận chìm biến động theo chu kỳ của thủy triều. Từ vị trí nhận chìm, vật chất được dòng chảy vận chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và Tây Nam - Đông Bắc. Vùng vật chất nhận chìm có nồng độ 0,001kg/m<sup>3</sup> ảnh hưởng từ quá trình nhận chìm không ảnh hưởng đến vùng ven bờ biển và khu bảo tồn biển đảo Cồn Cỏ. Thời điểm vùng vật chất nhận chìm có nồng độ 0,001kg/m<sup>3</sup> gần đảo Cồn Cỏ nhất cũng cách ranh giới vùng phát triển của khu bảo tồn biển khoảng 84km. Nồng độ vật chất tại khu vực nhận chìm lớn nhất vào khoảng 0,706kg/m<sup>3</sup> ở tầng mặt (tầng nhận chìm), 0,554kg/m<sup>3</sup> ở tầng giữa và 0,382kg/m<sup>3</sup> ở tầng đáy. Nồng độ trung bình tại khu vực nhận chìm vào khoảng 0,166kg/m<sup>3</sup> ở tầng mặt, 0,018kg/m<sup>3</sup> ở tầng giữa và 0,011kg/m<sup>3</sup> ở tầng đáy.

+ Trong mùa gió Tây Nam (Hình 5): Tương tự như trong mùa gió Đông Bắc, kết quả mô phỏng cho thấy, trong điều kiện mùa gió Tây Nam vật chất nhận chìm



Hình 4. Sơ đồ khoảng cách khu vực nhận chìm so với khu vực lân cận



a. Mùa gió Đông Bắc  
 b. Mùa gió Tây Nam  
 Hình 5. Lan truyền vật chất nhận chìm tại tầng giữa (kịch bản 1,5 triệu m<sup>3</sup>)

chủ yếu lan truyền theo hướng thịnh hành của trường dòng chảy trong khu vực là Tây Bắc - Đông Nam và theo hướng vuông góc với hướng dòng chảy thịnh hành là Tây Nam - Đông Bắc. Phạm vi ảnh hưởng của vật chất khi nhận chìm biến động theo chu kỳ của thủy triều. Từ vị trí nhận chìm, vật chất được dòng chảy vận chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và Tây Nam - Đông Bắc. Vùng vật chất nhận chìm có nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  ảnh hưởng từ quá trình nhận chìm không ảnh hưởng đến vùng ven bờ biển và khu bảo tồn biển đảo Côn Cỏ. Thời điểm vùng vật chất nhận chìm có nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  gần đảo Côn Cỏ nhất cũng cách ranh giới vùng phát triển của khu bảo tồn biển khoảng 100km. Nồng độ vật chất tại khu vực nhận chìm lớn nhất vào khoảng  $0,71\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt (tầng nhận chìm),  $0,593\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $0,531\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy. Nồng độ trung bình tại khu vực nhận chìm vào khoảng  $0,177\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt,  $0,018\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $0,010\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy.

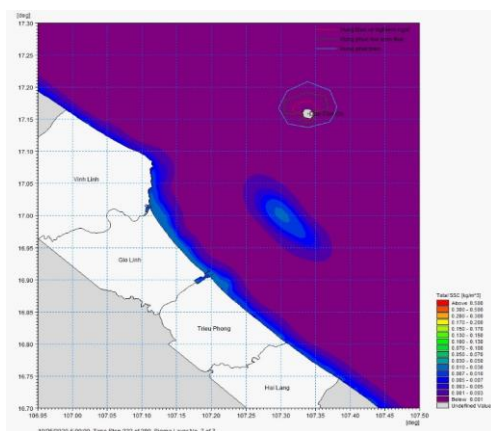
Kịch bản nhận chìm 3,0 triệu  $\text{m}^3$ :

+ Trong mùa gió Đông Bắc (Hình 6): Kết quả mô phỏng cho thấy, trong điều kiện mùa gió Đông Bắc vật chất nhận chìm chủ yếu lan truyền theo hướng thịnh hành của trường dòng chảy trong khu vực là Tây Bắc - Đông Nam và theo hướng vuông góc với hướng dòng chảy thịnh hành là Tây Nam - Đông Bắc, trong đó hướng lan truyền. Phạm vi ảnh hưởng của vật chất khi nhận chìm biến động theo chu kỳ của thủy triều. Từ vị trí nhận chìm, vật chất được dòng chảy vận chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và Tây Nam - Đông Bắc. Vùng vật chất nhận chìm có nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  ảnh hưởng từ quá trình nhận chìm không ảnh hưởng đến vùng ven bờ biển và khu bảo tồn biển đảo Côn Cỏ. Thời điểm vùng vật chất nhận chìm có

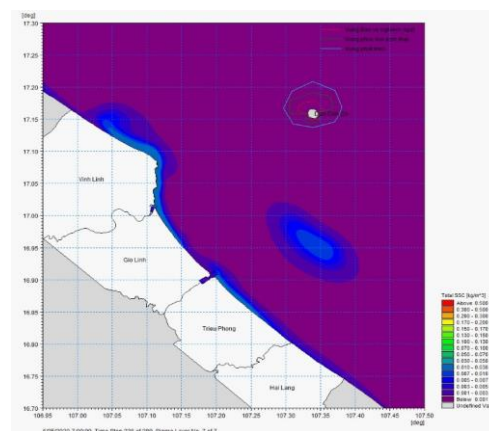
nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  gần đảo Côn Cỏ nhất cũng cách ranh giới vùng phát triển của khu bảo tồn biển khoảng 80km (Hình 4). Nồng độ vật chất tại khu vực nhận chìm lớn nhất vào khoảng  $0,771\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt (tầng nhận chìm),  $1,086\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $0,986\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy. Nồng độ trung bình tại khu vực nhận chìm vào khoảng  $0,202\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt,  $0,045\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $0,029\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy.

+ Trong mùa gió Tây Nam (Hình 6): Tương tự như trong mùa gió Đông Bắc, kết quả mô phỏng cho thấy, trong điều kiện mùa gió Tây Nam vật chất nhận chìm chủ yếu lan truyền theo hướng thịnh hành của trường dòng chảy trong khu vực là Tây Bắc - Đông Nam và theo hướng vuông góc với hướng dòng chảy thịnh hành là Tây Nam - Đông Bắc. Phạm vi ảnh hưởng của vật chất khi nhận chìm biến động theo chu kỳ của thủy triều. Từ vị trí nhận chìm, vật chất được dòng chảy vận chuyển theo hướng Tây Bắc - Đông Nam và Tây Nam - Đông Bắc. Vùng vật chất nhận chìm có nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  ảnh hưởng từ quá trình nhận chìm không ảnh hưởng đến vùng ven bờ biển và khu bảo tồn biển đảo Côn Cỏ. Thời điểm vùng vật chất nhận chìm có nồng độ  $0,001\text{kg/m}^3$  gần đảo Côn Cỏ nhất cũng cách ranh giới vùng phát triển của khu bảo tồn biển khoảng 94km (Hình 4). Nồng độ vật chất tại khu vực nhận chìm lớn nhất vào khoảng  $0,774\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt (tầng nhận chìm),  $1,139\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $1,094\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy. Nồng độ trung bình tại khu vực nhận chìm vào khoảng  $0,214\text{kg/m}^3$  ở tầng mặt,  $0,048\text{kg/m}^3$  ở tầng giữa và  $0,027\text{kg/m}^3$  ở tầng đáy.

Do đặc điểm của chế độ dòng chảy trong khu vực có hướng chủ đạo là Tây Bắc - Đông Nam nên hình dạng của vệt vật chất nhận chìm lan truyền trong môi trường và lớp phủ của vật chất nhận chìm trên đáy



a. Mùa gió Đông Bắc



b. Mùa gió Tây Nam

**Hình 6. Lan truyền vật chất nhận chìm tại tầng mặt (kịch bản 3,0 triệu  $\text{m}^3$ )**

biển cũng có hình dạng elip với hai trục chính có hướng Tây Bắc - Đông Nam và Đông Bắc - Tây Nam.

#### 4. Kết luận

Quá trình lan truyền vật chất nạo vét trong khu vực chịu sự chi phối của trường dòng chảy trong khu vực, với hướng lan truyền chính là Tây Bắc - Đông Nam. Nồng độ vật chất nạo vét lớn nhất ở khu vực nhận chìm, giảm dần khi ra xa. Theo tầng sâu, diện tích ảnh hưởng bởi vật chất nạo vét giảm dần từ tầng mặt xuống tầng đáy. Vật chất nạo vét hầu như không ảnh hưởng đến khu vực bảo tồn biển Cồn Cỏ và các khu vực ven biển. Trong nghiên cứu tiếp theo cần mô phỏng vật chất nhận chìm với khối lượng lớn và đánh giá được tác động tiêu cực của hoạt động nhận chìm đối với môi trường nước, sinh vật, các hệ sinh thái biển của tỉnh Quảng Trị.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Smith, D.D. 1976. *Dredging and spoil disposal: major geologic processes in San Diego Bay, CA. In Estuarine Processes*, Vol. 2, Circulation, Sediments, and Transfer of Material in the Estuary, ed. Martin Wiley. Academic Press, San Francisco, CA.
- [2] Kornman, B.A. and Liek, G.J. and H. Schippers, 2002. *Dredging and dumping in the Westerschelde Estuary*. A new look at the maintenance dredging, National Institute of Coastal and Marine Management, Document RIKZ/AB/2002.840x.
- [3] Winterwerp J.C., Wang Z.B., Stive M.J.F., Arends A., Jeuken C., Kuiper C., Thoolen P.M.C., 2001. *A new morphological schematization of the Western Scheldt estuary, The Netherlands*. Proceedings of the 2nd IAHR symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics, Obihiro, Japan.
- [4] Wang, Z.B. and J.C. Winterwerp, 2001. *Impact of dredging and dumping on the stability of ebb-flood channel systems, River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*. Conference RCEM2001 (IAHR), Japan.
- [5] Environment Protection Australian, 1981. *The Sea Dumping Act Bray, R.N., Bates, A.D., and Land. Dredging - A Handbook for Engineers*. Second Edition. Arnold, London.
- [6] Trần Đình Lâm và cs., 2017. *Nghiên cứu xây dựng luận cứ phục vụ lập qui hoạch các bãi đổ bùn cát do nạo vét trên địa bàn Hải Phòng*. Báo cáo tổng kết, 269 trang.
- [7] Tổng Công ty Phát điện 1. *Dự án nhận chìm ở biển vật liệu bùn, sét khi thi công Dự án nạo vét duy tu luồng chung, luồng riêng, vùng nước trước bến vũng quay tàu Cảng biển Trung tâm điện lực Duyên Hải tại xã Dân Thành, thị xã Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh, giai đoạn 2019-2020*. Báo cáo tổng kết dự án, 279 trang.
- [8] UBND tỉnh Quảng Trị, 2020. Báo cáo tổng kết Đề án “Khoanh định vùng hạn chế, vùng đăng ký và ngưỡng khai thác nước dưới đất; Lập hành lang bảo vệ nguồn nước và xác định dòng chảy tối thiểu trên các dòng sông trên địa bàn tỉnh Quảng Trị”.
- [9] UBND tỉnh Quảng Trị, 2020. Báo cáo tình hình kinh tế-xã hội, quốc phòng-an ninh năm 2020 và kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh năm 2021.
- [10] Nguyễn Minh Huân, 2010. Báo cáo tổng kết Dự án “Điều tra, đánh giá xâm thực bãi tắm Cửa Tùng tỉnh Quảng Trị”.
- [11] DHI 2011, MIKE 21 & MIKE 3 *Flow Model FM ECO Lab / Oil Spill Module User Guide*
- [12] UBND tỉnh Quảng Trị, 2018. Báo cáo tổng kết Dự án “Phân vùng chức năng vùng bờ tỉnh Quảng Trị đến năm 2020, tầm nhìn đến năm 2030”.

Ngày nhận bài:	19/07/2024
Ngày nhận bản sửa lần 01:	08/08/2024
Ngày nhận bản sửa lần 02:	26/08/2024
Ngày duyệt đăng:	13/09/2024