

NGHIÊN CỨU CHẾ ĐỘ SÓNG VÙNG BIỂN TỪ MŨI CÀ MAU ĐẾN KIÊN GIANG

Lê Đức Vĩnh, Nguyễn Anh Tiến

Viện Kỹ thuật Biển

Lieuou Kiến Chính

Trường Đại Học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: Sóng biển là một trong những yếu tố tác động mạnh mẽ lên khu vực bờ biển, gây nên các quá trình xói lở và làm thay đổi hình dạng đường bờ. Hiện nay khu bờ biển và vành đai rừng ngập mặn trải dài từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang đang xảy ra hiện tượng xói lở ngày càng tăng, trong đó nguyên nhân chính là do tác động của sóng. Do đó việc phân tích chế độ sóng tại khu vực nghiên cứu là cần thiết để làm cơ sở khoa học phục vụ việc nghiên cứu tìm ra các giải pháp bảo vệ đường bờ. Nghiên cứu này ứng dụng mô hình sóng TOMAWAC để mô phỏng sóng liên tục trong 10 năm (2008 -2017). Kết quả mô phỏng được sử dụng để phân tích các đặc trưng sóng như chiều cao sóng; hướng sóng; chu kỳ sóng cho vùng biển nghiên cứu.

Summary: Wave climate is one of the important factors affecting the erosion processes and the changes of the shoreline. The shore line at the study area is eroding at the present, in which wave is the main factor. Determining wave climate is essential to provide the base for proposing protection solutions. The article presents the application of TOMAWAC to simulate wave in 10 years continuously. The results including wave height, wave direction and wave period, then, are analyzed to determine wave characteristics in 10 years (2008-2017). Simulation results are used to analyze the wave characteristics such as wave height, wave direction, wave period in the study area.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sóng biển là một trong các yếu tố tác động trực tiếp vào đới bờ và chi phối phần lớn các cơ chế thủy thạch động lực như: hiện tượng dòng rút, dòng xoáy, vận chuyển bùn cát, xói lở [8]. Hiện nay, dọc bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang đã có một số công trình kè phá sóng bảo vệ bờ được xây dựng [9], trong tương lai sẽ còn xây dựng nhiều công trình để bảo vệ cho khu vực này. Để có đủ cơ sở dữ liệu tính toán cho các công trình bảo vệ bờ bởi tác động của sóng, dòng chảy dọc bờ cần phải có chuỗi dữ liệu quan trắc nhiều năm để phân tích các đặc trưng của nó. Tuy nhiên, hiện nay

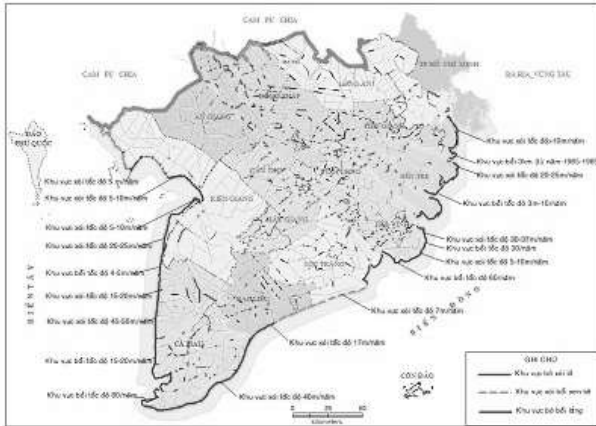
chưa có trạm quan trắc dài ngày được lắp đặt cho khu vực này. Vì vậy, việc xây dựng một bộ cơ sở dữ liệu từ mô hình số là việc rất cần thiết và tiết kiệm chi phí.

Mô hình toán Tomawac được sử dụng để mô phỏng sóng cho vùng nghiên cứu trong 10 năm từ 2008 đến 2017. Trong bài báo này chỉ tập trung nghiên cứu chiều cao sóng, hướng sóng và chu kỳ sóng theo hai mùa gió (MGĐB và MGTN) để tìm ra chế độ sóng theo mùa cho vùng nghiên cứu trải dài từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang. Với chế độ sóng có được, phần nào giải thích được hiện trạng xói lở bờ biển, đặc biệt tại một số khu vực bờ biển thuộc vùng nghiên cứu đang xảy ra xói lở nghiêm trọng. Hình 1 là bản đồ hiện trạng xói lở đường bờ biển ĐBSCL.

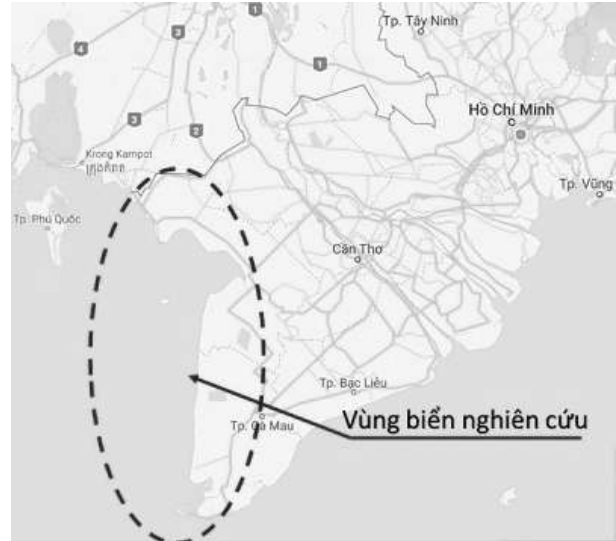
Ngày nhận bài: 04/8/2018

Ngày thông qua phản biện: 20/8/2018

Ngày duyệt đăng: 25/9/2018



Hình 1. Bản đồ hiện trạng xói lở đường bờ biển ĐBSCL [11]



Hình 2. Vùng nghiên cứu từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang

2. GIỚI THIỆU VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên - Kiên Giang dài khoảng 350km, nằm hoàn toàn về biển phía biển Tây của đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL).

Đối với khu vực bờ biển Cà Mau, hiện nay có hơn 3.000 km² diện tích của tỉnh được sử dụng cho nuôi trồng thủy sản. Điều này, đã khiến các khu rừng ngập mặn (RNM) hiện hữu bị xóa sổ, nơi hình thành nên một vành đai xung quanh khu vực ven biển của tỉnh và có chức năng giống như một hệ thống bảo vệ bờ biển tự nhiên [1].

Chế độ thủy triều của vùng biển Tây là nhật triều không đều, biên độ dao động nhỏ hơn 1m, đối lập hoàn toàn với thủy triều biển Đông có chế độ bán nhật triều không đều, biên độ dao động rất lớn (2,1÷3,8)m [1][2].

Vùng biển Tây có thêm lục địa tương đối thoải và nông hơn so với vùng phía biển Đông, theo kết quả phân tích số liệu địa hình đo đạc khu vực Mũi Cà Mau trong nghiên cứu này cho thấy, tại cao trình đáy biển - 4m phía biển Đông cách bờ khoảng 3km, trong khi phía biển Tây cách bờ khoảng 7km, đặc biệt tại vùng bãi bồi Mũi Cà Mau cao trình đáy biển -20m cách bờ khá xa khoảng 20km. Hình 2 dưới đây minh họa cho vùng nghiên cứu chính từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên - Kiên Giang.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hiện nay có rất nhiều phương pháp nghiên cứu sóng biển, tuy nhiên để có được bức tranh tổng thể của trường sóng cũng như các đặc trưng sóng trong nhiều năm cho một khu vực rộng lớn thì việc sử dụng mô hình toán mô phỏng trường sóng là hợp lý nhất. Trong nghiên cứu này, mô hình TOMAWAC (Telemac- based Operation Model Addressing Wave Action Computation), một phần mềm mở được phát triển bởi LNHE (Laboratoire National d’Hydraulique Environnement) thuộc thế hệ thứ 3 được sử dụng để mô phỏng sóng.

Mô hình Tomawac mô phỏng sự lan truyền sóng dựa trên phương trình bảo toàn của phổ hướng tác động sóng N (directional spectrum of wave action), phương trình được viết trong hệ tọa độ Decartes:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial xN}{\partial x} + \frac{\partial yN}{\partial y} + \frac{\partial k_x N}{\partial k_x} + \frac{\partial k_y N}{\partial k_y} = Q(k_x, k_y, x, y, t) \tag{1}$$

Nếu đặt : $\vec{V} = (x, y, k_x, k_y)$ thì phương trình (1) được viết lại:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \vec{V} \cdot grad_{\vec{x}, \vec{k}}(N) = Q \tag{2}$$

trong đó:

$$\dot{x} = C_g \frac{k_x}{k} + U_x \dot{y} = \dot{x} = C_g \frac{k_x}{k} + U_y$$

$$\dot{k}_x = -\frac{\partial \theta}{\partial a} \frac{\partial a}{\partial x} - \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial x} \dot{k}_y = -\frac{\partial \theta}{\partial a} \frac{\partial a}{\partial x} - \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial x}$$

N : phổ hướng tác động sóng

Ux, Uy : vận tốc dòng theo hướng x và y

Cg : Vận tốc nhóm sóng

kx, ky : số sóng theo phương x và y

σ : tần số góc tương đối (intrinsic angular frequency) liên hệ với tần số góc tuyệt đối theo công thức:

$$\omega = \sigma + \vec{k} \cdot \vec{U} \quad (3)$$

ω - tần số góc tuyệt đối (quan sát thấy trong hệ tọa độ cố định), tương ứng với tần số tuyệt đối $f_a = \omega/2\pi$; \vec{U} - tốc độ dòng chảy (lấy tích phân theo độ sâu); $\sigma^2 = g.k.tanh(k.d)$, σ - tần số góc tương đối (quan sát thấy trong khung quy chiếu chuyển động với vận tốc dòng chảy) tương ứng với tần số tương đối $f_r = \sigma/2\pi$; d- độ sâu nước; Q - số hạng nguồn tạo sóng hoặc làm giảm sóng do gió, do ma sát, do sóng vỡ.....:

$$Q = Q_{in} + Q_{ds} + Q_{nl} + Q_{bf} + Q_{br} + Q_{tr} + Q_{ds,cur} + Q_{veg} \quad (4)$$

với các thành phần:

Qin - năng lượng sóng do gió;

Qds - tiêu tán năng lượng do sóng bạc đầu được thiết lập theo phương pháp của Komen [Komen et al., 1984] và Janssen [Janssen, 1991] theo phương trình sau:

$$Q_{dis} = - C_{dis} \bar{\sigma} \bar{k}^2 m_0^2 \left(\delta \frac{k}{\bar{k}} + (1 - \delta) \left(\frac{k}{\bar{k}} \right)^2 \right) \quad (5)$$

trong đó: Cdis là hệ số tiêu tán năng lượng, $\bar{\sigma}$ là tần số góc tương đối trung bình; \bar{k} là số sóng trung bình; δ hệ số năng suất

(weighting coefficient); m0 là tổng phương sai.

Qnl - tương tác bộ tứ không tuyến tính;

Qbf - tiêu tán năng lượng do ma sát đáy;

Qbr - tiêu tán năng lượng vùng địa hình sóng vỡ được thiết lập theo phương pháp của Thornton and Guza [Thornton, 1983]:

$$Q_{br}(f, \theta) = -12\sqrt{\pi} B^3 f_c \frac{2m_0}{Hm_0^2 d} \left[1 - \left(1 + \left(\frac{2m_0}{Hm_0} \right)^2 \right)^{5/2} \right] F(f, \theta) \quad (6)$$

trong đó: fc là tần số sóng trung bình; B là hệ số phân tán năng lượng sóng và có giá trị từ 0.8 đến 1.5; Hm là độ cao sóng cực đại liên quan đến độ sâu nước d và bị chi phối bởi hệ số γ theo công thức: $Hm = \gamma d$.

Qtr - tương tác bộ ba không tuyến tính;

Qds,cur - tiêu tán năng lượng do sóng vỡ tác động lên dòng chảy ;

Qveg - tiêu tán năng lượng do thảm thực vật.

Chiều cao mặt sóng được xác định theo công thức:

$$\eta(x, y, t) = \int_{f=0}^{f=\infty} \int_{\theta=0}^{2\pi} \sqrt{2F(f, \theta)} df d\theta \cos[k(x \cdot \cos\theta - y \cdot \sin\theta) - \omega t + \varphi] \quad (7)$$

trong đó

$\eta(x, y, t)$: cao trình mặt sóng

F(f, θ) : phổ tần số sóng , được liên hệ với N theo công thức : $N = F/\sigma$

f: tần số sóng

θ : hướng sóng.

Phương trình (2) được giải bằng phương pháp phân tử hữu hạn và (7) được dùng để xác định cao trình sóng. Chi tiết phương pháp giải có thể tham khảo trong EDF R&D (2016).

4. THIẾT LẬP VÀ KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

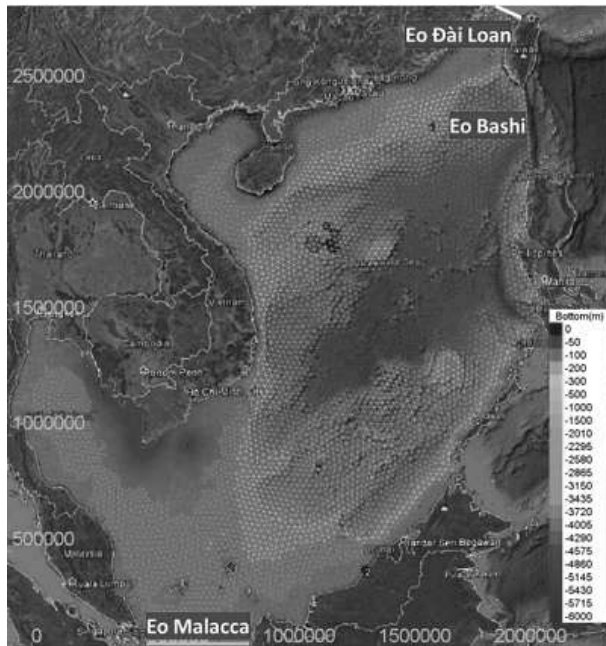
4.1. Số liệu địa hình

Địa hình đáy được lấy từ GEBCO (General Bathymetric Chart of Ocean) với độ phân giải 30s (khoảng 925m) cho vùng ngoài khơi Biển

Đông, dữ liệu này được cập nhật năm 2014. Tại khu vực gần bờ từ Vũng Tàu tới Kiên Giang dữ liệu địa hình được cập nhật từ dự án LMDCZ [3] năm 2017 và dữ liệu đo đạc từ đề tài cấp nhà nước “Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định bờ biển vùng đồng bằng sông cửu long, đoạn từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên” được đo đạc tháng 7 năm 2017.

4.2. Lưới và hệ thống biên tính toán

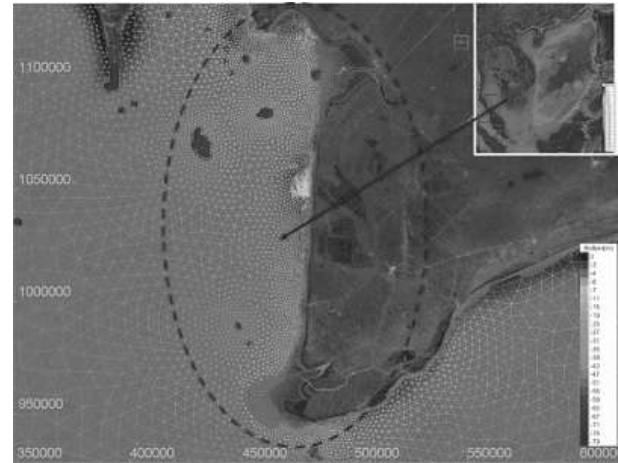
Dựa theo đặc điểm địa hình Biển Đông, miền tính được trải dài từ 1° đến 25° N và từ 99° đến 121° E. Miền tính được khép kín bởi ba biên lỏng (ba eo biển) và các biên cứng là đất liền và các đảo (được thể hiện ở Hình 3). Các eo biển tiếp giáp với các vùng biển và đại dương bên ngoài bao gồm: eo Đài Loan, eo Bashi và eo Malacca. Tại khu vực nghiên cứu chính là vùng biển Tây từ Mũi Cà mau đến Hà Tiên lưới được chia nhỏ hơn để kết quả mô phỏng được chi tiết hơn (xem Hình 4).



Hình 3. Lưới tính toán và địa hình toàn Biển Đông

Hệ thống lưới tính toán bao gồm 18.048 nút và 34.581 phần tử tam giác. Trong đó, khoảng

cách lớn nhất giữa 2 nút lưới là 25km (đối với khu vực ngoài khơi) và nhỏ nhất là 400m (ven bờ khu vực nghiên cứu).



Hình 4. Lưới tính toán và địa hình vùng nghiên cứu

4.3. Điều kiện biên

Biên lỏng tại eo Đài Loan, eo Bashi và eo Malacca được minh họa trong Hình 3 được lựa chọn là hệ thống biên đóng, sóng vùng Biển Đông chỉ thuần túy là sóng do gió gây ra.

4.4. Các thông số đầu vào

Trường gió thay đổi theo không gian và thời gian trên toàn bộ bề mặt biển Đông, trường gió này được thu thập từ NOAA với độ phân giải 30 phút sắp xỉ 55km;

Mực nước triều trung bình nhiều năm tại khu vực nghiên cứu được lấy là hằng số $Z_{tb} = 20$ cm (dữ liệu mực nước triều trung bình được tính từ chuỗi số liệu 12 năm từ 2006 đến 2017 tại cửa sông Đốc;

Hệ số nhám Manning' M thay đổi theo không gian và theo độ sâu.

4.5. Thời gian mô phỏng

Thời gian mô phỏng để hiệu chỉnh mô hình sóng là 1 năm 2016. Thời gian mô phỏng để kiểm định mô hình là một tháng 01/07/2017-31/07/2017. Mô hình sau khi được hiệu chỉnh và kiểm được sử dụng để mô phỏng sóng trong 10 năm từ 2008 đến 2017. Kết quả mô phỏng

sóng trong 10 năm được sử dụng để phân tích chế độ sóng cho khu vực bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang.

4.6. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Để hiệu chỉnh mô hình cho các đặc trưng sóng ngoài khơi xa hay sóng vùng nước sâu của vùng nghiên cứu, hệ số tiêu tán năng lượng sóng do hiệu ứng sóng bạc đầu được lựa chọn với hệ số C_{dis} trong phương trình (5) là 3.5.

Đối với sóng gần bờ do ảnh hưởng bởi địa hình đáy rất lớn đến các đặc trưng sóng, đặc biệt là yếu tố sóng vỡ do địa hình, vì vậy các hệ số hiệu chỉnh cho mô hình sóng khi vào bờ được giới thiệu trong phương trình (6) ở trên lần lượt có các giá trị hiệu chỉnh cho vùng nghiên cứu biển Tây: $\gamma = 0.8$; $B = 1$.

Các thành phần chiều cao sóng có nghĩa, chu kỳ sóng và hướng sóng được so sánh với số liệu dự báo của NOAA tại ba vị trí ngoài khơi (N4; N6; N8) trong năm 2016 để hiệu chỉnh mô hình. Mô hình được kiểm định với dữ liệu sóng tại hai vị trí đo đạc gần bờ Đ1 và Đ2 trong khoảng thời gian 01/07/2017-31/07/2017. Vị trí các điểm hiệu chỉnh và kiểm định mô hình được trình bày trong Hình 4.

Để đánh giá độ chính xác của mô hình trong quá trình hiệu chỉnh và kiểm định mô hình, chúng tôi lựa chọn 6 chỉ tiêu đánh giá sai số sau đây:

Mean error:

$$ME = \sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 / N \quad (8)$$

Root mean squarer error:

$$RMSE = (\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2 / N)^{1/2} \quad (9)$$

Standard deviation of error

$$SD = (RMSE^2 - ME^2)^{1/2} \quad (10)$$

Scatter index

$$SI = RMSE / \bar{Y} \quad (11)$$

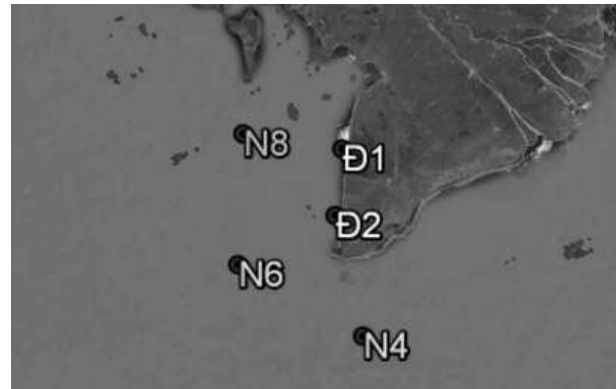
Correlation coefficient

$$r = [\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})] / [\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 (Y_i - \bar{Y})^2]^{1/2} \quad (12)$$

Percent bias (PBIAS) [6]:

$$PBIAS = [\sum_{i=1}^n (Y_i - X_i) * 100 / \sum_{i=1}^n (Y_i)] \quad (13)$$

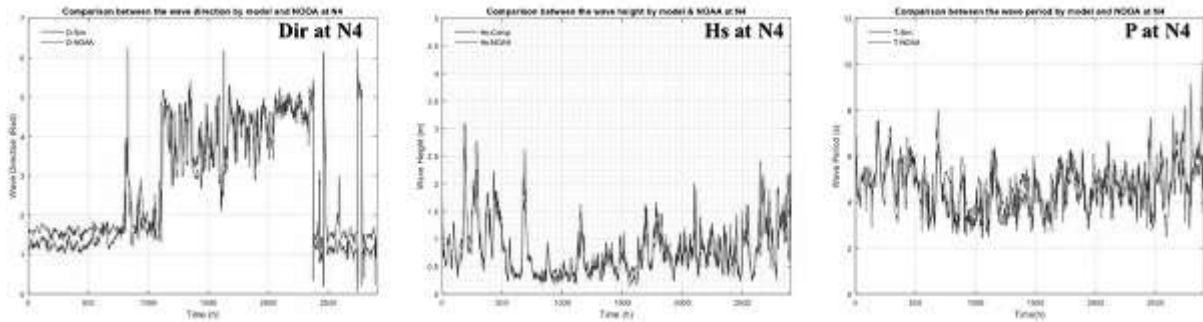
trong đó: X_i và Y_i lần lượt là các giá trị tính toán và đo đạc, \bar{X} và \bar{Y} lần lượt là các giá trị trung bình của chuỗi dữ liệu tính toán và đo đạc, N là chiều dài chuỗi dữ liệu. Chi tiết cho hệ số PBIAS có thể tham khảo trong Moriasi et. Al. (2007).



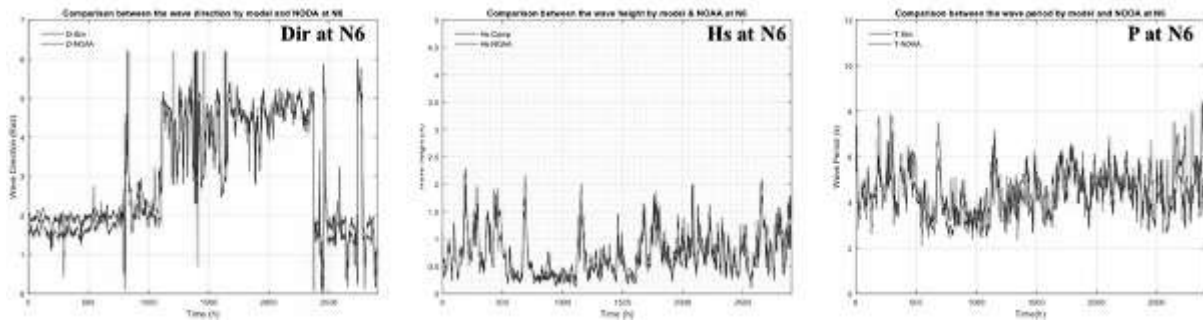
Hình 4. Vị trí các điểm hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

4.6.1. Kết quả hiệu chỉnh mô hình

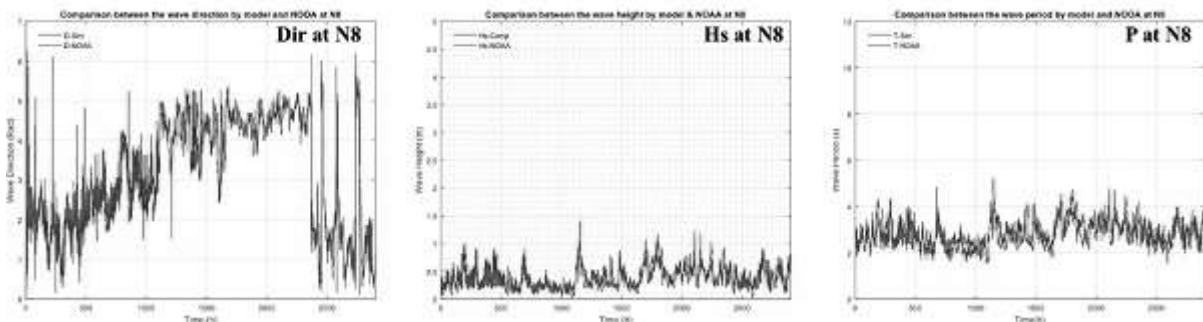
Mô hình được hiệu chỉnh cho ba đặc trưng sóng bao gồm chiều cao sóng có nghĩa H_s ; hướng sóng Dir và chu kỳ sóng trung bình P trong vòng một năm 2016 với bước thời gian 3h. Các kết quả so sánh được trình bày lần lượt từ Hình 5 đến Hình 7 dưới đây.



Hình 5. Kết quả so sánh (Dir, Hs, P) giữa tính toán và NOAA tại N4



Hình 6. Kết quả so sánh (Dir, Hs, P) giữa tính toán và NOAA tại N6



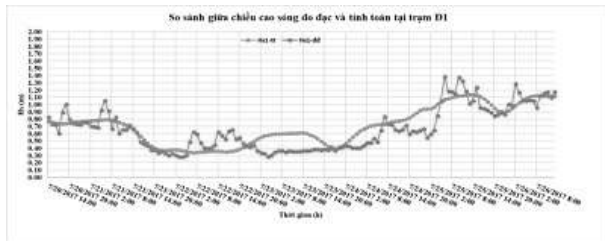
Hình 7. Kết quả so sánh (Dir, Hs, P) giữa tính toán và NOAA tại N8

Bảng 1. Chỉ số sai số giữa dữ liệu mô phỏng với dữ liệu từ NOAA

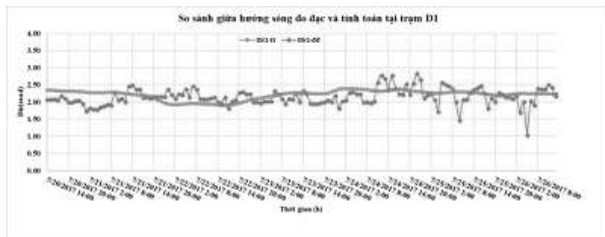
	Điểm So sánh	ME	RMSE	SD	SI	r	PBIAS
Dir	N4	0.27	0.52	0.44	0.18	44.32	3.72
	N6	0.31	0.56	0.46	0.18	43.35	4.48
	N8	0.35	0.59	0.48	0.19	39.46	0.74
Hs	N4	0.06	0.24	0.23	0.30	23.06	2.99
	N6	0.05	0.23	0.22	0.31	28.05	2.82
	N8	0.02	0.16	0.15	0.40	24.99	2.07
P	N4	0.86	0.93	0.35	0.20	25.18	1.31
	N6	0.90	0.95	0.30	0.22	27.41	-6.67
	N8	0.26	0.51	0.44	0.18	26.38	-0.96

4.6.2. Kết quả kiểm định mô hình

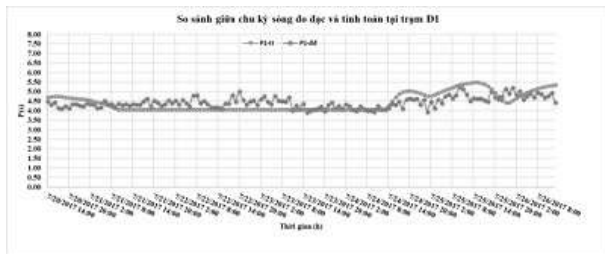
Mô hình được kiểm định cho ba đặc trưng sóng bao gồm chiều cao sóng có nghĩa H_s ; hướng sóng Dir và chu kỳ sóng trung bình P trong khoảng thời gian 01/07/2017-31/07/2017 tại hai vị trí đo đạc gần bờ Đ1 và Đ2. Các kết quả so sánh được trình bày trong các hình từ Hình 8 đến Hình 13 dưới đây.



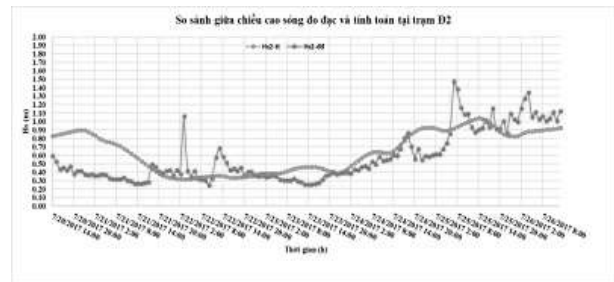
Hình 8. Kết quả so sánh giữa chiều cao sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ1



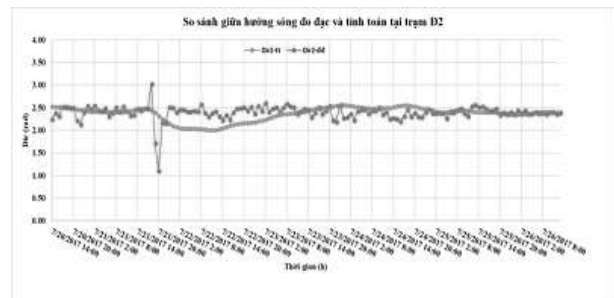
Hình 9. Kết quả so sánh giữa hướng sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ1



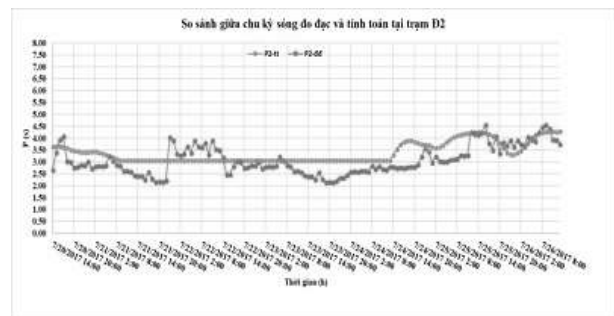
Hình 10. Kết quả so sánh giữa chu kỳ sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ1



Hình 11. Kết quả so sánh giữa chiều cao sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ2



Hình 12. Kết quả so sánh giữa hướng sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ2



Hình 13. Kết quả so sánh giữa chu kỳ sóng tính toán và đo đạc tại điểm Đ2

Bảng 2. Chỉ số sai số giữa dữ liệu mô phỏng với dữ liệu đo đạc

	Điểm So sánh	ME	RMSE	SD	SI	r	PBIAS
Dir	Đ1	0.08	0.28	0.27	0.13	0.51	-3.4
	Đ2	0.05	0.23	0.22	0.09	-0.63	0.9
Hs	Đ1	0.03	0.16	0.16	0.24	8.02	-7.21
	Đ2	0.06	0.24	0.23	0.42	7.28	-12.96
P	Đ1	0.17	0.42	0.38	0.09	5.19	-0.37
	Đ2	0.33	0.57	0.47	0.18	5.58	-10.45

Kết quả so sánh từ Hình 5 đến Hình 7 cho thấy dữ liệu sóng tính toán khá tương đồng với dữ liệu sóng của NOAA (N4; N6; N8) và dữ liệu sóng đo đạc (Đ1; Đ2). Chỉ số PBIAS trong Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình đều nằm trong khoảng tốt và rất tốt (theo Moriasi et. Al. (2007)). Các thông số hiệu chỉnh mô hình được giữ nguyên để mô phỏng sóng liên tục trong 10 năm từ 2008 đến 2017.

5. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

5.1. Phân chia khu vực chi tiết và lựa chọn các điểm phân tích

Để phân tích chế độ sóng, chúng tôi chia toàn bộ vùng nghiên cứu thành 3 khu vực nhỏ, dựa trên 3 tiêu chí: đặc trưng về vị trí địa lý; về chế độ sóng và hiện trạng xói lở đường bờ biển, cụ thể như sau:

KV1: Đoạn từ Mũi Cà Mau đến huyện Phú Tân (Cà Mau), đây là khu vực ngoài ảnh hưởng bởi chế độ sóng biển Tây, khu vực này còn chịu ảnh hưởng bởi sóng từ phía Biển Đông khúc xạ qua Mũi Cà Mau và lan truyền vào. Trong KV1 đường bờ dường như không bị xói lở, đây là khu vực bồi (xem Hình 1).

KV2: Đoạn từ huyện Phú Tân (Cà Mau) đến

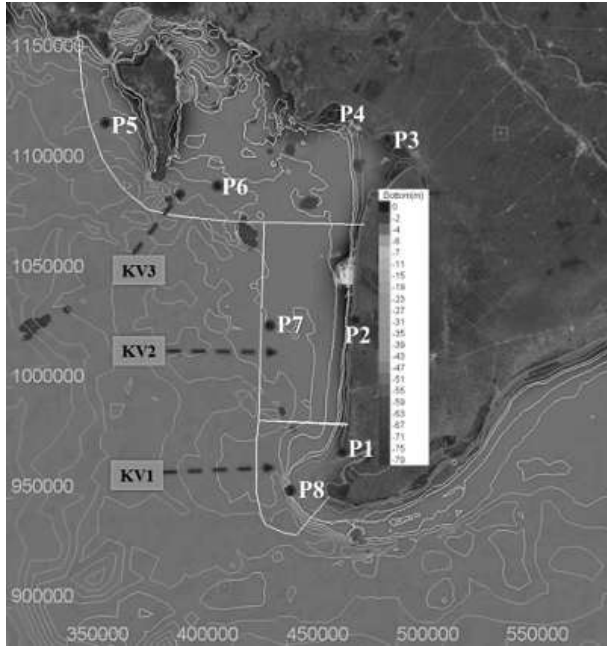
huyện huyện An Minh (Kiên Giang), khu vực này chịu ảnh hưởng hoàn toàn bởi chế độ sóng Biển Tây. Dọc đường bờ KV2 hầu hết đang trong tình trạng xói lở nghiêm trọng, có những khu vực đường bờ xói lở với tốc độ từ 30 - 40m/năm (xem Hình 1).

KV3: Đoạn từ huyện An Minh (Kiên Giang) đến thị xã Hà Tiên (Kiên Giang), khu vực này chịu ảnh hưởng bởi chế độ sóng biển Tây còn và chịu ảnh hưởng bởi sử che chắn đảo Phú Quốc trong MGTN. Trong KV3 hiện trạng xói lở/ bồi tụ xảy ra đan xen. Trong đó, xói lở nghiêm trọng nhất là hai đoạn bờ biển: ĐB1 là đoạn thuộc hai xã Sơn Bình và Thổ Sơn (huyện Hòn Đất – Kiên Giang) có tốc độ xói từ 5 -10m/năm; ĐB2 là đoạn từ cửa kênh Lung Lớn (TT Kiên Lương) đến hang Giếng Tiên (Bình An – Kiên Lương) có tốc độ xói lở 5m/năm (xem Hình 1).

Để lựa chọn các vị trí phân tích, nghiên cứu lựa chọn 4 vị trí sát bờ nằm trên đường đồng mức độ sâu -2m hoặc -4m tùy thuộc vào các vị trí đặc biệt, và 4 vị trí xa bờ nằm trên đường đồng mức độ sâu -15m, riêng vị trí phía trước đảo Phú Quốc có độ sâu -22m. Các vị trí có khoảng cách bờ khác nhau, được trình bày trong Bảng 3 và Hình 14.

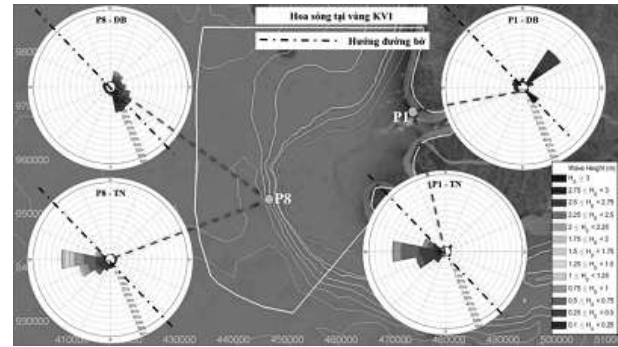
Bảng 3. Thông tin các vị trí khảo sát

Vị trí	X	Y	Độ Sâu (m)	Cách Bờ (Km)
P1(sb)	476779	970811.89	-2	1.2
P2(sb)	479718	1030538.3	-2	1
P3(sb)	493544	1113327.1	-4	1
P4(sb)	469246	1124924.1	-4	3
P5(nk)	416548	1092770.2	-15	22
P6(nk)	438855	1035101	-15	50
P7(nk)	449284	954019.07	-15	42
P8(nk)	365515	1120488.1	-22	18



Hình 14. Vị trí 8 điểm khảo sát sóng dọc bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang

5.2. Kết quả tính toán tại KV1



Hình 15. Hoa sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV1

Bảng 4. Tần suất hướng sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV1

		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	WN	NNW	N
ĐB	P1(sb)	1	35.3	6.5	0.3	1.1	12	0.2	0	0.8	6.3	9.2	4.6	7.3	9	2.5	4
	P8(nk)	9.6	8.6	6	8.5	12.9	17.3	21.7	3	1.8	2.1	1.6	2.4	2.8	0.9	0.4	0.5
TN	P1(sb)	0	3	0.9	0.1	0.1	1.3	0	0	1	10.1	23.6	41.6	17.2	0.7	0.1	0.1
	P8(nk)	0.8	0.4	0.7	1.5	1.5	1.6	3.5	3.9	5.9	11.8	22.4	36.6	8.9	0.3	0	0

Ghi chú: nk – vị trí ngoài khơi, sb – vị trí sát bờ

Bảng 5. Tần suất chiều cao sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV1

	Vị trí	0 - 0.25m	0.25 - 0.5m	0.5 - 0.75m	0.75 - 1m	1 - 1.25m	1.25 - 1.5m	1.5 - 1.75m	1.75 - 2m	2 - 2.25m	2.25 - 2.5m	>2.5m
ĐB	P1(sb)	63.8	35.1	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P8(nk)	34.5	35.8	20.0	7.8	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TN	P1(sb)	25.1	37.9	25.5	10.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P8(nk)	13.6	29.2	25.0	15.1	8.1	4.7	2.4	1.0	0.7	0.3	0.0

Bảng 6. Tần suất chu kỳ sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV1

	Vị trí	0 - 1s	1 - 2s	2 - 3s	3 - 4s	4 - 5s	5 - 6s	6 - 7s	7 - 8s	8 - 9s	9 - 10s	>10s
ĐB	P1(sb)	0.0	5.3	45.1	27.3	11.1	5.9	2.8	1.4	0.6	0.2	0.1
	P8(nk)	0.0	1.4	54.6	37.6	4.6	1.1	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0
TN	P1(sb)	0.0	1.5	35.9	37.8	17.2	5.6	1.6	0.3	0.0	0.0	0.1
	P8(nk)	0.0	0.6	30.5	43.9	20.1	4.4	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0

5.2.1. Chế độ sóng mùa gió Đông Bắc (MGĐB)

MGĐB sóng tại vị trí sát bờ (P1) rất thấp, chủ yếu là sóng có chiều cao dưới 0.5m chiếm tới

98.9%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 - 1m] chiếm 1.2% và hoàn toàn không xuất hiện sóng có chiều cao trên 1m. Hướng sóng chiếm ưu thế là hướng Đông - Bắc (EN) chiếm

(35.3%) và Đông – Nam (ES) (12%). Trong đó, hướng sóng EN là sóng được tạo thành do tác động của gió mùa Đông Bắc, hướng ES là sóng được truyền vào từ phía biển Đông qua hiệu ứng khúc xạ sóng do địa hình và hình dạng đường bờ thay đổi. Chu kỳ sóng chủ yếu tập trung trong khoảng [2-4s) chiếm 72.4% MGĐB Tại vị trí ngoài khơi (P8) sóng thấp, chủ yếu cũng là sóng có chiều cao dưới 0.5 m chiếm 70.3%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 -1m] chiếm 29.5% so với vị trí sát bờ (P1) ở đây đã xuất hiện sóng có chiều cao trên 1m chiếm 1.7%. Hướng sóng phân bố rộng từ Bắc – Đông Bắc (NEN) đến Nam – Đông Nam (SES). Chu kỳ sóng mùa này tại P8 cũng chủ yếu tập trung trong khoảng [2-4s) chiếm tới 92.2%.

5.2.2. Chế độ sóng mùa gió Tây Nam (MGTN) MGTN sóng truyền từ ngoài khơi vào bờ với hai hướng chủ yếu là Tây (W) và Tây – Tây Nam (WSW), hướng sóng dường như không thay đổi khi vào bờ. Với hướng sóng W sẽ tạo với đường bờ một góc khoảng 45^o, và hướng WSW tạo với đường bờ một góc 67.5^o.

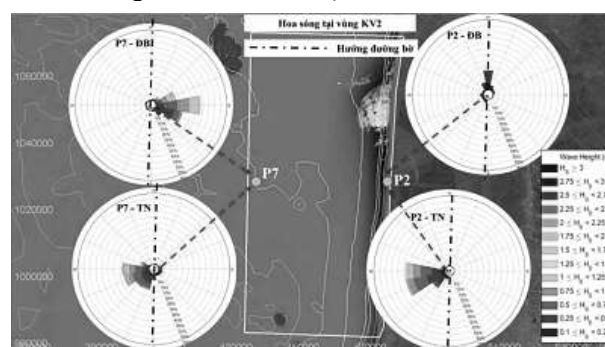
Tại (P1) sóng có chiều cao dưới 0.5m chiếm khoảng 60.5%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 -1] chiếm 35.8%, trên 1m chiếm khoảng 1.2% và hoàn toàn không xuất hiện sóng lớn hơn 1.25m. Trong khi đó, ngoài khơi tại vị trí (P8) chiều cao sóng dưới 0.5m chiếm

42.8%, sóng có chiều cao trong khoan (0.5 - 1m] chiếm 40.1%, sóng trên 1m chiếm khoảng 17.2%, hoàn toàn không xuất hiện sóng có chiều cao trên 2.5m.

Chu kỳ sóng tại KV1 tập trung trong khoảng [2 -4s), tại sát bờ (P1) chiếm 73.7%, xa bờ tại (P8) là 74.4%.

Kết quả nghiên cứu sóng trong KV1 khá tương đồng với kết quả nghiên cứu trước của Nguyễn Hữu Nhân (2016), đặc biệt là hướng sóng ngoài khơi, đối với các vị trí gần bờ hướng sóng có phần hơi khác nhau trong mùa gió Đông Bắc, điều này do vị trí chọn điểm khảo sát khác nhau nên hướng đường bờ khác nhau dẫn tới hướng sóng ven bờ cũng có phần khác nhau.

5.3. Kết quả tính toán tại KV2



Hình 16. Hoa sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV2

Bảng 7. Tần suất hướng sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV2

		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	WN	NNW	N
ĐB	P2(sb)	4.6	2.2	1.6	0.7	0.4	0.1	0	0	16.3	15.4	8.1	7.3	5.3	4.6	13	20.4
	P7(nk)	1.9	4.4	17.2	37.4	24.1	7.5	1.3	0.5	0.5	0.7	0.5	0.9	1.4	0.5	0.4	0.8
TN	P2(sb)	0.2	0	0	0	0	0	0	0	6.9	15.6	34.6	34.8	4.1	0.4	1.2	2.2
	P7(nk)	0.8	0.1	1.5	3.2	3.6	2.8	2.2	5	13.6	14.3	21.6	22.5	7.6	0.6	0.1	0.4

Bảng 8. Tần suất chiều cao sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV2

	Vị trí	0 - 0.25m	0.25 - 0.5m	0.5 - 0.75m	0.75 - 1m	1 - 1.25m	1.25 - 1.5m	1.5 - 1.75m	1.75 - 2m	2 - 2.25m	2.25 - 2.5m	>2.5m
ĐB	P2(sb)	78.7	18.4	2.1	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P7(nk)	13.2	25.9	22.2	19.3	12.2	4.9	1.8	0.4	0.0	0.0	0.0
TN	P2(sb)	22.9	31.2	24.9	12.7	5.9	2.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
	P7(nk)	13.0	32.5	27.4	14.9	6.7	2.8	1.3	0.7	0.5	0.1	0.0

Bảng 9. Tần suất chu kỳ sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV2

	Vị trí	0 - 1s	1 - 2s	2 - 3s	3 - 4s	4 - 5s	5 - 6s	6 - 7s	7 - 8s	8 - 9s	9 - 10s	>10s
ĐB	P2(sb)	0.0	4.5	50.5	23.5	9.6	5.6	2.8	1.9	0.9	0.3	0.2
	P7(nk)	0.0	0.2	26.4	39.2	22.9	7.3	2.3	1.0	0.5	0.2	0.0
TN	P2(sb)	0.0	1.5	38.2	39.3	15.4	4.4	1.0	0.1	0.0	0.1	0.0
	P7(nk)	0.0	0.2	27.6	49.5	19.2	3.1	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

5.3.1. Chế độ sóng MGĐB

MGĐB hướng sóng chủ đạo tại vị trí gần bờ (P2) là hướng Bắc (N) song song với đường bờ, chiếm 20.4%. Ngoài khơi xa tại (P7) hướng sóng từ bờ ra khơi, đây là sóng hoàn toàn được hình thành bởi GMĐB thổi từ bờ ra khơi, hướng sóng ngoài khơi mùa này chủ yếu có 3 hướng là Đông - Đông Bắc (EEN); Đông (E) và Đông - Đông Nam (EES), trong đó hướng E là hướng xuất hiện nhiều nhất với 37.4%.

Gần bờ tại (P2) sóng khá thấp chủ yếu là sóng có chiều cao dưới 0.5m chiếm khoảng 97.1%, sóng có chiều cao trong khoảng 0.5 - 1m] chiếm 2.7%, sóng có chiều cao trên 1m chiếm khoảng 0.2%. Trong khi đó, ngoài khơi tại (P7) sóng có chiều cao dưới 0,5 m chỉ chiếm 39.1%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 - 1] chiếm 41.5%, sóng trên 1m chiếm 19.3%.

Chu kỳ sóng cho KV2 nhìn chung chỉ tập trung trong hai khoảng [2 - 4s), tại P2 tần suất xuất xuất hiện chu kỳ sóng trong khoảng này là 74.0%, tại P7 là 65.6%.

Từ kết quả phân tích hướng sóng và chiều cao sóng tại các vị trí thuộc KV2 có thể thấy, vào MGĐB sóng tại khu vực sát bờ khá yên tĩnh và không có ảnh hưởng tiêu cực tới quá trình xói lở đường bờ.

5.3.2. Chế Độ sóng MGTN

MGTN sóng ngoài khơi tại P7 lan truyền vào bờ theo hai hướng chính là Tây (W) chiếm 22.5% và Tây - Tây Nam (WSW) chiếm 21.6%, khi truyền vào bờ tại vị trí P2 hướng sóng chủ đạo dường như không đổi với các hướng tương ứng là W(34.8%) và WSW(34.6%). Trong đó hướng W gần như vuông góc với đường bờ, hướng WSW hợp với đường bờ một góc khoảng 67.5o .

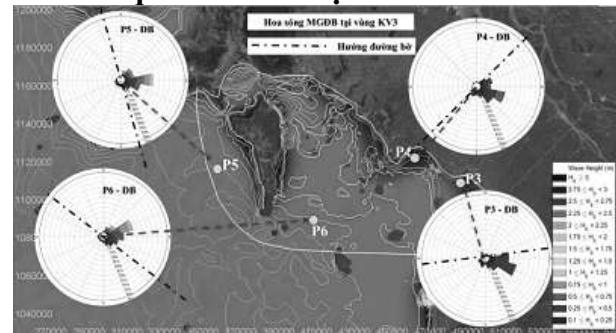
Tại (P2) sóng có chiều cao dưới 0.5m chiếm khoảng 54.1%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 - 1] chiếm 37.6%, sóng trên 1m chiếm khoảng 8.4%. Trong khi đó, ngoài

khơi tại P7) sóng có chiều cao dưới 0,5 m chiếm 45.5%, sóng có chiều cao trong khoảng (0.5 - 1m] chiếm 42.3%, sóng trên 1m chiếm khoảng 12.1%.

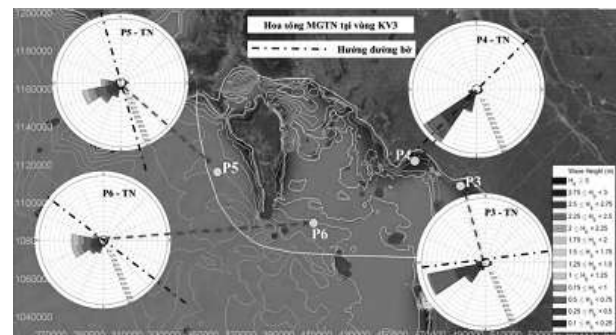
Chu kỳ sóng cho KV2 tập trung chủ yếu trong khoảng nhìn chung chỉ tập trung trong hai khoảng [2 - 4s), tại P2 tần suất xuất xuất hiện chu kỳ sóng trong khoảng này là 77.5%, tại P7 là 77.1%

Với hướng sóng này, cộng với diện tích đai rừng ngập mặn bị thu hẹp dẫn tới khả năng che chắn sóng suy giảm thì tác động của sóng lên quá trình xói lở đường bờ KV2 là điều tất yếu. Kết quả nghiên cứu sóng trong KV2 khá tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước của Nguyễn Hữu Nhân (2016) và Huỳnh Công Hoài, et al. 2017).

5.4. Kết quả tính toán tại KV3



Hình 17. Hoa sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV3 trong MGĐB



Hình 18. Hoa sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV3 trong MGTN

Bảng 10. Tần suất hướng sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV3

		NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	WN	NNW	N
ĐB	P3(sb)	0.5	0.3	3.3	19.7	28.3	11.6	6.9	2.7	9.9	8.8	4.6	0.7	0.5	1.1	0.7	0.6
	P4(sb)	0.2	3.1	12.2	10.3	25.7	17.1	7.5	7.8	8.8	4.5	0.7	0.1	0.1	0.6	0.1	1.2
	P5(nk)	5.6	10.2	9.4	28.3	16.4	8.1	6.9	4.3	3	3.3	2.3	1.4	0.2	0.2	0.2	0.2
	P6(nk)	6.2	9.7	26.2	16.6	11.4	7.9	7.5	3.7	1.3	1.5	1.6	2.6	1.5	0.8	0.4	1.1
TN	P3(sb)	0.1	0	0.1	2.1	2.6	1.1	0.6	0.6	6.5	23.1	57.2	5.7	0	0.1	0.1	0.1
	P4(sb)	0	0.1	0.6	1.6	2.3	1.9	0.9	3.3	22.2	62.1	4.3	0.1	0.1	0.2	0	0.3
	P5(nk)	0.3	0.9	1	3.6	1.4	1	1.2	3.7	11.3	21.1	35.8	16	2	0.4	0.3	0
	P6(nk)	0.4	0.5	3.1	1.3	1	1.2	1.7	4	9.9	13.2	28.1	28	7.3	0.3	0	0

Bảng 11. Tần suất chiều cao sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV3

	Vị trí	0 - 0.25m	0.25 - 0.5m	0.5 - 0.75m	0.75 - 1m	1 - 1.25m	1.25 - 1.5m	1.5 - 1.75m	1.75 - 2m	2 - 2.25m	2.25 - 2.5m	>2.5m
ĐB	P3(sb)	39.3	57.5	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P4(sb)	35.4	48.2	15.4	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P5(nk)	24.6	35.2	21.0	12.6	5.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P6(nk)	20.7	32.6	24.7	14.5	6.4	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
TN	P3(sb)	20.8	44.8	32.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P4(sb)	26.3	48.6	20.9	3.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	P5(nk)	14.5	34.3	26.7	13.8	5.9	3.0	1.0	0.5	0.2	0.0	0.0
	P6(nk)	13.2	32.2	26.8	14.1	7.0	3.4	1.7	0.8	0.6	0.1	0.0

Bảng 12. Tần suất chu kỳ sóng tại các điểm khảo sát thuộc KV3

	Vị trí	0 - 1s	1 - 2s	2 - 3s	3 - 4s	4 - 5s	5 - 6s	6 - 7s	7 - 8s	8 - 9s	9 - 10s	>10s
ĐB	P3(sb)	0.0	15.7	72.4	4.9	2.5	1.6	1.5	0.8	0.4	0.3	0.1
	P4(sb)	0.0	7.6	77.7	11.7	1.3	0.7	0.5	0.3	0.2	0.1	0.0
	P5(nk)	0.0	2.6	51.2	40.6	5.0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
	P6(nk)	0.0	3.1	50.2	38.9	6.7	0.5	0.2	0.1	0.2	0.0	0.0
TN	P3(sb)	0.0	4.8	48.1	36.5	9.1	1.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0
	P4(sb)	0.0	3.1	56.4	35.8	4.1	0.3	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0
	P5(nk)	0.0	1.2	38.6	44.9	13.3	1.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
	P6(nk)	0.0	1.2	30.0	45.3	19.2	3.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0

5.4.1. Chế độ sóng MGĐB

Kết quả phân tích hoa sóng trong Hình 17 và Bảng 10 cho thấy vào MGĐB sóng tại vùng biển KV3 chịu chi phối trực tiếp bởi chế độ GMĐB. Tại các vị trí sát bờ P3 và P4 sóng chịu ảnh hưởng trực tiếp của chế độ sóng trên vùng biển Vịnh Rạch Giá: Tại P3 hướng sóng chiếm ưu thế là Đông (E) chiếm 19.7%; Đông – Đông Nam (ESE) chiếm 28.3% trong đó hướng sóng ESE tạo với đường bờ ĐB1 một góc khoảng 30°. Tại P4 là ESE chiếm 25.7% và hướng Đông - Nam (SE) chiếm 17.1%, hướng SE gần như vuông góc với đoạn đường bờ ĐB2. Hướng sóng chủ đạo tại các điểm ngoài khơi P5 (bên ngoài đảo Phú Quốc) là E chiếm 28.3%, trong khi tại điểm P6 (bên trong

đảo Phú Quốc) hướng chủ đạo là ENE chiếm 26.2%, từ đây có thể thấy do ảnh hưởng của đảo Phú Quốc mà sóng vùng biển bên trong đảo và bên ngoài đảo có sự khác nhau rõ rệt, đặc biệt là hướng sóng.

Do địa hình ngăn nên sóng hình thành trên vùng biển Vịnh Rạch Giá và Vịnh Cây Dương không cao vào MGĐB nên, tại các điểm gần bờ thuộc KV3 chủ yếu là sóng có chiều cao tập trung trong khoảng (0,25- 0.5m].

Chu kỳ sóng tại các điểm gần bờ tập trung trong khoảng từ [2 - 3s). Trong khi tại các điểm ngoài khơi chu kỳ sóng tập trung trong hai khoảng [2 -3s) và [3-4s).

Với hướng sóng và chiều cao sóng tại các vị trí

P3 và P4 được phân tích ở trên có thể thấy vào MGĐB tại hai khu vực bờ đường bờ biển ĐB1 và ĐB2 sóng có ảnh hưởng tới quá trình xói lở đường bờ nhưng yếu.

5.4.2. Chế Độ sóng MGTN

Qua phân tích kết quả hoa sóng trong Hình 18 và Bảng 10 cũng cho thấy trong khu vực gần bờ tại điểm P3 hai hướng sóng chính là Tây – Tây Nam (WSW) chiếm 57.2% hợp với đường bờ một góc khoảng 22.6o và hướng Tây – Nam (WS) chiếm 23.1% hợp với đường bờ một góc khoảng 45o. Trong khi đó, tại vị trí P4 hướng sóng chiếm ưu thế WS (62.1%) gần như song song với đường bờ và hướng SSW(22.2%) hợp với đường bờ một góc khoảng 67.5o. Ngoài khơi xa tại vị trí P5 sóng được phân bố chủ yếu theo ba hướng W(21.1%); WSW(36.8%); WS (16%). Tại P6 do ảnh hưởng của Đảo Phú Quốc nên hướng sóng có phần thay đổi so với tại P5, tại đây hướng sóng chiếm ưu thế phân bố gần như đều cho hai hướng W(28%) và WSW(28.1%).

Trong MGTN nhìn chung chiều cao sóng trong KV3 tập trung chủ yếu trong khoảng [0.25 -0.75] .Tại các vị trí ngoài khơi P5; P6 sóng có chiều cao trên 1m chiếm lần lượt 5.9% và 7%, trong khi tại các vị trí sát bờ sóng có chiều cao trên 1m chiếm tỷ lệ rất ít, thậm chí là không xuất hiện như vị trí P3.

Chu kỳ sóng vùng biển KV3 tập trung trong khoảng từ 2 đến 4s, tại các vị trí ngoài khơi thì chu kỳ dài nhất xuất hiện trong khoảng [6 -7s), trong khi tại khu vực gần bờ chu kỳ dài nhất xuất hiện trong khoảng [7 -8s).

Qua phân tích hướng sóng tại vị trí P3 và P4 có thể thấy vào MGTN sóng tác động sóng lên khu vực đoạn bờ biển ĐB1 mạnh hơn so với đoạn ĐB2 là hợp lý.

6. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng sóng trong 10 năm (2008-2017) đã cho thấy đặc trưng sóng khác nhau của 3 khu vực nhỏ dọc theo bờ biển Tây (KV1; KV2; KV3) đặc biệt là hướng sóng, cụ thể:

Đặc trưng hướng sóng tại KV1

Trong MGĐB do ảnh hưởng của sóng phía biển Đông khúc xạ vào và sóng do gió mùa Đông Bắc trực tiếp sinh ra nên hướng sóng tại khu vực ngoài khơi KV1 khá hỗn độn và phân bố rộng từ NEN tới SES, hướng sóng không thay đổi nhiều trong khoảng thời gian từ 2008 đến 2017. Tại khu vực sát bờ hướng sóng chủ đạo là EN, tần suất xuất hiện hướng EN có chiều hướng tăng trong khoảng thời gian [2008; 2011] và có chiều hướng giảm trong khoảng [2011; 2017].

Trong MGTN hướng sóng ổn định với hai hướng chủ đạo là W; WSW cho cả ngoài khơi và gần bờ. Tần suất hướng sóng W ngoài khơi có xu thế giảm trong giai đoạn [2011; 2017] \ 2016, tần suất hướng WSW có xu thế tăng trong giai đoạn [2010; 2017]. Tần suất hướng W tại khu vực sát bờ có xu thế tăng trong khoảng [2008; 2011] & [2015; 2017] và giảm trong khoảng [2014; 2015], tần suất hướng WSW lại có xu thế giảm trong khoảng [2008; 2016]\2014 và tăng trong khoảng [2016 - 2017].

Đặc trưng hướng sóng tại KV2

Hướng sóng vào MGĐB tại vùng biển ngoài khơi KV2 có ba hướng chính E, ENE và ESE, gần bờ hướng sóng chính là hướng N và song song với đường bờ. Ngoài khơi, tần suất hướng sóng ENE; E có xu thế giảm trong khoảng thời gian [2011; 2017] trong khi đó tần suất hướng ESE lại có xu thế tăng lên. Tại khu vực sát bờ tần suất hướng sóng N có xu thế giảm trong khoảng [2011; 2017].

Trong MGTN hướng sóng không thay đổi nhiều khi lan truyền từ ngoài khơi vào bờ với hai hướng chủ đạo là W và WSW. Ngoài khơi, tần suất hướng sóng biển đổi không đáng kể, hướng W có xu thế tăng trong khoảng [2010; 2013] nhưng lại giảm trong giai đoạn [2013; 2017]\2016, tần suất hướng WSW có xu thế giảm trong khoảng [2012; 2017]\2014. Khu vực sát bờ, hướng W có xu thế tăng trong khoảng [2010; 2013] nhưng lại giảm trong giai đoạn

[2013; 2017], trong khi đó hướng WSW lại có xu thế tăng trong khoảng [2008; 2014] 2013 và giảm trong khoảng [2014; 2017].

Đặc trưng hướng sóng tại KV3

Trong MGDB tại khu vực phía trước đảo Phú Quốc (P5) hướng sóng chủ đạo là E, tần suất hướng E có xu thế tăng trong giai đoạn [2008; 2012] và giảm trong giai đoạn [2012; 2017]. Khu vực phía sau đảo (P6) hướng sóng chủ đạo là ENE, tần suất hướng sóng này có xu thế giảm trong giai đoạn [2011; 2017]. Tại các vị trí sát bờ (P3) và (P4) hướng sóng chủ đạo là ESE, tần suất hướng ESE tại (P3) tăng trong giai đoạn [2008; 2011] và giảm trong giai đoạn [2011; 2017], trong khi tại điểm (P4) tần suất hướng ESE tăng trong giai đoạn [2009; 2015] và giảm trong giai đoạn [2015; 2017].

Trong MGTN hướng sóng chủ đạo tại (P5) là WSW, tần suất hướng này tăng trong khoảng [2010; 2014] và có xu thế giảm trong khoảng [2014; 2017] 2016. Khi vào bên trong đảo Phú Quốc tại (P6) hướng sóng có sự thay đổi với hai hướng chính là W; WSW, trong đó tần suất hướng WSW có xu thế tăng trong khoảng [2010; 2014] 2013 và giảm trong khoảng [2014; 2017]. Tại khu vực sát bờ do ảnh hưởng của đường bờ và địa hình đáy mà hướng sóng chủ đạo tại mỗi vị trí sẽ khác nhau, cụ thể tại (P3) là WSW tần suất hướng này tăng trong khoảng [2010; 2014] và giảm trong khoảng [2014; 2017] 2016. Trong khi đó, hướng sóng chủ đạo tại (P4) là WS, tần suất hướng sóng này có xu thế tăng trong khoảng [2010; 2014] và giảm trong khoảng [2014; 2017].

Bảng 13. Hướng sóng thay đổi theo thời gian trong 10 năm [2008 -2017]

Khu vực	Vị trí	Hướng sóng thay đổi trong MGDB	Hướng sóng thay đổi trong MGTN
KV1	P8(nk)	*Biến đổi không đáng kể	*W ↓ [2011 ; 2017] 2016 *WSW ↑ [2010; 2017]
	P1(sb)	*NE ↑ [2008; 2011]; ↓ [2011; 2017]	*W ↑ [2008; 2011] & [2015; 2017]; ↓ [2014; 2015] *WSW ↓ [2008; 2016] 2014; ↑ [2016 - 2017]
KV2	P7(nk)	*ENS ↓ [2011; 2017] *ESE ↑ [2011; 2017] *E ↓ [2011; 2017] 2015	*Biến đổi không nhiều *W ↑ [2010; 2013]; ↓ [2013; 2017] 2016 * WSW ↓ [2012; 2017] 2014
	P2(sb)	*Biến đổi không đáng kể *N ↓ [2011; 2017]	*W ↑ [2010; 2013]; ↓ [2013; 2017] *WSW ↑ [2008; 2014] 2013; ↓ [2014; 2017]
KV3	P5(nk)	*E ↑ [2008; 2012]; ↓ [2012; 2017]	*WSW ↑ [2010; 2014]; ↓ [2014; 2017] 2016 *W ↑ [2010; 2013]; ↓ [2013; 2017] 2016 *SW ↑ [2013; 2017]
	P6(nk)	*ENE ↓ [2011; 2017] *E ↑ [2010; 2015]; ↓ [2015; 2017]	*WSW ↑ [2010; 2014] 2013; ↓ [2014; 2017] *W ↑ [2010; 2013]; ↓ [2013; 2017] 2016
	P3(sb)	*E ↑ [2008; 2011]; ↓ [2011; 2017] *ESE ↑ [2009; 2015]; ↓ [2015; 2017]	*WS ↓ [2008; 2014]; ↑ [2014; 2017] 2016 *WSW ↑ [2010; 2014]; ↓ [2014; 2017] 2016
	P4(sb)	*ESE ↑ [2009; 2015]; ↓ [2015; 2017] *SE ↑ [2011; 2017] 2016	* WS ↑ [2010; 2014]; ↓ [2014; 2017] *SWS ↓ [2010; 2014]; ↑ [2014; 2017] 2016
			↑ tần suất xuất hiện tăng; ↓ tần suất xuất hiện giảm

Chiều cao sóng cực đại của toàn vùng phía biển Tây chủ yếu xuất hiện vào MGTN, trong Bảng 14 thể hiện chiều cao sóng có nghĩa cực

đại thay đổi theo mùa tại các vị trí khảo sát trong vùng nghiên cứu biển Tây.

Bảng 14. Giá trị cực đại chiều cao sóng có nghĩa theo MGDB và MGTN

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
MGDB	0.94	1.30	0.75	0.93	1.62	1.78	2.05	1.88
MGTN	1.15	1.56	0.93	1.29	2.63	3.12	2.94	3.43

Toàn vùng biển Tây từ Mũi Cà Mau đến Hà Tiên - Kiên Giang chiều cao sóng chủ yếu là sóng nhỏ hơn 0.5m, sóng có chiều cao trên 1m tại khu vực gần bờ chỉ xuất hiện vào MGTN, với vùng biển ngoài khơi sóng cao hơn 1m xuất hiện ở cả hai mùa ĐB và TN tuy nhiên tần suất xuất hiện vào MGTN cao hơn so với MGDB.

Tại hai khu vực có đường bờ xói lở KV2 do hướng sóng tác động gần như trực diện với đường bờ vào MGTN nên bờ biển thuộc khu vực này bị sóng tác động khá mạnh, vì vậy khu vực này có tốc độ xói cao, trong khi đó đường bờ thuộc KV3 có dạng phức tạp nên khu vực này xuất hiện bồi xói xen kẽ với nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Ing. Thorsten Albers, Jan Stolzenwald (2014) ‘Tu vấn Kỹ thuật bảo vệ bờ biển tỉnh Cà Mau’, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Bonn và Eschborn, CHLB Đức.
- [2] Nguyễn Văn Lập, Tạ Thị Kim Oanh (2011) “đặc điểm trầm tích bãi triều và thay đổi đường bờ biển khu vực ven biển tỉnh cà mau, châu thổ sông cửu long”, các khoa học về trái đất, 34(1).
- [3] Huynh Cong Hoai, Le Duc Vinh, Lieou Kien Chinh, Report on Wave Climate in U Minh and Go Cong. In project “ Study on the erosion process and the measures for protecting the Lower Mekong Delta Coastal Zones from erosion (LMDCZ) “. AFD, 2017.
- [4] Kiyoshi Horikawa. (2009), Nearshore Dynamics and Coastal Processes, University of Tokyo Press, Japan.
- [5] Đề tài độc lập cấp nhà nước Mã số ĐTĐL.2011-T/43 “Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển vùng bồi tụ ven bờ và các giải pháp khoa học và công nghệ để phát triển bền vững về kinh tế - xã hội vùng biển Cà Mau” (2013-2015) – Viện Kỹ thuật Biển.
- [6] D. N. Moriasi et. Al. (2007) Model evaluation on guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulation. Transactions of the ASABE, Vol. 50(3): 885–900
- [7] Nguyễn Hữu Nhân “Đánh Giá Tác Động Của Tuyến Kè Tạo Bãi Ven Biển Tây Tỉnh Cà Mau”. Viện Kỹ Thuật Biển.
- [8] Nguyễn Hữu Nhân, báo cáo sản phẩm 4. Trong đề tài độc lập cấp Nhà Nước “Nghiên cứu cơ chế hình thành và phát triển vùng bồi tụ ven bờ và các giải pháp khoa học và công nghệ để phát triển bền vững về kinh tế - xã hội vùng biển Cà Mau” năm 2016.
- [9] Nguyễn Hữu Nhân, báo cáo “Thực trạng xói lở, bồi lắng và công trình chống xói lở trên hệ thống sông, kênh rạch, bờ biển DBSCL và định hướng các giải pháp bảo vệ bờ ổn định lâu dài”. Viện Khoa Học Thủy lợi Miền Nam, tháng 7 năm 2017.
- [10] EDF R&D. (2016) Telemac modelling system – Tomawac software. Operating Manual release 7.1.
- [11] Dinh Cong San, Tang Duc Thang, Le Manh Hung (2017) “Existing shoreline, sea dyke, and shore protection works in the lower mekong delta, vietnam and oriented solutions for stability”, International Water Technology Journal, IWTJ, Vol. 7–No.1.
- [12] <ftp://polar.ncep.noaa.gov>
- [13] <https://www.gebco.net/>