

BIẾN ĐỔI HÌNH THÁI CỦA SÔNG VEN BIỂN NAM TRUNG BỘ DƯỚI TÁC ĐỘNG CỦA NƯỚC BIỂN DÂNG

Phạm Trung

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Nước biển dâng (NBD) là một trong những hệ quả của quá trình biến đổi khí hậu toàn cầu. Các dải đất thấp ven biển trên toàn thế giới trong đó có Việt Nam sẽ chịu tác động của hiện tượng NBD bao gồm gia tăng ngập lụt làm biến mất cơ hội định cư và sản xuất cho hàng chục triệu người; Đường bờ biển vốn đang bị tác động xâm thực của sóng biển sẽ có nguy cơ bị biến động mạnh mẽ hơn trong các thập niên sắp tới, đặc biệt các cửa sông ven biển Nam Trung Bộ (NTB) có nguy cơ bị bồi lấp nghiêm trọng.

Dòng năng lượng sóng hướng bờ và dọc bờ vùng nước nông ven bờ biển NTB được tính toán với các kịch bản NBD trình bày trong nghiên cứu này được sử dụng như một công cụ dự đoán nguy cơ biến đổi đường bờ biển và vùng cửa sông Nam Trung Bộ dưới tác động của NBD.

Từ khóa: Nam Trung Bộ, Nước biển dâng, Biến đổi đường bờ biển, cửa sông...

Summary: Sea level rise (SLR) is one of the consequences of global climate change. Low-lying coastal lands around the world, including Vietnam, will be affected by the phenomenon of SLR, including rising floods that displace opportunities for settlement and production of millions of people; The coastline that is undergoing eroded due to sea waves is likely to be more seriously eroded in the coming decades, especially in the South Central Coast (NTB).

Wave energy fluxes perpendicular to the coastline and parallel to the shoreline in shallow water along the South Central Coast with the NBD scenarios calculated and presented in this study are used as a predictor of the risk of evolutions of the coastline and estuaries of the South Central Coast under impact of SLR.

1. MỞ ĐẦU

Mực nước biển toàn cầu dâng khoảng 120 m kể từ sau băng hà tức là gần 20.000 năm trước (Fairbanks 1989) và chậm lại vào khoảng 2.000 đến 3.000 năm trước với tốc độ gia tăng mực nước biển chỉ còn khoảng từ 0,1 đến 0,2 mm/năm (Lambeck và Bard 2000). Sự nóng lên toàn cầu trong suốt 100 năm qua đã dẫn đến sự giãn nở nhiệt của đại dương và dòng nước chảy từ các sông băng tan chảy. Các số liệu quan trắc chỉ ra rằng mực nước biển từ 1870 đến 2004 tăng 195 mm với tốc độ tăng trung bình 1,7+/-0,3 mm/năm và gia tốc 0,013+/-0,006 mm/năm (Church và White, 2006). Dựa trên 177 trạm

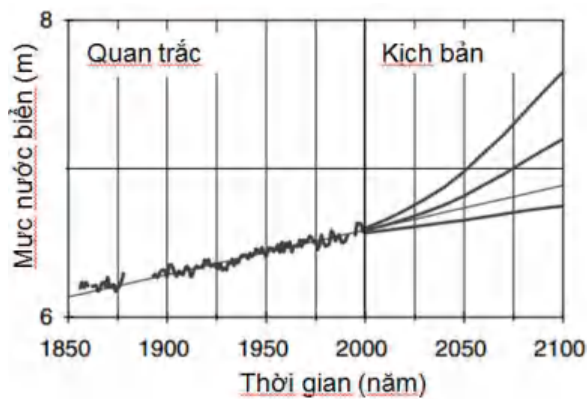
thủy triều trong giai đoạn 1948 đến 2002, Holgate và Woodworth (2004) ước tính tốc độ NBD 1,7+/-0,9 mm/năm. Các hồ sơ gần đây nhất về sự thay đổi mực nước biển bao gồm dữ liệu đo lường từ TOPEX/Poseidon và các vệ tinh Jason (Nerem và Mitchum, 2001). Trong khoảng thời gian 10 năm giữa dữ liệu đo độ cao vệ tinh 1993 và 2003 cho thấy tốc độ NBD là 3,1+/-0,7 mm/năm (Cazenave và Nerem 2004, Leuliette et al. 2004) [2].

Các kịch bản NBD được xây dựng cho các tỉnh ven biển Việt Nam và được tổng hợp thành 9 khu vực ven biển và hải đảo bao gồm: (i) Khu vực bờ biển từ Móng Cái đến Hòn Dấu;

Ngày nhận bài: 09/10/2018
Ngày thông qua phản biện: 26/11/2018

Ngày duyệt đăng: 05/12/2018

(ii) Khu vực bờ biển từ Hòn Dấu đến Đèo Ngang; (iii) Khu vực bờ biển từ Đèo Ngang đến Đèo Hải Vân; (iv) Khu vực bờ biển từ Đèo Hải Vân đến Mũi Đại Lãnh; (v) Khu vực bờ biển từ Mũi Đại Lãnh đến Mũi Kê Gà; (vi) Khu vực bờ biển từ Mũi Kê Gà đến Mũi Cà Mau; (vii) Khu vực bờ biển từ Mũi Cà Mau đến Kiên Giang; (viii) Khu vực quần đảo Hoàng Sa của Việt Nam; (ix) Khu vực quần đảo Trường Sa của Việt Nam.



Hình 1. Nước biển dâng quan trắc và kịch bản

Đến năm 2050, mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam theo kịch bản RCP2.6 là 21cm (13cm÷32cm), theo RCP4.5 là 22cm (14cm÷32cm), theo RCP6.0 là 22cm (14cm÷32cm) và theo RCP8.5 là 21cm (17cm÷35cm). Đến năm 2100, mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Việt Nam theo kịch bản RCP2.6 là 44cm (27cm÷66cm), theo RCP4.5 là 53cm (32cm÷76cm), theo RCP6.0 là 56cm (37cm÷81cm) và theo RCP8.5 là 73cm (49cm÷103cm).

Nước biển dâng cao có tác động đến quá trình biến đổi hình thái bờ biển Nam Trung Bộ như thế nào là câu hỏi chưa được nghiên cứu. Mối tương quan giữa NBD và biến đổi hình thái bờ biển bao gồm xói mòn và bồi tụ là vấn đề rất phức tạp phụ thuộc nhiều yếu tố như tác động của biển và các dòng sông, hình dạng, cấu trúc đường bờ biển và các hoạt động phát triển do con người trên dải đất ven biển (đê biển, khai thác rừng ngập mặn, ...) và trên mặt nước biển

(kè chắn sóng, cảng, các công trình chỉnh trị bờ biển, ..).

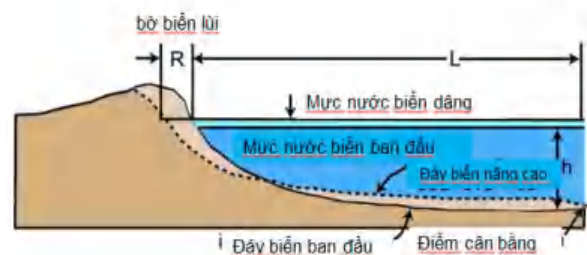
Các chuyên gia nước ngoài đã cố gắng sử dụng mô hình hai chiều và ba chiều để xác định tác động của NBD lên sự thay đổi hình thái bờ biển. Các mô hình hai chiều đã sử dụng nguyên tắc ổn định của Bruun, 1962 hoặc các nghiên cứu bổ sung nguyên tắc Bruun bởi Dean & Maurmeyer 1983, Dubois 1992, Bray & Hooke 1997, Davidson-Arnott 2005 [..]. Nguyên lý của Bruun được trình bày bởi biểu thức (1) dưới đây :

$$R = \frac{L}{B+h} S = \frac{1}{\tan\theta} S$$

Trong đó:

L là khoảng cách ngang bờ đến độ sâu tới hạn xói h (Depth of closure)

B là chiều cao của đụn cát ven bờ bị xói lở $\tan\theta \approx (B+h)/L$: Độ dốc trung bình bờ biển theo phương ngang bờ L.



Hình 2. Minh họa nguyên lý biển lùi của Bruun (theo Cooper & Pilkey 2004)

Nghiên cứu theo hướng này chỉ thể hiện hình dạng hình học của mặt cắt ngang bờ biển.

Một số nghiên cứu sử dụng mô hình toán [10], [7] để mô phỏng phổ dòng chảy, vận chuyển bùn cát để giải thích cơ chế xói mòn và bồi tụ các cửa sông đồng thời mô phỏng quá trình thay đổi hình thái trong thời đoạn dài (ví dụ 50 năm) bằng cách sử dụng MORFACS.

Các nghiên cứu của nhiều tác giả trong nước [2], [3], [4] đã cố gắng giải thích các nguyên nhân xói bồi các đoạn bờ biển duyên hải Nam Trung Bộ. Tuy vậy, kết quả nghiên cứu còn khá hạn chế và thường tập trung vào các trường hợp

cụ thể như Nguyễn Quang Tuấn, Hoàng Công Tín và nnk đã phân tích ảnh vệ tinh (ALOS-AVNR2 và LANDSAT 50 năm để phân tích quá trình biến đổi đường bờ biển khu vực Cửa Đại (Quảng Nam) [6]. Kết quả cho thấy trong 50 năm qua, sự thay đổi bờ biển diễn ra mạnh mẽ từ năm 1964 đến 1980. Xu hướng xói lở và bồi tụ tại cửa sông Cửa Đại cho thấy cửa sông di chuyển về phía Nam do sự xói lở bờ biển ở phía Bắc và bờ sông phía Nam cửa sông Cửa Đại.

2. CÁCH TIẾP CẬN VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Cách tiếp cận

Thông lượng năng lượng sóng trung bình \bar{P} cho một đơn vị đỉnh sóng, truyền qua một mặt phẳng thẳng đứng cố định vuông góc với phương truyền sóng được tính theo:

$$\bar{P} = \left(\frac{\rho g H^2}{8}\right) C_g = \bar{E} C_g \quad (1)$$

Trong đó :

\bar{E} là năng lượng sóng trung bình trên một đơn vị diện tích bề mặt biển còn gọi là mật độ năng lượng sóng (J/m^2) ;

C_g là vận tốc nhóm sóng

$$C_g = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)}\right) \quad (2)$$

Với k là số sóng, d là chiều sâu nước

Sh là hàm sin hyperbol theo định nghĩa

$$\operatorname{sh}x = \frac{1}{2}(e^x - e^{-x})$$

Véc tơ thông lượng sóng P có thể phân tích thành hai thành phần: vuông góc với đường bờ biển, gọi là "Dòng năng lượng sóng hướng bờ" (P_n) và thành phần song song với đường bờ biển, gọi là "Dòng năng lượng sóng dọc bờ" (P_t). Tích phân giá trị dòng năng lượng sóng hướng bờ và dọc bờ trong khoảng thời gian nhất định (tuần, tháng hay mùa) chúng ta có thể xác định được "Tổng dòng năng lượng sóng hướng bờ" và "Tổng dòng năng lượng sóng dọc bờ" trong thời đoạn xác định. Giá trị tổng năng lượng sóng hướng bờ càng lớn cho thấy nguy

ơ tác động của sóng biển lên đoạn đường bờ đó càng nghiêm trọng ; giá trị tổng năng lượng sóng dọc bờ càng lớn cho thấy năng lượng vận chuyển bùn cát dọc bờ càng cao, giá trị dương hoặc âm của P_t còn cho biết hướng vận chuyển bùn cát theo mùa dưới tác động của sóng do gió mùa.

Quá trình nước biển dâng sẽ làm cho chiều sâu nước ven biển tăng lên. Tuy nhiên, ngoài vùng sóng vỡ năng lượng sóng hầu như không bị ảnh hưởng bởi ma sát đáy nên không phụ thuộc chiều sâu nước biển. Khi sóng truyền vào vùng nước nông, do ảnh hưởng của địa hình đáy biển nên sóng bị biến dạng, đặc biệt khi vào tới chiều sâu nước giới hạn thì bắt đầu bị vỡ, năng lượng sóng được giải phóng. Nước biển dâng sẽ làm dịch chuyển vùng sóng vỡ vào gần bờ là nguyên nhân khiến cho vùng ven bờ bị tác động mạnh mẽ hơn.

2.2. Phương pháp

Như đã trình bày trong phần tiếp cận, NBD không làm gia tăng đáng kể năng lượng sóng đến trước khi sóng vỡ nhưng vùng sóng vỡ sẽ bị đẩy vào gần bờ hơn. Trong vùng nước nông, chiều sâu mực nước có ý nghĩa đối với quá trình biến dạng và tiêu tán năng lượng của sóng.

Mô hình MIKE 21/3 Couple FM Model đã được xây dựng cho vùng ven biển Nam Trung Bộ sau đó chi tiết cho khu vực Phan Rí Cửa (Bình Thuận) với kịch bản mô phỏng hiện trạng (chưa xét yếu tố NBD) và các kịch bản NBD theo tài liệu công bố của Bộ TNMT, 2016 [1].

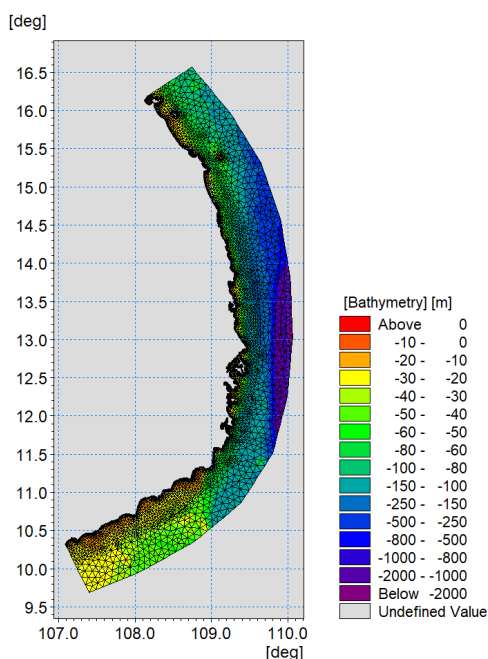
Trong nghiên cứu đã sử dụng đồng thời các module: Thủy động lực (HD) để xác định trường dòng chảy và trường độ sâu cột nước; Phổ sóng (MIKE21/3 SW) để xác định trường sóng và Vận chuyển cát (MIKE21/3 ST) để xác định vận chuyển thành phần cát và xói bồi do vận chuyển cát các vùng chi tiết khu vực Phan Rí Cửa. Giữa 3 module này có sự tương tác qua lại lẫn nhau trong quá trình tính toán. Có sự tương tác giữa sóng và dòng chảy với địa hình đáy, và sự thay đổi địa hình đáy lại tác động trở

lại đối với sóng và dòng chảy.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

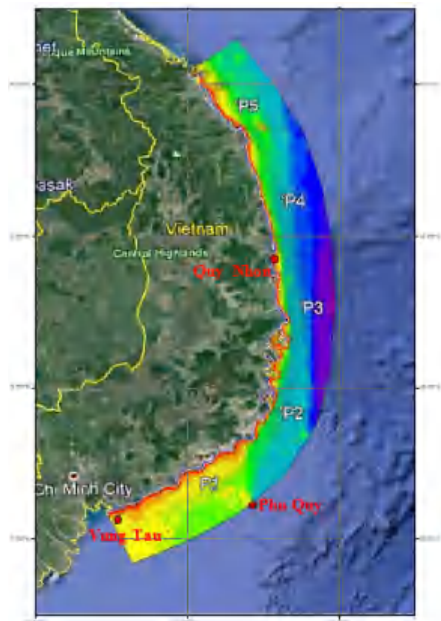
3.1. Mô hình Nam Trung Bộ

Mô hình được sử dụng để mô phỏng chế độ thủy động lực khu vực ven biển Nam Trung Bộ và phụ cận. Trong khuôn khổ nghiên cứu, nhằm giảm thiểu tác động tới các vùng nghiên cứu chi tiết hơn cũng như tối ưu hóa về thời gian mô phỏng, phạm vi mô hình Nam Trung Bộ bao trùm từ Đà Nẵng đến Bà Rịa-Vũng Tàu có chiều dài khoảng 940Km, khoảng cách từ bờ tới các vị trí biên mở ngoài biển từ 70÷80 km (hình 3). Kích thước ô lưới nhỏ nhất vùng sát bờ có giá trị khoảng 100m. Các thông số trên biên hở về mực nước được trích xuất từ mô hình dự báo triều còn sóng và điều kiện biên khí tượng sử dụng số liệu của NCEP/NOAA.



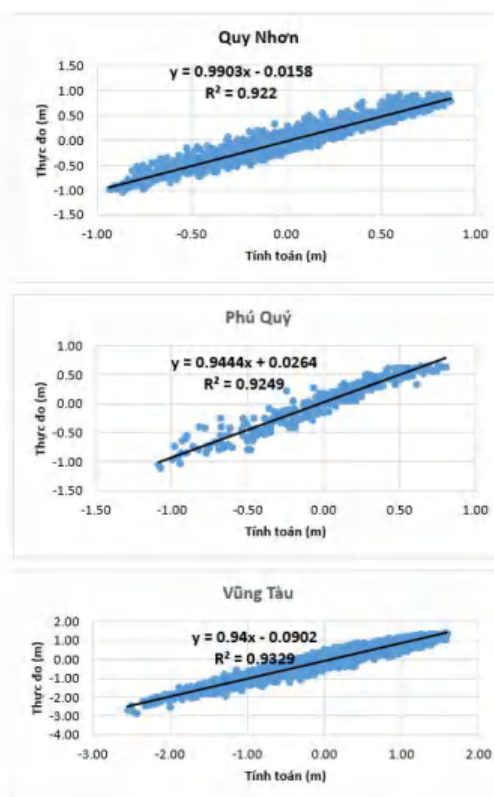
Hình 3. Lưới và địa hình tính toán của mô hình Nam Trung Bộ

Bộ thông số của mô hình Nam Trung Bộ được hiệu chỉnh và kiểm định bằng chuỗi số liệu mực nước thực đo và sóng quan trắc tại một số trạm hải văn ngoài đảo và ven bờ trình bày như hình 4.

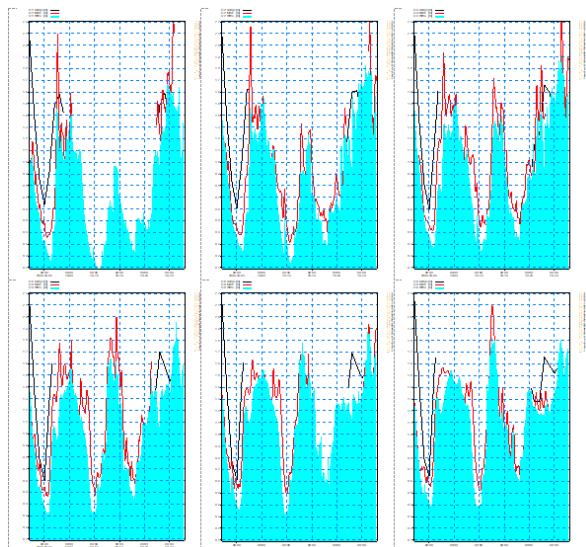


Hình 4. Các vị trí hiệu chỉnh mô hình

Thời gian hiệu chỉnh mô hình gồm 2 giai đoạn: giai đoạn 1 từ tháng 7/2009÷9/2009 (mùa gió Tây Nam) và giai đoạn 2 từ tháng 10÷12/2009 (mùa gió Đông Bắc).



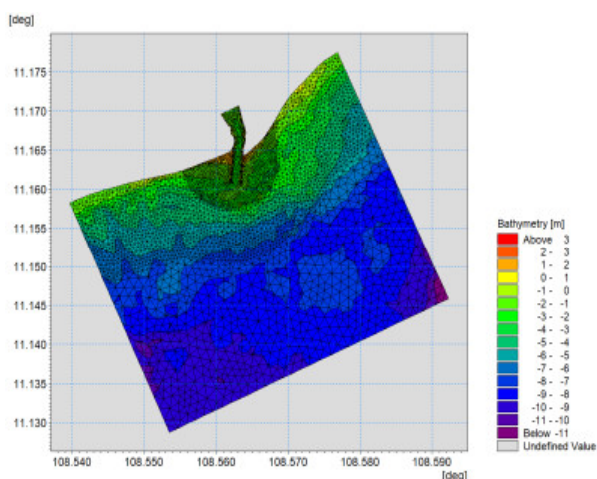
Hình 5. Hệ số tương quan giữa mực nước tính toán và kết quả thực đo tại các trạm



Hình 6. So sánh chiều cao sóng tính toán bằng mô hình (MIKE, nét đứt) với kết quả mô hình WaveWatch-III (WW3) tại các vị trí

So sánh kết quả tính toán mực nước triều và sóng với số liệu thực đo và kết quả mô hình WaveWatch-III cho thấy phù hợp khá tốt với nhau, điều đó chứng tỏ: Kết quả tính toán trên mô hình tích hợp MIKE 21/3 Coupled FM Model có độ tin cậy chấp nhận được có thể phục vụ cho công tác tính toán năng lượng sóng và diễn biến hình thái bờ biển.

3.2. Mô hình Phan Rí Cửa



Hình 7. Lưới và địa hình tính toán mô hình Phan Rí Cửa

Khu vực tính toán trong nghiên cứu được giới hạn trong vùng cửa sông Phan Rí Cửa, có kích thước chiều dài theo đường bờ biển khoảng 5 km, chiều

rộng tính từ bờ ra khoảng 3,5 km. Lưới tính toán là lưới phi cấu trúc với 7.540 ô lưới (Xem tại Hình 7).

Số liệu mực nước và sóng tại 3 biên biên được trích xuất từ mô hình Nam Trung Bộ. Điều kiện biên trong sông về lưu lượng nước và bùn cát sử dụng kết quả mô phỏng hệ thống thủy lực một chiều sông Lũy [5].

3.3. Kết quả tính toán “Tổng dòng năng lượng sóng hướng bờ” và “Tổng dòng năng lượng dọc bờ” cho cửa sông Phan Rí Cửa theo các kịch bản NBD

Trên cơ sở các tài liệu do Bộ Tài nguyên và Môi trường công bố năm 2016 [1], tác giả đã tiến hành lựa chọn kịch bản mực nước biển dâng trung bình cho vùng nghiên cứu Nam Trung Bộ để xem xét ảnh hưởng đến quá trình diễn biến hình thái cho khu vực này như sau:

- Kịch bản hiện trạng (KB0)
- Đến năm 2030 (KB1): Mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Nam Trung Bộ là 12cm.
- Đến năm 2050 (KB2): Mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Nam Trung Bộ là 25cm.
- Đến năm 2100 (KB3): Mực nước biển dâng trung bình cho toàn dải ven biển Nam Trung Bộ là 50cm.



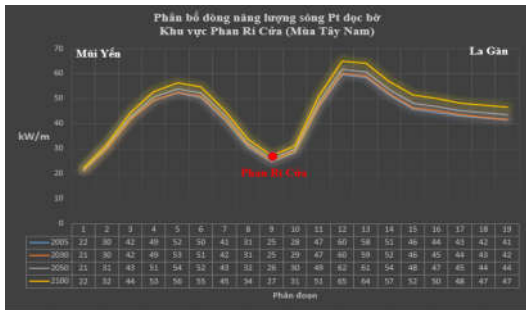
Hình 8. Các vị trí xem xét biến đổi dòng năng lượng sóng ở Phan Rí Cửa

Như vậy, trong tất cả các tính toán, chỉ xét đến sự thay đổi mực nước biển trung bình do BĐKH, mà

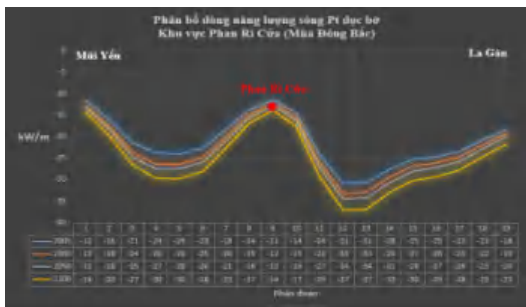
không xét đến ảnh hưởng của các yếu tố khác gây nên sự dâng cao mực nước biển như: nước dâng do bão, nước dâng do gió mùa, quá trình nâng/hạ địa chất và các quá trình khác.

Đồng thời, trong nghiên cứu cũng chỉ tiến hành xem xét sự thay đổi mực nước biển trung bình sẽ có ảnh hưởng như thế nào đối với phạm vi các vùng sóng vỡ ven bờ (hình 8).

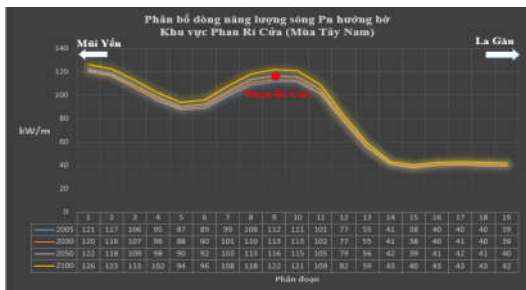
Kết quả tính toán thay đổi các dòng năng lượng sóng dọc bờ thuộc mô hình chi tiết khu vực Phan Rí Cửa ứng với kịch bản mực nước biển dâng thêm 12cm, 25cm và 50cm được thể hiện trong các Hình dưới đây



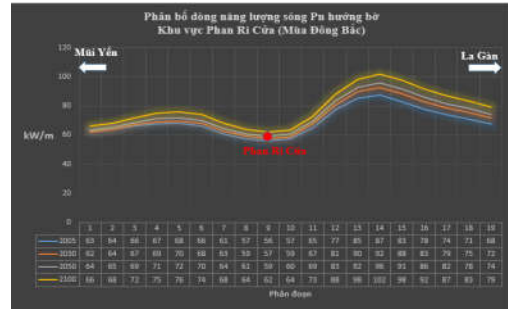
Hình 9. Biến đổi dòng năng lượng sóng dọc bờ theo các kịch bản trong mùa Tây Nam



Hình 10. Biến đổi dòng năng lượng sóng dọc bờ theo các kịch bản trong mùa Đông Bắc



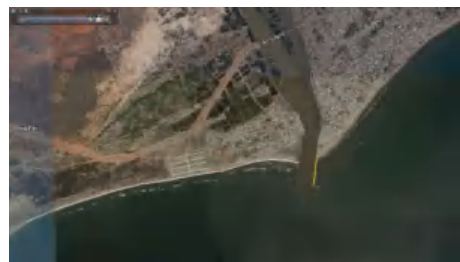
Hình 11. Biến đổi dòng năng lượng sóng hướng bờ theo các kịch bản mùa gió Tây Nam



Hình 12. Biến đổi dòng năng lượng sóng hướng bờ theo các kịch bản mùa gió Đông Bắc

3.4. Kết quả tính toán tổng lượng xói mòn và bồi tụ khu vực Phan Rí Cửa theo các kịch bản NBD

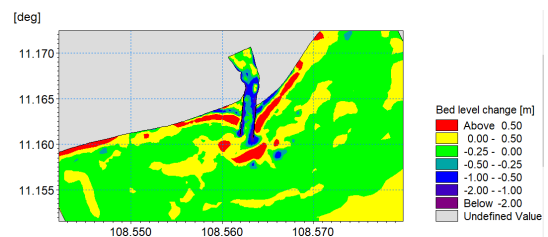
Theo ảnh vệ tinh 2 giai đoạn (chụp cùng thời điểm kết thúc mùa gió Đông Bắc năm 2017 và 2018), sự khác biệt lớn về đường bờ diễn ra chủ yếu ở khu vực kè phía Bắc, vị trí gần mũi kè bị bồi kín trong khi khu vực bờ phía Nam xói lở nhẹ tại vùng sát cửa.



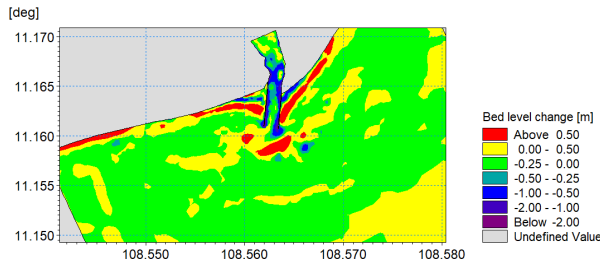
Hình 13. Ảnh chụp KV Phan Rí Cửa 2017



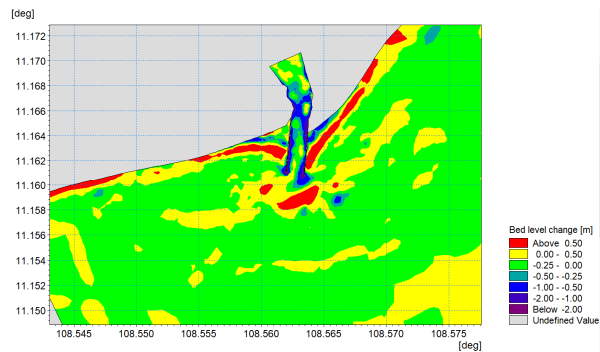
Hình 14. Ảnh chụp KV Phan Rí Cửa 2018



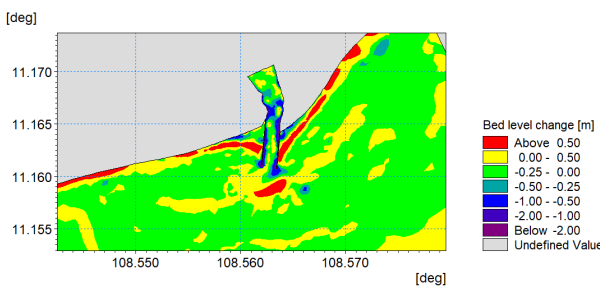
Hình 15. Biến đổi địa hình đáy khu vực Phan Rí Cửa sau hai mùa gió (KB0)



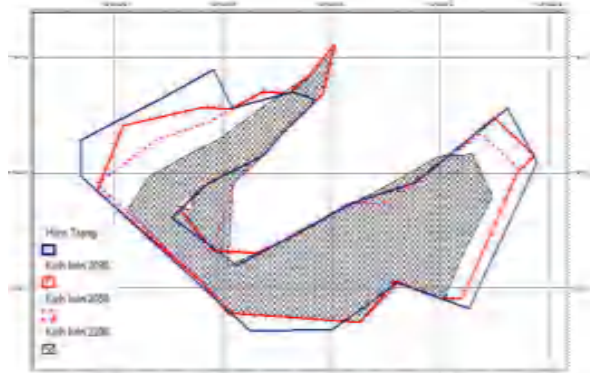
Hình 16. Biến đổi địa hình đáy khu vực Phan Rí Cửa sau hai mùa gió (KB1)



Hình 17. Biến đổi địa hình đáy khu vực Phan Rí Cửa sau hai mùa gió (KB2)



Hình 18. Biến đổi địa hình đáy khu vực Phan Rí Cửa sau hai mùa gió (KB3)



Hình 19. Dịch chuyển bãi bồi trước khu vực Phan Rí Cửa theo các kịch bản NBD

3.5. Thảo luận

Dòng năng lượng sóng Pt dọc bờ (kW/m) ứng với 3 kịch bản trên tăng tương ứng thêm từ 5% (KB1), 11% (KB2), 21% (KB3) trong 3 tháng mùa Tây Nam (từ tháng 7 đến hết tháng 9). Đặc biệt giá trị Pt sẽ thay đổi rất lớn trong mùa gió Đông Bắc (từ tháng 10 đến hết tháng 12) với mức tăng từ 9% (KB1), 21% (KB2), 44% (KB3).

Đối với dòng năng lượng sóng Pn hướng bờ, theo các kịch bản NBD, mức tăng tương ứng giống nhau từ 5% (KB1), 10% (KB2), 20% (KB3) trong cả 3 tháng mùa Tây Nam và 3 tháng mùa gió Đông Bắc.

Như vậy, với kết quả dòng năng lượng sóng Pt dọc bờ (có ý nghĩa lớn đối với dòng chảy ven bờ và dòng bùn cát) thay đổi đáng kể trong mùa Đông Bắc tới gần 50% (Giai đoạn 2100) sẽ tác động rất lớn đến quá trình diễn biến hình thái cho khu vực Phan Rí Cửa nói riêng và dải ven biển Nam Trung Bộ nói chung.

Cho dù đã có một số công trình bảo vệ kiên cố đã được xây dựng để tạo thuận lợi cho tàu thuyền ra vào và giữ ổn định luồng lạch, tuy nhiên khu vực giữa hai kè mở hàn ở Phan Rí Cửa cửa luôn bị bồi lấp. Phạm vi vùng bồi lấp trước cửa có xu hướng dịch dần vào bên trong vùng cửa sông (Hình 19). Trong trường hợp này, hệ thống kè mở hàn phía bờ Bắc đã ngăn chặn dòng bùn cát (chịu ảnh hưởng của dòng năng lượng sóng Pt dọc bờ) di chuyển xuống phía Nam và rõ ràng chỉ có tác dụng ban đầu (chống bồi lấp sát ngay tại khu vực cửa). Vì thế cần xem xét giá trị dòng năng lượng sóng dọc bờ Pt để bố trí hệ thống kè mở hàn (đập định..) phù hợp, tiến đến giới hạn vận chuyển bùn cát thì bùn cát các bãi biển có xu thế được giữ lại mỗi bên bờ biển, khu vực gốc các kè mở hàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ TNMT (2016), *Kịch bản BĐKH và NBD cho Việt nam*. Nhà xuất bản Tài nguyên Môi trường và bản đồ Việt Nam, Hà Nội.
- [2] Nguyễn Kim Đan (2017), *Nghiên cứu về quá trình xói lở bờ biển Hội An và biện pháp bảo vệ*. Báo cáo Kỹ thuật tổng hợp, Dự án Hội An.
- [3] Võ Công Hoang, Hitoshi Tanaka và nnk (2016), *Phân tích diễn biến hình thái cửa sông Đà Nẵng, Phú Yên bằng ảnh vệ tinh*. Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Trường Đại học Thủy lợi, Số 55, Hà Nội.
- [4] Phạm Huy Tiến (2005) , *Dự báo hiện tượng xói lở-bồi tụ bờ biển, cửa sông và các giải pháp phòng tránh*. Đề tài khoa học cấp Nhà nước KC.09.05, Hà Nội .
- [5] Tăng Đức Thắng và nnk (2017), *Tư vấn kỹ thuật xây dựng mô hình thủy lực - thủy văn sông Lũy trong mối liên hệ với BĐKH tại tỉnh Bình Thuận*. Chương trình Hợp tác Định hướng (ICP) giai đoạn 2011-2015.
- [6] Nguyen Quang Tuan, Hoang Cong Tin và nnk (2017), *Historical Monitoring of Shoreline Changes in the Cua Dai Estuary, Central Vietnam Using Multi-Temporal Remote Sensing Data*. Geoscience.
- [7] Duncan Fitzgerald, Michael S. Fenster, Brittna A. Argow, Ilya V. Buynevich (2008), *Coastal Impacts Due to Sea-level Rise*, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, pp. 1-60.
- [8] Nicoletta Leonardi, Neil K. Ganju and Sergio Fagherazzi (2015), *A linear relationship between wave power and erosion determines salt-marsh resilience to violent storms and hurricane*, PNAS.
- [9] Prasertsak Ekphisutsuntorn, Prungchan Wongwiset, Chaiyuth Chinnarasri, Usa Humphries and Suphat Vongvisessomjai (2010), *A Study of the Relation of Wave Height and Erosion at Bangkhuntien Shoreline, Thailand*, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering, Vol:4, No:8.
- [10] D.M.P.K.Dissanayake, R.Ranasinghe và nnk, *Effect of Sea level rise in Tidal inlet Evolution: a Numerical modelling approach*, Journal of coastal research, SI 56, trang 942-946, 2009;
- [11] Marcel J.F.Stive, *Effect of sea level rise on coastal evolution*, 6th International IAEG congress, 1990;
- [12] Pushpa Dissanayake, Harshinie Karunarathna và nnk, *Numerical modelling of the impact of sea level rise on large tidal inlet/basin systems*, E-proceedings of the 36th IAHR World Congress, The Hague, the Netherlands, 2015;