

# Mô hình số đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi: Nghiên cứu đối với phương án quy hoạch cảng Trần Đề

Evaluation of wave reduction efficiency of offshore port protection work using numerical model: Case study for the layout of Tran De port

> KS PHẠM VĂN HẢI<sup>1</sup>, TS NGUYỄN ANH DÂN<sup>1\*</sup>, PGS.TS NGUYỄN VIỆT THANH<sup>1</sup>, THS.NCS TRỊNH ĐÌNH LAI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

<sup>2</sup>Khoa Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

\*Email: nadan@utc.edu.vn

## TÓM TẮT

Giải pháp bố trí không gian các công trình chắn sóng bảo vệ cảng ngoài khơi có ý nghĩa vô cùng quan trọng trong việc đảm bảo sự tĩnh lặng và khai thác bình thường của bể cảng. Vấn đề khó khăn thường gặp khi thiết kế công trình này đó là lựa chọn phương án bố trí mặt bằng một cách hợp lý để giảm tối đa sự ảnh hưởng của các yếu tố như sóng, dòng chảy nhưng vẫn đảm bảo sự ra vào thuận tiện của tàu. Một số phương pháp có thể thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình trước khi xây dựng như thí nghiệm mô hình vật lý, mô phỏng số. Trong nghiên cứu này, phương pháp mô phỏng số trên cơ sở mô hình MIKE 21/3 Couple model được thực hiện để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi. Kết quả mô phỏng là cơ sở để làm rõ cơ chế lan truyền sóng khi có các công trình bảo vệ cảng và đánh giá được hiệu quả giảm sóng của công trình so với trường hợp không có đê và so sánh với chiều cao sóng cho phép trong tiêu chuẩn hiện hành.

**Từ khóa:** Cảng ngoài khơi; hiệu quả giảm sóng; bể cảng; mô hình số; MIKE 21/3.

## ABSTRACT

Spatial layout of the breakwater structures to protect the offshore port harbour basin is essential in ensuring the quiet and regular operation of the port basin. The common difficulty when designing this structure is choosing a reasonable layout plan to minimize the influence of factors such as waves and currents while ensuring convenient entry and exit of ships. Some methods can be applied to evaluate the wave reduction efficiency of the structure before construction, such as physical model testing and numerical simulation. This study uses the numerical simulation method based on the MIKE 21/3 Coupled model to evaluate the wave reduction efficiency in the harbour basin based on an alternative offshore port protection structure. The analysis results clarified the wave reduction efficiency of the project compared to the case without the breakwater and compared with the allowable value in the current standards.

**Keywords:** Offshore ports; wave reduction efficiency; harbour basin; numerical simulation; MIKE 21/3.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Yêu cầu khống chế về chiều cao sóng trong bể cảng là điều kiện bắt buộc đối với các bể cảng để các tàu có thể làm hàng bình thường và đảm bảo sự an toàn cho các công trình đã được nêu rõ trong các tiêu chuẩn thiết kế [1, 2]. Để có thể giảm chiều cao sóng, cần phải xây dựng các công trình bảo vệ cảng để hình thành nên các bể cảng. Trong tính toán thiết kế đê chắn sóng và các công trình bảo vệ bờ, để mô phỏng và xem xét tính chất của sóng, đánh giá hiệu

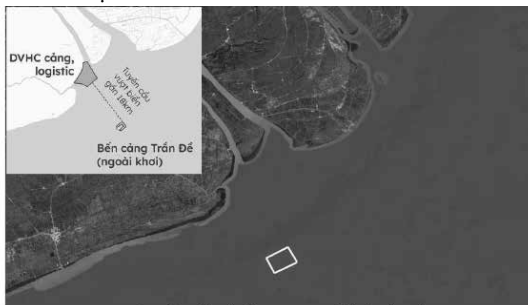
quả của công trình có thể sử dụng mô phỏng số hoặc thí nghiệm mô hình vật lý. Liên quan đến vấn đề này, một số nghiên cứu trong và ngoài nước đã được thực hiện. Nguyen Viet Thanh và Zhang Chi đã nghiên cứu đánh giá chế độ sóng và hiệu quả bảo vệ cảng của hệ thống công trình chắn sóng theo các phương án quy hoạch của cảng TH ở Cửa Lò, Nghệ An và ảnh hưởng của cảng tới Cửa Hội và Cửa Lò [3]. Kiều Xuân Tuyền và cộng sự đã ứng dụng mô hình MIKE 21-SW tính toán lan truyền sóng nước sâu, từ đó xác định các

thông số sóng thiết kế ở khu vực ven bờ trên đảo Phú Quý, phục vụ tính toán thiết kế các công trình bảo vệ bờ trên đảo [4]. Nguyễn Kiên Quyết và Nguyễn Đức Quang Anh nghiên cứu tính toán lan truyền sóng phục vụ đánh giá hiệu quả kỹ thuật của các phương án bố trí mặt bằng đê chắn sóng cảng khách Hạ Long bằng mô hình toán MIKE 21SW, nhằm lựa chọn phương án phù hợp với điều kiện khai thác tính lạng trong bể cảng khi tàu thuyền neo đậu [5]. Các nghiên cứu đã thực hiện chủ yếu quan tâm đến công trình bảo vệ bờ và phạm vi nghiên cứu cũng phần lớn là cho các công trình gần bờ. Với nhu cầu phát triển hiện tại, các cảng xa bờ đã, đang và sẽ được xây dựng ngày càng nhiều. Do đó, việc nghiên cứu cho các công trình này là hết sức cần thiết. Vì vậy, nội dung của bài báo này tập trung vào nghiên cứu đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình bảo vệ cảng ngoài khơi bằng mô hình MIKE 21, trường hợp nghiên cứu cụ thể được áp dụng đối với cảng Trần Đề - Sóc Trăng.

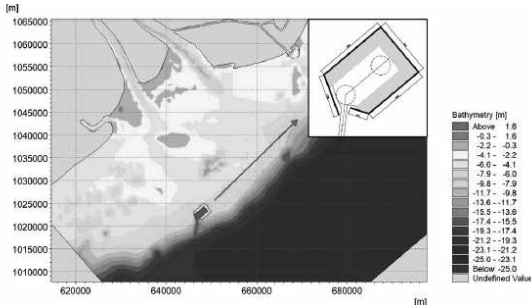
**2. TRƯỜNG HỢP NGHIÊN CỨU**

**2.1. Vị trí và phương án công trình**

Trường hợp xem xét nghiên cứu trong bài báo này là công trình bảo vệ cảng ngoài khơi Trần Đề, phía Đông tỉnh Sóc Trăng. Theo Quyết định số 1579/QĐ-TTg ngày 22/9/2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050, khu bến cảng ngoài khơi Trần Đề có năng lực tiếp nhận tàu tổng hợp, tàu container trọng tải 100.000 DWT (8.000 TEU) hoặc lớn hơn, tàu hàng rời 160.000 DWT. Để đạt được mục tiêu trên, dự kiến xây dựng 14 bến cảng với tổng chiều dài khoảng 5,3 km. Nhằm đảm bảo khai thác cho tàu 100.000 DWT và tuyến luồng có độ sâu -17,0 m, vị trí cửa cảng được đặt tại khu vực có độ sâu thay đổi từ -13 ÷ -14 m, cách bờ biển huyện Trần Đề khoảng 28 km [6]. Vị trí công trình được thể hiện trên Hình 1. Phương án bố trí đê chắn sóng: Bố trí tuyến luồng theo hướng 205 độ (so với hướng Bắc), cửa cảng được bố trí tại phía Tây của công trình. Kéo dài đê chắn sóng phía Tây để chắn sóng hướng Tây Nam, trong khi đó hướng Đông đảm bảo che chắn trong mùa gió Đông Bắc. Một số thông số của bề cảng như sau: Chiều dài đê chắn sóng: 10,5 km; chiều rộng của cảng: 550 m; khoảng cách từ bờ biển Trần Đề đến vị trí cảng: 28 km. Chi tiết phương án mặt bằng công trình thể hiện trên Hình 2.



Hình 1. Vị trí đề xuất bố trí cảng ngoài khơi Trần Đề

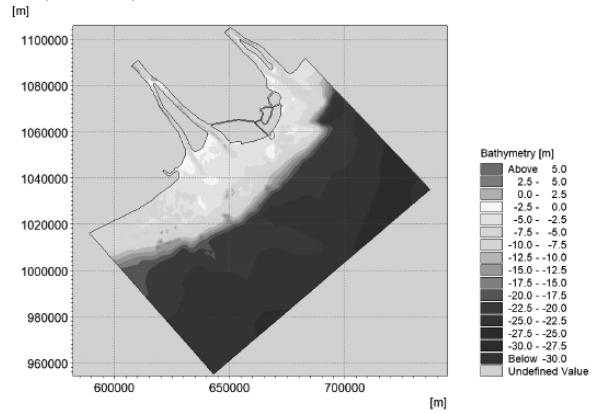


Hình 2. Bố trí đê chắn sóng cảng ngoài khơi Trần Đề

**2.2. Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu**

a) Địa hình

Dữ liệu về địa hình được tổng hợp từ các tài liệu của các đề tài, dự án trước đây, kết hợp với bản đồ C-map của phần mềm Mike 21. Các dữ liệu thu thập về địa hình khu vực nghiên cứu được tổng hợp theo hệ tọa độ WGS 1984 (UTM Zone 48N) và hệ cao độ Hải đồ. Kết quả được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Độ sâu khu vực nghiên cứu

b) Thủy triều và mực nước

Khu vực nghiên cứu chịu chi phối bởi chế độ bán nhật triều không đều của biển Đông, biên độ triều lớn khoảng 2 ÷ 4 m. Các số liệu về thủy triều và mực nước được thể hiện trong Bảng 1 và 2 [7].

Bảng 1. Tần suất xuất hiện mực nước cao nhất hàng năm tại Mỹ Thanh [7]

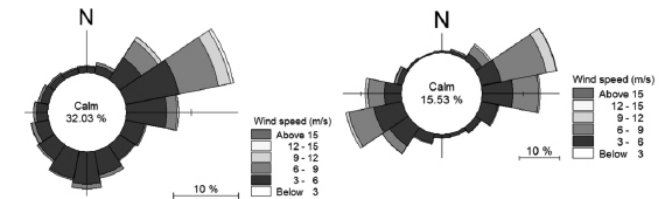
P %	1	2	5	10	20	50	Ghi chú
<b>Hmax năm [18]</b>	524	522	520	518	515	508	Hệ Hải đồ

Bảng 2. Tần suất xuất hiện mực nước thấp nhất hàng năm tại Mỹ Thanh [7]

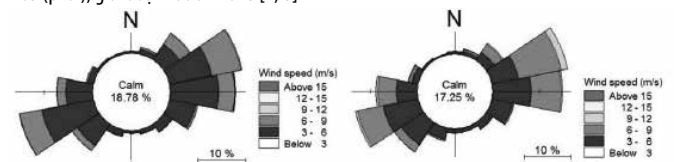
P %	50	75	90	95	98	99	Ghi chú
<b>Hmin năm [18]</b>	101	96	91	87	82	78	Hệ Hải đồ

c) Chế độ gió

Tại khu vực nghiên cứu, gió mùa Đông Bắc thường bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 3 năm sau. Hình 4 và Hình 5 thể hiện hoa gió tại vị trí ngoài khơi, ven biển Bến Tre cách bờ lần lượt khoảng 20 km và 10 km và tại vị trí ngoài khơi, ven biển Gành Hào cách bờ cũng lần lượt khoảng 20 km và 10 km [8].



Hình 4. Hoa gió tại vị trí ngoài khơi Bến Tre (trái) và vị trí ngoài khơi Gành Hào - Bạc Liêu (phải), giai đoạn 1990 - 2018 [7, 8]



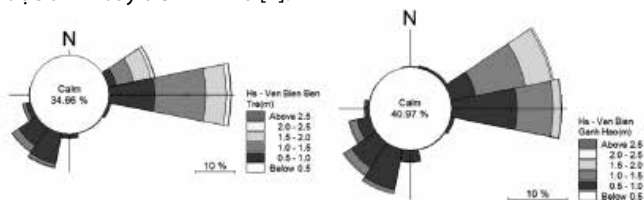
Hình 5. Hoa gió tại vị trí ven biển Bến Tre (trái) và vị trí ven biển Gành Hào - Bạc Liêu (phải), giai đoạn 1990 - 2018 [7, 8]

**d) Chế độ sóng**

Chế độ sóng ở khu vực dự án được phân biệt rõ theo hai thời kỳ gió mùa:

- Gió mùa Đông Bắc từ tháng 12 đến tháng 4 (mùa khô).
- Gió mùa Tây Nam từ tháng 5 đến tháng 11 (mùa mưa).

Số liệu mô phỏng sóng do gió ngoài khơi khu vực dự án trong 10 năm cho thấy hai hướng sóng chủ yếu là Đông Bắc và Tây Nam, chiều cao sóng ngoài khơi lớn nhất khoảng 3,5 m [7]. Với các vị trí ngoài khơi và ven biển Đông (vị trí ven biển Bến Tre cách bờ khoảng 15 km và vị trí ven biển Gành Hào cách bờ khoảng 15 km) và biển Tây (ven biển U Minh cách bờ khoảng 15 km và ngoài khơi biển Tây), số liệu sóng được cung cấp bởi NCEP/NOAA từ năm 1980 đến 2017 được trình bày trên Hình 6 [7].



Hình 6. Hoa sóng vị trí ven biển Bến Tre cách bờ khoảng 15 km (trái) và vị trí ven biển Gành Hào cách bờ khoảng 15 km (phải), giai đoạn 1980 - 2017 [7]



Hình 7. Tổng hợp hoa sóng ngoài khơi và ven bờ khu vực nghiên cứu

**4. THIẾT LẬP, HIỆU CHỈNH VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH**

**4.1. Thiết lập mô hình**

Mô hình MIKE 21/3 Coupled model được ứng dụng để mô phỏng các quá trình thủy động lực, lan truyền sóng khu vực nghiên cứu được thiết lập dựa vào các thông số ban đầu thể hiện trong Bảng 3. Cơ sở lý thuyết các mô hình đã được giới thiệu trong các sổ tay hướng dẫn của MIKE 21/3. Mô hình được xác lập trên diện tích khoảng (120x140)km. Biên thượng lưu của sông Hậu cách Đại Ngãi khoảng 5 km, ở sông Tiền các trạm thủy văn Trà Vinh 3 km, sông Mỹ Thanh cách cửa Mỹ Thanh khoảng 7 km. Biên ngoài biển phía Nam cách cửa Mỹ Thanh khoảng 50 km, biên phía Bắc cách trạm Bến Trại khoảng 10 km. Miền tính của mô hình được xây dựng trên cơ sở lưới phi cấu trúc gồm cả lưới chữ nhật dùng trong sông và luồng tàu và lưới tam giác áp dụng cho vùng ngoài biển.

Bảng 3. Các thông số thiết lập các mô hình tích hợp trong Mike 21 Couple Model

Thông số	Diễn giải
Biên Đại Ngãi (thượng lưu sông Hậu)	- Mức nước tại Trạm thủy văn Đại Ngãi
Biên Trà Vinh (thượng lưu sông Tiền)	- Mức nước tại Trạm thủy văn Trà Vinh

Thông số	Diễn giải
Biên sông Mỹ Thanh	- Mức nước tại Trạm thủy văn Mỹ Thanh
Biên Bắc	- Mức nước tại Trạm thủy văn Bến Trại
Biên Nam	- Mức nước tại Trạm thủy văn Mỹ Thanh
Độ nhám	- Dùng hệ số Manning biến đổi theo độ sâu, từ 40 - 65
Hệ số nhớt xoáy	0,28
Gió	- Lấy số liệu gió đo đạc tại trạm Vũng Tàu

**4.2. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình**

Mô hình thủy động lực, mô hình sóng được hiệu chỉnh và kiểm định dựa vào các số liệu thực đo về mực nước, dòng chảy. Độ nhám đáy (hệ số Manning) và mực nước tại các biên ngoài biển được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy động lực. Chiều cao, chu kỳ, hướng sóng đo đạc sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình lan truyền sóng. Độ tin cậy của mô hình được đánh giá thông qua sai số tuyệt đối (ADM) và sai số trung bình quân phương (RMSE), các sai số này càng bé chứng tỏ mô hình càng sát với thực tế [9].

Các sai số trên được tính toán theo các công thức:

(Mô hình - Đo đạc)

$$RMSE = [(Mô\ hình - Đo\ đạc)^2]^{0.5}$$

Các kịch bản sử dụng để hiệu chỉnh và kiểm định mô hình như sau:

- Giai đoạn 1 để hiệu chỉnh mô hình: 20 ngày, từ ngày 04/5/2004 đến 24/5/2004;
- Giai đoạn 2 để kiểm định mô hình: 18 ngày, từ ngày 12/9/2009 đến 30/9/2009;
- Giai đoạn 3 để kiểm định mô hình: Từ ngày 12 đến ngày 18/9/2017.

Với mực nước: Kết quả tính toán so sánh với số liệu thu được tại 4 trạm mực nước gồm Bến Trại, Đại Ngãi, Mỹ Thanh và Trà Vinh cho thấy kết quả mô phỏng phù hợp tốt với số liệu đo đạc. Giá trị trung bình của ADM là 5,4% và giá trị trung bình của RMSE là 6,8%.

Với chiều cao và chu kỳ sóng: Kết quả tính toán so sánh với số liệu đo đạc tại điểm W7 có vị trí 9°30'0.00"N, 106°30'0.00"E cách bờ biển Trà Vinh khoảng 5,5 km từ ngày 12 đến ngày 18/9/2017. Kết quả kiểm định cho thấy thông số sóng mô phỏng tương đồng với các kết quả quan trắc, giá trị của RMSE và ADM của chiều cao sóng tương ứng là 15,3% và 10,4% và của chu kỳ sóng là 16,2% và 9,2%.

**4.3. Xây dựng các kịch bản tính toán mô phỏng**

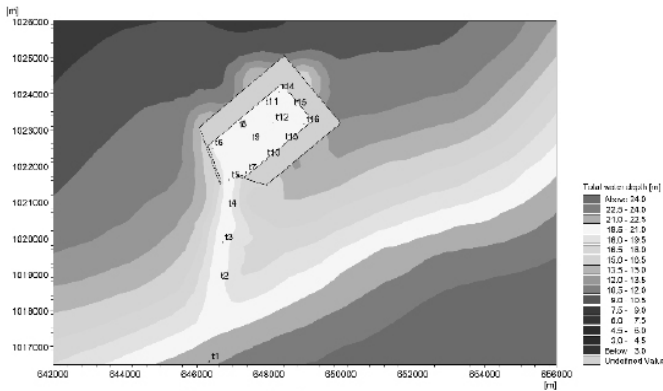
Khu vực nghiên cứu ít có bão xảy ra, do đó để đánh giá hiệu quả của phương án công trình bảo vệ cảng Trần Đề xây dựng 2 kịch bản mô phỏng như sau:

- Kịch bản 1 - gió mùa Đông Bắc (tương đương mùa khô): Mô phỏng chế độ thủy động lực học và lan truyền sóng, thời gian từ ngày 01 đến 31 tháng 02 năm 2017.
- Kịch bản 2 - gió mùa Tây Nam (tương đương mùa mưa): Mô phỏng chế độ thủy động lực học và lan truyền sóng, thời gian từ ngày 01 đến 31 tháng 09 năm 2017.

**5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**5.1. Phân bố điểm trích xuất**

Để tiến hành đánh giá phương án bố trí công trình, tiến hành trích xuất dữ liệu tại 16 điểm và so sánh với hiện trạng không có công trình. Trong 16 điểm, có 4 điểm thuộc luồng phía ngoài đê, 1 vị trí tại hòng đê và 11 vị trí thuộc bể cảng. Chi tiết các vị trí trích xuất thể hiện trên Hình 8.

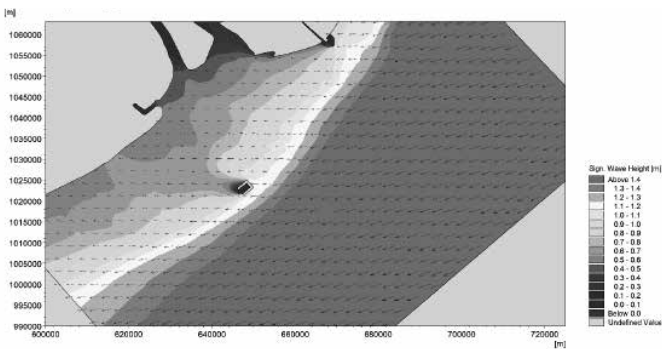


Hình 8. Vị trí các điểm trích xuất số liệu

**5.2. Đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình**

**a) Mùa gió Đông Bắc**

Kết quả trường sóng trong mùa gió Đông Bắc của khu vực nghiên cứu thể hiện trên Hình 9. Có thể thấy rằng, công trình giúp làm giảm chiều cao sóng đáng kể, tạo thành vùng tĩnh lặng trong bể cảng. Đây là điều kiện cần thiết để tàu có thể cập bến và thực hiện công tác bốc xếp hàng hóa.



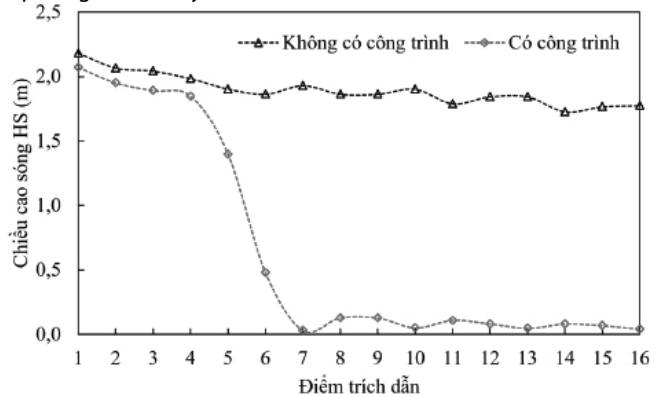
Hình 9. Chiều cao sóng vào mùa gió Đông Bắc

Biểu đồ chiều cao sóng lớn nhất tại 16 điểm trích xuất được thể hiện trên Hình 10. Kết quả được so sánh với trường hợp không có công trình. Với chiều cao sóng lớn nhất trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Đông Bắc: Tại 4 điểm phía luồng ngoài bể cảng (từ điểm t1 đến t4), chiều cao sóng khi có công trình gần như giống với khi chưa có công trình, khoảng 1,89 m đến 2,18 m. Tại cửa vào bể cảng (điểm t5), chiều cao sóng khoảng 1,4m. Với 11 điểm phía trong bể cảng, chiều cao sóng lớn nhất và nhỏ nhất lần lượt là 0,478 m và 0,03 m thu được ở các điểm t6 và t7. Nếu tính trung bình (từ t6 đến t16) thì chiều cao sóng trong bể cảng đạt khoảng 0,11 m, giảm khoảng 93% so với khi chưa có công trình là 1,84 m. Điều này chứng tỏ rằng công trình có hiệu quả chắn sóng tốt, phạm vi sóng nhiễu xạ trong đê nhỏ.

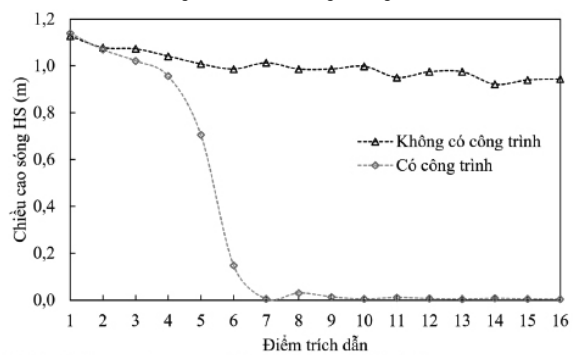
Với chiều cao sóng trung bình trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Đông Bắc, xu hướng thu được tương tự như với kết quả trích xuất chiều cao sóng lớn nhất như thể hiện trên Hình 11. Chiều cao sóng phía luồng ngoài bể cảng khoảng 1,00 đến 1,12 m, tại hòng đê (điểm t5) đạt 0,71 m. Nếu tính trung bình cho 11 điểm thì chiều cao sóng trong bể cảng khoảng 0,02 m, tức là giảm đến 98% so với trường hợp không có công trình.

Phân tích tỷ lệ xuất hiện của chiều cao sóng ở tất cả các điểm phía trong bể cảng được tóm tắt trong Bảng 4. Theo tiêu chuẩn [1], độ tĩnh lặng trong bể cảng đảm bảo cho tàu 100.000 DWT có thể thao tác và bốc xếp hàng yêu cầu là chiều cao sóng nhỏ hơn 0,5 đến 1,5 m (tùy theo phương tác động). Có thể thấy rằng, chiều cao sóng trong bể cảng nhỏ hơn 0,5 m xuất hiện với tỷ lệ lên đến gần 90%. Như vậy, việc bố trí phương án và xây dựng công trình đã đảm bảo

điều kiện tốt cho tàu theo thiết kế có thể thao tác và thực hiện bốc xếp hàng hóa theo yêu cầu.



Hình 10. Chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Đông Bắc



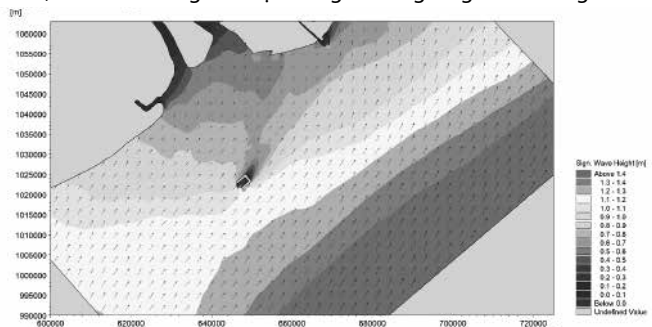
Hình 11. Chiều cao sóng trung bình vào mùa gió Đông Bắc

Bảng 4. Số lần xuất hiện chiều cao sóng Hs trong bể cảng (mùa gió Đông Bắc)

Chiều cao sóng	Tỷ lệ xuất hiện
≤ 0,5m	88,5%
> 0,5 m	5,7 %
> 0,7 m	4,0 %
> 1,0 m	1,8 %
> 1,5 m	0,0 %

**b) Mùa gió Tây Nam**

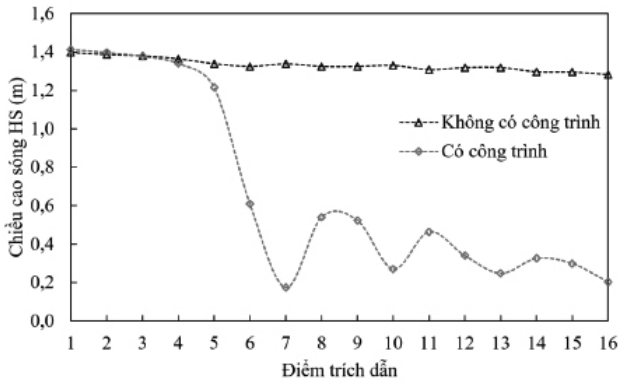
Kết quả trường sóng trong mùa gió Tây Nam thể hiện trên Hình 12. Kết quả mô phỏng cũng chỉ ra rằng, với sự che chắn của công trình, chiều cao sóng khu vực trong bể cảng đã giảm đi đáng kể.



Hình 12. Chiều cao sóng PA2, gió mùa Tây Nam

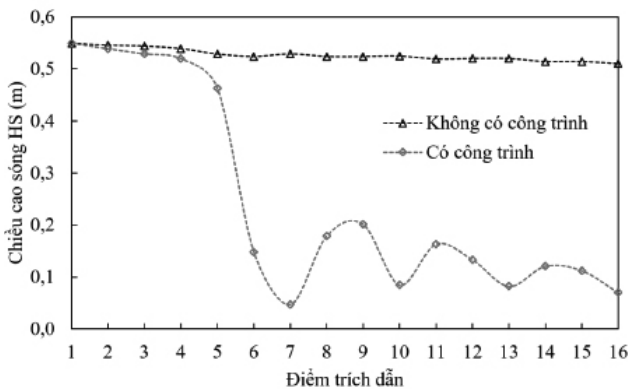
Hình 13 so sánh chiều cao sóng lớn nhất tại 16 điểm trích xuất giữa trường hợp có công trình và không có công trình. Tại 4 điểm phía luồng ngoài bể cảng, chiều cao sóng khi có công trình gần

như giống với khi chưa có công trình, khoảng 1,4 m. Chiều cao sóng giảm còn 1,2 m tại cửa cảng (điểm t5). Với 11 điểm phía trong bể cảng, chiều cao sóng lớn nhất dao động trong khoảng 0,2 đến 0,6 m. Nếu tính trung bình cho cả 11 điểm thì chiều cao sóng khoảng 0,36 m, giảm khoảng 72% so với khi chưa có công trình. Như vậy, chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Tây Nam đã giảm đi đáng kể nhờ có sự hiện diện của công trình.



Hình 13. Chiều cao sóng lớn nhất vào mùa gió Tây Nam

Chiều cao sóng trung bình trong thời gian mô phỏng vào mùa gió Tây Nam thể hiện trên Hình 14. Tương tự như với xu hướng của chiều cao sóng lớn nhất, chiều cao sóng phía luồng ngoài bể cảng đạt trung bình 0,54 m, tại họng đê (điểm t5) đạt 0,46 m. Chiều cao sóng trong bể cảng trung bình đạt 0,12 m, giảm 76% so với khi chưa xây dựng công trình.



Hình 14. Chiều cao sóng trung bình vào mùa gió Tây Nam

Chiều cao sóng tại các điểm phía trong bể cảng trong mùa gió Tây Nam cùng với tỷ lệ xuất hiện được thể hiện trong Bảng 5. Có thể thấy rằng, chiều cao sóng trong bể cảng nhỏ hơn 0,5 m xuất hiện với tỷ lệ lên đến hơn 90%. Như vậy, việc bố trí phương án và xây dựng công trình đã đảm bảo điều kiện tốt cho tàu theo thiết kế có thể thao tác và thực hiện bốc xếp hàng hóa theo yêu cầu của tiêu chuẩn [1].

Bảng 5. Số lần xuất hiện chiều cao sóng Hs trong bể cảng (mùa gió Tây Nam)

Chiều cao sóng	Tỷ lệ xuất hiện
< 0,5m	94,2%
> 0,5 m	3,6%
> 0,7 m	1,7%
> 1,0 m	0,5%
> 1,5 m	0,0%

## 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu và trình bày phương pháp sử dụng mô hình số để đánh giá hiệu quả giảm sóng của công trình đê chắn sóng bảo vệ cảng ngoài khơi. Các tính toán được mô phỏng và thực hiện trên phần mềm MIKE 21. Phương pháp phân tích, trình tự thực hiện tính toán, phân tích kết quả đã được giới thiệu và mô tả. Kết quả đã so sánh với trường hợp không có công trình để làm rõ khả năng giảm sóng của công trình.

Với trường hợp cụ thể được thực hiện trong nghiên cứu tại cảng ngoài khơi Trần Đề, kết quả phân tích cho thấy phương án mặt bằng đề xuất đã có hiệu quả làm giảm đáng kể chiều cao sóng so với khi chưa xây dựng công trình. Cụ thể, so với trường hợp gió mùa Đông Bắc, so với khi chưa có công trình, chiều cao sóng lớn nhất trong bể cảng chỉ còn khoảng 0,11 m (giảm khoảng 93%) và chiều cao sóng trung bình là 0,022 m (giảm khoảng 98%). Với trường hợp gió mùa Tây Nam, chiều cao sóng lớn nhất trong bể cảng là 0,36 m (giảm khoảng 72%) và chiều cao sóng trung bình khoảng 0,12 m (giảm khoảng 76%). Các giá trị chiều cao sóng này đều nhỏ hơn các giá trị cho phép được quy định trong tiêu chuẩn.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này nhận được sự hỗ trợ về tài liệu cơ bản từ Đề tài cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số B2024.XDA.05.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cục Hàng hải Việt Nam, TCCS 02:2017/CHVN: Đê chắn sóng - Yêu cầu thiết kế.
- [2]. TCVN 11820-2:2017 (2017), Công trình cảng biển - Yêu cầu thiết kế, Phần 2: Tải trọng và tác động.
- [3]. Nguyen, V.T. and C. Zhang. Assessment of the Influence of TH Port's Breakwater on the Hydrodynamic Regime in Cua Lo and Cua Hoi Estuaries, Nghe An Province, Vietnam. In: Feng, G. (eds) Proceedings of the 8th International Conference on Civil Engineering. ICCE 2021. Lecture Notes in Civil Engineering, vol.213. Springer, Singapore, [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1260-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1260-3_5).
- [4]. Tuyển, K.X., N.Đ. Quang and P.T.T. Vi (2018), Ứng dụng mô hình Mike 21-SW để xác định các thông số sóng thiết kế ở khu vực ven bờ trên đảo Phú Quý, tỉnh Bình Thuận, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 51.
- [5]. Quyết, N.K. and N.Q.Đ. Anh (2020), Ứng dụng mô hình toán lựa chọn phương án bố trí mặt bằng hợp lý công trình đê chắn sóng cảng khách Hạ Long, Tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi, số 60.
- [6]. Quyết định số 1579/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Quy hoạch tổng thể phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.
- [7]. Trịnh Đình Lai và cộng sự, Báo cáo cơ sở dữ liệu thủy hải văn, địa hình, địa chất thuộc Đề tài Ứng dụng mô hình toán nghiên cứu giải pháp tối ưu quy hoạch, bố trí không gian công trình bảo vệ và chống xói lở bờ biển khu vực đồng bằng sông Cửu Long, mã số: B2024.XDA.05.
- [8]. Tú, L.X. (2022), Đề tài cấp Quốc gia "Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng", mã số ĐTĐL.CN-07/17, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
- [9]. Nguyen, V.T., A.D. Nguyen and V.A. Le (2024), Optimization of Countermeasures to Stable and Protect Navigation Channels in Dinh An Estuary and Coastal of Tra Vinh Province, Vietnam, Journal of ETA Maritime Science, DOI: 10.4274/jems.2023.70446.