# GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN BỀN VỮNG BỜ BIỂN VÙNG CỬA SÔNG CỬU LONG: NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH CHO BỜ BIỂN TRÀ VINH

**Nguyễn Thị Phương Thảo**
*Trường đại học Tài nguyên và Môi trường Tp. Hồ Chí Minh*

**Tóm tắt**: *Trong những năm gần đây tình trạng xói lở đã trở nên phổ biến ở hầu hết các bờ biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long, các giải pháp công trình cứng ven biển chưa đạt được hiệu quả bảo vệ bền vững. Ứng dụng vào vùng nghiên cứu điển hình là bờ biển xã Hiệp Thạnh, tỉnh Trà Vinh bài báo phân tích các yếu tố tác động đến sự xói lở ven biển bao gồm: Chế độ sóng – triều – dòng chảy; quá trình vận chuyển bùn cát dọc – ngang bờ; Cơ sở hạ tầng cứng ven biển. Các giải pháp công trình bảo vệ bờ được đề xuất là hệ thống mỏ hàn kết hợp đê giảm sóng chữ T, khoảng cách giữa hai đê lần lượt là 50, 80, 130m. Phần mềm mô hình toán Mike 21/3 FM được sử dụng để tính toán hiệu quả của các kịch bản công trình.*

**Summary:** *In recent years, erosion has become common in most of the coasts of the Mekong Delta. Coastal hard infrastructure have not yet achieved sustainable protection. Applying to the typical study area, which is the coast of Hiep Thanh commune, Tra Vinh province, the article analyzes the factors affecting coastal erosion including: Wave - tide - current regime; the process of transporting sediment along - across the shore; Coastal hard infrastructure. The proposed solution for shore protection works is a system of T-wave reduction dykes, the distance between the two dykes is 50, 80, 130m, respectively. Mike 21/3 FM mathematical modeling software is used to calculate the efficiency of the construction scenarios.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

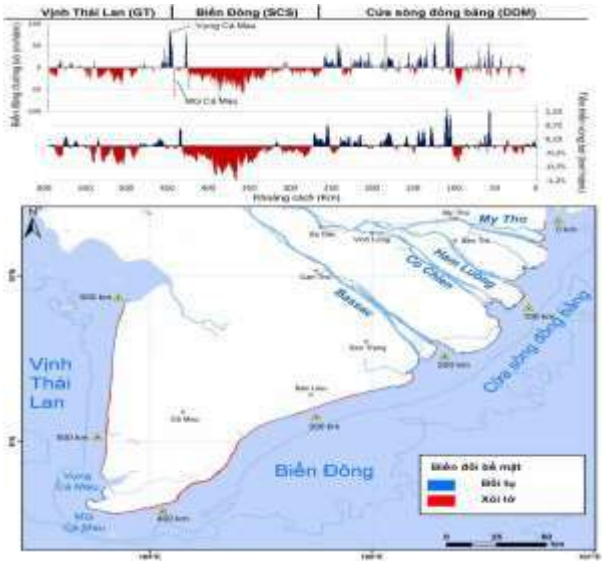
Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) là đồng bằng lớn thứ 3 trên thế giới [9], hình thành muộn hơn hàng thế kỷ so với các đồng bằng lớn khác ở Châu Á. Nhiều kết quả nghiên cứu quốc tế và trong nước trong những năm gần đây cho thấy ĐBSCL đang phải đối mặt với thách thức lớn về tính bền vững của nó khi trở nên dễ bị tổn thương bởi tình trạng xói lở, lũ lụt, thay đổi chế độ thủy văn dòng chảy - phù sa từ thượng lưu, nước biển dâng và xâm nhập mặn,… [7] [4] [6] [8]

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tập trung vào vấn đề quan trọng là hiện tượng xói lở và giải pháp bảo vệ các vùng bờ biển bị xói lở ở vùng Đồng bằng sông Cửu Long, tính toán cụ thể đối với bờ biển Trà Vinh.

### *Tình trạng xói lở ĐBSCL*

Đường bờ biển Đồng bằng sông Cửu Long được chia làm 3 vùng: bờ biển với cát chiếm ưu thế ở khu vực các cửa sông (delta distributary mouths - DDM), bờ biển với bùn chiếm ưu thế ở đoạn đường bờ Biển Đông và bờ biển với bùn chiếm ưu thế ở đoạn bờ Biển Tây (Vịnh Thái Lan). Kết quả phân tích ảnh vệ tinh SPOT 5 đã định lượng được sự xói lở bờ biển và mất đất trên quy mô lớn ở ĐBSCL trong khoảng thời gian từ năm 2003 đến 2012 [11].

Ngày nhận bài: 28/6/2022
Ngày thông qua phản biện: 12/8/2022
Ngày duyệt đăng: 08/9/2022




*Hình 1: Hình trên: Đồ thị biểu diễn tốc độ biến đổi đường bờ (m/năm, sai số ± 0.5 m/năm) và diện tích vùng bờ (km2/năm, sai số ± 0.005km2/năm) vùng Đồng bằng sông Cửu Long giai đoạn 2003-2011/2012. Hình dưới: Bản đồ xói lở, bồi tụ tại 3 đoạn bờ ĐBSCL: Tốc độ xói lở dọc theo đoạn bờ Biển Đông tăng dần về phía tây nam cùng với khoảng cách xa dần các cửa sông.* [11]

### *Nguyên nhân xói lở*

Một trong những vấn đề cơ bản nhất của động lực học ven bờ biển, có liên quan trực tiếp đến chuyển động bùn cát ven bờ và diễn biến bờ biển đó là sự khác biệt về vai trò của dòng chảy triều và dòng chảy phi triều (dòng ven do sóng, xảy ra sau khi sóng vỡ). Trong số liệu thực đo về dòng chảy tại một vùng biển nào đó, thông thường là kết quả tổng hợp của các loại dòng chảy này. Tại các vùng biển gần các cửa sông lớn còn chịu ảnh hưởng rõ rệt của dòng chảy sông.

Sự liên quan giữa chế độ dòng chảy và vận chuyển bùn cát cho thấy rằng: Sông đóng vai trò nguồn cung bùn cát, sóng/gió đóng vai trò phân bổ bùn cát qua lại và do vậy gây xói, bồi đoạn bờ biển.

- Vai trò của dòng triều: Mặc dù lượng nước chảy về phía bờ lúc triều lên tương đương với dòng chảy ra ngoài khơi khi triều xuống, nhưng dòng triều ngang bờ biển có xu hướng mang bùn cát vào bờ (Dòng có lợi).
- Vai trò dòng ven do sóng: Khi sóng tiến vào bờ với một góc nghiêng nhỏ sẽ tạo ra dòng ven trong đới sóng vỗ (có vận tốc lớn hơn nhiều so với khu vực bên ngoài) và dòng này có xu hướng gây xói lở (Dòng bất lợi). [8] [5]

Nguyên nhân xói lở là do "mất cân bằng bùn cát" của một vùng bờ biển. Trên toàn bộ vùng đồng bằng nước nông (clinoform) có sự trao đổi mạnh mẽ của quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ và ngang bờ nên diễn biến và nguyên nhân dẫn đến xói lở, bồi tụ của mỗi đoạn bờ biển là khác nhau.

Nhận định về việc gia tăng hiện tượng xói lở tại các bờ biển bùn có rừng ngập mặn trên thế giới, Winterwerp [12] nhấn mạnh quá trình "mất cân bằng bùn cát" xảy ra như một "vòng lặp tiếp nối": từ việc ảnh hưởng của các tác động phát triển xã hội, cho đến những nỗ lực phục hồi bờ biển bằng các giải pháp công trình cứng bao lấy bờ biển (coastal squeeze – *sẽ được bàn thêm trong phần thảo luận*) như đê, kè chắn sóng,... Các công trình này ảnh hưởng đến quá trình cân bằng bùn cát do: Giảm dòng chảy phù sa mịn trên bờ; Chiều cao sóng tăng lên do phản ánh của cấu trúc đó, gây ra sự lùng sục cục bộ ở phía trước thân kè. Quá trình xói mòn ở một quy mô lớn hơn tiếp tục diễn ra khi nền đáy dần dần bị lõm xuống làm tăng cường các hiệu ứng sóng hơn nữa.

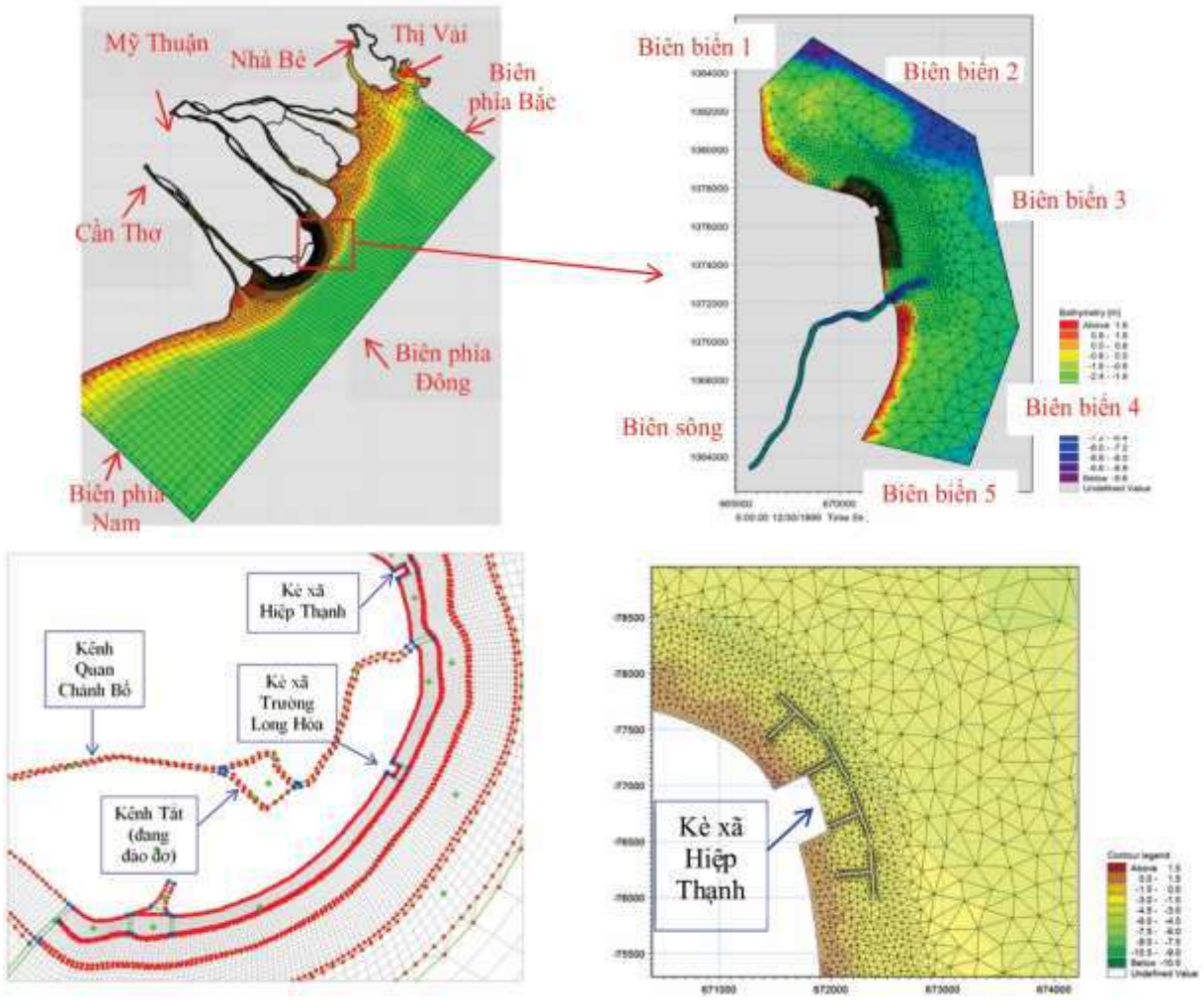
## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp nghiên cứu

*Phương pháp mô hình toán* cho phép mô phỏng được hiện trạng và tính toán dự báo chế độ thủy động lực, vận chuyển bùn cát và quá trình biến đổi đáy tương ứng với các kịch bản. Nghiên cứu này sử dụng kết quả chạy mô hình thủy lực Mike 21/3 F/M đã được kiểm định chặt chẽ với số liệu thực đo để tính toán hiệu quả bảo vệ bờ biển của dạng công trình đề xuất đối với khu vực bờ biển xã Hiệp Thạnh, tỉnh Trà Vinh.

**2.2. Số liệu thiết lập mô hình**

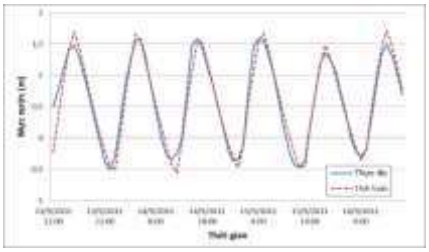
- *Số liệu địa hình*: được lấy từ (i) kết quả thực đo các đề tài, dự án điều tra cơ bản thực hiện bởi Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam (2010) và Viện Kỹ thuật Biển (2009), (ii) bản đồ tỉ lệ 1/100.000 của Hải quân xuất bản năm 1982, (iii) từ GEBCO của Trung tâm dữ liệu hải dương học Anh Quốc.
- *Số liệu trường gió*: sử dụng từ Trung tâm dự báo môi trường thuộc Cơ quan quản lý Hải dương và Khí quyển Hoa Kỳ (NCEP/NOAA). Số liệu trường gió có bước thời gian là 3 giờ và bước lưới là $0.5^o \times 0.5^o$ trong phạm vi toàn vùng biển Đông – Tây, trong khoảng thời gian toàn năm 2011.
- Vùng nghiên cứu (VNC) mở rộng được thiết lập để tính toán chế độ thủy động lực và vận chuyển bùn cát, diễn biến bồi xói hiện trạng và trích xuất số liệu cho các biên sông và biên biển của mô hình nghiên cứu chi tiết (Hình 1).
- Cơ sở dữ liệu lưu lượng tại Cần Thơ, Mỹ Thuận và mực nước tại Nhà Bè, Thị Vải là tài liệu thực đo. Cơ sở dữ liệu về hàm lượng phù sa lơ lửng tại Cần Thơ, Mỹ Thuận, Nhà Bè là số liệu bình quân tháng.
- *Số liệu đo đạc thực tế* về sóng, lưu lượng, mực nước, vận tốc dòng chảy, bùn cát lơ lửng khu vực ven biển Trà Vinh [2] [3] [1] được sử dụng vào mục đích hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.



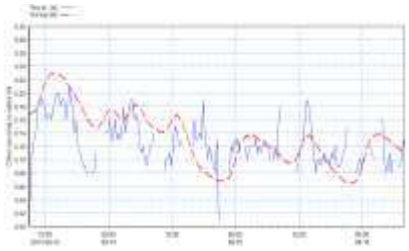

*Hình 2: Lưới tính có mô phỏng các công trình bảo vệ bờ vùng nghiên cứu mở rộng – bờ biển Trà Vinh (trái) và chi tiết – bờ biển xã Hiệp Thạnh, tỉnh Trà Vinh (phải)*

### 2.3. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình

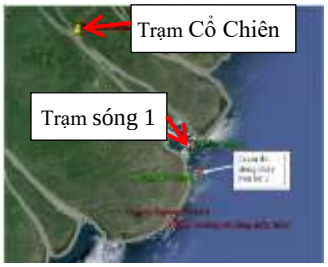
Việc hiệu chỉnh và kiểm định các thông số mô hình thủy lực, tính toán sóng và bùn cát đã được thực hiện cẩn thận, các số liệu tính toán và thực đo có sự tương quan cao (xem hình 2).

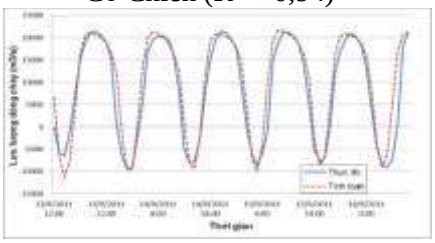


Kiểm tra mực nước tại trạm Cổ Chiên ($R^2$ = 0,94)

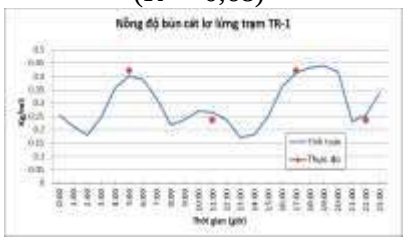


Kiểm tra độ cao sóng tại trạm 1 ($R^2$ = 0,68)

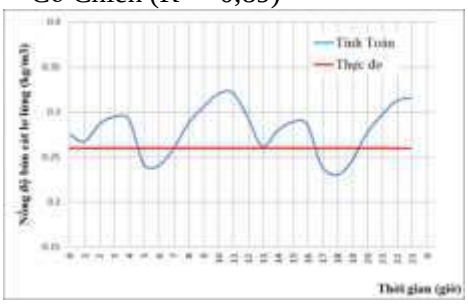


Kiểm tra lưu lượng qua trạm Cổ Chiên ($R^2$ = 0,89)




Kiểm tra nồng độ bùn cát lơ lửng




Kiểm tra nồng độ bùn cát lơ lửng tại trạm M13

*Hình 3: Kết quả hiệu chỉnh - kiểm định mô hình và vị trí các trạm đo*

## 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Đề xuất giải pháp bảo vệ bờ biển

Các kết quả nghiên cứu trước đây về vùng bờ biển Trà Vinh cho thấy một số khu vực sạt lở trọng điểm cần có giải pháp chỉnh trị, trong đó tại xã Hiệp Thạnh là nghiêm trọng nhất [2] [5].

**Bảng 1: Đặc điểm và nguyên nhân xói lở bờ biển xã Hiệp Thạnh**

| | |
|---|---|
| Đặc điểm xói lở | Xói lở mạnh, bao gồm xói đáy và xói bờ, bãi biển hạ thấp 0,3m/năm và biển lấn tốc độ 20m/năm. |
| Nguyên nhân xói lở | (1) Thiếu hụt nguồn bùn cát do dòng vận chuyển bùn cát dọc bờ và ngang bờ.<br>(2) Sóng GMĐB tác động trực diện |

| | |
|---|---|
| | (3) **Ảnh hưởng của công trình cứng**: kè xã Hiệp Thạnh. |
| Yêu cầu chỉnh trị | Công trình có khả năng giảm chiều cao sóng tới và hạn chế vận chuyển bùn cát dọc và ngang bờ. |

### 3.2. Lựa chọn phương án bố trí tổng thể công trình

Trên phạm vi địa phương, xói mòn và bồi tụ bờ biển phụ thuộc vào sự cân bằng giữa sự lắng đọng trầm tích và tác động của sóng và dòng chảy. Việc nuôi bãi có thể phần nào bù đắp lại sự mất cân bằng này, do vậy nên ưu tiên các dạng công trình có hiệu quả trong việc giữ lại trầm tích, đảm bảo sự ra vào của thủy triều, vì thuỷ triều là tác động chính chịu trách nhiệm về trao đổi bùn cát.

Ngoài ra, cần đảm bảo cân bằng giữa việc giảm sóng năng lượng cao bất lợi và ngăn chặn các dòng có lợi. Trường hợp xói lở nghiêm trọng và sóng cao, chẳng hạn như ở Hiệp Thạnh, giảm sóng là ưu tiên hàng đầu. Lý tưởng nhất, nên kết hợp biện pháp công trình và phi công trình.

Vì vậy, việc thiết kế các công trình bảo vệ bờ biển nên nhằm giảm thiểu các hiệu ứng phá hoại của sóng trong khi cho phép sự bồi tụ nhờ vào việc kết hợp với thủy triều.

Nghiên cứu đề xuất phương án chỉnh trị bờ biển xã Hiệp Thạnh, tỉnh Trà Vinh nhằm mục đích hạn chế bớt lượng bùn cát thiếu hụt do dòng chảy dọc bờ, ngang bờ và triết giảm năng lượng sóng tiến vào bờ dưới dạng mỏ hàn kết hợp đê giảm sóng chữ T.

#### *Xác định cao trình đỉnh đê*

Tùy thuộc vào mức độ gây bồi tạo bãi và yêu cầu triết giảm sóng sau công trình mà xác định cao trình đỉnh đê giảm sóng là đê nhô hay đê ngầm. Cao trình đỉnh đê giảm sóng xác định theo TCVN 9901- 2014.

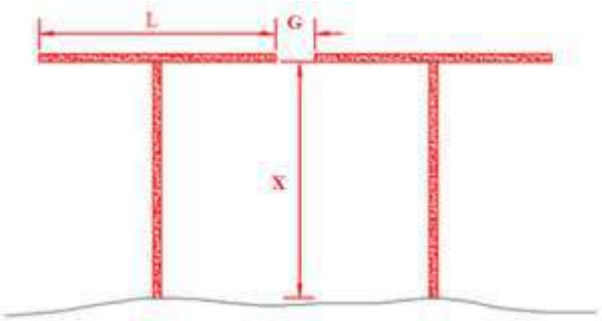
Cao trình đỉnh đê nhô xác định theo công thức sau:

$$Z_d=Z_{Tp}+1/2H_s+S \quad (3.1)$$

Trong đó: $Z_{Tp}$ là cao độ mực nước tương ứng tần suất mực nước thiết kế P = 10%; S là độ lún bao gồm lún do nền đê giảm sóng và lún do bản thân đê giảm sóng. Lún do nền bao gồm lún tức thời và lún theo thời gian trong vòng 10 năm. $H_s$ là chiều cao sóng tại chân công trình.

#### *Xác định bố trí mặt bằng công trình*

Khoảng cách giữa bờ và đê giảm sóng được xác định theo Tiêu chuẩn quốc gia công trình thủy lợi yêu cầu thiết kế đê biển (TCVN 9901: 2014). Khoảng cách giữa đê giảm sóng và bờ khoảng từ 1 đến 1.5 lần chiều dài sóng nước sâu. Tham số sóng nước sâu (chiều cao sóng - $H_s$ (m), chu kỳ sóng - $T_p$ (s)) được lấy từ kết quả tính toán từ mô hình toán đã được kiểm định cho khu vực nghiên cứu.




*Hình 4: Sơ đồ minh họa cho các thông số tính toán*

Từ đó sẽ tính toán được chiều dài sóng nước sâu:

$$L_{s,0} = \frac{g}{2\pi} T_p^2 \text{ (m)} \quad (3.2)$$

Khoảng cách từ đê giảm sóng đến bờ là:

$$X = (1 \div 1.5)L_{s,0}\ (\text{m}) \quad (3.3)$$

Chiều dài đê giảm sóng:

$$L = (1.5 \div 3.0)X\ (\text{m}) \quad (3.4)$$

Khoảng hở giữa 2 đê chắn sóng liên tiếp:

$$G = (1/5 \div 1/3)L\ (\text{m}) \quad (3.5)$$

**Bảng 2: Các thông số thiết kế công trình gây bồi tạo bãi**

| Thông số tính toán | Theo TCVN 9901-2014 (đê nhô) | Nguồn số liệu |
|---|---|---|
| Cấp công trình | V | |
| Tần suất thiết kế | 10% | |
| Mực nước thiết kế $Z_{Tp}$ (m) | 1,70 | Phụ lục B TCVN 9901: 2014 |
| Chiều cao sóng thiết kế trước đê Hs (m) | 0,8 | Kết quả tính sóng từ mô hình Mike 21/3 F/M – VNC mở rộng |
| Độ lún giả định S (m) | 0,4 | |
| Chiều cao sóng nước sâu (m) | 6,5 | Kết quả tính sóng từ mô hình Mike 21/3 F/M – VNC mở rộng |
| Chu kỳ sóng nước sâu $T_p$ (s) | 9,3 | |
| Chiều dài sóng nước sâu $L_{s,0}$ (m) | 137,7 | Tính theo công thức (3.2) |
| Cao trình đê giảm sóng Zd (m) | +2,5 | Tính theo công thức (3.1) |
| Khoảng cách từ đê tới bờ X (m) | 138- 207 | Tính theo công thức (3.3) |
| Chiều dài đê giảm sóng L (m) | 207- 621 | Tính theo công thức (3.4) |
| Khoảng cách hở giữa 2 đê G (m) | 41- 138 | Tính theo công thức (3.5) |

### 3.3. Xây dựng kịch bản mô phỏng

Dựa vào các thông số thiết kế cơ bản trong bảng 2, nghiên cứu lựa chọn các kịch bản bố trí công trình như trong bảng 3. Trong đó, khoảng cách từ đê tới bờ (X) được lựa chọn lớn hơn với mục đích gia tăng phạm vi gây bồi, cao trình đê được lựa chọn thấp hơn với mục đích giảm chi phí xây dựng, gia tăng sự ra vào của thủy triều.

**Bảng 3: Các kịch bản bố trí công trình chỉnh trị**

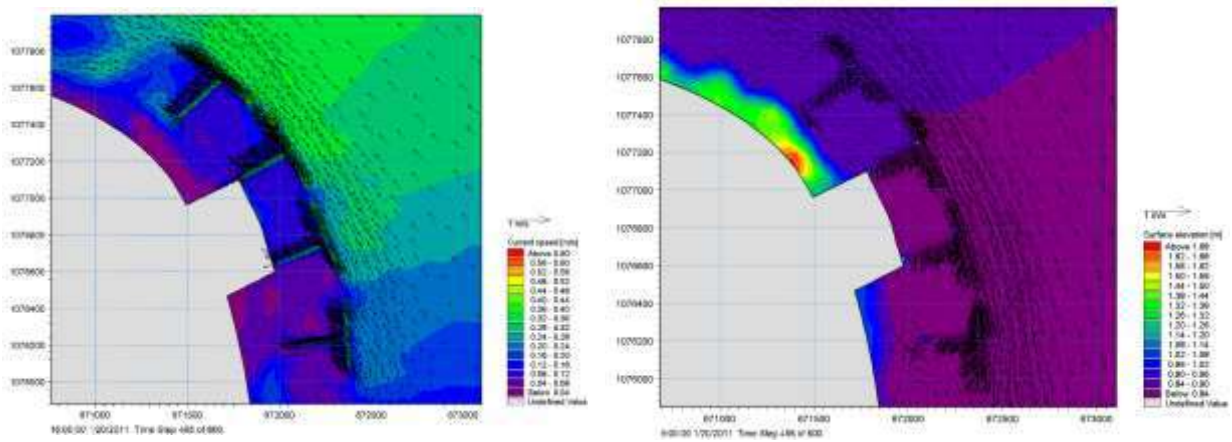
| Tên kịch bản | Mô tả kịch bản | Khoảng cách từ đê tới bờ X (m) | Chiều dài đê giảm sóng L (m) | Khoảng cách giữa 2 đê G (m) | Cao trình đỉnh đê (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| HT | Hiện trạng | | | | |
| KB1 | Bố trí 4 mỏ hàn chữ T | 300 | 400 | 130 | +2.0 |
| KB2 | Bố trí 4 mỏ hàn chữ T | 300 | 400 | 80 | +2.0 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| KB3 | Bố trí 4 mỏ hàn chữ T | 300 | 400 | 50 | +2.0 |

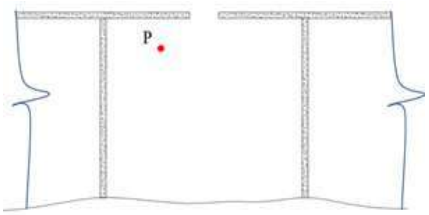
### 3.4. Phân tích hiệu quả của hệ thống công trình chỉnh trị

***a) Hiệu quả giảm vận tốc dòng chảy khu vực ven bờ***

Kết quả tính toán chế độ dòng chảy khu vực xã Hiệp Thạnh khi triều dâng và khi triều rút (hình 4) cho thấy tốc độ dòng chảy trong phạm vi công trình giảm đáng kể. Tốc độ dòng chảy tại mép ngoài công trình dao động trong khoảng từ 0,3-0,5m/s, trong khi tại khu vực ven bờ chỉ còn từ 0,08-0,2m/s. Điều này giúp làm giảm đáng kể mức độ xói đáy và bờ.

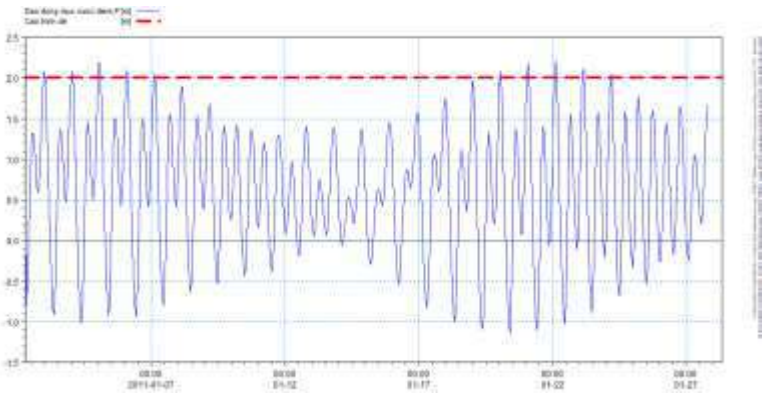


*Hình 5: Trường dòng chảy khu vực xã Hiệp Thạnh khi triều dâng (trái) và khi triều rút (phải) - Kịch bản 1*

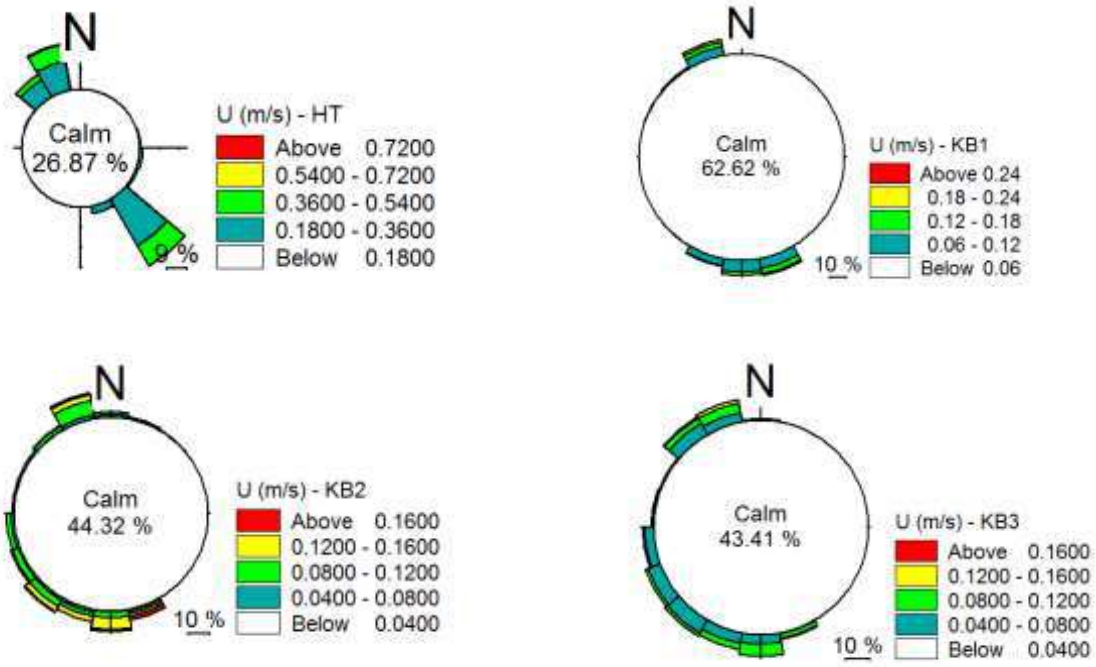



Tọa độ điểm P (UTM-48):

(x,y) = (672078.41, 1077090.19)



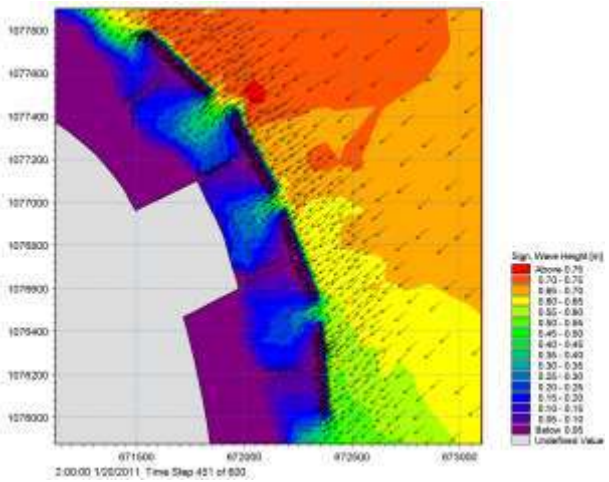
*Hình 6: Vị trí điểm trích xuất dòng chảy - cách đê 50m (trái) và Biểu đồ so sánh dao động mực nước điểm P với cao trình đỉnh đê*




*Hình 7: Hoa dòng chảy tại điểm P ứng với các kịch bản HT, KB1, KB2, KB3 thời kỳ gió mùa Đông Bắc (1/1/2011÷ 27/1/2011)*

Hoa dòng chảy trích xuất tại vị trí P đối với 4 kịch bản tính toán như trên hình 6 cho thấy, công trình mỏ hàn chữ T đã làm giảm lưu tốc tại điểm P một cách đáng kể xét cả về cường độ cũng như thời gian duy trì vận tốc lớn. Giá trị vận tốc giảm dần từ KB 1 đến KB 3 cho thấy khoảng cách giữa các đê càng nhỏ thì hiệu quả giảm vận tốc dòng chảy tại khu vực bờ cần bảo vệ càng tốt.

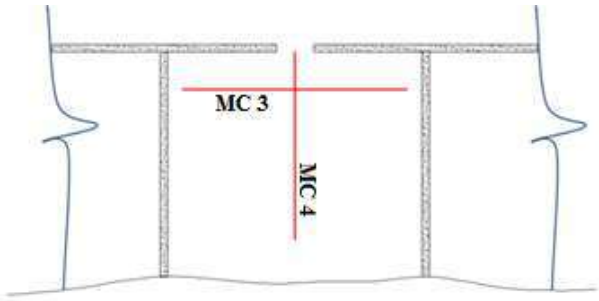
***b) Hiệu quả giảm chiều cao sóng***



*Hình 8: Trường sóng mùa gió đông bắc khu vực bờ biển xã Hiệp Thạnh (Kịch bản 1)*

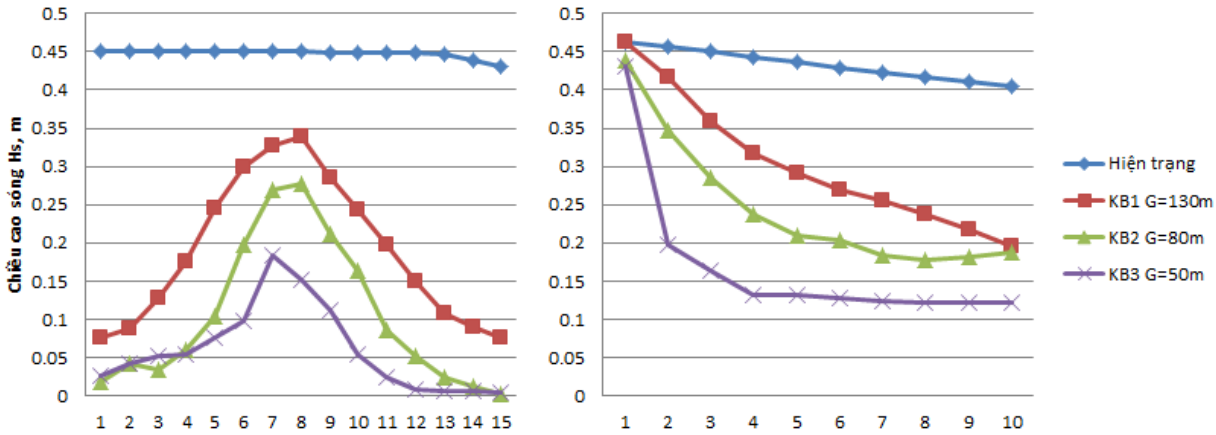
Kết quả tính toán đối với trường sóng mùa gió đông bắc (thời điểm sóng tác động mạnh nhất đến bờ biển xã Hiệp Thạnh) trên hình 7 cho thấy, bờ biển khu vực này được bảo vệ tốt khỏi tác động của sóng bởi hệ thống mỏ hàn chữ T.

Tính từ mép ngoài của công trình chiều cao sóng giảm liên tục từ 0,7m, cho đến khi vào khu vực gần bờ chỉ còn 0,1 – 0,3m.



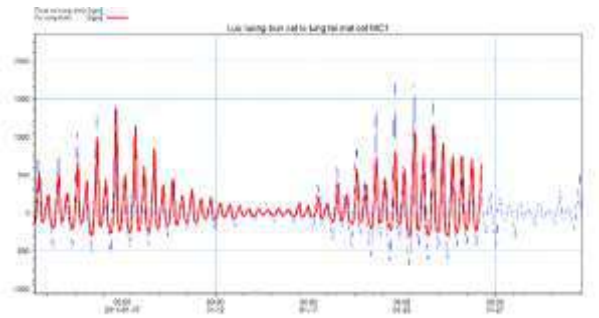

*Hình 9: Vị trí các mặt cắt MC 3 và MC 4 (khoảng cách giữa mặt cắt 3 tới đê là 50m, mặt cắt 4 nằm giữa khoảng hở của mỏ hàn)*

Biểu đồ hình 9 cho thấy, chiều cao sóng tại cả hai mặt cắt sau khi xây dựng công trình giảm đáng kể so với khi chưa xây dựng công trình. Khoảng cách giữa các đê (G) càng nhỏ thì hiệu quả giảm sóng càng cao. Trong nghiên cứu này, hiệu quả giảm sóng của kịch bản 3 (G = 50m) là cao nhất so với các kịch bản G = 80m (KB2) và G = 130m (KB1).




*Hình 10: Chiều cao sóng tại mặt cắt 3 (trái) và mặt cắt 4 (phải) thời điểm 19:00 ngày 18/1/2011 (mùa Đông Bắc)*

***c) Hiệu quả giảm vận chuyển bùn cát dọc bờ***



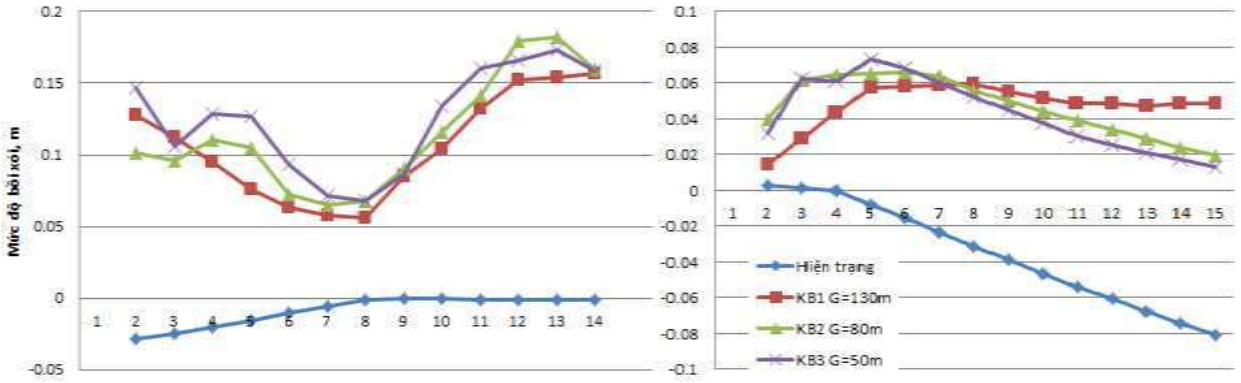
*Hình 11: So sánh lưu lượng bùn cát dọc bờ phương án chưa có công trình và có công trình*

Kết quả chuyển tải lưu lượng bùn cát dọc bờ được trích xuất qua mặt cắt vuông góc với bờ cho thấy, các công trình mỏ hàn tác động vào quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ và làm giảm đáng kể sự vận chuyển bùn cát dọc bờ.

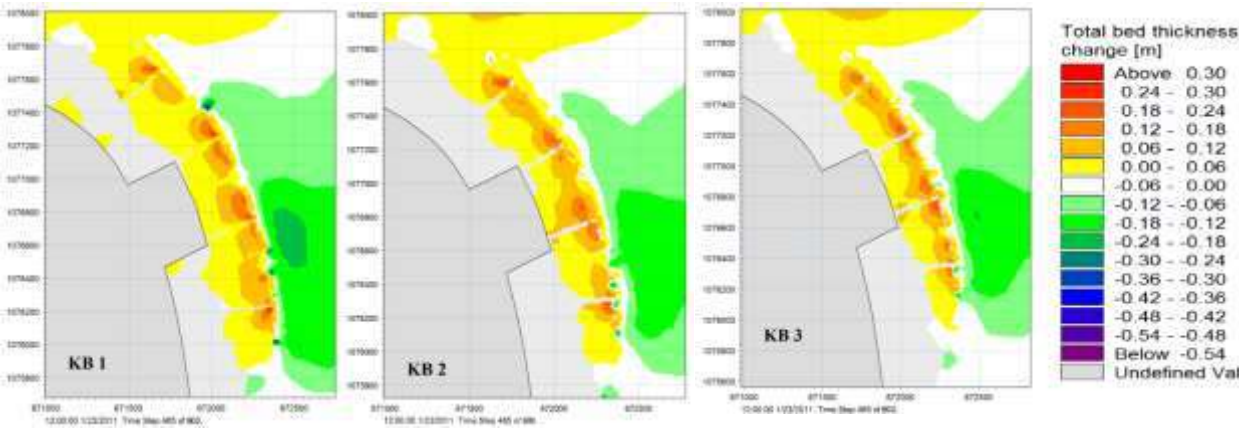
***d) Diễn biến hình thái***

Kết quả tính toán diễn biến hình thái trong 1 tháng vào mùa gió đông bắc (tháng 1/2011) cho thấy, với hiệu quả giảm vận tốc dòng chảy, giảm chiều cao sóng và giảm sự thiếu hụt bùn cát ven biển của công trình đã hạn chế được hiện trượng xói lở và tạo ra xu thế bồi tụ

trên dải bờ biển xã Hiệp Thạnh và trong phạm vi 300m từ mép bờ ra biển. Về hiệu quả gây bồi giữa các phương án có thể thấy, phương án KB1 (G=130m) có mức độ bồi tụ kém nhất, xét về tổng thể tích bồi tụ phương án KB3 (G=50m) mang lại hiệu quả bồi tụ tốt hơn cả.




*Hình 12: Mức độ bồi tụ tại mặt cắt 3 (trái) và mặt cắt 4 (phải) sau 1 tháng*




*Hình 13: Diễn biến bồi xói khu vực bờ biển xã Hiệp Thạnh phương án có công trình sau 1 tháng tính toán (1-23/1/2011, mùa gió đông bắc)*

***e) Nhận xét chung***

Tổng hợp các phân tích về hiệu quả của công trình ở phần trên có thể thấy:

- Về hiệu quả giảm vận chuyển bùn cát dọc bờ: tương đương nhau giữa 3 phương án KB1, KB2 và KB3;

- Về hiệu quả giảm vận tốc dòng chảy và chiều cao sóng: KB3 (G = 50m) là tốt nhất;

- Về hiệu quả gây bồi bờ biển: KB3 (G=50m) là tốt nhất.

Nhược điểm của kịch bản KB3 so với kịch bản KB2 là khoảng hở giữa các đê nhỏ hơn, qui mô công trình lớn hơn nên giá thành cao hơn, khả năng lún công trình nhiều hơn (điều này còn phụ thuộc vào vật liệu xây dựng công trình).

Như vậy xét về mặt hiệu quả công trình thì kịch bản KB3 nên được lựa chọn. Từ đó, nghiên cứu đề xuất dạng công trình bảo vệ đoạn bờ biển xói lở xã Hiệp Thạnh là mỏ hàn chữ T với các thông số chính: cao trình đỉnh là +2.0 m, khoảng hở giữa các đê G = 50m để phát huy tối ưu hiệu quả giảm sóng, giảm vận tốc dòng chảy ven bờ và gây bồi tạo bãi phát triển rừng phòng hộ ven biển.

### 3.5. Thảo luận

Một số kinh nghiệm về giải pháp phát triển bền vững vùng bờ biển.

***a) Sự ép chặt bờ biển - coastal squeeze***

Sự ép chặt bờ biển (Coastal squeeze) được định nghĩa là một quá trình trong đó mực nước biển dâng cao và các yếu tố khác, chẳng hạn như cơ sở hạ tầng cứng (đê, kè chắn sóng,...) gây mất không gian ở cả hai hướng - đất và biển. Thuật ngữ này cũng có thể được sử dụng cho các vùng bờ biển có tình trạng xói lở chiếm ưu thế. Thuật ngữ "Coastal squeeze" được nhiều nghiên cứu nhắc đến trong thời gian gần đây khi đề cập đến vấn đề mất tính bền vững của các dải bờ biển [10] [14] [15] [13].

**Bảng 4: Các định nghĩa về "sự ép chặt bờ biển" [13]**

| Định nghĩa | Hệ sinh thái/Quan điểm | Những nguyên nhân chính |
|---|---|---|
| Các rào cản do con người gây ra ngăn sự giao thoa giữa đất và nước, làm biến mất các vùng đất ngập nước | Đất ngập nước | Cơ sở hạ tầng cứng |
| Trong quá trình mở rộng hoặc thu hẹp ven biển, mặt cắt ngang bờ không thay đổi | Mặt cắt ngang bờ | Mực nước biển dâng |
| Các môi trường sống ven biển và các đặc điểm tự nhiên dần dần bị mất đi hoặc bị nhấn chìm, bị kẹt giữa hệ thống phòng thủ ven biển và mực nước biển dâng cao | Môi trường sống ven biển | Mực nước biển dâng<br>Cơ sở hạ tầng cứng |
| Quá trình mà mực nước biển dâng cao và các yếu tố khác như bão gia tăng đẩy các sinh cảnh ven biển vào đất liền | Môi trường sống ven biển | Mực nước biển dâng |
| Các sinh cảnh ven biển, các vùng đất ngập triều ngày càng giảm dần về diện tích và mất chức năng khi bị tác động bởi mực nước biển dâng cao và các tuyến công trình cố định bờ biển. Tuy nhiên, sự "ép" ven biển không đề cập đến tổn thất do các quá trình tự nhiên. | Môi trường sống giữa các vùng triều | Mực nước biển dâng<br>Cơ sở hạ tầng cứng |
| Tác động kép từ mực nước biển dâng cùng với đường bờ bị bao bọc tạo ra một "bờ biển ép" làm mất môi trường sống từ cả hai hướng đã dẫn đến sự thu hẹp nhiều bãi biển, không còn các vùng đệm dự phòng cho sụt lún hoặc quá trình biển tiến. | Bãi biển | Mực nước biển dâng<br>Cơ sở hạ tầng cứng |

***b) Nuôi bãi*** [15]

Nuôi bãi là một trong các giải pháp phát triển cơ sở hạ tầng xanh ven biển (CGI: Coastal Green Infrastructure) để giảm thiểu xói lở bờ biển. Khái niệm CGI đang được quan tâm ngày càng nhiều do những thách thức mà chúng ta phải đối mặt, chẳng hạn như biến đổi khí hậu, gia tăng dân số và khai thác quá mức các nguồn tài nguyên thiên nhiên ven biển. CGI là sự tham gia của các quá trình đa quy mô, phục hồi hoặc duy trì sự kết nối tự nhiên của các dòng năng lượng và khối lượng, nhằm khôi phục quỹ đạo tự nhiên của hệ sinh thái khi các nhiễu động chưa phá vỡ khả năng phục

hồi vĩnh viễn của chúng, tránh hậu quả của sự siết chặt bờ biển.

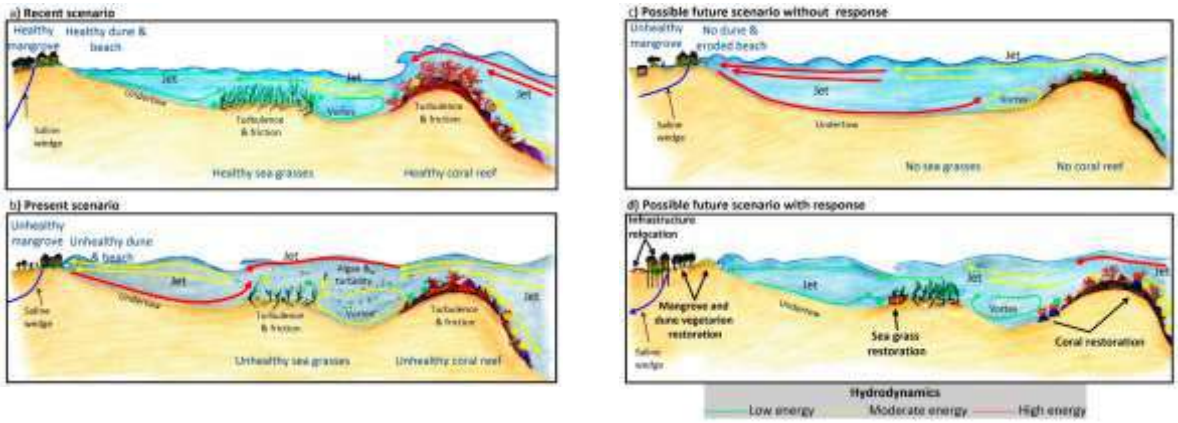
Năm 1954, việc xây dựng Cảng Canaveral khiến chế độ vận chuyển trầm tích trong khu vực bị thay đổi gây ra tỷ lệ xói mòn bãi biển cao tại North Reach, Florida (hình 13). Dự án nuôi dưỡng bãi biển đã được thiết kế và thực hiện để chuyển 486.000 mét khối trầm tích từ phía bắc đến phía nam của cảng 6 năm một lần. Khoảng 7,8 × 106 $m^3$ trầm tích đã được chuyển từ năm 1972 đến năm 2010, dẫn đến sự thay đổi trạng thái xói lở "kinh niên" của bãi biển.

***c) Nuôi dưỡng hệ sinh thái tự nhiên ven biển*** [13]

*Hình 14: Bãi biển North Reach, Florida*

Tại vùng ven biển Puerto Morelos, ở Mexico Caribbean, từ sau năm 2015 xảy ra sự suy thoái nghiêm trọng chất lượng nước do các hoạt động của con người, nước thải được xả trực tiếp ra biển,…

Sự suy giảm chất lượng nước đã làm giảm độ vững chắc của san hô và làm phẳng đỉnh rạn san hô ven biển, từ đó làm giảm sự tiêu tán năng lượng sóng thông qua ma sát đáy. Thiếu sự cản trở của các rạn san hô ven biển, các dòng năng lượng sóng với chiều cao sóng lớn tác động trực tiếp vào bờ biển gây ra tình trạng xói lở nghiêm trọng.




*Hình 15: Các kịch bản giản đồ về mặt cắt ngang ven biển Puerto Morelos: (a) kịch bản trước 2015, với các hệ sinh thái lành mạnh hợp lý; (b) điều kiện hiện tại với một số suy thoái của các hệ sinh thái; (c) kịch bản tương lai với phản ứng không làm gì cả; và (d) kịch bản tương lai với các phản hồi giảm thiểu và thích ứng được thực hiện.*

## 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc đưa ra các giải pháp bảo vệ bền vững dải

ven biển không chỉ phụ thuộc vào sự hiểu biết các quá trình thủy động lực, vận chuyển bùn cát, mà còn cả các quá trình sinh hóa. Tất cả các yếu tố trên ảnh hưởng đến sự cân bằng tự nhiên của các hệ sinh thái ven biển. Sự hiểu biết này chỉ có thể đạt được qua quá trình nghiên cứu – thực hiện giải pháp – cải tiến một cách liên tục và dài hạn. Về lâu dài, các cơ sở hạ tầng xanh ven biển cần ít sự đầu tư hơn cơ sở hạ tầng truyền thống vì nó có xu hướng tự duy trì và bảo trì thường có chi phí thấp.

Kết quả nghiên cứu này đưa ra góc nhìn đa chiều về các giải pháp tổng thể bảo vệ xói lở bờ biển. Các kết quả tính toán và phân tích về hiệu quả của hệ thống công trình chỉnh trị đề xuất có thể được sử dụng làm cơ sở cho các giải pháp phát triển bền vững vùng bờ biển Trà Vinh nói riêng và khu vực cửa sông Cửu Long nói chung trước thách thức của BĐKH – nước biển dâng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


***Tiếng Việt***

[1] Hồ Trọng Tiến (2018). Nghiên cứu ứng dụng bộ công cụ của IPCC đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nước biển dâng đến biến động rừng ngập mặn ven biển Đồng bằng sông Cửu Long. *Đề tài cấp bộ* (2016-2018).

[2] Hoàng Văn Huân (2013). Nghiên cứu đề xuất các giải pháp Khoa học Công nghệ dự báo, phòng chống biển lấn đoạn bờ biển tỉnh Trà Vinh và vùng phụ cận. *Đề tài cấp nhà nước*. 2010-2013.

[3] Hoàng Văn Huân (2014). *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ giảm sóng thân thiện với môi trường phục vụ phòng chống sạt lở trên địa bàn tỉnh trà Vinh*.

[4] Hoàng Văn Huân (2012). Nghiên cứu, đánh giá diễn biến rủi ro bồi xói vùng ven bờ, cửa sông ĐBSCL. *Thích ứng với biến đổi khí hậu cho phát triển bền vững Nông nghiệp và Nông thôn các tỉnh ven biển ĐBSCL*. Viện Kỹ Thuật Biển - Viện KHTL Việt Nam.

[5] Nguyễn Thị Phương Thảo (2019). Nghiên cứu cơ chế thủy động lực và vận chuyển bùn cát khu vực bờ biển tỉnh Trà Vinh, đề xuất giải pháp chỉnh trị. *Luận án tiến sĩ kỹ thuật*.

[6] Nguyễn Thị Phương Thảo, Hoàng Văn Huân (2018). Xây dựng mối liên hệ giữa sự biến đổi bề dày bãi bồi ven biển Trà Vinh với chế độ phù sa sông Mê Công và nước biển dâng. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi. ISSN 1859–4255*, Số 42.

[7] Trần Bá Hoằng, Nguyễn Bình Dương, Nguyễn Công Phong (2019). Chế độ vận chuyển bùn cát vùng đồng bằng sông Cửu Long trong kịch bản phát triển thượng nguồn. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi. ISSN 1859–4255*, SỐ 57.

***Tiếng Anh***

[8] AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT (AFD), EUROPEAN UNION (EU), and SOUTHERN INSTITUTE OF WATER RESOURCES RESEARCH (Dec. 2017). Erosion processes in the Lower Mekong Delta Coastal Zones and measures for protecting Go-Cong and Phu-Tan. *AFD-SIWRR*.

[9] Coleman, M. and Huh, O. K. (12 April 2012). Major Deltas of the World: A Perspective from Space. *Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA, USA*, Available at: www.geol.lsu.edu/WDD/PUBLICATIONS/C&Hnasa04/C&Hfinal04.htm.

[10] Doody, J. Pat. (2004). 'Coastal squeeze' – an historical perspective. *Journal of Coastal*

*Conservation*, 10, 129-138.

[11] Edward J. Anthony, Guillaume Brunier, and Manon Besset (2015). Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Scientific Reports*.

[12] J. C. Winterwerp, P. L. A. Erftemeijer and N. Suryadiputra (March 2013). Defining eco-morphodynamic requirements for rehabilitating eroding mangrove-mud coasts. *Wetlands*, 33, 515–526.

[13] Rodolfo Silva, María Luisa Martínez, and Brigitta I. van Tussenbroek (2020). A Framework to Manage Coastal Squeeze. *Sustainability. ISSN 2071-1050. www.mdpi.com/journal/sustainability*.

[14] Schleupner, Christine (2004). Evaluation of coastal squeeze and its consequences for the Caribbean island Martinique. *Research Unit Sustainability and Global Change, University of Hamburg, Germany. http://www.uni-hamburg.de/Wiss/FB/15/Sustainability* (DINAS-Coast project (2001-2004)).

[15] Valeria Chávez, Debora Lithgow, Miguel Losada and Rodolfo Silva-Casarin (2021). Coastal green infrastructure to mitigate coastal squeeze. *Journal of Infrastructure Preservation and Resilience*.