

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO**

**BỘ NÔNG NGHIỆP VÀ PTNT**

**VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI VIỆT NAM  
VIỆN KHOA HỌC THỦY LỢI MIỀN NAM**



**PHẠM TRUNG**

**NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN HÌNH THÁI  
VÙNG VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ TRONG ĐIỀU  
KIỆN NƯỚC BIỂN DÂNG DO BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật xây dựng công trình thủy**

**MÃ SỐ: 9 58 02 02**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT**

**TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2021**

Công trình được hoàn thành tại **Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam**

Người hướng dẫn khoa học 1: PGS.TS Trịnh Công Văn

Người hướng dẫn khoa học 2: TS. Trần Thu Tâm

Phản biện 1: GS.TS Nguyễn Tất Đắc

Phản biện 2: PGS.TS Nguyễn Thanh Hùng

Phản biện 3: PGS.TS Nguyễn Kiên Quyết

Luận án này sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp cơ sở  
hợp tại: Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, số 658 Võ Văn Kiệt,  
Phường 1, Quận 5, Thành phố Hồ Chí Minh.

vào hồi ..... giờ ..... phút ngày ..... tháng ..... năm .....

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Quốc gia Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam

## MỞ ĐẦU

### 1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Là vùng trọng điểm phát triển kinh tế xã hội của miền Trung với đường bờ biển trải dài hơn 1.100 Km, duyên hải Nam Trung Bộ (NTB) chiếm khoảng 13,45% diện tích và khoảng 10,8% dân số (2020) so với cả nước. Đây là khu vực đa dạng về nguồn tài nguyên biển và tập trung nhiều công trình dân sinh kinh tế, quốc phòng quan trọng. Thời gian qua dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) toàn cầu cùng với các hoạt động của con người,... hiện tượng sạt lở đã diễn ra ở hầu hết các triền sông, suối và dọc theo bờ biển nước ta trong đó tại khu vực NTB quá trình xói lở bờ biển, bồi lấp vùng cửa sông và các tuyến luồng, bến cảng...diễn ra với mức độ khá nghiêm trọng và có xu hướng ngày càng gia tăng, ảnh hưởng trực tiếp đến các hoạt động phát triển kinh tế - xã hội của các địa phương. Biến đổi hình thái bờ và bãi biển chịu tác động chủ yếu bởi các yếu tố từ biển và sự mất cân bằng nguồn bùn cát do các hoạt động phát triển của con người trên các dòng sông cũng như vùng cửa sông ven biển. Việc tìm hiểu xu hướng biến đổi hình thái dải ven biển NTB dưới sự thay đổi của yếu tố sóng biển trong quá trình nước biển dâng (NBD) do BĐKH, đánh giá mức độ ảnh hưởng của chúng để đề xuất định hướng các giải pháp ổn định, kiểm soát và giảm thiểu những tác động xấu đến tự nhiên là cần thiết và cấp bách vì nó sẽ góp phần bổ sung cơ sở khoa học cho công tác quản lý sạt lở bờ biển khu vực NTB. Xuất phát từ những lý do trên, Nghiên cứu sinh (NCS) đã chọn đề tài: *“Nghiên cứu diễn biến hình thái vùng ven biển Nam Trung Bộ trong điều kiện NBD do BĐKH”* để thực hiện và trình bày trong Luận án tiến sĩ.

### 2. Mục đích nghiên cứu

Tuy sự biến đổi hình thái vùng ven biển là hệ quả của nhiều yếu tố tác động (nội sinh, ngoại sinh, con người) nhưng mục đích của nghiên cứu này giới hạn mục tiêu là xác định xu hướng diễn biến đường bờ, bãi

biển NTB dưới tác động trực tiếp của các dòng năng lượng sóng trong điều kiện NBD do BĐKH, trên cơ sở đó, đề xuất giải pháp nhằm ổn định hình thái vùng ven biển NTB phù hợp với điều kiện tự nhiên và nhu cầu phát triển kinh tế-xã hội khu vực nghiên cứu.

### **3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu**

- *Đối tượng nghiên cứu*: Đối tượng nghiên cứu được giới hạn là trường năng lượng sóng, yếu tố tác động chính và trực tiếp gây biến đổi hình thái vùng ven biển NTB và xem xét xu hướng thay đổi của yếu tố này trong tương lai ứng với các kịch bản BĐKH-NBD.

- *Phạm vi nghiên cứu*: Vùng bờ và bãi biển lân cận các cửa sông khu vực NTB.

### **4. Cách tiếp cận và phương pháp nghiên cứu**

4.1. Cách tiếp cận: Luận án lựa chọn các cách tiếp cận sau: (i) Hệ thống từ tổng thể đến chi tiết; (ii) Kế thừa, phát triển các kết quả nghiên cứu trước để đi sâu giải quyết vấn đề đặt ra là sự phân bố năng lượng sóng dọc theo bờ biển và sự thay đổi của nó trong quá trình NBD làm cơ sở cho việc đánh giá xu hướng biến đổi hình thái bờ biển NTB cũng như đề xuất định hướng các giải pháp giảm thiểu tác động.

4.2. Phương pháp nghiên cứu: (1) Phương pháp kế thừa; (2) Điều tra và khảo sát thực địa; (3) Phương pháp thống kê; (4) Phương pháp mô phỏng toán học.

### **5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án**

- *Ý nghĩa khoa học*: Nghiên cứu đã xây dựng được bản đồ phân bố các thành phần của dòng năng lượng sóng có hướng dọc theo đường bờ ( $P_t$ ) và vuông góc với đường bờ ( $P_n$ ) được trung bình theo từng mùa khí hậu tại vị trí "*đường cơ sở*" và xu hướng biến đổi của các đại lượng này trong quá trình NBD để lý giải xu hướng diễn biến hình thái bờ biển NTB làm cơ sở xác định các khu vực có nguy cơ xói lở và bồi tụ. Kết quả nghiên cứu của Luận án có ý nghĩa khoa học quan trọng trong việc nghiên cứu diễn biến hình thái vùng ven biển NTB.

- *Ý nghĩa thực tiễn*: Các sản phẩm nghiên cứu có thể sử dụng cho thực tế bao gồm: (1) Vị trí tuyến đường cơ sở của dải bờ biển NTB; (2) Bản đồ phân bố các thành phần của dòng năng lượng sóng theo hướng dọc bờ Pt và hướng bờ Pn theo không gian (dọc theo đường cơ sở) và theo thời gian; (3) Đánh giá tác động NBD lên các thành phần dòng năng lượng sóng dọc theo đường cơ sở; (4) Các định hướng giải pháp công trình và phi công trình dựa vào bản đồ phân bố dòng năng lượng sóng tiếp tuyến và pháp tuyến với đường cơ sở, các đánh giá xu hướng thay đổi của chúng theo không gian và thời gian có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Hướng của dòng ven bờ được thể hiện qua hướng của  $\vec{P}$  sẽ rất có ý nghĩa trong công tác định hướng bố trí xây dựng hệ thống công trình ổn định bãi biển như các kè mô hàn, đập đỉnh,... Khi xác định và phân tích gradient của Pt dọc bờ theo đường cơ sở có thể liên hệ với diễn biến xói lở-bồi tụ ở các khu vực ven biển.

## **6. Những đóng góp mới của luận án.**

1- Luận án đã xây dựng được phương pháp xác định giá trị các thành phần của dòng năng lượng sóng theo hai hướng, dọc theo đường bờ Pt và vuông góc với bờ Pn, trên hệ trục tọa độ do tác giả định nghĩa gắn với đường bờ thực. Đó là giá trị các thành phần của thông lượng năng lượng (hay công suất sóng) tác dụng theo hai phương tiếp tuyến và pháp tuyến đối với một đoạn bờ biển cụ thể; đồng thời xem xét xu hướng biến đổi các dòng năng lượng sóng nêu trên tại đường cơ sở trong quá trình NBD theo các kịch bản BĐKH của Bộ TN và MT.

2- Trên cơ sở xác định và phân tích biểu đồ phân bố giá trị các thành phần dòng năng lượng sóng đoạn bờ biển khu vực NTB, tác giả đã đề xuất định hướng các giải pháp công trình bao gồm bố trí không gian hệ thống công trình bảo vệ bờ biển tại một số khu vực vùng cực NTB. Tác giả cũng đã áp dụng kết quả nghiên cứu này vào thực tế thiết kế công trình đê ngăn giảm sóng ven biển LaGi (Tỉnh Bình Thuận), công trình được xây dựng có hiệu quả ngay sau một năm đưa vào vận hành.

# CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

## 1.1. Tổng quan về vùng nghiên cứu

### 1.1.1. Vị trí địa lý



NTB là một vùng lãnh thổ hẹp kéo dài theo hướng Bắc-Nam, bao gồm các tỉnh từ Đà Nẵng ở phía Bắc cho đến tỉnh Bình Thuận ở phía Nam, đều là các tỉnh có phần đất tiếp giáp với biển. Với đặc điểm tự nhiên này, các tỉnh NTB có lợi thế trong việc phát triển kinh tế-xã hội nhất là kinh tế biển nhưng cũng gặp nhiều khó khăn, trong đó

vấn đề xói lở bờ biển và bồi tụ các cửa sông đã và đang trở thành vấn đề đặc biệt quan tâm của các cấp chính quyền và nhân dân địa phương.

### 1.1.2. Thực trạng xói lở-bồi tụ dải ven biển NTB

Hiện đang tồn tại hai vấn đề đối lập nhau: trong khi dải ven biển NTB bị xói lở thì vùng các cửa sông, đầm phá, bến cảng ở đây lại đang bị bồi lấp mạnh làm giảm khả năng thoát lũ, gây ngập lụt cục bộ và cản trở đến các hoạt động giao thông thủy trong khu vực.

### 1.1.3. Nguyên nhân chính gây xói lở-bồi tụ vùng ven biển NTB

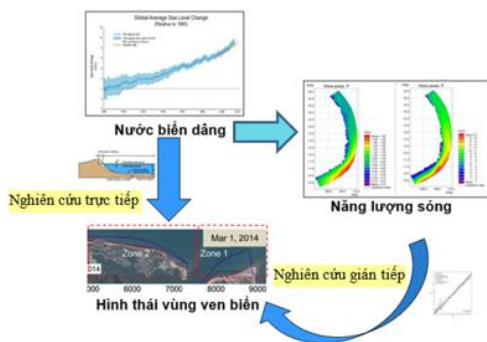
Mặc dù diễn biến xói lở bờ biển phụ thuộc nhiều yếu tố bao gồm các yếu tố nội sinh (địa hình bờ và bãi biển, cấu tạo địa chất và đặc tính của trầm tích) và các yếu tố ngoại sinh như tác động có nguồn gốc từ biển, từ sông và từ chính các hoạt động của con người như trình bày trong Hình 1.2, phạm vi nghiên cứu của luận án chỉ giới hạn trong việc phân tích tác động một yếu tố nguồn từ biển là năng lượng sóng và xu thế biến đổi của tác động này trong quá trình NBD do BĐKH.



Hình 1.2: Các yếu tố gây xói lở-bồi tụ bờ biển và cửa sông

## 1.2. Nghiên cứu trên thế giới về ảnh hưởng của NBD đến diễn biến hình thái vùng ven biển

Nghiên cứu ảnh hưởng của NBD đến xói-bồi vùng ven biển trên thế giới từ trước đến nay đã đi theo hai cách tiếp cận có thể được tóm tắt như sau (Hình 1.13).



Hình 1.13: Hướng nghiên cứu về ảnh hưởng của NBD đến hình thái vùng ven biển

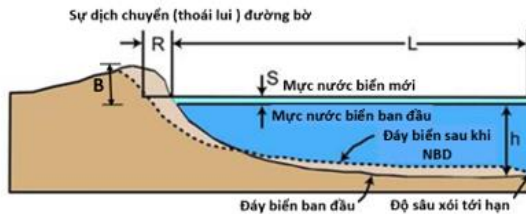
Cách tiếp cận thứ nhất nhằm xây dựng các mô hình, biểu thức... xác định mối quan hệ giữa yếu tố NBD và sự dịch chuyển của đường bờ biển, đáng chú ý trong tiếp cận này là nghiên cứu của *Bruun* và các tác giả khác với “*Quy tắc Bruun*” tức là xác định hình thái theo mức độ

dâng rút của nước biển trung bình trong thời gian dài. Cách tiếp cận thứ hai nhằm xây dựng các mô hình xác định hình thái ngắn hạn thông qua các mô hình thủy thạch động lực,...xem xét ảnh hưởng của các yếu tố tác động chính (năng lượng sóng, dòng chảy, vận chuyển bùn cát...) đến hình thái cục bộ một vùng ven biển.

### 1.2.1. Mô hình xác định hình thái dài hạn

Theo *Bruun*, sự chuyển dịch bờ biển theo phương ngang,  $R$ , có quan hệ với quá trình gia tăng mực nước biển,  $S$ , bằng công thức sau:

$$R = \frac{L}{B+h} S \quad (1.1)$$



Hình 1.6: Minh họa mô hình Bruun

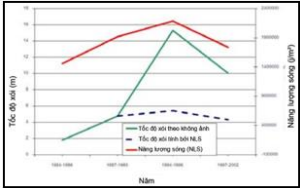
Quy tắc Bruun đã được ứng dụng gần như trên toàn cầu, từ Bắc Mỹ, Caribbean, Nam Mỹ, Châu Âu, New Zealand, Úc, Đông Nam Á đến Trung Đông. Mặc dù vậy, quy tắc này đã bỏ qua các nguyên tắc địa chất và hải dương học quan trọng khác nhau mang tính địa phương, nên nó không thể dự đoán sự thoái lui của bờ biển do nước biển dâng một cách cục bộ. Vì thế, chiến lược quản lý vùng ven biển như những khoảng lùi (*setback zones*), các mô hình kỹ thuật ven biển, thiết kế nuôi dưỡng bãi dựa trên quy tắc *Bruun* và khái niệm *mặt cắt cân bằng* (*profile of equilibrium*) vẫn đang được xem xét.

### 1.2.2. Mô hình xác định hình thái ngắn hạn

Nghiên cứu ảnh hưởng của NBD đến diễn biến hình thái vùng ven biển được tập trung vào các quá trình thủy thạch động lực bao gồm sóng, triều, dòng chảy biển, vận chuyển bùn cát,... dựa trên số liệu quan trắc ngoài hiện trường, nghiên cứu trên mô hình vật lý, mô hình toán.

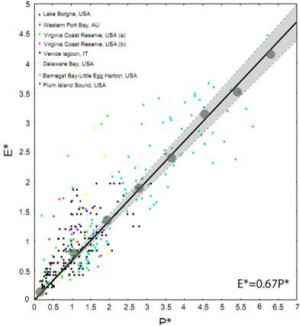


Sóng biển là một trong số các tác động mang tính quyết định tới diễn biến bờ biển nên có rất nhiều nhóm, nhà khoa học quan tâm. Mặc dù tiềm năng năng lượng rất lớn của sóng biển đã được ghi nhận từ rất lâu, tuy nhiên, các nghiên cứu về ảnh hưởng của dòng năng lượng sóng đối với diễn biến đường bờ biển nói chung còn khá hạn chế. Hình 1.10 trình bày kết quả nghiên cứu từ năm 1984-2002 về quan hệ giữa năng lượng sóng và tốc độ xói lở bờ biển trung bình tại tỉnh Bangkhuntien (phía Bắc vịnh Thái Lan).



Hình 1.10: Quan hệ giữa năng lượng sóng và tốc độ xói bờ  
Nghiên cứu của Đại học Boston (Mỹ) vào năm 2015 thực hiện tại 8 địa điểm ở Mỹ, Úc và Italia đã xây dựng quan hệ giữa công suất sóng và tốc độ xói mòn bờ biển không thứ nguyên như sau (Hình 1.11):

$$E^* = a^* P^*, a^* = 0,67 \tag{1.4}$$



Hình 1.11: Quan hệ công suất sóng và tỷ lệ xói mòn

**1.3. Nghiên cứu liên quan thực hiện ở Việt Nam và Nam Trung Bộ**  
Ở Việt Nam, nghiên cứu về năng lượng sóng thông qua các mô hình mô phỏng chế độ thủy động lực chỉ được bắt đầu từ những năm 2000.

Các công trình nghiên cứu về năng lượng sóng biển tập trung chủ yếu vào xác định những khu vực có năng lượng sóng lớn để đánh giá tiềm năng khai thác nguồn năng lượng này phục vụ phát triển kinh tế-xã hội, với mục đích đó, phạm vi nghiên cứu năng lượng sóng thường là ngoài khơi. Trong khi đó, nghiên cứu về năng lượng sóng liên quan đến tính toán dòng chảy ven bờ và vận chuyển bùn cát còn giới hạn bởi các dự án cụ thể ở một số địa phương. Do đó NCS đã chọn đề tài nghiên cứu về sự phân bố năng lượng sóng bao gồm cả hướng tác động đối với dải ven bờ NTB để có thể xác định được xu hướng biến đổi hình thái bờ biển trong quá trình NBD.

## **CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU DIỄN BIẾN HÌNH THÁI VÙNG VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ**

### **2.1. Cơ sở lý thuyết về diễn biến hình thái vùng ven biển**

Quá trình vận chuyển bùn cát chính là tác nhân gây ra hiện tượng xói lở hay bồi lấp bờ/bãi biển nên việc nghiên cứu diễn biến hình thái vùng ven biển cần xem xét cơ sở khoa học của các quá trình vận chuyển cát (dọc và ngang bờ) thông qua các mô hình toán.

#### ***2.1.1. Khái niệm chung về mô hình vận chuyển bùn cát***

Một mô hình vận chuyển bùn cát thường bao gồm: Phần thủy lực mô tả cơ chế thủy động lực (sóng, phân bố vận tốc dòng chảy trung bình, hệ số nhớt rối  $\gamma_t$  và ma sát đáy  $\tau_b$ ); Phần vận chuyển bùn cát mô tả phân bố nồng độ bùn cát và/hoặc lưu lượng bùn cát hình thành từ các điều kiện thủy lực; Kết quả phân bố bùn cát (nồng độ, lưu lượng bùn cát) sau đó sẽ được đưa vào một mô hình diễn biến (đáy hoặc bờ) để tính toán mức độ bồi xói địa hình của bờ và bãi biển.

#### ***2.1.2. Mô hình mặt cắt bờ biển cân bằng***

Biểu thức toán học mô tả hình dạng bãi biển được sử dụng phổ biến nhất từ trước tới nay do Bruun và Dean xây dựng (còn gọi là mặt cắt ngang dạng Bruun/Dean) [45] [52], trên cơ sở cân bằng tồn thất năng

lượng sóng trong vùng sóng vỡ dẫn đến lý thuyết là mô hình mặt cắt bờ biển cân bằng,  $h = A \cdot x^{2/3}$  ( $h$  là độ sâu nước tại điểm cách bờ theo phương ngang một khoảng là  $x$ ,  $A$  là hệ số kinh nghiệm thứ nguyên của hình dạng mặt cắt, thứ nguyên  $L^{1/3}$ ).

### **2.1.3. Mô hình vận chuyển bùn cát dọc bờ**

Các mô hình tính toán vận chuyển bùn cát dọc bờ trong vùng sóng vỡ trong đó công thức của *CERC* là quan hệ thực nghiệm  $Q_{ls} = f(P_{ls})$  giữa tổng lưu lượng bùn cát dọc bờ  $Q_{ls}$  và đại lượng  $P_{ls}$  đặc trưng cho năng lượng sóng,  $Q_{ls}$  và  $P_{ls}$  được định nghĩa như sau:

$$Q_{ls} = \int_{x_0}^{x_l} \overline{q_{sy}} dx \quad (2.11)$$

Với  $q_{sy}$  là lưu lượng thể tích bùn cát theo phương  $y$  dọc bờ, trên một đơn vị bề rộng theo phương  $x$  ngang bờ;  $x_0$  là vị trí phía biển mà đáy không bị ảnh hưởng bồi xói,  $x_l$  là vị trí giới hạn xa nhất của sóng leo lên bãi;  $P_{ls}$  là thừa số thông lượng năng lượng dọc bờ, định nghĩa bởi:

$$P_{ls} = P_y \cos \alpha_y \sin \alpha_y \quad (2.12)$$

Có rất nhiều cố gắng xác định ý nghĩa của đại lượng  $P_{ls}$  là thành phần dọc bờ của năng lượng sóng trên 1 đơn vị dài dọc theo bờ, tại vị trí sóng vỡ. *Longuet-Higgins* [77] đã phân tích quan hệ giữa  $P_{ls}$  và các thành phần tiếp tuyến của ứng suất tán xạ sóng (*shear component of the radiation stress*  $S_{ij}$ ). Việc xác định đại lượng  $P_{ls}$  cũng được NCS thực hiện trong phạm vi luận án này ở phần tiếp theo với ký hiệu khác là  $P_t$ , tuy nhiên, đã được đơn giản hóa bằng cách tính toán tại ranh sóng vỡ (vị trí "đường cơ sở").

## **2.2 Cơ sở lý thuyết về năng lượng sóng**

### **2.2.1. Sự hình thành và lan truyền của sóng biển**

### **2.2.2. Năng lượng sóng đơn sắc**

Năng lượng toàn phần của sóng (trung bình trên một đơn vị diện tích vùng nước) được xác định bằng công thức sau:

$$E = E_p + E_d = \frac{\rho g H^2 L}{16} + \frac{\rho g H^2 L}{16} = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.24)$$

Trung bình (theo không gian trên một chiều dài sóng  $L$  và thời gian trong một chu kỳ), ta có năng lượng sóng trung bình trên một đơn vị diện tích bề mặt biển gọi là mật độ năng lượng sóng (*Energy density*):

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (2.25)$$

Thông lượng năng lượng sóng trung bình  $\bar{P}$  (hay công suất sóng) là số năng lượng trung bình truyền qua 1 mét dài theo hướng truyền sóng trong một đơn vị thời gian, qua 1 mặt phẳng thẳng đứng cố định vuông góc với phương truyền sóng:

$$\bar{P} = \left( \frac{\rho g H^2}{8} \right) \frac{\sigma}{k} \left[ \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \right] = \bar{E} n C = \bar{E} C_g \quad (2.26)$$

### **2.2.3. Phổ năng lượng sóng**

Được sử dụng phổ biến hiện nay là *phổ năng lượng (energy spectrum)* của sóng. Vì  $E = \rho \cdot g \cdot H^2 / 8 = \rho \cdot g \cdot a^2 / 2$  ( $a$  là biên độ sóng) nên thực chất phổ năng lượng biểu diễn  $a^2/2$  theo tần số sóng  $\sigma$ . Có nhiều thành phần có tần số  $\sigma$  gần nhau trong một dải tần số được gộp chung nên người ta thường biểu diễn năng lượng trung bình trong một dải tần số  $E_n / \Delta \sigma$  theo  $\sigma_n$ . Đường cong này liên tục và được gọi là *phổ mật độ năng lượng (energy density spectrum)*  $E(\sigma)$ .

### **2.2.4. Công thức tính thông lượng năng lượng sóng**

#### **2.2.4.1. Công thức trong lý thuyết của mô hình MIKE21 SW**

Trong hệ trục tọa độ Descartes hai chiều XY, để đánh giá tổng thông lượng sóng truyền theo hướng nào, sử dụng các công thức sau [59]:

$$\vec{P} = (P_X, P_Y) \quad (2.33)$$

$$\vec{P} = \rho g \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \vec{C}_g(f, \theta) E(f, \theta) df d\theta \quad (2.34)$$

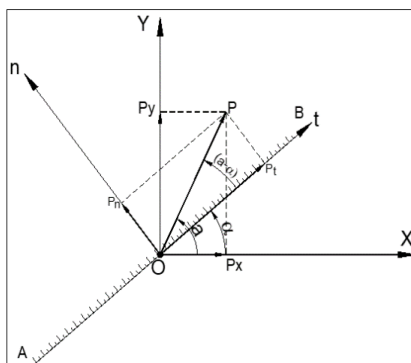
$$P_X = \rho g \int_0^{2\pi} \int_0^\infty C_g(f, \theta) \cos(\theta) E(f, \theta) df d\theta \quad (2.35)$$

$$P_Y = \rho g \int_0^{2\pi} \int_0^\infty C_g(f, \theta) \sin(\theta) E(f, \theta) df d\theta \quad (2.36)$$

Trong các công thức trên, thông lượng sóng theo mỗi hướng được chiếu xuống trục X hoặc trục Y rồi mới cộng tất cả các hướng lại, như vậy có thành phần thông lượng theo X hoặc theo Y của tổng công suất tất cả các hướng  $P_x$  hoặc  $P_y$ .

### 2.2.4.2. Xác định giá trị thông lượng năng lượng sóng theo các thành phần dọc bờ ( $P_t$ ) và hướng bờ ( $P_n$ )

Để tính thông lượng năng lượng sóng tác động đến một đoạn bờ biển (dài hàng chục, trăm km) cần phải tích phân  $P$  trên cả đoạn bờ biển đó. Phương pháp mà tác giả đã thực hiện trong Luận án là chia đường bờ biển cần tính toán thành nhiều đoạn nhỏ AB (vài trăm mét đến



1km), mỗi đoạn sẽ có hình chiếu trên hệ trục tọa độ Descartes ( $\Delta x = X_B - X_A$ ),  $\Delta y = Y_B - Y_A$ ) và thông lượng sóng qua đoạn AB là véc tơ có hai thành phần ( $P_x \cdot \Delta y$  và  $P_y \cdot \Delta x$ ). Bằng cách định nghĩa hệ trục tọa độ mới sao cho trục hoành mới gắn liền với đoạn bờ AB và trục tung mới vuông góc với đoạn bờ AB theo quy ước phương của đường bờ  $t$  (có chiều dương dọc theo chiều véc tơ AB) và phương pháp tuyến  $n$  (vuông góc và hướng vào đoạn bờ AB), Luận án đề xuất công thức tính toán độ lớn thành phần thông lượng sóng dọc bờ  $P_t$  và thành phần  $P_n$  hướng vào bờ cho đoạn AB tại một thời điểm như sau:

$$P_t(t) = P \cdot \cos(a - \alpha) \quad (2.37)$$

$$P_n(t) = P \cdot \sin(a - \alpha) \quad (2.38)$$

Xét trong một khoảng thời gian từ  $T_1$  đến  $T_2$  (1 kỳ triều, 1 mùa gió...), có thể xác định được thông lượng năng lượng (hay công suất sóng) trung bình tác động theo các phương tiếp tuyến ( $P_t$ ) và pháp tuyến với đường bờ ( $P_n$ ) trong thời gian trên bằng cách tích phân:

$$P_t = \frac{1}{(T_2 - T_1)} \int_{T_1}^{T_2} P \cdot \cos(a - \alpha) dt \quad (2.41)$$

$$P_n = \frac{1}{(T_2 - T_1)} \int_{T_1}^{T_2} P \cdot \sin(a - \alpha) dt \quad (2.42)$$

### 2.2.5. Đường cơ sở và trình tự tính toán trong Luận án

### *Xác định đường cơ sở tính toán:*

Khi truyền vào bờ, qua vùng sóng vỡ, năng lượng sóng bị tiêu hao đi đáng kể và từ vị trí sóng bị vỡ đến bờ là khu vực hoạt động mạnh nhất của chuyển động bùn cát ven biển. Để đơn giản hóa thuật toán tính toán trên phạm vi toàn vùng NTB, tác giả đã đưa ra định nghĩa và cách xác định "*đường cơ sở*" cố định, gần với phạm vi có hoạt động bùn cát (cách đường mép nước biển thấp nhất trung bình trong nhiều năm một khoảng cách 1,0 km) để sử dụng tính toán và phân tích các giá trị đặc trưng của dòng năng lượng sóng (trước khi vào đến bờ biển thực).



Hình 2.12: Minh họa vị trí đường cơ sở định nghĩa trong Luận án

### *Tính toán các thành phần dòng năng lượng sóng cấp độ chi tiết:*

Trên mỗi đoạn của đường cơ sở có chiều dài trung bình  $ds=500m \div 1km$  ta có một giá trị  $\vec{P}(P_x, \Delta y, P_y, \Delta x)$  theo công thức (2.33) đến (2.36) từ kết quả mô hình MIKE21 SW. Chiều vectơ này xuống phương tiếp tuyến và pháp tuyến với đường bờ  $ds$  có  $P_t, P_n$  theo (2.37), (2.38) và tiến hành tích phân trong một khoảng thời gian theo (2.41), (2.42). Vẽ đồ thị dọc theo đường cơ sở để tìm liên hệ với tình hình bồi xói của các đoạn  $ds$ . Có thể gọi đó là cấp nghiên cứu chi tiết cho từng đoạn  $ds$ .

### *Tính toán các thành phần dòng năng lượng sóng cấp độ tổng quát:*

Để có đánh giá chung cho một đoạn dài  $AB$  ở phạm vi rộng hơn (ví dụ một cung bờ cong như từ mũi Kê Gà đến Phan Thiết hay từ Phan Thiết đến Mũi Né...), tức là ở mức hàng chục km, tiến hành tích phân

(cộng)  $P_x, P_y$  dọc theo đường cơ sở đã chọn. Kết quả được vectơ ( $\Sigma P_x, \Sigma P_y$ ) của đoạn AB. Bây giờ mới chiếu vectơ tổng này lên hướng AB để xác định  $\vec{P}(P_t, P_n)$  và đánh giá chung cho đoạn bờ AB.

✚ *Xác định các khu vực có nguy cơ xói lở-bồi tụ theo gradient  $P_t, P_n$ :*

Gradient của  $f$  (ký hiệu *grad* hay  $\nabla f$ ) là một vectơ  $n$  chiều mà mỗi thành phần trong vector đó là một đạo hàm riêng phần theo từng biến của hàm  $f$  ( $\nabla f = (\frac{df}{dx_1}, \frac{df}{dx_2}, \dots, \frac{df}{dx_n})$ )

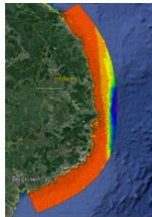
Lấy gradient của thành phần năng lượng sóng dọc bờ  $P_t$  theo đường cơ sở ( $d/ds$ ), ta có nhận xét sau:  $P_t$  đặc trưng cho khả năng tải cát dọc bờ nên nếu  $P_t$  đoạn sau lớn hơn đoạn trước (Gradient dọc bờ dương), có nghĩa khả năng tải cát tăng dần, lấy đi cát ở đấy, gây xói. Ngược lại nếu gradient dọc bờ âm thì gây bồi. Xét sự thay đổi theo thời gian, nếu giá trị của  $P_t$  thời điểm sau lớn hơn thời điểm trước ( $d/dt > 0$ ), có nghĩa khả năng tải cát của đoạn đó tăng dần, lấy đi cát ở đấy, có khả năng gây xói nếu hai đoạn bên không bổ sung thêm trầm tích (vẫn phụ thuộc gradient  $P_t$  dọc bờ). Còn  $P_n$  ở thời điểm sau lớn hơn của thời điểm trước thì năng lượng sóng vào bờ tăng dần, khả năng tải cát tăng dần, dẫn đến nguy cơ gây xói.

### 2.3. Các mô hình tính toán

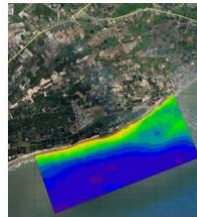
Luận án đã sử dụng 3 cấp độ mô hình, gồm: (i) Bài toán tổng quát với mô hình Biển đông để cung cấp số liệu "đầu vào" cho mô hình khu vực; (ii) Mô hình khu vực mô phỏng cho toàn bộ dải ven biển NTB và (iii) Mô hình chi tiết để giải quyết cho các dự án cụ thể.



Mô hình 1



Mô hình 2



Mô hình 3

Hình 2.10: Mức độ chi tiết của các mô hình sử dụng trong Luận án

Bộ công cụ sử dụng là mô hình MIKE21/3 Couple FM (gồm các modules: thủy động lực-HD, phổ sóng-SW, vận chuyển cát-ST):

### **CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VỀ DIỄN BIẾN HÌNH THÁI KHU VỰC VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ**

#### **3.1. Tính toán và xây dựng bản đồ phân vùng năng lượng sóng dài ven biển Nam Trung Bộ**

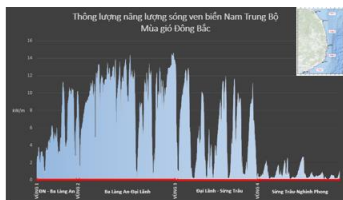
Luận án đã thiết lập đường cơ sở dọc theo tuyến bờ biển NTB và chia ra 4 vùng từ Bắc xuống Nam để tính toán các dòng năng lượng sóng cho toàn bộ dài ven biển NTB:

- *Vùng 1*: Từ Bán đảo Sơn Trà đến mũi Ba Làng An (135 phân đoạn).
- *Vùng 2*: Từ mũi Ba Làng An đến mũi Đại Lãnh (319 phân đoạn).
- *Vùng 3*: Từ mũi Đại Lãnh đến mũi Sừng Trâu (270 phân đoạn).
- *Vùng 4*: Từ mũi Sừng Trâu đến mũi Nghinh Phong (270 phân đoạn).

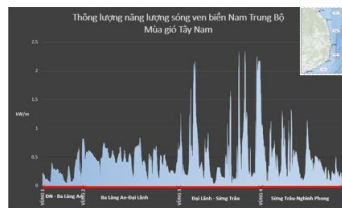


Kết quả tính toán đã chỉ ra khu vực có năng lượng sóng lớn tập trung từ vịnh Dung Quất-Quảng Ngãi đến mũi Sừng Trâu-điểm tiếp giáp giữa hai tỉnh Ninh Thuận và Bình Thuận (vùng số 2 và 3). Thông lượng sóng ở vùng này lớn hơn từ 3 đến 7 lần so với khu vực Bắc Trung Bộ (đoạn từ Cồn Cỏ đến vịnh Đà Nẵng). Sóng trong mùa gió Đông Bắc có ảnh hưởng mạnh rõ rệt trên toàn dải bờ biển từ Đà Nẵng đến Ninh Thuận (Hình 3.17) còn mùa Tây Nam là đoạn bờ từ sau mũi Đại Lãnh thuộc địa phận tỉnh Khánh Hòa đến mũi Nghinh Phong – BRVT (Hình 3.18).





Hình 3.17: Thông lượng sóng P trong mùa gió Đông Bắc



Hình 3.18: Thông lượng sóng P trong mùa gió Tây Nam

Kết quả phân tích các thành phần dọc theo bờ (Pt) và hướng bờ (Pn) của dòng năng lượng sóng đã có thể giải thích chế độ sóng và dòng chảy biến đổi theo các mùa gió trong năm, cả về hướng và cường độ dẫn đến quá trình vận chuyển cát theo mùa, hệ quả dẫn đến hiện tượng xói lở hay bồi lấp vùng ven biển khu vực NTB. Tác động của sóng có thể trực tiếp gây xói lở bờ và vận chuyển các phần tử vật chất ra xa bờ thông qua thành phần Pn và hoặc di chuyển dọc bờ biển đến tích tụ ở nơi khác thông qua thành phần Pt. Thời kỳ hoàn lưu Đông Bắc (Hình 3.19), trong khi dòng ven bờ trung bình từ Đà Nẵng-Quảng Nam (vùng 1) có hướng thịnh hành Đông Bắc là chủ yếu ( $P_t > 0$ ) thì khu vực từ Bình Thuận đến BRVT (vùng 4) dòng chảy đa phần có hướng Tây Nam ( $P_t < 0$ ). Thời kỳ hoàn lưu Tây Nam (Hình 3.20), ngoài vùng số 4 chịu ảnh hưởng mạnh của trường gió mùa, dòng chảy trung bình có hướng Đông Bắc chủ yếu, còn lại toàn dải NTB có dòng năng lượng sóng ven bờ khá nhỏ, đặc biệt dòng chảy khu vực từ Đà Nẵng-Quảng Nam (vùng 1) vẫn giữ nguyên hướng Đông Bắc.

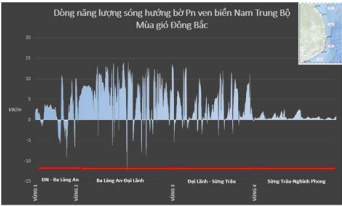


Hình 3.19: Dòng năng lượng sóng Pt trong mùa Đông Bắc

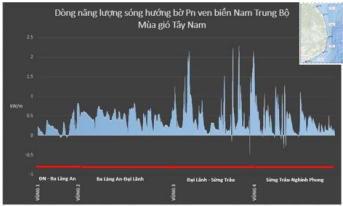


Hình 3.20: Dòng năng lượng sóng Pt trong mùa Tây Nam

Những khu vực có dòng năng lượng sóng hướng bờ lớn ( $P_n > 0$ ) từ Quảng Ngãi đến Ninh Thuận trùng hợp với các khu vực có các đoạn bờ biển bị xâm thực mạnh, có nhiều sạt lở, đả và đang phải xử lý, nhất là vào mùa gió Đông Bắc (Hình 3.21). Mùa gió Tây Nam, cùng thời điểm khi dòng năng lượng dọc bờ  $P_t$  khá nhỏ thì hầu hết dòng năng lượng sóng hướng bờ  $P_n$  trên toàn dải NTB đều có giá trị dương (Hình 3.22), điều này cho thấy khả năng bồi tụ trong mùa Tây Nam là lớn hơn so với thời kỳ hoàn lưu gió Đông Bắc.

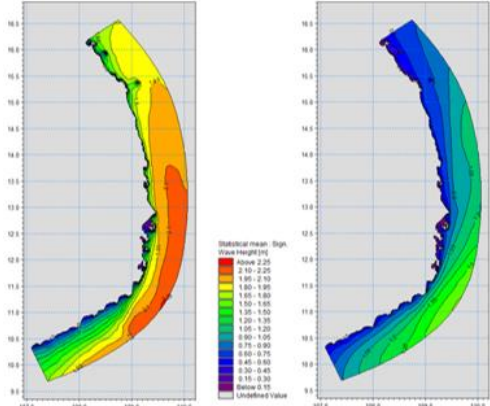


Hình 3.21: Dòng năng lượng sóng  $P_n$  trong mùa Đông Bắc

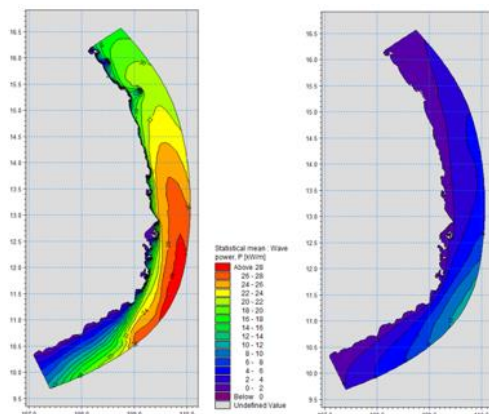


Hình 3.22: Dòng năng lượng sóng  $P_n$  trong mùa Tây Nam

NCS trong nghiên cứu này đã xây dựng bản đồ năng lượng sóng ( $\text{kW/m}$ ) cho khu vực NTB gồm các thông tin về trường sóng: độ cao sóng có nghĩa, chu kỳ sóng trung bình, hướng truyền năng lượng sóng cũng như Atlas năng lượng sóng trung bình (Hình 3.23÷ Hình 3.24).



Hình 3.23: Bản đồ trung bình độ cao sóng theo mùa



Hình 3.24: Bản đồ năng lượng sóng trung bình theo mùa

### 3.2. Mối liên hệ giữa dòng năng lượng sóng $P_t$ dọc bờ và $P_n$ hướng bờ với hiện tượng xói lở-bồi tụ ở khu vực Nam Trung Bộ

Luận án đã tiến hành khảo sát chi tiết tại 4 cung bờ có số liệu điều tra thực tế để kiểm chứng về quy luật liên hệ giữa các dòng năng lượng sóng ( $P_t$  và  $P_n$ ) trên đường cơ sở với tình trạng xói lở-bồi tụ ở các khu vực này. Việc tính toán các dòng năng lượng sóng theo đề xuất của tác giả, sau khi đối chứng với thực tế điều tra cho thấy:

- Những đoạn bờ chịu tác động của dòng năng lượng sóng hướng bờ  $P_n$  lớn đều là các khu vực có hiện tượng sạt lở bờ biển mạnh, ví dụ như Mộ Đức, Đức Phổ (Quảng Ngãi) hay đoạn Sông Cầu đến Tuy Hòa (Phú Yên). Tuy nhiên, ở một số khu vực  $P_n > 0$  nhưng có giá trị nhỏ nên có thể vẫn gây bồi (sóng nhỏ mang trầm tích vào bờ). Các khu vực có giá trị  $P_n < 0$  nhưng nằm sau các mũi nhô ra biển vẫn có nguy cơ xói do bùn cát đã bị lôi cuốn ra phía biển gây thiếu hụt vận chuyển dọc bờ (Ví dụ như tại khu vực phía Bắc cửa Đại-Hội An).

- Trong mọi trường hợp quá trình xói lở và bồi tụ đều phụ thuộc vào dòng năng lượng sóng dọc bờ (hay tiếp tuyến,  $P_t$ ). Sử dụng dòng năng lượng sóng dọc bờ  $P_t$  có thể giải thích được các quá trình của dòng chảy và dòng vận chuyển bùn cát ven bờ ví dụ tại các đoạn bờ biển

của tỉnh Bình Thuận như đoạn bờ Liên Hương – Bình Thạnh trước mũi La Gàn, đoạn bờ Phan Rí Cửa sau mũi La Gàn, đoạn bờ Hàm Tiến, Phú Hải sau mũi Né,... Điều này cũng lý giải cho chu kỳ xói-bồi xảy ra thay đổi theo mùa trong năm. Ngoài ra, việc xác định chiều của dòng ven bờ có ý nghĩa trong công tác định hướng bố trí xây dựng các kết cấu giữ bãi kiểu nhô ra ngoài phía biển như các kè mỏ hàn, đập đỉnh...

- Gradient của Pt dọc theo đường cơ sở có thể lý giải hiện tượng xu hướng xói lở hay bồi tụ các khu vực ven biển, kết quả được cho là khá phù hợp với số liệu thực tế, đặc biệt là ở những khu vực trọng điểm.

### 3.3. Nghiên cứu diễn hình khu vực ven biển LaGi

Để kiểm chứng về mối liên hệ giữa phân bố trường năng lượng sóng trên đường cơ sở với diễn biến hình thái chi tiết tại các vùng ven biển, trong luận án này NCS đã tiến hành áp dụng kết quả nghiên cứu cho khu vực bờ biển đang xói lở thuộc thị xã LaGi, tỉnh Bình Thuận.

Dựa vào kết quả của mô hình toán trong đó có xét đến tất cả các yếu tố ảnh hưởng của sóng, dòng, bùn cát, địa hình,... mô phỏng hình thái hiện trạng khu vực La Gi, tác giả có nhận xét sau:



Hình 3.55: Kết quả tính toán hướng của các dòng năng lượng sóng

- Tốc độ xói bồi khu vực thay đổi theo mùa trong năm, diễn biến trong thời kỳ gió mùa Đông Bắc mãnh liệt hơn so với thời kỳ gió Tây Nam.
- Xu thế bồi tụ chiếm ưu thế tuyệt đối ở các khu vực ven bờ phía Nam, tốc độ bồi lắng trong phạm vi dải bán ngập đạt cỡ  $0,3 \div 0,8\text{m}$  sau mùa

gió Đông Bắc, có những vị trí thay đổi đến hơn 1,0m. Đồng thời xuất hiện 01 bãi bồi lớn ngay trước khu vực phía ngoài cửa hồ Tôm. Địa hình đáy biển vùng phía ngoài bị hạ thấp, mức độ xói sâu 0,5m.

- Dự án khu dân cư lấn biển đang triển khai đã có tác động lớn đến diễn biến hình thái của đoạn bờ biển xã Phước Lộc, thị xã La Gi. Khi phân tích chi tiết các dòng năng lượng sóng, giá trị của  $P_t < 0$ , tức là dòng chảy có hướng từ phía Bắc xuống, khi gặp hệ thống công trình kè của khu dân cư lấn biển nhô hẳn ra phía ngoài nên dòng bùn cát di chuyển xuống phía Nam đã bị chặn lại, gây xói lở đoạn bờ khuất sóng phía sau đến sát cửa hồ Tôm. Phân tích dòng năng lượng sóng hướng bờ  $P_n$  và phân tích gradient dòng năng lượng cũng cho kết quả phù hợp thực tế là xu thế bồi tụ ở phía Nam, xói ở các phân đoạn phía Bắc.

- Mô phỏng chế độ thủy động lực, vận chuyển bùn cát và biến động hình thái khu vực La Gi – Bình Thuận chính là cấp độ mô hình 3 đã được trình bày tại mục 2.3 có thể áp dụng cho các dự án cụ thể tại khu vực ven biển NTB. Trên cơ sở kết quả đó có thể đề xuất các phương án, ý tưởng về bố trí không gian, hình thức kết cấu, vật liệu... mang tính khả thi, đáp ứng yêu cầu và mục tiêu đề ra. Kết quả nghiên cứu cũng đã được tác giả ứng dụng cho việc thiết kế, xây dựng công trình ổn định bờ biển khu vực thị xã La Gi; công trình được xây dựng có hiệu quả ngay sau một năm đưa vào vận hành.

### **3.4. Tác động BĐKH-NBD đến diễn biến hình thái dải ven biển Nam Trung Bộ**

#### ***3.4.1 Kịch bản NBD tính toán cho khu vực Nam Trung Bộ***

Trong các tính toán của Luận án, chỉ xét đến sự thay đổi mực nước biển trung bình do BĐKH của Bộ TNMT công bố (3 kịch bản mực nước biển dâng thêm 12cm năm 2030-KB1, 25cm năm 2050-KB2 và 50cm năm 2100-KB3), mà không xét đến ảnh hưởng các yếu tố khác: nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa, quá trình nâng/hạ địa chất...

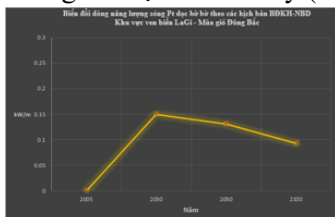
#### ***3.4.2 Kết quả tính toán đặc trưng sóng và diễn biến hình thái khu***

### ***vực ven biển Nam Trung Bộ dưới tác động của NBD do BĐKH***

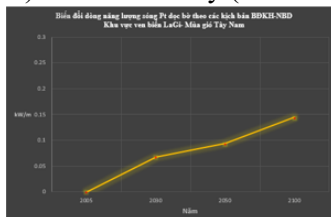
NCS đã tiến hành xem xét ảnh hưởng của sự thay đổi mực nước biển trung bình đối với vùng gần bờ thông qua sử dụng mô hình chi tiết khu vực ven biển La Gi-Bình Thuận với một số kết quả chính sau.

- Dòng năng lượng sóng Pt dọc bờ (kW/m) tăng tương ứng từ 8% (KB1), 12% (KB2) đến 18% (KB3) trong mùa gió Tây Nam nhưng giá trị Pt sẽ thay đổi rất lớn trong thời kỳ hoàn lưu gió Đông Bắc với mức giảm từ 22% (KB1), 19% (KB2) xuống đến 14% (KB3). Đối với năng lượng sóng Pn hướng bờ, theo các kịch bản BĐKH-NBD, mức tăng tương ứng giống nhau từ 8% (KB1), 11% (KB2), 17% (KB3) trong mùa Tây Nam và từ 9% (KB1), 12% (KB2), 17% (KB3) trong mùa Đông Bắc.

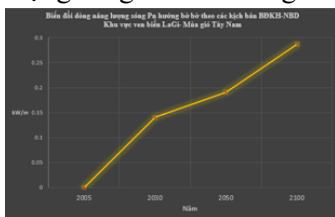
- Mức độ xói lở ở các khu vực phía Bắc sẽ ngày càng khốc liệt hơn so với những khu vực phía Nam mặc dù xu hướng này giảm dần theo thời gian từ giai đoạn đầu thế kỷ (năm 2030) đến cuối thế kỷ (năm 2100).



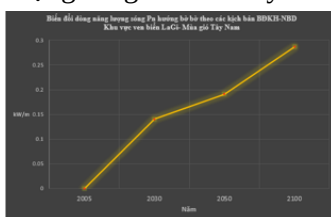
Hình 3.63: Biến đổi dòng năng lượng sóng Pt mùa Đông Bắc



Hình 3.64: Biến đổi dòng năng lượng sóng Pt mùa Tây Nam



Hình 3.65: Biến đổi dòng năng lượng sóng Pn mùa Đông Bắc



Hình 3.66: Biến đổi dòng năng lượng sóng Pn mùa Tây Nam

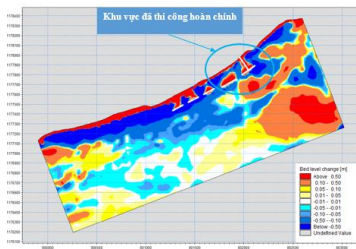
### 3.5. Định hướng giải pháp nhằm cải tạo, ổn định hình thái các khu vực ven biển Nam Trung Bộ trong điều kiện NBD do BĐKH

#### 3.5.1 Giải pháp công trình:

🚧 Những khu vực có dòng năng lượng sóng hướng bờ Pn lớn:

- Cần quy hoạch sử dụng đất vùng ven biển hợp lý, tránh xây dựng các công trình kiến trúc hoặc nhà ở gần bờ biển.
- Trường hợp khu vực ven biển là đô thị cần bảo vệ, phải nghiên cứu tiêu giảm năng lượng sóng từ xa bằng giải pháp công nghệ đê giảm sóng xa bờ (*detached breakwater*) dạng đê nhô hoặc đê ngầm...

Từ cuối năm 2019, dự án “Kè bảo vệ khu dân cư phường Phước Lộc, thị xã La Gi, tỉnh Bình Thuận” đã bắt đầu triển khai thi công hệ thống công trình ngăn cát giảm sóng kết hợp giữa mô hàn dạng chữ T và đê ngầm giảm sóng. Đây là kết quả nghiên cứu của tác giả và các cộng sự dựa trên phân tích tác động của các dòng năng lượng sóng, vận chuyển bùn cát tại khu vực ven biển này. Phương án đề xuất gồm 05 phân đoạn đê ngầm vật liệu bằng đá khối lớn đặt song song cách bờ biển 150m, mỗi phân đoạn dài 160m, ngắt quãng 80m kết hợp 01 mô hàn dạng chữ T. Đến nay đã thi công hoàn chỉnh mô hàn dạng chữ T và 02 phân đoạn đê ngầm phía Bắc (Hình 3.74).



Hình 3.73: Biến đổi địa hình tính toán 01 năm sau khi có công trình



Hình 3.74: Thực tế thi công mô hàn dạng chữ T và 02 phân đoạn đê ngầm phía Bắc

✚ Các khu vực dòng năng lượng sóng hướng bờ Pn không lớn:

Có thể áp dụng các giải pháp bảo vệ bờ trực tiếp bằng các kết cấu mềm, thân thiện với môi trường, có chi phí thấp, ví dụ:

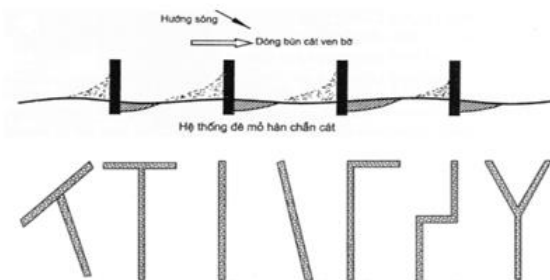
- Các kết cấu mềm địa kỹ thuật-Stabiplate;
- Các giải pháp thân thiện với môi trường: nuôi bãi, trồng rừng.



Hình 3.80: Bảo vệ bờ biển bằng giải pháp bù cát (nuôi bãi nhân tạo)

✚ Đối với khu vực có dòng năng lượng sóng chảy dọc bờ (Pt) lớn:

Ứng dụng các kết cấu mở hàn (mềm hoặc cứng) để hạn chế dòng bùn cát di chuyển, giữ lại thể cân bằng cho bờ biển.



Hình 3.84: Sơ đồ bố trí (trên) và một số dạng mở hàn (dưới)

### 3.4.2 Giải pháp phi công trình:

Bất cứ giải pháp công trình nào cũng đều đòi hỏi chi phí lớn và đều có tác động tiêu cực nhất định đến môi trường tự nhiên, vì thế trước khi xem xét các giải pháp công trình thì cần cân nhắc kỹ các giải pháp phi công trình, bao gồm:

- Quy hoạch phát triển vùng ven biển theo hướng bền vững, có xét đến các tác động của BĐKH và NBD;



- Tăng cường tuyên truyền nâng cao nhận thức của người dân địa phương về các tai biến thiên tai và các nguyên nhân gây xói lở bờ biển.
- Theo dõi diễn biến xói lở bờ biển về quy mô, cường độ, hướng chuyển dịch theo định kỳ và không định kỳ tùy thuộc vào thực tế.
- Xây dựng cơ sở dữ liệu kiểm soát sạt lở theo địa bàn huyện, tỉnh, bao gồm cả bản đồ hiện trạng, bản đồ dự báo, cảnh báo khả năng xói lở.

## KẾT LUẬN

1. Trong nghiên cứu của mình, NCS đã sử dụng các phương pháp nghiên cứu phù hợp trong đó phương pháp mô hình toán là công cụ hiện đại đã được hiệu chỉnh và kiểm nghiệm thực tế với kết quả đáng tin cậy.

2. Những đóng góp chính của Luận án bao gồm:

- Luận án đã xây dựng được phương pháp xác định giá trị "*Thành phần dòng năng lượng sóng dọc bờ*" (Pt) và "*Thành phần dòng năng lượng sóng hướng bờ*" (Pn) đặc trưng cho tác động của sóng biển đối với đường bờ, bãi biển và xây dựng được bản đồ phân bố các đại lượng Pt và Pn dọc theo tuyến "*đường cơ sở*" dải ven biển NTB; Trên cơ sở biểu đồ phân bố, kết hợp phân tích gradient của dòng năng lượng sóng theo không gian và thời gian, xác định các khu vực có nguy cơ biến đổi hình thái vùng bờ biển. Đây là cơ sở khoa học và thực tiễn đóng góp cho công tác quản lý xói lở ven biển khu vực nghiên cứu.

- Trong điều kiện nước biển dâng, các giá trị của "*thành phần dòng năng lượng sóng dọc bờ*" và "*thành phần dòng năng lượng sóng hướng bờ*" gia tăng không đáng kể tại vùng nước sâu nhưng lại gia tăng đáng kể trong vùng nước nông do vùng sóng vỡ dịch chuyển gần bờ hơn đặc biệt sau năm 2030.

- Kết quả phân tích nghiên cứu điển hình cho thấy ven biển NTB có xu hướng bồi tụ mạnh hơn ở vùng phía Nam và xói lở mạnh hơn ở vùng phía Bắc dưới tác động của NBD, đặc biệt ở những khu vực gần

cửa sông. Điều này lý giải mối tương tác giữa biển và sông trong đó ảnh hưởng tác động từ phía biển có xu hướng mạnh lên lấn át ảnh hưởng của sông. Ngoài ra, các công trình bảo vệ cửa, luồng tàu được xây dựng trong những năm qua bao gồm các kè mỏ hàn cửa sông đã làm ảnh hưởng đến phân bố của các dòng năng lượng sóng và chế độ vận chuyển cát ven bờ.

- Định hướng giải pháp chính cho việc quản lý vùng bờ biển NTB trước hết là việc xây dựng quy hoạch quản lý tổng hợp vùng ven biển nhằm phục vụ phát triển bền vững khu vực này đồng thời tránh những đầu tư quá mức cho các giải pháp công trình bảo vệ. Các giải pháp công trình, đặc biệt việc bố trí không gian các kết cấu chỉnh trị bờ biển có thể sử dụng khuyến nghị từ bản đồ phân bố các thành phần dòng năng lượng ven bờ do nghiên cứu này đề xuất.

## DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Phạm Trung**, Trần Thu Tâm, (2012), "Đánh giá ảnh hưởng của các hướng sóng gió đến diễn biến hình thái đoạn bờ biển tỉnh Bình Thuận", *Tuyển tập kết quả KH & CN 2011*, Tr180, số 14.
2. **Phạm Trung**, Nguyễn Đức Vượng, (2016), "Tính toán trường gió và áp suất do bão trên biển Đông thiết lập các kịch bản nghiên cứu cho khu vực tỉnh Bình Thuận", *Tuyển tập kết quả KH & CN 2015*, ISSN: 0866-7292, Tr189, Số 18.
3. **Phạm Trung**, (2019), "Biến đổi hình thái cửa sông ven biển Nam Trung Bộ dưới tác động của nước biển dâng", *Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, ISSN: 0866-7292, Tr100, Số 52.
4. **Phạm Trung**, (2019), "Dòng năng lượng sóng hướng bờ và dọc bờ biển Nam Trung Bộ", *Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, ISSN: 0866-7292, Tr40, Số 52.