

Đánh giá mức độ xói lở bờ biển do sóng và nước biển dâng cho một số địa phương Trung Bộ

SVTH: Nguyễn Tất Duy – 55B2
Bùi Công Nhật – 55B1

GVHD: TS Nguyễn Quang Chiến

Tóm tắt. Việt Nam có đường bờ biển dài có nhiều tiềm năng nhưng cần được giữ ổn định. Hiện nay bờ biển biến động mạnh với những vị trí xói lở hàng chục m/năm. Xói lở có thể do nhiều nguyên nhân, trong đó có liên quan đến vận chuyển bùn cát ven bờ và thoái lui đường bờ do nước biển dâng. Trong báo cáo này, nhóm SV ước tính phân vùng xói lở dựa trên phân bố lưu lượng vận chuyển bùn cát (VCBC) dọc bờ Bắc Trung Bộ, và xói do nước biển dâng tại Bình Thuận. Vùng thứ hai được chọn làm điển hình của khu vực đường bờ dạng hình cung với hai đầu được chặn bởi các mũi đá, với lượng VCBC dọc bờ hạn chế. Nhóm SV tập hợp số liệu mặt cắt đo đạc theo Tiêu chuẩn thiết kế đê biển 2012, sóng từ nguồn cơ sở dữ liệu WaveWatch (NOAA, Hoa Kỳ). Sau đó xử lý số liệu sóng, xác định các hướng sóng chủ đạo có thể gây ra lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ, xác định chiều cao sóng hiểm và chiều cao sóng trung bình để tính toán độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát. Từ phân bố lưu lượng VCBC dọc bờ, đưa ra nhận xét tình trạng xói bồi cho các vùng nằm giữa các mặt cắt tính toán. Mặt khác, áp dụng phương pháp Edelman để tính thoái lui đường bờ do nước biển dâng trong điều kiện VCBC tịnh dọc bờ không đáng kể. Đặc điểm và kết quả tính toán mức độ xói lở là cơ sở quan trọng để dự báo diễn biến đường bờ trong tương lai, cũng như đề xuất các phương án, giải pháp bảo vệ đường bờ cho từng địa phương: Bắc Trung Bộ và Bình Thuận.

1. Tổng quan

1.1 Bờ biển Việt Nam - tiềm năng và nguy cơ xói lở

Việt Nam có vùng biển và thềm lục địa rộng gần gấp ba lần diện tích đất liền và là một trong những khu vực giàu tài nguyên, với các tiềm năng lớn về hải sản, dầu khí, năng lượng sạch và du lịch, v.v. Theo một số công trình nghiên cứu đã công bố, vùng biển Việt Nam có trữ lượng nguồn lợi từ các loài động vật ước tính khoảng 32,5 tỷ tấn; trong đó, các loài cá chiếm tới 86%. Những năm gần đây, sản lượng khai thác hải sản thường xuyên đạt trên 2 triệu tấn/năm, góp phần đưa ngành thủy sản nước ta đạt kim ngạch xuất khẩu trên 6 tỷ USD/năm. Điều đáng nói là, vùng biển Việt Nam quanh năm có cá đẻ và thường phân theo đàn, hình thành các bãi cá lớn, cả ở gần bờ và xa bờ với trên 2.000 loài cá; trong đó, nhiều loài có giá trị kinh tế cao. Đây là tiền đề quan trọng, đưa nước ta trở thành quốc gia có tiềm năng phát triển thủy sản trên thế giới.

Trong 30 năm trở lại đây, tình trạng xói lở bờ biển ở Việt Nam đã diễn ra ngày càng phức tạp trên toàn dải ven biển. Theo đó “mức độ xói lở đối với từng khu vực và từng địa phương cũng không ngừng tăng lên, phụ thuộc vào cấu trúc đường bờ, các quá trình động lực và hoạt động của con người.

Ở miền Bắc (từ Quảng Ninh đến Ninh Bình) hiện có 5 đoạn bờ bị xói lở liên tục từ năm 1930 đến nay, trong đó có 2 khu vực bị xói lở nghiêm trọng là Cát Hải (Hải Phòng) và Hải

Hậu (Nam Định). Tương tự, ở khu vực miền Trung (từ Thanh Hóa đến Bình Thuận), quá trình xói lở bờ biển cũng đang diễn ra tại hầu hết các kiểu cấu tạo bờ như: Sỏi cát, bùn sét, bùn, cát..., nhưng nghiêm trọng nhất là bờ cát (chiếm 94% tổng số đoạn bờ bị xói lở). Cụ thể, tại Thanh Hóa hiện có 18.1 km bờ biển bị xói lở trung bình 15 -30 m/năm; Nghệ An 45 km; Hà Tĩnh 60 km; Quảng Bình 50 km; Quảng Trị 34 km; Thừa Thiên-Huế 30 km; Đà Nẵng 16 km; Quảng Ngãi 60 km; Phú Yên 25 km; Ninh Thuận 10 km.

Trong báo cáo này, nhóm sinh viên xét hai khu vực điển hình là bờ biển Bắc Trung Bộ và bờ biển Bình Thuận.



Hình 1. Bản đồ Bắc Trung Bộ

1.2 Vị trí địa lý

Bắc Trung Bộ là phần phía bắc của Trung Bộ Việt Nam có địa bàn từ Nam Ninh Bình tới Bắc Đèo Hải Vân. Vùng Bắc Trung Bộ (BTB) là một trong 8 vùng kinh tế được Chính phủ giao lập quy hoạch tổng thể kinh tế xã hội. Với diện tích khoảng 51.552 km², Bắc Trung Bộ Việt Nam gồm có 6 tỉnh: Thanh Hoá, Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Quảng Trị và Thừa Thiên-Huế.

Tỉnh Bình Thuận nằm ở miền duyên hải cực Nam Trung Bộ nay thuộc Đông Nam Bộ cách thành phố Hồ Chí Minh 198 km về phía Đông Bắc, giáp với các tỉnh Ninh Thuận, Lâm Đồng, Đồng Nai, Bà Rịa – Vũng Tàu.



Hình 2. Vị trí khu vực nghiên cứu Bình Thuận

1.3 Địa hình, địa mạo bờ biển

Khu vực Bắc Trung Bộ

Dải ven biển vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải Trung Bộ gồm 14 tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương kéo dài từ Thanh Hóa đến Bình Thuận với diện tích trên 84.000 km², đường bờ biển dài 670 km, khúc khuỷu với nhiều mũi, vũng, vịnh và bán đảo. Dọc bờ biển có nhiều địa điểm thuận lợi để xây dựng cảng (Nghị Sơn, Cửa Lò, Vũng Áng, Chân Mây...), nhiều bãi tắm có giá trị du lịch (Sầm Sơn, Cửa Lò, Thiên Cầm...), hệ thống đầm phá có điều kiện để phát triển nuôi trồng thủy sản.

Ngoài khơi có hệ thống đảo ven bờ như các đảo Nghi Sơn, Hòn Mê, Hòn Ngư, Hòn Mất, Hòn Gió, Hòn La, Cồn Cỏ... có ý nghĩa lớn về mặt kinh tế và an ninh quốc phòng.

Mặc dù giàu tài nguyên và có tiềm năng lớn để phát triển, song dải ven biển vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải Trung Bộ đang phải đối mặt với nhiều thách thức về tài nguyên và môi trường. Nguồn lợi hải sản và các tài nguyên thủy sinh có chiều hướng suy giảm. Chất lượng nước ven bờ, đặc biệt là tại các vùng nước cửa sông, bến cảng, các khu đô thị và dân cư ven biển đang ô nhiễm. Hiện tượng bồi lấp và xói lở tại nhiều vùng cửa sông, ven biển và các khu vực cảng khá nghiêm trọng, làm thay đổi các hệ sinh thái ven biển.

Hơn nữa, dải ven biển vùng Bắc Trung Bộ và Duyên hải Trung Bộ là nơi chịu thiệt hại nhiều do thiên tai như bão, áp thấp nhiệt đới, nước dâng, nơi chịu tác động bởi hiện tượng cát bay, cát chảy và tiềm ẩn nguy cơ gió lốc, vòi rồng, trong đó có các tác động do biến đổi khí hậu toàn cầu. Dân số vùng ven biển vẫn gia tăng và đa số họ làm nghề nông, đánh bắt cá và nuôi trồng thủy sản, đời sống chủ yếu nhờ vào nguồn lợi biển nên thiếu ổn định, tỷ lệ nghèo cao.

Tỉnh Bình Thuận

Đặc điểm về địa hình của Bình Thuận cũng có nhiều đặc biệt. Bờ biển Bình Thuận chạy theo hướng Đông Bắc – Tây Nam, địa hình bị chia cắt bởi phần cuối của dãy núi Trường Sơn nhô ra biển tạo thành nhiều mũi đá lớn nhỏ, xen kẽ giữa các mũi đá là các dạng địa hình đất cồn cát, đất mặn ven biển. Các mũi đất lớn như mũi Sừng Trâu (phía Bắc gần giáp với Ninh Thuận), mũi La Gàn, mũi Đá Dựng, mũi Né, mũi Kê Gà tạo thành các điểm cứng phân chia

đường bờ thành các cung đường cong lớn có dạng vịnh. Các mũi đá nhỏ hơn phân chia cung bờ lớn thành các cung bờ nhỏ hơn. Các cung bờ biển giữa các mũi đá có một số đặc điểm hình thái chung như sau:

- Phía Tây các mũi đá có đoạn đường bờ cong hầu như nằm ngang theo hướng Đông Tây, ví dụ đoạn bờ Cà Ná sau mũi Sừng Trâu, đoạn bờ Phan Rí Cửa sau mũi La Gàn, đoạn bờ Hàm Tiến, Phú Hải sau mũi Né...

- Phía Đông các mũi đá có đoạn đường bờ tương đối thẳng xuôi theo hướng Đông Bắc – Tây Nam, ví dụ đoạn bờ Liên Hương – Bình Thạnh trước mũi La Gàn, đoạn bờ phía Đông mũi Đá Dựng, đoạn bờ Tiến Thành phía Đông mũi Kê Gà...

Các cung đường bờ cong hình thành ở khu vực Bình Thuận thể hiện rõ qui luật kinh nghiệm của đường bờ dạng xoắn ốc giữa hai điểm cố định (mũi đá hay đầu đê), chịu tác động của một hướng dòng bùn cát ven bờ chủ đạo.

2. Số liệu

2.1 Mặt cắt ngang bãi biển

Số liệu mặt cắt ngang bãi biển rất quan trọng để đánh giá bồi xói, thoái lui đường bờ. Đối với vùng Bắc Trung Bộ Các mặt cắt được chọn ở vùng bờ biển mở, không bị che chắn, đường bờ địa phương tương đối thẳng, không quá gần các mũi đá và cửa sông. Một số vũng vịnh như Vịnh Diên Châu, Nghệ An, do bờ biển có hình túi và bùn cát vận chuyển giới hạn giữa hai mũi đá nên dòng bờ tương đối ổn định trong thời kì dài, và ta sẽ không xét đến diễn biến các đoạn bờ như vậy

Trích xuất số liệu từ Phụ lục Tiêu chuẩn thiết kế đê biển 2012, ta lấy được số liệu 12 mặt cắt có số thứ tự và tọa độ như sau.

Bảng 1: Các mặt cắt tính toán

Mặt cắt	STT MC theo TCTKĐB	Vĩ độ Bắc	Tỉnh	Phương vị
MC 1	MC 19	19°41'6.41"	Thanh Hóa	113°
MC 2	MC 20	19°28'32.66"	Thanh Hóa	96°
MC 3	MC 24	18°44'38.97"	Hà Tĩnh	79°
MC 4	MC 25	18°30'28.72"	Hà Tĩnh	44°
MC 5	MC 26	18°26'21.03"	Hà Tĩnh	53°
MC 6	MC 27	18°16'39.44"	Hà Tĩnh	32°
MC 7	MC 30	17°47'41.35"	Quảng Bình	71°
MC 8	MC 31	17°36'11.22"	Quảng Bình	57°
MC 9	MC 32	17°26'58.92"	Quảng Bình	47°
MC 10	MC 35	17° 9'7.06"	Quảng Bình	27°
MC 11	MC 38	16°52'28.35"	Quảng Trị	41°
MC 12	MC 40	16°36'28.79"	Huế	26°

Hiện nay không có nguồn tài liệu tổng hợp về mặt cắt ngang dọc bờ biển theo tỉnh Bình Thuận. Bởi vậy, sử dụng Google Earth để xây dựng số liệu mặt cắt.

Bờ biển Bình Thuận có cấu trúc địa hình, địa mạo tương đối phức tạp, tiêu biểu là các dạng bờ hỗn hợp, giữa các cung bờ là bãi cát ăn lồm vào đất liền và các mũi đá, ghènh đá nhô ra biển. Để có được những đánh giá chính xác thực trạng xói lở, bồi lắng bờ biển, người viết chia bờ biển thành 5 vùng bờ chủ yếu với 5 mặt cắt ngang bãi biển để nghiên cứu đánh giá xâm thực bao gồm:

- Mặt cắt 1 thuộc đoạn bờ biển Cà Ná - Mũi La Gàn ($11^{\circ}13'35.33''\text{B}$, $108^{\circ}44'31.10''\text{Đ}$)
- Mặt cắt 2 thuộc đoạn bờ từ mũi La Gàn đến Thiện Ái ($11^{\circ}10'56.77''\text{B}$, $108^{\circ}35'9.54''\text{Đ}$)
- Mặt cắt 3 thuộc đoạn bờ biển từ Thiện Ái đến Mũi Né ($11^{\circ}01'7.69''\text{B}$, $108^{\circ}21'27.53''\text{Đ}$)
- Mặt cắt 4 thuộc đoạn bờ từ Mũi Né đến mũi Kê Gà ($10^{\circ}48'52.09''\text{B}$, $108^{\circ}01'55.54''\text{Đ}$)
- Mặt cắt 5 thuộc đoạn bờ từ mũi Kê Gà đến Tân Thắng ($10^{\circ}41'30.59''\text{B}$, $107^{\circ}48'38.7''\text{Đ}$)



Hình 4. Vị trí 5 mặt cắt qua Google Earth tỉnh Bình Thuận

Cách xác định mặt cắt trên Google Earth như sau. Trước hết vẽ một đoạn thẳng vuông góc với bờ trên Google Earth (Add - Path, click điểm 1 ở sát bờ, click điểm 2 ở ngoài khơi, OK.) Sau đó di chuột dọc theo đường này và xem số liệu elev ... m phía dưới màn hình. Chuẩn bị giấy bút. Chọn Tools - Ruler. Bấm điểm ở đầu mặt cắt và di chuột dọc theo mặt cắt. Đọc Map Length, ghi vào tọa độ x_0 ngang bờ, đọc elev, ghi vào cao độ z. Giá trị cao trình đáy trong Google Earth = 0 ở rất nhiều vị trí trên mặt cắt ngang này, nên sẽ bắt đầu tính từ điểm chuyển tiếp cao độ từ 0 đến -1 ra ngoài khơi.

- Để thuận tiện quy ước mép nước $x_0 = 0$, $z = 0$. Ra ngoài khơi x_0 âm, z âm.
- Các tọa độ x_0 của các điểm không nhất thiết phải bằng nhau.
- Phương vị của đường bờ chính là Heading khi đo Ruler.

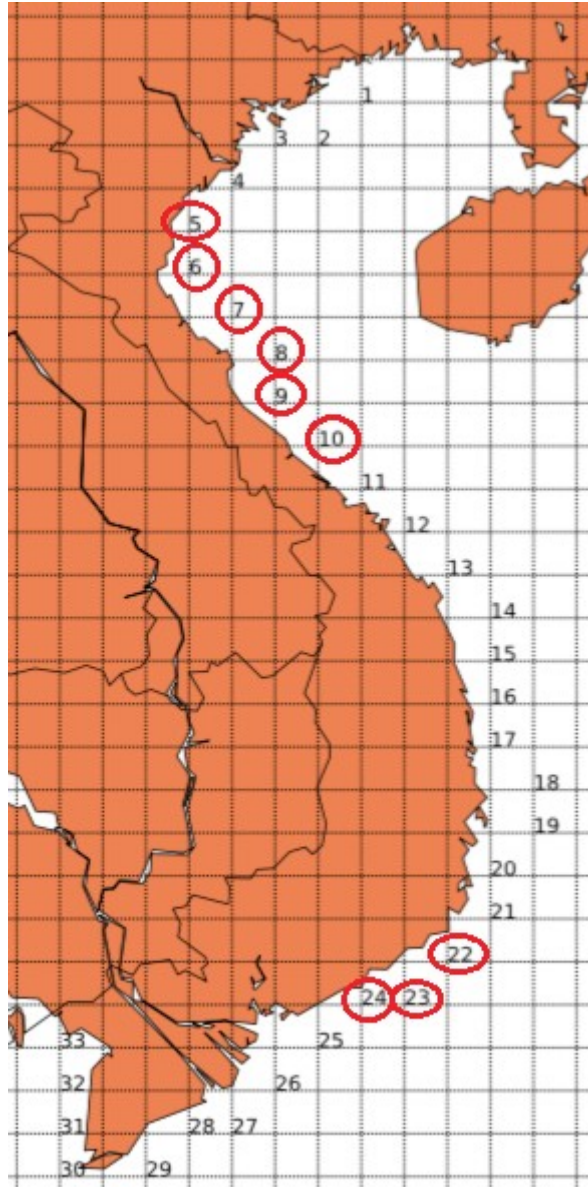
Cách xác định mặt cắt trên Google Earth có cả ưu điểm lẫn nhược điểm. Ưu điểm là khi không có tài liệu chính xác về mặt cắt ngang bãi biển Bình Thuận thì phần mềm Google Earth có thể dễ dàng xác định được mặt cắt ngang bãi biển ta cần. Nhược điểm là số liệu mặt cắt ngang bãi biển chỉ tương đối chính xác.

Các mặt cắt thu về được thể hiện trên hình 4.

2.2 Đặc trưng sóng

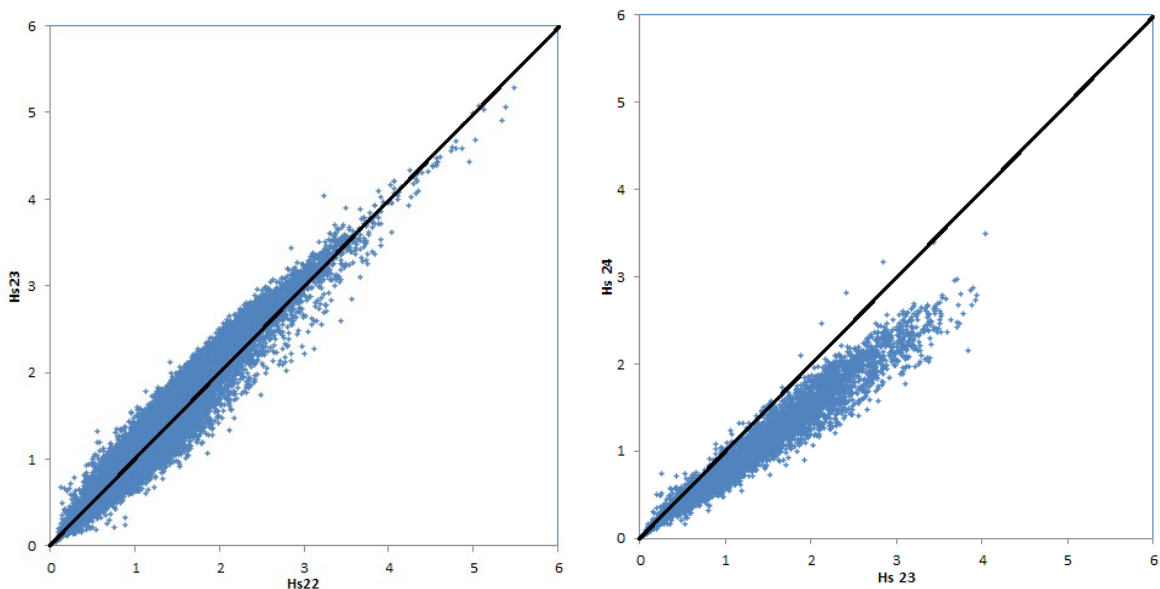
Số liệu sóng được trích xuất từ nguồn cơ sở dữ liệu WaveWatch (NOAA, Hoa Kỳ). Số liệu sóng được cấp trên phạm vi toàn cầu với độ phân giải nửa kinh/vĩ độ. Với tần suất đo 3 giờ 1 lần đo. Số liệu đo đạc được gồm: chiều cao sóng, chu kỳ sóng, hướng sóng.

- Các vị trí lấy số liệu được chọn của khu vực Bắc Trung Bộ là 5, 6, 7, 8, 9 và 10.
- Các vị trí lấy số liệu được chọn của khu vực Bình Thuận là 22, 23, 24.



Hình 5. Vị trí tương đối của các điểm trích xuất sóng trong mô hình WaveWatch

Để xét xem số liệu sóng ở điểm trích xuất sóng nào có chiều cao sóng lớn nhất và ảnh hưởng tới đường bờ biển Bình Thuận lớn nhất, thực hiện vẽ biểu đồ tương quan chiều cao sóng giữa các điểm trích xuất số liệu 22, 23, 24.

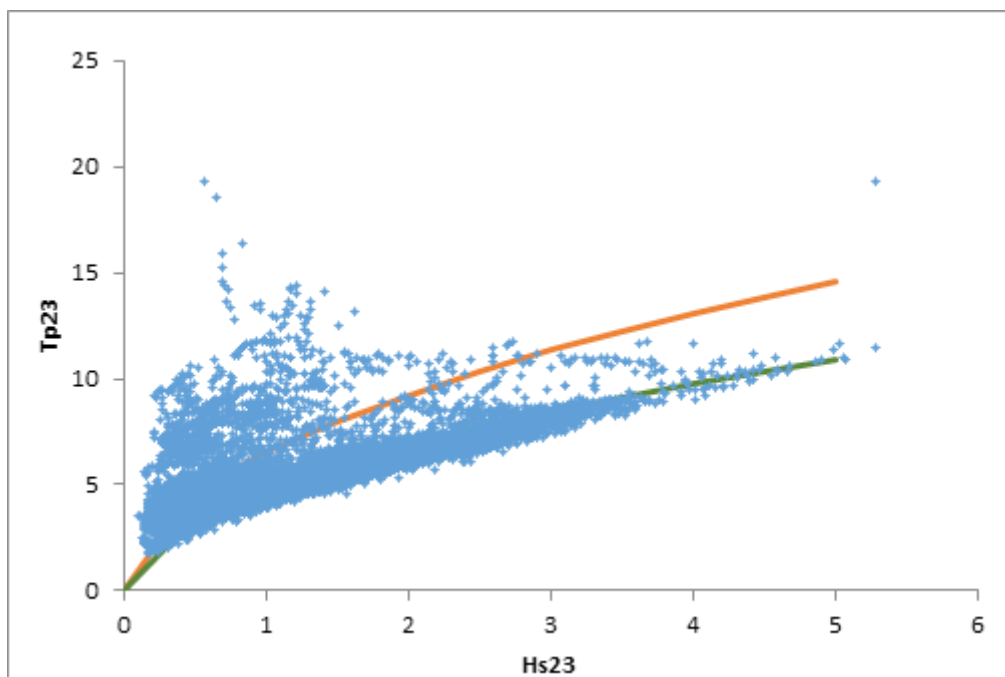


Hình 6. Biểu đồ tương quan chiều cao sóng 22 - 23 và 23 - 24

Nhận xét: Đường phân giác chia biểu đồ thành $\frac{1}{2}$. Từ đó, điểm sóng nằm nhiều bên đường phân giác nào thì số liệu sóng điểm xuất sóng ở đó lớn hơn. Qua 2 biểu đồ tương quan chiều cao sóng tại điểm trích xuất 22 - 23; và 23 -24, kết luận số liệu sóng ở điểm trích xuất số liệu 23 là lớn nhất sẽ ảnh hưởng đến bờ biển Bình Thuận.

Riêng tại Bình Thuận cũng có thể sử dụng số liệu đặc trưng sóng trung bình tại trạm Phú Quý. Theo Phạm Văn Ninh và nnk. (2003), đặc trưng sóng trung bình năm tại trạm Phú Quý gồm: chiều cao sóng 0,8 m và chu kì sóng 4,6 s.

a) Xác định chiều cao sóng trung bình và chu kỳ sóng trung bình điểm trích xuất số liệu sóng 23



Hình 7 Biểu đồ tương quan chiều cao sóng và chu kỳ sóng

Dựa vào công thức $S_o = \frac{H_s}{1.56T_p^2}$ để xác định chu kỳ sóng trung bình để xác định chu kỳ sóng trung bình vẽ biểu đồ tương quan giữa chiều cao sóng và chu kỳ sóng.. Bằng phương pháp dò tìm S. Tại $S_o = \frac{\overline{H_s}}{1.56T_p^2} = 0.015$ vẽ được đường phân giới sóng gió và sóng lừng là đường màu vàng cam trên biểu đồ hình 7. Tương tự dò tìm S để xác định đường phân giới trung bình của sóng gió (màu xanh). Với $S_o = \frac{\overline{H_s}}{1.56T_p^2} = 0.027$ được đường phân giới trung bình của sóng gió. Từ đó tìm được chu kỳ sóng trung bình qua công thức:

$$T_p = \sqrt{\frac{\overline{H_s}}{1.56 \times S}} = \sqrt{\frac{1.404}{1.56 \times 0.027}} = 5.774 \text{ s}$$

Vậy: - $\overline{H_s} = 1.404$ m là chiều cao sóng trung bình ở vị trí 23

- $\overline{T_s} = 5.774$ s là chu kỳ sóng trung bình ở vị trí số 23

=>> Sử dụng chiều cao sóng và chu kỳ sóng trung bình ở vị trí 23 để tính độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát theo công thức Hallermeier 1981.

b) Xác định chiều cao sóng hiếm ở điểm trích xuất số liệu sóng 23

H là chiều cao sóng “hiếm” có tần suất xuất hiện 12 giờ trong năm, còn T là chu kỳ sóng tương ứng với H đó. Tại điểm trích xuất 23 có tần suất đo 3 giờ 1 lần đo. Như vậy sẽ là sóng lớn thứ 4 trong năm. Tại điểm trích xuất số liệu sóng từ nguồn cơ sở dữ liệu WaveWatch (NOAA, Hoa Kỳ) ở điểm trích xuất sóng 23 được đo trong vòng 6 năm. Vậy sẽ là sóng lớn thứ 24 trong vòng 6 năm đó.

Dựa vào bảng 2 xác định được sóng lớn thứ 24 là chiều cao sóng $H_s = 4.33$ m tương ứng với $T_s = 10.43$ s. Như vậy ta sử dụng chiều cao sóng $H_s = 4.33$ m tương ứng với $T_s = 10.43$ s để tính độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát theo công thức Hallermeier 1978 và Birkmeier 1981.

Bảng 2: Số liệu chiều cao sóng lớn nhất tại điểm trích xuất sóng 23

STT	Hs (m)	Ts (s)
17	4.43	10.47
18	4.43	11.14
19	4.42	9.93
20	4.40	9.85
21	4.39	10.13
22	4.39	10.18
23	4.37	10.36
24	4.33	10.43
25	4.32	10.21

26	4.31	10.06
27	4.29	9.63

Theo công thức tính toán độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát (Hallermeier 1981) có số hạng độ lệch chuẩn chiều cao sóng σ_{Hs} . Trong trường hợp này độ lệch chuẩn chiều cao sóng σ_{Hs} không có sẵn. Các phân bố thông thường của đại lượng dương thì σ phải nhỏ hơn giá trị trung bình.

Trong trường hợp này $\bar{H} = 0.8$ m thì $\sigma_{Hs} < 0.8$ m. Có thể lấy $\sigma_{Hs} = 0.4$ m. Khi đó khoảng biến động chiều cao sóng sẽ từ nhỏ hơn $(\bar{H} - 0.3 \sigma_{Hs})$ đến lớn hơn $(\bar{H} + 0.3 \sigma_{Hs})$.

Vậy khi $\sigma_{Hs} = 0.3$ m, 0.4 m, 0.5 m thì ảnh hưởng đến chiều cao sóng không? Theo công thức tính h_* có số hạng $(\bar{H} - 0.3 \sigma_{Hs})$ thì số hạng này biến đổi không nhiều.

Cụ thể với: $\sigma_{Hs} = 0.3$ m số hạng $(\bar{H} - 0.3 \sigma_{Hs}) = 0.71$ m

$\sigma_{Hs} = 0.4$ m số hạng $(\bar{H} - 0.3 \sigma_{Hs}) = 0.68$ m

$\sigma_{Hs} = 0.5$ m số hạng $(\bar{H} - 0.3 \sigma_{Hs}) = 0.65$ m

Vì vậy với mục đích tính gần đúng thì ta có thể chọn $\sigma_{Hs} = 0.5 \bar{H} = 0.5 \times 0.8 = 0.4$ m.

Ta sẽ sử dụng chiều cao sóng và chu kỳ sóng trung bình ở vị trí 23 để tính độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát theo công thức Hallermeier 1981.

3. Phương pháp tính toán

3.1 Xác định hệ số kinh nghiệm A

Mặt cắt ngang bãi biển nó bao gồm mặt dốc bãi biển, thềm bãi (có thể có hoặc không), và chân bãi. Trên thềm bãi có thể có một hoặc nhiều dải cát ngầm nằm xem kẽ với cồn ngầm. Mặc dù hình dạng mặt cắt ngang bãi biển rất phức tạp khi có mặt các dải cát, cồn ngầm trên thềm bãi, nhưng nhìn chung, chúng đều có một đặc điểm. Đó là dốc ở đoạn sát bờ, sau đó độ dốc giảm dần khi độ sâu nước tăng theo hướng từ trong bờ ra ngoài phía khơi. Đặc điểm hình dạng này chính là cơ sở cho việc xây dựng các biểu thức toán mô tả hình dạng mặt cắt ngang bãi biển. Các biểu thức toán học mô tả hình dạng mặt cắt ngang bãi biển này sau đó được dùng để phân tích sự thay đổi động năng sóng trong quá trình xuất hiện hiệu ứng nước nông, được sử dụng trong khảo sát sự hình thành cửa dòng chảy ven bờ và vận chuyển bùn cát dọc và đặc biệt là được dùng để mô hình hóa sự diễn biến hình thái bờ biển.

Biểu thức toán học mô tả hình dạng bãi biển được sử dụng phổ biến nhất trong các nghiên cứu diễn biến bờ biển từ trước tới nay là biểu thức do Bruun và Dean xây dựng (còn gọi là mặt cắt ngang Bruun/Dean), có dạng như sau:

$$h = Ax^{2/3}$$

Trong đó:

h là độ sâu nước biển.

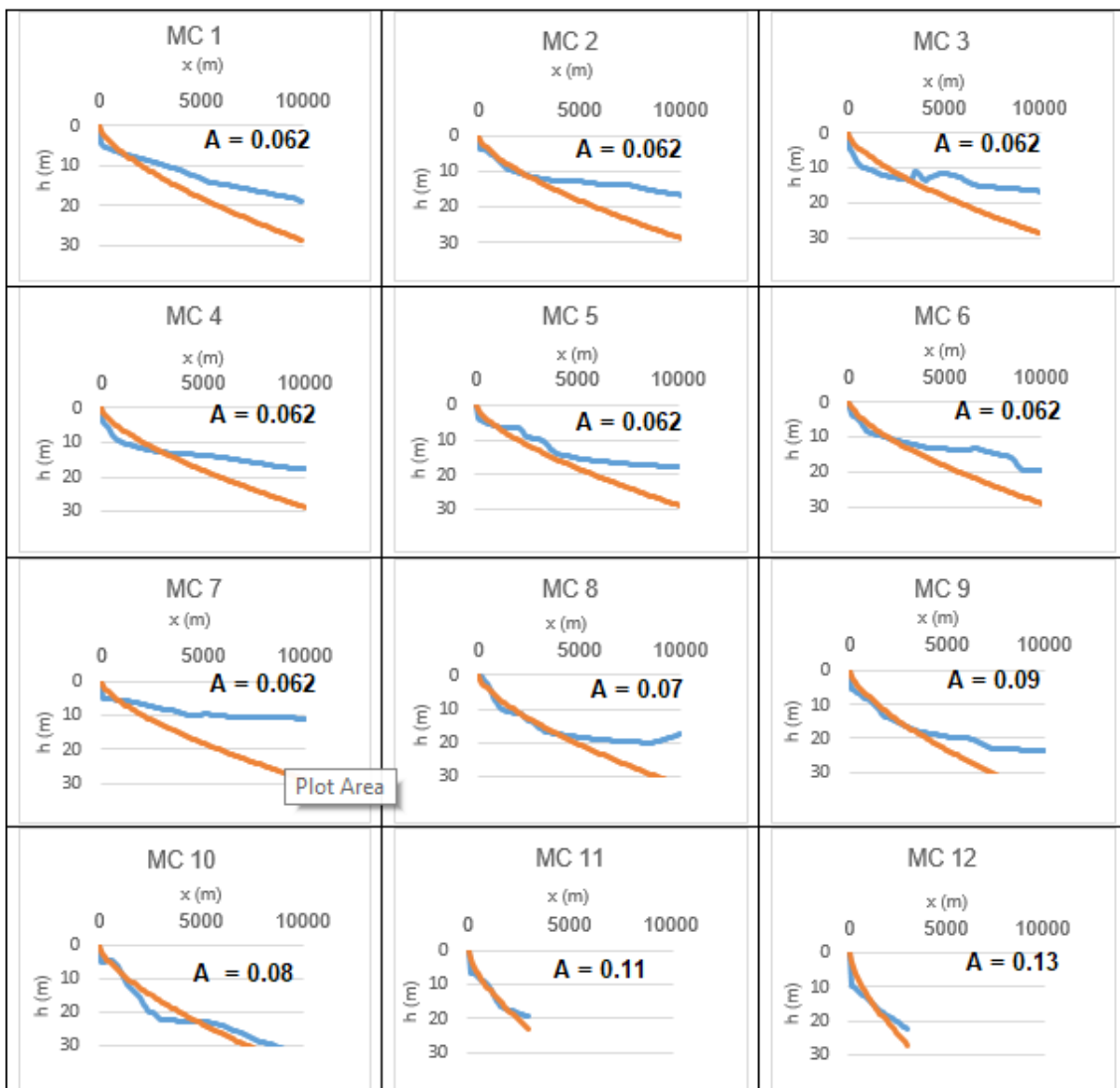
x là khoảng cách từ bờ hướng ra biển.

A hệ số kinh nghiệm

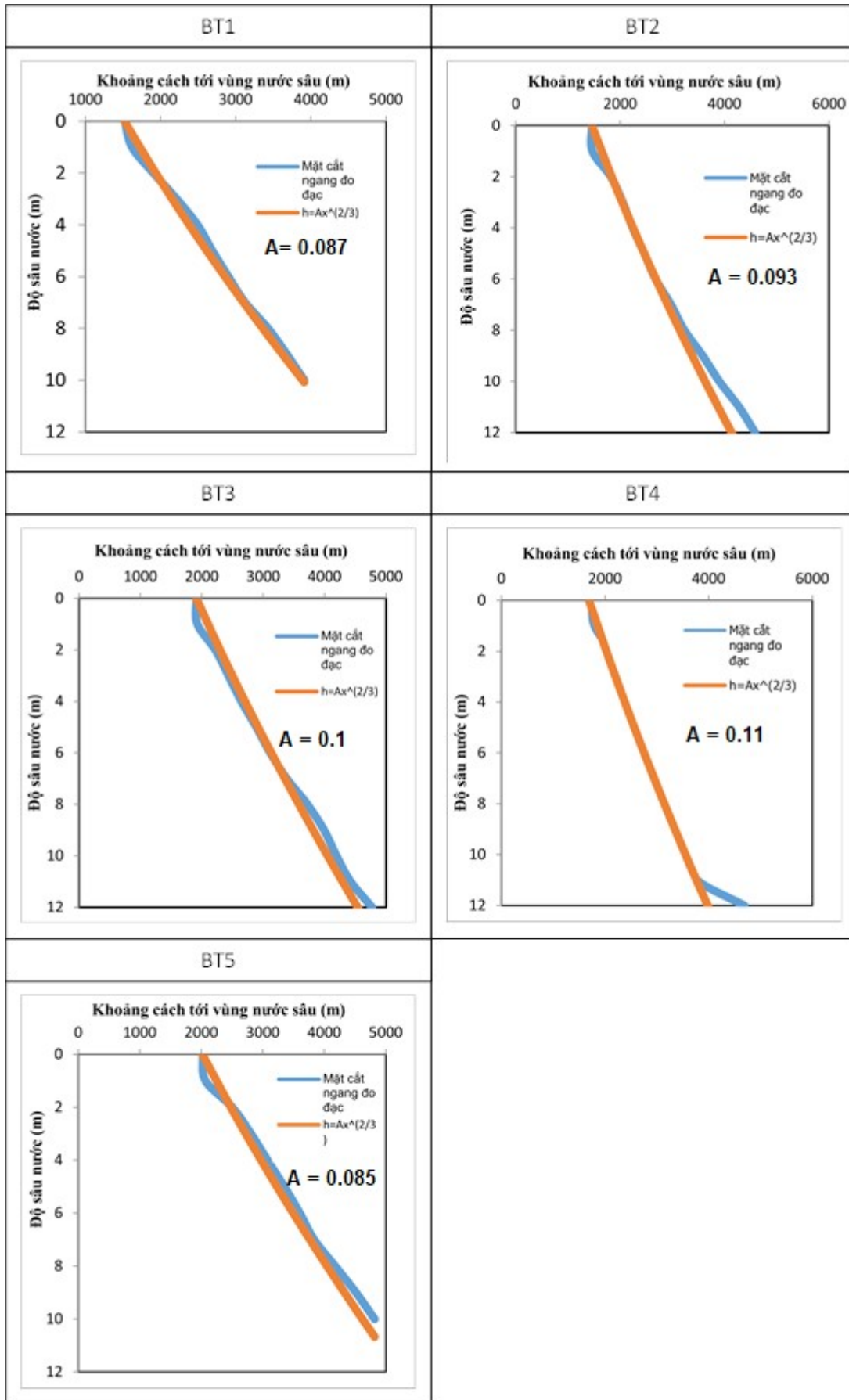
Có thể thấy tương quan giữa độ sâu (h) và khoảng cách (x) của mặt cắt ngang trong công thức trên có dạng hàm mũ và khá phù hợp với hình dạng mặt cắt ngang bãi biển trong thực tế, có thể thấy điều này khi so sánh đường tương quan của Bruun với mặt cắt ngang thực đo.

Sau khi xác định được mặt cắt ngang bãi biển cũng như khoảng cách từ bờ hướng ra biển tương ứng với độ sâu nước biển tại khoảng cách đó. Tiếp theo sẽ tính độ sâu nước theo biểu thức do Bruun và Dean xây dựng $h = Ax^{2/3}$, với x là khoảng cách đo được từ Google Earth và A là hệ số kinh nghiệm tương ứng khoảng cách đó.

Sử dụng phần mềm Excel vẽ biểu đồ so sánh mặt cắt ngang của Bruun và Dean $h = Ax^{2/3}$ với mặt cắt ngang đo được trên Google Earth. Sử dụng phương pháp dò tìm A. Dò tìm hệ số kinh nghiệm A sao cho đường mặt cắt ngang đo đạc và mặt cắt ngang của của Bruun và Dean $h = Ax^{2/3}$ tương đối trùng nhau. Bằng cách này, các hệ số A cho khu vực Bắc Trung Bộ và Bình Thuận đã được xác định.



Hình 8: Các mặt cắt cùng hệ số A ($m^{1/3}$) cho khu vực Bắc Trung Bộ



Hình 9: Các mặt cắt cùng hệ số A ($m^{1/3}$) cho khu vực Bình Thuận

3.2 Đường kính bùn cát

Theo Moore (1982) và Dean (1987), hệ số kinh nghiệm A trong công thức $h = Ax^{2/3}$ có tương quan với đường kính trung bình của hạt bùn cát trên bãi biển, và độ thô thủy lực hay là tốc độ lắng chìm tương ứng với hạt bùn cát. Sử dụng hệ thức:

$$A = (1.04 + 0.086 \ln D)^{-2} \text{ với } 0.1 \text{ mm} < D < 1 \text{ mm.}$$

Với hệ số kinh nghiệm A tương ứng với từng vùng ta tính được đường kính bãi biển D_{50} .

Bảng 3 Đường kính bùn cát 12 mặt cắt ngang Bắc Trung Bộ và 5 ở Bình Thuận

Mặt cắt	D50 (mm)
1	0.1
2	0.1
3	0.1
4	0.1
5	0.1
6	0.1
7	0.1
8	0.12
9	0.18
10	0.15
11	0.26
12	0.37
BT1	0.173
BT2	0.194
BT3	0.221
BT4	0.264
BT5	0.166

3.3 Tính độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát

Độ cao hoạt động của mặt cắt bằng tổng của chiều cao thềm bãi và độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát ($B + h_*$). Số hạng thứ hai tốt nhất nên dựa theo tài liệu thực đo (phần mặt cắt phía dưới dường như không có sự biến động theo thời gian).

Nếu không có thì cần được ước tính theo một trong các công thức sau:

$$h_* = 2.28H - 68.5 \frac{H^2}{(gT^2)} \quad (\text{Hallermeier 1978})$$

$$h_* = 1.57H \quad (\text{Birkmeier 1981})$$

$$h_* = (\overline{H}_S - 0.3\sigma_{H_S}) T_S \sqrt{\frac{g}{50000D_{50}}} \quad (\text{Hallermeier 1981})$$

Trong đó:

H là chiều cao sóng hiếm có tần suất xuất hiện 12 giờ trong năm

T là chu kỳ sóng tương ứng với chiều cao sóng hiếm

\overline{H}_S là chiều cao sóng trung bình

T_S là chu kỳ sóng trung bình

σ_{H_S} là độ lệch chuẩn chiều cao sóng

D_{50} là đường kính hạt cát trên bãi biển ứng với từng vùng

Bảng 4: Kết quả tính độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát

Công thức	Hallermeier 1978	Birkmeier 1981	Hallermeier 1981											
	Biểu thức	$h_* = 2.28H - 68.5 \frac{H^2}{(gT^2)}$	$h_* = 1.57H$	$h_* = (\overline{H} - 0.3\sigma_{H_S}) T_S \sqrt{\frac{g}{5000D_{50}}}$										
Số liệu đầu vào	H = 4.33 m; T = 10.43 s; g = 9.81(kg/m ³)	H = 4.33 (m)	$\overline{H} = 1.404$ m; $\sigma_{H_S} = 0.786$ s; $T_S = 5.774$ s					$\overline{H} = 0.8$ m; $\sigma_{H_S} = 0.4$ m; $T_S = 4.6$ s						
	Kết quả h_* (m)	9.75	6.8	MC	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5	MC	MC1	MC2	MC3	MC4
D_{50}				0.173	0.194	0.221	0.264	0.166	D_{50}	0.173	0.194	0.221	0.264	0.166
h_*				22.7	21.5	20.1	18.4	23.2	h_*	10.53	9.95	9.32	8.53	10.75

- Các tham số ảnh hưởng tới hình dạng MCN: D_{50} , sóng, dòng chảy, triều, nước dâng...
- Chọn kết quả tính h_* (Hallermeier 1981) của trạm Phú Quý để tính toán thoái lui đường bờ vì:
 - Có tính đến ảnh hưởng đường kính bùn cát.
 - Trạm hải văn Phú Quý nằm ở mép biển nên điều kiện sóng gió một cách đại biểu hơn điểm trích xuất sóng 23 (WaveWatch) nằm ở cách xa bờ.

3.4 Tính khoảng cách thoái lui đường bờ

3.4.1 Lựa chọn kịch bản nước dâng

Trong bài nghiên cứu này chọn kịch bản nước dâng RCP6.0 có mực nước dâng nằm giữa hai kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 để để tính toán thoái lui đường bờ. Theo kịch bản RCP6.0: Vào cuối thế kỷ 21, mực nước biển dâng cao nhất ở khu vực quần đảo Hoàng Sa và quần đảo Trường Sa với giá trị tương ứng là 60 cm (79 cm ÷ 85 cm) và 60 cm (39 cm ÷ 86 cm); khu vực Móng Cái - Hòn Dấu và Hòn Dấu - Đèo Ngang có mực nước biển dâng thấp nhất là 54 cm (35 cm ÷ 79 cm) và 54 cm (35 cm ÷ 78 cm).

Bảng 5: Mức nước biển dâng theo kịch bản RCP 6.0

Đơn vị: cm

Khu vực	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Móng Cái-Hòn Dấu	12 (8 ÷ 17)	16 (11 ÷ 24)	21 (14 ÷ 31)	27 (17 ÷ 39)	33 (21 ÷ 48)	40 (26 ÷ 57)	47 (30 ÷ 68)	54 (35 ÷ 79)
Hòn Dấu-Đèo Ngang	12 (8 ÷ 17)	16 (11 ÷ 24)	21 (14 ÷ 31)	27 (17 ÷ 39)	33 (21 ÷ 48)	39 (25 ÷ 57)	46 (30 ÷ 67)	54 (35 ÷ 78)
Đèo Ngang-Đèo Hải Vân	12 (8 ÷ 17)	17 (11 ÷ 24)	22 (14 ÷ 31)	27 (18 ÷ 39)	34 (22 ÷ 48)	40 (27 ÷ 58)	47 (31 ÷ 68)	55 (37 ÷ 80)
Đèo Hải Vân-Mũi Đại Lãnh	12 (8 ÷ 17)	17 (11 ÷ 24)	22 (15 ÷ 31)	28 (19 ÷ 40)	34 (23 ÷ 49)	41 (28 ÷ 59)	49 (33 ÷ 70)	57 (38 ÷ 82)
Mũi Đại Lãnh-Mũi Kê Gà	11 (8 ÷ 16)	16 (11 ÷ 23)	22 (14 ÷ 31)	28 (18 ÷ 40)	34 (23 ÷ 49)	41 (28 ÷ 59)	49 (33 ÷ 70)	57 (38 ÷ 82)
Mũi Kê Gà-Mũi Cà Mau	11 (7 ÷ 16)	16 (10 ÷ 23)	21 (14 ÷ 31)	27 (18 ÷ 39)	34 (22 ÷ 48)	41 (27 ÷ 58)	48 (32 ÷ 69)	56 (37 ÷ 81)
Mũi Cà Mau-Kiên Giang	11 (8 ÷ 16)	16 (11 ÷ 23)	22 (15 ÷ 31)	28 (19 ÷ 40)	35 (23 ÷ 49)	42 (28 ÷ 59)	50 (33 ÷ 70)	58 (39 ÷ 82)
Quần đảo Hoàng Sa	13 (8 ÷ 18)	18 (11 ÷ 25)	24 (15 ÷ 33)	30 (19 ÷ 42)	37 (23 ÷ 52)	44 (27 ÷ 62)	52 (32 ÷ 73)	60 (37 ÷ 85)
Quần đảo Trường Sa	13 (8 ÷ 18)	18 (12 ÷ 26)	24 (16 ÷ 34)	30 (20 ÷ 43)	37 (24 ÷ 52)	44 (29 ÷ 63)	52 (34 ÷ 74)	60 (39 ÷ 86)

Mức nước biển dâng theo kịch bản RCP 6.0 ở mặt cắt 1,2,3,4 là đoạn bờ biển từ Cà Ná đến mũi Kê Gà thuộc khu vực Mũi Đại Lãnh đến Mũi Kê Gà.

Mức nước biển dâng theo kịch bản RCP 6.0 ở mặt cắt 5 từ vùng bờ từ mũi Kê Gà đến Tân Thắng thuộc khu vực Mũi Kê Gà đến Mũi Cà Mau.

3.4.2 Các phương pháp tính thoái lui đường bờ

Bảng 6: Các phương pháp tính thoái lui đường bờ

Phương pháp	DEAN	BRUUN	EDELMAN
Giả thiết	Hình dạng mặt cắt không bị thay đổi		
ĐK áp dụng	Nước dâng do bão	Nước dâng nhỏ	Nước dâng lớn
Công thức	$R = \frac{W_b}{(S + 0.068 H_b) (B + h_b)}$	$\Delta y = -R = -S \frac{W}{(h + B)}$ $= \frac{-S}{\tan \theta}$	$R = -\Delta y$ $= W_* \ln \left(\frac{h_* + B_o}{h_* + B_o - S} \right)$

Một hạn chế quy tắc Bruun là sự dâng lên của mực nước biển nhất định phải nhỏ hơn hẳn chiều cao của thềm bãi ($S \ll B$) do chiều cao tương đối của thềm bãi đối với sự dâng lên của mực nước biển được xem như là cố định. Tại các vùng khảo sát ở tỉnh Bình Thuận có mực nước biển dâng trong khoảng $S = (0.11 - 0.57)$ và chiều cao thềm bãi $B = 1$ m nên không thỏa mãn sự dâng lên của mực nước biển nhất định phải nhỏ hơn hẳn chiều cao của thềm bãi ($S \ll B$). Edelman (1972) đã loại bỏ hạn chế do sự biến đổi tương đối nhỏ của mực nước biển bằng cách xét tới sự giảm dần chiều cao tương đối của đụn cát.

3.4.3 Đánh giá thoái lui đường bờ theo phương pháp Edelman

- Chiều rộng (W_*) của hình dạng mặt cắt hoạt động: $W_* = \left(\frac{h}{A}\right)^{3/2}$

Trong đó: h^* là độ sâu giới hạn vận chuyển bùn cát ứng hệ số kinh nghiệm A ứng với từng vùng.

- Chọn chiều cao thêm bãi ở các vùng : Do không có tài liệu tham khảo chiều cao thêm bãi nên dựa vào quan sát ảnh chụp địa phương, em ước tính và chọn chiều cao thêm bãi $B = 1$ m để phục vụ tính toán.

Bảng 7: Số liệu tính toán thoái lui đường bờ phương pháp Edelman

MC	A (m ^{1/3})	S (mm)	h* (m)	W* (m)	B (m)
BT1	0.087	0.173	10.53	1331.57	1
BT2	0.093	0.194	9.95	1106.65	1
BT3	0.1	0.221	9.32	899.75	1
BT4	0.11	0.264	8.53	682.86	1
BT5	0.085	0.166	10.75	1422.28	1

3.5. Tính toán VCBC

Khi sóng tới xiên góc với bờ biển sẽ hình thành dòng chảy dọc bờ và dòng VCBC dọc bờ. Có nhiều công thức tính toán VCBC, tuy nhiên chọn trình bày 3 công thức điển hình: CERC, Van Rijn và Kamphuis.

3.5.1. Công thức CERC

$$Q_L = (1 - n) \cdot 0,023 \cdot 3,13 \cdot P \cdot 24 \cdot 3600 \cdot \gamma^{-0,5} \cdot H_{sbr}^{5/2} \cdot \sin(2\theta_b) \quad (\text{m}^3/\text{năm}).$$

Trong đó:

γ : Chỉ số sóng vỡ $\gamma = 0.65$.

P : Số ngày xuất hiện của con sóng trong một năm.

n : Mật độ bùn cát tại đáy; chọn giá trị sơ bộ bằng 5% cho vùng nghiên cứu.

θ_{br} : Góc sóng đổ được xác định theo công thức:

$$\theta_{br} = ASIN\left(\frac{L_{br}}{L_o} \cdot \sin \alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (\text{độ}).$$

Với α_0 là góc sóng nước sâu được xác định theo công thức:

α_0 = Hiệu số giữa góc sóng và phương vị đường bờ, được điều chỉnh một cách phù hợp để nằm trong khoảng $(-180^\circ, 180^\circ)$.

H_{sbr} : Chiều cao sóng ý nghĩa (m) tại biên sóng đổ được xác định theo công thức:

$$H_{sbr} = \gamma \cdot h_{br} \quad (\text{m}).$$

h_{br} : Độ sâu tại biên sóng đồ (m) được xác định theo công thức xấp xỉ sau đây:

$$h_{br} \approx \left[\frac{H_s^2 \cdot C_o \cdot \cos(\alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180})}{1,8.3,13.\gamma^2} \right]^{0,4} \quad \text{nếu } \alpha_0 \leq 90 .$$

$$h_{br} = 0 \text{ nếu } \alpha_0 > 90 .$$

C_o (m/s) là vận tốc sóng tại vùng nước sâu, được xác định theo công thức:

$$C_o = \frac{L_o}{T} \text{ (m/s)}$$

với L_o là chiều dài sóng ngoài khơi tại vùng nước sâu, được tính theo công thức gần đúng:

$$L_o \approx 1,56.T^2 \text{ (m)}$$

3.5.2. Công thức Van Rijn

$$Q_L = \frac{(1-n) \cdot 42 \cdot P \cdot 24 \cdot 3600 \cdot K_{s,w} \cdot K_r \cdot K_{s,l} \cdot H_{sbr}^{2,5} \cdot V_L}{\rho_{cat}} \text{ (m}^3\text{/năm)}$$

Trong đó:

n : Mật độ bùn cát tại đáy; chọn giá trị sơ bộ bằng 5% cho vùng nghiên cứu.

P : Số ngày xuất hiện của con sóng trong một năm.

42: hệ số tỉ lệ.

24.3600: Số giây trong một ngày.

$\rho_{cat} = 1600$: Mật độ khối lượng của cát tại đáy (kg/m^3).

$K_{s,w} = 1$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến sóng lừng

$K_{s,l} = \text{Max} \left[\min \left(\left(\frac{s}{0.01} \right)^{0.5}, 1.25 \right), 0.75 \right]$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến độ dốc đáy.

Giá trị tối thiểu của $K_{s,l} = 0.75$.

$K_{g,r} = \text{Max} \left(\frac{0,0002}{D_{50}}, 0.1 \right)$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến đường kính hạt. Giá trị tối

thiểu của $K_{g,r} = 0.1$.

D_{50} : Đường kính trung bình của bùn cát (m).

V_L : Vận tốc dòng chảy dọc bờ (m/s) được xác định theo công thức:

$$V_L = 0,3.3,13.H_{sbr}^{0,5} \cdot \sin 2\theta_b \text{ (m/s)}$$

θ_{br} : Góc sóng đồ được xác định theo công thức:

$$\theta_{br} = \text{ASIN} \left(\frac{L_{br}}{L_o} \cdot \sin \alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180} \right) \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (độ)}$$

Với α_0 là góc sóng tới được xác định theo công thức:

α_0 = Hiệu số giữa góc sóng và phương vị đường bờ, được điều chỉnh một cách phù hợp để nằm trong khoảng $(-90^\circ, 90^\circ)$.

L_{br} là chiều dài sóng tại biên sóng đồ

$L_{br} = L_o$ nếu $h_{br} > 0$.

$L_{br} = 0$ nếu $h_{br} < 0$.

3.5.3. Công thức Kamphuis

$$Q_L = \frac{3,8 \cdot (1-n) \cdot P \cdot 24 \cdot 3600 \cdot T^{1,5} \cdot D_{50}^{-0,25} \cdot S^{0,75} \cdot H_{sbr}^2 \cdot (|\sin 2\theta_b|)^{0,6}}{\rho_{cat}} \quad (\text{m}^3/\text{năm})$$

nếu $\alpha_0 > 0$. Nếu góc sóng đến từ hướng ngược lại thì đổi dấu Q_L .

Trong đó:

n: Mật độ bùn cát tại đáy; chọn giá trị sơ bộ bằng 5% cho vùng nghiên cứu.

$\rho_{cat} = 1600$: Mật độ khối lượng của cát tại đáy (kg/m^3).

P: Số ngày xuất hiện của cơn sóng trong một năm.

3,8: Hệ số tỉ lệ.

24.3600: Số giây trong một ngày.

T: Chu kì sóng (s).

θ_{br} : Góc sóng đồ được xác định theo công thức:

$$\theta_{br} = ASIN\left(\frac{L_{br}}{L_o} \cdot \sin \alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (\text{độ}).$$

Với α_0 là góc sóng tới được xác định theo công thức:

α_0 = Hiệu số giữa góc sóng và phương vị đường bờ, được điều chỉnh một cách phù hợp để nằm trong khoảng $(-90^\circ, 90^\circ)$.

D_{50} : Đường kính trung bình của bùn cát (m).

S: Độ dốc bãi biển.

H_{sbr} : Chiều cao sóng trung bình quân phương (m) tại biên sóng đồ được xác định theo công thức: $H_{sbr} = \gamma \cdot h_{br}$ (m).

h_{br} : Độ sâu tại biên sóng đồ (m) được xác định theo công thức xấp xỉ sau đây:

$$h_{br} \approx \left[\frac{H_s^2 \cdot C_o \cdot \cos\left(\alpha_0 \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{1,8 \cdot 3,13 \cdot \gamma^2} \right]^{0,4} \quad \text{nếu } \alpha_0 \leq 90.$$

$h_{br} = 0$ nếu $\alpha_0 > 90$.

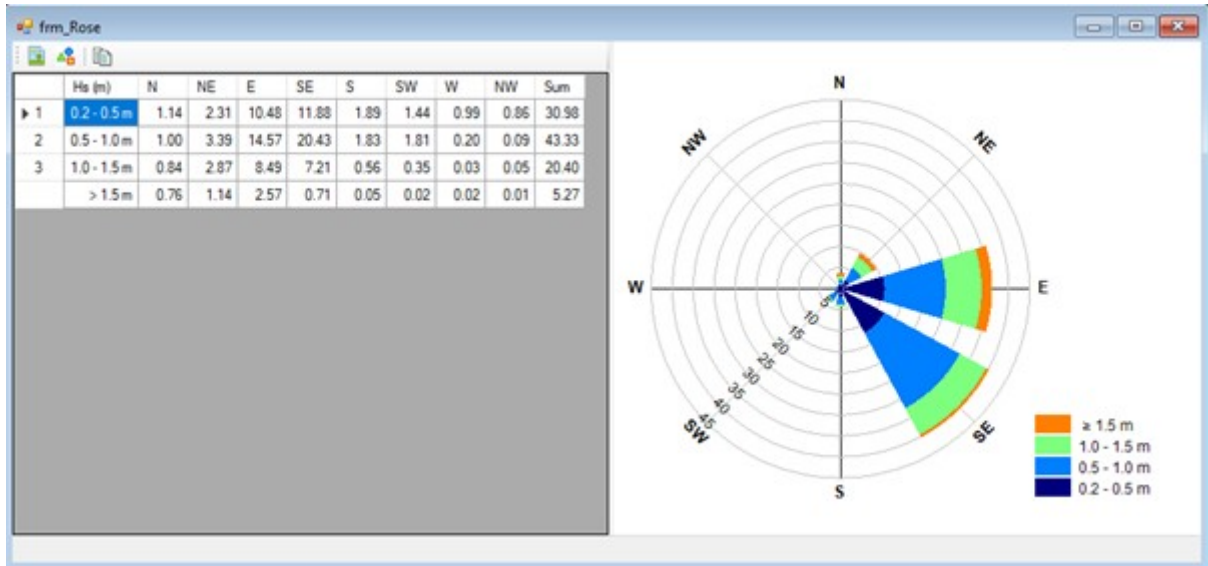
C_o (m/s) là vận tốc sóng tại vùng nước sâu, được xác định theo công thức:

$$C_o = \frac{L_o}{T} \quad (\text{m/s})$$

Với L_o là chiều dài sóng ngoài khơi tại vùng nước sâu, được tính theo công thức gần đúng:

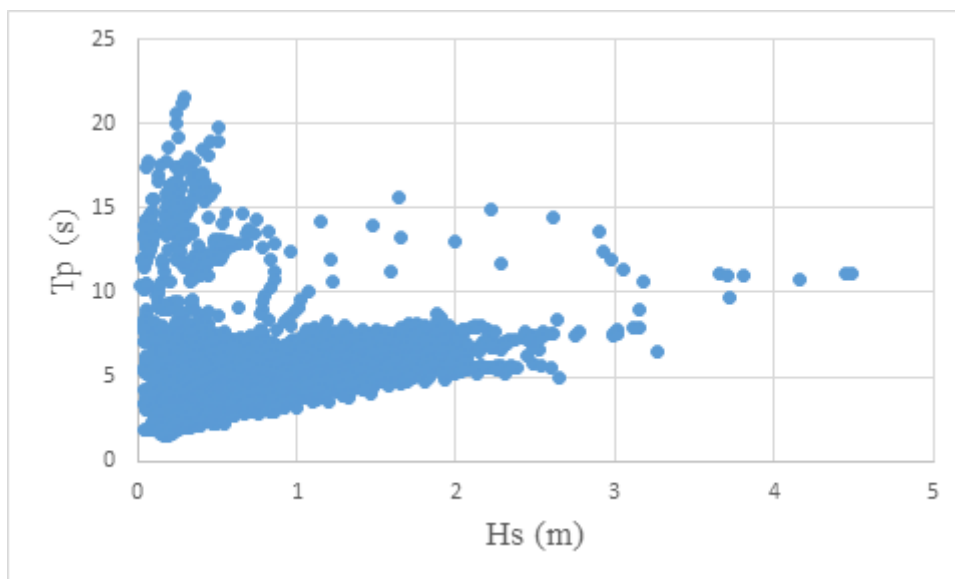
$$L_o \approx 1,56.T^2 \text{ (m)}$$

Dùng phần mềm CLM xử lý số liệu sóng của từng vùng, vẽ hoa sóng xác định hướng sóng chủ đạo. Ví dụ cho vùng 1 (Thanh Hóa).



Hình 10 : Hoa sóng cùng bảng số liệu sóng vùng 1 trong giao diện CLM

Với các khoảng chiều cao sóng, ta sẽ lấy chiều cao sóng trung bình của khoảng. Ví dụ 0.2 – 0.5 m ta sẽ lấy 0.25 m. Tương tự với các khoảng chiều cao sóng còn lại, ta sẽ có chiều cao sóng của mặt cắt 1 sẽ là 0.35 m, 0.75 m, 1.25 m và 2 m. Như đã lập luận ở trên, do đặc điểm địa hình Bắc Trung Bộ nên ta chỉ tính toán với 4 hướng sóng chủ đạo là N, NE, E và SE. Độ sâu $h_o = 20$ m (coi là vùng nước sâu), đường kính trung bình của bùn cát $D_{50} = 0.1$ mm, độ dốc bãi biển của mặt cắt $S = 0.0017$, γ : Chỉ số sóng vỡ $\gamma = 0.65$. Để xác định chu kỳ sóng, ta vẽ biểu đồ m liên hệ giữa H_s và T_p , từ đó tra được chu kỳ sóng tương ứng với chiều cao sóng đang xét.



Hình 11: Biểu đồ mối liên hệ giữa H_s và T_p .

Bảng 8: Chu kỳ sóng tương ứng với các cấp chiều cao sóng.

Hs (m)	Tp (s)
0.35	4.74
0.75	4.91
1.25	5.1
2	5.18

Với phương vị đường bờ của mặt cắt là 113° , ta tính được góc sóng tới ứng với từng góc sóng.

Bảng 9: Góc sóng nước sâu.

Góc sóng ($^\circ$)	Phương vị ($^\circ$)	($^\circ$)
N (0°)	113°	180°
NE (45°)	113°	-68°
E (90°)	113°	-23°
SE (135°)	113°	22°

Khi đã có được góc sóng tới của mặt cắt ứng với các hướng sóng, ta tiến hành tính toán các đại lượng cũng như các hệ số để có thể thay vào các công thức để tính được lượng vận chuyển bùn cát qua mặt cắt 1.

+ L_o : là chiều dài sóng ngoài khơi được xác định theo công thức $L_o \approx 1,56.T^2$ (m).

+ C_o : là vận tốc sóng nước sâu: được xác định theo công thức $C_o = \frac{L_o}{T}$ (m/s).

+ h_{br} : Độ sâu tại biên sóng đở (m) được xác định theo công thức:

$$h_{br} = \left[\frac{H_s^2 \cdot C_o \cdot \cos\left(\alpha_b \cdot \frac{\pi}{180}\right)}{1,8.3,13.\gamma^2} \right]^{0,4} \quad \text{nếu góc sóng tới } \alpha_b \leq 90, h_{br} = 0 \text{ nếu } \alpha_b > 90.$$

+ H_{sbr} : Chiều cao sóng trung bình quân phương (m) tại biên sóng đở được xác định theo công thức:

$$H_{sbr} = \gamma \cdot h_{br} \text{ (m)}.$$

+ L_{br} là chiều dài sóng tại biên sóng đở

$$L_{br} = L_o \text{ nếu } h_{br} > 0.$$

$$L_{br} = 0 \text{ nếu } h_{br} < 0.$$

+ θ_{br} : Góc sóng đồ được xác định theo công thức:

$$\theta_{br} = ASIN\left(\frac{L_{br}}{L_o} \cdot \sin \alpha_b \cdot \frac{\pi}{180}\right) \cdot \frac{180}{\pi} \text{ (độ)}.$$

+ V_L : Vận tốc sóng gần bờ (m/s) được xác định theo công thức:

$$V_L = 0,3.3,13.H_{sbr}^{0,5} \cdot \sin 2\theta_{br} \text{ (m/s)}$$

+ $K_{s,w} = 1$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến sóng lừng

+ $K_{s,l} = \text{Max}\left[\min\left(\left(\frac{S}{0.01}\right)^{0.5}, 1.25\right), 0.75\right]$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến độ dốc đáy.

Giá trị tối thiểu của $K_{s,l} = 0.75$.

+ $K_{g,r} = \text{Max}\left(\frac{0,0002}{D_{50}}, 0.1\right)$: Là hệ số hiệu chỉnh liên quan đến đường kính hạt. Giá trị tối

thiểu của $K_{g,r} = 0.1$.

Bảng 10: Kết quả tính toán.

Hs (m)	Tp (s)	Lo (m)	Co (m/s)	hbr (m)	Hsbr (m)	Lbr (m)	Anpha 0 (độ)	V_L (m/s)	$K_{s,w}$	$K_{g,r}$	$K_{s,l}$
0.35	4.74	35.05	7.3944	0	0	0	0	0	1	2	0.75
0.75	4.91	37.61	7.6596	0	0	0	0	0	1	2	0.75
1.25	5.1	40.58	7.956	0	0	0	0	0	1	2	0.75
1.5	5.18	41.86	8.0808	0	0	0	0	0	1	2	0.75
0.35	4.74	35.05	7.3944	0	0.30	35.05	-68	-0.36	1	2	0.75
0.75	4.91	37.61	7.6596	1	0.56	37.61	-68	-0.49	1	2	0.75
1.25	5.1	40.58	7.956	1	0.85	40.58	-68	-0.60	1	2	0.75
1.5	5.18	41.86	8.0808	2	0.99	41.86	-68	-0.65	1	2	0.75
0.35	4.74	35.05	7.3944	1	0.43	35.05	-23	-0.44	1	2	0.75
0.75	4.91	37.61	7.6596	1	0.80	37.61	-23	-0.60	1	2	0.75
1.25	5.1	40.58	7.956	2	1.22	40.58	-23	-0.75	1	2	0.75
1.5	5.18	41.86	8.0808	2	1.42	41.86	-23	-0.80	1	2	0.75
0.35	4.74	35.05	7.3944	1	0.43	35.05	22	0.43	1	2	0.75
0.75	4.91	37.61	7.6596	1	0.80	37.61	22	0.58	1	2	0.75
1.25	5.1	40.58	7.956	2	1.22	40.58	22	0.72	1	2	0.75
1.5	5.18	41.86	8.0808	2	1.42	41.86	22	0.78	1	2	0.75

Sau khi tính toán xong các đại lượng trong công thức, ta thay vào các công thức để tính lượng vận chuyển bùn cát qua mặt cắt. Tuy nhiên do 1 chiều cao sóng có nhiều hướng sóng nên ta lấy tổng lượng vận chuyển bùn cát của các con sóng cộng lại. Từ đó đưa ra được con số cuối cùng.

Bảng 11: Kết quả tính toán vận chuyển bùn cát của mặt cắt 1.

Hs (m)	Tp (s)	Hướng sóng (độ)	Phương vị (độ)	Anpha 0 (độ)	KAMPHUIS (m ³ /năm)	CERC (m ³ /năm)	VAN RIJN (m ³ /năm)
0.35	4.74	0°	113°	180°	0	0	0
0.75	4.91	0°	113°	180°	0	0	0
1.25	5.1	0°	113°	180°	0	0	0
1.5	5.18	0°	113°	180°	0	0	0
0.35	4.74	45°	113°	-68°	-76	-1554	-351
0.75	4.91	45°	113°	-68°	-547	-14565	-4499
1.25	5.1	45°	113°	-68°	-1145	-35577	-13584
1.5	5.18	45°	113°	-68°	-631	-20669	-8515
0.35	4.74	90°	113°	-23°	-910	-22683	-6139
0.75	4.91	90°	113°	-23°	-4925	-159105	-58824
1.25	5.1	90°	113°	-23°	-7092	-267497	-122244
1.5	5.18	90°	113°	-23°	-2979	-118431	-58398
0.35	4.74	135°	113°	22°	1024	25212	6834
0.75	4.91	135°	113°	22°	6802	217004	80347
1.25	5.1	135°	113°	22°	5932	220963	101125
1.5	5.18	135°	113°	22°	811	31825	15715
Tổng					-3735	-145076	-68536

Làm tương tự với 11 mặt cắt còn lại, ta có bảng kết quả tính toán vận chuyển bùn cát từ mặt cắt 1 đến mặt cắt 12. Kết quả được trình bày trong bảng 12.

4. Kết quả

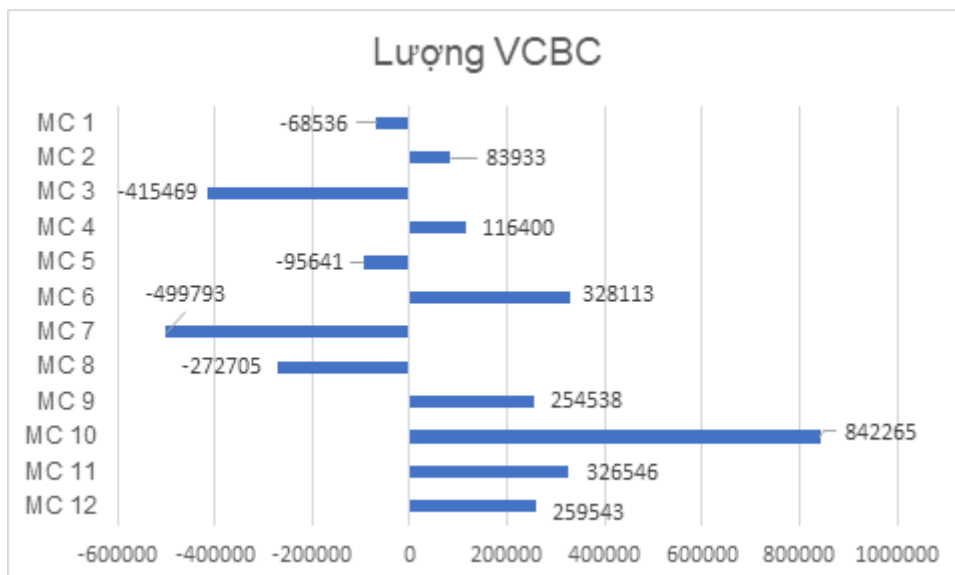
Bảng 12: Kết quả tính toán vận chuyển bùn cát của 12 mặt cắt (m³/năm)

Mặt cắt	KAMPHUIS	CERC	VAN RIJN
---------	----------	------	----------

	(m ³ /năm)	(m ³ /năm)	(m ³ /năm)
MC 1	-3735	-145076	-68536
MC 2	5564	235999	83933
MC 3	-51765	-1215435	-415469
MC 4	78720	427110	116400
MC 5	-9697	-261214	-95641
MC 6	107272	1294831	328113
MC 7	-9585	-1331081	-499793
MC 8	17598	-40239	-272705
MC 9	68052	1089004	254538
MC 10	230989	2886053	842265
MC 11	205444	1967524	326546
MC 12	165694	2038649	259543

Dựa vào kết quả tính toán của 3 công thức KAMPHUIS, CERC và VAN RIJN, ta có thể dễ dàng nhận ra lượng vận chuyển bùn cát tính bằng công thức CERC sẽ là lớn nhất vì công thức CERC có xét về điều kiện đường bờ biển mở, năng lượng sóng lớn, không xét đến quá nhiều yếu tố ảnh hưởng đến lượng vận chuyển bùn cát qua mặt cắt, vì vậy kết quả sẽ có sự chênh lệch khá lớn so với 2 công thức còn lại. Còn về 2 công thức KAMPHUIS và VAN RIJN đều có xét đến nhiều yếu tố tác động đến lượng vận chuyển bùn cát hơn, cũng như đây là 2 công thức tin cậy nhất trong những năm trở lại đây. Tuy nhiên vẫn có sự chênh lệch giữa hai công thức này, nhìn sơ bộ có thể nhận ra được lượng vận chuyển bùn cát tính bằng công thức VAN RIJN sẽ có một chút nhỉnh hơn so với công thức KAMPHUIS, vì vậy ta có thể chọn kết quả của công thức VAN RIJN để làm kết quả cuối cùng.

Từ kết quả tính vận chuyển bùn cát theo công thức VAN RIJN, ta có thể vẽ được biểu đồ phân bố lượng vận chuyển bùn cát qua 12 mặt cắt như sau.



Hình 12: Biểu đồ phân bố lượng vận chuyển bùn cát qua 12 mặt cắt (m³/năm).

Từ kết quả tính toán, ta có thể đưa ra được kết luận về mức vận chuyển bùn cát giữa các mặt cắt gần nhau. Giữa hai mặt cắt 1 và 2, theo kết quả tính toán thì mặt cắt 1 có lượng vận chuyển bùn cát là -27414 m³/năm, mặt cắt 2 có lượng vận chuyển bùn cát là 33573 m³/năm. Dấu + và - ở đây thể hiện chiều của hướng vận chuyển bùn cát. Dấu + với hướng vận chuyển bùn cát từ Bắc vào Nam, dấu - với hướng vận chuyển bùn cát từ Nam ra Bắc. Từ kết quả tính toán, hai mặt cắt 1 và 2 đều có bùn cát đem vào. Tức là sóng đã lấy bùn cát ở vùng nằm giữa 2 mặt cắt này đem đến mặt cắt. Vì vậy vùng nằm giữa 2 mặt cắt 1 và 2 sẽ bị xói. Lập luận tương tự với các mặt cắt còn lại, ta có thể đưa ra được bảng kết quả tính toán xói bồi giữa các mặt cắt như sau (ưu tiên xét các mặt cắt gần nhau):

Bảng 13: Kết quả tính toán xói bồi.

Vùng nằm giữa	Trạng thái
MC 1 và MC 2	Xói
MC 3 và MC 4	Xói
MC 5 và MC 6	Xói
MC 7 và MC 8	Xói
MC 9 và MC 10	Xói
MC 11 và MC 12	Bồi

Còn đối với vùng bờ biển Bình Thuận, kết quả tính thoái lui đường bờ theo Eldelman như trên bảng 14.

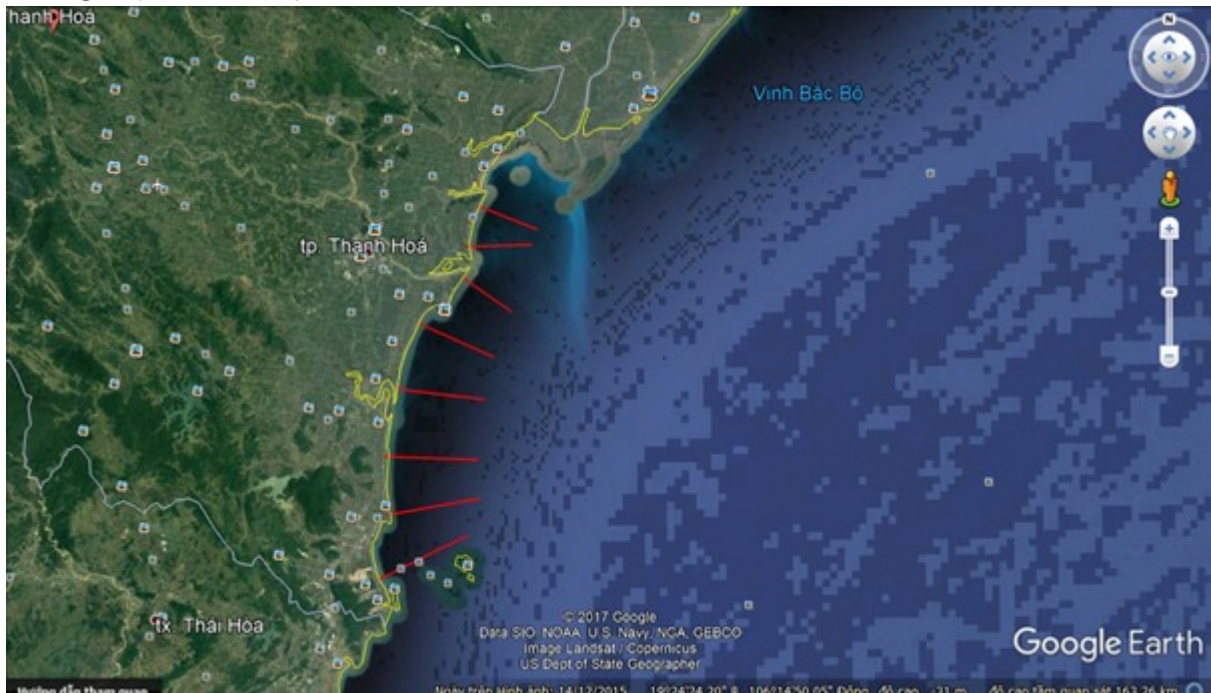
Bảng 14. Kết quả tính thoái lui đường bờ theo Eldelman

Năm	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
R1(m)	12.76	18.61	25.65	32.74	39.86	48.21	57.83	67.51
R2(m)	11.17	16.29	22.46	28.67	34.91	42.23	50.66	59.16
R3(m)	9.64	14.06	19.34	24.75	30.14	36.47	43.77	51.12
R4(m)	7.93	11.56	15.95	20.36	24.81	30.03	36.05	42.11
R5(m)	13.3	19.5	25.65	33.06	41.46	50.52	59.32	69.45

4. Liên hệ giữa phương vị đường bờ và mức vận chuyển bùn cát

Ta có thể thấy ngoài phương vị đường bờ còn có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến mức vận chuyển bùn cát, tuy nhiên phương vị đường bờ vẫn là yếu tố có ảnh hưởng quyết định đến mức vận chuyển bùn cát. Ở mỗi vùng, ta lấy các phương vị khác nhau dọc theo chiều từ Bắc xuống Nam, lặp lại tính toán như ở phần tính toán vận chuyển bùn cát, sau đó đưa ra kết quả và rút ra nhận xét.

* Vùng 1 (Thanh Hóa)



Hình 13: Các phương vị vùng 1 (Thanh Hóa).

Đo phương vị đường bờ từ Google Earth, ta có bảng các phương vị đường bờ (được sắp xếp từ Bắc vào Nam) như sau.

Bảng 15 Các phương vị vùng 1 (Thanh Hóa)

STT	Phương vị (độ)
-----	----------------

1	114°
2	112°
3	89°
4	125°
5	97°
6	92°
7	80°
8	64°

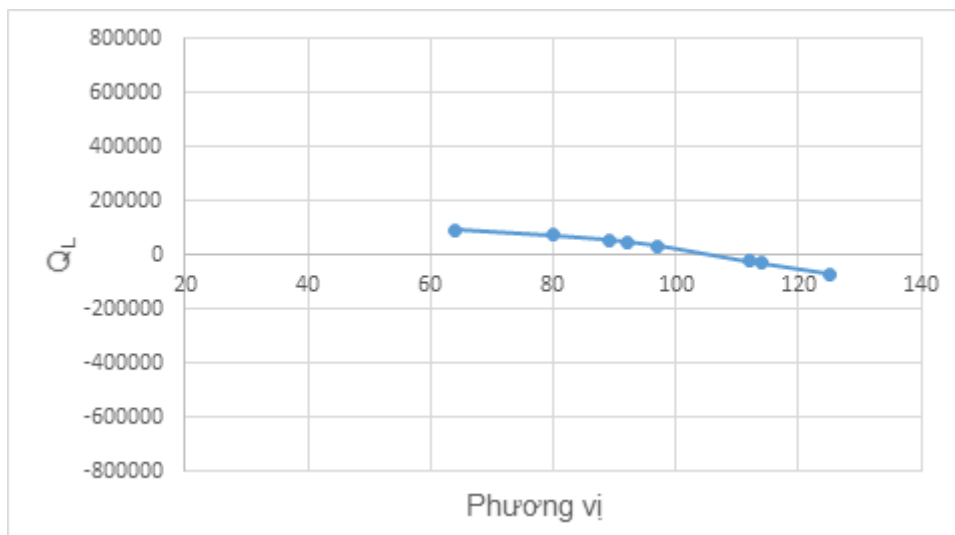
Tiến hành lại các bước tính toán vận chuyển bùn cát như trên với các phương vị đường bờ mới đo được. Tuy nhiên sẽ có một số đại lượng sẽ khó xác định được tại các vị trí mà ta lấy phương vị đường bờ, ví dụ như độ dốc. Vì thế ta có thể lấy số gần nhất với kết quả mà ta đã tính được như ở trên. Với vùng 1, tức Thanh Hóa ta có thể lấy 1 độ dốc để tính toán vận chuyển bùn cát cho 8 phương vị đường bờ mới. Sau khi đã có được số liệu phương vị theo thứ tự tăng dần, ta tiến hành tính lại lượng vận chuyển bùn cát dựa theo công thức VAN RIJN.

Các số liệu sóng cũng như số liệu khác của vùng ta lấy tương tự như trên, thay các phương vị đã chọn vào công thức, ta được kết quả tính toán:

Bảng 16: Kết quả tính toán vận chuyển bùn cát của vùng 1 (Thanh Hóa).

STT	Phương vị (độ)	VAN RIJN (m ³ /năm)
1	64°	90156
2	80°	74605
3	89°	54417
4	92°	45923
5	97°	30320
6	112°	-23660
7	114°	-31161
8	125°	-70507

Từ số liệu tính toán được, ta có thể vẽ được biểu đồ mối liên hệ giữa phương vị đường bờ và lượng vận chuyển bùn cát:



Hình 14: Quan hệ giữa vận chuyển bùn cát và phương vị đường bờ.

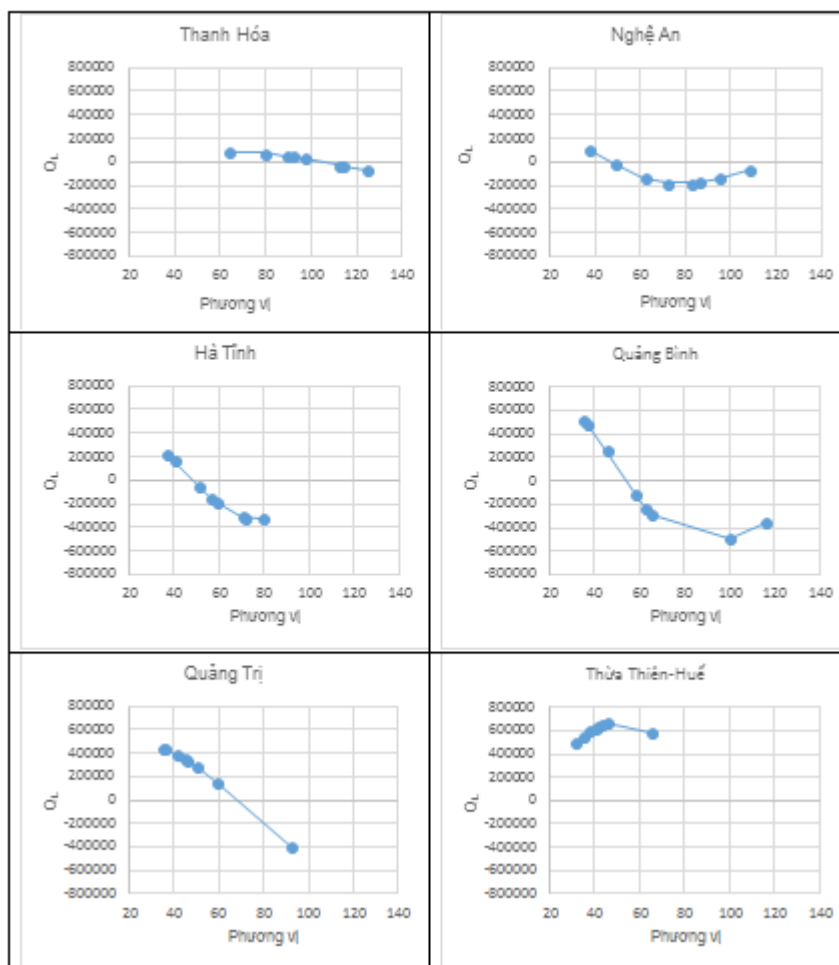
Làm tương tự với các vùng còn lại, ta cũng có thể vẽ được biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa phương vị đường bờ và lượng vận chuyển bùn cát.

Bảng 17: Kết quả tính toán vận chuyển bùn cát của các vùng.

Vùng	Phương vị (độ)	VCBC (m ³ /năm)	Vùng	Phương vị (độ)	VCBC (m ³ /năm)
Thanh Hóa	64°	90156	Quảng Bình	35°	523734
	80°	74605		37°	476942
	89°	54417		45°	262063
	92°	45923		58°	-111907
	97°	30320		63°	-238286
	112°	-23660		65°	-283844
	114°	-31161		100°	-487754
	125°	-70507		116°	-352491
	38°	97578		35°	440525
	49°	-16517		36°	433808

Nghệ An	62°	-129754	Quảng Trị	41°	391856
	72°	-174967		45°	348353
	83°	-175594		46°	336142
	86°	-167923		50°	282682
	95°	-130894		59°	139740
	108°	-64362		92°	-402774
Hà Tĩnh	37°	223875	Thừa Thiên -Huế	31°	492010
	40°	167294		35°	553488
	51°	-52560		38°	596527
	56°	-142875		40°	622638
	59°	-190495		41°	634701
	70°	-308958		43°	656487
	71°	-314855		45°	674707
	79°	-332375		65°	585663

Sau khi đã có kết quả tính toán vận chuyển bùn cát, ta tiến hành vẽ biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa phương vị đường bờ và lượng vận chuyển bùn cát. Biểu đồ sẽ cho ta thấy được mối quan hệ giữa lượng vận chuyển bùn cát và phương vị đường bờ.



Hình 15: Liên hệ giữa Q_L và phương vị đường bờ

Ở đây chúng ta không chọn các góc phương vị cách đều nhau bởi vì có nhiều đoạn đường bờ thẳng, phương vị không biến đổi hoặc thay đổi không đáng kể. Vì vậy nên phân chia dạng đường bờ (cong, thẳng,..) mỗi dạng đường bờ như thế ta chọn từ 1 đến 2 phương vị đường bờ để tiến hành tính toán; tránh tình trạng 1 phương vị tính lại nhiều lần.

Từ công thức VAN RIJN, ta thấy số hạng V_L (m/s) có chứa đại lượng có sự phụ thuộc của phương vị đường bờ, vì thế nên quan hệ sẽ có dạng hình sin. Lượng vận chuyển bùn cát biến đổi từ bé nhất, tức góc = 0 độ đến lớn nhất, tức góc = 45 độ.

5. Nhận xét và kết luận

Nghiên cứu đánh giá quá trình xâm thực vùng bờ biển Bình Thuận trong tương lai theo kịch bản nước dâng RCP 6.0. Sử dụng công thức Edelman, nhóm đã tính được: ứng với nước biển dâng 57 m vào năm 2100, mức độ xâm thực dọc bờ biển Bình Thuận biến đổi từ 42.1 m đến 69.5 m.

+ Đoạn bờ từ Cà Ná đến mũi La Gàn đến năm 2100 độ suy thoái đường bờ khoảng 68 m, trung bình nước dâng lên 1 m sẽ bị xâm thực vào đất liền 1.2 m.

+ Đoạn bờ từ mũi La Gàn đến Thiện Ái độ suy thoái đường bờ khoảng 60 m, trung bình nước biển dâng lên 1 m sẽ bị xâm thực đường bờ là 1.1m

+ Đoạn bờ biển từ Thiện Ái đến mũi Né vào năm 2100 độ suy thoái đường bờ khoảng 52 m, trung bình xâm thực vào đất liền 1m khi nước biển dâng 10m.

+ Đoạn bờ biển từ mũi Né đến mũi Kê Gà vào năm 2010 độ suy thoái đường bờ khoảng 42 m, trung bình nước biển dâng 1 m sẽ bị xâm thực bờ biển 0.75 m.

+ Đoạn bờ từ mũi Kê Gà đến Tân Thắng độ suy thoái đường bờ khoảng 70 m vào năm 2100 khi nước biển dâng lên 0.57m, trung bình 1.2m trên 1 m nước biển dâng.

Từ kết quả dự đoán tốc độ xâm thực do nước biển dâng đưa ra các biện pháp ứng phó và đề xuất các giải pháp công trình nhằm hạn chế những thiệt hại do thiên tai gây ra, hướng đến quy hoạch và phát triển bền vững dải ven biển tỉnh Bình Thuận.

Xói lở bờ biển đang làm biến động đường bờ và tác động đến môi trường sống của vùng bờ biển. Nhìn chung, xói lở bờ biển là một trong những hiện tượng trực quan và dễ thấy nhất trên dải bờ biển. Hiện tượng xói lở các vách đá hay xói lở các bờ biển có cấu tạo là các trầm tích cứng thường khó nhận thấy hơn là hiện tượng xói lở xuất hiện trên bờ biển có cấu tạo bằng các vật liệu rời rạc, chưa cố kết như cát, bùn. Xói lở bờ biển là hiện tượng tai biến do động lực biển gây ra. Trong những năm gần đây, quá trình xói lở ở bờ biển nước ta phát triển mạnh và gây nhiều hậu quả xấu đối với cuộc sống của nhân dân ven biển. Với tình hình xói lở diễn biến khá phức tạp và khó đoán trước, tốc độ xói lở cũng như cường độ xói lở tương đối cao. Vì vậy cần phải nghiên cứu diễn biến xói lở để có thể đưa ra được các biện pháp khắc phục, giảm thiểu đến mức thấp nhất thiệt hại về người cũng như tài sản cho khu vực ven biển Bắc Trung Bộ. Tuy nhiên với sự diễn biến phức tạp của thời tiết, điều kiện kinh tế ở địa phương còn một số hạn chế, công tác quan trắc, đo đạc, tính toán, thiết kế còn gặp nhiều bất cập. Một số kỹ thuật công nghệ mới, các thiết bị mới, sử dụng các phương trình, công thức tính toán đã được đưa vào triển khai và áp dụng, phục vụ cho công tác nghiên cứu xói lở khu vực Bắc Trung Bộ.

Với khu vực Bắc Trung Bộ việc nghiên cứu và tính toán lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ để rút ra được kết luận xói lở dựa trên ba công thức tính toán là Van Rijn, KAMPHUIS và CERC. Thu thập các số liệu mặt cắt, xử lý số liệu sóng, tính toán các đại lượng có liên quan đến các công thức, đưa ra kết quả tổng lượng bùn cát qua các mặt cắt. Từ đó phân tích được tình trạng xói bồi của dải đường bờ nghiên cứu, rút ra các nhận xét và dự đoán sự biến đổi đường bờ trong tương lai, đưa ra các giải pháp cụ thể để có thể bảo vệ dải đường bờ.

Tài liệu tham khảo

- 1) Trần Thanh Tùng, Nguyễn Quang Chiến (2014), Hình Thái Bờ Biển.
- 2) Gornitz, V., Lebedeff, S., Hansen, J.E. (1982). Global sea level trend in the past century. *Nature*, 215, 1611–1614.
- 3) Phạm Văn Ninh và nnk. (2003). *Biển Đông (tập 2): Khí tượng thủy văn động lực biển*, NXB Đại học Quốc gia.
- 4) Keiko Udo and Yuriko Takeda (2017), Projections of future beach loss in Japan due to sea-level rise and uncertainties in projected beach loss. *Coastal Engineering Journal*, 59(2), 16 pp.
- 5) Nguyễn Đình Vượng, Đánh giá quá trình xâm thực bờ biển tỉnh Bình Thuận – Phân tích nguyên nhân và đề xuất giải pháp phòng chống
- 6) Kim Quang Minh (2016), Kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam, trang 4 – 7 và 64 – 72.

- 7) <https://123doc.org//document/337117-tong-quan-ve-dieu-kien-tu-nhien-kinh-te-xa-hoi-tinh-binh-thuan.htm>
- 8) <https://123doc.org/document/2009624-dac-diem-dieu-kien-khi-tuong-thuy-van-va-dong-luc-vung-ven-bo-tinh-ninh-thuan-binh-thuan.htm>
- 9) Phụ lục C: Kết tính sóng tại khu vực nước sâu và tính sóng truyền vào khu vực nước nông.
- 10) Tiêu chuẩn thiết kế đê biển 2012.
- 11) Nguồn cơ sở dữ liệu WaveWatch (NOAA, Hoa Kỳ).
- 12) Phần mềm CLM - được phát triển bởi PGS.TS Nghiêm Tiến Lam khoa Kỹ thuật Biển, Trường đại học Thủy lợi.
- 13) Tran Quang Tien. Use of hindcast wave field by WAM model for calculation of sediment transport in littoral zone of Vietnam Central. The Fourteenth OMISAR Workshop on Ocean. 7.1-7.15.
- 14) Trần Hữu Nghị, Trần Thanh Tùng (2012). Cơ sở khoa học và tiêu chí áp dụng giải pháp nuôi bãi cho dải ven biển miền Trung, 54-62.
- 15) Hedge, A. V. (2010). Coastal erosion and mitigation methods – Global state of art. Indian Journal of Geo-Marine Sciences, 39(4), 522-530.