

NGHIÊN CỨU ĐÁNH GIÁ QUÁ TRÌNH VẬN CHUYỂN BÙN CÁT VEN BIỂN TỈNH NINH THUẬN - BÌNH THUẬN

Nguyễn Hồng Lâm, Vũ Văn Lâm

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Nghiên cứu đánh giá quá trình vận chuyển bùn cát ven biển và đề xuất những giải pháp giảm thiểu tác hại của xói lở bờ biển ở hai tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận. Mô hình Mike 21 được sử dụng để mô phỏng các chế độ dòng chảy, sóng, vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông bắc và gió mùa Tây nam. Kết quả nghiên cứu cho thấy hướng vận chuyển bùn cát chủ đạo là hướng Bắc - Nam do lượng vận chuyển bùn cát tịnh nằm trong khoảng từ 2.01 triệu đến 9.61 triệu m^3 /năm trong thời kỳ gió mùa Đông bắc, trong khi lượng vận chuyển bùn cát tịnh trong thời kỳ gió mùa Tây Nam gây ra chỉ đạt từ 0.18 triệu đến 3.83 triệu m^3 /năm. Xói lở vùng ven biển thường xảy ra trong thời kỳ gió mùa Đông bắc và chủ yếu ở khu vực từ Mũi Né đến huyện Tuy Phong. Xây dựng các kè mỏ hàn và phương pháp nuôi bãi có thể được áp dụng nhằm giảm hiện tượng xói lở bờ biển tại các tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận.

Từ khóa: Vận chuyển bùn cát; Mike 21; Ninh Thuận; Bình Thuận.

Abstract

Study on sediment transport process along the beach of Ninh Thuan and Binh Thuan provinces

This study aims to investigate sediment transport process along the beach of Ninh Thuan and Binh Thuan provinces and then propose solutions to reduce negative impacts from coastal erosion there. Mike 21 model was used to simulate the current, wave and sediment transport during the northeast and southwest monsoon periods. Results showed that sediment transport of the study area was mainly in the southerly direction due to the amount of sediment transport ranges from 2.01 million to 9.61 million m^3 /year during the northeast monsoon whereas that of the southwest monsoon was significantly lower (from 0.18 million to 3.83 million m^3 /year). Coastal erosion often occurs during the northeast monsoon and mainly in the area from Mui Ne to Tuy Phong district. Building groyne or supplying imported material for artificial nourishment can be applied in order to reduce coastal erosion in Ninh Thuan and Binh Thuan provinces.

Keywords: Sediment transport; Mike 21ST; Ninh Thuan; Binh Thuan

1. Đặt vấn đề

Ninh Thuận - Bình Thuận là hai tỉnh ven biển thuộc vùng duyên hải Nam trung bộ của Việt Nam với bờ biển trải dài khoảng hơn 300 km. Đây là một khu vực giàu tiềm năng để phát triển kinh tế xã hội đặc biệt là ngành du lịch với các bãi biển đẹp nổi tiếng như biển Mũi Né

- Phan Thiết, Ninh Chữ, Bim Sơn, Cà Ná - Ninh Thuận.

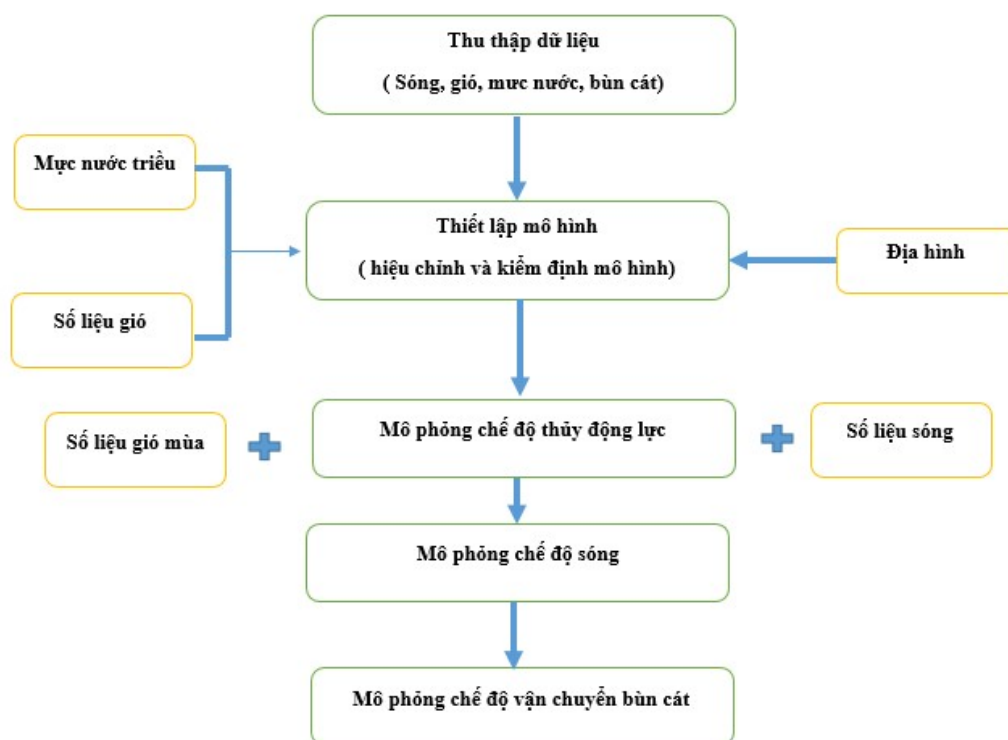
Với nhiều lợi thế về tự nhiên và tài nguyên, nhưng dải ven biển đang chịu ảnh hưởng lớn từ quá trình xói lở bờ biển, vì vậy việc nghiên cứu lượng vận chuyển bùn cát bằng mô hình thủy lực là cần thiết, phục vụ việc xây dựng quy hoạch phát triển không gian, cơ sở hạ tầng và kế hoạch

phòng tránh, giảm thiểu các thiệt hại do xói lở gây ra, ổn định dân cư, phát triển kinh tế xã hội cho khu vực nghiên cứu.

Trong nghiên cứu này, mô hình Mike 21 được sử dụng để mô phỏng tính toán lượng vận chuyển bùn cát ở khu vực nghiên cứu để đánh giá cơ chế vận chuyển bùn cát trong các thời kỳ gió mùa Đông bắc và gió mùa Tây nam. Qua đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn các giải pháp ổn định đường bờ biển.

2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng bộ mô hình Mike 21, mô phỏng các chế độ dòng chảy, sóng trong thời kỳ gió mùa Đông bắc và gió mùa Tây nam. Kết quả của chế độ thủy động lực này là tham số đầu vào trong việc mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát ở khu vực nghiên cứu. Cách tiếp cận của nghiên cứu được thể hiện trong sơ đồ khối Hình 1.



Hình 1: Sơ đồ mô phỏng vận chuyển bùn cát

3. Xây dựng mô hình

3.1. Cơ sở lý thuyết mô hình

Mike 21 FM, do DHI Water & Environment phát triển, là hệ thống mô hình mới cơ bản trong cách tiếp cận mắt lưới linh hoạt. Hệ thống mô hình được phát triển cho việc ứng dụng nghiên cứu hải dương học, môi trường vùng cửa sông ven biển. Mô hình Mike 21 FM bao gồm các module sau: Module thủy động lực học; Module vận chuyển tính toán vận

chuyển bùn cát; Module sinh thái; Module giám sát chất điểm.

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 [1].

Nghiên cứu

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)

ζ (x,y,t): Cao độ mặt nước (m)

p,q (x,y,t): Lưu lượng đơn vị dòng theo các hướng X, Y (m³/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/s²)

f(V): Hệ số nhám do gió

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

Ω(p,q): Thông số Coriolis phụ thuộc vào vĩ độ (s⁻¹)

p_a: Áp suất khí quyển (kg/m²/s)

ρ_w: Khối lượng riêng của nước (kg/m³)

x, y: Tọa độ không gian (m)

t: Thời gian (s)

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

Lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ có thể tính toán sử dụng công thức Bousby và Van Rijn (Soulsby, 1997) [2, 3, 4].

Công thức vận chuyển bùn cát đáy tổng cộng dưới tác dụng tổng hợp của sóng và dòng chảy có dạng.

$$q_t = A_s U \left(\sqrt{U^2 + \frac{0.018}{C_D} U_{rms}^2} - U_{cr} \right) (1 - 1.6 \tan \beta) \quad (4)$$

Trong đó:

Q_t: Suất vận chuyển bùn cát tổng cộng do sóng và dòng chảy

$$A_s = \frac{0.005h(D_{50}/h)^{1.2} + 0.012D_{50}D_*^{-0.6}}{[(s-1)gD_{50}]} \quad (5)$$

h: Độ sâu nước

s: Tỷ trọng tương đối của bùn cát

g: Gia tốc trọng trường

D₅₀; D₉₀: Các kích thước đặc trưng của hạt cát

D*: Đường kính hạt phi thứ nguyên

$$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{v^2} \right]^{1/3} D_{50} \quad (6)$$

v: Hệ số nhớt động học của nước

U: Vận tốc dòng chảy trung bình theo độ sâu

U_{rms}: Vận tốc sát đáy do sóng

U_{cr}: Giá trị vận tốc giới hạn của vận chuyển bùn cát

$$U_{cr} = \begin{cases} 0.19D_{50}^{0.1} \log(4h/D_{90}) \\ 8.5D_{50}^{0.6} \log(4h/D_{90}) \end{cases} \quad (7)$$

D₅₀ ≤ 0.5 mm; D₅₀ > 0.5 mm

C_D: Hệ số ma sát đáy do dòng chảy

$$C_D = \left[\frac{k}{\ln(h/z_0) - 1} \right]^2 \quad (8)$$

Z_0 : Chiều cao nhám ở đáy

β : Góc nghiêng của đáy

3.2. Nguồn tài liệu phục vụ nghiên cứu

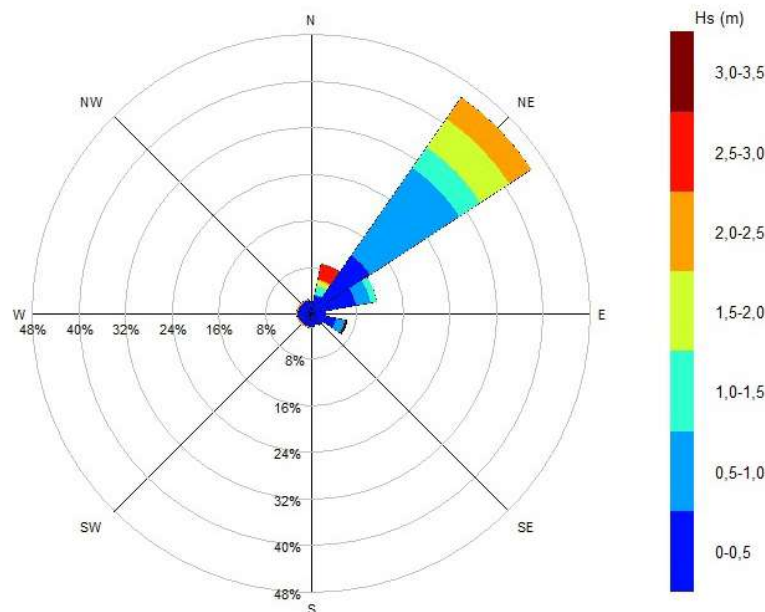
- *Số liệu địa hình*: Địa hình khu vực tính toán bao gồm địa hình ven biển Bình Thuận, Ninh Thuận với tỷ lệ 1/5000; Địa hình vùng biển ngoài khơi có tỷ lệ là 1/10000 được lấy từ dữ liệu toàn cầu <https://maps.ngdc.noaa.gov> [6].

- *Số liệu mực nước*: Để phục vụ hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy động

lực, số liệu mực nước thực đo năm 2018 tại trạm hải văn Phú Quý - Bình Thuận. Với các biên mực nước ngoài biển, sử dụng modul Tool Box trong Mike để tạo triều sử dụng số liệu mực nước.

- *Số liệu gió mùa*: Giá trị gió mùa sử dụng trong nghiên cứu được lấy từ dữ liệu gió toàn cầu năm 2018 qua website <https://coastwatch.pfeg.noaa.gov> [5].

- *Số liệu sóng*: Trong nghiên cứu nhóm tác giả đã sử dụng bộ số liệu sóng toàn cầu từ mô hình WaveWatch III (WW3) Global Wave Model [5]. Giá trị sóng được trích suất tại điểm quan trắc P(10°36'33.63"N; 109° 0'42.42"E) năm 2018 được thể hiện qua hình sau:



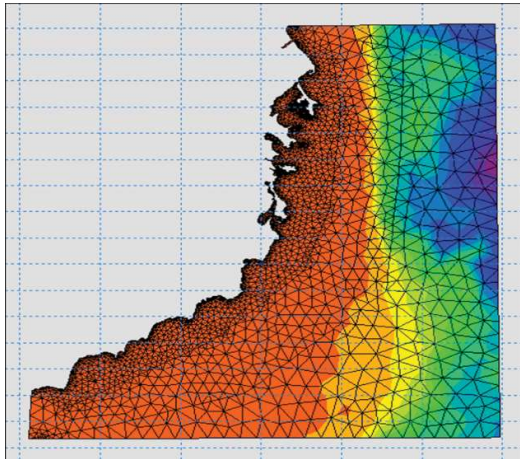
Hình 2: Hoa sóng khu vực biển Ninh Thuận - Bình Thuận

- *Số liệu bùn cát*: Giá trị đường kính trung bình hạt bùn cát $D_{50} = 0.204$ mm, mật độ bùn cát được xác định dựa trên số liệu thực đo do Viện Hải dương học Nha Trang cung cấp.

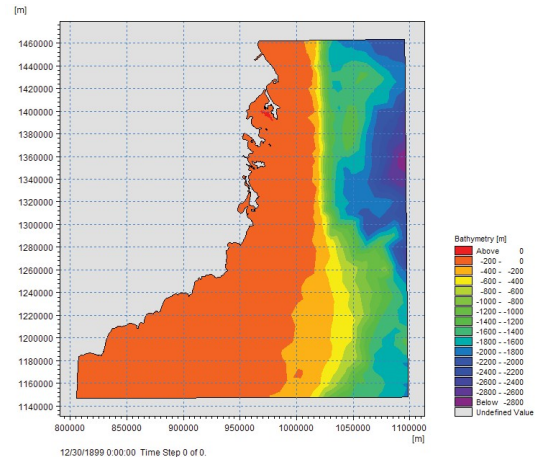
3.3. Thiết lập lưới tính

Miền tính toán có chiều dài khoảng 280 km từ được xác định từ bờ biển Nha

Trang Khánh Hòa đến cuối bờ biển Bình Thuận. Bề rộng lưới tính toán 190 km từ ngoài khơi đến bờ biển với tổng số ô lưới tính toán là 7083 ô lưới và 4272 số nút lưới được thể hiện qua Hình 3. Địa hình khu vực ven biển Ninh Thuận và Bình Thuận được thể hiện qua Hình 4.



Hình 3: Lưới tính khu vực nghiên cứu



Hình 4: Địa hình khu vực nghiên cứu

3.4. Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình nhằm tìm bộ thông số ổn định nhất để mô phỏng các kịch bản, trong nghiên cứu đã sử dụng hệ số NASH để đánh giá:

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

Trong đó:

$X_{o,i}$: Giá trị thực đo;

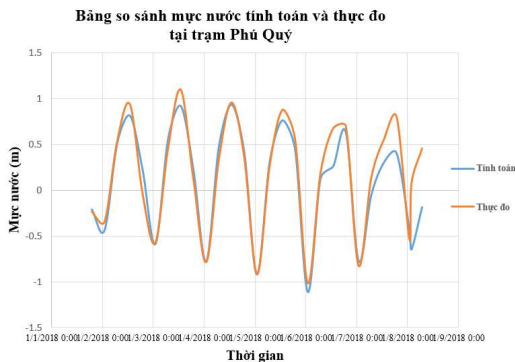
$X_{s,i}$: Giá trị mô phỏng;

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

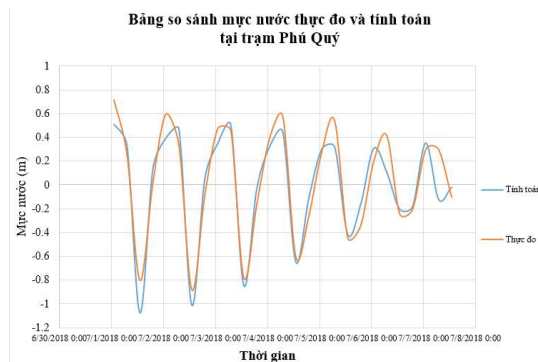
Nghiên cứu đã sử dụng chuỗi dữ liệu mực nước tại Trạm hải văn Phú Quý - Bình

Thuận (10°31' - 108°56') trong khoảng thời gian từ ngày 01/01/2018 đến ngày 08/01/2018 cho việc hiệu chỉnh mô hình thủy lực. Nhìn chung giá trị mực nước và thực đo tương đối đồng dạng nhau về cả độ lớn và pha dao động với hệ số Nash đạt 0.84.

Kiểm định mô hình thủy lực nhóm nghiên cứu đã sử dụng chuỗi số liệu mực nước thực đo tại trạm Phú Quý - Bình Thuận trong khoảng thời gian từ ngày 01/7/2018 đến ngày 07/7/2018 với kết quả tính toán hệ số Nash là 0.87. Vì vậy bộ thông số mô hình được thiết lập phục vụ cho việc mô phỏng tính toán vận chuyển bùn cát, kết quả hiệu chỉnh và kiểm định được thể hiện trong Hình 5 và Hình 6.



Hình 5: Kết quả hiệu chỉnh mô hình



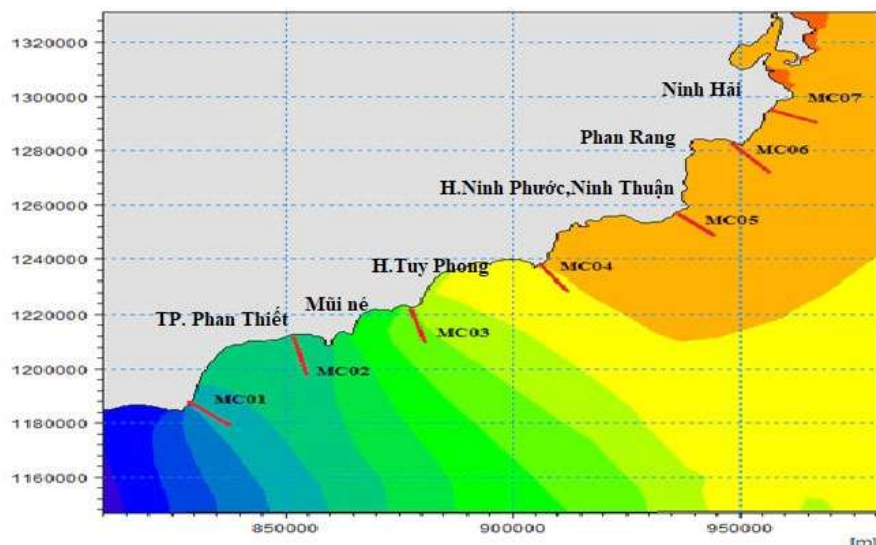
Hình 6: Kết quả kiểm định mô hình

4. Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu đã sử dụng 07 mặt cắt ven biển khu vực bờ biển Ninh Thuận - Bình Thuận để xác định lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong thời kỳ gió mùa. Giá trị dương biểu thị hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Bắc - Nam. Giá trị âm biểu thị hướng vận chuyển bùn cát dọc bờ theo hướng Nam - Bắc.

Để đánh giá sự ổn định đường bờ biển ở khu vực nghiên cứu dựa trên tính toán

cân bằng vận chuyển bùn cát tại các mặt cắt. Khu vực bờ biển có lượng vận chuyển bùn cát đi vào bằng với lượng vận chuyển bùn cát đi ra tại các mặt cắt thì bờ biển đó ổn định, trong khi lượng bùn cát đi vào lớn hơn đi ra thì đường bờ biển được bồi tụ và ngược lại lượng vận chuyển bùn cát đi ra lớn hơn lượng vận chuyển đi vào khu vực mặt cắt thì bờ biển bị xói lở.



Hình 7: Các mặt cắt tính toán lượng vận chuyển bùn cát

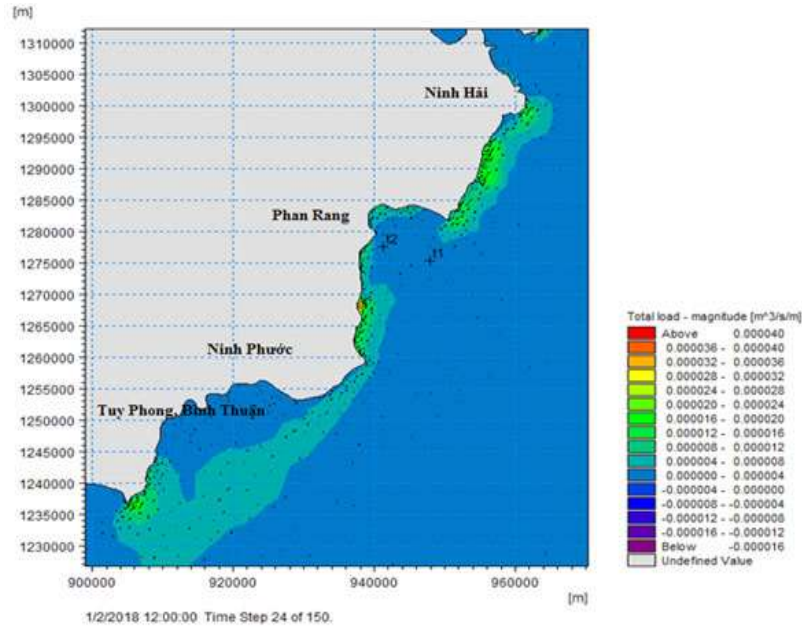
4.1. Kết quả mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông bắc

Từ kết quả mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Đông bắc ta nhận thấy tại các khu vực bờ biển Phan Rang, Ninh Hải, Mũi Né và Phan Thiết có lượng vận chuyển bùn cát lớn hơn so với vùng bờ biển khác do trong thời kỳ này chế độ dòng chảy dọc bờ có hướng di chuyển từ phía Bắc xuống phía Nam kết hợp với hình thái bờ biển lồi lõm làm cho những vị trí bờ biển nhô ra ngoài có xu hướng chặn bùn cát ở phía Bắc, phía Nam mũi bờ biển lượng vận chuyển bùn cát giảm mạnh.

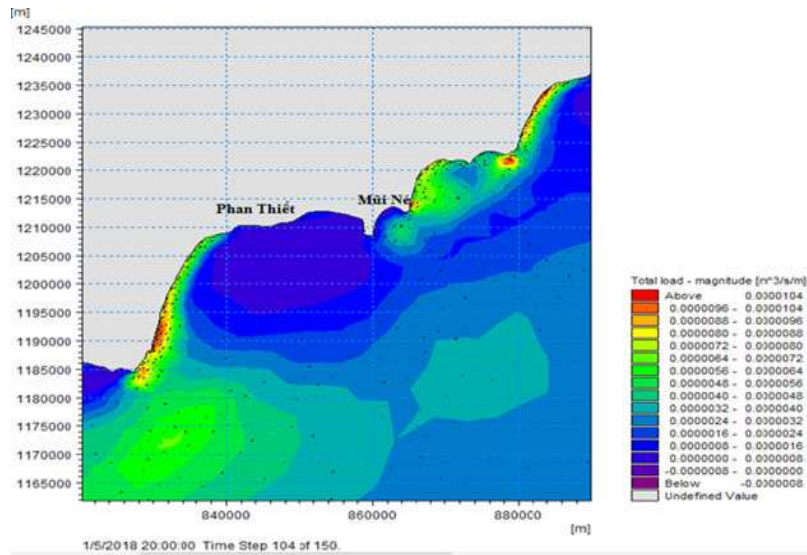
Kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cho 07 mặt cắt ven biển khu vực Ninh Thuận - Bình Thuận cho thấy rằng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ chủ yếu theo hướng vận chuyển Bắc - Nam; tại các mặt cắt M02; MC01; MC07; MC06 có lượng vận chuyển bùn cát lớn nhất đạt giá trị 10.58, 9.33, 9.89 và 8.64 triệu m³/năm.

Lượng vận chuyển bùn cát tịnh trong thời kỳ gió mùa Đông bắc nằm trong khoảng từ 2.01 triệu m³/năm đến 9.61 triệu m³/năm. Trong đó lượng vận chuyển bùn cát theo hướng Bắc nam đạt giá trị lớn nhất 10.58 triệu m³/năm tại mặt cắt 03 và hướng Nam bắc đạt giá trị 5.82 triệu m³/năm.

Nghiên cứu



Hình 8: Vận chuyển bùn cát khu vực bờ biển Ninh Thuận



Hình 9: Lượng vận chuyển bùn cát khu vực Bình Thuận

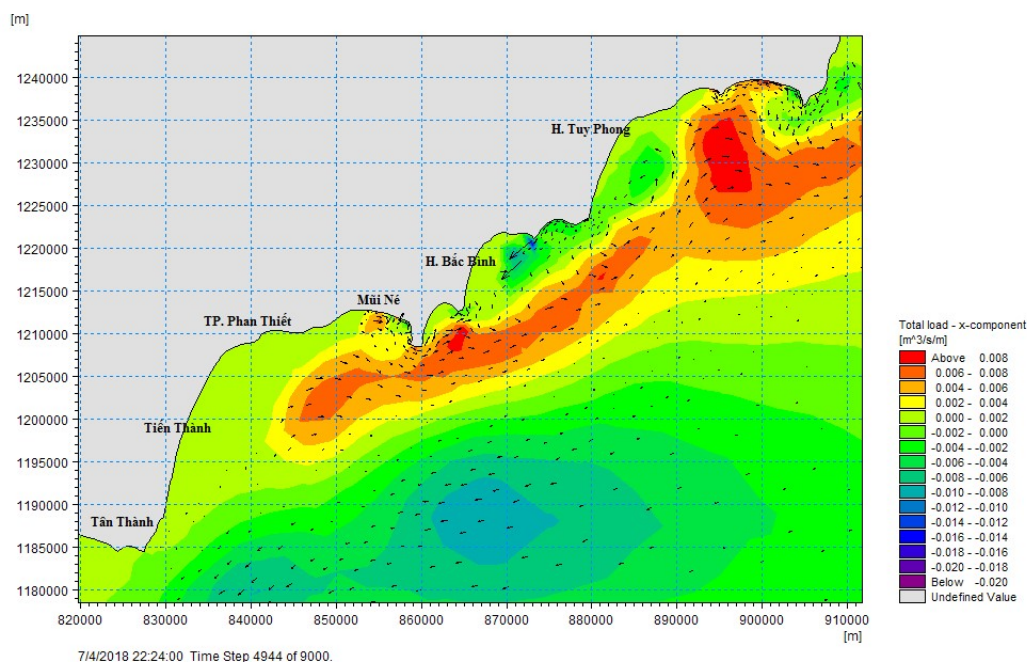
Bảng 1. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Đông bắc

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát ($10^6 \text{ m}^3/\text{năm}$)		
		Tịnh	Nam - Bắc	Bắc - Nam
1	MC01	3.51	-5.82	9.33
2	MC02	9.61	-0.97	10.58
3	MC03	4.76	-0.15	4.91
4	MC04	2.01	-0.51	2.52
5	MC05	7.61	-0.11	7.72
6	MC06	4.64	-2.00	8.64
7	MC07	8.89	-1.00	9.89

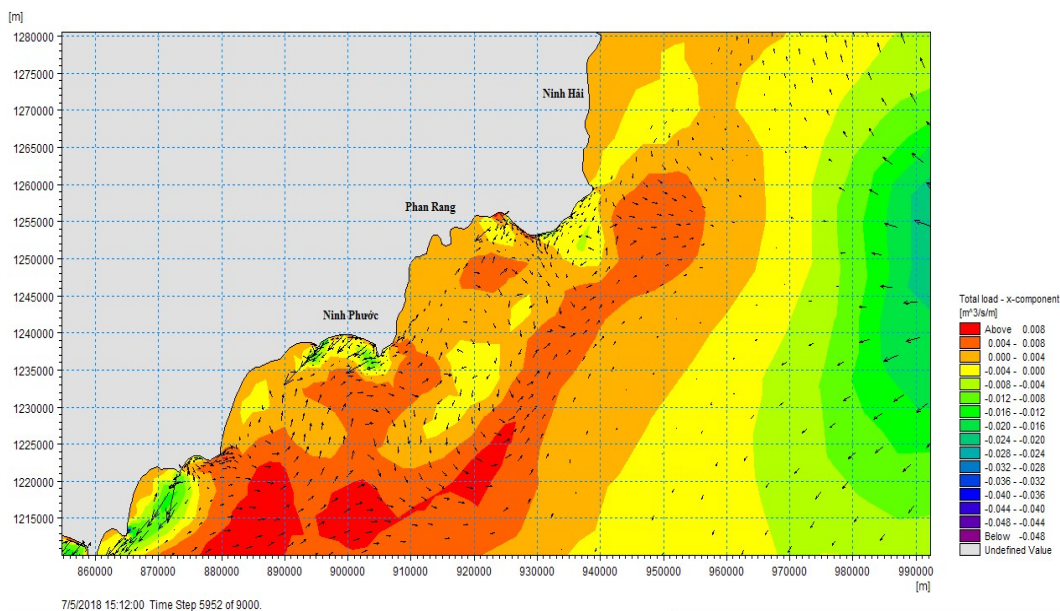
4.2.2. Kết quả mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát trong thời kỳ gió mùa Tây nam.

Từ kết quả mô phỏng ta nhận thấy, trong thời kỳ gió mùa Tây nam quá trình vận chuyển bùn cát có hướng chính theo hướng từ phía Nam lên phía Bắc ở khu

vực bờ biển Bình Thuận. Khu vực bờ biển xã Tân Thành huyện Hàm Thuận Nam có hàm lượng bùn cát dịch chuyển nhỏ do không đáng kể và tương đối cân bằng. Từ khu vực Thành phố Phan Thiết đến địa phận đường bờ biển huyện Tuy Phong xuất hiện lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ biển động tương đối rõ rệt.



Hình 10: Lượng vận chuyển bùn cát khu vực Bình Thuận



Hình 11: Lượng vận chuyển bùn cát khu vực biển Ninh Thuận

Bảng 2. Kết quả vận chuyển bùn cát dọc bờ thời kỳ gió mùa Tây nam

STT	Mặt cắt	Lượng vận chuyển bùn cát (10^6 m ³ /năm)		
		Tĩnh	Bắc - Nam	Nam - Bắc
1	MC01	1.01	0.55	-1.56
2	MC02	1.36	0.42	-1.78
3	MC03	0.86	0.49	-1.35
4	MC04	3.83	7.43	-11.26
5	MC05	0.32	0.63	-0.95
6	MC06	0.19	0.74	-0.55
7	MC07	0.18	0.73	-0.55

Đường bờ biển Huyện Hàm Tân - Bình Thuận là tương đối ổn định trong thời kỳ gió mùa Tây Nam do mặt cắt 01 đến mặt cắt 02 có lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ ở khu vực bờ biển này là tương đối cân bằng với lượng bùn cát đi vào MC01 với giá trị 1.56 triệu m³/năm và lượng bùn cát đi ra MC02 là 1.78 triệu m³/năm.

Khu vực đường bờ biển phía phường Phú Hải, Hàm Tiến tại mặt cắt 03 có lượng vận chuyển bùn cát từ phía Nam lên phía Bắc nhỏ chỉ đạt giá trị $1.35 \cdot 10^6$ m³/năm trong khi đó từ khu vực bờ biển phía Bắc Mũi Né tại mặt cắt 04 có lượng vận chuyển tương đối lớn đạt tới giá trị $11.26 \cdot 10^6$ m³/năm. Chính vì sự mất cân bằng trong quá trình dịch chuyển bùn cát tại mặt cắt 03 tới mặt cắt 04 dẫn tới hiện trạng khu vực đường bờ biển từ Tân Thành đến đường bờ biển Phan Thiết bị xói lở.

Khu vực bờ biển nằm trong mặt cắt 04 và 05 ta thấy lượng vận chuyển bùn cát tại mặt cắt 04 đạt giá trị $11.26 \cdot 10^6$ m³/năm trong khi tại mặt cắt 05 chỉ đạt giá trị 0.95 m³/năm vì vậy khu vực đường bờ biển này có hiện tượng bồi tụ bùn cát.

Khu vực bờ biển Ninh Thuận có lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ là tương đối ổn định trong thời kỳ gió mùa Tây nam, kết hợp với hình thái bờ biển có dạng lồi lõm bởi các mũi đảo nhô ra phía biển làm cho quá trình vận chuyển

bùn cát ở khu vực này có sự biến động. Lượng vận chuyển bùn cát tại các mặt cắt 06 và 07 đạt giá trị $0.55 \cdot 10^6$ m³/năm cho ta nhận thấy rằng lượng vận chuyển bùn cát qua khu vực này tương đối cân bằng dẫn đến đường bờ biển ổn định.

5. Kết luận

Từ kết quả tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ cả năm cho 07 mặt cắt ven biển khu vực Bình Thuận - Ninh Thuận cho thấy rằng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ trong một năm chủ yếu gây ra bởi sóng lớn trong thời kỳ gió mùa Đông bắc và hướng vận chuyển bùn cát chủ đạo là hướng Bắc - Nam do lượng vận chuyển bùn cát tĩnh nằm trong khoảng từ 2.01 triệu đến 9.61 triệu m³/năm trong thời kỳ gió mùa Đông bắc. Trong khi đó lượng vận chuyển bùn cát tĩnh trong thời kỳ gió mùa Tây nam gây ra chỉ đạt từ 0.18 triệu đến 3.83 triệu m³/năm. Vì vậy hiện tượng xói lở bờ biển thường diễn ra mạnh mẽ trong thời kỳ gió mùa Đông bắc.

Trong thời kỳ gió mùa Đông bắc khu vực bờ biển từ Mũi Né đến Huyện Tuy Phong xuất hiện hiện tượng xói lở mạnh, trong khi đó khu vực đường bờ biển Ninh Phước, Ninh Thuận được bồi tụ bùn cát lớn, các khu vực đường bờ còn lại hầu như có xu hướng bồi tụ nhẹ và ổn định.

Trong thời kỳ gió mùa Tây nam tại khu vực đường bờ biển Huyện Tuy Phong có sự chênh lệch lớn về lượng vận chuyển

bùn cát đi vào mặt cắt 03 chỉ đạt 1.35 triệu m³/năm trong khi lượng vận chuyển bùn cát ra ngoài mặt cắt 04 là 11.26 triệu m³/năm dẫn đến khu vực này xuất hiện hiện tượng xói lở bờ biển rõ rệt. Đường bờ biển tại các khu vực khác tương đối ổn định trong thời kỳ gió mùa Tây nam.

Từ kết quả nghiên cứu ta nhận thấy khu vực đường bờ biển từ Mũi Né đến Tuy Phong là khu vực có nguy cơ cao về việc xói lở đường bờ biển do sự mất cân bằng bùn cát dòng chảy dọc bờ. Vì vậy ở khu vực có thể sử dụng một số giải pháp như hệ thống kè mỏ hàn, nuôi bãi cho bảo vệ bờ biển bị xói lở. Trong đó giải pháp nuôi bãi là một trong những giải pháp ưu tiên trong việc giữ được cảnh quan bãi biển nhằm phát triển du lịch biển và bảo vệ đường bờ biển.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. MIKE 21 & MIKE 3 flow model FM (2007). *Hydrodynamic Module User Guide*. DHI Software.
 - [2]. Van Rijn, L.C., (1984b). *Sediment Transport, Part II: Suspended Load Transport*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 11.
 - [3]. Van Rijn, L.C., (1984c). *Sediment Transport, Part III: Bed Forms and Alluvial Roughness*. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, No. 12.
 - [4]. Van Rijn, L.C., (1993, 2012). *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*. Aqua Publications, Amsterdam, The Netherlands.
 - [5]. https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/erddap/griddap/NWW3_Global_Best.html.
 - [6]. <https://maps.ngdc.noaa.gov>.
- BBT nhận bài: 13/8/2020; Phản biện xong: 08/9/2020; Chấp nhận đăng: 09/11/2020