

NGHIÊN CỨU, ĐÁNH GIÁ TIỀM NĂNG NĂNG LƯỢNG SÓNG VÙNG VEN BIỂN KHU VỰC HẢI PHÒNG

Trần Đức Trứ¹, Lê Đức Dũng¹, Nguyễn Hoàng Anh¹, Đỗ Thị Thu Hà².

Tóm tắt: Việt Nam là quốc gia có bờ biển dài trên 3260 km với trên 3000 hòn đảo lớn nhỏ. Trong đó, vùng bờ có vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế biển, bảo vệ an ninh, quốc phòng và chủ quyền quốc gia. Đây cũng là khu vực có tiềm năng về năng lượng tái tạo như sóng, gió, thủy triều. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả tập trung nghiên cứu và đánh giá tiềm năng năng lượng sóng vùng ven biển khu vực Hải Phòng thông qua chuỗi số liệu sóng 20 năm được lấy từ Cục quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ sử dụng làm đầu vào cho mô hình sóng Mike 21 SW để tính toán trường năng lượng sóng biển. Năng lượng sóng vùng ven biển khu vực Hải Phòng được tính toán cho hai hướng chủ đạo là hướng đông bắc và hướng nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy trong cả hai hướng chủ đạo thì tiềm năng năng lượng sóng biển ở khu vực ven biển Hải Phòng có mức dưới 2 kW/m.

Từ khóa: Hải Phòng, năng lượng sóng, Mike 21 SW.

1. TỔNG QUAN VÙNG NGHIÊN CỨU

Vùng biển Hải Phòng nằm sâu trong Vịnh Bắc Bộ, nơi có nhiều đảo ven bờ và các cửa lạch. Hải Phòng cũng là địa phương có cảng biển lớn so với cả nước, góp phần phát triển du lịch và đóng góp lớn lao cho sự phát triển kinh tế của cả nước.

Năng lượng truyền thống như dầu, than, khí đốt ngày càng cạn kiệt do nhu cầu sử dụng năng lượng của con người trên thế giới. Vì vậy, các nhà nghiên cứu đã nghiên cứu các dạng năng lượng tái tạo như năng lượng gió, năng lượng thủy triều, năng lượng sóng... phục vụ cho nhu cầu thiết yếu của con người, tiến tới thay thế cho các loại năng lượng truyền thống.

Trên thế giới, nghiên cứu năng lượng sóng biển được tiến hành từ những năm 1970 của thế kỷ trước. Các nghiên cứu tập trung vào các vùng biển khác nhau. Trong nước cũng đã có những nghiên cứu nhất định về năng lượng sóng biển ở Biển Đông. Nguyễn Mạnh Hùng (2010) đã nghiên cứu đánh giá tiềm năng năng lượng sóng biển Việt Nam và đề xuất các giải pháp khai thác năng lượng sóng biển. Trần Thanh Tùng và Lê Đức Dũng (2012) đã nghiên cứu xác định năng lượng sóng ven bờ cho dải ven biển miền trung Việt

Nam bằng mô hình tính sóng Mike 21 SW. Năng lượng sóng biển Đông cũng được nhiều học giả nước ngoài quan tâm. Gang Lin và nkk (2017) đã sử dụng công nghệ hệ thống thông tin địa lý kết hợp với mô hình WW3 để đánh giá năng lượng sóng biển cho Biển Đông.

Việt Nam là quốc gia có bờ biển dài trên 3260 km với trên 3000 hòn đảo lớn nhỏ nằm rải rác ngoài khơi (Nguyễn Thi Hương và Tran Quoc Quan, 2007), nhiều địa phương có khả năng phát triển năng lượng tái tạo như điện gió hoặc năng lượng sóng biển. Nghiên cứu này trình bày về kết quả tiềm năng năng lượng sóng biển vùng biển ven bờ khu vực Hải Phòng bằng mô hình sóng Mike 21 SW do viện thủy lực Đan Mạch phát triển (DHI, 2008). Số liệu sóng được lấy từ nguồn số liệu do Cục quản lý Đại dương và Khí quyển Quốc gia Hoa Kỳ (NOAA) cung cấp, số liệu đủ dài, đảm bảo độ tin cậy cho đầu vào mô hình.

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU

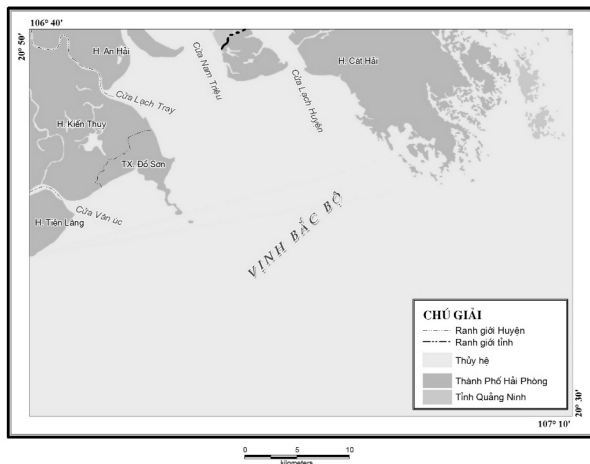
2.1. Khu vực nghiên cứu

Khu vực ven biển Hải Phòng được lựa chọn làm khu vực nghiên cứu. Hải Phòng phía bắc giáp Quảng Ninh, phía nam giáp Thái Bình, phía tây là tỉnh Hải Dương. Vùng biển Hải Phòng được bao bọc bởi các đảo ở Quảng Ninh và Hải Phòng, ngoài khơi có đảo Bạch Long Vỹ và bị che chắn

¹ Viện Nghiên cứu biển và hải đảo

² Viện Cơ học

bởi đảo Hải Nam. Sóng ở vùng biển Hải Phòng chịu ảnh hưởng của chế độ gió và sóng truyền từ ngoài khơi biển đi vào thông qua eo biển Hai Kou và cửa ngõ Vịnh Bắc Bộ như Hình 1.

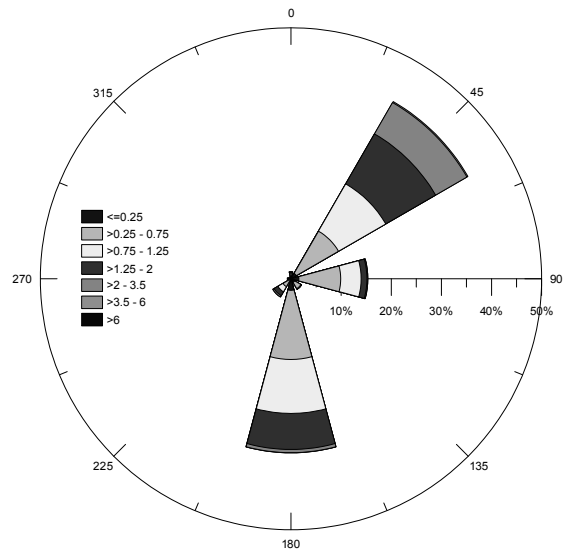


Hình 1. Vùng ven biển Hải Phòng

2.2. Số liệu sóng

Số liệu sóng biển tại vùng biển ngoài khơi Hải Phòng được lấy từ nhà cung cấp NOAA trong thời gian từ 1999-2018, với khoảng thời gian 3 giờ cho 1 số liệu. Số liệu sóng từ NOAA được lưu dưới dạng file .nc và được chuyển sang dạng ASCII với các cột năm, tháng, ngày, giờ, độ cao sóng, hướng

sóng và chu kỳ sóng Tp. Đây là nguồn số liệu đủ dài đặc trưng cho trường sóng của một vùng để phân tích bằng tần suất hoa sóng tại khu vực biển Hải Phòng. Dựa vào nguồn số liệu, nhóm nghiên cứu đã phân tích bằng tần suất sóng theo tám hướng với 7 thang cấp độ sóng được trình bày trong Hình 2 và Bảng 1 dưới đây:



Hình 2. Hoa sóng tổng hợp theo 8 hướng

Bảng 1. Bảng tần suất độ cao sóng theo tám hướng (1999-2018)

Khoảng độ cao (m)	Hướng sóng								Lãng	P(%)	N ₀	F(%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW				
	Lãng								6.823	6.823	3985	100
0.25 - 0.75	0.562	9.715	8.332	1.437	13.782	1.519	0.289	0.195	-	35.831	20926	93.177
0.75 - 1.25	0.324	10.885	4.072	0.123	10.743	1.157	0.104	0.058	-	27.467	16041	57.346
1.25 - 2.00	0.185	11.486	1.159	0.036	7.180	0.901	0.096	0.038	-	21.080	12311	29.879
2.00 - 3.50	0.120	7.210	0.147	0.007	0.640	0.286	0.036	0.012	-	8.459	4940	8.799
3.50 - 6.00	0.021	0.240	0.033	0.003	0.027	0.010	-	0.003	-	0.337	197	0.341
> 6.00	-	-	0.002	-	0.002	-	-	-	-	0.003	2	0.003
Tổng	1.44	40.77	15.33	2.43	34.67	4.19	0.74	0.43	6.823	100	58402	
Hmed(m)	0.92	1.30	0.68	0.11	0.90	0.98	0.69	0.63				
Hmax(m)	5.41	5.89	6.76	5.78	6.08	4.49	3.50	4.23				

Ghi chú: N₀ là số số liệu; P là tần suất xuất hiện (%); F là tần suất tích lũy; Hmed là độ cao sóng trung bình và Hmax là độ cao sóng cực đại.

Kết quả phân tích thống kê cho thấy, vùng biển Hải Phòng chịu ảnh hưởng của sóng đông bắc vào

mùa đông và sóng hướng nam vào mùa hè là chính. Sóng đông bắc chiếm 40.77% và sóng

hướng nam chiếm 34.67%. Độ cao sóng lớn nhất là 6.76 m theo hướng đông, tuy nhiên sóng hướng đông chỉ chiếm 15.33% đứng thứ ba so với các hướng sóng. Chính vì vậy, khi đánh giá năng lượng sóng biển vùng biển Hải Phòng đã xây dựng cho 2 kịch bản với hai hướng sóng chính là hướng đông bắc và hướng nam đại diện cho mùa hè và mùa đông.

3. MÔ TẢ MÔ HÌNH

Mô hình Mike 21 SW là mô hình phổ sóng gió thể hệ thứ ba do viện thủy lực Đan Mạch phát triển. Mike 21 SW sử dụng lưới tính phi cấu trúc và có thể sử dụng lưới có độ phân giải thô ở ngoài khơi cho tới độ phân giải mịn hơn ở vùng ven bờ (Jadidoleslam và nnk, 2016). Mike 21 SW giải phương trình vận chuyển mật độ tác động sóng theo biến thời gian (t) và không gian (x, y) và hai tham số pha sóng. Hai tham số pha sóng là hướng sóng θ và tần số góc quan hệ $\sigma = 2\pi f_r$. Quan hệ giữa phổ mật độ tác động sóng $N(\sigma, \theta)$ và mật độ năng lượng $E(\sigma, \theta)$ được biểu diễn theo công thức (1):

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

Mối quan hệ giữa tần số góc quan hệ và tần số góc tuyệt đối $\omega = 2\pi f_a$ được biểu diễn dưới dạng phân tán tuyến tính:

$$\sigma = \sqrt{gk \tan k(kd)} = \omega - \vec{k} \cdot \vec{U} \quad (2)$$

Trong đó: g là gia tốc trọng trường; d là độ sâu mực nước; k là số sóng ($k = \frac{2\pi}{L}$, L là bước sóng); \vec{U} là véc tơ vận tốc dòng chảy.

Trong hệ tọa độ Đề Các, phương trình bảo toàn tác động sóng được viết dưới dạng:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \quad (3)$$

Trong đó: $N(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ là mật độ tác động; $\vec{x} = (x, y)$ là tọa độ Đề Các, $\vec{v} = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ là vận tốc sóng tiến; S là thành phần nguồn phương trình cân bằng năng lượng; ∇ là toán tử 4 chiều theo không gian \vec{x}, σ, θ . Đặc trưng vận tốc sóng tiến được viết dưới dạng tuyến tính động:

$$(c_x, c_y) = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{c}_g + \vec{U} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \frac{\sigma}{k} + \vec{U} \quad (4)$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[\frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla_{\vec{x}} d + \right] - c_g \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s} \quad (5)$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[\frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right] \quad (6)$$

Trong đó: s là tọa độ không gian theo hướng sóng θ và m là tọa độ vuông góc với s . $\nabla_{\vec{x}}$ là toán tử hai chiều khác nhau theo không gian \vec{x} .

Hàm nguồn S trong phương trình bảo toàn tác động sóng được viết dưới dạng:

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \quad (7)$$

Trong đó: S_{in} là mô men chuyển đổi năng lượng gió sang năng lượng sóng; S_{nl} là năng lượng chuyển đổi do tương tác phi tuyến sóng - sóng; S_{ds} là phân tán sóng do sóng bạc đầu; S_{bot} là phân tán do hệ số ma sát đáy; S_{surf} là phân tán của năng lượng sóng do độ sâu vùng sóng đổi. Các hàm nguồn S_{in} , S_{nl} và S_{ds} trong Mike 21 SW tương tự như hàm nguồn trong mô hình WAM (Komen và nnk, 1994).

Hệ phương trình mô men phổ được viết dưới dạng:

$$\frac{\partial (m_0)}{\partial t} + \frac{\partial (c_x m_0)}{\partial x} + \frac{\partial N(c_y m_0)}{\partial y} + \frac{\partial (c_\theta m_0)}{\partial \theta} = T_0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial (m_1)}{\partial t} + \frac{\partial (c_x m_1)}{\partial x} + \frac{\partial N(c_y m_1)}{\partial y} + \frac{\partial (c_\theta m_1)}{\partial \theta} = T_1 \quad (9)$$

Trong đó: $m_0(\vec{x}, \theta)$ và $m_1(\vec{x}, \theta)$ là mô men số 0 và 1 của phổ tác động $N(\vec{x}, \sigma, \theta)$. $T_0(\vec{x}, \theta)$ và $T_1(\vec{x}, \theta)$ là hàm nguồn dựa theo phổ tác động. Mô men $m_n(\vec{x}, \theta)$ được định nghĩa:

$$m_n(\vec{x}, \theta) = \int_0^\infty \omega^n N(\vec{x}, \omega, \theta) d\omega \quad (10)$$

Hàm nguồn T_0 và T_1 được lấy từ ảnh hưởng gió địa phương phân tán năng lượng do ma sát đáy và sóng đổi. Hàm nguồn gió địa phương được suy ra từ quan hệ tăng trưởng kinh nghiệm (Johnson, 1998).

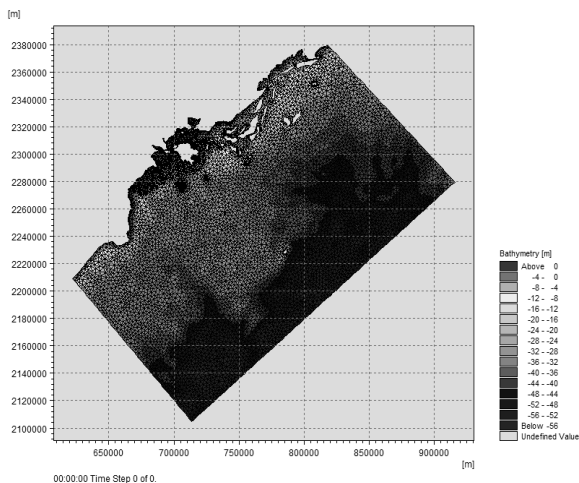
Năng lượng sóng được tính theo công thức (Viola và nnk, 2016):

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H_s^2 T_e \approx 0.49 H_s^2 T_e \text{ (kW/m)}. \quad (11)$$

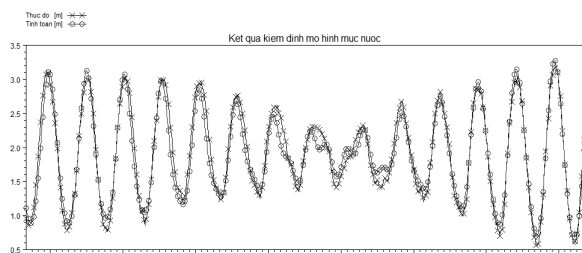
Trong đó: H_s là độ cao sóng ý nghĩa, ρ là mật độ của nước, T_e là chu kỳ năng lượng sóng và được tính theo công thức của (Behrens và nnk, 2012) $T_e = 0.86 T_p$.

4. THIẾT LẬP MÔ HÌNH VÀ ĐIỀU KIỆN BIÊN

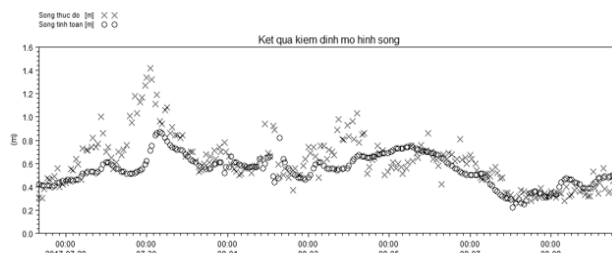
Mô hình Mike 21 SW thiết lập cho vùng biển Hải Phòng được mở rộng ra theo các hướng bắc, nam và đông nhằm giảm sai số và nhiễu động ở các biên. Mô hình có 3 biên lỏng ngoài khơi theo các hướng bắc, đông và nam. Phía tây là biên cứng thuộc đất liền như Hình 3. Số liệu địa hình được lấy từ nguồn số liệu thực đo của Hải Quân Việt Nam và được quy đổi về hệ tọa độ UTM 48.



Hình 3. Lưới tính và địa hình khu vực nghiên cứu



a) Kết quả kiểm định mô hình mực nước



b) Kết quả kiểm định mô hình sóng

Hình 4. Kết quả so sánh kiểm định mô hình giữa mô phỏng và số liệu thực đo

Kết quả kiểm định mô hình cho thấy giữa kết quả tính toán và kết quả thực đo có sự tương đồng cả về độ lớn và pha. Để đánh giá khả năng tính toán của mô hình so với số liệu thực đo, nghiên cứu sử dụng chỉ số NASH đối với việc kiểm định mực nước là 0.96 và mô hình sóng là 0.67. Do đó, mô hình được thiết lập với bộ thông số sau khi kiểm định là đảm bảo độ chính xác cho phép và sử dụng để tính toán cho các trường hợp tiếp theo.

Khu vực ven biển Hải Phòng được chia lưới với diện tích nhỏ hơn nhiều so với khu vực ngoài khơi, vùng ven bờ có độ sâu chủ yếu nhỏ hơn 25 m nước, phía ngoài khơi đảo Bạch Long Vỹ có độ sâu lớn hơn 50 m nước.

Biên lỏng được cung cấp đầu vào từ kết quả phân tích độ cao sóng ý nghĩa ở hai hướng sóng chính đông bắc và sóng hướng nam. Các tham số về ma sát đáy (bottom friction), hệ số sóng đổ (wave breaking) và hệ số sóng bạc đầu (white capping) được lấy mặc định từ mô hình Mike 21 SW. Bước thời gian tính toán nhỏ nhất và lớn nhất tương ứng là 0.01 s và 30 s.

5. KIỂM ĐỊNH MÔ HÌNH

Việc kiểm định mô hình nhằm đánh giá và đưa ra được bộ thông số mô hình phù hợp với khu vực Hải Phòng. Trong nghiên cứu này nhóm nghiên cứu sử dụng bộ số liệu thực đo về mực nước và sóng từ kết quả của các đợt khảo sát tại khu vực biển Hải Phòng. Trạm mực nước có tọa độ kinh độ: 106°48'09.9"E; vĩ độ: 20°41'04.6"N. Trạm sóng có tọa độ kinh độ: 106°59'31.99"E; vĩ độ: 20°36'50.04"N. Thời gian quan trắc từ 27/7/2017 đến 10/8/2017. Kết quả kiểm định mô hình về mực nước và sóng được thể hiện trên Hình 4a và 4b:

6. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sử dụng số liệu sóng tái phân tích từ NOAA để phân tích bằng tần suất độ cao sóng theo tám hướng cho thấy tại vùng biển Hải Phòng thịnh hành hai hướng sóng chính là đông bắc và nam. Do đó năng lượng sóng chủ yếu tại khu vực Hải Phòng được tạo ra từ hai hướng sóng chính là đông bắc và nam. Phân tích số liệu sóng tái phân tích từ NOAA cho thấy, độ cao sóng có ý nghĩa hướng đông bắc là $H_s = 2.17$ m và sóng hướng

nam là $H_s = 1.46$ m. Độ cao sóng H_s được sử dụng làm đầu vào cho mô hình tính sóng Mike 21 SW. Kết quả tiềm năng năng lượng sóng mô

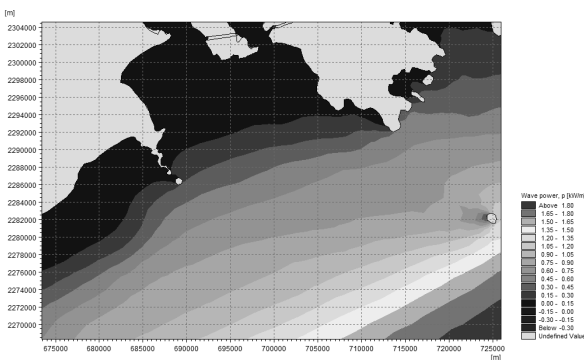
phỏng bằng mô hình tính sóng Mike 21 SW cho hai kịch bản được thể hiện trên các Hình 5 và Hình 6.

Bảng 2. Bảng phân bố độ cao sóng theo chu kỳ sóng dựa theo số liệu NOAA

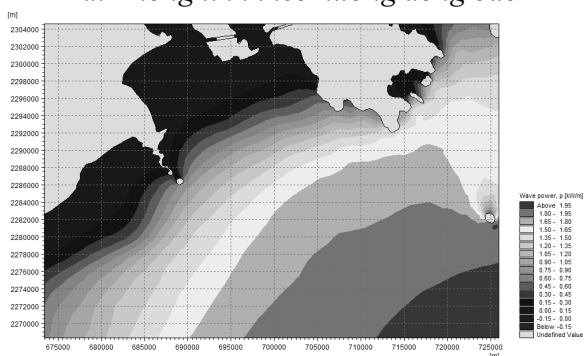
H \ T	>=0 - 2	>2 - 4	>4 - 6	>6 - 8	>8 - 10	>10 - 12	>12 - 14	>14 - 16	>16 - 18	Tổng
<=0.25	0.168	5.615	0.625	0.262	0.130		0.012	0.005	0.007	6.823
>0.25 - 0.75	0.002	19.617	15.809	0.342	0.050	0.007	0.003			35.831
>0.75 - 1.25		1.190	25.795	0.479	0.002					27.467
>1.25 - 2		0.007	16.636	4.435	0.002					21.080
>2 - 3.5			0.550	7.810	0.098	0.002				8.459
>3.5 - 6				0.091	0.243	0.003				0.337
>6					0.003					0.003
Tổng	0.170	26.429	59.416	13.419	0.527	0.012	0.015	0.005	0.007	

Ngoài ra kết quả phân tích độ cao sóng theo chu kỳ sóng từ số liệu sóng tái phân tích cho thấy, sóng biển ngoài khơi vùng biển Hải Phòng tập trung chủ yếu trong khoảng 0.75-1.25 m với khoảng chu kỳ là 4-6 s (Bảng 2). Chu kỳ sóng biển vùng biển ngoài khơi Hải Phòng tập trung chủ yếu ở dải 4-6 s (chiếm 59.4%), tiếp theo là dải chu kỳ 2-4 s (chiếm 26.4%). Độ cao sóng từ 0.25-0.75 m chiếm ưu thế với 35.83%, tiếp theo là dải độ cao sóng 0.75-1.25 m và 1.25-2 m lần lượt là 27.47% và 21.08%.

Đối với kịch bản theo hướng đông bắc. Năng lượng sóng tập trung cao ở khu vực ngoài khơi vùng biển Hải Phòng. Năng lượng sóng giảm dần từ ngoài khơi vào đến ven bờ theo hướng vuông góc với đường nối mũi Cát Bà - Đồ Sơn. Do sóng truyền theo hướng đông bắc đi vào kết hợp với điều kiện địa hình và nhiều đảo ở khu vực Quảng Ninh nên khi vào đến khu vực ven bờ, năng lượng sóng giảm rõ rệt. Ngoài khơi năng lượng sóng có thể đạt gần 2.0 kW/m nhưng vùng ven bờ chỉ rất nhỏ vào khoảng 0.07 kW/m. Nhiều khu vực nằm giữa các đảo năng lượng sóng là quá bé.



Hình 5. Năng lượng sóng khu vực ven biển Hải Phòng tính theo hướng đông bắc



Hình 6. Năng lượng sóng khu vực ven biển Hải Phòng tính theo hướng nam

Với kịch bản thứ hai theo hướng nam thì sóng từ ngoài khơi truyền vào ít bị các đảo chắn hơn. Năng lượng sóng cũng giảm từ ngoài khơi (khoảng 2.0 kW/m) cho đến khi vào vùng ven bờ (khoảng 0.04 kW/m). Năng lượng sóng ngoài mũi đảo Đồ Sơn khoảng 0.85 kW/m. Mặc dù độ cao sóng H_s hướng nam thấp hơn nhiều so với độ cao sóng H_s hướng đông bắc nhưng năng lượng sóng theo hướng nam khá tương đồng với năng lượng sóng theo hướng đông bắc. Điều đó cho thấy là do sóng hướng nam khi lan truyền vào bờ ít bị che chắn bởi các đảo hơn so với sóng đông bắc bị che chắn bởi các đảo ở Hải Phòng và các đảo lân cận ở tỉnh Quảng Ninh. Kết quả nghiên cứu cũng phù hợp với các kết quả của các học giả đã từng tính cho vùng Biển Đông, kết quả tính toán năng lượng

sóng biển Đông của Nguyễn Mạnh Hùng cũng cho thấy phía trong Vịnh Bắc Bộ có năng lượng sóng dưới 5 kW/m.

7. KẾT LUẬN

Kết quả mô phỏng tiềm năng năng lượng sóng vùng ven biển Hải Phòng bằng mô hình tính sóng Mike 21 SW dựa trên số liệu sóng tái phân tích do NOAA cung cấp cho thấy tiềm năng sóng biển ở Hải Phòng là khá thấp, dưới 2.0 kW/m. Năng lượng sóng cực đại tính theo hai hướng sóng chính là không chênh lệch nhau nhiều, khoảng 2.0 kW/m. Hải Phòng có nhiều tuyến đường hàng hải, các tàu thuyền trọng tải lớn đi qua có thể gây ra hiệu ứng cộng hưởng độ cao sóng. Đồng thời đây cũng là vùng biển có nhiều cơn bão đổ bộ hàng năm và có biên độ triều khá lớn. Do đó, khi triển khai lắp đặt, xây dựng nhà máy năng lượng sóng

biển cần nghiên cứu một cách kỹ lưỡng. Vì vậy nhóm nghiên cứu khuyến nghị đối với khu vực ven biển Hải Phòng chỉ phù hợp lắp đặt với những máy móc thiết bị có công suất nhỏ hơn 5 kW/m nhằm khai thác có hiệu quả tối đa.

Việt Nam có bờ biển dài 3260 km nhưng chỉ có rất ít trạm quan trắc hải văn ven bờ, các trạm quan trắc cũng chỉ có 3 số liệu mỗi ngày (quan trắc vào các khung giờ 7, 13 và 19 giờ Việt Nam). Nhiều địa phương không có trạm hải văn. Vì vậy có thể sử dụng sóng tái phân tích từ nguồn số liệu do NOAA cung cấp để phân tích đánh giá tiềm năng năng lượng sóng tại một vùng cụ thể bằng mô hình số. Đây là một cách đánh giá chế độ sóng và năng lượng sóng biển hợp lý mà lại giảm được chi phí đo đạc và có độ tin cậy cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Mạnh Hùng, (2010). “Nghiên cứu đánh giá tiềm năng các nguồn năng lượng biển chủ yếu và đề xuất các giải pháp khai thác”. KC.09.19/06-10. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- Trần Thanh Tùng, Lê Đức Dũng, (2012). “Nghiên cứu xác định năng lượng sóng ven bờ cho dải ven biển miền trung Việt Nam”. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và môi trường. Số 39, 46-53.
- Behrens, S., Hayward, J., Hemer, M. and Osman, P., (2012). “Assessing the wave energy converter potential for Australian coastal regions”. Renewable Energy, 43, 210–217.
- DHI, (2008). “Mike 21 SW scientific background”. Denmark: DHI.
- Jadidoleslam, N., Özger, M., & Ağralioğlu, N., (2016). “Wave power potential assessment of Aegean Sea with an integrated 15-year data”. Renewable energy, 86, 1045-1059.
- Johnson, H. K., (1998). “On modelling wind-waves in shallow and fetch limited areas using the method of Holthuijsen”, Booij and Herbers. Journal of coastal research, 14(3).
- Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S. and Janssen, P. A. E. M., (1994). “Dynamics and modelling of ocean waves”. Cambridge University Press, UK, 560 pp.
- Lin, G., Shao, L. T., Zheng, C. W., Chen, X. B., Zeng, L. F., Liu, Z. H., ... & Shi, W. L., (2017). “Assessment of Wave Energy in the South China Sea Based on GIS Technology”. Advances in Meteorology.
- Nguyen Thi Huong, Tran Quoc Quan, (2007). “Vietnam Fishery Products Annual Report 2007”. GAIN Report.
- Viola, A., Franzitta, V., Trapanese, M., Curto, D., (2016). “Nexus water & energy: A case study of wave energy converters (WECs) to desalination applications in Sicily”. Int. J. Heat Technol. 34, S379–S386.

Abstract:
**ASSESSMENT OF WAVE ENERGY POTENTIAL AT HAI PHONG
COAST BY USING MIKE 21 SW MODEL**

Vietnam, with a coastline of over 3260 km and more than 3000 islands and islets scattered offshore. In addition, the coastal zone plays an important role in developing marine economy, protecting security, ensuring national defense and sovereignty. This is also an area with potential for renewable energy such as waves, wind and tides. In this study, Mike 21 SW model with unstructured mesh was used to investigate the wave energy potential along the Hai Phong coast. Data from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) was used to initialize the Mike 21 SW model. The time period of the data was chosen from January 1999 to December 2018. The wave energy in the Hai Phong coastal area was calculated for two scenarios: the northeast and south incident wave directions. The results showed that the wave energy both two scenarios found to be below 2 kW/m along the coast of the whole model area.

Keywords: Hai Phong, wave energy, Mike 21 SW.

Ngày nhận bài: 15/7/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/8/2019