

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

**BÁO CÁO TỔNG HỢP**  
**ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
**CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024**  
**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE TRONG ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG**  
**CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC CÁT ĐẾN DIỄN BIẾN ĐƯỜNG**  
**BỜ BIỂN, ÁP DỤNG CHO KHU VỰC TỈNH NAM ĐỊNH**  
Mã số: 13.01.24.G.01

**Tổ chức chủ trì:** Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội  
**Chủ nhiệm đề tài:** ThS. Vũ Văn Lân

Hà Nội – 2024

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI

**BÁO CÁO TỔNG HỢP**  
**ĐỀ TÀI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ**  
**CẤP CƠ SỞ HỖ TRỢ KINH PHÍ NĂM 2024**

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH MIKE TRONG ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG**  
**CỦA HOẠT ĐỘNG KHAI THÁC CÁT ĐẾN DIỄN BIẾN ĐƯỜNG**  
**BỜ BIỂN, ÁP DỤNG CHO KHU VỰC TỈNH NAM ĐỊNH**

Mã số: 13.01.24.G.01

Chủ nhiệm đề tài



Vũ Văn Lân

TRƯỜNG ĐẠI HỌC  
TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG HÀ NỘI  
KT. HIỆU TRƯỞNG  
PHÓ HIỆU TRƯỞNG



Lê Thị Trinh

# THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

## 1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Ứng dụng mô hình MIKE trong đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát đến diễn biến đường bờ biển, áp dụng cho khu vực tỉnh Nam Định.
- Mã số: 13.01.24.G.01
- Chủ nhiệm đề tài: ThS. Vũ Văn Lân
- Tổ chức chủ trì: Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội
- Thời gian thực hiện: 01/2024-11/2024

## 2. Mục tiêu:

Đánh giá sự ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát ven bờ đến môi trường biển và quá trình biến đổi đường bờ vùng ven biển tỉnh Nam Định.

## 3. Tính mới và sáng tạo:

Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc đánh giá tác động của hoạt động khai thác cát ven biển đến môi trường và quá trình diễn biến đường bờ khu vực tỉnh Nam Định.

## 4. Kết quả nghiên cứu:

Nghiên cứu đã xây dựng được bộ thông số mô hình thủy lực MIKE 21 HD cho khu vực ven biển tỉnh Nam Định với độ tin cậy cao.

Nghiên cứu đã mô phỏng được chế độ thủy động lực, quá trình lan truyền độ đục do hoạt động khai thác cát ven biển theo các kịch bản.

Nghiên cứu đã đánh giá được ảnh hưởng của hoạt động nạo vét cát ven biển đến quá trình biến đổi đường bờ tại khu vực nghiên cứu.

## 5. Sản phẩm:

Sản phẩm của đề tài bao gồm báo cáo tổng kết, báo cáo tóm tắt và 01 bài báo được đăng trên tạp chí Khoa học kỹ thuật và Công nghệ.

## 6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích mang lại của kết quả nghiên cứu:

- Kết quả của đề tài sẽ được chuyển giao toàn bộ cho khoa Khoa học biển và Hải đảo, trường ĐH Tài nguyên và Môi trường Hà Nội để phục vụ cho việc đào tạo và các nhiệm vụ khác có liên quan.

- Sản phẩm của đề tài sẽ được chuyển toàn bộ cho thư viện để lưu trữ và làm tài liệu tham khảo cho cán bộ giảng viên và sinh viên.

- Kết quả của đề tài đã hỗ trợ 01 sinh viên khóa ĐH10 hoàn thành khóa luận tốt nghiệp năm 2024.

## **INFORMATION ON RESEARCH RESULTS**

### **1. General information:**

Project title: Application of the MIKE Model in assessing the impact of sand mining activities on coastal change, applied to the Nam Dinh province area.

Code number: 13.01.24.G.01

Coordinator: ThS. Vu van Lan

Implementing institution: Ha Noi university of Natural Resources and Environment

Duration: from 01/2024 to 11/2024

### **2. Objective(s):**

Assessing the impact of coastal sand mining activities on the marine environment and coastal erosion processes in Nam Dinh province.

### **3. Creativeness and innovativeness:**

The study provides a scientific basis for evaluating the impact of coastal sand mining activities on the environment and the processes of coastal erosion in Nam Dinh province.

### **4. Research results:**

The study has developed a set of hydraulic model parameters for MIKE 21 HD for the coastal area of Nam Dinh Province with high reliability.

The study has simulated the hydrodynamic regime and the dispersion of turbidity caused by coastal sand mining activities under various scenarios.

The study has assessed the impact of coastal dredging activities on shoreline changes in the research area.

### **5. Products:**

The products of the project include a summary report, summary report and 01 article published in the Vietnam journal Science, Technology and Engineering.

### **6. Transfer alternatives, application institutions, impacts and benefits of research results:**

- The reseaching results will be transferred entirely to the Faculty of Marine Sciences and Island, Hanoi University of Natural Resources and Environment to server training and other related tasks.

- All products of the project will be transferred to the library for storage and reference materials for lecturers and students.

-The results of the project supported one student in completing their graduation thesis in 2024.

## MỤC LỤC

### MỞ ĐẦU 1

1. Tính cấp thiết của đề tài.....	1
2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài:.....	2
3. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng: .....	2
4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu: .....	3
<b>CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU .....</b>	<b>4</b>
1.1 Tổng quan các nghiên cứu nước ngoài .....	4
1.2. Tổng quan nghiên cứu trong nước .....	8
1.3. Tổng quan nghiên cứu .....	11
<b>CHƯƠNG 2 : PHẠM VI, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU..</b>	<b>16</b>
2.1. Phạm vi nghiên cứu .....	16
2.2. Đối tượng nghiên cứu .....	16
2.2. Phương pháp nghiên cứu .....	16
2.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu .....	17
2.2.2. Phương pháp mô hình toán .....	17
<b>CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU.....</b>	<b>30</b>
3.1. Cơ sở dữ liệu .....	30
3.1.1. Tài liệu địa hình .....	30
3.1.2. Tài liệu khí tượng thủy hải văn.....	30
3.1.3. Tài liệu mực nước thực đo .....	32
3.1.4. Tài liệu mực nước trong sông .....	33
3.1.5. Tài liệu về dòng chảy .....	34
3.2. Xây dựng lưới tính toán .....	34
3.3. Thiết lập các điều kiện biên, điều kiện ban đầu.....	35
3.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.....	37
3.5. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực .....	40
3.5.1. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc .....	40
3.5.2. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực trong thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	43
3.6. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục và biến đổi đáy biển .....	46
3.6.1. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc.....	46
3.6.2. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	50
3.7. Tính toán vận chuyển bùn cát dọc bờ .....	54
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....</b>	<b>59</b>

## DANH MỤC HÌNH

Hình 1.1. Vị trí khu vực thực hiện dự án .....	11
Hình 2.1: Phạm vi khu vực nghiên cứu .....	16
Hình 2.2. Phân bố nồng độ khi sự kết bông được lựa chọn.....	23
Hình 2.3. Tính toán khi tốc độ chìm lắng bị cản trở được áp dụng.....	24
Hình 2.4. Các quá trình trong mô đun vận chuyển bùn. Các lớp đáy là những lớp bên dưới giao diện đáy - cột nước (đường chấm).....	26
Hình 3.1. Địa hình khu vực nghiên cứu.....	30
Hình 3.2. Các vị trí số liệu sóng của mô hình WAVEWATCH III.....	31
Hình 3.3. Phân bố độ cao và hướng sóng theo các tháng .....	31
Hình 3.4. Phân bố độ cao sóng và hướng sóng tại điểm.....	32
Hình 3.5. Hoa gió khu vực nghiên cứu .....	32
Hình 3.6. Đường mực nước thực đo .....	33
Hình 3.7. Số liệu mực nước thực đo tại các trạm cửa sông .....	33
Hình 3.8. Hoa dòng chảy khu vực Nam Định .....	34
Hình 3.9. Lưới tính toán khu vực nghiên cứu.....	35
Hình 3.10. Sơ đồ quá trình điều chỉnh bộ thông số mô hình .....	37
Hình 3.11. So sánh mực nước tính toán và thực đo.....	40
Hình 3.12. So sánh dòng chảy thực đo và tính toán mô hình .....	40
Hình 3.13. Trường mực nước khu vực nghiên cứu a) trong thời kỳ triều cao, b) trong thời kỳ triều kém .....	41
Hình 3.14. Các vị trí kiểm tra .....	41
Hình 3.15. Tốc độ dòng chảy khu vực khai thác ( a) trong thời kỳ triều kém, b) trong thời kỳ triều cao.....	42
Hình 3.16. Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu .....	43
Hình 3.17. Trường mực nước khu vực nghiên cứu (a) trong thời kỳ triều cao, b) trong thời kỳ triều kém .....	44
Hình 3.18. Tốc độ dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	44
Hình 3.19. Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu trong thời kỳ gió Đông Nam .....	45
Hình 3.20. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 1 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Bắc .....	47
Hình 3.21. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 02 tháng khai thác trong .....	47
Hình 3.22. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 03 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Bắc .....	48
Hình 3.23. So sánh độ đục tại các vị trí kiểm tra thời kỳ gió mùa Đông Bắc .....	48
Bảng 3.24. Nồng độ độ đục tại các vị trí kiểm tra .....	48
Hình 3.25. Biến đổi địa hình đáy biển sau 3 tháng khai thác .....	49
Hình 3.26. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 7 thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	50
Hình 3.27. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 8 thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	51
Hình 3.28. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 9 thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	51
Hình 3.29. Biến đổi địa hình đáy biển sau 1 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	52
Hình 3.30. Biến đổi địa hình đáy biển sau 2 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	52
Hình 3.31. Biến đổi địa hình đáy biển sau 3 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam .....	53
Hình 3.32. Mặt cắt vuông góc đường bờ biển khu vực thực hiện Dự án .....	54
Hình 3.33. Lượng vận chuyển bùn cát ven bờ trong điều kiện gió mùa Đông Bắc .....	55

Hình 3.34. Tổng lượng vận chuyển bùn cát di chuyển trong điều kiện gió mùa Đông Bắc .....	55
Hình 3.35. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông Nam.....	57
Hình 3.36. Tổng lượng bùn cát di chuyển trong điều kiện gió mùa Đông Nam .....	57

### **DANH MỤC BẢNG**

Bảng 1.1. Toạ độ các điểm góc ranh giới khu vực mở .....	11
Bảng 1.2. Nhiệt độ trung bình các năm tại Nam Định .....	14
Bảng 1.3. Độ ẩm tương đối trung bình các năm tại Nam Định .....	14
Bảng 1.4. Số giờ nắng các năm tại Nam Định.....	15
Bảng 1.5. Lượng mưa các năm tại Nam Định .....	15
Bảng 3.1. Các tham số cơ bản sử dụng thiết lập mô hình MIKE21 FM HD.....	36
Bảng 3.2. Hệ số Nash tương ứng với 3 trường hợp.....	39
Bảng 3.3. Tốc độ dòng chảy tại các vị trí kiểm tra .....	42
Bảng 3.4. Chiều cao sóng tại các vị trí kiểm tra .....	43
Bảng 3.5. Tốc độ dòng chảy tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió Đông Nam .....	44
Bảng 3.6. Chiều cao sóng tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió Đông Nam .....	45
Bảng 3.7. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông Bắc .....	55
Bảng 3.3.8. Lượng vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông Nam.....	57
Bảng 3.9. Lượng vận chuyển bùn cát cả năm .....	58

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài

Hoạt động khai thác cát là một hoạt động quan trọng trong các ngành xây dựng và hạ tầng trên toàn thế giới. Cát không chỉ là vật liệu cơ bản cho việc xây dựng các công trình mà còn đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện chất lượng cuộc sống của con người. Tuy nhiên, hoạt động khai thác cát, đặc biệt là khai thác không có kế hoạch, đã và đang gây ra nhiều hệ lụy nghiêm trọng đối với môi trường. Do đó, nghiên cứu mô phỏng tác động của khai thác cát đến môi trường trở nên cấp thiết nhằm cung cấp các giải pháp quản lý bền vững.

Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng hoạt động khai thác cát có thể dẫn đến một loạt các tác động tiêu cực đối với môi trường tự nhiên như:

**Sự thay đổi địa hình và dòng chảy:** Khi khai thác cát từ sông, biển hoặc các hệ thống nước ngọt, địa hình của khu vực khai thác sẽ bị biến đổi. Điều này có thể làm thay đổi dòng chảy tự nhiên của sông suối, gây xói lở đất và bồi lắng ở các khu vực lân cận.

**Suy thoái đa dạng sinh học:** Khai thác cát có thể gây mất môi trường sống cho các loài động thực vật, làm giảm sự đa dạng sinh học ở khu vực bị tác động. Các hệ sinh thái thủy sinh và các loài cá có thể bị đe dọa nghiêm trọng bởi sự biến đổi môi trường sống.

**Ô nhiễm nguồn nước:** Hoạt động khai thác cát có thể làm xáo trộn trầm tích và các chất ô nhiễm lắng đọng dưới lòng sông, gây ô nhiễm nguồn nước và ảnh hưởng đến chất lượng nước cung cấp cho con người và các sinh vật.

**Xói mòn bờ sông:** Khai thác quá mức có thể dẫn đến tình trạng xói mòn bờ sông, làm giảm khả năng bảo vệ tự nhiên trước các hiện tượng thời tiết cực đoan như lũ lụt và hạn hán.

Hiện nay nguồn vật liệu xây dựng đang thiếu một cách trầm trọng đặc biệt là khi nhà nước thực hiện triển khai các dự án lớn về các tuyến đường cao tốc Bắc Nam, tuyến đường cao tốc hành lang ven biển... đã yêu cầu một khối lượng lớn về cát san lấp đường. Bên cạnh đó do hệ thống các đập thủy điện phía thượng nguồn đã tích trữ một khối lượng cát trên các hồ chứa dẫn đến thiếu hụt nguồn cát cho việc khai thác ở vùng hạ lưu. Vì vậy chính phủ đã cho phép đánh giá những khu vực có khả năng khai thác cát ven biển nhằm bổ sung nguồn cát cho các dự án phát triển kinh tế xã hội vùng ven biển cũng như các dự án trọng điểm quốc gia.



Chính vì vậy việc ứng dụng các mô hình mô phỏng tác động của khai thác cát là một công cụ quan trọng để dự đoán và đánh giá những hậu quả có thể xảy ra trước khi triển khai các dự án khai thác. Các công cụ mô phỏng có khả năng mô phỏng được sự thay đổi của dòng chảy, địa hình, và các yếu tố sinh thái khác theo thời gian. Điều này giúp các nhà khoa học và quản lý môi trường dự báo được các tác động dài hạn mà khai thác cát có thể gây ra. Bên cạnh đó việc mô phỏng cho phép thực hiện các kịch bản khác nhau dựa trên các mức độ khai thác khác nhau, giúp so sánh tác động và lựa chọn phương án khai thác ít gây hại nhất cho môi trường. Ngoài ra việc dự báo và đánh giá trước các tác động tiềm tàng giúp giảm thiểu các rủi ro môi trường, giúp các doanh nghiệp khai thác cát điều chỉnh kế hoạch khai thác phù hợp hơn với các nguyên tắc bảo vệ môi trường. Kết quả từ các nghiên cứu mô phỏng có thể cung cấp dữ liệu hỗ trợ cho các nhà quản lý và chính sách để điều chỉnh luật pháp, quy định về khai thác cát, đảm bảo rằng các hoạt động này được thực hiện một cách bền vững và ít tác động đến môi trường nhất.

Nghiên cứu mô phỏng tác động của khai thác cát đến môi trường là một lĩnh vực nghiên cứu cấp thiết, nhằm đánh giá và dự báo những tác động tiêu cực có thể xảy ra. Điều này không chỉ giúp bảo vệ môi trường mà còn tạo ra cơ sở khoa học vững chắc để điều chỉnh chính sách và chiến lược phát triển kinh tế bền vững. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và gia tăng nhu cầu về nguyên vật liệu, nghiên cứu này càng trở nên quan trọng hơn bao giờ hết để bảo vệ môi trường và sự sống của các hệ sinh thái. Nghiên cứu đã lựa chọn việc ứng dụng mô hình MIKE để tính toán dự báo quá trình lan truyền chất ô nhiễm từ hoạt động khai thác, đánh giá ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát ven bờ đến xói lở bờ biển nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho các nhà quản lý đánh giá tác động môi trường của dự án.

## **2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài:**

Đánh giá sự ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát ven bờ đến môi trường biển và quá trình biến đổi đường bờ vùng ven biển tỉnh Nam Định.

## **3. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng:**

Để đánh giá được xu hướng lan truyền độ đục do hoạt động khai thác cát cũng như tác động của hoạt động này đến quá trình biến đổi đường bờ biển, nghiên cứu đã sử dụng bộ mô hình MIKE kết hợp giữa các mô đun thủy lực (HD) và mô đun MT cho việc mô phỏng tính toán lan truyền chất độ đục và mô phỏng diễn biến đường bờ biển ở khu vực nghiên cứu.

*Phương pháp thu thập dữ liệu:* Nghiên cứu sử dụng phương pháp thu thập dữ liệu để thu thập và phân tích các dữ liệu về địa hình, chế độ thủy hải văn, điều kiện tự nhiên và kinh tế xã hội tại khu vực nghiên cứu.

*Phương pháp mô hình toán:* Nghiên cứu sử dụng mô hình thủy lực MIKE 21 kết hợp với mô đun MT(mud transport) và ST(sand transport) cho việc tính toán lan truyền độ đục và xói lở đường bờ ở khu vực nghiên cứu.

#### **4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:**

Trong nghiên cứu tập trung đánh giá quá trình lan truyền độ đục và biến đổi đường bờ từ hoạt động khai thác cát trong điều kiện gió mùa vì vậy các đối tượng nghiên cứu bao gồm:

+ Các yếu tố hải văn: Chế độ dòng chảy, mực nước, chế độ sóng ở khu vực nghiên cứu.

+ Các yếu tố môi trường nước: Các giá trị về chất lượng môi trường nước biển như TSS.

+ Các yếu tố về khí tượng thủy văn: Lưu lượng dòng chảy sông, chế độ gió khu vực nghiên cứu, nhiệt độ..

# CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

## 1.1 Tổng quan các nghiên cứu nước ngoài

Trên thế giới việc nghiên cứu, áp dụng các mô hình thủy động lực cho các mục đích kinh tế - xã hội được sử dụng khá phổ biến. Các quá trình động lực ở vùng ven biển là các yếu tố nền, có ảnh hưởng đến các quá trình khác cũng như môi trường vùng ven biển. Dòng chảy sông, dao động thủy triều, sóng biển và những dòng xáo trộn mật độ do sự kết hợp nước sông và nước biển làm cho môi trường có những biến đổi lớn về vật chất. Chính vì vậy, các đặc điểm động lực như chế độ dòng chảy, sóng như thế nào, khả năng trao đổi, hoạt động của hoàn lưu nước ra sao... đều là những thông tin hữu ích không chỉ cung cấp sự hiểu biết về bản chất của các quá trình đó ở khu vực nghiên cứu mà còn tạo ra các cơ sở dữ liệu nền phục vụ cho những tính toán tiếp theo. Nhiều mô hình được xây dựng và áp dụng cho dự báo lũ, dự báo mực nước dâng, cho các công trình xây dựng, các công tác quy hoạch. Một số mô hình đã được ứng dụng thực tế, đóng vai trò trong công tác phát triển kinh tế - xã hội - quốc phòng.

Việc phát triển sự hiểu biết và năng lực dự báo các vấn đề tương tác biển - đất liền ở khu vực thềm lục địa đòi hỏi sự tập trung nghiên cứu. Năm bắt được điều này Hội đồng nghiên cứu môi trường tự nhiên đề xướng nghiên cứu sự tương tác giữa đất liền và biển (LOIS) vào năm 1992. Chương trình nghiên cứu chính kéo dài 6 năm (1992 – 1998). Bốn mục tiêu chính của LOIS là:

- + Ước tính thông lượng vật chất hiện tại (trầm tích, chất ô nhiễm và chất dinh dưỡng) trong khu vực thềm lục địa.
- + Mô tả các quá trình sinh địa chủ yếu chi phối hình thái động lực và chức năng hệ sinh thái.
- + Mô tả sự tiến triển của hệ sinh thái thềm lục địa từ Holocene đến ngày nay, xét trong quan hệ thay đổi thời tiết và mực nước biển.
- + Phát triển mô hình biển – lục địa mô phỏng thông lượng, làm cơ sở cho việc dự báo.

Chương trình cũng đạt kết quả trong việc phát triển một số kỹ thuật đo đạc quá trình và quan trắc lâu dài trên sông, cửa sông và thềm lục địa. Ví dụ như kết hợp quan trắc dòng chảy thông thường và các dòng chảy liên quan của quá trình truyền tải trầm tích và quan trắc chất lượng nước. Hệ thống quan trắc được thiết kế để đảm bảo tầm quan trọng của đo đạc dòng chảy qua hệ thống lưu vực sông, bao gồm cả trong điều kiện lũ lụt hay hạn hán.

Trong nghiên cứu của nhóm tác giả D.Kiran và Asadi đã nghiên cứu mô hình đánh giá tác động môi trường của dự án công nghiệp dựa trên đánh giá các trạng thái không khí, đất, tiếng ồn, nước và hệ sinh thái của dự án trong phạm vi đường kính 10km [1].

Bên cạnh đó sử dụng mô hình đánh giá phân bố nồng độ ô nhiễm từ hoạt động khai thác cát ở khu vực Đông Nam của Tehran của nhóm tác giả Yazdi và các cộng sự. [2].

Trong nghiên cứu của nhóm tác giả Yuan Lin và cộng sự đã mô phỏng phân tán bùn cát đáy biển khu vực Harvesting để đánh giá sự ảnh hưởng của quá trình bơm cát xuống đáy biển đến hệ sinh thái biển [3]. Việc sử dụng mô hình để mô phỏng sự phân bố nồng độ độ đục do khai thác cát ven bờ ở khu vực phía tây đảo Kundur cũng được nhóm tác giả Nurjaya và cộng sự tính toán cho bờ biển Berhala [4].

Các nghiên cứu về vận chuyển bùn cát kết dính tại vùng cửa sông ven biển đã được thực hiện từ lâu. Các nghiên cứu nổi bật trong lĩnh vực này có thể được kể đến là Mehta (1998), Berlamont và nnk (2001), Dearnally và nnk (2000), Dyer và nnk (2000), Winterwerp (1999), chuyển bùn cát kết dính, các cơ chế của các quá trình tương tác của bùn cát kết dính với nước biển cũng như các sơ đồ thông số mô tả quá trình vận chuyển bùn cát tại vùng cửa sông và biển ven bờ sử dụng trong các mô hình số trị.

Trong nghiên cứu nhóm tác giả Yuan Lin và cộng sự đã nghiên cứu mô phỏng sự phân tán trầm tích đáy biển ảnh hưởng đến hệ sinh thái đáy biển. Mô phỏng mô hình toán dựa trên phương pháp SPH (smooth particle hydrodynamics) để ước tính thời gian và tỷ lệ chiều dài của ống thổi. Khoảng cách xa hơn mất nhiều thời gian để đạt được trạng thái ổn định. Hơn nữa, với sự gia tăng của tốc độ giải phóng của trầm tích bị xáo trộn, lớp phía trên lan trên khoảng cách lớn hơn, cũng cần thêm thời gian để đạt được trạng thái ổn định.

Các nghiên cứu về vận chuyển bùn cát kết dính tại vùng cửa sông ven biển đã được thực hiện từ lâu. Các nghiên cứu nổi bật trong lĩnh vực này có thể được kể đến là Mehta (1998), Berlamont và nnk (2001), Dearnally và nnk (2000), Dyer và nnk (2000), Winterwerp (1999), Winterwerp và nnk (2000)... Các nghiên cứu này đã cung cấp các kiến thức về cơ chế vận chuyển bùn cát kết dính, các cơ chế của các quá trình tương tác của bùn cát kết dính với nước biển cũng như các sơ đồ thông số mô tả quá trình vận chuyển bùn cát tại vùng cửa sông và biển ven bờ sử dụng trong các mô hình số trị.

Các tổ chức Quốc tế như CCOP, IGCP đã có những công trình nghiên cứu địa chất vùng biển và bờ biển Đông và Đông Nam Á (trong đó có Việt Nam) đã đề cập tới đặc điểm địa chất tầng mặt vùng ven biển, tai biến địa chất và quản lý tổng hợp bờ biển. Chương trình thành lập bản đồ địa chất của ESCAP vùng biển, trong đó có biển Đông, mà ranh giới tới đường bờ biển hiện tại của Việt Nam được tiến hành đồng bộ.

Trong vùng Đông Nam Á các nước như Indonesia, Phillipin, Malaysia, Thái Lan, Brunei, Đông Timor đã và đang có những dự án nghiên cứu thềm lục địa nói chung, vùng ven biển với sự đầu tư lớn và bước đầu đã có những kết quả nhất định trong việc phát triển kinh tế - xã hội. Những kết quả nghiên cứu đã giúp các quốc gia này có những biện pháp hữu hiệu trong công tác quản lý dải ven biển, đặc biệt đối với các dạng tai biến địa

chất trên biển. Trong những năm cuối thế kỷ 20, Thái Lan đã triển khai nghiên cứu về biến động đường bờ, sự dao động mực nước biển và khảo sát đặc điểm trầm tích đới bờ (trầm tích đáy) ở vùng Adang Rawi và Tarutao. Ở vùng biển vịnh Thái Lan đã có nhiều công trình nghiên cứu, bao gồm việc thành lập các loại bản đồ khác nhau. Tuy nhiên, những công trình nghiên cứu riêng về địa chất cho vịnh Thái Lan hầu như rất ít được công bố, mà đối tượng vịnh Thái Lan chỉ được quan tâm như là một bộ phận của biển Đông.

Một mốc quan trọng trong việc nghiên cứu biển Đông là việc xuất bản bộ Atlas địa chất- địa vật lý Biển Đông (1987) của nhà xuất bản khoa học Quảng Đông. Bộ Atlas đó gồm 11 tờ, tỷ lệ 1/2.000.000, trong đó có tờ trùm lên lãnh thổ Việt Nam. Công trình này có tính khái quát nhưng chưa có độ chi tiết và tin cậy cần thiết. Từ đó, Trung Quốc tiến hành nhiều hợp tác quốc tế với Cộng Hòa Pháp và Hoa Kỳ nghiên cứu chi tiết hơn về địa vật lý và địa chất. Năm 1985, bằng chuyến khảo sát R/V Charcot (trên tàu Nanhai) đã phát hiện và chi tiết hóa đới tách giãn biển Đông có chiều rộng từ 150 – 200km. Đã thu thập nhiều tài liệu mới về địa vật lý (địa chất, từ, trọng lực và địa từ) (Guy Pautot và nnk, 1990, 1991). Tiếp theo bằng chuyến khảo sát Shiyan I và II đã kết hợp tài liệu địa vật lý và địa chất thành lập được cột địa tầng tương đối chính xác ở biển Đông (Jiang Shaoren và nnk, 1994). Thái Lan có nhiều nghiên cứu địa chất, địa vật lý vùng vịnh Thái Lan rất chi tiết. Tuy nhiên, do phần lớn các công trình nghiên cứu liên quan đến dầu khí nên các tài liệu này được bảo mật. Trong những thập niên 80 và 90, với sự tiến bộ vượt bậc của hệ thống quan trắc biển và công nghệ thông tin đã cung cấp cho ngành hải dương học nhiều tư liệu quý về điều kiện tự nhiên và môi trường biển ở nhiều khu vực của đại dương thế giới. Vùng ven bờ và cửa sông là nơi chịu tác động tổng hợp: vừa của yếu tố động lực sông, vừa của các yếu tố động lực biển. Dòng chảy cửa sông có kết cấu ba chiều, các hướng không ổn định cả về không gian lẫn thời gian: vừa mang bùn cát từ nhiều nguồn gốc khác nhau, vừa có xáo trộn mạnh theo nhiều mức độ. Ngoài dòng chảy trong sông ra, còn có tác động của thủy triều, sóng, gió, dòng ven bờ, nước dâng do bão và các tác động đặc biệt khác. Nơi đây, tác động của con người cũng rất đáng kể. Vì vậy, diễn biến lòng dẫn vùng cửa sông rất phức tạp, xảy ra trên cả ba chiều không gian và mất ổn định theo thời gian.

Vấn đề diễn biến và các yếu tố động lực vùng cửa sông, bờ biển đã được thế giới quan tâm từ lâu, song những nghiên cứu có tính chất phương pháp luận đánh giá chế độ động lực vùng cửa sông, bờ biển mới xuất hiện hơn 01 thế kỷ qua và chủ yếu đi sâu đánh giá đặc điểm thủy, động lực vùng cửa sông, ven biển có xét đến hoạt động của con người. Những biện pháp chỉnh trị cửa sông bằng công trình hoặc kết hợp nạo vét với công trình chỉnh trị mới xuất hiện giữa thế kỷ XIX. Phải đến đầu thế kỷ XX, một số nước phát triển đã tiến hành việc nghiên cứu chỉnh trị cửa sông trên mô hình vật lý. Escoffier(1940) đã

giới thiệu một đường cong ổn định thủy lực, được gọi là biểu đồ Escoffier, trong đó vận tốc dòng chảy lớn nhất được vẽ quan hệ với diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy. Tiếp sau đó là một loạt các nghiên cứu sâu về phân loại cửa sông, nguyên nhân và cơ chế gây bồi lấp các cửa sông. Tiêu biểu là các nghiên cứu về phân loại cửa và ổn định cửa sông của Hayes (1979); Niemeyer (1990), các nghiên cứu về ổn định cửa bằng phương pháp phân tích hệ thống của Escoffier (1940, 1977) của Kreeke (1990), bằng các mô hình nhận thức của De Vriend (1994) cho tới các mô hình toán mô phỏng hình thái theo không gian 3 chiều của De Vriend, Wang, ... (1995, 2004).

Gần đây, trên thế giới đã xuất hiện nhiều công trình nghiên cứu về động lực bùn cát, sự di chuyển bùn cát lơ lửng và di đáy ở vùng cửa sông, đáng lưu ý là Bijker E.W, Engelund & Fredsoe, Engelund & Hansen, Meyer Peter & MiFller, Bogardi J.L, Coleman J.M, Graf W.H

V.N.Mikhailov. Nhiều nhà nghiên cứu đã đi sâu phân loại cửa sông, có đề cập đến nguyên nhân hình thành như Vamodi V.A. Bên cạnh đó, các thành tựu mới có được từ những nghiên cứu lý thuyết các quá trình phát triển Delta và động lực ven bờ như Ven Techow, GA.Skrintunov, V.N.Mikhailov, I.V.Popov... Tuy nhiên, đó là các phương pháp luận nên chưa làm sáng tỏ cơ chế của quá trình hình thành mạng lưới sông gắn liền với quá trình hình thành và phát triển Delta, do đó, việc áp dụng vào thực tiễn nghiên cứu, dự báo diễn biến lòng dẫn vùng cửa sông còn nhiều hạn chế.

Cùng với nghiên cứu chế độ động lực và bùn cát, việc nghiên cứu diễn biến cửa sông, bờ biển cũng được phát triển mạnh ở các nước tiên tiến như Hà Lan, Mỹ, Anh, Bỉ, Nhật Bản, Trung Quốc... trong đó, việc nghiên cứu, tính toán vận chuyển bùn cát và biến động đường bờ đã được hoàn thiện ở mức độ cao.

Thực tế diễn biến bồi lấp và xói lở các cửa sông trên thế giới cho thấy hiện tượng bồi, xói xảy ra có thể trong một khoảng thời gian ngắn như trong một cơn bão Katrina (Mỹ) và cũng có thể xảy ra với chu kỳ dài tại California do hiện tượng ElNina. Một số vùng ven bờ liên tục bị xói lở với cường độ lớn như vùng Mississippi (Mỹ). Có những nơi như ở Ocean City (Mỹ) công trình kè (groin) tuy giải quyết được việc ngăn chặn dòng bùn cát từ trái sang phải (cửa sông) đã làm cho bãi (beach) bên trái phát triển nhưng làm cho bãi phía bên phải liên tục bị xói mòn.

Ở Mỹ đã có chương trình Quốc gia về cửa sông từ năm 1987 để phục hồi và duy trì các cửa sông, chương trình cho đến nay đã phát huy hiệu quả rõ rệt. Hiện tượng xâm nhập triều, mặn là quy luật tự nhiên ở các khu vực, lãnh thổ có vùng cửa sông giáp biển. Do tính chất quan trọng của hiện tượng xâm nhập triều mặn có liên quan đến hoạt động kinh tế - xã hội của nhiều quốc gia nên vấn đề tính toán và nghiên cứu đã được đặt ra từ lâu. Mục tiêu chủ yếu của công tác nghiên cứu là nắm được quy luật của quá trình này để phục vụ các hoạt động kinh tế - xã hội, quốc phòng vùng cửa sông như ở các nước như

Mỹ, Nga, Hà Lan, Nhật, Trung Quốc, Thái Lan... Các phương pháp cơ bản được thực hiện bao gồm: thực nghiệm (dựa trên số liệu quan trắc) và mô phỏng quá trình bằng các mô hình toán.

Việc mô phỏng quá trình dòng chảy trong sông ngòi bằng mô hình toán được bắt đầu từ khi Saint- Venant (1871) công bố hệ phương trình mô phỏng quá trình thủy động lực trong hệ thống kênh hở một chiều nổi tiếng mang tên ông. Chính nhờ sức mạnh của hệ phương trình Saint - Venant nên khi kỹ thuật tính sai phân và công cụ máy tính điện tử đáp ứng được thì việc mô phỏng dòng chảy sông ngòi là công cụ rất quan trọng để nghiên cứu, xây dựng quy hoạch khai thác tài nguyên nước, thiết kế các công trình cải tạo, dự báo và vận hành hệ thống thủy lợi. Mọi dự án phát triển tài nguyên nước trên thế giới hiện nay đều coi mô hình toán dòng chảy là một nội dung tính toán không thể thiếu.

Tiếp theo đó, việc mô phỏng dòng chảy bằng các phương trình thủy động lực đã tạo tiền đề giải bài toán truyền mặn khi kết hợp với phương trình khuếch tán. Cùng với phương trình bảo toàn và phương trình động lực của dòng chảy, còn có phương trình khuếch tán chất hoà tan trong dòng chảy cũng có thể cho phép - tuy ở mức độ kém tinh tế - mô phỏng cả sự diễn biến của vật chất hoà tan và trôi theo dòng chảy như nước mặn xâm nhập vào vùng cửa sông, chất chua phèn lan truyền từ đất ra mạng lưới kênh sông và các loại chất thải sinh hoạt và công nghiệp xả vào dòng nước...

Cụ thể hơn, vấn đề tính toán và nghiên cứu triều mặn bằng mô hình đã được nhiều nhà nghiên cứu ở các nước phát triển như Mỹ, Hà Lan, Anh quan tâm từ khoảng 40-50 năm trở lại đây. Với thành tựu của khoa học và công nghệ được phát triển cực nhanh trong thời gian gần đây, công nghệ tin học, thủy lực học và thủy văn học hiện đại đã gặp lại nhau ở nhiều mặt, mặc dù chưa phải là hoàn toàn đồng nhất. Các phương pháp tính toán xâm nhập mặn đầu tiên thường sử dụng bài toán một chiều khi kết hợp với hệ phương trình Saint - Venant. Những mô hình mặn 1 chiều đã được xây dựng do nhiều tác giả trong đó có Ippen và Harleman (1971). Giả thiết cơ bản của các mô hình này là các đặc trưng dòng chảy và mật độ là đồng nhất trên mặt cắt ngang. Mặc dù điều này khó gặp trong thực tế nhưng kết quả áp dụng mô hình lại có sự phù hợp khá tốt, đáp ứng được nhiều mục đích nghiên cứu và tính toán mặn. Ưu thế đặc biệt của các mô hình loại một chiều là yêu cầu tài liệu vừa phải và nhiều tài liệu đã có sẵn trong thực tế.

## **1.2. Tổng quan nghiên cứu trong nước**

Những năm gần đây, do sự phát triển của hệ thống tính toán và công nghệ thông tin đã có nhiều mô hình nước ngoài được xây dựng và phát triển theo hướng thương mại hóa cũng như dạng mã nguồn mở để cộng đồng cùng phát triển. Các mô hình thương mại phổ biến đang được áp dụng tại Việt Nam như mô hình MIKE của Viện Thủy lực Đan Mạch (DHI), mô hình SMS của Hải quân Hoa Kỳ, mô hình DELFT-3D của Viện Thủy lực DELFT (Hà Lan) v.v... Các mô hình mã nguồn mở đã được áp dụng như POM của

Đại học Princeton (Hoa Kỳ), mô hình ROMS của Đại học Rutgers và Đại học California (Hoa Kỳ), mô hình GHER của Đại học Liege (Bỉ)

Việc nghiên cứu các quá trình động lực, xâm nhập mặn và vận chuyển bùn cát vùng ven biển Việt Nam có tầm quan trọng rất lớn. Các kết quả nghiên cứu cho ta bức tranh về các quá trình động lực, vận chuyển vật chất, đặc biệt là trầm tích, biến đổi địa hình đáy và tình hình xâm nhập mặn vào các cửa sông của hệ thống sông trên toàn Việt Nam. Các kết quả nghiên cứu này ngoài việc cung cấp số liệu cho các nghiên cứu tiếp theo còn được sử dụng để xây dựng và thực hiện các chính sách, pháp luật định hướng phát triển kinh tế - xã hội, phòng tránh thiên tai và bảo vệ tài nguyên, môi trường khu vực ven biển.

Trong những năm gần đây, việc xây dựng tràn lan các đập thủy điện và những diễn biến phức tạp của thời tiết đã làm cho xâm nhập mặn, xói, sạt lở bờ biển và cửa sông ven biển ngày càng gia tăng cả về cường độ và quy mô. Đặc biệt, có những biến động lớn về địa hình ở khu vực cửa sông Tiền, sông Hậu. Các hiện tượng thời tiết cực đoan như nước dâng bão kết hợp với sóng lớn và triều cường đã làm vỡ nhiều đoạn đê, gây ngập lụt, xâm nhập mặn trên diện rộng, làm mất đất đe dọa sự an toàn của hệ thống đê biển và gây thiệt hại rất nhiều về kinh tế - xã hội và môi trường.

Trong nghiên cứu của nhóm tác giả Nguyễn Thị Bảy và cộng sự đã đánh giá ảnh hưởng của hoạt động khai thác cát đến diễn biến đáy đoạn sông Tiền chảy qua tỉnh Vĩnh Long dựa trên đánh giá diễn biến lòng dẫn dưới ảnh hưởng của suy giảm phù sa và hoạt động khai thác cát tại khu vực sông Tiền đoạn chảy qua tỉnh Vĩnh Long. Kết quả mô phỏng bồi, xói đáy cho thấy ở đoạn sông này có diện tích bồi lắng phân bố tương đối nhiều ở các đoạn sông thẳng, tốc độ bồi lắng năm 2017 thấp hơn so với năm 2008. Trong khi đó, xói đáy xảy ra ở các đoạn sông co hẹp đột ngột, có vận tốc dòng chảy lớn, địa hình đáy sâu [5].

Tương tự trong nghiên cứu của nhóm tác giả Dương Thị Huyền và cộng sự cũng đã đánh giá được ảnh hưởng môi trường từ hoạt động khai thác cát sông Hồng tại xã Thắng Lợi, huyện Văn Giang, tỉnh Hưng Yên. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát thực địa, phỏng vấn trực tiếp 40 hộ dân của 3 thôn có khoảng cách gần nhất với khu vực khai thác cát. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc khai thác và vận chuyển cát khiến bụi bám trên bề mặt lá làm cho cây chậm phát triển; xuất hiện hiện tượng sụt lún, sạt lở đất, bồi lắng kênh mương gần khu vực khai thác và một số khu vực có xe vận chuyển cát đi qua [6].

Trong nghiên cứu của nhóm tác giả Vương Trọng Kha và cộng sự đã sử dụng dữ liệu viễn thám 02 cảnh ảnh vệ tinh Sentinel-2A chụp ngày 01/12/2015 và 09/03/2020 được sử dụng để xác định ranh giới nước - đất liền trên cơ sở chỉ số tự động tách nước AWEI, sau đó chồng xếp để phát hiện biến động đường bờ sông. Kết quả tính toán đã xác định quá trình xói lở và bồi tụ. Tốc độ xói lở lớn nhất lên đến 37 m/năm ở trung tâm khu



vực nghiên cứu, nơi tập trung các tàu hút cát, sỏi [7].

Để thấy rõ tác động của hoạt động khai thác cát tới chế độ dòng chảy, biến hình lòng dẫn của đoạn sông nghiên cứu, nhóm tác giả Đinh Công Sản và cộng sự đã ứng dụng mô hình MIKE 21C để mô phỏng chế độ động lực và chuyển động bùn cát của một số kịch bản khai thác cát theo quy hoạch được duyệt của các địa phương, sau đó so sánh kết quả nhận được với phương án hiện trạng [8].

Kết quả nghiên cứu của đề tài KC.09-05 “Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng tránh” do Phạm Huy Tiến làm chủ nhiệm đề tài cho thấy xói, sạt lở bờ biển Nam Bộ trước năm 1950 chưa thấy xuất hiện. Từ năm 1950 đến năm 2003 tăng dần và tăng rất nhanh, đặc biệt là từ những thập kỷ 70 đến nay. Từ năm 1950 đến năm 1959 mới chỉ xuất hiện xói, sạt lở ở 4 đoạn, song đến năm 2003 đã lên tới 38 đoạn xói, sạt lở. Các tỉnh Kiên Giang và Cà Mau trước đây được coi là nơi có bờ biển luôn có xu hướng lấn ra hoặc tương đối ổn định, ngày nay đã và đang có hiện tượng xói, sạt lở [9].

Dự án “Khảo sát, tính toán chế độ động lực bồi lắng, xói lở khu vực Cà Mau do tác động của biến đổi khí hậu” do Viện Khoa học Khí tượng thủy văn và Môi trường chủ trì đã có được những kết quả đánh giá định tính và định lượng về các quá trình xói lở, bồi tụ vùng cửa sông ven biển tỉnh Cà Mau. Xây dựng được cơ sở khoa học về các quá trình bồi tụ, xói lở cửa sông và bờ biển tỉnh Cà Mau (trong đó có tính đến ảnh hưởng mực nước biển dâng do biến đổi khí hậu) cũng như đề xuất được các giải pháp thích hợp ổn định vùng ven biển, phục vụ phòng chống thiên tai và phát triển bền vững. Các kết quả của dự án này cũng sẽ được kế thừa để thực hiện đề tài.

Nguyễn Địch Dỹ, Nguyễn Công Mẫn (1996) trong dự án “Quy hoạch phát triển đề biển Việt Nam 2010 – 2020”, đã tiến hành nghiên cứu chuyên đề “Đặc điểm địa chất – địa mạo và tai biến xói lở, bồi tụ đường bờ biển Việt Nam, phục vụ định hướng phát triển đề biển Việt Nam 2010 – 2020”. Tập thể tác giả đi từ phân loại các kiểu đường bờ biển, các kiểu cửa sông ven biển theo UNESCO để phân tích quá trình xói lở, bồi tụ đường bờ và vùng cửa sông trên phạm vi cả nước, tính toán quá trình, tốc độ xói lở, bồi tụ theo tư liệu lịch sử và dự báo quy luật xói lở, bồi tụ đường bờ biển và vùng cửa sông ven biển. Tính chất cơ lý của các thành phần trầm tích phân bố tại đường bờ biển và vùng cửa sông ven biển cũng được nghiên cứu. Ngoài ra các tác giả còn đề xuất các giải pháp kỹ thuật xây dựng đề biển. Trong đề tài này, đặc điểm địa mạo – địa chất của vùng cửa sông ven biển châu thổ sông Cửu Long được đề cập đến dưới góc độ thành phần trầm tích, các dạng đường bờ và các kiểu cửa sông, các số liệu về xói lở, bồi tụ tương đối chi tiết, chúng được thể hiện dưới dạng bản đồ, tỷ lệ 1:250.000. Bên cạnh đó là những bản đồ địa chất – khoáng sản của các tỉnh có đường bờ biển và các cửa sông ven biển ở tỷ lệ 1:50.000 và 1:200.000 [10].

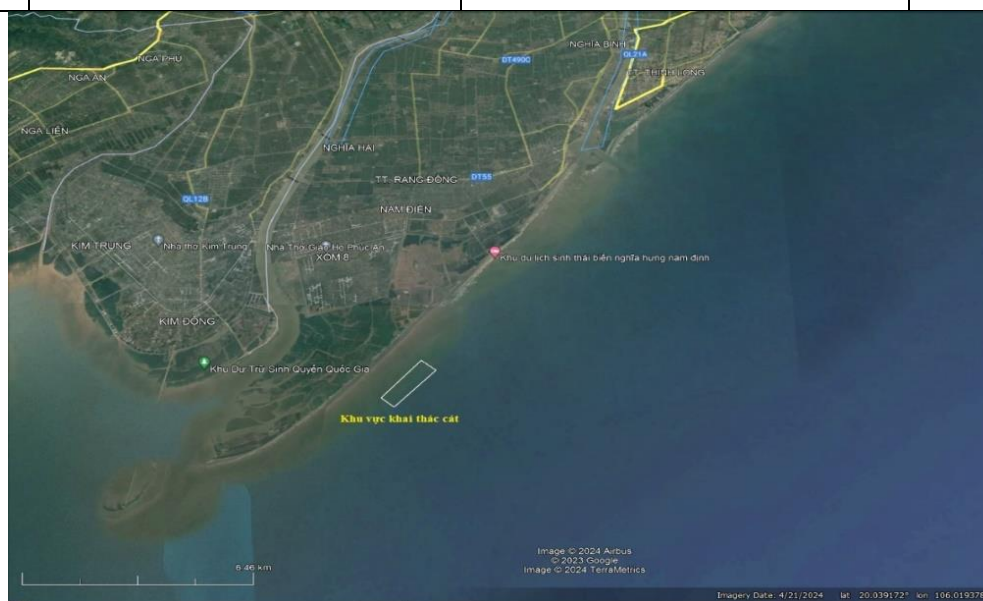
Nguyễn Ngọc Thụy, năm 1995 đã thực hiện đề tài “Thủy triều biển Đông và sự dâng lên của mực nước biển ven bờ Việt Nam” Trong công trình này tác giả đã đề cập tới những đặc điểm về thủy triều biển Đông, tác nhân quan trọng đối với động lực, thủy - thạch động lực vùng ven bờ biển (đường bờ và cửa sông). Mặt khác với những số liệu quan trắc trên vùng biển Việt Nam, tập thể tác giả đã xem xét sự dâng lên của mực nước biển ven bờ Việt Nam dưới góc độ hiệu ứng nhà kính [11].

### 1.3. Tổng quan nghiên cứu

Vị trí khu vực nghiên cứu khai thác khoáng sản cát tại vùng ven biển huyện Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định. Vị trí khu vực khai thác cách Cồn Mờ (Cồn Xanh) xã Nam Điền khoảng 1,2 km với diện tích khai thác là 100 ha, có chiều dài dọc bờ biển là 500 m, kéo dài chạy vuông góc bờ biển huyện Nghĩa Hưng khoảng 2.000 m, cát tập trung từ ngoài luồng sâu vào gần bờ và tạo thành bãi ngầm, nổi cao dần về phía ven bờ biển huyện Nghĩa Hưng có phương Đông Bắc - Đông Nam. Chiều dày thân khoáng từ 3,0 m – 3,5 m, trung bình 3,22 m.

**Bảng 1.1. Toạ độ các điểm góc ranh giới khu vực mở**

Các điểm mốc	Hệ toạ độ VN 2000 (Kinh tuyến trục 105°30' múi chiếu 3°)		Diện tích (ha)
	X (m)	Y (m)	
1	2203230.50	567527.70	100
2	2201801.20	568875.60	
3	2201562.17	568759.65	
4	2201379.00	568585.30	
5	2202807.30	567231.30	
6	2203018.87	567379.50	



**Hình 1.1. Vị trí khu vực thực hiện dự án**

### **a) Điều kiện về địa hình và hình thái bờ biển**

Huyện Nghĩa Hưng có địa hình đồng bằng. Đất phù sa màu mỡ. Sông Ninh Cơ, sông Đáy chảy qua. Có bờ biển ở phía nam, huyện Nghĩa Hưng nằm trong vùng bờ biển thuộc vùng Nam đồng bằng sông Hồng với chiều dài bờ biển 12 km, phía tây giới hạn bởi sông Đáy, ranh giới phía đông là sông Ninh Cơ. Vùng tiếp giáp với cửa sông Ninh Cơ là các bãi cát, các đụn cát và đầm nước mặn. Phía đông khu vực là các đầm nuôi trồng thủy sản và các ruộng muối dọc sông Ninh Cơ.

Địa hình ven biển vùng nghiên cứu có đặc trưng là có bề mặt tương đối bằng phẳng và xu hướng thấp dần từ tây sang đông, từ bắc xuống đông nam. Địa hình lục địa ven biển: khu vực nghiên cứu có địa hình khu vực thuộc hạ lưu châu thổ Sông Hồng, bề mặt có dạng tương đối bằng phẳng với độ dốc thấp hơn 1%, độ cao địa hình phổ biến từ 1-2 m, đối với dải ven biển độ cao trung bình từ 0,5-1,3 m, có xu thế thấp dần từ bắc xuống đông nam, đôi nơi trong khu vực có phát triển các thể hệ đê cát ven biển cao khoảng 3-5 m (trị trấn Rạng Đông, Bình Minh).

Đặc điểm đường bờ: đường bờ được cấu tạo chủ yếu bởi trầm tích bờ rời kém bền vững, có nhiều cửa sông lớn đổ ra biển mang vật liệu phù sa bồi đắp lấn biển nên hình thái đường bờ thường xuyên thay đổi, có dạng lồi lõm, khúc khuỷu.

Địa hình đáy biển: khu vực nghiên cứu có địa hình đáy biển nhìn chung khá đơn giản, độ sâu có xu thế chung tăng dần từ bờ ra khơi, bề mặt đáy biển tương đối bằng phẳng và nghiêng thoải nhẹ. Địa hình đáy biển khu vực lập đề án thăm dò có độ sâu từ 3m đến 7m, không có các dạng địa hình đặc biệt như cồn ngầm hay rãnh trũng.

Các yếu tố địa mạo trong vùng chủ yếu có dạng địa hình tích tụ, liên quan đến các thành tạo trầm tích bờ rời hệ Đệ tứ lộ ra trên mặt được xếp vào hệ tầng Thái Bình và chia làm các phụ hệ tầng có nguồn gốc khác nhau:

Dạng địa hình tích tụ liên quan đến các trầm tích biển-sông (mQ23tb1): phân bố chủ yếu ở phía trong đường bờ biển tỉnh Nam Định và một phần nhỏ phía ngoài đường bờ biển. Thành phần gồm: bột sét xám, xám nâu lẫn ít vảy muscovit màu trắng, bề dày 5,6m. Trên mặt thể hiện là các cánh đồng tương đối bằng phẳng, nhưng lại bị chia cắt bởi các dòng chảy tạm thời, tạo thành các vùng trũng đan xen. Nơi đây được nhân dân địa phương định cư hoặc trồng trọt và nuôi trồng thủy sản.

Dạng địa hình tích tụ liên quan đến các trầm tích biển (mQ23 tb1). Phân bố dọc theo đường bờ ven biển ở phía bên ngoài khu vực ven biển huyện Giao Thủy, Hải Hậu, Nghĩa Hưng. Đây là các bãi bồi cát tập trung từ ngoài luồng sâu vào gần bờ và tạo thành bãi ngầm nổi cao dần về phía ven bờ biển có dạng kéo dài theo sự phát triển của doi triều, nổi khi triều kiệt và chìm khi triều cường kéo dài theo phương Đông bắc – Đông Nam. Dạng địa hình này thành tạo nên các trầm tích ven biển có thành phần bao gồm cát

nhỏ, cát bụi, cát pha lẫn hữu cơ, màu xám nâu, xám đen, trạng thái xốp. Bề dày 5-14 m. là đối tượng chính của đề án thăm dò.

**b) Điều kiện thủy văn, hải văn**

**+) Điều kiện thủy văn**

Khu vực dự án nằm dọc ven biển huyện Nghĩa Hưng và được ngăn cách bởi 2 cửa sông Ninh Cơ và sông Đáy trong đó sông Ninh Cơ là chi lưu của sông Hồng chảy hoàn toàn trong tỉnh Nam Định. Điểm bắt đầu của sông Ninh Cơ là nơi tiếp giáp hai xã Trực Chính (huyện Trực Ninh) và Xuân Hồng (huyện Xuân Trường), chảy qua ranh giới hai huyện Trực Ninh, Xuân Trường, sau đó xuyên ngang qua huyện Trực Ninh rồi đổi hướng để tạo thành ranh giới tự nhiên giữa huyện này với huyện Nghĩa Hưng. Đoạn cuối là ranh giới giữa hai huyện Hải Hậu (phía Đông) và Nghĩa Hưng (phía Tây) và đổ ra cửa Lạch Giang, tại nơi tiếp giáp của xã Phúc Thắng (huyện Nghĩa Hưng) với thị trấn Thịnh Long (huyện Hải Hậu). Con sông này chảy gần như hình sin theo hướng Bắc Đông Bắc - Đông Nam với chiều dài khoảng 55 km. Nó đem lại nguồn nước và phù sa khá tốt cho 2 huyện Nghĩa Hưng và Trực Ninh. Vào mùa lũ, nước sông dâng khá lớn, có thể nước tới mặt đê cao 15 m.

Sông Đáy là một trong những con sông dài ở miền Bắc Việt Nam, nó là con sông chính của lưu vực sông Nhuệ - Đáy ở phía Đông Nam vùng châu thổ sông Hồng. Sông Đáy chảy qua các tỉnh thành Hà Nội, Hà Nam, Ninh Bình và Nam Định với dòng sông chảy gần song song bên hữu ngạn hạ lưu sông Hồng. Trong lưu vực sông Đáy có nhiều sông khác như sông Tích, sông Nhuệ, sông Bùi, sông Bôi, sông Lạng, sông Hoàng Long, sông Sắt, sông Vạc, sông Đào, liên quan đến nhau nên đã được quy hoạch thủy lợi chung vào hệ thống sông Đáy.

Sông Đáy có chiều dài khoảng 240 km và là một trong 5 con sông dài nhất ở miền Bắc Việt Nam. Lưu vực sông Đáy (cùng với phụ lưu sông Nhuệ) hơn 7.500 km trên địa bàn các tỉnh thành Hà Nội, Hòa Bình, Hà Nam, Ninh Bình và Nam Định. Ở thượng nguồn, lưu lượng của sông bất thường nên mùa mưa thì lũ quét lại thêm dòng sông quanh co uốn khúc nên dễ tạo ra những ghềnh nước lớn. Đến mùa khô thì lòng sông có chỗ cạn lội qua được nên thượng lưu sông Đáy thuyền bè không dùng được. Đoạn hạ nguồn từ thị trấn Vân Đình, Ứng Hòa, Hà Nội đến cửa Đáy được công nhận là tuyến đường sông cấp quốc gia. Khác với các cửa sông khác ở miền Bắc như: cửa Ba Lạt, cửa Thái Bình, cửa Văn Úc,... vùng biển cửa sông Đáy phát triển thiên về xu hướng bồi tụ mạnh nhờ có nguồn bồi tích rất dồi dào từ hệ thống sông Hồng và cửa sông nằm ở vùng bờ biển lõm, tránh được các hướng sóng chính có tác động mạnh ở ven biển đồng bằng sông Hồng.

**+) Điều kiện hải văn**

Biến đổi chế độ sóng theo các hướng trong năm của khu vực như sau: Từ tháng 5 đến tháng 9, sóng tập trung vào các hướng Nam và Đông Nam. Tháng 8 là tháng gió

Đông Nam ổn định nhất, tạo ra sóng hướng Đông Nam chiếm 54,35%. Từ tháng 11 trở đi, sóng hướng Đông và Đông Nam là chủ yếu. Tháng 12 là tháng có sóng mạnh nhất và ổn định nhất theo hướng Đông, chiếm 26,77% và hướng Đông Nam, chiếm 23,06%.

**c) Đặc điểm về khí hậu**

Khí hậu mang đặc trưng khí hậu của Đồng bằng Bắc Bộ là nhiệt đới gió mùa, nóng ẩm, mưa nhiều, có 4 mùa rõ rệt trong năm. Trong đó mùa hè nóng ẩm, mùa đông khô lạnh, mưa phùn. Nhiệt độ trung bình từ năm 2017 - 2021 dao động từ 24,4°C– 26,9°C. Tháng có nhiệt độ trung bình cao nhất là tháng 6 có nhiệt độ 30,8°C, tháng có nhiệt độ trung bình thấp nhất là tháng 1 có nhiệt độ 18,04°C.

**Bảng 1.2. Nhiệt độ trung bình các năm tại Nam Định**

Năm	Nhiệt độ trung bình tháng (°C)												Cả năm
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2017	9,2	9,5	1,9	4,4	7,1	9,8	8,9	9,1	8,7	5,1	1,7	7,5	24,4
2018	7,7	7,0	1,8	3,7	8,8	0,5	9,3	8,3	8,1	5,5	3,7	9,1	24,5
2019	7,6	1,9	2,7	6,7	7,7	1,3	0,8	9,8	8,5	5,8	2,7	9,1	25,4
2020	9,6	9,7	2,8	2,1	9,2	1,5	1,1	8,9	8,8	4,1	3,1	8,0	24,9
2021	6,1	0,4	2,2	5,1	8,9	0,9	0,1	0,1	7,9	3,7	1,7	8,5	24,6

(Nguồn: Niên giám thống kê tỉnh Nam Định qua các năm)

Độ ẩm tương đối trung bình từ năm 2017 -2021 dao động từ 82% - 83%. Tháng có độ ẩm tương đối trung bình cao nhất là tháng 3, tháng có độ ẩm tương đối trung bình thấp nhất là tháng 12.

**Bảng 1.3. Độ ẩm tương đối trung bình các năm tại Nam Định**

Năm	Độ ẩm tương đối trung bình (%)												Cả năm
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2017	4	9	9	5	2	1	5	5	7	3	8	7	83
2018	5	8	5	6	2	5	2	7	3	1	2	6	83
2019	6	8	3	7	5	7	7	8	5	4	0	6	83
2020	4	6	9	6	0	2	7	6	5	0	8	5	82
2021	4	3	8	9	4	7	0	0	7	5	7	7	82

(Nguồn: Niên giám thống kê tỉnh Nam Định qua các năm)

Gió khu vực chịu ảnh hưởng của hai hướng gió thịnh hành chủ yếu theo hai mùa. Mùa hạ là hướng gió Nam và Đông Nam; mùa Đông là hướng gió Đông Bắc. Theo các số liệu quan trắc tốc độ gió trung bình năm là 1,8 m/s. Tốc độ gió trung bình vào tháng nóng nhất (tháng 7) là 2 m/s, tháng lạnh nhất là 1,7 m/s.

Tổng số giờ nắng trong những năm qua dao động từ 1.132 giờ (năm 2017) đến 1.503 giờ (năm 2019). Số giờ nắng cao nhất tập trung chủ yếu tháng 5; tháng có số giờ nắng trung bình thấp nhất là tháng 3.

**Bảng 1.4. Số giờ nắng các năm tại Nam Định**

Năm	Số giờ nắng các tháng trong năm (h)												Cả năm
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	
<b>2017</b>	47	68	24	93	153	136	102	126	147	91	67	78	1.132
<b>2018</b>	26	42	88	80	240	170	123	104	140	133	128	104	1.378
<b>2019</b>	30	88	40	107	125	205	172	140	184	139	128	145	1.503
<b>2020</b>	70	58	36	47	179	245	240	144	134	93	124	80	1.450
<b>2021</b>	66	95	32	56	209	189	220	171	126	93	120	119	1.496

(*Nguồn: Niên giám thống kê tỉnh Nam Định qua các năm*)

Lượng mưa Nam Định nằm ở Vịnh Bắc Bộ chịu ảnh hưởng khí hậu nhiệt đới gió mùa nên lượng mưa của tỉnh tương đối lớn nhưng phân bố không đều theo không gian và thời gian. Theo thống kê nhiều năm, lượng mưa trung bình của tỉnh Nam Định là từ 1.296mm đến 2.323mm. Chế độ mưa được chia thành 2 mùa: mùa mưa bắt đầu từ tháng 5 đến tháng 10 chiếm khoảng 80% lượng mưa cả năm, mùa khô bắt đầu từ tháng 11 năm trước đến tháng 4 sang năm chiếm khoảng 20% lượng mưa cả năm.

**Bảng 1.5. Lượng mưa các năm tại Nam Định**

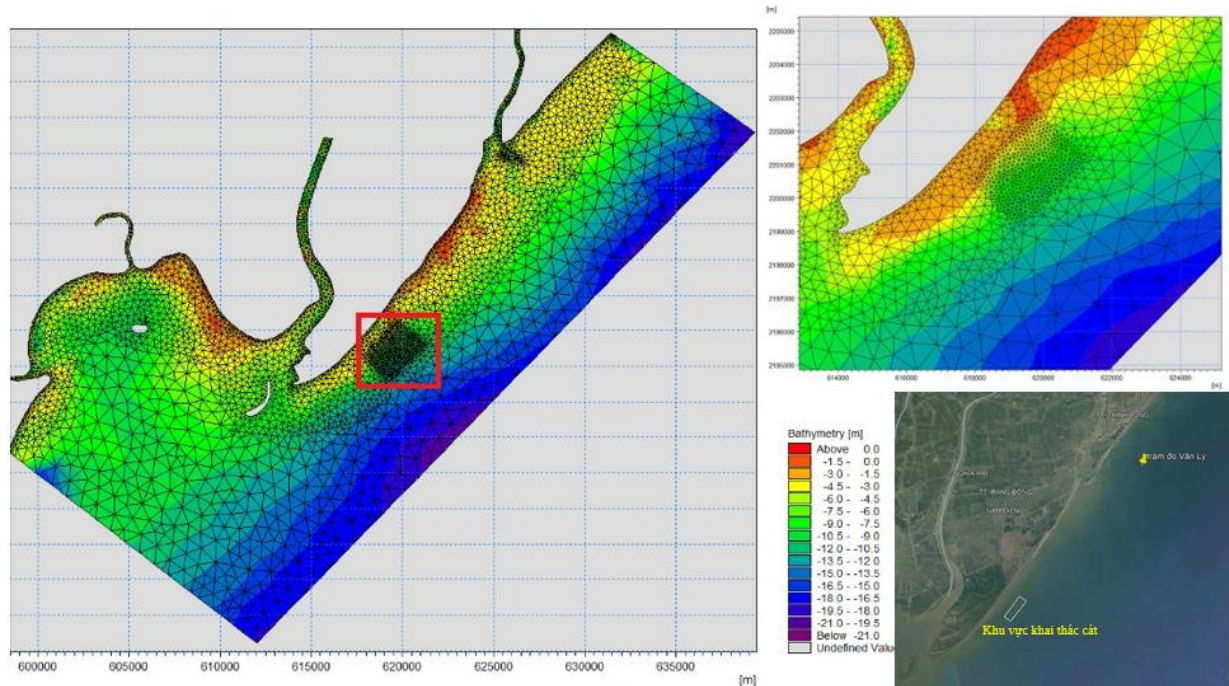
Năm	Lượng mưa (mm)												Cả năm
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	
<b>2017</b>	43	9	84	135	78	251	393	377	389	511	18	35	2.323
<b>2018</b>	15	11	41	102	142	86	531	373	187	226	6	111	1.831
<b>2019</b>	18	20	39	98	160	126	74	421	143	152	44	1	1.296
<b>2020</b>	142	24	87	45	68	42	92	410	255	404	72	8	1.649
<b>2021</b>	0,1	39	27	147	196	223	357	148	717	313	47	3	2.217

(*Nguồn: Niên giám thống kê tỉnh Nam Định qua các năm*)

## CHƯƠNG 2 : PHẠM VI, ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phạm vi nghiên cứu

Khu vực nghiên cứu được xác định là vùng ven biển huyện Nghĩa Hưng, tỉnh Nam Định, diện tích khu vực khai thác là 100 ha, có chiều dài dọc bờ biển là 500 m, kéo dài chạy vuông góc bờ biển huyện Nghĩa Hưng khoảng 2.000 m, cát tập trung từ ngoài luồng sâu vào gần bờ và tạo thành bãi ngầm, nổi cao dần về phía ven bờ biển huyện Nghĩa Hưng có phương Đông Bắc - Đông Nam.



Hình 2.1: Phạm vi khu vực nghiên cứu

### 2.2. Đối tượng nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu của đề tài tập trung vào các yếu tố thủy hải văn môi trường ở khu vực nghiên cứu bao gồm:

+ Các yếu tố hải văn: Chế độ dòng chảy, mực nước, chế độ sóng ở khu vực nghiên cứu.

+ Các yếu tố môi trường nước: Các giá trị về chất lượng môi trường nước biển như TSS

+ Các yếu tố về khí tượng thủy văn: Lưu lượng dòng chảy sông Ninh Cơ và sông Đáy, chế độ gió khu vực nghiên cứu, nhiệt độ..

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Để đánh giá được quá trình lan truyền chất ô nhiễm từ dự án khai thác cát ven biển Nam Định, nghiên cứu đã lựa chọn các phương pháp nghiên cứu như sau:

### 2.2.1. Phương pháp thu thập dữ liệu

Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp thu thập, phân tích dữ liệu về điều kiện tự nhiên kinh tế xã hội, các số liệu về thủy hải văn như chế độ gió, sóng, dòng chảy và mực nước khu vực nghiên cứu. Thu thập các dữ liệu về môi trường nước phục vụ cho việc cung cấp dữ liệu đầu vào cho mô hình toán từ báo cáo đánh giá tác động môi trường của dự án, báo cáo phân tích chất lượng nước ở khu vực nghiên cứu.

### 2.2.2. Phương pháp mô hình toán

Bộ mô hình MIKE 21 là một phần mềm kỹ thuật chuyên dụng do DHI (Viện Thủy lực Đan Mạch) xây dựng và phát triển trong khoảng 20 năm trở lại đây, được ứng dụng để mô phỏng quá trình thủy thạch động lực (sóng, dòng chảy, vận chuyển bùn cát, biến đổi đường bờ), chất lượng nước, tràn dầu ở biển và cửa sông, trong sông. MIKE 21 là một phần mềm độc lập trong bộ phần mềm MIKE bao gồm rất nhiều các phần mềm con có các chức năng và nhiệm vụ khác nhau như MIKE 21, MIKE 21, MIKE 31, MIKE GIS, MIKE BASIN, MIKE SHE, MIKE MOUSE... Trong nghiên cứu này sử dụng mô đun thủy lực: MIKE21 HD và mô đun tràn dầu: MIKE 3 Spill Analysis.

+ Hệ thống MIKE 21: mô hình dòng chảy mặt 2D, được ứng dụng để mô phỏng các quá trình thủy lực và các hiện tượng về môi trường trong các hồ, các vùng cửa sông, vùng vịnh, vùng ven bờ và các vùng biển.

#### a) Cơ sở lý thuyết module thủy động lực

Modul thủy lực cơ bản trong phương pháp số của các phương trình nước nông 2 chiều - độ sâu - phương trình kết hợp Navier - Stoke lấy trung bình hệ số Renold không nén. Nó bao gồm các phương trình liên tục, phương trình động lượng, nhiệt độ, độ mặn và phương trình mật độ. Theo chiều nằm ngang cả hệ tọa độ Đề các và hệ tọa độ cầu đều được sử dụng.

Hệ phương trình cơ bản của chương trình tính toán được xây dựng trên cơ sở 2 nguyên lý bảo toàn động lượng và bảo toàn khối lượng. Kết quả đầu ra của nghiên cứu là tập hợp các bộ nghiệm mực nước và lưu tốc dòng chảy.

Phương trình liên tục (bảo toàn khối lượng):

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương X:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{(p^2+q^2)}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0 \quad (2)$$

Phương trình bảo toàn động lượng theo phương Y:



$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{(p^2+q^2)}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) = 0 \quad (3)$$

Các ký hiệu sử dụng trong công thức:

$h(x,y,t)$ : Chiều sâu nước (m)

$\zeta(x,y,t)$ : Cao độ mặt nước (m)

$p,q(x,y,t)$ : Lưu lượng đơn vị dòng theo các hướng X, Y ( $m^3/s/m$ ) =  $uh, vh$

$u,v$ :  $u, v$  = lưu tốc trung bình chiều sâu theo các hướng X, Y

$C(x,y)$ : Hệ số Chezy ( $m^{1/2}/s$ ).

$g$ : Gia tốc trọng trường ( $m/s^2$ )

$f(V)$ : Hệ số nhám do gió

$V; V_x; V_y(x,y,t)$ : Tốc độ gió và các tốc độ gió thành phần theo các hướng X, Y

$\Omega(p,q)$ : Thông số Coriolis phụ thuộc vào vĩ độ ( $s^{-1}$ )

$P_a$ : Áp suất khí quyển ( $kg/m^2/s$ )

$\rho_w$ : Khối lượng riêng của nước ( $kg/m^3$ )

$x, y$ : Tọa độ không gian (m)

$t$ : Thời gian (s)

$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ : Các thành phần của ứng suất tiếp hiệu dụng.

### b) Giới thiệu mô đun tính dòng chảy MIKE21 FM

Mô đun thủy lực là thành phần cơ bản nhất của hệ thống mô hình MIKE 21 FM và cung cấp các đặc trưng thủy lực cho các mô đun khác trong hệ thống mô hình MIKE 21 FM. Mô đun này tính toán dòng chảy hai chiều (2D) bằng phương pháp phần tử hữu hạn không đều để giải hệ phương trình nước nông 2D.

Hệ phương trình nước nông 2D gồm có phương trình liên tục (bảo toàn khối lượng, phương trình chuyển động của chất lỏng (bảo toàn động lượng), và các phương trình khép kín khác như phương trình nhiệt độ, độ muối, mật độ. Theo phương ngang, hệ tọa độ được sử dụng có thể là hệ tọa độ Đề Các hoặc hệ tọa độ cầu.

Theo không gian, miền tính được rời rạc bằng các phần tử (ô lưới) liên tục là các tam giác không đều, lưới phi cấu trúc (unstructured mesh). Sơ đồ Euler hiện được sử dụng đối với các tính toán hai chiều.

#### (1)- Phương trình liên tục:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU}{\partial x} + \frac{\partial hV}{\partial y} = hS \quad (1)$$

Với:  $U, V$  là các thành phần vận tốc trung bình theo độ sâu của các thành phần vận tốc  $u, v$  theo các hướng tọa độ  $x, y$ , được xác định theo công thức:

$$U = \frac{1}{h} \int_{-d}^{\eta} u dz, \quad V = \frac{1}{h} \int_{-d}^{\eta} v dz \quad (2)$$

$h = \eta + d$  (độ sâu tổng cộng = tổng của mực nước ( $\eta$ ) và độ sâu ( $d$ ))

**(2)- Các phương trình động lượng:**

$$\begin{aligned} \frac{\partial hU}{\partial t} + \frac{\partial hU^2}{\partial x} + \frac{\partial hUV}{\partial y} = fVh - gh \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial x} + \\ \frac{\tau_{xx}}{\rho_0} - \frac{\tau_{bx}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{xy}) + hU_s S \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial hV}{\partial t} + \frac{\partial hV^2}{\partial x} + \frac{\partial hUV}{\partial y} = fUh - gh \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{h}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{gh^2}{2\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial y} + \\ \frac{\tau_{yy}}{\rho_0} - \frac{\tau_{by}}{\rho_0} - \frac{1}{\rho_0} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} (hT_{xy}) + \frac{\partial}{\partial y} (hT_{yy}) + hV_s S \end{aligned} \quad (4)$$

Với  $T_{xx}$   $T_{yy}$   $T_{xy}$  là các thành phần ứng suất nhớt tổng cộng. Các thành phần nhớt tổng cộng được tính theo công thức dựa trên biến thiên vận tốc ngang theo độ sâu:

$$T_{xx} = 2A \frac{\partial U}{\partial x}, \quad T_{yy} = 2A \frac{\partial V}{\partial y}, \quad T_{xy} = A \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \quad (5)$$

$S$  là tần suất của lưu lượng từ nguồn điểm;  $U_s$ ,  $V_s$  là các thành phần tốc độ từ nguồn điểm;  $g$  là gia tốc trọng trường;  $t$  là thời gian;  $x$ ,  $y$  là tọa độ Đề Các;  $\eta$  là dao động mực nước;  $d$  là độ sâu;  $h = \eta + d$  là chiều cao cột nước;  $f = 2\Omega \sin \phi$  là tham số Coriolis;  $\theta$  là vĩ độ địa lý;  $\rho$  là mật độ nước;  $p_a$  là áp suất khí quyển;  $\rho_0$  là mật độ tiêu chuẩn.

Với các tính toán hai chiều  $U$  là vận tốc trung bình theo độ sâu và hệ số kháng đáy có thể được xác định từ số Chezy  $C$  hay số Manning  $M$ :

$$c_f = \frac{g}{C^2}, \quad c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2} \quad (6)$$

**(3)- Điều kiện biên:**

**Biên đất:** Dọc theo biên đất, thông lượng được gán bằng không (0) đối với tất cả các giá trị. Với phương trình động lượng điều này gây ra sự trượt toàn phần dọc theo biên đất.

**Biên mở:** Điều kiện biên mở có thể được xác định cả dưới dạng lưu lượng, giá trị vận tốc dòng chảy hoặc mực nước cho các phương trình thủy động lực. Các biên vận tốc và mực nước thì giá trị trên biên có thể là hằng số, biến đổi theo thời gian nhưng cố định dọc biên, hoặc vừa biến đổi theo thời gian vừa biến đổi dọc biên.

**c) Giới thiệu mô đun tính sóng MIKE21 SW**

MIKE21 SW là mô hình phổ sóng thế hệ mới dựa trên lưới phi cấu trúc. Mô hình này mô phỏng sự phát triển sóng, sự suy giảm sóng và sự biến đổi của sóng gió, sóng lừng vùng ven bờ, ngoài khơi.

MIKE21 SW gồm hai công thức khác nhau: Công thức tham số hóa độc lập với hướng sóng; Công thức phổ sóng đầy đủ. Công thức tham số hóa độc lập với hướng sóng dựa trên việc tham số hóa phương trình bảo toàn tác động sóng. Việc tham số hóa này được tạo ra trong miền tần số bằng việc đưa ra mô men bậc không và bậc một của phổ tác động sóng như là các biến phụ thuộc (Holthuijsen 1989). Công thức phổ sóng đầy đủ dựa trên phương trình bảo toàn tác động sóng (Komen 1994 và Yoang 1999). Trong đó, phổ tác động sóng là phổ tần số và hướng chứa các biến phụ thuộc.

Phương trình bảo toàn tác động sóng được thiết lập trong hệ tọa độ Đề Các đối với việc áp dụng trong các bài toán quy mô nhỏ và trong hệ tọa độ cầu với việc áp dụng trong các bài toán quy mô lớn.

Các quá trình vật lý được xét trong mô hình sóng MIKE21SW:

- Sự phát triển của sóng do sự tác động của gió.
- Sự tương tác phi tuyến giữa sóng với sóng.
- Sự suy giảm sóng do sóng đổ bậc đầu.
- Sự suy giảm sóng do ma sát đáy.
- Sự suy giảm sóng do sóng đổ.
- Hiệu ứng nhiễu xạ và nước nông do biến đổi độ sâu.
- Sự tương tác giữa sóng và dòng chảy.
- Hiệu ứng biến đổi theo thời gian của độ sâu.

Việc rời rạc phương trình chủ đạo được thực hiện theo phương pháp thể tích hữu hạn trung tâm với lưới tính toán là phi cấu trúc. Theo thời gian, phương pháp bước phân đoạn được áp dụng và là phương pháp giải hiện đối với các tần số.

MIKE21 SW được áp dụng cho việc mô phỏng và phân tích sóng trong vùng biển khơi, biển ven, cảng với các quy mô khác nhau. Quy mô nhỏ gắn liền với hệ tọa độ Đề Các, quy mô lớn gắn liền với hệ tọa độ cầu.

Mô đun này có thể liên kết động với mô đun tính toán dòng chảy để xét sự tương tác sóng và dòng chảy, kết nối động với mô đun vận chuyển trầm tích mà ở đó quá trình vận chuyển chủ yếu là do sóng hay dòng chảy sóng do gradient của trường ứng suất bức xạ sóng trong vùng sóng đổ. MIKE21 SW đưa ra các đặc trưng sóng và trường ứng suất bức xạ phục vụ tính toán vận chuyển trầm tích.

#### **(1)- Các phương trình cơ bản:**

Động lực sóng trọng lực được mô tả bởi phương trình truyền tải mật độ tác động sóng. Phổ mật độ tác động sóng là hàm của 2 tham số pha sóng biến đổi theo thời gian và không gian. Mật độ tác động sóng  $N(\delta, \theta)$  quan hệ với mật độ năng lượng  $E(\delta, \theta)$  theo biểu thức:

$$N = \frac{E}{\delta} \quad (1)$$

Đối với sóng lan truyền trên độ sâu và dòng chảy biến đổi nhỏ thì quan hệ giữa tần số góc tương đối và tần số góc tuyệt đối  $\omega$  được xác định theo biểu thức tán xạ tuyến tính sau:

$$\delta = \sqrt{gk \tanh(kd)} = \omega \vec{k} \cdot \vec{U} \quad (2)$$

Với:  $g$ - gia tốc trọng trường,  $d$ - độ sâu,  $\vec{U}$  - véc tơ vận tốc dòng chảy.

Vận tốc nhóm sóng  $c_g$  có quan hệ với vận tốc dòng chảy theo biểu thức:

$$c_g = \frac{\partial \delta}{\partial k} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \frac{\delta}{k} \quad (3)$$

Vận tốc pha sóng có quan hệ với vận tốc dòng chảy bởi biểu thức sau:

$$c = \frac{\delta}{k} \quad (4)$$

Phổ tần số được giới hạn theo giải tần số từ tần số  $\delta_{\min}$  đến tần số  $\delta_{\max}$ . Phần trên tần số ngưỡng của miền xác định trước thì phần tham số được áp dụng.

$$E(\delta, \theta) = E(\delta_{\max}, \theta) \left( \frac{\theta}{\delta_{\max}} \right)^m \quad (5)$$

Với  $m$  là hằng số (trong mô hình này,  $m = 5$ ), tần số ngưỡng được xác định bởi:

$$\delta_{cut-off} = \min(\delta_{\max}, \max(2.5\bar{\delta}, \delta_{PM})) \quad (6)$$

Với  $\bar{\delta}$  là tần số trung bình và  $\delta_{PM} = \frac{g}{28U_{10}}$  là tần số đỉnh phổ Pierson-Moskowitz

đối với sóng phát triển hoàn toàn,  $U_{10}$  là tốc độ gió ở độ cao 10m so với mực biển trung bình.

## (2)- Phương trình bảo toàn tác động sóng:

Trong phần này, chỉ xét các phương trình đối với hệ tọa độ Đề Các. Phương trình tổng quát là phương trình cân bằng tác động sóng, có dạng:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v} \cdot N) = \frac{S}{\delta} \quad (7)$$

Trong đó,  $N(\vec{x}, \delta, \theta, t)$  là mật độ tác động,  $t$  là thời gian,  $\vec{x} = (x, y)$  là tọa độ Đề các,  $\vec{v} = v(c_x, c_y, c_\delta, c_\theta)$  là tốc độ lan truyền của nhóm sóng,  $S$  là số hạng nguồn trong phương trình cân bằng năng lượng,  $\nabla$  là toán tử đạo hàm riêng trong không gian  $\vec{x}, \delta, \theta$ .

Bốn đặc trưng của tốc độ lan truyền được xác định bởi:

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} \quad (8)$$

$$c_s = \frac{d\delta}{dt} = \frac{\partial\delta}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_x d \right] - c_g \vec{k} \frac{\partial \vec{U}}{\partial S} \quad (9)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{k} \left[ \frac{\partial\delta}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \frac{\partial \vec{U}}{\partial S} \right] \quad (10)$$

Trong đó: s là tọa độ không gian theo hướng sóng  $\theta$  và m là tọa độ vuông góc với s.  $\nabla_x$  là toán tử đạo hàm riêng theo hai biến của  $\vec{x} = (x, y)$ .

### (3)- Điều kiện biên:

- Các biên đất, điều kiện biên hấp thụ hoàn toàn được áp dụng.
- Tại biên lỏng (biên mở), cho điều kiện đầu vào của sóng (chỉ xét với sóng truyền vào miền tính, sóng truyền từ trong miền tính ra ngoài coi như truyền tự do). Phổ năng lượng được xác định tại các biên lỏng.

### d) Giới thiệu mô đun tính vận chuyển trầm tích MIKE21 MT

MIKE21MT là mô hình tiên tiến được sử dụng để mô phỏng các quá trình vận chuyển, xói mòn, lắng đọng, của trầm tích không kết dính trong môi trường nước biển và nước ngọt. Mô đun này có thể được liên kết động với các mô đun thủy lực, mô đun tính sóng của bộ chương trình MIKE với lưới tính toán là lưới phần tử hữu hạn, hoặc lưới sai phân thẳng, có thể tính toán trong dạng 3D, 2D. Cơ sở thủy lực của mô đun này là MIKE21HD FM, MIKE3HD FM. Ảnh hưởng của sóng tới quá trình bồi xói có vai trò quan trọng, do đó các tham số sóng nhận được từ mô đun tính sóng dạng phổ MIKE21SW.

#### Phạm vi áp dụng:

- Sự vận chuyển vật chất do quá trình khai thác;
- Tối ưu các hoạt động khai thác;
- Sự bồi, xói trong cảng, kênh.

#### Các quá trình vật lý được xét:

Phương trình vận chuyển bùn (Teisson, 1991)

$$\frac{\partial c^i}{\partial t} + \frac{\partial uc^i}{\partial x} + \frac{\partial vc^i}{\partial y} + \frac{\partial wc^i}{\partial z} - \frac{\partial w_s c^i}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{v_{Tx}}{\delta_{Tx}^i} \frac{\partial c^i}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{v_{Ty}}{\delta_{Ty}^i} \frac{\partial c^i}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{v_{Tz}}{\delta_{Tz}^i} \frac{\partial c^i}{\partial z} \right) + S^i \quad (1)$$

Với: t là thời gian

u, v, w là các thành phần tốc độ dòng chảy

$c^i$  là thành phần nồng độ thứ i của trầm tích

$w_s^i$  là tốc độ lắng đọng

$\delta_{Tx}^i$  là số Schmidt

$v_{Tx}$  là hệ số nhớt

$S^i$  là số hạng nguồn

Quá trình vận tải trầm tích không kết dính được giải quyết bởi thuật toán của mô đun tính toán lan truyền vật chất.

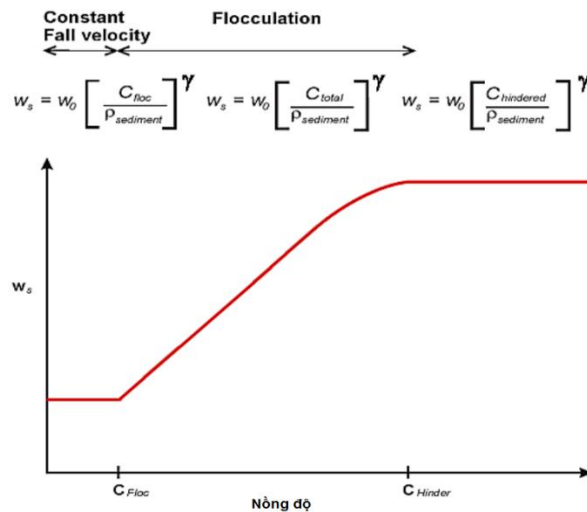
Quá trình chìm lắng được coi là quá trình trầm tích học và được xét riêng bởi số hạng  $\frac{\partial w_s c^i}{\partial z}$ .

Ảnh hưởng của trầm tích đến mật độ và tính nhớt của chất lỏng được bỏ qua. Tốc độ chìm lắng của trầm tích lơ lửng có thể coi là giá trị không đổi. Sự kết bông được mô tả theo quan hệ với nồng độ trầm tích lơ lửng, được đưa ra bởi Burt (1986). Mô hình xét đến 3 chế độ chìm lắng, 2 giới hạn được xác định  $C_{floc}$  và  $C_{hindered}$  tương ứng là giá trị nồng độ bắt đầu xảy ra với sự kết bông và sự cản trở chìm lắng:

Sự chìm lắng có thể được phân thành 4 loại:

- Tốc độ chìm lắng là hằng số
- Tốc độ chìm lắng khi có sự kết bông
- Tốc độ chìm lắng bị cản bởi lớp bông trầm tích lơ lửng
- Tốc độ lắng đọng của bùn lỏng

Nếu sự kết bông được lựa chọn thì hai công thức cho tính toán sự chìm lắng được áp dụng (Richardson và Zaki (1954) hoặc Winterwerp (1999)).



**Hình 2.2. Phân bố nồng độ khi sự kết bông được lựa chọn**

Phân bố nồng độ khi sự kết bông được lựa chọn

Với:  $\rho_{sediment}$  là mật độ trầm tích

$c_{floc}$  là nồng độ trầm tích khi bắt đầu có sự kết bông

$c_{total}$  là nồng độ tổng cộng (tổng của các thành phần trầm tích)

$c_{hindered}$  là nồng độ trầm tích khi tốc độ chìm lắng bị cản trở.

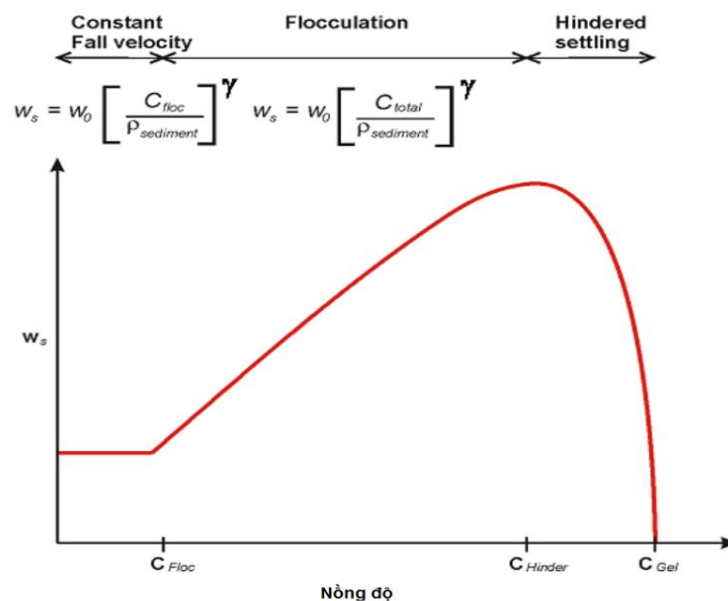
$W_s$  là tốc độ chìm lắng

$W_0$  là hệ số tốc độ chìm lắng

$\gamma$  là số mũ

### Sự chìm lắng bị cản:

Tốc độ chìm lắng bị cản trở khi nồng độ trầm tích đủ lớn để nó kết tủa làm ảnh hưởng đến sự chìm lắng. Điều này làm giảm tốc độ chìm lắng.



**Hình 2.3. Tính toán khi tốc độ chìm lắng bị cản trở được áp dụng**

Hai công thức tính tốc độ chìm lắng trong chế độ này được sử dụng:

- Đối với riêng các thành phần bùn: Công thức của Richardson và Zaki được sử dụng:

$$w_s = w_{s,r} \left( 1 - \frac{c}{c_{gel}} \right)^{w_{s,n}} \quad (2)$$

- Đối với hỗn hợp bùn:

$$w_s^i = w_{s,r}^i (1 - \phi_*)^{w_{s,n}^i} \quad (3)$$

Với:  $\phi_* = \min(1, \phi)$

$$\phi = \frac{\sum c^i}{c_{gel}}$$

Và  $W_{s,r}$  là hệ số tốc độ chìm lắng

$W_{s,n}$  là hằng số mũ cho các thành phần trầm tích

$W_{gel}$  là điểm kết bông

Công thức của Winterwerp (1999):

$$w_s^i = w_{s,r}^i \frac{(1 - \phi_*)(1 - \phi_p)}{1 + 2.5\phi} \quad (4)$$

Với:

$$\phi_p = \frac{\sum c^i}{\rho_s}$$

$\rho_s$  là mật độ khô của trầm tích

Đối với bùn lỏng: mô hình xét như lớp đáy và tốc độ chìm lắng được xử lý như sự gia cố lớp đáy.

### Hiệu chỉnh tốc độ chìm lắng do biến đổi độ muối:

Trong nước ngọt, quá trình kết bông giảm đi, điều này làm ảnh hưởng đến tốc độ chìm lắng của trầm tích. Do kích thước của kết tủa nhỏ hơn nên tốc độ chìm lắng giảm đi:

$$w_s^i = w_s^i (1 - C_1 e^{sC_2}) \quad (5)$$

$C_1, C_2$  là các tham số hiệu chỉnh.

### Sự trầm tích hóa:

Sự trầm tích hóa nghĩa là trầm tích di chuyển từ trong cột nước xuống đáy. Quá trình này xảy ra khi ứng suất trượt tại đáy ( $\tau_b$ ) nhỏ hơn ứng suất tới hạn ( $\tau_b^i$ ) đối với quá trình chìm lắng.

Sự trầm tích hóa đối với thành phần bùn  $i$  được mô tả bởi công thức:

$$D^i = w_s^i c_b^i p_D^i \quad (6)$$

Trong đó:

$w_s^i$  là tốc độ chìm lắng

$c_b^i$  là nồng độ sát đáy của thành phần  $i$  và

$$p_D^i = \max\left(0, \min\left(1, 1 - \frac{\tau_b}{\tau_{c,d}^i}\right)\right) \quad (7)$$

### Sự phân bố nồng độ trầm tích:

#### - Sự phân bố theo Teerter:

$$c_b = c_s \left(1 + \frac{P_e^i}{1.25 + 4.75 p_D^{i,2.5}}\right) \quad (8)$$

Với:  $P_e^i$  là số Peclet cho thành phần thứ  $i$

$$P_e^i = 6 \left(\frac{w_s^i}{\kappa U_f}\right) \quad (9)$$

$U_f$  là vận tốc ma sát đáy,  $\kappa$  là hằng số von Karman, có giá trị là 0.4

#### - Sự phân bố theo Rouse

Nồng độ trầm tích trong phân bố này có quan hệ với nồng độ trung bình của trầm tích trong cột nước:



$$c_b = \frac{c}{RC} \quad (10)$$

$c$  là nồng độ trung bình theo độ sâu

RC là độ cao của tâm khối hay khoảng cách từ đáy đến độ cao tâm khối của phân bố nồng độ trầm tích.

Tốc độ trầm tích hóa có thể được xác định như sau:

$$D = c_b w_s \text{ nếu } \tau_b < \tau_{cs} \quad (11)$$

Trong mô hình, ứng suất tới hạn tại đáy có thể chọn là hằng số hoặc biến đổi theo không gian và cũng là tham số hiệu chỉnh mô hình. Thông thường, giá trị của ứng suất tới hạn tại đáy nhỏ hơn giá trị ứng với sự xói mòn. Giá trị thực nghiệm cho thấy ứng suất tới hạn tại đáy có giá trị trong khoảng  $(0 - 0.1N/m^2)$ , và độ cao tâm khối xấp xỉ 0.3.

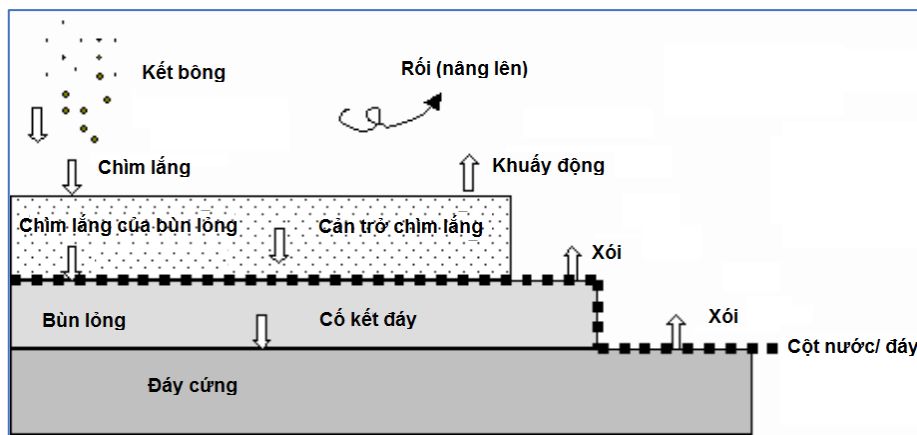
### Các tham số đáy:

Là các tham số chi phối các quá trình các động tới đáy như sự xói mòn, mật độ độ nhám đáy cho mỗi một lớp, sự chuyển đổi giữa các lớp.

Mô đun tính vận chuyển trầm tích MT có thể xét với một hoặc nhiều lớp trầm tích đáy. Mỗi một lớp được xác định bởi khối lượng trầm tích, mật độ khô, đặc tính xói mòn của lớp đó. Khối lượng trầm tích trong lớp đáy là tổng khối lượng của các thành phần trầm tích trong lớp đó và có thể xem là một biến trạng thái của trầm tích đáy, hay được xét trong mô hình trong thời gian và không gian tính toán. Mật độ khô và đặc tính của trầm tích đáy được giả thiết là không thay đổi theo thời gian.

Lớp đáy là lớp yếu nhất, coi như bùn lỏng và là lớp đầu tiên trong lớp trầm tích đáy, mật độ khô của trầm tích đáy tăng dần từ lớp đó đến các lớp sâu hơn.

Hình vẽ dưới đây là ví dụ về hai lớp trầm tích đáy và các quá trình tác động đến nó.



**Hình 2.4. Các quá trình trong mô đun vận chuyển bùn. Các lớp đáy là những lớp bên dưới giao diện đáy - cột nước (đường chấm)**

Khối lượng của thành phần trầm tích  $i$  trong lớp trầm tích  $j$  tại điểm lưới ngang được cập nhật tại mỗi một bước thời gian tính toán theo biểu thức sau

$$m_{1,j}^{new} = m_{1,j}^{oil} + (D_i - E_i)\Delta t + (T_{i,j-1} - T_{i,j}) \quad (12)$$

Với:  $m$  là khối lượng trầm tích ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$D_i$  là khối lượng bồi có thể trong một đơn vị thời gian đối với lớp đầu ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ )

$E_i$  là khối lượng xói có thể trong một đơn vị thời gian đối với lớp hoạt động ( $\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$ )

$T_i$  là khối lượng chuyển đổi từ lớp trên xuống lớp dưới

$\Delta t$  là bước thời gian

Độ dày của lớp đáy thứ  $i$  là tham số được xác định bởi:

$$H_j^{new} = \frac{M_j}{\rho_{d,j}} = \frac{\sum_i m_{i,j}^{new}}{\rho_{d,j}} \quad (13)$$

$H_j^{new}$  là độ dày của lớp đáy

$\rho_{d,j}$  là mật độ khô của

$M_j$  là khối lượng trầm tích tổng cộng.

**Sự xói mòn đáy:** Là sự chuyển đổi trầm tích từ đáy vào trong cột nước. Sự xói mòn xảy ra từ lớp đáy hoạt động và ứng suất trượt ( $\tau_b$ ) tại đó lớn hơn ứng suất trượt tới hạn cho sự xói mòn ( $\tau_{ce}$ ).

- Đối với đáy cứng:

Tốc độ xói mòn đối với lớp  $i$  được xác định bởi công thức của (Partheniades, 1989)

$$E^i = E_0^i p_E^j E_m \quad (14)$$

$p_E^j$  là hàm xác suất cho sự xói mòn

$E_0$  là hệ số xói mòn

$E_m$  là số mũ của sự xói mòn.

$$p_E^j = \max\left(0, \frac{\tau_b}{\tau_{ce}} - 1\right) \quad (15)$$

- Đối với đáy mềm:

Tốc độ xói mòn đối với lớp  $i$  được xác định bởi công thức của Parchure và Mehta, 1985:

$$E^i = E_0^i \exp(\alpha(\tau_b - \tau_{ce}^i)) \quad (16)$$

$\alpha$  là hệ số.

Mô hình giả thiết tham số xói mòn là hằng số theo thời gian đối với mỗi một lớp.  
 Nhân tố tỷ lệ E có giá trị ( $5.10^{-6} - 2.10^{-5} \text{ kg/m}^2/\text{s}$ ) đối với đáy mềm và có giá trị xung quanh  $10^{-4} \text{ kg/m}^2/\text{s}$  đối với đáy cứng

**Ứng suất tới hạn có giá trị:**

<i>Phân loại</i>	<i>Mật độ</i>	<i>Ứng suất tới hạn (N/m<sup>2</sup>)</i>
Bùn lỏng động	180	0.05 – 0.10
Bùn lỏng kết mảng	450	0.20 – 0.40
Bùn cứng	600+	0.60 – 0.20

**Mật độ khô:** được xác định bởi công thức

$$\rho_{d,j} = \frac{M}{V} \tag{17}$$

M là khối lượng các hạt

V là thể tích hỗn hợp

**Biến đổi địa hình đáy:**

Sự thay đổi địa hình đáy được so sánh với độ sâu của cột nước. Mức độ biến đổi địa hình do sự biến động lượng trầm tích thực được xác định công thức sau:

$$Z^{n+1} = Z^n + \Delta Z^n \tag{18}$$

$Z^n$  là mực đáy tại thời điểm hiện tại

$Z^{n+1}$  là mực đáy tại thời điểm của bước thời gian tiếp theo

$\Delta Z^n$  là lượng biến đổi do sự biến đổi lượng trầm tích thực

**Điều kiện biên:**

- Điều kiện biên đất
- Điều kiện biên Dirichlet
- Điều kiện biên Neumann

**e) Mô đun vận chuyển bùn cát ST**

MIKE 21 ST là mô đun tính toán tốc độ vận chuyển trầm tích (cát) không kết dính dưới tác động của cả sóng và dòng chảy. Các thành phần vận chuyển trầm tích có thể gây ra biến đổi đáy. Việc tính toán được thực hiện dưới điều kiện thủy động lực cơ bản tương ứng với độ sâu đã cho. Kết quả cung cấp bởi MIKE 21 ST có thể sử dụng để xác định khu vực có khả năng xói hoặc bồi và chỉ ra tốc độ biến đổi đáy.

Đặc trưng chính của mô đun vận chuyển trầm tích không kết dính MIKE 21 ST được mô tả như sau:

- Các đặc trưng của vật chất đáy có thể không đổi hoặc biến đổi theo không gian (ví dụ tỉ lệ và cỡ hạt trung bình)
- Năm lý thuyết vận chuyển trầm tích khác nhau đều có giá trị cho việc tính toán tốc độ vận chuyển trầm tích trong điều kiện chỉ có dòng chảy:

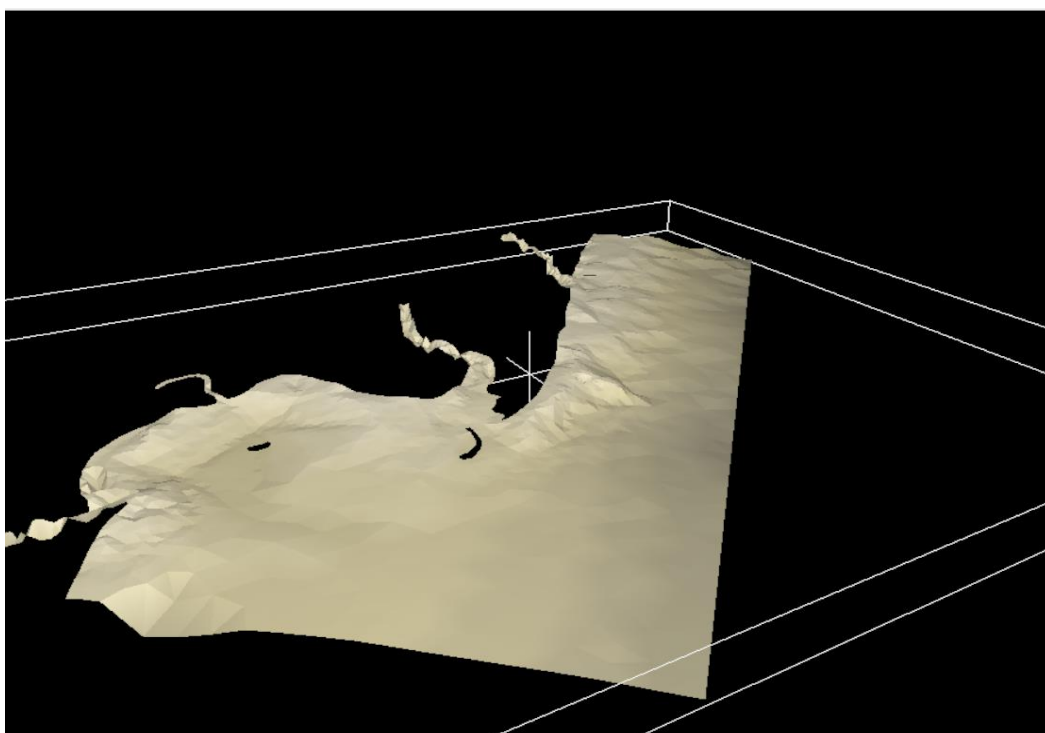
- + Lý thuyết vận chuyển tổng tải Engelund và Hansen
- + Lý thuyết vận chuyển tổng tải (đáy + tải lơ lửng) Engelund và Fredsoe
- + Công thức vận chuyển tổng tải (tải đáy + tải lơ lửng) Zyserman và Fredsoe
- + Lý thuyết vận chuyển tải đáy Meyer-Peter
- + Công thức vận chuyển tổng tải Ackers và White
- Hai phương pháp có giá trị để tính toán tốc độ vận chuyển trầm tích kết hợp giữa sóng và dòng chảy
  - + Áp dụng mô đun vận chuyển trầm tích STP của DHI
  - + Phương pháp vận chuyển tổng tải của Bijker
  - Phương pháp vận chuyển cát do người sử dụng xác định (2 chiều hoặc tựa 3 chiều) trong tính toán kết hợp sóng và dòng chảy khi mô đun STP được sử dụng. Tính toán tốc độ vận chuyển được đẩy mạnh thông qua việc sử dụng bảng vận chuyển trầm tích được tạo ra trước đó.
  - Sử dụng STP cho phép tính toán ảnh hưởng của hiện tượng sau đến tốc độ vận chuyển trầm tích:
    - + Hướng truyền sóng bất kỳ tác động đến dòng chảy
    - + Sóng vỡ hoặc sóng không vỡ
    - + Đặc tính hình học của vật chất đáy được mô tả thông qua một cỡ hạt hoặc đường cong phân bố cỡ hạt
    - + Đáy phẳng hoặc đáy gợn cát
- Tính ổn định chuẩn Courant-Friedrich-Lewy.

## CHƯƠNG 3 KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 3.1. Cơ sở dữ liệu

#### 3.1.1. Tài liệu địa hình

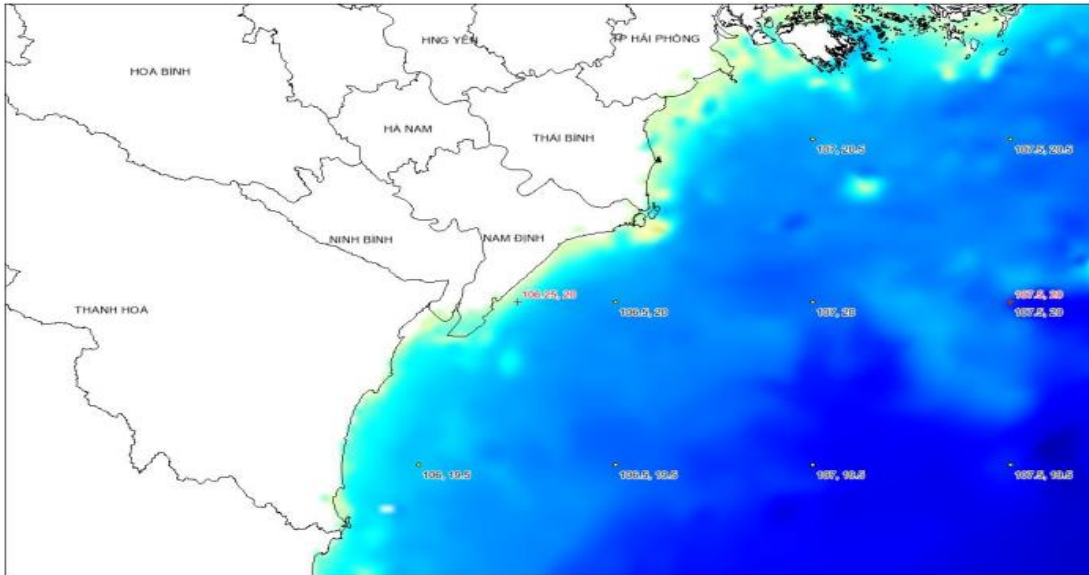
Tài liệu địa hình sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ các nguồn khác nhau bao gồm các tài liệu cụ thể như sau: Khu vực ven biển tỉnh Nam Định sử dụng bản đồ địa hình đáy biển với tỷ lệ 1/10.000 khảo sát trong khoảng thời gian 2007- 2015 do Cục Bản đồ - Bộ Tài nguyên và môi trường thành lập. Kết hợp với số liệu khảo sát địa hình của dự án tại khu vực khai thác với tỷ lệ 1/5000. Khu vực biển ngoài khơi tỉnh Nam Định sử dụng địa hình tỷ lệ 1/50.000 được thu thập từ số liệu vệ tinh toàn cầu <https://maps.ngdc.noaa.gov>. Các dữ liệu địa hình được xử lý và đưa về cùng một giá trị cao độ hải đồ.



Hình 3.1. Địa hình khu vực nghiên cứu

#### 3.1.2. Tài liệu khí tượng thủy hải văn

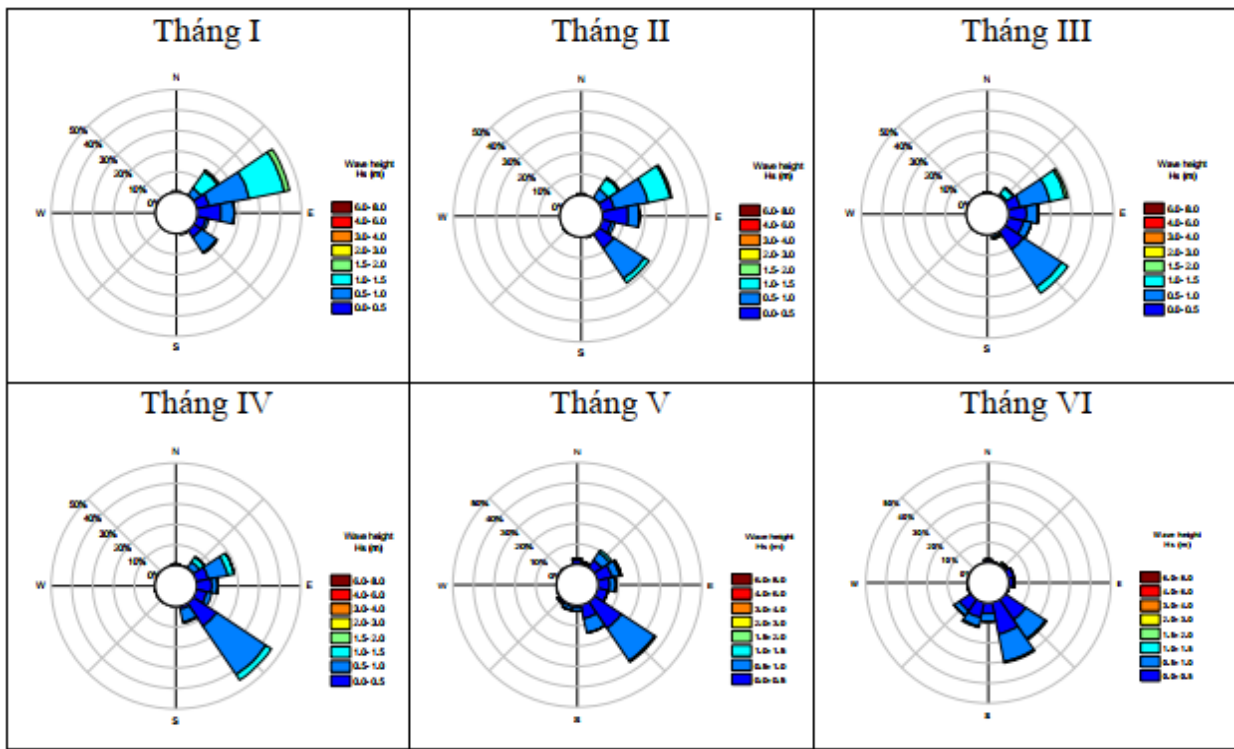
Số liệu sóng nước sâu ngoài khơi Nam Định được trích xuất từ kết quả mô hình WAVEWATCH II cho điểm có tọa độ 106°15' E, 20°00' N cho thời gian từ 01/11/2018 đến 30/11/2019. Số liệu được download từ FTP Server của NOAA sau đó được xử lý bằng phần mềm MATLAB.



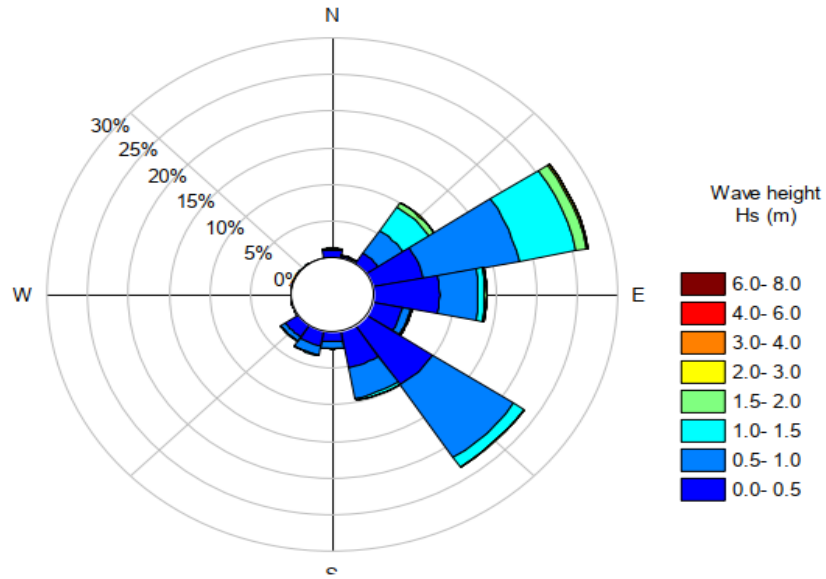
**Hình 3.2. Các vị trí số liệu sóng của mô hình WAVEWATCH III**

Giá trị về chiều cao sóng, chu kỳ sóng được thu thập từ mô hình sóng toàn cầu với chuỗi dữ liệu sóng dài ngày mang lại độ tin cậy cao và là cơ sở dữ liệu đầu vào cho việc tính toán mô phỏng sóng ở khu vực nghiên cứu.

Sau khi lấy được dữ liệu chiều cao sóng tại vùng nghiên cứu ta sử dụng công cụ Rose wave để xác định các hướng sóng và chiều cao sóng theo các tháng trong năm qua đó biểu đồ thể hiện được hướng chủ đạo về chiều cao sóng chiếm ưu thế của từng tháng trong năm thể hiện qua các hình sau:

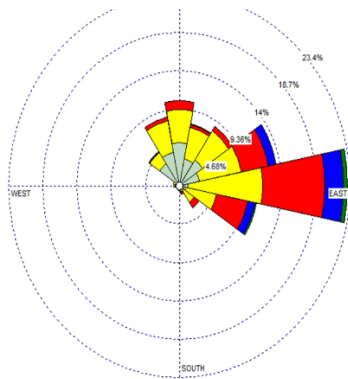


**Hình 3.3. Phân bố độ cao và hướng sóng theo các tháng**

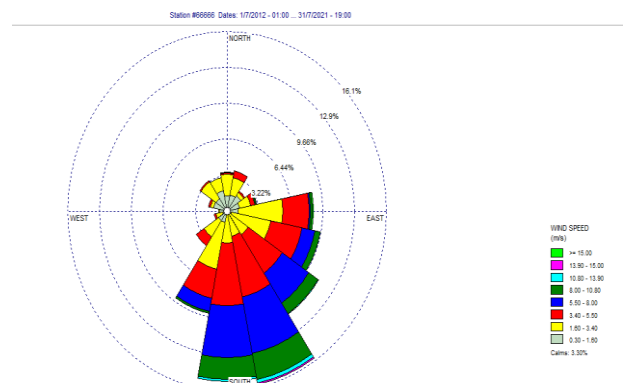


**Hình 3.4. Phân bố độ cao sóng và hướng sóng tại điểm**

**Tài liệu gió:** Khu vực chịu ảnh hưởng của hai hướng gió thịnh hành chủ yếu theo hai mùa. Mùa hạ là hướng gió Nam và Đông Nam; mùa Đông là hướng gió Đông Bắc. Theo các số liệu quan trắc tốc độ gió trung bình năm là 1,8 m/s. Tốc độ gió trung bình vào tháng nóng nhất (tháng 7) là 2 m/s, tháng lạnh nhất là 1,7 m/s.



a) Hoa gió tháng 1 khu vực nghiên cứu

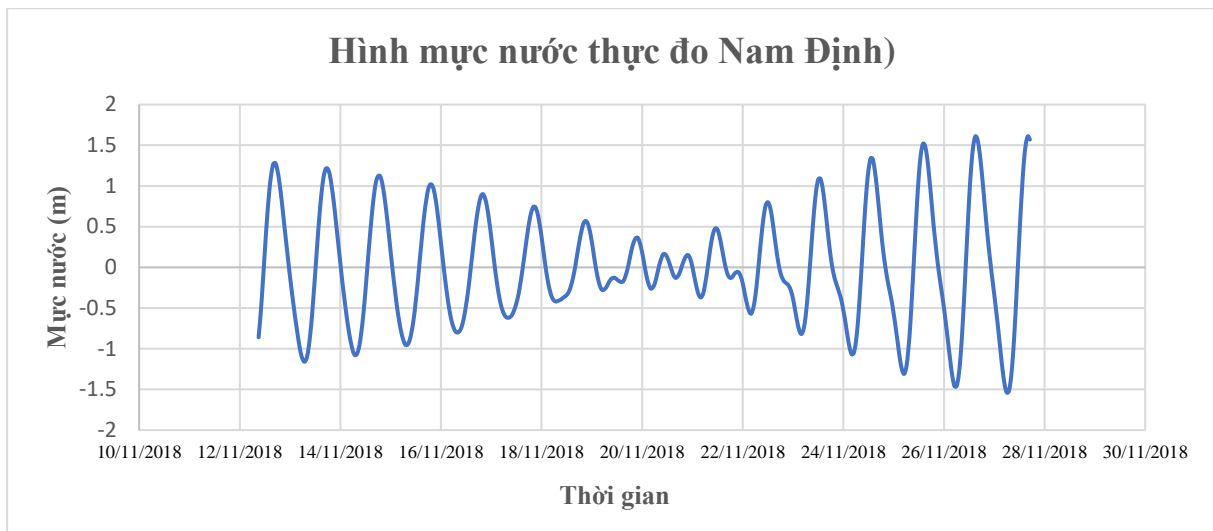


b) Hoa gió tháng 7 khu vực nghiên cứu

**Hình 3.5. Hoa gió khu vực nghiên cứu**

### 3.1.3. Tài liệu mực nước thực đo

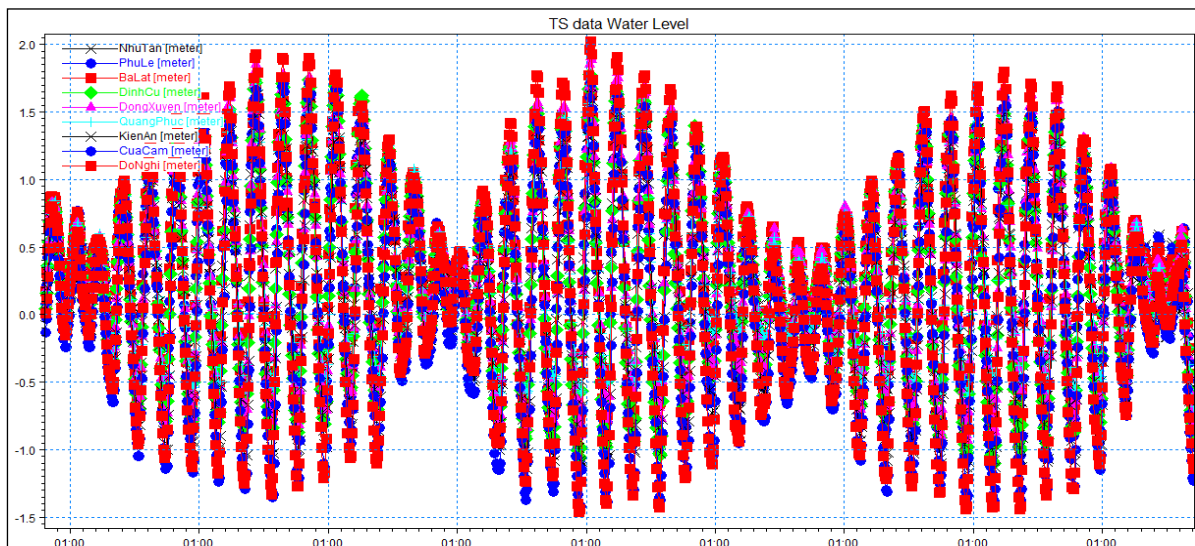
Giá trị mực nước thực đo được thu thập từ việc quan trắc tại trạm liên tục có vai trò quan trọng trong việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực tại khu vực nghiên cứu. Dữ liệu mực nước đã được hiện khảo sát biển khu vực vùng biển Nam Định để thu thập từ ngày 15/11/2018 đến ngày 21/11/2018 tại khu vực Văn Lý, Nam Định (20° 1'46.07 N; 106°16'45.72 E) thuộc đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam” Mã số: NĐT.30.RU/17.



**Hình 3.6. Đường mực nước thực đo**

### 3.1.4. Tài liệu mực nước trong sông

Mực nước các cửa sông: lấy từ chuỗi số liệu thực đo đồng bộ tại các trạm cửa sông, các số liệu này đã được đồng nhất về mặt cao độ theo chuẩn cao độ Quốc gia, đảm bảo độ tin cậy.



**Hình 3.7. Số liệu mực nước thực đo tại các trạm cửa sông**

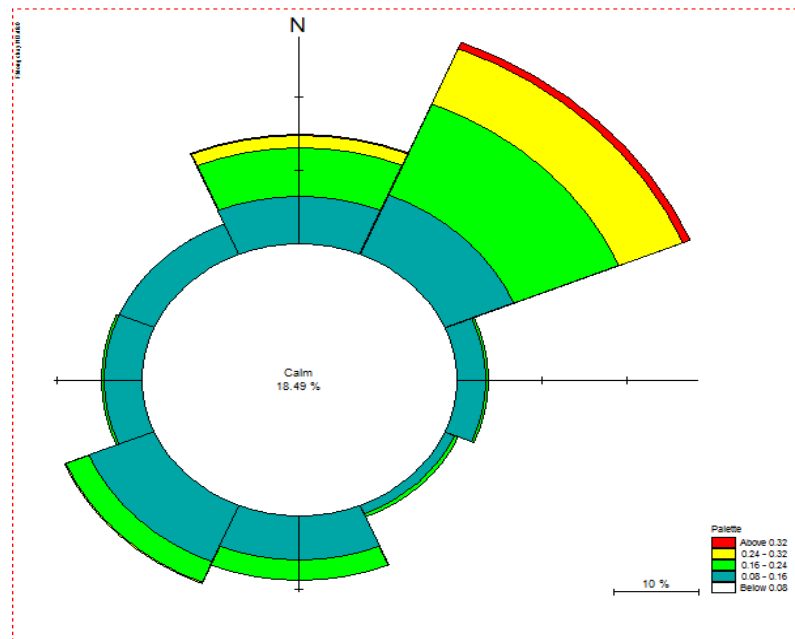
Mực nước thủy triều tại các biên phía biển: Do các biên phía biển hiện tại không có số liệu mực nước thực đo, nên trong nghiên cứu đã sử dụng số liệu mực nước triều tính toán từ các hằng số điều hòa của mô hình triều toàn cầu. Số liệu này cơ bản đảm bảo độ chính xác, hiện đang được sử dụng nhiều trong các nghiên cứu. Các số liệu này sau được xử lý và đưa về định dạng file dfs1 (là 1 trong những định dạng chuẩn đầu vào của mô hình MIKE21). Do biên mực nước triều phía biển có chiều rộng biên lớn hàng chục km (như đã nêu trong phần giới hạn miền tính toán), việc sử dụng biên mực nước dfs0 không xét đến biến đổi mực nước dọc biên tại cùng một thời điểm là không hợp lý, nên trong mô hình này đã sử dụng file biên dạng dfs1 là dạng file có xét đến sự biến đổi mực nước dọc biên, các điểm nội suy mực nước dọc biên được lấy từ mô hình triều toàn cầu.



File dfs1 sau khi tạo ra được đưa làm các biên mực nước đầu vào phía biển cho mô hình tính toán.

### 3.1.5. Tài liệu về dòng chảy

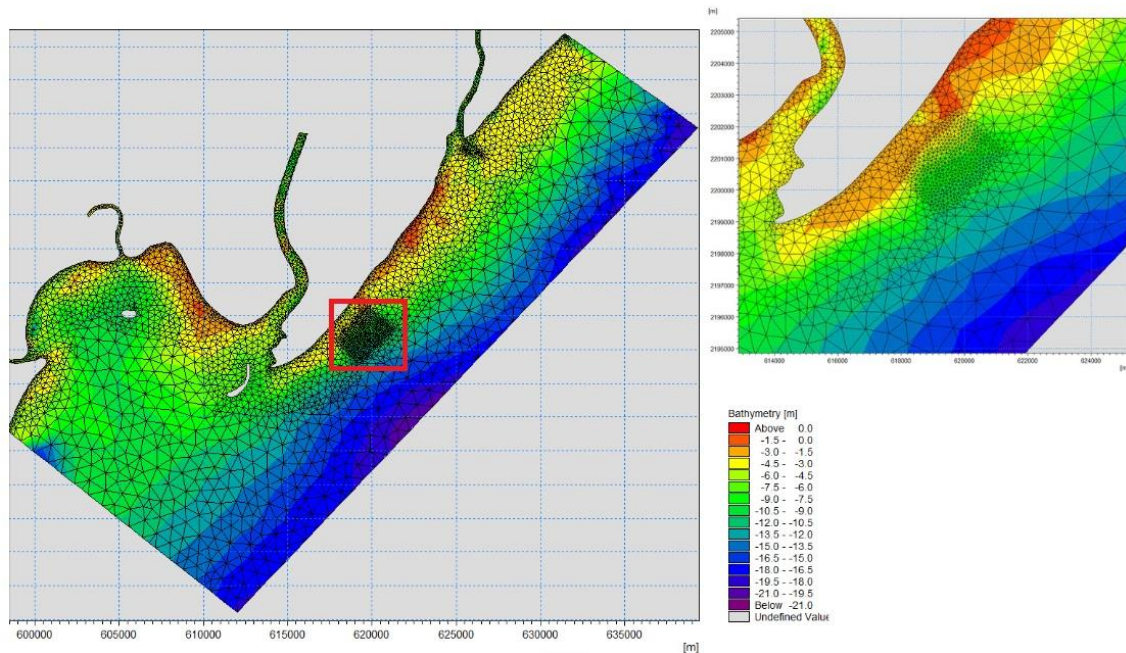
Số liệu dòng chảy khu vực nghiên cứu được kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam” Mã số: NĐT.30.RU/17 với chuỗi giá trị dòng chảy thực đo trong khoảng thời gian từ 15/11/2018 đến ngày 21/11/2018 tại vùng biển Văn Lý, Nam Định ( $20^{\circ} 1'46.07$  N;  $106^{\circ}16'45.72$  E). Giá trị về tốc độ dòng chảy và hướng dòng chảy được thể hiện qua hình. Quan hình ta nhận thấy tốc độ dòng chảy tại vùng nghiên cứu có hướng Đông Bắc chiếm ưu thế.



**Hình 3.8. Hoa dòng chảy khu vực Nam Định**

### 3.2. Xây dựng lưới tính toán

Lưới tính toán vùng dự án được xây dựng kéo dài vùng ven biển tỉnh Nam Định với chiều dài khoảng 41 km, khoảng cách từ bờ ra ngoài khơi 15 km. Nghiên cứu đã sử dụng lưới phi cấu trúc với tổng số ô lưới tính toán là 4436 ô lưới tính và 2492 nút lưới kết hợp lưới trực giao nhằm tối ưu hóa thời gian mô phỏng trong mô hình.



**Hình 3.9. Lưới tính toán khu vực nghiên cứu**

### 3.3. Thiết lập các điều kiện biên, điều kiện ban đầu

#### a. Biên thủy lực

Đối với mô hình dòng chảy sử dụng biên mực nước được dự báo từ mô hình triều toàn cầu trong hộp công cụ MIKE 21 Toolbox số đồ biên của mô hình 3D ven bờ cửa sông bao gồm các biên như sau:

- + Biên phía Bắc
- + Biên Phía Đông
- + Biên phía Nam
- + Biên trong sông

Các biên được khai báo cụ thể như sau:

Đối với mô hình dòng chảy, biên phía Bắc, biên phía Đông và biên phía Nam và biên trong sông được đưa giá trị mực nước và lưu lượng dòng chảy. Đối với mô hình sóng biên phía Bắc, biên phía Nam và biên trong sông được khai báo biên phát xạ, biên phía Đông là số liệu sóng toàn cầu.

#### b. Điều kiện ban đầu

Qua việc tổng kết các kết quả nghiên cứu trước cho thấy, do đặc điểm địa hình, và đặc trưng động lực học bùn cát, khu vực ven bờ thường có độ đục rất cao, nguyên nhân do bùn cát đáy bị khuấy động bởi sóng mỗi khi thủy triều lên, ngoài ra nguồn lớn từ hệ thống sông đổ ra cũng là nguyên nhân dẫn đến nước tại khu vực. Vì vậy, để đánh giá tác động riêng lẻ của quá trình khai thác cát, trong tính toán này nghiên cứu giả thiết lớp đáy là bùn cứng, không chịu sự khuấy động của sóng gây đục nước vùng ven bờ.

**Bảng 3.1. Các tham số cơ bản sử dụng thiết lập mô hình MIKE21 FM HD**

<b>Thông số</b>	<b>Giá trị</b>
<b>Domain:</b> Miền tính	MeshGCVT7.mesh
<b>Time:</b> Thời gian tính toán	No. of time steps:20000
	Time step interval: 30s
	Simulation start date: 15/11/2018(12:00:00PM)
	Simulation end date: 21/11/2018 (6:00:00PM)
<b>Module Selection:</b> Lựa chọn module	Hydrodynamic
<b>Solution Technique:</b> Kỹ thuật giải Bước thời gian tối đa và tối thiểu, hệ số biến đổi địa hình.	Minimum time step = 0.01s
	Maximum time = 30s
	Critical CFL number = 0.8
<b>Flood and Dry:</b> Ướt và khô	Drying depth = 0.005m
	Flooding depth = 0.05m
	Wetting depth = 0.1m
<b>Density:</b> Mật độ	Barotropic
<b>Eddy Viscosity:</b> Độ nhớt xoáy	Hàm Smagorinsky formulation
	Constant = 0.28
<b>Bed Resistance:</b> Độ nhám đáy	32;28;35 m <sup>1/3</sup> /s (Độ nhám đáy thay đổi theo từng trường hợp)
<b>Coriolis Forcing:</b> Lực Coriolis tùy thuộc vĩ độ miền tính	Varying in domain
<b>Wind Forcing:</b> Lực do gió	Có khi chạy bão
<b>Ice Coverage:</b> Bao phủ băng	Không có
<b>Tidal Potential:</b> Tiềm năng thủy triều	Mặc định
<b>Precipitation – Evaporation:</b> Ảnh hưởng của hiện tượng bốc hơi	Không có
<b>Wave Radiation:</b> Ảnh hưởng của sóng khúc xạ	Không có
<b>Structures:</b> Các công trình trong miền tính toán	Tạo từ biên tính toán
<b>Boundary Conditions:</b> Thiết lập các biên	Biên biển. Biên đất liền: land boundary
<b>Output:</b> Đầu ra số liệu tính toán từ mô hình	Trích xuất kết quả Surfare elevation, Still water depth, Total water dept, u– velocity, v–

Thông số	Giá trị
	velocity, Current speed, Current direction.

### 3.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Việc hiệu chỉnh thông số mô hình chủ yếu được tiến hành bằng cách thay đổi độ nhám của lòng dẫn. Phương pháp hiệu chỉnh thông số ở đây là phương pháp thử dần. Quá trình hiệu chỉnh có thể tóm tắt thành các bước sau đây:

Bước 1: Giả thiết bộ thông số (chủ yếu là độ nhám), điều kiện ban đầu.

Bước 2: Sau khi đã có bộ thông số giả thiết, tiến hành chạy mô hình.

Bước 3: So sánh kết quả tính toán với số liệu thực đo tại các trạm có số liệu đo đặc lưu lượng và mực nước.

Việc so sánh này thông qua tính toán chỉ tiêu Nash và biểu diễn trực quan bằng biểu đồ hai đường quá trình tính toán và thực đo.

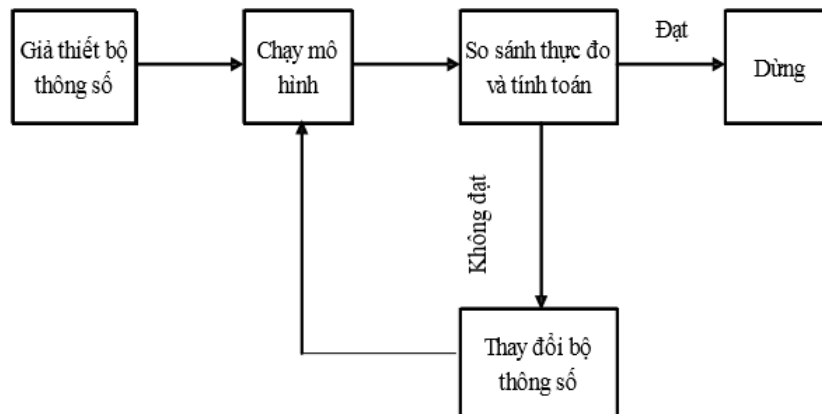
$$\text{Nash} = 1 - \frac{\sum (X_{o,i} - X_{s,i})^2}{\sum (X_{o,i} - \bar{X}_o)^2}$$

$X_{o,i}$ : Giá trị thực đo

$X_{s,i}$ : Giá trị tính toán hoặc mô phỏng.

$\bar{X}_o$ : Giá trị thực đo trung bình

Bước 4: Nếu kết quả so sánh tốt thì dừng hiệu chỉnh và lưu bộ thông số. Nếu kết quả không đạt, tiến hành phân tích đánh giá sai lệch, sau đó tiếp tục hiệu chỉnh lại bộ thông số.



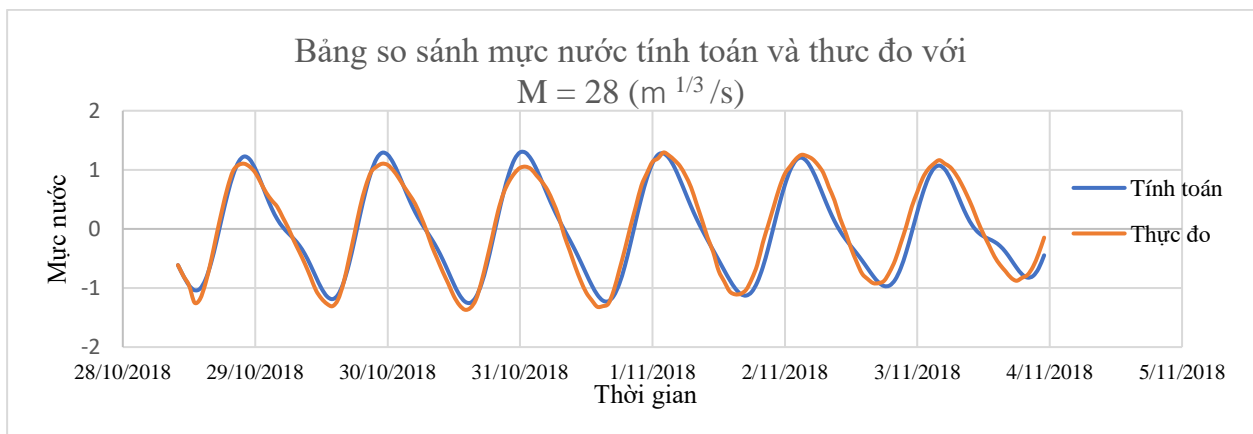
**Hình 3.10. Sơ đồ quá trình điều chỉnh bộ thông số mô hình**

Quá trình hiệu chỉnh mô hình thủy lực là tìm được bộ thông số mô hình phù hợp cho việc mô phỏng các chế độ thủy động lực biển vì vậy trong báo cáo sử dụng phương pháp thay đổi hệ số nhám Manning với giá trị lần lượt là  $M= 28; 32$  và  $35$  và hệ số nhám thay đổi theo độ sâu đáy biển. So sánh với kết quả tính toán và kết quả thực đo tại vị trí (106.3360821E, 20.12460671N) để tìm ra bộ thông số tốt nhất.

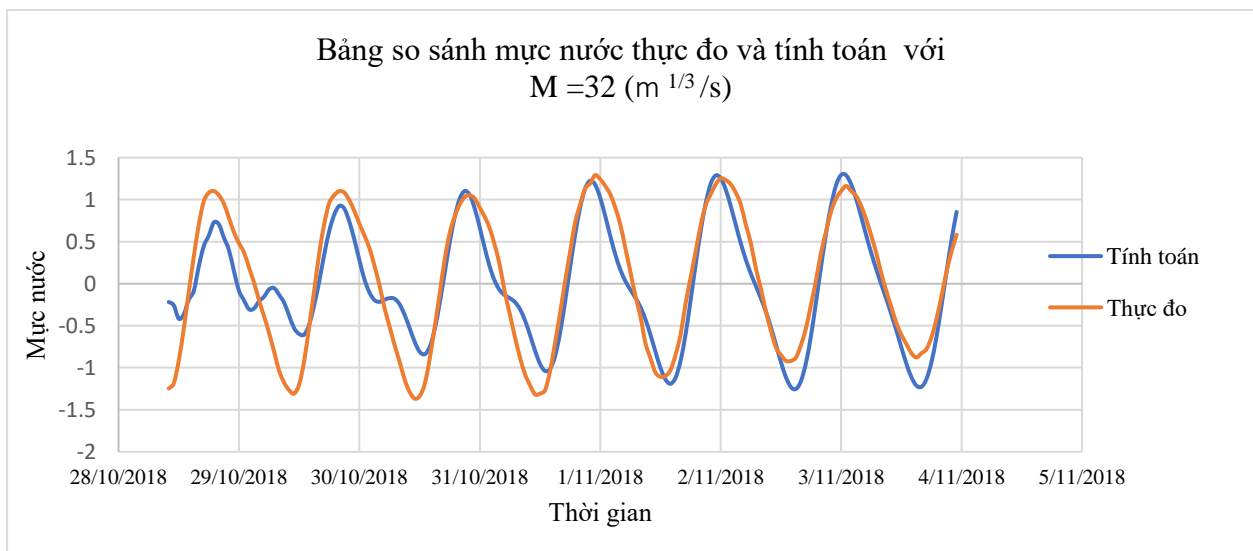
## Hiệu chỉnh mô hình

Tiến hành hiệu chỉnh mô hình theo các bước trên với chuỗi tài liệu đồng bộ trong khoảng thời gian từ 28/10/2018 đến 05/11/2018 để so sánh với số liệu thực đo được kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam” Mã số: NĐT.30.RU/17.. Kết quả hiệu chỉnh được vẽ thành các đường quá trình tại một trạm kiểm tra. Trong hình vẽ với đường màu xanh là đường mực nước mô hình tính toán và đường màu đỏ là đường mực nước tại trạm đo.

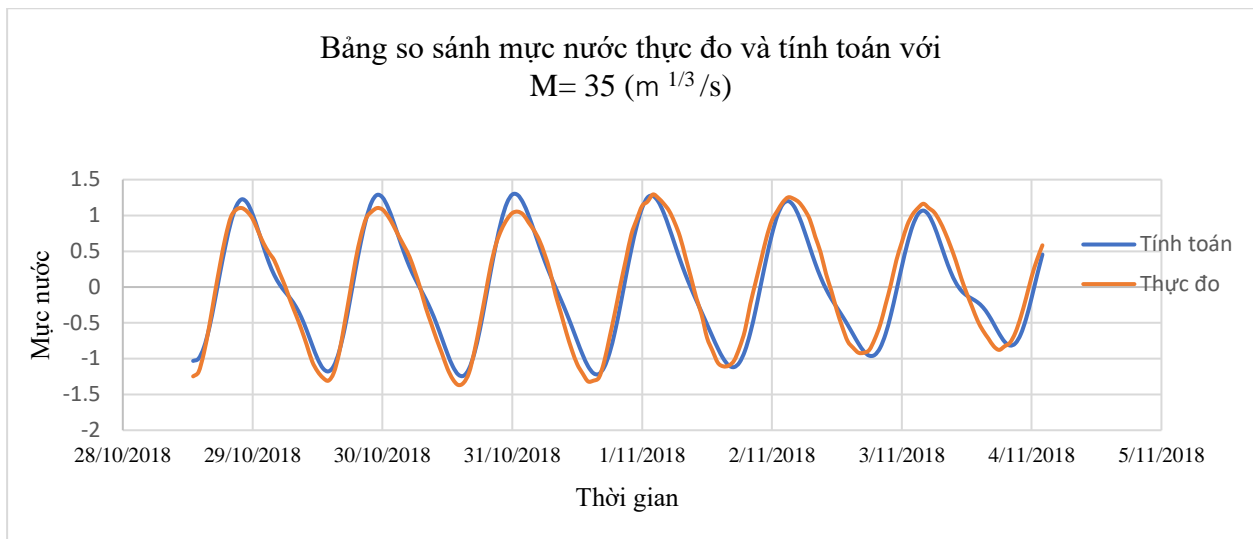
+ Với hệ số nhám  $M=28 \text{ m}^{1/3}/\text{S}$



+ Với hệ số nhám  $M=32 \text{ m}^{1/3}/\text{S}$



+ Với hệ số nhám  $M=35 \text{ m}^{1/3}/\text{S}$



Từ kết quả mô phỏng và theo công thức tính toán, ta thiết lập được bảng thống kê hệ số Nash khi thay đổi hệ số nhám trong quá trình mô phỏng.

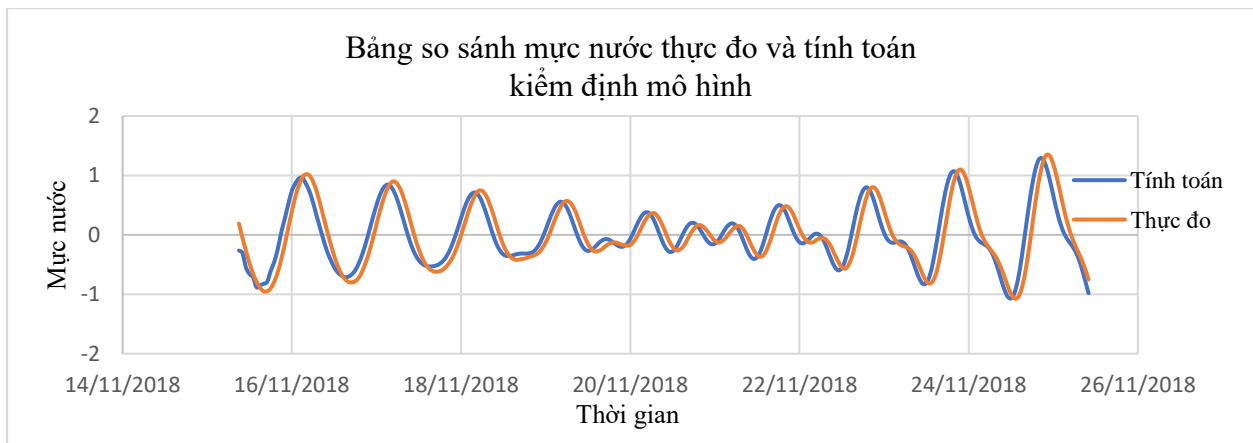
**Bảng 3.2. Hệ số Nash tương ứng với 3 trường hợp**

STT	Hệ số nhám Manning number (m <sup>1/3</sup> /s)	Nash
1	28	0,945
2	32	0,85
3	35	0,80

Nhận thấy đường mực nước thực đo và đường mực nước tính toán tương đối đồng đều trong quá trình hiệu chỉnh các hệ số nhám, kết quả tính toán hệ số Nash tương đối cao với giá trị từ 0.8 tới 0.946 là đạt yêu cầu trong quá trình tính toán thủy lực. Theo bảng thống kê tính toán giá trị hệ số Nash theo các trường hợp hệ số nhám khác nhau, với hệ số Nash có giá trị cao nhất là 0.946, ta sử dụng bộ thông số này với hệ số nhám thay đổi theo độ sâu để tiếp tục sử dụng cho việc kiểm định mô hình.

### **Kiểm định mô hình thủy lực**

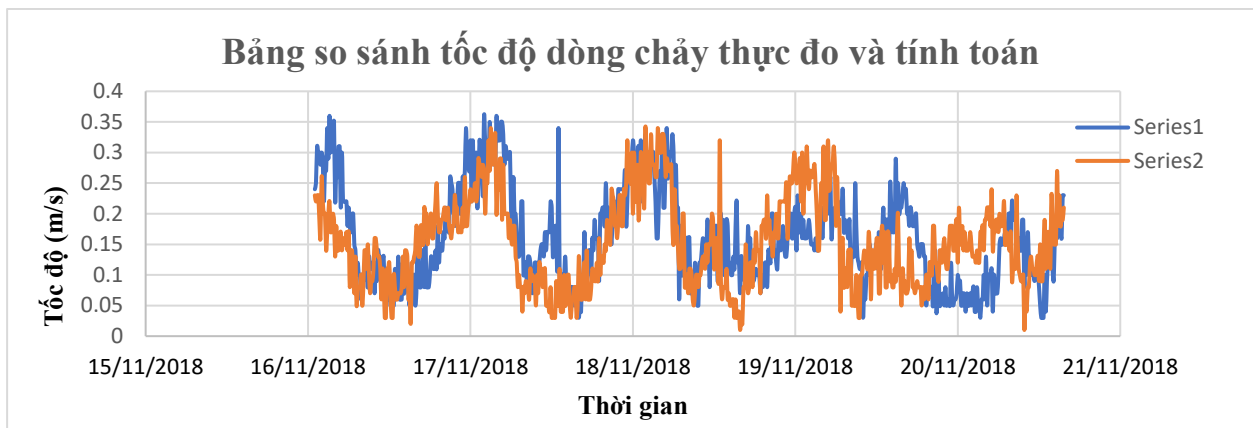
Qua quá trình kiểm định mô hình là sử dụng bộ thông số mô hình đã được hiệu chỉnh phía trên dùng trong mô phỏng thủy lực trong thời gian khác để đánh giá sự ổn định của mô hình thủy lực trong nghiên cứu sử dụng bộ thông số thủy lực với hệ số nhám M biến đổi theo độ sâu nước để kiểm định mô hình vào thời gian 15/11/2018 - 27/11/2018 để so sánh với số liệu mực nước thực đo được kế thừa từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam” Mã số: NĐT.30.RU/17 và đạt được hệ số Nash là 0,85. Như vậy, sau quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình với hệ số Nash tương đối tốt qua đó có thể sử dụng bộ thông số này cho việc mô phỏng tiếp theo.



**Hình 3.11. So sánh mực nước tính toán và thực đo**

### Hiệu chỉnh kiểm định dòng chảy

Sau khi tiến hành chạy mô hình hiệu chỉnh kiểm định về mực nước nghiên cứu đã sử dụng bộ số liệu thực đo về dòng chảy tại khu vực Văn Lý, Nam Định từ ngày 15/11/2018 đến ngày 20/11/2018 từ đề tài “Nghiên cứu động lực biến đổi bờ biển và đề xuất giải pháp sử dụng hợp lý tài nguyên vùng ven biển miền Bắc và miền Trung Việt Nam” Mã số: NĐT.30.RU/17 để so sánh đánh giá với giá trị dòng chảy được xuất từ mô hình thủy lực MIKE 21 trong khoảng thời gian kết quả cho ta thấy đường đồng mức dòng chảy của thực đo và mô hình tương đối đồng pha và đánh giá hệ số Nash đạt 0,71.

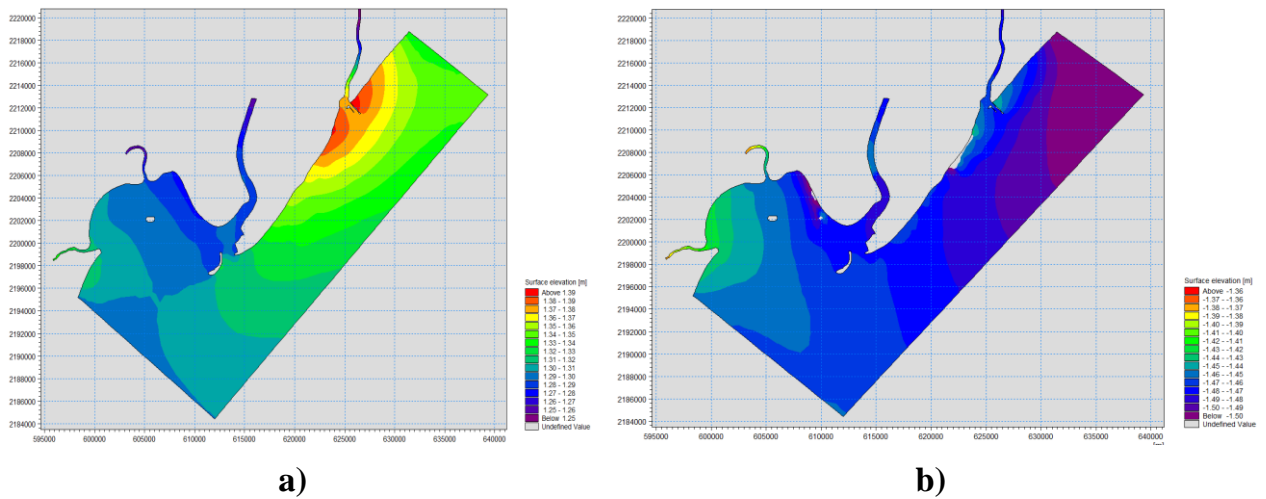


**Hình 3.12. So sánh dòng chảy thực đo và tính toán mô hình**

## 3.5. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực

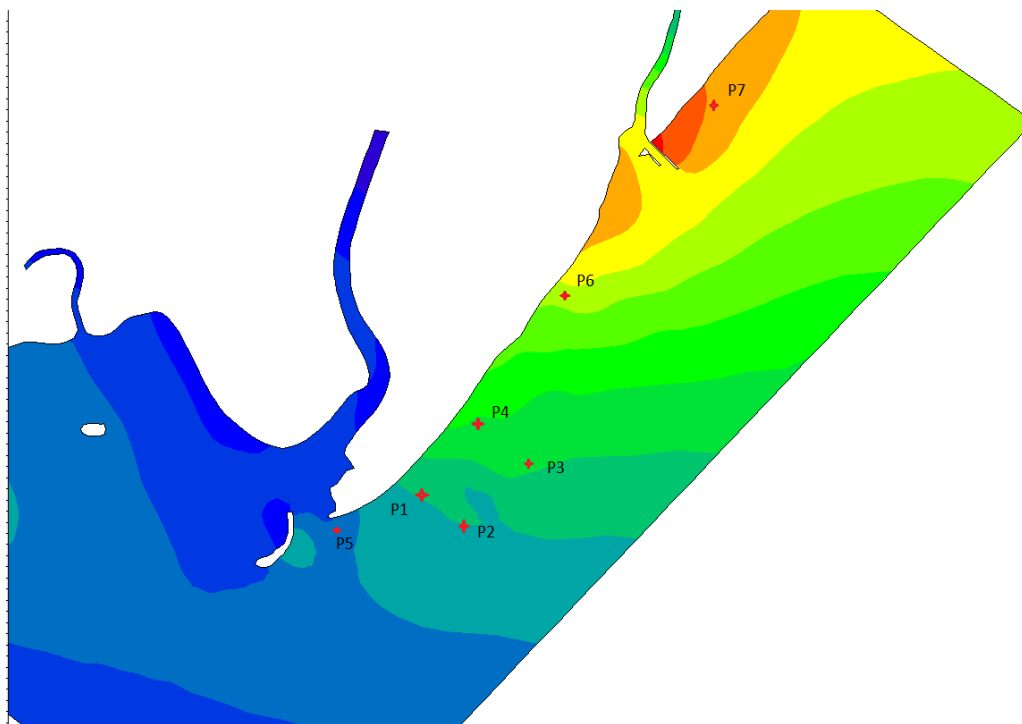
### 3.5.1. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc

Nghiên cứu đã mô phỏng tính toán chế độ thủy động lực ở khu vực nghiên cứu trong điều kiện gió mùa Đông Bắc với khoảng thời gian từ tháng 01 đến tháng 03 năm 2021. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực cung cấp dữ liệu đầu vào cho việc tính toán lan truyền độ đục từ hoạt động khai thác biển ở khu vực nghiên cứu.



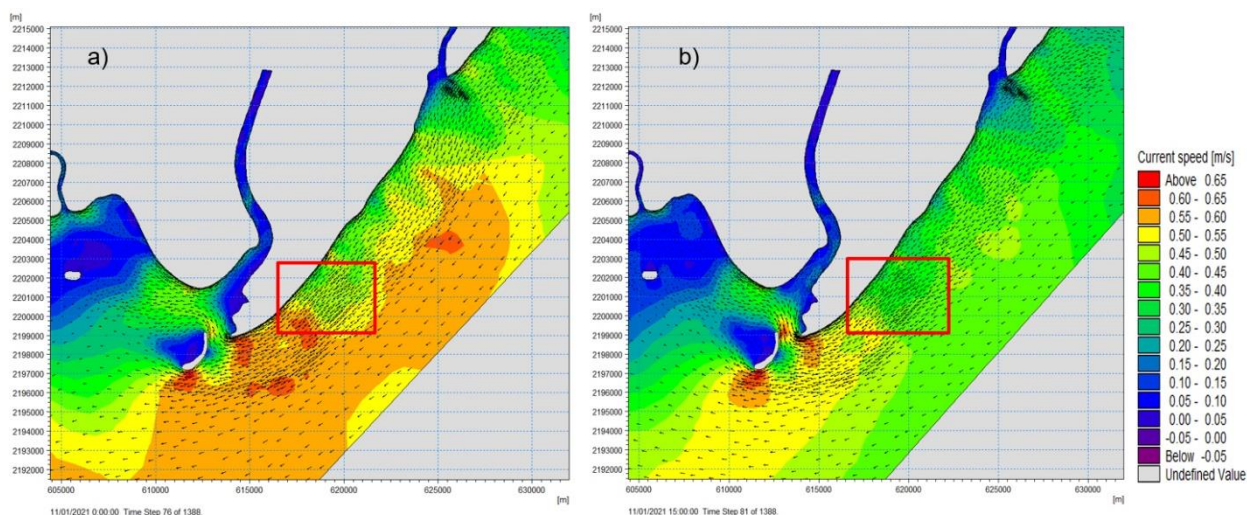
**Hình 3.13. Trường mực nước khu vực nghiên cứu a) trong thời kỳ triều cao, b) trong thời kỳ triều kém**

Để xác định tốc độ dòng chảy khu vực dự án và vùng ven bờ nghiên cứu đã lựa chọn các vị trí kiểm tra, tại khu vực dự án lựa chọn 4 điểm không chế phạm vi của khu vực khai thác và các điểm ven bờ biển phía Bắc và phía Nam của dự án. Các vị trí kiểm tra được thể hiện qua hình sau.



**Hình 3.14. Các vị trí kiểm tra**





**Hình 3.15. Tốc độ dòng chảy khu vực khai thác ( a) trong thời kỳ triều kém, b) trong thời kỳ triều cao**

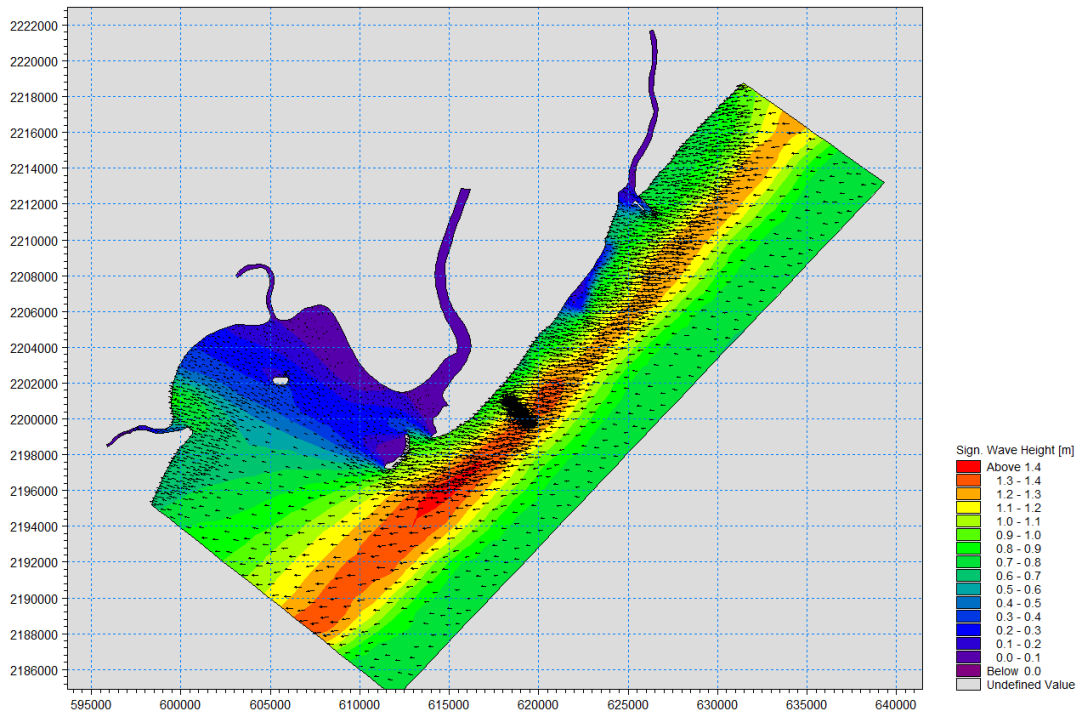
**Bảng 3.3. Tốc độ dòng chảy tại các vị trí kiểm tra**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Vận tốc lớn nhất (m/s)	0,41	0,55	0,41	0,34	0,55	0,29	0,24
Vận tốc nhỏ nhất (m/s)	0,23	0,14	0,11	0,22	0,22	0,16	0,14
Vận tốc trung bình (m/s)	0,32	0,39	0,29	0,27	0,40	0,28	0,23

Từ kết quả mô phỏng trường dòng chảy trong điều kiện gió mùa Đông Bắc cho thấy vận tốc dòng chảy tại khu vực dự án có xu hướng di chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam. Tại vị trí P7 (phía trước kè jety) có tốc độ dòng chảy trung bình nhỏ nhất đạt giá trị 0,18 m/s do khu vực này chịu ảnh hưởng bởi kè jety chặn dòng chảy dọc bờ. Tại các vị trí của dự án khai thác thì có tốc độ dòng chảy trung bình đạt giá trị từ 0,27 đến 0,39 m/s.

Tốc độ dòng chảy lớn nhất tại khu vực khai thác có giá trị từ 0,34 đến 0,55 m/s trong khi đó các khu vực ven bờ tại điểm P5 và P6 có tốc độ dòng chảy lớn nhất đạt giá trị lần lượt là 0,55 m/s và 0,29 m/s.

Mô phỏng các chế độ thủy động lực phục vụ cho việc mô phỏng tính toán lan truyền bùn cát trong quá trình thực hiện của dự án khai thác. Nghiên cứu đã sử dụng modul MIKE21 SW để mô phỏng quá trình truyền sóng ở khu vực nghiên cứu. Với dữ liệu đầu vào mô hình là giá trị sóng ngoài khơi được lấy từ nguồn số liệu sóng toàn cầu và giá trị gió được lấy tại trạm hải văn Sầm Sơn.



**Hình 3.16. Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu**

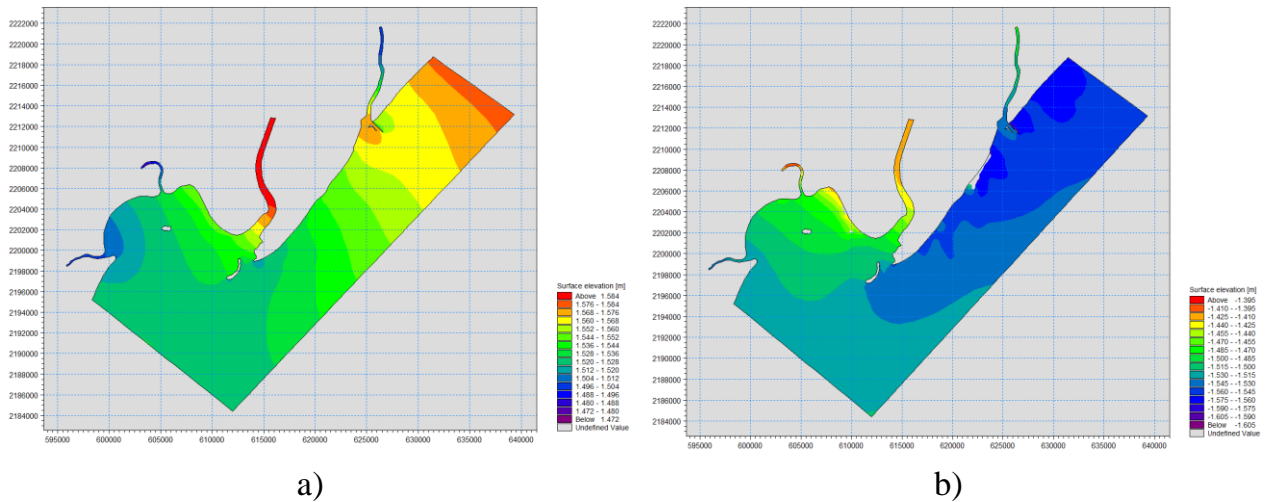
**Bảng 3.4. Chiều cao sóng tại các vị trí kiểm tra**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Chiều cao sóng lớn nhất (m)	1,57	1,97	1,88	1,60	1,67	1,14	1,21
Chiều cao sóng nhỏ nhất (m)	0,18	0,25	0,28	0,18	0,18	0,02	0,13
Chiều cao sóng trung bình (m)	0,68	0,81	0,80	0,65	0,67	0,44	0,59

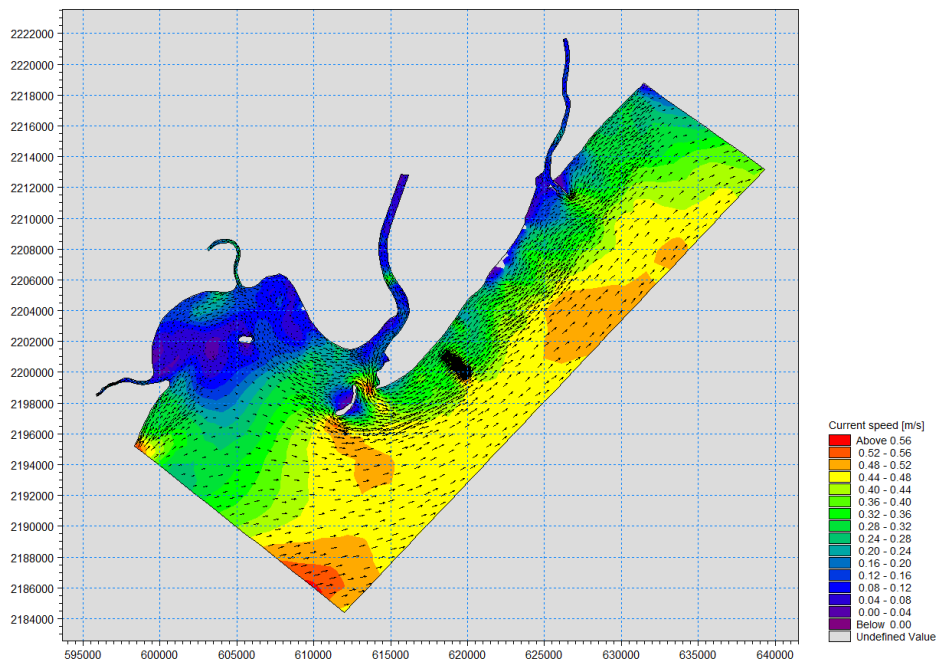
Từ kết quả tính toán trường sóng khu vực nghiên cứu cho thấy trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc hướng sóng chủ đạo là hướng NE với chiều cao sóng trung bình tại khu vực khai thác đạt giá trị từ 0,65 đến 0,81m trong khi đó chiều cao sóng lớn nhất tại vị trí P3 đạt giá trị 1,68m.

### 3.5.2. Kết quả mô phỏng chế độ thủy động lực trong thời kỳ gió mùa Đông Nam

Trong nghiên cứu đã lựa chọn khoảng thời gian mô phỏng từ tháng 7 đến tháng 10 đại diện cho đặc trưng thời kỳ gió mùa Đông Nam, các kết quả mô phỏng thủy động lực sẽ là cơ sở dữ liệu đầu vào cho việc mô phỏng quá trình lan truyền độ đục và vận chuyển bùn cát ven bờ.



**Hình 3.17. Trường mực nước khu vực nghiên cứu (a) trong thời kỳ triều cao, b) trong thời kỳ triều kém**

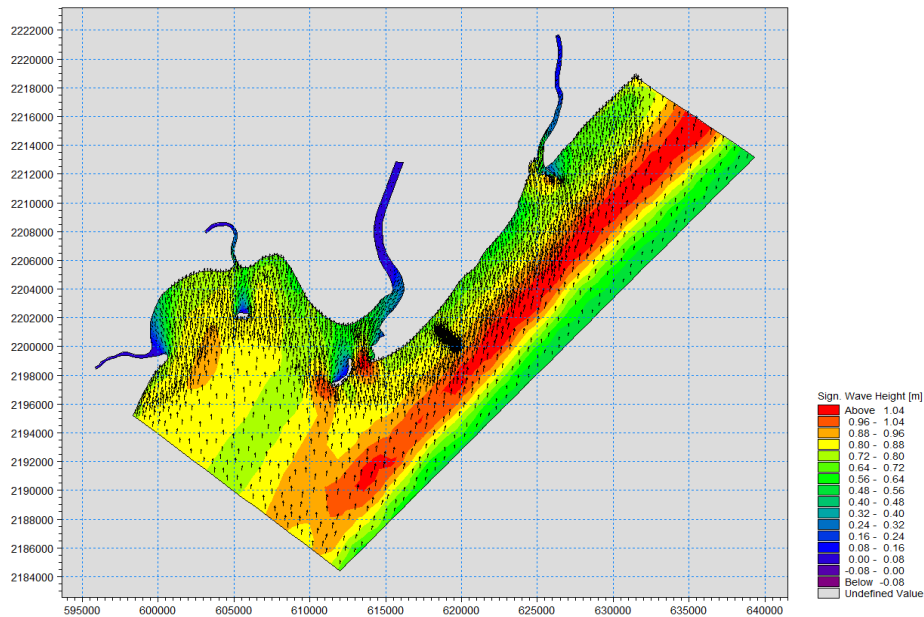


**Hình 3.18. Tốc độ dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Đông Nam**

**Bảng 3.5. Tốc độ dòng chảy tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió Đông Nam**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Vận tốc lớn nhất (m/s)	0,36	0,44	0,44	0,31	0,31	0,29	0,24
Vận tốc nhỏ nhất(m/s)	0,22	0,13	0,11	0,21	0,07	0,16	0,10
Vận tốc trung bình (m/s)	0,29	0,30	0,31	0,27	0,23	0,24	0,20

Nhìn chung tốc độ dòng chảy lớn nhất ở khu vực khai thác đạt giá trị 0,44 m/s tại điểm quan trắc P2 và P3, trong khi đó tại điểm P7 (khu vực phía Bắc cửa sông Ninh Cơ) có tốc độ dòng chảy lớn nhất chỉ đạt giá trị 0,24 m/s. Tốc độ dòng chảy trung bình ở khu vực nghiên cứu đạt từ 0,2 đến 0,31 m/s và có giá trị dòng chảy trung bình lớn nhất 0,31 m/s tại điểm P3.



**Hình 3.19. Chiều cao sóng khu vực nghiên cứu trong thời kỳ gió Đông Nam**

**Bảng 3.6. Chiều cao sóng tại các vị trí kiểm tra trong thời kỳ gió Đông Nam**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Chiều cao sóng lớn nhất (m)	1,30	1,70	1,69	1,33	1,53	0,92	1,08
Chiều cao sóng nhỏ nhất (m)	0,13	0,17	0,15	0,16	0,17	0,02	0,10
Chiều cao sóng trung bình (m)	0,74	0,89	0,88	0,74	0,89	0,29	0,62

Trong điều kiện gió mùa Đông Nam, kết quả mô phỏng cho thấy tại khu vực khai thác có chiều cao sóng lớn nhất đạt giá trị từ 1,30 đến 1,7m, trong khi đó giá trị chiều cao sóng trung bình lớn nhất là 0,89m tại các vị trí P2 và P5.

**Bảng 3.7. So sánh vận tốc dòng chảy trong các thời kỳ**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Vận tốc trung bình (m/s) trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc	0,32	0,39	0,29	0,27	0,40	0,28	0,23
Vận tốc trung bình (m/s) trong thời kỳ gió mùa Đông Nam	0,29	0,30	0,31	0,27	0,23	0,24	0,20

**Bảng 3.8 So sánh chiều cao sóng trong mỗi thời kỳ**

Vị trí kiểm tra	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Chiều cao sóng lớn nhất (m) trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc	1,57	1,97	1,88	1,60	1,67	1,14	1,21
Chiều cao sóng lớn nhất (m) trong thời kỳ gió mùa Đông Nam	1,30	1,70	1,69	1,33	1,53	0,92	1,08

Từ kết quả mô phỏng cho thấy trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc khu vực nghiên cứu có chế độ sóng và dòng chảy lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Nam.

### **3.6. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục và biến đổi đáy biển**

Để đánh giá sự tác động của dự án đến môi trường và sự ổn định đường bờ biển, nghiên cứu đã xây dựng các kịch bản với khối lượng khai thác lớn như sau: Khai thác cát đồng thời với khối lượng khai thác 14.240 m<sup>3</sup>/ngày.

Tổng diện tích khu mỏ 600 ha là tổng hợp gồm 06 lô (từ 14 đến 19), mỗi lô có diện tích 100ha, Tổng trữ lượng 17.800.000m<sup>3</sup>. Thời gian khai thác 5 năm, mỗi năm làm việc 250 ngày, mỗi ngày làm việc 8giờ với công suất khai thác trung bình dự kiến 14.240m<sup>3</sup>/ngày trên toàn bộ 06 lô khai thác.

Kết quả phân tích mẫu độ hạt cát (mẫu lõi khoan thăm dò) cho hàm lượng trung bình theo từng cấp hạt: đường kính 0,5-0,25mm: 3,5%; đường kính 0,25-0,1mm: 66,6%; đường kính 0,1-0,05mm: 24,7%; đường kính 0,05-0,01mm: 5,3%; đường kính 0,01-0,005mm: 7,4%; hàm lượng bùn, bụi, sét đường kính < 0,005mm: 2,9%.

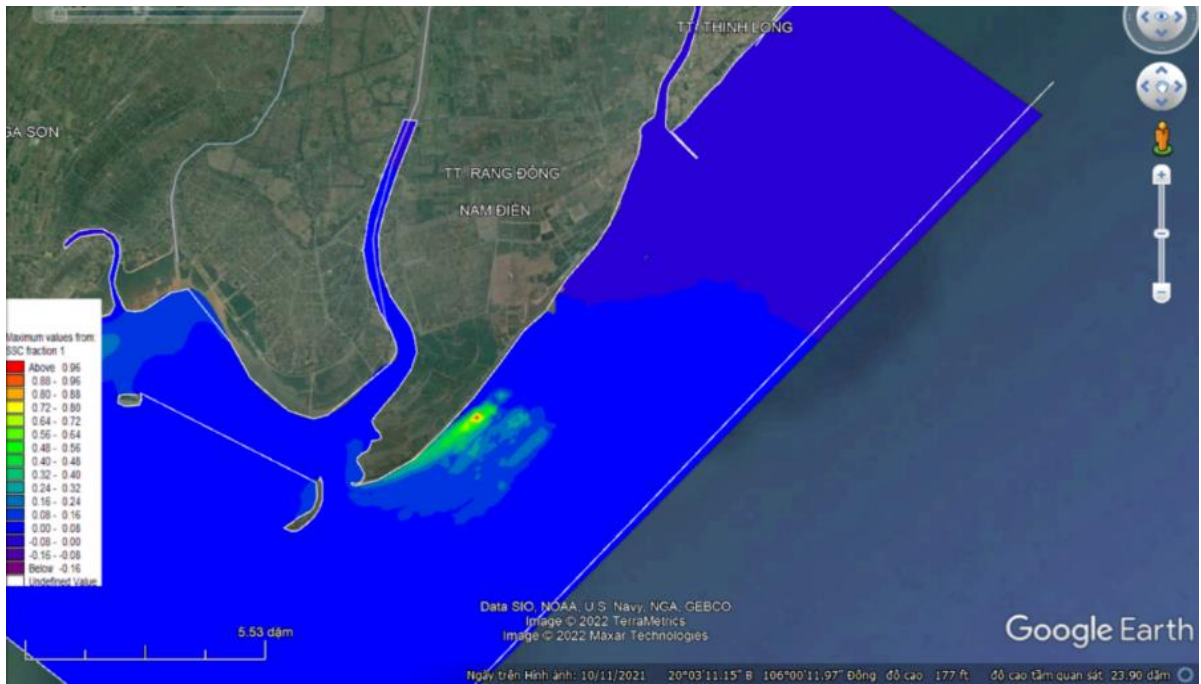
Nghiên cứu đã sử dụng bộ mô hình MIKE 21 tính toán lan truyền độ đục và biến đổi địa hình đáy biển trong 2 giai đoạn, giai đoạn 1 từ tháng 01 đến tháng 03 năm 2021 và giai đoạn 02 từ tháng 7 đến tháng 9 năm 2021 để đánh giá sự biến động theo từng thời kỳ gió mùa Đông Bắc và Đông Nam.

Mô phỏng lan truyền vật chất khai thác được lựa chọn theo các tháng đặc trưng của chế độ gió mùa năm 2021 nhằm xác định khả năng phát tán xa nhất của vật chất khai thác. Dựa trên kết quả lan truyền sóng tại khu vực khai thác cho thấy chế độ sóng tại khu vực chịu chi phối bởi chế độ gió mùa tại khu vực.

Nghiên cứu đã lựa chọn trích xuất kết quả mô phỏng trường độ đục tại khu vực khai thác trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc từ tháng 1 đến tháng 03 năm 2021 và thời kỳ gió mùa Đông Nam từ tháng 7 đến tháng 9 năm 2021.

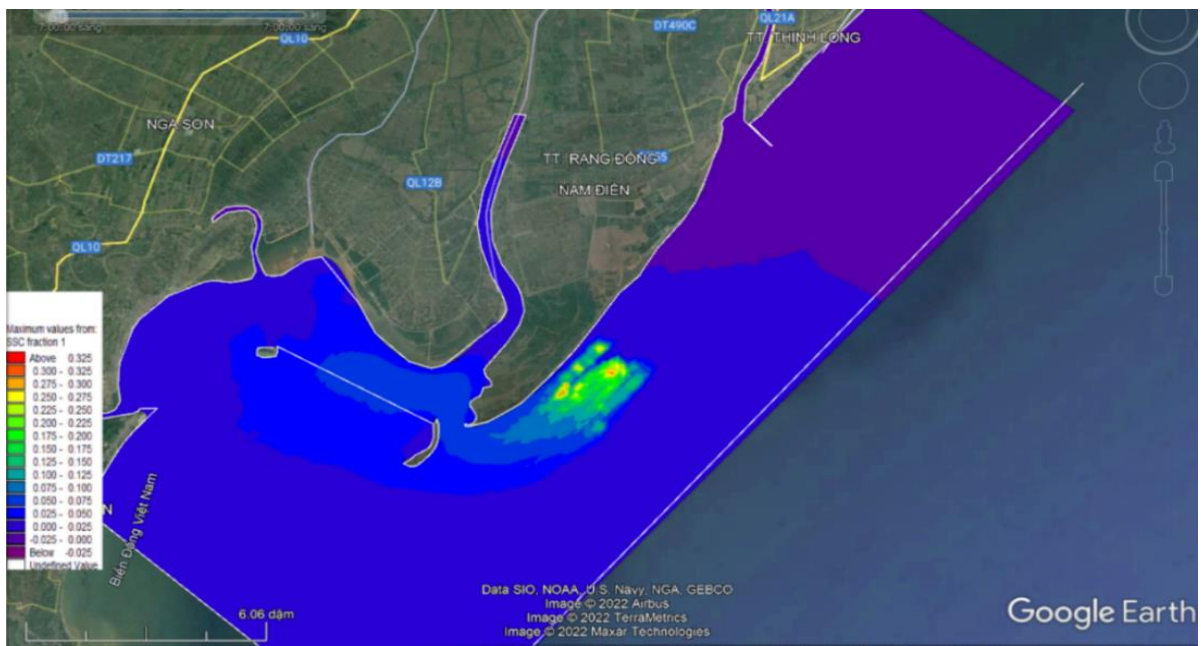
#### **3.6.1. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

Nghiên cứu đã sử dụng chuỗi dữ liệu mô phỏng thủy lực bao gồm dòng chảy, mực nước và sóng trong điều kiện gió mùa Đông Bắc phục vụ cho việc mô phỏng lan truyền nồng độ trầm tích lơ lửng ở khu vực khai thác, kết quả mô phỏng trường nồng độ bùn cát lơ lửng được thực hiện qua các hình sau:



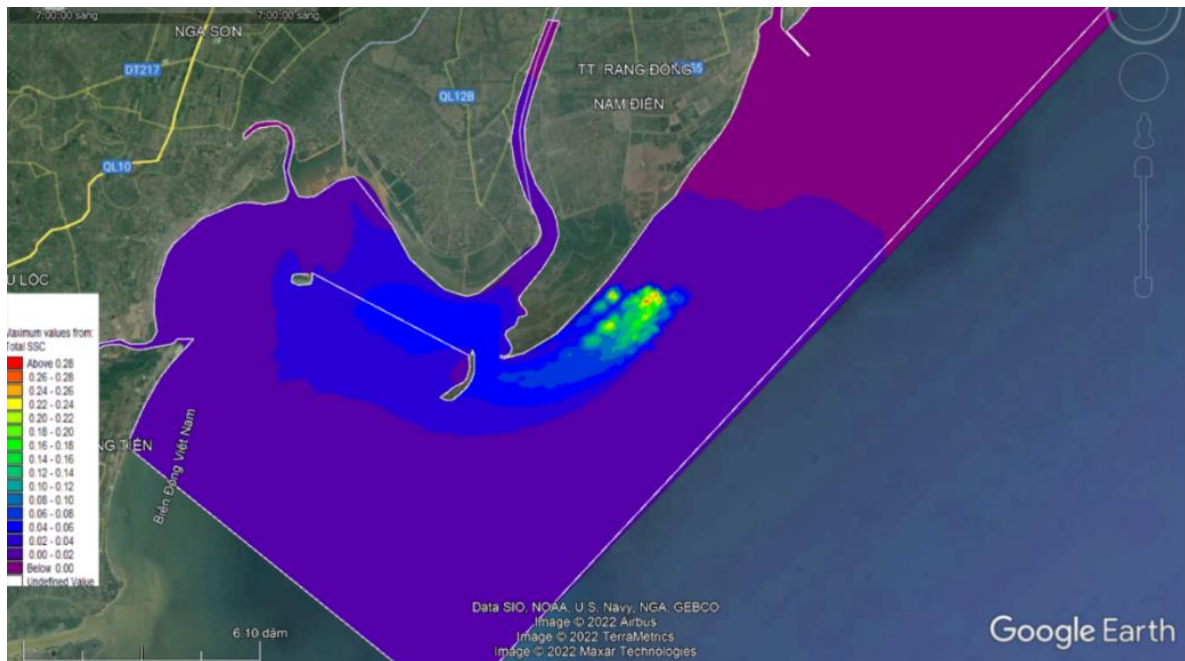
**Hình 3.20. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 1 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

Từ kết quả mô phỏng trường độ đục trong quá trình khai thác trong điều kiện gió mùa Đông Bắc cho thấy hướng dịch chuyển của trường nồng độ bùn cát chịu ảnh hưởng lớn từ chế độ thủy động lực (sóng, dòng chảy) trong thời kỳ gió mùa, trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc hướng dịch chuyển độ đục từ phía Bắc xuống phía Nam, sau một tháng thi công khai thác khu vực ven bờ Bắc cửa sông Đáy chịu ảnh hưởng lớn từ độ đục bùn cát trong quá trình khai thác với nồng độ bùn cát  $> 0,05 \text{ kg/m}^3$ . Vị trí khai thác cát có nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị  $0,96 \text{ kg/m}^3$  với bán kính ảnh hưởng là 0,3 km.



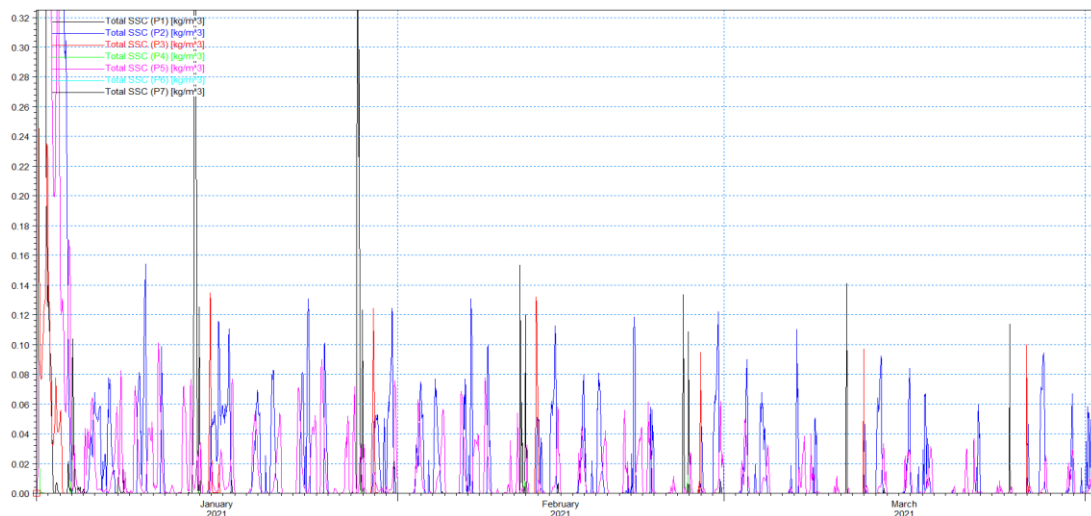
**Hình 3.21. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 02 tháng khai thác trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

Sau 02 tháng thi công tại khu vực khai thác cát, kết quả mô phỏng cho ta thấy diện tích khu vực có nồng độ bùn cát vượt ngưỡng  $> 0,05 \text{ kg/m}^3$  tăng lên với bán kính ảnh hưởng khoảng 2,5 km, tại các vị trí khai thác có nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị  $0,33 \text{ kg/m}^3$  và giảm dần về phía Nam. Do tác động bởi dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc có hướng Bắc Nam làm cho sự phân bố nồng độ độ đục tập trung dịch chuyển về phía Nam của khu vực khai thác, phía Bắc khu vực khai thác ảnh hưởng không đáng kể.



**Hình 3.22. Trường nồng độ độ đục lớn nhất sau 03 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

Kết quả mô phỏng tính toán nồng độ độ đục lớn nhất tại khu vực khai thác sau 03 tháng thi công cho thấy phạm vi ảnh hưởng của độ đục có nồng độ  $> 0,08 \text{ kg/m}^3$  bao gồm khu vực khai thác và vùng cửa sông Cửa Đáy, nồng độ độ đục đạt giá trị lớn nhất  $0,28 \text{ kg/m}^3$  tại vị trí khai thác cát.



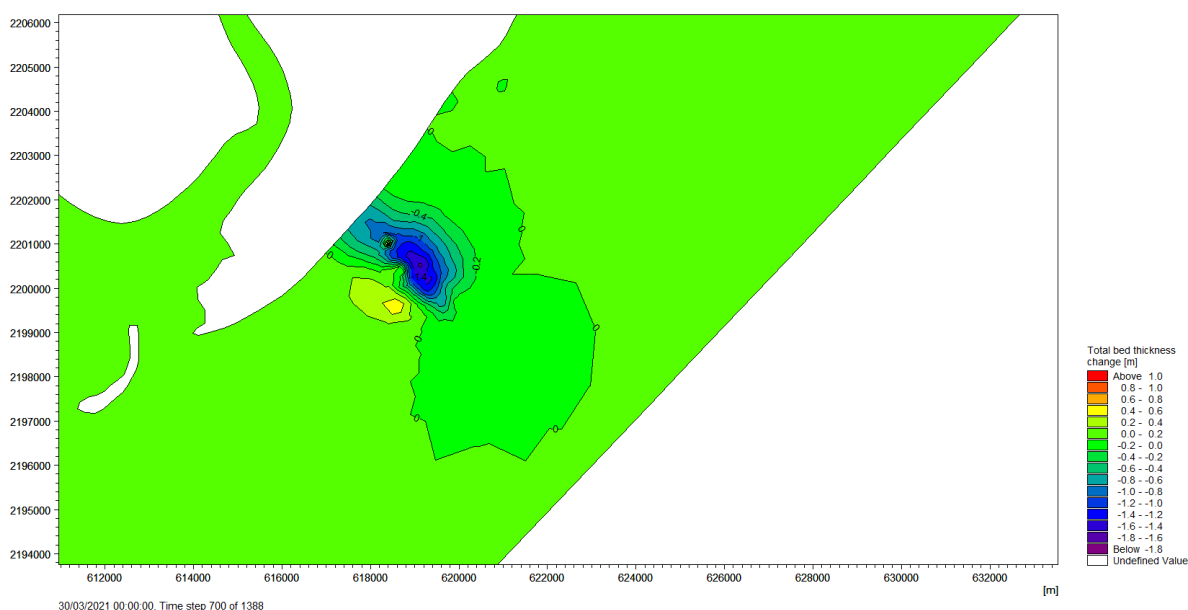
**Hình 3.23. So sánh độ đục tại các vị trí kiểm tra thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

**Bảng 3.24. Nồng độ độ đục tại các vị trí kiểm tra**

Nồng độ SSC lớn nhất (kg/m <sup>3</sup> )	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
	0,99	0,78	0,24	0,02	0,65	0,00	0,00

Tại các vị trí kiểm tra độ đục cho thấy tại vị trí điểm P1 ven bờ có nồng độ độ đục lớn nhất đạt giá trị 0,99 kg/m<sup>3</sup>, tại các vị trí P6 và P7 phía bờ Bắc khu vực khai thác hầu như không chịu ảnh hưởng. Tại vị trí P5 (cửa Sông Đáy ) có nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị 0,65 kg/m<sup>3</sup>.

Sau 03 tháng khai thác với công suất khai thác trung bình dự kiến 14.240 m<sup>3</sup>/ngày làm cho địa hình đáy biển thay đổi lớn, từ kết quả mô phỏng tính toán biến đổi địa hình đáy cho thấy khu vực địa hình thay đổi như sau:



**Hình 3.25. Biến đổi địa hình đáy biển sau 3 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

Kết quả mô phỏng cho thấy sau 03 tháng khai thác địa hình đáy biển đã bị xói 1,4m với bán kính khoảng 0,23 km, khu vực xung quanh có bán kính khoảng 1km có địa hình giảm xuống 0,4 m.

Từ kết quả mô phỏng về biến đổi địa hình đáy biển trong quá trình khai thác cho thấy cao trình bãi biển khu vực khai thác đã giảm đi rõ rệt, vì vậy khu vực khai thác cát đến vùng cửa sông Cửa Đáy có khả năng bị thiếu hụt bùn cát và gây xói lở nhẹ.

Dựa trên nguyên lý về cân bằng bùn cát dịch chuyển ven bờ khi có tổng lượng vận chuyển đi qua các mặt cắt vuông góc với đường bờ bằng nhau thì đường bờ ổn định, nếu tổng lượng vận chuyển bùn cát đi vào mặt cắt mà nhỏ hơn so lượng vận chuyển bùn cát đi ra thì bờ biển bị xói lở và ngược lại.

Trong điều kiện gió mùa Đông Bắc xu hướng dòng chảy ven bờ có hướng di chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam vì vậy khu vực phía Bắc của dự án đường bờ biển hầu như không bị ảnh hưởng từ quá trình khai thác, nhưng vùng bờ biển khu vực khai



thác sẽ xuất hiện quá trình xói lở nhẹ do sự thay đổi về mặt cắt bãi biển dẫn đến chiều sóng ven bờ lớn hơn so với trước khi khai thác.

Khu vực đường bờ biển từ vị trí khai thác đến cửa sông Đáy có nguy cơ xói lở trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc do việc khai thác cát làm thiếu hụt bùn cát cho quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ biển.

### 3.6.2. Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Nam

Nghiên cứu đã lựa chọn thời gian mô phỏng từ tháng 7 đến tháng 9 năm 2021 để đánh giá tác động của dự án khai thác đến lan truyền độ đục trong điều kiện gió mùa Đông Nam. Kết quả nghiên cứu được triết xuất giá trị nồng độ bùn cát lớn nhất theo từng tháng khai thác để đánh giá sự ảnh hưởng lớn nhất từ độ đục đến môi trường nước biển ở khu vực dự án.



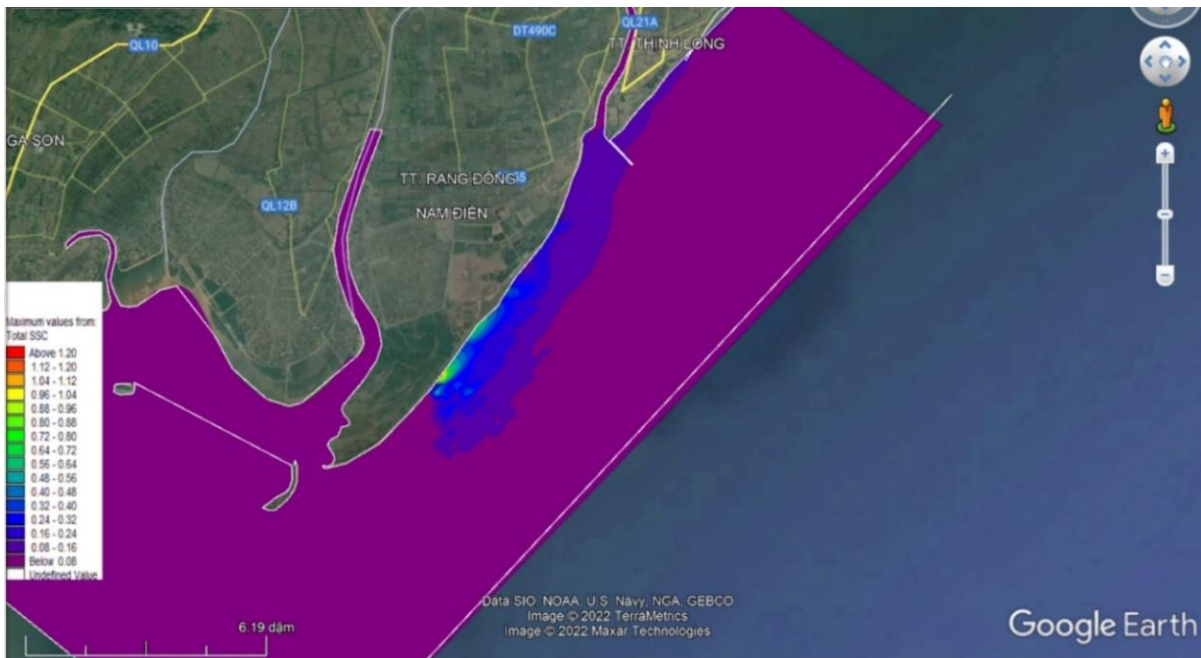
**Hình 3.26. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 7 thời kỳ gió mùa Đông Nam**

Từ kết quả mô phỏng lan truyền nồng độ bùn cát trong quá trình khai thác tại khu vực nghiên cứu trong điều kiện gió mùa Đông Nam cho thấy xu hướng di chuyển nồng độ độ đục từ vị trí khai thác về phía Bắc. Vùng chịu ảnh hưởng bởi sự lan truyền độ đục vượt ngưỡng  $>0,05 \text{ kg/m}^3$  là dải ven bờ từ khu vực khai thác đến cửa sông Ninh Cơ. Nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị  $0,75 \text{ kg/m}^3$  ở khu vực khai thác có bán kính ảnh hưởng khoảng  $0,3 \text{ km}$ , khu vực ven biển cửa sông Ninh Cơ có nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị  $0,2 \text{ kg/m}^3$  trong khi đó khu vực ven biển thị trấn Thịnh Long có nồng độ bùn cát lớn nhất  $0,1 \text{ kg/m}^3$ .



**Hình 3.27. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 8 thời kỳ gió mùa Đông Nam**

Kết quả mô phỏng lan truyền độ đục trong quá trình khai thác cát tháng 8 cho thấy quá trình lan truyền độ đục ảnh hưởng lớn bởi chế độ gió và dòng chảy trong thời kỳ gió mùa Đông Nam. Nồng độ bùn độ đục lớn nhất phân bố ở vùng ven bờ của khu vực khai thác với giá trị nồng độ bùn độ đục lớn nhất là  $0,6 \text{ kg/m}^3$ , do tác động bởi chế độ gió và dòng chảy ven bờ, sự phân tán độ đục chủ yếu tập trung ở khu vực bờ biển và vùng ảnh hưởng vượt ngưỡng  $> 0,05 \text{ kg/m}^3$  từ khu vực khai thác đến cửa sông Ninh Cơ. Khu vực cửa sông Đáy hầu như ko chịu ảnh hưởng bởi lan truyền độ đục trong thời kỳ gió mùa Đông Nam.

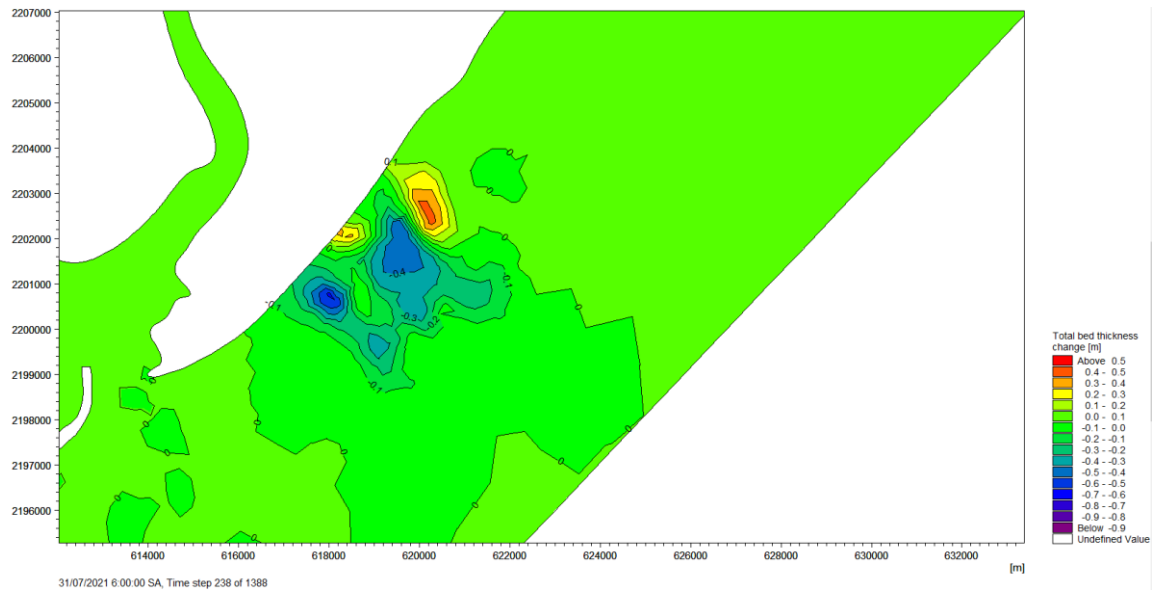


**Hình 3.28. Trường độ đục lớn nhất trong tháng 9 thời kỳ gió mùa Đông Nam**

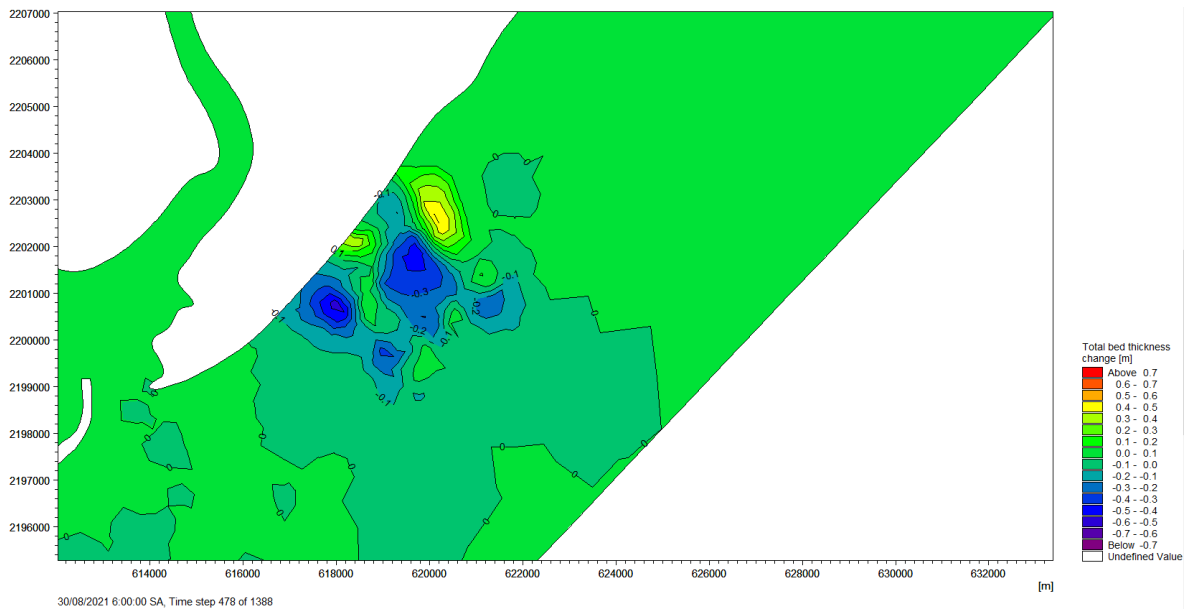
Xu hướng lan truyền bùn cát trong tháng 9 ở khu vực khai thác vẫn theo hướng di chuyển Nam Bắc, vùng ven biển Nam Điền và Thịnh Long chịu ảnh hưởng lớn bởi nồng

độ bùn cát vượt ngưỡng  $> 0,05 \text{ kg/m}^3$ . Tại vùng ven bờ biển khu vực khai thác có nồng độ bùn cát lớn nhất đạt giá trị  $0,96 \text{ kg/m}^3$  trong khi đó tại vùng cửa sông Ninh Cơ và thị trấn Thịnh Long có nồng độ bùn cát khoảng  $0,16 \text{ kg/m}^3$ .

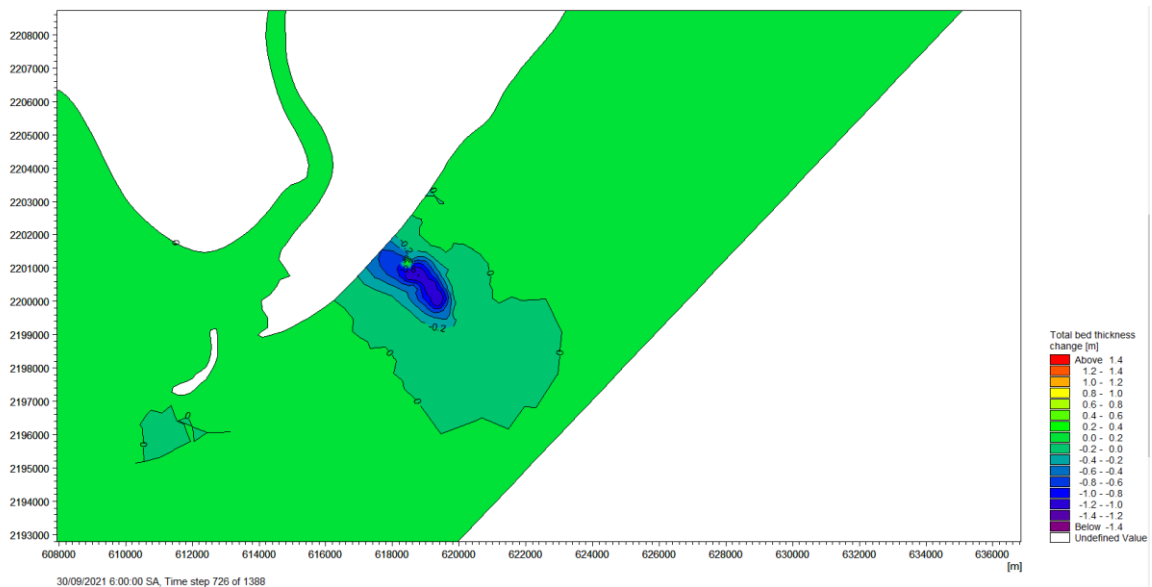
Để đánh giá sự biến đổi địa hình đáy biển trong giai đoạn khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam, nghiên cứu đã đưa ra hình ảnh biến đổi địa hình đáy biển theo các tháng như sau:



**Hình 3.29. Biến đổi địa hình đáy biển sau 1 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam**



**Hình 3.30. Biến đổi địa hình đáy biển sau 2 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam**



**Hình 3.31. Biến đổi địa hình đáy biển sau 3 tháng khai thác thời kỳ gió mùa Đông Nam**

Từ kết quả mô phỏng biến đổi địa hình đáy biển sau khi khai thác trong thời kỳ gió mùa Đông Nam cho thấy sau 03 tháng khai thác cao trình địa hình giảm xuống khoảng 1,4m với bán kính 0,3km, các khu vực lân cận vùng khai thác địa hình biển giảm xuống từ 0,2 đến 1m.

Từ kết quả mô phỏng biến đổi địa hình đáy biển trong quá trình khai thác cát cho thấy cao trình địa hình bãi biển đã giảm xuống và làm cho chiều cao sóng tăng lên tại vùng ven bờ qua đó tác động đến quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ biển. Trong điều kiện gió mùa Đông Nam, hướng dịch chuyển bùn cát dọc bờ có hướng Nam Bắc vì vậy khi dự án khai thác trong giai đoạn này thì khu vực ven bờ vùng khai thác cát đến bờ Nam cửa sông Ninh Cơ có nguy cơ bị xói lở.

Trong điều kiện gió mùa Đông Nam hướng vận chuyển bùn cát theo hướng Nam Bắc ngược lại so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc, tại khu vực khai thác cát có khả năng bị xói lở vì làm thay đổi về mặt cắt bãi biển làm tăng độ dốc bãi, tại các khu vực phía Bắc của khai trường khoảng 3km có nguy cơ xói lở.

**Nhận xét:**

Nghiên cứu đã tính toán mô phỏng quá trình lan truyền độ đục do khai thác cát và quá trình biến đổi địa hình bờ biển theo mùa gió chủ đạo của khu vực là Đông Bắc và Đông Nam. Thực hiện đánh giá theo thời gian trong 1 tháng, 2 tháng và 3 tháng. Kết quả mô phỏng cho thấy sau từ 1-3 tháng khai thác cát, nồng độ bùn cát tại khu vực ven bờ Bắc cửa sông Đáy thời kỳ gió mùa Đông Bắc có nồng độ độ đục với giá trị lớn nhất 0,96 kg/m<sup>3</sup>; khu vực Cửa Đáy và cửa sông Ninh Cơ có nồng độ độ đục > 0,08 kg/m<sup>3</sup>, lớn nhất là 0,28kg/m<sup>3</sup> vượt giới hạn cho phép về nồng độ chất rắn lơ lửng (giới hạn 50mg/l tương đương 0,05kg/m<sup>3</sup>) theo QCVN 10-MT:2015/BTNMT – Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về

chất lượng nước biển. Trong khi đó vùng cửa sông Ninh Cơ và thị trấn Thịnh Long theo kịch bản gió mùa Đông Nam có nồng độ bùn cát khoảng  $0,16\text{kg/m}^3$  nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN 10-MT:2015/BTNMT.

Quá trình khai thác cát cho thấy địa hình bãi biển có sự thay đổi lớn tại vùng khai thác, địa hình đáy biển giảm xuống lớn nhất khoảng 1,4 m với bán kính khoảng 0,23 km, khu vực xung quanh có bán kính khoảng 1km có địa hình giảm xuống 0,4 m.

Khu vực khai thác cát có nguy cơ xói lở xảy ra do địa hình bãi giảm làm tăng độ dốc bãi và chiều cao sóng lớn tiến dần vào vùng ven bờ biển. Các khu vực lân cận có bán kính khoảng 5km có nguy cơ xói lở nhẹ tùy thuộc vào từng thời kỳ gió mùa trong năm.

### 3.7. Tính toán vận chuyển bùn cát dọc bờ

Để đánh giá tác động của dự án đến quá trình xói lở bờ biển ở xung quanh khu vực khai thác, nghiên cứu đã sử dụng mô hình MIKE 21 mô đun ST (sand transport) để tính toán tổng lượng vận chuyển bùn cát ở khu vực dự án. Dựa trên kết quả tính toán lượng bùn cát di chuyển qua các mặt cắt vuông góc với đường bờ biển để xác định diễn biến đường bờ. Nghiên cứu dựa trên cơ sở lý thuyết cân bằng bùn cát tại các mặt cắt để đánh giá cơ chế xói lở hoặc bồi tụ bờ biển. Nếu khu vực đường biển được giới hạn bởi 02 mặt cắt có tổng lượng bùn cát đi vào mặt cắt bằng tổng lượng bùn cát di chuyển ra ngoài mặt cắt thì đường bờ biển ổn định. Nếu tổng lượng bùn cát đi vào mặt cắt mà nhỏ hơn lượng đi ra mặt cắt thì đường bờ biển bị xói lở và ngược lại.

Nghiên cứu đã xây dựng các mặt cắt vuông góc với đường bờ biển để xác định lượng bùn cát dịch chuyển ven bờ các thời kỳ gió mùa Đông Bắc và Đông Nam trong điều kiện khai thác cát ở khu vực nghiên cứu. Các mặt cắt được thể hiện qua hình sau:

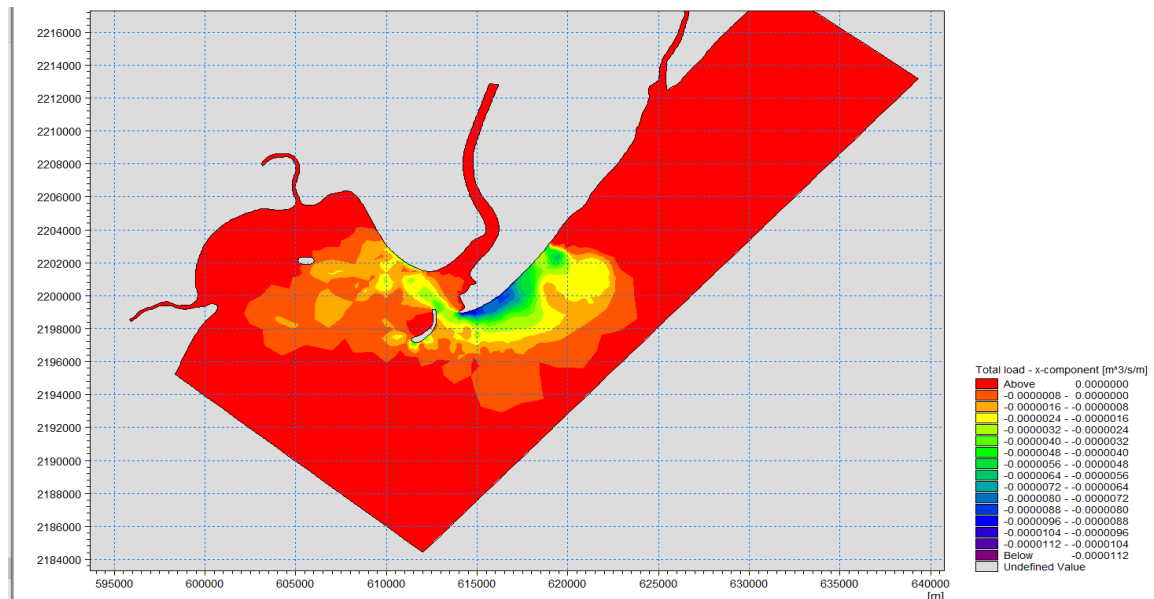


**Hình 3.32. Mặt cắt vuông góc đường bờ biển khu vực thực hiện Dự án**

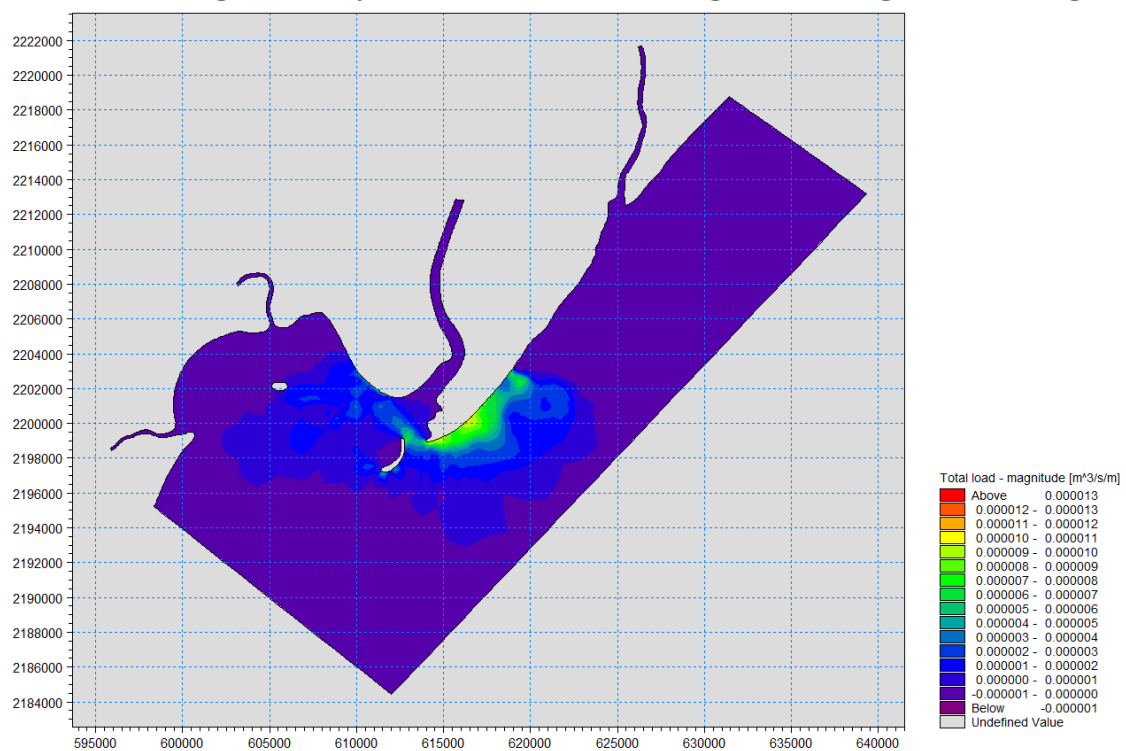
#### **a) Kết quả vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc:**

Nhìn chung hướng vận chuyển bùn cát ở khu vực Nam Định có xu hướng dịch chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc. Kết hợp với điều

kiện khai thác bùn cát ven bờ làm cho lượng vận chuyển bùn cát bị gián đoạn và thay đổi lớn. Trong nghiên cứu tập trung đánh giá sự tác động của khai thác cát ven bờ đến quá trình diễn biến đường bờ biển vì vậy nghiên cứu không xét tới số liệu bùn cát tại các khu vực sông Đáy và sông Ninh Cơ.



**Hình 3.33. Lượng vận chuyển bùn cát ven bờ trong điều kiện gió mùa Đông Bắc**



**Hình 3.34. Tổng lượng vận chuyển bùn cát di chuyển trong điều kiện gió mùa Đông Bắc**

**Bảng 3.9. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông Bắc**

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ( $10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ )		
		Tỉnh	Nam – Bắc	Bắc -Nam
1	MC01	0,004	-0,007	0,011

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ( $10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$ )		
		Tĩnh	Nam – Bắc	Bắc -Nam
2	MC02	0,004	-0,007	0,011
3	MC03	0,075	-0,007	0,082
4	MC04	0,446	-0,007	0,453
5	MC05	0,386	-0,007	0,393

Từ bảng 3.35 trình bày kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc cho 5 mặt cắt khu vực khai thác ven biển tỉnh Nam Định. Giá trị dương biểu thị cho hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Bắc – Nam. Giá trị âm biểu thị cho hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Nam- Bắc.

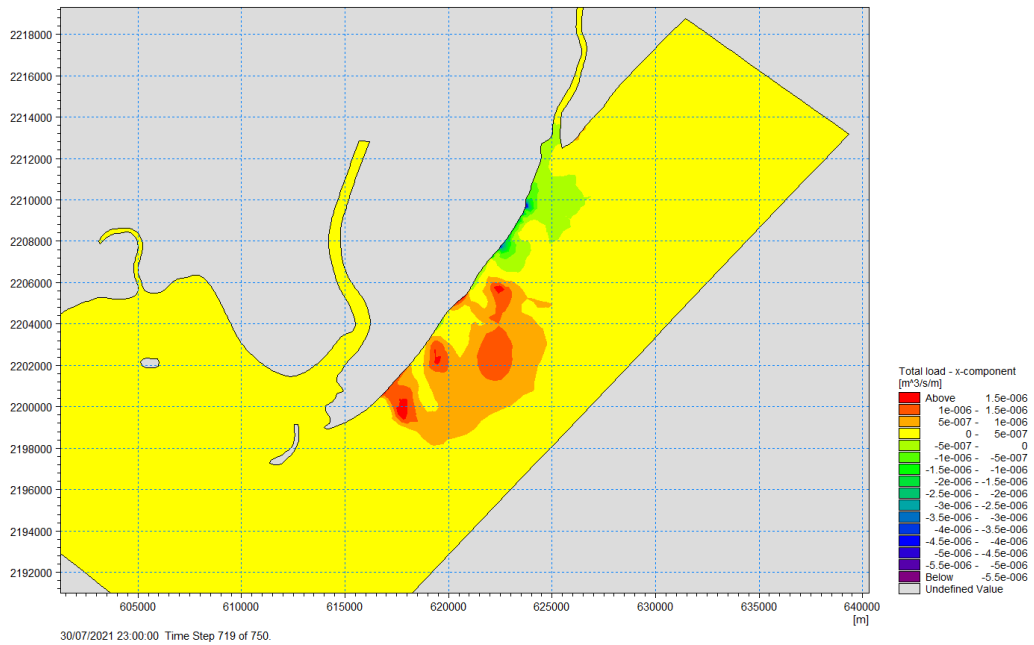
Kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm cho 05 mặt cắt ven biển khu vực Nam Định cho thấy lượng vận chuyển bùn cát tĩnh trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc nằm trong khoảng từ 0,08 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$  đến 0,45 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$ . Dựa trên nguyên tắc cân bằng bùn cát cho thấy khu vực đoạn đường bờ biển mặt cắt MC01 đến MC02 ổn định không bị xói lở.

Lượng bùn cát di chuyển ven bờ di chuyển qua mặt cắt MC02 là 0,004 trong khi đó lượng bùn cát di chuyển ra ngoài mặt cắt MC03 đạt giá trị 0,075 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$  dẫn đến khu vực này xuất hiện xói lở nhẹ. Trong khi đó tại khu vực đường bờ được giới hạn bởi mặt cắt MC03 và MC04 cho thấy lượng bùn cát di chuyển dọc bờ đi qua 02 mặt cắt xuất hiện sự mất cân bằng. Lượng bùn cát dịch chuyển đi vào mặt cắt MC03 đạt giá trị 0,75 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$  trong khi đó lượng bùn cát di chuyển ra mặt cắt MC04 là 0,446 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$ . Vì vậy tại khu vực đường bờ biển khai thác xuất hiện xói lở.

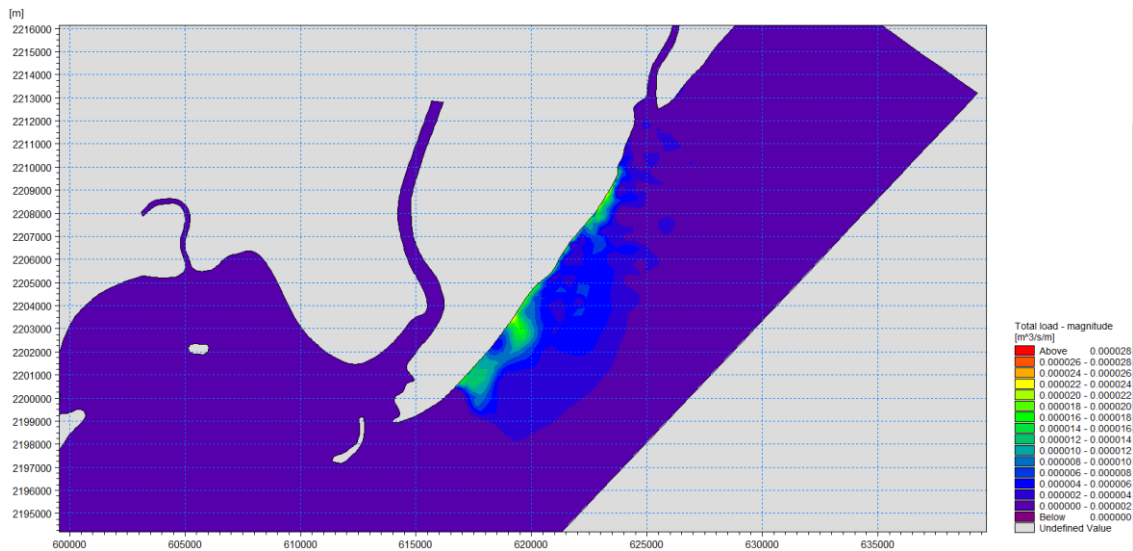
Dựa trên tính toán lượng bùn cát di chuyển ven bờ tại 02 mặt cắt MC04 và MC05 ta nhận thấy khu vực đường bờ biển này được bồi tụ do lượng bùn cát dịch chuyển ra ngoài mặt cắt MC04 là 0,446 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$  lớn hơn so với lượng bùn cát di chuyển ra ngoài mặt cắt MC05 là 0,386 triệu  $\text{m}^3/\text{năm}$ .

#### **b) Kết quả vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông Nam:**

Nghiên cứu đã lựa chọn mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát trong tháng 7 đại diện cho đặc điểm vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông Nam. Kết quả mô phỏng cho thấy xu hướng vận chuyển bùn cát từ phía Nam lên phía Bắc ở khu vực nghiên cứu.



**Hình 3.35. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông Nam**



**Hình 3.36. Tổng lượng bùn cát di chuyển trong điều kiện gió mùa Đông Nam**

**Bảng 3.3.10. Lượng vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông Nam**

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ( $10^6$ m <sup>3</sup> /năm)		
		Tĩnh	Nam – Bắc	Bắc -Nam
1	MC01	0,002	-0,013	0,033
2	MC02	-0,086	-0,098	0,012
3	MC03	-0,083	-0,104	0,021
4	MC04	-0,039	-0,046	0,007
5	MC05	-0,038	-0,045	0,007

Dựa trên kết quả tính toán lượng bùn cát di chuyển qua các mặt cắt cho thấy đường bờ biển trong mặt cắt MC03 và MC04 (khu vực khai thác cát) xuất hiện quá trình xói lở do lượng bùn cát đi vào mặt cắt MC04 là 0,039 triệu m<sup>3</sup>/năm nhỏ hơn so với lượng



bùn cát đi ra MC03 là 0,083 triệu m<sup>3</sup>/năm. Tại khu vực đường bờ biển thuộc mặt cắt MC03 đến MC01 ổn định và xuất hiện hiện tượng bồi tụ nhẹ trong thời kỳ gió mùa Đông Nam.

**Bảng 3.11. Lượng vận chuyển bùn cát cả năm**

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ( 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /năm)		
		Tịnh	Nam – Bắc	Bắc -Nam
1	MC01	0,024	-0,02	0,044
2	MC02	-0,082	-0,105	0,023
3	MC03	-0,008	-0,111	0,103
4	MC04	0,407	-0,053	0,46
5	MC05	0,348	-0,052	0,4

*Trong điều kiện gió mùa Đông Bắc:* Nhìn chung với khối lượng khai thác cho thấy tại khu vực đường bờ được giới hạn bởi mặt cắt MC03 và MC04 (khu vực khai thác) xuất hiện sự mất cân bằng bùn cát. Lượng bùn cát dịch chuyển đi vào mặt cắt MC03 đạt giá trị 0,075 triệu m<sup>3</sup>/năm trong khi đó lượng bùn cát di chuyển ra mặt cắt MC04 là 0,446 triệu m<sup>3</sup>/năm dẫn đến tại khu vực đường bờ biển khai thác có thể xuất hiện hiện tượng xói lở nhẹ. Tại các khu vực MC01 và MC02, đường bờ biển thuộc mặt cắt MC04 và MC05 và khu vực Cồn Mờ cách khu vực khai thác khoảng 1,1km tương đối ổn định và không bị ảnh hưởng từ hoạt động khai thác cát do khu vực khai thác chỉ ảnh hưởng trong phạm vi bán kính nhỏ từ 0,5km đến 0,8km.

*Trong điều kiện gió mùa Đông Nam:* Đường bờ biển trong mặt cắt MC03 và MC04 (khu vực khai thác cát) có nguy cơ xuất hiện hiện tượng xói lở nhẹ do lượng bùn cát đi vào mặt cắt MC04 là 0,046 triệu m<sup>3</sup>/năm nhỏ hơn so với lượng bùn cát đi ra MC03 là 0,104 triệu m<sup>3</sup>/năm. Tại khu vực đường bờ biển thuộc mặt cắt MC03 đến MC01 và khu vực Cồn Nổi, Cồn Mờ cách Dự án khoảng 1km tương đối ổn định không bị ảnh hưởng của hoạt động khai do do khu vực khai thác chỉ ảnh hưởng trong phạm vi bán kính nhỏ từ 0,5km đến 0,8km.

## **KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

### **Kết luận:**

Trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc có chế độ dòng chảy và chiều cao sóng lớn hơn so với thời kỳ gió mùa Đông Nam. Hướng dòng chảy ven bờ khu vực nghiên cứu có sự thay đổi trong năm, trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc hướng dòng chảy theo hướng Bắc - Nam với tốc độ dòng chảy và chiều cao sóng lớn nhất tại khu vực khai thác đạt giá trị 0.55 m/s và 1.97 m. Trong thời kỳ gió mùa Đông Nam thì tốc độ dòng chảy lớn nhất đạt giá trị 0.44 m/s và chiều cao sóng lớn nhất 1.7m, và có hướng dòng chảy ngược lại so với thời kỳ gió mùa Đông Bắc.

Từ kết quả tính toán tổng lượng vận chuyển bùn cát trong năm ở khu vực nghiên cứu sau khi đã khai thác cát ven biển cho thấy lượng vận chuyển bùn cát theo hướng Bắc Nam trong thời kỳ gió mùa Đông-Bắc lớn hơn so với hướng Nam-Bắc trong thời kỳ gió mùa Đông Nam. Tại vùng bờ biển khu vực khai thác xuất hiện quá trình xói lở nhẹ do mất cân bằng bùn cát dịch chuyển ven bờ.

Quá trình khai thác cát đã làm gia tăng nồng độ độ đục tại khu vực khai trường kết hợp với chế độ dòng chảy trong các thời kỳ làm cho độ đục lan truyền và ảnh hưởng đến các vùn lân cận. Trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc do chịu ảnh hưởng của chế độ dòng chảy làm cho độ đục có xu hướng lan truyền xuống phía nam khu vực khai thác, tại khu vực khai thác nồng độ độ đục lớn nhất đạt giá trị 0.99 kg/m<sup>3</sup>, khu vực cửa sông Đáy cách khu vực khai thác khoảng 6km có nồng độ độ đục lớn nhất đạt giá trị 0.65 kg/m<sup>3</sup>. Trong thời kỳ gió mùa Đông Nam thì khu vực chịu ảnh hưởng của quá trình lan truyền độ đục từ vùng khai thác đến vùng cửa sông Ninh Cơ với khoảng cách 9 km có nồng độ bùn cát khoảng 0,16 kg/m<sup>3</sup>.

Quá trình khai thác cát cho thấy địa hình bãi biển có sự thay đổi lớn tại vùng khai thác, địa hình đáy biển giảm xuống lớn nhất khoảng 1,4 m với bán kính khoảng 0,23 km, khu vực xung quanh có bán kính khoảng 1km có địa hình giảm xuống 0,4 m. Khu vực khai thác cát có nguy cơ xói lở xảy ra do địa hình bãi giảm làm tăng độ dốc bãi và chiều cao sóng tác động vào vùng ven bờ biển. Các khu vực lân cận có bán kính khoảng 5km có nguy cơ xói lở nhẹ tùy thuộc vào từng thời kỳ gió mùa trong năm.

### **Kiến nghị**

Trong nghiên cứu mới đánh giá quá trình lan truyền độ đục từ hoạt động khai thác nạo vét bùn cát tại khu vực ven biển tỉnh Nam Định nhằm đánh giá tác động của dự án đến môi trường biển vì vậy trong nghiên cứu chưa đề cập đến nồng độ bùn cát tại các biên sông mang ra.

Do thời gian bị hạn chế nên trong nghiên cứu mới chỉ mô phỏng đánh giá vận chuyển bùn cát dọc bờ tại khu vực khai thác trong điều kiện 1 năm mô phỏng tương ứng với coa trình địa hình đáy biển sau khi đã khai thác vì vậy cần có thêm các nghiên cứu mô phỏng dài hạn để đánh giá chi tiết hơn về sự biến đổi đường bờ trong tương lai.

Từ kết quả tính toán vận chuyển bùn cát ven bờ cho thấy với khối lượng khai thác hiện tại đã làm thay đổi cao trình địa hình đáy biển dẫn đến độ dốc bãi tăng lên làm sóng tác động gần bờ hơn, quá đó xuất hiện đường bờ biển bị xói nhẹ vì vậy cần giảm khối lượng khai thác cát hoặc tăng khoảng thời gian khai thác để đáy biển phục hồi và giảm tác động xói lở bờ biển.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.Kiran Kumar Reddy, SS. Asadi, “EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT Evaluation of environment impact assesment industrial projecta: A model study,” International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET), tập 8, pp. 291-301, 2017.
- [2] Y. Zehtab Yazdi, N. Mansouril\*, F. Atabi, H. Aghamohammadi, “Dispersion modelling of particulate matter concentrations of sand product plants in a mineral complex,” Global Journal of Environmental Science and Management, tập 30, pp. 265-280, 2022.
- [3] Yuan Lin , Zixin Weng, Jin Guo, Xingshuang Lin , Nhan Phan-Thien, and Jian Zhang, “Simulation Study on the Sediment Dispersion during Deep-Sea Nodule Harvesting,” Journal of marine Science and engineering , tập 11, pp. 1-13, 2022.
- [4] I W Nurjaya\*, H Surbakati and N M N Natih, “Model of Total Suspended Solid (TSS) distribution due to coastal mining in Western Coast of Kundur Island part of Berhala Strait,” Earth and Environmental Science, tập 278, pp. 1-12, 2019.
- [5] Nguyễn Thị Bảy, Trần Thị Kim, Trần Thị Thúy An, Trà Nguyễn Quỳnh Nga (2023), “Đánh giá ảnh hưởng của khai thác cát đến diễn biến đáy đoạn sông Tiên chảy qua tỉnh Vĩnh Long,” Tạp chí Khí tượng thủy văn, tập 756, pp. 14-28.
- [6] Dương Thị Huyền, Trần Nguyên Bằng, Bùi Văn Thanh (2023), “Đánh giá ảnh hưởng môi trường từ hoạt động khai thác cát sông Hồng tại xã Thắng Lợi, huyện Văn Giang, tỉnh Hưng Yên,” TNU journal of science and Technology, tập 228, pp. 213-220.
- [7] Vương Trọng Kha, Trịnh Lê Hùng, Hoàng Ngọc Huy (2020), “Nghiên cứu ảnh hưởng của công tác khai thác cát, sỏi đến biến động đường bờ sông chu bằng dữ liệu viễn thám,” Tạp chí khoa học đo đạc và bản đồ số, tập 44, pp. 1-10.
- [8] Đinh Công Sản, Lê Mạnh Hùng, Nguyễn Ngọc Thành (2016), “Đánh giá ảnh hưởng của các kịch bản khai thác cát đến diễn biến lòng dẫn sông Tiên đoạn hạ lưu cầu Mỹ Thuận,” tạp chí khí tượng thủy văn, tập 65.
- [9] “Dự báo hiện tượng xói lở, bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng tránh,” (2003), đề tài KC.09-05.
- [10] Nguyễn Địch Dĩ, Nguyễn Công Mẫn (2020), “Quy hoạch phát triển đê biển Việt Nam 2010 –2020,” , đề tài KC.09-06.

[11] Nguyễn Ngọc Thụy, “Thủy triều biển Đông và sự dâng lên của mực nước biển ven bờ Việt Nam,”.